

一般社団法人  
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2015

# 建設機械施工



Vol.67 No.2 February 2015 (通巻780号)

## 特集 エネルギー・エネルギー施設



連系変電所

丘陵地における大規模太陽光発電 メガソーラー

### 巻頭言 エネルギー問題の構図と解決の方向性

行政情報

- 小水力発電 (従属発電) の普及への取組
- 下水熱利用推進に向けた取組

JCMA報告 研究開発助成成果報告 (その1)

- 超広帯域通信ICタグと3次元モデルを用いた建設施工管理システム
- 無人化施工における環境カメラのための半自動制御システムの基礎研究

技術報文

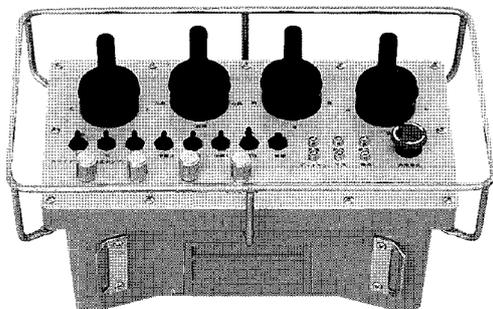
- 世界・日本のエネルギー動向
- 水中浮遊式海流発電システム
- 省エネから、ゼロエネへ。ZEB 実証棟の建設
- バイオディーゼル燃料の普及に向けた排出ガス調査
- 管路更生と組み合わせた下水熱利用システムの開発 他

一般社団法人 日本建設機械施工協会

建設機械用  
無線操作装置

# ダイワテレコン

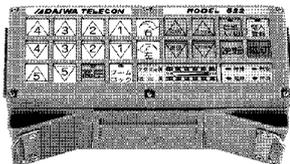
あらゆる仕様に対応  
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH**。
- コンパクトな指令機に業界最大**36**個の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は油圧バルブ用出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式（一△V検出+オーバータイムタイマー付き）
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

**DAIWA TELECON**

大和機工株式会社

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171  
TEL 0562-47-2167 (直通) FAX 0562-45-0005  
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>  
e-mail [mgclub@daiwakiko.co.jp](mailto:mgclub@daiwakiko.co.jp)  
営業所 東京、大阪、他

## ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

### 重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

- 特長**
- コストパフォーマンスに優れる。**  
機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルな為運搬能力に対して安価である。
  - 安全性に優れる**  
コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。
  - 環境に優しい。**  
河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を少なくできる。
  - 大型機材の運搬も可能**  
専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



吉永機械株式会社

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

# 第61回欧州建設機械施工視察団 団員募集のお知らせ

## INTERMAT 2015(パリ)

本協会は毎年海外視察団を派遣し、海外の建設機械及び施工技術を見聞し、我が国の建設機械化の発展に寄与して参りました。本年度も関係各位のご要望にお応えして、下記要領により海外視察団参加者を募集し派遣することになりました。今回の視察の主旨は、フランス・パリで開催される国際的な建設機械及び建設資材等の展示会“INTERMAT 2015”の視察です。3年ごとに開催されるこの展示会は世界3大建機展の一つで、最新の建設機材、サービス、そして技術を一望することができます。そのほか、ミラノにおけるインフラ整備、都市再開発の工事現場視察等を予定しております。

関係各位におかれましては、最新の国際的な建設機械の動向をキャッチするとともに、ヨーロッパの基盤整備状況を視察することにより、今後の事業展開に役立ちうるものと思われまます。多数の方々にご参加賜りたく、ご案内を申し上げます。皆様のご参加をお待ち致しております。

### 【展示会概要】

【開催地】フランス・パリ 【期 間】2015年4月20日(月)～25日(土)  
 【周 期】3年毎 【主 催】COMEXPOSIUM  
 【会 場】パリ・ノール見本市会場 【出展社】1,350社(2012年実績)  
 【入場者】145,082人(2012年実績)

### 【主要出展品目】

- 大型搬送機械 ●下準備機械 ●道路建設・メンテナンス機械 ●コンクリート製造・運搬・打ち込み用機材
- コンクリート製品製造機械 ●建設用ロボット ●ハンドリング機器 ●昇降機器 ●足場架設支柱 ●枠型
- 輸送機械 ●パイル・シートパイル打ち機 ●現場用給水設備 ●発電・変電設備
- その他現場用工具機器 他

### 日 程 表

日次	月日曜	発着地/滞在地名	発着現地時刻	交通機関名	摘 要
1	2015年 4月19日 (日)	東京(成田)発 パ リ 着	午 前 夕 刻	航 空 機 専 用 車	空路、パリへ 到着後、ホテルへ (パリ泊)
2	4月20日 (月)	パ リ 滞 在	終 日	専 用 車	◎INTERMAT 2015国際建設機械見本市視察 (パリ泊)
3	4月21日 (火)	パ リ 滞 在	終 日	専 用 車	◎INTERMAT 2015国際建設機械見本市視察 (パリ泊)
4	4月22日 (水)	パ リ 空 港 発 ミ ラ ノ 空 港 着	午 前 午 後	航 空 機 専 用 車	空路、ミラノへ ◎工事現場視察又は企業訪問 (ミラノ泊)
5	4月23日 (木)	ミ ラ ノ 滞 在	終 日	専 用 車	◎工事現場視察又は企業訪問 ◎市内視察 (ミラノ泊)
6	4月24日 (金)	ミ ラ ノ 発 パ リ 発	午 前 午 後	航 空 機 航 空 機	空路、乗継パリへ 空路、帰国の途へ (機内泊)
7	4月25日 (土)	東 京 ( 成 田 ) 着	午 前		到着後、入国審査及び通関手続終了後、解散

※発着地及び交通機関は変更になることがあります。

視察期間 平成27年4月19日(日)～4月25日(土) 5泊7日

視察地 パリ・ミラノ(2都市)

催行人員 最少催行人員15名(添乗員同行)

参加費 お一人様385,000円(1名1室)  
(空港諸税・燃油サーチャージ、INTERMAT2015入場料・登録代行手数料 別途)

締切日 募集締切日は2015年3月13日(金)

募集パンフレット請求先⇒ 近畿日本ツーリスト(株) 第5営業支店 担当:古庄(フルショウ)・宮(キュウ)  
TEL03-6891-9305 FAX03-6891-9405

### ●お問い合わせ先●

一般社団法人 日本建設機械施工協会  
 〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2階  
 TEL03-3433-1501 FAX03-3432-0289  
 担当:小櫃(オビツ)

# 第27回 日本建設機械施工大賞の公募について

本協会では、平成元年度から、一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞を創設し、建設事業の高度化に関し顕著な功績をあげた業績について表彰して参りましたが、今回から新たに、地域への貢献が顕著な業績も表彰することとし、表彰名称を『日本建設機械施工大賞』に変更することにいたしました。

これに伴い、従来の賞（会長賞、貢献賞）を大賞部門、新たに設ける賞を地域賞部門として募集することといたします。表彰名称の変更に伴い、賞の呼称は、従来の会長賞を最優秀賞へ、貢献賞を優秀賞へ改めます。また、奨励賞は今回から新設される地域賞部門へ移し、地域貢献賞といたします。皆様の奮ってのご応募をお願いいたします。

## 1. 表彰の目的

大賞部門は、我が国の建設事業における**建設機械及び建設施工に関する技術等に関して、調査・研究、技術開発、実用化等**により、その高度化に顕著な功績をあげたと認められる業績を表彰し、地域賞部門は、地域に根ざした**独自の視点**に基づき、従来の施工方法・技術を改良したり、地域に普及させるなどの**取り組み**を通じて、**地域へ貢献**している業績を表彰し、もって**国土の利用、開発及び保全並びに経済及び産業の発展に寄与**することを目的とします。

## 2. 表彰対象

本協会の団体会員、支部団体会員、個人会員又は関係者のうち表彰目的に該当する業績のあった団体、団体に属する個人及びその他の個人を対象とします。

## 3. 表彰の種類

表彰は、大賞部門は**最優秀賞、優秀賞**とし、地域賞部門は**地域貢献賞**とします。大賞部門の最優秀賞は総合的な評価の最も高かったもの、優秀賞はそれに準ずるもの、また地域賞部門の地域貢献賞は当該地域への貢献度が高いものに与えられます。なお、ユニークなアイデアあるいは特に秀でた特徴を有するような提案があれば、選考委員会賞として表彰します。

受彰者には賞状及び副賞として1件につき下記の賞金を授与します。

副賞賞金	最優秀賞	30万円
	優秀賞	20万円
	地域貢献賞	10万円
	選考委員会賞	5万円

## 4. 表彰式

本協会第4回通常総会（平成27年5月28日（木））終了後に行います。

## 5. 応募

別紙「**日本建設機械施工大賞応募要領**」に基づく、**応募用紙**の提出により行われます。大賞部門と地域賞部門の両方へ応募することもできますが、それぞれの応募用紙を作成していただきます。なお、**自薦、他薦を問いません**。応募の締め切りは、**平成27年1月30日（金）（必着）**です。

## 6. 選考

本協会が設置した「**日本建設機械施工大賞選考委員会**」で選考致します。なお、該当する業績が無い場合は表彰致しません。

## 7. その他

受賞業績は、概要を本協会機関誌「**建設機械施工**」及び本協会**ホームページ（HP）**に、応募業績は本協会**HP**に一覧表として掲載致します。

以上

## 第27回 日本建設機械施工大賞 応募要領

今回から表彰名称を変更し、大賞部門と地域賞部門を設け、部門ごとに募集することといたしました。大賞部門と地域賞部門の両方へ応募することもできますが、それぞれの応募用紙を作成していただきます。

1. 表彰対象 (一社)日本建設機械施工協会の団体会員、支部団体会員、個人会員又は建設機械及び建設施工に関する技術等の関係者のうち表彰目的に該当する業績のあった団体、団体に属する個人及びその他の個人。
2. 募集の方法 表彰候補の団体、団体に属する個人及びその他の個人の応募による。
3. 応募の方法 協会所定の応募用紙(大賞部門、地域賞部門)による。  
応募用紙は、当協会のホームページ(<http://www.jcmanet.or.jp/>)からダウンロードし、必要事項を記載の上、Excel形式で、電子メールにてお申し込み下さい。なお、提出いただいた資料は返却いたしません。  
応募締切 平成27年1月30日(金)
4. 記載方法 大賞部門(地域賞部門は次ページ)
  - 「業績内容の概要」を記述する(1ページ以内)
  - 「業績内容」(下記aからiまで項目順に、簡潔に10ページ以内)
    - a. 業績の行われた背景
    - b. 業績の詳細な技術的説明
    - c. 技術的効果
    - d. 経済的効果
    - e. 施工または生産・販売実績
    - f. 類似工法または機械との比較
    - g. 波及効果
    - h. 特許、実用新案のタイトル(出願、公開、登録、国内・国外を明記)
    - i. 他団体の表彰等に応募中か、すでに表彰を受けているかを記述
  - 参考資料として次のものを添付して下さい。
    - a. 特許関係(公開または登録済みのものの写し)
    - b. カタログ
    - c. 学会、技術誌等への発表論文があれば、そのコピー
  - 提出物  
応募用紙(「推薦文」・「業績の概要」・「業績の内容」セットのもの)  
参考資料

## 5. 記載方法 地域賞部門

- 「業績内容の概要」を記述する（1ページ以内）
- 「業績内容」（ ）内は記載例、簡潔に2ページ以内
  - a. 業績の行われた背景  
（従来の〇〇改修工事では、古い〇〇を全て取り除き、新しい〇〇と入れ替えていたが、入れ替えの必要な部分のほとんどは〇〇の上部の損壊であり、下部はほとんど使える状態であった。〇〇の布設替工事は、作業帯を広く必要とすることが多く、他の構造物への影響や交通への影響も多かった。そのため、使える部分はそのまま使い、できるだけ工事の影響を抑える施工方法を必要とした。）
  - b. 業績の説明（工夫した点など）  
（傷んだ〇〇の上部のみを〇〇切断機により切断撤去し、改修用製品を設置する△△工法は、改修用製品には既存の〇〇との接続兼用〇〇ボルトが備えられ、施工性も優れている。）
  - c. 業績の効果  
（〇〇布設替工事では、10m当たりの施工で〇～〇日の工事期間を要していたが、△△工法では、1日で工事を完了できる。また、作業帯を従来工法より狭くでき、付近住民への影響を極力抑えることができる。）
  - d. 施工または生産・販売実績  
（〇〇年度は、〇〇工事、△△工事など〇件の実績有り。）
  - e. 地域への貢献  
（〇〇県内でも〇〇が多数設置されているが、老朽化が激しいものも多く見られる。当該工法で作業帯を狭くでき、現場付近住民への影響を極力抑えることができた。）
- 参考資料として次のものを添付し、簡単に説明文をつけて下さい。  
発表論文やパンフレット、新聞記事、写真等
- 提出物  
応募用紙（「推薦文」・「業績の概要」・「業績の内容」セットのもの）  
参考資料

## 6. 申込・お問い合わせ先

大賞部門 一般社団法人日本建設機械施工協会 本部  
阿部 : [t-abe@jcmnet.or.jp](mailto:t-abe@jcmnet.or.jp) TEL 03-3433-1501

地域賞部門 一般社団法人日本建設機械施工協会 本部  
阿部 : [t-abe@jcmnet.or.jp](mailto:t-abe@jcmnet.or.jp) TEL 03-3433-1501 及び各支部  
北海道 : TEL 011-231-4428 東北 : TEL 022-222-3915  
北陸 : TEL 025-280-0128 中部 : TEL 052-962-2394  
関西 : TEL 06-6941-8845 中国 : TEL 082-221-6841  
四国 : TEL 087-821-8074 九州 : TEL 092-436-3322

初の  
実務者向け入門版!!

# 情報化施工 デジタルガイドブック

2014.3  
発刊!

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

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

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



情報化施工  
デジタルガイドブック

JCMA 一般社団法人 日本建設機械施工協会

## 特徴

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

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

Windows版

JCMA  
一般社団法人 日本建設機械施工協会  
(禁複製)

デジタルブックDVD版  
(デジタル画像・動画等)

プレビューA4版冊子付

## 定価

一般価格

2,160円 (本体2,000円)

会員価格

1,944円 (本体1,800円)

※送料別途

## 主な内容

- |                    |                         |                     |                     |                       |                   |                     |           |            |
|--------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|-----------|------------|
| 1<br>情報化施工の<br>あらし | 2<br>情報化<br>施工技術の<br>種類 | 3<br>情報化施工<br>の適用工程 | 4<br>情報化施工<br>の運用手順 | 5<br>建設機械・<br>測量機器リスト | 6<br>情報化<br>施工データ | 7<br>情報化施工<br>の導入効果 | 8<br>導入事例 | 9<br>用語の説明 |
|--------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|-----------|------------|

一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

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

JCMA 図書 検索

# よくわかる建設機械と損料 2014

(平成26年度版 建設機械等損料表 解説書)

本書は当協会発行の書籍「平成26年度版 建設機械等損料表」で使用する用語や損料計算方法等を解説すると共に、前年度版からの主な改正点、機械損料を掲載している各種建設機械・器具の概要・特長、主要建設機械についてはメーカー・型式名等を紹介したものです。

機械損料に関する理解を深めるだけでなく、機械そのものに関する幅広い知識を得るという観点においても有効・有益な資料と考えます。詳細・申し込み方法は[当協会ホームページ](#)をご覧ください。

■**発行**：平成26年6月16日

■**体裁**：B5版、一部カラー、約400ページ

■**価格(送料別途)**

一般：5,616円(本体：5,200円)

会員：4,752円(本体：4,400円)

■**特長**

★損料表の構成・用語の意味、損料補正方法などを平易な表現で解説

★19件の関連通達の位置付けと要旨を解説

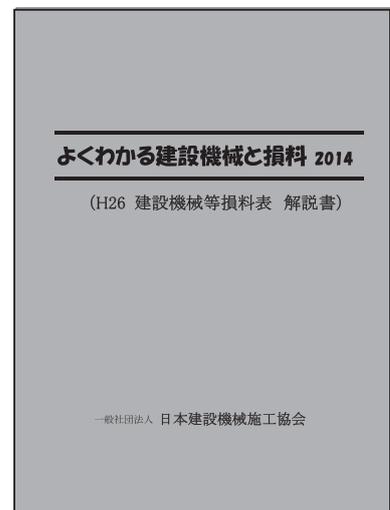
★H26損料表の主な改正・変更点を一覧表にして紹介

★損料表掲載の機械・器具等のコード体系を下記大分類別に図示

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

★損料表掲載の機械・器具等の概要を写真・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



# 平成26年度版 建設機械等損料表

■発刊：平成26年5月12日

■体裁：B5版 モノクロ 650ページ

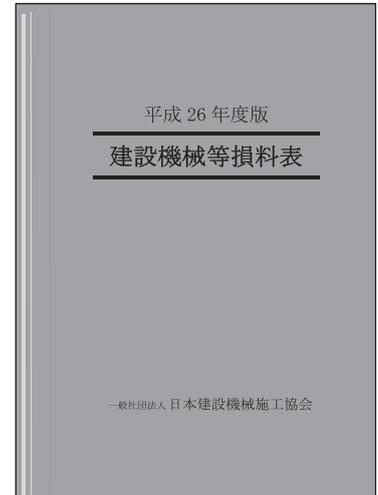
■価格(送料別)

一般：7,920円(本体 7,334円)

会員：6,787円(本体 6,285円)

■内容

- ・機械経費・損料等に関する通達・告示類を掲載
- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づき編集
- ・損料表の構成・用語や損料積算例を解説
- ・燃料・電力消費量(率)を掲載
- ・主要建設機械は写真・図で概要を紹介



<参考> 平成26年度版の主要改正点の一部を下表に示します。この表は平成26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2014」(6月16日発売)から抜粋、アレンジしたものです。

現行(旧)		変更箇所		改正			
		コード	名称				
0101	ブルドーザ	-	-	0101	ブルドーザ		
			(追加)			015	[普通・排ガス(OR2011)]
			(追加)			025	[湿地・排ガス(OR2011)]
			(追加)			055	[リッパ装置付・排ガス(OR2011)]
0104	スクレーブドーザ	-	-	0104	スクレーブドーザ		
			○			011	[普通型]
0106	被けん引式スクレーパ	-	-	0106	被けん引式スクレーパ		
			○			012	[油圧式]
0202	バックホウ(クローラ型)	-	-	0202	バックホウ(クローラ型)		
			(追加)			115	[標準型・排ガス(OR2011)]
			(追加)			135	[標準型・超低騒音型・排ガス(OR2011)]
			(追加)			714	[ディーゼル/電気ハイブリッド型・排ガス(3次)]
	(追加)	715	[ディーゼル/電気ハイブリッド型・排ガス(OR2011)]				
0204	ドラグライン及びクラムシェル	-	-	0204	ドラグライン及びクラムシェル		
			○			061	[油圧クラムシェル・テレスコピック式]

# 橋梁架設工事の積算

平成26年度版

∞∞∞ 改訂・発刊のご案内 ∞∞∞

平成26年5月 一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

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

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26年4月以降の工事費の積算に適用されることに伴い、また近年の橋梁架設工事の状況、実績等を勘案し、当協会では「橋梁架設工事の積算 平成26年度版」を発刊致しました。

なお前年度版同様、橋梁の補修・補強工事の積算に際し、その適用範囲や積算手順をわかりやすく解説した「橋梁補修補強工事積算の手引き 平成26年度版」を別冊(セット)で発刊致しております。

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

敬 具

## ◆内容

平成26年度版の構成項目は以下のとおりです。

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



## ◆改訂内容

平成25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

- ・送出し架設 留意項目の追加
- ・橋梁補修 (掲載歩掛一覧表、塗替塗装用足場工、仮設ブラケットの設置・撤去、素地調整 (ブラスト工法、コンクリート補修歩掛) の追加
- ・積算例題の見直し

### 2. PC橋編

- ・工事用エレベーター運転費の電力設備に発動発電機を追加
- ・外ケーブル工予備孔の設置歩掛りを追加
- ・外ケーブルPE管グラウトタイプ PCケーブル工歩掛の変更
- ・重量型伸縮継手装置の設置歩掛りを追加
- ・検査孔蓋の設置歩掛りを追加
- ・複合損料の改定
- ・積算例題の見直し

- B5判/本編約1,100頁 (カラー写真入り)  
別冊約120頁 セット

- 価格  
一般価格: 8,640円 (本体 8,000円)  
会員価格: 7,344円 (本体 6,800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 600円  
沖縄県 610円 (但し県内に限る)

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

大口径・大深度の削孔工法の設計積算に欠かせない必携書

# 大口径岩盤削孔工法の積算

平成26年度版

∞∞∞ 改訂・発刊のご案内 ∞∞∞

平成26年5月 一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

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

本協会では、平成24年5月に「大口径岩盤削孔工法の積算 平成24年度版」を発刊し、関係する技術者の方々に広くご利用いただいております。

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準及び建設機械等損料算定表等が改正され、平成26年4月1日以降の工事費の積算に適用されること等に伴い、当協会では、内容をより充実し、また解りやすく説明した「大口径岩盤削孔工法の積算 平成26年度版」を発刊致しました。

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

敬 具

## ◆ 内 容

平成26年度版の構成項目は以下のとおりです。

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

## ◆ 改定内容

平成24年度版からの主な改定事項は以下のとおりです。

- ・国土交通省の損料改正に伴う関連箇所の全面改訂
- ・オーガ、パーカッション、ケーシング回転掘削工法の施工機械を最新情報に改定
- ・工法写真、標準積算例により解りやすく解説
- ・施工条件に対応した新たな岩盤削孔技術事例を追加
- ・施工実績の改定に伴う掘削工法の種類と選定資料の部分改定

● A4版／約250頁（カラー写真入り）

● 価格

一般価格：6,048円（本体5,600円）

会員価格：5,142円（本体4,762円）

※ 送料は一般・会員とも

沖縄県以外 500円

沖縄県 350円(但し県内に限る)

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

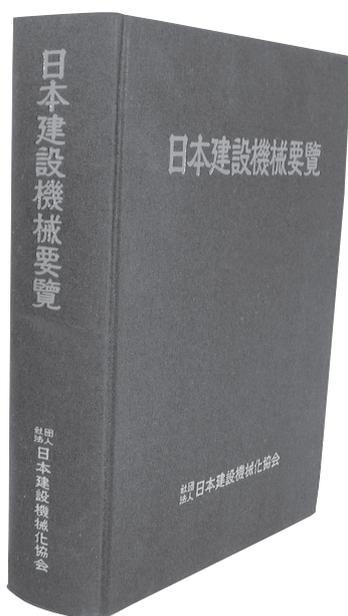


# 2013年版 日本建設機械要覧

## 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。



### 体 裁

B5判、約1,320頁／写真、図面多数／表紙特製

### 価 格

価格は次の通りです（消費税8%含む）

一般価格 52,920円（本体49,000円）

会員価格 44,280円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円となります。

（複数冊の場合別途）

### 特 典

2013年版日本建設機械要覧購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版、2004年版、2007年版及び2010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2013年版を含めると1998年から2012年までの建設機械データが活用いただけます。

### 2013年版 内容目次

- ・ブルドーザおよびスクレーパ
- ・掘削機械
- ・積込機械
- ・運搬機械
- ・クレーン、インクラインおよびウインチ
- ・基礎工事機械
- ・せん孔機械およびブレーカ
- ・トンネル掘削機および設備機械
- ・骨材生産機械
- ・環境保全およびリサイクル機械
- ・コンクリート機械
- ・モータグレーダ、路盤機械および締固め機械
- ・舗装機械
- ・維持修繕・災害対策機械および除雪機械
- ・作業船
- ・高所作業車、エレベータ、リフトアップ工法、横引き工法および新建築生産システム
- ・空気圧縮機、送風機およびポンプ
- ・原動機および発電・変電設備等
- ・建設ロボット、情報化機器、ウォータージェット工法用機器、CSG工法用設備、タイヤ、ワイヤロープ、検査機器等

## ◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

日本建設機械要覧 2013年版	冊
-----------------	---

上記図書を申込み致します。平成 年 月 日

官公庁名 会社名			
所 属			
担当者氏名	印	TEL	
		FAX	
住 所	〒		
送金方法	銀行振込 ・ 現金書留 ・ その他 ( )		
必要事項	見積書 ( ) 通 ・ 請求書 ( ) 通 ・ 納品書 ( ) 通 ( ) 単価に送料を含む、( ) 単価と送料を2段書きにする (該当に○) お願い：指定用紙がある場合は、申込書と共に送付下さい		

### ◆ 申込方法 ◆

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

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

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	TEL 03 (3433) 1501 FAX 03 (3432) 0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 さっけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東北支部	〒980-0802 仙台市青葉区二日町16-1 二日町東急ビル	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北陸支部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中部支部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関西支部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中国支部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四国支部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイティブビル	TEL 087 (821) 8074 FAX 087 (822) 3798
九州支部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30 いわきビル	TEL 092 (436) 3322 FAX 092 (436) 3323

ご記入いただいた個人情報は、お申込図書の配送・支払い確認等の連絡に利用します。また、当協会の新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）送付に利用する場合があります。

（これらの目的以外での利用はいたしません）当協会のプライバシーポリシー（個人情報保護法方針）は、ホームページ（[http://www.jcmanet.or.jp/privacy\\_policy.htm](http://www.jcmanet.or.jp/privacy_policy.htm)）でご覧いただけます。

当協会からのダイレクトメール（DM）送付が不要な方は、下記口欄にチェック印を付けてください。

当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

## ◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内 ◆

会費：年間 9,000円

個人会員は、日本建設機械施工協会の定款に明記されている正式な会員で、本協会の目的に賛同され、建設機械・施工技術に関心のある方であればどなたでも入会頂けます。

### ★個人会員の特典

- 「建設機械施工」を機関誌として毎月お届け致します。(一般購入価格 1冊864円/送料別途)。  
「建設機械施工」では、建設施工や建設機械に関わる最新の技術情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告などのほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。
- 協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入できます。
- シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の建設機械・建設機械施工の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに、会員価格(割引価格)で参加できます。

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非入会下さい!!

## ◆ 一般社団法人 日本建設機械施工協会について ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会は、建設事業の機械化を推進し、国土の開発と経済の発展に寄与することを目的として、昭和25年に設立された公益法人です。国土交通省および経済産業省の指導監督のもと、建設の機械化に係わる各分野において調査・研究、普及・啓蒙活動を行い、建設の機械化や施工の安全、環境問題、情報化施工、規格の標準化案の作成などの事業のほか、災害応急対策の支援等による社会貢献などを行っております。今後の建設分野における技術革新の時代の中で、より先導的な役割を果たし、わが国の発展に寄与してまいります。

### 一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

### ■会員構成

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

### ■主な事業活動

- ・学術研究、技術開発、情報化施工、規格標準化等の各種委員会活動。
- ・建設機械施工技術検定試験の実施。
- ・機関誌「建設機械施工」をはじめ各種技術図書・専門図書の発行。
- ・建設機械と施工技術展示会“CONET”の開催。除雪機械展示会の開催。
- ・シンポジウム、講習会、講演会、見学会等の開催。海外視察団の派遣。 etc.

### ■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙を使用してください。

### 【お問い合わせ・申込書の送付先】

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会個人会員に入会します。

平成 年 月 日

個人会員入会申込書		
ふりがな		生年月日
氏名 (自署)		大正 昭和 平成 年 月 日
機関誌の送付先	A. 勤務先 B. 自宅 (ご希望の送付先に○印で囲んで下さい。) ※「勤務先」に送付の場合は下記(A)の項目に、「自宅」に送付の場合は下記(B)の項目にご記入下さい。	
(A) 勤務先名		
(A) 所属部課名		
(A) 勤務先住所	〒 _____ TEL _____ E-mail _____	
(B) 自宅住所	〒 _____ TEL _____ E-mail _____	
その他 連絡事項		
	平成 年 月より入会	

**【会費について】 年間 9,000円**

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

**【その他ご入会に際しての留意事項】**

- 個人会員は、定款上、本協会の目的に賛同して入会する個人です。○入会手続きは本協会会長宛に入会申込書を提出する必要があります。
- 会費額は総会の決定により変更されることがあります。○次の場合、会員の資格を喪失します: 1.退会届が提出されたとき。2.後見開始又は保佐開始の審判をうけたとき。3.死亡し、又は失踪宣言をうけたとき。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。

**【個人情報の取扱いについて】**

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

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	H26 年 6 月	よくわかる建設機械と損料 2014	5,616	4,752	500
2	H26 年 5 月	平成 26 年度版 建設機械等損料表	7,920	6,787	600
3	H26 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 26 年度版	8,640	7,344	600
4	H26 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 26 年度版	6,048	5,142	500
5	H26 年 3 月	情報化施工デジタルガイドブック【DVD 版】	2,160	1,944	400
6	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	972	864	250
7	H25 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 25 年度版	8,640	7,344	600
8	H25 年 3 月	日本建設機械要覧 2013 年版	52,920	44,280	900
9	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック (改訂 4 版)	6,480	5,502	600
10	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,240		400
11	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,240		250
12	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,160	1,851	400
13	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,376	2,160	400
14	H21 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,085	2,057	500
15	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,024	2,560	500
16	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,086		500
17	H18 年 2 月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,456	2,880	400
18	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,029		250
19	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)	5,142		600
20	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)	3,456		500
21	H15 年 7 月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,620	1,512	400
22	H15 年 6 月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル(案)	1,944		400
23	H15 年 6 月	機械設備点検整備共通仕様書(案)・機械設備点検整備特記仕様書作成要領(案)	1,944		400
24	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
25	H13 年 2 月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック(第 3 版)	6,480	6,048	500
26	H12 年 3 月	移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル(第 2 版)	2,675	2,366	400
27	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,208		600
28	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,320		500
29	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,700		400
30	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル	3,888	3,456	500
31	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,160	1,944	400
32	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	500
33	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	500
34	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	600
35	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】	10,800	9,720	500
36	S 60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック	6,480		500
37		建設機械履歴簿	411		250
38	毎月 25 日	建設機械施工【H25.6 月号より図書名変更】	864	777	400

購入のお申し込みは当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄の「ご購入方法」の「図書購入申込書」をプリントアウトし、必要事項を記入してお申し込みください。

## 目次

### 建設機械 特集

3	巻頭言 土木の仕事	辻 靖三
5	新春特別インタビュー	機関誌編集委員会
10	行政情報 省エネルギー型建設機械の導入促進	浅井 俊行
15	浚渫土砂や津波堆積物の分別・分級・有効利用と処分量の減容化 ソイルセパレータ・マルチ工法	御手洗義夫
20	多軸攪拌方式の地盤改良等の打設精度管理システムの開発 マルチコラムナビ	野口 達也・市川 晃央・荻野 寿一
25	新型アスファルトフィニッシャーの紹介 F45WJ4, F45W4	徳田 憲作
29	ラチスブームホイールクレーン MK650	花本 貴博
33	油圧式杭圧入引抜機, ハット形鋼矢板 900 の仕様拡大 サイレントパイラー F301 により硬質地盤への対応が可能	梶野 浩司
38	ハイブリッド油圧ショベル HB335-1 / HB365-1	西田 安孝・二瓶 哲治
43	新型バッテリー式フォークリフトの開発 FE25-1	大田 章夫・道願 能宏・中澤 慶一
48	ウォータージェットを用いたコンクリート天井の表面処理機	白石 祐彰・石井 敏之・川西 健之
52	福島第一原子力発電所に無人双腕重機 小型双腕重機型ロボット ASTACO-SoRa	小俣 貴之
56	粉塵防止型セメントミルク混合装置の開発 スリーエスマシン	大竹 元志
61	“コンディションモニタリング”による多面的な機械状況把握	石渡 博丈
67	UHF 帯 RFID を用いたレンタル電気機器の管理システム	西山 真哉・小林雄一郎・中川 健
72	無線 LAN 測位技術によるトンネル坑内の建設機械接触災害に対する安全監視システム ICT 建設機械接近警告システム	松田 浩朗・藤本 克郎・瀧間 優作
77	除雪グレーダの最近の動向	井口 慎治
82	建設機械のモンスター達	岡本 直樹
89	論文 車両の通行を想定した伸縮可能な緊急橋の力学特性と簡易評価手法に関する 実験的研究	近広 雄希・有尾 一郎・小野 秀一・中沢 正利
99	交流の広場 IT 活用 高齢化にらむ 除雪ロボット	渡辺 諒
102	交流の広場 機械遺産「南極点到達車 KD604, KD605」と日本の雪上車	白石 和行
109	ずいそう ベルリンの衝撃 2 感	常田 賢一
110	ずいそう ウルルへ	加藤 晃
111	JCMA 報告 「平成 26 年度 建設施工と建設機械シンポジウム」開催報告 優秀論文賞 2 編・論文賞 2 編・優秀ポスター賞 2 編を表彰	企画部
114	JCMA 報告 平成 26 年度建設機械施工技術検定試験結果報告	試験部
116	部会報告 除雪機械の変遷 (その 3) ロータリ除雪車 (3)	機械部会
122	新機種紹介	機関誌編集委員会
125	統計 建設機械市場の現状	機関誌編集委員会
130	統計 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
131	行事一覧 (2014 年 11 月)	
134	編集後記	(江本・石倉)

#### ◇表紙写真説明◇

#### 小型双腕重機型ロボット

写真提供：日立建機株

「ASTACO-SoRa」は原子力発電所の災害対応において  
建屋内作業の支援を目的に、(株)日立パワーソリューションズと共同開発した小型双腕重機型ロボットである。幅 980 mm のコンパクトなボディで狭い通路でも走行できることに加え、アームを 2 本搭載する事により、自由度の高い作業を可能としている。また、アーム先端のツールを交換することにより、広汎な作業に対応できる。遠隔操作においては、運転操作員をサポートする機能を充実させ、高い操作性を実現している。

ンズと共同開発した小型双腕重機型ロボットである。幅 980 mm のコンパクトなボディで狭い通路でも走行できることに加え、アームを 2 本搭載する事により、自由度の高い作業を可能としている。また、アーム先端のツールを交換することにより、広汎な作業に対応できる。遠隔操作においては、運転操作員をサポートする機能を充実させ、高い操作性を実現している。

## 情報化施工により東日本大震災の復興を支援

施工部会情報化施工委員会(委員長: 植木睦央 鹿島建設株式会社東京建築支店機材部)は、情報化施工を通じ災害に強く信頼性の高い復興事業を実現できるように被災3県の施工者や発注者などを支援することとしました。

まずは、一般社団法人日本建設機械

施工協会のサイトに復興支援のためのホームページを立ち上げ、情報化施工に対する疑問や現場での困りごとについての相談に応えていくこととしました。次に、復興事業において情報化施工を取り入れ、自社のレベルアップを図ろうと考える施工者を、被災3県の

中から募り、業務受注後から竣工までをトータルサポートしていくこととされています。

<http://www.jcmanet.or.jp/sekou/hukkou/index.html>

## 第8回 日本建設機械施工協会 研究開発助成

### 1. 対象技術開発等

建設機械又は建設施工(施工に伴う調査を含む)に関する技術開発若しくは調査・試験研究であって、以下のいずれかをその目的として、新規性・必要性・発展性が高いと判断されるものを助成の対象とします。

- ①施工の合理化
- ②施工の品質管理
- ③建設工事における安全対策
- ④建設工事における環境保全
- ⑤災害からの復旧及び防災

⑥社会資本の維持管理・保全技術の向上又は合理化

⑦その他建設機械又は建設施工に関する技術等の向上と普及

### 2. 助成対象者

大学、高等専門学校及びこれらの附属機関、もしくは法人格を有する民間企業等の研究者及び研究グループ

### 3. 公募期間

平成26年8月1日(金)～10月31日(金); 終了

### 4. 助成決定

平成27年1月中旬

### 5. 助成期間

助成決定の翌日～平成28年3月31日

詳細問合せ先:

一般社団法人日本建設機械施工協会 研究開発助成事務局 小櫃

TEL: 03-3433-1501

FAX: 03-3432-0289

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

## 「建設施工における地球温暖化対策の手引き」と 「地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル」のご案内

### 1. 建設施工における地球温暖化対策の手引き

建設施工における地球温暖化問題を理解し、実践するための必携書として建設現場で役立てて頂きたい一冊です。

主な内容:

- 建設機械の運転方法における、CO<sub>2</sub>排出削減のための対策手法や留意事項
- 各工種の標準的な工法におけるCO<sub>2</sub>排出量を算出し、削減対策と対策効果例を掲載

掲載工種: 土工/法面工/擁壁工/基礎工/仮設工(鋼矢板工)/道路舗装/トンネル工/橋梁工(参考資料のみ)

体裁: A4判, 85頁

価格: 一般1,620円(本体1,500円)

会員1,512円(本体1,400円)

送料は一般、会員とも400円

### 2. 地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル

建設機械の省エネ運転のための操作方を、イラストを使いわかりやすく記

載した一冊です。「建設施工における地球温暖化対策の手引き」に準拠。

体裁: B5判, 50頁

価格: 一般・会員とも540円(本体500円), 送料250円

詳細問合せ先:

一般社団法人日本建設機械施工協会

TEL: 03-3433-1501

FAX: 03-3432-0289

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

## 日本建設機械施工協会「個人会員」入会のご案内

個人会員は、日本建設機械施工協会の定款に明記されている正式な会員で、本協会の目的に賛同され、建設機械・施工技術に関心のある方であればどなたでも入会頂けます。

会費: 年間9,000円

★個人会員の特典

○機関誌「建設機械施工」を毎月お届け致します。

本誌では、建設機械・施工技術に関わる最新情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告等のほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。

○協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入できます。

○シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の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、会員価格で参加できます。

お問い合わせ・申込書の送付先

※お申し込みには本誌差込広告ページの申込用紙をご利用ください

一般社団法人日本建設機械施工協会 個人会員係

TEL: (03) 3433-1501

FAX: (03) 3432-0289

[http://www.jcmanet.or.jp](http://www.jcmanet.or.jp/)

## 巻頭言

# 土木の仕事

辻 靖 三



2015年が明けましておめでとうございます。新年を迎えるに当たり、新たな気持ちで一年に期待を込めるものです。

当協会も1950年に社団法人日本建設機械化協会として発足して以来、2008年に一般社団法人日本建設機械施工協会と引き継がれて、本年度で65年目となります。全土に亘る戦災復興から、国民の生活・活動の基盤を営々と造り上げてきて、今日の国土となっています。

また、更に遡ると、去年は土木学会創立100周年で、日本の近代土木の節目でもありました。記念の土木学会誌11月号に曾野綾子氏の寄稿がありました。氏の土木に対する気持ちが素晴らしく表現されています。私の解したことで紹介します。

『古来人間は経験で近隣の人間との争いにも勝たねばならなかったが、同じくらい自然を治めねば、その土地の主になることが出来ないのを知っていたのだろう。人間社会と同じで適切に相手を生かす環境をつくらねば、どんな才能も自然も繁栄しない。今日までの日本を見ても人間社会は矛盾だらけとわかる。生きるためにはなにかを捨て、本当に必要なものから順に選んでいく他はない。そこに人間の英知の苦悩もわかるものだ。現世にはベストもワーストも殆どない。人間が選べる道はベターかワース（「よりいい」か「より悪い」）かのどちらかである。』と、述べ、『国土を整備することは何よりも輝かしいことだ。人は自分の利益を考えるものでもあるが、それだけでは満足しない。他者のために働けることで、初めて満たされるものである。…土木の仕事ほど後に残るものはない。…しかも名前もなく仕事だけを残していくからこそ、その芳香を放つ。土木の仕事を支えるのは、人間の信念と勇気しかない。信念も勇気も、現実には深い人間性にまぶされている。信念は揺らぎ、勇気も傷つくことが始終であろう。しかしそれが人間の証なのだ。』と、土木者にエールを送って頂いています。

日本は成熟社会を創りあげたが、成長期とは異なった様々な課題がでてきているのが今日です。成長の基盤への投資の無駄・不要論が譴責されている間に、大災害を受け、災害国であることを再認識し、形成した資産の効能の持続・更新の分野の重要さが顕在化してきました。しかし、その担い手である建設界の体力が弱体化してきてしまい、特に地方では深刻です。国も方針転換で動き始めましたが、土木界全体での大課題です。曾野氏が評価され、負託されている土木の重要な役割を、これからも綿綿と果たせるジャンルであるとともに、生きがいのある仕事であるものとして、引き続きしていきたいものです。

土木の仕事は、単に工学分野ではなく、経済、社会、環境等の多分野に亘る総合的な見地から、国土計画、地域計画の政策課題を具体化し、具現する役割であると思います。地球に人工物を設ける仕事であるので、それが関わるエリアは、自然環境があり、人々が生活している場です、よく調べ、調和を図り、合意形成し、造り、機能の保持のため長年月に亘り維持管理します。そのライフサイクルの全体が、土木の仕事であり、使命でもあります。しかし、土木資産の充足論、ストック資産の機能維持への傾斜論が出てきています。

日本が持続的に国勢を維持していくには基盤整備をする必要はないのか？既定計画の、道路・鉄道・空港・港湾等の交通施設、ダム・下水道等の水管理施設、防災施設は、整備を進んできてはいるが、それはかなり以前の計画であり、公共事業抑制下で新たな国土計画が出来てきてなかったため、このまま推移していくと、10年後には建設段階のプロジェクトはいか程のものだろうか、大きく危惧される事態になってしまう。果たして日本の国土の整備は造り尽くしたのか、災害に対する強靱な国土となるのか、特に大都市以外の地方では、今後数十年も今のままの基盤で地方創生が出来るのかどうかであります。

土木の仕事は、構想し、調査し、計画を創り、自然・

人間と合意形成し、更に必要な用地を買収するまでの計画段階を経て工事段階になるので、いわば計画段階の成否が、工事段階とその後の維持管理段階の出番の今後の帰趨に繋がります。しかし、計画段階の仕事の主体は行政側であり、それに携わるマンパワーは、これまでの抑制下で著しく機能低下しているように思えます。土木の仕事の全体でのマンパワーの配置は、どうも工事段階に偏重し過ぎていて、最上流の計画段階が著しい担い手不足だと思います。近年の計画段階の仕事は構想力、企画力、調整力等総合的なノウハウを要する仕事です。各地に街が整い、人々が安心して住み、仕事が出来、子供たちが育つ、安定した社会づくりが、地方創生という課題の目指すところだと思います。いまのままの基盤施設で推移していくのではなく、10年20年先の地域づくり、街づくりをプランして、実現方策を考えていく人材が重要です。それは、土木の仕事ではないでしょうか。それを現実に仕上げる工事段階、その機能をずっと果たし続ける維持管理段階と繋がっていく土木の仕事が、曾野氏のいう、国土を整備するという輝かしい、信念と勇気のいる仕事であると思います。

今の工事段階・維持管理段階での仕組みでは、近年、目前の契約行為に行政側もマンパワーの多くを費やしている現状です。行政側での要員の減少傾向もあり、先々の計画段階が機能不全となると、土木全体が不全

になると危惧されます。土木の仕事の役割全体を考えて、産学官のマンパワーの配置、仕組みを再構築する必要があると思います。まず行政側も工事・維持管理段階での契約行為に携わっているマンパワーを、契約を包括化連続化し少なくする、性能規定的な契約の仕組み・業務管理にする、等省力化し、受注者側もそれに対応して広範・総合的な体制を構成して能力・技術を発揮できる仕組みが出来るか等官民全体が一体とならなければ出来ない、仕組みの変更です。バラバラでは持続的発展が望めなくなります。そのなかで、プロジェクト・ファイディングで、世界のトップレベルの土木技術を実施するフィールドを計画に組み込み、実施できることが出来ると、開発した技術を実績を伴って海外展開できる技術として、海外での貢献にも繋がることにもなります。土木技術は場の技術であり、場が整い、そこでの実現が伴う技術です。

国土の基盤整備の使命を負託されている土木に関わる人々が誇りを持って仕事出来て、後世にも強靱な日本の国土を残すことが、新年の夢です。

最後に、本年も、協会の活動、運営に会員の皆様方のご支援、ご協力をお願い致しますとともに、皆様方のご活躍を祈念しまして新年のご挨拶と致します。

—つじ せいぞう 一般社団法人 日本建設機械施工協会会長—

## 新春特別インタビュー

機関誌編集委員会

新春の企画として、インタビューをしたものである。現在建設機械業界で関心の高い、情報化施工、災害対応ロボット、インフラロボットについて、指導的立場におられる立命館大学の建山教授、芝浦工業大学の油田教授にその課題や将来像について語っていただいた。

キーワード：情報化施工、災害対応ロボット、インフラロボット、無人化施工、CIM、人型ロボット

### 1. 情報化施工と建設ロボット

立命館大学教授 建山和由氏

#### 情報化施工の現状と役割

田中 まずこれまでの情報化施工を振り返っての感想からお願いします。

建山 2008年2月、国土交通省に情報化施工推進会議が立ち上がりました。当時、情報化施工はいつきのブームで終わるのか、発展していくのかという岐路に立っていました。そこで、推進戦略を出して様々な取り組みを行った結果、社会的な認知は随分広まって、5年間である一定レベルの目標は達成できたと思っています。一方で、海外の普及のスピードに比べると、日本でももう少し加速的な普及が必要と実感しました。情報化施工導入のメリットを企業側、発注者側が十分に認識できなかったことが普及の課題でしたから、2013年第2期の推進戦略では「使う」レベルから「活かす」取り組みを確実に進めていこうということになりました。

CIM（コンストラクション・インフォメーション・モデリング）との連携も新しい戦略の中には入っています。CIMというのは、調査、計画、設計、施工、維持管理という一連の工程の中で情報を共有しながら、全体として効率的に、あるいはより精緻なインフ

ラの整備をしていこうという発想ですが、情報化施工では、CIMの中でも特に施工部分を中心に情報の高度な使い方を極めていこうという話です。

田中 建設現場で発揮する情報化施工のメリットは何でしょう？

建山 一つは省力化です。今まで5人必要だった仕事が2～3人でできるようになることです。それから、建設の現場は自然相手ですから、予想どおりにはいかないのが当たり前で、現場では不測の事態に迅速かつ的確に対応することが求められます。技術者が、現場での確な判断ができるような仕組みづくりも情報化施工の重要な役割になります。現場の中でより確度が高い精緻な管理を行うことができるようになると、建設施工が1ランク上の技術になっていくのではないかと思います。

また、情報化施工を行う上で女性の活躍は非常に広がるでしょう。例えば3次元のデータづくりなどは女性のほうが向いているかもしれません。また、先日見学させていただいた雲仙普賢岳の現場では、無人化施工の遠隔操作のオペレーター5人の中に女性が2人いました。男性のオペレーターが重機を遠隔操作し、それをサポートするカメラ車を女性が担当していました。後ろが見えない男性のオペレーターに必要な前後左右のカメラ画像を適確に送り、安全を確保する仕事です。

CIMとの連携を考えると情報化施工の範囲は建設現場のほかに、施工と絡めながら、特に維持管理にも広がっていく必要があります。施工管理の情報は維持管理でも使うことができ、それを使って維持管理の計画は合理的につくることが重要です。また、計画との連携では、施工のデータを前のステップである計画に戻すということになりますが、次のプロジェクトの計画



建山 和由（たてやま かずよし）

立命館大学理工学部教授、工学博士。京都大学大学院工学研究科博士後期課程修了。京都大学工学部助手、講師、助教授を経て、2004年より現職。土木工学、建設施工学、地盤工を専門とし、ICTの建設施工への導入による情報化施工や建設ロボットの研究開発と普及に努めている。

に活かされます。問題のある設計なり計画を是正するためにも施工の情報を前の工程にフィードバックしていくことも重要だと思っています。

### 情報化施工の発展要素

**田中** 人材育成についてどのような取り組みをしていますか？

**建山** 情報化施工を社会に出て使う土木の分野の人たちは、実は施工のことを大学であまり習っていません。土木系学科では構造、水理、土質、計画などを教えていますが、施工のことをしっかり教えているところはほとんどありません。ですから多くの学生たちは卒業して、社会に出てきて初めて情報化施工に接するわけです。そこで、今年から協会にお願いしてテキストと授業のためのコンテンツをつくらうと、関係の方々を集まっていたいで今作業を進めているところです。大学の一つの講義は90分授業が15コマあるのですが、15回の授業の間に使ってもらえるようなテキストと動画、パワーポイントをそろえていこうと思っています。情報化施工とは何かを分かってもらえることを目指しています。

**田中** 情報化施工について、どういうイメージをお持ちですか？

**建山** 私は、将来はCIMや建設ロボットなども含めた一体形で、建設施工全体のシステム化が進むと思います。例えば道路工事では、情報をもちろん有効に利用して、かつ、建設ロボットも可能な範囲で使っていて、省力化と工事の精緻化が完璧に行われていく一つの生産システムとして、大きな工場みたいになっていると考えます。それができると国際競争力も出てきて、一つのパッケージとして海外展開ができるようになると思います。

無人化施工は建設ロボットの一つと言えるのかもしれませんが、今は人が介在しているので自立した建設ロボットとは違います。しかし、最近では、情報化施工で開発されたMG、MC技術が無人化施工に導入され、遠隔操作を行うオペレーターをサポートするようになりました。情報化施工のツールも現場で使って、磨いていって、ある程度物になったらまた無人化施工に載せていって、建設ロボットに統合していく。最終的には自立型建設ロボットの機能になっていく。そんなイメージです。

建設分野というのは研究開発費が十分ではありません。一般製造業は全売り上げの4%ぐらいは研究開発費に充てていますが、建設業はたったの0.4%です。これではとても開発経費を賄えませんから、実際に現

場で役に立つ技術として現場プロジェクトの経費の中で開発しています。しかし、逆にそれが強みになって、建設ロボット、MC・MGもそうですし、無人化施工もそうですが、非常に実用性の高い技術になっています。福島原発で無人化施工技術が有効に使われていますが、あれは雲仙普賢岳をはじめ、災害地で無人化施工技術を20年以上営々と磨いてきたから、福島原発事故現場でもすぐに使えたといえます。いざというときに役に立つのはそういう技術だと思います。

### 情報化施工の今後

**田中** 情報化施工の課題は何でしょうか？

**建山** やはり「使う」から「活かす」という話の中で、「活かす」ところの認知を進めることがまず一番大事だと思います。役に立つ、実際に導入して効果があることを感じてもらえること。特に地方の建設業で使ってもらえるようにすることです。建設従事者は今大変です。人がいない、機械がない。けれども、2020年、東京オリンピックが終わったら元に戻ると言われていますが、決してそんなことはないようです。トレンドとして明らかに労働者人口は激減していきます。かつ結構年配の人が多いため、熟練技術者がいなくなります。人的には質も量も足りない時代になってきます。ところが地方のインフラがどんどん劣化してきて、メンテ、更新で工事は絶対に減りません。でも予算はない。予算も人もない中で、地方のインフラを整備していくためには、今のやり方では絶対に無理です。今まで5人かかっていたのを3人でできるようなシステムをつくるのか、本当に工事が必要なところを確実に維持していくとか、現状で必要のないところは手を加えないとか、そういう精緻な管理も必要になってきます。したがって、インフラの情報管理は非常に重要で、そのためには情報化施工が役に立つということを認識してもらうことが何よりも大事なのです。

**田中** 最後に、情報化施工に関してアピールしたいことは何ですか？

**建山** 国が情報化施工を推進しようといろいろ進めています。どちらかというとMCやMGなど、機械の制御技術に特化している話が多いと思います。情報



田中 康順 (たなか やすゆき)  
鹿島道路㈱ 常務執行役員。福岡北九州高速道路公社 理事長、独立行政法人土木研究所 理事、国土交通省総合政策局建設施工企画課長、宮崎県土木部長、九州地方建設局道路部長などを歴任。

化施工というのは、それも一つの機能ですが、不確定要因が多い建設工事の中で、情報を利用してより精緻に管理していくという機能もあります。あるいは、情報化施工は建設に伴う環境負荷を減らしてくれるような機能も持っています。現場での工夫が技術の発展につながっていくので、ICTを導入することによって施工の効率化や合理化が図られるような、そういう現場の工夫があちこちで生まれるような気風ができてくるといいなと思っています。

地方まで含めた小さなプロジェクトでは、結局規格、基準とかマニュアルからなかなか抜けきれなくて、技術開発や工夫が入る余地が少ないと言えます。情報化施工を入れようと思っても、今までの施工管理要領やマニュアルに縛られていては、情報化施工を導入しようとしてもうまくいかないし効果が出ません。情報化施工の導入を前提としてそれが効果を発揮できるように施工管理の方法、あるいは施工方法もすべて

変えていくことも必要です。

この間面白いのを見ました。メンテのロボットで、橋梁の床版を調べていくロボットです。最近ではUAV、ヘリコプターみたいなもので、床版を一個一個写真に撮って調べていくのですが、写真を撮ったときにこの床版がどこの床版かというのを特定しないと行けません。このために、飛行体は自分の今いる位置を特定し、自分との相対位置からどの床版かを特定していきます。しかし、床版のどこかに2次元バーコードか何か目印を付けてそれも一緒に撮れば何番の床版か分かります。そういうことを導入することを前提に施工法や工事のやり方を変えていけば、ICTも、建設ロボットも随分と導入しやすくなると思います。新しいことにどんどんチャレンジし、どう使うかを考えていくべきだと思います。そういう議論を期待しています。

田中 ありがとうございます。

## 2. 建設ロボットの将来

芝浦工業大学教授 油田信一氏

### ロボットの技術について

田中 まず、ロボットに取り組まれることになったきっかけからお願いします。

油田 始まりは35年ほど前に筑波大学に移ったときです。ある先生に誘われて、イギリスで開催されたマイクロマウスという迷路を抜けるロボットの国際大会に参加しようと学生たちと一緒にロボットを作ることになりました。そのとき、ロボットは学生を指導しつつ一緒に研究をしていくのにすごくいいテーマだと気がついたのが、ロボットを研究テーマとしたきっかけでした。

田中 ロボットの定義を聞かせてください。

油田 ロボットのイメージは、人間のような機能を持って、人間に代わって何かしら仕事をする機械です。しかし、ロボットの定義を厳密に定めようとするのは、ほとんど無理です。例えば小学生が牛乳パック

に輪ゴムで割り箸の手を付けたら、それは彼らにとってはロボットです。つまり、定義はそれぞれ違ってよく、どこまでできたらロボットだと言うことはできません。

むしろ、ロボットという言葉は、形容詞だと考えるとしっくりします。たとえば、私は、バックホウは、りっぱなロボットだと考えています。自分自身で動き回れて、「手」で作業ができる操縦型のロボットです。が、もしこれが、もっと複雑な作業を自分で考えてやってくれば、さらに優れたロボットと言えます。人間の形をしているほうが、その形をしていない機械よりもロボットのようですが、ロボットが人間の形をしていないければいけないわけではありません。

田中 ロボットやロボット技術が果たすべき役割は何かでしょうか？

油田 多くの機械は、人にはできないことを実現するところにその存在の意義があります。が、ロボットやロボット技術が目指しているのは、普通の人々が普通にやっていることを機械にもできるようにすることです。したがって、先端的なコンセプトで突っ走るよりも、具体的な問題を解決するために、煩雑なことを丁寧に詰めていくことがロボット技術の特徴となります。この技術は、ロボットと呼ばれる機械だけではなく、例えば自動車の安全システムや、人にとって心地よい温度に自動調節される空調機にまで使われます。私は、ロボット技術は、社会における必要な課題の解



油田 信一 (ゆた しんいち)  
1948年生まれ。1978年より2012年3月まで筑波大学。現在、芝浦工業大学工学部電気工学科教授(特任)のほか、土木研究所招聘研究員、つくば市顧問、次世代無人化施工技術研究組合理事長などを務めている(工学博士)。専門はロボット工学。2012年度には国土交通省の建設ロボット懇談会の座長を務めた。

決のための技術であるべきだと考えています。

**田中** 人間型のロボットはどう考えますか。

**油田** 社会は人のためにつくられているので、社会の中で働くためには、人と同じ形をしていると好都合です。たとえば、エスカレーターを使って、ほかの階に行ける機械をつくるには人間型が便利です。また、人は人とのコミュニケーションには慣れていますが、機械が人のように振る舞ってくれれば、人々にとって機械とのコミュニケーションは楽になります。さらに、急斜面の現場で動く機械をつくろうと思うと、車輪では滑るので、2本足はそれなりに有利です。

しかし、機械に人と同じことをさせるのは、現状の技術ではとても難しく、目的の動作をさせるには、目的指向で機械を設計開発する必要があります。したがって、今後10年間ぐらいの短期レンジで役に立つ、建設やメンテナンスのシステムを考えると、人型にとらわれることはプラスにはならないでしょう。

#### 災害対応ロボットのプロジェクト

**田中** 次に、災害対応ロボットについてお聞きします。

**油田** 災害対応ロボットに注目が集まっている背景の一つは、東日本大震災と福島原発事故です。原発の事故に際して、日本にはロボット技術があるから、ロボットをすぐに使える、と多くの人が期待をしました。が、日本には技術はある筈なのに、すぐに使える機械はほとんどなかった。そして、真っ先に調査に入ったのはアメリカ製のパックボットなどの軍用用のロボットでした。

そこで、今後起こりうる災害に対処できるように、あらかじめ、災害対応のためのロボットについて、技術を整備して、情報を共有し、さらに、使える具体的なシステムを作って準備しておくことを目的として、COCN（産業競争力懇談会）で検討し提言をまとめています。私は、中心になっている東大の浅間先生に誘われて一つのワーキンググループを担当しています。ロボットへの期待は大きいのですが、具体的な働きを想定しない万能ロボットを作ることは不可能です。そこで、ここでは、我が国に発生しうる自然災害や、人工物の事故を想定して、どのような準備が有効かを検討しています。

**田中** 福島では無人化施工の重機も働いています。

**油田** 福島第一原発では、壊れた建屋の周りに放射性濃度の高いガレキが散乱しました。事故後の原発を安定させ、必要な対処作業を進めていくためには、まず、その放射線レベルを下げ、現場までの通路を確保す

ることが必要です。幸い我が国には、雲仙普賢岳以来培われ、その後全国で働いている無人化施工の技術とシステムがありました。そこで、無人化施工の重機を導入し、遠隔操作で高放射性のガレキを撤去する作業が行われました。福島での無人化施工の貢献はとて大きいと考えています。

無人化施工は、ロボットの研究から生まれたものではありません。しかし、遠隔地から機械を操作するという技術はまさしくロボット技術であり、これが大いに役に立ちました。無人化施工は、火山噴火後の土石流への対処という具体的な問題に対して、開発され進歩してきたものです。ロボットというと、つい先端的で汎用性の高い何でもできる機械を期待しがちですが、災害時に実際に役立てるためには、具体性こそ重要です。はじめは低レベルでも、使いながら問題を見つけてこれを解決し徐々に進化を図っていくことにより、しっかりと技術が生まれます。無人化施工の例は、災害対応ロボットを考える際に大いに参考にすべき例だと考えています。

**田中** 災害ロボットに必要な技術にはどのようなものがあるのでしょうか？

**油田** 要素技術としては、センサー技術や環境認識技術が重要です。人が遠隔操作するとしても、良い情報をオペレーターに与えるためには、センサー系の技術が不可欠です。

また、違うレベルでは、ハードウェアとソフトウェアの双方について、拡張性や修正・改良・改造が容易であることが必要で、そのための構造やアーキテクチャが大きな課題です。災害対応ロボットは、あらかじめ詳細に計画された作業のみでなく、臨機応変にいろいろな状況に対応しながらの働きが期待されます。多様な条件下でも有用に働くためには、高機能なことより、確かなことと、頻度の高い使い方にしっかりと対処できることが求められます。現場で使いながら、その経験がシステムの各部の設計にステップ・バイ・ステップでフィードバックされて、多様な環境条件に対処できるよう改良されていくという柔軟な構造が必要です。

#### インフラ維持管理へのロボット技術適用

**田中** インフラロボットがインフラの維持において果たす役割は？

**油田** ロボット技術が果たす役割は、今まで事実上できなかった点検の実現と、コストの削減でしょう。非破壊検査など、検査の技術もちろん必要ですが、ロボット化によって、今まで人が行っていた危険なとこ

ろには行かないで検査や作業ができれば、大いにメリットがあります。私は、このような手が届きにくいところに行く（あるいは、手を伸ばす）ロボットの能力を、アクセス機能と呼んでいます。人が、たとえば高い壁面の検査をするには、安全のための配慮が不可欠です。そのようなところへのアクセス機能を持つロボットを準備することにより、足場の設置を省くことができれば、大きなコスト削減になるでしょう。

**田中** インフラに関するロボット技術の将来像はどんな感じでしょう。

**油田** くり返しになりますが、万能型のロボットの導入を考えることは現実的ではありません。現在、人がやっている、きつい・キタナイ・危険な仕事の部分がある程度代替して、結果としてコストを削減するのがイメージです。

さて、ロボット技術は、どんなところでもしっかり働くことを追求して研究が進められています。しかし、何でもできるロボットを作るのは無理です。むしろ、ロボット技術を有効に使うには、ロボットを生かせるように対象物や環境を変えることも考える必要があります。たとえば、橋に検査用のレールを付加する、あるいは、通信用に無線 LAN をあらかじめ準備するなど。それにより、僅かな手当でも全体としての効率は大きく向上するでしょう。将来像は、社会もインフラも変えつつ、ロボットの技術を活かして、全体として効率よく確実に維持・メンテナンスができるようにしていくことだと思います。

災害対応にせよインフラの維持・メンテナンスにせよ、インフラロボットは数十年のレンジで考える必要があります。現在、ロボットはいわばブームの様相を呈していますが、これを単なるブームで終わらせてはいけません。コツコツ努力を継続していくことこそ大切です。

**田中** フィールドにおける実験の重要性についてはどうお考えでしょう？

**油田** どういう環境で動いて、どういう機能があればいいか、を十分に詰めることができないままに、それ

なりのものをつくらざるを得ないことがフィールドロボット、とくに災害対応ロボットの宿命です。ロボットを求めても、それが働くべき環境や作業の内容をあらかじめハッキリと書き切ることができないのです。と言って、抽象的な表現で何でもできるロボットを目指すと、結果としては、何もできないものにしかならない。具体的な現場での実験や使用経験によって問題がだんだんクリアになっていくので、とにかくフィールド実験や使用経験が重要です。

今回の国交省の、インフラ用ロボットを現場で実証する、模型ではなく現場で働かせてみるという公募はすごくいい試みだと思います。実際、大学等のロボット研究者にとっては、実地のニーズを拾い上げることも、実験する場所を準備することも、容易ではありません。今回のように具体的なフィールドを示し、ここでこう働くものが求められていると言ってもらうのは、フィールドロボットの技術開発のためにはきわめて意義があると感じています。

**田中** 最後に、人材の育成についてお願いします。

**油田** 大学などの研究者には、過去にとらわれない斬新な研究をすることが求められています。しかし、今までの何百年かの間にもいろいろと考え出されてきた知恵や経験を将来に向けて残していくことも大切です。時代ごとに残さなければいけないことが増えているので、要らないものは捨てて、残すべき経験や考え方を分かりやすく整理して、次の世代に伝え、次の人材を育成する。これが大学の重要な役割です。私は、むしろ、大学での研究や新しい問題へのチャレンジは、次世代の人材育成の手段であればよいとも考えています。人材育成も実は技術の維持・メンテナンスであり、キーワードは「維持」なのです。

また、フィールドでの実験は、問題がどこにあるかを理解できる人材を育てる上できわめて大きな役割を果たします。

**田中** なるほど。どうもありがとうございました。

## 行政情報

## 省エネルギー型建設機械の導入促進

浅井 俊行

経済産業省では、省エネルギー型建設機械の導入や古くなった設備の更新を促進するため、「省エネルギー型建設機械導入補助事業」や「生産性向上設備投資促進税制」等の支援策を講じている。建設機械の市場や新たな省エネ技術を踏まえ、支援策の概要並びに今後の方向性についてご紹介する。

キーワード：建設機械、省エネ型建機、ハイブリッド、情報化施工

## 1. はじめに

経済産業省では、建設機械から排出されるCO<sub>2</sub>を抑制するため、環境性能に優れた省エネルギー型建設機械の導入に対して補助を行うことにより、省エネルギー型建設機械の市場活性化や一層の省エネ性能等の向上を支援し、低炭素社会の実現に貢献するため、「省エネルギー型建設機械導入補助事業」を展開している。建設機械市場の現状や省エネ技術等を踏まえ、支援策の概要並びに今後の方向性についてご紹介する。

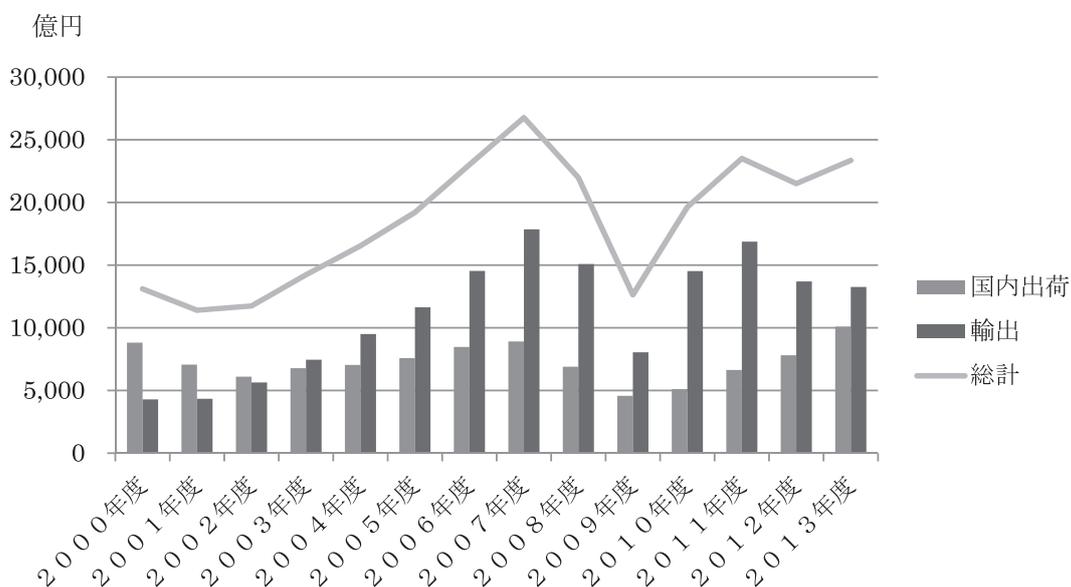
## 2. 建設機械市場の現状

建設機械の市場規模としては、日本企業による総出荷額が約2.3兆円、このうち国内出荷額が約1兆円、

輸出額が約1.3兆円(2013年度)である(図—1)。リーマンショック以降、震災復興需要等で国内需要が増加しているが、現在では、出荷の約6～7割を輸出が占めている。東京オリンピックを控え、今後は、国内需要が更に旺盛になり、全体の出荷額が伸びていくことを期待する。

## 3. 建設機械における省エネ技術

国内における建設業のCO<sub>2</sub>排出量は2012年時点でパルプ紙製造業の約半分であり、食料品製造業や機械産業と同程度となっている。そのような中、省エネルギー性能に優れたハイブリッド建設機械や作業効率化を図ることができ、また省エネルギー効果に資する情報化施工等の技術が普及されつつある。



図—1 建設機械出荷額の推移

(1) ハイブリッド型建設機械

ハイブリッド型建設機械とは、車体旋回の減速時に発生するエネルギーを回収し、エンジン加速時の補助エネルギーとして活用する仕組み等を活用したハイブリッド機構を搭載した建設機械のことである。

現状において、最新の排ガス規制に対応した特殊自動車の普及は極めて限定的である。例えばショベルについては、国内ストックの約9割弱が平成23年規制よりも旧型のものとなっている。また数年前から本格的に市場に導入が始まったハイブリッド建機についても出荷台数は総出荷数の約1.5～2%にとどまるなど、その導入は進んでいないのが現状である(図-2)。一層の省エネルギー社会を実現するためにも、ハイブリッド建機の導入支援策として、「省エネルギー型建設機械導入補助事業」を展開している。

(2) 情報化施工

情報化施工は、ICT(情報通信技術)を活用した新たな施工であり、建設事業の調査・設計・施工・維持管理という一連の建設生産プロセスの中の施工プロセスに情報と相互に連携させることにより、建設生産プロセスに着目し、施工に関する多種多様な情報を他のプロセスの全体の生産性、施工の品質、建設事業に対する信頼性の向上を図る技術の総称であり、国土交通省では、平成25年3月に「情報化施工推進戦略」を策定し、普及促進に向け取り組んでいる。

同戦略内では、以下に関する重点目標を設定し、平成29年度までの対応方針を示しながら、各項目に沿った取り組みを実施する。

(a) 情報化施工に関連するデータの利活用

- (b) 新たに普及を推進する技術・工種の拡大
- (c) 情報化施工の普及の拡大
- (d) 地方公共団体への展開
- (e) 情報化施工に関する教育・教習の充実

経済産業省としても、情報化施工が広く導入されることになれば、作業の効率化を図ることができ、一定程度の省エネ効果に資すると考え、情報化施工機器搭載の建設機械の導入支援策として、「省エネルギー型建設機械導入補助事業」を展開している。

(3) 電気駆動

蓄電装置に充電した電気エネルギーを動力として電動機を駆動(バッテリー式)させる形態や、有線により外部から供給される電力を動力として電動機を駆動(有線式)させる形態がある。これにより、動力を電気にすることで、排出ガスゼロ、CO<sub>2</sub>排出量ゼロのクリーンな作業環境を実現するため、一定程度の省エネ効果に資すると考え、電気駆動式の建設機械の導入支援策として、「省エネルギー型建設機械導入補助事業」を展開している。

4. 各種支援策について

新たな技術を搭載した建設機械の積極的な導入、生産設備等の入れ替え等を促進し、省エネルギー効果に資する取り組みとして、経済産業省では、「省エネルギー型建設機械導入補助事業」、「生産性設備投資促進税制」に取り組んでいる。また、「排出ガス規制新基準に適合した特定特殊自動車に係る軽減措置(固定資産税)」の関連施策についても紹介する。

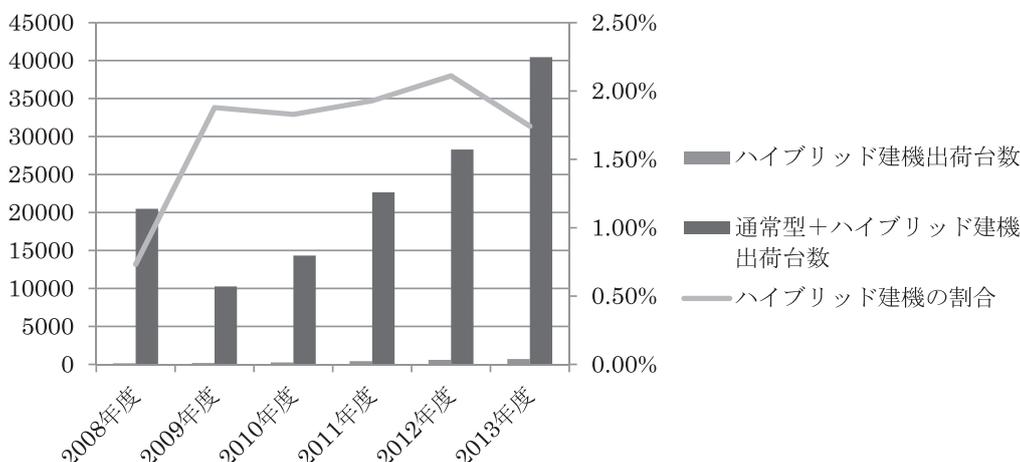


図-2 ハイブリッド建設機械導入の現状  
(出所) 日本建設機械工業会調べより経済産業省作成

(1) 平成 26 年度省エネルギー型建設機械導入補助事業（予算額：18 億円）

(a) 事業概要

経済産業省では、平成 26 年度予算において、国土交通省と連携して、ハイブリッド機構、情報化施行等の省エネルギー技術を搭載する建設機械を対象に「省エネルギー型建設機械導入補助事業」を展開している。建設事業者等が省エネルギー型建設機械を導入する際に必要な経費の一部を補助することにより、建設現場等で使用される省エネルギー型建設機械の普及促進、市場活性化及び一層の省エネルギー性能の向上等を支援し、低炭素社会の実現に資することを目的としている。

(b) 対象機種

補助の対象となる建設機械は、一定水準以上の燃費性能とオフロード法排出ガス規制（2011、2014 年）を満足する建設機械（油圧ショベル、ブルドーザ、ホイールローダー）であって、ハイブリッド機構、情報化施工機器、電動機駆動等の省エネルギー技術を搭載する建設機械を対象としている。現在、油圧ショベル 279 機種、ブルドーザ 100 機種が対象機種として認定している（平成 26 年 9 月末現在）（図-3）。

(c) 補助金額

補助金額は、以下による計算方法を基礎とする。  
 （省エネルギー型建設機械本体の購入価格 - 基準額）  
 × 補助率（2/3）

※上限は 300 万円／台

省エネルギー型建設機械を対象としていることから、基準額には、対象となる機種のベース車両価格に省エネ技術に係るコスト回収額分を上乗せすることと

し、補助金額を算定することとする。

(d) 公募期間

平成 26 年 6 月 6 日(金)から平成 27 年 3 月 9 日(月)  
 ※予算がなくなり次第、公募終了。

(e) 申請の流れ

補助対象車両を購入して引渡しを受けた事業者が、代金全額を支払った後に、原則として手続き代行者を通じて交付申請を行うことから始まる。その後、センターにおいて審査を行い、補助に該当する車両については補助金額を算定し、補助金の交付を決定する（図-4）。

(2) 生産性向上設備投資促進税制

質の高い設備投資の促進によって事業者の生産性向上を図り、もって我が国経済の発展を図るため、「先端設備」や「生産ラインやオペレーションの改善に資する設備」を導入する際の税制措置を新設。（全体スキーム：図-5）

(a) 対象設備：「機械装置」及び一定の「工具」「器具備品」「建物」「建物附属設備」「ソフトウェア」のうち、①最新モデル、②生産性向上（年平均 1%以上）を全て満たすもの

(b) (a) 要件の確認者：工業会等

(c) その他満たすべき要件：

- ・生産等設備を構成するものであること
- ・最低取得価額要件を満たしていること
- ・国内への投資であること
- ・中古資産・貸付資産でないこと

(d) 対象者：青色申告をしている法人・個人（対象業種に制限はない）

省エネ技術 機種	ハイブリッド	ハイブリッド + 情報化施工	情報化施工	電動機駆動	電動機駆動 + 情報化施工	合計
油圧ショベル	14	16	244	5	0	279
ブルドーザ	0	0	86	2	12	100
合計	14	16	330	7	12	379

図-3 対象機種種数一覧

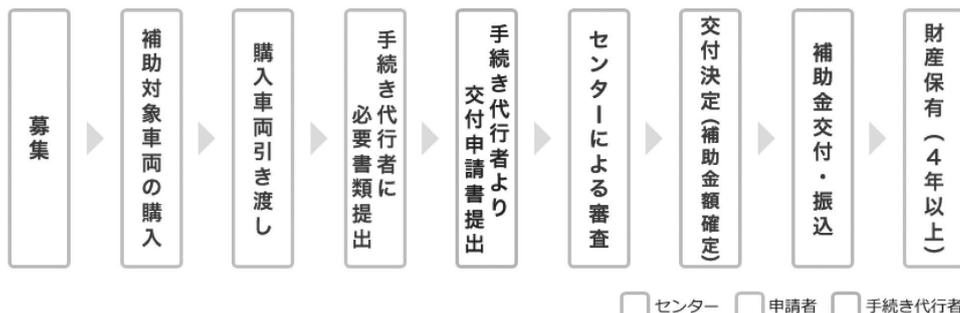
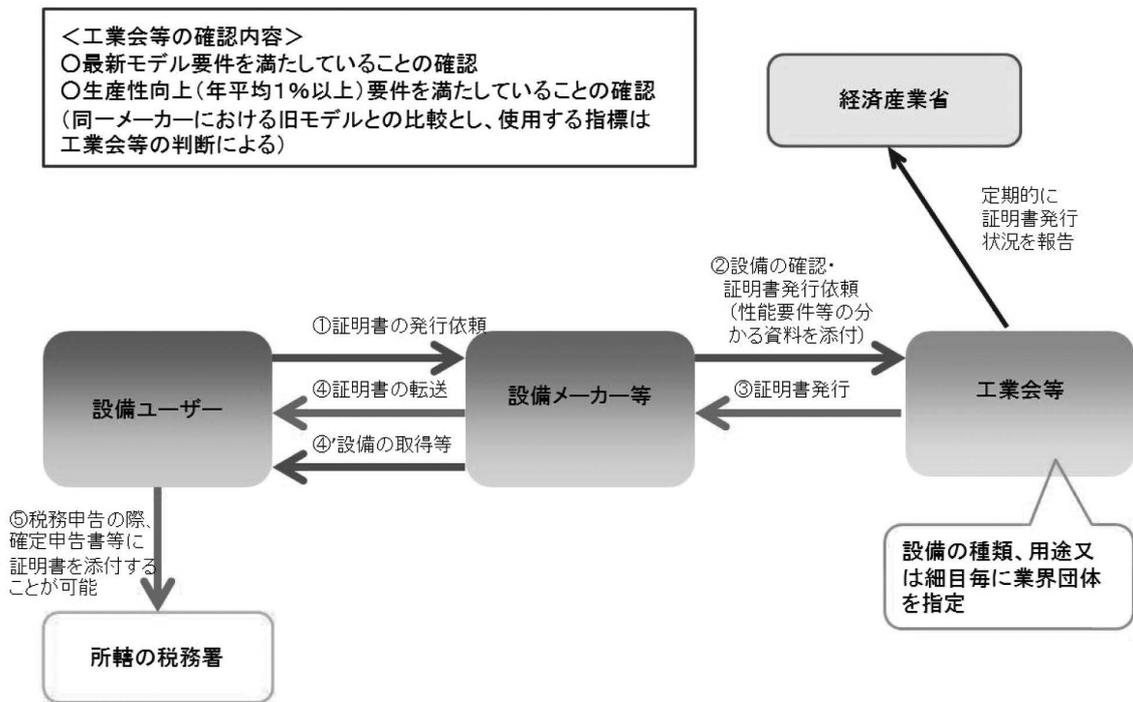


図-4 申請の流れ



図一五 生産性設備投資促進税制全体スキーム

(e) 税制措置：

- ・即時償却と税額控除 ※(5%。ただし、建物・構築物は3%)の選択制  
 期間：平成26年1月20日～平成28年3月31日
- ・特別償却(50%。ただし、建物・構築物は25%)と税額控除  
 ※(4%。ただし、建物・構築物は2%)の選択制  
 期間：平成28年4月1日～平成29年3月31日

(3) 排出ガス規制新基準に適合した特定特殊自動車に係る軽減措置(固定資産税)

特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律(オフロード法)に基づく平成26年基準適合車を新車規制適用日より先行して購入した者について、購入後3年間固定資産税の課税標準を取得価格の2分の1に減額する。

(対象期間)

- エンジン定格出力19kW以上 56kW未満：平成28年9月30日まで
- エンジン定格出力56kW以上 560kW未満：平成27年9月30日まで

5. 省エネルギー型建設機械の更なる導入促進に向けて

(1) 省エネルギー型建設機械の車両価格低減による市場への普及促進

通常の建設機械の導入価格と比較し、省エネ型建設機械(コスト回収額を含む)の導入価格が同水準になれば、より加速的に普及していくと考えられる。導入補助事業により、イニシャルコストの低減を図る一方、長期的な目標として、導入価格を通常の建設機械の価格と同水準にすることを政策目標としている。

(2) 公共工事における事業者選定に係るインセンティブ

導入補助事業のみならず、省エネルギー型建設機械を導入しやすい環境を構築することも普及拡大に向けた課題となる。そのため、公共工事における事業者選定の際のインセンティブ付与のあり方など、建設機械需要に大きな影響力を持つ公共分野における活用の促進策もハイブリッド型建設機械や情報化施工搭載機械の本格的な普及促進に向けて、有効な手段であると考えられ、引き続き検討を進めることが必要である。

(3) 環境技術、省エネ技術開発の促進

オフロード法に基づく排ガス規制の段階的な強化については、平成18年規制の経過措置終了から平成26年規制の開始までの期間が、主要型式において1年半

～2年と短く、製造事業者にとってはきわめて短期間で複数回に亘る大幅なエンジン及び車体の設計変更が求められることとなっている。

こうした状況下においても、環境・省エネ技術の国際競争力を維持・強化するため、より一層の関連技術開発を促進し、新たなイノベーションを生み出すことが必要になると考えられる。そのため、産官学で密接に連携しつつ、技術開発における課題の整理やその促進のための方策について検討を進めることが重要である。

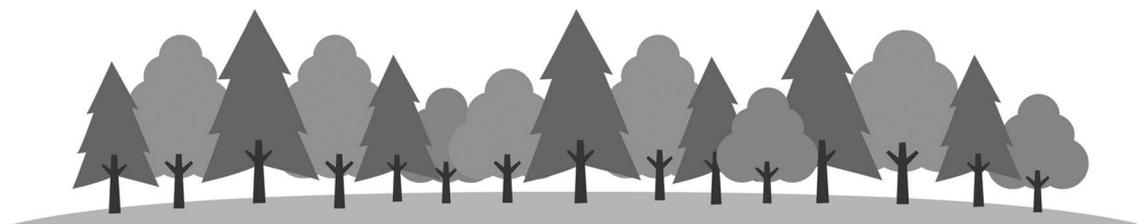
## 6. おわりに

今回、建設機械の市場や省エネ技術等を踏まえながら、経済産業省の施策を中心に紹介させていただいた。経済産業省としても、より多くの事業者の皆様に各種支援策をご活用いただき、省エネ効果の優れた、また作業効率化を図ることができる建設機械の導入を推進していきたいと考えている。

JCMA

### [筆者紹介]

浅井 俊行 (あさい としゆき)  
経済産業省  
製造産業局産業機械課  
係長



# 浚渫土砂や津波堆積物の 分別・分級・有効利用と処分量の減容化

## ソイルセパレータ・マルチ工法

御手洗 義 夫

近年の我が国では、浚渫土砂の処分場容量が逼迫しており、かつ建処分場を新たに建設することも難しい状況にあることから、浚渫土砂の有効利用や減容化が求められている。「ソイルセパレータ・マルチ工法」(以下「本工法」という)は、砂質系の浚渫土砂から良質の砂礫やシルトを取り出して有効利用し、処分量を減容化することを目的として開発した工法である。また本工法をベースとして、東日本大震災で大量発生した津波堆積物の処理に適用を拡大し、ごみやがれき類をほぼ完全に分別・除去することで処分量の減容化を図り、高品質で多用途な土質材料を復興用資材として有効利用するシステムを構築した。

キーワード：分級、浚渫土砂、津波堆積物、減容化、有効利用

### 1. はじめに

我が国の港湾地域では、航路や泊地の増深や拡幅や維持などによって、年間約 2,000 万  $m^3$  という大量の浚渫土砂が発生している。土質別にみると、2008 年度の統計では、浚渫土砂の内、粘性土が全体の 62%、砂質土が 33%、中間度が 4% および礫・岩盤が 1% となっている<sup>1)</sup>。砂質土は全体の 1/3 を占めているが、図 1 に示すように、浚渫土砂の内、養浜への利用が 2% であることから、細粒分を殆ど含まない良質な砂質土の割合は非常に低いものと推測される。

砂質土は、シルト分以下の細粒分含有率が概ね 15~20% を超えると、少量の加水で、軟弱で水はけが悪い状態を呈するようになる。したがって、浚渫土砂の内、“砂質土” に分類されるものの殆どは、浚渫直後に運搬や転圧が困難なものといえる。これらは、一般的には石灰やセメント処理を施すか、無処理の状態

で埋立処分されている。一方で近年、埋立地や土砂処分場の容量は逼迫しており、浚渫土砂の有効利用や減容化が求められている。このような背景から、砂質系の浚渫土砂から良質な土砂を抽出、有効利用し、処分量を減容化する目的で開発したのが「本工法」である。

また東日本大震災では、津波により海から運ばれた土砂が多様なごみやがれきと混在し、沿岸部に大量に残され、1 千万トン以上の“津波堆積物”となった。そこで、本工法に改良を加え、津波堆積物から細かなごみやがれきまでをほぼ完全に除去した土質材料を抽出し、高品質で多用途な復興資材を供給できるシステムを構築した。本文は、本工法の説明を行うとともに、浚渫土砂および津波堆積物の処理の実績を示したものである。

### 2. 本工法の概要

#### (1) 本工法の構成

本工法は、砂質系の浚渫土砂に加水して、粒度ごとに分級・抽出し、残った泥水を連続的に処理するものであり、次に示す 3 つの主要技術から構成されている。

◆湿式分級処理技術：“湿式分級”とは、土砂に加水、攪拌して分級する技術であり、主に攪拌槽、サンドポンプ、遠心分離装置、振動フルイから構成される。加水をすることで、ごみや障害物、砂礫、シルトに付着した細粒分を分離・除去できる点に特徴がある。

◆泥水の凝集沈殿処理技術：シルト以上の粒子を分級、抽出した後の泥水は、凝集沈殿処理を行う。本技

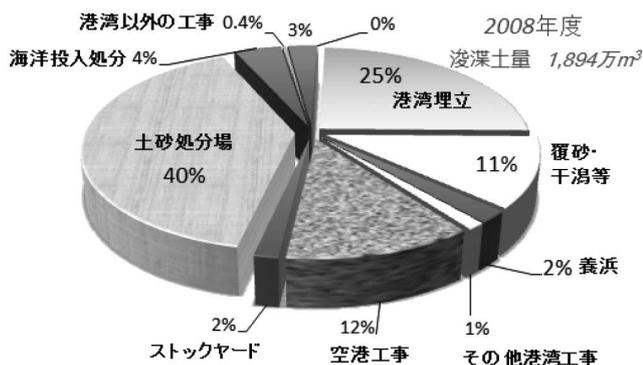


図 1 浚渫土砂の処分方法 (2008 年度)<sup>1)</sup>

術は、泥水中の土粒子を凝集沈殿剤でフロック化し、固液分離するもので、薬剤添加・攪拌装置および脱水ボックス（写真一）から構成される。

◆**脱水処理技術**：脱水処理は、凝集沈殿処理したフロックからさらに水分を抜く技術であり、必要とする脱水レベル（減容化レベル）やコストに応じていくつかの方法が選択できる。



写真一 脱水ボックス

(2) 処理フロー

図一に処理フロー図、写真二に全景写真を示す。本工法では、図一に示すように、大きく分けて5段階の処理を連続的に行う。

①1次・2次処理（大きな障害物の除去）

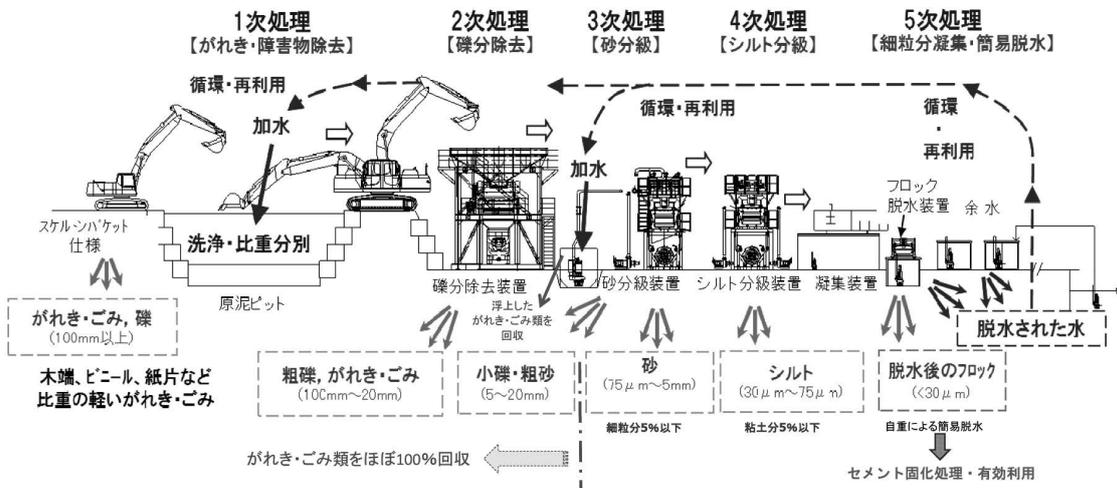
ここではまず、スケルトンバケットバックホウや振動フルイを用いて、大きな障害物（大きな礫、ごみ、がれき類）の除去を行う。

②3次・4次処理（礫分、砂分、シルト分の分級）

ここでは、土砂の加水・解泥・攪拌装置（槽）から、ポンプ送泥し、遠心分離装置と振動フルイにて、粒度ごとに段階的に分級を行う（写真三）。各段階の分級点（土粒子寸法）の設定はある幅を持っており、処理対象土砂の粒度構成や分級後の要求品質に応じてある程度変更可能である点に特徴がある。

③5次処理（泥水処理）

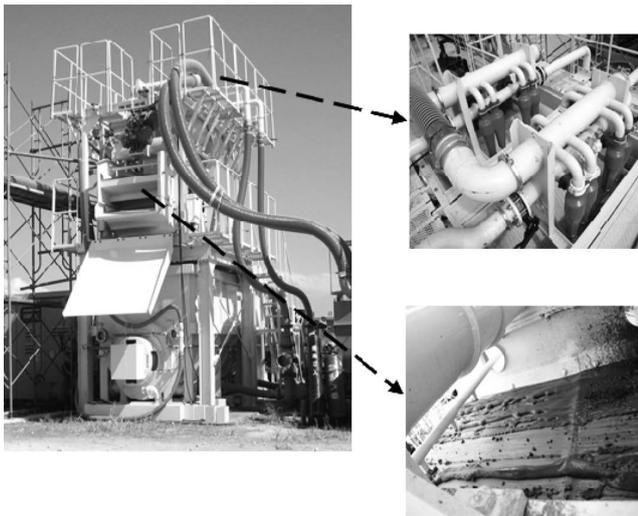
次に、粘土分を含んだ泥水は、凝集沈殿、固液分離および脱水処理を行う。泥水に凝集沈殿材を添加・攪拌後は、脱水ボックス（写真一）で連続的に固液分離した後に、コストや用途、処分方法などに応じた方法を選択して脱水処理を行う。脱水処理方法として



図一 本工法による処理フローの例



写真二 システム全景（60～80 m<sup>3</sup>/時間級ユニット）



写真—3 シルト分級装置（左：全景，分離装置，右下：振動フルイ）

は、天日乾燥、自重や盛土による圧密、機械による高レベル脱水などがあげられる。脱水時に発生する余水は、加水用の水として循環・再利用するため、最終的な余水処理量が非常に少ないという点にも特徴がある。

### (3) 処理能力および土砂の適用範囲

処理能力は、処理前の土砂ベースで  $60 \sim 80 \text{ m}^3/(\text{時間} \cdot \text{ユニット})$  である。この他に、主なパーツのほとんどを市販品やリース品とした、能力  $20 \sim 30 \text{ m}^3/$  時間の小型ユニットも準備可能である。

処理対象土砂の細粒分含有率が高い場合は、加水量が増え、さらに凝集沈殿や脱水に時間を要するため能力低下とコスト上昇につながる。したがって、処理対象の土砂は、シルト分以下の細粒分含有率が40%程度までを目安としている。

### (4) 浚渫土砂の減容化率

ここで示す“減容化率”とは、浚渫した土砂の体積に対して、有効利用できる土砂量を差し引いて、最終処分する分の体積を百分率(%)で示した値である。

脱水フロックを自重や盛土による圧密を行う場合は文献<sup>2)</sup>に事例を示している。文献<sup>2)</sup>では、現場にピットを作成して上下に水平ドレーン材を格子状に配置して70 cm厚さの脱水フロックを投入し、1 mの载荷盛土(3日間で施工)を行っている。その結果、フロック体積は、载荷10日後に60%、1か月後には50%に減少した結果が示されている。これを処理前の土砂からの減容化率に換算すると、1か月後で約44%になる。この事例は、処理対象の土砂の細粒分含有率  $F_c$  が40%と比較的高い状態のケースを対象にしたもの

であるが、これらの結果から、仮に  $F_c = 30\%$  の土砂を対象とした場合、自重+盛土1 mの荷重によって減容率は35~40%になると試算される。ちなみに、脱水フロックを機械脱水によって脱水ケーキにする場合、減容化率は20%程度になると予測されるが、その処理コスト(直工費)は、自重+1 m盛土による方法の3倍以上であり、費用対効果で脱水処理方法を選択することになる。

### (5) 津波堆積物処理への適用拡大

既に述べたように、本工法は当初、砂質系の浚渫土砂を対象として開発したものであるが、東日本大震災後に、“津波堆積物”に適用を広げるため、以下のような改良や工夫を行った。

津波堆積物には多種多様なごみやがれきが含まれているため、図—2の3次処理で加水・攪拌する際に、数ミリ以下の細かいごみやがれきを分別する工程を付加した。細かいごみやがれきの多くは木片、繊維、プラスチック、ビニール類など比較的比重の軽いものである。そのため、加水・攪拌時に泥水(比重1.2~1.4程度)との比重差で浮遊、浮上するので、それらを丁寧に回収する経路を作ることで、砂礫やシルトから細かいごみやがれきのほとんどを分別することを可能とした(写真—4, 5)。また、本工法は元来、浚渫土砂の処分量の減容化を目的としたものであり、泥水処理



写真—4 攪拌槽：ごみの比重分別



写真—5 回収された細かいごみ・がれき類

後の凝集沈殿物は効率よく脱水・減容化する方法が採られる。それに対して被災地では、復興資材として大量の土砂を必要していることから、凝集沈殿物を簡易な脱水として体積減少をできる限り抑え、有効利用可能な土砂量を確保する方法を採用した。

### 3. 実施例

#### (1) 浚渫土砂の処理事例<sup>3)</sup>

ここで示す事例は、平成 23 年に大分県中津港にて、約 1,200 m<sup>3</sup> の浚渫土砂を能力：60～80 m<sup>3</sup>/時間級のユニットを使用して行ったものである。写真—6 に処理前の浚渫土砂、写真—7 に処理後の砂礫の仮置き状況を示す。図—3 は、処理前後の土砂の粒径加積曲線の一例である。対象土砂は細粒分 60% の粘性土であるが、処理後の分級砂の細粒分は約 8% と非常に高品質なものが得られている。またこの現場では、シルト分級装置での分級点を 30 μm と設定（泥水から 30 μm 以上の細粒分を回収）した。図—3 に示すように、泥水中の 30 μm 以上の土粒子の含有率は約 3% であり、目標通りにシルト分が回収されていることが確認できる。

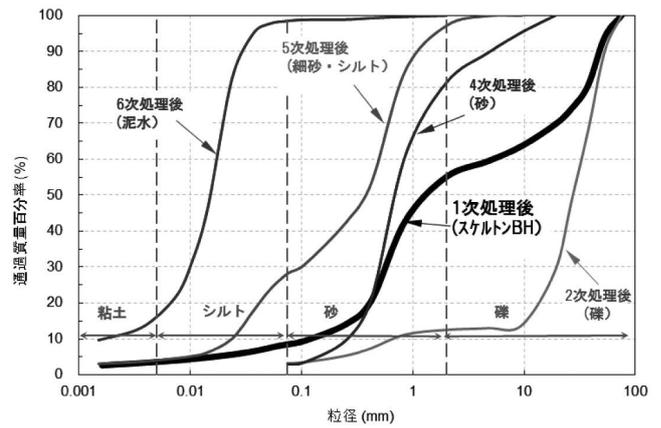
なお、本現場では泥水の凝集沈殿物は、埋め立て地の面積や利用状況から、最も低コストな方法として、固液分離後に埋め立て地表面に薄層で撒きだして天日



写真—6 処理前の浚渫土砂（細粒分約 60%）



写真—7 分級処理後の砂礫の仮置き状況

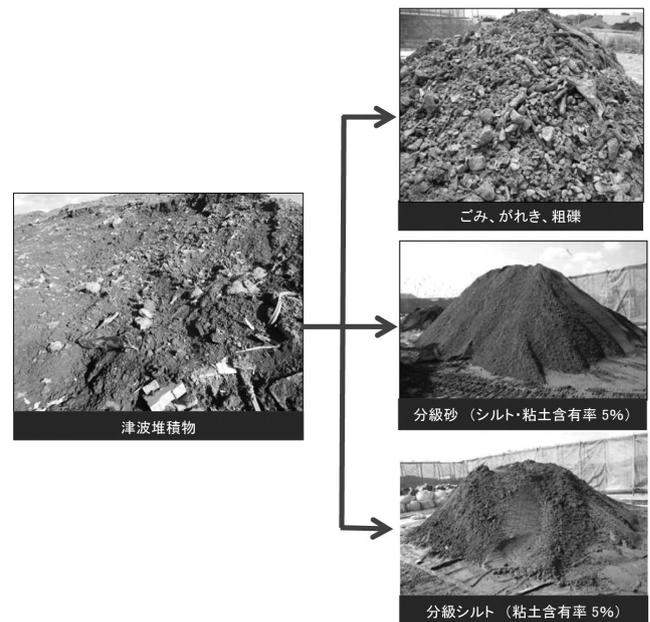


図—3 処理前後の粒径加積曲線の一例（津波堆積物）

乾燥させる方法を採用した。

#### (2) 津波堆積物の処理事例<sup>4), 5)</sup>

ここで示す事例は、平成 24 年に宮城県気仙沼市にて、350 m<sup>3</sup> の津波堆積物を対象として、能力 20 m<sup>3</sup>/時間の小型ユニットを用いて行ったものである。なお当事例は、国土交通省の「平成 23 年度建設技術研究開発助成制度（震災対応型技術開発公募）」の研究課題に採択され、行った現場実証実験の結果の一部である。津波堆積物は、宮城県が仮置き・管理していたものを借用したもので、がれき・ごみの体積含有率が約 10%、土砂部分の細粒分含有率が約 10% のものであった。写真—8 に分級前後の状態を示すが、処理前の津波堆積物には、ごみやがれきが混入しており、このままの状態では一般的な土木材料として使用できないものであることがわかる。なお当現場では、民間用地を借用したことから、外部から搬入した土砂から発生



写真—8 津波堆積物（左）と分級後（右）

する泥水を用地内に浸透させないことが要求され、一次処理の加水用ピットを設置できなかった。そのため、3次処理からの加水処理となった。また泥水の凝集沈殿物は、袋詰めとして自重による簡易脱水を採用し、体積減少を抑える方法とした。

図—3に分級処理前後での各試料の粒径加積曲線の一例を示す。処理後の各試料は粒径が揃っており、段階ごとによく分級されているのが確認できる。特に3次処理後の小礫・砂（粒径5～20mm程度）は、シルト分以下が5%程度であり、無筋コンクリート用骨材などとしても十分に使用可能な、高品質で多用途な建設資材になっている。

泥水の凝集沈殿物は、袋詰めと自重圧密による簡易な脱水とし、体積減少を抑える方法とした。簡易脱水したフロックは、放置期間0.5日から1.0日で含水比が約150%となり、セメントを100～150kg/m<sup>3</sup>程度添加することで、翌日には搬出可能でかつ、盛土材料などとして有効利用可能であることを室内配合試験で確認した。

表—1に処理前後の土砂量の収支を示す。350m<sup>3</sup>の津波堆積土砂を処理した結果、有効利用可能な土砂量は約350m<sup>3</sup>と、処理前と同量の復興資材が得られる結果となった。5次処理において、凝集フロックの処理を簡易脱水として体積減少を極力抑えた効果が表れた結果といえる。

表—1 処理前後の土量収支（津波堆積物）

処理前:津波堆積物		350 (m <sup>3</sup> )		
処理後		(m <sup>3</sup> )	小計	区分
1次	がれき・ごみ	30	80	廃棄処分
2次	礫・がれき・ごみ	50		
3次	小礫・砂	200	350	有効利用
4次	細砂・シルト	50		
5次	脱水フロック	100		

#### 4. おわりに

昨今の浚渫土砂の処分地容量は逼迫している現状を鑑みると、本技術が今後活用されることが望まれる。また浚渫土砂や津波堆積物の他には、低レベル汚染土壌の減容化や、昨今の豪雨被害で発生する土砂や、ダム湖本体やダム湖から放流した土砂の堆積の問題など、適用性を拡大できる可能性があると考えている。

#### 謝 辞

最後に、本稿には「平成23年度 補正建設技術開発助成制度 震災対応公募：課題番号8」で得られた成果を含んでいます。また、本技術は第15回国土技術開発賞最優秀賞（国土交通大臣表彰）を頂いたものです。合せて、関係された方々に心より感謝申し上げます。

JICMA

#### 《参考文献》

- 1) 国土交通省港湾局：平成21年度土壌環境に配慮した浚渫土砂活用方策に関する検討業務報告書、平成22年3月。
- 2) 居場博之・御手洗義夫・西田浩太：ソイルセパレータ・マルチ工法における細粒分の効率的な脱水方法の検討、第68回土木学会年次学術講演会、Ⅳ-013,pp.691～692,2013。
- 3) 居場博之・西田浩太・池田秀作・三宅良二・國武洋臣・竹口はや人：土砂分級システム「改良型ソイルセパレータ工法」の開発と浚渫土砂への適用結果、第67回土木学会年次学術講演会、Ⅲ-013,pp.691～692,2012。
- 4) 御手洗義夫：津波堆積物からのがれき分別と土砂分級による良質な建設材料の有効利用、建設リサイクル、2012.秋号、Vol.61, pp.7-11,2012。
- 5) 居場博之・御手洗義夫：ソイルセパレータ・マルチ工法を用いた津波堆積物の有効利用技術、地盤工学会誌、Vol.61, No.7, Ser.No.666, PP.32-33,2013。

#### 【筆者紹介】

御手洗 義夫（みたらい よしお）  
 東亜建設工業(株)  
 技術研究開発センター  
 副センター長 兼 地盤・防災グループリーダー



# 多軸攪拌方式の地盤改良等の 打設精度管理システムの開発

## マルチコラムナビ

野口達也・市川晃央・荻野寿一

ソイルセメント柱列壁工法（SMW工法）や深層混合処理工法（DCM工法）等の多軸攪拌方式の地盤改良や場所打ち杭の施工において、打設精度を高度に管理する「マルチコラムナビ」（以下「本システム」という）を開発した。本システムは、地盤改良のロッドや場所打ち杭のケーシングを対象に、中心軸を3次元座標によってリアルタイムに管理する情報化施工技术である。3次元座標による杭芯管理は、タブレットPCを用いて行うことで、ロッドやケーシングの傾斜や平面位置を定量的に把握することができる。本システムを実際のプロジェクトに適用して、出来形管理の有効性を確認することができた。本稿では、システムの概要とプロジェクトの適用事例について紹介する。

キーワード：深層混合処理工，場所打ち杭工，止水壁，打設精度管理，情報化施工

### 1. はじめに

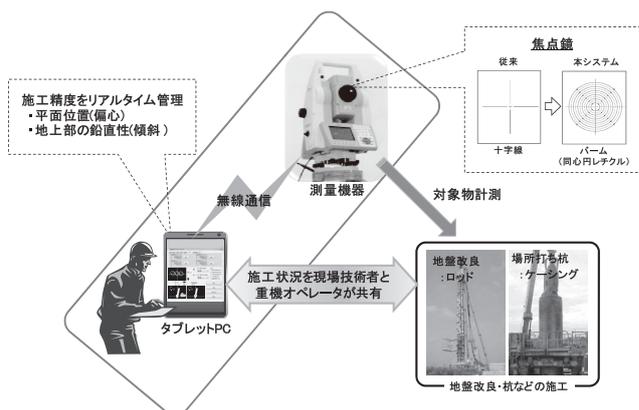
地盤改良工事におけるロッドや場所打ち杭工事におけるケーシングの杭芯管理について、従来技術では、予め測量で求めた杭芯に、ロッド（多軸攪拌方式の地盤改良の場合）やケーシング（場所打ち杭の場合）をセットして、ロッドやケーシングの鉛直性を2方向からトランシット（測量機器）で目視確認して、重機オペレータと合図を取り合いながら傾斜を調整している。施工中においても、トランシットで鉛直性を確認する方法が一般的であり、杭芯セットから施工中にかけてロッドやケーシングの傾斜や平面位置を定量的に管理することは難しかった。

そこで、打設精度を高度に管理する本システムを新たに開発した。本システムは、同心円の中心で3次元座標を捉える専用の測量機器とタブレットPCを無線接続することにより構成された、ロッドやケーシングを正しい位置へ誘導するナビゲーションシステムである。このシステムを使用することにより、中心軸を3次元座標によって定量的に管理することが可能になる。そのため、施工精度の向上と効率的な施工管理が期待できる。

### 2. 本システムの概要

#### (1) 概要

本システムの概要図を図一1に示す。本システム



図一1 システムの概要図

では、専用の測量機器を使用して、3次元座標によって対象物を計測する。専用の測量機器は、「Baum Station」<sup>1)</sup>（以下、バームステーション）を活用した。この測量機器は、従来の焦点鏡（十字線）に同心円状（サークル）の目盛りを加えた焦点鏡「バーム」を内蔵している。本システムの場合、この測量機器を使用して、地盤改良のロッドや場所打ち杭のケーシングにサークルの両端を合わせて、中心（表面）を計測する。これにより、対象物（円柱形）の中心軸を確定することができる。計測方法を図一2に示す（図中は、多軸ロッド管理の場合）。

また、従来のトランシットを用いた施工管理では、2方向から鉛直性の確認を行っている。この測量機器では、ノンプリズムかつ3次元座標で測定できるため、杭打設位置に限らず、1台の使用で定点からの測

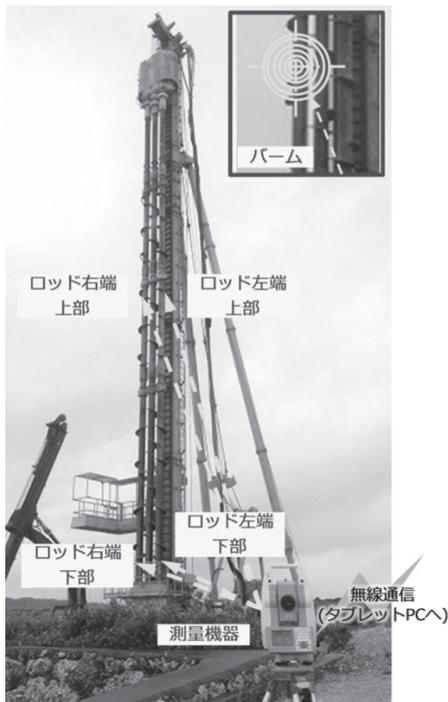


図-2 計測方法

定が可能になる。これにより、現場での作業が効率的に行えるようになる。

さらに、杭芯セットから施工中にかけての打設精度をリアルタイムに把握できるように、現場技術者と重機オペレータが施工データをタブレット PC によって共有できる手法を構築した。これは、ロッドやケーシングの中心を計測した後、測量機器と無線接続されたタブレット PC に計測座標を読み込み、タブレット PC 内のソフトウェアに予め登録している設計座標との差を瞬時に計算して、設計座標上までの補正量をナビゲートする。タブレット PC は、ポータブルタイプで持ち運びが容易なため、現場での管理に適している。また、早期に施工精度を把握することで、ロッドやケーシングの傾斜や偏心を改善することができ、従来よりも施工精度を向上させることが可能になる。な

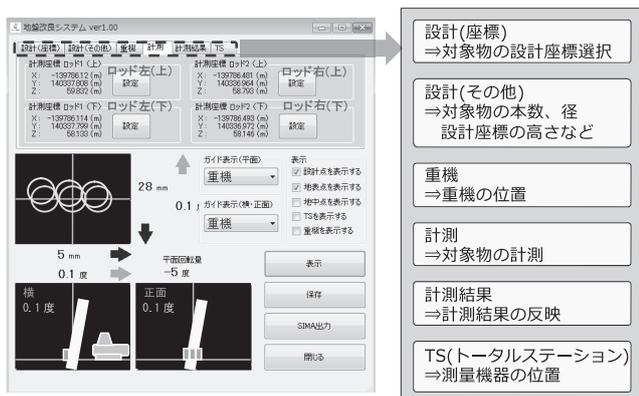


図-3 システム表示内容

お、タブレット PC 上では、過去の計測結果についても確認することが可能である。システムの表示画面を図-3 に示す (図中は、多軸ロッド管理の場合)。

(2) 管理手法

本システムを使用する際の主な管理内容を以下に示す。また、管理フローを図-4 に示す。

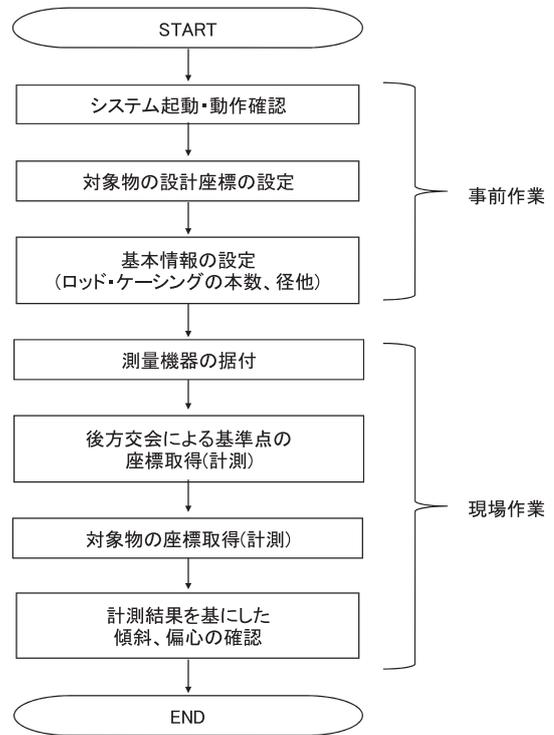


図-4 管理フロー

(a) 事前作業

- ①システムの起動及び動作確認
- ②設計座標の設定

計測対象物の設計座標を予めシステムに登録する。設計座標の一覧から計測対象とする点番号(杭番)を選択して設定する。

- ③基本情報(各種パラメータ)の設定

ロッドやケーシングの仕様(本数、径など)、設計座標の高さなどを設定する。

(b) 現場作業

- ①測量機器の据付

基準点(後方交会用)と対象物の見通しが良い位置に測量機器を据え付ける。

- ②後方交会による基準点の座標取得

- ③対象物の座標取得

測量機器を使用して、ロッドやケーシングの上方と下方に焦点を合わせて計測する。無線接続されたタブレット PC で各種座標を読み込み、中心軸を確定させる。計測対象物が複数本ある場合、同

様に上方と下方を計測して、座標を設定する。

#### ④計測結果の確認

計測結果を基にした傾斜角及び偏心量をシステム内で自動算定して、正規の位置までの補正量と方向をタブレット PC により確認する。施工中は計測を繰り返し、鉛直性や平面位置を確認する。

### 3. プロジェクトの適用事例

#### (1) プロジェクト概要

本システムを沖縄県宮古市における地下ダム工事に適用した（2013年3月実施）。本工事は、写真—1に示すように、ソイルセメント柱列壁工法によって止水壁（深さ約35m）を構築する。この工事では、地下に止水壁を構築して水を貯めるため、止水不良が発生しないようにソイルセメント柱列壁の鉛直・水平方向の打設精度及びラップ精度の確保が特に重要とされた。

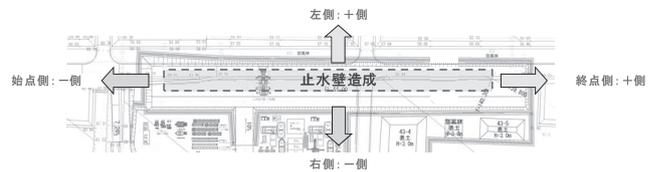


写真—1 プロジェクト適用事例

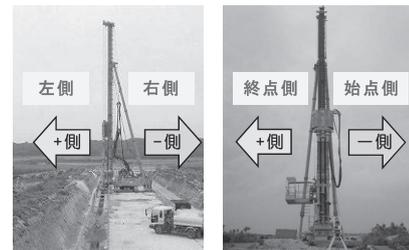
そこで、本工事では、削孔時の鉛直精度を高めるために、深度5m毎に錐の回転を止め、地中においても錐内傾斜計による自動計測によってXY方向の鉛直性を確認しながら、適正な速度にて削孔を行った。杭芯ずれの大きい場合や鉛直性が悪い場合には、適宜修正を行い精度の向上を図っていた。施工機械を設置している作業床はEL = 55.0 mとし、止水壁の天端コンクリート下端はEL = 39.50 m、止水壁の根入れ深さは、その約20m深くの泥岩の標高（約EL = 19.50 m）としている。設計深度に到達した後は、錐を外せる高さまで引き上げ、一旦、錐を切外し、両端軸錐の内管を利用して、挿入式傾斜計にて孔曲りを測定した。本工事の三軸削孔における孔曲りの管理基準値は、深度の1.0%とした。

本工事は、ソイルセメント柱列壁工法による三軸削孔のため、多軸ロッドを対象にして、システムを用い

た打設精度管理を行った。システム適用の効果確認は、三軸削孔を行った杭のうち10箇所に対して、杭芯セットから施工中にかけて行った。ここで、タブレット PC に表示される位置関係を図—5、6に示す。現場状況を図—7に示す。

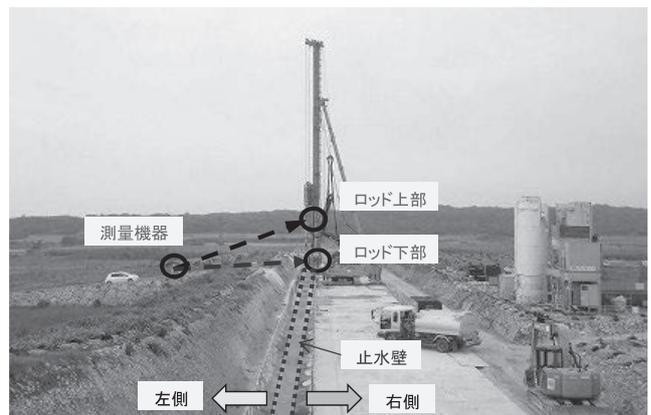


図—5 位置関係 (平面)



(a) ダム軸直角方向 (X方向) (b) ダム軸方向 (Y方向)

図—6 位置関係 (側面)



図—7 現場状況

#### (2) 適用の効果

本システムを適用した杭のロッド傾斜に関する施工データを図—8に示す。ここで、ロッド傾斜(%)は、地表レベル(EL = 55.0 m)を基準にした高さ当りの偏心量とする(図—9)。施工中のロッド傾斜は、-0.7 ~ 0.3%の範囲に収まっており、高さ当り1%以内とする管理基準を満足した。

杭の出来形管理として、設計深度に到達した後、挿入式傾斜計により孔曲りを測定した。この測定では、X方向及びY方向の傾斜角を測定する(測定角度)。出来形管理は、X方向及びY方向の測定角度を基にした深度区間毎の変位量を算定し、この区間変位量を累積することで、偏位量を求めて、深度1%以内に収

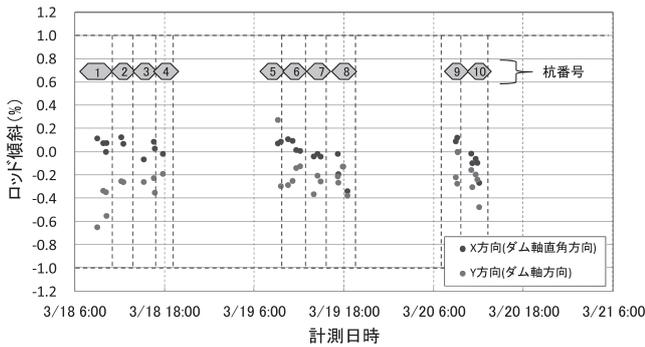


図-8 施工データ

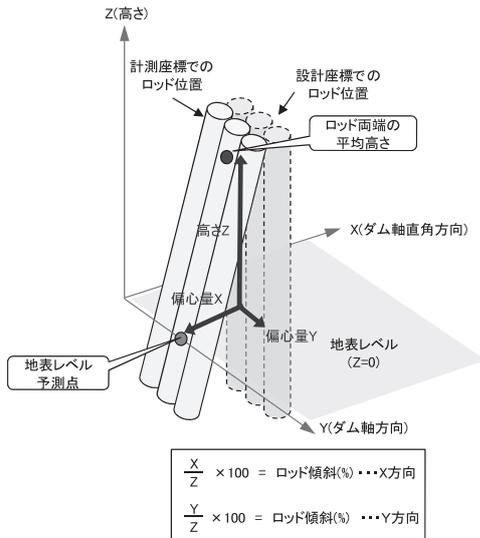


図-9 ロッド傾斜の概念図

まるかを確認している。システムを適用した杭と適用していない杭の測定角度の深度分布を図-10に示す。各杭の地表から5m毎の測定角度を抽出して、深度毎の平均値 ( $\mu$ ) と標準偏差 ( $\sigma$ ) を算定した ( $\mu \pm \sigma$ ) の深度分布を図-11に示す。測定結果より、深度が深くなるにつれて、測定角度のバラツキが大きくなる傾向がある。システム有無で適用効果を比較すると、システムを適用した杭では、深さ25m程度(設計深度に対して70%)まで、測定角度のバラツキが抑制されている。また、深さ10mにおいて、X方向で最大0.2度、Y方向で最大0.1度、測定角度のバラツキが抑制されている。本地盤では、地上の精度管理が出来形に影響を及ぼすことが分かった。

以上により、ロッドの根入れが深くなると、地盤の影響をうけて曲がりやすくなると考えられる。また、削孔の初期段階で、ロッドの傾斜や偏心があると、変位量が累積されて残留すると考えられる。そのため、建込時の管理が特に重要になる。本システムの適用により、打設精度を定量的に管理することで、削孔時の傾斜や偏心を早期に改善して、孔曲りの抑制が図れる。なお、ロッドの根入れが深くなると地中の影響を受けるため、地中でのロッドの先端位置を管理する技術等を併用して、より高精度に管理することが望ましい。

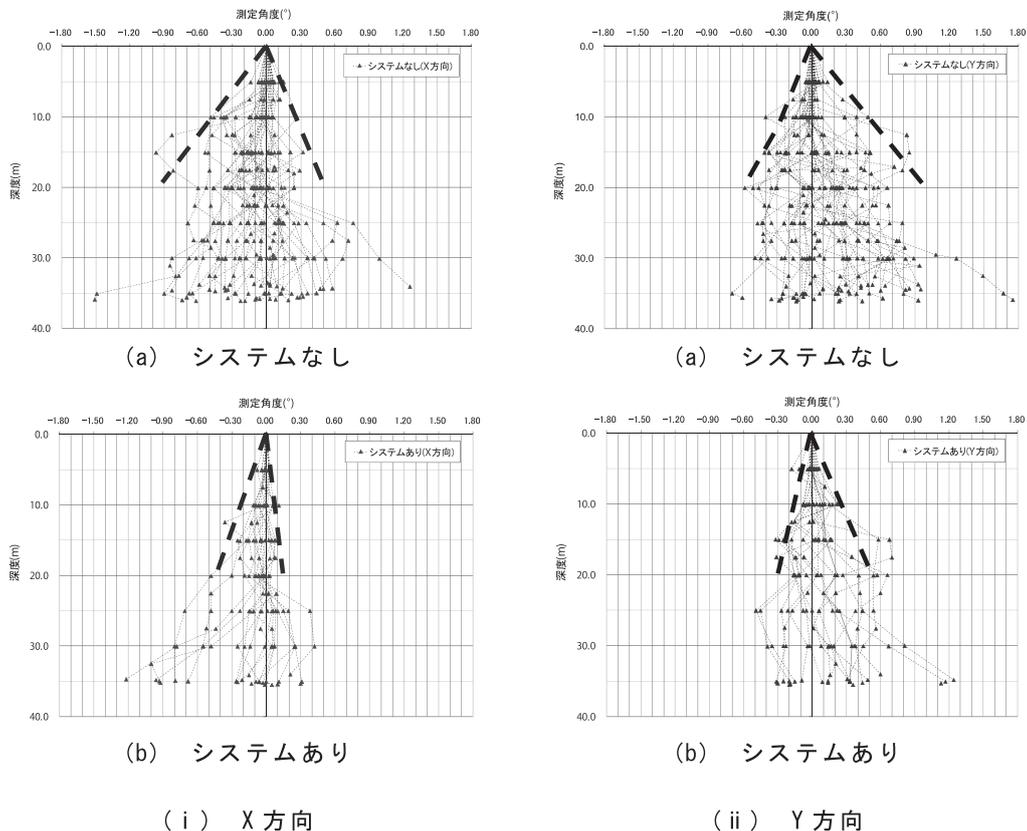


図-10 測定角度の深度分布(システム有無)

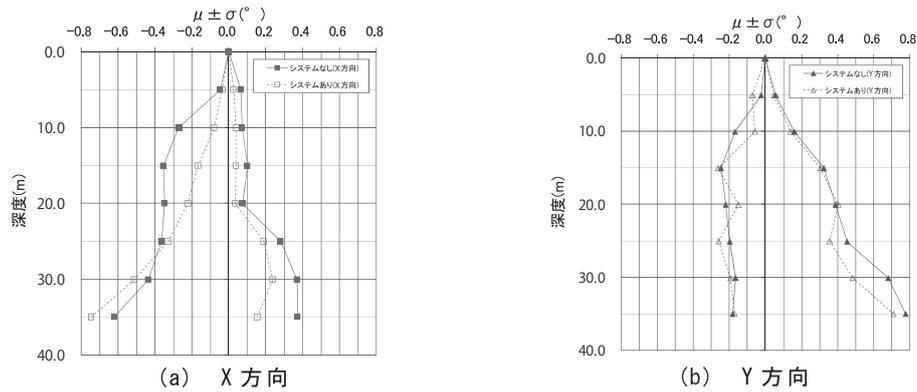


図-11 (μ ± σ) の深度分布

#### 4. おわりに

本システム「マルチコラムナビ」は、ソイルセメント柱列壁工法(SMW工法)や深層混合処理工法(DCM工法)等の多軸攪拌方式の地盤改良や場所打ち杭の施工において、ロッドやケーシングの中心軸を3次元座標によって定量的に管理することが可能である。また、現場技術者と重機オペレータが施工データをタブレットPCによって共有できる手法を構築したことにより、リアルタイムに施工精度を把握することが可能になり、ロッドやケーシングの傾斜や偏心を早期に改善することができる。さらに、タブレットPCは、ポータブルタイプなので、持ち運びが容易であり、現場での管理にも適している。本システムを実際のプロジェクトに適用して、有効性を確認することができた。今後は、施工精度の向上と効率的な施工管理が可能になると考える。

本システムは、幅広い用途が考えられ、地盤改良(深層混合処理)、耐液状化格子状地盤改良工法(TOFT工法<sup>®</sup>)、止水壁、汚染土壌封じ込め(遮水壁)、場所打ち杭の施工においても精度を向上させる効果が期待できる。

JCMA

#### 《参考文献》

- 1) 関西工事測量(株): Baum Station (バームステーション), <http://www.kankou.co.jp/topics/baum/>

#### 【筆者紹介】



野口 達也 (のぐち たつや)  
 (株)竹中土木  
 東京本店 技術・設計部 技術グループ



市川 晃央 (いちかわ あきお)  
 (株)竹中土木  
 技術・生産本部 技術部  
 課長



荻野 寿一 (おぎの ひさかず)  
 (株)竹中土木  
 営業本部 営業推進部  
 部長

# 新型アスファルトフィニッシャーの紹介

## F45WJ4, F45W4

徳田 憲作

近年、厳しくなる排ガス規制に伴い、建設機械、道路機械等には、様々な制御機器の搭載が必要になっている。本稿では、その制御技術を活かし、様々な機能追加をした最新型アスファルトフィニッシャー「F45WJ4, F45W4」（以下「本機」という）の機能について紹介する。

キーワード：道路機械、アスファルトフィニッシャー、排ガス規制、操作性向上、作業効率向上

### 1. はじめに

近年、厳しくなる排ガス規制に伴い、建設機械、道路機械等には、DPMF（ディーゼル・パーティキュレート・マター・フィルタ）等の後処理装置、それらを含むエンジンの電子制御および作業者に機械のコンディション等さまざまな情報をより適切に伝える液晶ディスプレイ等の表示器の搭載も必要になっている。

本年（平成26年）11月より販売を開始した新型アスファルトフィニッシャー本機（写真—1, 2）は、排ガス規制2011年基準に適合するため、エンジンECU（Engine Control Unit）、本機作業機用コントローラ、ディスプレイを搭載し、CAN通信により相互に制御するシステムを有し、さらに操作性、環境性能、安全性、メンテナンス性の向上も図ったものである。エンジン以外は、従来機とほぼ同様の仕様であるが、

表—1 本機の主な仕様

	F45WJ4	F45W4
本体質量 (kg)	7,470	7,450
全長 (mm)	5,460	5,250
全幅 (mm)	2,180	2,470
全高 (mm)	1,950	
舗装幅 (m)	2.0 ~ 4.5 (油圧伸縮)	2.35 ~ 4.5 (油圧伸縮)
舗装厚 (mm)	10 ~ 150	
舗装速度 (m/min)	1.0 ~ 11	
ホッパ容量 (ton)	4.2	
定格出力 (kW/min <sup>-1</sup> )	54.6 / 2,200	
走行装置形式	ホイール式	
移動速度 (km/h)	0 ~ 8	
締固機構	パイプレータ	
振動数 (Hz)	0 ~ 50	
加熱方式	プロパンプロアバーナ式	

作業性向上のため、制御システムについては、大きく変更している（表—1）。

以下に本機の特徴について紹介する。

### 2. 新型アスファルトフィニッシャーの特徴

#### (1) 制御システムの概要

排ガス規制対応エンジン搭載に伴い、エンジンは電子制御となり、また、エンジンECUへの指令、及びコンディション等の表示を行うため、本機作業機用コントローラ、表示器（7インチカラーディスプレイ）を装備し、CAN通信により、相互に情報を伝達し、各装置等の制御を行っている。

また、本機システムから通信用端末に必要な情報を



写真—1 本機3連伸縮スクリードの外観



写真—2 本機2段伸縮スクリードの外観

送り、携帯電話回線を利用しサーバーに蓄積したデータを加工して作成した稼働データと位置情報を、インターネット経由で確認できる稼働監視システムも搭載している（図-1）。

(2) 操作性の向上

操作部には7インチのカラーディスプレイを装備し

ており、作業状態が確認しやすく、注意喚起の表示も判りやすくなっている（図-2）。また、ホッパ内表示カメラ（図-3）により、常時ホッパ内合材残量の状況を確認しながらの作業が可能となり、合材供給タイミングを適切に、また、フィーダによる搬送作業も、よりスムーズに行えるようになっている。

ディスプレイ内の表示は、操作マニュアルを覚えて

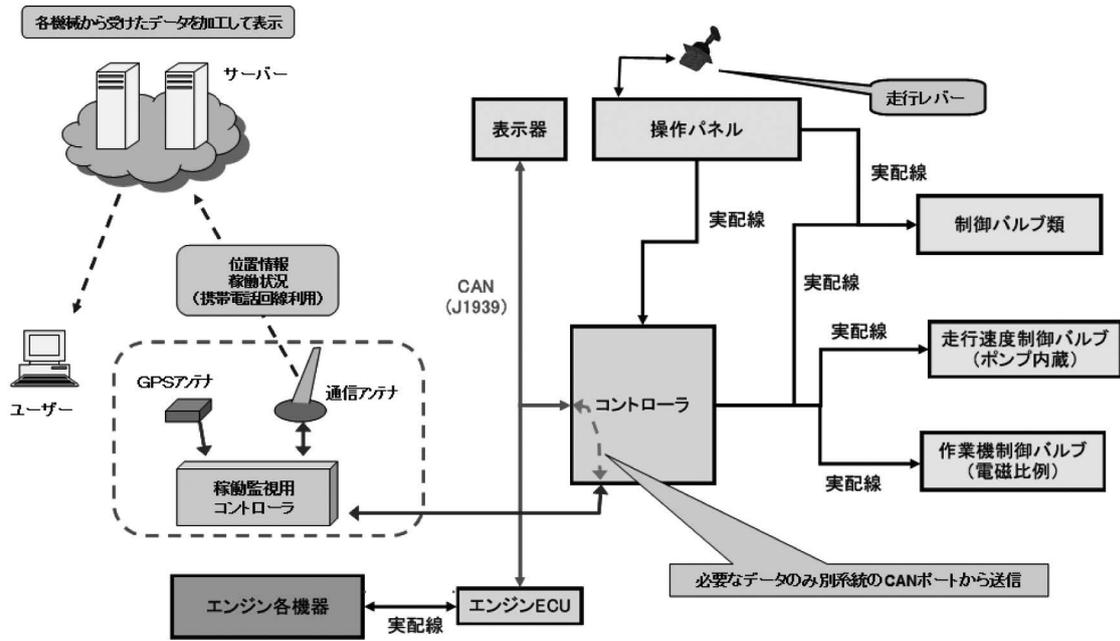


図-1 システム図

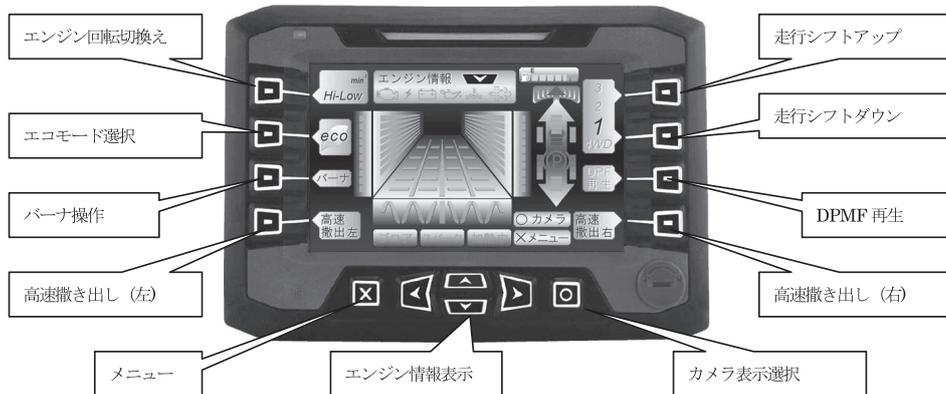


図-2 ディスプレイ表示 (施工標準画面)



図-3 ホッパーカメラ表示 (2パターン)

いなくても直感的に分かり、表示部周りの操作ボタンでの操作が容易なデザインにしている(図-2)。

従来のフィニッシャーでは、走行速度の設定をレバーの角度を可変することにより行っている。また、そのレバー角度範囲は前後約30度で最高速となり、施工時に使用する1速では最高11 m/minでの施工も可能ではあるが、実際には5 m/min以下で使用される現場のほうが多く、2 m/min以下の微速での施工では走行レバーを軽くたたきながら微調整している場面をよく見かける。

そのような、施工時の走行操作性を向上するため、本機では、施工時(1速)は低速重視となる特性とし(図-4)、ディスプレイには走行速度レベルメータを表示、さらに作業者が設定した速度レベルをレベルメータ上にマーカを表示(図-5)する機能も装備しており、従来機よりも施工速度の設定が容易なシステムにしている。

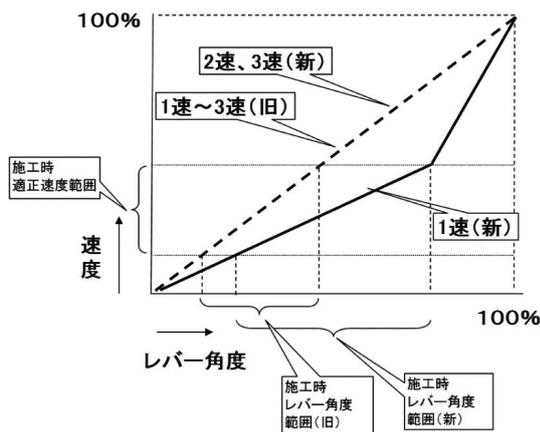


図-4 走行特性イメージ

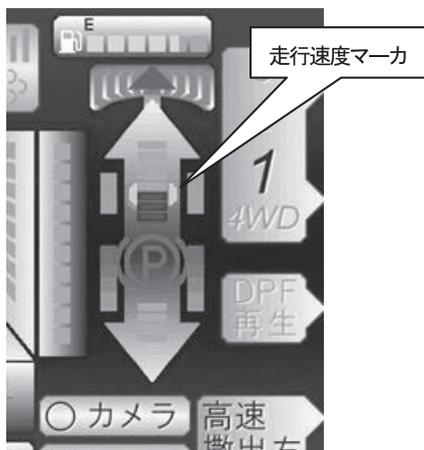


図-5 走行速度マーカ

合材の搬送については、従来機から、速度調整用ダイヤルにより、フィード及びスクリュの速度を任意に可変することができるが、施工速度の変化や施工幅員

の変化により、一時的に合材が不足した場合、機械を停止したり、スコップマンが補充することがあった。

本機では、従来機同様速度調整用ダイヤルにより搬送速度を任意に可変可能であるが、ディスプレイ上に装備した高速撒き出しボタンを押すことにより、一時的に最高速度に設定でき、合材供給不足時の時間ロスの軽減を図っている。

また、従来機では、速度設定は目視または操作パネルの印刷表示を目安にするしかなく、速度設定に時間を要する場合もあったと思われるが、本機では、速度設定をスムーズに、ムラをなくすため、設定速度を、レベルメータでディスプレイに表示している。

操作パネルは、電動式シリンダーによるチルト&伸縮式となっており、任意の位置で止めることができ、着座からステップ上でのスタンディング状態まで最適なポジションで作業が可能である。

### (3) 環境性能の向上

施工時、通常作業時のエンジン回転数は $2,000 \text{ min}^{-1}$ であるが、新たに標準装備したエコモード機能を選択するとエンジン回転数は $1,500 \text{ min}^{-1}$ となる。本機での通常の施工条件であれば、出力、速度共にこの回転数でも充分であるが、本システムでは、一時的に負荷が上昇し、 $1,500 \text{ min}^{-1}$ 時の最高出力に近づくと、エンジン回転数を段階的に上げ、エンジンドロップを防止している。従って、通常の施工条件下であれば、エコモード状態でも通常モード時と同等の出力を発揮することができる。

エコモードを使うことにより、燃費が向上するほか、騒音レベルも施工時のエンジン回転数と比較すると3dB以上低くなり(社内測定による)、住宅地等での施工時にも活用できる。

さらに前述の操作性向上機能をエコモードと併用することにより、さらに環境性能向上および燃料費削減を図れる。

ディスプレイには稼働履歴が表示される画面(図-6)を設け、過去7稼働日の稼働時間(エンジン運転時間、施工時間)、燃料消費量を表示している。排ガス規制対応のため、エンジンメカ、機械メカが環境性能を上げるため様々な技術開発をしているが、アスファルトフィニッシャーの施工において、燃料費はその作業効率により大きく変わるため、この稼働履歴データを利用して、機械ユーザー側においても、稼働効率向上や燃料費削減の計画を立て、より環境性の向上につなげることができる。

日付	キーON (分)	施工 (分)	エンジン施工 (分)	アイドル (分)	燃料消費 (L)
4月7日	125	0	0	72	7.5
4月4日	253	13	50	189	15.5
4月3日	35	0	0	22	0.5
4月1日	160	20	10	117	8.0
3月31日	251	63	0	186	16.0
3月26日	210	22	5	171	11.0
3月25日	158	30	0	102	10.0

図-6 稼働履歴表示

#### (4) メンテナンス性の向上

本機には稼働監視システム（HRSシステム）を搭載しており、GPSによる位置情報と併せ、機械の稼働状況、保守点検状況等をパソコンで遠隔監視が可能であり（図-7）、オフィスや外出先からパソコンで現在及び過去の機械の稼働状況を把握することにより、メンテナンス性の向上を図ったり、稼働効率等の分析に使用することができる。



図-7 稼働監視システム

また、本機に搭載のディスプレイには、作業機用コントローラの入出力状態の確認画面も用意しており、作動不良等の原因の絞り込みが従来機より早くなる可能性が高く、トラブルによる時間ロスの軽減が図れる。

#### (5) 安全性の向上

7インチカラー液晶ディスプレイを搭載すること

で、標準画面状態においては、フィーダ、スクリュの作動状態を点滅表示で確認でき、さらに、ホップカメラ表示時はホップ内及びホップ前方の目視確認ができるので、このクラスのアスファルトフィニッシャーで唯一死角となる部分の安全確認が運転席から行える。

また、DPMF再生に関する注意喚起等も必要に応じてポップアップ表示することで、さらに安全性を向上させている。

従来機と同様、エンジン始動と同時に、フィーダ、スクリュ、走行装置が作動しないよう、エンジン始動インターロック回路を構成しているが、その際にも、ディスプレイ上には説明をポップアップ表示して、ユーザーに情報提供するよう配慮している。

### 3. おわりに

CAN通信を始め、近年発達した制御技術により、様々な機能、システム追加ができる可能性が広がったが、今回のモデルチェンジにおいては、機械のコストの上昇を最小限に抑えるため、機器の追加を必要最小限に止めた。また、作業者の感性に合った操作にするため、種々のユーザー側の協力の下、フィールドテストを行い、試行錯誤しながら操作性を検証した。最終的には作業者の感性に合う操作性に、より近づけることができたと思っている。

今後のモデルチェンジにおいても、制御に関するユーザーニーズを把握し、市場の声を反映させ、必要な機能を低価格で提供し、また、制御が容易で扱いやすい道路機械を目指して開発していく所存である。

JCMMA

#### 【筆者紹介】

徳田 憲作（とくだ けんさく）  
 範多機械㈱  
 製造本部 技術統括部 AF設計G  
 課長



# ラチスブームホイールクレーン

## MK650

花本 貴博

船舶による海上輸送は輸送コストやエネルギー効率に優れることから、日本国内の輸送においても重要な輸送手段となっている。また昨今は炭酸ガス排出量削減など、環境への取り組みがより重視されておりその役割は益々需要になっている。その国内海上輸送に欠かせないのが、バケット作業、フック作業といった多様な港湾荷役作業であり、弊社では2001年にラチスブームホイールクレーン MK500を製造販売した。本稿ではその後継機である65t吊ラチスブームホイールクレーン MK650(以下「本機」という)について紹介する。  
 キーワード：海運、港湾、荷役、内航船、クレーン、バケット

### 1. はじめに

港湾荷役作業の例を写真—1に示す。港湾荷役作業では短時間に荷を積み下ろしすることが求められる。そのため高サイクルの巻上旋回作業が必要で、これには箱ブームよりもラチスブームが適している。また船の停泊場所にあわせて速やかに埠頭間を移動することも必要で機動性が求められる。そのため現在でも内航船荷役作業ではラチスブームトラッククレーンが活躍している。しかしながら排気ガス規制の影響もあり国産トラッククレーン専用キャリアが入手しにくい環境になったことから、内航船荷役作業に適したクレーンが市場に供給されない状況となっている。一方、ラチスブームホイールクレーン MK500(以下「従来機」という)も発売後10年以上の年月を経ており、最高走行速度、オイルクーラー性能に代表される作業効率の改善、その他安全や環境対応など商品力向上が

求められていた。このような背景から生まれた本機の特徴について紹介する。

### 2. 機械概要

主要諸元を表—1に外観を図—1に示す。本機は従来機の後継機として65t吊りクレーンとして開発した。機械構成の概要は上部旋回体がラチスブームク



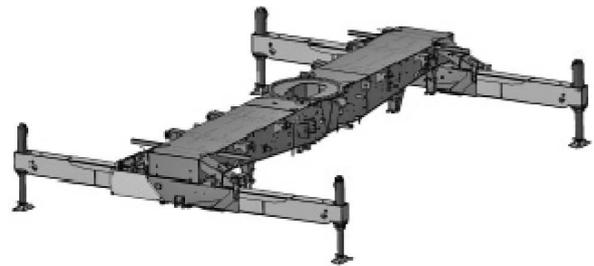
写真—1 港湾荷役作業 (本機)

表—1 主要諸元

型式名		従来機 MK500-2	本機 MK650
最大定格総荷重	t × m	50 × 3.4	65 × 3.0
基本ブーム長さ	m	5.6	←
最大ブーム長さ	m	33.0	←
作業時質量	t	45	51
ロープ速度	主巻/補巻	m/min	120
	ブーム	m/min	72
定格ラインプル	kN	64.7	68.6
旋回速度	min <sup>-1</sup>	4.0	3.9
アウトリガ	型式	全油圧式 X 型	全油圧式 H 型
	張出幅	m	7.4
ワイヤロープ	主巻/補巻	mm	φ 22
	ブーム	mm	φ 16
エンジン	名称	日野 J08E-TM	日野 E13C-VV
	定格出力	kW/min <sup>-1</sup>	159/2,000
最高走行速度	km/h	15	40
登坂能力 (tan θ)	%	20	20 (Hi)/50 (Lo)
最小回転半径	m	11.6 (2WS)	11.7 (4WS)/6.6 (8WS)
走行駆動方式		6 × 2/6 × 4 (切換式)	8 × 6 (常時)
サスペンション		—	油圧式
操舵機能		6 × 2	8 × 8



図一 本機（走行姿勢）



図二 キャリヤ構造物の形状

ローラークレーン、キャリヤがラフテレーンクレーンとなっている。この構成の主な課題はラチスブームクローラークレーンの上部旋回体にラフテレーンクレーンの走行駆動系および走行操作系の装置を追加しなければならないことと、ラフテレーンクレーンのキャリヤを港湾荷役作業に耐えるように強度剛性を向上させることである。

### 3. 走行系の特徴

#### (1) 走行速度

従来機は最高走行速度が 15 km/h と低速のため、内航船の荷役作業で要求される船の停泊場所にあわせて速やかに移動することが難しかった。そこで本機ではトラッククレーン並みの機動性を実現するため、最高走行速度を 40 km/h まで高めた。従来機はサスペンションを持っていなかったが、最高走行速度 40 km/h で安全に走行するために本機では油圧式サスペンションを採用した。これはラフテレーンクレーンでは既の実績のあるものであるが、ラチスブームホイールクレーンとしては初めての採用となる。また、必要な動力を確保するためエンジンは従来機の 8 L から 13 L へ排気量をアップし定格出力を 330 kW とした。

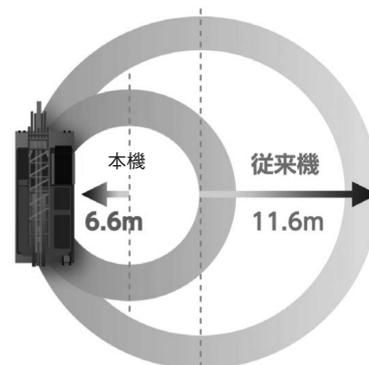
#### (2) HST 走行システム

本機では走行システムに HST を採用している。これは、第 1 にラチスブームクローラークレーンの上部旋回体をベースにすることから、エンジンをはじめとする動力装置が上部旋回体に設けられており、ラフテレーンクレーンのようにトルコトランスミッションでキャリヤを直接駆動することが難しいこと、第 2 に港湾荷役作業に耐える丈夫なキャリヤを実現するためには、キャリヤ構造物のスペース確保と切欠きや穴などが無いシンプルな箱形状にする必要があるためキャリヤにエンジン等を搭載することができないこと、第 3 に走行速度と燃費改善のため伝達効率の高い走行システムを採用する必要がある、という三つの理由から

である。周知のように油圧走行システムとして HST は高い伝達効率を持っている。図一 2 にキャリヤ構造物の形状を示す。

#### (3) 操舵機能

従来機は前 2 輪操舵であったが、本機では全ての車輪が操舵できる構造とし、前 4 輪操舵のノーマルモードと、前後 8 輪同位相操舵のクラブ、前後 8 輪逆位相操舵のクランプ、後 4 輪操舵のリヤステ、の 4 モードを切り替え可能としている。最大の特徴である最小回転半径について従来機との比較を図一 3 に示す。クランプモードの場合、従来機の 11.6 m に対して本機では 6.6 m となっている。これらの操舵モードは、例えば移動後に岸壁ぎりぎりに機械を寄せる場合や、機械の向きを変えるとといった場合に有効で、機械の設置をより短時間で効率よく行うことが可能となっている。



図一 3 従来機との回転半径の比較

#### (4) 駆動方式

従来機は全 3 軸の内の 1 軸駆動と 2 軸駆動を切り換えるパートタイム式 4 輪駆動であったが、本機は全 4 軸のうち第 2 軸から第 4 軸までの 3 軸を常時駆動するフルタイム式の 6 輪駆動を採用した。これによって、パートタイム式の従来機で必要であった切り換え操作が不要となり使い勝手が向上した。

(5) 車両総重量／軸重

車両総重量は従来機の 35,075 kg に対し本機では 40,995 kg に増加したが、路面への負担を減らすため軸数を従来機の 3 軸から 4 軸に増やしたことに加え、各軸の軸重バランスをより均一になるよう調整した結果、最大軸重は従来機の 15,175 kg に対し本機では 10,650 kg と大幅に軽減した。

4. クレーン系の特徴

(1) ヒートバランス

内航船の荷役作業では、短時間に荷を積み下ろしすることが求められる。そのため高サイクルの巻上旋回作業が必要で、油圧作動油のヒートが課題となる。図-4 にオイルクーラーの配置を示す。本機では独立したオイルクーラーを上部旋回体の側面に配置して冷気を吸入することと高温の排気を上部へ排気する構造とし、冷却風の再循環を防止して冷却効率を高めた。その効果を図-5 に示す。従来機と比較して約 8℃ (社内試験条件による) の改善を行っている。これにより高サイクルの港湾荷役作業に耐えられる仕様とした。またオイルクーラーファンを ON/OFF 制御することで寒冷時の暖機性にも配慮した。

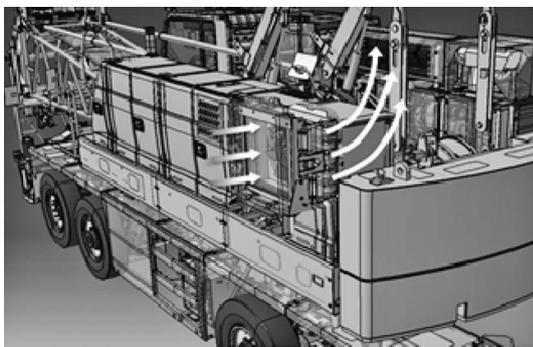


図-4 オイルクーラーの配置

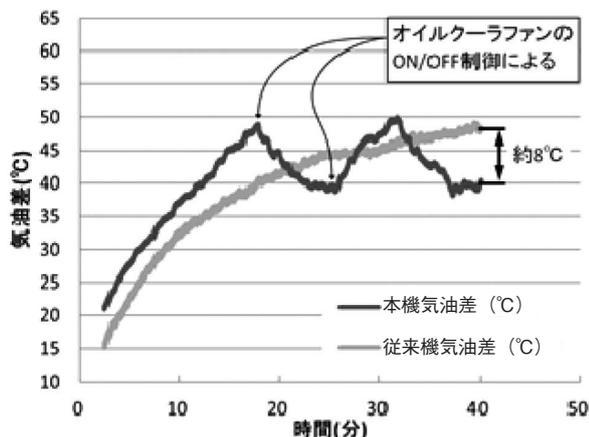


図-5 本機の冷却効果

(2) 作業視界

(a) キャブ

写真-2 にキャブ内からの視界を示す。内航船の港湾荷役作業は、一般的なクレーンの建方作業のように高いところを見るというよりも、埠頭に積まれた荷を比較的小さな船に積み込むといった作業が多いため足元の視界も重要になる。そのため本機では ML モニタの位置を従来機の左前下から左側方上に移設した。これにより下方視界を従来機に比べ大幅に改善している。



写真-2 キャブ内からの視界

(b) リフトキャブ

船に荷を積み込む際に船倉内を確認する必要があるが、潮の干満により船の高さが高くなるなど条件が悪くなると直接視認することが難しくなる。そこで本機では特別仕様としてリフトキャブ仕様を設定した。図-6 にキャブをリフトした状態を示す。目線高さを地上 5,800 mm まで高くすることが可能で、これにより 500 t クラス内航船のハッチを視界に収めることができる。また走行時の安全性を保つため独自のロック機構を設けており、このリフトキャブ仕様で車検を取得することが可能である。

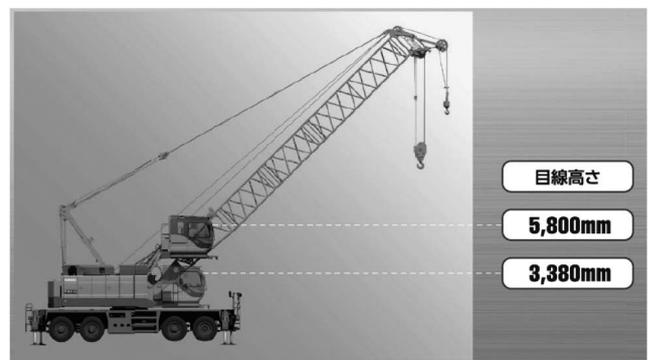


図-6 キャブリフト状態

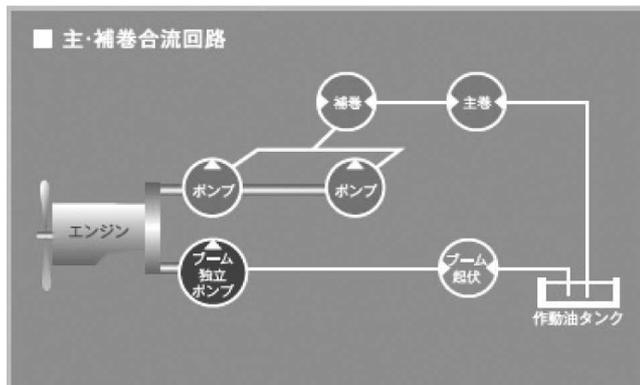
(3) リフティングマグネット電源

本機ではスクラップの荷役で使用するリフティングマグネットの電源を内装する仕様を特別仕様として設

定した。従来機では対応できなかったが本機ではリフティングマグネットの電源を装着して車検を取得することが可能である。これによりスクラップ荷役での作業性を向上させた。

(4) ウインチ／合流回路

図一七にウインチの巻上回路を示す。本機では巻上回路に合流回路を採用することで、主巻と補巻の同調性を向上した。また、従来機より採用している湿式ウインチにより、連続作業時のブレーキ力低下や鳴きの問題がほとんどなく作業効率を向上している。



図一七 ウインチの巻上回路

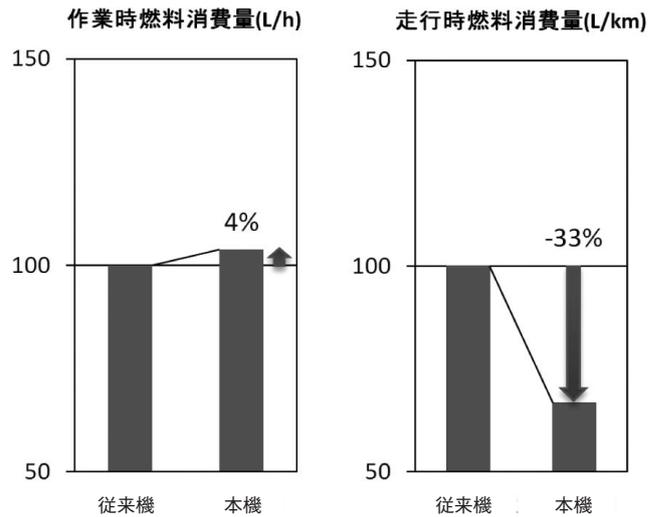
5. 環境／安全性能

(1) 燃費性能

最高走行速度を高めるためにエンジンを従来機の8Lから13Lへと排気量アップすることが避けられなかったため、排気量アップにともなう燃費悪化を極力少なくすることが課題となった。そこで従来機に比較し油圧システムの損失低減やHSTの採用に取り組んだ。その効果を図一八に示す。結果、作業時燃費は4%の悪化に止まり、走行燃費は33%改善（社内試験条件による）することができた。

(2) その他

- ①国土交通省低騒音型建設機械に指定
- ②オフロード法 2011 年規制対応エンジン搭載
- ③安全および機械の維持管理が容易となる遠隔稼働管理システム「KCROSS」を搭載



図一八 燃費状況

6. おわりに

久々のモデルチェンジであり、本機 MK650 では作業効率の改善、その他安全や環境対応など、これまで強く求められていた商品力アップに徹底的に取り組んだ。本稿では十分紹介できなかったが各構造物の補強や潮風を考慮した走行ブレーキのドラムブレーキ化など、港湾用途に耐える仕様とした。

また今回多くの港湾荷役作業を調査する機会に恵まれたが、そこでは国内海運を支える様々な機械が活躍していた。つい新しいものに気を取られてしまうが、高年式のラチスブームトラッククレーンが立派に仕事をしているのを見て、改めて技術の本質とは何か考えさせられた。本機もそのような活気ある現場の仲間として活躍できれば幸いである。

JICMA

【筆者紹介】

花本 貴博 (はなもと たかひろ)  
 コベルコクレーン(株)  
 開発本部 カスタム設計部  
 シニアマネージャー



# 油圧式杭圧入引抜機, ハット形鋼矢板 900 の仕様拡大

## サイレントパイラー F301 により硬質地盤への対応が可能

梶野浩司

2013年11月に発表した「サイレントパイラー F301」（以下「本機」という）は、3種類の杭圧入技術を1台の機体に搭載し、地盤条件や施工環境に応じて最適な圧入施工技術が選択可能な「複合式圧入機」の新機種である。

従来機サイレントパイラー ECO シリーズの環境配慮設計と情報化施工技術を継承し、新しい設計コンセプトである「モジュール化設計（構成部品の標準化）」に基づき開発した次世代型圧入機であり、すべてのパーツを構造・形状・材料から見直して徹底的な適正化を図るとともに、最新の制御システムを導入し各動作の負荷を適正に制御することで、主要部品の信頼性の向上と長寿命化を実現している。

国土交通省新技術情報提供システム NETIS 登録番号：CB-080010-A

キーワード：環境配慮、情報化施工、NETIS 登録 CB-080010-A

### 1. はじめに

我が国は2011年3月に発生した東日本大震災による未曾有の災害を経験した。また、近い将来首都直下型地震や南海トラフ巨大地震などの発生が懸念されている。

全国的な防災・減災ニーズの高まりをうけ、「インプラント構造（圧入で杭を地盤に挿し込み地球と一体化する粘り強い構造）」の採用が広がるなか、「本機」

の適用杭材である「ハット形鋼矢板 900」は、従来の広幅型鋼矢板に比べて断面性能が有効に働き、工費削減と工期短縮に優れ、復興事業はもとより海岸や河川の堤防など全国的に本設構造物としての利用が進んでいる。

従来機では「ハット形鋼矢板 900」での硬質地盤対応ができなかったが、「本機」（写真-1）は、地盤条件により「単独圧入」、「ウォータージェット併用圧入」、「硬質地盤圧入」の3種類の圧入技術が選択できる「複合式圧入機」となっており、1台で多くの地盤対応を可能とした。建設現場でのさらなる普及拡大を確信している。

本稿では、「本機」の特長や性能、施工事例を紹介する。

### 2. 「本機」の特長

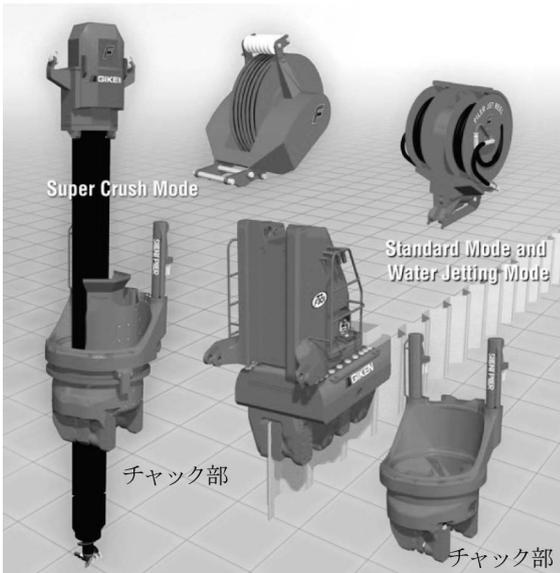
#### (1) モジュール化設計

圧入システムを機能単位ごとの構成部品（モジュール）に要素分解し、標準化と最適化を行う「モジュール化設計」を採用。すべてのパーツを構造・形状・材料から見直して徹底的な適正化を図った（図-1参照）。

開発のコンセプトである“構成部品の標準化”は、バリエーションの多様化だけでなく開発・製造の効率化にも寄与した。



写真-1 本機（写真は硬質地盤圧入時）



図一 構成部品群

(2) 構成部品の換装による効率化施工

「本機」は、構成部品の換装（チャック・チャックフレームの換装とアタッチメントの装着）により、「単独圧入」、「ウォータージェット併用圧入」、「硬質地盤圧入」の3種類の圧入技術が選択できる複合式圧入機である。

1台で様々な地盤条件と施工環境に応じて最適な圧入施工を実施できるため、現場稼働範囲の広い機種である。

(3) 新制御システムによる長寿命・高機能化

新しく開発した制御システム（写真一2）は、施工



写真一2 制御システム

時の圧入姿勢を認識することで各動作における負荷を適正にコントロールし、各パーツに無理を与えず長寿命化を実現した。

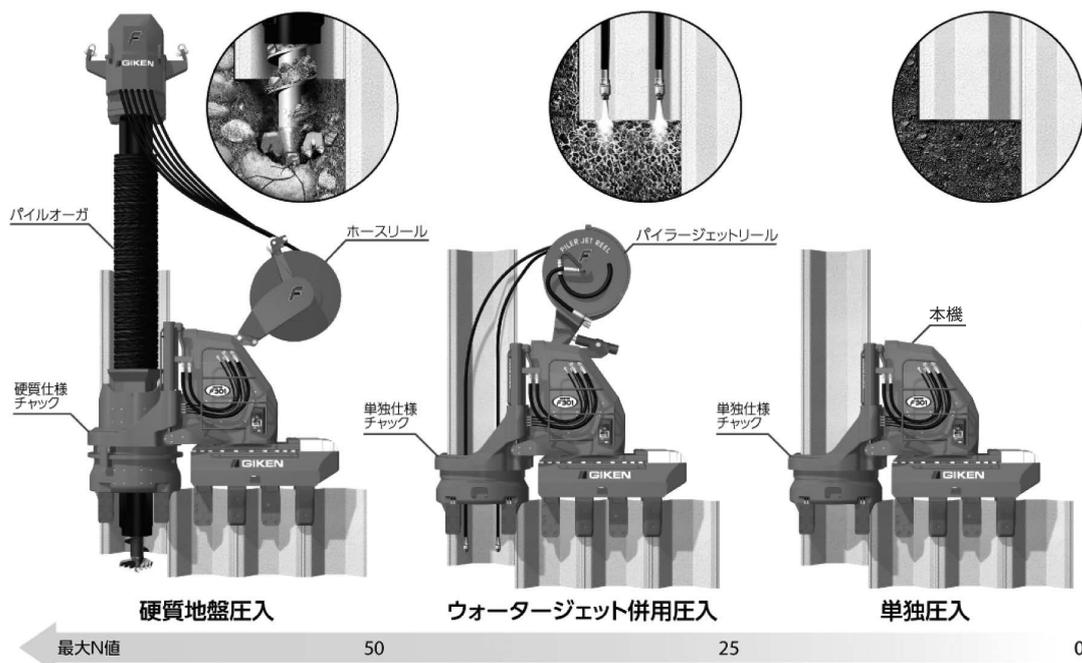
また、地盤条件にベストマッチな圧入力や、オーガトルクの設定が可能な「圧入力定荷重制御機能」や「オーガトルク無段階制御機能（図一2）」の搭載により、従来機に比べ操作性を格段に向上させている。

(4) 杭材との相乗効果による高い施工性

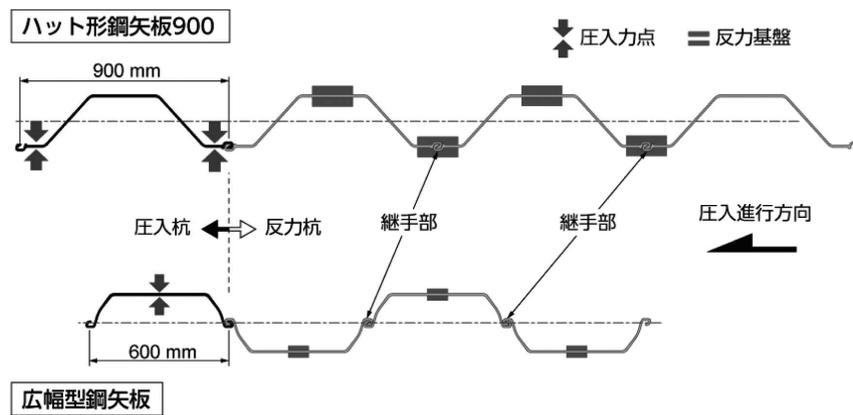
圧入理論にマッチした杭材の形状と合理的な杭材特性で経済性と施工性を追求した。

有効幅 900 mm のハット形鋼矢板は、広幅鋼矢板の 600 mm と比較すると 1 枚当りの進捗率 1.5 倍であり、打設枚数では 33% 減の効果を有している。また壁幅中心に継手がないため継手効率を考慮する必要がなく、剛性を 100% 使用できる。

「ハット形鋼矢板 900」は形状の特性として左右に



図一2 換装による圧入技術概念図



図一 3 圧入力点と反力基盤の比較

ツバの部分が存在するため、圧入杭を把持する圧入力点と反力杭からより大きな絶対反力を確保するための機能として、下記 (a) と (b) の特長がある (図一 3)。

(a) 2 箇所 の 圧 入 力 点

杭材の両端 2 箇所に圧入力点(圧入力を加える位置)を設けることで、杭材のねじれを防止し圧入パワーを確実に伝達できる。

また、杭材の方向精度が高まり施工性の向上につながる。

(b) 安定した反力基盤

3 枚の反力杭の継手部を挟んだ状態でつかみ一体化させることで、継手部のズレ・遊びを解消し、より安定した強い反力基盤を構築できる。これに伴い安定した圧入姿勢が確保できる。

(5) 硬質地盤への対応

(a) 独自の「芯抜き理論」に基づく硬質地盤圧入

圧入機と一体制御のオーガ装置「パイルオーガ」で杭先端の地盤を最小限掘削し、パイルオーガを引き抜きながら隙間を埋めるように杭を圧入する「芯抜き圧

入」により、砂礫層や玉石層などの硬質地盤でも圧入原理の優位性を損なわずに圧入施工が可能である。排土量が少なく、周辺地盤を乱さず、強固な支持力を持った完成杭を構築できる。

(b) 施工能力を向上させるロック機構を搭載

「硬質地盤圧入」仕様時のパイルオーガでの掘削時に、圧入機本体の姿勢を固定させる「チャック回転ロック機構」、「リーダーマスト旋回ロック機構」、「クランプ左右ロック機構」を搭載 (図一 4)。強固な反力基盤に支えられた確実なオーガトルクの伝達は、掘削能力を高め、施工精度を向上させることが可能である。

【特許 第 4250060 号】

(6) 卓越した環境配慮設計

(a) オフロード法<sup>\*1</sup>に適した新パワーユニット

パワーユニットには最新の環境対応型エンジンを搭載し、高い燃焼効率と独自の油圧制御技術により、徹底した排出ガスのクリーン化を実現している。(国土交通省排出ガス第 3 次基準対応)

※ 1 : 特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律 (平成 18 年 10 月使用規制開始)

(b) 超低騒音設計

国土交通省の超低騒音型建設機械の基準値である音圧レベル (LA) 66dB (A) をクリアした。パワーユニットが発する音圧レベルは下記に示す通り基準値を大幅に下回っている。

スーパーエコモード運転 : 61.8 dB (A)

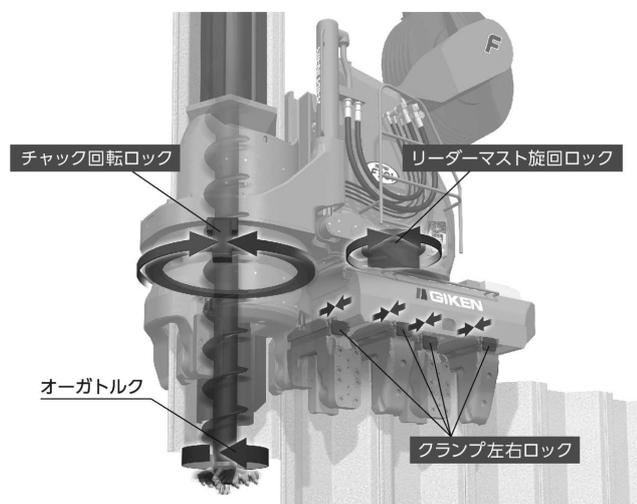
エコモード運転 : 62.7 dB (A)

パワーモード運転 : 64.3 dB (A)

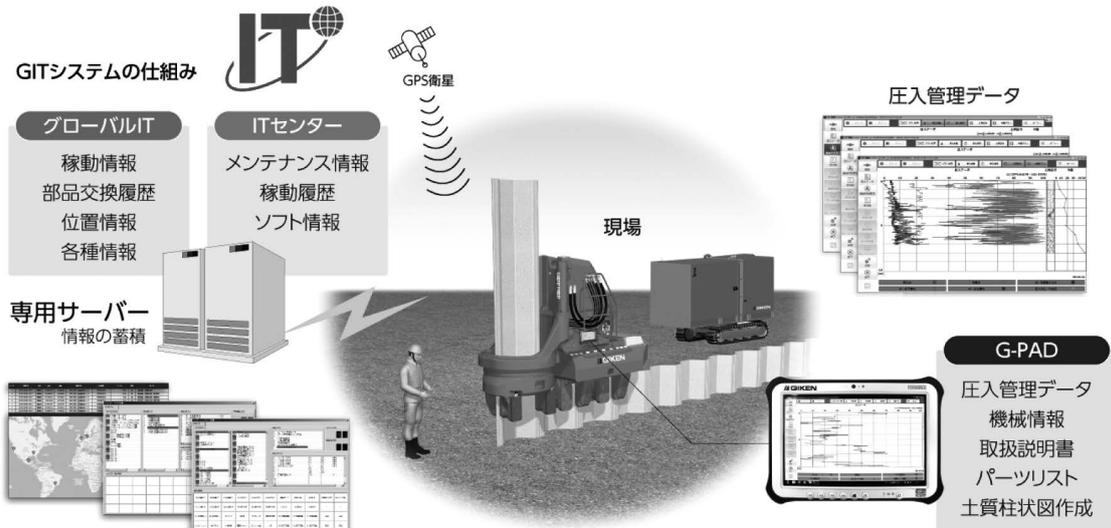
(c) 生分解性油脂を標準採用

植物油から抽出した脂肪酸を主原料とした圧入機専用の生分解性作動油 (パイラーエコオイル) とグリース (パイラーエコグリース) を使用している。

万が一、水中や土壤に流出しても自然界のバクテリ



図一 4 ロック機能を搭載



図一5 新 GIKEN IT システムの仕組み

アによって分解され、生態系に影響を与えない。また、機体にはTXフリー無鉛塗料<sup>※2</sup>を使用し、徹底した環境対策を施している。

※2：トルエン，キシレン，鉛系顔料など含まない環境対応型塗料

(7) 信頼の科学的圧入施工と、先進の情報化技術

(a) 新 GIKEN IT システム (GIT システム (図一5)) を搭載

世界中で稼働している圧入機の位置情報・メンテナンス情報・稼働情報が自動的に専用のサーバーに蓄積されるシステムである。これらの情報を分析することで、トラブルへの的確な判断、対処だけでなく、テクニカル支援やメカニカル支援なども効果的に行える。

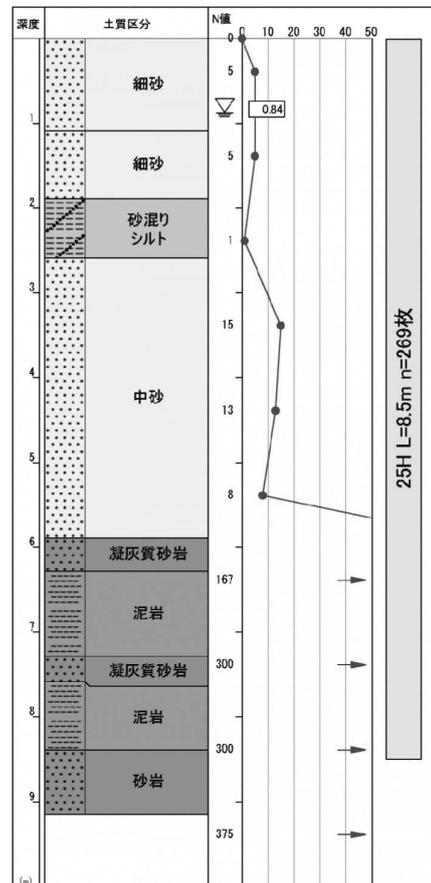
(b) 圧入管理システムに対応

圧入杭1枚毎に施工状況を記録した圧入管理データ(圧入力、オーガ回転トルク、圧入時間など)は、圧入実績の証明となり科学的な施工管理が行える。また、新採用のタブレット端末 G-PAD (GIKEN Press-in Assistance Display) は従来の固定式ノートパソコンから飛躍的に機動性を向上させ、その場でデータ視聴することにより、オペレータは圧入力・引抜力・トルク・貫入量などの圧入管理データをリアルタイムに確認しながら施工できる。

3. 施工実績

「本機」による施工実績は全国的な拡がりを見せているが、代表的な施工実績として復興が急務である東北地区から宮城県東松島市の事例を紹介する。

本事例の「ハット形鋼矢板 900」は河川堤防の災害



図一6 地盤状況

復旧工事で使用される護岸矢板であり、地盤条件 (図一6) は換算 N 値 300 の凝灰質砂岩と泥岩の互層に 2.5 m の根入れが求められていた。ジェット併用のパイロハンマ工法により打設を試みたが貫入できず、「本機」の投入に至った設計変更の案件である。

硬質地盤圧入技術により矢板施工は難なく完了したが (写真一3)、本機が開発されていなければ杭材の



写真—3 施工状況

変更や地盤の先行削孔方法など、様々な検討課題が現場に課せられることが想像できる。「ハット形鋼矢板900」の硬質地盤圧入が現場のニーズにマッチした事例である。

#### 4. おわりに

本稿では、本機「サイレントパイラー F301」の特長と圧入技術の施工事例を紹介した。本機はGRBシステム<sup>\*3</sup>施工への適用も可能であり、水上や狭隘地、のり面などいかなる状況でも仮栈橋などの仮設工事なしに杭施工を可能とする画期的な仮設レス施工も実現

できる。

今後、事前防災対策やインフラ施設の更新が着実に増加していく中で、地震や津波に対して粘り強く抵抗する構造物が求められている。また、都市部をはじめとした人口密集地域では、困難な条件下での工事が増加していくものと考えられる。

当社は圧入技術の優位性を活かし、今後も圧入機と周辺機器を組み合わせた工法の開発をさらに推し進めていく次第である。同時に、環境性・安全性・急速性・経済性・文化性をバランスよく実現する工法を提供することで、人と環境にやさしい建設の推進にも取り組んでいく所存である。

※3：GRB システム：既に施工完了した「完成杭」の天端を作業基盤として、杭の搬送、吊り込み、圧入の全工程を仮設栈橋なしで行えるシステム施工の総称。

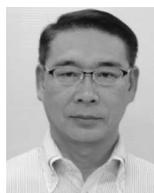
JICMA

#### 《参考文献》

- 1) 株技研製作所ホームページ (<http://www.giken.com>)

#### 【筆者紹介】

梶野 浩司 (かじの こうじ)  
株技研製作所  
工法事業部 工法推進課  
リーダー



# ハイブリッド油圧ショベル

## HB335-1 / HB365-1

西田 安孝・二瓶 哲治

20 トンクラスハイブリッド油圧ショベルにて培ったハイブリッド技術を活用し、大幅な燃費低減を図った 30 tハイブリッド油圧ショベル HB335-1 / HB365-1（以下「本機」という）を豪州などの海外向けに開発、2013 年より市場導入した。この 30 tハイブリッド油圧ショベルには、エンジン、油圧システム、ICT の最新技術および様々な改善を織込み、ハイブリッド技術を進化させた。また、仕様を充実させ、導入当初より標準機と同様の作業を実施可能とした。その概要について報告する。

キーワード：油圧ショベル、30 tクラス、ハイブリッド、燃費低減、発電機モータ、旋回電動化、キャパシタ、インバータ

### 1. はじめに

近年、地球温暖化問題と燃料費高騰への対応として、自動車では様々な車種のハイブリッド車が販売されている。建設機械においても、2008 年に市販車として世界初のハイブリッド 20 トンクラス油圧ショベルを発売、2010 年にはモデルチェンジ車を発売し、全世界の販売台数は 2014 年 9 月末までに合計 2950 台を超えた。これらの販売・市場稼働実績で蓄積したノウハウと技術を活かし、30 tクラスのハイブリッド油圧ショベル本機を豪州などの海外向けに開発、市場導入したので、その概要について紹介する（写真—1）。



写真—1 本機外観

### 2. ハイブリッドシステム概要

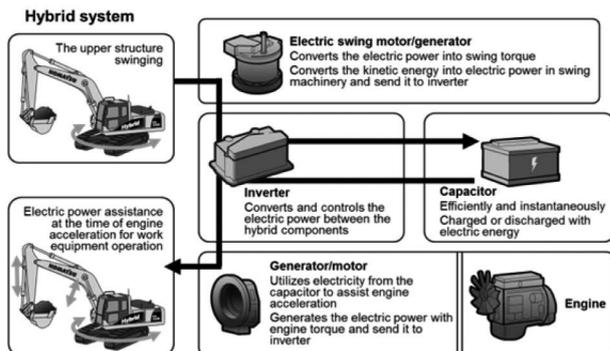
ハイブリッドシステムの構成は、自社開発した旋回

電気モータ、発電機モータ、インバータ、キャパシタで成り立っている。

旋回ブレーキ時の上部旋回体の運動エネルギーを電力に変換しキャパシタへ供給（蓄電）する。旋回のフル電動化により、油圧ロスが無く、減速時のエネルギーを全量回収できる。また、発電機モータはこの電力を使って加速時のエンジンをアシストし、キャパシタの電力が減ってくると発電を行う。インバータは、キャパシタに頻繁に出入りするこれらの電力の制御を行っている。

このハイブリッドシステムでは、電気エネルギーを効率よく瞬時に蓄電・放電することを可能にするためにキャパシタを採用していることが特徴のひとつである（図—1）。

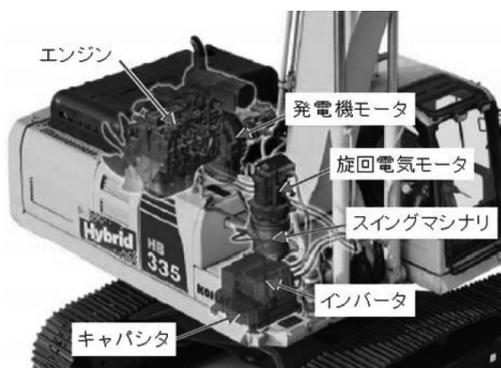
本機では、20 tハイブリッド油圧ショベルに対して、車格アップによる出力アップに対応するため各コンポーネントを新規に開発した。



図—1 ハイブリッドシステム概要

### 3. ハイブリッドシステムのコンポーネント

ハイブリッドコンポーネントは、コンポーネントの形状およびレイアウトの最適化により 30t 標準機と車体外観寸法を変更することなく、車体に装着可能となっている（図—2）。



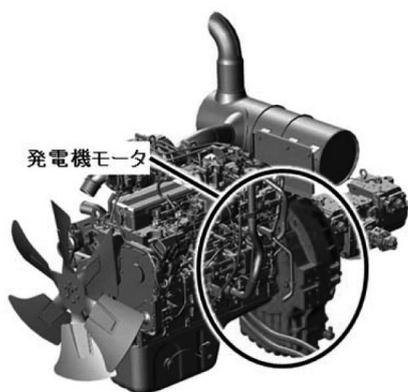
図—2 ハイブリッドコンポーネント搭載概要

#### (1) 発電機モータ

発電機モータ（図—3）は、エンジンと油圧ポンプの間にビルトインされているため伝達効率が高く、効率の良い発電と優れたエンジン加速性を実現し、ハイブリッド機での燃費低減を図っている。

発電機モータは、発電機としてキャパシタへの蓄電補充と旋回加速時の旋回電気モータへの電力供給を行う。

また、発電機モータをエンジン加速アシストモータとして機能させることにより、操作待機時にはエンジンを超低速で保持し、レバー操作時には瞬時に必要回転へ復帰させる超低速アイドルリング、必要な油圧吐出量を確保しながらエンジン燃費の良い低速回転でのポンプマッチング制御を採用している。



図—3 発電機モータ

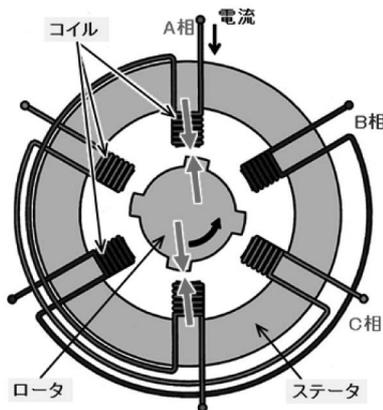
発電機モータには、SR（Switched Reluctance）モータを採用している。SR モータは、構造が簡素でレアアース磁石を使用せず、耐熱性に優れている。この優

れた耐熱性により、高温となるエンジンと油圧ポンプの間にビルトインされたモータの信頼性を高めている。また、永久磁石を使用していないため、エンジンアシストや発電を行っていない空転時の連れ回り損失が非常に小さく、燃費低減に貢献している。しかしながら、SR モータは構造上、振動・騒音の課題があるため大出力では実用化の例が少ない。表—1にSRモータと旋回電気モータに採用しているPM（Permanent Magnet）モータの特徴を示す。

表—1 SRモータとPMモータの特徴

	SR モータ Switched Reluctance Motor	PM モータ Permanent Magnet Motor
駆動力	電磁コイル吸引力	永久磁石磁力とコイル磁界
構造	簡素	複雑
永久磁石	無し	有り（レアアース磁石）
耐熱性	高	中
振動・騒音	大	小
実用例	少	多
	オイルポンプ 掃除機	ハイブリッド自動車 電気自動車

SR モータは、ロータ（回転子）がステータ（固定子）の電磁コイルに吸引されることにより回転する。回転時の電磁コイルの ON/OFF に伴い、吸引力も ON/OFF が繰り返されるので振動・騒音が発生する（図—4）。



図—4 SRモータの構造

本機用の発電機モータは、20 トンクラス車用に対して車格アップ分出力をアップしている。電磁力は出力に比例するため、ステータに作用する吸引力は 20 トンクラス車よりも大きくなり、振動・騒音の起振力が大きくなる分の強度アップが必要となる。一方、車載可能なモータのサイズには制約があるため、FEA（Finite Element Analysis（有限要素解析））や種々の実験・解析を行い、筐体・ステータコア等の構成部品

形状と駆動制御を最適化することによって振動・騒音の課題を解決した。

(2) 旋回モータ

油圧モータでは旋回減速時に熱として放出していたエネルギーを電動モータにすることで回収可能としキャパシタに蓄電する。このエネルギーを駆動時に再利用することで大幅な燃費低減を実現している。また電動モータは油圧モータよりも加速時の効率が良く、スムーズな旋回性能を発揮できる点も大きな特徴である。標準機の旋回減速機に減速段をアドオンで追加し、電気モータを高回転で使用することで、モータの効率アップと小型化を図っている（写真—2）。



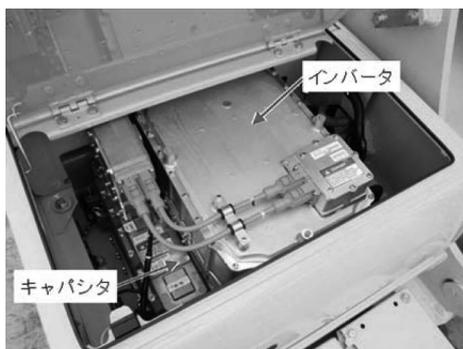
写真—2 旋回電気モータ

(3) インバータ、キャパシタ

出力アップに伴うインバータとキャパシタのサイズアップを最小限にとどめ、コンパクトに搭載した。工具レスでアクセスでき点検が容易である（写真—3）。

インバータは、キャパシタ・発電機モータ・旋回電気モータ間の電流・電圧を変換・制御する機能を持つコンポーネントである。効率良い蓄電・出力制御を車体の頻繁に変化する稼働条件に応じて瞬時に行うことにより、燃費効率の大幅改善を可能とした。

キャパシタは、余剰エネルギーを蓄電および出力するコンポーネントである。通常のバッテリーとは異なり電子・イオンの移動のみで充放電でき、化学反応を伴わないことから、短時間での充放電が可能である。ま

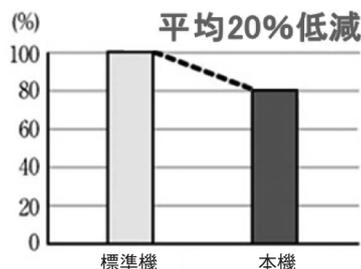


写真—3 インバータ・キャパシタ

た、バッテリーに比べて劣化が遅く、長寿命で充電液の補充等のメンテナンスも不要であることから長期に稼働を続ける建設機械に最適である。

4. 燃費低減効果

本機は、30 トンクラス標準機と比較して作業量同一で平均 20%の燃費低減を達成した（図—5）。これは、平均的な使われ方同士で比較した場合を社内基準（車両管理システム『KOMTRAX』で取得したデータの解析による平均作業パターン）で実測した結果である。



図—5 平均燃費効果

5. その他の特徴

(1) エンジン

20 tハイブリッド油圧ショベルでは4気筒エンジンを搭載しているが、本機では標準機と同じ6気筒エンジンを搭載している（表—2）。このエンジンは、可

表—2 搭載エンジン

	30t 油圧ショベル		20t 油圧ショベル	
	ハイブリッド機	標準機	ハイブリッド機	標準機
	HB335-1	PC300-8	HB205-1	PC200-8N1
型式	コマツ SAA6D114E-5	コマツ SAA6D114E-3-A	コマツ SAA4D107E-1-A	コマツ SAA6D107E-1-A
気筒数	6	6	4	6
定格出力 ネット (JIS D0006-1)	189 kW / 1950 min <sup>-1</sup>	184 kW / 1950 min <sup>-1</sup>	104 kW / 2000 min <sup>-1</sup>	110 kW / 2000 min <sup>-1</sup>

変ターボチャージャー，クールド EGR， 高圧燃料噴射システムの噴射圧アップ等の最新技術を織込み， 燃費効率（燃費マップ）の大幅な改善を実現した。

(2) メインポンプ

発電機モータと旋回電気モータ潤滑用の油圧ポンプをマウントしたメインポンプを新規開発した。この潤滑油ポンプを用いた専用の潤滑システムによって， 発電機モータと旋回電気モータの信頼性を確保している（図-6）。

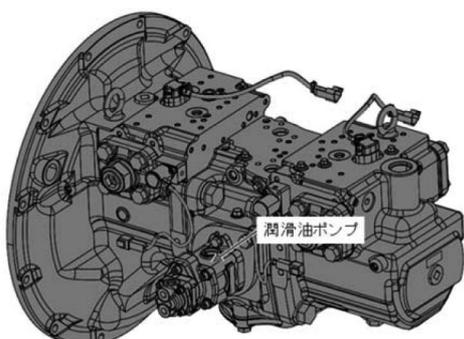


図-6 メインポンプ

また， このメインポンプには斜板角センサが装着されており， ポンプ容量を精度よくセンシングすることにより必要十分なポンプ吐出流量を確保した上で， 可能な限りエンジン回転数を下げることが可能となった。これにより， 20トンクラス車で採用したマッチング制御を進化させ， エンジン回転数の更なる低速化による燃費低減を実現した。

(3) ICT

(a) 高詳細大型マルチモニタ

高詳細液晶パネルの採用により， 従来の7インチ大型マルチモニタに対して視認性， 画面解像度が大幅に向上した。多言語にも対応可能であり， 13か国語の言語から選択可能である。

また， 以下の表示機能によって省エネ運転のサポートとハイブリッドシステムの負荷状況の確認ができる。

①エコガイドンス， エコゲージ， 燃費計

運転状況に応じて， 4種類のエコガイドンスをリアルタイムにポップアップ表示し， タイムリーにオペレータに知らせることで省エネ運転をサポートする。また， 20トンクラス車にも装備されていたエコゲージ， 直近5分間の燃費の棒グラフ表示に加えて， 平均燃費の表示機能を追加した（図-7）。



図-7 エコガイドンス， エコゲージ， 燃費計

②運転実績， 燃費履歴， エコガイドンス記録

省エネガイドンスメニューから，“運転実績画面”， “燃費履歴画面”， “エコガイドンス記録”を表示でき， 稼働状況を確認できるようにしている（図-8）。



図-8 運転実績， 燃費履歴， エコガイドンス記録画面

③ハイブリッド温度ゲージ， エネルギーモニタ

ハイブリッドシステムの温度ゲージをモニタに表示し， エンジン水温， 作動油温と同様にハイブリッドシステム温度をひと目で確認できる。

また， 標準画面からワンタッチでエネルギーモニタ画面を表示でき， キャパシタの充放電や発電機モータのエンジンアシスト・発電の状況をエネルギーフローとして確認することができる（図-9）。

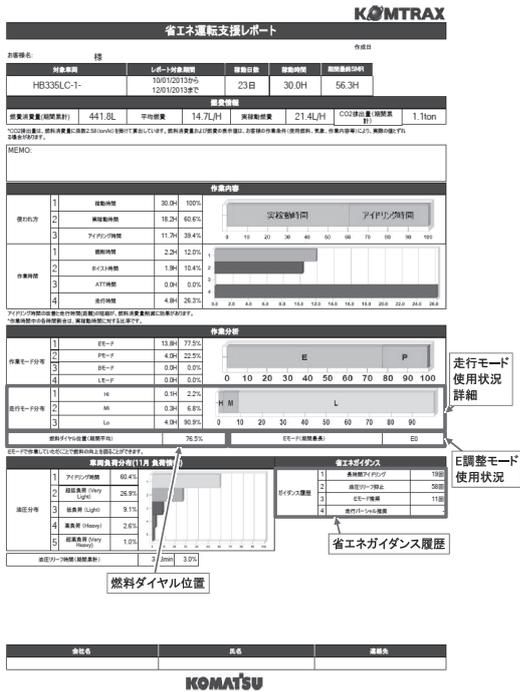


図-9 ハイブリッド温度ゲージ， エネルギーモニタ

(b) KOMTRAX 機能の充実

今までの KOMTRAX レポート内容に加え， 省エネ

ガイダンス履歴、走行モード使用状況詳細等の情報を追加し、内容の充実を図った(図一10)。



図一10 KOMTRAX レポート内容の充実

(4) 仕様の充実

20tハイブリッド油圧ショベルは、ハイブリッドシステムの商品化を目的として販売仕様を絞ったPC200-8E0を最初に市場導入したが、本機は導入当初より多くのお客様に対応できるよう仕様を充実させた(20tモデルチェンジ車でも、同様に仕様を充実)。

(a) アタッチメントに対応する汎用性

ブレーカ、クラッシャ、フォークグラブ等のアタッチメントを装着可能とし、標準機と同様の作業を実施可能とした(写真一4)。



写真一4 ブレーカ装着機

(b) 作業モード

PC200-8E0ではPモードとEモードの2種類しかなかったが、本機では標準機と同一の多種類の作業モードが選択でき、Eモードの調整も可能で、現場の状況と作業の内容にあった最適運転を可能にした(図一11)。



図一11 作業モード選択画面, Eモード調整画面

6. おわりに

2008年に20tハイブリッド油圧ショベルを導入以降、強く要望されていた系列展開であるが、本機30tハイブリッド油圧ショベルHB335-1を量産化、市場導入することができた。

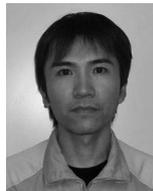
今後も市場の情報・要求に対し迅速に対応し、ハイブリッド油圧ショベルの更なる商品力向上を図っていききたいと考える。

JCMMA

[筆者紹介]



西田 安孝 (にしだ やすたか)  
 コマツ 開発本部 建機第一開発センター  
 環境商品開発グループ  
 GL



二瓶 哲治 (にいへい てつじ)  
 コマツ 開発本部 建機第一開発センター  
 環境商品開発グループ  
 技師

# 新型バッテリー式フォークリフトの開発

## FE25-1

大田 章夫・道 願 能 宏・中 澤 慶 一

フォークリフトは荷役運搬車両として物流倉庫や工場、木材業、水産業などで幅広く使われている。一方、燃料価格の高騰によるランニングコストの増大が企業経営の課題となっている。

そのため、環境負荷が大きく、ランニングコストのかさむエンジン式フォークリフトからクリーンでランニングコストが安いバッテリー式フォークリフトへのニーズが高まっている。

今回市場導入した新型バッテリー式フォークリフト「FE25-1」（以下「本機」という）（写真-1）では急速充電システムの開発や環境性能の向上、ICTの活用により、幅広いエンジン式フォークリフトユーザーに対応することが可能となった。本稿ではその概要について説明する。

キーワード：FE25-1, バッテリー式フォークリフト, 急速充電, 長時間稼働, イージーメンテナンス, KOMTRAX, ICT

### 1. はじめに

近年、地球温暖化、大気汚染、悪臭、騒音公害等の環境負荷低減のため、CO<sub>2</sub>や汚染物質を排出しないクリーンな機械や設備が求められており、産業車両や建設機械では、2011年以降、日米欧にて順次、排出ガス規制（Tier4 Interim, final）が導入されてきている。

フォークリフトにおいては、環境負荷が大きくランニングコストがかさむエンジン式フォークリフトからクリーンでランニングコストが安いバッテリー式フォークリフトへの転換を検討するユーザーが増加しており、1t系フォークリフト総需要の75%は、既にバッテリー式フォークリフトに移行してきている。しかし、フォークリフト総需要の大半を占める2t系フォークリフトにおいては、次に挙げる理由から、いまだにバッテリー化率（総需要に占めるバッテリー式フォークリフトの台数比率）が30%程度に留まっている。

- 1) バッテリーは搭載スペースが制限されるため容量に限界があり、1回の満充電で連続して使える稼働時間が短い（4～6時間）。
- 2) バッテリーの満充電には時間がかかる（10～12時間）。また、短時間の補充電ではバッテリー容量を回復できない。
- 3) バッテリーは充電と補水の管理が必要で、怠ると予期せぬバッテリーの劣化や交換（高額修理）が発生する。



写真-1 本機 外観

- 4) 電気／電子コンポーネントで動くので、水や粉塵に弱く、屋外稼働／屋外保管には向かない。
- 5) エンジン式フォークリフトと比較すると安定性等の性能が劣る。

本機は、車体での新技術や組電池としてのバッテリーシステム、急速充電器をはじめとするキーコンポーネントの開発により、上記の課題を解決した。

### 2. 開発のねらい

本機は需要の大半を占める2t系フォークリフトの環境負荷、ユーザーランニングコスト低減をするために上述の1)～4)で述べた課題について取り組んだ。主なねらいと実施事項は下記のとおりである。

- (1) バッテリー容量を大きくすることなく長時間稼働

を可能とする急速充電システムの採用。

- (2) 面倒なバッテリー補水作業や充電準備作業を不要とするイーゼンメンテナンスバッテリーの採用。
- (3) 雨天での屋外作業／保管や粉塵の多い現場で作業を可能とする耐水、耐粉塵構造の採用。
- (4) 車両の稼働状況を把握し、お客様の安心と信頼をサポートする最新 ICT の採用。

### 3. 主な特徴

『品質と信頼性』をベースにした、より高い次元の「環境」・「安全」・「ICT (Information Communication Technology)」の追求が基本コンセプトである。

#### (1) 環境

- (a) 排出ガスがゼロ、かつ短時間での急速補充充電で長時間稼働が可能。

新開発の高出力定置式急速充電器（写真—2）により、1時間という短時間でバッテリー容量の最大60%を回復する急速補充充電を可能とした（図—1）。

昼休みや休憩時間を利用した急速補充充電により、1日当たりの稼働時間を大幅に延長することが可能なため、繁忙期による作業量の増加や急な残業にも対応可能である。

また、バッテリーの残量や温度に応じたインバータ制御による多段階定電流充電によりバッテリーの長寿命化を図っている。

本コンセプトをもとに、排出ガスゼロによる環境負荷の低減、及び消費電力低減、安全性の追求と ICT 技術の活用を図り、商品力を大幅に向上した。以下にその概要及び特徴を紹介する。

- (b) 消費電力および車両重量低減により、稼働時間を延長。

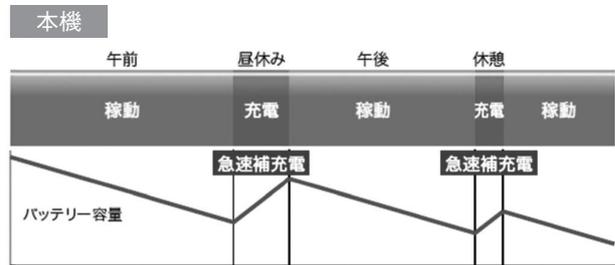
次の①～③の改善により、本機は従来車に対して消費電力を20%以上低減することで、バッテリー容量を



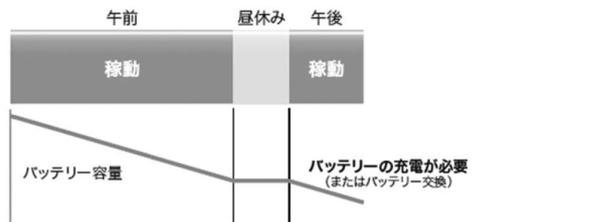
写真—2 定置式急速充電器



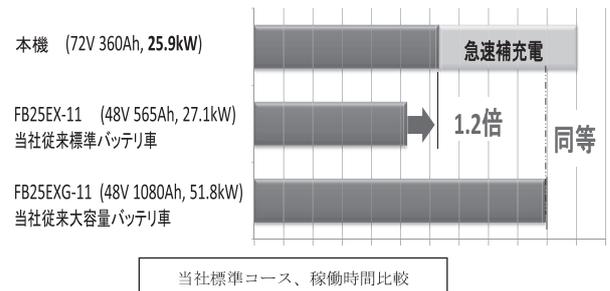
#### ■稼働時間比較(当社標準テストコース、稼働率75%)



#### 従来の電動式フォークリフト



図—1 運用パターンによる稼働時間の延長効果



図—2 バッテリー容量に対する稼働時間の延長効果

約4%低減しながら、稼働時間を1.2倍以上に延長した。

また、1時間の急速補充充電を実施することで従来の大容量バッテリーを搭載した車両と同等の稼働時間を確保した（図—2）。

#### ① PM モータの採用

走行モータ、荷役モータに、永久磁石を使用した高効率のPMモータを採用した（図—3）。

「PMモータ」は、モータ回転子に永久磁石を使用しているため、従来の「IM」の回転子に必要であった誘導電流（2次電流）が不要であり、エネルギーロスを低減できる。

#### ②消費電力を低減する新方式のモータ制御の採用

従来車は、モータ回転速度を基準に制御を実施していたため、起動・加速時等において必要以上のトルクが発生し、ピーク電力が大きくなり易かった。

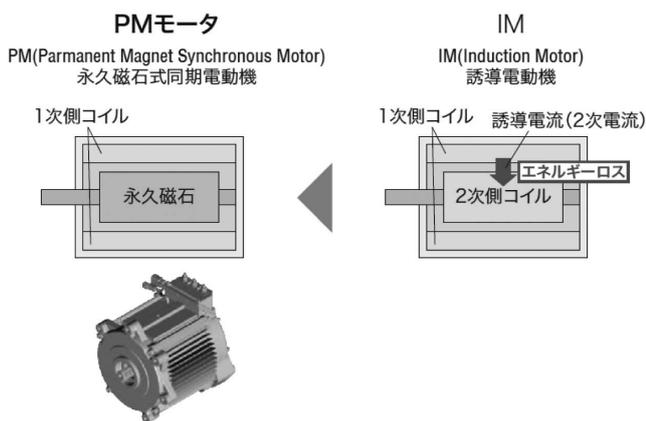


図-3 エネルギーロス低減効果

本機では、制御基準をモータ回転速度から必要トルクに変更することでピーク電力を抑制し、消費電力を低減した(図-4)。

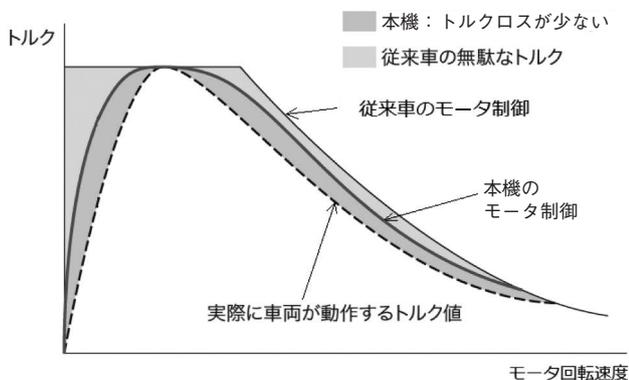


図-4 消費電力低減効果

③車両重量の低減

車両の重心バランスを全面的に見直し、バッテリー搭載位置を後方にレイアウトすることで、従来車と比較し約200kgの重量低減を実現し稼働時の消費電力を低減した(図-5)。

(2) 安全

(a) 補水不要なイメージメンテナンスバッテリー<sup>1)</sup>

イメージメンテナンスバッテリーは、一般的にVRLA



図-5 バッテリー搭載位置

バッテリー(Valve Regulated Lead Acid Battery:制御弁式鉛蓄電池)と呼ばれる、補水不要のバッテリーである(図-6)。

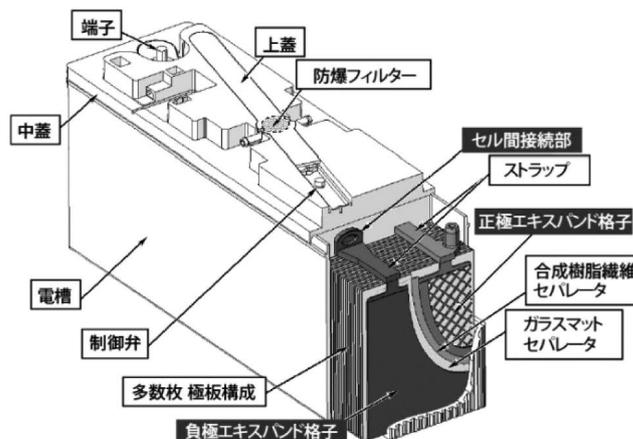


図-6 イメージメンテナンスバッテリー構成

従来の液式鉛蓄電池に対して、イメージメンテナンスバッテリーの電解液は正極、負極の吸液性ガラス繊維セパレータに含有している量だけとなっている。

また、充電中に発生した水素ガスを負極板が吸収することで水に循環され、外部への水素ガス発生が少ない。

この2つにより従来の液式鉛蓄電池で必要であった面倒な補水が不要になるとともに安全性を確保している。

(b) 耐水性、耐粉塵性向上

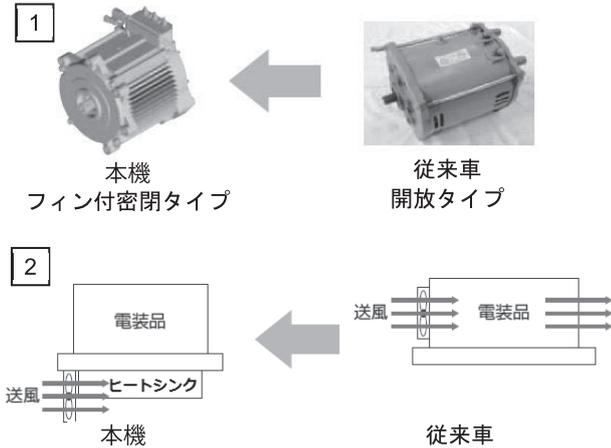
モータ、コントローラを密閉化し、冷却システムを内部通風式からヒートシンクによる冷却へと変更したことで、電装品に粉塵を含んだ外気を直接取り込まない構造にした(図-7)。

さらに、防水コネクタの採用、防水カバーの設置により、耐水、耐粉塵性を向上したことで、雨天での屋外作業/保管や粉塵の多い現場で作業、ホースを使った洗車が可能である。

また、従来バッテリーフォークリフトは充電時にバッテリーから発生するガスを換気するために、バッテリーフードを開けた状態で充電をする必要があり、屋外で充電が不可能であったが、前述のとおり、イメージメンテナンスバッテリーは水素ガスが発生しにくい構造であることと、バッテリーコンパートメント内の水素ガスをファンで強制換気することで、充電時のバッテリーフード開放作業を不要とし、屋外での充電を可能とした(図-8)。

(c) 防水、半嵌合検知式の充電プラグ

充電時における充電プラグの差し込み不良による火災を予防するため、本機では、半嵌合検知式の充電プ



図一七 耐水性，耐粉塵性向上概要



図一八 本機充電例

ラグを採用した(図一九)。半嵌合状態で充電をした場合，車両火災の原因となる異常発熱が起きることがある。これを予防するため，当充電プラグは，プラグの嵌合を検知する信号線を有し，信号線の断線を検知して充電を停止する。また，耐水，耐粉塵性を車体レベルに向上，接点の大容量化をすることで，屋外での充電，急速充電を可能とした。

(d) 安定性の向上

従来車に対して，ロングホイールベース化および前輪トレッド幅の拡大をすることで，走行時の居住性，作業時の前後の安定性を改善している。

(3) ICT

(a) カラー液晶マルチモニタ

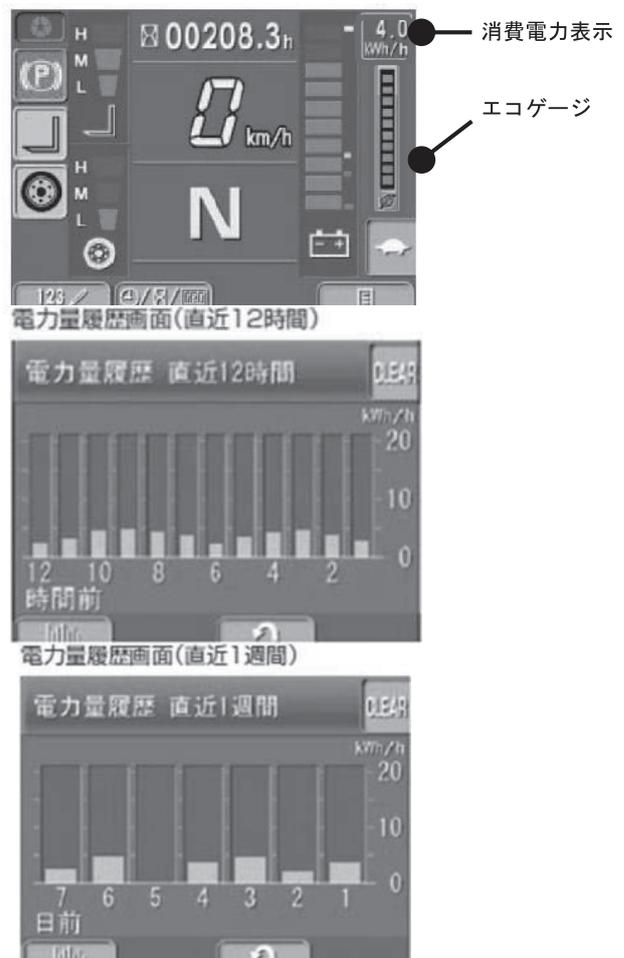
建設機械と共通思想のもと，新規開発の大型カラー



図一九 防水，半嵌合検知式充電プラグ

液晶マルチモニタを搭載した。車速やバッテリー残り容量などの車両状況を把握可能とし，走行・荷役パワーモード設定や車速制限などのセットアップも容易にした。また，ボタン操作により稼働時間，充電電力量，電力料金や積算CO<sub>2</sub>排出量などその他さまざまな情報を得ることができる(図一十)。

(b) バッテリー式フォークリフト業界初のKOMTRAX  
バッテリー式フォークリフトにおけるKOMTRAXは，車両の稼働状況，位置情報，故障履歴把握等の車



図一十 マルチモニタ情報

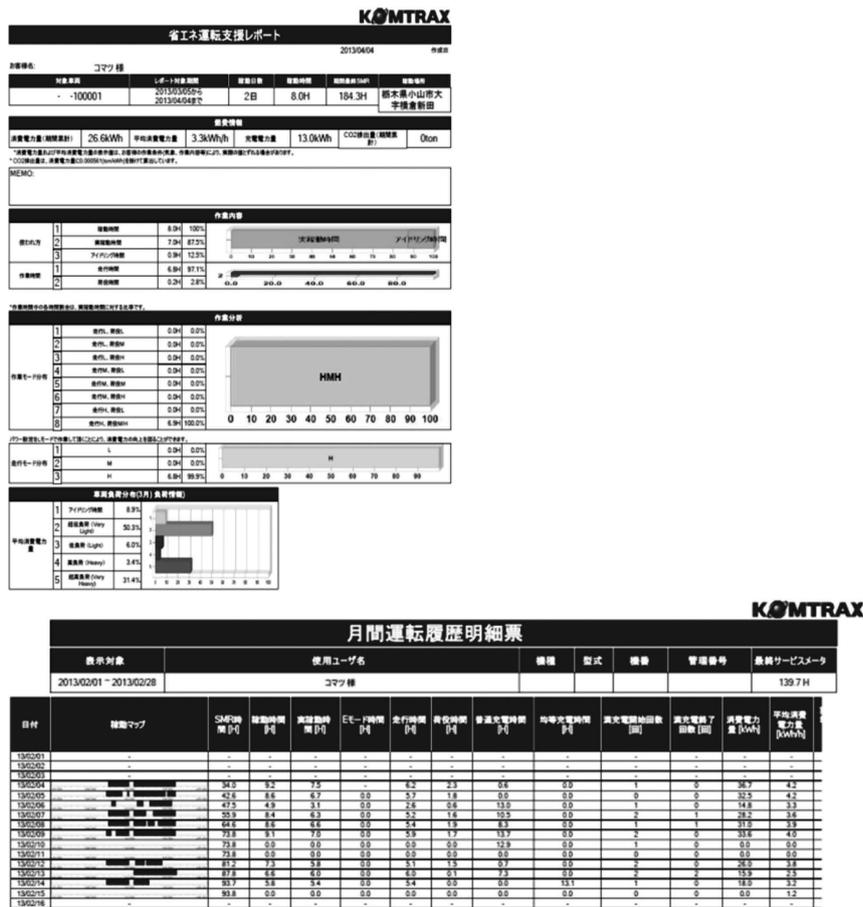


図-11 KOMTRAX 情報

両管理システムに加え、充電履歴、充電電力量などのバッテリーマネジメント情報を追加した (図-11)。

これらの情報により使用電力量からCO<sub>2</sub>排出量、ランニングコストがわかるだけでなく、エコ運転や車両配置台数の適正化提案およびバッテリー寿命予測、長寿命化提案を図っている。

#### 4. おわりに

本機 FE25-1 は、バッテリー式フォークリフトを使いたい不安をもっていたユーザに対して、「環境」「安全」「ICT」の観点から不安を解消しただけではなく、これまでエンジン式フォークリフトしか使えないと考えていたユーザおよびマーケットにも受け入れられると確信している。

また、これまで得られなかった個々のユーザの稼働・充電情報が KOMTRAX で入手可能となったため、この情報を蓄積、解析しそれから得られるアイデアを様々な形で提案させていただくことで、お客様に満足していただけるよう努力していく所存である。



#### 【参考文献】

- 1) 菊地智哉, 室地晴美, 吉原靖之, “電動フォークリフト用 EV 鉛蓄電池”, パナソニック技報, Vol.54, No.2, pp21-26 (Jul.2010)

#### 【筆者紹介】



大田 章夫 (おおた あきお)  
コマツ  
開発本部 ユーティリティ開発センター  
バッテリー車開発グループ



道願 能宏 (どうがん よしひろ)  
コマツ  
開発本部 ユーティリティ開発センター  
バッテリー車開発グループ



中澤 慶一 (なかざわ のりかず)  
コマツ  
開発本部 ユーティリティ開発センター  
バッテリー車開発グループ

# ウォータージェットを用いた コンクリート天井の表面処理機

白石 祐彰・石井 敏之・川西 健之

コンクリート表面を薄く切削する研掃や劣化した塗膜を除去できる天井用のウォータージェット表面処理機を開発し、コンクリート構造物の補修・補強工事に適用した。その結果、従来の人力によるハンドガンタイプなどのウォータージェット工法に比して、同等以上の処理能力、処理面と後打ちコンクリートとの付着強度の向上および作業環境が改善できることを実証した。これにより、既に実用化している壁・柱用ウォータージェット表面処理機と合わせて、コンクリート構造物の表面処理を効率的に施工することが可能となった。

キーワード：ウォータージェット、表面処理機、塗膜除去、研掃、コンクリート天井

## 1. はじめに

上水道施設における配水池などの補修・補強工事では、広範囲にわたってコンクリート表面の古い塗膜除去や研掃などの表面処理が行われる。このような表面処理はウォータージェット（以下、WJと表記）工法で行われ、主にハンドガンなどを用いた人力で行われている。そのため、表面処理の品質や速さが作業員の技量に左右されること、苦渋作業の繰り返しによる作業効率の低下、施工中のミストや粉塵等の飛散による作業環境の悪化などの問題がある。

そこで、このような問題点を解決し、かつ広範囲な領域を効率よく表面処理することを目的に、WJを用いた天井用の表面処理機を開発し、実工事に適用した。本報では、開発した天井用 WJ 表面処理機の概要と実工事へ適用した塗膜除去と研掃結果について報告する。

## 2. 天井用 WJ 表面処理機の概要

### (1) 基本的な構造と性能

天井用 WJ 表面処理機は、WJ 装置が装備された多関節型ロボットを水平移動できるスライド架台に組み込み、この架台を上下させる昇降装置に固定し電動式のクローラ型ベースマシンに搭載した装置である。駆動源には、騒音や排気ガス対策の観点から、内燃機関ではなく電動モータを用いた。外観を図-1、諸元を表-1に示す。

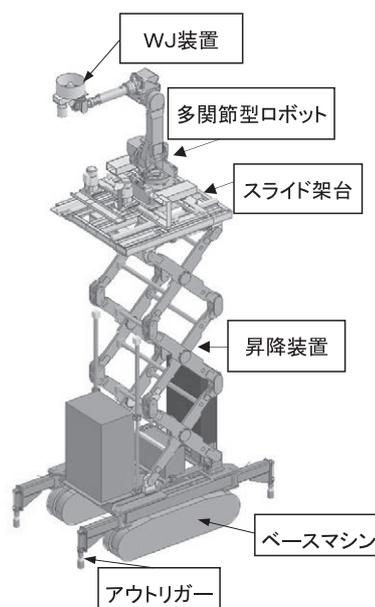


図-1 天井用 WJ 表面処理機

表-1 天井用 WJ 表面処理機の諸元

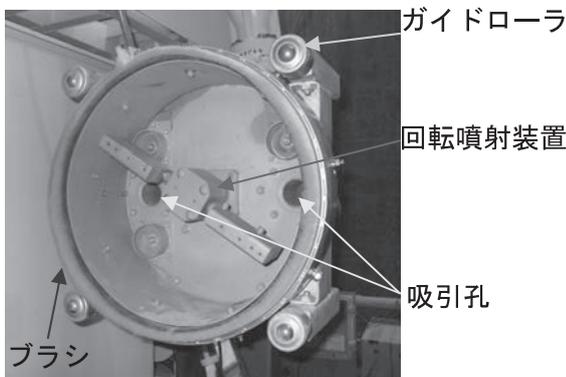
項目	諸元	備考
寸法	2000(L) × 1520(W) × 3200(H) mm	
重量	50 kN	
施工範囲	天井	2000 × 3300 mm = 6.6 m <sup>2</sup> 最大施工範囲
	高さ	4000 ~ 6500 mm 最大施工時
WJ装置	寸法	380(内径) × 171(D) mm
	移動速度	0.5 ~ 10.0 m/min
	噴射方式	2本ランスノズルを有する回転噴射装置1基

(a) 多関節型ロボットの使用

産業用のロボットとして、三次元立体形状の外周面に沿ってアーム先端部が精度よく移動できる、多関節型ロボットが種々開発されている。このような多関節型ロボットのアーム先端部にWJ装置を取り付け、天井面に沿って所定の速度でWJ装置を移動させて表面処理を行った。

(b) WJ装置

WJ装置は、写真一1に示すように、回転噴射装置(ノズル径0.35mm)から超高压水を噴射し、高速で回転させることによって表面処理を行う。ミストや粉塵の飛散を抑止するために、天井までの距離を一定に保つガイドローラを4角に設置し、天井との隙間を覆うブラシを取り付けた。さらに、内部には吸引孔を2ヶ所設け、バキュームによる回収を可能にした。



写真一1 WJ装置 (飛散防止機能付)

(c) 安全装置

作業中に処理機全体の安定性を確保するため、装置の四隅にアウトリガーを設置した。走行装置停止時に外側に張り出す構造で、アウトリガーが伸長されていないと昇降装置が作動しないインターロックが働く。

(d) 運搬方法

多関節型ロボットを外し2分割にすることで、大型低床タイプのトラックで運搬が可能である。

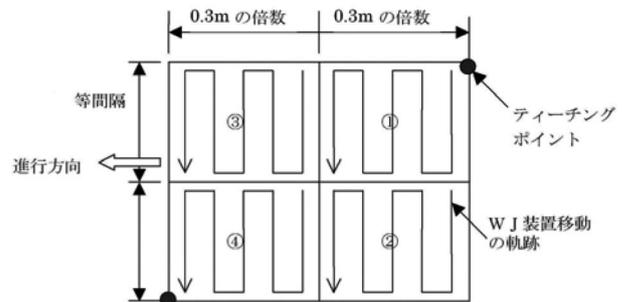
(2) 施工手順

操作者は、ベースマシンを固定し、昇降装置を所定の高さに合わせた後、図一2に示す施工範囲の端部である2ヶ所のティーチングポイント(教示位置)を処理機に手動操作で記憶させると、以下の動作が自動的に行われる。

- ・ 施工範囲を自動的に①~④の区画に分割する
- ・ ①区画から一筆書きの軌跡を描き、設定された一定速度と間隔でWJ装置が移動して、図一2に示す範囲の表面処理を始める

- ・ スライド架台が固定した状態で多関節ロボットだけが動作して①区画の処理を終える
- ・ その後、スライド架台が②区画に移動して、②区画を処理する
- ・ ③区画、④区画も同様に処理する

写真一2の黒い部分が表面処理された天井で、図一2の③区画を表面処理している状況を示している。



図一2 天井面の施工範囲



写真一2 実証実験による表面処理状況

3. 天井用WJ表面処理機の実施工

天井用WJ表面処理機を2ヶ所の上水道給水所の配水池改修工事に適用した。写真一3に示すような配水池の天井部の補修・補強工事において劣化した塗膜の除去および目荒しとしての研掃作業が行われた。



写真一3 上水道給水所の配水池

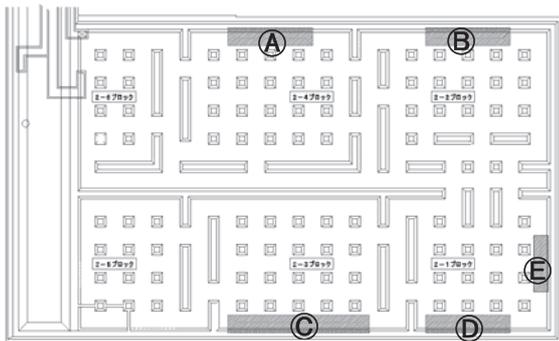
(1) 研掃

研掃は、コンクリート構造物の表面処理で、耐震補強箇所のコンクリート表面の脆弱部の除去と目荒しを行う作業である。天井用の WJ 表面処理機の施工状況を写真一4に示す。屋外に超高圧水発生装置（水圧 200 MPa）を配置し、図一3の薄墨色部分（A～E）を施工した。施工面積は、A, B, Dが 39 m<sup>2</sup> (2.5 m × 15.6 m), Cが 65 m<sup>2</sup> (2.5 m × 26 m), Eが 26 m<sup>2</sup> (2.5 m × 10.4 m) であった。施工前に実施した研掃確認試験より、WJ 装置の移動速度を 5.0 m/min とした。今回の研掃は、1ヶ所当りの施工面積が小さく、施工箇所（A～E）の関係から処理機の移動に時間を要したため、26～65 m<sup>2</sup>/日となった。

研掃後の天井面に対し建研式付着試験により付着強度試験を実施した。付着強度は、表面処理の性能照査



写真一4 施工状況（研掃）



図一3 研掃した配水池の平面

表一2 付着強度試験の結果

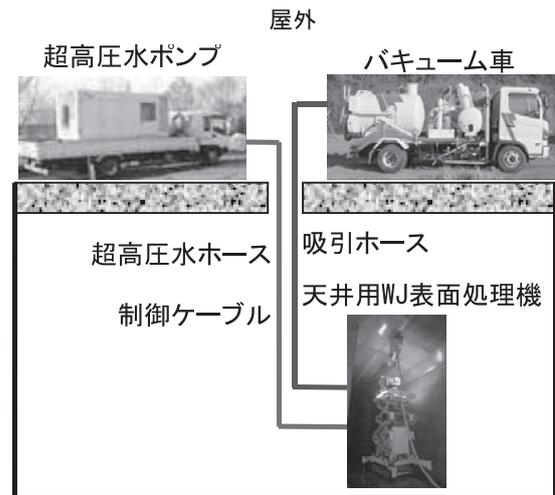
No	付着強度 (N/mm <sup>2</sup> )	破壊面
1	2.26	接着破壊
2	3.23	母材破壊
3	2.01	接着破壊
4	3.19	接着破壊
5	2.49	界面破壊

に用いられる基準値<sup>1)</sup>の 1.5 N/mm<sup>2</sup> 上であった（表一2）。これより、天井用 WJ 表面処理機による表面処理は、良好に付着強度が確保できる処理手法であることを確認した。

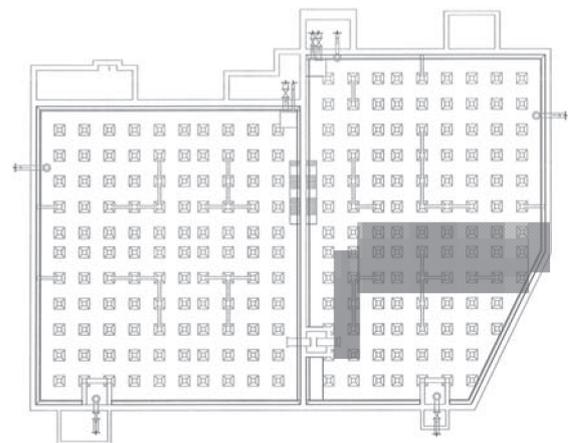
(2) 塗膜除去

配水池のコンクリート表面の劣化した塗膜の除去では、ミストや粉塵などの飛散物による作業環境悪化を防止するため、図一4に示すように屋外の超高圧水発生装置（水圧 200 MPa）に加え、バキューム車（風量 40 m<sup>3</sup>/min）を配置し、除去した塗膜などを強制的に回収した。

施工は、421 m<sup>2</sup>の天井部（図一5の薄墨色部分）を WJ 装置の移動速度 0.8 m/min で行った。施工状況を写真一5に示す。施工効率は、柱の間隔により施工幅が小さく、処理機稼働後の機械の設置および再調整に時間を要したため人力と同等（40 m<sup>2</sup>/日）であった。



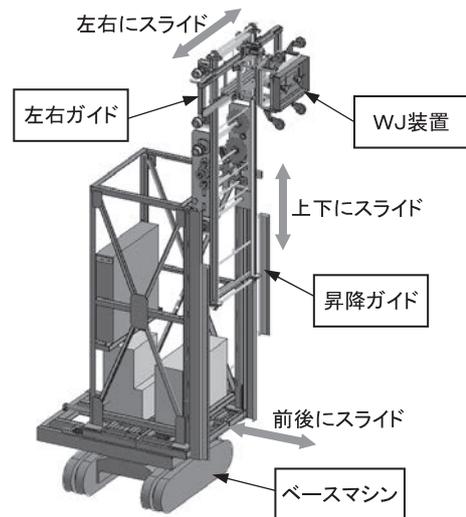
図一4 各装置の配置



図一5 塗膜除去した配水池の平面図  
(薄墨色部分は天井用 WJ 装置による施工箇所)



写真—5 施工状況（塗膜除去）



図—6 壁・柱用 WJ 表面処理機

#### 4. 結論

天井用のウォータージェット表面処理機を開発し、実工事に適用した。従来のハンドガン等の人力施工に比べて以下の点で優れていた。

- ①仕上がり面の品質のばらつき（コンクリート表面の凸凹度）が改善され、処理面と後打ちコンクリートとの付着強度が確保できた
- ②ミストや粉塵等の飛散が抑制され、高所作業の必要がなくなり、作業環境が改善した

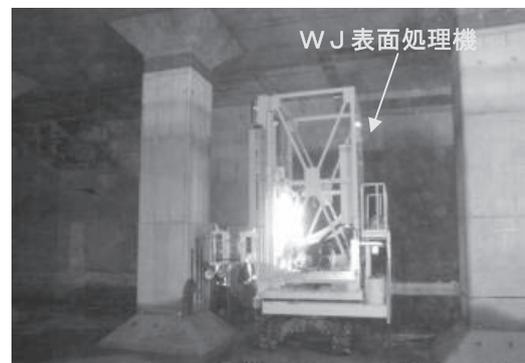
#### 5. おわりに

壁・柱用 WJ 表面処理機が既に実用化されており（図—6、写真—6）、処理能力は、人力によるハンドガンタイプよりも研掃で約 2.0 倍、塗膜除去で約 1.4 倍であった<sup>2)</sup>。今回開発された天井用 WJ 表面処理機と合わせて、コンクリート構造物の表面処理を効率的に施工することが可能となった。今後は、天井用 WJ 表面処理機のさらなる改良、改善点を抽出し、施工効率の向上を図るとともに、配水池以外の構造物に適用し、用途の拡大を図っていきたい。

JCM A

#### 《参考文献》

- 1) 例えば、NEXCO 東日本・NEXCO 中日本・NEXCO 西日本、「構造物施工管理要領」, pp.3-12, 2012.7
- 2) 石井敏之、森本克秀、川西健之、「壁・柱部用ウォータージェット表面処理機の開発」, 第 13 回建設ロボットシンポジウム, pp.143-150, 2012.9



写真—6 壁・柱用 WJ 表面処理機の施工状況

#### 【筆者紹介】

白石 祐彰（しらいし ひろあき）  
 ㈱奥村組  
 技術研究所  
 主任研究員



石井 敏之（いしい としゆき）  
 ㈱奥村組  
 技術研究所  
 主席研究員



川西 健之（かわにし たけゆき）  
 ㈱奥村組  
 東日本支社  
 機械部  
 課長



# 福島第一原子力発電所に無人双腕重機

## 小型双腕重機型ロボット ASTACO-SoRa

小 俣 貴 之

東日本震災による福島第一原発事故の発生後、原子炉建屋内には各種調査用ロボットが投入されたが、次のステップとして、廃炉措置に向けた建屋内の瓦礫撤去や遮蔽体の設置などの実作業に対応するロボットへのニーズが高まっている。ASTACO-SoRa（以下「本機」という）はこうした必要性に対応すべく、(株)日立パワーソリューションズと共同開発した遠隔操作式の小型双腕重機型ロボットである。油圧ショベルをベースにすることで高い信頼性を有し、人と同じ双腕であること、先端ツールが遠隔操作で交換可能であることから、広汎な作業に対応できる。本稿では、本機の概要と原子炉建屋内での運用について紹介する。

キーワード：ロボット、遠隔操作、双腕、災害対応、原子力発電所

### 1. はじめに

現在、福島第一原子力発電所では、高い放射線環境下における建屋内の作業環境の調査・測定などに加え、遠隔操作で瓦礫撤去、遮蔽体の設置等を行うロボットの必要性が高まっている。また、建屋内の環境改善のための除染作業の実施、その後の原子炉格納容器の調査・補修作業へのロボット適用も必要とされている。

このような災害現場での遠隔操作ロボットの適用ニーズに対し、日立グループでは無線通信技術を適用した遠隔操作ロボットシステム、災害現場での無線通信インフラ整備技術、ガンマ線強度分布測定用ガンマカメラ、災害対應用小型双腕重機型ロボット（本機）、高圧水による遠隔除染装置「Arounder」を開発し、現場調査から瓦礫撤去、環境改善と災害現場復旧に向けた対応を可能とするロボットの開発を進めている。

本稿では、上記のロボット類のうち、本機について紹介する。

### 2. 本機の概要

本機本体部の外観を写真-1に、主要諸元を表-1にそれぞれ示す。本機は、原子力施設における予防保全の知見を基に仕様・機能を決定し、油圧ショベル双腕仕様機「ASTACO」<sup>1)</sup>をベースに狭い建屋内での作業に適合したコンパクトな多機能ロボットを実現したものである。本体部分は車幅980mm、高さ1,500mmのコンパクトな車体寸法となっている。走

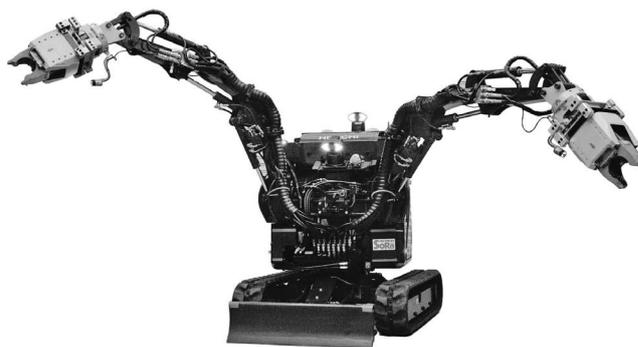


写真-1 本機本体部

表-1 本機本体部の主要諸元

装置名	小型双腕重機型ロボット
重量	約 2.5 ton
外形寸法(突起部除く)	幅 : 980 ~ 1,280 mm (可変) 長さ : 1,570 mm 高さ : 1,500 mm
駆動方式	ディーゼルエンジン 定格出力 : 11 kW / 2,400 min <sup>-1</sup>
燃料	軽油
燃料タンク容量	19.5 L
駆動時間	約 15 時間 (連続使用の場合)
吊上重量	150 kg / 片腕, 300 kg / 両腕
走行速度	約 2.6 km/h
操作方式	無線 (非常時有線)

行クローラ部の幅は、最小 980 mm から最大 1,280 mm まで油圧駆動により可変であり、建屋内の通路など狭所通過時は縮めて、作業時には拡張して使用することで高い安定性を確保できる。搭載した 2 本のアームは

狭所での取回しに適した形状で、根元のスイング軸を含めた4自由度構成とし、先端には作業に応じた各種ツールを装着可能である。各アームは高さ約2.5mにまで到達し、最大リーチの状態ではアーム1本当たり150kg、両アームで合計300kgの重量を持ち上げることができ、瓦礫撤去や遮蔽体の設置作業などに対応可能な十分な作業力を有している。

双腕を用いて対象を2点支持することで安定した把持・移送を行う(写真-2)、或いは、一方のアームで固定して他方で切断するなど(写真-3)、建屋内で想定される様々な作業に対応できる。なお、本体部の開発には、2006年～2010年度のNEDO委託事業「戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクト」<sup>2)</sup>により培われた技術的なノウハウも活かされている。



写真-2 双腕による対象の2点支持



写真-3 対象を把持固定しての切断作業

### 3. 本機の特徴

#### (1) 本体部

本体部の開発に当たり、開発期間を極力短縮すること、予備部品の調達や消耗品の交換を容易とすること、狭隘な通路を走行可能なコンパクトな車体であることなどを勘案し、ミニショベル量販機を開発ベースとした。通路寸法から車体幅を1m以下とすることを目標に、機械質量1,770kgのミニショベル(写真-4)をベース機として選定した。これは住宅建築現場や、上下水道、ガス、電気、通信などの管工事など、幅広い用途で使用されるミニショベルで、クローラ部の幅は狭所移動や輸送時は縮めて、掘削時は拡張して使用出来る可変式であることが今回の開発機の用途に適していた。



写真-4 本体部のベース機

双腕化の為の機体改造は最小限に留め、エンジンやポンプ、ラジエターなどの主要機器はベース機のままとすることで信頼性と整備性を確保している。ベース機がメインバルブ1つで駆動していたのに対し、双腕を駆動するため多連比例電磁弁を2つ、その他アーム先端ツールの油圧回路切替用バルブなどを追加搭載した。また、機体上面をフラット化し、その上に通信機や制御用コントローラ、カメラ他計測機器などを別ユニットに集約して搭載することで、不具合発生時の補修対応を容易としている。

#### (2) 遠隔操作システム

本機の操作は写真-5に示す遠隔操作盤から行う。遠隔操作用のカメラは本体部の前後左右4カ所と両アーム先端に各々1つ、合計6台が搭載されている。これらの映像は遠隔操作盤の5つのモニターに切り替



写真一五 本機遠隔操作盤

えての表示が可能で、十分な視界を確保することが出来る。双腕アームの操作はマルチスイッチ付レバーを採用することで左右1本ずつに集約し操作の簡便化を図っている。走行操作と合わせてもレバーは4本と少なく、シンプルな操作系を実現している。

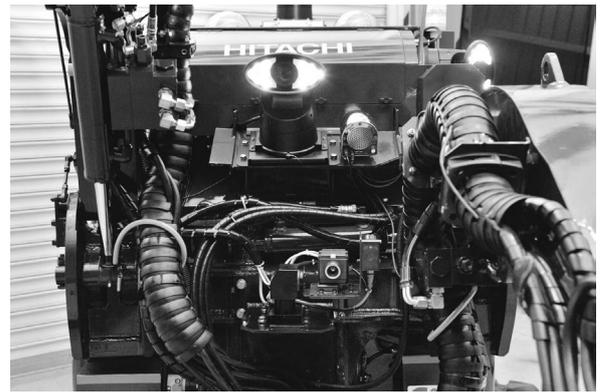
本体部との無線通信は、エンジン制御用として波長が長く障害物を回避しやすい420 MHz帯を、本体制御・映像伝送用には大容量の伝送が可能な2.4 GHz帯が採用されている。さらに有線での操作も可能で、無線が繋がらない非常時のほか日常点検時の簡易操作作用としても使用可能となっている。

### (3) 操作支援機能

本体部に搭載した遠隔操作カメラにはLED照明が内蔵され、暗闇となる原子炉建屋内での瓦礫撤去作業への対応が可能となっている(写真一六)。本体部前方にはカメラ以外にも集音マイク、対象物との距離を確認できるレーザー距離計(写真一七)を搭載し、両側面の車幅レーザーマーカ(写真一八)と合わせ



写真一六 本体側面と後部のカメラ



写真一七 本体前方のカメラとレーザー距離計



写真一八 本体側面のレーザーマーカ

て現場での周辺確認をしやすくしている。また、本体旋回角度やアーム姿勢を走行姿勢のほか予め設定した原点位置に自動復帰する機能により、作業終了後の円滑な移動を可能とするなど遠隔操作をサポートしている。

### (4) 周辺環境測定、記録機能

本体部には上述のカメラの他、放射線線量計、温度/湿度計、酸素/水素濃度計、及び、赤外線カメラを搭載している。これらのセンサー情報は遠隔操作盤に常時表示されるほか、操作盤に内蔵したハードディスクに逐次記録することができる。その為、作業中の周辺環境測定は勿論、作業終了後の映像チェックや環境分析も可能である。

### (5) 先端ツール交換機構

原発建屋内での広汎な作業に対応するため、アーム先端には各種ツール(写真一九)が装着される。写真左から、基本装備となるつかみ具、ケーブルや小径パイプを切断する切断具、大径パイプなどを切断する高速回転カッター、穿孔作業やボルト締めを行うための



写真-9 各種先端ツール

回転具，大物瓦礫を把持するための把持具である。また，これら先端ツールは専用架台により遠隔操作での交換が可能である。ツールを装着した状態でアームを架台に差し込むとツールはアーム先端から外れて架台に格納された状態になり，また，その状態でアーム先端をツールに押し付けるとツールがピン固定され，油圧配管も同時につながる機構である。配管の結合は建設機械で多用される油圧カップリングを適用したもので，粉塵が多いなど悪環境下であっても確実な装着が期待出来るものである。

#### 4. 原発建屋内での作業

本機は，2013年7月から2014年3月にかけて東京電力(株)福島第一原子力発電所内で稼働し，主に1号機・3号機原子炉建屋の1階部分の瓦礫ならびに損傷機器の撤去を実施した。建屋周辺や入り口付近の瓦礫は遠隔操作型の重機などを用いた撤去が完了していたが，建屋内には高線量の瓦礫が飛散した状態のままであり，原子炉格納容器の漏えい調査や除染作業に用いる装置のアクセスルートを確認する必要があった。建屋内の瓦礫は，コンクリートブロックや金属製のダクト，手摺など比較的重量物が多く，これらを扱える本機が活用されたものである。撤去作業は3号機建屋1階南西エリアから始まり，その後の1号機建屋での作業を経て，2014年3月に3号炉建屋1階の瓦礫撤去を完了している。3号炉建屋での作業で撤去した瓦礫の総量はパック約60袋分である<sup>3)</sup>。建屋内の高線量瓦礫の撤去はアクセスルートの確保のみならず，雰囲気線量当量率の低減にも寄与したと思われる。写真-10に建屋内での瓦礫撤去の様子を示す<sup>4)</sup>。

本機は2014年3月18日をもって，予定していた作業を無事完了した。現地では，油圧ショベルをベースとしたことによる信頼性の高さと十分な作業力，双腕ならではの広汎な作業への対応が評価されており，今



写真-10 建屋内での瓦礫撤去

後は後継機の導入に向けた取り組みが予定されている。

#### 5. おわりに

本機 ASTACO-SoRa のネーミングの「SoRa」には「福島に再び美しい空を」という作り手側の思いが込められており，車体カラーリングにも空をイメージした青を採用している。廃炉に向けた取り組みは完了までに数十年を要し，また建屋内の作業には未知の領域も多く，今後も様々な技術的課題が生じると思われるが，その一つ一つに粘り強く対応し，克服していきたい。

JCM/A

#### 《参考文献》

- 1) T. Omata, et al. : Development of Double Arm Working Machine for Demolition and Scrap Processing, ISARC 2011, 76-81 (2011)
- 2) NEDO 実用化ドキュメント <http://www.nedo.go.jp/hyoukabu/articles/201204hitachikenki/index.html>
- 3) 東京電力(株)「福島第一原子力発電所3号機原子炉建屋1階の遠隔除染装置による建屋内除染の開始について」[http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/handouts/2014/images/handouts\\_140620\\_11-j.pdf](http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/handouts/2014/images/handouts_140620_11-j.pdf)
- 4) 東京電力(株)「福島第一原子力発電所1・3号機原子炉建屋1階ガレキ等の障害物の撤去について」[http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/handouts/2013/images/handouts\\_130724\\_07-j.pdf](http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/handouts/2013/images/handouts_130724_07-j.pdf)

#### 【筆者紹介】

小俣 貴之(おまた たかゆき)  
日立建機(株)  
戦略企画本部 戦略企画室  
主任技師



# 粉塵防止型セメントミルク混合装置の開発

## スリーエスマシン

大竹元志

中小規模工事における半たわみ性舗装では、セメントミルクを作業現場内で粉体セメントと水を攪拌混合ミキサに投入し製造する。粉体セメントは微粉末であるために発塵性が高く、この投入作業ではセメント粉塵が飛散し、周辺への環境被害や作業員の健康被害が懸念されている。今回、セメントミルク混合作業の際に発生するセメント粉塵を抑制するため、新たに粉塵防止システムを開発した。これにより周辺環境および作業環境の改善を図ることができる。本報文では、この粉塵防止システムを現場事例と併せて紹介する。

キーワード：半たわみ性舗装、粉塵防止、集塵機、セメントミルク混合装置

### 1. はじめに

半たわみ性舗装とは、開粒度アスファルト混合物の空隙に、特殊セメントミルクを注入・硬化させることで、たわみ性舗装に剛性を持たせる舗装である。それによって、圧密・流動に対し優れた抵抗性を発揮し、耐摩耗性・耐熱性を有すると共に、すべりに対しても安全な路面を実現する。また、カラーセメントを使用することでカラフルな舗装もでき、交差点やバス停、駐車場、商店街などの数多くの現場で採用されている。

大規模工事では生コンプラントで大量のセメントミルクを製造するが、中小規模工事では作業現場内でセメントと水と添加剤を混合してセメントミルクを製造する。しかし、セメントは微粉末であるため発塵性が高く、この混合作業ではセメント粉塵が飛散してしばしば問題となっている。

### 2. 半たわみ性舗装

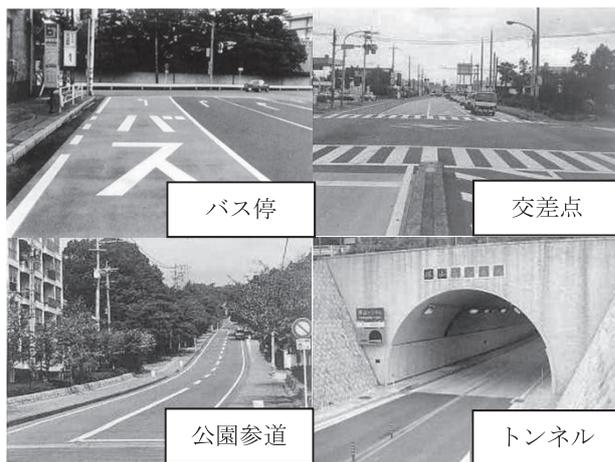
#### (1) 舗装概要

半たわみ性舗装ではアスファルト舗装とコンクリート舗装の両方の性質を持たせることができるため、重交通道路、特にわだち掘れが発生しやすい交差点付近への適用が有効である。一般のアスファルト舗装と比較してみると半たわみ性舗装の方は補修サイクルが短くなるため、インシヤルコストが高くなるがトータルコストではより経済的となる。

写真—1は半たわみ性舗装の施工例である。耐流動

性があるため、バス停や交差点など車が停止・発進を繰り返してわだちができるような場所で有効である。また、カラーセメントを使用することで景観が良くなるため、公園の参道や商店街などでも使用されている。

トンネル内は暗くて狭く補修工事がやりにくい場所のため、耐久性があり補修サイクルが短い半たわみ性舗装が有効である。また、アスファルト舗装よりも白く明色性があるため、暗いトンネル内では路面の落下物が見つけやすく安全でもある。



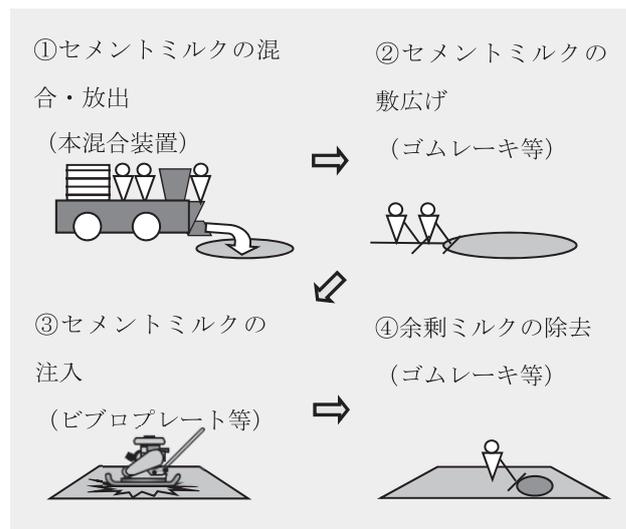
写真—1 施工例

#### (2) 施工方法

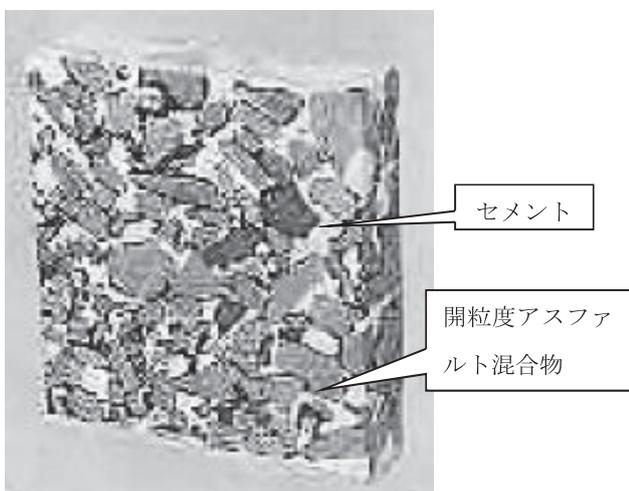
半たわみ性舗装の施工状況を写真—2に、舗装断面を写真—3に示す。半たわみ性舗装の施工法は、通常のアスファルト舗装と同様に母体アスファルト混合物の舗設を行った後、図—1のようなセメントミ



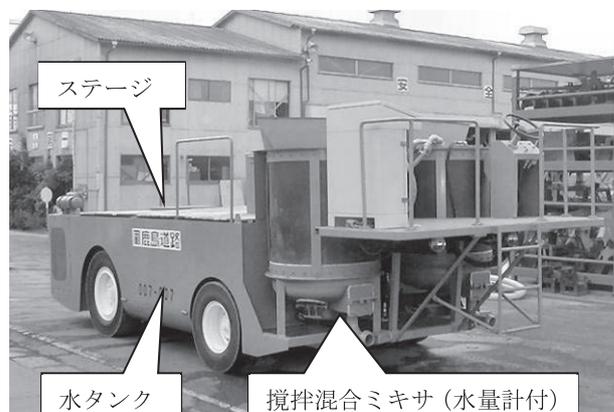
写真一 2 従来の施工作業全景



図一 1 半たわみ性舗装の施工構成



写真一 3 半たわみ性舗装断面



写真一 4 本混合装置

ルクの混合・注入・仕上げ作業を行う。セメントミルク混合装置でセメントミルクを製造し、アスファルト舗装面に放出する。放出されたセメントミルクをゴムレーキ等を使用して均等に敷き広げた後、セメントミルクがアスファルトの空隙にしっかりと注入されるようにビブプレートを 사용하여振動をかけて注入作業を行う。最後にゴムレーキで余剰セメントミルクの除去を行い、所定の養生時間を経たのち（一般用：1～2日間、速硬用：3～6時間）、施工完了となる。

セメントミルク混合装置を「スリーエスマシン (Super Strong Surface machine)」（以下「本混合装置」という）と称して自社開発してきている（写真一 4）。本混合装置は、セメント袋を大量に載せるためのステージと水タンク、水計量器、攪拌混合ミキサを搭載した自走式の特殊施工機械である。粉体セメントを人力でミキサの上から投入し、ミキサには水量計が内蔵されているので、投入されたセメント量に見合った量の水が計量・供給され、セメントミルクが製造される。

1980年4月に1号機を完成させ、以来現在までに6台を製作し、現場供用してきたという実績がある。

### (3) 施工上の問題点

セメントミルクの混合作業では、作業現場内で袋詰の粉体セメントを開封し、攪拌混合ミキサに投入して行う。セメントは平均粒径が10 $\mu$ m程度の微粉末であるために発塵性が高く、この投入作業ではセメント粉塵が飛散して問題となっている。作業時の風向きなどによっては粉塵を撒き散らす可能性があることから、住宅街のような人口密集地等における施工では、周辺住民に対する健康被害の心配や、家屋や車などへセメントが付着することが懸念されるからである。

また、セメント粉塵は投入作業を行う作業員の作業環境への影響も懸念される。セメントは水と反応すると水酸化カルシウムを発生させ、強いアルカリ性を示す性質がある。そのため、目や鼻、皮膚に対して刺激性、溶解性があり、硬化前のセメントは付着した状態が続くと目の角膜や鼻の粘膜、皮膚に炎症や出血が起

きる可能性がある（セメント皮膚炎）。対して、完全に硬化した後のセメント（モルタル・コンクリート）の場合、水酸化カルシウムは二酸化炭素と反応し中性の炭酸カルシウムとなっているので、炎症を引き起こす可能性は少ない。したがって、セメントを投入する作業員は防塵マスクとメガネを着用して作業にあたる必要がある。しかし、このような作業状況もはたから見ると良いイメージは持たれない（写真—5）。



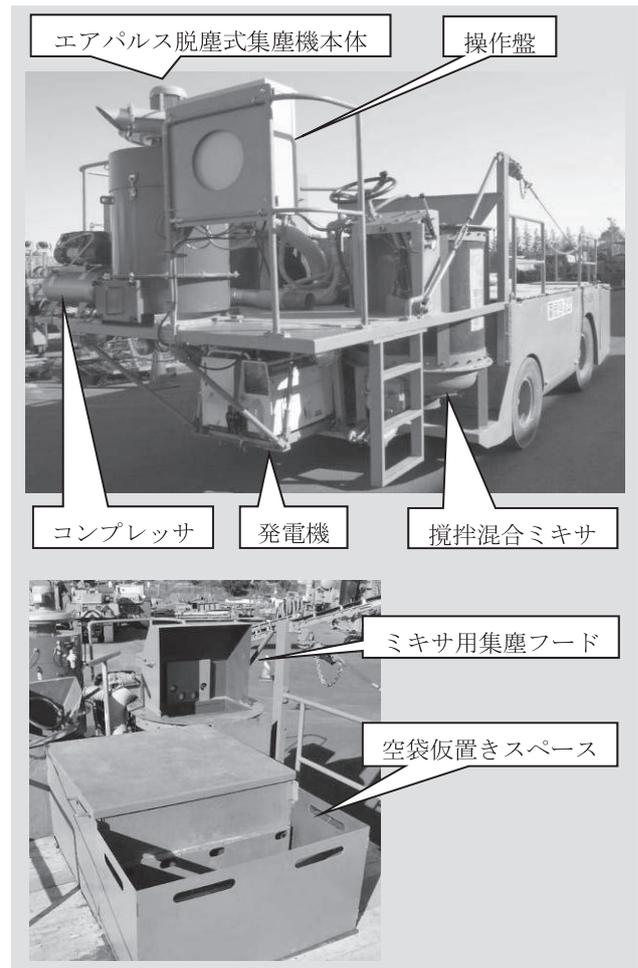
攪拌混合ミキサ

写真—5 従来のセメント投入作業

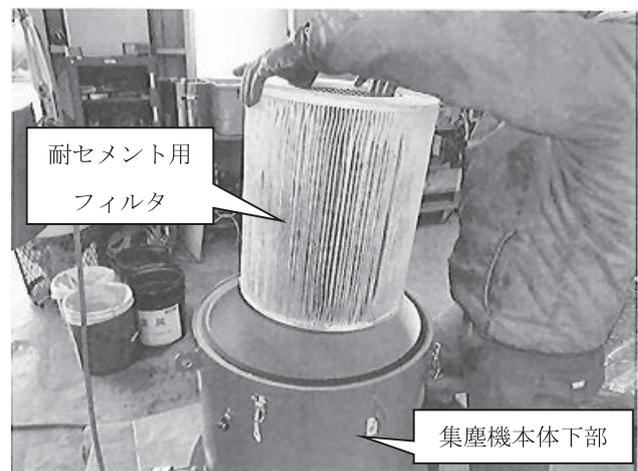
### 3. 粉塵防止システム

今回、集塵機メーカーの協力の下に耐セメント粉塵を考慮した粉塵防止システムを開発した（写真—6）。粉塵防止システムは、本混合装置にエアパルス脱塵式集塵機・コンプレッサ・発電機・操作盤を搭載し、ミキサ投入口と空袋仮置きスペースに集塵ダクトを設け、セメント粉塵を効率的に集塵するシステムである。ミキサ投入口には集塵ダクトと風よけのためのフードを取り付け、ミキサへのセメント投入時にはフード内から粉塵が漏れ出さなくなっている。また、空いたセメント袋を畳む際にも、袋の中に残ったセメントが粉塵となって飛散する。そのため、集塵ダクト付きの空袋仮置きスペースを設け、あらかじめ袋に残ったセメントを振り落とし畳むことで粉塵の発生を抑制する。

集塵機に吸い取られたセメント粉塵は、写真—7に示すような特殊な耐セメント用フィルタに捕獲される。セメント粉塵は空気中の水分等と反応して固まり、フィルタの目詰まりの原因になることも考えられる。耐セメント用フィルタは金属製でジャバラ構造となっており、多少の目詰まりがあっても集塵能力が低下することは少ない。また、万が一にもセメントが固まりフィルタが目詰まりした際には、集塵機本体から



写真—6 粉塵防止システムの構成



写真—7 耐セメント用フィルタ

フィルタを取り外し、フィルタ表面の付着物を落とし清掃を行えば再利用できる。

また、フィルタはコンプレッサからのエアパルスにより一定間隔で叩かれ、その衝撃で捕獲したセメント粉塵を払い落とし、常にフィルタが清掃される。これにより、集塵能力が低下することがなく、集塵することが可能となる。払い落とされたセメント粉塵は集塵

機下部へと溜まり、回収・廃棄の作業も容易にできる。

## 4. 現場紹介

### (1) アーケード商店街（夜間）

広島県内の商店街全蓋アーケード内の舗装打替え工事において、粉塵防止型本混合装置の効果の検証を



写真—8 アーケード商店街（夜間）

行った際の状況を写真—8に示す。現場は夜間施工ではあったが商店街ということもあり、セメント粉塵の発生は許されない場所であった。施工中は写真—9のようにミキサ投入口付近でも、セメント粉塵の発生はほぼ見られなかった。また、写真—10のように空袋仮置きスペースでも、袋に残ったセメントを振り落としてから空袋を畳んだため、粉塵の発生を抑制することができた。約700m<sup>2</sup>の施工で20kgのセメント袋を300袋以上投入したが、集塵機の集塵能力が低下することなく、施工を終えることができた。周辺地域住民からの苦情も無く、現場担当者や作業員からも「粉塵の発生が押えられ作業がやりやすい」と好評を得た。

### (2) 一般道半たわみ舗装工事（昼間）

長野県内での半たわみ舗装工事の状況を写真—11に示す。現場はいくつかの商店も隣接する狭い道路であり、現場条件は施工面積4000m<sup>2</sup>（延長1km）を5日間で施工した。1日の施工時間は5時間程度であり、集塵機の集塵能力が低下することなく、終始しっか



写真—9 ミキサへの投入作業



写真—11 一般道半たわみ舗装工事（昼間）



写真—10 空袋仮置きスペース



写真—12 ミキサへの投入作業

りと集塵することができた。しかし、日中の屋外施工であったこともあり、集塵してない箇所では風などで粉塵が舞うのが目立ち、集塵機による粉塵の回収効果を目視で確認できた（写真—12）。

### (3) ホテルエントランス外構改修工事（夜間）

東京都内でのホテルエントランス外構改修工事の状況を写真—13に示す。現場は夜間の施工ではあるが



写真—13 ホテルエントランス外構改修工事（夜間）

ホテルの敷地内ということもあり、セメント粉塵の発生を抑えたい場面であった。粉塵防止型本混合装置を使用し、セメント粉塵を十分に抑制し施工することができた。

## 5. おわりに

今回、現行の本混合装置スリーエスマシンに新たに粉塵防止システムを搭載したことで、周辺環境や作業員への影響が改善され、期待通りの集塵効果を確認することができた。今後は集塵機の集塵効果の評価観察を経て、更に効果的な粉塵防止システムに改良していく。また、粉塵防止システムのコンパクト化やユニット化を行い、他の建設現場作業での集塵対応等に展開していく予定である。

JCMIA

#### 【筆者紹介】

大竹 元志（おおたけ もとし）  
鹿島道路㈱  
生産技術本部機械部開発・設計課



# “コンディションモニタリング”による 多面的な機械状況把握

石 渡 博 丈

高度化する建設機械のモニタリングの仕組みとして、テレマティクスが活用されている。現在これを利用しているが、それだけでなく、従来から続けているオイル分析や機械点検といった活動から得られる情報も、分析機器の刷新や電子化を行い、積極的に活用している。これらの情報で多面的な状況分析を行い、突発事故を起こさない安心して使える対応策の提案に生かしていきたいと考えている。これら一連の活動であるコンディションモニタリングについて紹介する。

キーワード：コンディションモニタリング，テレマティクス，オイル分析，機械点検

## 1. はじめに

生産財である建設機械の突発故障は、工事の進捗を始めとしてお客様の経営のみならず、稼働現場への大きな影響を与えることは言うまでもない。これを防ぐことはメーカーのみならず、販売会社、お客様にとっての共通の課題である。突発故障を防ぐためには、機械のコンディションの把握が重要だが、近年は技術の発展により、機械情報はより精度が高く遠隔地でも効率的に行えるようになってきている。この技術を最大限に活用し適切なメンテナンスを行うための総合的なアプローチとして取り組んでいるコンディションモニタリングについて紹介する。

## 2. コンディションモニタリングの要素

最近の建設機械は排気ガスのクリーン化や低燃費高出力を実現するために油圧の高圧化が進むなど非常に高度化・複雑化しているのは周知のことである。そのため、より正確な状況把握に努めるために各種サービストール・IT ツール・サービスプログラムなどを使用し、多面的に理解するように努めている。これらを主に5つの要素に分類して活用している。

- ①電子データ
- ②SOS（オイル・冷却水分析サービス）
- ③各種現車点検
- ④修理履歴
- ⑤現場情報・稼働情報

### (1) 電子データ

現在の建設機械はアクチュエータやコンポーネントの状況を電子化したデータとして活用できるような構造になっている。これらのデータでキイとなる情報の一部はテレマティクスにより、遠隔地から把握できるようになっている。このサービスをプロダクトリンク（PL）と呼んでいる。プロダクトリンクは基本機能として①位置情報②稼働情報③コンディション情報を収集、確認できる。現在、日本のニーズにカスタマイズされたシステムであるプロダクトリンクジャパン（PL-J）から、全世界共通のプラットフォームであるPLに統合を進めている。PLから得られる情報の一例をあげる。

・診断コードとイベントコード

コンディション情報の代表的な例として、各種の警告・注意情報があげられる。PLではこれらの情報に加え、イベントコードとして機械の稼働状況をモニタリングし、報告する機能が追加された。具体的には「トランスミッション酷使警告」や「ニュートラルでの惰性運転警告」等があげられる。これらのコードはその“イベント”発生都度報告される。イベントの多くは日常のオペレーティングで発生しており、トラブルが発生する瞬間的な問題というよりは、トラブルの“種”として日々の稼働の中で蓄積されるケースが多い。そのため、こういったコードが頻繁に出ている場合は、オペレーティングや作業環境に問題が無いかを確認し、「修正」をお客様に検討頂く場合がある。これらの情報を活用することで、重大な突発事故を予測すると同時に日々のオペレーティングの改善に役立てるこ

とができる。

## (2) SOS (オイル分析サービス)

オイルはよく機械の血液に例えられるが、機械の血液診断にあたるのがオイル分析サービスである。このサービスは1972年にはじまり、40年以上の歴史を持つ。この分析サービスは今まで日本独自で行っていたが、2014年4月に神奈川県相模原市に新たにラボを建設し、サービスを開始した(写真-1, 2)。



写真-1 SOS ラボ



写真-2 SOS ラボ

このラボは世界のラボと共通のシステムにて運用されている。そのため、年間数千万本の世界中で集められた膨大なサンプルの情報が共有できる。これにより正確な摩耗率のテーブルや比較対象となる基本データが増えた。このため、精度の向上のみならず、国内では稼働実績が少ない機械でも世界のサンプルと比べることにより正確な診断を下せることとなった。

また、新ラボでは従来のオイルのみならず、クーラント分析も可能となった。エンジントラブルの約半数は冷却系統の問題であると言われるが、クーラント分析によってより精緻にコンディションを確認できるようになった。オイル分析で行う具体的な分析内容について記す。

### a) 摩耗金属濃度分析

機械は稼働によって必ず摩耗が生じる。摩耗は設計上予定される正常摩耗と異常摩耗に分けられるが、摩

耗によって生じた金属元素量を測定することで、機械内部で起きている状況を推測し、不具合を発見する重要な参考データを得られる。摩耗金属濃度分析では、最新のICPを使用し、15の金属元素量を測定している。

例えば、エンジンオイル内には、エンジンに多く使用される鉄元素が使用に応じて混入していくが、鉄元素の量が通常範囲よりも大幅に多く検出されたり、当該機の過去のサンプルと比べて急に多く検出されたりする場合、エンジン内部の異常摩耗が推定される。

また、単体の元素量だけでなく、異常値を示す金属元素の組み合わせから不具合箇所を推定することもできる。例えば、エンジンにおいて鉄と共にクロムやアルミが大幅に上昇している場合、推定される摩耗部品はライナ、リング、ピストンであり、推定原因としては、オイル温度異常、オイルの劣化、燃料・冷却水混入、潤滑不良、リング破損があげられる。これらの推定原因と現場での使用状況の検証を行うことで、不具合の特定に近づくことができる。

また、これらは世界中のサンプルの蓄積のみならず、エンジンや各コンポーネントの設計情報として各部の構成要素の情報を熟知している点も大きい。この点はエンジンを自社で設計・生産している強みであると考えている。

### b) 劣化度・汚染度分析

オイル自身の劣化や汚染を測定することからも機械状況や機械に与える影響を推定できる。オイルの劣化は、スス、酸化物、硫化物、窒化物などから起こるので、これらを測定することで、劣化状況を把握することができる。劣化状況の測定機器にはFTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) を使用している。

ススは燃料の不完全燃焼によって生じる不溶解性の残留物であり、エンジンでのみ発生する。ススの発生による影響は、オイルの粘度上昇、オイル添加物を劣化(減少)させる。また、フィルタ目詰まりを誘発し、金属摩耗を促進させる。

酸化物は、オイルが高温燃焼により酸素と化学反応することでオイルの変質によりもたらされるものである。酸化によりスラッジ(炭化状態)が生成される(写真-3)。

硫化物は燃焼によって燃料中の硫黄分から生成される。水分と反応して強酸となり、腐食性の摩耗が発生する。また、窒化物は燃焼によって空気中の窒素と反応することでオイルが変質することである。窒化物は建機ではほとんど問題にならない。通常、ガスエンジンで影響が大きい。



写真-3 スラッジの固着したバルブリング

汚染度の分析は、ガスクロマトグラフィーを使用し、主に燃料と水の混入率を測定する。燃料混入による影響はエンジンオイルの粘度の降下、エンジンオイルの劣化を引き起こす。水の混入による影響はオイル粘度の上昇（ゲル化）、油膜切れを引き起こす。

これらの分析結果からクーラントの混入を診断したケースを紹介する。エンジンオイル内にクーラントが混入すると、クーラントの添加成分である、ナトリウムやカリウムといった金属元素が増加する。また、侵入したクーラントはコンポーネント内部を浸食する。浸食されたコンポーネントは金属元素を放出するので、オイル内に金属元素（鉄、アルミ）を増加させる。さらに、銅が増加している場合は、クーラント浸食の2次作用と考えられ、浸食がベアリング、クランク軸、シリンダライナーの摩耗に及んでいると推定される。このように分析された金属元素の種類や量からエンジンオイル内で起こっている状況を推測することができる。このケースでは、クーラントの混入原因がウォーターポンプのシャフトシールであったため、ウォーターポンプの交換という対応を取ることで解決した。もし、そのまま放置されていれば、冷却水で希釈されたエンジンオイルにより、冷却不足や潤滑不足がおこり、エンジン内部に深刻なダメージを与えることになったと推測される。

### (3) 各種現車点検

テレマティックスの進展により多くの情報が機械的に手に入るようになってきているとはいえ、現状では優秀なプロ自身による現車の確認にかなうものはないと考えている。教育された人間による機械点検は、コンディション把握のみならず、お客様・オペレーターの方から得られる情報と合わせて欠かせないものである。日本においては、建機を保有するお客様が課せられる定期自主検査が点検として強く認識されており、我々も認定作業員としてサポートしているが、機械のモデルに合わせたより専門的な点検サービスを実施している。

例えば、油圧システムの基準値測定を中心に行う「ゆーふる」、足回りの測定に特化した「カスタムトラックサービス」がある。

通常の機械点検では、機種毎に準備された機械点検表により、部品サービスセールスマンまたはメカニックが各部を目視及び計測器にて点検する。点検表はお客様に対して、現状の機械の状況を知って頂き、合わせて対応策を提案するツールとして使用されている。

「ゆーふる」とは建機の動力伝達の主体である油圧を中心に専用ツールにて測定し、その結果を判定するものである。具体的には油圧ポンプ等の圧力を測り、設計時の基準データや前回データと比較をすることで、現状把握を行う。これらは数値化され、記録化されていることで、正確な機械状態の診断に役立てられる。

「カスタムトラックサービス」とはブルドーザや油圧ショベルの足回り（クローラ）部分の摩耗状況を計測し、摩耗の進行等から足回りの残存寿命を算出するサービスである。クローラの残存寿命を算出するには、クローラを構成する各部品（シュー、ローラ、スプロケット等）を実測し、新品サイズ、現物サイズ、設計寿命サイズを比較することから残存寿命を算出する。これにより、お客様の当該機の今後の使用計画と照らし合わせ、クローラの全体新品交換、一部部品のみ交換、使用部品のグレード（ヘビーデューティまたはジェネラルデューティ）選択等、機械の車齢やお客様の要望に合わせて、コストミニマムになる最適な解決策を提案できる。

これまでの機械点検では、点検結果の一覧性、お客様への提案の利便性より、紙ベースの点検表による、マニュアル管理が行われていた。また、お客様とのコミュニケーションを重視することから、各拠点で独自に作成されたフォームや項目が使用され、全国的に統一されておらず、データとしての蓄積や共有という観点で問題があった。これを共通化・デジタル化する試みは以前も行われていたが、入出力においての労力の問題で、なかなか浸透してこなかった。しかし、モバイルデバイスの進展は多くの面でこの問題を軽減できているので、現在、ipadにて入力するシステムをテスト的に導入を始めたところである。これにより、お客様とのコミュニケーションはもちろん、入力されたデータの全社内での共有が可能となり、コンディションモニタリングの重要要素として今後一層の活用を期待している。

(4) 修理履歴

修理のデータはジョブコードの単位で、いつ、どこ  
の作業をして、何の部品を使ったかを記録しているの  
に加え、メーカから出された技術情報やこの技術情報  
に基づいた作業の履歴などが残されている。これらの  
情報は、単純にどこにトラブルがあったかという事実  
はもとより、その内容、頻度等から機械に何が起きて  
いるのかを推測できる重要な情報となる。また、機械  
がどのように使われてきたかを推測することもできる。  
こういった情報の活用により、今後の修理の予測  
を立てることが可能である。我々は過去の修理実績の  
データと設計データ等を基に、稼働状況等の条件を入  
れることによって、今後の機械経費がどのように推移  
するかを予測するシステムを開発している。これによ  
り機械のライフサイクルコストを推測することができ  
、新車時の購入から稼働中の修理費、中古車として  
の売却までのトータルコストを推測することができる。  
これをコンディションモニタリングによる推奨案  
に活用していく。

(5) 現場情報・稼働情報

現場情報・稼働情報は、「メンテナンス」「オペレー  
ティング」「アプリケーション」の3点について、機  
械から得られる情報とお客様の声、稼働現場の情報を  
付け合わせるものである。「メンテナンス」では、始業・  
終業点検から、お客様自身のメンテナンス体制全般を  
指す。「オペレーティング」は、掘削方法、積込方法  
等(図-1)、実際のオペレーティングがどのように行  
われているかという情報である。「アプリケーション」  
では、岩質・作業内容に応じたツースやバケット  
の選択がベストマッチか等の情報である。これらの情  
報により機械を取り巻く環境を把握する。



図-1 現場のアセスメントフォーム

●データの統合

コンディションモニタリングの5つの要素について  
述べてきたが、これらの5つの要素をバラバラに見る  
のではなく、一つのプラットフォーム上で管理できる  
ようにシステムの開発を試みている。例として、現状  
ではプロダクトリンクの画面上にSOSやメンテナ  
ンスの情報を集約して表示できるようになっている(写  
真-4)。

SOSの情報では、計測した日時、場所(コンポー  
ネント)、結果という履歴情報が確認できるようになっ  
ている。

また、稼働時間情報を利用し、時間毎に設定されて  
いる必要なメンテナンスを表示させ、確認することが  
できる。この画面では、次のメンテナンスの内容とそれ

部品名	シリアル番号	発生元	経過日	メーカ指定取り締	重大度	ステータス
リア・ディファレンシャル	W310-44296-000	発生元	9月20/2014	3521時間	警告	対応済み
トランスミッション-PS	W310-44296-000	発生元	9月20/2014	3521時間	対応不要	対応済み
エンジン	W310-44296-000	発生元	9月20/2014	3521時間	対応不要	対応済み
ハイドリック システム	W310-44296-000	発生元	9月20/2014	3521時間	対応不要	対応済み
ブレーキ	W310-44300-002	発生元	10月19/2014	3986時間	モニタ	対応済み
スタアリング システム	W310-44300-002	発生元	10月19/2014	3986時間	モニタ	対応済み
トランスミッション-PS	W310-44204-001	発生元	7月16/2014	3004時間	モニタ	対応済み
エンジン	W310-44300-002	発生元	9月20/2014	3489時間	対応不要	対応済み
フロント左FD	W310-44204-001	発生元	7月16/2014	3004時間	対応不要	対応済み
スタアリング システム	W310-44204-001	発生元	7月16/2014	3004時間	対応不要	対応済み
フロント左FD	W310-44204-001	発生元	7月16/2014	3004時間	対応不要	対応済み
エンジン	W310-44204-001	発生元	7月16/2014	3004時間	対応不要	対応済み
ハイドリック システム	W310-44204-001	発生元	7月16/2014	3004時間	対応不要	対応済み
エンジン	W310-44262-000	発生元	9月11/2014	2581時間	モニタ	対応済み
トランスミッション-PS	W310-44262-000	発生元	9月11/2014	2581時間	モニタ	対応済み

写真-4 プロダクトリンク上のSOS情報

表一 1 リスクの発生シナリオ例

	CM 要素	状況	原因	推奨対応	修理コスト
第一段階	機械点検	バケットシリンダーから油漏れ	シリンダーシールのダメージ	シールの交換	小
第二段階	SOS	ハイドロオイルへの水、土砂の混入	シリンダーより侵入	ハイドロ全交換 フラッシング	中
	機械点検	バケットシリンダーからの油漏れ大	シール及びロッドに傷多数	シリンダー交換	
第三段階	PL アラート： ポンプ圧低下	ポンプ圧力上がらず	油圧ポンプに重大なトラブル	ポンプ交換	大
第四段階	マシンダウン				大+マシンダウンに伴う費用もプラス

に必要とされる部品及び部品番号等の情報が掲載されている為、部品の発注などの準備がスムーズに行える。

### 3. CM を活用した予防整備の実践

表一 1 は油圧ショベルにおけるバケットシリンダーの油漏れを見つけた場合に想定されるリスクの発生シナリオの例である。

第一段階では、機械点検でバケットシリンダーから油漏れが発見される。この場合、シリンダーロッドに傷等が無ければ、シリンダーシールの交換のみで済み、修理コストは少額である。これを放置した場合、油漏れ箇所から水や土砂が侵入し、ハイドロオイルに対して悪影響をもたらす可能性が高い。そのため、ハイドロオイルの交換等が必要となり、費用は増加する。更にこの段階で対応がとられない場合、第三・第四段階へと進む可能性があり、油圧ポンプや油圧回路に重大なトラブルが発見され、「交換」等大がかりな修理が必要となる可能性が高く、費用は増大する。また、突然のマシンダウンにつながる。

このように当初は小さな傷が結果として大きなシステム全体の故障の原因となるケースをできるだけ早期発見し、お客様へ提案することを実践していく。

#### ・予防整備

予防整備とはコンディションモニタリングとメンテナンスをきちんと行い、システム全体に重大な故障が起きる前に修理を行うことである。先のコンディションモニタリングの実践例では、トラブルの兆候を見極め対応する例であったが、経年劣化に対応するオーバーホール等の実践も予防整備の重要な役割である。

大型エンジン等生涯中に数回のオーバーホールを予定しているコンポーネントでは、その使用時間に応じて交換する部品をレベル別に区分して管理している。レベル 1 は規定時間に達したら必ず交換する。レベル

2 は状態確認の上、必要であれば交換する。レベル 3 は規定時間内では、原則、変える必要はない部品である。つまりオーバーホールにおいても、定期的なコンディションモニタリングとメンテナンスを行い、良い状況を維持すれば、必要以上に部品を交換する必要はなく、コストダウンにつながる。これにより、ライフサイクルコストの低減が可能になる。

#### ・コンタミネーションコントロール

機械の整備やメンテナンスを行う際に注意しなければならないのが、コンタミである。コンタミとは油圧システムに混入する異物のことで、金属や泥、水といった物質を指す。現在の建設機械では高出力・低燃費を両立するために、極めて高い油圧を使用する為、内部クリアランスも非常に狭くなっている。

このため、整備・メンテナンス時にコンタミが混入しないように、

- ・ドレーン・充填プラグ・キャップ周りを開ける前に必ずクリーニングを行う。
- ・部品コンポーネントの包装は直前まで開けない。
- ・ホースはキャップやプラグで保護する。

といった指導をメカニックに行っている。また、作業の場である我々の工場は、世界共通の基準により、コ



写真一 5 5 スター工場の例

ンタミネーションコントロールを義務付けられており、そのレベルによって、5段階の評価（最高ランクが5スター）をしている。現在、全工場3スター以上を義務付け、工場内の一定以上の清浄度を維持するべく、努力している（写真—5）。

#### 4. おわりに

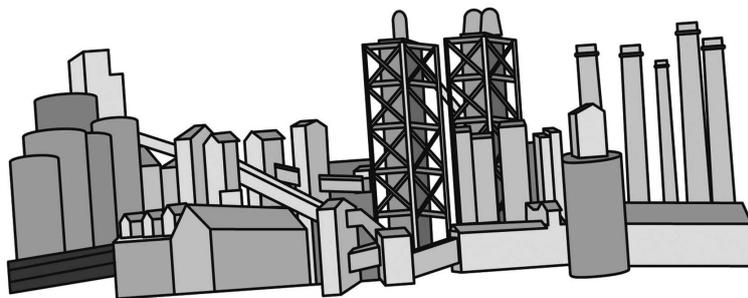
定期的、継続的なコンディションモニタリングはお客様に安心して機械をお使い頂くために不可欠なものであると考えている。今後も新しい技術の強化や得ら

れた情報を活用できる人・体制の強化をはかり、大きなトラブルを未然に防ぎ、お客様のライフサイクルコスト低減を図れるサービスを提供していきたい。

JICMA

#### 【筆者紹介】

石渡 博丈（いしわた ひろたけ）  
キャタピラージャパン(株)  
部品サービス推進G  
グループマネージャ



# UHF 帯 RFID を用いた レンタル電気機器の管理システム

西山 真哉・小林 雄一郎・中川 健

レンタル電気設備・機器は、建設現場をはじめ多くの現場で使用されている。それらは、運用数量が多量であることに加え、安全設備として使用されるものであるために、運用業務を効率化しつつも品質向上できるシステムが求められてきた。今回我々が開発した UHF 帯 RFID を用いたレンタル電気機器に対する管理システム「製品管理システム」について報告する。本システムは、製品及びそこに含まれる部品を管理し、品質を確認する。同時に業務の効率化も支援する。

キーワード：建設、分電盤、レンタル、IC タグ、RFID、トレーサビリティ、品質管理

## 1. はじめに

無線波を利用してデータを送受信できる RFID (Radio Frequency Identification) タグは、個体認識の技術として各種の業界で様々に利用されており、その有効性は既に多くの事例報告により明らかにされている。本誌では平成 16 年頃から報告され始めている。例えば、IC タグによる現場労務管理システム<sup>1)</sup>では、IC タグ (RFID) を用いて建設現場の就労者の識別を行う入退場管理を実現した。また、伊藤、田口、原田は IC タグを使用してトンネル坑内安全管理システム<sup>2)</sup>を開発した。彼らは、タグの識別情報をトンネル内の位置情報へ対応付けて利用した。

我々は、RFID タグを活用したレンタル電気機器の運用管理を支援するシステムを開発した。本システムは、様々な使用環境で機器をお使いいただくお客様にこれまで以上に安心していただけるように、機器の品質管理を目指したものである。我々は、正確に個体認識できることを重視し RFID タグを利用することとし、また、利便性を考慮して通信範囲を容易に制御できる UHF 帯 (920 MHz 帯) の RFID タグを採用した。

### (1) 開発の背景

従来は組織内部で行っていた業務を、独立した外部組織に委託するいわゆるアウトソーシングに移行する傾向が増加し、我々の取り扱うレンタル電気設備・機器が建設現場をはじめとして、多くのお客様に採用されている。中でも動力、電灯を使用する際に、機械・照明に直接電力を供給する分電盤は、配線用遮断器や

漏電遮断器を内蔵するもので、作業者の安全確保、対象機器の保護等、電力使用上の安全設備として数多く採用されている。また、この分電盤は、仕様、使用環境や使用期間が様々であり、的確な品質管理が求められる。こうした中、我々の運用数量はその必要性により多量であり、さらに分電盤 1 面に多くの電気機器を内蔵しており、お客様に安心してお使いいただく上で、効率的な品質管理手法の導入が求められてきた。

そこで、このような背景を基に、分電盤を構成する電気機器の履歴管理に加え、出庫検査記録の出力・保存、お客様への配置状況のリアルタイム管理等により、運用業務の合理化を図るために本システムの開発を行った。

### (2) 分電盤の品質

分電盤の正常な動作は、ブレーカーと漏電遮断器の電気的な検査によって確認する。通常は、検査をレンタル前に行い品質を維持している。建設現場へレンタルされるものは、過酷な環境で長期間に渡り使用される。そこで、運用管理の要点として、破損や動作に支障がある製品等の物理的な劣化製品の排除に加え、出荷時にリアルタイムで製造年月の管理を徹底し評価する。この情報を利用して、我々はチェック品質をより高水準に引き上げることを目指す。

### (3) 目的

このように、建設現場へレンタルする分電盤の品質向上を目指して、我々はレンタル電気機器に対する製品管理システムの開発を行った。このシステムでは、

製品を構成する部品に関しては、製造年月、検査情報、破損情報、破損部位の写真、修理情報などを管理し、流通に関してはレンタル先や返却元などの管理を行う。これらの管理機能は、RFID タグのトレーサビリティを利用して、すべての製品個体を識別することによって実現する。

## 2. システムの内容

製品管理システムは、RFID を通じて製品の管理を行う。使用するすべての RFID には、ユニークな ID 情報が書き込まれている。製品に貼付された RFID (写真-1) をハンディ型のタグリーダーで読み込めば、すべての製品個体の識別を行うことができる。各製品の状態、整備状況等をシステムへ入力し、それらの情報はサーバへ集め管理する。各製品情報の入力や写真の撮影はタブレットから行い、ハンディ型プリンターより業務に必要なラベル印刷を行う。

本システムでデータの入力等を行う携帯端末を図-1に示す。本開発では、携帯型のハードウェアで構成することにした。容易に持ち運びすることができ、デー



図-1 製品管理システムで使用する携帯端末。左から (a) タブレット (Google 社製 Nexus7), (b) ハンディ型タグリーダー (D.O.TEL 社製 DOTR-910J), (c) ラベルプリンター (ブラザー社製 RJ-4030) である。タブレットで動作する製品管理システムのプログラムが、他の 2 つのデバイスと Bluetooth で通信し制御する。

漏電遮断器検査証						20140100000916	
P-125-C			シンテクノ管理ユーザ			2014/09/24	
遮断器No.	1	2	3	4	5	6	押印欄
感度電流(mA)	20	21					
動作時間(ms)	50	51					
遮断器No.	7	8	9	10	11	12	備考
感度電流(mA)							
動作時間(ms)							

図-2 ラベル印刷の例。図は、タブレットへ入力した検査データをもとに印刷した漏電遮断器の検査証である。

タ入力やラベル印刷などの運用を柔軟にできるからである。図-2 は、印刷したラベルである。

### (1) 分電盤の状態

取り扱う分電盤はレンタル製品であるため、お客様先で稼働していたり、工場で製品検査を受けていたり様々な場所で異なる状態をとる。例えば、製品はレンタル先へ出庫する前にブレーカーや漏電遮断器の検査を受け、検査証シールを貼付されて出庫を待つ。返却されたものは故障の有無を確認し、必要に応じて修理を行い、その後に製品検査する。そこで、システムでの管理を行うために、業務を分析し管理に必要な状態を定義した (表-1)。また、図-3 に簡単な業務のフローを示す。サイクル状になっているのは、業務がレンタル業であることに由来する。

分電盤に RFID タグを貼付して新規登録を行うと、それは製品管理システムのサイクルへ組み入れられ

表-1 製品の管理のための状態と説明

状態	説明
完成	製品に含まれる部品の検査が終了し、製品検査証を印刷発行済みである。製品の出庫前の状態。
稼働中	製品は出庫されており、お客様先で稼働している。
要修理	返却された製品が破損している、もしくは電気的な不具合がある状態。品質規定を満たさない場合。
要検査	製品検査を行う前の状態。

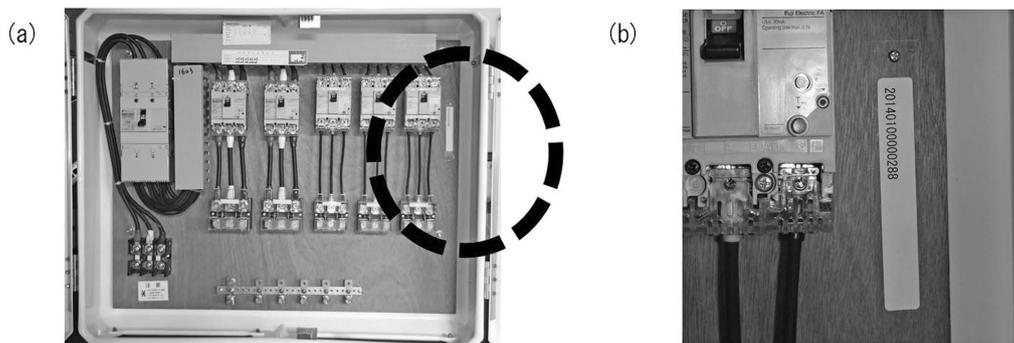
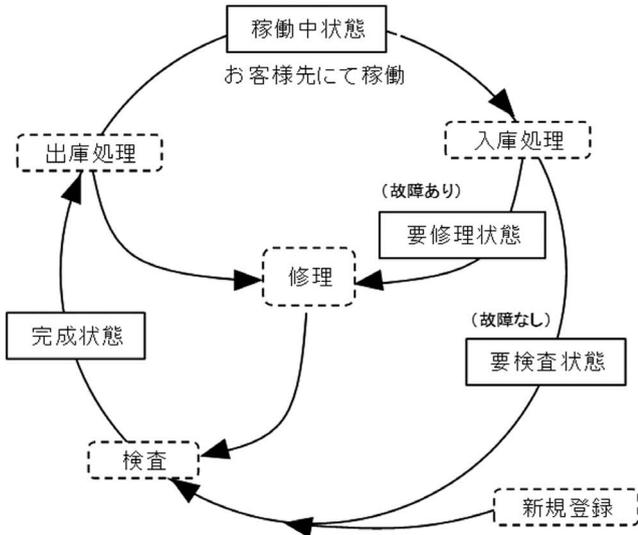


写真-1 (a) 分電盤内部の写真。点線で囲まれた部分に RFID タグが貼付されている。(b) (a) のタグの部分拡大した写真。右側の縦に数字が並んでいる部分がタグである。製品管理システムは、このタグを利用して製品の管理を行う。



図一三 業務フローと製品の状態を示す図。レンタル業務であるためにフローはサイクル状になる。業務と製品状態は対応しており、状態は遷移していく。

「要検査」状態となる。検査が行われると「完成」状態となり出庫を待つ。返却されてくると入庫処理を行い、製品は故障の有無によって「要修理」状態、もしくは「要検査」状態へ遷移する。修理が行われた製品は、「要検査」状態へ遷移する。出庫処理の際に、基準を満足しない部品が製品に含まれる場合は、該当部品を交換するために「要修理」状態へ遷移する。

(2) システムの機能

製品管理システムは、製品状態を管理し、製品検査データ等の入力省力化を支援し、煩雑な情報管理を効率的に実行する。主な機能は、製品の個体識別支援機能、製品情報の入力支援機能、使用電気機器の製造年月検査機能、製品破損写真の撮影取込機能、及び検査証の出力機能である。これらの機能の説明は、表一2へ示す。

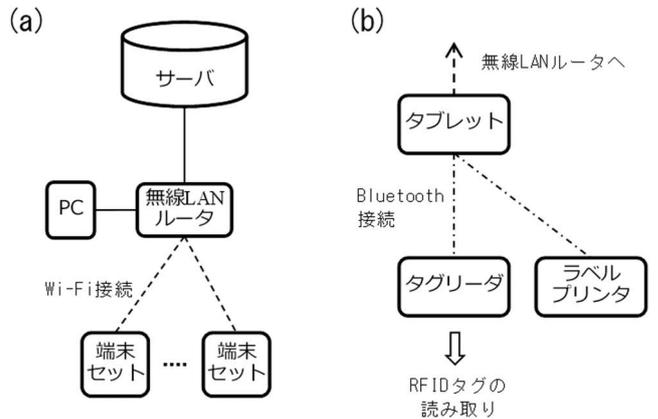
これらの機能が適切に運用されることによって、業務の支援や効率化を行うとともに、電気的な不具合のみならず、使用電気機器の製造年月が品質基準を満たさない製品の出庫を防止する等のレンタル業務の品質向上へ貢献する。

(3) システムの構成

本システムでは、次に挙げる携帯型の端末機器を用いる。UHF帯RFID用のタグリーダ、タブレット、ラベルプリンター、サーバである。特定の拠点で運用する場合には、システムは最小構成でよく図一4ようになる。RFIDタグの情報は、タグリーダを通してタブレットが受け取る。タブレットでは、製品状態の確認、検査データ等の入力、破損写真の撮影、状態の変更（登録、検査、出庫、入庫、及び修理）等の処理を行う。これらすべての情報は、サーバへ送信し集中管理する。サーバでは、集約された情報に基づき、帳票の出力、製品情報の検索、電気的な不具合を含む製品、もしくは品質規定を満たさない製品の抽出、製品の出庫予約などを行うことができる。タブレットの特徴的な画面を図一5に示す。

ここで注目すべきは、個々の製品に対する処理はすべてタブレットより行われる点である。分電盤は、外形が大きく、重量も軽くはない。そのため、製品に対する作業や保管などは工場で行い、帳票出力など管理情報の取り扱いは事務所で行うといったように、離れた場所で一つの製品に対する業務が行われている。したがって、工場に必要な処理は、携帯端末で柔軟に運用できるようにして、その結果を事務所に設置したサーバへ集約するようにしているのである。

以下の節では、システムを構成する機器について、



図一四 (a) 特定拠点（工場および事務所）で運用する際のシステム機器構成図。(b) (a)の端末セットの詳細図。図中の実線は有線接続、破線はWi-Fi接続、一点鎖線はBluetooth接続を意味する。

表一2 製品管理システムの機能とその説明

機能	内容
製品の個体識別支援機能	分電盤製品に貼付されたタグ読取時に、製品情報と状態を表示する。
製品情報の入力支援機能	製品状態に対応するデータ入力画面をタブレットへ表示し、簡便な操作でデータ入力できる。
使用電気機器の製造年月検査機能	タグ読取時に部品の製造年月を確認し、製品状態を把握し、該当部品の交換を要請する。
製品破損写真の撮影取込機能	破損製品の写真をタブレットで撮影する。取得写真は、帳票作成等に使用される。
検査証の出力機能	検査データを出力した検査証シールを、携帯プリンターよりラベル印刷する。



図-5 タブレットの画面を示した図。(a) 整備が行われた製品を一覧表示している。この画面では、タブレットから入力が行われた製品の実績を状態別に確認することができる。(b) 分電盤の検査データを入力する画面。矢印で示す行は、部品名の欄が赤く塗られている。この部品が品質基準を満たさず、交換の必要があることを警告している。

(b) タブレット  
 本システムにおいてタブレットは重要な役割を果たす。すでに述べたようにタブレットは、製品を取り扱う工場での情報処理を一手に担う。さらに、タグリーダーの制御やラベルプリンターへの出力を行う。我々は、タブレットのOSをAndroidとし、ハードウェアにNexus7を採用した。カメラ、Wi-Fi接続及びBluetooth接続を標準でサポートしており、またタグリーダーやラベルプリンターの制御などシステムに必要なものが揃っていたためである。

Nexus7は、工場などの製品に対する作業の現場で柔軟に運用できる大きさであることに加えて、汎用的なハードウェアであることがメリットに挙げられる。工場で使用されることを考慮すると、故障した際にすぐに別のハードウェアを用意できることもメリットとなる。

さらに詳細に説明する。

(a) UHF帯RFIDタグ、タグリーダー

タグの一枚一枚には、あらかじめユニークな情報を記録しておき、これを分電盤筐体内部に貼付する。これは、例えば個々の分電盤にシリアル番号を割り付けたプレートを固定することと同じことである。したがって、このタグを読み込めば個々の製品を識別できることになる。プレートを用いる方法との違いは、自動的にシリアル番号を読み取ることができ、それに基づいて一気に製品の情報へアクセスできることである。

本システムでは、RFIDタグとリーダーにUHF帯のものを採用した。これらは、個体識別の特長に加えて、リーダーからタグまでの読み取り距離を延ばすことができるという特長をもつ。それによって、製品内部のタグへ筐体の外側からアクセスしたり、一か所へ集めて保管している製品の情報をまとめて読み出し調べることが可能となる。その際、読み取り距離はリーダーの送信出力に依存するので、目的に応じて出力を調整する必要がある。

(c) サーバ

サーバはタブレットで入力した情報を収集し、すべての情報の管理を行う。また、集約した情報から帳票の出力を行ったり、製品の履歴などを検索することができる。管理している情報は次の通りである。製品状態、各部品の製造年月、各部品の検査データ、出庫日と出庫先、返却日と返却元、破損情報と破損部位の写真などである。

サーバでは、図-6に示すような情報の一覧表示を行うことができる。図-6は基準を満たさない電気機器を使用している製品の一覧である。すべての製品の部品情報を持っているために、このような表示を実現できる。分電盤のレンタル期間は長期であるため、余裕をもって製品を出荷したとしても、レンタルしている間に経年変化により基準を満たさなくなることもある。このように、どの現場でこういった製品が使用されているのかを一瞬で知ることができるため、これらの情報が品質向上の取り組みに貢献することは間違いない。

期限切れ製品一覧																				
No	タグID	型式・仕様	データ更新日	状態	部品期限切れ															
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	20140625000001	LLE-100-F	2014/06/25	完成	×	○	×	×	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
2	20140625000002	LLE-100-F	2014/05/20	要検査	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○
3	20140625000003	LLE-100-F	2014/06/20	要修理	×	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	20140625000004	LLE-100-F	2014/05/15	稼働中	○	×	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

図-6 製品の部品状態をサーバへ問い合わせたときの一覧表示画面。各行が各製品の情報を示し、表右側の○と×は各部品に対する判断を示している。○は電氣的な品質判定に合格しているものであり、×は不合格であることを意味する。

### 3. 今後の展望

製品管理システムは2014年9月より本格運用を開始し、分電盤のシステムへの登録をスタートさせた。新規に製造した分電盤や返却されたものに、タグを貼付しシステムへの登録を進めている。日を追うごとに本システムで管理している製品数が増加している。レンタル製品の大半がお客様先で稼働しているために、すべて製品をすぐに登録することはできないが、製品を工場で整備する機会を利用して次々と図-3で示したシステムのサイクルへ加えている。製品がサイクルを循環すればするほど履歴情報が蓄えられ、今後は引き出せる情報が増えていくことが期待できる。

本システムは、図-5に示すようなシステムの最小構成でスタートしている。現在は、システムを利用する他の拠点に対しての追加導入を進めている。拠点の増加とともにサーバの管理コストが増加することが見込まれる。そこで、一定の拠点数へ到達したところでサーバをクラウド上へ移行していきたいと考えている。図-7は、複数拠点でシステムを使用し、サーバをクラウド上で運用する場合のシステム構成図を示している。このときは、全拠点の情報が集約されるので、拠点横断的に情報を検索することができ、1拠点からは得られなかった情報を引き出すことも可能となる。また、サーバがクラウド化されたときには、製品管理システムがインストールされてサーバへの接続が

許可されたタブレットからは、どこからでもアクセスできるようになる。リーダとタブレットさえあれば、いつでもどこからでも製品の履歴など情報へアクセスができるというメリットを生かした運用を考えていきたい。

### 4. おわりに

本報文で紹介した製品管理システムは、レンタル電気設備・機器製品の運用管理の効率化支援や製品の品質向上を目的としたものである。我々は本開発プロジェクトを通じて、UHF帯RFIDのトレーサビリティという特長を生かした多量資産の運用管理システムを開発できたと考えている。情報の蓄積が進んだときに、今以上に有意義なデータが引き出せることが予想でき、今後の展開に期待したい。

最後に、ご協力いただいた関係各位に感謝いたします。

JICMA

#### 《参考文献》

- 1) 西松建設、戸田建設、ヨコハマシステムズ：ICタグによる現場労務管理システム、建設機械施工、No.657、pp.53、2004.11
- 2) 伊藤耕一、田口 毅、原田和男：ICタグおよびPHSを使用したトンネル坑内安全管理システム、建設機械施工、No.675、pp.28-33、2006.05

#### 【筆者紹介】



西山 真哉 (にしやま しんや)  
 (株)シンテクノ  
 業務部



小林 雄一郎 (こばやし ゆういちろう)  
 (株)シンテクノ  
 第二営業部



中川 健 (なかがわ たけし)  
 (株)ヨコハマシステムズ  
 システム第一事業部

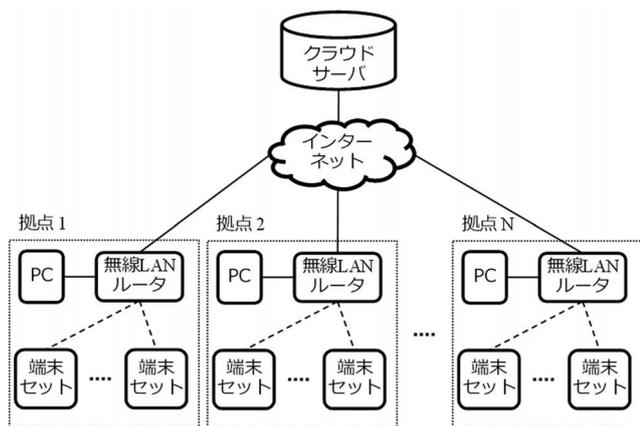


図-7 複数拠点でクラウド上で製品管理システムを利用し、サーバをクラウド上で運用するシステムの最大構成図。クラウド化した場合には、拠点間でデータを共有することができ、拠点横断的に情報の検索や管理を行うことができる。

# 無線 LAN 測位技術によるトンネル坑内の 建設機械接触災害に対する安全監視システム

## ICT 建設機械接近警告システム

松田 浩朗・藤本 克郎・瀧 聞 優 作

狭隘な範囲を建設機械が輻輳するトンネル建設工事において、入坑者と建設機械の接触災害への対応は、安全管理上重要な事項の1つであり、接触災害を発生させないためには、建設機械の接近を正確に入坑者が把握することは重要である。このため、トンネル坑内において、入坑者と建設機械の位置の把握を可能とし、その位置情報を基に、建設機械の接近を入坑者へ警告する技術の開発が望まれる。

この課題の解決を目的に、無線 LAN 通信電波を利用した坑内測位技術と、その測位結果に基づく接近警告機能により、トンネル坑内全体にわたり入坑者および建設機械の位置を俯瞰的に把握し、建設機械の接近を入坑者へ自動的に警告する ICT 建設機械接近警告システムを開発した。本報では、開発したシステムの概要を示す。

キーワード：トンネル、無線 LAN、坑内測位技術、接触災害、接近警告

### 1. はじめに

近年、建設工事においては、GPS を利用した転圧管理システム<sup>1)</sup> やクレーンの衝突を防止するシステム<sup>2)</sup> など、位置情報を活用して品質や安全を自動的に管理する技術が開発され、施工の効率化や安全性の向上を実現している。

しかしながら、建設工事のなかでもトンネル建設工事においては、位置情報を活用した技術の適用は進んでいない。これは、トンネル坑内は閉空間であり、GPS が利用できないため、トンネル坑内全体にわたり位置情報を得る測位技術が確立されていないことが理由である。狭隘な範囲を建設機械が輻輳するトンネル建設工事において、入坑者と建設機械の接触災害への対応は、安全管理上重要な事項の1つであり、接触災害を発生させないためには、建設機械の接近を入坑者が正確に把握することが重要である。このため、トンネル坑内において、入坑者と建設機械の位置の把握を可能とし、その位置情報を基に、建設機械の接近を入坑者へ警告する技術の開発が望まれる。

この課題の解決として、情報通信分野において研究が進められている無線 LAN 機器の通信電波を利用した測位技術に着目した。本測位技術は、情報通信機器である無線 LAN 機器の通信電波を利用し、情報通信と同時に、無線 LAN 端末位置を測位するものであり、無線 LAN 機器による通信ネットワークを配備すれ

ば、屋内外問わず、ネットワーク内において測位が可能という特長を有している。

筆者らは、この無線 LAN 測位技術を応用した坑内測位技術と、その測位結果に基づく接近警告機能により、トンネル坑内全体にわたり入坑者および建設機械の位置を俯瞰的に把握し、建設機械の接近を入坑者へ自動的に警告する、ICT 建設機械接近警告システムを開発した。本報では、開発したシステムの概要を示す。

### 2. 無線 LAN 坑内測位技術

無線 LAN 坑内測位技術の原理を図-1 に示す。本測位技術は、スマートフォンなどの無線 LAN 端末、無線 LAN 基地局、ならびに、測位解析を行うサーバ

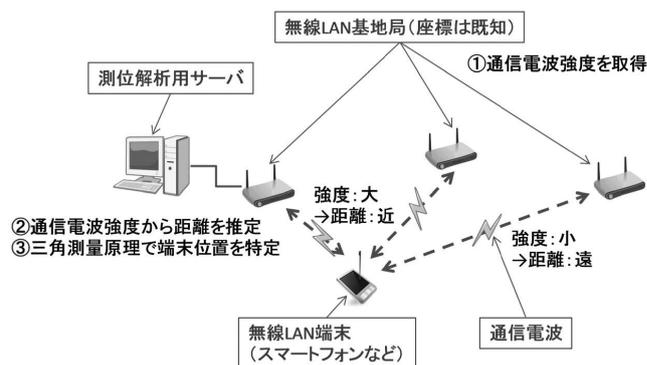


図-1 無線 LAN 坑内測位技術の原理

で構成される。無線LAN基地局を50m～100m間隔でトンネル坑内に配備し、トンネル坑内において通信ネットワークを構築する。この通信ネットワーク内において、無線LAN端末とそれぞれの無線LAN基地局の通信電波をサーバに集約する。集約された通信電波の強度から無線LAN端末とそれぞれの無線LAN基地局の距離を推定し、この推定距離と、あらかじめ求めていた無線LAN基地局の座標から、三角測量の原理に基づき無線LAN端末の位置を解析するものである。本技術は、

- ・情報通信と同時に測位が可能
- ・多数の端末のリアルタイム同時測位が可能
- ・無線LAN基地局座標を基準とした二次元測位が可能（無線LAN基地局の三次元配置により三次元測位も可能）
- ・市販の無線LAN機器が利用可能

という特長を有しており、これまでに、トンネル坑内において、1秒の測位時間間隔において、数mの精度で無線LAN端末位置の測位が可能であることを確認している<sup>3)</sup>。

なお、無線LANを利用した測位技術としては、解析をサーバではなく、無線LAN端末で行う方法や、無線LAN端末と無線LAN基地局との相対距離の推定に、通信電波の強度ではなく通信電波の到達時間を利用する方法など、様々な方法がある<sup>4)～6)</sup>。開発したシステムでは、位置情報の一元管理が比較的容易であり、また市販の機器が利用できることから、通信電波強度に基づきサーバにおいて測位解析を行っている。

### 3. ICT 建設機械接近警告システム

無線LAN坑内測位技術による位置情報に基づくICT建設機械接近警告システムの概要を図-2に示す。開発したシステムでは、入坑者・建設機械の位置を前述の無線LAN坑内測位技術により把握する。測位対象である入坑者および建設機械にそれぞれ無線LAN端末を所持させる。なお、無線LAN端末の個体識別番号と端末を所持している入坑者または建設機械とを紐付けており、無線LAN坑内測位技術により得られた無線LAN端末位置を、その端末を所持している入坑者または建設機械の位置としている。

開発したシステムには、無線LAN坑内測位結果から入坑者および建設機械の位置を俯瞰的に確認できる①位置情報配信機能と、建設機械の接近を自動的に警告する②建設機械接近警告機能がある。

#### (1) 位置情報配信機能

本機能は、トンネル坑内における入坑者および建設機械位置の“見える化”を実現するものである。測位解析用サーバに、位置情報配信のためのアプリケーションが実装されており、通信ネットワークを介して、無線LAN端末、あるいはネットワーク内のPCの画面において、入坑者および建設機械の位置が表示される。本アプリケーションにより、特に長大なトンネルにおいて把握が困難であった、トンネル坑内において、“だれが（なにが）、どこにいるのか”、を視覚的に確認できる。また、測位解析用サーバをインターネットに接続することで、インターネットを介してど

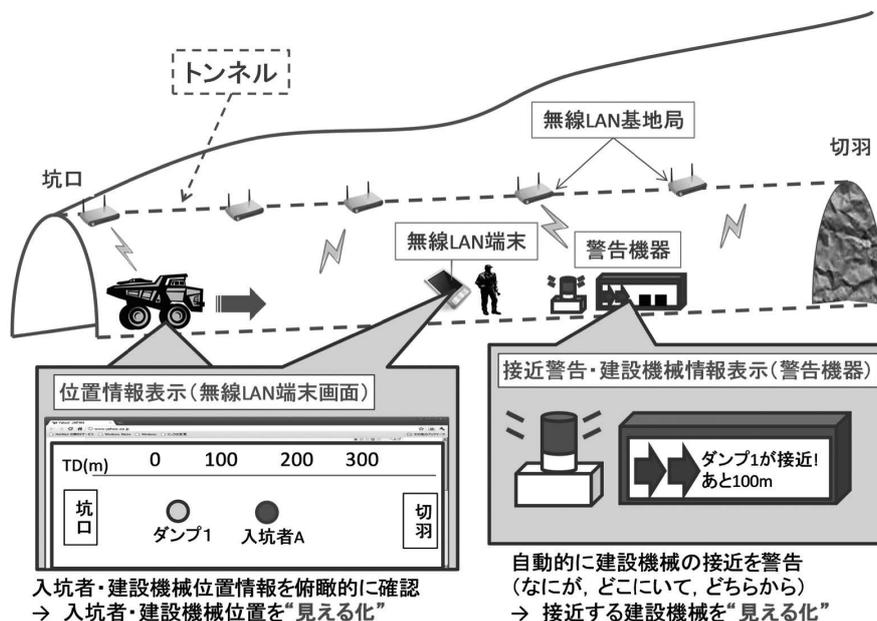


図-2 ICT 建設機械接近警告システムの概要

こでもこれらの情報が確認可能となる。

(2) 建設機械接近警告機能

本機能は、トンネル坑内において接近する建設機械の“見える化”を実現するものである。無線 LAN 坑内測位技術で得られた位置情報に基づき、建設機械の接近を自動的に警告機器により入坑者へ警告する。任意の位置に設置した警告機器に、建設機械が接近した場合に、警告灯の点灯と警告音が発報される。合わせて、接近する建設機械名、残りの距離、ならびに、接近方向が表示機器画面上に表示される。なお、警告実施の判断は、警告機器と警告対象の建設機械との距離で行い、その距離は任意に設定可能である。

本機能により、“なにが、どこにいて、どちらから”接近しているかという、建設機械の接近に対する入坑者の危険回避に重要な情報が自動的に提供されるため、入坑者と建設機械の接触災害に対する安全性が高まると考えられる。

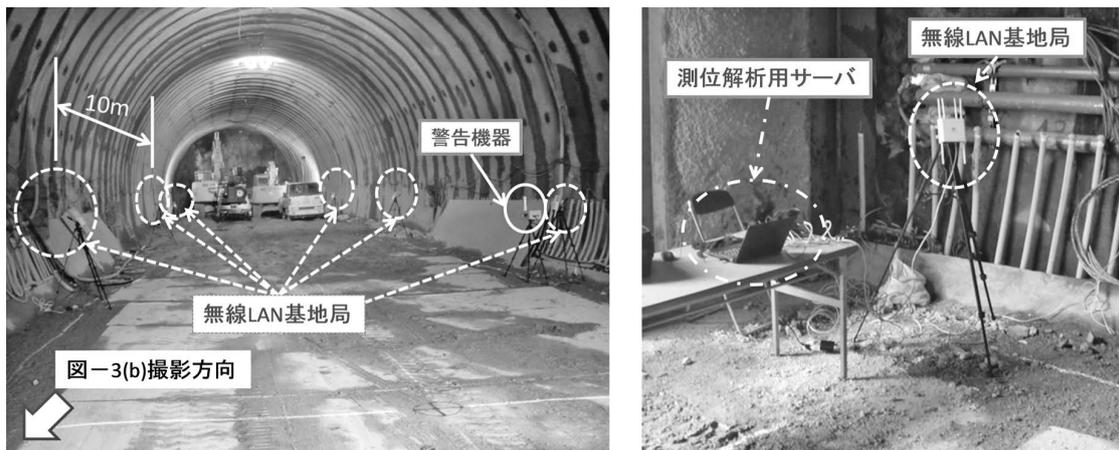
4. 現場適用

(1) システムの稼働検証

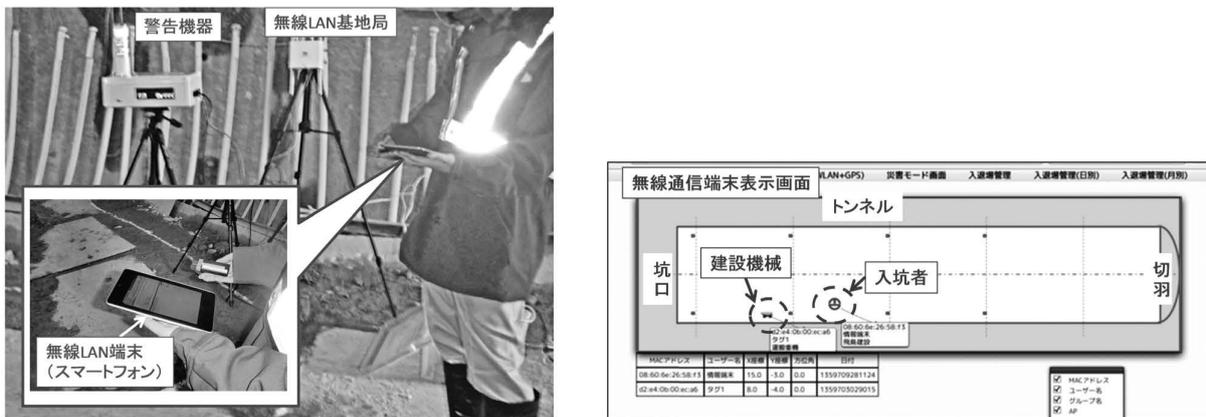
開発システムのトンネル建設工事現場での稼働検証を目的として、一般国道 400 号下塩原第二トンネル(仮称) 本体建設工事(栃木県)において現場実験を実施した。

図一3に、機器設置状況を示す。トンネル坑口よりトンネル進行方向に 10 m 間隔で 2 台ずつ無線 LAN 基地局を計 10 台設置し、無線ネットワークを構築した。また、坑口から 20 m の位置に警告機器を設置した。さらに、ネットワーク内に測位解析用サーバを設置した。

図一4に、実験状況の一例を示す。測位端末として、無線 LAN 端末であるスマートフォンを利用し、入坑者および建設機械のそれぞれに所持させた。なお、測位時間間隔および警告機器制御時間間隔は 1 秒とした。また警告範囲は、警告機器より ± 20 m の範囲とした。



図一3 機器配置状況



図一4 位置情報配信機能の検証状況

無線通信端末表示画面						LAN+GPS	災害モード画面	入退管理	入退管理(日別)	入退管理(月別)																		
トンネル																												
坑口																												
建設機械																												
入坑者																												
切羽																												
<table border="1"> <tr> <th>MACアドレス</th> <th>ユーザー名</th> <th>機種</th> <th>機種</th> <th>方向</th> <th>日時</th> </tr> <tr> <td>08:60:6e:26:58:f1</td> <td>タグ1</td> <td>13.0</td> <td>1.0</td> <td>0.0</td> <td>1359709281124</td> </tr> <tr> <td>42:e4:0b:00:ac:a6</td> <td>タグ1</td> <td>8.0</td> <td>4.0</td> <td>0.0</td> <td>135970329015</td> </tr> </table>											MACアドレス	ユーザー名	機種	機種	方向	日時	08:60:6e:26:58:f1	タグ1	13.0	1.0	0.0	1359709281124	42:e4:0b:00:ac:a6	タグ1	8.0	4.0	0.0	135970329015
MACアドレス	ユーザー名	機種	機種	方向	日時																							
08:60:6e:26:58:f1	タグ1	13.0	1.0	0.0	1359709281124																							
42:e4:0b:00:ac:a6	タグ1	8.0	4.0	0.0	135970329015																							
<input checked="" type="checkbox"/> MACアドレス <input checked="" type="checkbox"/> ユーザー名 <input checked="" type="checkbox"/> ジャンプ名 <input checked="" type="checkbox"/> IP																												

図-4 (b) に、無線 LAN 端末画面の一例を示す。位置情報配信機能により、トンネル坑内において入坑者および建設機械が識別されるとともに、その位置が表示されていることが分かる。本実験においては、リアルタイム(1秒間隔)に、5m 程度の誤差の範囲内で、それぞれの位置を把握することが可能であった。

図-5 に、建設機械の接近時(警告機器まで 2m)における、警告機器の表示の一例を示す。建設機械が

警告範囲内に侵入した際に、警告灯の点灯と、警告機器位置へ接近する建設機械名、警告機器位置までの距離、ならびに、進行方向の表示が可能であった。さらに、建設機械の位置情報の変化に応じて、進行方向やその距離について、逐次警告表示内容が更新された。

以上のように、開発したシステムは、トンネル建設工事現場において入坑者および建設機械位置の測位が可能であり、その位置情報の配信と、位置情報に基づく建設機械の接近警告が有効に機能することが示された。

(2) 本格運用のための現場適用

現在、開発システムの本格運用にむけて、国道 115 号 霊山道路トンネル工事(福島県)において現場実験を実施しているところである。

トンネル坑内に 50m 程度の間隔で無線 LAN 基地局を配備し、坑内全体において通信ネットワークを構築している(図-6 参照)。また、工事関係者に無線 LAN 端末を所持させており、坑内測位技術により工事関係者の入坑状況とその位置の把握(入坑者位置の

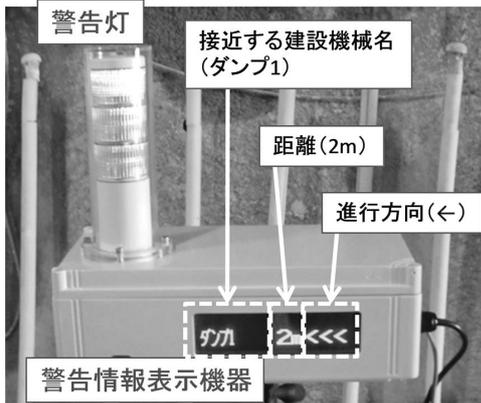


図-5 警告機器の表示の一例

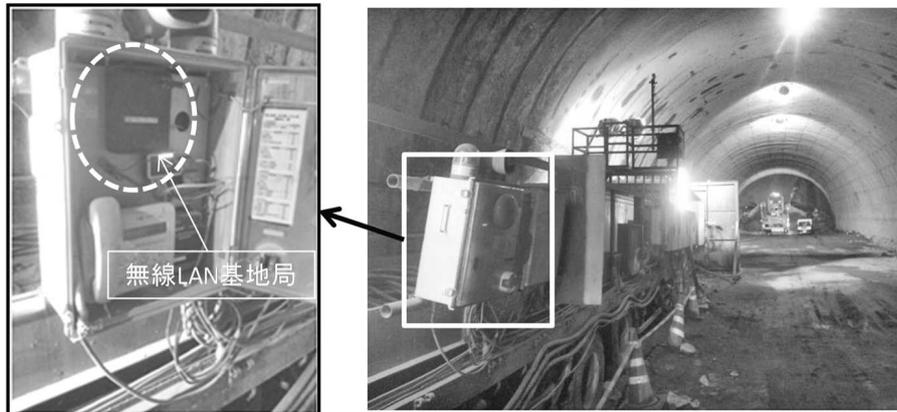


図-6 坑内における無線 LAN 機器の配備状況



図-7 無線 LAN 端末使用状況と入坑者位置表示画面の例

見える化) が可能となっている (図-7 参照)。

今後は、無線 LAN 坑内測位技術の実際の工事環境での精度の検証や建設機械接近警告機能の実装、適切な警告設定値の検討などを実施し、本格運用につなげていく。

## 5. おわりに

本報では開発した ICT 建設機械接近警告システムの概要を示した。現在、開発したシステムの本格運用に向けて現場実験を実施しているところであり、その結果について別途報告する予定である。

## 謝辞

本開発にあたり、国土交通省東北地方整備局福島河川国道事務所、および、栃木県大田原土木事務所の方々にご協力いただきました。ここに記して感謝の意を表します。



### 《参考文献》

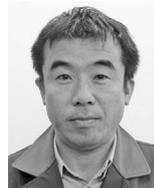
- 1) 齊藤重明, 木村哲, 杉村正次, 堀場夏峰, 齊藤潤: GPS を用いた造成工事施工支援システムの開発, 土木学会年 56 回次学術講演会, pp.278-279, 2001.
- 2) 神庭浩二, 加藤悟: GPS の方位データを利用したクレーンの衝突防止システムの開発, 建設の施工企画, Vol.6, pp.52-54, 2007.

- 3) 松田浩朗, 松元和伸, 小林薫, 筒井隆規, 田頭茂明: 無線 LAN 通信電波を利用した測位技術の測位精度に関する研究, 土木学会第 66 回次学術講演会講演概要集, pp.131-132, 2011.
- 4) 河口信夫: Locky.jp: 無線 LAN を用いた位置推定とその応用, 電子情報通信学会 ITS 研究会, Vol.107, pp.37-40, 2007.
- 5) 北須賀輝明, 中西恒夫, 福田晃: 無線 LAN を用いた屋内向けユーザー位置測定方式 WiPS の実装, マルチメディア分散協調とモバイルシンポジウム論文集, pp.349-352, 2004.
- 6) 荻野敦, 恒原克彦, 渡辺晃司, 藤島堅三郎, 山崎良太, 鈴木秀哉, 加藤猛: 無線 LAN 統合アクセスシステム—位置検出方式の検討—, マルチメディア分散協調とモバイルシンポジウム論文集, pp.569-572, 2003.

### 【筆者紹介】



松田 浩朗 (まつだ ひろあき)  
飛鳥建設㈱  
技術研究所 研究開発グループ 第一研究室  
主任研究員



藤本 克郎 (ふじもと かつろう)  
飛鳥建設㈱  
首都圏土木支店 下塩原トンネル作業所  
副所長



瀧間 優作 (たきぎく ゆうさく)  
飛鳥建設㈱  
東北支店 霊山道路トンネル作業所  
副主任

# 除雪グレーダの最近の動向

井口 慎治

国内のモータグレーダ需要の低迷から、2011年排出ガス規制対応の除雪グレーダは開発されてなく、除雪グレーダの国内販売は現在実施されていない。

この状況を早期に改善すべく、国土交通省と（一般社団法人）日本建設機械施工協会除雪機械技術委員会（以降、除雪機械技術委員会に省略）が中心となり対応策を協議してきた。その結果として、平成27年度には従来の除雪グレーダの枠組みである3.7m級、4.0m級、4.3m級に対応するため、世界的に需要の多い1機種ベース機で3.7m級から4.3m級をカバーさせ、2014年排出ガス規制適合の除雪グレーダの販売再開させる目処がたった。

本稿では、再導入時の混乱を防止するため、従来の除雪グレーダとの相違点を広く周知頂く一助となればと願って紹介する。

キーワード：除雪グレーダ復活、2014年排出ガス規制対応、1名乗車、除雪タイプ試験、ブレード長さ、転倒時保護構造、除雪グレーダの変遷

## 1. はじめに

一度道路上に圧雪が出来てしまうと除雪グレーダでなければ除去しきれず、除雪グレーダは冬場の道路交通確保に必要な除雪機械である。

また、除雪グレーダは他の除雪機械と比べて、多種で複雑なレバー、アクセル操作が必要であり、オペレータの疲労軽減、操作容易化、安全確保に対する技術革新の要望が高い機械でもある。

更に、除雪グレーダや除雪ドーザでの除雪作業の大半は、海外では事例がない日本特有の仕様である2名乗車キャブで実施されている。

一方、車体メーカーでは度重なる排出ガス規制対応のためのモデルチェンジに多大な開発工数を要し、国内需要の低下もあり、日本の除雪に特有の仕様や装置の開発に対して、投資回収が困難な問題や開発優先度を高めることが出来ない状況が生じている。

その結果、国内には現在2011年排出ガス規制に対応できる除雪グレーダは存在しておらず、除雪グレーダの国内販売は実施されていない。このため、除雪グレーダの代替工法について調査検討がなされているが、効率よく圧雪を除去する有効手段が未だない状況にある。

長期保有し老朽化してきた除雪グレーダの入れ替え時期を考えると、一刻も早く排出ガス規制に適合でき

る除雪グレーダの販売再開が望まれる。

この解決策として、除雪グレーダのベース機に世界的に需要が最も大きい3.7m級の土工グレーダを使用することにより、将来的な安定供給を可能とし、仕様面も3.7m級から4.3m級までブレード長さの変更のみで対応させ、乗車定員を1名とすることで開発すべき仕様数を減らし国内販売を再開させる検討がなされてきた。

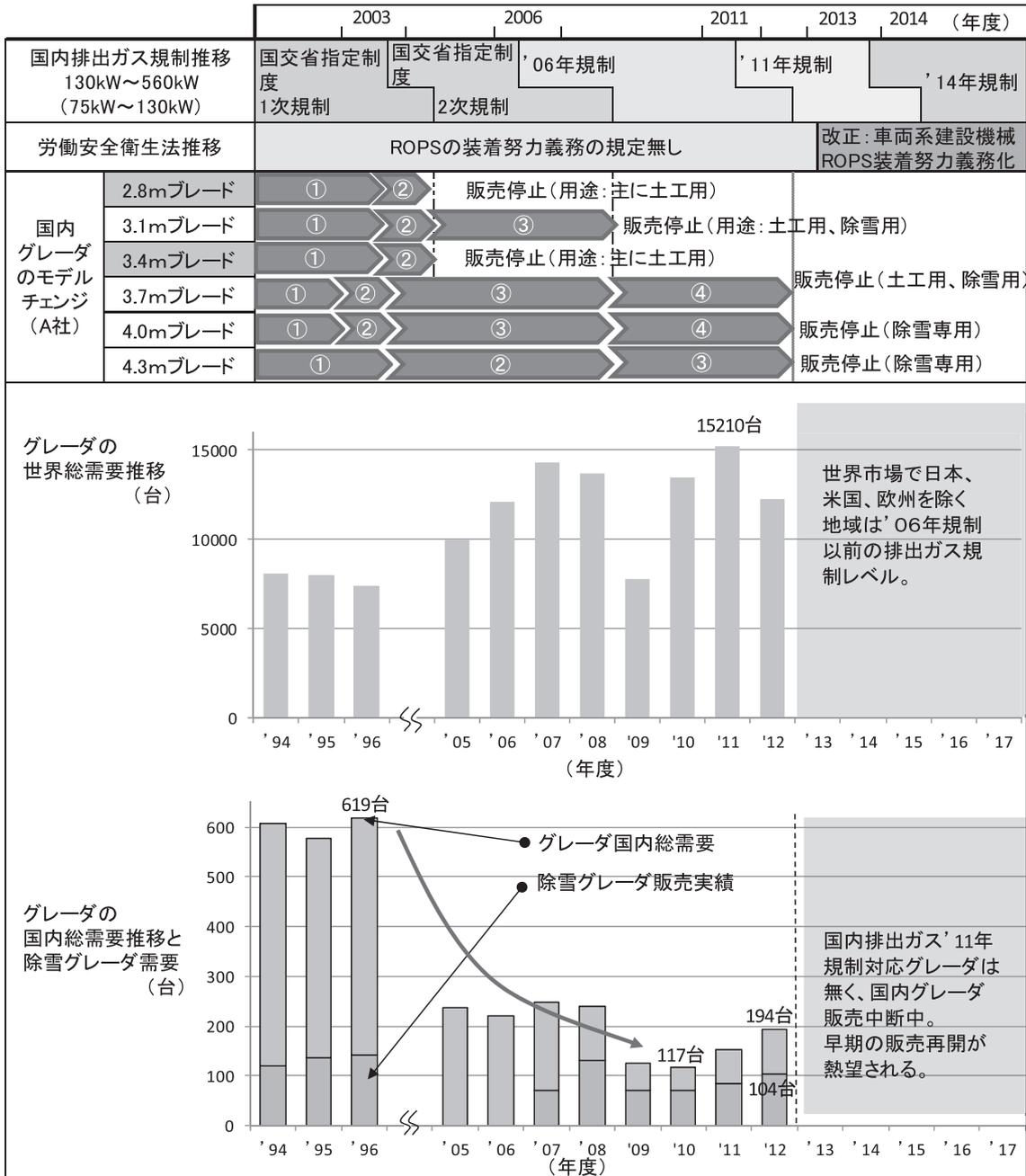
従来の除雪グレーダとクラス分けや仕様面で異なるため、広く周知いただけるようグレーダの機種変遷等を通して状況を説明する。

## 2. 国内グレーダ販売停止の経緯

図1は国内向けグレーダの歴史と国内需要変化、及び排出ガス規制状況を示す。

国内グレーダの主力は3.1m級（クラス分けはブレード長さで示す）であったが、元々2.8m級、3.1m級は日本国内特有の市場であって世界的には需要が無いため、新たに開発することが難しく長年古い機械が販売されてきた。

ところが国内に排出ガス規制が導入され、米国・欧州同様に厳しい規制値を採用する中、短期間での開発投資回収に対応できない機種は姿を消さざるを得なくなった。



図一 1 グレーダの現在の状況 (図中①~④はモデルチェンジ回数を示す)

最後まで残った除雪グレーダも販売の大半は4.0m級が占めており、これもまた国内にしか市場がない機種であったため、メーカーの社会的使命感だけでは開発を継続できない限界があった。

加えて国内機は、車検対応や2名乗車キャブなど国内専用の仕様があり、開発の手間隙も海外機よりは大きいものになっていた。

グレーダ需要が大きく、未舗装道路が多く占める海外地域を対象としたグレーダの開発優先度が高くなるを得ない状況下で、その地域の排出ガス規制値は日米欧より緩く、海外向けに開発された機種を国内に転用する方策も取れなくなり、結果としてグレーダの

国内販売は各社共に平成24年度で終了している。

### 3. 除雪グレーダ復活策(3.7m級をベースに、ブレード長さを変更し各クラスに対応する)

これからの除雪グレーダは国内除雪専用機として開発するのではなく、欧米向けの厳しい排出ガス規制に適合した、かつ、最も需要が大きく安定供給が今後も望める3.7m級土工グレーダをベースに国内除雪に転用させる方策が最も現実的である。

図一2に除雪グレーダの変遷を示す。3.7m級グレーダの世界的傾向として高出力・高重量化が図られてい

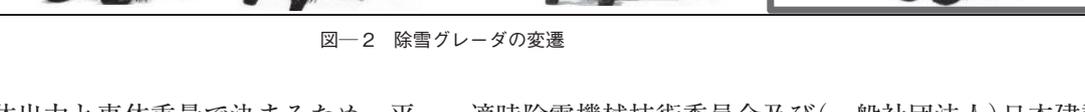
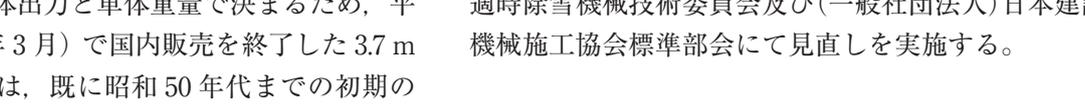
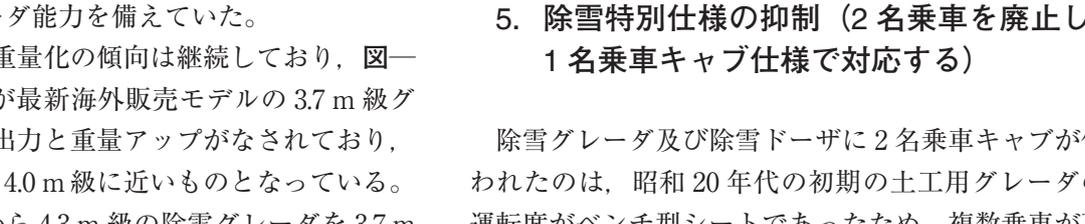
		昭和45年～ 1970～	昭和50年～ 1975～	昭和53年～ 1978～	昭和58年～ 1983～	昭和61年～ 1986～	平成1年～ 1989～	平成8年～ 1996～	平成14年～ 2002～	平成18年～ 2006～	平成20年～ 2008～	
4.3m級	A社	機種										
		馬力(PS)	GH320-2									
		重量(ton)	320									
							19.65		19.87	19.96		
4.0m級	A社	機種	GD40HT-2	GD40HT-2A	GD705R-1A	GD705A-4A		GD705A-4Y		GD755-3Y	GD755-5Y	
		馬力(PS)	165	180	230		223~254(可変出力)		19.84	19.54		
		重量(ton)	14.69	15.26	15.37	19.55						
	B社	機種				MG500	MG500-S			MG500-SIII		
		馬力(PS)				175	230			258		
		重量(ton)				19.45	19.69			19.74		
												
												
												
												
3.7m級	A社	機種	GD37-6H	GD605A-1	GD605A-3	GD605A-5	GD605A-5Y	GD655-3Y	GD655-3Y0			
		馬力(PS)	125	145	150	157		167	193			
		重量(ton)	12.4	13.92	14.22	13.72	14.85	15.43	15.96			
												

図-2 除雪グレーダの変遷

る。除雪能力は車体出力と車体重量で決まるため、平成24年度(2013年3月)で国内販売を終了した3.7m級除雪グレーダでは、既に昭和50年代までの初期の4.0m級除雪グレーダ能力を備えていた。

この高出力・高重量化の傾向は継続しており、図-2には存在しないが最新海外販売モデルの3.7m級グレーダでは更なる出力と重量アップがなされており、平成15年代までの4.0m級に近いものとなっている。

即ち、3.7m級から4.3m級の除雪グレーダを3.7m級のベース機で対応させることになるが、最新の3.7m級グレーダの能力は従来の4.0m級に近い除雪能力を持つものと考えられる。

#### 4. 除雪能力試験 (4.3m ブレードで代表させる)

従来の除雪能力の指標値とされてきた除雪タイプ試験についても、除雪機械技術委員会グレーダ分科会は、(一般社団法人)日本建設機械施工協会施工技術総合研究所(以降、CMIに省略)の参加のもとに実施方法を協議してきた。最終的に下記見解で対応方針を決定し国土交通省に報告した。

今後はベース車両が1機種でブレード長さを変更することで各クラス(3.7m級, 4.0m級, 4.3m級)に対応するため、3.7m級から4.3m級除雪グレーダの除雪能力を4.3mブレードにて代表して除雪タイプ試験値として表示する。

除雪機械技術ハンドブック等の除雪関連資料記載内容については、現状に合わなくなった内容について、

適時除雪機械技術委員会及び(一般社団法人)日本建設機械施工協会標準部会にて見直しを実施する。

#### 5. 除雪特別仕様の抑制 (2名乗車を廃止し、1名乗車キャブ仕様で対応する)

除雪グレーダ及び除雪ドーザに2名乗車キャブが使われたのは、昭和20年代の初期の土工用グレーダの運転席がベンチ型シートであったため、複数乗車が可能なまま除雪に転用されてきたようである。(図-3参照)

これが定着し日本特有の2名乗車キャブでの施工体制になったのではないと思われる。

一方、海外では1名乗車での除雪が一般的であり、今後は国内除雪グレーダも1名乗車キャブでの供給となる。また購入側の選択肢を増やす目的から本年度より国土交通省建設機械購入仕様書基準(通称は建仕と呼ばれる)記載事項から乗車定員は削除された。

今後は1名乗車でも安全に除雪が実施できる体制が必要となり、6項で述べる技術もそれに貢献する。

#### 6. 安全性の向上 (視界を改善し、転倒時保護構造を装備する)

1名乗車でも安全に除雪作業が出来るように、現在助手が行っている安全確認、情報連絡の作業代替やオペレータの操作負担軽減策の検討がなされるべきと考えられる。

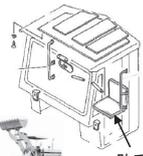
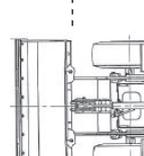
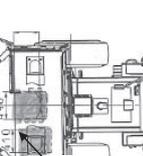
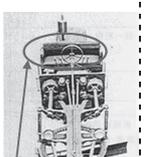
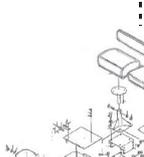
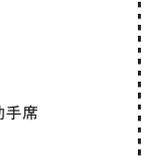
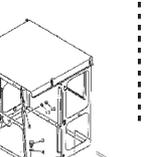
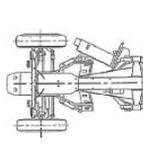
	1945～ 昭和20年代	1955～ 昭和30年代	1965～ 昭和40年代	1975～ 昭和50年代	1985～ 昭和60年代	1989～2013 平成元年～平成25年
<p>・S21～ 機械除雪のはじまり</p>  <p>当時のブルドーザー</p> <p>・S25 モーターグレーダ1台を 初めて購入(札幌市) ・第1回札幌雪祭り</p>	<p>◆S31</p> <p>積雪寒冷特別地域における道路交通の 確保に関する特別措置の制定⇒雪寒法(S31年)</p> <p>費用の一部を国が補助する</p> <p>官庁仕様の除雪機械を購入</p> <p>官庁の仕様は、建仕で乗車定員2名と定義されている。(何時からかは不明)</p>	<p>◆S37</p> <p>雪寒法に基づく補助 を受けスノーローダ除雪車 1台を購入(札幌市)</p>	<p>◆S59</p> <p>2名の目的:除雪作業における事故防止のための補助 ・助手が除雪作業付近の歩行者の確認、また除雪車が後退する場合、後方の確認など ・助手が排雪時に、下車し交通整理、歩行者への交通整理など</p>	<p>●国土交通省→日本建設機械施工協会→除雪機械技術委員(各メーカー) (除雪機械技術委員会)</p>		
<p>A社 ・ホイール ローダ</p>		<p>不明</p> <p>★(S40～)</p> 	<p>★(S51～)</p>  <p>助手席</p>	<p>★(S59～)</p>  <p>助手席</p>	<p>2名キャブ仕様</p> <p>★(H5～)</p> <p>★(H15～)</p> <p>★(H20～)</p> 	
<p>A社 ・モーター グレーダ</p>	<p>2名乗車可</p> <p>■(S27～)</p>  <p>横長のベンチシート のため2名乗車可</p>	<p>■(S38～)</p>  <p>助手席</p>	<p>■(S42～)</p>  <p>助手席</p>	<p>2名キャブ仕様</p> <p>■(S56～)</p>  <p>助手席</p>	<p>2名キャブ仕様</p> <p>■(H1～)</p> <p>■(H10～)</p>  <p>助手席</p>	

図-3 2名乗車の始まり

(1) 視界改善

キャブの視界を大幅に改善すること、後方カメラを  
装備することで、1名乗車でも2名乗車の視界確認可能  
範囲以上を確認できるように改善が進められている。

図-4は、国内の2名乗車キャブの視界と海外の  
最新1名乗車キャブの視界を比較したものである。1

名乗車でフロア形状をオペレータに最適とすることにより  
視界を大きく改善することが出来る。

(2) 転倒時保護構造 (ROPS)

2名乗車キャブでは、車体の大きさや構造的な理由  
から転倒時の乗員保護構造を採用することが難しかった

国内2名乗車キャブの例⇒海外1名乗車キャブ+後方モニタの例

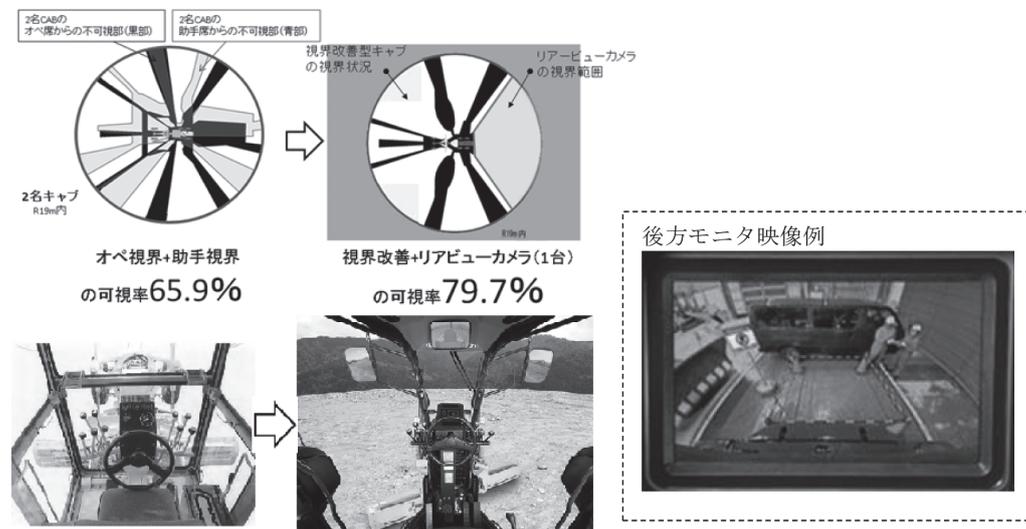


図-4 視界の比較

たが、除雪グレーダの1名乗車キャブ化により転倒時保護構造が装備される。

除雪ドーザと異なり除雪グレーダは夏場の土工作业への転用の可能性は低く、転倒事故の危険性は低いが、海外を含めて除雪作業中の除雪グレーダの転倒事故例は皆無ではなく転倒時保護構造の標準装備化は、2013年の労働安全衛生法改正の転倒時保護構造採用の努力義務化にも合致している（図一5）。

	1980年代	1990年代	2000年代	2010年代
	'80	'86	'90	'13
米国	1970年代からOSHA、続いてMSHAで規制化。			
欧州	1986年に欧州指令発動、強制は1990年より。			
日本	2013年労働安全衛生法改正 ●車両系建設機械で転倒又は、転落の可能性がある場合はROPS使用努力義務化			

図一5 日米欧での転倒時保護構造採用の経歴

### (3) その他の改善技術

除雪を安全に実施するためには、道路構造物とブレードの接触事故を防ぐために、雪の下に隠れている橋梁ジョイントやマンホールの位置を正確にオペレータに通報するシステムの開発も熱望されている。

GPSの位置情報から、携帯電話やモニタに道路構造物の位置や道路構造を知らせるシステムや住民サービスの観点から除雪車の位置を把握し、地域差のない除雪を実施する試みが検討されている。

また、助手に代わる安全確認要員との相互同時会話通信が可能な無線機の使用実験も始まっている。

今後は安定供給が可能で除雪用として特別な仕様を必要としない車両を使用しても、ICT技術（情報処理および情報通信）の駆使で、安全性と作業効率が高い除雪方法に置き換わっていくことが期待されている。

## 7. 除雪グレーダ改善の継続した試みに期待

3.7 m 級から 4.3 m 級の除雪グレーダの復活と言っても、ベース車両は土工用グレーダからの再出発となる。

除雪の細かい仕様や車両重量バランス面に関しては、メーカーから供給されるベース機を利用して雪国各地域の事情に即した改良も以前と同様に続けて行く必要性はあろうかと考える。今後も関係各位のご尽力に期待するところである。

## 8. おわりに

冬場の交通手段を確保するために慢性的なオペレータ不足の中、高齢の体に鞭打って除雪グレーダを運転されているオペレータの方々や、道路管理者の方々のご苦勞には頭が下がる思いである。

除雪に携わる方々に少しでも優れた除雪グレーダを供給いたしたく、国土交通省をはじめ除雪機械技術委員会の努力により平成27年度の除雪グレーダ販売再開の見込みがたった。

最新の技術を織り込んだベース機と除雪工法や情報化機器の進化により、より効率的な除雪が将来実施できる事を願う。

最後に、平成27年度除雪グレーダの変更点をもう一度まとめると

- ① 1機種で3.7 m 級、4.0 m 級、4.3 m 級に対応すること
  - ② それにより除雪能力は4.3 m ブレードで代表させること
  - ③ キャブは1名乗車で転倒時保護構造が採用されること
- 以上である。

JCMA

### 【筆者紹介】

井口 慎治（いぐち しんじ）  
 （一社）日本建設機械施工協会  
 除雪機械技術委員会グレーダ分科会  
 会長  
 ㈱小松製作所  
 開発本部商品企画室機種グループ  
 主任技師



# 建設機械のモンスター達

岡本直樹

建設機械のモンスター（超大型機）を機種別に紹介する。まず、露天掘炭山の各種ストリッパからショベル系やローダ等の積込機、OHトラック、ブルドーザ、スクレーパ、グレーダの順に取上げ、大形化の変遷と各社の代表的なフラグシップ機（最大機種）等を紹介し、目にする機会のないロシア製品についても記す。また、メーカー間のアライアンスについても併記する。

キーワード：建設機械史、土木史、建設機械開発、大型建設機械、土工機械、アライアンス

## 1. はじめに

建設機械の超大型機は、どの位の大きさなのかを機種別に紹介すると共に、大形化の変遷、モンスターを輩出した各メーカーのフラグシップ機等を紹介する。また、時代と共にメーカーは提携・買収等の合従連衡を繰返し、栄枯盛衰が激しい。徒花に終わったBucyrusのTerex 鉱山部門の買収劇のように、留まることを知らないグローバルアライアンスについても言及する。



写真—1 Krupp BWE

## 2. 鉱山のストリッパ

世界最大の建設機械は、露天掘炭山のストリッパである。ストリッピングとは表土剥ぎのことで、鉱物資源を覆っている表土（Overburden）を取払う機械である。それらの機種には、バケットホイールエキスカベータ（BWE）やストリッピングショベル、ウォーキングドラグライン等がある。



写真—2 撫順炭鉱



写真—3 Krupp KSM4000

また、岩盤掘削用には、サーフェスマイナ（切削機）もある。最大機種であるKrupp KSM4000（写真—3）は726tのモンスターである。

### (1) 連続掘削機

世界最大級のモンスター建機は13,000t、全長240mのBWE（Krupp：写真—1）で、陸上自走機械の王者とも云える。露天掘炭山で表土剥ぎに活躍し、生産性240,000 m<sup>3</sup>/日を誇る。その後、同クラスのBWEはMAN/Takrafでも製造している。

その他に掘削機の長老ラダーエキスカベータがある。写真—2は満州時代、撫順炭鉱露天掘りのストリッパである。小型のものは戦前の国内河川土工の定番機であり、昭和30年代まで使われていた。海外鉱山ではストリッパとして、まだ活躍しているようである。

### (2) ストリッピングショベル

車体質量では、13,600tのストリッピングショベルMarion 6360（138 m<sup>3</sup>バケット：写真—4）に軍配が上がる。本機は1965年から稼働していたが、1991年に火災を起こし廃棄処分となった。Bucyrusは、8,165tの3850B（107 m<sup>3</sup>：写真—5）が最大である。しかし、これらのストリッピングショベルは、1971年以降製造されなくなってしまった。

### (3) ウォーキングドラグライン

ウォーキングドラグラインは、今日でも露天掘炭鉱



写真—4 Marion 6360



写真—5 3850B

の表土剥ぎの定番機である。クローラの替わりに歩行機構を持ち、文字通り歩くのである。

露天掘炭鉱では、薄い石炭層上部の大量の表土を除去するのがストリップの役目である。旋回半径が大きいので、360°旋回1サイクルで掘削・運搬（旋回）・排土・復帰を行い、排土は旋回中にノンストップで行う。最大のBucyrus 4250W “Big Muskie”（写真—6）は、やはり13,000tのモンスターであり、バケットも168m<sup>3</sup>である。他社のフラッグシップ機には、119m<sup>3</sup>のMarion 8900（写真—7）、92m<sup>3</sup>のP&H 9020（写真—8）がある。

欧州にもRapier等のメーカーがあるが、やや小さい。旧ソ連圏ではロシア製のUZTM（Uralmash）があり、写真—9のようなワイヤ張りの軽量ブームが特徴で、最大機種は100m<sup>3</sup>のものがある。

Bucyrus製品は買収したCATが引継ぎ、型番も同じ#8000シリーズ（写真—10）となっている。



写真—6 Bucyrus 4250W



写真—7 Marion 8900



写真—8 P&H 9020



写真—9 UZTM ESh15.90



写真—10 Cat 8750

### 3. 積込機

#### (1) ケーブルショベル

鉱山では積込機として、ケーブルショベルがまだまだ多く使われているが、油圧ショベルの大形化に伴いその地位を徐々に譲っている。

写真—11のP&H 5700XPAは、1,905t、61m<sup>3</sup>バケットである。写真—12のBucyrus 595Bは、買収したMarionの元351-Mで、1,180t、44m<sup>3</sup>である。写真—13の795は、MINExpo2000で発表された構想機種で、実現すれば世界最大（2,250Ton、53～60m<sup>3</sup>）となったが、Bucyrusの消滅で幻に終わった。CATは、旧Bucyrus型番の頭に7を加え#7000シリーズ（写真—14）として引継いでいる。結局、ケーブル系メーカーはCATとJOYに集約されてしまった。

ロシアのIZ-KARTEXの製品はやや小振りであるが（写真—15）、ダンプの大形化に対応してバケット容量45～70m<sup>3</sup>のEKG-50を開発中である。

#### (2) 油圧ショベル

初の油圧ショベルは、1948年に伊Bruneri社が開発し、PoclainとDemagがそれに続いた。Bruneriの



写真—11 P&H 5700XPA



写真—12 Bucyrus 595B



写真—13 Bucyrus 795



写真—14 CAT 7495



写真—15 IZ-KARTEX EKG32

技術は Sicam 社 (Yumbo 社の前身) が継承し、三菱重工も技術供与を受けて 1996 年に初国産した。従って現在の CAT 製品にもその血が受け継がれていることになる。その他の多くのメーカーと技術供与・提携がなされ、血縁は世界中に広がっている。

鉱山用としては、Poclairn EC1000 (写真—16) が先鞭を付けた。当初は Bucyrus や P&H (写真—17), Marion (写真—18) も大型油圧ショベルに挑戦したが、撤退してケーブル式に引籠もった。日本では通産省主導の石炭露天掘機械技術研究組合 (11 社) SMEC を 1983 年に設立し、世界最大級に挑んで SMEC4500 (420 t, 15 ~ 30 m<sup>3</sup>: 写真—19) を試作した。



写真—16 EC1000



写真—17 P&H1200



写真—18 Marion 3560



写真—19 SMEC4500

超大型化では O&K が先陣を切っていたが、1998 年に Terex (写真—20) に買収され、その後、Terex の鉱山部門は Bucyrus に身売りした。

現在、800 t 級モンスターは、Liebherr R9800 (写真—21) 等の 4 社が提供している。コマツ PC8000 (写真—22) は、買収した Demag の元 H655S の後身である。日立 EX8000 (写真—23) は、純血種を誇っている。

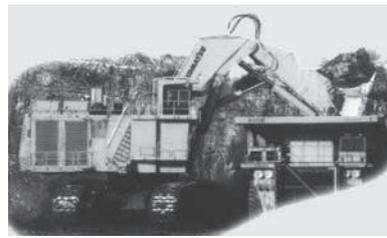
CAT は超大型積込機を保有しておらず、797 等の超大型自社ダンプの積込みは他社機に依存していた。ところが、2011 年に Bucyrus を買収して、ケーブル式と油圧式の両方式の超大型積込機を手に入れた。そして最近、世界最大となる O&K 血筋の新機種 6120B



写真—20 Terex RH400



写真—21 R9800



写真—22 コマツ PC8000



写真—23 日立 EX8000



写真—24 CAT 6120B HFS

H FS (46 ~ 65 m<sup>3</sup>, 1270 t: 写真—24) を発表することとなった。

### (3) ローダ

ローダ史は 1930 年の Case L1 から始まるが、代表的な大型機を羅列すると 1966 年にラック & ピニオン式の LeTourneau RS40 (写真—25), 1965 年のオフセットキャブが特徴の Dart 600C (18yd<sup>3</sup>, 104 Ton: 写真—26), 1973 年の Clark Michigan 675 (24yd<sup>3</sup>: 写真—27) があり、1986 年には前述した SMEC が 200T (25yd<sup>3</sup>, 200 Ton 写真—28) を試作し、1988 年には KDC HaulPak4000 (25yd<sup>3</sup>: 写真—29) が登場した。

現役の各社フラグシップ機では、1990 年の CAT 994 (18 m<sup>3</sup>: 写真—30), 1999 年にコマツ WA1200 (20 m<sup>3</sup>: 写真—31) が登場した。そして、2000 年に LeTourneau が現行世界最大のローダ 40 m<sup>3</sup> 級の L-2350 (写真—



写真—25 LeTourneau RS40



写真—26 Dart 600C



写真—27 Clark Michigan 675



写真—28 SMEC200T



写真—29 KDC HaulPak4000



写真—30 CAT 994



写真—31 WA1200



写真—32 L-2350



写真—37 Dart D-2771



写真—38 WABCO 200B



写真—39 WABCO 3200



写真—40 Peerless V-Con3006

32) を発表した。しかし、今は Joy Global 傘下の P&H ブランドとなっている。他の超大型ローダの供給メーカーは、コマツと CAT に集約されている。

#### 4. OHトラック

OH (オフハイウェイ) トラックは、1934年に誕生した Euclid 1Z (写真—33) から始まる。同社は1951年には3軸50 Ton 積の 1LLD (写真—34) を製造、1960年には建設業者が 1LLD を改造して5軸150 Ton 積を造っている。

現代 OH トラックのデザインは、Ralph Kress が1956年に設計した LeTourneau-Westinghouse Haulpak LW30 (写真—35) によって形造られた。低重心、V型傾斜ベッセル、オフセットキャブ、逆傾斜ウィンドウ、エア油圧サスペンション等の革新的なデザインを以降の殆どの OH トラックが踏襲した。電動 OH トラックは Unit Rig が MT-85 (写真—36) で1963年に初めて

開発した。メカニカルドライブの課題を回避して超大型化への路を開き、Lectrahaul の商標で60年代に85～200 Ton (米トン) 積の9モデルを送り出した。メカニカルドライブ車では、Dart D-2771 (写真—37) が初の100 Ton 超となった。初の200 Ton は1969年のトレーラ式リアダンプの WABCO 200B (写真—38)、1971年の WABCO 3200 (3軸リジット、200 Ton、後に250 Ton 積：写真—39) が開発され、同年にユニークな Peerless V-Con3006 (260 Ton：写真—40) も登場した。

1974年には GM 系 Terex が3軸リジットの350 Ton 車 Titan33-19 (写真—41) を発表して一世を風靡した。その Titan ブランドは、LeTourneau が継承して240 Ton の T-2240 (写真—42) 等を生産、33-19同様の3軸350 Ton ダンプも計画されたが中止、後述の930Eの成功が計画を断念させたと言われる。94年に Titan 消滅、LeTourneau はその後、重ダンプ部門から撤退した。

写真—43は、前述の鬼才 R. Kress が設計したユニー



写真—33 Euclid 1Z



写真—34 Euclid 1LLD



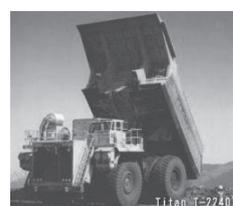
写真—41 Terex 33-19



写真—35 HaulPak LW30



写真—36 Unit Rig MT-85



写真—42 T-2240



写真—43 KRESS

クナ一体リジットフレーム構造のボトムダンプである。その他トレーラ式のボトムダンプ等は MEGA (写真-44) 等の各ボディメーカーが製作している。

2軸 300 Ton 超は、WABCO の後継 Komatsu-Dresser が 1995 年に 930E として開発、この会社を完全買収したコマツは、その HaulPak シリーズでマイニング市場に参入、930E の成功で確固たる地位を築いた。

現在は 400 Ton (360 t) の時代に入っている。因みに、WABCO は Westinghouse Air Brake Company の略である。

現在、西側のモンスタートラックメーカーは、グローバルアライアンスが進み、CAT, Unit Rig, Liebherr, コマツ, 日立の日米欧4社5ブランドに集約している。露 Belaz は、やや小振りであったが、近年矢継ぎ早に大型機を発表している。



写真-44 トレーラ式ボトムダンプ



写真-45 CAT 797F



写真-46 MT6300AC



写真-47 Liebherr T284



写真-48 KOMATSU 960E



写真-49 日立 EH5000



写真-50 Belaz 75710

各社のフラグシップ機は、CAT 797F (400 Ton : 写真-45), Unit Rig MT6300AC (400 Ton : 写真-46), Liebherr T284 (400 Ton : 写真-47), コマツ 960E (360 Ton : 写真-48), 日立 EH5000 (351 Ton : 写真-49), Belaz 75710 (500 Ton : 写真-50) である。Liebherr は超大型のクレーンやマイニングショベルで有名であったが、King of the Load の米 Wiseda を買収して、マイニングトラックを戦列に加えた。日立も同様に Euclid を買収してマイニング市場での積込・運搬機の両輪を揃えた。コマツは国産の HD シリーズとは別に、前述の様に WABCO 系の Dresser を買収して、電気駆動マイニングトラック製造部門を確保した。

マイニングトラックは、ランニングコストの安い電気駆動が主流で、近年は DC から AC に移行している。メカニカルドライブ主義だった CAT も、市場ニーズに答えて AC 駆動機の戦列化に着手していたが、Bucyrus 買収に伴い電動の Unit Rig の製造ラインが加わり 2 系列となった。しかし、Unit Rig ブランドは CAT の AC 駆動機と融合していくものと思われる。

トラックの最大車両質量は、OR タイヤの耐荷重性の制約を受け、トラックの大形化もタイヤの進化に合わせて進む。現在の最大 OR タイヤ 59/80R63 では、2軸6輪で 400 Ton 積が上限となる。Belaz が最近出した世界最大の 500 Ton (450 t) 級は、前輪もダブルタイヤとして、タイヤ荷重を分散して実現している。

### 5. ブルドーザ

ブルドーザの大形化史を辿ると、CAT が 1946 年から開発を始めていた D9X (写真-51) が 1955 年に完成した。また、同年 GM の Euclid 部門が世界最大の TC-12 (写真-52) を携えてコロラドトラクタ市



写真-51 D9X

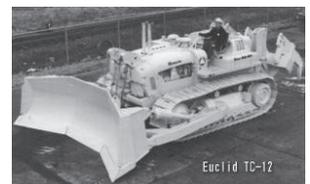


写真-52 TC-12



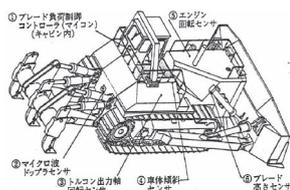
写真-53 HD-41



写真-54 D9 S by S



写真—55 ChTZ T800



写真—56 D555



写真—57 ACCO



写真—58 D11R CD



写真—59 D575A

場に参入，左右2分割フレーム車体が特徴である。1963年には新たな王者とAllis-Chalmers HD-41 (70 Ton：写真—53) が登場。CATはD9以上の大型機の開発には慎重で，2両連結のDD9やSide by Side (写真—54) で対応していたが，1978年に新機軸のD10 (88 Ton) を発表し，1997年にはD11 (120 Ton：写真—58) を送り出した。写真—57の伊ACCOは，史上最大の183 Ton モンスタブルドーザで，リビアのプロジェクト用に開発された。

コマツがCONExpo1981に参考出品したD555のハイテク・コンセプト機 (写真—56) の自動制御機構には驚かされたが，ハイテク・コンセプトは兎も角，サイズはD575A (168 Ton，写真—59) に継承して現行最大機種として君臨している。ソ連ではChTZが，1983年にトラクタ製造50周年を記念して最大のT-800 (106 t，写真—55) を発表している。

## 6. スクレーパー

スクレーパーは，17世紀のプラウの改良から始まるが，近代化にはLeTourneauの貢献が大きい。1924年に初の自走式スクレーパー (テレスコボウル) を開発し，1932年に牽引式のCarryallを，1938年には初のモータスクレーパーTournapull Aを開発，これは戦後

の日本でも活躍している。

大型化では，LT-360 (360 Ton，写真—61) の様なマルチボウルタイプが盛んに造られた。写真—62はLeTourneau 6-B 150，写真—60は3軸式41 m<sup>3</sup>のCAT 666であるが製造中止となった。エレベーターではWABCO 353FT (28 m<sup>3</sup>：写真—63)がある。現行の最大機種はタンデムエンジンの657となる。

スクレーパードーザは，1938年に対戦車壕の掘削機として開発が進められ，戦後にMenck社が量産を開始した。日本にも技術導入され日本車輛が製作して，10 m<sup>3</sup>級のSR280Pまで開発したが生産中止となっている。現在，スイスのFrutiger社が継承して18 m<sup>3</sup>級のSR3000 Tiger (写真—64)を開発している。



写真—60 CAT 666



写真—61 LeTourneau LT-360



写真—62 LeTourneau 6-B150



写真—63 353FT



写真—64 SR3000 Tiger

## 7. グレーダ

グレーダは，1885年に可変リーニング車輪を備えた牽引式グレーダをアダムスが発明し，初のモータグレーダRussell No.1は1919年に開発され，空気タイヤの装着は1928年にCAT No.10 “Auto Patrol”によって実現した。グレーダの大型史を飾るものとしては，3輪電気駆動のLeTourneau C3 (1965年：写真—65)，二股グースネックにタンデムエンジンのRayGo Giant (20ft，1962年：写真—66)，Harris Blade (1967年：写真—67)がある。CMI Autoblade (18ft：1969年：写真—68)は，前後対称型のタンデムエンジン，ダブルアーティキュレートでキャブを進行方向に旋回，HST駆動であった。



写真—65 C3



写真—66 RayGo Giant



写真—67 Harris Blade



写真—68 CMI Autoblade



写真—70 ACCO 33



写真—69 100-T



写真—71 CAT 24H

1975年には100 TonのChampion 100-T (24ft)が出現した(写真—69)。史上最大のモンスターはACCO 33 (33ft:1980年:写真—70)で3軸12輪のタンデムエンジンである。現行の最大機種はCAT 24H (24ft, 1996年:写真—71)の後継24Mである。

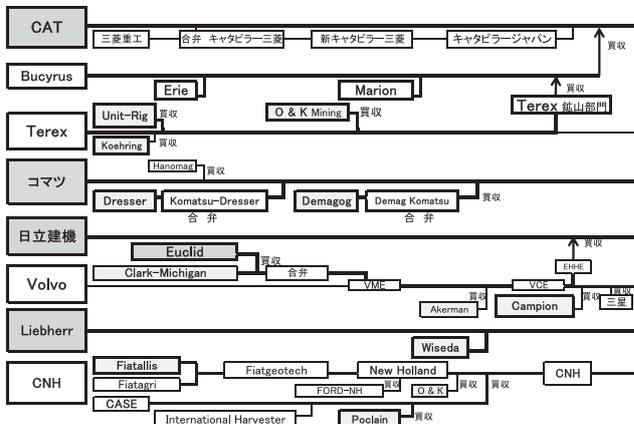
### 8. グローバルアライアンス

2013年の世界の建設機械メーカーの売上順位は、ある資料によると次の通りである。TerexとDeereが凋落して、中国2社の台頭が凄まじい。韓国の斗山はBobcatやMoxyを買収したが伸び悩んでいる。

- ① CAT405億\$, ②コマツ210億\$, ③日立建機102億\$, ④ Volvo94億\$, ⑤三一重工79億\$ ⑥中連重科Zoomlion77億\$, ⑦ Liebherr75億\$, ⑧ Terex73億\$, ⑨ Deere64億\$, ⑩斗山 Doosan57億\$

この内、文中にもあるモンスター建機製造メーカー関係のグローバルアライアンスを図—1にまとめた。BucyrusによるTerex 鉱山部門の買収は衝撃的だった。ピサイラスカラーの超大型の油圧ショベルや重ダ

ンプが誕生したが、その塗装の乾かぬ翌年にCATイエローに塗替えられることとなった。そして、P&HやLeTourneauもJoy Globalの傘下となった。邯鄲の夢か、若い頃に馴染んだ数多くの海外メーカーの殆どが消滅してしまった。



図—1 モンスター建機メーカーのグローバルアライアンス

### 9. おわりに

本稿のテーマは本誌'08年新年号で依頼されたものであったが、その時は「建設機械の歴史」に差し替えたため、今回改めて掲載することにした。建設機械の誕生史の上梓は、その時が本邦初であったため大きな反響があった。今回の内容も既に下記のHPには掲載しているが、最新情報を付け加えた。更に詳しくは知りたい方は、下記の資料等を参照されたい。

Ton : Shot ton (米トン), t : metric ton



#### 《参考文献》

- 1) 岡本, 土工機械誕生の歴史, 土木施工, '09.7
- 2) 岡本, 建設機械の歴史, 建設の施工企画, JCMA, '08.1
- 3) 岡本, 工事用の軽便軌条小史, 建設機械施工, JCMA, '14.5
- 4) 岡本, MINExpo2004 見聞記, 建設機械, 日本工業出版, '05.3
- 5) 岡本, 大型土工機械の動向とコンピュータ管理, 建設の機械化, JCMA, '01.5
- 6) 土工教室 / 建設機械の歴史, <http://www.yamazaki.co.jp>
- 7) 土工塾, <http://hw001.spaaqs.ne.jp/geomover/>
- 8) 建機メーカー各社ホームページ, カタログ等の資料
- 9) H-H. Cohrs, Giganten in Erd-und Tagebau, KHL, '04.4
- 10) E.C.Orlemann, LeTourneau Earthmovers, MBI, '01.5
- 11) K.Haddock, Giant Earthmover, MBI, '98.6

#### 【筆者紹介】

岡本 直樹 (おかもと なおき)  
建設機械史研究者



## || 論文 ||

# 車両の通行を想定した伸縮可能な緊急橋の力学特性と簡易評価手法に関する実験的研究

近広 雄希<sup>1</sup>・有尾 一郎<sup>2</sup>・小野 秀一<sup>3</sup>・中沢 正利<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 広島大学大学院 工学研究科 博士課程後期在学中 (〒 739-8527 広島県東広島市鏡山 1 丁目 4-1)

E-mail : dl31584@hiroshima-u.ac.jp

<sup>2</sup> 広島大学大学院助教 工学研究院 (〒 739-8527 広島県東広島市鏡山 1 丁目 4-1)

E-mail : mario@hiroshima-u.ac.jp

<sup>3</sup> 施工技術総合研究所 研究第二部 次長 (〒 417-0801 静岡県富士市大淵 3154)

E-mail : ono@cmi.or.jp

<sup>4</sup> 東北学院大学教授 工学部 (〒 985-8537 宮城県多賀城市中央 1-13-1)

E-mail : naka@mail.tohoku-gakuin.ac.jp

伸縮可能なシザーズ機構を橋梁の構造形式に採用したモバイルブリッジは、アルミニウム合金押出材を主要な構造部材に用いた軽量構造物であるため、輸送時間や架設時間が大幅に短縮されるなどの工学的メリットが極めて大きく、被災後の緊急復旧ツールの一つとして注目されている。プロトタイプ機を用いた既往の基礎研究では、モバイルブリッジの基本的な展開機構や設計概念を構築してきたが、それらが実用レベルでも同様に成り立つかを検討する必要がある。本研究では、車両の通行を想定した実スケール規模の二格間シザーズ橋を実験的に試作し、実車両を用いた載荷実験により、その性能を評価した。また、車両載荷実験の結果をベースに、開発中である本橋の設計モデルを考案し、その設計値と実験値を比較、検証することにより、このモバイルブリッジの設計法を提案した。

キーワード : *Mobile Bridge<sup>TM</sup>, Movable Bridge, Scissors Structure, Vehicle Loading Test, Frame Analysis*

## 1. はじめに

平成 26 年 8 月豪雨(2014.8)や九州北部豪雨(2012.7)をはじめ、近年、自然災害に起因する社会基盤構造物の被害が世界中で後を絶たない。特に、写真-1に示すような、落橋や洗掘等の橋梁被害により生じる交通ネットワークの断絶は、被災地住民の生活を脅かすのみならず、被災後の復旧対応やレスキュー活動を大きく左右するため、早期回復が求められる。しかしながら、一般的な災害現場は切迫した危険性と物理的な制約が多く存在するため、工事用車両や緊急車両の進入が困難であったり、十分な作業エリアを確保できないなどの問題が生じる。また、仮設現場の被災状況の程度にもよるが、国土交通省が所管している応急組立橋を用いた仮復旧工法でさえ、被災後の出動要請から供用に至るまで一週間以上の時間を要するのが現状である<sup>1)</sup>。

一方で、橋梁専門メーカーなどによる、橋梁パーツを予めモジュール化することで、現場施工の簡略化を図った技法や新しい軽量材料に着目した応急組立橋の開発研究の報告がある。しかし、これらの応急組立橋もまた、



写真-1 平成 26 年 8 月豪雨による  
橋梁被害の一例 (2014.8)

重機や架設ヤードの確保を前提とした現場依存性を持つため、根本的な早期復旧法の改善には未だ課題が残っており、復旧スピードを最優先とした対応策を事前に構築しておくことは、必要不可欠な要件である。

そこで著者らは、被災直後に人命救助や物資輸送を可能とする緊急アクセス路を迅速に確保するため、数時間での仮復旧を目標とした伸縮可能な仮設橋システム (Mobile Bridge<sup>TM</sup>, 以下 MB と称す.) をこれまでに提案している<sup>2),3)</sup>。MB は Michell の構造最適化問題における研究成果<sup>4)</sup>をヒントに、はさみのような X 状の連鎖

機構を橋梁の構造形式に採用した展開、折畳み可能な緊急橋で、従来の上/下弦材を有するトラス橋とは本質的に異なる構造体である。展開構造の分野では、この機構をシザーズ機構と呼び、はさみ状の骨組み部材をピン回動で組み合わせた構造ユニットから構成される。

MBの当初の開発では、人が渡れる程度の小型実験橋を用い、シザーズ構造体の基本的な力学特性を明らかにしてきた<sup>5)~10)</sup>。しかし、MBの実用化を考える上で、小型実験橋の開発で培った要素技術や設計概念が実スケールサイズでも同様に成り立つかという寸法効果の影響を検討する必要がある。また、MBの設計法を構築する上で、シザーズ橋の計算・解析手法について理解を深める必要がある。

本研究では、MBの実用化のための基礎的な知見を得るために、小型車両の通行を想定した実スケールサイズの二格間シザーズ橋(以下MB1.0<sup>1)</sup>と称す。)を試作し、基本的な性能評価を行う。MB1.0の性能を評価するにあたり、実車両を用いた載荷実験を行い、その力学特性を明らかにする。また、既往の研究成果をベースにMB1.0の解析モデル、理論モデルを考案し、それらの値と実験値を、比較、検証することで、実スケールサイズのMBに対する設計手法の有用性を明らかにする。

## 2. モバイルブリッジの設計概念

MBは折畳まれたシザーズユニットを対岸に向かって展開させ、先端部が対岸に着岸することで使用可能な状態となる。本体の先端部が対岸に届くことにより、兩岸から反力を得ることができ、本システムは、展開時および展開後と二種類の境界条件を持つことが想定される。そのため、シザーズユニットの展開状態に応じて、MBの断面力は大きく変化する。

本システムの優位性について、**図-1**に示す一定断面の連続体からなる梁構造を近似的に考える。展開中の最大負荷は、**図中**のCase1に示すように伸展した片持ち状態で起きる。すなわち、シザーズ先端部が対岸側で反力を確保する寸前である。この時、根元部分に、

$$M_0 = -\frac{qL^2}{2} \tag{1}$$

の最大曲げモーメントが発生する。ここで $q$ は自重による等分布荷重強度を示す。先端部が対岸で反力を得ることによって、構造体の境界条件が片持ち状態から、**図中**のCase2に示すような単純梁状態となる。最大曲げモーメントは梁の中央部において、次式となる。

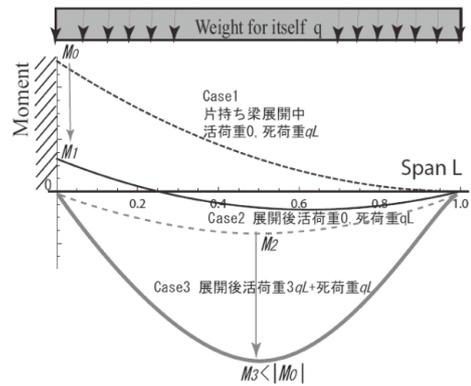


図-1 境界条件の違いによるMBの曲げモーメントの変化

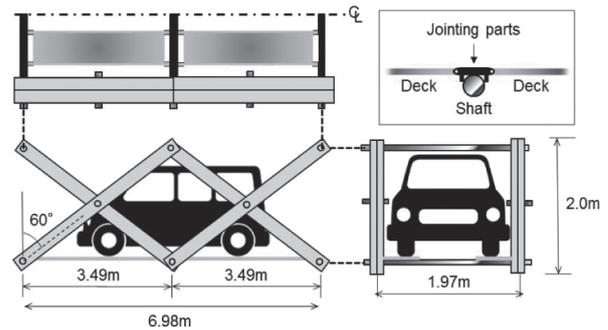


図-2 MB1.0の概要図

$$M_2 = \frac{qL^2}{8} \tag{2}$$

ただし、

$$M_0 < M_a < M_y \tag{3}$$

を満たす必要がある。ここに、 $M_y$ は使用材料の降伏曲げモーメント、 $M_a$ は使用材料の設計曲げモーメントをそれぞれ示す。設計曲げモーメントは安全率 $\alpha$ を用いて、

$$M_y = \alpha M_a \quad (\text{ただし } \alpha > 1) \tag{4}$$

と表される。例えば、抵抗曲げモーメントが根元部材の最大曲げモーメント $|M_0|$ まで耐え得ると考えるならば、活荷重を受ける梁の最大曲げモーメント $M_3$ は、Case3に示すように $M_2 + M_{live} = M_3 \leq |M_0|$ の範囲で使用可能となる。この時、活荷重 $M_{live}$ は式(5)に示すように理論的に死荷重の三倍まで載荷可能となる。

$$\begin{aligned} |M_0| &= M_2 + M_{live} = \frac{qL^2}{8} + M_{live} \\ \therefore M_{live} &= \frac{qL^2}{2} - \frac{qL^2}{8} = \frac{3qL^2}{8} = 3M_2 \end{aligned} \tag{5}$$

## 3. 実験橋の概要

試作したMB1.0の概要図を**図-2**に示す。MB1.0は、二つのシザーズユニットが連なる伸縮可能な下路橋タイプ

1) MB2.0以降の最新のMB開発では、今回の実験の床版とシザーズ部材とは異なるスペックのものを使用している。



(a) 収納状態 (b) 展開動作中



(c) 展開完了 (d) 正面図

写真-2 展開動作時のMB1.0の挙動

ブのシザーズ橋である。展開後(シザーズ展開角: 60°の場合), 全長 7.0 m, 全高 2.0 m となり, 本体フレームとシャフト, ピン等の構造部品を含めた全質量はおよそ 860 kg となる。本体の軽量化のため, シザーズ構成部材にはアルミニウム合金 A6N01 材, 床版にはアルミニウム合金 A6063 材を用いた押出材をそれぞれ使用している。さらに, 自重による影響を低減させるために床版は, 有効幅を一車輪相当に制限しており, シザーズ一格間ごとに左右の車輪分の二枚が敷設されている。また床版同士は, 溝形材をベースとしたジョイント材を介して連結されている。前章の梁理論による MB の設計概念が MB1.0 でも同様に近似できると考えるならば, 最大で死荷重の三倍, つまり約 2.5 t までの活荷重に耐えられることになる。

シザーズ部材が収納された状態から展開動作が完了するまでの MB1.0 の様子を写真-2(a)~(d)にそれぞれ示す。展開構造体である MB1.0 は, 写真-2(a)のように, 収納時にはコンパクトな状態で折畳まれている。使用の際には, 写真-2(a)~(c)のように本体シザーズ部を展開させることで架設され, 橋として使用できる。また, 収納時に折畳まれた状態であった床版は, シザーズ部材の展開動作に連動して展開され, 本体シザーズ部の展開が完了すると同時に対岸への移動が可能となる。この機構により, シザーズ展開後に床版を敷設する時間が省かれ, 架設時間を大幅に短縮することができる。展開された床版は格間ごとに定尺長で設置され, 図-2中に示されるように, MB 中央部の下シャフトの上部にジョイント材が重なる形で固定される。

#### 4. アルミニウム合金製床版の曲げ耐荷力実験

本橋の車両載荷実験における, アルミニウム合金製床版の持つ曲げ耐荷力を実験的に評価する。

##### 4.1 アルミニウム合金製床版の概要

MB1.0 に使用した車両走行用のアルミニウム合金製床版を図-3に示す。床版は一枚当たり全長 3200 mm, 幅 500 mm であり, 両端部には脱輪防止縁部が備わっている。材質は A6063-T5 材を用いており, 幅 200 mm と幅 100 mm の押出中空材を溶接接合することにより断面を成形している。一枚当たりの重量は 50 kgf である。

##### 4.2 実験概要

アルミニウム合金製床版の輪荷重に対する曲げ強度を把握するため, 三点曲げによる耐荷力実験を実施した。実験の様子を写真-3に示す。ジョイント部と床版の接合部である両端のピン部に  $\phi 20$  mm の丸鋼を通し, MB1.0 上での支持状況を再現した。荷重は床版の中央部に設置した載荷板を通じて, 試験機により与えた。載荷板には Eurocode の橋梁デザインより, 小型車両のタイヤ接地面積相当の 175 mm  $\times$  175 mm の鋼板とゴム板を使用した<sup>11)</sup>。

##### 4.3 実験結果

床版中央部の載荷点位置における荷重-変位曲線を図-4に示す。縦軸は試験機により与えた荷重(kN)を, 横軸は試験機ヘッド部分の変位量(mm)をそれぞれ示す。荷重値が 1 kN まで 0.2 kN 刻みで, 荷重値が 1 kN 以降

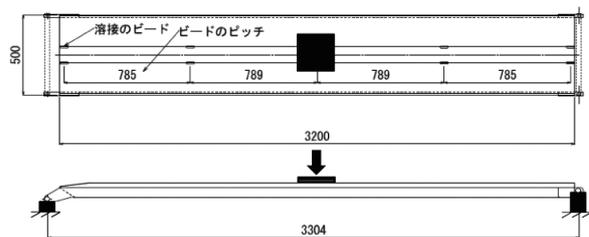


図-3 車両走行用のアルミニウム合金製床版

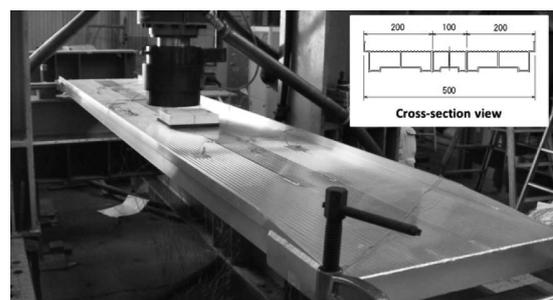


写真-3 三点曲げ実験の様子

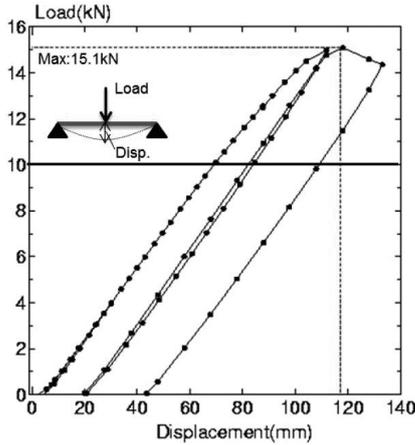


図-4 床版中央部の荷重-変位曲線

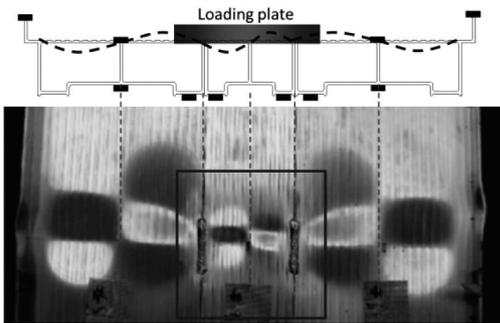


写真-4 床版中央部に生じた局部座屈の様相

は 1 kN 刻みで 15 kN まで荷重後、荷重を一旦除荷し、床版に生じた塑性ひずみと残留変位を計測した。荷重を除荷した後、試験機の操作を変位制御に切り替え、変位を 10 mm ごとに増分させることで再荷重した。床版は、最大荷重 15.1 kN、中央変位が 117.3 mm 時に表面の中央部が局部的に座屈破壊し、耐荷力を失った。

床版の中央部に発生した局部座屈のパターンを写真-4 に示す。写真内の実線部は荷重板の設置位置を、破線部は床版の断面内に存在するリブ材の位置をそれぞれ示す。また、断面図内に示す破線部は、除荷後に観測された床版表面の凹凸形状を示す。この時、表面の座屈形状に着目すると、リブ材の位置に応じて座屈の凹凸形状が変化していることが分かる。これは、断面内のリブ材が補剛材のような役割をしており、床版の表面で局所的な座屈が生じているためである。

#### 4.4 床版中央部における応力分布状態

試験機による荷重値が 4.5 kN、5.0 kN、5.5 kN 時における、床版中央部の応力分布状態を図-5 に示す。図-5 の断面図内にグレーの長方形でマーキングされた箇所は、ひずみゲージを貼付した位置を示す。また図-5 の図中に示す  $\sigma_y$  ラインは、JIS 規格により最低保証される A-6063 材の降伏応力の値である  $\sigma_y=110$  MPa を示す。

図-5 より、荷重値が 5.0 kN の時に下面側の凸状部が先行して降伏したことが分かる。よって本実験から、MB1.0 に適用したアルミニウム合金製床版は、一枚当たり 5.0 kN までの荷重に対して降伏応力内で使用できることが明らかとなった。また写真-2 (d) のように、MB1.0 には一格間ごとに二枚の床版が設置されているため、車軸単位で 10.0 kN 以内の車両の通行が可能であることが示された。

### 5. MB1.0 を用いた車両載荷実験

#### 5.1 車両載荷実験の概要

写真-2 (c) のように単純支持状態とした MB1.0 を用いて車両の載荷実験を実施した。図-6 に本実験における車両の載荷位置を示す。一格間目の床版中央部と本体中央部に着目し、前輪、車両中央部、後輪が一致した場合に車両を MB1.0 上で停車させ、静的なひずみ値を計五

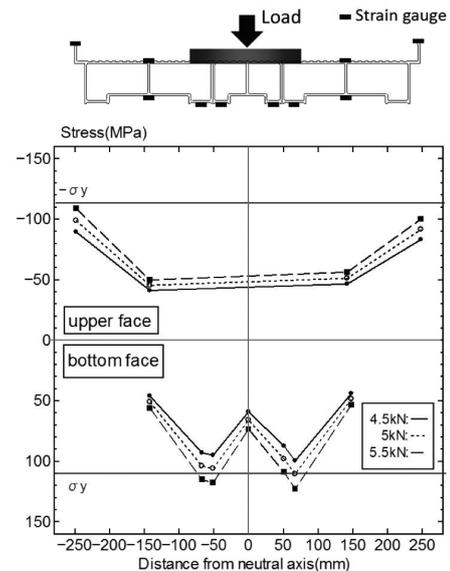


図-5 床版中央部における断面内の応力分布状態

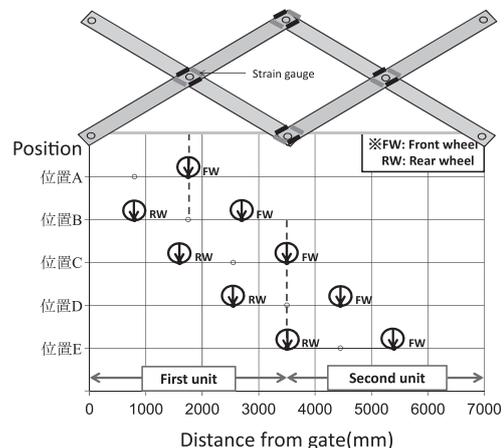


図-6 ひずみゲージ位置と車両載荷位置の関係図

パターン測定した。位置 A と位置 B では床版の中央部に、位置 C ～位置 E では MB1.0 の中央部に着目して計測を行った。この時、ひずみゲージは図中に示すように、各ピボット部およびヒンジ部の上、下縁部にそれぞれ貼付した。

車両はホンダ製 STREET と日産製 AD Van の二種類の車両を用い、三ケースの荷重を与えた。車両荷重実験に用いた車両と、それらの荷重値を表-1 に示す。STREET は全長 × 全幅 × 全高が 3195 mm × 1395 mm × 1870 mm、車軸間距離は 1900 mm であり、運転手を含む 9.6kN と 11.8kN の二通りの荷重を実験に用いた。AD Van は全長 × 全幅 × 全高が 4370 mm × 1895 mm × 1510 mm、車軸間距離は 2535 mm であり、運転手を含む 13.8kN の荷重を実験で用いた。この時、荷重 1 と荷重 2 では車両の荷重増加によるひずみ値の変化を、荷重 2 と荷重 3 では車両の荷重増加と車種の違いによるひずみ値の変化を調べる。

## 5.2 平面骨組解析

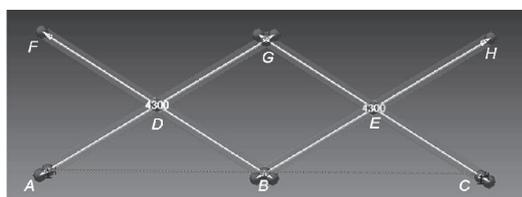
本解析には、Autodesk 社の CAD システムに連動した汎用プログラム (ANSYS) を用い、MB1.0 のモデル化および荷重実験の解析的検討を行った。

### 5.2.1 解析モデルの概要

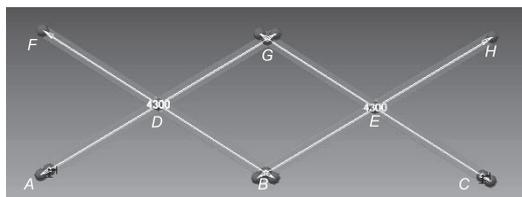
二種類の解析モデルを図-7 (a) と (b) に示す。図-7 (a)

表-1 車両荷重実験における荷重条件

Case	Vehicle	Loading condition(kN)		
		Total	Front axle	Rear axle
荷重 1	STREET	9.6	5.2	4.4
荷重 2	STREET	11.8	6.3	5.5
荷重 3	AD van	13.8	7.5	6.3



(a) 床版を考慮した解析モデル



(b) 骨組のみの簡易解析モデル

図-7 平面骨組解析モデル

は床版を考慮した解析モデル、図-7 (b) は床版を考慮していない簡易的な解析モデルである。車両荷重実験は、弾性範囲内の荷重を前提としているため、本解析も弾性解析として行った。また、要素は全て梁要素を用いた。床版は、節点 AB 間および節点 BC 間に対して線形の梁要素を与えることで再現した。ピボット部とヒンジ部は、図-8 の概略図が示すように、各シザーズ部材の結合部に回転を許容する要素を共有させることでモデル化を行った。

車両の輪荷重は、図-7 (a) の床版を考慮した解析モデルでは、床版上の輪荷重の位置に対して、集中荷重として作用させた。図-7 (b) の簡易解析モデルでは、床版に作用する輪荷重を、シザーズ部材が交差するピン接合部 (点 A, 点 B, 点 C) に対して、等価節点外力として与えた。境界条件は、両モデルともに端部の点 A と点 C をピン固定とし、両端ピン支持状態の梁とした。

### 5.2.2 平面骨組解析の結果の一例

解析結果の一例として、表-1 の荷重 1 に相当する STREET (9.6 kN) を MB1.0 の中央に荷重した場合の軸

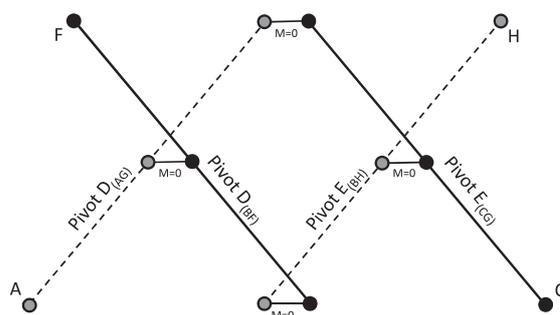
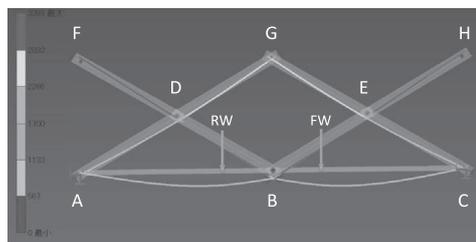
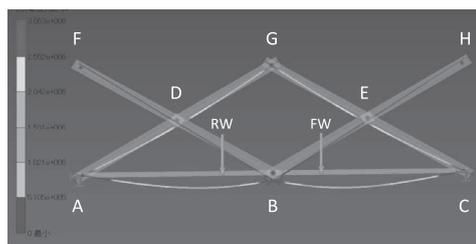


図-8 部材交差部のモデル化



(a) 軸力分布図



(b) 曲げモーメント分布図

図-9 床版を含む MB1.0 解析モデルの解析結果の一例 (位置 D)

表-2 一格間目のピボット部における各応力値 (MPa)

Model	With deck		Without deck	
	$\sigma_M$	$\sigma_N$	$\sigma_M$	$\sigma_N$
位置 A	-9.7	0.32	-10.2	0.34
位置 B	-18.9	0.62	-19.0	0.64
位置 C	-27.0	0.89	-27.4	0.90
位置 D	-26.7	0.88	-26.7	0.89
位置 E	-26.3	0.87	-25.4	0.85

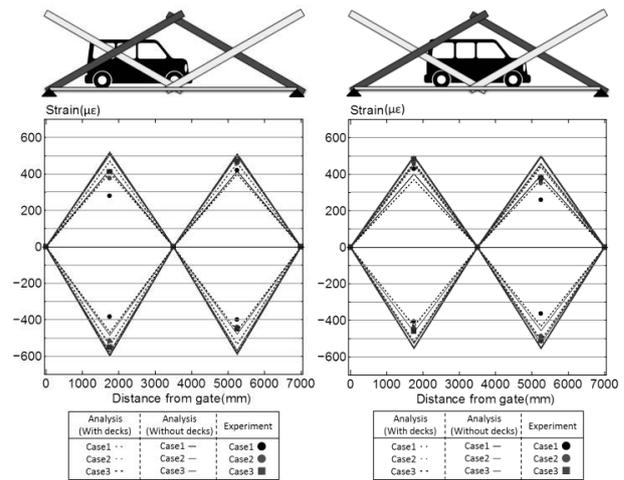
力分布図を図-9(a)に、曲げモーメント分布図を図-9(b)にそれぞれ示す。軸力分布図に着目した時、中央ヒンジ部の点Bと各ピボット部の点D、点Eの間に、最大の引張力が発生している。また、曲げモーメント分布図に着目した時、支点部から延びる部材AGおよび部材CGのピボット部で最大値が生じている。これは、载荷により節点BD、節点BE間に強い引張力が作用し、ピボット部の点Dと点Eが内側に向かって引張られることにより、部材AGと部材CGに大きな曲げモーメントが生じていると考えられる。

STREET(9.6 kN)を使用した荷重1の条件下で、一格間目のピボット部である点Dに生じた各応力値(MPa)を表-2にまとめる。表-2より、曲げ応力に比べ軸応力の影響は5%未満とわずかであり、MB1.0は曲げモーメントによる影響が支配的であることが分かる。発生した曲げ応力の値は、車両がMB1.0の中央に近づくにつれて大きくなっている。また、両モデルの解析結果を比較した場合、床版を考慮した解析モデルよりも簡易解析モデルの方が大きな応力値を得た。これは、床版の有無により力の発生分布が異なることを示し、床版が存在しない場合の方が部材に生じる負荷が大きいと分かる。しかしながら、最大でも4.9%と小さな誤差であったため、床版の有無がMB1.0のモデル化に与える影響は少ないと考えられる。

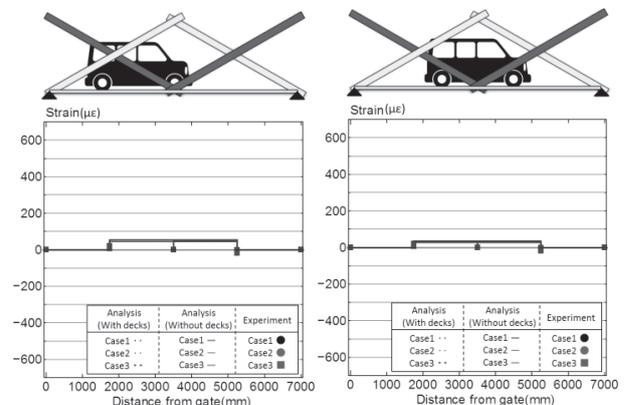
5.3 実車両を用いた载荷実験の結果

車両载荷実験および骨組解析の結果として、大きなひずみ値が得られた、図-6の位置Cと位置Dに相当する二つの载荷ケースについて着目し、MB1.0に生じたひずみ値を考察する。

図-10(a), (b)は支点部から延びる「ハ型」に配置されたシザーズ部材に生じたひずみ値の分布状態を示す。この時、横軸は車両進入部からの距離を、縦軸はシザーズ構成部材に生じたひずみ値を表す。グラフ内において実験による計測値は点で、床版を考慮したモデルの解析結果は破線で、床版を含まない簡易モデルの解析結果を実線でそれぞれ示す。位置Cと位置Dの両結果に着目し



(a) 前輪がMB1.0の中央 (b) 車両がMB1.0の中央  
図-10 ハ型に配置された部材のひずみ値分布



(a) 前輪がMB1.0の中央 (b) 車両がMB1.0の中央  
図-11 V型に配置された部材のひずみ値分布

たとき、部材中央のピボット部においてひずみ値が最大値/最小値となった。これは、部材中央部でシザーズ部材に対する曲げひずみが最大値/最小値を取るため、人用の小型実験橋を用いた既往の研究結果<sup>7)~9)</sup>と同様の傾向となった。最大ひずみは、図-10(a)より、AD Van(13.8 kN)積載時で512 μεとなり、弾性範囲内に収まる結果となった。また位置Cでは一格間目、位置Dでは二格間目の圧縮ひずみが引張ひずみに比べ50 μεから100 μεほど大きく、車両の重心位置があるシザーズユニット上での部材圧縮力が増加する傾向が得られた。これは、前後輪の輪荷重差による偏心した荷重がMB1.0に作用することにより、床版連結部で局所的な曲げモーメントが生じ、各シザーズ構造部材に影響を与えたのではないかと考えられる。

ここで同車種を用いたSTREETの最大ひずみの増分変化に着目すると、荷重1・2間では2.2 kN(18.6%)の車両の荷重増加に伴い、最大ひずみ値が8.5%増加した。また、異車種を用いた荷重2・3では2.0 kN(14.5%)の車両の荷重増加に伴い、最大ひずみ値が4.8%増加した。

この時、荷重2・3間の最大ひずみの増分が荷重1・2間よりも小さいのは、普通車両であるAD Vanの方がSTREETに比べ、車軸間距離が大きいためである。

図-11(a), (b)は「V型」に配置されたシザーズ部材に生じたひずみ値の分布状態を示す。図-11(a), (b)より、実験値および解析値ともに、10 $\mu\epsilon$ 程度のひずみが確認でき、250N程度の軸力がピボット-ヒンジ間に作用していることが分かる。これは、ピボット-ヒンジ間においては車両载荷により軸力が生じるが、部材端部は拘束されていないフリーな状態であるため、荷重に対してほとんど抵抗をしていないと考えられる。

以上より、MB1.0のような二格間シザーズ橋では、 $\wedge$ 型に配置された部材が車両による荷重に対して主に抵抗し、 $\vee$ 型に配置された部材にはほとんどひずみが生じていないことが分かった。そのため、MB1.0を設計する上で、 $\wedge$ 型に配置された部材に生じる負荷の変化に注意しなければならない。

#### 5.4 実験値および解析値の比較

解析モデルの妥当性を評価するため、载荷実験およびフレーム解析により得られた両ひずみ値を比較する。両結果より、最大もしくは最小ひずみを6%程度の差で捉えることができ、かつ解析値は実験値に比べて大きな結果となった。この原因の一つとしては、解析における輪荷重の取り扱い方の影響ではないかと考えられる。すなわち、本解析では輪荷重を集中荷重としたが、実際にはタイヤ接地幅を持つため、差が生じたと考えられる。

以上のことより、車両積載時におけるシザーズ部材のひずみ値分布は、車両の輪荷重を等価節点外力として作用させることで実測値よりも大きく評価され、設計上安全側で算定できることが分かった。

### 6. シザーズの平衡力学理論の適用

既往の研究<sup>2),5)</sup>においてシザーズ構造体の設計は、弾性梁理論、釣合条件式による平衡力学理論をベースに行われていた。本章では、簡易解析モデルの考え方を応用し、車両通行を想定したシザーズ構造体の設計モデルの構築について検討をする。

#### 6.1 単位シザーズの力学

各節点に集中荷重が作用する単位シザーズのFree Body Diagram(以下、FBDと称す。)を図-12に示す。点Cに回転を許容するピボットが存在し、二本のシザーズ部材は互いにピン結合されている。ここで、水平方向と鉛直方向の力の釣合い条件より、次式が求まる。

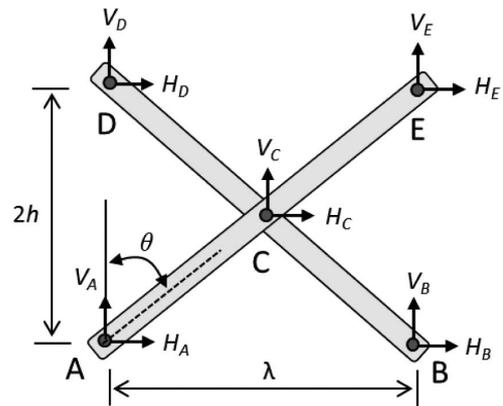


図-12 単位シザーズのFBD

$$\sum H = (H_A + H_D) + (H_B + H_E) + H_C = 0, \quad (6)$$

$$\sum V = (V_A + V_D) + (V_B + V_E) + V_C = 0 \quad (7)$$

また格間長 $\lambda$ と高さ $2h$ を用いて各節点に対するモーメントの釣合式を立てると、次の式(8)-(11)となる。

$$\sum M_{atA} = (H_D + H_E)2h - (V_B + V_E)\lambda - \frac{\lambda}{2}V_C + hH_C = 0, \quad (8)$$

$$\sum M_{atB} = (H_D + H_E)2h - (V_A + V_D)\lambda + \frac{\lambda}{2}V_C + hH_C = 0, \quad (9)$$

$$\sum M_{atD} = (H_A + H_B)2h - (V_B + V_E)\lambda - \frac{\lambda}{2}V_C - hH_C = 0, \quad (10)$$

$$\sum M_{atE} = (H_A + H_B)2h - (V_A + V_D)\lambda + \frac{\lambda}{2}V_C - hH_C = 0 \quad (11)$$

シザーズを構成する各部材(AE, DB)に着目し、ピボット部(点C)回りのモーメントの釣合式を立てる。

$$\text{Member of AE: } M_C = (-H_A - H_E)h + (V_A + V_E)(\lambda/2) = 0, \quad (12)$$

$$\text{Member of DB: } M_C = (H_B + H_D)h + (V_B + V_D)(\lambda/2) = 0 \quad (13)$$

この時、式(8)-(11)の四式を整理すると、

$$(8)-(9): (V_B + V_E)\lambda - (V_A + V_D)\lambda = 0 \Rightarrow \text{式(6)に一致,}$$

$$(8)-(10): (H_D - H_E)2h - (-H_A + H_B)2h = 0 \Rightarrow \text{式(7)に一致,}$$

$$(10)-(11): (V_B + V_E)\lambda - (V_A + V_D)\lambda = 0 \Rightarrow \text{式(6)に一致,}$$

$$(9)-(10): (H_D - H_E)2h - (-H_A + H_B)2h = 0 \Rightarrow \text{式(7)に一致}$$

上記のように、全て式(6)、式(7)を用いて表すことが可能であり、独立な式は式(6)、(7)、(12)、(13)の四式のみということになる。この四式を整理し、行列形で表示すると、

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ -2h & \lambda & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2h & \lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} H_A \\ V_A \\ H_D \\ V_D \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 2h & -\lambda \\ -2h & -\lambda & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} H_B \\ V_B \\ H_E \\ V_E \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} H_C \\ V_C \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

$$\Leftrightarrow [L_{AD}]\{AD\} = -[R_{BE}]\{BE\} - \{Z_C\} \quad (14)$$

の関係式を得る。ここで、 $\{AD\}$  は  $\{H_A, V_A, H_D, V_D\}$  から構成される4行の外力ベクトルを、 $\{BE\}$  は  $\{H_B, V_B, H_E, V_E\}$  から構成される4行の外力ベクトルを、 $\{L_{AD}\}$  は外力ベクトル  $\{AD\}$  に対する  $4 \times 4$  行列の釣合マトリックスを、 $\{R_{BE}\}$  は外力ベクトル  $\{BE\}$  に対する  $4 \times 4$  行列の釣合マトリックスをそれぞれ示す。式(14)に境界条件、荷重条件などの与条件を考慮することで未知の支点反力を算定することが可能となる。また部材に発生する断面力は、算出した反力  $(H_i, V_i)$  を用いると、式(15)のシザーズ部材に対する軸力  $N_i$  とせん断力  $S_i$  の関係式が導出される。

$$\begin{Bmatrix} N_i \\ S_i \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin \theta & \cos \theta \\ \cos \theta & -\sin \theta \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} H_i \\ V_i \end{Bmatrix} \quad (15)$$

### 6.2 MB1.0の理論モデル化

前節の単位シザーズの平衡力学をベースにMB1.0の理論モデルを構築する。

#### 6.2.1 二格間シザーズの力学

単純支持状態にある二格間シザーズのFBDを図-13(a)に、各シザーズユニットにおけるFBDを図-13(b)にそれぞれ示す。各節点に水平力と鉛直力が作用するとき、前節の単位シザーズの場合と同様に、力の釣合条件式を連立することにより、各ユニットに対して関係式を

得ることができる。一格間目のシザーズユニットに対して、

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 2h & -\lambda \\ -2h & -\lambda & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} H_{CL} \\ V_{CL} \\ H_{GL} \\ V_{GL} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -2h & \lambda & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} H_A \\ V_A \\ H_B \\ V_B \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} H_D + H_F \\ V_D + V_F \\ 0 \\ 2hH_F + \lambda V_F \end{Bmatrix}$$

$$\Leftrightarrow [R^1_{CGL}]\{CG_L\} = -[Y^1]\{AB\} - \{Z_{DF}\}$$

$$\therefore \{CG_L\} = -[R^1_{CGL}]^{-1}[Y^1]\{AB\} - [R^1_{CGL}]^{-1}\{Z_{DF}\} \quad (16)$$

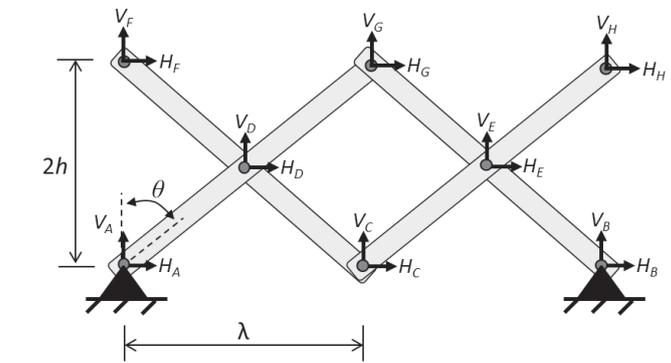
と求められる。ここで、 $\{CG_L\}$  は  $\{H_{CL}, V_{CL}, H_{GL}, V_{GL}\}$  から構成されるヒンジ部での4行の内力ベクトルを、 $\{AB\}$  は  $\{H_A, V_A, H_B, V_B\}$  から構成される支点部での4行の外力ベクトルを、 $[R^1_{CGL}]$  は内力ベクトル  $\{CG_L\}$  に対する  $4 \times 4$  行列の釣合マトリックスを、 $[Y^1]$  は支点部に作用する外力ベクトル  $\{AB\}$  に対する  $4 \times 4$  行列の釣合マトリックスをそれぞれ示す。次に二格間目のシザーズユニットに対して、

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ -2h & \lambda & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2h & \lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} H_{CR} \\ V_{CR} \\ H_{GR} \\ V_{GR} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -2h & -\lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} H_A \\ V_A \\ H_B \\ V_B \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} H_E + H_H \\ V_E + V_H \\ 2hH_H - \lambda V_H \\ 0 \end{Bmatrix}$$

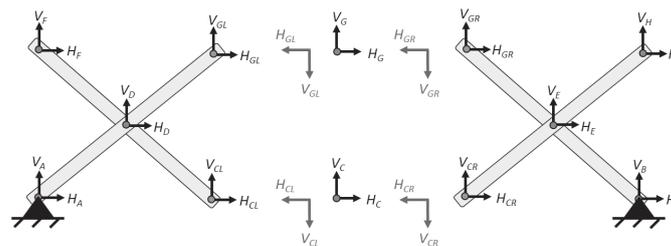
$$\Leftrightarrow [L^2_{CCR}]\{CG_R\} = -[Y^2]\{AB\} - \{Z_{EH}\}$$

$$\therefore \{CG_R\} = -[L^2_{CCR}]^{-1}[Y^2]\{AB\} - [L^2_{CCR}]^{-1}\{Z_{EH}\} \quad (17)$$

となる。一格間目と同じように、 $\{CG_R\}$  は  $\{H_{CR}, V_{CR}, H_{GR}, V_{GR}\}$  から構成されるヒンジ部での4行の内力ベクトル



(a) 全体系



(b) 各ユニットのFBD

図-13 二格間シザーズのFBD

を,  $[L^2_{CGR}]$  は内力ベクトル  $\{CG_R\}$  に対する  $4 \times 4$  行列の釣合マトリックスをそれぞれ示す. また, 二つのシザーズユニットを連結する点 C, 点 G のヒンジ部について,  $\{H_C, V_C, H_G, V_G\}$  から構成される 4 行の外力ベクトル  $\{CG\}$  は内力ベクトル  $\{CG_L\}$ ,  $\{CG_R\}$  を用いて表現でき, 次式が成立する.

$$\begin{Bmatrix} H_C \\ V_C \\ H_G \\ V_G \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} H_{CL} \\ V_{CL} \\ H_{GL} \\ V_{GL} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} H_{CR} \\ V_{CR} \\ H_{GR} \\ V_{GR} \end{Bmatrix} \quad (18)$$

$$\Leftrightarrow \{CG\} = \{CG_L\} + \{CG_R\}$$

上式に対して, 式(16)と式(17)を代入し, 整理すると,  
 $-(R^1_{CG} L^1_{CG})^{-1} [Y^1 + L^2_{CGR} L^1_{CG}] \{AB\} = \{CG\} + [R^1_{CG}]^{-1} \{Z_{DF}\} + [L^2_{CGR}]^{-1} \{Z_{EH}\}$  (19)  
 の関係性を得る. 式(19)の  $-(L^1_{CG})^{-1} [Y^1 + R^2_{CG} L^1_{CG}]^{-1} [Y^2]$  項が逆行列を持つ時, 未知の反力  $\{AB\}$  を算出することができる.

6.2.2 輪荷重のモデル化

前項をふまえ, MB1.0 上を移動する車両の影響を考慮した理論モデルについて検討をする. 前輪  $P_1$  が支点部より  $X$  の距離に, 後輪  $P_2$  が  $X-d$  の距離に位置する, 床版を考慮した MB1.0 の理論モデルを図-14 に示す. ここで,  $d$  は車両の車軸間距離を示す. また, 床版上の各輪荷重  $P_1, P_2$  は, 床版を伝わり MB1.0 の格点部に節点力  $V_1 - V_3$  として作用すると考える. この時, 床版から格点部に伝達される節点力  $V_1 - V_3$  は, 各輪荷重  $P_1, P_2$  の位置によって表-3 のように変化する. 節点力  $V_1 - V_3$  を

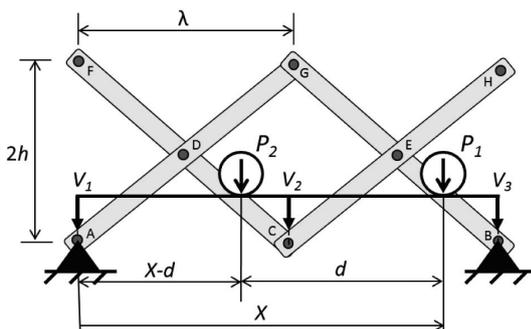


図-14 移動荷重を受ける MB1.0 の理論モデル

MB1.0 の各節点 A, B, C にそれぞれ作用させることにより, 式(19)を適用することができる. つまり, 図-13 の二格間モデルに対して,  $H_C = H_D = H_E = H_F = H_G = H_H = 0, V_D = V_E = V_F = V_G = V_H = 0, V_A = -V_1, V_B = -V_2, V_C = -V_3$  を条件として与えることにより, 未知である反力, 各節点力が導出され, 移動荷重下における MB1.0 の力学特性を把握することが可能となる.

数値計算の一例として, 表-1 の荷重 3 に相当する AD Van (13.8 kN) が移動下の, 一格間目のピボット部(点 D) の縁ひずみ値を表-4 の Scissors theory に示す. 算出した最大縁ひずみは, 実験値と同様に, 前輪が MB1.0 の中央部に一致した位置 C で得られた. また引張域と圧縮域で, ほぼ同程度の縁ひずみの値が得られているため, 実験結果と同様に曲げひずみが支配的なことが分かる.

6.3 実験値と解析値との比較

車両載荷実験における理論計算値を, 実験値, 解析値と比較し, 理論モデルの妥当性を評価する. ここで解析値は, 床版を考慮した解析結果を示す. 実験結果と比較した場合, 位置 A の最小値では 20% 程度の誤差は生じたが, 車両を載荷した位置 B から位置 E では 10% 程度の誤差に収まり, 簡易的に, 最大縁ひずみもしくは最小縁ひずみを予測することができた. これらの誤差については, 5.4 節での考察と同様に輪荷重のモデル化の影響を, さらに寸法効果が与える影響について今後検討する余地がある. また床版を含んだ解析結果と実験値と比較した場合, 位置 D では若干の誤差を含むものの, 安全側に 10% 以内の誤差で評価することができた. そのため, 床版の影響を考慮した理論モデルを構築することにより, 計算精度はさらに向上すると考えられる.

表-4 ピボット部(点 D) における縁ひずみ値

Case	Experiment	FE analysis	Scissors theory
位置 A	-285 215	-247 215	-207 203
位置 B	-487 374	-483 421	-406 396
位置 C	-550 411	-596 517	-511 499
位置 D	-459 486	-552 497	-487 475
位置 E	-468 346	-491 476	-462 452

表-3 前輪の位置 X における節点力の変化

Nodal force	Section				
	$0 \leq X \leq d$	$d \leq X \leq \lambda$	$\lambda \leq X \leq \lambda + d$	$\lambda + d \leq X \leq 2\lambda$	$2\lambda \leq X \leq 2\lambda + d$
$V_1$	$P_1(1 - \frac{X}{\lambda})$	$P_1(1 - \frac{X}{\lambda}) + P_2(1 - \frac{X-d}{\lambda})$	$P_2(1 - \frac{X-d}{\lambda})$	0	0
$V_2$	$\frac{P_1 X}{\lambda}$	$\frac{P_1 X}{\lambda} + \frac{P_2(X-d)}{\lambda}$	$\frac{P_1(2\lambda-X)}{\lambda} + \frac{P_2(X-d)}{\lambda}$	$\frac{P_1(2\lambda-X)}{\lambda} + \frac{P_2(2\lambda+d-X)}{\lambda}$	$\frac{P_2(2\lambda+d-X)}{\lambda}$
$V_3$	0	0	$\frac{P_1(X-\lambda)}{\lambda}$	$\frac{P_1(X-\lambda)}{\lambda} + \frac{P_2((X-d)-\lambda)}{\lambda}$	$\frac{P_2((X-d)-\lambda)}{\lambda}$

## 7. 結語

本研究より明らかになったことを以下にまとめる。

- 1) MB の実スケール規模の実験橋を試作し、基本的なシザーズ骨組および床版の連動展開動作が成り立つことを実証した。
- 2) アルミニウム合金製床版を用いた三点曲げ実験より、終局強度および破壊形状を明らかとし、車両载荷に対する床版の安全性を評価した。
- 3) 車両载荷実験を通じ、MB1.0 のシザーズ部材に生じたひずみ値の分布状態を明らかとし、支点部から延びる「H型」に配置された部材に対する曲げモーメントの影響が支配的であることが分かった。
- 4) 最大 13.8 kN の車両の荷重に対してシザーズ部材が弾性ひずみ内であることを確認し、車両通行時の安全性を示した。
- 5) 二種類の骨組解析から、MB1.0 の簡易モデルの妥当性を示唆した。また、シザーズの平衡力学理論を応用することにより、MB1.0 の理論モデルを構築した。
- 6) 解析値および理論値を車両载荷実験の結果と比較した場合、最大縁ひずみと最小縁ひずみはいずれも 10% 以内の誤差となり、MB の設計を行う上で妥当な値を得た。

謝辞：本研究は研究代表者有尾一郎の平成 23-25 年度科学研究費基盤研究(B)の研究成果の一部である。また、MB1.0 の試作とアルミニウム合金床版の実験供試体の提供にあたり、星軽金属工業株式会社、株式会社アカシ

ン、三協立山株式会社三協マテリアル社の協力を頂いたので、ここに深く感謝申し上げる。さらに、MB 開発にあたり、貴重な意見とアドバイスを頂いた多くの関係者に感謝申し上げる。

### 参考文献

- 1) 稲垣考：応急組立橋の架設と供用上の課題，橋梁と基礎，Vol.46, No.8, pp.87-90, 2012.
- 2) 有尾一郎, P. Pawlowski, J. Holnicki-Szulc：災害用の軽量展開構造系の設計概念と構造解析，土木学会全国大会年次学術研究講演，CD-ROM, 2007.
- 3) 中沢正利, 有尾一郎, 谷倉泉, 小野秀一：MFM 概念とそれを応用したモバイルブリッジの研究開発，土木学会全国大会第一部門，CD-ROM, 2009.
- 4) 有尾一郎, Kim H. A.：3次元空間における形態形成の Michell 問題，日本機械学会最適化シンポジウム講演論文集，Vol.7, pp.179 - 184, 2006.
- 5) 古川祐輔, 有尾一郎, 田中義和, 近広雄希, 作野裕司, 椿涼太：シザーズ機構を持つモバイルブリッジの架設動的実験とその解析，広島大学大学院工学研究院研究報告，Vol.59, No.1, 2010.
- 6) 有尾一郎, 田中義和, 中沢正利, 古川祐輔, 近広雄希：高効率で折畳める橋構造物の開発研究（解析編），第 25 回 JAXA 宇宙構造材料シンポジウム，pp.104 - 106, 2009.
- 7) 田中義和, 有尾一郎, 中沢正利, 古川祐輔, 近広雄希：高効率で折畳める橋構造物の開発研究（実験編），第 25 回 JAXA 宇宙構造材料シンポジウム，pp.108 - 111, 2009.
- 8) 中沢正利, 有尾一郎：シザーズ構造を応用した応急展開橋の力学特性，安全問題研究論，Vol.5, pp.133 - 138, 2010.
- 9) Masatoshi Nakazawa and Ichiro Ario：Structural Characteristics of Scissors type-Emergency Bridges：Australian Small Bridges Conference 5th, Gold Coast, 2012.
- 10) 近広雄希, 有尾一郎, 田中義和, 中沢正利：スマートブリッジ概念に基づく折畳み型の緊急復旧対策用モバイルブリッジの研究開発，広島大学大学院工学研究科研究報告，Vol.60, No.2, 2011.
- 11) Luca Sanpaulesi and Pietro Croce：Handbook 4, Design of bridges, Book by Leonardo da Vinci Pilot Project, 2005.
- 12) 近広雄希, 有尾一郎, 小野秀一, 中沢正利：緊急小型車両の通行を想定した新しい緊急橋の実験的研究，平成 25 年度 建設施工と建設機械シンポジウム論文集，pp.49 - 54, 2013.

(2014.3.26 受付, 2014.11.14 採用決定)

## EXPERIMENTAL STUDY ON STRUCTURAL PROPERTY AND SIMPLE DESIGN METHOD OF FOLDING TYPE OF EMERGENCY BRIDGE

Yuki CHIKAHIRO<sup>1</sup>, Ichiro ARIO<sup>2</sup>, Syuichi ONO<sup>3</sup> and Masatoshi NAKAZAWA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Graduate Student, Graduate school of Civil & Environmental Engineering, Hiroshima University

<sup>2</sup> Associate Professor, Graduate school of Civil & Environmental Engineering, Hiroshima University

<sup>3</sup> Vice manager, Second Research Division, Japan Construction Method and Machinery Research Institute, JCMA

<sup>4</sup> Professor, Department of Civil & Environmental Engineering, Tohoku Gakuin University

Mobile bridge which is applied scissors mechanism to structural form of bridge is developed as a rapid restoration tool after a disaster, because it is the lightweight structure with use of aluminium alloy materials to the main member and has the engineering merits such as reduction of transit time and construction time. From the previous study, although we had been studying about the basic design concept and deployment mechanism based upon an experimental small bridge, it was necessary to consider whether these were established in the real sized mobile bridge as with the experimental small bridge. In this study, we produced the two unit scissors type of mobile bridge experimentally which is assumed to load the vehicle, and we did performance evaluation by vehicle loading test. Moreover, the simple design and the analysis model based on the vehicle loading test were built. In the design of the bridge engineering, basically validation for real-sized mobile bridge was obtained by comparing the consistency among the experimental, analytical and theoretical results.



# IT活用 高齢化にらむ 除雪ロボット

渡 辺 諒

積雪の多い地方における、除雪作業の負担軽減を目的とした、除雪ロボットの開発を行う。除雪機のロボット化により、新しいサービスと今までの除雪機には無い付加価値を創出することを目的とする。本稿では、高齢化の進む地方の除雪作業における問題点と、これまでに試作した除雪ロボットを紹介し、更なる高付加価値創出へ向けた展望を述べる。

キーワード：除雪，ロボット，高齢化社会

## 1. はじめに

福島県会津若松市は積雪の多い地方である。冬になると毎日のように雪が降り、夜の内に積もった雪を、朝早く除雪するところから一日が始まる。

公道においては、県や市の委託を受けた組織の、重機による除雪が行われるが、個人の敷地内は除雪対象となっていない。個人の敷地内の除雪は、基本的には個人が行い、難しい際は建設会社などに委託し除雪してもらおう場合もある。

一般に豪雪地帯と呼ばれる東北地方などでは、世帯ごとに何らかの雪処理機器を導入しており、導入経費として50～100万円を、年間維持費として2～3万円かけている世帯が全体の半数近くを占める<sup>1)</sup>。

## 2. 除雪作業

一般的な除雪方法である、雪かきシャベルを使った雪かきは、成人男性でも大変な作業で、女性や高齢者が毎日行うのは困難である。特に高齢化が進んでいる地方では、高齢者のみで住んでいる住宅が多く、十分な除雪が行えずにいる家も多く存在する<sup>2)</sup>。

日常的に雪かきが必要となる場合、自治体や個人で除雪機を購入し、除雪作業を行うケースも存在する。除雪機を使った除雪方法は、短時間で広い範囲を除雪できる一方で、重たい除雪機を取り扱うのは難しく、事故などトラブルも多く、手軽とは言い難い。

また、これら除雪作業に共通する点として、除雪作業中1～2時間にわたって、作業者が寒い屋外に出る必要がある。

## 3. 除雪ロボットの開発

除雪作業における問題を解決する目的で、除雪ロボットの開発を行う。製作した試作1号機の概観を図—1に、諸元を表—1に示す。



図—1 試作1号機概観

表—1 試作1号機諸元

型式	遠隔操作型除雪ロボット AIZ-03
サイズ (W×D×H) mm	390×800×1300 (全方位カメラ部含む)
除雪能力	積雪～15 cm
駆動方式	二輪独立駆動
速度	～3.0 km/h (三段変速)
重量	約100 kg
駆動時間	約1 h (連続除雪時)
電源	バッテリー (ブレード部：12 V, 64 Ah) バッテリー (その他：24 V, 6.7 Ah)
カメラ	全方位カメラ×1, 前方カメラ×1
シュータ回転角度	90度

15 cm までの積雪を対象としており、ロボット前方からブレードによって雪を掻き込み、左右に角度のえられるガイドに沿って、雪を斜め前方に飛ばす。車輪は既存のインホイールモータを応用したもので、左右独立に駆動し、差動によって機体の進行方向を変える。

バッテリーは12 Vバッテリーと24 Vバッテリーの二系統を積んでおり、最大連続稼働時間が1時間となる。

更に、ロボットには、前方カメラと全方位カメラ、そして無線通信装置を取り付けてある。操作者はタブレット型PCに映し出された前方カメラと全方位カメラの映像を見て、ロボットの遠隔無線操作を行い、屋内から除雪作業を行うことができる。これにより除雪作業中の寒さに対する負担を軽減する。

また、ロボットの操作は専用のソフトで行い操作者は画面上の方向ボタンを押すのみで、ロボットを動かすため、除雪機や雪の重さを感じることなく、除雪作業を行うことができ、肉体的な負担から解放されることとなる。

しかし、現実にロボットの重量は100 kgあり、重い雪を飛ばす為の除雪ブレードは力強く回転しながら除雪作業が行われる。カメラで見ながら操作を行うとはいえ、環境中の人や物を危険な状態に曝す、リスクが高い機械といえる。

#### 4. 除雪ロボットの軽量化

試作1号機の問題に対し、ロボットの小型軽量化を考える。ロボット自体の重量を減らすことで、本質的に機体の持つエネルギーを減らし、安全性を高めることを目的とする。駆動機構はそのままに、車輪の小径化、除雪方法の変更、ロボット上方の全方位カメラを取り外すことで小型軽量化を行う。

製作した試作2号機の概観を図-2に、諸元を表-2に示す。

降り積もった雪を飛ばす一般的な除雪機の除雪方法



図-2 試作2号機概観

表-2 試作2号機諸元

型式	遠隔操作型除雪ロボット AIZ-06
サイズ (W × D × H) mm	400 × 480 × 230
除雪能力	積雪～3 cm
駆動方式	二輪独立駆動
速度	～1.7 km/h
重量	約20 kg
駆動時間	約2 h (連続除雪時)
電源	バッテリー (24 V, 10 Ah)

は、除雪部のモータに高いトルクと回転速度が必要となり、消費電力が大きく、1時間の稼働時間を得るにはバッテリーの大型化が必須となる。

そこで、試作2号機では降り積もった後除雪するのではなく、降り始めから除雪を行う。降り始めから稼働し、最大3 cm以上降り積もらせないことを目的とする。また、除雪機構には高速回転するブレードやブローアを使って雪を飛ばすのではなく、穀物搬送機などに利用されているスクリューを用いて、雪を進行方向に対して垂直横向きに搬送する。この方式は、掃き掃除のような、雪を少量ずつ、除雪対象範囲外へ寄せることで除雪を行う。

上記除雪方法の変更により、ロボット全体の省電力化が可能となり、試作1号機に使われていた24 Vバッテリーと同程度の重量のバッテリー一つを搭載し、最大連続稼働時間を2時間まで延長した。重量を減らすことで走行のための駆動モータも小型省電力化し、結果的に機体重量を試作1号機の5分の1程度、20 kgと軽量化を実現した。

また、人との衝突時の危害を減らすため、角張った部分を覆う、丸みのあるデザインカウルを取り付けた。

#### 5. 除雪ロボットの自律制御

除雪方法を降り始めから行う方式は、瞬間的なエネルギーは小さくできるが、降り止むまで作業し続ける必要がある。屋内から遠隔操作ができたとしても、人が長時間作業し続けるのは、困難であり、作業としては受け容れがたい。

そこで、ロボットにGPSと車輪の回転数を把握するエンコーダを取り付け、ロボットの自律化を図る。

自律化し無人作業が実現すれば、長時間の作業となっても、ロボットが作業時間の長さ不満を訴える可能性は低い。また、夜中寝ている間に雪が降り始めたとしても、ロボットが代わりに作業を行うことで、除雪作業から始まる朝を迎えることもない。

現段階では自己位置を2m程度の誤差で把握することは可能だが、除雪方法に適した自己経路の設計が未実装であるため、自律作業を行ったとしても自己位置を維持するだけのランダムな動きをするにとどまる。

## 6. おわりに

除雪作業の負担軽減を目的とする遠隔操作可能な除雪ロボットを製作した。

試作1号機ではタブレットPCで屋内からの無線通信を実現し、試作2号機では、遠隔操作のリスクを取り除くため機体重量20kgまでの軽量化を実現した。更に自律作業による無人化を図り、自己位置推定の検討を行った。

展望として、外界センサとしてカメラを追加し、画像処理による経路設計を実現し、作業の完全自律化を検討している。

JCMIA

### 《参考文献》

- 1) やまがたゆきみらい推進機構, “平成19年度山形県北村山地域雪対策に関するアンケート調査結果報告書”, 1998.
- 2) 内閣府, “高齢社会白書”, 2013.

### [筆者紹介]

渡辺 諒 (わたなべ りょう)  
(株)アイザック  
研究開発部  
研究員





## 機械遺産「南極点到達車 KD604, KD605」と日本の雪上車

白石 和行

1968年に日本南極地域観測隊は、昭和基地から南極点まで往復6000kmの調査旅行を実施した。この時に用いられた2両の雪上車KD604, KD605が、2014年度の日本機械学会「機械遺産」として認定された。この-60℃、高度4000mの環境条件で、連続長期旅行に耐えるKD60型雪上車が生まれるまでの、日本における雪上車の開発小史とその後の発展について略述する。

キーワード：南極観測隊、南極点、KD60型、雪上車、機械遺産

### 1. はじめに

20世紀初頭、南極点を目指して、多くの探検家が生かしのぎを削った。1912年12月14日、人類初の南極点到達の栄誉を得たのがノルウェーの極地探検家、ロアル・アムンセンだった。同じ時期、やはり南極点到達のために苦難の旅をしていた英国のロバート・F・スコットに先立つこと、34日前のことだった。日本の白瀬轟もやはり同時期に、南極大陸に足を踏み入れたが、南極点への道は遠かった。

南極点への初到達こそ逃したが、この後も、航空機を含め、いろいろなルートや手段で南極点に向かった人たちがいた。

1957～58年のIGY（国際地球観測年）では、世界12カ国が南極に基地を設けて科学研究を実施した。日本の昭和基地が設置されたのは、このときである。当時の日本の実力では、南極点への踏査はおろか、インド洋に面した沿岸の小島においた基地の建設も手探り状態で始めたものだった。しかし、英連邦は、IGYの計画として、ビビアン・フックスを総隊長として、南極点を經由してロス海とウエッデル海を結ぶ南極大陸横断調査旅行を実施した。ロス海とウエッデル海の両地点から出発した雪上車隊のうち、ロス海からの隊を率いたのは、エベレストの初登頂者であるエドモンド・ヒラリーであった。これが雪上車を用いて南極点に到達した最初となった。1958年1月19日のことである。

そして、1969年12月16日、日本の南極観測隊は人類史上9番目の陸路による南極点到達に成功した。その立役者となったのが、ここで紹介するKD60型雪

上車である。

本稿では、この日本が誇る雪上車の開発の背景とその後、筆者自身が体験したKD60型雪上車の小話を綴ってみたいと思う。なお、日本の雪上車の物語は、KD60開発の中心にいた細谷昌之氏による「日本の雪上車の歩み」（国立極地研究所2001）という好著があり、本稿もそれを参考にさせていただいた。また、筆者は機械工学の専門家ではないので、本誌の読者が期待するであろう車両のメカニズムや性能に関して記述する能力を持たないことをお断りしておく。

### 2. 日本の雪上車

戦後の混乱から抜けだしていない日本が、サンフランシスコ講和条約から4年後の1955年に南極観測を始める決断をしたのは、国民の圧倒的な支持を得ることができたからだ。そして、1956年11月、南極観測船「宗谷」が第1次南極観測隊を乗せて、晴海を出発した。このとき、宗谷に積載された物資のなかに、4台の小型雪上車があった。純国産である。ここから、日本の南極雪上車の活躍物語が始まる。

南極大陸で、最初に雪上車らしきものを利用しようとしたのは、かのスコット大佐であった。彼は、南極点への輸送手段として、ポニー（小馬）と動力雪上車を利用しようとした。アムンセンが犬ぞりを使ったのと大きな違いである。しかし、ポニーは役に立たず、動力雪上車もほとんど動かなかった。この機械は、雪上車というより、現在のスノーモービルの大型のものか、小型のクローラー型のトラックに近い。しかし、これは、英軍が第一次世界大戦で最初の無限軌道の戦

車（タンク）を投入するよりも前の話であることが注目される。

日本の国内でも、戦前から雪上車の研究は行われていた。細谷(2001)によれば、米国からの輸入車(フォード社製)ながら、日本で初めて雪上自動車走ったのは、1929年、長野県妙高高原であったという。購入したのは、大倉財閥の2代目でホテルの経営者、大倉喜七郎であった。これをきっかけとして国産の雪上車の開発がはじまり、陸・海軍も参加して完成させたのが、雪上自動車「くろがね」号である。赤倉高原ホテルの客の送迎にも使われたということだが、物珍しくはあってもあまり実用的ではなかったようだ。

戦後しばらく、官民で様々な雪上自動車の研究がなされた時期があった。なかでも、新潟県は新潟大学工学部に協力を依頼して、長岡市の大原鉄工所により1951年に「ふぶき1号車」(SM1)を完成させた。現在の日本南極観測隊の内陸旅行の主力となっている「南極用大型雪上車 SM100S」のルーツともいえる車両である。

一方、1952年に池貝自動車製造(同年4月、(株)小松製作所に合併)は、国の要請により雪上車を独自に開発し、「スノージープ KC20-1」を完成させた。改良を重ねた KC20 型雪上車は「ぎんれい」の愛称でひろく普及し、南極観測の実施が決まった際にも南極用に改装して採用されたのである。

### 3. 初期の南極観測隊の雪上車

1955年11月に閣議決定により日本が南極観測を始めることが決まった。翌年2月に日本機械学会は「南極地域観測機械関係準備委員会」を設け、雪上車や発電機を始め、あらゆる機械関係の分野について研究を始めた。輸送用雪上車は出来る限り国産品を使用するとの基本方針から、小松製作所の KC20 型雪上車「ぎんれい」の採用が決まった。

KC20 型雪上車はガソリン車であるが、第1次隊では、ディーゼル仕様(KD20 型)も含め4両を昭和基地に持ち込んだ。KD20 にはトルクコンバーター変速装置がついていた。このディーゼル車の経験が、後の KD60 型の開発に役に立った。また、KC20 型の1台は、レッカー車仕様であった。小さいながらも使い勝手の良い日本の雪上車は、主に基地周りの作業や近距離の輸送、調査旅行用として使われたが、時には内陸奥地への調査旅行の主力でもあり、宗谷時代の第6次隊までに、KC20, KD20 合わせて11両が活躍した。

南極での雪上車といえば、低温性能が問題になる。

第2次隊の出発前には、耐久走行試験に加え、 $-40^{\circ}\text{C}$ の低温始動性能試験も行った。筆者が初めて南極観測隊に参加した第14次隊(1972~1974)では、春先の9月に沿岸から約300km内陸にある「みずほ基地」への観測旅行を、2両の KD60 型と KC20 型1両で実施した。南極の内陸旅行では、雪上車は複数で行動するのが鉄則である。8月末から9月半ばまでは、南極でもっとも気温の下がる時期で、この時も、標高2,300mのみずほ基地では $-48^{\circ}\text{C}$ を記録した。こういう時は、夜もおちおち寝てられない。3時間毎に交代で、暖機運転を1時間近く行うのである。これを怠ると大変なことになる。今の車には見られないが、KC20 にはクランクレバーがついていた。バッテリーの消耗を防ぐために、始動前に人力で回して、固くなったオイルを慣らすのだが、レバーを折れんばかりに回してもラチがあかない。最後の手段として、登山用のクッキングストーブで、オイルパンの下を直接温めるというような荒業をしたこともある。

KC20 型は1966年の昭和基地再開後も長く使われ、1983年までの間にさらに15両が投入された。南極の過酷な自然のなかで使用される雪上車のライフタイムは短く、4,000kmから8,000km程度である。1976年からやや大型の KC40 民需型雪上車を南極仕様にした KC40S が10年ほど活躍して、ガソリン車の時代は終わった。

### 4. KD60 型の時代

これまでに、昭和基地に持ち込まれた雪上車には、多くの車種がある。周囲を海に囲まれた昭和基地は、海水上の行動は避けられないが、季節によっては、海水が割れて水没の危険があるため、水陸両用車や浮上型の雪上車も開発している。また、KD60 型の開発中にも、IGY でヒラリーとフックスが南極横断旅行に用いた米国タッカー・スノキャット社の車両を持ち込んだこともあるが、日本隊にはなじまなかったようだ。

南極観測船「宗谷」が退役し、昭和基地は閉鎖され、新たな砕氷観測船の建造をまって、南極観測の再開が待たれていた。その間に、村山雅美氏の強いリーダーシップと熱意によって、昭和基地から南極点まで往復6,000kmの調査旅行が計画された。そのために使用される雪上車には、 $-60^{\circ}\text{C}$ 、高度4,000mの環境条件で、連続長期旅行に耐える堅牢な車体に加え、隊員の居住や観測調査に適したキャビン、8トン以上の牽引能力など、多くの制約条件があった。新しい雪上車の開発は防衛庁技術研究本部があたったが、文部省の南

極観測統合推進本部にも、雪上車設計委員会が設けられた。

新たな観測船「ふじ」が建造されるまで、3年の中断を経て、1966年に第7次観測隊から南極観測が再開され、KD60型試作1号車が昭和基地に陸揚げされた。その後、第8次隊では、南極点旅行の準備と偵察のために、1号車、2号車、3号車（以後、各車両をKD601、KD602、KD603などと書く。）により、内陸1100km南にある米国のプラトー基地までの往復を果たし、KD60型の改良に貢献した。その結果、完成をみたのが、第9次隊の極点旅行に使われたKD604、KD605、KD606である（表-1、図-1）。

KD604とKD605は、居住用キャビンの「バス型」、KD606は後部に荷台のある「トラック型」である。

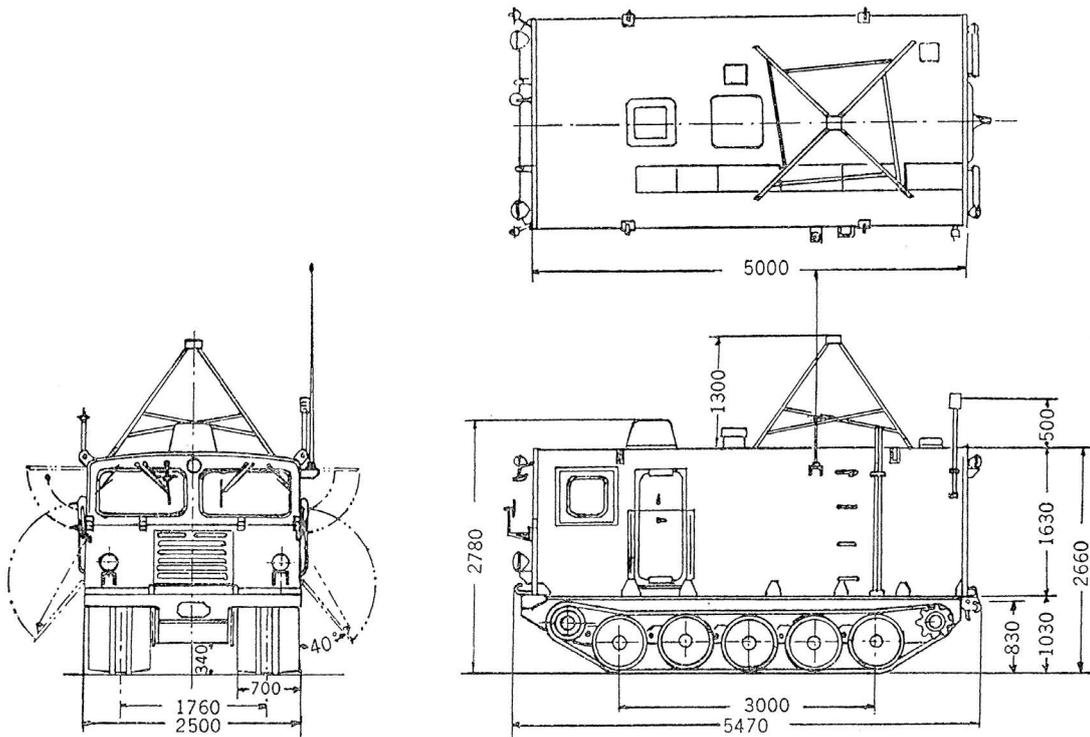
設計にあたって、もっとも苦心したことは、車体の信頼性、堅牢性、整備性、居住性等の性能向上と相反する重量抑制との折り合いをつけることであった。

1968年9月28日に昭和基地の対岸の大陸上にあるF16拠点を出発した極点旅行隊は、村山隊長以下12名の隊員とKD604、KD605、KD606に加え、サポートのKD603の4両のKD60型雪上車、大小併せて15台の橇からなり、各車両は最大11トン余りの物資を牽引した。途中、隊員の怪我や故障したKD603を放棄するなど、さまざまなトラブルに遭遇しながらも、1968年12月17日（昭和基地時間だと16日）に南極点に到達し、米国籍の温かい出迎えを得た（図-2、3）。

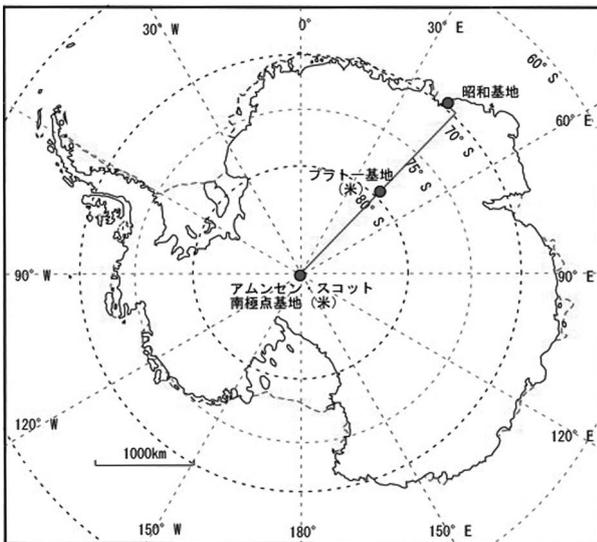
クリスマスの日、アムンセン・スコット南極点基地を発った一行は、翌1969年2月15日に無事、出発点

表-1 KD604, 605の要目（細谷2001）

	製造年	昭和42年（1967年）
	製造会社	㈱小松製作所
	使用目的	南極点往復調査旅行
寸法（mm）	全長	5,470
	全幅	2,500
	全高	2,660
	最低地上高	340
	接地長	3,000
	履帯幅	700
重量（kgf）	車両重量	7,400
	標準積載量	500（乗員4名）
	車両総重量	7,900
接地圧（kgf/cm <sup>2</sup> ）	空車時	0.18
	積車時	0.19
性能	最高速度（圧雪路）（km/h）	20
	常用速度（牽引圧雪路）（km/h）	5～7
	最大牽引重量（圧雪路）（kgf）	8,000
	最小旋回半径（m）	7
機関	名称型式	いすゞ DA640T.P.G., 水冷4サイクル, ディーゼル
	定格出力（平地燃料セット）（PS/r.p.m.）	140/2,400
	定格出力（高地燃料セット）（PS/r.p.m.）	105/2,400
	気筒数-総排気量（ℓ）	6-6.4
動力伝達装置	クラッチ	乾燥単板式
	変速機	前進5段, 後進1段
	走向機	平歯車二重差動式
	走行装置	後輪駆動, 全装軌式
	履帯	鋼製チャンネル, チェン接続
	懸架装置	5脚, トーションバー独立懸架
車体	フレーム	上方開放箱型保温式
	車室	キャブオーバー肋骨構造保温式
その他	暖房	機関予熱器付温水暖房, 12,000 kcal/h
	居住	座席1人×4, 寝台4, 調理台, 造水機
	耐寒性能	-60℃



図一 1 KD604 および 605 外観図・寸法



図一 2 極点旅行経路



写真一 1 南極点に着した KD604 と KD605 (1969 年 12 月 16 日)

の F16 拠点に戻り、141 日の長期旅行を終えた。

この旅行は、単なる調査旅行という以上に大きな成果を日本の南極観測隊にもたらした。

極寒の極地で十分に性能を発揮した純国産大型雪上車の開発という技術的成功は勿論で、KD60 型はこのあとの南極大陸奥地への調査旅行に多大な力を発揮した。衛星写真も GPS もないこの時代、南極大陸の内陸部には依然、未知の領域が広がっていた。

第 10 次隊から第 14 次隊にかけて、大陸内部の広大な地域を探索する計画があった。エンダビーランド計画という。主たる目的は、南極氷床の全体の質量が増加しているのか、減少しているのかを見積もるために氷床の流動速度を測ることであった。そのために、従来の車両に加え、第 10 次隊で KD607 と KD608 が搬入された。天文測量と三角測量を併用して、第 10 次隊で測量した測線を第 14 次隊が、第 11 次隊が測定した測線を 15 次隊が再測量することで、その 4 年間の氷床流動を見積もった。これらの調査旅行において、KD60 型は輸送車両であったばかりでなく、前線司令部であり、居住空間であった。また、1970 年、第 11 次隊が内陸約 270 km の地点に設けた内陸拠点である「みずほ基地」の建設、輸送にも大いに活躍した。

このように、1970 年代まで、KD60 型雪上車は、日本の内陸調査になくてはならない戦力であったが、技術の進歩は激しく、車両の陳腐化が始まっていたため、KD609 を最後に製造は打ち切られた。

## 5. 私とKD60

最後のKD60型車であるKD609は、製造されてから2年半後の1974年1月に、ようやく昭和基地に搬入された。それは、昭和基地に至る海水が厚すぎて、「ふじ」の砕氷能力では基地に到達できず、また海氷上を雪上車が自走するには、夏の海水表面の状態がそれを許さなかったからである。1973年1月、私が参加した第14次隊でもKD609をなんとかして昭和基地に届けようと、気温の比較的低い夜間（白夜）に、「ふじ」から海氷上におろし、約60km先の基地めがけて突進を始めた。私はその手伝いのためにKD609に乗り込んだが、海氷上のパドルと呼ばれる水たまりの、多少結氷している表面が次々と破れ、水しぶきを上げるのに肝を冷やした。パドルの中には、海中と直結している「底なしパドル」というものがあるからだ。車両重量が7トン以上もあるのだから無理もない。5kmも進まないうちに引き返さざるを得なかった。

第14次隊では越冬明けに、内陸の長期の調査が計画されており、どうしてもKD60型が必要だった。そこで、KD609の揚陸ができないことを予想して、昭和基地で越冬中に古い車両のオーバーホールを実施する計画が持ち上がった。そのため、普段は小松製作所からは1名のところ、2名の機械隊員を出してもらった。対象としたのは、バス型のKD605とトラック型のKD608である。昭和基地が極夜に入る前の5月初めから作業は始まった。基地のガレージには大した設備はない。もちろん、機械隊員だけでは手が足りない。研究者もコックも、医者も、手の空いた時には、ガレージに通って作業にあたった。若い私たちは、ほとんど専属の作業員であった。フロントガラスやキャビンドア、ロードホイールの取り換えなど、専門家でもできそうなことはなんでも指示に従って作業した。最後に、基地前の海氷上で約100kmの試運転をして無事に完了した。

越冬明けに、この2両のKD60型改造車と1両の

KC20型車を使って、3か月に及ぶ内陸調査旅行に出かけた。私はナビゲーターとしてKC20に乗り込み、先頭をきって走る。「クレバスがあれば先に落ちる役目だ」と冗談をいっていたが、幸い無事に旅行を終えた。

KD60型の基地でのオーバーホールはその後、第15次、第17次、第19次と3回なされた。第17次、第19次では第14次隊の経験者が携わっている。

KD60型の活躍は1970年代の半ば以降めっきり減り、新たに登場したSM50S大型雪上車にその座を譲るようになった。オーバーホール前にすでに8,000km、その後も8,000kmと、歴代のKD60型でもっとも働いたKD605は2000年に国内に帰還し、白瀬蘆の生誕地である秋田県にかほ市の白瀬南極探検記念館で展示されることになった。また、南極点に行ったKD604は1970年、第10次隊が帰国する際に日本に持ち帰り、車両の性能や劣化の調査がなされた。その後、板橋の国立極地研究所の玄関ホールに展示されていたが、立川に移った国立極地研究所が2011年に南極・北極科学館を建設し、現在はそこで展示されている。この2両が2014年に、日本機械学会より機械遺産に認定されたのである。

## 6. その後の南極用雪上車

KD60型を製造した小松製作所とは別に、長岡市の大原鉄工所はSMシリーズといわれる各種の雪上車を製造販売していた。防衛庁の開発してきた雪上車も製造しており、その一つを南極用に改装したのがKD60型の後継大型雪上車となったSM50S型である。「ふじ」が昭和基地に接岸できないことを考慮して、分解してヘリコプターで運ぶことができるようにした。また、より小さいSM40S型は、設備のない野外の大陸氷床でも組み立てることができたため、1984年から始まったセール・ロンダーネ山地調査やあすか基地の建設に活躍した（表-2、写真-2）。

表-2 最近の南極用雪上車

	SM100S	SM60S	SM40S	SM30S
用途	内陸調査・輸送	コンテナ輸送	沿岸での野外調査	海氷調査
重量 (kgf)	11,500	8,100	4,200	2,500
接地圧 (kPa)	14	14	14.7	11
最高速度 (km/h)	21	16	37	20
馬力 (kW) / 回転数 (rpm)	220/2,000	123/2,200	121/2,500	61.6/2,500
変速機	オートマチック	オートマチック	マニュアル	HST
最低運用温度 (°C)	-60	-30	-50	-30
燃費 (l/km)	4.4	3.5	1.23	1.2



写真一 2 最近の南極用雪上車 SM 型

1980年代半ばから、昭和基地の南方1,000 km 内陸にある「ドームふじ」と名付けられた氷床の高まりで、氷床掘削が計画された。厚さ3,000 mを超える氷床を岩盤まで掘り抜いて、コアと呼ばれる氷柱を採取しようという壮大な計画である。数十万年にわたって降り積もった雪からなる南極氷床のコアは、表層から下層に向かって、次第に歴史を遡ることができるため、地球環境の変遷の情報が詰まっているレコードなのだ。この計画のためには、標高3,810 mに新たな基地（後に「ドームふじ基地」と名付けられた）が必要であり、基地建設とそれを維持するための多量の物資を運ばねばならない。そこで、SM50Sよりも強力な大型の新たな雪上車の開発が始まった。それがSM100S型である。総重量11.5トンと、KD60型よりも大きく、キャビンにはバス型KD60と同様に4人分のベッドの他に、アイスレーダーやインマルサット衛星通信設備などを備え、「移動する研究室」といっても過言ではない大型雪上車となった。1992年にSM101号車（SM100S型の第1号車）が搬入されて以来、ドームふじ基地への補給と内陸調査旅行の主役となっている。2007～2008年の国際極年（IPY）では、日本はスウェーデンと共同で、昭和基地とワサ基地を結ぶ2,500 kmの大トラバース調査を実施した。この時のアイスレーダー観測の結果、大陸氷床内部や底部の様子が明らかになった。

この後さらに、2009年から就航した第2代目「しらせ」に搭載する物資輸送用コンテナを基地に運ぶための牽引車両として、SM60Sが開発された。

## 7. これからの南極用雪上車

南極での雪上車の用途には、

- 1) 短距離（～100 km）の物資、人員輸送（橇牽引を含む）
- 2) 長距離（>1,000 km）の大量物資、人員輸送（橇牽引を含む）
- 3) 長距離の調査観測。主にキャビンの利用（研究、生活用）

等が考えられる。

このうち、現在、われわれが最も関心を寄せているのは、長距離用の、特に、南極大陸の内陸の基地の建設、維持に必要な大量の物資輸送に用いる手段としての雪上車である。従来は、KD60型やSM50S型、SM100S型といった車両が、多くの橇を牽引していたが、この方法では一度の輸送量が少なすぎるのだ。

牽引力の大きなキャタピラ社の大型トラクターを利用している外国隊もある。しかし、日本の場合は、「しらせ」のクレーンの能力や、昭和基地周辺の地形の制約から、重さ15トンを超えるような大きなトラクターを簡単には利用できない。また、内陸旅行での人員は限られるので、運転者の人数は少なくしたい。そこで考えられたのが、先導車がGPSで得た正確な位置情報を無線で後続の無人車に伝えるという、追従型の無人走行車両だ。防衛大学の渡邊啓二教授を中心とする研究チームが開発したこのシステムは、現在、昭和基地に持ち込まれてテストをしている最中だ。

将来は、物資輸送に特化した自律走行型の雪上トラ

クターで大型橇を牽引できるようになることを夢見ている。

### 謝辞

2014年の日本機械学会によって、南極点に到達した雪上車 KD604, KD605 が機械遺産として認定された。この縁で、本稿を依頼されたが、KD60の話にとどまらず、南極用雪上車の歴史に話が広がってしまった。KD60の開発に当初より関わり、極点旅行を共にしたのちも、更なる大型雪上車 SM100S の開発に至るまで、中心的存在であった細谷昌之氏には、今回の機械遺産認定に心からお祝い申し上げます。また、本稿は細谷氏の著書がなければ不可能であった。ここに、同氏のご努力と貢献に対し深く敬意を表したい。また、国立極地研究所の石沢賢二氏には、原稿を読んでいただき、図表の用意もしていただいた。

最後に、南極観測隊を共にした多くの仲間たち、特に厳寒の大陸氷床上で、時には素手になって雪上車の修理をしていた機械担当隊員に、この場を借りてお礼申し上げます。

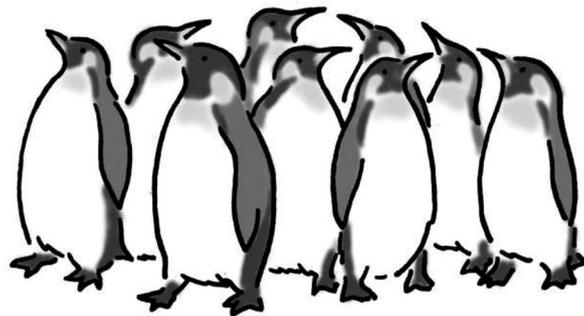
JCMIA

### 《参考文献》

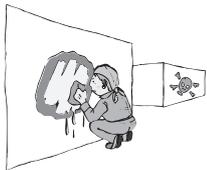
- 1) A・チェリー・ガラード 加納一郎訳 世界最悪の旅 加納一郎著作集 5 教育社 (1986)
- 2) 細谷昌之 日本の雪上車の歩み 国立極地研究所 (2001)
- 3) 国立極地研究所南極観測センター 南極観測隊のしごと 成山堂書店 (2014)

### 【筆者紹介】

白石 和行 (しらいし かずゆき)  
 大学共同利用機関法人  
 情報・システム研究機構  
 国立極地研究所  
 所長



ずいそう



## ベルリンの衝撃 2 感

常田 賢一



2014年9月下旬に、第10回IGS国際会議(International Conference on Geosynthetics)に参加し、ベルリンに行く機会を得た。会議の状況などは、いずれIGS日本支部から報告があると思われるので、ここでは当方が初めて訪問したベルリンで強烈に感じた印象から、私見を交えた2つを吐露する。

まず、興味があったのはベルリンの壁であり、1961年～1989年の28年間設置された壁の崩壊から25年経過した現在の姿である。全長155kmとされる壁のうち、現在残っている箇所は限られている。観光地としても残っているEast Side Gallery(前者)とGedenkstätte Berliner Mauer(後者)に行ったが、壁のごく一部であれば、ポツダム広場など、他でも散見された。

前者は延長1kmほどあり、ほぼ1列のRCのL型構造の壁が残り、その名の通り、壁の両面は公認のストリートアートとして描画されている(写真-1参照)。いわゆる“風刺落書き”と見え、壁に内在する真の意味が隠されているようで、後者ほどの感慨は湧かなかった。

他方、後者は記念碑・ゾーンとして、整然と保存されている感慨深い場所である。写真-2は二重の壁、監視塔が保存されている区間であり、当時の様子が覗かれた。25mほどの間隔で設置された2列の壁の構造は、西側がRCのL型構造、東側がコンクリートパネルの段積み構造であり、いずれもプレキャストであるが、異なる理由に想像が廻った。特に、L型構造の部材は概ね幅1m、高さ2.5m、壁厚20cmであり、壁の上端は直径40cmほどのコンクリート円筒管が

被されており、表現が適切ではないが、いわゆるネズミ返しと思われた。西側の壁の外側の面は鉄筋が露出している(写真-3)が、いつ、どのように、どのような理由で、そのような状態になったのかに想像が廻った。さらに、地表面には西側に抜け出すためのトンネルのルートが表示されており、その長さからは必死な思いが伝わる気がした。

次に、市内で目立つ落書きである。良い意味では、ストリートアートと呼ばれているが、民間の建物のそれは兎も角も、公共空間、公共物の至る所での落書きを見ると、アートの域を逸脱している印象を受け、衝撃であるとともに、心が痛んだ。写真-4は、鉄道橋の鋼主桁の落書きである。また、写真-5はSpree川に架かるOberbaum橋であり、遠景は見事な土木遺産であるが、人が往来する歩道部の柱は落書きで無残な姿である(写真-6)。さらに、写真-7は建設中の鉄道線に関する新設の橋脚であるが、鉄道線の供用前にも拘わらず、無神経な落書きにより橋脚の設計者、施工者の心が踏み躪られている。

我が国でも、意味不明な字体による落書きが散見されるが、土木構造物、遺産に直接落書きされることは無いと認識していただけに、ベルリン市内のそれは理解ができない。表現の自由、反骨の精神、自己の顕示、ベルリンの地域性、ドイツの国民性なのかは不明だが、公共に対する節度、優れたものへの尊敬の念は、いくらグローバル化の時代でも普遍であるべきと感じた次第である。

—ときだ けんいち 大阪大学大学院 教授—



写真-1 ギャラリーの壁：東側から



写真-2 二重の壁と監視塔：西側から



写真-3 西側の壁：手前は壁の表示棒



写真-4 無残な鉄道橋の桁



写真-5 風格のある遠景



写真-6 無残な近景



写真-7 無残な新設の橋脚

ずいそう



## ウルルへ

加藤 晃



一昨年の5月、長い間行きたいと思っていたオーストラリアに家内と出かけた、目的はウルル登山と南十字星を見ることである。

ウルルは言うまでもなく世界第2位の一枚岩とされるエアーズロックの事で、以前には植民地の総督の名前からエアーズロック (Ayers Rock) と呼ばれていたが、近年、原住民のアボリジニの呼び名である“ウルル”が定着して久しい…とは言うものの昔人間の私にはエアーズロックの方が親しみを感じる。

エアーズロック空港到着後のカタ・ジュタ観光などで間近に見たウルルの第一印象は、どの方向から見ても取付きが急峻でとても登れそうにない山!と言ったものだった。

そして、翌朝8時頃にいよいよ登山口に到着。車内で「雨天は勿論、晴れていても風が強かったり気温が高すぎたりしたらウルル登山は禁止になるので、行って見ないと登れるかどうか判らない」とガイドから聞かされていたが、幸い今日はゲートが開いていた。ただ、ゲート横に並んだ各国語で書かれた掲示板には登山の注意事項とともに「命を大切に」といった大きな表示があり驚かされた。

バスを降りると10数人が直ぐに露出した岩尾根の末端に取り付いて登り始めたが私達は集団からやや遅れて登る事とした。ところが、左手の手がかりになっていた最後の岩場、それは現地では「チキン (臆病者) ロック」と呼ばれていて、恐怖心のためそこから引き返す人が多い場所なのだが、そこで皆が固まっていたその先には若くて身軽そうな2人組だけが登り続けたのだった。

近寄って見るとチキンロックから固定の鎖が設置された場所までは何も手がかりがない露岩の急坂なので、その人達は恐ろしくて次の一步を踏み出せないでいたのだった。

私達はその場所で登って来た方を振り返って高度感を確認したり、靴底のグリップを確かめてから先行す

る二人を追いかけた。

ただ、その先は鎖が設置されているといっても平均40度、最大傾斜は46度とも言われるルートなのでバランスを崩せば下まで転落するのは明白で相当の恐怖心がこみ上げてきて、「ゆっくり、ゆっくり」と口に出し、一步一步を確かめながら登る事とした。

また、この鎖は太く重いのに加えて、低く垂れ下がっているの、支柱の真ん中辺りでは膝を曲げて特に姿勢を低くして歩かねばならず苦勞する。

やっとの思いで到着した鎖場の最上部で暫く休憩し、一寸した段差を乗り越えてからは傾斜も緩く尾根もやや広がってやっとな緊張感から解き放たれた。ふと横を見ると窪地の傍にペットボトルが危うげに引っかかっている「あれを取りに行くのは命がけだな」などと思いつつ、テーブル状をなす頂上部の端に到達した。

そこからはほぼ水平で、傾斜した堆積層の侵食差により生じた大きな岩の凹凸を乗り越えたりしながら、白ペンキのラインをたどると、前方に頂上を示す方位盤が見えてきた。

何も視界を遮るものもない、文字通りの360度の地平線の展望を楽しんだ頂上からの下降は予想通り再び緊張感を強いられたが、思いのほかグリップが利くので登りの時に予想した程の恐怖感はなかった。

また、どうしても確かめたかった登山ルートは現地ツアーガイドに尋ねたり、遠くから双眼鏡で見たりして、改めて“良くあんな急勾配の岩山を登ったものだ!最初に登った人はどんなに危険を覚悟して登ったのだろう、アボリジニの人達が『聖地』として登らなかったのは尤もだ”と思った。(ウルルでは毎年1~2人が死亡すると言われている)

私達が登った前日は雨天、翌日は快晴だったが強風のため登山禁止という間で、天気にも恵まれて無事に登り、加えて念願の南十字星と満点の星空も見られて自然を満喫できた思い出深い旅行となった。

— かとう あきら (元コマツ) —



中央尾根の白線が登頂ルート

## JCMA 報告

## 「平成 26 年度 建設施工と 建設機械シンポジウム」開催報告

優秀論文賞 2 編・論文賞 2 編・  
優秀ポスター賞 2 編を表彰

企画部

一般社団法人日本建設機械施工協会主催による「平成 26 年度 建設施工と建設機械シンポジウム」が、平成 26 年 11 月 26 日（水）、27 日（木）の 2 日間にわたり、東京都港区機械振興会館において開催されました。

このシンポジウムは、「建設機械と施工法」に関する技術の向上を目的に、技術開発、研究成果の発表の場として昭和 50 年より開催しています。また、産学官あるいは異業種間の交流連携の場にもなっています。

今回も例年と同様に「災害、防災、復旧・復興」、「ICT の利活用」、「品質確保とコスト縮減」、「環境保全・省エネルギー対策」、「安全対策」、「維持・管理・補修」の 6 分野について発表論文を広く募集しました。

論文が 37 編、ポスターセッションは 10 編の応募があり、6 分野に分けて論文発表を行いました。2 会場で論文が発表されましたが、多数の参加者によって熱心な発表と質疑応答が行われました。

論文は 1 次選考として事前に実行委員会により厳正に査読・審査され、当日の発表内容の 2 次審査の結果と合せて、2 編の優秀論文賞、2 編の論文賞が、またポスターセッションは 2 編の優秀ポスター賞が授与されました。



表彰式

### ◆優秀論文賞◆

#### (1) 66 時間型枠存置が可能な新型テレスコピック セントルの開発

○重永晃洋，西岡和則，手塚康成（鹿島建設株）  
品質向上に大いに寄与する論文であったこと、また発表では写真、図表だけでなくビデオを活用した分かりやすい説明だったことが評価されました。

#### (2) 放射線環境下における建設機械の自動運転システム

○三浦 悟，黒沼 出，浜本研一（鹿島建設株）  
放射線環境下という特殊条件において必要とされる、自立走行システムの開発であり、非常に有用性に優れた論文です。発表では、全ての情報をオープンにできない事情もある中、分かりやすい説明だったことが評価されました。

### ◆論文賞◆

#### (3) 傷んだアスファルト舗装を簡易に補修する工 法機械の開発

○越村聡介，平野 晃，田中 純（大成ロテック株）  
補修対象となるインフラのストックが増大する中で、道路の維持補修を簡易に実施可能な工法です。省力化だけでなく、CO<sub>2</sub>削減という環境面にも寄与できる工法であることが評価されました。

#### (4) コンクリート構造物非破壊検査のための遠距 離非接触音響探査法

○杉本恒美（桐蔭横浜大学大学院），  
歌川紀之（佐藤工業株），片倉景義（明篤技研）  
コンクリート構造物の打音検査を、音響の反射によって代替して検査を行う技術であり、ユニークな視点の論文です。発表もポイントを押えた分かりやすいものであったことが評価されました。

## ◆優秀ポスター賞◆

今回のポスターセッションは各社とも技術的に非常に工夫を凝らした製品に関するポスター発表が多く見受けられ、審査委員が新規性、有用性、完成度について評価し、以下の発表が選ばれました。

### (1) 油圧ショベル双腕仕様機による災害対応

○小俣貴之、江川栄治（日立建機株）

これからのロボットにつながる機械の開発として評価されました。

### (2) 防潮堤法面用護岸ブロック専用吊具の開発

○濱山裕司、片岡廣志、山口勇治（玉石重機株）

簡易な技術の開発ですが省力化・省コスト化につながる開発として評価されました。



## ◆施工技術総合研究所 創立 50 周年記念セッション

### 第 1 部 施工技術総合研究所の歩み

第 1 部では施工技術総合研究所の 4 部長より、これまでの研究について 50 年間の歴史と今後の展望についての説明がされました。



## 第 2 部 パネルディスカッション「施工技術のこれから 一次の 50 年への提言」

### ○パネリスト

東京都立大学 名誉教授、施工技術総合研究所 顧問 今田 徹 氏

独立行政法人土木研究所 理事長 魚本健人 氏

東京都市大学 副学長、東京都市大学総合研究所教授 三木千壽 氏

立命館大学理工学部環境システム工学科

教授 建山和由 氏

○司会：施工技術総合研究所 所長 見波 潔



第 2 部ではパネルディスカッションが行われました。テーマは「施工技術のこれから一次の 50 年への提言」と題して、今後社会に求められる施工技術ならびに施工技術総合研究所が果たすべき役割についてお考えを伺いました。

## ◆特別講演

演題：インフラストラクチャの保全防災

—先端技術の活用—

講師：横浜国立大学特任教授 藤野陽三 氏

インフラの計画・設計等に当たっては、LCC を考慮して初期に投資し、品質の良いものを造ることが重要であること。インフラの維持補修では、人間にできない点検・診断などにセンサーや補助ロボット等の開発が必要となっており、新しい先端技術を使ってインフラを考える必要があること。このための、政府の「総合技術・イノベーション会議」の「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)」の取組み、及び維持管理や災害対応の現場で使いたくなるようなシステムを作るための国土交通省の「次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会」の取組みなどについてお話しして頂きました。



### 謝辞

今回のシンポジウムは、施工技術総合研究所創立50周年記念セッションと併せての開催となりました。なお、1日の入場者数は約270名でした。

業務多忙の中、論文やポスターを作成し、発表いただきました皆様、開催にあたり色々とお骨折りをいただきましたシンポジウム実行委員会委員や運営をお手伝いいただきました皆様、また、多くの聴講者の皆様にもご協力いただき、無事終了することができました。来年度も多くの皆様に参加いただくことをお願いして、ここに深く感謝申し上げます。

JICMA

### ◆平成24年度研究開発助成対象成果報告

1. 掘削バケット前方埋設物の地中レーダ監視システムの開発  
三輪空司（群馬大学大学院准教授）
2. 超広帯域通信 IC タグと3次元モデルを用いた建設施工管理システム  
矢吹信喜（大阪大学大学院教授）
3. 無人化施工の効率・安全を高める映像注目支援に関する調査研究  
亀崎允啓（早稲田大学創造理工学部）
4. 動電式加振器のコンクリート構造物地震時損傷評価への応用  
鈴木基行（東北大学大学院教授）



JCMA 報告

平成 26 年度  
建設機械施工技術検定試験  
結果報告

試験部

1. はじめに

建設機械施工技術検定試験は、建設工事の機械施工に従事する技術者の技術の向上を図ることを目的として行われ、建設業法第 27 条に定める技術検定制度に基づいて、国土交通大臣指定試験機関として当協会が実施している。

この試験は、建設機械運転技術者の操作技能のみを対象とするものではなく、建設工事の機械化施工に必要な土木技術、建設機械の管理技術、さらに、こうした技術の熟練度と応用力を兼ね備えた施工技術を対象としている。さらに 1 級（工事現場における建設機械運転技術者の指導監督的な職務に従事する者を対象）及び 2 級（主として熟練度の高い技術者を対象）に分けて試験が行われる。

原則、学科試験の合格者について実地試験を行い、それに合格すると、所定の手続きにより国土交通大臣から建設機械施工技術検定合格証明書が交付され、「1 級又は 2 級建設機械施工技術士」と称することが認められるとともに、建設業の許可に必要な有資格者となり、なおかつ、施工現場における監理技術者（1 級に限る）又は主任技術者（1 級・2 級）としての資格が与えられる。

2. 試験実施状況

平成 26 年度については、6 月 15 日（日）に学科試験（全国 10 地区 10 会場）、8 月 21 日（木）から 9 月 11 日（木）の間に実地試験（全国 10 地区 14 会場）を行い、11 月 28 日（金）に実地試験の合格発表を行っ

た。

全国での学科試験及び実地試験の 1 級と 2 級の受検者数と合格者数等は、表 1 のとおりである。

表 1 学科試験及び実地試験の合格状況

試験区分		試験区分	
		1 級	2 級
学科試験	受検者（人）	3,241	7,425
	合格者（人）	1,291	4,936
	合格率（%）	39.8	66.5
実地試験	受検者※（人）	1,402	5,188
	合格者（人）	1,258	4,671
	合格率（%）	89.7	90.0

注）※印の受検者には、学科試験免除者のうち、実地試験の受検申請をした者の人数を含みます。

「2 級」の人数は、2 種別受検した者を 2 人と計算した場合の延べ人数です。

(1) 学科試験結果

1 級の学科試験は、土木工学、建設機械原動機、石油燃料、潤滑剤、建設機械、建設機械施工法、法規について一般的な知識を問う択一式と記述式による試験を行う。

2 級の学科試験は、各種別の建設機械について、それぞれ土木工学、建設機械原動機、石油燃料、潤滑剤、建設機械、建設機械施工法、法規についての概略の知識及び一般的な知識を問う択一式による試験を行う。試験種別は下記のように、第 1 種から第 6 種に細分している。

- ・第 1 種；トラクタ系建設機械・施工法
- ・第 2 種；ショベル系建設機械・施工法
- ・第 3 種；モータグレーダ・施工法
- ・第 4 種；締め固め建設機械・施工法
- ・第 5 種；ほ装用建設機械・施工法
- ・第 6 種；基礎工事用建設機械・施工法

2 級の学科試験の種別ごとの受検者及び合格者（延べ人数）の内訳は、表 2 のとおりである。

表 2 種別ごとの 2 級の学科試験結果

区分	受検者数(人)	合格者数(人)	合格率 (%)
第 1 種	884	593	67.1
第 2 種	5,715	3,952	69.2
第 3 種	143	72	50.3
第 4 種	527	253	48.0
第 5 種	97	37	38.1
第 6 種	59	29	49.2
合計	7,425	4,936	66.5

表一 3 地区別ごとの実地試験結果

地区名	1 級					2 級				
	受検者		合格者		合格率	受検者		合格者		合格率
	(人)	(%)	(人)	(%)	(%)	(人)	(%)	(人)	(%)	(%)
北海道	124	8.8	119	9.5	96.0	536	10.3	496	10.6	92.5
東北	103	7.3	90	7.2	87.4	574	11.1	476	10.2	82.9
関東	280	20.0	259	20.6	92.5	1,068	20.6	957	20.5	89.6
北陸	91	6.5	85	6.8	93.4	466	9.0	419	9.0	89.9
中部	162	11.6	144	11.4	88.9	460	8.9	422	9.0	91.7
関西	227	16.2	179	14.2	78.9	627	12.1	516	11.0	82.3
中国	54	3.9	48	3.8	88.9	296	5.7	277	5.9	93.6
四国	95	6.8	87	6.9	91.6	280	5.4	269	5.8	96.1
九州	217	15.5	200	15.9	92.2	792	15.3	758	16.2	95.7
沖縄	49	3.4	47	3.7	95.9	89	1.7	81	1.8	91.0
合計	1,402	100.0	1,258	100.0	89.7	5,188	100.0	4,671	100.0	90.0

注)「2級」の人数は、2種別受検した者を2人と計算した場合の延べ人数です。

表一 4 受検資格(学歴)別ごとの実地試験結果

受検資格区分(学歴)	1 級				2 級			
	申込者		実地合格者		申込者		実地合格者	
	(人)	(%)	(人)	(%)	(人)	(%)	(人)	(%)
大学	199	14.2	162	12.9	320	6.6	264	6.2
短大, 高等専門学校	84	6.0	74	5.9	135	2.8	111	2.6
高等学校	760	54.1	698	55.5	2,442	50.5	2,170	50.8
上記以外	362	25.7	324	25.7	1,936	40.1	1,726	40.4
合計	1,405	100.0	1,258	100.0	4,833	100.0	4,271	100.0

注) ①1級・2級の申込者の人数は、学科試験受検申請者に学科試験免除者のうち実地試験の受検申請をした者を加えた人数です。

②この表は、人単位に計算した人数です。

## (2) 実地試験結果

1級の実地試験は、記述式試験(「建設機械組合せ施工法」)と実技試験を行う。

記述試験は、学科試験と同日の6月15日(日)に実施し、実技試験は、上記の2級の第1種から第6種の建設機械操作施工法より2科目を選択し、所定のコース内での操作施工による試験を行う。

2級の実地試験は、前記の6種別の内から受検種別ごとに、所定のコース内での操作施工による試験を行う。

地区別と資格(学歴)別ごとの1級・2級の実地試験の結果を表一3, 4に示す。

また、2級の実地試験の種別ごとの受検者及び合格者数(延べ人数)の内訳は、表一5のとおりである。

## 3. おわりに

平成27年度の実地試験技術検定試験の実施予定は、平成26年12月26日に官報に掲載され、当協会のホー

表一 5 種別ごとの2級の実地試験結果

合計	受検者数(人)	合格者数(人)	合格率(%)
第1種	663	501	79.1
第2種	4,153	3,797	91.4
第3種	76	66	86.8
第4種	259	244	94.2
第5種	37	35	94.6
第6種	30	28	93.3
合計	5,188	4,671	90.0

ムページにも掲載している。受検申込み用紙など(「受検の手引」一式)を当協会等で平成27年2月2日(月)から販売し、3月6日(金)から4月6日(月)まで受検申込みを受付け(郵送のみ)、6月21日(日)に学科試験(全国10地区10会場)、8月下旬から9月中旬に実地試験(全国10地区14会場)を行う予定である。

## 部 会 報 告

### 除雪機械の変遷（その3） ロータリ除雪車（3）

機械部会 除雪機械技術委員会

#### 2-4-4 平成元年以降（国交省排出ガス第1次基準適用年代平成年代）

旧建設省は、建設機械の排ガス対策として、平成3年10月に「排出ガス対策型建設機械指定要領」を策定し、排出ガス基準値（第1次基準値）を満たした建設機械を「排出ガス対策型建設機械」として指定する制度を平成4年1月から開始した。

また日本産業車両協会はステアリング形式が車体中折式大型特殊自動車の最高速度を40 km/hに業界自主規制していたが、運輸省審査課においての事前審査を経たものについては50 km/h未満に緩和したことによって、平成4年1月1日より最高速度49 km/hが、実施可能となった。

加えて平成年間に入りしばらくの間、ロータリ除雪車は各地域の除雪状況や路面状況に応じて、効果的かつきめ細かな除雪作業に応じた適合機種を開発、市場投入することとなり、その結果、数多くの機種および関連付属装置が製作され、機械のコストを引き上げる大きな要因の一つとなっていた。

平成9年秋頃に、旧建設省より除雪機械のコスト縮減の一環として機種再編が打ち出された。

この機種再編は、除雪作業の特性を生かしつつ調達機種の統合による生産の効率化を図りコスト縮減を達成させようとする施策であり、コスト縮減に対する目標率は平成10年度、11年度の2年間で10%が明示され、各社においても対応策に取り組むこととなった。

#### 1) 大形ロータリ除雪車

平成2年、(株)新潟鐵工所<sup>(注3)</sup>は、空港向けとして、除雪幅2.6 m、600PSのエンジンを搭載したNR600を開発した。

平成2～4年、東洋運搬機<sup>(注1)</sup>は、分離型シュート付ロータリ除雪装置を備えた350 PS級R350-2、400 PS級R400-2にモデルチェンジした。（平成8年、最大除雪量3400 t/hのR400-3になる。）

平成5年、(株)日本除雪機製作所は、HTR401の後継機としてHTR402を、平成6年はHTR351の後継機としてHTR352を開発した。

平成7年、(株)新潟鐵工所<sup>(注3)</sup>は、NR721の後継機



写真 2-60 (株)新潟鐵工所<sup>(注3)</sup> NR600 平成2年



写真 2-61 東洋運搬機<sup>(注1)</sup> R350-2 平成2～4年



写真 2-62 東洋運搬機<sup>(注1)</sup> R400-2 平成2～4年



写真 2-63 (株)日本除雪機製作所 HTR402 平成5年

として、除雪幅2.6 m、410 PSのエンジンを搭載したNR722を開発した。

平成8年、(株)日本除雪機製作所は空港用大型ロータ



写真 2-64 (株)日本除雪機製作所 HTR352 平成 5 年



写真 2-65 (株)新潟鐵工所 (注3) NR722 平成 7 年

り除雪車, HTR601 の後継機として HTR602 を開発し, トランスミッションのパワーシフト化, HST の変更や操作性の改善を実施した。

平成 9 年, (株)日本除雪機製作所は, 旧建設省の行政指導の下での機種再編, 雪寒対応規格の改正に伴い HTR402 の後継機として HTR403 を開発し, 最大除雪量を 3,200 t/h から 3,400 t/h へアップ, 作業用変速機を 3 段パワーシフト化また, 操作性向上のため, 除雪用操作レバーをジョイスティックに変更した。なお, このモデルは途中から最高速度が 49 km/h に向上している。



写真 2-66 (株)日本除雪機製作所 HTR403 平成 9 年

また平成 9 年, 東洋運搬機(株)<sup>(注1)</sup> は, 空港向けに高速除雪作業 (30 km/h) が可能な 600 PS 級 R600 を開発した。最高速度は, 49 km/h とアップした。操作は電気式ジョイスティックレバーで, 従来の 7 本から 2 本レバーになり操作が容易になった。また, 本車両は, 作業速度自動制御装置を標準装備し, 除雪の負荷に応じて作業速度を最適に自動制御ができ, 効率の良い除雪作業を行うことができた。

写真 2-67 東洋運搬機(株)<sup>(注1)</sup> JR300 平成 10 年

平成 10 年, 東洋運搬機(株)<sup>(注1)</sup> は現場ニーズに応えるためフルモデルチェンジを行い 400 PS 級 JR300 を開発した。操作レバー・作業速度自動制御装置は R600 (JR440 と改名) と共通化を図った。



写真 2-68 (株)日本除雪機製作所 HTR602 平成 8 年

写真 2-69 東洋運搬機(株)<sup>(注1)</sup> R600 平成 9 年

## 2) 高速型ロータリ除雪車

平成年間となり, 本格的な高速交通時代を迎え, 除雪作業の高速化・迅速化と回送及び作業時における一般車両への交通支障緩和を目的に, 側方車両の安全通行の確保及び, 道路上の占有時間の短縮の 2 点を基本とした狭幅・高速型ロータリ除雪車の開発が求められた。

平成 4 年, (株)日本除雪機製作所は, 除雪幅 2.4 m, 回送速度 70 km/h, 除雪速度 20 km/h の次世代ロータリ除雪車として, HTR411S 高速ロータリ除雪車を開発した。

この除雪車は, 高速走行 (回送) 時と除雪作業時の



写真 2-70 (株)日本除雪機製作所 HTR411S 平成 4 年



写真 2-72 (株)新潟鐵工所<sup>(注3)</sup> NRS400 平成 5 年



写真 2-71 (株)日本除雪機製作所 HTR411S (平成 5 年マイナチェンジ後)

走行特性を最良な状態とするため、ステアリング機構を回送と作業の選択によって前輪操舵とアーティキュレイト式（車体屈折式）に切り替えることができた。また懸架装置には前後軸スプリングサスペンション、後軸スタビライザが採用された。

平成 5 年、(株)新潟鐵工所<sup>(注3)</sup>は、回送速度を高速化（70 km/hr）した除雪幅 2.49 m、400 PS のエンジンを搭載した NRS400 を開発した。回送速度を上げるため回送時は前輪操舵、作業時は 4 輪操舵方式とした。

また平成 8 年、(株)日本除雪機製作所 HTR411S をベースとして、HTR412 ロータリ除雪車を開発している。この車両は、定常走行騒音および運転室内騒音を低減させるため、HST を容量アップし回転数を低減、変速機の歯車へのヘリカルギアの採用、機関室内面への吸音材、防音カバーの取付を実施している。

平成 11 年、TCM (株)<sup>(注2)</sup>は、高速道路向けの最高速度 70 km/h 仕様の 400 PS 級 JR300H を開発した。走行時は前輪操舵式、作業時はアーティキュレイト式（車体屈折式）の走行切換方式を採用、また、オプションとして高架橋直下投雪シュートを開発した。

平成 11 年、(株)新潟鐵工所<sup>(注3)</sup>は、高速道路向けに、除雪幅 2.0 m、回送速度 70 km/hr 仕様として、NRNS 300 を開発した。回送時は前輪操舵で行い、作業時はアーティキュレイト式（車体屈折式）とした。

平成 14 年、TCM (株)<sup>(注2)</sup>は、片側 1 車線高速道路向けに除雪幅 2.0 m、最高速度 70 km/h の 300 ps 級エンジンを搭載した JR220H を開発した。



写真 2-73 (株)日本除雪機製作所 HTR412 平成 8 年



写真 2-74 TCM (株)<sup>(注2)</sup> JR300H 平成 11 年





写真 2-75 (株新潟鐵工所<sup>(注3)</sup>) NRNS300 平成 11 年



写真 2-76 TCM(株)<sup>(注2)</sup> JR220H 平成 14 年



写真 2-78 (株日本除雪機製作所) HTR251 平成 5 年

### 3) 汎用ロータリ除雪車

平成 5 年, (株新潟鐵工所<sup>(注3)</sup>) は, NR655 の後継機として, 最高速度を 50 km/hr とした NR656 を開発した。



写真 2-77 (株新潟鐵工所<sup>(注3)</sup>) NR656 平成 5 年

平成 5 年, (株日本除雪機製作所) は, HTR202 の後継機として, エンジン出力を 220 PS から 250PS へ, またこれにより最大除雪量を 1,700 t/h から 2,300 t/h へアップさせ, 更に作業用変速機をパワーシフト式に変更, 除雪装置に雪こぼれ防止板を取付けた HTR251 を開発した。

平成 7 年, (株新潟鐵工所<sup>(注3)</sup>) は, NR453 の後継機として, 除雪幅 2.20 m, 180 PS のエンジンを搭載した NR180 を開発した。特別仕様として除雪幅 2.6 m も可能であった。

平成 8 年, (株日本除雪機製作所) は, HTR251 の最高速度を 49 km/h に改良, 走行性能を向上させた HTR252 を開発した。この HTR252 は, 旧建設省の排出ガス基準値 (第 1 基準値) を満たした「排出ガス対策型建設機械」であった。



写真 2-79 (株新潟鐵工所<sup>(注3)</sup>) NR180 平成 7 年

平成 9 年, (株新潟鐵工所<sup>(注3)</sup>) は, 高速道路や, 狭隘道路に対応するため, 除雪幅 2.0 m, 310 PS のエンジンを搭載した NRN300 を開発した。

平成 10 年, (株新潟鐵工所<sup>(注3)</sup>) は, 国交省仕様に対応する除雪幅 2.2 m, 280 PS のエンジンを搭載した NR280 を開発した。

平成 10 年, (株日本除雪機製作所) は, 雪寒対応規格の改正に伴い, HTR252 をモデルチェンジし, 安全性・居住性・操作性等の基本性能向上を図った, HTR262 を開発した。

HTR262 は交通量の多い地域における作業時及び回送時の一般車両への交通阻害の低減を図るため, 車体幅を 2.6 m から 2.2 m へ狭小化し, この車体幅 2.2 m が標準仕様となった。

平成 10 年, 東洋運搬機(株)<sup>(注1)</sup> は, JR300 同様にフルモデルチェンジを行い 250 PS 級 JR180 を開発した。

平成 13 年, (株日本除雪機製作所) は 300 PS 級ロータリ除雪車への強い顧客ニーズを背景に HTR300 を開



写真 2-80 (株)日本除雪機製作所 HTR252 平成 8 年

写真 2-81 (株)新潟鐵工所<sup>(注3)</sup> NRN300 平成 9 年写真 2-82 (株)新潟鐵工所<sup>(注3)</sup> NR280 平成 10 年

写真 2-85 (株)日本除雪機製作所 HTR300 平成 13 年



写真 2-83 (株)日本除雪機製作所 HTR262 平成 10 年

写真 2-84 東洋運搬機(株)<sup>(注1)</sup> JR180 平成 10 年

発した。HTR300は、400 PS級 3,400 t/hと 250 PS級 2,300 t/h の中間に位置し、車両の大きさは 250 PS級と同等で除雪量 2,700 t/h の能力を発揮すること、2.0 m ~ 2.6 m と除雪幅も多彩に取り揃えたロータリ除雪車であった。

#### 4) 都市型ロータリ除雪車

平成 4 年、旧建設省東北地方建設局（現：国土交通省東北地方整備局）より、都市型ロータリ除雪車の構想が出された。これは、除雪作業速度が遅く一般車両の通行障害になりやすいロータリ除雪車の問題点を解消する目的で、車両幅の狭小化（全幅 2.6 m → 2.2 m）、回送速度のスピードアップ化（40 km/h → 49 km/h）により交通障害を極力防止し、更に騒音対策を付加したロータリ除雪車を開発するというものであった。

平成 6 年、(株)日本除雪機製作所は、東北地建と共同で HTR261S を開発し、交通障害対策、騒音対策、市街地における作業性向上及び操作性の見直し等を実施した。

なお、この全幅 2.2 m、最高速度 49 km/h が、その



写真 2-86 (株)日本除雪機製作所 HTR261S 平成 6 年



写真 2-87 (株)日本除雪機製作所 HTR261A 平成 7 年



写真 2-88 (株)日本除雪機製作所 HTR261 平成 7 年



写真 2-89 (株)日本除雪機製作所 HTR211L 平成元年



写真 2-90 (株)日本除雪機製作所 HTR263L 平成 15 年



写真 2-91 (株)日本除雪機製作所 HTR265L 平成 19 年

後の汎用ロータリ除雪車の標準となった。

平成 7 年、(株)日本除雪機製作所は、装置駆動方式が油圧型であった HTR261S に対し、機械式駆動の HTR261A 及び、普及型として旧建設省機種基準に対応した HTR261 を開発した。

### 5) 一車線積込型ロータリ除雪車

一車線積込の除雪工法に対し、昭和 60 年まで(株)日本除雪機製作所は、汎用ロータリ除雪車に搭載式一車線積込装置を搭載することで対応していた。しかしながら、既存汎用機にオプション的に搭載するには重量バランスや後輪荷重等において懸念が生じ、平成元年、一車線専用フレームを有する一車線縦列積込ロータリ除雪専用車 HTR211L (200 PS) を開発した。

従来の搭載式に比べ、コンベアの幅を広くし、かつスピードを上げ、約 2 倍の処理能力とし、シュート、

コンベアをワンタッチで自動的に作業姿勢、回送姿勢へ切り替えるシーケンス制御 (NICS) を搭載し、専用シュート、雪煙防止カバーおよび伸縮シュータ等により作業性を向上させた。その後、エンジン出力を 250 PS に上げ、HTR251L, HTR263L, HTR265L と改良を加え、継続販売している。

注 1: TCM (株)をへて現日立建機(株)

注 2: 現日立建機(株)

注 3: 現新潟トランス(株)

# 新機種紹介 機関誌編集委員会

## ▶ 〈09〉 骨材生産機械

14-(09)-01	栗本鐵工所販売 英国・テレックス・ フィンレイ社製作 自走式クラッシャ (J-1160 ほか), 自走式スクリーン (683 ほか)	'14.3 輸入販売
------------	--	------------

### 1. クラッシャおよびスクリーンの特徴

原料を設備に運ぶのではなく、機械を原料に向かって移動できる。現場環境に合わせ移動させたり、プラントレイアウトを容易に変更できるので移動性がよい。

また、様々な条件・用途の現場に持っていき、稼働させることも可能である。

様々なオプションがラインナップされており、市場ニーズに合わせた製品を生産するための機能を追加することができるので拡張性がある。



写真一 1 トレーラーによる輸送

### 2. クラッシャのラインナップ

特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律（通称：オフロード法）に適合した代表的なものを次に紹介する。

いずれも砕石から、土木・解体・リサイクルまで幅広く適用可能である。

#### (1) ジョークラッシャ

主な特徴は以下の通りである。

- ・高性能油圧駆動シングルトッグル・ジョークラッシャを搭載している。
- ・ジョークラッシャは油圧セット調整機構を設けており、迅速なセット調整が可能である。
- ・自動可変速グリズリーフィーダーにより、確実にチョークフィードし、最適で効率的な生産性を実現している。
- ・磁選機等、様々なオプションが選択可能である。
- ・視覚的に見やすく、操作性に優れた操作タッチパネルを装備している。
- ・現場への搬入もトレーラーで可能、荷卸後即稼働が可能である。

表一 1 J-1160/J-1170/J1175 の主な仕様

名称	J-1160	J-1170	J-1175
質量 (kg)	33,500	45,100	51,300
ホッパ容量 (m <sup>3</sup> )	5.0	9.0	9.0
クラッシャ投入口 幅×開 (mm)	1,000 × 660	1,100 × 700	1,070 × 762
最大供給寸法 (mm)	550	600	650
最大処理能力 (T/H)	350	400	475
エンジンタイプ	SCANIA DC9 (Tier-4i)	SCANIA DC9 (Tier-4i)	SCANIA DC9 (Tier-4i)
エンジン出力 (kW)	202	257	257
燃料タンク容量 (L)	400	500	430



写真一 2 栗本鐵工所 J1170 ジョークラッシャ

#### (2) コーンクラッシャ

主な特徴は以下の通りである。

- ・高性能油圧駆動である。
- ・異物排出機構を備えた油圧セット調整機構を装備している。
- ・標準仕様で金属検出システムを装備、コーンクラッシャを混入金属から保護する。
- ・C-1540RS は、スクリーンボックスを搭載しており、コーンクラッシャの閉回路運転が可能である。
- ・ジョークラッシャと同じく、様々なオプションを選択・追加することができる。

表一 2 C-1540/C1540RS の主な仕様

名称	C-1540	C-1540RS
質量 (kg)	36,500	43,800
ホッパ容量 (m <sup>3</sup> )	5.0	5.0
コーンヘッド径 (mm)	1,000	1,000
最大供給塊寸法 (mm)	160	160
最大処理能力 (T/H)	260	260
エンジンタイプ	SCANIA DC9 (Tier-4i)	SCANIA DC13 (Tier-4i)
エンジン出力 (kW)	257	331
燃料タンク容量 (L)	720	730

新機種紹介



写真一三 栗本鐵工所 C1540 コーンクラッシャ



写真一四 栗本鐵工所 I-100 インパクトクラッシャ

- ・視覚的に見やすく、操作性に優れた操作タッチパネルを装備している。
- ・現場への搬入もトレーラーにて可能である。

(3) インパクトクラッシャ

RS タイプは、コーンクラッシャと同じくスクリーンボックスを搭載し閉回路運転が可能である。

主な特徴は、以下の通りである。

- ・視覚的に見やすく、操作性のよい操作タッチパネルを装備している。

表一三 I-100/I-110/I-130 の主な仕様

名称	I-100	I-110	I-130
質量 (kg)	23,000	34,000	49,000
ホッパ容量 (m <sup>3</sup> )	2.3	5.0	9.0
ロータサイズ 径×幅 (mm)	φ 860 × 610	φ 900 × 825	φ 1,060 × 840
最大供給寸法 (mm)	350	500	600
最大処理能力 (T/H)	250	260	425
エンジンタイプ	SCANIA DC9 (Tier-4i)	SCANIA DC9 (Tier-4i)	SCANIA DC13 (Tier-4i)
エンジン出力 (kW)	202	257	331
燃料タンク容量 (L)	400	440	730

表一四 I-100RS/I-110RS/I-130RS の主な仕様

名称	I-100RS	I-110RS	I-130RS
質量 (kg)	32,500	46,000	59,000
ホッパ容量 (m <sup>3</sup> )	2.3	8.0	9.0
ロータサイズ 径×幅 (mm)	φ 860 × 610	φ 900 × 825	φ 1,060 × 840
最大供給寸法 (mm)	350	500	600
最大処理能力 (T/H)	250	260	425
エンジンタイプ	SCANIA DC9 (Tier-4i)	SCANIA DC9 (Tier-4i)	SCANIA DC13 (Tier-4i)
エンジン出力 (kW)	202	257	331
燃料タンク容量 (L)	400	440	730

- ・現場への搬入もトレーラーにて可能である。

3. スクリーンのラインナップ

(1) スクリーン 5 シリーズ

小型の5シリーズ (「595」) はコンパクトで狭小な現場でも導入が可能、限られたスペースでも十分に能力を発揮する。

(2) スクリーン 6 シリーズ

6シリーズは、幅広い用途・現場で使用される。5機種のラインナップ (「683」, 「684 (2段篩)」, 「684 (3段篩)」, 「693+」, 「694+」) から構成されている。

表一五 595 の主な仕様

名称	595
質量 (kg)	19,080
ホッパ容量 (m <sup>3</sup> )	5.0
スクリーン上段サイズ (mm)	4,500 × 2,755
最大処理能力 (T/H)	500
エンジンタイプ	CAT C34 (Tier-4i)
エンジン出力 (kW)	55
燃料タンク容量 (L)	145



写真一五 栗本鐵工所 595 スクリーン

## 新機種紹介

表一六 683/684 (3 段式) /684 (2 段式) の主な仕様

名称	683 (2 段式)	684 (3 段式)	684 (2 段式)
質量 (kg)	25,000	30,500	28,750
ホッパ容量 (m <sup>3</sup> )	8.0	8.0	8.0
スクリーン上段サイズ (mm)	3,660 × 1,524	4,300 × 1,700	4,300 × 1,700
最大処理能力 (T/H)	275	500	500
エンジンタイプ	CAT C4.4 (Tier-4i)	CAT C4.4 (Tier-4i)	CAT C4.4 (Tier-4i)
エンジン出力 (kW)	82	82	82
燃料タンク容量 (L)	336	336	336

表一七 693+/694+ の主な仕様

名称	693+ (2 段式)	694+ (3 段式)
質量 (kg)	33,500	38,000
ホッパ容量 (m <sup>3</sup> )	8.0	8.0
スクリーン上段サイズ (mm)	6,100 × 1,525	6,100 × 1,525
最大処理能力 (T/H)	550	600
エンジンタイプ	CAT C4.4 (Tier-4i)	CAT C4.4 (Tier-4i)
エンジン出力 (kW)	82	98
燃料タンク容量 (L)	336	336



写真一六 栗本鐵工所 694+ スクリーン

### (3) スクリーン 8 シリーズ

主に一次破碎から二次破碎工程間で使用される特重型の自走式スクリーンである。2つのラインナップ(「883」,「893」)があり、エプロンフィーダが標準装備されている。

### (4) スクリーン 9 シリーズ

水平型スクリーンの9シリーズ(「984」)は大型機種であり、碎石・採鉱・土木・リサイクル等幅広い用途にも適用が可能である。

表一八 883/893 の主な仕様

名称	883 (2 段式)	893 (2 段式)
質量 (kg)	32,000	44,000
ホッパ容量 (m <sup>3</sup> )	7.0	10.0
スクリーン上段サイズ (mm)	4,800 × 1,500	6,100 × 1,830
最大処理能力 (T/H)	500	900
エンジンタイプ	CAT C4.4 (Tier-4i)	CAT C4.4 (Tier-4i)
エンジン出力 (kW)	82	129
燃料タンク容量 (L)	327	597

表一九 984 の主な仕様

名称	984 (1 段式)
質量 (kg)	43,830
ホッパ容量 (m <sup>3</sup> )	8.0
スクリーン上段サイズ (mm)	6,100 × 1,930
最大処理能力 (T/H)	800
エンジンタイプ	CAT C7.1 (Tier-4i)
エンジン出力 (kW)	151
燃料タンク容量 (L)	327



写真一七 栗本鐵工所 883 スクリーン



写真一八 栗本鐵工所 984 スクリーン

問い合わせ先：(株)栗本鐵工所 素形材エンジニアリング事業部  
〒550-8580 大阪市西区北堀江 1-12-19  
TEL：06-6538-7308 URL：http://www.kurimoto.co.jp/

## 建設機械市場の現状

### 1. 建設機械出荷金額推移

2013年度の建設機械出荷金額（内需・外需の合計）は、2兆3,352億円で前年度比8%の増加となった。内需は1兆93億円で前年より29%の増加となったが、外需は1兆3,258億円で前年より3%減少となっている。

内需について製品別に見ると、トンネル機械が24億円で前年より6%の減少であった以外は全て増加となった。増加率の大きい順では、コンクリート機械が264億円で50%、油圧ショベルが3,581億円で40%、基礎機械が302億円で36%、建設用クレーンが1,645億円で33%の増加を示した。

また、外需について製品別に見ると、建設用クレーンが1,101億円で前年より39%の増加、ミニショベルが1,375億円で15%の増加、コンクリート機械、道路機械も増加であったが、トンネル機械が30億円で48%の減少となり、トラクタ、油圧ショベル、基礎機械も減少を示し、外需全体で3%の減少となった。

表一に「建設機械出荷金額実績（内需・外需）」の推移を示す。

### 2. 市場動向

#### (1) 国内市場

建設機械の国内出荷金額実績は、図一に示すとおり、2007年度までは建設投資（名目値）が減少傾向であるのに、排ガス規制による代替需要、中古車の海外輸出を背景にレンタル業を主とした更新需要により、増加基調を継続していた。

しかし、2008年9月のリーマンショックを発端とする世界同時不況は、輸出主導・外需依存で長期に亘って成長を続けてきた日本経済に深刻な影響を与え、建設機械市場においても極めて厳しい環境となり、2008年度から2年連続して大幅な減少になったが、2010年度については、公共投資は低水準で推移するものの、民間建設投資は一部好材料もあり、回復基調に転じた。

こうした中、2011年3月に東日本大震災が発生し、2011年度以降はこれの復旧・復興に起因するリース・レンタル向け等の需要により、建設投資の増加と共に、建設機械の出荷金額は増加傾向を堅持していく。

表一 建設機械出荷金額実績（内需・外需）

		(百万円)											
		2002年度	2003年度	2004年度	2005年度	2006年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度
トラクタ	内 需	63,612	67,375	73,470	79,907	91,222	86,751	68,094	49,643	55,364	67,182	92,194	114,555
	外 需	100,236	108,696	162,962	205,721	245,577	309,147	257,243	88,865	185,865	238,442	202,400	189,219
	計	163,848	176,071	236,432	285,628	336,799	395,898	325,337	138,508	241,229	305,624	294,594	303,774
油圧ショベル	内 需	159,521	192,052	214,172	238,281	274,009	295,296	197,598	99,556	138,014	197,032	255,476	358,163
	外 需	246,681	345,935	400,994	478,539	591,749	719,983	595,586	326,209	655,519	760,735	559,611	520,006
	計	406,202	537,987	615,166	716,820	865,758	1,015,279	793,184	425,765	793,533	957,767	815,087	878,169
ミニショベル	内 需	50,683	57,222	64,408	70,268	79,449	79,793	49,022	30,883	42,404	57,551	71,141	85,380
	外 需	51,793	77,065	108,351	139,938	162,416	186,806	96,291	52,449	99,424	124,263	119,367	137,599
	計	102,476	134,287	172,759	210,206	241,865	266,599	145,313	83,332	141,828	181,814	190,508	222,979
建設用クレーン	内 需	75,703	88,724	100,310	122,191	146,263	170,066	151,053	83,700	83,071	106,582	123,277	164,536
	外 需	23,539	29,454	44,617	54,577	87,490	117,935	138,168	64,616	63,442	75,053	79,265	110,171
	計	99,242	118,178	144,927	176,768	233,753	288,001	289,221	148,316	146,513	181,635	202,542	274,707
道路機械	内 需	32,521	34,443	33,353	28,383	29,012	29,515	23,546	18,270	23,649	26,464	32,883	38,762
	外 需	12,338	14,134	18,361	22,299	32,389	43,926	39,836	20,260	27,745	31,258	27,523	30,656
	計	44,859	48,577	51,714	50,682	61,401	73,441	63,382	38,530	51,394	57,722	60,406	69,418
コンクリート機械	内 需	20,312	23,955	21,346	21,273	21,516	22,988	15,931	13,927	10,877	14,912	17,579	26,454
	外 需	3,290	2,571	2,082	1,777	2,231	3,229	1,704	798	896	1,107	1,342	1,660
	計	23,602	26,526	23,428	23,050	23,747	26,217	17,635	14,725	11,773	16,019	18,921	28,114
トンネル機械	内 需	31,639	34,896	20,580	17,724	14,047	7,724	12,254	14,793	5,886	6,468	2,629	2,465
	外 需	3,398	12,887	13,165	8,648	6,642	5,923	6,608	3,357	2,659	6,108	6,003	3,079
	計	35,037	47,783	33,745	26,372	20,689	13,647	18,862	18,150	8,545	12,576	8,632	5,544
基礎機械	内 需	14,257	13,983	13,167	15,508	18,139	24,787	22,869	18,851	17,821	18,822	22,108	30,207
	外 需	260	654	1,449	984	1,229	2,118	2,689	2,497	3,010	3,684	4,169	3,383
	計	14,517	14,637	14,616	16,492	19,368	26,905	25,558	21,348	20,831	22,506	26,277	33,590
油圧ブレード・圧砕機	内 需	11,758	13,135	13,426	14,820	15,915	16,537	11,680	6,322	8,205	12,885	13,499	16,164
	外 需	7,414	8,060	9,114	11,099	13,481	15,209	11,267	6,884	10,196	8,061	7,115	7,033
	計	19,172	21,195	22,540	25,919	29,396	31,746	22,947	13,206	18,401	20,946	20,614	23,197
その他建設機械	内 需	43,285	45,605	46,532	47,607	53,323	55,609	47,952	31,938	35,603	56,396	47,715	58,513
	外 需	50,797	74,008	101,290	144,259	197,527	249,295	226,313	135,072	243,644	257,111	202,444	173,139
	計	94,082	119,613	147,822	191,866	250,850	304,904	274,265	167,010	279,247	313,507	250,159	231,652
補給部品	内 需	106,865	106,343	102,269	101,577	104,167	101,204	89,678	89,691	90,098	98,807	101,709	114,173
	外 需	63,616	71,189	87,865	95,307	112,760	131,888	131,696	103,599	159,587	181,432	160,061	149,927
	計	170,481	177,532	190,134	196,884	216,927	233,092	221,374	193,290	249,685	280,239	261,770	264,100
合 計	内 需	610,156	677,733	703,033	757,539	847,062	890,270	689,677	457,574	510,992	663,101	780,210	1,009,372
	外 需	563,362	744,653	950,250	1,163,148	1,453,491	1,785,459	1,507,401	804,606	1,451,987	1,687,254	1,369,300	1,325,874
	計	1,173,518	1,422,386	1,653,283	1,920,687	2,300,553	2,675,729	2,197,078	1,262,180	1,962,979	2,350,355	2,149,510	2,335,246

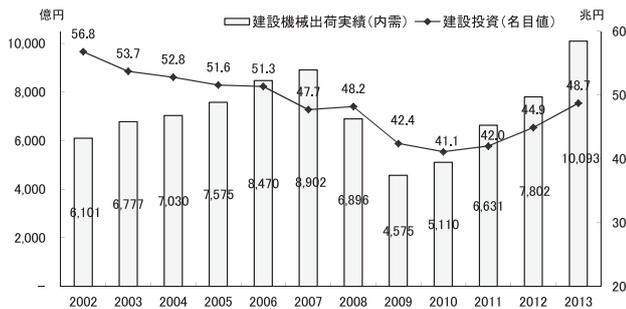
<参考>

- ・道路機械 : ロードローラ、タイヤローラ、振動ローラ、平板式締固機械、アスファルトフィニッシャー、モータグレーダ、ロードスタビライザ、アスファルトプラント 等
- ・コンクリート機械 : コンクリートポンプ車、トラックミキサ車、コンクリートパイプレータ、コンクリートプラント 等
- ・その他建設機械 : ドリル、可搬式コンプレッサ、重ダンプトラック、不整地運搬車、建設廃棄物破砕機 等

# 統計

2013年度は引き続き震災復興に起因するリース・レンタル向けの需要、公共・民間投資の増大による需要、2011年次排ガス規制の生産猶予期限終了に伴う旧型機の需要、好調な除雪需要等により、出荷金額も前年度比29%の増加となった。

図一に「建設機械出荷実績（内需）」と「建設投資（名目値）」の推移を示す。

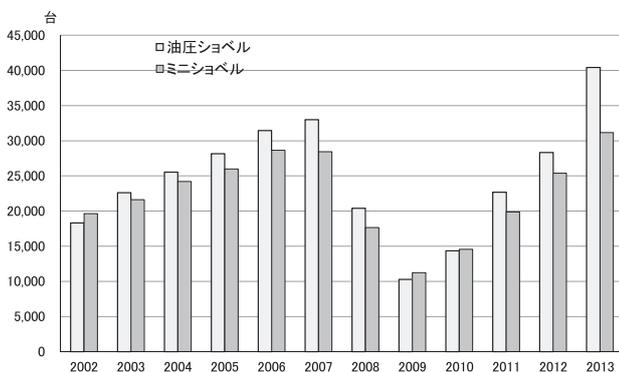


図一 建設機械出荷実績（内需）／建設投資（名目値）

建設機械の主力製品である油圧ショベルの国内出荷台数は、図二に示すとおり、2002年度以降2007年度まで5年連続増加していたが、2008年度は前年度比38%の減少、2009年度は50%と大幅な減少となった。

2010年度はリース・レンタル業を中心とした需要増により増加に転じ、2011年度以降については震災の復旧・復興に起因するリース・レンタル業を中心とした需要増により2011年度は前年度比58%増、2012年度は25%増を示した。

2013年度は引き続き震災復興に起因するリース・レンタル業の需要、公共・民間投資の増大、排ガス規制の生産猶予期限終了に伴う旧型機の需要があり、前年度比42%の増加となった。ミニショベルも油圧ショベルと同様の推移を示しており、その傾向を図二に併せて示す。



図二 油圧ショベル国内出荷台数

## (2) 海外市場

図三に示すとおり、2002年度以降、主要なマーケットである北米・中南米地区、欧州の好調な経済成長を背景に、また高成長の著しいアジア地区にも牽引され、2007年度まで増加傾向であった。

しかし、2008年9月のリーマンショックを発端とする世界同時不況により、2008年度は前年度比17%減少、2009年度は前年度比54%減少と大幅な減少となったが、2010年度については、中国・アジアを中心とした新興国および資源開発国向けの需要の増加に加え、米国市場、欧州市場等の回復により、前年度比79%の増加に転じた。

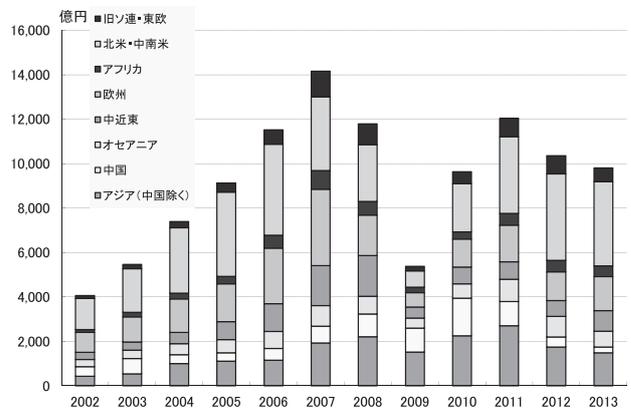
2011年度は中国への輸出額が前年度比で36%減少し、他の地域での前年に続く需要増にもかかわらず、全体では前年度比の25%増加であった。

2012年度は中国の前年に続く59%の大幅減少と、他の地域も軒並み減少に転じ、全体では前年度比19%の減少となった。

2013年度は中近東で前年度比31%増、欧州で19%増の輸出額があったが、中国で前年度比41%の減少とその他の地域での減少があり、全体で3%の微減であった。

地区別に見ると、中国41%減少 [265 億円]、中国を除くアジア15%減少 [1,486 億円]、北米・中南米2%減少 [3,779 億円]、旧ソ連・東欧23%減少 [628 億円]、欧州19%増加 [1,539 億円]、中近東31%増加 [923 億円]、オセアニア23%減少 [707 億円]、アフリカ7%減少 [479 億円] となった。

図三にコンポーネントを除いた「建設機械完成品地域別輸出金額」の推移を示す（2002年度より、アジア地区を「中国」と「アジア（中国除く）」に区分した）。



図三 建設機械完成品地域別輸出金額

図四に「建設機械別海外出荷金額」の推移を示したとおり、製品別に見ると2013年度の海外出荷金額において油圧ショベルが5,200億円と全体の39%を占める。また、トラクタは1,892億円と全体の14%、ミニショベルは、1,376億円と全体の10%を占める。前年度と比較すると、油圧ショベルは金額で7%減少、製品別構成比率で2%の減少となっている。ミニショベルは金額で15%増、構成比率は1%の増加となった。

### 3. リース・レンタル動向

2013年度の国内におけるリース・レンタル業向け出荷金額比率（主要5製品）は43%と前年度比1%増加となり、引き続き増加傾向を示している。

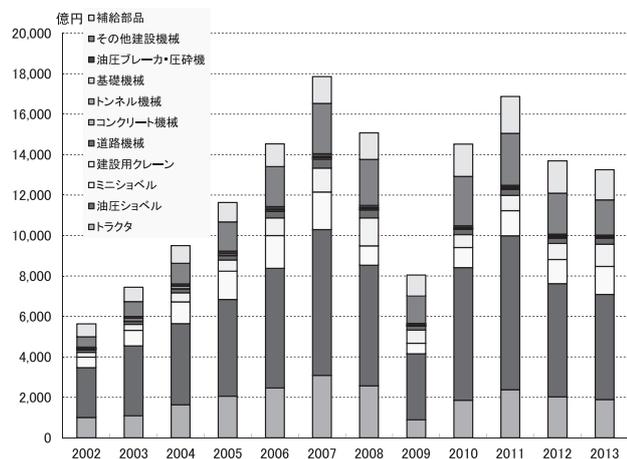


図-4 建設機械別海外出荷金額

表-2に補給部品を除いた建設機械本体の「業種別（リース・レンタル/その他）国内出荷金額実績」の推移を示す。

国内市場の主力製品である油圧ショベルのリース・レンタル比率は53%と前年比2%増加、ミニショベルは49%と前年比1%減少となった。

図-5に「リース・レンタル業向け出荷金額比率（主要5製品）」を示す。

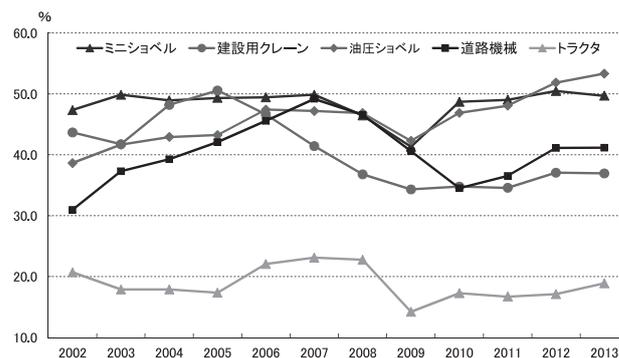


図-5 リース・レンタル業向け出荷金額比率（主要5製品）

表-2 業種別（リース・レンタル/その他）国内出荷金額実績

		2002年度	2003年度	2004年度	2005年度	2006年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度
トラクタ	ユーザー等	50,435	55,305	60,307	66,043	71,065	66,683	52,587	42,580	45,800	55,946	76,386	92,895
	リース・レンタル	13,177	12,070	13,163	13,864	20,157	20,068	15,507	7,063	9,564	11,236	15,808	21,660
	計	63,612	67,375	73,470	79,907	91,222	86,751	68,094	49,643	55,364	67,182	92,194	114,555
油圧ショベル	ユーザー等	97,831	111,964	122,191	135,167	144,024	155,881	104,940	57,420	73,280	102,276	122,928	166,979
	リース・レンタル	61,690	80,088	91,981	103,114	129,985	139,415	92,658	42,136	64,734	94,756	132,548	191,184
	計	159,521	192,052	214,172	238,281	274,009	295,296	197,598	99,556	138,014	197,032	255,476	358,163
ミニショベル	ユーザー等	26,678	28,675	32,865	35,576	40,152	39,976	26,233	18,118	21,736	29,319	35,201	42,937
	リース・レンタル	24,005	28,547	31,543	34,692	39,297	39,817	22,789	12,765	20,668	28,232	35,940	42,443
	計	50,683	57,222	64,408	70,268	79,449	79,793	49,022	30,883	42,404	57,551	71,141	85,380
建設用クレーン	ユーザー等	42,624	51,665	51,940	60,364	78,066	99,570	95,459	54,956	54,167	69,715	77,575	103,689
	リース・レンタル	33,079	37,059	48,370	61,827	68,197	70,496	55,594	28,744	28,904	36,867	45,702	60,847
	計	75,703	88,724	100,310	122,191	146,263	170,066	151,053	83,700	83,071	106,582	123,277	164,536
道路機械	ユーザー等	22,443	21,587	20,250	16,429	15,780	14,990	12,573	10,849	15,480	16,789	19,355	22,796
	リース・レンタル	10,078	12,856	13,103	11,954	13,232	14,525	10,973	7,421	8,169	9,675	13,528	15,966
	計	32,521	34,443	33,353	28,383	29,012	29,515	23,546	18,270	23,649	26,464	32,883	38,762
コンクリート機械	ユーザー等	18,065	21,228	18,594	19,118	18,427	20,660	14,344	12,606	9,025	12,048	14,188	22,134
	リース・レンタル	2,247	2,727	2,752	2,155	3,089	2,328	1,587	1,321	1,852	2,864	3,391	4,320
	計	20,312	23,955	21,346	21,273	21,516	22,988	15,931	13,927	10,877	14,912	17,579	26,454
トンネル機械	ユーザー等	31,294	34,746	19,921	17,504	13,930	7,699	12,143	14,687	4,677	6,416	2,585	2,344
	リース・レンタル	345	150	659	220	117	25	111	106	1,209	52	44	121
	計	31,639	34,896	20,580	17,724	14,047	7,724	12,254	14,793	5,886	6,468	2,629	2,465
基礎機械	ユーザー等	12,831	12,510	11,738	14,564	17,023	22,828	21,082	18,153	15,951	15,268	17,895	28,406
	リース・レンタル	1,426	1,473	1,429	944	1,116	1,959	1,787	698	1,870	3,554	4,213	1,801
	計	14,257	13,983	13,167	15,508	18,139	24,787	22,869	18,851	17,821	18,822	22,108	30,207
油圧ブレイカ・圧砕機	ユーザー等	10,541	10,850	10,712	11,355	12,411	12,582	9,120	5,120	6,298	9,840	10,092	10,926
	リース・レンタル	1,217	2,285	2,714	3,465	3,504	3,955	2,560	1,202	1,907	3,045	3,407	5,238
	計	11,758	13,135	13,426	14,820	15,915	16,537	11,680	6,322	8,205	12,885	13,499	16,164
その他建設機械	ユーザー等	30,119	31,233	31,859	32,131	33,526	32,807	33,362	22,087	23,889	37,661	32,652	38,801
	リース・レンタル	13,166	14,372	14,673	15,476	19,797	22,802	14,590	9,851	11,714	18,735	15,063	19,712
	計	43,285	45,605	46,532	47,607	53,323	55,609	47,952	31,938	35,603	56,396	47,715	58,513
本体計	ユーザー等	342,861	379,763	380,377	408,251	444,404	473,676	381,843	256,576	270,303	355,278	408,857	531,907
	リース・レンタル	160,430	191,627	220,387	247,711	298,491	315,390	218,156	111,307	150,591	209,016	269,644	363,292
	計	503,291	571,390	600,764	655,962	742,895	789,066	599,999	367,883	420,894	564,294	678,501	895,199
補給部品	ユーザー等	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	リース・レンタル	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	計	106,865	106,343	102,269	101,577	104,167	101,204	89,678	89,691	90,098	98,807	101,709	101,709
内需計		610,156	677,733	703,033	757,539	847,062	890,270	689,677	457,574	510,992	663,101	780,210	996,908

注) ユーザ等とは、建設業者、官公庁など、リース・レンタル以外の全てを言う。

# 統計

## 4. 中古車市場動向

### (1) 新車販売台数と中古車発生台数

中古車の発生は下取・買取等で新車販売店に入庫するものと、中古車販売会社を買取るものとの2通りに大別される。その総発生量と新車販売台数を図一6に示す。

主要6機種とは油圧ショベル、ミニショベル、クローラトラクタ、ホイールローダ、クローラクレーン、ラフテレーンクレーンである。

図一6に示すとおり2002年度から10年間は中古車発生台数が新車販売台数を大幅に上回っていたが、2009年以降の新車販売台数の大幅な伸長によって2012年度からは逆転し、2013年度も新車販売台数が中古車発生台数を上回っている。中古車発生台数だけみると2008年リーマンショック以降中古車の発生は減少傾向を、2011年震災発生後は微増を示している。中古車と新車の台数を比率でみるとリーマンショック後の2009年度の292%（中古車/新車）を頂点として、新車台数の増加に伴い減少を示し、2013年度では78%まで減少している。

### (2) 中古車の需要傾向

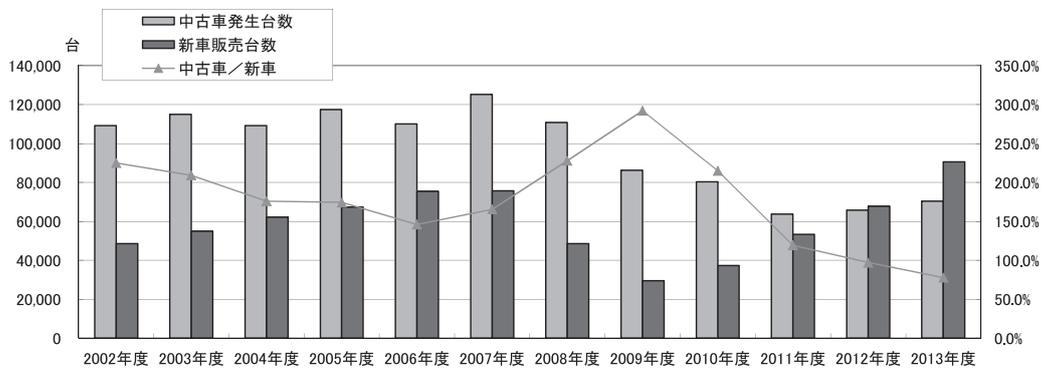
発生した中古車は一部（部品取・スクラップ等）を除き、大半が国内または海外（輸出）に販売される。これを国内・海外需要として過去の推移を図一7に示す。

図一7に示すとおり2007年度以降海外需要は減少を示していたが、2013年度若干の上向きをみせた。国内需要は継続して減少傾向にあり、結果、2013年度は外需比率が74.8%と上昇した（昨年度70.4%）。

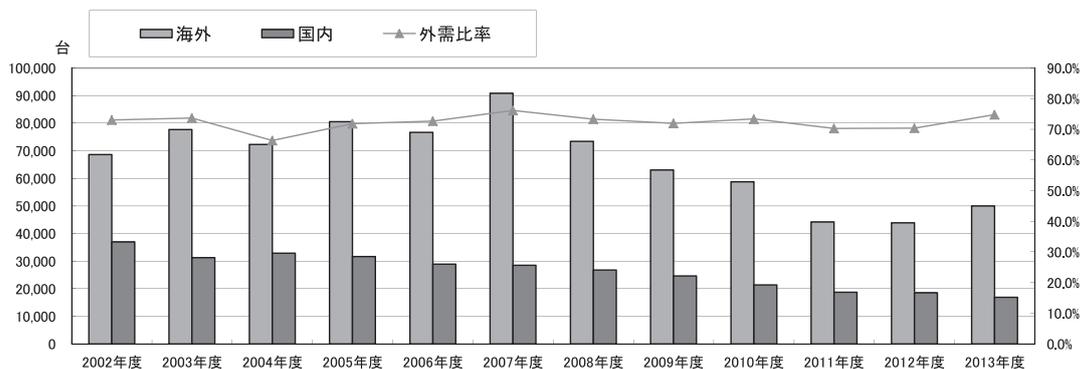
### (3) 中古車輸出状況

図一8は、2005年度～2013年度の中古車機種別輸出状況を示す。2013年度の機種構成では、油圧ショベルが約45%で最も多く、ついでミニショベル（29%）、ホイールローダ（16%）の順である。ミニショベルの構成比はここ数年で伸びを示し、2005年から2010年までは2割程度であったものが3割近い構成比を示すようになった。

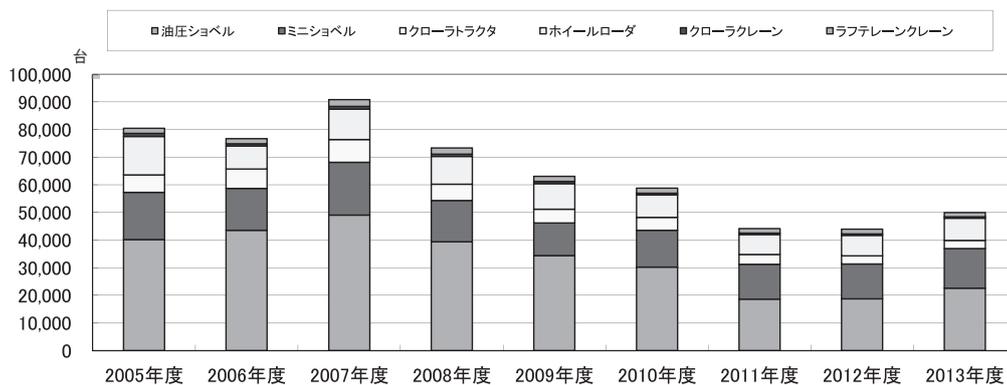
最大構成比を示す中古油圧ショベルの輸出先を見ると、図一9「中古車地域別輸出状況（油圧ショベル）」に示すとおりであり、2013年度は、「中国・香港」が中古輸出先の全体構成比で40%と昨年度27%に比べて大幅に増加している。昨年度「タイ」は2全体構成比で14%と構成比で2位、「マレーシア」「ベトナム」が10%で3位であったが、2013年度は「ベトナム」が14%と2位、以降「タイ」9%、「マレーシア」8%である。全体の昨年度に対する伸長台数は3,890台であるが、大幅な伸長台数を示したのは「中国・香港」「ベトナム」であり、「タイ」は650台の減少を示した。



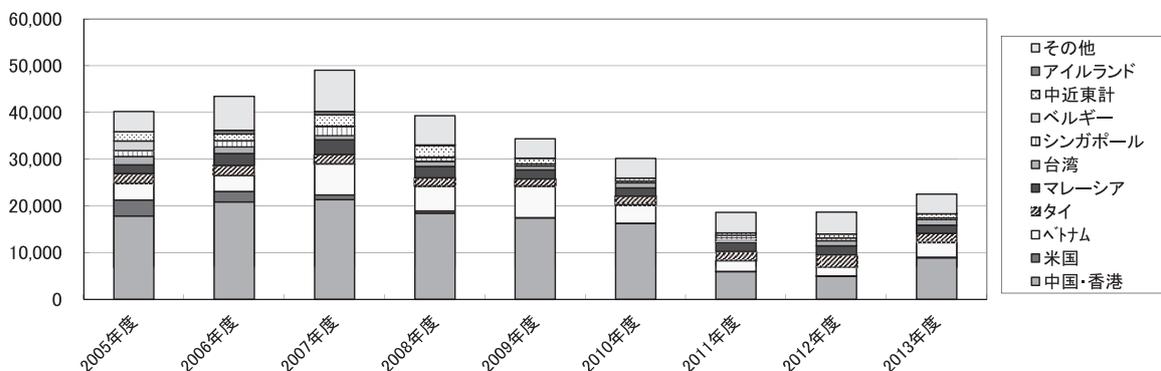
図一6 中古車発生・新車販売台数（主要6機種）



図一7 中古車需要台数の国内・海外構成（主要6機種）



図一八 中古車機種別輸出台数 (主要6機種)



図一九 中古車地域別輸出状況 (油圧ショベル)

### 5. 建設機械市場の今後の見通し

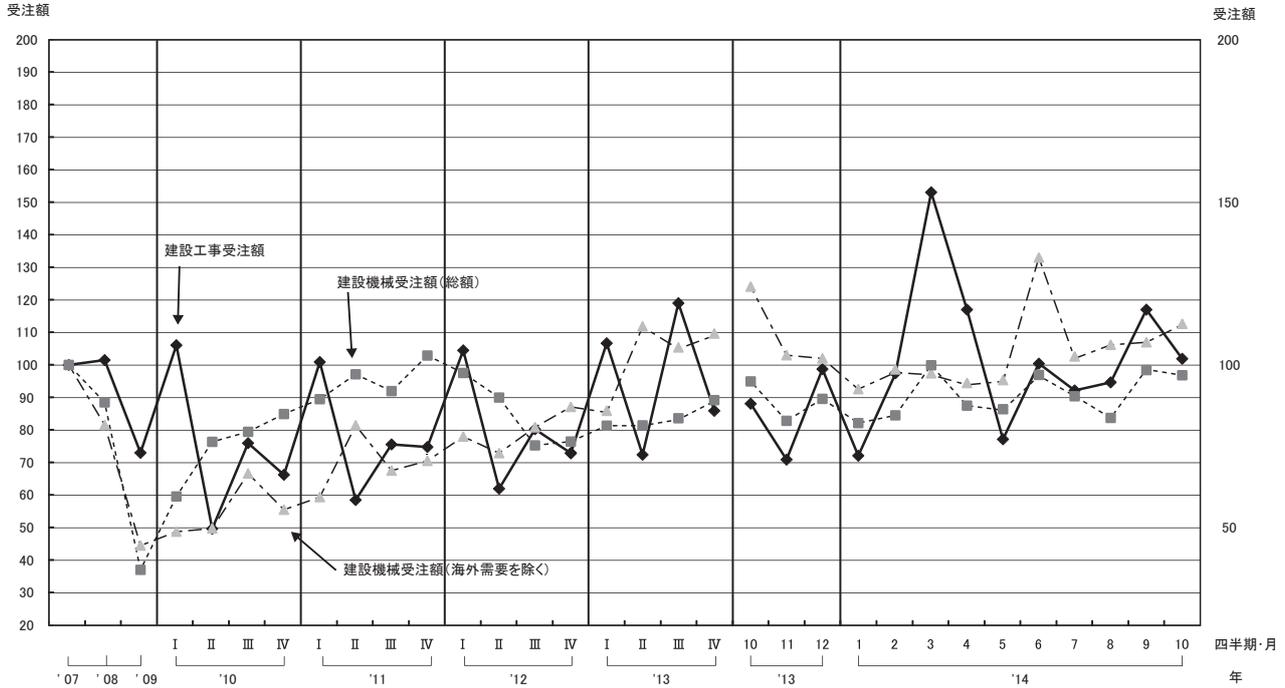
2014年度における国内市場については引き続き震災復興による需要、安定した公共・民間の建設投資による需要があるものの、2011年次排ガス規制の生産猶予期限終了に伴う旧型機需要の反動減が想定され、出荷金額は8,352億円（前年度比5%減少、補給部品を除く）と見込まれ、5年ぶりに減少すると予想される。

また、海外市場については資源開発国向けの需要は減少するものの、北米向けの需要は堅調に推移、欧州、アジアでの需要回復により、出荷金額は1兆2,535億円（前年度比7%増加）と見込まれ、3年ぶりに増加すると予測される。

尚、上記掲載統計諸資料は(社)日本建設機械工業会 発表の統計資料による。

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 2007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 2007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							
2007年	137,946	103,701	21,705	81,996	19,539	5,997	8,708	101,417	36,529	129,919	143,391
2008年	140,056	98,847	22,950	75,897	25,285	5,741	10,184	98,836	41,220	128,683	142,289
2009年	100,407	66,122	12,410	53,712	24,140	5,843	4,302	66,187	34,220	103,956	128,839
2010年	102,466	69,436	11,355	58,182	22,101	5,472	5,459	71,057	31,408	107,613	106,112
2011年	106,577	73,257	15,618	57,640	22,806	4,835	5,680	73,983	32,596	112,078	105,059
2012年	110,000	73,979	14,845	59,133	26,192	4,896	4,933	76,625	33,374	113,146	111,076
2013年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	4,660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2013年10月	10,119	7,241	963	6,278	2,075	372	431	7,157	2,962	132,297	8,985
11月	8,130	4,788	988	3,800	2,026	369	947	4,784	3,346	130,327	11,403
12月	11,351	6,929	1,329	5,600	3,493	383	545	7,109	4,242	129,076	12,518
2014年1月	8,264	5,240	1,033	4,207	1,946	353	725	5,827	2,438	129,300	7,914
2月	11,197	5,220	1,233	3,987	3,777	390	1,810	7,264	3,933	129,390	9,523
3月	17,633	9,106	1,680	7,426	6,849	580	1,098	8,844	8,789	129,364	17,517
4月	13,465	6,581	1,403	5,179	6,417	376	91	6,208	7,256	134,351	7,979
5月	8,849	5,100	1,158	3,942	2,700	345	705	5,540	3,309	135,057	8,332
6月	11,538	7,114	1,385	5,729	3,782	361	281	7,615	3,922	135,239	11,171
7月	10,588	6,435	1,187	5,247	2,864	373	916	6,605	3,983	138,035	7,882
8月	10,877	5,546	1,194	4,352	3,247	336	1,749	7,446	3,431	138,708	9,176
9月	13,461	9,484	1,926	7,557	2,855	466	657	9,250	4,211	139,433	13,045
10月	11,711	7,083	1,417	5,666	2,927	471	1,231	7,219	4,492	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	07年	08年	09年	10年	11年	12年	13年	13年 10月	11月	12月	14年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
総 額	20,478	18,099	7,492	15,342	19,520	17,343	17,152	1,619	1,412	1,528	1,399	1,441	1,705	1,492	1,473	1,653	1,541	1,427	1,679	1,652
海 外 需 要	14,209	12,996	4,727	11,904	15,163	12,357	10,682	970	874	995	916	926	1,196	999	975	957	1,005	872	1,120	1,063
海外需要を除く	6,269	5,103	2,765	3,438	4,357	4,986	6,470	649	538	533	483	515	509	493	498	696	536	555	559	589

(注) 2007～2009年は年平均で、2010～2013年は四半期ごとの平均値で図示した。  
 2013年10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

(2014年11月1日～30日)

### 機械部会



#### ■除雪機械技術委員会 幹事会

月日：11月11日(火)

出席者：江本平委員長ほか18名

議題：①ホームページの作成について  
②ロータリ除雪車の安全対策について  
③除雪機械の変遷について ④除雪機械技術ハンドブックの見直しについて  
(ロータリ除雪車・除雪グレーダ・除雪ドーザ)

#### ■基礎工用機械技術委員会 浜松防潮堤工事のMY-Box式CSG骨材製造設備見学会

月日：11月12日(水)

出席者：山下高俊委員長ほか16名

内容：浜松篠原海岸津波対策施設等政治事業(海岸)工事

概要：延長5kmの防潮堤築堤工事のうち、CSG製造プラントヤード造成工・CSGストックパイル造成・CSG製造、及びコンストラクション・マネジメント一式

場所：静岡県浜松市南区倉松地先

発注者：静岡県 浜松土木事務所

施工者：前田・須山特定建設工事共同企業体

#### ■シヨベル技術委員会

月日：11月13日(木)

出席者：尾上裕委員長ほか9名

議題：①9/26開催の機械部会 幹事会の報告について・平成26年度上期活動報告と下期活動計画・12/4開催予定の合同技術連絡会 ②ミニシヨベルの燃費基準達成認定制度についての報告 ③JCMASエネルギー消費試験方法の国際規格化に向けた評価方法の検討について、20tクラスでの市場稼働負荷サンプリングデータとJCMAS試験方法負荷の比較について、 $0.8\text{m}^3 \cdot 0.5\text{m}^3 \cdot 0.28\text{m}^3$ のJCMAS燃費試験データ(2006年規制車)からの時間燃費の比較検討について(CMI稲葉氏への検討依頼結果)、燃費基準値から実燃費と作業量の両方を評価できる方法の検討 ④その他

#### ■基礎工用機械技術委員会

月日：11月19日(水)

出席者：山下高俊委員長ほか15名

議題：①12/4(木)開催予定の機械

部会・製造業部会 合同技術連絡会での発表資料原稿について ②下期活動計画の進め方について ③12/12開催の浜松防潮堤工事CSG製造設備見学会の概要報告 ④その他

#### ■トンネル機械技術委員会

月日：11月25日(火)

出席者：赤坂茂委員長ほか17名

議題：①排出ガス基準別トンネル機械保有台数・現状の課題・今後の方向性に関する調査アンケートについて、アンケート調査結果(前回分プラス今回追加分を加えた)のメーカ・レンタル・建設会社・トンネル専門協会の集計結果と分析および取りまとめ方法について、現状の課題について、その他  
②現場・工場見学会について、12/5予定の古河ロックドリル吉井工場見学会および2月予定の千代田区永田町H&Vシールド工事(前田・大日本JV)のその後の状況確認について  
③その他

#### ■情報化機器技術委員会

月日：11月28日(金)

出席者：白塚敬三委員長ほか8名

議題：①規格(ISO 16001/ISO5006)の動向(欧州会合結果)についての説明 ②「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入重点分野」のその後の動きについて ③9/26開催の機械部会・幹事会の報告について ④安全確保用情報化機器や監視装置についての紹介／情報共有 ⑤「次世代無人化施工技術研究組合」の設立について ⑥その他情報交換

### 製造業部会



#### ■作業燃費検討WG

月日：11月19日(水)

出席者：尾上裕WGリーダーほか13名

議題：①燃費基準達成建設機械の規定および低炭素型建設機械の規定における「同一型式」の確認と整理 ②その他(報告)、経産省の「省エネルギー型建設機械導入補助事業」における燃費差評価方法について、JCMAS H022土工機械 燃料消費量試験方法 ホイールローダのハイブリッド等を組み込んだ見直しについて

### 建設業部会



#### ■クレーン安全情報WG

月日：11月18日(火)

出席者：坂下誠WG主査ほか8名

議題：①改訂原稿の校正確認 ②掲載決定の事故事例8件の原稿確認 ③表紙写真の選定 ④その他(裏表紙の協力会社掲載の件)

### 各種委員会等



#### ■機関誌編集委員会

月日：11月5日(水)

出席者：渡辺和弘事務局長ほか14名

議題：①平成27年2月号(第780号)の計画の審議・検討 ②平成27年3月号(第781号)の素案の審議・検討 ③平成27年4月号(第782号)の編集方針の審議・検討 ④平成26年11～平成27年1月号(第777～779号)の進捗状況の報告・確認

#### ■建設経済調査分科会

月日：11月19日(水)

出席者：山名至孝分科会長ほか3名

議題：①平成27年1月号「平成26年度建設機械市場の現状」原稿検討 ②平成27年2月号以降のテーマ決定(持ち寄り情報の検討) ③その他

#### ■新機種調査分科会

月日：11月25日(火)

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

## 支部行事一覽

### 北海道支部



#### ■平成26年度情報化施工推進連絡会

月日：11月5日(水)

場所：さつげんビル6階会議室

内容：①平成25年度情報化施工推進連絡会活動報告 ②平成26年度情報化施工推進連絡会活動方針…事務局体制について、データベースの更新について、「情報化施工とCIMシンポジウム北海道」の開催について、地方公共団体向け勉強会の実施 ③情報提供…平成26年度情報化施工の取り組み(北海道開発局・北海道庁)、情報化施工の今後の取組方針(案)、その他

出席者：39名

#### ■「情報化施工とCIMシンポジウム北海道」事務局会議

月日：11月17日(月)

場所：札幌第1合同庁舎会議室

出席者：古賀修也広報部会相談役ほか6名

内容：①シンポジウム開催概要について ②主催者等について ③プログラム概要について ④基調講演及びパネラーの選任及び依頼について ⑤その他

### ■建設施工と建設機械シンポジウム

月日：11月26日(水)～27日(木)  
場所：機械振興会館 B2ホール・研修室  
出席者：北村征北海道支部施工技術検定委員長ほか3名

## 東北支部

### ■施工部会(除雪講習会開催)

月日及び場所：11月5日(水) 仙台  
参加者：183名

### ■広報部会(第1回EE東北実行委員会)

月日：11月10日(月)  
場所：フォレスト仙台  
出席者：安田吾郎企画部長ほか33名  
議題：①EE東北'14決算報告 ②EE東北'15組織(案) ③EE東北'15実施方針(案) ④EE東北'15予算(案) ⑤今後の予定 ⑥技術管理課より2015建設リサイクル技術発表会・技術展示会について

### ■企画部会

月日：11月10日(月)  
場所：東北支部会議室  
出席者：阿部新治部会長ほか4名  
議題：平成26年度第2回運営委員会開催打合せ…第1号議案 平成26年度上半期事業報告について、第2号議案 平成26年度上半期事業決算状況について、その他

## 北陸支部

### ■北陸防災連絡会議

月日：11月6日(木)  
場所：新潟県自治会館  
出席者：丸山輝彦支部長(宮村兵衛事務局代理出席)  
議題：①北陸防災連絡会議での検討項目と各機関の取り組み ②各機関からの情報提供

### ■柏崎市除雪講習会

月日：11月21日(金)  
場所：柏崎市役所 会議室  
出席者：講師派遣 青木鉄朗普及部会長  
受講者：柏崎市道路除雪施工者65名

### ■建設技術報告会第2回実行委員会

月日：11月26日(水)  
場所：新潟国道事務所 会議室  
出席者：坪内昭雄普及部会担当委員

議題：①平成26年度建設技術報告会実施結果報告について ②平成26年度建設技術報告会収支報告について ③平成27年度建設技術報告会の開催(案)について

## 中部支部



### ■道路除雪講習会

月日：11月12日(水)  
場所：岐阜県高山市飛騨・生活文化センター  
参加者：38名

### ■技術・調査部会

月日：11月17日(月)  
出席者：青木部会長ほか9名  
議題：技術発表会原稿査読及び準備について

### ■広報部会

月日：11月28日(金)  
出席者：森副部会長ほか5名  
議題：支部だよりの校正について

## 関西支部



### ■建設業部会・リース・レンタル業部会合同見学会、部会

月日：11月7日(金)  
場所：ヤンマーミュージアム  
参加者：寺口勝久建設業部会長、伊勢木浩二リース・レンタル業部会長以下22名  
内容：①ヤンマーミュージアム見学 ②部会(合同討論会)について

### ■大規模津波防災総合訓練

月日：11月8日(土)  
場所：和歌山市下津港 西浜地区  
参加者：松本克英事務局長  
内容：平成26年度大規模津波防災総合訓練

### ■「ふれあい土木」出展

月日：11月14日(金)～15日(土)  
場所：近畿技術事務所  
入場者：約1,600人  
テーマ：「情報化施工の普及促進」

### ■道路管理者除雪技術講習会

月日：11月17日(月)  
場所：今庄365スキー場  
参加者：24名  
内容：①除雪作業体制と安全管理及び除排雪作業における事故事例紹介 ②除雪機械のアセットマネジメントについて ③除雪機械保守点検整備要領について

### ■除雪機械運転技術講習会

月日：11月18日(火)

場所：今庄365スキー場

参加者：66名

内容：①除排雪作業に伴う労働災害事故防止について ②除排雪作業に伴う交通事故防止対策について ③実技指導訓練 ④実技施工訓練

### ■企画部会

月日：11月19日(水)  
場所：関西支部 会議室  
出席者：溝田寿企画部会長以下8名  
議題：①運営委員会に提出する議題関連 ②その他

### ■建設用電気設備特別専門委員会(第403回)

月日：11月26日(水)  
場所：中央電気倶楽部 会議室  
議題：①前回議事録確認 ②JEM-TR236建設工事用400V級電気設備施工指針の審議 ③その他

### ■運営委員会

月日：11月27日(木)  
場所：大阪キャッスルホテル 6F 会議室  
出席者：深川良一支部長以下28名  
議題：①平成26年度上半期事業報告 ②平成26年度上半期経理概況報告 ③その他

## 中国支部



### ■土木機械設備技術研修会

月日：11月18日(火)  
場所：土師ダム管理所  
参加者：16名  
内容：①施設の概要について 土師ダム施設管理者 ②施設見学(土師ダム機械設備) ③意見交換会

### ■情報化(ICT)施工研修会

月日：11月19日(水)  
場所：(座学)下関リサイクルプラザ・(実習)下関北BC垢田地区舗装工事現場  
参加者：42名

内容：【座学】①情報化施工技術の最近の動向について 国土交通省中国地方整備局企画部施工企画課 ②現場説明及び情報化施工技術の活用について 奥村組土木興業(株)現場代理人 前田幸孝氏【実習】①トータルステーションによる出来形管理技術 ②マシンコントロール(モータグレーダ)技術 ③TS・衛星測位システム「GNSS」による締固め管理技術 奥村組土木興業(株)

### ■第6回企画部会

月日：11月20日(木)

場 所：中国支部事務所

出席者：鷺田治通企画部長ほか3名

議 題：①中国地方整備局との意見交換会について ②建機リース・レンタル協会との連携について ③地震・津波対策訓練の参加協力について ④その他懸案事項

#### ■ CIM・情報化施工 最新情報セミナー

月 日：11月27日(木)

場 所：クレド岡山

参加者：88名

内 容：① CIM 最新情報及び CIM 試行実施状況について 施工技術総合研究所 ② OCF の CIM 取り組み OCF 会員 ③ CIM 試行案件の事例紹介 OCF 会員 ④ 情報化施工の事例紹介 OCF 会員 ⑤ CIM に対応するためのツールとデータ連携のデモ OCF 会員

#### ■ 除雪機械の運転技術講習会

月 日：11月28日(金)

場 所：鳥根県雲南県土整備事務所及び斐伊川河川敷

参加者：24名

内 容：①鳥根県における除雪…鳥根県土木部道路維持課 須谷元保氏 ②冬季道路の交通確保…国土交通省松江国道事務所道路管理第二課長 甲田展丈氏 ③除雪ドーザアタッチメント各種と除雪作業の安全について…日本建設機械施工協会中国支部 原幹生氏 ④冬期の道路交通における事故防止について…鳥根県警雲南警察署交通課長 吾郷弘章氏 ⑤除雪機械の取扱い…日本建設機械施工協会中国支部 大石静夫氏 ⑥除雪機械毎の取扱い(現地実習:班別) ⑦意見交換(グループ討議)

## 四 国 支 部



#### ■ 国交省との共催事業・平成26年度遠隔操縦式バックホウ等操作訓練

月 日：11月11日(火)～13日(木)

場 所：国土交通省四国技術事務所(高松市牟礼町)

受講者：41名

内 容：① 0.45 m<sup>3</sup> 級バックホウを目視により遠隔操縦する訓練 ② 1.0 m<sup>3</sup> 級バックホウをカメラ映像により遠隔操縦する訓練 ③ 目視による遠隔操縦訓練に関し、訓練前後の投量変化を評価 ④ 講習修了証の発行

#### ■ 運営委員会

月 日：11月18日(火)

場 所：ホテル「マリンパレスさぬき」(高松市)

出席者：鳥弘支部長ほか22名

議 題：①平成26年度上半期事業報告に関する件 ②平成26年度上半期収支状況報告に関する件 ③平成26年度下半期事業計画(案)に関する件 ④機関誌「しこく」編集委員の追加に関する件 ⑤人事異動等に伴う役員等の変更に関する件 ⑥その他

#### ■ 平成26年度 J.C.M.A. 四国支部建設施工研修会

月 日：11月19日(水)

場 所：建設クリエイティブ第一会議室(高松市)

参加者：21名

内 容：「液状化対策 総括版」「鳥原道路舗装工事」等、全13件の建設記録映像 DVD を上映

## 九 州 支 部



#### ■ 企画委員会

月 日：11月13日(木)

出席者：久保田正春企画委員長ほか9名

議 題：①第2回運営委員会の開催について ②「建設機械施工」ずいそう執筆について ③日本建設機械施工大賞について ④その他

#### ■ 平成26年度第2回運営委員会

月 日：11月13日(木)

出席者：江崎哲郎支部長ほか13名

議 題：①平成26年度上半期事業報告 ②平成26年度上半期経理概況報告 ③支部団体会員数について ④運営委員等交代について

#### ■ 第1回情報化施工技術講習会

月 日：11月18日(火)

場 所：大分県建設会館(大分市)

受講者：15名

内 容：①国土交通省の情報化施工への取り組み ②情報化施工設計データ作成について ③情報化施工設計データ帳票について ④情報化施工使用機器機材の特徴と設計データ活用 ⑤トータルステーション実機デモ

#### ■ 第2回情報化施工技術講習会

月 日：11月19日(水)

場 所：福岡建設会館(福岡市)

受講者：34名

内 容：①国土交通省の情報化施工への取り組み ②情報化施工設計データ作成について ③情報化施工設計データ帳票について ④情報化施工使用機器機材の特徴と設計データ活用 ⑤トータルステーション実機デモ

## 編集後記

読者の皆さんお元気でしょうか。今これを10月終わりのころ書いています。だんだん寒気が増していくこのころです。

今回の1月号は、盛り沢山な内容になった気がします。目玉は、建山先生と油田先生のインタビューではないでしょうか。新年号なので、今後の建機について、明るく夢のある話題が載せられないかということで企画されました。両先生には、ホットな話題を提供していただきありがとうございました。

できるだけ、建設機械関連の最新の話題を幅広く集めたいと思いましたが、新聞、各種展示会、新機種紹介記事などの情報、編集委員のご協力により何とかなりました。いくつも紹介していただいた方には、感謝します。ここ数年の日本の建設機械の現状の一端を紹介できればと思っています。

行政情報には、経済産業省より寄稿いただきました。省エネ型建機の導入促進に関する情報です。

報文も今回は、16編ほどあり、通常より多くなっています。報文の内容は、新しい高度な土木技術、新製品、情報化施工、ロボット化、機械の開発、部品管理、安全システムなどに関連するものです。平成23年から平成26年3月ころまでの情報ですので、まだ新しいのではないのでしょうか。何かお役に立てれば幸いです。

交流の広場は、(株)アイザック様の原稿だけの予定でしたが、ちょうど南極点到達雪上車が2014年度機械遺産に認定されたというニュースがありましたので、追加し、通常1本のところが2

本になりました。自画自賛ですが、機械遺産の話は、新年号にふさわしい気もします。除雪ロボットもユニークなものです。ロボットは、いろんな企業が手がけており、ロボカップなども開催されて、非常に幅広い裾野を持っているようです。ベンチャー企業の活躍の場でもあります。日本の底力を感じました。新しい芽が出てきているようです。

随想は、常田様に平成26年7月号に執筆していただきましたが、再度の依頼に快くお引き受けいただきありがとうございました。

総じてハイブリッド建機、情報化施工、ロボットなどが、これからの大きな流れになるのかなと感じました。

究極的には、無人の建機が稼動する世界が来るような気もします。現場には、人間は居なくて、粛々と作業が進められる。そうすると、建機に求められる機能も変化していくでしょう。オペレータでなく、周辺の住民や環境への配慮のみが必要となる。どういう方向に発展していくのか、わかりません。分野、機種、作業の単純性などによって歩みは、異なっていくのは想像できます。格段に制御関係の技術が進歩しないと実現は難しいということでしょうか。油田先生が言われるようにロボットの作業環境からの歩みよりも大きなポイントです。必要な技術が熟してきたときに、自然とそういった方向に何か組織的な動きが加わって、大きな方向転換が起こるのかもしれない。雑駁、勝手な想像で申し訳ありません。

今回執筆いただいた方々、仲介の労をとっていただいた各社広報関係の方々に厚く御礼申し上げます。

(江本・石倉)

## 機関誌編集委員会

### 編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
塚原 重美	中岡 智信
中島 英輔	橋元 和男
本田 宜史	渡邊 和夫

### 編集委員長

田中 康順 (株)鹿島道路

### 編集委員

吉田 潔	国土交通省
三浦 弘喜	農林水産省
伊藤 健一	(独)鉄道・運輸機構
篠原 望	(株)鹿島建設
立石 洋二	大成建設(株)
藤内 隆	清水建設(株)
赤井 亮太	(株)大林組
久保 隆道	(株)中工務店
安川 良博	(株)熊谷組
川西 健之	(株)興村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
岡田 英明	五洋建設(株)
齋藤 琢	東亜建設工業(株)
赤神 元英	日本国土開発(株)
相田 尚	(株)NIPPO
岡本 直樹	山崎建設(株)
太田 順子	コマツ
大塚 清伸	キャタピラー・ジャパン(株)
小倉 弘	日立建機(株)
上田 哲司	コベルコ建機(株)
石倉 武久	住友建機(株)
原 幹生	(株)KCM
江本 平	範多機械(株)
竹本 憲充	施工技術総合研究所

### 事務局

日本建設機械施工協会

### 2月号「エネルギー・エネルギー施設特集」予告

- ・小水力発電の普及への取組
- ・下水熱利用 活用に動き出す都市の埋蔵熱源
- ・遊休地を利用したメガソーラ
- ・波力発電に関する技術報告
- ・水中浮体式の海流発電システム
- ・神鋼・東芝、南あわじバイナリー発電 実験設備が試験運転
- ・温泉バイナリー発電の試み
- ・省エネからゼロエネへ ZEB 実証棟の建設
- ・建設機械へのバイオディーゼル燃料の普及に関する研究
- ・管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用
- ・国内初の下水道管からの熱利用
- ・日本最大級の槽設備を使用した大深度立坑の施工

## 建設機械施工

第67巻第1号(2015年1月号)(通巻779号)

Vol.67 No.1 January 2015

2015(平成27)年1月20日印刷

2015(平成27)年1月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 辻 靖三

印刷所 日本印刷株式会社

## 発行所 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 〒980-0802 仙台市青葉区二丁目16-1	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](mailto:san-mich@zam.att.ne.jp) 担当: 田中

KOBELCO

低燃費のコベルコ!  
低炭素社会の実現へ

ボンネットの中に見る劇的進化。

MINI X **iNDr+E**

(専用仕様機)



**クラスはミニでも、技術は重機。**

その実物を目にすれば、重厚感に驚かされる。  
動かしてみれば、まずは静かさ、  
そして性能や乗り心地に新鮮さを感じられる。  
ボンネットを開けて見れば、その瞬間にかつてない  
ミニであることを発見できる、  
重機テクノロジー、iNDr。  
さらにその進化形iNDr+Eが新たに誕生。  
コベルコの新型ミニ、アセラ・ジオスペック。  
この夏、5クラスのニューラインナップが完成しました。



SK28SR

SK30SR

SK35SR

SK45SR

SK55SR

MINI EXCAVATOR **ACERA  
GEOSPEC**

コベルコ建機株式会社 <http://www.kobelco-kenki.co.jp>  
東京本社/〒141-8626 東京都品川区東五反田2-17-1 ☎03-5789-2111

# HITACHI

Reliable solutions

「TRIAS」が実現した、  
低燃費と作業性の両立。



ZX200-5B

# ZAXIS

*Empower your Vision.*

ZX200-5Bは、3ポンプ3バルブ方式の省エネ油圧システムTRIAS（トライアス）を搭載。ポンプとバルブを増やしたことにより、大容量でありながら細やかな出力調整が可能となり、作業性と低燃費の両立を実現しました。さらに、耐久性、環境性能、安全性にも磨きをかけた、時代をリードするショベルです。



燃料消費量  
(対ZX200-3 Pモード比)  
PWRモード17%低減  
ECOモード25%低減

 日立建機株式会社

<http://www.hitachi-kenki.co.jp/>



吸塵式乾式カッター  
**MCD-RY14**



低騒音型  
 プレートコンパクター  
**MVC-F40S**  
 NETIS No.TH-100006



低騒音型  
 バイブレーションローラー  
**MRH-601DS**  
 低騒音指定番号5097

未来へ伸びる、三笠の技術。



転圧センサー

バイプロコンパクター  
**MVH-308DSC-PAS**  
 NETIS No.TH-120015



防音型  
 タンピングランマー  
**MT-55L-SGK**  
 NETIS No.TH-100005



高周波バイブレーター  
**FX-40/FU-162**

**三笠産業株式会社**

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 / 〒101-0064 東京都千代田区猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

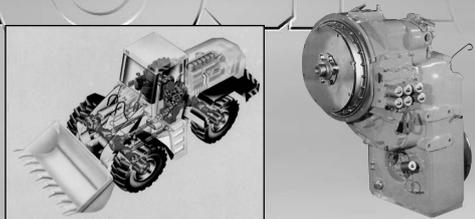
大阪支店 TEL: 06-6541-9631	北関東営業所 TEL: 0276-74-6452	中国営業所 TEL: 082-875-8561	沖縄出張所 TEL: 090-7440-0404
札幌営業所 TEL: 011-892-6920	長野出張所 TEL: 080-1013-9542	四国出張所 TEL: 087-868-5111	
仙台営業所 TEL: 022-238-1521	中部営業所 TEL: 052-451-7191	九州営業所 TEL: 092-431-5523	
新潟出張所 TEL: 090-4066-0661	金沢出張所 TEL: 080-1013-9374	南九州出張所 TEL: 080-1013-9558	

MARUMA

# あらゆる建設機械／シールドマシン・・・ 油圧機器の整備・再生

## 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ゆえんです。



## 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丁目2番1号

TEL042 (751) 3809 FAX042 (756) 4389

E-mail:yuki@maruma.co.jp

東京事業部 〒156-0054 東京都世田谷区桜丘1-2-22

E-mail:tokyo@maruma.co.jp

TEL03 (3429) 2141 FAX03 (3420) 3336

名古屋事業所 〒485-0037 愛知県小牧市小針2-18

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

TEL0568 (77) 3311 FAX0568 (77) 3719

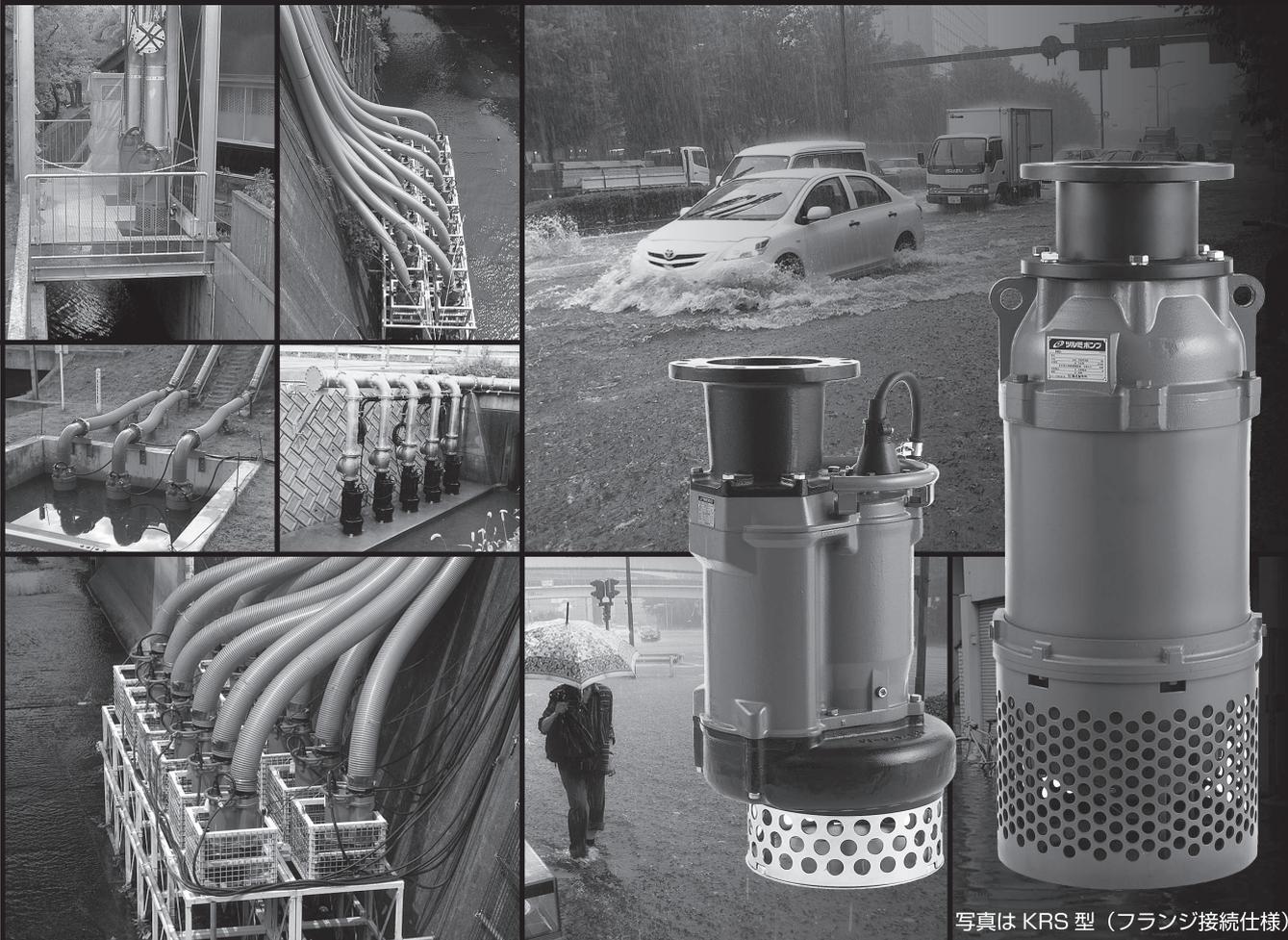
URL <http://www.maruma.co.jp/>



# 自然の驚異！！

## 多発するゲリラ豪雨

災害時はもちろん、様々な簡易雨水排水設備で活躍します。



写真は KRS 型（フランジ接続仕様）

工事現場などで活躍する大容量性能の水中ポンプは、フランジ接続仕様にする事で、簡易雨水排水設備などにも対応可能です。

株式会社 鶴見製作所

大阪本店：〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40  
東京本社：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8

TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800  
TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429

北海道支店：TEL.(011)787-8385 東京支店：TEL.(03)3833-0331 中部支店：TEL.(052)481-8181 近畿支店：TEL.(06)6911-2311 四国支店：TEL.(087)815-3535  
東北支店：TEL.(022)284-4107 北関東支店：TEL.(027)310-1122 北陸支店：TEL.(076)268-2761 中国支店：TEL.(082)923-5171 九州支店：TEL.(092)452-5001

[www.tsurumipump.co.jp](http://www.tsurumipump.co.jp)

# 建設機械施工 広告掲載のご案内

月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、鉄道、建築等の最新建設報告等を好評掲載しています。

## ■職業別 購読者

建設機械施工 / 建設機械メーカー / 商社 / 官公庁・学校 / サービス会社 / 研究機関 / 電力・機械 等

## ■掲載広告種目

穿孔機械 / 運搬機械 / 工事用機械 / クレーン / 締固機械 / 舗装機械 / 切削機 / 原動機 / 空気圧縮機 / 積込機械 / 骨材機械 / 計測機 / コンクリート機械 等

広告掲載・広告原稿デザイン — お問い合わせ・お申し込み

## サンタナアートワークス

広告営業部：田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F



## 建設機械施工 カタログ資料請求票

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はこの用紙を利用し、ファクシミリなどでお送りください。

※カタログ/資料はメーカーから直送いたします。 ※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お名前： \_\_\_\_\_ 所属： \_\_\_\_\_

会社名(校名)： \_\_\_\_\_

資料送付先： \_\_\_\_\_

電話： \_\_\_\_\_ F A X： \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

	広告掲載号	メーカー名	製品名
①	月号		
②	月号		
③	月号		
④	月号		
⑤	月号		

FAX 送信先：サンタナアートワークス 建設機械施工係 FAX:03-3664-0138

それはいつまでも  
青い空のために



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  
SAE 10W-30 / SAE 15W-40

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。

 **コスモ石油ルブリカンツ株式会社** <http://www.cosmo-lube.co.jp/>  
カスタマーサポートセンター：0120-15-4899

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

# RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー



カッター出力 330kW  
総質量 120ton



## 主な特長

- カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- 機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m（ケーブルハンガーを除く）
- 定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- 高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- 接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

**KYB** カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO., LTD

<http://www.kyb-ksm.co.jp>

本社・営業	〒105-0012	東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル	TEL. 03-5733-9444
カスタマーサービス相模事業所	〒252-0328	神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号	TEL. 042-767-2586
大阪支店	〒564-0063	大阪府吹田市江坂町1丁目23番20号 TEK第二ビル	TEL. 06-6387-3371
西部支店	〒812-0016	福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多	TEL. 092-411-4998
三重工場	〒514-0396	三重県津市雲出長常町1129番地11	TEL. 059-234-4111

# クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他 産業機械用無線操縦装置

今や、業界唯一。  
日本国内自社自力生産・直接修理を實踐中！

## ポケットサイズ ハンディ～ショルダー機 フルラインアップ!!

**ケーブルレス** **サテレ-タ** **リモコン** **無線操作**

Nシリーズ 微弱電波  
Rシリーズ 産業用ラジコンバンド  
Uシリーズ 429MHz帯 特定小電力  
Gシリーズ 1.2GHz帯 特定小電力  
ポーバ 防爆形無線機

- ◆ 業界唯一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応！
- ◆ 常に！業界一のコストパフォーマンス！
- ◆ 迅速なメンテナンス体制！
- ◆ 未来を見据えた過去の実績を見て下さい！代々交換性を継承、補修の永続制

## 新 スリムケーブルレス

より安価なオーダー対応を實現！

## 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

**モデルチェンジ！  
内部設計を一新**

2段押しスイッチ  
装着可能

自由度の高い  
多様なオーダー対応  
ボタン配置自在/最大32点

優れた  
耐塵・防雨性能  
送信機はIP65相当

自社開発 高耐久性  
2段押しスイッチを  
装着可能

パネルゴム突起で  
操作クリック感が  
向上

8操作標準型  
RC-5808N

- 8操作8リレー
- 軽量コンパクト受信機

セットで  
15万円  
(税抜価格)

12操作標準型  
RC-5812N

- 12操作12リレー
- 照明出力リレーの保持を標準採用

セットで  
17万円  
(税抜価格)

16ボタン  
モデル

16操作標準標準型  
RC-5816N

- 16操作16リレー
- 同じ外形で16個のボタンをコンパクトに配置

N/U/Gシリーズ  
標準型  
RC-6016N

- 16操作16リレー  
最大25リレーまで対応可能

セットで  
20万円  
(税抜価格)

防爆形 対応可能 (N/Uシリーズ)

微弱電波・特定小電力  
両モデル対応

2段押し・特殊  
スイッチ装着可能

標準型  
RC-8616N

- 16操作16リレー  
最大32リレーまで  
対応可能

セットで  
22万円  
(税抜価格)

**新 タフ頑強ケーブルレス**

モデルチェンジ！内部設計を一新!!  
全ての互換を優先しました。

N/U/Gシリーズ

堅牢なボディ  
耐衝撃性能が向上

優れた  
耐塵・防雨性能  
送信機はIP65相当

ハンディなのに  
特殊スイッチを  
装着可能

特殊スイッチ  
オーダー対応例

自社開発 高耐久性  
2段押しスイッチを  
装着可能

裏面スイッチ

防爆形はTX-8400型送信機で対応 (Nシリーズのみ)

マイティサテレ-タ N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力  
両モデル対応

防爆形 対応可能 (Nシリーズのみ)

3ノッチジョイスティック型  
RC-7132N

セットで  
90万円  
(税抜価格)

全押しボタン  
RC-7126N

セットで  
45万円  
(税抜価格)

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

旧アンリツ製 デジタルテレコン  
入替専用モデル

● 操作信号数 最大32点  
(またはプロボ最大6項目と入出力信号26点以下)

新型ジョイスティック

3ノッチ  
ジョイスティック型  
RC-7233UAN

スイッチガード付き押しボタン

全押しボタン型  
オーダー例  
RC-7215U

チップケーブルレス Nシリーズ

微弱電波モデル  
対応

標準型  
RC-3208N

- 8操作  
8リレー

セットで  
12万円  
(税抜価格)

コンパクトという選択肢!!

片手で握り替えずに  
正逆操作が行えます!

チップ部品採用で  
ポケットサイズ化

トコトコ機能を絞って  
コストダウン

アルカリ乾電池なら  
連続使用60時間以上

高い防水性能  
送信機はIP65

従来の機と  
信号互換あり!

受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

ケーブルレスミニ

微弱電波・ラジコンバンド  
両モデル対応

N/Rシリーズ

● 微弱Nシリーズは240MHz化でより安定した電波の飛び!

- 3操作3リレー  
最大5リレーまで対応可能
- 2段押しスイッチ追加可能! (オプション)

標準型  
RC-4303N/R

セットで  
10万円  
(税抜価格)

特許! テルハには  
ゼロ線電源\*で  
電気配線工事不要!!  
更におんぶ/だっこ金具\*で  
取付簡単!! (オプション)

リモコン  
無線操作 N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力  
両モデル対応

標準型  
RC-2512N

セットで  
22万円  
(税抜価格)

軽量コンパクト  
ショルダータイプ

● 12操作12リレー  
最大32リレーまで対応可能

● 見易くなった電池残量告知ランプ付

価格もサイズも  
ハンディー並み!

データケーブルレス

微弱電波・特定小電力  
ラジコンバンド  
全モデル対応

N/R/U/G  
シリーズ

送信機 (外部接点入力型)

7100型 ▶  
6300型 ▶  
5700型 ▶  
3200型 ▶

受信機

● 機器間の信号伝送に!  
● 多芯の有線配線の代わりに!

標準型 セットで  
TC-1305R 20.5万円 (税抜価格)  
TC-1308N (微弱電波) 22万円 (税抜価格)

写真は  
Uシリーズ

工夫次第で用途は無限!

MAXサテレ-タ Uシリーズ  
Gシリーズ

特定小電力  
専用モデル

ジョイスティック  
特殊スイッチ装着可能

RC-9300U

全押しボタン  
装着タイプ

セットで  
95万円  
(税抜価格)

● 多機能多操作  
(比例制御対応も可)

金属シャシの  
多操作・特注仕様専用機!!

無線変速ジョイスティック  
2本装着例

無線式火薬庫警報装置  
発破番 ES-2000R

標準付属品付  
セットで  
40万円  
(税抜価格)

● 長距離伝送  
到達距離約2km~(6km)

● 受信機から  
電話回線接続機能

● 高信頼性  
異常判定アルゴリズム

● 音声メッセージで  
異常箇所を連絡(受信側)

● 大音量警鳴音発生  
110dB/m

ER-2000R (受信機) ET-2000R (送信機)

無線化工事のこなすフルライン、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

本カタログの価格は、全て税抜表示となっています。

# 進化した、 本物の ハイブリッド。

2008年から発売を開始した  
コマツハイブリッド油圧ショベルは、  
国内で1,200台を超える実績を重ね、  
確かな信頼を得ました。  
さらなる進化を遂げて誕生した  
コマツ第三代ハイブリッドHB205-2は、  
油圧ショベルのスタンダードとなります。

NEW

- 特定特殊自動車排出ガス2011年基準適合車
- 低炭素型建設機械
- 超低騒音型建設機械
- NETIS登録商品(登録番号KT-120070-A)



- 燃料消費量

PC200-8N1 比 **30% 低減/時間**  
PC200-10 比 **20% 低減/時間**

※ KOMTRAXの解析による平均作業バターン時。  
実際の作業では、作業内容により上記以下に  
なる場合があります。



## KOMATSU

### コマツ 国内販売本部

〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6 <http://www.komatsu-kenki.co.jp>

雑誌 03435-1



4910034350155  
00800

「建設機械施工」  
定価 本体八〇〇円(税別)