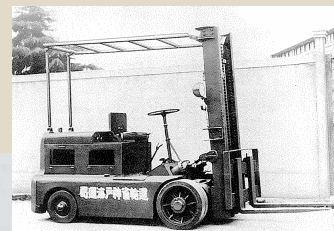
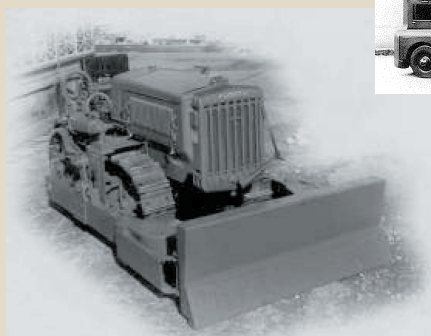


建設の施工企画 1

2011 JANUARY No.731 JCMMA

日本機械学会認定機械遺産と
進化する建設機械

ブルドーザG40



内燃機関式
フォークリフト



ハイブリッドショベル



4脚クローラ機構 (試作機)

建設機械 特集

- 建設機械の遠隔操作技術(ヒューマンインターフェイス)に関する研究
- ブルドーザG40(小松1型均土機)の紹介
- 内燃機関式フォークリフト(TCM 型式 F-6-120)
- 4脚クローラ式不整地移動機構の開発
- 建設機械におけるICTシステムの活用
- 日・米・欧の排出ガス規制対応技術
- 超低騒音仕様油圧ブレーカを用いた解体・掘削工法
- ハイブリッドショベル
- 環境に優しい電動コンクリートポンプ車
- 建物内においてロボット位置を瞬時に検出できるシステム
- 電磁誘導加熱(IH)を利用した鋼床版上のアスファルト舗装の剥離工法

第59回米国建設機械化視察団 団員募集のお知らせ

CONEXPO 2011(ラスベガス)

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。今回の視察の主目的は、アメリカ・ラスベガス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“CONEXPO 2011”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、130ヵ国2,000社以上／団体が出展を予定しており、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、ロサンゼルスにおけるインフラ整備、環境保全等の現場視察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、アメリカ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】アメリカ・ラスベガス

【期 間】2011年3月22日(火)～26日(土)

【周 期】3年毎

【主 催】AEM、NRMCA、NSSGA

【会 場】ラスベガスコンベンションセンター

【出展社】2,000社(2008年実績)

【入場者】144,600人(2008年実績)

【主要出展品目】

建設機械、建設用車輛、リフト、コンベヤー、建設機器・工具、特別システム、コンクリート店モルタル処理・製造、型枠、足場、鋳業用原料抽出機械、原料処理、選鉱、建材用セメント・石灰・石膏製造、コンクリート・コンクリート製品・プレハブ構成材製造機械・システム、アスファルト製造機械・プラント、予混合ドライモルタル・漆喰・スクリード製造機械・プラント、石灰砂岩・発電所残渣使用建材製造・プラント、石膏・石膏ボード製造機械・システム、建材処理・包装トランスミッション・流体技術、発電ユニット、付属品、摩耗部品、サービス、検査、測定、プロセス制御技術、通信、ナビゲーション、作業安全 など

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	2011年 3月21日 (月)	東京(成田)発 ラスベガス着	夕 刻 午 後	航 空 機 専 用 車	空路、ラスベガスへ(米国1都市乗り継ぎ) -----日付変更線----- 到着後、ホテルへ (ラスベガス泊)
2	3月22日 (火)	ラスベガス滞在	終 日	公共交通機関	◎CONEXPO 2011国際建設機械見本市視察 (ラスベガス泊)
3	3月23日 (水)	ラスベガス滞在	終 日	公共交通機関	◎CONEXPO 2011国際建設機械見本市視察 (ラスベガス泊)
4	3月24日 (木)	ラスベガス空港発 ロサンゼルス空港着	午 前 午 後	航 空 機 専 用 車	空路、ロサンゼルスへ ◎工事現場視察又は企業訪問 (ロサンゼルス泊)
5	3月25日 (金)	ロサンゼルス滞在	終 日	専 用 車	◎工事現場視察又は企業訪問 (ロサンゼルス泊)
6	3月26日 (土)	ロサンゼルス発	午 前	航 空 機	空路、帰国の途へ (機内泊)
7	3月27日 (日)	東京(成田)着	午 後		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23年3月21日(月)～3月27日(日) 5泊7日

視 察 地 ラスベガス・ロサンゼルス(2都市)

催行人員 最少催行人員10名(添乗員同行)

参 加 費 お一人様338,000円(1人1室)(空港税・燃油サーチャージ別途)

締 切 日 募集締切日は2011年2月10日(木)

募集パンフレット請求先⇒ 近畿日本ツーリスト(株) 虎ノ門公務旅行支店 担当:宮(キュウ)・日沼

TEL03-3502-2921 FAX03-3502-2920

●御問い合わせ先●

社団法人 日本建設機械化協会

〒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:齋藤 清志

平成23年度

(社)日本建設機械化協会会長賞の公募について

拝啓 時下ますますご清栄のこととお慶び申し上げます。

また、平素より、(社)日本建設機械化協会の事業につきましては格別のご理解、ご支援を賜り厚く御礼申し上げます。

本協会では、**(社)日本建設機械化協会会長賞**を創設し、平成元年度から、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。

今年度も下記により受賞候補者を公募致しますので、内容をご検討の上、ご応募いただきますようよろしくお願い申し上げます。

敬具

記

1. 表彰の目的

我が国の建設事業における**建設機械及び建設施工に関連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、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、本賞（**会長賞**）、**貢献賞**及び**奨励賞**とします。

受彰者には賞状、賞牌及び副賞として1件につき下記の賞金を授与します。

副賞賞金	本 賞	・・・50 万円
	貢献賞	・・・20 万円
	奨励賞	・・・10 万円

4. 表彰式

本協会通常総会（**平成23年5月25日（水）**）終了後に行います。

5. 応募

別紙「**(社)日本建設機械化協会会長賞募集要領**」に基づく、**応募用紙**の提出により行います。なお、**自薦、他薦を問いません**。応募の締め切りは、**平成23年2月1日（火）（必着）**です。

6. 選考

本協会が設置した「**(社)日本建設機械化協会会長賞選考委員会**」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、本協会機関誌「**建設の施工企画**」及び本協会HPに、応募業績は本協会HPに掲載致します。

(社)日本建設機械化協会会長賞募集要領

1. 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。
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、PDF 形式で、電子メールにてお申し込み下さい。
なお、これによりがたい場合は別途お問い合わせ下さい。
4. 記 載 方 法
 - 「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 j 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. 開発コストおよび販売価格
 - f. 施工または生産・販売実績
 - g. 類似工法または機械との比較
 - h. 波及効果
 - i. 特許、実用新案のタイトル(出願、公開、登録、国内・国外を明記)
 - j. 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(「推薦書」・「業績の内容」セットのもの)
参考資料

5. 申込・お問い合わせ先

(社)日本建設機械化協会 白鳥宛 E-mail:shiratori@jcmanet.or.jp
TEL 03-3433-1501 : FAX 03-3432-0289



平成 22年度 施 工 技 術 報 告 会

主題「最近の建設・保全技術と施工事例」

共 催 公益社団法人 地 盤 工 学 会 関 西 支 部
社団法人 日本建設機械化協会関西支部
社団法人 土 木 学 会 関 西 支 部

三学・協会では、直接、設計・施工・保全に携わった方々に施工技術の成果を報告していただく「施工技術報告会」を毎年企画しております。過去34回における当報告会には、官公庁・建設業・コンサルタント業をはじめ広範囲の多数の技術者に参加いただき、好評を得ております。

近年、事業の計画・立地に当たっては、現場の自然環境や住環境の保護といった観点から、種々の社会的要求が出され、事業者の企画の困難さは日に日に増しています。これに伴い、技術者も厳しい条件下での設計、施工を余儀なくされており、設計方法・施工方法・使用材料・施工設備など解決すべき問題は多岐にわたっています。このような困難な工事に対応するため、安全、環境との調和を前提に、施工方法の改善・開発さらには新材料・新技術の導入などに努めています。第35回目を迎える今回は、厳しい条件下で施工された建設および保全工事の中から5件を選び、実際に施工に携わった技術者より施工事例を発表していただきます。日頃直面している諸問題について関係各位の相互啓発にたいへん参考になると存じますので、多数参加いただきますようご案内申し上げます。

記

1. 日 時 : 平成23年1月26日(水)13:30～

2. 場 所 : 建設交流館 8Fグリーンホール 電話 06-6543-2551
(大阪市西区立売堀2-1-2 地下鉄四ツ橋線本町駅23番出口より徒歩5分)

3. プログラム:(※都合により発表順序を変更する場合があります)

13:30～13:35	開会挨拶	公益社団法人 地盤工学会関西支部 支部長	霜上 民生
13:35～14:10	①合成土留壁構造道路トンネル地下函体の構築 —阪神高速道路 島屋北工区開削トンネル工事— 阪神高速道路株式会社 建設事業本部 大阪建設部淀川左岸線建設事務所 主任 鹿島・銭高・東亜建設工事共同企業体島屋北工区JV工事事務所 所長 鹿島・銭高・東亜建設工事共同企業体島屋北工区JV工事事務所 次長 鹿島・銭高・東亜建設工事共同企業体島屋北工区JV工事事務所 工事係		杉本 学 河本 勝久 馬場 寿人 ○ 井上 直史
14:10～14:45	②掘削深さ42mの円形立坑の施工 —西天満立坑築造工事— 西松建設㈱関西支店西天満出張所副所長 西松建設㈱関西支店西天満出張所工事係長 西松建設㈱関西支店西天満出張所工事主任 西松建設㈱関西支店西天満出張所工事係		鎌倉 由浩 明石 雄三 ○ 小林 直人 白武 知浩
14:45～15:20	③開削工法による大規模4連アーチカルバートの施工 —第二京阪道路 打上工事・第二京阪道路 国守工事— 西日本高速道路㈱関西支社 枚方工事事務所 西日本高速道路㈱関西支社 枚方工事事務所 ㈱大林組・青木あすなろ建設㈱・㈱松村組特定建設工事共同企業体 ㈱大林組・青木あすなろ建設㈱・㈱松村組特定建設工事共同企業体 鹿島建設㈱・㈱熊谷組・みらい建設工業㈱特定建設工事共同企業体 鹿島建設㈱・㈱熊谷組・みらい建設工業㈱特定建設工事共同企業体		田口 敬介 水野 希典 ○ 黒石 浩介 安達 裕之 中野 計 内村 祥史
15:20～15:35	休 憩		
15:35～16:10	④超軟弱地盤上の盛土施工における真空圧密工法の効果 —舞鶴若狭自動車道 若狭工事— 中日本高速道路㈱名古屋支社敦賀工事事務所 所長 中日本高速道路㈱名古屋支社敦賀工事事務所 若狭工事長 前田建設工業㈱テクノロジーセンター技術研究所 主任研究員 前田建設工業㈱関西支店高速若狭作業所 所長 前田建設工業㈱関西支店高速若狭作業所 工事課長		川井田 実 山田 耕一 平田 昌史 ○ 信田 潤一 西川 浩二
16:10～16:45	⑤仮設鋼床版を利用した日々交通解放の床版取り替え —西名阪自動車道御幸大橋(上り線)床版補強工事— 西日本高速道路㈱関西支店南大阪高速道路事務所改良担当課長 西日本高速道路㈱関西支店南大阪高速道路事務所 横河工事㈱西名阪自動車道御幸大橋(上り線)床版補強工事現場代理人 横河工事㈱コンクリート構造室 横河工事㈱保全事業本部工事二部設計計画グループ		光田 剛史 木原 通太郎 ○ 菱田 智 白水 晃生 高田 寛

(※施工時の所属・役職名を記載しておりますので、現所属・役職名と異なる場合があります)

16:45～16:50 閉会挨拶 社団法人 日本建設機械化協会関西支部 支部長 深川 良一

4. 定 員 : 200名 (先着順)

5. 参 加 費 : 会 員 5,000円、非会員 7,000円 (いずれも講演概要資料代を含む)

6. 申込期限: 平成22年12月24日(金)

7. 申込方法: 参加申込書に勤務先、連絡先、氏名、会員の所属学・協会名を明記し、参加費とともに現金書留にて下記へお送り下さい。参加証をお送りいたします。なお、納入された参加費の払い戻しはいたしませんので、ご了承下さい。官公庁・公社公団で参加費を別途お支払いの場合は、申込書の余白に請求書等必要書類をご指示ください。

8. 申 込 先 : (社)日本建設機械化協会関西支部
〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル8F
TEL. 06(6941)8845 FAX. 06(6941)1378
e-mail:jcmakans@muse.ocn.ne.jp

平成22年度 施工技術報告会

参 加 申 込 書

連 絡 者	勤務先名称		
	氏名・部署		
	所 在 地	〒	
		TEL: FAX:	
参 加 者	氏 名	所属学・協会名	勤務先部課名

連絡事項 :

よくわかる建設機械と損料 2010

[建設機械等損料表(損料本)の解説書]

- 発行 : 平成22年10月
- 体裁 : B5 版、一部カラー、約 400 ページ
- 価格(税込)

5,460円(一般)、4,620円(会員)

- 送料 : 450円

■ 本の特長

★ 損料本(損料算定表)の構成・用語の意味と

損料補正方法などを平易な表現で解説

★ 21件の関連通達類の位置付けと要旨を解説

★ 損料本(同)に掲載の機械について、

大分類別にコード体系を図示

★ 損料本(同)に掲載の、ほぼ全ての機械の概要と特徴を解説

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

0617 スリ積機

ー 011 【クローラ式・バックホウ・コンベア付】

浅底バケットを装着したバックホウでズリを掻き寄せ、エプロン奥に装着されたコンベアで、コンベアで車両の後方まで送り、そのまま「ズリ鋼車」などに積み込む機械。他の積込機械のように旋回したりバケットを高く持ち上げる必要がないため、導坑や小断面トンネルでも使える。外部から電力の供給を受けて作業を行うが、走行および補助用にエンジンを併設した機種もある。

ー 051 【ローディングショベル(電動式)】

ズリをダンプトラック等に積み込むための電動式ローディングショベルで、排ガスを発生せず音が静かで、ホイールロードに比較しサイクルタイムが短く作業効率も高い。電源は電源ケーブルやケーブルリールを介して地上側から供給される。一般的に主機関である電動機の他に、走行用のディーゼルエンジンも併せ搭載している。バケットの形式には底を開いて排出するボトムダンプと、前方に傾けて排出するチルトダンプがある。

ー 06* 【ローディングショベル(エンジン駆動式)】

ディーゼルエンジン駆動式のローディングショベルで、トンネル工事用排ガス対策を施したもの。一般的に、狭い坑内での稼働を考慮しコンパクトな外形としている。ズリの積み込みの他、大型ブレイカを搭載し切羽の掘削等に用いられる事も多い。

0618 スリ積込・運搬機

ー 071 【ロードホウルダンプ】

1台でズリをバケットにすくい込み(Load)、運搬して(Haul)、目的地で排出(Dump)することができる機械。

オペレータは車体の側面に横向きに座り、顔を走行方向に向けて運転するためシャトル運転が可能(方向転換が不要)である。また車両全高が低いので、比較的小断面のトンネルでも、天端(天井)が低い断面でも作業ができる。しかし、距離が長くなると作業効率は低下する。

0619 ダンプトラック(トンネル専用機)

★ 主要機械は、主なメーカー・ブランド、型式名と主仕様を表にして紹介

★ その機械が損料本(同)の何処に掲載されているか、

総称・俗称からページ検索が可能

(社)日本建設機械化協会

建設の施工企画

2011 年 1 月号 No. 731

目次

建設機械 特集

- 3 巻頭言 新年のご挨拶 ——心身共に健全に——…………… 辻 靖三
- 4 建設機械の遠隔操作技術（ヒューマンインターフェイス）に関する研究
…………… 藤野 健一・茂木 正晴・大槻 崇
- 9 ブルドーザ G40（小松 1 型均土機）の紹介
日本機械学会 2007 年度認定機械遺産 …………… 齊藤 秀企
- 11 内燃機関式フォークリフト（TCM 型式 F-6-120）
日本機械学会 2010 年度認定機械遺産 …………… 晴山 蒼一・後藤 祐明・大沼 理人
- 17 4 脚クローラ式不整地移動機構の開発…………… 石井 啓範
- 22 建設機械における ICT システムの活用
遠隔機械稼働管理システムの展開とデータ活用の推進 …………… 土井下健治
- 28 日・米・欧の排出ガス規制対応技術…………… 岡崎 達・田村 好美
- 33 超低騒音仕様油圧ブレーカを用いた解体・掘削工法
SS-box, NETIS 登録番号：TH-090016-A …………… 小柴 英俊
- 39 ハイブリッドショベル SK80H …………… 鹿児島昌之
- 44 環境に優しい電動コンクリートポンプ車 PY100-26-SEM
…………… 吉川泰一朗・内田 佳親・大村信二郎
- 49 建物内においてロボット位置を瞬時に検出できるシステム
床利用位置検出システム“MIYUKA”の開発…………… 深瀬勇太郎・木村 真一
- 54 電磁誘導加熱（IH）を利用した鋼床版上のアスファルト舗装の剥離工法
…………… 尹 恢允・五味 篤樹
- 59 交流の広場 船舶の省エネ化 ——代替エネルギー利用——…………… 吉田 正彦
- 63 ずいそう 第 14 回 日本障害者オープンゴルフ選手権「上肢障害の部」優勝… 有迫 隆志
- 64 ずいそう 建設機械と除雪作業と私 …………… 佐野 俊男
- 65 JCMA 報告 コマツ小竹延和氏 経済産業大臣表彰 …………… 標準部
- 67 CMI 報告 真空環流式路面清掃車の粉塵抑制対策 …………… 佐野 昌伴・加藤 弘志
- 71 部会報告 第二東名高速道路 富士東舗装工事見学会… 建設業部会・レンタル業部会合同
- 74 新工法紹介 …………… 機関誌編集委員会
- 78 新機種紹介 …………… 機関誌編集委員会
- 81 統計 平成 22 年 建設業の業況
…………… 機関誌編集委員会
- 84 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
- 85 行事一覧（2010 年 11 月）
- 88 編集後記 ……………（渥美・堀田）

◇表紙写真説明◇

日本機械学会認定機械遺産と進化する建設機械

写真提供：コマツ、TCM（株）、コベルコ建機（株）、日立建機（株）

日本機械学会の機械遺産に 2007 年度認定されたコマツ製ブルドーザ G40（1942 年頃開発）と 2010 年度認定

された TCM（株）製内燃式フォークリフト（1949 年開発）である。いずれも日本の元祖であり機械技術の発展史上に大きく寄与したものである。60～70 年経た現在では、省エネ技術を進歩させたハイブリッドショベルの製品化、不整地対応 4 脚クローラ式作業機の新たな提案等、日々建設機械の進化を目指している。

平成 23 年度 (社)日本建設機械化協会会長賞 公募のご案内

下記の通り、「(社)日本建設機械化協会会長賞」の公募をご案内致しますので、多数の応募をお願い申し上げます。

1. 表彰の目的

日本の建設事業における建設機械及び建設施工に関連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、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。

2. 表彰対象者

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適う業績のあった団体、団体に属する個人およびその他の個人。

3. 表彰の種類

本賞（会長賞）、貢献賞および奨励賞

4. 会長賞への応募は、応募用紙の提出により行われます。推薦書は自薦、他薦を問いません。

応募方法：

協会所定の様式による。応募用紙は HP よりダウンロードし、メールにてお申し込みください。

提出期限：

平成 23 年 2 月 1 日（火）（必着）

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会 白鳥

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

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

第 59 回海外建設機械化視察団派遣

—CONEXPO-CON/AGG2011 国際建設展示会他視察—

3 年に一度、かつ 2011 年最大の国際建設機械に関する見本市である「CONEXPO-CON/AGG2011」が 2011 年 3 月 22 日～26 日の間、米国・ラスベガスで開催されます。

本協会は海外の建設機械および施工技術を視察する海外視察団を毎年派遣しております。本年度も第 59 回視察

団派遣を下記の要項で計画しましたので、ご検討の上、是非多数の方々にご参加賜りたく、ご案内申し上げます。

目的：「CONEXPO-CON/AGG2011」

および周辺の建設工事現場等の視察

日時：平成 23 年 3 月 21 日（月）～27 日（日）

訪問地：ラスベガス、ロサンゼルス

定員：10～20 名程度

参加費：338,000 円（空港税等別途）

募集締切：平成 23 年 2 月 10 日（木）

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会 海外視察団係

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

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

「情報化施工の実務」発刊のご案内

情報化施工の中でも主要な技術であるマシンコントロールシステム（MC）、マシンガイダンスシステム（MG）に必要な三次元設計データの簡便な作成方法等、MC、MG の実施に必要な実務的な事項を収録。実務者に必携の書として、情報化施工に関係される皆様にぜひご利用頂きたいとご案内いたします。

■主な内容

- ・三次元設計データの作成
- ・座標計算又は二次元 CAD による TIN データ作成
- ・JCMA 専用ツールによる TIN データ作成
- ・移動局への専用システムの装備
- ・基準局の設置
- ・用語解説

体裁：A4 判 92 頁

価格（送料別）：一般 2,100 円、会員 1,800 円

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会 白鳥

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

e-mail：info@jcmanet.or.jp

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

平成 22 年度版 建設機械等損料表 発売中

■国土交通省制定「建設機械等損料算定表」改定に基づいて編集

■損料積算例や損料表の構成・内容をわかりやすく解説

■機械経費・機械損料等に関係する通達類を掲載

■各機械の燃料消費量を掲載

■各種建設機械の概要・特徴を図や写

真で紹介

■「日本建設機械要覧（当協会発行）」の該当ページを掲載

発刊：平成 22 年 5 月 10 日

体裁：B5 判 約 740 頁

価格：（送料別途）

一般 7,700 円（本体 7,334 円）

会員 6,600 円（本体 6,286 円）

問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会 総務部

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

e-mail：info@jcmanet.or.jp

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

巻頭言

新年のご挨拶

——心身共に健全に——

辻 靖 三



2011年の新年を迎え、謹んでお慶び申し上げます。

新しい年頭にあたり一年を希望に満ちてスタートしたいのですが、昨今はなかなか素直にそう言い切れないのが正直なところでしょうが、今年こそしっかりと上向きの社会となるように願いたいものです。

「健全な精神は健全な身体に宿る」というローマ時代の格言があり、日本でも人口に膾炙しています。原文の意味は議論があるようですが、「心身共に健全であるように」という、人間は心と体のバランスとれた成長をすべしとのようです。日本でも、様々な領域でその道を極めるには「心技体」が揃っていることが欠かせないとされています。

個々の人間は、家庭、地域、社会、国家に拠りたっているもので、個々の人間の健全な成長は国家、社会、地域の健全な成長に繋がっているのでしょう。逆に、国家、社会、地域の健全な成長はそれぞれ密接関連でしょうし、個人の健全な成長にも大きく影響するでしょう。

日本は1960年代以降、狭い国土を次々と整備して身体能力を上げ、その基盤で頭から手足までを効果的に活動させて成長してきて、先進国の位置づけを得ました。それは科学技術に取り組む頭脳活動、国内外での経済活動の成果で、それが生活の安定向上になり、芸術文化面にも波及し、国家の心身の発展となったのです。「衣食足りて、礼節を知る」国とは、心身のバランスがとれた国でしょう。

しかし、日本が高齢化社会になる一方、世界各国の情勢が変わって、競争性になるとともにグローバル化になると、心と体のバランスが崩れてきています。それまでの成長源であった体力も高齢化しつつあり、維持向上努力も種々議論されていますが、体力アップにはどれほど繋がるのかの感で、推進力の衰えは周囲の走者に追い越されつつあります。

今は、肝心の体が高齢化してきて、頭とバランスがとれず、もがいている不健全な状態で、放置しておくで致命傷になりかねないと思います。体に活力を注入して、健全な心を支える健全な体に戻すことが最善の治療法です。健全な体は多くの骨格、筋肉、関節、血管等で構成され、各部位と全体のケアと体質改善が必要です。

当協会もこの構成要員の一つでありまして、寒風の吹く季節下ではありますが、与えられた使命をしっかりと果たすべく一同努力していく所存です。また本年は、協会としての新しい役割と体制に向けて行動を起こす年となりますので、会員各位におかれましては協会活動への一層のご協力、ご支援、ご鞭撻をお願いいたします。

「心身共に健全な」国、「心身共に健在な」社会、「心身共に健在な」企業・団体を目指して、持てる力を発揮できる年となることを願っています。

——つじ せいぞう (社)日本建設機械化協会 会長——

建設機械の遠隔操作技術 (ヒューマンインターフェイス) に関する研究

藤 野 健 一・茂 木 正 晴・大 槻 崇

現在、災害発生時（地震・噴火などによる災害）における初動対応として無人化施工が適用されており、雲仙普賢岳等で利用されている。この無人化施工の適用に関しては、災害の規模や現場状況（人への危険度合い）によって判断されている。

無人化施工技術は、遠隔によって建設機械を操作するものが多く、多くの遠隔操作による建設機械が開発されてきた。その中でも、雲仙普賢岳における噴火後の災害緊急対策として、除石工事における掘削・積込み・運搬といった場面に遠隔操作による無人化施工が活用されている。

本研究では、雲仙普賢岳での無人化施工に利用されている遠隔操作技術と国土交通省での総合プロジェクト（平成 17～19 年度）「ロボット等による IT 施工システムの開発」によって研究開発された操作システムに関して、操作性等に関する比較検証実験の結果とオペレータの遠隔操作技術に関する技術的ニーズについて報告するものである。

キーワード：遠隔操作技術、IT 施工システム、災害、建設機械、油圧ショベル

1. はじめに

無人化施工の適用に関しては、災害の規模や現場状況（人への危険度合い）によって個別に判断されている。現在、災害発生時（地震・噴火などによる災害）における初動対応として無人化施工が適用されており、雲仙普賢岳等で利用されている。

無人化施工技術は、リモコンによる遠隔操作によって建設機械を操作するものが多く、多くの遠隔操作による建設機械が開発されてきた。その中でも、雲仙普賢岳における火砕流被害に伴う噴火後の災害緊急対策として、遠隔操作による除石・対策工事（掘削・積込み・運搬・敷き均し・転圧）といった無人化施工が現在も進められている。

本研究では、雲仙普賢岳での無人化施工に利用されている遠隔操作技術と国土交通省での総合プロジェクト（平成 17～19 年度）「ロボット等による IT 施工システムの開発」によって研究開発された操作システムに関して、操作性等に関する比較検証実験の結果とオペレータの遠隔操作技術に関する技術的ニーズについて報告するものである。

また、建設機械による搭乗操作と遠隔操作について、作業効率・安全性確保の観点から考察し、今後の遠隔操作による機械施工の汎用性・普及に向けた具体的な方策について述べる。

2. 研究内容

本研究では、土木研究所において研究開発された油圧ショベル（写真—1）における IT 施工システムをベースに操作性に関する検証実験を実施したものである。



写真—1 検証実験に必要な機器構成

検証実験は遠隔操作（ここでは、IT 施工システムによる遠隔操作を「施工操作システム」という）と雲仙普賢岳での無人化施工に利用されているシステムを模したシステム（ここでは、「雲仙システム」という）及び直接目視による遠隔操作（ここでは、「直視遠隔操作」という）を利用し、掘削作業能力及び掘削精度の比較検証を行った。

また、実験時にオペレータに対して、現行システムの課題、技術的ニーズについて、ヒアリングを実施し、今後の研究開発ニーズに関する具体的方策について検討を進めた。

(1) 遠隔操作システムの構成

遠隔操作システムは、作業中に変化する地形の3次元情報を把握するためのレーザスキャナなどの計測・表示のために必要となる各種センサを取り付けている。

検証実験を進めるうえで必要となるビデオカメラや建設機械自身の位置・状態を把握するためのコンポーネントの機器の構成を写真—1に示す。

次に本検証実験で使用した遠隔操作システムに関する操作支援内容を表—1に示す。ここで、雲仙システムは、雲仙普賢岳で実際に使用されているガイダンスシステムの代わりに土木研究所で研究開発されたIT施工操作システムの断面表示機能を代用して使用するもので、油圧ショベルのキャビン上に設置されている既存のビデオカメラと外部に設置した全景撮影用ビデオカメラで、雲仙普賢岳で使用されている遠隔操作システムを再現したものである。

表—1 遠隔操作システム

システム名	操作形態		丁張り	建機カメラ		外部カメラ	操作画面		
	遠隔	直視		映像	設計形状		建設機械	設計形状	現況地形
施工操作システム	○			○	○		○	○	○
雲仙システム	○			○		○	○	○	
直視遠隔操作		○	○						

検証実験に使用した各システムに関する留意点として、表—1に示す丁張りについては、掘削範囲のコーナーに設置した。建機カメラについては、写真—1に示すようにキャビン上にビデオカメラを設置し、設計形状の表示・非表示の切替えが可能なものとした。また、操作画面の雲仙システムに関しては、ニコントリプルのガイダンスシステムを模したものである。

(2) 検証実験オペレータ

本検証実験におけるオペレータは、表—2に示す操作経験者となっている。なお、オペレータは、雲仙普賢岳での実施工に従事しており、雲仙システムに慣れていることから、現行システムの課題、技術的ニーズについて、ヒアリングを実施した。

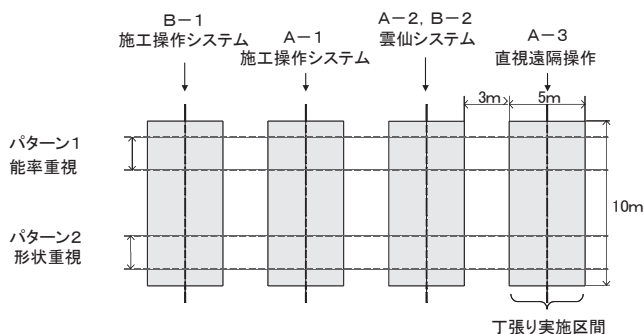
表—2 オペレータ経験

オペレータ	年 齢	遠 隔 操 作 経 験	建 設 機 械 操 作 経 験
A	39歳	6年	13年
B	60歳	15年	40年

(3) 検証実験ケース

検証実験は、土木研究所構内建設機械屋外実験場にて実施した。検証実験にあたっては、図—1に示すような検証エリア4区間を設定し、以下に示す流れによって実験を進めた。

- ①検証エリアに対応する設計データを準備
- ②検証エリアのマーキング（図—1）
- ③検証エリア A-3 について丁張り
- ④掘削開始位置に油圧ショベルを設置



図—1 検証エリア

検証実験ケースについては、表—3に基づくものとした。パターン1に関しては、作業能率重視とした検証実験ケースで、パターン2に関しては、形状重視（仕上り）とした検証実験ケースである。いずれも、バケット幅2回分の溝掘削とした。

表—3 検証実験ケース

オペレータ	パターン	遠 隔 操 作 シ ス テ ム		
		施 工 操 作 シ ス テ ム	雲 仙 シ ス テ ム	直 視 遠 隔 操 作
A	1	A-1-1	A-2-1	A-3-1
	2	A-1-2	A-2-2	A-3-2
B	1	B-1-1	B-2-1	—
	2	B-1-2	B-2-2	—

(4) 検証実験の実施

図—1に示す検証実験箇所に対して、それぞれのシステムに関して検証実験を実施した。

①施工操作システムによる掘削作業

遠隔操作室にある操作画面（ビデオ映像、平面及び断面表示画面）を確認しながら掘削作業を実施した（写真—2）。



写真一 2 施工操作システム

②雲仙システムによる掘削作業

施工操作システムの設計地形を非表示としたビデオ映像と設計形状のみを表示した断面表示画面及び外部に設置したビデオ映像を確認しながら掘削作業を実施した(写真一 3)。



写真一 3 雲仙システム

③直視遠隔操作による掘削作業

遠隔操作室の屋上より、直接掘削箇所を確認しながら油圧ショベルによる掘削作業を実施した。掘削時における出来形の確認に関しては、丁張りを活用した(写真一 4)。

④データ計測及び整理

掘削出来形の計測は、各種検証実験ケースにおいて掘削した地形を測量する。測量には、3級トータルステーションを利用した。

各出来形計測値から掘削量を算出し、掘削効率を整理した。

また、各種検証実験ケースにおいて、撮影したビデオ映像より、溝掘削1サイクルを各動作に分けて、それぞれのタイムを整理した。



写真一 4 直視遠隔操作

次に掘削作業能力(作業能率)の確認として、サイクルタイム計測結果から、各種システムにおける実現場で使用されているシステムの課題を整理した。

掘削作業の精度の検証に関しては、各溝の両端の断面における出来形実測値の設計差異と現行の出来形管理基準値と比較、データ整理をした。

3. 検証実験結果及び考察

(1) 掘削試験結果

掘削試験において、溝掘削1サイクルの動作ごとに平均サイクルタイムを整理し、本検証実験結果を以下のようにまとめた。

- ①各システムにおいて、能率重視作業に対して形状重視作業の方が、作業時間が長くなる傾向となった。
- ②「掘削+水平引」について、オペレータ A は施工操作システムよりも雲仙システムの方が、サイクルタイムが2 sec 程度早い。これに対して、オペレータ B は施工操作システムの方が1 sec 程度早い結果となった。

(2) 掘削作業能力に関する結果と考察

①施工操作システムと既存システムとの比較

「バケット接地」に着目すると、オペレータ A, B ともに施工操作システムに対して、現場で利用されている雲仙システム及び直視遠隔操作は、作業が早い傾向にある。これは、施工操作システムの場合、操作画面上に重ね表示された設計形状を示す線にバケットの刃先を合わせることにオペレータが慎重に油圧ショベルを操作しているためと考えられる。また、「バケット接地」の前の動作である「旋回」による位置決め誤差の大小(旋回のし過ぎ等)もサイクルタイムの差に関係すると考えられる。この位置決め誤差の大小

(旋回し過ぎ等)には、油圧ショベル搭載のカメラの画角が狭いことが影響していると考えられる。

また、「掘削＋水平引」では、オペレータ A は施工操作システムよりも雲仙システムの方が2sec程度早いですが、オペレータ B は IT 施工操作システムの方が1sec程度早いことから、能率重視作業でも形状重視作業でも同様な傾向であることが分かった。

また、オペレータ A と B のサイクルタイムを比較すると、雲仙システムではオペレータ A の方が B よりも3sec程度早いですが、施工操作システムでは全体的に見てオペレータ B の方が A よりも早くなっている。したがって、施工操作システムへの慣れの度合いや経験値の違いが関係しているものと考えられる。

以上により、本検証実験結果から考察される施工操作システムのインターフェイスの課題として、ビデオ映像に重ね合せ表示される設計ラインにバケット刃先を合わせる操作に対する支援という課題が考えられた。

②掘削作業量と掘削時間による実作業能力比較

掘削作業量(測量結果から算出)と掘削時間から算出した作業能力を図-2, 3に示す。

とりまとめ結果は、以下のとおりである。

- オペレータ A は、能率重視作業および形状重視作業において、施工操作システムよりも雲仙システムの方が、作業能力が高い。
- オペレータ B は、能率重視作業および形状重視作業において、施工操作システムの方が雲仙システムよりも、作業能力が高い。
- 能率重視作業では、施工操作システム(オペレータ A, B)と雲仙システム(オペレータ B)の掘削作業量は同程度であるが、これに対して雲仙システム(オペレータ A)の掘削作業量は約1.4倍と差がある。しかし、形状重視作業では、

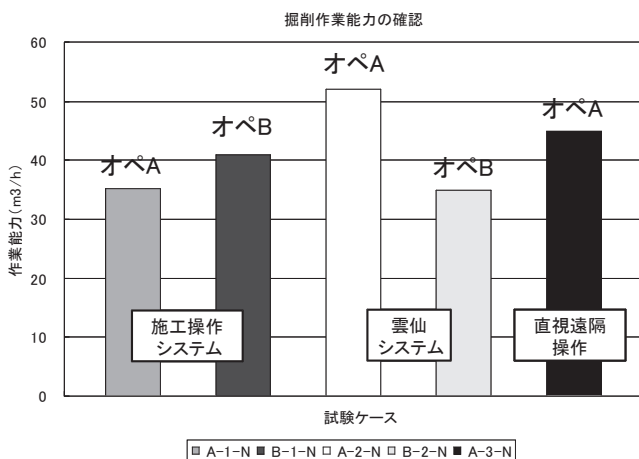


図-2 能率重視作業

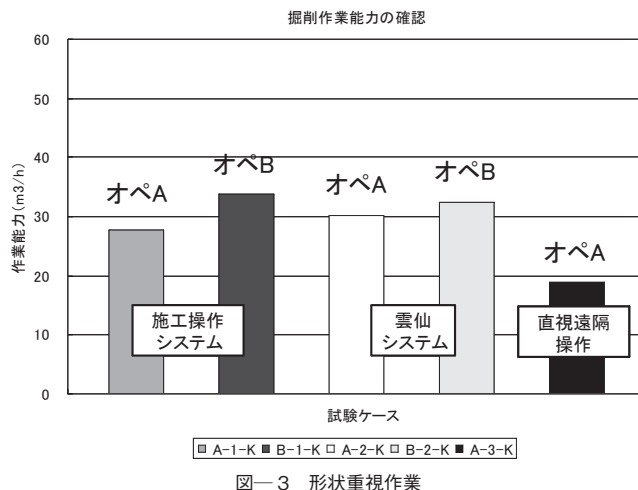


図-3 形状重視作業

施工操作システム(オペレータ A, B)と雲仙システム(オペレータ A, B)の掘削作業量に大きな差は見られなかった。

(3) 掘削作業精度

各試験ケースで掘削した溝の両端の断面について、標高、中心離れ、幅員、法長の設計差異を計測整理した。ここで、通常の施工規格値は、以下のとおりである。

- ・標高 ± 50 mm
- ・幅員 - 100 mm 以上
- ・法長 - 200 mm 以上(法長 L < 5 m)

標高は各溝の両端断面の法尻の設計差異である。法肩は、設計に使用した基準地面の標高と実際の地面の標高にずれがあったので、本試験では法尻の標高のみを評価に使用した。

本結果をまとめると以下のとおりである。

- ①標高について、能率重視作業ではオペレータ A は直視遠隔操作の1点を除き、規格値内に入っていないが、形状重視作業では施工操作システムは全て規格値内に入っていた。また、オペレータ B は施工操作システムの場合、能率重視作業および形状重視作業ともに4点の内3点が規格値内に入っているが、雲仙システムの場合、能率重視作業では4点の内2点が規格値外、形状重視作業では4点の内3点が規格値外であった。
- ②中心離れを見ると、施工操作システムの場合、能率重視でも形状重視でも設計差異に大きな変化がない(精度が低下していない)ことがわかった。
- ③法長について、規格値外となったのはオペレータ B の施工操作システムの形状重視作業の法長と雲仙システムの能率重視作業の法長であった。
- ④幅員について、規格値外となったのはオペレータ A の施工操作システムの能率重視作業の幅員と、オペ

レータ B の施工操作システムの能率重視作業の幅員と雲仙システムの能率重視作業と形状重視作業の幅員であった。

オペレータ A に着目すると、能率重視よりも形状重視作業の方が、精度がよくなっていることがわかった。

以上の結果から、各システムの検証結果として、形状重視に関しては、オペレータの技量による部分が高く、概ね全てのシステムに関して精度の高い掘削作業が行われていた。一方、能率重視に関しては、掘削形状を短時間で把握して作業を進めるうえで、設計線が提示されている施工操作システムが有意のものとなっており、施工時におけるオペレータへの情報提供の必要性を感じることができた。

4. オペレータへのヒアリング

本検証実験と同時にオペレータに対して、各システムにおける操作性や今後の現場作業において必要とする技術についてヒアリングを実施した。

その結果を以下にまとめた。

- ①遠隔操作については、外部カメラからの全景が確認できるシステムは、作業を円滑に進めるうえで必要なものと考えられる。
- ②施工操作システムについては、操作しやすいシステムであった。特に設計断面の表示については、施工を円滑に進めるうえで必要機能だと考えられる。
- ③バケット先端部の作業状態が確認できるように広角機能が望まれる。
- ④実現場では、操作経験者（10 年以上）を中心とした施工体制となっており、経験に基づく行動パターンを予測したうえで作業している実情がある。
- ⑤単純作業については、ある程度の自動化された機能が望まれる。

5. まとめ

各システムに関する検証実験を進めてきたが、施工操作システムが効果的であることが、能率重視とした施工実験で明らかとなった。これは、出来形の目安となる断面形状が提示されていることに関係があり、平面情報であっても有効なものであることがわかった。

また、オペレータに対するヒアリングより、検証した各システムの優位性に関しては、施工操作システムが良好であるとの評価を得たが、操作経験者による行動の予測が施工精度や効率に大きく寄与することも把握できた。

したがって、今後の取組としてオペレータの習熟プロセス、空間認識能力の実態を把握し、遠隔操作に必要な機能抽出を図る必要があるものと考えられる。

謝辞：本研究を実施するにあたり国土交通省、ロボット等による IT 施工システム研究委員会（委員長：筑波大学油田教授）、東京大学人工物工学研究センター浅間研究室、(社)日本建設機械化協会、(財)先端建設技術センター、土木学会建設用ロボット委員会、建設無人化施工協会をはじめ多くの方々にご指導頂きました。お礼申し上げます。また実験にご協力いただいた方々に感謝いたします。

J C M A

《参考文献》

- 1) 茂木正晴・山元弘・大槻崇・邵輝：(財)土木研究センター、土木技術資料／第 51 巻 6 号、2009.6
- 2) 山元弘・柳沢雄二・野末晃・邵輝・境田右軌・山口崇：油圧ショベルの自律化に向けた基盤技術について、建設ロボットシンポジウム論文集、pp.243-252、2008.9

【筆者紹介】

藤野 健一（ふじの けんいち）
(独)土木研究所
技術推進本部 先端技術チーム
主席研究員



茂木 正晴（もてき まさはる）
(独)土木研究所
技術推進本部 先端技術チーム
主任研究員



大槻 崇（おおつき たかし）
(独)土木研究所
技術推進本部 先端技術チーム
研究員



ブルドーザ G40 (小松 1 型均土機) の紹介

日本機械学会 2007 年度認定機械遺産

斉 藤 秀 企

ブルドーザ G40 (小松 1 型均土機) は、日本のブルドーザの元祖である。

第二次世界大戦中、空港基地建設などの目的で、国からの重土工機械の生産要請に基づき、すでに開発・製造していたガソリン機関トラクタの前方に、押土用のブレードを装着するという改造により誕生した、国産初のブルドーザである。

戦時中に製造され、終戦後海中に投棄されたものだが、1979 (昭和 54) 年に発見され、35 年ぶりに祖国日本に帰国し、2007 年には日本機械学会「機械遺産」に認定されたものである。

本稿ではその生い立ちについて紹介する。

キーワード：トラクタ、ブルドーザ、G40、機械遺産、元祖

1. はじめに

ブルドーザ G40 は、日本のブルドーザの元祖である。

第二次世界大戦中、空港基地建設などの目的で、国から重土工機械の生産要請があった。これに応えるため、すでに開発・製造していたガソリン機関トラクタの前方に、押土用のブレードを装着するという改造により誕生したのが、国産初のブルドーザ G40 である。1943 (昭和 18) 年当時のブルドーザの作業機は、米国製でもケーブル式が主流であったが、G40 は油圧方式を採用したものであり、当時としては非常に画期的であった。

現存機は、戦中フィリピンで稼動し、終戦後、米国の接収で海中に投棄されたが、のちに引き揚げられ、オーストラリアの農場で使用されていたものである。

1979 (昭和 54) 年に発見され、35 年ぶりに祖国である日本に帰還し、現在に至っている。ここでは、その生い立ちについて紹介する。

2. 誕生の経緯

日本で初めてブルドーザが作られたのは第 2 次世界大戦中のこと。第 1 号機のベースとなったのは農業用トラクタである。農林省からのトラクタ国産化の要請に基づき、鋳鋼を使って 1932 年に T25 (後に G25) トラクタが開発された。続いて G40、G35 が開発生産された。開戦後、海軍から航空基地建設に使うブルドー

ザ製造の緊急命令が出され、G40 に油圧式排土板をつけた初の国産ブルドーザが完成し、1943 年から量産が開始された。

3. わずか 1 カ月で完成

1940 年 9 月、陸軍技術研究所から、対ソ作戦で旧満州の北部にある湿地帯に戦車を進入させるため、「早急に道路建設用車両をつくれ」という指示が入った。

土木工事といえば、ツルハシとモッコによる人力頼りで、ブルドーザという言葉さえ知られていなかった頃である。早速、吉林省のダム工事現場で稼動していた C 社のブルドーザを見学調査し、研究設計に取りかかった。翌 1941 年には試作図面が完成したが、情勢の変化により、新機種は不要不急のものとなり、製造は見送りとなった。

ところが、1942 年 12 月、今度は海軍施設本部から、「航空基地を機械で造りたい。トラクタの前に大きな土を押す板が付いている機械を、1 カ月で製作せよ」という緊急命令が出された。

急遽、農林省に納めた G40 (50 馬力、ガソリンエンジン) をかき集め、大急ぎで設計した油圧装置と排土板を作って組み立てた。

指示通り下命から 1 カ月後に完成したこの機械が国産ブルドーザの元祖である。これが農業用トラクタ製造から出発した「国産ブルドーザ」の原点となった。当時のブルドーザは、先進の米国製でもケーブル式が

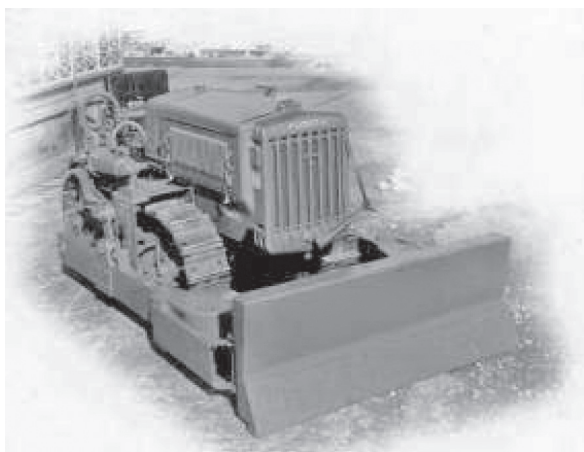
主流で、油圧方式の採用は当時としては画期的であった。

G40 は最初の 6 台が送り出されたが、到着前に消息不明となっている。その後、終戦までに約 200 台製造された。

4. G40 の仕様

表—1 G40 主要諸元

項目	特性値
運転整備重量	5,500 kg
エンジン形式	4 サイクル 4 気筒水冷 ガソリンエンジン
エンジン出力	50 HP/900 rpm
全長	3,760 mm
全幅	1,918 mm
全高	1,850 mm
ゲージ	1,120 mm
接地長	1,650 mm
履帯幅	330 mm
走行速度段（前進）	3 段
走行速度段（後進）	1 段
ブレード作動方式	油圧作動式
ブレード幅	1,800 mm
ブレード高さ	750 mm
ブレード上昇量	710 mm
ブレード下降量	295 mm



写真—1 G40 ブルドーザ（小松 1 型均土機）

5. 終戦までに 4 機種 300 台

終戦までに試作、製造されたブルドーザは 4 機種、約 300 台に及ぶ。

G40 に続いて、陸軍向けに作成していた図面から 1943 年に略称「トイ車」を製造し、約 80 台製造した。さらに足回りを改良した「トロ車」、大型化した「ト

へ車」、グライダーで輸送できるよう軽量化した G25 ブルドーザを試作した。

6. G40 が機械遺産に

1979 年、一台の G40 が発見された。戦中フィリピンで稼動し、終戦後、米国の接収で海中に投棄されたが、後に引き揚げられ、オーストラリアの農場で使われていたものである。この G40 は 35 年ぶりに日本に帰還。マスコミを賑わすニュースとなった。

2007 年には日本機械学会の「機械遺産」にも認定され、現在に至っている。



写真—2 35 年ぶりに帰還した、1943 年製造の G40（小松 1 型均土機）

7. おわりに

本稿の G40 は、1932 年に開発された農業用トラクタ T25 に続いて開発された。

この T25 の詳細は、本誌 2008 年 5 月号（No.699 号）に掲載した「コマツ最古のトラクタ T25 の復元」に詳しいので、こちらも併せて読んで頂ければ、興味も深まるものと思われる。

なお、現存機は静岡県・伊豆のコマツテクノセンタで展示されているので、興味をお持ちの方は、見学頂ければ幸いです。

J C M A

【筆者紹介】

斉藤 秀企（さいとう ひでき）
コマツ
開発本部 商品企画室 機種グループ
プロダクト・マネジャー



内燃機関式フォークリフト (TCM 型式 F-6-120)

日本機械学会 2010 年度認定機械遺産

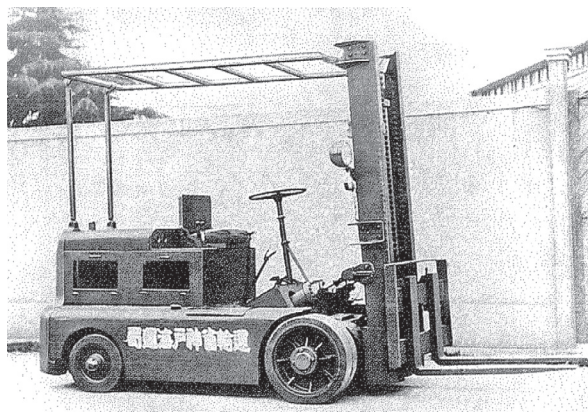
晴 山 蒼 一・後 藤 祐 明・大 沼 理 人

日本機械学会から TCM の内燃機関式フォークリフトが機械遺産として認定された。日本の物流機器開発の起爆剤となったこと、人々を港湾荷役の重労働から解放したことなどが評価のポイントであったようだ。本報ではフォークリフトの歴史を概観し、その構造に触れフォークリフト以外の物流機器への発展を述べる。物流現場のもう一つの課題である物と情報の一元管理への取り組みすなわちシステム化の問題、そして物流機器と環境問題にも言及した。

キーワード：産業車両、物流、物流機械、フォークリフト、機械遺産、技術史

1. はじめに

フォークリフトは 1930 年代の初頭頃にアメリカで誕生した。わが国でも国産化され市場に投入されて 60 年以上が経つ。長い間その機能や特徴が優れていることから基本的な姿かたちを変えずにきた奇跡的な機械とも言われている。写真—1 は東洋運搬機製造(株) (現 TCM) で開発された 6,000 ポンド車 (約 2.7 トン) である。昭和 24 年に当時の神戸海運局に 4 台納入された。その記念すべき 1 号機がこのたび(社)日本機械学会から機械遺産として認定された。写真—2 はその認定証である。フォークリフトは国内では戦前から断片的には作られていたが、量産にこぎつけ日本の物流機器開発の起爆剤となったことや、物流現場の改革に大きく寄与したことが認定されたポイントのようである。写真—3 にはこの 1 号機の銘板を示す。名称が荷役運搬自動車となっていることなどに歴史を感じる。



写真—1 神戸海運局に納入された 1 号機



写真—2 機械遺産認定証 (日本機械学会)



写真—3 1 号機の銘板

2010 年 9 月 14 日～17 日に東京ビッグサイトにて国際物流総合展 2010 が開催され、この 1 号フォークリフト (通常展示は TCM 滋賀工場：近江八幡市) が会場に展示され、来場者の関心の的となった。写真—4 に会場の様子を示す。

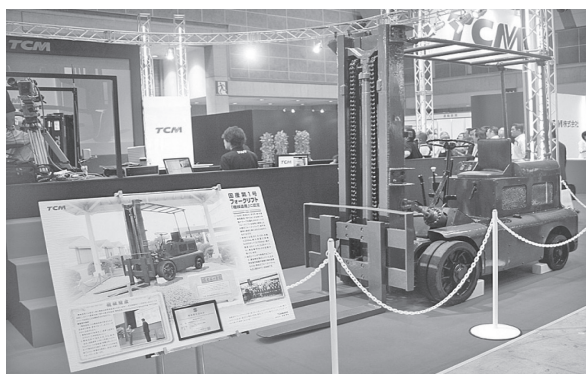


写真-4 2010年国際物流総合展への展示

2. フォークリフトの歴史

フォークリフトは写真-5に示すようにアメリカで開発され、1930年代の初頭頃から市場に登場したようである^{1), 2)}。当時は先進国米国でもマテハン分野の機械化は遅れており、小物の荷役は労働者依存の人海戦術に頼っていた。物流分野は製品の価値を高めるものではないため、投資価値の低いものと考えられていたようである。

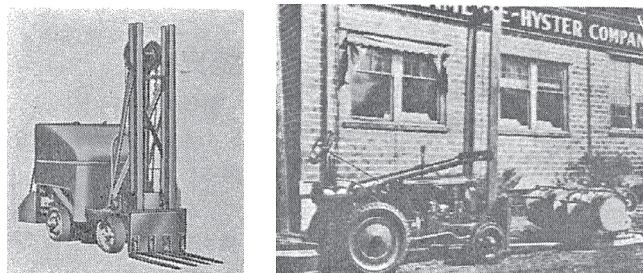


写真-5 アメリカで開発された初期のフォークリフト

大戦の長期化と人手不足などによってフォークリフトの普及が促進された。米軍が持ち込んだフォークリフトを見て日本の物流の将来の姿をいち早く察知した初代東洋運搬機(株) (現 TCM) 社長の丹羽昇が、フォークリフトの開発と生産を決意し誕生したのが、国産1号の内燃機関式フォークリフトであり、いまや物流現場には無くてはならない存在となっている。この間、南極へ行ったフォークリフトが話題になったりもした(写真-6)。

図-1はフォークリフトの国内販売台数(棒グラフ)とバッテリー式の占める割合の変化(折れ線)を5年毎に示したものである。販売台数は大きく伸び1990年には10万台に迫る勢いだったが、その後は景気に左右されている。バッテリー式フォークリフトの比率は環境問題などがインパクトとなって増加している。

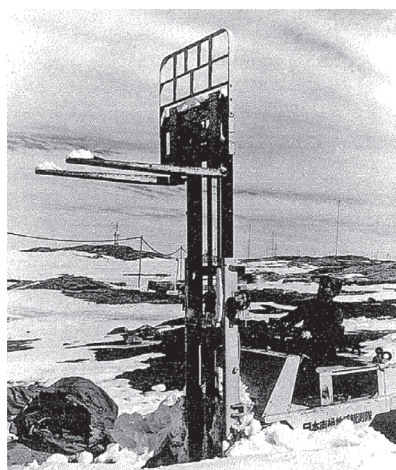


写真-6 南極でも活躍したTCM製フォークリフト(昭和31年)

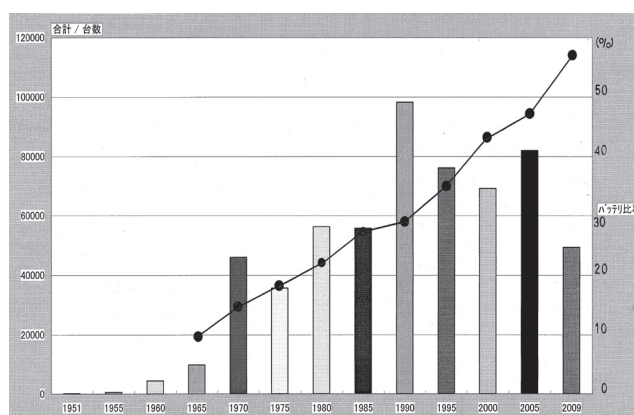


図-1 フォークリフト国内販売台数の推移
(日本産業車両協会統計³⁾, 但し1960年までは生産量¹⁾)

3. フォークリフトの種類と構造およびアタッチメント

(1) 種類

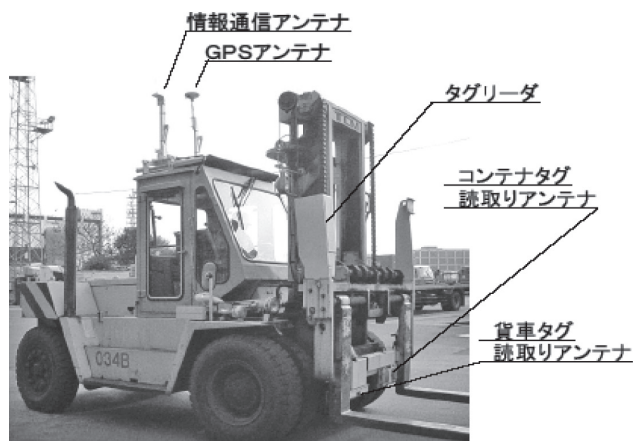
フォークリフトをその形式から分類すると表-1のとおりである。

写真-7はJR貨物コンテナ専用大型フォークリフトで貨物の鉄道輸送, モーダルシフト化にも貢献した。情報システム化も進み全国の貨物駅のコンテナ在庫状況などがリアルタイムで把握できるシステムであり⁴⁾, フォークリフトがあたかも情報センサとなっている。

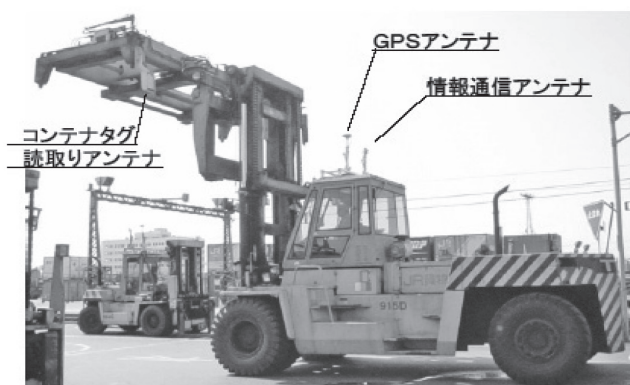
長尺物の荷役には写真-8のサイドフォークが活用される。製鉄所での鋼塊などの超重量物荷役には写真-9のストラドルキャリアが開発された。

表-1 フォークリフトの分類

形状による分類	動力源による分類	大きさ・用途による分類
カウンタバランス式	ガソリン	小型フォーク
トップ式	ディーゼル	中型フォーク
リーチ式	LPG	大型フォーク
サイド荷役式	バッテリー	ウォークタイプ
ストラドル式	燃料電池	無人式



a) 5t コンテナ荷役用

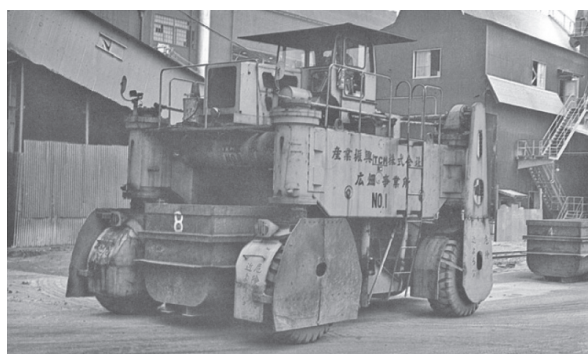


b) 大型コンテナ荷役用トップリフタ

写真—7 鉄道コンテナ荷役用大型フォーク



写真—8 長尺物荷役運搬用サイドフォーク



写真—9 超重量物荷役用ストラドルキャリア

フォークリフトから荷役機能を省いた写真—10のような牽引用トラクターも各種開発された。重量物やコンテナ荷役には大型フォークリフトが投入された(写真—11)⁵⁾。



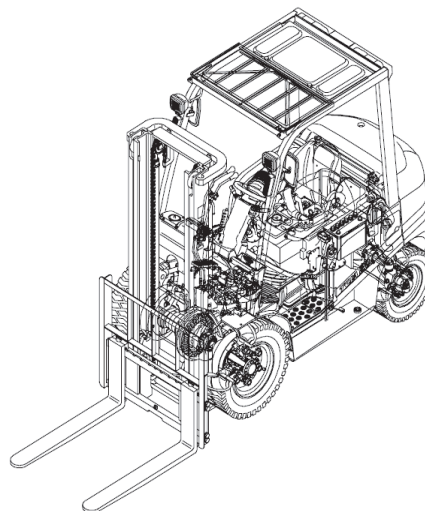
写真—10 大型トラクター



写真—11 大型フォークリフト

(2) 構造とアタッチメント

図—2は、小型フォークリフトの内部構造の概要である。狭い倉庫で使用されることから、通路幅を小さくできるようにコンパクトに設計されている。フォークリフトはその仕様によって、積載できる荷重が許容



図—2 フォークリフトの構造

荷重として図-3の荷重表のように決められている。フォーク根元から荷物重心の位置までの距離によってモーメントの釣り合いで積載できる荷重が制限される。

小型フォークリフトは各種の荷物に対応できるようにアタッチメントも図-4のように種々開発されている。

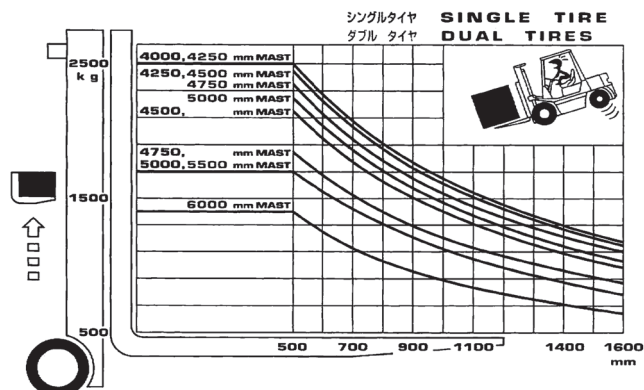
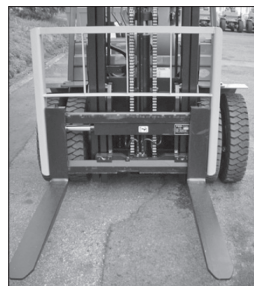
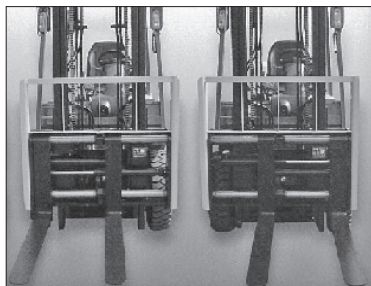


図-3 荷重表



a) サイドシフト



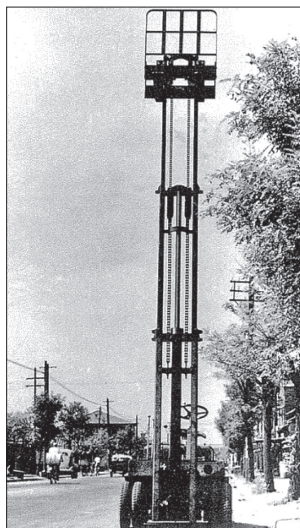
b) フォークシフト



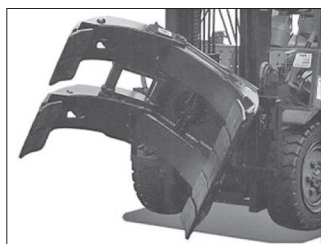
c) ヒンジドフォーク



d) ヒンジドスコップ



e) 3段マスト



f) ペーパーロールクランプ

図-4 フォークリフトの各種アタッチメント

4. コンテナリゼーションの発展⁶⁾

コンテナ輸送は、わが国でも約40年前の箱根丸(752TEU 日本郵船)の就航でスタートが切られた。外貨貨物輸送の主役となった海上コンテナ輸送は、その後拡大の一途をたどり、大型かつ高速のコンテナ船の導入およびコンテナターミナルでは荷役機器の改善、荷役オペレーション業務の省力化・自動化・システム化が進んだ。

写真-12は初期のコンテナヤードである。写真-13は大規模コンテナターミナルなどで導入の進んでいるトランスファークレーンである。前方視界の改善で登場したのが写真-14のリーチスタッカである。写真-15は走行系をディーゼルエレクトリック方式、荷役系を電気モータによるワイヤ荷役方式とした4段積み環境対応型コンテナキャリアである。

図-5にはコンテナターミナル管理システムの概要を示す。本船やターミナルに入退出するトレーラシャーシなどのコントロールを行う。図-6および図-7にはコンテナ荷役機器に搭載された端末とシステムの画面例を示す。端末はリアルタイムでターミナルの管理室と作業指示などの情報交換を行う。



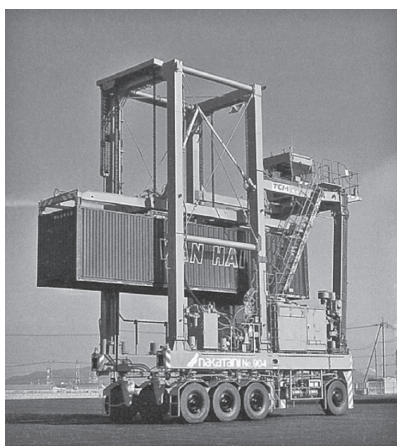
写真-12 初期のコンテナヤードで活躍するコンテナキャリア



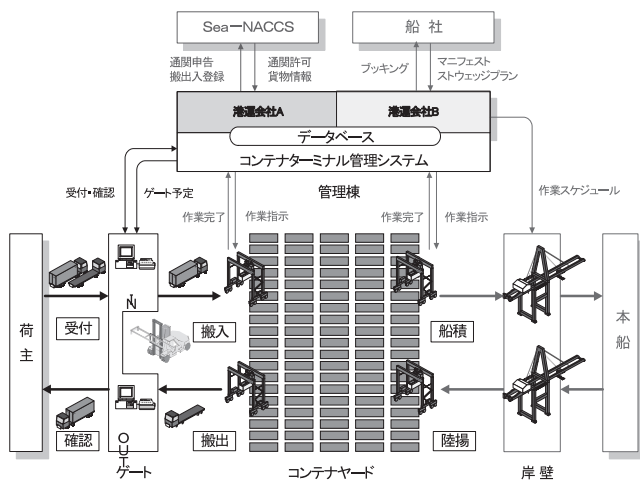
写真-13 トランスファークレーン



写真—14 リーチスタッカ



写真—15 ディーゼル・エレクトリック駆動のコンテナキャリア



図—5 コンテナターミナル管理システムの概要



図—6 荷役機械に搭載された端末

17 Asuma Carrier 52008116

本船	GC4	<	1-30	>	検索	リスト	色	SC8	
業務	荷役	号機	コンテナ	SZ	TP	FROM	LOC TO	検査	REMARKS
1	陸揚(実)	SC7	SNBU 8120212	40	DH	GC4号			
2	陸揚(実)		CRXU 9921241	40	DH	GC4号			
3	陸揚(実)		SNBU 8110220	40	DH	GC4号			
4	陸揚(実)		TRLU 8204292	40	DH	GC4号			
5	陸揚(実)		WSDU 4068251	40	D	GC4号			
6	陸揚(実)		SNTU 8011904	40	DH	GC4号			
7	陸揚(実)		SNTU 8013023	40	DH	GC4号			
8	陸揚(実)		GESU 4425517	40	DH	GC4号		その他	備別
9	陸揚(実)		GESU 5908058	40	DH	GC4号		その他	備別
10	陸揚(実)		SNTU 8004335	40	DH	GC4号		その他	備別

ヤード	情報	▲	▲	▼	▼	取消	開始	完了
-----	----	---	---	---	---	----	----	----

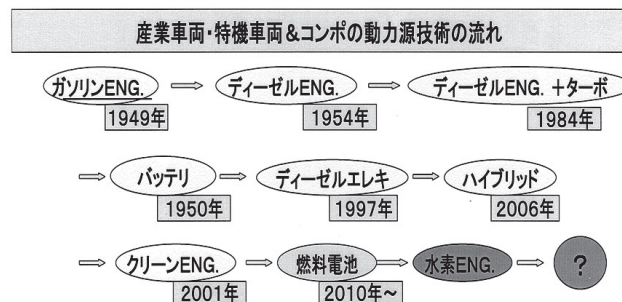
図—7 車載端末の画面例

5. 環境問題と物流機器

環境問題は物流業界にとっても重要な課題である。近代環境問題の出発点は、レイチェル・カーソン女史の「沈黙の春 (Silent Spring)」が出版された1962年とされている。一方遡って明治末に南方熊楠翁は森林環境の価値と保護を訴え、その書簡の中で「エコロジー」の用語を紹介しているが、その先見性にはただ驚かされる⁷⁾。

化石エネルギーの過剰消費・地球温暖化・海水温上昇・酸性雨・砂漠化・オゾン層破壊・大気汚染・公害・食糧問題等々、地球を取り巻く環境はすでに危機的状況を迎えつつある。21世紀はまさに環境の世紀である。美しい地球を後世に残すための行動は全地球人に課せられた責務である。物流業界においても、その取り組みなしに次世代はないと言える。

図—8は、物流機器の動力源の変遷を示したものである。ディーゼルエレクトリックやハイブリッド技術が採用され、環境対応製品の開発が着々と進んでいる。



図—8 動力源の変遷 (年代はTCMでの製品化)

6. 自動化と大型化

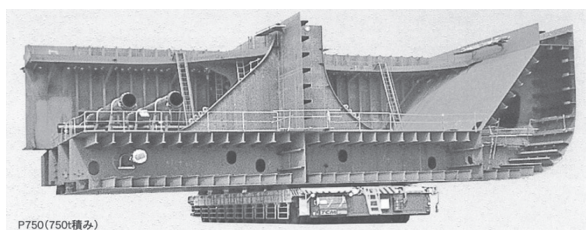
フォークリフト作業も自動化・無人化が進んでいる。

写真—16 は、工場内の自動化などで活躍する無人サイドフォークである。

写真—17 は造船所で活躍している 750 トン積み走行台車で船殻を運搬している。最近では 1,000 トン級走行台車や、複数台同期制御荷役で超重量物荷役を行う技術も開発されている。



写真—16 無人サイドフォーク



写真—17 750 トン走行台車

7. まとめ

TCM の技術者は、お客様の困ったを何とか解決すべく 1 号フォークリフトから大型の荷役・搬送機器の開発および物と情報の一元管理などのシステム開

発に取り組んできた。今後も物流現場の問題解決に取り組み、先人の開拓魂・パイオニアスピリッツを TCM の DNA として受け継いでいかねばならないと感じている。本報が関係諸兄の今後のお仕事に多少ともお役に立てるのであれば、筆者らの望外の喜びである。

J C M A

《参考文献》

- 1) 日本産業車両協会編、フォークリフトハンドブック、日刊工業新聞社、(昭和 39 年)
- 2) 塩澤、フォークリフトの標準化の歩みと今後の可能性、無人化技術、p.51-56 (1990)
- 3) 社日本産業車両協会ホームページ
- 4) 日本機械学会交通物流部門ニュースレター、No.28 (2004)
- 5) 菅田、植本、大型運搬機・運搬車両の大形化について、日本機械学会誌、Vol.91, No.839, p.1107-1110 (昭和 63 年)
- 6) 晴山、コンテナターミナル荷役機器・システムの最新技術動向について、港湾荷役、Vol.44, No.2, p.214-220 (平成 11 年)
- 7) 晴山、環境問題に取り組む物流システム、日刊工業新聞 (2004.9.14)

【筆者紹介】



晴山 蒼一 (はれやま そういち)
日立建機株式会社
技術開発センター
テクニカルアドバイザー
(元 TCM 株式会社 技師長)



後藤 祐明 (ごとう ゆうめい)
TCM 株式会社
産業車両事業部
産業車両開発部
部長



大沼 理人 (おおぬま まさひと)
TCM 株式会社
経営企画室 企画グループ
グループ長

4 脚クローラ式不整地移動機構の開発

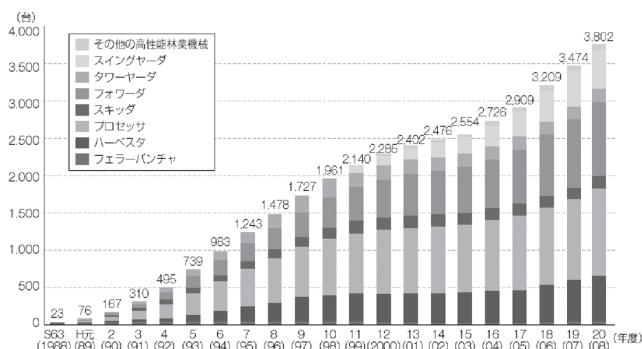
石 井 啓 範

掘削機械として開発されてきた油圧ショベルをベースとして、解体作業や林業等を対象とした特殊な作業機械が開発されてきている。今後、作業機械の活動範囲をさらに広げることを想定した場合、既存の足回り（2クローラ）では対応が困難な凹凸がある不整地路面への対応が求められる。そこで作業機械のさらなる適用範囲拡大を目指し、不整地対応をターゲットとした新しい移動機構を開発した。本機は4本の脚の先に4台のクローラを設けた4脚クローラ機構を採用しており、以下の特徴を有する。1) 4脚が独立に上下・左右に可動（前後左右20度斜面に対し姿勢水平可能）。2) クローラユニットが受動的に揺動し、路面への接地性を向上。3) 上部旋回体の姿勢水平制御機能。

キーワード：不整地，移動機構，脚クローラ，林業，災害復旧，姿勢制御

1. はじめに

掘削機械として開発されてきた油圧ショベルをベースとして、ビル等の各種解体や、産業廃棄物処理などの様々な作業に対応した特殊な作業機械が開発されてきている。さらに近年、林業分野において、倒木・造材・集材作業用に専用アタッチメントを搭載した“高性能林業機械”の普及が進んでいる（写真－1）。図－1は高性能林業機械の稼働台数を表すグラフであり、1990年代からその稼働台数が着実に増加していることがわかる。これらの林業機械は山岳部での作業となるため、今後、林業機械の活動範囲をさらに広げることを想定した場合、凹凸がある不整地路面への対応が求められると考えられる。しかし、既存の油圧ショベルの足回り（固定2クローラ）では不整地への対応に限界がある。また林業以外で、例えば、地震等の災



図－1 高性能林業機械の稼働台数

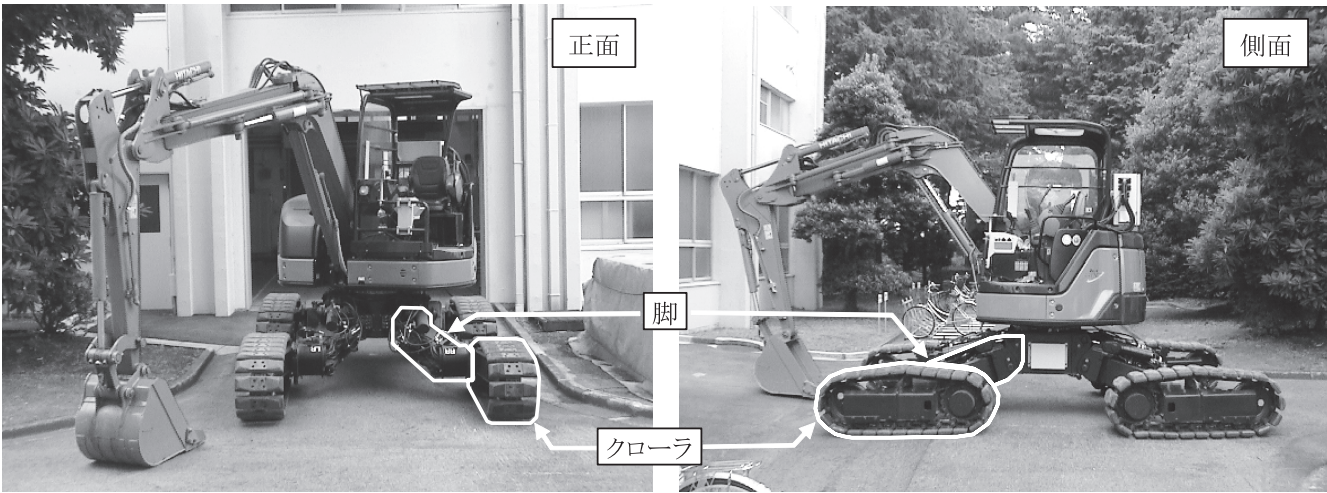
害復旧作業においても、不整地路面への対応能力が求められている。そこで作業機械の適用範囲のさらなる拡大を目指し、不整地対応をターゲットとした新しい移動機構を開発することとした。

2. 4 脚クローラ式不整地移動機構

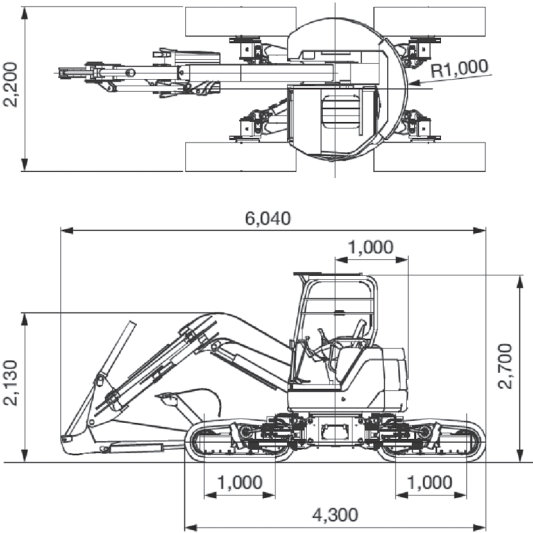
不整地に対応した移動機構として、様々な方式が考えられた。そこで、各種方式を不整地移動に要求される項目を用いて比較評価を実施した。その結果、移動機構として4脚クローラ方式を採用し、新しい不整地対応移動機構を開発した。開発した4脚クローラ式不整地移動機構の外観写真を写真－2に、外形寸法図を図－2に、作業範囲図を図－3に、移動機構部の構造図を図－4に、仕様を表－1にそれぞれ示す。以下、移動機構の詳細について述べる。



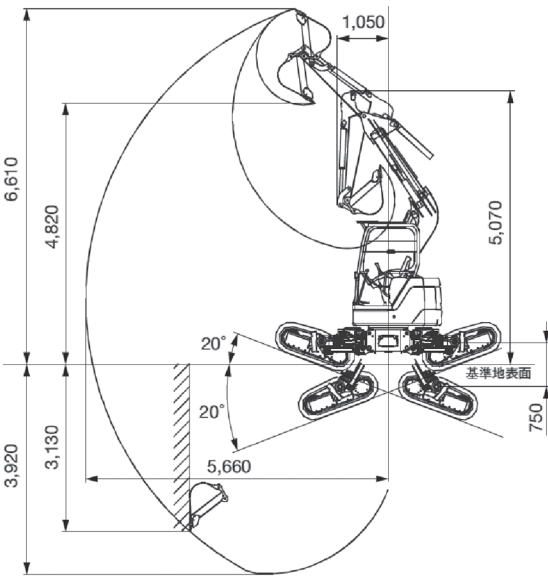
写真－1 高性能林業機械（プロセッサ）



写真ー2 4脚クローラ移動機構外觀写真



図ー2 外形寸法図



図ー3 作業範囲図

表ー1 仕様表

機械質量	kg	6,500
機体質量	kg	5,000
標準バケット容量	m ³	0.22 (旧 JIS 表示 0.2)
標準バケット幅	mm	700
旋回速度	min ⁻¹ (rpm)	9.3
走行速度	km/h	3.5/2.1
登坂能力	度 (%)	30 (58)
最大掘削力	kN (kgf)	41.2 (4,200)
エンジン		
型式	クボタ V2403-DI-K2A	
形式	水冷 4 気筒直噴式	
定格出力	kW/min ⁻¹ (PS/rpm)	33.1/2,400 (45/2,400)
油圧装置		
油圧ポンプ形式	可変容量型斜板式× 1, 歯車式× 1 (操作用)	
主リリーフ圧	MPa (kgf/cm ²)	24.5 (250)
旋回油圧モータ形式	定容量形斜板式× 1	
走行油圧モータ形式	可変容量形斜板式× 4	
フロント		
側溝堀形式	平行リンク式	
最大オフセット量	mm	左 740 右 920
足回り		
シュー形式	パットクローラ	
標準シュー幅	mm	400
接地圧	kPa (kgf/cm ²)	37 (0.38)
最大脚移動量	mm	750
姿勢水平最大傾斜	(前後) deg	20
	(左右) deg	20
油類の容量		
燃料タンク	L	70
作動油タンク	L	77 (基準レベル 59)

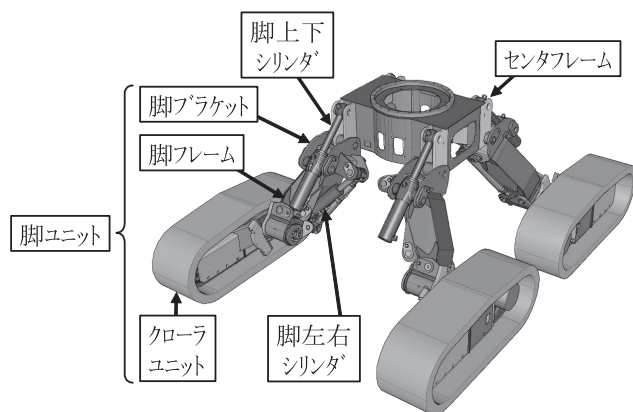


図-4 移動機構構成図

(1) 脚クロラ機構

移動機構のセンタフレームには、前後左右端部にそれぞれ脚ユニットが設けてある。脚ユニットとは、脚根元ブラケットから先端のクロラユニットまでの部位の総称であり、大別して、脚根元ブラケット、脚フレーム、クロラユニットから構成されている。脚ユニットは、センタフレームに対し上下揺動自在に設けられており、脚ユニットとセンタフレームを繋ぐ脚上下シリンダによって駆動する。各脚ユニットを上下に揺動することにより、上部旋回体の姿勢を変化させることが可能となる。脚上下ユニットの可動角は60 [deg] であり、最大脚上げ高さは750 [mm]、前後左右約20 [deg] の傾斜地においても上部旋回体を水平に保つことができる。また、脚上下シリンダにはトラニオンシリンダを採用し、脚上下シリンダをセンタフレームの上ではなく、脚ユニットの上に配置している。こうすることで、センタフレームの大型化を回避し、移動機構の全高を低く抑えている。

脚フレームは脚根元ブラケットを中心に左右揺動自在に設けられており、脚根元ブラケットと脚フレームを繋ぐ脚左右シリンダによって駆動する。ここで、前左右脚を左（右）側に、後左右脚を同じく左（右）側に駆動することによって、本移動機構を中折れ型のステアリング姿勢とし、旋回動作を行うことができる（図-5a）。本姿勢による旋回動作では、通常の2クロラが行う左右クロラの速度差による（超）信地旋回のようにクロラを横方向に滑らせることが無い

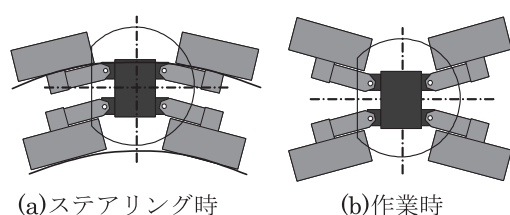


図-5 脚姿勢

め、路面に与えるダメージを軽減することが可能となる。また、前後右脚を右側に、前後左脚を左側に駆動することによって、作業姿勢とすることができる（図-5b）。本姿勢では、クロラを左右外側に張り出すことによって、特に横方向の支持多角形を拡大することが可能となり、作業時の安定性の向上を図ることができる。

脚フレームの先端には、クロラユニットが設けてある。クロラユニットは脚フレームに対し受動的に揺動する構造となっており、クロラユニット揺動により不整地への俵い動作を実現している。

最後に自由度について述べる（図-6）。本移動機構は各脚ユニットが上下左右の能動2自由度脚（J1, J2）を有し、各クロラユニットが脚フレームに対する受動1自由度（J3）と、走行用の自由度（J4）を有している。したがって、1脚当たり能動3自由度、受動1自由度となり、移動機構全体で能動12自由度、受動4自由度の構成となっている。

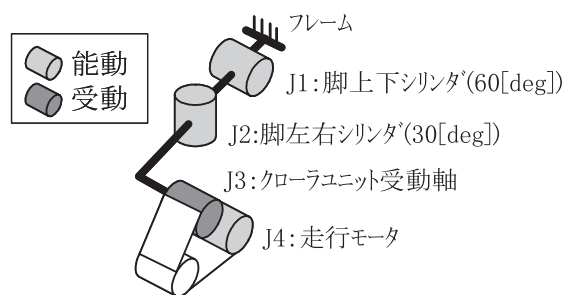


図-6 自由度配置図

(2) 全体システム

次に本機のシステム関係について説明する。図-7に本機システムの概略図を示す。

はじめに移動機構用コントロールバルブから移動機構アクチュエータに繋がる駆動油圧管路について述べる。通常の油圧ショベルの場合、上部旋回体にコントロールバルブを設け、センタジョイントを通じて移動機構のアクチュエータに繋がる構成となっており、セ

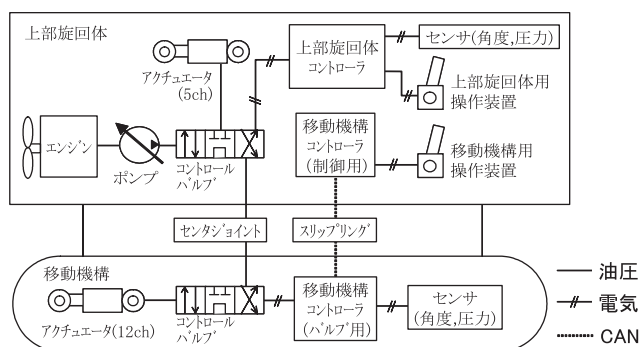


図-7 システム概略図

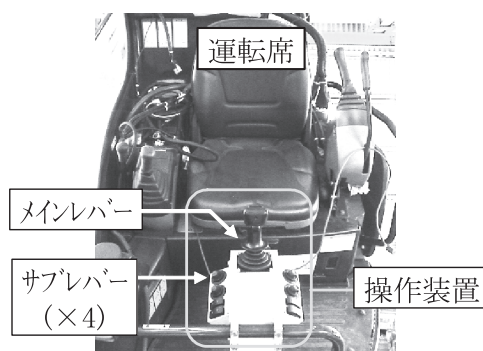
ンタジョイントはアクチュエータ数×2のポート数を有している。移動機構のアクチュエータとして、走行モータを2台有するタイプが一般的であり、センタジョイントを通過する管路数は、 $2 \times 2 = 4$ ポートとなる。ここで、今回開発した4脚クローラ式移動機構について考えると、2.(1)で述べたように、移動機構に12個のアクチュエータを有している。これらのアクチュエータの駆動油圧管路を、通常の油圧ショベルと同様にセンタジョイントを介して接続することを想定した場合、 $12 \times 2 = 24$ のポートを有する巨大なセンタジョイントが必要となり、現実的ではない。そこで、本機では移動機構用のコントロールバルブ自体を移動機構側に設置する構成とした。これにより、ポンプからのメイン管路、パイロット管路、タンク管路、ドレン管路の4管路のみをセンタジョイントを介して下部コントロールバルブに接続するだけで済み、センタジョイントの大きさを通常の油圧ショベルと同等に抑えることができた。

次に本実験機のシステム全体について述べる。本機の油圧システムはロードセンシングシステムを採用している。原動機（ディーゼルエンジン）によって駆動される油圧ポンプは上部旋回体用コントロールバルブに接続され、上部旋回体用コントロールバルブには上部旋回体用のアクチュエータが接続されている。さらに、上部旋回体用コントロールバルブの出力ポートの一部が、センタジョイントを経由して移動機構用コントロールバルブに接続されている。さらに、移動機構用コントロールバルブの各セクションが移動機構用の各アクチュエータに接続されている。

また、移動機構用コントロールバルブはソレノイドによる電磁駆動方式を採用しており、この電磁弁を駆動するためのバルブ用コントローラもまた、移動機構に設けてある。本コントローラは上部旋回体からスリッピングを経由して給電されている。また、上部旋回体に移動機構の制御用コントローラを配置しており、上下のコントローラはスリッピングを介してCAN（Controller Area Network）で接続されている。上部コントローラには上部旋回体の運転席に設けてある操作装置が接続されており、操作装置からの信号を基に上部コントローラが演算した移動機構各アクチュエータの駆動信号は、CANを経由して下部コントローラに伝達される。また、下部移動機構の姿勢角や負荷圧を計測するセンサは下部コントローラに接続されており、これらのセンサ情報はCANを経由して上部コントローラに伝達される。

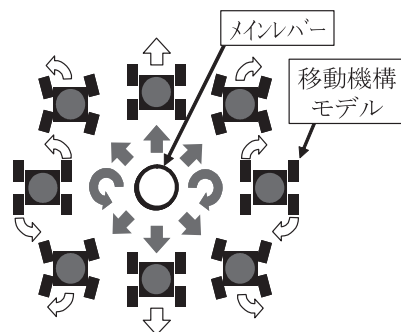
(3) 操作装置

2.(2)で述べたように、移動機構の操作装置は上部旋回体に配置された制御用コントローラに接続されている。操作装置本体は、上部旋回体の運転席内の前方部中央付近に配置している（図—8）。操作装置の中央に走行指示用のメインレバーを配置している。本レバーは前後・左右・回転の3自由度に加えて、アナログ指令が可能なシーソー型ポテンショを2つ備えている。また、メインレバーの左右に4つのサブレバーを配置している。このサブレバーは各脚ユニットを個別にマニュアル操作を行う時に使用するもので、それぞれが前後・左右・回転の3自由度を有している。またこれら4つのサブレバーの配置は、正面を向いた状態での実験機の脚の配置に対応している。サブレバーの前後を脚の上下、左右を脚の左右方向の自由度に割り当てている。



図—8 操作装置

本移動機構の操作方式は、フロントとの複合動作による瓦礫の乗越え動作等を考慮し、1本のレバーにより指示する方法としている（図—9）。3自由度のジョイスティックの前後自由度によってクローラの前後進速度を指令し、左右自由度によって脚左右シリンダのステアリング角を指し、さらに、ジョイスティック自体の回転自由度によって、左右のクローラに対し逆方向の速度指令を与える構成としている。



図—9 操作方式



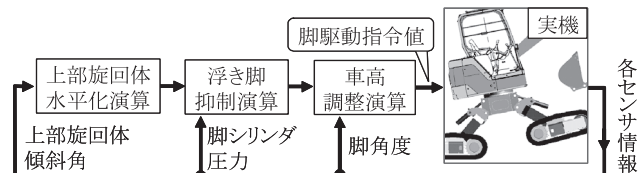
写真—3 姿勢水平制御実験

3. 姿勢水平制御

本機は不整地における作業を想定している。通常の油圧ショベルの場合、傾斜地等で作業を行う際に、上回りが傾斜した姿勢で作業せざるを得ず、作業性や安全性の低下に繋がっていた。そこで本機は、作業性の向上を目的として、上回りの姿勢を自動的に水平に保つ“姿勢水平制御機能”を有している。

(1) 姿勢水平制御の構成

本制御の主要な構成を図—10のブロック線図に示す。



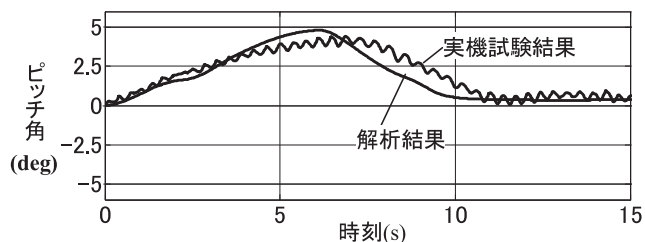
図—10 姿勢水平制御ブロック線図

まず上部旋回体水平化演算部にて、上部旋回体の傾斜角から上部旋回体を水平化するための各脚への駆動指令値を演算する。次に浮き脚抑制演算部にて、脚上下シリンダの圧力から判別した接地力が弱い脚について、脚駆動指令値を調整する。さらに、車高調整制御部にて、車高を不必要に変化させないように、駆動する脚の優先順位を設け脚指令値を調整する。

(2) 実機実験

制御手法の実証実験として、上部旋回体の姿勢水平制御を実機実装し、17deg斜面の登坂実験を行った。

この時の機体の様子を写真—3に、上部傾斜角度の推移を図—11に示す。これらの図から、上部傾斜角



図—11 姿勢水平制御実験結果

に応じて脚を駆動させ、上部傾斜角を不感帯の1degまで水平化していることがわかり、本制御方法の有効性を確認した。

4. おわりに

本報告では、林業等、不整地における作業を対象として開発した4脚クローラ式不整地移動機構および、考案した上部旋回体姿勢水平制御方式について述べた。

今後は実用化に向けて、実現場でのフィールドテスト等を行っていくのと同時に、本機の開発を通して得られた技術を他の作業機械に展開し、将来の製品開発に結び付けていく予定である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 林野庁, 平成21年度森林・林業白書, (社)全国林業改良普及協会, P16, 2010

【筆者紹介】

石井 啓範 (いしい あきのり)
日立建機(株)
技術開発センタ
主任研究員



建設機械における ICT システムの活用

遠隔機械稼働管理システムの展開とデータ活用の推進

土井下 健 治

建設機械は、1980年代からマイコン制御技術を取り入れたメカトロ化が始まり、2000年に入って情報通信技術（ICT）の進展にともない、建設機械にも ICT 技術が導入されるようになった。その代表例は、遠隔機械稼働管理システムであるが、現在ではその機能は建設機械において一般的な仕様となり、システム導入の段階から、データ活用の段階に開発のフェーズが進んできている。本稿ではその遠隔機械稼働管理システムを例に、顧客、代理店、建機メーカーそれぞれにおける現状課題と活用事例を紹介し、今後の方向性について言及する。

キーワード：建設機械、ICT（情報通信技術）、遠隔機械稼働管理システム、GNSS、テレマティクス、O&O コスト

1. はじめに

近年のGPSなどのGNSS(Global Navigation Satellite System) 位置情報取得技術、及び衛星通信・携帯電話などの通信インフラの拡張・低価格化にともない、自動車や建設機械に通信機器を搭載し、離れた場所から機械の状態を監視する、遠隔機械稼働管理システムの普及が本格化してきた。

自動車分野においては、一般にテレマティクス（Telecommunication = 通信と Informatics = 情報工学から作られた造語）と呼ばれているが、車両状態の監視だけでなく、ドライバーへの渋滞情報や天気予報などのエンタテインメント情報提供や事故時のサービスセンタへの緊急通報等の安全・安心サービスも含んだ統合的なサービスとして提供されているのが特徴である。

一方、建設機械における遠隔機械稼働管理システムは、生産材としての役割から、基本情報としての機械位置、稼働時間等の稼働状況監視に加え、燃料消費量や故障情報等のプロダクトサポートのため関連情報の取得を主たる機能としている。自動車との車両単価の違いもあるが、建設機械においては、この遠隔機械稼働管理システムは各社ほとんどの機種で標準装着となっており、装着比率と活用に関しては自動車業界の先をゆく事例も見られる ICT 技術分野である。

2. ICT 化の目的

よく ICT は道具であると言われているように、建設機械に ICT 技術を導入すること自体が本来の目的ではない。お客様の建設機械の状態を、リアルタイムで確認できるようにすることにより、適切なプロダクトサービスの提供やより良い運転のための情報取得などを実現し、最終的にはお客様への省燃費な運転方法のリコメンドなどからお客様のオペレーション改善と利益拡大を実現することが目的である¹⁾。

本稿では、最初に、建設機械 ICT 化の代表事例である遠隔機械稼働管理システム構築における課題や取り組みを説明する。その後、図-1に示す建設機械 ICT 化の3つの目的、「プロダクトサポートの効率化（代理店）」、「生産・開発への活用（メーカー）」、「現場オペレーションの改善（顧客メリット）」それぞれの実現に対し、現状課題とその解決のための取り組みについて紹介したい。

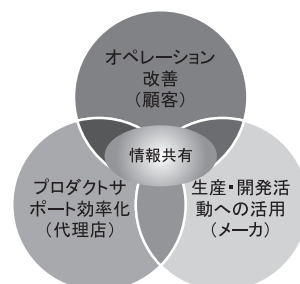
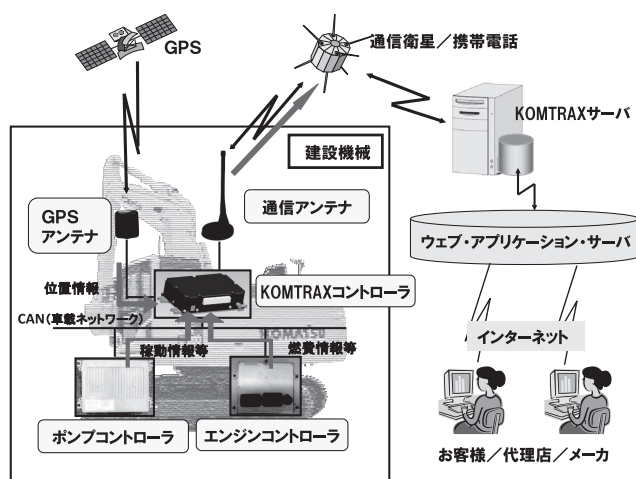


図-1 建設機械 ICT 化の目的

3. KOMTRAX®のしくみ

まず、遠隔機械稼動管理システムの一例である、「KOMTRAX®」のしくみを簡単に紹介する(図—2)。

最近の建設機械では、制御用コントローラ間をCAN(Contoller Area Network)と呼ばれるネットワークで接続し、複数のコントローラ間の情報を共有しながら統合制御が行われている。KOMTRAX®端末は、各種コントローラに接続されたセンサ情報等をこの車載ネットワークから取得し、GPS位置情報と併せて、衛星通信や携帯地上波回線経由にてサーバに情報を送信している。サーバからは、インターネット経由で顧客や代理店が必要な車両情報を閲覧できるようになっており、インターネットのブラウザソフトさえあれば、特別なソフトウェアは必要ない。



図—2 KOMTRAX®のシステムイメージ

4. 遠隔機械稼動管理システム構築における課題と取り組み

(1) グローバル対応

建設機械は、今や全世界で生産・販売されており、新車のみならず中古車の流通もグローバル規模である。従って、搭載されるICTシステムも当然全世界で利用できるシステムが望ましい。

遠隔機械稼動管理システムは、その目的から通信機能が必須であるが、その通信機能ゆえにグローバル展開には困難を伴う。一般的に通信事業の許認可は各国毎の専権事項であり、国毎に許認可を取得する必要があるためである。

許認可の対象は、その通信サービスが使用する周波数帯に関するものや、使用する通信端末ハードウェアに対するもの等があるが、それぞれ利用する国毎に、

通信サービスのプロバイダや、あるいは端末製造メーカがそれらの認可を取得する必要がある。

この問題は、民間企業の努力だけでは解決が困難であり、時間を要する問題であるが、欧州におけるCEマークのような国境を越えた相互認証のしくみの構築が望まれる。

(2) 通信インフラ

現在、KOMTRAX®の通信インフラとしては、衛星通信、または携帯地上波通信が利用されている。携帯地上波通信は、数年前までは、利用する各国毎に存在する携帯キャリア会社とそれぞれ個別に利用契約する必要がある、建設機械をグローバルで生産・販売するメーカとしては、利用が困難であった。しかし、最近になり各キャリアが他国のキャリアとローミング契約を交わし、一つのキャリアとの契約だけで世界中での利用を可能にするグローバルローミング契約や、そのサービスプラットフォームを専門で提供するグローバルネットワークオペレータ企業が登場し、携帯地上波通信をグローバルで利用する環境が整ってきた。

遠隔稼動管理システムにて利用が想定される通信インフラと、その特徴を表—1にまとめる。

通信インフラは、グローバルで1つの方式が利用できるのが望ましいのであるが、表—1のとおりそれぞれ長所・短所があり、現状では目的に合わせて使い分けるしかない。

そのため、カバーエリアと通信コストを考慮して、日本・中国では携帯地上波通信、その他国では衛星通信を利用しているが、一部マイニング現場では、無線LANも併用することもある。今後も、その地域、現場に合った通信インフラを見極めながら、KOMTRAX®サービスを拡大してゆく予定である。

(3) データ解析技術の向上

建設機械から、通信網を通じてデータを取得する技術自体は一般的なものであり、各建機メーカにおいても利用する技術に優劣は無い。むしろ、どのようなデータを取得し、どのように加工して日々のサポートや生産、開発活動に応用していくかが、もっとも知恵を必要とする部分であり、各社の差別化、競争力の原点である。

KOMTRAX®は2001年から標準装着され、適用機種、適用地域を広げてきた。当然データの蓄積も進んでいるが、そのデータ解析と日々の活動への展開については、まだまだ道半ばであると考えている。データ解析技術の向上と、日々のオペレーションへの適用は、

表ー1 遠隔機械稼働管理システムでの通信インフラ

	利用可能地域	カバーエリア	通信パフォーマンス (速度・容量)	通信コスト
衛星通信	△ 認可されていない国もある	△ 屋内利用不可	△ 速度、データ容量とも低い	△ データ容量当たりの通信費は比較的高価
携帯地上波通信	○ 携帯はほぼ全世界に普及している	△ 郊外や山岳地等で利用不可の場所あり	○ パケット通信であれば、比較的高速・大容量	△ 国際ローミングの費用が比較的高価
無線 LAN (Wi-Fi)	○ グローバルな標準化が進んでいる	△ 通常数 100 m の範囲でしか使えない	○ 高速・大容量通信が可能	○ 通常無料
業務用無線 (SS 無線)	△ 国により利用可能周波数や出力が違う	△ 通常数 km までの範囲でしか使えない	△ 数 10 kbps 程度	△ 利用申請費用などが必要な場合あり

○：良い △：課題あり

日々改善されている取り組みではあるが、以下いくつかの事例を紹介したい。

5. プロダクトサポート効率化への取り組み

(1) 消耗品交換リコmend活動

KOMTRAX[®] では、稼働時間をベースに消耗品等の交換時期をお知らせする機能を持っている（図ー3）。

この情報をベースに、各代理店が担当機種のチェックを実施し、必要あれば電話での顧客への交換リコmendや実際の部品交換作業を実施する。販売店にとっては、消耗品部品の売上拡大のチャンスとなり、お客様にとっても機械が深刻なダメージを受ける前に適切な処置を受けられるので、将来の大きな修理費用の出費を抑えることができる。

交換時期情報 [最新SSR: S216.7 H (11/14/2010)] 履歴			
項目	前回交換日	前回交換時SMR	次回交換までの残り時間
エンジンオイル	09/13/2010	5202.5 H	485.8 H
エンジンオイルフィルタ	08/26/2010	5195.7 H	479.0 H
燃料フィルタ	08/26/2010	5195.7 H	979.0 H
作動油フィルタ	08/26/2010	5195.7 H	978.9 H
作動油タンクブリーザ	08/26/2010	5195.7 H	479.0 H
コローションレジスタ	08/26/2010	5195.7 H	979.0 H
ダンパケースオイル	08/26/2010	5195.7 H	979.0 H
ファイナルケースオイル	09/13/2010	5200.7 H	1984.0 H
マシナリケースオイル	08/26/2010	5195.7 H	979.0 H
作動油	08/26/2010	5195.7 H	4978.9 H
燃料プレフィルタ	08/26/2010	5195.7 H	479.0 H

図ー3 消耗品交換時期お知らせ画面（イメージ）

(2) サービスマン派遣の効率化

KOMTRAX[®] の画面では、上記のような消耗品交換が必要な機械や、エラー・コeshionが発生している機械を一覧で閲覧したり、地図上で確認したりすることが可能である。これら何らかのサービスが必要な機械は、通常車両と色を変えて表示しており、代理店のサービスマンなどは、一目で対応が必要な車両を

把握することができる。

従来、このような遠隔機械稼働管理システムが無い時には、サービスマンが現場に訪問し、現車タッチすることも容易なことでは無かった。固定された現場の場合は良いが、お客様の現場は日々変わることも多く、携帯電話でお客様の事務所に確認を取りながら、現場に向かうのが普通であり、現場に到着するだけでも数時間を要する場合もあった。

KOMTRAX[®] では、確実な車両位置を地図で確認して訪問できるばかりでなく、事前に発生しているエラーの種類や、機械の状態を把握して訪問できるので、必要な部品やツールを効率よく事前準備して訪問することができる。

また、携帯電話やGPS端末などを利用して、代理店のサービスパーソンやサービスカーの位置を確認し、サービスが必要な最寄りのお客様へ立ち寄りさせる、といった取り組みも実施している。

6. 生産・開発への活用取り組み

(1) 市場トレンドの推定

一般的な景気動向指標として、例えば日本では内閣府による「機械受注統計調査」や、国土交通省による「建築着工統計調査」などが良く知られており、設備投資の先行指標として利用されている。住宅建築着工件数と建機需要は密接に関連するため、重要指標として管理されているわけであるが、さらにより早期、かつ地域毎の市況把握の参考情報として、KOMTRAX[®] の稼働時間情報を活用している。

建設機械の稼働時間は、建設業のお客様の仕事量を如実に表すと考えられる。特に、個別の顧客ではなく、地域ごとの全体的な平均を長期トレンドとして観察す

ることにより、当該地域における市況を推測することができる。

あくまで参考情報ではあるが、適切な生産量や在庫量を判断するうえでは、有用な情報といえる。

(2) 機械使われ方情報の開発へのフィードバック

建設機械、特に油圧ショベルは、さまざまな汎用的作業が出来る機械である。JCMASでは一般的な油圧ショベルの作業を定義し、燃費計測方法などの標準化に使用している（JCMAS H020 2010）が、実際の顧客の作業は複雑であり、かつ、掘削、走行、ならし等各作業の実施比率も、地域、顧客業種等によりバラバラなのが実情である。

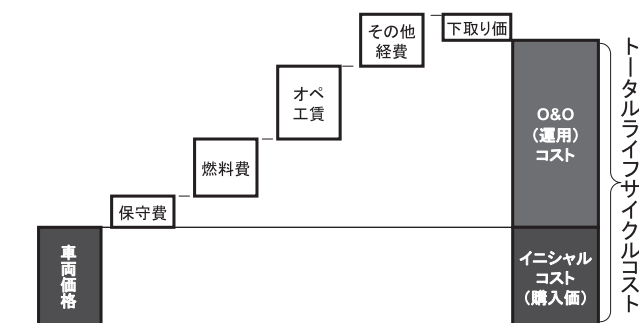
そこで、各地域における仕様決定の際の参考情報取得、顧客でのより正確な燃費を推定するといった目的のため、KOMTRAX[®] から得られる、機械の使われ方情報が利用されている。

実際に、同じ機械であっても国により操作の仕方に傾向が見られる場合や、作業内容の過酷度合いに違いがある場合があるが、より実状にあった使われ方を把握することにより、試験基準の見直し、作業モードの仕様決定など、開発時の検討に役立てることができる。

7. 顧客オペレーションの改善活動における課題と取り組み

冒頭に述べたように、建設機械のICT化の取り組みは、最終的にはお客様へのメリットとして、オペレーション効率の向上や、オペレーションコストの削減につながらなければならない。

車両のライフサイクルにおいては、建設機械の購入価格よりも、燃料費や保守費、オペレータ人件費といった、O&O（Operating & Owning）コストのほうが、ずっと高いのが通常である²⁾。従って、燃料費やオペ工賃等、O&Oコスト削減の提案ができれば、お客様のオペレーションのコスト削減に大きく寄与することとなる（図—4）。



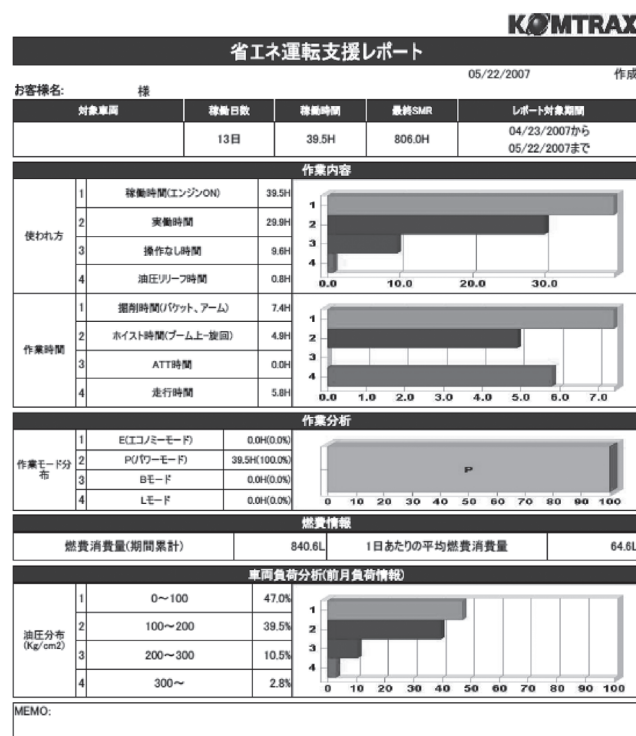
図—4 建設機械のライフサイクルコスト

(1) 省エネ運転の提案

環境問題への関心の高まりと燃料費の高騰により、近年では省エネへの関心が非常に高まっている。我々建設機械のお客様にとっても、燃料代の抑制は最重要課題であり、省エネ機械の開発は建設機械メーカの至上命題でもある。

ただ自動車も同様であるが、建設機械自身の燃費向上に加えて、運転方法の改善も、燃費には非常に大きな影響を与えることがわかっている。過去に実施された省燃費運転研修の例では、同じ油圧ショベルであっても、省燃費運転を学習した前後の結果で平均1割程度の燃費改善が見られ、人によっては作業量も加味した燃費効率で30%以上の改善がみられる場合もあった。

このように、お客様での省エネを運転面から支援するため、KOMTRAX[®] では「省エネ運転支援レポート」としてお客様に運転内容情報と省エネ運転のためのアドバイスを提供している（図—5）。



図—5 省エネ運転支援レポート

例えば、車両負荷情報と作業モード情報を比較して、負荷が低い作業が多いにもかかわらず、E（エコノミー）モードではなく、P（パワー）モードを多用している場合には、Eモードを利用するように提案したり、作業をしていないアイドリング時間が長い場合には、アイドルストップを提案したり、といったアドバイスなのであるが、実際にこのアドバイスにより、同じ現場で

同じ作業をしているにもかかわらず、月間11%程度の燃料消費を削減した事例などが報告されている。

(2) レンタル最適配車の実現

近年、特に日本国内においては、建設機械の需要はレンタル向けが過半を占めており、油圧ショベルの場合は、2002年以降、日本国内需要の半分以上がレンタル向けとなっている³⁾。そのようなレンタル業のお客様にとって、効率的な配車管理と確実な保有機の稼働状況の把握は、ビジネス遂行のうえでの重要な管理項目である。

一部レンタル会社においては、KOMTRAX[®]の位置情報、稼働時間情報を活用し、比較的稼働の少ない車両を別の営業所に回したり、お客様の現場に近い営業所から機械を融通したりといった、効率的な配車管理に利用している。

また、実際に機械が動いた時間が正確に分かるので、レンタル料金算定の参考情報としても利用できる。

KOMTRAX[®]は、レンタル機械の稼働率向上にも大いに貢献しているのである。

(3) 下取り価格アップの取り組み

図-4に示した通り、下取り価格が高くなれば、お客様のO&Oコストを下げることができる。通常、中古車の下取りにおいては、外観、経過年数、サービスメータが価格決定の基準となるが、KOMTRAX[®]のメンテナンス履歴、作業負荷履歴情報等より詳細な機械の使われ方履歴を開示することにより、バイヤーにしっかりメンテナンスされているという安心感を与え、より高く買い取りしてもらう、という取り組みを始めている。

(4) 車両盗難の抑制と盗難保険価格の低価格化

2000年頃、建機盗難とそれによるATM強盗事件などが社会問題化した。日本建設機械工業会が2003年に「盗難防止装置に関するガイドライン」をまとめ、建設機械メーカ各社がそれぞれ電子認証キーやKOMTRAX[®]のような遠隔機械稼働管理システムを導入するなどして対策に努めてきた結果、2001年をピークに、以降建機盗難は減少している⁴⁾。

実際に、KOMTRAX[®]の夜間のエンジン始動警報メール送信機能や位置追跡機能を活用し、盗難車両を確保した事例が世界で確認されており、これらの実績を踏まえ、KOMTRAX[®]装着建機については保険会社とタイアップのうえ、通常より安価な盗難保険メニューが提供されている。

8. 建機 ICT 化の今後の取り組み

ここまで述べてきたように、建設機械のICT化、特に遠隔機械稼働管理システムに関しては、しくみの構築のフェーズから、そのデータ活用のフェーズへと状況が移行しており、いかにしてサポートや顧客オペレーションの効率化を実現するかに各社の力量が問われている。

(1) データの精度向上と詳細化

サービスや顧客現場での情報活用が進むにつれて、機械稼働管理システムの扱うデータはより詳細なものが求められるようになってきている。例えば、マイニング現場で利用される超大型建設機械などは、ダウンタイムが顧客オペレーションに決定的な損失を与えるため、エラー発生前後の各種車両データを複数同時に取得したり(スナップショットデータ)、センサーデータを長時間にわたりモニタリングしたデータ(トレンドデータ)を必要としている。これらの情報は、一般的にデータ容量が大きく、既存の通信回線では容量やコスト面で扱えないことも多い。このような大容量データも扱える、新しい通信システムの開発が必要になってくるであろう。

また、機械のダメージや使われ方をより詳細に見るため、エンジン、トランスミッション、ポンプ、ホース等機械のコンポーネント単位での情報取得も求められてきている。これらコンポーネント単位での情報を取得するためには、新しいセンサやデータ収集のしくみが不可欠となるが、既存の技術では課題も多く、今後の研究開発が必要な分野である。

(2) 情報化施工

さらに最近では、施工精度向上や工期の削減などを目的に、別の視点からの建設機械ICT化技術である、「情報化施工」の導入も進んできた。日本においては、国土交通省が情報化施工普及推進のための各種標準やルールを整備を進めており、早晚日本においても大きく普及してくることは間違いない。

情報化施工においては、地形の加工CADデータや作業機の位置データなど、従来の遠隔機械稼働管理システムでは扱っていない情報が使われており、将来的にはそれら情報化施工の情報と遠隔機械稼働管理システムの情報は統合され、お客様に新たな施工効率向上の手段を提供することになるであろう。

9. まとめ

車両の遠隔稼働管理システムは、テレマティクスという言葉とともに普及台数こそ自動車業界が進んでいるが、オペレーションへの活用度合いから見ると、建設機械のほうが先頭を走っている。

機械単独では、技術的な差別化が難しくなっている今日、ICT 技術を利用した、顧客のオペレーション改善にまで踏み込んだソリューション提供は、今後の建設機械メーカ各社にとっての重要な課題となるであろう。

J C M A

《参考文献》

- 1) 建設機械 2008 年 5 月号 「車両遠隔管理における情報化施工」 神田 俊彦 p.13-17
- 2) 建設の施工企画 2007 年 1 月号 「建設機械における GPS 活用と展開」 笠原時次 p.33-36
- 3) 日本建設機械工業会「平成 17 年度 我が国建設機械産業の将来展望 調査報告書」 p.31-33
- 4) 日本建設機械工業会「平成 17 年度 我が国建設機械産業の将来展望 調査報告書」 p.34

【筆者紹介】

土井下 健治（どいした けんじ）
コマツ
開発本部 商品企画室 ICT グループ



平成 22 年度版 建設機械等損料表 発売中

■内 容

- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づいて編集
- ・損料積算例や損料表の構成等をわかりやすく解説
- ・機械経費・機械損料に関係する通達類を掲載
- ・各機械の燃料（電力）消費量を掲載
- ・主な機械の概要と特徴を写真・図入りで解説
- ・主な機械には「日本建設機械要覧（当協会発行）」の関連ページを掲載

■ B5 判 約 720 ページ

■ 一般価格
7,700 円（本体 7,334 円）

■ 会員価格（官公庁・学校関係含）
6,600 円（本体 6,286 円）

■ 送料（単価） 600 円（但し沖縄県を除く日本国内）
注 1）複数冊発注の場合は送料単価を減額します。
注 2）沖縄県の方は社沖縄建設弘済会
（電話：098-879-2097）にお申し込み下さい。

社団法人 日本建設機械化協会

〒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>

日・米・欧の排出ガス規制対応技術

岡崎 達・田村 好美

ディーゼル機関は、信頼性・耐久性が高く、小型から大型まで広い範囲で出力が得られることや機関の高い熱効率から建設機械の動力源として従来から広く使用されている。しかしながら建設機械においても1996年以降日米欧で排出ガス規制が開始され、現在では中国を始めとした他の国々でも排出ガス規制が実施されるようになってきている。もともと建設機械はグローバルな商品であるので、排出ガス規制は世界的に共通な測定モードと測定方法のもとで基準値が検討されてきている。

特に2011年以降の新しい規制への対応については新技術の導入が不可避であり、エンジン性能および信頼性・耐久性を維持向上するための方策や故障診断システムの充実が従来に増して重要になってきている。

キーワード：建設機械、ディーゼルエンジン、排出ガス規制、後処理装置、窒素酸化物、パーティキュレート

1. はじめに

(1) 日米欧の排出ガス規制

米国連邦環境保護局(EPA:Environmental Protection Agency)は乗用車、トラックの排出ガス規制に続き建設機械に対してはノンロードディーゼルエンジン規制として1996年から規制を開始し、欧州連合(EU)においても同時期にノンロードディーゼルエンジンに対しての排出ガス規制が開始されている。日本においては同時期に当時の建設省(現国土交通省)が「排ガス対策型建設機械指定制度」により直轄工事に対する使用規制として同様な基準値を導入して規制への先鞭をつけた後、建設機械・産業機械・農業機械等の

オフロード用機械については特定特殊自動車として排出ガス規制が法制化され、日米欧で同様の排ガス規制が実施されるようになった。図-1に示すように1996年から5年毎に強化されてきた排出ガス規制は、2006年からは第三次規制(米国ではTier3, 欧州ではStageⅢA, 日本では平成18年規制)が開始され、2011年からは第4次と称される新しい規制(米国ではTier 4 interim, 欧州ではStageⅢB, 日本では平成23年規制)が導入されて新しい段階を迎えている。2011年からの規制ではパーティキュレート(以下PM)が第三次規制の1/10にまで低減され、また三年後の2014年から始まる次期規制では窒素酸化物(以下NOx)が第三次規制の1/10まで低減されることになり、

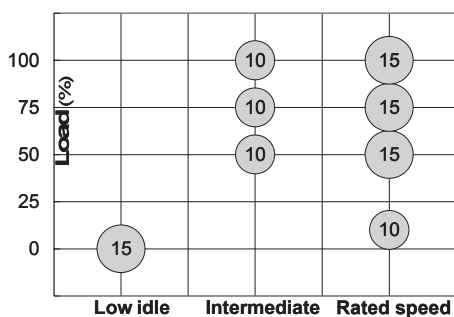
NOx / PM , *NOx+NMHC / PM , **NOx+HC / PM (g/KWh)															
	kW	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
 JAPAN	19...<37	8.0/0.80				6.0/0.4					4.0/0.03				
	37...<56	7.0/0.40				4.0/0.3					4.0/0.025				
	56...<75					4.0/0.25					3.3/0.02				
	75...<130	6.0/0.30				3.6/0.2					3.3/0.02				0.4/0.02
	130...<560	6.0/0.25				3.6/0.17					2.0/0.02				
 US	<19	9.5/0.8	*7.5/0.8				*7.5/0.4								
	19...<37	*7.5/0.6				*7.5/0.3					*4.7/0.03				
	37...<56	*7.5/0.4				*4.7/0.3					3.4/0.02				0.4/0.02
	56...<75					*4.7/0.4									
	75...<130	*6.6/0.3				*4.0/0.3									
	130...<560	*6.4/0.2				*4.0/0.2					2.0/0.02				
 EU	>560	*9.2/0.54				*6.4/0.2					3.5/0.1				3.5/0.04
	19...<37	8.0/0.8				**7.5/0.6									
	37...<56	7.0/0.4				**4.7/0.4					**4.7/0.025				
	56...<75														
	75...<130	6.0/0.3				**4.0/0.3					3.3/0.025				0.4/0.025
	130...<560	6.0/0.2				**4.0/0.2					2.0/0.025				
		Tier1	Tier2	Tier3 / Stage3A						Tier4 Int/ Stage3B			Tier4 final / Stage4		

図-1 日米欧の排出ガス規制

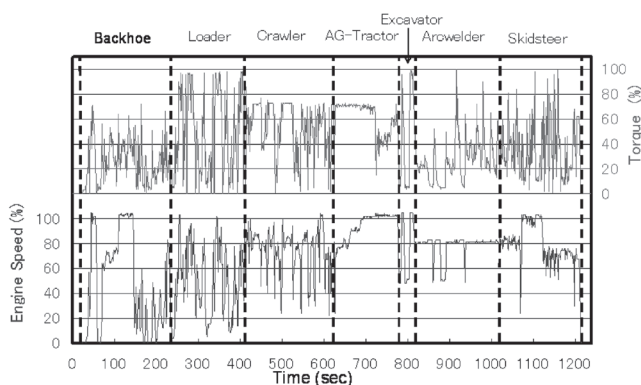
今後数年間のうちに建設機械用エンジンからの排出ガスは一桁変わるほどの大幅低減が図られることになる。

(2) 建設機械用エンジンの排出ガスの測定

建設機械用ディーゼル機関の排出ガス測定モードは使われ方の違いから自動車用とは異なったモードが設定され、従来から ISO8178 の C1 モードと呼ばれる定常 8 モードでの測定モード (図—2) が採用されていた。2011 年からの新規制では、ノンロードトランジェントサイクル (図—3) と呼ばれる過渡状態での測定モードが追加され、両者のモードでの測定結果がそれぞれ規制値を満足している必要がある。約 1200 秒に及ぶサイクルは、ホイールローダー、スキッドステアローダー、農業機械、油圧ショベル等々の実機に基づいたモードが組み合わされて成り立っている。排出ガス低減のための技術開発もさることながら、新しい測定モードと測定方法の導入は小型から大型までの幅広い出力範囲をカバーする建設機械用エンジンの開発においては計測設備の設置それ自体も大変な作業となっている。また 2011 年以降の大幅な排出ガスの規制値強化への対応として、NO_x あるいは PM 低減のための後処理装置の採用が必須となっており、これへの配慮として日米欧では燃料の低イオウ化が義務付けられてオフロード用エンジンの燃料としても自動車用と同様に触媒の採用が可能なレベルまで規格が変更されている。



図—2 ISO8178 C1 モード



図—3 ノンロードトランジェントサイクル (NRTC)

2. 排出ガス規制対応技術

(1) 排出ガス規制対応技術 (～ 2010)

排出ガス規制の強化に伴い規制値に応じた低減技術の導入がエンジンに要求されることになるので、建設機械の排出ガス低減対応技術は段階的に大きく変化してきている。前述の通り建設機械は出力範囲が非常に広いことや使われ方および使われる環境が異なるので原理原則はともかく自動車用の技術やコンポーネントをそのまま建設機械に使えないものが多々あり、対応技術も自動車用と異なっていたり、エンジンサイズにより異なった仕様のものがあり状況に応じて最適化が図られている。出力が 130 kW ～ 560 kW クラスの機関について規制対応技術を述べると第二次規制 (2001 年～) までのエンジンの対応技術はエンジンの燃焼改善を柱として吸排気系 (過給および給気冷却など) の改善により達成してきた。第三次規制 (2006 ～) 対応からは NO_x と PM の低減を両立させるためにこのクラスのエンジンでは、噴射系の改善 (噴射圧の高圧化と噴射時期の電子制御化、マルチ噴射化) と排出ガス再循環システム (以下 EGR システム) の導入が多く多くの機関でなされてこれらをトータル制御するべくエンジンの電子制御化が一気に進んで現在に至っている。

NO_x と PM の低減のためには燃焼温度の低減とすすの少ない燃焼を目指す必要があるが、前者のためには EGR システムが、後者のためにはコモンレール噴射システムのようなパイロット噴射やポスト噴射が可能なマルチ噴射機能を備え、噴射圧・噴射時期が自由に換えられる電子制御式高圧燃料噴射システムが非常に有用である。130 kW を超えるエンジンの多くがこれらのシステムを採用し電子制御を導入することによって、温度や高度等の環境対応を含めたエンジン性能の向上と排出ガスの低減の両立を図ることが可能となった。第三次規制対応においては一部に EGR システムを採用せず燃焼改善のみで対応したエンジンも見られるが、給気冷却器付過給エンジンを基本に前述の EGR システムと電子制御式高圧燃料噴射システムを採用したエンジンが主流となっており、EGR システムとしては再循環するガスを冷却して吸気側に戻すクールド EGR システムが多く採用されている。

2011 年から始まる第四次規制対応の車両は、現時点ではまだ市場導入には至っていないので各社の詳細は不明であるが低減技術の概要について以下に述べる。

(2) 排出ガス規制対応技術 (2011 ～)

第 3 次規制対応に対して NO_x を半減し PM を 1/10

にまで低減するためには大きく分けて二通りの方策が考えられている。

第一は第三次規制対応で多くのエンジンが採用している EGR システムと電子制御噴射システムを基本的に継承し、EGR システムの排出ガスの循環量 (EGR 量) を増やして NO_x を半減すると共に PM 低減のためにパティキュレートフィルタと呼ばれる後処理装置を新たに導入するという組み合わせである (図—4, 9, 10)。

EGR 量を増大し且つ自由に EGR 量を調整可能にするためには単に EGR 用の調整バルブの制御能力を向上させるだけではなく過給装置を可変 (可変ターボチャージャ) とするなどの機能向上も合わせて必要である。また EGR 量増大に伴う燃焼の悪化、特に PM の悪化に対しては燃焼室形状の見直しや噴射系能力の向上による燃焼の改善で悪化前のレベルまで戻すことが必要である。後述の通りコモンレール燃料噴射システムにおいては規制の強化に伴って高噴射圧化への開発が進められ、2011 年からの規制対応エンジンでは 200 Mpa レベルにまで噴射圧が高められて PM 低減に非常に大きな寄与をしている。各コンポーネントの改良によってエンジン出口での排出ガスレベルは、第三次の規制レベルに対して NO_x が半減され、PM については同等レベルにまでに回復した排出ガスは後処理装置によって約 1/10 まで PM が低減され、結果として 2011 年規制レベルの排出ガスにまで浄化される。本方策は 2006 年からの第三次規制対応技術をベースに更に各コンポーネントを改善すると共に新たに PM 低減のための後処理装置を追加して導入するシステムであり、多くのエンジンメーカーが本方策で規制対応している。

第二の方策はまず PM の低減に対してあくまで燃焼改善により規制値レベルまで低減し、NO_x については後処理装置を導入して規制値まで低減するという方策である (図—4)。PM を規制値レベルまで燃焼改善にて改善するためには先に述べた方策と同様に電

子制御による高圧噴射システムを活用すると共に燃焼のマッチングを NO_x-PM トレードオフ上で低 PM となるようにマッチングさせることで達成している。結果として第三次規制レベル以上に増大した NO_x は後処理装置によって規制値レベルまで低減する。NO_x の後処理装置としては近年トラック等で実用化されている還元剤として尿素を用いた SCR と呼ばれる脱硝触媒を使ったシステムが主に採用されている。

2011 年からの第四次規制対応については上述の通りそれぞれ新技術の導入が必須であり、これらの新技術はシステムとしての開発が必要である。第一の方策では後処理装置での「PM を溜める」「PM を燃やす」という基本的な機能に対して、PM の量を検知し適当な時期に適当な環境の下で自然にまたは強制的に適宜且つ適当に燃焼させることが重要である。建設機械のようにエンジンの負荷変動および回転速度変動が大きく、様々な環境で使われることを想定したシステムとして作り上げることは自動車用とは異なったソフトとハードが必要である。一方第二の方策では NO_x 低減のための後処理装置の導入が必要となり、この方策では還元剤となる尿素タンクが必要となるばかりでなく低温での流動性の悪さからヒーターによるタンクおよび配管系の加熱または保温が必要である。道路を走る自動車と違い様々な場所にて稼働する建設機械については還元剤の供給についても燃料供給と同等以上の設備が必要となるのでインフラの整備が技術開発と合わせて重要である。

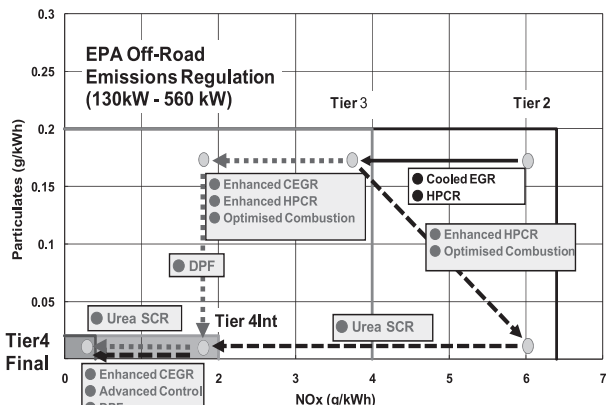
NO_x 低減の後処理装置については 2014 年からの規制対応に多くのエンジンメーカーが導入を予定しており、ここ数年間でのインフラの整備が急務である。またこのような排出ガス低減の技術開発と並行して、エンジンとして基本的に重要な性能・信頼性・耐久性・サービス性・メンテナンス性などの維持向上もなされている。

排出ガス低減のキーコンポーネントについては以下に述べる。

3. 排出ガス規制対応技術 (コンポーネント)

(1) 排出ガス再循環システム (EGR システム)

排出ガスを不活性ガスとして吸気と共にシリンダー内に導き、燃焼時の熱容量を増大させることによって燃焼温度を下げることで NO_x を低減することをねらいとしたシステムである (図—5)。建設機械用としては 2006 年第三次規制から導入されており、本システムの特徴は燃料消費の悪化を抑えつつ NO_x の低減が可能となることである。第四次対応エンジンではよ



図—4 排出ガス規制対応技術

り大量の EGR が必要となることから後述の過給システムの改良（可変ターボチャージャの採用）と EGR クーラーの大容量化および高効率化が図られている。また EGR 量増大による各部の摩耗や腐食への対応またオイル劣化への対応など信頼性・耐久性の観点から各部の改善が図られている。

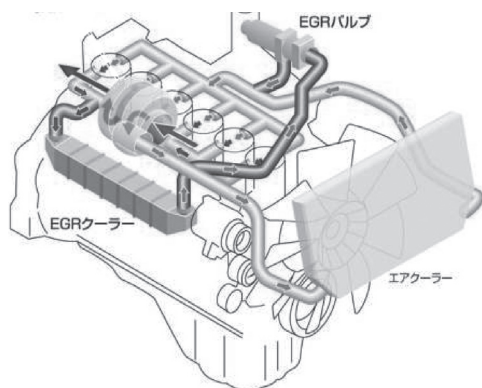


図-5 エアハンドリング

(2) 可変ターボチャージャ

ターボチャージャのタービン側の羽根への通路面積を変えることによりタービンのマッチング特性を変化させて、排出ガス特性とエンジン性能の両者を改善することが狙いである（図-6）。

通常のターボチャージャの特性を固定ではなく状況によって変えることが可能となれば EGR 制御の精度と自由度を上げることができるだけでなく、建設機械にとって重要な過渡特性に対しても改善することが可能である。建設機械にとっては負荷変動に対するエンジンの応答性は重要な特性であり、排出ガス規制の開始に伴い PM の低減や NOx 低減に重要な EGR の制御特性との絡みからその改善は難しいものとなっていたので本機能の導入は非常に効果的である。しかしながら一方で高度や気温など特殊な環境下やエンジン回転および負荷の急激な変動を伴う使われ方をする建設機械に装着され

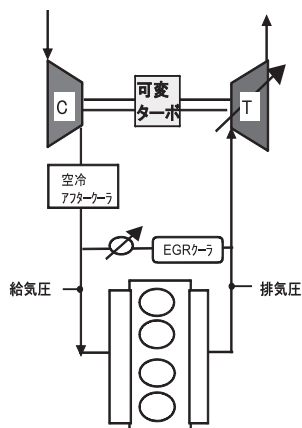


図-6 エアハンドリングシステム

るターボチャージャは信頼性と耐久性を確保することが非常に難しく可変ターボチャージャについてはこれまで建設機械では積極的には導入されてこなかった経緯があったことも事実である。図-7はベーンをスライドさせてタービンの通路面積を可変化するタイプの例を示しているが、このように可変化の方策や材質・形状に工夫を凝らしての建設機械用への導入が進められている。

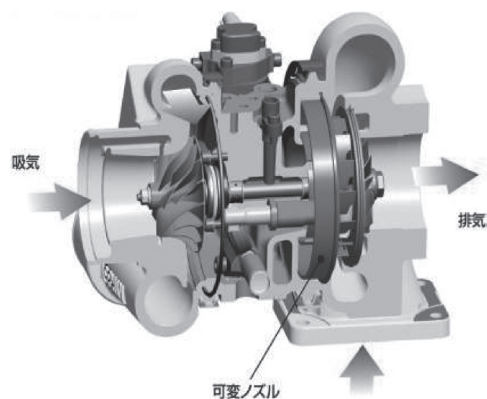


図-7 可変ターボチャージャ

(3) 電子制御式高圧燃料噴射システム

燃料噴射システムとしては、コモンレールタイプの採用が中大型への普及に続いて小型にまで普及してきている。従来と比較すると、2001年第二次規制では噴射圧が120 Mpa程度であったものが2006年第三次規制では160 Mpaへ、そして2011年からの第四次規制では200 Mpaまで高圧噴射が可能となり、噴射率の増加や噴射の分割化（マルチ噴射）が図られて、噴射率および噴射時期の可変制御の自由度が大幅に増している（図-8）。

このような噴射系の機能向上は単に排出ガスの低減に寄与するだけでなくエンジンの低温時を含めた始動性、環境（温度、高度）への対応、後処理装置への排ガス温度のマネージメント、酸化剤または還元剤としての HC 供給装置の役割など従来噴射系とは大幅に異なった役割を担っている。

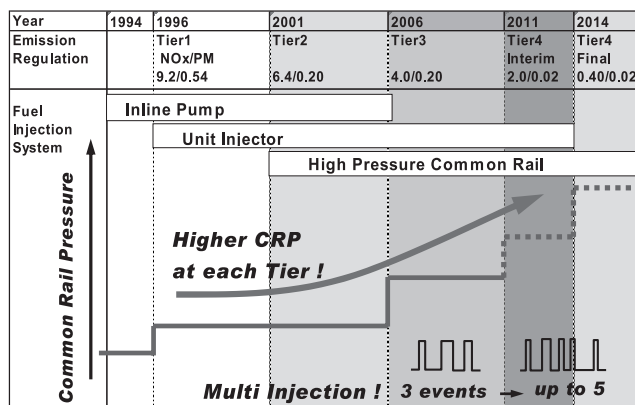
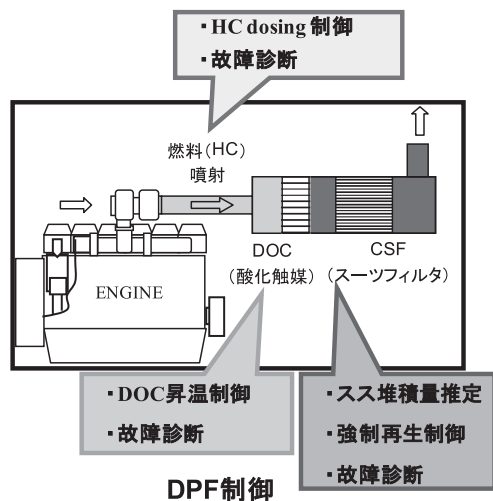


図-8 コモンレール燃料噴射システム

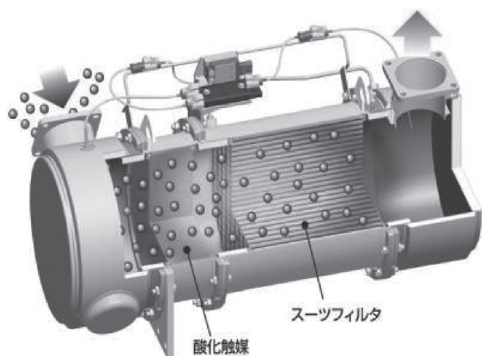
(4) 排出ガス後処理装置

2011 年からの排出ガス規制において PM は第三次規制に対して 1/10 にまで低減しなければならないので後処理装置前のエンジン出口の PM レベルを第三次規制並の 0.2 g/kWh 以下に維持すると新たに導入する後処理装置は PM を 90% 以上捕捉する（結果として PM が 0.02 g/kWh 以下となる）必要がある。すす（PM）をフィルタで捕捉し続けると詰まってしまうので、あるレベルまで堆積すると溜まった PM を燃焼させて除去する仕組みをシステムとして組み込んでいる。その方策としてはバーナーを使ってフィルタ内温度を PM が燃焼するレベルまで上げて燃焼させる方法や酸化触媒を用いて供給燃料を酸化させて昇温し PM を燃焼させる方法などが採用されている（図—9）。

図—10 は酸化触媒を使って温度制御を行うシステムを示す。酸化剤としての燃料は上流側で噴射されフィルタ内の酸化触媒出口温度が目標温度となるように制御され PM を燃焼させる。また通常は排出ガス中の NO は酸化触媒により酸化され NO₂ となって、比較的低温でのすすの燃焼（酸化）に寄与（自然再生と呼ばれる）し、フィルタ内のすす堆積を低減している。



図—9 PM 低減のための後処理装置（DPF）



図—10 パティキュレートフィルタ

(5) 電子制御

燃料噴射装置の可変性と電子制御化が進み、燃料噴射量、噴射時期、噴射圧の電子制御が可能となり、EGR システムは EGR バルブの制御と可変ターボチャージャの電子制御化により精度よく EGR 量を制御できるようになった。また PM 低減のための後処理装置についても同様に温度・圧力等の情報を採取して、それに基づくシミュレーションを行ってシステムの制御を行っている。電子制御の導入は、単に各システムの制御性の向上だけでなくエンジントータル制御こそが最大のメリットである。排出ガスの低減を含めて環境変化や使われ方に応じたエンジンの最適制御が可能となっている。更にエンジンばかりでなく車両とのトータル制御を図ることで車両としての機能・性能の向上は勿論のこと電子制御の高機能化をすることで、排気ガス性状維持のためのメンテナンスや故障診断に対しても大きな威力を発揮することになり、車載ネットワーク経由で車両の稼働情報を収集しデータ送信を行うことができるようになっている。

4. おわりに

ディーゼル機関はまだ建設機械においては不可欠な動力源であり、一方で大気環境負荷への対応も重要なことは充分認識している。発展途上国の経済成長には目を見張るものがあるが同時に環境にも充分配慮していくことは我々にとっても当然の使命である。世界各国の政府を始め、建設機械の供給メーカ、機械を使うお客様、それをサポートするサービス代理店までが一体で、国際的環境対策に取り組んでいくことを切望する。

JICMA

《参考文献》

- 1) 中央環境審議会 第六次、九次答申
- 2) ディーゼルエンジンテクノロジー 2006 年 4 月号「コマツ ECOT3 エンジンの最先端テクノロジー」、山海堂

【筆者紹介】

岡崎 達（おかざき とおる）
（株）IPA
エンジン事業本部



田村 好美（たむら よしみ）
（株）小松製作所
エンジン事業本部 企画室



超低騒音仕様油圧ブレーカを用いた解体・掘削工法

SS-box, NETIS 登録番号：TH-090016-A

小 柴 英 俊

油圧ブレーカを用いた建設施工において、環境負荷低減、近隣住民への配慮、オペレータや周囲の作業者に対する安全面、作業効率の向上から低騒音化・低振動化が強く求められてきた。

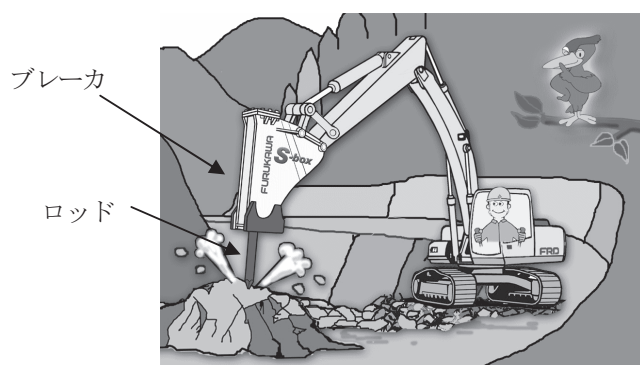
本報で紹介する超低騒音仕様油圧ブレーカ SS-box で大幅な騒音低減と振動低減を実現し、かつ補助設備の簡便化を確認した。

現在、都市部の建設施工から波及して山間部のトンネル・ダム工事、更にこれら工事の資源採掘を行う碎石場や石灰石をはじめとする鉱山でも安全面、環境保全を目的として幅広く稼働している。

キーワード：NETIS 登録、超低騒音仕様 SS-box、快適作業空間の提供、安全・安心、公共工事の品質確保・向上、コスト縮減・生産性の向上、土壤保全

1. はじめに

社会全体が環境問題に意識が高まり、生活・労働環境への負荷低減・快適化ニーズが強まる中、油圧ブレーカ（図－1）を用いた建設施工においても低騒音化・低振動化が強く求められてきた。

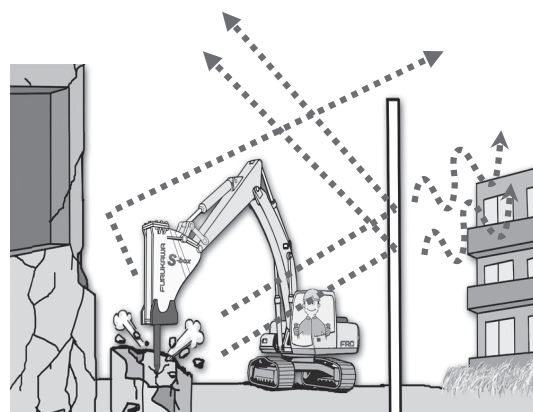


図－1 油圧ブレーカ

しかしながら、鋭い金属打撃音と打撃振動が発生するのは油圧ブレーカの構造・機能上の特徴であるため容易に応えられないのが現実であった。

これらの社会的要求に加え、特定建設作業（図－2）にて遵守しなければならない工事境界線の騒音規制値をクリアするため遮音壁を併用しなければならず、設置のための費用・工程を費やしていた。

今回紹介する超低騒音仕様油圧ブレーカ SS-box は、2004 年より基礎研究を開始し、騒音面について発生



図－2 特定建設作業、遮音壁

源の特定・強さ、何によって発生しているか、どのような特性をもっているかを調べ、振動面についてもブレーカ、油圧ショベル側にて大きさを測定し、個々の因子に対し施策を試みた結果、大幅な騒音低減と振動低減を実現し 2006 年から順次市場投入を行ったものである。

また、小型機種から大型機種に至る各種用途に応じた幅広いシリーズ化要望に応えラインアップを行った。

現在では、都市部の建設施工から波及して山間部のトンネル・ダム工事、更にこれら工事の資源採掘を行う碎石場や石灰石をはじめとする鉱山でも安全面、環境保全を目的として幅広く稼働している。

これらの実績から NETIS に登録されている。

2. セットプレート仕様油圧ブレーカ

油圧ブレーカは、油圧ショベルのアタッチメントとして装着され、ショベルからの油圧エネルギーをブレーカ内蔵のピストンの運動エネルギーに変換し、ロッドを打撃することでロッドに伝わった打撃エネルギーにより破碎対象物を破碎するものである。

従来は、図-3のようなセットプレート仕様であった。これは、ブレーカ本体をセットプレートと呼ばれる金属製のプレートを内側に介して、サイドボルトにてブラケットに保持するものである。ブレーカから発生した騒音は、ブレーカ本体、ブラケット表面から波動としてそのまま外周に放出されていた。また、この保持方法では、打撃により発生した振動も油圧ショベルに直接伝わってしまい、その結果、オペレータの疲労を加速し労働安全面からも振動低減の必要性が求められていた。

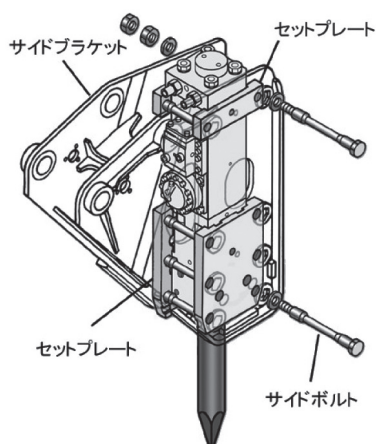


図-3 セットプレート仕様

3. 騒音源・大きさ・音質の特定

防音対策では、発生源の特定・強さ、何によって発生しているか、どのような特性をもっているかを調べ

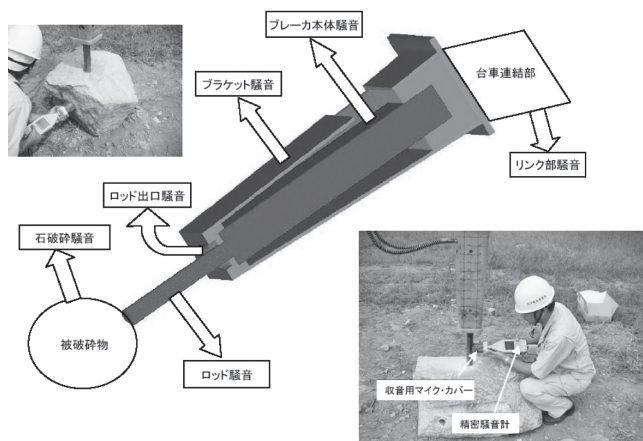


図-4 騒音源の特定

ることが重要である（図-4）。測定結果からブレーカ本体、ロッド出口、ロッドからの騒音低減が効果的であるとの基本方針を得て完全密封型ボックス構造のブラケット+ダンパ保持+防音ブロックの採用を試みた。

4. 超低騒音仕様油圧ブレーカ SS-box

図-5に大型機種のSS-boxの構成内容と超低騒音化・低振動化、環境保全に関わるそれぞれの役割を示す。

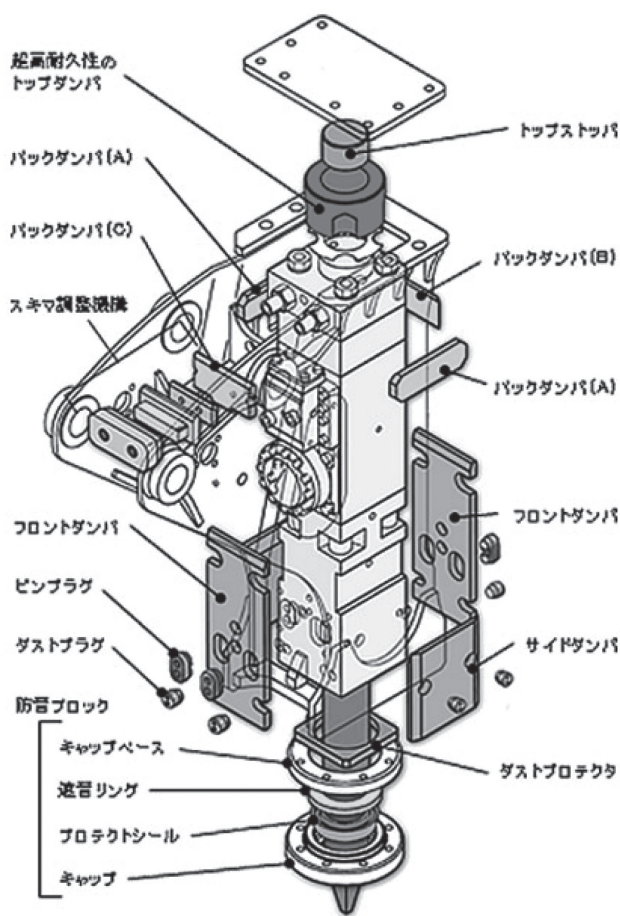


図-5 SS-box（大型機種）

トップダンパとバックダンパは、ブレーカ本体を保持し、打撃による衝撃的な反発を吸収・減衰する。これらのダンパは、予め圧縮応力が加えられており油圧ショベルにより岩盤に押し付けられてもガタが発生しない構造となっている。ダンパの材料であるポリウレタン樹脂は、長期の使用に耐えられるよう蓄熱性が小さく耐クリープ性に優れたものを使用している。これらのダンパにより、打撃中の本体振動を瞬間的に減衰させる。

フロントダンパとサイドダンパは、音の発生源であるピストンがロッドを打撃する付近まで包込むことで

遮音性を高めると共にブレーカ本体の前後方向と左右方向の振動を抑制している。これらのダンパは面密度が高く音の透過損失が大きな材料・形状から選定した。

スキマ調整機構（特許出願中）は、ブレーカ本体の保持を行い、前後方向のガタが発生しても簡単に調整でき、いつでも快適な低騒音・低振動なブレーカ作業を行うことを可能にした。

ダストプロテクタは、破碎対象物からの破碎粉の吹上げによるダンパ類の摩耗を抑制し、摩耗によるガタから生じる振動・騒音の増加を防止するため耐ダスト性に強い材質を選定した。

更に、ブラケットボトム部からの音の漏れを低減させるため防音ブロックには、遮音リングと大型のプロテクトシールを内蔵し、ロッド出口も完全密封することで超低騒音化を実現した。

また、このプロテクトシールは、ダストプロテクタと同じく破碎粉を一次側でカットすることでダンパ類の摩耗を抑制し長い期間で安定したブレーカ本体の保持を実現すると共に破碎対象物へのグリース飛散を防止し作業環境の保全に貢献している。

一方、小型機種は、ミニの油圧ショベルに装着され住宅密集地の隅々まで入り込んで稼働する。また、市街地の道路舗装版破碎では交通量が少ない夜間に稼働するため特に超低騒音化が必要であるが、大型機種に比べ騒音レベルが低いことで低騒音化への取組みは大型機種に対し遅れていた。

今回紹介する SS-box では、小型機種にも超低騒音化・低振動化、環境保全を実現するため完全密封型コンセプトを展開した（図-6）。

更に、騒音低減のために振動モード解析から適切な本体構造とロッド構造を見出し採用したものである。

図-7 のように、ブレーカ本体は、従来の3分割から2分割に変えることで締結用のスルーボルトを不要とした。また、SS ロッド（特許出願中）も開発した。

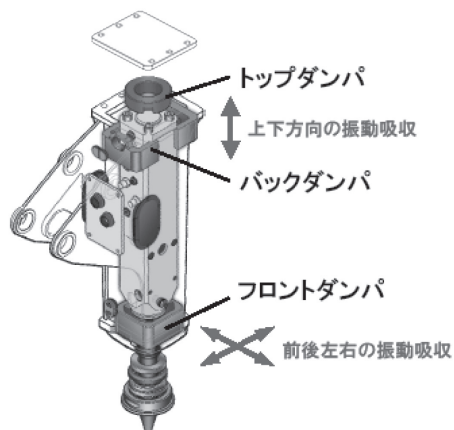


図-6 SS-box (小型機種)

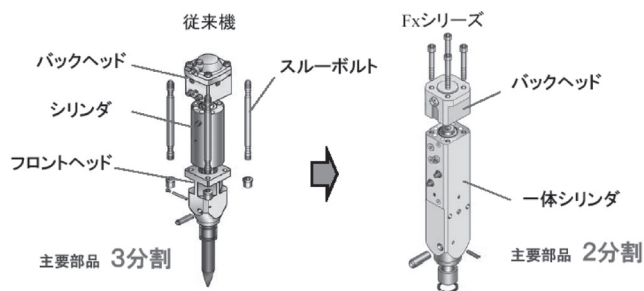


図-7 ブレーカ本体 (小型機種)

5. 騒音測定と振動測定結果

図-8 は、供試した大型機種のセットプレート仕様と超低騒音仕様 SS-box との騒音レベル比較である。

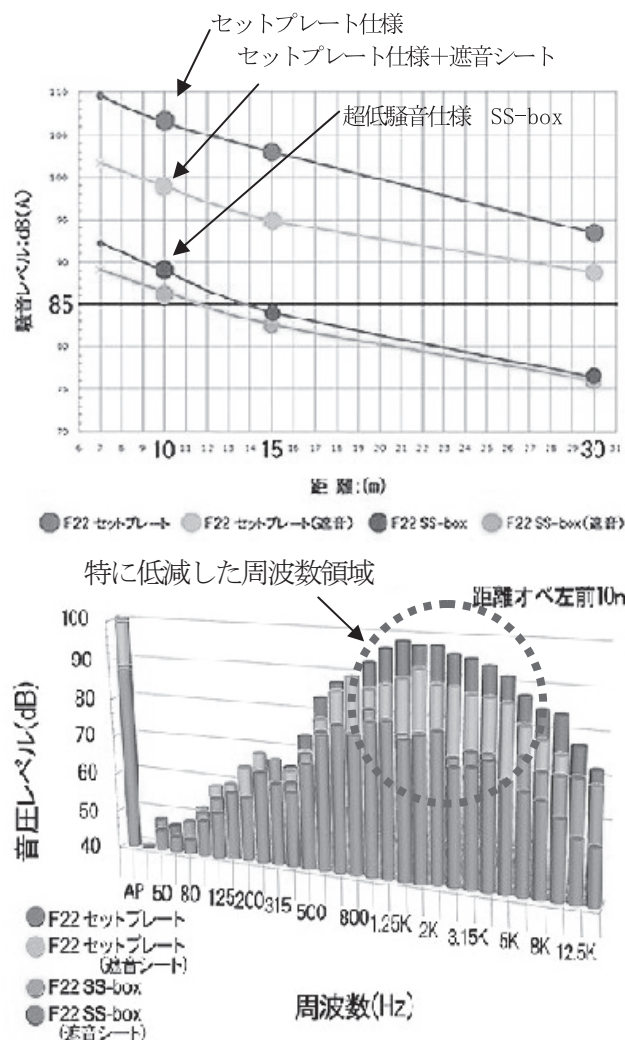


図-8 騒音と音圧レベル比較 (大型機種)

音源から 10 m 地点にて、セットプレート仕様が、106.5 dB (A) に対し SS-box は、88.9 dB (A)。また都市土木で併用されている遮音シートを設置した場合でも、セットプレート仕様では 98.9 dB (A) である。一般に、10 dB (A) の差が放出する騒音エネルギーで

10分の1であることを考えるとSS-boxでは大幅な騒音低減を実現したことが分かる。

また、下段は10m地点での音圧レベルを比較したものである。ISOにて採用している感度曲線にて人体が特に感度よく聞こえる周波数帯は1KHzから6.3KHzであるが、SS-boxでは特にこの1KHzから6.3KHzの周波数帯域の音圧レベルを大幅に低減している。その結果、人間にとって耳障りな金属音を感じない、いわゆる“こもった”音に変えることが出来た。

図-9は、同様に供試した小型機種での騒音レベルと音圧レベルの比較である。小型機種についても10dB(A)を超える騒音低減を実現した。

一方、振動レベルでは、超低騒音仕様SS-boxは、従来のセットプレート仕様に対し油圧ショベルのアーム付近で供試した大型機にて80%、小型機にて70%、同様に、オペレータ運転席では使用ショベルの防振特性に関係するとしても使用したショベルとの組合では大型機にて40%、小型機にて67%の振動低減を確認した。

この振動低減レベルは、ISOにて規定される鉛直振動に対する人体の応答曲線から判断して労働環境を改善に極めて有効である。

このように騒音低減と振動低減によりオペレータの疲労蓄積軽減を実現した。

(騒音・音圧測定、振動測定条件の詳細はNETIS、登録技術、TH-090016-Aを参照)

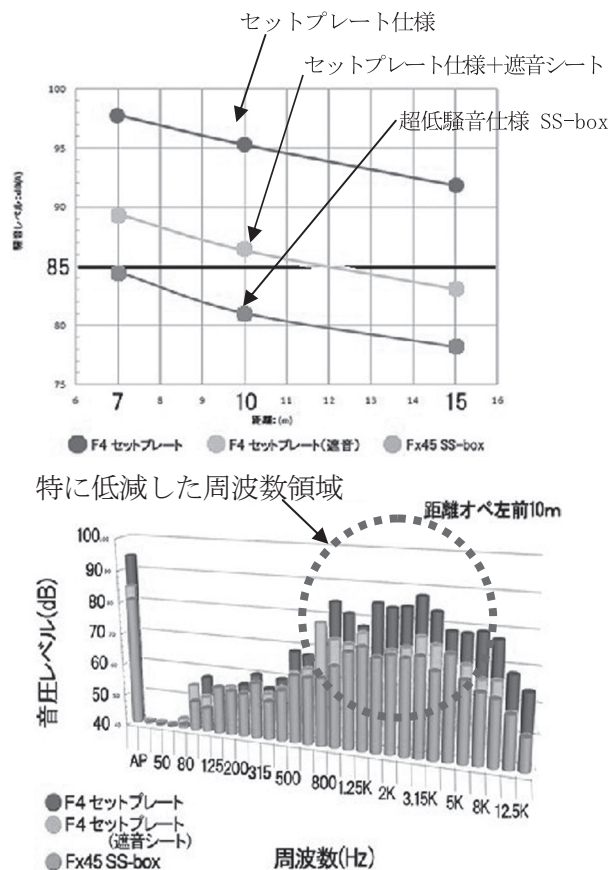


図-9 騒音レベルと音圧レベル比較 (小型機種)

6. 施工例

写真-1は、各種建設施工の例である。

図-10は、超低騒音仕様SS-boxと遮音シートを



大規模設備の基礎解体



住宅隣接地での基礎解体

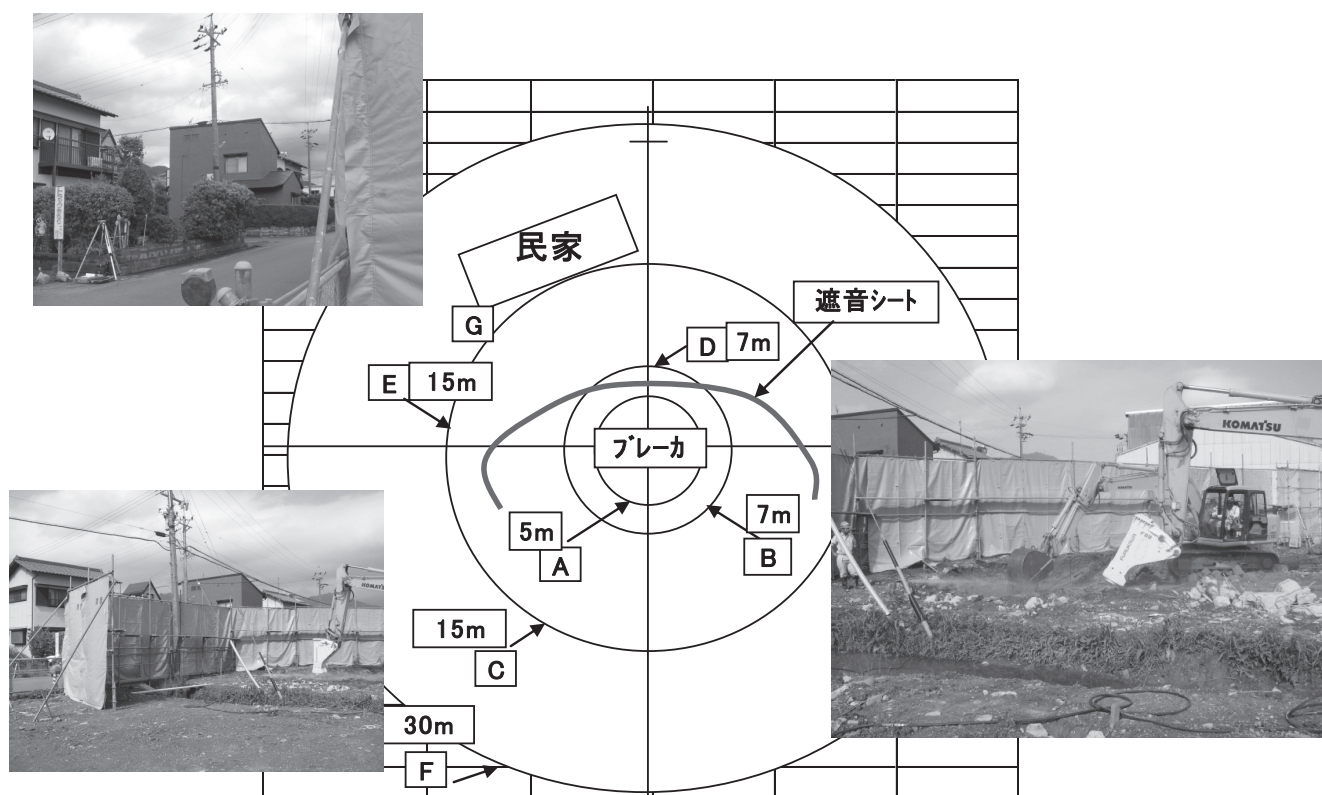


廃コンクリート解体



廃コンクリートガラ解体

写真-1 各種建設施工での稼働風景



図ー10 遮音シート併用の例

併用した施工例である。

現場は高速道路と国道のアクセス工事で工事開始直後、通常の油圧ブレーカでは工事境界線での騒音規制値 85 dB (A) をクリア出来ない事から今回紹介した超低騒音仕様 SS-box を採用した。SS-box の採用にて遮音シートのない C 地点にて騒音値をクリアしたが、施工側の近隣民家 (G 地点) への配慮から簡便的な遮音シートを残し工事は工期通りに完了した。

7. 波及効果

写真ー2 は、碎石場での横型 SS-box の稼働風景で



写真ー2 山間部の碎石場

あるが、山間部の碎石場においても騒音・振動問題が操業に支障をきたすケースがある。

写真ー3 は、トンネル坑口での縦型 SS-box の稼働風景である。民家が近い所にある坑口であるがゆえ騒音発生が工期に影響を及ぼす。

また、坑内では、打撃音が反響するため発生音そのものが大幅に低減した超低騒音 SS-box は特長を発揮している。

いずれの場合も、環境負荷低減と作業の安全性を考慮し、オペレータと周囲の作業者の疲労蓄積を軽減できる理由から超低騒音・低振動の超低騒音仕様油圧ブレーカ SS-box を採用した。



写真ー3 トンネル坑口、縦型 SS-box

表―1 超低騒音仕様油圧ブレーカ SS-box ラインアップ一覧

機種名	Fx25	Fx35	Fx45	Fx55	Fc90	Fc120	F20／ F22	F27	F30／ F35	F45
ロッド径 (mm)	45	52	60	68	90	105	135	140	150	165
適合油圧 ショベル (m³)	0.04 -0.07	0.07 -0.09	0.09 -0.12	0.12 -0.17	0.28 -0.4	0.4 -0.5	0.8 -1.0	0.9 -1.1	1.1 -1.6	1.6 -2.0



写真―4 横型 SS-box の外観

また、超低騒音仕様油圧ブレーカ SS-box は、従来と全く同じ方法にて標準の油圧ショベルに装着可能であり、また横型と縦型を備えていることからあらゆるアプリケーションにて使用が可能である。

皆様にてテスト現場を提供いただきました。この誌面をお借りしてフィールドテストに協力下さいましたユーザーの皆様へ厚く御礼申し上げる次第です。

JCM A

8. おわりに

都市再開発、各種インフラ整備における建設施工はもとより、これらの施工と関係の深い碎石場や鉱山においても環境負荷低減・オペレータや周囲の作業員に対する安全確保から超低騒音・低振動の SS-box が広く普及すると確信する。今後も引き続き、騒音と振動低減に向け技術向上に取り組む所存である。その取組みこそが弊社油圧ブレーカをご使用いただいているユーザー様への感謝の姿と考えている。

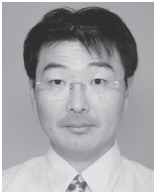
また、12 機種の横型と縦型の SS-box のラインアップ（表―1、写真―4）を実施するまで、多くのユーザー

《参考文献》

- 1) NETIS 登録 TH-090016-A 超低騒音仕様 油圧ブレーカを用いた解体・掘削工法
- 2) 建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック 第3版, 岩盤掘削, p.117-127
- 3) 仮設備用防音対策・積算基準 (平成 20 年度版) p.36-52, 防音壁
- 4) 土木工事積算マニュアル (平成 21 年度版) p.27, 土工・機械土工 (岩盤)
- 5) 新・公害防止技術と法規 2009 (騒音・振動編) 等感曲線, 振動の人体応答曲線

【筆者紹介】

小柴 英俊 (こしば ひでとし)
古河ロックドリル(株)
吉井工場 開発設計部 さく岩機設計課
課長



ハイブリッドショベル

SK80H

鹿児島 昌之

近年、地球温暖化防止や経済性などの観点から、建設機械においても作業中の化石燃料消費量を低減することが求められてきている。建設機械の中でも最も稼働台数の多い油圧ショベルに関しては、これまでも油圧機器やエンジンの損失低減などに取り組んできてはいるが、省エネ化への要求はますます加速する傾向にあり、それに更に応える為にはシステムを大胆に変革させる必要がある。その対策の一つとして注目されているのが、自動車を初め多くのシステムで用いられているハイブリッドシステムの適用である。

本稿では、8t級ショベルを対象にハイブリッドシステムを採用したハイブリッドショベル SK80H について紹介する。

キーワード：油圧ショベル、ハイブリッドシステム、エンジン、発電電動機、旋回電動機、動力バッテリー

1. はじめに

近年、温室効果ガス排出による地球温暖化防止への関心が高まり、省エネ技術がますます注目されている。

それに応えるように自動車業界では、電動機の高性能化、インバータなどパワーエレクトロ技術の進歩、NiMH/Li イオンなどバッテリー技術の進歩などにより、ハイブリッドシステムがすでに商品化され、さらに電気自動車も実用化されつつある^{1), 2)}。

1999 年より新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 他と共同で、シリーズハイブリッドシステムを採用した油圧ショベルの研究を行い、また、その一環として 8t 級ショベルをベースとしたより実用的なシステムの商品開発を行ってきた。このたび、上

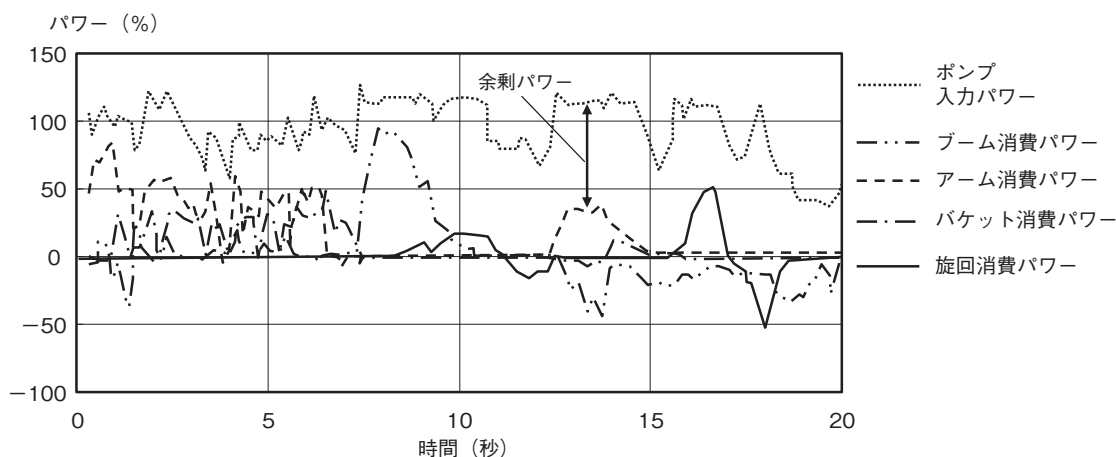
記技術の進歩を反映し、量産機としてのハイブリッドショベル SK80H を完成させた。

2. ハイブリッド化の狙い

油圧ショベルは、ブーム、アーム、バケット、旋回、左右走行など複数のアクチュエータを有しており、油圧ポンプで発生するパワーをこれらのアクチュエータで分配しあうことで、動作を可能としている。

また、掘削などの高負荷作業と水平引き・均しなどの低負荷作業を短時間で繰返すため、これらのアクチュエータは大きな負荷変動を受ける。

一般的な油圧ショベル作業の動力を図—1に示す。図—1は8t級油圧ショベルによる掘削作業1サイク



図—1 油圧ショベル動力

ル分のポンプ入力パワーに対し各アクチュエータパワー消費データを示した一例である。

従来の油圧ショベルでは、図—1からわかるように最大負荷に対応できる動力を油圧ポンプから供給しており、各アクチュエータのパワーが低い場合でも、ポンプパワーはあまり下がらず、その余剰パワーを熱として放出している。これは、各操作のフィーリングを向上させる為に織り込んである操作系損失、あるいは作業装置の下降及び旋回停止時などに消費される位置・運動エネルギーの放出によるものである。

逆にこれらを有効利用することにより大胆な燃料消費低減が可能と判断した。

これらの状況を踏まえ、油圧ショベルのハイブリッド化については、以下のような狙いでシステム開発を行った。

・旋回電動化

旋回電動化による回生パワーの再利用、旋回部の大幅な損失削減と旋回と他アクチュエータの複合動作時に生じる分配ロスを低減。

・油圧部損失低減

ポンプ、バルブなど機器や配管の見直しによる油圧損失低減。

・電動機によるエンジンアシスト

バッテリーと電動機によりエンジンを積極的にアシストすることでエンジンの小型、高効率運転を実現。

3. ハイブリッドショベル

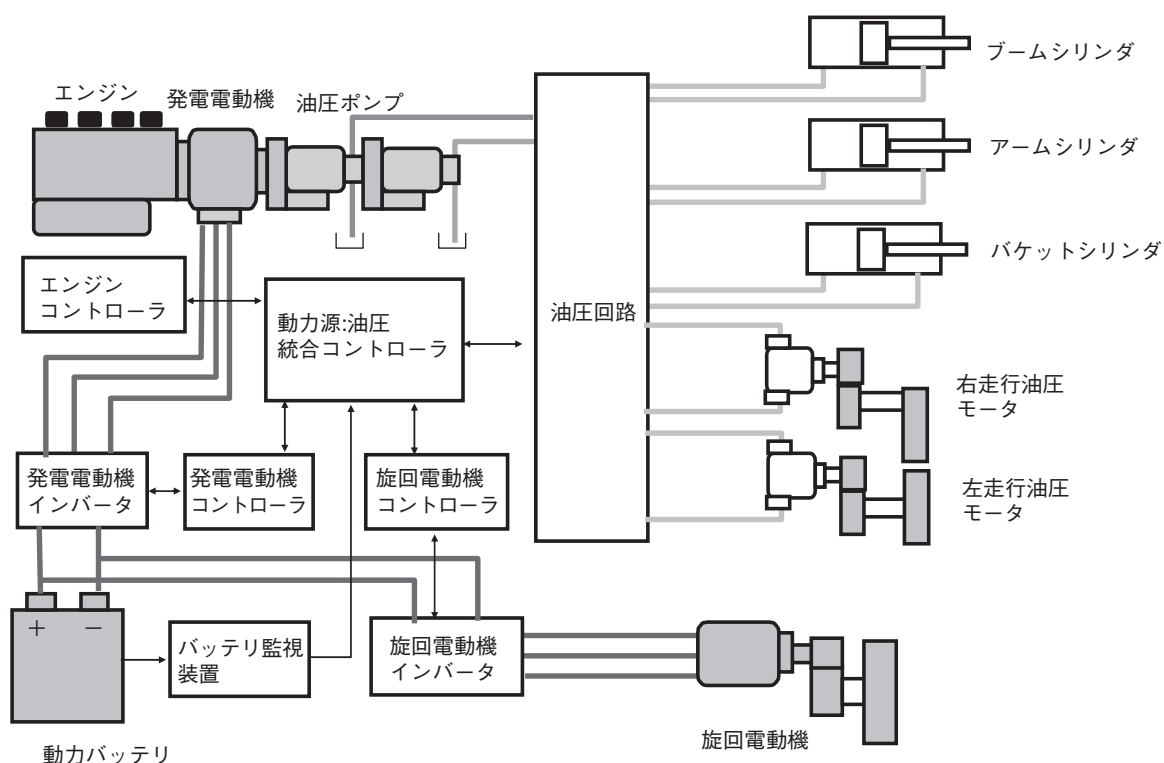
(1) システム構成

図—2に開発したハイブリッドシステムの構成を示す。8t級ショベルを対象とし、シリーズパラレルハイブリッドシステムでショベルを構成した。従来ショベルは、エンジンにより駆動される油圧ポンプからパワーを各アクチュエータに配分しているが、本システムではエンジンと発電電動機の両方のパワーでポンプを駆動している。これにより、高負荷時は動力バッテリーパワーを発電電動機に供給しエンジンをアシストさせている。また軽負荷時には発電電動機を発電動作させエンジンの余剰パワーをバッテリーに充電させている。以上のことから、エンジンの出力パワーを平準化でき、従来より小型のエンジンを搭載することが出来た。

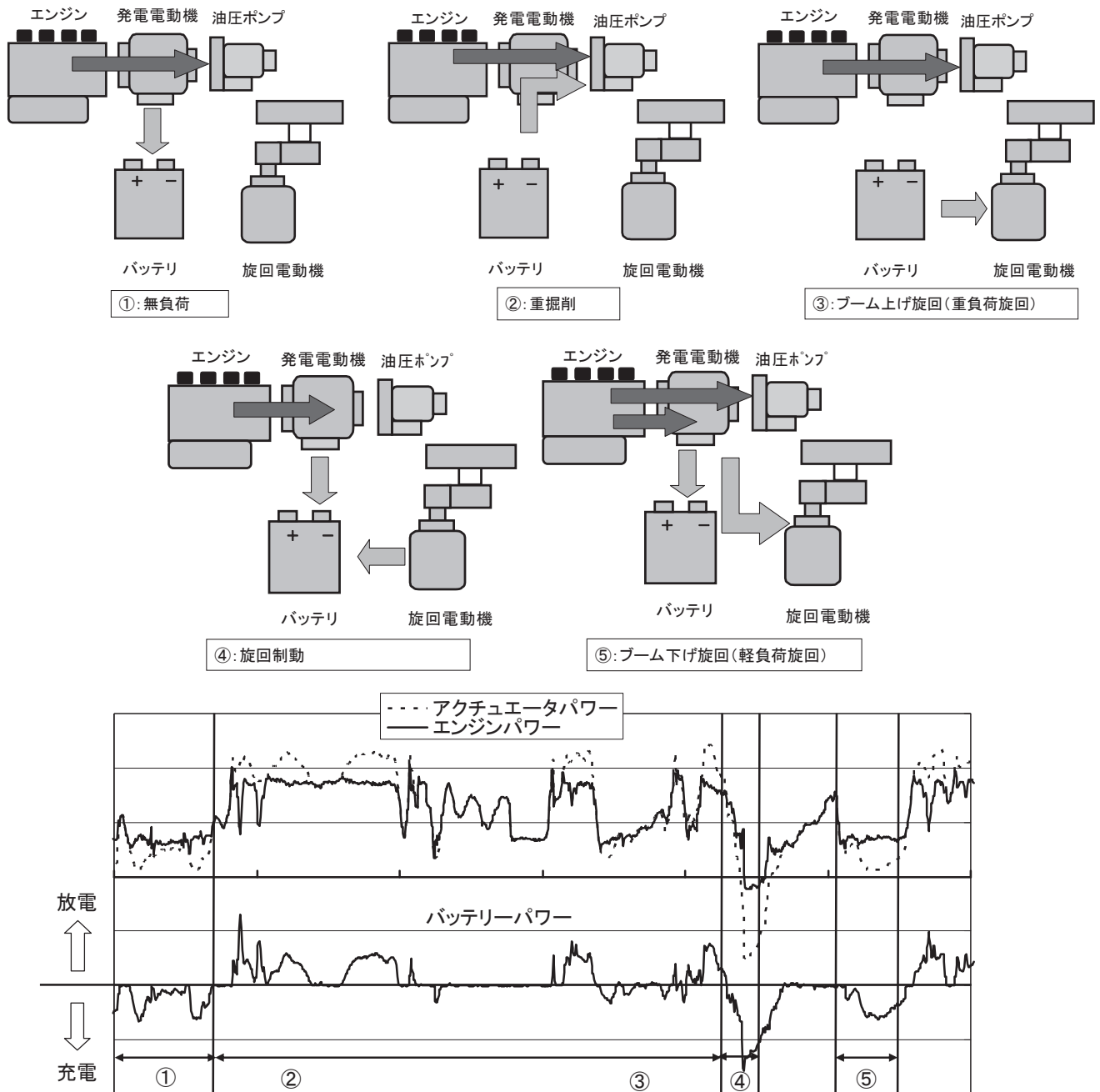
制御については図—2のように、電動機コントローラ、動力源・油圧統合コントローラなど複数のコントローラで構成されこれらが協調して制御を行っている。

(2) ハイブリッドショベルの作動

図—3にハイブリッドショベルの作動を示す。図—3は掘削作業時のハイブリッド動力源動作図とパワーグラフを示している。動作図①～⑤はそれぞれ動作グラフ上の図番号に対応している。



図—2 ハイブリッドショベル構成



①無負荷

無負荷時は、バッテリーの充電量が一定値以下の場合エンジンで発電機を駆動し、このパワーをバッテリーに充電する。

②重掘削（旋回動作なし）

重掘削時はエンジンでポンプを駆動するとともにバッテリーのパワーで発電電動機を駆動し、エンジンをアシストする。

③ブーム上げ旋回（重掘削旋回）

旋回動作を含む重掘削時には、エンジンで油圧ポンプを駆動し、バッテリーのパワーで旋回電動機を駆動する。

④旋回制動

旋回減速時は、旋回の回生電力をバッテリーに充電するとともに、更に、エンジンにより発電された発電電動機の電力もバッテリーに充電する。

⑤ブーム下げ旋回（軽負荷旋回）

油圧駆動時のエンジン余剰パワーで発電し、この電力で旋回電動機を駆動するとともに、更にバッテリーにも充電する。

(3) ハイブリッド機器

表-1 に機器スペックを示す。

機器スペックからわかるように、発電電動機によ

表―1 機器スペック

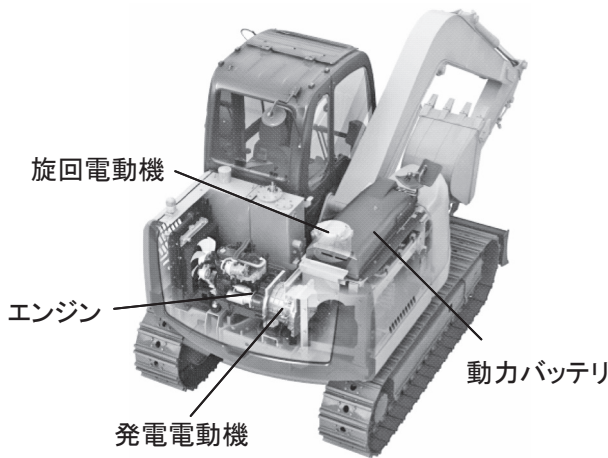
エンジン	定格出力 27 kW／1800 min ⁻¹
バッテリー	ニッケル水素バッテリー
	定格電圧 288 V
発電電動機	三相交流同期形永久磁石式
	定格出力 10 kW/1800 min ⁻¹
旋回電動機	三相交流同期形永久磁石式
	定格出力 8 kW／1890 min ⁻¹

るアシストを積極的に行うことで、従来8t級では40 kW 程度のエンジン出力が必要であったものが、これより一回り小さなエンジンで従来機と同等の作業でのスピード及びパワーを実現することが出来た。

電動機は発電、旋回ともに、永久磁石式の同期電動機を使用しており、これとインバータ制御を組み合わせ高効率化を実現している。

また、バッテリーに関しては、乗用車クラスのハイブリッド自動車で用いられるものと同クラスの容量の物を採用した。

図―4 に機器配置を示す。一般の油圧ショベルに比べ新たにバッテリー、発電電動機、旋回電動機などの主要機器が追加された構成である。



図―4 ハイブリッド機器配置

(4) SK80H 外観

国土交通省においてハイブリッド機構を有した建設機械（ハイブリッド油圧ショベル）の認定が行われ、SK80H は、第1号として認定を受けた。SK80H の外観を写真―1 に示す。

また SK80H の主要諸元を表―2 に示す。

4. ハイブリッド化による効果

(1) 燃料消費低減効果

ハイブリッド油圧ショベルの燃費評価については、



写真―1 SK80H 外観

表―2 諸元表

定格出力	27.0kW@1,800 min ⁻¹
最高走行速度	5.3 km／h
標準バケット容量	0.28 m ³
機械質量	8,330 kg

これまでは各社各様で評価していた。そこでハイブリッドショベル開発初期においては、管工事を想定した独自の燃費評価モードを設定し、燃費評価を実施してきた³⁾。

このたび社団法人日本建設機械化協会規格(JCMAS)により新基準⁴⁾が制定される予定である。本試験方法は、掘削／積込み動作、ならし動作、走行動作、アイドリングの各動作を総合的に評価したものである。

図―5 に JCMAS 新基準（案）における燃費計測結果を示す。図―5 では従来機の燃料消費を100%としたときの各作業時の燃料消費を示している。掘削・積込み作業の場合、40%近い燃料消費効果があることが判る。

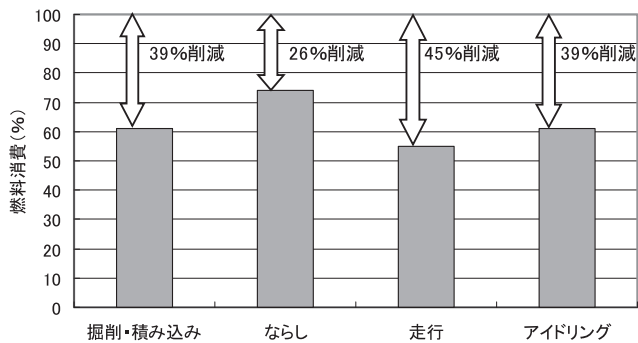


図-5 燃費

(2) 騒音低減効果

ハイブリッド化による騒音低減効果を計測した。主に同クラスのショベルと比較してエンジンの小型化による騒音低減効果が大きい。基準値よりも約3 dB(A)低い90 dB(A)と大幅な低騒音化を達成し、国土交通省の「超低騒音型建設機械」の認定を受けている。

5. まとめ

建設機械の省エネルギー化のための方策として8t級油圧ショベルを対象に、ハイブリッドショベルSK80Hを開発した。

ハイブリッド化により、エンジンを小型化でき、燃費を40%低減するとともに大幅な低騒音化を達成した。

しかし、このようなハイブリッドショベルを市場へ広く普及させる為にはまだ多くの課題が残っている。

今後はこの燃費性能を確保しつつ上記課題であるコストあるいは生産性等を改善していくことが重要である。

最後になりますが、本研究・開発に多大な協力を頂きました新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)および(株)神戸製鋼所の開発スタッフに謝意を申し上げます。

J|C|M|A

《参考文献》

- 1) 近藤宏一ほか、ハイブリッド車用電気式4WDシステムの開発、自動車技術会学術講演会前刷集 No.101-01, p.13-16, 2001年
- 2) 佐々木正和ほか、キャバシタハイブリッドバスシステムの開発、自動車技術会学術講演会前刷 No.102-01, p.9-14, 2001年
- 3) 小見山昌之ほか、6トンクラス油圧ショベルのエネルギー効果評価モード、建設の機械化, N0626, p.28, 2002年
- 4) (社)建設機械化協会、土木機械—エネルギー消費改善の確認試験方法(案) JCMAS H020 : 2010

【筆者紹介】

鹿見島 昌之 (かごしま まさゆき)
コベルコ建機(株)
要素開発部
マネージャー



環境に優しい電動コンクリートポンプ車

PY100-26-SEM

吉 川 泰一朗・内 田 佳 親・大 村 信二郎

地球環境の保全が世界の最重要課題である昨今、温室効果ガス（CO₂：二酸化炭素、CH₄：メタン、N₂O：一酸化二窒素）による地球温暖化は深刻な問題として取り上げられている。我が国でも 2020 年までに温室効果ガスの排出量を 1990 年比で 25% 削減するという政府目標を打ち出しており、低炭素社会実現に向けて温室効果ガス削減の取組みが急務となっている。

建設業においては、官公庁、民間を問わず建設施工段階における環境配慮、特に CO₂ 削減対策に対する要求は高まっており、積極的な取組みが必要不可欠である。このような背景の中、新たに開発したコンクリートポンプ車、ツインドライブピストンクリートについて紹介する。

本コンクリートポンプ車は、車体に電動モーターを搭載することで外部電力を使用して CO₂ の排出を低減できるものである。

キーワード：コンクリートポンプ、環境、ツインドライブピストンクリート、2way パワー方式、電動モーター、コンクリート打設、電力測定

1. はじめに

現場施工段階での CO₂ 排出要因の大半は重機車両、電力に起因するものである。その中でも特に建設機械の軽油燃料に起因するものが大半を占めており、機械を電動化することは CO₂ 排出量の大幅な削減が期待できるものである。今回は現場施工において使用頻度が高く、比較的電動化しやすいという観点から、コンクリートポンプ車の電動化に至ったものである。

ツインドライブピストンクリート PY100-26-SEM（写真—1）は最大吐出量 105 m³/h（9B 仕様）、ブーム最大地上高さ 26 m の大型ピストン式コンクリートポンプ車である。搭載するトラックシャーシは移動性、設置性に配慮して軸距 5.55 m の 3 軸、GVW22 t 車としている。また、コンクリート圧送装置を作動させる油圧動力源として外部電

源による電動モーター駆動油圧ユニットを搭載している。

通常、コンクリートポンプ車は、搭載するトラックシャーシのエンジンから動力を取り出して油圧動力源としているが、電動モーター駆動油圧ユニットを搭載することにより、モーター駆動時はエンジンを完全に停止させて打設作業が行える。そのためモーター駆動時のコンクリート打設は CO₂ の排出を低減することが可能であり、同様に騒音も従来機に比べて低減することも可能である。

2. 主要諸元

PY100-26-SEM の主要諸元を表—1 に示す。

ポンプ本体は新開発の油圧制御システムを採用することにより生コン吐出時のショックを軽減し、また圧送シリンダは 1,900 mm とロングストロークシリンダを採用することによりコンクリートバルブの切り換え回数を少なくしてランニングコストの低減を図っている。また、コンクリート打設終了後の配管洗浄用として高圧水ポンプを搭載しており、高圧水ポンプの吐出能力を従来機に比べ、約 15% 向上させ洗浄作業の効率化を図っている。また、M 型 4 段屈折、最大地上高さ 26 m のブームを採用し、車両全長は 9.96 m とコンパクトにまとめ機動性を良くして操作効率を高めている。

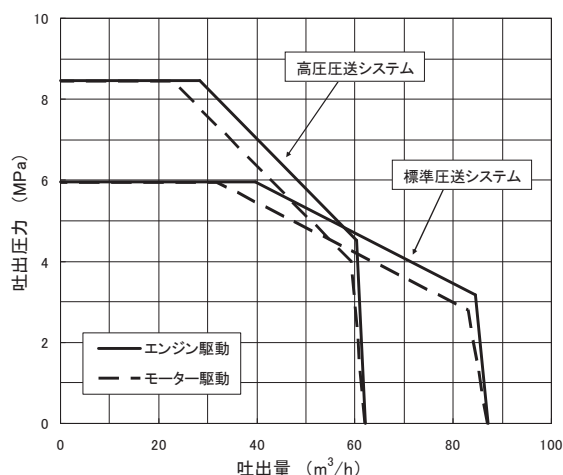
図—1 に PY100-26-SEM の性能線図（コンクリー



写真—1 PY100-26-SEM
ツインドライブピストンクリート

表－1 PY100-26-SEM 主要諸元

形 式		PY100-26-SEM	
動 力		エンジン駆動	モーター駆動
仕 様		8Bコンクリートシリンダ仕様	
性能	最大吐出量 (吐出量×吐出圧力)	87 m ³ /h×5.9 MPa	
	標準圧送 高圧圧送	61 m ³ /h×8.5 MPa	
ポンプ	輸送管径	125 A	
	コンクリートシリンダ数	2	
	シリンダ径×ストローク	φ 205×1900 mm	
	ホッパ容積	0.5 m ³	
水ポンプ	水タンク容積	500 L	
	形 式	複動ピストン式	
	最大吐出量	25 m ³ /h	
	最大吐出圧力	8.0/6.6 MPa	
ブーム	ブーム形式	全油圧4段屈折式	
	最大長さ	21.8 m	
	最大地上高	25.8 m	
	旋回角度	360° 全旋回	
電動機	コンクリート輸送管径	125 A	
	形 式	全閉外扇形	
	出 力	132 kW	
	電 源	400 V (50 Hz/60 Hz)	
その他	搭載シャシ	GVW22トン車	
	車輛全長	9960 mm	
	車輛全幅	2490 mm	
	車輛全高	3520 mm	
	乗 員	3名	
	車輛総重量	約21700 kg	



図－1 PY100-26-SEM 性能線図 (P-Q 線図)

トシリンダ径8B仕様)を示す。実線はエンジン駆動時、点線はモーター駆動時の性能線図である。(コンクリートポンプの圧送性能は各吐出量ごとの最大吐出圧力を示したP-Q線図で表され、ワンタッチで切り換えられる油圧システムの選択により、高圧圧送と標準圧送の2通りの曲線で示される。また、コンクリートシリンダの径により性能は変わる。)標準圧送では最大吐出圧力は5.9 MPa、最大吐出量は87 m³/h、高圧圧送では最大吐出圧力8.5 MPaと最大吐出量61 m³/hの性能となっており、従来機と同等の吐出能力を備えている。

3. 2way パワー方式

コンクリートポンプは電磁油圧弁にてコントロールされた油圧で各アクチュエーターを作動させること

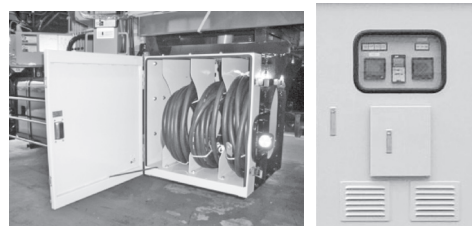
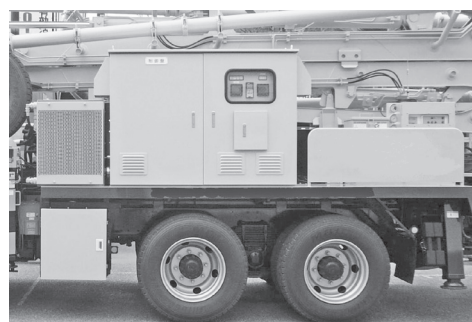
により稼動している。この油圧源は、通常搭載するトラックシャシーの走行用エンジンの駆動軸にトランスファ PTO を搭載して動力を取り出し、油圧ポンプを回転させて得られている。PY100-26-SEM は、この従来のドライブシステムに加え、電動モーター駆動油圧ユニット、制御ユニットを搭載して交流三相 400V (50 Hz/60 Hz) の外部電力を使用して作動させることも可能となっている。

電動モーター駆動油圧ユニット(写真－2)は全閉外扇形の空冷式かご形三相誘導電動機(出力 132 kW)と斜板形アキシャルピストンポンプ(押しのけ容積 230 cm³/rev)で構成され、最大 410 L/min の圧油を発生させおり、また、この油圧ポンプは流量制御付定馬力制御を採用しており効率的な流量制御を行っている。



写真－2 電動モーター駆動油圧ユニット

制御ユニット(写真－3)は電動モーターを制御する制御盤とコンクリートポンプを制御するコントロールパネルによって構成されている。電動モーターの制御盤には高性能インバータを搭載して電流をベクトル制御することにより電動モーターを効率的にコントロールしている。また、電圧計、電流計、電力量計を



電源ケーブル

制御盤

写真－3 制御ユニット

装備しており、電源の保守、管理も容易である。

コンクリートポンプを制御するコントロールパネルは通常のエンジン駆動時は車載のバッテリー（DC24 V）から電源供給され、モーター駆動時には外部電源（AC400 V）から直流電源（DC24 V）に変換し供給される。また、エンジン駆動、モーター駆動の切り換えは各操作切換スイッチにて容易に切り換えることが可能となっている。

4. デジタルラジコン

コンクリート打設には、ブームによる打設とコンクリート輸送管を設置して行う打設があるが、いずれの場合でもオペレータは筒先の状況に応じたきめ細かい操作が要求される。そのため車両から離れた箇所でもブームやポンプを操作できるラジコン装置（写真—4）が標準装備されている。このラジコン装置は操作に免許が不要な特定小電力型を採用し、電源を入れた際、電波法で割り当てられた40波の周波数帯の中から、現場における最も疎な周波数帯を自動で選局する機能を備えており、安定した遠隔操作を可能としている。



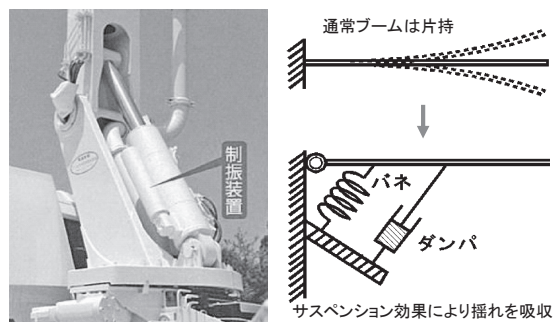
写真—4 デジタルラジコン RK23-10DS

5. 制振装置（KAVS）

コンクリートポンプのブームは生コンの圧送時、コンクリートバルブの切り換え時に発生するポンプの脈動により振動が発生する。また、このポンプ脈動周期とブーム固有振動数が一致すると振動振幅は極端に大きくなる。制振装置（図—2）はブームを駆動する第一関節の油圧シリンダにサスペンションの働きをさせて減衰を付加することにより、ブーム自体の振動特性を改善して耐久性及び安全性の向上を図っている。

6. その他装備

その他の装備としてコンクリートポンプのコント



図—2 制振装置（KAVS）作動原理

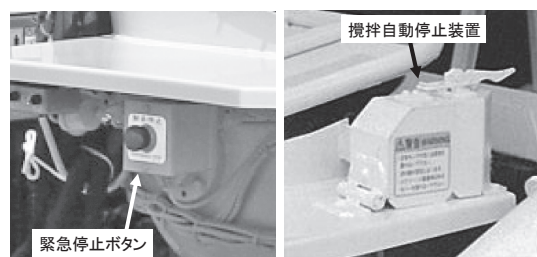
ロールパネルには、現場に合わせて標準圧送と高圧圧送の切り換えができる標準・高圧ワンタッチ切換スイッチ、積算計付きデジタル吐出量計（写真—5）、急激な吐出量の立ち上がりを防止するスロースタート機構やスローモードアクセルを装備し操作性及び安全性の向上を図っている。そして、生コンを投入するホップの攪拌装置には骨材の噛み込み時に攪拌羽根が自動反転・復帰するオートリバース式攪拌装置を装備してスムーズな生コンの吸込みを可能としている。



写真—5 積算計付きデジタル吐出量計

7. 安全装置

安全装置（写真—6）として、ホップ側面及び圧送ポンプユニットのデッキ上の2箇所にて緊急停止ボタン（ホップ攪拌羽根、ポンプ運転、ブーム作動を停止）、攪拌自動停止装置（ホップスクリーンを開くと自動的に攪拌羽根を停止）、アウトリガ抜け出し防止装置、アウトリガのジャッキシリンダ操作の安全装



写真—6 安全装置

置、ポンプ車の設置時に水平度を確認する水準器などを装備している。

8. コンクリート打設

(1) 電力測定

実際にコンクリート打設を行いエンジン駆動時の燃料使用量、電動モーター駆動時の電力量の測定を行った。測定当日の打設状況はブームを使用したブーム打設である（写真－7）。



写真－7 打設状況

第1、第2、第3ブームを前方60°に立ち上げ第4ブームを下方向に降ろしたブーム姿勢にて打設を行っている。使用した生コンの配合と打設工程を表－2に示す。

打設工程はAM9：24より打設が開始されエンジン駆動で約2時間19分間（生コン車1～13台目）作動させ燃料使用量の測定を行い、その後モーター駆動に

表－2 生コン配合、打設工程

レディーミクストコンクリートの配合

コンクリートの種類	強度 (N/mm ²)	スランブ (cm)	粗骨材の最大寸法 (mm)	セメントの種類
普通	24	15	20	BB

打設工程

総打設量 (m ³)	エンジン駆動		モーター駆動	
	打設量 (m ³)	打設時間	打設量 (m ³)	打設時間
153	54	2:18:45	99	4:20:40

切り換えて約4時間21分間（生コン車14～35台目）打設を行ってその時の電力量を測定した。総打設量は153 m³でエンジン駆動54 m³、モーター駆動99 m³の打設量であった。

図－3に電力測定によって得られた電圧値、電流値、積算電力量の結果を示す。測定結果より、電流値は最大217 Aとなっており、特に最初の30分間と打設終了前の15分間に大きな数値が測定され、作業全体を通じて配合や打設状況に大きな差異がなかったことからこのときの吐出量が多かったことが読み取れる。また、電圧値はこのときに373～400 Vと変動しており、約6.8%の変動となっている。積算電力量は全区間で143.5 kWhとなり昼休み時間を除く99 m³の打設に要した積算電力量は135.3 kWhとなる。

一方、エンジン駆動時では車両の燃料タンクの残量から燃料使用量を算出しており、打設量54 m³に対して22.7 Lの使用量であった。

表－3に各駆動時の燃料、電力の使用量及び1 m³当たりの使用量、CO₂排出量の算出結果を示す。

エンジン駆動では打設1 m³当たり0.42 Lの燃料が必要となっており、このときのCO₂排出量は1102 g・CO₂/m³となった。一方、モーター駆動では1 m³当たり1.37 kWhの電力が必要となり、CO₂排出量は571 g・CO₂/m³であった。モーター駆動時はエンジン駆動時よりCO₂排出量は低減し、低減率は48%となっ

表－3 各駆動時のCO₂排出量

エンジン駆動

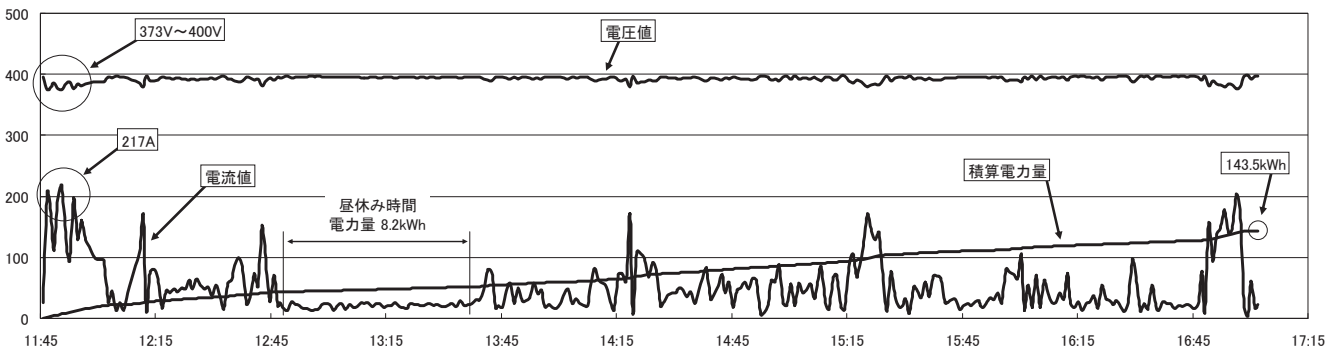
燃料使用量 (L)	打設量 (m ³)	燃料使用量 (L/m ³)	CO ₂ 排出量 (g・CO ₂ /m ³)
22.7	54	0.42	1102

軽油のCO₂排出量の換算値は1L当たり2621g・CO₂にて算出

モーター駆動

電力使用量 (kWh)	打設量 (m ³)	電力使用量 (kWh/m ³)	CO ₂ 排出量 (g・CO ₂ /m ³)
135.3	99	1.37	571

電力のCO₂排出量の換算値は1kWh当たり418g・CO₂にて算出

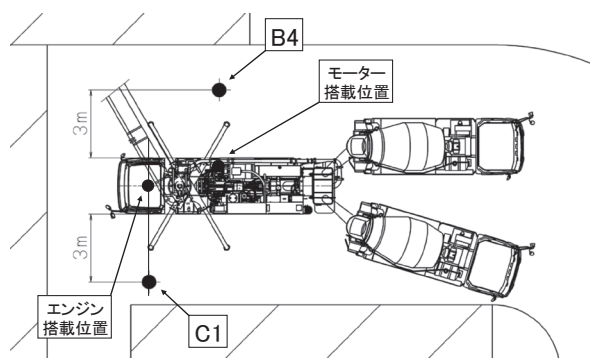


図－3 打設時の電力測定結果

た。ただし、圧送条件（圧送吐出量、圧送負荷、圧送距離）によっても燃費特性は異なるため、CO₂ 排出量は若干変動すると考えられる。

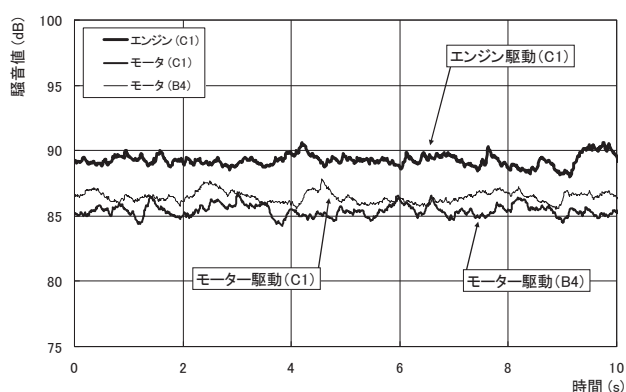
(2) 騒音測定

コンクリート打設時の駆動源の騒音を比較するため、騒音測定を行った。エンジン、モーターの各駆動時において、圧送吐出量が最大になる時に測定を行い、測定位置（図—4）は各駆動源の側面側 3 m 離れた位置を測定点（B4：モーター側面、C1：エンジン側面）とした。



図—4 測定位置

騒音値の測定結果を図—5に示す。エンジン駆動時の測定点C1の騒音値は最大90.6 dBの値を計測しており、平均値にすると89.3 dBでもっとも高い値であった。一方、モーター駆動時の測定点B4では最大87.8 dB、平均86.5 dBとなり、モーター駆動の方がエンジンより2.8 dB低い計測結果となった。測定点C1でも最大86.7 dB、平均85.4 dBとなり、測定点B4よりさらに1.1 dB低い結果であった。



図—5 打設時の騒音測定結果

これらの計測結果よりコンクリートポンプの打設時における駆動源の騒音はモーター駆動にすることによ

り低減していることを確認した。

9. おわりに

ツインドライブピストンクリート PY100-26-SEMの最大の特徴は、コンクリートポンプを作動させる動力源として、従来の車両のエンジン駆動に加えて外部電源による電動モーター駆動を併せもつ「2way パワー方式」である。今回の実測から、外部電源にて電力を使用して作動させることによって、従来のエンジン駆動に比べCO₂の排出量及び騒音を低減しながらコンクリートを圧送できることを確認した。また、エンジン駆動でも作動できるため、電力供給ができない現場でも従来通りに使用できる汎用性を持たせていることも特徴の一つである。

CO₂ 排出量削減のみならず、建屋内やトンネル等の閉鎖空間では空気を汚すことのないクリーンな圧送、また、閑静な住宅地や学校・病院等、騒音低減を求められる建設現場では低騒音での圧送を行うことで、電動モーター駆動の利点である排ガスゼロ、低騒音を生かした活用をし、作業環境の改善、工事騒音の低減に役立てていきたい。

建設施工段階でのCO₂ 排出や騒音の低減などの環境対策は、一層の発展と創意工夫が求められるところである。本機械に止まらず、建設機械の積極的な改善が今後必要である。

J C M A

【筆者紹介】

吉川 泰一朗（よしかわ たいいちろう）
鹿島建設㈱
東京建築支店 第二統括事業部
（仮称）新宿六丁目N街区計画工事事務所
次長



内田 佳親（うちだ よしちか）
鹿島建設㈱
東京建築支店 機材部
管理グループ長（課長）



大村 信二郎（おおむら しんじろう）
極東開発工業㈱
技術部 第一設計課
係長



建物内においてロボット位置を瞬時に検出できるシステム 床利用位置検出システム“MIYUKA”の開発

深瀬 勇太郎・木村 真一

近年、警備、介護、搬送、清掃など、屋内において様々なサービスを行うロボットが提案されている。サービスロボットには、自己位置同定の結果を基に適切なルート进行出し自律的に移動する機能が求められるが、屋内の広い範囲かつ様々な場所で安定的にこれを実現している例は少ない。我々は、この要求機能に対し、ロボットが自己位置同定を行いやすい空間の提供という観点から研究を進めている。本報では、床に画像特徴を配置した空間を施工し、その床の一部をカメラで撮像した画像を処理することで安定かつ高速に位置検出できるシステム“MIYUKA”の研究開発について報告する。

キーワード：屋内位置方向検出、画像処理、星図照合技術、ロボット自律移動、空間情報化

1. はじめに

未来の建物内では、警備、案内、介護、搬送、清掃などのサービスを提供するロボットの活用が期待される。我々は、このようなロボットの活動を支える建物空間（＝“ロボットにやさしい空間”）の実現を目指している。サービスロボットは、屋内を自律移動する機能がベースとなるため、次の二つの基盤機能が不可欠である。一つは、屋内を広い範囲に移動できる移動機構であり、もう一つは、ロボットの位置と向きを cm かつ deg オーダーで検出する自己位置検出機能である。

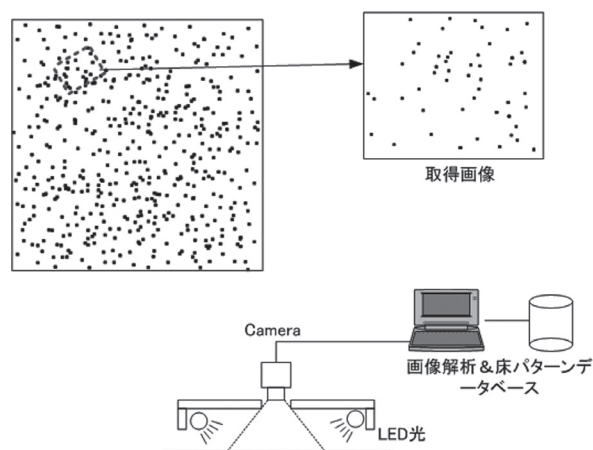
移動機構としては、建物内の階段や段差に対応するため人間と同様な 2 足歩行機構が有効であり研究開発も進んでいる。一方で、建物バリアフリー化に伴い、必ずしも高機能な移動機構を持たなくても簡単な車輪機能で移動できる領域が広がっており、図らずも“ロボットの移動にやさしい空間”が実現されている。

自己位置検出機能についても様々な取組がなされている。特に近年においては、ロボットに搭載されたステレオカメラやレーザレンジファインダを使ってロボット周辺の建物形状を把握し、自己位置を推定する SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) といわれる手法が盛んに研究¹⁾されており注目を集めている。ただし、この手法は、形状特徴が少ない広い部屋や長い廊下、ガラスの壁や、光沢のある部材が多用されている空間などで検出が困難なケースへの対応が必要となる。我々はバリアフリー化と同様、空間側を工夫することによる位置検出が行いやすい空間を模

索している。ここでは、その一つとして既存の床でもみられるようなランダムな点模様が配置された床を利用して自己位置検出を行うシステムについて紹介する。

2. 位置検出システム

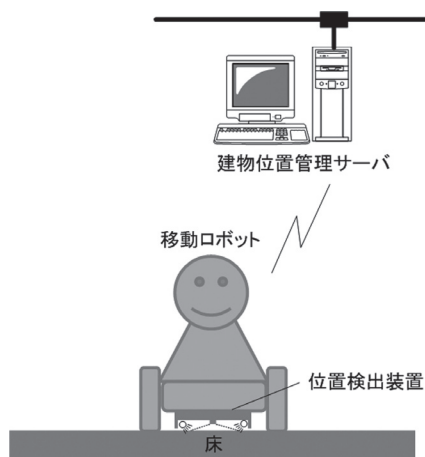
位置検出の基本概念を図一 1 に示す。自然発生的にランダム発生させた点群模様を有する床を施工する。施工後、カメラ装置により全床をスキャンすることで床上の各点の位置を特定し、点群分布データベースを事前に作成する。位置方向検出の際には、カメラで床の一部を撮像し、取得画像中の点群分布をあらかじめ用意した床全体の点群分布データベースと照合することで、取得画像中の各点が全床上のどの点に相当するかがわかり、そのことによりカメラが床のどの位



図一 1 位置検出の基本概念

置、どの方向で撮像した画像であるか割り出す。

想定する建物内位置検出システム例を図一2に示す。様々な建物、建物内の広い領域への対応を考え、ロボットに搭載された位置検出装置と建物位置管理サーバの連携により自己位置検出を実現することを想定している。建物位置管理サーバには、建物全体の点群分布データベースが蓄積されている。ロボットが取得した床画像を受信し、建物全体の床を対象としてロボットの初期位置検出を行い、ロボット位置周辺のローカルな点群分布データベースをロボットの位置検出装置に送信する。ロボットの位置検出装置は、初期状態では点群分布データベースを持たないが、建物位置管理サーバからロボット周辺のローカルな点群分布データベースを取得するとそれを基に自己位置検出を行う。位置検出装置の点群分布データベースにない隣接する領域に移動する場合には、再度建物位置管理サーバから隣接領域の点群分布データベースを取得することで位置検出を継続する。



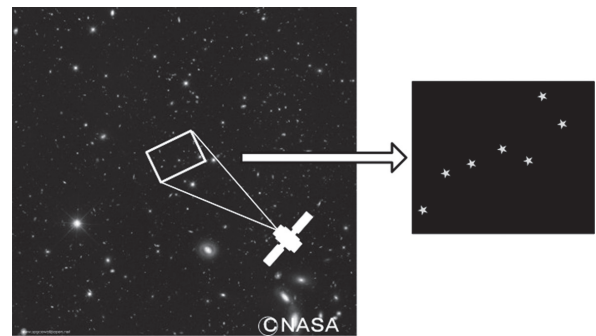
図一2 想定する建物内位置検出システム

3. 基本アルゴリズム

(1) 星図照合技術の利用

床点群照合アルゴリズムには、宇宙空間で人工衛星の姿勢検出（図一3）に使われている星図照合技術を応用した。人工衛星に搭載されたカメラで天空を撮像し、撮像画像中の恒星点群分布を既知の星図と照合することによりカメラの向いている方向（＝人工衛星の姿勢）を特定するセンサー技術である。

このセンサーで使われるカメラ画像中の恒星点群と星図との照合アルゴリズムにポールスターアルゴリズム²⁾がある。画像中の任意の星を中心として規定半径内にある各星までの長さの列（＝照合特徴量）は、中心の星に固有である（図一4）。あらかじめ天空の



図一3 人工衛星の姿勢検出

星について、各星の照合特徴量を求めデータベースとして準備しておく。宇宙空間の人工衛星では画像取得した各星に対して照合特徴量を求め、それぞれに対してデータベース中の星について照合特徴量に含まれる星間長さと一致した星間長さを最も多く有する星を各星に対応する星として照合する。



図一4 照合特徴量

(2) 床への応用における問題点

恒星の光は、無限遠から到達するため、星図照合で扱われる星群間の相対配置は姿勢によらず厳密に変化しない。よって高い画像分解能でポールスター特徴量を構成する各長さを表現することができる。例えば、E.Silani ら²⁾は、0.124 pixels を単位長として長さを分類している。一方、床に描かれた点群の撮像の場合には、10 cm 前後の至近距離にある床平面を撮像する。レンズ歪みに関するカメラ固有のパラメータを厳密に校正しても、光軸が厳密に床面に対して垂直である保障はなく撮像床位置の変化により各点の相対配置は微変動する。変動は後述する実験の結果 ± 2 pixels 程度考慮する必要があることがわかっており、前述の星照合アルゴリズムを単純に適用すると、各点が間違っただけに照合するケースが多発する。村澤ら³⁾もこのような位置誤差発生時の対応策の必要性を唱えている。

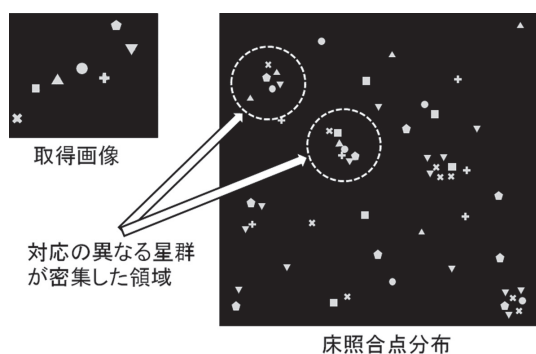
4. 問題解決のためのアルゴリズム改良

(1) 許容誤差の設定

上述の問題点への対応策として、照合特徴量の一致長さに許容誤差を設定することにした。このことにより仮に照合特徴量中の長さが許容誤差内でずれていたとしても、長さが一致するものとして取り扱うことができる。一方、実際にはデータベースと長さが異なるものも一致するものとして取り扱われるため、画像中の一つの点に対して多数の床上の点が照合候補とされてしまう。そのため、多数の照合候補点の中から適切な候補を選ぶ必要が生じる。

(2) 対応点群密集領域による絞込

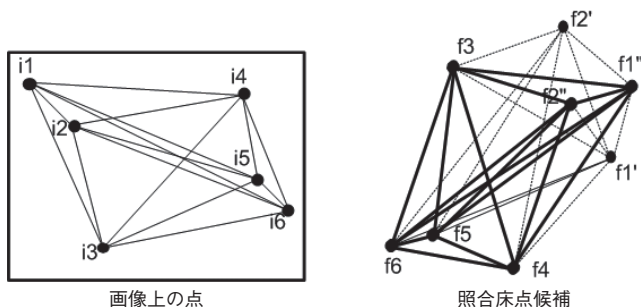
各画像中の点に対して正しく照合する点の組みは、画像視野に対応する面積内に密集している。このことを利用して画像中の異なる点の候補群が密集している床上領域を特定することで、いくつかの照合床候補領域に絞り込む(図—5)。



図—5 対応点群密集領域による絞込のイメージ

(3) 幾何学合同に照合点抽出

(2) にて絞り込まれた各照合床領域について、画像点群と対応する床点候補群の幾何学合同から、正しく対応する点群の組合せを導き出す(図—6)。正しく対応している画像点群と照合床点群の間では、画像中



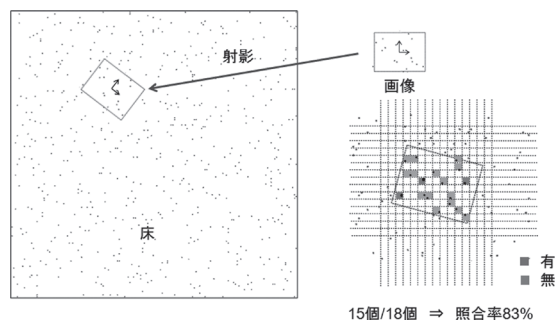
画像点: [i1, i2, i3, i4, i5, i6]
照合床点候補: [f1', f1'', f2', f2'', f3, f4, f5, f6]
⇒ 照合床点: [f1'', f2'', f3, f4, f5, f6]

図—6 幾何学合同絞込のイメージ

の任意の2点間距離とその2点に対応する床上の二つの照合点間距離は一致することを利用して、各照合床領域中の点候補から正しい照合点を抽出する。

(4) 照合率による信頼性確保

(2) で絞り込まれた各照合床領域について、(3) により照合床点を抽出することができる。各照合床領域から最も確からしいものを選択することおよび十分な信頼性を確保することを目的に、画像中の全点を対象に照合率を計算する(図—7)。まず、画像中の点群と床上の対応する照合点群の位置関係から計算される取得画像の床上での位置姿勢を計算する。その計算結果を基に画像中の全点を床上に射影する。画像中の全点に対して床上の点と重なる(あるいは極めて近い所に位置する)点の割合を照合率とする。各照合床領域の照合結果に対して照合率が最も高い領域の点の組合せを検出結果として採用する。照合率の低下は、誤検出または、床上へのゴミの混入に起因する。誤検出の場合、ロボット誤作動などの重大危険要因となることを重視して、照合率に下限を設定し、低い照合率に対しては検出不能としている。



図—7 照合率のイメージ

5. ゴミ、点消失に関する検討

(1) ゴミ、点消失に強いアルゴリズム

床上では、ゴミや、汚れによる点消失などが発生する。このことに対する頑強性は非常に重要である。本システムが基にしている星図照合アルゴリズムは、撮像画像中の無数の恒星に対して明るさの閾値(等級)で選別することにより照合対象とする星数に制約を設けている。このことにより撮像時の条件によっては、明るさ閾値の前後において、照合対象でないのに照合対象として取り扱われる点(床でのゴミに相当)や、照合対象なのに照合対象として漏れてしまう点(床での点消失に相当)が発生する。そのため恒星点の混入や、消失に強いアルゴリズムとなっている。このような特徴に関して実験的検証を行った。

(2) 実験設定

以下に実験設定を示す。

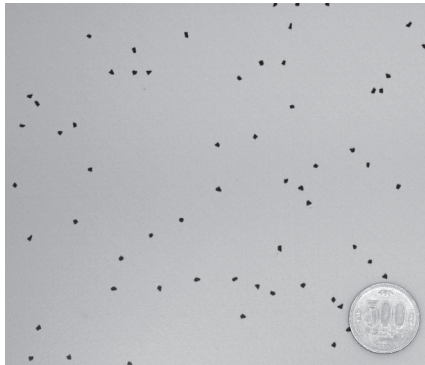
(a) 床パターン設定 (図—8)

対象床広さ：4.5 m × 4.5 m

床上の点数：60,000 点

配置：計算機によるランダムに位置を発生

点の形状：径 2 mm 前後のランダムな多角形



図—8 床パターン

(b) 画像取得設定 (図—9)

カメラ：Lumenera 社 Lu170 (白黒)

レンズ：焦点距離 3.5 mm

視野範囲：9 cm × 9 cm, 240 × 240 pixels

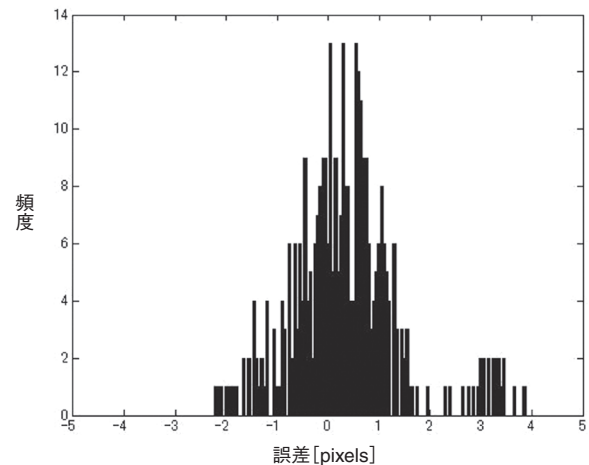
取得画像中の黒点位置は、現画像を輝度により 2 値化し、抽出された黒点位置をレンズの歪み特性により歪み補正した。



図—9 画像取得装置

(3) 許容誤差設定

検証の前提としてまず点の許容誤差を設定した。設定値は現実に発生する各点の相互間距離の誤差を実験により求めた。得られた床画像から黒点を抽出し、レンズ歪み補正処理した点の相互間距離と、データベース中の対応する点の相互間距離との差を求めその分布を調べた。図—10 は、その一例である。複数の箇所

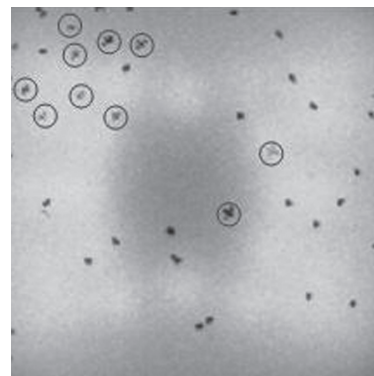


図—10 誤差分布の一例

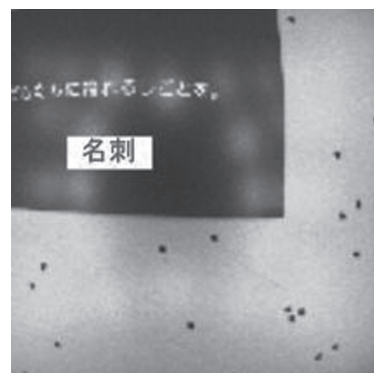
で同様の分析を行った結果、許容誤差は ± 2 pixels に設定することにした。

(4) 実験による検証

図—11 にゴミを混入させた場合の取得画像を示す。丸で囲まれた点は、床上にゴミ点を故意に描いた部分である。このようなケースでも正常な結果が計算できている。図—12 では、点消失の例として名刺で画面の一部を覆い隠した。このケースでも正常な計算結果が出力されている。これに類する多くのケースで正常な計算結果が出力されることを確認した。



図—11 ゴミの混入例



図—12 点の消失例

(5) シミュレーション

上述の実験では、限られたケースしか検討ができなため、コンピュータシミュレーションによりゴミの発生、点消失を模擬する多数の試行を実施した。

(a) 撮像位置方向設定

4.5 m × 4.5 m の床上面にて縦横約 5.6 cm 間隔の格子状の位置 5,776 箇所ランダムな方向にカメラを向けた画像取得を模擬した。

(b) ゴミ混入、点消失設定

ゴミ混入は、得られる画像の中にゴミに相当する点を無作為に加えて模擬した。点の消失は得られた点から点を無作為に削除することで模擬した。

(c) シミュレーション結果 (表—1)

点の消失については、50%の点の消失でも9割以上の割合で検出が成功した。ゴミの発生については、40%のゴミが発生しても9割以上の割合で検出が成功した。非常にゴミや点消失に強い結果となった。

表—1 点の消失・ゴミの混入時の結果

割合	10%	20%	30%	40%	50%
消失	100%	99.9%	99.6%	98.3%	91.6%
ゴミ	99.8%	99.2%	96.8%	92.1%	85.0%

6. 連続計測のためのアルゴリズム改良

我々は移動ロボットのリアルタイム制御への応用を目標としているため、連続計測の高速化とゴミや点消失などが発生した場合でも計測が継続できる性能が必須である。ここでは、そのためのいくつかのアルゴリズム改良と実験装置に実装した結果を示す。

(1) 照合範囲制限による高速化

本研究で対象としている移動ロボットは車輪機構型であり、移動も床平面上を連続的に移動することを前提とできる。よって、初回は全床データベースから照合を行うが、その後は、最新の検出位置周辺に限定することで照合計算を高速化した。なお、限定する範囲は、移動体の最高速度に依存して設定する。

(2) 連続画像による計測継続

本照合手法は比較的ゴミおよび点の消失に強い手法であるが、それでもなお、多くのゴミや点の消失がある場合には、ロボット制御の危険要因である誤検出を防ぐために検出不能とするように設計している。そのような場合には、連続する二つの画像間に共通して写り込んでいる点群を抽出し、その点群間の相対的な位

置関係を割り出すことで画像間の移動差分を計算し、それを積分することで位置を推定することにした。

(3) 実験装置による実証

図—9に示す画像取得装置および画像処理計算機により、床全体からの初期位置とそれ以降の連続的な位置検出のアルゴリズムを実装した。(1)の連続照合範囲制限を直近の検出位置周辺の90 cm × 90 cmの範囲に設定、CPU: Core2Duo1.6 GHz搭載のノートPCに実装し以下の結果を得ている。

連続計測応答: 約 50 m 秒 (= 20 回/秒)

計測精度: 0.5 mm 以下

1 deg 以内

7. まとめ

星図照合技術のアルゴリズムを床パターン利用位置検出に適用し、ロボット移動のための連続計測に関する改良を施した。現在 2.25 m × 3.15 m の実験床にて図—9のロボット自律移動制御のデモンストレーションを通じてデバッグを繰り返し安定した連続位置検出が実現できるレベルに達している。実用化に向けて床施工法、検出装置の小型組込機器化、建物位置管理システムの構築など様々な課題があるが、一つ一つ解決していきたいと考えている。

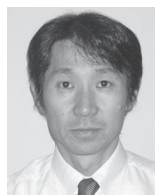
J C M A

《参考文献》

- 1) 友納正裕, 油田信一: “不正確さを許すマップと単眼ビジョンによる物体認識に基づく移動ロボットの屋内ナビゲーション”, 日本ロボット学会誌, 22, 1, pp.83-92, 2004.
- 2) 村澤一樹, 深瀬勇太郎, 竹本喜昭, 木村真一: “床パターンを利用した自己位置検出同定手法に関する検討 (その2)”, 日本ロボット学会学術講演会, 2009. 09. 15
- 3) E. Silani and M. Lovera, “Star Identification Algorithms: Novel Approach & Comparison Study”, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, VOL. 42, NO. 4, pp. 1275-1288, 2006

〔筆者紹介〕

深瀬 勇太郎 (ふかせ ゆうたろう)
清水建設株式会社
技術研究所
主任研究員



木村 真一 (きむら しんいち)
東京理科大学 理工学部
電気電子情報工学科
准教授



電磁誘導加熱（IH）を利用した 鋼床版上のアスファルト舗装の剥離工法

尹 恢 允・五味 篤 樹

鋼橋の鋼床版上のアスファルト舗装の撤去作業はブレーカを用い剥離撤去を行っている。当該工事は交通への支障を最小限とするため主として夜間に交通規制を行いながら実施しており、ブレーカ使用による大きな夜間騒音問題と、他に鋼床版上面の添接版やボルトに損傷を与える可能性がある。これらの課題を解決するため、電磁誘導技術を応用して鋼床版に誘導電流を発生させて鋼床版を発熱させ、舗装の接着面を溶融し付着力を低下させながら鋼床版上のアスファルト舗装を撤去するシステムを開発した。実工事において鋼床版を損傷することなく、従来工法と比較して、約 20～40 dB の騒音低減効果が確認された。当該技術は夜間のアスファルト舗装の撤去作業を低騒音・無振動で行うことが可能であり、それによる作業日数の短縮とコスト低減効果が期待されるものである。

キーワード：電磁誘導加熱，磁界，うず電流，電界強度，鋼床版，添接板，グースアスファルト

1. はじめに

鋼床版上の舗装は、繰り返しの交通荷重や建設後の長期経過など様々な要因で損傷が進み、全層打換えを行う工事が増えてきている。現状撤去方法は路面切削機及びブレーカを用いた人力によるはつりで撤去作業を行っている。このような工事では騒音や粉塵を発生させるとともに添接版やボルトに損傷を与えるなどの問題が生じている。供用中の道路におけるこれらの工事においては作業時間に制約を受ける事が多く、作業の効率化が求められている。また住宅密集地域では、騒音や振動を抑制する必要に迫られている。これらの課題を解決するため、電磁誘導加熱 IH（Induction Heating）技術を用いて鋼床版上面のアスファルトを低騒音かつ効率的に撤去する IH 式舗装撤去工法（特許番号：4330639 号）が開発され、最近適用事例が急速に増大してきている。本報告は技術的解説とその適用事例について記述するものである。

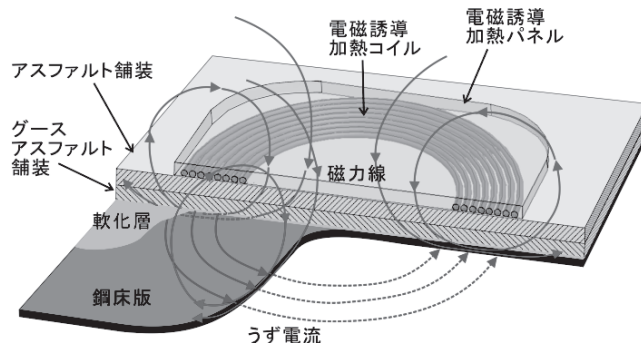
2. IH 式舗装撤去工法の概要

(1) 工法のメカニズム

アスファルト舗装の上面に設置した電磁誘導加熱装置のコイルに電流を流すと鋼床版に向け磁界が発生し、電磁誘導現象により鋼床版にうず電流が発生する。うず電流が流れることにより鋼床版が抵抗発熱し、鋼床版上に載っているアスファルト層下面の接着部分が

軟化し、鋼床版との接着力が低下する（図－1）。

接着力の低下した状態の時に境界面にクサビを挿入して剥離を行う工法である。



図－1 IH 式舗装加熱方法のイメージ

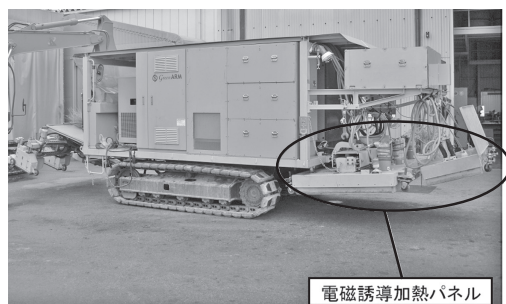
(2) 特長

- ① 特別に設計製作した特殊 IH 式電磁誘導加熱機により、鋼床版とアスファルトの界面を加熱し、接着を解くことにより舗装の剥離・撤去を容易にできる。
- ② 騒音・振動・粉塵の発生をほぼゼロの状態にまで抑制でき、安全性や工事環境改善ができる。
- ③ 鋼床版を傷つけることなく、剥離・撤去ができる。
- ④ 鋼床版の添接部のボルトなど形状の複雑な部分の接着も容易に溶解し剥離できる。

3. 施工機械

本工法に使用する IH 式加熱機は、駆動部（クロー

ラ式（写真—1）、ホイール式（写真—2）の2タイプ）、発電機、加熱装置（写真—3）、冷却装置及びコントロール装置から構成している。剥ぎ取りのための特殊バケット（写真—4）を使用している。



写真—1 クローラ式加熱機（1号機）



写真—2 ホイール式加熱機（2号機）



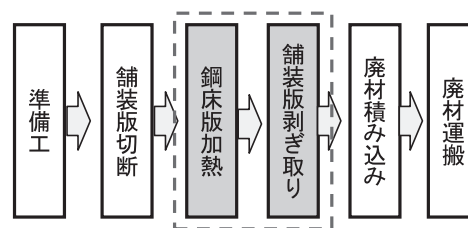
写真—3 加熱装置



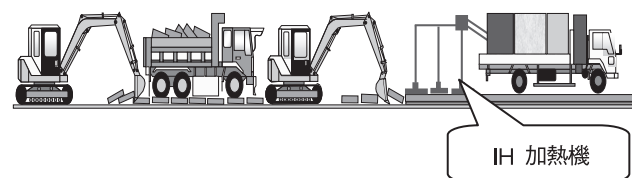
写真—4 特殊バケット

4. 施工方法

施工フローを図—2、機械編成を図—3に示す。
準備工では隣接車線部との縁切りを完全に行うため



図—2 施工フロー



図—3 機械編成図

に縦断方向のカッター切断も含まれる。また、工区境（工事端所）についても横断方向にカッターを入れるが、このカッター切断では鋼床版を傷つけないよう鋼床版あるいはボルト箇所の上 20～30 mm の位置までの切断深さとする。IH 式加熱機で鋼床版表面温度が概ね 60～90℃ になるように加熱し、剥ぎ取りのクサビ機能を有する特殊バケットを装着したバックホウで鋼床版温度が低下する前に速やかに剥ぎ取り作業を行う（写真—5、6）。



写真—5 加熱状況



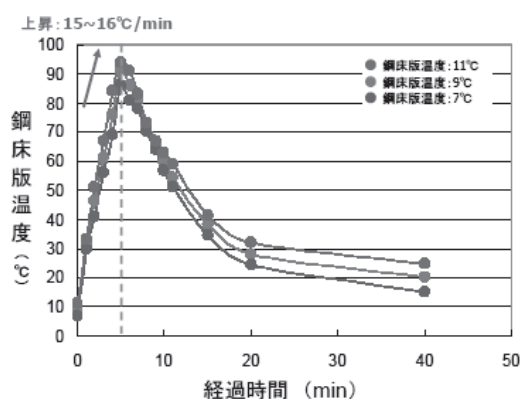
写真—6 剥ぎ取り状況

5. 実施工における確認

(1) 鋼床版温度変化

外気温 10℃ の条件において、実道の施工における加熱・放冷までの鋼床版温度変化の事例を図—4 に示す。

これまでの実績より 60℃ まで温度低下する時間が施工可能時間であることが確認できている。外気温 10℃ の条件下では鋼床版温度は、加熱時には 15～16℃/min の上昇し、5 分後には 90℃ 程度に達し、放冷時には 60℃ まで温度低下するのに 5 分程度要している。これまでの実績より 60℃ まで温度低下する時間が、施工可能時間と考えられる。

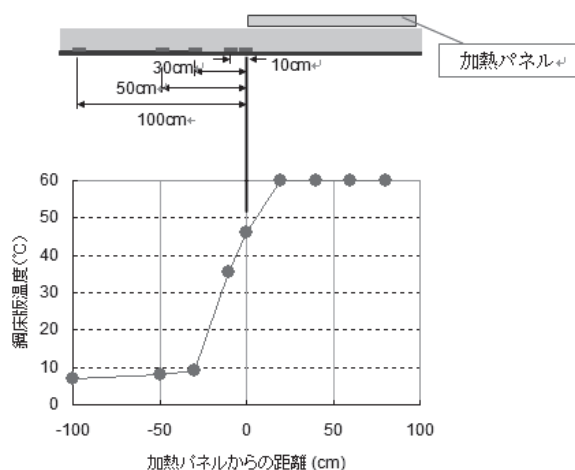


図—4 加熱放冷過程の温度変化

(2) 鋼床版温度測定

加熱において施工箇所の隣接部がどのような影響を受けるかを確認するため、加熱端部より 10 cm・30 cm・50 cm・1 m 間隔で鋼床版上面温度を測定した結果を図—5 に示す。

加熱パネルから 10 cm 以上離れると隣接部鋼床版の温度は急激に減少し、20～30 cm 程度の離れで隣接部のアスファルト層の付着の影響は無視できる。



図—5 隣接部の鋼床版温度測定

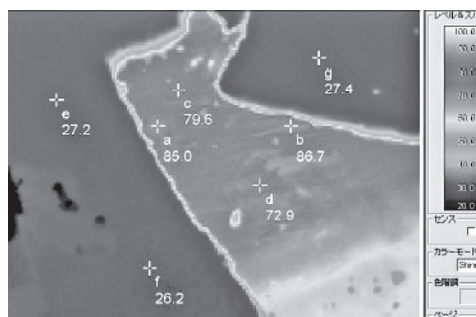
(3) 鋼床版の加熱状況

実施工において、剥ぎ取り時の既設舗装と鋼床版面の温度を赤外線カメラによって測定。結果を写真—7、8 に示す。

既設舗装の表面温度は 27℃ 程度であるが、鋼床版表面温度は 80℃ 程度まで加熱されているのが確認された。



写真—7 測定箇所（一般写真）

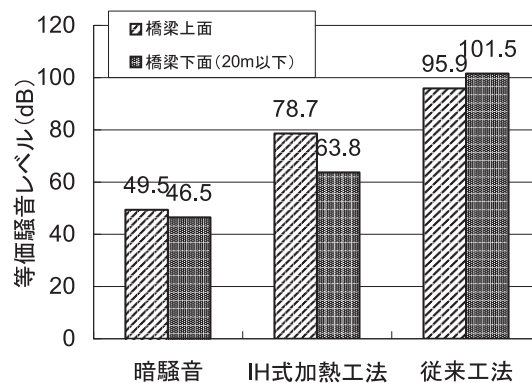


写真—8 上記箇所の赤外線カメラによる測定

(4) 作業騒音測定

実施工の橋梁において本工法と従来工法の作業時に実施した騒音測定の結果を図—6 に示す。

ブレーカを用いた従来工法と比較して、橋梁上では本工法が約 20 dB 低く、橋梁下面では約 40 dB も低い騒音レベルとなった。ブレーカを用いた工事ではビットによる打撃音が橋梁下から太鼓の原理と考えられる現



図—6 作業騒音測定結果

象で反響音として伝播され騒音レベルが高くなるものと考察される。本工法はブレーカを用いた従来工法に比べて、橋梁下面から発する作業音が非常に低く、周辺環境へ与える影響が少ないことが分かる。本 IH 式加熱工法の 78.7 dB は剥ぎ取りガラ撤去時、その他バックホウによる作業音の瞬間的な最大値を拾ったもので IH 式加熱そのものの作業音は 70 dB 以下である。(本工法の発生源は発電機とバックホウの機械音のみである。)

表—1 に音のめやすを示す。

表—1 音のめやす (デシベル)

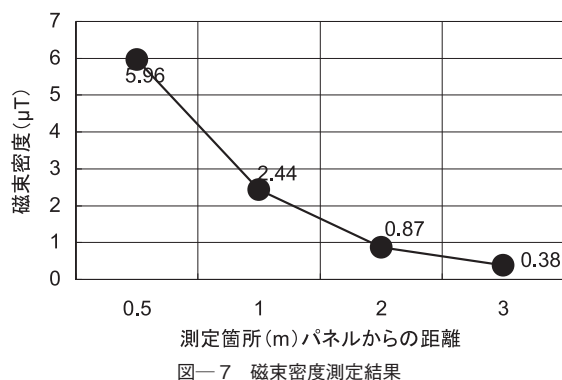
120	飛行機のエンジン近く
110	自動車のクラクション (前方 2 m)
100	電車の通るときガード下
90	大声による独唱、騒々しい工場内
80	地下鉄の車内 (窓を開けたとき)・ピアノ
70	掃除機・騒々しい事務所
60	普通の会話・チャイム
50	静かな事務所
40	深夜の市内・図書館
30	ささやき声
20	木の葉のふれあう音

(2006 東京都環境白書より)

(5) 人体への影響

IH による電磁波の発生と人体に及ぼす影響レベルを検証した。国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) によって示されているガイドライン非電離放射線 (NIR) に対する公衆への曝露制限値 (周波数範囲 0.82 ~ 65 kHz) は $6.25 \mu\text{T}$ である。実施工で簡易測定で測定した結果を図—7 に示す。

本工法に使用するインバーター周波数は 35 kHz である。IH 式加熱機に作業員が最も近接する距離 (0.5 m) の位置においては図—7 に示すように制限値以下での作業であり、安全性には問題がないことが検証できた。



写真—9 測定状況

(6) 通信ケーブル等への影響

鉄道高架のように橋梁下に鉄道が通過する場所では制御あるいは通信ケーブルなどが設置されていることがあり、このような条件下ではそれら通信ケーブルなどへの影響を確認する必要がある。国際無線障害特別委員会勧告による『電磁放射妨害波の許容値』はインバーターの周波数について 150 ~ 490 kHz で 30 m の距離において 0.0032 m/V の電界強度とされている。本装置は 35 kHz 程度なので、電界強さがかなり低いため、この低レベルでの規程がない。

本工法を実施工するに当たって安全性確認のため解析シミュレーションにて評価を行った。

図—8 から鋼床版下方向の電界強度はほとんど 0 となっている。電界強度が 0 となることは、鋼床版下に発生するエネルギーの内、鋼床版で熱エネルギーに変換消費されない不要電波のエネルギーが 0 ということの意味している。この理由は鋼床版に流れる電流の浸透深さを求めることで判断出来る。

鋼床版に流れる電流の浸透深さ

$$\delta = 5.03 \sqrt{(\rho / \nu f)} \text{ cm} \quad \text{--- ①}$$

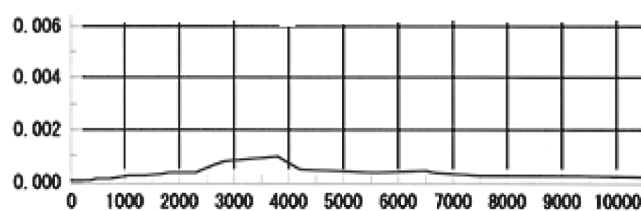
ρ : 鋼床版被抵抗

f : コイルに流れる電流の周波数 (Hz)

①式より浸透深さは

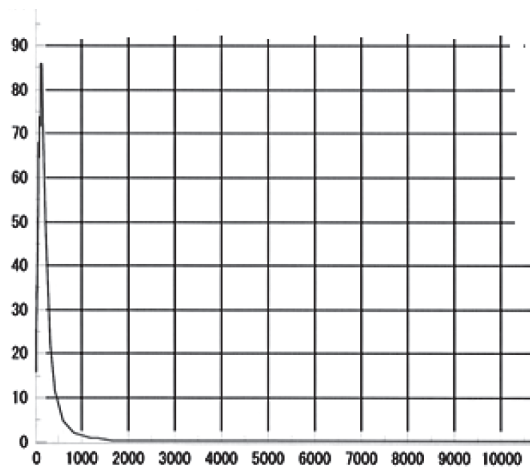
$$\delta = 5.03 \sqrt{(20/100 \times 35000)} = 0.012 \text{ cm} \quad \text{②}$$

②より鋼床版の厚みが 0.12 mm 以上あれば加熱コイルから発生するエネルギーは鋼床版で熱エネルギーに変換され、不要電波は鋼床版下には発生しないので、通信ケーブルへの影響は無いと言える。



図—8 鋼床版下 Z 軸方向の電界強度分布

図－9より鋼床版上の電界強度の最大値は、約86(V/m)であるがこの数値は一般電気機器の電界強度より少ない数値である。一般電気機器の電界強度を表－2に示す。

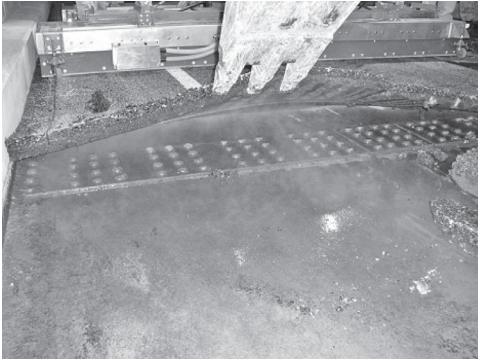


図－9 鋼床版上 Z 軸方向の電界強度分布

表－2 電気機器の電界強度

機種	距離	電界強度(V/m)
全自動洗濯機	正面接近	15
IHクッキングヒーター	前面から10 cm (火力：中火)	97.9
電子レンジ	本体から50 cm	500
ブラウン管テレビ	画面前面から50 cm	250
本誘導加熱装置	コイルから80 cm	86

(7) 施工状況



写真－10 京奈和自動車道施工



写真－11 広島呉道路／広島大橋施工



写真－12 しまなみ海道／伯方・大島大橋施工

6. おわりに

本工法は鋼橋の鋼床版上に舗装されたアスファルト舗装を鋼床版及び添接板やボルトに損傷を与えることなく剥ぎ取り除去できるとともに超低騒音による技術である。IHIR 工法の最大特長の超低騒音・低振動工法であることから舗装剥ぎ取り作業時間を深夜まで延長させることが可能であることから本工法は関係発注機関から高い評価を得ている。平成 22 年 7 月には国土交通省から第 12 回国土技術開発賞として大臣表彰されている。平成 21 年 11 月 4 日付けの報道において、全国の鋼橋について『コンクリートの劣化や鋼材の腐食が想定外に進み、崩落寸前の状態に陥った道路橋が全国で 121 基、大型車の通行を禁止した重量制限付きの橋も 680 基確認され、緊急点検と対策を講じる必要がある』と報じられたことから鋼橋の維持点検における本工法の有用性が益々高いものとなった。

最後に、本工法の実用の推進の共同研究グループのメンバー、大林道路(株)、鹿島道路(株)、(株)竹中道路、(株)NIPPO の関係者皆様に、謝意を表します。

J C M A

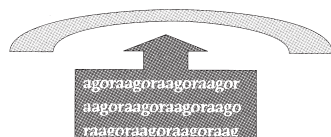
【筆者紹介】



尹 恢允 (ゆん ふえゆん)
グリーンアーム(株)
エンジニアリング部



五味 篤樹 (ごみ あつき)
グリーンアーム(株)
エンジニアリング部
部長



船舶の省エネ化 —代替エネルギー利用—

吉 田 正 彦

世界の海事産業は、(1) 温室効果ガス (GHG) 排出抑制の社会的要請、(2) 特定の海域における窒素酸化物 (NO_x)、硫黄酸化物 (SO_x) 等の排出規制強化への対応、(3) 最近の石油と天然ガスの価格差を背景に、代替燃料としての液化天然ガス (LNG) の利用を検討している。日本でも海運会社が ISHIN シリーズやスーパーエコシップ 2030 という名称で将来の自社船のコンセプトを示しているが、その燃料は LNG である。船舶燃料としての LNG の利用は、GHG 排出量の削減のみならず、長期的に省エネ・省コスト化につながる可能性も高い。本稿では、海事産業における船舶燃料としての LNG 利用に向けた動きを紹介する。

キーワード：LNG、バイオガス、ガスエンジン、GHG、NO_x、SO_x

1. 何故代替エネルギーなのか

国際海運に従事する船舶は、GHG の削減のみならず様々な環境規制・安全規制への適合と経済性の両立が常に求められる。また、一般に寿命が 30 年以上と長期にわたる船舶においては、様々な規制は新しく建造される船舶のみならず一定の猶予期間をもって現存する船舶にも適用される。このため船舶の省エネは、現下の規制下でのエネルギー使用の効率化という側面以外に、今後新たに導入され、また、強化される可能性の高い規制を考慮に入れて中長期的に総合的な効率を高めていくことが重要となる。

海運分野における代替エネルギーとしての天然ガス利用については、国際海運が排出する GHG 削減に対する社会的要請のみならず、排ガス中の NO_x、SO_x 等の排出削減規制が燃料油価格に与える影響、安全基準を含めた社会的インフラの整備の進展、燃料としての天然ガス利用を可能とする技術の進歩等様々な要因が後押ししている。

2. 船用燃料としての天然ガス利用の環境面での優位性

船用燃料として天然ガスが注目されている環境上の理由は、天然ガスが、(1) 現在使用されている船用 C 重油に比較して単位熱量当たりの GHG 排出量が 25% 少ないこと、(2) 低圧ガス燃焼方式のガスエンジンを利用すれば、追加的な装置無しで NO_x や SO_x の排出

量を大幅に減少させることが可能であること、さらに (3) 他の低コストが期待される再生エネルギー、具体的にはバイオガス (Biogas) との親和性に優れていることにある。

バイオガスは、家畜の排泄物や生分解性物質、汚水 (下水処理場の活性汚泥等)、ごみなどを発酵又は嫌気性消化させることにより生産される。バイオガスの主成分はメタン及び二酸化炭素であり、スウェーデンでは、ガソリンとバイオガスや天然ガスの二元燃料タクシーの燃料として使用されている。海運分野では、船舶の単位輸送能力 (DW × 距離) 当たりの GHG 排出量をエネルギー効率設計指標 (EEDI) という名称で強制化し環境性能の向上を促そうとする取り組み、さらに船舶運航により実際に排出される GHG 量削減に向けた自主計画である船舶エネルギー効率管理計画 (SEEMP) の作成と船舶への備え付けを求める取り組みが国際的に進められている。バイオガスは生産技術がほぼ確立されており、カーボンニュートラルであることから、特に SEEMP の面で非常に有効である。

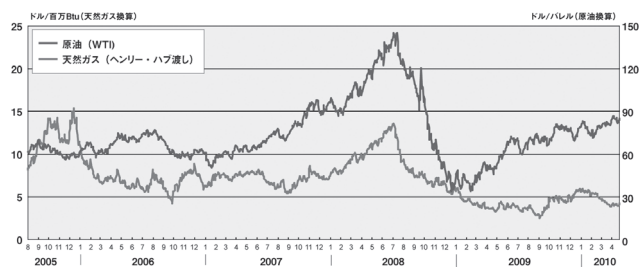
天然ガスとバイオガスは極めて組成が近いため、船舶燃料の天然ガス化は、同時に船舶燃料としてのバイオガスの利用も可能とするものとして期待する声は特に欧州の海運会社が多い。

3. 船用燃料としての天然ガス利用のコスト的優位性

船舶燃料としての天然ガスの使用については、省エ

ネや環境上の側面も重要であるが、産業用の燃料である以上現在利用されている船用 A 重油、C 重油と比較してあまりにコスト差があるようでは普及は期待できない。これまで原油と天然ガスの価格は同じエネルギーということで、従来単位熱量当たりの価格がほぼ同一であった。このため原油から製造される最も価格の安い燃料である船用 A 重油、C 重油との比較で天然ガスは非常に高価であったが、欧州を中心とする海運業界では、近い将来この構図が変わる可能性があると見られている。

一つの要因は、原油価格と天然ガス価格の上昇の違いである。図一 1 は米国市場での代表的な原油と天然ガスの価格を、同じ単位熱量当たり（原油 1 バレルの熱量は、天然ガス約 600 万 Btu に相当する）の価格となるよう表示したものであるが、2006 年以降石油価格が天然ガス価格を大幅に上回る状況となっている。これは、世界のエネルギー需要の伸びが堅調である中、石油は新規油田開発が低調のため価格が上昇し、天然ガスの方はコールベットメタン（CBM）やシェールガスといわれる埋蔵量が豊富で従来生産が困難であった非在来型ガス田での天然ガス生産が可能となったことを受けて、比較的価格が安定していることがその原因である。



図一 1 北米市場における燃料価格（同一熱量換算）（独）石油天然ガス・金属鉱物資源機構「石油・天然ガス市場概況」より）

もう一つの要因は、原油から船用燃料油を製造するコストの上昇である。国際海運から排出される NOx, SOx, 粒子状物質（PM）の排出量を削減するため、世界全体での規制と特定の海域における規制という 2 段階で船用燃料の品質（燃料油中の硫黄分）規制が導入されることが決定している。ここでは詳述しないが、図一 2 は特定の海域として現在すでに指定されている欧州及び米国周辺海域を示しており、これらの海域内を航行する船舶は 2015 年以降硫黄分 0.1% 以下という高度に脱硫された燃料を使用することが求められている。また、世界全体の規制は、2020 年以降硫黄分 0.5% の燃料を使用することを求めることとされていることから、今後船用燃料油の製造（脱硫）コストが長期的



図一 2 欧州及び米国における燃料油の使用規制対象区域

に上昇し、船用重油の価格競争力を引き下げることとなるものと予想されている。

さらに、船用燃料としての天然ガス利用をより推進するための取り組みが欧州の港湾関係者の間で進められている。ESI（Environment Ship Index）といわれるその取り組みは、船舶が GHG, NOx, SOx, PM 排出量に関する国際的な規準（現在検討中のものを含め）を満足する程度を示す指数（Index）に応じて、その港湾使用料金を優遇しようとするものである。2 章で述べたとおり、天然ガスを用い低圧ガス燃焼方式のガスエンジンを利用すれば、追加的な装置無し（言い換えれば追加的なエネルギー消費無し）でほぼこの指数を満足することが可能となることから、船用重油に対する天然ガスのコスト競争力を高める方向で作用する。

天然ガスはパイプラインでの輸送を別にすれば輸送に際して液化が必要であり、石油に比較して輸送や貯蔵コストが高くなる傾向がある。また、陸上用機械とは異なり燃料供給機会が制約される船舶が燃料として天然ガスを使用するためには、相対的に密度の大きな LNG の形で積載する必要がある、追加的な設備も必要となる。このため天然ガスを船用代替燃料として使用する場合のコスト比較に際しては、利用に係るトータルコストでの比較が必要である。しかしながら、以上の状況を鑑みれば、船用燃料としての天然ガス利用に係るハードルが長期的に低くなりつつあることは事実であろう。

4. 安全基準を含めた社会的インフラの整備の進展

3章で述べたとおり、船舶燃料として天然ガスを利用する場合、主に船舶での燃料貯蔵上の理由から形態はLNGとなる。LNGは、沸点がマイナス163度と非常に低い、液体の状態では消防法上の危険物に該当しないことから判るとおり、ガスの状態に比較して安全に利用することが可能である。しかしながら、このLNGを船舶燃料として多量に船内に貯蔵し、且つ安全にガス化して船舶用燃料として使用することには困難が伴う。このため、船舶におけるLNG燃料の利用は、LNGタンカーから始まった。LNGタンカーは、断熱性のタンクの中にLNGを搭載して輸送するが、その輸送中にどうしても一定量の天然ガスが蒸発することから、これを燃料の一部として用いたものである。このLNGタンカーは、二つの点でLNG燃料の利用が容易であった。一つは、40年以上前にLNGタンカーが実用化されて以降国際的な安全基準が整備され経験の蓄積が行われたことであり、もう一つが、貨物として大量のLNGを搭載していることから、燃料としてのLNG供給やその貯蔵を考慮する必要がなかったことである。

これに対し、LNGタンカー以外のLNG燃料船の建造は、船舶の安全基準等を検討する国際機関である国際海事機関（IMO）が2004年にLNG燃料船の安全基準の具体的な検討を開始したこと（規則の原案が提示されたこと）を契機としてそれ以降活発化し、各国の内航船を中心に現在20隻を数える状況となった。また、2009年末に暫定ガイドラインとはいえ国際的に認知された安全基準が策定されたことから、パイロットプロジェクトとして外航船を含めた様々な



写真—1 2012年にLNGと船用重油の2元燃料化への改造が発表された石油製品タンカー「Vit Viking」（25,000総トン）（ドイツ船級協会広報資料より）

LNG燃料船の建造やLNG燃料船への改造が進められており、今後の実用化に向けて経済性を含めた知見の蓄積が進められている。

また、前述のとおり、LNG燃料船の実用化は基準の整備だけで可能となるわけではない。最も重要な点は、船舶へのLNG燃料供給を担うインフラの整備である。現在欧州においてLNG受け入れ能力とLNGの積み出し能力の双方を有するLNGハブターミナルはスペイン南部等限られた場所にしかなく、大規模港湾にはそもそも船舶向けのLNG燃料供給装置が存在しない。このため、欧州最大の国際港湾であるロッテルダム港は2011年にLNGターミナルを建設し欧州北部のLNGハブ港として機能する予定であり、その中で船舶へのLNG燃料の供給等についてもパイロットプロジェクトを実施するとしている。同様に、スウェーデン第2の都市ヨーテボリのLNGプロジェクトは、2010年9月に、2013年から船舶向けにLNG燃料の供給を開始する旨正式に発表した。アジアに目を向ければ、シンガポールでも2010年1月から船舶向けLNG燃料供給体制に関する官民合同の検討会が2011年までの予定で実施されており、少なくとも主要港湾でのLNG燃料の世界的な供給体制が整うのはそう遠い将来ではないのではないかと考えられる。

5. 船舶用燃料としてLNG利用を可能とする技術

現在船用燃料としてLNGを利用するガスエンジンは低圧ガス燃焼方式を採用しており、高負荷では同クラスのディーゼルより熱効率が最大2.5%高くなるとのデータがあるように省エネ性が高い。これは、燃焼期間が短く等容度が高いこと（高負荷での燃焼期間はわずか25°）、燃料噴射ポンプ駆動ロスがないこと等の理由による。

しかしながら、ガスエンジンには克服すべき課題も多い。一つ目は出力の問題である。現在実用化されている低圧ガス燃焼方式のガスエンジンは、大出力化が困難であり、コンテナ船等の大出力を必要とする大型外航船の主機関をガスエンジン化するには多数の機関を搭載する必要があることから、イニシャルコスト、メンテナンスコストの面でマイナス面が大きい。

また、LNGのメタン価の問題も存在する。メタン価とは、ガソリンのオクタン価同様ノッキングの発生しにくさを示す値であり、メタン純度100%のLNGはメタン価100となりノッキングの心配が少なくなる。現在LNG燃料船の就航実績が多い北欧ではメタ

ン価が100近い高純度の北海産LNGが使用されているが、わが国で供給されるLNGは、ブタンやプロパンを一定程度含み一般的な都市ガス（メタン価65の天然ガス）を供給するために都合の良いLNG組成となっている。このメタン価65の天然ガスは、ガスエンジンをそれ専用にチューニングし、負荷変動が小さな状況で運転する限りにおいてはガス燃料として問題ない。しかしながら、メタン価65のLNGが供給され、これを船上で気化して船用燃料として使用することは非常な困難を伴う（メタン価65のLNGを船上で気化する場合、気化ガスの組成変動によりメタン価が65を大きく下回る状態の天然ガスが供給される状態があり得る）。さらに船舶用主機関は大幅且つ急激な負荷変動を求められることから、このメタン価の課題を克服することも必要である。

これらの課題を克服する方法として現在有望視されているのが、「GI（Gas Injection）方式」と呼ばれる、圧縮した天然ガスを直接筒内に噴射する方法、或いはLNGを直接筒内に噴射する方法である。技術開発面ではGI方式が先行しており、2010年に入ってGI方式の試験エンジンを用いた性能実証運転が開始されたとの報道がなされている。この方式は、燃焼が燃料のメタン価に左右されないこと、さらに大型2サイクル機関に適用することで大出力化が可能であるという大きなメリットを有する。但しGI方式は、低圧ガス燃焼方式の有する追加的な装置無しでNO_xやSO_xの排出量を大幅に減少させることが可能であるという利点を有していない。このため、近い将来GI方式が実用

化されたとしても、比較的小型の機関は低圧ガス燃焼方式、大型の機関はGIという棲み分けが起こる可能性が高い。言い換えれば、少なくとも比較的小型の機関向けにはLNGのメタン価の問題を解決するような、船舶用気化器の開発や機関の性能向上が必要である。

6. まとめ

2010年夏以降欧州において大型船へのLNG燃料機関の搭載が順次発表され、これまで北欧のローカルな話題とみられていた代替燃料としてのLNG利用が、外航海運がGHG排出量の削減等といった社会的要請に応えつつ省エネを進めていく上での実現性のあるsolutionの一つとなりつつある。日本の海運・造船業界でもLNG燃料船に関する関心が高まっており、今後リアルプロジェクトを前提として現実的な対策を検討する段階に入りつつあるのではないかと考えられる。

JICMA

【筆者紹介】

吉田 正彦（よしだ まさひこ）
（財）日本船舶技術研究協会
環境技術ユニット
ユニット長



ずいそう

第14回 日本障害者オープン ゴルフ選手権「上肢障害の部」優勝



有 迫 隆 志

2009年10月26日（月）～27日（火）鹿児島県の知覧カントリークラブで開催された、日本障害者ゴルフ協会主催の第14回日本障害者オープンゴルフ選手権に参加し、見事優勝した！

選手権を主催する日本障害者ゴルフ協会は、「ゴルフを通じて障害者の生活の質を高め、より多くの障害者がゴルフを楽しむ。さらに一般の方にも障害者ゴルフに対する理解を深め、障害者と健常者が区別無くゴルフを楽しめる環境を創りあげる」ことを目的に、1991年に発足し、約600人の会員がいる。

1996年にスタートした同選手権は、上肢や下肢、片マヒ、重複、知的、車イスなど、障害の部位別に、2日間の36ホールスクラッチプレーで争われる。障害者ゴルフの最高峰として認知されるようになった近年は海外からの参加者も増え、「ジャパンオープン」とも呼ばれている。

この大会へは3年前から参加しており、これまでの成績は2位、2位、4位ということで上位にはつけないものの、優勝はできなかった。今年こそは！という思いで参加したが、天候は思いとは裏腹で、台風20号が鹿児島県に上陸し、大会初日は強い風と雨の中でのゴルフとなった。これまで経験したことのない天候の中でのゴルフだったため、どうマネージメントするか悩みながら我慢のゴルフを行った。結果は、初日「43 - 44 = 87」で2位の選手が「94」であったため、「7」打差で初日をトップで終えた。

大会2日目、この日も台風の影響で、雨はあがったものの、風は強く吹いていた。2日目の組み合わせは、前日の成績順で決まり、1位、2位、3位、4位が同組でスタートすることになった。当然、追いかけてくる選手のスコアが見えるなかでの戦いとなり、とても緊張感のあるゴルフとなった。

強い風のなか、前日と同じく我慢のゴルフをすれば、勝てるであろうと思っていた。しかし、2位の選手が早々にスコアを崩し、3位の選手と順位が入れ替っていた。2位に浮上した選手はさらに攻めのゴルフをしており、徐々に私との差が縮まってきた。

スタート時点では2位に浮上した選手と「9」打差でリードしていたが、フロント9を終了した時点で一気に「3」打差にまで縮まっていた。

バック9、これまで我慢のゴルフをしてきたが、2位の選手の追い上げもあり、少し攻めのゴルフに切り替えてスタートすることにした。

【攻めのゴルフ】、両者ともに出入りの激しいゴルフだった。

自身の結果は、2日目も「43 - 44 = 87」で2日間のトータルスコアは「87 - 87 = 174」であった。2位の選手は2日目「83」で、2日間のトータルスコアは「96 - 83 = 179」ということで、「5」打差で優勝することができた。

そんな私が障害を負ったのは20歳の時、父親の影響もあり、小さな頃から憧れだった大型バイクを購入し、よく他県へツーリングしていた。半年が過ぎたある日、一般道で転倒し、左上肢機能が全廃（病名：腕神経叢（そう）麻痺）するという最悪な状態になってしまった。

しかし、そんな状態でもゴルフと出会ったのは、'02年に入社したコベルコ建機での社内ゴルフコンペだった。昔からスポーツ好きということもあり、とにかく何でもやってみたい！という気持ちで、'05年からゴルフを始めることになった。

始める前から諦めるのではなく、「まずはやってみよう！」これが私の信念だ。

ところが、初心者向けのハンディキャップもあったが、終わってみれば予想外の上位入賞だった。さらに、会社の先輩と一緒に自身2回目の本コースラウンドで「98」のスコアが出るなど、一気にゴルフへのめり込んでいった。

最近では月1回のペースでラウンドを行っており、ゴルフ関係者の縁もあって今は広島佐伯カントリークラブのメンバーになり、ハンデは「14」で、アベレージは「80」前後にまで成長した（ベストスコア「75」）。

私は縁があってゴルフという楽しみ、生きがいを見つけることができた。ゴルフに出会えて物事の考え方や、人生の価値観まで変わった。

たとえ障害があろうとも、何か夢中になれるものに巡り合えば、必ず新しい自分と出会うことができる。そしてその先に広がる新しい可能性に挑戦できる楽しみを味わってもらいたい。これは健常者、障害者問わず、皆さんに伝えたい思いだ。

最後に、左腕を失ってからたくさんの人に出会い、色々な経験をすることができた。自らの失敗で失った左腕には申し訳ないが、左腕には本当に感謝している。

次の日本障害者オープンゴルフ選手権には、一定の条件を満たした上級者が対象の「グランプリの部」へ出場し、上位を狙いたい。

ずいそう

建設機械と除雪作業と私

佐野俊男



この1月で喜寿を迎えた。この77年を振り返ると、経営にあたってからの55年の間、建機と雪に関わりなかった年はない。思い出深いのは昭和38年(1963年)の38豪雪の時の建設機械での除排雪作業だ。入社した昭和31年(1956年)は、福井地震やジェーン台風による水害の災害復旧、国道8号線の新設工事が盛んで、福井は他県と比較しても建設機械の導入が多く、米国のキャタピラー社やインターナショナル・ハーベスタ社の中古ブルドーザーが多数稼動していた。エンジンのオーバーホールや足回りの補修作業等建設機械の修理を自社の事業の第二の柱として育てるべく、日々建設機械の技術者の教育育成に心血を注いでいた。昭和32年には県内納入台数が20台程度しかなかったコマツとサービスディーラ契約を締結し、需要が伸び始めた建機の販売サービスに全身全霊を注ぎ多忙を極めた。とにかく仕事が面白い時代でもあった。そのような時期に38豪雪が襲ってきた。1月10日から2月4日迄ものすごい勢いで雪が降り続き、福井市内の積雪量は実に213cm、総降雪量は557cmとなった。市民は老若男女問わず連日連夜屋根の雪降ろしに明け暮れ、狭い道路は雪であふれ、人々の出入りは2階からが常となり、やまぬ雪空を眺めては皆、不安な日々を過ごしていた。道路除雪は生活道路確保が優先となるが、当時、除雪車両は絶対量が不足していた。特に排雪には時間・場所・道路の制限があったため、河原、校庭など空いている広い場所があれば、除雪や排雪の仕方や段取りを皆で考え、様々な知恵を出し合い、限られた場所と機械の有効活用法を検討した。

地方が除雪排雪で苦勞をする中、当時の河野一郎建設大臣が2月早々には新潟から北陸3県、滋賀県までの国道8号を除雪最優先で開通させ、生活物資の輸送に万全を期せとの厳命を出した。大手ゼネコン数社が大型ブルドーザーを投入し滋賀県側から除雪に加わり、我々はコマツ栗津工場から当時国内最大級の24tブルドーザーを数台調達し北陸側から投入した。大型ブルの威力はすさまじく30cmほどのアイスバーンをこともなげに碎いてゆく姿には、機械化の進展と雪害からの復興に大きな希望を感じた。指導力のある大臣の一言で官民一体となり、国道は3日間で全線開通

した。その後の56豪雪(1981年)は、降雪量が38豪雪より多かったが、38豪雪の経験が生き慌てることとは少なかった。

このような豪雪を二度経験した後、建設機械の販売代理店各社が集結し、除雪時の緊急サービス体制の確立、オペレータに対する除雪機械の運用管理の指導、除雪作業の安全第一での遂行を目的に福井県除雪機械協会を設立した(現在は(社)日本建設機械化協会関西支部の除雪技術委員会に移行している)。発足した1985年には記念として、北陸地方建設局の指導のもと、近畿地区で初となる第37回除雪機械展示実演会を福井市で開催した。当日は7150名という多数の見学者の参加を得、除雪排雪に対する関心を深めてもらい、大成功で終えることができた。この成功の陰には当時協会顧問であった故竹内武県会議長の献身的な協力があつたことは今でも忘れない。

現在、地球温暖化が叫ばれ、降雪量も38豪雪時の半分になった。ここ10年間は市内で積雪が100cmを超えた年はない。花形だったドーザーショベルも、油圧ショベルの登場で目にすることはなくなってしまった。降雪時期になると、自社が請け負うであろう除雪区域の道路の状態を事前に見て歩くオペレータもいなくなってしまったようだ。確かに、豪雪は災害ではあつたけれども、あの当時を振り返ると、豪雪に見舞われながらも、自社の成長や建機の発展、除雪技術の進展が目に見えて、豪雪を跳ね返す活力に皆があふれていた。また地方と国、地域社会が一丸となって課題克服にそれぞれが自主的主体的に取り組んでいたようにも思う。誠に懐かしい思い出である。

予報技術がどんなに進んでも、いつ自然が我々を襲ってくるかは誰にもわからない。降雪0の確証がない限り、私達雪寒地域の住民は過去の災害からの教訓を忘れることなく、後裔に伝えつつ、建設除雪機械と共に雪害に常に備え、克雪、利雪、親雪に取り組んでゆかねばならない。

JCMA 報告

コマツ小竹延和氏 経済産業大臣表彰

標準部

平成 22 年度工業標準化等表彰式が平成 22 年 10 月 18 日（月）都市センターホテル 3 階コスモスホールにて行われ、当協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員長を務められた小竹延和氏（株）小松製作所常務執行役員待遇中国副総代表）が、ISO（国際標準化機構）／TC 127（土工機械専門委員会）／SC 3（機械特性・電気及び電子系・運用及び保全分科委員会）国際議長職を務められ、ISO の国際規格・日本工業規格 JIS などの作成等に関与し工業標準化に顕著な功績があった方として、我が国産業の発展に資することを目的として経済産業大臣表彰を授与された。



小竹 延和 氏

小竹氏は、ISO/TC 127（土工機械）の活動に 2000 年 10 月のリオデジャネイロ総会より参画し、2002 年 5 月の同ワルシャワ総会に日本主席代表として出席、同総会にて各国の承認を得て前記 ISO/TC 127/SC 3（当時は「運転と整備」分科委員会）の国際議長に任命された。

それ以後、2003 年 10 月のソレント、2005 年 5 月の

北京、2006 年 11 月のシドニー、2008 年 5 月のエディンバラ、2009 年 10 月の済州島と開催された ISO/TC 127 総会において、SC 3 国際議長として SC 3 傘下の国際標準化活動を指導し、かつ、TC 127 総会にて日本代表として審議に参画して国際標準化を推進した。

SC 3 は各国の意見の調整が困難な局面も多い分科委員会であり、現在も各種国際規格について審議が活発に行われているが、その中でも特に、ISO 15998（電子機器を使用した機械制御系（MCS）—機能安全のための性能基準及び試験）については、担当国のドイツ及びこれを支持するイタリアとこれに対して米国・フランスを始めとする各国との対立が深刻で国際規格化が困難を極めたが、前記シドニー総会に際して国際議長として自ら裁定案を作成して各国の意見調整を行うことによって同規格の制定を行い、国際標準策定における日本の指導性を発揮し多大な国際貢献を行った。

さらに、この間 SC 3 国際議長としては SC 3 を指導して、任期中に計 8 件の SC 3 国際規格の制定・改正を行い、国際標準化に多大の成果を収めている。この中には日本提案の ISO 16714（熱回収含むリサイクル性—用語及び計算方法）があり、日本主導の国際標準作成方針を世界に提示することに多大の寄与をした。さらに、SC 3 で日本提案の ISO 15143 シリーズ（施工現場情報交換）については情報技術の建設機械分野への適用を目標としているが、これも国際規格発行にこぎ着けている。

このほか、小竹氏の指導のもとで規格作成が進んだ規格案は、日本提案の ISO 15818（つり上げ及び固縛箇所—性能要求事項）並びに各国担当案件では ISO 22448（盗難対抗装置—分類及び性能）及び ISO 6405-1：2004/Amd 1（第 4 次排ガス規制対応用識別記号の追加）があり、建設機械産業としての社会的責任への対応のための ISO 国際標準化に多大の貢献を行っている。

小竹氏の指導の下で審議、制定又は改正、発行された SC 3 国際規格は次のとおりである。

- ・ ISO 6011：2003（運転表示機器）改正
- ・ ISO 6405-1：2004（操縦装置及び表示用識別記号—第 1 部：共通識別記号）改正
- ・ ISO 6405-2：1993/Amd 2：2004（操縦装置及び表示用識別記号—第 2 部：特定機種、作業装置 及び 附属品識別記号／追補 1：追加識別記号）追補発行
- ・ ISO 12510：2004（運用及び保全—整備性指針）制定
- ・ ISO 6750：2005（取扱説明書—内容及び様式）改正
- ・ ISO 15998：2008（電子機器を使用した機械制御系（MCS）—機能安全のための性能基準及び試験）制定



済州島で開催のISO/TC 127/SC 3/ 国際会議で
国際議長として会議を運営する小竹氏(写真中央)



済州島で開催のISO/TC 127 総会での小竹日本主席代表



小竹氏は現在中国にご赴任、ご後任のISO/TC 127/SC 3 国際議長の(株)
小松製作所執行役員の岩本祐一氏も当日は中国にご出張のため、代理とし
て、小松製作所執行役員の中野一郎氏が経済産業大臣表彰を受賞された



- ・ISO 16714：2008（熱回収含むりサイクル性—用語及び計算方法）制定
- ・ISO 23727：2009（ホイールローダのアタッチメントカプラ）制定

小竹氏は、国際展開する建設機械産業において、その商品開発部門に従事され、その製品開発方針が、国際標準化活動との協調が図られつつ進めていくことが極めて重要であることについて、自らがISO/TC 127/SC 3 議長となってTC 運営するなかで示してきており、この対応については、建設機械産業のみならず日本の産業全般の目指すべき方向を示すといえるものである。

小竹氏は現在、(株)小松製作所の中国副総代表として開発・商品企画・品質保証を担当され、国際議長として醸成された人脈、及び作成された国際規格を基として、建設機械の普及が急拡大する中国において、国際標準の重要性と、それに日本が果たしてきた役割を広めつつある。

J C M A

CMI 報告

真空環流式路面清掃車の 粉塵抑制対策

佐野 昌伴・加藤 弘志

1. はじめに

現在、市街地で使用されている真空環流式路面清掃車（以下、路面清掃車という）は、ガッター（歩車道境界）に堆積している塵埃を清掃する際に、塵埃を湿潤させて粉塵の巻き上げを防止するため、事前散水を行う散水車との組合せ施工を実施しており、交通渋滞の原因の一つとなっている。

本稿では、この課題を解決することを目的として、国土交通省九州技術事務所の委託を受けて当研究所が平成19年度から平成21年度までの3ヵ年で行った要素試験や構内試験による粉塵対策技術の研究開発、およびその効果を確認するための現場実証実験について報告する。

2. 検討経緯

本検討の1年目は基礎調査、2年目は基礎研究、3年目は実用化のための現場実証実験を行った。主な試験の概要は以下のとおりである。

(1) 現道調査

現道の塵埃堆積量および粒度分布を調査した。この結果は構内試験の試験用砂（現道の塵埃の粒度分布に調整）として活用した。

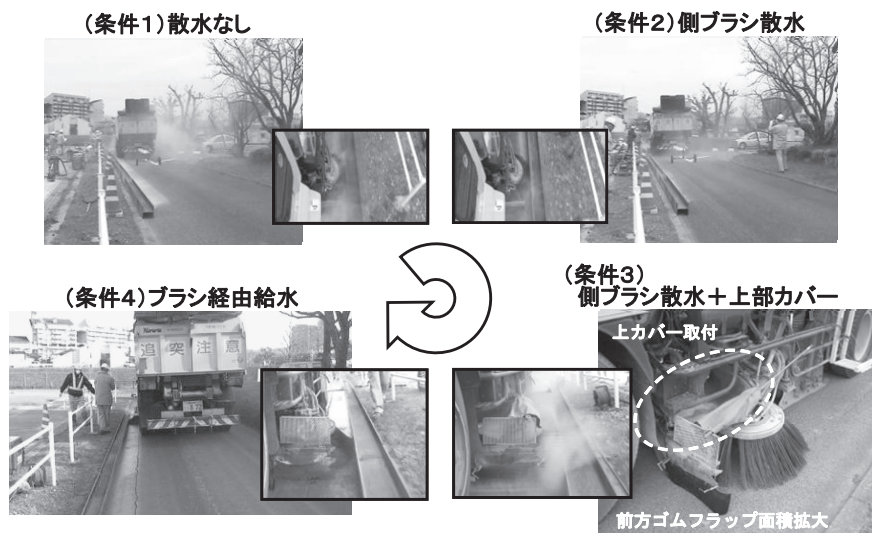
(2) 構内試験①

模擬ガッターに試験用砂を堆積させ、路面清掃車による清掃を実施した。清掃時における粉塵発生箇所と粉塵発生量の関係を定量的に評価し、複数の対策技術の効果を確認した（写真－1参照）。

調査状況における条件1（散水なし）については、側ブラシから濃い粉塵を巻き上げながら、車体後方から風下側面全体にまわりつき、徐々に拡散しながら移動しているような状況であった。また、条件2（前ノズルによる散水）を行っても、側ブラシ直近で巻き上げられる粉塵は少ないが、車体風下側面全体にはやや濃い粉塵がまわりついていた。

対策事例①（条件3）は、側ブラシからサクシオンフードの上部をビニールシートでカバー、前方ゴムフラップ部の面積を拡大し、路面との隙間を減少させた。しかし、対策したカバーの隙間から、粉塵が歩道側にオーバーフローし、条件2と同様に、側ブラシ上部カバーを付けても対策効果は見られなかった。

透光性遮音壁清掃機械やトンネル壁面清掃機械では、節水方法としてブラシに洗浄水を噴射する方式や、



写真－1 調査状況

ブラシの回転軸中心から洗浄水をにじみ出す構造を採用している。そこで対策事例②（条件4）では、この技術を応用して、側ブラシに給水する方式を試みた。結果は粉塵の発生が抑制され、ガッター部に薄い水跡だけが残し、粉塵抑制対策の可能性を確認できた。

構内試験①の結果として、塵埃堆積量が多い($0.2 \text{ m}^3/\text{km}$) ケースでは、現行の噴霧方式は散水車による事前散水がないため、側ブラシおよび車体の後方から粉塵の舞い上がりが見られた。また、側ブラシのカバーの対策効果はなかったが、側ブラシに直接噴霧した対策は粉塵の抑制効果が見られた。

(3) 省散水化技術の提案

構内試験①の結果をもとに、主たる粉塵発生部位の粉塵抑制対策について、清掃方法、ブラシ構造、フィルター技術、省散水技術の側面から17技術について概略検討を行った。

また、それぞれの技術を適用した場合の必要動力、重量増加、費用等について概略検討し、実現性の高い次の3技術を抽出した。

①水タンク容量を増やし散水に活用

追加容量は、搭載場所のスペース、車両の保安基準（タイヤ負荷率、最大安定傾斜角度）などを検討した結果、350 Lの増加が可能である。

②側ブラシの回転数調整

側ブラシの回転数を現在の固定式から調整式（ブラシの駆動用油圧回路に圧力補償型可変バルブを挿入して油量を調整： $90 \text{ min}^{-1} \sim 150 \text{ min}^{-1}$ ）に変えることで、塵埃量や走行速度に対応した回転数の調整によって発塵抑制を図ることができる。

③ブラシ経由給水方式

構内試験①では、前方散水、側ブラシ散水、フード内散水を行ったが効果が見られず、側ブラシに直接散水した場合は、濡れたブラシが土砂を確実に濡らして粉塵抑制に寄与することが確認できた。

次の開発課題として、適正なブラシ回転数の制御に加えて、より散水効果を得るために、側ブラシに散水する角度、ノズルパターン（直射、扇形）、ノズルの数量、ノズル位置などを（4）以降のように検証した。

(4) 要素試験

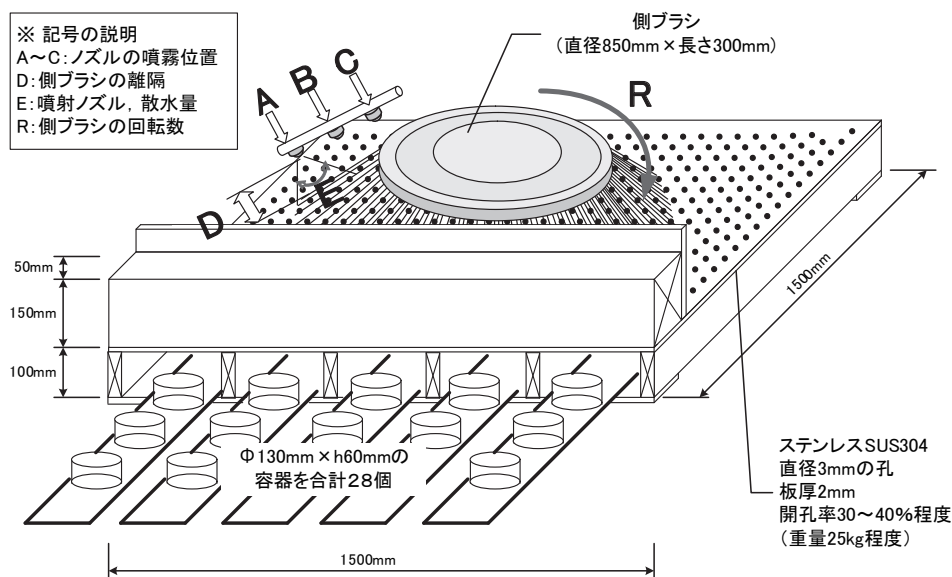
適正な噴霧量、ノズルの噴霧位置・方向、側ブラシ回転数の組合せについて、面的な水量分布を計測して定量的に評価した（図—1 参照）。

この結果、清掃の進行方向に対して、側ブラシのガッター側前方散水量が多いほうが、塵埃に効率的に散水できると考え、最適な組合せを決定した。

図—2は、ガッター側前方散水量に着目した検討結果であるが、高回転（側ブラシ回転数 150 min^{-1} ）の試験 No.3 は、実作業の際に縁石等に衝突する可能性があるため、実務では採用できない。

中回転（ 120 min^{-1} ）の試験 No.12 は、B ノズルが斜め進行方向であるため、直接路面に散水されるので、ブラシ経由の給水方式の効果が低減されと考える。

低回転（ 90 min^{-1} ）の試験 No.7 は、側ブラシのガッター側前方及び後方の散水量が多く、高回転や低回転でも同様な傾向が見られ、回転数が異なっても良いバランスを維持できている。このため、ブラシ経由の給水方式での最適な組合せは「 45° 下向き and 120° 下向き」であると考えられる。



図—1 要素試験概略図

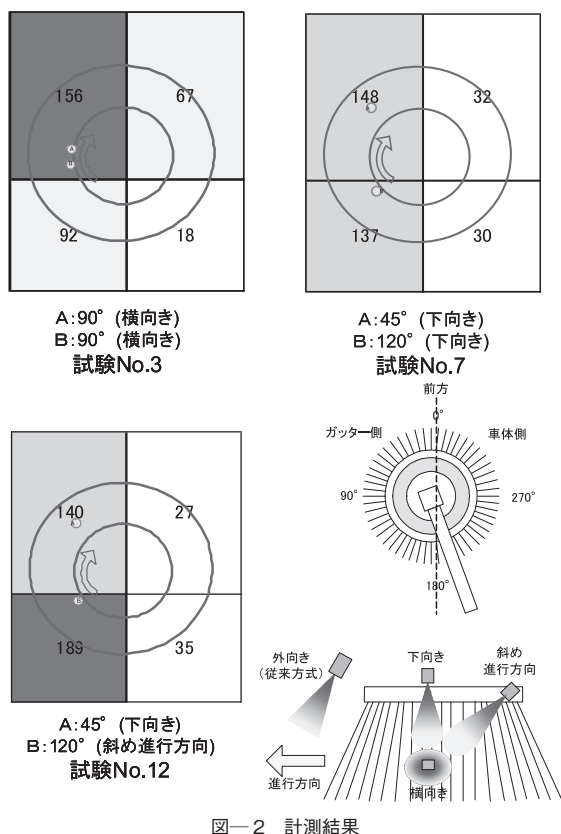


図-2 計測結果

(5) 構内試験②

模擬ガッターに試験用砂を堆積させ、路面清掃車の清掃を実施し、ブラシ経由給水方式について、塵埃堆積量、清掃速度、ブラシ回転数、噴霧量の組合せを定量的に評価した（写真—2、図—3 参照）。

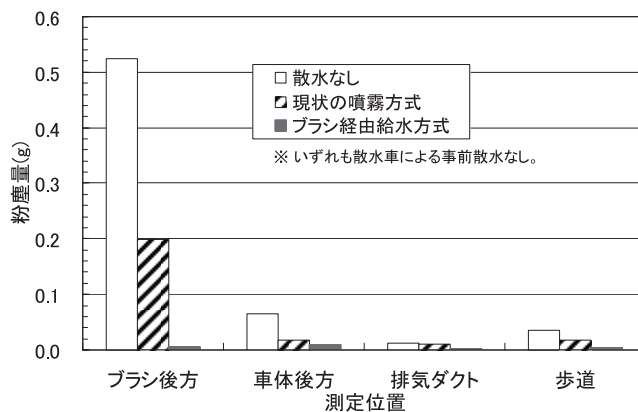
この結果、粉塵発生量を指標として、最適な組合せを3章のように決定した。



ブラシ後方

車体後方

写真—2 構内試験状況



図—3 粉塵量の比較（走行距離 15m 換算）

3. 粉塵の巻き上がり防止技術の概要

以上から、清掃時の粉塵の巻き上がりを防止するには、現行の噴霧方式より「ブラシ経由給水方式」のほうが、少量噴霧で粉塵対策に有効であることを確認した。側ブラシの噴霧方式の違いを表—1に示す。

側ブラシに水を直接噴霧することで、側ブラシ先端は絶えず湿潤状態となり、側ブラシと接触する土砂を確実に湿らせ、粉塵の抑制を図ることができる。

また、側ブラシの回転数を塵埃堆積量（清掃速度）に対応した回転数（ 90 min^{-1} ）の調整によって粉塵を抑制できる。

4. 現場実証実験

現場実証実験では、現行の噴霧方式に対してブラシ経由給水方式の効果を客観的に評価するために比較検討を行った。実施回数は3地区×2回の合計6回で、清掃作業距離（実測値、往復で側道含む）は、KG地区29km、TS地区31km、KY地区14kmである。

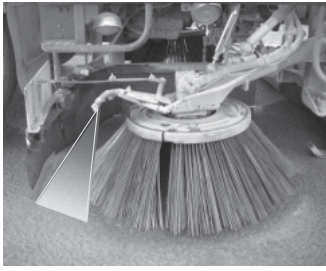
現場実証実験結果の評価を表—2に示す。これより、ブラシ経由給水方式による清掃は、散水車（事前散水）なしで粉塵を抑制した清掃が可能であると評価できる。また、現行の噴霧方式に比べて清掃効果の向上やブラシ摩耗量の延命といった効果も認められ、コスト削減を図ることが可能と判断される。

5. おわりに

路面清掃車の清掃時における粉塵の巻き上がり防止技術として、ブラシ経由給水方式を提案し、現場実証実験結果から、現行の噴霧方式に対するブラシ経由給水方式の効果を確認した。

今後は、ブラシにより清掃を行う他の清掃機械に対

表－1 側ブラシの噴霧方式の違い

主項目	現行の噴霧方式	ブラシ経由給水方式
散水位置		
	進行方向のブラシ先端	ノズル2方向から側ブラシに給水
ブラシ回転数	150 min ⁻¹	90 min ⁻¹
清掃機械の組合せ	2t ダンプトラック（作業員2名）＋路面清掃車（作業員1名）	
	散水車（作業員1名）	散水車なし
水タンク容量	1,500 L（＋散水車 6,500 L）	1,500 L（350 L の増加可能）

表－2 現場実証実験結果の評価

評価項目	評価方法	現行の噴霧方式	ブラシ経由給水方式
粉塵発生量	バットに水を張って粉塵を捕集、km 当たりの乾燥質量で評価	1 (基準)	0.42 (1/2 に抑制)
	目視(ビデオ撮影, ブラシ直視・歩道)	散水車＋ブラシ噴霧により 粉塵発生を抑制	散水車なしでも粉塵発生を抑制
		一部に水しぶき・飛び石あり	水しぶき・飛び石は見られない
清掃後のガッターの塵埃残量	清掃前後に計測（採取範囲はガッターの1m幅）	11 g	4 g (60%減少)
清掃能力（清掃前後の塵埃量）	回収率（%）＝（清掃前－清掃後）÷清掃前×100	95.2%	98.0% (約3%向上)
ブラシ摩耗量	清掃前後に長さを計測	1 (基準)	0.65 (35%抑制)
清掃速度	実測	8.8 km/h	9.8 km/h (1 km/h UP)
路面清掃車のブラシ噴霧量	10秒間のノズル噴霧量をビニール袋に捕集して求めた	散水車 20.4 L/min 清掃車 3.88 L/min	清掃車 3.88 L/min
ブラシ回転数	路面に接した状態で清掃前に計測	150 min ⁻¹ (実測 152.6 min ⁻¹)	90 min ⁻¹ (実測 91.5 min ⁻¹)
交通渋滞状況	目視(清掃車の後部からビデオ撮影)	高架等の片側1車線区間で 20台程度の渋滞	左同
現行の噴霧方式に見られた傾向	清掃後のガッターに残る水量が多い ブラシ後方の捕集バットに粒径5mm超の塵埃が見られる		

注1) 太枠部分は、現行の噴霧方式とブラシ経由給水方式を比較した場合に、その効果に差がある結果である。

注2) 調査数量は、KG地区とKY地区が5データ／方式×2回、TS地区が3データ／方式×2回である。

して、ブラシ経由給水方式への取り組み（応用）が重要となる。

JCMIA

《参考文献》

- 1) 牧野千代春、長友久樹、プロジェクトチーム、真空環流式路面清掃車による清掃作業の効率化について、(社)九州地方計画協会、九州技報第47号、2010年7月
- 2) 長友久樹、佐野昌伴、真空環流式路面清掃車の粉塵の巻き上がり防止技術に関する検討、(社)土木学会、第64回年次学術講演会、V-074、2010年9月
- 3) 佐野昌伴、真空環流式路面清掃車の粉塵の巻き上がり防止技術の開発、(社)日本建設機械化協会、平成22年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集、II-2 S4、2010年11月

【筆者紹介】

佐野 昌伴（さの まさとも）
(社)日本建設機械化協会
施工技術総合研究所 研究第四部
研究課長



加藤 弘志（かとう ひろゆき）
(社)日本建設機械化協会
施工技術総合研究所 研究第四部
主任研究員



部 会 報 告

第二東名高速道路 富士東舗装工事見学会

建設業部会・レンタル業部会合同

1. はじめに

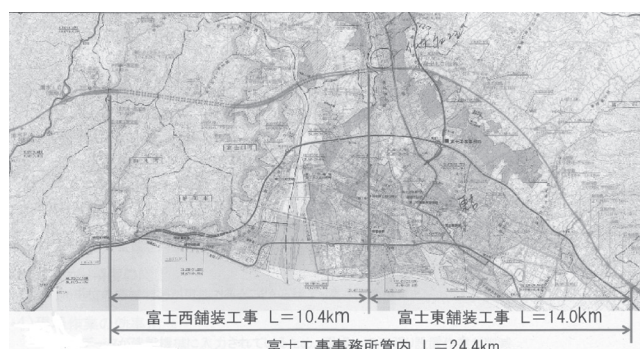
建設業部会・レンタル業部会合同で、2010年11月26日（金）に、第二東名高速道路、富士東舗装工事見学会を開催し、部会メンバー各社から29名が参加した。見学会は、当該工事で路盤及び舗装部の施工に、情報化施工が導入されており、その実態を見学することを趣旨として開催した。

見学先の皆様方の協力により有意義な見学会となった。

2. 工事概要

今回見学した、「第二東名高速道路 富士東舗装工事」は富士工事事務所管内全長24.4kmのうち、東側の14.0km（土工部8.6km、橋梁部5.4km、連絡施設1箇所）をスリップフォーム工法にて施工するものであり（図－1）、本線土工部（コンポジット舗装）のセメントコンクリート路盤部、連続鉄筋コンクリート舗装版、及びIC土工部（アスファルト舗装）のセメント安定処理路盤とアスファルト安定処理路盤を情報化施工により施工している。

工期は2009年6月24日から、2011年8月12日となっている。



図－1 施工位地図（パンフレット転載）

3. 情報化施工

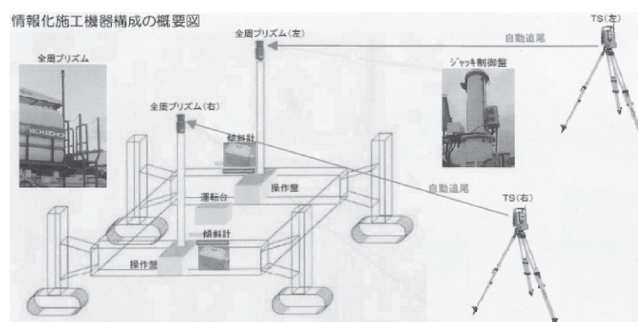
本工事の大きな特徴として情報化施工が挙げられる。情報化施工とは建設現場においてICT（情報通

信技術）を使用し、高い生産性と高い施工品質を実現する施工システムのことである。

情報化施工にも様々なものがあるが、本現場では、マシンコントロール（MC）システムを導入している。MCシステムはGNSS（Global Navigation Satellite System）、レーザを組み合わせたmmGPSシステム、及び自動追尾式のトータルステーション（TS）システムを利用した制御システムとがある。

本工事ではオーバブリッジ等の障害物が頻繁にある関係で、TSシステムが採用されている。

具体的には、スリップフォームペーパーのマシンフレーム左右にマストを立て、その先端部に360°プリズムを設置する。其々のプリズムに対応するTSを両サイドに設置し、毎秒5～10回測定する。これらの測定値は無線モデムによってマシンに搭載されたマシン用パソコン（PC）に送信される。また、同時にマスト下部に取り付けられた其々の傾斜計によって、マシンのモールドの縦横勾配に関する情報もマシンPC送信される。このように継続的に計測されるモールドの位置・高さ・勾配情報を使用して、実際（現時点での）のモールド位置・高さ・勾配及び進行方向が算出される。これらのモールドの実位置情報（位置・高さ・勾配）は、マシンPC内で3D設計モデルと瞬時に対比され、実際値と設計値の比較差（偏差）は補正值として、機械本体のマシンコントローラ（油圧制御用）へ送信し、油圧制御によって機械本体およびモールドを設計ライン上および基準面上に誘導されるようになっている（図－2）。



図－2 マシンコントロールシステム概要（パンフレット転載）

4. 現地見学

現場事務所にて工事概要等の説明を受けた後、施工現場の見学を行った。

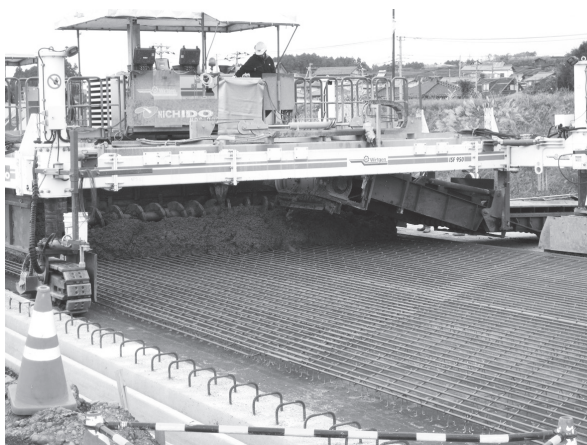
本工事で採用されているスリップフォーム工法とは、成型機に鋼製型枠を取り付け、モールド内にコンクリートを投入しその内部で締固め・成型を行うと同時に、成型機を前進させることにより同一断面の構造物を連続的に構築していくコンクリート連続打設工法である。その様子を以下に記す。

先頭のサイドフィーダは、コンクリート運搬車から供給されたコンクリートをベルトコンベヤ及び撒出し用スクレーにより均一な高さに敷均す。

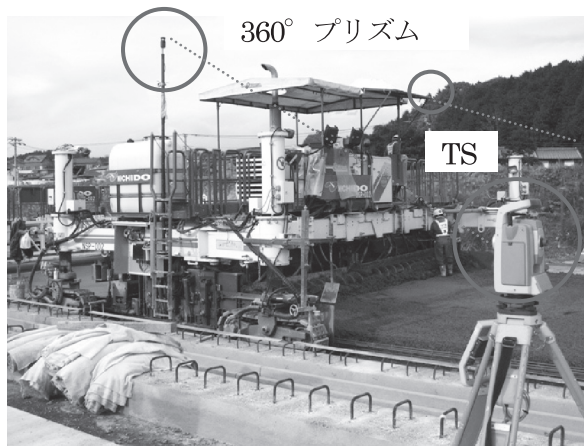
コンクリートの撒出し高さ等は MC システムにより制御されている（写真—1）。

後続のスリップフォームペーパーは、撒出されたコンクリートの締固め、成型を行う。この機械も MC により制御されている（写真—2）。

最後尾のキュアリングマシンは、スリップフォームペーパーにより仕上げられたコンクリート表面をブラシにより粗面に仕上げ、養生剤の散布を行う（写真—3）。



写真—1 サイドフィーダ



写真—2 スリップフォームペーパー



写真—3 キュアリングマシン

これらの作業を連続的にを行い、一日のコンクリート打設量として $800 \text{ m}^3 \sim 900 \text{ m}^3$ 、距離にして $300 \text{ m} \sim 400 \text{ m}$ の施工が可能とのことである。

出来形の要求精度は規格値 $\pm 20 \text{ mm}$ 以内であるが、通常施工の場合 48.2% が $\pm 5 \text{ mm}$ 以内であるのに対し、MC システム導入後の場合は 81.7% が $\pm 5 \text{ mm}$ 以内となり、高精度の仕上がりを実現している。

TS による計測管理の許容範囲は概ね 200 m 程度とのことで、TS の盛替え作業が 1 回伴うとのことであった。

その後、プラント施設を見学した。

設置されているプラントは、路盤用ソイルセメントのプラントとアスファルトプラントの 2 種類である。プラント設備は狭い場所に効率的に配置されており、低燃費・低騒音など環境に配慮して設計されている。また、アスファルトプラントでは、周辺への臭気拡散を防止する設計をするなどの配慮がされている（写真—4）。



写真—4 アスファルトプラント

5. 見学を終えて

新入社員ということもあり、このような大規模な現場を目の当たりにするのは初めてで、施工スケールの

大きさに驚かされた。今回の現場では情報化施工ということで、MC システムが導入され、施工において作業員の人員を削減することができたとのこと。しかし、TS のセットを、打設2時間前から3人がかりで行わなければならないことや、入力する設計データの作成に1ヶ月かかり、TSにも専属の人員が1人必要である等を伺って、コストよりも施工品質や作業の安全性に重きを置いたものであると感じた。安全性の向上は

何よりも力を注ぐべきことであり、今後とも情報化施工に関するスキルを持った技術者の養成や、体制の確立を行い、システムの普及が進むことが望まれると感じた。

最後に変にお忙しい中、工事説明や現場案内をしてくださいました企業体の方々に深く感謝申し上げます。

(東亜建設工業(株) 湯浅大樹)

J C M A

橋梁架設工事の積算

——平成 22 年度版——

■改訂内容

1. 積算の体系
 - ・大都市補正地区の拡大
 - ・施工箇所が点在する工事の積算方法
2. 橋種別
 - 1) 鋼橋編
 - ・損料改定による複合損料全面改訂
 - ・FRP検査路歩掛、鋼製排水溝設置新規掲載ほか
 - 2) PC橋編
 - ・トラス梁特殊支保工 歩掛の追加 ほか
 - 3) 橋梁架設用仮設備機械等損料算定表
 - ・損料全面改訂

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

■定価

非会員：8,400 円 (本体 8,000 円)
会 員：7,140 円 (本体 6,800 円)

※別冊のみの販売はありません。

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも

沖縄県以外 600 円

沖縄県 450 円 (但し県内に限る)

■発行 平成22年5月

社団法人 日本建設機械化協会

〒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>

新工法紹介 機関誌編集委員会

04-318	EcoPReS (エコプレス) 工法 Ecology Pipe Recycle System	前田建設工業 新日高
--------	---	---------------

▶ 概 要

山岳トンネル施工において、掘削面の自立は施工上、安全上からも重要である。特に不良地山においては掘削面に鋼管を打ち込み、地山を一体化する注入材を注入する補助工法を採用することで地山の安定を図ることができる。

この鋼管は、掘削しながら切羽面で切断し、掘削ずりとともに坑外へ搬出され分別される。ずりから分別された鋼管はウレタン系やセメント系の注入材が鋼管内に充填されているため、従来は産業廃棄物（混合廃棄物）として最終（埋立）処分されていた。鋼管そのものは再利用できる有価物であるが、注入材が鋼管と一体化しているため、スクラップとしての再利用が困難であった。

エコプレス工法は、この埋立処分される鋼管をなくすことで地球への環境負荷低減ができると考え、鋼管内の注入材を分離する専用装置を補助工法用鋼管製造メーカーと共同で開発し、トンネル現場で初めて実用化した。

注入材の入った鋼管は1m当りの重量が約10.6kgほどになる。このうちの80%程度が鋼管重量であり、注入材と鋼管に分離できることで、従来は埋立処分されていたものの、80%が有価物として再利用できるようになった。また、注入材がウレタン系であれば、廃プラスチックとして熱回収や再生等ができ、最終処分量0を達成できる。

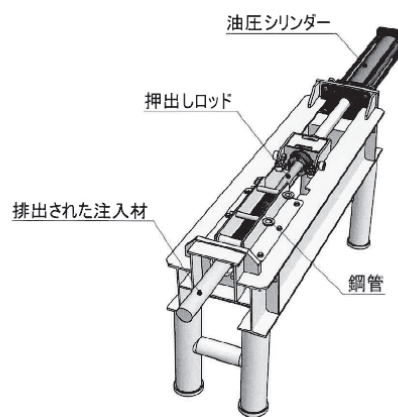


▶ 特 徴

- ①鋼管と注入材を押し抜き装置にて分離
ストローク 60 cm の油圧押し抜き装置にて、鋼管内の注入材を押し抜き、分離する。
- ②鋼管に特殊加工は不要
鋼管は切断機にて 50 cm 程度に切断し、分離するため、あらかじめ鋼管に分離のための特殊加工は不要。
- ③さまざまな径の鋼管に対応可能
通常補助工法に使用されている直径 76.3 ~ 114.3 mm までの鋼管に対応している。
- ④複数の注入材に対応可能
ウレタン系注入材だけでなく、セメント系注入材でも分離が可能である。
- ⑤容易に設置、施工が可能
装置本体は油圧シリンダー部と油圧ユニットの二つで構成されており総重量も 1 t 未満と軽量である。設置は電源を油圧ユニットに接続し、油圧ケーブルをシリンダー部に接続すれば完了。油圧駆動のため、屋外でも作業可能である。また、鋼管切断と分離作業のみのため、特別な技術は不要で、軽作業員での施工が可能である。

▶ 用 途

トンネル掘削に伴い、ずりに混在する注入材の入った鋼管の分離



▶ 実 績

常磐自動車道 原町トンネル工事
東九州自動車道 年見第二トンネル工事

▶ 問合せ先

前田建設工業(株) 本社 トンネルグループ
〒102-8151 東京都千代田区富士見 2-10-26
TEL : 03-3265-5551 (代表)

04-319	SENS (シールドを用いた場所打ち 支保システム)	鉄道・運輸機構 鹿島建設
--------	----------------------------------	-----------------

▶ 概 要

東北新幹線での含水未固結地山における NATM による施工で、補助工法（注入式先受工、地下水位低下工法）が有効に作用せずに切羽の崩壊を繰返したことから、シールド工法により切羽の安定を保ちつつ掘削を行い、場所打ちライニング工法（ECL）による一次支保で早期閉合をはかり、地山の変位収束後に覆工コンクリートを打設することでトンネルを完成させるシステムとして、SENS を開発した。

- Shield Tunneling Method (シールド工法)
- Extruded Concrete Lining (ECL工法)
- New Austrian Tunneling Method (NATM)
- System

本施工により、安全性、施工性、経済性に優れた工法であることを実証し、今後、NATM とシールド工法の境界領域における新しいトンネル施工技術として期待され、「第 37 回日本産業技術大賞審査委員会特別賞」や「2006 年 土木学会技術賞」を受賞した。

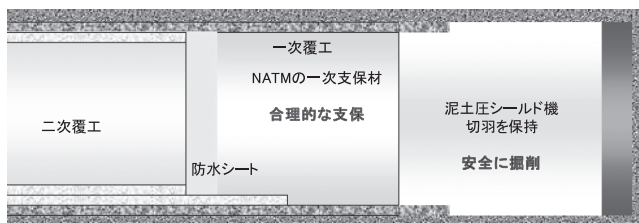


図1 SENSのイメージ

▶ 特 徴

SENS の大きな特徴としては、場所打ちライニングを一次支保材として、クラック、漏水を許容し、地山の変位収束後に二

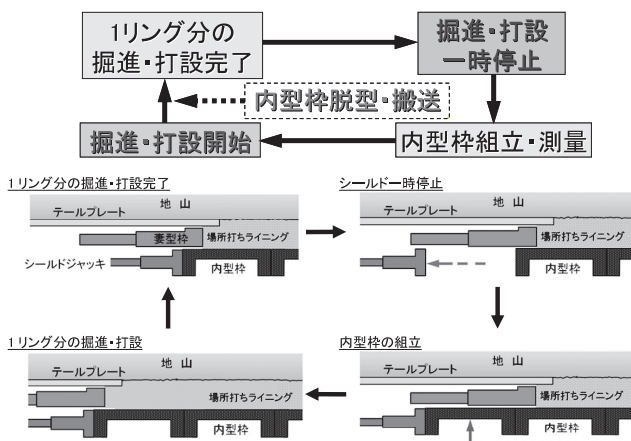


図2 SENS施工サイクル

次覆工コンクリートを構築するものである。

SENS は地山への適用性が高く、洪積層～軟岩に相当する比較的硬質な地山から、都市部にみられるような沖積層～洪積層に相当する地山まで、広範囲の地盤条件に対して適用可能であると考えられる。

従来の工法と比較し、より安全性の高い、あるいはより経済的な選択肢となり得る合理的な施工システムである。

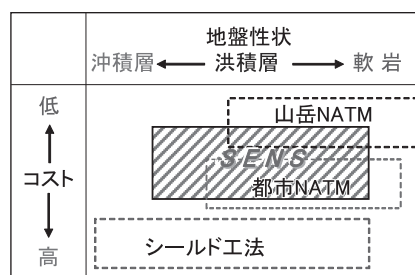


図3 SENSの適用範囲

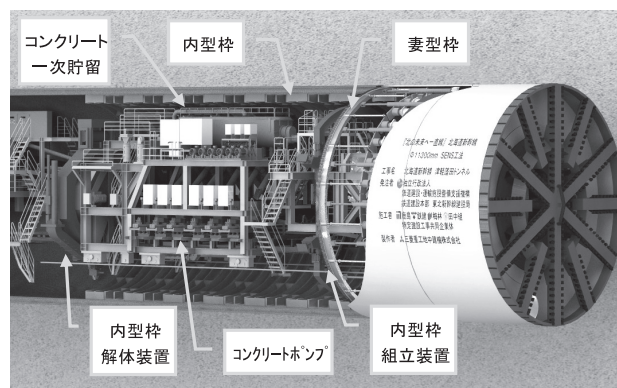


図4 SENS機の構造

▶ 用 途

- ・含水未固結地山における NATM に替わるトンネル工法

▶ 実 績

- ・東北新幹線、三本木原トンネル他 1 工事
(トンネル外径：φ 11.44 m, 熊谷・東洋・大本・井上 JV)
- ・北海道新幹線、津軽蓬田トンネル他 1 工事〔施工中〕
(トンネル外径：φ 11.3 m, 鹿島・鉄建・梅林・田中組 JV)

▶ 問合せ先

(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構

鉄道建設本部東北新幹線建設局工事第二課

〒020-0034 岩手県盛岡市盛岡駅前通 1-41

TEL：019 (626) 9653

鹿島建設(株)機械部

〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11

TEL：03 (5544) 0901 (代表)

新工法紹介 機関誌編集委員会

11-98	管内を転がるボールが漏水を検知 「スマートボール漏水検知システム」	東亜グラウト工業
-------	--------------------------------------	----------

▶ 概 要

従来、水道管や灌漑（農業）用水などの大口径管の漏水箇所を特定するのに信頼性の高い工法が存在していなかった。

本システムは直径66mmのアルミニウム合金のボール（スマートボール）が管内を水流に従って転がりながら、管内で漏水音やエア溜まりの音を拾いながら各種データを記録していく。地上に設置した追跡ユニット（SBR＝スマートボールレシーバー）が管内を転がるボールの位置をリアルタイムで追跡することで、ボールが検知した漏水箇所やエア溜まりの場所を特定する。

また本システムでは、調査対象となる管に於いて模擬漏水を行い、このデータをボールに記憶させることで、検知した各漏水の漏水量を推定する。

ボールには12時間稼働のバッテリーを内蔵しており、1回の調査で最大20kmまでをカバーすることができる。

以上、本システムの概要を要約すると、「管内を移動することで外部のノイズに影響されず、長距離にわたり、複数の漏水箇所と漏水量、エア溜まりの箇所を検知、記録するシステムであり、調査後の修復計画を策定するのに寄与するものである。」といえる。

調査に使用する機器は下の写真のとおり、コア（写真－1）とそれを保護するアウターシェル（写真－2）、ボールの挿入専用器具（写真－3）、回収を行う専用器具（写真－4）、陸上からボールの位置をリアルタイムで追跡するSBR（写真－5）である。

▶ 調査方法

調査前準備：

調査対象区間をカバーする形でボールの挿入ポイント、回収

ポイントを特定し、挿入用、回収用の専用器具を設置する。またボールの管内での位置を追跡するためのセンサーを挿入ポイント、回収ポイントおよび途中数か所を選び設置する。

調査実施：

ボールと追跡用SBRの時間を同期化した後に、ボールを専用の器具を使用して管内に挿入する。管内でボールを開放することでボールが管内の音響データなどを収集しながら移動する。SBRを事前に設置した追跡センサーと接続することで移動中のボールの動きを記録する。

ボールが回収ポイントに到達した段階で、回収専用器具に取り付けられているバルブを使用して模擬漏水を行い、漏水量と音量データを管内にあるボールに記憶させる。この後にボールを管内より回収して調査は完了する。

漏水箇所、エア溜まりの箇所、漏水量の推定などの分析は回収したボールの記録したデータとSBRが記録したボールの位置データをもとに行い、報告書として提出する。

▶ 特 徴

- ①管内で漏水音を拾うことから高い漏水検知能力。
- ②複数の漏水箇所を1回の調査で検出。
- ③交通量の多い道路下の管路も交通を遮断せず調査可能。
- ④長い調査区間（最大20km）をスムーズに調査。
- ⑤途中垂直管や水管橋があっても50cm/秒の水流があれば垂直移動も可能。

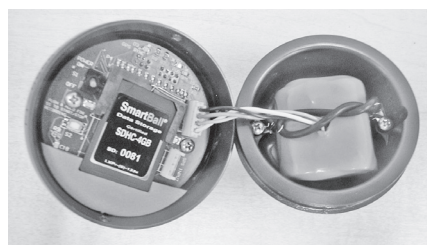
▶ 問合せ先

東亜グラウト工業(株) 新規事業推進チーム

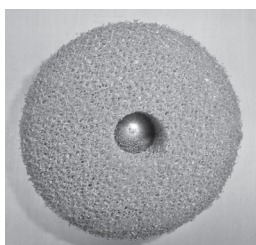
〒160-0004 東京都新宿区四谷2-10-3

TEL：03-3355-1531

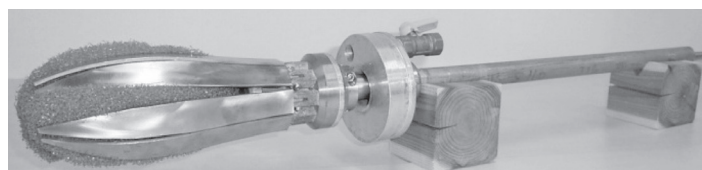
E-mail：project@toa-g.co.jp



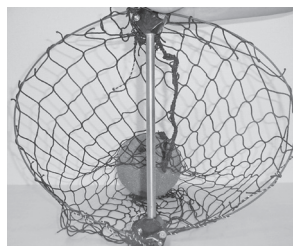
写真－1 コア



写真－2 アウターシェル



写真－3 ボールの挿入専用器具



写真－4 ボールの回収を行う専用器具



写真－5 SBR

新工法紹介 機関誌編集委員会

11-99	多機能路面測定システム	鹿島道路
-------	-------------	------

▶ 概 要

多機能路面測定システムとは、路面を撮影しながら、車軸に生じる加速度やタイヤ／路面騒音を計測して、路面の健全度を評価するものである。一般の乗用車に CCD カメラと加速度計・騒音計を取り付けるだけで簡単に測定できるのが特長である。また、計測機器はアタッシュケースに収納して運搬でき、一般の乗用車に装着すれば即測定可能である。なお、計測機器の設置には 30 分程度かかる。

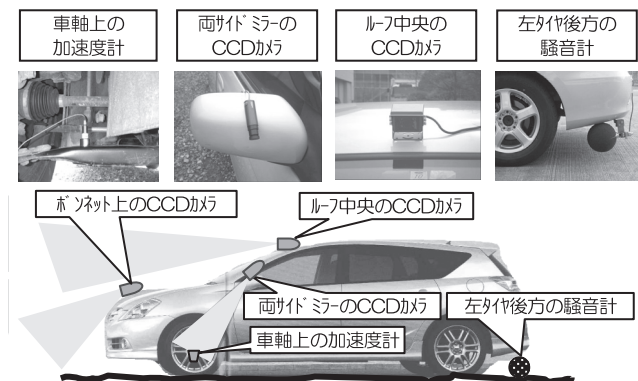
▶ 測定および評価項目

本測定車による測定および評価項目は下記のとおり。

- カメラによる撮影記録により路面のひび割れ状態を評価
- 車軸に生じる加速度により平坦性を評価
- 座席の振動を計測することにより乗り心地を評価
- タイヤ後方の騒音計測により、タイヤ／路面騒音を評価

▶ 計 測 機 器

目 的	名 称	設置位置の例	備 考
記 録	ビジュアルデータレコーダ	車内	4ch 映像と 4ch データの同期
路面モニタリング	車載用 120° 広角 CCD カメラ	ルーフ上やボンネット上	画素数：41 万画素
	小型 CCD カメラ	ミラー	画素数：38 万画素
車両応答	加速度計	車軸	周波数応答：3～14,000 Hz
	加速度計用アンプ	車内	
路面騒音	騒音計	タイヤ後方	
走行距離	デジタル速度計	車内	カーナビ用車速パルスを使用



図一 計測機器の装着例

▶ 特 徴

多機能路面測定システムにより、調査対象区間を一定速度で測定車を走行するだけで路面の損傷箇所を特定することができる。

▶ 収録データの再生

現場で収録した映像と計測データをパソコンに転送し、専用ソフトで即座に結果を確認することができる。



図二 収録データの再生例

▶ 用 途

- ①路面の不具合箇所の検出
- ②舗装の補修効果の確認

▶ 実 績

- ①埼玉県さいたま市市道（スラリー CFA 安定処理路盤工法による補修工事）
- ②茨城県牛久市市道（既設舗装加熱式薄層オーバーレイ工法による補修工事）

▶ 問 合 せ 先

鹿島道路㈱ 生産技術本部 技術研究所
遠藤 哲雄

〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1

TEL：042（483）0541

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈07〉 せん孔機械およびブレーカ

10-〈07〉-01	アトラスコプコ 油圧ブレーカ（アタッチメント） HB2000 ほか	'10.07 発売 輸入新機種
------------	---	--------------------

重量級の油圧ブレーカ（アタッチメント）HB2000、HB3100、HB4700が、日本国内での販売が開始される。HB2000（機械質量2.0 t）は従来機（HB2200）比10％、新型のHB3100（機械質量3.1 t）は従来同等機比5％、HB4700（機械質量4.7 t）は従来同等機比13％のパワーアップを実現した。

これら3機種には油圧が高すぎると油圧を遮断するシステムを搭載しており、これにより効率よく機械を使用することができる。また、苛酷な条件下での稼働にも耐えられるよう各部の改良がなされており、安定性と耐久性の向上が図られている。特に摩耗や消耗の激しい油圧ブレーカ下部に対しては、新機構の保持バーを設けて保護している。

表－1 HB2000 ほかの主な仕様

	HB2000	HB3100	HB4700
打撃回数 (回/分)	300～625	280～560	280～540
機械質量 (t)	2.0	3.1	4.7
オイル流量 (L/min)	150～190	210～270	260～360
油圧 (kPa)	16～18	16～18	16～18
ドリル先端径 (mm)	145	165	190
価格 (百万円)	見積り	見積り	見積り



写真－1 アトラスコプコ 油圧ブレーカ（アタッチメント）

▶ 〈12〉 モータグレーダ、路盤機械および締固め機械

10-〈12〉-02	キャタピラージャパン モータグレーダ（アーティキュレート式） 三菱 MG430 III	'10.07 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

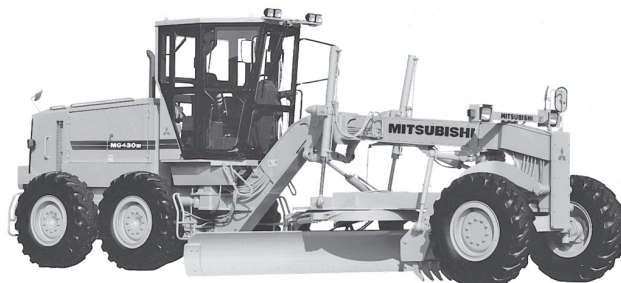
整地作業や除雪作業に使用されるモータグレーダ（アーティキュレート式）について、オフロード法基準に適合したエンジンの搭載などモデルチェンジしたものである。

エンジン出力アップで生産性を向上するとともに、キャブのガ

ラス面積の拡大およびエンジンフードをスローブ型に変更することにより、前方視界および後方視界を向上している。また、運転席はフロントフレームマウント式としているので、ブレードオフセット作業時でもブレード視界を良好なものにしている。油圧システムにおいては、各作業機のパルプごとに流量を調整する流量制御機構によって、思い通りの作業機速度が得られるようにしており、また、同時操作機構によって、負荷やエンジン回転数の変化に影響されることなく各作業機の同時操作が行えるようにしている。ブレード昇降速度は作業に合わせて選択できる2段階切替え式（スイッチ）で、比例制御機構によるレバー操作量に見合った微操作や、速度調整機構によるブレード左右の昇降速度のばらつき解消を実現している。スカリファイヤ、サークルセンタシフト、ブレード旋回、ブレードチップ（油圧式切削角変更）、アーティキュレート、リーニング、ブレード横送り、ブレードリフト（左）&（右）の9本の操作レバーがステアリングハンドルに沿って配置されている。

表－2 三菱 MG430 III の主な仕様

ブレード長さ×高さ (m)	3.71 × 0.53
ブレード最大地上高さ/最大地下深さ (m)	0.49/0.665
ブレード切削角度 最大×最小 (度)	81 × 33
ブレード旋回速度 (度/sec)	10.5
スカリファイヤ（つめ11本）掘削幅 (m)	1.225
最大けん引力 (kgf)	7,630
運転質量（キャブ・キャノピ非装着時） (t)	13.66
前輪荷重/後輪荷重 (t)	4.125/9.535
定格出力 (kW (ps)/min ⁻¹)	129 (175)/2,100
最小旋回半径（最外輪中心） (m)	7.1
最高走行速度 F6/R6 (km/h)	44.1/45.0
軸距×輪距 (m)	6.25 × 2.00
タイヤサイズ（前後輪共） (－)	13.00-24-14PR
全長×全幅×全高（マフラ上端/キャブ上面） (m)	8.74 × 2.42 × (3.005/3.365)
価格 キャノピ仕様/キャブ・エアコン仕様 (百万円)	24.9/27.3398



写真－2 三菱 MG 430 III モータグレーダ

新機種紹介

10-〈12〉-03	日立建機 振動ローラ（コンバインド形） ZC35C ほか	'10.07 発売 新機種
------------	------------------------------------	------------------

道路工事、ダム工事などで使用される振動ローラ（アーティキュレート式）ZC35C 及び ZC50C の 2 機種について、環境適合性、作業性、操作性、安全性、メンテナンス性などの向上を図ってモデルチェンジしたものである。

ZC35C（運転質量 2.78 t）は CC135C-3A の後継機、ZC50C（運転質量 3.60 t）は CC150C-3A の後継機で、両機ともコンバインド型（前輪は鉄ドラム、後輪はゴムタイヤ）である。

低床・階段式ステップを採用して乗り降りが容易、広い視界とドラムエッジの確認が容易でサイド転圧作業がスムーズ、デフロック標準装備のアクスルを採用してスリップを防止、軟弱地での走行が容易、独自の HST（ハイドロ・スタティック・トランスミッション）制御でスムーズな発進・停止を実現など、作業性を向上している。

更に、格納式サイドミラーを採用して狭い現場での作業や輸送時の運転が容易、運転席から計器パネルのダッシュボードまでの距離を 10% 拡大（対従来機）したことで運転席前スペースを拡大したことで立ち運転動作が容易など、操作性を向上している。

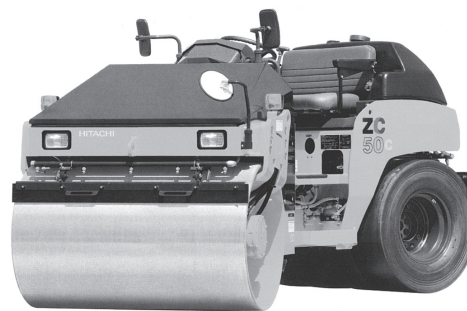
調整機能付の 2 段跳ね上げ式スクレーパの採用により、前後輪に付着した泥等を取り除くことが容易であり、1 段跳ね上げ時では本体全長よりオーバーしないため輸送姿勢を確保できる。また、スクレーパ・ブレードは磨耗時 30 mm の幅で調整可能である。さらに、タイヤ隙間を 20 mm とし、清掃を容易にしてメンテナンス性の向上を図っている。

安全面からは、運転席の計器パネルにいたずらや劣化防止のためのモニタカバーを装備している。また、従来機より大形のフットカバーを採用し、万一のつまみ挟み込み事故を防止している。大形の車輪止めを採用して坂道停車時の安全を確実にしている。

表一三 ZC35C ほかの主な仕様

	ZC35C (コンバインド型)	ZC50C (コンバインド型)
運転質量 (t)	2.78	3.60
静線圧 (前輪) (N/cm)	122	153
振動数 (Hz)	55	55
起振力 (kN)	20.6	24.5
締固め幅 (前輪) (m)	1.2	1.3
締固め幅 (後輪) (m)	1.19	1.29
走行速度 高/低 (km/h)	12.0/9.0	12.0/9.0
最小回転半径 (m)	3.8	4.3
登坂能力 (度)	26	23
エンジン定格出力 (kW (PS)/min ⁻¹)	21.1 (28.7)/2,400	
燃料タンク (L)	50	50
散水タンク (L)	190	190
価格 (百万円)	5.775	6.72

(注) (1) 特定特殊自動車排ガス基準適合車
(2) 低騒音型建設機械指定機



写真一三 日立建機 ZC50C 振動ローラ

▶ 〈19〉建設ロボット、情報化機器、タイヤ、検査機器等

10-〈19〉-02	キャタピラージャパン 情報化施工システム (ブルドーザ/モータグレーダ対応)	'10.07 発売 新システム
------------	--	--------------------

本システムは、整地作業に使用されるブルドーザやモータグレーダに取付けて情報通信技術による 3 次元マシンコントロール（作業装置自動制御）を可能とするもので、用途や現場条件に応じて全球衛星ナビゲーションシステム（CAT アクセグレート GNSS (GPS)）と自動追尾式トータルステーションシステム（CAT アクセグレート UTS）から選択する事ができる。

ブルドーザやモータグレーダの位置情報を GNSS や UTS で測定し、施工目標との差を計算して作業装置の動作を自動制御する。3 次元設計データーを使用して管理する事により、高い精度で仕上げる事が可能である。検測の為に現場内に作業員が立ち入る必要がないので、車輛と人の接触事故を防止することができる。また車輛のパーキングブレーキが作動している間は、システムが自動モードに入らない設計とするなどで安全性にも配慮している。

表一四 システムの内容

システム名	アクセグレート GNSS (GPS)	アクセグレート UTS
概要	- GNSS (Global Navigation Satellite System: 全球衛星ナビゲーションシステム) を用いるシステム。 - 車輛に取りつけられた GNSS 受信機の位置情報と、施工現場に設置した GNSS 基準局からの補正情報により、複雑な地形の施工が ± 30 mm 程度の精度で可能。	- UTS (Universal Tracking System: トータルステーション (光波測量機器)) を用いるシステム。 - 施工現場に設置したトータルステーションが車輛に取り付けたターゲットを自動追尾することにより、複雑な地形の施工が ± 10 mm 程度の精度で可能。
特長	1 基の基準局で複数台の車輛稼働が可能。 - 現場内で他車輛の往来などが多く基準局から直接見通せないところでも使用可能。	1 基のトータルステーションで 1 台の車輛稼働が可能。 - GNSS が使用できない山間部、都市部、屋内、トンネルでも使用可能。
対応機種	CAT ブルドーザ (D3K ~ D10T) CAT モータグレーダ (14M/16M)	CAT ブルドーザ (D3K ~ D7R ₂) CAT モータグレーダ (14M/16M)

新機種紹介



写真一4 キャタピラー・ジャパン アキュグレード UTS を搭載したブルドーザ（左）とモータグレーダ（右）

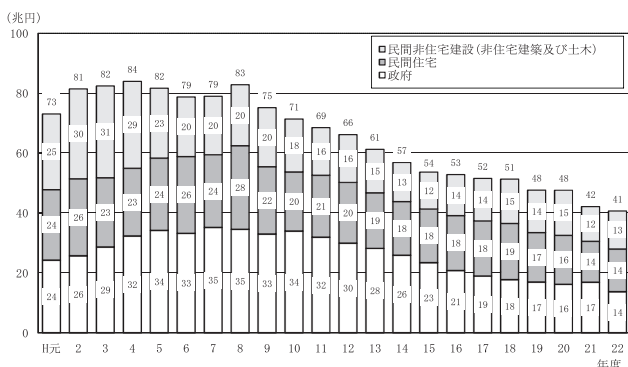
平成 22 年 建設業の業況

1. まえがき

建設投資の低迷が続く受注環境が大きく変化するなかで、建設業は依然厳しい環境が続いている。そのような中で建設業の業況について直近のデータを交え、その内容について紹介する。

2. 建設投資の推移

平成 22 年度の建設投資は、前年度比 3.5% 減の 40 兆 7,000 億円となる見込みである。このうち、政府投資が 13 兆 8,400 億円（前年度比 18.6% 減）、民間投資が 26 兆 9,400 億円（前年度比 6.6% 増）と見込まれる。これを建築・土木別に見ると、建築投資が 24 兆 7,100 億円（前年度比 3.4% 増）、土木投資が 15 兆 9,900 億円（前年度比 13.0% 減）となる見通しである。平成 8(1996)年度に約 83 兆円であった建設投資は、その後、減少傾向をたどっているが、平成 22 年度については、40 兆円と半分以下となっている（図一 1）。



図一 1 建設投資推移（資料出所：国土交通省）

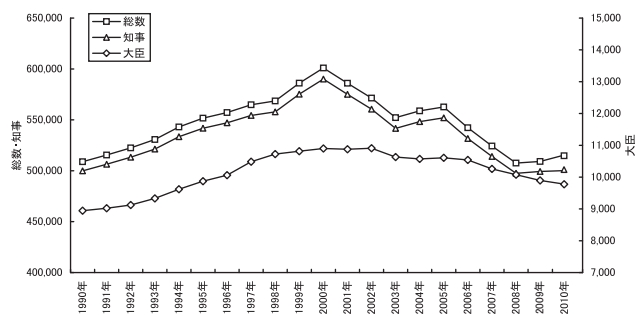
3. 全国許可業者数の推移

平成 22 年 3 月末現在の建設業許可業者数は 513,196 業者で、前年同月比 4,022 業者（0.8%）の増加となった。また、建設業許可業者数が最も多かった平成 12 年 3 月末時点と比較すると 87,784 業者（-14.6%）の減となる（図一 2）。

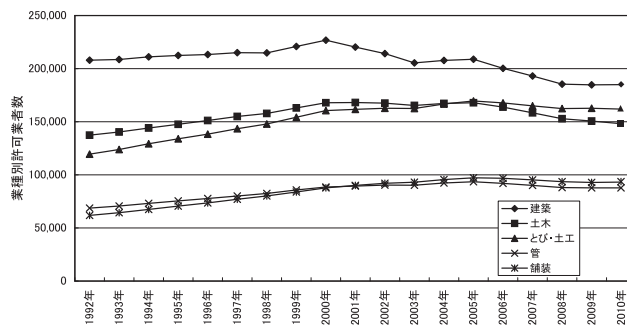
4. 業種別許可業者数の推移

平成 22 年 3 月末現在の業種別許可の総数は、1,445,501 で前年同月比 1.2% 増となった。（図一 3）。

前年同月に比べて増加した許可業種は 22 業種であり、増加率は熱絶縁工事業が 6.3% と最も高く、鉄筋工事業（5.7%）、以下ガラス工事業（5.2%）、防水工事業（4.9%）、板金工事業（4.8%）が続



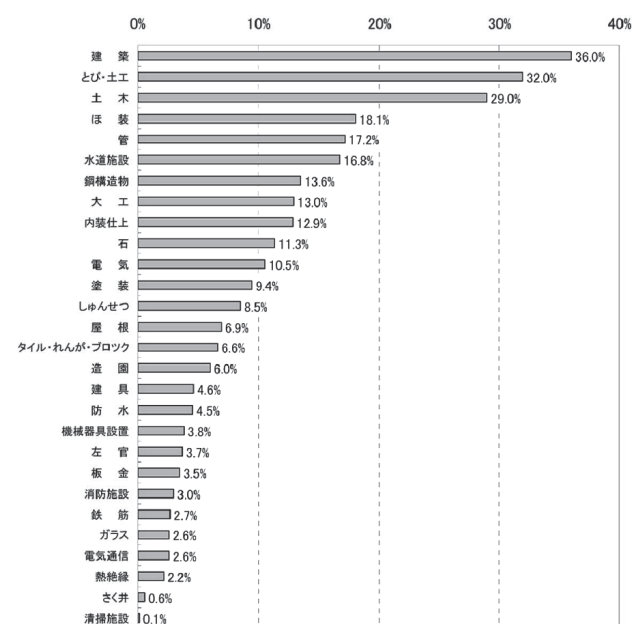
図一 2 全国建設業許可業者数（資料出所：国土交通省）



図一 3 業種別許可業者数の推移（資料出所：国土交通省）

く。また、前年同月に比べ取得業者数が減少した許可業種は 6 業種となっている。前年比減少率が高い 5 業種を表一 1 に示す。

図一 4 に建設業許可業者の業務別許可の取得状況を、図一 5 に資本金階層別にみた建設業許可業者の割合を示す。

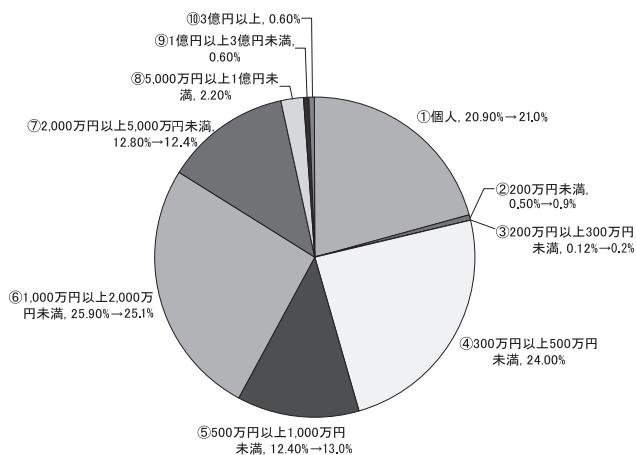


図一 4 建設業許可業者における業種別許可の取得率

統計

表—1 減少率が高い5業種の業者数(前年比)

	減少率の高い5業種				
	清掃	造園	さく井	土木	水道施設
2010年	592	30,746	2899	149,020	86,146
2009年	608	31,515	2941	150,664	86,488
前年比	-2.6%	-2.3%	-1.4%	-1.1%	-0.4%

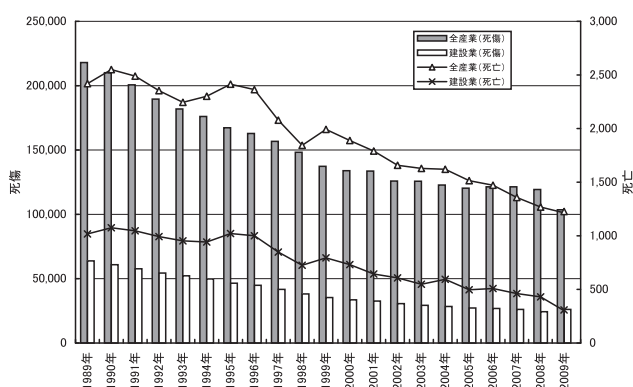


図—5 資本金階層別にみた建設業許可業者数(平成19→平成21)

5. 死傷者及び死亡者数の推移

2009年の全産業死傷者数は前年比-11.4%の105,718名であった。建設業の死傷者は21,465名(1.2%減)、死亡者は371名(13.7%減)で減少傾向となっている。

また、建設業における死亡災害の工種別発生状況では、土木39.1%、建築42.1%、設備工事18.8%、を占めており、各工種共に墜落が最も多い(図—6)。

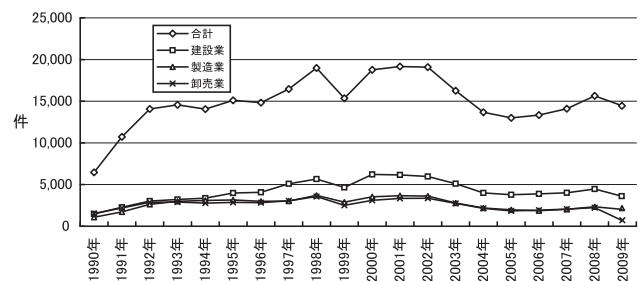


図—6 死傷者、死亡者の推移(資料出所:建設業労働災害防止協会)

6. 産業別倒産件数の推移

2009年の全国企業倒産件数(負債総額1,000万円以上)は、14,732件(前年同月比8.7%減)で5年ぶりの15,000件を超えとなった前年を下回りやや安定した。また、負債総額は7兆1,367億500万円となり、前年比(負債)4.2%減となった。

産業別で倒産件数の最も多いのは建設業で3,898件(全体の26.5%)となり、次いでサービス業他(3,004件)、製造業(2,400件)、卸売業(1,974件)(図—7)。



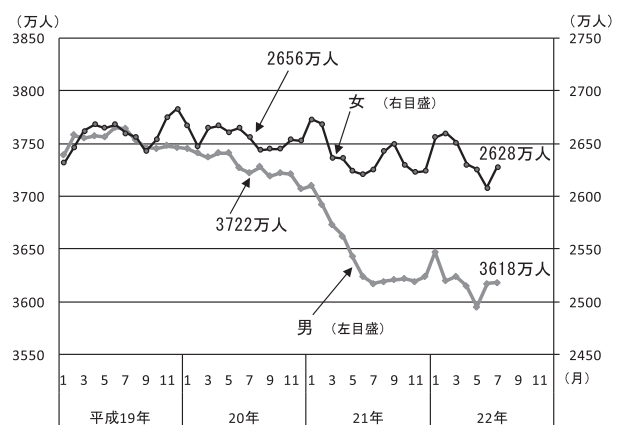
図—7 産業別倒産件数の推移(資料出所:東京商工リサーチ)

7. 最近の就業者数の変化

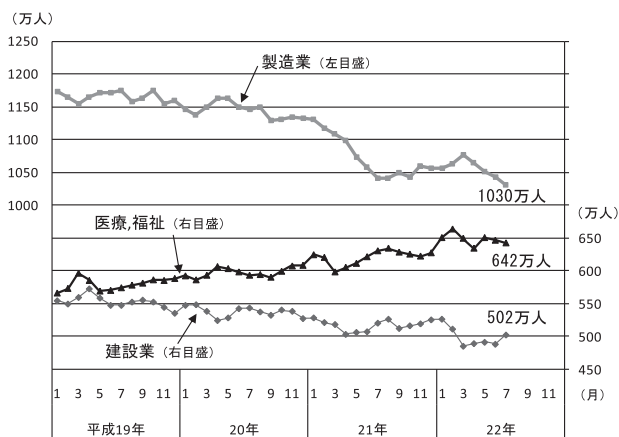
平成22年7月の就業者数(季節調整値)は6246万人と2年前の20年7月(リーマンショック前)に比べ、132万人減少した。これを男女別にみると、女性の就業者数は28万人の減少となっているのに対し、男性の就業者数は104万人の減少となっており、女性に比べ大幅に減少している(図—8)。

就業者数(季節調整値)を産業別に平成20年7月と比べると、「製造業」では1,145万人から1,030万人と115万人の減、「建設業」では543万人から502万人と41万人の減少と、就業者に占める男性の割合が高いこれらの産業において減少幅が大きくなっている。

一方、女性の割合が高い「医療、福祉」では593万人から642万人と49万人の増加となっている(図—9)。



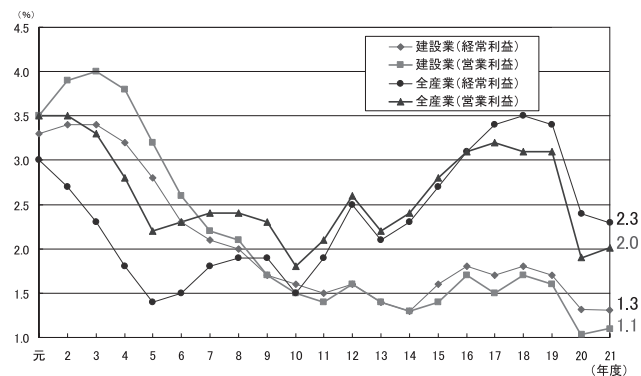
図—8 男女別就業者数(季節調整値)の推移(資料出所:総務省)



図一 9 産業別就業者数（季節調整値）の推移（資料出所：総務省）

8. 建設業の利益率

産業全体では平成20年度の金融危機で落ち込んでいるものの、利益率の改善が進む中、建設業は平成3年度のピークを境に低下し、平成21年度は営業利益率1.1%、経常利益率1.3%と低迷している。



図一 10 建設業の利益率の推移（資料出所：財務省）

9. まとめ

平成8年度に約83兆円あった建設投資はその後減少傾向をたどり、平成22年度は、公共事業費の大幅削減（前年比18.6%減）の影響から40兆7,000億円と半減する見通しである。

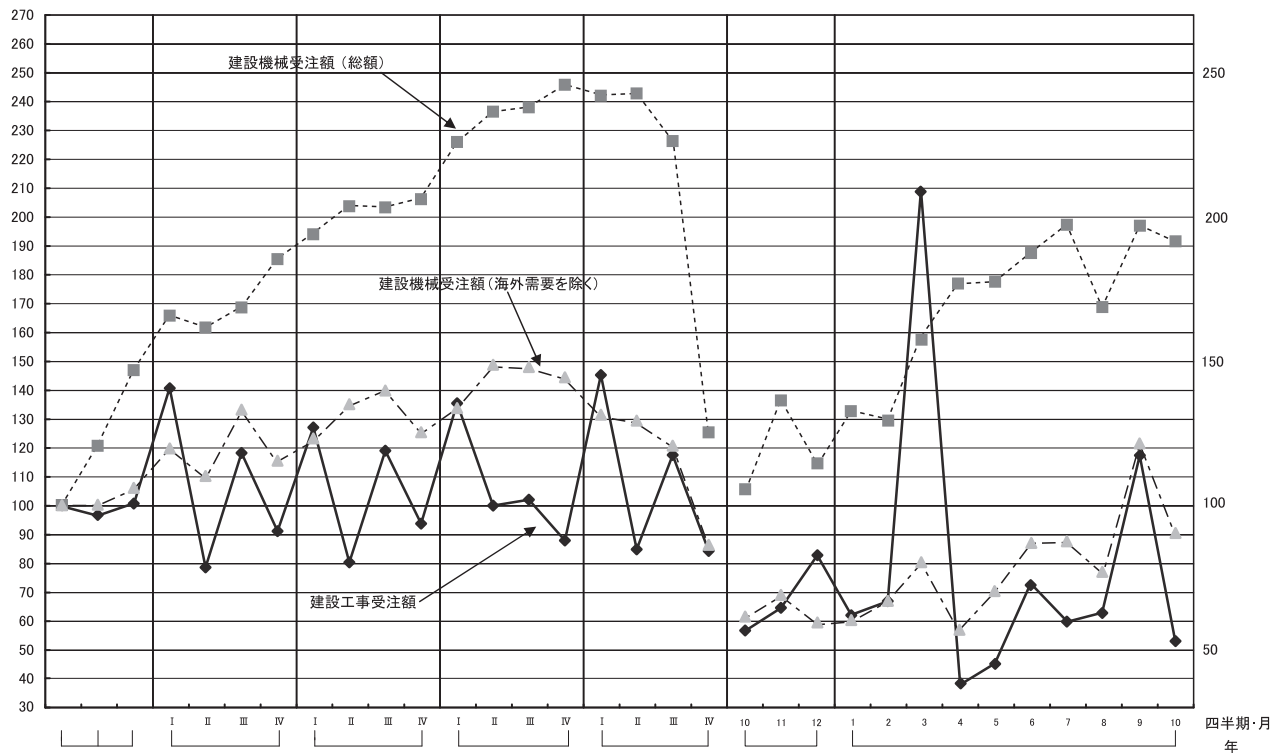
建設業の就業者数は平成22年で502万人（平成20年比9%減）であり、建設投資の減少率14%から単純に見ても建設業の業況は厳しさを増している。

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 2002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 2002年平均=100)

受注額

受注額



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							
2002 年	129,862	80,979	11,010	69,970	36,773	5,468	6,641	86,797	43,064	146,863	145,881
2003 年	125,436	83,651	12,212	71,441	30,637	5,123	5,935	86,480	38,865	134,414	133,522
2004 年	130,611	92,008	17,150	74,858	27,469	5,223	5,911	93,306	37,305	133,279	131,313
2005 年	138,966	94,850	19,156	75,694	30,657	5,310	8,149	95,370	43,596	136,152	136,567
2006 年	136,214	98,886	22,041	76,845	20,711	5,852	10,765	98,795	37,419	134,845	142,913
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	129,919	142,289
2009 年 10 月	6,216	3,794	610	3,183	1,827	387	208	3,604	2,611	111,239	7,536
11 月	7,087	4,519	648	3,872	1,610	560	398	4,605	2,483	109,818	8,560
12 月	8,994	6,135	1,229	4,906	1,744	448	667	6,353	2,642	103,956	14,218
2010 年 1 月	6,699	4,533	530	4,003	1,420	412	335	4,517	2,182	106,884	7,737
2 月	7,303	4,761	778	3,983	2,160	466	－ 83	4,663	2,640	106,255	8,559
3 月	22,574	14,822	1,752	13,070	5,481	532	1,739	15,961	6,613	113,788	14,450
4 月	4,220	2,885	693	2,191	694	430	211	2,549	1,670	112,318	7,168
5 月	4,966	3,437	636	2,801	704	400	426	3,609	1,357	109,786	6,841
6 月	7,811	5,478	858	4,621	1,599	493	241	5,486	2,325	107,922	9,445
7 月	6,560	4,619	1,128	3,492	1,031	447	464	4,378	2,182	107,333	6,945
8 月	6,942	4,966	895	4,071	1,410	488	77	4,858	2,084	107,326	8,056
9 月	12,639	8,790	1,603	7,187	2,607	511	731	9,501	3,138	109,222	11,384
10 月	5,867	4,131	514	3,716	1,021	411	303	3,873	1,994	—	—

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	02年	03年	04年	05年	06年	07年	08年	09年 10月	11月	12月	10年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
総 額	8,667	10,444	12,712	14,749	17,465	20,478	18,099	767	991	831	962	934	1,140	1,269	1,283	1,351	1,418	1,222	1,421	1,381
海 外 需 要	4,301	6,071	8,084	9,530	11,756	14,209	12,996	543	738	616	743	687	848	1,068	1,022	1,038	1,101	942	978	1,051
海外需要を除く	4,365	4,373	4,628	5,219	5,709	6,268	5,103	224	253	215	219	247	292	201	261	313	317	280	443	330

(注) 2002～2004年は年平均で、2005～2008年は四半期ごとの平均値で図示した。

2009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

…行事一覧…

(2010年11月1日～30日)

■ 機 械 部 会

■トンネル装機械技術委員会・現場見学会

月 日：11月2日(火)

出席者：篠原慶二委員長ほか15名

内 容：関西電力(株)新黒部トンネル作業所(仕上りD=4m山岳トンネル工事)見学

■シヨベル技術委員会

月 日：11月12日(金)

出席者：尾上裕委員長ほか11名

議 題：①平成22年度上期活動実績と下期の活動計画について ②建設機械施工ハンドブックの改訂について ③ISO国際会議の報告 ④2014年排ガス規制に向けた尿素水SCRの検討について ⑤国土交通省の使用原則基準の引上げについて ⑥その他

■油脂技術委員会・油脂規格普及促進分科会・油圧作動油運営委員会

月 日：11月15日(月)

出席者：杉山玄六委員長ほか13名

議 題：①グリース分科会活動報告 ②油脂規格普及促進委員会組織改変について ③JCMAS P041 および P042 の標記について ④HK 規の普及促進状況について ⑤その他

■路盤・舗装機械技術委員会・締固め機械変遷分科会

月 日：11月24日(水)

出席者：戸川裕文分科会長ほか11名

議 題：①変遷資料取りまとめの協力依頼について ②各社変遷の原稿作成依頼について ③原稿内容の技術的踏み込みについて ④今後の進め方について ⑤その他

■トンネル装機械技術委員会・新技術施工技術分科会

月 日：11月30日(火)

出席者：椎橋孝一郎分科会長ほか4名

議 題：①前回議事録の確認について ②各自収集資料の内容について ③活動テーマと実施項目の絞り込みについて ④その他

■ 製 造 業 部 会

■作業燃費検討WG代表・ISO/TC127委員会報告会

月 日：11月4日(木)

出席者：田中利昌リーダーほか11名

議 題：①ISO/TC127パリ会議の結果報告 ②ISO11152エネルギー使用試験方法の議論に対する対応について ③その他

■作業燃費検討WG代表・国土交通省打合せ

月 日：11月30日(火)

出席者：田中利昌リーダーほか13名

議 題：①前回(9月3日)のWGからの報告、提案に対する国土交通省討議結果について ②認定制度(案)に関する検討取りまとめ(案)について ③地球温暖化対策検討分科会開催に向けた検討について ④その他

■小幹事会

月 日：11月30日(火)

出席者：田中利昌幹事長ほか4名

議 題：①平成22年度第2回合同部会の開催について ②安全情報技術小会議の進め方について ③オンロード3次基準ホイールクレーンの融資化について ④その他

■ 建 設 業 部 会

■合同部会

月 日：11月2日(火)

出席者：川本伸司部会長ほか、他部会併せ76名

議 題：①直轄工事の使用原則基準値引上げについて(山下課長補佐) ②緊急災害復旧における課題について(森川課長補佐) ③情報化施工の普及について(小野寺企画専門官)

■ 各 種 委 員 会 等

■機関誌編集委員会

月 日：11月2日(火)

出席者：太田宏委員長代行ほか16名

議 題：①平成23年2月号(第732号)の計画の審議・検討 ②平成23年3月号(第733号)の素案の審議・検討 ③平成23年4月号(第734号)の編集方針の審議・検討 ④平成22年11月～23年1月号(第729～731号)の進捗状況の報告・確認

■新機種調査分科会

月 日：11月24日(水)

出席者：江本平分科会長ほか6名

議 題：①新機種情報の検討・選定

■建設経済調査分科会

月 日：11月16日(火)

出席者：山名至孝分科会長ほか1名

議 題：①平成23年1月号原稿(平成

22年建設業の業況)の検討・確認

②今後の掲載予定の検討・確認

…支部行事一覧…

■ 北 海 道 支 部

■2011ふゆトピア・フェア in 札幌 第2回実行委員会

月 日：11月12日(金)

場 所：札幌第1合同庁舎10F会議室

出席者：辻靖三会長ほか1名

■第5回施工技術・整備検定委員会

月 日：11月26日(金)

場 所：北海道支部会議室

出席者：北村征施工技術・整備検定委員長ほか3名

議 題：①平成23年度建設機械整備技能検定講習会の実施方針及び北海道職業能力開発協会への協力の実施方針について

■ 東 北 支 部

■施工部会 除雪講習会

日 時：11月4日(木)

場 所：仙台市

参加者：188名

■広報部会 EE 東北作業部会

日 時：11月11日(木)

場 所：フォレスト仙台

出席者：山田一彦施工部会長ほか21名

議 題：①平成22年度会計監査・決算報告 ②次年度予算案 ③キャッチコピー ④募集要領(案) ⑤来年度の予定

■広報部会 EE 東北実行委員会

日 時：11月24日(水)

場 所：フォレスト仙台

出席者：岩本忠和支部長代理ほか30名

議 題：①平成22年度会計監査・決算報告 ②次年度予算案 ③キャッチコピー ④募集要領(案) ⑤来年度の予定

■企画部会

日 時：11月26日(金)

場 所：東北支部会議室

出席者：菅原次郎部会長ほか4名

議 題：①第2回運営委員会議事について ②新公益法人について ③役員改選等について ④60周年行事について

■企画部会

日 時：11月29日(月)

場 所：仙台国際センター

出席者：約200名

内 容：第8回新技術情報交換会論文発表
表（情報化施工特集）

■ 北 陸 支 部

■除雪機械管理施工技術講習会

月 日：11月2日（火）、9（火）、24日（水）
場 所：新潟市など3会場
受講者：633名（3会場）
内 容：①冬期の道路管理 ②除雪作業
における事故防止 ③除雪施工法
④除雪機械の点検取扱い
講師／警察、除雪施工者、建設機械メー
カー

■普及部会 幹事会

月 日：11月16日（火）
場 所：千代田機電会議室
出席者：柴田律雄委員ほか3名
議 題：西部地区現場見学会の中止につ
いて

■北陸雪氷シンポジウム（参画行事）

月 日：11月16日（火）
場 所：金沢エクセルホテル東急
参加者：約250名
内 容：①基調講演 ②パネルディス
カッション ③指定テーマ4課題
④自由テーマ9課題

■ 中 部 支 部

■「建設技術フェア2010 in 中部」実行委 員会の一員として参加

月 日：11月4日（木）
会 場：中部地方整備局中部技術事務所
構内特設会場

■運営委員会

月 日：11月9日（火）
会 場：昭和ビル9F会議室
出席者：小川敏治支部長ほか22名
議 題：①平成22年度上半期事業報告
②平成22年度上半期経理概況報告
③その他

■調査部会

月 日：11月9日（火）
出席者：杉山稔調査部会長ほか8名
議 題：平成22年度秋季講演会 実施
要領打合せ

■中部地方整備局との意見交換会 事前打 合せ

月 日：11月9日（火）
場 所：昭和ビル9F会議室
参加社：会員会社11社

■秋季講演会

月 日：11月15日（月）
場 所：中日パレス クラウンホール
参加者：約150名

内 容：「多様化する豪雨・洪水災害へ
の備え」講師／名古屋大学大学院工学
研究科教授 辻本哲郎氏、「東京スカイ
ツリーの建設」講師／㈱大林組名古屋
支店建築工事事務所建築工事生産管理課長
藤本俊介氏

■道路除雪講習会

月 日：11月22日（月）
会 場：昭和ビル9Fホール
参加者：80名
内 容：①除雪における適切な管理につ
いて ②冬期の道路管理について
③除雪施工のポイント ④作業の安全
と事故・ヒヤリハット ⑤交通事故防
止について ⑥除雪機械の取扱い等
講師／中部地方整備局担当官、警察担当
官、JCMA担当者、除雪機械メーカー
技術者等

■ 関 西 支 部

■情報化施工シンポジウム打合せ

月 日：11月12日（金）
場 所：関西支部 会議室
出席者：松本克英事務局長ほか5名
内 容：パネルディスカッションにつ
いて

■企画部会

月 日：11月17日（水）
場 所：関西支部 会議室
出席者：安田佳央企画部会長ほか9名
議 題：①運営委員会に提出する議題関
係 ②支部会員について ③行事関係
1)「建設技術展2010近畿」への出展
について 2)平成22年度 施工技術
報告会について 3)情報化施工シン
ポジウムについて ④その他

■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24日（水）
場 所：関西電力㈱ 南港発電所
出席者：中山金光建設業部会長、伊勢木
浩二リース・レンタル業部会長ほか
24名
議 題：①概要紹介 ②諸施設の見学
③合同討論会（平成23年2月予定）
のテーマと担当の検討

■除雪技術委員会 除雪機械運転者技術講 習会

月 日：11月24日（水）
場 所：今庄365スキー場
参加者：120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実技指導訓練 ③
実技施工訓練

■建設用電気設備特別専門委員会(第370回)

月 日：11月25日（木）
場 所：中央電気倶楽部 会議室
議 題：「建設用負荷設備機器点検保守
のチェックリスト」の見直し検討

■広報部会

月 日：11月29日（月）
場 所：関西支部 会議室
出席者：御園聴広報部会長ほか5名
議 題：①「建設技術展2010近畿」に
ついて ②「JCMA 関西」第98号の
発刊について

■運営委員会

月 日：11月30日（火）
場 所：キャッスルホテル 6F 会議室
出席者：深川良一支部長ほか25名
議 題：①平成22年度上半期事業報告
②平成22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2日（火）
場 所：①百間川河口水門ゲート増設
工事（国土交通省岡山河川事務所）
②倉敷立体大西高架橋工事（国土交通
省岡山国道事務所）
参加者：32名
工事内容：ライジングセクターゲートの
据付状況及び国道2号線の立体化事業
の研修

■道路除雪講習会

月 日：11月11日（木）
場 所：県民ふれあい会館（鳥取）
参加者：33名
内 容：①国・県の除雪の取り組み
②除雪作業の施工方法と作業ポイント
③除雪（凍結防止）作業の安全対策及
び事故防止

■運営委員会

月 日：11月17日（水）
場 所：広島 YMCA
出席者：高倉寅喜副支部長ほか31名
議 題：①平成22年度上半期事業報告
書承認の件 ②平成22年度上半期経
理概況報告承認の件 ③平成22年度
下半期事業実施計画について

■情報化施工（体験セミナー）講習会

月 日：11月18日（木）
場 所：（座学）テクノアーク島根会議
室（実習）ソフトビジネスパーク島根
参加者：8名
内 容：（座学）①情報化施工の現状と
動向 ②情報化施工対応システムの詳
細、施工までの流れとその効果につい

て (実習)マシンコントロール実機体験及び最新測量機器実測体験 ①3D-ドローシステム体験 ②3D-MC グレーダシステム体験 ③TSGPS 転圧管理システム体験 ④土木用 GPS システム実測体験 ⑤TSを用いた出来形管理システム実測体験

■情報化施工 (体験セミナー) 講習会

月 日: 11月19日 (金)

場 所: (座学) テクノアーク島根会議室 (実習) ソフトビジネスパーク島根

参加者: 32名

内 容: (座学) ①情報化施工の現状と動向 ②情報化施工対応システムの詳細, 施工までの流れとその効果について (実習)マシンコントロール実機体験及び最新測量機器実測体験 ①3D-ドローシステム体験 ②3D-MC グレーダシステム体験 ③TSGPS 転圧管理システム体験 ④土木用 GPS システム実測体験 ⑤TSを用いた出来形管理システム実測体験

■中国地方整備局と社日本建設機械化協会中国支部との懇談会

月 日: 11月24日 (水)

場 所: 八丁堀シャンテ会議室

出席者: 中国地方整備局企画部 尾藤勇 企画部長ほか5名, 中国支部 河原能久中国支部長ほか11名

議 題: ①公共工事の品質の確保について 1)「ワンデイ・レスポンス」や「三者会議」等の一層の推進 2) 適正な競争参加資格の選択について 3) 建設機械施工技師制度の活性化について 4) 機械設備 (修繕) 工事及び維持管理業務について ②その他事項について (官民共同開発の今後の展開について)

■ 四 国 支 部

■平成22年度第3回運営委員会

月 日: 11月8日 (月)

場 所: ホテル「マリンパレスさぬき」

出席者: 神崎正支部長ほか22名

議 題: ①人事異動に伴う役員変更に関する件 ②平成22年度上半期事業報告に関する件 ③平成22年度上半期経理状況報告に関する件 ④平成22年度下半期事業計画に関する件 ⑤その他

■情報化施工に関する講習会

月 日: 11月15日 (月)

場 所: サン・イレブン高松

受講者: 59名

内 容: ①情報化施工の概要… (講師) 社日本建設機械化協会技師長 白鳥昭浩氏 ②締固め情報化施工について… (講師) 酒井重工業(株)事業推進部

小葉はるな氏 ③TS出来形管理について… (講師) 福井コンピューター(株) CAD プロモーション部リーダー 田中正規氏

■工事現場見学会

月 日: 11月24日 (水)

場 所: 高知県仁淀川水系波介川

参加者: 17名

内 容: 波介川河口導流事業として施工中の, 潮止堰新設工事等3施設の工事現場を見学

■ 九 州 支 部

■運営委員会

日 時: 11月11日 (木)

出席者: 江崎哲郎支部長ほか22名

議 題: ①平成22年度上半期事業報告 ②平成22年度上半期経理概況報告 ③運営委員等の交代について

■企画委員会

日 時: 11月11日 (木)

出席者: 高場正富施工部会長ほか11名

議 題: ①秋期運営委員会の運営について ②施工安全講習会について ③施工技術発表会の発表依頼課題について ④建設行政講演会について ⑤その他

■「建設の施工企画」投稿のご案内■

—社団法人日本建設機械化協会「建設の施工企画」編集委員会事務局—

会員の皆様のご支援を得て当協会機関誌「建設の施工企画」の編集委員会では新しい編集企画の検討を重ねております。その一環として本誌会員の皆様からの自由投稿を頂く事となり「投稿要領」を策定しましたので, ご案内をいたします。

当機関誌は2004年6月号から誌名を変更後, 毎月特集号を編成しています。建設ロボット, 建設IT, 各工種 (シールド・トンネル・ダム・橋等) の機械施工, 安全対策, 災害・復旧, 環境対策, レンタル業, リニューアル・リユース, 海外建設機械施工, などを計画しております。こうした企画を通じて建設産業と建設施工・建設機械を取り巻く時代の要請を誌面に反映させよ

うと考えています。

誌面構成は編集委員会で企画いたしますが, 更に会員の皆様からの特集テーマをはじめ様々なテーマについて積極的な投稿により機関誌が施工技術・建設機械に関わる産学官の活気あるフォーラムとなることを期待しております。

(1) 投稿の資格と原稿の種類:

本協会の会員であることが原則ですが, 本協会の活動に適した内容であれば委員会で検討いたします。投稿論文は「報文」と「読者の声」(ご自由な意見, 感想など)の2種類があります。

投稿される場合はタイトルとアブストラ

クトを提出頂きます。編集委員会で査読し採択の結果をお知らせします。

(2) 詳 細:

投稿要領を作成してありますので必要の方は電子メール, 電話でご連絡願います。また, JCMA ホームページにも掲載してあります。テーマ, 原稿の書き方等, 投稿に関わる不明な点はご遠慮なく下記迄お問い合わせ下さい。

社団法人日本建設機械化協会「建設の施工企画」編集委員会事務局

Tel: 03(3433)1501, Fax: 03(3432)0289,

e-mail: suzuki@jcmanet.or.jp

編集後記

新年あけましておめでとうございます。

リーマンショックに端を発した景気低迷は、ようやく底を打ったかのように思えますが、慢性的な円高や近隣諸国の政情不安、さらにレアアース問題など、景気回復にさまざまな方面から障害が立ちふさがるとい状況には、もどかしさすら覚えてしまいます。年が明けた兎年の2011年。「兎年は跳ねる年」にあやかりV字回復とまではいかなくとも、せめて明るい見通しの下で日々を過ごしたいものです。

さて、新年号は例年にならい「建設機械」の特集をお届けしました。建設機械の代表機種である油圧ショベルに関して言うならば、中国に代表される新興エリアの需要増に後押しされ、部品の確保に窮するほどに生産台数の回復が見られました。残念ながら国内需要については同様とまではいきませんでした。最先端

の技術を投入して次世代の礎となる製品を開発～市場投入して世界の先頭を切るという役割は、やはりこの日本市場が担っているといえるでしょう。

言うまでも無く、開発のキーワードは「環境」です。ハイブリッド・ショベルに代表される環境に配慮した新技術は既に次世代のものではなく、新たな主流として市場浸透が進んでいます。見た目には大きく変わっていないようですが、その中身はIT技術までも盛り込んだ全くの別物となりました。多くはディーゼルエンジンを原動機とした油圧駆動という、基本要素は変わらぬままで進化を遂げてきた建設機械ですが、日米欧での排ガス4次規制が本格開始となるこの2011年は、大きな転換期となるのかもしれません。

最後になりますが、お忙しい中にもかかわらず寄稿いただいた方々には、直接御礼のご挨拶ができないことをお詫び申し上げます。この場をお借りして厚く御礼を申し上げます。（渥美・堀田）

機関誌編集委員会

編集顧問

浅井新一郎	今岡 亮司
加納研之助	桑垣 悦夫
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
田中 康順	塚原 重美
寺島 旭	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

岡崎 治義 (株)東京建設コンサルタント

編集委員長代行

太田 宏 三井造船(株)

オブザーバ

山下 尚 国土交通省

編集委員

山田 淳	農林水産省
松岡 賢作	(独)鉄道・運輸機構
石戸谷 淳	首都高速道路(株)
高津 知司	本州四国連絡高速道路(株)
松本 久	(独)水資源機構
松本 敏雄	鹿島建設(株)
和田 一知	(株)KCM
安川 良博	(株)熊谷組
渥美 豊	コベルコ建機(株)
富樫 良一	コマツ
藤永友三郎	清水建設(株)
赤神 元英	日本国土開発(株)
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン(株)
星野 春夫	(株)竹中工務店
齋藤 琢	東亜建設工業(株)
相田 尚	(株)NIPPO
田岡 秀邦	日本道路(株)
堀田 正典	日立建機(株)
岡本 直樹	山崎建設(株)
中村 優一	(株)奥村組
石倉 武久	住友建機(株)
京免 継彦	佐藤工業(株)
松澤 享	五洋建設(株)
藤島 崇	施工技術総合研究所

2月号「解体とリサイクル、廃棄物処理特集」予告

- ・建設副産物リサイクル広報推進会議の活動 官民の協同による建設リサイクル推進の取組み
- ・遠隔操作で煙突を解体
- ・現地発生材のリサイクル法面緑化工法
- ・長大ハイブリッドケーソンの製作と曳航・据付 衣浦港3号地廃棄物最終処分整備事業護岸工事
- ・低炭素アスファルト混合物
- ・シアン汚染土壌に対応した土壌洗浄法
- ・建設・鉱山機械のコンポーネントリマン事業 (部品再生・リサイクル)
- ・メインブーム兼用型解体機
- ・自走式横入木材破砕機の紹介
- ・リフマグ仕様機
- ・高レベル放射性廃棄物

No.731「建設の施工企画」 2011年1月号

〔定価〕1部840円(本体800円)

年間購読料9,000円

平成23年1月20日印刷

平成23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 社団法人 日本建設機械化協会

〒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〒460-0008 名古屋市中区栄4-3-26	電話 (052) 241-2394
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2-8-26	電話 (092) 436-3322

本誌上への広告 (株)共栄通信社までお問い合わせ下さい。

本社 〒105-0004 東京都港区新橋3-15-8 (精工ビル5F) 電話 03-5472-1801 FAX 03-5472-1802 E-MAIL: info@kyoeitushin.co.jp

担当 本社編集部 宗像 敏