

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2018

建設機械施工



Vol.70 No.6 June 2018 (通巻820号)

特集

エネルギー エネルギー施設



ウインドリフト

巻頭言

再生可能エネルギー 大量導入時代を迎えて

グラビア

フランス・パリ国際建設機械見本市

技術報文

- 大型風車組立リフトアップ工法「ウインドリフト」の開発
- 水中浮遊式海流発電システムの開発と実海域実証試験
- 中山間地域の農業用水路を活用した小水力発電事業
- 低炭素社会実現に向けたZEB とスマートコミュニティの取り組み 他

投稿論文

応力分散手法による建設車両用タイヤのサイドウォールカット防止に関する研究

交流の広場

ボーリング削孔の現場

JCMA報告

フランス・パリ国際建設機械見本市 INTERMAT 2018第64回欧州建設機械施工視察団 視察報告

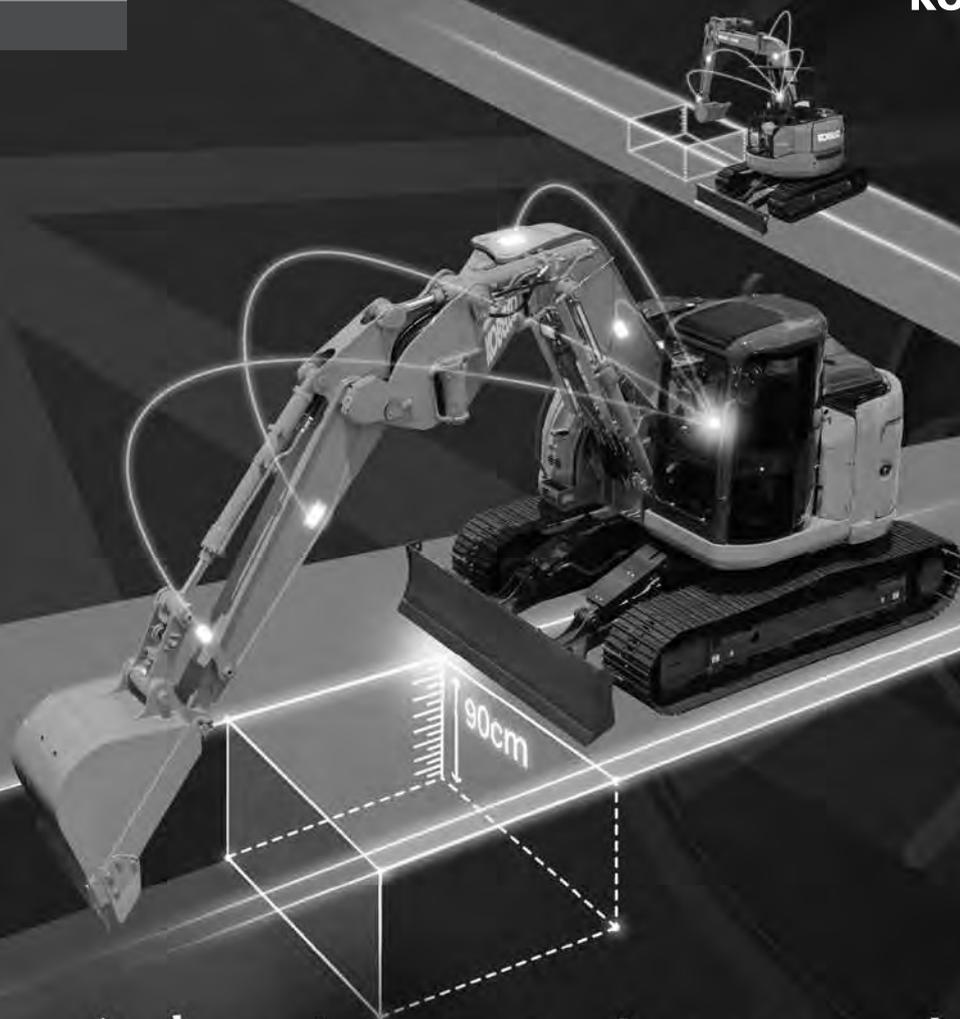
統計

新たな外国人技能実習制度について

一般社団法人 日本建設機械施工協会

KOBELCO

誰でも働ける現場へ
KOBELCO IoT

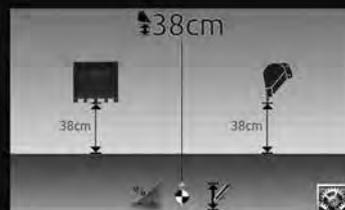


ワイヤレスセンサーで 施工現場が加速する



2時間のセットアップで、コベルコ機がさらに便利に！
2Dマシンガイダンスシステム「iDig」新登場！

- 1 新車機も保有機も！
2時間でセットアップ可能
- 2 業界初、オフセットブーム対応！
自在な施工をガイダンス
- 3 ワイヤレスで導く！
マスト不要で幅広い現場に対応



ガイダンス画面イメージ

すべてコベルコが窓口となって対応する
ワンストップサービスだから安心です。

ホルナビについてお問い合わせ・ご相談はこちらまで

コベルコ建機株式会社
〒141-8626 東京都品川区北品川 5-5-15

TEL:03-5789-2111
www.kobelco-kenki.co.jp

「平成 30 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(会長:田崎忠行)は、書籍「平成 30 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 30 年 5 月 8 日
- 体裁 : A4判、モノクロ、約475ページ
- 内 容

- 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
- ・機械別燃料・電力消費率表を掲載
- ・損料の算出例を掲載

■定価 本体(税別)

一般: 8,000円 会員: 6,800円

※送料は一般・会員とも700円

なお、複数冊ご購入の場合の送料はお問い合わせ
ください。

***** 以上 *****

■参考

5月17日発売の「よくわかる建設機械と損料2018」も併せてご活用ください。

(特長)

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

■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)



書籍の表紙イメージ

よくわかる建設機械と損料 2018

(平成30年度版 建設機械等損料表の解説書)

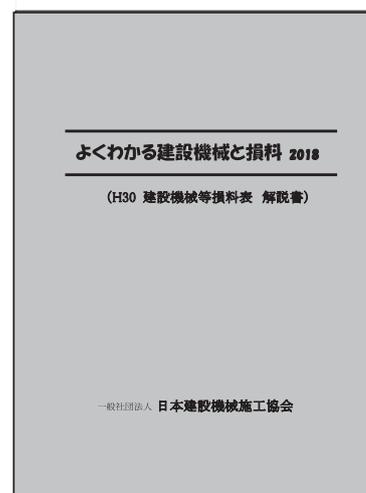
- 発刊日:平成 30 年 5 月 12 日
- 体裁:A4 判、一部カラー、約 320 ページ
- 本体価格(税別・送料別)
一般:6,000 円 会員:5,100 円

■ 特長

- ★ 損料用語を平易な表現でわかりやすく解説
- ★ 換算値損料や損料補正值の計算例を紹介
- ★ 損料算定表の主な改正点を表にして紹介
- ★ 17 件の関連通達類の位置付けと要旨を解説
- ★ 建設機械器具のコード体系を大分類(下記 01~50)別に図示

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 01 ブルドーザ及びスクレーパ | 12 空気圧縮機及び送風機 |
| 02 掘削及び積込機 | 13 建設用ポンプ |
| 03 運搬機械 | 15 電気機器 |
| 04 クレーンその他の荷役機械 | 16 ウインチ類 |
| 05 基礎工事用機械 | 17 試験測定機器 |
| 06 せん孔機械及びトンネル工事用機械 | 18 鋼橋・PC橋架設用仮設備機器 |
| 07 モータグレーダ及び路盤用機械 | 20 その他の機器 |
| 08 締固め機械 | 30- 船舶及び機械器具等(作業船) |
| 09 コンクリート機械 | 40- ダム施工機械等 |
| 10 舗装機械 | 50 除雪用建設機械 |
| 11 道路維持用機械 | |

- ★ 大半の建設機械器具について概要・特徴を写真・図入りで紹介
- ★ 主要な建設機械についてはメーカー・型式名を表にして紹介
- ★ 索引でヒットしない機械について、その要因・対処方法を表にして紹介



一般社団法人 日本建設機械施工協会

関係部署にも回覧をお願いします

橋梁架設工事及び設計積算業務の必携書

橋梁架設工事の積算

平成30年度版

∞∞∞ 改定・発刊のご案内 ∞∞∞

一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

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

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準が改正され、平成30年4月以降の工事費の積算に適用されることに伴い、また近年の橋梁架設工事の状況、実績等を勘案し、当協会では「橋梁架設工事の積算 平成30年度版」を発刊することと致しました。

なお前年度版同様、橋梁の補修・補強工事の積算に際し、その適用範囲や積算手順をわかりやすく解説した「橋梁補修補強工事積算の手引き 平成30年度版」を別冊（セット）で発刊致します。

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

◆内容

平成30年度版の構成項目は以下のとおりです。

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

◆改訂内容

平成29年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

1. 鋼橋編

- ・架設機材複合損料の改訂
- ・送出し、降下作業ステップ図の追加
- ・架設用製作部材単価の改訂
- ・国交省基準の改定に伴う歩掛等の改訂

2. PC橋編

- ・架設機械の複合損料改定
- ・床版水抜きパイプ設置工の歩掛を追加
- ・架設桁架設工法の既設構造物アンカー工歩掛を追加
- ・国交省基準の改定に伴う歩掛等の改訂

3. 橋梁補修編

- ・各足場タイプ別の作業日当り標準作業量の掲載
- ・チッピング工（ブラケット背面部）労務編成の改定
- ・検査路撤去・再設置歩掛の掲載
- ・外ケーブル補強工（鋼橋）の掲載
- ・国交省基準の改定に伴う歩掛等の改訂

別冊「橋梁補修補強工事 積算の手引き」

- ・施工パッケージを考慮した積算要領への改訂



● A4判／本編約 1,050 頁（カラー写真入り）
別冊約 200 頁 セット

●定価

一般価格：10,800 円（本体 10,000 円）
会員価格：9,180 円（本体 8,500 円）

※ 別冊のみの販売はいたしません。

※ 送料は一般・会員とも
沖縄県以外 900 円
沖縄県 710 円（但し県内に限る）

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

●発刊予定 平成30年5月20日

関係部署にも御回覧をお願いします。

大口径・大深度の削孔工法の設計積算に欠かせない必携書

大口径岩盤削孔工法の積算

平成30年度版

∞∞∞ 改訂・発刊のご案内 ∞∞∞

平成30年5月 一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

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

本協会では、平成28年5月に「大口径岩盤削孔工法の積算 平成28年度版」を発刊し、関係する技術者の方々に広くご利用いただいております。

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準及び建設機械等損料算定表等が改正され、平成30年4月1日以降の工事費の積算に適用されること等に伴い、当協会では、内容をより充実し、また解りやすく説明した「大口径岩盤削孔工法の積算 平成30年度版」を発刊することと致しました。

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

◆ 内容

平成30年度版の構成項目は以下のとおりです。

第1編 適用範囲	第2編 工法の概要
第3編 アースオーガ掘削工法の標準積算	第4編 パーカッション掘削工法の標準積算
第5編 ケーシング回転掘削工法の標準積算	第6編 建設機械等損料表

◆ 改訂内容

平成28年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

- ・国土交通省の歩掛・損料改正に伴う関連箇所 of 全面改訂
- ・オーガ、パーカッション、ケーシング回転掘削工法のイラストの刷新、施工機械諸元を最新情報に改訂
- ・工法概要、標準積算例により解りやすく解説
- ・施工条件に対応した新たな岩盤削孔技術事例の紹介
- ・施工実績の改定に伴う掘削工法の種類と選定資料の部分改訂

● A4判／約230頁（カラー写真入り）

● 価格

一般価格：6,480円（本体6,000円）

会員価格：5,508円（本体5,100円）

※ 送料は一般・会員とも

沖縄県以外 700円

沖縄県 450円（但し県内に限る）

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

● 発刊予定 平成30年5月22日

（本の発送は、5月31日頃からになります。）



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 情報化施工のあらまし
- 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	(印)	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 太陽生命仙台北町ビル	(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ーカ
- ・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	印	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 太陽生命仙台本町ビル5F	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北陸支部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中部支部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関西支部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中国支部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四国支部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイトビル	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る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

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

当協会機関誌へ掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館)

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

◆ 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)
- 付属機関として「施工技術総合研究所」を有しており、建設機械・施工技術に関する調査研究・技術開発にあたっています。また、高度な専門知識と豊富な技術開発経験に基づいて各種の性能試験・証明・評定等を実施しています。
- 北海道から九州まで全国に8つの支部を有し、地域に根ざした活動を展開しています。

■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. 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

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	H30年 5月	よくわかる建設機械と損料 2018	6,480	5,508	700
2	H30年 5月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 30 年度版	6,480	5,508	700
3	H30年 5月	橋梁架設工事の積算 平成 30 年度版	10,800	9,180	900
4	H30年 5月	平成 30 年度版 建設機械等損料表	8,640	7,344	700
5	H29年 5月	橋梁架設工事の積算 平成 29 年度版	10,800	9,180	900
6	H29年 4月	平成 29 年度版 建設機械等損料表	8,640	7,344	700
7	H29年 4月	ICT を活用した建設技術 (情報化施工)	1,296	1,080	700
8	H28年 9月	道路除雪オペレータの手引	3,240	2,160	700
9	H28年 5月	よくわかる建設機械と損料 2016	6,480	5,508	700
10	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	700
11	H28年 5月	橋梁架設工事の積算 平成 28 年度版	10,800	9,180	900
12	H28年 5月	平成 28 年度版 建設機械等損料表*	8,640	7,344	900
13	H28年 3月	日本建設機械要覧 2016 年版	52,920	44,280	700
14	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	250
15	H25年 6月	機械除草安全作業の手引き	972	864	700
16	H23年 4月	建設機械施工ハンドブック (改訂 4 版)	6,480	5,502	700
17	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,240		250
18	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷 【CD】	3,240		700
19	H22年 7月	情報化施工の実務	2,160	1,851	700
20	H21年 11月	情報化施工ガイドブック 2009	2,376	2,160	700
21	H20年 6月	写真でたどる建設機械 200 年	3,024	2,560	700
22	H19年 12月	除雪機械技術ハンドブック	3,086		700
23	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	250
24	H17年 9月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)*	1,029		250
25	H16年 12月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)*	5,142		250
26	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	700
27	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		700
28	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		700
29	H15年 6月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
30	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	700
31	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	700
32	H11年 10月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,208		700
33	H11年 5月	建設機械化の 50 年	4,320		700
34	H11年 4月	建設機械図鑑	2,700		700
35	H10年 3月	大型建設機械の分解輸送マニュアル*	3,888	3,456	250
36	H9年 5月	建設機械用語集	2,160	1,944	700
37	H6年 8月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	700
38	H6年 4月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	700
39	H3年 4月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	700
40	S 63年 3月	新編 防雪工学ハンドブック 【POD 版】	10,800	9,720	700
41	S 60年 1月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック*	6,480		250
42		建設機械履歴簿	411		250
43	毎月 25日	建設機械施工 【H25.6 月号より図書名変更】	864	777	700
			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	<h1>エネルギー，エネルギー施設</h1>
グラビア	4 フランス・パリ国際建設機械見本市
巻頭言	14 再生可能エネルギー大量導入時代を迎えて 山地 憲治 (公財) 地球環境産業技術研究機構 (RITE) 理事・研究所長
特集・ 技術報文	15 大型風車組立リフトアップ工法 「ウインドリフト」の開発 江副 誉典 (株)大林組 本社 機械部 技術企画課 主任 三輪 敏明 (株)大林組 本社 機械部 副部長 五十畑 登 (株)巴技研 技術製品事業部
	19 6軸減揺棧橋の開発 作業船の動揺安定台としての活用に向けて 那須野陽平 東亜建設工業(株) 土木事業本部 機電部 電気グループ 主査 田中 孝行 東亜建設工業(株) 土木事業本部 機電部 電気グループ グループリーダー 今村 一紀 東亜建設工業(株) 土木事業本部 機電部長
	24 洋上風力発電施設の基礎およびアンカーに適用する 「スカートサクション」 伊藤 政人 (株)大林組 土木本部企画管理部 部長 栗本 卓 (株)大林組 土木本部生産技術本部設計第二部 担当部長 林 秀郎 (株)大林組 土木本部生産技術本部設計第三部 主席技師
	31 水中浮遊式海流発電システムの開発と実海域実証試験 実証試験機かいりゅう 長屋 茂樹 (株)IHI 技術開発本部 総合開発センター 機械技術開発部 海洋技術グループ 部長
	35 海水浸透圧を利用した浸透圧発電システム 松山 慧 協和機電工業(株) 事業開発部 坂井 秀之 協和機電工業(株) 代表取締役社長
	39 中山間地域の農業用水路を活用した小水力発電事業 田村 琢之 飛鳥建設(株) 土木事業本部 プロジェクト統括部 環境・エネルギーグループ 担当部長
	43 ミニ・マイクロ水力発電による地域活性化 事業による地元活性化資金の創出 池田 稷 (株)安藤・間 技術本部 技術研究所 主任研究員
	47 バイオマス資源をローテクな平炉で炭化，排熱を熱源に温水 供給と発電 村上 誠 NPO 法人 新エネ研究会東日本 理事長 島田 勇巳 NPO 法人 新エネ研究会東日本 (有)紋珠 高槻バイオマス粉炭研究所 所長
	56 省 CO ₂ や電力システム改革に対応する新しいエネルギーマ ネジメントシステム『ISEM [®] 』 茂手木直也 (株)竹中工務店 環境エンジニアリング本部 エネルギーソリューション企画グループ 課長
	61 低炭素社会実現に向けた ZEB とスマートコミュニティの取 り組み 御器谷良一 大成建設(株) 環境本部 自然共生技術部 部長 松本 久美 大成建設(株) エネルギー戦略部 ZEB・スマートコミュニティ部 ZEB 推進室 主任
投稿論文	69 応力分散手法による建設車両用タイヤのサイドウォールカッ ト防止に関する研究 江口 忠臣 明石工業高等専門学校教授 都市システム工学科

交流の広場	78	ボーリング削孔の現場 高川 真一 鉦研工業(株) 技術顧問
ずいそう	85	今世界が最も注目する男!! イーロンマスク 上條 宏明 (株)大林組 東京機械工場 技術開発課 課長
	87	機械と共に 丹羽 正 西尾レントオール(株)中国支店 部長
JCMA 報告	89	フランス・パリ国際建設機械見本市 INTERMAT 2018 第 64 回欧州建設機械施工視察団 視察報告 齋藤 聡輔 (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 主任研究員
部会報告	96	ISO/TC 127/SC ロンドン国際作業グループ会議報告 標準部会
	102	新工法紹介 機関誌編集委員会
	103	新機種紹介 機関誌編集委員会
統計	105	新たな外国人技能実習制度について 機関誌編集委員会
	109	建設工事受注額・建設機械受注額の推移 機関誌編集委員会
	110	行事一覧 (2018年4月)
	120	編集後記 (三輪・竹田)

◇表紙写真説明◇

ウインドリフト

写真提供：(株)大林組

大型風車の組立てに必要な 1,200 t 級超大型クレーンは、台数が限られる上、レンタル料が超高額！ならば、クライミング・リフトアップ技術を活かし、「クレーンなしで、組み立てられないか?!」という発想から始まった開発です。

ウインドリフトは、逆だるま落とし方式で装置自身を組立て、ハブとブレードの建起こしを含めた風車本体総てを「あくまでクレーンなし」で組立てた後、装置をだるま落とし方式で解体します。また本装置の特長として、最小限の施工ヤードで組立てが可能のため、造成工事量が縮減し、建設コストの削減と環境負荷の低減を実現しました。さらには、従来工法と比べて風に強いいため、風による作業中止などの工程遅延リスクの軽減と安全性の向上につながりました。

表紙写真は「三種浜田風力発電所」での使用状況で、施工中地元の方の中には、「ロケットの発射台?!」と思われた方もいたようです。

2018年(平成30年)6月号PR目次
【ア】
(株)アイテック……………後付5
ヴィルトゲン・ジャパン(株)…表紙4
朝日音響(株)……………後付1

【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
デンヨー(株)……………後付8
【マ】
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
【ヤ】
吉永機機(株)……………後付4

フランス・パリ国際建設機械見本市

INTERMAT 2018 Paris Nord Villepinte パリ・ノール見本市会場

2018年4月23日～4月28日

第64回欧州建設機械施工視察団

掘削及び積込機械



HITACHI (日本)



KOMATSU (日本)



KOBELCO (日本)



TAKEUCHI (日本)



YANMAR (日本)



LIEBHERR (ドイツ)



MECALAC (フランス)



SANY (中国)



ATLAS (ドイツ)



SENEBOGEN (ドイツ)



DOOSAN (韓国)



Poclair (フランス)



BOBCAT (アメリカ)



KOMATSU (日本)



MERLO (イタリア)



PAYEN (フランス)



HIDROMEK (トルコ)



FARESIN (イタリア)

クレーン，荷役機械



DIECI (フランス)



TEUPEN (ドイツ)



SNORKEL (イギリス)



SKYJACK (イギリス)



MANITOU (フランス)



JMG (イタリア)



LIEBHERR (ドイツ)



MAEDA (日本)



TADANO (日本)



UNIC (イギリス)

ブルドーザ



LIEBHERR (ドイツ)



SHANTUI (中国)

運搬機械



BELL (フランス)



KOMATSU (日本)



BERGMANN (ドイツ)



VOLVO (スウェーデン)



MOROOKA (日本)



MECALAC (フランス)

その他の機械



HAMM (ドイツ)



WIRTGEN (ドイツ)



BOMAC (ドイツ)



VÖGELE (ドイツ)



GOMACO (アメリカ)



BAUER (ドイツ)



PACLITE (フランス)



IMER (イタリア)



BROKK (フランス)



AKSA (トルコ)



RISA (フランス)



CASE (イタリア)

エンジン



KUBOTA (日本)



Cummins (アメリカ)



JCB (イギリス)



YAMAHA (日本)



VOLVO (スウェーデン)



YANMAR (日本)

各種アタッチメント



ROKLA (ドイツ)



BUGNOT (フランス)



CMB ATTACHMENTS (イタリア)



ARDEN EQUIPMENT (フランス)



FRAVIZEL (ポルトガル)



BELL DREDGING PUMPS (オランダ)

巻頭言

再生可能エネルギー大量導入時代を 迎えて

山 地 憲 治



2006年からの10年間で、世界の太陽光発電の設置容量は6百万kWから3億3百万kWへと約50倍に拡大した。風力発電も同期間に74百万kWから4億87百万kWへと約6倍になった。また、2016年度のがわが国の総発電量における水力を除く再生可能エネルギーによる発電量の比率は7.8%となり、水力発電を上回った。2012年7月の固定価格買取制度（FIT）導入直前の規模と比較すると、2017年3月末までの5年弱の間に、わが国の太陽光発電容量は560万kWから3910万kWと約7倍に急増した。導入量ベースでみれば、わが国の最近の再エネ発電増加分のほとんどは太陽光によるものであるが、FIT認定設備量（未運開分を含む）でみれば、太陽光とバイオマスは、第4次エネルギー基本計画で設定された2030年の導入目標を超えている。また、風力発電も認定量ベースでは2030年目標の1000万kWに近い水準になっている。再生可能エネルギーの大量導入は既に現実である。

このような急速な大量導入の一方で、課題も明らかになりつつある。特にわが国ではコスト低減が欧米に大きく遅れており、FITに伴う巨額の賦課金負担など多くの問題に直面している。わが国のFIT法では、買取価格は再エネ電源の種別・規模別・設置形態別の区分ごとに、効率的な供給を行った場合に通常要する費用（原価）に利潤等を勘案して決められる。買取価格の中から、電気としての価値（回避可能費用と呼ばれ、現在は卸市場価格に連動）を上回る部分は、賦課金として電力消費者が消費電力量に応じて均等負担するのが原則である。賦課金は急速に増大し、2017年度の総額は2兆円を超えている。また、九州地域で最初に顕在化したが、太陽光発電の大量導入が5月の連休など需要低下期における供給過剰を招き、火力発電による調整や揚水発電の活用でも対処できなくなってきた。このため、需給バランスを取るために太陽光などの自然変動性電源の出力制御を行う必要性が発生した。このように、電力系統での瞬時瞬時の需給バランスを取る必

要から生まれる制約を一般的に系統制約と呼んでいる。

このような状況に対して、2017年度から改正FIT法が施行され、入札によるコスト低減や早期運転開始を促す仕組みなど健全な再エネ事業育成に向けて制度が整備された。また、同年度後半からは再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委が設置され、系統コストも含めた更なるコスト低減、系統制約克服に向けた対応等の検討が始まった。

特に注目されているのは、既存の電力系統を最大限に利用する日本版コネクト&マネージと呼ばれる対応である。この対応は、想定送電潮流の合理化とN-1電制（瞬時に電源制限を行うことで、事故時に備えたN-1ルールによる予備送電容量を通常時にも使って運用容量を拡大すること）、ノンファーム接続（混雑時の電源制限を条件とした系統接続）の3タイプに分類されている。これらの対応では、電力ネットワークにおける実際の送電潮流を即座に把握した需給調整が必要になる。また、電源制限などのオペレーションとそれに伴う電源側のコスト負担を分離することで、全体として最適なオペレーションと負担の公平性の両立に工夫が必要になる。このような日本版コネクト&マネージでは、電源や送電線の利用状況を即座に把握して費用負担も含めた調整を行う必要があり、送電容量と電源運用を統合した需給管理のスマート化が効果を発揮するだろう。

再エネ大量導入を契機として新しいイノベーションを導くという視点もある。系統制約の克服では、電源や送配電のスマートな管理・運用に留まらず、DR（デマンドレスポンス）など需要側に分散する資源の活用も期待されている。課題克服の過程の中で、IoT（モノのインターネット）や人工知能、ビッグデータ解析など、注目を集めている最近の技術革新を取り込んで、エネルギービジネスに大きなイノベーションを導くのではないかと。

——やまじ けんじ

（公財）地球環境産業技術研究機構（RITE）理事・研究所長——

大型風車組立リフトアップ工法 「ウインドリフト」の開発

江 副 誉 典・三 輪 敏 明・五十畑 登

風車の大型化に伴い、従来工法では組立に1,200t級クレーンが使用される。しかし、このクレーンは台数が少なく調達が困難である。ウインドリフト（以下「本工法」という）は1,200t級クレーンを使用せずに、リフトアップ方式で風車を組立てる工法である。本工法は、クレーンの調達リスクを解消し、最小限の施工ヤードで組立てが可能のため、造成工事が縮減し、建設コストの削減と環境負荷の低減を実現した。さらには、従来工法と比べて風に強いいため、風による作業中止などの工程遅延リスクの軽減と安全性の向上につながった。

今後、風車の大型化、ハイタワー化に対応することで風力発電事業の加速化に貢献していきたい。

キーワード：ウインドリフト、リフトアップ工法、大型風車組立、建設コスト削減、施工ヤード縮小

1. はじめに

近年注目されている再生可能エネルギーを利用した発電事業の一つとして、風力発電事業がある。風力発電については、発電効率を高めるために大型発電機の採用が進んできており、それに伴って風車自体も大型化している。大型化には上空の強い風を捉えられるという利点があるが、資材運搬や施工条件の制約などもあり、現在国内陸上用では高さが90m程度である発電容量3MWクラスの風車が最大となっている。

風車は複数に分割されたタワーと呼ばれる塔体、発電設備が搭載されているナセル、風を受ける3枚のブレードとブレードの軸にあたるハブにより構成されている。また、ハブとブレードが一体でローターと呼ばれている。

風車の建設には複数の施工方法があるが、ローターを地面で水平に組立て、建て起こしながらナセルへ接合していく地組工法や、ハブとブレードをそれぞれ直接ナセルへ取付けていくシングルブレード工法が一般的である。いずれの工法でも風車建設には、部材の組立てに1,200t級油圧クレーン（以下、超大型クレーンと記す）が必要となり、かつ広大な施工ヤードが必要になることが課題であった。

また、風車部材をリフトアップ方式で組立てる工法は存在していたが、ローター取付け工程において、地組みや建て起こしの為に従来工法と同じく超大型クレーンや広大な施工ヤードが必要であった。

これらの背景から、既存のリフトアップ方式で組立てる装置に新たにローターの建て起こし機能を備えた本工法の開発に至った。

今回実際に秋田県三種町の三種浜田風力発電所建設において本工法を使用し、施工したので、その成果を報告する。

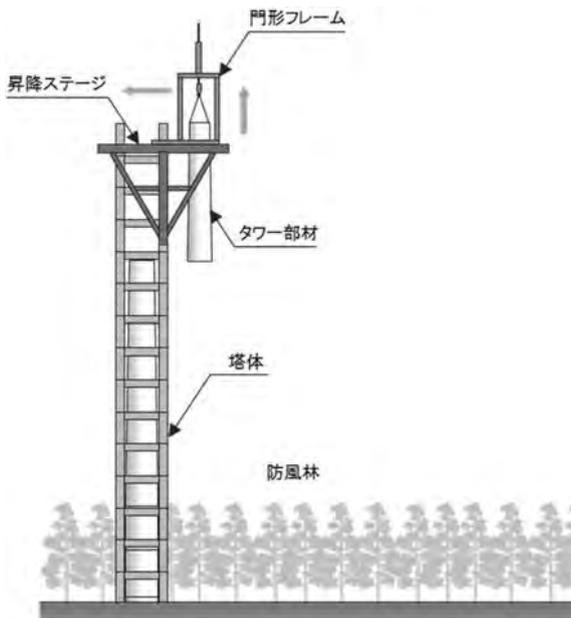
2. リフトアップ方式による施工方法の概要

既存のリフトアップ方式による組立装置を使用している施工方法を説明する。まず分割された風車タワーのうち、1本目のタワーをクレーンで据え付けた後、タワーの周囲に支柱、クライミング装置、前後に移動する門形フレームを取り付ける。図1に装置概要を示す。

次に2本目のタワーをクレーンにて、門形フレームに吊り下げる。クライミング装置が上昇し、所定の位置で門形フレームが接合位置に移動しボトムタワーと接合する。3本目以降のタワー、ナセルも同様の組立を行う。

支柱を継ぎ足す際は、地上まで下げたクライミング装置の油圧ジャッキで、支柱群を一体で持ち上げて空間を造り、新たな支柱群を挿入する。この作業を繰り返し所定の高さまで本装置をせり上げる。

次工程でローターを地上で地組みし、クレーンを用いてナセル付近の高さまで揚重し、門形フレームに吊り変えてからナセルへ取付け、風車完成後に装置の解体を行っていた。



図一 本工法概要

3. 本工法の開発

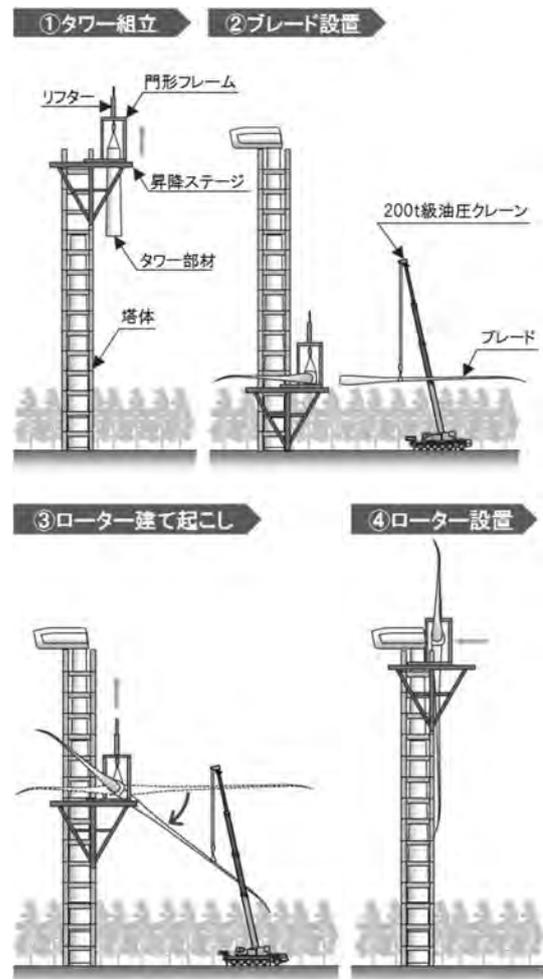
今回開発した本工法は、既存のリフトアップ方式で組立てる工法の課題を克服するために、以下の機構を追備したものである。ナセル取付けまでは既存のリフトアップ方式による施工方法と同様である。今回実施した一連の施工ステップを図一2に示す。

今回はローター地組することなく、クライミング装置上で水平状態のまま組立てることとした。立木などの障害物をかわす地上10m程度で組立てることにより、地組用の施工ヤードの伐採や造成が不要となり最小限の施工ヤードで工事を行うことを可能とした。

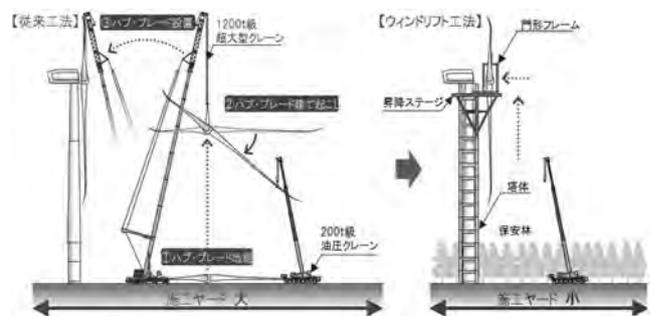
ローター組立て後は、クライミング装置による上昇とともに、門形フレーム上に設置したリフターの動力によってローターを徐々に垂直に建て起こす。所定の高さに達した後、門形フレームの水平移動によりナセルへ接合する。これにより超大型クレーンを使用することなく建て起こしが可能となった。図一3に本工法と従来工法の施工方法比較を示す。

実施工に先立ち、3DCGアニメーションを用いたローターの挙動検討および、建て起こし時の軌道確認およびブレードと門形フレームの干渉確認を目的とした実証実験を行った。実証実験では門形フレームとローター簡易模型を同尺度で再現し、地組み後から垂直に建て起こす過程の確認を行った。図一4にローターの挙動検討、写真一1に実証実験状況を示す。

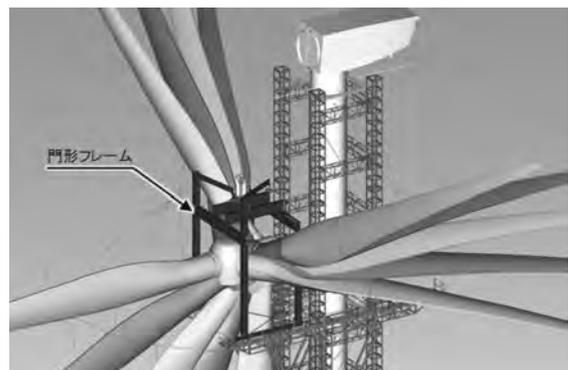
実証実験の結果、ブレードと門形フレームの干渉が無いことや建て起こし時の軌道が確認でき、実施工での注意箇所の把握につながった。



図二 施工ステップ



図三 施工方法比較



図四 3DCGアニメーションによる挙動検討

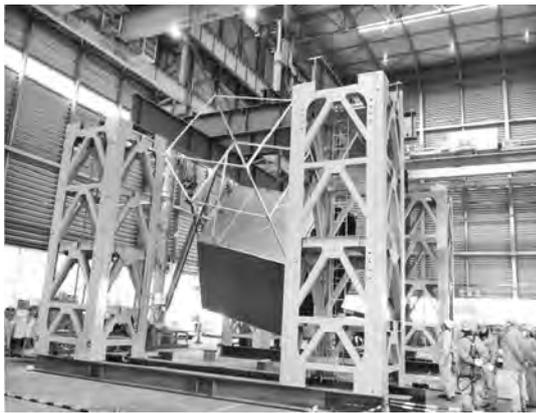


写真-1 実証実験状況

実施工では突発的な強風下も想定されるため、風による荷振れ時のブレードと本装置接触予防策として、ブレードの根元にスリングを使用して固縛処置を設置する対策を行ったため、荷振れ時の制御も安易であった。図-5 にローター荷振れ対策を示す。

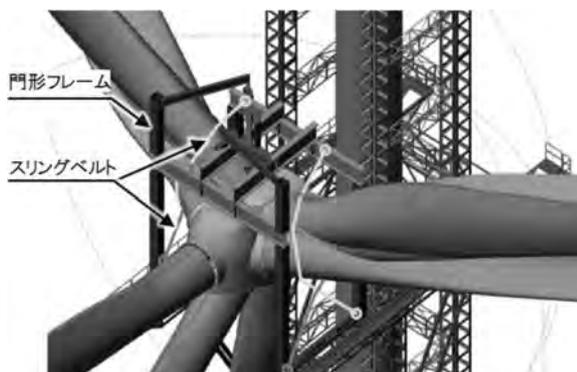


図-5 ローター荷振れ対策

■ 工事概要

工事名 : 三種浜田風力発電所建設工事
 工事場所 : 秋田県山本郡三種町
 工期 : 平成28年6月29日～平成29年7月31日
 発注者 : 大林ウインドパワー三種
 概要 : 風力発電風車3基
 風車 : 定格出力1,990kW×3基=5,970kW、ローター直径92.5m、ローター中心までの高さ78.0m、最高部の高さ約125.0m
 基礎 : RC構造物、場所打ち杭径1,500mm(8本/基)
 仮設 : 道路造成980m、発電所仮設ヤード2,500m²/基



図-6 工事概要

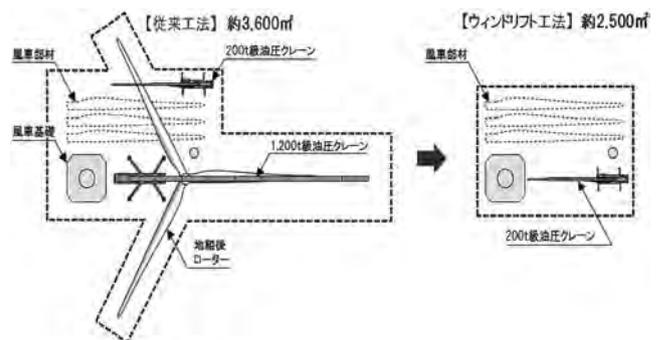


図-7 風車建設施工ヤード比較

4. 施工成果

本工法を用いて建設を行った三種浜田風力発電所の工事概要および成果を以下にまとめる。工事概要を図-6 に示す。

風車組立用の揚重機は、従来工法では1,200t吊クレーン相当が必要なのに対し、本工法では200t吊クレーンと大幅なサイズダウンが可能となった。

施工スペースに関しては、超大型クレーンによる占有面積が減少したこと、ローターの地組みスペースが不要となることにより、従来工法では3,600m²必要であった施工スペースが本工法では2,500m²で施工できた。図-7 に風車建設施工ヤード比較図を示す。

風車部材のリフトアップ中は、従来工法と異なりクレーンを占有しないため、風車部材の現場受入れ用にクレーンを充てることができ、風車建設の進捗に関係なく部材輸送・受入を可能とした。



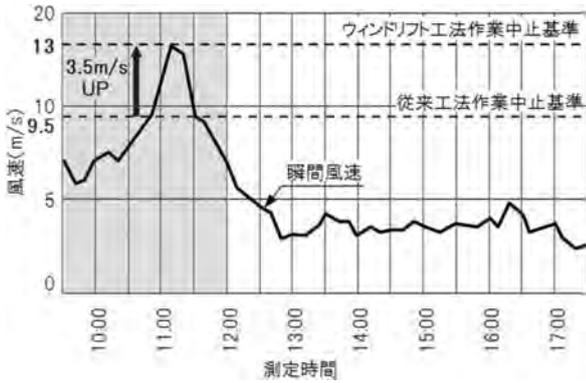
写真-2 風車部材仮置状況

これにより、風車部材の港保管期間が従来工法で75日必要なところ、本工法では36日となり、50%程度の低減を実現した。写真-2 に風車部材仮置状況を示す。

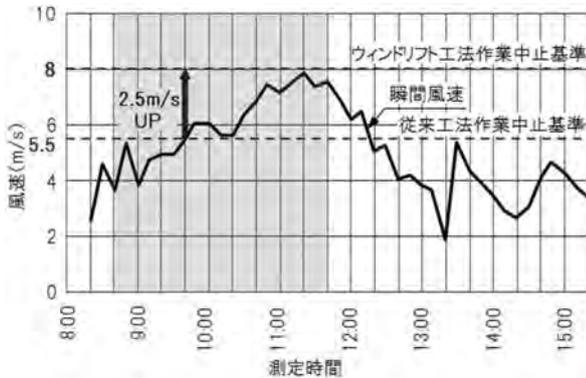
また、従来工法では、超大型クレーンを使用して高所へ風車部材を吊り上げた状態のままの取付け作業

となる。そのため、風の影響により工程が大きく左右されていた。具体的にはタワー、ナセル取り付け時に瞬間風速 9.5 m/秒以下で、ローター取り付け時に 5.5 m/秒以下を目安に作業を行っていた。実際に本工法では、タワー、ナセル取り付け時は最大で 13 m/秒、ローター取り付け時は最大で 8 m/秒の突風が吹いたが、荷振れもなく安定して取り付けることができた。

ローター径が 92.5 m に対して比較的強風下においても風の影響を受けにくく、安定した工程のもと施工可能であることが証明できた。図—8 および図—9 に本装置による作業時風速を示す。



図—8 作業時風速 (タワー, ナセル)



図—9 作業時風速 (ローター)

立木の伐採や造成などの準備工事を減らすことができること、超大型クレーンが不要であること、風車組立工程と港保管期間を短縮できることから、最終的に従来工法と比べて 10% 程度のコスト低減を実現した。表—1 に効果の比較を示す。

表—1 効果の比較

	従来工法	ウインドリフト工法
建設コスト比率	1	0.9
施工ヤード比率	1 (約3,600m ²)	0.7 (約2,500m ²)
組立工程	13日/基~14日/基 (風況リスク含む)	12日/基 (実績)

5. おわりに

大型風車の組立てにおいて、超大型クレーンを必要とせず最小限の施工ヤードでの工事が可能な本工法ウインドリフトを開発したことにより、建設コストの削減を実現した。

建設コスト削減効果は、3 MW クラス以上の風車など発電容量が大きくなると、より顕著となる。また、より良い風況下で発電可能なハイタワー風車では、超大型クレーンでも所定の高さに届かず建設できないケースが想定される。

今後は、3 MW クラスから 4 MW クラスおよびローター径 100 m から 120 m 相当の大型風車や、ハイタワーの風車への適用を目指し、本工法の改良を行っていく予定である。

J C M A

【筆者紹介】



江副 誉典 (えぞえ たかのり)
 株式会社大林組
 本社 機械部 技術企画課
 主任



三輪 敏明 (みわ としあき)
 株式会社大林組
 本社 機械部
 副部長



五十畑 登 (いそはた のぼる)
 株式会社技研
 技術製品事業部

6 軸減揺棧橋の開発

作業船の動揺安定台としての活用に向けて

那須野 陽 平・田 中 孝 行・今 村 一 紀

近年注目されている洋上風力発電事業では、保守メンテナンス時の発電設備への安全なアクセス方法が課題とされている。現在採用されているアクセス方法としては、小型船舶の船首からの移乗などが挙げられているが、作業員の海中転落・挟まれ事故のリスクが避けられない。このような背景から、著者らはモーションベースと呼ばれる空間リンク機構を作業船の動揺安定台として活用する手法を採用した「6軸減揺棧橋」の開発を進めている。本稿では、海域試験において確認されたモーションベースプロトタイプの水保性能について報告する。

キーワード：モーションベース、洋上風力発電、作業船、動揺低減、移乗装置、安全

1. はじめに

日本のエネルギーをめぐる環境は、化石燃料から再生可能エネルギーへの転換を図るべく、石油等に代わるクリーンなエネルギーとして、さらなる導入・普及への取り組みが進められている。その中で近年、注目を集めているのが洋上風力発電である。日本は四面を海に囲まれた島国であり、日本の領海と排他的経済水域を合わせた海の広さは、世界第6位である。風況の良い広大な海を利用して風力発電を設置することができれば、そのエネルギー量は極めて大きいと言われている¹⁾。

洋上風力発電設備の建設、運用、管理、保守メンテナンスにあたり、発電設備へのアクセス手段の確保は重要課題である。アクセスシステムは、安全性、経済性、海象等の環境条件、稼働率改善の必要性等の要素を考慮して検討されており、様々な方法が試みられている。現在採用されている一般的な洋上風力発電設備へのアクセス方法としては、小型船舶の船首からの移乗などが挙げられているが、気象・海象条件によってはアクセスが困難となることも多く、作業員の海中転落・挟まれ事故のリスクが高まることから、解決すべき課題の1つとして提起されている²⁾。

現在、船舶の動揺を抑制する装置として、アンチローリングタンクやフィンスタビライザーなどの減揺装置が開発・実用化されている。しかしながら、前者は船舶の横揺れ固有周期の変化に追従することが困難であり、後者は高速航行時のみに効果を発揮するため、作

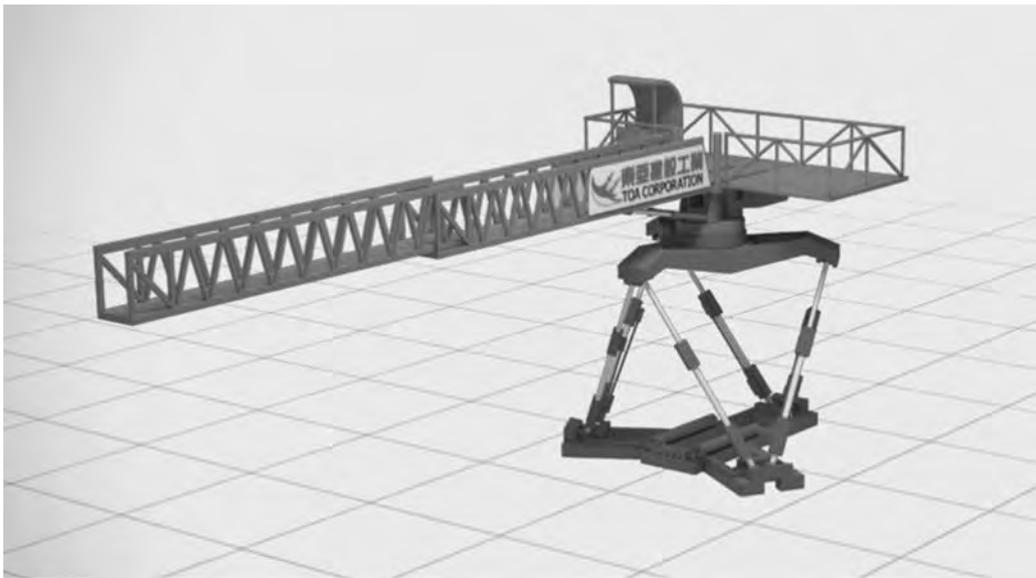
業船のように投錨して定点保持状態で作業を行う船舶に対しては効果的ではない。これらの技術は、船舶自身の動揺を抑制するためのものであるが、これに対し、何らかの制御機構を用いて動揺する作業船の任意の地点を水平に保持することにより、船舶の動揺を考慮せずに安全な移乗が実現できる可能性に着目した。この観点に基づき、著者らは6軸モーションベースを作業船の動揺安定台として活用する手法を採用すると共に、洋上の構造物に対する作業員の安全な移乗を目的として、「6軸減揺棧橋」の開発を産学共同で進めている³⁾。

2. 6軸減揺棧橋の概要^{5), 6)}

(1) 構造

モーションベースとは、機構学的には、出力となるリンクを複数の駆動用リンク列により並列に駆動する機構の総称であり⁴⁾、スチュアートプラットフォーム型、Hexa型、直動固定型などの種類がある。また、モーションベースは、大型フライトシミュレータやアミューズメント機器の揺動装置として実用化され、長い歴史と開発実績がある技術として知られている。

「6軸減揺棧橋(図-1)」は、上下2枚のプレート(トップ/ベースプレート)が6本のシリンダーで接続されたスチュアートプラットフォーム型モーションベースを採用している。本装置は「モーションベース部」の他、作業員が乗降する場所となる「プラットフォーム部」、作業員の通路となる「棧橋部」から構成される。



図一 6軸減揺栈橋 構造図

作業船に固定された「モーションベース部」は、上下2枚のプレートを連結する6本のシリンダーを伸縮させることにより、6自由度の運動が可能となる。別途搭載するセンサーによって計測される船舶の動揺を打ち消すように、各々のシリンダーを適切に制御することにより、波浪で船舶が動揺した場合でも、プラットフォームを常に水平に保つことが可能となる。また、栈橋部分にテレスコピック機構を採用することにより、栈橋の伸縮が自在になり、現場条件に合わせて栈橋の長さを調整することができる。

このように、モーションベースと可動式栈橋を組み合わせることで、小型船舶を使用したアクセスが不要となり、作業船や台船上から直接、洋上の構造物への移乗が可能となるため、洋上作業に従事する作業員の安全と作業効率の向上への寄与が期待される。

(2) プロトタイプの機構

モーションベースの機構や可動域の決定、基本動特性の確認などを行うため、まず初めにプロトタイプを製作した。本装置は、水平保持性能を検証する海域試験でも使用し、実機製作を想定した制御手法の検討にも活用した。

プロトタイプ(写真一)は、モーションベース、油圧ユニット、制御装置、教示装置から構成されている。教示装置を操作することにより、モーションベースを遠隔操作することも可能である。

プロトタイプでは、栈橋を組み合わせた実機を想定し、高い出力と応答性が比較的容易に得られる油圧サーボ機構を採用した。また、油圧シリンダー内部には、シリンダーの伸縮量を計測するための磁歪式セン



写真一 モーションベースプロトタイプ(左から制御装置、モーションベース、油圧ユニット)

サーを内蔵した。

油圧シリンダーの可動範囲は、中立地点から ± 250 [mm]を確保している。また、総重量は約450 [kg]、最大持ち上げ重量は約100 [kgf]である。油圧シリンダーとトップ/ベースプレート接続部にはユニバーサルジョイントを配置し、最大振れ角 ± 15 [deg]に対応できるようにしている。基本仕様を表一に示す。

(3) 制御系の構成

モーションベースプロトタイプの駆動方式には、教示装置(写真二)による手動操作モード、予め決められた運動をSDカードから読み込み再現する自動再生モード、そして、動揺センサーの挙動を再現するリアルタイムモードの3種類がある。海域試験では、リアルタイムモードで船体動揺の低減効果を検証した。

一般的に、パラレルリンクに対する逆運動学、すなわちベースプレートに対するトッププレートの位置及

表一 1 モーションベースプロトタイプ 基本仕様

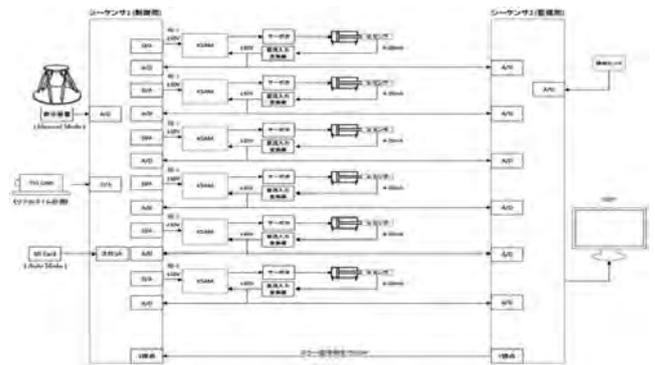
機器名称	項目	仕様	
6軸モーションベース	構造	スチュワートプラットフォーム型パラレルメカニズム	
	油圧シリンダ	①寸法	φ 50[mm] × φ 35[mm] × St500
		②最大使用圧量	14[Mpa] (耐圧圧力: 21[Mpa])
		③受圧面積 (押し)	27.44[cm ²]
		④受圧面積 (戻し)	18.90[cm ²]
		⑤ストローク検出	シリンダ内蔵型変位計
ユニバーサルジョイント	①最大振り角	30°	
	②限界負荷荷重	1,000[kgf] (9.8[N])	
ベースプレート	①寸法	1,687[mm] × 1,463[mm] × 100[mm] (W × D × H)	
	②重量	95[kg]	
トッププレート	①寸法	1,488[mm] × 1,290[mm] × 90[mm] (W × D × H)	
	②重量	91[kg]	
油圧ユニット	①寸法	2,000[mm] × 1,000[mm] × 1,000[mm] (W × D × H)	
	②モータ出力	15kW 程度	
制御装置	制御装置機器	①寸法 : 1,000[mm] × 400[mm] × 2,000[mm] (W × D × H) ②電源 : 三相 AC200V	
	上位データ変換制御装置	PLC 方式	
その他	可動範囲	① Heave	500[mm]
		② Serge	150[mm]
		③ Sway	150[mm]
		④ Roll	± 30°
		⑤ Pitch	± 30°
		⑥ Yaw	± 30°
ペイロード	100[kg]		
最大加速度	0.1[G]程度		
重量	450[kg]程度 (油圧ユニット, 制御盤は含まず)		



写真一 2 教示装置

び姿勢を指定し、アクチュエータの長さを求める問題は、解析的に解くことができるため、比較的容易に求めることが可能である。今回のケースでは、船体に固定されたモーションベースが揺動した際、任意のベースプレート姿勢に対し、トッププレートが常に水平となるような各油圧シリンダのストローク長を求め、という問題に相当する。本稿では、動揺センサーにより計測されたロール、ピッチ、ヒープを打ち消すように、仮想三次元空間に配置した幾何学モデルを回転移動させ、ある瞬間の船体動揺に対して理想となるシリンダストローク長を代数的に算出する手法を採用した。本システムの制御フローを図一 2 に示す。

油圧シリンダの変位は、シリンダに内蔵された磁歪式ストロークセンサによってセンシングされてお



図一 2 モーションベースプロトタイプ 制御フロー

り、代数的に得られた 6 本のシリンダ長と比較し、その差が小さくなるような制御を行っている。また、実際のシリンダストローク長を使用してトッププレートの位置及び角度を演算すると共に、ユニバーサルジョイント部の角度も演算している。機械的に負荷がかかるトッププレート角度を閾値として設定し、その値に演算結果が近づいた際にアラートを出すようにしている。

なお、本試験は、モーションベースプロトタイプの水平保持性能の検証を目的として実施したものである。そのため、栈橋を組み合わせた際の振動の影響などは考慮していない。

3. 海域試験におけるモーションベースプロトタイプの水平保持性能検証

(1) 試験概要

平成 27 年 3 月、山口県響灘周辺において、モーションベースプロトタイプの海域試験を実施した。本試験では、動揺する作業船上にモーションベースプロトタイプを搭載し、センシングされた船体動揺を打ち消すような制御を施すことにより、トッププレートの水平保持性能を検証することを目的として実施した。

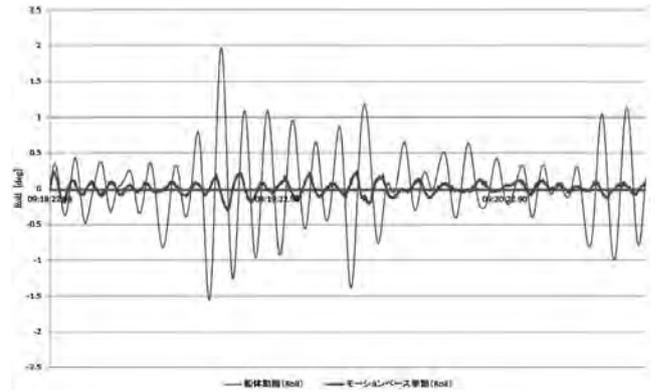
船体動揺及びトッププレートの挙動は、TELEDYNE TSS 社製の動揺センサー「DMS-05」を使用して計測した³⁾。また、モーションベースプロトタイプを搭載するプラットフォームとして、洞海マリンシステムズ株式会社所有の曳船「つばさ(写真一 3)」を使用した。また、モーションベースと油圧ユニットの艤装状況を写真一 4 及び写真一 5 に示す。

(2) 水平保持性能検証結果

本試験では、モーションベースプロトタイプで再現可能な 6 自由度の運動のうち、船体動揺の主要素であるロール、ピッチ、ヒープについて動揺低減効果を検



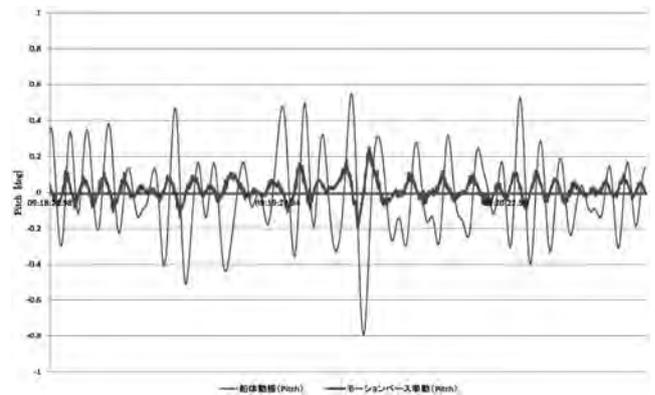
写真—3 曳船「つばさ」



図—3 水平保持性能 (ロール)



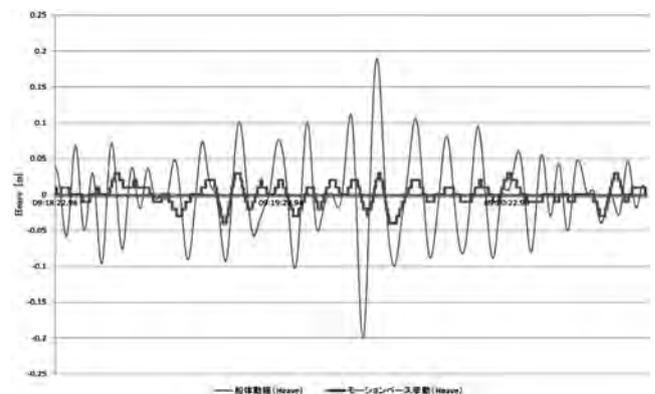
写真—4 モーションベース 機装状況



図—4 水平保持性能 (ピッチ)



写真—5 油圧ユニット機装状況



図—5 水平保持性能 (ヒープ)

証した。2 台の動揺センサーを使用して得られた結果を図—3～5に示す。振幅の大きい波形は船体動揺を示し、振幅の小さい波形は制御後のトッププレートの挙動を示している。また、横軸に時間、縦軸に角度(ロール、ピッチ)と上下方向の変位量(ヒープ)を取っている。ヒープ方向に対するモーションベースの可動範囲が±250[mm]であるため、試験海域に制約があったものの、船体動揺が大きく低減されていることが確認された。計測中に発生する大小の波を総合的に評価するため、各波がゼロラインをクロスする部分の面積

をサンプリング時間ごとに求め、標準偏差に基づく統計処理を行った。その結果、動揺低減率はロールで約85%、ピッチ及びヒープで約73%と高い水平保持性能が示されることを確認した。

4. おわりに

本稿では、6軸モーションベースを用いた減揺栈橋の開発として、モーションベースプロトタイプを用いた海域試験を実施し、トッププレートの水平保持性能について報告した。ハードウェア上の可動域制限があるものの、船体動揺の主要素であるロール、ピッチ、

ヒープを70～80%程度低減可能であることを確認した。船体動揺を完全に打ち消すことができなかった要因としては、モーションベースが予期しない挙動を示した際の安全対策として、シリンダーの伸縮速度に制限を設けていたが、実際の船体動揺がこの速度を超えていたため、シリンダーが追従しきれなかったことが考えられる。また、高圧窒素ガスを封入したアキュムレータにより確保される油圧量に対し、当初想定された波高よりも大きな波の連続出現に伴い、油圧不足となったことも影響していた。

これら以外にも得られた知見は多く、今後の実機製作の足掛かりとして活用していく予定である。特に、本装置には人間が介在するため、モーションベースのみならず、栈橋部分も含めた装置全体としての機械安全設計及び安全対策を講じることが重要となる。実際の運用で緊急事態が発生した際、例えば、移乗設備と連結された栈橋を短縮・起伏させ、迅速な離脱を行う機能を付加するなど、人間が介在する設備として、安全対策にも注力した開発を進めていく。

なお、実機化に向けた本装置の詳細設計は、昨年度までに完了している。今後、高い減揺効果が要求される海洋工事への適用を視野に入れ、実機製作に着手する予定である。

謝 辞

最後に、本装置開発にご賛同・ご支援いただいた関係者各位に、この場をお借りして深く謝意を表す。

JCM A

《参考文献》

- 1) 洋上風力発電ナビ <http://www.o-wp.net/>
- 2) 原子力安全・保安院：平成23年度 洋上風力発電に係る安全規則を中心とした動向調査 成果報告書, pp.49～52, 2012
- 3) 今村一紀, 田中孝行, 那須野陽平, 岡山健次, 立野圭祐:6軸モーションベースを用いた動揺吸収型可動式栈橋の開発(第一報 作業限界条件の検討と動揺計測実験), 第14回建設ロボットシンポジウム論文集, pp.119～128, 2014
- 4) 五嶋裕之:パラレルメカニズムと建設施工技術への応用, 建設機械施工 Vol.66, No.8, pp.19～22, August, 2014
- 5) 那須野陽平:パラレルメカニズムを用いた動揺吸収栈橋, 油空圧技術, Vol.54, No.4, pp.53～57, 2015
- 6) 今村一紀, 田中孝行, 那須野陽平:6軸モーションベースを用いた動揺吸収型可動式栈橋の開発, 電力土木, No.377, pp.67～69, 2015

【筆者紹介】

那須野 陽平 (なすの ようへい)
東亜建設工業(株)
土木事業本部 機電部 電気グループ
主査



田中 孝行 (たなか たかゆき)
東亜建設工業(株)
土木事業本部 機電部 電気グループ
グループリーダー



今村 一紀 (いまむら かずき)
東亜建設工業(株)
土木事業本部 機電部長



洋上風力発電施設の基礎およびアンカーに適用する「スカートサクシオン」

伊藤 政人・栗本 卓・林 秀郎

「スカートサクシオン」(以下「本基礎」という)は、下部が開口した円筒形構造の海洋構造物基礎で、スカート内から排水してその水圧差により海底地盤に貫入させるため、設置時に杭打機などの大型機械が不要であり、騒音、振動など海洋環境に与える影響が少ないという特長がある。この特長を生かし、近年導入が急ピッチで進められようとしている洋上風力発電における洋上風車や洋上変電施設などの基礎あるいはアンカーとして適用させ、風力発電のコスト低減に寄与させるため、実海域においていくつかの大型模型実験を実施した。本稿は本基礎の概要と洋上風力発電施設への適用へ向けた技術開発成果について報告する。

キーワード：基礎, アンカー, 洋上風力発電施設, サクシオン, 大型模型実験

1. はじめに

海に囲まれ、かつ国土の面積も狭い我が国にとって、海洋再生可能エネルギー、特に洋上風力発電の導入は急務である。洋上風力発電はすでに欧州では政府主導の施策もあって、発電コストが大幅に低下し、主力電源の地位を確立しつつある(写真-1)。日本においても、膨大なポテンシャルが見込まれており、2017年末の導入実績は、6基(約2万kW)に留まっているものの、環境アセスメント手続中の案件は430万kWに上っており、事業者による計画の具体化

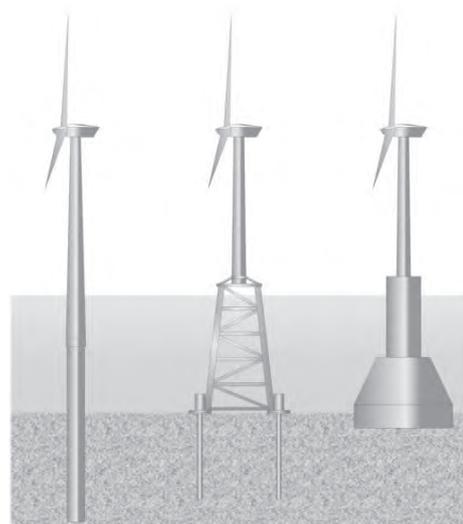
が急ピッチで進んでいる。

洋上風車の構造形式は、基礎を海底地盤に支持させる着床式と風車自体が浮いている浮体式があり、着床式は水深が比較的浅い場合に、浮体式は水深が深い場合に採用される。着床式にはモノパイル、ジャケット、重力式などの基礎形式(図-1)がある。浮体式にはセミサブ型、スパー型、TLP(テンション・レグ・プラットフォーム)型(図-2)などの型式があり、急峻な海底地形である日本において、今後の導入が予測される。

本稿ではまず海洋構造物基礎である本基礎の概要に

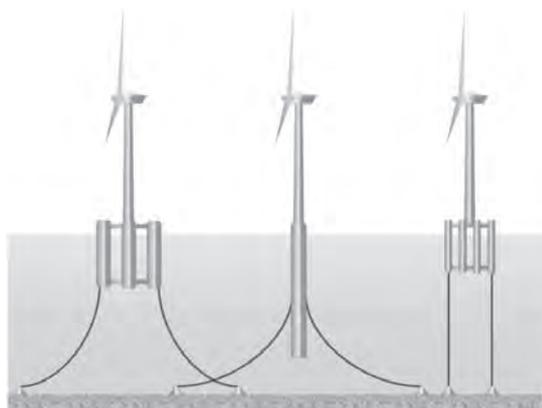


写真-1 洋上風力発電所の例



モノパイル ジャケット 重力式

図-1 着床式洋上風車の例



セミサブ型 スパー型 TLP型
(係留方式：カタナリー型)

図一 2 浮体式洋上風車の例



写真一 3 洋上風力発電施設基礎への適用例

ついて述べ、洋上風車や洋上変電施設あるいは洋上風況観測施設などの洋上風力発電関連施設の基礎あるいはアンカーとして、本基礎を適用した場合のそれぞれの構造やその特長を述べるとともに、その適用性を検証するために実海域で行ったいくつかの大型模型実験について報告する。

2. 本基礎の概要

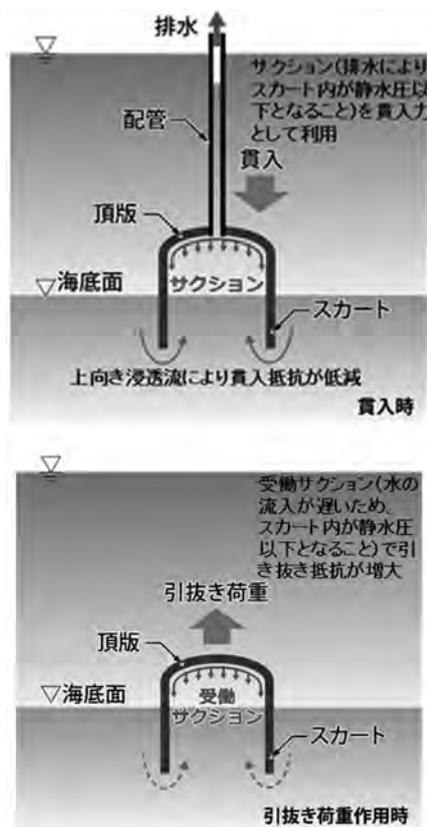
本基礎は、下部が開口した円筒形構造の海洋構造物基礎で、バケット基礎、サクシヨンバケットなどとも呼ばれ、石油・ガス採掘用重力式プラットフォームの基礎や浮体式構造物のアンカーとして世界中で広く使われている。国内では防波堤基礎¹⁾ など3つの施工実績があり、海外ではすでに洋上風力発電施設基礎へ

の適用事例²⁾ も数例報告されている(写真一 2, 3)。

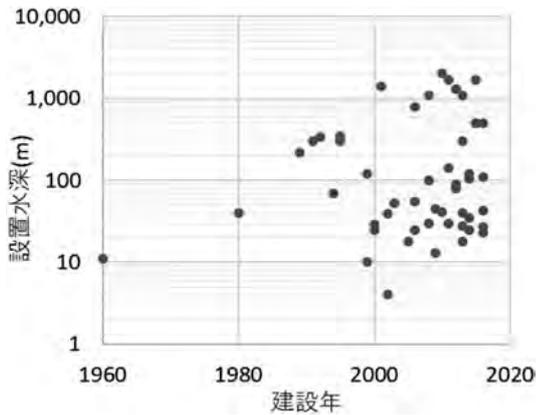
本基礎の特長を図一 3 に示す。本基礎は、スカート内の水圧を静水圧以下に低下させ、その水圧差によって海底地盤に貫入させるため、設置時に杭打機などの大型機械が不要であり、騒音、振動など海洋環境に与える影響が少ないという特長がある。設置後は根入れされたスカートの地盤抵抗によって安定を確保し、特に引抜抵抗は、受働サクシヨン効果(スカート内への水の流入が遅いためスカート内が静水圧以下となってスカート外との水圧差が生じて引抜抵抗が増え



写真一 2 栈橋防衛工への適用例



図一 3 本基礎の特長



図一4 本基礎適用水深

る効果)を抵抗に見込むことができる。また、撤去時にはスカート内に注水することで完全撤去が可能である。砂や粘土のあらゆる地盤に適用可能であるが、硬質な岩盤などは水圧差による貫入ができないため適用できない。設置に際して水圧を利用することから、数10 mから1000 m以上に至る大水深での適用事例が多い(図一4)。

3. 着床式風力発電への本基礎の適用

(1) 概要と実験目的

図一5に着床式洋上風車の基礎に本基礎を適用した場合のイメージ図を示す。着床式洋上風車の基礎は欧州では圧倒的にモノパイルの適用数が多い。しかしモノパイルは大口径鋼管杭であるため、打設時の騒音振動が極めて大きく、海洋生物への影響の懸念がある。また、1本の杭で風荷重や波浪荷重に抵抗させることから根入れ長が長くなるため、海底地盤の途中で



図一5 着床式洋上風車への適用イメージ

岩盤が存在する場合などは打設不能となり適用できない。本基礎は海洋環境への影響が少ないこと、供用終了後に撤去可能であること、径が大きいモノパイルに比べ根入れを浅くでき、海底地盤下10~20 m程度に岩盤がある場合でも対応可能であることなど、その適用性の高さが注目されている。

そこで、今回着床式の洋上風力発電施設の基礎に本基礎を適用した場合の①貫入性、②水平支持性能、③撤去性、について検証するため、実海域における大型模型実験(貫入実験、水平载荷実験、撤去実験)を行った。以下にその実験概要とその結果について示す。

(2) 貫入実験³⁾

大型模型実験に用いた試験体はRCスカート部(外径5.0 m, スカート長8.0 m, スカート厚0.25 m)と鋼製タワー部(外径2.0 m, 高さ10.9 m)からなる(図一6)。また、当該地の水深は約11.5 mであり、海底地盤はN値0~40程度の砂地盤である。貫入実験は、300 tフローティングクレーン船にて試験体を所定の場所まで吊曳航し、その後海中に吊りおろし(写真一4)、自重により貫入させた後、姿勢制御しながら、ポンプによりスカート内の圧力を下げることで所定の深さまで貫入させた。

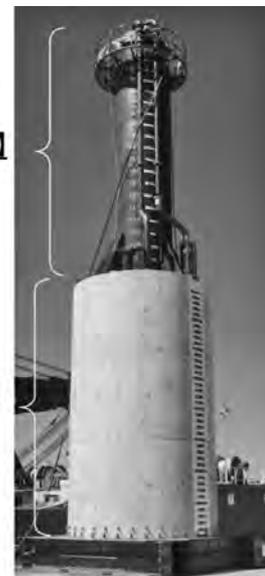
図一7に貫入力と貫入深度の関係を示す。同図には2つの貫入抵抗予測式Houlsbyら⁴⁾、サクシオン基礎構造物技術マニュアル⁵⁾で計算した予測値も示してある。実験値は概ね予測式の範囲であり、既往の貫入抵抗予測式の妥当性を確認できた。

【鋼製タワー部】

Φ2.0m
H=10.9m
t=0.019m

【RCスカート部】

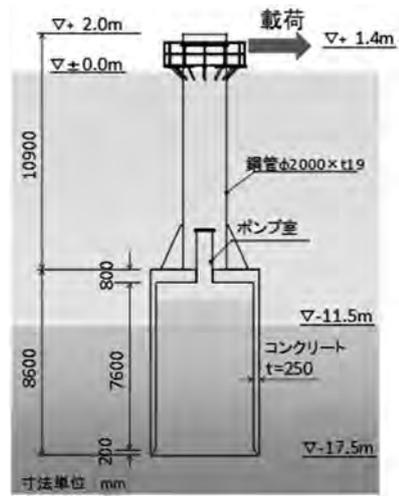
Φ5.0m
H=8.6m
t=0.25m



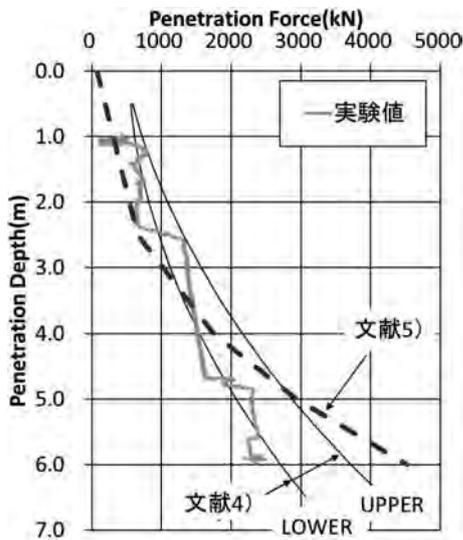
図一6 大型模型実験でのRC製試験体



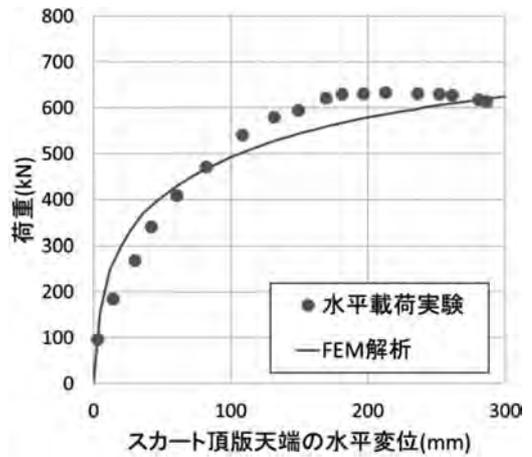
写真—4 FC船による吊り曳航



図—8 水平載荷実験模式図



図—7 貫入力—貫入深度



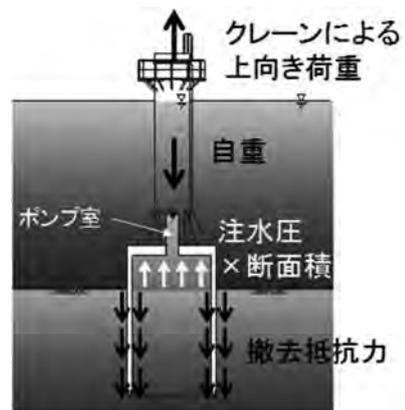
図—9 水平荷重—変位

(3) 水平載荷実験⁶⁾

水平載荷実験は貫入実験終了7日後に行った。図—8に実験の模式図を示す。試験体頭部を、約70m離れたケーソン式防波堤上部とワイヤーで接続し、油圧ジャッキにより載荷した。図—9に載荷位置での荷重—変位曲線を示す。同図には別途実施した3次元弾塑性FEM解析による解析結果⁷⁾も示してある。実験では水平荷重約600kNで地盤の抵抗力が完全に失われた。FEM解析ではそうした完全塑性状態は再現できないものの、初期の弾性変形状態から荷重の増大に合わせて徐々に変形が増大していく状況を比較的精度よく再現できている。

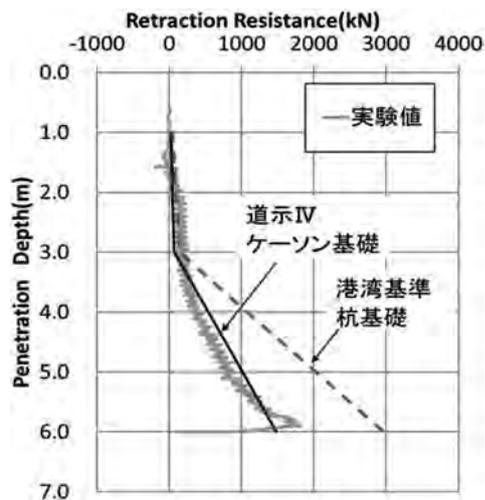
(4) 撤去実験⁸⁾

撤去実験は水平載荷実験終了1日後に行った。図—10に撤去実験模式図を示す。クレーンで試験体に上向き荷重を与えながら、注水ポンプにより海水をス



図—10 撤去実験模式図

カート内へ注水し、スカート内の圧力を上げることで試験体を持ち上げた。図—11に撤去抵抗力と貫入量の関係を示す。持ち上げ時の地盤の最大周面抵抗は約1800kNであり、これに対し約120kPaの水圧を作用させることで試験体を持ち上げることができた。同図にはスカートの周面摩擦抵抗の算定に道路橋示方書IV⁹⁾のケーソン基礎の算定式を用いた場合と港湾基準¹⁰⁾



図一 11 撤去抵抗－貫入深度

の杭基礎の算定値を用いた場合を示してある。実験値は、ケーソン基礎の周面摩擦力度を用いた場合とおおむね合致している。

これらの一連の実験により、本基礎を着床式の洋上風力発電施設の基礎に適用する場合の基本性能を検証することができた。これらの結果をもとに一般財団法人沿岸技術研究センターへ「洋上風車基礎スカートサクシオン」の港湾関連民間技術の確認審査・評価を依頼し、2018年5月に同技術に対して民間技術評価証が交付された。

4. 浮体式風力発電への本基礎の適用

(1) TLP 型浮体の概要

浮体式の洋上風力発電施設の係留方式としてカテナリー（弛緩）型とTLP（緊張）型がある（図一2）。カテナリー型は、長さが水深の数倍となる係留索を浮体周囲に数本展開する係留方法である。これまで多くの海洋構造物で利用されているが、係留索が重いこと、海底を占有する面積が広くなるという課題がある。一方、TLP型は浮体をテンドンと呼ばれる鋼管やワイヤーなどで海底と直線的に繋ぎ、浮体の浮力を利用して、テンドンに大きな張力を発生させて安定を図る係留方法である。テンドンによって、浮体が拘束されるため、波等による浮体の揺れが非常に小さく、占有面積も最小となる。ただし、大きな張力が作用しているテンドンの海底への固定方法に課題がある。

このような背景から、浮体をコンクリート製としテンドンを海底地盤へ固定するアンカーに本基礎を用いるTLP型浮体式洋上風車を提案した（図一12）。コンクリート製浮体はメンテナンスがほとんど不要で、耐用年数が高いというメリットがある。海外では浮体



図一 12 TLP 型浮体式洋上風車

橋や石油掘削施設で実績があり、国内でも小型船舶の係留施設や浮消波堤などで実績がある。またコンクリートは比較的安価であることや、設置予定海域の地元で製作できるというメリットもあげられる。浮体形状はセンターコラム型とすることで、動揺特性に優れた構造とした。こうした構造を採用することにより、①海域の占有面積が小さく海域の生物への影響を抑えられる、②係留材が少量ですむ、③洋上風力発電施設の動揺が小さいので発電効率が高くなるというメリットを持つTLP型浮体式洋上風力発電施設を従来より安価に構築することが可能になる。

(2) 本基礎の引抜抵抗検証

本基礎の引抜抵抗における受働サクシオン効果は、地盤の透水係数が比較的大きい砂地盤でどの程度確実に見込めるかについては未解明であった。そこで砂地盤でのサクシオン効果を検証するために実海域において実大規模模型実験を実施した¹¹⁾。

写真一5に実験に用いた2つの試験体（試験体1：径1.8m、高さ4.6m、試験体2：径2.3m、高さ3.0m）を示し、写真一6に実験状況を示す。当該海域の水深は約12m、海底地盤はN値10～40程度の砂地盤である。実験は、台船上のクレーンにより試験体を海中に吊りおろし、自重貫入後、ポンプによりスカート内から排水し、スカート内の水圧を下げることによって所定の深さまで貫入させた。その後一定時間放置したのち引抜実験を行った。実験パラメータは引抜速度である。

図一13に試験体1の貫入深度－貫入抵抗関係を示す。図に同時に示す既往貫入抵抗の予測式Houlsby

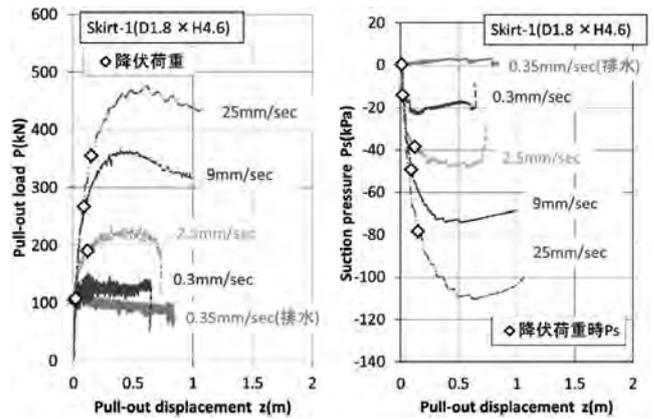


写真一五 引抜実験試験体



写真一六 引抜実験試験体設置状況

ら⁴⁾による値と概ね一致しており、RC製と同様鋼製スカートにおいても既往予測式によって貫入抵抗を予測可能であることがわかった。図一14に引抜抵抗および発生サクシオンと引抜き変位との関係を示す。引抜速度が速いほど引抜抵抗が大きく、スカート内に発生するサクシオンが大きくなった。暴風時想定される荷重速度では自重+周面抵抗よりも2~2.5倍程度



図一14 引抜変位-引抜抵抗, 受働サクシオン

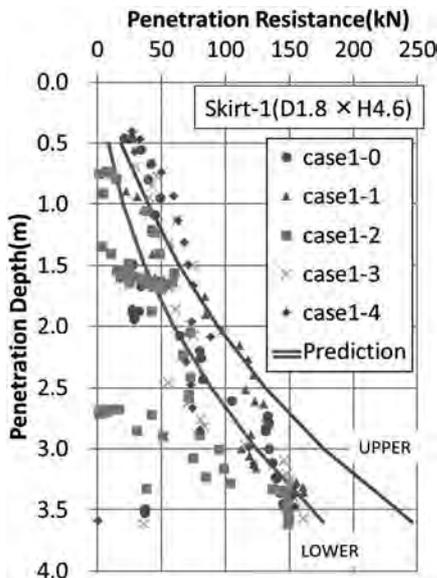
引抜抵抗が大きくなっており、砂地盤においてもサクシオン効果によって引抜抵抗が増加する現象が確かめられた。

現在 TLP 型浮体式洋上風力発電施設の設計基本承認を一般財団法人日本海事協会から取得する手続きを進めており、将来の実現に向けた浮体式洋上風力発電施設の施工法の検討も進めている。

5. おわりに

2018年3月に一般海域（港湾区域以外の海域）での洋上風力発電の導入促進のための新法が閣議決定され、国は戦略的に洋上風力発電への取り組みを加速させている。洋上風力発電には大きなポテンシャルがあり、大規模プロジェクトの計画が具現化されることにより風車の大型化や据付船などの大型化が進み、発電コストがさらに低減する可能性がある。今後、本基礎スカートサクシオンを洋上風力発電施設の基礎あるいはアンカーとして適用することで、洋上風力発電のさらなるコスト低減に貢献できるものと考えている。

JCMA



図一13 貫入深度-貫入抵抗

《参考文献》

- 1) 伊藤, 増井, 米田, 秋山: スカート基礎の栈橋先端防衛工への適用, 土と基礎 No.50-4, pp.13-15, 2002.4.
- 2) The suction bucket jacket-a new wind turbine foundation concept GEOTEKNISK FORENING Samspil mellem jord og konstruktion, 2014.11.
- 3) 伊藤, 栗本, 松元, 粕谷, 山田, 高橋: スカートサクシオン基礎の実海域実験 (その1 概要および貫入実験), 土木学会第72回年次学術講演会概要集, pp.997-998, 2017.9.
- 4) G.T. Houlsby et al.: Design procedures for installation of suction caissons in sand, Proceedings of the Institution of Civil Engineers Geotechnical Engineering 158, pp.135-144, 2005.
- 5) 財団法人沿岸開発技術センター: サクシオン基礎構造物技術マニュアル, 平成15年3月
- 6) 栗本, 伊藤, 松岡, 佐藤, 小山, 粕谷: スカートサクシオン基礎の実海域実験 (その3 水平載荷実験), 土木学会第72回年次学術講演会概要集, pp.1001-1002, 2017.9.
- 7) 小山, 栗本, 伊藤, 粕谷, 高橋, 濱地: スカートサクシオン基礎の水

平抵抗に対する解析的評価（その1 全応力解析），土木学会第72回年次学術講演会概要集，pp.1003-1004，2017.9.

- 8) 粕谷，濱地，上篠，伊藤，栗本，松元：スカートサクシオン基礎の実海域実験（その2 撤去実験），土木学会第72回年次学術講演会概要集，pp.999-1000，2017.9.
- 9) 公益社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説IV下部構造編，pp.322-376，2012.3.
- 10) 公益社団法人日本港湾協会：港湾の施設の技術上の記述・同解説（下巻），pp.567-666，2007.7.
- 11) 粕谷ら：浮体式洋上風車に用いるスカートサクシオンアンカーの引抜き抵抗に関する研究，大林組技術研究所報，No.80，2016.12.

[筆者紹介]

伊藤 政人（いとう まさと）
 ㈱大林組
 土木本部企画管理部 部長



栗本 卓（くりもと たく）
 ㈱大林組
 土木本部生産技術本部設計第二部 担当部長



林 秀郎（はやし ひでろう）
 ㈱大林組
 土木本部生産技術本部設計第三部 主席技師



水中浮遊式海流発電システムの開発と 実海域実証試験

実証試験機かいらゅう

長屋 茂樹

持続可能なエネルギー供給や温室効果ガスの排出削減のために、黒潮に代表される海流を、海洋再生可能エネルギーとして有効に利用することを目指して開発している水中浮遊式海流発電システムの特長と、2017年に実施した実海域での実証試験について紹介する。

キーワード：海洋再生可能エネルギー、黒潮、海洋構造物

1. はじめに

我が国が有する領海・排他的経済水域（EEZ）は世界第6位の広さを誇り、このEEZにおける海洋再生可能エネルギーの利用は、温室効果ガスの排出抑制や、エネルギー安全保障の面からも積極的な推進が求められている¹⁾。海洋再生可能エネルギーを利用した主な発電方法としては、①風力発電を沿岸や沖合で行う洋上風力発電、②波の上下に伴う運動エネルギーや位置エネルギーを電力に変換する波力発電、③潮の満ち引きによる潮汐流が海峡などで速い流れとなるのを利用する潮流発電、④大洋を一定方向に流れる暖流や寒流の流れを利用する海流発電、⑤低緯度海域表層の温水を利用して沸点の低い媒体を気化させた蒸気でタービンを回して発電し、深層の冷水で蒸気を液化して再利用する海洋温度差発電等があり、日本におけるそれらのポテンシャルは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）による調査が行われた結果、非常に大きなエネルギーが賦存しており、そこから大きな電力の抽出が見込まれることが報告されている²⁾。

この中で、日本近海を流れる黒潮は世界的にも有数の強い海流であり、約205GWと膨大なエネルギーが賦存すると試算されていることから、この黒潮からの発電を可能にすることによって、我が国にとって非常に有用な再生可能エネルギー源となることが期待される。

海流発電を実現するうえでの海流の特徴は、昼夜や季節による流れの速さ・向きの変動が少なく、図-1に示すような東シナ海や太平洋の沖合の幅約100kmにおよぶ大きな流れが、海底水深数百mの海域の海面に近いところを流れていることが挙げられる。

このような海流に対して、低発電コストで効率良く発電する装置として、筆者らは水中浮遊式海流発電システム（図-2）の研究開発をNEDO事業として2011年度から開始して以来、本システムの実現に必要な様々な要素技術の研究を経て、2017年夏に黒潮海域での発電実証試験を完了した。本稿では、その概要について紹介する。

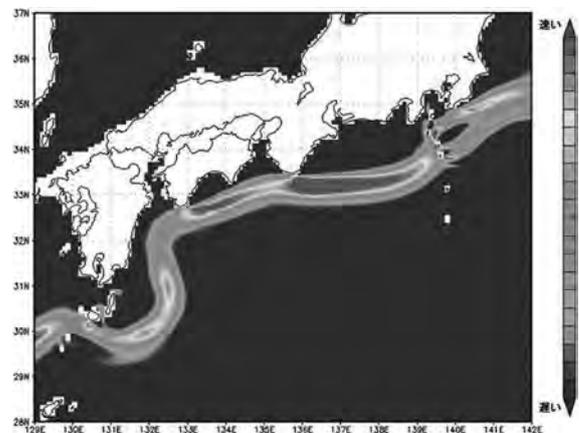


図-1 数値解析による黒潮流軸分布予測例

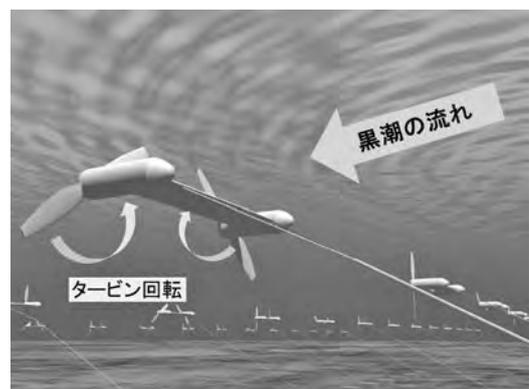
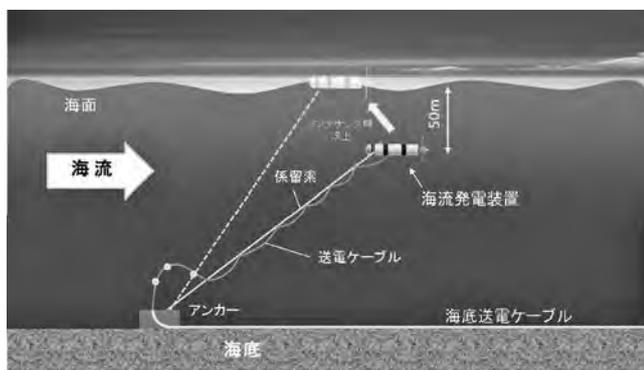


図-2 海流発電ファーム 概念図

2. 水中浮遊式海流発電システムの特徴

水中浮遊式海流発電システムは以下の特徴を有する。

- ①安定した海流エネルギーを、長期かつ連続的に利用できることで、高い設備利用率での発電が可能で、ベース電源として大きな発電電力量も期待できる。
- ②発電装置を係留索で海底から係留し、海流によってあたかも凧のように海中に浮遊させる（図—3）。係留索を伸ばすことで大水深域での設置にも簡便に対応できるため、設置可能海域を広く設定することができ、多数の発電装置を設置する大規模発電ファームの展開が可能である。この発電規模の大型化は、陸域への送電に伴うコストを相対的に低下させることに有効である。



図—3 水中浮遊式海流発電システム 概念図

また、すべて海中にあるため波浪の影響を受けずに安定した水深での運用が可能となり、船舶の航行にも支障を及ぼさない。さらに簡便な係留が可能となることから設置が容易であることも、コスト低減に寄与する。

- ③互いに逆回転する2基のタービン水車を連結することで、タービンの回転に伴う回転トルクを相殺でき、海中で安定した姿勢を保持して、効率的な発電が可能である。

定格流速は約3ノット（約1.5 m/s）と比較的ゆっくりとした流速から発電可能で、この流速が存在する発電に適した海域は日本の沿岸に広範囲に存在するため、前述の大水深域へ設置が可能であることと合わせて、黒潮に対して数千基規模の本システムの導入が可能である。

- ④保守整備時には、タービンの向きと浮力を調整することで、必要に応じて海上に浮上させることができるため、メンテナンスや修理が容易である。これらの特徴を生かして、水中浮遊式海流発電シス

テムの実機は、1機あたりの発電出力を2 MW（1,000 kW × 2基）とし、安定した海流を利用することで、60%以上の高い設備利用率を実現することを目標としており、大規模海流発電ファームでは、NEDO事業の設定目標である発電単価¥20/kWh以下を達成し、他の発電方式とも発電コストで比肩し得る発電システムの実現を目指している。

3. 水中浮遊式海流発電システムの要素技術開発

水中浮遊式海流発電システムの運用時には、海面→水中に潜行→浮遊・発電→停止→浮上という状態変化が発生し、それぞれの状態に必要な安定性を確保する必要がある。そのためには、浮体安定性への影響を考慮した搭載機器の最適配置・形状の選定や、タービン翼が発生するスラスト力や浮体に働く浮力、係留索の張力も含めたバランスの制御が非常に重要となる。

これらの要素が浮体運動へ及ぼす影響を評価するための浮体運動シミュレーションや模型試験によって、浮体の深度および姿勢安定性の確保のための制御性を検討し、非常時の安全性確保や、これらを浮体自身で自律的に制御するシステムの開発を行っている。

写真—1は水中浮遊式浮体の海中での挙動の検証を目的として、実機と同様にタービン回転数調整機構、タービン翼角変節機構、浮力調整機構、流速や浮体姿勢センサー等と、自律制御機能を備えた1/25スケール浮体模型試験機による実験の様子である。本試験機を曳航台船で曳航して海流を模擬する海中浮遊試験によって、実際の変動流中においても浮体が安定して浮遊することを確認している。

3ノットの流速から大きな電力を生み出すには、発電効率の高い大型の水中タービンの開発が必要である。実機では1タービンあたり定格出力1 MWにな



写真—1 1/25スケール実験機による水中浮遊式浮体の海中試験

る本システムでは、大型風車と同様の水平軸揚力型タービンを採用している。

そのタービン直径は約40mに達することから、タービン翼に作用する流体力や水圧といった荷重を精度よく推定し、それに耐える構造・材料の選定が重要となる。さらに、変動荷重の設定と疲労強度評価、海水腐食環境下での耐久性を確保した高信頼性・低コストのGFRP製大型翼構造・製造プロセス技術の開発と設計基準の作成を行っている。それらの設計・製造技術の検証のために、長さ約5mのタービン翼を試作し、静的強度試験や疲労試験等を実施して、設計通りの強度・剛性が得られることを確認している。

また、水深の変化やタービン水車からの荷重に対応可能な水密・耐圧浮体構造の検討や、大きな張力に耐える高強度係留索についても、本システムに適したものの選定が重要である。

海流発電の事業性は、エネルギー源となる海流の特性に大きく左右されるため、海流の流れ特性の把握も非常に重要となる。流れの特性は、図一1に示したような海流の数値予測や、音響式流速分布計測計(ADCP)等を用いた海流実測によって実施している。これらの海流に関する情報から発電量や浮体安定性の推定を行い、それに基づいて発電装置の設計仕様やコスト試算を行うことで事業性の評価を行っている。

4. 実海域実証試験

これまで培った要素技術開発の成果を利用して、実際の黒潮流域での水中浮遊式海流発電システムの発電実証実験を2017年の7月から8月に実施した。

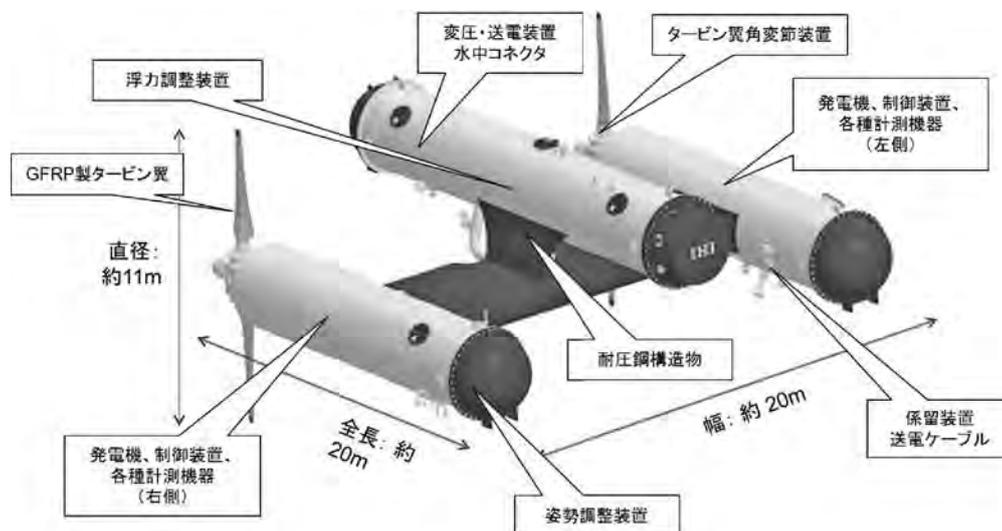
本実証試験のために、将来実機と同様の機構・構造・

材料等を用いた、タービン直径が実機の約1/3スケールの実機実証試験機(図一4および写真一2、地元小中学生からの公募により「かいりゅう」と命名)(以下「本実証試験機」という)を横浜事業所で開発・建造した。この本実証試験機は、本体全長および全幅が約20m、重量約330トンの水中浮遊式浮体で、各種機器を内蔵する3つの水密・耐圧容器(ポッド)を連結した構成である。左右のポッドにはローター直径11mで3ノットの流れから左右合計で最大出力100kWを発電可能な、翼角可変機構付きの水平軸式タービン水車を備えている。中央のポッドには浮力を調整する機構や送電機器等を搭載している。海中での発電時は、変動する外部環境に応じて本機の深度や姿勢、発電性能や非常時の対応などを、内蔵する制御装置により自律制御する。事前の曳航による試運転で、計画通り最大出力100kWを発電できることや自律制御により安定して浮遊することを確認した。

続けて実施した黒潮海域での実証試験は、内閣府総合海洋政策推進事務局が海洋エネルギー実証フィールドに認定した鹿児島県トカラ列島十島村の口之島北方

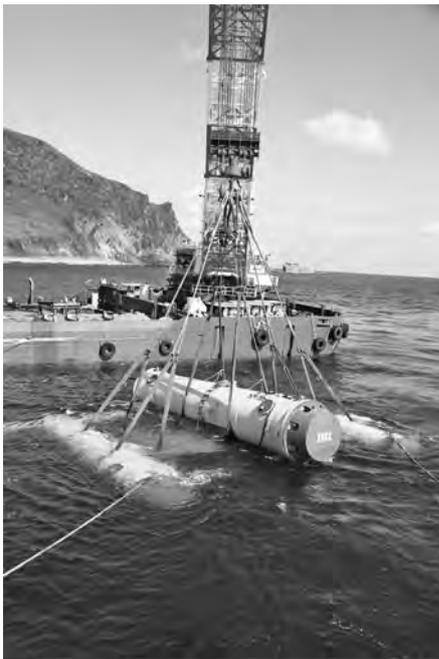


写真一2 100 kW 実証試験機



図一4 100 kW 実証試験機外観図

海域を試験海域とし、口之島の沖合約5 km、海底水深約100 mで平均流速約2ノットの黒潮が流れる海域に本実証試験機を係留設置して(写真—3および4)発電試験を行った。この実証試験の結果、今回の試験期間中では2ノットの流れがあり、そこから約30 kWの発電を達成するとともに、実際の黒潮の流場特性やその中での浮体の浮遊安定性、実海域での設置・運用作業等の貴重なデータを得ることができた。このような100 kW級の海流発電装置を実際の海流域に設置しての発電は世界初である。



写真—3 口之島沖での実証試験に向けた準備作業の様子



写真—4 口之島沖の実証試験海域に設置中の本実証試験機

5. おわりに

水中浮遊式海流発電システムは、①設置海域を選ばない低コストの浮体係留方法、②高い設備利用率をもたらす海流エネルギーと高効率の水中タービン発電装置によって、基幹電源の役割を担うことが可能な新しい発電技術である。

今後は今回の実証試験データを詳細に検証して水中浮遊式海流発電システムの開発にフィードバックするとともに、実海域長期運転試験や再生可能エネルギーとしての黒潮の調査・研究の詳細化などを進めることによって、海流発電を2020年代に実用化することを目指している。

謝 辞

本稿はNEDO事業「海洋エネルギー技術研究開発／海洋エネルギー発電技術実証研究」での成果に基づいてまとめたものである。関係各位に感謝する。

JCMA

《参考文献》

- 1) (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構：“NEDO再生可能エネルギー技術白書—新たなエネルギー社会の実現に向けて—”，(2010)
- 2) (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構：“風力等自然エネルギー技術研究開発／洋上風力発電等技術研究開発／海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務”成果報告書，(2011)

【筆者紹介】

長屋 茂樹 (ながや しげき)

(株)IHI

技術開発本部 総合開発センター 機械技術開発部

海洋技術グループ

部長



海水浸透圧を利用した浸透圧発電システム

松山 慧・坂井 秀之

浸透圧発電（Pressure Retarded Osmosis：PRO）は海水等の塩水と河川水や下水等の淡水との間の浸透圧差を利用した発電方式である。海水淡水化施設から排出される濃縮海水と下水処理施設から放流される下水処理水を用いた PRO 実証プラントを建設し、試験を実施した結果、10 インチ中空糸型 PRO 膜モジュールを使用した試験では、 10 W/m^2 の膜出力が得られ、大型の海水淡水化施設の造水エネルギーを約 10% 削減可能であることが示された。また、現在は濃縮海水での浸透圧発電開発の経験を生かし、通常の海水を用いた浸透圧発電の開発に着手しており、本技術の実用化、普及促進を目指している。

キーワード：再生可能エネルギー，塩分濃度差，浸透圧，浸透圧発電，下水処理水，海水淡水化

1. はじめに

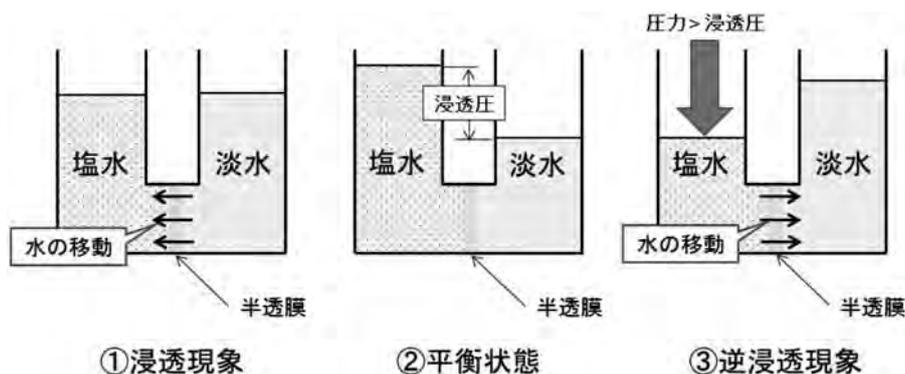
近年太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーが注目されており、特に周囲を海に囲まれた日本では海洋エネルギーを利用した技術開発が盛んに行われている。しかしこれらの再生可能エネルギーには効率が低い、設備稼働率が低い、設置場所が限られるといった問題点がある。この問題点を解決するために様々な方式の再生可能エネルギー利用技術が提案され、実用化へ向けた開発が進められている。その一つとして注目されているのが塩分濃度差エネルギーによる発電技術である。

塩分濃度差を利用した発電は浸透圧発電（Pressure Retarded Osmosis：PRO）と逆電気透析発電（Reverse Electrodialysis：RED）に分類される。PRO は海水と淡水の間の浸透圧差に起因する圧力差からエネルギーを取り出す方式であり、RED は海水と淡水の間の電

位差によるイオンの流れをエネルギーとして取り出す方式である。どちらの発電方式も環境に負荷を与えず、従来の太陽光や風力発電のように天候、時間に左右されず安定した発電が可能のため、これまでにない新たな再生可能エネルギーとして期待されている。本稿では海水等の塩水と下水処理水との間の浸透圧差を利用した浸透圧発電システムの開発状況について紹介する。

2. 浸透圧発電の原理

浸透圧発電（以下 PRO）は 1976 年に Loeb により提唱された発電方式である。塩水と淡水の間に水分子のみを選択的に透過する半透膜を設置すると、淡水側から塩水側へ水が移動する浸透現象が発生する（図—1 参照）。浸透によって生じた水頭差が浸透圧と等しい状態で平衡となり、塩水側へ浸透圧よりも大きな圧



図—1 浸透現象の模式図

力をかけた場合、逆に塩水側から淡水側へ水が移動する逆浸透（RO）現象が発生する。この逆浸透現象を利用したものが逆浸透法による海水淡水化である。PRO では浸透現象によって塩水中に移動する淡水の増分を利用して発電を行う。このとき浸透現象により淡水側から塩水側へ水が浸透する際の透過流束は次式で表わされる。

$$J_w = A(\Delta \Pi - \Delta P) \quad (1)$$

ここで、 A は半透膜の透過係数、 $\Delta \Pi$ は塩水と淡水の間の浸透圧差、 ΔP は塩水と淡水の間の流体力学的圧力差である。このとき、PRO で得られる膜出力 PD は式 (2) で算出される。

$$PD = J_w \Delta P = A(\Delta \Pi - \Delta P) \Delta P \quad (2)$$

式 (2) は ΔP の 2 次関数となるため、 $\Delta P = \Pi/2$ のときに PRO における出力が最大となる。そのため PRO システムでは塩水の供給圧を浸透圧の 1/2 に加圧して供給される。海水の場合、浸透圧が約 3 MPa であるため供給圧力は約 1.5 MPa となる。

3. 海水淡水化施設濃縮海水を利用した PRO システムの開発

PRO では使用される塩水の塩分濃度が高いほどより大きなエネルギーが得られる。海水淡水化施設から排出される濃縮海水は通常の海水の約 2 倍（7%）の塩分濃度であり、この濃縮海水を利用することで大きな発電が期待されるため、2002 年より海水淡水化施設から排出される濃縮海水を用いた PRO システムの開発を開始した。

福岡市に建設された PRO 実証プラント（2010～2013）の概要を写真—1 に示す。実証プラントでは塩水として近隣の海水淡水化施設から放流される濃縮海水（460 m³/日）を、淡水として地域の下水処理施設から放流される下水二次放流水（420 m³/日）を、PRO 膜として 10 インチ中空糸型 PRO 膜モジュール 8 本を使用し、設備発電出力は 8 kW となっている。



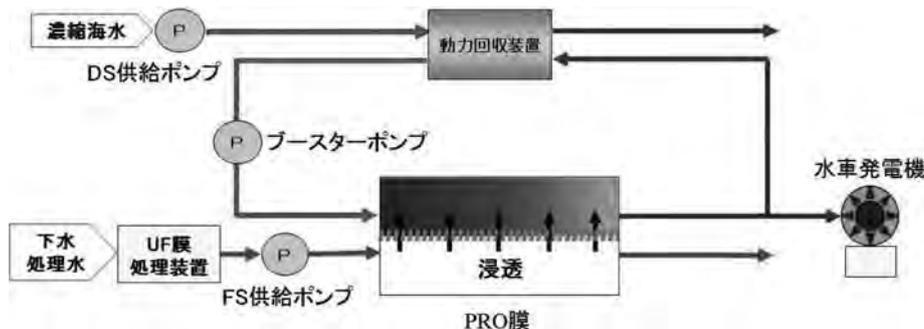
写真—1 PRO 実証プラント



写真—2 PRO 試験プラント

2013 年からは長崎市内の下水処理施設に PRO 試験プラント（濃縮海水：90 m³/日）を設置し試験を行っている（写真—2 参照）。

開発された PRO システムのフローを図—2 に示す。システムは PRO 膜、各送水ポンプ、動力回収装置、下水処理水前処理装置、水車発電機にて構成されており、PRO 膜としては中空糸型の浸透膜を、動力回収装置としては海水淡水化で用いられる容積式動力回収装置を、下水処理水の前処理としては UF 膜による前処理が採用された（写真—3 参照）。このとき PRO システム全体における正味出力（ E_{net} ）は、水車発電機で発電された発電出力（ E_0 ）からシステムで使用される各ポンプの消費エネルギーの合計（ E_i ）を差し引いたものとなる。



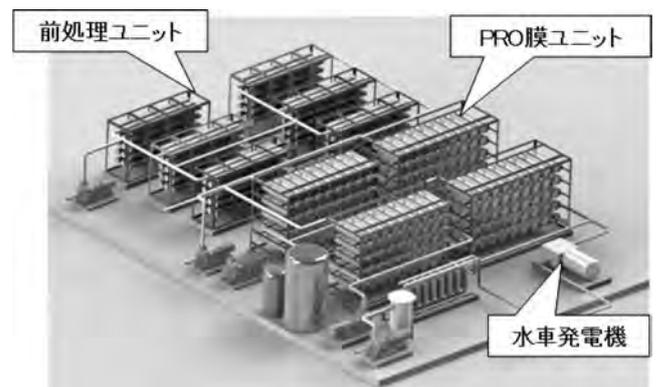
図—2 PRO システムのフロー図



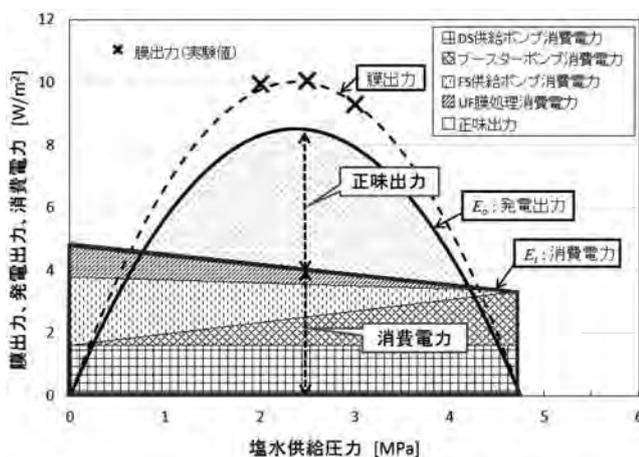
写真—3 PRO システムの構成

濃縮海水を用いた PRO 試験にて得られた PRO 膜出力の試験結果と、試験結果をもとに試算した発電出力、消費電力、正味出力の値を図—3 に示す。なお発電出力、消費電力の算出にあたっては PRO 発電プラント規模を数万 m³/日の濃縮海水利用と大型化させた場合を仮定し水車発電機、各ポンプの効率を 85% と設定している。PRO 膜出力は塩水供給圧力が 2.5 MPa の所で約 10 W/m² と最大を示した。このように濃縮塩水の浸透圧の 1/2 付近で最大出力を示すことは理論的予測とも一致する結果となった。

これらの結果から海水淡水化施設の濃縮海水と下水処理水施設の放流水を原水とする PRO システムの実用化について検討を行った結果、海水淡水化の生産水



図—4 100 kW 規模の PRO プラントのイメージ



図—3 濃縮海水での PRO 膜出力の試験結果

量が十万～百万 m³/日規模の施設に PRO を導入した場合、RO 法による海水淡水化の消費電力を約 10% 削減可能となることが試算された。さらに PRO では、濃縮海水と下水処理水を混合して放流するため、海水淡水化施設の濃縮海水放流による環境負荷の影響を低減させることも可能となる。この結果をもとに現在、海水淡水化施設における PRO システムの商業化に向け図—4 に示す 100 kW 規模（濃縮海水：1 万 m³/日）の発電設備導入を目指している。

4. 海水を利用した PRO 発電システムの開発

通常の海水と淡水による PRO の実現は世界中で膨大な発電量が期待でき、本発電技術の普及拡大にもつ

ながると考えられる。しかし、通常の海水の塩分濃度は濃縮海水の約半分であり、PROによって回収できるエネルギーが少ないという技術的課題がある。現在PRO試験プラント（長崎市）にて通常の海水を用いたPROシステムの試験開発を実施している。

図-5は通常の海水でのPRO膜出力の試験結果と開発目標を示したものである。試験プラントにて得られた膜出力の試験結果は 3.2 W/m^2 となっている。発電出力と消費電力を見てみるとそれぞれの値は同等であり、正味出力はほとんど得られていないことがわかる。海水利用によるPROシステムの実現のためにはPROシステムにおける膜出力が 6 W/m^2 以上を達成することが必要と試算しており、更なるシステムの効率化とPRO膜の性能向上を目指して開発を行っている。

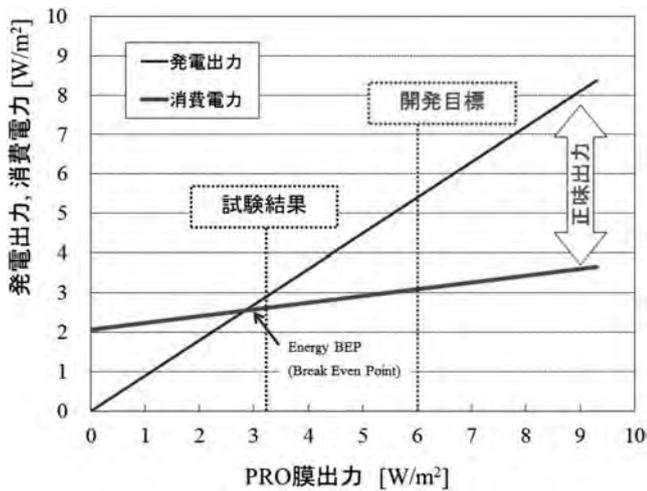


図-5 海水でのPRO膜出力と開発目標

5. おわりに

浸透圧発電は海水と河川水や下水処理水などの淡水との浸透圧差を利用した発電方式であり、発電による環境負荷がなく、また発電の時間的変動が少なく安定してエネルギー取得が可能であるため、これまでにない再生可能エネルギーと考えられる。

海水淡水化施設から排出される濃縮海水と、下水処理施設から放流される下水処理水を用いた浸透圧発電システムについて実証試験プラントでの試験を行い、その結果、大型海水淡水化施設の造水に必要な電力消費量を約10%削減可能であることが示された。また、海水による発電実現に向け試験開発を行っており、 3.2 W/m^2 のPRO膜出力を得ている。

浸透圧発電は現在未利用の塩分濃度差を利用した再生可能エネルギーであり、本技術の実用化、普及促進を目指していきたい。

JCMA

[筆者紹介]



松山 慧 (まつやま けい)
協和機電工業(株)
事業開発部



坂井 秀之 (さかい ひでゆき)
協和機電工業(株)
代表取締役社長

中山間地域の農業用水路を活用した小水力発電事業

田村 琢之

再生可能エネルギーの固定価格買取制度を活用し、飛鳥建設(株)と(株)オリエンタルコンサルタンツの2社で岐阜県中津川市内に小水力発電所を建設し2016年4月から運転を行なっている。発電のための水と落差は中山間地域の農業用水路から得ており、活用にあたっては水路を再生することで地域の理解を得た。小水力発電は地産地消のエネルギーであり、地域の協力・支援が必要なことから、運転中の維持管理も地域とともに行なっている。建設にあたっては自治体の多大な支援を受けており、官民連携をベースに地域と一体となった建設・運営を行なっている。

キーワード：再生可能エネルギー、小水力発電

1. 発電所の概要

発電所の概要は以下のとおりである。

- ・名称：落合平石小水力発電所
- ・場所：岐阜県中津川市落合字平石 1336 番 523 ほか (図-1)



図-1 発電所の位置

- ・事業主体：飛鳥建設(株)と(株)オリエンタルコンサルタンツの共同事業（共同企業体を組成し建設・運営）
- ・運転期間：2016年4月から20年間（小水力発電の固定買取価格期間と同じ）

2. 発電設備

(1) 発電設備の構成

当発電所の各設備配置を図-2に、また主要設備の仕様を表-1に示す。発電設備は大きく土木建築設備



図-2 設備配置図

表-1 主要設備

設備名	仕様
水車	横軸クロスフロー型 定格出力 136 kW (チェコ製) 有効落差 64 m, 最大使用水量 0.25 m ³ /s
発電機	横軸三相誘導発電機 定格出力 126 kW
関連付属設備	入口弁, 配電盤, 屋外系統連系設備, 無停電電源装置, 水槽水位検出器, 簡易型遠方監視制御装置
土木建築設備	・導水路: 延長 918 m (既存の農業用水路を改修整備) ・ヘッドタンク: RC造 4.5 m × 2.1 m × 3.6 m ・水圧管路: 延長 430 m (φ 450 FRPM) ・発電所建屋: 62 m ² , 余水路: 60 m

と電気設備に分かれる。土木設備には、取水設備、落差を維持するための上水槽となるヘッドタンク、取水設備からヘッドタンクまでの導水路、ヘッドタンクから水車まで水圧を持つ流水を送る水圧管路および水車を通過後川や既存水路に水を戻す放水路・余水路がある。設備計画では、既存の農業用水路の一部に急勾配で落差を持つ区間があることに着目し、その区間に水圧管路を配置した。水圧管路の上流端に配置されるヘッドタンクまでは、既存の農業用水路の取水設備と導水路を整備し、水圧管路とともに農業用水との共用設備とした。

(2) 取水設備・導水路

取水設備と導水路は、既存の農業用水路・設備を改良し使用している。取水口は写真—1のように砂防堰堤の右岸側にあり、取水された水は下流壁面に隣接した取水槽から導水路に流れ、ヘッドタンクに到達する。取水量はそれまでのかんがい取水量よりも増えるため、通水断面積が不足する区間は水路を入れ替えた。入れ替えない区間も老朽化し漏水がしていたため、老朽化の程度に応じて水路補修用のモルタルで表面を被覆し、漏水防止と通水性の向上をはかった（写真—2, 3）。



写真—1 取水口（左）・取水槽（右中央）



写真—2 補修前の導水路



写真—3 補修後の導水路

(3) ヘッドタンク

ヘッドタンク（写真—4）は長さ4.5 m、幅2.1 m、深さ3.6 mの鉄筋コンクリート造の水槽で、導水路の終端に設置し水圧管路への流水の調整をしている。水槽内に水位計を設置し導水路からの流入量の増減を監視しながら、水位に合わせて水車のガイドベーン開度を自動で調整し、一定幅の水位の範囲で水位を保っている。最大使用水量以上の水は余水吐から既存の導水路へ排水される。また導水路から流れ込む落ち葉や枝などを取り除く除塵機（写真—5）を設置し、一定頻度で運転させている。



写真—4 ヘッドタンク



写真一五 除塵機

(4) 水圧管路

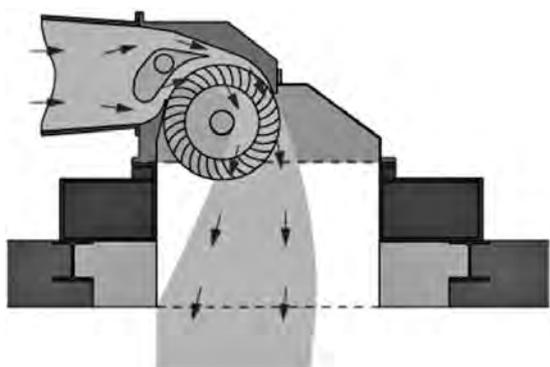
水圧管路はヘッドタンクと水車に接続された水圧管で、ヘッドタンクに流入した水を、落差による水圧を持ちながら水車に送る。Φ 450 mm の FRPM 管を使用し地中に埋設している。

(5) 水車・電気設備

水車は写真一六に示すチェコ製の水車出力 136 kW のクロスフロー型で、衝動水車と呼ばれる形式である。図一三のようにランナに直角方向から水が流入し、ランナ内を貫通して流出する。流入量は水車手前のガイドベーンで調整する。2セル方式によりガイド



写真一六 クロスフロー水車



図一三 クロスフロー水車のしくみ



図一四 遠方監視システム画面

ベーンは2つあるため、大きな流入量の変化を調整可能で、広範囲な使用水量で比較的高い水車効率を維持している。水車のエネルギーは誘導発電機で電力となり、変圧後電力会社の送電線で送電される。通常の運転管理は無人であり、適宜遠方監視システムで運転状況を確認している。遠方監視システムでは、リアルタイムで発電出力と各種機器の動作状況が確認できるほか、発電停止などの異常発生時に自動発信されるメールで状況を知ることができる (図一四)。

(6) 発電所建屋・放水路・余水路

発電所建屋 (写真一七) には水車、発電機、変圧器、操作盤を収納している。水車に送られた水は建屋下部の放水庭から放水路と余水路で排出される。当発電所では、取水量を増やし、またかんがい用水と合わせて発電用水を取水しているため、かんがい用水分は放水路を通じて地区の用水路に戻し、取り増しした水は余水路 (写真一八) を経て川に返している。両水路には流量を調節できるよう、ともにゲートを備えている。



写真一七 発電所外観



写真—8 余水路

3. 建設の経緯

(1) 候補地調査, 地元協議

2012年に運用が始まった固定価格買取制度により再生可能エネルギーによる事業の可能性が広がるなか、中山間地域を対象として2014年から有望箇所の候補地調査を始めた。岐阜県は小水力の潜在的な実現可能性が高い地域であり、河川の流況や落差を考慮しながら調査した結果、当地区の農業用水路を活用し取水量を増やすことで事業化が可能であることがわかった。法的規制や許認可の可能性を調査しながら水路の現況調査を行ない地区の意見を聞いたところ、明治・大正時代につくられた地区の水路は老朽化が激しく、近年は地区住民自らで最低限の補修を行っていたが、十分な補修は不可能な状況であった。発電事業としては農業用水路を導水路として利用し発電用水を流すことから、事業者により水路を改修することとし、地区の理解を得た。

(2) 許認可申請, 建設

法的許認可にかかる手続きは砂防指定地, 保安林, 農地転用など土地利用に関するものがあり, また民地借地, 公共用地の使用, 河川水の占用などについても手続きを進めた。利害関係者として地区住民, 水路管理者, 漁協の了解を得て, 河川の流量測定を行ないながら設計を進め, 事業採算性を精査した。その結果事業着手と判断し, 2015年から工事を着手し, 発電所運転開始前の試験を経て翌年4月に運転を開始した。

4. 維持管理体制

発電所の運転管理では, 通常は運転状況を遠方監視

表—2 維持管理体制

業務内容	委託先
高圧設備 定期点検	保安協会
水車・発電機 月次点検	地元電気工事会社
水車・発電機 年次点検	水車・発電機メーカー
土木設備・建屋 巡視・点検	水路管理者
取水口流路整備臨時作業(重機作業)	地元建設工事会社

システムで監視するだけであり, 発電所では無人である。設備の維持管理については, 表—2のように, 高圧設備の法定点検のほか水車・除塵機の定期点検があり, これらはメーカーや地域の電気工事会社や保安協会に委託している。河川取水の小水力発電固有の管理作業は, 河川の出水や秋の落ち葉対策であり, 出水による土砂移動や落ち葉で取水口がつまり, 取水ができなくなる時がある。落ち葉の除去は手作業であり, 土砂の除去は重機作業になることもあるので, 運転開始前に水路管理者と業務委託を締結し, 水路の巡回点検と落ち葉などのゴミの除去を依頼した。土砂の除去は建設工事を発注した会社に依頼し, 取水口が詰まったときにはすぐに重機で除去するような仕組みを作っている。水路の点検等は, もともと水路管理者が農業用水路の管理で行っていたことなので, それを発電事業者側から費用を払って委託する形となっており, 水路使用料と合わせて地域への還元にもなっている。

5. おわりに

小水力発電は, 他の再生可能エネルギーと比べ, エネルギー源が比較的安定しているが, 気象や天候などの自然環境に影響を受けやすいことは他の発電と同様である。一方地域に根ざした事業であり, 調査段階から地域と十分な協議を行ない, 建設や管理でも支援を得ることが重要だと思われる。自然環境の影響に対し必要な維持管理を行っていくためには, 建設前から維持管理での連携を念頭に進めていく。

JCMCA

【筆者紹介】

田村 琢之 (たむら たくゆき)
飛鳥建設㈱
土木事業本部 プロジェクト統括部
環境・エネルギーグループ
担当部長



ミニ・マイクロ水力発電による地域活性化 事業による地元活性化資金の創出

池田 穰

水力発電は、太陽光発電や風力発電という他の再生可能エネルギーと比較して設備利用率が高く、日射量や風況に左右されず変動が少ない安定的な発電が可能である。また河川、農業用水、上下水道など落差と流量があればどこにでも設置可能である。わが国においても再生可能エネルギーの一環として積極的な展開が期待される。なかでもマイクロ水力発電といわれる出力 20 kW 未満の施設では、電気事業法の保安規定が適用されず比較的容易に設置できる。また FIT（再生可能エネルギー固定価格買取制度）の調達価格は水力発電の中で最も高く設定されている。ここではミニ・マイクロ水力発電を活用した地域活性化について述べる。

キーワード：ミニ・マイクロ水力発電, 地域活性化, 木製水車, 再生可能エネルギー

1. はじめに

水力発電は落差と水量があればどこにでも設置可能である。表—1 に小水力発電と太陽光・風力発電の比較を示す。太陽光発電や風力発電という他の再生可能エネルギーと比較して設備利用率が高く、日射量や風況に左右されず変動が少ない安定的な発電が可能である。このような特徴から国も再生可能エネルギーの一環としてその設置を促進している。

水力発電は発電規模により 100,000 kW 以上の大水力発電, 10,000 ~ 100,000 kW の中水力発電, 1,000 ~ 10,000 kW の小水力発電, 100 ~ 1,000 kW のミニ水力

発電および 100 kW 以下のマイクロ水力発電に分類される。ここではミニ・マイクロ水力発電を活用した地域活性化について述べる。

2. ミニ・マイクロ水力発電の特徴

200 kW 未満の水力発電では FIT（固定価格買取制度）においてそれ以上の発電規模の水力発電と比較して高い買取価格が設定されている（表—2）。また 2015 年に電気事業法が改正された。それによるとダム・堰を有しない 20 ~ 200 kW 未満のミニ・マイクロ水力発電では、電気事業法の保安規定は適用され、

表—1 小水力発電と太陽光・風力発電の比較 出典：環境省 HP

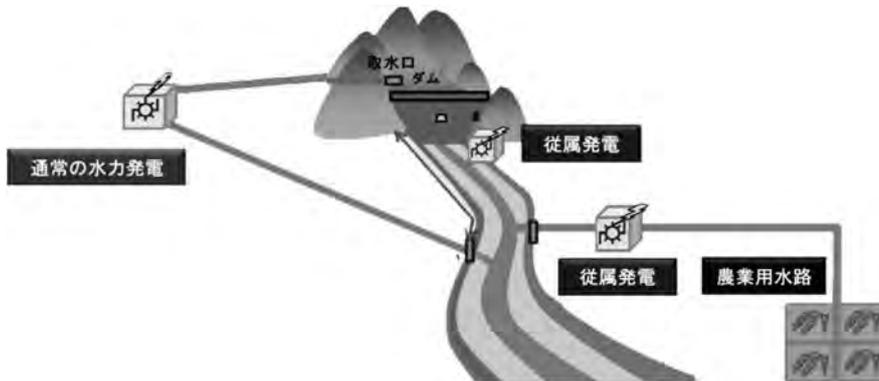
	小水力発電	太陽光発電	風力発電
設備利用率	70%程度	12%程度	20%程度
発電原価	8~25円/kWh	37~46円/kWh (家庭用)	10~14円/kWh (陸域4.5MW以上)
特徴など	発電量の変動は小さいのが一般的	昼間のみ発電 日射量により発電量は変動	風況により発電量は変動

表—2 平成 29 年度以降の FIT 価格表（調達価格 1 kWh 当たり）

	5,000 kW 以上 30,000 kW 未満	1,000 kW 以上 5,000 kW 未満	200 kW 以上 1,000 kW 未満	200 kW 未満
平成 29 年度	(平成 29 年 9 月未 まで 24 円 + 税)	27 円 + 税	29 円 + 税	34 円 + 税
平成 30 年度				
平成 31 年度				
調達期間	20 年間			

表一 3 電気事業法に基づく発電方法・出力別の順守事項

発電方法・出力の条件	保安規程	電気主任技術者	ダム水路主任技術者	工事計画届
ダム・堰を有する、または出力 200kW 以上	●	●	●	●
ダム・堰を有せず出力 20~200kW 未満	●	●	-	-
上下水道・工業用水の落差を利用し、ダム・堰を有しない	●	●	-	-
ダム・堰を有せず出力 20kW 未満	-	-	-	-



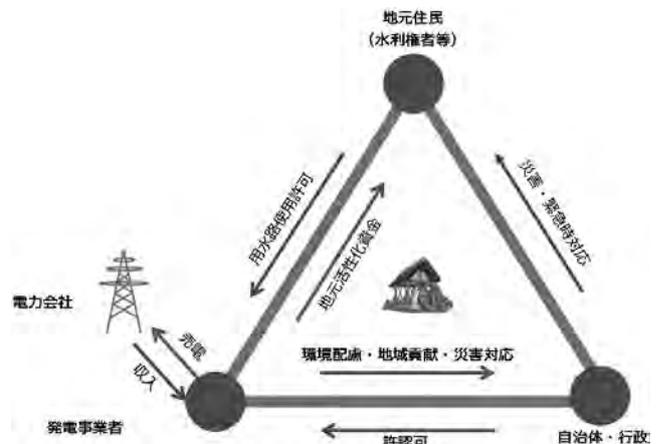
図一 1 従属発電と通常の水力発電
出典：国交省小水力発電設置のための手引き

電気主任技術者の配置が必要であるものの工事計画届はいらぬ。またダム・堰を有しない出力 20 kW 未満のマイクロ水力発電では、電気事業法の保安規定も適用されず、電気主任技術者の配置や工事計画届も必要がない。これら規制緩和によりマイクロ水力発電施設は比較的容易に設置できるようになった(表一 3)。また 2013 年度より規制緩和の一環として、従属発電(発電のための取水により流量が少なくなる減水区間が生じない発電が許可制から登録制となった(図一 1)。

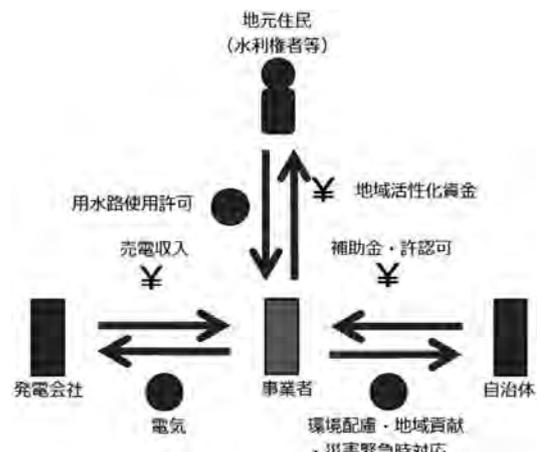
こうしたミニ・マイクロ水力発電の発電ポテンシャルとしては、平成 22 年度環境省調査によると農業用水路で(1,000 kW 以下) 102,533 kW、河川部(1,000 kW 以下) 5,278,046 kW となっている。これよりマイクロ水力発電として農業用水路では 100 kW 級で約 1,000 台、河川部では 100 kW 級で約 50,000 台設置できるポテンシャルがある。

3. ミニ・マイクロ水力発電の事業スキーム

ミニ・マイクロ水力発電事業に関する発電事業者、地元住民(水利権者等)および自治体・行政との関係をモデル化して図一 2 に示す。また資金と物の流れを示すピクト図を図一 3 に示す。発電事業者は電力会社に FIT を利用して売電するものとする。平成 29 年度以降の調達価格は 34 円 / kWh (税抜き、



図一 2 ミニ・マイクロ水力発電の事業スキームの例



図一 3 ミニ・マイクロ水力発電事業のピクト図

200 kW 未満の水力、調達期間 20 年）である。発電事業者は収入の一部を地元活性化資金として地元住民（水利権者等）に還元できる。農業用水の場合、得られた収益を国等が行なう農業農村整備事業に対する農業従事者への賦課金にあてることで負担軽減に資することも可能である。また自治体・行政が発電事業者と協定を結び災害・緊急時の非常用電源として活用することにより、自治体・行政にとっても地域の BCP 対策として位置付けられる¹⁾。

このように事業者は FIT により 20 年間の安定した収益を確保するとともに、地元住民は地元活性化資金獲得や賦課金軽減を期待できる。自治体・行政としては地産地消の再生可能エネルギーを活用した地域創生の事例ともなる。いわば「三方良し」の形態である。

4. ミニ・マイクロ水力発電事業の経済性

事業の経済性を検討するために、PIRR（プロジェクト内部収益率）が指標としてよく用いられる。PIRR は事業期間を通じた事業自体の収益性・投資利回りを計るための指標である。言い換えれば、建設費等の初期投資額に対して、当該事業から何%の「リターン」が期待できるかを表す利回りである。PIRR はリスクの高い事業では高めに、それが低い事業では低めにそれぞれ設定して事業の経済性を評価する。ミニ・マイクロ水力発電事業のリスクはそれほど高くはないことからここでは PIRR を 4.0% または 7.0% と仮定した。

想定として事業期間 20 年、プラント単価 180 万円/kWh、自己資金 100%（補助金なし）、年間売電収入：34 円/kWh × 発電出力 × 24 H × 280 日、メンテナンス費：プラント代の 1.1% とする。この場合の、発電出力と地元活性化資金の関係を図-4 に示す。これより地元活性化資金は、発電出力（30 ~ 140 kW）に比例して年間 200 万円から 800 万円まで見込めることが分かる²⁾。さらに PIRR を 4.0% で一定としてプ

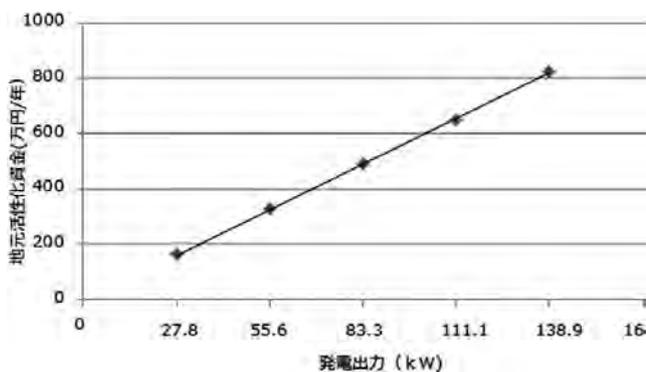


図-4 発電出力と地元活性化資金との関係

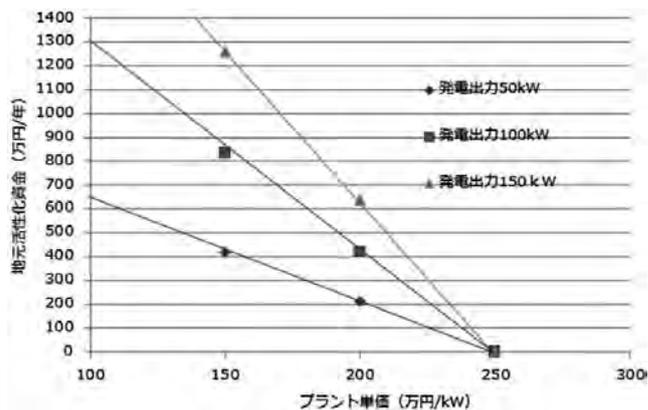


図-5 発電出力別プラント単価と地元活性化資金との関係

ラント単価（万円/kWh）を変動させた場合、発電出力 50 kW、100 kW および 150 kW それぞれにおける地元活性化資金（万円/年）の変化を図-5 に示す。この図からプラント単価が安く、発電出力が大きいほど地元活性化資金が増大することが示される。またプラント単価 250 万円/kWh では発電出力 50 ~ 150 kW の場合、地元活性化資金は 0 となる。現状、プラント単価は 200 万円/kWh 程度と考えられるが、この場合地元活性化資金は発電出力 50 ~ 150 kW の間で 200 ~ 650 万円/年と見込まれる。

また稼働率と地元活性化資金との関係を図-6 に示す。プラント単価を 200 万円/kWh、発電出力 100 kW として、PIRR が 4% と 7% の場合をそれぞれ示す。PIRR が高いほど稼働率を高めないと地元活性化資金が得られない。稼働率と地元活性化資金は指数関数的な関係にあり、数日の稼働日数の差が地元活性化資金として数十万円の差になることがわかる。

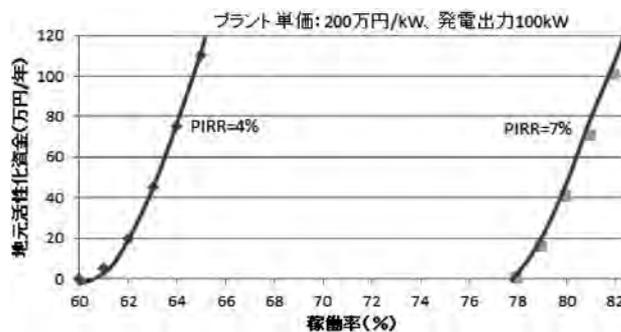


図-6 稼働率と地元活性化資金との関係

5. おわりに

ミニ・マイクロ水力発電を含む小水力発電導入促進のため国土交通省では水利権使用手続きの簡素化・円滑化を進めており、従属発電は許可制から登録制となった。また経済産業省、農林水産省、環境省でも再

生可能エネルギーの一環として導入支援制度を設けている。水力発電は他の発電と比較して発電能力の割に設備費と維持管理費が大きいのが難点であるが、水に恵まれたわが国における地域資源の一つとして更なる展開が望まれる。

またわが国は国土の7割が森林で占められている。こうしたことから「水」と並んで「木」も地域資源としてあげられる。水車に木材を利用することで昔ながらの里山の景観がよみがえる。また夾雑物により水車が停止することを想定した場合、剛性の高い鋼製の水車ではその影響が発電機を含むシステム全体に及ぶ。しかし木製水車では水車の部分的な破壊ですむ場合もあり、レジリエンスに富む。また耐用年数は鋼製より劣るものの木材の炭素貯蔵効果により、二酸化炭素が削減され地球温暖化対策に資する可能性も考えられる。このように水車に地域資源である木を利用する(写真-1)ことも十分検討する価値がある。「水」と「木」を活用したミニ・マイクロ水力発電による地域活性化の事例が、わが国各地で展開されることを期待したい。



写真-1 木製水車の例

J C M A

《参考文献》

- 1) 池田穰, 石井真人: 木製水車を利用したマイクロ水力発電による地域活性化の事例, 土木学会第71回年次学術講演会, V-077, 2016年, p.153-154.
- 2) 池田穰, 木製水車を利用したマイクロ水力発電による地域活性化, 安藤ハザマ研究年報, Vol.4, pp.6, 2016年

【筆者紹介】

池田 穰 (いけだ ゆたか)
 (株)安藤・間 技術本部 技術研究所
 主任研究員



バイオマス資源をローテクな平炉で炭化, 排熱を熱源に温水供給と発電

村上 誠・島田 勇 巳

全国に点在する未利用なバイオマス資源をプール式の平炉で炭化し有効活用, 炭化時の排熱を熱源として活用し, 温水・電気を家庭・事務所・ハウスなどに供給。カーボンニュートラルなバイオマス資源をエネルギーに変換するため, CO₂の発生を抑制し地球温暖化防止に貢献する。大型公園, 大規模農園, ゴルフ場等で活用を検討中である。

キーワード: 未利用バイオマス, 炭化, 創熱, オンサイト, オフグリッド

1. はじめに

本年3月東京都は1934年発生した室戸台風同等の「スーパー台風」の高潮による浸水区域図を発表した。23区の3割が浸水し, 浸水の最大深さは10メートル以上, 墨田区・江東区は7メートル浸水になる被害が想定されている。

近年, 我が国に限らず全世界的に, スーパー台風, ゲリラ豪雨, 寒暖差の拡大, 海水温度上昇等の異常気象が多発している。これらは, 二酸化炭素 (CO₂) 等の温室効果ガス増加の影響による地球温暖化が原因と考えられている。2015年COP21パリ会議では各国の2030年時点のCO₂削減の目標値が具体的に提示され, CO₂の排出抑制に向けた具体的な対策が徐々に進み, 我が国でも2050年の再生可能エネルギーを中心とし, 蓄電池・水素を活用した戦略が発表された。

本稿では, 現在あまり活用されていないカーボンニュートラルな未利用バイオマスを活用し, 温室効果ガスの主成分であるCO₂の発生を減少させるオンサイトのバイオマスの炭化時に生じる排熱や炭を燃料とした事例を紹介する。

(1) バイオマスの種類

バイオマスの分類は使用目的・用途により大きく変わるが, 本稿では以下の3種類に分類する。

- ・廃棄物系バイオマス (食品廃棄物, 建設発生木材, 家畜排せつ物など)
- ・未利用バイオマス (森林・竹林地残材, 稲藁, 粉殻など)
- ・資源作物 (資源として利用を考えられて栽培され

たバイオマス)

(2) バイオマスの賦存量とエネルギーポテンシャル

平成24年にバイオマス推進会議が発表した資料によると, 日本全体で全体のバイオマス賦存量は炭素量に換算して凡そ3400万t。これを2020年度国が想定するエネルギー利用割合で活用した場合 (例えば林地残材 現在は数%⇒2020年30%利用等) で電力利用可能量を算出すると, 約130億kWh/年の膨大な量である。

一方, 100万kW級の原発1基の年間発電量 (100%稼働) は大凡87億kWh/年, 従って現状技術でのエネルギーポテンシャルは1.5基分に相当する。今後バイオマスの発電効率・利用技術が上がればさらにアップすると考えられる。しかしながら, バイオマスのエネルギー利用は進んでないのが現状である。

(3) 未利用バイオマス

我が国の国土面積は3770万haその66%は森林であり, 森林割合ではフィンランド・スウェーデンに次ぎ世界3位の森林大国である。森林賦存量は60億m³, バイオマスエネルギー発電が約8%のドイツ34億m³の約2倍である。この膨大な森林資源は我が国独特な急峻な斜面により林道整備が難しく, それにより大型林業機械の導入が遅れ, 木材の生産コスト・搬出コストをアップさせ市場競争力を無くしている。尚, この膨大な森林資源は(2)のバイオマス賦存量には含まれていない。各種発表のデータによると, バイオマス発生量は林地残材は800万トン, 農作物非食用 (稲わら粉殻など) 1300万トン。利用率は林地残

材数%,そして農作物非食用は利用率30%でほとんどが堆肥での活用である。

(4) 炭化手法

バイオマスを炭化する手法はいくつか存在するが基本的には「簡易製炭法」「築窯製炭法」「工業的炭化法」の3つに大きく分けられ、炭の種類としては製炭手法や温度によって「薫炭」「黒炭」「白炭」の3種類がある。

- ①「簡易製炭法」 伏せ焼きやドラム缶方式と呼ばれる簡易な製炭手法で製炭温度は約400℃。製炭物の多くは「薫炭」。
- ②「築窯製炭法」 製炭温度が約600℃で「黒炭」を作る黒炭窯と、備長炭に代表される「白炭」を約800℃で製炭する白炭窯がある。
- ③「工業的炭化法」 ロータリーキルンに代表されるプラントとしての製炭手法で大量に製炭が可能。製炭温度を約400～1000℃で調整する事が可能で、「黒炭」と「白炭」も作り分ける事が出来る。
- ④「新しい平炉製炭法」 詳細は3章で紹介。

2. 炭化物の活用事例

炭そのものの特性としては、弱アルカリ性であること、臭いやガス・湿気を吸い取り、ゆっくり排出するなど炭独特の特性や調整機能があり、さまざまな国や地域で古来からその特性を活かして利用されて来た。特に近年では、土壌改良炭として畑に漉き込んだり、建物の床下調湿炭として燃やさず活用することで炭素貯留を推進し、CO₂の使用を削減することで直接的に地球温暖化の抑制に大きく貢献することができるためその効果に注目が集まっている。

また燃料として炭化することで、本来なら約3000kcal程度の未利用資源が、約5000kcal以上のカロリーを持ち且つカーボンフリーな良質で高効率な燃料ともなるため、化石燃料に代わる熱エネルギーとしての活用が盛んになりつつある。以下炭の活用事例を示す。

(1) 土壌改良炭

粒度の小さい粉炭を有機肥料などと混ぜて畑や田んぼの土壌に漉き込むことで、作物の成長と共に進む土壌の酸性化を抑制するだけでなく、保水性や保菌性を向上させ農作物の成長や収量の改善を促す。

(2) 飼料炭

家畜や養殖魚の餌に数パーセントの細かい炭を混ぜて食べさせることで糞尿の消臭効果を発揮するだけでなく整腸作用によるストレスの緩和もあり品質の向上が見込める。また、炭入りの堆肥としての商品的付加価値も向上する。

(3) 燃料炭

昔からの地域にあるナラやカシ・クヌギなど広葉樹を原料とする黒炭が生活用の燃料炭として広く活用されて来た。「備長炭」と呼ばれる特殊な手法で作られる白炭は、高価だが高カロリーで遠赤外線も非常に多く発する高品質な燃料炭として重宝されている。現在は主に飲食店やBBQ（バーベキュー）用の燃料として利用されるが、暖房や温水ボイラー用としても活用されている。

(4) 吸放湿・吸臭炭

孟宗竹を主原料とする竹炭においては、内部に形成される非常に多くの微少なマクロ孔が空気中の湿気を吸・放出する機能があるため、古来より建物や施設の床下における空気環境を整える意味で多くの量の炭が埋設されてきた。また、ガスやニオイを吸着する機能も高く、冷蔵庫やトイレ等で利用されるケースも多い。

(5) 水質浄化炭

炭だけでなく鉄分など他のミネラルの要素を加えた固形物を汚れた川や海に投入することによって微生物が繁殖しやすい環境を整える。また竹炭は、水道水に含まれる塩素分等を微少なマクロ孔が吸着し飲料水やお風呂水を軟らかくする。

3. 平炉製炭法を活用した地域未利用バイオマス資源の循環活用への新たな取り組み

本来なら針葉樹林の活用が最盛期を迎え活性化するはずの林業が苦戦する今の日本において、未利用再生可能エネルギーへの新たなアプローチとして導入が進む大規模バイオマス発電の燃料として活用が注目されている。しかし、多くの地域において助成金に依存する伐採や運用等が行われて来た結果、発電の必要量が供給出来ず海外からの輸入材に依存するという皮肉な状態に陥っている。しかも、バイオマス発電での必要量が伐採・搬出する事が出来たとしても、発生条件により電力の買入れ価格が大きく変わり、電力の買入れ価格の安い材は搬出される事なく伐採地の現場



図一 天王山 出典：サントリーホールディングス HP より

に放置されているケースが殆どである。また、放置残材が大雨等による土砂崩れが発生した場合、流れる土砂と共に大きな被害を与える要因にもなり大きな社会問題になっている。

一方、全国各地で表面化する荒廃竹林も大きな問題となっている。竹材工芸やタケノコ栽培が盛んな時代には管理されていた竹林も安価な輸入材・半加工品の増加や生産者の高齢化により荒廃するエリアが急速に拡大しつつある。現在平炉が設置されている地元である高槻市や島本町・山崎町・長岡京市を中心とする天王山地域もその例外ではなく、多くのタケノコ農家が廃業に追い込まれ竹林の荒廃化が進んでいる。ただ、その天王山地域のエリアにある大山崎蒸溜所を有する大手飲料メーカーが管理する「天然水の森・天王山」では、水質の維持や防災を目的として地域と連携した環境保全が行われており長期的な指針のうえで適切な伐採・剪定等が行われている（図一）。

高槻に製炭炉が完成される以前は伐採・剪定材の有効利用が見いだせず現地に据置している状態だった。しかし、高槻に製炭炉が完成して以降は竹炭の原料材として活用し、炭化した竹炭を商品化するという事業を開始した。新たな地域ブランド品「天王山竹炭」として竹炭の大きな特徴である吸・放湿性や吸臭性を活かし、身近な日常生活の中で竹炭を活用する「生活雑



図二 天王山竹炭 ブランドロゴ

貨炭」として販売をスタートさせている。また、地域の手づくり市等のイベントにも積極的に参加する事で、地元産の炭のある生活の啓蒙にも取り組んでいる（図二）。

しかし、このプロジェクトでの最も重要なポイントは、製炭資源となるまでの成長期間が広葉樹で約30年、針葉樹で約15年と言われている中において、竹の約3～5年という急速な成長特性を活かすところにある。現在、この竹材の特性を生かし、安価で安定した循環型資源と簡単な平炉製炭法により高いコストパフォーマンスを得て多岐にわたる適用で販売を上げ採算に乗せることが出来ている。

平炉製炭法は、全国何処にでも存在する荒廃竹林間

題をポジティブに解決する新しい視点での手法としてだけでなく、竹以外の様々な未利用バイオマスをも活用できる新たな取り組みとして各地から問合せがあり、仕組みの導入に向けて複数の具体的なプロジェクトがスタートしている。

4. 平炉製炭法を活用した創熱・排熱活用（温水・発電）…実証実験例

火山国である我が国で本来有望視されるべき再生可能エネルギーとしては地熱発電がある。しかし、発電に活用できる大きな熱源の殆どが国立公園内に位置することから、その多くを有効活用出来ていないのが現状である。ところが近年、既存の温泉地から湧き出る70℃から150℃の温泉熱や工場廃熱等比較的低温な熱源を活用し発電できる「バイナリー発電」という小規模な発電が大きな注目を浴びており、現在では別府や草津等の有名温泉地でも活用され始めている。これは地域でのエネルギーの地産地消を小規模であっても実現できるシステムとして非常に有望であることを示しているが、活用出来るのが熱源のある場所に限定されていることが大きなデメリットでもある。

そこで、炭化物を燃料として約80℃の温水から「無圧式温水器」がメイン熱源を生み出し、約800℃～1000℃で炭化する製炭炉をサブ熱源として約80℃の温水をバイナリー発電に供給出来るシステムを構築出来れば、温泉熱や工場廃熱等の場所性に縛られない独自の「地域バイオマス炭化発電システム」を実現することができる。その事により、再生可能エネルギーを産み出すエネルギー源としてバイオ炭を継続的に活用出来るだけでなく、地域としてCO₂を削減し地球温暖化の抑制に貢献する事が可能となる。

そして、バイナリー発電機の発電サイズは約10kW

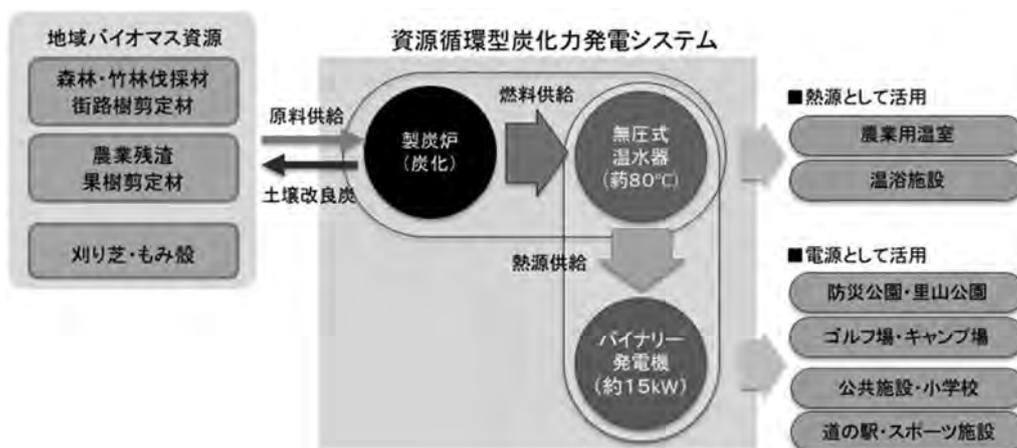
～40kWと比較的小規模ながら、天候に左右されず長時間発電することが可能である。このことから、地域にあるバイオマス資源を過剰に使って大量に発電しベース電源用として売電するのではなく、地域のオフグリッド電源として地域の公共・民間施設や公園や学校等で電源自給する事により地域における継続的な再生可能エネルギーシステムとして機能させる事が出来る。

実施に向けた課題としては二つあり、一つは地域によって活用する資源の種類が多彩である為、適切な製炭手法のバリエーションを把握する必要があること。もう一つは作られたバイオ炭の種類によって熱量や粒度の違いがあり燃料としての効率や熱交換のための最適な温水の流量を把握することが挙げられる（図—3）。

(1) 平炉における炭化メカニズム及びその多様性

木炭や竹炭を作るために昔から用いられてきた一般的な土窯と平炉の製炭能力の大きな違いは二つある。その一つは、製炭時の温度とその製炭量。シンプルな構造的でありながら大きな違いを生む最大の要件は、プール式と呼ばれるオープンで大容量な製炭炉の形状そのものである。機械を使わず高い燃焼機が生み出す自然な強いドラフト力で約800℃にも達する製炭炉内の空気の流れを炉内全体に循環出来る所にある（図—4）。

もう一つの大きな違いは炭化物の多様性。この平炉で製炭出来るバイオマス原料は木材や竹材は勿論のこと農業残渣や食品残渣といった非常に水分率の高いものまで炭化出来るという多彩さにある。また、ゴルフ場の刈り芝や米所のもみ殻などをも大量に炭化できる独自の製炭手法により、様々な地域での炭化による資源の有効活用が可能となる（図—5）。



図—3 炭化力発電システム概要フロー



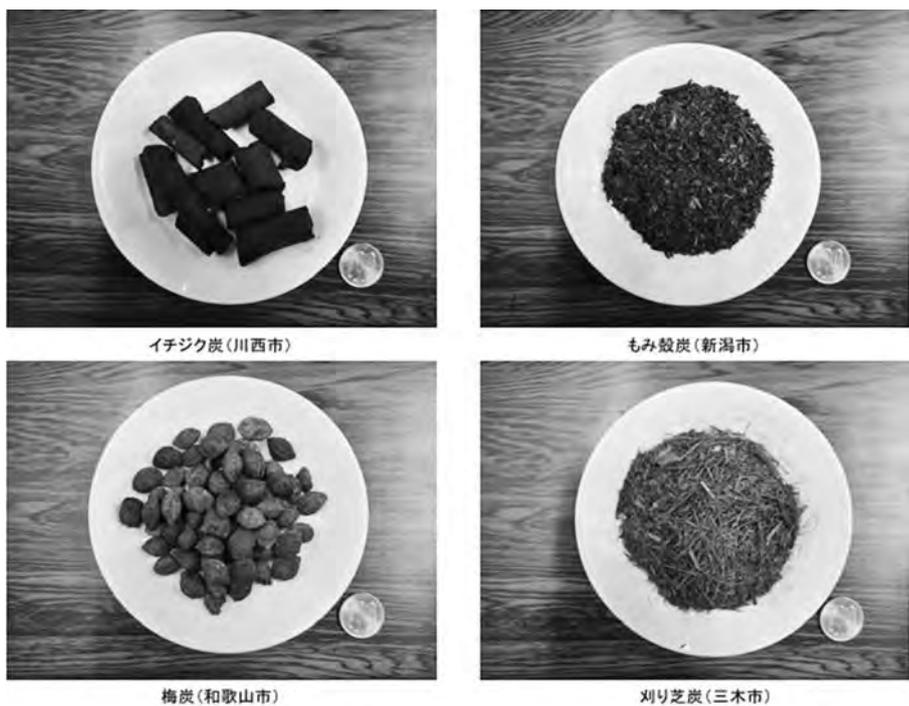
製炭炉 (高槻バイオマス粉炭研究所 高槻市)

サイズ概要: W約5m × D約5m × H約2m

製炭炉の構造的特徴

- 間伐材や竹だけでなく芝や籾殻、農業残渣等も炭化可能
- 電気やガスを使わずほぼ無動力で製炭
- 製炭時間は約4～7日間で、冷却・乾燥に約7日間
- 製炭温度は約800～1000°Cで、約2～5 tの製炭が可能

図一 4 製炭炉概要



イチジク炭(川西市)

もみ殻炭(新潟市)

梅炭(和歌山市)

刈り芝炭(三木市)

図一 5 木炭・竹炭以外のさまざまなバイオ炭

**(2) 平炉製炭の排熱を利用したバイナリー発電
実証試験概要 (図一 6～8)**

バイナリー発電では、発電に必要な温水熱エネルギーをいかに効率的に熱交換器に伝えられるかが最も重要なポイントとなる。このため、いかに高い温水熱エネルギーを生み出せるかと、それを伝える仕組み及び発電機での循環手法を確立する為に今回の実証試験を行った。

今回の実証試験は、平炉製炭炉内に発電機及び温水

器を設置。

試験内容

- ① 温水器および燃焼機から生み出される温水温度及び流量等の測定
- ② 温水器および燃焼機の個々での発電量の変化及び推移測定
- ③ 温度差による発電量の変化及び推移
- ④ 温水器および燃焼機を連動させた場合の発電量の変化及び推移測定



試験機材概観(左から 発電機・貯湯槽・無圧式温水器)

図-6 実証試験概観



バイナリー発電機

図-7 実証試験用バイナリー発電機

■事前の想定仕様 (図-9, 10)

基本的には約10~15 kWの発電を前提にしている。

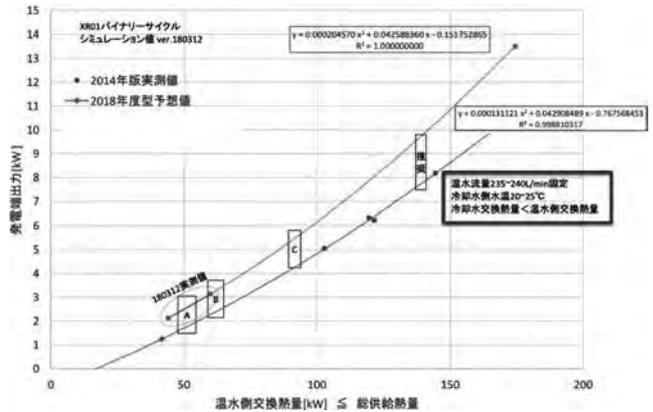


図-9 事前性能想定仕様

■初期の試験結果

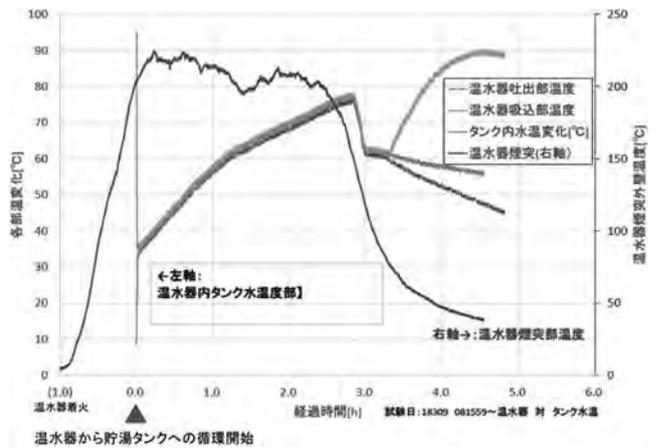


図-10 循環温度試験 (3時間)

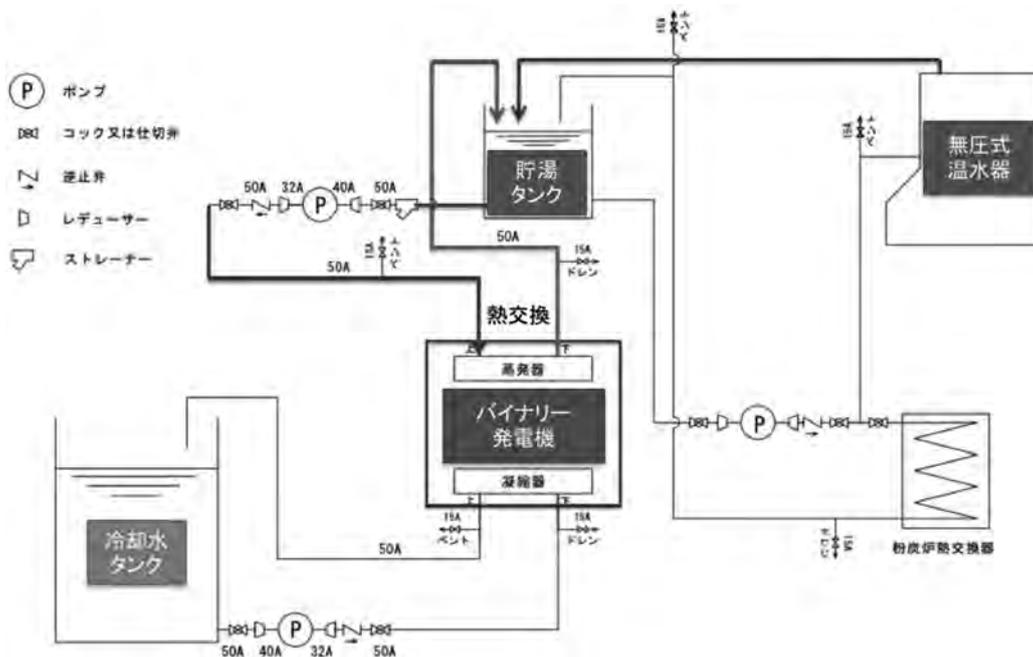


図-8 試験用温水・冷却水管システム

表一 平炉製炭炉温水器試験中間結果

日時	温水器出力	水温上昇率	突温温度	最高水温	タンク水温	流量	タンク水量	配管流れ	吸熱管	燃料	投入量
単位	kw	°C/h	°C	°C	°C	L	L				
2018/4/4 12:26	31.335	32.859	231.7	78.00	78.40	280.85	-	上入下出			
2018/4/5 13:16	25.068	26.244	254.3	80.70	78.90	211.46	-	上入下出			
2018/3/7 17:28	24.892	23.140	237.9	83.40	81.10	274.59	-	上入下出			
※2 2018/4/26 13:15	23.535	32.020	199.9	80.60	79.00	140.13	300	上入下出	○		
2018/4/6 15:07	23.542	18.037	194.9	78.00	78.40	211.63	200	上入下出			
2018/4/5 11:32	22.291	26.244	225.6	70.60	69.10	213.11	-	上入下出			
2018/3/2 14:47	22.001	25.390	227.3	83.20	81.60	191.16	-	上入下出			
※2 2018/4/22 14:33	14.923	38.870	163.0	80.80	79.70	140.33	200	上入下出	○		
※2 2018/4/19 13:55	8.740	12.793	140.2	65.10	64.00	137.76	200	上入下出	○		
2018/2/18 0:00	保温なし	18.356	-	約60	約60	約200	400	上入下出			
	23.243	60	-	80			200	上入下出			
鳥視テスト推測	46.488	60		80			400	上入下出			
	65.897	60		80			567	上入下出			

※温水器出力 出力[kW]＝(温水器出口温度－タンク内水温)×4.184[kJ/kg]×流量[kg/min]/60(s)
 ※2温水器出力 吸熱管温加後は温水器 吸込み温度が不明。水の量からの算定。

突温水温ベースは温水器出力×0.6(放熱差)から推測

表一の進行中実証試験の中間結果から、発電機側の熱エネルギーの必要量が当初の想定よりも大きい事が判明。現在は、温水器と発電機を繋ぐ配管システムの手直しや温水器の部分的な修正等を行った上で再度データ収集を行っている。その結果を集約し、発電に適した新たな熱エネルギー循環プログラムを構築し商品化を進める。

5. 今後の展開（複合炭化炉活用案）

(1) 未利用バイオマスが多く発生する地区を中心に設置する。

通常は炭化炉と熱源・電気の供給拠点として、災害時は非常用の熱源・電気の供給が出来る避難場所として活用する。

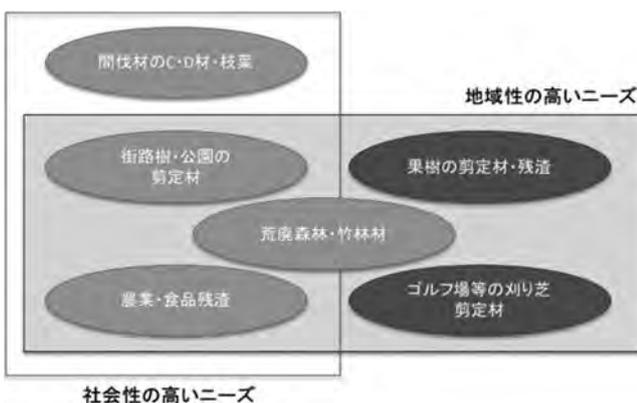
現在、火力発電所の燃料として脚光を浴びている「間伐材」は、未利用バイオマスのうちでも売買可能な非常に特殊な材であると言える。それぞれの地域には、平地にも存在する荒廃竹林や農業から発生する農業残渣や果樹の剪定材ばかりでなく、意外と見逃されている街路樹の剪定材も大量に発生するため、これらを含めた未利用のバイオマス資源を活用して地域で活かす

新しい取り組みとして、全てを炭化して有効利用する新たな循環システムを構築することは充分可能である(図一11)。

「循環型炭化力発電システム」を開発することにより、地元の未利用バイオマス資源を活用した全く新しいエネルギーグリッドを実現させることが出来るため、一時的な問題への対処ではなく、年間や季節に起こる地域や企業が抱える問題に対して継続的に応える事が可能になる。

このため、何を炭化するのではなく、誰が炭化するのかというニーズからの視点でいくつかのターゲットを設定して、商品として分かりやすくするとともに企業や施設内での活用や地域のインフラ的な使い方が見込まれる。このケースでは、売電ではなく「企業」や「地域」が資源の自己循環運用するためオフグリッドでのインフラが前提となる。

- 都市公園… 園内の廃棄している剪定材・街路樹の剪定材の炭化・発電
全国に約10万箇所。大規模公園は約200箇所
- ゴルフ場… ゴルフ場の芝・剪定材の炭化・発電
全国に2331箇所 関西410箇所
- 大規模農場… 籾殻や農業残渣の炭化とビニールハウスの空調・発電
3ha規模農園が全国に4600箇所



図一11 未利用バイオマスニーズ

(2) これらを運用主体にした2種類の体系

地域循環を主旨とする「資源循環型炭化力発電システム」は売電を前提とするのではなく、エリアや利用主体を限定する「オフグリッド」で自らが活用することを前提としている。地元資源と生み出せるエネルギーの適切なバランスを生み出すことが出来、システムの継続的な活用が可能になる。

(a) 企業や施設内でのインフラ 生産や運用上継続的に発生する未利用資源・残渣の活用

代表的事例 「ゴルフ場」「大型農場・ワイナリー」「冷泉の温泉地」

企業や施設内で活用する場合は、ゴルフ場（刈り芝・剪定材）や大規模水耕栽培農場（農業残渣）、ワイナリー等の食品加工（食品残渣）を含めた小規模工場などから継続的に生まれる未利用資源を炭化し土壤改良や燃料炭としてだけでなくお湯や電気をオフグリッドでの活用を促進する。

特にゴルフ場の場合は、箇所数も多くほぼ同じような問題点を抱えているため、システムをパッケージ化して地域での数カ所の連携も含めた展開が可能であり、積極的なアプローチを考えている。

また、零細農業の減少に反して3ha以上の大規模果樹園農家が増大している現状において、大量に発生する農業残渣等をエネルギーとして活用するシステムへの興味は非常に高まっており、約4600件にもものぼる大規模果樹園農家のニーズを整理し対応していきたい。

①ゴルフ場へのアプローチ 兵庫県

「ゴルフ場の芝や剪定材を資源化する」

兵庫県三木市

ゴルフ場が多くある三木市で問題になっていたのは場内の剪定材だけでなく年中大量に発生する「刈り芝」の処理である。三木商工会議所からの依頼で「刈り芝」を製炭炉で炭化させ、土壤改良炭としてゴルフ場で試験的に採用した。現在、発電と製炭品による全体の収益性や運用方法の具体化を進めている（図-12）。



図-12 平成29年1月25日 神戸新聞掲載記事

②地域農場へのアプローチ 兵庫県

「地元イチジクを炭化し地元産品化する」

兵庫県川西市

イチジクの産地で知られる川西市では、イチジク剪定材の野焼き問題を解決するため、約2年前から農家から剪定材の供給を受け、製炭作業をサポートしている。製炭したイチジク炭は、農家の土壤改良炭としての活用だけでなく川西市の特産品としての取り扱いとなる予定。昨年からは、黒川地区にある市営のキャンプ場でBBQ炭としての利用が始まったことから、この地区への製炭炉の誘致プロジェクトがスタート。現在用地の選定を行っており決まり次第製炭炉建設に着手しキャンプ場での電気と温水の自活を行う（図-13）。



図-13 平成28年6月7日 読売新聞掲載記事・イチジク剪定枝写真

(b) 地域のインフラ 地場産品の剪定材や残渣等や公園・街路樹の剪定材の有効利用

代表的事例 「公営の里山公園・キャンプ場」「広域の大型都市・防災公園」

現在進行中の川西市のプロジェクト同様に他地域のインフラとして活用する場合には、地元特産品農園から出る農業残渣を活用する事へのニーズに応える事が重要である。例えば川西市のイチジク農園や富山市の梨、和歌山県の梅のタネや柿の皮等。地元資源を熱エネルギーに変えて役所や小学校等の公共施設の電気として活用して受益者を地域住民全体に均質化する。

特に地域の防災公園や自然公園内公共施設等での活用において日常時の公園管理だけでなく、非常時における非常電源や災害用備蓄炭等有大きなメリットを想定している。

また、ほぼ全てのシステムを「無動力」で利用するため、中山間地や海外での活用も視野に展開する仕組みを構築できればと考えている。

①都市公園へのアプローチ 大阪府

大阪府内の都市公園内での熱エネルギー活用は植物



図一 14 大阪府における都市公園候補事例

温室や各施設での給湯等多岐に渡る。また、毎日の使用電力も管理棟の他各施設や広い園内の街路灯等運営経費としても非常に大きな負担ともなっている。このため、園内に年間大量に集積され廃棄されている府道の街路樹の伐採・剪定材等を製炭し再生可能エネルギーとして施設内での有効利用を可能にすることで、化石燃料に依存するエネルギーへの負担を軽減し自己循環比率を高め地球温暖化抑制にも貢献出来る為、複数の都市公園における活用プロジェクトを推進中である(図一 14)。

- 用途 1. 電気エネルギー 管理棟・街路灯等 現在購入している電気量を軽減する。
- 用途 2. 熱エネルギー 植物園・競技場・プール等 現在使用中の化石燃料ボイラーと無圧式粉炭温水器を貯湯槽で連動させ効率的に活用し燃料経費を削減する。
- 用途 3. 防災用エネルギー 各施設 防災時の非常用電源としての活用とお風呂等の防災用給湯設備としての活用を想定している。

6. おわりに

現在、我が国においては FIT 制度を活用し、海外からのバイオマス資源(パーム油・木材チップ等)の輸入を想定した大型発電計画が数多く計画されている。しかしながら、材料の継続的な入手の困難性と産出国の環境悪化も懸念されている。また、エネルギーをかけ発電するためのバイオマス資源を運搬する事も

多くの矛盾が考えられる。

本稿で紹介した平炉炭化装置は発電能力としては 20 kW 以下の小型のものであるが、バイオマス発生地域のオンサイトで設置が出来、小規模であるが、その地区独自のオフグリッドな電気を活用できるシステムである。活用地区も森林近傍、大型公園、大規模園場、大規模農園、ゴルフ場・・・設置可能場所も多岐にわたる。COP21 で 2100 年地球の温度上昇を 2 度未満に抑えるために、各国政府は 2030 年の CO₂ の削減目標値を決定し、活動し始めている。そのような中で民間の我々が貢献できることは日々の省エネへの努力と本稿で書いたような小型であるがオンサイトで活用できる技術の開発が有効であると考えている。本稿が地球温暖化防止の一助になれば幸甚である。

JCMA

【筆者紹介】

村上 誠(むらかみ まこと)
NPO 法人 新エネ研究会東日本
理事長



島田 勇巳(しまだ はやみ)
NPO 法人 新エネ研究会東日本、
侑紋珠、
高槻バイオマス粉炭研究所 所長



省 CO₂ や電力システム改革に対応する 新しいエネルギーマネジメントシステム 『I.SEM[®]』

茂手木 直也

近年、電力システム改革や再生可能エネルギーの増加、BCP への対応などによって、建物側でのエネルギーマネジメントのニーズが拡大・多様化する傾向にある。こうした社会動向に対し、独自の企画によるエネルギーマネジメントシステム『I.SEM[®]』（アイセム）（以下「本システム」という）を開発した。本システムは、建物または建物群の負荷予測から熱源や空調の運転最適化等を行うクラウド上に構築されたソフトウェア群と、建物側に設置された太陽光発電や蓄電池、電気自動車の充放電装置等の分散電源群を統合するハードウェアのパッケージシステムである。このシステムの導入により、今後更にニーズが高まる省 CO₂ やデマンド制御、非常時の自立給電を達成する。

キーワード：電力システム改革、再生可能エネルギー、BCP、負荷予測、運転最適化、デマンドレスポンス、蓄電池、電気自動車

1. はじめに

近年、電力システム改革や再生可能エネルギーの増加などによって、建物側でのエネルギーマネジメントのニーズが拡大・多様化する傾向にある。こうした社会動向に対し、独自の企画によるエネルギーマネジメントシステム『I.SEM[®]』を開発した。本システムはクラウド上に構築されたソフトウェア群と建物側に設置された分散電源を統合するハードウェアのパッケージシステムである。本報では、本システムのエネルギーマネジメント機能および適用したエネルギー負荷予測技術について説明する。

2. 社会動向

従来、建物のエネルギーマネジメントの主な目的は、省エネルギーとピークカットであった。省エネルギーにおいては、高効率機器の導入や室内環境の緩和、人感センサー等による不要な機器の停止等が一般的な対策であった。また、ピークカットにおいては、設定した契約電力を超過しないよう一部の負荷設備の遮断や設定の緩和に加え、蓄熱システムを利用した定常的なピークシフト運転が挙げられる。これらの省エネ・ピークカットの対策は、個別機器での省エネ化や単純なデマンド制御、定常的なスケジュール制御によって達成可能であり、既に広く普及している。

これに対し、2010年頃から、再生可能エネルギーの大量導入に備え、蓄電池などの利用による地産地消の最適化を目的とした『スマートグリッド』への対応が叫ばれ、経産省の主導の下、メーカー・ゼネコン各社が実証を行ってきた。これらの実証においては、従来の固定的な料金体系に加えて、多様な電力料金メニューが実施され、その効果が検証された。

これらの実証成果を踏まえて推進された『電力システム改革』では、2016年に電気の小売りが全面自由化され、2017年にはネガワット取引市場が創設された。2020年には送配電部門の法的分離が計画されている。こうした改革により、電力卸取引市場の取引拡大が予想され、市場における電力の不足・余剰に応じた取引単価の変動に連動した電気料金メニューの普及が期待されている。現在実施または想定されている電気料金メニューの例を、表-1に示す。

また、再生可能エネルギーの普及においては、2009年に余剰電力買取制度により建物に設置される太陽光発電システムが拡大した。また、2012年から開始された再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT）により、メガソーラーを始め、系統内における再生可能エネルギーが急増した。

こうした再生可能エネルギーの増加により、電力網が不安定化することが懸念されており、突発的な発電量不足や余剰が生じる可能性がある。既に九州など一部の地域では、電力需要に対し再生可能エネルギーによ

表一 電気料金メニューの例

名称	概要
デマンドレスポンス (DR)	電力卸取引市場価格の高騰時または系統信頼性の低下時において、料金単価の設定またはインセンティブの支払に応じて、需要家側が電力の使用を抑制するよう電力消費パターンを変化させること。この需要側の電力抑制量は『ネガワット』と呼ばれ、『ネガワット取引市場』で売買される。
リアルタイム料金	卸電力市場価格と連動して、電力小売料金単価を設定する形式。料金設定のタイミングは、卸取引市場に応じて1日前(スポット市場の場合)、時間前(当日市場の場合)などがある。
同時同量	電力の需要と供給のバランスを常に一致させることを指し、電力小売事業者(新電力)においては30分間の需要と供給を一致させることが要求される。 需要と供給が一致しなかった分(インバランス)は、送配電事業者に対し、インバランス単価で精算する。インバランス単価は市場連動であるが、電力網の状況によって高騰することもあり、このインバランスを回避することが新電力の採算向上に重要である。

る発電量が上回る状況も発生しており、再生可能エネルギーに出力抑制が掛かる等の懸念が生じている。こうした事態への対応として、需要側で電力負荷を増減し、電力の需給バランスを調整するしくみとして、バーチャル・パワー・プラント (VPP) が試行されている。

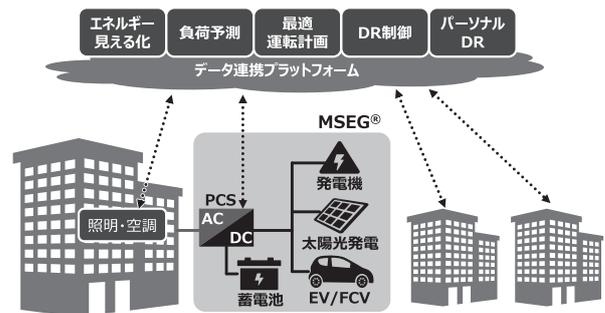
需要側においても、2011年の東日本大震災以降、BCP機能の強化のため、72時間以上の継続稼働が可能な常用発電機を設置する建物が増加した。また、今後は電気自動車の普及が期待されており、その蓄電容量の増加に伴い、電気自動車の充電スタンドを設置する建物においては、その電力負荷が無視できない状況となりつつある。建物においては、こうした分散電源を適切に運転管理し、平常時でも有効活用するニーズが高まっている。

また、建物側での様々な分散電源の設置が進んでいることに加え、ICT技術の進化によって、先に述べた電力網の状況に応じて変動する多様な電気料金メニューに対応して、建物内の分散電源を制御し、素早く柔軟に受電電力を調整することが可能となってきている。

このような電気料金メニューに対応するためには、最低でも30分単位の細かい予測を行う必要があり、より高い予測精度が求められ、更に様々な分散電源・負荷設備の自動制御と連携する必要がある。従って、機器個別最適化や定常的なスケジュールによって制御される従来型のシステムではなく、よりインタラクティブで、ダイナミックなシステム構築が不可欠となってきている。

3. 本システム の概念

こうした社会動向を踏まえ、省CO₂や電力システム改革に対応するエネルギーマネジメントシステムを開発した。本システムはクラウド上に構築されたソフトウェア群と建物側に設置された分散電源を統合するハードウェアのパッケージシステムである。図一に本システムの概念図を示す。



図一 本システムの概念図

本システムは、以下のシステムで構成される。

- ・建物の電力・熱負荷を予測する『負荷予測システム』
- ・変動するエネルギー単価に対応して複合熱源や分散電源の運転を最適化する『最適運転計画システム』
- ・建物内の執務者と協調して負荷抑制を実行する『パーソナル DR システム』
- ・分散電源や負荷抑制を制御して、ピークカットやDRを達成する『DR 制御システム』
- ・太陽光発電、蓄電池、電気自動車充電装置、燃料電池、発電機等を含む分散電源群を直流で統合するパワーコンディショナ装置『MSEG[®]』(Multi-Source Energy Gateway)

(1) 同時同量制御

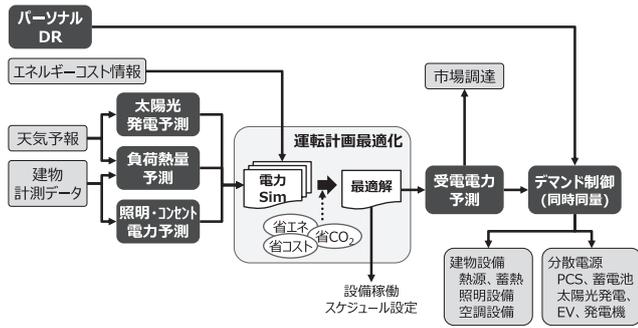
先述の通り、今後、電力自由化によって電力メニューの多様化が期待される。ここでは、先述の電力メニューの中から、『同時同量』に対応した制御について説明する。本システムによる同時同量制御のフローを図二に示す。

①電力・熱負荷予測

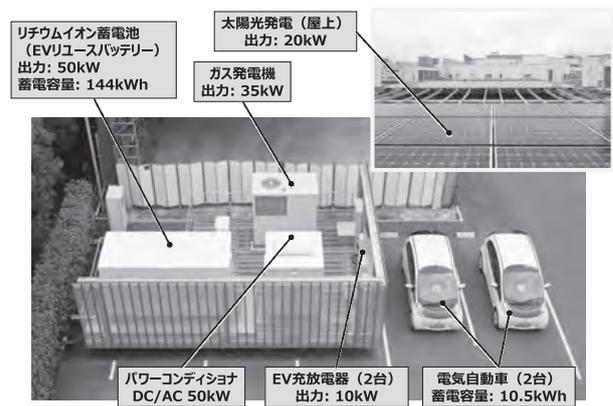
まず、前日までに建物電力・熱消費量等の計測データおよび気象予報、建物内のイベント情報等から電力負荷(熱源への電力供給分以外)および熱負荷、太陽光発電量を予測する(予測システムの詳細については後述する)。

②運転計画最適化

次に、予測された熱負荷に対し、時刻別のエネルギー単価等の情報を踏まえ、冷凍機の運転順序、蓄熱槽の



図一 本システムにおける同時同量制御のフロー



図一 MSEG®

利用時間帯など、熱源設備を最適に運転する計画を作成する。

この計画によって稼働した場合の熱源電力を予測し、①で予測した電力負荷や太陽光発電量、また時刻別の電力料金単価等を組み合わせ、翌日以降の電力を最も安価に調達する買電計画を立案する。これらの予測は常時更新する。

③ パーソナル DR

通常のピークカットや DR においては、予め設定された照明・空調の制御項目を実行していくが、この場合、執務者側で不満足者が増加する懸念がある。これに対し、本システムでは事前に建物内の執務者各々に対して自分の座席エリアの制御可否を申告させ、許可を得たエリアのみを制御対象とすることで、執務者の満足度を維持しながら、幅広い負荷抑制を可能とする。

④ デマンド制御

事前に立案した買電計画と現状の受電電力値の差分に対し、分散電源や、パーソナル DR によって許可された照明・空調の負荷抑制を最適制御し、30 分間の電力量を買電計画に一致させる同時同量制御を行う。

⑤ MSEG®

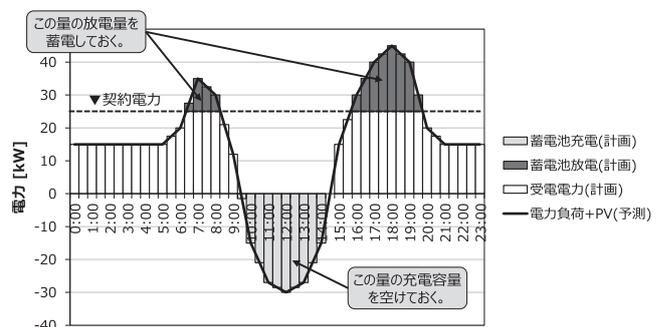
本装置は、複数の電源設備を直流で統合し、効率良く交流に変換して建物内の電力系統と連系するパワーコンディショナである (図一 3)。太陽光で発電した電力を蓄電池や電気自動車に充電する際、一度交流に変換することがないため、直流/交流変換ロスが少ない。また、災害による停電時には、蓄電池に残った電力に加え、太陽光発電による電力を蓄電池に貯めて使うことが可能である。

(2) 再生可能エネルギーの自家消費

同時同量制御のフローを応用し、太陽光発電と蓄電池を設置した建物において、余剰電力を蓄電池に蓄電し、建物負荷が高い時に放電することにより、再生可能エネルギーの地産地消を向上する制御を本システムの一機能として実装した。

余剰電力買取制度の買取期間終了後は、余剰電力の買取単価が通常の電力単価を下回る可能性が高い。従って、建物に蓄電池を設置することにより、余剰電力を蓄電池に蓄電し、電力負荷が高いときに放電する制御によって経済性を向上できる。これに加え、蓄電池は建物のピークカットにも活用できるため、これら余剰電力の自家消費とピークカットの両立が求められる。

これらの制御を両立するためには、まず、1 日から数日先までの時刻別の太陽光発電量および建物負荷電力量を予測し、余剰電力および契約電力量の超過が生じる時刻およびその電力量を算出する。次に、蓄電容量の情報から、発電電力の余剰が生じる時刻 (蓄電池への充電を開始する時刻) において、蓄電残量の上限值 (蓄電残量が何% 以下であれば良いか) を設定する。また、契約電力の超過が始まる時刻において蓄電残量の下限值 (蓄電残量が何% 以上であれば良いか) を設定する。この充電または放電開始時点の蓄電残量条件を満たすよう、蓄電池の充放電制御を行う (図一 4)。



図一 太陽光発電の自家消費を考慮した蓄電池制御

4. クラウド基盤を用いた負荷予測システム

ここでは、本システムに実装した負荷予測システムについてその詳細を説明する。負荷予測においては様々な予測モデルが実践されているが、本システムで

は、近年、予測手法として広く普及しているニューラルネットワークによる予測モデルを採用した。ニューラルネットワークの構造は階層型パーセプトロン構造を使用した。この方式は、入力層・中間層・出力層の3層構造を持ち、結合荷重や閾値を学習により変更することで、予測モデルを構築することができる。

システムの実装においては、Microsoftのクラウドサービスである『Microsoft Azure』および機械学習サービスである『Azure Machine Learning』を利用しており、図-5に示すデータ処理フローを経て、予測結果を算出する。

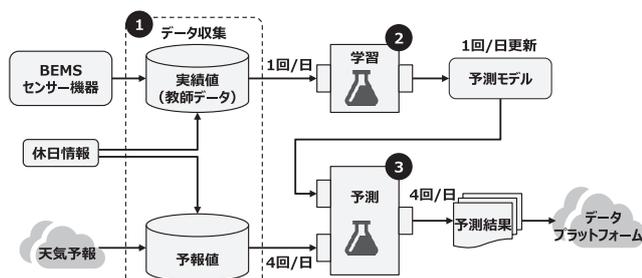


図-5 エネルギー需要予測システムのフロー

(1) データ収集

まず、学習に必要な建物の運用実績値、予測に必要な天気予報値、建物の休日情報を取得し、Azure上に構築したデータベースへ蓄積する。本システムでは、以下の3つのデータを用いて学習・予測を行う。

- ・運用実績値：予測を行いたい消費電力量（建物全体、熱源、等）の実績データおよび建物で測定している外気温湿度、日射量などの気象データを取得する。データはBEMS等のデータベースあるいはセンサー機器から直接取得する。
- ・天気予報値：天気予報配信会社から配信される天気予報データを、インターネットを介して取り込む。本システムで採用した天気予報は1日4回更新され、予測のインプットデータとして用いる。
- ・休日情報：平日と休日で負荷パターンが大きく異なる場合、別々に予測モデルを構築した方が予測精度の向上が期待できる。本システムでは休日の情報をユーザーが設定することで、平日と休日でそれぞれ予測モデルを構築できる仕様とした。

(2) 学習

次に、ニューラルネットワークにより、過去の実績値を学習して予測モデルを構築する。モデル構築には教師データとなる過去の運用実績値が必要であり、本システムでは直近1ヶ月程度の過去データを基に学習

し、1回/日の頻度で予測モデルを更新する。

予測対象とする項目に応じて特徴量を選択する。本システムでは、特徴量として、曜日・時間・気温・日射量を選択することができる。また、予測対象が過去1ヶ月の実績データの中でも、特に直近の実績値との関連が強い傾向にある場合、24時間前の実績値（休日考慮なし or 休日考慮あり）も特徴量として選択することができる。

さらに、在席（在館）人数や空調稼働スケジュールなど、消費電力や空調負荷に影響を及ぼすものを特徴量として取り込めれば、予測精度が向上する可能性があるが、一般的な建物では、これらの特徴量の正確な予定を予め把握することは難しく、現時点では実装していない。宿泊施設や展示場、イベントホールなど、これらの予定を予め取得することが可能であり、かつこれらの予定が建物のエネルギー需要に大きな影響を与える建物の場合は、機能追加を検討する必要がある。

(3) 予測

先に作成した予測モデルに対して、採用した特徴量の予報値をインプットデータとして投入する。本システムでは、翌日・翌々日の予測（30分毎、48時間分）の予測を行い、天気予報データの更新に合わせて、1日4回（6時間毎）予測を更新する。

5. 導入事例

上述の本システムを都内の事務所ビル（東京都江東区、延床面積3,980m²）に導入し、その効果を検証した。制御対象とする分散電源として、MSEG[®]（AC/DC：50kW、PV：20kW、蓄電池：50kW/144kWh、EV充放電器：10kW×2）、ガス発電機（35kW）を導入し、クラウド上のシステムから制御した。

以下に負荷予測システムおよび負荷予測を用いた同時量制御の検証結果を示す。

(1) 負荷予測システム

2016年9月～11月の期間においてエネルギー需要予測の精度を検証した。予測は1日4回（6時間毎）に更新するが、検証には前日夜に算出した24時間予測値を用いた。

図-6および表-2に、予測結果を示す。予測精度を示すEEP（Expected Error Percentage、予測誤差率）は、各予測対象において5.6～8.6%となっており、他の予測手法と比較して、概ね良好な予測結果が得られた。

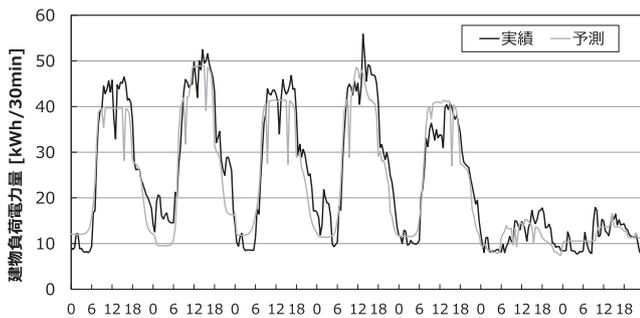


図-6 建物消費電力量の予測結果 (10/3 ~ 10/9)

表-2 各対象における予測結果

予測対象	EEP*
建物消費電力量	6.3%
空調熱源除く消費電力量	8.8%
空調熱源消費電力量 (ビルマルチ)	5.8%
太陽光発電量	8.6%

$$* EEP = \frac{\sqrt{\sum_{t=1}^n (y_{p,t} - y_{d,t})^2}}{y_{max}} \times 100$$

$y_{p,t}$: 時刻tの予測負荷
 $y_{d,t}$: 時刻tの実績負荷
 y_{max} : 最大実績負荷
 n : データ数

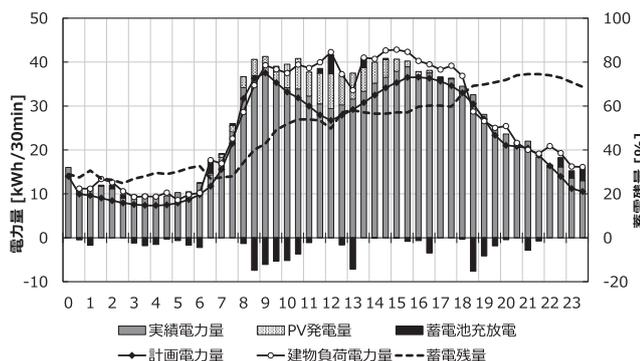


図-7 同時同量制御の検証結果 (10/12)

(2) 同時同量制御

上述のシステムを用い、同時同量制御の実証を行った(実証日:2016年10月12日)。検証においては、計画電力量に対して同時同量率±3%以内(契約電力比)に消費電力量を制御することを目標とした。実証の結果、同時同量率2.5%以内に制御することができ、目標を達成した(図-7)。

(3) 複数棟における同時同量制御

このシステムを、先の実証建物を含む近隣に位置する3棟の建物群に拡張し、3棟統合による同時同量制御を行った。図-8に各建物の設備概要を示す。

この制御においては、3棟の建物を仮想的に1棟の建物とみなし、各建物に設置された分散電源や負荷設備を最適に制御する。本実証においては、3棟の建物群において、事前に予測された受電電力合計値に対

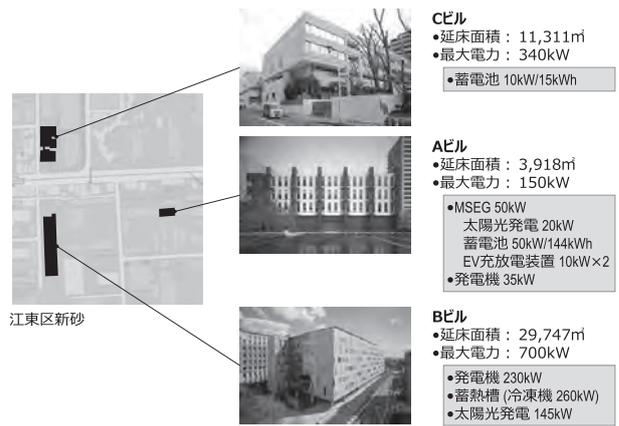


図-8 本システムによる複数棟統合制御

し、実際の電力消費量を契約電力合計の±3%以内に制御することができ、30分同時同量を達成した。

近年では、需要家が企業・組織の単位で電力小売事業を構成し、電力卸取引市場から直接電力を調達して自社の建物に電力供給を行う『需要家PPS』と呼ばれる事例が増えつつある。多数の顧客を持つ新電力に比べ、需要家PPSでは需要家数が少ない場合が多いため、供給先である自社の建物の電力需要を精度良く予測し、インバランスが生じないように制御する『同時同量制御』が求められる。本システムはこのような建物群制御に有効なシステムである。

6. おわりに

本報では、電力システム改革を含む社会動向を踏まえ、開発した本システム『ISEM』について、その機能と、機械学習を用いた負荷予測システムの概要を説明した。

建築設備は、電力網と連携したリアルタイム性の高い高度な運用が十分可能であり、今後、需要側のマネジメントによって系統全体における効率化・省CO₂化に積極的に取り組める電気料金メニューが普及することを期待したい。

JICMA

《参考文献》

1) 茂手木, 『省CO₂や電力システム改革に対応するEMS』, 電設技術, 64(2), 103-108, 2018-02

【筆者紹介】

茂手木 直也 (もてぎ なおや)
 ㈱竹中工務店
 環境エンジニアリング本部
 エネルギーソリューション企画グループ
 課長



低炭素社会実現に向けた ZEB と スマートコミュニティの取り組み

御器谷 良一・松本 久美

エネルギー分野の課題解決のためには、建物単体の取り組みはもちろん、地域全体での取り組みも重要となる。ここでは、建物単体の取り組みである ZEB（ゼロ・エネルギー・ビルディング）と、地域全体の取り組みであるスマートコミュニティについて、それぞれの普及拡大に向けた取り組みを具体的な事例を交えながら紹介する。

ZEB については、日本における ZEB の定義や国の政策、ZEB の具体的な事例や技術などについてまとめた。スマートコミュニティについては、その目的と機能をまとめるとともに、実現に向けて行われてきた具体的な取り組み事例を紹介する。

キーワード：低炭素社会, ZEB, スマートコミュニティ, 太陽電池, 照明, 空調, 燃料電池, AEMS

1. はじめに

世界全体で温室効果ガスの排出量が増え続けており、そこから予想される影響の大きさや深刻さから、地球温暖化は最も重要な環境問題の一つとなっている。この問題は一つの国や分野の取り組みだけでは解決できない状況であり、地球温暖化問題を防止することは人類共通の課題となっている。

IPCC（気候変動に関する政府間パネル）第5次評価報告書によると、建築分野は2010年において世界のエネルギー消費量の32%を占め、このまま何も対策を講じなければ2050年までに建築分野のエネルギー消費量は2～3倍になると予想されている¹⁾。建築分野における迅速な対応が極めて重要である。

パリ協定では、温暖化対策に対する世界共通の長期目標として「産業革命前からの地球の気温上昇を2℃より十分低く保つこと。そのために21世紀の後半に世界の温室効果ガス排出を実質ゼロにすること。」を掲げている。日本では、パリ協定の枠組みを受けて、中期目標として2030年度の温室効果ガスの排出を2013年度の水準から26%削減することとなっている。さらに長期目標として2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減を目指している。

日本において、この目標を達成するためには、大幅な排出削減を実現させる必要がある。2015年に国連で採択されたSDGsにおける環境・エネルギーなどの目標を達成するためにも、革新的技術の開発・普及な

どのイノベーションによる解決を追求していくことが必要である。また、日本では、東日本大震災を機に節電に対する意識や防災力強化に対する関心も高まっている。現在、建築分野に求められていることは多く、省エネルギーを最大限に進めてエネルギーを効率的に無駄なく利用することや、再生可能エネルギーの利用、地域分散型のエネルギー需給構造の構築などの地球温暖化に対する取り組みに加え、建物自体の安全性はもちろん、事業継続性を確保するBCPへの対応などもあり、様々な取り組みと工夫が必要である。建築物は他の工業製品などに比べて寿命が長く、対策の効果が出るまでに時間がかかることから、速やかな対応が求められる。

2. 低炭素社会への取り組み

低炭素社会実現に向けて、我々が力を入れている取り組みは、ビル単体の取り組みである「ZEB（ゼロ・エネルギー・ビルディング）」の普及展開と、地域単体の取り組みである「スマートコミュニティ」の形成である。

「ZEB」は、快適な室内環境を保ちながら、建物に対して徹底的な省エネルギー対策を行い、さらに建物で太陽光発電などによりエネルギーを創ることで、建物で消費するエネルギー量を大幅に削減した建築物である。現在、建築分野では環境負荷低減を目指して ZEB の実現と普及が求められている。

「スマートコミュニティ」は、サステイナブルな社会構築手段のひとつである。温室効果ガスの排出削減が喫緊の課題となる中、建物単体だけではなく地域全体での取り組みも重要であり、太陽光や風力など再生可能エネルギーを最大限に活用しながらエネルギーの消費を最小限に抑える次世代の社会システムであるスマートコミュニティの形成が求められている。

持続可能性の高い低炭素な街づくりをするためには、ZEBとスマートコミュニティの両方を推進していくことが必要であり、ここでは、それぞれの普及拡大に向けた取り組みを紹介する。

3. ZEBの取り組み

(1) ZEBとは

ZEB（ゼロ・エネルギー・ビルディング）は、建物で消費するエネルギーを極限まで少なくし、さらにエネルギーを創り出す設備を持つことで、年間のエネルギー収支が正味「ゼロ」となる建物のことである（図—1）。エネルギー供給のない無人島で自立できるビルではない。



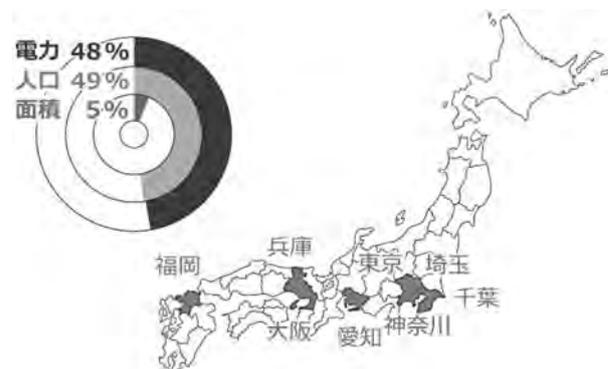
ZEBの取り組みは、欧米諸国を中心に活発化してきた。ZEBの定義は国や機関によって多少異なるものの、ZEBの実現で環境負荷を低減し、地球温暖化対策を行うという目的は共通である。ただ、海外のZEB事例は、広大な敷地を活用して太陽光発電などの創エネルギー設備を大量に設置している建物や、冷房または暖房が不要な地域の建物であるなど、日本と環境条件が異なるケースが多い。そのため、海外の事例をそのまま日本で展開することは出来ない。

日本は敷地が狭いケースが多く、建物以外に太陽光発電などの創エネルギー設備の設置が難しいため、ZEBを実現させるためには、建物で消費するエネルギーを最小化する技術と、創エネルギーを最大化する技術、さらにそれらを効率的に組み合わせる技術が求められる。

(2) 日本におけるZEB

日本においてZEBを実現するために、これまで業界各社においてZEB化技術の開発や実証等が推進されてきた。日本では、消費されるエネルギーのうち約40%はオフィスなどのビルで使われているため、建物の徹底的な省エネルギーの推進は我が国にとって喫緊の課題であり、ZEBの実現・普及は我が国のエネルギー需給の抜本的改善の切り札と考えられている。

ここでは、日本のZEB事例の一つである「大成建設ZEB実証棟」（以下「ZEB実証棟」という）について紹介する。ZEB実証棟は、都市部におけるZEBのパイロットビルである。都市部である理由は、日本のエネルギー事情にある。日本でエネルギーを大量に使用するビルは都市にあり、首都圏を中心とした都市部にエネルギー消費の約50%が集中している（図—2）。日本においてZEBを普及させ、低炭素な街づくりを推進するためには、エネルギーを大量に消費する都市部においてZEBを実現させ、普及展開していくことが必要である。



図—2 日本の都市部におけるエネルギー消費

(3) 事例紹介1 ～ZEB実証棟～

(a) 建物概要とコンセプト

ZEB実証棟は、横浜市の技術センター敷地内に、都市部をターゲットとしたZEBの実現可能性を実証することを目的として建設された。外観写真と建物概要を図—3に示す。

省エネ建築には、暑い、暗いといった快適性を我慢するネガティブなイメージがあるかもしれないが、ZEB実証棟が目指したのは、快適性も確保した超省エネルギーである。建物で消費するエネルギーを最小にするために高効率な設備機器やシステムを採用し、高いエネルギー性能を実現するだけでなく、建物利用者がオフィス環境として快適な空間を創ることと、安全性と事業継続性を確保することも目指した建物である。ZEB実証棟の3つのコンセプトを図—4に示す。



図-3 ZEB 実証棟

建物名称：大成建設 ZEB 実証棟
 所在地：神奈川県横浜市
 主要用途：事務所
 階数：地上3階，塔屋1階
 延床面積：1,277 m²
 構造：鉄筋コンクリート造
 竣工：2014年5月

いきいきオフィス
 業務に集中できるスマート
 で快適なオフィス環境を創出

ゼロエネルギー
 省エネと創エネにより年間
 エネルギー収支ゼロを実現

ひとつ上の安心
 高い安全性と事業継続性を
 確保するBCPへの対応を実施



図-4 建物コンセプト

(b) 導入技術の紹介

ZEB 実証棟の代表的な導入技術を紹介する。

①有機薄膜太陽電池外壁ユニット

創エネルギー設備として太陽光発電設備を設けている。都市部では高層ビルが多く、建物の屋上だけの太陽光発電では階が増えるごとに発電量が不足していくが、屋上だけではなく壁面部分も発電に有効に利用できれば、十分な発電量を確保できる可能性がある。そこで、外壁面での発電に有効な有機薄膜太陽電池に着目した。有機薄膜太陽電池の特徴を下記にまとめる。

- ・有機材料であるため色の選択・変更が可能
- ・形・寸法の自由度が高い
- ・軽量で施工性が向上し、建材一体化が可能

有機薄膜太陽電池は、発電量だけではなく、高いレベルのデザイン性を確保することが可能であり、ZEB 実証棟の壁面に適用し、外壁面でも発電を行っている。

②自然光を最大限活用した快適な光環境

大幅な照明エネルギーの削減を実現させるため、自然の光を最大限に活用した快適な光環境システムが導入されている。まず、太陽が出ている時間帯は外壁面に設置した採光装置により自然の光を執務室内の奥まで届ける。合わせて室内の照明には、効率の高いLEDによる全体照明と有機ELタスクライトを採用している。自然光で明るさが足りない場合に、室内の照明設備で光を補っている。部屋全体の照度は下げながらも、有機ELタスクライトによる柔らかい光で手元を明るくすることでワークプレイスに必要な照度を確保し、照明のエネルギーを削減した。また、独自開発した人検知センサーによりリアルタイムに人の在／不在を検知し、照明の点滅や減光等の照明制御を行っており、一般ビルの照明エネルギーに対して86%のエネルギー削減を実現している(図-5)。



図-5 自然光を最大限活用した快適な光環境

③排熱を利用した高効率かつ快適な温熱環境

空調は建物全体のエネルギー消費の約半分を占めるといわれ、ZEBには空調エネルギーの削減は不可欠である。ZEB 実証棟は空調エネルギーを削減するために、空調負荷そのものの低減を行うとともに、高効率なシステムを計画し、一般ビルと比べ約76%のエネルギー削減を実現している。

ZEB 実証棟には高効率な発電設備として燃料電池を導入しており、燃料電池による電力と排熱を利用している。発電時の排熱は通常は捨てられてしまうが、ZEB 実証棟ではその排熱を利用し、躯体放射冷暖房を行っている。燃料電池からの低温排熱を利用して吸着式冷凍機によって冷水を製造し、床スラブに打設された配管に通水し、部屋全体を緩やかに空調している。さらに床面にはパーソナル吹出口が設けられ、空調風量も照明と同様に人検知センサーによる在／不在の情報でコントロールしてエネルギーの削減を図るとともに、個人の好みに合わせた風量選択が可能な快適性も両立したシステムとなっている(図-6)。



図-6 空調システム

また、コンセプトの一つである「ひとつ上の安心」に対しては、都市型小変位免震を用いることで建物自体の安全性を確保した上で、太陽光発電や燃料電池などの導入によりエネルギーの自立性を高めている。災害時にも高い安全性と事業継続性を確保し、BCPへの対応も行っている。

(c) 運用実績

ZEB 実証棟は 2014 年 6 月から運用が開始されている。運用 1 年目の実績は、一般的な建物のエネルギー消費量の 1/4 程度となる 463 MJ/m² 年、創エネルギー量 493 MJ/m² 年となり、建物単体での年間エネルギー収支ゼロを達成した。その後も引き続き適正なエネルギーマネジメントを行いながら、3 年連続で ZEB を達成しており、都市部をターゲットとした ZEB の実現可能性を確認できた (図-7)。

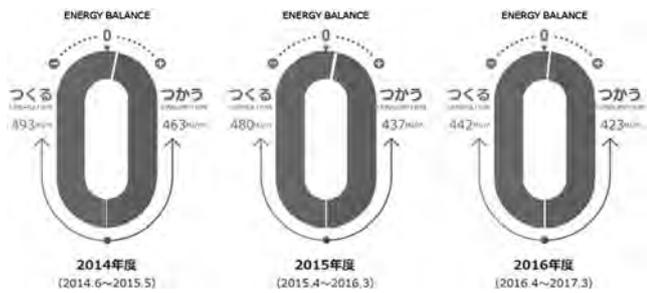


図-7 年間エネルギー収支

(4) ZEB の普及に向けて

日本における ZEB 実現の具体的な目標は、エネルギー基本計画 (2010 年閣議決定) において『2020 年までに新築公共建築物等で ZEB (ネット・ゼロ・エネルギー・ビル) を実現し、2030 年までに新築建築物の平均で ZEB を実現することを目指す。』と明記され、業界各社において ZEB 化技術の開発などが行われてきた。しかし、ネット・ゼロ・エネルギー・ビルの実現は、建物用途や建物規模などの物理的な制約や

建設コストなどから社会的に広く普及させるに至っていなかった。国はそのような状況の中、ZEB のさらなる普及展開を目指し、2015 年 12 月に日本における ZEB の定義を次のように決定した。

(a) ZEB の定義 (経済産業省資源エネルギー庁)

先進的な建築設計によるエネルギー負荷の抑制やパッシブ技術の採用による自然エネルギーの積極的な活用、高効率な設備システムの導入等により、室内環境の質を維持しつつ大幅な省エネルギー化を実現した上で、再生可能エネルギーを導入することにより、エネルギー自立度を極力高め、年間の一次エネルギー消費量の収支をゼロとすることを目指した建築物 (図-8)。

(b) ZEB の種類 (図-9)

- ・ ZEB Ready
省エネ法基準よりも 50%以上 の省エネ
 - ・ Nearly ZEB
省エネ法基準よりも 50% 以上の省エネ + 再エネにより、正味で 75%以上 の省エネ
 - ・ 『ZEB』 (ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)
省エネ法基準よりも 50% 以上の省エネ + 再エネにより、正味で 100%以上 の省エネ
- 国が定義した ZEB では、年間のエネルギー収支が正味ゼロとなる 『ZEB』 以外に、エネルギー収支の

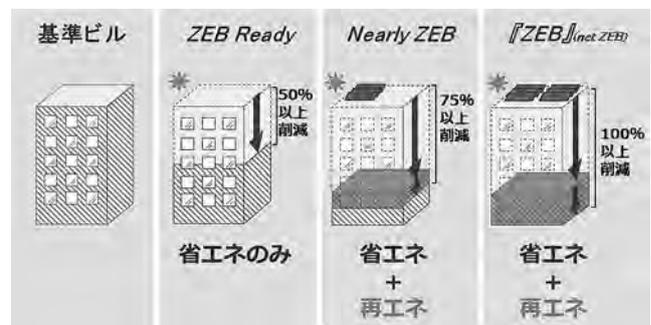


図-8 ZEB の定義のイメージ

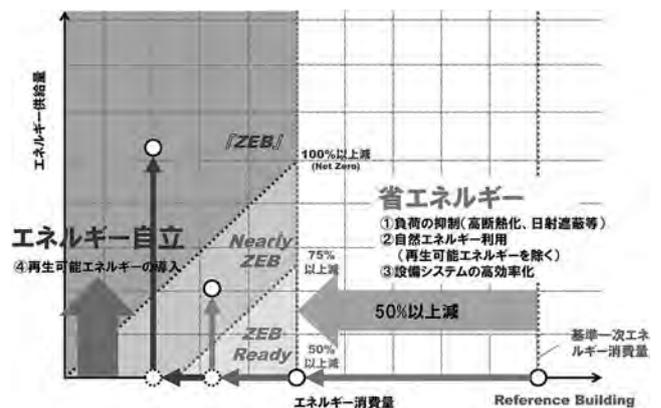


図-9 ZEB へのアプローチのイメージ²⁾

状況に応じて *Nearly ZEB*, *ZEB Ready* といった将来的に『ZEB』になる可能性のある建物も含められており、社会への普及促進が期待できる定義とされた。まずは導入しやすい *ZEB Ready* の普及展開が重要となっている。*ZEB Ready* を中心に ZEB が普及していくことで、ZEB 化技術のコストダウンが実現し、さらに世の中に ZEB が展開され、*ZEB Ready* が当たり前の世の中になることが望まれる。

(c) ZEB の認証制度

建築物省エネルギー性能表示制度 (BELS) は、第三者評価機関が省エネルギー性能を評価・表示する制度である。2016 年 4 月からこの評価制度において ZEB の認証が行われるようになった。ZEB の認証は設計段階で評価され、認証された場合には次のような表示マークを提示できる (図-10)。



図-10 ZEB 表示マーク³⁾

(5) 事例紹介 2 ～市場性のある ZEB 事例～

現在は市場性のある ZEB の普及拡大を行うフェーズに移行している。

本建物は、福岡市博多区にあるテナントオフィスビルであり、BELS において「ZEB Ready」の認証をテナントオフィスビルとして初めて取得した。これまでの ZEB 事例は企業としての環境性を示すため自社建物が一般的であったが、ZEB の普及拡大を目指す上では国内のオフィスビルの約 70% を占めるテナントビルにおける ZEB の推進は必須の取組みとなる。

本建物は、高効率な空調システムの採用に加え、人検知センサーによる照明・空調制御、自然採光利用、テナント区画毎のエネルギー見える化システム等の ZEB 化技術が導入され、標準的なビルに比べて一次消費エネルギー量を 52% 削減している。本建物は今年の 2 月末に竣工しており、運用段階における ZEB の実現に向けて建物の利用を開始した。建物概要と外観写真を示す (図-11)。

建物名称

JS 博多渡辺ビル
ZEB Ready

建物概要

計画地 : 福岡市博多区住吉 4 丁目
 主要用途 : オフィス (テナント)
 階数 : 地上 7 階、塔屋 1 階
 延床面積 : 約 6,173 ㎡
 構造 : S 造
 工期 : 2018 年 2 月竣工

図-11 JS 博多渡辺ビル

4. スマートコミュニティの取り組み

(1) スマートコミュニティとは

スマートコミュニティは、スマートグリッドのような新しい電力制御技術と情報通信技術 (ICT) を組み合わせた電気の有効活用に加え、熱や未利用エネルギーも含めたエネルギー全体の需要・供給体制の構築、さらに地域の交通システムや市民のライフスタイルの変革まで幅広く含む、エリア単位での次世代のエネルギー・社会システムの考え方をいう⁴⁾ (図-12)。



図-12 経産省 スマートコミュニティのイメージ

特に建築分野では「エネルギー」を中心とした取り組みに力を入れている。スマートコミュニティでは、情報通信技術 (ICT) を活用しながら街区全体でのエネルギー利用の最適化を図るため、建物ごとの個別の取り組みでは実現が難しい街区全体での環境負荷低減に資する取り組みが可能になる (図-13)。また、広域でのエネルギー融通が可能のため、電力調整余力を持ち、不安定電源である太陽光発電や風力発電などに

よる再生可能エネルギーのより有効な利用が可能である。スマートコミュニティは、日本のエネルギーに関する様々な課題を解決していく手段として期待され、国としても積極的に推進を行っている。

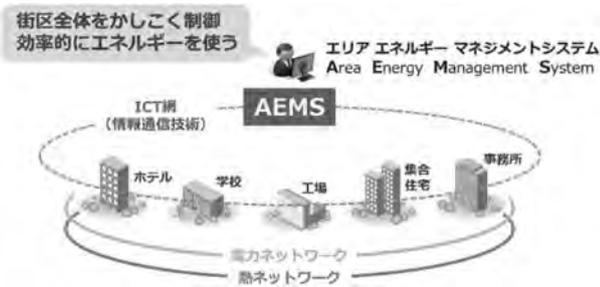


図-13 街区でのスマートコミュニティのイメージ

(2) スマートコミュニティの目的と機能

スマートコミュニティに求められる要素は次の3つである。

- ①低炭素社会の実現
- ②レジリエンス
- ③エネルギーセキュリティ、電力ピークカット

これらを実現し、街区単位で省エネルギーと太陽光発電・風力発電などの再生可能エネルギーの有効利用を行うことで、社会全体の低炭素化を図る。

さらに、スマートコミュニティの構築には省エネによる温室効果ガスの排出削減だけではなく、災害時における人命の保護や建物の機能維持も求められている。東日本大震災以降、防災・減災に対するしなやかな強靭性が重要であることが認識され、個別分散電源やスマートグリッドの構築によって災害に強い街づくりを行っていくことがますます重要になっている。日本では、原子力発電所稼働停止に伴う輸入化石燃料への高依存の低減、再生可能エネルギーによる不安定電源大量導入への対応などが必要であり、スマートグリッド、スマートコミュニティへの重要性が増している。

それらを実現するために、スマートコミュニティの構築には次の機能が求められる。

- ①創エネルギー
- ②電力ピーク調整余力
- ③ICTを活用した最適制御システム

スマートコミュニティ内には、太陽光発電や風力発電、バイオマス発電などの再生可能エネルギーを導入して化石燃料の消費削減に寄与することが求められている。また、蓄電池や蓄熱システムなどによって電力調整余力を持ち、再生可能エネルギーなどの不安定電

源への対応力を高め、電力需要ピークを緩和し、配電システムへの負担を減らすことも期待されている。さらには今後はデマンドレスポンス（電力需給調整：以下DR）への対応なども求められる。これらの対応をしていくためには、コミュニティ全体で最適にエネルギー制御する機能が必要であり、AIやIoTの技術を活用した最適制御システムの開発も求められている。

(3) 事例紹介1 ～YSCP 実証事業～

(a) 横浜スマートシティプロジェクト (以下YSCP) の概要

国はスマートコミュニティを持続可能な社会システムとして考え、実現を推進してきた。経済産業省は日本型スマートコミュニティの実現を目指し、2010年から2014年までの期間で「次世代エネルギー・社会システム実証事業」として、国内4地域（横浜市、豊田市、けいはんな学研都市、北九州市）において実証事業を実施した。ここでは横浜で行ったYSCPにおける取り組み概要について紹介する。

YSCPは、横浜市が民間企業と共同で行った実証事業の名称である。地域のエネルギーを管理するCEMS (Community Energy Management System) を中心に、住宅 (HEMS)、工場 (FEMS)、一般ビル (BEMS)、大型蓄電池 (SCADA)、電気自動車 (EV) といった様々な実証が行われた。図-14にYSCP事業の全体イメージ図を示す。

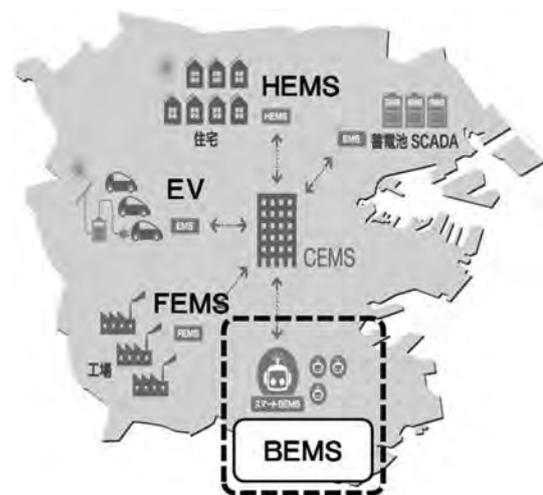


図-14 横浜スマートシティプロジェクト (YSCP)

(b) YSCPのBEMSの取り組み

YSCPの一般ビル (BEMS) の実証事業について紹介する。BEMSの実証には、(株)東芝と共同で参画し、横浜市戸塚区の技術センター内においてBEMSを核としたシステムを構築し、DR実証を行った。ここで

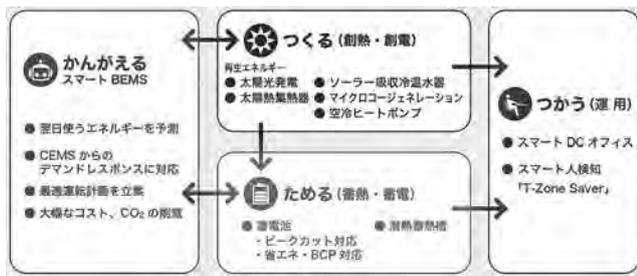


図-15 YSCP (BEMS) のシステム構成

は「つくる」「ためる」「つかう」「かんがえる」の4つの機能を有するエネルギーシステムを構築し、電気と熱のピーク調整余力を持つことで、DR 要請に対応するピークカット制御を行った (図-15)。

この実証においては、電力だけではなく熱の利用も積極的に行ったため、横浜市が定めた DR の目標値 20% に対して、最大で 33.24% の大幅なピーク負荷削減を達成することができた。この実証事業を通して、電力ピークカット最大制御やエネルギーコスト最小制御など、様々な運転制御に関する知見が得られた。

(4) 事例紹介 2 ～技術センター～

(a) スマートコミュニティの概要

現在、技術センターにおいて、YSCP 実証事業で得られた知見を活かして、実装設備としてスマートコミュニティを構築しているため、その取り組みを紹介する。概念図を下記に示す (図-16)。

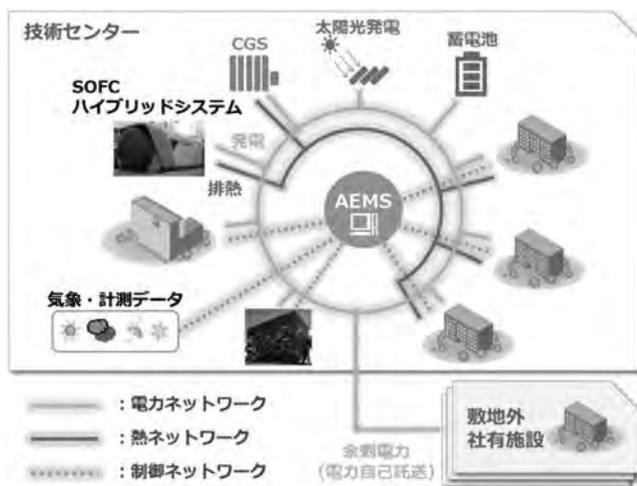


図-16 スマートコミュニティの取り組み

ここでは、太陽光発電などの創エネルギー設備や、マイクロコージェネレーションや固体酸化物形燃料電池 (SOFC) ハイブリッドシステムなどの発電設備による電力や排熱を、複数建物間で融通し、エネルギーを最適に利用するシステムの構築を行っている。休日

などで太陽光発電による発電量が多く、敷地内で電力が余った場合には、敷地外にある社有施設に電力自己託送によって融通することも想定している。さらに、それらを最適にコントロールするために AEMS (Area Energy Management System) が計画されている。AEMS は、AI を活用して、気象予報や過去のエネルギー消費データ、実験施設の予約情報を元に負荷を予測し、街区にある各設備を最適に制御する。

(b) SOFC ハイブリッドシステムの概要

発電設備として導入されている SOFC ハイブリッドシステムについて説明する。

経済産業省の「水素・燃料電池戦略ロードマップ」において、フェーズ 1 で燃料電池の普及拡大が示されている (図-17)。喫緊の課題であるフェーズ 1 に着目し、大型燃料電池である SOFC ハイブリッドシステムを技術センターに導入しており、燃料電池によるエネルギーを活用する技術の構築にも取り組んでいる。

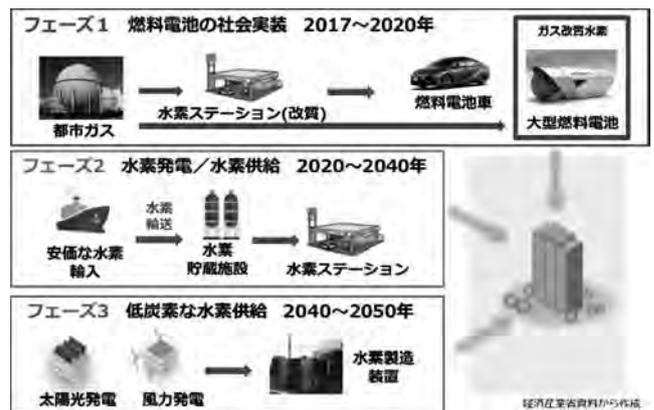


図-17 水素・燃料電池戦略ロードマップ イメージ

本体は、NEDO による「平成 28 年度固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発事業」によって、三菱日立パワーシステムズ(株) (以下 MHPS) が技術センターに設置し、共同研究を行っている。システム仕様および外観は次に示す通りである (図-18)。

- 定格出力：250 kW 級
- 発電効率：55% 以上
- 総合効率：73% 以上 (温水)
- 燃料：都市ガス (中圧)

発電と熱発生のおよびの概念図を図-19 に示す。

SOFC ハイブリッドシステムは電気と温水を製造する発電設備である。まずは SOFC 本体に都市ガスを投入して改質することで水素とし、化学反応を利用して発電を行う。そこで使い切れなかった高温の SOFC 排ガスをマイクロガスタービン (以下 MGT) に投入

して二段階で発電するシステムであり、55%という高い発電効率を実現している。さらに、MGTの高温の排ガスから熱を取り出して温水を製造している。発電と熱利用を合わせた総合効率は73%のコージェネレーションシステムである。



図一 18 システムの概要



図一 19 発電と熱発生のおしき

(c) SOFC ハイブリッドシステムの特徴

建物へ導入する視点から、本システムの特徴をまとめる。

まず一つは、国内最高発電効率55%の発電システムという点である。発電効率が高いため、発電時の排熱量は少なく、熱需要が少ないオフィスビル等に適したコージェネレーションシステムである。

次に、BCP性能向上に有効な発電システムという点である。SOFCハイブリッドシステムは、耐震性があり信頼性の高い中圧ガスを利用したシステムである。技術センターには中圧ガスが無いため、ここで導入したシステムでは低圧ガスを昇圧して利用しているが、本システムには自立運転切替機能を設け、停電時にも運転が可能なシステムとして検証を行っている。

また、本システムは、一般建物へ導入しやすいように大型の水素や窒素等のタンクが不要なシステムになっている。大型の水素や窒素等のガスタンクは扱いが難しいため、それらをなくし、都心のオフィスビルなど様々な場所で導入しやすいという点が特徴である。

これらの特徴などから、SOFCハイブリッドシステムはオフィスビル等への導入に適した高効率な熱電併給システムと言える。

5. おわりに

建築分野においては事業活動そのものが地球環境へ影響を与えるため、そこで今後どれだけ環境負荷を削減できるかが非常に重要である。国は低炭素化を求めるとともに経済成長を同時に実現するため、様々な目標設定と取り組みを行っているが、それらの目標を達成するために我々が取り組んでいるZEBとスマートコミュニティの取り組みは、一般の建設市場でそれぞれの事業において独立して収益を上げ経済合理性が確立される事例がまだまだ少ない。ZEBとスマートコミュニティは、国としても重要な取り組みとして推進しており、今後さらに官民一体となって積極的に普及展開を図っていくことが望まれている。我々は引き続きこれらの取り組みを通して、持続可能な低炭素社会の実現を推進していく。

JICMA

《参考文献》

- 1) ZEBロードマップフォローアップ委員会「これからの建築環境の方向性 ZEB設計ガイドライン ZEB Ready・中規模事務所編 Ver.0」p.1, 2017年2月
- 2) 経済産業省資源エネルギー庁省エネルギー対策課「ZEBロードマップ検討委員会とりまとめ」p.27, 2015年12月
- 3) 一般社団法人住宅性能評価・表示協会、WEB公開資料
- 4) (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)「トコトンやさしいスマートコミュニティの本」, 日刊工業新聞社, p.10, 2012年6月

【筆者紹介】

御器谷 良一 (ごきたに よしかず)
大成建設株式会社
環境本部 自然共生技術部
部長



松本 久美 (まつもと くみ)
大成建設株式会社
エネルギー戦略部 ZEB・スマートコミュニティ部
ZEB推進室
主任



|| 投稿論文 ||

応力分散手法による建設車両用タイヤのサイドウォールカット防止に関する研究

江口 忠臣¹

¹ 明石工業高等専門学校教授 都市システム工学科 (〒674-8501 兵庫県明石市魚住町西岡 679-3)
E-mail: eguchi@akashi.ac.jp

近年、建設車両用タイヤが大型化している。施工管理学上重要な建設機械の耐用性に関する問題として、OR タイヤの摩耗およびカット特性について明らかにしておくことが肝要である。本論はOR タイヤサイドウォールのカットに関する実験的かつ理論的な検討を行った。調査対象は、石灰岩の採石場で作業する重ダンプトラックに使用されるOR タイヤである。応力集中を分散する緩衝溝（バッファ）の効果を数値解析によって明らかにした。モデル実験により効果を検証した後、現地試験によりサイドウォールカットに対するバッファの能力を確認した。

キーワード：stress dispersion, sidewall, buffer, stress concentration

1. 緒言

建設車両用OR タイヤは、各種建設車両に装着され生産財的意味合いが深い。したがって、施工管理学上重要な建設機械の耐用性、安全性に関する問題として、OR タイヤの摩耗およびカット特性について明らかにしておくことが肝要である。

一般に舗装路を走行する乗用車用タイヤの場合、その殆どが完全摩耗にて寿命を迎えることになる。一方、OR タイヤの寿命形態は、完全摩耗によるものと偶発的事故による故障とに大別できる。図-1 はあるダム現場における寿命分析を行った結果である。これによれば約半数が完全摩耗による寿命で残り半数は偶発的事故である。施工管理における経済性の面から見れば、寿命形態に占める完全摩耗の割合を向上させることが重要課題となる。さらに、完全摩耗タイヤの寿命向上が最終目標となってくる。しかしながら、偶発的事故の多数を占めるカットはひっかき摩耗に起因するものも多く、したがって完全摩耗タイヤの摩耗低減対策が寿命形態に占める完全摩耗率向上にも結びつくのである。また、近年の作業効率向上を目指した車両の大型化に伴い故障による稼働停止を減少させることも重要課題である。

車両の重量はすべてタイヤの内圧で支えられるため、タイヤサイドウォールは常に緊張した状態にある。その上タイヤサイドウォール部はタイヤを路面に追随させるために屈曲性、操縦安定性に優れた薄いゴムで構成され



図-1 OR タイヤの寿命分析

ているが、路盤との接触は想定されていないため耐摩耗性、耐カット性がトレッド面(路面と接触する部位)に比べて低くなっている。すなわちサイドウォールは偶発的事故による欠陥の生じやすい部位であり、OR タイヤの故障の多くはサイドウォールに生ずるカット(亀裂)およびそれが引き起こすバーストである。サイドカットの発生がカット先端への応力集中を引き起こしタイヤバーストへとつながると推定できる。カットは転石や岩砕によるもので、基本的に修理不可能な状態となる。

図-2 は現場で稼働する重ダンプトラックである。直径3m 超のOR タイヤを装備している。タイヤのサイドウォール部は、耐屈曲性、耐候性に優れたゴム材が使用されているが、路盤との接触は想定されていないため耐カット性に関しては十分な能力を有していない。また、



図-2 重ダンプトラック

OR タイヤは使用に耐えられないカットが発生すれば廃棄されることになる。タイヤのリサイクル率は工業製品の中では非常に高いものであるが、近年のOR タイヤの大型化に伴い、その処理は困難な状態となりつつある。したがって、環境問題の面からも使用不能となるサイドウォールカットを防止することは重要課題である。これまで、建設機械用ゴム材の基礎的耐カット性については河原ら^{1), 2)}が系統的に明らかにしているが、土工現場におけるカット防止対策に関しては、速やかに解決されなければならない問題として存在している。また、筆者らはこの課題に対していくつかの知見を示しており^{3)~5)}、本論はこれらをまとめ、長期実地試験結果を総合して構成している。

本論の目的は、サイドウォールカット進行によるタイヤバースト防止のための応力分散方法を追求することである。サイドウォールにカットが生じると形状の一様性が失われ、カット先端に応力が集中する。この現象は応力集中の典型的なものであるが、カット先端への応力集中はカットの内部進行を助長する結果をもたらす。さらに、一層のカット先端への応力集中をもたらす。最終的にはタイヤバーストを引き起こす。

本研究では応力のある部位に意図的に集中させるための緩衝溝(バッファ)を設け、カットの生じやすい部位の応力をあらかじめ分散する方法およびタイヤバーストに至る前のカットの応力集中を分散する方法によってタイヤバーストを防止しようとするものである。また、効果的なバッファ形状や位置について有限要素法(FEM)を用いて解析し、室内モデル実験によってバッファ形状効果を検証したのちに、現場で発生したサイドウォール

カット近傍にバッファを配置することにより現地試験を行い、その効果を追跡した。

2. OR タイヤサイドウォール応力解析

2.1 サイドウォールの単純モデル化

有限要素法でタイヤ内の応力を解析するにあたり、サイドウォールの一部を切り取った矩形断面を想定し単純モデル化を行う。図-3にタイヤ断面およびそのモデル化を示す。また、図-4に境界条件を示す。

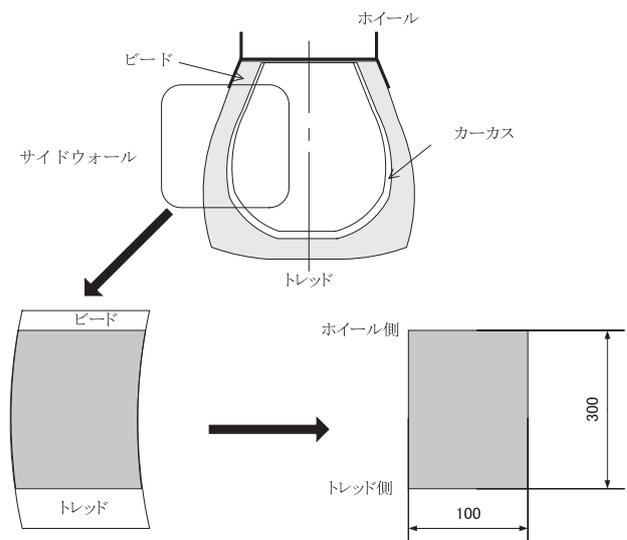


図-3 タイヤ断面とモデル化

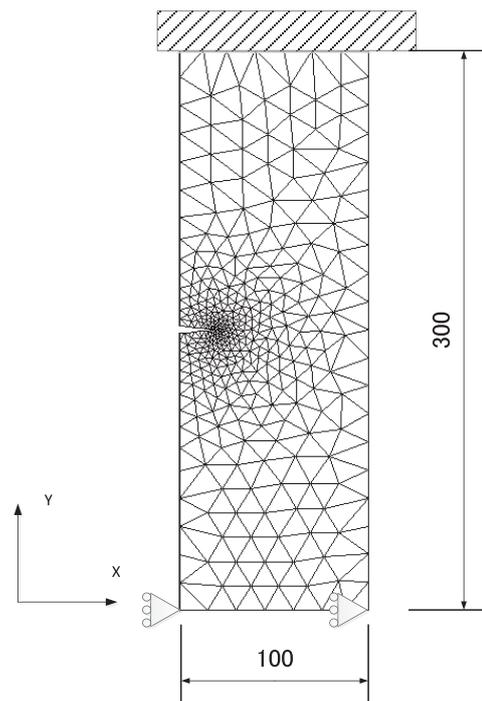


図-4 境界条件

ここでは自動メッシュ分割プログラムを使用しているが、カット先端の要素はパターン毎に異なった要素形状とならないよう辺長規定した正三角形要素とした。解析を簡素化するために2次元平面応力問題として単純化している。本研究では同図に示すようにタイヤのサイドウォール部の一部を切り取った長軸方向300mm、短軸方向100mmの長さをもつ矩形断面をタイヤモデルとする。サイドウォール表面には荷重支持による屈曲時に曲げ変形が生じ、これにより引張力が作用する。ここでは曲げ変形による引張り歪を表現するために、簡単なモデル化として一様引張りを作用させる。室内モデル実験条件に合わせた長軸方向引張りが1.4N/mmの等分布荷重と設定する。タイヤ材料には加硫ゴムを想定する。加硫ゴムは非圧縮性変形体と考えられるためポアソン比を0.48に設定する。JISに規定されるトレッドの弾性係数は12MPaであり、サイドウォール部は10MPaである。

2.2 解析パターン

本研究では解析モデルの応力状態を調べるために、40の解析モデルを設定した。これらは大きく分けて3つに分類できる。第1は、亀裂(カット)が生じた際のサイドウォール部の応力状態を探るためにカットのみのモデルである。カットの大きさや位置等を変化させ、どのような応力状態であるかを探る。第2は、カット予防の観点よりバッファがどの程度表面要素の応力を分散できるかについて調べるため、バッファのみのモデルである。欠陥への成長の難易・表面要素の応力を分散する範囲や度合いが評価のポイントとなる。第3は、カット先端の応力分散の効果を調べるため、カットとバッファの組み合わせのモデルである。なおパターン番号はパターン管理上便宜的に付けたものである。図-5に解析パターンを示す。

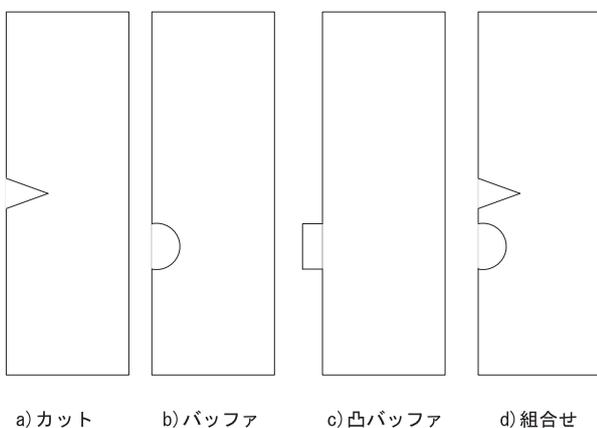


図-5 解析パターン

2.2.1 カットのみ有するパターン

カットのみを有する解析パターンは4種類作成し、それぞれ以下のようなものである。

パターン1：欠陥の位置を変化させたときの応力状態を調べる。カット形状は開き10mm・深さ20mmの一定形状とする。

パターン2：欠陥の開きを変化させたときの応力状態を調べる。カット先端を引張端より150mmの位置に固定し深さを20mmとした時に欠陥の開きを変化させる。

パターン3：欠陥の面積変化が応力状態にどのような変化を与えるかを探る。カットの先端形状は深さ：開きを1：1とする。なおカット先端位置を引張端より150mmの位置に固定するため、カットの縁とバッファの縁の距離は変化する。

パターン4：欠陥の深さ変化が応力状態に与える影響を調べる。欠陥の開きは10mm、位置は引張端より150mmの位置に固定する。カットが進行するとそれにつれて応力が集中するので、ある地点を超えると一気に破壊が進む恐れがある。そのためにこのパターンを設定した。

2.2.2 バッファのみ有するパターン

バッファのみを有する解析パターンは11種類作成し、それぞれ以下のようなものである。

パターン5：円弧バッファを挿入した時のモデル。円弧の半径は20mmとする。

パターン6：浅い楕円形のバッファを挿入したモデル。

パターン7：深い楕円形のバッファを挿入したモデル。

パターン8：矩形のバッファを挿入したモデル。

パターン9：円弧バッファを基にしてバッファの縁をなめらかに処理したモデル。縁をなめらかに処理することで応力分散の範囲が広がるのが期待される。

パターン10：パターン9と同様に深い楕円形バッファの縁をなめらかに処理したものを挿入したモデル。

パターン11：浅い楕円形バッファの縁をなめらかに処理したモデル。

パターン12：パターン9・10・11が円弧バッファの縁を処理したものに対して、このモデルはsin曲線を用いたバッファである。円弧バッファの縁を処理したモデルよりも一層滑らかな応力分布が期待される。

パターン13：sin曲線の凹凸を組み合わせたモデル。タイヤを削り取ることにより窪んだ部分に応力が集中する一方でバッファの縁では応力が緩むことが分かっている。そのため、縁の断面を増加させることで一層の応力緩和を目指す。

パターン14：解析対象の表面を滑らかに変形させたモデル。

パターン15：パターン14の位相を逆転させたモデル。

2.2.3 凸バッファ

本研究では、タイヤサイドウォールの一部に意図的に欠陥を挿入する事で応力の分布を変化させ、カットの生じにくい応力分布を求める事が主目的であるが、比較対象のためにカットの生じやすい部分の断面積を増加させた凸バッファのモデルを7パターン解析する。

パターン 16：円弧の凸バッファを挿入したモデル。

パターン 17：浅い楕円形の凸バッファを挿入したモデル。

パターン 18：深い楕円形の凸バッファを挿入したモデル。

パターン 19：矩形の凸バッファを挿入したモデル。

パターン 20：凸バッファの付け根部分を角処理したモデル。角処理をすることで応力が滑らかに分布すると考えられる。

パターン 21：パターン 20 と同様に深い円弧バッファについて角処理を施したモデル。

パターン 22：sin 曲線を用いた凸バッファのモデル。

2.2.4 カットとバッファの組み合わせ

カットとバッファの組合せパターンの欠陥位置は引張端より 150 mm の位置に設定し、カットの形状は深さが 20 mm・開先幅が 10 mm とする。

パターン 23：欠陥とバッファの位置関係が変化した際の応力分布を求める。バッファがカットより遠い方が欠陥の応力集中を和らげるのか、近い方が応力集中を和らげるのかどうかを解析する。

パターン 24：欠陥の深さとバッファの半径の関連を求める。バッファがカットより深い時・浅い時の応力状態を解析するために設定する。バッファは円弧バッファとし半径を変化させる。

パターン 25：欠陥の深さとバッファの形状の関連を求める。パターン 24 では半径の増加に伴い削り取る面積・カットの縁とバッファまでの距離が変化した。パターン 25 ではそれらを固定させた時の応力分布の変化を求める。

2.2.5 バッファ形状

以上は同一形状のバッファについての解析であるが、バッファ形状が変化した際にカットにどのような影響を与えるのかを検討するために以下の様な解析を行う。

パターン 26：パターン 23 においてカット位置を接地面より 130 mm に設定したモデル。

パターン 27：半径 10 mm のバッファが挿入されたモデル。

パターン 28：半径 30 mm のバッファが挿入されたモデル。

パターン 29：深さ 30 mm・開き 20 mm の楕円バッファが挿入されたモデル。

パターン 30：浅い楕円バッファを挿入した時の応力状態を解析する。

パターン 31：深い楕円バッファを挿入した時の応力状態を解析する。

パターン 32：矩形バッファを挿入したモデル。

パターン 33：角処理を施した円弧バッファのモデル。

パターン 34：角処理を施した浅い楕円形バッファのモデル。

パターン 35：sin 曲線を用いたモデル。

パターン 36：波状のバッファを挿入したモデル。

パターン 37：バッファの両端を盛りあがらせたモデル。

パターン 38：パターン 37 とは逆にバッファの両端を窪ませたモデル。

パターン 39：凸円弧バッファが挿入されたモデル。

パターン 40：連続バッファについてのモデル。

2.3 解析による応力集中分析と応力分散設計

各解析結果の詳細は別報に譲るものとし、ここではカットの進行にかかわる結果、カットとバッファの組み合わせによるカット進行防止に関わる結果および凸バッファ結果について論ずる。

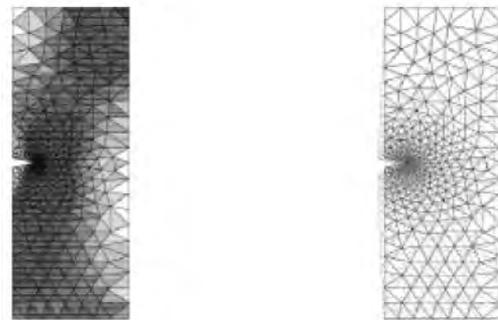


図-6 カット先端の応力分布（左図）と変形状態（右図）

図-6にカット深さ 20 mm、開先幅 10 mm におけるカット先端の応力分布と変形状態を示す。応力分は濃淡によって表され、濃色は高い応力を示している。カット先端の応力集中が読取れる。ゴム材料は引張りが作用するとそれに伴って変形するが、強い緊張状態になるとその分子配列から外力によって破壊しやすい状態となる。このことは、OR タイヤの使用条件がサイドウォール表面に欠陥を生じやすい状態を起こしていることを示す。従ってカットが生じると応力集中とゴム材料の使用条件の2つの要素が複合し、カット深さの伸長への要因となる。図の結果を別の観点から考察するとカット開先の隅角部では応力が極端に減少しており、各要素においてほぼゼロを示している。この解析結果は、カットという製

品上は欠陥を示したものであるが、隅角部の応力減少という現象はカットを生じさせないための一方策を示唆しているものである。ゴム材は緊張状態では破断しやすい性質を持っているが、弛緩状態では逆に切れにくい性質を持つ。これらを適正に組み合わせれば、効果的なカット対策を講じることが可能である。

図-7はカットの先端を解析モデルの中央部に固定し、開先幅を 10 mm とした場合に深さのみを変化させた時のカット先端の応力である。縦軸はカット深さ開先幅比が 0.2 の時の応力を 1 とした時、各解析値との比を応力集中率として表している。load1 はサイドウォール曲げ変形を引張り力としてモデル化した場合、load2 はサイドウォール曲げ変形と空気圧変形を引張り力としてモデル化した場合、load3 は空気圧変形を引張り力としてモデル化した場合である。同図より、各荷重においてカットの深さが大きくなるとカット先端の応力も増加することがわかる。

図-8 の概念図に示すように、OR タイヤの回転に起因

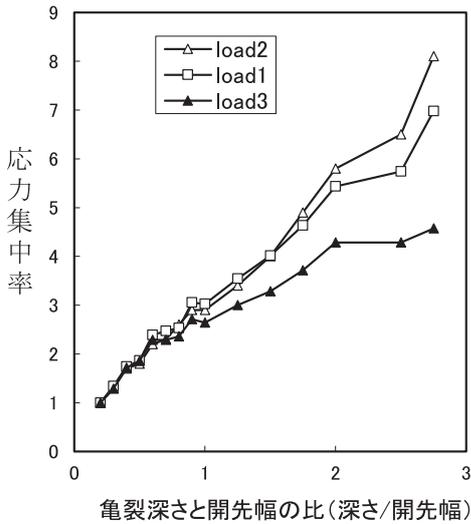


図-7 カット形状と応力集中率

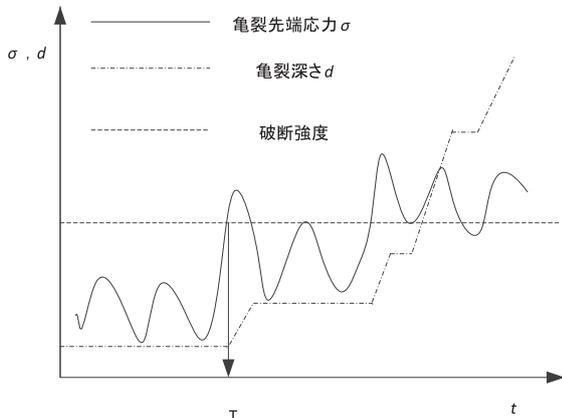


図-8 カット深さの進行の概念図

する発生応力の変動により、ある時刻 T でカット先端の応力がゴムの破壊強度を上まわることによって、もしくは疲労破壊によってカット先端の破壊が進行しカットの深さが深くなる。カット深さが大きくなると、応力集中率が高くなりカット先端には一層の応力集中が発生すると考えられる。更にカットは進行しやすい状態になり、さらに応力がカット先端に集中する状況が生じる。したがって、現場においてサイドウォールカット発生後、カットがある深さに達するとタイヤバーストへと進行する可能性がある。

一様断面に発生する応力は集中が基本的には存在しない。形状の不連続性の発生によって応力集中が生じるものとするれば、形状の一様性が失われた部分が複数近接するとそれぞれの部分の応力は分散すると推察できる。応力分散を企図したバッファとカットの組み合わせ結果について考察する。バッファ半径 20 mm, カット深さ 20 mm, 開先幅 10 mm, カットバッファ間の距離が 15 mm の場合を代表例とする。図-9 はカットが生じた場合の解析要素表面付近の応力分布である。カット開先中心の表面位置 150 mm の位置において応力集中が顕著である。

図-10 は図-9 のカットにバッファを挿入した場合の解析要素表面付近の応力分布である。バッファを挿入することでカット先端の応力集中はおおよそ 20% 程度減少していることがわかる。これは応力集中が形状の不連続性により発生し⁶⁾、不連続性を緩和することは結果として応力集中率を和らげるとの理論に一致する。しかし、分散の効果を期待し、カットの生じやすい近傍にバッファ

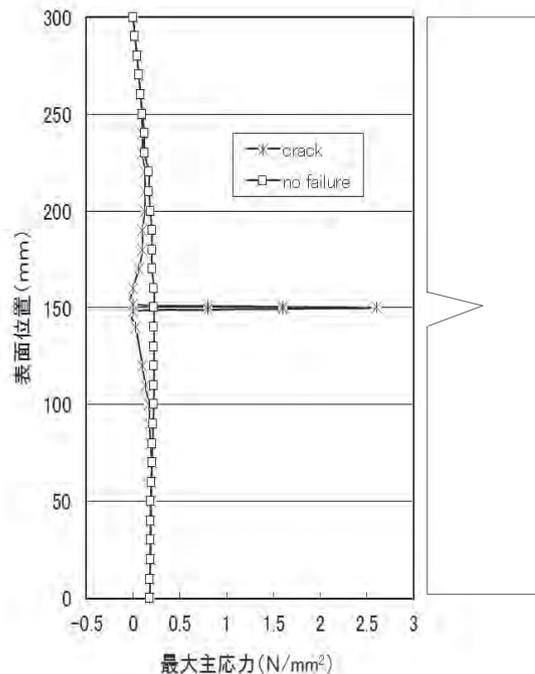


図-9 カットが発生した表面要素の応力分布

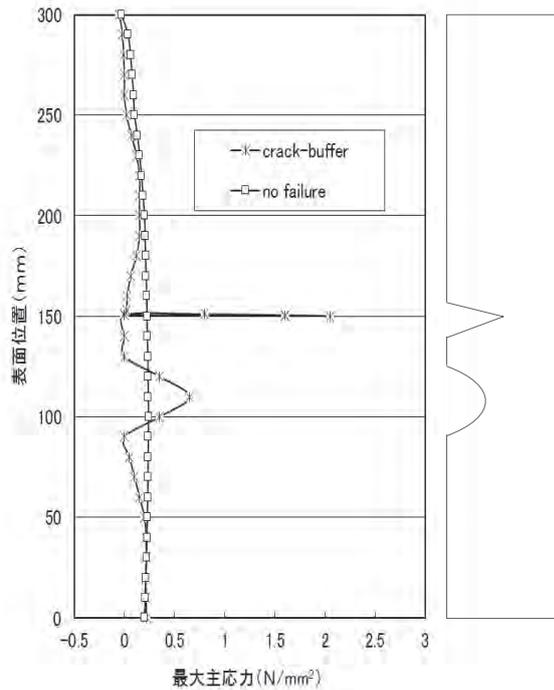


図-10 バッファが挿入された際の応力分布

を設けると、バッファ内でもっとも応力集中している部位に碎石等が接触してタイヤバーストに至る可能性がある。通常のバッファが解析モデルの表面を削り取ることで応力分散を狙うものに対して、凸バッファとは逆にその部分の肉厚を増すことで衝撃やカット発生に抵抗しようとするものである。

図-11は凸バッファの場合の表面要素の最大主応力を表している。

円弧バッファを挿入した場合はその窪んだ中央付近で欠陥のない場合比較して応力集中が発生しているものの、バッファより離れた部分でも応力が緩和されていると言える。一方、凸バッファを挿入した場合はバッファ部分で応力が0となり、凸バッファの付け根付近で若干の応力集中が見受けられる。また凸バッファより離れた部分では応力がほとんど緩和されていない。前述の通りゴム材は緊張状態では破断しやすい性質を持っているが、弛緩状態では逆に切れにくい性質を持つ。凸バッファの効果は凸になった部分の断面増加により、カット発生防止には効果があることを示している。

3. 室内モデル実験によるバッファ効果検証

解析結果に基づき応力分散効果を確認するためにサイドウォール断面をモデル化したゴム試験片を用いて疲労試験を行った。

稼働を想定した場合、引張力はタイヤの回転に伴って

周期的に変化するため、繰り返し引張を与えることができる試験機が必要となるため図-11に示す载荷試験機を新たに作製した。試験機は0.4 m四方の基礎上に高さ1.4 mの懸架台を設置し、0.3 m × 0.1 mのサイドウォール断面モデル試験片固定具を介して重錘(線荷重1.4 N/mm)による繰り返し载荷(1.5 Hz - 3.0 Hz)を行える機構になっている。図-12はカットのみが発生した試験片を装着した状態である。

試験の手順を次に示す。

- ①カット深さ20 mm, 開先幅4 mm, 板厚10 mmの試験片を作製する。
- ②载荷試験機により繰り返し引張力を加え、カットの進行深さと繰り返し回数を記録する。
- ③①と同モデルの試験片に、解析を基に応力分散効果が

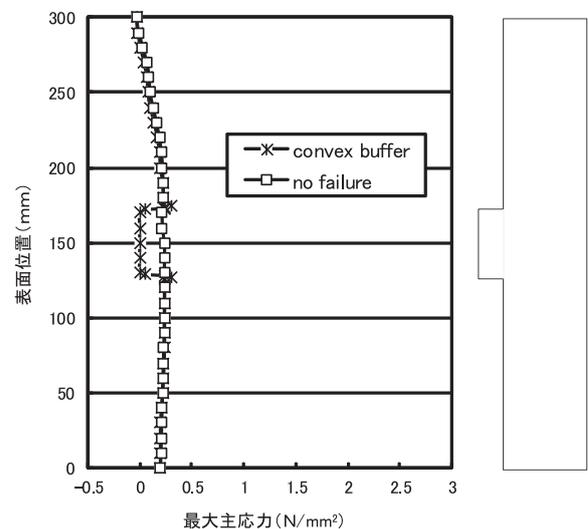


図-11 凸バッファ挿入時応力分布

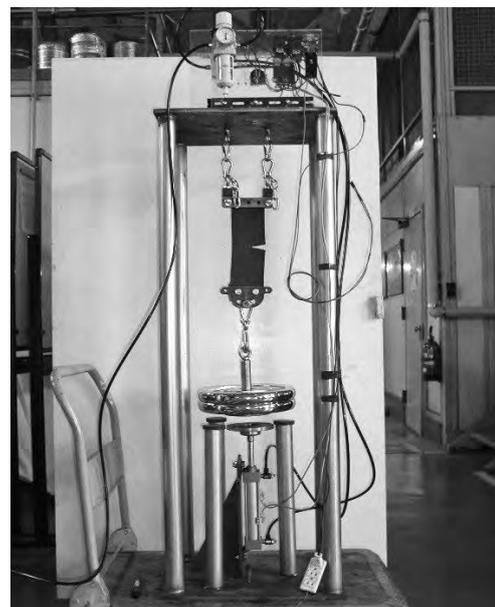


図-12 繰り返し载荷試験機(自作)

あるバッファを挿入する。

④②と同様の操作を行う。

解析に基づき、カット深さ $d=20\text{ mm}$ のゴム試験片に対し $r=20\text{ mm}$ のバッファを挿入し、載荷試験を行った。

カットのみの場合、42時間連続試験を行い、繰り返し回数約10万回において深さ方向平均8mmのカット進行がみられ、**図-13**に示すように応力集中と繰り返し載荷によって破断に至る現象が確認された。

バッファを挿入した場合、42時間連続試験10万回繰り返し載荷においても**図-14**に示すようにカット進行は抑制され、バッファによる応力分散効果とバーストへ至るカット進行防止効果が確認できた。

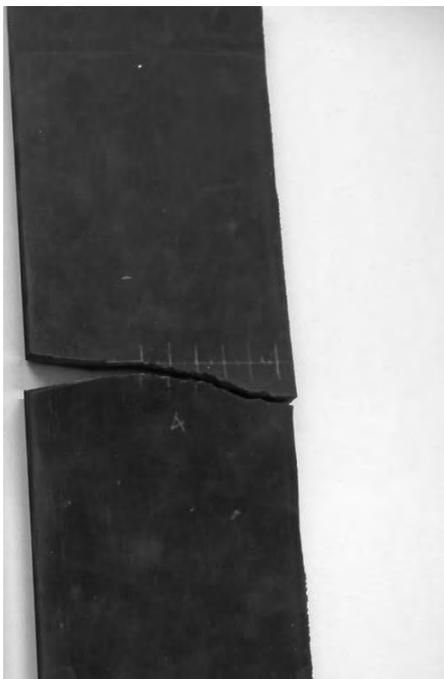
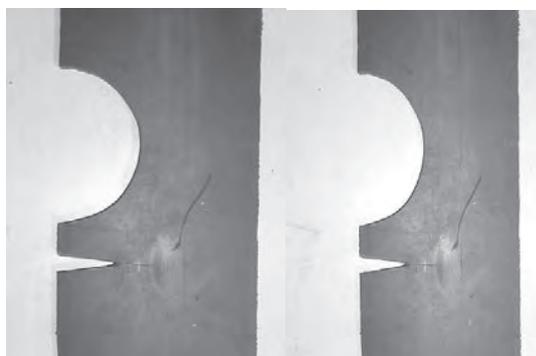


図-13 カット挿入試験片の破断結果



(a) 試験前 (b) 試験後

図-14 バッファ挿入試験片のカット抑制結果

4. 現地試験におけるバッファのサイドウォールカット進行抑制効果

緒言で述べたように、ORタイヤの寿命において完全摩耗以外の要因はカットが大きな割合を占める。サイドウォール部はタイヤ構造上カットに対して比較的弱い部位であり、軽微なカットであっても後にタイヤバーストへと発展する可能性がある。現場においては、カットの軽重判断は困難であり、安全側を選択すれば廃棄せざるを得ない状況である。ここでは、現場で実際に発生した実タイヤサイドウォールカットに対して、近傍にバッファを設置しカット先端に集中している応力を分散し、カット進行抑制の効果を確認した。

調査現場は石灰岩露天掘り鉱山である。ベンチカット(高さ15m)工法により石灰岩を採掘し、重ダンプトラックにより積み込み運搬を行っている。年間雨量は3,000~5,000mmを記録し、濃霧の発生は年間130~150日に及んでいる。気温は最高28℃、最低-10℃である。路盤は石灰岩盤上に砕石した石灰岩を敷き均し、グレーダーによって平滑に整備されている。石灰岩の力学的定数は、一軸圧縮強度 $42.4 \pm 13.1\text{ MPa}$ 、引張強度 $3.8 \pm 1.0\text{ MPa}$ 、みかけ比重2.68、ショア硬さ 35.1 ± 2.4 、超音波伝播速度 $2,988 \pm 441\text{ m/s}$ およびロサンゼルスすりへり減量34.0%である。また、対象岩盤は亀裂の少ないものであった。ベンチカットサイトからずり投入立坑までの平均運搬距離は、1,500mである。現場走路はよく整備されており、稼動条件としては良好であるが、発破による砕石を運搬している現場であるため積み込み場付近においてはサイドウォールカットを生じさせる転石も存在する。**図-15**は実際に発生したサイドウォールカットと挿入したバッファである。カットは図中央のサイド

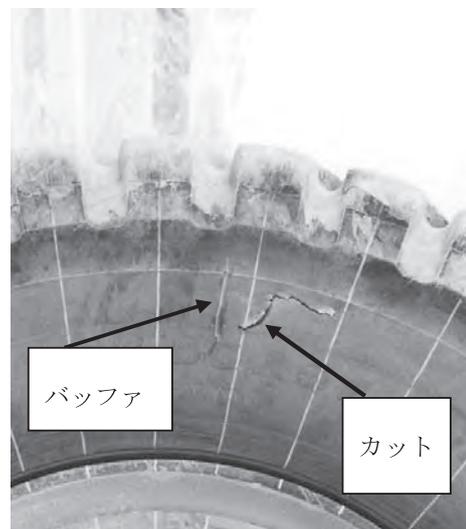


図-15 カットと挿入したバッファ

ウォールにおいて径方向に延びその後円周方向へ屈曲している。稼働開始約 600 時間でカットが発生しており、重度のカットにおいて長さ約 180 mm、最大深さ 15 mm に達している。この状態において稼働を継続することは、タイヤバーストの可能性があり、最大限安全に配慮すれば廃棄することが妥当であると考えられる。ここでは、通常稼働条件を維持しながら、サイドウォール部にバッファを設置し追跡調査を行う。

バッファは重度のカット方向にほぼ平行に配置し、長さ 200 mm、半径 7 mm のものを作製した。バッファ作製にあたっては、バッファ自体が欠陥とならないよう慎重を期した。図-15 の径方向カット左側に設置したバッファ (NE バッファと称している) である。実際のサイドウォールカットは非常に鋭利であり、応力集中は顕著である。本試験において、各稼働日の始業、休憩、終業時にカットの進行状況を確認しバッファの効果を追跡した。現地試験の結果、バッファ設置後 200 稼働日において、カットの深さ方向の進行は確認されておらず、バッファは一定の効果を発揮しているといえる。しかし、サイドウォールカット発生後のバッファ設置は応急措置であり、本実験の範囲では疲労破壊に対する評価はできていない。OR タイヤ設計においてカット故障がやむを得ないものであるとの仮定に立つとすれば、事後保全の観点からバッファが設置できる構造とすることも有効な方策である。

5. 結言

OR タイヤの耐用問題として、サイドウォールカットの防止策と既発生カットの進行防止策を解析と現場試験により検討した。応力集中の考え方は材料強度を検討する上で古くから用いられてきたが、本論では応力集中を応力分散の手法として用いたことに特徴がある。OR タイヤはオンロードタイヤと使用条件が異なるため、その形状についてもカット対策を講じたものが望ましい。ここで得られた結果は、OR タイヤ形状設計に少なからず寄与するものであると考える。以下に本論で得られた知見を示す。

- (1) 形状の一樣性が失われるカットが発生することによりカット先端に応力が集中する。これよりカットがある深さより深くなるとバーストへと進行する可能性が高い。カットによって生じた応力集中はごく限られた範囲にのみ発生する。
- (2) OR タイヤがカットバーストするかどうかは、カット先端の応力がゴム材料の破壊強度を超えるかどうかに関係している。応力分散を企図したバッファの挿入によりカット先端の応力が緩和される。応力緩和によりカット先端の応力がゴム材の破壊応力以下になるとカットの進行が抑えられる。
- (3) バッファ深さが大きいと応力集中緩和の効果は高いが、欠陥に成長しやすくなる。バッファ深さはカットとの組み合わせにおいて、形状の不連続性を緩和する効果を発揮するように設定することがよい。
- (4) 凸バッファにカット先端の応力集中緩和の効果は無い。凸バッファはカットの発生しやすい部位のカット発生予防に限定される。
- (5) バッファ、カットともに開先隅角部の応力はほぼゼロであり、ゴム材の材料特性を活用すれば凸バッファとともに形状設計時にカット防止策に有用である。
- (6) バッファを設置した実タイヤによる現地試験において、カットの深さ方向の進行は確認されておらず、バッファは一定の効果を発揮しているといえる。

謝辞：本研究における現場試験の場を提供頂き、厳しい気象条件下においてもデータ収集にご尽力頂いた西川裕雄氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) 河原荘一郎, 室達朗: 建設機械用ゴム材の耐静的カット性, 土木学会第 47 回年次学術講演会概要集 VI, pp.342-343, 1992.
- 2) 河原荘一郎, 室達朗: 建設機械用ゴム材の耐動的カット性, 土木学会第 48 回年次学術講演会概要集 VI, pp.36-37, 1993.
- 3) T. Eguchi, T. Muro: The Prevention of Off Road Tire Bursting, 9th European Conference of the ISTVS Proc., pp.108-114, 2003.9.
- 4) 江口忠臣, 室達朗: 建設車両用タイヤのサイドウォールカット制御, 建設機械, 496 号, vol.42, No.6, pp.50-54, 2006.6.
- 5) 江口忠臣, 古東佑介, 室達朗: OR タイヤのカット先端の応力集中緩和手法, テラメカニクス, Vol.27, pp.39-44, 2007.
- 6) 西田正孝: 応力集中増補版, 森北出版, pp.135-141, 1967.

(2017.11.27 受付, 2018.1.15 採用決定)

THE CUTTING PROTECTION OF OFF ROAD TIRE SIDEWALL USING STRESS DISPERSION

Tadaomi EGUCHI¹

¹ Professor, Department of Civil Engineering, National Institute of Technology, AKASHI College

In recent years, the tires for construction vehicles have become increased in size. Thus, it is essential to evaluate the wear and cutting characteristics of OR tires as these factors influence the durability of construction machinery and, therefore, are important for construction management. In this paper, theoretical and experimental studies were conducted to investigate the cutting characteristics of the sidewalls of OR tires. Specifically, in this study, the OR tires used for a heavy dump truck used at a limestone quarry were considered. The numerical analyses revealed the effects of a buffer groove (buffer) in dispersing stress. Moreover, in field tests using an experimental model, the ability of the buffer to prevent sidewall cuts was verified.



ボーリング削孔の現場

高川 真一

トンネルや橋梁、道路、鉄路、ビルディング、家屋、といった建造物を設けるにあたっては、その地盤がこれらを支えるに足る十分な強度を持っていることが必要であり、もし不足しているのであれば補強が必要である。地盤の強度は地下の地層構造に関係するため、表面からの目視では全く分からない。これを把握するには現在では電磁波や振動などを利用したいろいろな調査方法があるが、分解能の点で孔を掘ることに勝るものはない。また掘削孔は杭を挿入することで当該地盤の強化にも役立てることができる。

キーワード：地盤強化、地質調査、高温削孔、海洋掘削、ロボット化

1. いろいろなボーリング削孔

ボーリング削孔という作業はあまり目立たないが、建造物建設の初期段階で必ず実施される。この段階で当該地盤がそのまま、あるいは補強済みで丈夫であることを確認された後に、建造物の建設が始まる。私たちの目に入るのはこの建設が始まってからであり、それ以前の作業についてはほとんど目に入ることがない。地味な作業であるが、きわめて重要な作業でもある。

(1) 地盤強化

ビル建設のための地盤強化という目的のボーリング削孔であれば、地下にある強固な岩盤まで杭を打ち込み、この杭を脚としてその上に建造物を構築する。これによって丈夫な建造物が誕生する。2015年に発覚したマンションの傾斜問題は手抜きで杭が岩盤まで届いていないまま建設された結果である。

近年は局所的な豪雨が頻発しており、そのたびに斜面崩落とふもとの住宅の破壊というニュースが流れる。斜面の樹木の根が地下深くまで伸びていれば崩落に対して強固な対抗力を発揮するが、杉などの植林による樹木は深さ2m程度と根が浅いため、表層の土砂が崩落しやすいという問題を有している。そこで植林樹木に替わって6m程度地下深くまで杭を打って地盤を強化し、崩落防止を図る方策が取られる(写真一)。

ビル等の地盤強化や、斜面あるいは鉄路や道路の盛土の強化はこのような杭打ち方式が多い。杭打ちの場合、最初から杭を叩き込む方法もあるが、削孔した孔

の中にセメントを流し込んで固めることもある。この場合、芯材として鋼棒(ロックボルト)や鉄線あるいは合成繊維索が用いられることが多い(写真二)。



写真一 法面補強での削孔と補強のためのロックボルト打ち込み



写真二 東京都渋谷区：アンカー工事

このようなボーリング削孔では地層はほとんどの場合、土である。

(2) 水井戸

日本ではあまり目立たないが、発展途上国において重要なのは水の確保である。ニュース映像では遠く離れた川から毎日何回も子供たちが水を汲んで運んでくる様子が紹介されるが、人間が生活するためには水の確保が不可欠であり、地下水源から水を組み上げる水井戸の開発が発展途上国各国で日本などの協力で行われている。地下水源を探り当ててボーリング削孔し、出てくる水がちゃんと使えるように整備するとともに現地の人たちでその後も管理・運営できるようにしている（写真—3）。



写真—3 ブルキナファソ：水井戸掘きく工事

(3) 試験削孔と掘削障害

入り口からの距離が長く、かつ地表からの深さも深いところを通るトンネル工事の場合など、工事の前に通過予定の場所の地質状態を把握しておくことは極めて重要である。特に日本のように断層が多い国では、その断層帯が地下水の流路になっていることが多く、うかつに孔を開けると大量の出水となり、工事が中断されてしまう。またこのような破碎帯は砕けた岩体が詰まった状態であり、先端に刃がついたビットを押し付けて回しても岩体が動くだけで掘り進めないことも多い。

さらに、長いボーリング削孔では緩い土、締まった土、岩体、非常に硬い岩体、礫など、削孔の進行によって地層状況がいろいろ変化し、かつ地層の圧力もかか

るので、削孔した孔がつぶれることもある。

トンネルの本坑の工事でこのようなことが起こると大変であるので、事前に小さな孔を掘って地層状況を確認する。地質についてはある程度予測はできるが、実際に掘ってみると予測とは大きくずれることもよくある。試掘の使命は本坑削孔に先立ってルート上にどのような地質があるかを確認することであるので、このデータはそのまま本坑削孔に活用される。

削孔中には様々な障害が生ずる。一つの例が前述の出水である。また地中には可燃性流体が閉じ込められていることがあり、うかつにこれを掘りぬくと爆発・火災を引き起こすことがある。これが資源として活用できるほど大規模であればそのように対応するが、小さくても削孔作業現場を無力化する程度の破壊力を有するものは決して少なくない。存在が予想される場合は防噴装置を装備した削孔となる。また、可燃性ではなくても硫化水素等の毒性流体もあり得る。

地層圧力が局部的に高い場所では、せっかく掘った孔がつぶれることがある。このため、掘った孔が崩れないように外径がほとんど穴径に近い太さの鋼製のパイプ（これをケーシングパイプと呼ぶ）を挿入する。前述の破碎帯削孔ではビットの進行に合わせてケーシングパイプを押し込んで岩体が邪魔をしないようにしつつ掘進する。

ビットで掘り進むと、そこには掘削孔という空洞が生じ、土砂・岩石との間に境界が新たに生ずる。この面は新鮮であり、刺激に弱いために、崩れやすい。ケーシングパイプが来るまで堪えてくれればよいが、この新鮮な壁を補強することとビットの冷却・潤滑も兼ねて、粘土分であるベントナイトを混ぜた掘削流体が送り込まれる。この流体は一般には「泥水」と書いて「でいすい」と呼ぶ。これが送り込まれることでベントナイトが新鮮な壁に付着して補強することにより、崩れにくくなる。掘削流体に添加されるのはベントナイトだけでなく、削り屑の送り出しを容易にする増粘剤や孔の中の圧力調整に利用できる増重剤としての硫酸バリウムを主成分とするバライトなどが用いられる。

削孔すれば必然的に排土が出てくる。この排土はそのまま処分できるわけではない。まずは検査機関で成分分析され、有毒成分が無ければ決められた区画内での投棄処分となり、ヒ素やカドミウム等の毒性重金属類が検出されれば無毒化処理が求められる。

2. 削孔の手法

削孔は、先端に刃がついたビットをドリルパイプの

先端に装着し、このビットを回転させつつ地層に押し当てる力を加えて掘り進むのが普通である。ビットの刃の特性を変えることで、土だけでなく非常に硬い岩石でも削孔できる能力を付与できる。現在ではより速い掘進速度を目指して、回転だけでなく打撃も加える手法が取り入れられている。

また孔を掘るだけでなく、地層を円柱状にして取り出して（これをコアと呼ぶ）地層構造や構成成分の詳細分析が行われることもある。

(1) 削孔の方向

削孔というと上から下に向かって掘り進むというイメージを抱きやすいが、実際には横もあれば逆に下から上ということもある。トンネル工事では横方向のイメージがあるが、ルートに沿って上からルートの高さの位置まで掘ることもよくある。青函トンネルの工事ではルートに沿って津軽海峡の海面から船で掘削装置を海底に降ろしてそこから所定の深さまで削孔して試料を得ている（図一1、写真一4）。

下から上というのはあまりないが、鉱山などで中にトンネルができていて、そのトンネルの天井から上に向かって大きな孔を開ける工法が用いられることがある。直径6mもの巨大な縦穴で、山の上からこの穴の中に採掘した鉱石を落とし込むと、その下で待つ



図一1 青函トンネル

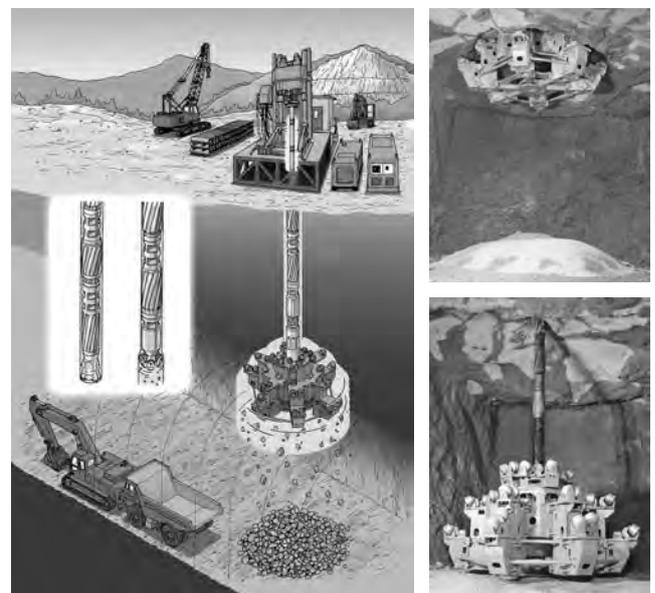


写真一4 第3海工丸に搭載されたMD-500S（津軽海峡）

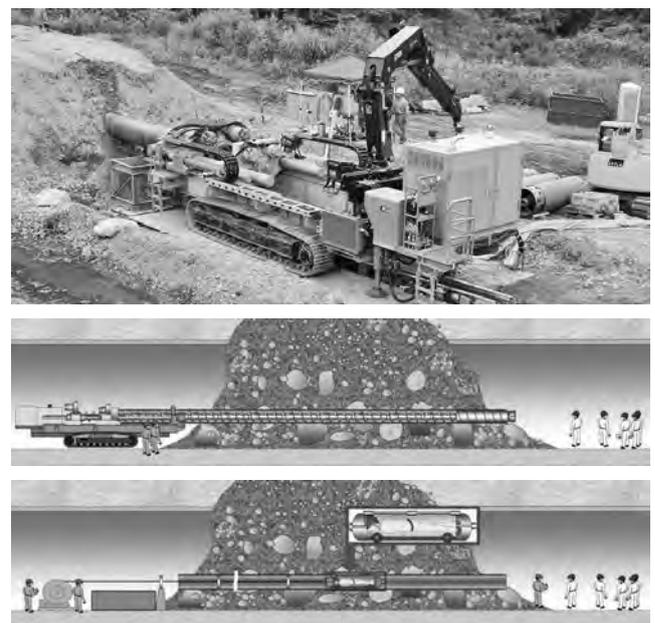
いるダンプに鉱石が搭載され、鉱山から運び出すという方式である（図一2）。

そのほかに有名なところでは、人命救助で有名になった2010年のチリのコピアポ鉱山落盤事故ではフェニックス計画という救出計画により、33名の閉じ込められた作業員全員が急遽削孔された縦穴を通して救出された。

同様の落盤事故は世界中で多発しているようで、水平削孔式で閉じ込められた空間との間に人間が通れるくらいの抜け穴を確保する救助装置も開発されている（図一3）。



図一2 大口径岩盤掘削（立坑）BM600 φ6000mmリーミングビット



図一3 人命救済用掘さく機FS-120CZ

(2) ビット

孔底で地層を削孔して掘り進んでいるのが刃先であるビットであるが、これにはいろいろな種類がある。代表的なものはローラーコーンビットと呼ばれるもので、回転するイガグリ頭が先端に取り付けられており、それぞれのイガが孔底を叩き、削っていくものである。また回転部分を持たないフィクストカッタービットとして超硬合金やダイヤモンドの粒を埋め込んだものや、ダイヤモンドの粉を練り込んだ焼結材で自己摩擦しながら削孔していく方式などがある。

これらのビットはドリルパイプの先端に取り付けられ、駆動力は一般にはドリルパイプを地表で回転することでこの回転力がドリルパイプをそのまま伝わってビットが回る方式が用いられる。

一方で掘進速度をできるだけ早くしたいという要望があり、回転数を早くしたりビットの押付力を大きくしたりという方式では限界が来ていることから、軸方向の振動を加える方法が用いられるようになってきている。数 Hz～数十 Hz の振動が用いられており、低周波数では大きなビット荷重が、高周波数では小さめのビット荷重が選ばれる。低周波での大きなビット荷重では一撃で岩石が広い範囲にわたって碎けるために孔の形状は乱れたものになりがちである。このため高周波で小さめのビット荷重を用いることにより孔形状をきれいに保つ方向にある。

現状でのこの振動方式は、振動駆動装置が大型であるために振動力を地上に出ているドリルパイプの後端に伝えており、ドリルパイプ自体の弾性によるばね効果で削孔長が長い場合は振動力が十分伝わらないという問題を抱えている。

この問題を解決する手法として、孔径と同程度以下のサイズで孔底付近にビットと共に装備できる振動駆動装置の開発も試みられている。

(3) 耐熱性能

一般論として地下深く行くにしたがって温度は高くなる。これを地温勾配というが、普通は深度 100 m につき 3℃ 程度上昇と言われる。したがって 1000 m 掘って水脈に当れば 30℃、1500 m 掘れば 45℃ 高い温泉水が得られることになる。もちろん場所と深さによってこの温度は異なるが、東京・大手町にも温泉施設が設けられ、同様に西武秩父駅前でも設けられるようになってきている（写真—5, 6）。

この程度の温度であれば機械に悪影響を与えるものではないが、このまま 10000 m 削孔というとそれだけで 300℃ を超すことになる。前述のように削孔は機



写真—5 東京都 温泉掘削 SSD-3000



写真—6 埼玉県 温泉掘削 SSD-3000

械類だけでなく、セメントやベントナイト、増粘剤、増重剤等が組み合わさって活用されることで機能するので、この 300℃ というのは現状で削孔可能な最高温と位置づけられ、実態上はもう少し低い 250℃ 程度が現実的と言える。

一方で、火山国日本では火山研究のための火道（地中で溶岩が流れた道）調査や、再生可能エネルギー開発の一環としての地熱発電用の高温岩体削孔の開発計画があり、水の超臨界温度（= 376℃ 以上）を目指した削孔についても検討されている。

岩手県葛根田では 1995 年に地下 3729 m で 512℃ の高温岩体を水で冷却しながらも削孔しており、アイスランドでは 2017 年に地下 4659 m で 427℃ の高温岩体削孔を達成している。このような状況で、水の超臨界温度以上でも支障なく作動するビットやモーター類といった機械部分についてはいろいろ検討が進んでいるが、併せて機能すべき掘削流体等についても今後検討が必要である。これらを踏まえて、高温岩体での地熱発電システムについて検討が進められている。

3. 海洋削孔

今まで主として陸上における削孔について述べてきたが、海での削孔も重要である。特に海の場合は、陸上と違って風化があまり進行していないことから、過去の地球を再現する科学研究にとって貴重なデータを提供するほか、巨大地震発生メカニズムの解明や、モホ貫通（=モホロビッチ不連続面貫通）=マントル到達という 1960 年代からの地球科学者の夢にあふれている。

またマントル削孔では温度が高くなると予想されるが、現状では前述のように 300℃ が限度とみられることから、これよりも温度が低いと予想される削孔候補

地点を国際的に探しており、ハワイ沖とメキシコ沖、それにコスタリカ沖が候補に挙がっているようであり、温度も 200℃ 超を見込んでいるようである。ただ、マントル境界の温度は一般にはもっと高いようであり、高温でも削孔できる前述の耐熱性能の向上が求められている。

これらの自然科学面のみならず、近年注目されている海底鉱物資源の活用も魅力あふれる題材である。海底石油は残念ながら日本近海にはほとんどないようであるが、海底のメタンハイドレートや熱水鉱床、コバルトリッチクラスト、マンガン団塊、レアアース泥等々、日本の排他的経済水域内並びに周辺に多量に存在することが見いだされてきている。

陸上であれば、とにかく現場に歩いて行って状況を目視し、必要があればハンマーで岩体の表面試料を採取することも可能である。しかし海では現場である海底に行くこと、見ること、触ることは非常に困難が伴う。そこで代役として音波探査や近接写真撮影手法等、ロボット技術を駆使した方法が開発され、これらを用いて詳細な調査が行われている。

それでもやはり、詳細調査には削孔で試料を直接採取してくるのが最善である。

(1) メタンハイドレート

メタンハイドレートの試掘では短時間の採掘には成功しているものの、メタンガスの抽出に伴うハイドレートの網目構造の崩壊と砂の遊離によってパイプが詰まる問題が近いうちに解決できると期待される。

(2) 熱水鉱床

熱水鉱床採掘では熱水活動が終了した鉱床の立体構造が削孔によって見えてきたことから、露天掘りと同じ方法による採掘と細粒化、そしてライザーによる揚鉱試験も行われ、スムーズに進行することも確認されている。

(3) コバルトリッチクラスト

コバルトリッチクラストは、厚さが数 cm ~ 30 cm 程度で膨大な広さにわたって海山の頂上や斜面に張り付いている表皮状の塊で、平均的には厚さは 10 cm 程度で、コバルト等有用鉱物が高濃度に含まれており、また白金もかなり含まれることがある。同じ海域であっても場所によって成分が異なるため、その海域での全体量を把握するには多数地点での試料採取が必要となる。とは言え、推定でその面積は約 5 万 km² とあまりにも広大なため、従来の掘削船による削孔でこ

の試料を採取することは現実的ではない。そこで魚のように自由に海中を航走できるロボットである ROV に小型の削孔装置を持たせ、1 回の潜航で 10 点ほどの試料を採取してくることを何日も繰り返すことによって、短期間で当該海域のコバルトリッチクラストの全体的特徴を把握できるのではないかと期待されている (図-4)。

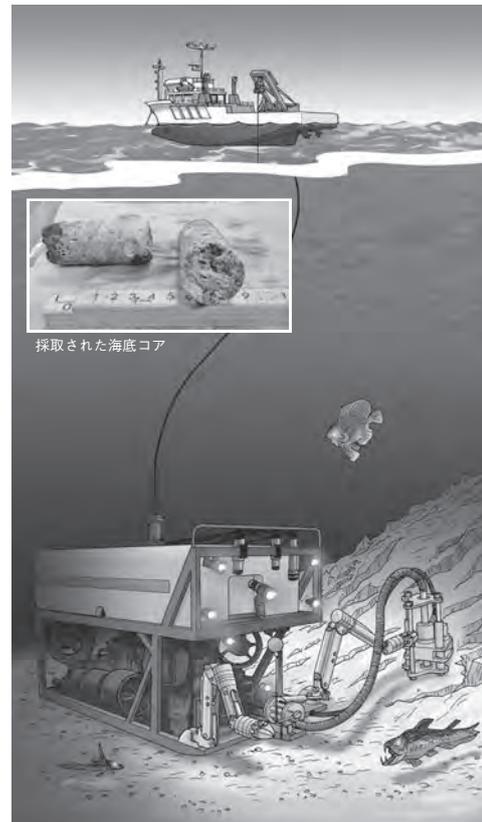


図-4 マリンドリル ROV 機搭載イメージ

この装置のプロトタイプは、昨年実施した実海域試験でその性能が確認されている。

実際の商業採掘となるとはや削孔の世界ではなく、熱水鉱床採掘と同様に露天掘り+細粒化+揚鉱というプロセスになると考えられる。

(4) マンガン団塊

マンガン団塊は、世界中の海の水深 4000 ~ 6000 m の深海平原にマンガンの主成分とする握りこぶし大から大きなものでかぼちゃ大の塊が海底面を覆い尽くすように広がっている。主成分はマンガンであるが、ほかに鉄やアルミニウム、ニッケル、銅、コバルト等である。海底の堆積物に半分以上埋まっているので、これを海底面上で集めて粉碎・細粒化し、ライザーで揚鉱することになる。削孔作業が出てくる場はここにはない。

(5) レアアース泥

レアアース泥は2013年までに、南鳥島沖の太平洋の水深6000mの海底表面から海底下100m位までに磁石や電子部品に不可欠の希土類を高濃度に含む泥の状態が存在することが確認されたものであり、どのようにして採鉱するか、検討が進められている。ほかの熱水鉱床やコバルトリッチクラスト、マンガン団塊は成分にヒ素等の有毒物質を微量とは言え含んでいることがあるためにその処理には細心の注意が必要であるが、レアアース泥にはこのような有毒物質が含まれていないことから、有用鉱物を取り去った残滓についてはそのまま埋め立て等に活用できるという考えもある。

4. 削孔の新たな展開

削孔は文字通り孔を掘る作業であるが、今まで参加してこなかった新しい分野での削孔業務の展開も、今後は十分対応していく必要がある。

(1) 再生可能エネルギー関連

近年、地球温暖化問題に絡んで、再生可能エネルギーの活用についてかまびすしく語られるようになってきている。前述の地熱発電以外では、陸上においては太陽光発電や風力発電、小水力発電等であり、これらの基礎工事には多少なりとも削孔は貢献している。一方海においては、洋上風力発電や海流発電、潮流発電、波力発電について盛んに研究が進められている。

洋上風力発電については、水深が浅い場所では陸上の延長という形で脚をしっかりと海底に着座させた着床式風力発電装置が設けられる。ヨーロッパ・北海で見られる大規模の洋上風力発電はそのほとんどがこの着床式風力発電装置である。一方で日本は陸から少し離れるだけで水深が急に深くなるため、着床式風力発電装置が使えるのはごく限られた地域のみであり、大半は洋上に浮かぶ浮体式風力発電装置になる。

水面に浮いているものをそこから動かないようにするには係留をすることになるが、係留をするにはどこか地面の上に固定点があればならない。この固定点と水面に浮いているものをロープでつないで固定＝係留することになる。

一般には浮体周辺に水深の3倍程度の半径で錨を海底に設置し、その錨から係留索は懸垂線を描いて浮体と繋がれる。風はあらゆる方向から吹いてくるので、錨は1か所ではなく周辺に何か所も設置し、それぞれ係留索が伸びる。このため、この係留索が張り渡され

ている領域は漁ができない領域になってしまう。このため、漁業関係者との協力関係が非常に重要になってくる。

一方で、この係留索による専有面積をできるだけ小さく抑える方策を開発することも必要である。専有面積を小さく抑えるということは係留索の傾斜が急峻になることを意味し、このためには錨には上下方向の引抜力に十分耐える能力が求められる。

船舶に装備されている普通の錨は、横方向の力が加わることで爪が海底に食い込んで横引きの力に対抗しており、真上で引っ張ると簡単に引き上げられる。このため上記の専有面積を小さくする目的にはこの船舶用の錨は不適合である。かといって上下引抜力に対抗できるようあまりに重くすると今度は扱いが容易でない。

いろいろな方式が提案されているが、削孔して海底にしっかりと根止めしたアンカーボルト等の頭に係留索をつなぐ方式もその一つである。課題は、大型専用船ではなく、漁港に泊まっているような作業船で施工可能な簡単に安価な方式を構築することである。

同じことは海流発電でも波力発電でも言えることであり、海で浮体を固定するために必要な錨をどのように設置するかは、きわめて重要な問題である。

浮体の下というのは実はいろいろな魚が集まる格好の場所である。こういう面でも漁業関係者との協力関係を維持していくことが必要である。

(2) 削孔の自動化・ロボット化

削孔機械は上述のようにいろいろの分野でいろいろの種類のもが用いられる。これらを運転するのは「熟練した技術者」であり、装置のそばにいて機械が発する振動や音、計器類の表示値の変化、場合によっては匂いなどから最適な削孔条件を見出し、その都度回転数や回転トルク、押付力等を調整・制御していく。こういうことができるのが「熟練した技術者」である。しかしほかの業界と同じで削孔関係業界も若年技術者が減少しつつあり、一方で熟練技術者も高齢化して退職していくために減少しつつある。こうなると、装置があっても運転できない状態を招きかねない。

そこで熟練技術者が持っているノウハウをデジタル化し、削孔機械を自動化・ロボット化する方向で検討が進んでいる。そして、従来は技術者一人で装置1台の面倒を見ていたのを、技術者一人で数台の装置の面倒を見ることができるよう方向を目指している。

5. おわりに

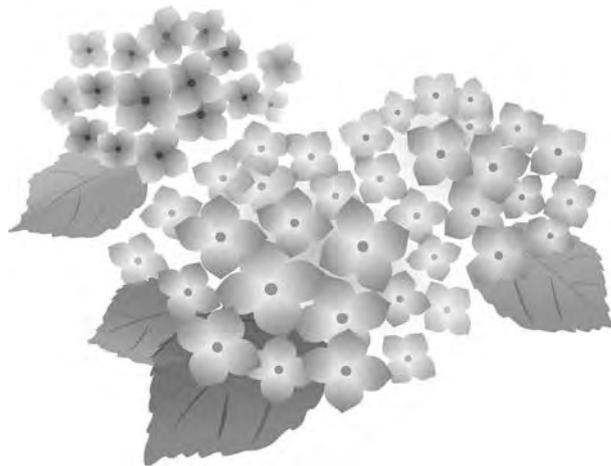
以上、とりとめのないことを綴ってきたが、削孔の現場は初期の基礎固めであるので、作業の最盛期としてマスコミで取り上げられる時点ではもう削孔作業はとっくに終わった後であり、目立たない縁の下の力持的な位置づけとなっている。しかし不可欠な重要な業務であり、しっかりした高度な作業がこなせる装置開発とその作業を確実に遂行していくこととしている。

JCMA



[筆者紹介]

高川 真一 (たかがわ しんいち)
鉦研工業(株)
技術顧問



ずいそう

今世界が最も注目する男!! イーロンマスク

上 條 宏 明



1. 東京オリンピックが終われば火星に引越す人がでてくる

最近目が離せない男がいる。テスラ社代表のイーロンマスクである。彼が2016年に火星移住計画なる、にわかには信じられない構想を打ち出した時に世界で一体どれほどの人が真に受けただろうか。しかも技術的な問題を解決したとして1人1兆円はくだらないという“引越費用”を2000万円程度にまで抑えるという付加価値つきである。それなら地球の家を売って火星に引越してみようかと思う奇特な人がきっと何人かでてくるであろう。火星移住は2024年頃から始まり、100万人規模の移住を2060年代には達成したいと言っている。それほど遠くない未来である。

火星移住を取り上げたSFはこれまで繰り返し提示され、多くの企業や団体が構想や実現に向けたアイデアを提示してきたわけだが、“本気で”取り組み始めたのはこの男が初めてではないだろうか。

こんな話を発表当時に真に受けた人もそう多くはないと思うし、それどころかその後の彼のこれまでの功績を見ても、まだまだ火星移住計画までは信じることができない人が大半だろう。私自身火星の周回軌道に入ってそのまま数周して帰ってくるぐらいまでなら、信じることができるが移住となると、絶大な期待はするものなかなか信じることができないのが正直な気持ちである。



図-1 火星移住計画 (イメージ)

2. イーロンマスクはこれまで何をしてきたのか

イーロンマスクは例えば宇宙旅行を誰でもできるようにするためにコストを1/100にすることを目指している。まずは競争原理の働かないNASAのロケットに対し競争と技術革新によりコストを1/10にして、さらに10回再利用すればNASAの1/100のコストでロケットが運用できるとした。言うだけなら誰でもできるが思いついても普通は誰もチャレンジしようと思えない。しかしこの男は躊躇なくチャレンジし、何度も失敗を繰り返しながらも実際に再利用可能な状態でのファルコン9と命名されたロケットの回収を2016年にやってしまったのである。しかも無人で大海原を航行するドローン船上に、である。

ご存知の通り電気自動車のテスラ社の代表も務める彼だが、彼にとってテスラ社は二酸化炭素排出量削減により人類の住みやすい環境を少しでも長引かせるための「手段」でしかないと言う。電気自動車のエネルギー源としては自ら作った巨大な太陽光発電所からの電気を活用し、さらには電気自動車が高いのはリチウムイオンバッテリーのせいだとし、現在の世界全体の生産量と同等の100GWh規模のリチウムイオンバッテリー工場を建設、今後これを世界中に100箇所作ると言っていた。

彼が主導するビジネス活動により地球温暖化を遅ら



図-2 ファルコン9 ドローン船上に着艦 (イメージ)

せることができ、人類が多少長く存続する。そのモラトリアム期間中に火星移住計画をなんとか達成する、それが彼のゴールである。アントレプレナーの枠を大きく超えた、あの米国大統領でもなかなか言えない構想である。

ちなみに最新の話ではファルコン9よりさらに大型のファルコンヘビーにテスラの車を載せて打ち上げ、これを太陽から火星に至る周回軌道に放出すると言う冗談のようなプロジェクトにも成功し、世界の話題をかつさらったところである。

3. イーロンマスク、土木事業も始める

これも有名な話であるがイーロンマスクは我々が土木事業にも首を突っ込んでいる。LAの渋滞をなくすためには地下にトンネルネットワークがあればいいじゃないか、とこれまたそうかも知れないけど、返す刀で誰がその建設費用を払うのかと問いただしたい構想である。

曰くLAの地下鉄延伸工事は4kmで2000億円ほどだったようで、それならうちも受注したいと手をあげる会社が後を絶たないと思うが、ともかくそのようなコストを1/10にすると宣言している。そのために掘削速度を10倍にすることを目指している。どうやって掘削速度を10倍にするのか。まずトンネル径は半分に、すなわち掘削ボリュームを1/4にする。そして掘削とトンネルの壁の強化を別々に行わず同時に行えば効率は2倍になると述べている。いわゆる同時掘進

工法である。これだけで掘削速度は8倍になるというまさに机上の空論とも思えるがRobbins社のCEOは悪くない計画だと理解を示しているとのことである。仕上がり径を半分にして供用したらあちこちで壁との接触事故が起きると思うのだが、それは専用の高性能の自動運転台車が個人の自動車を載せて運ぶので“事故は起きない”のである。

すでにイーロンマスクはシールド掘削試験をどんどん進めている。可能であれば是非とも現状を視察したいものである。

4. イーロンマスクの発明した未来はやってくるのか

この男が夢物語のような発言するたび別の天才アランケイの言葉を思い出す。

「未来を予測する最良の方法は、それを発明してしまふことだ」

イーロンマスクはこの言葉通り未来を発明し、実現し続けている。この先の未来は彼の予測した通りになるのか。それとも投資は投資のままで終わり、楽しい夢を見られてよかったね、で終わるのか。当分目が離せない。

さあ、みなさん、火星移住に向けて断捨離と貯金をはじめてはいかがですか？

—かみじょう ひろあき

(株)大林組 東京機械工場 技術開発課 課長—

ずいそう

機械と共に

丹羽 正



今から40年前、中学生時代初めて工具を持ち自転車のブレーキワイヤーを交換して直った時の喜び、その後5速変速機を解体し組み立てたが上手く作動せず自転車屋さんへ持ち込む。分解時に部品を失くし「直せないのに分解するな」と怒られる。

高校へ入り原付バイクを中古で購入。アルバイトで稼いだお金で改造パーツを購入し取り付け等を行う、世間一般でいう機械いじりが好きな学生であった。

未だ構造やパーツの基本構造等知識のない状況で、失敗も多く投げ出してしまいそうになる事もしばしばあった。

そのような機械小僧が大学に入り、自動車整備士の道に入り、機械レンタルする会社へ入社。

入社当初は資格だけのペーパー整備士で安全面や分解の方法も分からず、見よう見まねの作業。結果組み立て順序はマニュアルで見に行くもの、使用パーツの役割や精度チェック等を怠り上手く組み立てが出来ず、先輩からよく叱られた日々を思い出す。

作業服が汚れない為の洗車や作業の仕方、工具を使う時の姿勢や力の入れ具合等、細かな事だが実践を通して指導された事は今でも安全作業に通じていると思う。

当初の機械は今では考えられない故障や破損も多かった。狭い小川でミニバックホーの履帯が外れたまま100m走っていたり、現場でのエンジン焼け付けによる現地での積み替え作業、シャフトが折れてホイールが変形した状況での機械搬出、クレーン作業が出来ない環境下や重量物の横移動、ガスで切断、板金、溶接、やぐら組みと、現状を何とかしなければいけない思いからさまざまな事を考えながら対処した日々を思い出す。

高所作業車も現在の様な構造規格も制定されておらず、強度面、安全面とも不安要素があり、過積載での下降時、アームやピンが亀裂を起こしたり折れたりと事故も多く、各センサーや補強などで規制させて対策

を行ったこともあった。

営業職に変更となった時はクレーンやエレベーターの図面作成、基礎や壁つなぎ、そして支保工の強度計算と不慣れな商品の取組、機種毎のコスト試算と、現場からの目線での提案や打合せ力が付いてくる。

バブル時代のロボット化

鉄骨の柱を啜えて建てるハンドリングマシン、地下部分での鋼材移動用運搬車、高所作業機を改造して試運転をした半自動溶接機械、大口径の配管をリフトUPし取り付けるパイピングリフト、遠隔操作のトロウエル、ALCハンドリングマシン、カーテンウォール立て込み機と、さまざまな提案や要望を受けて保有しているレンタル機械の改造も推進。

特に経年機械の改造は開発コストも抑えることが出来、開発への声を頂く機会も多かったと思う。

「3階の上は5階？」阪神淡路大震災の時の神戸市役所は、3階の階段から瓦礫を1.5m上ると5階だった。ワンフロアが完全になくなっている状況。

道路は左右にズレ段差も各所で発生、電柱は傾き、建物も壊れ水平感覚は麻痺する状況になっていた。

多くは古い建築基準での建物だったが、一つ一つのコンクリート打設を節目に年月を費やして完成させた構造物が一瞬のうちに使用不能の骸になった光景は、建設に携わった方々の無念さを感じた。又、建物は生きていたとの感情も出る始末。

当時は幹線道路が麻痺しており交通渋滞はすさまじいものだった。

全国からゼネコン各社応援する方々が来られ、機械のオーダーも満身に届ける事が出来ず来社して取りに来ていただくようお願いする事に。

あるゼネコンの復旧本部へ急遽応援へ向い機械サポートへ動いた。

着任当初の驚きは、発電機、ポンプ、溶接機、送風機、クレーン等さまざまな現地からの依頼に対して事

務系の方々が対応し詳細の確認を進めるも、当時携帯電話は普及率が低く又、回線が繋がらないのが現実で現地の方々よりクレームも殺到。

道路寸断、通信の不便性、図面が直にチェックできない等々、極力現地の状況を一回の電話で的確に掴み希望に沿った能力のある商品や付属品をそろえる事により、現場の復旧作業はスムーズに進み始めた感じがあった。

時には現地へも出向き具体的な状況を聞き、計測も行いながらの対応も惜しみなく実行。

その後、手配や提案を進めた担当者から感謝の言葉を頂いた時の満足感と言うまでもなく、次への活力へと繋がっていった。

第二次ロボット化へ向けて現在は i-Construction を推進。

ベテラン職人の高齢化、人材不足、生産性向上へと動き出している。加えて安全性や環境面も検討しながら機械化の流れは進んできている。IoT での環境も技術の進歩で活用し易く次へのビジョンが見えてきている。

我々も対応できる機械の導入やソフトの開発と取り組みは進めてきている。

しかし、以前の機械化だけでは追いつかないスピードで進んでおり、日々勉強と現場からの声を聞きながら現地へも出向きサポートと改良へ邁進している（ガラケーの私には更にハードルは高い？）。

無人化施工やバーチャルでの体験、3D での施工チェック等様々な機器が進歩してくる中で頭はパニック状態。又、役職的には詳細まで理解する時間も無く若手にお願いするのが現実。

現在求人難の時代、若い方々は IT 系やソフト開発系に殺到し、20 年後は機械開発の人材不足も危惧されている。

さまざまな機械を触り、構造や能力を学び現場施工へ活用する楽しさ、成果が出たときの嬉しさ等、今後の若者に夢を語り機械小僧を育成するのも我々の役割と認識している。

今後も更に知力を働かせ、夢ある業界にしていきたいと思う。

——にわ ただし 西尾レントオール㈱中国支店 部長——

JCMA 報告

フランス・パリ国際建設機械見本市 INTERMAT 2018 第 64 回欧州建設機械施工視察団 視察報告

齋藤 聡輔

1. はじめに

当協会では、4月22日～28日の7日間で、フランス・パリにて開催されたINTERMAT 2018及びフランス・パリ市とドイツ・フランクフルト空港における工事現場視察を組み合わせた第64回欧州建設機械施工視察団を実施した。

現地での工程は、INTERMAT 2018の視察を2日間、パリ市内での工事現場視察とフランクフルト空港での工事現場視察に3日間である。視察団は、建設機械、内燃機関、土木施工、など各分野における13名と添乗員および現地の案内者で構成された。

本稿では、INTERMAT 2018の概要と各工事現場の視察について報告するものである。

2. INTERMAT 2018 の概要

INTERMATは、アメリカの「CONEXPO」、ドイツの「bauma」とともに3年に1度開催されている世界最大の建設機械分野の専門見本市である。INTERMAT 2018の概要は、以下のとおりである。

開催時期：2018年4月23日（月）～4月28日（土）

開催場所：パリ・ノール見本市会場（Paris Nord Villepinte）

主催：S.E. INTERMAT 社

後援：CISMA－フランスフランス建設・荷役・製鉄機械工業会

SEIMAT－フランス鉱業・建設・リフティング機器工業会

開催規模：

屋外展示ゾーン－ 30,000 m²

屋内展示ゾーン－ 139,300 m²

HALL 4 － 19,300 m²

HALL 5a － 47,900 m²

HALL 5b － 26,600 m²

HALL 6 － 45,500 m²

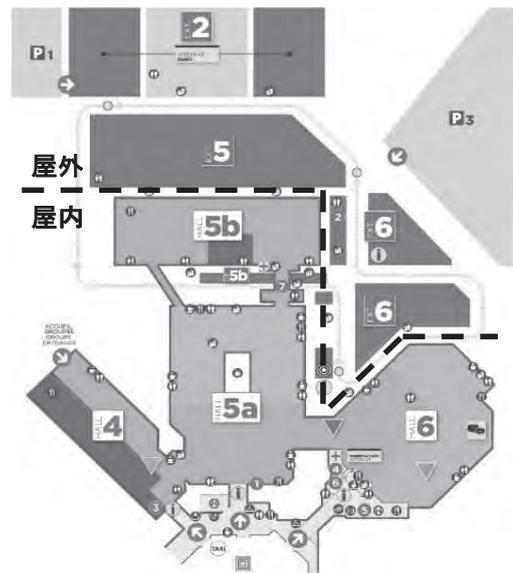
出展社数：1,400 社

来場者数：173,300 名（内 30% がフランス国外の

160 カ国から）

（参考：INTERMAT 2018 ファイナルレポート）

会場の全体図を図－1に示す。パリ・ノール見本市会場は、HALL 1からHALL 8まであり、HALL 5が5aと5bに分かれた9ホールで構成されているが、屋内展示はそのうちのHALL 4、HALL 5aとHALL 5b、HALL 6の4ホールで行われた。また、屋外展示はHALL 5bとHALL 6に隣接するEXT.5とEXT.6、EXT.2の3カ所であり、EXT.5とEXT.6では大型建設機械や高所作業車が展示され、EXT.2では建設機械の試乗や実際の使用環境を模擬した実演が行われていた。



図－1 展示会場の概略図（HALL4～HALL6は屋内）



写真－1 展示会場での参加者集合写真

3. 主な展示内容と会場の様子

展示会場は、出展会社ごとに区画が定められており、多種多様な各出展会社の製品は各社で特徴ある方法や工夫ある方法で来場者にPRされていた。広大な展示会場で各社の出展内容を全て把握することは困難であるため、本稿では展示会場で見学できた範囲内で建設機械など各展示されていた内容について紹介する。

(1) 一般的な建設機械(バックホウ、トラクターショベルなど)

フランス、ドイツなどヨーロッパ各社の企業による展示が多くみられたが、KOMATSU、HITACHIなどの日本企業の建設機械も展示されていた。小型から大型まで大きさのクラスが異なる建設機械を各出展会社が工夫して展示し、アピールしている状況は、展示会場では目を引くものである。展示されている機械は、実際に運転席に座るなど試乗することができ、出展会社より詳細な説明を受けることができた(写真一2～5)。

(2) 荷役機械(クレーン、高所作業車)

屋外展示場では、タワークレーンやトラッククレーン、クローラクレーンが展示されており、各クレーンはブームを高く伸ばした状態で展示されていた。油圧伸



写真一2 ハイブリットバックホウ (KOMATSU)



写真一3 トラクターショベルの試乗 (TAKEUCHI)



写真一4 バックホウの展示 (HITACHI)



写真一5 小型車両を上げた展示 (GIANT)



写真一6 LIEBHERRのクレーンの展示状況

縮ジブ型クレーンの展示が多く、LIEBHERR (ドイツ)、UNIC (イギリス) などの各クレーン会社では、仕様が異なる複数台のクレーンを展示していた(写真一6)。

高所作業車は、トラック架装型や垂直昇降型など様々な種類が展示されており、遠方からでも目立つようにデッキを高所に上げて、垂れ幕や色鮮やかなブームで各社の製品をアピールしていた。出展会社の中には、来場者をデッキに乗せて実際に高所に上がる試乗が行われていた(写真一7)。

(3) 各種アタッチメント

バックホウやトラクターショベルなどの建設機械は、用途や作業条件によって、様々なアタッチメント



写真一七 高所作業車の展示状況



写真一〇 清掃用等アタッチメント (RABAUD)

を装着することができ、展示会場では各種アタッチメントが展示されていた。

アタッチメントは、溝掘り用の切削機や解体用つまみ機など日本で普及しているものもあれば、草刈装置や土壌を攪拌する装置など珍しいと思われるアタッチメントも多く見られた。また、屋外展示場では各種アタッチメントを装着したバックホウによる実演が行われており、実際に稼働しているところを見学することができた(写真一八～一〇)。



写真一一 アタッチメントの実演 (ENGCON)

(4) エンジンや建設機械を構成する部品

建設機械の動力源となるエンジンや、車両の移動を可能にするタイヤ、クローラなどの走行に関する各部

品、オペレータの座席や油圧シリンダなど建設機械を構成するために必要となる様々な部品について展示されていた。展示された各種の展示物は、一部を切断して内部の仕組みが見えるように工夫されているものや、直に触れることができるものなど、出展会社を取り扱う製品を来場者が確認しやすいような方法で展示されていた(写真一二～一五)。



写真一八 切削用アタッチメント (SIMEX)

(5) 小型機械の展示

締固め用の建設機械である振動ローラや振動コンパクタ、タンパなど小型の建設機械が出展各社ごとに展示されていた。また、手動で取り扱う電動工具や油圧工具、チェーンソーのような園芸工具などの工具類が展



写真一九 解体用アタッチメント (ARDEN EQUIPMENT)



写真一二 エンジンの展示 (JCB)



写真-13 クローラの展示 (ERMA)



写真-16 締め固め機械の展示 (BOMAG)



写真-14 タイヤの展示 (BRIDGESTONE)



写真-17 締め固め機械の展示 (IMER)



写真-15 運転座席の展示 (KAB)



写真-18 各種工具の展示 (HUSQVARNA)

示されており、実際にコンクリートや木の塊に穴をあけるなど実演をする出展会社もあった(写真-16～19)。

(6) 建設機械の実演など展示会場の様子

屋外展示場では、専門のオペレータの操縦によるバックホウやトラクターショベルなどの掘削機械によるパフォーマンスが行われていた。

パフォーマンスは、説明者の説明に合わせて走行や掘削などの簡単な作業を行うものや音楽に合わせて車両を極端に傾けたりするなどアクロバット的な動作をするものなど様々な動きを見ることができ、普段から建設機械の動きを見ている者でも感心するような動作を多くみることができた。



写真-19 電動工具の実演 (MAKITA)

出展会社によっては、ダンサーによるダンスパフォーマンスなど来場者を楽しませるようなイベント

や自社のブランド品や建設機械の模型の販売など、老若男女で建設機械に親しめるような催しを見ることができた（写真—20～23）。

4. 工事現場の視察

(1) パリ左岸 マセナプロジェクト (PARIS RIVE GAUCHE)

パリ市南東側のセヌ川左岸のマセナ地区は、オステルリッツ駅 (Gare d'Austerlitz) から南東に延びる鉄道が横断しており、1980年代では鉄道を挟んで東側は工場などがある産業地区、西側は住宅や企業などがある生活地区で、都市機能に東西の違いがみられた。こ



写真—20 トラクターショベルの実演 (Bobcat)



写真—21 掘削機械の実演 (MECALAC)



写真—22 ダンスパフォーマンス (CASE)

の地区の約 130 ha を対象に 1989 年から都市の再開発事業が始まり、工場を移転することで、都市の形成や大学誘致による知識階層都市への試行、都市機能のバランスがとれた地域としての統一化が進められている。

マセナ地区を横断する鉄道路線は、オステルリッツ駅がパリにおける主要ターミナル駅で主にフランス南西部方面への列車の起点であることから、路線の使用頻度は高く、再開発工事に伴う鉄道の移設や駅の規模の縮小は難しい状況であった。そのため、再開発工事では鉄道の運行に支障を及ぼさない方法として、鉄道路線の周囲および上部を盛土、鉄筋コンクリートで構築し、その上部に建物や公園などを構築する方法が採用されている（写真—24～26）。

(2) ノジェント橋の開発 (AMENAGEMENT DU PONT DE NOGENT)

パリ市東部に位置する A86 高速道路と A4 高速道路が立体交差するノジェント橋 (PONT DE NOGENT) は、ヨーロッパ圏内で最も渋滞の激しい道路といわれており、渋滞の解消および緩和を目的とした新たな連絡道路の建設が行われている。

視察した工事現場は、A86 高速道路から A4 高速道路に向かうための連絡道路として A4 高速道路上に新たな道路 (橋梁) を架設する現場であり、視察時は橋



写真—23 建設機械の模型の販売



写真—24 都市開発の開発状況を示すモデル



写真一 25 開発工事の完成状況



写真一 26 都市開発の工事状況

(3) フランクフルト空港第3ターミナルの建設予定地視察

ドイツ・フランクフルト空港は、大規模空港として国際線の主要なハブ空港のひとつであり、空港施設として第1および第2ターミナルが設けられているが、空港処理能力の拡張を図るために新たに第3ターミナ



写真一 27 A4 高速道路および施工場所の状況



写真一 28 視察時の橋梁の状態

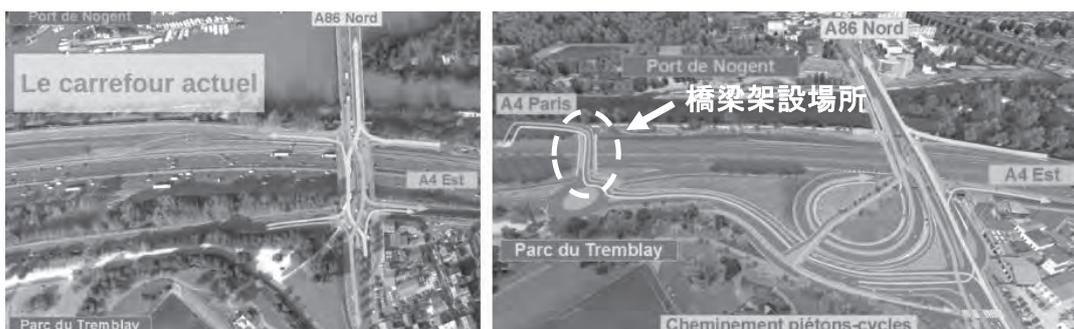


写真一 29 橋梁を運搬するユニットキャリア

梁を一括架設するための準備がすすめられていた。

橋梁の概要は長さ約 62 m、幅 10 ~ 12 m、総重量は 1,200 t であり、架設工事はユニットキャリア（運搬車）で橋梁を架設場所に移動して据え付ける工法を採用している。一括架設工法による橋梁の運搬は、運搬車による移動または大型クレーンで吊り上げる方法があるが、運搬車による移動を採用した理由は、架設場所周辺に大型クレーンを設置する場所がないことや地下に水道管などの埋設物があり重量物を地上に設置できないことである。

架設工事は、交通量が少ない土曜日の夜から日曜日の朝の 6 時間で A4 高速道路を夜間通行止めにし、橋梁を架設場所に据え付けすることが計画されている（図一 2、写真一 27 ~ 29）。



図一 2 ノジェント橋の開発計画（左：開発前，右：開発後）

ルの建設工事がすすめられている。第3ターミナルは、**図一3**に示す空港南側に建設し、中央ターミナル施設と24ヵ所の駐機場を備えた2つのピアの建設工事が進められている。建設工事は2015年10月に起工し、第3ターミナルの供用は2023年を予定しており、1年間あたり約1,400万人の旅客数の増加が見込まれている。

視察では、中央ターミナル地下の貨物専用トンネルの掘削工事における湧水対策および基礎工事について説明を受け、施工現場を見学した。掘削により湧き出した水はコンクリートで施工箇所を密閉するまで溜め置きされ、その水面下の地表面でアンカー打設を伴う水中コンクリートによるコンクリート打設が行われている。また、水面下での作業する潜水夫の水中での視界を改善するため、浄化処理施設を設けて溜め置きした湧水の浄化処理が行われている（**図一3**、**写真一30**、**31**）。

5. おわりに

INTERMAT 2018 が開催された時期は、フランス全土に影響を及ぼしたストライキと同時期であったが、大きな混乱やトラブルに巻き込まれることもなく、無事に視察を終えることができた。

2日間のINTERMAT 2018視察は、1日あたり約5時間の見学であったが、広い会場内の移動には自分の足に頼らなければならず、また、慣れない外国語で出展会社の担当者とのコミュニケーションを図り展示内容を調査することは、日本国内の展示会の参加と比べて、体力および精神的に非常に過酷であった。しかし、日本では知られていないメーカの建設機械やアタッチメントなどを実際に見たり触れたりすることで、その特



写真一30 施工内容の説明



写真一31 第3ターミナルの施工状況

徴などを自ら感じることは短い時間とはいえ非常に貴重な経験であった。

工事現場の視察では、工事が始まった背景から現在の施工状況などの説明を現地の説明者から通訳の方を通して受けることができ、その土地の文化や環境に基づいた計画で生活の改善や発展のために工事が行われていることを確認することができた。

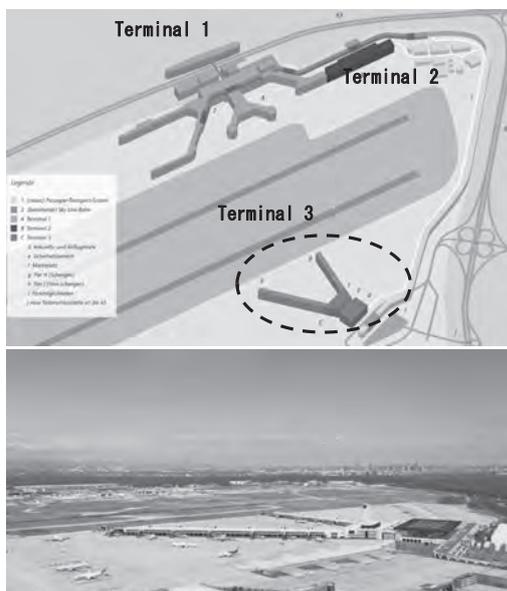
現地に滞在した5日間は短い期間ではあったが、フランスとドイツの各地の文化や歴史、習慣や考え方に触れることができ、貴重な経験であった。

謝 辞

最後に今回の視察において、出国から帰国まで同行いただいたJTB添乗員の川尻さんや、現地の通訳の方々、参加された皆様、この視察団を企画いただいたの方々など、この視察を通して多くの方々のお世話になりました。各々の皆様にはあらためて感謝の意を表します。

JICMA

【筆者紹介】
 齋藤 聡輔（さいとう そうすけ）
 （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
 主任研究員



図一3 第3ターミナルの建設場所（上）と完成イメージ（下）

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) 2018 年 1 月 ロンドン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) 木谷 利夫 (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 2018 年 1 月に英国ロンドン市で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席した木谷利夫氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2018 年 1 月 29 日～30 日
- 2 開催地：英国 ロンドン 英国規格協会 (British Standard Institution, BSI) 会議室
- 3 出席者：11 名
スウェーデン (SIS) 3 名
米国 (ANSI) 4 名
英国 (BSI) 1 名
フランス (AFNOR) 1 名
日本 (JISC) 2 名

4 概要

先に実施された CD 投票 (2017 年 7 月締切) において各国から寄せられた意見、及び Editing Group の検討結果を織り込んだ Doc N 56 (2017 年 12 月に回付) について専門家で討議し、更に今後の進め方、スケジュールを検討した。

5 主な審議内容

Doc N56 のコメント 252 件について WG 13 で討議し、その結果を取り纏めた (Doc N 62)。

- ・参照 ISO を Normatively references から Bibliography へ移項する提案については、ISO 作成ルールに従い、当該規格が本文中の Requirement に引用されていないことを確認してから移項することとした。(コメント JP 009, 010, 011, 012 他多数)
- ・Danger zone に換えて、Hazard zone を使用する提案については、両者共 ISO 12100 に定義されている

ことから、Definition より削除することとした。(米国では Hazard zone が使用されているが、欧州及び日本では Danger zone が使用されていることを確認した。コメント US 054, 055, 090, UK 111)

- ・Spare parts と Replacement parts のいずれが優先か議論され、より上位の概念として”Parts”を統一用語と考える。(コメント US 070, 081, 082)
- ・取説の翻訳時には ISO17100:2015; Translation Service 相当に従うとする。(コメント US 102) (ISO 17100 or equivalent requirements)

6 今後のスケジュール

前回の会合で改正作業を通常の 36 ヶ月トラックから 48 ヶ月トラックに変更した為、現在の DIS 登録期限は 2018 年 4 月末となっている (自動キャンセル期限: 2018 年 10 月末)。CD 投票で提出された全てのコメントを検討した上で、2018 年後半に DIS 投票を開始できるよう案文を修正する。

- ・テクニカルレポート ISO/TR 6750-2 を発行するため、次のステップとして、8-10-12weeks DTR 投票を実施する。
- ・最新の案文 Doc N 49 をベースに、DTR 投票を開始することを決定した。
- ・ISO 6750-1, ISO/TR 6750-2 が発行された後も、ISO/TR 6750-2 を維持するため、WG 13 を継続する。

参考資料

- N 51：改訂案文
- N 60：今回の WG 決議
- N 61：今回の WG 議事録
- N 62：今回の WG コメント結果

以上

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) 2018年1月ロンドン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) 工藤 法子 (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 2018 年 1 月～2 月にかけて英国ロンドン市で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席した工藤法子氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2018年1月31日～2月1日
- 2 開催地：英国 ロンドン 英国規格協会 (British Standard Institution, BSI) 5階会議室
- 3 出席者：10名 (WebEx 参加者2名含む)
スウェーデン (SIS) 2名
英国 (BSI) 1名
米国 (ANSI) 5名
イタリア (UNI) 1名
日本 (JISC) 1名
- 4 会議概要
 - ・新たに任命された米国議長が本会議の議事進行を行った。
 - ・CD2 投票時に寄せられた 135 件の各国コメント (N 48) の審議を実施。うち日本コメントは 35 件。各国意見に基づいた議論の結果, 4. General requirements

～9. Test report を中心に文言追加や削除、変更等を行った。

- ・新たに追加する 4.2.4.1 c) の出入りの際にハンドルを掴むことを想定したかじ取り装置の強度試験は、維持することとなった。但し, ISO 2867:2010 に準じ, 1115N より 1000N に変更した。
- ・現行の改訂案文には, 4.2.4.1 のかじ取り装置の強度試験に写真が用いられているため, 日本の専門家より適切な図を提供することとなった (図—1～3)。
- ・かじ取り装置の機能安全は本規格でカバーしないこととし, 機能安全に関する ISO を参照する旨, Introduction に追記することとなった。

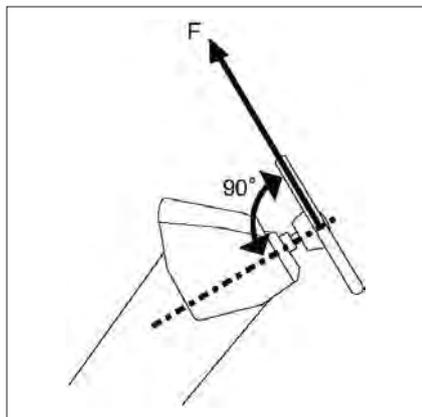
5 主な審議内容及び決定事項

以下の項目等について文言追加や削除、変更等を行った。

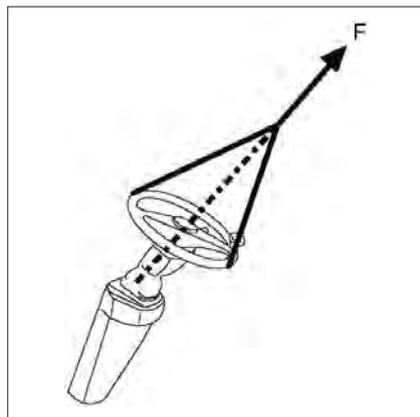
・4.2.4.1

ハンドルの強度試験方法の写真を適切な図に差し替える提案が採用され, 日本の専門家より図を提供することとした (図—1～3)。

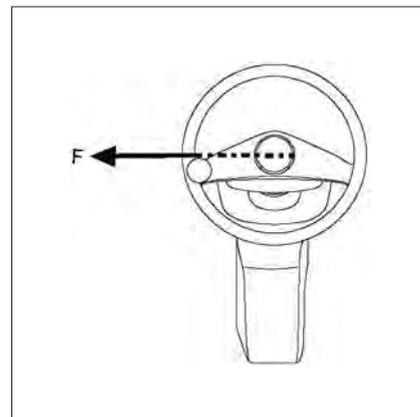
本項目は, ハンドルの構造上の強度試験を規定することとしたため, 現行 2007 年版の文言「操作器具の動作の方向に 900 N の力を加える」は削除される。また, “push and pull manner (押す方向と引っ張る方向)” は, 文言としてわかりづらいため, “as shown in Figure



図—1



図—2



図—3

X (図 X に示すように)”に変更した。

ハンドルが調整式の場合は、中間地点 (mid-point) で試験することとし、次の文言を追加した。

Adjustable steering systems, if equipped, shall be tested at midpoint adjustment position.

・4.2.4.1 c)

運転室の出入りでハンドルを掴む場合は、当初、ISO 3411 に規定の大柄運転員の質量に準じた 1115N を加えることとしていたが、ISO 2867:2011 (アクセスシステム) に沿った 1000N に変更することとなった。スウェーデンより、現実的な値 400-500N (全質量がハンドルにかかるのではなく、ハンドレールと分散してかかるの意) に変更する意見があったが、米国より、合理的に予見可能な誤使用 (reasonably foreseeable misuse) を想定すべきとの意見があり、1000N が採用された。

・4.2.4.2

かじ取り装置が調整式の場合の基準を設ける要求。非調整式の場合と同様に、調整式の場合でも機能が保たれる (remain functional) のであれば良いとした。

At the conclusion of the tests under 4.2.4.1, the steering systems including the adjustable steering systems, if equipped, shall remain functional.

・4.4.2

(セカンダリステアリングに切替わる際に) “オペレータが介入することなく (without operator intervention)” の文言を “自動的に (automatically)” に変更した。

・4.5 Powered Steering System

4.5.1.2 かじ取り装置の主動力源が故障した場合、全て警報装置が必要となった。現行 2007 年版では、故障が運転員にはっきりわかる場合は不要としている。

・4.7 Steering systems control safety

本規格は、かじ取り装置の機能安全に関わる規定はしないものとし、本項目全体を削除した。代わりに、Introduction に ISO 15998:2008, ISO/TS 15998-2:2012, ISO 13849-1:2015, ISO 19014 シリーズを参照する旨、追記する。

・4.8

タイトルが欠落していたため、4.8 Ergonomic requirements とした。

・5. Steering test course

最大速度が 10 km/h 以下の機種は、Fig.5 Steering test course, もしくは Fig.7 Steering test with alternative steering control elements のいずれかで試験すれば良

いと例外規定を設けることとした (新たに 8.1.4 として規定)。米国の専門家が適切な文言を事務局に提供する。

・8.1.2

以下の規定は、現行 2007 年版では後輪かじ取り式機械に限定しているが、前輪かじ取り式機械でも成り立つことから、後輪かじ取り式に限定しないこととした。

「最大かじ取り角度の約 1/2 に対応する直径の円形路を 8 km/h \pm 2 km/h で運転し、かじ取り操作器具を放したときにかじ取り角度が増加してはならない。」

・Annex A (Informative)

地域別の要求事項を国際規格に織込むのは適切でないとし、欧州の車検法 (road homologation) を反映した Annex A を削除した。

・全体

米国の専門家が、章番号の再編成、タイトルの必要な箇所にタイトル付記するなど見直しを実施する。

CD2 投票に際しての各国意見 (N 48) について、全て審議を終了した。

6 懸案事項

・今般の改正で新たに 4.2.4.1 としてハンドルの強度試験が追加されている (3 方向、押す方向や引っ張る方向に 900N ~ 1000N)。各社対応可能か確認し、不可であれば、次回 WG の際に反証資料を用いて反対意見を強く主張する必要がある。

7 その他

・WG 21 事務局は、DIS 投票と並行し、CEN コンサルタントに本規格の評価を依頼する。

8 今後のスケジュール

・WG 21 事務局は、今般の審議結果を反映した改訂案文を作成する。



写真一 1 ISO/TC 127/SC 2/WG 21 会議風景

- ・ WG 21 専門家は、改訂案文に対する編集上のコメントを提出する。新たな技術的コメントは受け付けない。
- ・ WG 21 事務局は、DIS 登録を実施する。
- ・ 次回 WG：未定（DIS 投票の後）

参考資料

- N 47：今回の WG 会議議事案
- SC 2/N 1359：CD2 投票の文章

- N 48：CD2 投票の際の各国意見
- N 52：各国意見（N 48）に対する今回の WG 会議の検討結果

※今後追加されと思われるもの

- N xx：今回の WG 会議の公式議事録
- N xx：DIS 投票用の改訂案文

以上



部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/WG 26 (ISO 10968 土工機械—操縦装置) 2018年2月英国 ロンドン 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 2018 年 2 月に英国ロンドン市で開催され、前回 2017 年 2 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：2018 年 2 月 13 日～14 日
- 2 開催地：英国 ロンドン 英国規格協会 (British Standard Institution, BSI) 5.7 会議室

- 3 参加者：7 名 (WebEx 参加者 1 名含む)

スウェーデン (SIS) 2 名
米国 (ANSI) 2 名
ドイツ (DIN) 1 名
チェコ (UNMZ) 1 名
日本 (JISC) 1 名

4 概要

- ・12ヶ国が賛成、日本と米国の2ヶ国が反対で承認された DIS 投票時に寄せられた、ISO 中央事務局及び各国からのコメント (全 143 件、うち日本コメント 32 件) を審議した。
- ・今回の審議結果と専門家への回覧結果を基に、今後 FDIS 投票に進む。
- ・改定案文が最終段階となったため、各メーカーはこの案文を基に各機種の操縦装置について事前確認を行うべきと思われる。

5 主な審議内容

1) 第 1 章 適用範囲

ISO 中央事務局より「“この ISO で定義されたもの以外を許容する例外規定”を削除すべき」との意見があった (ISO 129)。これが採用されると、この ISO に定義されていない最新技術を使う他の操縦装置が全く使えなくなる恐れがあった。

→一部採用。

第 1 章 適用範囲は要求事項のみを記載すべきとして、推奨事項は本文中の別の章 (第 4 章 Requirement for control) に移動した。

また、序文や本文中の同様の文言も、いずれも大幅な変更はせず趣旨を維持した。

第 4 章追加文言：This documents recommends that the general requirements and principles and arrangements be followed for of those other types of controls apart from these listed below, taking into account operator safety and ergonomics.

2) 第 1 章 適用範囲 照明ランプスイッチなど操縦に直接関係ない装置はこの ISO の対象外と明確化する、日本からの提案 (JP 003)。

→採用。

第 1 章 適用範囲に明文化させた。

3) 第 4 章 操縦装置の配置

表 1 操縦装置間隔について、同一足で踵をつけた足踏み式の例外規定に関し、中国と米国から見直し意見があった (CN 039-1, US 040)。

→不採用。

表 1 の同一足で踵をつけた足踏み式の例外規定は維持した。

しかし、4.2.3 の同時操作意図時の間隔例外規定から足踏み式のみが除外され、(スクレーパのツインエンジンを意図していた) 表 1 で規定の最大で 30mm とされた。

4) 第 5 章 操縦装置の動き

5.1.2, 5.1.3 について、日本からの提案、ローラのような複数操縦席、操縦装置が連動する際の除外規定を説明した (JP 046)。

→採用。

(JCMS 標準部及び酒井重工業による説明資料を使用)

5) 第 6 章 操作力

6.1 について、日本からの意見、現行 2004 年版に記載の緊急非常時装置の例外規定を復活させることを説明した (JP 064)。

→不採用。

すでに文言として含まれているとして、明記させる提案は却下された。

6) 第6章 操作力

6.4について、米国から「強度の下限値は設計で想定された力の5倍」の文言を、別のISO (ISO/WD 21455 Mobile elevating work platforms -Operator's control-) に基づく文言に変更する提案がされた (US 067)。

→一部採用。最大力の5倍では過剰要求であることを説明した。

別のISO (ISO/WD 21455) に規定された最大強度は、案文作成の途中段階であり今後も変わりうるため採用されなかったが、設計で想定された力の説明文を追加した。

追加文言：The minimum strength of the control shall be sufficient to withstand at least five times its control actuating force that the control was designed for without sustaining permanent damage (e.g. deformation, fracture) or having its primary function impeded.

7) 第6章 操作力

6.5についても同様に米国からISO/WD 21455に基づく技術的変更が提案された。同様に、新たに第7章としてサイズが提案された (US 069-071)。

→不採用。ISO/WD 21455はまだ作成途上であり、値の出所が不明なことや今後も値が変わりうることから、いずれも今回のISO 10968改正には織り込まないこととした。

8) A.6 Machine Travelling: Combination ground speed, direction and steering -variable speed

Hand-operated multifunction control, two-axisについて、rearwardの動き方がSSLと他のマシンで異なる。米国からの提案 (US 087, 088)。

→一部採用。

Rearwardの文言を削除し、代わりに以下の文言を追加した。

追加文言：For rearward motion the correct pattern shall be indicated.

6 日本への宿題事項

- ・ FDIS投票用のTable説明図を指定の様式で用意し、送付する。
- ・ 今回のWG会議結果を反映させた文章の内容を確認し、EditorialコメントをWG 26事務局に送付する。

7 今後のスケジュール

- ・ 議長及び各国専門家は、担当分の図を準備する (日

本：Table 1, 足操作式の30 mm)。

- ・ WG 26事務局は、今般のWG会合での審議結果を反映したFDIS投票用ドラフト(N ##)を作成する。
- ・ WG 26メンバは、ドラフトチェックを行い編集上のコメントを事務局に提出する。なお、新たな技術的コメントは受け付けない。
- ・ WG 26事務局は、FDIS投票用文章を作成し投票期間8週のFDIS投票を開始する。

次回WG：未定。FDIS投票が否決された場合のみ開催する予定。

8 所感

これまでほとんどコメントのなかったISO中央事務局、ブラジル、中国からも意見が提出され、趣旨が明確なコメントは、担当国の専門家が不在でもほとんど採用された。一方、趣旨が分かりにくいコメントは担当国専門家も説明できず、採用されない場合がある。今回、日本からの英文コメントにも、残念ながら海外の議長／専門家に意図が伝わらず、趣旨が取り違えられているケースが散見された。ISO 16001コンビーナである報告者の経験からも、採用された他国コメントは

- ・ シンプルかつ箇条書き
 - ・ Proposed changeの欄に、そのまま織り込める具体的な文言で提案を記入
 - ・ 一つの欄に異なるトピックスを盛り込まない
- で記載されている。限られた会議時間で可能な限り自国の要求を反映させるには、各コメント提出者は上記3点に注意し、和・英案文を整えて提案すべきであると改めて感じた。

参考資料

- N 62：DIS投票時のISO改正案文
- N 64：今回WG会議の議事案
- N 66：DIS投票結果
- N 69：DIS投票時の各国コメントに対するWG会議での議論結果
- N 70：今回WG会議の議事録、決議
- N 71：WG会議参加者リスト

※今後追加されると思われるもの

- N ##：WG会議結果を盛り込んだISO/FDIS改正案文 (N 62の差替え)

以上

新工法紹介

04-393	EX-MAC 工法 (イー・マック工法)	鹿島建設
--------	-------------------------	------

概要

地下トンネルを構築するためのシールド機は、円形のものが一般的である。これは、円形が最も力学的に安定しているためである。しかし、地下鉄や道路、地下通路等の断面の大きな交通インフラにおいては、円形にトンネルを構築しようとするトンネル上下の利用しない部分の掘削を必要として、掘削量が多くなる事や都市部では埋設物と干渉する事などの課題があった。近年では、断面の有効活用の観点からこれまでの円形断面に比べて横方向に広がりのある矩形断面の適用が多くなっている。

EX-MAC 工法は、シールド機のカッタースポークに内蔵された伸縮カッターをカッターの回転に応じて伸縮させることにより多様な掘削断面の施工を可能とする。

今回、再開発ビルと既設地下鉄駅部をつなぐ地下通路に、1つの回転軸によって複合円形断面を掘削した実績のある掘削機構を応用して、2つの回転軸により矩形断面に対応した EX-MAC 工法を開発した。



写真-1 EX-MAC 工法シールド機

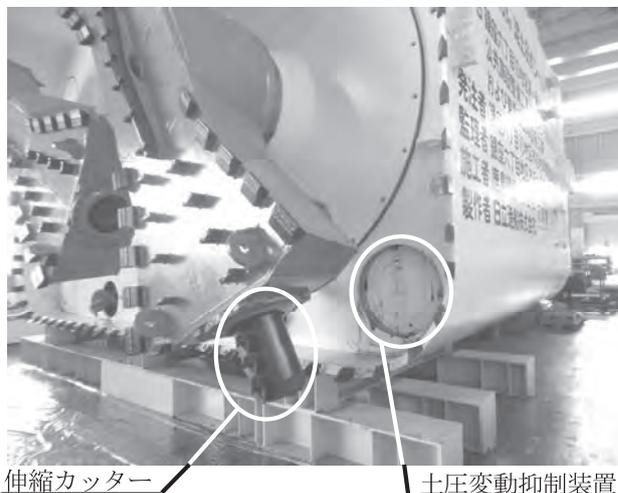
特徴

- ① 2つの回転軸で矩形断面掘削を実現
2つのカッタースポーク内の伸縮カッターを使用して掘削することにより、縦横比 1.0 : 1.55 の矩形断面形状を実現
- ② 安定した切羽土圧を実現

掘削時に伸縮カッターの伸縮によるチャンバ内容積を変動させないように、伸縮カッターと連動して動く土圧変動抑制装置を装備することによって切羽土圧の安定を実現

- ③ 地盤変状抑制を実現

カッター上部にフードを配置することにより小土被りの掘進時の地盤変状を抑制



伸縮カッター 土圧変動抑制装置

写真-2 伸縮カッター及び土圧変動抑制装置

用途

- ・特殊断面形状のシールドトンネル工事

実績

- ・地下鉄シールドトンネル工事 (横幅 9.96 m × 高さ 8.66 m)
- ・地下通路シールドトンネル工事 (横幅 7.48 m × 高さ 6.41 m)
- ・地下通路シールドトンネル工事 (横幅 7.29 m × 高さ 4.69 m)

問合せ先

鹿島建設(株) 広報室

〒107-8388 東京都港区元赤坂 1-3-1

TEL : 03 (5544) 1111 (代表)

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈03〉 積込機械

18-〈03〉-01	コマツ ホイールローダー WA100-8	'18.1 発売 新機種
------------	----------------------------	-----------------

窒素酸化物 (NOx) と粒子状物質 (PM) の排出量を大幅に低減し、オフロード法 2014 年基準に適合したホイールローダーである。

高精彩の 7 インチ液晶マルチモニタを搭載し、車両のコンディション、省エネ運転支援などの情報をオペレーターに提供する。さらにリヤレビューカメラ & モニタ (オプション装備) により、車両後方の視認性の向上を図っている。

KOMTRAX (機械稼働管理システム) によりオペレーターごとの車両運転情報の管理および排出ガス後処理システムの選択触媒還元 (SCR) に必要な AdBlue® (※1) の消費量確認を行っている。

さらに、新車購入時に自動的に付帯される、パワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れた、サービスプログラム「KOMATSU CARE (コマツ・ケア)」の提供により、トータルライフサイクルコストの低減と長時間稼働への貢献を図っている。

※1. ドイツ自動車工業会 (VDA) の登録商標。尿素 SCR システム専用の高品位尿素水のこと。

表一 1 WA100-8 の主な仕様

運転質量 (t)	7.845
エンジン定格出力 ネット (kW [PS] /rpm)	73.1 [99.4] /2200
バケット容量ストックパイル用 (B.O.C. ※2 付) (m ³)	1.3
最大掘起力 (バケットシリンダ) (kN [kg])	61.8 [6,300]
全長/全幅 (バケット幅)/全高 (m)	6.245/2.340/3.035
ダンピングクリアランス (45 度前傾 B.O.C. 先端まで) (m)	2.745
ダンピングリーチ (45 度前傾 B.O.C. 先端まで) (m)	0.930
最小回転半径 (最外輪中心) (m)	4.675
価格 (工場裸渡し消費税抜き) (百万円)	13.00

※2. B.O.C.: ボルトオンカッティングエッジ



写真一 1 コマツ W100-8 ホイールローダー (一部オプションが含まれる)

問合せ先: コマツ コーポレートコミュニケーション部
〒107-8414 東京都港区赤坂 2-3-6

▶ 〈04〉 運搬機械

18-〈04〉-01	キャタピラージャパン アーティキュレートダンプトラック Cat 745/740EJ (イジェクタ仕様)	'18.2 発売 モデルチェンジ
------------	---	---------------------

オフロード法 2014 年基準に適合したアーティキュレートダンプトラックである。

ホイストコントローラーを従来のレバータイプから指で操作可能なスイッチタイプに変更し、トランスミッションコントロールレバーに統合している。オートホイストコントロール機能により、スイッチ一つの操作でホイスト上げ、ギアニュートラル、エンジン回転アップが自動で行われる。

アドバンスドオートトラクションコントロールにより、走行状態や操作状況に応じ自動でデフロク圧力を制御し、軟弱地での走破性の改善と、車両への負担やタイヤの摩耗の軽減を図っている。

ペイロード計測システム (Cat Production Measurement (CPM)) を搭載可能で、リアフレームの 8 つのセンサーで積載質量を計測し、オペレータはキャブ内のディスプレイで積載量をリアルタイムに確認し、目標積載量への到達を把握できる。また、積み込み機オペレータにはキャブ外部に設置した外部ペイロードライトで積載状況を知らせる。プロダクトリンクや VisionLink® (ビジョンリンク) によ

表一 2 Cat745 及び 740EJ の主な仕様

	745	740EJ
運転質量 (kg)	33,363	35,663
最大積載量 (kg)	41,000	38,000
エンジン名称	Cat C18 ACERT ディーゼルエンジン	
総行程容積 (ℓ)	18.1	
定格出力/回転数 (kW/min ⁻¹)	370/1,700	
全長 (mm)	11,550	11,764
全幅 (ミラー等含む) (mm)	3,801	
全高 (mm)	3,762	3,962 (イジェクタ上端)
価格 (販売標準仕様、港裸渡し、税別) (千円)	103,470	111,212



写真一 2 キャタピラージャパン Cat745 アーティキュレートダンプトラック

新機種紹介 機関誌編集委員会

り、車両外部でも位置や状態をリアルタイムに管理できる。

トラクタ、トレーラ、勾配のそれぞれの角度を監視することによって、車両が転倒する危険性をオペレータに認知させる、スタビリティアシスト機能を装備している。より危険なレベルの警告はログが記録され、VisionLink[®]経由で確認できる。

問合せ先：キャタピラー（同）GCI Marketing Innovation
〒220-0012 神奈川県横浜市西区みなとみらい3-7-1

▶ 〈06〉 基礎工事機械

17-〈06〉-02	調和工業 油圧式可変高周波型バイブロハンマ HV-300	17.05 発売 新機種
------------	------------------------------------	-----------------

長尺杭・大型傾向にある鋼矢板や鋼管杭に対応するため、打込み・引抜き性能をより重視した高周波型バイブロハンマである。

本体質量は5500kg（シングルチャック装着時・標準ウェイト800kgを含む）と軽量化により作業性の向上を図っている。脱着可能なウェイトはクレーンの作業半径を広げたい場合に取外すだけでなく、打込み能力を高めたい場合には増設もできるため、現場の要求に合わせた対応が可能となっている。

H鋼杭や鋼矢板を把持するためのシングルチャックと、φ500～φ1500の鋼管杭に対応する鋼管チャックがあり、チャックの取付けにはスライドレール方式を採用しており、鋼管のサイズに合わせ

表-3 HV-300 バイブロハンマの主な仕様

	シングルチャック仕様	鋼管チャック仕様
偏心モーメント (kg・m)	30	
振動周波数 (cpm)	1100～1680	
起振力 (kN)	398～929	
最大引張荷重 (tonf)	40	
全高×全幅×全奥行 (m)	2.4×2.3×0.8	2.4×2.3×0.8
本体質量 (t)	5.5	5.7
搬送質量 (t)	5.9	6.2
価格 (百万円)	56.2	68.8

(注) (1) 低騒音型建設機械指定機。
(2) 価格は油圧ユニットを含む。

表-4 HV-300 油圧ユニットの主な仕様

エンジン出力 (kW(PS)/min ⁻¹)	242 (320)/1,800	
全長×全幅×全高 (m)	4.20×1.65×1.80	
燃料タンク容量 (L)	350	
作動油タンク規定量 (L)	380	
搬送質量 (t)	5.4	

(注) 排出ガス対策型建設機械（第3次基準）指定機。



写真-3 調和工業 HV-300 バイブロハンマ (シングルチャック)



写真-4 調和工業 HV-300 バイブロハンマ (鋼管チャック)

て無段階で把持位置調整ができ、各鋼管径にフィットするR形状の爪により、鋼管杭頭部の変形や損傷を抑えた施工が可能となっている。

低騒音型建設機械に指定されており、第3次排ガス対策型エンジンとECOオイル（生分解性作動油）を採用した環境対策型で、さらに、無駄な燃料消費量を抑えるためのオートアイドリング機能によりランニングコストの低減を図っている。

問合せ先：調和工業(株) 技術開発部
〒141-0025 品川区大崎1-6-4 新大崎勧業ビル5F

新たな外国人技能実習制度について

1. はじめに

外国人技能実習制度は開発途上国等の外国人を日本で一定の期間に限り受け入れOJTを通して技能を移転する制度であり、平成5年度に創設され現在約22万人が在留し一定の成果を挙げてきた。

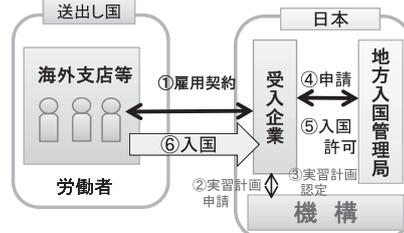
政府はこの制度をさらに発展させ確実なものとするため、平成28年11月に「外国人の技能実習の適正な実施及び技能実習生の保護に関する法律」として改正され平成29年11月に施行されているのでその内容を紹介する。

2. 新制度による技能実習制度

新制度の仕組みは旧制度の流れを踏襲しているが、制度の趣旨を徹底するために、管理監督体制を強化するとともに技能実習生の保護を図るための見直しとなっている。

その一つは外国人技能実習機構（認可法人）を創設し法的権限を持たせたこと（図-1参照）、二つは実習期間を3年間から5年間へと延長し実習生への配慮をしたことである（図-2参照）。

【企業単独型】 日本の企業等が海外の現地法人、合併企業や取引先企業の職員を受け入れて技能実習を実施



【団体監理型】 非営利の監理団体（事業協同組合、商工会等）が技能実習生を受け入れ、傘下の企業等で技能実習を実施

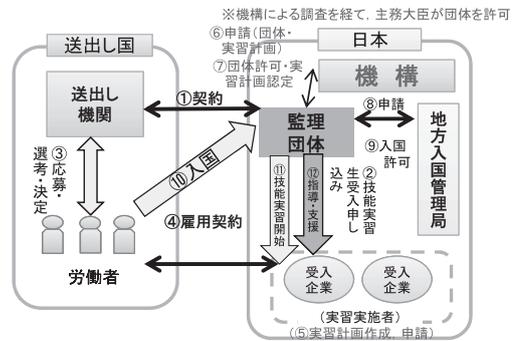


図-1 技能実習制度の受入れ機関別のタイプ
出典：法務省ホームページ「現行の技能実習制度の仕組み」

※新制度の内容は赤字

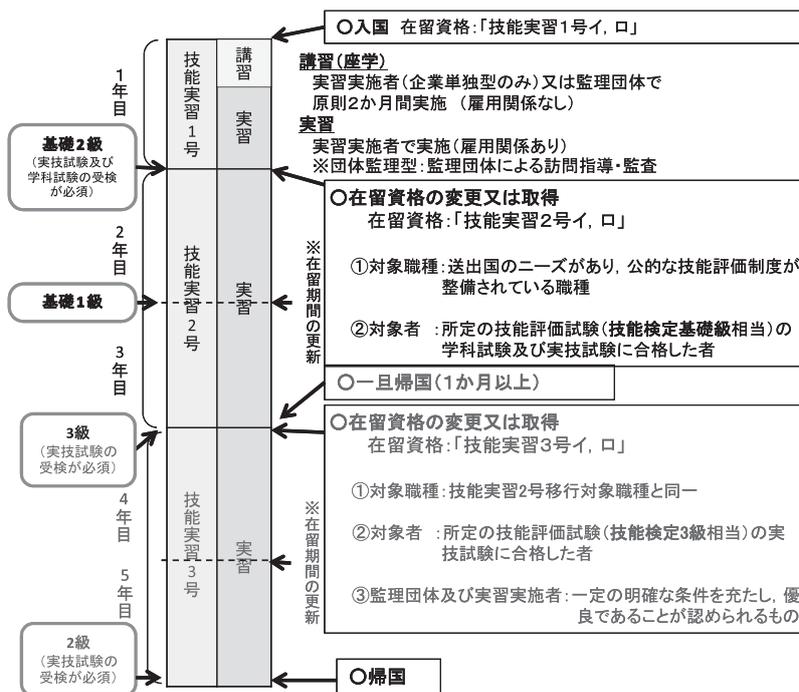


図-2 技能実習の流れ

出典：法務省ホームページ「現行の技能実習制度の仕組み」

統計

3. 技能実習制度による外国人の動向

技能実習制度により日本に在留する外国人の動向を（公）国際研究協力機構の白書から要所を以下に示す。

(1) 在留資格別在留外国人（全体）

日本に在留する外国人の在留資格別人員の動向を表一に示す。そのうちの技能実習生の平成28年末（2016年）は23万人弱で全

体の9.6%で増加傾向にある。

(2) 職種別技能実習申請者の推移

技能実習2号移行申請者の職種別の推移を表二に示す。

全体で74職種あり、受入人数の多い職種は、①機械・金属関係 ②繊維・衣服関係 ③建設関係である。建設分野は21職種あり、平成28年（2016年）全体の17%を占め3番目に高い。

表一 在留資格別在留外国人人数

（単位：人）

在留資格	2014年	2015年	2016年	構成比	対前年末増減率
特別永住者	358,409	348,626	338,950	14.2%	-2.8%
永住者	677,019	700,500	727,111	30.5%	3.8%
留学者	214,525	246,679	277,331	11.6%	12.4%
技能実習	167,626	192,655	228,588	9.6%	18.7%
技能実習1号イ	4,371	4,815	4,943	0.2%	2.7%
技能実習1号ロ	73,145	87,070	97,642	4.1%	12.1%
技能実習2号イ	2,553	2,684	3,207	0.1%	19.5%
技能実習2号ロ	87,557	98,086	122,796	5.2%	25.2%
定住者	159,596	161,532	168,830	7.1%	4.5%
技術・人文知識・国際業務	122,794	137,706	161,124	6.8%	17.0%
家族滞在	125,992	133,589	149,303	6.3%	11.8%
日本人の配偶者等	145,312	140,349	139,327	5.8%	-0.7%
特定活動	28,001	37,175	47,039	2.0%	26.5%
技能	33,374	37,202	39,756	1.7%	6.9%
永住者の配偶者等	27,066	28,939	30,972	1.3%	7.0%
経営・管理	15,184	18,109	21,877	0.9%	20.8%
企業内転勤	15,378	15,465	15,772	0.7%	2.0%
教育	10,141	10,670	11,159	0.5%	4.6%
教授	7,565	7,651	7,463	0.3%	-2.5%
宗教	4,528	4,397	4,428	0.2%	0.7%
高度専門職	0	1,508	3,739	0.2%	147.9%
高度専門職1号イ	0	297	731	0.0%	146.1%
高度専門職1号ロ	0	1,144	2,813	0.1%	145.9%
高度専門職1号ハ	0	51	132	0.0%	158.8%
高度専門職2号	0	16	63	0.0%	293.8%
文化活動	2,614	2,582	2,704	0.1%	4.7%
興行	1,967	1,869	2,187	0.1%	17.0%
研究	1,841	1,644	1,609	0.1%	-2.1%
研修	1,427	1,521	1,379	0.1%	-9.3%
医療	695	1,015	1,342	0.1%	32.2%
芸術	409	433	438	0.0%	1.2%
報道	225	231	246	0.0%	6.5%
法律・会計業務	143	142	148	0.0%	4.2%
合計	2,121,831	2,232,189	2,382,822	100%	6.7%

出典：法務省ホームページ「e-Stat（政府統計の総合窓口）」

注1 上表の数値は各年末現在のものである。

- 2015年4月1日から「技術」及び「人文知識・国際業務」の在留資格が「技術・人文知識・国際業務」に一本化されたため、2014年は「技術」と「人文知識・国際業務」を合算した数値、2015年は「技術」と「人文知識・国際業務」と「技術・人文知識・国際業務」を合算した数値である。
- 2015年4月1日から在留資格「投資・経営」の活動内容が改正され、在留資格「経営・管理」が新設されたため、2014年は「投資・経営」の数値、2015年は「投資・経営」と「経営・管理」を合算した数値である。

表一 職種別技能実習 2 号移行申請者の推移

(単位：人)

分野	職種	2014 年度	2015 年度	小 計	2016 年度	
					構成比	前年度比
農 業	耕種農業 畜産農業	7,799	8,856	9,979	12.0%	12.7%
漁 業	漁船漁業 養殖業	765	913	1,004	1.2%	10.0%
建 設	建築大工	718	982	998	1.2%	1.6%
	かわらぶき	55	107	107	0.1%	0.0%
	とび	1,750	3,094	3,840	4.6%	24.1%
	左官	295	505	498	0.6%	-1.4%
	タイル張り	130	203	184	0.2%	-9.4%
	配管	187	459	578	0.7%	25.9%
	鉄筋施工	1,538	2,171	2,094	2.5%	-3.5%
	熱絶縁施工	39	104	134	0.2%	28.8%
	表装	42	110	102	0.1%	-7.3%
	冷凍空気調和機器施工	52	88	128	0.2%	45.5%
	型枠施工	1,321	2,086	2,064	2.5%	-1.1%
	防水施工	199	420	503	0.6%	19.8%
	サッシ施工	47	73	83	0.1%	13.7%
	さく井	15	32	23	0.0%	-28.1%
	建築板金	71	117	165	0.2%	41.0%
	建具製作	131	113	75	0.1%	-33.6%
	ウェルポイント施工	6	4	7	0.0%	75.0%
	石材施工	93	93	126	0.2%	35.5%
	内装仕上げ施工	534	922	1,035	1.2%	12.3%
	コンクリート圧送施工	96	126	143	0.2%	13.5%
建設機械施工	440	958	1,324	1.6%	38.2%	
	小 計	7,759	12,767	14,211	17.0%	11.3%
食料品製造	ハム・ソーセージ・ベーコン製造等 9 職種	7,494	9,773	14,853	17.8%	52.0%
繊維・衣服	染色等 13 職種	9,781	10,061	10,039	12.0%	-0.2%
機械・金属	鋳造等 15 職種	11,924	14,632	15,256	18.3%	4.3%
そ の 他	印刷等 12 職種	13,505	16,758	18,134	21.7%	8.2%
	合 計	59,027	73,760	83,476	100.0%	13.2%

出典：法務省ホームページ「e-Stat（政府統計の総合窓口）」

表一 3 国籍別・職種分野別技能実習 2 号移行申請者の状況（2016 年度）

(単位：人)

国籍	職種	農業	漁業	建設	食料品・製造	繊維・衣服	機械・金属	その他	合計
ベトナム		3,312	206	8,326	6,791	3,437	6,442	6,990	35,504
中国		3,408	198	2,321	5,149	4,935	4,444	5,301	25,756
フィリピン		1,074	11	1,608	885	269	1,447	2,904	8,198
インドネシア		819	589	924	558	160	1,764	1,886	6,700
タイ		370	0	188	500	77	782	588	2,505
カンボジア		655	0	348	326	701	50	180	2,260
ミャンマー		95	0	301	599	409	211	239	1,854
モンゴル		36	0	130	16	17	69	22	290
ラオス		137	0	3	5	0	0	1	146
スリランカ		42	0	15	21	3	10	13	104
その他		31	0	47	3	31	37	10	159
合計		9,979	1,004	14,211	14,853	10,039	15,256	18,134	83,476

出典：法務省ホームページ「e-Stat（政府統計の総合窓口）」

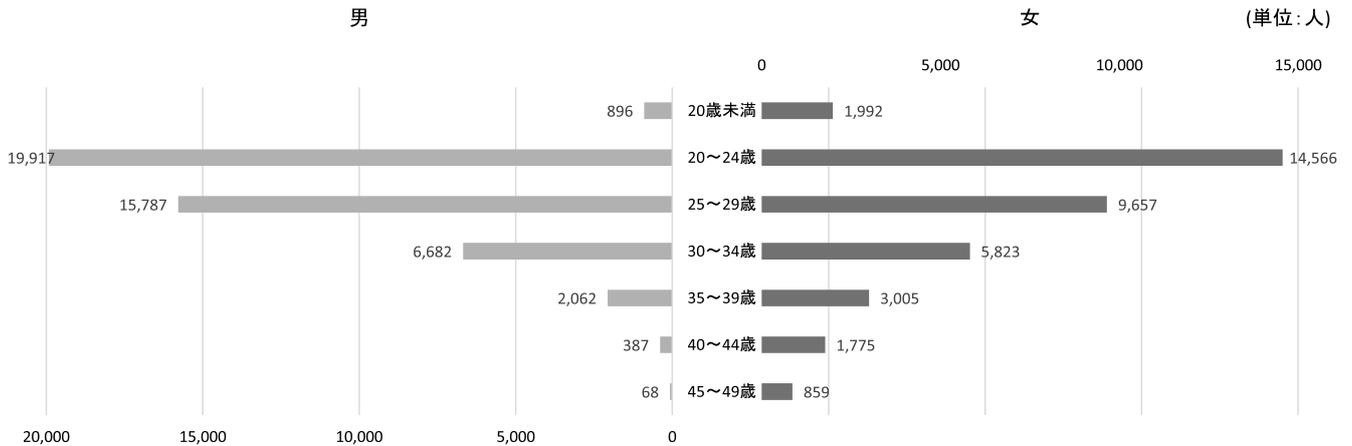
(3) 国別・職種分野別実習申請者数

技能実習 2 号申請者の国別・職種別の実態を表一 3 に示す。国別に見ると建設の申請者は高い順にベトナム、中国、フィリピン、インドネシアとなる。

(4) 年齢別・性別実習 2 号移行申請者

年齢・性別の実習 2 号移行申請者の傾向を見ると男・女性共 20～24 歳が多く次いで 25～29 歳となり年齢が高くなると少なくなり、やはり若年層が中心となっていることがわかる（図一 3 参照）。

統計



図一3 性別・年齢別技能実習2号移行申請者 (2016年度)
出典：法務省ホームページ「e-Stat (政府統計の総合窓口)」

表一4 外国人技能実習生 建設機械施工技能評価 (初級) 試験実施状況

(単位：人)

平成・年度	5-9	10-14	15-19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	累計	
実施回数	64	72	157	82	76	82	66	79	105	154	310	413	1,660	
受験者数	255	266	440	225	194	145	148	148	212	390	888	1,307	4,618	
合格者数	255	266	437	216	190	143	148	148	210	390	888	1,300	4,591	
再受験者数	5	0	30	29	36	22	6	19	13	12	35	143	350	
不合格者数	0	0	3	9	4	2	0	0	2	0	0	7	27	
国別内訳	ベトナム	7	9	22	12	15	18	23	19	59	149	559	843	1,735
	中国	188	203	303	167	129	90	89	90	111	130	145	113	1,758
	フィリピン	3	2	51	24	25	19	13	26	20	52	95	167	497
	インドネシア	21	52	50	11	23	16	21	8	19	27	52	83	383
	タイ	26	0	0	0	0	0	2	0	1	19	7	18	73
	カンボジア	0	0	0	0	0	0	0	5	2	8	6	24	45
	ミャンマー	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	9	36	47
	ペルー	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
	モンゴル	0	0	3	4	0	0	0	0	0	0	2	2	11
	スリランカ	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	7	13
	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	14	20
種別内訳	1種 押土整地	24	13	30	35	29	13	8	7	19	26	54	78	336
	2種 積込	10	27	84	40	22	23	25	26	28	40	44	59	428
	3種 掘削	209	224	291	121	113	81	79	78	213	245	566	905	3,125
	4種 締固め	12	2	35	29	30	28	36	37	32	79	224	265	809

出典：(一社)日本建設機械施工協会ホームページ「外国人技能実習制度と当協会」

(5) 建設機械施工職種について

当協会では平成5年より技能評価試験を実施しており、これは在留資格として技能実習2号に移る際に合格しなければならないもので、その実施状況を表一4に示す。

その傾向を見ると、初級試験の受験者が近年急増しているが中・専門級は低調であった。

しかし平成29年の改正により、新たに「技能実習3号」が創設され、それへと資格更新する際には専門級の実技試験が必要となるので全体の受験者数は増えると思込まれる。

4. おわりに

我が国は少子高齢化の時代に入り、技能労働者の不足が様々な職種で生じている。

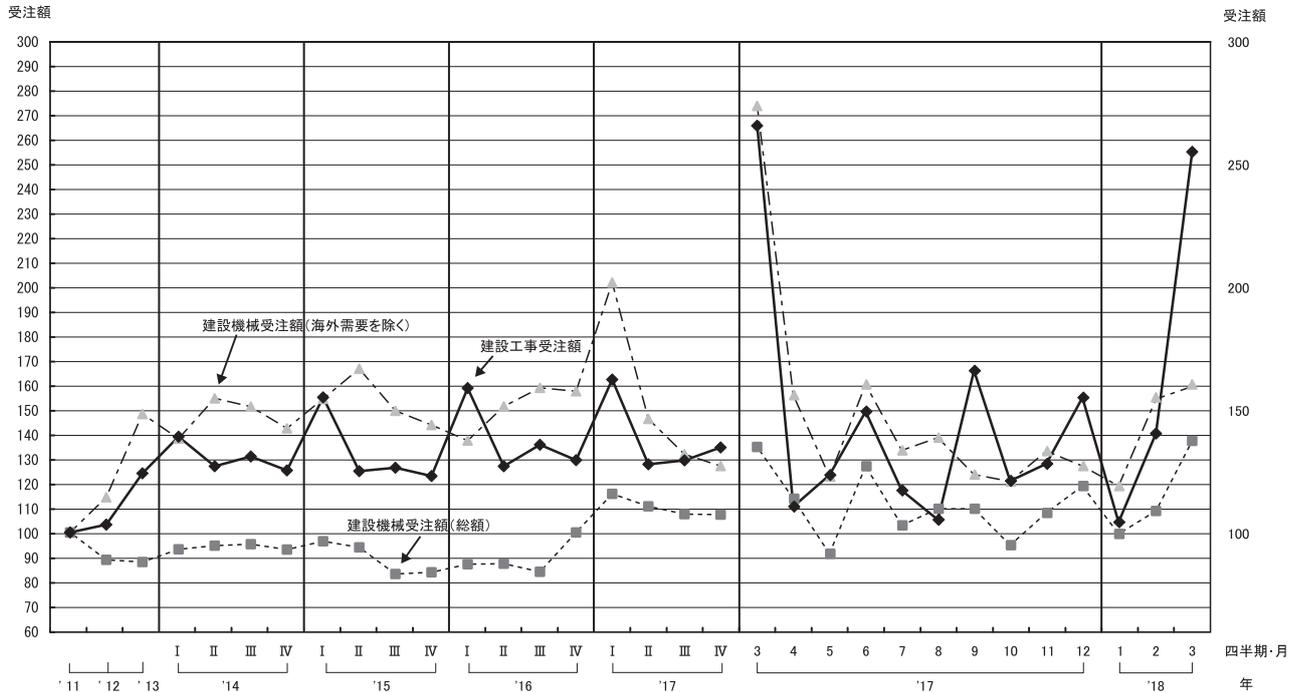
外国人技能実習制度が日本国内はもとより広く外国においても理解されより良い方向に発展することを望むものである。

(文責：山名)

統計 機関誌編集委員会

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 2011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 2011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							
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	134,037
2017年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5,183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2017年 3月	23,672	15,598	2,562	13,036	6,815	500	759	15,074	8,598	156,805	17,212
4月	9,819	6,468	1,375	5,092	2,442	405	505	6,586	3,233	157,721	8,111
5月	10,970	7,014	1,613	5,401	3,075	364	517	6,896	4,074	158,899	9,766
6月	13,289	8,796	1,424	7,371	3,779	510	205	8,527	4,761	159,386	12,772
7月	10,407	7,374	1,477	5,898	2,471	402	160	7,487	2,920	161,416	9,378
8月	9,339	6,346	1,566	4,780	2,543	341	110	6,715	2,624	161,441	10,088
9月	14,762	10,547	1,941	8,606	2,752	640	823	10,104	4,658	161,902	13,482
10月	10,757	6,941	1,246	5,695	2,719	815	282	6,898	3,859	163,724	9,897
11月	11,379	8,357	1,883	6,474	2,018	423	582	7,580	3,800	163,423	12,380
12月	13,789	10,120	2,613	7,507	3,265	-4	407	10,202	3,586	165,446	14,276
2018年 1月	9,256	6,082	1,439	4,644	2,213	491	469	6,269	2,987	165,251	9,284
2月	12,479	8,030	2,160	5,870	3,428	383	638	7,722	4,757	159,835	20,576
3月	22,717	15,428	3,004	12,424	5,894	556	839	14,500	8,216	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	11年	12年	13年	14年	15年	16年	17年	17年 3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	18年 1月	2月	3月
総 額	19,520	17,343	17,152	18,346	17,416	17,478	21,535	2,196	1,851	1,485	2,067	1,674	1,785	1,785	1,542	1,757	1,936	1,617	1,770	2,237
海外需要	15,163	12,357	10,682	11,949	10,712	10,875	14,912	1,199	1,284	1,039	1,484	1,189	1,281	1,336	1,103	1,273	1,474	1,185	1,206	1,654
海外需要を除く	4,357	4,986	6,470	6,397	6,704	6,603	6,623	997	567	446	583	485	504	449	439	484	462	432	564	583

(注)) 2011～2013年は年平均で、2014～2017年は四半期ごとの平均値で図示した。
 2017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

(2018年4月1日～30日)

機械部会



■ダンプトラック技術委員会

月日：4月3日(火)

出席者：田中哲委員長ほか4名

議題：①トピックスの紹介 ②ホームページの内容検討 ③平成30年度の活動計画について ④日本建設機械要覧の改定について

■除雪機械技術委員会

月日：4月5日(木)

出席者：太田正樹委員長ほか18名

議題：①委員の自己紹介 ②国交省の取組み状況について ③日本建設機械要覧の改定について ④平成29年度活動実績と平成30年度活動計画について ⑤ホームページの改定について ⑥ロータリ除雪の安全対策について ⑦除雪機械の未来像について ⑧除雪現場見学会の計画について

■情報化機器技術委員会

月日：4月6日(金)

出席者：白塚敬三委員長ほか8名

議題：①日本建設機械要覧の改定について ②合同部会、機械部会幹事会の報告と内容共有 ③障害物検知のセンサに関する情報共有と活動の進め方の議論 ④軍用センサの紹介 ⑤3D LiDAR センサの紹介 ⑥その他

■基礎工事用機械技術委員会

月日：4月11日(水)

出席者：遠藤智委員長ほか15名

議題：①平成30年度の委員会予定・見学会計画について ②委員会名簿の確認 ③プロハンマーの周波数による区分について ④薬液注入工法について

■トンネル機械技術委員会 幹事会

月日：4月12日(木)

出席者：岩野健委員長ほか5名

議題：①次回委員会の内容について確認 ②平成29年度の活動実績と平成30年度の計画について ③配布アンケートの内容についての議論 ④見学会の計画について

■トラクタ技術委員会

月日：4月13日(金)

出席者：高松伸匡委員長ほか7名

議題：①日本建設機械要覧の改訂について ②委員長、委員交代について ③平成29年度の活動実績と平成30年

度の活動計画について ④トピックス報告 ⑤燃費基準達成建設機械の認定制度の次期基準について

■トンネル機械技術委員会

月日：4月19日(木)

出席者：岩野健委員長ほか23名

議題：①委員長よりの新年度挨拶 ②平成29年度活動実績について ③平成30年度活動計画について ④i-Constructionの推進状況について ⑤その他

■機械整備技術委員会

月日：4月20日(金)

出席者：森三朗委員長ほか10名

議題：①日本建設機械要覧の改訂について ②平成29年度実績報告と30年度活動計画について ③ホームページの見直しについて ④尿素SCR取扱い資料の校正 ⑤各社の近況について

標準部会



■ISO/TC 127 土工機械委員会 SC 2/JWG

28 衝突気付き及び回避 特設有志会合

月日：4月9日(月)

出席者：岡ゆかり主査(コマツ)ほか7名
場所：協会会議室

議題：①ISO 21815-1 (土工機械-衝突気付き及び回避-第1部：性能要求事項及び試験) 案文見直し ②ISO 21815-1 と ISO 21815-3 (同第3部：露天掘り鉸山で使用される機械の性能要求事項) との整合 ③ISO 21815-2 (同第2部：交信インターフェース) 検討 ④ベルリン国際JWG会議へ向けての国内意見調整

■ISO/TC 127 土工機械委員会 SC 2/WG

24 機械制御系の機能安全 特設有志会合

月日：4月18日(水)

出席者：田中昌也委員(コマツ)ほか10名

場所：協会会議室

議題：①下記19014-1, -2, -5の投票方針及び提出意見検討 ②ISO/FDIS 19014-1 (土工機械-機能安全-第1部：制御系の安全関連部品の判定方法及び性能要求事項) ③ISO/CD 19014-2 (同第2部：安全関連機械制御系の設計及び評価) ④ISO/CD 19014-4 (同第4部：制御系の安全関連部品のためのソフトウェア及び送受信の設計及び評価) ⑤ISO/AWI 19014-5 (第5部：パフォーマンスレベルの表) 対応 ⑥ISO/TC 127/SC 2/WG 24 活動状況全般、当面の国際

WG 対応

建設業部会



■クレーン安全情報 WG

月日：4月17日(火)

出席者：久松栄一主査ほか10名

議題：①「クレーン又は移動式クレーンの過負荷防止装置構造規格等の一部改正について」の説明(瓜委員) ②クレーン休業姿勢 アンケート結果報告書の骨子検討(久保委員) ③教本改訂に向けての検討 ④クレーン安全衛生教育の視察について(5/13:ボイラークレーン協会の確認報告) ⑤災害事例報告 ⑥その他

■機電 i-Con 現場 WG

月日：4月20日(金)

出席者：宮内良和主査ほか7名

議題：①「i-Con 事例」のアンケート様式検討確認(副島委員) ②「ICT安全の事例」アンケート様式検討確認(本多委員) ③その他

■三役会

月日：4月24日(火)

出席者：植木睦央部会長ほか5名

議題：①JCMA H30 事業計画(5月理事会提出用)の確認 ②各WG報告・機電交流企画WG・クレーン安全情報WG・機電 i-Construction 現場WG ③現場見学会候補について ④その他

レンタル業部会



■コンプライアンス分科会

月日：4月5日(木)

出席者：工藤正人委員ほか7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4日(水)

出席者：見波潔委員長ほか19名

議題：①平成30年7月号(第821号)の計画の審議・検討 ②平成30年8月号(第822号)の素案の審議・検討 ③平成30年9月号(第823号)の編集方針の審議・検討 ④平成30年4月号～平成30年6月号(第818～820号)の進捗状況報告・確認

■建設経済調査分科会

月 日：4月25日(水)
出席者：山名至考分科会長ほか5名
議 題：①「建設技能実習制度の原稿」の再検討 ②公共工事関係予算の原稿検討(小笠原委員) ③その他

■新機種調査分科会

月 日：4月25日(水)
出席者：江本平分科会長ほか2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9日(月)
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30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18日(水)
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12名
内 容：①平成29年度事業報告(案) ②平成29年度決算報告(案) ③平成30年度事業計画 ④平成30年度収支予算 ⑤その他…第1回運営委員会及び第7回総会関係

■平成30年度除雪機械技術講習会第1回打合せ

月 日：4月24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17名
内 容：①平成30年度除雪機械技術講習会実施計画 ②平成30年度実施結果

■支部会計監査

月 日：4月25日(水)
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28年度支部事業及び決算書の監査

■第1回運営委員会

月 日：4月27日(金)
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21名
内 容：①平成29年度事業報告(案)承認の件について ②平成29年度決

算報告(案)承認の件について ③平成30年度事業計画に関する件について ④平成30年度収支予算に関する件について ⑤平成30・31年度運営委員候補(案)に関する件について ⑥その他…第7回総会関係

東北支部



■第1回施工部会

月 日：4月4日(水)
場 所：東北支部会議室
出席者：坪井正博施工部会長ほか13名
内 容：①平成30年度施工部会事業計画について ②平成30年度除雪講習会計画(案)について ③平成30年度除雪講習会資料作成分担について ④その他

■第1回広報部会

月 日：4月11日(水)
場 所：東北支部会議室
出席者：浅野公隆部会長ほか5名
内 容：①「支部たより175号」の編集計画について ②「支部たより175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その他

■秋田デジタルイノベーション推進コンソーシアム建設部会第1回運営会議

月 日：4月12日(木)
場 所：秋田県 秋田地方総合庁舎
出席者：情報化施工技術委員会 鈴木委員長ほか16名
内 容：五城目町馬場目地区における「(仮称)ICT総合研修エリア」構想の推進について

■第1回情報化施工技術委員会

月 日：4月16日(月)
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47名
内 容：①H30年度活動内容(iConstruction)に関する講習会等計画(案) ②H30年度セミナーについて(開催日程、会場) ③Dアカデミー東北・秋田県建設業協会との共催活動について(「(仮称)建設ICT総合研修エリア運営協議会」) ④担い手育成・確保への取組(地元工業高校、大学等に向けた活動) ⑤東北地方整備局が実施する研修等への対応について

■ゆきみらい2019in新庄(仮称)に係る打合せ

月 日：4月17日(火)
場 所：山形県 最上総合支庁

出席者：高橋甚悦山形県県土整備部道路保全課課長補佐ほか17名
内 容：①会場視察 ②基本計画(案)について ③開催テーマ、開催コンセプトほかについて

■EE東北'18第2回実行委員会作業部会

月 日：4月23日(月)
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27名
内 容：①EE東北'18開催概要 ②EE東北'18実施計画(案) ③EE東北'18広報(案) ④EE東北'18予算(修正案) ⑤今後の予定について ⑥規約改正案について

■平成29年度支部監査

月 日：4月24日(火)
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29年度の事業及び決算の監査全般

■EE東北'18第2回実行委員会

月 日：4月27日(金)
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39名
内 容：①EE東北'18開催概要 ②EE東北'18実施計画(案) ③EE東北'18広報(案) ④EE東北'18予算(修正案) ⑤今後の予定について ⑥規約改正案について

北陸支部



■平成30年度北陸ICT戦略研究会

月 日：4月25日(水)
場 所：北陸地方整備局新潟国道事務所会議室
出席者：北陸地方整備局吉越工事品質調整官ほか19名
議 題：①平成30年度の取組計画について ②整備局・事務所の取組計画(案)について ③会員各機関の取組計画(案)について

■第1回企画部会

月 日：4月27日(金)
場 所：新潟県建設会館
出席者：穂苅正昭企画部会長ほか15名
議 題：①平成29年度事業報告(案)及び決算(案)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(案)について

中部支部



■支部会計監査

月日：4月25日(水)

監査役：高原和彦氏、神谷泰博氏

内容：平成29年度業務及び財産監査

関西支部



■建設業部会

月日：4月16日(月)

場所：エル・おおさか会議室

出席者：滝崎建設業部会長以下16名

議題：①平成29年度活動報告 ②平成30年度事業計画(案)説明 ③その他

■支部監査

月日：4月17日(火)

場所：関西支部会議室

出席者：田口定一支部監査役、神谷敏孝支部監査役

内容：平成29年度決算報告及び関係書類にもとづく監査の実施

■企画部会

月日：4月20日(金)

場所：関西支部会議室

出席者：溝田寿企画部会長以下5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26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25名

議題：①平成29年度事業報告(案)及び決算報告(案)の件 ②平成30・31年度運営委員選任の件 ③優良建設機械運転員等表彰について ④平成30年度会長表彰について ⑤支部総会後の講演について ⑥その他

中国支部



■第1回施工技術部会

月日：4月5日(木)

場所：中国支部事務局

出席者：齋藤実部会長ほか6名

議題：①平成30年度部会事業実施計画について ②i-Con(情報化施工)関係行事(案)について ③H30道路除雪講習会(案)の企画について ④その他懸案事項

■第1回部会長会議

月日：4月6日(金)

場所：広島YMCA会議室

出席者：鷺田治通企画部会長ほか10名

議題：①運営委員会(春季)について ②第7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16日(月)

場所：広島YMCA会議室

出席者：河原能久支部長ほか26名

議題：①平成29年度事業報告(案)に関する件 ②平成29年度経理状況(案)に関する件 ③平成29年度支部監査に関する件 ④平成30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

■i-Constructionセミナー～i-Con 深化の時代へ～広島会場

月日：4月17日(火)

場所：広島県民文化センター 多目的ホール

参加者：346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】中国地方建設現場の生産性向上について…中国地方整備局企画部機械施工管理官 赤星剛氏 ③【事例紹介】ICT土工の創意工夫とポイント…カナツ技建工業(株)特別顧問 高橋広幸氏 ④【事例紹介】測量・設計の現場におけるCIM活用について…(株)荒谷建設コンサルタント道路部長 山本悟氏 ⑤【事例紹介】ICTを活用した施工について…五洋建設(株)・井森工業(株)特定建設工事共同企業体徳山下松港新南陽地区航路(マイナス12メートル)浚渫工事現場代理人 福本臣起氏

■i-Constructionセミナー～i-Con 深化の時代へ～松江会場

月日：4月18日(水)

場所：くにびきメッセ 国際会議場

参加者：171名

講演内容：①【基調講演】i-Constructionの最新情報…国立研究開発法人土木研究所つくば中央研究所技術推進本部上席研究員 新田恭士氏 ②【講演】中国地方建設現場の生産性向上について…中国地方整備局企画部工事品質調整官 足立宏氏 ③【事例紹介】ICT土工の創意工夫とポイント…カナツ技建工業(株)土木部情報技術グループチームリーダー 木村義信氏 ④【事例紹介】測量・設計の現場におけるCIM活用について…(株)荒谷建設コンサルタント道路部長 山本悟氏 ⑤【事例紹介】ICTを活用した施工について…

五洋建設(株)・井森工業(株)特定建設工事共同企業体徳山下松港新南陽地区航路(マイナス12メートル)浚渫工事監理技術者 小林隆一郎氏

■第42回新技術・新工法発表会

月日：4月26日(木)

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：120名

発表課題：【講話】①国土交通行政の最近の状況と新技術・新工法の動向について…中国地方整備局企画部総括技術情報管理官 田村実氏 ②ICT舗装工と地上型レーザースキャナーを用いた面的出来形管理の方法について…(一社)日本建設機械施工協会施工技術総合研究所 椎葉祐士氏 【技術発表】①ICT, IoTを活用した舗装現場の新たな取り組み「N-PNext」…(株)NIPPO 総合技術部 梶原覚氏 ②衝突軽減システム「K-EYEPRO」のご紹介～現場事故ゼロを目指して～…コベルコ建機(株)営業促進部 小見山昌之氏 ③建設生産プロセスにおけるIoTの活用…(株)ランドログ 井川甲作氏 ④CAT次世代油圧ショベル320のご紹介…日本キャタピラー合同会社情報化施工推進部 小笹剛志氏

四国支部



■H30第1回(春季)[企画・施工・技術]合同部会幹事会

月日：4月17日(火)

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20名

内容：①H29事業報告(案)について ②H29決算報告(案)について ③H30事業計画について ④H30予算書について ⑤H30団体会員、永年勤続役員、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

■H29四国支部会計及び業務監査

月日：4月23日(月)

場所：支部事務局

監査者：中山義男支部監査役及び堀具王支部監査役

内容：【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 【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



■支部監査

月 日：4月25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29年度会計監査及び業務
監査

■企画委員会

月 日：4月25日（水）

出席者：原尻克己企画委員長ほか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本部長表彰・支部長表彰について
④i-Construction 技術講習会について
⑤H30年度災害協定支援体制につい
て ⑥その他



“建設機械施工” バックナンバー紹介（抜粋）

平成 28 年 7 月号（第 797 号）



コンクリート工事、コンクリート構造 特集

- ◆巻頭言 プレキャスト技術による耐久性の向上
- ◆技術報文
 - ・場所打ち UFC による PC 道路橋 デンカ小滝川橋
 - ・外ケーブルを合理化配置した有ヒンジ橋の多径間連続化技術 涼徳橋上部工連続化工事
 - ・プレキャスト工法を活用したサッカー専用スタジアムの設計施工
 - ・火災時におけるコンクリートの爆裂評価方法
 - ・場所打ち函渠における品質確保の取組み 丹波綾部道路瑞穂 IC 函渠他工事における SEC 工法、ND-WALL 工法の事例
 - ・設計基準強度 300 N/mm² の超高強度プレキャスト RC 長柱の開発と適用
 - ・スラグ骨材を用いた舗装用コンクリートの特性
 - ・後施工六角ナット定着型せん断補強鉄筋による耐震補強工法
 - ・電子制御式コンクリートミキサー車の紹介
 - ・中性子遮蔽コンクリートの技術改良 普通コンクリートの 1.7 倍の中性子の遮蔽性能を有するコンクリートの生産性を向上
- ◆投稿論文
 - ・環境に優しく豪雨と地震に強い新しい補強土壁工法の研究開発
- ◆CMI 報告 油圧ショベルの省エネ施工 省エネ効果の検証試験
- ◆部会報告 除雪機の変遷（その 20）小形除雪車（2）
- ◆統計 建設企業の海外展開

平成 28 年 8 月号（第 798 号）



i-Construction 特集

- ◆巻頭言 イノベーションを取り込むための建設生産システム革命
- ◆行政情報
 - ・i-Construction ICT 土工の全面展開に向けた技術基準の紹介
- ◆技術報文
 - ・IoT で建設現場の生産性向上 ソリューションを一元管理するクラウド型プラットフォーム「KomConnect」
 - ・ドローンを用いた空撮測量の実工事への適用
 - ・MMS 点群データを活用したインフラマネジメント InfraDoctor によるスマートインフラマネジメント
 - ・重力式コンクリートダム取水塔施工での 4D モデル・3D 模型の活用

- ・無線発信機を活用した作業所内の高所作業車・作業所員の位置把握システム
- ・掘進中にシールド機外周部の介在砂層をリアルタイム探査 比抵抗センサーを用いた介在砂層探査技術
- ・VR による安全管理 ゴーグル型ディスプレイによる安全の可視化
- ・ブルドーザーマシンコントロールシステムの最新技術の紹介 マストレスタイプ MC システム 3D-MC^{MAX}
- ・複雑な地形形状における覆工設置工事への 3 次元地形データの適用
- ◆投稿論文
 - ・無人化施工による破碎・解体作業時における触知覚情報の必要性和実態 ～媒体を通じた人の触知覚の実態～
- ◆交流の広場
 - ・ICT を活用した精密農業の取り組み 農業における IoT を実現する新たな取り組み
- ◆CMI 報告
 - ・情報化施工研修会の取り組みと i-Construction へ対応した研修会に向けて
- ◆部会報告 除雪機の変遷（その 21）小形除雪車（3）

平成 28 年 9 月号（第 799 号）



道路 特集

- ◆巻頭言 道路事業の今後と課題
- ◆行政情報
 - ・「凸部、狭窄部及び屈曲部の設置に関する技術基準」の制定
 - ・大規模災害時における道路交通情報提供の役割と高度化
- ◆技術報文
 - ・コンクリート床版上面補強工法の確立 PCM 舗装施工機械開発
 - ・供用中の二層式高速道路高架橋における上下層拡幅工事
 - ・路面滞水処理作業における新規機械の開発 自走式路面乾燥機の開発
 - ・舗装工事における CIM の試行 CIM 導入による効果と課題
 - ・道路用ボラードの利用状況とテロ対策用ボラードの性能評価
 - ・日本の高速道路における移動式防護柵の初導入 常盤自動車道における試行導入結果
 - ・センサー技術を活用した道路用機械の安全対策技術の開発
 - ・新たな視線誘導灯の開発 帯状ガイドライト設置事例及びドライバーに与える効果
 - ・グレーダ開発の変遷史
 - ・次世代型路床安定処理機械の開発 ディープスタビライザの品質・安全性向上への取り組み
 - ・除雪作業の安全性向上に関する検討
 - ・ベイロードマネジメントによる過積載の防止と生産性の確保
- ◆交流の広場
 - ・地中レーダの原理・特徴と適切に活用するための留意点
- ◆JCMA 報告
 - ・平成 28 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績（その 2）
- ◆部会報告
 - ・アスファルトプラントの変遷（その 1）黎明期～昭和 12 年
- ◆CMI 報告 吹付けノズルマンの技能評価試験
- ◆統計 平成 28 年度 建設投資見通し

平成 28 年 10 月号 (第 800 号)



800号記念, 維持管理・リニューアル 特集

◆グラビア

- ・「建設機械施工」誌表紙の変遷
- ・「建設機械施工(旧誌名:建設の機械化)」誌創刊第2号,第3号

◆巻頭言

- ・インフラ整備への地域住民の協働参画とICRTの積極的な活用～地方の道をだれがいかにか～

◆記憶に残る工事

1. 黒四の工事と建設機械
2. 名神高速道路 山科工事の土工実績と今後の問題点
3. 東海道新幹線の工事について
4. 青函トンネルの概要について
5. 福島原子力発電所建設の工事概要
6. 新東京国際空港の大土工工事

◆行政情報

- ・「国土交通省インフラ長寿命化計画(行動計画)」の概要,インフラ老朽化対策の主な取り組み等

◆技術報文

- ・多機能橋梁常設足場の開発 耐用年数100年の長寿命化を目指して
- ・高速道路における大規模更新・大規模修繕工事 高速道路リニューアル事業の本格始動
- ・首都高速道路における更新事業の取り組み
- ・移動式たわみ測定装置の紹介 舗装の構造的な健全度を点検する技術の開発
- ・調整池法面改修工事に係るフェーシング機械 定張力ウインチを搭載した自走式ウインチの開発

◆交流の広場

- ・ドローン等を活用したセキュリティサービスと新たな脅威への対応

◆CMI報告

- ・災害復旧支援に向けた応急橋の開発(続報)

◆部会報告

- ・アスファルトプラントの変遷(その2)昭和13年～31年

平成 28 年 11 月号 (第 801 号)



土工 特集

- ◆巻頭言 ICT導入による建設施工の生産性向上に向けて

◆行政情報

- ・CM方式を活用した震災復興事業の現状報告

◆技術報文

- ・「機械の声を聞く」i-Constructionを含有した総合的建機ソリューションの提供 Cat Connect Solutionの提案

- ・i-Constructionにおける重機ICTコミュニケーション ライカアイコンテレマティックス
- ・加速度応答システムの適用性評価
- ・マシンコントロール機能を搭載した油圧ショベルの開発 ICT油圧ショベル「ZX200X-5B」
- ・セミオートマシンコントロールシステムを搭載した油圧ショベルの開発 施工効率向上を実現するCat®グレードアシスト
- ・UAV搭載レーザ計測システムの開発
- ・土工用建設ロボットの開発における新たな挑戦 無人化施工機械から地盤探査ロボット開発の概要紹介
- ・大分川ダム建設工事
- ・大規模土工におけるICT施工とCIM化への対応 陸前高田市震災復興事業での取り組み
- ・シェル型浸透固化処理工法 新しい注入形態
- ・ジオシンセティックス補強土構造物による災害復旧対策 剛壁面補強土工法(RRR(スリーアール)工法)による強化復旧対策
- ・近頃の土工技術 デジタルアースムービング
- ◆交流の広場
 - ・海洋探査技術の現状 水中音響計測技術の応用例紹介
- ◆CMI報告
 - ・補強土壁工法の新技術 帯状ジオシンセティックス補強土壁の紹介
- ◆部会報告
 - ・アスファルトプラントの変遷(その3)昭和32年～36年
- ◆統計 平成28年度主要建設資材需要見通し

平成 28 年 12 月号 (第 802 号)



防災, 安全・安心を確保する社会基盤整備 特集

◆行政情報

- ・次世代社会インフラ用ロボットの開発・導入 取り組みの紹介と災害調査・応急復旧ロボット分野の検証概要

◆技術報文

- ・凍土方式による陸側遮水壁の造成 凍結管の削孔・建て込み,凍結設備の設置工事
- ・工事を支える二つの『見える化』 山田宮古道路—山田北道路改良工事
- ・早期復興に應えるために取り組んだ現場運営の紹介 国道45号吉浜道路工事の事例
- ・東京モノレールにおける橋脚基礎の耐震補強
- ・締固めによる木曾三川下流域堤防基礎耐震化の事例紹介 砂圧入式静的締固め工法(SAVE-SP工法)
- ・災害対応ロボット電波を使用した遠隔操縦ロボット用災害対策車両システムの開発 遠隔操縦ロボットシステムASAM

◆投稿論文 振動ローラの機械仕様に関する研究

◆交流の広場 防災・災害把握へのドローンの利用

◆JCMA報告

- ・平成28年度日本建設機械施工大賞 受賞業績(その3)

◆部会報告

- ・アスファルトプラントの変遷(その4)昭和37年～42年

◆統計

- ・インフラシステムの海外展開の動向
- ・平成28年 建設業の業況

平成 29 年 1 月号 (第 803 号)



建設機械 特集

- ◆巻頭言 変化に対応できる生き物が生き残る
- ◆行政情報
 - ・国土交通省における「建設施工の地球温暖化対策検討分科会」における燃費基準の検討の動向
- ◆技術報文
 - ・新型振動ローラの紹介 SW654 シリーズ
 - ・最新型ホイールローダ 950MZ
 - ・新型 50 t 吊ラフテレーンクレーン Rf シリーズラフター SL-500Rf PREMIUM
 - ・2014 年度排出ガス規制適合エンジン搭載 4.9 t 吊クローラクレーン開発 CC985S-1 の特長
 - ・ガソリン /LPG エンジン式小型フォークリフト FOZE 0.9 ~ 3.5 トン
 - ・リチウムイオンバッテリーを搭載した新型ハイブリッド油圧ショベル SK200H-10
 - ・フォークリフト用燃料電池システムの開発と今後の取り組み
 - ・新型高所作業車の開発 スカイボーイ AT-170TG-2, AT-220TG-2
 - ・全回転チュービング装置 RT シリーズ 大口径低空頭・軽量型 RT-250L の紹介
 - ・新世代 350 t 吊クローラクレーンの開発 SCX3500-3
 - ・搭乗式スクレーパの開発 HBS-2000「RHINOS」(ライノス)
 - ・大型自航式ポンプ浚渫船 CASSIOPEIA V
 - ・鉄道クレーン車 KRC810N
 - ・油圧ショベル PC138US/PC128US-11
 - ・ショベル系の開発と変遷史
- ◆交流の広場
 - ・安全の責任について考える ~技術者の身に着けるべきグローバルな安全感覚~
- ◆部会報告
 - ・アスファルトプラントの変遷 (その 5) 昭和 43 年 ~ 50 年
- ◆統計 建設機械産業の現状と今後の予測について

平成 29 年 2 月号 (第 804 号)

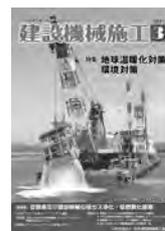


大深度地下, 地下構造物 特集

- ◆巻頭言 トンネル工事の効率化のために
- ◆技術報文
 - ・地下鉄建設技術と工事用機械 90 年の歴史を概観する
 - ・倉敷国家石油ガス備蓄基地 LPG 岩盤貯槽建設工事 プロパン 40 万 t を貯蔵する水封式岩盤貯槽
 - ・非開削工法による海底ケーブル陸揚管路敷設 リードドリル工法

- ・地下ダム工事における SMW 工法の精度管理システム!! リアルタイムによる施工管理システム
- ・本体兼用鋼製連壁の地下トンネル築造工事
- ・3 連揺動型掘進機による地下通路の施工実績 日比谷連絡通路工事 R-SWING®工法
- ・国内最大のシールドマシン 東京外環 (関越~東名) 事業に使用
- ・縮径トンネル掘削機の開発
- ・トンネル掘削機外径の縮小・復元が可能な縮径 TBM
- ・海外のケーブル埋設用掘削機械の実態調査と掘削試験
- ・情報化施工を活用した大口径・大深度立坑における効率的な水中掘削技術 自動化オープンケーソン工法による大口径・大深度オープンケーソンの施工
- ・大型埋設物を切り回し地下鉄直上に短期間で通路を築造 東京メトロ東西線・パレスホテル東京 地下通路
- ・大水深構造物の点検用水中調査ロボット
- ・トンネル等屋内工事現場における位置把握システムの開発 屋内空間でのヒト・モノの位置をリアルタイムに把握
- ◆投稿論文
 - ・振動ローラの加速度計測を利用した地盤剛性値の算出について
- ◆部会報告
 - ・アスファルトプラントの変遷 (その 6) 昭和 51 年 ~ 58 年
- ◆統計 建設業における労働災害の発生状況

平成 29 年 3 月号 (第 805 号)



地球温暖化対策, 環境対策 特集

- ◆巻頭言 自動車及び建設機械の排ガス浄化・低燃費化施策
- ◆技術報文
 - ・二酸化炭素 (CO₂) 排出量を 6 割削減できる高炉スラグ高含有セメントを用いたコンクリートの実工事への適用 ECM(エネルギー・CO₂ ミニマム)セメント・コンクリートシステム
 - ・CO₂ 排出量削減に向けた IoT 技術の活用事例 IoT 技術で取得した建設機械稼働データの分析 KenkiNavi
 - ・水素社会を実現する具体的提言 産業廃棄物処理の現場から水素社会を実現する技術
 - ・土木機械設備における LCA 適用の考え方に関する一考察
 - ・山岳トンネル工事のエネルギーマネジメントシステム TUNNEL EYE
 - ・自動粉じん低減システム 粉じん見張り番
 - ・帯電ミストによる浮遊粉塵除去システムの開発 マイクロ EC ミスト®
 - ・グラブ浚渫の効率化と精度向上を実現したトータルシステム 浚渫施工管理システムに三次元データを導入したグラブ浚渫トータル施工システム
 - ・凝集効果が長期間持続する凝集剤による濁水処理方法の紹介 徐放性凝集剤「J フロック」
 - ・自然由来ヒ素汚染土壌の分離浄化処理工法の開発
 - ・高性能ボーリングマシンの低騒音化・自動化 再生可能エネルギー熱の普及に向けた取り組み
 - ・トンネル工事の発破に伴う低周波音の低減装置 サイレンスチューブ
 - ・おもりをを用いた工事振動低減工法の概要 地盤環境振動低減工法 GMD 工法
- ◆交流の広場
 - ・VR による BIM と建築環境シミュレーションの同時可視化システム

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷 (その7)

平成 29 年 4 月号 (第 806 号)



建設業の海外展開, 海外における建設施工 特集

◆巻頭言 建設業のインフラ海外展開

◆行政情報

- ・建設業の海外展開と ODA

◆技術報文

- ・ラックフェン国際港アクセス道路・橋梁工事
ベトナム国内最大の海上橋
- ・既設営業線直下での圧気併用開放型矩形シールド機による施工
シンガポール地下鉄トムソン線マリーナベイ新駅
- ・シンガポール MRT
トムソン-イーストコーストライン T207 工区
- ・台北市における大深度圧入ケーソンの施工実績
台湾・大安電力シールド工事
- ・スマラン総合水資源・洪水管理事業ジャティバラダム建設工事
JICA Loan IP-534
- ・ケニア モンバサ港コンテナターミナル開発工事
JICA Loan Agreement No. KE-P25
- ・シンガポール・チュアスフィンガーワンコンテナターミナル埋立工事
大型自航式ポンプ浚渫船〈CASSIOPEIA V〉による埋立浚渫工事
- ・シンガポール・トゥアス地区でのグラブ浚渫
トゥアスコンテナターミナル建設プロジェクト
- ・ソロモン諸島ホニアラ港施設改善計画工事

◆交流の広場

- ・日本企業による水ビジネスの海外展開

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷 (その8)

平成 29 年 5 月号 (第 807 号)



解体とリサイクル, 廃棄物処理 特集

◆巻頭言 建設系廃棄物のリサイクルの今後の展望

◆技術報文

- ・環境負荷を大幅に削減した解体工法を本格適用
シミズ・クールカット工法
- ・最新の超大型建物解体機 SK2200D
- ・各種技術を駆使したダム撤去工事
- ・解体コンクリートの現場内有効利用の多様化
ガラダム工法の適用範囲・施工法の拡充
- ・大規模土工事における岩塊の有効活用と搬送設備のリユース
東松島市野蒜北部丘陵地区震災復興事業における取組み
- ・震災コンクリートがらを利用した海水練りコンクリートの製造・施工

- ・産業用ロボットを応用した建設廃棄物選別システム
 - ・植物廃材を活用した「バイオマスガス発電」
 - ・汚染土壌対策 戦略的な土地活用を支援する「サステナブルレメディエーション」に基づく評価ツールの開発 SGRT-T
 - ・新東名高速道路における建設時の重金属含有土対策
 - ・簡易破碎方式によるベントナイト混合土を用いた遮水層の効率的施工技術
T-Combination クレイライナー工法による現地発生土の有効利用
 - ・港湾内放射性汚染物質の被覆・封じ込め
1F 港湾内海底土被覆工事の概要
 - ・放射能汚染土の分級減容化と再生利用に関する検討
- ◆交流の広場 新幹線地震対策技術の進化を振り返る
- ◆部会報告 アスファルトプラントの変遷 (その9)
- ◆統計 平成 29 年度 公共事業関係予算

平成 29 年 6 月号 (第 808 号)



都市環境, 都市基盤整備, 自然再生等 特集

◆グラビア 時代の建層 (ときのけんそう)

◆巻頭言 育てる

◆技術報文

- ・整備新幹線の軌道・電気工事用機械
- ・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
- ・硬質粘土塊を対象とした自然由来砒素の浄化技術
- ・微生物を利用した水銀汚染土壌の浄化技術
- ・隙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
- ・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
- ・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
- ・建設工事における生物多様性保全および環境創造技術
- ・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
- ・「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
- ・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
パーティカルフォレスト®
- ・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

◆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

◆CMI 報告 ブルドーザの燃費評価値から実作業燃費への換算

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷 (その10)

◆統計 主要建設資材価格の動向

平成 29 年 7 月号 (第 809 号)



基礎工、地盤改良 特集

- ◆巻頭言 大規模災害で発生する災害廃棄物対策にむけて
- ◆技術報文
 - ・高機能、施工の省力化、省資材化を達成した防潮堤の開発 ハイブリッド防潮堤の開発施工事例
 - ・ニューマチックケーソンによる深さ 70 m 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 超低空頭場所打ち杭工法 C-JET18
 - ・地中障害物撤去の新技術・新工法の開発 A-CR 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 阪神高速道路 西船場ジャンクション改築事業における事例紹介
 - ・空頭制限 2.0 m 以下で施工可能な小口径鋼管杭工法の開発 ST マイクロパイル工法
 - ・地盤改良体方式斜め土留め工法の適用事例 富山新港火力発電所 LNG1 号機新設工事
 - ・廃棄物最終処分場の減容化技術の開発と施工事例 リフューズプレス工法
 - ・大口径相対攪拌工法の概要と施工事例 KS-S・MIX 工法
 - ・地盤改良分野の ICT 活用技術 ジェットグラウト施工管理システム、GNSS ステアリングシステム、3D-ViMa システム
 - ・大口径拡底杭工法対応のアースドリル開発 SDX612
 - ・三点式杭打機フェニックスシリーズ「DH758-160M」の紹介
 - ・低空頭、狭隘地で活躍する軽小型の地中連続壁掘削機の開発 MPD-TMX 工法
 - ・地盤改良工事を全自動で施工管理 ICT を導入した全自動施工管理制御システムの開発 Y-LINK
 - ・木造住宅の耐震性 ビッグフレーム構法とマルチバランス構法
- ◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績(その 1)
- ◆部会報告 ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告

平成 29 年 8 月号 (第 810 号)



歴史的遺産・建造物の修復 特集

- ◆グラビア
 - ・3D 技術を用いた軍艦島のデジタルアーカイブ 過去、現在そして未来へ
- ◆巻頭言 歴史遺産感動の 3 要素
- ◆技術報文
 - ・魅せる素屋根の技術と見せる保存修理 近代ニッポンを支えた世界遺産 旧富岡製糸場
 - ・伝統建築における設計施工一貫 BIM 薬師寺食堂(じきどう)復興事業
 - ・熊本城の櫓を鉄の腕で支える 飯田丸五階櫓倒壊防止緊急対策工事
 - ・経年が 100 年を超える鉄道土木建造物の維持管理

- ・国重要文化財の永代橋、清洲橋の長寿命化
- ・大規模シェル構造ラジアルゲート建設への取り組み 大河津可動堰改築ゲート設備工事
- ・新橋駅の改良とレンガアーチの補強・保存
- ・狭山池の改修とその技術の変遷
- ・歴史的鋼橋の補修補強工事 土木遺産である晩翠橋の補修補強工事の紹介
- ・3D 技術を用いた軍艦島のデジタルアーカイブ 過去、現在そして未来へ
- ・歴史的建造物の移動(曳家)、免震化(レトロフィット)工事
- ・消えた建設機械遺産群 わが国の建設機械の始祖

- ◆交流の広場 博物館明治村
- ◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績(その 2)
- ◆CMI 報告 放置車両等を移動する道路啓開機材の開発検討
- ◆部会報告
 - ・アスファルトプラントの変遷(その 11)
 - ・ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告
- ◆統計 建設企業の海外展開

平成 29 年 9 月号 (第 811 号)



維持管理・老朽化対策・リニューアル 特集

- ◆巻頭言 社会インフラの老朽化、これは JAPAN IN RUINS ですか
- ◆行政情報
 - ・ダム再生 既設ダムの有効活用
 - ・道路の老朽化対策の取り組み
- ◆技術報文
 - ・車線供用下での東名高速道路リニューアル事業の施工 用宗高架橋(下り線)の床版取替え工事
 - ・PC ゲルバー橋の連続化 首都高速 1 号羽田線 勝島地区橋梁
 - ・短工期を実現した天井板撤去の取組み 神戸長田トンネル天井板撤去工事
 - ・走行型高速 3D トンネル点検システム MIMM-R(ミーム・アール) 画像・レーザー・レーダー技術による点検・調査・診断支援技術
 - ・武蔵水路「安全・安心な施設へのリニューアル」 水路改築工事におけるプレキャスト工法の施工実績
 - ・福岡空港における高強度 PRC 版による老朽化対策
 - ・港湾構造物の維持管理への ICT の活用 無線操作式ボートを用いた港湾構造物の点検・診断システム
 - ・鉄道構造物の維持管理と検査・診断技術
 - ・鉄道構造物の延命化・リニューアル技術
 - ・高強度かつ高耐久性のセメント系繊維補強材料 タフショットクリート®
 - ・産業遺産である老朽化した水力発電所の改修と立坑掘削時における地山の変位と対策
 - ・歴史的建造物(レンガ建屋)の曳家工法による保存 蹴上浄水場第 1 高区配水池改良工事
 - ・船場センタービル外壁改修工事 大規模商業施設における外壁改修
- ◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績(その 3)
- ◆CMI 報告
 - ・構造物の耐衝撃性評価に関する試験・研究 鋼製台車とレールを用いた衝突試験装置の紹介
- ◆部会報告 アスファルトプラントの変遷(その 12)
- ◆統計 平成 29 年度 建設投資見通し

平成 29 年 10 月号 (第 812 号)



建築 特集

- ◆巻頭言 人工技能研究のすすめ
- ◆行政情報
 - ・「適正な施工確保のための技術者制度検討会」とりまとめ
 - ・建築物省エネ法の概要
- ◆技術報文
 - ・ホール舞台スノコ天井リフトアップ工事
 - ・既存建物の不快な床振動を低減する制振技術 SPADA (スパーダ) - Floor
 - ・VR 技術を活用した教育システムの開発と運用 施工技術者向け VR 教育システム
 - ・地上躯体に適用可能な中品質再生骨材を用いたコンクリートの実用化
 - ・外側耐震補強構法『KG 構法』の新たな展開 完全外部施工方法の開発
 - ・杭頭接合部の耐震性能向上および施工の省力化技術 鋼板補強型杭頭接合工法 TO-SPCap 工法の開発
 - ・スマートデバイスを活用した『杭施工記録システム』の開発 「KOC0 チェックシステム」アプリケーションの紹介
 - ・ロボット溶接による建築現場溶接施工法の開発と適用
 - ・自律型清掃ロボットを開発 T-iROBO® Cleaner
 - ・建物の安全性即時診断システム 1ヶ所の地震計で地震後即時に建物の安全性を自動診断
 - ・ハイブリッド架構による耐火木造建築の技術開発
- ◆交流の広場
 - ・デザイン思考でデジタル活用 労働安全分野への適用
- ◆JCMA 報告
 - ・平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 4)
- ◆部会報告 ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告

平成 29 年 11 月号 (第 813 号)



防災、安全/安心を確保する社会基盤整備 特集

- ◆巻頭言 社会資本整備を考える
- ◆行政情報
 - ・Lアラート：防災情報共有システムの現状
- ◆技術報文
 - ・平成 28 年熊本地震における阿蘇大橋地区斜面防災対策工事での分解組立型バックホウの活用
 - ・国内初大型ニューマチックケーソン 2 函同時沈設施工
 - ・サイフォンと水中ポンプの機能を併用した排水システムの開発 ハイブリッド・山辰サイフォン排水システム
 - ・熱赤外線サーモグラフィによる斜面調査

- ・地下鉄トンネル覆工のはく離・浮きの可視化による検出システムの検討
- ・無排泥粘土遮水壁工法の開発 エコクレイウォールⅡ工法
- ・老朽化した狭小導水路トンネルリニューアルの機械化施工
- ・超音波振動を併用した薬液注入工法 UVG 工法
- ・石積み擁壁耐震補強工事における鉄道営業線近接施工
- ◆交流の広場
 - ・非常食の循環システム付き宅配ロッカー「イーバルボックス」ソリューションによる、ローリングストック実現にむけて
- ◆JCMA 報告
 - ・平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 5)
- ◆部会報告
 - ・ISO/TC 127 土工機械広島総会及び ISO/TC 127/SC 3/WG 12ISO 6405 土工機械—操縦装置などの識別記号 国際 WG 会議報告
- ◆統計 平成 29 年 建設業の業況

平成 29 年 12 月号 (第 814 号)



先進建設技術 特集

- ◆巻頭言
 - ・建設産業がけん引する「第 4 次産業革命」具体化への期待
- ◆行政情報
 - ・i-Construction 推進の取組み状況 普及促進事業の進捗
 - ・国土交通省における CIM の導入・推進
- ◆技術報文
 - ・ImPACT タフ・ロボティクス・チャレンジにおける災害対応建設ロボット
 - ・総合的な i-Construction による緊急災害対応 阿蘇大橋地区斜面防災対策工事における無人化施工
 - ・油圧ショベル用遠隔操縦装置の開発 災害現場への適応性を向上させた新型簡易遠隔操縦装置ロボ QS
 - ・自律移動ロボットによる盛土締め度及び水分量測定の自動化
 - ・次世代建設生産システムの現場適用と生産性向上への展望 ロックフィルダムへの適用紹介とインフラ無線システム
 - ・大水深対応型水中作業ロボットの開発 DEEP CRAWLER
 - ・ドリル NAVI における新機能の開発
 - ・AI を活用したコンクリート表層品質評価システムの開発
 - ・建設機械の改造が不要で着脱可能な装置による無人化施工技術の開発 熊本城崩落石撤去へ汎用遠隔操縦装置「サロゲート」の適用事例
 - ・次世代型ビーコンを利用した屋内作業員の可視化による現場管理システムの開発 EXBeacon プラットフォーム現場管理システム
 - ・IoT を活用した建設機械用アタッチメントの稼働管理システム (TO-MS) の開発 AI で故障予知・稼働監視を実現、未来型アフターサービスの提供によるランニングコストの低減
 - ・移動体多点計測技術 (MMS) を用いた出来形管理に向けた基礎的研究
- ◆交流の広場
 - ・パワーアシストスーツを活用した作業者の負担軽減
- ◆部会報告
 - ・ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 国際ジョイント作業グループ会議報告

編集後記

本号が発刊される時期は、そろそろ南方から梅雨明けの知らせが来る時期と思われませんが、読者の皆様はいかがお過ごしでしょうか。

6月号のテーマは「エネルギー・エネルギー施設特集」です。

本号の巻頭言は地球環境産業技術機構 (RITE) の山地理事・研究所長にお願いいたしました。固定価格買取制度 (FIT) 導入以降、わが国の再生可能エネルギーは太陽光発電を中心に急増し、需要低下期には供給過剰な状態を生じさせることもあります。その対策として既存の電力システムを最大限に利用する日本版コネクタ&マネージや、IoTや人工知能などを利用したイノベーションへの導きをご提言いただきました。

技術報文では、風力・海流・浸透

圧・小水力やバイオマスなどの再生可能エネルギーを用いた発電やその建設技術、さらにはエネルギーマネージメントシステムやZEB (ゼロエネルギービル) について、ご執筆いただきました。

本号の報文は、東日本大震災の原発事故を契機に、電力需給の逼迫による計画停電や国による節電要請を経て、最適エネルギーミックスや低炭素社会が求められる中で、各方面の方が苦勞しながら創意工夫されてきたことに頭が下がる思いです。本号が皆様のお役に立てば幸いです。

最後になりましたが、ご多忙中にも関わらず、執筆を快諾いただいた執筆者の方々、また仲介の労をいただいた方々に深く感謝するとともに、厚くお礼申し上げます。

(三輪・竹田)

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
田中 康順	塚原 重美
中岡 智信	中島 英輔
渡邊 和夫	

編集委員長

見波 潔 村本建設(株)

編集委員

林 利行	国土交通省
山口 康広	農林水産省
中村 弘	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
加藤 誠	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
宇野 昌利	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)
鈴木 貴博	日本国土開発(株)
斉藤 徹	(株)NIPPO
中川 明	コマツ
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン
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)
安藤 正紀	(株)加藤製作所
森田 育男	古河ロックドリル(株)
山下純一郎	(株)前田製作所
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

7月号「ICT, CIM 特集」予告

・i-Construction 推進コンソーシアムについて ・港湾工事における ICT の活用 ・地方自治体における ICT 活用工事の取り組みの紹介 ・現場管理システムと車両情報管理システム ・ICT 舗装工に関する最新技術の紹介 ・PC 上部工工事における i-Bridge 実現に向けた新たな試み
・不整地運搬車 (クローラキャリア) の自動走行技術の開発 ・建機遠隔操作の高度化と建機自律制御の開発 ・シールドトンネルの CIM モデルの開発 ・八戸港浚渫工事における ICT を活用した施工管理 ・CIM・i-Construction に至る土木情報化史

【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 70 巻第 6 号 (2018 年 6 月号) (通巻 820 号)

Vol. 70 No. 6 June 2018

2018 (平成 30) 年 6 月 20 日印刷

2018 (平成 30) 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

本誌上への
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

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 サテレマ リンソーサー 離れ操作

- 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

- ◆ 業界随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段階押しスイッチ
装着可能

モテルチェンジ!
内部設計を一新

全ての
互換を優先
しました

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

セットで
15万円
(税抜価格)



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

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

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

セットで
17万円
(税抜価格)



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
(税抜価格)

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リレーまで対応可能

セットで
22万円
(税抜価格)

モテルチェンジ! 内部設計を一新!
全ての互換を優先しました。

N/U/Gシリーズ

頑強 ケーブルレス

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

自社開発 高耐久性
2段階押しスイッチを
装着可能

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

裏面スイッチ

防爆形はTX-8400型送信機で対応 (Nシリーズのみ)



マイティ サテレマ N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

3ノッチジョイスティック型
RC-7132N

セットで
90万円~
(税抜価格)

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~
(税抜価格)

防爆形 対応可能 (Nシリーズのみ)



旧アンリツ製 デジタルテレコン
入替専用モデル

● 操作信号数 最大32点
(またはプロボ最大6項目と入出力信号26点以下)

新型ジョイスティック

3ノッチ
ジョイスティック型
RC-7233UAN

スイッチガード付き押しボタン

全押しボタン型
オーダー例
RC-7215U



チップケーブルレス Nシリーズ

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
(税抜価格)

コンパクトという選択肢!!

チップ部品採用で
ポケットサイズ化

トコトン機能を絞って
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

従来機と
信号互換あり!

受信機は既設のまま送信機のみ取替も可

片手で握り替えずに
正逆操作が行えます!

ボタン部の突起
ボタン間の仕切り一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上



ケーブルレスミニ ポケットサイズの本格派!

微弱電波・ラジコンバンド
両モデル対応

N/Rシリーズ

- 微弱Nシリーズは240MHz化でより安定した電波の飛び!
- 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
(税抜価格)

特許! テルハには
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)

取付例



リンソーサー
離れ操作 N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

標準型
RC-2512N

セットで
22万円
(税抜価格)

軽量コンパクト
ショルダータイプ

● 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

価格もサイズも
ハンディー並み!



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
ラジコンバンド
全モデル対応

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

● 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 (税抜価格)

TC-1308N(微弱電波) 22万円 (税抜価格)

写真はUシリーズ



MAX サテレマ 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
(税抜価格)

無線変速ジョイスティック
2本装着例



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
(税抜価格)

● 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。

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](#)

常に半歩、先を走る



朝日音響株式会社

〒771-1311 徳島県板野郡上板町引野東原43-1
FAX: 088-694-5544(代) TEL: 088-694-2411(代)
<http://www.asahionkyo.co.jp/>

VOLVO アスファルトフィニッシャー

VOLVO アスファルトフィニッシャーは、

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



クローラフィニッシャー

クローラ機の主な特徴

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

ホイール機の主な特徴

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



ホイールフィニッシャー

マシンケアテック 株式会社

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

VOLVOCONSTRUCTIONEQUIPMENT



GOMACO

Gomaco社の舗装機器は、どんなスリップフォーム工法にも対応します。



Commander III

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



RTP-500

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



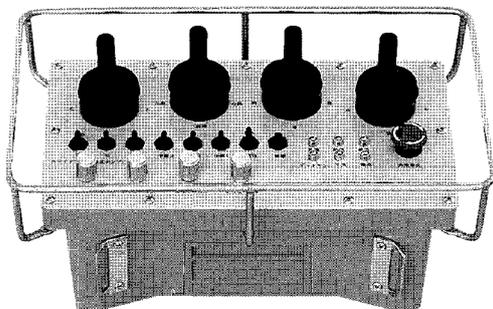
マシンケアテック株式会社

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

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

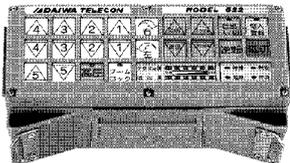
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH**。
- コンパクトな指令機に業界最大**36**個の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は**油圧バルブ出力仕様**も可能。
- 充電は急速充電方式（一△V検出+オーバータイムタイマー付き）
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

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

ダム工事に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** PRO
Rotary Scissors

お手持ちの刈払機に取り付け可能！

物損事故

切創事故を
未然に防ぐ



飛び石 こうなる前に

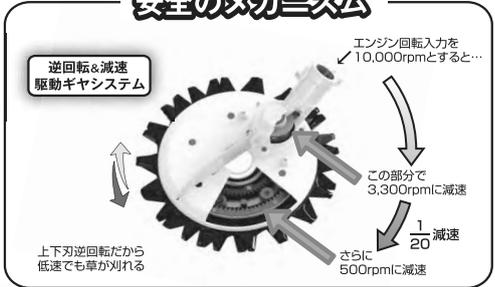


ギヤ減速 & 上下逆回転

- 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

刈払機の回転数を **安全領域まで減速!**

安全のメカニズム



- 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

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

アイデック公式ホームページ

<http://www.idech.co.jp> 検索



アイデック公式 Facebook

最新情報や動画をご覧ください



「もう、こんな時間」を、
「まだ、こんな時間」に変えませんか？

まかせてください!



お気軽に
ご相談ください。

NPC Communication
Power

会社案内・カタログ・社史・社内報・マニュアル・電子書籍
などの制作で、お困りのご担当者様はいらっしゃいませんか。ご担当
者様のお仕事は多岐にわたり、何かとご多忙のこととお察しいたします。

そんな方には、ぜひNPC日本印刷をご紹介します。私たちのご提供できるサービスは、版下づくり、印刷・製
本ばかりではありません。膨大な資料の整理、講演のテープ起こし、インタビューをもとにした原稿づくりほか、企
画から仕上げまで、トータルにお手伝いさせていただいております。もちろん、コストダウンに関するご提案も
承ります。どうぞ、お気軽にお声をおかけください。

月刊誌

会社案内
カタログ

社史

社内報

マニュアル

電子書籍

etc. ▶

企画、原稿づくりから
仕上げまで、トータルに
お手伝いします。

NPC 日本印刷株式会社 ☎ **(03)5911-8667** (担当:海坂)

〒170-0013 東京都豊島区東池袋4-41-24 東池袋センタービル
TEL:(03)5911-8660(代) FAX:(03)3971-1212

URL: <http://www.npc-tyo.co.jp/>

建設機械施工 広告掲載のご案内

月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、鉄道、建築等の最新建設報告等を好評掲載しています。

■職業別 購読者

建設機械施工／建設機械メーカー／商社／官公庁・学校／サービス会社／研究機関／電力・機械等

■掲載広告種目

穿孔機械／運搬機械／工事用機械／クレーン／締固機械／舗装機械／切削機／原動機／空気圧縮機／積込機械／骨材機械／計測機／コンクリート機械等

広告掲載・広告原稿デザイン — お問い合わせ・お申し込み

サンタナアートワークス

広告営業部：田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F



建設機械施工 カタログ資料請求票

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はこの用紙を利用し、ファクシミリなどでお送りください。

※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： _____

会社名(校名)： _____

資料送付先： _____

電話： _____ F A X： _____

E-mail: _____

	広告掲載号	メーカー名	製品名
①	月号		
②	月号		
③	月号		
④	月号		
⑤	月号		

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



吸塵式乾式カッター
MCD-RY14HS
 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 東京都千代田区神田猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL:06-6745-9631	北関東営業所 TEL:0276-74-6452	中国営業所 TEL:082-875-8561	沖縄出張所 TEL:080-1013-9328
札幌営業所 TEL:011-892-6920	長野出張所 TEL:080-1013-9542	四国出張所 TEL:087-868-5111	
仙台営業所 TEL:022-238-1521	中部営業所 TEL:052-451-7191	九州営業所 TEL:092-431-5523	
新潟出張所 TEL:090-4066-0661	金沢出張所 TEL:080-1013-9374	南九州出張所 TEL:080-1013-9558	

Denyo

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



極超低騒音型を超えた別次元の静かさ!
静音発電機マーリエ新登場。



50Hz-7m
43dB

DCA-25MZ

溶接機



自動アイドルストップ機能で燃料消費量を
大幅に削減!



最大溶接電流
155A

GAW-155ES

コンプレッサ



軽トラックに横積みできる
コンパクトボディ



DIS-80LBE



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 東京支店 03(6861)1122 大阪支店 06(6448)7131
東北営業所第1課 019(647)4611 横浜営業所 045(774)0321 広島営業所 082(278)3350
東北営業所第2課 022(254)7311 静岡営業所 054(261)3259 高松営業所 087(874)3301
信越営業所 025(268)0791 名古屋営業所 052(856)7222 九州営業所 092(935)0700
北関東営業所 027(360)4570 金沢営業所 076(269)1231

確かな技術で世界を結ぶ

Attachment Specialists

任意の高さに停止可能

パラレルリンクキャブ



パラレルリンクキャブ仕様車

車の解体・分別処理を大幅にスピードアップ

自動車解体機



自動車解体機

ワイドな作業範囲で効率の良い荷役作業

スクラップハンドラ



スクラップハンドラ仕様車

スクラップ処理で高い作業効率を発揮

リフティングマグネット



リフティングマグネット仕様車

船舶・プラント・鉄骨物解体に威力を発揮する

サーベルシア



MSD4500R

丸太や抜根を楽々切断する

ウッドシア



MWS700R (油圧全旋回式)



マルマテクニカ株式会社

■ 名古屋事業所

愛知県小牧市小針2-18 〒485-0037
電話 0568(77)3312
FAX 0568(77)3719

■ 本社・相模原事業所

神奈川県相模原市南区大野台6丁目2番1号 〒252-0031
電話 042(751)3800
FAX 042(756)4389

■ 東京工場

東京都世田谷区桜丘1丁目2番22号 〒156-0054
電話 03(3429)2141
FAX 03(3420)3336

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

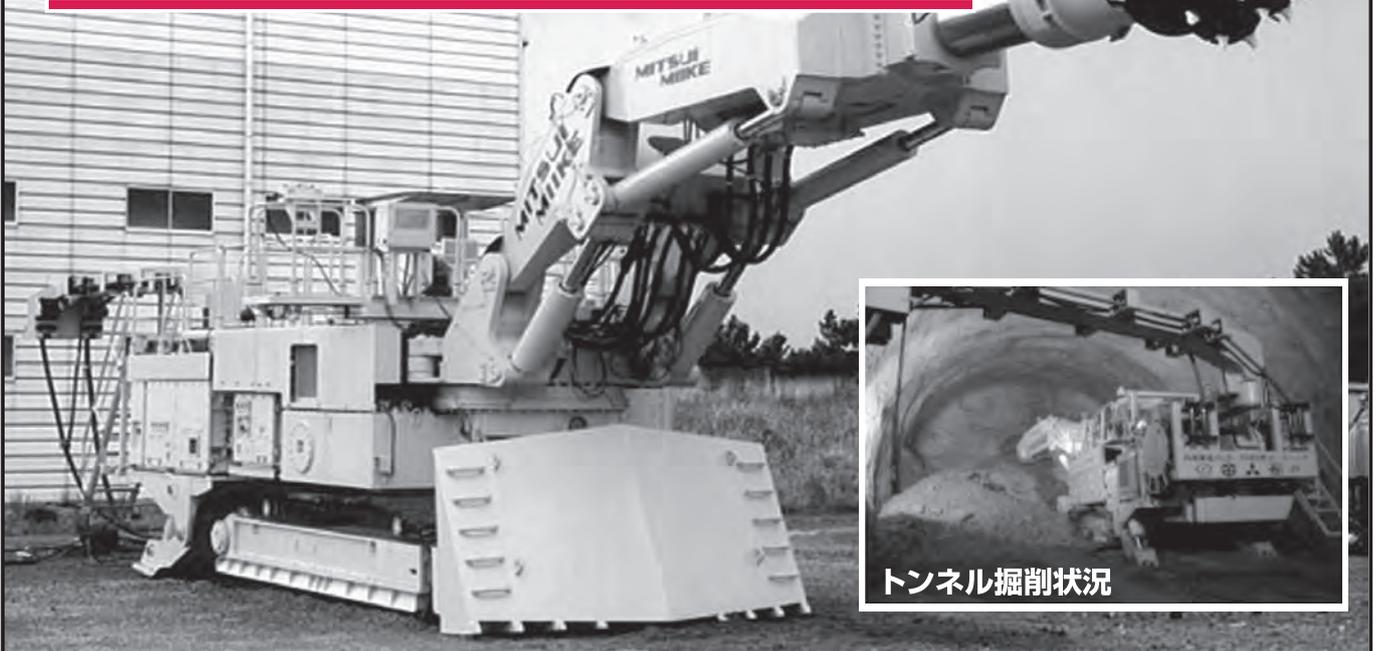
KAYABA SYSTEM MACHINERY CO., LTD

<http://www.kyb-ksm.co.jp>

本社・営業	〒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	TEL. 03-5733-9444
カスタマーサービス相模事業所	〒252-0328	神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号	TEL. 042-767-2586
大阪支店	〒564-0063	大阪府吹田市江坂町1丁目23番20号 TEK第二ビル	TEL. 06-6387-3371
西部支店	〒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	TEL. 092-411-4998
三重工場	〒514-0396	三重県津市雲出長常町1129番地11	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 掻寄・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

 **VÖGELE**

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

ヴァルトゲン・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



4910034350681
00800

「建設機械施工」

定価 本体八〇〇円 (税別)