

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2020

建設機械施工



Vol.72 No.4 April 2020 (通巻842号)

特集 エネルギー



国内最大規模の陸上風力発電所 風車群

巻頭言 エネルギー大転換がもたらす未曾有の投資機会を活かす

- 技術報文**
- 国内最大級陸上風力発電所の建設
 - AIを活用したエネルギー・マネジメント・サービスへの取り組み
 - 脱炭素社会実現に向けたZEBの取り組み
 - 水素を活用したまちづくり
 - リチウムイオン電池，期待と課題 他

- 行政情報**
- 小水力発電（従属発電）の普及への取組
 - 下水熱利用推進に向けた取組
 - 東日本大震災の教訓に学ぶ

交流の広場 水素社会の実現に向けた取り組み動向

JCMA報告 令和元年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績（その3）

一般社団法人 日本建設機械施工協会

KOBELCO

あなたは二度、新体感する。

Performance X Design

SK75SR

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

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

28%up

26.9%up

15%up

iNDR Integrated
Noise & Dust
Reduction
Cooling System

*SK75SR-3E型機比数値は条件により変動します。

コベルコ建機株式会社 お問い合わせ 03-5789-2111

SK 75SR



令和2年度版 建設機械等損料表

■発売日(予定) : 令和2年5月15日

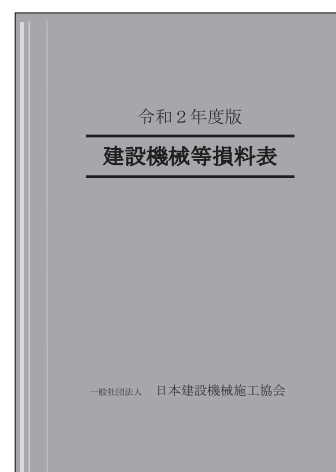
■体裁 : A4判 モノクロ 約480ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般価格 8,000円 会員価格 6,800円

■内容

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



■参考

近日発売予定の「よくわかる建設機械と損料2020」も併せてご活用ください。

(特長)

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会

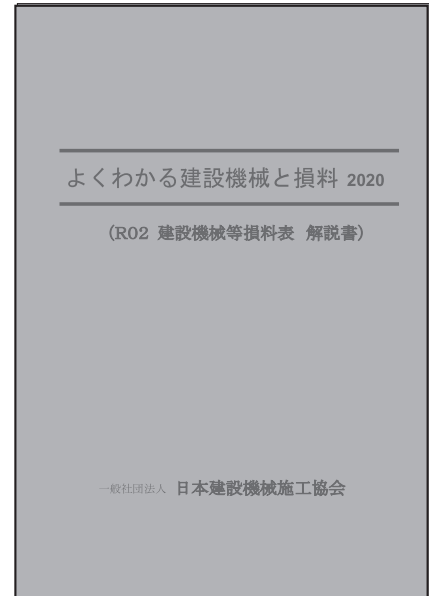
「令和2年度版 建設機械等損料表」の解説書 「よくわかる建設機械と損料 2020」の発売について

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

本書は先に発刊した書籍「令和2年度版 建設機械等損料表」の記載・掲載内容をわかりやすく解説したもので、多くの特長を持っています。

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

なお今回、解説文の文字を大きくしています。



書籍の表紙イメージ

***** 記 *****

■発売予定日：令和2年5月下旬

■体裁：A4判、一部カラー、約330ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般：6,000円 会員：5,100円

■内容・特長

- (1) 損料用語を平易な表現でわかりやすく解説
- (2) 換算値損料や損料補正值の計算例を紹介
- (3) R02損料算定表の主な改正点を表にして紹介
- (4) 19件の関連通達・告示類の位置付けと要旨を解説
- (5) 建設機械器具のコード体系を大分類別に図示
- (6) 損料算定表に掲載の大半の機械器具について、その概要・特徴を写真・図を添えて紹介
- (7) 主要な建設機械については、メーカー・型式名を表にして紹介
- (8) 索引でヒットしない機械について、その要因と対処方法を表にして紹介

***** 以上 *****

■お問い合わせ先

東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館内)

一般社団法人 日本建設機械施工協会 (TEL:03-3433-1501)

2019年版 日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版 発売通知

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

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

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

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

発売時期

令和元年5月 HP：<http://www.jcmanet.or.jp/>

様々な環境で閲覧できます。
タブレット、スマートフォンで外出先でもデータにアクセスできます。

Webサイト 要覧クラブ

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

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。



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

関係部署にも回覧をお願いします

橋梁架設工事及び設計積算業務の必携書

橋梁架設工事の積算

令和元年度版

∞∞∞ 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 31 年 4 月以降の工事費の積算に適用されることに伴い、また近年の橋梁架設工事の状況、実績等を勘案し、当協会では「橋梁架設工事の積算 令和元年度版」を発刊することと致しました。
なお前年度版同様、橋梁の補修・補強工事の積算に際し、その適用範囲や積算手順をわかりやすく解説した「橋梁補修補強工事積算の手引き 令和元年度版」を別冊（セット）で発刊致します。
つきましては、橋梁架設工事の設計積算業務に携わる関係各位に是非ご利用いただきたくご案内申し上げます。 敬具

◆内容

令和元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 橋梁補修編
- 第 5 章 橋梁架設用仮設備機械等損料算定表
- 〈別冊〉 橋梁補修補強工事 積算の手引き
(補修・補強工事積算の適用範囲・手順の解説)

◆改訂内容

国交省基準の改定に伴う歩掛等の改訂のほか、平成 30 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

- ・アルミ検査路設置歩掛の策定
- ・地組溶接架台施工写真の追加
- ・架設用製作部材単価の改訂

2. PC 橋編

- ・地覆高欄作業車の計算例を追加
- ・桁下足場、橋台・橋脚回り足場ブラケット工の設置月数について追記
- ・外ケーブル工の PE 保護管について規格変更

3. 橋梁補修編

- ・工種毎適用足場の考え方についての表を掲載
- ・支承取替工（施工パッケージ以外）の歩掛等改定
- ・落橋防止システム工の掲載構成を変更
- ・外ケーブル工の参考写真を掲載
- ・ブラスト、湿式剥離養生工の歩掛および環境対策費と安全衛生保護具費用の改定

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



● A 4 判／本編約 1,050 頁（カラー写真入り）
別冊約 250 頁 セット

● 定価

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

※ 別冊のみの販売はいたしません。

※ 送料は一般・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に申込みの場合は別途とさせていただきます。

● 発刊 令和元年 5 月 20 日

2019年版 日本建設機械要覧

発売のご案内

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

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



発刊日

平成31年3月

体裁

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

価格（消費税10%含む）

一般価格 53,900円（本体49,000円）

会員価格 45,100円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（複数冊の場合別途）

特典

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

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

2019年版 内容

- ・ブルドーザおよびスクレーパ
- ・掘削機械
- ・積込機械
- ・運搬機械
- ・クレーン、インクラインおよびウインチ
- ・基礎工事機械
- ・せん孔機械およびブレーカ
- ・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・災害対策用機械および除雪機械
- ・作業船
- ・ICT建機、ICT機器（新規）
- ・高所作業車、エレベータ、リフトアップ工法、横引き工法および新建築生産システム
- ・空気圧縮機、送風機およびポンプ
- ・原動機および発電・変電設備等
- ・建設ロボット
- ・WJ工法、CSG工法、タイヤ、ワイヤロープ、燃料油、潤滑剤および作動油、検査機器等

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(不課税)

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

★個人会員の特典

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

この機会に是非ご入会下さい!!

◆一般社団法人 日本建設機械施工協会について

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

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

■会員構成

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

■主な事業活動

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

■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙をお使いください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会 個人会員に入会します。

令和 年 月 日

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

【会費について】年間 9,000円(不課税)

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

【その他ご入会に際しての留意事項】

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

【個人情報の取扱について】

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

一般社団法人日本建設機械施工協会 発行図書一覧表（令和2年4月現在） 消費税10%

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	R元年 9月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和元年度版	6,600	5,610	700
2	R元年 6月	日本建設機械要覧 2019年電子書籍（PDF）版	66,000	55,000	-
3	R元年 6月	建設機械スペック一覧表 2019年電子書籍（PDF）版	60,500	49,500	-
4	R元年 5月	橋梁架設工事の積算 令和元年度版	11,000	9,350	900
5	R元年 5月	令和元年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
6	H31年 3月	日本建設機械要覧 2019年版	53,900	45,100	900
7	H30年 8月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	700
8	H30年 5月	よくわかる建設機械と損料 2018	6,600	5,610	700
9	H30年 5月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成30年度版	6,600	5,610	700
10	H30年 5月	橋梁架設工事の積算 平成30年度版	11,000	9,350	900
11	H30年 5月	平成30年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
12	H29年 4月	ICTを活用した建設技術（情報化施工）	1,320	1,100	700
13	H28年 9月	道路除雪オペレータの手引	3,850	3,080	700
14	H26年 3月	情報化施工デジタルガイドブック【DVD版】	2,200	1,980	700
15	H25年 6月	機械除草安全作業の手引き	990	880	250
16	H23年 4月	建設機械施工ハンドブック（改訂4版）	6,600	5,604	700
17	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300		700
18	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,300		250
19	H22年 7月	情報化施工の実務	2,200	1,885	700
20	H21年 11月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,200	700
21	H20年 6月	写真でたどる建設機械 200年	3,080	2,608	700
22	H19年 12月	除雪機械技術ハンドブック	3,143		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	3,520	2,933	700
24	H17年 9月	建設機械ポケットブック（除雪機械編）	1,048		250
25	H16年 12月	2005「除雪・防雪ハンドブック」（除雪編）*	5,238		250
26	H15年 7月	道路管理施設等設計指針（案）道路管理施設等設計要領（案）*	3,520		250
27	H15年 7月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,650	1,540	700
28	H15年 6月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル（案）	1,980		700
29	H15年 6月	機械設備点検整備共通仕様書（案）・機械設備点検整備特記仕様書作成要領（案）	1,980		700
30	H15年 6月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550		250
31	H13年 2月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック（第3版）	6,600	6,160	700
32	H12年 3月	移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル（第2版）	2,724	2,410	700
33	H11年 10月	機械工事施工ハンドブック 平成11年度版	8,360		700
34	H11年 5月	建設機械化の50年	4,400		700
35	H11年 4月	建設機械図鑑	2,750		700
36	H10年 3月	大型建設機械の分解輸送マニュアル*	3,960	3,520	250
37	H9年 5月	建設機械用語集	2,200	1,980	700
38	H6年 8月	ジオスペースの開発と建設機械	8,382	7,857	700
39	H6年 4月	建設作業振動対策マニュアル	6,286	5,657	700
40	H3年 4月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,266	9,742	700
41	S63年 3月	新編 防雪工学ハンドブック【POD版】	11,000	9,900	700
42	S60年 1月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック*	6,600		250
43		建設機械履歴簿	419		250
44	毎月 25日	建設機械施工	880	792	700
			定期購読料 年12冊 9,408円(税・送料込)		

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

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

特 集

エネルギー

巻頭言

- 4 エネルギー大転換がもたらす未曾有の投資機会を活かす
～日本の新たな産業発展に向けて～

諸富 徹 京都大学大学院 地球環境学堂 教授

行政情報

- 5 小水力発電（従属発電）の普及への取組

白土 晶通 国土交通省 水管理・国土保全局 水政課水利調整室 水利企画係長

- 11 下水熱利用推進に向けた取組

都市に眠るエネルギー鉱脈

岡内 啓悟 国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部 下水道企画課 資源利用係長

- 16 東日本大震災の教訓に学ぶ

防災意識社会への転換に向けて

西尾 崇 国土交通省 東北地方整備局 企画部長、震災伝承ネットワーク協議会 副会長

松本 章 国土交通省 東北地方整備局 企画部 企画課 建設専門官

特集・
技術報文

- 20 車両通行が可能な太陽光発電舗装の実証実験と次世代モビリティとの繋がり

吉中 保 ㈱NIPPO 総合技術部 技術研究所 研究第一課長 博士（工学）

鍛冶 哲理 ㈱NIPPO 総合技術部 技術研究所 研究第一グループ 副主任研究員

- 26 国内最大級陸上風力発電所の建設

3.2 MW 級風車 38 基の建設と特別高圧配電設備一括工事

佐藤 知則 鹿島建設㈱ ウィンドファームつがる建設工事事務所 副所長

神田 真一 鹿島建設㈱ ウィンドファームつがる建設工事事務所 次長

谷 彰太 鹿島建設㈱ 東北支店 土木部機電 Gr

- 33 超大型洋上風車の建設に対応できる自航式 SEP 船

堀 哲郎 清水建設㈱ エンジニアリング事業本部 上席マネージャー

白枝 哲次 清水建設㈱ エンジニアリング事業本部 新エネルギーエンジニアリング事業部 事業部長

矢野 佑樹 清水建設㈱ エンジニアリング事業本部 新エネルギーエンジニアリング事業部 計画・設計部
洋上風力・海洋資源グループ

- 40 下水を対象とした微生物燃料電池の性能と評価

麦田 藍 日本工営㈱ 大阪支店 流域水管理部 技師

飯田 和輝 日本工営㈱ 流域水管理事業部 水工インフラマネジメント部 部長代理

吉田奈央子 名古屋工業大学大学院 社会学専攻環境都市分野 准教授

- 46 超高層ビル建築工事で工事用電力を 100%再エネに

五十嵐保裕 戸田建設㈱ 価値創造推進室 イノベーション推進センター 環境ソリューションユニット 主任

- 53 AI を活用したエネルギー・マネジメント・サービスへの取組み

井町 勝利 ㈱きんでん 技術企画室 東京技術企画部 事業開発チーム 副部長

- 59 脱炭素社会実現に向けた ZEB の取り組み

松本 久美 大成建設㈱ エネルギー本部 ZEB・スマートコミュニティ部 ZEB 推進室 課長代理

- 65 水素を活用したまちづくり

脱炭素モデルタウンの実現に向けて

中村 慎 ㈱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長

	69	リチウムイオン電池, 期待と課題 村上 誠 NPO 法人 新エネ研究会東日本 理事長 野澤 俊夫 NPO 法人 新エネ研究会東日本, (株)TCN コンサルタント 代表取締役社長
	73	建設機械の電動化小史 岡本 直樹 建設機械史研究者
交流のひろば	80	水素社会の実現に向けた取り組み動向 山口 智也 (株)東レ経営研究所 産業経済調査部 研究員
	84	産学官民の連携による震災の教訓の伝承 動き出した「3.11 伝承ロード推進機構」 原田 吉信 (一財) 3.11 伝承ロード推進機構 事務局長
ずいそう	87	70 歳過ぎでの博士号取得 大川 聡 建設機械要覧編集委員, 慶応義塾大学大学院研究員, (元) コマツ
	88	3 人でつなぐトライアスロン 佐々木 均 コベルコ建機株
	89	海外勤務とゴルフ 木全 俊雄 鹿島建設株 中部支店 土木部
JCMA 報告	92	令和元年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 3)
部会報告	98	ISO/TC 国際作業グループ会議報告 標準部会
	115	新機種紹介 機関誌編集委員会
統計	118	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
	119	行事一覧 (2020 年 2 月)
	122	編集後記 (穴井・上田)

◇表紙写真説明◇

国内最大規模の陸上風力発電所 風車群

写真提供：鹿島建設株

青森県つがる市において国内最大規模（風車出力 3.2 MW × 38 基 = 121.6 MW，風車ハブ高さ 98.3 m）となる陸上風力発電所工事の建設工事フロー，輸送車両の特徴，クレーン計画等について紹介する。写真は，送電電圧 33 kV 部 38 km + 送電電圧 154 kV 部 34 km に及ぶ広大なエリアのうち，完成した風車が一望できる航空写真である。

2020 年(令和 2 年)4 月号 PR 目次
【ア】
朝日音響株…………… 後付 1
【カ】
コスモ石油ルブリカンツ株… 後付 3

コベルコ建機株…………… 表紙 2
【サ】
サイテックジャパン株…………… 表紙 4
【タ】
デンヨー株…………… 後付 6

大和機工株…………… 表紙 3
【マ】
マルマテクニカ株…………… 後付 5
三笠産業株…………… 後付 4

(株)三井三池製作所…………… 表紙 3
【ヤ】
吉永機械株…………… 後付 2

巻頭言

エネルギー大転換がもたらす未曾有の投資機会を活かす ～日本の新たな産業発展に向けて～

諸 富 徹



エネルギーの世界に構造転換が起きている。いうまでもなく再生可能エネルギー（「再エネ」）の台頭である。世界の発電電力量に関する英国大手エネルギー企業 BP のデータによれば、過去 10 年間で、再エネが急伸している。原子力、石油による発電量が横ばいか、減少傾向であるのに対し、再エネは 2017 年に天然ガス発電を抜き、石炭に次ぐ 2 位に躍り出た。2018 年の世界発電電力量は、石炭が 10,101 tW/h、再エネが 6,673 tW/h、天然ガスが 6,183 tW/h、原子力が 2,701 tW/h、石油が 803 kW/h であった。

こうした変化の背景にはもちろん、温暖化対策を理由とした政府支援があるが、拡大普及期に入った再エネの劇的なコスト低下も、こうした再エネ急伸に拍車をかけている。「国際再生可能エネルギー機関 (IRENA)」が発表した最新の 2019 年レポートによれば、太陽光発電の発電コストは、0.371 米ドル (2010 年) から 0.095 米ドル (2018 年) へと、わずか 8 年で約 1/4 の水準にまで下落した。風力についても陸上、洋上とも顕著なコスト下落が観察されている。

この結果、再エネの発電コストは化石燃料の発電コストと等しいか、すでにそれを下回り始めている。今後この傾向は続くと思われており、再エネのコスト優位性はますます強まるだろう。やがて再エネは、政府支援がなくともコスト優位性を理由に増えていく「自立期」へと移行する。

日本でも、福島第一原発事故を受けて 2012 年 7 月に導入された再エネ固定価格買取制度 (FIT) が強力に効いて、制度導入の翌 2013 年度には、再エネ設備容量が前年度比で一挙に 32% も増加した。日本の発電電力量に占める再エネ比率は、10.1% (2012 年) から 17.5% (2018 年) に上昇するなど、成果を上げている。この伸びの大半は、太陽光発電によるものである。バイオマスも伸びているものの、陸上風力、地熱、小水力は、期待された伸びを見せていない。今後本格展開される洋上風力は、こうした停滞を打ち破ってくれるものと期待したい。

2050 年に向けての「脱炭素社会」を展望すると、再エネへのニーズは高まりこそすれ、弱まることはない。

OECD, IEA (国際エネルギー機関), および IRENA の 2017 年共同報告書によれば、パリ協定の合意内容に沿って、産業革命以来の全球気温上昇を 66% の確率で 2°C 未満に抑えるには、石炭火力は 2040 年までにほぼ全廃、天然ガスは移行期に一時的に増えるものの、2050 年に向けて減少していく必要がある。結果、2050 年までに 95% の発電は非化石電源によるものに移行する。対照的に、再エネの電力発電総量に占める比率は、同年に 70% へと飛躍的に上昇、その半分は太陽光と風力によって占められると予測されている。

このようなエネルギー大転換は、常識的には経済に大打撃を与えそうである。ところが驚くべきことに、それは経済に好影響をもたらすのだ。IEA 経済・エネルギー統合モデルによるシミュレーションからは、現行政策のまま推移する場合に比べ、エネルギー大転換シナリオは経済成長率をむしろ引き上げ、雇用も増加させるとの結果が導かれている。

エネルギー大転換にはもちろん、エネルギー産業の構造転換がともなう。旧来の電力産業の縮小による移行期の社会経済コストは発生するが、再エネ及びその関連産業の拡大にともなって必要となる投資規模と、それがもたらす波及効果は大きく、コストを上回る成長・雇用効果が生み出されるため、総体として経済に好影響をもたらすのだ。

日本には固有の課題があるものの、メガトレンドとしてエネルギー大転換の趨勢は不可避である。再エネを「エネルギーコストの上昇」と捉える時代は終焉を迎えた。これから本格化する洋上風力、そして再エネの大量導入を可能にする電力インフラの構築、そして再エネ大量導入時代の電力需給をバランスさせる制御手法の開発など、時代のニーズに応えるためになすべき仕事は多い。つまり、未曾有の投資機会とともなうビジネスチャンスが我々の眼前に現れているのだ。日本の優れた産業の力をここに注ぎ、新しい産業発展を目指すべきではないだろうか。関係者の奮起に期待する次第である。

行政情報

小水力発電（従属発電）の普及への取組

白土 晶通

第183回国会において、平成25年6月に「水防法及び河川法の一部を改正する法律」が成立し公布された。同年12月に全部施行され、再生可能エネルギーの普及促進を図るため、既に許可を得ている農業用水などの水を利用して行う発電（従属発電という。）に関する登録制度を創設した。これまでは河川法第23条に基づく許可が必要であったが、改正によって、許可に代えて、手続をより簡素化・円滑化等できる「登録」により水利権が取得できるようになった。

キーワード：河川法，小水力発電，従属発電，水利権，登録制

1. はじめに

日本では、四季の恵みがもたらす雪どけ水や梅雨などから得られる豊富な河川水を利用して、古くから山間部等で水力発電が盛んに行われてきた。最近ではエネルギー自給率の向上や地球温暖化対策への関心の高まりから、温室効果ガスを排出しないクリーンな再生可能エネルギーの導入促進が図られている。特に小水力発電はクリーンかつ再生可能なエネルギーであり、大規模な投資が不要であるため、今後更なる普及が期待されているところである。

また、新技術の開発により、平地部の水路等、既存の水路工作物を利用した小水力発電が多く計画されるようになった。

2. 河川の水の利用

河川を流れる水は公共のものであり、利用に当たっては、農業用水、水道用水、工業用水、水力発電などの目的ごとに河川管理者（国又は都道府県）の許可が必要になる（図-1）。

こうした目的に応じて河川の流水を利用することを「水利使用」と呼ぶ。水力発電は河川から取水し、利用後は全水量が河川に戻ることが一般的であるが、このように流水を消費しない場合においても河川の流水を利用する際には、河川管理者の許可が必要となる。

また、農業用水や水道用水など、既に許可を得ている流水を利用して従属発電を行う場合であっても、目的が異なるため河川管理者の許可が必要である（図-2）。

<p>○水利権</p> <p>【河川法】第23条(流水の占有の許可)</p> <p>河川の流水を占有しようとする者は、国土交通省令で定めるところにより、河川管理者の許可を受けなければならない。</p> <p>【定義】</p> <p>流水の占有とは、ある特定目的のために、その目的を達成するのに必要な限度において、公共用物たる河川の流水を排他的・継続的に使用すること。</p> <p>○水利権の内容</p> <p>①目的・・・発電(水力)、かんがい、水道、工業用水、鉱業用水、養魚、し尿処理など</p> <p>②占有の場所・・・取水口の位置、湛水区域(貯留)など</p> <p>③占有の方法・・・自然流入による取水、堰上げ取水、ダム貯留水の取水、ポンプ取水など</p> <p>④占有の量・・・最大取水量、年間総取水量、期別最大取水量など</p> <p>⑤水力発電における落差・・・理論水力(=使用水量(m³/s)×有効落差(m)×9.8)</p> <p>⑥流水の貯留における貯留量・・・貯水池の水位(常時満水位、最低水位)</p> <p>⑦許可期間・・・発電(概ね20年)、その他(概ね10年)</p>

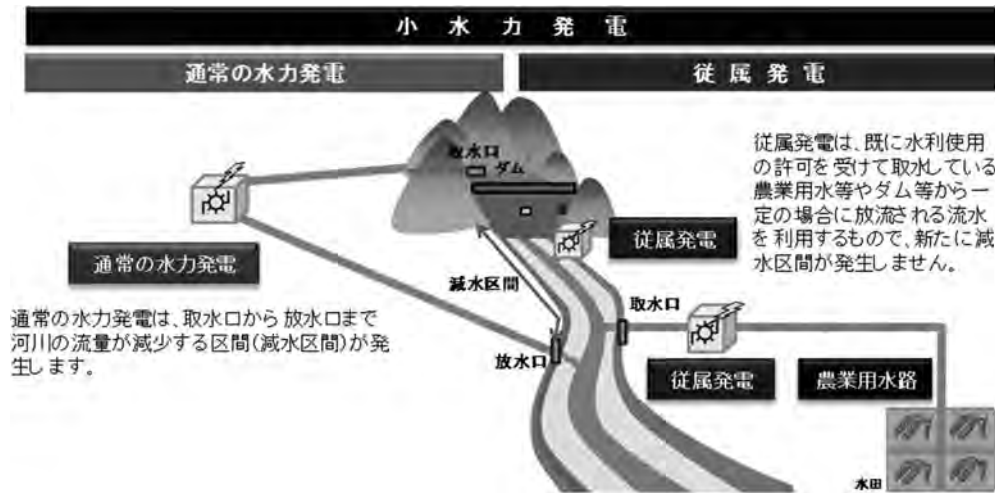


図-2

3. 水利権の内容の制約

(1) 水利権の性格に由来する内在的制約

水利権は、河川の流水を直接支配する権利であって、河川管理者に対する債権ではないため、異常渇水のために、取水が不能になっても、その権利の内容の実現を河川管理者に要求することはできない。

また、河川管理者が行う河川工事は、水利権者を含めた公共の利益のために実施されるので、河川工事の実施によって生じる流水の汚濁による流水の占用への支障も、河川工事によって通常生ずる程度の支障である場合は、これを受忍すべきものとされている。

(2) 水利権の許可の条件による制約

水利権の許可に当たって、河川管理者によって附される条件は、水利権の内容を制約する。水利使用許可の内容及び条件は、許可に際して附される水利使用規則において明らかにされている。通常、この水利使用規則においては、

- ①水利使用の目的
 - ②取水口等の位置
 - ③取水量等
 - ④取水及び流水貯留の条件（取水制限、貯留制限、豊水条項、優先順位等）
 - ⑤工作物及び土地の占用場所、占用面積
 - ⑥許可期限
 - ⑦工事の条件
 - ⑧取水量の測定義務
 - ⑨排水量及び排水の水質
 - ⑩ポンプ施設の取水能力の変更承認
- などに関する事項が規定される。

なお、許可に当たっての条件は、適正な河川の管理を確保するため必要な最小限度のものに限り、かつ、

水利権者に対し不当な義務を課すこととなるものであってはならないとされている。

4. 河川法改正

(1) 概要

こうした河川の流水の利用に当たっては、これまですべて許可となっていたが、河川法が改正され、農業用水や水道用水など、既に許可を得ている流水を利用して行う従属発電を行う場合は、許可ではなく、登録で足りることとなった。さらに、ダムや堰（以下「ダム等」という。）から放流される維持流量等を利用して新たに減水区間を生じさせることなく発電を行う場合についても、河川環境等に新たに影響を与えないことから、登録で足りることとなった（図-3）。これを「水利使用の登録」と呼ぶ。一方新たに河川から取水して発電を行う場合などは従前どおり許可が必要であり、これを「水利使用の許可」と呼ぶ。

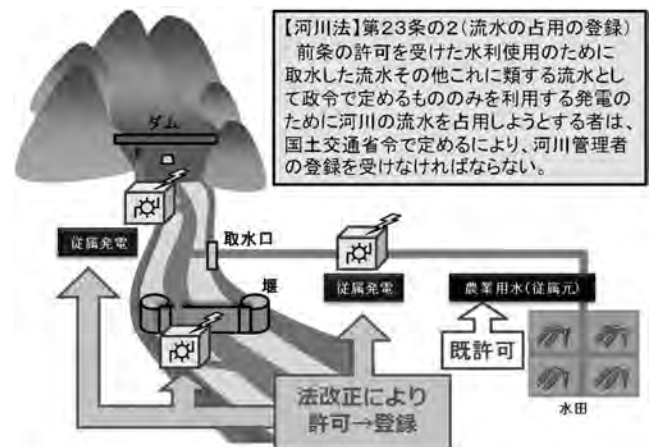


図-3

(2) 登録の特徴・メリット

登録では、可能な限り監督処分等の事後規制によって河川の適正な管理を確保することとし、許可と比べて審査を簡素化して、拒否要件に該当しなければ登録することとしている。拒否要件としては、河川法の規定に違反して刑に処された者であること、従属元となる既許可水利権者の同意を得ていないことなどである。

また、通常の許可で必要な関係行政機関との協議や関係利水者の同意が不要になった。審査の結果、拒否要件に該当しないことが確認され、水利台帳に登録、すなわち水利台帳の調書に記載されることによって、流水を占有する権利が発生する。

このように手続が簡素化・円滑化されることで、水利権取得までの標準処理期間も従来の5ヶ月から1ヶ月に大きく短縮されるので、小水力発電の更なる拡大が期待される(図-3)。

5. 登録申請の方法

水利使用の登録申請は、既に許可を受けた農業用水等やダム等から許可を受けた水利使用のために放流される流水などを利用する場合には従属元水利使用の許可をした河川管理者が登録を行う。

一方、ダム等から放流される維持流量など河川環境や河川管理のために放流される流水のみを利用する場合には、当該流水が放流される河川を管理する河川管理者が登録を行うこととなる。

なお、従属発電を行うために水利使用の登録以外に土地の占有の許可等が必要な場合には、原則、登録申請と同時に申請することが必要であり、同一の窓口申請を行う。

登録窓口は、河川の種類等によって異なり、一級河川では下流部を国土交通省が管理し、上流部は都道府

県又は政令指定都市が管理していることが一般的である(図-4)。

6. 登録申請に係る河川法手続の流れ

登録までの所要日数は、申請の内容により異なる。

また、小水力発電を行うに当たり、他の法令に基づく許認可等が必要な場合には、河川法に基づく手続と同時に進める必要がある。

関係法令

- (1) 河川法(国土交通省)
- (2) 電気事業法(経済産業省)
- (3) その他法令

自然公園法、自然環境保全法、鳥獣保護及び狩猟に関する法律、文化財保護法、土地収用法、農地法、農業振興地域の整備に関する法律、土地改良法、森林法、国有林野法、水産資源保護法、国土利用計画法、国有財産法、砂防法、地すべり防止法などがある。

なお、手続が必要かどうかについては関係機関への確認が必要である。

一級河川の国土交通省管理区間の場合の流れ図(図-5)。

7. 登録後の留意点

- (1) 水利使用規則に定められた条件を遵守しなければならない

水利使用の登録時には、登録書及び登録内容、登録条件、取水条件などを示した「水利使用規則」が発行される。水利使用を行う上で必要な手続等は全てここに書かれており、水利使用者は、これを遵守しなければならない。万一違反した場合、登録の取消、効力の停止又は工作物の除去等の監督処分の対象となることもある。

河川の種類	登録申請の窓口
一級河川	国土交通省の河川事務所(地域により、河川国道事務所、ダム管理所など名称は異なる。)又は、都道府県・政令指定都市の土木事務所(地域により県土整備事務所など名称は異なる。)
二級河川	都道府県・政令指定都市の土木事務所(地域により県土整備事務所など名称は異なる。)
準用河川	市町村役場
普通河川	河川法の適用外だが、都道府県、政令指定都市又は市町村が管理条例などを定めている場合があるので、手続の方法はその普通河川の管理者に問い合わせる

図-4

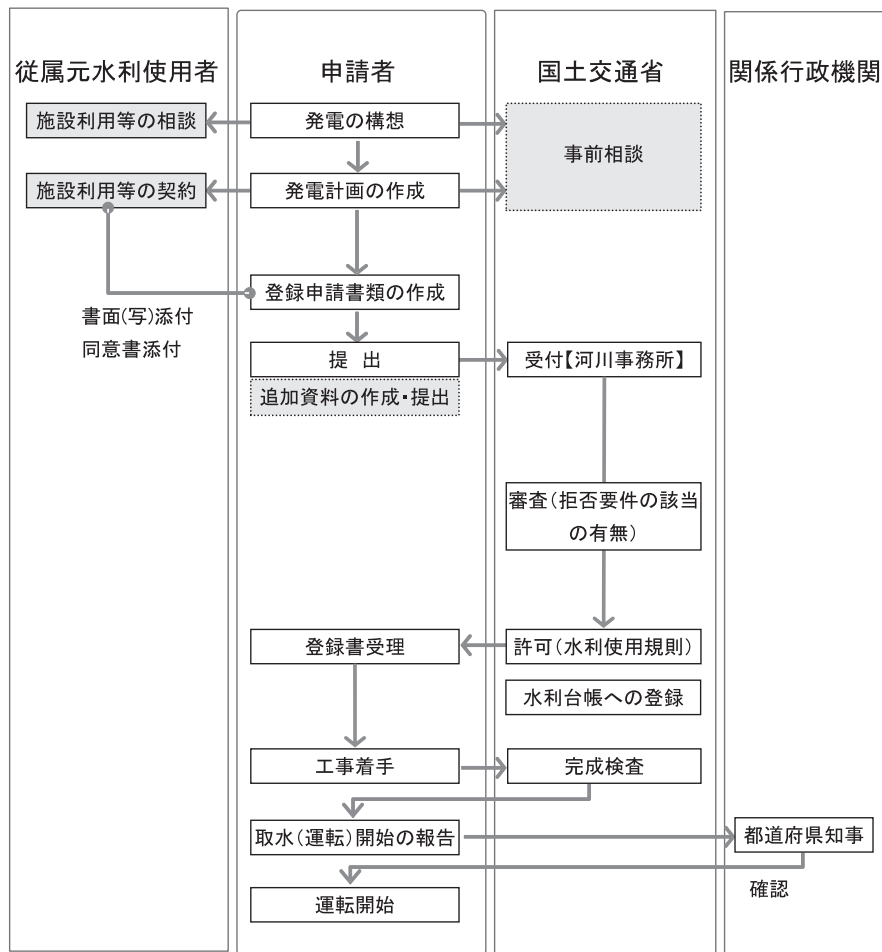


図-5

(2) 従属発電は、取水量の操作はできない

他の水利使用に従属することを前提に登録された水利使用においては、水利使用規則に従属発電である旨が明記される。発電のために河川からの取水量を操作することは認められない。

また、従属元である他の水利使用が変更等により、その取水量が減る場合には、従属発電で使用できる水量も減ることとなる。

(3) 使用水量、理論水力（最大・常時）も従属元の水利使用に従属する

最大使用水量は、発電のための水利使用において最も重要な許可の内容の一つであり、水利使用規則（登録書）に規定された水量を超えた取水は認められていない。

また、最大及び常時使用水量から求めた理論水力は、流水占用料等の額の算定要素とされている。

小水力発電は、発電所地点での水車発電機の据付高さ等を調整することで、より効率的な発電を行うことが可能になる場合もある。これらの行為を行うと、登録量の超過や理論水力の増加に伴い流水占用料の納付

不足につながることも考えられるので、事前に登録申請窓口で報告し、手続の必要性の有無を確認いただきたい。

(4) 従属元の取水量が変更された場合は登録の変更申請が必要

従属元の取水量が変更された場合は、従属発電の登録の内容に変更が生じるため、遅滞なく登録の変更申請が必要となる。

なお、従属元の許可期限のみが変更された場合は、登録の変更申請をすることにより、従属元の新たな許可期限に登録の存続期限を合わせることができる。

(5) 取水量報告は必要（実測以外の簡便な方法でも可能）

発電に使用した水量は、毎日測定し、年ごとにその結果を取りまとめて、河川管理者へ報告する必要がある（水利使用規則の条件により、毎月報告を求めるものもある）。

従属発電の場合には、発電出力からの換算による方法、あるいは従属元水利使用の取水量と発電使用水量

が完全に同量であれば、同量である旨を報告することを以て取水量報告に代えるなどの簡便な方法での報告が可能になることもある。

(6) 工事後は検査を受けなければならない

工事の完成時に、河川管理者が行う検査に合格した後でなければ、発電の運転（本格的な稼働）を行うことはできない。

なお、維持補修工事や、水車発電機の点検修理等に伴う作業は、河川区域内であれば手続が必要となるが、作業箇所が河川区域外や河川保全区域外であれば、基本的に手続は必要ない。

(7) 流水占用料の納付義務の発生とその始期

発電のための水利使用を開始する際には、あらかじめ発電所の取水口所在地の都道府県知事にその旨を届け出る必要がある。その届出をもって、河川法に基づく流水占用料の納付義務が発生し徴収が開始される。流水占用料の額は、知事が決定し、水利使用者へ通知される。

(8) 存続期間の考え方

従属発電の存続期間は、原則、従属元水利使用の許可期間と合わせる事となる。

また、慣行水利権に従属する発電の場合の存続期間は、慣行水利権の取水量の計測期間に応じた期間となる。ただし、従属元水利使用の同意の期間が許可期間より短い場合は、当該同意の期間となる。その場合には、一般の水力発電（20年期限のもの）に課している10年目の報告は必要ない。

また、ダム等から放流される維持流量等河川環境や

河川管理を目的とした放流水のみを利用した発電の存続期間については、最長20年間となる。

8. 登録制による従属発電の推進

近年、従属発電の件数は増加傾向にあり、登録制導入前の平成20～24年度の年平均許可（登録）件数は10件であったが、登録制導入後の平成25～29年度は26件となっている。平成25年12月の登録制導入により、従属発電の登録件数は急速に増えてきており、従属発電の導入の促進に寄与していることが分かる（図—6）。

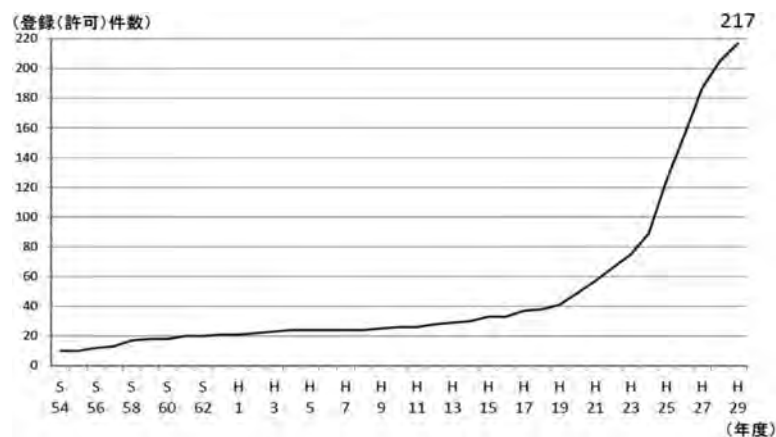
9. 小水力発電のプロジェクト形成の支援

小水力発電事業者が円滑に河川法の申請手続を行えるよう、地方整備局等及び河川事務所に設置した窓口を通じて、小水力発電のプロジェクト形成を積極的に支援している（図—7）。

具体的には、河川法に係る申請手続の相談、流量等データ提供、設置事例の提供などを行うことで、小水力発電の普及促進に寄与している。

また、小水力発電を検討している事業者等向けに、登録制及び取得に当たってのポイントの説明、設置事例の紹介、河川管理者の相談窓口などを記載したガイドブック（「小水力発電設置のための手引き」）を作成し、国土交通省HPで公開している。

なお、窓口相談実績は平成29年度までの累計で270件となっており、そのうち69件は許可または登録に至っている（内訳：許可12件、登録57件）。



図—6

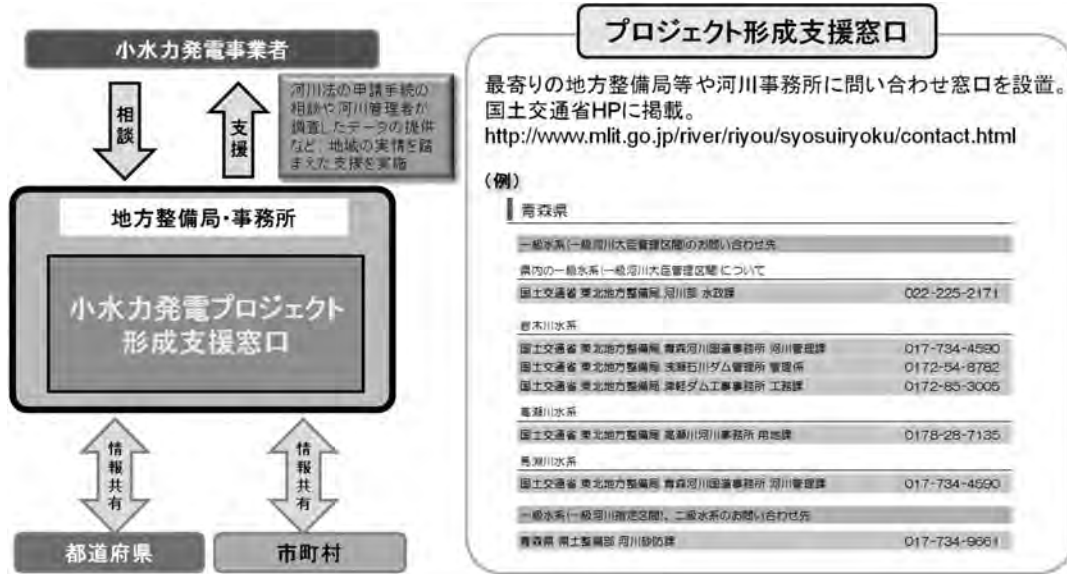


図-7

10. 従属発電の事例

農業用水路に発電施設を設置 (図-8)。

既存の農業用水路の落差を利用

もむら

百村第一・第二発電所 (事業者: 那須野ヶ原土地改良区連合)
 栃木県那須塩原市・関東地方整備局高陸河川国道事務所管内

那須野原開拓建設事業の農業用水路の落差を利用した発電。那須野ヶ原土地改良区連合により運用・管理される。発電電力は一旦電力会社に送電され、同社の送・配電線を利用して各土地改良区へ供給されている。

▲ 発電所設置前の状況

■ 諸元

河川名	那須川水系那須川
有効落差	2.0m
最大使用水量	2.4m ³ /s
最大出力	30kW
(両発電所4機、計120kW)	
水車の種類	立軸力プラン
発電機の種類	誘導発電機
※ 発電機4機の諸元は全て同じ	

▼ 概要図

■ ポイント

- ・ 那須野原開拓建設事業 (国営事業) 農業用水水利権の範囲内で発電を行う従属発電。
- ・ 既存農業用水路の落差があるところに、発電施設を直接取り付けたもの。
- ・ 発電のために新たに河川から取水するものではない。
- ・ 2つの発電所 (うち、第二発電所は発電機を3機設置) について、一本にまとめて申請がなされた。

図-8

11. おわりに

エネルギー基本計画 (平成 30 年 7 月閣議決定) 等により再生可能エネルギーの導入がすすめられており、水力発電はエネルギーミックスの実現のため、安定供給性に優れたエネルギー源として重要な役割を担っている。今後も「登録制」が導入されたことによる審査や手続の簡素化、河川法の申請手続の相談や河川管理者が調査したデータの提供等による小水力発電のプロジェクト形成のための支援、更に、従属発電の実施に必要な河川法の申請手続等を紹介する「小水力発電を行うための水利使用の登録申請ガイドブック」や、小水力発電の具体的な設置事例や登録制の内容など水利使用手続の簡素化・円滑化の内容を紹介する「小水力発電設置のための手引き」も HP で公表していることから、小水力発電の更なる普及が期待される。
 (http://www.mlit.go.jp/river/riyou/syosuiryoku/index.html)

JCMIA

[筆者紹介]
 白土 晶通 (しらと あきみち)
 国土交通省
 水管理・国土保全局
 水政課水利調整室
 水利企画係長



行政情報

下水熱利用推進に向けた取組

都市に眠るエネルギー鉱脈

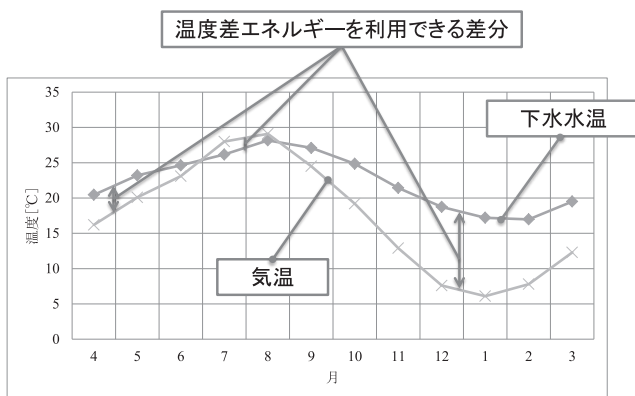
岡内 啓悟

下水熱は約90万世帯の年間冷暖房熱源に相当するポテンシャルを有するとの試算もある再生可能エネルギーであり、下水処理場外における利用も令和元年5月末時点で31箇所実施されている。特に、都市内に張り巡らされている下水管路や都市部の下水道施設から採熱すれば、都市域における熱需要家との需給マッチングの可能性が高く、下水熱の利用可能性が広がる。近年は、技術開発、制度整備、支援制度の充実等により、この利用の機会が増している。本稿では、下水熱利用に関する状況を俯瞰するとともに、国土交通省における推進施策を紹介する。

キーワード：下水熱、未利用熱エネルギー、再生可能エネルギー、省エネ、温室効果ガス排出削減

1. はじめに

下水熱は、下水・処理水が一般に夏は気温より冷たく冬は気温より温かいという特性による再生可能エネルギーであり、この大気との温度差を利用することで、省エネ効果、温室効果ガス削減効果がある（図—1）。さらに、採熱による環境影響が小さいなど、他の再生可能エネルギー（河川水、地下水等）と比べて複数のメリットがあるほか、下水流量の多くなる都市域における熱需要家との需給マッチングの可能性が高いことが知られている。仮に全国の下水処理水量の全量を活用することを想定した場合、約90万世帯の年間冷暖房熱源に相当し、引き続き、都市部に豊富に存在する下水熱のより一層の活用が期待されている。



図—1 下水の水温と気温との比較（イメージ）

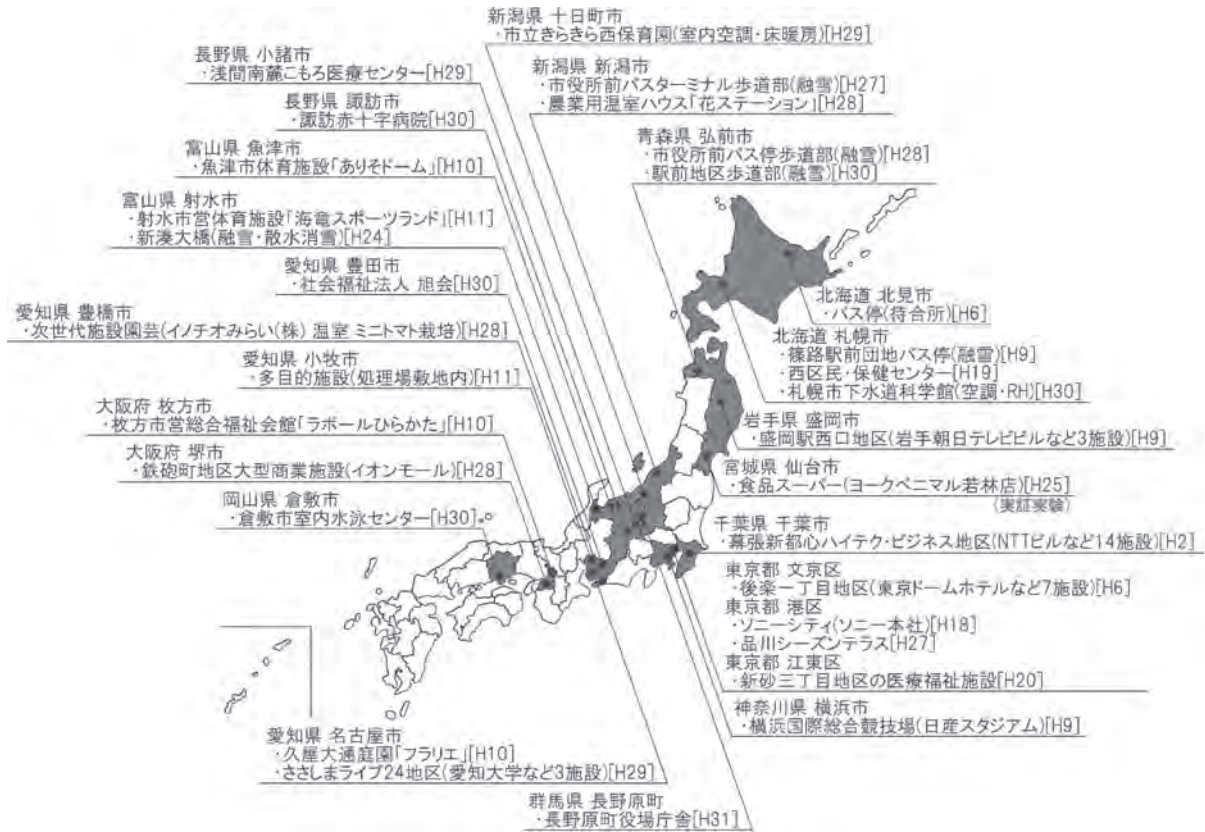
2. 下水熱利用事例について

下水道施設以外での下水熱利用については、令和元年5月末時点で31箇所での利用がなされている（図—2）。

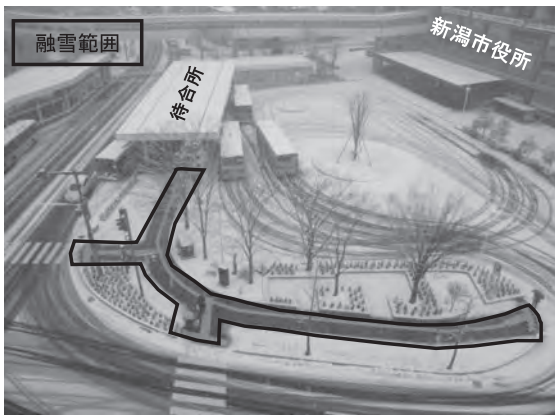
下水熱の利用は、平成2年の幕張新都心をはじめとして、平成20年までは、下水処理場もしくはポンプ場周辺での利用に限定されていた。しかし、近年の技術開発により、下水の排除に支障を及ぼすことなく下水から採熱する技術が実証され、平成25年以降、仙台市・十日町市・新潟市など、下水管内に熱交換器を設置して下水熱を利用する手法が登場した。これにより、下水処理場やポンプ場周辺に限定されていた下水熱活用が、下水管を用いることができることで、面的な広がりを見せる時代に突入したと言える（写真—1）。

また、下水処理場から再生水に含まれる熱を、再生水利用とあわせて供給する事例も近年増加している。平成28年度には堺市鉄砲町地区で、平成29年度には名古屋市ささしまライブ24地区などにおいて、供用開始された。なお、堺市の事例においては、給湯用途で温熱利用し、その後空調用途で冷熱利用する日本初の下水熱“カスケード利用方式”が採用された（図—3）。

さらに、下水熱利用事業への民間事業者の参入を促すため、平成27年5月の下水道法改正において、下水管内に熱供給事業者等が下水熱利用のための熱交換器を設置できるよう規制緩和がなされた。民間事業者



図一 下水処理場外における下水熱利用の事例



写真一 新潟市の事例

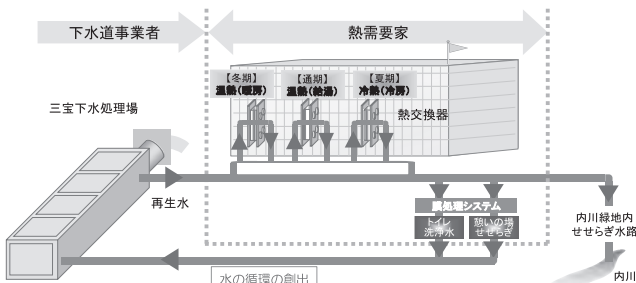
加えて、これまで下水管からの熱利用は、下水管の中に熱交換器を設置するものに限定されていたが、管渠外に未処理下水を取水して採熱する事例が、平成29年度末に岡山県倉敷市で供用開始した(図一4)。

3. 国の取組

(1) 下水管路からの採熱に関する制度整備

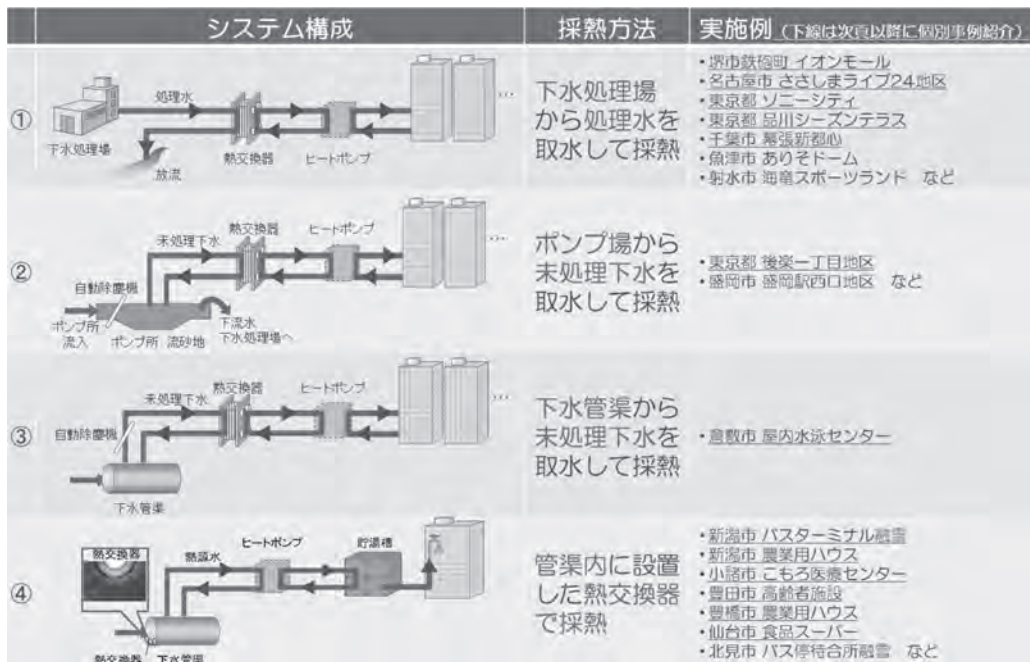
下水道管理者(地方公共団体下水道部局)が下水管路に採熱設備等を設置することについては、施設の管理行為の範囲内であり、維持管理への影響を考慮しなければならないものの、設置の可否は下水道管理者の判断に委ねられている。実際に仙台市では、仙台市と積水化学工業株式会社の共同研究により、下水道管渠熱利用システムの実使用下における評価検討、及び下水熱利用事業の普及促進に向けた課題整理のため、スーパーマーケット内での給湯を対象に、らせん型熱回収更生管による下水熱利用実証事業を実施している。

一方、これまでは民間事業者が下水熱利用のために未処理下水を取水することは想定されておらず、民間事業者による下水熱利用は限定的であったが、平成23年4月、「都市再生特別措置法」の改正により、民間事業者による下水熱利用のための下水の取水に関す

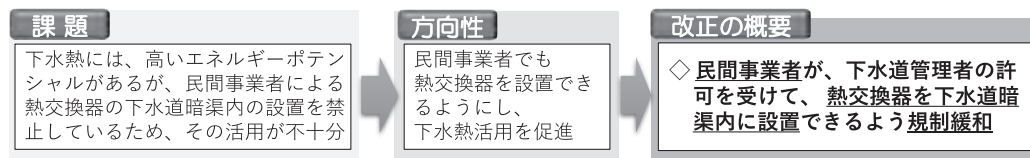


図一 堺市の事例

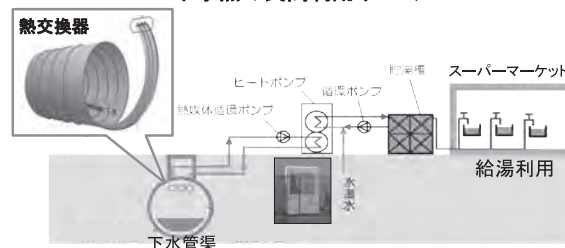
が主体となる下水熱利用の案件として、平成29年12月には長野県小諸市、平成30年4月には長野県諏訪市において、下水熱利用施設が稼働開始した。



図一 4 下水熱利用の類型



下水熱の民間利用イメージ



図一 5 下水道法改正における規制緩和の概要

る特例が創設され、特定都市再生緊急整備地域の11地域で活用が可能となった。さらに、平成24年8月に成立した「都市の低炭素化の促進に関する法律」においても、同様の特例が創設された。本法により、市街化区域等を有する1,190市町村において、低炭素まちづくり計画を策定し、下水熱利用を計画に位置づけた場合に、民間事業者が未処理下水を取水して下水熱を利用することができる。

さらに、平成27年5月の「下水道法」の改正により、民間事業者によるまちづくりと一体となった下水熱利用を促進するために、民間事業者による下水管渠への熱交換器等再生可能エネルギー活用に係る施設の設置を可能とする法改正が実施され、前述のとおり民間事業者による下水熱の有効利用が進んでいるところである(図一5)。

(2) 予算制度に関する支援

国土交通省では、地方公共団体に対する財政措置として社会資本整備総合交付金を交付しており、このうち下水道事業に係る制度として「下水道リノベーション推進総合事業」を令和2年度より創設する。このなかで、下水及び下水処理水の熱等を有効利用し、環境への負荷削減、省エネルギー、新エネルギー対策等を図るため、熱利用に必要な施設のうち、下水又は下水処理水の流れる施設(熱交換施設、送水施設及びポンプ施設に限る。)及びその附帯施設の整備を交付対象とする予定である。

このほか、関係省庁による補助制度とも連携し、下水熱利用事業の導入支援を行っているところである。

(3) 技術開発に関する支援

国土交通省では、平成23年度より下水道革新的技術実証事業(B-DASHプロジェクト)を実施している。本事業では、下水道に係る革新的技術について、国土交通省が主体となって実規模レベルでの技術実証を行い、ガイドラインをとりまとめ、当該技術の全国的な普及を図ることを目的としている。さらに、実証技術を国際的な基準に反映することや、実証プラントをトップセールスの場として活用すること等により、世界の水ビジネス市場における市場拡大に寄与することも期待されている。

平成24年度から開始した事業の一つとして、「管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用に関する実証事業」(大阪市)を採択し、平成26年8月にガイドラインを取りまとめて公表した。本技術は、管路更生用のプロファイル(带状部材)に熱回収管が埋め込まれているため、従来の製管工法と比較して施工コストの大幅な増加はない。これにより、大規模な専用取水設備及び専用熱交換器を用いる従来技術(管路外設置熱回収技術)に比べ建設費を縮減できる。また、平成30年度には「小口径管路からの下水熱を利用した融雪技術の実用化に関する実証事業」(新潟県十日町市)、「ヒートポンプで低LCCと高COPを実現する下水熱融雪システムに関する研究」(新潟市)の2件を採択し、低コストで融雪を行う技術開発や低LCCかつ高COPでの融雪が行える技術開発の実証実験を実施中である。

(4) 下水熱利用推進協議会

国土交通省では、平成24年8月に「下水熱利用推進協議会」を設置した。本協議会は、下水熱利用システムの事業採算性の向上等に向けた情報・意見交換、各種課題の整理等を行うことにより、下水熱利用推進

に向けて取組むべき施策の方向性についてのコンセンサスを形成するとともに、下水熱利用に向けた機運の醸成を図ることを目的としている。協議会には、有識者、地方公共団体、下水道関係団体、熱利用関係団体、関係省庁等の各ステークホルダーに参画頂いており、産学官が連携して下水熱利用を推進する体制を構築した。

(5) 下水熱ポテンシャルマップ

下水熱利用の普及に当たって、そのポテンシャルと、これを活用する民間の都市開発事業とのマッチングが課題である。このため、下水道管理者が提供する都市内に存在する未利用熱賦存量、存在位置等の熱ポテンシャル情報と下水熱に適応する可能性の高い民間の都市開発動向をマッチングさせ、都市開発構想段階において、下水熱活用の検討を活性化させることが有効である。しかしながら、現在、下水熱等の未利用熱ポテンシャルに関する情報は整備されておらず、下水熱等未利用熱の利用を検討するに当たっては、民間事業者が個別の事業ごとに一つ一つ調査しなければならない状況である。そのため、国土交通省では環境省と連携して、平成25・26年度で「下水熱等未利用熱ポテンシャルマップ策定事業」を実施し、下水熱等未利用熱の利用を促進するための情報基盤の構築を図っている。

下水熱ポテンシャルマップは、事業化・普及に至るプロセスに応じ2種類を検討している。事業者とのキッカケづくりから設備の種類等の選定を行う「構想段階」においては、既存のデータから簡易に作成できる「広域マップ」を使用する。採算性や環境性を定量化(FS調査)し、構想段階で決めた内容の実現に向けての検討から具体的なシステム諸元の検討を行う「事業化段階」においては、具体のプロジェクトにお

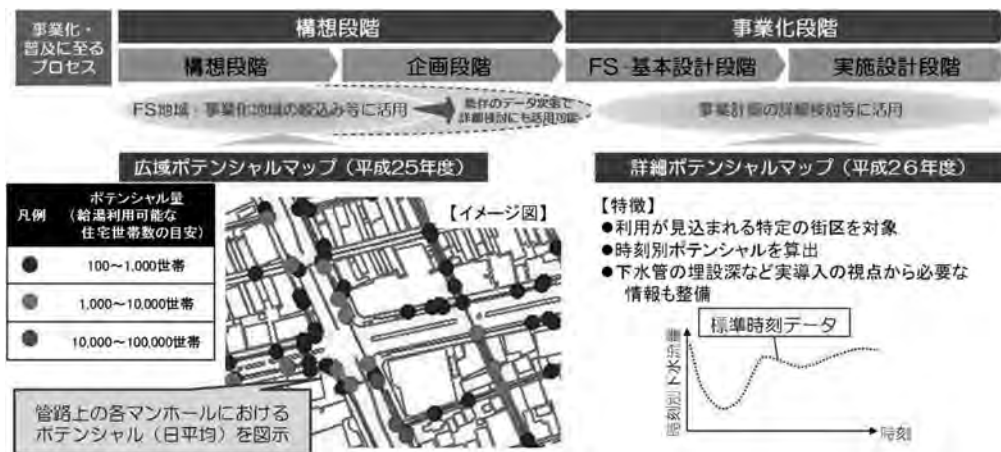
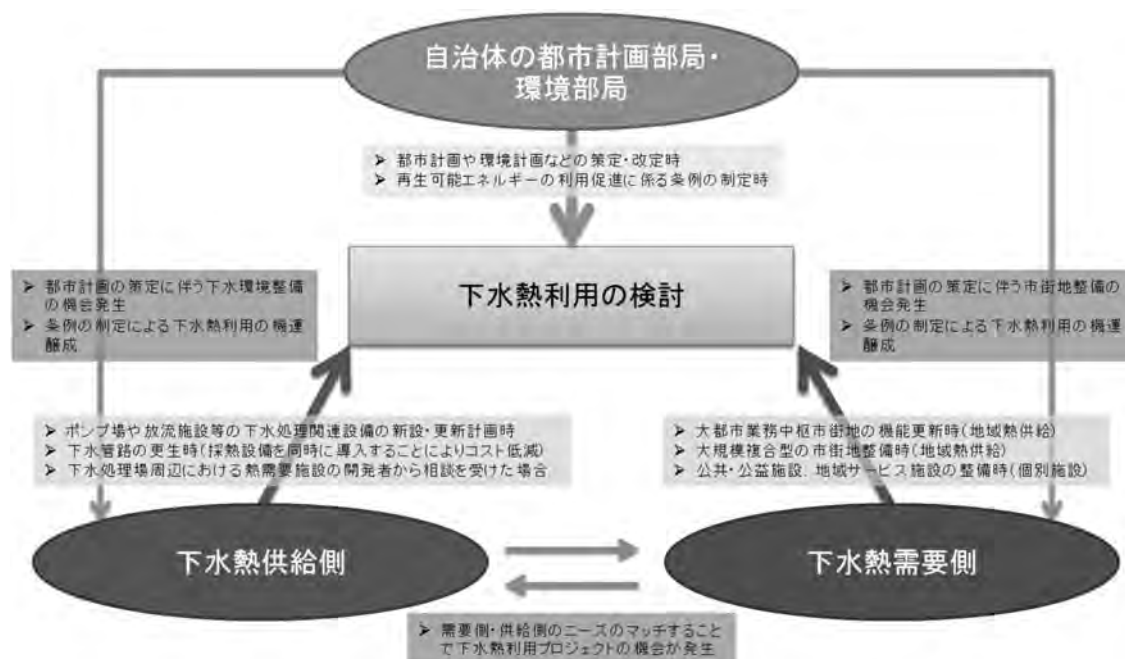


図-6 下水熱ポテンシャルマップの種類



図一七 下水熱利用の契機と各主体の連携の重要性

ける採算性・環境性の定量的な検討や実施設計を行うために必要な情報を提示し、事業者のコストを削減する「詳細マップ」を使用する(図一六)。

「広域マップ」「詳細マップ」の作成手法については、それぞれ「下水熱ポテンシャルマップ(広域ポテンシャルマップ)作成の手引き」「下水熱ポテンシャルマップ(詳細ポテンシャルマップ)作成の手引き」として取りまとめ、国土交通省のホームページにおいて公開している。

4. おわりに

下水熱利用事業は、近年の技術の進歩に伴って、様々な事業の可能性への期待がより一層寄せられている。下水熱利用の事業化に向けては、地方公共団体の下水道部局のみならず、開発事業を所管する都市整備部

局、都市計画部局や、地球温暖化対策を所管する環境部局との連携が重要となる。これらの部局と協力し、適切なタイミングで民間事業者へ情報提供し、これを接点として、開発計画の初期段階より密接な連携を実現することで、円滑な事業化が期待される(図一七)。

国土交通省としても、関係者の理解と協力を得つつ、引き続き、下水熱利用推進の環境整備に取り組んでいきたい。

JICMA

【筆者紹介】
 岡内 啓悟 (おかうち けいご)
 国土交通省
 水管理・国土保全局 下水道部 下水道企画課
 資源利用係長



行政情報

東日本大震災の教訓に学ぶ

防災意識社会への転換に向けて

西尾 崇・松本 章

発災から9年が経過した東日本大震災の被災地では、震災の実情や教訓を次世代に語り継ぐ「震災伝承」の取り組みが各地で進められている。国と4県1市（青森県、岩手県、宮城県、福島県、仙台市）では、震災伝承ネットワーク協議会を立ち上げ、この取り組みをネットワーク化し目的に応じて教訓を巡り学べる仕組みをつくり始めている。災害への備えを実体験として学べる機会を提供することで、各地の防災力向上につながる事が期待される。近年、自然災害が頻発化、激甚化する中、国民一人一人が災害リスクと対処について理解する「防災意識社会」への転換へ向けた先駆的な取り組みについて紹介する。

キーワード：東日本大震災、教訓に学ぶ、震災伝承ネットワーク、防災意識社会への転換、3.11 伝承ロード

1. はじめに

近年、地震や豪雨などの自然災害が激甚化、頻発化している。このような中、災害の教訓を踏まえ、行政・住民・企業の全ての主体が災害リスクに関する知識と心構えを共有し、様々な災害に備える「防災意識社会」への転換が求められている。

一方、発災から9年が経過した東日本大震災の被災地では、震災遺構の保存、慰霊碑や追悼施設の整備、語り部活動など、震災の実情や教訓を次世代に語り継ぐ「震災伝承」の取り組みが各地で数多く進められている。これらの取り組みをネットワーク化し、目的に応じて教訓を巡り学べる仕組みをつくることで、災害への備えを実体験として学べる機会を被災地のみならず全国各地の方々に提供できるものと考えられる。

本稿では、産学官民の連携により実現しつつある、防災意識社会への転換に向けた先駆的な取り組み「3.11 伝承ロード」について紹介する。

2. 東日本大震災の被害

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、東日本の太平洋沿岸は500kmにも及ぶ広い範囲で甚大な被害を受けた。三陸沖を震源とするマグニチュード9.0の地震が引き起こした巨大津波により、死者・行方不明者は2万人規模、家屋の損壊は100万戸以上、被災総額は約17兆円にもものぼる未曾有の被害をもたらした。戦後の約70年で見ても、死者・行方不明者

が5千人を超えたのは伊勢湾台風（S34年、5,098人）と阪神淡路大震災（H7年、6,437人）のみであり、規模の大きさがわかる。

政府の東日本大震災復興構想会議は、発災から2か月後に「復興構想7原則」を決定したが、この1番目として、「教訓を次世代に伝承し、国内外に発信する」ことが位置付けられている。

3. 各地に残る教訓

東北の被災地には数多くの教訓が残されている。震災遺構をはじめ、震災をテーマとした博物館・資料館、石碑・慰霊碑、さらにはそれらの施設と連携した語り部活動など、形は様々であるがそれぞれに貴重な教訓が内包されている。以下にいくつかの教訓の例をあげてみる。

(1) 津波の実相を知る

岩手県宮古市にあるたろう観光ホテル（写真—1）は、高さ17mを超える津波を受け、4階まで波に襲



写真—1 たろう観光ホテル

われた震災遺構である。ホテルの社長が屋上で撮影した津波映像を観ることができ、もとの町並が津波によって破壊され、津波が眼下の足下にまで迫る過程を現在の荒れ果てた光景と比較することにより、津波の恐ろしさを実相として知ることができる。

(2) 避難とその備えを知る

宮城県仙台市にある仙台市立荒浜小学校(写真一2)は、地域の指定避難所となっていたが、2階まで津波が押し寄せた震災遺構である。児童、教職員、地域住民約320人がここで寒さを凌いで一夜を過ごし、ヘリコプター等で救助された。避難の判断と避難生活の様子、それを教訓とした災害への備えについて知ることができる。



写真一2 仙台市立荒浜小学校

(3) 災害時の支援体制を知る

岩手県遠野市にある遠野市後方支援資料館(写真一3)は、沿岸被災地に対する後方支援活動についての記録資料を展示する施設である。この施設では、避難者の受け入れや避難所運営、他地域からの物資の受け入れ・供給を担う物資センターの運営など、災害時に基礎自治体が担う活動を知ることができる。



写真一3 遠野市後方支援資料館

(4) 行政と建設業界の備えを知る

岩手県陸前高田市にある東日本大震災津波伝承館(写真一4)では、被災した構造物の実物、インフラの被災の現場をとらえた写真などにより、元の生活を取り戻すために不可欠な社会インフラの迅速な復旧について知ることができる。震災直後の初動対応に対する様々な障害と対応、今後の改善の方向性などが示されている。

東日本大震災以降も、熊本や北海道胆振東部での地



写真一4 東日本大震災津波伝承館

震、各地での豪雨災害等、国内各地で災害が頻発している。南海トラフでの大規模地震の発生確率が30年以内に70～80%とされているなど、今後の地震・津波の発生リスクも高まっている。台風や豪雨についても、時間降水量50mm以上の降水量の年間発生回数は経年的に増加傾向にあり、洪水の発生リスクも高まっていると言える。

一方、災害が起きた場所を調べてみると、多くの場合、過去にも災害が繰り返り起きていることがわかる。2018年7月に発生した西日本豪雨災害では、111年前の洪水被害を語る「水害碑」(写真一5)があったが、この事実を知る人がほとんどおらず、先人が残した教訓は助かる命を救えなかった。

「災害列島日本」においては、いつどこで災害が起きるかわからないという認識に立ち、自分自身の災害リスクと有事の対応について正しい知識を持ち、日頃から備えておくことの重要性が高まっている。



写真一5 広島県坂町の水害碑(撮影:大阪府警)

4. 教訓を学べる仕組みづくり

(1) 震災伝承ネットワーク協議会の取り組み

東北の被災各地には数多くの貴重な教訓が残されているが、個々の取り組みだけでは東日本大震災の実情や教訓を総体として知ることが困難である。このため、被災地における震災伝承を効果的・効率的に行うための連携を図ることを目的に、「震災伝承ネットワーク協議会」(東北地方整備局、青森県、岩手県、宮城県、福島県、仙台市)を平成30年7月に設置し、12月に

取組方針をとりまとめた。震災伝承の取り組みをネットワーク化（点から線へ、線から面へ）し、総体でメッセージを発信することにより、防災力の強化と被災地の交流促進や地域創生を図ろうとするものであり、具体的な取り組みは、次の3つの柱で構成されている。

- ① 震災伝承ネットワークの運営・伝承ロード形成
- ② 防災プログラムの基盤形成と開発
- ③ 復興に向けた地方創生・地元支援

この取り組みについては、国土交通大臣、岩手県・宮城県・福島県・仙台市の知事等が参加する第9回復興加速化会議（平成31年1月開催）においても議論が行われた。各知事等からはこの取り組みを連携して進めたいとの発言で一致し、それを受けて国土交通大臣から、東北地方整備局がとりまとめ役となって具体的な取り組みを加速するよう指示があった。

これを受け、具体の取り組みの第一弾として、東日本大震災の実情や教訓を伝承する「震災伝承施設」の募集を行い、平成31年3月に初回として192件を登録し、現在224件が登録されている*。写真—1—4で示したような震災遺構や展示施設のほか、モニュメントや古来受け継がれてきた石碑など、伝承施設は多岐にわたっている（写真—6）。



奇跡の一本松 津波の石碑
写真—6 震災伝承施設の例

登録された伝承施設は訪問や理解のしやすさ等に応じて第1分類～第3分類に分類されている。第3分類は、駐車場、案内人や多言語対応などの受け入れ環境が最も整っているカテゴリであり、施設の案内標識に震災伝承施設の標章（ピクトグラム）（図—1）を使用することができる。

令和元年5月には、岩手県宮古市田老地区におい



図—1 ピクトグラム



写真—7 案内標識

て、ピクトグラムを用いた案内標識第1号が設置された（写真—7）。

(2) 復興祈念公園の整備

震災伝承施設のほとんどは自治体により整備・管理されているが、東北地方整備局が関わっている施設の例を一つ紹介する。

東日本大震災による犠牲者への追悼と鎮魂、震災の記憶と教訓の後世への伝承とともに、国内外に向けた復興に対する強い意志の発信のため、国が整備する「国営追悼・祈念施設（仮称）」を核とする復興祈念公園の整備が国・県・市・町の連携により進められている。このうち岩手県陸前高田市に整備される高田松原津波復興祈念公園が令和元年9月に一部オープンした。

この公園内には震災の貴重な教訓を展示する「東日本大震災津波伝承館」が整備されており、震災伝承施設として登録されている。5つのゾーンで構成される展示スペースは1,000㎡を超える広さである。

このうちゾーン3「教訓を学ぶ」では、東北地方整備局の災害対策室が移築されており（写真—8）、くしの歯作戦をはじめとするインフラ関係者の初動対応をつぶさに体験することができる。また、津波警報が発令されている中で現場の最前線で道路啓開を担った建設業関係者の活動も、作業員の生の声とともに展示されている。当時の緊迫した雰囲気と、様々な関係者の苦悩と行動がひしひしと伝わってくる。これらは官民のインフラ関係者が災害対応に臨む事前の心構えを身につけるのに必見のものと言える。加えて、一般の方々にもご覧いただくことで、災害時の建設業界の役割に関する理解が深まることも期待できる。



写真—8 東北地方整備局災害対策室（移築）

5. 産学官民の連携

震災伝承ネットワーク協議会の取り組みの実施にあたっては、東北4県にまたがる広域性、震災伝承という持続性、伝承ロードの構築という新規性が求められ

【座長】	今村 文彦	東北大学災害科学国際研究所長
【委員】		
学識者	南 正昭	岩手大学教授
	小沢 喜仁	福島大学教授
	涌井 史郎	東京都市大学特別教授
民間団体	海輪 誠	(一社) 東北経済連合会会長
	鎌田 宏	東北六県商工会議所連合会会長
	小縣 方樹	(一社) 東北観光推進機構会長
	平田 尚久	(一社) 日本建設業連合会東北支部長
	千葉 嘉春	東北建設業協会連合会会長
	等々力 健	日本放送協会仙台放送局長
自治体	小林 眞	八戸市長
	山本 正徳	宮古市長
	亀山 紘	石巻市長
	清水 敏男	いわき市長
【アドバイザー】	徳山日出男	政策研究大学院大学客員教授

図-2 震災伝承検討会委員

ることから、同協議会の下で「震災伝承検討会」(座長: 今村文彦 東北大学災害科学国際研究所長)を設置し、協議会の取組方針等について産学官の有識者から広く意見をいただいた(図-2)。

検討会では協議会の取組方針に賛同いただき、教訓を伝えるための取組みについてさまざまな提案があげられた。震災伝承施設を巡って学ぶためのホームページやパンフレットの作成、企業や地域社会、修学旅行向けの防災教育プログラムの提供、防災ツーリズム等のツアーの提案などである。平成31年3月にまとめたいただいた提言では、幅広い取組みとするため、産学官民の連携した推進体制を早急に構築すべき

とのとりまとめをしていただいた。産学官民の連携による「3.11 伝承ロード」の構築が求められている(図-3)。各機関の連携体制への気運が盛り上がる中、学術界、経済界が中心となってこの取組みを支援する一般財団法人「3.11 伝承ロード推進機構」が昨年8月に設立され、活動がスタートした。

震災伝承検討会の提言で指摘されたとおり、「3.11 伝承ロード」の取組みには産学官民の連携が不可欠であり、3.11 伝承ロード推進機構の今後の活動に大いに期待するところである。

「防災意識社会」の構築には、行政・住民・企業のそれぞれの主体が、災害リスクに関する知識と心構えを自分ごととして理解しなければならない。しかしながら、これを実体験として学べる場所はまだまだ限られていると言ってよい。

6. おわりに

そのような中、戦後最大の自然災害を受けた東北には、発災当時の実情・教訓をリアルに伝える資料、写真、映像、構造物、建物などがたくさん残されている。また、当時の様子を詳しく伝える語り部活動も盛んに行われている。これらの貴重な防災学習の機会を全国各地の防災力向上に活かさない手はない。

折しも、3.11 伝承ロード推進機構では、ニーズに応じて震災伝承施設を巡り学ぶ防災ツアーをスタートしたところと聞いている。災害が起きてからでは遅い。「3.11 伝承ロード」の取組みは始まったばかりであるが、行政・住民・企業のそれぞれにとって、この先駆的な取組みが全国各地の防災意識社会構築の手掛かりとなれば幸いである。

JICMA

※) 震災伝承施設ホームページ
<http://www.thr.mlit.go.jp/sinsaidensyou/sisetsu/index.html>

【筆者紹介】

西尾 崇 (にしお たかし)
 国土交通省 東北地方整備局 企画部長、
 震災伝承ネットワーク協議会 副会長



松本 章 (まつもと あきら)
 国土交通省 東北地方整備局 企画部
 企画課 建設専門官

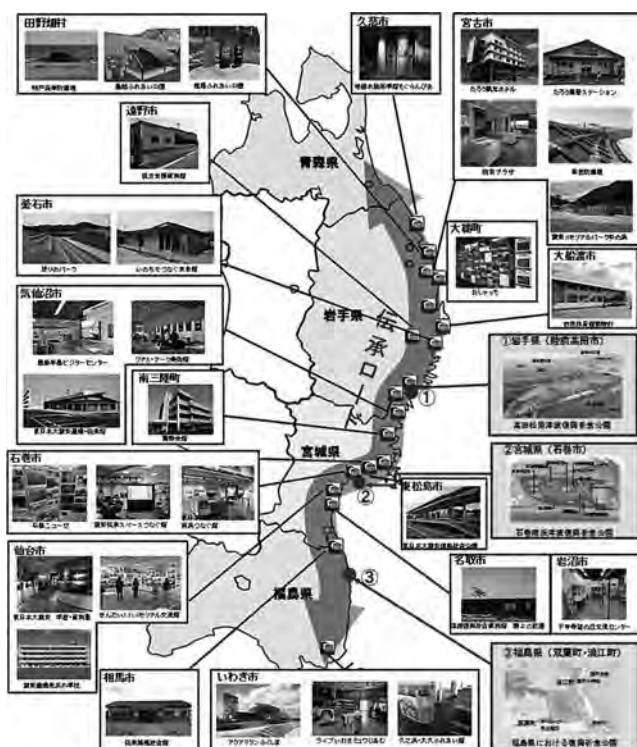


図-3 「3.11 伝承ロード」のイメージ

車両通行が可能な太陽光発電舗装の実証実験と次世代モビリティとの繋がり

吉 中 保・鍛 治 哲 理

筆者らは太陽光発電舗装の研究開発に取り組み、これまでに発電特性など路面に展開した場合の電氣的基礎データの把握や、舗装用太陽電池モジュールの開発、車両供用にとまなう技術的課題等を見だし、解決を図ってきた。構内試験施工で当該舗装を具現化して以降、国内各方面から数多くの見学を受け入れ、外部から寄せられる期待感から、当該舗装の将来性や発展性などを概観できる状況になってきた。本稿では、これまでの検討状況の一部を紹介し、研究開発から見えてくる次世代モビリティとの繋がりについてもコメントした。

キーワード：太陽光発電舗装、舗装用モジュール、再生可能エネルギー、次世代モビリティ

1. はじめに

世界の動向を俯瞰すると、SDGsなどを基盤とする次世代イノベーション戦略が社会の潮流となっている。世界の投融资も、国連責任銀行原則の発足やESG投資¹⁾(企業評価手法の一つでEnvironment Social Governanceの略)など非化石エネルギーへのビジネスモデル転換が急速に進んでいて、企業等の事業戦略に大きな影響を与えている。再生可能エネルギーへの注目が集まる中、道路舗装の分野では、欧州を筆頭に太陽光発電舗装の研究開発が取り組まれ、世界道路協会会報誌「ROUTES/ROADS」にフランスの開発技術が紹介された²⁾。しかし、世界的に完成域に達した技術はまだ無く、水面下で開発競争が繰り広げられている。

筆者らは2017年9月に太陽光発電舗装の第1回試験施工を実施して以降³⁾、車両通行が可能な舗装用太陽電池モジュールの開発を推し進め、2018年11月に第2回試験施工を実施して構内舗装に展開した(写真-1)。第2回の箇所も既に1年以上経過し、様々な技術的課題を見だし解決を図ってきた⁴⁾。

当該舗装を具現化して以降、国内各方面から数多くの見学を受け入れており、外部から寄せられる期待感や将来性を概観できる状況になってきた。そこで本稿では、これまでの検討状況の一部を紹介するとともに、将来性など当該舗装が持つポテンシャルについてもコメントしたい。



写真-1 開発した太陽光発電舗装

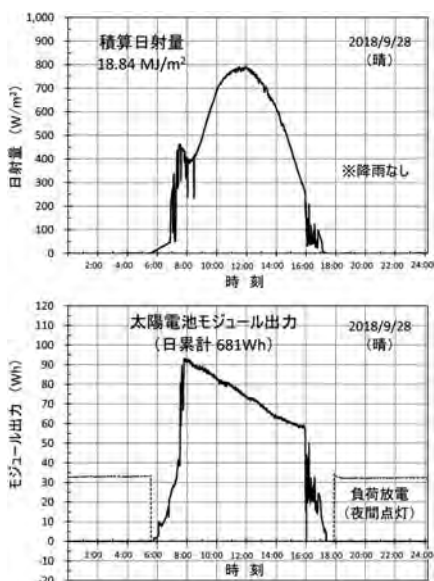
2. 第1回実証実験(電氣的基礎データ把握)

(1) 検討概要

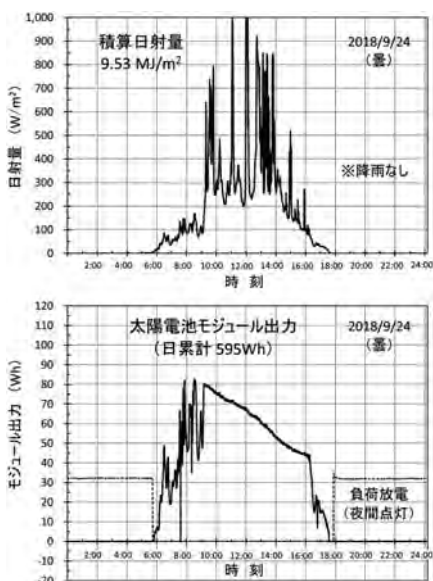
第1回試験施工は、主に次のことを検討することを目的に、当社構内(埼玉県さいたま市)で2017年9月に実施した。

- ①道路発電のコンセプト設定、運用イメージ構想
- ②舗装技術と太陽光発電技術の両立
- ③舗装用としての素材検討
- ④通年での発電特性の把握

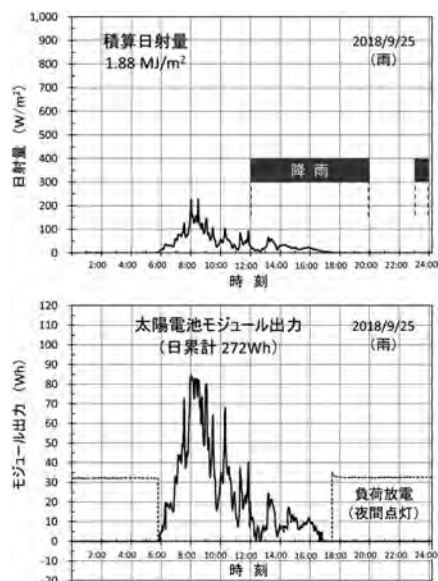
第1回用として試作した舗装用太陽電池モジュールは、従来の太陽電池に使用されている発電素子やカバーガラス、バックシート等の部材の中から舗装に適用できると想定された物を選択し、パッキングしたも



図一 日射量と発電量の例 (晴天日)



図二 日射量と発電量の例 (曇天日)



図三 日射量と発電量の例 (降雨日)

のである。試作した 40 cm 角のモジュールを、不陸調整したアスファルト舗装路面に 35 枚敷設して固定し、電圧変換のための充放電制御装置を介してディープサイクルバッテリーに蓄電させ、電力負荷として夜間に LED ポールライトを点灯させた。なお、一連の電気回路は独立電源とし、商用電源には接続していない。

(2) 検討結果

(a) 天候による日射量変動とモジュール出力

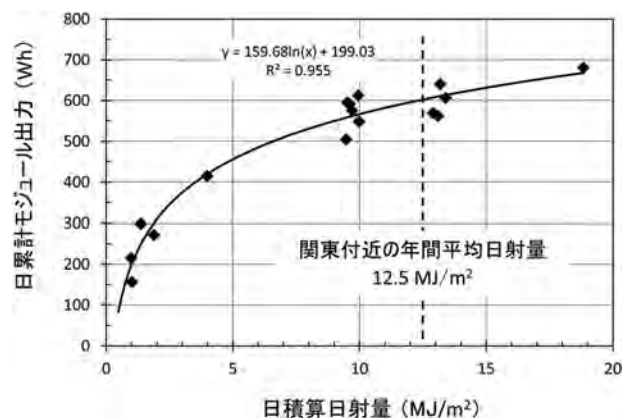
モジュール 35 枚による天候と発電量の状況について、晴天日を図一 1、曇天日を図二 2、降雨日を図三 3 に示す。図より、発電量は日射量の変動の影響を受けていて、晴天日の傾向を基本に比較すると、曇天日の午前 9 時頃までと、降雨日終日の日射量が少ない時間帯は、発電が不安定に変動している様子が見られる。これは、ある程度の日射量が確保できないとモジュールの出力が不安定になることや、受電側（充放電制御装置）の制御プログラムの影響を受けているためと考えられる。

(b) 日射量とモジュール出力の関係

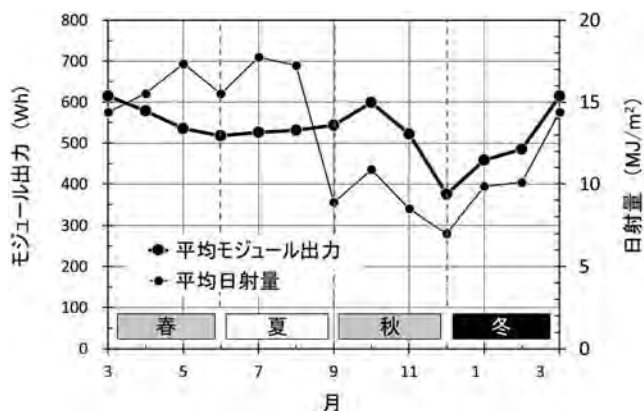
図一 4 は、日々の積算日射量とモジュール出力累計値との関係を示したもので、日積算日射量 8 MJ/m² 付近を境に、それ以上で緩やかに出力が上がり、それ以下では出力が急速に低下する傾向が見られた。これは制御プログラムの影響を含めた太陽電池の出力特性を示しており、曇天時の日射量変動に対して出力変動の少ないものが望ましい。

(c) 通年での発電傾向

図一 5 は、月ごとの日射量と発電量の傾向を整理したもので、日射量が凸型に増える 3~8 月にかけて、



図一 4 日積算日射量とモジュール出力の関係



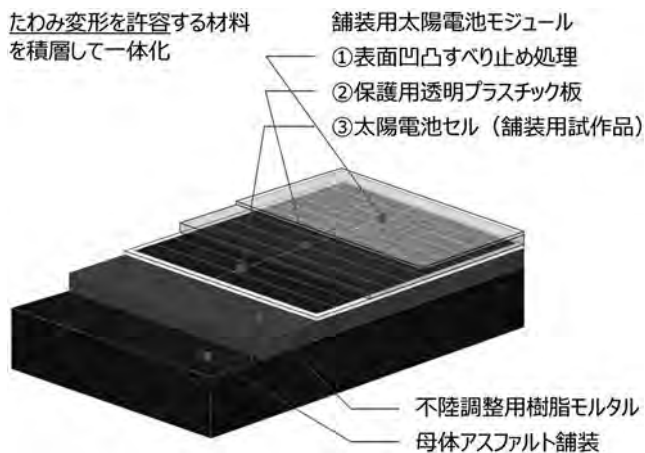
図一 5 年間を通しての日射量と発電量

発電量は逆に凹型に減る傾向が見られた。これは、モジュール温度が高くなりやすい時期に太陽電池の変換効率が低下した可能性や⁵⁾、発電量が多く満充電に近い状態に伴い制御プログラムの影響を受けた可能性も考えられる。よって、舗装用に適した太陽電池素子の選定や制御のあり方が重要となる。

3. 車両通行が可能な舗装用モジュールの開発

屋根など通常の太陽電池は、強化ガラスを基材に結晶系など発電素子を封止するのが一般的で、上に物が載る前提で作られていない。これに対し舗装用としては、人や車が直接載っても割れるなど破損せず、すべり抵抗など安全性を確保する必要がある。第1回試験施工の状況から、筆者らは舗装用太陽電池モジュールの材質を大幅に見直し、より現実的なモジュールを構築することとした。

開発した舗装用太陽電池モジュールは、たわみ変形を許容する材料を積層してモジュール化したもので、平たんなアスファルト舗装に接着固定するイメージとしている(図一6)。開発では、大型車相当の荷重(道路想定)を与え、60℃の雰囲気温度(夏季路面温度)で水浸(降雨想定)しながら発電実験するという、実道を模した評価実験を実施した。写真一2に示すように照明を当てながらホイールトラッキング(WT)試験機を用いて載荷させ、発電状態での確認を行っ



図一6 車両通行が可能な太陽光発電舗装の断面図



写真一2 発電させながらの室内評価試験の例
(大型車輪荷重相当+水浸+60℃)

た。試験時間は通常の道路舗装用よりも大幅に拡大して、発電状況を見ながら太陽電池の破断・短絡や、積層したモジュール構造の剥がれなど損傷有無を確認した。また、道路舗装は安全性の観点から所要のすべり抵抗が必要であり、発電性能的には不利になるがモジュール表面に透明骨材を固着させた凹凸処理を施しており、前述のWT試験のほか、タイヤチェーンによるラベリング試験でも問題無いことを確認している。

室内レベルでクリアするモジュール構成を見いだせたことから、車両通行を前提に第2回試験施工を実施することとした。

4. 第2回実証実験(実路想定)

(1) 検討概要

第3章で開発した舗装用太陽電池モジュールを用いて、第2回試験施工を当社構内(埼玉県さいたま市)で2018年11月に実施した。主に次のような観点で、性能検討や応用展開の試行を行った。

- ①車両通行を想定(強度的耐久性)
- ②部分的な日陰が混在する想定(電氣的耐久性)
- ③独立電源運用(商用電源には接続しない)
- ④電氣の利用用途の試行

(2) 検討結果

(a) 車両通行に対する強度的耐久性

総重量約6t程度の車両を日々通行させ(写真一3)、舗装としての耐久性を検討している。現在までに1年以上経過していて、モジュールに反り等は無く供用性が確保されている。

(b) 部分的な日陰混在に対する電氣的耐久性

太陽電池が電氣的に損傷しやすいとされる「日向と



写真一3 車両走行による強度的耐久性確認



写真一4 日陰混在による電氣的耐久性確認



写真一5 充放電システムの可搬式小型バッテリー

日陰の混在」について、発電素子の選択や電気回路を工夫して対処している。道路は屋根と異なり、日陰が生じやすい環境にあるため、試験施工では建物の北側に意図的に配置して検証を進めている。毎日、部分的に日陰が生じているが（写真一4）、発電素子の損傷も無く良好に発電を継続している。

図一7は、試験施工箇所の1週間の発電量（2019年4月）と翌5月の例を示したものである。太陽電池は一部に日陰ができると発電素子が損傷しやすいといわれる⁶⁾。第2回試験施工を実施してから本稿執筆時点（2020年2月）で1年3ヶ月が経過したが、図一7の例に示すように、太陽高度が高い時間帯に日陰が日々発生する状況下（発電量が急速に低下している正午頃）でも、発電素子の損傷は発生せず順調に発電を続けていることを確認している。



写真一6 LEDによる区画線の路面発光表示

(c) 独立電源のための充放電システム

発電特性に最適化した充放電システムを開発した。独立電源を基本とし、内蔵した複数の小型Li-ionバッテリーに効率良く充放電を行う制御をしている。

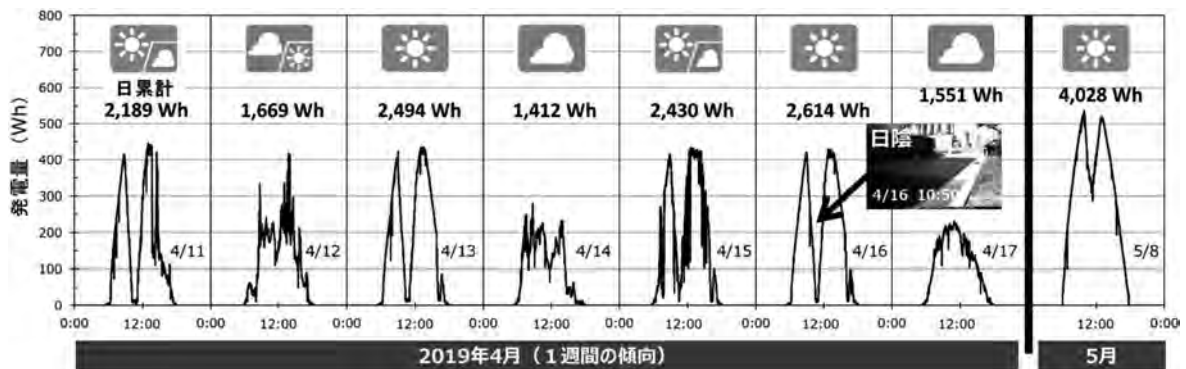
(d) 電気の利用用途の試行

充放電システムに利用するバッテリーは可搬式としていて、災害時には避難場所等に運んで非常用電源と

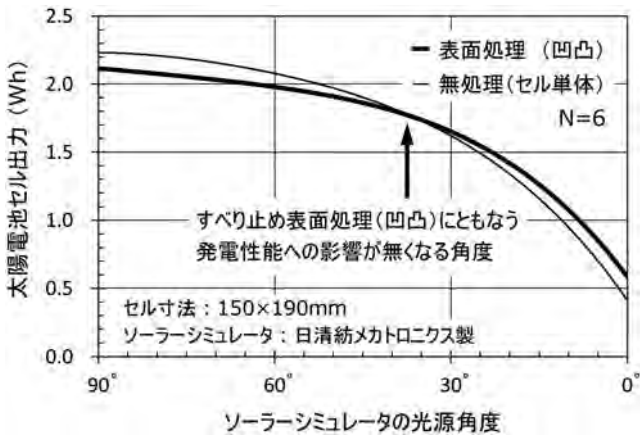
しても活用できるようにした（写真一5）。また、停止線や区画線をLEDで路面発光する方法を試行し（写真一6）、明滅発光も可能であり、横断歩道など夜間の視認性や安全性向上の一手法として期待している。

(e) 表面凹凸処理と発電出力への影響

モジュール表面は、すべり抵抗を付与するために凹凸処理しており、平滑な電池単体に比べて発電性能が低下する懸念がある。図一8は太陽電池への光の入射角度と発電量との関係を示したもので、透明骨材を用いて凹凸処理することで、入射角度が低くなるにつ



図一7 第2回試験施工箇所の発電量測定例（面積 20 m²）



図一8 入射光角度と太陽電池セル出力

れて光を捕捉しやすくなる（発電量が増加する）傾向を示している。太陽高度は刻々と変化するため、国立天文台が提供するデータから毎月1日の太陽高度と日照時間の関係（表一1）を算出して図一8と関連付けると、表一1の太陽電池出力試算値に示すように、表面処理した方が太陽高度が高くなる5～8月を除いて1日当たりの発電量が多く、年間平均値も増えることが分かった。これより、直上に太陽がある状況では発電量が若干低下するが、表面凹凸処理による入射光の増幅で年間の発電量は低下せず、同等以上を確保できる。

5. 道路舗装ならではの課題

舗装技術者にとって、太陽電池などの電気的特性にはなじみがないが、日射量や発電量、夜間を中心とする電力消費などの観測を継続することで、天候との関係や1年を通しての最適な充放電バランスが見えてくる。また、道路は屋根やメガソーラーと違い、地表面にあるため、周辺建物などの日陰が生じやすい環境にあり、発電素子の電氣的損傷を防ぐ必要がある。これ

ら以外にも、前述した耐荷重性や耐久性、すべり抵抗性、冬季のタイヤチェーン装着など打撃や衝撃に対して壊れないこと、地表面に配置する上での感電防止策なども考慮する必要がある。

太陽電池に係わる素材は、これまで舗装用材料として用いられたことが無いため、室内検討や試験施工等を通じて十分に検討されるべきで、例えば通行車両の条件が変わることで損傷モードが違ってくるなど、筆者らの検討でもすべてを解決できたわけではないことを付記しておく。

6. 開発から見えてくる次世代モビリティとの繋がり

自動車は排ガス規制予測を基に、内燃機関から電動化（EV）への移行が語られ、自動車の使われ方もCASE（Connected, Autonomous, Shared/Service, Electric）という方向性が見いだされている。将来のモビリティ環境を俯瞰すると、EVの走行性能を飛躍的に向上させる非接触給電や、レベル5を視野にした完全自動運転など、次世代交通に向けて重要性が増す電気通信と道路舗装との係わりが現実味を増してきている。

道路舗装には従来の移動空間としての役割のほか、電気通信をサポートする役割も期待されるのが自然で、センシング機能を備えて次世代モビリティと連携する時代⁷⁾が来るかもしれない。舗装用太陽電池モジュール（図一6）に各種センサを組み込むのは比較的容易と考えていて、電源の心配も要らないため、単なる発電装置で終わらない発展性が見込まれる。

なお、EVへの移行に伴い、走行用の車載高性能バッテリーのリユース品（再生二次利用）を充放電システムの蓄電用に有効活用することも期待できることから、筆者らは予備検討に着手している⁸⁾。ここでも、

表一1 毎月1日の太陽高度分布と、表面凹凸処理の有無による太陽電池出力の比較

抽出年月日		2018年												平均値	計	
		1月1日	2月1日	3月1日	4月1日	5月1日	6月1日	7月1日	8月1日	9月1日	10月1日	11月1日	12月1日			
日中の太陽高度 [※] と日照時間 (h : min)	太陽高度 70° ~						2:15	2:15	1:15						0:29	4:08
	" 60 ~ 69°					3:15	1:45	2:30	2:30	1:45					0:56	
	" 50 ~ 59°				3:45	1:45	2:00	1:30	1:45	2:30	1:15				1:12	
	" 40 ~ 49°			3:30	2:00	2:00	1:30	2:00	1:45	2:00	3:15				1:30	
	" 30 ~ 39°	1:45	4:00	2:30	1:30	1:30	1:30	1:30	1:15	1:30	2:00	4:30	2:15	2:09		
	" 20 ~ 29°	3:30	2:30	2:00	2:00	1:30	1:45	1:30	1:45	1:45	1:45	2:30	3:30	2:10		
	" 10 ~ 19°	2:30	2:00	1:30	1:30	2:00	1:45	2:00	1:45	1:45	2:00	1:45	2:00	1:52		
" 0 ~ 9°	2:00	2:00	2:00	1:45	1:45	2:00	1:45	1:45	1:45	1:30	2:00	2:00	1:50			
太陽電池セル [※] 出力試算値 (Wh)	表面処理 (凹凸)	13.14	14.86	17.26	19.85	22.18	23.83	24.00	22.62	20.89	18.20	15.42	13.38	18.80	18.56	
	無処理 (セル単体)	12.38	14.19	16.85	19.78	22.32	23.98	24.19	22.78	20.89	17.94	14.75	12.66			

※太陽高度の試算方法：国立天文台「こよみの計算」 <https://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/koyomix.cgi> (2020年2月時点)

※太陽高度の試算箇所：埼玉県さいたま市西区三機 6-70 (東経 139.5867 度、北緯 35.9113 度)

※太陽電池セルの出力試算値は「太陽高度と日照時間」および「入射光角度と太陽電池セル出力」(図-8)の関係から求めた。(セル寸法：150×190mm)

次世代モビリティの発展との繋がりが見えてくる。

7. おわりに

以上の試験施工で現実的な太陽光発電舗装を具現化して以降、石油などエネルギーインフラや自動車メーカー、複数の研究機関など各方面から見学を受け入れてきた。研究開発中にもかかわらず、予想を超える反響を目の当たりにして、当該舗装の将来性への期待を受け止めるとともに、早期完成への重責を実感している。

筆者らは、次世代モビリティの実現に道路舗装が関与し貢献できる部分があり、重要性が増してくるものと予想しており、道路舗装と電気通信を融合する開発コンセプトネーム「e-Smart ROAD」を設定して研究開発に取り組んでいる。今回ご紹介した太陽光発電舗装は、最初のモデルケースとなる。

道路舗装と電気通信の融合は、道路空間への新たな機能の付加（例えば、発電や非常用電源、LED路面発光表示による安全性向上）、あるいは完全自動運転や非接触給電など情報通信の社会実装への連携という、道路空間の次世代の姿に繋がる可能性がある。

最後に、本技術は国土交通省「スマートシティのシーズ・ニーズに関する提案募集」に提案しており、地方公共団体や民間企業からの問い合わせをいただいている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 三菱 UFJ 信託銀行：グローバルな ESG 投資の潮流と日本の展望、2016.1
- 2) PIARC：Routes/Roads 374, 3rd quarter 2017
- 3) 吉中保, 鍛冶哲理, 吉田弘樹, 大橋史隆：太陽光発電舗装の試験施工と通年での発電特性検討, 土木学会第 74 回年次学術講演会 (2019)
- 4) 吉中保, 鍛冶哲理, 平塚利男, 佐藤重宣：車両通行が可能な太陽光発電舗装の開発検討, 第 33 回日本道路会議 (2019)
- 5) (公社) 日本セラミックス協会：太陽電池材料, 2006.1
- 6) (一社) 太陽光発電協会：太陽光発電システムの設計と施工, 2015.9
- 7) 日経コンストラクション, 特集「未来の道路」, 2019.9.23
- 8) 鍛冶哲理, 吉中保, 平塚利男：実用的な太陽光発電舗装システムと応用に関する検討, 第 33 回日本道路会議 (2019)

【筆者紹介】

吉中 保 (よしなか たもつ)
 (株) NIPPO
 総合技術部 技術研究所
 研究第一課長 博士 (工学)



鍛冶 哲理 (かじ てつり)
 (株) NIPPO
 総合技術部 技術研究所 研究第一グループ
 副主任研究員



国内最大級陸上風力発電所の建設

3.2 MW 級風車 38 基の建設と特別高圧配電設備一括工事

佐藤 知 則・神 田 真 一・谷 彰 太

風力発電所は再生可能エネルギー源として大きな注目を浴びており、新規着工数が増えている。特に、発電所の設備容量の増大と、発電効率向上を目的とした風車の大型化が顕著に見られる。また、従来は風車据付工事と配電設備の施工を分割して発注される案件が多く見られたが、風力発電所の大規模化に伴い一括で発注される場合が増えてきた。本稿では、国内最大規模（風車出力 3.2 MW × 38 基 = 121.6 MW、風車ハブ高さ 98.3 m）となった陸上風力発電所建設工事（以下、本工事という）の建設工事フロー、輸送車両の特徴、クレーン計画等について述べる（写真—1、図—1）。

キーワード：風車輸送、風車据付、輸送機械、大型クレーン、特別高圧配電設備

1. はじめに

風力発電所の建設工事では、特別な輸送車両が必要となる長さや重さのある風車部材をタワー構造物最上部に上架する必要がある、建設完了後の発電に必要な自然の風が施工時には作業の妨げとなる特徴を持つ。

メーカーが出荷した風車部材は、周辺の港湾まで海上輸送された後に水切、積替えを経て建設用地（以下、サイトという）まで陸上輸送される。陸上輸送では、輸送路の曲線部、勾配、上部支障物などの条件を踏まえて、特殊性の強い大型トレーラーや専用車両を適切に選定する必要があるが、本工事ではブレードの輸送に3種類の専用車両を採用した。また、風車ハブ高さが 98.3 m となる据付作業では、国内に数台しかない

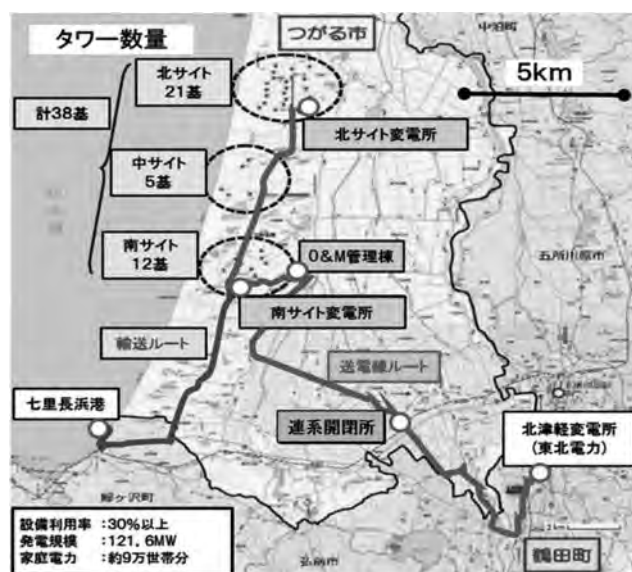
大型オールテレーンクレーンを使用した。

本工事では、154 kV の特別高圧配電設備（送電線路・変電所・連系開閉所）が所掌に含まれており、東北電力株式会社の 154 kV 幹線と連系する（図—2）。

工程として、38 基の風車の基礎工におおよそ1年半をかけて、次年度では風の強まる冬季を除く9か月間で全ての風車の建設を行い、特別高圧配線路と変電所・連系開閉所の建設と検査を先に終えて、風車の単基引渡し検査が終了するのを待ち2020年1月に設備工事を終える予定となっている（表—1）。



写真—1 本工事の風車



図—1 現場全体図

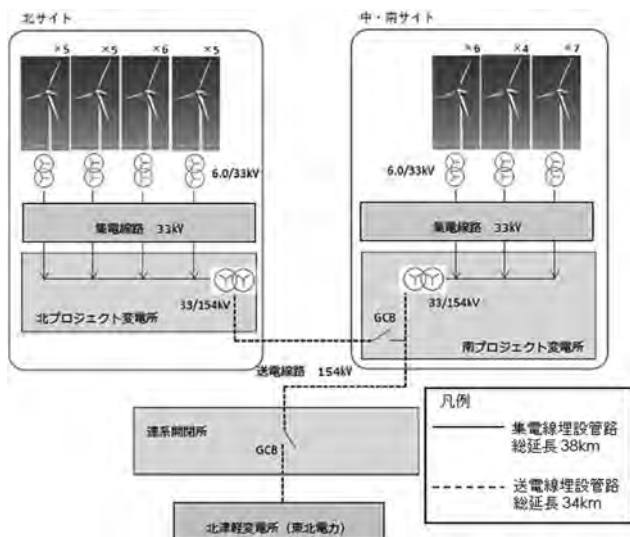


図-2 電気設備系統図

2. 風車単体の構造と主要上架物

図-3 に風車単体の構造と、主要な上架物の寸法、重量を示す。風車の構成部材は、ベアリング、5ピースからなるタワー、発電機や増速機を内蔵するナセル、ハブ及びブレードである。これらの総重量は399.5t、ハブ高さは地上98.3m、ブレード最上部の高さは地上150mに達する。

3. 建設工事フロー

風力発電所の建設工事フローを次に示す。

表-1 全体工程表

	2017年			2018年				2019年				2020年						
	8	9	10	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7
着工																		
164kV受電																		
発電開始																		
竣工																		
安全管理審査																		
土木工事																		
・造成工																		
・杭工																		
・風車基礎工																		
風車工事																		
・風車輸送・据付工																		
・タワー内配線・耐圧試験工																		
・風車単基引渡し検査																		
電気工事																		
・集電線路工(33kV)																		
・送電線路工(154kV)																		
・本舗装復旧工																		
・受変電設備工																		
・使用前自主検査																		
その他工事(建築工事含む)																		

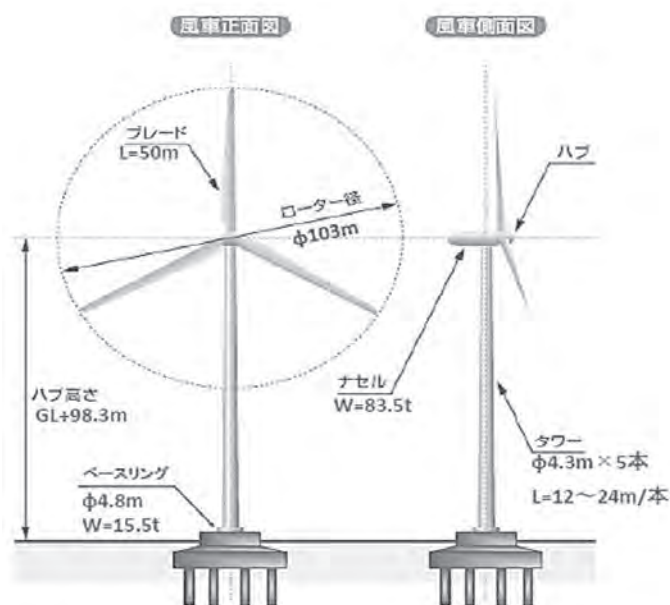


図-3 風車構造図と主要上架物の寸法・重量

品目	仕様	単位	数量	単体重量 [t]	据付時重量 [t]
ブレード	3枚/基	枚	3	9.7	59.5
ハブ		基	1	30.4	
ナセル	発電機	基	1	11.0	11.0
	増速機	基	1	24.0	72.5
	架構	基	1	48.5	
タワー	S1	基	1	36.0	36.0
	S2	基	1	44.0	44.0
	S3	基	1	50.5	50.5
	S4	基	1	52.5	52.5
	S5	基	1	58.0	58.0
ベアリング		基	1	15.5	15.5
合計		基	1		399.5

(1) 風車建設サイトの造成・基礎構築

基礎構築（写真一2）は、場所打ち杭をオールケーシング工法で実施し、施工ヤードに制約のある箇所は山留材を井桁に組んで地盤補強を施した後に施工した。当工事の施工ヤードは一時的に農地を転用しているためセメント改良や砕石敷設を実施できないことから、敷鉄板による地盤養生とクレーンアウトリガー下部面には追加で養生を行った（写真一3）。

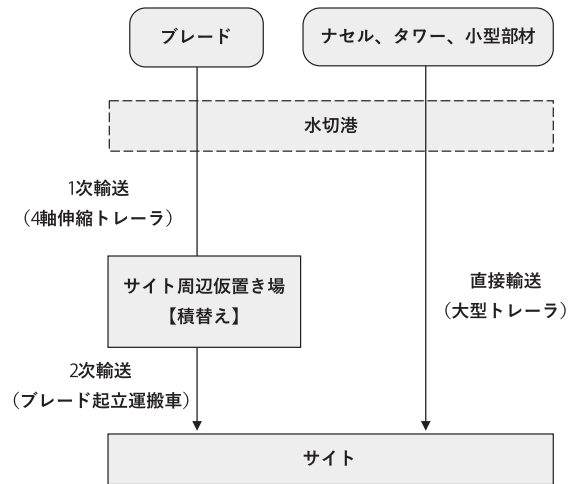
(2) 風車水切

風車部材は最寄りの港湾に海上輸送されたが、荷受工程と輸送工程及び据付工程を調整するために、港で仮置きしなければならない（写真一4）。なお本工事では海外製風車（発注者支給）を使用したため、仮置き中に税関手続きも実施した。

(3) 陸上輸送（4.で輸送車両について記述）

港から大型トレーラーを使用できる各風車サイトの仮置き場までの輸送を1次輸送、仮置き場から各据付けヤードまでの輸送を2次輸送として計画を行った。なお、ブレード以外の部材については、直接輸送が可能であった（図一4）。

1次輸送は国、県、市道を経由するため、通行許可申請等を取得して専用の大型トレーラーで夜間輸送を行った（写真一5）。



図一4 陸上輸送概要図

(4) 風車据付工（5.で詳細記述）

風力発電所は、一定風速以上の風が年間を通して安定的に吹く場所に計画される。風車据付時のクレーン作業は大型部材が風に煽られるため、事前の風況予報と作業開始前の風速（地上及びクレーンブームトップ）を確認しながら作業を実施した。作業はタワーベースリングの組立から始まり、ボトムタワー、中間タワー、トップタワー、ナセル、ハブ・ブレード（先行地組をしてのローター一体上架）の順である（写真一6）。

(5) タワー内配線・絶縁耐力試験

風車を組み終えた後は、タワー内部の電力ケーブル



写真一2 風車基礎工



写真一3 ヤード造成



写真一4 水切



写真一5 1次輸送



写真一6 風車据付



写真一7 タワー内配線、耐圧試験



写真一八 風車単基引渡し検査（変圧器室）



写真一九 風車単基引渡し検査（ハブ内）



写真一〇 送電管路工



写真一一 変電所



写真一二 ブレード1次輸送

と通信ケーブルの配線工事を行う（写真一七）。タワーの上部に発電機，下部には変圧器や開閉器がある。配線作業完了後は以下に示す電気的な使用前自主検査が必要となる。

- ・ナセル内発電機－タワー下部変圧器間：690V・6 kV 絶縁耐力試験
- ・タワー下部変圧器開閉器出力：33 kV 絶縁耐力試験

（6）風車単基引渡し検査

上記（5）の使用前自主検査完了後，風車単基引渡し検査を実施する（写真一八，一九）。検査は，設置検査手順の項目リストに従い風車据付工事と配線工事の完了検査として行われる。客先とメーカーの担当者立会のもと，機器や配線の取付け状況，ボルトのトルクマーク，塗装状況などについて確認する。検査終了数日後に，指摘事項一覧表が発行され，これは正作業が完了するとメーカーから機械的完工証明書が発行される。その後，メーカー側で試運転が行われる。

（7）電線路工

風力発電所は風車・変電所・連系開閉所で構成される。複数の風車が発電した電力を変電所に集約し，連系開閉所に送電して商用電源と連系する。風車基数が多く広範囲にわたる場合，長距離の送電路を施工しなければならない（写真一〇）。本工事では，風車から

サイト内変電所までの地中埋設集電線路総長 38 km（33 kV）とサイト内変電所から東北電力変電所までの地中埋設送電線路総長 34 km（154 kV）を設置した。

（8）特別高圧配電設備の使用前自主検査

発電した電力を電力会社の配電系統へ連系するには，電気事業法で定められた電力系統の保護に関する基準を遵守しなければならないため，接地抵抗，絶縁抵抗，絶縁耐力等定められた使用前自主検査を実施する。検査に合格すれば，連系する変電所（写真一一）の健全性を確認できる。

4. 陸上輸送に用いた車両

ブレードの輸送に用いた車両は一般に公道では見かけることのない特殊な車両である。ここでは，4軸伸縮トレーラーとブレード起立運搬車について，その仕様と特長を述べる。

（1）4軸伸縮トレーラー（1次輸送）

4軸伸縮トレーラーは，ブレードの1次輸送に用いた。台車が伸縮することで，伸長時の台車長は47.4 mとなり，50 mのブレードを積載できる。台車の4軸全てが電動ステアリングとなっているため，トラクタ本体とは独立した操舵ができる（図一五，写真一二）。

(2) ブレード起立運搬車 (2次輸送)

ブレード起立運搬車は、油圧でブレードを起立・旋回させることができるため、平面的な長さを短くして電柱・樹木等の支障物を避けて走行できる。本工事では可動域が異なる3種類の車両を採用した。

- ・FTVはピッチング(起立)とローリング(回転)機能があるが、ヨーイング(旋回)機能がない。特徴として、急カーブのない沿岸部や農村部に向いており、地上高が低いメリットがある(写真-13)。
- ・トランスポーターはピッチングとヨーイング機能があるが、ローリング機能がない。特に急カーブの対応能力に優れており、カーブの多い山岳等に向いている(写真-14)。
- ・リフターはピッチング、ローリング、ヨーイングの全ての機能が備わっている(写真-15)。

本工事の輸送路の特徴に対して3種類の特徴の違いによる差異が見られることはなく、全ての種類で支障なく輸送できた。

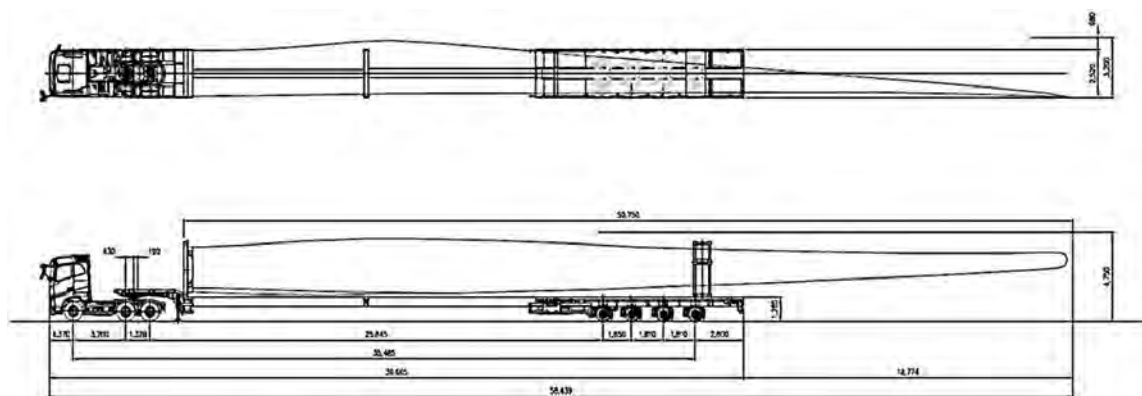
5. 風車据付手順とクレーン比較

(1) ローターとブレードの一体上架

ローターとブレード計3本は専用架台を使用して地組みし、一体上架した。ローターとナセル主軸間のボルト接合は、ナセル上の合図者とクレーンオペレータが連絡合図を行い、ブレードの荷振れ防止とナセルとの接合調整には長さ100m以上の介錯ロープを使用した。ローターが完全に噛み合っていることを確認した後にボルトの仮締付けを行い、その後は、ローターロック、専用吊治具取り外し、ボルトの本締めの際に作業を実施した。ボルトの本締めは、締付けトルクの100%チェックと100%チェック後のボルト本数の10%分のボルトの締付けトルク確認を同日に実施した。

(2) 採用クレーンの比較

本工事は750t級タワークレーン1台、1200t級オー



ボルボ質量100t+4709+ニメット4軸質量100t+386
荷重分布表 (単位:kg)

軸位	1	2	3	4	5	6	7	合計
ドラフタ	5,760	2,460	2,360					10,580
吊具	110							110
トレーラ	450	3,025	3,025	2,930	2,930	2,920	2,920	19,200
空車時重量	6,320	5,505	5,385	2,930	2,930	2,920	2,920	29,910
積載物		4,462				8,938		12,900
	300	2,077	2,077	2,004	2,004	2,004	2,004	12,900
積載時総重量	6,620	7,967	7,462	5,014	5,014	5,004	5,004	41,710
タイヤ本数	2	4	4	4	4	4	4	4
積載時総荷重	3,314	1,985	1,985	1,254	1,254	1,251	1,251	

図-5 4軸伸縮トレーラー概要図



写真-13 FTV



写真-14 トランスポーター



写真-15 リフター

ルテレーンクレーン3台を採用した(図-6, 7)。750t級は, 本工事で必要な作業半径28mでの定格荷重が111tであるが, 1200t級は90tであり, 吊能力は750t級が上回る。また750t級は, ラチスブーム

の組み合わせによりさらなる大型風車への対応も可能と考えられる。しかし, 解体搬出~次サイト移動~搬入組立までの工程は750t級が7日かかるが, 1200t級は4日で済む。また, 1200t級は750t級より狭いヤー

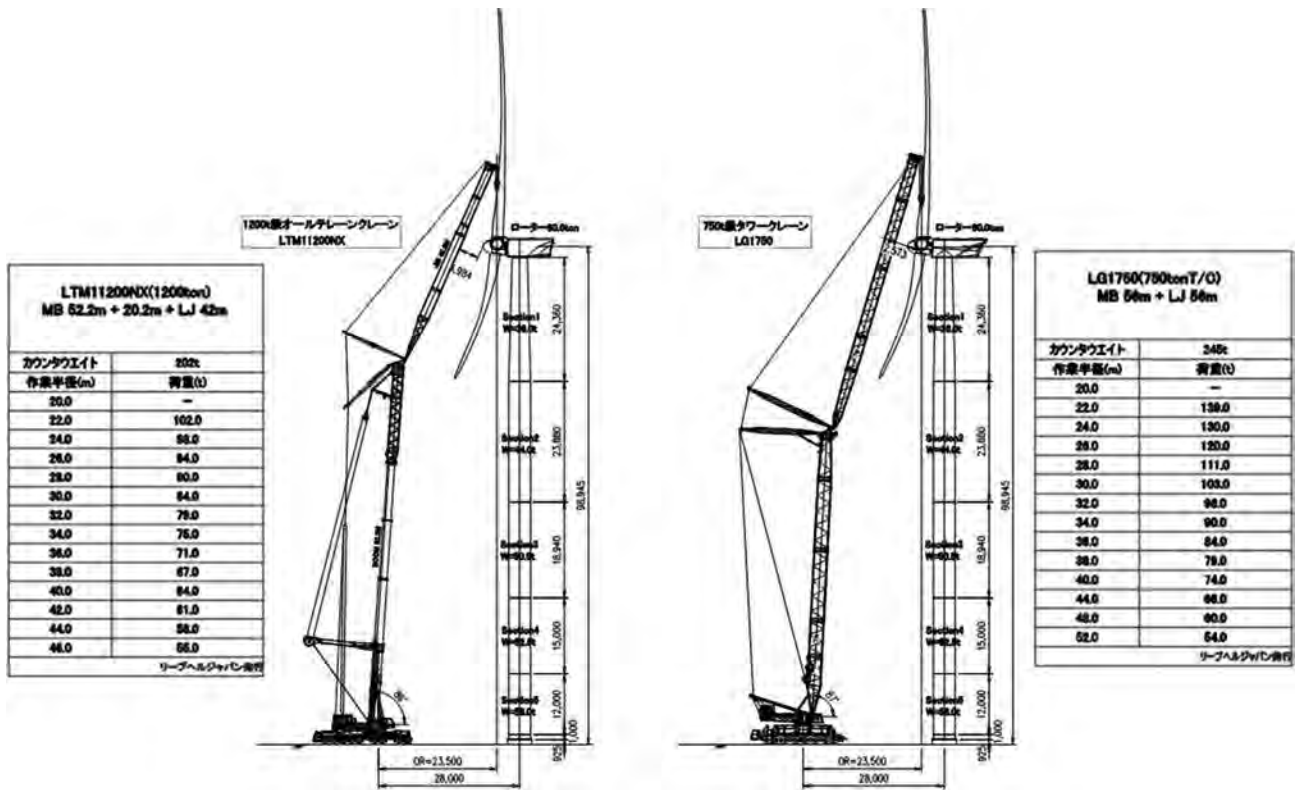


図-6 クレーン2種立面図(左:1200t級, 右:750t級)

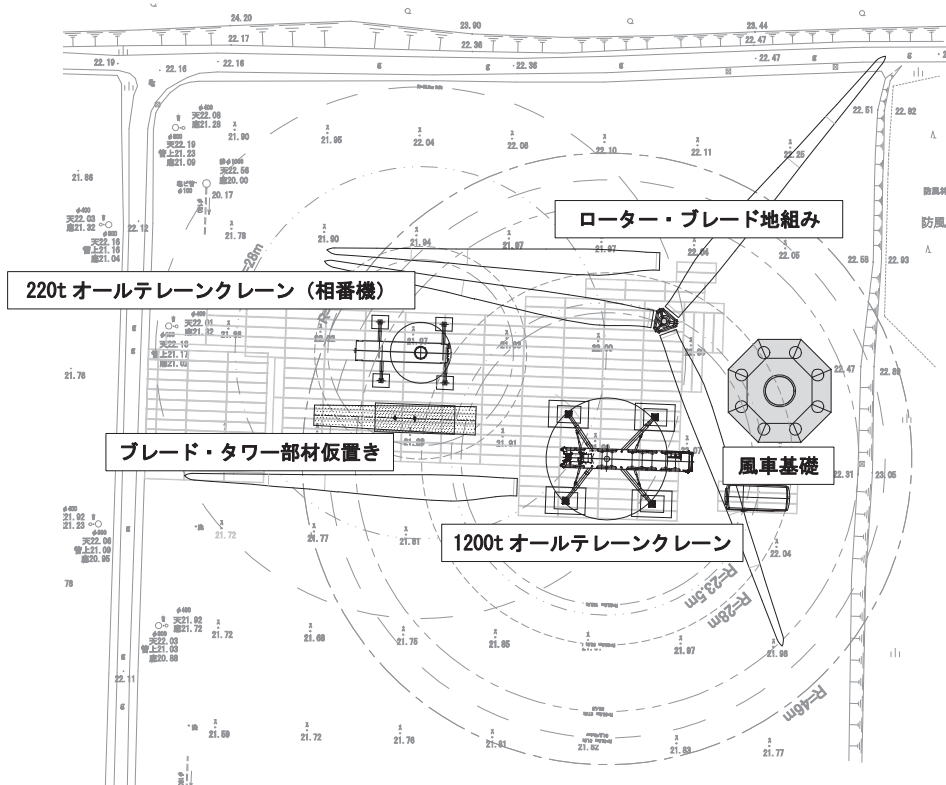


図-7 クレーン作業計画平面図

ドで組立解体ができるので、運用面を考慮して総合的に評価すると、本工事では1200t級が効率的であったと言える。

6. おわりに

2020年1月末時点で風車は38基全て単基引渡し検査まで完了しているが、風車が海外製品であるため言語の問題や国内製と異なる検査対応に苦労した。それに加えて9か月間で38基の風車建設から引渡し検査までを完了させるための各班の作業調整と是正対応に時間を費やした。特にタワー内配線工事は是正作業に多くの時間を費やしたため、タワー内配線工事は班数を増員して工程を確保した。

まもなく本風力発電所の売電が始まるが、国内の電力供給事情がより良いものになっていくことを期待してやまない。

JCMA

[筆者紹介]

佐藤 知則 (さとう ともり)
鹿島建設株式会社
ウインドファームつがる建設工事事務所
副所長



神田 真一 (かんだ しんいち)
鹿島建設株式会社
ウインドファームつがる建設工事事務所
次長



谷 彰太 (たに しょうた)
鹿島建設株式会社
東北支店 土木部機電Gr



超大型洋上風車の建設に対応できる自航式 SEP 船

堀 哲 郎・白 枝 哲 次・矢 野 佑 樹

近年5兆円超の市場規模となる洋上風力発電施設建設工事の受注に向け、超大型洋上風車の建設に対応できるクレーン能力を備えた高効率の自航式 SEP 船 (Self-Elevating Platform: 自己昇降式作業船) の建造に着手した。本稿では SEP 船 (以下本船) の基本仕様, 主要機器, SEP 船に関連した技術を説明する。また, 国内外の SEP 船市場における本船の優位性について述べる。

キーワード: 洋上風力発電, 着床式洋上風力, SEP 型多目的起重機船, SEP

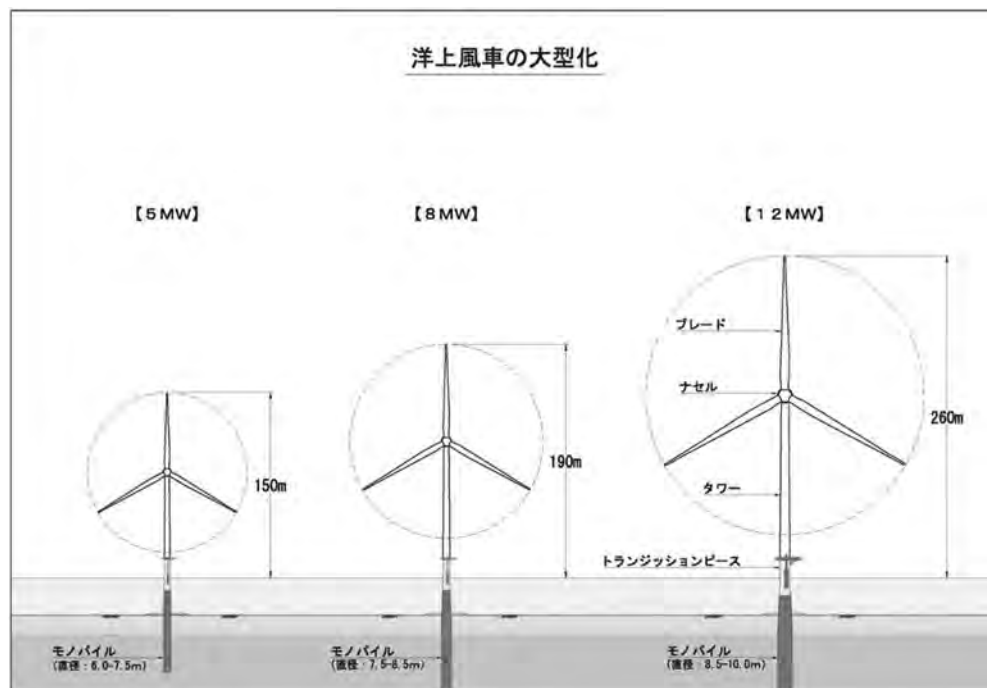
1. はじめに

東日本大震災に起因する福島第一原子力発電所の事故をきっかけに, 日本のエネルギー開発は転換点を迎え, 従来の発電システムの見直しの中で再生可能エネルギーに注目が集まっている。その一つである「風力発電」は, 山間部を中心に国内各地で建設が進められているが, 設置環境により風の乱れが大きいことや, 土地や道路の規制, 騒音, 景観への影響が大きいこと等により適地が減少している。

そういった背景の中, 我が国では昨年4月に洋上風

力新法が施行され, 欧州にて実績のある「着床式洋上風力」の導入が活発に進められている。すでに欧州では6~8MW (メガワット) 級の洋上風車による発電施設が商用化されており, 将来, 固定価格買取制度 (FIT) に頼らなくても事業採算を向上できるように, 8MW 級以上の超大型風車による計画を進めている (図一1)。我が国でも, 今後の発電単価の削減と限られた建設海域での事業規模・採算を勘案すると, 欧州同様に8MW 級以上の風車が必須となり, その建設に対応できる SEP 船の需要が高まると予想される。

現在我が国では800t級クレーンを搭載した SEP 船



図一1 洋上風車の大型化

が1隻昨年から稼働開始、さらに1,000t級クレーンに換装可能なSEP船が1隻建造中、1,600t級クレーン搭載SEP船が1隻建造予定である。このように各社がSEP船の建造に着手している中、日本国内で計画されている洋上風力発電施設のEPC受注を目指すとともに、海外への展開も見据えて世界最大級の搭載能力及びクレーン能力を持つSEP船の建造を決定した。完成は2020年10月予定である。

2. 本船基本仕様

SEP船の特徴は大型クレーンと、レグを含むジャッキアップシステムである。海底にレグを降ろし、船体をジャッキアップさせ海面上に固定し、大型クレーンで高重量貨物をハンドリングする。

そこで海外の風車大型化の動向を踏まえ、12MW級以上の超大型風車及び基礎の両方の施工が可能な高稼働率SEP船をコンセプトに本船を計画した。

(1) 基本仕様の設定条件

本船の基本設計を進めるうえで、以下を設計条件とした。

- ①12MW級の風車、基礎設置作業に必要な能力をもち、さらにそれ以上のクラスの風車への対応も視野に入れた能力とする。
- ②海外での操業も想定した仕様とする。
- ③太平洋側の長周期のうねりや日本海の冬の荒天を想定し、有義波高2.5m、有義波周期10秒の条件下でも作業可能とする。
- ④施工サイクルタイムの向上のため、我が国では一般的な非自航船（曳船による曳航を必要とする推進システムを持たない船）ではなく、自航式とする。

(2) 基本仕様

上記の設計条件のもとに基本仕様を設定した（表-1）。

3. 本船主要機器

(1) メインクレーン

本船の最大の特徴は伸縮可能な最大揚重能力2,500tの設置型全旋回クレーンを搭載していることである。当クレーンは、ブームを格納した基礎施工用のモードと、クレーン揚程を重視し、ブームを伸長した風車施工用のモードの二種類のモードを使い分けることが可

能である（図-2）。風車が大型化するにつれ、基礎はより重く、ナセルの設置高さはより高くなる傾向にある。この伸縮型クレーンはその両方の需要に対応することを目的として開発された。本船メインクレーン

表-1 本船の基本仕様

船体寸法	長さ	142 m
	幅	50 m
	深さ	11 m
	喫水	8 m
	総トン数	28,000 t
レグ	レグ長さ	90 m (109 m 拡張可)
	レグの種類	三角トラス式
	対応水深	10 ~ 50 m (拡張時 65 m)
ジャッキアップシステム	プリロード能力	14,000 t/脚
	形式	ラック&ピニオン形式
メインクレーン	ブーム格納時	2,500 t
	ブーム伸長時	1,250 t 甲板上揚程 158 m
スラスト	スラスト能力	3,800 kW × 3基 3,200 kW × 2基 3,000 kW × 1基
位置保持装置	形式	Class NK DPS B
居住区	最大搭載人員	130 人

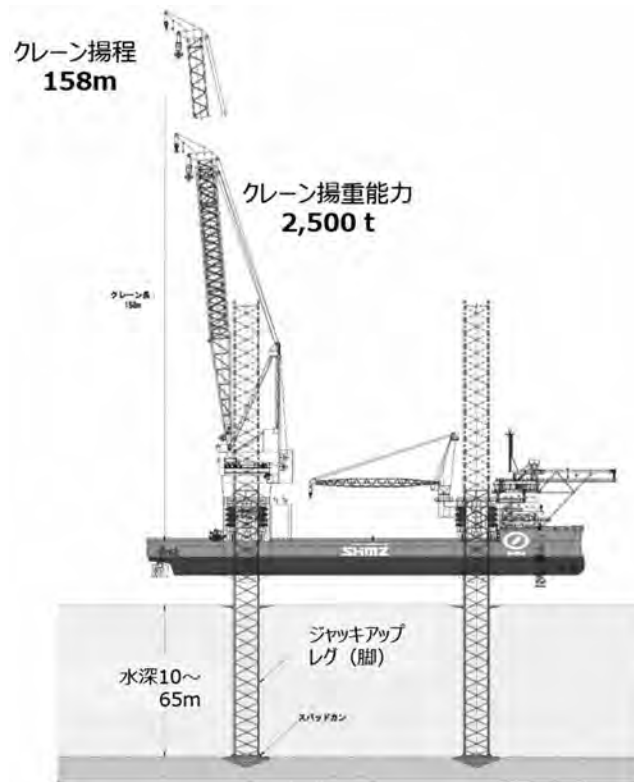


図-2 メインクレーンの仕様

は12 MW 超級風車及び基礎施工にも対応可能であり、さらなる大型風車の施工にも対応可能である。

欧州市場の既存 SEP の中には当初搭載したクレーンでは風車の大型化に対応できず、クレーンの能力アップ工事を行っている例もあるが、船体のバランス調整等の観点からもクレーンの能力アップには限界がある。本船は5年後10年後の市場需要を見越し、この大型クレーン搭載を決定した。

(2) 積載重量

SEP 船の能力を特徴付けるもう一つの要素が積載重量である。本船は、8 MW 級風車を7基、12 MW 風車を3基、一括で搭載可能な積載重量を有する。

積載重量はジャッキング能力の合計から、船体の重量を引いた値であるため、積載重量を決める重要な要素は SEP 船のレグに取り付けられたジャッキングシステムの能力である。本船は船体も大きく、大型クレーン等を搭載しているため高重量であるにもかかわらず、高い積載重量能力を有する。その理由として、ラック&ピニオン式のジャッキングシステムの採用が挙げられる。ラック&ピニオン式は、ピニオンを多数積み上げることでジャッキアップ能力を高めることが可能である。本船には合計96個のピニオンが取り付けられ、可変速ドライブにより、昇降スピードをシームレスに変更することが可能である。

国内で既存の SEP 船ではピン&ホールタイプが採用されており、ラック&ピニオン式のジャッキングシステムの国内での近年の製造実績はないが、石油掘削用のジャッキアップリグでは一般的に用いられており、信頼性のある技術である。

(3) デッキ面積

積載重量が大きくても、デッキ面積が小さくは風車及び基礎施工に必要な部材を搭載することができない。本船は、8 MW 級風車を7機搭載可能なデッキ面積を有する。8 MW 級風車デッキ配置案を図-3に示す。

建造の際には可能な限りデッキ面積を広く取れるように、デッキ上造作物を減らす工夫が求められる。本船では、エンジンの排気口をレグ側に集積する等の工夫を行い、デッキ上に多くの荷を載せられる設計としている。また、風車施工時と基礎施工時では SEP 船上デッキ配置も大きく変わるため、常設の艀装機器を最小化し、各作業に必要な艀装機器はプロジェクト毎に取り付け、取り外しが可能な設計としている。

(4) 稼働条件

風車施工において SEP 船を使用する大きなメリットの一つとしてその稼働率の高さが挙げられる。SEP 船の作業条件は、大きくジャッキアップ時の作業条件とジャッキアップ後の作業条件に分けられる。より厳しいのはジャッキアップ時、DPS (Dynamic Positioning System : 自動船位保持装置) を稼働させながらレグを降ろす際の作業条件である。本船はジャッキアップ時を含む全ての条件で有義波周期10秒、有義波高2.5 m に対応可能であり、太平洋側のうねりの中や日本海の冬季など厳しい海気象条件下でも高い稼働率を確保することが可能である。

(5) 自航式

本船は自航式である。自航式の最大のメリットは、

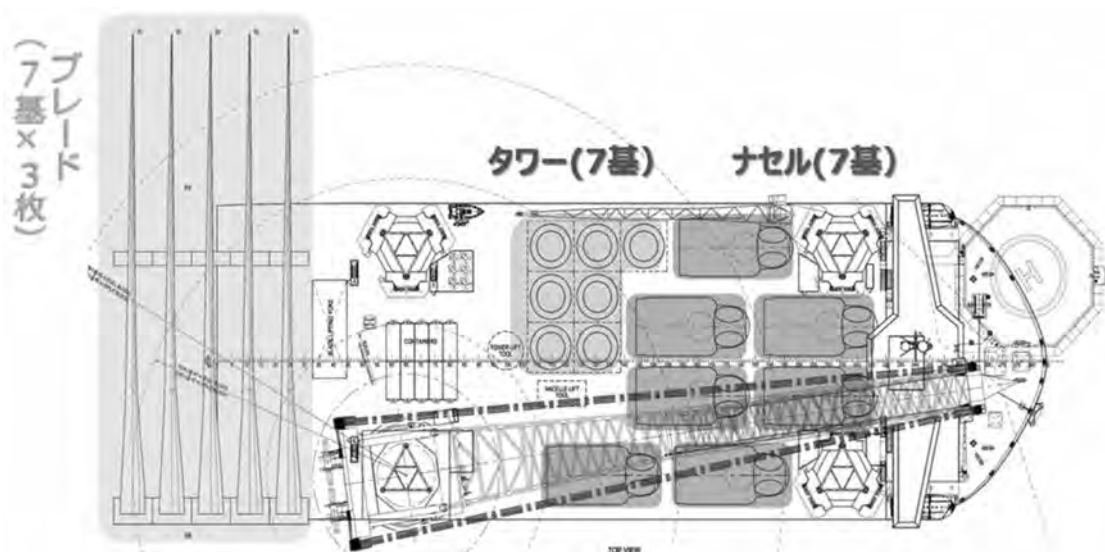


図-3 8 MW 級風車デッキ配置案

作業条件を曳船の条件に縛られることなく、DPSと自航の切り替えですぐに移動・退船が可能で荒天リスクを低減できることである。また、DPSによる位置保持が可能のため、アンカーを張る必要がなく、風車設置場所における占有範囲が小さいため漁業への影響も小さい。

図-4にSEP船を用いた施工作業の流れを示す。SEPの作業は港での積み込み作業と、風車設置サイトでの設置作業を繰り返すことになるが、本船は自航式であるため、このような一連の作業をSEP船一隻で完結させることが可能である。このため曳船の備船コストが不要であり、本船の高い稼働条件を基に施工可能である。自航式の船は、海技士資格を所有した船長、航海士等の船員を配員する必要があるが、そのような制約を考慮しても施工性の向上、さらには工事コストの低減につながる等のメリットが上回ると判断した。

(6) 日本船籍船

カボタージュ規制等のため海外船籍のSEP船をそのまま日本で使用することはできない。海外船籍船の国内使用には、日本船籍への変更、日本人船員の手配等の条件を満たす必要がある。本船は日本船籍船であり、確実に国内での稼働が可能である。

(7) 居住区

本船は最大130人を収容可能な居住区を要する。これにより24時間作業可能となり、より工期を短縮することが可能である。居住区には乗組員のための食堂やリクリエーションルーム、ジムなども完備し、快適に作業することが可能な環境を確保している。

(8) 国際航海

本船は、国内稼働をメインに見据えながらも将来的な海外稼働を視野に入れており、国際航海可能な装備を有する。

4. SEP船に関連した技術

SEP船の能力を最大限に発揮するためには、SEP船上にクレーン作業や杭打ち作業のための艀装機器を適切に配置し、SEP船の能力を妨げない施工性の優れたシステムにつくりあげることが大変重要となる。

(1) 立て起こし装置

図-5に示すように、立て起こし装置はクレーンで基礎を立て起こす際に、基礎の一端を支えながら軸を中心に回転することで、クレーンの過負荷を防ぎ、杭が船体や海面に接触することを防ぐ。本船では基礎杭を船首方向に対して垂直に積み込むため、右舷側



図-5 立て起こし装置

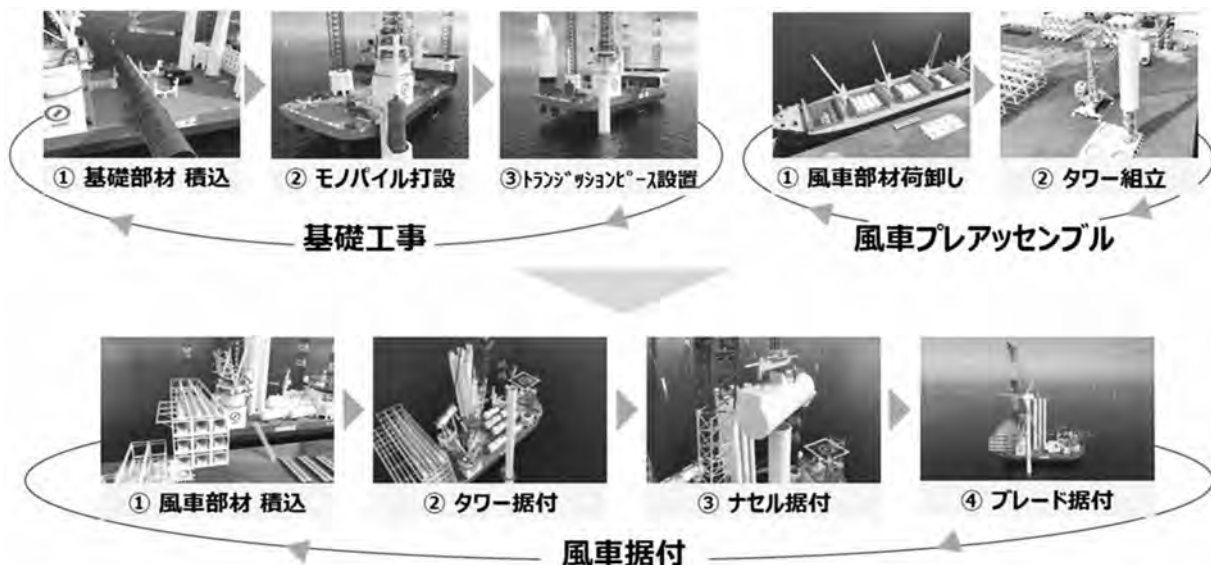
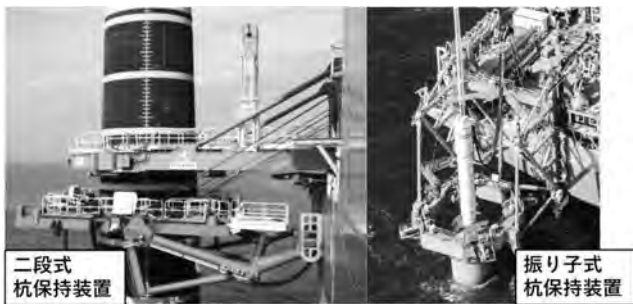


図-4 SEP船を用いた施工作業の流れ

デッキ端に立て起こし装置を配置することを検討している。

(2) 杭保持装置

立て起こした基礎杭を海中に降下させ、基礎杭底面が海底に接触するまでの間は、風、波の影響を受け基礎が動揺する。この動揺を抑えるために基礎杭保持装置が用いられる。基礎杭が大型化することにより風、波を受ける面積も大きくなるため、その動揺も大きくなる。市場のSEP船でよくみられるのは一段式杭保持装置だが、大型SEP船の中には二段式の杭保持装置や、杭保持装置の重量を低減しつつ剛性を最大化するためにグリッパーリングがテンションロッドに吊り下げられた振り子式杭保持装置(図一6)も存在する。このような選択肢の中から最適な杭保持装置の設計検討を実施している。



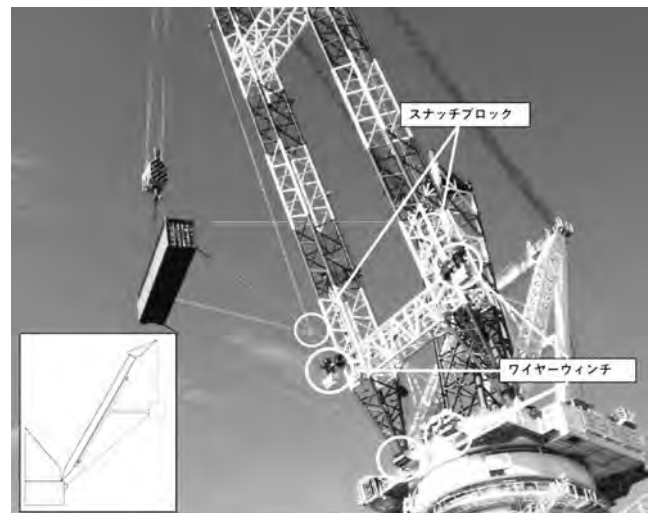
図一6 杭保持装置

(3) 騒音低減装置

欧州では海中生物を工事時の騒音から守るための水中騒音低減装置を使用しているプロジェクトがある。この装置は、海中に設置した巨大な筒の中に基礎杭を通した状態で杭打作業を行うことで、水中に伝わる振動を低減する。この水中騒音低減装置は杭保持装置の役割も果たす。他にも杭の空中露出部分を遮蔽物で覆うことで空气中騒音を低減する装置も開発されている。

(4) タグラインシステム

ナセルやブレード等の風車部材取り付けの際には動揺を抑えるため、タグラインシステムをクレーンに取り付けて使用している例が多い。タグラインシステムとは、クレーンブーム上に設置したワイヤーウィンチとブームに平行に設置されたワイヤーに取り付け、吊荷に対して水平方向に張力をかけるためのスナッチブロックからなる(図一7)。ワイヤーウィンチの張力を調整することにより吊り荷の状態を制御することが可能となる。このシステムの使用により、より精度の



図一7 タグラインシステム

高い組立作業を実施することが可能となる。

(5) 杭打設作業用ハンマー

基礎杭を海底に打ち込む際には、専用の油圧式ハンマーを用いて打設作業を行う(図一8)。国内で使用されている油圧式ハンマーは、適用パイル径1.5m、最大打撃エネルギー500kNmクラス以下のサイズが主流である。一方、12MW級風車の基礎杭は直径が10m程度になり、必要打撃エネルギーも4,000kNm以上となる見込みのため、対応した油圧式ハンマーの調達が必要となる。

基礎杭打設用ハンマーには基礎杭の傾きを検知する装置が搭載されており、杭保持装置との組み合わせで高い垂直精度を保ったままの打設が可能である。

(6) リフティングツール

SEP作業のサイクルタイムを短くするためには、クレーン作業時間をいかに短くするかが重要となる。吊荷が大型化・高重量化すると、吊り具自体も大型化し、吊り具の取り付け、取り外し作業やクレーンの取



図一8 油圧式ハンマー



図-9 SEP 船上の機装システム

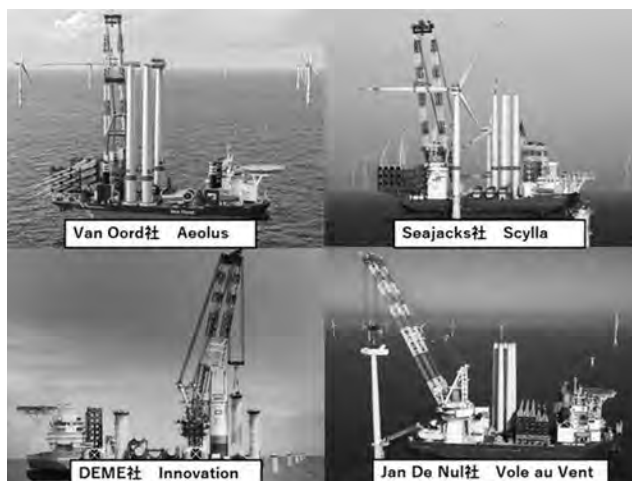


図-10 クレーン能力 1500t 級以上の SEP 船

り回し作業に時間がかかる。そのため取り付け、取り外しが遠隔操作によるワンアクションで可能な油圧式リフティングツールも開発されている。本船ではこの装置と立て起こし装置や杭保持装置のシステム化によりサイクルタイムの最適化を検討している(図-9)。

5. SEP 船市場の中での本船の優位性

欧州では先行して「着床式洋上風力」の導入実績が多数あり、施工に用いる SEP 船も既に多数存在する。ここでは、このような SEP 船市場の中で本船が有する優位性について説明する。

(1) 超大型風車への適応性

欧州市場では 800t 級以上のクレーンを搭載した SEP 船が 10 隻以上存在する。国内でも 800t 級クレーン搭載の SEP 船が既に 1 隻稼働しており、本船以外でも 2 隻の SEP 船が建造計画中和報道されている。しかし、12 MW 級の超大型風車施工には、約 700t のナセルを水面上 150m で取付可能な能力が求められ、12 MW 級風車の基礎重量は設計条件により 1,500t 以上となる見込みのため、対応可能な SEP 船は数が絞られる。12 MW 級の風車及び基礎施工に対応可能な SEP 船のクレーン能力は 1,500t 級以上と推測され、市場の SEP 船の中でもわずか 4 隻(図-10)に絞られる。このようなハイスpek SEP 船は海外市場でも需要が高く、カボタージュ規制等のハードルもあるため、国内での利用確保は容易ではない。国内で確実に利用可能で、12 MW 超級の風車及び基礎施工に対応可能な SEP 船として本船は高い需要があると見込んでいる。

(2) 稼働率と備船コストの関係

一般的に高性能な SEP 船の備船コストは高くなる傾向にある。しかし、高稼働率の SEP 船を備船した方が、全体工期を短縮でき、プロジェクト全体の建設コストはより安価に収まる。そのため、SEP 船を備船する際には、対象とする風車及び基礎の施工が可能かどうかだけでなく、どの程度の稼働率で施工ができるのかを判断することが重要となる。

日本の海象・気象条件は、日本海側と太平洋側で大きく特徴が異なる。日本海側では、夏季は好条件が連続して出現するが、冬季は波高、風速とも悪条件が続く。また、日本海側では長周期のうねりは発達しない。一方、太平洋側は年間を通じて長周期のうねりが発生し、波浪、風速とも強いため、夏季であっても好条件の日は限られる。

本船は、日本海側の冬季や太平洋側の長周期のうねりにおいても年間を通じて作業が可能のように、有義波高 2.5m、有義波周期 10 秒の環境下でも作業可能な設計条件としている。

NEDO が公開している 2013 年洋上観測データから、日本海側の 1 例として北九州市沖の有義波高と有義波周期の出現率を、図-11 に太平洋側の 1 例として銚子沖の有義波高と有義波周期の出現率を図-12 に示す。これらの図は、縦軸に有義波高の出現率、横軸に有義波周期の出現率を示しており、図中の枠内は本船の稼働条件内の出現率を示す。北九州市沖では有義波高 2.5m 以下の出現率は 100%であり有義波高からみた北九市沖における本船稼働率は 100%といえる。一方、有義波周期 10s 以下の出現率も 100%であるため、有義波周期からみた稼働率も 100%であり、有義波高と有義波周期の両方を考慮した北九州市沖における稼働率についても 100%といえる。また、海象・

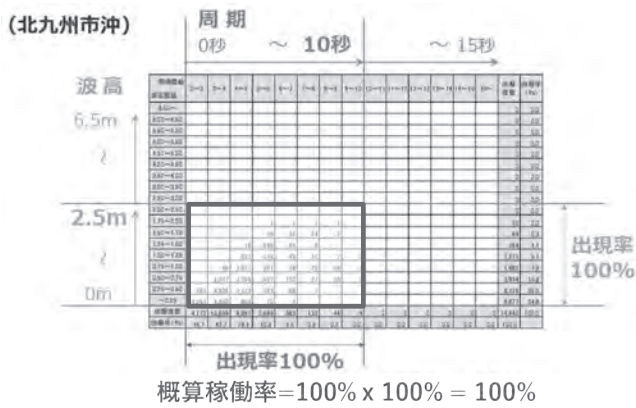


図-11 北九州市沖における概算稼働率

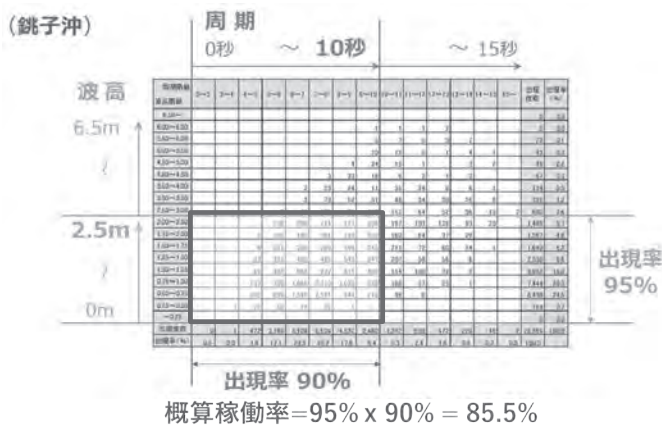


図-12 銚子沖における本船概算稼働率

気象条件の異なる銚子沖では有義波高 2.5 m 以下の出現率は 95% であり、有義波周期 10 s 以下の出現率は 90% である。このことから有義波高と有義波周期の両方を考慮した銚子沖における稼働率も依然 85.5% と高いことがいえる。もし有義波周期の稼働条件を 8 s 以下と制限すると出現率は 60% 程度となるため、稼働率は大幅に減少する。

このように、本船は日本海側、太平洋側にかかわらず通年を通じて高い稼働率を確保することが可能であり、高効率な洋上風力発電所建設が可能である。

6. おわりに

本船は国内だけでなく、世界市場の中で競争力のある SEP 船を目指し建造に着手している。しかし、業界の推移は早く、さらなる関連技術も日々進歩している。今後もそういった新技術の動向にも注視しながら、顧客に満足いただけるような高稼働率の SEP 船建造に努めたい。また本船が着床式洋上風力の国内普及に貢献し、日本の再生可能エネルギー発電の発展の一助となれば幸いである。

謝辞

本船の建造は多数の関係者の協力の下に進められており、この場を借りて日頃お世話になっている関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

JCMA

《参考文献》

- ・NEDO 洋上観測データ (2013年1月1日～12月31日) 整理結果 (PDF版)
https://www.nedo.go.jp/fuusha/imgs/public/fuusha_data_report.pdf
- ・株式会社トリオマリンテック社ホームページ、TWD 社製品例
<https://tmt-marine.com/contents/twd-lineup/>
- ・TWD 社 MONOPILE GRIPPER - HLJV INNOVATION パンフレット
- ・Eltronic 社 Tagline Systems パンフレット

【筆者紹介】

堀 哲郎 (ほり てつろう)
 清水建設㈱
 エンジニアリング事業本部
 上席マネージャー

白枝 哲次 (しろえだ てつじ)
 清水建設㈱
 エンジニアリング事業本部
 新エネルギーエンジニアリング事業部
 事業部長

矢野 佑樹 (やの ゆうき)
 清水建設㈱
 エンジニアリング事業本部
 新エネルギーエンジニアリング事業部
 計画・設計部
 洋上風力・海洋資源グループ

下水を対象とした微生物燃料電池の性能と評価

麦田 藍・飯田 和輝・吉田 奈央子

微生物燃料電池(MFC)は汚水中に存在する有機物の除去と同時に電気エネルギーの回収が可能であり、曝気に係る電気量および余剰汚泥量の低減が期待される技術である。開発した水処理技術は既設の下水処理場の土木的な構造変更なく設置可能な構造としており、人口減少等で余裕のある処理場に導入することを想定している。

本稿では、MFCを下水処理場に設置し、生産電力や有機物除去性能に関する試験を実施することにより、下水処理場へ適用した際のMFCの性能を評価した。また、全国の下水処理場へMFCを導入した際のエネルギー自立化率を試算した。

キーワード：微生物燃料電池，創エネルギー，省エネルギー，下水処理技術，発電技術，有機物除去，余剰汚泥量の低減，エネルギー自立化

1. はじめに

現在、下水処理場における年間消費電力量は、国内で消費される電力の約0.7%を占めており、その削減が求められている。一方、下水や下水汚泥等のポテンシャルに期待が高まっており、我が国では下水処理場のエネルギー自立化を目指し、下水道資源を活用したエネルギー生産技術の開発が進められている。

微生物燃料電池（以下、MFC (microbial fuel cell) とする。）は、下水中に存在する有機物の除去と同時に電気エネルギーの回収が可能であり、曝気に係る電力量および余剰汚泥量の低減が期待される技術である。

本稿では、MFCの原理や本研究で用いるMFCの特徴、性能を解説するとともに、MFCを全国の下水処理施設へ導入した際のエネルギー自立化率の試算結果を紹介する。

2. 微生物燃料電池 (MFC) の概要

(1) MFCの原理

MFCは汚水中に含まれる有機物を電流生産菌が酸化分解した際に放出される電子を電流として回収する技術である（図-1）。電流生産菌は、有機物を分解した際に生成した電子を電極に渡すことができる微生物であり、自然界や下水処理場などに存在する。

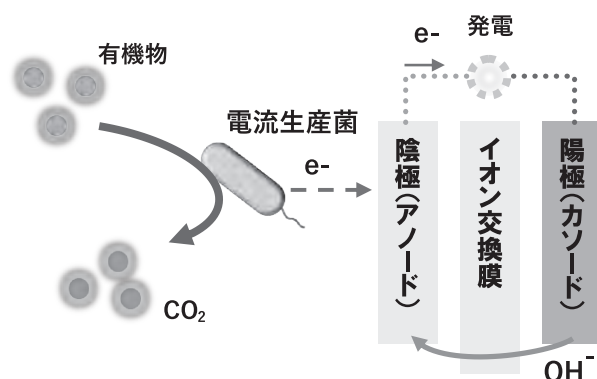


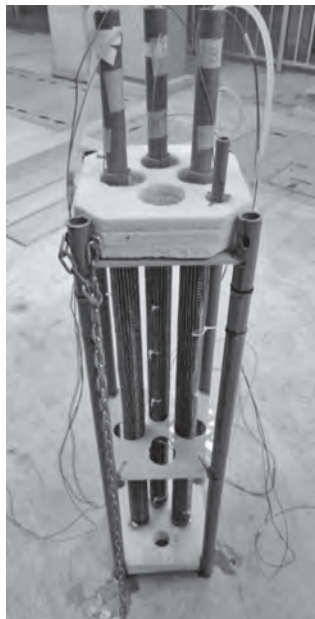
図-1 MFCの概要

MFCは、陰極（アノード）、陽極（カソード）およびイオン交換膜から構成され、アノード側に汚水を含み、微生物が汚水中の有機物酸化ならびに放出した電子のアノードへの電子伝達反応を行う。アノードで回収された電子は、導線を通じてカソードに渡り、酸素などの還元反応に用いられる。

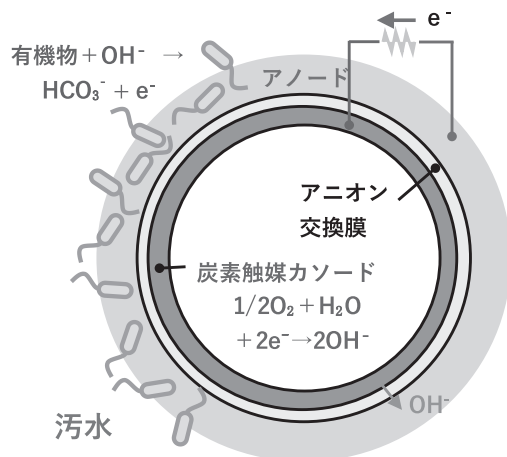
(2) 本研究で用いるMFCの特徴

本研究で用いるMFCは、深さ方向に連結可能であり、かつ浮遊構造をしているため、既存の下水処理施設を改造せずに設置することが可能となる（写真-1）。（特許第6358509号）

装置断面は円筒形状であり、内側にカソードを配置し、外側にアノードを配置している（図-2）。カソードの内側は空洞となっており、カソードへ酸素供給を



写真一 ユニット化した装置



図二 本研究で用いる MFC の断面図

行い、カソードでは炭素触媒による酸素還元を行う。

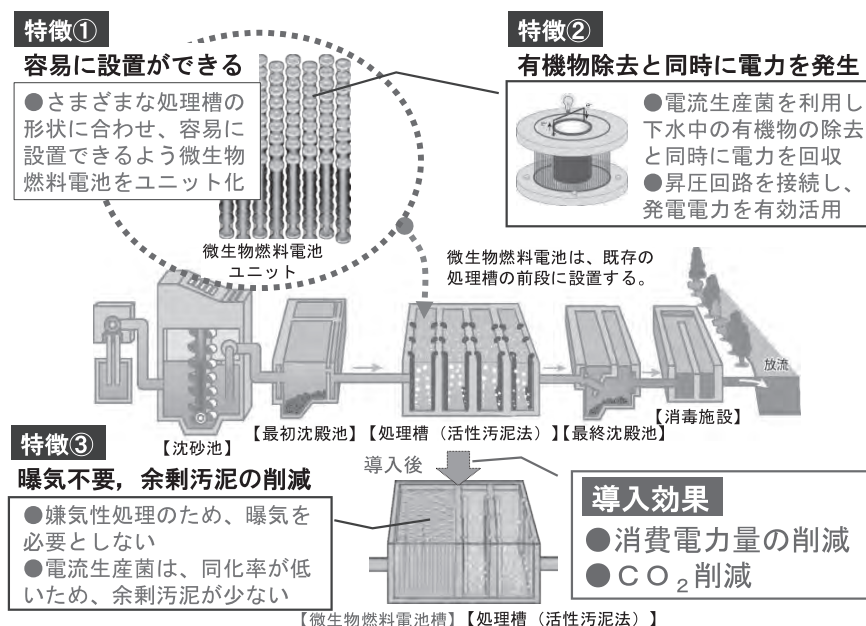
アノード電極とカソード電極を模擬抵抗で接続することにより、アノードからカソードへ電子が移動し、発電する構造となっている。

イオン交換膜は、アニオン交換膜を使用しており、カソード側からアノード側へ、OH⁻を移動する機能を持っている。これまでは、汚水側からプロトン(H⁺)が移動するカチオン交換膜が主流であったが、アニオン交換膜を利用することで、汚水側からのイオンの移動がないため、膜の目詰まりが少ないことが考えられ、耐久性が期待できる構造となっている。(特許第6624470号)

(3) MFC の導入効果

本研究の MFC は人口減少等により生じる空き池に設置し、最初沈殿池から排水される沈殿後水を対象に下水中の有機物を処理することを想定している。MFC を設置した槽の後段には MFC だけでは処理しきれなかった有機物を分解するため既存の曝気槽を利用する。

電流生産菌は嫌気性微生物であるため、増殖速度が標準活性汚泥法で用いられる好気性微生物より遅いため、同量の有機物を処理しても余剰汚泥の発生量が少ない。さらに曝気槽で好気処理する有機物を前段の MFC でいくらか処理するため、曝気に係る電力量を削減することが可能となる。併せて、MFC では下水中の有機物除去と同時に発電が可能であるため、これまで利用されなかった下水中に含まれる有機物からのエネルギー活用が可能となる (図一三)。



図一三 MFC の導入効果

(4) MFC の導入可能性

MFC は既存の余剰となる処理槽へ設置することを想定している。全国の処理場の処理能力に着目すると、表一 1 に示すように、現有処理能力が日平均汚水量の 3 倍以上ある処理場は、2,138 施設のうち 418 施設の約 20% が該当し、2 倍以上ある処理場は 51% が該当する。このため、既存処理場の必要処理能力を日平均汚水量の 2 倍と仮定すると、現段階で全国の約半数の処理場に MFC の設置が可能と評価される。さらに将来的には、人口減少や節水意識の高まりにより、流入汚水量がさらに減少することが予想されることから、MFC の設置可能な処理場は増加する。

3. MFC の生産電力量の評価

処理場における MFC の生産電力を評価するため、最初沈殿池への流入水路（初沈前）と流出水路（初沈後）に上・中・下の三段構造の MFC（写真一 2）を水路中に流れる汚水面に浮体より上部が浮かぶように設置した（写真一 3）。

表一 1 下水処理場の処理能力

処理能力*	施設数	割合
100% 未満	26	1%
100% 以上 150% 未満	422	20%
150% 以上 200% 未満	616	29%
200% 以上 300% 未満	656	31%
300% 以上	418	20%
合計	2,138	

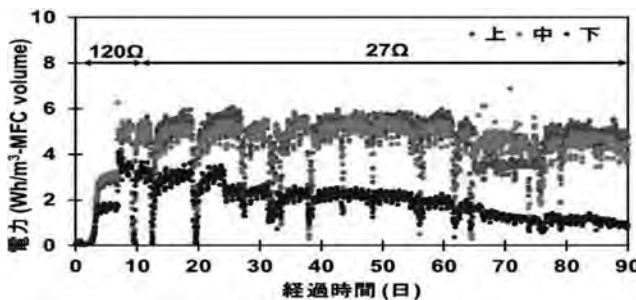
※処理能力 = 現有能力 / 日平均汚水量
 (平成 28 年度下水道統計¹⁾ より算定)



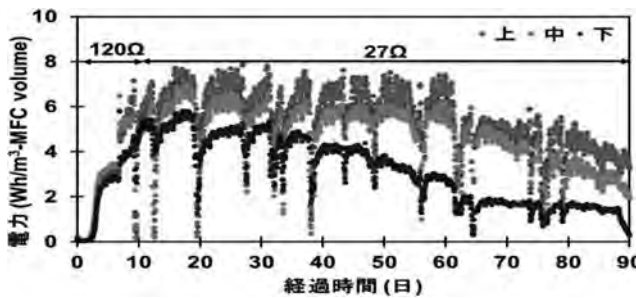
写真一 2 下水処理場に設置した MFC



写真一 3 下水処理場への設置状況



図一 4 最初沈殿池流入水路（初沈前）における電力推移



図一 5 最初沈殿池流入水路（初沈後）における電力推移

水路中の MFC の生産電力が安定するまで 120Ω の抵抗に接続し、その後 27Ω に接続して測定した。この結果、最初沈殿池流入水路（初沈前）では上部・中部は平均約 6.0 Wh/m³、下部では平均約 3.0 Wh/m³ であった（図一 4）。

最初沈殿池流出水路（初沈後）では上部は 6.0-8.0 Wh/m³、中部では 4.0-6.0 Wh/m³、下部では 5.0-7.0 Wh/m³ であった（図一 5）。

以上より、最初沈殿池前後での生産電力量は大きな差異がなく、MFC の設置場所としては浮遊物質が除去された最初沈殿池流出後の方が適している。いずれも下部で電力が低下した原因として MFC エアカソード内部への浸水およびエアカソード室の空気滞留による酸素不足が考えられた。

なお、下水処理場に設置した 3 ヶ月は、清掃等の維持管理は実施していない。

4. MFCの有機物除去性能および発電効率

MFCでは接続する外部抵抗値により電流生産菌が放出する電子の流れやすさが異なる。電流値が大きいことは、電流生産菌が活発に活動したことを示しており、有機物分解すなわち污水处理が促進されることになる。一方、接続抵抗が小さい場合には、電流が多く得られても電圧が低いため、生産電力が高くなるとは限らない。

池容積に対し本研究のMFCを20%充填した場合を想定した実験装置を用い、接続抵抗値の条件を変更した場合の発電量、有機物除去性能を比較した。

(1) 実験概要

200 Lの汚水を採水ポンプにより汲み上げ、タンク内で微生物が有機物分解しないようにチラーを用いて15℃前後に保冷した。MFCを入れた実験系の槽（実験系水槽）と対照系としてMFCが入っていない槽（対照系水槽）を用意し、タンク内の汚水を攪拌機により一定濃度に保ち実験系、対照系水槽にポンプ送水した。実験系、対照系水槽での滞留時間は12時間とし、電圧を計測するとともに各槽からの排水を採水し、COD_{Cr}、BODを計測した（写真—4）。

なお、本稿では27Ω、3Ωの接続抵抗に接続した際の発電効率、有機物除去性能を比較した。

(2) 実験結果

(a) 有機物除去率の比較

① COD_{Cr} 除去率

有機物除去効果を比較するため、実験用水槽への流入水質及び処理後の水質を測定し、除去率として評価



写真—4 実験装置

した。

27Ωの抵抗接続時のCOD_{Cr}除去率（平均値）は、MFC設置時で23%を示し、非設置の13%と差異が確認された。一方、抵抗3Ωの抵抗接続時のCOD_{Cr}除去率（平均値）は、MFC設置時に45%を示し、非設置の23%と比較して大きな差異となった。

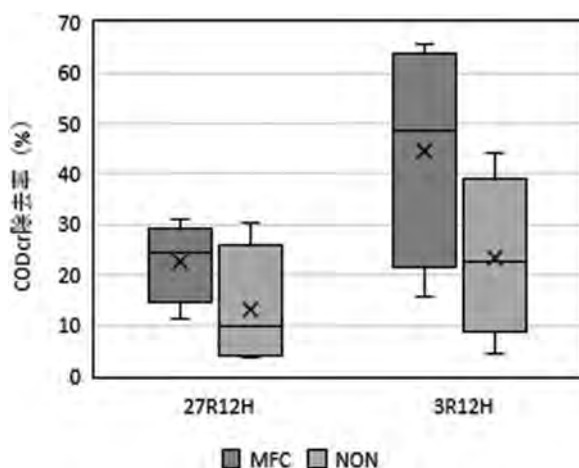
接続抵抗値別にみると、抵抗値の低い3Ωの時の除去率が高いことを確認した（図—6）。

② SCOD_{Cr} 除去率

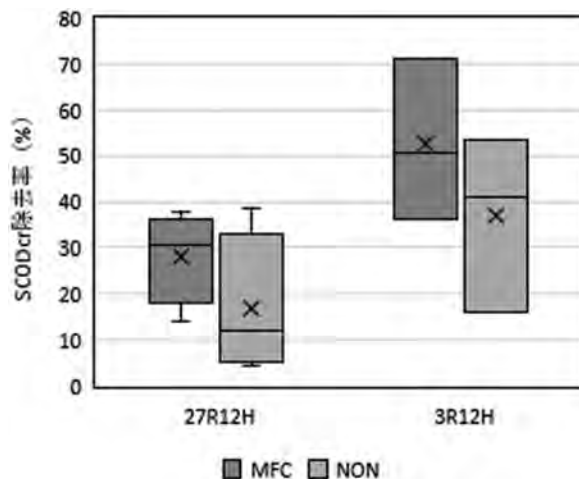
MFC設置時のSCOD_{Cr}除去率（平均値）は、27Ωの抵抗接続時で28%を示し、3Ωの抵抗接続時は53%を示した。いずれも非設置の除去率と比較して大きい値を示した（図—7）。

(b) 発電効率の比較

発電効率は、計測した電流値より求めた累積電力量をCOD_{Cr}除去量で除して算定した。発電効率（平均値）は抵抗27Ωの場合が大きく、0.165 kWh/kg-COD_{Cr}を示した。一方、抵抗3Ω接続時の発電効率は、0.013 kWh/kg-COD_{Cr}であった（図—8）。抵抗3Ω接続時



図—6 外部抵抗値別のCOD_{Cr}除去率の比較



図—7 外部抵抗値別のSCOD_{Cr}除去率の比較

には、有機物分解が優先されるものの、発電効率は低い結果となった。

以上の結果より、外部抵抗値の高い27Ωに接続した場合が発電効率の高い電力回収優先型、外部抵抗値の低い3Ωに接続した場合がSCODcr除去率の高い処理優先型のMFC運転条件と確認できた。

5. エネルギー自立化率の試算

(1) 検討ケース

実験結果を用いて全国の下水处理場にMFCと汚泥からのエネルギー回収が可能な消化ガス発電を導入した際の効果を算定し、エネルギー自立化率を試算した。なお、今回はMFC導入後の検討ケースには、処理優先型となる抵抗3Ω時の運転条件を適用した。

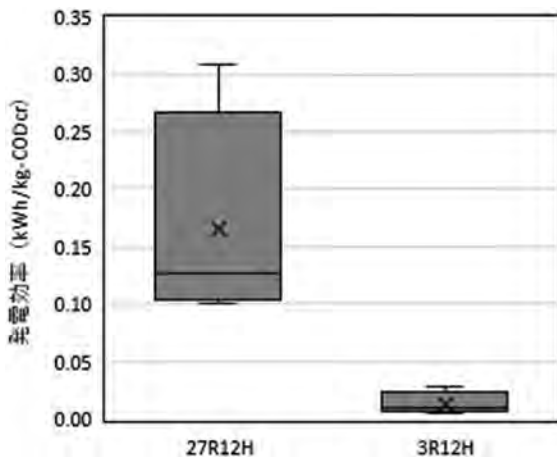
試算に用いた条件は表—2のとおりである。

(2) 試算方法

MFCの生産電力量と水処理に係る電力削減量は、前節で示した性能をもとに以下の方法で試算した。

(a) 生産電力量の試算方法

MFC導入による流入下水からの生産電力量は、年間の流入有機物量(CODcr)に実験結果より得られた発電効率を乗じて以下の式で算定した。



図—8 外部抵抗値別の発電効率の比較

表—2 試算条件

CASE	抵抗値 (Ω)	MFCのCODcr除去率 (%)	発電効率 (kWh/kg-COD)	沈殿後水BOD (kg/m ³)
0	—	—	—	0.12
1	3	45	0.013	0.12

- ・CASE0：MFC導入前
- ・CASE1：MFC導入後（3Ωのとき）

$$\text{MFC 発電量 (kWh/日)} = \text{年間流入下水量 (m}^3\text{/年)} \times \text{沈殿後水 CODcr 濃度 (kg/m}^3\text{)} \times \text{CODcr 除去率 (\%)} \times \text{発電効率 (kWh/kg-CODcr)}$$

- ・年間流入下水量：15,361,509,000 m³/年 (H28年度下水道統計 年間処理水量 p97¹⁾)
- ・CODcr濃度：BOD濃度 (kg/m³) × 2.0 (BOD濃度：0.12 kg/m³, 2.0：活性汚泥モデルの実務利用の技術評価に関する報告書 H18.3 JS²⁾)

(b) 水処理に係る電力削減量

MFC導入による水処理に係る使用電力削減量は、年間の水処理に係る電力消費量に実験結果より得られたMFCによる有機物除去率(CODcr除去率)を乗じて以下の式で算定した。

$$\text{水処理に係る電力削減量 (kWh/年)} = \text{水処理に係る電力消費量 (kWh/年)} \times \text{MFCによる有機物除去率}$$

- ・水処理に係る電力消費量：3,532,389,146 kWh/年 (H28年度下水道統計 処理場・電力使用量・水処理¹⁾)

(c) 消化ガス発電による発電量

汚泥資源の有効活用として消化ガス発電が実施されており、平成28年度の実績は、2.3億kWh¹⁾となっている。この技術を全国の下水处理場に適用した場合には、消化ガス発生量に発電効率等を乗じて以下の式で算定でき、年間22億kWhと試算される。

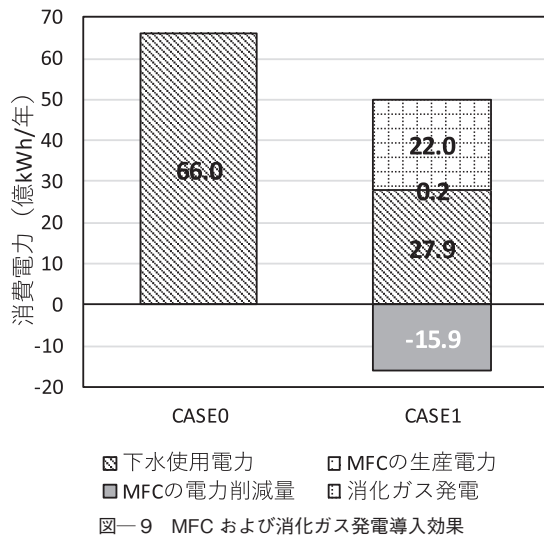
$$\text{消化ガス発電量 (kWh/年)} = \text{消化ガス発生量 (Nm}^3\text{/年)} \times 22 \times 1/3.6 \times 0.35$$

- ・消化ガス発生量：10.4億Nm³/年 (下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン p.141³⁾より算出)
- ・消化ガス低位発電量：22MJ/m³ (設計指針2009年版 p.359⁴⁾)
- ・発電効率：0.35 (水環境マネジメント検討会報告書 H25.3p.28⁵⁾)

(3) エネルギー自立化率の算出

エネルギー自立化率は、MFCおよび消化ガス発電により得られる発電量をMFC導入後の使用電力量で除して求めた。全国の下水处理場における電力使用量は、平成28年度実績で約66億kWhであり、MFC導入後は15.9億kWhの電力が削減される。

以上より、MFCと消化ガス発電導入後のエネルギー自立化率は約40%となることを確認した(図—9)。



6. おわりに

下水処理場での実験により、本研究で用いるMFCの有機物除去性能、発電効率を確認することが出来た。これらの実験結果を用いると、MFCを導入した際、MFCの発電量、使用電力削減量と消化ガス発電の汚泥からの発電量と併せると、下水処理場の使用電力量の約4割を賄えるポテンシャルを持っていることが明らかになった。

MFCは、国土交通省の平成30年度の下水道技術ビジョン・ロードマップ重点課題として掲げられ、実用化が期待される技術である。また、人口減少等により流入汚水量が減少し、MFCが設置可能な余裕のある処理施設が増えてくることが予想される。下水の性状や下水処理場の運用状況、施設規模等により効果が

異なるため、今後は、より多くの下水処理場で詳細な条件を用いてMFCの効果を確認する必要があると考える。

JCMA

《参考文献》

- 1) 公益社団法人 日本下水道協会 (2017)：平成28年度版 下水道統計
- 2) 日本下水道事業団 (2006)：活性汚泥モデルの実務利用の技術評価に関する報告書
- 3) 国土交通省 (2017)：下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン —平成29年版—
- 4) 社団法人 日本下水道協会 (2009)：下水道施設計画・設計指針と解説 —2009年版—
- 5) 国土交通省 (2013)：水環境マネジメント報告書 平成25年3月

【筆者紹介】



麦田 藍 (むぎた あい)
日本工営(株) 大阪支店
流域水管理部
技師



飯田 和輝 (いいた かずき)
日本工営(株) 流域水管理事業部
水工インフラマネジメント部
部長代理



吉田 奈央子 (よしだ なおこ)
名古屋工業大学大学院
社会工学専攻環境都市分野
准教授

超高層ビル建築工事で工事用電力を 100%再エネに

五十嵐 保 裕

超高層オフィスビルの建築工事において、工事に使用する仮設電力（以下、工事用電力）を 100%再生可能エネルギー由来電力（以下、再エネ電力）に切り替えた。これにより施工時に使用する電力からカウントされる CO₂ はゼロとなる。

建設現場では、敷地内に太陽光発電設備等を設置し再エネ電力を自家消費する事例は多く見られるものの、設置スペース等の問題から大規模な展開には課題が残る。一方、電力系統から再エネ電力を購入する仕組みでは、需要家である建設現場が小売電気事業者との契約によって 100%再エネ電力を使用することが可能である。本稿では、この仕組みを利用して建設現場で 100%再エネ電力を使用した事例について報告する。

キーワード：再生可能エネルギー、CO₂、地球温暖化、電気需給契約、電力系統

1. はじめに

2015年のパリ協定以降、世界的に脱炭素に向けた取り組みが加速しており、特に発電のためのエネルギーを、CO₂排出量の少ない再生可能エネルギー（以下、再エネ）へ移行することが求められている。日本が直接排出（電気・熱配分前）する CO₂ 排出量の内、40%程度はエネルギー転換部門（製油所、発電所等）が占めており¹⁾、今後、国際公約順守のためにも再エネ電源の拡大が求められる。企業活動においても、ESGへの注目度の向上等も関連して、自社の事業活動で使用する電力を再エネ電力に切り替える動きが加速している。そして日本でも RE100（Renewable Energy 100%）へ加盟し、事業活動で使用する電力を 100%再生可能エネルギー由来電力（以下、再エネ電力）で調達することを目指す企業が増えている。

建設会社が使用する電力は、その大半が建設現場で消費されている。そのため、建設会社が再エネ電力による事業運営を行うためには、そこでの再エネ電力調達が重要となる。建設現場の CO₂ 排出量の内訳では、建設重機のディーゼルエンジンにより消費される軽油が約 70%を占めるが、タワークレーン、シールドマシン、そして溶接、照明等に使用する工事用電力も約 20%を占める²⁾。

建設現場に設置した再エネ発電設備を利用しようとしても、その設置スペース確保等の観点から利用規模

には限界がある。従って建設現場では、小売電気事業者から電力系統経由で再エネ電力を調達することも重要となる。RE100では、再エネ電力の調達方法のメニューが示されており³⁾、これらに準拠した方法で再エネ電力を使用することで、国際的に再エネ電力使用として認められる。

2. 再生可能エネルギー由来電力の定義

(1) 対象となる発電設備

RE100で対象となる再エネ発電設備は、太陽光、水力、風力、地熱、バイオマス（バイオガス含む）であり、これらの再エネから発電された電力が再エネ電力として認められる³⁾。なお、原子力は再エネとして認められていない。

(2) 環境価値

再エネ電力には『環境価値』という概念が存在する。再エネから発電された電力量は、「Wh」で示される『電力としての価値』（以下、電気価値）の他に、再エネにより発電されたという『環境価値』を発電量と同量有する。電力系統に送られた電力は、再エネ由来と化石燃料由来とを区別することができない。そのため、『電気価値』と『環境価値』の両方を消費することで、需要家は再エネ電力の使用を主張することができる（図—1）。



図一 再エネ電力の定義

(3) 再エネ証書

再エネ証書とは、環境価値を証書化したものである。再エネ証書には、欧州のGO (Guarantee of Origin)、北米のREC (Renewable Energy Certificate)、その他の地域で標準的に使用されるI-REC (International REC) 等、様々な種類がある⁴⁾。国内ではRE100に適合した再エネ証書として、グリーン電力証書、再エネ由来J-クレジット、そしてトラッキング付き非化石証書の3種類がある⁵⁾(表一)。3種類の再エネ証書の特徴として、現状安価なのが再エネ由来J-クレジット、発行量が多いのがトラッキング付き非化石証書である。

FIT (Feed-in Tariff: 固定価格買取制度) 発電所より発電された電力の環境価値は、非化石証書として再エネ証書化されている。そのため、FIT制度により売電されている電力からは環境価値が切り離されており、需要家がFIT電力を用いて再エネ電力の使用を主張するためには、トラッキング付き非化石証書の使用を小売電気事業者との電気需給契約(以下、電力契約)に含める必要がある。なお、RE100ではトラッキングのある再エネ証書のみが使用可能とされており、非化石証書の中では、環境価値が発生した発電源が特定されているトラッキング付き非化石証書のみ使用できる⁶⁾(図一2)。

(4) 再エネ電力調達方法

需要家が再エネ電力の使用を主張することが可能な、再エネ電力の調達方法を示した³⁾(表一2)。実際には、表一2中の複数の手法を組み合わせる再エネ電力を使用することが多い。

各再エネ調達方法の代表的な例を示した⁷⁾(図一3)。図一3中の①~④の概要は以下の通りである。

- ①需要場所内に再エネ発電設備を設置し、敷地内で使用する調達方法
- ②需要場所外の再エネ発電設備から、自営線または送配電事業者の自己託送制度等を利用する調達方法
- ③小売電気事業者との再エネ電力契約による調達方法
- ④需要家が直接再エネ証書を購入する調達方法

3. 建設現場での再エネ電力調達

図一3について、建設現場での再エネ電力調達への適用方法を以下(1)~(3)で述べる。

(1) 建設現場内の自家消費

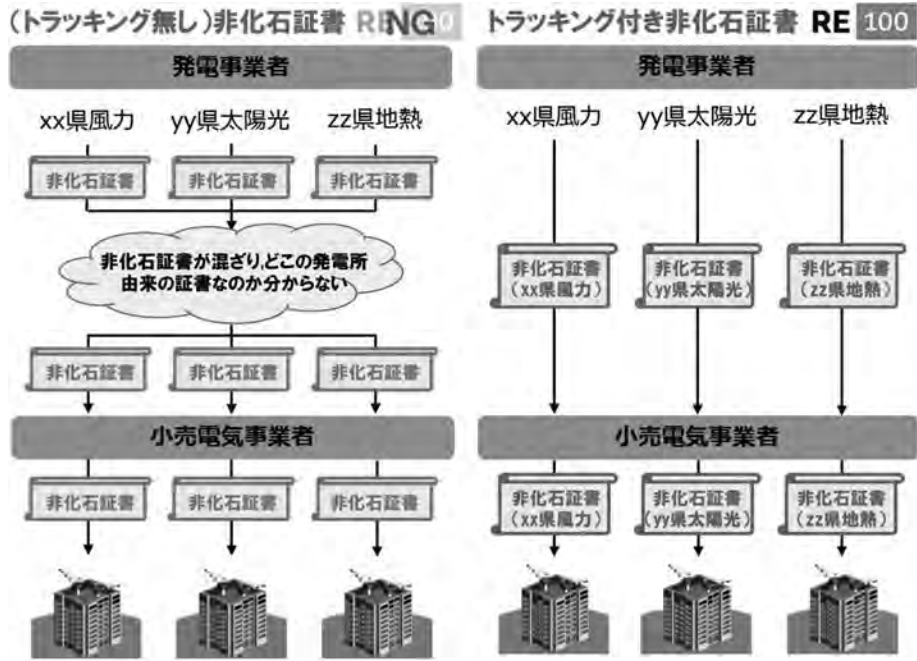
「図一3中の①」に該当する手法である。建設現場においては、太陽光発電設備を現場事務所の屋根に設置して再エネ電力を自家消費する事例は少なからず見られ、企業PRにも有効である。しかし、建設現場での自家消費では、再エネ発電設備を設置する十分なスペースが用意できず大規模な再エネ電力利用が難しいという課題がある。

(2) 建設現場外の再エネ発電設備利用

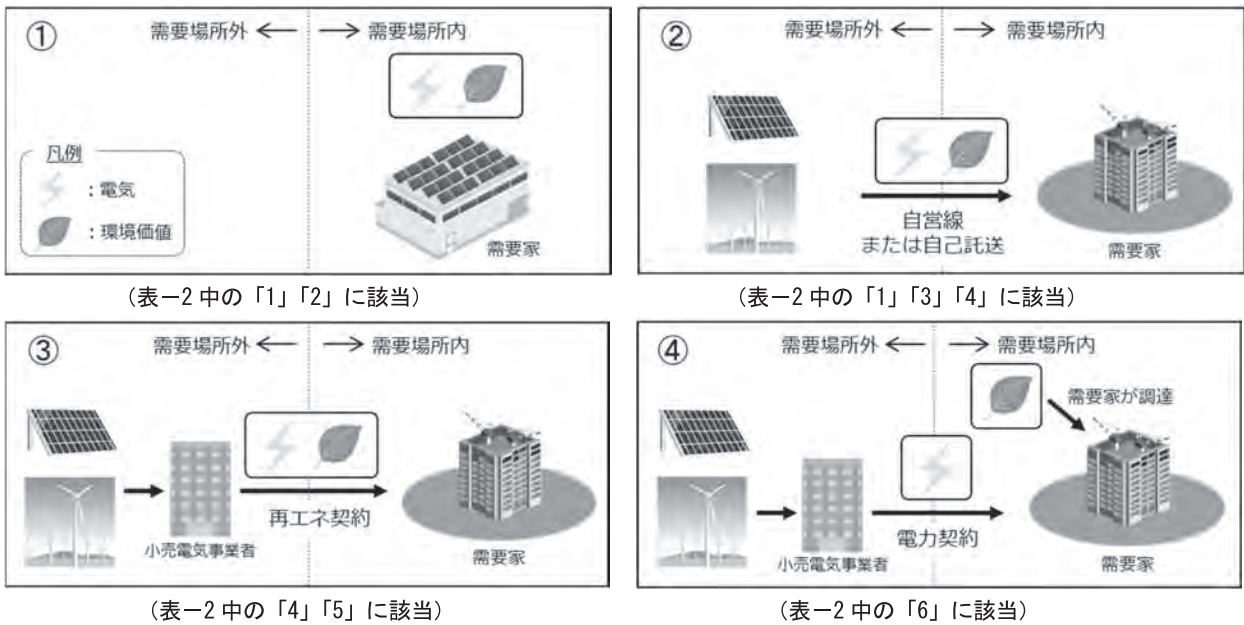
「図一3中の②」に該当する手法である。建設現場外に設置した自社で保有する再エネ発電設備から、自営線を建設現場内まで敷設する方法や、電力システムを利

表一 再エネ証書の種類

	グリーン電力証書	再エネ由来 J-クレジット	トラッキング付き 非化石証書
発行者	グリーン電力証書発行事業者	国(経済産業省・環境省・ 農林水産省が共同で運営)	低炭素投資促進機構
対象となる 発電設備	日本品質保証機構から 認定を受けた発電設備	J-クレジット制度認証委員会 が承認した発電プロジェクト	国からFIT認定を受けた 運転中の発電設備
購入者	需要家/小売電気事業者	需要家/小売電気事業者	小売電気事業者
発行量 (2017年度)	3.78億 kWh	約12億 kWh	531億 kWh (4~12月発電分)
価格	発行事業者による 大量購入で3~4円/kWh程度 (2017年度)	2018年4月の入札では 平均で約0.86円/kWh	最低価格: 1.3円/kWh 最高価格: 4円/kWh (2018年度入札分)



図一 トラッキングの有無による非化石証書の違い



図一 再エネ電力調達方法のイメージ

表一 再エネ調達方法

自家発電
1. 企業が保有する発電設備による発電
購入電力
2. 企業の敷地内に設置した他社が保有する設備からの電力購入
3. 企業の敷地外に設置した発電設備から専用線を経由して直接購入
4. 企業の敷地外に設置した発電設備から系統を経由して直接調達
5. 電力小売りととの契約
6. 再エネ電力証書の購入

用した自己託送制度により再エネ電力を使用する方法等が考えられる。

敷地外に設置した再エネ発電設備から自営線により再エネ電力を利用する方法は電気事業法上の問題は無いものの、日本では一部データセンター等での事例があるに留まり、また、自己託送制度においても生産施設等での事例があるに留まる^{8), 9)}。特に建設現場での自営線を利用した再エネ電力調達については、工事用電力に限られた工期内でのみ使用されることから現実的ではないと考えられる。

(3) 小売電気事業者との契約

「図—3中の③」に該当する方法である。現状、日本での小売電気事業者との再エネ電力契約には、グリーン電力契約と再エネ証書を利用した電力契約の大きく分けて2種類がある。

(a) グリーン電力契約

グリーン電力契約とは、小売電気事業者の再エネ電力プランにおける通称であり、再エネ証書を用いない再エネ電力契約として認知されている。電力システム上、発電所での発電量と需要家での電力消費量は30分単位で記録されている。グリーン電力契約では、小売電気事業者は特定の再エネ発電所の30分単位の発電量と消費量の同時同量を達成させ、同時刻にその再エネ電力を他需要家に販売していないことを含めて第三者機関の認証を得る必要がある。現状、水力発電を主としたグリーン電力契約プランが用意されている。建設現場において、小売電気事業者のグリーン電力契約プランに契約電力の制限等が無ければ利用可能である。

(b) 再エネ証書を利用した電力契約

小売電気事業者との電力契約に消費電力量分の再エネ証書を付加する電力契約である。環境価値は再エネ証書で補われるが、小売電気事業者では電源構成をFIT電力100%としたRE100対応プランとしている例が多い。建設現場において、再エネ証書を付加した電力契約を利用する際の課題は特に無いと考えられる。

(4) 再エネ証書の購入

「図—3中の④」に該当する方法である。再エネ証

書を需要家が直接購入する。表—1に示した再エネ証書の内、トラッキング付き非化石証書は小売電気事業者のみ購入可能なため、需要家は他の2種類の再エネ証書を利用する。需要家は購入した再エネ証書分の電力を再エネ電力として主張することができる。なお、再エネ由来J-クレジットの場合は、無効化処理が必要となる。再エネ証書の購入を建設現場で行う必要はなく、管理部門で購入し、適用先として建設現場を指定することでも建設現場に適用することができる。

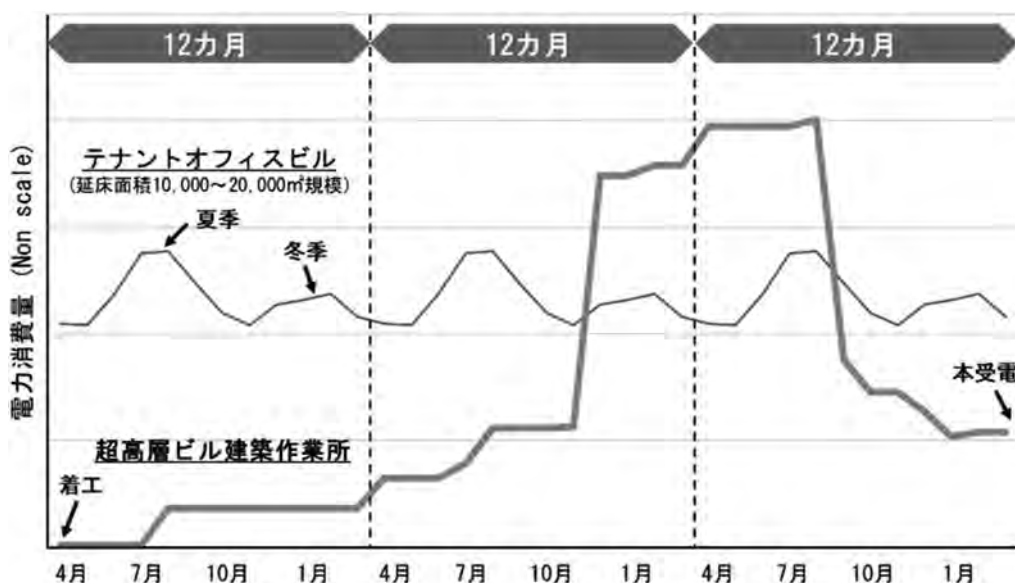
4. 超高層ビル建設での再エネ電力調達

(1) 建設現場での電力消費量の予測

建設現場では着工時の電力契約前に工事工程に合わせた電力工程表を作成する。電力工程表は、電力の需要機器の容量、台数、需要率を工事工程の進捗に合わせて想定し、各月の想定電力消費量を算出したものである。建設現場は、この電力工程表を基に小売電気事業者と電力契約を締結する。

(2) 超高層ビル建築工事の電力消費

一般的なオフィスビルでの電力消費量は冷房の使用等により夏に多く、中間期は少ないといった傾向がある。一方、建設現場では工事工程に合わせて電力消費量は大きく変動する。例えば超高層オフィスビルの建築工事であれば、掘削、山留等の土工事を行っている間は、ディーゼルエンジンで駆動する重機を多く使用するが電動機器の使用は少ない。その後、タワークレーン、溶接機、構内照明等の使用により電力消費量は大



図—4 超高層ビル建築作業所とテナントオフィスビルの電力消費量イメージ

大きく増加する。超高層ビル建築工事と使用中のテナントオフィスビルの電力消費量の変動比較を示した（図一4）。なお、図一4中の超高層ビル建築工事のグラフは筆者作成、テナントオフィスビルの電力消費量は文献より作成した¹⁰⁾。建築工事においては、一般的に元請の建設会社名義で工事用電力を契約し、建築物引き渡しに伴う検査前に施主名義の本設電力に切り替わる。その後、建設会社は施主より支給される電力を使用して竣工まで施工を行う。

(3) 超高層ビル建築工事での再エネ電力契約

(a) 電力契約切り替えまでの流れ

東京駅前常盤橋プロジェクト A 棟新築工事他（以降、当プロジェクト）では、「図一3中の③」に該当する方法の内、再エネ証書を利用して再エネ電力調達を行った。当プロジェクトでは、再エネ電力調達にあたって契約する小売電気事業者の切り替えも行った。電力契約先の小売電気事業者の切り替えには2カ月程度要することを考慮し、その間に電力契約内容の詳細を協議の上決定し、契約手続きを行った。

(b) 電力契約内容

環境価値だけでなく、電源構成においても再エネ電力100%での電力供給を実現するため、小売電気事業者との間で特に下記4つの事項について取り決めを行った。

- ①特定の FIT 風力発電所をメイン、FIT 太陽光発電所をサブに電力供給を行うこと
- ②環境価値はトラッキング付き非化石証書により提供すること
- ③再エネ以外の発電所を使用した時間帯が発生した場合は、再エネ由来 J-クレジットで補填すること
- ④発電量と需要量の同時同量を達成し、電源特定の

エビデンスを提出すること

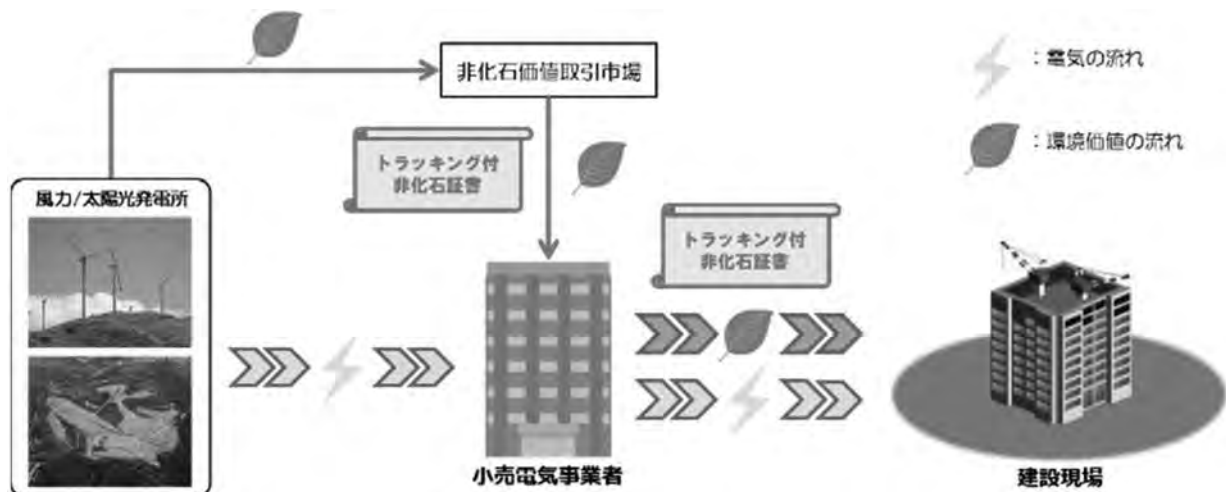
再エネ発電設備は、夜間でも発電能力のある風力発電所をメインとすることで、電源構成においても再エネ電力を100%まで近づけることを目指した。当プロジェクトでの再エネ電力調達スキームを示した（図一5）。

(c) 再エネ電力調達状況のモニタリング

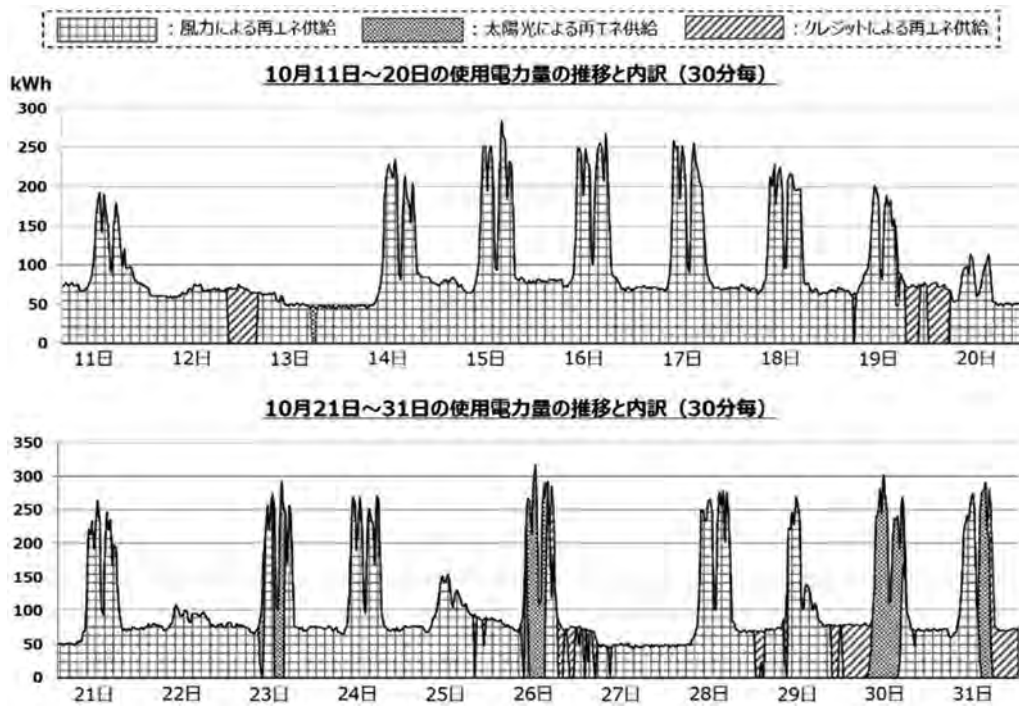
当プロジェクトでは、再エネ電力100%による施工に切り替えて以降、小売電気事業者から毎月の供給電力の電源特定実績の提出を受けている（図一6）。2019年10月の実績では、メイン、サブの再エネ発電所の電力が約92%を占めており、おおよそ契約時に特定した再エネ電源の電力を使用している結果となった。

5. 今後の課題

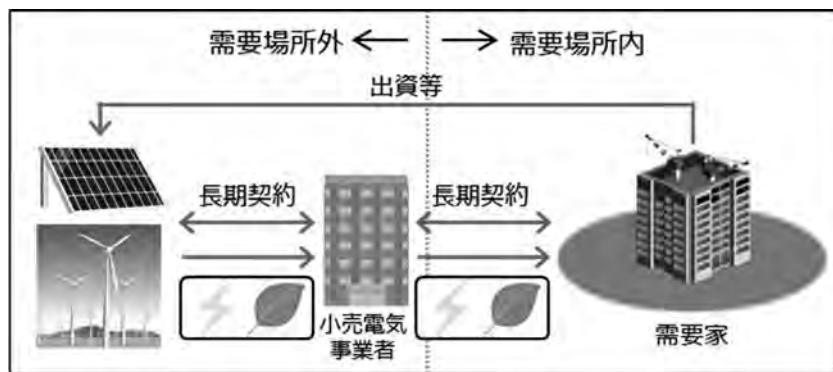
RE100の目的は、企業が自ら再エネ電力100%での事業運営を目指すことで、社会における再エネ電源の拡大や低炭素経済への移行を促すことである。当プロジェクトにおいて、主にトラッキング付き非化石証書を用いて再エネ電力の調達を実現したことは、RE100の理念にも適った建設業の取り組みの第一歩である。しかしながら、既存の再エネ発電設備の電力を購入するだけでは、直接的に社会の再エネ電源は拡大されず、また環境価値を付加する分の電力調達コストが増加してしまう。需要家である企業が再エネ発電所の開発にも携わるバーチャルPPA等を活用し、小売電気事業者を介して再エネ発電所と直接契約を締結して再エネ電力を使用することで、再エネ発電設備の拡大、そして安定的な量と価格での再エネ電力調達に繋がっていくと考えられる（図一7）。



図一5 当プロジェクトの再エネ電力調達スキーム



図一六 発電量と使用量の電源特定実績



図一七 バーチャルPPAのイメージ

日本では2010年10月より炭素税（地球温暖化対策のための税）が289円/t-CO₂導入されている。今後の政策における炭素税制度の展開によっては、さらに再エネ電力の使用が加速する可能性も考えられる。その場合、国内の再エネ発電設備の全電源に対する割合を2030年に22～24%とする目標¹¹⁾では、再エネ発電設備が不足し、再エネ電力の確保に対して競争が発生する可能性も考えられる。今後、建設現場では、再エネ電源の拡大を伴う追加性を持った再エネ電力の調達により一層求められる。

6. おわりに

建設会社の気候変動対策の使命として、ZEBに代表される省エネルギー性能を高めた建築物の設計、また施工時のCO₂排出量削減が挙げられる。建物運用

時のエネルギー使用に伴うCO₂排出量は建築物のライフサイクルCO₂の約78%を占めるが¹²⁾、建築物の省エネルギー性能は施主、設計事務所の意向も反映される。一方、施工に伴うCO₂排出量の削減は建設会社のより強い責務であると考えられる。現状の建設現場での電力使用によるCO₂排出量は約20%であるが²⁾、今後、建設重機の電動化等により電力使用による割合が増えることも考えられる。本稿で述べた当プロジェクトの事例では、受電設備への技術的な操作等は不要で、小売電気事業者との契約で再エネ電力の使用を主張することが可能であると共に、再エネ電力を調達する発電所も指定することができる。今後、建設現場での再エネ電力利用を通じて再エネ発電設備の拡大に好影響が及ぼされることを期待する。

《参考文献》

- 1) 環境省, 2017年度(平成29年度)の温室効果ガス排出量(確報値)について, p4, 2019年4月
- 2) 一般社団法人日本建設業連合会, わたしたちができる地球温暖化防止, p10, 2019年8月
- 3) The RE100 Technical Advisory Group, RE100 Technical Criteria, pp.2-5, 2018
- 4) 自然エネルギー財団, 世界中の企業が自然エネルギーへ—先進事例に見る, 導入効果・調達方法・課題解決—, p.28, 2019年9月
- 5) 自然エネルギー財団, 自然エネルギーの電力を増やす企業・自治体向け電力調達ガイドブック第2版, p.21, 2019年1月
- 6) 資源エネルギー庁, トラッキング付非化石証書の販売にかかる事業者説明会, p.2, 2019年4月
- 7) 経済産業省 環境省, 国際的な気候変動イニシアチブへの対応に関するガイダンス～日本において再エネを活用する企業のためのスコープ2ガイダンスへの対応～, pp.19-23, 2019年3月
- 8) 資源エネルギー庁, 再生可能エネルギーの自立に向けた取組の加速化(多様な自立モデルについて), p.25, 2018年11月
- 9) ソニー(株)ニュースリリース, 国内初, メガワット級太陽光発電設備を活用した自己託送エネルギーサービスの基本契約の締結について, 2019年8月
- 10) 東京都環境局, 平成30年度中小規模事業所向け温暖化対策セミナー, p.30, 2019年3月
- 11) 資源エネルギー庁, 2030年エネルギーミックス必達のための対策～省エネ, 再エネ等～, p.14, 2017年11月
- 12) 日本建築学会, 地球環境時代における建築構造分野の役割—安全・安心社会へ向けた都市と建築の未来像を考えた—, p.5, 2018年11月

【筆者紹介】

五十嵐 保裕 (いがらし やすひろ)

戸田建設(株)

価値創造推進室 イノベーション推進センター

環境ソリューションユニット 主任



AIを活用した エネルギー・マネジメント・サービスへの取り組み

井 町 勝 利

最近、環境問題に取り組む企業が増えている。これらの企業の多くは、省エネルギー性能を高めて生産性の向上を図ることで社会貢献のPRや企業価値向上につなげている。また、近年、あらゆるものがネットワークに接続され、欲しい情報やモノが簡単に素早く手に入る反面、労働力不足と熟練技術者が保有する技術の伝承が課題となっている。そのため、機械化やロボット化といった現場の生産性向上のための取り組みが盛んに行われている。本稿では、現在取り組んでいる「AI（人工知能）を活用したエネルギー・マネジメント・サービス」（以下「EMS-AI」という）を紹介する。

キーワード：AI、省エネルギー制御、クラウド、AIコントローラ、ビルマルチエアコン

1. はじめに

最近、地球温暖化や海洋汚染・大気汚染など世界的規模の問題に対する意識の高まり、あるいはこれらの問題を解決するためのさまざまな取り組みと共に、企業の持続的成長のためにESG（Environment（環境）、Social（社会）、Governance（企業統治））の観点から環境問題に取り組む企業が増えている。これらの企業の多くは、地球環境負荷の低減のために、省エネルギー性能を一層高めて生産性の向上を図りつつ、その取り組みを社外に発表することで社会貢献のPRや企業価値向上にもつなげている。

また、近年、IoT（Internet of Things）という言葉に代表されるように、あらゆるものがネットワークに接続され、欲しい情報やモノが簡単に素早く手に入る時代になった一方で、我が国の産業は高齢化が加速し、さまざまな業種や業界で人手不足が顕著となっている。建設業界においても、労働力不足と熟練技術者が保有する技術の伝承が喫緊の課題となっており、機械化やロボット化といった現場の生産性向上のための取り組みが盛んに行われている。

2. EMS-AIに取り組むに至った経緯

近年、ICT（情報通信技術）の急速な進展に伴い、あらゆるものがネットワークに接続され、映像・音声・データといったさまざまな情報が瞬時に伝達できるようになり、我々の日常生活を豊かなものにしていく。

また、電力エネルギー分野においては、太陽光発電やリチウムイオン蓄電池などの普及により、マイクログリッドとして電力を制御する時代を見据え、VPP（バーチャル・パワー・プラント）実証試験など、電力会社を中心とした関連企業が一体となって電力エネルギーの有効活用に取り組んでいる。

一方、ビル・工場などの施設管理者が行う業務の一つとして電気・空調設備の維持管理があり、それらのほとんどが中央監視設備により効率的に運用され、省エネルギー化が進められている。しかしながら、電気・空調設備の運転時間や目標室内温度の維持など、一般的にはあらかじめ定められたパターンによる省エネルギー制御しかできていない。そのため、気象状況や人の出入りなど、時々刻々変化する施設環境に応じた柔軟な電気・空調設備の運転制御については、施設管理者がその都度手動で設定を変更して補完対応しているのが実情である。しかし、施設管理者による人的対応さえも人手不足により限界となってきている。

そこで、既存の中央監視設備による電気・空調設備の運転制御機能を補完する形で、施設管理者の業務をAIに肩代わりさせ、過去の無数に存在する運転制御パターンから現状に合う最適なパターンを適用する仕組みを提供することで、施設のさらなる省エネルギーの実現に貢献したいと考え、EMS-AIに取り組むきっかけとなった。

3. EMS-AI の概要

EMS-AI は、図-1 に示すとおり、クラウドサーバー群とお客さま現地建物内に設置する AI コントローラから構成され、既存の中央監視設備と連携しながら電気・空調設備機器の運転データをクラウドサーバー群に送り、機械学習を用いて各設備機器の最適制御を行うものである。

これまでの、建物の設備機器の最適制御には長年の経験が必要であったが、AI を活用することで熟練した施設管理者とそん色の無い、あるいはそれ以上の省エネルギー化を行い、人手不足の解消を図るとともに制御の質の向上を図るものである。またオープンインターフェイスの採用により、さまざまなメーカーの中央監視設備と連携することができ、既存建物への導入コストを抑えることができる。さらに BCP 対策の充実を図るために、省エネルギーのほか、蓄エネルギー、創エネルギーの制御機能を付加することで、万一の停電時には、事前に選定した必要最小限の負荷設備に対し太陽光発電設備や蓄電池から電力を供給するとともに、平常時においても負荷設備の電力需要に応じた蓄電池の充放電制御や太陽光発電設備の発電出力制御を行うことができる。

この EMS-AI をさまざまな施設のお客さまに提供するため、その運用ノウハウに豊富な実績を有する東京大学発ベンチャー企業と連携し、まずは東京本社ビルとお客さまの事務所ビルで実証試験を行い、EMS-

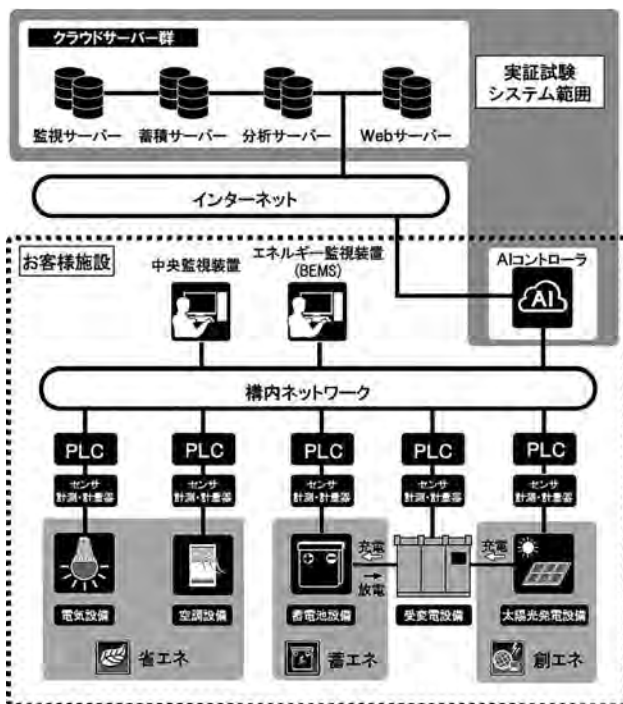


図-1 AI を活用したエネルギー・マネジメント・サービスのしくみ

AI による省エネルギー制御の効果を検証することとした。

4. 事務所ビルにおける実証試験の概要

(1) 建物概要

- ・建物用途：事務所
- ・規模：地下2階、地上14階、塔屋1階
- ・延床面積：52 000 m²
- ・検証対象：11階、2 268 m²
- ・検証期間：2018年10月～2019年8月

(2) 対象機器

- ・空調設備：D社製業務用ビルマルチエアコン
- ・空調構成：室外機4台+室内機58台

検証対象機器リストを表-1に、検証対象機器配置図を図-2に示す。

北フロアと南フロアにおいて、ペリメータ側、居室センター側、インテリア側で分けるものとする。

表-1 検証対象機器リスト

機器No.	機器名称	圧縮機消費電力	設置場所	系統	台数
A111	空冷ヒートポンプ形室外機	22.3	RF	北西エリア	1
A111-1	天井埋込ダクト形室内機	-	11F		13
A111-2	天井埋込ダクト形室内機	-	11F		2
A112	空冷ヒートポンプ形室外機	17.6	RF	北東エリア	1
A112-1	天井埋込ダクト形室内機	-	11F		9
A112-2	天井埋込ダクト形室内機	-	11F		3
A113	空冷ヒートポンプ形室外機	24.0	RF	南西エリア	1
A113-1	天井埋込ダクト形室内機	-	11F		16
A113-2	天井埋込ダクト形室内機	-	11F		2
A114	空冷ヒートポンプ形室外機	19.5	RF	南東エリア	1
A114-1	天井埋込ダクト形室内機	-	11F		9
A114-2	天井埋込ダクト形室内機	-	11F		4

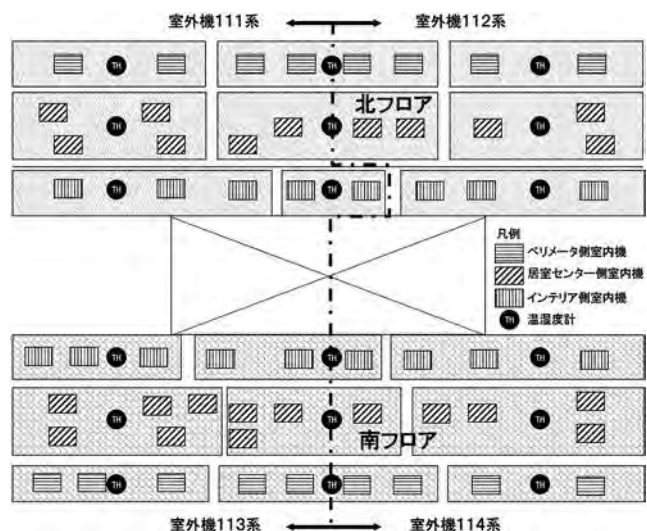


図-2 検証対象機器配置図

(3) システム構成

今回の検証に用いる機器は下記の通り。

- ・ AI コントローラ：1 台
- ・ BACnet 用インターフェイス：1 台
- ・ 有線式外気温湿度計：1 台
- ・ 無線式室内温湿度計：18 台
- ・ 無線式中継器：2 台
- ・ 室外機用電力計測ユニット 4 台

これらを用いたシステム構成図を図-3 に示す。

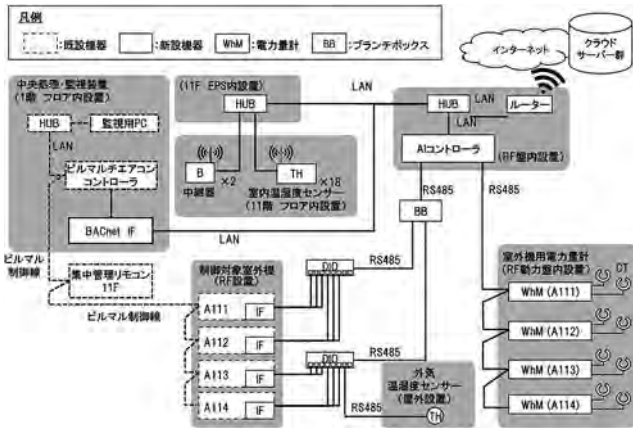


図-3 システム構成図

この検証システムの中核は、AI コントローラである。既設のビルマルチエアコンコントローラから室内機の運転状態（運転、停止）や運転モード（冷房、暖房、送風）あるいは設定温度などの情報を収集する。また、新規に設置した外気温湿度計や室内温湿度計あるいは室外機の消費電力量計により、温湿度データや消費電力量をそれぞれ収集する。これらの情報をクラウドサーバー群に送信し、データを蓄積するとともに、最適な制御パターンを選んで室外機や室内機に運転制御指令を出力して、省エネルギー運転を実現する。

5. AI による省エネルギー制御の考え方

(1) AI レベル

AI は明確な定義はないものの、一般的には以下のようなレベルに分類することができる。

- ・ レベル 1：単純な制御プログラムを持つ。
- ・ レベル 2：可能な限り人が持っている知識をプログラムに取り込むことで対応パターンを多く持つ。
- ・ レベル 3：判断軸を与えることでデータから自動的にパターンを推測（機械学習）し、最も近いパターンを選択できる。
- ・ レベル 4：判断軸をAIが発見し、ルールを設定（深

層学習：ディープラーニング）して、判断を下すことができる。

(2) AI による省エネルギー制御の進め方

AI による省エネルギー制御は、以下の方法で進めることとした。

- ①最適な省エネルギー運転の実施（AI レベル 2）
設備保守員や SE が持っている省エネルギーのノウハウを活用した最適な省エネルギー運転を行う。
- ②最適な省エネルギー運転データの蓄積
さまざまな外気温湿度で実施した省エネルギー運転のデータの蓄積を行う。
- ③運転データのクラスタリング（AI レベル 3）
ビルマルチ空調制御に最も大きな要因となる外気温湿度について、変化が類似するデータごとに分類分け（クラスタリング）を行う。

6. 現状の分析と省エネルギー手法検証結果

(1) 従来運用でのデータ収集と分析

実証試験を行うまでは、年間を通してビルマルチ空調設備の運転を設備保守員が設定変更を行い、室内環境の快適性を維持していた。そこで、従来運用時のビルマルチ空調に関わるデータの収集・分析を行った。図-4 は室外機 111 系の従来運転時の負荷率と運転時間を表している。このグラフより室外機が効率の悪い低負荷率（30%以下）で運転していることが分かった。

室外機の標準的な特性と運転時間の関係を図-5 に示す。この室外機は負荷率を 35%～60%で運転させると高効率化できるため、

- ①室外機に容量制御信号を送り、適切な容量に切り替える
- ②室内環境が設定温度から逸脱しない程度の時間で

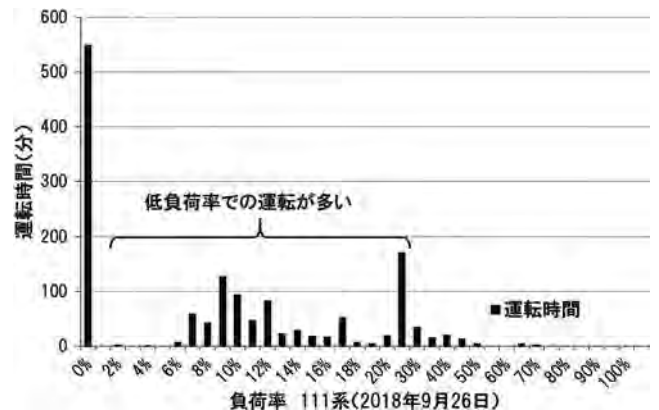
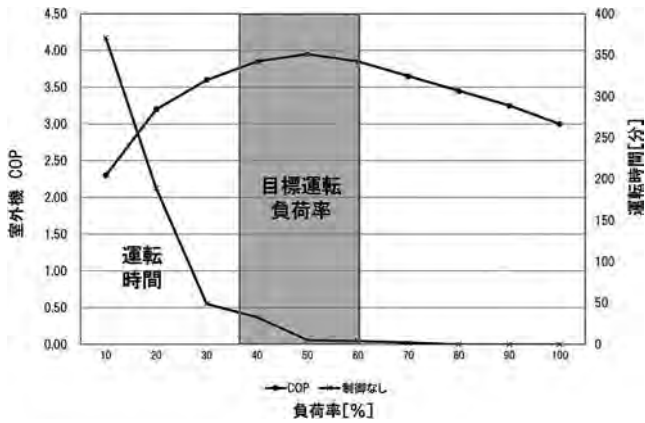
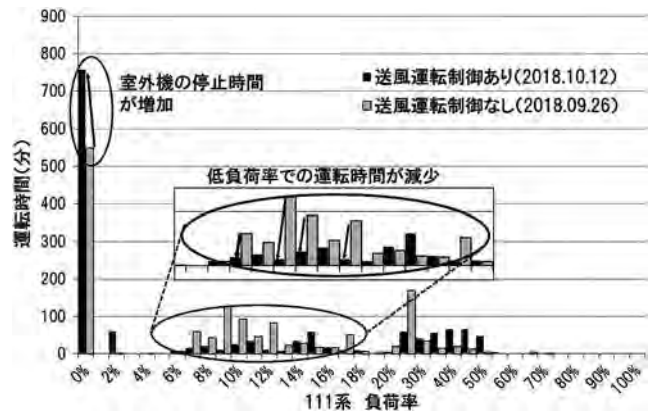


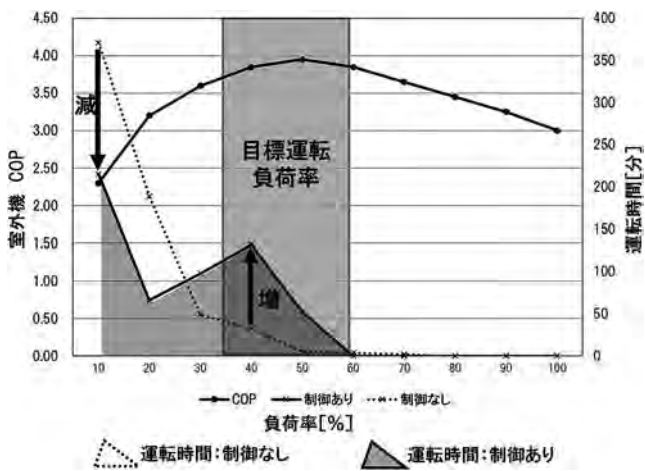
図-4 室外機 111 系統の負荷率と運転時間



図一五 室外機の特性 (COP) と運転時間の関係



図一七 室外機負荷率運転時間 (送風運転制御)



図一六 容量制御を行った時の負荷率と運転時間

室内機を送風運転に切り替える
の2つの省エネルギー手法を採用することとした。

(2) 室外機の容量制御を行った場合の検証

室外機が高負荷率で運転できるように、室外機の容量制御を行う。

図一六に容量制御ありの運転時間と容量制御なしの運転時間と室外機のCOPとの関係を示す。

この容量制御を行うことにより、従来、低負荷率で運転していた室外機が高負荷率領域に移行できることが分かった。

(3) 室内機送風運転を行った場合の検証

室外機の容量制御は行わず通常運転状態で、室内機の運転を室外機系統内で送風モードとした場合の室外機の負荷率と運転時間を分析した。室内機は3台で1グループとし、一部屋で9グループの設定とした。そのグループ内の1台の室内機を輪番制にて送風モードに切り替える制御を行った。

図一七に室内機の送風運転制御を行った際の室外

機の負荷率と運転時間と送風運転制御なしを比較した様子を示す。

この図より室内機の送風運転制御を行うことで、室外機の停止時間が増加すると共に、低負荷率の運転時間が減少し、高負荷率領域で運転していることが分かった。

7. AIによる省エネルギー制御

(1) 室外機と室内機の制御パラメータ

室内環境の快適性を維持するため、外部環境(外気温、湿度)と室内温度の変化に応じて、AIコントローラより室外機と室内機に対して指令(パラメータの設定)を与え、省エネルギーとなる運転パターンを実施した。なお、ペリメータ側の室内機グループは窓からの熱負荷を考慮し、運転の切替は行わないこととした。

その結果、運転パターン数は北フロア一部屋あたり {室外機2系(111系, 112系) 各々の容量制限パターン(0%, 40%, 70%, 100%)} × {室内機6グループ各々の運転モード(送風, 冷房, 暖房)} = 4 × 4 × 3 × 3 × 3 × 3 × 3 = 11 664パターンとなり、AIが外部環境の変化に合わせてこのパターンの中から選択することとなる。

(2) 室外機容量制御および室内機送風制御について

室内環境を快適に維持するために、冷房時では常に室内温度が限界値(26℃)を超過しないように、AIレベル2に相当する加重移動平均を用いた室内環境予測を実施して、最適制御を行った。

(a) 室外機の制御条件

最も温度変化の激しい窓側の室内温度と外気温を1分単位で計測し、室内温度の変化を予測、その値が限界値を超過しないように、室外機のコンプレッサー容量を0%, 40%, 70%, 100%と変化させた。

(b) 室内機の制御条件

9つの温湿度センサーにより室内温度と外気温度を1分単位で計測し、室内温度の変化を予測し、その値が限界値を超過しない場合は、室内機を送風モードに切り替えて運転させた。

(3) 省エネルギー効果とデマンド抑制効果

(a) 省エネルギー効果

外部環境（外気温、湿度）と室内温度がほぼ同じ代表的な日（春季）について比較した。

図-8にAI制御を行っていない日（6月13日）、図-9にAI制御を行った日（5月23日）の室外機使用電力量と温度変化を示す。

(b) AI制御による年間の省エネルギー効果

図-10にAI制御導入前の2017年度の室外機使用電力量と、AI制御導入後の2018年度の室外機使用電力量の比較を示す。室外機4台の合計は2017年度54,852 kWh、2018年度42,203 kWhとなり、削減量は12,649 kWhとなり、約20%の削減となっている。

(c) デマンド抑制効果

室外機の容量制御を行った電力量と制御を行っていない電力量を外部環境が近い日でデータ比較した。

室外機の容量制御を行った場合の立ち上がり時（8

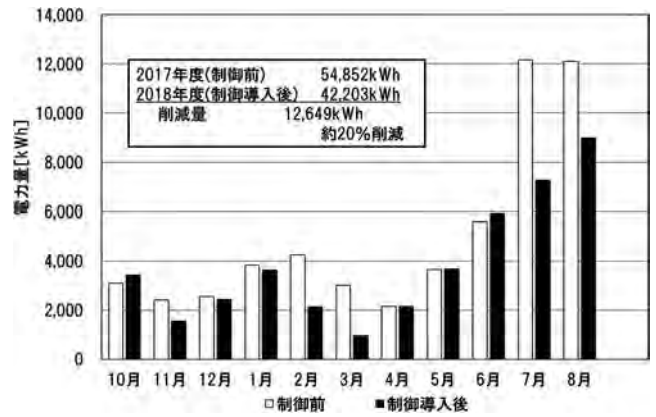


図-10 AI制御による省エネルギー成果

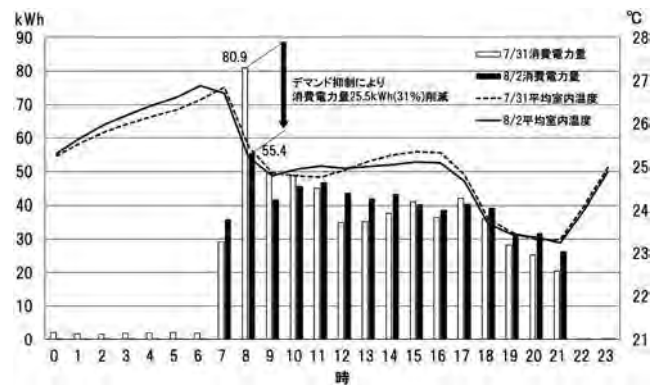


図-11 デマンド抑制効果

～9時)の電力量は約30%削減していることが分かった。これは、立ち上がり時に室外機が目標温度に急激に冷やそうとし、室外機が最高出力で動いているためと考えられる。立ち上がり時から室外機容量制御を行うことで、効率の良い負荷率で運転させることができ、高効率化できることが分かった。なお、室内温度変化に違いは見受けられなかった。図-11にデマンド抑制効果を示す。

この結果、各モデルで最も省エネルギーとなる最適運転をさせるためのパラメータを機械学習することができた。

8. おわりに

省エネルギーやAIに興味を持たれている顧客が多いため、エネルギーサービス事業とエネルギーデータに基づく設備更新工事を推進することはCO₂削減など、地球環境負荷低減にも貢献できる。

今回は、既知の省エネルギー手法をAIで組み合わせることでビルマルチ空調設備の高効率運転を実現し、AIが省エネルギーに貢献することが確認できた。

今後は、CO₂センサー濃度監視による外気取入れ制

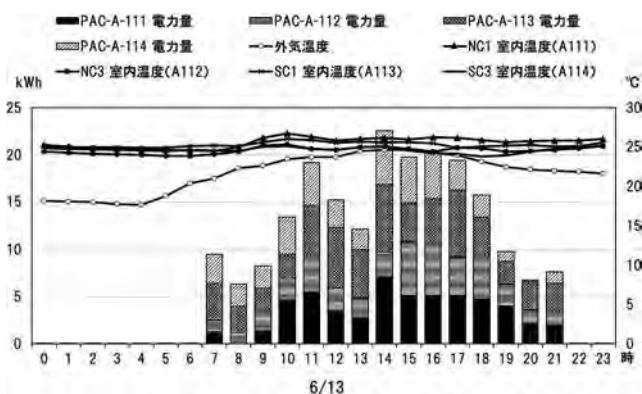


図-8 AIで制御していない日(6/13)

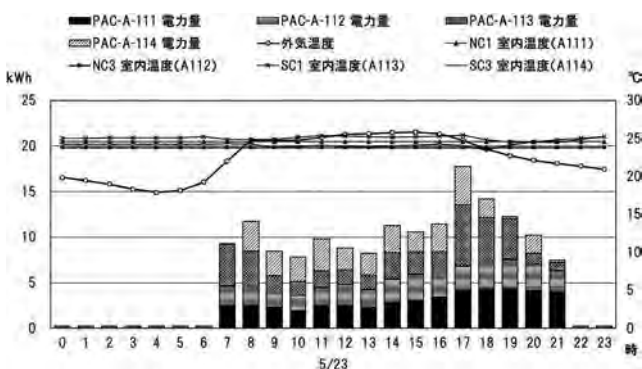


図-9 AIで制御している日(5/23)

御や中央熱源設備制御などの実証試験，さらには蓄エネルギー制御・創エネルギー制御も含め，さまざまな用途の建物への導入を推進し，効果の検証およびノウハウの蓄積を実施しながらシステムおよびサービスの精度向上に努めていく。

JCMA



[筆者紹介]

井町 勝利 (いまち かつとし)

株きんでん

技術企画室 東京技術企画部 事業開発チーム

副部長



脱炭素社会実現に向けた ZEB の取り組み

松本 久美

地球温暖化を防ぐために脱炭素社会を目指し、平均気温上昇を抑えることは世界共通の目標である。日本が掲げた CO₂ 削減目標を達成するためにも、建築物の省エネルギーの推進は非常に重要であり、ZEB (ゼロ・エネルギー・ビルディング) はその切札の技術である。また、国際目標である持続可能な開発目標 (SDGs) 達成に向けても、政府は優先課題の一つとして ZEB による建築物の省エネ化・低炭素化の促進を挙げている。本稿では、日本における ZEB の最新動向や、ZEB の普及に向けた具体的な取り組み事例について紹介する。

キーワード：脱炭素社会、SDGs、ZEB、省エネルギー、照明、空調、太陽光発電

1. はじめに

2019 年は度重なる記録的な台風があり、各地で河川の氾濫や堤防の決壊、土砂崩れなどの甚大な災害が発生したことは、今でも記憶に新しい。このような地球温暖化に起因すると考えられる大規模な自然災害を目の当たりにしたことで、気候変動がもたらす様々な問題の重大さに気づいた人も多いのではないだろうか。

2015 年にパリで開催された COP21 において「パリ協定」が採択され、世界的に気候変動対策の取り組みが進んできた。同協定に、長期的な目標として「世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて 2℃ より十分低く保つとともに、1.5℃ に抑える努力を追求する」と規定されたが、2020 年現在、2℃ 目標を達成するためには、まだ多くの課題が残されていると言える。IPCC (国際気候変動に関する政府間パネル) の第 5 次評価報告書によると、2100 年末には温室効果ガスの排出量が最も少なく抑えられた場合でも 0.3~1.7℃ の上昇、最も多い最悪の場合は最大 4.8℃ の上昇と予測されている。過去 50 年の気温の上昇は、自然の変動ではなく、人類が引き起こしたものと考えられ¹⁾、脱炭素社会を目指すことが世界共通の目標である。

日本においても、パリ協定の妥結、気候変動対策の実施のために、様々な取り組みが行われてきた。日本は、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% 削減することとしている。さらに長期目標では 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

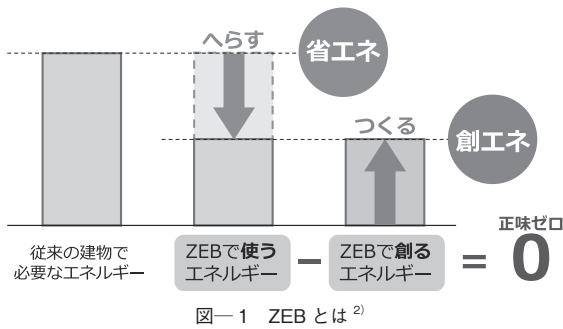
の目標を達成するためには、大幅な排出削減を実現させる必要がある。特に家庭、業務その他部門に関して言えば、2030 年度までに 2013 年度比で約 40% 削減することが求められていることから、建築物の省エネルギー化の更なる推進が非常に重要となっている。

さらに、2015 年 9 月の国連サミットで採択された「持続可能な開発目標 (SDGs)」において 17 の国際目標が定められており、その 13 に「気候変動に具体的な対策を」という目標が掲げられている。この SDGs 推進のため政府が具体的施策をとりまとめた「SDGs アクションプラン 2020」の優先課題の中に、徹底した省エネルギーの推進、ZEH・ZEB による住宅・建築物の省エネ化・低炭素化の促進が含まれている。ZEB は、喫緊の課題である SDGs の達成にも貢献する技術であり、建築物の ZEB 化技術の開発や ZEB の普及・拡大が求められている。

2. ZEB の普及に向けた取り組み

(1) ZEB とは

ZEB は、Net Zero Energy Building (ネット・ゼロ・エネルギー・ビル) の略称で、快適な室内環境を実現しながら、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、年間の一次エネルギーの収支を「ゼロ」にすることを目指した建物のことである (図 1)。ZEB は年間を通して消費するエネルギーの収支を「ゼロ」とするため、時期によっては商用電力網からエネルギー供



給を受けることもある（エネルギー的に自立するビルを指すものではない）。

ZEBを実現させるためには、まず建物の高断熱化、日射遮蔽といった建築的な手法による「必要なエネルギーを減らす」ことを計画し、その上で機器の高効率化といった設備的な手法による「エネルギーを効率的に使うこと」により省エネルギーを図ることが重要となる。さらに太陽光発電といった「再生可能エネルギーを活用」することにより、建物で消費する年間の一次エネルギー収支を「ゼロ」とすることが求められる（図-2）。

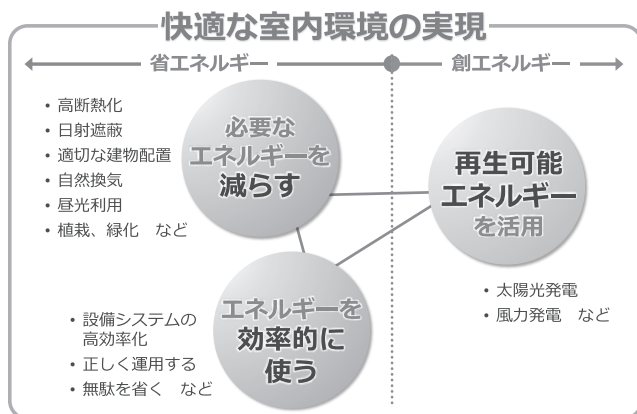
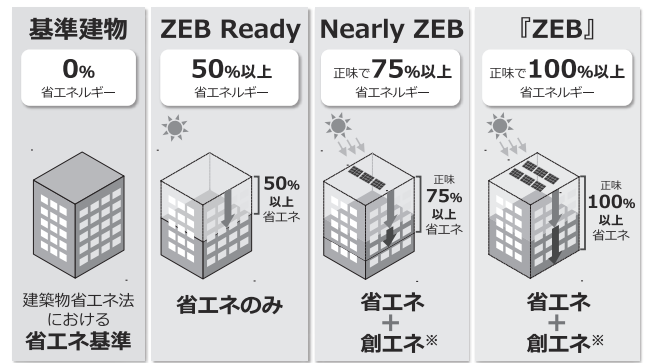


図-2 建物のZEB化の考え方

(2) 日本のZEB（図-3、4）

日本におけるZEB実現の具体的な目標は、2014年4月に閣議決定されたエネルギー基本計画において、『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化技術の開発とともに建物のZEB化の取り組みが進められてきた。しかし、建物で年間に消費するエネルギー収支を完全にゼロとするネット・ゼロ・エネルギー・ビルは、技術的なハードルや建設コストなどから社会的に広く普及するまでには至っていなかった。国はそのような状況の中、ZEBの普及展開を目指し、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。



※ オンサイト（敷地内）の再生可能エネルギーのみ該当

図-3 ZEBの定義のイメージ

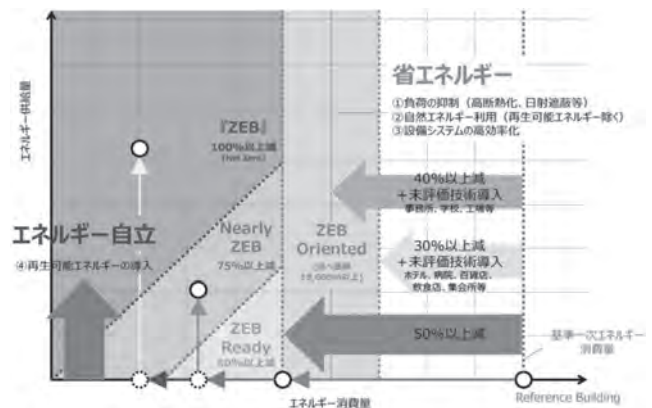


図-4 ZEBへのアプローチのイメージ³⁾

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。

ZEBの種類

- ・『ZEB』（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）
 - 以下の①～②のすべてに適合した建築物。
 - ①基準一次エネルギー消費量から50%以上の削減（再生可能エネルギーを除く）
 - ②基準一次エネルギー消費量から100%以上の削減（再生可能エネルギーを含む）
- ・Nearly ZEB
 - 以下の①～②のすべてに適合した建築物。
 - ①基準一次エネルギー消費量から50%以上の削減（再生可能エネルギーを除く）
 - ②基準一次エネルギー消費量から75%以上100%未満の削減（再生可能エネルギーを含む）

・ ZEB Ready

再生可能エネルギーを除き、基準一次エネルギー消費量から50%以上の一次エネルギー消費量削減に適合した建築物。

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まれており、社会への普及促進が期待できる幅広い定義とされた。

また国によりZEBの定義が決定されて以来、年々ZEB事例が増加してきてはいるものの、延べ面積10,000 m²以上の大規模建築物のZEB化事例は稀であった。これは大規模であるが故に省エネルギー技術適用の難度が上がることや、搬送動力等のエネルギー消費量が増加するといった理由であると考えられ、国のZEBロードマップフォローアップ委員会により検討が行われた結果、2019年より大規模建築物に関するZEBの定義（ZEB Oriented）が拡充された。

ZEB 定義の拡充

・ ZEB Oriented (図-5)

ZEB Ready を見据えた建築物として、外皮の高性能化及び高効率な省エネルギー設備に加え、更なる省エネルギーの実現に向けた措置を講じた建築物。

ZEB Oriented の対象範囲：建築物の延べ面積が10,000 m²以上の建築物。

以下の①及び②の定量的要件を満たす建築物。

- ①該当する用途毎に、再生可能エネルギーを除き、基準一次エネルギー消費量から規定する一次エネルギー消費量を削減すること
 - A) 事務所等、学校等、工場等は40%以上の一次エネルギー消費量削減
 - B) ホテル等、病院等、百貨店等、飲食店等、集会所等は30%以上の一次エネルギー消費量削減
- ②「更なる省エネルギーの実現に向けた措置」として、未評価技術（WEBPROにおいて現時点で評価されていない技術）を導入すること

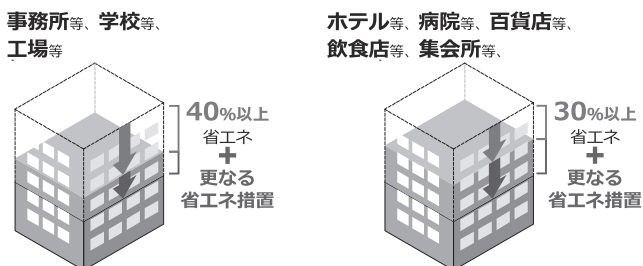


図-5 ZEB Oriented の定義のイメージ

(3) 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の表示が行われるようになった。BELSによるZEBの表示は、設計段階の内容を評価し、ZEBの判断基準を満たした場合に次のようなZEBマークを表示することができる（図-6）。

（一社）住宅性能評価・表示協会のHPで公開しているBELSの事例データ一覧より、ZEBの認証が行われるようになった2016年度からの非住宅におけるZEBの状況をまとめた。ZEB認証件数の推移を図-7に、延べ面積の推移を図-8に示す。2019年度は2020年1月31日までの集計ではあるが、両集計とも右肩上がりに増えていることが分かる。エネルギー基本計画において目標とする『2020年までに新築公共

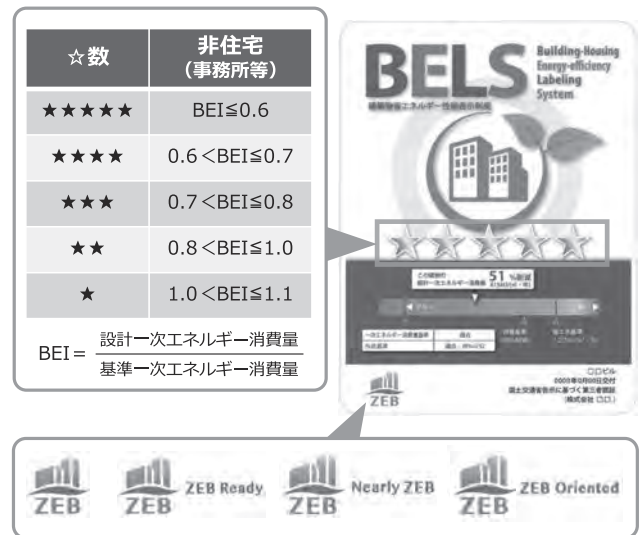


図-6 ZEB マーク⁴⁾

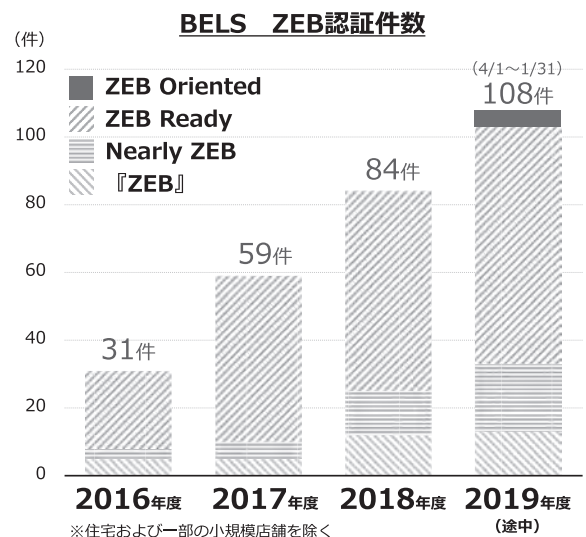


図-7 BELS の ZEB 認証件数の推移

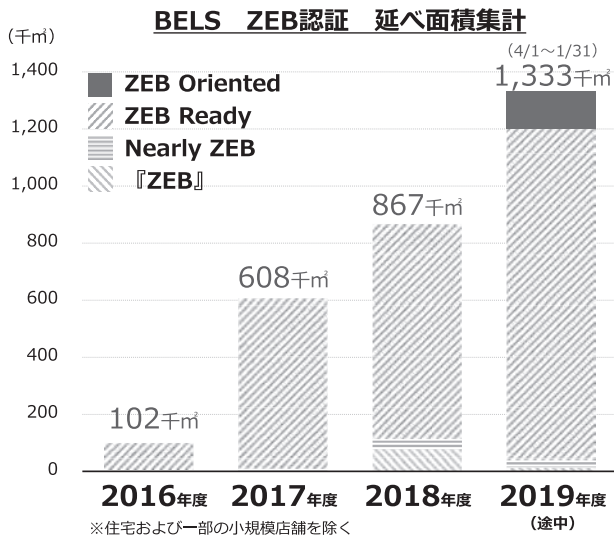


図-8 BELS の ZEB 認証延べ面積の推移

建築物等で ZEB (ネット・ゼロ・エネルギー・ビル) を実現』まで後 1 年。さらなる増加が求められている。

(4) ZEB 設計ガイドライン, ZEB パンフレット

ZEB の実現, 普及を促進するために (一社) 環境共創イニシアチブ (以後, SII) が, 設計実務者向け ZEB 設計ガイドラインと, 建物オーナー等事業者向けパンフレットを作成し, SII のホームページ上で公開している。

ZEB 設計ガイドラインは, 建物用途や規模に応じてまとめてあり, ZEB 化のための技術の組み合わせやコスト等の検討, 実際の設計事例等が掲載されている。ZEB パンフレットは, 建物オーナー向けに ZEB 化によるメリットや活用可能な支援制度等がまとめられている。

(5) ZEB プランナー, ZEB リーディング・オーナー登録制度

ZEB の普及促進を行っていくために, 2017 年 4 月より ZEB プランナーおよび ZEB リーディング・オーナー登録制度が開始された。

「ZEB プランナー」とは, ZEB や省エネ建築物を設計するための技術や設計知見を活用して, 一般に向けて広く ZEB 実現に向けた業務支援を行い, その活動を公表する事業者と定められている。(一社) 環境共創イニシアチブ (以下, 「SII」という。) がこれを登録, 公表している⁵⁾。ZEB プランナーに登録されると, 図-9 に示すような「ZEB プランナー・マーク」の使用が可能となる。SII のホームページでは, 登録された事業者ごとに ZEB プランニング実績などの情報を公開している。



図-9 ZEB プランナー・マーク (大成建設(株)の事例)

平成 31 年度ネット・ゼロ・エネルギー・ビル (ZEB) 実証事業といった補助金申請の要件に ZEB プランナーの関与が求められるなど, ZEB 建設プロジェクトにおける ZEB プランナーの重要性が高まってきている。

自らの ZEB 普及目標や ZEB 導入計画, ZEB 導入実績を一般に公表する先導的建築物のオーナーを「ZEB リーディング・オーナー」と定め, ZEB プランナーと同様に SII がこれを登録, 公表している⁶⁾。ZEB リーディング・オーナーの登録を受けると図-10 に示すような「ZEB リーディング・オーナー・マーク」を使用することができる。



図-10 ZEB リーディング・オーナー・マーク (大成建設(株)の事例)

3. ZEB の事例紹介

(1) テナントオフィスビルの ZEB ～ JS 博多渡辺ビル～

ここでは一般的な建物用途である事務所の ZEB 事例として, 2018 年に竣工した福岡市博多区にあるテナントオフィスビルの事例を紹介する。国が ZEB 普及のロードマップを掲げてから, オフィスビルなど中心に ZEB は普及してきたが, ZEB 化されたオフィスビルのほとんどが自社ビルであった。これはテナントオフィスビルは建設コストを抑えて建物への投資回収を短期化する必要があること, ならびにその光熱費はエネルギー使用量に応じてテナントが負担することが一般的であることから, 建物オーナーは, テナント専

有部の省エネ化には関心が薄い傾向があるためと考えられる。しかし、国内のオフィスビルの約7割はテナントオフィスビルが占めており、ZEBの普及拡大を目指す上でテナントオフィスビルのZEB化は必要不可欠である。本建物は、テナントオフィスビルで国内初のZEB ReadyとしてBELS認証を取得した建物である。

(2) 建物概要

本建物の概要および外観写真を図-11に示す。ZEBを実現させるにあたり、「熱負荷の低減」、「自然エネルギーの活用」、「高効率機器の採用」を設計コンセプトとした。そのコンセプトを軸に、高断熱・高遮熱なファサードを持つ建築計画や、昼光利用をはじめとする自然エネルギーの活用を行っている。さらに設備計画では、汎用的な技術を中心に、高効率な空調システムの採用、人検知センサーによる照明・空調制御、テナント区画毎のエネルギー見える化システム等の技術を導入した。それらの省エネ技術の組み合わせにより、標準的なビルに比べて一次エネルギー消費量を52%削減している。

(3) 導入技術の一例 ～ブラインド型採光装置～

導入した省エネ技術のうち、ブラインド型採光装置について紹介する。昨今、オフィスに求められる環境として、ZEB（省エネ性）に加えて、WELL（快適性）の向上がある。WELLは、執務者の生産性向上にも寄与し、オフィスの新たな付加価値として近年重視されるようになってきた。本建物では、自然光導入による快適性の向上と照明エネルギーの削減を目指し、採光と遮光の新型ブラインドを開発し、オフィスの一部に導入した。

本採光装置は2段構成のブラインドとなっており、上部は採光、下部は遮光の役割を担う（図-12）。採

光部は独自のスラット（はね）の形状をしており、太陽高度に関係なく常に太陽光を室内天井面に照射する形状となっている。下部は一般的なブラインドになっており、状況に応じて遮光することができるため、採光装置であっても窓際で眩しさを感じることはない。写真-1に実際の採光の様子を示す。採光部の独自形状スラットは太陽高度に係わらず固定した角度で使用するため電気は不要であり、かつ採光のための特別



図-12 ブラインド型採光装置の概念図



写真-1 ブラインド型採光装置の写真

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

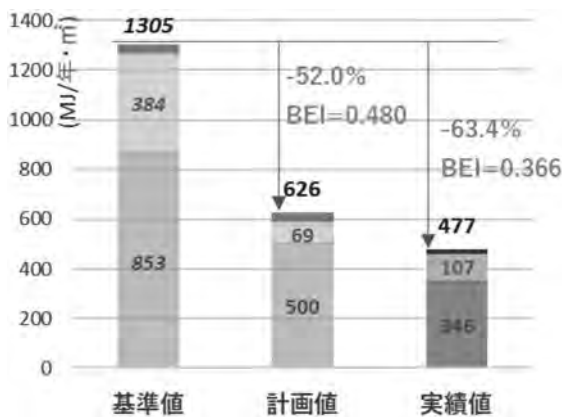


な建築的対応も必要としない。よって通常のブラインドと何ら変わりなく窓面に設置することが可能である。

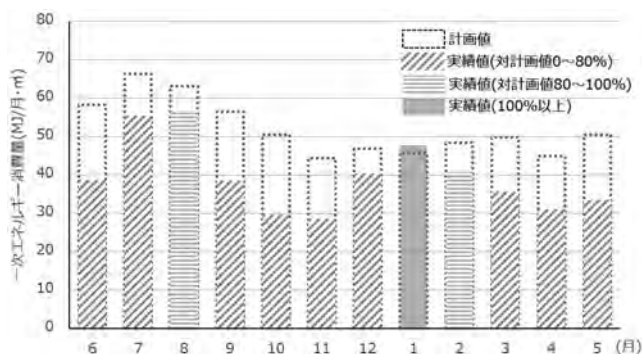
(4) 竣工後の運用実績

本建物のエネルギー運用状況は遠隔監視が可能なBEMSにより確認することが可能であり、計画時の省エネルギー性能が運用時に確実に発揮されているか、毎月エネルギー消費実績を分析し、レポートにまとめている。このエネルギー消費実績を分析したレポートが建物管理者へ毎月フィードバックされる体制となっている。

2018年6月～2019年5月の1年間の年間実績を図一13に、各月の運用実績を図一14に示す。一次エネルギー消費量の計画値は、基準値1,305 (MJ/m²年) に対して626 (MJ/m²年) であり、基準となる標準的なビルより52%エネルギーを削減するという計画であった。これに対し、1年間運用した実績値は477



図一13 年間一次エネルギー消費量実績



図一14 各月の実績値

(MJ/m²年) であり、基準値より約63%、計画値より約24%削減となり、ZEB Readyを実績値においても達成したことが確認できた。

4. おわりに

近年はESG投資などの広まりもあり、脱炭素化は単に環境配慮や社会貢献だけに留まらず、取り組む企業の投資価値に大きな影響を与えるファクターとして関心を集めている。今後は脱炭素化に対する社会的要求がさらに高まり、建築分野における最大レベルの脱炭素化とも言えるZEBのニーズもさらに拡大していくと考えられる。一方で建築物は他の工業製品などに比べ寿命が非常に長く、既存ストックを含めたすべての建築物から発生するCO₂排出量に対し、新築ZEBによるCO₂削減効果が表れてくるのはまだ先のことである。よって今世紀後半に人間活動による温室効果ガス排出を実質ゼロとする脱炭素社会を実現するためには、2030年までに新築建築物の平均でZEB化といったZEB普及の目標は速やかに達成されなければならない。我々はこれらの目標達成に向けて引き続き建築物のZEB化に取り組んでいく。

JCMA

《参考文献》

- 1) 全国地球温暖化防止活動推進センター HP, 「地球温暖化の原因と予測」 https://www.jccca.org/global_warming/knowledge/kno02.html
- 2) 環境省 ZEB PORTAL (ゼブ・ポータル) HP, 「ZEBとは？」 <http://www.env.go.jp/earth/zeb/about/index.html>
- 3) 平成30年度ZEBロードマップフォローアップ委員会とりまとめ、平成31年3月、p.18「ZEBの定義(イメージ)」
- 4) (一社)住宅性能評価・表示協会、平成28年8月18日制定「BELS表示マークデータ取扱要領」p.4「非住宅用」
- 5) 環境省 HP (環境省> ZEB PORTAL (ゼブ・ポータル)> ZEBとは? > 8. ZEBの事例を知りたい!)
- 6) 「ネット・ゼロ・エネルギー・ビル実証事業調査発表会2019」, p.47「2-3-1.ZEBリーディング・オーナーの概要」

【筆者紹介】

松本 久美 (まつもと くみ)
大成建設
エネルギー本部 ZEB・スマートコミュニティ部
ZEB推進室
課長代理



水素を活用したまちづくり

脱炭素モデルタウンの実現に向けて

中 村 慎

脱炭素社会でのまちづくりでは、建物や街区内に大容量の太陽光発電を設置し、オフサイトの再生可能エネルギーを託送するなどして電力の再エネ比率を上げていくが必要になるが、鍵を握るのは発電量と電力需要のマネジメント技術である。そこで、クラウド型のエネルギーマネジメントシステム ISEM[®]（アイセム）を独自開発し、複数棟での発電量と電力需要をバランスさせる技術を確認した。また、建物に設置する発電機や蓄電池に加えて、電気自動車や燃料電池車をまちの電源として活用することにも目途をつけた。本稿では、これらのシステム構成と技術実証の概要について紹介する。

キーワード：脱炭素社会、まちづくり、エネルギーマネジメント、水素利活用、電動車、技術実証

1. はじめに

再生可能エネルギーを大量に導入する脱炭素社会では、まちづくりにおいても再生可能エネルギーを最大限に導入し、適切なマネジメントシステムによって、使い切ることが必要になる。2018年に示された第5次エネルギー基本計画でも、2050年の脱炭素社会に向けて、再生可能エネルギーを主力電源化することが明確に示され、そのためのポイントとして、需要家レベルの蓄電機能や環境価値を活用した競争力の強化と、災害時のレジリエンス強化やエネルギーの地産地消が期待されている。

このような社会動向の中で、“脱炭素モデルタウン”構築を目指したエネルギーマネジメントシステムを独自開発し、複数棟を対象にした技術実証を行ってきた。核となるのは、変動する再生可能エネルギーを適正に使い切る制御システムの確立である。開発したシステムに ISEM[®]（アイセム：I. Smart Energy System）（以下「本システム」という）と名付け、2015年から東京都江東区の実建物での技術実証に着手した。本システムは、建物負荷を予測し、計画した電力デマンドになるように、空調や照明の制御、ならびに、発電機や蓄電池をパッケージ化したシステム（= MSEG[®]（エムセグ）：Multi Source Energy Gateway）（以下「本パッケージシステム」という）をリアルタイムに制御する。これによって事前に予定していた電力デマンド通りに買電量を制御することが可能になる。本パッケージシステムの詳細は後述するが、太陽光発電、ガ

ス発電機、定置型蓄電池、複数台の電気自動車の充放電を直流で連携する電源デバイスのパッケージである。

さらに2017年には、太陽光発電の電力からオンサイトで水素を「つくる、ためる、つかう」システムを構築するとともに、実証施設内で運用が始まった水素ステーションの活用を踏まえて、水素を活用するまちづくりを想定した実証を開始した。

本稿では、開発した本システムの概要と、それをコア技術として実施している脱炭素モデルタウン構築に向けた一連の技術実証について紹介する。

2. 脱炭素モデルタウン実現に向けた課題設定

脱炭素社会のモデルタウンとして、数十ヘクタールの再開発をイメージし、用途の異なる建物で構成される“まち”を想定した。さらに、まち全体でオンサイトやオフサイトの再生可能エネルギーを最大限活用することを前提に以下の3つの課題に取り組んだ（図1参照）。

- ①電気やガスのほかに水素や熱、電気自動車などの多様なインフラを活用する
- ②建物特性に合わせて水素を高効率に活用する
- ③最終的に利用する電気や熱は“まち”全体でネットワーク化して活用する



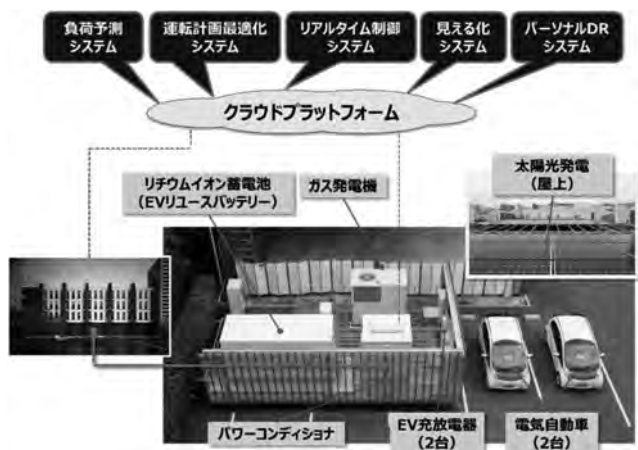
図一 脱炭素モデルタウンの概要

3. エネルギーマネジメントシステム

(1) システム概要と導入例

2015年に独自のスマートエネルギーマネジメントシステムを完成させた。本システムはクラウド上で建物の負荷を予測して、負荷を担う機器の運転計画を最適化したうえで、リアルタイムのずれを1分単位で制御するシステムである。これにより、建物の30分毎の電力デマンドを事前に計画された通りに制御することができる。計画値同量を実現するためのポイントは蓄電機能や発電機能のマネジメントである。本システムではこの蓄電機能と発電機能をパッケージ化して全体を制御している。具体的には、太陽光発電や蓄電池、ガス発電機、さらには電気自動車の充電器を統合制御し、クラウドから指示された電力を1分単位で建物に供給することができる。

2015年9月に東京都江東区の既存建物（TAK 新砂ビル）に導入された設備概要を図一2に示す。屋上に太陽光パネル（20 kW）、駐車場のスペースにパワーコンディションシステム最大入出力 50 kW、蓄電池 50 kW/144 kWh、ガス発電機 35 kW、電気自動車か



図二 本システム（東京都江東区 TAK 新砂ビル）

らの充放電 入出力 10 kW × 2 を設置した。導入建物での 30 分計画値同量制御を実現している。

(2) VPP (Virtual Power Plant) への活用

本システムを活用したまちづくりを目指し、東京都江東区新砂エリアに建つ3つの建物（竹中工務店東京本店ビル、東陽町インテスビル、TAK 新砂ビル）をモデルタウンの複数ビルに見立てた実証を開始した。2016年11月、3つの建物を統合制御したVPP機能を構築した。図一3には3棟の概要と制御対象設備を示す。太陽光パネル(145 kW)をもつ東京本店社屋では、発電機（定格 230 kW）、蓄熱利用の冷凍機を制御対象とし、東陽町インテスでは蓄電池（10 kW/10 kWh）を制御対象とした。通常は省エネや省コストなどの最適化によって管理されているが、ネガワット要請を受けた場合には、要請に応じて3棟の電力デマンドの合計値を指示された値に制御する。本システムを活用したVPPは実効力として確実性が高い、過不足がない、レスポンスが早い、といった特長がある。

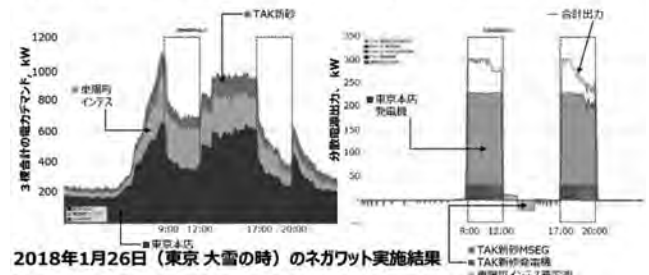
2017年4月には、ネガワット要請に備えるビル群として電力料金の割引契約を結んだ。2018年1月のネガワット要請に応じた際の3棟合計の電力デマンドを図一4に示す。朝方と夕方に指示されたネガワットを達成している。



図一3 VPP 機能を実装した3棟の概要と制御対象設備

ネガワット発動実績

1/22(月)	1/23(火)	1/24(水)	1/25(木)	1/26(金)	1/29~31	2/1(木)	2/2(金)
18:30-20:00	18:00-20:00	17:00-20:00	17:00-20:00	17:00-20:00		17:00-20:00	9:00-12:00



図一4 2018年1月26日の3棟合計の電力デマンド

(3) V2B による自立電源への活用

本システムは再生可能エネルギーを使い切り、電力デマンドを調整するほかに、建物やまちのレジリエンスを向上させる機能がある。停電が生じた場合、太陽光発電や電気自動車を組み合わせ、持続的な自立電源になる。特に、電気自動車から建物に電力を供給することを V2B (Vehicle to Building) と呼ぶが、電気自動車を複数台用いることで、エレベータなどを動かす大きな電力を供給することができる。

2018年2月には、実証サイト内の建屋を災害時の拠点とみなし、空調と照明、電子レンジなどの家電を負荷として、72時間の連続給電実証を行った。電源にしたのは、太陽光発電とプラグインハイブリッド車 (PHEV) 2台であり、1日1回定時に給油されることを想定した (写真-1)。72時間の電力供給の状況を図-5に示す。2台のPHEVの燃料を確認しつつ、それぞれのPHEVが分担する電力を任意に割り当て、変動する電力負荷に追従するとともに、太陽光発電の変動にも対応して72時間安定して電力を供給することができた。

4. 水素社会を目指して

(1) 建物単位で“水素をつくる・ためる・つかう”

脱炭素モデルタウン構築に向けて、再生可能エネルギーを利用した水素の利活用にも取り組んでいる。想定しているモデルは以下の2つである。



写真-1 72時間連続自立給電実証に用いたPHEV (東京電力エナジーパートナー(株)との共同実証)

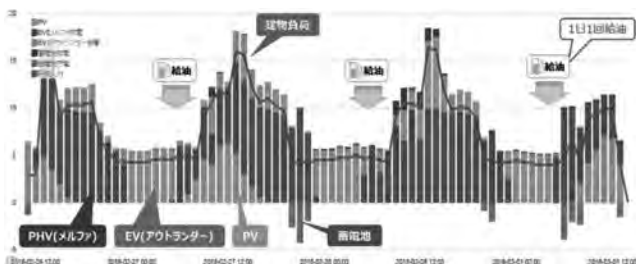


図-5 PHEV 2台による72時間連続自立給電実証の結果

①季節間に生じる太陽光発電の差分を水素に変換して長期的に蓄電し、不足した時に燃料電池で発電して年間を通して自立することのできるゼロエネルギービル (ZEB)

②燃料電池自動車向けの水素ステーションと連携するまちのエネルギーステーション

これらを実現するために実証サイト内に水素利活用システムを構築し、蓄電池や電気自動車とも連携する実証を行っている (図-6, 7)。水素の利活用にあたっては、安全性の検証や機器特性を考慮した水素のつくり方、ため方、つかい方をマネジメントすることが大切になる。

2019年には、燃料電池を発電機、水素製造装置を蓄電装置として、統合制御するシステムを完成させた。経済産業省のもとで進められているVPP実証にも参画し、要求されたデマンドレスポンスに対応できることを示した。

(2) 燃料電池自動車 (FCV) の活用

これまでのV2Bでは、蓄電池を搭載した電気自動車を対象に、建物のデマンドに配慮した充放電マネジメントを実現し、停電時の電源として実証してきた。



図-6 水素活用システムの実証施設

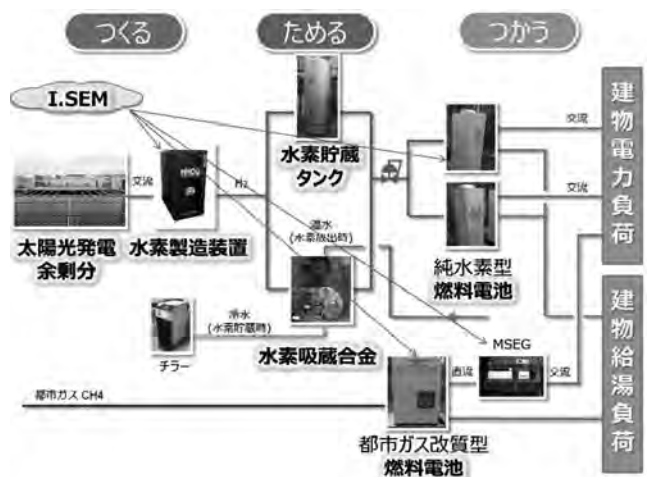


図-7 水素実証の機器構成

2019年2月には、電動車として新たにFCVをV2Bに加え、自立電源として建物の負荷に追従できることを実証した(写真—2)。

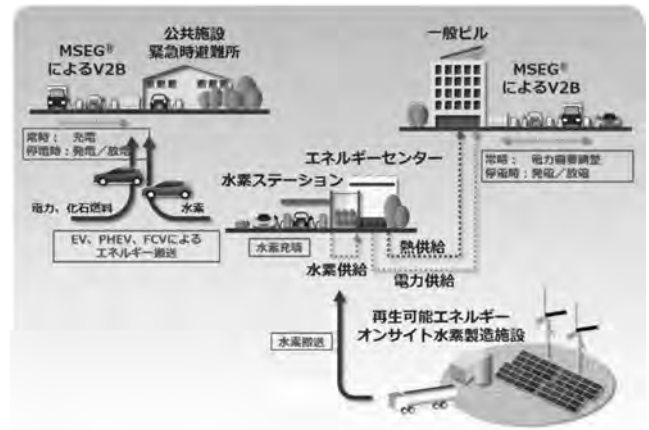
このシステム実証により、FCVの電力を停電時にBCP拠点となる避難施設などに電力を供給するとともに、技術的には日常的なデマンド制御に活用できることを示した。EVやPHEVに加えて、建物と車が水素でつながる姿を脱炭素モデルタウンの1つに想定している(図—8)。特に、FCVの活用を前提としたまちづくりは、水素ステーションの位置づけを高め、水素の用途を拡大する意味において、水素社会の到来を早めることができるものと考えている。

5. おわりに

脱炭素社会や水素社会は、インフラの健全な維持と市民の安心できるライフスタイルとが一体となって初めて実現できるものと考えている。行政コストの削



写真—2 建物に電力を供給するFCV (車両提供：神奈川トヨタ自動車株)



図—8 脱炭素モデルタウンの水素活用の一例

減、インフラ老朽化への対応、市民の利便性の確保、産業の育成と雇用の創出、健康、教育など、まちづくりにはたくさんの課題があるが、これらと一体となって脱炭素社会を目指すことが必要になる。これからのまちづくりでは、エネルギーだけでなく広範なデータプラットフォームを創造して、ビッグデータやAIの活用を前提に、まちづくりの課題解決に取り組んでいきたい。

JCMA

【筆者紹介】

中村 慎 (なかむら まこと)
 (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長



リチウムイオン電池，期待と課題

村上 誠・野澤 俊夫

2019年、栄えあるノーベル化学賞を旭化成名誉フェローで名城大教授吉野彰氏他3名が受賞。受賞理由は繰り返し使用でき、軽量で高出力なリチウムイオン電池を開発し、人類に偉大な貢献をした事である。リチウムイオン電池は携帯電話・ノートパソコン・タブレット。特に、環境に優しいハイブリッド車等の次世代自動車には欠く事のできない技術であり、今後益々活用が増えるものと予想される。一方、廃棄されるリチウムイオン電池も膨大な量となり、リユース、リサイクルの循環が今後の課題である。

キーワード：自動車，蓄電池，リユース，リサイクル，全固体電池

1. 自動車

電気自動車が開発されたのは現在から180年以上前の1830年代、世界初のガソリン車が開発される50年前である。ガソリン車と比べ排ガスが無く、振動の少ない電気自動車そして始動性の良い電気自動車は人気があり1900年頃には米国のシェアの約40%が電気自動車であった。しかし、航続距離が短く、スピードが遅い電気自動車は徐々に衰退し、1908年T型フォードが爆発的に売れ出すとさらに減少し1920年代にはほとんど無くなった。日本での電気自動車の歴史は第二次大戦後、ガソリンが統制品であった時代に普及したが、その後、鉛の価格が高騰すると衰退していった。

1970年代自動車の排ガス規制や第一次オイルショックによるオイル価格の高騰で、再度、電気自動車への関心も高まった。しかし、1980年代オイル価格が落ち着き排ガスの浄化技術も上がると、スピード、航続距離で劣る電気自動車はブームとならなかった。再度注目を浴びるのは、1990年代のカリフォルニア州の排ガス規制からで、規制と相まって軽量でハイパワーのリチウムイオン電池が日本で開発され電気自動車の開発が促進された。その後、2000年前後に日本の自動車メーカーが相次いでリチウムイオン電池を搭載した電動車(xEV車)：ハイブリッド車(HEV車)、プラグインハイブリッド車(PHEV車)、電気自動車(BEV車)を開発した。そして現在、ハイブリッド車が牽引し世界で最も進んだ国となっている。

一方、近年、温室効果ガスが増加し、気候変動が大きくなっている。全世界的に森林火災、局地豪雨、洪

水等大きな災害が繰り返されている。

日本においても、昨年、局地豪雨、大型台風が次々と上陸した。特に、千葉県では大災害となった。送電線の鉄塔の倒壊、電柱損傷や電線の切断で長期の大規模停電が起こった。もし、各家庭に太陽光発電や大型蓄電器が設置されていれば、少しは災害も軽減されたかもしれない。例えば、リチウムイオン電池を搭載した自動車は蓄電池となる。自動車1台で一般家庭の3日以上以上の電力を賄える(1台の自動車の蓄電能力を60kWh、4人家族1日の電力使用量18.5kWh仮定)

政府は二酸化炭素の発生の少ないリチウムイオン電池搭載車両購入に補助金を出し普及促進を図っている。そして、今後、日本のみならず全世界でさらにリチウムイオン電池は改良され、今後もしリチウム電池搭載車両は加速度的に増加してくると考えられる。

2. 電池の歴史と種類

(1) 電池の歴史

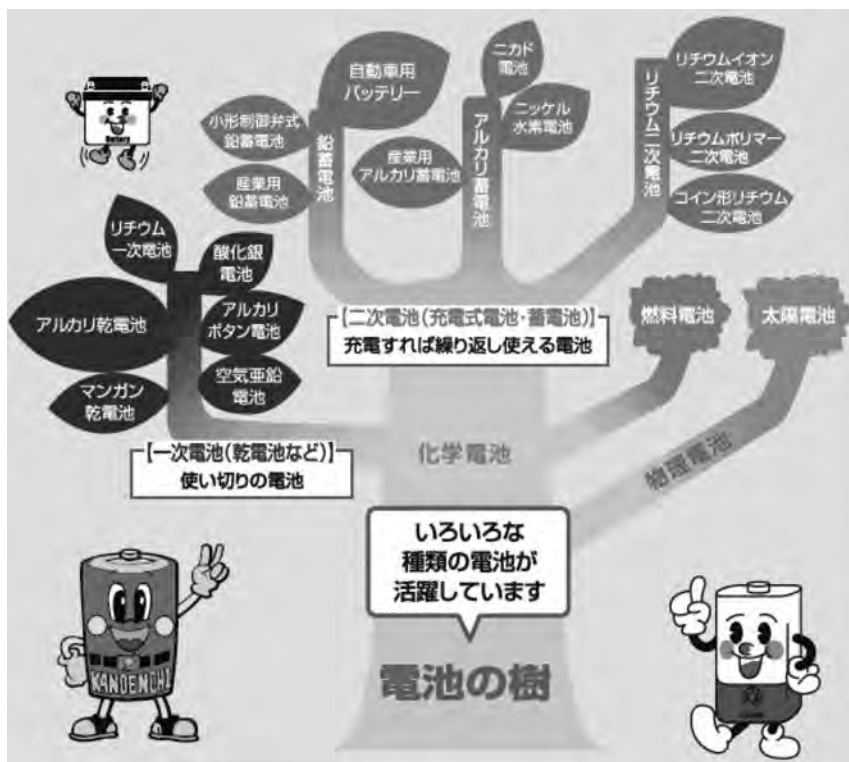
今から大凡220年前の1791年イタリアの生物学者ガルバーニによりカエルを鉄の柵にぶら下げ、カエルの足に針金をひっかけると、足が痙攣することに気づき電池の原理を発見した。その後1800年イタリアのボルタが電池を発明、1859年フランスのブランテが鉛蓄電池を発明、その後乾電池・アルカリ乾電池等が発明され現在に至っている。表—1に電池の歴史を示す。

(2) 電池の種類

電池には化学電池と物理電池があるが、一般的に電

表一 電池の歴史

発明年	名称	形式
1800	ボルタ電池	正極に銅，負極に亜鉛，電解液硫酸銅水溶液 水素が発生
1836	ダニエル電池	電解液を2種類 正極側硫酸銅水溶液 負極側硫酸亜鉛水溶液
1859	鉛電池	二次電池 正極に二酸化鉛，負極に鉛，電解液に希硫酸
1867	ルクランシェの電池（乾電池の原型）	正極に炭素棒，負極に亜鉛，電解液二酸化マンガン，塩化アンモニウム
1887	屋井先蔵の電池	ルクランシェの電池を改良 炭素棒にパラフィンをしみ込ませる日本初の乾電池
1899	ユングナーのニッケル・カドミウム電池	正極に水酸化ニッケル，負極に主に鉄粉，主に水酸化カリウム水溶液
1907	空気電池	正極に炭素，負極に亜鉛，電解液に塩化アンモニウム
1947	アルカリ乾電池	正極に二酸化マンガン，負極に亜鉛，電解液に水酸化カリウム
1960	酸化銀電池	正極に酸化銀，負極に亜鉛，電解液に水酸化ナトリウム水溶液
1990	ニッケル水素電池	ユグナーの電池を改良 負極に水素吸蔵合金を使用
1991	リチウムイオン電池	正極にコバルト酸リチウム，負極に炭素



図一 電池の種類
出典 一般社団法人電池工業会 電池の種類

池と呼ばれるのは化学電池である。化学電池は物質の化学変化を利用して電気を生み出す電池で、1回の使い切りの一次電池，充電すれば繰り返し使える二次電池，その他燃料電池等がある。正極・負極・電解液の違いにより分類される。詳細は図一 電池の種類（出典：電池工業会）に示す。

その他、物理的な大きな電池として考えられるのは、原子力発電所と組み合わせで造られる揚水式発電所である。揚水式発電所は、余剰電力を活用して水を位置エネルギーとして蓄え、需要がピークとなる時期に放流し発電を行うもので、水を媒体とした電池の一種である。

化学電池は形状により分類され、円筒形・9V形・コイン形・ボタン形・ピン形・角形があり用途に合わせて電池がつけられている。

3. リチウムイオン電池

(1) 構造

リチウムイオン電池の主材料であるリチウムは、原子番号3でイオン化傾向の最も大きな金属である。現在確認されている埋蔵量は1100万トン、チリを中心に南米の塩湖で世界シェアの7割が生産される貴重な資源である。最近では、ボリビアのウエニ湖で世界最大級

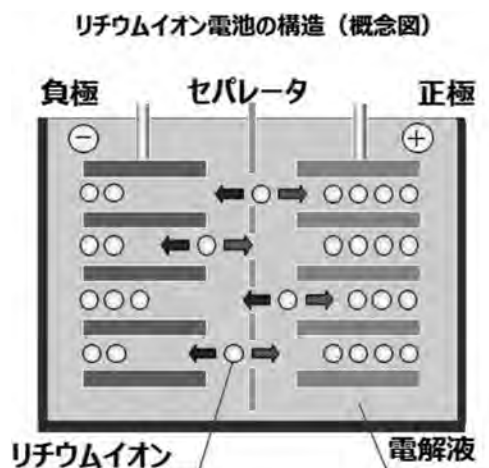


図-2 リチウムイオン電池

出典 NEDO 常識を覆す発想で革新的なリチウム電池を開発

のリチウムが発見され2020年より年間1万5000トンほど炭酸リチウムとして生産開始予定で注目されている。尚、リチウムは海水に微量溶け込んでおり安価な抽出技術が確立できれば無尽蔵の資源となる(図-2)。

リチウムイオン電池は正極がリチウム・ニッケル・コバルト等の酸化物、負極には炭素系材料が使われている。正極と負極が短絡すると発熱や爆発が起きる可能性がある為、正極と負極の間にセパレータを入れている。電池に充放電が行われるとリチウムイオンが電解液を介して正極と負極の間を行き来する。

(2) 活用事例

リチウムイオン電池は軽量でエネルギー密度が高く、繰り返しの充放電に強い為、使用される機器も携帯電話、ノートパソコン・電動工具・住宅の蓄電システム・自動車等多種にわたる。最も大型のリチウムイオン電池（ノートパソコンの約100倍）を使用するのは自動車である。我が国の2017年度電動車（xEV）販売台数は全体の37%：ハイブリッド車（HEV車）138.0万台、プラグインハイブリッド車（PHEV）3.4万台、BEV車（電気自動車）2.4万台であった。2030年には燃料電池車を含めた次世代自動車が販売台数の50%～70%となる試算もある。これは年間250万台から350万台に達する数値である。

全世界では2017年販売されたHEV車・PHEV車・BEV車は約330万台、2035年には大凡2800万台との予想もある。PHEV車、BEV車が大幅に増加する予想である。

その他、住宅においてもマンションの屋上に太陽光パネルを設置し、発電された電気を蓄電システム蓄電しマンションの共用部の電源として使用する例や個人住宅の屋根に太陽光パネルを設置し、蓄電システムや

EV車に蓄電する例もあり、各自動車メーカ、住宅メーカ、商社も新規ビジネスチャンスと捉え積極的な展開を始めている。

4. リチウムイオン電池課題

(1) 発火

リチウム電池は、現在生産されている二次電池の中でもっとも高いエネルギー密度を持つ。現在の電解液が可燃性有機溶媒を用いており、火源があれば容易に燃える。そして内部抵抗を小さくするため電解質層はできるだけ薄くしており、外部からの衝撃で損傷すれば電池内部で化学反応が発生する。正極側で急速な酸化反応による発熱、負極側でリチウムが析出して破裂、発火を起こすことがある。

電池保護のため、充放電制御の機構、温度保護機能など組み込まれているが完全ではない。今後、電動車（xEV車）、の電源をはじめとする大型電池を目指すには大きな問題となっている。この深刻な課題解決法の一つとして、全固体電解質の開発が急がれている。

(2) 廃棄

リチウムイオン電池は、正極と負極が短絡すると発火の危険がある。その為、2019年8月環境省より各都道府県に対して小型リチウムイオン電池の適正処理として、一般社団法人（JBRC）の処理方法を参考にしようとの指示があった。即ち、リチウムイオン電池を廃棄する場合、正極・負極を絶縁し、地元の電気店等『排出協力店』を通して廃棄するというものである。

今後、問題になると考えられるのは、自動車に搭載された大型リチウムイオン電池の処理である。リチウムイオン電池を搭載した電動車（xEV車）は電池の劣化による性能低下もあり大凡10年前後で中古車となると考えられる。そして、新規の電池に載せ替え再使用か廃車になる（各メーカの保証は大凡5年10万km 性能70%程度）。

ハイブリッド車（HEV車）を中心に電動車（xEV車）全体では2010年度約45万台販売されている、単純計算ではあるが、10年後の今年、2020年度に発生する中古車は約45万台と予想される（実際には10年以上使用されるためかなり少ないと予想）。性能が低下したら公道を走る自動車には向かないとされるリチウムイオン電池であるが、電力用蓄電池としての能力は十分ある。中古車で廃棄されるリチウムイオン電池は毎年発生し、増え続け2030年予測では大凡130万個の

処理が必要になる。増え続けるリチウムイオン電池。リユース例としては、リチウムイオン電池を大型コンテナなどに設置し、太陽光や風力等天候に左右され易い再生可能エネルギーと組み合わせ、電力を安定供給可能な発電所にする案や、ゴルフカートに積み込んでリユースする案も検討されているが、今後の発生する大量のリチウムイオン電池の十分な受け皿としては考えにくい。また、リサイクルでは各メーカーのディーラーが引き取り、全国の指定リサイクル工場を活用してリサイクルするもので、コバルト、ニッケル等のレアメタルや銅・アルミを回収する計画であるが回収コスト・設備投資がかかり採算が合わない事がリサイクルの障害となっている。今後、必ず大量な中古電池の発生が見込まれる。官民一体となり安価なりサイクル技術の開発が望まれる。

全世界で見た場合、電動車（xEV車）の2035年の販売予想は大凡2800万台、中国・ヨーロッパが中心になると思われる。そして、10年後、全世界で大量の中古車が発生し、大量のリチウムイオン電池が廃棄される。将来を見据え、自国内でのリユース（家庭用電力に利用等地産地消）やリサイクル処理等の十分な検討が必要と思われる。

5. おわりに

現在、2100年の地球温暖化を平均1.5度以内に抑えるべく二酸化炭素の発生量を抑える取り組みが政府中心となり産業界や各家庭で行われている。その考えの一つがライフサイクルアセスメント（LCA）、即ち、誕生から廃棄までのすべてで発生する二酸化炭素の総発生量で製品を評価するもので、例えば、自動車においては、HEV車、PHEV車、BEV車は走行中の二酸化炭素の発生量はゼロか極端に少ない理想的な自動車である。特に、BEV車はゼロである。LCA総量計算では、HEV車のエンジンの燃効率50%以上にアップした場合、エンジン搭載のHEV車とBEV車が二酸化炭素総発生量で同等になる。尚、政府の自動車新時代戦略会議では内燃機関の効率60%を目指している。そして、今後、環境に配慮したLCAの考え方は全ての生産品で検討されるべきと考える。

次に、世界中が注目し次世代の本命とされ、多くの企業が取り組んでいるのが『リチウムイオン全個体電池』である。

従来の電池は正極と負極の間に電解液があり、電解液をセパレータで分けていたため、セパレータの損傷で電解液が混ざり発火や破裂の危険性があった。

リチウムイオン全個体電池は、正極と負極の間に固体電解質がある。電解液の漏れの危険性を解決し、安全性は著しく改善し、事実上解決できる。

また、大幅な性能向上が期待されている。それはエネルギー密度が大きくなれば航続距離が延びる。出力密度が大きくなれば大きなモーターで大出力を発揮できる。リチウムイオン全個体電池は両者の特性を持っている。

リチウムイオン全個体電池は、電極や電解質を薄くすることが可能であり、セルを多層に積層することができる。多層化することで、小型化・軽量化が実現する。液漏れの危険性がないので、治具や冷却系の装置も簡素化できる。電池設置場所が縮小し車内空間が広がる。

今後は、電解液では使用できなかった出力電圧の高い、又は電流容量密度の高い正極材料や負極材料を利用できるので、全個体電池への期待は大きい。

- ・現行リチウムイオン電池…2020年、エネルギー密度 250 Wh/kg, 航続距離 450 km

- ・リチウムイオン全個体電池…2025年の想定、エネルギー密度 400 Wh/kg 航続距離 600 km 以上

この先、リチウムを他金属に置き換えるなどによりレアメタルであるリチウムの消費を減らすことにより電池の大幅なコストダウン等、まだ解決しなければいけないことはたくさんある。リチウムイオン全個体電池の実用化まであと数年はかかるであろう。

リチウムイオン全個体電池の実用化がすすめば、効率が著しく向上するので、ライフサイクルアセスメント（LCA）でも優位に立てると期待できる。

その先には、金属空気電池と呼ばれるものもある。正極に空気中の酸素を使うものである。そのような革新型電池が出てくるのは2030年とされている。

今後も世界の知力を集め地球環境に配慮した開発が促進される事を望む。

JCMMA

【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



野澤 俊夫（のざわ としお）
NPO法人 新エネ研究会東日本、
㈱TCN コンサルタント
代表取締役社長



建設機械の電動化小史

岡本直樹

建設機械の電動史をまとめるに当たって、始めに工所用電気設備の戦前と戦後の事例を示した。次に電動建設機械について、有線式、ディーゼル-電気トリック駆動、トロリーアシスト、ハイブリッド、バッテリー式に分けて記した。有線式は大型電気ショベルと油圧ショベル等について、ディーゼル-電気トリック駆動では、電動信仰のルターナと電動ダンプの開祖 Unit Rig について述べ、電動ブルドーザ等の例とトロリーアシストを加えた。ハイブリッド建機では開発経緯と事例を述べ、バッテリー駆動では最近の動向を記し、最後に電動組合せ実証試験の例を付記した。

キーワード：建設機械史、電動建機、電気ショベル、ディーゼル-電気トリック、ハイブリッド、トロリーアシスト

1. はじめに

自動車業界では、ハイブリッド車、EV車、燃料電池車等へのシフトが進んでいる。電動建機も環境（排出ガス・騒音・省エネ）対策として期待され、欧州を中心に需要が高まり、近頃の建機展において電動建機の発表がトレンドとなっている。そして、建設機械（農機含む）のバッテリー式とハイブリッド式の世界市場規模は、2019年の49億\$から2027年に298億\$へと急拡大するとの予測がある。しかし、その他の電動建機の歴史は古く、トンネル工事や定置式のクレーン、プラント類は電機式が使われてきた。また、一般には馴染みの薄いディーゼル-電気トリック駆動やトロリーアシストも新しいものではない。

2. 工所用電機設備

工所用電力を電力会社より買電する場合は、一般に高圧6kVで受電して、変圧器で降圧して利用する。小規模工事では低圧200Vでの受電も多い。特別高圧は7kV以上の高圧を指すが、標準電圧は各電力会社により異なる。

日本での電気の利用は、1878年に工部大学校で初めてアーク灯が灯り、1887年に初の火力発電所が誕生した。初の営業用水力発電所「蹴上発電所」は、琵琶湖疎水事業で田邊朗郎がいち早く1892年に建設し、工場や京都市電等に配電している。

(1) 戦前の工事例

工所用電機の利用は、1896～1903年/M29～36の笹子隧道工事で、最新技術を導入して、自家発電により初めて坑内電灯・電話を配置し、架空式電機ロコ（550V：写真—1）を導入して電動化を図った。これが戦前の山岳トンネル標準工法の確立へと導いた。1918～1934年/T7～S9の丹那隧道工事では、世界のトンネル建設史上に残る大難工事となり、各種の新工法を導入して完成まで16年の歳月を費やしたが、この経験が日本のトンネル技術を世界レベルに引上げた。この工事の電気主要設備は、大竹発電所と両坑口に変電所を設置し、22kV送電、空気圧搾機用電動機3.3kV、電動換気機3kV、9t電気機関車（三菱製：写真—2上）、6t電気機関車（米ヂエフリー製）、80V蓄電池機関車（米ウエスチングハウス製：写真—2下）等である。



写真—1 笹子隧道坑口



写真—2 丹那TNの機関車

(2) 戦後の工事例
 関西新空港工事

現代の大規模工事に電力の利用例として、関西新空港用土砂採取工事の主要電気設備の例を記す。工事の全体システムは図一1のように配置され、土取場の電気ショベル3台で135tダンプに積み込み、写真一3の投入口まで運搬する。そして、投入口の下のジャイレトリクラッシャ3基で破碎後、地下ベルトコンベアを通して、海岸のシップロダまで運ばれる。当工事の配電は、変電所より22kVで受電し、特高受電所と3箇所の電機所から6.6kVで濁水プラント、電気ショベル、クラッシャに給電し、コンベア、スタッカ、シップロダへは3.3kVで配電している。電気ショベルへの送電線路には、車載キュービクルとダンプ走路を跨ぐ移動式ケーブルタワー(写真一4)を利用した。



図一1 土砂採取全体システム



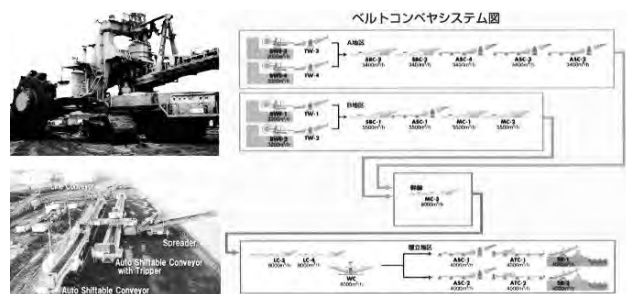
写真一3 投入口



写真一4 移動式ケーブルタワー

常陸那珂港設備

常陸那珂港北埠頭埋立工事(1996~1999年/H8~11)では、特高66kVを受変電設備で受電して、高圧6.6kVに降圧して、土取場・埋立設備用分岐盤に配電して、BWE4台とベルトコンベアシステム(図一2)を動かした。



図一2 BWEとベルコンシステム

3. 電動建設機械

(1) 有線式

海外では電動小型バケットラダー掘削機を1902年にH. A. Schmidが造っていて、LMGも同様のものを1905年に製造している。また、1914年にF. H. Armstrongが電気モータ(電源不明)で鉄道型ショベルの油圧ポンプを駆動している。

電気ショベル

初の電気ショベルは、1903年にThew Lorain Shovel社が開発した。そして満州の撫順炭鉱では、1924年/T13に初めて電気ショベル Bucyrus 103C(写真一5)が導入されるが、これに刺激を受けた神戸製鋼所が電気ショベルの研究に着手した。103Cは鉄道型チェーン駆動であったが、その後、全回転ケーブル駆動の蒸気ショベルの導入後、電機ショベルが多数導入され、世界屈指となる露天掘炭山の機械化を図った。西露天掘の主要電機設備は、スキップ主巻が3,000HPリッケホフマンと1,500HPシーメンス各2台、電気ショベル32台、85t~25t電気機関車62台となっている。

そして神戸製鋼が、1930年/S5にBucyrus50Bをモデルに50K型1.5m³電気ショベル(写真一6)を初国産して、撫順炭鉱に強引に試験納入した。これが予想外に好評を博し、撫順側の協力を得て、1932年にBucyrus120B模倣の120K型(175t)を、1934年に200B模倣の200K型(350t:写真一7)を納車した。神鋼製はオリジナルより重量は4~5割増加したが、性能はまずまずだったようで、第二露天掘では神鋼製を全面採用して合計16台を納車した。満州各地に合計46台を出荷し、内地にも海軍、内務省、鉱山各地等に80数台を納めた。日立製作所も1942年/S17に120H(写真一8)を製作して、撫順炭鉱に納めている。他に満州住友も50B型を造ったようだ。



写真一5 Bucyrus 103C



写真一6 神鋼50K1号機



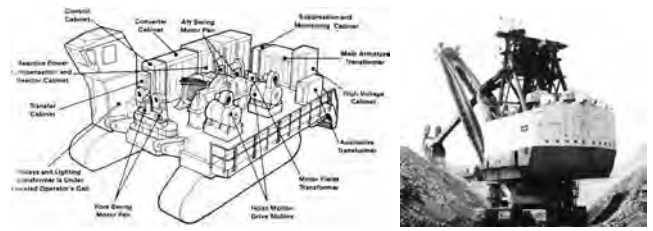
写真一7 神鋼200K



写真一8 日立120H

戦後間もなくは、神鋼が電気ショベルを販売している。小型ショベルは、各社がディーゼル駆動機を開発したが、1950年当時は大型ディーゼル機関がなく、1m³未満に限定された。やがて、ダム工事等に米国製が輸入され、技術提携による電気ショベル3.4～20m³の国産化が始まる。P&Hと提携した神戸製鋼は、1962年/S37にP&H1400第1号機(3.8m³, 230Vモータ)を完成させ、70年代に小松ピサイラス280B、住友重機マリオン191Mが国産化され、Big3が国内に揃った。1976年/S51には20m³級の神鋼P&H2800(475Vモータ×8, サイリスタレオナード制御)と住友重工マリオン204M(475Vモータ×3+油圧, ワードレオナード制御)が輸出用に造られた。そして、1989～1992年/H1～4の関西新空港工事向け土砂搬出工事では、135tダンプの積込に電気ショベル神鋼P&H2100BL(写真—9)と住友マリオン191M(写真—10)が採用され、最後の国内土木工事での電気ショベル利用となった。

電気ショベルの製造メーカは、創業時から合従連衡を繰返し、現在の2大供給メーカは、Bucyrusを買収したCAT(写真—11)とJoyを買収したコマツ(P&H:写真—12)に集約された。図—3は、電気ショベルの電気機器のデッキ配置例である。



図—3 電気機器のデッキ配置

写真—13 Marion 6360



写真—14 Bucyrus 4250w

写真—15 Krupp 240

BWEの怪物はKrupp240(14,500t:写真—15)となる。

電気油圧ショベル

有線式電気油圧ショベルは、深礎工事のような半地下工事の電動ミニバックホウ(写真—16)に使われてきた。そして、最近は環境面(排ガス, 騒音)からの要請で、小型建機(写真—17)の電動化開発が活発化している。



写真—9 神鋼 P&H 2100BL



写真—10 住友マリオン 191M



写真—16 竹内 TM20-2



写真—17 日立 ZA135USE



写真—11 CAT 7495



写真—12 コマツ P&H 4100XPC

超大型モンスターも電動

露天掘鉱山の表土剥ぎを行う超大型モンスター建機には、ストリップングショベルやウォーキングドラグライン、BWEがあるが、これらも電動である。ストリップングショベルの王者は13,600tの1965年製Marion6360(写真—13)で、ウォーキングドラグラインはBucyrus4250W(13,000t, 168m³:写真—14)である。

前述の超大型ケーブル式電気ショベルは、徐々に超大型油圧ショベルに置換わりつつあるが、超大型油圧ショベルにも電動のニーズがあり、エンジンを3相誘導電動モータに置換えて駆動する電動化が行われている。その電力受給の流れを示すと高圧架線からサブステーションで受電し、6kVに降圧して送電ケーブルで油圧ショベル下部に接続する(写真—18)。そして、下部からスリップリングを介して上部旋回体に接続し、キュービクルを経て左右の誘導電動モータを動か



写真—18 給電設備

す (図-4)。

その他の特殊なものとしては、水中バックホウや水中ブルドーザに有線給電が行われている。また、引込ケーブルリールを装備した有線式ローダ TCL1000 (写真-19)をルターナ(LeT)が1982年に開発している。

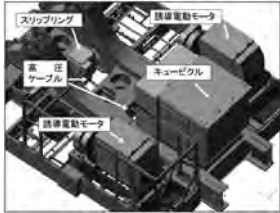


図-4 電動機器配置



写真-19 LeT TCL1000



写真-22 各種電動建機



写真-23 LeT C-3



写真-24 LeT LT360

(2) ディーゼル-エレクトリックドライブ

1945年頃、独 Lauster 社がモータスクレーパ LW 72E のドラム型駆動輪にモータを内蔵したディーゼル-エレクトリック (D-E) 車を開発した例はあるが、D-E 駆動の開発と普及は、R.G. LeTourneau と Unit Rig の貢献が絶大である。

R.G. LeTourneau Co.

R.G. LeTourneau は、初期 (1922年) のスクレーパに電動モータを利用しているが、1948年の Tournapull Model B では全機能を電動化している。そして、電動化を1953年頃から強力に推進し、多種多様な電動建機を開発し、電動化の伝道者となる。1958年に電気駆動ホイールモータを開発。写真-20はD-E駆動 (各輪駆動モータ)のL28で、写真-21は1959年のトローリアシスト ADT のTR-60の例である。そして、写真-22は1961年の各種電動建機のデモ展示である。1965年には3輪モータグレーダC-3 (写真-23) や史上最大のスクレーパとなるワンマン・トリプル連結のLT360 (写真-24) も造っている。超大型ローダでは、1990年にL-1400 (28 yd³), 1993年にL-1800 (33 yd³: 写真-25) を、2000年にL-2350 (40 m³級: 写真-26) を発表し、世界記録を更新し続けたが、現在はコマツの傘下のP&Hブランドとなり、名門 LeTourneau ブランドは消えてしまった。

近年では、2008年にCATがD-E駆動のブルドー



写真-25 LeT L1800



写真-26 LeT L2350

ザD7E (写真-27) を登場させ、2018年にはハイドライブのD6XE (写真-28) を発表した。図-5は、そのD-Eドライブである。そして翌年に、D-Eローダ988K XEを追加した。国内では電動スクレーブドーザも2017年に造られている。



写真-27 CAT D7E



写真-28 CAT D6XE

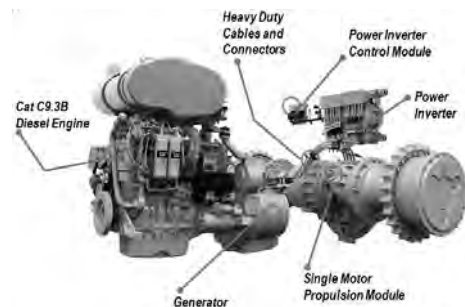


図-5 Diesel-Electric Drive



写真-20 LeT L28



写真-21 LeT TR-60

Unit Rig と電動ダンプ

Unit Rig は 1958 年から GM と 鉱山会社とで、D-E 駆動ダンプトラック (DT) の共同開発に取り組んだ。Unit Rig は石油採掘機器に代わる新事業を模索し、GE は需要減少する鉄道用モータに代わるマーケットをマイニングトラックに見出そうとしていた。1959 年にカミンズエンジンと GM の発電機と駆動モータを組合せた 4 輪駆動、64Ton 積みのアーティキュレート型の Lectra Haul M64 (写真—29) を試作した。フィールドテストを行うとグースネック型の問題が生じた。そこで評判の LeT-Westinghouse の LW30 のデザインに倣い、2 軸後輪駆動のリジットフレーム型に設計変更した M-85 (写真—30) が 1963 年に誕生した。この革命的な D-E ドライブが、業界の重 DT 大型化への道を啓くことになる。D-E 駆動 (図—6) はメカニカルなパワートレインが不要で故障が少なく、静粛で、燃費を改善し、ランニングコストを下げられるので、大型重 DT の主流となって行く。そして、90 年代から DC 駆動が AC 駆動に変わり、よりシンプルな構造となった。発電機からの電力をコントロールキャビネット (写真—34) 内の整流器で整流、インバータで交流に再変換してホイル AC モータ (図—7) を駆動して走行する。課題は、強力な電気ブレーキを使えるが、その降坂時の発電エネルギーを蓄電できなく、熱エネルギーに変換してグリッドボックスから空气中に放出している点である。

因みに、Unit Rig は 1974 年にドライブレス DT を発表し、M100 5 台によるフィールドテストを実施していて、無人 DT の先駆でもある。

92 年に Terex 傘下になったが、2008 年に 360 t 積 MT6300AC (写真—31) を発表、現在、このモデルは CAT の 798AC (写真—32) に引継がれている。CAT の DT は、開発初期に D-E 駆動の 779 や 786 を製作しているが、その後はメカニカル駆動主義を貫いて 360 tDT 迄を開発してきた。しかし、市場のニーズに応じて電動化にも再び取り組み 793AC 等を開発したが、Bucyrus 買収に伴い Unit Rig の開発・生産ラインも手に入れた。Bucyrus 買収時に多様なブランドと技術を手に入れたが、旧ブランドを残さず総て CAT ブランドに置換えた。唯一の例外が Unit Rig ブランドで、その威光を最近まで利用した。

現在、大型電動 DT は、CAT (Unit Rig を統合)、コマツ (旧 WABCO 系)、日立建機 (旧 Euclid)、Liebherr (旧 Wiseda) の 4 大メーカーに集約されている。そして、Liebherr の DT 部門にも Unit Rig の血が流れている。買収した Wiseda の前身である Goodbary は



写真—29 Unit Rig M64



写真—30 Unit Rig M85



図—6 Diesel-Electric



図—7 ホイルモータ



写真—31 MT6300



写真—32 CAT 798AC

Unit Rig からのスピニアウトである。

(3) トロリーアシスト

トロリーアシストは、登坂路に架線を設置して商用電源等からサブステーションで降圧・整流して電力供給、ダンプトラックは、積載登坂時に車体上部に架装されたパンタグラフ (写真—33) により架線から電力を受給して、登坂速度を倍加することができる。その他の場所では D-E 走行となるが、燃費消費を 30 ~ 50% 低減でき、サイクルタイムも短縮できる。日立建機製電動 DT の場合、15% 程がトロリーアシスト仕様である。



写真—33 トロリー式



写真—34 コントロールキャビネット

(4) ハイブリッド建機

ハイブリッド自動車の歴史は 1896 年のポルシェま

で遡るが、1997年/H9のトヨタ プリウスが量産販売の火を付けた。そんななか、NEDOからの受託研究事業としてコベルコ建機が1999年秋に油圧ショベルのハイブリッド化に着手、2004年/H16に6t実証機を試作し、INTERMAT 2006で世界初のハイブリッドSK70H(写真—35)を発表した。しかし、商品化に手間取り、2009年のSK80Hの販売まで待つことになった。その間、コマツがPC200-8 Hybrid(写真—36)を開発して2008年/H20に販売を開始した。SK80Hは「低炭素型建設機械」の第1号機に認定され、20t級は2012年のSK200H-9、2016年にLi-ionバッテリー採用のSK200H-10を完成させた。住友建機のハイブリッドは2009年にリフマグ仕様で、日立建機は2011年に発表した。

油圧ショベルのハイブリッドは、旋回減速時の回生エネルギーをキャパシタ(蓄電器)やバッテリー(蓄電池)に蓄電して、エンジン加速の電動アシスト(図—8)とするものが多い。バッテリーは電力エネルギーを化学エネルギーに変換して蓄え、大電力の持続出力が可能である。しかし、キャパシタは電気のまま蓄える為、短時間充電が可能だが、大容量化が難しく、放電も一気に持続性がないのが特徴である。その他の方法として、CATと日立建機、Volvo CEは油圧アキュムレータによる油圧回生機を製品化している。



写真—35 コベルコ SK70H



写真—36 コマツ PC200-8 Hybrid



図—8 ハイブリッド油圧ショベル

他方、ローダでは、TCMが2003年/H15にハイブリッドローダLX70(1.3m³)を試作して、2008年/H20に大型ハイブリッドローダL130(13m³:写真—37)を開発、製造は1台のみだがユーザに納車した。2009年にKCMも11t級65Z Hybridを試作したが、量産型は、日立建機が2016年/H28にハイブリッド



写真—37 TCM L130



写真—38 日立 ZW220Hyb

ローダ ZW220HYB-5B(3.4m³:写真—38)を市場投入した。海外ではVolvo CE等が造っている。

(5) バッテリー式

建機用バッテリーには、鉛電池、ニッケル水素電池、リチウム・イオン(Li-ion)電池等が使われる。バッテリー駆動式の電動化建機の特徴は、バッテリー価格が高い、充電時間が長く稼働時間が短い等の技術的な課題がある。そして、ミニショベルでのバッテリー搭載は、機械全体が大きくなりがちで、狭小地でも活動できる小型機の特性を生かせない。また、バッテリーの小型化は、必要な稼働時間確保とトレードオフとなる。

バッテリー式は、早くも戦後復興期の1952年/S27に神鋼電機が蓄電池式ローダVE-0.5(写真—39)を発売している。近頃はゼロ・エミッション、低騒音からの需要が増え、日立建機を例に取ると、2006年にバッテリー式のZX50UB-2(5t級)、ZX70B(7t級)、2010年にLi-ionバッテリーのZX35B(3.5t級:写真—40)を市場投入している。また、bauma2019では、バッテリー式2t級と8t級の試作機を展示しているが、他社の展示も多い。写真—41は給電スタンドから充電中のCATのLi-ionローダ906である。Volvo CEは48Vの電動ショベルECR25や電動ローダL25(写真—42)を展示していた。その他に、初の電池駆動ジャンボDD422iEをSANDVIKがMINEexpo2016で発表している。



写真—39 神鋼ショベル



写真—40 Li-ion車

(5) Volvo Electric Site

AHS(Autonomous Haulage System)の導入が世界各地で本格化しているが、キャブレスDTも開発され、Volvoやコマツ、Scaniaが試験運転中である。特



写真—41 CAT 906



写真—42 Volvo ECR25 & L25

に Volvo CE は、Electric Site (写真—43) で、各種の電動建機とバッテリー駆動のキャブレス 15 tDT の HX02 8 台によるフリート走行 (写真—43 下) の総合試験を行っている。写真—43 上の電動バックホウ EX01 は、採石をクラッシャに投入中であるが、ハンマクレーン型装置からケーブル給電を受けている。写真下で積込中のローダ LX01 は、600Vp モータを備えたハイブリッドである。これらの現場実証試験はスカンスカ社や大学との協業であるが、総合的な電動化では、バッテリー・電力・設置場所等の制約を考慮すると、大型化よりも小型機多数の方が有利であると結論付けている。



写真—43 Volvo Electric Site

4. おわりに

今回は、電動建機の切口で建設機械史を振り返ることになった。電動建機の史料は、まとまったものが見当

たらないので、手元資料の山から断片史料を探り集め、補完的に Web を利用してまとめた。そして、最近の環境対応型の電動建機については、各社が開発動向を Web や技術報告等で発表しているのが役立った。しかし、紙幅の制約で省いたものは多い。

さて、電動式はプラント等の固定設備や移動の少ない建設機械に利用され、環境対策として、建屋内や地下工事用としても実用化されてきたが、電池性能や外部電源引込みによる行動範囲の制約が課題となっている。その解決法として建機にも燃料電池の利用が検討されている。燃料電池フォークリフトが上市され、導入が始まっているので、小型建機への応用は容易であろう。しかし、大型建機への搭載は未知数である。また、Li-ion バッテリーは建機にも搭載され始めたが、大型のものは最近、潜水艦にも利用されている。海自の最新型潜水艦は、スターリングエンジンを Li-ion バッテリー駆動に置換えた。大型建機にも利用が進むかも知れない。Li-ion 電池は高価な点が問題であるが、軽量・高出力で廉価な Li-S (リチウム硫黄) 電池の大型化にも期待が掛かっている。

JICMA

《参考文献》

- 1) H. Halberstadt, Giant Dump Trucks, MBI, '94
- 2) H-H. Cohrs, 500Years of Earthmoving, KHL, '95
- 3) K. Haddock, Giant Earthmovers, MBI, '98
- 4) E.C. Orlemann, LeTourneau Earthmovers, MBI, '01
- 5) H-H. Cohrs, Trolley Muldenkipper, Podszun, '02
- 6) E.C. Orlemann, Haulpak & Lectra Haul, Iconografix '12
- 7) W. Hustrulid, Open Pit Mine Planning & Design, CRC '13
- 8) Volvo Electric Site Pj, '18
- 9) 熱海線隧道工事用電気及機械設備, 鉄道省, '25.4
- 10) 日本建設機械要覧 1950, JCMA
- 11) 産業機械工業三十年史, 産業機械工業会, '78.4
- 12) 関西新空港土砂採取工事記録
- 13) 岡本, 建設機械の歴史, 建設の施工企画, JCMA, '08.1
- 14) 岡本, 建設機械のモンスター達, 建設機械施工, JCMA, '15.1
- 15) 岡本, 平成の土工機械, JCMA, '19.11
- 16) 土工教室 /<http://hw001.spaaqs.ne.jp/geomover/>
- 17) メーカー各社技術資料

【筆者紹介】

岡本 直樹 (おかもと なおき)
建設機械史研究家



水素社会の実現に向けた取り組み動向

山口 智也

水素は究極のエネルギーとも目されながら、使い勝手の悪さからエネルギー源としての利用は進んでいなかった。しかし、ここ最近では水素をエネルギー源として利用する取り組みが盛んになっている。そして、技術開発が進む一方で地球温暖化対策が模索されるようになり、水素をフルに活用する「水素社会」の実現に注目が集まっており、先進国や新興国を中心に実現に向けた取り組みが加速している。なお、水素社会の実現には、製造、輸送、利用シーンに至る広範な技術開発や実用化を進める必要があり、それだけ波及効果も期待できる。

キーワード：新エネルギー、水素、水素社会、燃料電池、水素ステーション

1. 東京五輪で注目を集める「水素社会」

2021年7月から8月にかけて開催される予定の東京五輪では、水素をエネルギー源としてフル活用する「水素社会」の取り組みも進められている。例えば、大会期間中を通じて灯される聖火は、水素が主な燃料として利用される予定である。また、据置型燃料電池が選手村のエネルギー源として導入されたり、燃料電池バスが多数運行されたりするなど、開催期間を通じて水素を積極的に活用するようになっている。

こうした水素社会の取り組みは一過性のものではなく、2019年ごろから本格化し、2020年はさらなる飛躍が期待できる。以降では、水素社会の概要と、インフラ整備や輸送機器の開発動向を中心に水素社会構築に向けた取り組みについて紹介する。

2. 古くて新しい水素の活用

水素は新エネルギーの一つと目されているが、1766年に発見され、水素社会のコア技術の一つである燃料電池も原理が確立したのが19世紀初頭と、エネルギーとして利用する研究は古くから行われてきた。日本においても、1973年に学識経験者らによって水素活用の推進を目的とした「水素エネルギー協会」が設立されている。

水素の利用拡大に向けた歴史は長いものの、生成のコストがかかることや、取り扱いの手間がかかるといったデメリットがあり、ロケットの燃料や宇宙船における発電源・給水源としての燃料電池といった、代替がないケースを除けばエネルギー源としての活用は進んでこなかった¹。

しかし、地球温暖化対策が急務となる中、水素が持つ「使用時に二酸化炭素を排出しない」「質量当たりのエネルギーが極めて大きい」といった特徴が改めて注目され、ここ20年ほどで利用拡大に向けた取り組みが進んでいる。特に、2020年にパリ協定の適用が開始され、温室効果ガスの削減が高まる中であって、各国での取り組みが加速している。

3. すそ野が広い水素社会の実現に向けた取り組み

水素社会の実現にあたっては、製造、輸送、利用シーンに至る広範な技術開発や実用化を進める必要があり、それだけすそ野も広い(表-1)。

こうしたすそ野の広さは、予想される市場規模にも表れている。水素協議会(Hydrogen Council)(詳細は後述)が2017年にまとめた「Hydrogen, Scaling Up」によれば、2050年までの全世界の水素に関わる市場規模は2.5兆ドルになると見込まれている。

¹ なお、石油精製や鉄鋼業などの工業プロセスにおいて、水素は触媒などとして大規模に利用されており、生成、貯蔵、運搬に関する一定の技術やノウハウの蓄積、インフラの整備は進んでいる。

表-1 水素社会の実現に向けた取り組み

大項目	中項目	具体例
水素タウン	水素産業の集積	産官学連携のプラットフォーム整備, 研究開発拠点の誘致
	啓発活動	情報発信の強化, 広報拠点の設置
製造, 貯蔵, 輸送	カーボンフリーな水素	再生可能エネルギーで発電した電力で製造, CCS と併用して化石燃料から製造
	貯蔵, 輸送	貯蔵効率の向上 (水素化合物の活用, 貯蔵圧力の引き上げ), 低コストな輸送手段
	供給	水素ステーションの整備・運営コスト低減
燃料電池	定置型	エネファーム, 産業用燃料電池
	自動車	乗用車, バス, トラック
	その他輸送機器	フォークリフト, ドローン, 鉄道
熱源	火力発電	水素火力発電
	その他	バーナー用の代替燃料

出所：各種資料を基に東レ経営研究所作成

4. 取り組み動向

(1) 国際的な連携

水素が持つポテンシャルに注目し、水素活用に向けた世界的な取り組みが進んでいる。2017年1月には、トヨタ自動車やロイヤル・ダッチ・シェルなど水素利用に関わるグローバル企業13社によって「水素協議会」が設立され、民間での世界的な水素活用に向けた取り組みの枠組みが立ち上がった。2019年6月時点では参加企業数は60社にのぼっており、エネルギー会社やメーカーだけでなく、金融機関など資金の出し手も参加する取り組みとなっている。

また、2018年10月には東京において第1回水素閣僚会議が開催され、水素技術の開発協力などを骨子とした「東京宣言」が採択された。同会議は、2019年9月に第2回の会議が開催されるなど、政府間の恒常的な取り組みとして定着しつつある。

さらに、国際エネルギー機関（IEA）が作成した水素の利活用に関するレポート「The Future of Hydrogen」が、2019年6月に長野県軽井沢町で開催されたG20エネルギー・環境大臣会合に併せて公表され、水素の有用性や活用に向けた課題が中立的な立場から明らかにされた。

(2) 日本政府の取り組み

原油の大半を中東地域から輸入しているなど、日本のエネルギー自給率は低く、かつ特定の国に依存している。そのため、自国でも産出・生成できたり、特定の国に偏っていないエネルギー源の確保は、エネルギー安全保障を考える上で重要な施策である。

その点、水素は化石燃料のみならず、廃プラスチックやバイオ廃棄物（生ごみ、廃木材など）、さらには水など、さまざまなものから生成させることができ、

分布も特定地域に偏っていないため、コスト面や使い勝手を改善することができればエネルギー安全保障の確保につながる。こうした点からエネルギー源としての研究が以前から進められていた。

さらに、地球温暖化の対策が急務となるなか、水素社会の構築も効果的な施策として認識されるようになってきている。こうした点を踏まえ、2010年代に入り、政府の取り組みが加速している。

まず、2014年4月に政府が策定した第4次エネルギー基本計画では、水素社会について検討を進めるべき時期に来ているという記載が盛り込まれ、これを受けて同年6月に「水素・燃料電池戦略ロードマップ」が策定（2016年3月に改定、2019年3月に再策定）された。

さらに、2017年12月に、官庁横断型の国家戦略としては世界初となる「水素戦略」が策定され、国を挙げて水素活用に取り組むことが明確化された。そして、水素・燃料電池戦略ロードマップが2019年3月に再策定された際は、水素戦略で定めた目標が反映された。

(3) 民間の取り組み

水素社会の構築にあたり、民間では様々な取り組みが進められている。本稿で取り上げるには紙面に限りがあるため、ここではキー技術となる「カーボンフリー水素」と、建設関係者にとって関心が高いと思われる「サプライチェーンの整備」「燃料電池をエネルギー源とする輸送機器類」に絞って、動向を紹介したい。

(a) カーボンフリー水素

水素社会の構築にあたり、当初から問題視されていたこととして「水素生成時に二酸化炭素が排出される」という点である。これは、工業プロセス用として使用されてきた水素は、その多くが化石燃料（炭化水素）由来のものであり、生成時に二酸化炭素が副生されて

しまうためである。また、電気分解で水素を生成する場合、火力発電由来の電力を使うと間接的に二酸化炭素を排出することになる。つまり、脱炭素化を進めるために水素社会を構築しても、二酸化炭素が排出されては意味がないというのである。

こうした懸念に対する解として取り組まれているのが「カーボンフリー水素」である。これは、生成時に二酸化炭素の排出が実質的に伴わないものである。主に取り組まれているものとして、「再生可能エネルギーで発電された電力を使って水を電気分解し、水素を生成 (Power to Gas (以下「P2G」))」「化石燃料から水素を取り出し、副生された二酸化炭素は回収して貯留・再利用」が挙げられる。

P2Gの取り組みとして、2019年10月には福島県浪江町に世界最大級の水素エネルギーシステムが設置された。本年より運用が本格化する予定で、得られた知見が同様の取り組みに生かされることが期待されている。

また、技術研究組合CO₂フリー水素サプライチェーン推進機構(HySTRA)では、オーストラリアにおいて、褐炭から水素を生成し、副生された二酸化炭素については回収し、現地で貯留(CCS)する取り組みを進めている。これにより水素生成時に副生した二酸化炭素が大気中に放出されなくなり、かつ安価であるが扱いづらい褐炭を有効活用しながら低コストでカーボンフリー水素を生成できる。

(b) サプライチェーンの整備

これまで水素は主として工業用途で使用されてきたため、運輸業や消費者といった非製造セクターでも使用できるようにするためには、水素ステーションなど供給網の整備が欠かせない。また、遠隔地で水素を生成して輸送する場合、専用輸送船の実用化やパイプラインの整備を進める必要がある。そして、液化・圧縮やアンモニアなど他物質への転換といった、効率的な貯蔵・輸送を可能とする技術の開発・実用化も、輸送コスト低減には必要となる。

特に、日本の場合は既存の水素生成・流通にかかわる設備・施設が湾岸部に集中している。また、水素の調達先を国内外に求めることで、より多くの水素を調達しやすくなる。こうした点を踏まえると、水素社会の構築にあたっては国内外において広くサプライチェーンの整備が重要となる。

HySTRAでは、取り組みの一環として、液化水素を運ぶための水素専用輸送船の研究・開発を進めており、2019年12月に実証実験用の輸送船が進水した(竣工は本年秋頃を予定)。また、兵庫県神戸市において、

オーストラリアから運ばれてくる液化水素の受入・貯蔵施設の建設が進んでいる。そして、水素の洋上輸送について国際的なルールの策定に向けた取り組みも進められている。

一方、燃料電池車に水素を補充する水素ステーションの整備も進められている。水素ステーションの整備を支援する日本水素ステーションネットワーク(JHyM)では、燃料供給業者単体では事業リスクが高い水素ステーションの整備を資金面で支えたとともに、運営についても支援を行うことで、経済的に自立したステーションの運営ができるように取り組んでいる。JHyMのウェブサイトによると、2020年2月12日時点で水素ステーションは全国に113カ所設置されているとのことだが、水素・燃料電池戦略ロードマップでは2030年までの設置目標を900カ所としており、今後も設置が進められるものと予想される。

輸送の効率化のための技術開発に向けては、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の第1期(2014年度~2018年度)に採択された課題「エネルギーキャリア」では取り組まれた。この取り組みでは、水素を他の物質に転換し、効率的に利用する方法の研究開発や実証実験が産官学連携で進められ、カーボンフリーのアンモニア製造・貯蔵・輸送・活用、有機ハイドライドを用いた水素供給などがある。今後、本プログラムの成果の実用化が進むにつれ、製造・貯蔵施設の建設などが行われるものとみられる。

(c) 燃料電池をエネルギー源とする輸送機器類

地球温暖化対策が急務となるなか、ガソリンや軽油といった化石燃料で駆動する輸送機器類の電動化が急がれている。電動化で一般的に用いられるエネルギー源は蓄電池であるが、トラックやバスといった大型車両の場合は、エネルギー補充にかかる時間が増えて稼働時間が低下するなど、課題も多い。一方、水素をエネルギー源とする燃料電池であれば、エネルギー補充にかかる時間は蓄電池に比べて短く、それだけ稼働率も高くなる。

燃料電池をエネルギー源とする取り組みは乗用車で先行したが、電気自動車に比べて価格が高くなりがちなことや、水素ステーションが少ないなど利便性が低いことから、普及はそれほど進んでいない。

一方、トヨタ自動車、韓国の現代自動車、ドイツのダイムラー、米国のニコラモーターカンパニー(燃料電池車ベンチャー)などが力を入れているのが、燃料電池トラックや燃料電池バスである。前述のとおり、燃料電池車はエネルギー補充に必要な時間が短い上、トラックやバスであれば移動ルートが一定であること

から、必要最低限のスタンドを倉庫、港湾、バスターミナルといったルート上に設置すればよいため、乗用車に比べて燃料電池化するメリットが大きい。

エネルギー充填速度が充電機に比べて速く、予備の電池など不稼働資産を持たなくて済むことは、燃料電池の大きなアドバンテージである。また、冷凍倉庫など気温が低い場所での稼働にも強いとされている。その点に注目し、フォークリフト、鉄道、船舶など、長時間で時には過酷な環境での稼働が求められる機器の燃料電池化が進んでいる。例えば、米ネット通販大手のアマゾンや大手流通業のウォルマートなどでは、燃料電池で駆動する電動フォークリフトの導入を進めている。日本においても、豊田自動織機が2016年より燃料電池フォークリフトを市場に投入している。

さらに、燃料電池は蓄電池に比べて重量当たりの貯蔵エネルギーが多いため、ドローンのエネルギー源として活用する取り組みも進められている。例えば、英国の燃料電池メーカーである Intelligent Energy 社では、ドローン用の燃料電池を製品化している。2019年7月にロボデッグス（神奈川県横浜市）が Intelligent Energy 社の燃料電池を搭載したドローンの実証実験を行った際の報道によると、蓄電池式のドローンでは飛行時間が30分程度なのに対し、燃料電池に置き換えることで80分程度に飛行時間が伸びるとのことである。このように大きく飛行時間が伸びることで、ドローンビジネスを大きく変えるものと期待されている。

5. 日本は取り組みのトップランナーだが……

これまで日本での取り組みを主に見てきたが、これは燃料電池乗用車の実用化を進めるなどトップラン

ナーにあることが要因であり、「ガラパゴス化した技術」に固執しているわけではない。実際、欧米中などでも水素の利用拡大に向けた取り組みが進められており、分野によっては日本を上回るペースで取り組まれているものもある。

例えば、国際的な水素・燃料電池の普及促進を目的とした政府政策交流会議である国際水素・燃料電池パートナーシップ（IPHE）によれば、米国で稼働している燃料電池フォークリフトは2万6000台超（2019年11月時点（以下同）、日本は160台）、中国で稼働している燃料電池バス・トラックは合計で約4000台（日本は22台）といったようにである。また、P2Gの取り組みについても、再生可能エネルギーの活用が進むドイツなど欧州での取り組みが大きく先行しているといわれている。

つまり、取り組みやすさや喫緊の課題があるなど、分野による優先順位の違いもあるので一概には言えないが、欧米中での取り組みが進む中で、日本は水素利用における先進的な立場を失いかねないのである。

2020年は、日本において水素社会の構築に向け、水素の洋上遠距離輸送や大規模P2Gなど、様々な取り組みが研究・開発段階から一歩進んで実証段階に入る。今後も日本が水素利用における先進的な立場を保ち続けられるか、こうした動きは注目に値する。

JICMA

【筆者紹介】

山口 智也（やまぐち ともや）
 関東レ経営研究所
 産業経済調査部
 研究員





産学官民の連携による震災の教訓の伝承 動き出した「3.11 伝承ロード推進機構」

原 田 吉 信

全国各地で自然災害が激甚化・頻発化する中、国民一人一人が自分ごととして災害に備える必要があります。東日本大震災の被災地ではその貴重な教訓が残されていて、これを効率的に学べる仕組みをつくる民間主導の体制として「3.11 伝承ロード推進機構」が令和元年8月に立ち上がりました。初めて実施された防災ツアーは、被災地の震災遺構や津波伝承館を巡り語り部から学ぶもので、参加者から高い評価が得られました。本稿では、伝承機構の意義や活動について紹介し、各地の防災力向上を呼び掛けるものです。
キーワード：東日本大震災、3.11 伝承ロード、防災ツアー、震災遺構、津波伝承館、語り部から学ぶ

1. はじめに

(一財)3.11 伝承ロード推進機構(以下、伝承機構と言う。)は、産学官民が連携し、東日本大震災の実情や教訓を伝承する組織として令和元年8月1日に発足しました。本稿では伝承機構の発足の意義と取り組みについて紹介します(写真-1)。



写真-1 設立式典

2. 伝承機構設立の経緯と意義

震災伝承の必要性は発災2か月後の「復興構想7原則」(東日本大震災復興構想会議)でも指摘されていましたが、被災地全体としての取り組みについては平成30年7月に設立された「震災伝承ネットワーク協議会」(東北地方整備局、東北地方の被災4県および仙台市により構成)が打ち出した「3.11 伝承ロード」構想でようやく動き出しました。震災遺構や伝承施設

をネットワーク化する構想で、この具体化に向けて同協議会が設けた「震災伝承検討会」では、産学官民が連携した推進体制を早急に構築すべきとの提言が翌年3月にとりまとめられました。

これらの動きに呼応するように、翌年4月には4学術団体(学都仙台コンソーシアム、東北大学災害科学国際研究所、自然災害研究協議会東北地区部会、日本自然災害学会)から震災伝承に関する緊急提言が発表されました(写真-2)。学の立場から「3.11 伝承ロード」を進める体制に積極的に参画することを宣言するものでした。続いて5月には、東北経済連合会の海輪会長が「第3回わきたつ東北戦略会議」の冒頭の挨拶の中で、産学官民の連携体制構築へ参画する意思を表明し、体制づくりが動き出しました。そして8月1日、民間主導による産学官民が連携した「(一財)3.11 伝



写真-2 緊急提言を東北地方整備局に報告する今村文彦東北大学災害科学国際研究所所長(左)と平川新学都仙台コンソーシアム会長(中)

代表理事	今村 文彦	東北大学災害科学国際研究所 所長
理事	涌井 史郎	東京都市大学 特別教授
理事	片岡 俊一	弘前大学 教授
理事	南 正昭	岩手大学 教授
理事	小沢 喜仁	福島大学 教授
理事	徳山 日出男	政策研究大学院大学 教授
理事	紺野 純一	(一社)東北観光推進機構 専務理事
理事	吉田 圭悟	(一社)日本旅行業協会 東北支部長
理事	新井田 浩	青森県県土整備部長
理事	大槻 英毅	岩手県復興局長
理事	後藤 康宏	宮城県震災復興・企画部長
理事	佐竹 浩	福島県企画調整部長
理事	福田 洋之	仙台市まちづくり政策局長
監事	高田 佳幸	日本政策投資銀行 東北支店長
監事	鈴木 淳	河北新報社 防災・教育室長
顧問	三村 伸吾	青森県知事
顧問	達増 拓也	岩手県知事
顧問	村井 嘉浩	宮城県知事
顧問	佐竹 敬久	秋田県知事
顧問	吉村 美栄子	山形県知事
顧問	内堀 雅雄	福島県知事
顧問	郡 和子	仙台市長
顧問	平川 新	学都仙台コンソーシアム会長
顧問	佐藤 克英	東北地方整備局長
顧問	吉田 耕一郎	東北運輸局長

図一 1 (一財) 3.11 伝承ロード推進機構 役員

代表理事挨拶	東北大学災害科学国際研究所長 今村文彦
設置者代表挨拶	東北経済連合会会長 海輪 誠
来賓挨拶	宮城県知事 村井嘉浩
	学都仙台コンソーシアム会長 平川 新
	国土交通省東北地方整備局長 佐藤克英
	国土交通大臣 石井啓一
祝電披露	
機構の紹介	
期待の言葉	岩手県宮古市長 山本正徳 宮城県石巻市長 亀山 紘 福島県いわき市長 清水敏男
記念講演	東京都市大学特別教授 涌井史郎

図一 2 設立式典 次第

全国で災害が頻発する中、災害に強い社会を築くには、これまでの経験から得た教訓を社会全体で共有し、様々な災害に備える「防災意識社会」への転換を図る必要があります。東日本大震災の教訓を後世に伝承する「3.11 伝承ロード」の取り組みは、その先進事例として高く評価されるものと考えます。

図一 3 石井国土交通大臣 (当時) メッセージ (抄)

承ロード推進機構」が設立されました (図一 1)。

設立式典は仙台市内で約 120 名が出席し盛大に執り行われました (写真一 1, 図一 2)。村井宮城県知事

の来賓あいさつをはじめ、石井国土交通大臣 (当時) からのメッセージも届き、防災意識社会への「先進事例」との評価も頂きました (図一 3)。祝賀会には国土交通省から五道水管理・国土保全局長にも駆けつけていただき、観光庁の富樫観光地域振興課長の参加も含め、国の政策の一翼を担う重要な任務と身の引き締まる式典となりました。

3. 伝承機構の活動

被災地には「震災伝承ネットワーク協議会」により登録された震災伝承施設が約 200 施設あります。これらの施設を、国内外の多くの方に巡り学ぶ機会として活用していただくために、伝承機構の活動を展開していきたいと考えています。当面の活動として、1, 情報発信・広報, 2, 防災伝承ツアー, 3, 啓発活動を中心に進める予定です。

(1) 情報発信・広報

既に機構の HP を開設し、その中で震災伝承施設の紹介と案内を行っています。また、「3.11 伝承ロード」マップを作成し、各種施設に配布しています (図一 4)。今後はインバウンド向けの多言語化を行う予定です。



図一 4 3.11 伝承ロードマップの表紙

(2) 防災・伝承ツアー

伝承機構が企画した第 1 号である「3.11 伝承ロード研修会」は、建設業関係者を対象とした 1 泊 2 日のコースで、11 月 21 日と 28 日の 2 回開催しました。バスで主な伝承施設をご案内し、語り部なども全て手配し、津波に襲われながらも営業再開を果たした名物女将が



写真—3 東日本大震災津波伝承館で熱心に話を聞く参加者

いる「宝来館」に宿泊していただくというお得な限定お試し研修企画で、特に建設関係の方々に見ていただきたい場所を網羅した特別コースとして企画したものです（写真—3）。

関東や北陸方面からの参加者も多く、合計70名の参加でツアーは満席になりました。語り部や案内員の説明に熱心に耳を傾け、メモをとる参加者もいました。アンケートでは「来て良かった」「過去を見つめることが未来につながる」「コースや語り部の全てに感動した」といった声が寄せられ、今後自信の持てるものとなりました。来年度は、旅行会社とのタイアップ、既に関係団体から申し込みがある新採職員向け研修会、行政職員向けの研修会を行いたいと考えています。

(3) 啓発活動

防災・減災に関する啓発活動を様々なイベントに合

わせ実施しています。これまでに、世界防災フォーラムの前日祭（11月9日）、東北地域づくり講演会（12月11日）において実施済みです。今後も、世界地震工学会議（令和2年9月）等の機会を活用して取り組む予定です。また、防災セミナーなどの開催も考えています。その他、震災の記録・記憶の見える化の一環として、震災時に活動した建設関係団体の記録、震災時に効果を発揮したインフラ、復旧・復興で整備されたインフラ等について、一般の方にも理解できるようにアーカイブ化を行いたいと考えています。

4. おわりに

防災力の向上は、住民・行政・企業のそれぞれが「学び」「備える」ことが重要です。その貴重な教訓が揃っている東日本大震災の被災地が効率的・効果的に活用されるよう、わかりやすい案内やツアーの企画等を通じて、全国各地の防災力向上に貢献したいと考えています。今後ご案内を予定している防災・伝承ツアーへの各位の積極的なご参加と各方面へのご案内を心よりお願い申し上げます。

JICMA

【筆者紹介】

原田 吉信（はらだ よしのぶ）
（一財）3.11 伝承ロード推進機構
事務局長



ずいそう

70 歳過ぎでの博士号取得

大川 聰



大学時代の OB 会で、建設機械メーカーでの潤滑油研究開発の苦労話をしたところ、友人の元教授から研究員としてほんのチョット勉強すれば博士号を取れると誘われて社会人大学院の研究員となった。これが6年前である。この OB 会での私の話題は、エンジン開発の現場にいた時に上司から「専門家ならばエンジン油中に燃料が混ざっているか、臭いを嗅いで見つけられる筈だ」と言われてたくさんのサンプルを嗅いだ、戊年にも拘わらず全部間違っていたという類の話であった。

博士になると何が得か？教授になれる。これは65歳以下でないとダメで、私の年齢で博士になっても遅かりし由良之助である。博士の友人から聞いたが、飛行機に乗るとエコノミーからファーストクラスに替えてくれるとのことであったが、私が乗った格安チケットでは論外であった。年金支給額がアップするなどの都市伝説もあるが、ウソであった。

良かったことは、今まで認められることのなかった昔の業績が公になったことで自己満足を得られたことである。そして、友人の元教授が、これで日本に博士が一人増えて目出度いと喜んでくれたこと。学友達が「団塊世代の星誕生」と OB 会の会報で紹介してくれ、素直に喜ぶ学友達に感謝したことが何よりの喜びであった。会社 OB の博士号取得者には、実利は無くとも社会的な信用が得られたので満足しなさいと諭された。だが、今年になって解説記事の執筆依頼も来て、実利もあるかなと思直している。

研究員は年数万円でゼミへの出席、大学院主催のシンポジウム・ワークショップへの参加あるいは図書館の利用ができる。ゴルフ2回分位で1年間楽しめる。定年後に博士課程に正式入学して博士を目指す方法もあり、実際に3年間数百万円注ぎ込んで授業を受けて勉強した友人もいる。現役を退いた人には研究のための実験をする方法が少ないことが最大の障害である。私は会社卒業前に米国の協会誌に10件程度論文を書いているので論文博士(乙博士)の要件は満たしていたが、如何せん20年前の発表なので、新たに学術論文を1件以上発表する必要があった。ちなみに授業を受けて取得する場合は甲博士となる。

日本では博士号取得者で就職先がない所謂ポスドクが理工系に限っても3割近くいる。一方、社会人の博士課程に入る人は2000年15%程度であったのが2014年では38%まで増えている。また、生涯学習開発財

団では50歳以上の人の博士号取得支援事業があり、1年間50万円を支給する制度がある。これを知ったのは博士号授与の後で、後の祭りであった。

私が専攻したシステムズエンジニアリング学は新しい学問分野で、従来のTQMのPDCA(プラン・ドゥ・チェック・アクション)に代わる設計・開発の考え方である。軍事や航空宇宙産業のソフトウェア技術者が主になって開発した考え方であり、徹底的な階層化をして設計を進め、開発した製品について部品とコンポーネントの実験やシミュレーションによる品質確認(検証と言う)そして組み立て統合した製品の耐久試験やユーザ試験(妥当性確認)を行う仕組みである。これを部門間や購入先・下請け先企業との間で円滑に進めるために、コンピュータを用いた図で表現する言語(SysML)を使う。この新しい分野については欧米企業と中国の取り組みが進んでおり、ISO規格にもなっている。

しかしながら、私が海外の学術雑誌に投稿しても査読で拒絶され続けた。拒絶の理由はこの雑誌で取り扱っていない範囲なので、他の学術雑誌に投稿すべきと言うのだ。新しい学問分野は、少数の大学の先生が運営するために分野の範囲がかなり狭くなる欠点があった。一方、投稿先の学術雑誌を調べていたら、「中国人による、中国人のための、欧州学術雑誌」があることが分かった。欧州有名出版社の発行であるが、査読員は中国人学者で、論文は全て中国人投稿者である。中国がシステムズエンジニアリングに熱心とも言えるが、中国の博士号取得者数は2002年に日本を抜き、2007年には米国を抜いた秘訣が垣間見える。また、日本の人口当たりの博士号取得者は韓国の半分位になっている。

私の博士号取得と共に、昨年偶然にも同期の二人の友人が2つ目の博士号を取得した。一人は工学と文学の博士号で、もう一人は心理学と哲学である。これにより少しは他国との博士人口の差が縮まったかも知れない。二人とも学問間の言葉の違いに悩まされていたが、私も化学出身で機械メーカーに居たので言語の違いには免疫があると思っていたが、ソフトウェア主体のシステムズエンジニアリングの言葉は最初ちんぷんかんであった。しかし、この学問分野がISO規格となった今は、読者の方に紹介する必要がありそうなので、解説記事の準備を始めている。

—おおかわ さとし

建設機械要覧編集委員、慶応義塾大学大学院研究員、(元)コマツ—

ずいそう

3人でつなぐトライアスロン

佐々木 均



私は、毎年6月下旬から7月上旬に行われる「はつかいち縦断みやじま国際パワートライアスロン」のリレーの部門に参加しています。この大会は世界遺産宮島厳島神社大鳥居をスタートして中国山地西部のふもとの吉和まで最大高低差900mのスィム2.5km、バイク55km、ラン20km、合計77.5kmを駆け抜ける大会で、夏場にさしかかる時期でもあることから全国的にも過酷なレースとして知られています。

トライアスロンは通常1人で行う競技ですが、リレー部門では3人1組のチームを作りトライアスロンのスィム、バイク、ランをそれぞれ1種目ずつ担当して、たすきをつなぎます。この大会のリレー部門には毎年100チーム前後のエントリーがあります。

私は学生時代にはまったロードバイクが趣味で、サイクリングはもとより競技として、レースにも参加しています。コベルコ建機に入社して配属された部署の先輩からトライアスロンにもリレー部門があるからチームを作って出てみないかと誘われた事がきっかけでこの大会を知り、バイク担当として2014年から6年連続で出場しています。

私自身はトライアスロンに1人で出場した事はありませんが、ゴールしたときの達成感や満足感はトライアスロンというスポーツの大きな魅力だと思います。一方でリレー部門ではまた別の魅力があると思っています。

大会に出場して競技として行う以上、やはりできる限り上位を狙いたいと考えます。そのため、私は毎回大会のスタートリスト（出場チーム一覧）が発表されると、どうしても自分よりも速い人を探してしまいます。私は普段から自転車レースに出場したり、練習の時も複数人で行ったりする事が多いため、一緒に走っ

た事がある方についてはある程度実力がわかっているので速い人がいれば不安な気持ちになってしまいます。

スィム担当の選手もラン担当の選手も同じように、それぞれの種目の実力者の情報は把握しているので、自分よりも実力がある人の情報はすぐにチームメイトと共有して作戦会議をします。例えば“〇〇チームのバイク担当は速いので3分差以上ついてしまう可能性があるが、ランで巻き返せるので5分以内で渡してほしい”といった感じです。ひとしきり作戦会議が終わったころには、マークすべきチームがわかり自分自身の役割がはっきりしているので“今年の大会もライバルは手ごわいがチームメイトを信じて自分の全力を出し切ろう”と決意が固まります。

大会当日、スィムの選手から作戦通りの順位でたすきを受け取りスタートして行くのですが、スィム上位のチームの選手に追いつき、たとえバイクが強いチームの選手に抜かれたとしてもランの選手が巻き返してくれる作戦だと思えることで、冷静に自分の出せる精一杯の力でペダルを踏み続けることができます。

多少の誤差はありますが、予定通りランの選手につながると一安心。トライアスロンのフィニッシュの時は応援してくれた家族や、チームメイトと一緒にゴールすることが多いのですが、これはリレー部門も同様で3人揃ってゴールテープを切るためにスィム担当の選手とフィニッシュ地点に先回りします。フィニッシュ地点の実況がランの選手の残り距離と前後のチームとの差のアナウンスのたびに一喜一憂しながら、また無事に到着するのを祈りながら待機します。

いよいよランの選手が帰ってきて3人でゴールする瞬間は、普段は決して体験することのできない達成感と感動と喜びがあります。チームメイトのがんばりと戦略のおかげもあり、2016年は2位。2017年に初優勝、2018年には2連覇を達成。昨年2019年は惜しくも2位でしたが好成績を出すことができました。

それぞれ担当する種目もコースも違いますが、同じ目標に向かって、厳しいコースを走り抜けて、お互いを称えあい、一緒に喜び合える事はこのトライアスロンリレー部門の一番の魅力だと思います。



写真-1 大会中の様子

—ささき ひとし コベルコ建機株—

ずいそう

海外勤務とゴルフ

木全俊雄



国土交通省に38年間勤めさせていただいた中で実に10年間海外勤務を経験させていただいた。この海外勤務を通して得た経験、知識、人脈は何物にも代えがたく国土交通省には大変感謝している。定年退職してから早5年が経過するが、今でも海外勤務を志す国土交通省の若手職員を対象に毎年行われる国際建設協力研修の一コマで、少しでも私の4か国での経験が役に立つのであればとの思いで講義を続けさせていただいている。

よくそんなに発展途上国に家族同伴で海外勤務を続けてこられたね?と聞かれることがある。もちろん一番には家族の理解の賜物であることは言うまでもないが、自分的には海外における仕事にはチャレンジ精神を掻き立てるような何かがあって、仕事を成し遂げた時の満足感や途上国のために役立っているという実感が大きなやりがいとなって自分を支えてくれたのだと答えている。

また、仕事以外にも慣れない途上国での生活、子供の教育、健康不安など日本とは勝手が違い兎角ストレスのたまる環境であったのであるが、ラッキーなことにもどの国もゴルフ場があったおかげで、ストレスをためることなく、健康的な生活を家族共々送ることができた。これも海外生活を支えてくれた大きな要素であったと思うのである。

“ずいそう”ということなのでこの点について少し振り返ってみた。

初めての赴任国は今から27年前、軍事政権下のミャンマーであった。大使館勤務であったので、にわか外交官としてミャンマー政府や当時ミャンマーに進出していた日本の商社の方々からヨイショされて、それなりの苦労はあったが、終わってみれば楽しい日々を家族ともどもエンジョイさせていただいた。

トイレットペーパーを3年分芯を抜いて嵩張らないようにして段ボール箱に詰めて持っていかねばならないような国で本当に家族生活ができるかな?と不安いっぱいスタートしたミャンマー生活。日本から持ってきたTVドラマやアニメのビデオテープも雨季にはカビが生えて見えなくなってしまうし、休みの日の過ごし方で時間を持て余すことが多くなりがちと

なった。こんな生活の中で唯一の楽しみがゴルフであった。

年に数回プレーする程度のダボゴルファーが、この3年間集中的にゴルフをしたおかげでかなり上達することができた。

ミャンマーは通年ゴルフができ、雨の日もキャディの生計を支えるためにせせとゴルフ場に通った。当時のミャンマーのキャディは家の使用人と同じく専属キャディであったため、1か月もゴルフ場に行かないと家まで心配して様子を見に来たほどである。

私のキャディはまだ新婚ほやほやのゾーモーという名の好青年で、彼がバッグを担いでくれ、若奥さんがフォアキャディ(先回りしてボールを見つけ、たまには足の指にボールを挟んで気付かれないようにボールをいい位置に移動させてくれる、さらに草をねじり上げてパゴダ(ミャンマーの仏塔)のようにティアップ状態にまでセットしてしてくれる人)を務めてくれた。妻と息子連れてプレーする時には、若奥さんが私に、モーさんが妻に、彼のお父さんが息子に付いて、家族ぐるみで言葉は通じないながらもワイワイ楽しいラウンドを過ごした。

ゴルフ場ではサソリや蛇にもよく出会うが、一番悩まされたのはアリと蛭であった。

ミャンマーのアリが油断ならないのは、うっかりして木陰を求めて木の下で休んでいたりすると大変なことになるのである。地上からでなく木から落ちてきて



写真-1 ミャンマーのゴルフ場にて

腕や首筋をかまれたりすると、結構痛くて皆で大騒ぎをした。初めての人は大抵アリの洗礼を受けていた。蛭は、雨季に泥のようになったフェアウェイを歩いていると大抵知らないうちに噛まれていた。痛くないので靴を脱いだ時や着替えた時に色々な個所で血が出ているのが気持ち悪かった。大使館では経済班に所属し、経済協力全般に関わったが、ミャンマー政府関係者もゴルフ好きな人が多く、政府の情報をとるのにゴルフが役立つということもあった。

続いて赴任した国はネパールであった。

空港の隣にあるロイヤルネパールゴルフクラブで日本人会のメンバーの方々と一緒にプレーした。ここはゴルフ場が狭く、しかも9ホールでティーグラウンドを変えて2回廻る。

まだ赴任間もないころ、私の打ったボールが大きくフックしてフェンスを越えて公道に飛び出し走行中のバスを直撃、窓ガラスが割れて乗客にけがをさせてしまった。この時はバスの乗客に取り囲まれて困っているところをゴルフ場のスタッフが駆けつけてくれて事態を収拾してくれ事なきを得た。赴任して半年後くらいに新しい18ホールのゴルフ場が国王のお狩場として知られていたゴカルナの森にでき、ゴルフ環境を大幅に改善してくれた。ここは日本のゴルフ場と比べても見劣りせず、周りは林に囲まれ、シカや猿ときには孔雀も現れ、自然も満喫させていただいた。日本大使や韓国大使とも一緒にプレーさせていただいた。また大きな大会でドラコンとニアピンをとらせていただいた時は夜の晩餐会を兼ねた表彰式で当時の皇太子（故人）から手渡しで賞品をいただいたことが良き思い出である。また、ポカラという観光地にもゴルフ場があった。ここは、ヒマラヤの作る大自然の中にあるいわゆるプロゴルファー猿の世界に近いようなゴルフ場である。貸しクラブもあるのでゴルフの好きな方は、もし

ネパールに観光で行くことがあれば、ポカラ観光の合間にぜひ挑戦してみたいかと思う（Himalayan Golf Course ウェブサイト参照）。

3番目に赴任した国はキルギスであった。キルギスは、最近ではたまにテレビでも紹介されているので存知の方もおられるかもしれないが、ウズベキスタン、カザフスタン、タジキスタンといった国名にスタンのつく中央アジアの国の一つで、旧ソ連の時は同じくキルギスタンと呼ばれていた。キルギスにはゴルフ場はさすがにないだろうとあきらめ、ゴルフバッグは赴任荷物に入れなかったが、ゴルフ場が首都ビシュケクの郊外に1か所だけあった。これはクムトルという天山山脈に近い金鉱で働く鉱山関係者（カナダ人など鉱山技術者）が山を下りてきたときの娯楽の一つとして作られたゴルフ場であった。

9ホールしかないゴルフ場で、さすがに極寒のキルギスでは11月から3月まではクローズとなったが、唯一のゴルフ場ということで家から車で30分程度の距離でもあり、私も妻も大変お世話になった。ちょうど大学の休みの時期ともなると可愛い女子大生たちがキャディをしてくれ、ロシア語の勉強もついでにさせていただいた。また、ここで食べるポークリブBBQが絶品で、ランチを楽しみにゴルフ場へ通った（一応イスラム教の国なので市場で豚肉にお目にかかることは滅多にない）。

JICA 専門家という立場では、なかなか大使館、特に大使とお話する機会は滅多にないのであるが、キルギスの日本大使がゴルフ好きということもあって頻繁にご一緒させていただき、仕事の悩みやグチもよく聞いていただいた。それで大使の方から直接大臣に話を通してくれたおかげで仕事が大変スムーズにいったというようなこともしばしばあった。



写真-2 ネパール（ポカラ）のゴルフ場



写真-3 キルギスのゴルフ場（女子大生キャディたちと）

最後の赴任国はモンゴルであった。ウランバートル近郊に韓国人経営のゴルフ場があり、しばらくはそこでプレーしていたが、半年ほどしてきれいなゴルフ場がさらに近い場所に新しくできた。ここでは日本でおなじみの朝青龍や旭鷲山がよくプレーをしており、顔を合わせることもあった。

ただモンゴルはキルギスよりさらに寒く、6月から10月くらいまでしかプレーができなかったので、冬場は何をして余暇を過ごそうかと思っていた矢先、なんと家の近くにスクリーンゴルフを備えた室内ゴルフ練習場が新しくオープンした。もうこうなると氷点下20度の外気も何のその、家からバッグをかついで歩きで通わせていただいた。モンゴルでの専門家生活はあの誇り高きチンギスハーンの末裔相手に結構ストレスのたまる仕事であったので丁度いいストレス解消場所となった。スクリーンゴルフであるがハーフ35もうれしい記録であった。

こう振り返ってみると、私の海外勤務とゴルフは切っても切れない関係があり、ゴルフ場がなくても新しくゴルフ場ができたりするのも何か不思議な縁（神



写真—4 モンゴルのゴルフ場（朝青龍と）

様のお計らい)があるのではないかと思わずにはいられない。もしこれから先、また海外勤務にご縁があれば、ゴルフ場のある国で働きたいものだ。いや無くてもゴルフ場ができてしまうから気にしなくてもいいのかもしれない。

—きまた としお 鹿島建設(株) 中部支店 土木部—



JCMA 報告

令和元年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その3)

地域賞部門 地域貢献賞

アスファルト目地注入機を使用した舗装クラック注入工法

(株)近藤組

業績の概要

アスファルト舗装の代表的な変状である「舗装表面のひび割れ（線状・亀甲状）」は、早期に手当てすることで道路舗装のライフサイクルコストが低減され、道路の延命化を実現する。

弊社開発の「アスファルト目地注入機」は、小規模な範囲や点在する舗装の線状クラックにシール材を直接熔解し、注入する技術である。

業績の内容

a. 業績の行われた背景

昨今、我々建設業に携わる全ての技術者に、国民の「安全・安心社会の実現」に向けた「既存インフラの維持・整備」の方向性が問われている。

歳出を抑え、効率的で効果的な道路構造物の維持・整備は、日本国全体の喫緊の課題である。

例えば、ある県道にて走行中の原動機付自転車が転倒し、運転者が死亡した事故が発生した。

この事故は、当該道路の「穴ぼこ及び浮き砂利」といった路面異常が原動機付自転車の転倒原因であるとされている。

このような背景から、当社では、路面補修を低コストで早期に施工可能な工法の開発を行った。

b. 業績の説明

「アスファルト目地注入機」を使用した「舗装クラック注入工法」は、小型（長さ1,271 mm、幅650 mm、高さ1,152 mm）、軽量（重量160 kg、釜容量50 L）で、機動性に優れた「アスファルト目地注入機」を使用するため、小型トラックでの運搬・移動が可能である。

「アスファルト目地注入機」は、シール材を材料独自の適切な温度で直接熔解し、舗装表面に発生したクラックに直接注入することができる。少量からのシール材の熔解が可能で、点在する舗装クラックにも効率的に注入でき、経済的である。

また、「アスファルト目地注入機」を使用することで、高温となるシール材の小分け作業がなく、材料の飛散等の危険要因をなくし、作業環境の改善・省人化による不安全行動等の事故リスクを低減している。

さらに、「アスファルト目地注入機」は、油を利用したホース洗浄循環方式を採用しているため、洗浄作業が安全かつ容易となり、機械の維持管理費も低減させている。

c. 業績の効果

本工法は、線状クラックを補修することにより、亀甲状クラックに発展することを防止し、道路のライフサイクルコストを低減する効果がある。「アスファルト目地注入機」は、熔解温度調節機能やシール材の保温機能も有している



写真-1 アスファルト目地注入機（正面）



写真-2 アスファルト目地注入機（操作盤）



写真一3 アスファルト目地注入機を用いた舗装クラック注入状況



写真一4 材料溶解状況

ことから、シール材の注入時の施工品質を確保できることも大きなメリットである。

また、シール材の吐出量のダイヤル調節やノズル手元スイッチでシール材の吐出、停止が可能であり、均一な出来形確保も可能としている。

d. 施工または生産・販売実績

施工実績

- ・道路維持補修工事舗装修繕機動班（5年間、毎年半年

契約）愛知県

- ・道路補修工事（1箇所）刈谷市

e. 地域への貢献度

本工法に使用する機械は、小型で軽量であり機動性に優れている。工事施工の際には道路使用状況に柔軟に対応し、工事占有面積を格段に削減し、一般車両等への影響を少なくし、道路使用者や地域へ貢献している。

お断り

このJCMA報告は、受賞した原文とは一部異なる表現をしています。

転圧ローラのブレーキアシストシステム開発 ステレオカメラを用いた転圧ローラのブレーキ補助システム

鹿島道路(株)

1. はじめに

建設業においては、建設機械関連災害の防止に監視装置や警報装置について多くの技術が開発実用されている。しかしながら今なお重機との接触事故は根絶されていない。要因としてはヒューマンエラーによるものが主であり、特に転圧ローラにおいては後退操作時に振り返って目視により後方を確認するため無理な姿勢となり、操作の遅れや判断ミスにより事故に繋がるのが懸念される。本稿では、舗装作業に用いる転圧ローラの後退操作時の接触事故防止を目的として開発したブレーキアシストシステムを紹介する。



写真一 転圧ローラ外観

2. 概要

2.1 背景

建設現場で働く建設機械の安全装置は、音による警告装置が多く採用されている。しかし、音を用いる警報装置だと現場作業環境により使用できない状況が発生する。また、警報音を聞いてからの行動に移るまでのタイムラグが生じ、危機回避が間に合わない場合がある。運転員の判断に代わり重機の動きを自動的に止めて、確実な安全を確保する装置は実用化されつつあるものの、実際に現場へ導入するには信頼性の面などに課題を残している。

2.2 ブレーキアシストシステムとは

先に挙げた課題を解消するため、人と物の形状を認識するステレオカメラを採用し、油圧駆動式ローラのブレーキ回路を利用したブレーキアシストシステムを開発して社有機械に導入した(写真一)。

既存の超音波センサと併用し、ステレオカメラの出力による制動と超音波センサによる警報という、2系統のセンサによる安全装置で運転員に危険を察知させ、回避行動をとらせるとともにローラ本体には自動で制動をかける。このシステムは、対象物が排除されても安易に自己復帰させないよう自己保持回路にて制動状態を保持できるもので、たとえ途中でセンサの検知信号が途切れたとしても確実に停止できるよう設計されている。ステレオカメラセンサの設置場所により、前後進どちらでも自動ブレーキの機能は発揮できるが、特に後進時の自動制御は有効であり、後方監視に特化した。

ステレオカメラセンサの特性である物体を感知する場合

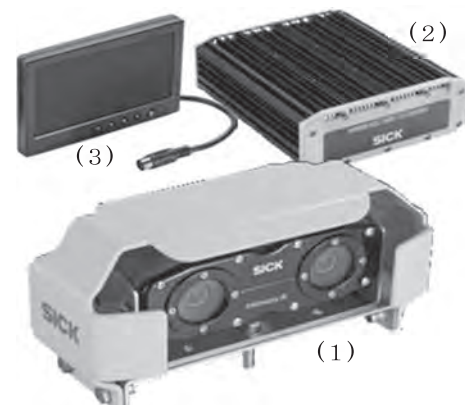
と、人を感知する2段階のセンサ出力信号により、走行用油圧ポンプのサーボソレノイドを中立化することにより制動を掛けるHST(油圧)ブレーキと、ネガティブブレーキを作動させて制動を得る機械式ブレーキを各々作動させる。運転員が制動操作することなく確実かつ柔軟な制動を確保する。

これによりローラ本体や運転員にブレーキショックなどの負荷をかけず、また舗装面にブレーキ痕も残すことなくローラを確実に停止させるシステムである。

3. ブレーキアシストシステム概要

3.1 機器構成の特徴

ブレーキアシストシステムは写真二の3つの主要な構成要素からなる。



写真二 機器構成

(1) センサヘッド

ステレオカメラで検知した状態の立体的なデータを取り込み、画像情報をエバリュエーションユニットに転送する。

(2) エバリュエーションユニット

センサヘッドからのデータを3次元データに変換し対象物を見つけたうえ、検知エリア内に存在する物体や人が予め設定された警報領域内で検出されたときブレーキシステムに出力する。

(3) ディスプレイインターフェース

ラウドスピーカーを備えた7インチディスプレイインターフェイスである。警報メッセージを音と光で運転者に向けて発する。

3.2 操作原理

検知エリアの最大範囲は図-1に示す幅4m×長さ6mで、そのエリアの中で2つの異なる検知範囲（ZONE）を設定することが可能である。即ちローラから近距離のZONE1と遠距離のZONE2を設定することができる。

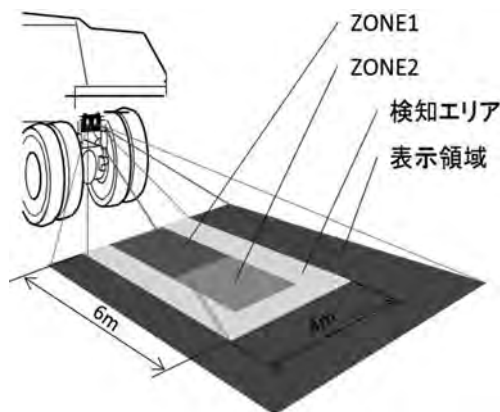


図-1 検知エリアと検知範囲例

図-1のZONE内で対象物が検出されると、ディスプレイに視覚的及び聴覚的に警報メッセージを表示させるとともにブレーキアシストシステムに出力する。検知範囲内の対象物は以下の通りクラス選別し、ZONEごとに設定することが可能である。

(1) 対象物クラス1

40 cm × 80 cm を超える壁や車、その他障害物すべての対象物を検知する。

(2) 対象物クラス2

40 cm × 160 cm 程度の大きさのものを検知。

壁などの幅の広い対象物は無視される。対象物を「人」とみなすのは対象物クラス2である。

4. 制御方法

ローラからの後進信号を用いて、後進走行時のみブレー

キアシストシステムを作動させる。2系統のセンサから出力された2パターンの出力信号により、第一段階の警報装置の作動に続いて、第二段階にHSTブレーキとネガティブブレーキを作動させる。自動で作動したブレーキの解除は、走行レバーを中立に戻すことで行われ、走行レバーを戻さなければブレーキ信号が解除された状態でも制動状態を維持する機構となっている。

4.1 転圧ローラへの展開

(1) タイヤローラ

制御方法として、遠距離のZONE2で検知した時点で警報装置にて光と音で注意喚起し、同時にHSTブレーキを作動させる。近距離のZONE1で検知した場合、ZONE2で作動したHSTブレーキを自己保持した状態でネガティブブレーキを作動させる。作業速度域が広いタイヤローラは高速段の走行速度域が速く、検知エリアを制動距離が上回ることも想定されるため、高速走行時は後進信号が出力された時点で自動的に低速走行に切替る制御回路を設けた。これにより、高低速のどちらの後進時でも同じ条件での制動を可能とした。

(2) 振動タイヤ・マカダムローラ

振動タイヤローラとマカダムローラにもブレーキアシストシステムを搭載したが、前述のタイヤローラとは作業速度域が大きく異なるため、タイヤローラとはZONEごとの制御方法を変更した。振動タイヤ・マカダムローラの場合、遠距離のZONE2で検知した時点では警報装置にて光と音で注意喚起する。近距離のZONE1で検知した場合はHSTブレーキとネガティブブレーキを作動させる。但し、2系統のブレーキを同時作動させる場合はネガティブブレーキの保護を考慮し、HSTブレーキ作動後、若干の時間差を設けて作動させる条件を付加した。

4.2 マニュアル操作

道路舗装工事で用いるローラ等は、周りで作業する重機、ローラなどとの混在作業が発生する。その重機、あるいは前後進を繰り返す他のローラを対象物として検知してしまう可能性も少なからず発生する。そこで、後方の安全が確認されていることを前提にブレーキアシストシステムを一時的に解除する機構を設けた（写真-3）。

この機構は運転席横に押しボタンスイッチを設け、ボタンを押しているときのみブレーキシステムを一時的に解除状態にするものである。対象物を検知していたとしても、後方の安全が確認できていれば当該ボタンを押すことにより、後退を継続して行うことができる。端部の転圧時に壁や構造物を検知してしまい後退できない場合や、ローラ駐車位置場所の後方に対象物とみなす物があったとしてもスムーズに駐車することを目的としたものである。これにより、ブレーキシステムのメイン電源を切ることなくブレー

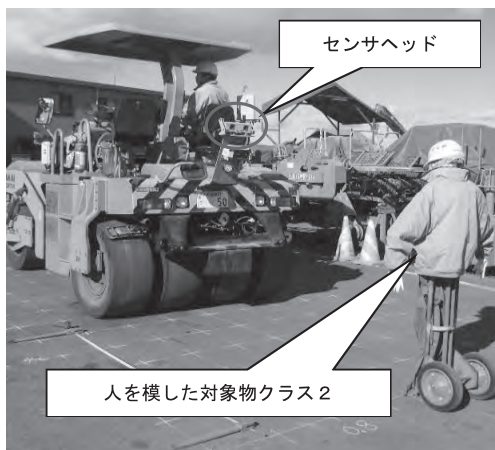
キを一時的に解除できるため、システムが常に有効な状態を保つことができる。

5. 制動試験

試験エリアを設定し3種のローラを用い、それぞれの速度域で制動距離を測定し、機能確認試験を実施した(写真一4)。



写真一3 ブレーキ一時解除スイッチ



写真一4 振動タイヤローラ制動距離試験

図一2に示すとおり、タイヤローラはどの速度域でも概ね3.5m以内の制動距離となった。振動タイヤローラ、振動マカダムローラに関してどの速度域でも3.5m以内の制動距離となり、それぞれのローラが安全に確実に停止することが確認できた。

6. リスクアセスメント

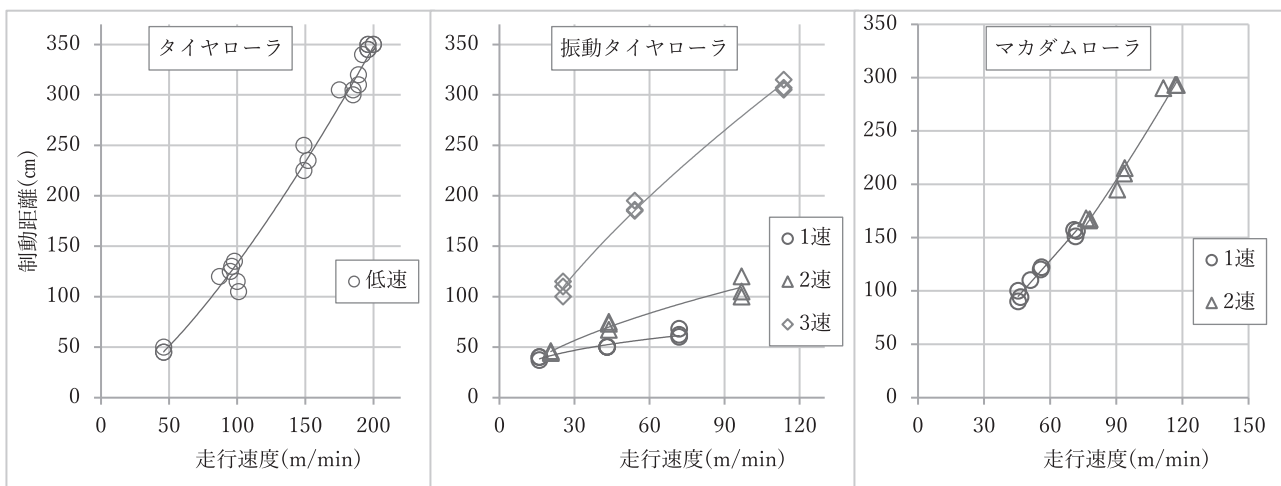
ブレーキアシストシステムは現場環境に左右されることなく確実に機能する事が求められる。そのためには誤作動が発生する要因を把握し解消することが必要である。

ブレーキアシストシステムを使用する上で誤作動の要因としてまず考えられることがステレオカメラに埃や、水滴が付着することである。それによって対象物となる人や物を検出せず、対象物としてみなさない物を誤検知して制動を仕掛けてしまうことは避けなければならない。

作業ごとにブレーキアシストシステムの点検を実施しステレオカメラの視野を確保するとともに、点検項目に追加し記録することを実行する。また、ブレーキアシストとして検知エリアごとの条件にもよるが駐車ブレーキを作動させているため、駐車ブレーキの早期の摩耗も考えられる。そのため、月例点検等で定期的な機能点検と整備を実施する事でブレーキの不具合の低減を図る。

ブレーキアシストシステムが何らかの原因で不良となった際には、ローラ本体が運転員の意図しない行動を回避するため、前後進レバー操作または停止行動をとる駐車ボタンはシステム回路に関係なく操作できる設計となっている。

このように安全装置としての信頼性を維持することは接触事故防止に繋がるが、あくまでも運転員の判断補助ということを認識し、運転員はブレーキアシストシステムに完全に頼った運転行動は避けるべきである。



図一2 走行速度と制動距離の対比グラフ

7. 施工現場への適応

大規模倉庫外構工事において、ブレーキアシストシステムを搭載したタイヤローラを導入した（写真—5）。施工範囲周辺には様々な資材等が置かれた状況であった。対象物として検知する物体に対して誤作動なく作動するか確認したところ、限られた施工範囲の中でも周囲の人と他の重機を異なる対象物として検知し、誤作動なく機能した。

また新設高速道路舗装工事における安全対策技術としてブレーキアシストシステムを、4台のローラに取り付け導入した（写真—6）。

現場状況は様々であり、直線区間の転圧作業においては、ブレーキアシストシステムが誤作動なく機能し作業を行っていたのに対し、曲線区間の転圧作業においては、曲線外側のコンクリートブロックを対象物とみなし作動する可能性があった。現場作業環境に応じ対象物を人とみなす対象物クラス2を検知エリアの遠距離に設定し、物に対して対象物とみなさないものとすれば誤作動を防ぐことを確認した。設定を変更しても転圧作業の速度程度であれば対象物



写真—5 外構工事転圧作業状況



写真—6 高速道路舗装工事転圧作業状況

である物に対して検出してから確実に停止できることが可能であった。条件に応じて設定することでブレーキアシストシステムを有効に活用し、この現場においては人と機械の安全性向上を目的とする装置として高く評価された。

8. おわりに

今回開発したブレーキアシストシステムは、ローラを安全かつ柔軟なブレーキの動作で確実に停止できる装置としての機能の確認ができた。労働災害の原因には少なからずヒューマンエラーの影響が存在している。人と重機の安全性向上を目的としたシステムとして、今後その活躍の場を広げていきたいと考えている。本システムの構造はシンプルゆえ自社で保有するローラに限らず、現場でレンタルされている機械にも容易に取り付け可能という側面も備えている。まずは社有機械に標準装備し、今後もシステムの改良を進め、安全性向上、機能性を高めていきたいと考えている。また、ローラ以外の建設機械への展開も検討したい。その効果として、接触事故を原因とした災害が削減できれば幸いである。

お断り

このJCMA 報告は、受賞した原文とは一部異なる表現をしています。

部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/WG 22 自律式機械 2019年3月アメリカ・サンノゼ国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127/SC 2/WG 22 専門家 竹田 幸司 (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 22 (ISO 17757 土工機械—自律式機械) 会議が 2019 年 3 月に米国サンノゼ市で開催され、前回に引き続き協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から専門家 (Expert) として出席した竹田幸司氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2019年3月25日(月)～26日(火)
- 2 開催地：米国カリフォルニア州サンノゼ市 IBM 社 Silicon Valley キャンパス内 会議室

3 出席者：23名

米国8名 (コンビナー含む)、カナダ8名 (TC82 SC8 Advanced automated mining systems 議長含む)、オーストラリア2名、イギリス1名、フィンランド1名、ドイツ1名、スウェーデン1名、日本1名

4 会議概要：

Minor Edition のコメントに対するレビューを実施した。

米国、フランスのコメントが主にあったが、レビューは Editorial なコメントのみを受け付けるのが建前となっていたため、Technical なコメントは次回以降に持ち越しとなった。Editorial コメントに集中したため細かい議論となった。

(出席していないにもかかわらず) フランスから大

量のコメントが提出され、専門家の間からは“ここまでコメントを書くのだとしたら、会議参加が望ましいのだが”という意見あり。フランスから新しい専門家が任命され、ドラフトを真剣に査読したことでコメントが増えた可能性があるが、何等かのビジネスが進展しているのかもしれない。日本からは報告者のみ参加。

今回は 2019 年 10 月 21 日～の週にオーストラリアで実施予定。TC127 SC2/JWG 28 が 10 月 14 日～18 日にシドニーで実施される為、それに合わせて実施する。

5 議事：

1) 全体に関して

Scope (適用範囲) に関し、米国から“この規格は、殆ど大型鉱山機械のみに関連する事柄を記述しているにもかかわらず、ISO 6165 に規定されるすべての機器を対象にしている”事への疑問が提示された。小形の機器を除く、小形の機器専用の章を作る、どの章がどのサイズの機器に適用されるかを追加することが提案されたが、変更が大きすぎるため、次回へ持ち越しとなった。

2) 2 章等 ISO 5001:2007

本文中に ISO 5001:2007 を参照しているが、より新しい 2010 年版が出ているとのこと。本来は 2010 を記述すべきだが章立て等が変わっている可能性があるため 2007 を使い続けることで合意だが、今回はアップデートする必要がある。

3) 3 章 Acronym/Abbreviation

3 章の最後にタイトルが定義されていないので追加。ただし正確に言うと Acronym (一語として発音する) と Abbreviation (略語) は意味が違うので、両方書く必要がある。

4) 4.2.1 Stop System の Halted State

Halted State は Safety Distance を保ったうえで実施されなくてはいけないというコメント。Technical であるので Not Accept だが、そもそも Safety Distance とは何かというコメントもあり。今後はこのような議論も繰り返される可能性がある。



写真—1 会場となった IBM 社 Silicon Valley キャンパス

5) 4.2.2 Supervisory システム

Supervisory システムは必ず備えなければならない、というコメント。WG 内では“完全自律のシステムには Supervisory システムは必要ない”ことが何度も議論されているので、これまで参加していないフランスならでのコメントと考えられる。

6) 4.2.2 All Stop の性能表示

All Stop に関する性能を何らかのドキュメントに書かなければならない、というコメント。All Stop は標準の中では安全システムとしては捉えられていないので、その必要はないというコメント。逆に安全システムだとしたら、性能表示はしなくてはいけないということか。

7) 4.2.4 Emergency Stop

Emergency Stop をすべての有人、無人機器に搭載する必要がある、という記述を入れなければならない、というコメント。“Emergency Stop を搭載することは、運用上、必ずしも現実的ではないので必要ない”という結論だったが、一部の専門家からは“速度の遅い機械は、機械の周りに何個かの Emergency Stop (エンジンシャットダウンも含む) を搭載している”というコメントがあった。

8) 4.4 Fire Suppression System

システムが働く条件として、ガスやダスト等も考慮したリスクアセスをする必要がある、というフランスのコメント。Technical なコメントなので Not Accept という結論になっているが、地下鉱山を意識したコメントの為、フランスの専門家は地下鉱山担当かもしれない、という意見もあった。

9) 4.6.2 Periodic Verification/Evaluation

参照している一部の規格では Periodic Verification, 別の規格は Periodic Evaluation となっているので、参照している規格によるべき、という議論。そのように実施することになったが、参照する規格が多い為、用語の統一は難しいと考える。

10) 4.6.3 Failure が起こった時の Alert の方法

Electric Steering に failure が発生した時に Alert を発しなければならないというコメントに関して、どのような alert を発するのか (Visual, Audible, etc.) という指摘。Standard はできるだけ What に注力しており、How は各 OEM に任せるという立場をとっているため、Not Accept となった。

11) 4.8.2 Interrupted State

電源が落ちた時に Safe State を維持しなければならないという記述に対して、現実的ではないというコメント。Interrupted State になるべき、というコメン

トであったが、Interrupted State とは何かという反論があり、Not Accept となった。コメントを書くときは、丁寧に書かないとうまく伝わらないという例と考える。

12) 4.8.2 c) Gauged Wiring

Gauged Wiring が電流容量に対して十分でなければならない、という記述に対して Gauged Wiring は許容電流を増やさないというコメント。米国のみで通用するかもしれないが、意味は通じるとされた。また、フランスの対案である“withstand するための gauged wiring が必要”というコメントに対しては、米国では通常 withstand は電気に対してはあまり使われない様子。

13) 7.3 Perception System が動かなかったときの Notification

Perception System が動かないときは Central に通報 (should) されなければならない、という記述に対して shall の提案。前述の通り、Supervisory system はない可能性があるため Not Accept となった。

14) 10.3.1 通信エラー時の停止

通信エラーが起こった時に Remotely stop が必要、という記述に対して、どのように実施すべきかという問題提起。通信系統は一つであるとは限らないので、実施することは可能では、というコメントであったが、この要求のみが別の通信手段を要求していることになるので、今後レビューされていくと考える。

15) 12.4 PIN

PIN とは何かという指摘。ISO 21815 では Product Identification Number という意味で使われているので Personal Identification Number という世間で一般的に使われている用法で使っていることは理解するが、定義するか、別の方法で記述することが必要、という指摘。今回は access code とすることになった。

16) 13.2 Safety Data のレコーディング

Safety Data shall be stored と書かれていたが、recorded と書く必要があるのでは、というコメント。Recorded と stored は同じ意味なので、現状のもので問題ないという結論になったが、別の議論で安全関連のデータはすべて store されなければならないのでは、という問題提起あり。センサーデータの point cloud をすべて store することは不可能、というコメント等があったが、今後何らかの対応が必要となる可能性がある。

17) Annex C.1 Automation

Automation という言葉が autonomous の意味で用いられていたのが autonomous にすべきでは、という

提案。ASAMに関係するので、ASAMとすることで合意した。

18) Annex C.5 autonomous area

3章でautonomous areaはAOZと定義されているにもかかわらずautonomous areaが使われている、という指摘。本来はできるだけ用語を統一すべきだが、細かいのでISOのeditorに判断を委ねる、という結論となった。また、3章での定義の順番でAOZが一番最初になっていないので、その変更も必要という指摘もあり。

19) Annex D.6 ISO 16001

ISO 16001の記述が本文に出てくるが、ISO 16001がカバーしていないhazard detectionもあたかもカバーしているかのように記述されているため、削除。

20) Annex D.8 RFID (Abbreviation)

RFIDという単語が使われており、適切な説明が必要という提案。Radio Frequency Identification Deviceと追加された(ただし、微妙に異なる説明も存在する)。

21) Annex F mining という単語

この規格は、もともとminingを意識して作られており、その後、Earth moving machineryにも適用する、と変更されたため、miningという単語が残っている。その削除が必要。

22) Annex I bold font

Annex Iには一部shallがbold(太字)で書かれているのが意味不明、というコメント。

23) Training

Trainingの標準に関する記述がない、というコメント。確かにその通りであり、次期のrevisionには追加することが検討されることとなった。

24) 追加された項目のリストアップ

Form, document, listの用語の定義で議論が続けられたが、最終的には以下のコメントが追加されることとなった。

- ・ Added EMC requirements
- ・ Adapted braking and steering testing methods for autonomous operations
- ・ Provided information on possible radio equipment restrictions
- ・ Provided an example of a form that can be used to show conformity to the individual requirement

25) ISO Guide 78:2012

Introductionに書かれている記述をISO Guide 78:2012に合わせた。

26) GMG, Western Australia に対する acknowledgement GMG, Western Australia に対する acknowledgement



写真—2 SC 2/WG 22 会議風景

が書かれているが、それが本当に必要かというeditorのコメント。必要ということで合意。

27) 今後の予定

以上をもってコメントのレビューが終了。

Project LeaderがdocumentをLive Linkにアップロードし、5月初めまでにレビューを実施。5月半ばまでにDISがポストされる。

28) 次のステップ

a) Signage

ISO 7000で定義されているもの。過去にこのWGで提案されたが、まとまりきらなかったものであり、再度チャレンジすることとなった。

b) Remote Stop

翌日から新しいWG会議が開催される。WG 22の殆どの参加者がRemote StopのWGにも参加するので明日以降に話そう、という結論となった。どの機器が停止する必要があるか、有人の機器も停止する必要があるか、など考慮すべきことがある。

c) V2x

SAEですでに定義されているとのこと。鉱山と自動車では違うかもしれないが、重複するISOの発行は避けるべき、というのがコンセンサス。

d) Small (less complex) System

速度の遅い機械、より単純な機械に対する記述が必要では、という意見。

e) Data Recording

カスタマにとってはデータに対するアクセスを制限されることに問題を感じている。Incident Reportingや生産性のモニタリングに必要。データのレコーディングは、OEMにとってはIPに関する懸念があるため慎重に実施する必要がある。ISO 15143など、参考になる標準がすでに存在しているので、それらに対するチェックも必要。

また、Data Recording は TC 127/SC 3 の範疇であり、どのように実施すべきか TC 127 に相談する。

f) 技術的コメント

Technical なコメントが過去に Sweden から多数出しており、それらを一つ一つ検討する必要がある。

g) Functional Safety

IEC 61508 はこの WG にとってやりすぎなのではないか、という意見。ISO 13849 や ISO 19014 で作業が開始されているので、とりあえず待つのが適切という意見になった。

なお、専門家の中でも Functional Safety があまり理解されていない様子。オーストラリアの専門家が会議中にフラストレーションを溜めていたように感じ

た。

h) Long Wall

この規格は Long wall に対して apply されないのかという意見。検討の初期段階でスコープが明確化されており、Long wall はスコープに含まれないとのこと。

i) Drone

様々なアプリケーションにより Drone に対する要求が違うので、要求を理解したうえで実施する必要がある。

6 今後の予定：

2019年10月21日～の週にオーストラリアで次回 WG の予定。

以上



部 会 報 告

ISO/TC 82/SC 8/WG 1 鉱山機械の遠隔停止 2019年3月アメリカ・サンノゼ国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 専門家 竹田 幸司 (コマツ)

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 82 (鉱山) 傘下の国際作業グループ ISO/TC 82/SC 8/ WG 1 (ISO 23284 鉱山機械の遠隔停止) 会議が 2019 年 3 月に米国サンノゼ市で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から専門家 (Expert) として出席した竹田幸司氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2019 年 3 月 27 日 (水)
- 2 開催地：米国カリフォルニア州サンノゼ市 IBM 社 Silicon Valley キャンパス内 会議室
- 3 出席者：23 名
カナダ 8 名, 米国 6 名 (コンビナー含む), チリ 2 名, オーストラリア 2 名, 日本 2 名, ドイツ 1 名, スウェーデン 1 名, フィンランド 1 名
- 4 会議概要：

カナダの専門家が標準化を推進している、人が携帯できるストップボタンで鉱山内の自動機械の動きを停止できるシステムに関する提案の第 1 回会議が開催された。

主にブレインストーミングの筈が、意見に対する反対意見が出るなど、ブレインストーミングの体をなしていない議論であった。本日はリストアップをして終了。具体的な話は次回に持ち越しとなっている。

次回は TC 82/SC 8/WG 1, WG 2 ともオーストラリアで 10 月 21 日～23 日に実施が有力。

5 議事：

1) Remote Stop の定義

まずは Remote Stop とは何かという定義から紛糾。機械の上に載っているスイッチを含めるのか、リモートとは何かというのが主な議論。

機械の上に載っていない、人が携帯できるようなスイッチで主に line of sight の動いている機械を止めるとなった。また、Remote という名前は適切でないので Field という名称にしたらどうか、という意見もあった。具体的なリストは

1. Personal Protection Stop Device
2. Part of Emergency Stop for out of control machine
3. Primary use is for line of site to a machine

まずは autonomous について実施。その後、リモートコントロール機器について実施し、最後は有人車も含める。有人車を含めることには一部反対意見もある。

4. Stop machine from ground near machines

2) Use Cases 例

(あくまで案で、不採用の場合は不採用として規格に記しておいたほうがよい、という意見もあり)

1. Personal protection for imminent danger to self
PPE の一部として扱えるのでは、という意見もあった。
2. Protection for imminent danger to others
3. Holding the machine for machine access lockout.
メンテナンス時にロックアウト代わりに使う。
4. Out of control machine or system
5. Imminent danger to machine
6. Emergency vehicle entering site
消防車や救急車に主にボタンを載せておくことを表明。
7. Vehicles entering site (fuel, service, etc.)
8. Bad weather or road condition
9. Unauthorized operations or access (security breach)
10. Automatic condition based stop by control



写真一 会場となった IBM 社 Silicon Valley キャンパス

computer

いわゆる、アプリケーションで止める場合はこれにあたる。

3) 距離についての考察

プロジェクトリーダーが距離に対するこだわりがあり、このことが別に議論された。

ただ、個人が携帯する機器に関して距離を正確に測ることは難しいので、報告者も含めて専門家から否定的な発言あり。キャプチャされた項目は

- ・ Distance and type of stop are related
押された場所が近ければ、より強いブレーキをかけなければならないだろう、という話。
- ・ Single stop device that sends signal for programmable stop
ストップボタンは1つだが、押された状況（距離、場所など）によってどのような停止をするか決定する必要がある。
- ・ Distance requirement - minimum distance for signal, measurement of distance from signal
最初の項目と関連して、距離によって最低何メートルで停止できなければならないかの要求が必要。
- ・ Consider intended stop capability
どのような停止が可能か考慮する必要がある。
- ・ Only address the machine box receiving the signal to stop
- ・ If a box is added to the machine, define the interface
- ・ Need a smart device for distance and type of stop
これらの件は、ほぼ同じことを言っているという理解なのでまとめて。
会議中の相違としては、何らかの形でトラックに Stop(例えば ISO 21815 で定義されている緊急停止、コントロール停止、通常停止) の情報を出すコントロールボックスが追加される可能性がある。
- ・ Expectation of machine responses
どのような停止を実施するか、の定義が必要。

4) ISO のコンテンツに関する考察

- ・ Sender and receiver with compatible communication
送信機, 受信機, 互換の通信携帯の検討
- ・ Security
特にサイバーセキュリティ
- ・ Pairing Device to system
ストップボタン機器をどのようにシステムにつなげるか
- ・ Registration - person to device, Administrative control



写真一 2 TC 82/SC 8/WG 1 会議風景

ストップボタン機器をどのように人に割り振るか、その管理方法

- ・ Activation Feedback for stop request
Stop が押され、それが処理されたことをどのように機器にフィードバックするのか。
- ・ Synching time (distance) to approach machine
すでに実装に入っている感もあるが、ストップボタン機器と対象となる車が通信可能になるための時間、距離
- ・ Still working - Power source, sending a signal, failure, testing, calibration, verification, diagnosis
ストップボタンが動作可能な状態であることをどのように明確にするか。
- ・ Deterministic - Heartbeat
Deterministic なシステムである必要があるか。ハートビートで実装する必要があるか。
- ・ Functional Safety - Non-Deterministic not possible
機能安全はどのように考えるか。(Non-Deterministic なシステムでは Functional Safety を満たすことは難しい)
- ・ Restarting after stop
ストップボタンで停止された機器を再起動するためには何をしなければならないか。
- ・ Accidental activation of stop button
誤ってストップボタンが押されたときの対応をどのようにするか
- ・ Design of the button control
ストップボタンのデザイン
- ・ Ergonomics - Weight, size, shape, etc.
人間工学の検討
- ・ Autonomy of the device - battery life
バッテリー稼働時間の制約などによる連続稼働時間の検討。(最低でも 1 シフトは連続で動かなければ

ならないのでは。)

- ・ Environmental (-40 to 55 C), shock, moisture
環境試験。(すでに温度スペックは好きなように言
われている)

5) 次回 WG の検討

以上を持ち寄って各自検討することとなった。

また ISO 21815 の Functional safety 議論についても同期するようにする。

6 今後の予定：

今回は TC 82/SC 8/WG 1, WG 2 ともオーストラリアで10月21日～23日に実施が有力。

7 謝辞：

ISO TC 82/SC 8 の日本の P メンバー入りに際し、経済産業省国際標準課をはじめ、多くの方々にご支援をいただきました。この場を借りて深く感謝いたします。

以上



部 会 報 告

ISO/TC 82/SC 8/WG 2 フリート管理システムと自動システム管制の
Interoperability

2019年3月アメリカ・サンノゼ国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 専門家 竹田 幸司 (コマツ)

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 82 (鋳山) 傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 8/ WG 2 (ISO 23725 フリート管理システムと自動システム管制の Interoperability) 会議が 2019 年 3 月に米国サンノゼ市で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から専門家 (Expert) として出席した竹田幸司氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2019 年 3 月 28 日 (木) ~ 29 日 (金)
- 2 開催地：米国カリフォルニア州サンノゼ市 IBM 社 Silicon Valley キャンパス内 会議室

3 出席者：27 名

カナダ 9 名 (Project Leader 含む), 米国 7 名, オーストラリア 3 名, チリ 2 名, 日本 2 名, スウェーデン 2 名, ドイツ 1 名, フィンランド 1 名

4 会議概要：

トラック等のフリート管理システム (FMS : Fleet Management System) と自動システム (例えば AHS : Autonomous Haulage System) 管制の Interoperability に関する WG のキックオフ。これは、昨年 9 月の TC 82 Plenary で発足が決まったものである。原題は Autonomous Fleet and Fleet Management System Interoperability であったが、Project Leader の興味は鋳山の FMS と鋳山トラック自動システム管制との

Interoperability。Project Leader は“本来なら標準化までに 3 年程度かかるところ、WG 開催頻度を上げることにより 2 年程度で実現したい”と提案している。

出席者のおよそ半分は、今回の議題である Interoperability とは違う階層の Interoperability を想像していたらしく、会議の冒頭からその部分に議論が集中した。

今回は ISO 17757 会議のある 10 月 21 日~23 日に TC 82/SC 8/WG 1, WG 2 とともにオーストラリアで実施することが有力とされていたが、別の会議と日程が重なることが判明し、流動的となった。

5 議事：

1) ISO の説明

初めて ISO の会議に参加した人のために、ISO についての説明が実施された。

163 ヶ国、97% の全世界人口をカバーしている等。

2) Project Leader が考えるスコープ

カスタマの ERP, FMS, トラック, DB がつながっている現在のシステム構成の中でホールトラックをどのようにアサインするかが問題となる。そのため、FMS のインターフェースをオープンにして AHS と FMS をつなぐことを考える。スコープには次の 3 つのレベルがあり

1. Vehicle Awareness

位置情報, センサー情報のみ共有

2. FMS Function

アサイメントのインターフェースを実施

3. セントラル HMI : Human Machine Interface の統合

Embedded 側は難しいので、セントラルの統合を目指す

となっている。Project Leader はこれら全てを一気にやりたいという意見。

3) 具体的なスコープの例

米国専門家によるシステム階層定義で議論された。システム構成としては



写真一 会場となった IBM 社 Silicon Valley キャンパス



写真—2 TC 82/SC 8/WG 2会議風景



写真—3 TC 82/SC 8/WG 2会議風景

- 1) FMS (Fleet Management System)
- 2) TMS (Truck Management System, いわゆる管制システム)

Map, Business Rule (Speed, Priority) Proximity, Choreography 等が属する。

- 3) VAK (Vehicle Automation System)
Add on で機械を自動化するシステム

- 4) Drive-By Wire
機器のアクセル, ブレーキ等を実際に動かす仕組み。

であり, 各システムの間 Interoperability が考えられる。今回の範囲は 1) -2) の間であるというのが Project Leader の定義。また本来は FMS にはいろいろな機能があるにも関わらず, FMS のアサイン (トラックの行先指示) に関連することのみの Interoperability を考えているとのことである。そこで FMS の定義を明確にすべきという議論となり, Project Leader による FMS の定義は

- 1) Realtime Exception decision handling
Equipment down, New material needed
- 2) Optimize resource
Equipment
Ore & Waste movement
Control blend at Crusher

- 3) Try to achieve a production Plan
Tones of Ore or Waste

TMS (管制システム) の定義は

- 1) Traffic Management
- 2) Safety
- 3) Truck mode

とのことで, いったん議論を収束。ただし, これらの議論もすべて鉱山トラックと鉱山フリートマネジメントシステムを意識した議論となっている。

4) その他スコープの議論

・ Haulage

鉱山にはドリル, 散水車等の自動化されている機械があるが, これらについてはどうするかという意見。まずは haulage に集中するという事になった。

・ 建設機械

建設機械をスコープに入れるかどうかの議論。スウェーデンの専門家は“コンストラクション, マイニングのオペレーションの中で haulage とは違うアサインメント (例えば scouting) があり, 議論がほぼマイニングの haulage で定義されているアサインに特化していることは問題”と指摘した。

このような議論があることから, ドイツの専門家からも繰り返し“これは建設機械をスコープに含むかどうか”という意見あり。

議論の結果, 建設機械はスコープ内ということで落ち着いた。また, コンパクト等は別のスコープで今後実施する, という事にもなっている (ただし Project Leader の興味から外れている為, 新たな Project Leader が現れない限り実施されることはないと予想される)。

なお, オフラインでスウェーデンの専門家に scouting とは何かと聞いたところ“稼働の前に, 試しで 1 回コースを走らせ, 戻ってきたらそのコースを走ることができる, という判断をするために実施する (偵察走行)”とのこと。

・ Underground

Underground はスコープ内かという議論。Underground は Open pit とは違うロジックの FMS が働いているので今回のスコープには含まず, 将来的に実施ということになっている (ただ



写真—4 会議出席者 (IBM 社 Silicon Valley キャンパスにて)

し、これも Project Leader の興味から外れている為、実際されることはないと予想)。

・ Autonomous

ドイツの専門家から“これは Autonomous 専用なのか”という意見もあった。

5) 今後の進め方に関する議論

まず、次回会議の日付検討から議論が開始。Project Leader は2年以内に ISO を発行したい目標

があるため、約3ヶ月以内に会議を開催したいと言っていたが、専門家の都合をつけることが難しいため Web 会議を提案。2～3時間/日程度の Web 会議を2日間実施することで合意。6月中頃がターゲット。

ただし、次回の会議日程は、ISO 17757 会議の中で合意していた日付が GMG の Leadership 会議と重なっていることが判明した為、流動的。

6) Action Item

FMS の機能を明確にする。

AHS の機能を明確にする。

FMS と AHS の境界がどこにあるかを明確にする。

Open Pit, UG, Construction によっても違う。

安全についての検討を実施。

6 今後の予定：

6月17日 Web 会議を実施。

10月21日～23日にオーストラリアで TC 82/SC 8/WG 1, WG 2 との同時開催を検討していたが、流動的。

以上



部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 3/WG 5 (施工現場情報交換)
第 1 回～第 5 回 国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127/SC 3 国際議長・SC 3/WG 5 専門家 正田 明平 (コマツ)

一連の題記 WG 会議に出席した SC 3 国際議長・正田明平氏の報告を紹介する。

【背景】

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 3/WG 5 (ISO 15143 土工機械および道路建設機械—施工現場情報交換) WG 会議が、2018 年 3 月の初回から、2019 年 10 月までの間に 5 回開催された。

第 1 回会議については、本誌 2018 年 7 月号 (第 821 号) にて既に報告済であるが、その後の作業グループ会議で方針変更された項目もあるため、審議の推移の説明を目的として、本稿では第 1 回～第 5 回の作業グループ会議をまとめて報告する。

1. 第 1 回 東京国際作業グループ会議

(1) 開催日：2018 年 3 月 13 日(火)～3 月 15 日(木)

(2) 開催地：東京 機械振興会館

(3) 出席者 28 名 米国：8 名、英国：1 名、イタリア：1 名、日本：18 名

共同主査 (コンビナー) 兼共同プロジェクトリーダー (PL)：米国及び日本

(4) 会議結果概要

- ・ ISO 15143 (施工現場情報交換) 規格は、第 1 部から第 3 部までが発行されている。今回合は、米国が 2017 年に規格提案した「第 4 部：施工現場の地形データ」技術仕様書 TS (Technical Specification) の制定を目指す国際作業グループ会議の初回会合で、「適用範囲」を中心に審議した。適用範囲以外の議論についてはまだ案文もできておらず、規格全貌が明らかになるのはこれからである。
- ・ 計測機器メーカーからは、大手 3 社のうちトリンプル社 1 社のみが参加した。
- ・ 第 4 部の審議に加え、2016 年に発行された第 3 部 (テレマティクス) の改訂要望と当規格の辞書データ等の「維持管理方法」についても審議し、進め方を大筋合意した。

(5) 主要議事：第 4 部 (地形データ) 規格新設関係
(a) 適用範囲

当初新業務提案の付図 (図-1) では適用範囲が明確でなかったため、今回作業グループで審議した結果、「適用範囲は図-2 の実線矢印の部分 (サーバー間通信) に限定する」こととした。

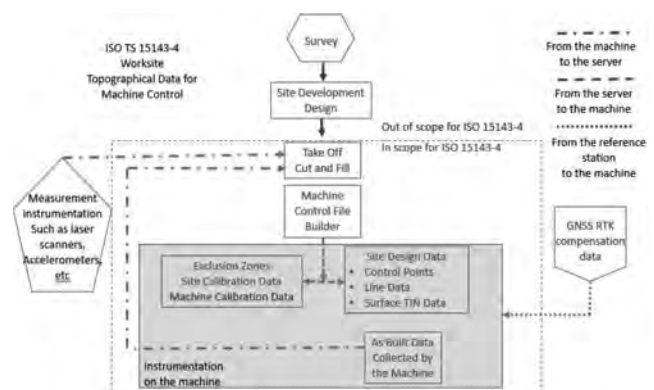


図-1 当初新業務提案の適用範囲

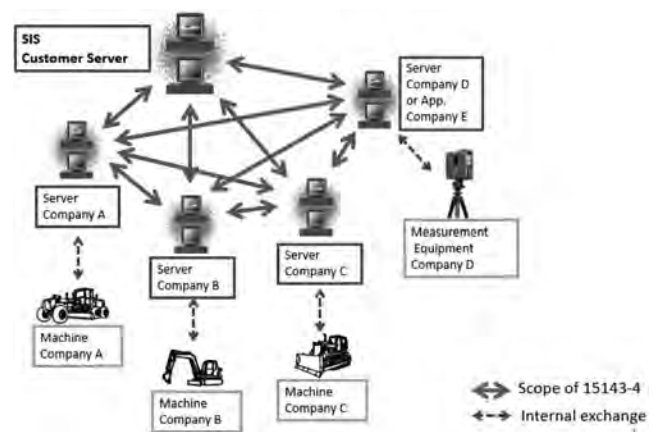


図-2 2018 年 3 月東京 WG 適用範囲 (その 1)

また、図-3 についても審議し、図中鎖線の部分は適用範囲外とすることとした。

- ・ GNSS の RTK 補正データについては、RTCM 方式を使用する
- ・ 設計データの拡張については LandXML の使用を検討
- ・ 地形データについては、KML と GeoJSON の使

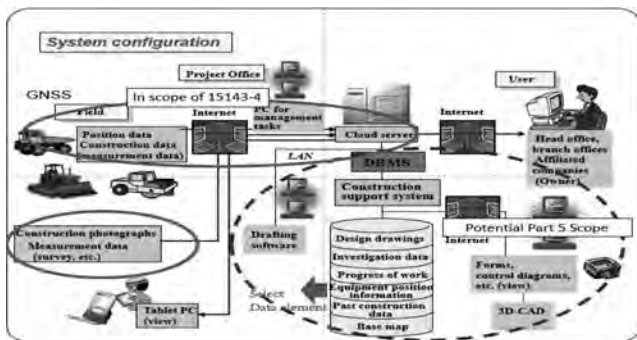


図-3 2018年3月東京WG適用範囲(その2)

用を検討

上記それぞれの担当を決め、課題を次回の7月作業グループ会議までに検討することとした

(b) 対象機械

「ISO 6165で定める土工機械」を基本とするが、ISO 6165 土工機械以外でも、例えばTC 195のアスファルト舗装機械など、地形の生成に関与する機械であれば、対象として検討を進めることとした。

(6) 主要議事：第3部（テレマティクス）改訂関係

米国・日本より寄せられたコメント22件を審議した。誤記訂正の案件が大半であり、全て案文に反映させることとした。また、本文以外に.xsdファイルの内容についても改訂要望があったが、こちらも改訂する規格に織り込むこととした。ただし、今回訂正案件の規格への反映は、従来一部メンバーより提案されていた「維持管理責任部門（Maintenance Agency：以降MAと略称）が修正する」方法ではなく、通常のISO規格の改訂と同様「CIB等の審議・投票手続きにより織り込む」こととした。

SC3分科委員会の幹事国である日本（事務局：日本建設機械施工協会 標準部）は、ISO 15143第2部「データ辞書」のMAであり、「MAとして第3部についても第2部と同様に維持管理をする」ことは、2017年6月のISO/TC127広島総会で決議していた。しかし、実際の運用においては、MAとしての維持管理を実施した前例がまだなく、業務フローも確立されていなかったため、今回、米国のジョンディア社専門家より新たに業務フロー案のドラフトが提出された。作業グループ審議の結果、業務フロー案は概ね了承され、第3部にAnnexとして追補で織り込むこととした。

(7) 次回予定

今回作業グループで抽出した課題に対する詳細検討および追加項目の検討を行うこととした。

2018年7月10日～12日 東京

2018年下期

米国西海岸

2. 第2回 東京国際作業グループ会議

(1) 開催日：2018年7月10日(火)～7月12日(木)

(2) 開催地：東京 機械振興会館

(3) 出席者：28名 米国：7名、オーストラリア：2名、イタリア：1名、日本：18名

(4) 会議結果概要

大手計測機器メーカー3社のうち2社が参画し、第1回目会合より議論が具体化した。

(5) 主要議事：第3部（テレマティクス）改訂関係

(a) Part3 コメント対応

米・日からの22件のコメントへの対応を一同で審議した。

xsdファイルの修正については、既存ユーザーの使い勝手を重視し、ファイルの互換性を損ねない範囲での修正にとどめることとした（第1回会合で決めた方針を変更した）。

(b) 維持管理責任部門

前回に引き続き米国のジョンディア社専門家が起草した業務フロー案を審議し、指摘事項を織り込んだ修正版を再度事務局に送付することとなった。

(6) 第4部（地形データ）規格新設関係

(a) 適用範囲

・オーストラリアのトップコン社専門家より「機械間（Machine-to-machine）通信についても対象にすべき」との発言があったが、コンビナーより「前回会議で合意した通り、サーバー間通信（前出図-2実線）に当規格の適用範囲を限定すべき」との発言があり、一同より採択された。

・「地形データの中に温度データも含めるべき」と

The scope of this project includes the continued standardization of data exchange at the interface between earth-moving machinery, as defined in ISO 6165, mobile road construction machinery and the site information system.

This part of the ISO 15143 series will include data element, message selection and file definitions for worksite topographical descriptions, task execution topographical descriptions, periodic progress topographical descriptions and final as built topographical descriptions.

This standard is intended to take advantage of the current state of the art in machine guidance technology (e.g. grade control, compaction, etc.) presently available. Also included is the standardization of RTK compensation used on the worksite and will be limited to base station RF and cellular technology.

The scope of this standard is not applicable to the on-board data collection, on-board communication protocol (e.g. CAN bus), wireless transmission of data to the provider's server, or wireless transmission of data directly to other machines onsite. A set of Application Programming Interfaces (APIs) will be specified to exchange data between servers regardless of provider.

The scope of this part 4 of the ISO 15143 series is illustrated in Figure 1.

図-4 2018年8月東京WG適用範囲

の発言があり、一同から反論はなかった。

- ・また、最終日に適用範囲のドラフトを一同で読み合わせ、以下の文言を採択した。

(b) 個別議事

① MFK 採用の提案

オーストラリアのトプコン社専門家より、「アズ・ビルトデータの形式として、Machine Forward Kinematics (略称：MFK) を採用したい」との提案があった。

② LandXML/InfraGML 採用の提案

米国のトリンブル社専門家より、「LandXML を引用するか、あるいはInfraGMLを使いたい」との提案があった。

③ TC 211 との連携提案

「上記提案のInfraGMLはISO/TC 211 (地理情報) の関与が大きい」との指摘があったため、当作業グループ事務局よりISO/TC 211 に対して、現時点の適用範囲を送付し、連携関係の設立を要望することとなった。

④ RTK 補正—RTCM 連携

RTK 補正には米国 RTCM 標準を引用する方針を合意した。米国のトリンブル社専門家が作業部会側窓口となり、必要な手続きを開始する。

⑤ 日本発信の提案 5 件

日本専門家より、前回 3 月からの宿題案件として、下記 (i) - (v) の資料を説明した。

特段の反論意見はなかった。

(i) KML の採用可否

日本のトプコン社専門家より KML (Keyhole Markup Language) 規格の特徴を説明した。KML は拡張性に欠けるので、今回の新規格には向いていない、との評価であった。

(ii) GeoJSON の説明

日本のコマツ専門家より GeoJSON の使用例を説明した。

(iii) 土木研究所が作成した標準の紹介

日本の土木研究所より、「TS・GNSS による盛土締固め管理データ交換標準 (案)」について説明した。「当規格は既に使用されているのか？」との質問に対し、「2018 年 3 月に制定され、国内公共土木工事の入札案件での使用を開始した。」と回答があった。

(iv) 第 4 部の章立て案

日本のコマツ専門家より、既存の第 3 部を参考に第 4 部の章立てを構成する構想を説明した。案文作成開始後に当検討資料を参考にしよう、との意見が出た。

(v) その他日本検討結果

日本のライカ社専門家より、3 月東京会議の宿題案件 3 件の検討結果を説明した。

- ・ LandXML 設計データの拡張性
- ・ 位置の正確さ・精度に関するメタデータ
- ・ Northing, easting と WGS84 座標系の変換方法について

(7) 次回予定

今回作業グループで摘出した課題に対する詳細検討および追加項目の検討を行うこととした。

2018 年 11 月 28 日～30 日 米国 コロラド州で開催

3. 第 3 回 米国 コロラド州ウェストミンスター市 国際作業グループ会議

(1) 開催日：2018 年 11 月 28 日 (水)
～ 11 月 30 日 (金)

(2) 開催地：米国コロラド州 (デンバー近郊) ウェストミンスター市 トリンブル社会議室

(3) 出席者：16 名 米国：9 名、オーストラリア：2 名、英国：1 名、スウェーデン：1 名、日本：4 名

(4) 会議結果概要

ライカ社の参加

大手計測機器メーカーのトプコン社・トリンブル社に加え、ライカ ジオシステムズ社欧州本社の専門家 1 名が会議 2 日目から合流し、議論が活性化した。

(5) 主要議事：第 3 部 (テレマティクス) 改訂関係
後述の Ad-Hoc 審議と並行して、第 3 部の改訂案についても審議した。席上で、米国のジョンディア社専門家より「現在 CIB 投票に付されている Annex 改訂案には誤記がある」との指摘があり、事務局で対応を検討することとなった。

(6) 主要議事：第 4 部 (地形データ) 規格新設関係

(a) 「建機施工履歴データの活用」の日本提案

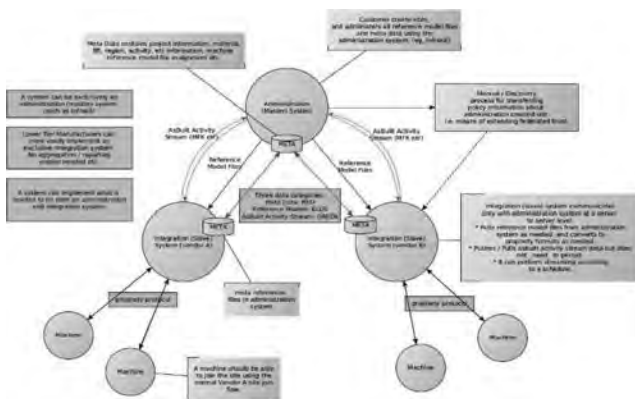
日本のコマツ専門家より、「施工履歴データは、サーバーでの処理結果 (地形/転圧データ) に限定して規格化すべき」と提案した (図-5)。

これに対し、オーストラリアのトプコン社専門家より、「新規格はユーザーの使いやすさを重視すべきであり、現段階で対象を小さく限定するのは尚早である。現場の実際のワークフローをよく吟味し、規格化の対

Utilization of Work History Data



図ー5 「建機施工履歴データの活用」の日本提案



図ー6 システム概念図

象とする信号に抜けが無いよう、審議を尽くすべき」との反対意見があり、一同もトプコン社専門家意見に同意した。

上記を受け、オーストラリアのトプコン社専門家が図ー6のシステム概念図を一同に提示した。

(b) 第4部の構成案

日本のコマツ専門家より「第3部と同じ構成とした場合の第4部ドラフト案」を紹介した。現第3部がサーバー間通信(問い合わせと答)を扱う規格であるため、同じくサーバー間通信を扱うと決めた第4部を、仮に第3部と同構成とした場合にどうなるかの例示である。

これに対し、前項議論と同様、オーストラリアのトプコン社専門家より、「第4部を第3部と同じ構成とすると実務で使いにくい。第4部の章立ては、専門家が審議を尽くしてから検討すべき」との発言があり、

一同も賛同した。「ただし、当資料は案文作成の段階でテンプレートとして利用できる」と指摘された。

(c) 個別専門議論の Ad-Hoc 単位審議への移行

米国ジョンディア社専門家より、「専門性の高いテーマは、作業ワーキング全員で審議するのではなく、各テーマの専門家に人数を限定した Ad-hoc 単位で規格の要求を整理し、その結果をまとめて作業グループに上程する方が効率的である」との提案があり、一同に採択された。これを受け、審議2日目午後以降は、表ー1のリーダーが主催する Ad-Hoc グループ単位でのテーマ別議論を、作業グループとは別の会議室で審議した。

(c) MA の管掌範囲

作業グループの事務局より、2018年10月の中国柳州市での ISO/TC 127 総会「決議 304/2018」について、「SC3は、ISO 15143の第1部、第2部に加えて、今後は同第3部および将来追加されるパートについても、JCMSA が MA として管掌する」旨の決議を紹介した。

(7) 次回予定

次回会合まで、各 Ad-Hoc グループ単位でウェブ会議での審議を重ねることとした。

・次回会合:2019年4月15日~17日にドイツ ミュンヘン市で開催。



写真ー1 第3回 デンバー会議風景

表ー1 Ad-Hoc グループのテーマとリーダー

Ad Hoc グループ テーマ	Ad Hoc グループ リーダー
Localization (ローカライゼーション:座標系)	Kirk 氏 (米国 トリンブル社)
Digital Terrain Model (デジタル地形モデル)	Bollweg 氏 (米国 ジョンディア社)
As-built (アズ・ビルト) *	Bakker 氏 (スウェーデン ライカ社)
Server Communications (サーバー間通信)	Riek 氏 (オーストラリア トプコン社)
Metadata (メタデータ) *	McKaskill 氏 (米国 トリンブル社) *

(注: *の項目のグループ名称, 担当者には後日変更あったため要注意)

4. 第4回 ドイツ ミュンヘン市 国際作業グループ会議

- (1) 開催日：2019年4月15日(月)～4月17日(水)
- (2) 開催地：ドイツ ミュンヘン郊外 ホーエンキルヒェン市 トリンブル社会議室
- (3) 出席者：18名 米国：5名、オーストラリア：1名、ニュージーランド：1名、ロシア：1名、英国：1名、スウェーデン：4名、フィンランド：1名、日本：4名
- (4) 会議結果概要

- ・計測機器メーカーのフル参入
大手計測器メーカー3社が初めてフルメンバーで出揃い、活動が一層本格化・具体化した。
- ・各社の取り組み
大手計測器メーカー3社は、「統一規格を目指す」との総論では合意しているものの、各論では意見が合わないところもあり、合意形成が難航した。

(5) 第4部(地形データ)規格新設

(a) 日程について

作業グループ初日に日程を審議した。今回が主要プレイヤーの揃った会議として事実上の初会合であることを踏まえ、「当初予定の36か月での規格化は困難であり、48か月への期間延長をISO中央事務局に申し入れる」ことを一同で合意した。会議後、48か月への日程変更がISO中央事務局に承認された。

(b) RTCM SC 135

RTCMとの連携担当の米国のトリンブル社専門家より、RTCM SC 135での規格改訂状況について報告があった。

(c) デジタル地形モデル Ad-Hoc グループ報告

当グループのリーダーである米国のジョンディア社専門家より報告があった。「IFCは橋梁等の構造物に適しており、当規格の主要適用範囲となる『土木工事』向けではない」とした。

今回初参加のフィンランドのトリンブル社専門家は、自身が制定に関わったInfraGML (=OGC) の採用を推奨した。

(d) サーバー間通信 Ad-Hoc グループ報告

当グループのリーダーであるオーストラリアのトップコン社専門家より報告があった。サーバー間通信の暗号化、認証、オントロジー、アクセス権限等についての考え方を整理した。

(e) アズ・ビルト Ad-Hoc グループ報告

当グループのリーダーであるスウェーデンのライカ

社専門家より報告があった。扱う対象を「アズ・ビルト」だけでなく、「Production and As-built」とすることにした。

オーストラリアのトップコン社専門家は、前出のMFK形式の採用を推奨したが、今回初参加のスウェーデンのライカ社専門家がMFK採用に反対し、方針の合意には至らなかった。

(f) プロジェクトデータ Ad-Hoc グループ報告

米国のトリンブル社専門家より報告があった。第1部、第2部との用語統一について、「当作業グループで今まで“メタデータ”と呼んでいた情報は、第1部、第2部で定義する“メタデータ”とは異なる意味で使っている」ことが指摘された。よって、今後当該Ad-Hocグループの名称には、「プロジェクトデータ」を使用することとなった。

(g) ドラフト方針書

米国のジョンディア社専門家の発案により、適用機種案、現時点での合意事項と、今後の詳細計画をまとめた。

(6) 次回予定

次回会合まで、各Ad-Hocグループ単位で、ウェブ会議での審議を重ねることとした。

- ・次回は、2019年8月20日～23日にスウェーデン ストックホルム市で開催。



写真-2 第4回 ミュンヘン会議風景

5. 第5回 スウェーデン ストックホルム市 国際作業グループ会議

- (1) 開催日：2019年8月20日(火)～8月23日(金)
- (2) 開催地：スウェーデン ストックホルム市 会議室(ライカ ジオシステムズ社主催)
- (3) 出席者：25名 米国：6名、オーストラリア：

2名, ニュージーランド:1名, スウェーデン:
4名, フィンランド:4名, デンマーク:3名,
スイス:1名, 日本:4名

(4) 会議結果概要

ライカ社欧州本社の8人の専門家に加え, 現
LandXML規格を立ち上げ現在も管理しているカール
ソン・ソフトウェア社の専門家や, Infrakit社等ベン
ダーから積極的な発言があり, 審議が活発化した。

(5) 第4部(地形データ)規格新設

(a) ローカライゼーション Ad-hoc グループ報告
米国のトリンプル社専門家より報告があった。

主な決定事項

- ・SI単位を用いる, 角度は degree/距離は m, 7
パラメータを用いる
- ・ジオイドモデルはリファレンスとする
- ・RTCMの変換メッセージとの整合性を確保する
- ・Projectionには, 一般的に利用されているもの
を利用する
- ・Ad hoc グループ協議で, サンプルを用いてテス
トする

(b) サーバー間通信 Ad-Hoc グループ報告

オーストラリアのトプコン社専門家より報告があ
った。

主な提案事項

- ・SMS (Site Management System) と VIS (Vender
Integration System) を分ける
- ・SMS 対 VIS の1階層のみを対象とし, 複数階層
のコミュニケーションは現段階では対象としない
- ・信頼できるベンダーには, MA によって X509 証
明書の CN (Common Name) の UUID が付与
- ・OAuth の認証を用い, データのやり取りは Rest
API で行う
- ・UMA (User Managed Access) 2.0 を用いたデー
タのアクセス権限について整理する

また, デンマークのライカ社専門家よりライカ社の
HeXML と LandXML の比較プレゼンがあった。

(c) Production and As-built Ad-Hoc グループ
報告

スウェーデンのライカ社専門家よりプレゼンがあ
った。

主な提案事項

- ・刃先などの点/線の情報を時系列的に扱うのはア
ズ・ビルトとして良い
- 3次元の位置+時刻か, TIN
- ・位置は WGS84 を用いる

・MFK の様な建機の姿勢データはオプションとす
る

・VIS → SMS だけでなく, SMS → VIS → 建機に
共有するための方法について議論が必要

(d) デジタル地形モデル Ad-Hoc グループ報告

・フィンランドの専門家より InfraModel の説明が
あった。

・その後, 当グループのリーダーである米国のジョ
ンディア社専門家よりデジタル地形モデルグルー
プの報告があった。

主な決定事項

・短期対応:

LandXML (schema1.2 に必要な項目を追加した
ものを, ISO/WG のサーバーにコピーする)
→マシンコントロールに必要なデータを洗い出す
→トプコン, トリンプル, ライカ, InfraModel
の拡張項目を確認し, LandXML 要素のアップ
デート

⇒各メーカーで LandXML の項目について確認・
整理し, その後評価を実施する

・長期対応: InfraGML を採用する

・適用範囲について, 下記を審議した

Our scope for the reference model is focused on
machine control, and within this workflow:

Design Engineering to Data prep software

- Out of scope

Data prep software Constructible model to

SMS/Contractor

- In scope

SMS to VIS

- In scope

VIS to SMS

- In scope

VIS to machine

- Out of scope but "vendor could use this format"
Machine/field device to VIS design publish

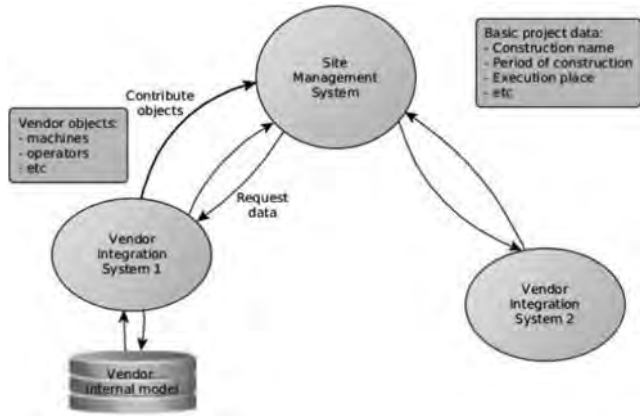
- Out of scope but "vendor could use this format"
Machine to VIS as-built - out of scope

(e) プロジェクトデータ Ad-Hoc グループ報告

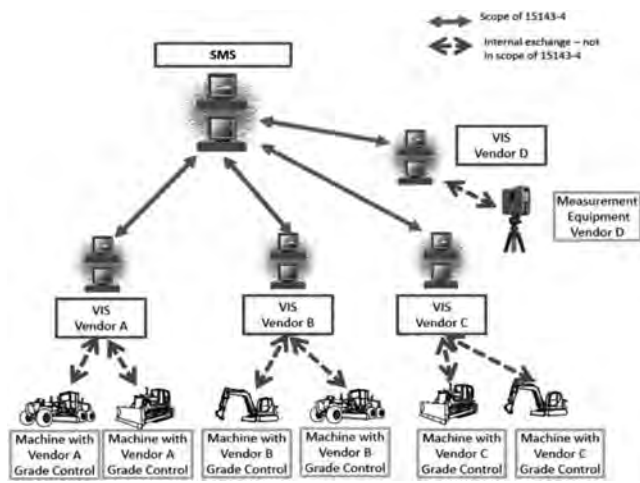
オーストラリアのトプコン社専門家より報告があ
った。図7にプロジェクトデータと SMS や VIS との
関係を示す。

主な提案事項

- ・JSON の schema を利用し, Rest API を用いる
- ・MA の Git のリポジトリに JSON のマスタを保存
する
- ・第2部のデータディクショナリの項目と比較し,
必要な項目があれば追加する
- ・Project data の項目例



図一七 データ トランスファー



図一八 2019年8月ストックホルムWG 適用範囲

- Project object, Asset (or Equipment), Materials, Design documents, Operators, Avoidance zones, Control points, Geofences, Base stations, Other elements / types

(f) ドラフト方針書

米国のジョンディア社専門家主導で、現在までの合意事項と、今後の詳細計画をまとめた。

サーバーを SMS と VIS に分けた上で、当規格の適用範囲を図一八の実線部とした。

(6) 次回予定

次回会合まで、各 Ad-Hoc グループ単位で、ウェブ会議での審議を重ねることとした。

・次回作業部会は、2019年12月3日～6日に東京機械振興会館で開催



写真一三 第5回ストックホルム会議風景

以上

▶ 〈05〉 クレーン，インクラインおよびウインチ

20-〈05〉-01	加藤製作所 テレスコピッククローラクレーン CCH550T	'19.06 発売 モデルチェンジ
------------	-------------------------------------	----------------------

従来機より，つり上げ能力・ラインプル・分解輸送性が向上した最大つり上げ荷重 55 t の全油圧式 4 段テレスコピッククローラクレーンである。

オフロード法 2014 年基準および低騒音型建設機械の基準に適合している。

主補ウインチには連続作業時でも安定してブレーキ力を発揮する油冷式の湿式ディスクブレーキを搭載している。フリーフォール機能を標準装備し，主補ワイヤサイズはφ 22，φ 20，φ 18 の 3 種類で，多様な工法に対応できる。定格ラインプルは 7 t (φ 22 mm ロープ時) であり，ウインチは主補ドラムを左右並列に配置し，ドラムの視認性とワイヤリング作業の向上，後端旋回半径の短縮を図っている。

ブーム+ウインチを一体で分解する脱着装置により高所作業を伴うフックのワイヤリング作業が不要となる。また，ジャッキアップ装置によるクローラ分解，ブーム脱着装置によるブーム分解，カウンタウエイト自力脱着装置による補助クレーンを用いないカウンタウエイトの脱着など，多彩な脱着機構を装備し，輸送時の利便性向上を図っている。

さらに，本体輸送幅を 2990 mm に縮小し，トレーラ輸送時の効率化を図っている。



写真-1 加藤製作所 CCH550T テレスコピッククローラクレーン

問合せ先：(株)加藤製作所 営業本部
〒140-0011 東京都品川区東大井 1-9-37

表-1 CCH550T の主な仕様

最大つり上げ荷重×作業半径	(t × m)	55.0 × 3.0
基本ブーム長さ	(m)	11.4
最長ブーム長さ	(m)	34.5
機械質量	(t)	60.0
後端旋回半径	(m)	3.78
旋回速度	(min ⁻¹)	2.5
走行速度 (高速/低速)	(km/h)	2.0/1.3
エンジン出力	(kW(PS)/min ⁻¹)	201(273)/2100
価格 (税抜)	(百万円)	85.0

新機種紹介

▶ 〈12〉 モーターグレーダー、ロードスタビライザ、 締固め機械およびソイルプラント

20-〈12〉-01	コマツ モーターグレーダー GD405-7	'19.12 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 年基準に適合したモーターグレーダーである。

さまざまな現場に求められる 3.1 m グレーダーの取り回しの良さを維持しながら、コンパクトな車体としている。また、電気式作業レバーにより、操作力が軽く、アームレストに肘を置いた姿勢のまま操作でき、作業時の腕の動きは従来機と比較して最大 92% 低減している (※1)。

また、従来機よりフロア高さを 170 mm 高く設定し、着座位置からでも、従来の立ち姿勢のように前方を見渡すことができるほか、安全な着座のまま作業できる。

さらに前方視界性を改善したキャブにより、安全・快適な着座作業となりオペレーターの疲労軽減を図っている。

また、トランスミッションを HST (ハイドロスタティックトランスミッション) とし、ワンペダルで自由に走行・停止ができるほか、仕上げ作業で重要な超低速域 (2 km/h 以下) でのコントロール性の向上を図っている。

KOMTRAX (機械稼働管理システム) による車両ごとの運行管理のほか省エネ運転支援レポートなど、顧客に有益な情報を提供している。そのほか、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)」が新車購入時から付帯され、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. 自社内テスト結果による。

表-2 GD405-7 の主な仕様

		土木仕様	除雪仕様
運転質量	ブレード長さ 2.8 m (t)	12.025	11.965
	ブレード長さ 3.1 m (t)	12.065	12.005
エンジン定格出力	ネット (kW[PS]/rpm)	107[146]/2,000	
全長/全幅/全高	(m)	7.72/2.14/3.195	
ブレード (長さ×高さ×厚さ)	ブレード長さ 2.8 m (m)	2.845 × 0.53 × 0.016	
	ブレード長さ 3.1 m (m)	3.125 × 0.53 × 0.016	
最小回転半径 (最外輪中心)	(m)	6.3	
価格 (工場渡し消費税抜き)	(百万円)	25	



写真-2 コマツ GD405-7 モーターグレーダー
(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

新機種紹介

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

19-〈16〉-04	長野工業 クローラ式伸縮ブーム型 重荷重高所作業車 NUZ09uj	'19.02 発売 新機種
------------	--------------------------------------------	------------------

広い作業床を有する自走式高所作業車である。作業床の広さと、水平垂直制御により、ビル・工場・商業施設などの建設現場やトンネル・高架橋などの土木現場、また、内装工事や電設工事、解体現場など様々な場所・場面での高所作業が可能である。また作業床最大地上高が10m未満なので、高所作業車特別教育での運転が可能である。

水平垂直制御モードは、レバー一つで水平方向と垂直方向への操作が可能であり、面移動による連続作業が容易である。

従来型と異なり、エンジンのダウンサイジングにより、排ガス規制対象外の定格出力17.5kWのエンジンを搭載し省エネルギー化を図っている。また、ブーム構成は屈伸ブーム型から伸縮ブーム型になったことで、最大作業範囲が広くなりさらに、エンジン系のエレメントを1カ所にまとめたことにより、交換作業の効率を上げメンテナンス性の向上を図っている。

走行規制装置が標準装備となり過荷重センサーシステムにより、安全性の向上を図っている。また、接触防止を目的とした専用のスイッチを設けており、格納姿勢から運搬・乗り込み姿勢へ操作するためには、トリプルアクション（フットスイッチ、T & Bスイッチ、伸縮の伸び操作）が必要となる（図-1）。

その他、緊急停止装置、デッドマンスイッチ、操作レバー先入れ防止、エンジン始動時の誤作動防止、安全带フック掛け、ホーン、旋回ロックピン、非常用ポンプ、警報装置、ホールディングバルブ、バッテリーカットスイッチなどを装備している。

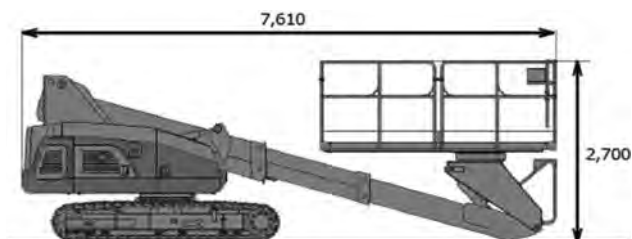


図1 運搬・乗込姿勢

図-1 T & B (運搬/乗り込み) 姿勢



写真-3 長野工業 NUZ09uj クローラ式伸縮ブーム型重荷重高所作業車

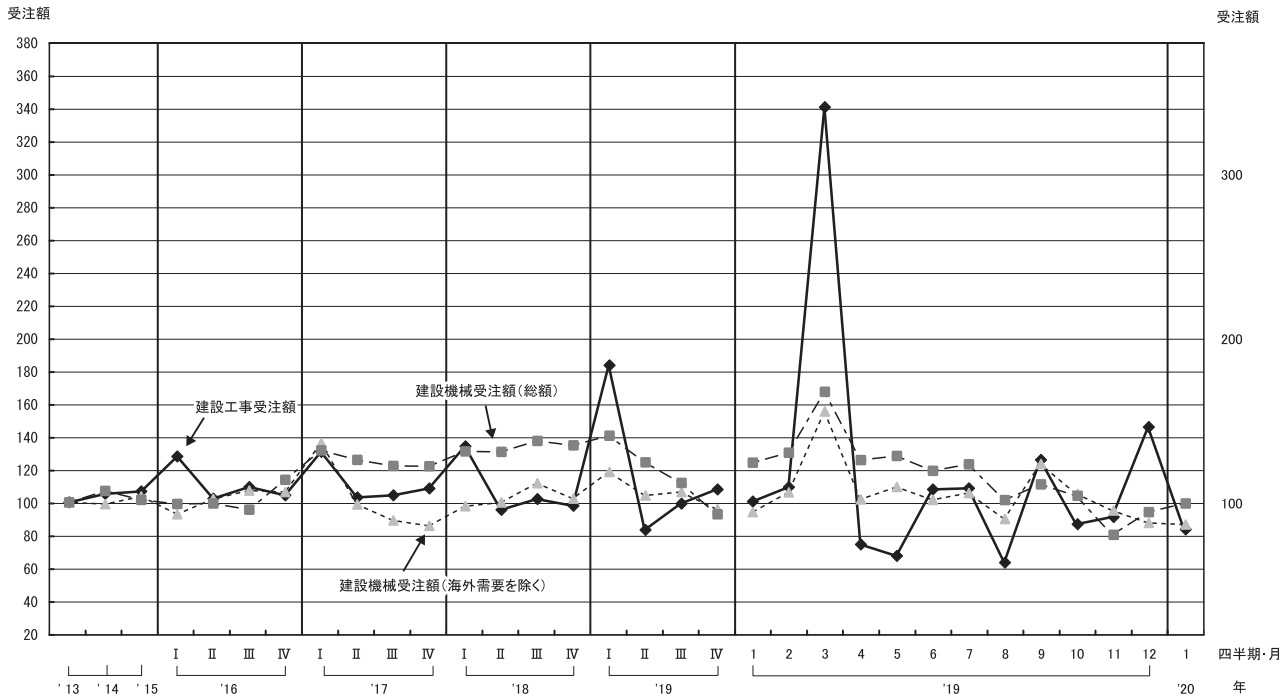
表-3 NUZ09ujの主な仕様

作業床最大地上高	(m)	9.4
最大作業半径	(m)	6.0
垂直上昇高さ	(m)	7.2
水平移動長さ (高さ7m)	(m)	3.1
作業床最大積載荷重	(kg)	600 (6名)
ブーム旋回角度 (連続旋回)	(°)	360
全長 (T&B 姿勢)	(mm)	5045 (7610)
全幅	(mm)	2250
全高 (T&B 姿勢)	(mm)	3340 (2700)
作業床内寸法 (長さ×幅×高さ)	(mm)	3150 × 2050 × 1000
車両重量 (PAD 付)	(kg)	8900 (9140)
最大接地圧/平均接地圧	(kPa)	118/45
燃料タンク容量	(ℓ)	100
作動油タンク容量	(ℓ)	57
価格 (税抜き)	(百万円)	11.75

問合せ先：長野工業(株) 営業部
〒387-8561 長野県千曲市八幡 3297-2

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 2013年平均=100)
 建設機械受注額：建設機械受注統計調査(建設機械企業数24前後) (指数基準 2013年平均=100)



建設工事受注動態統計調査 (大手 50 社)

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非 製 造 業							
2013年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	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
2018年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8,561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2019年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5,319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510
2019年 1月	11,088	7,006	1,799	5,207	2,713	314	1,054	6,304	4,783	166,472	9,832
2月	12,055	8,533	1,375	7,158	2,966	382	174	8,339	3,716	165,316	12,640
3月	37,732	29,551	3,326	26,225	6,349	426	1,406	29,178	8,554	181,913	21,085
4月	8,183	6,409	1,394	5,015	1,282	369	124	4,853	3,331	179,654	9,115
5月	7,410	5,107	1,322	3,785	1,588	375	340	4,951	2,459	177,577	9,975
6月	11,907	8,683	3,285	5,398	2,583	449	193	8,455	3,453	179,151	13,337
7月	11,979	8,579	2,677	5,901	1,943	464	994	8,102	3,878	180,203	9,909
8月	6,959	4,537	1,182	3,356	1,797	400	225	4,223	2,737	176,631	11,413
9月	13,899	10,465	2,088	8,377	2,523	556	356	10,217	3,682	174,182	16,096
10月	9,558	7,314	1,812	5,502	1,674	321	249	6,979	2,579	174,522	9,732
11月	10,034	6,362	1,537	4,825	1,720	383	1,570	6,137	3,897	172,241	11,100
12月	16,113	11,771	2,266	9,504	2,819	880	623	11,353	4,760	171,724	16,276
2020年 1月	9,201	5,889	859	5,030	2,331	363	617	5,443	3,758	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	13年	14年	15年	16年	17年	18年	19年	19年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	20年 1月
総 額	17,152	18,346	17,416	17,478	21,535	22,923	20,151	1,777	1,864	2,397	1,799	1,835	1,705	1,763	1,449	1,586	1,487	1,145	1,344	1,420
海 外 需 要	10,682	11,949	10,712	10,875	14,912	16,267	13,277	1,270	1,292	1,558	1,250	1,245	1,158	1,193	965	920	920	633	873	954
海外需要を除く	6,470	6,397	6,704	6,603	6,623	6,656	6,874	507	572	839	549	590	547	570	484	666	567	512	471	466

(注) 2013～2015年は年平均で、2016～2019年は四半期ごとの平均値で図示した。
 2019年1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

行事一覽

(2020年2月1日～29日)

機械部会



■コンクリート機械技術委員会

月日：2月6日(木)

出席者：清水弘之委員長ほか11名

議題：①各社技術紹介：極東開発工業(株)「コンクリートポンプに関する技術紹介」②R元年度下期活動報告について③来年度の活動計画の内容、および見学会候補地に関する討議

■基礎工用機械技術委員会

月日：2月12日(水)

出席者：遠藤智委員長ほか15名

議題：①青山機工(株)の技術プレゼン：地中連続壁工法、CSM工法、他について②各社トビックス：(株)加藤製作所 低空頭場所打ち杭用施工機械の紹介③R2年度活動計画の件：技術プレゼンの内容、見学会候補地に関する討議

■ショベル技術委員会

月日：2月14日(金)

出席者：西田利明委員長ほか9名

議題：①次期排出ガス規制対応部会(10/30開催)の概要報告②次期燃費基準の件：次期燃費基準案についてのアンケート結果の報告、基準案に対する討議③その他：燃費測定方法のISO化の件、R2年度活動計画の内容説明と討議

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月日：2月17日(月)

出席者：橘伸一委員長ほか7名

議題：①トンネル工事全般に係わる安全技術に関するアンケート調査の結果報告書の内容確認②令和2年度活動計画についての討議③総会(4月開催予定)の日程と議題の決定

■機械整備技術委員会

月日：2月21日(金)

出席者：小室豊委員長ほか8名

議題：①SCR取扱い資料の最終校正②ホームページの見直しについて③各社の近況報告、およびサービスマンの技術伝承取組についての意見交換④R2年度活動計画の内容についての検討

標準部会



■ISO/TC 127/SC 1/WG 6 ISO 11152 エネルギー消費試験方法 有志会議

月日：2月4日(火)

出席者：正田明平プロジェクトリーダー(コマツ)ほか6名(+Web参加者6名)

場所：会館内会議室

議題：2月20日(木)開催のWeb会議に向けた日本側説明内容の協議…油圧ショベルの試験方法：JCMAS H020(空荷での試験方法)の有効性、実掘削試験方法の再現性不可、試験方法の変更履歴、クラス分けの変更案

■ISO/TC 195/SC 1 コンクリート工用機械及び装置委員会

月日：2月6日(木)

出席者：川上晃一委員長(日工)ほか11名

場所：協会会議室

議題：11月20日神戸SC1総会での宿題事項検討…トラックミキサNP19711-2提案に向けた対応、コンクリートポンプDIS 21573-2投票コメント確認、コンクリートミキサDIS 18650-1フォロー、SC1定期見直し投票結果対応/準備(ISO 21573-1, ISO 18650-2, ISO 13105-1, ISO 13105-2, ISO 11375 複数Part制への改正に向けたWG2専門家任命、2020年に定期見直し予定の規格3件(ISO 18652, ISO 21592, ISO 17740-1)確認)、中国PWI：コンクリート機械-施工現場データ交換対応、中国提案：全断面トンネルボーリング機械-用語及び商業仕様対応

■ISO/TC 127 土工機械委員会国内総会

月日：2月7日(金)

出席者：間宮委員長(コマツ)ほか21名

場所：会館内会議室

議題：親TC127委員会・SC1～SC4分科会 活動計画及び進捗状況報告、年間活動スケジュール確認、ISO/TC 82/SC 8(高度自動採掘システム)、ISO/TC 127投票状況、年間活動スケジュール、JIS原案作成状況：JIS A 8312改正(機械安全ラベル)、JIS A 8316-1, -2(電磁両立性)、JIS A 8338(対象物検知及び視覚補助)改正

■ISO/TC 127/SC 3/WG 5 施工現場データ交換国際WG特設チーム Web会議

月日：2月11日(火)～12日(水)

出席者：青木充広氏(コマツ)ほか14名
場所：Web上

議題：ISO/TS 15143-4 施工現場地形データのDTM数値地形モデル

■ISO/TC 82/SC 8/JWG 2 国際WG会議

月日：2月12日(水)

出席者：岡ゆかり氏(コマツ)ほか27名
場所：会館内会議室

議題：ISO/PWI 23725 自律運搬のフリート管理システムのインターフェース(自律フリート及びフリート管理システムの相互運用性へ名称変更を検討中)

■ISO/TC 82/SC 8/JWG 3 国際WG会議

月日：2月13日(木)

出席者：岡ゆかり氏(コマツ)ほか26名
場所：会館内会議室

議題：ISO/PWI 3502 高度自動・自律運転の参照枠組み及び構成

■ISO/TC 82/SC 8/JWG 4 国際WG会議

月日：2月14日(金)

出席者：岡ゆかり氏(コマツ)ほか25名
場所：会館内会議室

議題：ISO/PWI 3510 遠隔運転・自律運転・有人運転鉱山機械の相互運用性の仕様

■ISO/TC 127/SC 3/WG 16 国際WG会議

月日：2月17日(月)

出席者：岡ゆかり氏(コマツ)ほか17名
場所：会館内会議室

議題：ISO/PWI 23870 土工機械一確実な高速移動体通信の通則

■ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 国際WG会議

月日：2月18日(火)～21日(金)

出席者：岡ゆかり氏(コマツ)ほか21名
場所：会館内会議室

議題：ISO 21815 土工機械一衝突警報及び回避

■ISO/TC 127/SC 1/WG 6 国際WG会議

月日：2月20日(木)

出席者：正田明平プロジェクトリーダー(コマツ)ほか8名(+Web参加7名)
場所：協会会議室及びWeb上

議題：ISO 11152 エネルギー消費試験方法に関する経緯説明・協議

■令和元年度第2回標準部会標準化会議

月日：2月27日(木)

出席者：正田明平部会長(コマツ)ほか8名
場所：協会会議室

議題：令和元年度活動報告及び今後の予定…ISO/TC 127 土工機械委員会、ISO/TC 195 建設用機械及び装置委員会、ISO/TC 214 昇降式作業台委員会、国内標準委員会、令和元年度標準部会事業報告(案)、令和2年度標準部会事業計画(案)

建設業部会



■三役会

月 日：2月13日(木)
 出席者：藤内隆部会長ほか4名
 議 題：①2/18 合同部会開催について
 ②2/26 若手現場見学会(外環2工区)の開催について ③各WG報告
 ④3/12 建設業部会開催について
 ⑤建設業部会見学会(滝室坂トンネル)の4月開催について ⑥その他

■クレーン安全情報 WG

月 日：2月17日(月)
 出席者：玉記聡委員ほか8名
 議 題：①教本改訂に向けての検討(ゲラ確認) ②災害事例報告 ③その他

■合同部会

月 日：2月18日(火)
 出席者：藤内隆部会長ほか124名
 講 演：①「人間と同じ重労働が可能な人間型ロボット試作機 HRP-5P の開発」 ②「世界が注目する Safety2. ～建設現場の生産性と安全性を両立する」 ③「台風第19号 災害対策用機械派遣状況」「建設機械施工士～建設業法改正に伴う技術検定制度の見直し～」 ④協会より連絡

レンタル業部会



■コンプライアンス分科会

月 日：2月4日(火)
 出席者：平清二郎部会長ほか13名
 議 題：①基本契約書改定案の検討 ②各社からの報告書 ③その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：2月5日(水)
 出席者：見波潔委員長ほか23名
 議 題：①令和2年5月号(第843号)計画の審議・検討 ②令和2年6月号(第844号)素案の審議・検討 ③令和2年7月号(第845号)編集方針の審議・検討 ④令和2年2月号～令和2年4月号(第840～842号)進捗状況報告・確認

■新工法調査分科会

月 日：2月19日(水)
 出席者：石坂仁委員長ほか3名
 議 題：①新工法情報の持ち寄り検討 ②新工法紹介データまとめ ③その他

■新機種調査分科会

月 日：2月27日(木)

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



■ICT活用施工連絡会事務局打合せ

月 日：2月26日(水)
 場 所：北海道支部 会議室
 出席者：石塚芳文事務局長ほか10名
 議 題：①令和2年度事務局体制について ②ICT活用施工連絡会の開催について ③その他

東北支部



■令和2年度 i-Construction セミナー 計画打合せ

月 日：2月13日(木)
 場 所：東北支部 会議室
 出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員会委員長ほか3名
 内 容：①セミナー方針 ②カリキュラム ③実践編テキストの構成と作成スケジュール ④開催日程と会場

■EE 東北 2020 30周年記念イベント

「i-Construction 体験広場」第2回 出展者会議
 月 日：2月17日(月)
 場 所：東北支部 会議室
 出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員会委員長ほか14名
 内 容：①会場施設について ②プレゼン計画とシャトルバス運行について ③ガイドブック・チラシの内容について

北陸支部



■「ゆきみらい 2021in 白山」事前会議

月 日：2月4日(火)
 場 所：金沢河川国道事務所 2F 会議室
 出席者：堤雄生事務局長
 議 題：①「ゆきみらい」概要、実施内容について ②実施体制等について ③開催時期・日程について ④会場予定について ⑤今後のスケジュールについて

■第1回広報委員会

月 日：2月28日(金)
 場 所：新潟県建設会館 4F 会議室
 出席者：柴澤一嘉普及部会長ほか3名
 議 題：①編集及び発刊スケジュールに

ついて ②あかしや通信 No.38 編集内容について ③北陸支部 HP の要望等について

■第1回総務委員会

月 日：2月28日(金)
 場 所：新潟県建設会館 4F 会議室
 出席者：上杉修二総務副委員長ほか9名
 議 題：①令和2～3年度 JCMA 北陸支部部会名簿計画について ②支部団体費の改正に向けて

中部支部



■技術・調査部会

月 日：2月5日(水)
 場 所：事務局会議室
 出席者：青木保孝部会長ほか9名
 議 題：春季講演会について

■災害対策関係功労者感謝状授与式及び意見交換会

月 日：2月14日(金)
 場 所：国土交通省中部地方整備局中部技術事務所
 出席者：所輝雄支部長、永江豊事務局長、災害対策支援協力会員14社
 内 容：令和元年8月豪雨災害支援及び台風19号における災害支援派遣会員に対する中部地方整備局長等からの感謝状授与及び意見交換

関西支部



■令和元年度 施工技術報告会

月 日：2月13日(木)
 場 所：建設交流館 グリーンホール
 参加者：151名
 内 容：①ICT建機を用いた切土工事の実績向上事例 ②JR福知山線を鋭角に跨ぐ生野大橋の設計・施工 ③鉄道営業線における高速道路橋梁の補修 ④改造スロットスターを用いたダム堤体部の削孔 ⑤鉄道高架橋工事における ICT の活用

■「建設技術展 2019 近畿」主催・共催者会議

月 日：2月19日(水)
 場 所：大阪マーチャンダイズ・マートビル
 出席者：松本克英事務局長
 議 題：①「建設技術展 2019 近畿」の開催結果について ②次回開催に向けて(反省、提案等) ③その他

■兵庫県県土整備部との意見交換会

月 日：2月19日(水)
 場 所：兵庫県職員会館
 参加者：松本克英事務局長以下31名

内 容：①入札契約制度について ②働き方改革の取り組み ③意見交換

■建設用電気設備特別専門委員会(第458回)

月 日：2月19日(水)

場 所：中央電気倶楽部 会議室

議 題：①「JEM-TR121 建設工用電機設備機器点検保守のチェックリスト」見直し検討 ②見学会について ③その他

中国支部

■第2回広報部会

月 日：2月3日(月)

場 所：中国支部事務所

出席者：錦織豊部会長ほか2名

議 題：①令和2年度事業計画(案)について ②広報誌(CMnavi54)号の編集、発行について ③支部ホームページの改訂について ④その他懸案事項

■第3回開発普及部会

月 日：2月13日(木)

場 所：中国支部事務所

出席者：飯國卓夫部会長ほか4名

議 題：①令和元年度部会事業活動の実施状況について ②令和2年度部会事業計画(案)について ③開発普及部会事業目標及び内容について ④その他懸案事項

■第4回部会長会議

月 日：2月21日(金)

場 所：広島YMCA 会議室

出席者：鷺田治通企画部会長ほか9名

議 題：①令和元年度の事業活動状況(結

果)と気づき事項について ②令和2年度の事業計画(案)及び実施計画(案)について ③次期通常総会の準備等について ④その他懸案事項

四国支部

■国交省との共催事業「R元 遠隔操縦式バックホウ等操作訓練(四技)」

月 日：2月5日(水)～6日(木)

場 所：国土交通省四国技術事務所構内(高松市牟礼町)

受講者：支部会員会社等からの応募者26名

訓練評価者：山下安一事務局長ほか2名
内 容：①1.0m³級バックホウをカメラ映像のみにより遠隔操縦する訓練 ②0.45m³級バックホウを目視により遠隔操縦する訓練 ③バックホウ遠隔操縦訓練に関し、訓練前後の技量変化を評価 ④講習修了証の交付

■共催事業「ICT施工技術講習会2020 in 愛媛」

月 日：2月20日(木)

場 所：国土交通省 松山河川国道事務所(松山市)

参加者：実践講習25名

内 容：3次元点群処理の実務演習、3次元設計データ作成の実務演習

九州支部

■i-Construction 施工による九州支部生産性向上推進会議

月 日：2月14日(金)

場 所：(株)リファレンス はかた近代ビル貸会議室 1F103 会議室

出席者：玉石修介委員長ほか27名

議 題：①『i-Construction 施工による生産性向上推進本部』の取組動向 ②国土交通省九州地方整備局の取組動向 ③i-Construction 技術講習会について(開催時期や場所、テキスト、受講証明書、その他) ④九州地方整備局から協力要請によるICTに関する行事について ⑤自治体(建設技術センター含む)要請による、ICT関連の機器実演や講師派遣について ⑥その他(会議構成、広報など)

■企画委員会

月 日：2月19日(水)

場 所：九州支部 会議室

出席者：原尻克己企画委員長ほか11名

議 題：①R2年度事業計画書(案)について ②災害協定について ③R元年度第3回運営委員会について ④R2年度総会について ⑤その他

■産学官連携会議 (ICT・標準化作業部会)

月 日：2月20日(木)

場 所：福岡第2合同庁舎 共用第2・3・4会議室

出席者：九州支部 監査役 玉石修介

議 題：①最新の取組状況の共有 ②ICT土工の地方公共団体等への展開・支援 ③i-Construction 教育の充実 ④i-Construction 推進の行動計画2020の展開 ⑤その他

編集後記

新型コロナウイルスの感染拡大を防止するため、小中高校の臨時休校や大規模イベントの中止、無観客試合、一部地域への渡航禁止など、様々な対策が為され、経済活動にも大きな影響を及ぼす事態となっています。当の私も働き方改革と言うよりは感染防止対策の一つとなってしまったテレワークにより、自宅近くのシェアオフィスでこの編集後記を作成しています。東京オリンピック・パラリンピックの開催も危ぶまれるなか、何とか鎮静化に向かうことを願ってやみません。数か月後、数年後にこの後記を読み返した時、「あの時はそうだったな」と思い出せるぐらいになってほしいところです。

さて、4月号は、「エネルギー」がテーマです。忘れてはいけません。毎年各地で地震・豪雨等による大規模災害が発生し、もはや想定外の事態ではなく日常の事象として事前の備えと、対策が不可欠になっています。とりわけ、気象に起因する大災害は、地球温暖化の影響なのか、その対策はCO₂の排出量削減しかないのか、疑いを持ちながらも、産業の原動力であるエネルギーにはCO₂の発生が少ない設備への要求が更に強まっています。

巻頭言を京都大学大学院、地球環境学部の諸富徹教授にお願いしたところ、早々に原稿を頂きました。特集テーマの「エネルギー」については、地球温暖化防止→CO₂削減→再生可能エネルギーへの転換と認識しておりましたが、頂いた内容は、全く視点の違うものでした。

CO₂を削減するにはエネルギーの消費量を減少させる必要があります、経済活動とのトレードオフかと言う日頃抱いていた小生の疑問も一掃させられました。再生可能エネルギーへの大転換が温暖化防止と経済活動の両方を飛躍的に発展させるのです。この認識で改めて今回寄稿して頂きました報文を見ますと、太陽光発電、地上・洋上風力発電、AI活用のエネルギー管理システム、ZEB、燃料電池、水素エネルギーなど、どれもエネルギーの大転換、エネルギーコストの低減、温暖化防止と経済活動をより発展させるために行っているのだと言っても良いかもしれません。この建設業界、エネルギー・地球環境には大きな影響をもたらす業界であり、このような新たな視点を認識し、新たな産業発展を目指して前進すべしとの確信を得ました。

最後になりましたが、お忙しいなか快くご寄稿いただきました執筆者や関係者の皆様に、心から御礼申し上げます。(穴井・上田)

5月号「山岳トンネル、シールド工法特集」予告

・高レベル放射能廃棄物の地層処分 ・ロボット研究開発拠点“福島ロボットテストフィールド”
 ・地下水環境を配慮した高水圧下における泥水式岩盤シールド施工 ・新綱島駅非開削部の大断面馬蹄形トンネル ・山岳トンネル工事の切羽面を“3D スキャナー”で点群データ取得、整形が必要な箇所を可視化 ・アクティブ制振装置のシールド工事への適用 ・シールド工事の掘進管理を“見える化”するKaCIM'Sを開発・適用 ・あらゆる地山に対応した熟練技能を必要としない余掘り低減技術を開発 ・山岳トンネルの切羽地質情報の定量評価技術の開発 ・山岳トンネル工事の安全性・生産性向上技術 ・レール移動作業の自動化による生産性・安全性の向上
 ・3D オイル車による建築限界検証 ・トンネル工事現場情報統合管理システム ・トンネル切羽 AI 評価システムの現場導入

【年間定期購読ご希望の方】

- ①書店でのお申し込みが可能です。お近くの書店へお問い合わせください。
- ②協会本部へのお申し込みは「年間定期購読申込書」に必要事項をご記入のうえ FAX をお送りください。

詳しくはHPをご覧ください。

年間定期購読料 (12冊) 9,408円 (税・送料込)

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
田中 康順	中岡 智信
渡邊 和夫	

編集委員長

見波 潔 村本建設(株)

編集委員

小櫃 基住	国土交通省
安井 清貴	農林水産省
瀧本 順治	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
穴井 秀和	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
宇野 昌利	清水建設(株)
玉記 聡	(株)大林組
内藤 陽	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
松本 清志	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
竹田 茂嗣	鉄建建設(株)
副島 幸也	(株)安藤・間
松澤 享	五洋建設(株)
飯田 宏	東亜建設工業(株)
鈴木 貴博	日本国土開発(株)
斉藤 徹	(株)NIPPO
中川 明	コマツ
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン
花川 和吉	日立建機(株)
上田 哲司	コベルコ建機(株)
石倉 武久	住友建機(株)
新井 雅利	(株)加藤製作所
小六 陽一	古河ロックドリル(株)
太田 正志	施工技術総合研究所

事務局

(一社)日本建設機械施工協会

建設機械施工

第72巻第4号 (2020年4月号) (通巻842号)

Vol.72 No.4 April 2020

2020 (令和2)年4月20日印刷

2020 (令和2)年4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

FA機器の 最適無線化提案

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他
産業機械用無線操縦装置

①微弱電波 ②429MHz帯特定小電力 ③1.2GHz帯特定小電力
④315MHz帯特定小電力 ⑤920MHz帯特定小電力

スリム ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

No.1の
オーダー対応!

- 優れた耐塵・防雨性能
- 選べる2段階押しスイッチ!
ストロークの異なる2種類
から選択可能!



タフ 頑強ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

タフな現場に!
落下にタフ、
水にタフ!

- 堅牢なボディ!
- 特殊スイッチ装着可能

標準型
RC-8616N
22万円~



チップ ケーブルレス

N/Mシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

使えば分かる、
コストパフォーマンス!

- トコトン機能を絞って
コストダウン!
- 乾電池仕様
- 優れた耐塵・防雨性能



マイコン ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

あらゆる環境での
無線化に対応!

- 16操作16リレー
最大25リレーまで対応可能

標準型
RC-6016N
20万円~



ケーブルレスミニ

Nシリーズ
微弱電波モデル対応

標準型
RC-4403N
10万円~

ポケットサイズの
本格派!

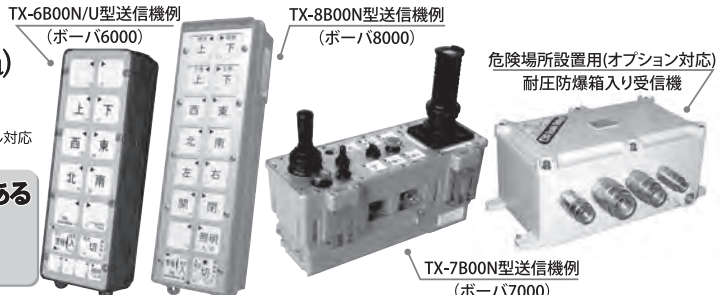
- 最大5リレーまで対応可
- 2段階押しスイッチ追加可能
(オプション)



防爆形無線機 ボーパー (BoBa)

N/Uシリーズ
7B/8B...微弱電波のみ
6B...微弱・特定小電力両モデル対応

爆発の雰囲気がある
危険場所での
遠隔操作に!



双方向データケーブルレス100S

Sシリーズ(920MHz帯)
特定小電力モデル対応

標準型
TC-1000808S
26万円~

- ・FA機器の制御に特化!
- ・双方向制御が、1セットで対応可能
- ・8点の送受信が可能!

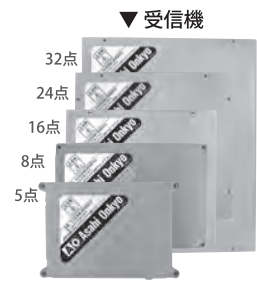


データケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

工夫次第で
用途は無限!

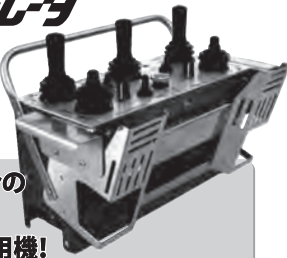
- 機器間の信号伝送に!
- 多芯の有線配線の代わりに!



MAX サテラ

U/Gシリーズ
特定小電力専用モデル

金属シャーシの
多操作・
特注仕様専用機!

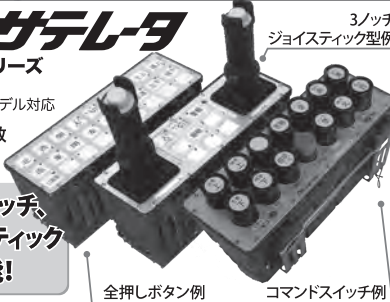


マイティ サテラ

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

■操作信号数
最大32点

特殊スイッチ、
ジョイスティック
装着可能!



リゾナー 離操作

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

標準型
RC-2512N
22万円~

価格もサイズも
ハンディー並み!

- 最大32リレー
- 2段階押し・
特殊スイッチ装着可



*価格は全て、セット価格および、税抜表示となっています。



朝日音響株式会社

〒771-1311 徳島県板野郡上板町引野字東原43-1 (本社工場) FAX.088-694-5544 TEL.088-694-2411
http://www.asahionkyo.co.jp/



無線化工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。

朝日音響 検索

ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

- コストパフォーマンスに優れる。
機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルな為運搬能力に対して安価である。
- 安全性に優れる
コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。
- 環境に優しい。
河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を少なくできる。
- 大型機材の運搬も可能
専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



吉永機械株式会社

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

建設機械施工 広告掲載のご案内

月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、鉄道、建築等の最新建設報告等を好評掲載しています。

■職業別購読者

建設機械施工 / 建設機械メーカー / 商社 / 官公庁・学校 / サービス会社 / 研究機関 / 電力・機械 等

■掲載広告種目

穿孔機械 / 運搬機械 / 工事用機械 / クレーン / 締固機械 / 舗装機械 / 切削機 / 原動機 / 空気圧縮機 / 積込機械 / 骨材機械 / 計測機 / コンクリート機械 等

広告掲載・広告原稿デザイン — お問い合わせ・お申し込み



広告営業部: 田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL: 03-3664-0118 FAX: 03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はメール、FAXでお送りください。

- ※カタログ/資料はメーカーから直送いたします。
- ※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お名前: _____ 所属: _____

所属: _____

会社名(校名): _____

資料送付先: _____

電話: _____ FAX: _____

E-mail: _____

広告掲載 メーカー名	製品名

FAX 送信先 サンタナアートワークス 建設機械施工係 **FAX 03-3664-0138**

コスモECOディーゼル

DH-2 対応ディーゼルエンジンオイル
SAE10W-30 / SAE15W-40

それはいつまでも
青い空のために



光星

DH-2F 対応ディーゼルエンジンオイル
SAE5W-30



新星



彗星



快星

美しい地球、豊かな環境を目指して
ひた走るパワー、コスモルブ・ウェイ

コスモ石油ルブリカンツの 環境対応潤滑油



省電力型油圧作動油

コスモ
スーパーエポック **UF**



省電力型工業用ギヤー油

コスモ
ECOギヤー **EPS**

それはいつまでも
蒼い地球のために

地球環境へ、

さらに新しい対応を求められている今、オイルもまた、次の課題をクリアする進化が問われます。
コスモルブは、地球に、人に、優しい環境LUBEソリューションを提案してまいります。

COSMO コスモ石油ルブリカンツ株式会社

<https://www.cosmo-lube.co.jp/>
カスタマーサポートセンター：0120-15-4899

Mikasa

http://www.mikasas.com

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー

バイプロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

NETIS No. TH-120015-VE

タンピングランマー

MT-55H

NETIS No. TH-100005-VE



MVC-F60HS

NETIS No. TH-100006-VE



MRH-601DS

低騒音指定番号5097



MLP-1212A



FX-40G/FU-162



MCD-318HS-SGK

低騒音指定番号6190

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 〒101-0064 東京都千代田区神田猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL: 06-6745-9631
札幌営業所 TEL: 011-892-6920
仙台営業所 TEL: 022-238-1521
新潟出張所 TEL: 090-4066-0661

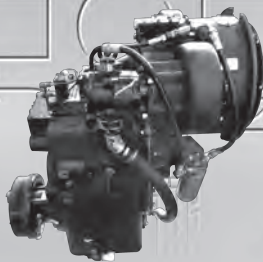
北関東営業所 TEL: 0276-74-6452
長野出張所 TEL: 080-1013-9542
中部営業所 TEL: 052-504-3434
金沢出張所 TEL: 080-1013-9538

中国営業所 TEL: 082-875-8561
四国出張所 TEL: 087-868-5111
九州営業所 TEL: 092-431-5523
南九州出張所 TEL: 080-1013-9558

沖縄出張所 TEL: 080-1013-9328

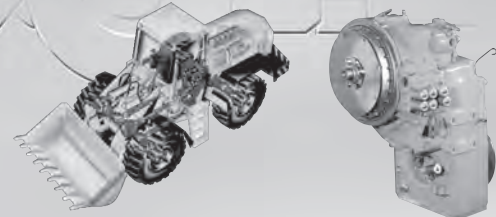
あらゆる建設機械／シールドマシン・・・
油圧機器の整備・再生

各種トランスミッション整備ご相談に応じます。



建設機械用ZFトランスミッション

点検・整備は、日本ではマルマのみが対応

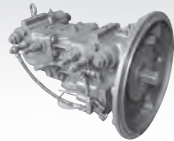


建設機械のあらゆる油圧機器

斜板式ダブルポンプ



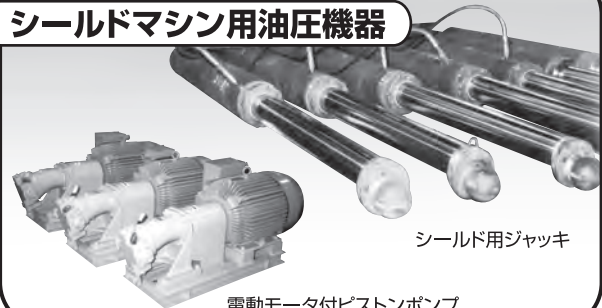
斜板式ピストンポンプ



斜軸式ピストンモータ



シールドマシン用油圧機器



シールド用ジャッキ

電動モータ付ピストンポンプ

建機と共に半世紀以上。確かな「信頼」をお届けします！

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



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



マルマテクニカ株式会社

本社・相模原事業所 営業部 整備油機課

〒252-0331 神奈川県相模原市南区大野台6-2-1

TEL042(751)3809 FAX042(756)4389

E-mail:yuki@maruma.co.jp

東京工場 〒156-0054

E-mail:tokyo@maruma.co.jp

名古屋事業所 〒485-0037

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

東京都世田谷区桜丘1-2-22

TEL03(3429)2141 FAX03(3420)3336

愛知県小牧市小針2-18

TEL0568(77)3311 FAX0568(77)3719

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

精密さとパワーで建設の現場を支える。

発電機・溶接機・コンプレッサは抜群の性能を誇るデンヨー製品で!



発電機

図書館内並の低騒音を実現!
静音発電機マーリエ



50Hz-7m
43dB

DCA-25MZ

溶接機

最大溶接電流500A&インバータ制御
炭酸ガスエンジン溶接機



溶接電流 500A
(炭酸ガス/カウジンク手溶接)

交流電源
三相 25 kVA

DCW-500LSE

コンプレッサ

アフタクーラ/アフタウォーマ内蔵
電子制御で低燃費&低騒音



DIS-670LS-D

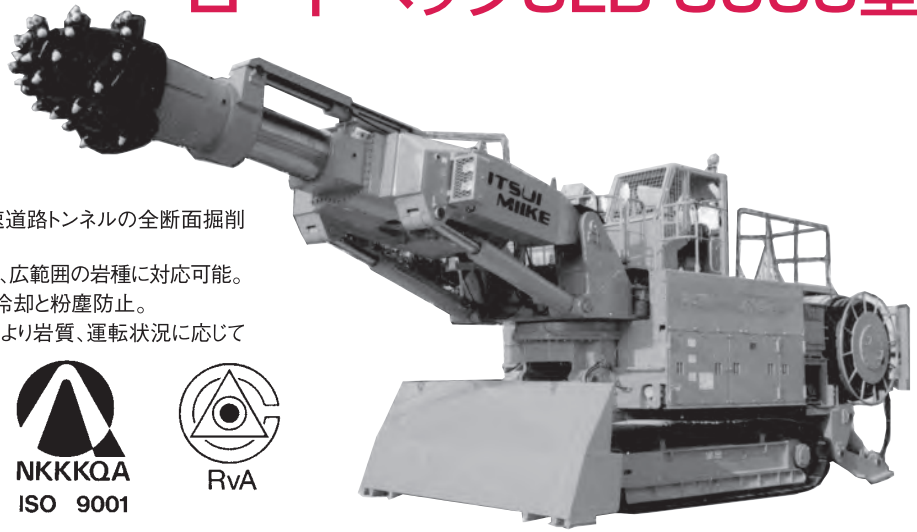
●技術で明日を築く
デンヨー株式会社

本社：〒103-8566 東京都中央区日本橋堀留町2-8-5
TEL:03(6861)1122 FAX:03(6861)1182
ホームページ：http://www.denyo.co.jp/

札幌営業所 011(862)1221 東京支店 03(6861)1122 大阪支店 06(6448)7131
東北営業所第1課 019(647)4611 横浜営業所 045(774)0321 広島営業所 082(278)3350
東北営業所第2課 022(254)7311 静岡営業所 054(261)3259 高松営業所 087(874)3301
信越営業所 025(268)0791 名古屋営業所 052(856)7222 九州営業所 092(935)0700
北関東営業所 027(360)4570 金沢営業所 076(269)1231

安全・高能率な掘削を実現!

全断面对応中硬岩用トンネル掘進機 ロードヘッダSLB-300S型



特長

1. 最大8.8mの掘削高さで、新幹線、高速道路トンネルの全断面掘削が可能。
2. 300kW:2速切換型電動機の採用により、広範囲の岩種に対応可能。
3. ピック先端に高圧水を散水させ、ピック冷却と粉塵防止。
4. モード切換式パワーコントロール装置により岩質、運転状況に応じて作動設定の変更が可能。
5. 運転操作が優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
6. ケーブルリール装置により、電源ケーブルの取扱いが容易で移動が迅速。



製造・販売・レンタル及びメンテナンス

 株式会社 三井三池製作所

本店 / 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

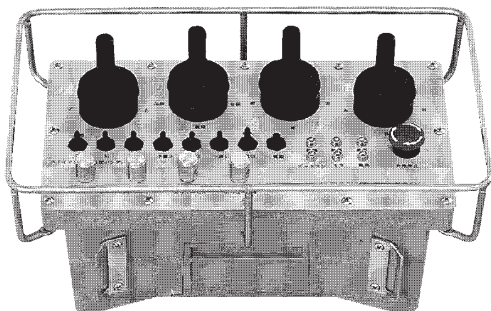
<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

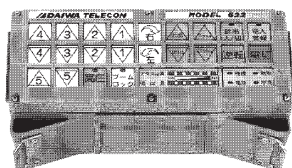
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH。**
- コンパクトな指令機に業界最大**36**個の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は油圧バルブ出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式（-△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

頑張ろう日本! 頑張ろう世界!

SITECH
YOUR CONSTRUCTION TECHNOLOGY PROVIDER



高性能 GNSS アンテナ

サンシェードで
屋外視認性アップ

GNSS ステータス
(衛星数、精度)

方向方位
ステータスを表示

断面を表示

レーザー距離計搭載で、バーチャル⇄リアル
バーチャル⇄バーチャル、
リアル⇄リアルの距離測定、
画像とメモの送信。ポイント測定、
カット/フィル測定、グレード距離測定が可能。

軽量の携帯ユニットに、
長時間使用できる交換可能な
充電バッテリー搭載

レイヤー表示
必要なレイヤをチョイスして表示

AR 対応 SmartPhone
(推奨市販モデル)

2D/3D ビューセクター
2D ビューと 3D ビューのワンタッチ
切替で、現在位置を即座に把握

透明度スライダー
データを透過させることで、
多彩なバーチャルとリアルの
重ね合わせ表示が可能。

AUGMENT YOUR REALITY

複合拡張現実システム
Trimble® SiteVision™

SITECH-JAPAN.COM

サイテックジャパン株式会社 info@sitechjp.com
東京都大田区南蒲田 2-16-2 テクノポート大樹生命ビル
TEL:03-5710-2594 FAX:03-5710-2731



雑誌 03435-4



4910034350407
00800

「建設機械施工」

定価 本体 八〇〇円 (税別)