

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2017

建設機械施工

3

Vol.69 No.3 March 2017 (通巻805号)

特集 地球温暖化対策 環境対策



3Dグラブバケットによる効率化、精度向上を実現した浚渫工事

巻頭言 自動車及び建設機械の排ガス浄化・低燃費化施策

グラビア 2017 ふゆトピア・フェア in 函館

交流の広場 VRによるBIMと建築環境シミュレーションの
同時可視化システム

部会報告 アスファルトプラントの変遷（その7）

技術報文

- 帯電ミストによる浮遊粉塵除去システムの開発
- グラブ浚渫の効率化と精度向上を実現したトータルシステム
- 高性能ボーリングマシンの低騒音化・自動化
- おもりを用いた工事振動低減工法の概要 他

一般社団法人 日本建設機械施工協会

ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

●コストパフォーマンスに優れる。

機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルなので運搬能力に対して安価である。

●安全性に優れる

コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。

●環境に優しい。

河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を少なくできる。

●大型機材の運搬も可能

専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



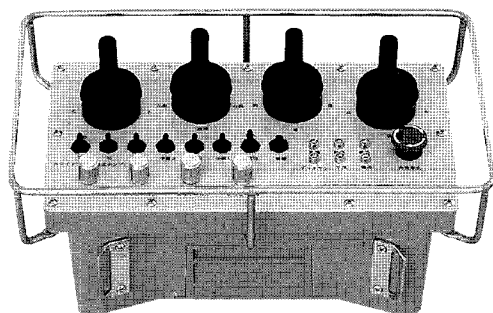
吉永機械株式会社

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

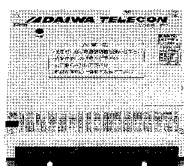
建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

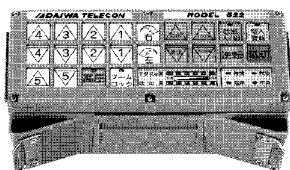
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御 4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

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

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

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

平成29年度建設機械施工技術検定試験の ご 案 内

平成29年度1・2級建設機械施工技術検定試験(建設業法に基づく建設機械施工技士の国家試験)を以下のとおり実施いたします。

この試験は、建設事業の建設機械施工に係る知識や技術力を問うものです。

2級の試験には以下の3種類があり、受検の申込に使用する「受検の手引」が異なるため、ご自身に対応した「受検の手引」をご購入ください。

・2級(学科・実地試験) ・2級(学科試験のみ) ・2級(実地試験のみ)

平成29年2月

1. 申込み方法

受検申込みに必要な用紙が添付されている「受検の手引」を当協会等(裏面の一覧表参照)から購入の上申込み願います。

販売期間：平成29年2月1日(水)から4月3日(月)
(但し、郵送での販売は3月24日(金)まで)

代 金：1級600円、2級500円(いずれも1組(申込用紙及び受検の手引)当たり)(なお、郵送希望の場合は送料共1級850円、2級750円(必ずゆうちょ銀行の定額小為替使用のこと))
※2級(学科試験のみ)、2級(実地試験のみ)は、上記2級と同じです。
※2部以上を郵送希望の場合は送料が異なりますので、お問合せください。

2. 申込み受付期間

平成29年3月3日(金)から4月3日(月)まで

*簡易書留郵便とし、締切日(4月3日(月))までの消印のあるものが有効

3. 試験日

学科試験：平成29年6月18日(日)

実地試験：平成29年8月下旬から9月中旬

*実地試験は、学科試験合格者が受検できます。試験日時は8月上旬に通知いたします。

*2級(学科試験のみ)の合格者は、同年度に実地試験を受検できません。

4. 受験手数料

1級学科試験：10,100円

2級学科試験：(1つの) 10,100円 (2つの種別)
2級(学科試験のみ)：(種別で) 10,100円 (では2倍)

1級実地試験：

操作施工法2科目と組合せ施工法の場合 27,800円

操作施工法1科目と組合せ施工法の場合 21,400円

組合せ施工法のみの場合 15,000円

2級実地試験：(1つの) 21,600円 (2つの種別)

2級(実地試験のみ)：(種別で) 21,600円 (では2倍)

*諸般の情勢により、上記手数料は変更となる可能性があります。

5. 受検資格

学歴等の資格区分に応じ概ね下表にあるような実務経験年数が必要となります(2級(学科試験のみ)は除く)。詳しくは当協会のホームページに掲載している「受検の手引」でご確認ください。

学歴等の資格区分		1級(必要な実務経験年数)	2級(必要な実務経験年数)
・大学卒業業者 ・高度専門士	指 定 学 科	3 年 以 上	1 年 以 上
	指定学科以外	4 年 6 月 以 上	1 年 6 月 以 上
・短大卒業業者 ・高専卒業業者 ・専門士	指 定 学 科	5 年 以 上	2 年 以 上
	指定学科以外	7 年 6 月 以 上	3 年 以 上
・高校卒業業者 ・専門学校卒業業者	指 定 学 科	1 0 年 以 上	3 年 以 上
	指定学科以外	1 1 年 6 月 以 上	4 年 6 月 以 上
そ の 他 の 者		1 5 年 以 上	8 年 以 上
資格取得者級	2・高校卒業業者 ・専門学校卒業業者	指 定 学 科	通算 8 年 以 上
	指定学科以外	通算 9 年 以 上	-
	その他の者	-	通算 12 年 以 上

①1級の実務経験には、上表記載の実務経験年数の内に、指導監督の実務経験が、専任の主任技術者としての実務経験年数を1年以上含む必要があり、その証明も必要となります(なお、専任の監理技術者の指導を受けた実務経験を有する場合、又は専任の主任技術者の実務経験を有する場合、一定の条件を満たせば年数は短縮されます)。

②2級について、上表の実務経験年数は2つの種別を受検する場合に必要な年数を記載しています(1つの種別の場合、年数は短縮されます)。

③「指定学科」とは、この試験に関し大学、高等学校等における機械工学、土木工学、都市工学等専門的な分野の学科を言います。

④専門学校の卒業業者で、「高度専門士」の称号を得ている場合は大学卒業者と同等の扱い、「専門士」の称号を得ている場合は短大卒業者と同等の扱いとなります。

⑤平成30年3月31日時点で17歳以上となる者は、実務経験や学歴に関係なく、2級(学科試験のみ)を受検することができます。

⑥2級(実地試験のみ)は、平成28年度に2級(学科試験のみ)に合格し、平成29年6月17日までに2級の受検に必要な実務経験年数を満たす者が受検できます。

*上記①②の短縮される年数と、③の指定学科の詳細については試験部までお問合せ願います。

6. 試験地

学科試験：北広島市、滝沢市、東京都、新潟市、名古屋市、大阪市、広島市、高松市、福岡市、那覇市

実地試験：石狩市、岩沼市、栃木県下都賀郡壬生町、秩父市、小松市、富士市、刈谷市、明石市、小野市、広島市、善通寺市、福岡県糟屋郡須恵町、沖縄県国頭郡宜野座村

*それぞれの希望受験地を申込み時に選択していただきます。

*学科試験地及び実地試験地は、会場の都合で変更する場合があります。

*受検する建設機械の種類により、実地試験地が制限されます。当協会のホームページに掲載している「受検の手引」でご確認ください。

7. 試験の種目・種別と使用機械等

この試験は、学科試験と実地試験により行われ、学科試験に合格した方が実地試験を受検できます。

(1) 学科試験(平成29年6月18日(日))

1級：択一式と記述式により、土木工学、建設機械一般、法規、各種別の機械に関する一般的知識を問います。

2級：択一式により、共通科目として土木工学、建設機械一般、法規等の概略的知識と、選択種別の知識を問います(第1種～第6種の内、偶数・奇数の組合せであれば、1回の試験で最大2つの種別まで受検可能です)。

2級(学科試験のみ)：試験内容は上記2級と同じです。

※1級の実地試験のうち、「建設機械組合せ施工法(記述式A)」は、学科試験と同日(6月18日)に行います。

(2) 実地試験(平成29年8月下旬から9月中旬)

1級：6種目に区分された建設機械施工法の内から、申込み時に選択した2種目の機械を運転操作する試験(2級で合格した種別数だけ免除があります)と、記述式の試験(学科試験日に実施します)を行います。

2級：学科試験で合格した種別の機械で運転操作の試験を行います。

2級(学科試験のみ)：所定の実務経験年数を満足すれば、次年度以降に実地試験を受検できます。試験内容は上記2級と同じです。

2級(実地試験のみ)：試験内容は上記2級と同じです。

試験機械区分	種目・種別	試験使用機械
トラクタ系機械操作施工法	第1種	ブルドーザ
ショベル系機械操作施工法	第2種	油圧ショベル
モータ・グレーダ機械操作施工法	第3種	モータ・グレーダ
締固め機械操作施工法	第4種	ロードローラ
舗装用機械操作施工法	第5種	アスファルトフィニッシャー
基礎工事用機械操作施工法	第6種	くい打機
建設機械組合せ施工法	-	記述式の試験(1級のみ)

◆ 問合せ先、「受検の手引」販売窓口一覧 ◆

「受検の手引」の購入は、お近くの支部等にご連絡ください(関東地方は試験部)。

名 称	所 在 地	電 話 番 号
※一般社団法人日本建設機械施工協会 試 験 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館201-2 (URL http://www.jcmanet.or.jp)	03-3433-1575
同 施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大淵3154	0545-35-0212
※ 同 北海道支部	〒060-0003 北海道札幌市中央区北3条西2-8 さつげんビル5階	011-231-4428
※ 同 東北支部	〒980-0014 宮城県仙台市青葉区本町3-4-18 太陽生命仙台本町ビル5階	022-222-3915
※ 同 北陸支部	〒950-0965 新潟県新潟市中央区新光町6-1 興和ビル9階	025-280-0128
※ 同 中部支部	〒460-0002 愛知県名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル5階	052-962-2394
※ 同 関西支部	〒540-0012 大阪府大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル8階	06-6941-8845
※ 同 中国支部	〒730-0013 広島県広島市中区八丁堀12-22 築地ビル4階	082-221-6841
※ 同 四国支部	〒760-0066 香川県高松市福岡町3-11-22 建設クリエイティブビル4階	087-821-8074
※ 同 九州支部	〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2-4-30 いわきビル2階	092-436-3322
※ 一般社団法人沖縄しまて協会	〒901-2122 沖縄県浦添市勢理客4-18-1 トヨタマイカーセンター4階	098-879-2097
同 北部支所	〒905-1152 沖縄県名護市宇伊差川24-1	0980-53-1555

※印は郵送販売もいたします(3月24日まで)。その他は窓口販売のみです(4月3日まで)。

他にも、窓口販売を行っている機関があります。

詳しくは各地区のポスター・チラシあるいは当協会のホームページでご確認ください。



最近、当協会が行うこの技術検定の申込み手続きの代行業務やまぎらわしい名前の講習等の勧誘を行う民間団体がありますが、当協会とは関係がありません。当協会は、電話等により直接勧誘又は案内を行っておりません。また、他の機関に受付等の業務の一部を依頼することはありません。この技術検定の申込み、問合せは、ご本人が直接当協会に行ってください。

国土交通大臣指定試験機関

JCMA 一般社団法人 日本建設機械施工協会

URL <http://www.jcmanet.or.jp> 〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館201-2

論文投稿のご案内

日本建設機械施工協会では、学術論文の投稿を歓迎します。論文投稿の概要は、以下のとおりです。なお、詳しいことは、当協会ホームページ、論文投稿のご案内をご覧ください。

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

★投稿対象

建設機械、機械設備または建設施工の分野及びその他の関連分野並びにこれらの分野と連携する学際的、横断的な諸課題に関する分野を対象とする学術論文(原著論文)の原稿でありかつ下記の条件を満足するものとします。なお、施工報告や建設機械の開発報告も対象とします。

- (1) 理論的又は実証的な研究・技術成果、あるいはそれらを統合した知見を示すものであって、独創性があり、論文として完結した体裁を整えていること。
- (2) この分野にとって高い有用性を持ち、新しい知見をもたらす研究であること。
- (3) この分野の発展に大きく寄与する研究であること。
- (4) 将来のこの分野の発展に寄与する可能性のある萌芽的な研究であること。

★部門

- (1) 建設機械と機械設備並びにその高度化に資する技術部門
- (2) 建設施工と維持管理並びにその高度化に資する技術部門

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌へ掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289



「平成28年度版 建設機械等損料表」を発売しました。

一般社団法人 日本建設機械施工協会(会長:辻 靖三)は、書籍「平成28年度版 建設機械等損料表」を下記の通り発売しました。

本書は建設工事で使用される各種の建設機械や建設設備等に関する機械損料諸数値(国土交通省の“建設機械等損料算定表 平成28年度版”の内容に準拠)を掲載したものです。

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



書籍の表紙イメージ

***** 記 *****

■発売日 : 平成28年5月9日

■体 裁 : A4版、モノクロ、約460ページ

■本体価格(送料別)

一般価格 8,640円(本体8,000円)

会員価格 7,344円(本体6,800円)

■内容・特長

- (1) 国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に準拠
- (2) 機械経費・損料等に関する通達・告示類を掲載
- (3) 燃料・電力消費率を掲載
- (4) 書籍のサイズを、これまでのB5版からA4版に拡大

■備 考

従来当該書籍に掲載していた損料諸数値や損料補正等の計算例、運転単価表の作成例、機械器具等の概要解説(図・写真付)は削除し、これを別冊の解説書(下記参照)に集約する事によって両書籍間の役割分担を明確化。

***** 以上 *****

■書籍に関するお問い合わせ先

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館内)

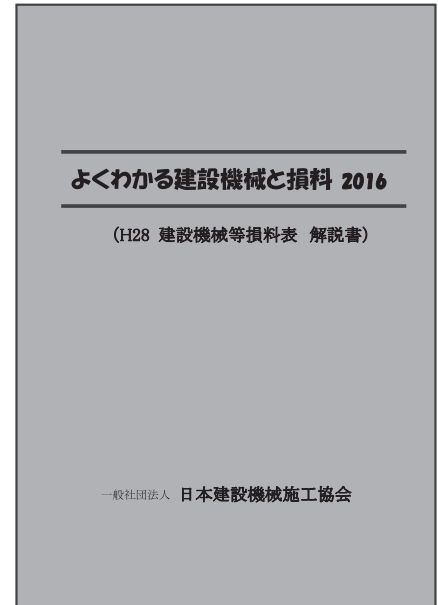
一般社団法人 日本建設機械施工協会 (電話 03-3433-1501)

「平成28年度版 建設機械等損料表」の解説書
「よくわかる建設機械と損料 2016」を発売しました。

一般社団法人 日本建設機械施工協会（会長：辻靖三）は、5月31日に書籍「よくわかる建設機械と損料 2016」を発売しました。

本書は先に発刊した書籍「平成28年度版 建設機械等損料表」の記載・掲載内容をわかりやすく解説したもので、下記のような多くの特長を持っています。

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



書籍の表紙イメージ

■発 売 日：平成28年5月31日

■体 裁：A4版，一部カラー，約320ページ

■価格（送料別途）

一般：税込 6,480円（本体 6,000円）

会員：税込 5,508円（本体 5,100円）

■内容・特長

- （1）損料表の構成・用語の意味，損料補正方法などを平易な表現で解説
- （2）17件の関連通達・告示類の位置付けと要旨を解説
- （3）H28損料表の主要な改正・変更点を一覧表にして紹介
- （4）損料表に掲載の機械について，大分類別にコード体系を図示
- （5）損料表に掲載の機械について，写真・図を添えて概要・特徴を紹介
- （6）主要な建設機械については，メーカー・型式名を一覧表にして紹介
- （7）「俗語⇒損料表における機械名称」対照表を掲載
- （8）書籍のサイズを従来のB5版からA4版に拡大

***** 以上 *****

■お問い合わせ先

東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館内）

一般社団法人 日本建設機械施工協会（TEL: 03-3433-1501）

2016年版 日本建設機械要覧

発刊ご案内

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

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



発 刊 日

平成28年3月末

体 裁

B5判、約1,340頁／写真、図面多数／表紙特製

価 格

一般価格 52,920円（本体49,000円）

会員価格 44,280円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（税込）となります。

（複数冊の場合別途）

特 典

2016年版日本建設機械要覧購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版、2004年版、2007年版、2010年版及び2013年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2016年版を含めると1998年から2015年までの建設機械データが活用いただけます。

2016年版 内容目次

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

今後の予定

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

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

日本建設機械要覧 2016年版	冊
-----------------	---

上記図書を申込み致します。

平成 年 月 日

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

◆ 申込方法 ◆

- ①官公庁：FAX（本部、支部共）
- ②民 間：（本部へ申込）FAX
（支部へ申込）現金書留のみ（但し会員はFAX申込可）
- ※北海道支部はFAXのみ

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

〔お問合せ及びお申込先〕

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	TEL 03 (3433) 1501 FAX 03 (3432) 0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 さつけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東 北 支 部	〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18 太陽生命仙台北町ビル5F	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北 陸 支 部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中 部 支 部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関 西 支 部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中 国 支 部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四 国 支 部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイティブビル	TEL 087 (821) 8074 FAX 087 (822) 3798
九 州 支 部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30 いわきビル	TEL 092 (436) 3322 FAX 092 (436) 3323

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

（これらの目的以外での利用はいたしません）当協会のプライバシーポリシー（個人情報保護法方針）は、ホームページ（http://www.jcmanet.or.jp/?page_id=422）でご覧いただけます。

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

☐ 当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

2016年版 日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版 発売通知

当協会では、国内における建設機械を網羅した『日本建設機械要覧』を2016年3月に刊行し、現場技術者の工事計画の立案、積算、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用頂き、好評を頂いております。

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

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

1	商品名	日本建設機械要覧2016 電子書籍（PDF）版		建設機械スペック一覧表、 電子書籍（PDF）版
2	形態	電子書籍（PDF）		電子書籍（PDF）
3	閲覧	Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス		Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス
4	内容	要覧全頁		spec一覧表
5	改訂	3年毎		3年毎
6	新機種情報	要覧クラブで対応		要覧クラブで対応
7	検索機能	1.単語検索		1.単語検索
8	附属機能 注）タブレット・スマートフォンは、 一部機能が使えません。	・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・目次からのリンク ・各章ごと目次からのリンク ・索引からのリンク ・メーカーHPへのリンク		・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・メーカーHPへのリンク
9	予定販売 価格 (円・税込)	会員	54,000（3年間）	48,600（3年間）
		非会員	64,800（3年間）	59,400（3年間）
10	利用期間	3年間		3年間
11	同時ログイン	3台		3台
12	認証方法	ID+パスワード		ID+パスワード
13	購入方法	WEB上にて申込み（HP参照下さい）		WEB上にて申込み（HP参照下さい）

発売時期

平成28年5月末 HP：http://www.jcmanet.or.jp/

Webサイト 要覧クラブ

2016年版日本建設機械要覧およびスペック一覧表電子書籍（PDF）版購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版、2004年版、2007年版、2010年版及び2013年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2016年版を含めると1998年から2015年までの建設機械データが活用いただけます。

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。

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



今後の予定

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

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

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内 ◆

会 費：年間 9,000円

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

★個人会員の特典

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

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非入会下さい!!

◆ 一般社団法人 日本建設機械施工協会について ◆

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

■会員構成

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

■主な事業活動

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

■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙を使用してください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会 個人会員に入会します。

平成 年 月 日

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

【会費について】年間 9,000円

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

【その他ご入会に際しての留意事項】

○個人会員は、定款上、本協会の目的に賛同して入会する個人です。 ○入会手続きは本協会会長宛に入会申込書を提出する必要があります。

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

【個人情報の取扱について】

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

一般社団法人日本建設機械施工協会 発行図書一覧表（平成 29 年 3 月現在）

消費税 8%

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	H28 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,240	2,160	500
2	H28 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2016	6,480	5,508	500
3	H28 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 28 年度版	6,480	5,508	500
4	H28 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 28 年度版	10,800	9,180	600
5	H28 年 5 月	平成 28 年度版 建設機械等損料表	8,640	7,344	600
6	H28 年 3 月	日本建設機械要覧 2016 年版	52,920	44,280	900
7	H26 年 3 月	情報化施工デジタルガイドブック【DVD 版】	2,160	1,944	400
8	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	972	864	250
9	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック（改訂 4 版）	6,480	5,502	600
10	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,240		400
11	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,240		250
12	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,160	1,851	400
13	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,376	2,160	400
14	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,024	2,560	500
15	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,086		500
16	H18 年 2 月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,456	2,880	400
17	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック（除雪機械編）*	1,029		250
18	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」（除雪編）	5,142		600
19	H15 年 7 月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,620	1,512	400
20	H15 年 6 月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル（案）	1,944		400
21	H15 年 6 月	機械設備点検整備共通仕様書(案)・機械設備点検整備特記仕様書作成要領(案)	1,944		400
22	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
23	H13 年 2 月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック（第 3 版）	6,480	6,048	500
24	H12 年 3 月	移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル（第 2 版）	2,675	2,366	400
25	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,208		600
26	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,320		500
27	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,700		400
28	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル*	3,888	3,456	500
29	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,160	1,944	400
30	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	500
31	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	500
32	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	600
33	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】	10,800	9,720	500
34	S 60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック*	6,480		500
35		建設機械履歴簿	411		250
36	毎月 25 日	建設機械施工【H25.6 月号より図書名変更】	864	777	400
			定期購読料 年 12 冊 9,252 円(税・送料込)		

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

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

特 集

グラビア

巻頭言

特集・
技術報文

地球温暖化対策，環境対策

- 4 2017 ふゆトピア・フェア in 函館
除雪機械展示・実演会，競技会（除雪車チャンピオンシップ）

- 8 自動車及び建設機械の排ガス浄化・低燃費化施策
塩路 昌宏 京都大学大学院エネルギー科学研究科 教授

- 9 二酸化炭素（CO₂）排出量を6割削減できる高炉スラグ
高含有セメントを用いたコンクリートの実工事への適用
ECM（エネルギー・CO₂ ミニマム）セメント・コンクリートシステム
辻 大二郎 ㈱竹中工務店 技術研究所 建設材料部門 構造材料グループ 主任研究員
小島 正朗 ㈱竹中工務店 技術研究所 建設材料部門 構造材料グループ グループリーダー
檀 康弘 日鉄住金高炉セメント㈱ 技術開発センター センター長

- 15 CO₂ 排出量削減に向けた IoT 技術の活用事例
IoT 技術で取得した建設機械稼働データの分析 KenkiNavi
高倉 望 東急建設㈱ 担当課長

- 20 水素社会を実現する具体的提言
産業廃棄物処理の現場から水素社会を実現する技術
村上 誠 NPO 法人新エネ研究会東日本 理事長
橋本 芳郎 NPO 法人新エネ研究会東日本 ㈱マイクロ・エナジー 代表取締役

- 27 土木機械設備における LCA 適用の考え方に関する一考察
石松 豊 国立研究開発法人 土木研究所 技術推進本部付
田村 敬一 国立研究開発法人 土木研究所 技術推進本部長

- 32 山岳トンネル工事のエネルギーマネジメントシステム
TUNNEL EYE
白石 雅嗣 ㈱銭高組 技術本部 技術研究所 主任研究員
畠中 健 ㈱イー・アイ・ソル 開発1本部 開発部 副部長
澤目 俊男 ㈱流機エンジニアリング 建設営業部 商品企画営業グループ グループ長

- 38 自動粉じん低減システム 粉じん見張り番
田中ゆう子 東亜建設工業㈱ 海の相談室 室長

- 44 帯電ミストによる浮遊粉塵除去システムの開発
マイクロ EC ミスト[®]
高木 賢二 鹿島建設㈱ 技術研究所 先端・メカトロニクスグループ 担当部長

- 49 グラブ浚渫の効率化と精度向上を実現したトータルシステム
浚渫施工管理システムに三次元データを導入したグラブ浚渫トータル施工システム
杉浦 仁久 東洋建設㈱ 土木事業本部技術営業部 部長

- 55 凝集効果が長期間持続する凝集剤による濁水処理方法の紹介
徐放性凝集剤「J フロック」
山崎 啓三 ㈱大林組 エンジニアリング本部環境技術第二部 副課長
黒岩 正夫 ㈱大林組 エンジニアリング本部環境技術第二部 部長
三浦 俊彦 ㈱大林組 技術研究所環境技術研究部 課長

- 60 自然由来ヒ素汚染土壌の分離浄化処理工法の開発
山本 達生 前田建設工業㈱ 土木事業本部 技術開発グループ チーム長
岩田 将英 前田建設工業㈱ 土木事業本部 技術開発グループ リーダー
増田 昌昭 前田建設工業㈱ 東京土木支店 施工第1グループ マネージャー

- 66 高性能ボーリングマシンの低騒音化・自動化
再生可能エネルギー熱の普及に向けた取組み
伊藤 春彦 ㈱東亜利根ボーリング 代表取締役

	71	トンネル工事の発破に伴う低周波音の低減装置 サイレンスチューブ 角田 晋相 (株) 銭高組 技術本部 技術研究所 主任研究員 石橋 知大 (株) アイ・エヌ・シー・エンジニアリング 機械システム部
	76	おもりを用いた工事振動低減工法の概要 地盤環境振動低減工法 GMD 工法 成田 修英 戸田建設技術開発センター 研究員
交流の広場	81	VR による BIM と建築環境シミュレーションの同時可視化システム 佐藤 大樹 大成建設(株) 技術センター 建築技術研究所 副主任研究員
ずいそう	85	建機ミニチュアの世界 井浦 和則 (南中央建機サービス)
	87	子供同伴研修 (ママとチビのステップアップ研修) 角崎由貴子 大成建設(株) 四国支店
JCMA 報告	89	平成 28 年度 一般社団法人日本建設機械施工協会研究開発助成 助成対象研究開発決定のお知らせ 二瓶 正康 一般社団法人 日本建設機械施工協会 技師長
	90	除雪機械展示・実演会、競技会 (除雪車チャンピオンシップ) 開催報告 2017 ふゆトピア・フェア in 函館
部会報告	97	アスファルトプラントの変遷 (その 7) 機械部会 路盤・舗装機械技術委員会 (アスファルトプラント変遷分科会)
連載	101	ISO/TC 国際会議報告 標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会
	117	平成 28 年度 第 2 回若手現場見学会 羽根トンネル工事視察 建設業部会
	120	新工法紹介 機関誌編集委員会
	121	新機種紹介 機関誌編集委員会
統計	125	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
	126	行事一覧 (2017 年 1 月)
	128	編集後記 (浅野・江本)

◇表紙写真説明◇

3D グラブバケットによる効率化、精度向上を実現した浚渫工事
写真提供：東洋建設(株)

港湾工事のグラブ浚渫における生産性向上をめざして開発した、法面勾配に合わせてバケットを傾けた状態で浚渫可能な「3D グラブバケット」である。従来のバケットは水平方向にしか掘削ができず、傾斜した法面部は階段状に掘削せざるを得なかった。本バケットは、水平も含め 6 段階の勾配に設定可能であり、これまで階段状に複数回掘っていた法面部においてバケット幅を一掴みで斜めに掘れることから、掴む回数を減らすことができ、効率性が向上している。

2017 ふゆトピア・フェア in 函館

除雪機械展示・実演会，競技会（除雪車チャンピオンシップ）

平成 29 年 1 月 26 日，27 日 北海道函館市 函館競馬場駐車場にて開催

◇会場風景 オープニングセレモニー



（一社）日本建設機械施工協会 辻会長挨拶



来賓，関係者によるテープカット



展示ブースを見学する来場者



除雪実演（デモ）状況を見つめる来場者

展示・実演会場には、除雪や建設の未来を担う子供たちや学生も来場しました。



会場近くの深堀保育園園児 20 人が見学



函館高専 社会基盤工学科 40 名が見学



展示ブースで熱心に質問する生徒たち



社会基盤工学科期待の将来の「けんせつ小町」たち

◇除雪機出展各社のブース



日本除雪機製作所(株)



(株)小松製作所



新潟トランスス(株)



(有)弘前重機



UD Trucks(株)



(株)協和機械製作所



(株)タイショー



名古屋電機工業(株)



範多機械(株)



矢野口自工(株)



日野自動車(株)

◇実演会



コマツグレーダ GD675



WEST SNOW WAGON



新潟トランスス とらん丸



新潟トランスス NR303



日本除雪機製作所 HTR308



矢野口自工 LADOG

巻頭言

自動車及び建設機械の 排ガス浄化・低燃費化施策

塩 路 昌 宏



我が国では、1997年末のCOP3京都議定書で約束された温室効果ガス削減目標に向けて、官民を挙げてCO₂削減に取り組んできた。COP3の翌年には省エネルギー法が改正され、エネルギー消費機器に対しトップランナー方式が導入された。国内のCO₂排出の約15%を占めていた自動車が、先ず対象の一つに指定され、ディーゼル車（2005年）、ガソリン車（2010年）に対し、車両重量に応じて細分化された燃費基準が設定された。

また、土木・建築に関わるCO₂排出量が、我が国の全産業の約2割を占めると試算された事を受け、建設施工の分野においても具体的かつ実行力のある地球温暖化対策が求められた。そのため1999年より国土交通省において検討を開始し、CO₂排出状況を把握してガイドラインを作成するとともに、工種別のCO₂排出対策が示された。とくに、建設機械の燃費評価手法の規格化と併せて、省エネ運転マニュアルおよび対策の手引きを作成し、業界を挙げた取り組みが期待された。

これら低燃費化施策と並行して、大気汚染防止の観点から自動車の排出ガス規制が環境省において検討され、環境改善の状況や国際動向を踏まえて、規制対象物質、試験モード、試験方法、規制値濃度等をほぼ2年おきに改正している。2002年の第五次答申（新長期規制）では2005年までにディーゼル車の大幅なPM（粒子状物質）低減が求められ、2005年の第八次答申では2009年目標（ポスト新長期規制）が設定され、PMとNO_xの規制強化により2010年までの環境基準の概ね達成が確保された。自動車による環境負荷の低減に伴い、建設機械・農業機械を含む特殊自動車の寄与が相対的に増加したことを受けて、2003年の第六次答申ではディーゼル特殊自動車から排出されるNO_x、PM、HC、COの許容限度目標が定められ、それに基づくオフロード法が2006年に施行されている。また、2008年の第九次答申では、排出ガス試験に世界統一のNRTCモードが定常モードに加えて採用され、冷機状態も加味されることとなった。

自動車の燃費基準は5年毎に見直され、2015年度目標では2010年度に比べて平均29.2%の改善が求められたが、技術開発の推進により全車種で早期達成が実現できた。続く2020年度目標では、従来車に加えて

ハイブリッド車の普及（18%と想定）を考慮し、2015年度目標からさらに平均19.4%の改善を要求している。

建設機械についても、自動車開発で培われた排ガス浄化技術および燃費改善技術の搭載状況を見極めた上で、燃費測定方法とデータ収集状況を把握し、2010年には低炭素型建設機械認定制度が創設された。燃費基準対象機械として油圧ショベル、ホイールローダ、ブルドーザを定め、JCMASによる燃費試験方法での燃費基準値が設定された。また、認定に係る制度を設計し、申請方法、同一型式範囲、燃費評価値の公表方法、認定ラベル等を定めて、2013年4月より燃費基準達成建設機械認定制度が開始された。さらに、2014年にはミニ油圧ショベル、2016年にはホイールクレーンが認定制度の対象に追加され、建設機械全体の約75%が燃費基準の対象となった。ただし、2010年及び2014年にはディーゼル特定特殊自動車の排出ガス規制が強化され、先ずはそれへの対応が必要となることから、ミニ油圧ショベル、ホイールクレーンについては2022年からの認定開始となる。

以上のように、建設機械に対する省エネルギー及び環境負荷低減への要求は厳しいものであるが、駆動源となるエンジンは自動車用を転用するものが多い。その技術開発について、最近、乗用車メーカー間の協調を核とする産官学連携の体制が構築されている。2014年4月にはAICE（自動車用内燃機関技術研究組合）が発足し、クリーンディーゼル後処理技術の高度化研究を実施している。同年度にはSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）の「革新的燃焼技術」プロジェクトが5年計画で開始され、高効率燃焼と損失低減による最大熱効率50%を目標に、基礎的現象解明から実用エンジンへの応用技術開発に挑戦している。

このようなオールジャパン体制でのエンジン研究開発の取り組みは日本では初めての試みであり、補助事業終了後の研究体制の継続・発展が、将来の日本のエンジン技術の進化に大きく寄与するであろう。加えて、最近では情報・通信・センシング技術の進展を基礎とするIoTの活用が世界的に注目され、電気機器の効率的利用や運用改善を含めたシステム全体のグローバルな発展が期待される。

二酸化炭素 (CO₂) 排出量を 6 割削減できる高炉スラグ 高含有セメントを用いたコンクリートの実工事への適用 ECM (エネルギー・CO₂ ミニマム) セメント・コンクリートシステム

辻 大二郎・小 島 正 朗・檀 康 弘

鉄鋼製造の副産物を用いた高炉スラグ微粉末をセメント中に 6～7 割と高含有させ、さらに収縮性能を高めた低発熱・低環境負荷セメントである ECM (エネルギー・CO₂ ミニマム) セメント (以下、本セメント) を NEDO 助成下の共同研究チーム^{a)} で開発した。本セメントは発熱が小さいこと、初期強度を向上できること、収縮が小さいこと、塩化物や酸などの化学抵抗性が高いことが特長である。本セメントを国内初の建築地下躯体に適用することで、CO₂ 排出量を従来セメント比で 6 割程度低減することができた。
キーワード：低炭素、二酸化炭素、高炉セメント、高炉スラグ、地下躯体、実適用

1. はじめに

近年、国内外の CO₂ 排出削減対策の動向が急激に変化しつつある状況であり、COP21 (国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議) における 2030 年度温室効果ガス排出削減目標の達成に向けて、具体的な施策を打ち出すための新たな段階にきている。今後、建設産業分野も適切な対応を図っていくことが求められている。

一方、国内の温室効果ガス総排出量の約 4% がセメント産業と言われており、この 4% のうち約 6 割に相当する 2.4% がセメントを製造する中間製品であるクリンカを製造するプロセスで原料 (石灰石) から化学反応によって発生するものであり、その排出削減は困難である。こうした中、一般社団法人日本建設業連合会は 2016 年 4 月にパンフレット「低炭素型コンクリートの普及促進に向けて」^{b)} を出版し、建設業に高炉スラグやフライアッシュなどの産業副産物を有効利用したコンクリートを普及することでコンクリート工事における CO₂ 排出削減に取り組み始めている。

このような背景のもと、著者らの研究グループ^{a)} は、一般に流通されている高炉セメント B 種 (高炉

スラグ含有率 40～45%) よりも更に高炉スラグ微粉末の混合率を 1.5 倍程度の 60～70% まで向上させ、CO₂ 排出量をポルトランドセメント比で約 60% 削減できる低炭素型のセメントの開発とそのセメントの利用技術の開発¹⁾ に取り組んできた。ここでは、本セメントの特長および実工事に適用した結果を報告する。

2. 本セメントの概要

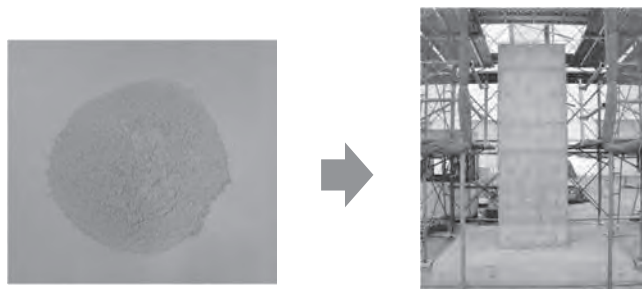
(1) 概要

本セメントは、特に地下躯体コンクリートの使用に適した特性を有する低発熱・低環境負荷セメントである。高炉スラグ微粉末を 60～70% 程度、普通ポルトランドセメントを 30% 程度含有し、高炉セメント C 種の JIS 規格に適合するセメントである。写真—1 に本セメントと本セメントを用いた構造体の例を示す。また、図—1 に本セメントの基本構成と CO₂ 排出量の目安を示す。CO₂ 排出量はポルトランドセメント製造時の 764.3 (kg-CO₂/t)²⁾ に対し、鉄鋼製造副産物を用いた高炉スラグ微粉末は 26.5 (kg-CO₂/t)³⁾ と 1/30 程度であることから、高炉スラグ含有率を高めるほどセメントの CO₂ 排出量は低減することとなる。本セメントは従来セメントの普通ポルトランドセメント (以下、N) に比べて約 65%、高炉セメント B 種 (以下、BB) に比べて約 45% の CO₂ 削減が期待できる。

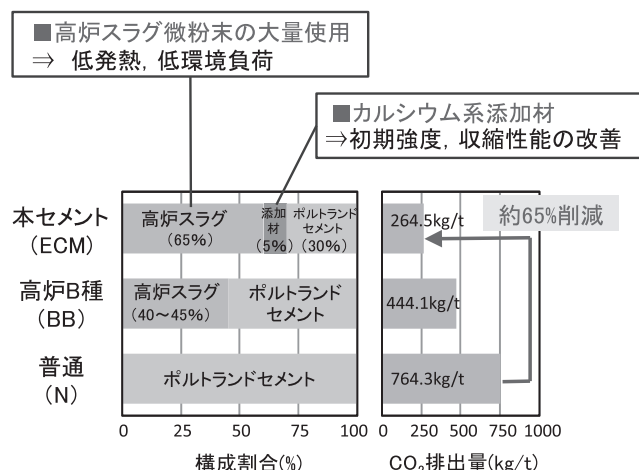
性能面では、JIS 規格の範囲内でカルシウム系添加材としてセッコウを少量添加しており、強度性状や収縮性能を改善し、高炉セメントのひび割れ抵抗性を向

a) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 「省エネルギー革新技術開発事業／実用化開発／エネルギー・CO₂ ミニマム (ECM) セメント・コンクリートシステムの研究開発」による ECM 共同研究開発チーム：(株)竹中工務店、(株)鹿島建設、(株)アイ・シー、日鉄住金高炉セメント(株)、太平洋セメント(株)、日鉄住金セメント(株)、竹本油脂(株)、国立大学法人東京工業大学

b) 一般社団法人日本建設業連合会 HP
<http://www.nikkenren.com/publication/detail.html?ci=237> (2016 年 12 月確認)



写真一 本セメント（ECM）と本セメントを用いた構造体の例

図一 本セメントの基本構成成分とCO₂原単位の目安

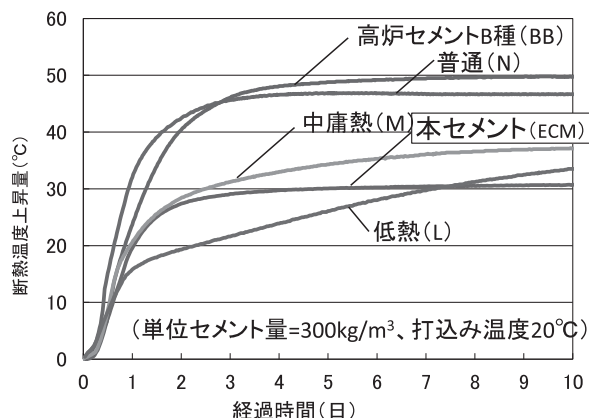
上させている。従来の高炉セメントB種は、建築用コンクリートのような強度の高い領域で用いると、逆に発熱が大きくマスコン用として不向きとされ敬遠される傾向があった。本セメントは、高炉セメントB種よりも高炉スラグ混合率を更に高めて発熱を低減させ、セッコウ少量添加により初期強度や収縮性能を改善させた低発熱・低環境負荷セメントであり、環境性能と基本性能（施工性、強度、耐久性）の両立を図っていることが開発コンセプトである。

(2) 特長

本セメントは高炉スラグを高含有すること、そしてSO₃量を適切に設定することで以下の特長を有している。

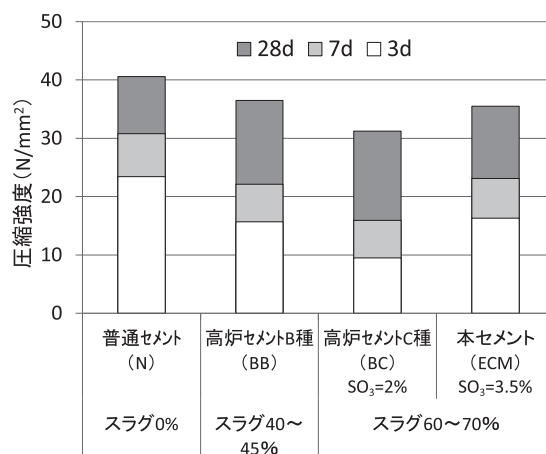
①水和熱が小さく、部材内の温度上昇を抑制できること

図一2に単位セメント量300 kg/m³、打込み温度20℃の場合のコンクリートの断熱温度上昇量測定結果の一例⁴⁾を示す。本セメントはNやBBより断熱温度上昇量は20℃程度小さく、中庸熱セメントとほぼ同等の発熱特性を有している。水和熱が小さいことは、マスコン部材の温度上昇を抑制でき、温度ひび割れの低減に効果が期待できる。

図一2 断熱温度上昇量測定結果の一例⁴⁾

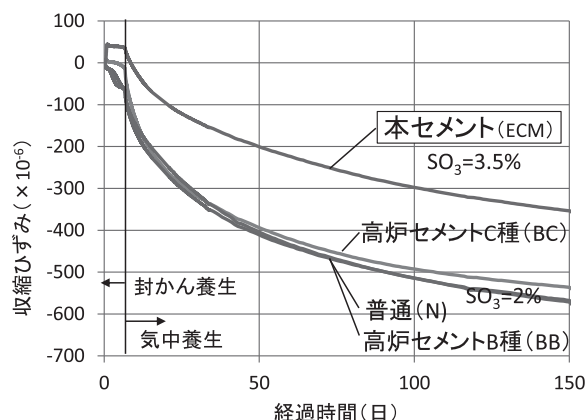
②初期強度を向上できること

図一3に圧縮強度特性の一例⁵⁾を示す。高炉セメントは初期強度の発現が小さく、特に高炉スラグの含有率が高いほどその傾向が顕著となり、短工期を指向する実工事の支障となる。本セメントはSO₃量を、通常の市販セメントの一般的なSO₃量(2%程度)より、少量添加して3.5%程度とすることで、初期強度(3日強度)の向上を図っている。

図一3 圧縮強度特性の一例⁵⁾

③収縮ひずみを低減できること

図一4に収縮ひずみ測定結果の一例⁵⁾を示す。10×10×40 cmの試験体に対し、打込み後材齢7日までの自己収縮（封かん養生）と材齢7日以降の乾燥収縮（気中養生）の足し合わせの収縮ひずみを示している。本セメントの収縮ひずみは、初期にセッコウ添加によるエトリンガイト生成により50μ程度膨張し、その後の乾燥収縮ひずみは従来セメントのN、BBおよび通常のSO₃量であるBCよりも材齢91日で200μ程度低減される傾向を示した。収縮ひずみを低減することで、高炉セメントの収縮ひび割れが生じやすい欠点の改善を期待できる。

図—4 自由収縮ひずみ測定結果の一例⁵⁾

④化学抵抗性が高く、塩化物や酸・硫酸塩の浸入に高い抵抗性を有すること

高炉セメントコンクリートの一般的な特長として、普通ポルトランドセメントコンクリートに比べて、耐海水性や化学抵抗性が高く、鉄筋を保護する性能に優れている。また高炉セメント硬化体は、全空隙が小さく緻密化することで水密性が高い性質を有し、長期に渡って圧縮強度が増進して安定した硬化体が形成される。本セメントを用いた高炉セメントC種相当の場合においても塩化物イオンの見掛けの拡散係数が小さく⁶⁾、また耐酸性、耐硫酸塩性に対する抵抗性が高く⁷⁾、アルカリシリカ反応 (ASR) が生じ難いこと⁸⁾を確認している。

(3) 適用部位

本セメントは以上のような特長を有する長所がある一方で、ポルトランドセメント使用量が少ないため、水和物である水酸化カルシウム生成量が少ないことで既存の普通ポルトランドセメントより中性化抵抗性は劣る。したがって、本セメントを使用する場合には、コンクリートを使用する部位などの条件を考慮し、その性能が十分に発揮されるように配慮する必要がある。

本セメントを用いたコンクリートは、耐圧盤・基礎や場所打ち杭などの地下躯体への適用が適している。耐圧盤・基礎の大きな断面の部材に用いた場合はマスコンの発熱量抑制による温度ひび割れの抑制が期待でき、場所打ち杭に用いた場合は地中の酸・海水など劣化因子やピット内の腐食性劣化因子に対して耐久性を向上が期待できる。本セメントを場所打ち杭に用いた場合の品質は施工実験を通して施工性、強度発現とも良好であることを確認している⁹⁾。施工例を写真—2に示す。



写真—2 本セメントを用いた場所打ち杭の例

3. 実工事への適用

本セメントを実工事の地下躯体 (耐圧盤) に適用した。施工性、圧縮強度の品質管理結果およびCO₂削減効果について、既報¹⁰⁾に一部写真を加えた形で報告する。

(1) 適用概要

建物と適用部位の概要を表—1に示す。写真—3に完成予想パースを示す。本コンクリートを医療施設となる建築物の地下耐圧盤 (鉄筋コンクリート造) の一部に適用した。耐圧盤は厚さ 800 mm であり上部は勾配を施すために増打ちコンクリートが施工される部位である。施工時期は 2014 年 10 月の標準期で、コンクリート数量が約 950 m³ であるため、ポンプ車 2 台を用いて 1 日で打設した。大阪府内のレディーミクス

表—1 適用概要

種別	項目	内容
建物	用途	医療施設 (大阪府内)
	構造	RC 造、一部 S 造
	規模	地下 2 階、地上 13 階、塔屋 2 階
適用部位	部位	耐圧盤の一部 (約 950 m ³)
	施工時期	2014 年 10 月初旬



写真—3 適用プロジェクト

トコンクリート工場で製造し、現場までの運搬時間は30～50分程度であった。

(2) 使用材料

セメントの試験成績表を表—2に、使用材料を表—3に示す。本セメントは密度 2.97 g/cm^3 、比表面積 $4060 \text{ cm}^2/\text{g}$ であり高炉スラグ微粉末を65%程度含んでいる。化学混和剤は高炉スラグが高含有した場合の運搬時のスランプの低下を抑制するために改良されたAE減水剤を使用した。

(3) コンクリート調合

コンクリート調合を表—4に示す。設計基準強度 (F_c) は 30 N/mm^2 に対して、実験により定めた出荷工場の構造体補正強度 (S値) の 6 N/mm^2 を加えて呼び強度を36と設定した。W/Cと単位水量 (W) は試験練の結果からそれぞれ46.0%, 176 kg/m^3 と定めている。目標スランプ (SL) は $15 \pm 2.5 \text{ cm}$ 、目標空気量は $4.5\% \pm 1.5\%$ とした。

表—2 セメント

		高炉セメント C 種 (JIS R 5211)	本セメント の試験値
密度	g/cm^3	—	2.97
比表面積	cm^2/g	3300 以上	4060
安定性	パット法	良	良
凝結	水量 %	—	29.2
	始発 h-min	60 min 以上	3-10
	終結 h-min	10 h 以下	5-30
圧縮強さ	3d	7.5 以上	18.2
	7d	15.0 以上	32.0
	28d	40.0 以上	51.1
化学成分	MgO	6.0 以下	4.33
	SO_3	4.5 以下	3.55
	強熱減量	5.0 以下	0.96

表—3 使用材料

項目		産地・銘柄
セメント (C)		ECM セメント (高炉セメント C 種) 密度 2.97 g/cm^3 、比表面積 $4060 \text{ cm}^2/\text{g}$
水 (W)		上澄水
細骨材 (S1)	30%	大分県津久見産 石灰砕砂 表乾密度: 2.65 g/cm^3 、吸水率 1.03%, FM: 2.90
細骨材 (S2)	70%	兵庫県家島産 砕砂 表乾密度: 2.57 g/cm^3 、吸水率 1.66%, FM: 2.90
粗骨材 (G)		兵庫県家島産 碎石 (2010と1505を1:1で混合) 表乾密度: 2.62 g/cm^3 、吸水率 0.92%, FM: 6.70
混和剤 (Ad)		AE 減水剤高機能タイプ (変性リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸系化合物の複合体)

(4) 適用結果

(a) フレッシュ性状

受入検査の試験結果を表—5に示す。 150 m^3 毎に各3回×7ロットの計21回の試験を実施した。スランプ試験の状況を写真—4に、スランプ試験結果を図—5に、空気量試験結果を図—6に示す。混和剤使用量は $C \times 0.7 \sim 0.9\%$ の範囲であった。受入検査のフレッシュ性状は管理値を満足し、概ね安定したコンクリートが供給できた。但し、交通渋滞などの影響により運搬時間が30分から60分まで差が生じたことや、施工中の外気温 ($22 \sim 27^\circ\text{C}$) の変化が大きいことなど種々の要因によって、スランプや空気量にややばらつきが生じたが、管理値の範囲内を満足した。コンクリート温度は $24 \sim 27^\circ\text{C}$ であり、塩化物イオン量は $0.01 \sim 0.02 \text{ kg/m}^3$ で規定値を満足した。

(b) 圧縮強度

受入検査の圧縮強度試験結果を図—7に示す。材

表—4 コンクリート調合

調合条件					単位量 (kg/m^3)					
F_c (N/mm^2)	SL (cm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	W	C	S1	S2	G	Ad
30	15	4.5	46.0	44.2	176	383	228	517	951	3.06

表—5 フレッシュ試験結果

項目		管理値	平均	N 数	最大値	最小値	標準偏差
スランプ (cm)		15 ± 2.5	15.2	21	17.5	12.5	1.69
空気量 (%)		4.5 ± 1.5	4.2	21	5.7	3.1	0.59
圧縮強度 (N/mm^2)	標準養生 28 日	36 以上	44.3	21	46.0	40.9	1.51
	現場封緘養生 91 日	30 以上	44.3	21	48.5	39.3	2.42



写真-4 スランプ試験状況

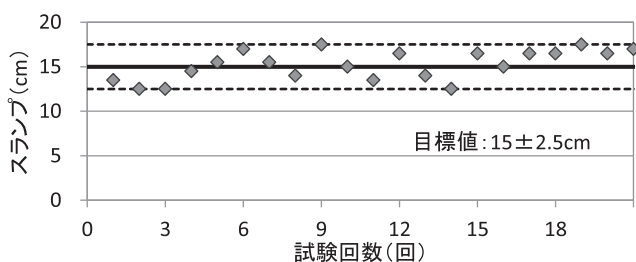


図-5 スランプ試験結果

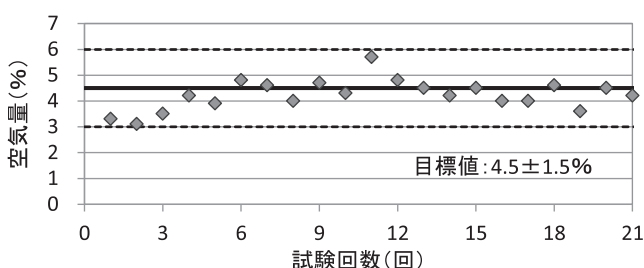


図-6 空気量試験結果

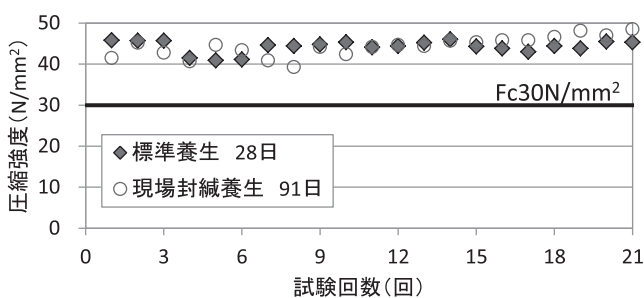


図-7 圧縮強度試験結果

齢 28 日の標準養生の強度は平均 44.3 N/mm^2 (標準偏差 1.51 N/mm^2) で呼び強度 36 を十分に満足した。また構造体強度の管理用として採取した材齢 91 日の現場封緘養生の強度は同様に平均 44.3 N/mm^2 (標準偏差 2.42 N/mm^2) であり、設計基準強度を十分に満足した。

(c) 施工性と硬化性状

耐圧盤打設状況を写真-5 に、本コンクリートの流動状況を写真-6 に示す。コンクリートポンプ車 2



写真-5 耐圧盤打設状況



写真-6 本コンクリートの流動状況

台で、計 950 m^3 を 11.5 時間 (7:30 ~ 18:00, 休息 30 分) で打設した。1 台当たりの打込み量は $41.3 \text{ m}^3/\text{h}$ となり通常の普通コンクリートとほぼ同等の歩掛りであった。ブームとフレキホース (20 ~ 30 m 程度) による圧送打込みを通常のコンクリート同様に実施できた。打設翌朝に床面 (金ゴテ 1 回押え) の硬化性状を確認し、ひび割れなどの変状は生じていなかった。

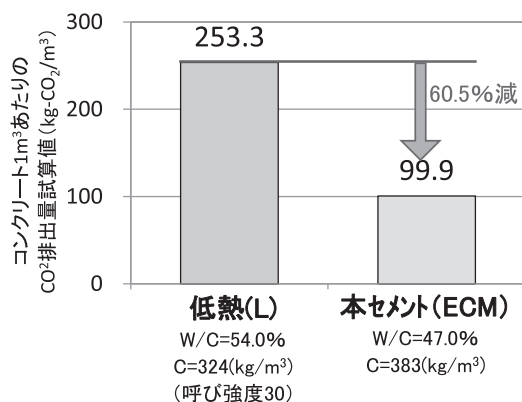
(d) CO_2 排出量

コンクリート 1 m^3 当たりの材料由来 CO_2 排出量の試算結果を図-8 に示す。耐圧盤に通常に使用される予定であった低熱セメントコンクリートと比較して、本セメントを用いたコンクリートの CO_2 排出量は 60% 程度低減できる試算結果となった。

従って、本工事に適用した本セメントを用いたコンクリートの適用量 950 m^3 の CO_2 削減量 (t-CO_2) は、
 $950 \times (253.3 - 99.9) \times (1/1000) = 145.4 \text{ (t-CO}_2\text{)}$
 であった。

4. おわりに

高炉スラグを高含有した本セメント (ECM セメント) を使用したコンクリートを実工事の耐圧盤に適用



＜試算方法＞
材料由来のコンクリート1m³当たりのCO₂原単位を下記原単位を用いて試算した。但し、化学混和剤は考慮していない。また、石膏の原単位はゼロとした。(単位:kg-CO₂/t)

ポルトランドセメント	: 764.3 *1
高炉スラグ微粉末	: 26.5 *2
水(W)	: 0.19 *3
天然細骨材(S2)	: 3.7 *2
石灰石骨材(S1, G)	: 2.9 *2

*1: セメント協会 セメントのLCIデータの概要, 2013
*2: 土木学会 コンクリートの構造物の環境性能照査指針(試案), 2005
*3: 国立環境研究所 産業関連表による二酸化炭素排出原単位, 1995

図ー8 CO₂排出量の比較

した。その結果、所定のフレッシュ性状および硬化性状の管理値を満たし、通常のコンクリート同様に施工できることが確認された。また、本コンクリートを実工事に適用することで、副産物である高炉スラグの有効利用を促進し、CO₂排出量を大きく削減できることを示した。今後、段階的に本コンクリートの技術を公開していく予定であり、コンクリート工事のCO₂削減に貢献していきたい。

謝 辞

本研究は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成による「省エネルギー革新技術開発事業/実用化開発/エネルギー・CO₂ミニマム(ECM)セメント・コンクリートシステムの研究開発」の一環として、東京工業大学坂井悦郎教授、(株)竹中工務店、鹿島建設(株)、(株)デイ・シイ、日鉄住金高炉セメント(株)、太平洋セメント(株)、日鉄住金セメント(株)および竹本油脂(株)による共同研究として実施しました。本研究に関わられた関係各位に紙面を借りてお礼申し上げます。また実出荷に際しご協力を賜った阪南産業(株)港工場の関係各位に謝意を表します。

J C M A

＜参考文献＞

- 1) 米澤敏男, 坂井悦郎, 鯉渕清, 木之下光男, 釜野博臣: エネルギー・CO₂ミニマム(ECM)セメント・コンクリートシステム, コンクリート工学, Vol.48, No.9, pp.69-73, 2010.9
- 2) セメント協会: セメントのLCIデータの概要, 2013
- 3) 土木学会: コンクリート構造物の環境性能照査指針(試案), 2005
- 4) 大塚勇介, 平本真也, 植木康知, 小倉東: 高炉スラグ高含有セメントの強度と発熱特性について, 第68回セメント技術大会講演要旨, pp.11-12, 2014.5 図5にNデータ追加

- 5) 辻大二郎, 小島正朗, 井上和政, 野口貴文: 高炉スラグ微粉末を高含有した結合材を用いたコンクリートの収縮ひび割れ抵抗性の向上に関する実験検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.1, 2016, pp.201-206.
- 6) Kamonratana Siripapa, 佐伯竜彦, 斎藤豪, 辻大二郎: Study on chloride ion penetration characteristic of concrete containing high volume replaced blast furnace slag, 第70回セメント技術大会講演要旨, pp.228-229, 2016
- 7) 伊藤是清, 小山智幸, 原田志津男: 高炉スラグ高含有セメントを用いたモルタルの耐酸性、耐硫酸塩性に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概週(近畿), pp.279-280, 2014
- 8) 久我龍一郎, 辻大二郎, 田中敏嗣, 小島正朗, 坂井悦郎: 高炉スラグ高含有セメントのアルカリシリカ反応(ASR)抵抗性の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), pp.343-244, 2016
- 9) 辻大二郎, 村上裕貴, 若井修一, 小島正朗: 高炉スラグ高含有セメントを用いた場所打ち杭の品質, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.1, 2015, pp.1357-1362.
- 10) 辻大二郎ら: 高炉スラグ高含有セメントを用いたコンクリートの基礎躯体への適用, 日本建築学会大会学術講演梗概週(関東), pp.539-540, 2015

【筆者紹介】

辻 大二郎(つじ だいじろう)
(株)竹中工務店
技術研究所 建設材料部門 構造材料グループ
主任研究員



小島 正朗(こじま まさろう)
(株)竹中工務店
技術研究所 建設材料部門 構造材料グループ
グループリーダー



檀 康弘(だん やすひろ)
日鉄住金高炉セメント(株)
技術開発センター
センター長



CO₂ 排出量削減に向けた IoT 技術の活用事例

IoT 技術で取得した建設機械稼働データの分析

KenkiNavi

高 倉 望

筆者らは、近年脚光を浴びている IoT の技術を導入して、建設機械の稼働状況を遠隔で監視するシステム KenkiNavi（以下「本システム」という）を開発し、そのシステムを活用して建設機械の CO₂ 排出量をリアルタイムに算定する実証試験に着手した。本システムは、市販されている小型のマシンコミュニケーション機器（以下、センサと呼ぶ）をシガレットホルダーや電源コンセントに挿し込み、インターネット回線を通してクラウド上でデータを蓄積・分析・可視化するシステムである。

本稿では、本システムから得られる建設機械の稼働データを分析し、従来方法で算定した CO₂ 排出量と妥当性評価、CO₂ 排出量算定方法の違いによる CO₂ 排出量の比較、運転の経験年数の違いによる CO₂ 排出量の削減効果の検証に活用した事例を報告する。

キーワード：IoT、CO₂ 排出量管理、CO₂ 排出量削減、環境負荷低減

1. はじめに

建設業は、建設機械から発生する騒音・振動や CO₂ 排出ガスの低減など現場周辺環境への負荷低減に対して積極的に対応している。その中でも CO₂ 排出ガスの削減に対しては、工事現場で計画段階における CO₂ 排出量予測、定期的な CO₂ 排出量の管理などを実施している。しかし、工事現場で算定している CO₂ 排出量は、作業内容などから建設機械の 1 日の稼働時間や輸送距離を仮定して算定しているため、必ずしも実際の CO₂ 排出量を評価するには至っていない。

そのような中、筆者らは、近年になって急速に発展している IoT 技術を導入した本システムを開発し、その機能を用いて CO₂ 排出量をリアルタイムに算定するモニタリングシステムの実証試験に着手した。

本稿では、建設機械の CO₂ 排出量に対して、本システムで得られる値と従来方法で算定された値とを比較して妥当性を評価した。また、CO₂ 排出量算定方法の違いによる CO₂ 排出量を比較した。さらに、バックホウ運転手の運転経験年数による CO₂ 排出量を比較することで建設機械運転の習熟度による CO₂ 排出量削減効果を定量的に検証した。

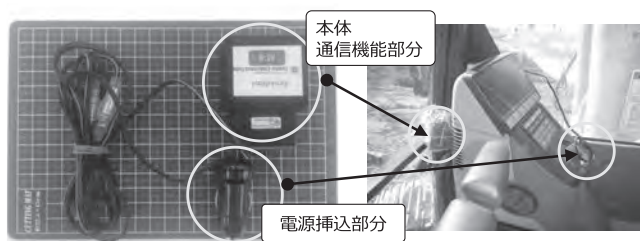
2. 本システムの概要について

本システムは、建設機械に取り付けた小型のセンサ

からインターネットを介して、稼働データをクラウド上に蓄積・分析・可視化できるシステムである（図—1 参照）。具体的には、3～5 秒間隔で建設機械の稼働情報（稼働／停止情報、位置、速度、加速度）を取得し、携帯データ通信網（3G 回線）を経由してクラウド上のサーバーに蓄積し、走行軌跡、到着時間、時間—速度曲線、CO₂ 排出量の時系列図など Web 画面上で可視化する。建設機械に取り付けるセンサは、乗用車やトラックなどに使用されている市販品を改良したものである。センサ本体は、長さ：50 mm × 幅：50 mm × 厚み：25 mm と小型であるため、運転席内に取付けても運転の支障とはならない（写真—1 参照）。また、シガレットホルダーや電源コンセントがあれば配線工事が必要なく、ほぼ全てのメーカーの建設機械に取り付けることができる。さらに、センサに通信機能や GPS 機能を搭載しているため、データ送信



図—1 本システムのイメージ図



写真—1 本システム用センサの取り付け状況

に必要なインターネットケーブルやルータなどの付属品が必要なく単体で使用できる。

3. CO₂ 排出量削減のための活用事例

本システムを用いて、掘削工や残土搬出工におけるバックホウと大型ダンプのCO₂排出量を算定した。以下にCO₂排出量の算定方法および算定値の活用事例を示す。

(1) CO₂ 排出量の算定方法

建設機械のCO₂排出量の算定は、(一社)日本建設業連合会のエネルギー使用量の算定方法に準じ、現場内は燃料法、現場外は燃費法の2通りの方法を用いた¹⁾。ここで、燃料法は、総稼働時間と燃料消費量からCO₂排出量を算定する方法である。一方、燃費法は、輸送距離と燃費からCO₂排出量を算定する方法である。燃費法は、燃料使用量を直接把握することが難しい場合に用いられる方法である。

(a) 燃料法

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ 排出量 (ton-CO}_2\text{)} \\ &= \text{総稼働時間 (h)} \times \text{燃料消費量 (ℓ/h)} \div 1000 \\ &\quad \times \text{CO}_2 \text{ 排出原単位 (ton-CO}_2\text{/kℓ)} \end{aligned}$$

(b) 燃費法

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ 排出量 (ton-CO}_2\text{)} \\ &= \text{輸送距離 (km)} \times \text{燃費 (ℓ/km)} \div 1000 \\ &\quad \times \text{CO}_2 \text{ 排出原単位 (ton-CO}_2\text{/kℓ)} \end{aligned}$$

上式の算定に用いた諸係数を表—1に示す。燃料消費量の値は、(一社)日本建設機械施工協会発行の「建

設機械等損料表」²⁾の値、CO₂排出原単位は、(一社)日本経済団体連合会の調査結果³⁾の値を参考にした。燃費法に用いた燃費は、一般的に用いられている推定値を用いた。なお、本システムでは、上式の“総稼働時間”と“輸送距離”を自動で取得することができる。

(2) 本システムで算定したCO₂排出量の活用事例

今回の実証試験をした現場数は、2現場である(本論文では、A現場およびB現場と呼ぶ)。A現場は、短い距離を大型ダンプトラック(以下、大型ダンプと略す)で現場内を運搬する工事である。運搬する総土量は約25万m³、1日の運搬回数は15～16回/台である。B現場は、比較的長い距離を大型ダンプで現場外を運搬する工事である。場外搬出土量は、約35万m³である。2台のバックホウで40～50台/日の大型ダンプに積み込み、片道約20km先の捨場へ運搬する工事である。1日の運搬回数は3～4回/台である。

CO₂排出量の算定方法は、A現場が、大型ダンプとバックホウとも場内作業となるため燃料法を用いた。B現場の大型ダンプは現場外を運搬するため燃費法、バックホウは現場内で作業するため燃料法を用いた(表—2参照)。

表—2 現場毎のCO₂排出量算定方法

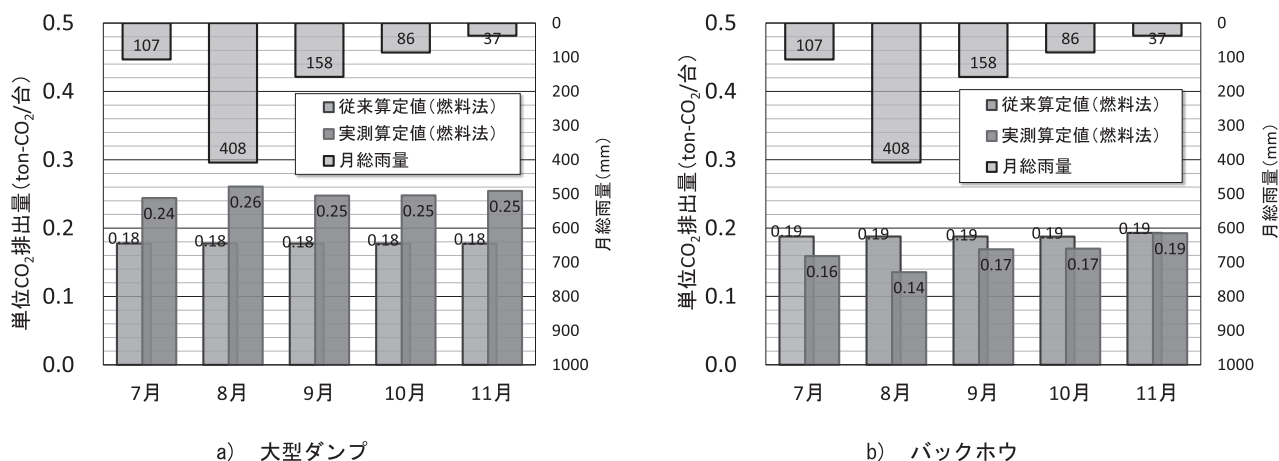
	大型ダンプ	バックホウ
A 現場	燃料法	燃料法
B 現場	燃費法	燃料法

(a) 従来のCO₂排出量算定方法で算定した値との比較に活用

A現場では、バックホウと大型ダンプの1日の作業時間(8時間)のうち5.5時間稼働すると仮定してCO₂排出量を算定している(従来方法と呼ぶ)。しかし、実際の稼働時間は、施工条件や気象条件で日々変化する。運搬車両に限っては、運行ルート of 交通事情などにも影響される。そこで、1台当りの月積算CO₂排出量(単位CO₂排出量と呼ぶ)に対し、本システムで取得した稼働時間の実測値を用いて算定した値

表—1 CO₂排出量の算定に用いた諸係数

種類	規模	単位時間当り消費量	換算係数	燃費	適用
		ℓ/h	kg-CO ₂ /kℓ	km/ℓ	
大型ダンプ	≥ 10 t	—	2,623	2.5	場外(燃費法)
大型ダンプ	≥ 10 t	12.3	2,623	—	場内(燃料法)
バックホウ	0.5 m ³ ≤, ≤ 1.0 m ³	13.0	2,623	—	場内(燃料法)

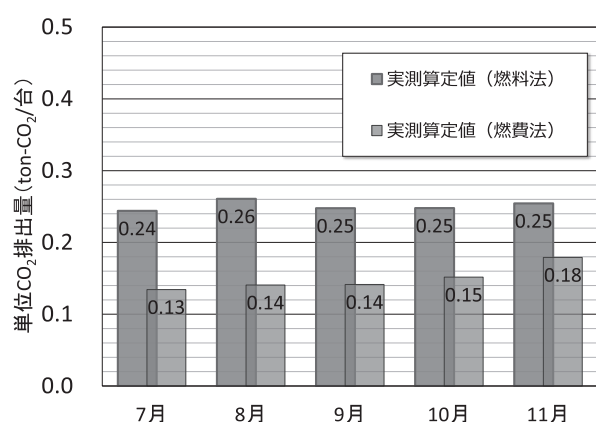
図一2 従来算定方法と本システム算定方法との1台当りの月積算CO₂排出量比較 (A現場)

(実測算定値と呼ぶ)と従来方法で算定した値(従来算定値)とを比較した(図一2参照)。なお、稼働時間は、降雨の有無に影響されることから図中に月総雨量を追記した。

図一2から、実測算定値と従来算定値を比較すると、大型ダンプは月総雨量に関係なく実測算定値が4割程度多い。バックホウは8月で実測算定値が従来算定値と比較して3割程度少なく、それ以外は実測算定値が降雨量と正の相関で変動し、12月は従来算定値とほぼ同値となっている。この要因として捨て場の土砂受け入れ条件が影響していると考えている。具体的には、今回の捨て場は、地形に高低差があるため、少量の降雨でも場内運搬が困難となり受け入れを中止していた。捨て場が受け入れを中止すると大型ダンプによる運搬作業が中止となり、単位CO₂排出量と月総雨量に関係がなくなる。一方、バックホウは、少量の降雨でも掘削や整地作業で稼働するものの、大型ダンプへの土砂積み込み作業がなくなるため単位CO₂排出量が減少しているものと推察している。

この結果から、A現場では建設機械の稼働時間に対して、大型ダンプは8時間程度が妥当、バックホウは現時点で仮定した5.5時間が妥当であると判断している。しかし、月総雨量を加味すればより精度が高いCO₂排出量の算定が期待できる。今後も、本システムから得られるCO₂排出量のデータを蓄積し、CO₂排出量管理手法の精度を向上する。

(b) 算定方法の違いによるCO₂排出量の比較に活用
CO₂排出量算定を場内と場外を使い分けている根拠として、(1)で述べた通り燃料使用量の直接把握の容易さが考えられる⁴⁾。しかし、建設現場では場内および場外とも燃料使用量を直接測定することは難しい。そこでA現場における大型ダンプの単位CO₂排出量を燃料法と燃費法で比較した(図一3参照)。図一3

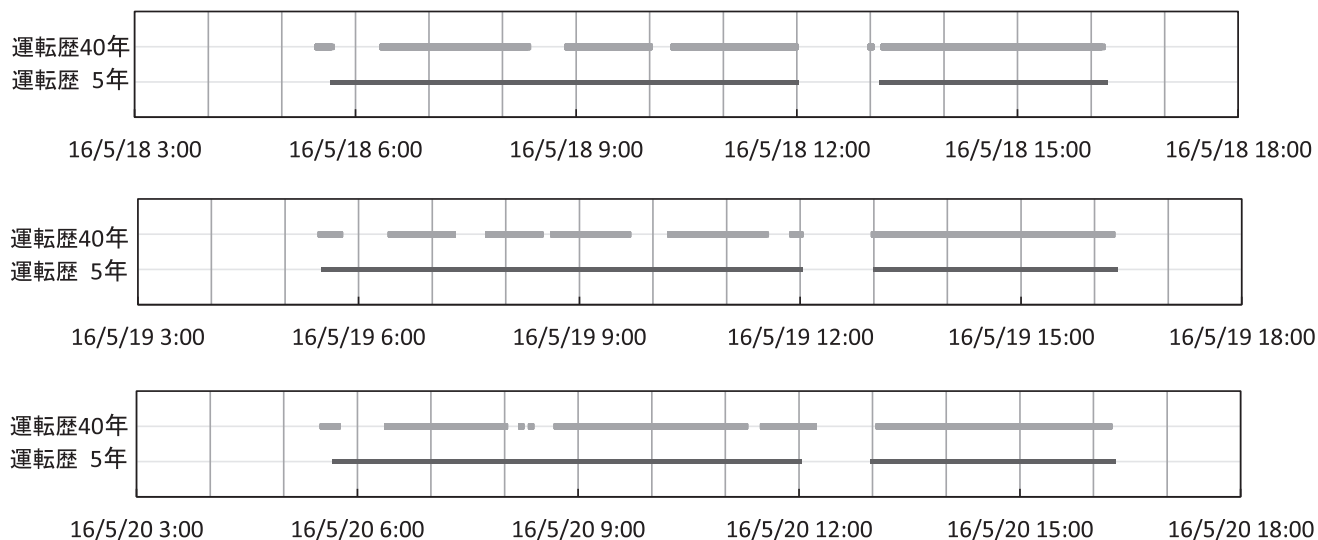
図一3 算定方法の違いによる大型ダンプのCO₂排出量比較 (A現場)

から、単位CO₂排出量は、燃料法で約0.25 ton-CO₂/台、燃費法で約0.15 ton-CO₂/台と燃料法に比べて燃費法で算定したCO₂排出量が約4割小さい。この結果から、A現場のCO₂排出量は、算定方法によって大きく差があることが分かった。ここで、燃料法が稼働時間を基に算定するのに対して、燃費法は輸送距離から算定されることから、アイドリングストップを推進することで輸送距離による燃料使用量が実際の値に近づくものと考えられる。よって、A現場のCO₂排出量は、アイドリングストップによる削減効果が期待できるものと推察される。

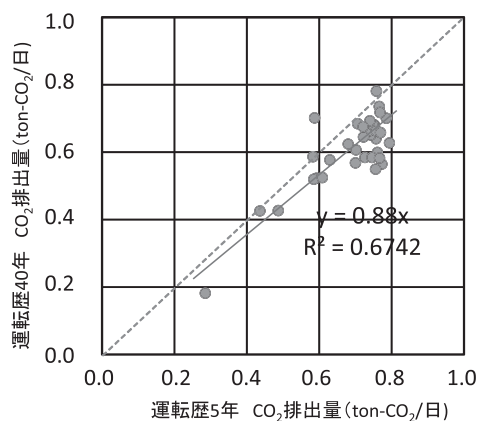
(c) 運転の経験年数の違いによるCO₂排出量の削減効果を検証に活用

B現場では、2台のバックホウが近接して掘削し、大型ダンプへの土砂積み込み作業を行った(写真一2参照)。ここで、それぞれのバックホウの運転手の運転歴が5年と40年と差があったことから、運転経験によるCO₂排出量を比較した。そのデータの中から晴天が続いた3日間を抜粋して横棒グラフで示す(図一4参照)。

図一4から、運転歴40年の運転手は、運転歴5年

図—4 バックホウのCO₂排出量の範囲横棒グラフ (B 現場)

写真—2 バックホウの稼働状況 (B 現場)

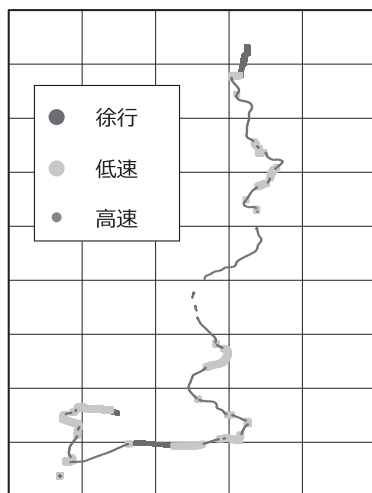
図—5 習熟度によるCO₂排出量の比較 (B 現場)

の運転手と比較して午前中にアイドリングストップの回数が多いことがわかる。ここで、運転歴40年の運転手のアイドリングストップが午後に確認できなかった理由として、大型ダンプの走行間隔が時間と共に均等化して、土砂積み込みのための待機時間が短くなったためと判断している。

次に、それぞれの運転手に対して、同日のCO₂排出量をプロットした(図—5参照)。ここで、プロットした点が図中の点線上に載れば、その日は運転経験に関係なく同量のCO₂を排出したことを意味する。図—5から、当該現場のバックホウの1日のCO₂排出量は、運転歴40年の運転手が運転歴5年の運転手より約1割削減されている結果が得られた。この要因は、図—4で示したアイドリングストップの効果が考えられる。今回得られた結果から、熟練の運転手による省燃費運転教育等を行い、効果的なCO₂排出量削減活動を現場全体に展開していく。

4. 今後の展開

本システムは、CO₂排出量を電子データとして大量に蓄積することができる。A現場の実証試験では、この機能を活用して稼働位置とCO₂排出量を分析・可視化することで、作業時間以外のアイドリング時間が長い運転手や走行中の急加速・急停止回数が多い運転手に対してピンポイントに省燃費運転教育を行い、効果的なCO₂排出量削減に繋げる計画である。また、稼働時間や輸送距離から直接CO₂排出量を管理するだけでなく、GPSの位置情報と組合せることで施工の効率化に繋がるツールでもある。例えば、図—6に示すように走行軌跡と速度の関係を可視化することで、赤色や黄色の太字で示すような渋滞箇所を回避して稼働時間を削減したり、土砂積み込みのバックホウと運搬用の大型ダンプとの稼働時間を調整することで、大型ダンプの土砂の積み込み・荷卸し待機時間を短縮したりして、CO₂排出量の削減を目指す。



図一6 走行軌跡と速度の分布図 (B 現場)

5. おわりに

建設業では、調査・施工・維持管理・解体に至る一連のプロセスにおいてCO₂の排出低減が求められている。そのため、(一社)日本建設業連合会は、国内の企業活動における2030年には、建設施工段階におけるCO₂削減目標を施工高当りの原単位で「1990年度比25% (26,866 kg-CO₂/億円) 減」を目標として取り込んでいる⁵⁾。

そのような中、IoTの技術を導入して建設機械の稼働状況を監視する本システムを開発し、建設機械のCO₂排出量をリアルタイムに可視化するモニタリングシステムの実証試験に着手した。その結果、本システムから取得した稼働時間や輸送距離の実測値を用いて

精度が高いCO₂排出量を算定し、その値を基に、従来方法で算定したCO₂排出量の妥当性評価、各種提案されているCO₂排出量の算定方法の比較、さらにバックホウの運転手の習熟度によるCO₂排出量を検証した事例を報告した。

今後も多くの現場に本システムを導入し、建設機械のデータを蓄積・分析・可視化することでCO₂排出量管理と削減効果の評価を継続していく。また、CO₂排出量削減などの環境保全だけでなく生産性の向上、安全や品質の向上、工期短縮などに活用することで建設分野におけるIoTの推進にも貢献する。

J C M A

《参考資料》

- 1) (一社)日本建設業連合会地球温暖化防止対策ワーキンググループ：CO₂排出量調査マニュアル2011, P.2, 2011.6.
- 2) (一社)日本建設機械施工協会：平成27年度建設機械等損料表, pp. (17)～(19), 2015.5.
- 3) 例えば、(一社)日本経済団体連合会：環境自主行動計画「温暖化対策編」, 2014.4.
- 4) 経済産業省・国土交通省：物流分野のCO₂排出量に関する算定方法ガイドライン, p.4.
- 5) (一社)日本建設業連合会：建設業の環境自主行動計画 第5版, 0.12-13, 2013.4.

【筆者紹介】

高倉 望 (たかくら のぞむ)
東急建設(株)
担当課長



水素社会を実現する具体的提言

産業廃棄物処理の現場から水素社会を実現する技術

村 上 誠・橋 本 芳 郎

18世紀におきた産業革命以降、大量生産による廃棄物量の増大と化石燃料の大量消費によるCO₂の大量発生は、現在、我々が直面し解決しなければならない喫緊の課題である。廃棄物の大量発生は地球環境の悪化を招き、CO₂の増加は地球温暖化により、数々の異常気象を引き起こしている。

本稿で紹介するのは、NPO 新エネ研究会東日本のメンバー1社が永年研究してきた、廃棄物処理とCO₂抑制を合わせて解決しながら、水素エネルギーを主体とする持続可能エネルギーを創出する“BTL技術”の紹介である。これは、映画『BACK TO THE FUTUER』のデロリアンでおなじみの廃棄物をエネルギーに変換させる理想の処理技術である。

キーワード：廃棄物、水素、BTL、発電

1. はじめに

世界的に地球温暖化防止対策が、緊急課題となっている中、「カーボンニュートラル」な資源として、バイオマスの有効利用が注目されている。日本においても2012年7月から再生可能エネルギーの固定価格買取制度がスタートし、いよいよ我が国でもバイオマス資源の有効利用へ向けての本格的な取り組みが開始されるかと思いきや、太陽光が活況を呈する一方で、バイオマス利用の成功事例がなかなか見当たらず、有効な解決策の提案が求められている現状である。加えて「地球温暖化防止対策」や「COP21」によるCO₂削減等に見られる世界的な石油代替エネルギー導入の流れが形成され、太陽光、風力、バイオマス、廃棄物等を利用した新エネルギーへの転換技術の開発が強く求められている。また、経済発展著しい新興国においては発展に伴い拡大する慢性的な電力不足や有効なゴミ処理技術が普及していないことによる環境汚染や健康被害が拡大傾向に有る。特に都市部と農村部の地域格差が顕在化しているのが特徴である。現代日本においても、大きな社会問題の一つにエネルギー問題がある。2011年3月に発生した東日本大震災に起因した福島原子力発電所の事故により、全ての原発が停止して一時は深刻な電力不足が想定され、産業活動や市民生活に不便と不安を与え、日本経済に大きなダメージを与えたことは記憶に新しいところである。この一極集中的なエネルギー問題を解消すると同時に、環境問題を

も好転させる画期的な方策の一つとして、身の回りにある廃棄系のバイオマスや都市ゴミ・産廃に代表される未利用資源を原料にして、水素や液体燃料・電気・熱エネルギーに変換することが可能な「有機物のガス化による水素エネルギー化システム」を提言する。

2. 廃棄物処理の役割変化

廃棄物処理の世界ではこれまでもリサイクルやリユースが声高に叫ばれてきたが、現実には異種物質の分別、汚染除去、経年劣化、添加剤を含むプラ類、腐敗や傷み等様々な理由や問題で有効利用されることなく、焼却処理や埋め立て処理されてきた。特にリサイクルの分野では異種分別、汚染除去や洗浄、異物除去、破碎粉碎等の作業に人手と経費が掛かる為にバージンより原価が高くなる傾向に有り、全体に普及することは困難な状況にあった。一方で、世界的な潮流であるバイオマスエネルギーの利活用については木質系バイオマスの燃料利用がその主流を占めるが、平地に森林が多く存在する北欧やカナダ、熱帯・亜熱帯地域の森林環境とは大きく異なり、日本は急峻な山間部にその多くが存在し、加えて林業が衰退した現状に於いては流通コストも含めて“使い捨てのエネルギー”を製造する為の原料には不向きな現状である。また液体バイオ燃料についても米やトウモロコシ等の食用作物との競合問題が発生して赤信号が点灯し、非食用のパーム燃料等は輸入燃料に頼らざるを得ない。

再生可能エネルギーの多くは自然の気象変動に左右されて不安定であり、発電が主流なので蓄電池等による大量貯蔵技術の開発が待たれる。しかし我々が必要とするエネルギーは電気だけではないことから、世界中でもっぱら輸送や貯蔵の容易な石油に頼らざるを得ない理由のひとつである。

3. 廃棄物から水素を製造する技術

バイオマスや有機性廃材から液体燃料や電力・熱を“同時に創出する方法”が既に存在することはあまり知られていない。ましてやバイオマスや廃棄物から高濃度の“水素ガス”を製造する方法があることはほとんど知られていない。これまで水素の大量生産は、製鉄所におけるコークス生産時に副次的に発生する水素を流用するか、石油や天然ガスを改質して製造するのが一般的であった。前者の場合は生産地域や発生量が限定的であり、後者の方法は高コストの為に大規模に行われ、広い地域で利用する為には大量のエネルギーを消費して高い圧力に圧縮する必要があり、タンクローリー車で運搬する為には更に多くの石油燃料を消費する必要があった。そしてこの方法は依然として石油由来の水素製造法であり、輸送・製造過程でも多くのエネルギーを消費しなければならず、その為に日本はこれからも原料の石油や天然ガスを海外から輸入し続けなければならないということになる。最近では、太陽光発電による電気で水を電気分解して水素を作る方法が提唱されているが、太陽光発電の発電効率は低く、広大な設置面積を必要とするので、これも限定的といわざるを得ない。

一方で、生活ごみの大半はバイオマス由来であり、都市ゴミには多くのプラスチックやビニール類が含まれていて高いカロリーを有している。道路や公園整備の際に発生する剪定枝や間伐材は常時恒久的に発生している。これらのバイオマスやゴミと呼ばれる物質から大量の水素を製造することが可能であることはまだよく知られていない。この理由は、これまでに多くのバイオマスをガス化する技術が開発されてきたが、いずれもその生成ガスの体積に占める水素の割合が10～20%程度と少なく、またタールの発生によって継続的な運転が妨げられるために実用化出来ていないことが主たる原因であった。単一の種類でなくかつ組成の安定したバイオマスを原料に使ってのガス化ですら上記のような結果であるから、ゴミなど論外だった訳である。もしこれが実現すれば、文字通り“持続可能なエネルギー”と胸張って言えるわけであるが、都

市ゴミは、その組成や大きさの分布、水分含有量が地域や季節によって大きく変動する。このことは、処理装置（炉）内の反応条件が安定しないことを意味しており、計算上の平均値としては十分な燃焼エネルギーを有していても、多くの焼却炉がその炉内温度を安定させる為に大量の助燃油を消費している事実はよく知られているし、広い火床面積の全面を均一に燃焼させることは非常に高度の制御技術が要求される。更には、原料の大きさや流動性（水分量や粒度・形状に起因する）が変動することや設計条件を逸脱することで多くの不具合が発生する。

4. 都市ゴミや廃棄物から“水素”を製造する方法

廃棄物処理の手法としては“有機物の焼却処理”及び“無機物の埋め立て処理”が一般的であるが、其れ以外にも前述の“ガス化法”と“炭化法”が有る。“焼却法”と“ガス化法・炭化法”の決定的な違いは、炉内雰囲気、酸素過多状態であるか、無酸素状態であるかの違いである。一般的に有機物は150～250℃前後の温度環境下で空気（酸素）が存在すると、物質中の炭素（C）と酸素（O）が結合してCO₂を生成する燃焼反応を起こして全てを熱に変換してしまう。一方、ガス化法はメタンガスや水素ガスと言ったエネルギー利用可能な活性ガス成分を多く含んだガス体を生成する。炭化法はこの中間の技術で、メタンガスや一酸化炭素（CO）といった活性ガス及び固形の炭化物を生成する。

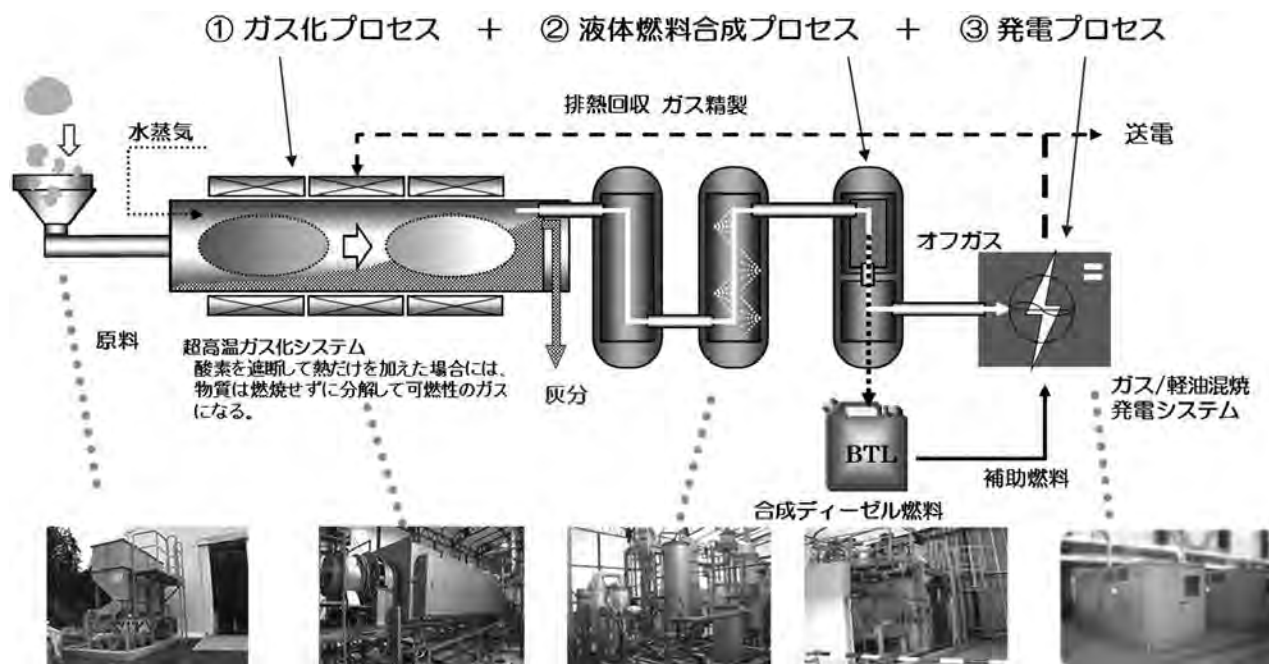
焼却炉からの排気ガス組成は、その大半がCO₂や窒素酸化物・硫黄酸化物と言った不活性ガスで、再利用可能なエネルギーは“熱”だけである。多くの市町村の焼却炉に隣接して、市民プールが設けられているのはこの理由からである。

具体的に前述の“バイオマスや有機性廃材から液体燃料や電力・熱を同時に創出する”ことを実現する技法が、「BTL システム（図—1）」であり、これは有機物のガス化工程とその生成ガスを触媒によって液体燃料に変換することを主要プロセスとするシステムの総称である。「BTL」とは、「Biomass To Liquids」の頭文字をとったもので、「バイオマス資源の液体燃料化」技術という意味である。一般的に「BTL」というと、固形のバイオマス資源をまずガス化し、そのガスを触媒技術によって合成して軽油や灯油相当（代替可能）の液体合成燃料を創り出す技術のことであり、また合成した液体燃料そのもののことを指す場合もある。そ

の特徴を説明すると、まず原料については基本的に有機物であれば何でも利用できるという大きな優位性があり、非常に応用範囲が広い。例えば農業においては、収穫物以外に葉や茎が利用でき、林業においても商品にならない未利用の端材部分(70%以上ともいわれる)や根も利用可能になる。そのほか、一般的な都市ごみにも大量の有機物が含まれているので、これらが全てBTLの原料になり得る。この原料の多様性は、食料との競合問題も全く無く、油資源が無い地域でも、等しく地産地消の軽油や灯油を自給自足出来る可能性を持つことができる。原料の多様性に富んだBTLと、供給源に限られた他のバイオ燃料を比較すると、BTLの優位性は圧倒的に高いといえる。そして、BTL製造プロセスを構成する多くの要素技術は既に実在しているので、これから全く新しい原理や発明等を探求する必要は無い。すなわち既存の技術や企業を再編成

して新たな産業を創出することが出来るということである。また創出エネルギーを利用する際には、非常に広汎な分野において化石燃料の消費を低減できるという、従来のバイオ燃料とは異なる優位性がある。これは、BTL油そのものが従来の石油製品と同等に扱える炭化水素構造であり、様々な石油関連製品がこれから製造可能だからである。

次に、この“ガス化法”によって大量の水素を生成する方法を説明する。高温の条件下で有機物質に水分を反応させると水素が発生することは広く知られているが、我々は徳島県那賀町及び同町森林組合の協力を得て、現地に実用レベルの規模で“BTLシステム”の実証設備を建設し、5年に及ぶ長期の実証試験を行った(写真—1)。その結果、従来方法より更に高温かつ希薄酸素状態の一定の条件下ではこの反応が更に促進されることを証明した。そして最終的には、原



図—1 BTLシステムのプロセスフロー

2009年に徳島県・那賀町にBTL実証設備を建設

- ・平成21年度経済産業省の委託事業採択、21年12月に完成
- ・2015年3月末日まで実証運転を継続し、様々なデータを取得。
- ・処理能力：2.5ton/day、BTL油合成可能量は450L/d（木質系バイオマスを原料とした場合）



写真—1 設備構成機器

料物質が何であろうと、このガス化反応では有機物質中の炭素（C）と水蒸気しか関係しないという事実を突き止めた。これは、都市ゴミやバイオマスはその重量組成の約50%，更に廃プラスチック類は70%前後が炭素で構成されている（表—1参照）ことから、これらを原料として大量の水素を製造することが可能であることを証明した。

以下の表—1に都市ゴミや木質バイオマスの組成を示す。

この技術で木質系バイオマスを“ガス化”して生成したガスの組成は以下の表—2の通りである（固形の有機物であればバイオマス以外の物質でも同様の結果を得られる）。表—3の通り、他のガス化技術に比較して生成ガス中の水素（H₂）成分濃度が高く、一方で、不活性な残留窒素（N₂）成分及び二酸化炭素

（CO₂）成分が少ないことが大きな特徴である。100 kg 前後の都市ゴミから凡そ100 m³のガスが生成可能で、そのうちの65 m³強が水素ガスで占められているのである。廃プラ系や油脂系の廃棄物が多く混合しているほどその生成ガス量と水素ガス量は増える。

表—3に示すように、世界的に著名なガス化技術を有する会社と比較してみても、水素濃度が高く、窒素濃度は非常に低いことがわかる。酸化剤も安価な水蒸気の使用のみで、表中で比較的水素濃度の高いガスを生成しているドイツのCHOREN社のように高価な純酸素を使うこともしていない。

また、タール（Tar）の発生についても第三者測定機関の分析結果で以下の数値が得られている。タール成分もほとんどガス化していることが特徴である（ガス化炉出口で測定）。

表—1 都市ゴミの組成

表1-2 東京のゴミ組成

		単位
水分	29.8	%
可燃分	64.3	%
灰分	5.9	%
低位発熱量	3030	kcal/kg
炭素分	32.4	%

出典：有明清掃工場 H25年度ゴミ性状調査

表 1-3 木質系バイオマスの平均的組成（乾燥状態）

		単位
炭素分（C）	52.0	%
酸素分（O）	42.0	%
水素分（H）	4.8	%
窒素分（N）	1.2	%
低位発熱量	4,200	kcal/kg

注）左表の炭素分量は32.4%(wt%)であるが、可燃分が64.3%なので、乾燥状態では50.4%となり約50%が炭素分であることが判る

表1-1 廃プラスチック類中の炭素含有率及び排出係数

年度	炭素含有率(%)					平均炭素含有率	排出係数 (kgCO ₂ /t)
	東京都	横浜市	川崎市	神戸市	福岡市		
63	65.62	67.05	—	—	71.85		
1	65.63	71.38	—	—	71.65		
2	71.08	71.81	—	—	71.74	69.25	2,514
3	70.34	69.64	—	—	75.87	70.73	2,567
4	68.76	71.71	—	—	73.29	70.68	2,566
5	74.45	72.43	—	—	74.74	70.38	2,555
6	65.90	68.40	—	—	75.14	71.54	2,597
7	67.86	72.60	—	—	75.16	72.79	2,642
8	70.56	75.28	—	78.42	75.59	72.72	2,640
9	78.44	71.84	—	80.63	75.38	72.72	2,640
10	—	73.29	75.99	80.35	75.27	72.72	2,640
11	*	*	68.91	*	*	72.72	2,640

注）・—はデータが入りできないことを示す。

・*はデータが未発表であることを示す。

・東京都は家庭ゴミ、その他の自治体は清掃工場ゴミの分析値である。

・平成9～11年度の平均炭素含有率及び排出係数（斜体部分）は暫定値である。

表—2 ガス組成 実証データ（単位は体積%）

Microenergy Co.,	酸化剤	ガス化温度 ℃	H ₂	CO	CH ₄	CO ₂	N ₂	H ₂ /CO	低位発熱量 kcal/kg
チャンピオンデータ	水蒸気	1,050	66.5	28.1	0.4	0.4	4.0	2.3	2,600
平均的データ	水蒸気	1,050	52.7	25.2	0.38	16.7	4.25	2.1	2,154

表—3 ガス組成 他社データ

	酸化剤	ガス化温度	H ₂	CO	CH ₄	CO ₂	N ₂	H ₂ /CO	低位発熱量
ENERKEM'S BIOSYN PROCESS（カナダ）	空気	700～900	6.0	13.6	3.0	15.5	58.0	0.4	823
	酸素添加空気	700～900	12.0	15.0	4.0	26.7	36.3	0.8	1,106
CHOREN（ドイツ）	純酸素	800～1,000	37.2	36.4	0.1	18.9	0.1	1.0	2,060
TPS FLUIDISED BED GASIFICATION（イタリア）	Air	700～800	8.6	8.8	6.5	15.7	45.8	1.0	1,044

- NO.1 13.0 mg/Nm³ 徳島設置 BTL 実証設備
(2012 年 1 月測定)
- NO.2 14.0 mg/Nm³ 同上
- NO.3 14.0 mg/Nm³ 山梨設置 BTL 実証設備
(2012 年 2 月測定)

表—4 は、一般的なガス化方式の平均的なタール発生量の傾向を示したものであるが、最も少ない“Down Draft”方式に比べても上記の値は一桁小さな値であることが判る。

表—5 は、30 時間連続稼働時の生成ガス組成データをグラフ化したものである。従来技術に比してガス組成が長時間にわたり安定していることが大きな特徴である。生成ガス量は時間当たり平均 65 Nm³、低位発熱量は約 2,500 kcal/kg 平均である。第二の特徴は、H₂ と CO の組成濃度が、液体燃料の合成反応（FT 合成）に最適な 2 : 1（60% : 30%）に安定して制御されていることである。CO₂ が 10% 以下なのは、ソリューションロス反応と呼ばれる以下の反応が起きていると考えられる。



つぎに、先にも述べたように都市ゴミは、その組成や大きさの分布、水分含有量が地域や季節によって大きく変動して安定しない特徴が有る。これを安定化させることが出来るのが“炭化処理技術”である。炭化処理は原理的には“炭焼き”の技術であり、有機物の炭素分だけを残す技術である。炭化処理をすると不要な揮発成分は燃焼又はガス化／タール化し、水分は蒸

発してドライな炭素分が残る。多くの場合は処理前の形状のままで炭化するが、これは非常に脆く、容易に破碎・粉碎して、均一の粒状形状に揃えることが出来る。これによって、後工程の搬送や投入における流動性が飛躍的に向上し、処理系全体が安定化する。炭化処理技術は、ワークサイズや空気の混入防止の点においてガス化技術よりも寛容（ラフ）な為、原料変動に強く、オペレーションが格段に容易であることが特徴である。大量処理になるほど有利である。炭化処理することによって、重量も体積も減量・減容化し、含有水分の蒸発効果もあって、もとの 35% 前後に減量化する。一方で、過剰に空気を混入させず、300℃前後の低温で処理すれば、ガス化に必要な炭素成分はもとの 70～95% 程度残存させることが出来る。揮発成分の一部は熱分解により、メタン（CH₄）、エタン（C₂H₆）、一酸化炭素（CO）等の形でガス化するので、燃焼させて炭化処理の熱源や予備乾燥の熱源として利用することが可能である。

表—6 は木質系バイオマスの代表的な原料である間伐材の生（ナマ）原料と炭化処理後の原料組成を比較した表である。炭素だけが残る、発熱量（エネルギー量）が 2.5 倍に凝縮されたことが判る。

表—6 間伐材炭化処理比較

	水分	C	H	O	低位発熱量
炭化せず	26.5%	36.8%	4.4%	32.3%	2,940
炭化処理	0.2%	92.1%	2.2%	4.2%	7,120

kcal/kg

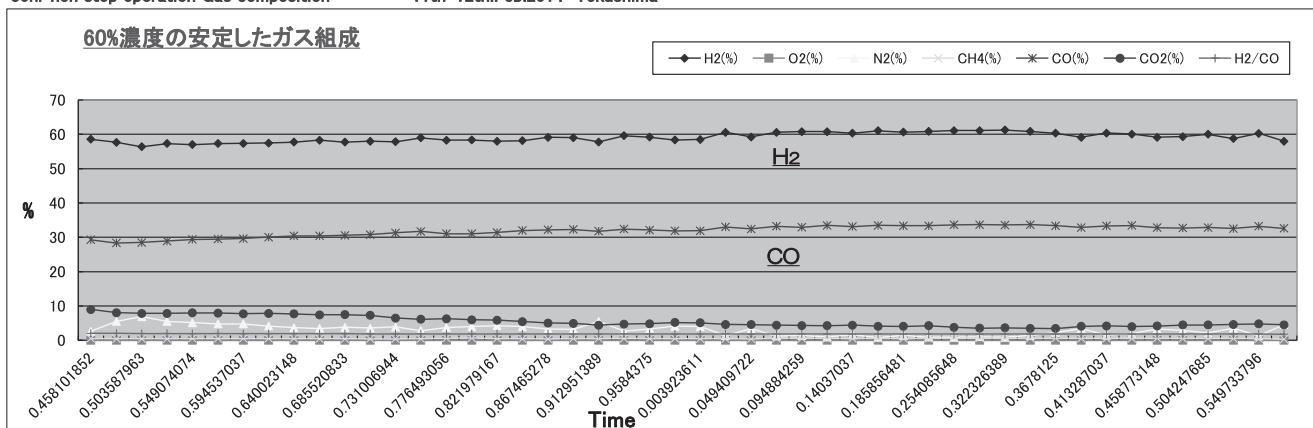
表—4 ガス化方式によるタール発生量の違い

	Down Draft ガス化炉	Up Draft ガス化炉	流動床 ガス化炉
Tar (mg・Nm ³)	100 - 150	12,000	2,000

表—5 長時間運転におけるガス組成の安定性

30hr non stop operation Gas composition

11th-12th.Feb.2014 Tokushima



また、生原料の状態では原料供給（投入）の際に、原料サイズが大きいほど物質間の空隙が大きく、そこに空気を抱いて炉内に投入され、結果的に燃焼用の酸素を供給してしまうことになるが、前述のように炭化物は脆いために容易に微細粒子化して密に集合する。ガス化処理に於いては炉内を若干の負圧で運転する為に、生原料の場合は、投入動作のたびに空隙を通じて大量の空気（外気）が炉内に吸引され、炉内で発生させた水素と混入空気中の酸素が反応して燃焼し、水素を消費するだけでなく、不要な CO_2 を発生させて生成ガスの組成を悪くしてしまう。（焼却炉の場合は、強制的に燃焼用空気を送り込んでいるのでこのことは問題にならない）ということで、前処理として炭化処理をすることで、従来は焼却処理すら難しいと言われていた種々雑多な混合物の塊である都市ゴミや廃棄物からバイオマス以上の水素が製造可能であることがお分かり頂けたと思う。

5. 水素の安全性

さる 2011 年 3 月に福島第一原子力発電所で水素爆発が起こり、原子炉建屋が吹き飛んだ映像は人々の記憶にいまだに強烈な印象を残している。しかし、単位体積当たりで比較すると水素自体の保有エネルギーは身近な都市ガス（13A）や LPG（プロパンガス）よりもずっと小さいのである（表一七）。その燃焼範囲は空気中の体積で 4～75% 含まれている場合に限定され、それ以上濃度が高くては低くても着火はしない。また、発火点は 527℃ とガソリンの 500℃ よりも高く、自然発火しにくいガスといえる。万一、屋外で容器から漏れたとしても軽いガスであるため、ただちに空気中に拡散してしまい開放空間での爆発はほとんど無いといえる。水素自体は人体に無害、燃焼の排気も水蒸気と少量の窒素酸化物のみで中毒の恐れも皆無である。ボンベやタンクに高圧で大量に保管する場合はそれなりの対策が必要であるが、本稿で述べているような地域分散型、オンサイト型のシステムで小規模・小量にガスを作って、瞬時に消費してしまうような使い方の場合は、貯蔵しないことも相まって、その安全性は他の燃料ガスに比較して高いと言える。

表一七 ガスの種類による保有エネルギーの違い

	単位	低位発熱量
水素	kcal/Nm ³	2,600
都市ガス	kcal/Nm ³	9,900
プロパンガス	kcal/Nm ³	26,000
ガス化生成ガス	kcal/Nm ³	2,200

6. 都市ゴミ 100 ton から製造出来る持続可能エネルギーの量

前述の東京都のゴミ組成表に基づいて計算すると、100 ton の都市ゴミから $100 \text{ ton} \times 32.4\% \times 70\%$ （収率）＝22.7 ton の炭素分が得られ、ガス化対象となり、この炭素分から概略 69,000 Nm³ の生成ガスが得られる。この生成ガスの単位発熱量は平均的に 2,158 kcal/Nm³ なので、149,000 Mcal の発熱量を有していることになる。これは、全量を発電装置に供給した場合、57 MWh の発電が可能なエネルギー量であり、これは日本の平均的な家庭ならば、凡そ 5,700 世帯を終日まかなえる電力量である。また、BTL 燃料合成と発電を同時に行った場合は、10,000 L のディーゼル燃料と 22.5 MWh（同上 2,250 世帯）の電力を得ることが出来る熱量である。

このように、地域規模の少量バイオマスや都市ゴミのような廃棄物であっても、水素燃料化して、それを熱や電気、更には石油代替の液体燃料にまで変換することが可能な技術が既に存在することをご理解頂けたと思う。これが“BTL システム”と呼ばれる技術で、世界的にも“BTL-System”の呼称でその利用分野を急速に広げているが、日本ではまだあまり知られていない技術である。この技術は、そのままでは利用価値の低い様々な未利用資源を、高付加価値のエネルギー形態に変換することが出来るのである。電気・熱や液体燃料といった使い易い形態の代替エネルギーに変換して提供することで、化石燃料や原子力エネルギーに対する地域社会の依存度を減らすと同時に地域経済を活性化することが可能である。そして、持続性が高く、クリーンで柔軟・安全な次世代型のエネルギー創造技術なのである。このユニークで高性能なガス化技術を駆使すれば、地域の都市ゴミや未利用資源から持続可能なエネルギーとして、水素燃料及び熱・電気・液体燃料を作り出すことが出来る。そして、地域社会とその経済構造を環境問題と高価な石油エネルギー消費の呪縛から解放し、画期的な“地域産業モデル”を構築し、日本のみならず世界に貢献していくことが可能となる。

7. BTL システムを地域に普及させた場合の具体的効果

地域に広く賦存する都市ゴミや未利用資源を原料にして、これらの個体を気体である水素（ H_2 ）及び一酸化炭素（CO）にまでガス化し、その生成ガスを燃

料として利用し、発電はもとより、触媒合成による“B・T・L”として知られる“合成液体燃料を製造するシステム”を地域社会に導入する。それは、これまでのような巨大な産業用プラントではなく、小規模・分散型のオンサイトシステムであり、そのガス化技術は燃料合成のみならず、水素燃料や燃料電池式発電所が安価に利用可能な未来社会の実現に現実的な道を開く斬新なシステムである。身近な例として、エネルギー創出のための原料として地域の公園や道路整備の際に大量に発生・廃棄される剪定枝や間伐材を利用する場合を考える。この原料は典型的なバイオマスであるにもかかわらず、廃棄物として定義され、取り扱われている。従来は堆肥化や焼却処理を地域行政が税金という費用を投じて行ってきた。しかし、剪定枝は水分含有量が40～50%と多い為に発熱量が小さ目なのであるが、10 tonの剪定枝から凡そ7,200 kWhの発電を行うことが出来る。これは日本の平均的な家庭ならば、凡そ720世帯を終日まかなえる電力量である。さらに剪定枝の有効利用で年間3,650 tonもの廃棄物処理が不要になる。

8. 剪定枝を原料として水素エネルギーを製造した場合の水素の価格

石油や水の電気分解によって製造する“水素”はまだ高価なエネルギーであるが、2015年9月に大手燃料メーカーA社の1kg1,100円に続いて、B社が1kg1,000円での販売を発表した。これは、1m³当たりの価格に計算し直すと、水素1kgは11.2m³であるから、約¥90～¥100/Nm³ということになり、T社の“MIRAI”の公表仕様から逆算すると、ほぼ現状のガソリン市販価格と同等という結果になるので、かなり無理をした戦略的な数字だと思う。一方、剪定枝10 ton/日からの年間水素製造量は2,000,000 Nm³で、年間製造経費は概略6,000万円なので、¥30/Nm³となり、これは政府が策定した2030年度の達成目標に等しい製造価格である。これに加工経費及び販売経費を加えても十分に競争力が有ることが分かる。水素ステーションを設置した上での販売価格も、前述の価格に対しては十二分に競争力を持っており、有償で処理している廃棄系の未利用資源を原料とした場合は、天文学的に採算性が向上するはずである。以上のことから、これまで言葉だけであった“来るべき水素社会”というものが、すでに現実的に地域レベルで実現可能であることがお分かり頂けたと思う。

9. おわりに

これまで私たちは石油燃料や電気といったエネルギーは有ってあたりまえ、いつでも望むときに手に入るものと思ってきた。一方で役目を終えて不要になった生活ゴミや廃棄物は決められた場所に捨てておけば、誰かが適正に処理してくれるものだと思ってきた。しかし、石炭や石油といった化石エネルギーは有限の資源であり、これまで先進国6億人で分け合ってきたものを、これからは中国やインド、東アジア圏といった発展途上国を含めて30億人以上で分け合わなければならない。完全に枯渇するのは少し先だとしても、その絶対量は不足し、価格が高騰することは避けられず、その状況はますます厳しいものになることが予想される。また一方では、地球温暖化対策や廃棄物処理といった「環境問題」は、発展途上国を筆頭に、全地球規模で対応が急がれている。既に我々には身の回りから容易に入手可能な都市ゴミや廃棄物からエネルギーを取り出して、電気や熱、更には石油に替わる液体燃料や水素エネルギーを創り出すことが可能な技術が存在していることは、ここまで具体的に述べてきた。この豊かな日本に暮らしていると分からないかもしれないが、世界に目を向けるとまだまだ電気や水道の無い国や地域がたくさん存在する一方で、ゴミや未利用バイオマスが身の回りに沢山存在するわけで、これらを原料にして“持続可能なエネルギー”が作り出せたらこれ以上に素晴らしい事は無いと言える。このような背景の中で、いまこそ日本は“物造り先進国”として「エネルギー問題」と「環境問題」の両方を同時に解決すべく、この「持続可能エネルギー創造システム」を世界に向けて送り出さなくてはいけないと考えている。

JCMA

【筆者紹介】

村上 誠（むらかみ まこと）
NPO 法人新エネ研究会東日本
理事長



橋本 芳郎（はしもと よしろう）
NPO 法人新エネ研究会東日本
㈱マイクロ・エナジー 代表取締役



土木機械設備における LCA 適用の考え方に関する一考察

石 松 豊・田 村 敬 一

地球温暖化の主な要因である CO₂ 排出量に関して我が国は 2013 年時点で世界全体の約 3.8% を占め、世界で 5 番目に位置している。近年、地球温暖化等の環境問題を踏まえ、持続的な社会の構築に向けて LCA の方法論が導入されている。我が国の土木建設活動における環境負荷の問題も、軽視できない状況にあり、社会資本整備を担っている国土交通省も地球温暖化、廃棄物処理や天然資源消費等の地球環境問題に積極的に取り組んでいる。

本稿では、建築・下水道・土木（道路・河川）分野等で取り組まれている LCA 適用の考え方を土木機械設備分野においても検討し、その概要及び課題を考察した。

キーワード：土木機械設備、LCA、地球温暖化、CO₂ 排出量、枯渇性資源、エネルギー資源消費量

1. はじめに

LCA とは、Life Cycle Assessment（ライフサイクルアセスメント）の略称で、ISO14040 等でも述べられているように製品に関わる資源の採取から製造、使用、廃棄、輸送などすべての段階を通して、投入資源、排出環境負荷及びそれらによる地球や生態系への環境影響を定量的、客観的に評価する方法論である¹⁾。

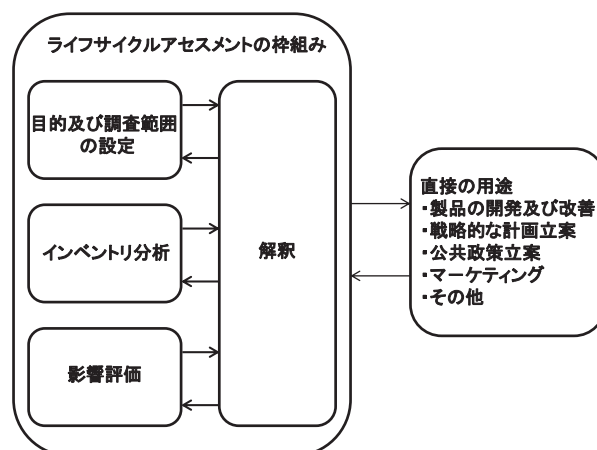
本稿では、国や自治体等を含めて事業者が、土木機械設備（河川用水門設備、ダム用水門設備、揚排水ポンプ設備、トンネル換気設備等）について、計画・設計段階等における経済性のみでなく、LCA による環境負荷を評価することを目的に検討した。また、土木機械設備の環境負荷の低減のための改善に活用することも目的に含んでいる。それらを踏まえ、地球環境等への影響を及ぼす環境負荷量の算定等の考え方を思索し、その概要及び課題を考察した。なお、本稿は著者の見解を含むものである。

2. LCA 方法論の枠組み

ISO14040 では、図一 1 の LCA 方法論の枠組みについて、LCA 調査の各段階が示されており、以下の 4 段階で構成されている。

(1) 目的及び調査範囲の設定

LCA 方法論の目的は、実施する主体者（例えば事



図一 1 LCA 方法論の枠組み²⁾

業者、消費者、行政機関）によって異なってくる。

LCA 調査の目的には、意図する用途、調査を実施する理由、意図する伝達先（調査の結果を伝えようとしている相手）、一般に開示することを意図する比較主張において結果を用いようとするかどうかを、明確に設定する必要がある²⁾。

調査範囲の設定においては、第一に調査対象を明確にしなければならない。ISO14040 では、調査対象を明らかにするための要件として、幾つかの事項が記載されている。以下は、その一例として最小限具体的に設定が必要とされる事項を列挙した。

- (a) 製品システム（どの設備を対象とするか等）
- (b) 製品システムの機能（対象設備の機能を明確にする、特に複数設備の比較を行う場合は機

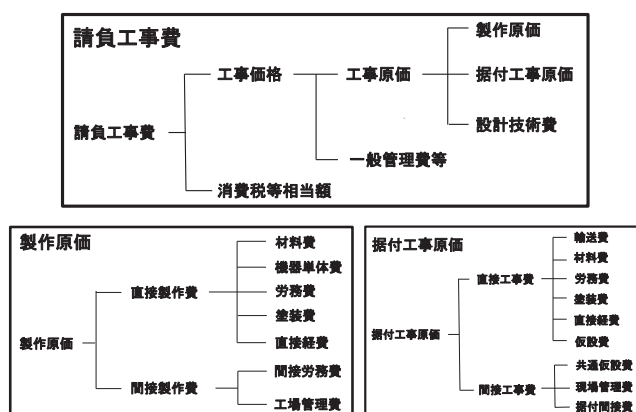
(2) 環境負荷量計算の基礎式⁵⁾

環境負荷量は、資材数量、エネルギー消費量、製品加工や輸送及び建設機械などの稼働等の活動量と作成された原単位を使用して、次のように求められる。

$$(\text{環境負荷量}) = (\text{環境負荷発生要因の活動量}) \times (\text{各種 LCA 原単位}) \quad \cdots (4.1)$$

5. 土木機械設備の環境負荷量算定手法の検討

土木機械設備においては、図—2のライフサイクルの範囲イメージや図—3の積算体系より各設備の建設、供用、廃棄・リサイクルに伴う環境負荷量を検討する。土木機械設備のインベントリとして考慮したライフサイクル段階のイメージ工程を表—1に示す。

図—3 土木機械設備工事費の積算体系⁶⁾表—1 インベントリとして考慮したライフサイクル段階のイメージ工程⁷⁾

ライフサイクル段階			機械設備	
			機械製品	架台・配管
建設	素材製造		○	
	工場製作	加工	○	○
		塗装	○	
	輸送		○	○
	据付工事	据付	○	○
		工事		○
		塗装	(○)	○
供用	運転（試運転含む）		○	
	保守管理	機器補修	○	
		機器更新	不要（建設に計上）	
廃棄・ リサイクル	解　　体		○	○
	廃棄輸送		○	○
	素材回収		○	○

(1) 建設における素材製造、工場製作（加工、塗装）の環境負荷量の算定

素材製造については産業連関分析法を利用して材料

の各素材別の原単位（kg-CO₂/素材 t, MJ/素材 t）を作成する。素材数量を積算で把握できる場合は、その結果に基づき環境負荷量を算出する。積算では素材数量を把握できない製品（機器・装置等）等はメーカーヒアリング等の調査によって、材料を素材成分に分類し、素材構成比率を定めて、各製品等の総重量に乗じることによって環境負荷量を算定する。

工場製作の加工については、工場の規模や各種機械等がメーカーによって異なるなど、LCA 実施主体者が、その製作事業者でない限り、活動量や製品の加工の原単位を正確に求めることは難しい。よって、各設備の構造部（扉体等）・機器・装置等の種類ごとに対してメーカーヒアリング等の調査によって、構造部・機器・装置等の単位重量あたりの原単位（kg-CO₂/製品 t, MJ/製品 t）を作成するのがよい。この原単位に構造部・機器・装置等の各重量を乗じ、環境負荷量を算定する。なお、機器・装置等において環境負荷への影響が小さいものは、省略するのがよい。

工場製作の中には副部材、部品、補助材料が含まれているが、積算体系で主要部材に対する金額の割合（%）定められているため、それらの環境負荷量の算定は可能である。また、機械単体品（原動機、減速機、自家発電機等）の環境負荷量の算定については、工場製作の加工の環境負荷量の算定方法を用い、環境負荷への影響が小さいものは、機器・装置等と同様に省略するのがよい。

工場製作の塗装については、各種の産業連関表に「塗料」の項目が存在しており、産業連関表や塗料の素材成分比率等を用いて、資源採取から塗料製造段階までの環境負荷量の算定が、塗料種類別ではないが概略的に可能である。

(2) 建設における輸送の環境負荷量の算定

輸送の環境負荷量（CO₂ 排出量）⁴⁾

$$= \Sigma (\text{燃料消費量} \times \text{燃料の原単位} + \text{間接環境負荷量})$$

$$= \Sigma (\text{輸送距離} \times \text{燃費} \times \text{燃料の原単位} \times \text{間接環境負荷量補正率})$$

$$= \Sigma (\text{輸送距離} \times \text{輸送の環境負荷原単位}) \quad \cdots (5.1)$$

※間接環境負荷量とは、自動車の修理や事務所のガス、電気、水道等に係る環境負荷

燃料消費量 : 1

燃料の原単位 : kg-CO₂/l（軽油、揮発油）

間接環境負荷量 : kg-CO₂

輸送距離 : km

燃 費 : l/km

※国総研研究報告⁴⁾では、燃費の設定において、

輸送車両、積載条件や走行速度 (km/h) などの前提条件のもと、シャシダイナモ試験の実測結果に基づいて算出。なお、走行速度 (km/h) は国土省の道路交通センサスの平均旅行速度より設定間接環境負荷量補正率

※国総研研究報告⁴⁾では、運搬の環境負荷単位の算定における直接環境負荷量と間接環境負荷量の比として算定

輸送の環境負荷原単位: kg-CO₂/km

一方、エネルギー資源消費量 (MJ) の算定に関しては、国総研研究報告⁴⁾によると、間接環境負荷量も輸送車両の燃料の原単位に概ね依存している傾向が見られるため、式 (5.1) を使用して CO₂ 排出量を算定し、式 (5.2) でエネルギー資源消費量 (MJ) に換算することで概略的には算定可能である。

$$\begin{aligned} \text{エネルギー資源消費量 (MJ)} = \\ \text{輸送の CO}_2 \text{ 排出量 (kg-CO}_2\text{)} \div \text{燃料の種類による} \\ \text{排出係数 (kg-CO}_2\text{/MJ)} \quad \cdots (5.2) \end{aligned}$$

(3) 建設における据付工事による据付の環境負荷量の算定

(a) 据付材料の環境負荷量の算定

据付工事の材料には据付材料・据付補助材料などがあるが、積算体系では据付労務費 (金額) に対する割合 (%) で定められている。内容は小配管、電線・電線管、油脂類などであることから加工は極少量で、加工に関する環境負荷量の影響は小さいため、省略するのがよい。よって 5. (1) の素材製造の算定方法のみを選択するのがよい。

(b) 標準機械器具の環境負荷量の算定

据付けに係る機械器具の例を表一 2 に示す。

表一 2 据付けに係る機械器具例⁶⁾

機械器具名	標準規格	摘 要
クレーン		必要により計上
電気溶接機		基礎据付用, ガウジング用
空気圧縮機	排出ガス対策型	はつり用, ガウジングその他
発動発電機	排出ガス対策型	商用電源がない場合
組立架台		必要により計上
その他必要なもの		現場条件により計上
雑器具損料		機械器具費 × 2%

①建設機械の環境負荷量の算定

据付けに使用するクレーン、電気溶接機、空気圧縮機、発動発電機等の建設機械の環境負荷量は、次式で

算定される。

建設機械に係る環境負荷量⁴⁾

$$\begin{aligned} = & \text{建設機械の稼働に係る環境負荷量} + \\ & \text{建設機械の減耗等に係る環境負荷量 (維持修理費に係る環境負荷量} + \text{償却費に係る環境負荷量} + \text{管理費に係る環境負荷量)} \quad \cdots (5.3) \end{aligned}$$

・建設機械の稼働に係る環境負荷量の算定

建設機械等損料表⁸⁾より燃料消費率を把握し、積算歩係から算出した総稼働時間を乗じて燃料消費量を算出し、燃料の環境負荷原単位を乗じることで環境負荷量を算定する (式 (5.4) より)。

$$\text{環境負荷量 (Kg-CO}_2\text{, MJ)} = \text{燃料消費量 (l)}$$

$$\times \text{燃料の環境負荷原単位 (kg-CO}_2\text{/l, MJ/l)}$$

$$\text{燃料消費量 (l)} = \text{総稼働時間 (h)}$$

$$\times \text{燃料消費率 (l/h)} \quad \cdots (5.4)$$

・建設機械の減耗等に係る環境負荷量の算定

建設機械の減耗等に係る CO₂ 排出量は 国総研研究報告⁴⁾と建設機械等損料表⁸⁾から算定できる。

一方、建設機械の減耗等に係るエネルギー資源消費量については、環境負荷量への影響が小さいため、算定を省略するのがよい。これは、建設機械の稼働時間が短いことによるものである。

②組立架台の環境負荷量の算定

5. (1) の素材製造、加工と同様である。

③雑器具損料の環境負荷量の算定

機械器具費に対する割合 (%) で定められている。よって 5. (3). (b) の標準機械器具の環境負荷量に、その割合を乗じれば算定可能である。

(c) 塗装の環境負荷量の算定

5. (1) の工場製作の塗装と同様である。

(4) 供用における運転 (試運転含む) の環境負荷量の算定

年間運転時間は、計画・設計中のものについては類似した条件の既存設備の過去の実績値等を参考とし、既存設備の改築については、過去の運転データ等を参考にすればよい。但し、稼働時間の短い非常用の水門設備や揚排水ポンプ設備等については、運転による影響が小さいため、環境負荷量の算定を省略するのがよい。

(5) 供用における機器補修の環境負荷量の算定

機器・装置・部品の修繕・取替については、5. (1) と同様である。また、3. (4) でも述べたように各設備の点検・整備・更新マニュアル (案) に修繕・取替の標準年数が掲載されている (掲載されていないものは過去の管理台帳等より推定) ため、3. (4) で設定したラ

ライフサイクル期間の間に、機器・装置・部品の修繕・取替が何回実施されるのかを想定し、機器補修による環境負荷量を算定する。

(6) 廃棄・リサイクルにおける解体・廃棄輸送・素材回収の環境負荷量の算定

- (a) 解体については、5.(3)の据付による環境負荷量全体における割合を事業者へのヒアリング等の調査により定めて概略的に算定するのがよい。
- (b) 廃棄輸送については、5.(2)と同様である。
- (c) 素材回収については、事業者へのヒアリング等の調査により、例えばSS, SM, SUSや銅などの主な回収素材ごとに、素材構成比率を考慮し、それぞれに回収率を定め、その他の素材は廃棄処分として環境負荷量を算定するのがよい⁵⁾。

6. 影響評価

土木機械設備のLCA適用による評価では、3.(2)で述べたように、地球温暖化の主要因であるCO₂排出量と各種エネルギー資源消費量が主な指標となる。なお、工場製作過程での他の環境負荷物質の排出や塗料の使用によるVOC(揮発性有機化合物：光化学スモッグの要因)の排出の影響などを対象環境負荷項目に付加するかどうかは今後の検討課題である。

また、ISO14044では、対象環境負荷項目が複数の場合は、対象環境負荷項目間の重み付けをして、それぞれの算定量の統一化が可能なら、集計することが述べられているが、現状、客観的な重みを付与することは困難であり、経済性など他の要因も考慮した上で、なるべく総合的に評価するのがよい。

7. 解釈

ISO14044において解釈は、「重要な項目の特定」「点検を考慮した評価」「結論、限界及び提言」の各段階からなる。

・重要な項目の特定

インベントリ分析や影響評価の結果を、定量的かつ明確に整理し、環境負荷の重要度の高いライフサイクル段階やプロセスでの項目を特定する。

・点検を考慮した評価

特定された重要な項目の現実性や信頼性を明確にするため、LCAやLCI調査の結果や収集したデータに関する点検を行う。

・結論、限界及び提言

LCAの結果を伝える相手に、結論を導き出し、使用した環境負荷原単位やLCA実施主体者の判断などの調査の限界も含めて、提言を行う。

8. おわりに

各設備の構造物・機器・装置の素材構成比率や工場製作の加工による環境負荷の原単位など(kg-CO₂/製品t, MJ/製品t)の作成に当たっては、メーカーや業界団体等の協力が必要不可欠であり、LCAの有効性について認識を共有することが重要である。

今後、土木機械設備のLCA評価においては、設備での環境負荷量の試算を行い、環境負荷量の算定方法等の検証を行う必要がある。さらに環境負荷量におけるライフサイクル段階の各工程や各構造部・機器・装置等の影響の大小、精度のバランス、データ収集に要する作業量のバランス等を考慮して、環境負荷量の算定を簡略化できるよう、各種原単位を作成することが課題である。

JCMA

《参考文献》

- 1) 環境省 環境白書 平成10年度 第1章第3節 2. 環境効率性の実現に向けて—ライフサイクルアセスメント—
- 2) 日本規格協会 JIS14040:2010 環境マネジメント—ライフサイクルアセスメント—原則及び枠組み p.9, p.12
- 3) 土木学会地球環境委員会, ISO14030-40の規格化による建設業の環境パフォーマンス評価とライフサイクルアセスメント 鹿島出版会 p.81 ~ 83 2000.10.25
- 4) 国土交通省 国土技術政策総合研究所 環境研究部, 社会資本のライフサイクルをととした環境評価技術の開発, 国総研プロジェクト研究報告第36号, p.2-4, p.3-135 ~ 142 平成24年2月
- 5) 国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水処理研究室, 下水道におけるLCA適用の考え方, 国総研資料第579号, p.17, p.26 平成22年2月
- 6) (一財)建設物価調査会, 国土交通省 土木工事標準積算基準(機械編) 平成28年度
- 7) (一社)日本下水道施設協会, 下水処理設備のLC-CO₂試算例, p.3 平成13年3月30日(平成22年7月21日一部改訂)
- 8) (一社)日本建設機械施工協会, 建設機械等損料表平成28年度版

【筆者紹介】

石松 豊(いしまつ ゆたか)
国立研究開発法人
土木研究所
技術推進本部付



田村 敬一(たむら けいいち)
国立研究開発法人
土木研究所
技術推進本部長



山岳トンネル工事の エネルギーマネジメントシステム

TUNNEL EYE

白石 雅嗣・畠 中 健・澤 目 俊 男

山岳トンネル工事では、施工機械や工事照明、換気ファンなどの多くの電気機器を用いるため、省エネルギー化が求められる。筆者らは、トンネル現場内にIoTのネットワークを構築して、入坑者位置や作業環境濃度を常時監視するとともに、作業状態を把握できるように施工機械の電力量などの情報を計測・分析し、安全性の向上を図ったうえで、工事照明と換気ファンを自動で省エネ制御するエネルギーマネジメントシステムを開発した。本稿では、システムを実際の山岳トンネル現場で試験導入し、安全性の向上と、省エネルギー化を両立させた手法について報告する。

キーワード：山岳トンネル、IoT、安全、作業環境、省エネルギー化、工事照明、換気ファン

1. はじめに

近年のIoT技術の進展は、建設現場での生産性向上や、省力化にもつながると考えられている。

筆者らは、山岳トンネル工事現場の施工機械や電気機器、坑内情報をモニタリングするセンサーをインターネットにつなぎ、保存、分析や自動制御を行い、トンネル坑内の安全、作業環境の向上と、省エネルギー化による環境負荷削減（CO₂削減）に寄与するシステムを開発した。また、本システム「TUNNEL EYE」を、高松自動車道 志度トンネル工事現場に試験導入して、坑内の安全の「見える化」と、工事照明や換気ファ

ンの自動制御（以下、省エネ制御）を行った。

本稿では、システム機能の概略と、志度トンネル工事での安全性の向上と、省エネルギー化を行った取り組みについて報告する。

2. 技術の概要

本システムは、トンネル内に複数の組込型制御端末（以下、制御端末）を配置して、入坑者と工事車両の位置や、作業環境濃度、施工機械の電流値などの情報をセンシングし、インターネット経由で、遠隔地域のサーバーで保存、分析して、安全の「見える化」や、

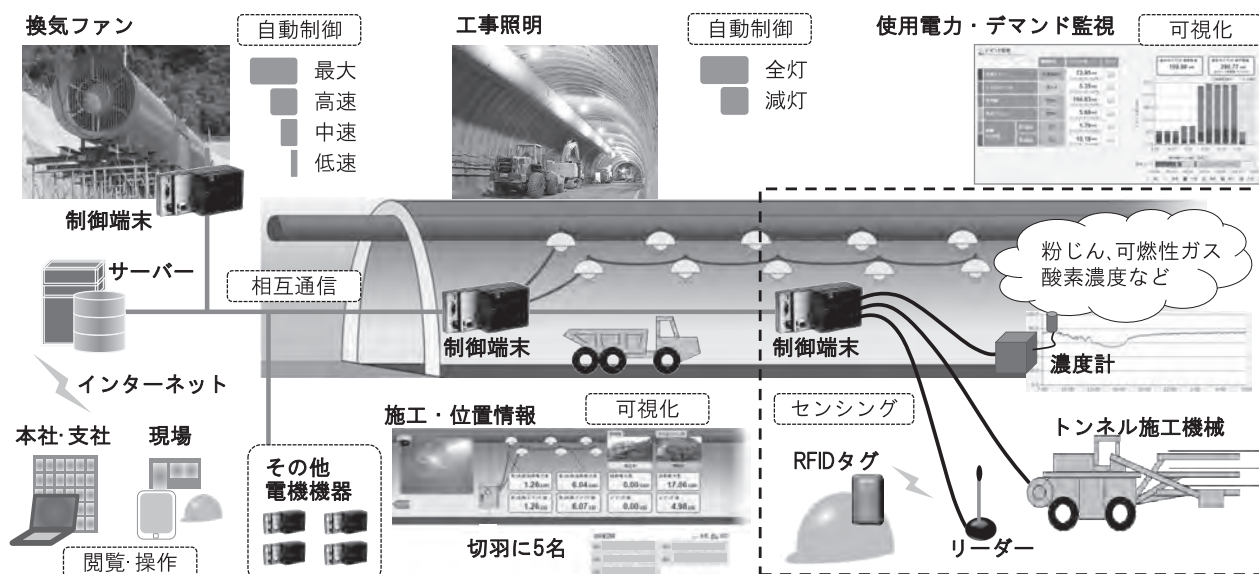


図-1 本システム概略図

工事照明や換気ファンを作業工程に応じて省エネ制御するものである。システム概略図を図—1に示す。ここで、安全の「見える化」とは、Web画面で情報を閲覧するなどの以下の機能を示す。

- ①アクティブRFIDタグで坑内作業管理（入坑者と工事車両の位置、行動・運行履歴把握）
- ②作業環境濃度のリアルタイム監視（定置式濃度計による計測、管理値超過時のメール通知等）

また、省エネ制御するための作業工程の判断は、アクティブRFIDタグ（以下、RFIDタグ）による入坑者と工事車両の位置情報（以下、入坑情報）と、施工機械（ドリルジャンボと吹付機など）の電流値を測定することで、①穿孔・ロックボルト、②装薬・発破、③ずり出し、④吹付、⑤支保工建込などに分けて、サーバーで分析して自動で行う。

3. 試験導入現場の工事概要

工 事 名：高松自動車道志度トンネル工事

工事場所：香川県さぬき市鴨部～志度

発 注 者：西日本高速道路(株)四国支社

トンネル：NATM工法（発破）

延長 L = 564 m 断面積 A = 65.1 ~ 69.2 m²

4. 安全性の向上と省エネルギー化

(1) 安全性の向上

安全を「見える化」した状態で、省エネルギー化が可能な仕組みの構築を目指した。具体的な安全に関する機能は前節2.で記載した内容であり、以下、試験導入した事例を報告する。

本工事では、関係者全員が坑内の安全を「見える化」できるように、坑口にモニターを設置した。モニターにはメイン画面（図—2）を表示させ、リアルタイムの入坑情報と作業環境濃度および、施工機械の稼働状態が閲覧できる。また、パソコンやタブレット型端末でも情報閲覧が可能である。

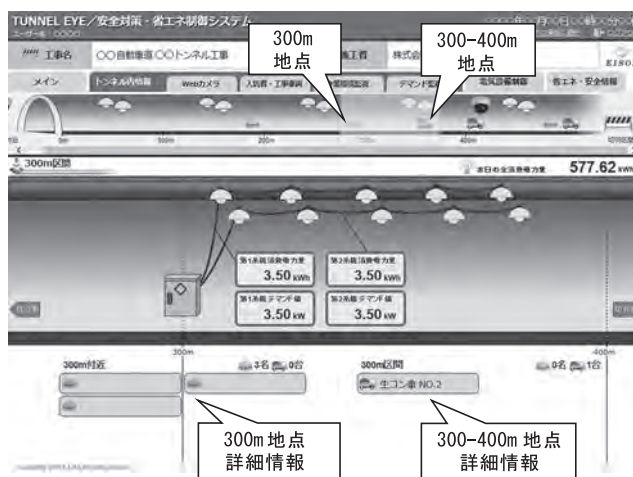
入坑情報は、入坑者全員が、RFIDタグ（写真—1）を携帯し、坑内に100 m毎に設置してあるリーダーで検知されることで、入坑の有無や位置および行動履歴を把握するものである。また、坑内に入出入りする主要な工事車両（ダンプトラックや生コン車、モルタルポンプ車など）にも設置して、運行状況を把握する。なお、リーダーがRFIDタグを検知する範囲が約75 m程度であるため、100 m毎に設置してあるリーダー2箇所を用いて、50 m毎に入坑情報を表示させ



図—2 メイン画面



写真—1 RFID タグ



図—3 入坑情報画面

る（図—3）。

作業環境濃度の計測は、定置式濃度計を用いてリアルタイムの測定を行った。測定位置は切羽後方50 mとし、測定項目は温度、湿度、CO₂、CO、O₂、CH₄、粉塵、風速の8項目を選定した。また、定められた作業環境の管理値を超えた場合、職員のパソコンや、携帯に警報メールを送信し、工事関係者にはパトライトで周知できるようにした。

(2) 作業工程の判断

安全性を確保したうえで省エネ実施の可否判断をできるように、作業工程を自動判断する仕組みを構築した。自動判断は、RFID タグによる入坑情報と、施工機械の電流値を用いるため、ドリルジャンボと吹付機の電流測定を、電源台車に設置してある電源供給用コネクタに、各々電流計を設置して実施した。また、使用する電流値の閾値を基準として稼働／非稼働を判断した。例えばドリルジャンボは停止中でも前照灯を使用する場合があるため、ドリルのアームなどを稼働させる油圧パック起動時の電流値（50 kW 以上）で稼働と判断した。また、吹付機は、吹付用のコンプレッサ作動時の電流値（100 kW 以上）で稼働と判断した。

作業工程の判断条件の例を表—1に示す。表中のRFID タグ検知において、切羽区間とは、切羽付近に設置したリーダーで検知された場合であり、その他区間は、切羽後方の100 m 毎に設置されたリーダーで検知された場合である。検知区間を判断条件に反映させることで判断精度を高めた。ここでは、切羽から離れた後方で生コン車が停車している場合、吹付作業と誤って判断されないようにした。また、切羽で作業を行う入坑者をRFID タグのIDで特定できるようにした。以上の各種設定は、サーバーの管理者画面で、現場条件に応じて管理者が設定できるようにした。データ取得や省エネ制御などに用いる制御端末は、電気機器の近傍や、坑内に100 m 毎および、電源台車に設置している。制御端末は、ドリルジャンボと吹付機の電流データ、入坑情報などの作業条件判断に必要なデータや、作業環境濃度の計測値を収集する。また、データの一時保管や、送信する時間間隔の設定などを

行う。データは、サーバーへ送信され、作成した制御プログラムにより、作業工程を判断し、その際の命令信号を制御対象の電気機器（工事照明と換気ファン）に設置された制御端末に送信することで、工事照明と換気ファンの省エネ制御が行われる。

(3) 工事照明の省エネ制御

工事照明は、土木学会トンネル標準示方書に、切羽作業 70 ルクス以上、通路の最暗部 20 ルクス程度が望ましい照度であると示されている¹⁾。システムでは、通路の照度を対象として省エネ制御を実施した。作業工程の判断条件は表—1を利用し、表—2の制御パターンで照度制御を行った。工事照明は750 W の水銀灯を10 m 毎に設置した。省エネの減灯時には間引くことで20 m 毎の点灯となる。但し、減灯時には坑内の通路照度20 ルクスを確保することと、風管の影響で影となることを防ぐために、安全通路の壁面に蛍光灯（40 W）を20 m に3箇所ずつ配置した。これにより、間引くことでも通路の必要照度が確保される。また、全灯時には最暗部の照度が30 ルクス以上、場所によっては50 ルクス以上の照度となり、照度の向上効果（安全性の向上）が得られた。

以上の工事照明の機器配置図を図—4に示す。ここで、間引きができるように水銀灯を第1系統と第2系統の2系統に設置し、減灯時には第2系統の電源をOFFすることとした。全灯制御時の作業例は、坑内でダンプトラックが頻繁に往来する「ずり出し」などがあり、減灯時は、主に切羽で作業を行う「吹付」、「穿孔」などが挙げられる。工事照明の省エネ制御の状態を写真—2に示す。本手法により、工事照明の全灯

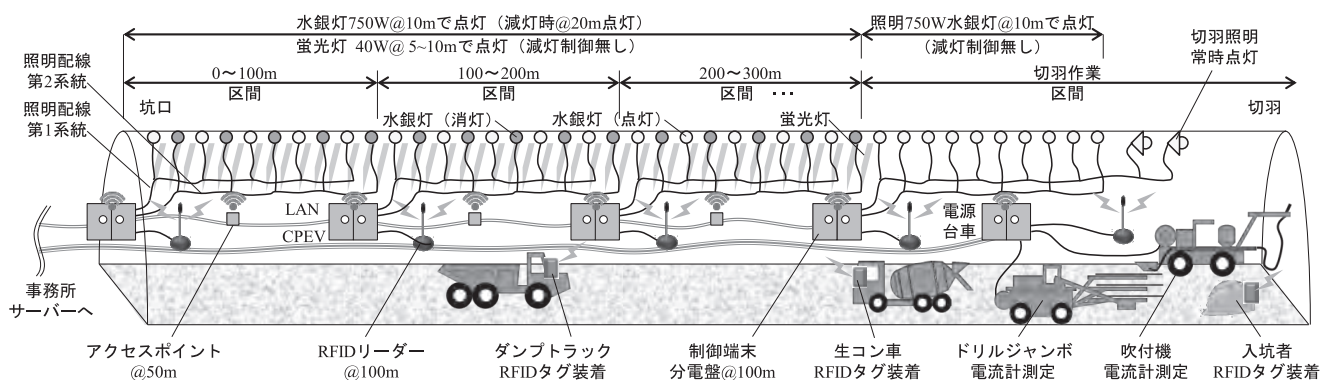
表—1 作業工程の判断条件（例）

CASE	作業工程（施工サイクル）		RFID タグ検知			電気機器の稼働		備考
			切羽区間		その他区間	ドリル ジャンボ	吹付機	
1	穿孔・装薬・ロックボルト・支保工組立		○	●	○	○	●	
2	発破・こそく・インバート施工		○	●	○	●	●	
3	ずり出し		○	○	○	●	●	
4	吹付		○	○	○	●	○	
5	作業中断		●	●	●	●	●	
6	吹付	ドリルジャンボ 整備中	○	○	○	○	○	
7	ずり出し		○	○	○	○	●	
8	作業無し		●	●	●	○	●	
9	穿孔・装薬・ロックボルト	吹付機整備中	○	●	○	○	○	
10	発破		○	●	○	●	○	
11	作業中断		●	●	●	●	○	
12	作業中断		ドリルジャンボ・吹付機整備中	●	●	●	○	○

○：検知 / 稼働 ●：非検知 / 非稼働

表—2 制御パターン（例）

CASE	作業工程（施工サイクル）	照明パターン	換気パターン	備考
1	穿孔・装薬・ロックボルト・支保工組立	減灯	低速	
2	発破・こそく・インパート施工	全灯	中速	
3	ずり出し	全灯	中速	
4	吹付	減灯	高速	
5	作業中断	減灯	低速	
6	吹付	減灯	高速	
7	ずり出し	全灯	中速	
8	作業無し	減灯	低速	
9	穿孔・装薬・ロックボルト	減灯	低速	
10	発破	全灯	中速	
11	作業中断	減灯	低速	
12	作業中断 ドリルジャンボ・吹付機整備中	減灯	低速	



図—4 工事照明の機器配置図



写真—2 工事照明の省エネ制御（減灯・全灯）

時の照度向上と、減灯時の節電を両立させた。

（4）換気ファンの省エネ制御

換気ファンは、高濃度の粉塵やガスなどが坑内に充満しないように、作業内容に応じて最大となる粉塵量やガス量を推定し、希釈するために必要な風量を得るための電気容量で運転する。また、多くの電力を使用することから、電力量削減のため、各種センサー（粉塵計やガス検知器）を用いて、濃度に応じて自動的に風量を調整する手法が用いられる場合がある。

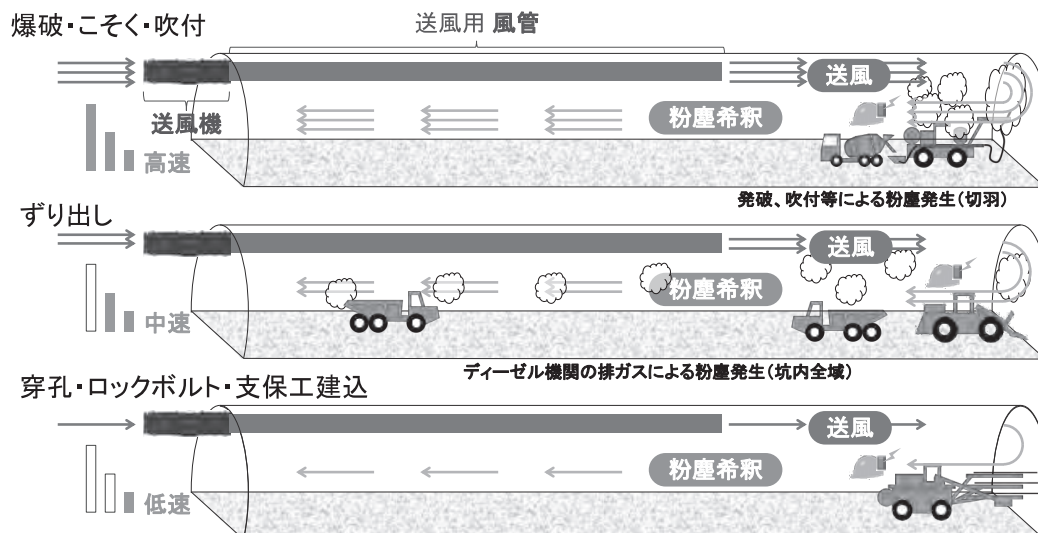
本システムでは、上記センサーでの風量調整に加え、作業工程の自動判断により風量調整を行う機能を加えた。換気ファンの省エネ制御の概略図を図—5に

示す。また、制御パターンは、工事照明と同様に表—2とした。例えば、「吹付」が始まると判断された場合、実吹付により濃度が高まる前に、事前に風量（風量レベル：高速）を強めておくことで、粉塵などを希釈できる。さらに、センサーによる風量調整機能もあり、切羽後方50mの電源台車に設置した粉塵計やガス検知器で、管理値の上限以上の濃度となった場合に風量を強めることにより、換気機能の確実性を高めた。

風量レベルは4段階に設定し、レベル毎の作業環境の自主管理値は表—3のとおり設定した。管理値の上限以上の場合、風量レベルが1段階上昇し、濃度計の値が管理値の下限未満の場合は、作業工程で判断される風量レベルまで低下する。風量レベルを低下させる際には、高濃度の粉塵やガスが坑外へ排出されるまで、一定時間は低下させない調整時間を加えた。

（5）デマンド監視とその他の機能

省エネルギー化のために、電気料金の基本料金を算定する基準となる30分の最大需用電力（デマンド値）を監視した。監視対象の電気機器は①ドリルジャンボ、②吹付機、③換気ファン、④工事照明、⑤吹付プラントとした。各電気機器に電流計を取り付けて稼働状況を確認できるようにし、合計のデマンド値を5分



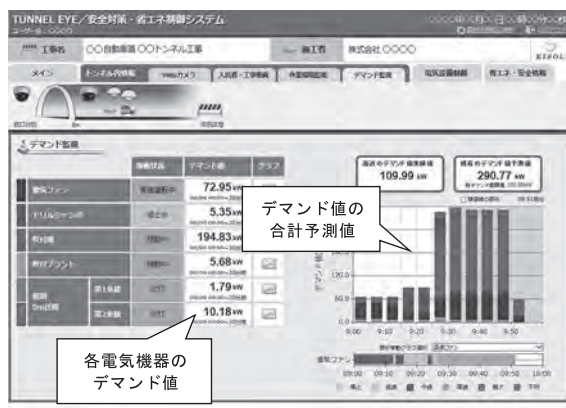
図—5 換気ファンの省エネ制御概略図

表—3 作業環境の自主管理値 (例)

項目	単位	風量レベル			
		低速	中速	高速	最大
温度	℃	25.0 未満	25.0 ~ 27.0	27.0 ~ 28.0	28.0 以上
CO ₂	ppm	1,000 未満	1,000 ~ 2,000	2,000 ~ 5,000	5,000 以上
CO	ppm	20.0 未満	20.0 ~ 40.0	40.0 ~ 50.0	50.0 以上
O ₂	VOL%	20.0 以上	19.0 ~ 20.0	18.0 ~ 19.0	18.0 未満
CH ₄	% LEL	—	—	—	検出
粉塵	mg/m ³	1.0 未満	1.0 ~ 2.0	2.0 ~ 3.0	3.0 以上
風速①※1	m/s	0.17 以上	0.17 未満	0.17 未満	0.17 未満
風速②※2	m/s	—	0.30 以上	0.30 未満	0.30 未満

※1 換気パターンが低速モードの場合

※2 換気パターンが中速モード以上の場合



図—6 デマンド監視画面

毎に予測し、上限とするデマンド値（閾値）を超えると警報メールを職員に送信するようにした。警告を受けた職員は、グラフにより可視化された電気機器の稼働状況を確認し、無駄な電気の利用の有無を調査し、節電を実施する。デマンド監視画面を図—6に示す。

また、手動制御による節電も可能としているが、省エネ制御において、通信不良や誤作動などの予防対策を行う必要があり、対策として、以下の内容をシステ

ム機能に加えた。

- ・システムを利用せず、制御盤で直接手動により電気機器を操作した場合に、手動側を優先する。
- ・システム通信不良時に電気設備へ影響させない。
- ・通信不良時にシステム側から指示が無い場合、換気ファンは最大運転し、工事照明は全灯する。
- ・制御盤で換気ファンを直接手動停止した場合は、停止状態を維持する。

なお、換気ファンのインバータ制御盤には「機側／遠方」の切替えのダイヤルが有り、遠方側ではシステムの遠隔操作や省エネ制御が可能となるが、機側にしている場合は、システム側で操作できない。省エネ制御しない場合や、換気ファンの風管を取りつけるなど、停止状態を続ける場合には、システム操作を無効にするために機側とする。

5. 省エネルギー効果の試算

本システム利用時の、省エネ効果を表—4に示す。表中の値は、志度トンネル工事で用いた電気機器を利

表-4 省エネ効果の試算値

施工サイクル	作業割合	換気ファン			750 W 水銀灯		40 W 蛍光灯		合計	
		制御 モード	風量 m ³ /min	容量 kW	制御 モード	容量 kW	制御 モード	容量 kW		
		定格	2,400	160.0	定格	14.0	定格	2.0		
削岩準備	3%	低速	901	8.5	減灯 (0.75 倍)	10.5	全灯	2.0		
穿孔	17%									
装薬	6%									
爆破・換気等	4%	高速	1,996	92.0	全灯 (1.5 倍)	21.0				
こそく	4%									
ずり出し準備	1%									
ずり出し	21%	中速	1,553	43.4	減灯 (0.75 倍)	10.5				
跡片付け	1%									
測量	1%									
吹付準備	3%	高速	1,996	92.0	減灯 (0.75 倍)	10.5				
吹付	7%									
跡片付け	3%									
ロックボルト準備	3%	低速	901	8.5						
穿孔	15%									
跡片付け	3%									
金網設置	2%									
支保工準備	2%									
支保工建込	4%									
TUNNEL EYE 電気容量 (kW)		平均値			34.8	平均値	13.6	平均値	2.0	50.4
従来技術 電気容量 (kW)		高速運転時の値			92.0	定格値	14.0	－		106.0
削減量 (kW)										55.6

用した場合に、施工サイクルの作業割合と省エネ効果は参考文献²⁾の積算例をもとに試算したものである。また、表中の750 W 水銀灯の容量に対する倍数（増灯（1.5 倍）・減灯時（0.75 倍））は従来手法（15 m 毎に750 W 水銀灯を設置した場合）の容量に対する比である。

これにより、換気ファンの使用電力量の削減が大きく寄与し、工事照明は、安全性向上のため、1.5 倍に照明を増加させているものの、節電（0.75 倍）すると、ほぼ同等の電力量となる。その結果、換気ファンと工事照明では55.6 kW（約52%）の電気容量の削減になる。

6. おわりに

本システムの導入により、安全を「見える化」し、IoT の仕組みにより電気機器（工事照明と換気ファン）を自動制御することで省エネルギー化が可能となった。今後も、山岳トンネル工事での積極的な活用により、安全性の向上と、省エネルギー化による環境負荷削減を目指す。

JCM A

《参考文献》

- 1) 土木学会：トンネル標準示方書 [共通編]・同解説／[山岳工法編]・同解説，p.216，2016.
- 2) 財団法人経済調査会，NATM 積算研究会編：新・NATM の施工と積算，pp.426-434，2009.

【筆者紹介】

白石 雅嗣（しらいし まさつぐ）
 ㈱銭高組
 技術本部 技術研究所
 主任研究員



畠中 健（はたなか たけし）
 ㈱イー・アイ・ソル
 開発1本部 開発部
 副部長



澤目 俊男（さわめ としお）
 ㈱流機エンジニアリング
 建設営業部 商品企画営業グループ
 グループ長



自動粉じん低減システム

粉じん見張り番

田 中 ゆう子

建設現場では、土砂の掘削や建築物の解体、工事車両の走行等に伴い粉じんが発生する場合があります、周辺環境への影響の回避・最小化が課題である。とくに、現場の風況は大きく変化することがあり、作業に伴って発生する粉じん拡散の変動に柔軟に対応することが求められる。このため、現地の粉じん拡散状況を風向風速計と粉じん計により常に監視し、必要に応じて自動的に散水する「自動粉じん低減システム」(以下「本システム」という)を開発した。

キーワード：粉じん、散水、掘削、解体

1. はじめに

近年、天気予報と並んで花粉情報やPM2.5情報がよく発信されている。これら大気中を移動する物質が私たちの生活に深くかわり、関心を集めていることがよくわかる。

大気中の粒子状物質は、環境中での存在形態によって表—1のように「降下ばいじん」と「浮遊粉じん」に大別される。「浮遊粉じん」は、さらに粒径が $10\mu\text{m}$ 以下の「浮遊粒子状物質 (SPM)」とそれ以外に区別される。肺の奥深くまで入り込み、呼吸器系や循環器系への影響が心配される粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下 ($1\mu\text{m}$ は $1/1,000\text{mm}$)のPM2.5(髪の毛の太さの $1/30$ 程度)は、

表—1中の「微小粒子状物質」に相当する。また、浮遊粒子状物質 (SPM) と微小粒子状物質には、人の健康の適切な保護を図るために維持されることが望ましい水準として「環境基準」が定められている。このような環境中での存在形態による分類に対し、発生由来などにより分類されたものが表—2である。

大気汚染防止法では、粉じんを「物の破碎、選別その他の機械的処理、または堆積に伴い発生し、または飛散する物質」と定義し、石綿 (アスベスト) を対象とする「特定粉じん」と、特定粉じんを除く粉じんを対象とする「一般粉じん」に分けている。「特定粉じん」は工事または事業場の敷地の境界線における大気中の濃度の許容限度が定められ、規制されているが、「一

表—1 大気中の粒子状物質の環境中における存在形態による分類

大気中の粒子状物質		環境中での存在形態	環境基準
降下ばいじん		地上に落ちてくる粒子状物質	
浮遊粉じん	浮遊粒子状物質 (SPM)	大気中に浮遊する粒子状物質のうち粒径が $10\mu\text{m}$ 以下のもの とくに粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下を「微小粒子状物質 (PM2.5)」とする	SPM：1時間値の1日平均値が $0.10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ1時間値が $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であること PM2.5：1時間値の1日平均値が $15\mu\text{m}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ1時間値が $35\mu\text{m}/\text{m}^3$ 以下であること
	粒径が $10\mu\text{m}$ を超える浮遊粉じん		

表—2 発生由来による粉じんの分類

分 類	発生場所・発生原因
ばいじん	工場・事業場からの物の燃焼などによる排出
粉じん	物の破碎、選別による飛散など
粒子状物質 (PM)	自動車排出ガス (このうちディーゼル車からの排出：ディーゼル排気微粒子 (DEP))
二次生成粒子	大気中の反応で粒子に変化したもの

独立行政法人 環境再生保全機構 HP より作成

表—3 一般粉じん発生施設

	施設の種類	規 模
1	コークス炉	原料処理能力 50 t/ 日以上
2	鉱物（コークスを含み、石綿を除く。以下同じ） または土石の堆積場	面積 1,000 m ² 以上
3	ベルトコンベアおよびバケットコンベア （鉱物、土石、セメント用）	ベルト幅 75 cm 以上、またはバケットの内容積が 0.03 m ³ 以上
4	破碎機および摩砕機 （鉱物、土石、セメント用）	原動機の定格出力 75 kW 以上
5	ふるい （鉱物、土石、セメント用）	原動機の定格出力 15 kW 以上

「一般粉じん」には排出規制はなく、一般粉じん発生施設について表—3のように構造・使用・管理基準を定めている。本開発では、この「一般粉じん」を対象とした対策技術の開発に取り組んだ。

2. 粉じんの影響と対策

建設工事において粉じんの発生量が多いと予想されるのは、表—4に示すように掘削工や構造物取り壊しなどである。粉じんの影響範囲を予測するためには、建設工事を行う周辺環境の特性を把握することがきわめて重要である。対象地域の（1）自然的条件（①気象の状況、地形の状況、地質の状況）や（2）社会的条件（①土地利用の状況、②学校や病院、環境保全の特に必要な施設および住宅の配置や状況、③環境保全に関する法令などで指定された地域の状況と規制の概要）などから、対象地域の特性を捉え、建設作業に伴う粉じんの影響を事前に予測する必要がある。そして、その対策を考える場合は、表—5に示すように粉じん被害の対象の状況に応じて、被害の回避や最小化を図る最適な方法を選定することが重要である。

散水は、これまでにさまざまな建設作業におい

表—4 粉じんの影響が大きいと予想される建設作業

種 別	作業の内容・建設機械
掘削工	土砂掘削
	軟岩掘削
	硬岩掘削
固結工	粉体噴射攪拌
法面工	種子吹付
既設杭工	ディーゼルパイルハンマ
構造物取壊し工	コンクリート構造物取り壊し
	自走式破碎機による殻の破碎
コンクリート舗装工	路盤工（上層・下層路盤）

国土技術政策総合研究所 道路環境影響評価の技術手法（平成24年度版）より抜粋

表—5 粉じんの影響範囲と対策

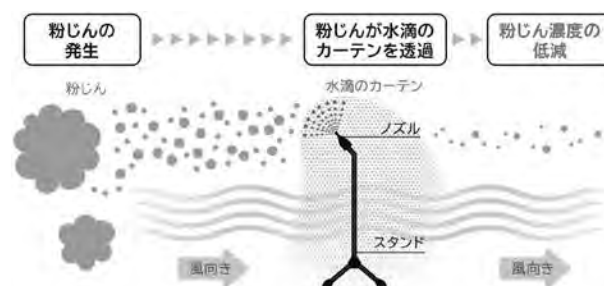
対策の分類	対策の考え方
間接防護	粉じんの被害を受ける施設等が特定される場合、被害が及ぶ家屋へ直接対策を講じる
直接防護	粉じんの影響が広範囲に及ぶ場合や発生源が特定しやすい場合は、①散水や②影響の少ない工法の選定、③仮囲いの設置、④建設機械の配置や⑤作業方法・作業時間への配慮などの対策が考えられる

て、粉じん対策として使用されており、効果を上げているが、工事現場の風況が急変して粉じんの拡散範囲が変わった場合にも、粉じん低減効果を維持でき、また、少ない水で効率よく粉じんを低減させる節水型が求められていた。

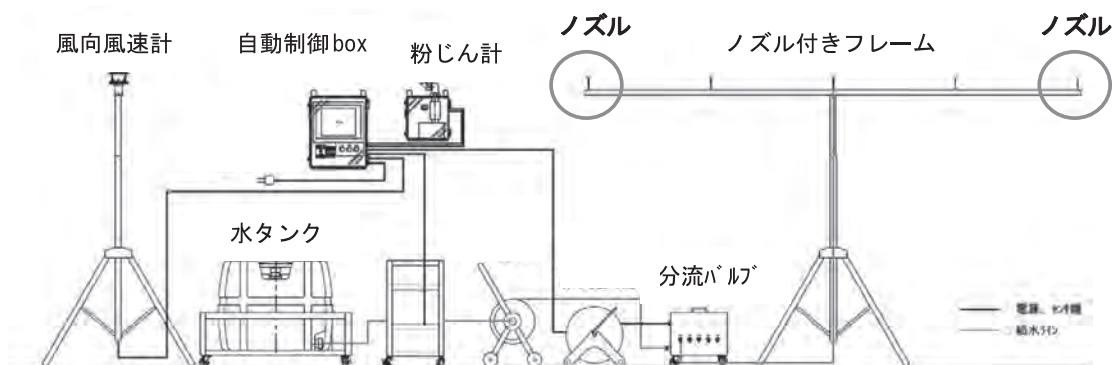
そこで本開発では、1基あたりの散水範囲を広くすることで、多様な方向へ変化する粉じんの拡散に柔軟に対応することを目指した。また、あらかじめ現場の粉じん特性を基に、散水が必要なタイミングを自動的に選定する節水型の本システムを開発した。

3. 本システムの概要

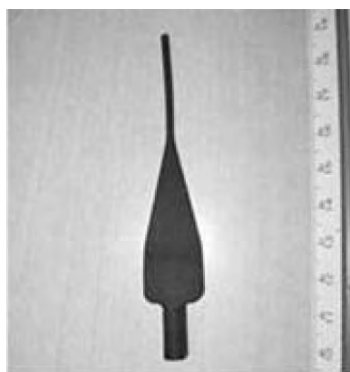
本システムの粉じん低減イメージを図—1に示す。本システムは、現地の粉じん拡散状況を風向風速計、粉じん計により常に監視し、設定した風向・風速や粉じん濃度（管理基準値）に応じて自動的に散水するも



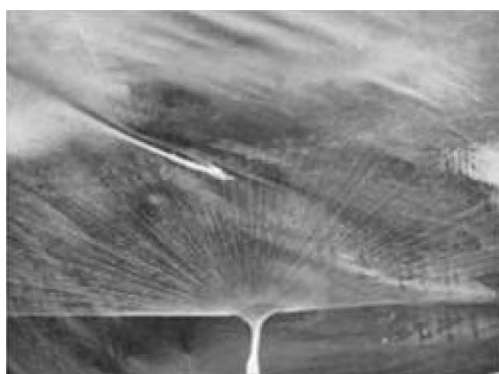
図—1 本システムのイメージ



図—2 本システムの構成



写真—1 ノズル



写真—2 ノズルからの散水状況



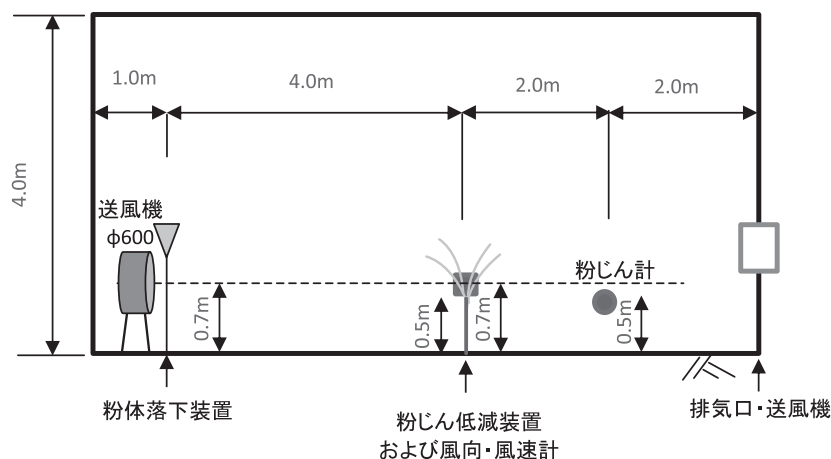
写真—3 ノズル付きフレーム

4. 室内実験

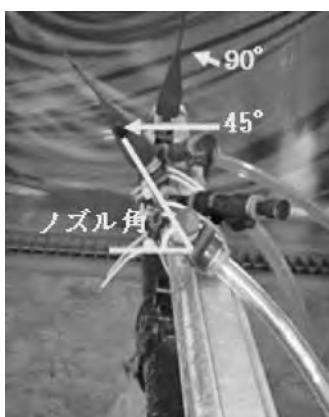
本システムにより最も効率よく粉じんを低減させる散水条件を確認するため、粉じんに対する散水角度に着目し、さまざまな条件下で室内実験を行った。室内実験の装置配置を図—3に示す。図—3の断面に示すように左端に設置した送風機により、定量の試験粉体・関東ローム7種に風速5 m/s および7 m/s の風を当てて粉じんを発生させた。この発生した粉じんに對して、図—3の中央に設置した本システムにより散水し、本システムよりも風下に粉じん計（柴田科学製LD-3K2）を設置し、粉じん濃度を計測した。写真—4のように、ここでは水平方向に対してノズルを傾ける角度をノズル角と定義する。ノズル角を45°および90°の2種類とし、それぞれの散水による粉じん低減率を比較した。図—4に粉じん濃度の時系列変化（風速5 m/s）を示す。

実験の結果、散水ありの場合は、散水なしの場合と比べて、明らかな粉じん濃度の低下が確認された。また、ノズルの角度別に比較をすると、粉じん低減率がノズル角45°で62.6～76.6%、ノズル角90°で61.0～

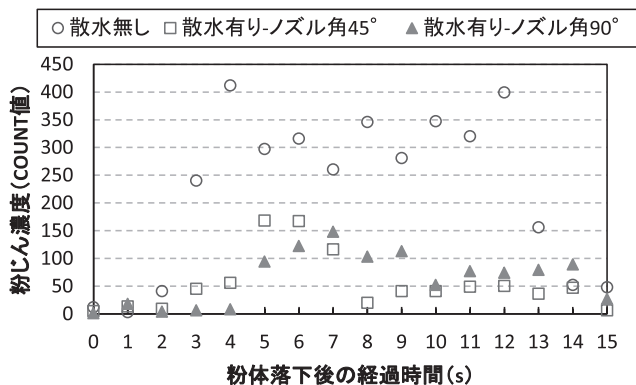
のである（図—2）。散水が必要な状況になると、シリコン製のノズル（写真—1）が水圧により高速で左右に繰り返し振動しながら水を散布することで、面状に水滴（ ϕ 約1～2 mm）のカーテン（写真—2）を形成してその面を透過する粉じんを低減する。ノズルの大きさは90 mm程度である。現場の状況に応じて散水されるため、節水ができ、タンクへの給水作業や経済的な現場の負担が軽減される。ノズルから散水される水量は、最大0.5 l/minである。写真—3はノズル付きのフレームであり、フレームを支えるスタンドは、粉じんの発生源に応じて、簡単に配置を変更できるものである。



図一3 室内実験装置の配置断面図



写真一4 ノズル角



図一4 ノズル角別粉じん濃度の時系列変化

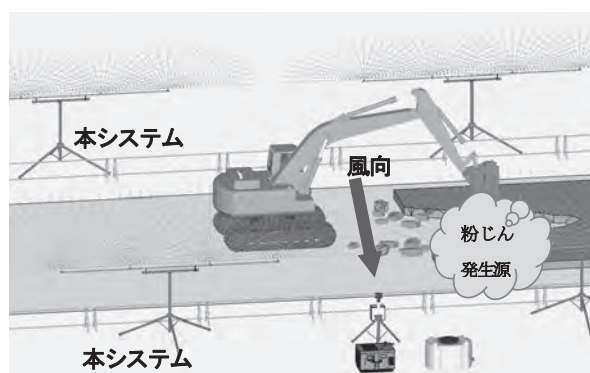
70.4%となった。さらに、ノズル角 45°はノズル角 90°に比べて散水高さはやや低下するものの、水滴のカーテンが風上側へ形成され、ノズル角 90°に比べより風上側で粉じんと接する様子が確認された。また、風速別に比較をすると、粉じん低減率は風速 5 m/s で 70.4 ~ 76.6%，風速 7 m/s で 61.0 ~ 62.6% となった。以上から風速が大きいほど粉じん低減率が低下するものの、いずれの風速においても 60% 以上の低減効果があることが捉えられた。また、ノズル角 45°ケースの方がノズル角 90°のケースよりも若干ではあるが、粉

じん低減率が大きくなる傾向がみられたのは、ノズル角 45°ではノズル角 90°に比べて水滴のカーテンがより風上側に形成されることから、相対的に粉じんが拡散する早い段階で粉じん低減効果が発揮されたことが要因の 1 つと考えられた。

5. 現地実験

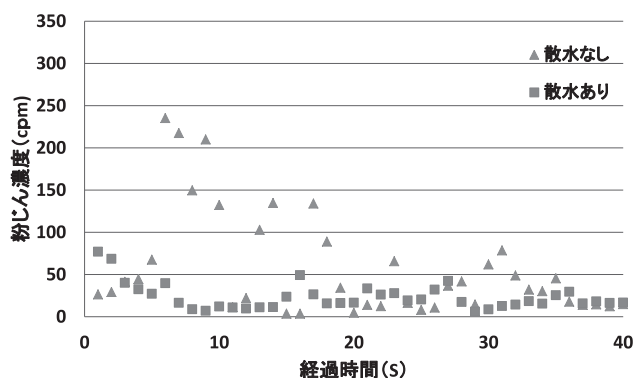
(1) 掘削工における粉じん対策

室内実験の結果を踏まえ、次に実際に本システムを建設工事現場で使用し、散水による効果の定量的な評価を行った。最初に掘削・仮置きを行っている現場において、ノズル 1 基あたりの散水範囲とその効果を確認した。図一5に現地実験のイメージ図を示す。粉じんの発生源に対してその風下に本システムを設置し、発生源側の風向風速計および粉じん濃度に反応して自動的に散水を行い、本システムの風下に位置する粉じん計の値により粉じん低減効果を評価した。散水フレームのノズル相互の距離は、事前の室内実験の計測結果を踏まえ、① 6 m，② 7 m，③ 8 m の 3 段階に設定した。なお、ノズル角は室内実験の結果を受けて、いずれのケースも 45°に設定した。

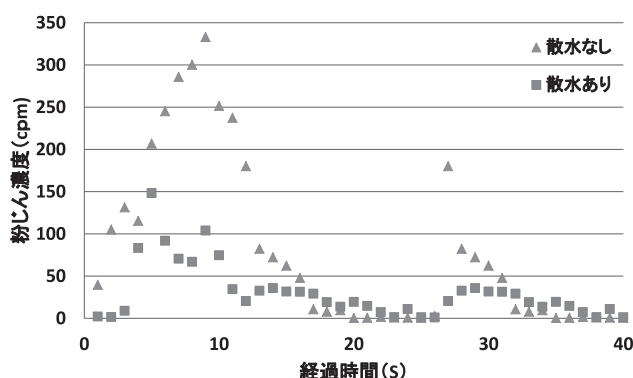


図一5 掘削工における現地実験イメージ

計測の結果、平均粉じん低減率は、ノズル間隔① 6 mで約 45%、② 7 mで約 84%、③ 8 mで約 65%となった。ノズル間隔の条件② 7m および③ 8m の結果をそれぞれ図—6, 7に示す。現地の風速が1～2 m/sと比較的小さかったが、少なくともノズルを中心として水平方向に8 m離れた地点においても低減効果が及ぶと推察された。



図—6 ノズル間隔 7 m の粉じん濃度の変化

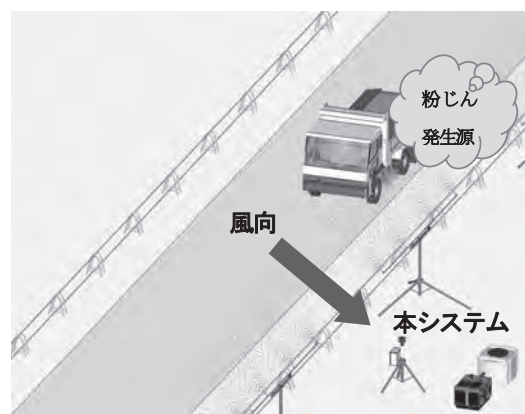


図—7 ノズル間隔 8 m の粉じん濃度の変化

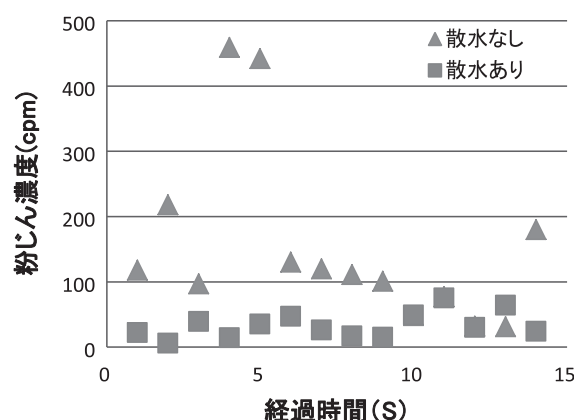
(2) 工事用車両の走行時の粉じん対策

工事用車両の走行に伴う粉じん対策としては、仮舗装や敷鉄板、車両の洗浄、走行速度の抑制、ダンプの荷台をシートで覆うなどと併せて、工事用道路への散水もよく行われる。現地実験として続いて車両走行に伴う粉じんを発生源として本システムの粉じん低減効果を計測した。図—8に現地実験のイメージ図を示す。図—8に示すように車両走行路の風下に本システムを設置し、発生源側の風向風速計および粉じん濃度の値に反応して自動的に散水を行い、本システムの風下に位置する粉じん計の値により粉じん低減効果を評価した。ヤードの関係でノズル間隔は6 mとした。その結果の一例が図—9である。計測の結果、37～56%（現地の風速は5～7 m/s）、の粉じん低減率が得られ、平均約 50%の粉じん低減が確認された。

なお、本システムは写真—3のようなスタンドタ



図—8 車両走行時の現地実験イメージ



図—9 車両走行に対する粉じん濃度の比較



写真—5 万能塀に固定するタイプ

イプの散水方法の他、写真—5のように万能塀に固定することもできる。このため、たとえばノズル付きフレームの位置を高さ3 m付近に設置した場合、水がノズルから1 m～2 m程度高い位置に放出されたのち落下するため、高さ4 m～5 m付近から水滴のカーテンが形成され、ノズルの位置よりも高い位置の粉じんの抑制にも対応できる。このため、防塵ネットなどを高く設置できない現場でも、本システムであれば視界を遮ることなく、粉じんの抑制が可能である。

6. おわりに

本システム自動粉じん低減システム「粉じん見張り番」は、(株)テクノコアと共同開発したものである。本システムの特長をまとめると、以下ようになる。なお、使用に当たっては、前述したように現地の風況や発生源の粉体の質などの影響に十分配慮する必要がある。

- ①現地の粉じん拡散状況を風向風速計と粉じん計により常に監視し、必要に応じて自動的に散水する。
- ②ノズルが水圧により高速で左右に振動しながら水を散布することで、面状に水滴のカーテンを形成してその面を透過する粉じんを低減する。
- ③散水は必要な状況にのみ自動的に行われるため、節水型であり、タンクへの給水作業等の負担が軽減される。
- ④現場の条件や影響を受ける対象に応じて、自立式タイプと万能堀等に固定するタイプを使い分けできる。

- ⑤車両走行に伴って発生する粉じんに対して本システムを適用した結果、平均約 50 % (現地風速 5 ~ 7 m/s) の低減効果が得られた。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省 国土技術政策総合研究所, 「道路環境影響評価の技術手法 (平成 24 年度版)」, 2-3-27, (2012)
- 2) 社団法人地盤工学会 「建設工事における環境保全技術」, pp.208-209, (2009)
- 3) 池上布美子: 人工降雨システム「レインカーテン」による自然雨の再現とその活用, 日本冷凍空調学会「冷凍」, 2012 年 10 月号
- 4) 五十嵐・田中・替場・石川, 「人工降雨システムを用いた粉じん低減装置の開発」土木学会 第 70 回年次学術講演会 pp.513-514, (2015)

〔筆者紹介〕

田中 ゆう子 (たなか ゆうこ)
東亜建設工業(株)
海の相談室
室長



帯電ミストによる浮遊粉塵除去システムの開発

マイクロ EC ミスト[®]

高 木 賢 二

空気中に浮遊した粉塵の除去は集塵機などを用いて集塵して除去するのが一般的であるが、開放空間に浮遊している粉塵は空気を集める方法が難しく有効な除去方法がない。そこで、開放空間に浮遊した粉塵に対して、特殊なノズルで帯電させた水粒子をミスト状に発生させ噴霧することにより、効果的に吸着し除去する技術を開発した。本報では、帯電したミストの発生・散布システム「マイクロ EC ミスト[®]」（以下「本システム」という）の概要、粉塵除去原理、室内実験および実際の建設現場での粉塵除去効果確認の結果について報告する。

キーワード：浮遊粉塵、粉塵、ミスト、帯電、ノズル

1. はじめに

近年、高度経済成長期に建設されたインフラのリニューアルおよび増設工事の活発化に伴い、建設現場では周辺に人家が存在する状況が多くあり、そこでの重機走行や解体粉塵が周囲に影響を及ぼし易い状況下での作業を強いられることが多くある。そのため、一層の粉塵対策が求められている。

粉塵対策には、散水や粉塵飛散抑制剤など粉塵の発生を抑制する方法や防塵シートなど粉塵の拡散を抑制する方法は既にいくつかあるが、一度浮遊してしまった粉塵を開放空間において除去する技術はないのが現状である。このため、様々な箇所が発生する工事粉塵の対策は限定的であり、特に、発生した後の浮遊粉塵を除去する方法が求められている。

粉塵の径が数 $10\mu\text{m}$ 程度であると重力による沈降速度は 10^{-3}m/s 程度となり、浮遊した状態で拡散する。解体工事や造成工事で発生する粉塵の粒径は、実測によると 6 割程度が $10\mu\text{m}$ 以下であり、発生した場合は浮遊するものが多いのが特徴である。一方、浮遊した粉塵を処理する手段は少ない。

粉塵対策技術には、粉塵を発生させない発生抑制、粉塵を拡散させない拡散抑制、浮遊した粉塵を除去する粉塵除去に分類される。表 1 に粉塵対策技術と効果の一覧を示す。特に、浮遊粉塵の除去には現状集塵機によるものしかない。集塵機は浮遊粉塵を含む空気を吸引してフィルターあるいは電気集塵で粉塵を除去するものであり、閉鎖空間のように粉塵を含む空気を

表 1 粉塵対策技術と効果

目的	対策	開放空間：屋外	閉鎖空間：室内
発生抑制	放水、ミスト散布	○(1/10に減)	△(要処理)
	飛散抑制剤	◎(1/100に減)	△(要処理)
拡散抑制	防塵シート	○(1/2に減)	○
	仮囲い	○(1/2に減)	—
粉塵除去	集塵機	—	◎(1/100に減)
	マイクロ EC ミスト	○(1/2に減)	○(1/2に減)

(当社比)

を吸引しやすい場所での粉塵除去に効果的である。しかし、開放空間では風の影響により空気の流れの変化が大きく、粉塵を含む空気を吸引することが困難で特殊な場合を除いて適用は難しい。

筆者らは、特殊なノズルで帯電させたミスト（水粒子）を発生させ噴霧することにより、開放空間に浮遊した粉塵をミストに吸着して除去する技術を開発した^{1), 2), 4)}。これにより、これまで有効な除去方法がなかった開放空間での浮遊粉塵の効果的な除去が可能となる。

本報では、本システムの概要、ミストの帯電や静電気による粉塵の吸着など粉塵除去原理、ドラフトチャンバーを用いた室内実験および実際の造成工事の建設現場における粉塵除去効果確認について報告する。

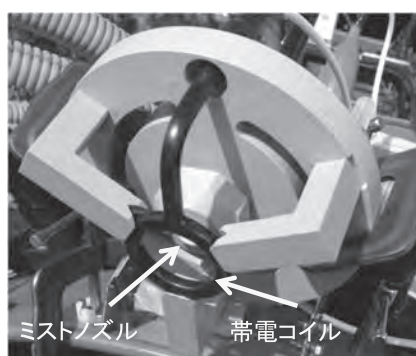
2. システム概要

(1) システム構成

本システムは、帯電ミストファン（写真—1）とポンプ、水槽、電源などで構成される。帯電ミストファ



写真一 本システム概観



写真二 帯電ミストノズル (D = 120 mm)

ンは帯電ミストを発生するノズルを大型ファンと結合させたもので、気流に乗せてミストを噴射する。帯電ミストの発生は誘電帯電方式によるものであり、写真一2の帯電ミストノズルによって、1分間に10リットルの帯電ミスト（電荷量約0.5 mC/kg）を連続して安定的に噴射することを可能にした。ノズル部で発生した帯電ミストがファン部で生成された空気流によって粉塵空間に向けて送り込まれる。

(2) 帯電ノズル

帯電ミストは、マイナスの電荷を載せた200 μm 以下の微細な水の微粒子群で形成された微噴霧である。帯電ミストは、通常ミストでは除去困難とされていた10 μm 以下の浮遊粉塵を静電気力により空間で吸着させて落下させることができる。

帯電ミストを発生させるために写真一2のような帯電ノズルを開発した。帯電ノズルはミストノズルの出口付近に円環の高電圧コイルを配して、高電圧領域を形成する。

3. 粉塵除去原理

(1) 帯電ミスト発生原理

帯電ミストの発生は誘電帯電方式による。ミスト発



図一 帯電ミスト発生原理

生にはスプレーノズルを用いる。スプレーノズルは小さな穴から高圧の水を噴出させるノズルである。ノズルの穴の出口付近では水の表面張力と水の噴出圧力のバランスにより円錐型の水柱が形成され、水柱表面で順次水が剥がれ出されることにより水滴（ミスト）が形成される。帯電ミストノズルではスプレーノズルの出口付近で高電圧をかけたコイルにより高電圧領域を形成させて、この水柱の表面に電荷を与える。これにより電荷をもった表面の水が順次ミストになっていくために、帯電ミストを形成することができる（図一1）。

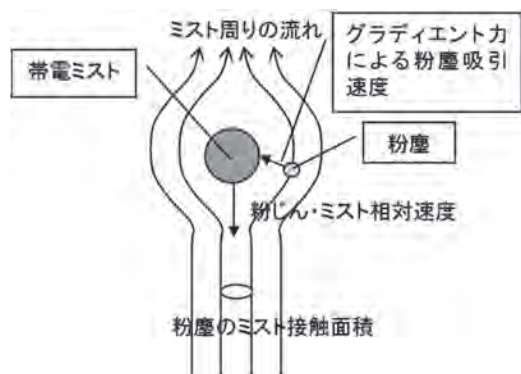
(2) 粉塵吸着のメカニズム

現状、建設現場での粉塵対策は粉塵を発生させない目的で散水あるいは粉塵飛散抑制剤などの対策を行っているが、発生した浮遊粉塵はミスト散布や散水を施しても除去することは難しい。ミスト散布による粉塵除去が困難な原因は主に以下のようなものが考えられる。

- 1) 粉塵とミストは風に乗って同様な速度と方向で移動し、粉塵とミストの相対速度はほぼ重力による終末速度の差になり、粉塵とミストの衝突速度および粉塵量（個数）が極端に小さい。
- 2) ミストと粉塵の相対速度が小さいため、粉塵のミストに対する挙動には乱れが少なく、粉塵はミストをよけて移動する。このため、粉塵がミストに接触する流れ直角方向の面積は極端に小さくなり、吸着しにくくなる。
- 3) 粉塵がミストに衝突する際に表面張力による抵抗を受けるため衝突速度と粉塵の粒径の関係で跳ね返される粉塵もあり、ミスト内部まで侵入してとどまる粉塵の数が減少する。

一方、図一2のようにミストを帯電させることにより次のような効果が生じる。

- 1) ミスト表面の電荷により表面張力が減少する。このため粉塵がミストに衝突し内部へ侵入する際の



図一 帯電ミストの粉塵除去原理

抵抗が減り、ミストに取り込まれる粉塵の数が多くなる。

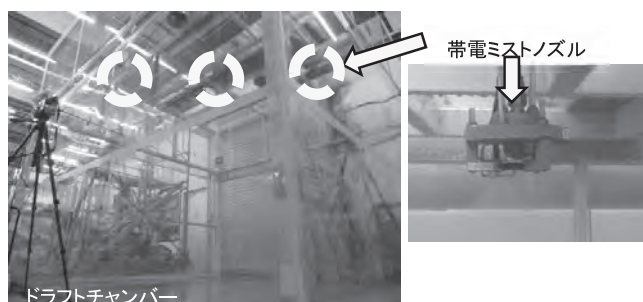
- 2) ミスト周辺での不均一な電界により、電荷のない誘電体である粉塵にグラディエント力³⁾が生じ、粉塵が電界の強い方向(ミスト方向)へ誘引される。これらの効果で、ミストに接触する粉塵の数(粉塵量)が増大し粉塵除去効果が生じる。

4. 室内実験

本システムの粉塵除去性能を定量化する目的で、ドラフトチャンバーを用いた室内実験を行った。

(1) 実験装置

ドラフトチャンバーを用いて閉鎖空間を形成し、風などの外乱がない状況下における粉塵洗い落とし室内実験を実施した。ドラフトチャンバーは写真一3のように縦3m、横3m、高さ3mの区間を帯電防止シートで囲っている。帯電ミストは、上部に設置した帯電ノズル5個から噴霧させた。浮遊させる粉塵はダストフィーダ(柴田科学製, MF-2)から散布し、チャンバー内の上部に設置したファンで循環させた。粉塵濃度の計測はチャンバー内4か所にデジタル粉塵計(柴田科学社製, LD-5)を設置し、吸引口にアルミ管を装着し、アルミ管内でミストを吸着させて混入を防止している。これによりミストの有無によるデジタル粉塵計の



写真一 実験装置概観

計数値への影響がないことを確認した。

(2) 実験結果

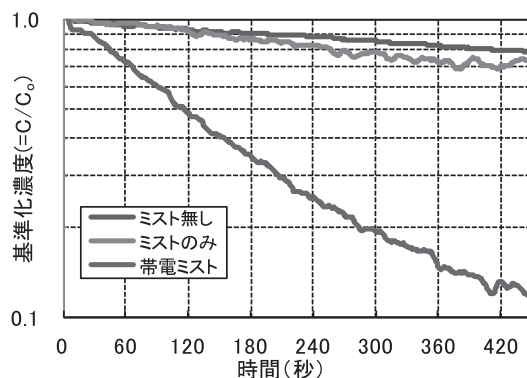
実験に用いた粉塵は、試験用の標準粉塵(JIS Z 8901)の中で「関東ローム7種」、「関東ローム11種」、「珪砂3種」、「フライアッシュ5種」、「黒炭12種」を用いた。

これらの微細な粉塵に対して、ミスト散布によるチャンバー内粉塵濃度を計測した。一方、粉塵濃度Cの低下は、

$$\frac{dC}{dt} = -K \cdot C, \quad \frac{dC}{C} = -K \cdot dt, \quad \frac{C}{C_0} = \exp(-K \cdot t)$$

となり、計測した粉塵濃度の時間tの変化から濃度の減衰時定数Kを求めることができる。

実験で求めた粉塵濃度の時間変化の一例を図一3に示す。帯電ミスト噴霧による粉塵濃度の減衰が大きいことがわかる。また、帯電のないミストのみのケースでは、重力沈降のみの粉塵の減衰(図中;ミストなし)とほぼ同程度の効果であることを確認した。



図一 粉塵濃度時間変化実験結果(関東ローム11種)

実験から求めた粉塵濃度の減衰時定数の一覧を表一2に示す。帯電していないミストのみの結果と帯電ミストの結果を比較すると、減衰時定数が2倍以上となっており、帯電ミストのケースでの減衰速度が大幅に向上したことが確認できる。

また、数種類のミスト径についての実験も行い、帯電に最適なミスト径は200μm以下であることが分かった。

5. 現場実験

実際の建設現場での本システムの粉塵除去効果を検証するために、造成現場での作業時に発生する粉塵を対象に現場実験を行った。実験の対象は、写真一4に示すバックホウ作業時、写真一5に示すダンプトラッ

表一 減衰時定数実験結果

粉塵種類	中心粒径 (μm)	減衰時定数 $K(1/\text{s})$		帯電効果 (帯電ミスト÷ミストのみ)
		ミストのみ	帯電ミスト	
関東ローム 7 種	8.6	0.00079	0.00145	1.84
		0.00192	0.00271	1.41
関東ローム 11 種	2.3	0.00067	0.00148	2.21
		0.00021	0.00171	8.14
		0.00080	0.00509	6.36
硅砂 3 種	7.6	0.00104	0.00335	3.22
		0.00183	0.00632	3.45
フライアッシュ	5	0.00173	0.00286	1.65
			0.00203	1.17
黒炭	15	0.00231	0.00265	1.15

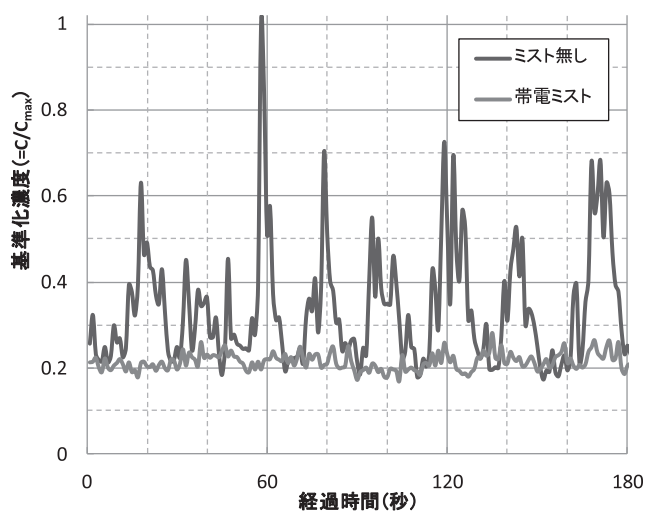


写真一 4 バックホウ作業時の噴霧状況

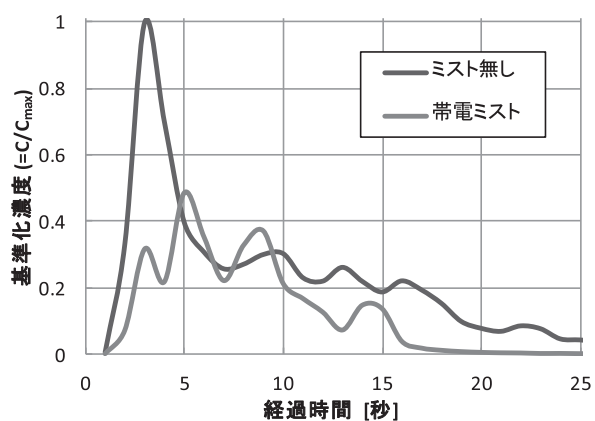


写真一 5 ダンプ走行時の噴霧状況

ク走行時とした。粉塵が発生している箇所にファンによりミストを噴霧し、発生個所周辺での粉塵濃度を複数台のデジタル粉塵計（柴田科学社製 LD-5）で計測して粉塵発生個所周辺での粉塵濃度の分布を測定した。バックホウ作業およびダンプ走行を数回行い、その際の空間平均した濃度を図一 4, 5 に示す。図中縦軸は平均濃度の最大値で基準化した無次元濃度である。いずれの作業でも、帯電ミストによる粉塵除去効果が無帯電ミストに比べて著しく高いことが確認された。更に効果を定量化するために、パフモデルを用いた計算から粉塵発生個所周辺の粉塵拡散性状を仮定



図一 4 バックホウ作業時の粉塵濃度変化



図一 5 ダンプ走行時の粉塵濃度変化

表一 3 実測結果に基づいたパフモデルによる飛散量推定結果

	ミストのみ	帯電ミスト	低減率
バックホウ作業発生量 (g/回)	0.74	0.37	51%
ダンプ走行発生量 (g/m/台)	1.29	0.63	49%

し、各実験結果をフィッティングさせることで推定した粉塵飛散量を表—3に示す。

室内実験の結果から浮遊粉塵除去性能は約50%程度と算定しており、現場実験で得られた飛散量と同等であることから、ほぼ設計どおりの性能が確認された。一方、風の影響が大きいと粉塵とミストが十分な時間接触できなくなり除去効果が低下することが分かった。

また、造成工事のほか、各種建設工事での粉塵除去効果確認のための実験を行っている。これらの実験から本システムの適用対象を明確にすることができた。表—4に本システムの適用対象を示す。本システムの効果は粉塵が誘電分極によりミストへ吸着されることから、導電性のある粉塵には効果がなく、水分を多く含むモルタルや溶断の際に発生するヒュームなどには適さない。

表—4 本システムの適用対象

対象	粉じん種類	適用
RC解体工事	コンクリート	○
土工事	砂、土	○
走行車両	砂、土	○
吹き付け工事	モルタル、水	×
溶断	ヒューム、煙	×
花粉	スギ花粉	○

6. おわりに

帯電ミストによる浮遊粉塵除去システムである本システムマイクロ EC ミストを開発し、その除去原理を明らかにし、室内実験を行いマイクロ EC ミストの粉塵除去効果を定量化した。さらに、実際の造成現場においてマイクロ EC ミストの実用上の性能を確認した。

一方、風向きが除去効果に大きな影響を及ぼすため、現場においては最適な帯電ミストの噴霧方法を検討する必要がある。

今後は、粉じんの種類（粒径、誘電率、濡れ易さ）やミストの帯電量などをパラメータにした実験を行いモデルの精度検証を図り、各種の粉塵に対応するための設計手法を構築して、実際の解体現場などでの実証試験を行う予定である。

なお、本論文は参考文献4)を基に加筆したものである。

J C M A

《参考文献》

- 1) 池松ほか；帯電ミストによる粉じん除去システム（マイクロ EC ミスト）の開発，土木学会全国大会第68回年次学術講演会，2013.
- 2) 高木ほか；帯電させたミストによる浮遊粉じん除去効果の検討—粉じん除去効果のモデル化—，日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道），2013.，pp.887-888.
- 3) 静電気学会；静電気ハンドブック，2006.
- 4) 高木ほか；マイクロ EC ミストの開発，鹿島技術研究所年報，No.63，2015.

【筆者紹介】

高木 賢二（たかぎ けんじ）
鹿島建設株式会社
技術研究所 先端・メカトロニクスグループ
担当部長



グラブ浚渫の効率化と精度向上を実現した トータルシステム

浚渫施工管理システムに三次元データを導入したグラブ浚渫トータル施工システム

杉 浦 仁 久

国土交通省港湾局では港湾工事における生産性の向上を目指し、ICTを導入した施工情報の三次元化による施工管理の実現に向けて取組みを開始している。また港湾工事では、GNSS、トータルステーション及び各種センサーを使用した施工技術の導入が既に進められている。永年、グラブ浚渫のICTによる三次元データを活用した作業の効率化と浚渫精度向上に取り組んできたが、本稿では、これらの取組みについて紹介する。

キーワード：グラブ浚渫、3D グラブバケット、法面掘削対応、容量可変、3D 浚渫施工管理システム

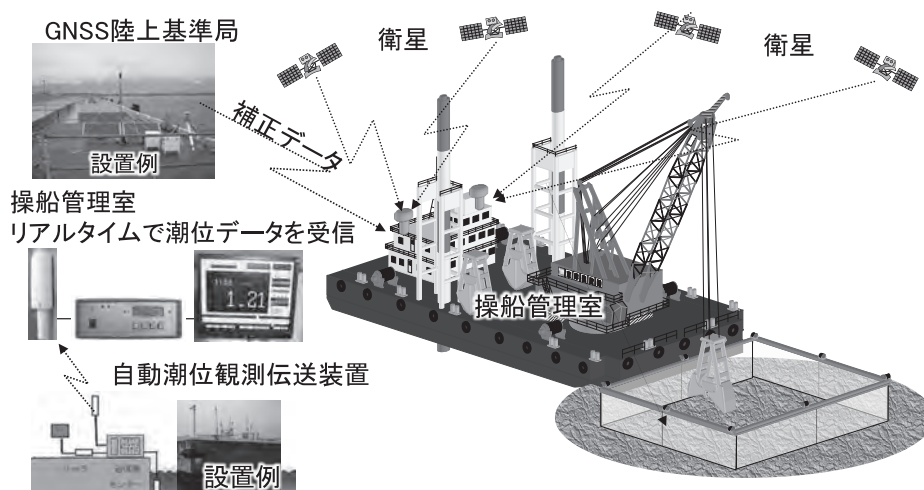
1. はじめに

近年のグラブ浚渫では既に GNSS や自動潮位伝送装置を活用したグラブ浚渫施工管理システムが導入されている。一般的なシステムの概要は以下の通りである。GNSS による船位情報をもとにブームの起伏、旋回角度からグラブバケットの平面位置をリアルタイムに算定する。グラブバケットの刃先深度は、自動潮位伝送装置から送られてくる潮位情報をもとに喫水、ブームの起伏及び支持ワイヤーの繰り出し長から算定される（図—1）。これらのグラブバケットの平面位置と刃先深度を画面に常時表示してグラブバケットを1回降下させるごとに、刃先の停止深度を色分けして施工履歴として記録する（図—2）。多くのグラブ浚渫船は、グラブバケットを閉じる際に支持ワイヤーを

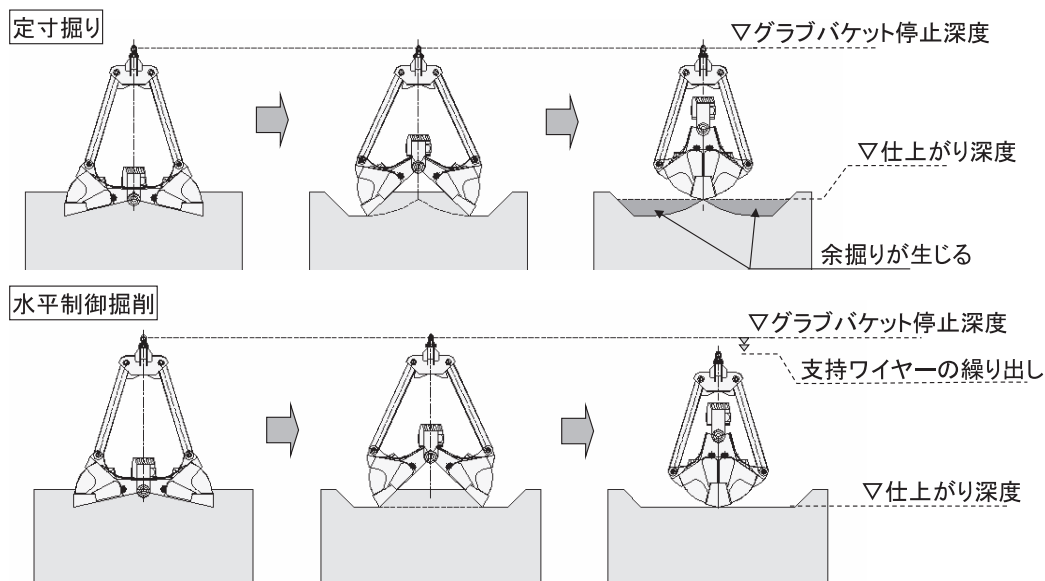


図—2 従来のグラブ浚渫施工管理システム画面

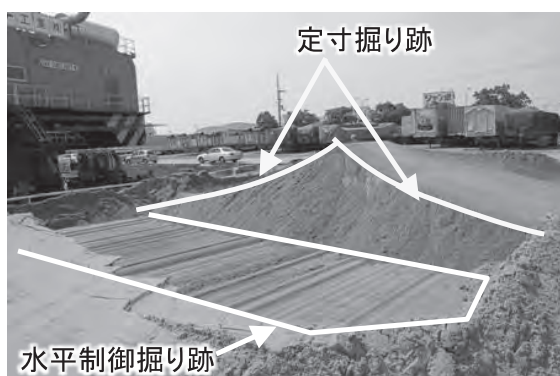
自動で繰り出し掘り跡を平坦に仕上げる水平制御掘削機能を有している（図—3、4）。オペレータは画面を確認して、掘り残しのないよう掘り跡に現在のバケッ



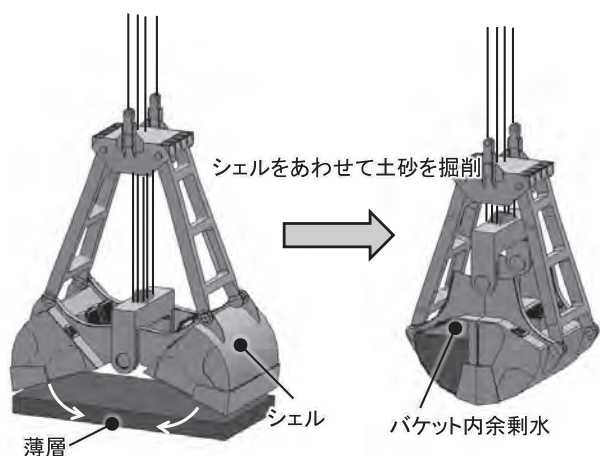
図—1 従来のグラブ浚渫施工管理システム概要



図ー3 定寸掘りと水平制御掘削の比較



図ー4 定寸掘りと水平制御掘削の掘り跡



図ー5 グラブバケットによる余剰水の取り込み

ト位置をラップさせてグラブバケットを降下させる。これらにより効率的な浚渫作業を行っている。しかし、薄層浚渫や仕上げ掘りは、浚渫厚さが薄く、バケットによる一掴みで取り込む土砂が少なく、多くの余剰水を取りこんでしまう（図ー5）。このことは土運船に余剰水を多く積込むこととなり、土運船運搬の効率

低下となるうえ、濁水流出による汚濁発生の原因となる。さらに従来のグラブ浚渫では、水平にしか掘削できないため、浚渫深度の変化する法面部では階段状に掘ることとなり、深掘り気味になってしまう。また施工履歴の深度ごとの表示では、掘削場所ごとにバケットの停止深度を変化させる必要があり、管理が難しいものであった。

当社では、これらの問題を解決するために以下の3つの技術開発を行った。

- 1) 浚渫深度の変化に対応可能な「3D 浚渫施工管理システム」
- 2) 浚渫厚さに応じて容量を変化できる「容量可変グラブバケット」
- 3) 法面勾配に合わせてバケットを傾けた状態で浚渫可能な「3D グラブバケット」

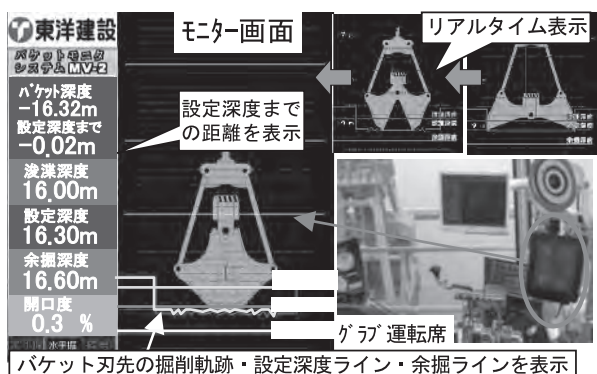
これらを合わせて「グラブ浚渫トータル施工システム」と名付け、現場への活用を図った。

2. 開発の経緯

各技術の開発の経緯は、以下の通りである。

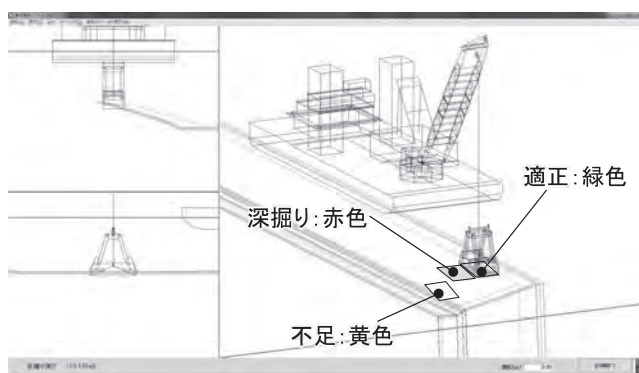
(1) 3D 浚渫施工管理システム

これまでのグラブ浚渫施工管理システムでの施工履歴は、平面位置の色分け表示であり、浚渫深度が一定の平坦な浚渫底面では設計深度と浚渫深度の位置関係が表現可能である。これに加え、当社ではクレーンオペ室や施工管理を行う監視室において水中での作業状況が確認できるようグラブバケットを断面方向から見た状況をリアルタイムでコンピュータの表示装置を利



図—6 バケットモニター

用して可視化した「バケットモニター」を開発した（図—6）。本装置は、グラブバケットの上下及び開閉動作と設計深さ、施工深さ及び刃先軌跡が一目で分かるものである。このバケットモニターは多くのグラブ浚渫工事に導入し、オペレータがグラブバケットの停止深度を調整ながら掘削することで底面の余掘り低減に寄与した。しかし、施工位置により浚渫深度の変化する法面部分の施工には対応できなかったことから、法面を含む浚渫全範囲に対して、設計深度・管理深度と現在のバケット位置が容易に確認できるよう改良し、施工後のバケット刃先の軌跡を表示させ、設計深度との高さ関係を明確に表示することとした。これまでのグラブ浚渫施工管理システムでは、浚渫深度ごとに施工履歴を色分け表示していたため、設計浚渫深度が平面位置で変化する法面部では、掘り跡が適正かどうかの判断が難しかった。そこで、「不足」「適正」「過掘り」についてグラブバケットを降下させて土砂を掘った深度を1掴みごとに判断し、これを色分けし（不足：黄色、適正：緑、深掘り：赤）施工履歴として表示することとした。この色分け表示は任意に設定が可能であり、変更が可能である。また浚渫区域に近接する防波堤や地中の構造物も表示可能である。さらに新しい機能として浚渫の様子をワイヤーフレームの3次元のアニメーションとして表示する機能を追加した（図—

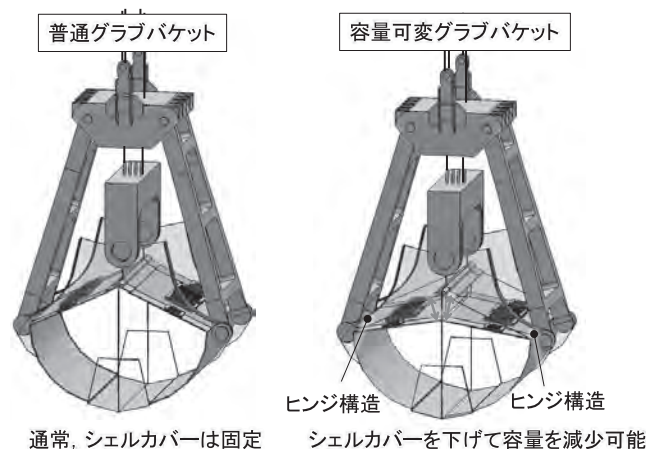


図—7 3D 浚渫施工管理システム（原型）

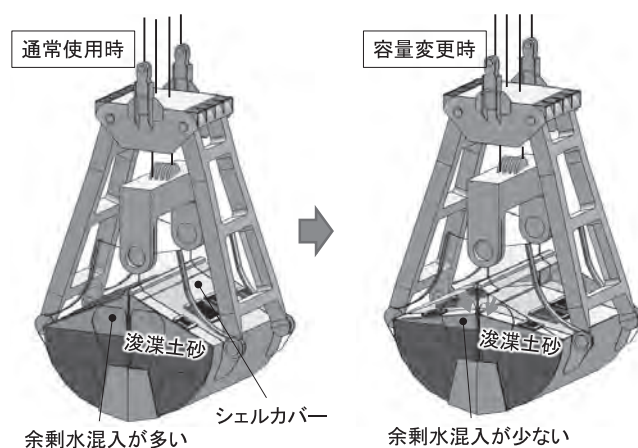
7)。これが「3D 浚渫施工管理システム」の原型である。本システムは神戸港ポートアイランド地区にて試験導入を行い、一定深度での水平掘削にて実用化した。

(2) 容量可変グラブバケット（NETIS 登録：No.CBK-160002-A）

通常、薄層浚渫を行う場合、グラブバケット内に多くの余剰水が混入し土砂とともに積んでいるため、土運船に土砂を満載できず、土砂運搬が非効率となっていた。また浚渫厚に応じた異なる容量のグラブバケットを浚渫船に搭載しておき、これを交換して浚渫を行うこともあるが、グラブバケットの交換には時間がかかる等の課題があった。そこでシェルカバーの外側端部をヒンジ構造とし、シェルカバーを上下させることで容量を変更できるように改良した（図—8、9：特開 2015-121022）。容量はレバースロック等簡易な道具で迅速に変更可能である。さらにシェル内には鋼製枠を設け、鋼製蓋を設置することでさらに容量を変更できる構造とした（図—10）。本グラブバケットは東京港中央防波堤外側地区高炉・泊地（-16m）浚渫



図—8 シェルカバーを上下することで容量を変更



図—9 容量変更による余剰水の削減

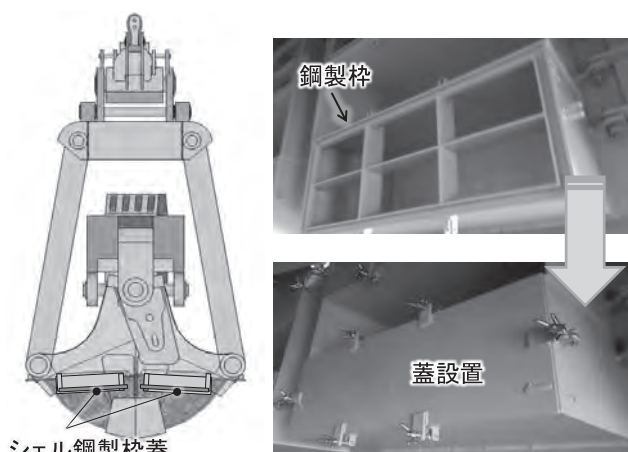


図-10 シェル内の鋼製枠及び蓋設置状況



図-11 容量可変グラブバケット実機

工事（その3）に導入し、運搬効率低下を抑制するとともに、濁水の発生を抑制した（図-11）。本工事ではシェルカバーの上下により 32 m^3 と 24 m^3 の切り替え、シェル内の鋼製枠への蓋設置により 19 m^3 まで容量を減らせる構造とした。

(3) 3D グラブバケット

従来のグラブバケットは水平方向にしか掘削ができず、傾斜した法面部は階段状に掘削せざるを得なかった。このため法面部では深掘りとなっていた。そこで、グラブバケットの支持点位置をずらすことで掘削勾配を変化させることが可能な 3D グラブバケット（図-



図-12 3D グラブバケット実機

12)を開発した。本バケットは、水平も含め 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6 の 6 段階の勾配に設定可能であり、法面を精度良く効率的に掘ることができる。これにより、これまで階段状に複数回掘っていた法面部においてバケット幅を一掴みで斜めに掘れることから、掘む回数を減らすことができ、効率性が向上した（図-13）。本バケットは（2）で述べた容量可変機能も付加しており、標準は 25 m^3 の容量でシェルカバーを下げることで 20 m^3 に容量を減らせ、シェル内の鋼製枠に蓋を取り付けることで 15 m^3 まで容量を減らすことができる。

(4) 3D グラブバケットの導入に伴う浚渫施工管理システムの改良

これまで開発した 3D 浚渫施工管理システムでは、掘り跡を水平にしか表示することができなかったが、3D グラブバケットの導入に伴い、勾配に合わせて掘り跡を表示して施工履歴として記録する機能を追加した（図-14）。事前に施工区域を三次元モデルとして入力しておき、GNSS により検出されるグラブバケットの平面位置での法面高さを即座に算定し、グラブバケットの停止深度として表示する（図-15）。オペレータは表示深度に従ってグラブバケットを停止させる。本システムは「広島港廿日市地区航路（-12 m）浚

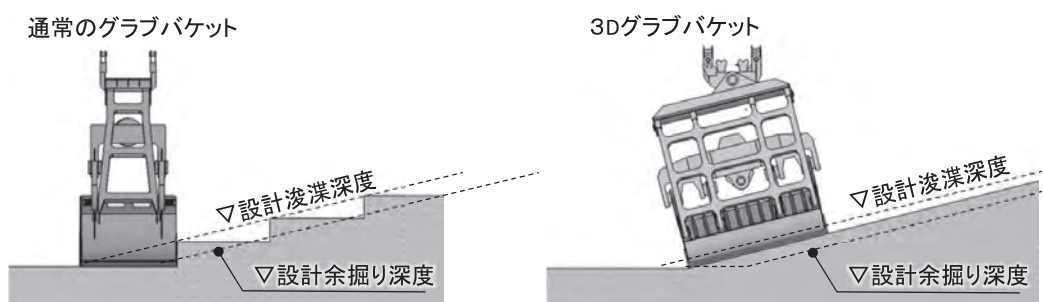
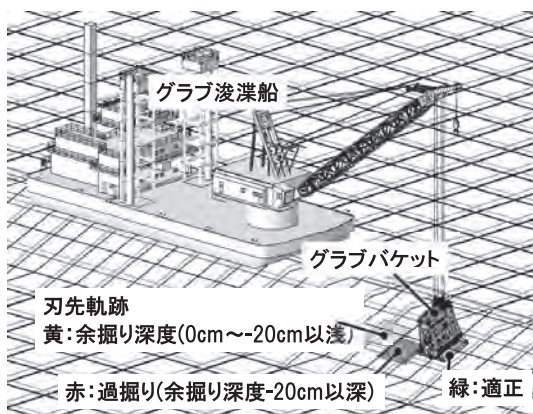
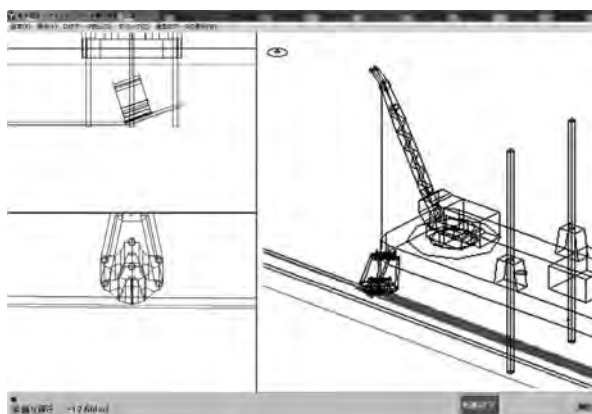


図-13 通常グラブバケットと 3D グラブバケットの比較



図—14 システム概要



図—15 実際の管理画面

渫工事」に導入し、法面部の掘削に活用した。本工事では深掘りを、『余掘り範囲内』であれば緑色、余掘り範囲から『20 cm 以内』の深掘りを黄色、『それ以上』の深掘りを赤色表示することとした。掘り跡は一掴みごとに色分け表示できるので、リアルタイムで深掘り傾向が判断できる。赤色が表示されると「20 cm 以上の深掘り」を示しているの、深度を調整することで

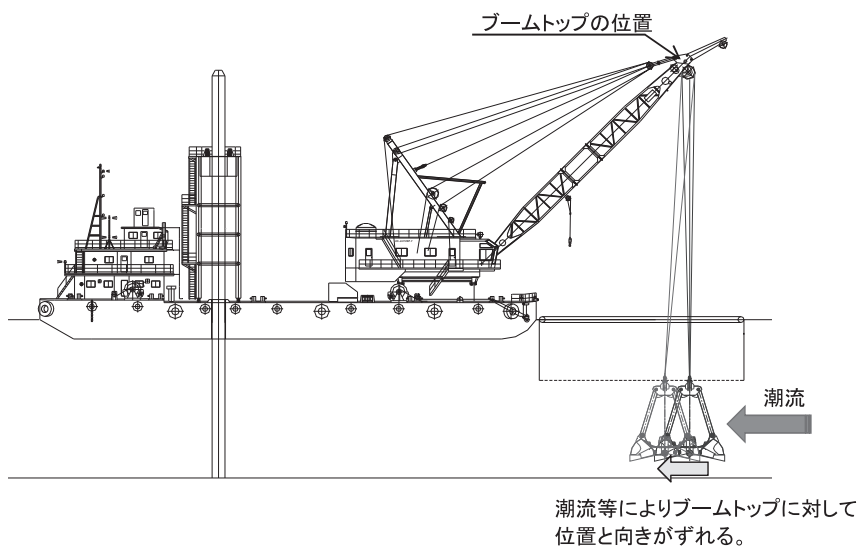
深掘りが抑制できる。これにより、ほとんどのエリアで適正な深度を保つことができ、法面の総延長、約 1.1 km を浚渫し、ほぼ適正な深度を保つことができた。

3. 今後の改善点

これまでに述べた技術開発により、バケット位置、深度、勾配に合わせた浚渫施工管理システムを構築することができた。しかし、グラブバケットの平面位置は、ブームトップの位置として施工管理システムに反映されているが、潮流が速い海域ではグラブバケットが流され、ブームトップの位置と実際のバケットの位置にズレが生じ（図—16）、掘り残しが生じる恐れがある。また従来のシステムではバケットの向きはブームの向きと同方向と判断されており、バケットが回転した際の向きを反映できない。超音波による水中位置計測装置では、グラブバケットの昇降時に生じる気泡の影響による計測の困難さや1日に百回程度も行われるグラブバケットの昇降に対しセンサーの耐久性が問



図—17 レーザー距離計



図—16 グラブバケットの変位

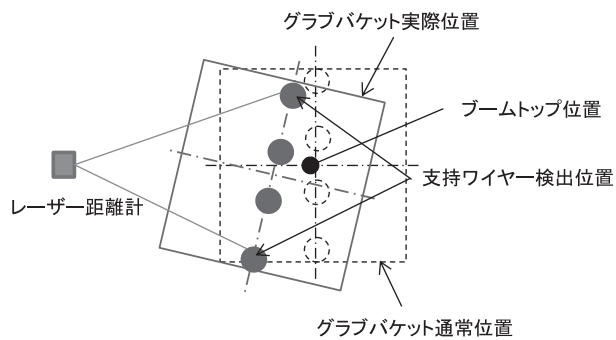


図-18 グラブバケットの位置と向きの補正

題となる。そこで支持ワイヤーの位置を計測し、バケット停止深度での変位と向きを算定してシステム画面に反映させることとした。支持ワイヤーの位置の検出は起重機部に取り付けたレーザー距離計（図-17）にて行った。ブームトップとレーザー距離計設置高さとはバケット停止深度から変位量と向きを算定し（図-18）、システムに反映することとした（特開 2015-187380）。本技術はグラブ浚渫船に装備して 3D 浚渫施工管理システムでの動作を確認済みである。また現在の 3D 浚渫施工管理システムはワイヤーフレームでの表示となっているが、リアルなアニメーション化により「作業の見える化」を発展させ、今後の施工に活用していきたい。

4. おわりに

陸上土工では、ICT を活用したマシンガイダンスやマシンコントロールがすでに広く導入されており、施工の生産性向上や省力化が図られている。港湾工事においてもマルチビームを用いた深淺測量や 3 次元データを用いた出来形管理の運用が進められており、今後日常の施工においても、ICT の活用がさらに図られると考えられる。そのため、施工管理システムの改良により作業の見える化を進めるとともに施工管理の効率化、施工精度の向上を進め、さらなる生産性の向上を図っていきたいと考えている。

J C M A

【筆者紹介】

杉浦 仁久（すぎうら ひとひさ）
東洋建設㈱ 土木事業本部技術営業部
部長



凝集効果が長期間持続する凝集剤による 濁水処理方法の紹介

徐放性凝集剤「J フロック」

山 崎 啓 三・黒 岩 正 夫・三 浦 俊 彦

土工事では工事濁水の流出による周辺環境への影響を低減するため、沈砂池による土粒子除去が行われることが多い。従来の沈砂池は、十分な沈降時間を確保できないため、主に濁水中の砂分除去を目的としている。しかし、近年では沈砂池であっても、放流先の河川等に貴重種が生育する等の理由から、更なる濁度低減を求められる場合がある。そこで、筆者らは、固形凝集剤の表面を特殊樹脂で被覆することで凝集成分が一定期間ゆっくりと溶解する特長を持つ徐放性凝集剤「J フロック」（以下「本凝集剤」という）を開発した。本稿では、開発した本凝集剤の特徴と適用事例を報告する。

キーワード：土工、濁水処理、沈砂池、凝集剤、SS（浮遊物質量）

1. はじめに

造成や山岳トンネル等の開削工事では、工事濁水の流出による周辺環境への影響を低減するため、沈砂池を設置し、自然沈降により土粒子除去が行われることが多い。沈砂池は、設置スペースの問題から容積が制限され十分な沈降時間を確保できないため、主に濁水に含まれる砂分の除去を対象としており、濁水処理プラントのように、シルトや粘土等の細粒分を除去して、排水中の濁度や浮遊物質量（SS）を一定の管理値まで低減する能力はない。しかし近年では、沈砂池であっても、放流先の河川に貴重種が育成する等の理由から、水域環境への影響が危惧される場合には、濁度や浮遊物質量の更なる低減を求められる場合がある。

沈砂池からの排水に含まれる濁度や浮遊物質量を低く抑えるためには、沈砂池の面積を大きくして、濁水の滞留時間を長くすることで、土粒子の沈降を促す方法が有効である。しかし、沈砂池の面積を大きくすることは、設置費用の増加につながる。また、現場によっては用地に余裕がなく、十分な大きさの沈砂池を設置できない場合がある。このような場合は、矢作川環境技術研究会が提案する竹粗朶等の接触ろ材を沈砂池に設置して、土粒子除去能力を向上させる方法が実施されている¹⁾。竹粗朶等の接触ろ材による方法は、沈砂池内の整流効果と接触ろ材による土粒子の付着・沈殿効果を利用するものであり、多くの沈砂池で効果が確認されている。筆者らは、その濁水低減効果をさらに

高める方法として、固形凝集剤の表面を特殊樹脂で被覆することで凝集成分が一定期間ゆっくりと溶解する特長を持つ本凝集剤を開発し、接触ろ材と併用した場合の効果について検討した。

本稿では、開発した本凝集剤の概要と性能を把握することを目的に実施した室内試験、および、適用した現場での濁度低減効果を報告する。

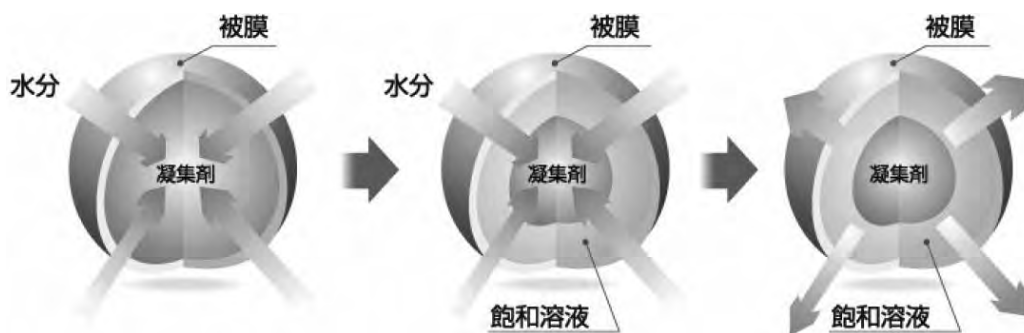
2. 本凝集剤

(1) 本凝集剤の概要

今回開発した本凝集剤（写真—1）は、凝集剤であるアルミニウム塩を特殊樹脂で被覆した材料である。従来技術である緩効性肥料の原理を応用しており、一定期間、ほぼ一定濃度でアルミニウム塩を濁水中へ溶解できる。本凝集剤には5日と20日タイプの2種類



写真—1 本凝集剤



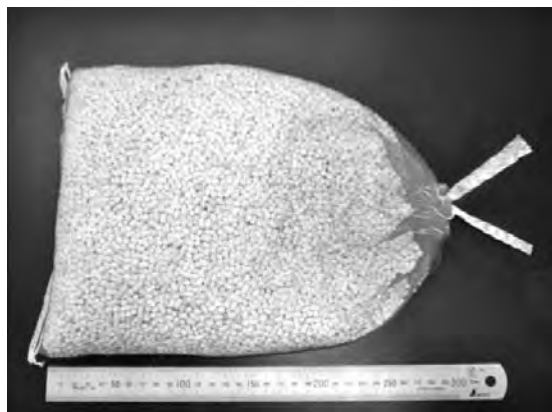
図一 本凝集剤の溶解原理

があり、5日または20日間一定濃度のアルミニウム塩を溶解するように調整された材料である。

本凝集剤の溶解原理を図一1に示す。

(2) 本凝集剤の特徴

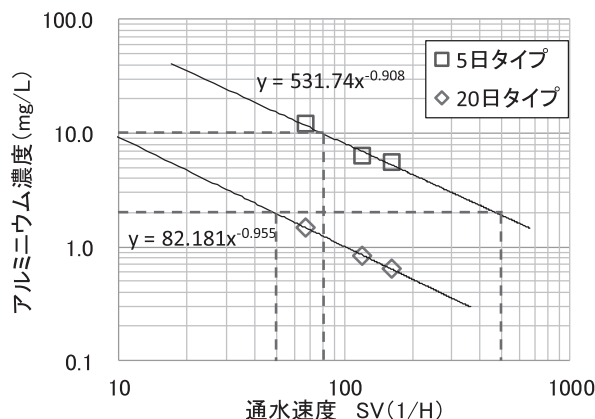
本凝集剤から溶解したアルミニウムイオンは、濁水中の微細な土粒子表面の負電荷を中和して、粒子間の反発力を弱めて微粒子同士を合一しやすくし、粒子径を大きくして沈降を促進する。一般に使用されている液体や粉体の凝集剤は、水中ですばやく拡散するが、凝集効果を持続させるためには定量的に薬剤を供給する装置が必要であり、また、過剰添加になるとpHが低下したり、凝集成分であるアルミニウム等の水酸化物が生成して白濁を起こす可能性がある。しかし、本凝集剤は設定した溶解日数に合わせてゆっくりと溶解するため、長期間、一定の効果を持続することが可能であり、アルミニウムイオンの過剰添加を防止できる。本凝集剤は、ネット袋に2kgずつ小分けされているため（写真一2）、人力で容易に設置が可能であり、薬剤供給装置等の機械設備や電源が不要である。また、溶解期間が比較的に長いので、薬剤補給作業やメンテナンス作業を削減することが可能であり、簡易な管理状態での使用が可能である。



写真一 本凝集剤（梱包後）

3. 本凝集剤の溶解試験結果

本凝集剤を沈砂池のような流水下に設置した場合の溶解特性を把握するため、カラム通水試験を実施した。カラム試験では、溶解期間の異なる2種類の凝集剤を直径10cmの円筒カラムに充填し、カラムの下部から水道水を上向きに通水した。通水量は実際の沈砂池の条件を想定し、220～530 ml/min（SV67～162）の3段階に設定し、通水期間はそれぞれの凝集剤の設定溶解期間（5日、20日）とした。通水速度を示すSV値は1時間通過する水量を本凝集剤の充填体積で除した値である。通水中は1時間および1日単位の間隔で通水後の溶液を採取してアルミニウム濃度を測定した。図一2に通水速度と通水液中に溶解したアルミニウム濃度の平均値との関係を示す。溶解したアルミニウム濃度は5日タイプが1週間、20日タイプが約1か月間、ほぼ一定の濃度で推移した。通水速度が高いほどアルミニウム濃度は低減したが、これは本凝集剤の溶解量が接触時間に比例するためと考えられる。一般に、凝集沈殿に必要なアルミニウム濃度は2～10 mg/L程度とされている。凝集に必要なアルミニウム濃度を確保するためには、図一2からSVは5日タイプで80～500、20日タイプで10～50となる。沈砂池への本凝集剤の設置量は、凝集に必要



図一 通水速度とアルミニウム濃度の関係

なアルミニウム量に対するSV値と沈砂池への流入量の関係から算出する。ただし、凝集に必要なアルミニウム量は、現地の土質により異なるため、現地で採取した濁水を用いた凝集沈殿試験より求める必要がある。

4. 本凝集剤の適用事例

(1) 概要

造成工事の掘削作業時に発生した濁水を対象に、仮設沈砂池に本凝集剤を設置した場合の濁度低減効果を確認した。仮設沈砂池の構造を図一3に示す。沈砂池の大きさは、長さ11m×幅5m×水深2mで、約3.3m間隔で竹粗朶(写真一3)が2列配置されており、掘削作業中の仮設沈砂池への濁水流入量は、平均40m³/hであった。竹粗朶は竹の枝を集めて束にしたもので、土粒子の付着・沈殿およびろ過効果により濁度を低減する効果を持つ。本凝集剤は5日タイプを使用し、竹粗朶の設置架台を利用して仮設沈砂池内に設置した。仮設沈砂池の流入部および放流部には水質計を設置して、本凝集剤による濁度低減効果を確認した。現場での濁水の発生は、掘削作業を実施する昼間のみであるため、本凝集剤は昼間のみ仮設沈砂池内に



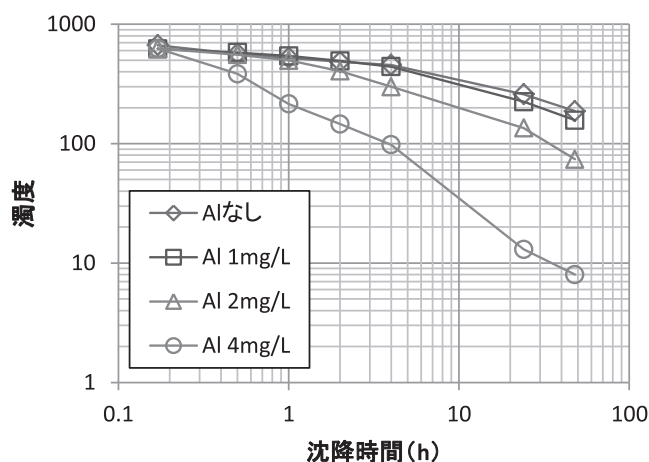
写真一3 竹粗朶（沈砂池内設置状況）

設置し、濁水の流入が停止する夜間は過剰な溶解を防止するため、仮設沈砂池内から引き上げた。

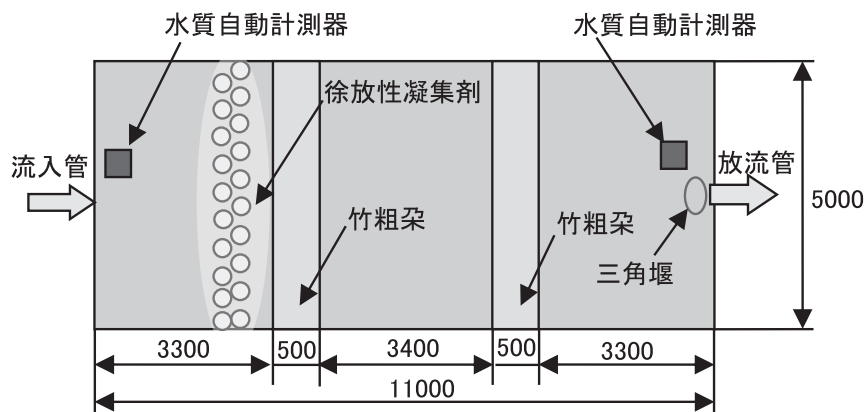
(2) 本凝集剤による凝集沈殿試験

本凝集剤の設置量を算出するため、造成現場内で発生した濁水を用いて凝集沈殿試験を実施して、処理に必要なアルミニウム添加量を検討した。濁水試料を1Lビーカーに入れた後、アルミニウム濃度が1, 2, 4mg/Lとなるように本凝集剤を添加し、攪拌混合した。10～2880分(48時間)静置した後に水面から10cmの箇所からピペットで50mL程度採水し、濁度およびpHを測定した。図一4に沈降時間と濁度の関係を、図一5にアルミニウム添加量と48時間静置後に採取した試料水のpHとの関係を示す。

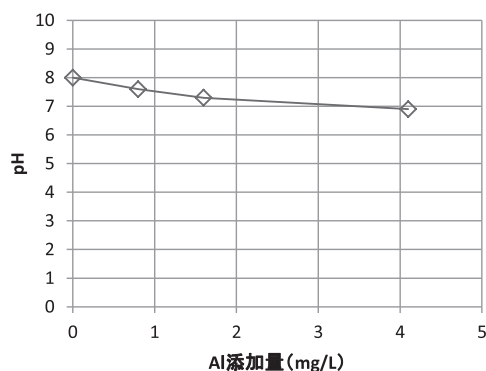
本凝集剤を添加したケースは、凝集剤を添加しないケースに比べて濁度の減少が大きくなった。アルミニウム濃度が高くなるほど、濁度が低下する傾向が見られ、アルミニウムイオンの添加により凝集沈殿が促進されることが確認できた。処理水のpHはアルミニウム添加量の増加とともに低下し、アルミニウム濃度4mg/L時のpHは6.9まで低下した。本凝集剤から



図一4 沈降時間と濁度の関係



図一3 仮設沈砂池の構造図

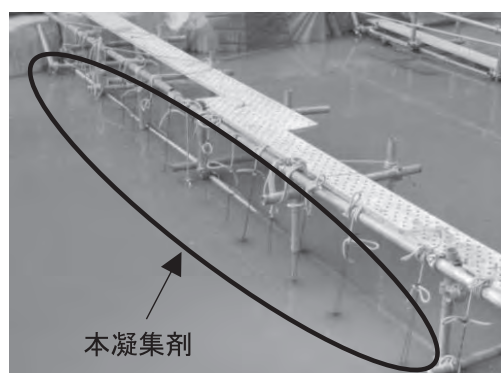


図一5 Al添加量とpHの関係

溶解するアルミニウム濃度が高くなるほど濁度低減効果は大きくなるが、処理後のpHが低下しすぎないように考慮して本凝集剤の設置量を決定する必要がある。

(3) 本凝集剤設置量の算出方法

仮設沈砂池における濁水の滞留時間は、濁水流入量と沈砂池の容量の関係から2～3時間であった。図一4の凝集沈殿試験の結果では、アルミニウム濃度4mg/Lの添加によって、沈降時間2時間経過時の濁度は初期の1/3程度に減少している。また、処理後のpHは6.9と中性域であることから、最適なアルミニウム添加量は4mg/Lとして設置量を算出した。アルミニウム添加量4mg/Lを溶解させるために必要な通水速度は、図一2に示す通水速度とアルミニウム濃度の関係から $SV = 220$ となる。濁水流入量 $40 \text{ m}^3/\text{h}$ に対する本凝集剤の設置体積は 0.18 m^3 、本凝集剤の比重は約1.0であることから、設置重量は180kgとなる。沈砂池への設置の際は、2kgごとに梱包された本凝集剤を5袋ずつ網袋に入れて設置した(写真一4, 5)。なお、沈砂池の濁水流入量は、掘削する場所の湧水量や降雨の状況により変化する。想定される濁水流入量に対する本凝集剤の設置重量を表一1に示す。仮設沈砂池への濁水流入量が大きく変化した場合



写真一4 本凝集剤設置状況



写真一5 本凝集剤(網袋に梱包後)

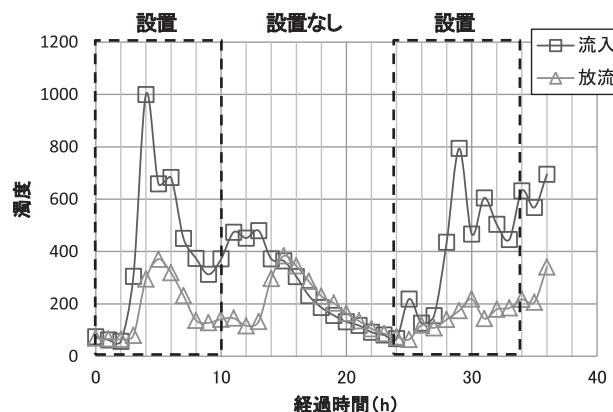
表一1 濁水流入量と本凝集剤の設置重量

本凝集剤 5日タイプ	濁水流入量 (m^3/h)				
	10	20	30	40	50
設置重量 (kg)	45	90	135	180	225

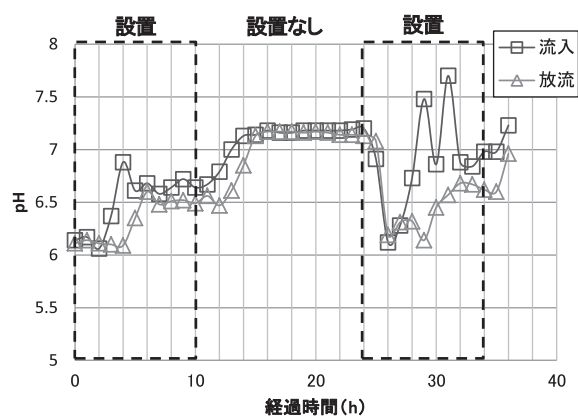
は、表一1に示すように沈砂池に設置する本凝集剤の設置量を調整した。

(4) 本凝集剤による濁度低減効果

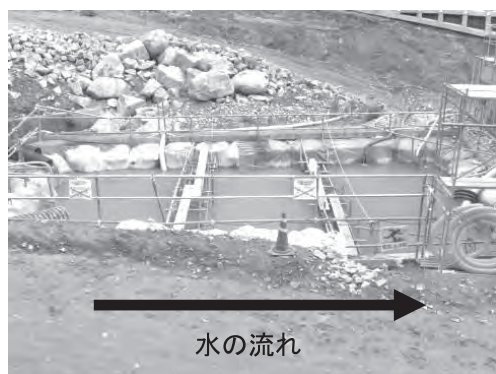
仮設沈砂池の流入側および放流側に設置した水質計の濁度測定結果の抜粋を図一6に、pH測定結果を図一7に、本凝集剤設置後の仮設沈砂池状況を写真一6に、流入側および放流側で採取した試料水を写真一7に示す。放流側の濁度は、本凝集剤を設置してから2時間ほどで効果が見られ、流入側の濁度の1/4～1/2まで低減した。放流側のpHは、本凝集剤の設置後に流入側のpHに比べて低下したが、本凝集剤を仮設沈砂池内に設置した時間帯においても $\text{pH}6.0$ 以上で推移した。処理水のpHは図一5の凝集沈殿試験結果で示したようにアルミニウムイオンの溶解により低下するが、適切な設置量とすることで、放流水のpH低下を抑制した形で凝集沈殿による濁度低減効果が得られることが確認できた。



図一6 濁度の測定結果



図—7 pHの測定結果



写真—6 仮設沈砂池の状況



写真—7 採取した試料水

5. おわりに

本稿では、固形凝集剤の表面を特殊樹脂で被覆することで、凝集成分が一定期間、ゆっくりと溶解する特長を持つ本徐放性凝集剤（Jフロック）の概要とその導入効果について紹介した。本徐放性凝集剤（Jフロック）は、取扱いや管理が容易であり、竹粗朶などの接触ろ材と組み合わせて利用することで濁度低減効果を促進できる薬剤である。これらの特徴を生かし、今後、施工現場での使用方法の改善等について検討を進めていく予定である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 矢作川環境技術研究会，建設工事における汚濁防止対策の手引き（第3版），2008年6月

【筆者紹介】

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



黒岩 正夫（くろいわ まさお）
 ㈱大林組
 エンジニアリング本部環境技術第二部
 部長



三浦 俊彦（みうら としひこ）
 ㈱大林組
 技術研究所環境技術研究部
 課長



自然由来ヒ素汚染土壌の分離浄化処理工法の開発

山 本 達 生・岩 田 将 英・増 田 昌 昭

近年、地下構造物が輻輳する大都市圏内では大深度地下での建設工事が増え、その過程で遭遇する自然由来ヒ素汚染土の処分が大きな課題となっている。

このため、粒径が大きくかつ多孔質形状を有する特殊鉄粉を用いて、泥水式シールド工法にて発生する廃棄泥水を土壌環境基準値未満に浄化する工法を開発した。

本開発工法では、重金属類の吸着剤として特殊な鉄粉を用いると共に、これに適した遠心分離・磁性分離の二段階処理で廃棄泥水から効率的にヒ素を吸着した特殊鉄粉を回収することで、設備の大幅なコンパクト化を実現した。

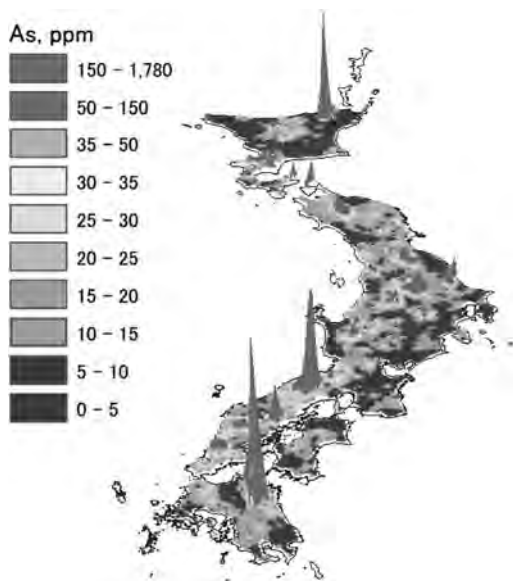
本報では、開発した工法の概要及び実汚染土壌への適用性について報告する。

キーワード：自然由来ヒ素、泥水式シールド工法、汚染土壌、浄化、特殊鉄粉

1. はじめに

国内における自然由来のヒ素元素の3D分布¹⁾を図—1に示す。これより、局所的にヒ素濃度の高い地域が存在するだけでなく、低濃度であれば日本全国至る所に自然由来ヒ素が存在することが分かる。

また、既知の文献によれば、関東平野や濃尾平野等の大深度地下に分布する上総層群土丹層や熱田層では、自然由来ヒ素等の重金属が顕在化していることが報告されている^{2), 3)}。



図—1 ヒ素元素の分布図¹⁾

一方、今後リニア中央新幹線、外かく環状道路などの大深度地下空間の活用が前提となる大型プロジェクトが控えていることから、日本汚染土壌処理業協会では、自然由来汚染土壌の処分量が年間300百万t増えると推計している⁴⁾。汚染土壌の適正処分には一般土砂処分以上の費用が加算されるため、事業費高騰の懸念が大きな課題とされている。

汚染原因となる重金属類は、砂やシルトに比べ腐植土や粘土に強く吸着され濃度が高くなる傾向がある⁵⁾。このため、大深度地下の粘性土地盤のトンネル掘進を想定し、泥水式シールド工法の廃棄泥水等を対象とした自然由来ヒ素の浄化工法を開発した。

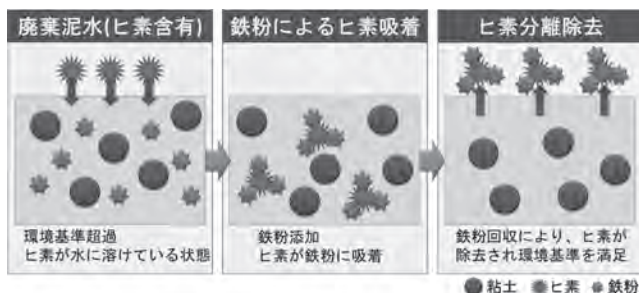
本報は、①開発工法の概要、②実規模プラントによる分離浄化結果についてまとめたものである。

2. 開発工法の概要

(1) 開発技術の基本原則

泥水式シールド工法等で自然由来ヒ素汚染地盤を掘削した際、廃棄泥水に溶出したヒ素イオンが土壌環境基準超過の要因となる。このため、図—2に示すように、ヒ素イオンを鉄粉に吸着させた後、鉄粉を回収することで浄化ができると考えた。

なお、鉄粉によるヒ素除去は地下水汚染浄化等で多数の実績がある技術である。



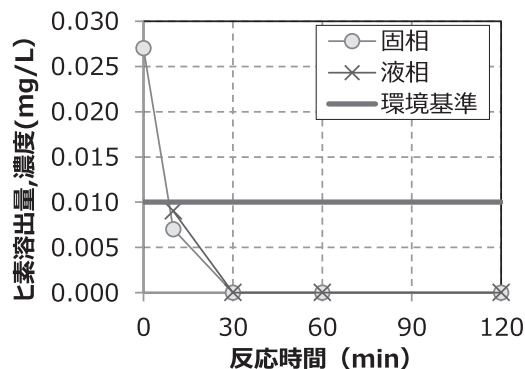
図一 2 ヒ素浄化原理

(2) 特殊鉄粉

本工法で使用する特殊鉄粉及び従来の同様技術で用いられる鉄粉（以下、従来品とする）の外観と電子顕微鏡観察結果を写真一1に示す。本工法で使用する特殊鉄粉は従来品と比較して、①平均粒径が6倍程度大きい、②表面積が大きい（多孔質形状）といった特徴を有している。このため、図一3に示すよう、本来二律背反する回収の容易さとヒ素吸着能力の高さを併せもった特徴を有している。

当該特殊鉄粉のヒ素吸着能力を確認するため、神奈川県港湾地域から採取した上総層群土丹層によるヒ素浄化試験を行った。

当該土壌を水道水で泥水密度 1.32 t/m^3 となるよう調整した結果、環境基準 (0.01 mg/L) を3倍弱超過する自然由来ヒ素汚染泥水が得られた。この模擬汚染



図一 4 ヒ素分離除去室内試験結果

廃棄泥水に対し、特殊鉄粉を $0.3 \text{ wt\%}$ -DS 添加し、反応時間を30分程度確保することで、固相、液相ともヒ素を検出下限値以下にまで分離除去できることを確認した（図一4）。

(3) 鉄粉回収設備（ヒ素除去工程）の概要

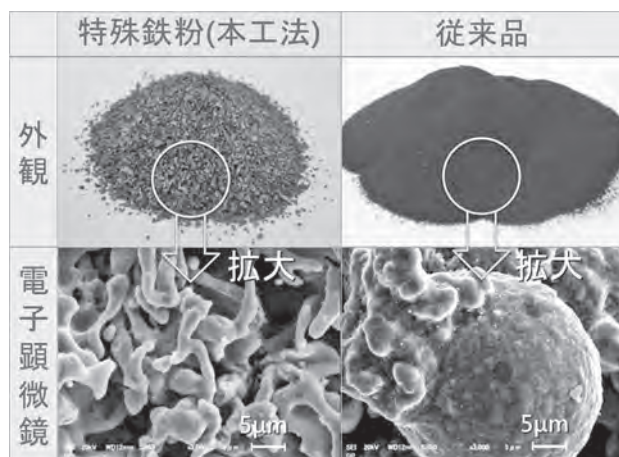
特殊鉄粉の吸着能力は、自然由来汚染土壌からのヒ素溶出量に対して十分に大きいことから、飽和に至るまでには数十回程度の再利用が見込まれる。このため、鉄粉回収設備に求められる要件は、①浄化泥水中に砒素を吸着した鉄粉を残さずに回収すること、②鉄粉回収の際に地山由来の砂分を極力取り込まないことである。

従来技術では、遠心分離または磁性分離設備を単一で使用方法が行われてきた。遠心分離設備のみで従来品の鉄粉を回収する場合、浄化泥水中に粒径の小さな鉄粉を残さないよう強い遠心力を作用させるため、鉄粉と共に砂分（細砂）も回収されることとなる。この砂の粒径は、作用させる遠心力で決まるため、鉄粉を n 回繰返し回収した場合、処理対象泥水 n 回分に含まれるすべての砂分が鉄粉と共に回収されるため、砂分量が鉄粉を再利用する度に増加するジレンマ現象が課題となる。

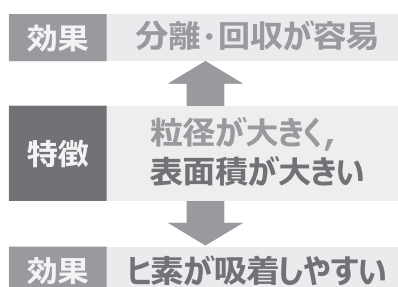
また、磁性分離機のみで鉄粉を回収する場合、特に大型プロジェクトでは最大 $700 \text{ m}^3/\text{R}$ 強の廃棄泥水が発生するため、土木工事では特殊設備となる磁性分離機を複数台設置する必要が生じ、設置面積の確保や運転維持管理が煩雑になるなどの課題が生じる。

上述の課題解決を目的に、鉄粉の回収効率を高め大幅な小型化を可能とする処理設備（図一5）を考案した。本設備は、平均粒径が大きい特殊鉄粉の特徴を最大限に活かすため、サイクロンによる遠心分離と磁性分離機を組み合わせた二段階の鉄粉回収工程を備えたものとなっている。

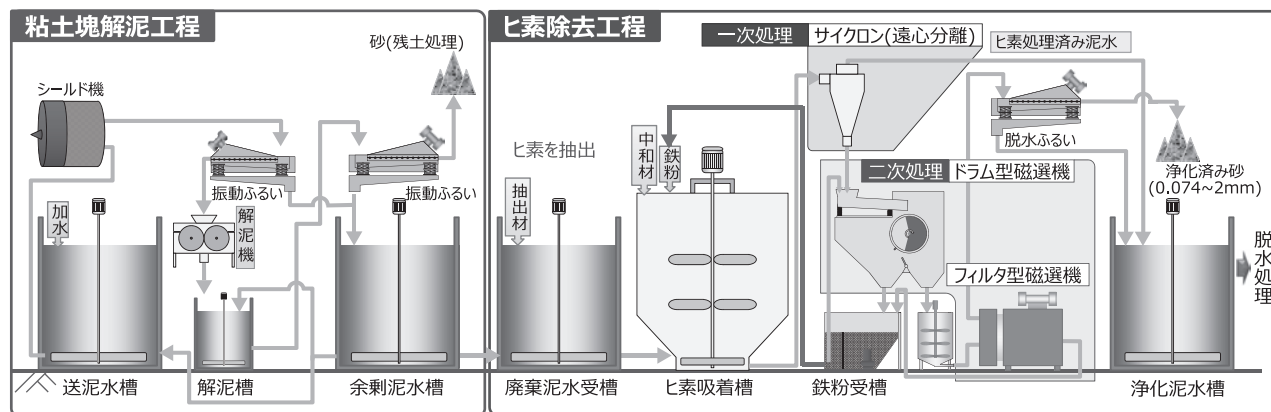
特殊鉄粉は従来品に対して平均粒径が大きく、かつ



写真一 1 特殊鉄粉の外観と電子顕微鏡写真



図一 3 特殊鉄粉の特徴と効果



図ー5 自然由来ヒ素の分離浄化工法概要図

比重も大きいいため、小さい遠心力でも容易に分離沈降させることが可能である。よって土木工事で一般的に用いられるサイクロンにより、特殊鉄粉が取り除かれた泥水（浄化泥水）と、特殊鉄粉・地山由来砂の濃縮物の分離が可能となる。一段階目となる本サイクロン処理により、浄化対象泥水の7～9割程度が浄化泥水として回収可能とされる。

2段階目の処理として、残りの1～3割程度となった濃縮物（特殊鉄粉＋地山由来砂）からヒ素を吸着した特殊鉄粉を回収することで浄化処理が終了する。このため、磁性分離機のみで鉄粉を回収する従来技術と比較すると、本開発工法では磁性分離機による処理対象が1～3割となり、設備能力を1/3～1/10に小型化することが可能となる。

なお、鉄粉回収設備を含むヒ素除去工程では、以下に示すStep1-1～1-4の工程により構成した。

Step1-1：抽出材によるヒ素の溶出促進工程

Step1-2：特殊鉄粉によるヒ素吸着工程

Step1-3：サイクロンによる特殊鉄粉一次回収工程

Step1-4：磁性分離機による砂と特殊鉄粉の分別工程

(4) 粘土解泥設備

本装置ではシールド廃棄泥水に含まれるヒ素を処理対象とすることは既に述べた。泥岩に区分される比較的硬質な上総層群土丹層をシールド掘削した場合、廃棄泥水には握り拳大粘土塊の混入が避けられない。この土丹塊は粘土粒子の集合体であり、土壤汚染対策法の規制対象となるため、土丹塊を効率よく泥水状に解泥・溶解することが重要となる。よって、図ー5中の粘土解泥工程で示した設備群を併せて検討した。

拳大粘土塊の解泥・溶解状況を写真ー2に示す。小割した土丹塊をロールクラッシャーに通過させることで、固結した粘土粒子に圧搾力が作用し、細かくばらばらに崩壊するため、サンドポンプ攪拌で効率的に



写真ー2 土丹塊の解泥・溶解状況

解泥させることが可能であった。

Step2-1：クラッシャーにより拳大土丹塊を2 cm 以下に小割

Step2-2：ロールクラッシャーにより数 mm 大に解砕

Step2-3：清水を加えてサンドポンプ攪拌し解泥

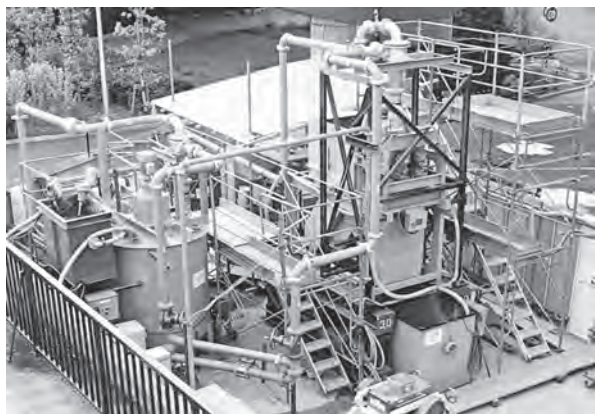
3. 実証プラントによる効果検証

(1) 実証プラントの概要

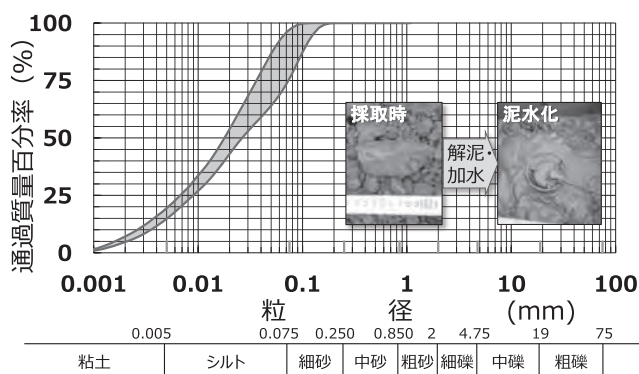
考案したプラントの分離浄化性能を明確にするため、処理能力 40 m³/h 級の実規模プラントを 140 m²の敷地内に建設した（写真ー3）。

(2) 浄化対象泥水の概要

浄化対象泥水は、東京都内港湾地域の GL-55～60 m より掘削・採取した上総層群土丹を前述の土丹解



写真—3 実証プラント全景



図—6 浄化対象泥水の粒度分布

泥工程で解砕し、泥水密度 1.23, 1.26, 1.32 t/m³ に調整することで得た。解泥後の浄化対象泥水の粒度分布を図—6 に示す。これより、浄化対象泥水には、3～25%程度の細砂が含まれていた。

(a) 浄化対象泥水のヒ素溶出量について

各処理工程ごとのヒ素溶出量を表—1 に示す。表中にある“処理前土壌”とは未処理の掘削土壌を、“処理前泥水”は粘土塊解泥工程により解泥・泥水化した状態 (Step2-1～2-3 終了後) を、“抽出後”は抽出剤によるヒ素溶出促進工程後 (Step1-1 後) を、“処理後脱水土”は浄化終了泥水を脱水した後の脱水ケーキを、“処理後ろ液”は脱水処理時のろ液を示している。

これより、処理前土壌 (解泥前) のヒ素溶出量は 0.07～0.052 mg/L であり、環境基準 (0.01 mg/L) を満足するものもあったが、基準を 5 倍程度超過する土壌も含まれていた。これを解泥・泥水化 (分離浄化処理前) することで希釈され、ヒ素溶出量は低くなる傾向を示した。

一方、ヒ素抽出後 (Step1-1) では、全てのケースで環境基準を超過した。本工程により濃度上昇したヒ素は、土壌環境条件の変化により容易に溶出する形態のヒ素として存在していたと考えられる。浄化土の将来的な安全性を考慮すると、当該ヒ素抽出工程は重要

表—1 ヒ素濃度結果一覧表

Case No.	泥水密度 [t/m ³]	処理水量 [m ³]	ヒ素溶出量[mg/L]				
			処理前		抽出後	処理前	
			土壌	泥水		脱水土	泥水
1-1	1.23	0.84	0.052	0.008	0.072	<0.005	<0.005
1-2		0.83	0.052	0.006	0.055	<0.005	<0.005
1-3		0.83	0.052	0.011	0.061	<0.005	<0.005
1-4		0.90	0.052	0.010	0.050	<0.005	<0.005
1-5		0.93	0.052	0.024	0.051	<0.005	<0.005
2-1	1.26	0.65	0.034	ND	0.036	<0.005	<0.005
2-2		1.07	0.007	ND	0.021	<0.005	<0.005
2-3		0.78	0.007	ND	0.018	<0.005	<0.005
2-4		0.83	0.052	0.008	0.033	<0.005	<0.005
3-1	1.32	0.71	0.034	ND	0.034	<0.005	<0.005
3-2		0.89	0.007	ND	0.044	<0.005	<0.005
3-3		0.80	0.007	ND	0.027	<0.005	<0.005
3-4		0.87	0.007	ND	0.024	<0.005	<0.005
3-5		0.83	0.007	ND	0.034	<0.005	<0.005
3-6		0.74	0.007	ND	0.029	<0.005	<0.005
3-7		0.73	0.052	0.016	0.055	<0.005	<0.005
3-8		0.56	0.052	0.022	0.066	<0.005	<0.005

な分離浄化プロセスの一つであると判断する。

(b) ヒ素浄化結果

特殊鉄粉添加量 3 wt%・DS・反応時間 30 分の条件で泥水中に溶解したヒ素を特殊鉄粉に吸着 (Step1-2) させた後、遠心分離 (サイクロン・Step1-3) および磁性分離 (Step1-4) により、浄化泥水とヒ素吸着済み特殊鉄粉を分別した。

浄化泥水は、脱水処理により処理後脱水土と処理後ろ液に分別し、それぞれヒ素溶出量とヒ素濃度分析を行った。この結果、表—1 に示すよう全てのケースでヒ素濃度は検出下限以下となり、分離浄化が確実に行われていることが証明された。

(c) サイクロン処理の有効性

サイクロンによる減容率、濃縮率を表—2 に示す。図—7 に示すように減容率はサイクロン処理により特殊鉄粉が除去された浄化泥水 (図—7 中②) の、濃縮率は磁性分離機での処理が必要となる濃縮物 (特殊鉄粉+砂分) (図—7 中③) の容積比率を示している。

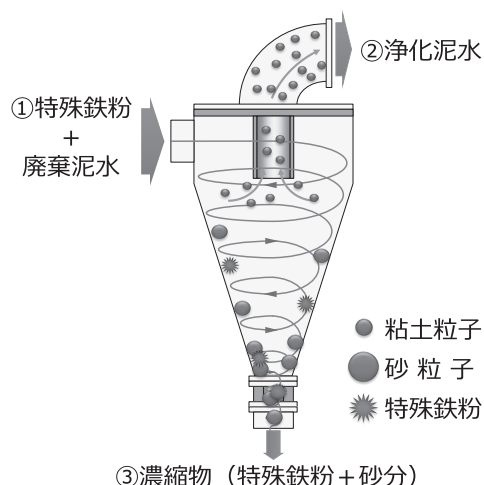
これより、磁性分離機での処理が必要となる濃縮物が 6.5～33.6%に濃縮されていることから、磁性分離機のみで鉄粉回収する場合の従来技術に比較して、設備規模も 1/3 程度に小型化できることが証明された。

サイクロン処理による浄化泥水と濃縮物の一例を写真—4 に示す。これより、浄化泥水は細粒泥水状を、濃縮物は砂分と特殊鉄粉で砂っぽい状態となっていることが観察できる。

なお、比較のために行った粒径の細かい従来品の鉄

表一 二 サイクロンによる減容化率

Case No.	泥水密度 [t/m ³]	減容率 [%]	濃縮率 [%]
1-1	1.23	79.6	20.4
1-2		82.6	17.4
1-3		86.1	13.9
1-4		92.3	7.7
1-5	1.26	90.7	9.3
2-1		82.1	17.9
2-2		71.9	28.1
2-3		72.6	27.4
2-4		75.0	25.0
3-1	1.32	82.2	17.8
3-2		80.0	20.0
3-3		73.8	26.2
3-4		69.1	30.9
3-5		68.4	31.6
3-6		66.4	33.6
3-7		89.0	11.0
3-8		93.5	6.5



$$\text{減容率} = \frac{\text{②}}{\text{①}} \times 100$$

$$\text{濃縮率} = \frac{\text{③}}{\text{①}} \times 100$$

図一七 減容化率と濃縮率

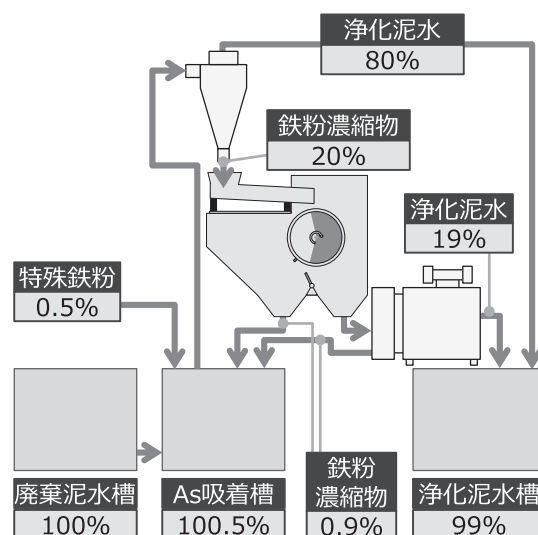


写真一四 サイクロン処理物

粉を使用した場合、サイクロンでは添加した全ての鉄粉を回収することができなかった。

(d) 各処理工程における物質の重量比率

各処理工程における重量比で示したマテリアルフローの平均値を図一八に示す。当該処理工法においては、サイクロンによる遠心分離で特殊鉄粉を20%に濃縮し、後段の磁性分離処理に係る負担を大きく軽減できることが証明できた。



図一八 各処理工程における物質の重量比率

4. まとめ

本検討で得られた知見を以下にまとめる。

- ①比較的硬質な握り拳大の上総層群土丹塊は、クラッシャーにより粉碎し、清水を加えてサンドポンプ攪拌することで、泥岩である土丹塊を効率よく解泥できることが判明した。
- ②平均粒径は大きいが多孔質状であるため表面積の大きな特殊鉄粉の採用により、鉄粉回収効率とヒ素分離浄化能力を向上させた工法を確立した。
- ③特殊鉄粉の特徴を生かした、遠心分離と磁性分離の二段階処理の採用により、全体処理能力を向上させ、設備の大幅な小型化が図れた。
- ④本工法により分離浄化した脱水土・ろ液のヒ素濃度はともに環境基準を大幅に下回り、自然由来ヒ素を確実に浄化できる技術であることが証明できた。

5. おわりに

今後は、本工法の活用実績を増やし、連続・長期運転時の課題抽出と解決、更なる設備の小型化と処理コストの削減を目的に、技術に研鑽を図っていきたい。

具体的には、分離回収効率の高さに着目し、特殊鉄粉の添加量を増やすことで処理時間の短縮、ひいては処理能力の向上につなげ、さらなる設備の小型化を図るなどの技術改善を進める所存である。

また、ヒ素以外の重金属類への対応や、重金属類の迅速分析法も開発中であり、自然由来重金属問題の解決に向けて貢献していきたいと考える。

J C M A

《参考文献》

- 1) 環境科学講座第16回 元素の地図—地球化学図—, 東京電機大学工学部環境化学科
- 2) 島田允堯, 自然由来重金属等による地下水・土壤汚染問題の本質: ヒ素, 応用地質技術年報, No.29, pp31 ~ 59, 2009年
- 3) 神戸ら, 愛知県における砒素含有地下水の水質成分調査とヒ素除去手法の検討, 愛知県環境調査センター調査・研究所報, 38号, 2010年
- 4) 自然由来重金属含有土壌年間300万t増へ, 環境新聞, 21面, 2015年1月14日
- 5) 金子ら, 新潟県における自然由来のヒ素による地下水汚染の実態, 新潟県保健環境科学研究所年報, 第25巻, pp93 ~ 95, 2010年

【筆者紹介】

山本 達生 (やまもと たつお)
前田建設工業(株)
土木事業本部 技術開発グループ
チーム長



岩田 将英 (いわた まさひで)
前田建設工業(株)
土木事業本部 技術開発グループ
リーダー



増田 昌昭 (ますだ まさあき)
前田建設工業(株)
東京土木支店 施工第1グループ
マネージャー



高性能ボーリングマシンの低騒音化・自動化

再生可能エネルギー熱の普及に向けた取組み

伊 藤 春 彦

福島第一原発事故後において、国内では冷暖房や融雪等で使用する地中熱ヒートポンプシステム設置件数が前年比 20%で増加し続けている。地中熱ヒートポンプシステムの普及では、コスト高（熱交換井設置工、ヒートポンプ設置工、室内空調施設設置工）が課題となっており、コスト削減への取組みが急務となっている。弊社では平成 26 年度より導入コスト 20%削減を目標に NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）との共同研究を実施している。共同研究では熱交換井設置工（深さ 100 m 掘削）で使用するバイブレーションタイプの高性能ボーリングマシンの低騒音化技術開発と自動化技術開発を進め、掘削費用を従来技術（「ロータリードリル トリコンビット」工法、「パーカッションドリル 二重管」工法）と比べ 36.4%コスト削減することを目標としている。

以下では、共同研究の最終年となる平成 28 年度の 10 月時点での開発成果を報告する。

キーワード：再生可能エネルギー、地中熱、低騒音化、自動化、ソニックドリル

1. はじめに

福島第一原発事故後に策定された第 4 次エネルギー基本計画は、再生可能エネルギー導入の拡大と省エネの強化（ZEB・ZEH への取組み等）を図ると同時に、多層的なエネルギー需給を目指すなど、新たな長期的エネルギー政策の構築に向け重要な役割を果たすものである。再生可能エネルギー導入の拡大では、地中熱や下水・工場排水夏など温度差熱利用の再生可能エネルギー熱を含め、環境への負荷が少ない純国産のグリーンエネルギーの確保と経済の活性化が期待されている。しかし、新たなエネルギー導入では低コストでのエネルギー供給を図り、継続的な経済成長を実現させることが不可避であり、導入コストや運用コスト削減のための研究開発が急務となる。

地中熱の利用においても、地中熱ヒートポンプシステム導入時でのコスト高が課題となっている。その中でも掘削コスト（熱交換井設置工）の大幅な削減を図るため、バイブレーションタイプの高性能ボーリングマシン（以下「ソニックドリル」と略す）の低騒音化技術開発と自動制御技術開発への取組み状況を報告するものである。

2. 開発目標

研究開発対象機は、平成 14 年度～平成 15 年度に実施した NEDO 事業を基に開発したソニックドリル（175 馬力エンジンを搭載）をベースとしている。

本研究開発での目標を以下に示す。

(1) 低騒音化技術開発

ソニックドリルは地層によっては 1 日で 100 m の掘削を可能とするが、都市部での地中熱ヒートポンプシステムの構築では、生活環境保全（騒音）の要求により、機械能力（打撃エネルギー換算）の約 46%での地中熱採熱孔の掘削を強いられている。従って、低騒音化技術開発では機械の騒音レベルを 6 dB (A) 低減を目標とし、機械能力の約 81%での掘削を可能とする。

(2) 自動化技術開発

地中熱採熱孔の掘削では、5 人体制（オペレータ 1 人、泥水管理 1 人、ロッド継ぎ足し等の作業 3 人）となっているが、3 人体制に削減する。これは、オペレータを若手技術者で対応を可能とし、遠隔操作により技術者の作業範囲を拡大すると同時に、ロッド（1 本：長さ 3 m、質量 100 kg）の継ぎ足し作業専用のロッドチェンジャを導入することで、技術者数の削減を実現する。

3. 低騒音化技術開発

低騒音化の評価は、国土交通省が低騒音型建設機械の可否を決定する際の騒音測定条件（以下「静的状態」と略す）と、掘削作業を想定して静的条件にバイブレーション起振力を最大にした時の騒音を加えた測定条件（以下「動的状態」と略す）で実施している。なお、従来のソニックドリルの同機種での騒音測定では、動的状態でのA特性補正音圧レベル（以下「騒音レベル」と略す）は静的状態と比較して5 dB（A）高くなることが分かっている。

(1) 騒音・振動測定方法

騒音・振動測定は一般社団法人 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所（以下「施工総研」と略す）のテストフィールドを使用し、同位置で継続的に測定を実施している。騒音・振動測定方法を表一1に示す。

表一1 騒音・振動測定方法

測定方法	対象	解析手法
音響パワーレベル測定	騒音	1/3 オクターブ分析
指向性測定	騒音	1/3 オクターブ分析
機械側（部位）測定	騒音 振動	FFT（高速フーリエ変換）による狭帯域分析
		1/3 オクターブ分析
音響カメラ測定	騒音	ビームフォーミング解析

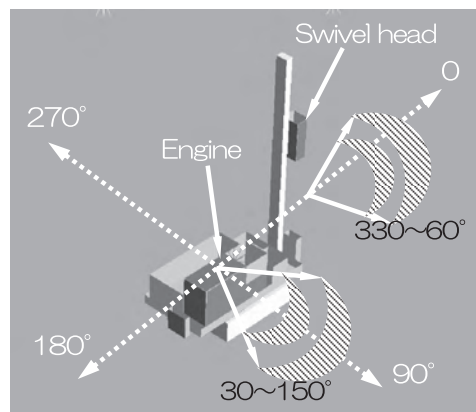
(2) 従来機の発生騒音

従来機となるソニックドリルの騒音特性は以下となる。

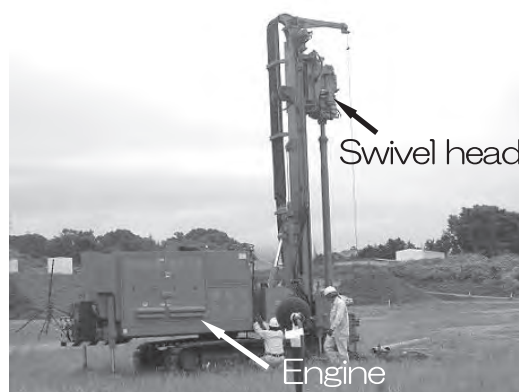
(a) 指向性測定による騒音特性

指向性測定では、機械中心より半径16 mの円弧上で、30°毎に高さ1.5 mの位置で騒音レベルを測定する。本測定より得られた従来機の騒音特性は以下となる。

- ①静的状態では30～150°、動的状態では330～60°での騒音レベルが突出しており、機械部位測定結果からも静的状態ではエンジン部（Engine）、動的状態ではスイベルヘッド（Swivel head）が主な騒音発生部位となっている（図一1、写真一1）。なお、スイベルヘッドは穿孔装置とも呼ばれ、掘削時にボーリングロッドに対して振動、回転、給進を与える装置となり、静的状態では稼働していない。
- ②周波数特性では、静的状態で250 Hz付近、動的状態では315～630 Hz付近での騒音レベルが大きい。



図一1 主な発生騒音源



写真一1 従来機

(b) 騒音シミュレーションによる騒音特性

騒音シミュレーション（ISO 9613-2に準拠）は機械側（部位）測定結果を基に作成したものであり、発生騒音部位の寄与レベルや防音材選定（吸音、遮音、防振、制振）で利用する。なお、本シミュレーション結果は音響パワーレベル測定および指向性測定結果と比較して、静的条件で誤差平均値0.7 dB（A）、動的条件で測定を誤差平均値0.8 dB（A）と1.0 dB未満に収まっており有効と判断する。

静的・動的状態で共通して騒音レベルが大きい30°に着目すると、「スイベルヘッド」、「エンジンカバー」、「油圧ユニット」での騒音寄与レベルが大きい。

(c) 振動加速度測定による騒音特性

動的状態で最も寄与レベルの高いスイベルヘッドに対して振動加速度測定を実施し、振動分布より防音対策箇所を選定する。本装置では振動加速度の大きい箇所が水平方向で帯状に存在する。

(3) 低騒音化対策

従来機の発生騒音特性により、表一2に示す低騒音化技術の適用を検討した。なお、これらの技術の適用に応じて、オイルポンプおよびオイルクーラーの仕

表—2 低騒音化技術

低騒音化技術	エンジン部	スイベルヘッド部
吸音対策	適用	適用
遮音対策	—	適用
防振対策	—	適用
制振対策	適用	適用
消音対策	適用	—
構造対策 A	適用	—
構造対策 B	適用	—
構造対策 C	適用	—

注) 構造対策はエンジンルーム内に限定

様, エンジンルーム内の換気位置, マフラー構造, エンジン排気口方向等の変更も行っている。

(a) 熱流調査

エンジンルーム内の雰囲気温度は, 気温 40℃時で 80℃以内を目標としている。エンジンルーム内の 18箇所にセンサー(熱電対, 熱戦風速計等)を設置し, エンジンルーム内の発熱量(空気の受熱量)を推定することで雰囲気温度を算定する(表—3)。

表—3 エンジンルーム内の雰囲気温度算定例

項目	記号	単位	夏場想定
外気温	t_o	℃	40
空気の密度	ρ	kg/m ³	1.127
空気の比熱	c_p	kJ/kgK	1.008
換気空気の質量流量	M	kg/s	1.88
換気空気の体積流量	V	m ³ /s	1.67
換気入口温度	t_{in}	℃	40
換気出口温度	t_{ex}	℃	85.2
温度上昇	Δt	℃	45.2
エンジンルーム内発熱量 (空気受熱量)	Q	kW	85.7
ECU 近傍の温度		℃	75.5
コントローラ近傍の温度		℃	78.1

注) $Q = M \times c_p \times (t_{ex} - t_{in})$

(b) 消音装置

消音装置は低周波数領域(50 Hz ~ 250 Hz)の騒音に対して, 低減したい騒音と正反対の強弱波形となる音波をスピーカより放射して打ち消す技術となる。本装置は, エンジン排気口を覆うダクト, 制御用スピーカ, 冷却ファン, エラーマイク, 制御装置で構成される。エンジン排気音対策として, 軽量・コンパクト化を念頭に改造している(図—2)。

(4) 性能照査結果

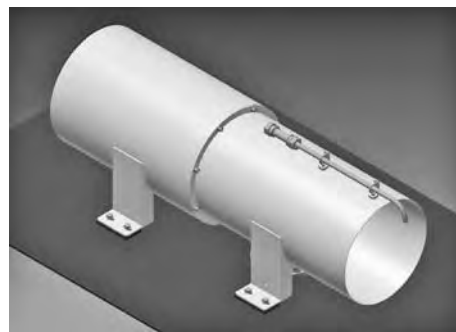
性能照査時での機械仕様概要を表—4に示す。なお, 表中での方向を示す「前・右・後・左」は, 図—1で示した「0°, 90°, 180°, 270°」を指し, タイプ名は仕様の差異を示すための標記となる。

(a) 指向性

静的状態での指向性測定結果を, 騒音レベル 30 dB (A) 範囲内でのレーダチャートで表示したものを図—3に示す。低騒音化対策は Model III 以降で全方向において有効に働いている。

(b) 振動加速度

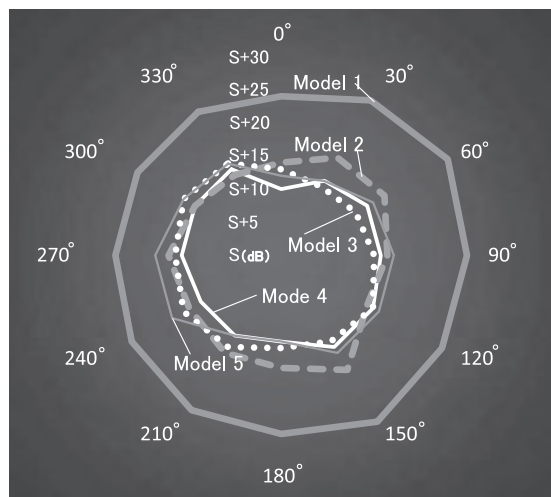
従来機(Model1)と Model4 でのスイベルヘッドに着目した振動加速度測定結果例を表—5に示す。なお, Model4 ~ 6 でのスイベルヘッドは同じ構造となる。



図—2 消音装置(参考図)

表—4 性能照査時での機械仕様概要

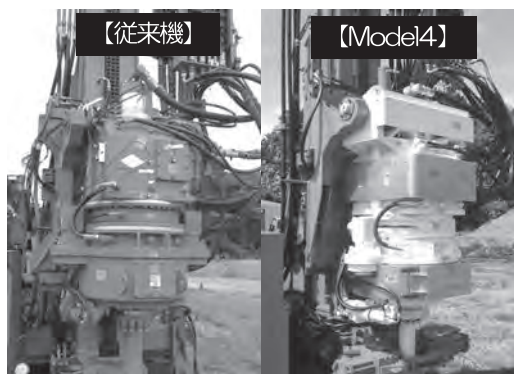
Model	適用技術		オイルポンプ		オイルクーラ			ラジエータファン		エンジンルーム換気		マフラー構造 (Type)	排気口 方向
	静的状態	動的状態	Type	台数	Type	台数	回転数 (min ⁻¹)	Type	回転数 (min ⁻¹)	位置	方向		
1	従来機		K3	2	LH	1	2,890	CA	1,100	後	上	SD	上
			PG	2	LD	1	3,060						
2	吸音, 防振 構造対策 A, B	適用 なし	PG	4	LH	1	1,480	CA	1,100	前	前	MA	後
			PV	2	LD	1	3,060						
3	吸音, 防振 構造対策 A ~ C	適用 なし	PG	4	LH	1	2,000	TA	1,000	前	前	MA	後上方
			PV	2	LD	1	3,060						
4	Model3 + 制振	吸音, 遮 音, 防振, 制振	AS	6	LD	2	3,060	TA1	1,000	前	右	MA	後
5	Model3 + 制振・消音				LD	2	3,060						
6	Model3 + 制振				LD	2	3,060	TA	1,500				後上方



図—3 指向性測定結果

表—5 加速度測定結果例

測定点	従来機 (m/s ²)	Model4 (m/s ²)	測定点	従来機 (m/s ²)	Model4 (m/s ²)
①	58.0	61.6	⑨	63.1	108.6
②	103.1	3.2	⑩	36.2	35.2
③	203.7	4.2	⑪	92.4	3.7
④	198.4	4.4	⑫	159.2	4.7
⑤	40.9	39.2	⑬	109.1	6.3
⑥	39.6	19.6	⑭	91.1	134.2
⑦	179.2	7.5	⑮	68.0	13.7
⑧	192.2	17.2			



写真—2 振動加速度測定状況

測定点①, ⑨, ⑭では Model4 での振動加速度が大きくなっているが, 低騒音化対策により振動加速度は大幅に低減されている (写真—2)。

(c) 騒音レベル

施工総研で実施した騒音レベル測定結果を, 従来機からの騒音レベル低減量として表—6 に示す。なお, Model4 および Model5 では, エンジンルーム内の雰囲気温度が, 気温 40℃ 時で 81.1℃ となることが予想され, 目標温度である 80℃ 以内を満足していない。

熱流調査結果も踏まえ, 現況では従来機と比較して

表—6 性能照査結果

Model	測定日	騒音レベル低減量 dB (A)	
		静的状態	動的状態
2	2015 年 4 月	8	—
3	2015 年 7 月	12	7
4	2016 年 8 月	11	10
5	2016 年 8 月	12	10
6	2016 年 9 月	11	10

静的状態で 11 dB (A), 動的状態で 10 dB (A) の騒音レベル低減を達成している。したがって, 目標とする 6 dB 低減を満足すると同時に, 「低騒音型建設機械」へ該当することは確実となる。

4. 自動制御技術開発

自動制御システムでのアプリケーション開発では, 国際標準規格 (IEC61131-3) に準拠したソフトウェアである CoDeSys (Code Development System) を用い, ストラクチャード・テキスト (ST 言語) によりプログラムを作成している。

自動掘削では掘削技術者のノウハウを分析した初期設定値を出発点として, 掘削時にリアルタイムで速度を上昇させていくアルゴリズムの完成を目指している。自動掘削テスト状況を写真—3 に, 主なアプリケーション概要を以下に示す。



写真—3 自動掘削テスト状況 (2016.10.28)

①エンジン回転数制御

オイルポンプ圧力を圧力センサーで感知して, エンジン回転数を制御する。さらに, 一定時間で圧力変動が認められない場合は, アイドリング状態へ移行する。

②姿勢制御

ポストフレームに設置した XY 角度センサーよりブーム起伏/マスト左右操作を油圧制御し, マストの鉛直度を確保する。

③掘削開始・停止制御

起動／停止時の操作を、各制御のタイムラグもしくはラップタイムを考慮して効率的に作動させる。

④掘削速度制御

フィードストロークセンサーにより掘削速度の計測を行い、大幅な地層変化、および地盤内の空洞に遭遇した場合でのロッドおよびヘッドの速度異常を検知し制御する。

⑤循環水制御

循環水ラインに電磁流量計を設置し、循環水の送り量を一定量に確保できるように監視制御する。

⑥逸水監視制御

掘削口元に電磁流量計を設置し、循環水の戻り量を監視し、透水層での逸水が生じた場合には表示画面に警告表示する。

⑦掘削負荷制御

循環水ポンプ圧力を測定し、粘土・シルトによるロッド内の詰まりを検知する。検知後は、ヘッドおよび掘削ツールを孔底から引き上げることで、設定ポンプ圧力まで低減する。

⑧危険回避制御

各センサーの負荷データ（トルク、圧力、速度等）を移動平均値に換算し、設定条件値と比較することで地層判断し、孔内洗浄作業を指令する。

⑨孔内洗浄制御

危険制御による指令で、ヘッドおよび掘削ツールを孔底からの上下運動（指定距離・回数）での掘削に切り替える。さらに、循環水の速度を上げて、掘削屑の迅速な回収を図る。

⑩オシレータ周波数制御

掘削速度をモニタリングし、掘削速度が確保できるオシレータ周波数の増減制御を行う。

⑪ロッド分離制御

ロッド分離作業時を、各制御のタイムラグもしくはラップタイムを考慮して効率的に作動させる。

⑫モニタリング（データグラフィック機能付）

「ビット荷重」、「回転トルク」、「循環水送水圧力」、「オシレータ圧力」、「エンジン回転数」、「掘削速度」、「スピンドル回転数」、「ポスト傾斜角度」を常時監視する（写真—4）。



写真—4 モニタリング画面例

⑬データ記録・活用

時系列データとして、「ビット荷重」、「スピンドルトルク」、「スピンドル回転数」、「循環水量（送水）」、「循環水量（戻水）」、「オシレータ圧力」、「深度」、「掘削時間」、「日時と時間」等の記録を行う。

5. おわりに

低騒音化技術開発では目標を大幅に上回る結果が既に得られている。また、自動制御技術開発でも社内実地掘削を11月より開始する予定であり、平成26年度に提案を行った共同研究開発の実施計画目標を達成することは確実である。来年度（平成29年度）では、多くの層（砂、シルト、泥岩、岩盤、玉石、礫）での掘削データを収集し、事前に地層が判明していない場合での自動制御を可能とする。また、自動制御での信頼レベルを向上させるためには、多くのサンプリング数が必要となるため、機械学習を付加した制御技術の構築を図りたい。

JICMA

《参考文献》

- 1) 経済産業省、エネルギー白書、(株)ウィザップ、104-138、2014年8月
- 2) 北海道大学 地中熱利用システム工学講座、「地中熱ヒートポンプシステム」、(株)オーム社、32-33、2007年9月
- 3) 内野・宮崎・井上・石橋・吉岡、「重機等の排気低周波音低減用アクティブ消音器の開発」、公益社団法人日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集、133-136、2014年9月

【筆者紹介】

伊藤 春彦（いとう はるひこ）
 (株)東亜利根ボーリング
 代表取締役



トンネル工事の発破に伴う低周波音の低減装置 サイレンスチューブ

角 田 晋 相・石 橋 知 大

山岳トンネルの施工においては、近隣への環境対策として発破に伴う騒音の低減が求められる。現場では、騒音対策としてトンネル坑口に防音扉を設置するが、低周波音に対しては十分に低減することは難しく課題となっている。一方、近年では共鳴器を利用した低周波音の低減装置が開発され実用化されてきている。

そこで、音の共鳴現象による低減方法として開管の共鳴に着目し、両端が開口された音響管による低周波音低減装置「サイレンスチューブ（以下、「本装置」という）」を開発した。

ここでは、実際のトンネル現場での適用事例と低周波音の低減効果について報告する。

キーワード：山岳トンネル、騒音対策、発破音、低周波音、共鳴、消音器

1. はじめに

トンネル工事における発破作業時に発生するエネルギーは、低周波帯域を含む広帯域の音圧となって坑口から周辺地域に伝達していく。特に低周波音は距離による減衰が小さく遠距離まで伝搬し、近隣への影響として不快感や圧迫感など人への心理的影響と窓や戸のがたつきなど建具への物的影響を与える。

一般的にトンネル工事での発破騒音対策として用いられる防音扉は、可聴域の音圧低減に対して効果が得られるが、低周波音に対して効果を得るには複数枚の扉が必要になるなど経済性や工程面に課題がある。

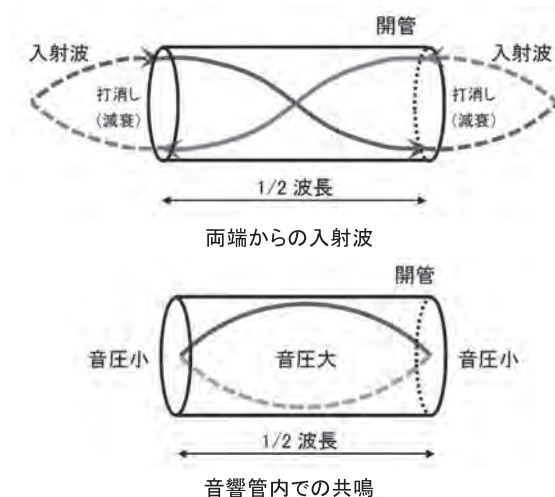
低周波音の対策には、吸音材はほとんど効果がないため、波長の干渉・共鳴などを利用した消音装置が様々な分野で用いられている。

そこで、消音原理の一つである開管の共鳴に着目して両端開口の音響管を用いた発破低周波音低減用の本装置を開発し、縮尺モデル実験で効果の検証を行った¹⁾。

ここでは、開発した本装置を実際のトンネル工事に試験導入し、現場での適用性および低周波音の低減効果を確認した現場実証実験²⁾について報告する。

2. 技術の概要

図—1に共鳴による消音原理を示す。音響管による消音原理は、開管の共鳴を利用し共鳴周波数帯付近の音圧を低減することである。音響管の両端から同位相で入射する音の波は、管の内部で互いに逆位相とな



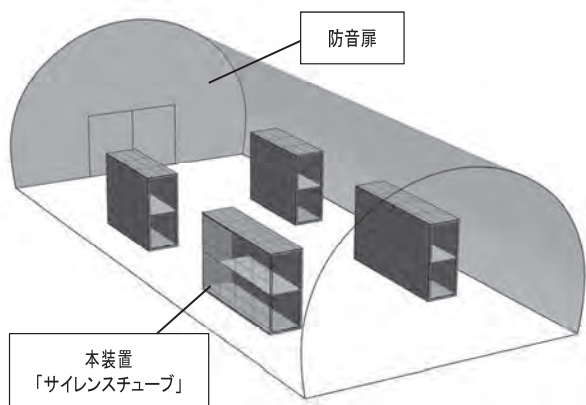
図—1 音響管の消音原理

り打ち消しあう。このとき、管の中では共鳴が生じ、両端の開口面では共鳴周波数帯の音圧が小さくなる。最も音圧低減効果が期待できるのは、音響管の長さが1/2波長に相当する周波数帯である。

図—2に技術の概要を示す。本装置は、両端開口の音響管をU字形状にして開口面を同一断面上に配置することで、同位相の音の波を管内に入射させて音圧低減を図る技術である。

また、音響管型の消音装置は、その特性として特定周波数帯の音圧を大幅に低減できるが、減音周波数帯の前後に増音領域が生じるといった課題がある。そのため、本装置の開口面には通気抵抗体を設け、増音領域の減衰を図っている。

実際のトンネル工事に導入した本装置を写真—1に



図一2 低周波音低減技術の概要



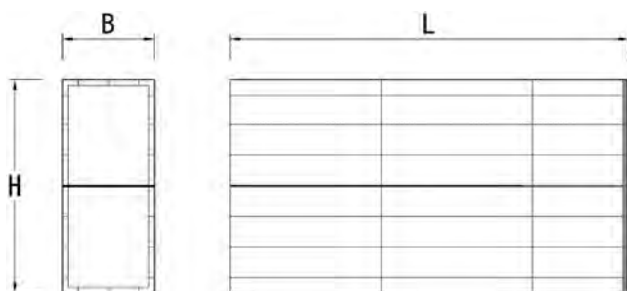
写真一1 現場に導入した本装置

示す。音圧の低減対象となる周波数帯は音響管の長さに依存するため、現場では鋼製型枠による組立式にすることで管の長さを調整できるようにし、現場の状況に柔軟に対応できるようにした。

3. 現場実証実験

(1) 本装置の仕様

現場では、音圧の低減対象として16 Hz帯と20 Hz帯の周波数帯に効果が得られるように2種類の大きさの本装置を導入した。導入した本装置の仕様を図一3および表一1に示す。現場に導入した本装置は、施工性や移設時の作業性を考慮して1基当りの重量が1 t程度となるようにした。



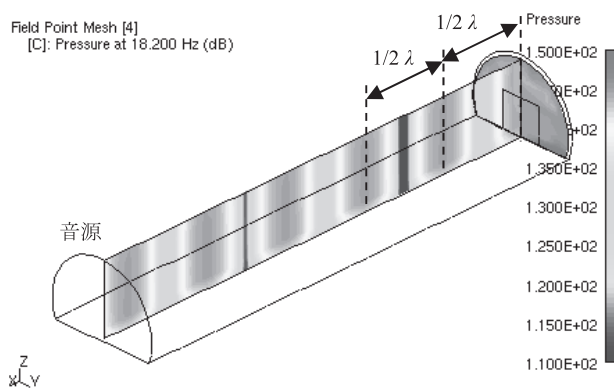
図一3 現場導入した本装置の概略図

表一1 本装置の仕様

仕様	寸法 (m)			重量 (t)
	幅 B	高さ H	長さ L	
20 Hz 用	0.91	2.12	3.95	0.82
16 Hz 用	0.91	2.12	4.85	1.00

(2) トンネル坑内の配置

発破時におけるトンネル坑内空間の音圧分布を解析的に検証した結果を図一4に示す。防音扉で閉ざされた筒状の空間内では、閉塞端部（防音扉部）で音圧が最大（音圧の腹が生じる）となり、そこから音源側に向けて1/2波長の間隔で音圧の腹が分布する。したがって、音圧の腹となる防音扉から対象周波数の1/2波長間隔に本装置の開口面を配置することで、入射波の音圧が最大となり音圧低減効果が効率よく得られる。



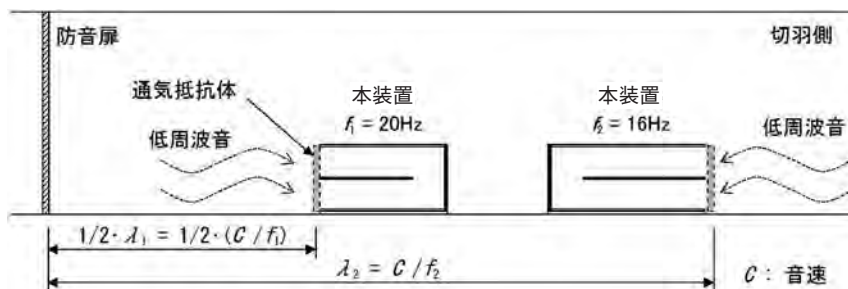
図一4 トンネル坑内の音圧分布（解析結果）

トンネル坑内における縦断方向の本装置配置を図一5に示す。縦断方向には、本装置の開口面と防音扉の離隔が音圧低減対象とする周波数の1/2波長の倍数となるように配置した。

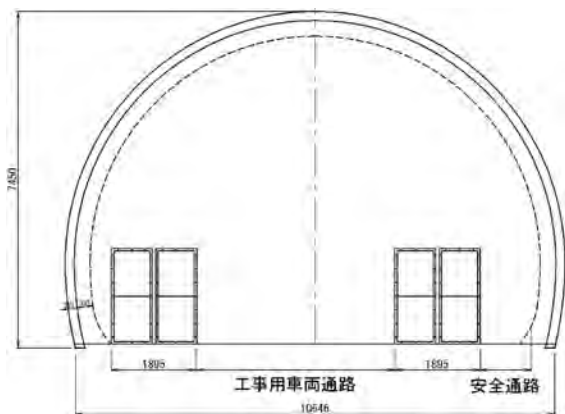
トンネル横断方向の本装置配置を図一6に示す。横断方向には、工事用車両通路を確保し、1断面当たり4基の消音器を設置することでトンネル一次支保内の内空断面積に対する音響管の開口面積がそれぞれ10%となるように配置した。

(3) 音圧計測

本装置による低周波音の低減効果を確認するため、施工時に音圧計測を行い発破時の周波数特性を把握した。音圧低減効果を確認する計測位置は、防音扉の外側と遠隔地点として防音扉から100 mおよび200 m離れた地点とした。また、トンネル坑内において本装置の開口面での音圧計測も行い、発破時に通気抵抗体に作用する圧力を確認した。



図－5 トンネル坑内の縦断配置図



図－6 トンネル横断方向配置図



写真－3 本装置設置（通気抵抗体あり）

表－2 音圧計測ケース

計測ケース	本装置設置
CASE-1	なし（防音屏のみ）
CASE-2	設置（抵抗体なし）
CASE-3	設置＋抵抗体 1
CASE-4	設置＋抵抗体 2

音圧計測ケースを表－2に示す。本装置を設置するケースでは、開口面に設置する通気抵抗体の材質による効果を検証するため、通気抵抗体は2種類の素材を用意し（CASE-3、CASE-4）、通気抵抗体のない場合（CASE-2）と比較した。本装置を設置したトンネル坑内の状況を写真－2（通気抵抗体なし）および写真－3（通気抵抗体あり）に示す。



写真－2 本装置設置（通気抵抗体なし）

表－3 通気抵抗体の材料諸元

実験条件	材 質	厚 さ (mm)	重 さ (g/m ²)
抵抗体 1	ポリエステル繊維	12.5	300
抵抗体 2	ガラス繊維クロス	0.16	139

実験に用いた通気抵抗体の材料諸元を表－3に示す。通気抵抗体には、縮尺モデル実験¹⁾で効果が確認できたガラス繊維クロスと、それとは通気性の異なるポリエステル繊維の不織布を用いて実験を行った。

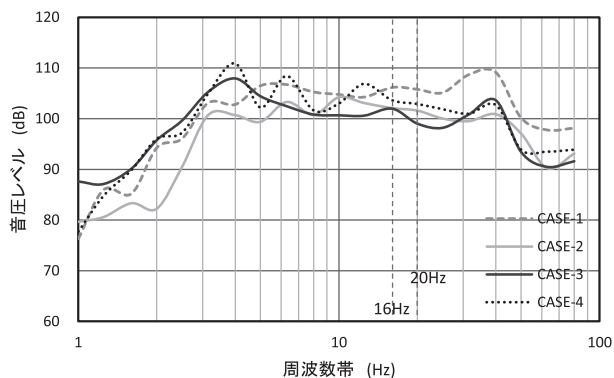
4. 音圧低減効果

(1) 本装置による効果

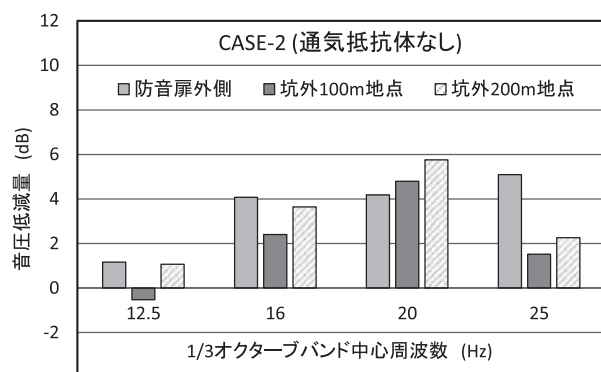
防音屏の外側における各ケースの音圧計測結果を図－7に示す。音圧低減効果を期待した周波数付近（16 Hz 帯、20 Hz 帯）では、本装置を設置することで音圧レベルを低減できていることが確認できた。

各計測位置における周波数ごとの音圧低減量の比較を図－8～10に示す。ここでは、本装置を設置したケース（CASE-2、CASE-3、CASE-4）について、設置しないケース（CASE-1）との音圧レベルの差分を音圧低減量として比較した。なお、CASE4において200 m 地点の計測データは暗騒音の影響が大きく適切な評価が困難だったためデータ不良として除外した。

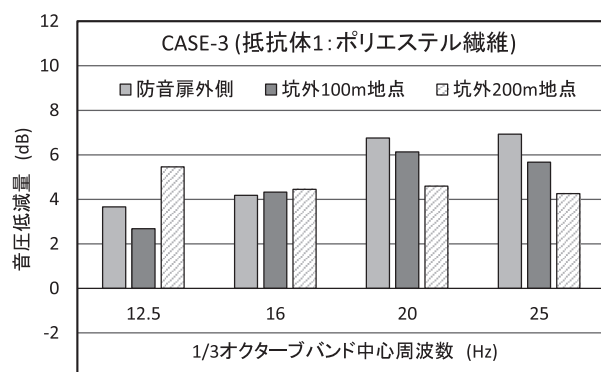
比較の結果、本装置を設置したケースでは、音圧低



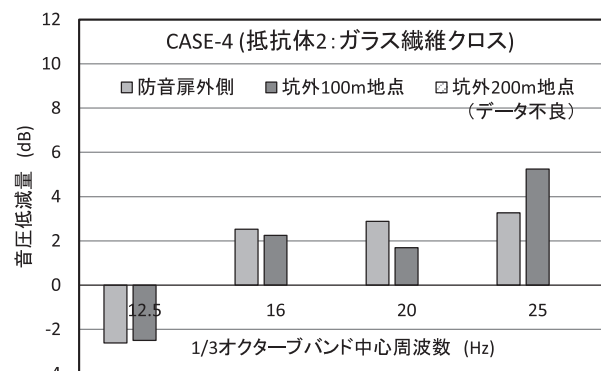
図一七 防音扉外側での音圧計測結果



図一八 各計測位置での音圧低減量 (CASE-2)



図一九 各計測位置での音圧低減量 (CASE-3)



図一〇 各計測位置での音圧低減量 (CASE-4)

減効果を期待した 16 Hz 帯と 20 Hz 帯において全ての計測位置で音圧低減が確認できた。

(2) 通気抵抗体の効果

図一八に示す本装置の開口面に通気抵抗体を設置していない CASE-2 の結果では、低減対象周波数前後の周波数帯 (12.5 Hz 帯, 25 Hz 帯) で音圧低減量が小さく、100 m 地点では逆に音圧が増幅 (音圧低減量がマイナス) している部分もある。

一方、ポリエステル繊維の通気抵抗体を設置した CASE-3 では、12.5 Hz 帯から 25 Hz 帯にかけてほぼ一様に音圧低減効果が得られている (図一九)。

今回の現場実証実験では、通気抵抗体としてポリエステル繊維の不織布を設置した場合が音圧低減に対して最も効果的である結果が得られ、低減対象の周波数帯で 4 ～ 7 dB の音圧を低減することができた。

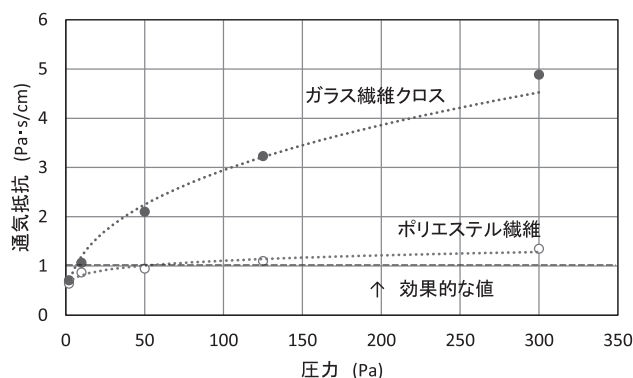
(3) 通気抵抗体の材質による影響

縮尺モデル実験¹⁾で通気抵抗体としての効果が得られていたガラス繊維クロスを設置したケース (CASE-4) では、他のケースと比べ全体的に音圧低減量が小さく、また 12.5 Hz 帯においては音圧が増幅する結果となった (図一〇)。

縮尺モデル実験時と今回の現場実証実験の本装置開口面での音圧レベルおよび圧力の換算値を表一四に示す。同表に示すように縮尺モデル実験時と現場実証実験時では、開口面での圧力が大きく異なる。

表一四 本装置開口面での音圧および圧力

実験ケース	材 質	開口面での計測値	
		音圧レベル OA 値 (dB)	圧力換算値 (Pa)
縮尺モデル実験	ガラス繊維クロス	94 ～ 100	1 ～ 2
CASE-3	ポリエステル繊維	141	224
CASE-4	ガラス繊維クロス	143	283



図一〇 通気抵抗と圧力の関係

各材質の通気抵抗と圧力の関係を図— 11 に示す。ポリエステル繊維は圧力に依存せずほぼ一定の通気抵抗であるが、ガラス繊維クロスでは圧力の増加に伴い通気抵抗が大きくなる。

縮尺モデル実験では、開口面に作用する圧力が1～2 Pa であり、その圧力に対するガラス繊維クロスの通気抵抗は $0.7 \text{ Pa} \cdot \text{s/cm}$ 程度である。

一方、実際の発破では、開口面での圧力は224～283 Pa で、その圧力下におけるガラス繊維クロスの通気抵抗は $4 \sim 5 \text{ Pa} \cdot \text{s/cm}$ であるのに対し、音圧低減効果が高かったポリエステル繊維の通気抵抗は $1.1 \sim 1.3 \text{ Pa} \cdot \text{s/cm}$ である。

よって、本装置の開口面に設置する通気抵抗体としては、通気抵抗が $1 \text{ Pa} \cdot \text{s/cm}$ 程度の材質が効果的であるといえる。

5. おわりに

開発した本装置消音器の現場実証実験により、現場での適用性および実規模での低周波音の低減効果を検証することができた。また、実現場において本装置消音器の開口面に設置する通気抵抗体の材質には、ポリ

エステル繊維の不織布が適していることが確認できた。

今後は、周辺環境への騒音対策技術として積極的に現場適用を行い、実績を積み重ねていきたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 角田晋相, 安部剛, 笠水上光博ら: 両端開口管を用いた低周波音低減技術の研究, 第70回土木学会年次学術講演会講演概要集, VI-751, pp.1501-1502, 平成27年9月
- 2) 角田晋相, 笠水上光博, 石橋知大: 両端開口管による低周波音低減装置の現場実証実験, 第71回土木学会年次学術講演会講演概要集, VI-412, pp.823-824, 平成28年9月

〔筆者紹介〕

角田 晋相 (つのだ しんすけ)

(株)錢高組
技術本部 技術研究所
主任研究員



石橋 知大 (いしばし ともひろ)

(株)アイ・エヌ・シー・エンジニアリング
機械システム部



おもりを用いた工事振動低減工法の概要

地盤環境振動低減工法 GMD 工法

成 田 修 英

従来の地盤環境振動対策工法は多大な工期と施工費用を要するため、工事振動対策のための仮設物としての適用は難しい場合が多かった。本稿では、従来困難だった工事仮設としての振動対策を実現する、おもりを用いた低費用・短工期な地盤環境振動低減工法（Ground Mass Dumper 工法、略して GMD 工法と呼ぶ）（以下「本工法」という）の概要・特徴と効果実証実験の結果について紹介する。

キーワード：地盤環境振動，工事振動，振動対策，工事仮設，マスダンパー

1. はじめに

環境省の調査¹⁾によれば、全国の地方公共団体が受理した振動に係る苦情の件数は、近年（1990 年代以降）増加傾向にあり、2014 年の苦情件数（3,180 件）は 1995 年（2,083 件）の約 1.5 倍もの数に達している。このうち建設工事振動に関する苦情は約 6 割を占めており、工事振動低減技術のニーズは日増しに高まっていると言える。

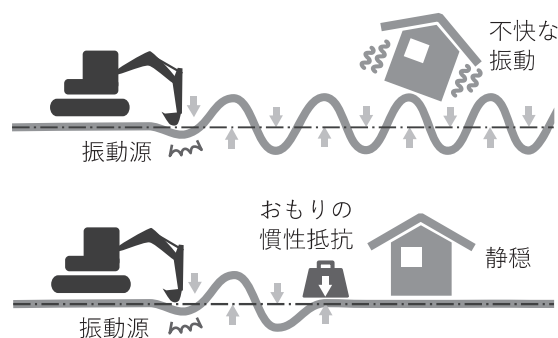
一方、従来の地盤環境振動低減技術は、防振溝・防振壁の構築^{2), 3)}や、振動し辛い、もしくは振動を伝え辛い素材への地盤の置換⁴⁾など大規模な土工事を必要とするものが多く、多大な工期や施工費用を要することから工事振動対策のための仮設物としての実施は難しいケースが多かった。そうした対策を用いなくとも、施工計画上の工夫で工事振動を抑制することは可能であり^{5), 6)}、振動対策に要する費用を最小化するという意味においては、こうした工夫の追求が最も合理的だとは考えられるものの、「振動抑制に配慮した施工計画」と「施工効率の高い施工計画」が両立できるような条件の工事現場は稀であり、多くの場合、振動抑制と短工期はトレードオフの関係となる。つまり、工期の制約がある以上、施工計画上の工夫による振動対策にも限界がある。

本稿で紹介する本工法は、従来困難だった工事仮設としての振動対策を実現する、低費用・短工期の地盤環境振動対策工法である。

2. 技術概要

(1) 概要

図一 1 に本工法の模式図を、写真一 1 に本工法の実施例を示す。これら図・写真にある通り、本工法では地表面におもりを設置することで振動低減を行う。地表面上におもりを設置するだけなので、極めて短工期・低コストで実施することが出来、不要になった際にはおもりを撤去するだけで速やかに現状復旧が可能



図一 1 本工法の模式図



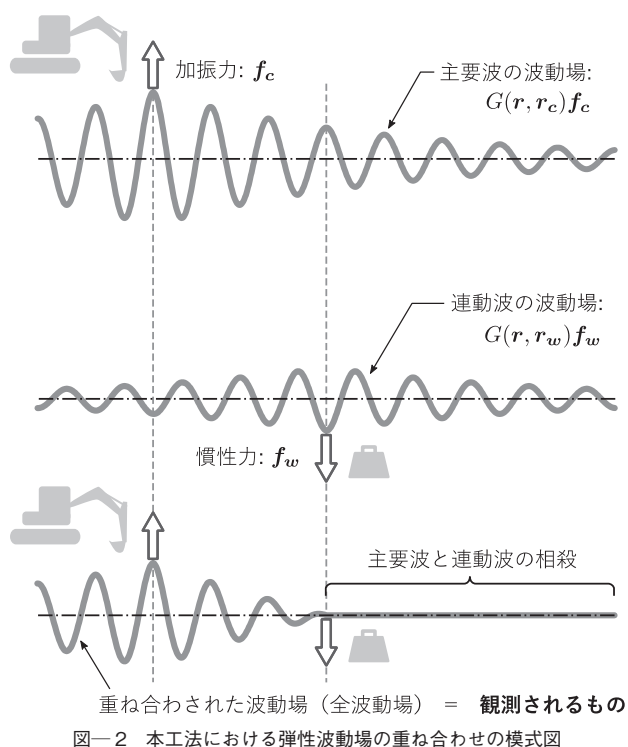
写真一 1 本工法の実施例

である。

本工法の振動低減効果は、簡単に言えば、地表面上のおもりが地盤振動に抵抗して静止し続けようとすることによって生じる（詳細は次節で述べる）。地盤振動に対するおもりの抵抗はおもりの慣性力によって生じるものであるため、基本的におもりが重いほど効果が顕著になる。3章の効果検証実験で示す通り、標準的な低地の地盤条件であれば 1 t/m^2 程度のおもりの重量で、地表面を伝わる周波数 $10 \sim 20\text{ Hz}$ 以上の帯域の振動（加速度）を半減できる。

(2) 原理

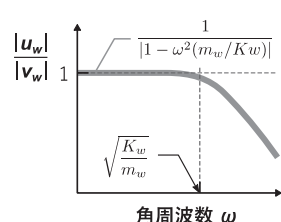
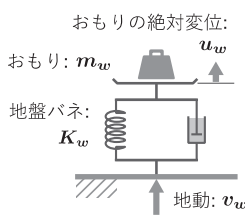
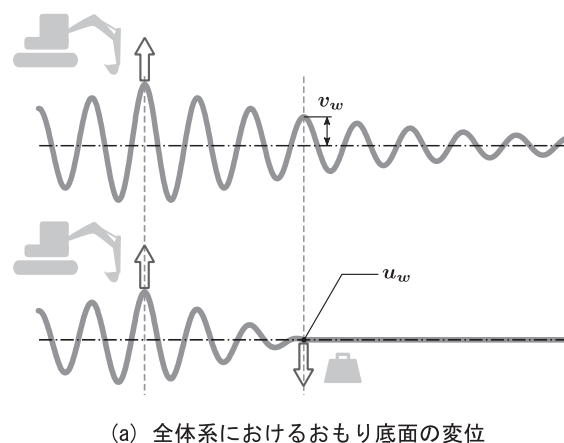
簡単のため、工事振動の振動源およびおもりの空間的広がりを見捨て、工事振動を点加振、おもりを質点として考える。このとき、振動源（重機等）・おもり・観測点（近隣住宅等）相互に発生する加振力と応答変位（振動）の関係は、図—2のように表せる。同図の通り、おもりが設置された地盤の波動場は、主要波（おもりの無い地盤（自由地盤）の波）の波動場と、連動波（工事による加振力の働いていない地盤におもりの慣性力のみを作用させた地盤の波）の波動場の重ね合わせとして表される。地表面に設置されたおもりの慣性力は地表に生じている加速度とは逆向きに働くので、振動源から見ておもりの背面側の位置（図—2においておもりの右側）において主要波と連動波は基本的に打ち消し合う（詳しくは下の箇条書き参照）。



したがって、おもりを地表面に設置することにより、振動が低減されることになる。主要波と連動波の相殺のメカニズムは、振動源、おもり、そして観測点相互の位置関係によって以下4パターンに分類される。

- ① おもり底面位置：慣性の法則により、常に相殺する。
- ② 振動源から見ておもりの背面側の位置：主要波の波長と連動波の波長が同じであれば、おもり底面と同じ割合で相殺する。逆に言うと、主要波と連動波で波長の近い成分において、顕著な相殺効果が表れる。
- ③ 振動源とおもりの間の位置：主要波と連動波の進行方向が逆向きであり、一般に両者が相殺することはない。
- ④ おもりから見て振動源の背面側の位置：振動源—おもり間の距離と着目している波長、相互の関係によって相殺する場合としない場合がある。ただし一般に、この位置の連動波は距離減衰の効果が大きく主要波に比して振幅が小さいため、どちらにしろおもりの影響は小さい。

また上記①～④より本工法の効果は、おもり底面位置の振動低減率で概ね代表できることが分かる。ここで、おもり底面位置でのおもりの慣性力と地盤がおもりを押し引きする力の釣り合いを考えると、両者の関係は図—3 (b) のように表せるため、おもりの底面の振動低減率は同図 (c) のようになる。したがって、おもりの背面側まで含めた振動低減効果をおもりの底



図—3 おもり底面における地盤応答の模式図

面の振動低減率である同図(c)で代表できるものと考えられるので、工事振動の周波数と本工法の効果の一般的な関係として、以下の2項目も成り立つ。

- ①本工法の効果は周波数が高いほど大きい。
- ②おもりの重量がおもり底面の地盤バネに対して相対的に大きいほど低周波数側から効果が出始める。

(3) 実施手順

本工法では地盤調査結果と工事計画から設置するおもりの重量と配置を決定する。図—4は、その検討フローである。この際の「地盤調査」は地盤の振動特性を把握するための調査であるため、標準貫入試験のみの実施は不適切である(本工法の計画に限れば、標準貫入試験はむしろ不要である)。標準貫入試験だけでなく、PS検層や種々の弾性波探査手法⁷⁾を併用することが推奨される。「効果予測」については、前節の考え方に基づいて、3次元有限要素法や薄層法⁸⁾と有限要素法のハイブリッド計算などを用いる。図—5は、3次元有限要素法を用いた効果予測の例である。

また、施工計画によっては、おもりを設置したい位置と現場の搬出入ゲートを設けたい位置が干渉する、

近隣建物と施工区域が近接しすぎていておもりを設置するスペースが無い、などの問題が生じる可能性があるため、施工計画についても十分に留意する必要がある。

3. 効果実証実験

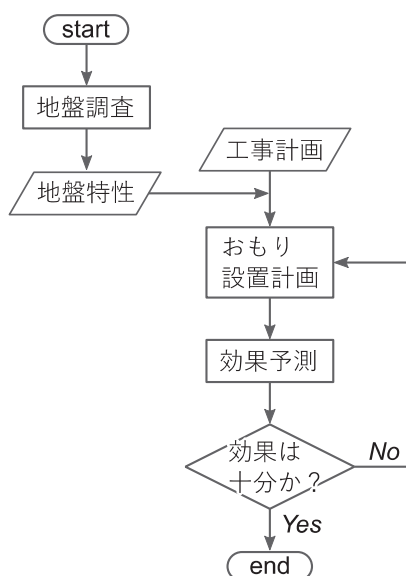
本工法では効果の実証のため、2地点(以下、各実験フィールドをそれぞれサイト-1・サイト-2と呼ぶ)で実験を実施している。それぞれ、以下のような条件の地盤である。

- ①サイト-1：低地の標準的な剛性の地盤条件
- ②サイト-2：軟弱な盛土・埋立て土などを表層に有する特に軟弱な地盤条件

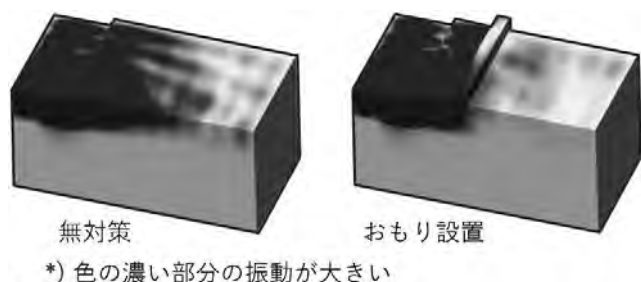
本章では、実証実験の結果を通じて、本工法に確かに振動低減効果が認められること、また本工法が前章(1)節・(2)節で述べたような特徴を備えていることを確認する。なお、本章の主旨は今述べた通りであり、誌面の都合もあるため、実験方法・解析方法・データ分析方法等の詳細、および一部実験結果については説明を割愛する。それらの詳細について興味のある読者は、既報文献^{9), 10)}を参照されたい。

(1) 実験概要

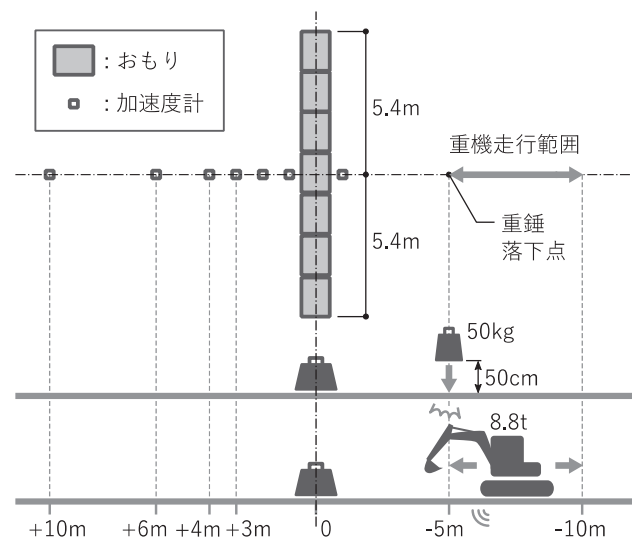
実施した実験の配置図を図—6に示す。同図の通り、実験では、おもりの延長方向の中心線上の一方に加振点を設け、他方に加速度計を配置して、おもり設置前と設置後の振動の大きさ(地表面加速度)を比較することによって効果を検証する。振動源としては、加振力の再現性を担保しやすい重錘落下(50kgの鉄の塊を50cmの高さから落下させる)と、より実施



図—4 本工法実施の概略フロー



図—5 本工法効果予測解析の例



図—6 実験配置図(サイト-1・2とも共通)

表—1 実験ケース

(a) サイトー1

		加振方法	
		重錘落下	重機走行
おもり 重量	なし	無-I-1	無-R-1
	0.6 t/m ²	軽-I-1	軽-R-1
	1.2 t/m ²	重-I-1	重-R-1

(b) サイトー2

		加振方法	
		重錘落下	重機走行
おもり 重量	なし	無-I-2	無-R-2
	0.6 t/m ²	軽-I-2	軽-R-2
	1.2 t/m ²	重-I-2	重-R-2

■：本稿では説明しない

表—2 地盤諸元

(a) サイトー1

地層	下端深さ (m)	V _s (m/s)	V _p (m/s)	密度 (t/m ³)	減衰定数
1	1.7	105	158	1.8	0.10
2	9.7	190	969	1.8	0.05
3	∞	350	1,785	1.8	0.05

(b) サイトー2

地層	下端深さ (m)	V _s (m/s)	V _p (m/s)	密度 (t/m ³)	減衰定数
1	1.6	67	95	1.8	0.05
2	5.6	150	765	1.8	0.05
3	9.1	200	1,020	1.5	0.05
4	∞	300	1,530	1.8	0.05

工の状況に近い重機走行による加振（定格 2.9 t 吊り，機体重量 8.8 t のミニクローラクレーンの走行）の 2 種類を用いる。加振力の種類含め，実験ケースを表—1 にまとめる。また，各サイトの地盤諸元は表—2 の通りである。

(2) 実験および実験シミュレーション解析結果

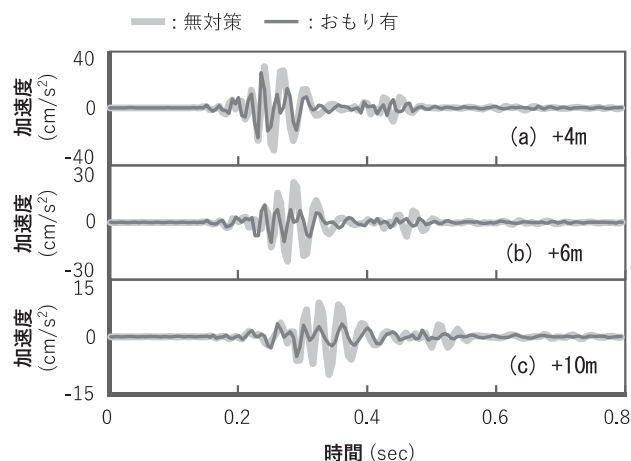
実験結果においても以下の 2 点が成り立っていることを確かめる。

- ①重錘落下による振動も，重機走行による振動も，おもりを設置することで低減できる。
- ②おもりの重量が一定の場合，より地盤剛性の小さい条件の方が，振動低減効果は大きくなる。また，より地盤剛性の小さい条件の方が，低周波数側から効果が出始める。

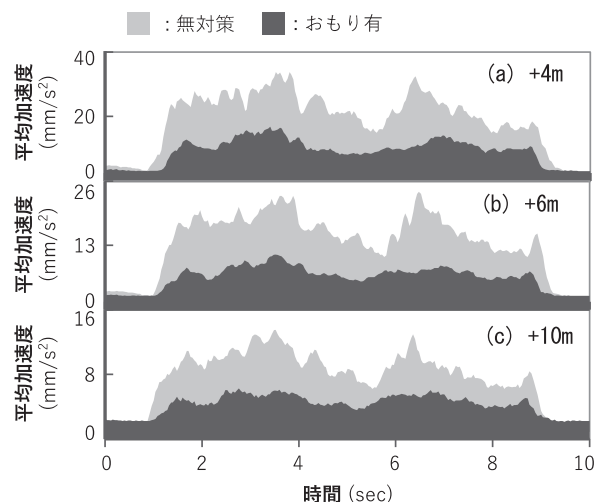
まず実験結果において上記①が成り立っていることを確認する。サイトー1における重錘落下振動（ケース無-I-1・重-I-1）の測定結果を図—7 に，重機

走行振動（ケース無-R-1・重-R-1）の測定結果を図—8 に示す。どちらの図においても，振動の大きさの指標となる縦軸の値（加速度および平均加速度振幅（どう「平均」化しているかは後述））はおもり設置によって大きく低減しており，「重錘落下による振動も，重機走行による振動も，おもりを設置することで低減できる」ことが確認できる。なお，図—8 縦軸は，重機走行時の加振力のばらつきの影響をなるべく小さくするため，生の加速度のデータに平滑化処理（ここでは，生データの絶対値をとって 0.2 秒幅で移動平均をとる処理）を施した値を示している。

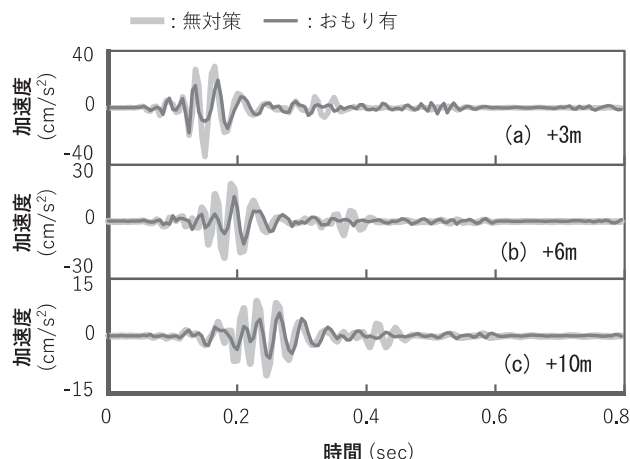
次に，サイトー1とサイトー2の結果（ケース軽-I-1・軽-I-2，およびそれらに対応する無対策のケース）を実験シミュレーション結果とも併せて比較し，②・③が成り立っていることを確認する。地表面加速度波形の実測値を図—9（サイトー1）・図—10（サイトー2）に，これをフーリエ変換し，実験シミュレーション結果と比較した結果を図—11 に示す。図—9，10 を見ると，どちらの実験サイトについてもおもり



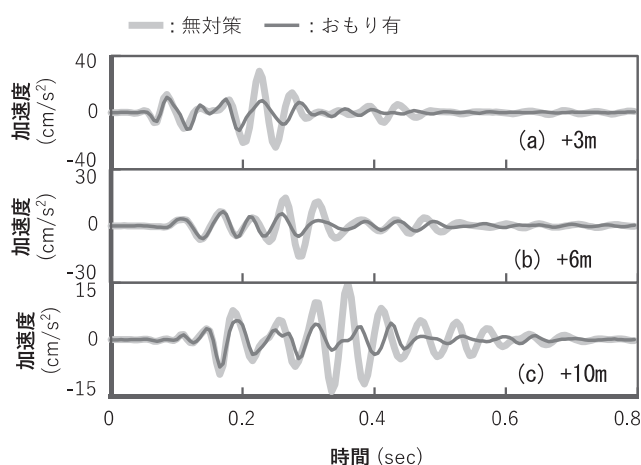
図—7 重錘落下加振：地表面加速度時刻歴（サイトー1）



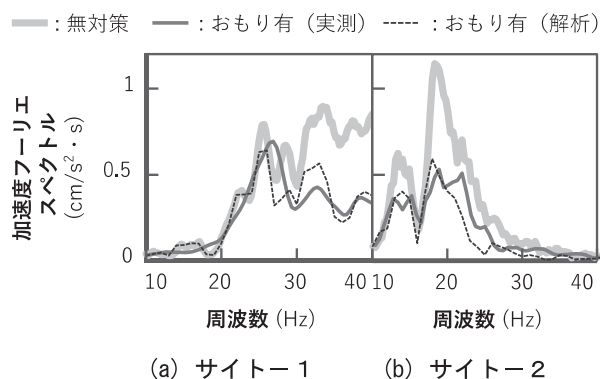
図—8 重機走行加振：地表面加速度時刻歴（サイトー1）



図—9 サイトー1：地表面加速度時刻歴（重錘落下加振）



図—10 サイトー2：地表面加速度時刻歴（重錘落下加振）



図—11 振動低減効果の周波数特性および実測値とシミュレーション解析の比較（+6m地点）

を設置することで加速度が大きく低減していることが確認できるが、振幅低減の割合を比較すると、より地盤の軟弱なサイトー2（図—10）の方がおもりの効果が大きくなっていることが確認できる。

図—11を見ると、サイトー1では概ね30 Hz以上の周波数帯域でしかおもりの振動低減効果が生じていないのに対し、サイトー2では10数Hz程度のサイトー1に比べ低周波領域からおもりの効果が発揮されており、②が成り立っていることが確認できる。また、シミュレーション解析の結果が実験結果と概ね対応していることから、実験では再現性のあるデータが得られていること、したがって実験から得られた上記の知見も信頼できるものと考えられることが分かる。

4. おわりに

本稿では、本工法の概要と特徴を説明し、実証実験の結果を通じて、本工法が実際にそれらの特徴を備えていることを確認した。

J C M A

《参考文献》

- 1) 環境省：振動規制法施行状況調査、<<http://www.env.go.jp/air/sindo/>>（参照2017-1-5）
- 2) 江島淳，吉岡修，坂田英洋，吉村正義：空溝と地中壁による振動遮断効果，土と基礎，28（3），pp.49-55，1980
- 3) 櫛原信二，大塚誠，深田久，早川清：地盤環境振動対策へのハイブリッド振動遮断壁の適用性に関する考察，土木学会論文集G，Vol.64 No.3，pp.276-288，2008
- 4) 松本元，松村大輔，劉斯宏，井上泰介：土のうを活用した地盤の環境振動低減法，土木学会論文集，No.764 / III-67，pp.235-245，2004
- 5) 環境省：よくわかる建設作業振動防止の手引き，<http://www.env.go.jp/air/sindo/const_guide/>（参照2017-1-5）
- 6) 井上竜太，福田勇輝：バックホウにより発生する地盤振動に関する研究 その1 アームおよびクローラの向きと地盤振動の関係，2016年度日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.405-406，2016
- 7) 地盤工学会編：地盤調査の方法と解説，地盤工学会，pp.79-138，2004
- 8) Tajimi, Hiroshi: A contribution to theoretical prediction of dynamic stiffness of surface foundations, Proc. 7th WCEE, Vol.5, pp.105-112, 1980
- 9) 成田修英，保井美敏，石丸達朗，田口智也，三輪明広，廣野直記，馬場朝之：おもりを用いた地盤環境振動低減工法の現場実験，第50回地盤工学研究発表会，pp.2405-2406，2015
- 10) 成田修英，保井美敏，山本健史，田口智也，石丸達朗，馬場朝之，三輪明広：おもりを用いた工事振動低減工法の効果検証実験，2016年度日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.433-434，2016

【筆者紹介】

成田 修英（なりた のぶひで）
戸田建設技術開発センター
研究員





VR による BIM と建築環境シミュレーションの同時可視化システム

佐藤 大 樹

建設業を取り巻く社会環境が複雑化、多様化するなか、迅速かつ効率的な建設プロジェクトの推進には、プロジェクト関係者間で効率的な情報共有が必要不可欠である。そのために、関係者間での BIM (Building Information Modeling) データの共有化が推進されている。一方で、BIM 情報に含まれる建築構造部材や仕上げ等だけではなく、そこで生じる風や光等の環境の状態も、居住者が体感する重要な空間構成要素である。本稿では、著者らが開発した、BIM に入力されている建築設計情報に加えて、建築環境シミュレーションで可視化される環境の状態を VR (Virtual Reality) 技術により、一体で可視化・仮想体感することのできるシステムを紹介する。

キーワード：VR, BIM, 建築環境シミュレーション, 可視化, クラウド, タブレット

1. 建築環境シミュレーションの利用目的・利用場面の拡大

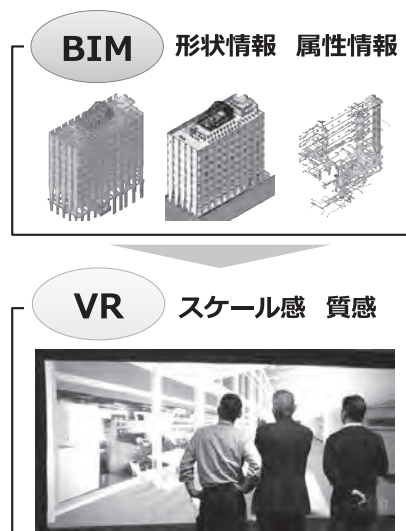
建築環境シミュレーションを用いると、風、熱、空気質、音、光、電磁波等の様々な環境要素の3次元的な空間分布を予測することができる。建築環境シミュレーションは、従来から、設計案における建築性能の確認や改善案の立案等の環境性能検証を主目的として利用されている。その際には、環境要素ごとにそれぞれの専門分野の技術者によりシミュレーションが行われ、その結果の見せ方も、それぞれのシミュレーションのための個別のビューアで可視化されることが多い。

一方で近年、建築に関連するステークホルダーの多様化や、ビルの省エネ性や居住者の快適性・健康増進への意識の高まりにより、設計者・建築主以外のビルユーザーや投資家、一般市民等、専門家でない第三者に対しても、建物の有する温熱快適性、明るさ・視認性、静けさ等の建物環境性能を説明する機会が増加している。また、建築環境シミュレーションの利用場面も、設計・計画段階から施工、運用、解体段階まで幅広く利用されるようになってきている。

このような利用目的、利用場面の拡大に伴い、建築環境シミュレーションが目に見えない風の流れや温度の広がり等を可視化できるツールであることから、様々な関係者に計画案の環境性能を分かりやすく伝えるための、説明ツールとして用いられる機会が増えている。

2. VR による設計情報と環境情報の一体可視化

近年、建築の専門家でない人に設計意図をわかりやすく伝達する方法として、VR 技術が利用される機会が増えている。BIM が、設計者が利用する建築情報と属性情報を表現する設計ツールであるのに対し、VR は、その設計案により作り出される空間のスケール感、質感を、専門知識を持たない人であっても直感的に把握できる体感ツールである（図—1）。具体的には、BIM データの3D 表示やCG パースだけでは表現しきれない、「3次元立体視」、「1/1 スケールの実寸



図—1 BIM で設計したオフィスの完成イメージを VR で体感

大体感」, 自由な視点移動や視線移動が可能な「インタラクティブ性」のいずれかの機能を備えている建築デジタルデータのビューアといえる。

ただし, BIM の VR 表示は, 図面に描かれている建築構造部材や仕上げ等の目に見える設計情報の可視化であり, 建築空間の中にどのような環境が作り出されるかは, 建築環境シミュレーションを行うことによって初めて可視化されるものである。

可視化技術の発達により, 環境シミュレーションの VR 表示, 特に 3D 表示は珍しいことではなくなっている。しかし, 空間の環境は, 窓の位置や設備のレイアウトなどの設計情報によって作り出させるものであるため, 環境性能は建築設計情報と共に可視化され, 適切に仮想体感できることが, 建築の総合性能の理解の上で極めて効果的である。

3. VRによるBIMと建築環境シミュレーションの同時可視化システム

図一2に, 著者らが開発したVRを用いたBIMと建築環境シミュレーションの同時可視化システムの全体イメージを示す。BIMと環境性能評価に必要な各種建築環境シミュレーション結果を, VRシステムで情報一元化し, それを, 説明する相手に応じて, 様々な場所, 端末でVRで確認することができる。性能の低いモバイル端末でもVRを行うために, 高性能なGPUを搭載したクラウド上でデータ処理を行うシンクライアント方式も併用している。

1つ目のポイントは, 全ての建築環境シミュレーションが, 同一のBIMデータを出発点としていることである。つまり, 様々な要素のシミュレーションを行うにあたり, 統一したBIMのもつ形状情報をベースにモデル化を行う。これにより, 環境要素ごとに異なる個別のシミュレーションプログラムを介しても,

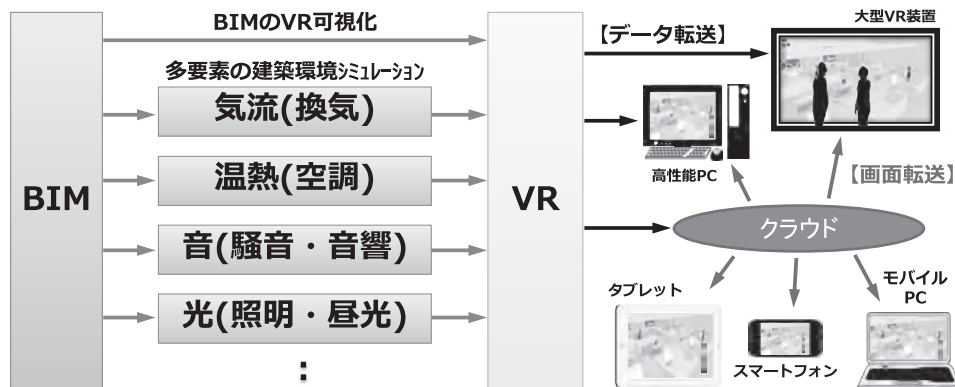
VRシステム上で, BIMデータとシミュレーション結果が不整合なく重ね合わせができ, 見たときに違和感のないVRコンテンツを素早く作成することができる。

2つ目のポイントは, 場所, 端末によらずVRの表示, 操作を行うためのクラウドの利用である。すでに, クラウドをファイルサーバとして利用した, BIMデータの共有化が進んでいる。しかし, 個別の端末で, 膨大なデータ量のBIMを扱うためには, 大容量ファイルの転送と, 高性能かつ高気密性を有するコンピュータ等の端末が必要となる。この運用上の問題は, VRデータであっても同様であり, 特に端末の性能に制約を受けて, タブレットやノートパソコン等のモバイル端末でVRができないと, VRの利用場面が大きく制限されてしまう。

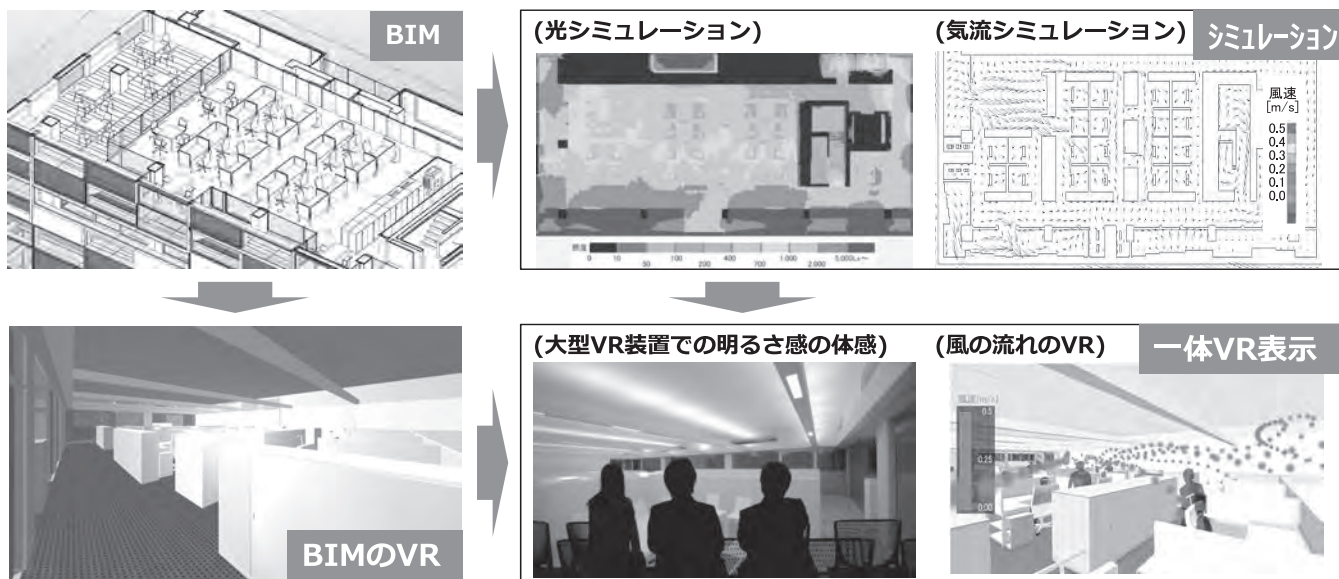
そこで本システムでは, クラウド上にある高性能画像処理プロセッサを搭載した計算サーバにより設計情報とシミュレーション結果を処理後, クラウドを活用して, 参照, 操作を行うための画面情報を高速ネットワークで転送する。これにより, 端末の性能に依存せず, タブレット等のモバイル端末からも, 客先や建設現場等, いつでも, どこからでも簡単に設計情報を参照, 操作することが可能となる(図一3)。



図一3 タブレットでのシミュレーションのVR表示例 (BIMと室内気流シミュレーションの同時表示)



図一2 全体システムイメージ



図ー4 オフィスにおける居住環境のVR

また、端末に参照，操作のための専用ソフトが不要である点，データが個々の端末には保存されないため高度なセキュリティを確保することができる点も，本システムのメリットである。

4. 本システムの利用事例

(1) オフィスにおける居住環境のVR（新築計画）

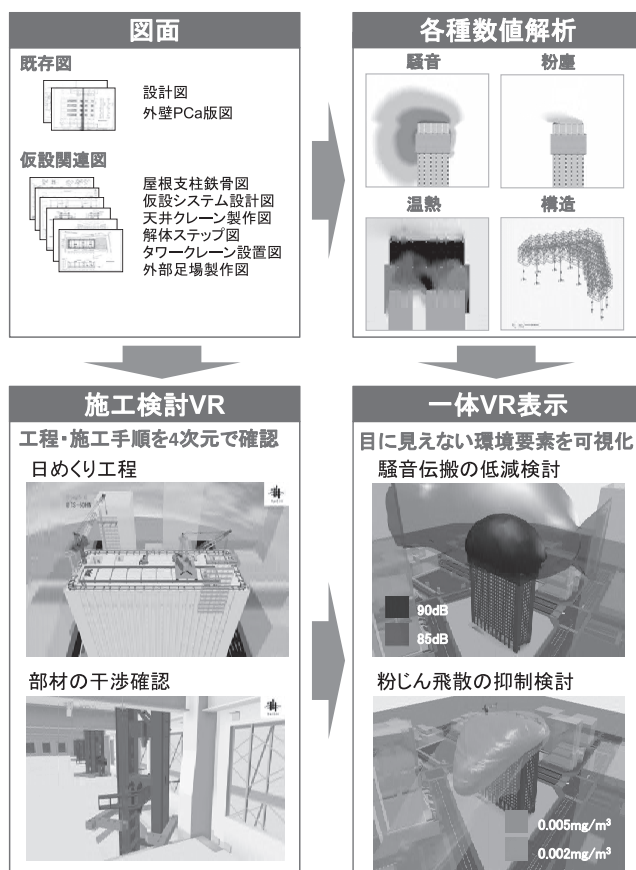
オフィスビル等の計画で環境配慮技術を導入する際には，その省エネ効果だけではなく，その省エネ計画が，入居者にとってどのような居住環境を提供することになるのかを，併せて把握しながら設計を進める必要がある。

図ー4に示すように，基本設計，実施設計等の各段階で，窓から取り込む昼光による執務室の明るさ感や，風上側の窓から入った風がオフィスのどこを抜けて流れるか等，BIMと建築環境シミュレーションを同時にVR可視化することで，関係者間で，設計案に対する迅速な情報共有と理解度のズレのない合意形成が可能となる。

(2) 建物周辺環境影響のVR（解体工事）

建築施工においても本システムは有効である。図ー5は，環境に配慮した解体工法として，解体建物上部に仮設の「閉鎖型解体空間」を構築し，解体から搬出までのすべての作業をその中で行う「閉鎖型解体工法」を開発した際の事例^{1), 2)}である。

本工法には，従来の解体工法における安全性や環境に関する課題を解決する工法として，近隣への騒音伝搬や粉じん飛散等の環境負荷削減効果が求められた。



図ー5 施工検討と周辺環境影響のVR

そこで，BIMにより集約された既存図や仮設図等の各種図面情報と，騒音伝搬や粉じん飛散の抑制効果に関するシミュレーションを，VRにより一元化した。本工法の開発から実物件での施工までのあらゆる段階でVRを活用することで，関係者間の情報共有が深まり，組織横断的な新アイデアの創出による合理的な課題解決を図ることができた。

5. おわりに

本稿では、BIM による設計情報に加えて、建築環境シミュレーションで可視化される空間環境の状態を、VR 技術により一体で可視化・仮想体感することのできるシステムを紹介した。

今後、本システムを、BIM データ量やシミュレーション規模が大きく効率的な描画処理を必要とする大規模プロジェクトや、環境性能の確認、評価が求められる建設プロジェクト等で、顧客や設計者、施工者間の情報共有ツールとして活用していく予定である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 市原英樹他, 超高層建物における閉鎖型解体工法「テコレップシステム」の開発および実施適用, 大成建設(株)技術センター報, 第 45 号, 2012
- 2) 市原英樹他, 140m の超高層ホテルにおけるテコレップシステムの適用, 大成建設(株)技術センター報, 第 46 号, 2013

【筆者紹介】

佐藤 大樹 (さとう たいき)
大成建設(株)
技術センター 建築技術研究所
副主任研究員



ずいそう

建機ミニチュアの世界

井浦和則



私は建機修理の会社に勤務し、仕事で建機と向き合う毎日である。仕事を終えて自宅に戻っても、膨大なミニチュア建機のコレクションに囲まれ、その修理やカスタマイズを楽しんでいる。そんな建機修理にどっぷりつかった半生を送ってきた。

なぜ建機が好きになったのかとよく聞かれるが、自分でもよくわからない。多くのマニア同様、私も物心ついたころには、もう建機が好きだった。近所で道路工事が頻繁に行われたり、親戚に建築関係の仕事をしている人がいたり、幼少期から建機が身近にある環境で育ってきた。

しかし、同じような人はたくさんおられるだろう。やはりそこには、私と建機を結び付けるものがあつたと思う。

幼稚園年長の頃、たまたまでかけたイベントに展示されていたCAT E200B クローラの上に腰かけ満面の笑みを浮かべている写真が残っている。本当に建機が好きだったのだろう。

建機大好き少年だった私は、幼少期から建機のミニチュアを手にしてた。しかし当時の私にとっては、まさにそれはおもちゃだった。ボロボロになるまで遊び、当時のミニチュアは全く残っていない。そんな私が建機ミニチュアに目覚めたのが、中学生時代だった。ダイヤペットから1/52のコベルコSK200が発売されて、これがカッコよかった。足はゴム製だったが、一枚一枚ちゃんと成形されていて、実機さながらの再現性にも感動した。小遣いを貯めて購入したこのSK200が、私のコレクション第1号となった。これをきっかけに、ミニチュアのコレクションを始めた。数あるコレクションの中で一番好きな建機は、やはり油圧ショベルだ。なかでも特に解体機が好きで、解体用のアタッチメントも数多く持っている。今やミニチュアは陳列棚をはみ出し、所狭しと並んでいる。150台くらいまでは数えていたが、その後は私も何台あるか把握できていない。コレクションのなかでも、もっとも高価な部類に入るリープヘルR9800ローディングショベルコンラート社製モデルは1/50ながら、質量は5kgもある。

高校を卒業後、建機の修理を担当する会社に就職し

た。建機の修理を通じて、建機への見方も深まった気がする。同時に趣味も変化し、ミニチュア建機の修理やカスタマイズを始めるようになった。やがて仕事での経験を生かし、コンクリートブレーカをハンドメイドで製作してしまうほどになった。自力で製作したトーヨーのTYAB20は、最初に就職した会社でよく扱っていた機械である。ちゃんと分解、組み立てができるようにパーツごとに製作した。

休日には、リサイクルショップを回って、古いミニチュアを探したりするのも好きである。キャタピラー320Dの1/40モデルを、500円で手に入れたこともある。また、ゲタは付いていなかったが、生産数が少なかったレプリカーズ1/24コマツPC28UUを見つけたこともあり結構楽しかった。

こうして手に入れた中古のミニチュアはすべて分解し、きれいに掃除して組み直す。さらにより実機に近付けるために、塗装を追加したり、配管を配慮したりすることも多い。

ミニチュアの修理に欠かせないパーツは自分で手に入れることもあるが、マニア仲間から譲ってもらうことも多い。全国に同じ趣味を持った仲間がたくさんいるので、かれらとパーツをやり取りしたり、情報交換したりしている。

ミニチュアモデルのほかに、工事関係の灯火も好きである。パトライトや工事現場で使われる保安灯など



写真—1 ミニチュア建機（コベルコ建機 油圧ショベル SK330）のカスタムモデル（バケットの代わりにSK400Dのニブラを付け、配管も実物のSK330に併せて付け替えた。）



写真—2 付け替えた配管の状況

も集めている。

私が住んでいる新潟市では年に数回は大雪が降る。そこで、苦勞する除雪に使うということでハニックス製バックホウ N08-2 を購入し、休みの日を利用して、自身で再塗装・整備を行っている。

一時建機修理の仕事を離れていたが、現在勤務して

いる会社で修理の現場に復帰した。一台一台仕様の違う建機の修理は、毎日が修行のようで苦勞も多いがその分やりがいも大きい。仕事では実際の建機の修理を行い、趣味でも建機ミニチュアの修理やカスタマイズをしている。建機そのものはもちろんのこと、機械いじりが本当に好きなのだと思う。

そして現在、中古で購入したスーパーハウスをコレクションルームとして使用できるように休日を利用して床に断熱材を入れる作業を楽しみながらやっている。

今はなかなか時間が取れなくて難しいが、せっかく実機も持っているののでいつか実機のカスタマイズをしたり、アタッチメントを作ったりできたらと夢見ている。仕事も趣味も、どっぷりと建機につかった生活は、これからも続くと思う。そしていつの日か、夢を実現させたい。

——いうら かずのり (有中央建機サービス)——



ずいそう

子供同伴研修 (ママとチビのステップアップ研修)

角 崎 由貴子



昨年の11月、社内の年次研修の案内が来ました。研修日程は4日間と少し長く、全日程を受講するかどうか迷っていました。理由は5歳になる娘がいて、いつもは保育所へ預け両親のサポートを受けながらの生活を送っており、4日間も娘のもとにママが帰ってこない！という事が無かったからです。今までも社内の研修は受講してきましたが、育児が始まってからは、研修の全日程を受講しなくても良いように調整・配慮して貰っていました。

今回は最後の年次研修であったし、全日程を受講したい！同期の近況や、どんな業務に携わっているのか？自分の働き方は今のままで良いのか？といった事が知りたい気持ちがありました。そうは言っても、今の生活サイクル・娘の心情を考え両親と娘とで家族会議を開催しました。結果は娘の事を優先し今回も受講日程を調整して貰おうという事になりました。

研修受講1か月前に人事部の方から「年次研修時に研修センターで託児サービスがありますので、ご利用されますか？」と連絡がありました。その夜、家族会議第2回目を開催しました。まず娘に「ママのお仕事を横浜まで4日間一緒に行ってくれる？」と尋ねると、

「行く！行く行く！」と言い、話は即決定！内心は「行かない！ママ行かないで！」と言われるかと思っていたので拍子抜けです。両親は4日間だが知らない所に行く娘をすごく心配していましたが、普段と違う場所・人・行動を経験する事も就学前の良い経験だと思い、研修中の託児をお願いする事にしました。

出発の日、2人で特急に乗車し瀬戸大橋を渡り岡山へ。岡山駅で駅弁を購入し新幹線に乗車しました。娘は女の子らしいキャラクターのお弁当を食べながら窓の外をずっと見ていました。

新横浜駅に着き、まず私の大学の恩師のもとへ行きました。しばらく恩師宅で過ごした後、ホテルへ向かいました。ホテルは研修センター近くの洗濯機とミニキッチンが付いている部屋を取りました（荷物を少なくしたので、洗濯が出来るのは本当に助かりました！）。

研修1日目、朝7時前に起床し洗顔を済ませ、昨夜ホテル近くのスーパーに買出しに行き購入しておいた

朝食を小さなテーブルに2人並んで食べ、服を着替え、私は久々に作業服以外のスーツを着て、娘は通園用の赤いリュックサックを背負って、いざ出社！娘は口数少なく私の手を握り研修センターに到着。まず託児室に行き手続きと当日の体調を伝え、娘としばしのお別れ。

「嫌だ」と別れに愚図るか心配していましたが、もう一人同学年の女の子が来てくれていて、意気投合したらしく部屋の奥へ2人で笑いながら入って行きました。また拍子抜けです。私の研修初日は娘の事が気になって気になって…。

夕方迎えに行く託児スタッフの先生からその日の行動を聞いて驚きました。午前中少し部屋で遊んだ後、最寄り駅まで歩き電車に乗って、みなとみらいを散歩しながら臨港パークへ行き遊んで帰って来たとの事。いつもの散歩と言えば田んぼのあぜ道を通って保育園の近くの牛舎でウシやヤギを見て、川や海・山へ行き過ごしている娘の1日目の行動がすでに都会っ子過ぎて私が動揺してしまいました。娘はすごく楽しかったようで経験した事、行った場所を嬉しそうに話す姿を見て残り3日間も大丈夫だと感じました。

2日目も昨日と同様に支度をし、研修センターへ向かいました。この日は「部屋の鍵は自分で閉めるから」とつま先立ちで鍵を掛けてくれました。ふと昨日より少し顔付が変わった気がしました。

2日目は託児サービスを受けるのは娘だけでしたが、昨日行った臨港パークで縄跳びや落ち葉を拾い、それを持ち帰り切ったり貼ったりして人形やママのお



弁当を作ってくれました。2日続けて行った“臨港パーク（りんこうぱーく）”ですが、よく聞くと娘の言う公園の名前は“りんごぱーく”。娘は公園内に野菜や果物の木があるため、“りんごぱーく”と思ったらしいです。可愛い間違いは笑えました。

3日目の出社する娘は明らかに違いました。部屋の鍵を掛け、研修センターまで私の前を歩き、背筋がピンと伸びて、小さくなったなあと感じていたリュックサックがますます小さく感じました。この日は赤ちゃんたちが沢山来る日と聞いていたので娘は朝から‘お姉ちゃん’に気持ちになっていたのでしょうか。3日目からは社外へのお散歩は無く、託児室内で過ごしたそうです。テントで秘密基地を作り今日は小さなお友達を招待して過ごしたそうで、帰りの顔もやっぱり‘お姉ちゃん’（ドヤ顔？な感じ）でした。

最終日も朝から張り切って歩き、夜の内に書いた手紙をお世話になった先生方に渡す姿を見て、私が泣けてしまいました。長いと思っていた研修も気が付けばあっという間に終わり、日に日に変わっていく娘の表情やしぐさがこの研修に連れて来て来て良かったあ！と心

の底から思えました。お別れの時、先生方からもペンダント型に折ったお手紙を貰い、嬉しそうに首に掛けて研修センターを後にしました。

帰りは飛行機で帰るように手配をしていたので、羽田空港へ行きお気に入りのコンソメスープを購入し高松空港へ。機内で「ママとの研修はどうだった？楽しかった？」と聞くと「うん。楽しかった！ママ、次のお仕事も一緒に行ってあげるね☆」と何とも頼もしい感想が返って来ました。空港に迎えに来てくれていた両親もしっかりした娘の姿に気づき、驚きと嬉しさを伝えていました。

私たち母娘を大きく成長させてくれた今回の研修は、2人の忘れられない思い出となりました。いつまでも子供だと思っていた娘ですが、キラキラとした顔で次のステップに進む自覚と新しい環境でもやっていける自信を持てたようです。私も新しい配属先で未経験工種の施工管理をしながら娘のキラキラに負けないようパワーアップして行きたいです。

——かくざき ゆきこ 大成建設㈱ 四国支店——



JCMA 報告

平成 28 年度 一般社団法人日本建設機械施工協会研究開発助成 助成対象研究開発決定のお知らせ

二瓶 正康

1. はじめに

一般社団法人日本建設機械施工協会は、平成 28 年度の研究開発助成対象研究開発を決定しましたのでお知らせいたします。

この「研究開発助成」は、建設機械及び建設施工に関する技術等の向上と普及を図り、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て優れた研究開発・調査研究に対して助成する制度で、本年度は第 10 回目となります。

本年度は、研究開発助成審査委員会（委員長 太田秀樹 中央大学 研究開発機構教授）において過日厳正な審査を行い、今般応募 8 件の中から『深層学習と自動更新テンプレートマッチングを用いたロバストな重機自動追従カメラシステムの研究開発（芝浦工業大学 工学部 電気電子学群 電気工学課 教授 吉見 卓氏）』の 1 件に対し助成することに当協会会長が決定しました。

なお、研究期間は平成 29 年 4 月から平成 30 年 3 月末で、研究開発成果は平成 30 年 11 月開催予定の「建設施工と建設機械シンポジウム」、機関誌「建設機械施工」等で発表される予定です。

2. 助成研究開発の概要

今回助成を決定した研究開発の概要は以下のとおりです。

○深層学習と自動更新テンプレートマッチングを用いたロバストな重機自動追従カメラシステムの研究開発

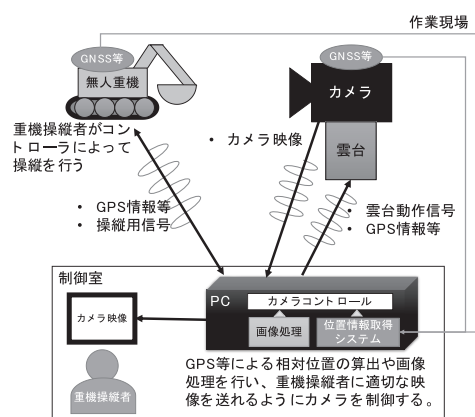
芝浦工業大学工学部 電気電子学群 電気工学課 教授 吉見 卓氏

災害復旧工事においては、二次災害の危険性がある現場で遠隔操作による無人化施工が導入されている。そこでは、重機操縦者が遠隔地から無人の重機を安全・効率的に運転するために、重機の状態やその周囲環境の状況を正確に把握する必要があり、現場に設置した遠隔操作のカメラで対象の重機を常に追従し、その取得映像を利用している。

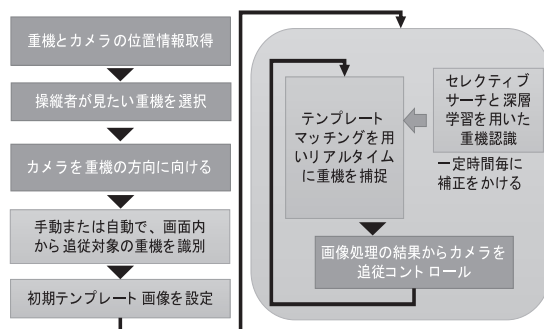
多くの場合、専用のカメラ操作者を置いているが、カメラ操作者は常に重機の画像を注視し続けなければならない、その作業負荷が大きい上に、重機操縦者が必要とする映像を適切に提供するには熟練が必要である。

本研究は、無人化施工におけるカメラ操作自動化の第一歩として、自動更新テンプレートマッチングと深層学習の導入により、自動で確実に重機のバケット先端を認識し、それにカメラを追従させることができる、ロバストなカメラシステムの実現を目的とする。これにより、カメラ操作者の大きな負荷軽減が期待される。

図—1 に本研究で構築するシステムの概念図を示す。また、このシステムにおける重機追従処理の流れを図—2 に示す。



図—1 システム概念図



図—2 重機追従処理の流れ

【筆者紹介】

二瓶 正康（にへい まさやす）

一般社団法人日本建設機械施工協会 技師長

平成 28 年度研究開発助成担当

JCMA 報告

除雪機械展示・実演会，競技会（除雪車チャンピオンシップ） 開催報告

2017 ふゆトピア・フェア in 函館

1. はじめに

北海道新幹線が函館北斗まで開業して初めての冬を迎え、北海道の玄関口である函館と本州の地域交流が更に促進されることを期待して「函館に集う ヒト・モノ・技術から 北の暮らしのイノベーション」というテーマのもと『2017 ふゆトピア・フェア in 函館』が平成 29 年 1 月 26 日、27 日の 2 日間開催されました。

JCMA では、2017 ふゆトピア・フェア in 函館の一環として除雪機械の展示・実演会、競技会（除雪車チャンピオンシップ）を主催し、多数の方々にご来場頂きました。誠にありがとうございました。その状況を写真を主体に報告いたします。

除雪機械展示・実演会は、昭和 36 年に青森で初めて開催して以来、今回で 69 回目となります。東北、北海道、北陸の 3 地域が交替で実施しており、本年は「2017 ふゆトピア・フェア in 函館」の一環として、函館市での開催となりました。

今回は、除雪機械等のメーカー 11 社が大型から小型の除雪機械、装置等を展示・実演し、開催期間中は、国土交通省北海道開発局、北海道、函館市、その他多数の方々のご協力、ご支援を頂きました。ここに深く感謝申し上げます。

2. 開催概要

- ①日時：平成 29 年 1 月 26 日（木）
10：00～16：00
平成 29 年 1 月 27 日（金）
10：00～15：00
※競技会「除雪車チャンピオンシップ」は 26 日（木）13：00～15：50
- ②場所：北海道函館市 函館競馬場駐車場
- ③出展会社
(株)日本除雪機製作所
(株)小松製作所
新潟トランスス(株)

(株)協和機械製作所
UD トラックス(株)
(有)弘前重機
(株)タイショー
名古屋電機工業(株)
範多機械(株)
日野自動車(株)
矢野口自工(株)

④来場者数

除雪機械展示・実演会

1,400 名（26 日、27 日の 2 日間延べ人数）

競技会（除雪車チャンピオンシップ） 320 名

3. 開会式

除雪機械展示・実演会のオープニングセレモニーでは、日本建設機械施工協会 北海道支部の熊谷支部長による開会宣言に続き、協会の辻会長の挨拶、その後来賓の皆さまと関係者によるテープカットが行われ賑々しく開会いたしました。



写真—1 熊谷支部長による開会宣言



写真一 2 社長の開会挨拶



写真一 3 テープカット

テープカットして頂いた方々

- ・国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課
施工安全企画室長 宮武一郎 様
- ・国土交通省 北海道開発局 事業振興部
機械課長 米田義弘 様
- ・北海道建設部 建設政策局 維持管理防災課
維持担当課長 若山 浩 様
- ・函館市 土木部 次長 福田厚武 様
- ・出展者代表 (株)協和機械製作所 代表取締役
藤枝靖規 様
- ・一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長
辻 靖三
- ・一般社団法人 函館建設業協会 会長
吉田幸雄 (代理 副会長)
- ・一般社団法人 日本建設機械施工協会
北海道支部支部長 熊谷勝弘

4. 展示機械

出展した企業と展示・実演した機械は、表一の通りです。

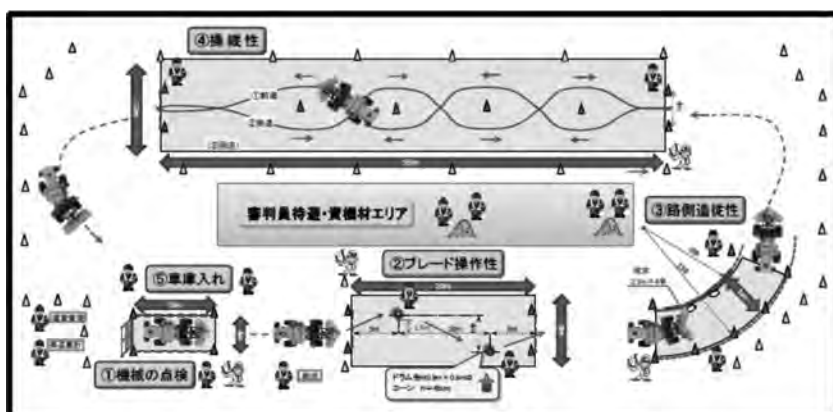
表一 展示企業・機械一覧表

NO	出展企業	出展機械名	規格性能等	台	実演
1	(株)日本除雪機製作所	ロータリ除雪車	HTR308 2.2 m 級 (2.6 m)	1	○
		小型除雪車	KBR108 1.5 m 級	1	
		凍結防止剤散布車	NWS25SS5 湿式 2.5 m ³	1	
2	(株)小松製作所	モーターグレーダ	GD675	1	○
		ホイルローダ	WA200	1	
		ホイルローダ	WA100	1	○
		ミニホイルローダ	WA40	1	○
		ミニショベル	PC45MR	1	
3	新潟トランス(株)	ロータリ除雪車	NR303	1	○
		小形ロータリ除雪車	NR131P とらん丸	1	○
4	(株)協和機械製作所	除雪トラックプラウ	10 t 専用 6 × 6	1	
5	UD トラック(株)	除雪トラックシャシ+プラウ	CZ5	1	
6	(有)弘前重機	WESTA SNOW WAGON	WSL140	1	○
7	(株)タイショー	凍結防止剤散布機	500 ℓ ZS-500K	1	
		凍結防止剤供給機		1	
8	名古屋電機工業(株)	車載標識 A		1	
		散光式警光灯		3	
9	範多機械(株)	凍結抑制剤散布車	MS-25BIT (D)	1	
		〃	MS-20 M ET	1	
		ハンドガイド除雪機、散布機	MS-01D 他	2	
10	日野自動車(株)	湿塩散布車用シャシ	GX7JGAA-GAX	1	
11	矢野口自工(株)	ドイツ LADG スノウプラウ付	T-1250	1	○
		スノウスイーパー	プラシ	1	

5. 会場配置図



図一 展示・実演会場
※図中の番号は表一のNOに対応しています。



図二 競技会（チャンピオンシップ）コース図

6. 会場風景

展示・実演会場には、除雪や建設の未来を担う子供たちや学生も来場しました。



写真一 展示各社のブースを見学する来場者



写真六 会場近くの深堀保育園園児 20 人が見学



写真五 除雪実演を見つめる来場者



写真七 函館高専 社会基盤工学科 40 名が見学



写真—8 展示ブースで熱心に質問する生徒たち



写真—12 新潟トランスス(株)



写真—9 函館高専 社会基盤工学科期待の将来の「けんせつ小町」たち



写真—13 有弘前重機

7. 除雪機出展各社のブース



写真—10 日本除雪機製作所(株)



写真—14 UDトラックス(株)



写真—11 (株)小松製作所



写真—15 (株)協和機械製作所



写真—16 (株)タイショー



写真—17 名古屋電機工業(株)



写真—18 範多機械(株)



写真—19 矢野口自工(株)



写真—20 日野自動車(株)

8. 実演会



写真—21 コマツグレーダ GD675



写真—22 新潟トランス NR303

9. 競技会 除雪車チャンピオンシップ

1月26日の午後は、除雪車の運転技能を競う競技会、チャンピオンシップが開催されて腕自慢のオペレータ12人が参加しました。

除雪車を細かく操作する持ち前のテクニックに観客や同僚、競技者の家族からたくさんの声援が送られました。

競技の様や表彰式は、地元テレビの実況で後日放映される予定でたいへん盛り上がりました。



写真—23 競技者は除雪車の点検からスタート



写真—24 ブレード操作性技術



写真—25 路側追従性技術



写真—26 操作性技術 高速前進後進スラローム



写真—27 チャンピオンシップ表彰の皆さん

10. ふゆトピア・フェアシンポジウム，展示会，研究発表会

シンポジウム，屋内展示，研究発表会は，展示・実演会会場から少し離れた函館アリーナ，函館市民会館で開催されました。



写真—28 ふゆトピア・フェア in 函館 函館アリーナ屋内展示



写真一29 ふゆトピア・フェア in 函館 研究発表, ポスターセッション 市民会館内

11. おわりに

ふゆトピア・フェア in 函館の開催により，国，地方自治体，住民が参加して北国の雪から市民生活を守る除雪機械の技術革新や除雪事業の取り組みを紹介し，抱えている課題等について情報発信や意見の交換

が行われたことで，地域の活性や魅力ある北国の生活に少しでもお役に立てることを期待したいと思います。函館での開催に多大な尽力を賜りました国土交通省，北海道開発局，北海道，函館市，会場をお借りしたJRA，出展各社をはじめ多数の皆さまに厚く御礼申し上げます。



部 会 報 告

アスファルトプラントの変遷（その7）

機械部会 路盤・舗装機械技術委員会（アスファルトプラント変遷分科会）

文献調査 抜粋

（調査部会 文献調査委員会 委員 樋下敏雄氏）

バージニア州アレキサンドリアにあるニュートンアスファルト社は、湿式サイクロン洗浄方式による集塵器に替えて新しいバッグ形の集塵器を備え、空気汚染の問題を解決するとともに、経費の削減をはかってきた。新しい方式は古い方式に比べ、次のような大きな特徴をそなえている。

- ①操作が簡単である。
- ②水道水が要らない。
- ③維持が簡単である。
- ④ミネラルフィラーを生産する。
- ⑤労力の削減が可能である。

このほか煙霧状の蒸気が吐出用煙突から出てこないといった利点もある。（以下略）

田中铁工(株) アスファルトプラント TSAP シリーズ



写真 3-48 TSAP-1500FAV 運転室

(株)新潟鐵工所 NP シリーズ



写真 3-49 NP-2000 遠隔自動制御盤

ホットオイル保温構造でスクリュフィードにて自動排出



写真 3-50 HMS 250 形

日工(株) 高速用 180 t/h プラント 1 号機

環状マルチクロン採用



写真 3-51 NAP-3000AZC（前田道路(株)へ納入）

要覧記載メーカー全9社，上記記載以外業者名

東京工機(株)，住友重機械工業(株)，丸善建設機械(株)，
(株)三井三池製作所，(株)堀田鉄工所，三菱重工業(株)

1972 年（昭和 47 年）日本列島改造論 発表

東北自動車道開通（岩槻～宇都宮）

東名・中央道が小牧 JCT で直結

この頃よりアスファルトプラント設備においては、
公害対策に関する装置が注目を浴び、官民がその技術
開発を競った。

日工(株) NAP-1000AZBN

仕様：1次集塵機：乾式サイクロン，2次集塵機：
バグフィルター

本体防音建屋・ドライヤー防音建屋（含排風機）



写真 3-52 NAP-1000AZBN (大成道路 豊洲工場)
『大成道路(株) 道一この目で見える二十五年史』

東亜道路工業(株) 高速道路工事用



写真 3-53 日工(株) NAP3000 (2号機)

1973 年 (昭和 48 年) 関門橋開通 (1068 m)

第 7 次道路整備 5 ヶ年計画閣議決定

建設省形 公害対策プラント (日工製 NAP-700)

本機は建設省の指導のもとに日工が製作したモデルプラントである。NAP-700 形をベースに公害対策を施したもので、現在広島地区に設置、稼働中である。問題とされている三つの公害対策と効果については次のとおりである。

- ①騒音：防音建家方式を主体にし、機体中心より 30 m の地点で 50 ホン (A 特性) の測定結果を得ている。
- ②煤塵：2 次集塵にバクフィルタを採用し、煙突からの濃度は $0.01 \sim 0.03 \text{ g/Nm}^3$ (JIS Z 8808 ダストチューブ法) の測定結果を得ている。



写真 3-54 NAP-700 建設省中国地方建設局納入
(建設の機械化 1973 年 (昭和 48 年) 7 月号表紙より)

③硫黄酸化物：使用燃料に灯油を使用した。

そのほか、アスファルトの加熱に従来のホットオイルヒーターにかわる直接法による電熱装置、排出ガスを利用した砂の予備乾燥装置などが新しい試みである。

日工(株)

国産最大 NAP-4000AZB



写真 3-55 NAP-4000AZB 大阪府茨木市 (株昭建)

自社製バグフィルタ製造開始



写真 3-56 日工製バグフィルタ

サテライト式合材サイロを大阪市土木局の納入

30 ton × 1 基 ホットオイル式
合材ホッパ+エプロンフィーダ

日工電子工業(株)

デジタル計量制御盤開発
計量制御デジタル方式：半導体 IC の採用

田中铁工(株)

アスパックマイコン制御操作盤完成

「ASPUC Micro Computer は田中铁工永年の豊富な経験と最新鋭の電子技術を融合集結させたアスファルトプラント制御管理用超小型コンピューターで、本来の制御盤の機能はもとより、衛星コンピューターとしての役割を果たし、親コンピューターへの入出力が出来るのが特徴です。制御は、全て CPU (中央管理機構), PROM (読取専用記憶装置), RAM (出入力記憶装置) に組込まれたソフトウェアにより行われます」

当時のカタログより



写真 3-57 アスパックマイコン制御操作盤



写真 3-58 椿本製バグフィルタ

1974 年（昭和 49 年） 阪神高速道路湊大橋開通 中央自動車道恵那山トンネル開通

日本建設機械要覧 12. 舗装機械 総説抜粋

1. 舗装機械の現況

…工事量の増大に伴って、地域のアスファルト加熱混合物の需要が増加し、プラントは著しく大形化を遂げてきている。すなわち定置工場用としては、毎時能力が 40 t ないし 150 t までが使用され、高速道路工事用のものは、ミキサ容量 3 t の大形プラントが使用されている。定置工場用プラントとしては、特に運転制御の自動化が進み、小型コンピュータの組合せ使用も研究されている。また加熱混合物を貯蔵するサイロを併設するものもある。また骨材の乾燥加熱装置の面では、対向式のダブルバーナ付のドライヤが使用され始めている。

アスファルトプラントの公害防止のために、無公害プラントが試作された。特にばいじん防止のための集じん装置として耐熱性の炉布材料の導入によって乾式のバグフィルタが普及し始めている。このダストの払落し方法は、機械式的ものと空気式的ものが使用されている。一方湿式の集じん装置では、集じん機からの排泥処理用の機械が試用されている。

また、騒音防止装置としては、金属板に防音材を張りつけた防音パネルの使用が試みられている。また高圧噴射の低騒音式バーナが普及している。（以下略）

田中鉄工(株)

椿本製バグフィルタを導入

バグフィルタにて回収されたダストはダストホッパに貯蔵し、必要時には計量混合か廃棄をすることが出来る。

日工(株)

低騒音型高圧噴霧式バーナ開発

燃焼量ターンダウン比 1 : 3

1 : 5（インバータ仕様時）



写真 3-59 NB バーナ

リサイクルプラント（5 t/h） 1 号機

奥村組土木興業(株)に納入

併流式ドライヤ 連続バグミルミキサ付

米国バーバーグリーン社製 BE-89 形

公称能力：280 t/hr（ミキサ容量 4 t/h）

ドライヤ：(株)新潟鉄工所製 ダブルバーナ形

能力 140 t/hr のものを並列に 2 台使用

アスファルトタンク：立形



写真 3-60 昭和 48 年中国縦貫道滝野舗装工事

要覧記載メーカー全 5 社、上記記載以外業者名

東京工機(株)、(株)新潟鉄工所、丸善建設機械(株)、

(株)堀田鉄工所

1975 年（昭和 50 年） 山陽新幹線 博多まで開通
 東北自動車道延伸（郡山～白石間）
 アスファルト混合所便覧刊行
 アスファルト 昭和 50 年 第 18 巻 第 101 号
 特集・環境公害対策 その 2 抜粋

1. はじめに

…アスファルトプラントは運転にともなって、ばい煙・粉じん・騒音振動・汚水が発生するので、公害の発生施設としてとらえられ、逐年その立地にいちじるしく制約をうけるようになってきた。

このような状況に対応して、アスファルトプラントにかかわる公害の防止技術も積極的に開発され、その面でいちじるしい進歩をみせてきたわけであるが、対策を施すことにより、アスファルトプラントは複雑化、重装備化していき、その結果もはや従来のように舗装工事用機械のはんちゅうではとらえがたい様相を呈してきた。

今日のアスファルトプラントの公害防止技術を、ほぼ集約した形でまとめていると見られるモデルに、昭和 47 年に発表された建設省形公害対策アスファルトプラントがある。このプラントは、昭和 46 年から官民協力のもとに研究検討が重ねられて、当時としては画期的なものであった。しかしながら今日、この形式のプラントが急速に普及拡充されていないようである。ここにアスファルトプラントの公害対策のむづかしさがあるようである。（中略）

4. あとがき

…アスファルトプラントの公害防止技術は、ここ数年の間にいちじるしい進歩を遂げてきたが、騒音の防止が音源を遮断することであり、イオウ酸化物の軽減が低イオウ燃料への転換であったり、ばいじんや粉じんの防止が高級な集じん機を使用することであるということで満足してよいものかどうか。

アスファルト合材の製造という分野に限ってみても、まだそこに開発されるべき新しい技術が残されているように思えてならない。

（日本舗道株式会社 南沢武彦氏）

田中鉄工株式会社

TSAP-1500 低騒音型バーナ付



写真 3-61 TSAP-1500（福岡県）

リサイクルプラント 1 号機納入（愛知県）

日工株式会社

クリーンなアスファルトプラントを目指し、CNAP をシリーズを開発 低騒音 NB バーナ ギヤレスクリーン ロードセル式計量機を採用



写真 3-62 CNAP-1000 + IC ロジック制御盤

J C M A

部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/WG 22 自律式機械 2015 年 6 月スウェーデン・ストックホルム国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会 遠嶋 雅徳（コマツ）

2015 年 6 月に国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127（土工機械）SC 2/WG 22 国際作業グループ会議がスウェーデン国ストックホルム市で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から出席した遠嶋氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2015 年 6 月 24, 25 日
- 2 開催地：スウェーデン国ストックホルム市 スウェーデン規格協会
- 3 出席者：22 名
米国（ANSI）6 名、カナダ（SCC）6 名、ドイツ（DIN）3 名、オーストラリア（SAA）1 名、スウェーデン（SIS）1 名、フィンランド（SFS）2 名、日本（JISC）3 名
- 4 会議概要：

最新のドラフトに対し、事前に各国から集められたコメントを一つ一つレビューする形で会議は進められた。言葉の定義が曖昧であるといった指摘が多かった。いくつかの指摘項目で議論が収束しないものもあった。それらについては、会議での時間の浪費を防ぐため米国専門家らを中心とした編集グループに任せるとされた。

また、本 WG は TC 127 土工機械と TC 82 鉱山とのジョイント WG となった為、WG 翌日の 6 月 26 日に TC 82 との調整会議 coordination meeting が行われることとなった。本会議出席者の多くは参加した模様（日本からは出席者なし）。

5 議事：

モード変更時のサウンド、モードランプ

モードランプの色については、米国議長を始め、鉱山関係の出席者も「既に各現場で様々なパターンの色が使われているので標準化は難しい」という考えが主流。最終的にはパターンを標準化せずに、「モードを明確に表示すること」という要求にとどまる見込み。一方で、「モードそのものの定義が明確ではない」という指摘もあった。また、「ランプだけでなく、モード変更時のサウンドパターン、前進・後進時のホーンのパターンやエンジン始動時のホーンについても標準化するべき」という意見もあった。ひとしきり議論さ

れたが、ホーンパターンについても「有人オペレーションにおいて、鉱山毎に異なるパターンが既に採用されており（例えば、前進時 1 回・後進時 2 回ホーンを鳴らす鉱山と、前進時 2 回・後進時 3 回鳴らす鉱山があるなど）標準化は難しい」という意見が主流であった。モードランプと同様に、あるホーンのパターンを例として記載し、要求としては「定義されたパターンの音を出すことができること」といった表現に落ち着くと思われる。

Auto/Semi-Autonomous の議論

毎回繰り返される議論だが、今回は新規の参加者が少なかったこともあり、同じ議論を避けたい雰囲気があった。ただし、現行ドラフトではまだ定義が曖昧なところが残っている。例えば、Semi-Autonomous とは：一部を Manual、一部を Auto で稼動することで全体のタスクを実行することを指す。従って、Auto モード・Manual モードはあるが、Semi-Autonomous モードというものはなく、というのが本 WG での理解であるが、現段階の案文ではまだ Semi-Autonomous モードという表現が残っているなど混乱があるので、編集グループが案文を修正することとなった。

西オーストラリア州のガイドラインの扱い

西豪州鉱山局では、Autonomous System を使った鉱山オペレーションについてのガイドラインを独自に制定しようとしており、本 WG と西豪州鉱山局が共同で作業することで既に合意されてきた。そのため、現在の作業案文の一部には西豪州ガイドラインからの引用があるが、Autonomous に限定されない一般的な内容が多く、国際標準としてはふさわしくない、という意見が出された。米国議長としては、これまでの経緯もあり残したい意向だが、確かに不自然な印象を受ける。これも編集グループへの宿題となった。

Safe State/Halted State

Safe State, Safe stopped state という表現の定義が明確でないと指摘され、Safe state, Halted state へと改めた。それぞれの定義は

- ・ Safe state：エラー等で停止した状態
- ・ Halted state：停止後、再発進のためにはオペレー

タの介入が必要な状態

Monitor/Verify

Digital Terrain Map をチェックしなければならないという議論から、これらの単語 (monitor/verify) の定義について議論した。オペレータがマップをチェックしなければならないという意味で verify を使う事でまとまったが、日本人にはニュアンスが難しいので注意が必要である。

Communication

Network の状態をオペレータがモニターできるようにするべきか、といった議論があった。

Fail over/Fault tolerant/Redundancy

Supervision システムはこれらを備えていなければならない、という要求。これらは単なる実現手段であり、要求として記載するのはおかしいという意見が出されたが、“where risk assessment shows a need” という条件がついているので、あまり深く議論されなかった。

Verification 方法

Autonomous システムが本標準に適合していることをどうやって示すか、ということでひとしきり議論された。ISO/TR 19948 適合性評価及び認証手順 が作

成中だが、より具体的な項目毎のチェックシートがあるべき、といった意見もだされた。

6 今後の予定：

- | | |
|--|---------------------------------|
| 2015 年 6 月 | 編集会議、今回の WG 会議で使用・修正した文書の配布 |
| 2015 年 7 月 | 編集会議継続 |
| 2015 年 8 月 | CD 案文の配布 |
| 2015 年 9 月 | WG によるコメント期限 |
| 2015 年 10 月 | 編集グループによる案文修正 |
| 2016 年 2 月 | CD 投票実施 |
| 2016 年 3 月 | CD コメントに関する WG 会議開催 (おそらくシドニーで) |
| | DIS 案文の準備 |
| 2016 年 10 月 | DIS 投票終了 |
| 2016 年 11 月 | コメントに関する WG 会議開催 (おそらくサンディエゴで) |
| 2016 年 12 月 | 発行 |
| → Phase 2 開始 (より詳細な内容を追加) WG 会議 @ サンディエゴ | |

前回バンクーバー会議で示された日程と、大きくは変わっていない。

J C M A

部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/WG 22 自律式機械
2016 年 2 月オーストラリア・シドニー国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会 遠嶋 雅徳（コマツ）

2016 年 2 月に国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127（土工機械）SC 2/WG 22 国際作業グループ会議がオーストラリア国シドニー市で開催され、前回 2015 年 6 月に引き続き協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から出席した遠嶋氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2016 年 2 月 29 日～3 月 2 日
- 2 開催地：オーストラリア国シドニー市オーストラリア規格協会
- 3 出席者：21 名
米国（ANSI）6 名、カナダ（SCC）4 名、ドイツ（DIN）2 名、オーストラリア（SAA）6 名、日本（JISC）3 名
- 4 会議概要：

2015 年 10 月に配布された委員会内案文（CD = Committee Draft）に対して、各国から寄せられたコメントをレビューする形で会議が始まったが、言葉の定義や過去に議論した項目の蒸し返しのような指摘が始まり、会議が発散気味になった。その後、技術的なコメントにフォーカスしてレビューすることとした。

会議終了後、Editing Group（今回から Drafting Group と呼ぶ。メンバーは米国専門家）が議事内容を受けて、案文をまとめることとなった。

なお、本標準が Part 1 として発行された後、要求としてまとめられなかった事項を Part 2 として追加制定する活動が始まることになっている。本会議でもカナダ（鉱山側）から「電源喪失時のステアリング制御の要求や、Autonomous システムが稼動していることを示すシンボルを規定すべき」といった意見もあり、Part 2 で再度議論されると思われる。

なお、最終日に関連プロジェクトとして下記の紹介があった：

- 1) EMESRT（Earth Moving Equipment Safety Round Table）の Vehicle Interaction Project の紹介
- 2) 新業務項目提案（NWIP=New Work Item Proposal）
予定の Collision avoidance の紹介
本件に関して 2016 年 4 月末に NWIP として提案、同年 7 月に WG 開催との計画が示された。

5 議事：

Travel / Operate / Swing

自律機械が動いているという意味で Travel という表現が使われているが、Travel には swing の意味が入らないため、swing する機械は含まれないのかという議論。ここでは結論が出ず、Drafting Group にてレビューされる。これ以外にも、言葉の定義（3 項）を実施し続けると議論がまとまらないと提案があり、3 項はとりあえずスキップ。結局期間中議論されなかった。

ダイアグラム

自律・半自律システムに関するブロックダイアグラムについて、別のダイアグラムが提案されたが、結局、元の図が使われることとなった。WG の初期に作製された図であったが、後から参加した人が、このように過去に収束した議論を再燃させている。この傾向は全体的に言えることで、議論が収束しない原因になっている。

vicinity の定義

どこからの vicinity かという議論について、オペレータからであるべきという結論。vicinity の距離の定義はリスクアセスメントに基づいて実施。

モードランプ

Bright enough の定義がわかりにくいと議論があったが、結局 clearly visible となった。この辺りの違いは日本人には理解しにくい。「モードランプは全ての自律・半自律機械に備えるべき」という議論があったが、地下鉱山ではゲートについているので機械に備える必要はないと結論。

Fire Suppression

Mis-detection の場合、どうなるかという議論あり。mis-detection というのが、Fire Suppression が実施されなければならない場合に実施されない場合と、Fire Suppression が実施されなくてもよい場合に実施されてしまう場合の両方か、クリアでないという議論。結論が出ず、Drafting Group で議論される。

Braking and steering

>All hazards and risks are to be identified and

effective controls put in place

コメントは are to -> shall というだったが、そもそも全ての hazard を identify することは証明不可能ということで、文章全体を削除。

Braking

これまで過去に何度も議論されたが、ISO 3450 のテストについて「ブレーキ開始とは停止信号を送ったときか、受け取ったときか」が再度議論された。案文では「送信側から受信側に届くまでに遅れが生じる可能性があり、その遅れを ISO 3450 で考慮すべきでない」事から「停止指令を受け取ったとき」としていた。結局、元の表現に落ち着いた。

また、ブレーキが正しく効く事をどのように確認するかの議論があった。停止状態からトルクをかけて動かないことを確認する事と、ある程度の速度のときにブレーキをかけて減速がかかるかどうかの確認をする事、という議論があった。後者については、環境に依存するため現実的ではないという議論になり、最終的には主に前者のブレーキキャパシティをチェックする、という事で議論は終了。運転席がない場合に ISO 3450 に基づいてどのように pre-shift チェックをするか、考慮が必要となる。

Steering

ISO 5010 はオペレータが搭乗している場合を想定した規格であり、自律機械の基本的な機能は ISO 5010 でカバーされるべきだが、それ以外については、自律機械特有のリスクアセスメントが必要。

Power

ISO 5010 でのステアリングの議論に関連して、電源喪失時にも安全に停止しなければならないという事と、速度が 20 km/h を超えるシステムの為、ステアリングコントロールが停止するまで働かなければならないという議論になった。自律システムにおいて、電源喪失時もステアリングを目標コースに沿って制御し続けるということは、有人車両に例えるとオペレータを 2 人置くことに相当するので、そこまで要求するのか、という意見もあり、最終的には「システムとして常に Safe state を実現する事」という表現で議論は収束した。ただ、ステアリングコントロールに関する冗長性は Part 2 で議論される可能性が高い。

POSE

位置計測として precision (再現性), accuracy (絶

対精度), reliability (どの程度エラーを含むか) という 3 つの概念があるのでは、という指摘。現在の案文では reliability の記載はないが、Part 2 で再度議論される可能性はある。

DTM (Digital Terrain Map)

DTM と実地形の乖離を検知しなければならないという件で、突然の変化は検知できないかもしれないという一文を入れることで合意。定期的なパトロールでカバーされる項目になると考えている。

Task Planer

Task Planer は人間系でもよい。人間に対して危険なパスに自律機械を送らない方法が用意されていればよいという理解。

Quality of Service

Quality of Service をモニタしなければならないという項目に対して、モニタする必要はないという事で合意。

cyber security

Unauthorized アクセスの検知について、“shall” でなく) means “should” be provided となった。

Site Access

サイトアクセスに関して、サインやバリアがなければならないという議論。

Mode change

有人運転 (Manual) モードから自律 (Autonomous) モードへのモード変更のみが語られているが、それ以外のモード変更も含めて考えるべきとの議論。モードを変更するときにインターロックシステムが必要。

6 今後の予定:

2016 年 3 月	Drafting 会議
2016 年 4 月初旬	DIS ドラフト (第一稿) の準備
2016 年 4 月末	TC 82 ad hoc ballot
2016 年 5 月	Joint Working Group (バンクーバーで) DIS ドラフト最終版作成
2016 年 6 月	DIS ドラフト
2017 年 1 月	DIS コメントに対する WG 会議開催 (マイアミで)
2017 年 3 月	発行

※前回ストックホルムで提示された計画より 3 ヶ月遅れ

JCMA

部 会 報 告

ISO オフロード TC 調整会議
2015 年 9 月フランス・パリ国際会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会 間宮 崇幸（コマツ）

2015 年 9 月に国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 23（農業及び林業機械）、TC 82（鉱山）、TC 110（産業車両）、TC 127（土工機械）、TC 195（建設用機械及び装置）及び TC 214（昇降式作業台）によるオフロード TC 調整会議（Off-Road TC Coordination Meeting）がフランス・パリ市で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から出席した間宮氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2015 年 9 月 30 日
- 2 開催地：フランス国パリ市 国立安全研究所 (INRS) 第 1 会議室

- 3 出席者：8 名
米国（ANSI）4 名、ドイツ（DIN）2 名、フランス（AFNOR）1 名、日本（JISC）1 名

- 4 会議概要：
オフロード機械を扱う下記 TC/SC の議長・幹事らによる会合であり、今回が 6 回目となる。前回参加した昨年以上に、分野による TC 間のカテゴリ重複が増えてきており、より一層の共通化を進めることが求められる。

ISO/TC 23 Tractors and machinery for agriculture and forestry

ISO/TC 82 Mining

ISO/TC 110/SC 4 Rough-terrain trucks

ISO/TC 127 Earth-moving machinery

ISO/TC 195 Building construction machinery and equipment

ISO/TC 214 Elevating work platforms

ISO/TC 23/SC 15 Machinery for forestry

ISO/TC 110/SC 2 Safety of powered industrial trucks

- 5 議事：

5.1 今回の目的

新しいプロジェクトを調整する。

5.2 各 TC/SC の活動紹介

a) ISO/TC 127

2015 年 9 月 13～17 日に米国ハワイ州ラハイナで開催された総会内容を TC127 議長が報告、中でも最

重要とされる下記 NWIP 6 件を紹介した。

- 1) 衝突検知及び回避 (PL 日本)
- 2) ISO 10261 改正, 農機など他オフロード機械へ PIN 供用 (TC 23/SC 4 との JWG) (PL 日本)
- 3) 運転員保護装置への材料要求 (PL 米国)
- 4) ISO 6683 改正, 小型機械—シートベルト引張要求 (PL イタリア)
- 5) ISO 7135 改正, 油圧ショベル—用語 (PL 日本)
- 6) ISO 13649 NWIP 火災防止—再開 (PL 米国)

b) ISO/TC 110/SC 4

- ・現在進行中の各 WG (ISO 18063-1 視界性マップの作製中 等), また, 欧州域内における道路走行に関する現状規制・規格の一覧表を基に検討中であることを紹介し, 各 TC へ協力を要請した。

c) ISO/TC 23/SC 15

- ・現在進行中の各 WG (ISO 18564 騒音測定 FDIS 段階 等) につき説明, 次回総会は 2016 年 2 月に米国で開催する。

d) ISO/TC 195

- ・ドイツと中国によるツイニング (共管)。2016 年～中国が幹事国, 2017 年～議長も中国となる。
- ・2015 年 10 月のラテンアメリカ CONEXPO に合わせ, 次回総会はチリ国サンティアゴで開催する。

e) ISO/TC 23

- ・現在進行中の各 WG につき紹介, 持続可能性, 視界性, 自律運転, 制動装置など他 TC と同様の規格について説明した。

f) ISO/TC 82

- ・2016 年より幹事交代, 自律運転を扱う SC 8 が設置されたことを紹介した。

g) ISO/TC 110/SC 2 及び ISO/TC 214

- ・今回は報告なし。

5.3 協力可能な領域の特定 (Identify Potential Areas for Cooperation)

初期段階で協力の可能性があるものとして, 以下が挙げられた。

- ・自律運転 (担当：米国)
- ・衝突回避 (担当：米国)

- ・ Filtration (ろ過?) (担当: 米国)
- ・ 制御安全 (担当: 米国)
- ・ リペア, メンテナンス (担当: 米国)
- ・ 関連 TC/SC 一覧表 (担当: 米国)
- ・ リーダ, 専門家の連絡先 (担当: ISO 中央事務局)
- ・ テレマティクス (担当: 米国)
- ・ 会合間の情報共有プロセス (担当: 米国)
- ・ 会合スケジュール及び調整手続き (担当: 米国)
- ・ 提案前 NWIP の共有手続き (担当: ISO 中央事務局)

5.4 フォローアップ (Plan Meeting Follow-Up)

特になし

5.5 次回以降の予定

- ・ 次回は 2016 年 6 月開催を予定
- ・ EN474 会合 @ ベルリンに合わせ, ISO/CEN 間の調整会合を 2016 年 1 月下旬に開催する予定。

6 所感

2014 年 6 月に引き続き参加したが, 前回から 1 年余りの間に ISO/TC 各分野について勉強し, 議長や幹事と人脈を築いてきた甲斐あって, 内容をより深く理解できた。今後, ISO 10261 (PIN) 関係で連携が必要な TC 23/SC 4 議長や, 来年から TC 82 を担当する VDMA 幹事とも直接知り合うことができ, 対面会議ならではの大きな収穫であった。

J C M A



部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/WG 23 ISO 7096 運転員の座席の振動評価試験
2015 年 10 月ドイツ・フランクフルト国際会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会 間宮 崇幸（コマツ）

2015 年 10 月に国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127（土工機械）SC 2/WG 23 国際作業グループ会議がドイツ・フランクフルト市で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から出席した間宮氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2015 年 10 月 1 日
- 2 開催地：ドイツ国フランクフルト市 Dorint Hotel Frankfurt-Niederrad 会議室

- 3 出席者：10 名
米国（ANSI）3 名、ドイツ（DIN）6 名、日本（JISC）1 名

4 会議概要：

運転員の座席の振動評価試験について、ISO/TC127/SC2 傘下に新たな作業グループ WG 23 を設け、ISO 7096 改正の為、作業を開始した。今回が第 1 回の WG 会議。改正目的は以下の通り：

- ・ISO/TC 108/SC 4, CEN/TC 151, CEN/TC 231 とジョイントし EN/ISO 7096 とする。
- ・スペクトルやテスト条件を見直す。
- ・対象機種を拡大する（油圧ショベル、ローラ、トレンチャ、水平方向ドリル）。
- ・油圧ショベルは EN 474-5 と整合化のため、EM6 を適用する。
- ・他の ISO と整合させる。

5 審議内容：

- ・欧州では低体重（約 50kg）の操縦員を確保するのが困難なため、CEN/TC 231 ではダミー人形で測定することを検討している。ただし、重量や座席の規定などが ISO 3411 と整合していない為、ISO 3411 の内容を検討する。
- ・データを基に議論すべきということで、座席メーカーがフランス INRS（?）で測定した各種データを示した。しかしながら、実機については分からないので、データ収集をすることとなった。
- ・各座席の EM1～9 クラス分けが現状の機種に合致しているか、さらに、スペクトル（周波数や大きさなど）も現状と合致しているか、ストロークの位置

も不明なため、実機で検証する。

- ・OEM から実際の測定データ（EU 全身振動試験結果など）を提供し、日本の意見（低周波数側への拡大が本当に必要か）につき、座席メーカーの測定データと比較して検証する。
- ・スキッドステアローダについては、ISO 7096 では 4500 kg 以下と規定されているが、ISO 6165 では 6000 kg 以下と規定されており、相違がある。今後、データを確認して整合させるようにする。

6 今後のスケジュール：

改正作業は通常の 36 ヶ月で実施し、下記の日程を目標とする。

- ・2017 年 8 月上旬 DIS 投票
- ・2018 年 8 月上旬 ISO 発行

次回 WG：2016 年 4 月初め ドイツ・アウグスブルクで開催予定（オプション：JTLM と一緒にできるなら、2016 年 4 月上旬）

7 宿題事項：

- ・事務局は、2015 年 10 月上旬迄にどのような実機測定データを提供するか決定し、各 OEM（母機メーカー）へ連絡する。
- ・各 OEM は、2016 年 1 月末迄に実機測定データを事務局へ回示する。
- ・事務局は、次回 WG までに回示されたデータを（IFA を中心に）解析し、座席メーカーの振動データと比較する。

8 所感：

欧州座席メーカーの担当者のみならず、TC 108/SC 4（Human exposure to mechanical vibration and shock）の国際議長も専門家として出席し、さらに EN/ISO 化を検討していることから、規格作成が欧米主導で進んでいることを改めて感じた。将来、ISO が JIS 化されることを考えると、もっと日本メーカーも ISO 国際 WG 会議へ積極的に参加すべきと痛切に感じた。

なお、事前にコンビナーが所属する座席メーカーの日本法人と連絡を取っていたおかげで、スムーズに会議参加し、コーヒープレイクでも話ができ、やはり人のつながりの大切さを感じた。

部 会 報 告

ISO/TC 127/ WG 16 ISO/TR 19948 土工機械の 適合性評価及び認証プロセス 2015 年 12 月英国ロンドン国際会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会 間宮 崇幸（コマツ）

2015 年 12 月に国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127（土工機械）WG 16 の第 3 回国際作業グループ会議が英国ロンドン市で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から出席した間宮氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2015 年 12 月 9 日
- 2 開催地：英国ロンドン市 英国規格協会（BSI）512 会議室

- 3 出席者：8 名
米国（ANSI）3 名，英国（BSI）1 名，フランス（AFNOR）2 名，イタリア（UNI）1 名，日本（JISC）1 名

- 4 会議概要：
 - ・2015 年 10 月に締め切られた DTR 投票（賛成 13 票，反対 0 票，棄権 9 票で承認）の際に寄せられたコメント（主な論点は次項に示す 4 つ）について，審議を実施した。
 - ・審議結果を反映させたドラフトについて，専門家の編集上コメントを募集・訂正し，2016 年 3 月に ISO/TR の発行を予定する。
 - ・UN ECE WP6 “Sectoral Initiative for Earth-Moving Machines” の最新活動を PL が紹介した。

- 5 審議内容：

主な 4 つの論点についての審議内容は以下の通り。

 - 1) “Declaration of Conformity Certificate” の名称変更について

欧州機械指令 2006/42/EC の要件を満足するため，一般的に用いられている “Declaration of Conformity”（適合宣言書）との混同を避けるため，名称変更すべきとのコメントがあった。

基本的に了承され，ISO17050-1 にある “Certificate for Declaration of Conformity” に変更する。

- 2) “all safety risk” の範囲について

ISO 20474 の安全性リスクは “the significant hazards, hazardous situations and events relevant to the

earth-moving machinery to meet the high level safety expectations of customers and health and safety groups” と限定されているのに対し，ISO/TR19948 では “all safety risk” と広いため，ISO 20474 と整合させるべきとのコメントがあった。

“all safety risk” に対して “zero injury and zero harm” を行うのが ISO/TC 127 の目指すべきゴールとのことで，受け入れられなかった。

- 3) TR での “Requirement” の使用について

TR（Technical Report = 技術報告書）においては “Requirement” は使用できないとのコメントがあった。

基本的に了承され，“Process” などに変更する。

- 4) Annex A の “Information on example certificate” について

Annex A の証明書の例に載っている情報について，認証対象の機械，適合させる規制・規格，適合性の責任者が分かりづらいとのコメントがあった。

基本的に了承され，機械指令の “Declaration of Conformity” の項目も参考に，再整理された。

- 6 次回以降の予定：

- － 2015 年 12 月 PL が Doc N 11 ～ N 14 を専門家に送付
- － 2015 年 12 月 PL が清書版を作成し，専門家に送付
- － 2016 年 2 月 専門家が内容検討し，変更すべき編集上のコメントを PL に送付
- － 2016 年 3 月 PL が出版用案文を ISO 中央事務局へ提出

- 7 参考文献：

- Doc N 11 議事録
- Doc N 12 出版用案文（修正記載版）
- Doc N 13 コメントへの回答
- Doc N 14 適合宣言書の例

- 8 所感：

2014 年 10 月末の WG 開催当初から参加した。TR

は参考データ又はガイダンスということで、通常の IS（国際規格）より早いスピードで発行される。実際に自分が携わり、意見を反映させたものが形になることは、やりがいを感じる。

今後、規制を導入していく国が各国独自の規格や認証方式を立ち上げると、個別対応への工数が膨大となり、認証プロセス構築の手間、対応の漏れ、コストアップなどが懸念される。ISO/TR 19948 適合性評価プロセス制定により、規制構築国、メーカ、ユーザに大き

なメリットが得られると思われる。

今後のステップとして、規制を導入していく国へ働きかける UN ECE WP6 への積極的なサポートと共に、引用される安全規格である ISO 20474 の重要性がますます高まっているため、この WG（ISO/TC 127/SC 2/WG 9）には常に参加し、日本として意見を反映させるべきと思われる。

J C M A



部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/WG 21 ISO5010 ゴムタイヤ式機械 —かじ取り装置要求事項 2016 年 2 月スウェーデン・ストックホルム国際会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会 間宮 崇幸 (コマツ)

2016 年 2 月に国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) SC 2/WG 21 の国際作業グループ会議がスウェーデン国ストックホルム市で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から出席した間宮氏の報告を紹介する。

1 開催日：2016 年 2 月 2～3 日

2 開催地：スウェーデン国ストックホルム市 スウェーデン規格協会 (SIS)

3 出席者：15 名

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

4 会議概要：

タイトルを車輪式に変更すると共に大幅な文言追加や変更を行った。文言再検討のため再度対面の WG を開催する。特に非常かじ取り装置や動力源への要求や、ホイールローダやバックホウローダのような複数ステアリング機種は、変更内容の確認が必要と思われる。ベースマシンが車輪式の機械(スキッドステアローダ、鉄輪式ローラ、ランドフィルコンパクト)以外に、車輪をクローラ Assy に置き換えた派生機も対象となり、油圧ショベルやブルドーザのゴムクローラ派生機は対象外の予定。

5 審議内容：

対象をゴムタイヤ式機械から車輪式全般に拡大、「走行速度が 20 km/h 以上」の限定を外すことで、従来、対象外であった低速の車輪式機械(スキッドステアローダ)、鉄輪式ローラ、ランドフィルコンパクト等も対象とする改正提案。第 1 回 WG (2015/9/10) が Web 会議で、今回初めての対面会議を実施した。

タイトルや目的、定義、要求項目に下記のような大幅な変更や追加を実施した。(※詳細文言は、後日配布予定の議事録と改訂案文で確認要) このため、当初本 WG 会議後に CD 投票に進む予定を変更して、2016 年後半までは引き続き WD の作成を行う。今回

参加の WG コンビナーとメンバーで Ad-hoc グループを立ち上げ、6 今後のスケジュール：に示した予定で各自持ち帰った文言の再検討を行い、再度 WG を開催する。

タイトル：“Rubber-tyred” → “Wheeled”

適用範囲：“現行文言 (省略)” → “This International Standard specifies steering system tests and performance criteria for evaluating the steering capability of wheeled, self-propelled earth-moving machines as defined in ISO 6165. Wheeled machines include machines equipped with wheels, one or more drums, and/or crawler wheel assemblies.”

定義：追加 “Wheel : Circular structure able to rotate on an axle, either directly or with the use of bearings, with the external part in contact with the ground”

“Normal power source” → “Primary power source”

“Emergency power source” → “Secondary power source”

要求項目：“現行文言 (省略)” → 装置 (principle or alternative) と動力源 (primary or secondary) の違いにより試験方法を corridor (通路かじ取り), emergency steering (非常かじ取り), lane change (障害物回避), EN 12643 で定義された constant radius (一定半径円) test の中から決定する。

ホイールローダのように座席の向きを変えずにハンドルとジョイスティックの複数操縦装置を使える機種と、バックホウローダのように座席を回転させ切り替えて前後の複数操縦装置を使用する場合に、“Principle steering control element/Alternative steering control element” や “Multiple primary control elements (複数が同機能を持っている場合?)” をどう扱うか、引き続き WG で議論することとなった。

EN 12643:2014 “Earth-moving machinery. Rubber-tyred machines. Steering requirements” を ISO に取り込み、EN /ISO 5010 化の提案があった。追加かじ

取り操作器具の試験方法について、EN 12643 はドイツとイタリアの車検要求に基づく 24 m 円での試験で、ISO 5010 の障害物回避試験と異なるため、今回 EN/ISO 化は行わず、将来検討することとなった。

日本から事前に送付したマカダムローラ（静的、鉄輪式）で用いられる機械的に結合された左右サイドバイサイドハンドルについては、資料説明の時間がなく次回以降に議論となった。なお、事務局からの追加文言の案として「この種のかじ取りには、単一のかじ取りハンドルの規定を準用する」“For a machine that have an equal alternative operation's position both at left and right hand side of the machine equipped with a conventional steering wheel at both positions (e.g. some kind of rollers). These two steering wheels shall be considered as one steering element.” が示された。

6 今後のスケジュール：

2016 年後半までは WD 作成を行い、当初予定から変更無し（改正作業は通常の 36 ヶ月で実施）。

- ・2017 年 4 月 DIS 投票
- ・2018 年 4 月 ISO 発行

Ad-hoc コンビナーは、案文を 2016 年 3 月までに作成し、Ad-hoc メンバーに回覧する。

Ad-hoc メンバーは 2016 年 4 月までに返答し、事務局は 2016 年 4 月中旬までに取りまとめる。

次回 WG:2016 年 4 月末に対面会議をスウェーデン・

ストックホルムで開催。

7 参考資料：

Doc N 8：第 1 回 WG の結果を踏まえた改訂案文（WD3）

Doc N 9：今回の WG 会議議事案

Doc N 10：Doc N 8 に対する各国意見

※今後追加されると思われるもの

Doc N xx：今回 WG 会議の議事録

Doc N xx：Ad-hoc グループ検討用の改訂案文（WD4）

Doc N xx：Doc N 8 に対する各国意見への回答

8 所感：

Web 会議と比べて対面会議は時間も長く、その場で提案、議論し決定される事項が多かった。電話で参加した人も居たが（SIS 側のインフラ不調もあり）ほとんど主張できていなかったため、やはり対面会議には実際に出席し主張しないとついていけないと感じた。

この ISO 5010 かじ取り装置は、同じくスウェーデンが幹事を務める ISO 10968 操縦装置との関連も多く、また EN/ISO 化の議論の中で公道走行要求に係る話もあり、次回会合には日本の構造規格について話せる専門家（特にローラ等）の参加は必須と思われる。

J C M A

部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 3/WG 13 ISO 6750 取扱説明書—内容及び様式 2016 年 2 月スウェーデン・ストックホルム国際会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会 間宮 崇幸（コマツ）

2016 年 2 月に国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127（土工機械）SC 3/WG 13 の国際作業グループ会議がスウェーデン国ストックホルム市で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から出席した間宮氏の報告を紹介する。

1 開催日：2016 年 2 月 3～4 日

2 開催地：スウェーデン国ストックホルム市 スウェーデン規格協会

3 出席者：17 名

スウェーデン（SIS）5 名，米国（ANSI）5 名，英国（BSI）2 名，ドイツ（DIN）2 名，フランス（AFNOR）1 名，イタリア（UNI）1 名，日本（JISC）1 名

4 会議概要：

初の対面会議で、各専門家がそれぞれの考える取扱説明書のあるべき姿に基づき、主張した。

引用規格について、EN 474-1、ISO 20474-1 の引用規格から ISO 6750 が引用されている規格を調査し、今後 TS（技術仕様書、ISO/TS6750-2 関連規格リスト）として独立させるか検討する。

5 審議内容：

他の取扱説明書に関する国際規格（ISO 3600 や IEC 82079-1 等）を参考に、欧州機械指令との整合、用語及び定義、附属書 A「取扱説明書の様式」の見直しを図るための改正提案。第 1 回 WG（2015 年 10 月）が Web 会議で、今回初めての対面会議を実施した。

前回 WG で参考とする規格を複数挙げたが、IEC 82079-1 について、目次のみインターネットで確認できるが、内容を確認して ISO 6750 を改良するため、WG 専門家に限定した閲覧方法につき、事務局へ検討依頼された。

Annex A で取扱説明書の様式を規定しているが、様式は各社で異なり、さらに紙を基本としているため、現在の電子媒体とそぐわないとの意見があった。

OEM の機械や付属品についての取扱説明書は、製造／販売／本体／付属品などでどの会社の責任かの議論があり、表紙にどう記載するかもあわせて検討することとなった。

引用規格の位置づけについて議論があり、ISO 6750 が引用している規格だけでなく ISO 6750 が引用されている規格の用語とも相互に関連するため、全ての規格を引用規格の条項に記載すべきとの意見が出た。次回 WG で検討するため、実際の程度引用されている規格があるのか、下記 7 項の宿題が出された。ISO 6750 に全てを記載した場合、全ての改訂を反映できるかの問題があるため、ISO/TS 6750-2 関連規格リストとして ISO6750-1 一般要求事項から独立させ、より頻繁に改正する提案がされた。

同時に、用語の定義にどの文言を追加すべきかの議論があり、全ての用語を定義するのではなく ISO 6750 で新たに定義が必要な用語に限ることになった。追加すべき用語は、今後の改訂作業の中で決定する。

取扱説明書に含むべき内容として提案のあった項目のうち“Spare part list”は除外され、“Regional Regulation（例：EU の適合宣言書 DoC）”と“Translation（例：原文、翻訳文）”が追加された。

4.2 項まで審議して終了した。

6 今後のスケジュール：

改正作業は通常の 36 ヶ月で実施、下記の日程で当初予定から変更無し。

・2017 年 4 月 DIS 投票開始

・2018 年 4 月 ISO 発行

次回 WG：2016 年 4 月に対面会議をスウェーデン・ストックホルムで開催。

7 宿題事項：

事務局が作成する予定の EN 474-1、ISO 20474-1 の引用規格番号一覧表から、各専門家がそれぞれに割り当てられた規格について、ISO 6750 が引用されている箇所の項番号を～2016 年 4 月迄に調査する。

8 参考資料：

Doc N 7：今回の WG 会議議事案

Doc N 8：第 1 回 WG の結果を踏まえた改訂案文（WD1）

※今後追加されると思われるもの

Doc N xx：今回 WG 会議の議事録

Doc N xx：改訂案文（WD2）

Doc N xx : EN 474-1, ISO 20474-1 引用規格一覧表
兼 参照規格調査および報告票

9 所感：

一言ずつ文言の詳細な検討を開始したが、取扱説明書の専門家が複数参加し、対面会議で細かい表現方法についても話し合えるため、議論が早く進んだ。今回まとめて開催された3件の国際WG会議（ISO 5010,

ISO 6750, ISO 10968）の中で ISO 6750 の参加者が最も多く、取扱説明書への欧米の関心の高さが窺えた。ISO 6750 のみ参加している取扱説明書担当者も数名おり、取扱説明書作成に当たり情報交換や人脈形成の為にも、日本国内から取扱説明書専門家の参加は有意義と思われる。

J C M A



部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/WG 26 ISO10968 操縦装置 2016 年 2 月スウェーデン・ストックホルム国際会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会 間宮 崇幸（コマツ）

2016 年 2 月に国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127（土工機械）SC 2/WG 26 の国際作業グループ会議がスウェーデン国ストックホルム市で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から出席した間宮氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2016 年 2 月 4～5 日
- 2 開催地：2/4 スウェーデン国ストックホルム市 スウェーデン規格協会，2/5 Steelwrist 社会議室

3 出席者：12 名

スウェーデン（SIS）4 名，米国（ANSI）2 名，英国（BSI）2 名，ドイツ（DIN）2 名，イタリア（UNI）1 名，日本（JISC）1 名

4 会議概要：

初の対面会議で、これまでに開催された 8 回の Web 会議内容を改訂文章に反映させた。しかし、油圧ショベルとそのアタッチメントが主体で話が進んだため、それ以外の機種の操縦装置に関しては、今回の会議内容を反映させた改訂案文で抜けがないか確認と再提案が必要と思われる。表 1「操作力」の値については、再度、構造規格以外の規定があるか調査し再提案する。2 日目は議長の Steelwrist 社にて、シミュレーション機械を使って当初提案のジョイスティックの動きを確認した（写真—1～6 参照）。

5 審議内容：

会議直前に、新たな説明図（多機能操縦装置の基本機能、本体、エクイップメント、アタッチメント）を追加した改定案文（N 30）が配布された。前回 WG の文章（N 27）同様に、油圧ショベルに焦点が当てられ、Annex A 本体、Annex B エクイップメント、Annex C アタッチメントで、Annex D 他の機種（ブルドーザとグレーダ）と別扱いのままであった。このため、EN 474 や ISO 20474 と同様に、Annex 1 は複数機種にまたがる一般要求事項、Annex 2～13 を EN 474 や ISO 20474 と整合させた附番（ブルドーザ：-2 など）で各機種固有の事項にまとめなおすことを提案した。操縦装置を一般の Annex 1 と各機種毎で

Annex 2～13 に分けたほうが、設計者や取扱説明書作成者には明確で良いとの意見もあったが、専門家が来ていなかった機種（ケーブルショベルなど）の現在の操縦装置の内容確認と将来の ISO 改訂で反映が大変との意見もあり、今後も継続検討することとなった。

本体、エクイップメント、アタッチメントの動きについての用語が movement, positioning, response と異なっていたため、いずれも movements に統一した。

表 1「操作力」について、最大と通常、最小が何を意味するか不明確であるため、定義を追加することとなった。

表 1「操作力」の値について

- ・各数値の算定根拠、実情より大きい通常操作力
- ・手式左右方向の最大だけを倍に増やした理由

が議論となり、以前の Web 会議で日本が労働安全衛生法の車両系建設機械構造規格第 6 条に基づいて提案した資料を基に説明した。しかし、構造規格は 40 年以上前のブレーキに対する前後左右を区別しない最大操作力のみ（しかも油圧又は空気圧を動力とした装置は除外）であるのに対し、ISO 10968 の表 1 はブレーキシステムには適用しないため、再度各専門家が宿題として確認することとなった。

逆 V/U 型の速度及び前後進切り替えの連続可変操縦装置と、かじ取りブレーキ操作組合せ式の足操作式 2 ペダルオーバーラッピング式は、いずれも現在も使用機種があるということで受け入れられた。

ブームオフセット、1t 以上のブームスイングの操縦装置は方向通則（操作機器の操作方向と制御結果との整合、JIS Z 8907、ISO 1503）と整合するため受け入れられたが、1t 未満ミニショベルのブームスイングの縦置き足踏み式操縦装置は逆の動きのため、使用状況を確認することとなった。

Annex B まで審議して終了した。

6 今後のスケジュール：

改正作業を 48 ヶ月に延長し、下記の日程で行うことを SC 2 事務局に提案することになった。

- ・2017 年 6 月 DIS 投票開始
- ・2018 年 6 月 ISO 発行

〈参考〉
Steelwrist 社 シミュレーション機械



写真一 シミュレータ全体



写真二 左右ジョイスティック及びステアリング

左ジョイスティック



写真三 裏側



写真四 オペレータ側

右ジョイスティック



写真五 オペレータ側



写真六 裏側

次回 WG:2016 年 4 月末に対面会議をスウェーデン・ストックホルムで開催。

7 宿題事項：

- 1) 表 1「操作力」の値と、強度の下限値が通常操作力の 5 倍以上の規定の妥当性
- 2) 操縦装置の使用状況の確認
 - ・多機能操縦装置の位置に付加された、指先で操作を行うけん盤式、ボタン又は接触式操縦装置
 - ・本体 プレーキ 足操作式 1 ペダル式
 - ・エクイップメント 上げ及び下げ 足操作式 2 ペダル式
 - ・エクイップメント 伸び／縮み 足操作式 2 ペダル式

- ・エクイップメント 前後運動 手操作式 1 レバー式
- ・エクイップメント 前後運動 指操作式ボタン
- ・エクイップメント 前後運動 足操作式 1 ペダル式
- ・エクイップメント 前後運動 足操作式 2 ペダル式

8 参考資料：

- Doc N 29：今回の WG 会議議事案
 Doc N 30：今回の WG に向けた改訂案文
 ※今後追加されると思われるもの
 Doc N xx：今回 WG 会議の議事録
 Doc N xx：今回の会議内容を反映させた改訂案文

9 所感：

対面会議は、口頭での英語だけでなくボディランゲージや模型を使って動きを説明でき、また、現物のジョイスティックを使ったシミュレーション装置で動きと実際の操作力を一緒に検討でき、有意義であった。一方で、せっかく事前の Web 会議で盛り込むことを同意した項目も忘れられそうになったため、会議参加前にしっかりと過去の議事録から経緯を知り、主張しないといけないと痛感した。

この会議を開催している欧州で一般的な車輪式油圧ショベルとクイックカプラでの各種アタッチメントの

操縦装置を念頭に会議が進み、欧州にあまりない機種（ブルドーザやローラ、グレーダ、機械式クレーンなど）は、きちんと専門家が参加し説明しないと現行の操縦装置が ISO に記載・反映されず、後から非常に苦労することになると懸念される。

この ISO 10968 は、同じくスウェーデンが幹事を務める ISO 5010 かじ取り装置との関連も多く、次回会場もこれらの ISO が連続して同所で開催されるため、日本の操縦装置を説明できる専門家（特にローラ等）の参加は必須と思われる。

J C M A



部 会 報 告

平成 28 年度 第 2 回若手現場見学会 羽根トンネル工事視察

建設業部会

1. はじめに

建設業部会では平成 28 年度 第 2 回若手現場見学会を 2017 年 1 月 26 日、神奈川県秦野市に位置する新東名高速道路羽根トンネル工事（山岳トンネル）において実施した。参加者は事務局を含め 18 名であった。

2. 工事概要

新東名高速道路は海老名南 JCT～豊田東 JCT 間の全長 254 km で計画され、2016 年 2 月までに御殿場 JCT～豊田東 JCT 間の約 200 km が開通している。残りは、羽根トンネルを含む御殿場 JCT～海老名南 JCT 間の 54 km で、2020 年度の完成を目指している。

発注者：中日本高速道路㈱

東京支社

工期：2013/7/24～2018/8/26（1,860 日）

工事場所：神奈川県秦野市

施工者：鹿島建設㈱・㈱熊谷組

羽根トンネル工事共同企業体

トンネル工は、本坑、避難連絡坑、横坑（追加工事）の 3 種あり、本坑は上り線 2,901 m、下り線 2,876 m、掘削断面積 75.1～79.6 m²、非常駐車帯は上下線ともに 3 箇所 66 m であり、一般的な二車線道路である。避難連絡坑、横坑はそれぞれ 163 m、107 m である。ズリ処理工は 496,000 m³（260,000 m³ 場外処分）、明かり部盛り土工は 96,200 m³、調整池が 1 箇所である。

現場がある神奈川県秦野市は、丹沢山地から流入する河川水により地下水盆が形成され、砂礫層部や岩脈貫入部からの大量湧水の危険性があった。そのため低土被り・砂礫層区間では、Deep well 工法を用いて水位を下げトンネルを構築した。

上り線の東側（東京方面）から着工し、西側（静岡方面）からも向い掘りしている。1 月 26 日現在、貫通まで残り 29 m であり、西側から掘削する予定である。他工区が上り線を工事用道路として使用するため、上り線を優先して貫通させる。

地質はやや軟質な凝灰岩主体で、ほぼ全区間で機械掘削の NATM を採用しているが、砂層や岩盤など土



写真一 全断面掘削機のビット



写真二 防音壁

質が変わりやすく、硬岩を掘削する場合は、全断面掘削機のビット（写真一）の摩耗量が大きく掘削が困難となる。そのため、一部区間では発破も併用している。

防音対策としてトンネル入口に防音壁（写真二）を設置している。掘進長は、日進最大 7 m、平均 2～3 m である。

現在職員は 18 人で、内機電担当者が 2 人である。

3. 現場見学会

見学会は、はじめに事務所にて工事概要説明（写真一 3）を受け、その後、現場見学（写真一 4）を行った。見学順路は上り線東側の避難坑の切羽、次いで下り線東側の切羽、その後、上り線西側の順で見学を行った。



写真—3 工事概要説明状況



写真—5 避難連絡坑切羽



写真—4 現場見学状況



写真—6 風管に取付けた防爆シート

現在掘削中の避難連絡坑（写真—5）は、土質が硬く機械掘削が困難なため、発破を用いている。発破に備え避難坑周りおよび風管に防爆シート（写真—6）を設置。貫通後、覆工コンクリートを打設する。セントルはすでに組立て済みであった。下り線東側の切羽（写真—7）では、掘削位置をトータルステーションのレーザー（写真—8）で示し、作業員が目視で掘削箇所を容易に確認できる「見える化」システムを採用していた。

上り線の東側は連続ベルトコンベアシステムでズリ出しを行い、西側は坑口作業スペースの問題からダンプでズリ出ししている。上り線の東側はすでに掘削は終了しているためベルトコンベアは下り線に移設済みである（写真—9, 10）。ベルトコンベアは延伸コンベアを採用し、300 m までベルトの延長が必要ない。

設備関係として、換気方式は送気式で、濁水処理プラントの処理能力は、東側が 150 t/h × 2 基、西側が 150 t/h × 1 基が使用されていた。入坑管理システムも電子化され、入出が記録される。

その他にバックホウ周辺の状況を確認できる安全対策（アラウンドウォッチャー）や CO₂ 対策としてハイブリットバックホウ、詰め所の屋根にソーラーパネ



写真—7 下り線東側本坑切羽



写真—8 掘削部を示す TS



写真—9 移設したベルトコンベア



写真—10 連続ベルトコンベアシステム

ルが取入れられている。また、スポットクーラーを設置し、坑内環境の改善を図っている。職員間の連絡方法として iPad を用いた無線通信を採用し、アクセスポイントは 50 m 毎に取付けられており、また電話も 100 m 毎に設置している。

4. おわりに

今回の見学会では、羽根トンネル約 3,000 m の長距離施工、大量湧き水、土質の変化等の難しい施工条件に対しどのような工法を採用しているか、また、安全対策や労働環境の改善等、多くの工夫を知ることができた。この見学会で得た知見を活かし、微力ながら建設業の発展に貢献できればと思う。

最後に、大変お忙しい中、今回の見学会にご協力頂きました羽根トンネル工事共同企業体の皆様に、厚く御礼申し上げます。

J C M A

〔筆者紹介〕

大山 裕太（おおやま ゆうた）
三井住友建設㈱

新工法紹介 機関誌編集委員会

04-377	屋内位置把握システム	安藤ハザマ 日立ソリューションズ
--------	------------	---------------------

▶ 概要

トンネルなどの非 GPS 環境の屋内空間では、作業員や機械の詳細な位置把握が難しく、現在は RFID や PHS で大まかに位置把握していることが多い。これらのシステムは、坑内に設置したアンテナが、管理対象に装着した RFID タグや PHS からの電波を受信することで、位置判定をしている。また、アンテナ同士は通信ケーブル（有線）で接続され、トンネルの掘進状況に合わせてアンテナの設置と通信ケーブルおよびアンテナ用電源ケーブルの敷設が必要となり、定期的・継続的にコストが発生する。

そこで、ケーブル敷設工事が不要で、消費電力が小さく ZigBee の下位レイヤとして利用されている「IEEE802.15.4」を用いた「屋内位置把握システム」を開発した。

本システムは「タグ」「ルータ」「監視用パソコン」で構成されている。

- ①タグ：位置を把握する対象（作業員や機械）に装着する。ボタン電池内蔵で定期的に電波を発信し、電池寿命は約 6 ケ月。加速度センサーを内蔵。
- ②ルータ：位置を把握する区画ごと（例えば 100 m ごと）に設置する。20,000 mAh のモバイルバッテリーで約 1 ケ月稼動、AC100 V でも稼動可。
- ③監視用パソコン：トンネル坑口付近や事務所に設置する。ルータからの情報を集約し、管理対象の作業員や機械の位置を表示する。

位置把握の仕組みは、現場内に設置されたルータが作業員や機械に装着されたタグからの電波を受信し、この情報を連続して隣のルータへ転送し続け監視用パソコンまで送信する。



図—1 タグとルータ

ルータが受信するタグからの電波は、タグまでの距離が近ければ近いほど強くなるため、複数のルータがタグを検知した場合は、よりタグに近いルータの受信電波が強くなる。この受信電波の強さが位置把握の元となり、監視用パソコンが各ルータの情報を比較処理し、最も強い電波を受信したルータ近傍に作業員や機械がいると判定する。なお、ルータは非常に安価であるため多くのルータを設置することができ、従来技術に比べより細かな位置把握が可能となる。

▶ 特徴

①ケーブル敷設が不要

タグとルータ、ルータ同士の通信は全て無線のため、通信ケーブルの敷設が不要。さらに、ルータの電源としてモバイルバッテリーを使用することができるため、電源ケーブルの敷設も不要。

②システムの運用が簡単

工事の進捗に合わせてルータを設置するだけなので、現場職員や作業員によるシステムの運用が可能。

③故障したルータがあっても通信を維持

あるルータが故障した場合、故障したルータを飛ばしてもうひとつ隣のルータへ自動的に情報を転送するため、システムの安定性に優れている（ルータの設置間隔が 100 m 以下の場合）。

▶ 用途

・屋内空間の工事現場（トンネル、地下構造物、建築）における作業員や機械の位置把握

▶ 実績

・シールドトンネル工事

▶ 問合せ先

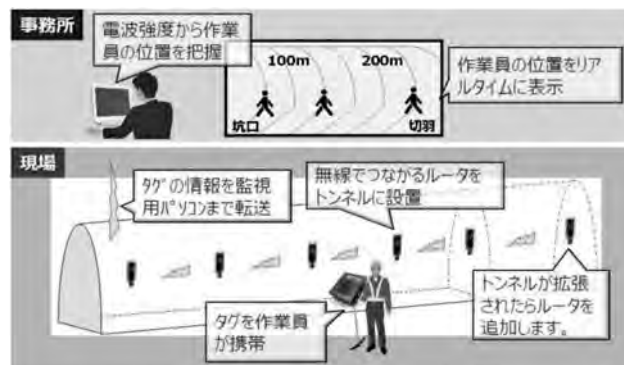
(株)安藤・間 社長室 情報システム部

〒105-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 TEL：03-6234-3605

(株)日立ソリューションズ 空間情報ソリューション本部

ロケーションビジネス部

〒140-0002 東京都品川区東品川 4-12-7 TEL：03-5780-2165



図—2 位置把握の仕組み

新機種紹介 機関連編集委員会

▶ 〈02〉掘削機械

16-〈02〉-22	キャタピラージャパン 油圧ショベル Fシリーズ Cat 336F (L) XE, 336F (L), 349F (L), 352F	'16.09 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

オフロード法 2014 年基準をクリアする F シリーズ油圧ショベルのモデルチェンジであり、Cat 336F (L) XE は、油圧ハイブリッドシステムを搭載している。

Cat 336F (L) XE は、国土交通省 が提唱している i-Construction に対応している。その油圧ハイブリッドシステムは、旋回ブレーキ時の発生する回生エネルギーを油圧エネルギーとして蓄圧し、旋回時に蓄圧エネルギーを放出・再利用するものである。

ペイロード計測システム（プロダクションメジャメント）によりブーム・アームを停止させることなく、持ち上げ旋回中に正確に積荷の重さを計測できる。

グレードコントロールにより目標の勾配をキャブ内のモニタに表示し、作業のやり直しコストや現場コストの削減を図っている。

本シリーズでは、一定時間アイドリング状態が続くと自動的にエンジンを停止させ、燃費・CO₂ 排出量の低減を図っている。

従来からの高効率ブームエネルギー再生システムや旋回りリーフロス低減システムに加え、消費馬力を低減する可変スピードファンにより燃費低減を図っている。

NO_x リダクションシステムおよび尿素 SCR システムにより窒素酸化物 (NO_x) を、ディーゼル酸化触媒 (DOC) およびディーゼルパーティキュレートフィルタ (DPF) からなる「Cat クリーンエミッションモジュール」により一酸化炭素、炭化水素、粒子状物質 (PM) を低減・除去している。これによりオフロード法 2014 年基準をクリアしている。

336F (L) XE 以外はオプションで、プロダクションメジャメント、グレードコントロールが搭載できる。

プロダクトリンクや VisionLink[®] (ビジョンリンク) を利用することで、車両の位置や状態をリアルタイムに把握でき、事務所から適切な機械管理ができる。

ROPS (運転者保護構造) 規格適合のキャブ、シートヒータ・ベ

ンチレータ装備エアサスペンションシート、視認性の高い LED モニタ、周辺状況をモニタで確認できるリアビューカメラでオペレータ環境の向上を図っている。

機械上面にハンドレールと大型ガードレールを装備し、機械から安全に降りられるよう、またキャブおよびブームライトはエンジン停止後最長 90 秒間点灯するよう設定可能としている。燃料給油や尿素水補給時には、地上から容易にアクセスできるようにして安全性の向上を図っている。

可変速ファンと並列ラジエータを特徴とするクーリングシステムは、クリアランスが広く清掃しやすい設計となっている。

問合せ先：キャタピラージャパン(株)販売促進部

〒158-8530 東京都世田谷区用賀 4-10-1



写真—1 キャタピラージャパン Cat 336F XE 油圧ショベル



写真—2 キャタピラージャパン Cat 336F XE 油圧ショベル

表—1 Cat 336F (L) XE, 336F (L), 349F (L), 352F の主な仕様

	336F (L) XE	336F (L)	349F (L)	352F
運転質量 (kg)	34,700	34,700	47,500	50,800
標準バケット容量 (m ³)	1.4	1.4	1.9	2.1
エンジン名称	Cat C9.3 ACERT ディーゼルエンジン		Cat C13 ACERT ディーゼルエンジン	
総行程容積 (ℓ)	9.3	9.3	12.5	12.5
定格出力 (kW)	228	228	311	311
全長 (mm)	11,400	11,400	11,920	11,820
全幅 (トラック全幅) (mm)	3,190	3,190	3,340	3,550
全高 (mm)	3,450	3,450	3,730	3,550
最大掘削深さ (mm)	7,390	7,390	7,660	7,510
標準販売価格 (工場渡し, 税別) (千円)	37,771	35,533	49,434	54,594

新機種紹介

▶ 〈03〉 積込機械

16-〈03〉-08	キャタピラージャパン ホイールローダ Cat 950M Z, 962M Z	'16.09 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

オフロード法 2014 年基準をクリアするホイールローダのモデルチェンジである。

定格出力は、従来機より 950MZ で 9%、962MZ で 13%、ピークトルクは、平均 18% 向上している。また、エコノミーモードではパワートレーンの負荷を自動的に検知して、エンジン速度とトルクを調整している。

パワーシフトトランスミッションは、ロックアップ機能付きトルクコンバータ（レンジシフト（上下）中にロック状態を維持）とシングルクラッチスピードシフトシステム（レンジシフト中も前進／後進クラッチ締結を維持）を備えている。これによりギヤ変更中のトルクフローを最適な効率に維持し、特に、上り坂での加速中にその効果を発揮している。

マルチグレードオイルがトランスミッションに採用されたため、低温時の摩擦が低減され、高温時の潤滑性能が改善されている。2 速から 1 速への自動シフトダウンは、走行速度ではなく、トルク需要に応じて実行されるようになったため、運転効率が向上している。

トラクションアシストとして、手動ディスク式ディファレンシャルロックがフロントアクスルに標準装備されている。ホイール速度の変化に応じて自動的にかかるロックは、両アクスルに装備可能である。乾式ディスクキャリパーキングブレーキは、従来よりもシンプルな設計で、保持力が向上している。

作業装置用油圧システムには、従来よりも大型のポンプが採用されており、低いエンジン速度で必要なオイルフローを生成できるため、燃料を節減することができる。

キャブには、シート取付けの電気油圧式作業装置コントロールが装備されており、ジョイスティックによるステアリングも可能になっている。フルカラーのマルチファンクションタッチスクリーンにより車両の稼動状況を一目で監視できる。

階段状のステップと、取付け位置を見直したGrabハンドル、大型ドア開口部により、キャブへの乗降の容易化を図っている。電気系統サービスセンターのスイッチにより、地上面からドアのラッチを解除し、ガストラットによりドアを大きく開くことができる。圧延成形の ROPS ポストにより、ドアのガラス部分を拡張し、大型の凸面鏡をスポットミラーに組み込んで視界の確保を図っている。

表—1 Cat 950M Z, 962M Z の主な仕様

	950M Z	962M Z
運転質量 (kg)	18,211	19,211
標準バケット容量 (m ³)	3.4	3.6
エンジン名称	Cat C7.1 ACERT	
総行程容積 (ℓ)	7.0	7.0
定格出力／回転数 (kW/min ⁻¹)	171／2,100	186／2,100
速度段	前進 5 段、後進 3 段	
最高速度 前進／後進	35／25 km/h	
最小旋回半径（最外輪外側） (mm)	6,051	
標準販売価格（工場渡し、税別） (千円)	33,661	42,993



写真—1 キャタピラージャパン 950M Z ホイールローダ

Product LinkTM（プロダクトリンク）などの Link テクノロジをはじめとする Cat Connect（Cat コネクト）ソリューションにより、車両の現在位置、稼動時間、燃料消費、非稼動時間、各種イベント、診断コードなどを追跡して、オンラインの VisionLink[®] インターフェイス経由でデータを入手できる。また、DETECT テクノロジにより、オペレータが車両周辺の危険な状況や車両の運転を監視、報告して作業現場の安全性を高めることもできる。

プロダクトメジャメントなどのペイロードテクノロジーを装備し、積み／運搬する資材を走行中に正確に計量することができる。ペイロード情報をキャブ内のディスプレイにリアルタイムで表示できるほか、オプションのプリンタでトラック積載質量のレシートを印刷できる。

問合せ先：キャタピラージャパン(株)販売促進部

〒158-8530 東京都世田谷区用賀 4-10-1

新機種紹介

▶ 〈04〉 運搬機械

16-〈04〉-03	キャタピラージャパン アーティキュレートトラック Cat 725C2, 730C2, 730C2 EJ	'16.09 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

オフロード法 2014 年基準をクリアするアーティキュレートトラックのモデルチェンジである。

完全自動のデフロック制御によりオペレータの操作を不要としている。走行状態や操作状況に応じて適切なデフロックを適切な圧力で制御し、泥濘地や不整地においても走行可能である。車両への負担やタイヤの摩耗を軽減することができ、乗り心地も改善される。

フロント、センター、リアとすべてのアクスルに密閉湿式多板ブレーキを装備している。ディスクプレートに常にオイル冷却することで、大きな制動性能と耐摩耗性を発揮する。密閉式のため異物の混入を防ぎ耐久性の向上および調整作業が不要となり信頼性の向上を図っている。

730C2 EJ はイジェクタ仕様となっている。イジェクタとは、ボディをダンプする代わりに、ボディ内の排土板を後方へ押し出ししながら排土する機構である。排土をする際にボディを上げる必要がないため、転倒の危険が少なく、傾斜地や足場の悪い場所でも走行しながら排土できる。排土後すぐに走行できるためサイクルタイムの短縮が図られる。

オプションで Cat プロダクションメジャメントなどのパイロード計測システムを搭載し、リアフレームの 8 つのセンサーで積載量を正確に計測できる。オペレータはキャブ内のディスプレイで積載量をリアルタイムに確認でき、目標積載量への到達度を正確に把握できる。積込み機のオペレータにはキャブ外部に設置した外部パイロードライトで積載状況を知らせることにより、生産性の向上を図っている。



写真一 キャタピラージャパン 725C2 アーティキュレートトラック



写真二 キャタピラージャパン 730C2 EJ アーティキュレートトラック

プロダクトリンクや VisionLink[®]（ビジョンリンク）を利用することで、車両の位置や状態をリアルタイムに把握し適切な機械管理が行え、燃料消費量やアイドリング時間の分析によるコスト削減も可能であり、CPM の積載データ管理も行える。

問合せ先：キャタピラージャパン(株)販売促進部

〒158-8530 東京都世田谷区用賀 4-10-1

表一 Cat725C2, 730C2, 730C2 EJ の主な仕様

	725C2	730C2	730C2 EJ
運転質量 (kg)	23,040	23,725	26,395
最大積載量 (t)	24.0	28.0	28.0
エンジン名称	Cat C9.3 ACERT ディーゼルエンジン		
総行程容積 (ℓ)	9.3	12.5	
定格出力/回転数 (kW/min ⁻¹)	234/1,800	274/1,800	274/1,800
全長 (mm)	10,445	10,445	10,376
全幅 (ミラー等含む) (mm)	3,704	3,704	3,704
全高 (mm)	3,779	3,779	3,751
標準販売価格 (港渡し、税別) (千円)	57,632	72,727	84,039

新機種紹介

▶ 〈12〉モータグレーダ、ロードスタビライザ、締固め機械およびソイルプラント

16-〈12〉-03	キャタピラージャパン モータグレーダ Cat 16M3	'16.07 発売 モデルチェンジ
------------	-----------------------------------	----------------------

オフロード法 2014 年基準（少数特例）に適合したモータグレーダである。

従来機のジョイスティックレバーを引継ぎ、旋回（ステアリング）、前後進切替え、作業機操作などの機能を 2 本のジョイスティックレバーに集約して、オペレータの疲労の軽減と作業効率の向上を図っている。

けん引、高負荷時での走行性能および旋回性能の向上を図っている。

情報化施工に必要な配線やセンサなどを工場出荷時にあらかじめ装着することにより、三次元の情報化施工を導入する際に簡便、安価に後付け可能となっている。

NOx リダクションシステムおよび尿素 SCR システムにより窒素酸化物（NOx）を、ディーゼル酸化触媒（DOC）およびディーゼルパーティキュレートフィルタ（DPF）からなる「Cat クリーンエミッションモジュール」により一酸化炭素、炭化水素、粒子状物質（PM）を低減・除去している。これによりオフロード法 2014 年基準（少数特例）*をクリアしている。

シートに着座センサを装備し、オペレータが着席していない場合は、前後進やステアリング機能を無効化して誤動作の防止を図っている。リアビューカメラにより後方の状況確認を容易にしている。作業機の油圧をロックするスイッチをキャブ内に装備し、回送時など、ブレードなどの作業機の誤動作を防止することにより安全性の向上を図っている。

Cat プロダクトリンクにより、警告情報や部品交換時期の確認ができるため、車両の管理や燃料消費量などが把握でき、ダウンタイムの削減とサービス性の向上を図っている。

*オフロード法 2014 年（少数特例）に適合する車両：米国 EPA Tier4 Final, EU Stage IV をクリアするとともに、日本国内の特定特殊自動車少数特例 2014 年基準に適合している車両のこと。

表－1 Cat 16M3 の主な仕様

運転質量	(kg)	32,411
エンジン定格出力	(可変出力 kW)	216-259
ブレード長さ×高さ	(mm)	4,900 × 787
全長	(mm)	12,051
全幅	(mm)	3,411
全高	(mm)	3,719
最小旋回半径	(最外側 m)	9.3
最高速度	(km/h)	51.7
標準販売価格（港裸渡し、税別）	(千円)	97,089



写真－1 キャタピラージャパン Cat 16M3 モータグレーダ

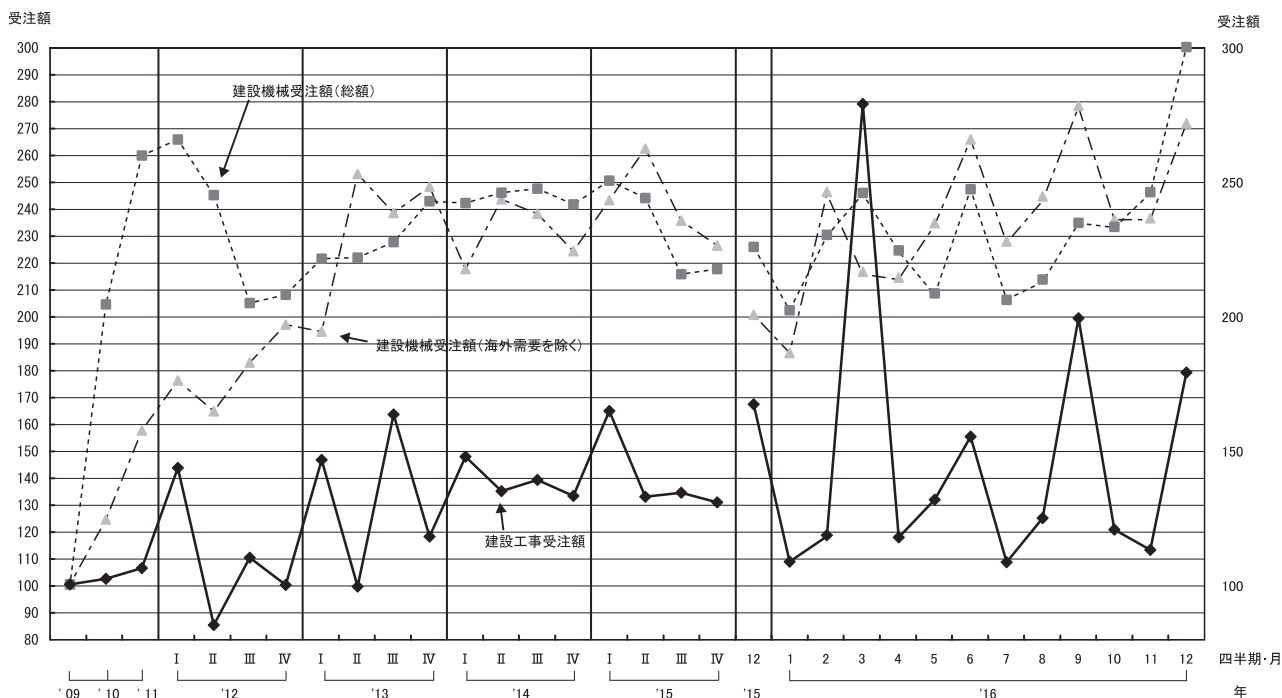
問合せ先：キャタピラージャパン(株)販売促進部

〒158-8530 東京都世田谷区用賀 4-10-1

統計 機関誌編集委員会

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査（大手50社）（指数基準 2009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 2009年平均=100）



建設工事受注動態統計調査（大手50社）

（単位：億円）

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非製造業							
2009 年	100,407	66,122	12,410	53,712	24,140	5,843	4,302	66,187	34,220	103,956	128,839
2010 年	102,466	69,436	11,355	58,182	22,101	5,472	5,459	71,057	31,408	107,613	106,112
2011 年	106,577	73,257	15,618	57,640	22,806	4,835	5,680	73,983	32,596	112,078	105,059
2012 年	110,000	73,979	14,845	59,133	26,192	4,896	4,933	76,625	33,374	113,146	111,076
2013 年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	4,660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2014 年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4,822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2015 年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4,993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2015 年 12 月	14,004	9,426	1,855	7,572	3,210	390	977	10,085	3,919	141,461	13,853
2016 年 1 月	9,081	5,789	1,017	4,772	2,189	344	758	6,103	2,978	144,221	9,496
2 月	9,906	6,887	1,360	5,527	2,394	443	183	6,520	3,386	142,223	10,642
3 月	23,414	15,234	1,823	13,411	7,211	557	411	15,157	8,257	144,084	18,435
4 月	9,838	6,613	1,786	4,827	2,588	503	135	6,103	3,736	143,928	8,278
5 月	11,022	8,540	1,160	7,380	1,609	642	231	8,464	2,559	146,155	9,119
6 月	12,993	8,802	2,009	6,793	3,555	404	232	8,832	4,161	145,673	12,638
7 月	9,061	6,800	1,179	5,622	1,874	276	110	6,169	2,891	146,252	9,138
8 月	10,444	6,552	1,178	5,374	3,135	375	382	6,439	4,005	147,613	9,886
9 月	16,699	9,766	1,619	8,146	6,810	510	-387	10,458	6,241	151,671	12,624
10 月	10,084	7,069	1,071	5,998	2,266	376	373	6,792	3,291	151,397	9,684
11 月	9,445	7,227	1,581	5,646	1,654	394	171	6,838	2,608	151,269	10,310
12 月	15,004	10,262	1,835	8,427	3,609	423	710	10,751	4,253	-	-

建設機械受注実績

（単位：億円）

年 月	09 年	10 年	11 年	12 年	13 年	14 年	15 年	15 年 12 月	16 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
総 額	7,492	15,342	19,520	17,343	17,152	18,346	17,416	1,413	1,265	1,441	1,539	1,405	1,304	1,548	1,289	1,337	1,469	1,460	1,541	1,880
海 外 需 要	4,727	11,904	15,163	12,357	10,682	11,949	10,712	950	835	872	1,039	910	762	934	763	772	826	915	995	1,252
海外需要を除く	2,765	3,438	4,357	4,986	6,470	6,397	6,704	463	430	569	500	495	542	614	526	565	643	545	546	628

（注）2009～2011年は年平均で、2012～2015年は四半期ごとの平均値で図示した。

2015年12月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覧

(2017年1月1日～31日)

機械部会



■原動機技術委員会

月 日: 1月20日(金)

出席者: 赤城二郎副委員長ほか19名

議 題: ①前回委員会の議事録確認
②オフロード法2014年排出ガス規制についての情報交換 ③海外排出ガス規制についての情報交換 ④L2-Tech 認証制度のその後の経過について ⑤油圧ショベルの温室効果ガス・窒素酸化物の測定について ⑥協会ホームページの見直しについて

■ショベル技術委員会

月 日: 1月23日(月)

出席者: 尾上裕委員長ほか7名

議 題: ①EN474の視認性について ②次期燃費基準について ③ショベルの鉱山機械災害について ④建設部会の機械災害について ⑤平成29年度のテーマについて ⑥BAUMA 展示会の資料確認

■トンネル機械技術委員会 幹事会

月 日: 1月24日(火)

出席者: 岩野健委員長ほか6名

議 題: ①ISO/TC195について ②トンネルの省エネ技術の各社発表資料の纏め方について ③平成29年度の幹事会構成メンバーについて ④平成29年度の委員会予定について ⑤その他

■ダンプトラック技術委員会

月 日: 1月26日(木)

出席者: 田中哲委員長ほか6名

議 題: ①各社トピックスの紹介 ②ホームページの改訂案について ③建設部会の機械災害・事故について ④その他

■情報化機器技術委員会

月 日: 1月27日(金)

出席者: 白塚敬三委員長ほか4名

議 題: ①平成28年度の委員会活動報告について ②平成29年度の活動計画について ③合同部会にて報告するセンサー照会の内容について ④L2-Tech 認証制度のその後の経過について ⑤次回の委員会開催について

■機械整備技術委員会

月 日: 1月27日(金)

出席者: 森三朗委員長ほか7名

議 題: ①前回議事録の確認 ②DPF機能の取り纏めについて ③尿素水の管理について ④本年活動実績と平成29年度計画について

■除雪機械技術委員会 現場見学会

月 日: 1月30日(月)～2月1日(水)

出席者: 江本平委員長ほか30名

議 題: ①豊滝除雪ステーション(札幌市南区)にて 1)札幌開発建設部管轄の除雪状況についての説明 2)国交省(本省)・北海道開発局・除雪維持業者代表者との意見交換 ②夜間除雪作業見学…初日:札幌市清田区北一条近辺の国道36号, 2日目:札幌市中央区北一条付近の国道12号

製造業部会



■作業燃費検討WG

月 日: 1月25日(水)

出席者: 尾上裕主査ほか14名

議 題: 次期燃費基準認定の検討…1)2017年1月時点の認定状況, 2)次期燃費基準のスケジュール前倒しについて, 3)ハイブリッド機の燃費基準について

建設業部会



■機電技術者交流企画WG

月 日: 1月19日(木)

出席者: 落合博幸主査ほか6名

議 題: ①第20回機電技術者意見交換会報告書について ②第21回機電技術者意見交換会の日程について ③1/26若手現場見学会開催に向けた報告 ④機電職員確保に向けたPR活動パンフレット作成について検討・ゲラの確認 ⑤その他

■クレーン安全情報WG

月 日: 1月23日(月)

出席者: 久保隆道主査ほか8名

議 題: ①クレーン(移動式・定置式)事故災害事例の蓄積・研究 ②HP掲載の事故事例について ③クローラークレーンのアンケートについて ④クレーン協会:移動式クレーンの見直し(タワー)の報告 ⑤その他

■三役会

月 日: 1月24日(火)

出席者: 佐藤康博部会長ほか4名

議 題: ①各WG報告 ②1/26羽根トンネル見学の途中報告, 2/16日立建機視察の途中報告 ③合同部会の調整 ④その他

■平成28年度第二回若手現場見学会

月 日: 1月26日(木)

出席者: 佐藤康博部会長ほか17名

場 所: 新東名高速道路 羽根トンネル

工事(神奈川県秦野市菩提2285-1)

発注者: 中日本高速道路 東京支社

施工者: 鹿島建設(株)・熊谷組 羽根トンネル工事共同企業体

内 容: トンネル坑(機械掘削)…①上り線東側避難連絡坑掘削, ②上り線西側本坑掘削, ③下り線東側本坑掘削

■建設機械事故調査WG

月 日: 1月30日(月)

出席者: 松藤敏夫主査ほか7名

議 題: ①公表に向けたデータの精査・見直し ②報告書の「はじめに」と「まとめ」の各委員の検討結果精査 ③その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日: 1月11日(水)

出席者: 田中忠重委員ほか17名

議 題: ①平成29年4月号(第806号)の計画の審議・検討 ②平成29年5月号(第807号)の素案の審議・検討 ③平成29年6月号(第808号)の編集方針の審議・検討 ④平成29年1月号～平成29年3月号(第803～805号)の進捗状況報告・確認

■建設経済調査分科会

月 日: 1月18日(水)

出席者: 山名至孝分科会長ほか5名

議 題: ①2月号原稿「建設業における労働災害の発生状況」の検討 ②平成29年の執筆テーマ検討 ③その他

■新機種調査分科会

月 日: 1月24日(火)

出席者: 江本平分科会長ほか3名

議 題: ①新機種情報の持ち寄り検討 ②新機種紹介データまとめ ③その他

支部行事一覧

北海道支部



■第3回広報部会広報委員会

月 日: 1月19日(木)

場 所: 北海道支部会議室

出席者: 川崎博巳広報部会長ほか7名

議 題: ①支部日よりNo.113号の編集について ②支部講演会講師の選定について ③建設工事等見学会について ④その他

- 2017 ふゆトピア・フェア in 函館 除雪機械展示・実演会, 競技会
月 日: 1月26日(木) ~ 27日(金)
場 所: 函館市 函館競馬場駐車場
展示会出展社: 11社
出展機械等: 25台
競技会参加者: 12名
来場者: 1,720名

東 北 支 部



- 合同部会
月 日: 1月19日(木)
場 所: 仙台市 パレス宮城野
出席者: 高橋弘東北支部長ほか42名
議 題: ①各部会 平成29年度事業計画打合せ ②合同部会…②-1 平成28年度事業計画概要について, ②-2 各部会報告
- 2016 ふゆトピア・フェア in 函館における除雪機械展示・実演会ほかの視察
月 日: 1月26日(木) ~ 27日(金)
場 所: 函館市
参加者: 高橋弘東北支部長ほか8名
視察内容: ①除雪機械展示・実演会, 競技会 ②ふゆトピアシンポジウム ③ふゆトピア研究発表会 ④ふゆトピア展示会

北 陸 支 部



- 「ゆきみらい2018 in 富山(仮称)」事前会議
月 日: 1月17日(火)
場 所: 富山河川国道事務所会議室
出席者: 宮村兵衛事務局長
議 題: ゆきみらい2018 in 富山の開催について

- 「建設フェア北陸 in 新潟2017」準備会
月 日: 1月20日(金)
場 所: 新潟国道事務所
出席者: 宮村兵衛事務局長
議 題: ①実行委員会記規約(案) ②基本計画(案) ③予算(案) ④その他

中 部 支 部



- 平成29年新年名刺交換会
月 日: 1月5日(木)
場 所: 名古屋観光ホテル
主 催: (一社) 日本建設業連合会中部支部
出席者: 所輝雄支部長, 永江豊事務局長
- 情報化施工出前授業
月 日: 1月6日(金), 13日(金)
場 所: 名城大学
講 師: (株)ニコン・トリンプル 鈴木勇治氏, (株)シーティーエス 酒井満氏
受講者: 約110名
- 中部圏インフラロボットコンソーシアム現場見学会
月 日: 1月19日(木)
場 所: 矢作ダム
参加者: 20名
内 容: 水中ロボットの現地見学等

関 西 支 部



- 広報部会
月 日: 1月19日(木)
場 所: 関西支部 会議室
出席者: 河村謙輔広報部会長以下5名
議 題: 「JCMA 関西」第110号の発刊について

中 国 支 部



- 中国地方整備局と(一社)日本建設機械施工協会中国支部との意見交換会
月 日: 1月12日(木)
場 所: メルパルク広島会議室
出席者: 中国地方整備局吉田敏晴企画部長・河原能久中国支部長ほか24名
議 題: 公共工事の品質の確保について…①i-Constructionに関する事項 ②入札・契約手続きに関する事項 ③機械設備工事(業務)に関する諸課題について, その他の事項…①建設機械リースレンタルに関する課題について ②除雪機械の運転技術講習会について
- 第4回開発普及部会
月 日: 1月24日(火)
場 所: 中国支部事務所
出席者: 飯國卓夫部会長ほか5名
議 題: ①平成28年度事業活動の結果について ②平成29年度部会活動計画(案)について ③その他懸案事項

九 州 支 部



- 企画委員会
月 日: 1月18日(水)
出席者: 7名
議 題: ①災害協定の見直しについて ②永年会員, 永年役職員等の本部表彰について ③支部の建設の機械化功労者表彰について ④その他

編集後記

読者のみなさまいかがお過ごしでしょうか。今回は地球温暖化、環境がテーマとなっております。

巻頭言は国土交通省の建設施工の地球温暖化対策検討分科会委員の塩路教授にお願いしました。

キーワードは、地球温暖化、再生可能エネルギー、粉じん対策、水質汚濁対策、土壌汚染対策、騒音・振動対策などです。

これらの対策は古くから取り組まれているものばかりかと思えます。アイデアとしては、理論的な根拠を持つものですが、実際に現場で適用するには様々な工夫やアプローチがあります。騒音を位相差を利用してうち消すなど、また地盤振動を重量物をおくことで弱めるなどユニークなものだと思います。よく実用化されたものです。

最近、ある大都市の町中を歩いて

いると、久しぶりに煤煙をまき散らしながら走る軽トラックに出会いました。1台でも目立つくらいでしたから、排ガス対策がなかったら膨大な数の車が走る道路はどうなるのか想像するだに怖くなります。環境対策の重要性を痛感します。

環境といっても幅広く、CO₂などは体感できないので捕らえどころがない気がします。

日本は世界の中でも環境対策は進んでいます。中国などの話を聞くと大変な状況のようです。今世界中で日本のよさというか技術がもてはやされていますが、建設分野の環境技術も世界をリードしていくものです。

今回は、最先端の環境技術が取り上げられたのではないかと期待しております。

最後に、執筆いただいた方々にお忙しい中時間を割いていただき厚くお礼申し上げます。

(浅野・江本)

4月号「建設業の海外展開、海外における建設施工特集」予告

・建設業の海外展開とODA ・ラックフェン国際港アクセス道路 橋梁工事ベトナム国内最大の海上橋 ・既設営業線直下での圧気併用開放型矩形シールド機による施工 ・シンガポール MRT ・台北市における大深度圧入ケーソンの施工実績 ・インドネシア国中部ジャワ州におけるジャティバラダムの建設 ・ケニアモンバサ港コンテナターミナル開発工事 ・シンガポール チュアスフィンガーワンコンテナターミナル埋立工事 ・シンガポールにおける大型グラブ船を使用した浚渫工事

【年間購読ご希望の方】

①お近くの書店でのお申込み・お取り寄せ可能です。 ②協会本部へお申し込みの場合「図書購入申込書」に以下事項をもれなく記入のうえ FAX にて協会本部へお申込み下さい。

…官公庁／会社名、所属部課名、担当者氏名、住所、TEL および FAX

年間購読料 (12 冊) 9,252 円 (税・送料込)

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
塚原 重美	中岡 智信
中島 英輔	本田 宜史
渡邊 和夫	

編集委員長

見波 潔 村本建設(株)

編集委員

新田 恭士	国土交通省
大槻 崇	国土交通省
田中 忠重	農林水産省
浅野 仁之	(独)鉄道・運輸機構
加藤 誠	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
荒瀬 純治	清水建設(株)
三輪 敏明	(株)大林組
久保 隆道	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
中村 優一	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
竹田 茂嗣	鉄建建設(株)
岡田 英明	五洋建設(株)
齋藤 琢	東亜建設工業(株)
赤神 元英	日本国土開発(株)
相田 尚	(株)NIPPO
岡本 直樹	山崎建設(株)
中川 明	コマツ
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン(株)
小倉 弘	日立建機(株)
上田 哲司	コベルコ建機(株)
石倉 武久	住友建機(株)
江本 平	範多機械(株)
太田 正志	施工技術総合研究所

事務局

日本建設機械施工協会

建設機械施工

第 69 巻第 3 号 (2017 年 3 月号) (通巻 805 号)

Vol. 69 No. 3 March 2017

2017 (平成 29) 年 3 月 20 日印刷

2017 (平成 29) 年 3 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 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3 丁目 5 番 8 号 機械振興会館内

電話 (03) 3433-1501; Fax (03) 3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154

電話 (0545) 35-0212

北海道支 部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西 2-8

電話 (011) 231-4428

東北支 部 〒980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18

電話 (022) 222-3915

北陸支 部 〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1

電話 (025) 280-0128

中部支 部 〒460-0002 名古屋市中区丸の内 3-17-10

電話 (052) 962-2394

関西支 部 〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4

電話 (06) 6941-8845

中国支 部 〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22

電話 (082) 221-6841

四国支 部 〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22

電話 (087) 821-8074

九州支 部 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30

電話 (092) 436-3322

本誌上への
の広告は



有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町 2-21-5 井手口ビル 4F TEL: 03-3664-0118 FAX: 03-3664-0138

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中



吸塵式乾式カッター
MCD-RY14
 NETIS No.TH-150001



Mr.LIGHT 2
 MLP-1212A



高周波バイブレーター
FX-40G/FU-162

未来へ伸びる、三笠の技術。



転圧センサー

バイプロコンパクター
MVH-308DSC-PAS
 NETIS No.TH-120015



防音型

タンピングランマー
MT-55L-SGK
 NETIS No.TH-100005



低騒音型

プレートコンパクター
MVC-F40S
 NETIS No.TH-100006



低騒音型

バイブレーションローラー
MRH-601DS
 低騒音指定番号5097

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社／〒101-0064 東京都千代田区猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL: 06-6745-9631
 札幌営業所 TEL: 011-892-6920
 仙台営業所 TEL: 022-238-1521
 新潟出張所 TEL: 090-4066-0661

北関東営業所 TEL: 0276-74-6452
 長野出張所 TEL: 080-1013-9542
 中部営業所 TEL: 052-451-7191
 金沢出張所 TEL: 080-1013-9374

中国営業所 TEL: 082-875-8561
 四国出張所 TEL: 087-868-5111
 九州営業所 TEL: 092-431-5523
 南九州出張所 TEL: 080-1013-9558

沖縄出張所 TEL: 080-1013-9328



マシンケアテック 株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田1-6-23
 TEL: 048-555-2881 FAX: 048-555-2884
 URL: <http://www.machinecaretech.co.jp/>

ボルボ ABG アスファルトフィニッシャー

環境・安全・品質 — 設立以来揺るがぬボルボのコアバリュー
 舗装性能、環境性、メンテナンス性、信頼性の向上を実現した
 最新アスファルトフィニッシャーをお届けします

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT

www.volvoce.com



GOMACO

Gomaco社の舗装機器は、どんなスリップフォーム工法にも対応します。



Commander III

最も汎用性の高い機種です。一般道路舗装のほか、路盤工事、河川工事、分離帯・縁石などの構造物構築に最適です。



RTP-500

長ブームの砕石・コンクリート搬入機です。このほかにも、ロック・ホッパーなどへの舗装支援機器として、どんなスリップフォーム機械にも対応可能です。



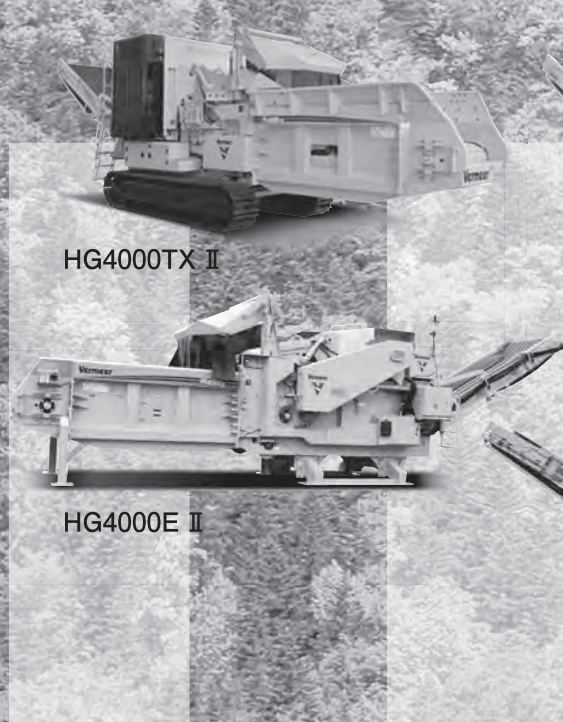
マシン ケアテック 株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田 1-6-23

TEL:048-555-2881 FAX:048-555-2884

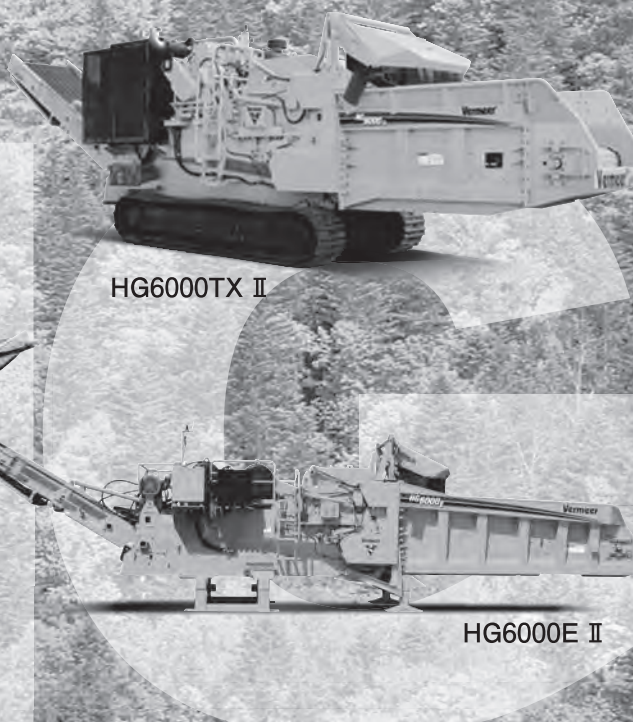
URL: <http://www.machinecaretech.co.jp/>

マルマテクニカのホリゾンタルグライNDER



HG4000TX II

HG4000E II



HG6000TX II

HG6000E II

1台の破碎機でピンチップも切削チップも生産できる!用途別に選べる2タイプ。



破碎部のみの載せ替えが可能!!
様々な用途に1台で対応が可能



特長

- チップサイズは均一で、バイオマス発電向け燃料として実績が多数。
- 新車破碎機の在庫保有と新車の短納期体制で対応。
- 休車時間をなくすため、Vermeer 社破碎機部品の在庫を保有し、即納体制で対応。



マルマテクニカ株式会社

URL <http://www.maruma.co.jp/>

本社・相模原事業所	〒252-0331	神奈川県相模原市南区大野台6-2-1	TEL.042(751)3091	FAX.042(756)4389	E-mail:s-sales@maruma.co.jp
厚木工場	〒243-0125	神奈川県厚木市小野6-5-1	TEL.046(250)2211	FAX.046(250)5055	E-mail:atsugi@maruma.co.jp
東京工場	〒156-0054	東京都世田谷区桜丘1-2-22	TEL.03(3429)2141	FAX.03(3420)3336	E-mail:tokyo@maruma.co.jp
名古屋事業所	〒485-0037	愛知県小牧市小針2-18	TEL.0568(77)3313	FAX.0568(72)5209	E-mail:n-sales@maruma.co.jp

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他 産業機械用無線操縦装置

今や、業界唯一。
日本国内 自社自力生産・直接修理を実践中！

ポケットサイズ ハンディ～ショルダー機 フルラインアップ!!

ケーブルレス サテル-タ リンサー 離操作

Nシリーズ 微弱電波
Rシリーズ 産業用ラジコンバンド
Uシリーズ 429MHz帯 特定小電力
Gシリーズ 1.2GHz帯 特定小電力
ボーバ 防爆形無線機

- ◆ 業界随一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応！
- ◆ 常に！業界一のコストパフォーマンス！
- ◆ 迅速なメンテナンス体制！
- ◆ 未来を見据えた過去の実績を見て下さい！
代々互換性を継承、補修の永続制

新 スリムケーブルレス より安価なオーダー対応を実現！

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応
2段階スイッチ
装着可能

モデルチェンジ！
内部設計を一新

全ての
互換を優先
しました

自由度の高い
多様なオーダー対応
ボタン配置自在/最大32点

優れた
耐塵・防雨性能
送信機はIP65相当

自社開発 高耐久性
2段階スイッチを
装着可能

パネルゴム突起で
操作クリック感が
向上

8 操作標準型
RC-5808N

- 8 操作 8 リレー
- 軽量コンパクト
受信機

セットで
15 万円
(税別価格)

12 操作標準型
RC-5812N

- 12 操作 12 リレー
- 照明出力リレーの
保持を標準採用

セットで
17 万円
(税別価格)

16 ボタン
モデル

16 操作標準型
RC-5816N

- 16 操作 16 リレー
- 同じ外形で
16 個のボタンを
コンパクトに配置

マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ

標準型
RC-6016N

- 16 操作 16 リレー
最大 25 リレーまで
対応可能

セットで
20 万円
(税別価格)

防爆形 対応可能 (N/U シリーズ)



微弱電波・特定小電力
両モデル対応
2段階・特殊
スイッチ装着可能

標準型
RC-8616N

- 16 操作 16 リレー
最大 32 リレー迄
対応可能

セットで
22 万円
(税別価格)



モデルチェンジ！ 内部設計を一新！
全ての互換を優先しました。

堅牢なボディ
耐衝撃性能が向上

自社開発 高耐久性
2段階スイッチを
装着可能



優れた
耐塵・防雨性能
送信機は IP65 相当

ハンディなのに
特殊スイッチを
装着可能
特殊スイッチ

オーダー対応例

防爆形は TX-8400 型送信機で対応 (N シリーズのみ)

マイティサテル-タ

N/U/Gシリーズ

● 操作信号数 最大 32 点
(またはプロボ最大 6 項目と入出力信号 26 点以下)

微弱電波・特定小電力
両モデル対応
ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

3 ノッチジョイスティック型
RC-7132N

セットで
90 万円～
(税別価格)



全押しボタン
RC-7126N
セットで 45 万円～
(税別価格)

ジョイスティック
2 本装着オーダー例

旧アンリツ製 デジタルテレコン 入替専用モデル

新型ジョイスティック

3 ノッチ
ジョイスティック型
RC-7233UAN

スイッチガード付き押しボタン

全押しボタン型
オーダー例
RC-7215U



チップケーブルレス

N シリーズ

コンパクトという選択肢!!

微弱電波モデル
対応

標準型
RC-3208N

- 8 操作
8 リレー

セットで
12 万円
(税別価格)



片手で握り替えずに
正逆操作が行えます！

チップ部品採用で
ポケットサイズ化

トコト機能を使って
コストダウン

アルカリ乾電池なら
連続使用 60 時間以上

高い防水性能
送信機は IP65

従来機と
信号互換あり！
受信機は既設のままでも送信機のみ取替も可

ボタン部の突起
ボタン間の仕切り
一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

ケーブルレスミニ

ポケットサイズの本格派!

微弱電波・ラジコンバンド
両モデル対応

N/R シリーズ

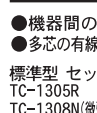
- 微弱 N シリーズは 240MHz 化でより安定した電波の飛び！
- 2 段階スイッチ追加可能！(オプション)

● 3 操作 3 リレー
最大 5 リレーまで対応可能

特許！

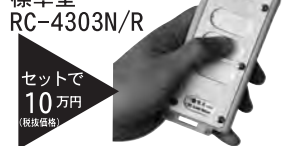
ケーブルには
ゼロ線電源*で
電気配線工事 不要!!
更におんぶりだっこの金具*で
取付簡単!! (*オプション)

取付例



標準型
RC-4303N/R

セットで
10 万円
(税別価格)



リ ンサー 離操作

N/U/Gシリーズ

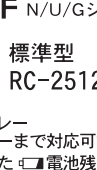
価格もサイズも
ハンディー並み!

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

標準型
RC-2512N

- 12 操作 12 リレー
最大 32 リレーまで対応可能
- 見易くなった電池残量告知ランプ付

セットで
22 万円
(税別価格)



軽量コンパクト
ショルダータイプ



MAX サテル-タ

U シリーズ
G シリーズ

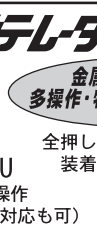
特定小電力
専用モデル

ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

RC-9300U

- 多機能多操作
(比例制御対応も可)

セットで
95 万円
(税別価格)



金属シャシの
多操作・特注仕様専用機!!



無段変速ジョイスティック
2 本装着例

データケーブルレス

工夫次第で用途は無限!

微弱電波・特定小電力
ラジコンバンド
全モデル対応

N/R/U/G
シリーズ

- 機器間の信号伝送に!
- 多芯の有線配線の代わりに!

標準型 セットで
TC-1305R 20.5 万円 (税別価格)

TC-1308N (微弱電波) 22 万円 (税別価格)

送信機
(外部接点入力型)

写真
は
U シリーズ

7100 型

6300 型

5700 型

3200 型

受信機

標準付属品付
セットで
40 万円
(税別価格)

無線式火薬庫警報装置

発破番 ES-2000R

音声

一般電話へ
自動転送!

音声メッセージ

2km (6km)

ER-2000R (受信機) ET-2000R (送信機)

110dB/m

● 長距離伝送
到達距離約 2 km ~ (6 km)

● 受信機から
電話回線接続機能

● 高信頼性
異常判定アルゴリズム

● 音声メッセージで
異常箇所を連絡 (受信側)

● 大音量警鳴音発生

本カタログの価格は、全て税抜表示となっています。

無線化工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。 朝日音響 検索

常に半歩、先を走る



朝日音響株式会社

〒771-1350 徳島県板野郡上板町瀬部
FAX: 088-694-5544 (代) TEL: 088-694-2411 (代)
<http://www.asahionkyo.co.jp/>

労働力不足やオペレータの高齢化、安全やコスト、工期に関わる
現場の課題を、お客様とともに解決していきたいと私たちコマツは考えました。
現場全体をICTで有機的につなぐことで生産性を大幅に向上。
そんな「未来の現場」を創造していくソリューションです。

次代に向けて、 知性をその手に。

～ICT建機、ラインナップ拡充～

ICT油圧ショベル

複雑なレバー操作なしでも
高効率な施工を実現。

GNSS* アンテナと基準局から得た刃先の
位置情報、施工設計データをもとに、
作業機操作のセミオート化を実現した世界初の
マシンコントロール油圧ショベルです。

*GNSS(Global Navigation Satellite
System)GPS、GLONASS等の
衛星測位システムの総称。

PC200i

PC128USi

ICTブルドーザ

世界で初めて掘削から仕上げの整地までのブレード操作を自動化。また、粗掘削時にブレード負荷が増大すると、
シュースリップが起こらないように自動でブレードを上げて負荷をコントロールし、効率良く掘削作業が行えます。
さらに、事前に設定した設計面に近づくと自動認識して、粗掘削から整地に自動的に切り換わります。



D37PXi



D61PXi



D65PXi/EXi



D85PXi/EXi



D155AXi

KOMATSU

コマツ 国内販売本部

〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6 <http://www.komatsu.co.jp/>

動画でご紹介

