

# 建設の施工企画 12

2011 DECEMBER No.742 JCMMA

稼働中の洋上風力発電所



## 建設施工の地球温暖化対策・環境対策 特集

- 建設施工における地球温暖化対策
- コンクリート塊の再資源化による二酸化炭素固定
- ウィンド・パワー・かみす風力発電所工事
- 中温化(低炭素)アスファルト舗装のCO<sub>2</sub>削減効果
- オフロッド法2011年基準適合油圧ショベル
- 新世代ハイブリッドショベルの紹介
- 建設機械の燃費評価方法
- オーダーメイド型の土壌・地下水浄化技術
- 海上工事で発生する海底振動が周辺生物へおよぼす影響
- 鉄鋼スラグによる海域環境改善技術
- 建設リサイクルの状況
- 建機製品の環境負荷物質低減活動の動向

社団法人 日本建設機械化協会

平成24年度

## (社)日本建設機械化協会会長賞の募集について

拝啓 時下ますますご清栄のこととお慶び申し上げます。

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

本協会では、**(社)日本建設機械化協会会長賞**を創設し、平成元年度から、建設事業の高度化に関し顕著な功績をあげた業績について表彰して参りました。

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

敬具

### 記

#### 1. 表彰の目的

我が国の建設事業における**建設機械及び建設施工に関する技術等に関して、調査・研究、技術開発、実用化等**により、その高度化に顕著な功績をあげたと認められる業績を表彰し、もって**国土の利用、開発及び保全並びに経済及び産業の発展に寄与**することを目的とします。

#### 2. 表 彰 対 象

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

#### 3. 表彰の種類

表彰は、本賞（**会長賞**）、**貢献賞**及び**奨励賞**とします。

受賞者には賞状及び副賞として1件につき下記の賞金を授与します。

副賞賞金 本 賞・・・50万円

貢献賞・・・20万円

奨励賞・・・10万円

#### 4. 表 彰 式

本協会通常総会（**平成24年5月30日（水）**）終了後に行います。

#### 5. 応 募

別紙「**(社)日本建設機械化協会会長賞募集要領**」に基づく、**応募用紙**の提出により行われます。なお、**自薦、他薦を問いません**。応募の締め切りは、**平成24年1月31日（火）（必着）**です。

#### 6. 選 考

本協会が設置した「**(社)日本建設機械化協会会長賞選考委員会**」で選考致します。なお、該当する業績が無い場合は表彰致しません。

#### 7. そ の 他

受賞業績は、本協会機関誌「**建設の施工企画**」及び本協会HPに、応募業績は本協会HPに掲載致します。

以上



## (社)日本建設機械化協会会長賞募集要領

1. 表 彰 対 象 本協会の団体会員、支部団体会員、個人会員又は関係者のうち表彰目的に該当する業績のあった団体、団体に属する個人及びその他の個人。
2. 募 集 の 方 法 表彰候補の団体、団体に属する個人及びその他の個人の応募による。
3. 応 募 の 方 法 協会所定の応募用紙による。応募用紙は、当協会のホームページ(<http://www.jcmanet.or.jp/>)からダウンロードし、必要事項を記載の上、Excel形式で、電子メールにてお申し込み下さい。  
なお、これによりがたい場合は別途お問い合わせ下さい。
4. 記 載 方 法
  - 「業績内容の概要」を記述する(1ページ以内)
  - 「業績内容」(下記 a から j まで項目順に、簡潔に 10 ページ以内)
    - a. 業績の行われた背景
    - b. 業績の詳細な技術的説明
    - c. 技術的効果
    - d. 経済的効果
    - e. 施工または生産・販売実績
    - f. 類似工法または類似機械との比較
    - g. 特許、実用新案のタイトル(出願、公開、登録、国内・国外を明記)
    - h. 波及効果
    - i. 開発コストおよび販売価格
    - j. 他団体の表彰等に応募中か、すでに表彰を受けているかを記述
  - 参考資料として次のものを添付して下さい。
    - a. 特許関係(公開または登録済みのものの写し)
    - b. カタログ
    - c. 学会、技術誌等への発表論文があれば、そのコピー
  - 提出物  
応募用紙(「推薦書」・「業績の内容」セットのもの)  
参考資料
5. 申込・問合せ先  
(社)日本建設機械化協会 白鳥宛 E-mail : [shiratori@jcmanet.or.jp](mailto:shiratori@jcmanet.or.jp)  
TEL 03-3433-1501 FAX 03-3432-0289

2012年（平成24年）9月11日（火）  
**第13回建設ロボットシンポジウム**  
(The 13th Symposium on Construction Robotics in Japan)  
ー 建設産業をリードするロボット技術（RT）&情報通信技術（ICT）ー  
**論文募集のご案内**

会場：早稲田大学 国際会議場 井深大記念ホール （総合学術情報センター）  
（東京都新宿区西早稲田1-20-14、TEL：03-5286-1755）

■主催（順不同・予定）

公益社団法人土木学会、社団法人日本建築学会、一般社団法人日本ロボット学会、財団法人先端建設技術センター、社団法人日本建設機械化協会、社団法人日本ロボット工業会

■後援（順不同・予定）

経済産業省、国土交通省、独立行政法人土木研究所、独立行政法人建築研究所、社団法人日本建設業団体連合会、公益社団法人地盤工学会

■協賛（順不同・予定）

一般社団法人日本機械学会、社団法人電気学会、公益社団法人計測自動制御学会、公益社団法人精密工学会、社団法人日本測量協会

■趣旨

このたびの東日本大震災及び福島原子力災害の被災地の方々におかれましては心よりお見舞い申し上げます。今般、建設ロボット研究連絡協議会及び建設ロボット関連団体共催による「第13回建設ロボットシンポジウム」を開催いたしますので、ここにご案内申し上げます。

平成23年3月に発生した東日本大震災における復旧・復興で大きな役割を担っている建設ロボットや無人化施工システム等に対する社会的評価が高まり、危険作業のロボット化など新たな分野を含めて、その効果的かつ長期的な活用が強く望まれている現状にあります。

一方、ロボット技術や情報通信技術等の急速な進歩により、従来、極めて困難とされていた建設工事における高度な省力化・自動化・ロボット化が可能になりましたが、解決しなければならない問題も数多く残されていることも事実であります。具体的な解決方法として新しい技術によって電子化された多くの情報を上手く活用していく工夫も課題になっています。

このような時代背景に沿って、わが国の建設産業における建設ロボット分野の技術革新と建設生産システムの先進化を促進するために、本シンポジウムの総合テーマ「建設産業をリードするロボット技術（RT：Robot Technology）&情報通信技術（ICT：Information and Communication Technology）」の下、今回はサブテーマとして「巨大災害を越えて明日の日本を創る建設ロボット」を掲げております。

本シンポジウムでは、土木・建築をめぐる施工分野でのロボット技術（RT）と情報通信技術（ICT）との現状と将来を展望するとともに、建設生産の将来展望、計画・管理技術、要素技術、適用事例等の発表を予定しており、わが国の国土基盤整備や新領域等の各分野をめぐる諸問題を解決すべく建設ロボットの開発とその導入、普及促進等に寄与することを期待しております。

以上の主旨と内容をご理解の上、関連する各分野からの積極的な論文のご応募とご参加を頂きます様、ご案内申し上げます。

■優秀論文賞の表彰

本シンポジウムでは、投稿頂いた論文の中から、審査委員会の審査を経て、優秀な論文に対して表彰します。

■併催事業

併催事業として、本シンポジウムテーマに関連しているロボット及び関連機器等に関するパネルおよびポスター等の展示を目的とした、パネル&ポスター展示（出品有料）を企画しています。

## ■論文募集内容

論文の応募に際しては、以下の各セッションの内容や項目を参照して下さい。各セッションの名称については変更できませんが、セッション内のそれぞれの項目については代表的と思われるものについて列挙しております。

- (1) 建設生産についての将来展望
  - ①建設ロボット開発をめぐる状況、②建設現場のロボット化・ICT化のニーズ、③ロボット化施工と設計の課題・BIMへの対応、④ロボット化をめぐる計画・管理の諸問題、⑤その他
- (2) 計画・設計・管理技術
  - ①工事計画（工程計画、工事シミュレーション）、②管理技術（3Dデータ、VR、施工シミュレーション、GIS関連、3D-CAD、4D/5D-CAD、ステージコンストラクション、設計最適化）、③ICTの活用（データベース、CALS/EC、データ交換）、④その他
- (3) 新領域への取り組みとアプリケーション
  - ①環境保全（地球温暖化対応、省エネ）、②工事環境改善（騒音・振動、粉塵対策、環境モニタリング、作業環境の向上）、③安全性向上（安全監視、安全装置・システム、防犯）、④危険物処理（発掘処理、アスベスト除去、汚染土処理・除去）、⑤統合化生産システム（ビル、トンネル、ダム、海洋、造成、道路、地下・基礎）、⑥低コスト化（ライフサイクルコスト低減、省力・省人、施工最適化）、⑦工期短縮（急速施工、プレハブ化）、⑧無人化（無人化施工、遠隔操作、オペレーション支援）、⑨災害対応（探査技術、災害復旧技術、耐震・液状化対策）、⑩その他
- (4) ライフサイクルへの適用
  - ①維持管理（メンテナンス、クリーニング、運用、サービス）、②調査診断（検査、計測、点検、構造モニタリング、センサネットワーク）、③リニューアル・解体（補修、改修、解体自動化）、④その他
- (5) ロボット・キーテクノロジー
  - ①センシング・認識（センサ開発、ビジョン、音声認識、SLAM）、②アクチュエーション・メカニズム（アクチュエータ開発、新メカニズム）、③制御系（テレオペレーション、パワーアシスト、人ロボット協調）、④マニピュレーション（エンドエフェクタ、作業理解、作業モデル）、⑤移動（移動メカニズム、ナビゲーション）、⑥インテリジェンス（学習、人工知能、環境構造化、ユビキタス）、⑦ヒューマンインタフェース（操作デバイス、ディスプレイ技術、VR）、⑧システムインテグレーション（作業移動、ヒューマノイド、RTミドルウェア化）、⑨その他

## ■論文募集要領（優秀な発表論文を表彰いたします。）

論文審査は論文アブストラクト審査と本論文審査の2段階とします。

採択論文の登載および発表については、20,000円の登録料が必要となります。

- (1) 応募者は論文要旨（アブストラクト）A4判用紙2枚（和文で1,000字程度）以内に下記事項を記入の上、送付して下さい。
  - ①テーマ内容番号（例：ICTの活用（2）－③）
  - ②論文題目
  - ③発表者名（連名の場合は、発表者に○印）
  - ④勤務先名、所属、役職、勤務先住所、TEL、FAX、E-mail
- (2) 論文アブストラクト提出締切日：平成24年1月27日（金）（事務局必着厳守）
- (3) 審査の上、採用決定論文については、本論文の作成を依頼します。

本論文は、6頁以上10頁以下とし、その構成（目的、方法、結果と考察、結論）、文章及び図表等は、学術論文として相応しい体裁で仕上げて下さい。
- (4) 本論文提出締切日：平成24年4月27日（金）（事務局必着厳守）

なお、審査の上、査読結果を6月頃に通知します。
- (5) 論文発表時間：20分／編（予定）

### 問合せ先・送付先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館  
社団法人日本ロボット工業会 建設ロボットシンポジウム事務局  
TEL：03-3434-2919、FAX：03-3578-1404  
E-mail：forum@jara.jp、URL <http://www.jara.jp/>





# ゆきみらい2012in金沢 開催のお知らせ

平成 24 年 2 月 2 日（木）～2 月 3 日（金）に石川県金沢市において、  
第 24 回ゆきみらいが下記をテーマに開催されます。

## 「冬の北陸 地域の活力がにぎわいを！」

### ■概要

名 称 / ゆきみらい 2012in 金沢

開催期間 / 平成 24 年 2 月 2 日（木）～2 月 3 日（金）

開催場所 / 石川県金沢市

主 催 / 「ゆきみらい 2012in 金沢」実行委員会

国土交通省北陸地方整備局、石川県、金沢市、(社)北陸建設弘済会、  
(社)雪センター、(社)日本建設機械化協会、(社)石川県建設業協会、  
(社)金沢建設業協会、(社)石川県観光連盟、金沢市観光協会、  
金沢商工会議所、東日本高速道路(株)新潟支社、  
中日本高速道路(株)金沢支社

### ■実施内容

#### ゆきみらいシンポジウム

・開 催 日 / 平成 24 年 2 月 2 日（木）14:00～17:00

・会 場 / 石川県立音楽堂 邦楽ホール（金沢市昭和町 20-1）

#### ゆきみらい研究発表会

・開 催 日 / 平成 24 年 2 月 3 日（金）9:30～17:00

・会 場 / 石川県立音楽堂 邦楽ホール、交流ホール（金沢市昭和町 20-1）

#### ゆきみらい見本市

・開 催 日 / 平成 24 年 2 月 2 日（木）～3 日（金）10:00～17:00

・会 場 / 金沢駅東もてなしドーム地下イベント広場（金沢駅東広場地下）

#### 除雪機械展示会

・開 催 日 / 平成 24 年 2 月 2 日（木）10:00～16:00

3 日（金）10:00～15:00

・会 場 / 城北市民運動公園（金沢市磯部町ニ 25）

#### <全体スケジュール>

|             | 2/2(木) | 2/3(金) |
|-------------|--------|--------|
| ゆきみらいシンポジウム | ←→     |        |
| ゆきみらい研究発表会  |        | ←→     |
| ゆきみらい見本市    | ←→     | ←→     |
| 除雪機械展示会     | ←→     | ←→     |

○時間については、変更の場合もあります。

○これらの内容につきましては、下記でもご覧いただけます。

ゆきみらい 2012in 金沢ホームページ (<http://www.hrr.mlit.go.jp/yuki/index.html>)

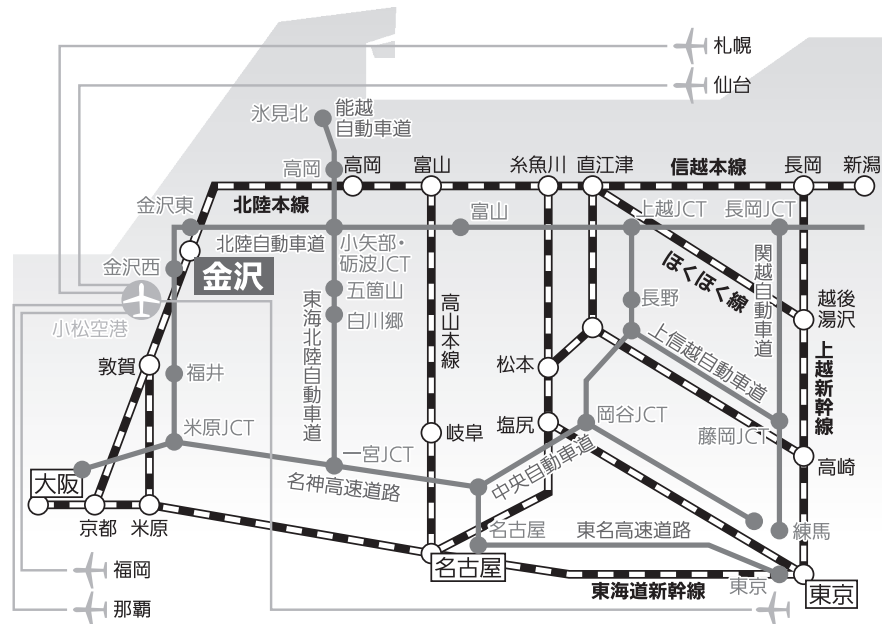
○お問い合わせ等に関しましては、下記実行委員会事務局までご連絡下さい。

○実行委員会事務局：〒950-8801 新潟市中央区美咲町 1-1-1

国土交通省 北陸地方整備局 企画部 広域計画課 TEL 025-370-6687

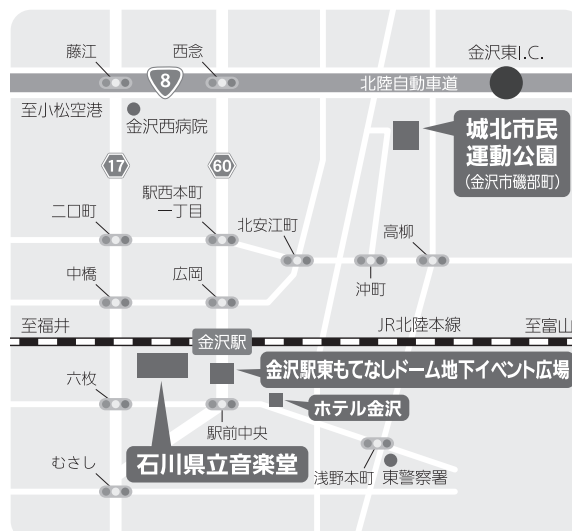
## ■金沢へのアクセス

- J R で
  - 東京から 東海道新幹線(米原のりかえ) ひかり・しらさぎ 約4時間
  - 上越新幹線(越後湯沢のりかえ) とき・はくたか 約3時間50分
  - 大阪から サンダーバード 約2時間30分
  - 名古屋から 東海道新幹線(米原のりかえ) ひかり・しらさぎ 約2時間20分
  - しらさぎ 約2時間50分
- 飛行機で
  - 東京から 羽田から 約1時間(全日空・日本航空)
  - 成田から 約1時間15分(全日空)
  - 北海道から 札幌(千歳)から 約1時間30分(AIR DOと全日空の共同運行)
- 自動車で
  - 東京から 東京ICから金沢東ICまで 約578km
  - 練馬ICから金沢東ICまで 約455km
  - 名古屋から 名古屋ICから金沢西ICまで 約252km



## ■会場へのアクセス

- お車で越しの方は「城北市民運動公園」駐車場をご利用ください。
- 当日は「金沢駅西口」と「城北市民運動公園」を結ぶ無料シャトルバスを運行いたします。(2月2日・2月3日 9時～18時)
- ゆきみらいシンポジウム、ゆきみらい研究発表会、ゆきみらい見本市の会場周辺の駐車場につきましては、混雑が予想されますので、公共交通機関をご利用ください。



# 欧州建設機械化視察団 団員募集のお知らせ

## INTERMAT 2012(フランス・パリ)

ドイツで開催される「bauma」に続き世界第2位の規模を誇る建設機械展示会「インターマット2012」が、前回(2009年)よりもさらに内容を充実させて、2012年4月16日(月)～4月21日(土)の間、フランスのパリ・ノール見本市会場で開催されます。日本建設機械化協会では、この機会に、本展示会とパリ/ロンドンの工事施設を視察する欧州建設機械化視察団を企画いたしました。

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

### 【展示会概要】

【開催地】フランス・パリ

【期 間】2012年4月16日(月)～21日(土)

【周 期】3年毎

【主 催】S.E. INTERMAT

【会 場】パリ・ノール見本市会場

【出展社】1,400社(2009年実績)

【入場者】184,519人(2009年実績)

### 【主要出展品目】

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

### 日 程 表

| 日次 | 月日曜                   | 発着地／滞在地名         | 発着現地時刻   | 交通機関名       | 摘 要                                               |
|----|-----------------------|------------------|----------|-------------|---------------------------------------------------|
| 1  | 2012年<br>4月15日<br>(日) | 東京(成田)発<br>パリ 着  | 午前<br>午後 | 航空機<br>専用バス | 空路、パリへ<br>到着後、ホテルへ<br>(パリ泊)                       |
| 2  | 4月16日<br>(月)          | パリ 滞 在           | 終 日      | 専用バス        | ◎インターマット(INTERMAT)2012視察<br>(パリ泊)                 |
| 3  | 4月17日<br>(火)          | パリ 滞 在           | 終 日      | 専用バス        | ◎インターマット(INTERMAT)2012視察<br>◎オプション(別途料金)<br>(パリ泊) |
| 4  | 4月18日<br>(水)          | パリ 発<br>ロンドン 滞 在 | 午前<br>午後 | 列車<br>専用バス  | ユーロスターにてロンドンへ<br>◎ロンドン市内視察<br>(ロンドン泊)             |
| 5  | 4月19日<br>(木)          | ロンドン 滞 在         | 終 日      | 専用バス        | ◎ロンドン市工事施設視察<br>(ロンドン泊)                           |
| 6  | 4月20日<br>(金)          | ロンドン 発           | 夕 方      | 航空機         | 空路、帰国の途へ<br>(機内泊)                                 |
| 7  | 4月21日<br>(土)          | 東京(成田) 着         | 午 後      |             | 到着後、入国審査及び通関手続終了後、解散                              |

※発着地及び交通機関は変更になることがあります。

視察期間 2012年4月15日(日)～4月21日(土) 5泊7日

視 察 地 パリ・ロンドン(2都市)

催行人員 最少催行人員15名(添乗員同行)

参 加 費 お一人様365,000円 1人1室 (空港税・燃油サーチャージ別途)

締 切 日 募集締切日は2012年3月9日(金)

募集パンフレット請求先⇒ 近畿日本ツーリスト(株) 第5営業支店 担当:宮(キュウ)/久保田

TEL03-6891-9305 FAX03-6891-9405

E-mail: kyu051108@mb.knt.co.jp

●御問い合わせ先●

社団法人 日本建設機械化協会  
〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2階  
TEL03-3433-1501 FAX03-3432-0289  
担当:鈴木 勝

## 平成 23 年度 建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集

- 発 刊：平成 23 年 11 月 25 日
- 本の体裁：A4判 モノクロ 約 250 ページ  
CD-ROM 付き
- 価格（税込）： 2,000 円
- 送料（単価）： 600 円（沖縄県を除く日本国内）

※ 複数発注の場合は、送料単価を減額します。

### ■ 内 容

本協会では事業活動の一環として、毎年、建設機械と施工法に関する技術の向上を図ることを目的に日頃の研究・開発の成果を発表する「建設施工と建設機械シンポジウム」を開催しており、今年度は平成 23 年 11 月 30 日～12 月 1 日に機械振興会館にて行われました。

本論文集は、このシンポジウムの発表論文をとりまとめたもので、今回は東日本大震災の影響により、災害、防災、復旧・復興は一つの大きなテーマとなっていますが、それ以外にも ICT の利活用、環境保全・省エネ対策といった近年の話題も多く取り入れられており、これらを含めた 38 編の論文とポスターセッション 10 編の発表内容や施工技術総合研究所の研究発表、さらには本協会の研究開発助成の成果報告も掲載されております。



# 建設の施工企画

2011 年 12 月号 No. 742

## 目 次

### 建設施工の地球温暖化対策・環境対策 特集

|    |                                          |             |
|----|------------------------------------------|-------------|
| 3  | 巻頭言 大規模な災害における復旧と環境配慮                    | 島谷 幸宏       |
| 4  | 建設施工における地球温暖化対策                          |             |
|    | 建設機械の燃費基準の創設, 低炭素型建設機械の普及支援              | 山下 尚        |
| 9  | コンクリート塊の再資源化による二酸化炭素固定                   |             |
|    | 建設リサイクルを通じた吸収作用の保全・強化の展望                 | 曾根 真理・神田 太朗 |
| 14 | ウインド・パワー・かみす風力発電所工事                      | 矢嶋 英明       |
| 20 | 中温化(低炭素)アスファルト舗装の CO <sub>2</sub> 削減効果   | 井原 務        |
| 25 | オフロード法 2011 年基準適合油圧ショベル                  |             |
|    | 336E/336EL の市場導入                         | 遠藤 史崇       |
| 30 | 新世代ハイブリッドショベルの紹介                         |             |
|    | ZH200                                    | 奥村 信也       |
| 34 | 建設機械の燃費評価方法 JCMAS 燃費試験方法と燃費評価値           | 田中 利昌       |
| 39 | オーダーメイド型の土壌・地下水浄化技術                      |             |
|    | バイオブレンディー工法                              | 大塚 誠治・河合 達司 |
| 44 | 海上工事で発生する海底振動が周辺生物へおよぼす影響                | 竹山 佳奈・磯貝 哲也 |
| 49 | 鉄鋼スラグによる海域環境改善技術                         | 中川 雅夫       |
| 54 | 建設リサイクルの状況                               | 畑中 俊昭       |
| 61 | 建機製品の環境負荷物質低減活動の動向                       | 鍋岡 和之       |
| 66 | 交流の広場 地中熱利用の現状と展望                        | 服部 旭        |
| 70 | ずいそう 『私の柔道, 世界大会』                        | 杉本 美香       |
| 71 | ずいそう 目指せ 80 歳の鉄人!                        | 東江 安美       |
| 72 | 部会報告 我が国における締固め機械の変遷(その 4. 昭和 60 年~63 年) |             |
|    | 機械部会 路盤・舗装機械技術委員会(締固め機械変遷分科会)            |             |
| 77 | 部会報告 ISO/TC 127(土工機械)の国際作業グループ会議報告       |             |
|    | 標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家(Expert)     |             |
| 88 | 新工法紹介                                    | 機関誌編集委員会    |
| 89 | 新機種紹介                                    | 機関誌編集委員会    |
| 90 | 統計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移                    | 機関誌編集委員会    |
| 91 | 行事一覧(2011 年 10 月)                        |             |
| 94 | 編集後記                                     | (富樫・松澤)     |
|    | 「建設の施工企画」既刊目次一覧                          |             |

### ◇表紙写真説明◇

#### 稼働中の洋上風力発電所

写真提供: (株)熊谷組

ウインド・パワー・かみす風力発電所は、茨城県神栖市南浜海上に 2,000 kW 級の風力発電所 7 基(ローター直径 80 m・ハブ高さ 60 m)を建設するものであり、国内初の外洋に面した海上に設置された風力発電所である。基礎形式は、モノパイル(大口径鋼管杭φ3500, L = 24.5 m, t = 44 mm)方式を採用した点に特徴がある。

2011 年(平成 23 年) 12 月号 PR 目次

【ア】

朝日音響(株)……………表紙 2

【カ】

カヤバシステムマシナリー(株)……………後付 10

コベルコ建機(株)……………後付 1

【サ】

三一国際発展有限公司……………表紙 4

【タ】

大和機工(株)……………後付 9

株鶴見製作所……………後付 6

デンヨー(株)……………後付 7

【マ】

マシン ケアテック(株)①……………後付 2

マシン ケアテック(株)②……………後付 3

マルマテクニカ(株)……………後付 5

三笠産業(株)……………後付 4

株三井三池製作所……………表紙 3

【ヤ】

吉永機械(株)……………後付 9

## 第5回 日本建設機械化協会 研究開発助成

建設機械及び建設施工技術に係る研究開発・調査研究であって、以下のいずれかに該当する新規性、必要性又は発展性が高いとともに、研究計画に妥当性があると判断されるものを対象とします。

- ①建設機械と建設施工の合理化
- ②建設機械と建設施工の環境保全
- ③防災・安全対策・災害対応
- ④建設施工の品質確保

⑤東日本大震災からの教訓に基づく技術開発

### 1. 助成対象者

大学、高等専門学校及びその附属機関、もしくは法人格を有する民間企業等に所属する研究者及び研究グループ

### 2. 助成内容

- ①1件につき原則200万円以内
- ②原則として研究着手時に全額を交付
- ③研究は単年度で完結させるものとし、同一テーマへの助成は2回まで

### 3. 公募期間

8月1日(月)～10月31日(月)；終了

### 4. 助成決定

平成23年12月中旬

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会

研究開発助成事務局 鈴木

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

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

## 平成23年度 施工技術報告会のご案内 「最近の建設技術、保全技術、環境と施工事例」

直接、設計・施工・保全に携わった方々に施工技術の成果を報告していただく「施工技術報告会」を毎年企画しております。日頃直面している諸問題について関係各位の相互啓発にたいへん参考になると存じますので、多数ご参加いただきたくご案内いたします。

期日：平成24年2月3日(金)

場所：建設交流館8F グリーンホール  
(大阪市西区立売堀2-1-2)

定員：200名(先着順)

参加費：

会員5,000円、非会員7,000円

(いずれも講演概要資料代を含む)

申込期限：平成23年12月22日(木)

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会 関西支部

TEL：06-6941-8845

FAX：06-6941-1378

e-mail：jcmakans@muse.ocn.ne.jp

## 2012年開催「国際大ダム会議」出展のご案内

「国際大ダム会議第80回年次例会及び第24回大会」が2012年に開催されます。会議の一環として展示ブースが設置されることとなっており、当協会においても出展を行います。

### 1. 募集内容

展示パネルサイズ(基本)：A1縦長パネル

利用料(A1)：30,000円/枚

申込期限：平成23年8月1日(月)；終了

### 2. 展示概要

期間：平成24年6月5日～8日

場所：国立京都国際会館

展示ブース(1ブース)の大きさ：

3.0×3.0×2.5m(幅×奥行×高さ)

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会 白鳥

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

e-mail：shiratori@jcmanet.or.jp

## 新年賀詞交歓会のご案内

平成24年を迎えるにあたり、新年賀詞交歓会を開催いたします。万障お繰り合わせのうえ、ご来臨賜りますようお願い申し上げます。

### 1. 日時

平成24年1月10日(火)午後4時～

### 2. 場所

機械振興会館 地下2階ホール

(東京都港区芝公園3丁目5番8号)

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

## 巻頭言

## 大規模な災害における復旧と環境配慮

島谷 幸宏



2011年3月11日、東日本大震災が発生し、我が国は大きな被害を受け、被災地では復旧復興への懸命の努力が続いている。土木分野においても、様々な施設が被害を受け、中でも海岸施設の被災は甚大であった。国土交通省の発表によると、岩手、宮城、福島海岸延長1,700 kmのうち、海岸堤防等がある海岸は約300 km、そのうち約190 kmの堤防が全半壊となった。これらの本復旧がいよいよ本格化するが、おおむね平成24年度までの竣工を目指している。

今回の復旧に当って、L1、L2と呼ばれる、2つの安全度のレベルが議論された。東日本大震災復興構想会議では、「防波堤・防潮堤については、比較的頻度の高い津波、台風時の高潮・高波などから陸地を守る性能を持ったものとして再建する。」とされた。ついで、中央防災会議専門調査会からは「海岸保全施設等の整備の対象とする津波高を大幅に高くすることは、施設整備に必要な費用、海岸の環境や利用に及ぼす影響などの観点から現実的ではない。しかしながら、人命保護に加え、住民財産の保護、地域の経済活動の安定化、効率的な生産拠点の確保の観点から、引き続き、比較的頻度の高い一定程度の津波高に対して海岸保全施設等の整備を進めていくことが求められる。」とされた。

この基本的な考え方に基づき、国土交通省は、すべての海岸に対して同一基準、同一安全水準（数十年～百数十年の頻度で発生している津波、過去の高潮）を対象に海岸堤防の復旧高さを設定する方針を決めた。この安全度のレベルがL1と呼ばれるレベルである。一方、今回発生した数百年あるいは千年に一度と推定される最大級の津波をL2と呼んでいる。L2に対しては、海岸堤防や道路などの複数の盛土構造物による多重防御や住民避難を柱とした総合的な防災対策が実施されることとなっている。

以上のように、海岸堤防に対してはL1対応の堤防高を基本とし、L2対応に関しては「粘り強い堤防」という概念が議論されている。粘り強いとは、L2外力に対しても一瞬で壊れるのではなく、なるべく壊れにくい堤防にしようという技術思想であり、今回の災害を契機に提案された考え方である。

これらの考え方は、比較的頻度の高い外力には対処するが、頻度が低く、極めて大きな外力に対しての対応は無理であるという対処方法である。おそらく我が国の近代土木施設の設計史において、初めての対処概念ではないかと思う。また、構造物が粘り強いという

概念は、破壊しないということではなく、瞬間的に壊滅的に破壊することを防ぐという概念である。具体的には土の堤防をコンクリートにより被覆する、堤脚部への浸食防止構造物の設置などが検討されている。この考え方も新しく出てきた考え方である。

さらに、国土交通省水管理国土保全局は、上記に示した、長大な海岸堤防等が景観・環境に及ぼす影響を軽減するため「河川・海岸構造物の復旧における景観検討会」を9月に設置した。筆者はこの座長を務めさせていただいたが、この検討会では、堤防の位置・線形、堤防の法面処理、堤防の天端処理、裏法尻等の覆土、海岸林・樹木等の活用、階段等の付帯施設、水門等の構造物に対して、景観あるいは生態系への影響を軽減するための配慮項目を具体的に示すガイドラインを作成した。6つの典型的な場所について、堤防の位置の複数案を示し、配慮事項をパース図等に示し、視覚的景観、地域性、生態系、サステナビリティ（持続可能性）、コストの5つの観点からそれぞれの案を評価し、示した。今後、災害復旧が本格化するが、このガイドラインに沿って復旧が行われることとなる。東日本大震災の復旧においても、いち早く環境面への配慮がなされたことは評価されるであろう。

以上のように、東日本大震災の災害復旧に当たっては、これまでの災害復旧の概念を超える様々な対処がなされている。これらの評価は今後を待たないといえないが、大規模な災害復旧においても環境への高い配慮が近年なされてきていることには注目してよいであろう。今年の春、鹿児島県川内川では5年前の大水害からの復旧工事がおおむね終了し、大規模な分水路が2つ完成した。1つは曾木分水路である。溶結凝灰岩の地盤を自然の地形に沿って掘削することにより建設された分水路である。完成直後から自然渓谷状の景観を呈した素晴らしい分水路である。もう1つは、さらに下流に建設された虎居分水路である。曾木分水路掘削時に発生した巨大な岩石を活用した、城壁状の石組構造物の分水流路と曲線上の石造りの固定堰からなる構造物である。重厚でいて、自然景観にも調和した、素晴らしい景観を呈している。平成になって、大規模災害復旧時の環境配慮は常識となりつつあるが、今後大規模な災害復旧に携わる方にはぜひ見ていただきたい構造物である。



# 建設施工における地球温暖化対策

## 建設機械の燃費基準の創設，低炭素型建設機械の普及支援

山下 尚

国土交通省では、「建設施工の地球温暖化対策検討分科会」（分科会長：永田勝也早稲田大学教授）を設置し、建設施工における地球温暖化対策として、建設機械の燃費性能の評価（燃料消費量評価）、燃費基準値の設定、燃費の良い建設機械の認証制度についての検証を進めてきた。平成23年2月に開催された分科会において、油圧ショベル、ホイールローダ、ブルドーザの主要3機種は燃費基準値を決定するとともに、認証制度の制度検討を行い、2014年からの認証開始を決定したところである。本稿では、CO<sub>2</sub>排出量削減のための認証制度のほか、低炭素型建設機械などについて紹介する。

キーワード：地球温暖化対策，CO<sub>2</sub>削減，燃費，燃費基準値，トップランナー，認証制度，JCMAS，低炭素型建設機械

### 1. はじめに

温室効果ガス対策については、温室効果ガスの削減量を2020年までに25%削減、2050年までに80%削減（いずれも1990年比）とする中長期目標を定めた地球温暖化対策基本法案が平成22年10月8日に閣議決定されるなど、我が国の地球温暖化対策の基本的な方向性がまとめられてきたところである。これらの中長期目標を達成するためには、あらゆる政策を総動員することが必要であり、省エネルギー化の推進や再生

可能エネルギーの導入等による低炭素型社会の構築に取り組むことが重要である。

また、東日本大震災および東京電力福島第1原子力発電所の事故等を受け、原子力を軸としたこれまでのエネルギー政策について、太陽光発電・風力発電などの再生可能な自然エネルギーや省エネルギーの導入が議論され、地球温暖化対策と密接なエネルギー計画の練り直しが現在進んでいるところである。

国土交通省では、温室効果ガス排出量の多い運輸、住宅部門を所管しており、運輸部門の主な対策として

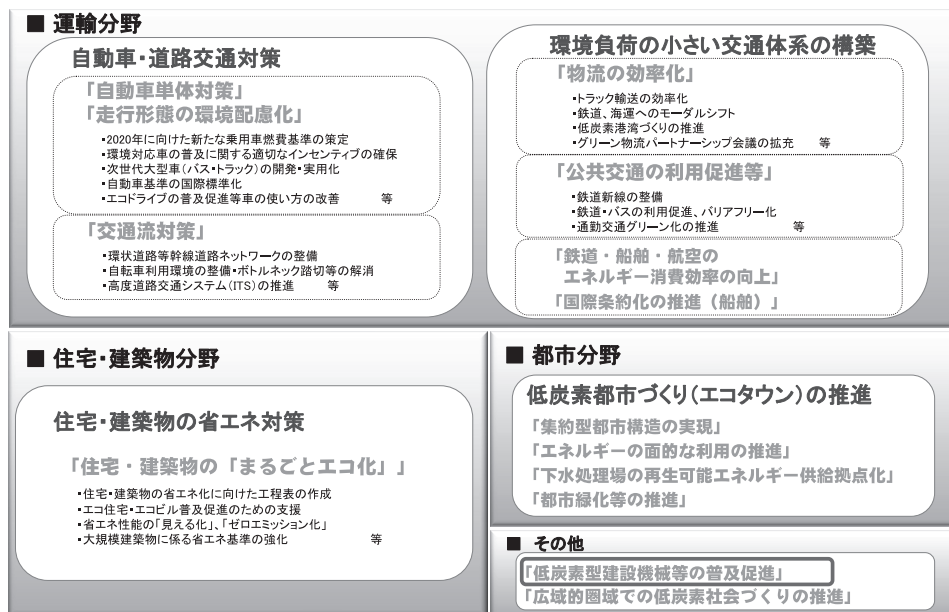


図1 国土交通省の地球温暖化対策（中長期目標の達成に向けて）

燃費の優れた自動車の普及促進を図る「自動車単体対策」や自転車道の整備などの「交通流対策」を、家庭部門においては断熱性能の向上などを図る「住宅・建築物対策」、下水道における「新エネ・省エネ対策」や都市緑化などを進めているところである（図—1）。

建設施工分野においては、低炭素型建設機械等の普及促進など、温室効果ガスの排出量を削減し、温室効果ガスの排出ができる限り抑制された建設施工を目指していくなどの対策を進めていくこととしている。

## 2. これまでの建設施工の省エネルギー施策

建設機械から排出される CO<sub>2</sub> 総排出量は 1990 年時点で約 1,400 万 t、2002 年時点で約 1,100 万 t と推定されており、国内総排出量の約 1% を占めている。排出量削減の取り組みとして、平成 15 年に CO<sub>2</sub> 排出量の算定方法、低 CO<sub>2</sub> 排出資機材・工法の選定方法、省エネ運転方法などを紹介した「建設施工における地球温暖化対策の手引き」「省エネ運転マニュアル」などが業界の協力のもとにとりまとめられた。

また、平成 17 年には京都議定書目標達成計画の目標に建設機械からの CO<sub>2</sub> 排出量の 10% 削減を掲げるとともに、CO<sub>2</sub> 排出低減効果のある建設機械の普及促進を目的として、新規製作時に省エネモードや可変容量型油圧ポンプ、油圧制御機構などの省エネ機構を具備した建設機械を「低燃費型建設機械」として指定する制度を平成 19 年から開始している（現在は指定終了）。

さらに、CO<sub>2</sub> 排出削減効果の高い建設機械の普及策として、エネルギー回生機構などを有する、いわゆる、ハイブリッド型の建設機械に対し、「低炭素型建設機械」として認定する制度を平成 22 年度から開始している（図—2）。

建設機械から排出される CO<sub>2</sub> の総量を削減するためには、ハイブリッド機構といった先進の特殊機構によ

り排出量削減を達成した建設機械の普及を進めていくのみならず、通常一般的な建設機械に対しても省エネ可能な技術開発のインセンティブが与えられ、建設機械ユーザーがその省エネ効果（CO<sub>2</sub> 排出削減量）を数値的に認識できるようになる燃費基準、認証制度を創り、その制度の普及を進めることが必要と考えられる。

本報文では、新たに準備を進めている燃費基準、認証制度について概説する。

## 3. 燃費性能の評価

国土交通省では、地球温暖化対策の一つとして建設機械から排出される CO<sub>2</sub> 排出量の削減を目的に、「建設施工の地球温暖化対策検討分科会」（分科会長：永田勝也早稲田大学教授）を設置し、前述の建設施工における地球温暖化対策の手引きなどの検討を進めてきたところであるが、近年は建設機械の燃費性能の評価（燃料消費量の評価）について検討を進めてきた。

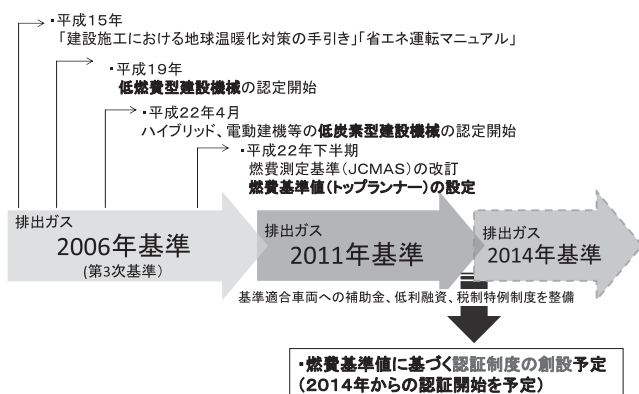
国内で使用される建設機械全体の省エネルギー化を進め、CO<sub>2</sub> 排出量を削減していくためには、新たに販売される建設機械の燃費が改善されていくことが求められる。燃料の高騰により燃費に対するユーザー意識は高まっているとはいえ、燃費性能を適切に評価する手段がなければ、ユーザーが燃費改善された建設機械を選ぶことは難しい。多種多様な施工を行う建設機械の燃費性能を適切に評価することができるようになれば、ユーザーはその評価に基づき燃費の改善された建設機械を選択することができるようになる。

さらに、その燃費性能の評価手法がユーザーに浸透し広く認知されるようになれば、その評価手法を前提として各製作メーカーによる燃費改善のための技術開発が推進されることとなる。

燃費性能を適切に評価するため、まず第一に、燃費（燃料消費量）の計測方法を基準化、規格化することとした。日本建設機械化協会の協力のもと、計測方法は JCMAS（社団法人日本建設機械化協会規格）としてまとめられ、最新版は 2010 年秋にまとめられている。例えば、油圧ショベルについては、「JCMAS H020 土工機械—エネルギー消費量試験方法—油圧ショベル」となっている。

この JCMAS 制定の経緯については、本号の別記事に記載されているのでそちらをご参照願いたい。

今般規格化された機種は、主要 3 機種の油圧ショベル、ホイールローダ、ブルドーザである。また、最新のハイブリッド型、電動型の機種についても燃料消費量の計測が可能な規格となっている。



図—2 地球温暖化（省 CO<sub>2</sub>）対策に係る施策 全体図



#### 4. 燃費基準、認証制度の創設

省エネ化され、CO<sub>2</sub>削減効果の高い建設機械が積極的に導入され普及していくためには、燃費改善が図られた建設機械を認証し、ユーザーが燃費改善の進んだ建設機械を自発的に選択しやすい環境にすることが重要である。

分科会では、JCMAS 試験方法により得られる燃料消費量評価値（以降、本稿では「燃費評価値」と記す）について、基準年の建設機械の中で最も燃費評価値の良い建設機械（トップランナー）の数値を燃費基準値として採用することとした。

また、この燃費基準値（トップランナー）の値をもとに、燃費評価値に応じて建設機械を認証することを決定した。

具体的な燃費基準値と認証制度については、まず図—3をご覧ください。例えば、2010年に販売されている建設機械の燃費評価値を調べ、最も燃費評価値の良い建設機械をトップランナーとし、認証開始年度（2014年予定）から販売される建設機械の燃費評価値がこの燃費基準値（トップランナー）を超える燃費を達成するもの、超えるまでにはいかないものの一定程度の燃費を達成するものなどに分け、それぞれの燃費評価値に応じた認証を行う予定としている。特にユーザにも認知されやすいように、☆マークの個数による区分を採用することとした（図—4）。

|          |                |     |
|----------|----------------|-----|
| 3段階の☆の認証 | 燃費基準達成率 100%以上 | ☆☆☆ |
|          | 燃費基準達成率 85%以上  | ☆☆  |
|          | 燃費基準達成率 85%未満  | ☆   |

図—4 燃費評価値に応じた認証

また、燃費基準値については、5年程度の期間を設けて、その基準値を更新することとしている。

なお、回生機構を保有するハイブリッド型建設機械、蓄電されたバッテリーを駆動エネルギーとする電動型建設機械などについての燃費基準については、いたずらに基準値を増やさないことなどの観点から別途設けることはせず、同じ数値を採用することとした。

#### 5. 2020年燃費基準値

業界の協力をいただきながら、2010年時点における各建設機械の燃費評価値の計測をとりまとめることができたことから、分科会において2020年燃費基準値（トップランナー）を設定した。主要な3機種の規格に応じて、図—5のとおりの数値となる。

例えば、標準的に使用されるバケット容量0.8 m<sup>3</sup>級の油圧ショベルの場合、10.8 kg／標準動作という

対象：軽油を燃料とする下記に示す建設機械

①標準バケット容量0.25 m<sup>3</sup>以上1.7 m<sup>3</sup>未満の油圧ショベル

| 標準バケット山積容量 (m <sup>3</sup> ) | 燃費基準値 (kg/標準作業) |
|------------------------------|-----------------|
| 0.25~0.36                    | 4.3             |
| 0.36~0.47                    | 6.4             |
| 0.47~0.55                    | 6.9             |
| 0.55~0.7                     | 9.2             |
| 0.7~0.9                      | 10.8            |
| 0.9~1.05                     | 13.9            |
| 1.05~1.3                     | 13.9            |
| 1.3~1.7                      | 19.9            |

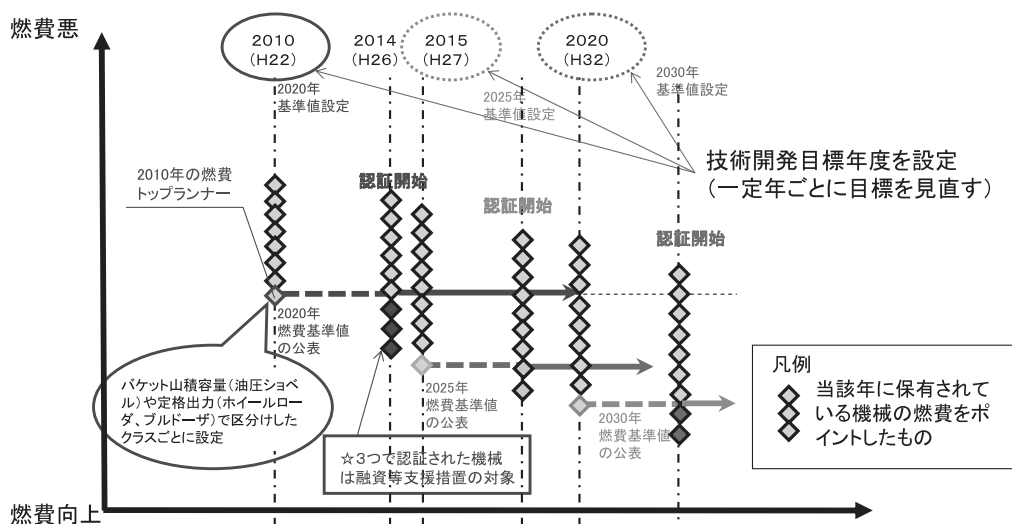
②エンジン定格出力40 kW以上230 kW未満のホイールローダ

| 定格出力 (kW) | 燃費基準値 (g/t) |
|-----------|-------------|
| 40~110    | 21.3        |
| 110~230   | 27.9        |

③エンジン定格出力19 kW以上300 kW未満のブルドーザ

| 定格出力 (kW) | 燃費基準値 (g/kWh) |
|-----------|---------------|
| 19~75     | 568           |
| 75~170    | 530           |
| 170~300   | 508           |

図—5 2020年燃費基準値

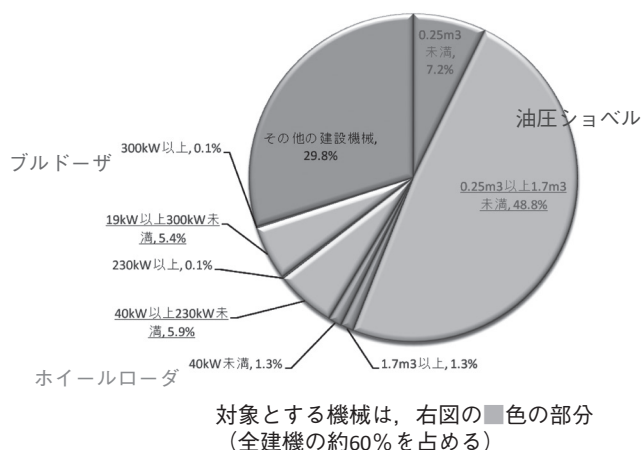


図—3 燃費基準及び認証制度

値（燃費基準値）となる。

燃費改善率を機械単体で評価した場合、トップランナー基準を達成する主要3機種の燃費改善率の平均は、1990年比で20.3%にも達する。現在発売されている2006年排出ガス規制対応の機種であっても全体で11.2%の燃費が改善されると試算されている。

こうして、燃費基準値が設定された対象の建設機械は図—6にあるとおり、全建設機械の約60%を占めることとなる。



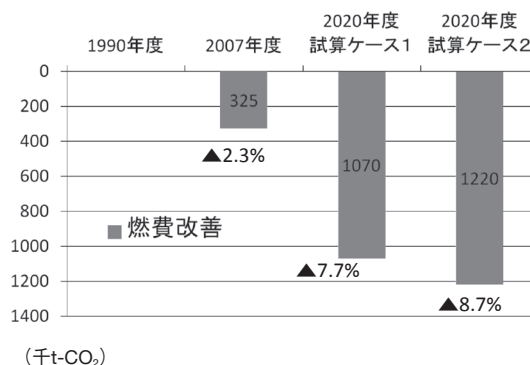
図—6 全建機に対するCO<sub>2</sub>排出寄与率

以上のように、今般、燃費基準値を分科会において決定したところであるが、☆マーク等を用いた認証制度の開始については、2014年（出力の小さいものは2016年）からを予定している。これは、2014年度からNO<sub>x</sub>（窒素酸化物）やPM（粒子状物質）について最も厳しい排出ガス規制が開始されることが予定されており、これらの排出ガス規制に対応するエンジン開発等を先ず優先して行いつつ、CO<sub>2</sub>排出削減に係る技術開発も並行して行うことにより、各種規制にあわせた適切な技術開発が進むであろうとの判断からである。

## 6. CO<sub>2</sub>削減量の試算

分科会では、今回決定した燃費基準値および認証制度の開始により、エネルギー効率の優れた建設機械が積極的に導入され、CO<sub>2</sub>削減に係る施工業者の自発的な取り組みが実施されたと想定して、CO<sub>2</sub>削減量の試算を行った。

試算ケース1は、新規販売される建設機械の半数が燃費基準を達成（☆☆☆）し、残りの半数が達成率85%（☆☆）とした場合であり、試算ケース2は、新規販売される建設機械のすべてが燃費基準を達成（☆



(千t-CO<sub>2</sub>)

図—7 「燃費改善」のみに着目したCO<sub>2</sub>排出削減量

☆☆)するものとして試算したものである。

図—7のとおり、2020年にはCO<sub>2</sub>が最大で約120万t削減できると試算している。

## 7. 認証制度等の認知度向上、燃費数値の公表

設定された燃費基準値、認証制度を活用し、燃費性能の良い建設機械を普及していくためには、JCMASで計測される燃費評価値と実際の燃費との相関関係、購入時に販売機種ごとの燃費比較ができることなどについて、建設機械を使用するユーザーに対して、わかりやすい説明を続け、認知を広げていく努力が必要である。

2014年の認証制度を開始するにあたって、業界にも協力をいただき、燃費基準値、認証制度、燃費評価値の計測規格であるJCMASの3点について、ユーザーへの認知を深め、販売用パンフレットには燃費を記載していただくなどの取り組みが必要である。

## 8. 低炭素型建設機械について

低炭素型建設機械の認定については、前述のとおり平成22年度に認定制度を創設し、認定された建設機械について日本政策金融公庫の融資が受けられるなどの支援施策を進めている。平成23年度にはこの規程の一部改正を行い、今回設定した燃費基準値を満たすことを要件に加えるとともに、ハイブリッド型建設機械のみならず、電動型建設機械、発電式建設機械、有線式建設機械など新たに市場に出始めている燃費効率の高い建設機械まで認定の対象を拡充し、低炭素型建設機械の普及を図っているところである。

また、低炭素型建設機械については、客観的指標である燃費基準値を満たすことが要件になったことから、環境省が行っている補助金事業「先進的次世代車普及事業」や「エコリース促進事業補助金制度」などにおいて、補助対象の要件になっているところである。

○補助金

・先進的次世代車普及促進事業  
補助対象:ハイブリッドオフロード車の導入(購入及びリース)  
対象者:ハイブリッド油圧ショベルを導入する民間団体  
補助率:通常車両との価格差の1/2  
(平成23年度は募集終了)

・エコリース促進事業補助金制度  
対象者:ハイブリッド油圧ショベルのリース先となる個人事業主、中小企業、又は中堅企業  
補助率:リース料総額の3%  
期間:平成24年3月2日まで

○融資:日本政策金融公庫

| 建設機械 | 低炭素型建設機械                                                                                                                   |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 貸付期間 | 15年以内                                                                                                                      |
| 貸付利率 | 特別利率②<br><div>中小企業事業の利率の例<br/>基準利率 : 2.25%<br/>特別利率① : 1.85%<br/>特別利率② : 1.60%<br/>特別利率③ : 1.35%<br/>(いずれも10年超11年以内)</div> |
| 貸付限度 | 中小企業事業 7億2千万円<br>国民生活事業 7千2百万円                                                                                             |

○税制:所得税、法人税

|    | グリーン投資減税                            |
|----|-------------------------------------|
| 対象 | ハイブリッド油圧ショベルを購入した中小企業者              |
| 税率 | 基準取得価額の7%の税額控除<br>又は 基準取得価額の30%特別償却 |
| 期間 | 平成26年3月31日                          |

図ー8 金融支援制度の概要

9. おわりに

地球温暖化対策として、低炭素型建設機械をはじめとしたCO<sub>2</sub>排出削減に大きく寄与する建設機械の購入・リースにあたっては、図ー8に記された補助金、低利融資、優遇税制の各種制度が整備されており、これらの金融支援制度を積極的にご活用いただき、よりCO<sub>2</sub>排出量の少ない建設機械が普及していくことを期待している。

また、本報文でご紹介した分科会の検討内容について

ては、国土交通省のホームページに概要が掲載されているので、ご参照いただければ幸いです。

<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/kensetsusekou/kankyau/h22bunkakai.htm>

J C M A

[筆者紹介]  
山下 尚 (やました ひさし)  
国土交通省  
総合政策局 公共事業企画調整課 環境・リサイクル企画室  
課長補佐

# コンクリート塊の再資源化による二酸化炭素固定 建設リサイクルを通じた吸収作用の保全・強化の展望

曾 根 真 理・神 田 太 朗

コンクリートは、セメント水和物の炭酸化と呼ばれる現象によって、大気中の  $\text{CO}_2$  を固定する。特に、コンクリート塊の再資源化は、短期間で大きな  $\text{CO}_2$  固定が可能であると見込まれる。しかしながら、定量的な知見はほとんど無い。そこで、各都道府県の中間処理工場で採取した再生砕石を対象に全国調査を実施し、 $\text{CO}_2$  固定量を求めた。調査の限りでは、コンクリート塊の再資源化による  $\text{CO}_2$  固定原単位は約  $8.5 \text{ kg-CO}_2/\text{t}$  であった。この結果を用いると、平成 20 年度における年間の  $\text{CO}_2$  固定量は約 26 万 t に及び、コンクリート塊を用いた再生材は代替材に比べて  $\text{CO}_2$  排出原単位が小さい。本調査により、コンクリート塊の再資源化を通じて、建設リサイクルは循環型社会と低炭素社会の両立に資することが示された。

キーワード：二酸化炭素固定、建設リサイクル、コンクリート塊、再資源化、粒度

## 1. はじめに

地球温暖化は最も重要な環境問題の一つであり、あらゆる主体による対策が求められている。我が国においては、京都議定書で約束された第一約束期間において基準年に対する 6% の温室効果ガス排出量の削減を達成するため、地球温暖化対策の推進に関する法律（平成 10 年 10 月公布、平成 23 年 6 月最終改正）に基づく京都議定書目標達成計画（平成 17 年 4 月策定、平成 20 年 3 月全部改定）が定められている。

京都議定書目標達成計画においては、建設分野に密接に関連する対策として、エネルギー起源の二酸化炭素（ $\text{CO}_2$ ）排出量を抑制する「建設施工分野における低燃費型建設機械の普及」、非エネルギー起源の  $\text{CO}_2$  排出量を抑制する「混合セメントの利用の拡大」のほか、吸収作用の保全・強化として道路等における都市緑化等の推進が示されている。

コンクリートは、都市緑化等と同様に、大気中の  $\text{CO}_2$  を固定することが知られている。特に、建設分野で発達している再資源化によって、 $\text{CO}_2$  固定速度の上昇が期待される。しかしながら、コンクリート塊の再資源化による  $\text{CO}_2$  固定量については知見が乏しく、地球温暖化対策として有効であるかの定量的な判断は困難である。

そこで、コンクリート塊の再資源化による  $\text{CO}_2$  固定量を把握することを目的として、全国調査を実施した。本稿では、本調査の結果を紹介し、建設リサイク

ルを通じた吸収作用の保全・強化の展望を示す。

## 2. コンクリート塊の再資源化による $\text{CO}_2$ 固定

### (1) コンクリートによる $\text{CO}_2$ 固定のメカニズム

セメント製造の焼成工程における脱炭酸、コンクリートの練混ぜ後の水和反応を経て、コンクリート中には、水酸化カルシウム（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）等のセメント水和物が生成する。セメント水和物は、pH が概して高く、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$  で約 13 である。このため、コンクリートの微細な間隙を通じて表面から  $\text{CO}_2$  が内部に浸透し、水中で炭酸イオン（ $\text{CO}_3^{2-}$ ）にイオン化すると、酸塩基反応によって炭酸カルシウム（ $\text{CaCO}_3$ ）として固定される。炭酸化の模式図を図-1 に示す。

コンクリートのライフサイクルを通じた主な  $\text{CO}_2$

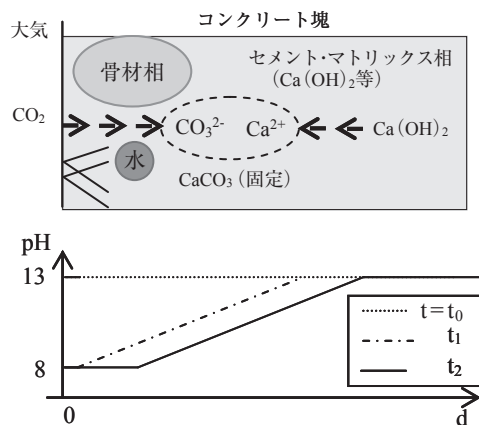


図-1 セメント水和物による  $\text{CO}_2$  固定の模式図



動態は、以下の反応式で表せる。

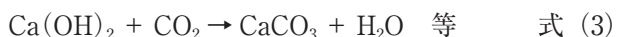
・脱炭酸（セメントの製造）：



・セメントの水和（コンクリートの練混ぜ）：



・炭酸化（コンクリートの供用及び再資源化）：



## (2) 炭酸化がコンクリート構造物に及ぼす影響

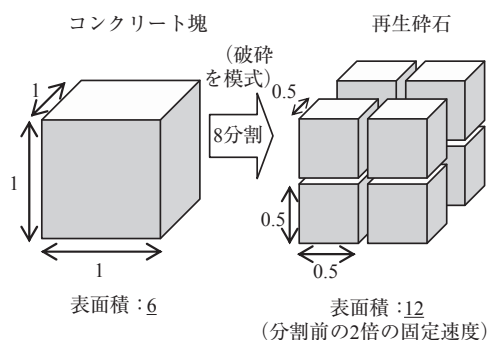
炭酸化は、 $\text{CO}_2$ によって進行する中性化である。中性化は、鉄筋コンクリート構造物の耐久性の観点で抑制すべき現象である。その理由は、中性化がコンクリートの表面から徐々に進行し、鉄筋位置のpHがある一定値まで低下すると、鉄筋が腐食・膨張し、ひび割れ等の原因になるためである。

コンクリート塊は、通常、道路の路盤材等に用いる再生碎石として再資源化される。よって、再資源化後には鉄筋と一体の構造物として用いられることはないことから、再資源化時に炭酸化が進行したとしても、耐久性の観点で問題が生じることはない。

## (3) 再資源化による $\text{CO}_2$ 固定速度の上昇

コンクリートの再資源化においては、再生碎石に望まれる所定の粒度分布を得るため、解体後のコンクリート塊の破碎、粒度調整が行われる。破碎、粒度調整によって、 $\text{CO}_2$ 固定速度は高くなると考えられる。その理由として次の3つが挙げられる。

- ・コンクリートの比表面積の増大（図—2）
- ・炭酸化が進行していない新破断面の出現
- ・比表面積が大きい細粒分へのセメント水和物の偏在



図一2 再資源化による $\text{CO}_2$ 固定速度の上昇の模式図

## 3. 全国調査

### (1) 調査方法

#### (a) 試料採取

調査に供する再生碎石を、45都道府県の46の中間

処理工場において採取し、指定の実験室に収集した。

採取試料の種類は再生クラッシュラン（RC40）を基本とし、採取箇所は各中間処理工場のストックヤードや製造ラインとし、原則、破碎直後に採取した。

採取した試料は、均質さを保ちながら、分析に必要なとなる約30kgに縮分した。縮分した試料は厚手のビニール袋とペール缶で密封し、大気との接触を断った状態で指定の実験室に送付した。これらの手順は、試料採取後の炭酸化の進行を防ぐため、手早く実施した。なお、分析を実施するために一定量以上の細粒分が必要であることから、縮分にあって細粒分を優先した試料もある。

#### (b) 試験方法

試験項目及び参照した規格類を表—1に示す。 $\text{CO}_2$ 固定量の算定に用いる $\text{CaCO}_3$ 含有量のほか、炭酸化の進行状況や各要因の影響を考察するための分析を実施した。各項目の試験方法は次の通りである。

表—1 試験項目及び分析において参照した規格類

| 分析項目 |                   | 対象試料            | 分析手法<br>(規格類)       | 結果の利用                          |
|------|-------------------|-----------------|---------------------|--------------------------------|
| ①    | 粒度分布              | 0d              | JIS A 1102, 舗装再生便覧  | $\text{CO}_2$ 固定量との関係          |
| ②    | 不溶残分              | 0d/2粒群          | セメント協会 F-18         | セメント量推計, $\text{CO}_2$ 固定量との関係 |
|      | CaO               |                 |                     |                                |
| ③    | $\text{CaCO}_3$   | 0d, 28d/<br>2粒群 | 示差熱重量分析<br>(TG-DTA) | $\text{CO}_2$ 固定量              |
|      | $\text{Ca(OH)}_2$ |                 |                     | 炭酸化の進行                         |

#### ①粒度試験

粒度試験は、JIS A 1102「骨材のふるい分け試験方法」に従って実施した。ただし、ふるい目の大きさについては、対象試料である再生碎石の主な用途は道路用の路盤材であるため、舗装再生便覧に従った。

#### ②骨材及びセメント量試験（配合推定）

配合推定は、対象を粒径20mm未満の試料とし、0～5mmの粒群と5～20mmの粒群に分けて実施した。なお、石灰石骨材が利用されていると考えられた試料については、試験方法の性質によりセメント量を過大に見積もってしまうため、結果の集計では除外した。

試験方法は、セメント協会コンクリート専門委員会 F-18「硬化コンクリートの配合推定に関する共同試験報告」に従い、直接には不溶残分量、CaO含有量を求めている。

骨材量、セメント量は、不溶残分量及びCaO含有量の測定結果から、式(4)、(5)によって推計した。

なお、式 (4)、(5) で得られる骨材量やセメント量は、乾燥状態（水は結合水だけ）における配合割合であり、示方配合における材料使用量とは異なる。

$$a = \frac{u_m}{u_a} \times 100 \quad \text{式 (4)}$$

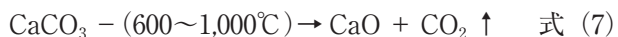
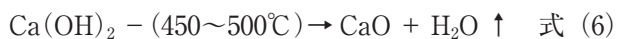
$$c = \frac{CaO_m - a \times CaO_a / 100}{CaO_c} \times 100 \quad \text{式 (5)}$$

ここで、 $a$ : 骨材量、 $u$ : 不溶残分量、 $c$ : セメント量、 $CaO$ :  $CaO$  含有量であり、添え字  $a, c, m$  は、それぞれ、骨材、セメント、コンクリート塊を表す記号である。なお、骨材の不溶残分量 ( $u_a$ )、 $CaO$  含有量 ( $CaO_a$ )、及びセメントの  $CaO$  含有量 ( $CaO_c$ ) については、参照した規格類に示される全国の平均的な試料の数値により設定した。

### ③熱分析 (TG-DTA) 試験

$CO_2$  固定量を直接表す  $CaCO_3$  含有量、及び  $Ca(OH)_2$  含有量については、熱分析 (TG-DTA) によって測定した。TG-DTA は、試料の温度を徐々に上げ、熱反応による試料の質量変化を記録することで、特定の物質の含有量を推定する方法である。

本調査では、 $450 \sim 500^\circ C$  における質量変化を  $Ca(OH)_2$  中の  $H_2O$  の脱水 (式 (6))、 $600 \sim 1,000^\circ C$  における質量変化を  $CaCO_3$  の脱炭酸 (式 (7)) と見なして、それぞれの結果により  $Ca(OH)_2$  含有量、 $CaCO_3$  含有量を求めた。



再資源化による  $CO_2$  固定量を求めるには、コンクリート塊の破碎後の  $CO_2$  固定量の増加量を知る必要がある。そこで、TG-DTA 用の試料は二つに分割し、一方は試料収集後速やかに分析し、もう一方は試料収集後に 28 日間の大気曝露を実施した上で分析した。両者の差分により、破碎後の  $CO_2$  固定量の増分を求め、再資源化による固定量とした (図-3)。なお、材料試験と同様、TG-DTA も対象を粒径 20 mm 未満の試料とし、0 ~ 5 mm の粒群と 5 ~ 20 mm の粒群に分けて分析した。

大気曝露は、再生砕石工場における屋外での一般的な製品の保管方法を再現した環境で実施した。具体的には、温度約  $20^\circ C$ 、湿度 40 ~ 70% の換気した実験室内において平積みした状態で大気に曝した。28 日間の曝露期間は、破碎後の製品の保管期間に関する再生砕石工場に対するヒアリングの結果を参照して設定したものである。さらに大気曝露期間中は、国内における平均的な降雨頻度である一週間に 2 度の散水を実施し、散水後の含水比を約 15% に調整した。また、大

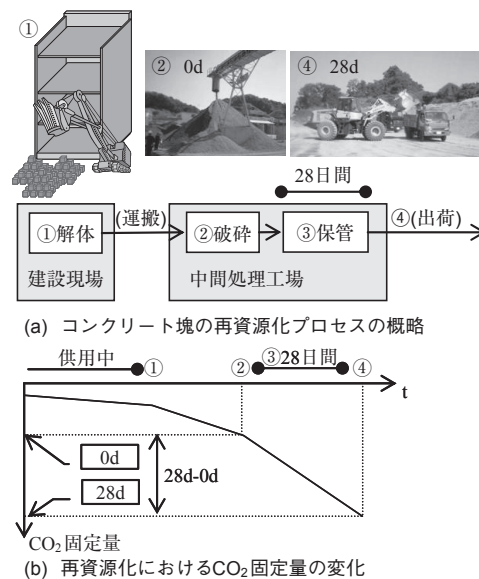


図-3 再資源化による  $CO_2$  固定量の算出方法

気曝露中における室内の  $CO_2$  濃度を連続計測し、一般大気中の  $CO_2$  濃度と同程度の 400 ppm 前後でほぼ安定していることを確認した。

## (2) 調査結果

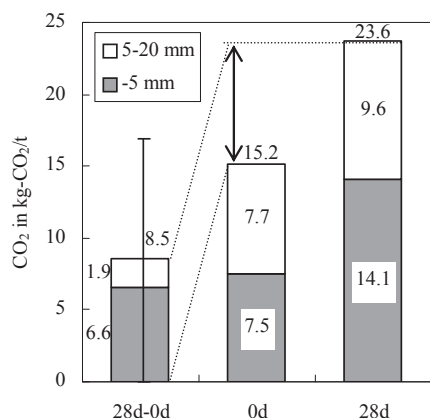
### (a) 粒度分布

図-2 に示した通り、 $CO_2$  固定量は粒度に依存すると考えられる。そこで、採取した試料の代表性を粒度の観点で確認するため、粒度試験の結果をコンクリート塊の再資源化用途として最も大きな割合を占める RC40 と比較した。その結果、多くの試料の粒度分布は RC40 の望ましい粒度範囲に分布し、平均もこの範囲に収まった。よって、採取した試料はコンクリート塊の再資源化による  $CO_2$  固定量を把握する上で粒度の観点で適切であると言える。なお、RC40 の望ましい粒度範囲よりも細粒側に分布している試料も散見されたものの、これは主として、分析に必要となる量の試料を得るために、あえて細粒分を多めに採取した試料もあったためである。

### (b) 配合推定

セメント量は  $CO_2$  固定の母材となるセメント水和物量を規定するため、 $CO_2$  固定のポテンシャルに強い影響を及ぼすと考えられる。そこで、採取した試料の配合推定の結果を一般的なコンクリートの配合と比較した。採取した試料の骨材量、セメント量は、それぞれ平均で、81%、14% と推定され、一般的なコンクリートの配合であった。また、試料間の配合の相違も僅かであった。よって、採取した試料はコンクリート塊の再資源化による  $CO_2$  固定量を把握する上で配合の観点で適切であると言える。

(c) コンクリートの再資源化による CO<sub>2</sub> 固定量  
TG-DTA の試験結果から求めた CO<sub>2</sub> 固定量を図—4 に示す。CO<sub>2</sub> 固定量は、粒度試験の結果によって 0～5 mm, 5～20 mm の CO<sub>2</sub> 固定量を重み付け、収集した再生砕石 1 t における 0～20 mm の粒群による固定量として示している。



図—4 採取直後、大気暴露後における CO<sub>2</sub> 固定量の変化

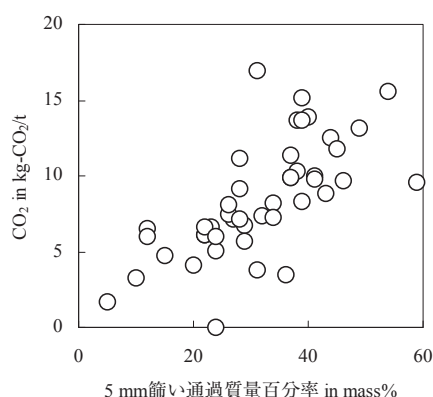
収集直後 (0d), 大気暴露後 (28d) の CO<sub>2</sub> 固定量は、それぞれ平均で、15.2, 23.6 kg-CO<sub>2</sub>/t であった。破碎後の CO<sub>2</sub> 固定量の増分 (28d-0d) は、両者の差分として、平均 8.5 kg-CO<sub>2</sub>/t であったが、試料によって大きく異なり、全く固定が進まない試料から最大では 17.0 kg-CO<sub>2</sub>/t を固定する試料までであった。

0～5 mm と 5～20 mm の粒群別の CO<sub>2</sub> 固定量の増分 (28d-0d) を比較すると、0～5 mm の粒群が全体の 8 割近くを占めていた。

## 4. 考察

### (1) CO<sub>2</sub> 固定の効率に影響を及ぼす要因

破碎後の CO<sub>2</sub> 固定量の増分 (28d-0d) と粒度の関係を図—5 に示す。CO<sub>2</sub> 固定量の増分は、粒度分布 (5 mm 篩い通過質量百分率) と強い正の相関を示し



図—5 再資源化による CO<sub>2</sub> 固定量の増分と粒度の関係

た。なお、セメント量とはわずかな相関しか示さなかった。

セメント水和物による CO<sub>2</sub> 固定のメカニズムによれば、粒度は CO<sub>2</sub> 固定速度に影響し、セメント量は主に CO<sub>2</sub> 固定可能量に影響する因子である。すなわち、炭酸화가セメント水和物の新破断面にとどまり、深さ方向に進行していない状況においては、粒度が CO<sub>2</sub> 固定量に強い影響を及ぼすと考えられ、炭酸화가深さ方向に進行するにつれ、CO<sub>2</sub> 固定量と粒度の関係は薄れ、代わってセメント量の影響が強まると考えられる。セメント量に関しては、値が大きいほど表面付近での CO<sub>2</sub> 固定量は大きい一方、水密性が高まるために深さ方向の炭酸化は抑制されると考えられることから、両者が相殺することで、CO<sub>2</sub> 固定量との相関をほとんど示さないものと推察できる。

従って、コンクリート塊の破碎後 28 日間程度では、炭酸化の進行は表層におけるものが主であり、深さ方向には限られているものと考えられる。CO<sub>2</sub> 固定量が、固定の母材となるセメント水和物に占める割合 (モル比) で定義される「炭酸化度」に関する既存式 (式 (8)) を準用して、CaO, CaCO<sub>3</sub> 含有量から求めた CaO の消費率は、28d の平均として、0～5 mm で 51.4%, 5～20 mm で 36.1% であった。

$$\text{炭酸化度} = \frac{CO_2}{CaO \times M_{CO_2} / M_{CaO}} \times 100(\%) \quad \text{式 (8)}$$

ここで、 $M$ : 化学量 (CO<sub>2</sub> = 44, CaO = 56) である。

### (2) CO<sub>2</sub> 固定が CO<sub>2</sub> 排出量の評価に及ぼす影響

#### (a) 建設リサイクルによる一年間の CO<sub>2</sub> 固定量

コンクリート塊の破碎後の CO<sub>2</sub> 固定原単位 (8.5 kg-CO<sub>2</sub>/t) を用いて、我が国のコンクリート塊の再資源化による CO<sub>2</sub> 固定量を推計した。結果を表—2 に示す。

CO<sub>2</sub> 固定原単位が一定であれば、CO<sub>2</sub> 固定量はコンクリート塊の再資源化量の経年変化に従って推移する。コンクリート塊の再資源化量は、平成 7 年度以降続く発生量の減少と、再資源化率の上昇傾向の結果として、平成 14 年度にピークを迎え、近年は減少傾向である。

平成 20 年度のコンクリート塊の再資源化量は 3,043 万 t である。これらが 8.5 kg-CO<sub>2</sub>/t の CO<sub>2</sub> を固定しているとする、一年間の CO<sub>2</sub> 固定量は約 26 万 t である。

26 万 t は、コンクリート塊と同様に CO<sub>2</sub> を固定する都市緑化による一年間の CO<sub>2</sub> 固定量 (約 70 万 t) の 4 割近くに相当する。さらに、式 (8) によって求



表一2 再資源化による CO<sub>2</sub> の年間固定量及び固定原単位の推移

| 年度  | コンクリート塊の一年間の CO <sub>2</sub> 固定量 |                                                | 再生砕石の CO <sub>2</sub> 固定原単位             |                                      |                                                                 |
|-----|----------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|     | Co 塊の再資源化量 (1)<br>in 1,000 t     | 年間の CO <sub>2</sub> 固定量 (2)<br>in 1,000 t/year | As・Co 塊の再生砕石<br>への投入量 (3)<br>in 1,000 t | 再生砕石への投入量の<br>Co 塊割合 (4)<br>in mass% | 再生砕石の CO <sub>2</sub> 固定原<br>単位 (5)<br>in kg-CO <sub>2</sub> /t |
| H7  | 23,590                           | 201                                            | 21,435                                  | 52.4                                 | 4.5                                                             |
| H12 | 33,940                           | 289                                            | 16,104                                  | 67.8                                 | 5.8                                                             |
| H14 | 34,250                           | 291                                            | 14,529                                  | 70.2                                 | 6.0                                                             |
| H17 | 31,550                           | 268                                            | 10,854                                  | 74.4                                 | 6.3                                                             |
| H20 | 30,430                           | 259                                            | 4,050                                   | 88.3                                 | 7.5                                                             |
| 根拠  | 建設副産物実態調査                        | 8.5 * (1)                                      | アスファルト合材統計年報                            | (1) / ((1) + (3)) * 100              | 8.5 * (4) / 100                                                 |

めた CaO の消費率は、工夫次第では、現在の 4 倍程度の CO<sub>2</sub> 固定が最大で可能であることを示している。

#### (b) 再生砕石の CO<sub>2</sub> 排出原単位

我が国では、再生砕石の原料としてコンクリート塊のほかにアスファルト・コンクリート塊 (As・Co 塊) が従来利用されている。従って、コンクリート塊と As・Co 塊の再生砕石への投入比率を考慮することで、再生砕石 1 t あたりの CO<sub>2</sub> 固定原単位が算出される。近年は、建設廃棄物の用途が、コンクリート塊であれば再生砕石、As・Co 塊であれば再生加熱アスファルト混合物と区別されつつあり、再生砕石の原料としてはコンクリート塊の割合が上昇している。その結果、再生砕石の CO<sub>2</sub> 固定原単位は増大する傾向であり、平成 20 年度は 7.5 kg-CO<sub>2</sub>/t であった。砕石 (新材)、再生砕石の CO<sub>2</sub> 排出原単位は、熱エネルギー利用などによる排出量を積み上げたのみの場合、同程度であると考えられる。従って、CO<sub>2</sub> 固定の影響を考慮すれば、再生砕石の CO<sub>2</sub> 排出原単位は砕石 (新材) より小さい。

## 5. おわりに

本稿では、コンクリート塊の再資源化による CO<sub>2</sub> 固定量に関する全国調査について紹介し、建設リサイクルが CO<sub>2</sub> の吸収作用の保全・強化に果たしている役割について示した。

本調査により、コンクリート塊の再資源化は年間 26 万 t に及ぶ CO<sub>2</sub> を固定しており、地球温暖化対策として京都議定書目標達成計画にも位置づけられている都市緑化等と比較しても、無視できない CO<sub>2</sub> 固定効果を発揮していること、再生砕石等の再生材の CO<sub>2</sub> 排出原単位は、CO<sub>2</sub> 固定を考慮すると代替品に比べて小さいことが明らかとなった。すなわち、コンクリー

ト塊の再資源化は、循環型社会と低炭素社会の両立に資することが示された。

さらに、再資源化方法の工夫次第では、CO<sub>2</sub> 固定量を現状の 4 倍程度まで高めることも可能であることが示唆された。すなわち、コンクリート塊の再資源化による CO<sub>2</sub> 固定は、低炭素化への更なる貢献が期待される対策であると言える。

今後は、CO<sub>2</sub> 固定を促進する再資源化手法について研究を進めるとともに、原位置における簡易な CO<sub>2</sub> 固定量の判定手法の開発に取り組むこととしている。

**謝辞：**本稿で紹介した全国調査の実施にあたって、試料収集については、サンプルをご提供頂いた全国の再生砕石工場、その依頼にご協力頂いた公益社団法人全国産業廃棄物連合会及び各都道府県産業廃棄物協会の方々にお世話になった。ここに記して謝意を表す。本調査は、国土交通省国土技術政策総合研究所の総合技術開発プロジェクト「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(プロジェクトリーダー：岸田弘之)」において、建設資材の CO<sub>2</sub> 排出原単位を作成する一環として実施したものである。

JCMIA

#### [筆者紹介]

曾根 真理 (そね しんり)  
国土交通省 国土技術政策総合研究所  
環境研究部 道路環境研究室  
室長



神田 太郎 (かんだ たろう)  
国土交通省 国土技術政策総合研究所  
環境研究部 道路環境研究室  
研究官





# ウィンド・パワー・かみす風力発電所工事

矢 嶋 英 明

ウィンド・パワー・かみす風力発電所工事は、茨城県神栖市に 2,000 kW 級の風力発電所 7 基を施工するものであり、その基礎工事を担当した。本発電所は国内初の外洋に面した公海上に設置された風力発電施設であり、基礎形式としてモノパイル方式を採用した点にも特徴がある。

海上施工に際し、鋼製導棒の利用やダウンザホールハンマー工法による障害物撤去工、グラウト接合部における水中不分離性高流動無収縮モルタルの使用等、様々な工夫を行って高精度の施工を行ったので、その内容を報告する。

キーワード：洋上風力発電，モノパイル，グラウト接合，マックス AZ

## 1. はじめに

近年、持続可能な社会を実現させるため、地球温暖化対策が叫ばれている。地球温暖化対策で大きな役割を持つものの一つとして風力発電所の建設が盛んになってきているが、一方で騒音・振動による問題も発生している。洋上風力発電所は陸上に設置されるものに比較すると、環境面からも運転の安全性の面からも有利な点が多い。ただし、海外においては実例があるものの、これまで施工上の制約等から外洋に面した大規模風力発電施設は国内では建設されてこなかった。

今回、茨城県神栖市に 2,000 kW 級の風力発電所 7 基をモノパイル（大口径鋼管杭）形式の基礎にて施工したので、その工事内容について報告する。

## 2. 工事概要

風車の仕様を表―1 に示す。風車 1 基の重量は約 200 t であり、本工事はこの風車の基礎をモノパイル（大口径鋼管杭）形式で施工するものである。

建設地は鹿島港の南側に位置し、神栖市南浜の護岸から約 40 m の外洋上である。地盤は沖積砂層であるが、杭先端部は非常に密な砂層または砂礫層となっている。建設地の水深は DL-3.5 m から -5.0 m であり、DL-5 m ～ -10 m は N 値 30 以上（平均 N 値 46）の細砂層であり、それ以深は平均 N 値 50 の砂層及び礫層で構成されている。

当初計画時は海上施工も検討したが、波浪の統計デー

表―1 風車仕様

| 名称   |        | ウィンド・パワー・かみす<br>風力発電所 |
|------|--------|-----------------------|
| 事業地  |        | 茨城県神栖市南浜海上            |
| 事業目的 |        | 風力発電事業                |
| 建設基数 |        | 7基                    |
| 仕様   | 機種名    | SUBARU 80/2.0         |
|      | ローター直径 | 80 m                  |
|      | ハブ高さ   | 60 m                  |
|      | 定格出力   | 2,000 kW              |
|      | 定格風速   | 13 m/sec              |
|      | 運転開始風速 | 3 m/sec               |
|      | 運転停止風速 | 25 m/sec              |
|      | 耐風速    | 70 m/sec              |

タから作業台船を用いた杭打設の施工可能日数が年間 9 日程度しか期待できないことから、陸上施工とした。

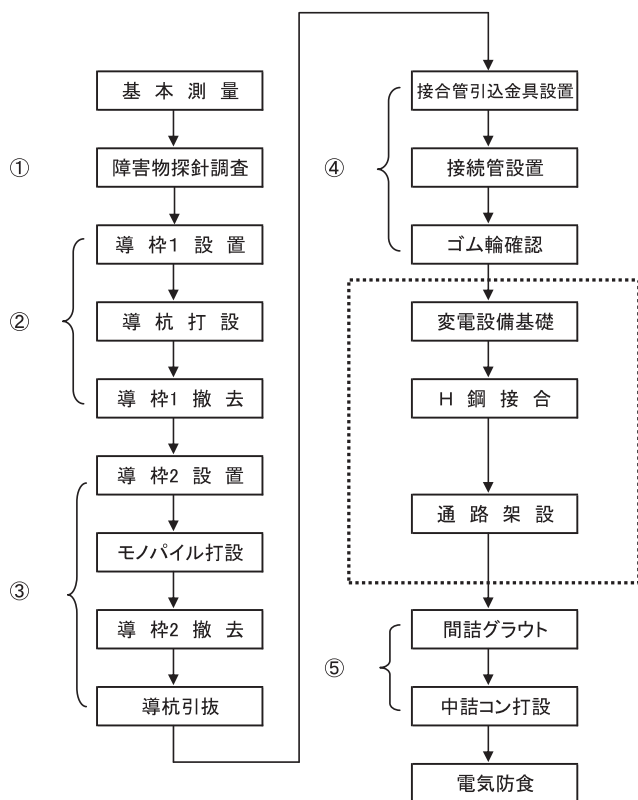
## 3. 基礎杭の施工

### (1) 施工フロー

施工フロー（図―1）および工程表（図―2）を次頁に示す。

#### ①障害物探針調査

H-300（L = 22 m）をバイプロハンマーを用いて海底に打設し、障害物の有無の確認を行う。



図—1 施工フロー

| 工程表        |    | 単位  | 数量 | 2月       | 3月       | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 |
|------------|----|-----|----|----------|----------|----|----|----|----|----|----|-----|
| 準備工        | 式  | 1   |    | 10/20/25 | 10/20/31 |    |    |    |    |    |    |     |
| 風車位置調査     | 箇所 | 7   |    |          |          |    |    |    |    |    |    |     |
| 導杭打設       | 箇所 | 7   |    |          |          |    |    |    |    |    |    |     |
| 導杭設置       | 箇所 | 7   |    |          |          |    |    |    |    |    |    |     |
| 基礎杭打設      | 基  | 7   |    |          |          |    |    |    |    |    |    |     |
| 導杭撤去       | 箇所 | 7   |    |          |          |    |    |    |    |    |    |     |
| 導杭撤去       | 箇所 | 7   |    |          |          |    |    |    |    |    |    |     |
| 接合管設置      | 基  | 7   |    |          |          |    |    |    |    |    |    |     |
| 接合管モルタル充填  | 箇所 | 7   |    |          |          |    |    |    |    |    |    |     |
| 中詰コンクリート打設 | m3 | 892 |    |          |          |    |    |    |    |    |    |     |
| 防食工        | 箇所 | 7   |    |          |          |    |    |    |    |    |    |     |
| 片付工        | 式  | 1   |    |          |          |    |    |    |    |    |    |     |

図—2 工程表

## ②導杭の打設

モノパイルの周りに導杭設置のためφ800の鋼管を4本バイプロで打設する。なお、そのうち陸側2本はメンテナンス用栈橋の支持柱として使用する。

## ③基礎杭（モノパイル）の打設

φ3500（L＝24.5 m）重量約100 tのモノパイルを油圧ハンマーS-500を用いて打設する。

## ④接続管（ジョイントスリーブ）の設置

φ4200/3800（L＝8 m）のジョイントスリーブをモノパイルと接続する。

## ⑤間詰めグラウトおよび中詰めコンクリート打設

モノパイルとジョイントスリーブの間にマックスAZによるグラウトを施工。その後、海底面からジョイントスリーブの天端より－60 cmまでのコンクリート打設を行う。

## (2) 障害物探針

モノパイル打設にあたっての最大の懸念は、地盤中に存在するテトラポット片や玉石などの障害物により、打設不能・鉛直精度の確保が困難になることであつた。

事前ボーリングデータから深度2 m以浅に障害物がある可能性があつたことから、事前の探針作業を行った(写真—1)。探針とはH鋼をバイプロハンマーで打設することで障害物の有無を確認する作業である。その結果、障害物があることが確認された。

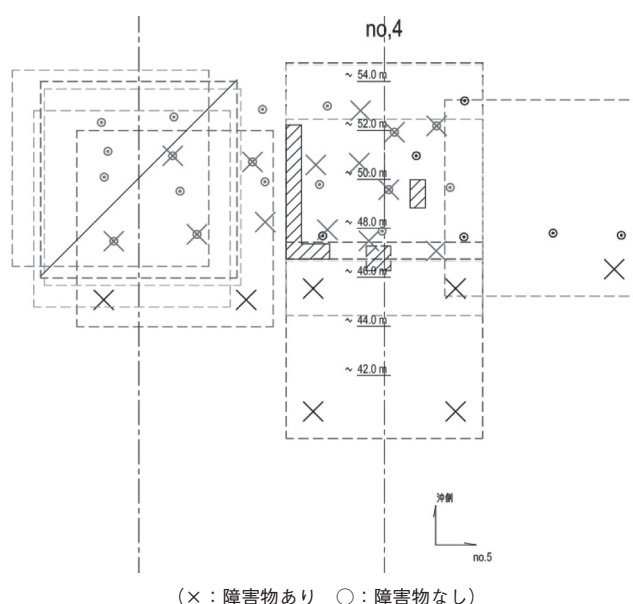


写真—1 障害物探針状況

打設位置の変更等も考慮にいれ、導杭を設置して詳細な探針、また導杭を利用しての面での確認探針を行った。各々測量しながら施工し、障害物マップ(図—3)を作成した。

海象条件の制約から二日間ではあつたが、潜水夫による海底の確認作業も行った(写真—2)。

基礎杭の施工位置は、導杭の安定と障害物の分布状



図—3 障害物マップ例



写真—2 潜水夫による調査状況



写真—3 ダウンザホールハンマー先端部

態を見ながら総合的に有利な場所に決定した。

(3) 導杭打設および障害物撤去

探針の結果、ほとんどの杭で地中障害物が確認された。障害物が分散して点在していることや使用クレーンの作業能力では沖への位置変更は不可能なため、障害物を撤去することとした。

障害物撤去にあつては、海上よりバケット等で撤去する方法やダウンザホールハンマー工法など何種類かの比較検討（表—2）を行った。

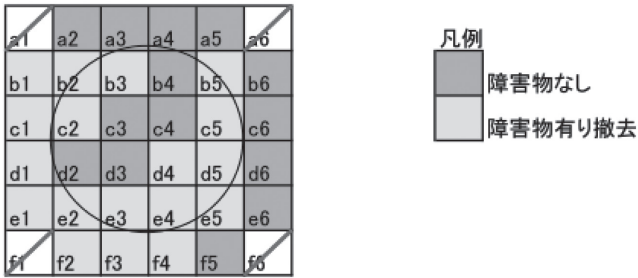
表—2 海底障害物比較検討表

| 工法            | 主要機械    | 工期 | 経済性 | 施工性 | 確実性 | 判定 |
|---------------|---------|----|-----|-----|-----|----|
| バケット掘削        | 450 tCC | ○  | ○   | △   | △   | △  |
| 砕岩棒           | 360 tCC | ○  | ○   | △   | ×   | ×  |
| グラブ浚渫         | 浚渫船     | ×  | ×   | ○   | △   | ×  |
| 〃             | 起重機船    | ×  | ×   | ○   | △   | ×  |
| バックホー         | 台船      | ×  | ×   | ○   | △   | ×  |
| ダウンザホールハンマー工法 |         | ○  | △   | ○   | ○   | ○  |
| 全旋回工法         |         | △  | △   | △   | ○   | △  |

検討の結果、最も確実性が高く工期に与える影響の少ないダウンザホールハンマー工法を採用した。

ダウンザホールハンマーにはケーシング内部のシャフト先端にビット（写真—3）がついており、この部分で回転打撃を与え障害物を破碎するものである。破碎したずりはエアブローにより排出する。

ダウンザホールハンマー工法による撤去方法は、モノパイル打設範囲を6×6のグリッドに分割し、それぞれにφ600のダウンザホールハンマーを一定深度（目安として海底より2m）まで打設することによっ



図—4 障害物撤去（No.5）結果例

て破碎処理するものである。管理図の一例を図—4に示す。

障害物としては護岸用のテトラポットやその敷石として使用していた玉石類が排出されてきた。テトラポット（コンクリート）は比較的短時間（30分以内）での撤去ができたが、玉石類は撤去にかなりの時間（2時間程度）を要した。

(4) モノパイル打設

モノパイル打設は、750 tクローラクレーンを用いて500 tf・m級（S-500）の油圧ハンマーにて施工した。

モノパイルの仕様は、SM490、t = 44 mm、φ3500、L = 24.5 mである。

施工前に検討した事項としては、

1. モノパイル自立時の鉛直精度の確保
2. 打設中のヤットコの落下
3. モノパイルの高止まり

等があげられる。

モノパイル、ヤットコ、S-500ハンマーの重量が各々100 t、35 t、100 tであり、クレーンの施工能力が最大100 tであることから、個別に設置する必要がある。そのため、玉外し時にいかにモノパイルが精度良く自立するかが鉛直精度の確保に重要な役割を持つてくる。

具体的な精度確保策としては以下のように実施し



た。

- ①導枠中央部にモノパイルをセットし、開口部の脇に設置してあるガイドレールによりモノパイルを固定した。
- ②モノパイル建て込み時、モノパイルの自沈等による動きがなくなるまで鉛直度を2方向から測量器を使い確認を行って、慎重に時間をかけて設置した。



写真—4 モノパイル建て込み状況

なお、ヤットコの落下防止対策としては、先端にずり防止の金物を溶接することで対応した。

また、高止まり対策としては、ウォータージェットによりモノパイル先端地盤をゆるめて打設するという方法で準備を進めたが、実施工ではウォータージェットを使用する必要はなかった。

次にヤットコをのせ、S-500 ハンマーを慎重に乗せた。ヤットコとは(写真—5)にあるように、φ3500のモノパイルの上に乗せ、上端の径をφ2500にしてS-500のスリーブ部分をセットできるような調整治具である。

S-500を吊りこむ際は200tのクレーンを合判として使用し、セットの際の合図も200tクレーンでゴンドラを吊り、横方向から行った。

打設回数は各杭によって異なるが一基あたり約1500回を数えた(表—3参照)。

打設完了時はヤットコ上で高さを確認して、所定の高さで打ち止めた。

打設完了後、モノパイル上端の測量を行い、ジョイントスリーブ用受け架台を取り付けたのち、導枠および沖側の2本の導杭の撤去を行った。

最終出来形測量を行った結果、打設精度は管理値±1.5°に対して最大1.2°、平均0.6°であった。

支持力を算定する式としては次の式を採用した。

$$R = E_n \times 1.7 \times 1000 / (s + k/2)$$

$E_n$ : エネルギー (kJ)



写真—5 ヤットコ設置状況

表—3 モノパイル施工管理表

|                      | No.1     | No.2      | No.3      | No.4      | No.5      | No.6     | No.7     |
|----------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
|                      | 2009.6.6 | 2009.6.12 | 2009.6.16 | 2009.6.23 | 2009.6.29 | 2009.7.3 | 2009.7.8 |
| 基礎杭自沈結果(先端m)         |          |           |           |           |           |          |          |
| モノパイル建て込み時           | -5.2     | -5.2      | -6.0      | -7.0      | -6.4      | -8.1     | -6.5     |
| ヤットコ設置時              | -5.6     | -5.4      | -6.2      | -7.1      | -6.4      | -8.3     | -6.9     |
| 油圧ハンマー設置時<br>(打設開始時) | -5.7     | -6.2      | -6.4      | -7.4      | -6.5      | -8.4     | -7.1     |
| 打撃回数(回)              | 1630     | 1634      | 1789      | 1411      | 1341      | 1126     | 1555     |
| 支持力(kN)              | 82374    | 83023     | 81194     | 69566     | 69244     | 48942    | 76676    |
| 傾き(°)                | 1.2      | 0.1       | 0.5       | 0.9       | 0.8       | 0.2      | 0.5      |
| 沖合い距離(m)             | 46.58    | 46.42     | 45.24     | 46.33     | 46.07     | 47.12    | 44.77    |



写真—6 S-500 ハンマー設置状況

s: 貫入量 (mm)

k: リバウンド量 (mm)

モノパイル1本あたり3～4時間の打撃時間を要し、準備・打撃・移動等のサイクルとしては1基あたり5日で行った。また騒音防止の観点から土曜・日曜は準備・移動日等に当てるように計画し、杭の打設はとりやめた。



工事番号 ウィンドパワー かみす  
 及び工事名 洋上風力発電所基礎工事  
 工 期 平成21年3月12日～平成22年2月28日  
 工 種 基礎杭出来形

| 測定項目 | 区分      | 測点                                                                                             | H1   | H2   | H3   | H4   | H5   | H6   | H7   |
|------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 高 さ  | 設計値(mm) |                                                                                                | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 |
|      | 測定値(mm) |                                                                                                | 4978 | 5005 | 4996 | 4978 | 4988 | 5002 | 4986 |
|      | 差(mm)   |                                                                                                | -22  | +5   | -4   | -22  | -12  | +2   | -14  |
|      | 規格値     | 規格値+50<br>管理値+40<br>+30<br>+20<br>平均<br>+10<br>±0<br>-10<br>-20<br>管理値<br>-30<br>-40<br>規格値-50 |      |      |      |      |      |      |      |
|      | 規格値     |                                                                                                | -22  | +5   | -4   | -22  | -12  | +2   | -14  |

| 測定項目 | 区分     | 測点               | θ1  | θ2  | θ3  | θ4  | θ5  | θ6  | θ7  |
|------|--------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 傾 き  | 設計値(°) |                  | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
|      | 測定値(°) |                  | 1.2 | 0.1 | 0.5 | 0.9 | 0.8 | 0.2 | 0.5 |
|      | 規格値    | 規格値±5.0<br>自主管理値 |     |     |     |     |     |     |     |
|      | 規格値    |                  | 1.2 | 0.1 | 0.5 | 0.9 | 0.8 | 0.2 | 0.5 |
|      | 規格値    | 規格値±5.0<br>自主管理値 |     |     |     |     |     |     |     |

| 測定項目  | 区分      | 測点                | R1    | R2    | R3    | R4    | R5    | R6    | R7    |
|-------|---------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 支 持 力 | 設計値(KN) |                   | 23732 | 23732 | 23732 | 23732 | 23732 | 23732 | 23732 |
|       | 測定値(KN) |                   | 82374 | 83023 | 81194 | 69566 | 69244 | 48942 | 76676 |
|       | 規格値     | 規格値±5000<br>自主管理値 |       |       |       |       |       |       |       |
|       | 規格値     |                   | 82374 | 83023 | 81194 | 69566 | 69244 | 48942 | 76676 |
|       | 規格値     | 規格値±5000<br>自主管理値 |       |       |       |       |       |       |       |

| 項目    | 内容 | 規格値          | 自主管理値        | 最高    | 最低    | 平均    |
|-------|----|--------------|--------------|-------|-------|-------|
| 高 さ   |    | ±50          | ±40          | +5    | -22   | -9.6  |
| 傾 き   |    | 1.5°以内       | 1.5°以内       | 1.2   | 0.1   | 0.60  |
| 支 持 力 |    | 設計値(23732)以上 | 設計値(23732)以上 | 83023 | 48942 | 73003 |

図－5 モノパイル打設管理表

### (5) ジョイントスリーブ設置

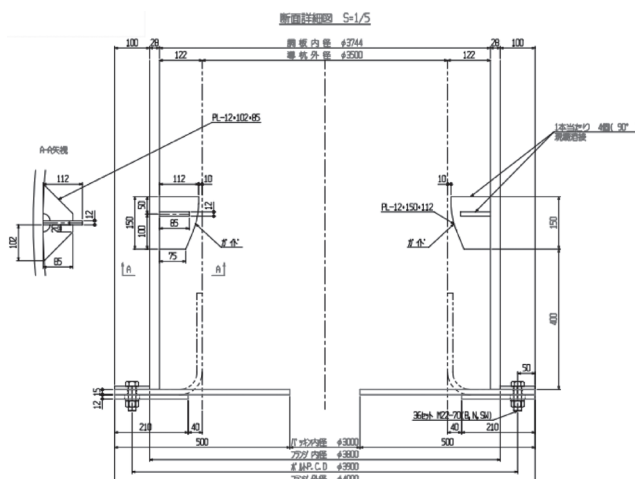
モノパイル打設に続き、ジョイントスリーブの設置を行った。モノパイル打設時の導棒の撤去前にモノパイルの内側に円形足場を設置して、事前に測量した結果を基にモノパイルに仮受鋼材を設置し、ジョイントスリーブの高さ調整を行った。

グラウト材の漏れ防止は、ジョイントスリーブ先端にゴム製のグラウトストップ（特許出願中）を設置することによって行った。

ジョイントスリーブ設置時は、先端に取り付けたゴム（図－6）がモノパイルにそって隙間等なく設置されているか目視しながら慎重に設置した。設置したゴムは途中でのめくりあがりや切れ等もなく、予定通り設置できた。方向に関してはトランシット、高さについてはレベルを使用しながら設置した結果、ジョイントスリーブの鉛直精度は1/1,000以下を確保できた。

グラウト施工は、ジョイントスリーブ上に作業架台をセットして、架台上にミキサーとグラウト材を設置して行った。

グラウト材には水中不分離性高流動無収縮モルタルを使用した。水中不分離性高流動無収縮モルタルは水



図－6 グラウトストップ用ゴム輪製作図

中施工に適しており、充填性が高く強度確保が容易であるため、本工事に最適な材料である。

1基あたり約6m<sup>3</sup>の施工であったが、ジョイントスリーブの底面からグラウト材が流出することを懸念し、2回に分けて施工した。ジョイントスリーブを設置した日に底面より約1mの高さまで注入し、翌日に前日のグラウト材が流出していないことを確認して、残り約4mのグラウトを行った。



写真－7 ゴム輪取付状況

### (6) 中詰めコンクリート打設

中詰めコンクリートは、配合40-18-20BBのレディミクストコンクリートである。設計上、中詰めコンクリートの応力分担は見えていないが、長尺の構造物であるため、防振対策として打設するものである。

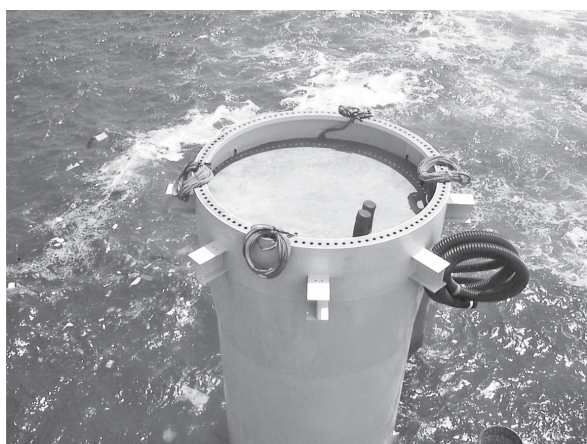
打設方法はコンクリートポンプ車を工事用道路に配置して、配管打設を行った。陸上部の擁壁からジョイントスリーブ上の作業架台まで、クレーンで配管架台を吊りわたして配管をセット（写真－8）した。

事前にモノパイル内の水をすべて排水後、打設を開



写真—8 中詰めコンクリート打設状況

始した。また、打設ホース先端をコンクリートの中に挿し込み、水中コンクリート打設の要領で打設した。天端はジョイントスリーブより 60 cm 下となるように打ち止め、配管内のコンクリートすべて圧送し、金ごてによる仕上げを行った（写真—9）。



写真—9 完成写真

打設後は湛水養生をおこない、引渡し前に排水・清掃を行った。

#### (7) 電気防食

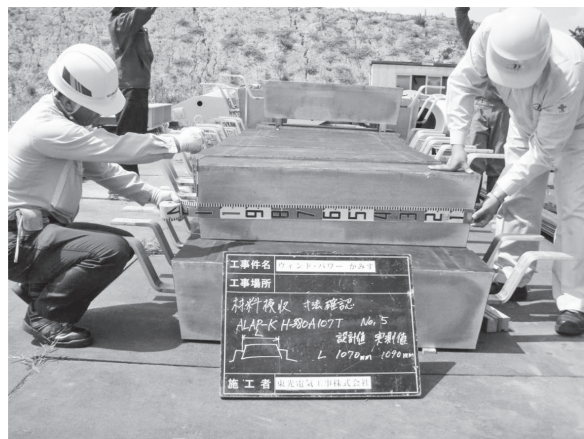
電気防食工は重さ 70 ～ 200 kg ある陽極（アルミインゴット；写真—10）を、モノパイル 3 箇所、栈橋支持柱 2 本に対して各 1 箇所の合計 5 箇所に水中溶接する作業（図—7）である。

#### 4. おわりに

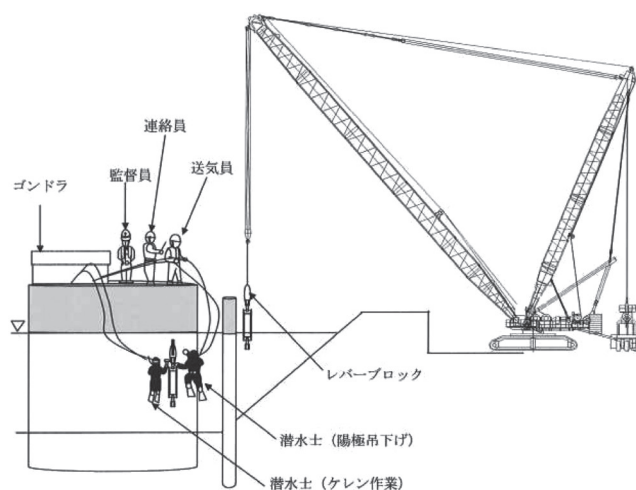
モノパイルは、杭の打設時間が 3 ～ 4 時間と基礎工事としては、非常に単純で合理的な基礎形式である。

その反面、一発勝負的な要素が大きく、モノパイル打設開始後の制御が困難なところに留意した。

今回、高精度の施工が可能になった要因としては、



写真—10 陽極材料確認状況



図—7 電気防食施工概念図

事前の障害物探針による対策工の実施が大きかったが、同時に発注者・協力業者との情報共有と現場における創意工夫が成功したものとする。

今回グラウト接合部に使用した水中不分離性高流動無収縮モルタルは「マックス AZ」であるが、本工事に最適な材料であった。

本工事の施工にあたり、事業者の(株)ウィンド・パワー・いばらき様ならびに発注者の東光電気工事(株)様には格別のご指導をいただきました。

また、地元関係者および協力業者の協力のもとで厳しい自然環境下、無事工事を完了できたことをうれしく思い、ここに記して深く感謝の意を表します。

J C M A

#### 〔筆者紹介〕

矢嶋 英明（やじま ひであき）  
 (株)熊谷組  
 首都圏支店 土木事業部



# 中温化（低炭素）アスファルト舗装の CO<sub>2</sub> 削減効果

井 原 務

中温化アスファルト舗装は、工事で使用する加熱アスファルト混合物の製造・施工温度を通常よりも約 30℃ 程度低減することができる中温化技術を用いた舗装であり、また、製造温度を低減することにより使用する燃料消費量が削減でき二酸化炭素の排出量抑制にも繋がることから低炭素アスファルト舗装とも呼ばれている。この中温化技術には専用の特殊添加剤が用いられ、中温化の効果が得られるメカニズムの違いによりいくつかの種類がある。本稿では、これまでに開発されている各種中温化技術の概要と、加熱アスファルト混合物製造時の CO<sub>2</sub> 排出量の削減を目的とした適用を中心に早期交通開放や寒冷期の施工性改善などを含めた事例について既報の文献をもとに紹介する。

キーワード：舗装，中温化技術，CO<sub>2</sub> 排出量削減，早期交通開放，施工性改善

## 1. はじめに

近年、環境問題、とりわけ地球温暖化抑制に対する CO<sub>2</sub> 排出量の削減への取り組みは、各分野においてますます重要になってきている。舗装の分野では、環境負荷軽減に向けた研究開発が精力的に取り組まれてきており、その一つに加熱アスファルト混合物の製造・施工温度を通常よりも約 30℃ 程度低減する中温化技術を用いた中温化アスファルト舗装がある。この技術によって製造した中温化アスファルト混合物は、グリーン購入法にもとづく「環境物品等の調達の推進に関する基本方針」の特定調達品目に 2010 年 2 月より追加されている。

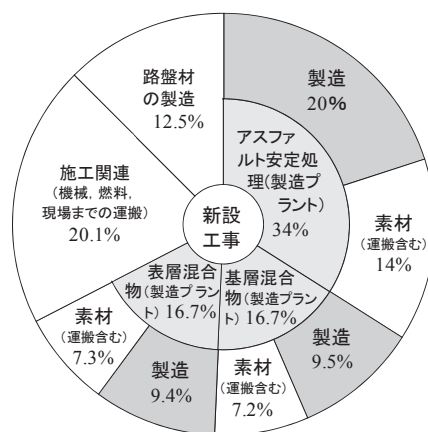
中温化技術は、加熱アスファルト混合物の製造時の CO<sub>2</sub> 排出量を削減する他にも、補修工事における早期交通開放も期待でき、また、通常温度で適用した場合、高い締固め性を発揮することから、寒冷期の橋面舗装等における施工性の改善も図れる。

ここでは、これまでに開発されている各種中温化技術の概要と、加熱アスファルト混合物製造時の CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果を中心に早期交通開放や寒冷期の施工性改善を目的とした主な適用事例等について既報の文献をもとに紹介する。

## 2. 中温化技術の概要

新設のアスファルト舗装工事における CO<sub>2</sub> 排出量

について、「各種加熱アスファルト混合物の製造」と「現場施工関連」および「路盤材の製造」で区分し、それぞれの区分ごとの排出比率について試算した結果の例を図—1<sup>1)</sup>に示す。各種加熱アスファルト混合物の製造プラントにおける素材を含めた CO<sub>2</sub> 排出量の比率は 67% であり、加熱アスファルト混合物の製造のみをとっても全工事の CO<sub>2</sub> 排出量の約 40% を占める結果となっている。



図—1 新設工事における CO<sub>2</sub> 排出量の比率の試算例

これは、各種加熱アスファルト混合物の製造においては 160～180℃ 程度の加熱混合が必要であり、通常、その加熱には化石燃料の重油を混合物 1t 当たり約 9ℓ 程度燃焼させるためである。なお、国内における加熱アスファルト混合物の製造数量は年間約 5000 万 t 程度であり、加熱に用いる重油は概算で 45 万 kℓ と

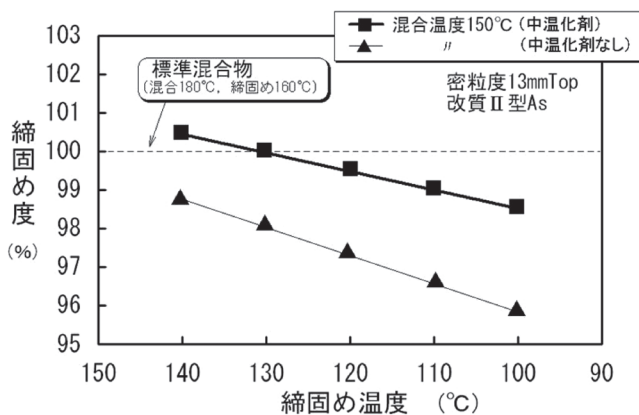


なり、CO<sub>2</sub>排出量は122万tにもなる。このようなことを踏まえ、加熱アスファルト混合物の製造温度を低減できる中温化技術が開発された。

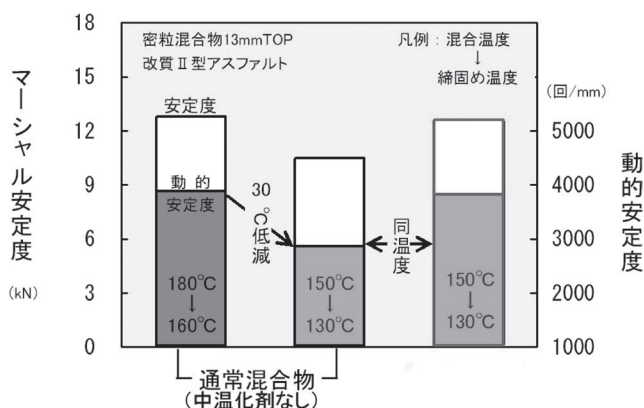
中温化技術は、専用の特殊添加剤（以下、中温化剤と称す）を用いて加熱アスファルト混合物の製造温度を通常よりも約30℃低下させ、燃料消費量を低減して製造時のCO<sub>2</sub>排出量を削減する技術である。この技術にはいくつかの種類があり、中温化の効果が得られるメカニズムの違いから発泡系、粘弾性調整系及び滑剤系に分類され、それぞれ専用の中温化剤が用いられている。また、中温化剤の添加方法には、混合物製造時に添加するプラントミックスタイプと、あらかじめアスファルトと中温化剤が混合してある中温化混合物用アスファルトを用いるプレミックスタイプとがある。

### (1) 発泡系

発泡系の中温化剤は、アスファルトモルタル内に微細泡を発生・分散させるもので、その中温化剤には組成の違いからいくつかのもの<sup>2), 3)</sup>がある。添加方法はいずれもプラントミックスタイプとなっている。これらの中温化アスファルト混合物は、発生・分散した細かな泡の働きによって、製造時の混合性が向上するとともに、舗設時にはベアリング効果によって締固め



図—2 締固め温度と締固め度の関係（一部加筆）

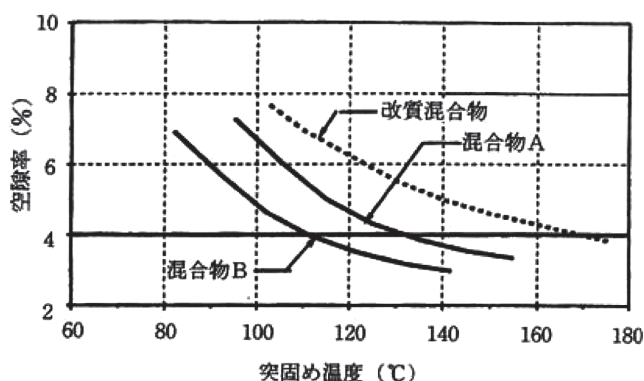


図—3 力学特性の比較結果（一部加筆）

性を向上させることができる。その混合物の締固め特性と力学特性の一例<sup>2)</sup>を図—2と図—3に示す。図—2より中温化アスファルト混合物は、締固め温度が130℃以上であれば、160℃で締め固めた標準の加熱アスファルト混合物と同等の締固め度が得られている。また、図—3より中温化アスファルト混合物のマーシャル安定度と動的安定度は、温度条件が30℃高い通常のアスファルト混合物（中温化剤なし）の特性値と遜色ない結果になっている。

### (2) 粘弾性調整系

粘弾性調整系の中温化剤には、一定の温度以上になると急激に液体状となって骨材を被覆しているアスファルトの表面部分の粘弾性を低下させるもの<sup>4)</sup>や、アスファルトの組成と分子量分布を調整して、高温域でのアスファルト混合物のコンシステンシを調整するもの<sup>5)</sup>などがある。添加方法はプラントミックスタイプが多く、その中にはプレミックスタイプでも使用できるものがある。これらの中温化アスファルト混合物は、製造時と施工時の高温域での粘弾性あるいはコンシステンシの調整によって、混合性と締固め性を向上させることができる。その混合物の締固め特性と混合物性状の一例<sup>5)</sup>を図—4と表—1に示す。図—4より中温化技術を用いたアスファルト混合物（混合物Aと混合物B）は、通常の改質混合物に比べて突固め温度が30℃および50℃程度低減しても、同じ空隙率（締固め度）が得られている。また、表—1より混合物Aは通常の改質混合物と同等の力学特性であるこ



図—4 突固め温度と空隙率の関係

表—1 混合物性状（一部修正）

| 項目    | 混合温度 | 最適締固め温度 | マーシャル安定度 | フロー値     | DS    |
|-------|------|---------|----------|----------|-------|
| 単位    | ℃    | ℃       | kN       | 1/100 cm | 回/mm  |
| 混合物A  | 150  | 130     | 9.5      | 36       | 4,200 |
| 混合物B  | 130  | 110     | 8.4      | 38       | 2,000 |
| 改質混合物 | 180  | 165     | 11.0     | 36       | 4,800 |

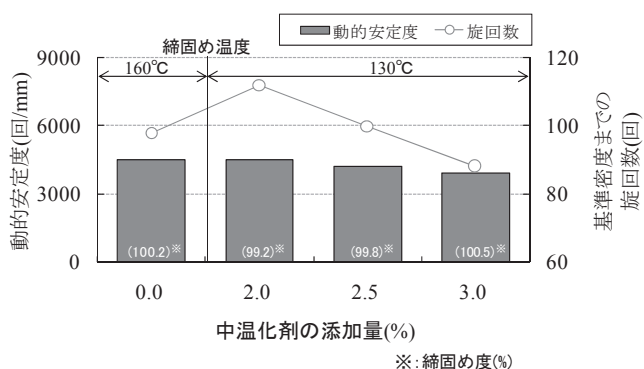
※空隙率4.0%での値



とから大型車交通量が著しく多い道路，混合物 B は大型車交通量の多い道路に適用可能としている。

### (3) 滑剤系

滑剤系の中温化剤には，アスファルトのコンシステンシへの影響が少なく，中温化剤の融点以上になるとアスファルトに溶解してアスファルトと骨材の界面における潤滑を高めるもの<sup>6)</sup>や，アスファルト混合物中の骨材間の摩擦抵抗を低減するもの<sup>7)</sup>などがある。添加方法は，プレミックスタイプが多く，その中にはプラントミックスタイプで利用できるものもある。これらの中温化アスファルト混合物は，製造時と施工時の高温域での滑性効果あるいはベアリング効果によって混合性と締固め性を向上させることができる。その混合物の締固め特性と力学特性の一例を図—5<sup>8)</sup>に示す。図—5より中温化アスファルト混合物（締固め温度 130℃）は，添加量を 2.5%（アスファルト量に対する添加率）にすることで，中温化剤が無添加（添加量 0%）のもの（締固め温度 160℃）と同等の締固め性（旋回数）が得られ，また，動的安定度も同等となっている。



図—5 中温化剤の添加量と混合物特性の関係（一部修正）

## 3. CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果

加熱アスファルト混合物の製造における CO<sub>2</sub> の発生は，骨材を加熱するための重油などの燃焼によるものが大部分であり，その CO<sub>2</sub> 排出量は加熱温度が高いほど増加する。加熱アスファルト混合物の製造プラントにおける CO<sub>2</sub> 排出量について，製造温度毎に試算した結果の例を表—2<sup>9)</sup>に示す。この例は，加熱のための燃料消費量のみに着目したものであるが，加熱アスファルト混合物の製造温度を通常温度よりも 30℃低下させることで，CO<sub>2</sub> 排出量を約 14～15%程度削減できることがわかる。

CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果について実際の工事で検討し

表—2 製造温度低減による CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果の試算例

| 加熱アスファルト混合物の製造温度 | CO <sub>2</sub> 排出量 (kg/t) | 使用バインダー     |                         |          |                         |
|------------------|----------------------------|-------------|-------------------------|----------|-------------------------|
|                  |                            | ストレートアスファルト |                         | 改質アスファルト |                         |
|                  |                            | 製造温度の低減     | CO <sub>2</sub> 削減率 (%) | 製造温度の低減  | CO <sub>2</sub> 削減率 (%) |
| 180℃             | 20.3                       | —           | —                       | 通常温度     | 0                       |
| 170℃             | 19.4                       | —           | —                       | —        | 4.4                     |
| 160℃             | 18.5                       | 通常温度        | 0                       | —        | 8.8                     |
| 150℃             | 17.6                       | —           | 4.9                     | 30℃低減    | 13.7                    |
| 140℃             | 16.7                       | —           | 9.7                     | —        | 17.7                    |
| 130℃             | 15.8                       | 30℃低減       | 14.6                    | 50℃低減    | 22.1                    |
| 120℃             | 15.0                       | —           | 19.4                    | —        | —                       |
| 110℃             | 14.1                       | 50℃低減       | 24.2                    | —        | —                       |

注) CO<sub>2</sub>排出量:加熱アスファルト混合物製造1ton当たりの排出量  
骨材の含水比は3%，外気温は30℃とした

た事例を紹介する。

はじめの事例は，切削オーバーレイ工事（t = 表層 4 cm + 基層 6 cm）において，通常温度で製造した加熱アスファルト混合物（通常混合物）と，その通常温度より 30℃低下させた中温化アスファルト混合物（中温化混合物）を使用し，製造プラントにおける燃料使用量から CO<sub>2</sub> 排出量を算出して削減効果を検討したものである。この事例では，表—3に示すように基層の中温化混合物で製造時の CO<sub>2</sub> 排出量が 15.3%削減でき，表層の中温化混合物では 14.1%削減できたことが確認されている。

表—3 各種混合物における重油使用量の測定結果と CO<sub>2</sub> 排出量の計算結果

| 項目        |        | 製造温度 | 混合物製造量 | 重油使用量 |     | 中温化剤によるCO <sub>2</sub> 増加分 | 混合物1t当りのCO <sub>2</sub> 排出量 | CO <sub>2</sub> 削減率 |
|-----------|--------|------|--------|-------|-----|----------------------------|-----------------------------|---------------------|
|           |        | ℃    | t      | ℓ     | ℓ/t | kg-CO <sub>2</sub> /t      | kg-CO <sub>2</sub> /t       | %                   |
| 基層 (ストアス) | 通常混合物  | 160  | 56     | 449   | 8.0 | —                          | 21.7                        | —                   |
|           | 中温化混合物 | 130  | 56     | 374   | 6.7 | 0.3                        | 18.4                        | 15.3                |
| 表層 (改質Ⅱ型) | 通常混合物  | 180  | 40     | 359   | 9.0 | —                          | 24.3                        | —                   |
|           | 中温化混合物 | 150  | 40     | 304   | 7.6 | 0.3                        | 20.9                        | 14.1                |

注) 骨材の含水比:3%，重油のCO<sub>2</sub>排出原単位:2.71 kg-CO<sub>2</sub>/ℓ

次の事例は，切削オーバーレイ工事（t = 5 cm，一部 5 cm × 4 層）において，通常温度の加熱アスファルト混合物とそれよりも 30℃と 50℃低減させた中温化アスファルト混合物で検討しており，表—4<sup>4)</sup>に

表—4 重油使用量および CO<sub>2</sub> 排出量の削減率（一部加筆）

| 条件 | 混合温度 (℃) | 製造数量 (t) | 重油使用量 (ℓ/t) | CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-C/t) | CO <sub>2</sub> 削減率 (%) | 備考      |
|----|----------|----------|-------------|------------------------------|-------------------------|---------|
| 1  | 160      | 443      | 7.5         | 5.52                         | 0.0                     | 通常加熱混合物 |
| 2  | 130      | 243      | 6.0         | 4.41                         | 20.1                    | 中温化混合物  |
| 3  | 110      | 63       | 5.1         | 3.75                         | 32.0                    |         |

注) 骨材含水比:4.4%，重油CO<sub>2</sub>排出原単位:0.7357(kg-C/ℓ)

示すように、CO<sub>2</sub> 排出量は 30℃ 低減の場合で 20.1%、50℃ 低減の場合で 32.0% の削減効果があったとしている。

さらに、もう一つの事例は、切削オーバーレイ（ $t$  = 表層 5 cm）工事において試験工区を設けて、表層に製造温度を 30℃ 低減した再生骨材配合率 30% の中温化アスファルト混合物を舗設し、通常の加熱アスファルト混合物とのアスファルトプラントにおける燃料使用量と使用材料の原単位を比較することにより、CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果を検討した事例である。表—5<sup>6)</sup> に示すように、通常の加熱アスファルト混合物を用いた比較工区に比べて混合物 1 t 当たり 3.7 kg-CO<sub>2</sub>/t 低減し、約 18% 削減できたとしている。

この他にも、製造温度低減による燃料使用量から中温化アスファルト混合物の CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果を検討した事例が報告<sup>10), 11)</sup> されており、いずれの報告も CO<sub>2</sub> 排出量は、通常の加熱アスファルト混合物の製造時に比べて 15% 程度以上の削減効果であったとしている。

表—5 骨材加熱に伴う CO<sub>2</sub> 発生量の計算結果

| 項 目                          | 比較工区                  |  | 試験工区   |
|------------------------------|-----------------------|--|--------|
|                              | 中温化剤なし                |  | 中温化剤あり |
| 出荷温度(製造温度)                   | 168℃                  |  | 143℃   |
| A重油使用量                       | ℓ/t                   |  | 7.7    |
| A重油の原単位                      | kg-CO <sub>2</sub> /ℓ |  | 2.71   |
| 中温化剤の原単位※1                   | kg-CO <sub>2</sub> /t |  | 538    |
| 中温化剤の使用量                     | kg/t                  |  | 0      |
| 中温化剤によるCO <sub>2</sub> 増加分※2 | kg/t                  |  | 0.085  |
| CO <sub>2</sub> 排出量          | kg/t                  |  | 20.9   |
|                              |                       |  | 17.2   |

注) ※1 改質Ⅱ型の原単位は472.62 kg-CO<sub>2</sub>/t とした

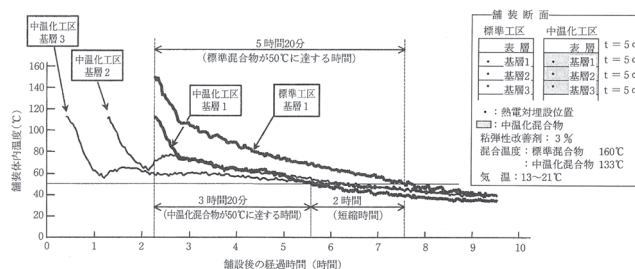
※2 改質Ⅱ型との原単位の差分より算出した。

## 4. その他の適用効果

### (1) 早期交通開放による規制時間短縮

交通規制を伴う補修工事では、中温化アスファルト混合物を用いることで、通常よりも混合物温度が低いことから交通開放までの規制時間の短縮が可能になる。また、仮に規制時間を同じにすれば日施工量を増やせるので、工期の短縮も図れることもある。これらの規制時間や工期の短縮は、補修工事における交通渋滞の緩和にもつながり、交通車両の排気ガスや騒音等の沿道環境の改善も期待できる。ここでは、試験舗装において中温化アスファルト混合物を適用した早期交通開放の検討事例について紹介する。

はじめの事例は、図—6<sup>4)</sup> の舗装断面に示す基層 3 層と表層 1 層を同日施工し、舗装体の内部温度を熱電

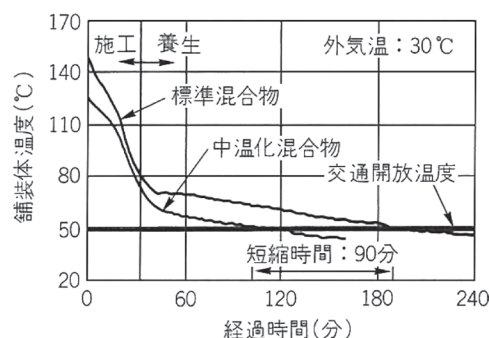


図—6 各工区の舗設後の舗装体内部温度の経時変化

対で測定して、その経時変化から交通開放時期を検討したものである。通常の加熱アスファルト混合物を用いた標準工区の温度低下に比べ、それより 30℃ 低減して製造した中温化アスファルト混合物の工区は内部温度の降下が早く、交通開放温度（舗装表面温度が 50℃ 以下）になるまでの時間が 2 時間程度短縮されている。

次の事例の表層厚 5cm のオーバーレイの試験舗装においても、図—7<sup>3)</sup> に示すように、通常の温度で製造した標準混合物よりも 30℃ 低減して製造した中温化アスファルト混合物の工区は、交通開放温度までの時間がおおむね 90 分程度短縮されている。

この他にも、早期交通開放への適用効果を検討した事例<sup>2), 12), 13)</sup> が報告されている。その中には、中温化アスファルト混合物と通常の加熱アスファルト混合物との温度差が 20℃ 程度の場合では、時間差が約 30 分であったとの報告<sup>12)</sup> もある。



図—7 試験舗装の各混合物の舗装体内部温度の経時変化

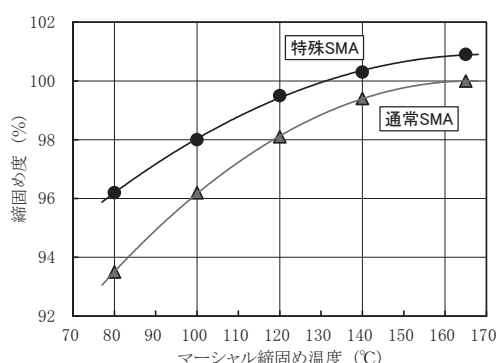
以上のように交通開放までの規制時間の短縮効果にはかなりの幅がある。これは、混合物の温度低下が舗設時の気象や表・基層施工厚の条件、あるいは製造時の設定温度の違いなどの要因に影響されることが考えられる。しかし、同一の気象条件と施工条件下においては、少なくとも 30 分程度の時間短縮効果のあることが、これまでの調査からいえる。

### (2) 通常加熱アスファルト混合物の施工性改善

温度低減せずに通常温度で製造する加熱アスファルト

ト混合物に中温化技術を適用すれば、締固め性能が大きく向上することから、寒冷期の施工や混合物の急激な温度低下が懸念される橋面舗装などの施工性改善のために用いられることがある。ここでは、その中から、寒冷期施工における締固め性向上を目的とした適用事例について紹介する。

この事例は、橋面舗装の防水層を兼ねたレベリング層用の碎石マッシュアップスファルト混合物（SMA）へ中温化技術を適用したものである。寒冷期の施工で、かつ施工厚が 35 mm という条件の下で、所要の締固め度確保と舗設許容時間の拡大を目的としている。図—8<sup>14)</sup>に示す室内試験では中温化技術を用いた特殊 SMA は、通常の SMA の場合よりも締固め度を 20℃ 程度低減しても同等の締固め度が得られ、また、外気温が 2℃ 程度の厳寒期における実際の試験施工でも、全ての切取り供試体で 98% 以上の締固め度（目標値：97.5% 以上）が得られている<sup>15)</sup>。



図—8 各 SMA の締固め温度と締固め度の関係

この他にも、薄層舗装の施工性改善の効果を検討した事例<sup>16)</sup>や、寒冷期のポーラスアスファルト舗装への適用事例<sup>17), 18)</sup>が報告されており、中温化技術の適用は、混合物の締固め性を向上させる効果がある結果となっている。

## 5. おわりに

中温化技術は 1990 年代から研究開発され、試験施工等を経て既に実用化されている。施工実績は、過去 10 年間で概ね 300 万 m<sup>2</sup> 程度（道路建設業協会調査、平成 22 年 4 月）であり、その中で製造温度を通常よりも 30℃ 程度低減した中温化アスファルト舗装の施工面積は 50% 程度である。混合物製造量に換算すると約 45 万 t 程度と試算され、これは過去 10 年間の総製造量の 0.1% 以下で、本格的な適用はこれからの状況にある。そして、これまでは新規のアスファルト混

合物への適用が主体であったが、全出荷量の約 70% を占める再生アスファルト混合物への活用も今後進めて行く必要がある。

ここで紹介した中温化アスファルト舗装は、舗装分野から排出される CO<sub>2</sub> のうち、その多くを占めるアスファルト混合物製造時での削減が図れるものであり、今後更に汎用的な技術となるように努めて行きたいと考えている。

最後に、本報を取りまとめるに当たり、多くの文献を引用させて頂いたことに謝意を表するとともに、今後の中温化アスファルト舗装の普及に多少なりとも寄与できれば幸甚である。

J C M A

### 《参考文献》

- 1) (社)日本道路協会：舗装性能評価法 別冊—必要に応じて定める性能指標の評価法編一，2008.3
- 2) 吉中保，根本信行：環境保全を指向したアスファルト舗装技術に関する研究，土木学会第 2 回舗装工学講演会講演論文集，1997.12
- 3) 海老澤秀治，坂本康文，佐々木雅之，五傳木一：ケミカルフォームドアスファルトを用いた中温化技術，舗装 Vol.35, No.10, 2000.10
- 4) 市岡孝夫，森嶋洋幸，小林良太：粘弾性を改善したアスファルト混合物の開発と中温化技術への応用，道路建設 No.643, 2001.8
- 5) 加納孝志，高橋光彦，鈴木秀輔，野村健一郎：アスファルトの成分に着目した中温化技術，道路建設 No.618, 1999.7
- 6) 加藤正浩，村山雅人：界面活性剤系中温化剤の開発とその性能評価，第 28 回日本道路会議論文集，舗装部門，2009.10
- 7) 小野寺陵太郎，村山陽：中温化改質アスファルトの作業性および交通開放温度に関する一検討，土木学会第 65 回年次学術講演会論文集，2010.9
- 8) T.Hirato, M.Kato, M.Murayama: Development and Evaluation of a Warm Mix Asphalt Additive of Surfactant for Pre-mixing Asphalt, The 11<sup>th</sup> International Conference on Asphalt Pavements, NAGOYA 2010.8
- 9) 吉中保，根本信行，市原利昭：中温化技術の適用温度の低減化に関する検討，土木学会舗装工学論文集，第 4 巻，1999.12
- 10) 志賀勝宏，秋田文生：CO<sub>2</sub> 削減等を目的とした中温化材による試験施工の調査結果，第 23 回日本道路会議一般論文集 (C)，1999.10
- 11) 村井宏美，藤田浩成，吉野敏弘：中温化舗装技術の検討，第 29 回日本道路会議論文集，舗装部門，2011.11，投稿中
- 12) 鈴木秀輔，加納孝志，西沢典夫：中温化混合物の性状と適用例，舗装 Vol.34 No.5, 1999.5
- 13) 寺田剛：中温化技術の現状，舗装 Vol.36 No.11, 2001.11
- 14) 荒川和正，小野聖久，菅原紀明：中温化技術を応用した SMA の橋面防水層への適用について，第 24 回日本道路会議論文集 舗装部門，2001.10
- 15) 松下俊司，若松隆，植松祥示：中温化技術を応用した SMA の橋面防水層への適用評価，第 25 回日本道路会議論文集 舗装部門，2003.10
- 16) 谷井敬春，竹内康二，森嶋洋幸：中温化技術を応用した薄層 SMA の施工事例，第 24 回日本道路会議論文集 舗装部門，2001.10
- 17) 草西巧，草野滋伸，口分田渉：寒冷期における高機能舗装の施工対策について，第 25 回日本道路会議論文集 舗装部門，2003.10
- 18) 田高淳：(財)土木研究所寒地土木研究所における積雪寒冷地の舗装技術に関する研究，アスファルト Vol.50 No.221, 2007.4

### 【筆者紹介】

井原 務 (いはら つとむ)  
(社)日本道路建設業協会  
技術及び施工管理部会  
委員





# オフロード法 2011 年基準適合油圧ショベル

## 336E/336EL の市場導入

遠 藤 史 崇

2011 年 10 月より「特定特殊自動車排出ガスの規制などに関する法律」にて定められた排出ガスに対する規制値が段階的に強化されたが、2011 年 6 月にこの新基準に適合する油圧ショベル「336E/336EL」を国内で初めて市場導入した。336E/336EL に搭載の「Cat C9.3 ディーゼルエンジン」には、新基準をクリアする為の様々な環境対応システムを盛り込んでいる。また、燃料消費量の低減、安全性・居住性の向上を図っており、本文にて紹介する。

キーワード：オフロード法、排出ガス低減、環境対応、燃料消費量低減、ROPS キャブ

### 1. はじめに

2005 年 5 月に「特定原動機及び特定特殊自動車についての技術上の基準を定め、特定特殊自動車の使用について必要な規制を行うこと等により、特定特殊自動車排出ガスの排出を抑制し、もって大気汚染に関し、国民の健康を保護するとともに生活環境を保全すること」を目的として、「特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律」（通称：オフロード法）が環境省・国土交通省・経済産業省所掌にて制定され、エンジン出力 19 ～ 560 kW の特定特殊自動車が排出する一酸化炭素（CO）、炭化水素（CH）、窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）、粒子状物質（PM）、ディーゼル黒煙の有害物質排出量を規制の対象とした規制がなされた。しかし、オフロード法制定当初から年月が経過し、一般自動車において更なる排出ガス規制が進んだ為、継続してオフロード特殊自動車の有害物質排出の寄与率が高い事から、新たな基準値を 2011 年より段階的に導入する事となり、2010 年 3 月に施行規則等が改正された。

最も早い 2011 年 10 月より規制が強化され、より厳しい基準となった 130 ～ 560 kW の出力帯の建設機械

において、いち早く適合機種を導入すべく、2011 年 6 月に中型油圧ショベル 336E/336EL（エンジン出力：238 kW）を市場導入した。この 336E/336EL は、新しい排出ガス基準（以下オフロード法 2011 年基準）への適合に加え、従来機と比較して、同等の時間当たり作業量を維持しながらの燃料消費量低減、安全性の向上等の商品力アップを図った車両である。本稿では、これらの 336E/336EL の特長について紹介する。

### 2. 環境対応

336E/336EL が搭載している「Cat C9.3 ディーゼルエンジン」には、オフロード法 2011 年基準を満たすべく、様々な排出ガス成分の低減対策を盛り込んでいる。一般的に、NO<sub>x</sub> と PM の発生はトレードオフの関係にあり、燃焼温度を上昇させると PM が低減する代わりに NO<sub>x</sub> が増加する。逆に燃焼温度を低下させると、NO<sub>x</sub> が低減する代わりに PM が増加する。この Cat C9.3 ディーゼルエンジンでは、燃焼温度を下げ

表 1 エンジン出力帯 130 ～ 560 kW 排出ガス基準値

|                         | 2006 年基準 | 2011 年基準       | 低減率 |
|-------------------------|----------|----------------|-----|
| 一酸化炭素（CO）               | 3.50     | 3.5            | —   |
| 炭化水素<br>（CH）            | 0.40     | 0.19<br>（NMCH） | 53% |
| 窒素酸化物（NO <sub>x</sub> ） | 3.60     | 2.0            | 44% |
| 粒子状物質（PM）               | 0.17     | 0.02           | 88% |
| 黒煙濃度                    | 25%      | 25%            | —   |

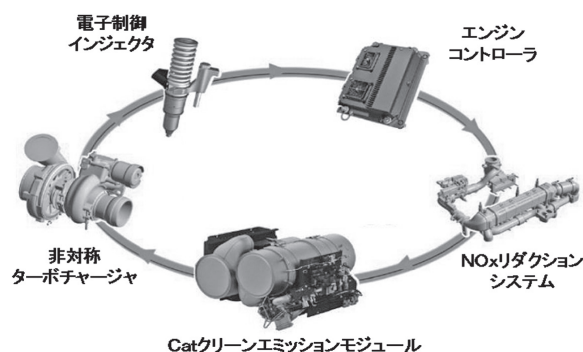


図 1 C9.3 ディーゼルエンジン 環境対応システム

る事で、NO<sub>x</sub>を低減させ、アフタートリートメント技術でPMを始め、その他のCO、CH等を除去している。その結果、完成車にて実施する無負荷急加速時の黒煙濃度計測（フリーアクセルスモーク計測）での黒煙濃度が0%となっている。C9.3ディーゼルエンジンに採用した排出ガス成分低減対策を以下に紹介する。

### (1) 電子制御システム

約1,000万通りの噴射パターンがプログラミングされたエンジンコントローラを採用し、エンジンメカニズムを最適に制御する事で、低排出ガス、低燃費を両立している。

### (2) 燃料噴射システム

あらゆる条件下で最適な燃料噴射を行うコモンレール燃料システムと電子制御式インジェクタを採用している。この燃料システムは、ハイプレッシャポンプで高圧にしてコモンレールに送った燃料を、エンジンコントローラにより制御された電子制御式インジェクタが、あらゆるエンジン回転数、負荷条件下で、最適な燃料噴射を行っており、高い燃焼効率を実現している。

### (3) 非対称ターボチャージャ

新たに非対称ターボチャージャを採用している。この非対称ターボチャージャは、シリンダからの排気を2系統に分け、ターボチャージャに流入するスクロールの大きさがそれぞれ異なる構造となっている。ターボチャージャは、エンジンからの排気を利用してタービンを回転させ、吸気側の空気を圧縮させるが、非対称ターボチャージャは、NO<sub>x</sub>リダクションシステム（後述）へ排出ガスを送り込む為、本来の出口であるターボチャージャへの流入容量を小さくし、ターボチャージャ内に圧を立たせている。また、流路の小さいスクロールを通った排出ガスは、タービンフィンの外側に流れるので、素早い回転を発生させ、低回転域での優れたレスポンスの実現に貢献している。

### (4) NO<sub>x</sub> リダクションシステム

NO<sub>x</sub>低減対策として、新たに「NO<sub>x</sub>リダクションシステム（NRS）」を採用している。このシステムでは、エンジンからの排気の一部を吸気側に戻し、コントロールした不完全燃焼により、燃焼温度を低下させる事で、NO<sub>x</sub>の発生量を低減している。

NO<sub>x</sub>リダクションシステムは、所謂EGRである。従来のEGRでは、排気をシリンダ内に取り込む為、粒子状物質（PM）によるシリンダの磨耗や、硫黄酸

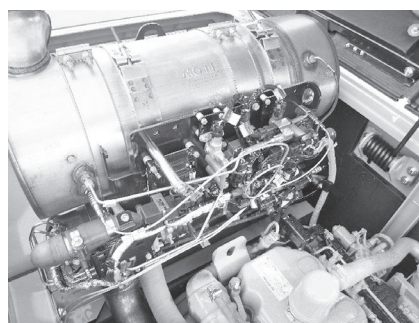
化物（SO<sub>x</sub>）による腐食を発生させる懸念があった。これに対し、NO<sub>x</sub>リダクションシステムは、超低硫黄ディーゼル燃料の普及による排出ガス中の硫黄酸化物（SO<sub>x</sub>）低減による耐腐食性の向上、従来のEGRと比較して燃焼効率の向上によるPMの低減及び低灰分エンジンオイルCJ-4の採用による耐磨耗性の向上等により、従来のEGRで懸念された要因を排除している。

### (5) 燃料クーラ

燃料ラインのエンジンからの戻り配管部に、燃料クーラを装備している。この燃料クーラの働きにより、燃料タンクに戻る燃料の温度を下げる事で、燃料温度の上昇を抑え、燃焼温度を低くし、NO<sub>x</sub>の発生を抑えている。

### (6) アフタートリートメント技術

排出ガスのアフタートリートメント技術として、排出ガス浄化装置「Catクリーンエミッションモジュール（CEM）」を採用している。このCatクリーンエミッションモジュールには、ディーゼル酸化触媒（DOC）、ディーゼルパーティキュレートフィルタ（DPF）、「Catリジェネレーションシステム（CRS）」で構成されており、一酸化炭素（CO）、炭化水素（HC）、燃焼温度の低下で増加したPM等を除去、無害化する働きを有する。それぞれの特長については、以下の通りである。



写真—1 Cat クリーンエミッションモジュール

#### ①ディーゼル酸化触媒（DOC）

ディーゼル酸化触媒（DOC）は、エンジンから排出され非対称ターボチャージャを通った排出ガスが初めに通る白金コーティングされた触媒である。この触媒は、排出ガスに含まれ、オフロード法での規制対象ともなっている一酸化炭素（CO）や炭化水素（HC）の他、PMに含まれる可溶性有機成分（SOF）を無害化する働きを有している。

#### ②ディーゼルパーティキュレートフィルタ（DPF）

ディーゼルパーティキュレートフィルタ（DPF）は、DOCを通った排出ガスが通るフィルタであり、排出ガス中のPMを捕捉する働きを有している。このフィ



図ー2 ディーゼル酸化触媒／ディーゼルパーティキュレートフィルタ

ルタで、PMの約90%を捕捉する事が出来、排出ガスからの有害成分の除去に大きく貢献している。また、PMを除去する過程で、すすが堆積したDPFは、後述の「Catリジェネレーションシステム（CRS）」の働きにより、すすを除去、再生し、高いPM除去能力を維持し続ける事が可能である。

### ③「Catリジェネレーションシステム（CRS）」

「Catリジェネレーションシステム（CRS）」は、DPFに堆積したすすを除去する為の装置である。DPFにすすが堆積した場合、車両が自動的にDPF再生の可否を判断し、燃料と排気の混合気を燃焼させ、DPF内に高温状態を作り出し、すすを燃焼させ、DPFを再生する事が出来る。

## 3. 生産性

336E/336ELは、オフロード法2011年基準に適合しつつ、高い生産性を発揮する車両である。以下に紹介するパワーモード設定、エンジン制御及び油圧システムの見直しにより、最大出力モード時、従来機とほぼ同等の時間当たり作業量を維持しながら、約13%の燃料消費量の低減を実現しており、ランニングコストの削減や二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）等、有害物質の排出量低減に貢献している。

### （1）パワーモード設定

336E/336ELでは、従来機の最大出力モードと同等の時間当たり作業量を発揮する「スタンダードモード」と、スタンダードモードとほぼ同等の燃料生産性を発揮しつつ燃料消費量を約5%低減可能な「エコノミーモード」の2つのモード設定で、高い時間当たり作業量を求める顧客から、燃料消費量を重視する顧客まで幅広いニーズに対応可能としている。

### （2）エンジン制御

エンジン回転制御に、軽負荷領域での燃料消費量低減を目的として、アイソクロナス制御を採用している。

また、アイドリング時の燃料消費量／CO<sub>2</sub>排出量低減対策として、数秒間アイドリング状態が続いた場合に自動的にエンジン回転を低下させる自動デセルや右コントロールレバー上のボタンをワンタッチすればエンジン回転を低下させる事が出来るワンタッチローアイドルを採用している。更に、設定した一定時間（1～60分で設定可）アイドリング状態が続いた場合に、自動的にエンジンを停止させるオートアイドルストップ機能を新たに採用している。

## （3）油圧システム

従来機に比べ、油路の拡大、圧力損失の低減を図った縦型の新型コントロールバルブを採用している。また、ブーム下げ時、シリンダロッド側の作動油の全てをタンクに戻さずに、一部をシリンダヘッド側に送りつつ、エンジン回転及びポンプ流量を低減する事で、エネルギー消費を抑える「高効率ブームエネルギー再生システム」の採用等、油圧システムでのエネルギーロスを抑え、燃料消費量の低減を図っている。

## 4. 安全性

万一、車両稼動中に事故が発生した場合、操業停止・多額の損害賠償等の経済的ダメージの他、場合によっては尊い人命が奪われる可能性も有り、安全性については、使用者にとって、作業性能と並び、最も関心の高い要素である。従来より、ISO規格への準拠の他、安全に関する研究や世界中から集められる情報を基に、安全に関するガイドラインを設け、商品に盛り込んでいた。336E/336ELにおいても、更なるISO規格への準拠を中心として、様々な安全性向上対策を採用している。

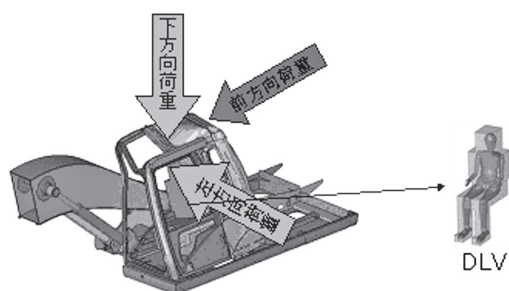
### （1）ROPSキャブ

以前より、万一の油圧ショベルの転倒時にも運転者を保護する構造に関する規格について検討されてきたが、2008年12月、ISOにて新たな規格（ISO12117）が制定された。ISO12117では、あらゆる方向への転倒を想定し、下図に示す通り、後方／側方／上方からの一定基準の荷重によりキャブが変形した場合に、オペレータを想定した範囲であるDLV（Deflection-Limiting Volume）の領域に変形したキャブ構造物が接触しない、またDLVが規定より移動せず、オペレータの安全性が確保出来る構造を有したROPS（Roll-over Protective Structure、転倒時運転者保護構造）キャブについて規定されている。336E/336ELでは、ISO12117が制定された事から、新たにROPSキャブ





写真一 2 ROPS キャブ



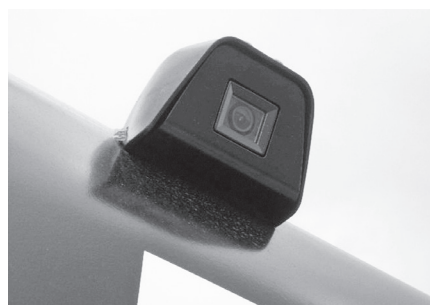
図一 3 ROPS

を搭載し、オペレータの安全性向上を図っている。尚、このROPSキャブは、労働安全衛生法にて定められたヘッドガードの基準も満たしている。

## (2) 周囲視界

336E/336ELは、従来機ではオプションであった、リアビューカメラ及びミラー（ライトサイドミラー、キャブフロントミラー）を標準装備しており、ISOの視界性規格（ISO5006）を標準でクリアしている。

ISO5006では、オペレータのアイポイントから半径12mのグラウンドレベル上の周囲視界と、機体から1mの距離で高さ1.5mまでの物体（人間を想定）に対する近接視界のそれぞれの視界測定範囲において、許容される遮影範囲（オペレータから死角になる範囲の割合）が規定されており、336E/336ELは、リアビューカメラとライトサイドミラー、キャブミラーを装備する事で、この基準を満たしている。



写真一 3 リアビューカメラ



写真一 4 ライトサイドミラー



写真一 5 キャブミラー

## (3) 昇降時転落防止

キャブ乗降時またメンテナンス時等に機体上面へアクセスする際、常に三点支持で昇降出来る様にハンドレール及びステップの位置について、ISOで規定されている（ISO2867）。この規定に準拠する様、ハンドレール位置、ステップ位置を見直し、常に三点支持が可能な位置にレイアウトし、安全に昇降が出来る様、配慮している。



写真一 6 大型ハンドレール&amp;ステップ

## (4) 機体上面作業時転落防止

メンテナンス時に機体上面で作業する際、誤って転落しない様、転落の危険性がある箇所には転落を防止する為の高さ1,000mm以上の柵を取り付ける様、ISOで規定されている（ISO2867）。この規定に準拠する様、高さ1,100mmの大型ガードレールを、転落



写真一 7 大型ガードレール

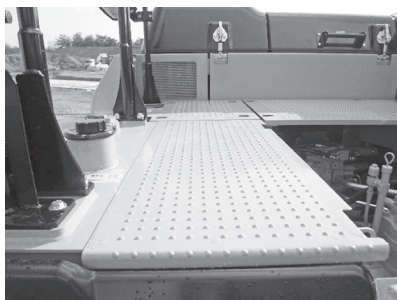


写真-8 スタッドプレート

の危険性のある機体右側に装備している。

また、機体上面の滑り止めとして、スタッドプレートを採用している。スタッドプレートは、プレスにより、打ち出した鋲（スタッド）を28mmピッチで配置した滑り止めプレートであり、パンチングでは無い為、裏側に土砂が堆積する事が無く、錆の発生が防止される。また、清掃も、表面の土砂の除去のみで済む。

## 5. 新型モニタ

336E/336ELでは、新型フルグラフィックカラーモニタを採用している。まず、従来機のモニタ（5.7インチ）より、画面サイズを拡大、また解像度をアップしており、視認性が向上している。このモニタは、従来通り、ピラー幅に収まる縦型であり、作業視界を妨げない。また、燃料／作動油温／冷却水温のゲージとリアビューカメラの映像を同時に表示させる事が出来る。更に、マルチメータ機能を有しており、アワメータ／すす堆積量／瞬時燃費／残存稼働時間を切替えて表示させる事が可能である。



写真-9 フルグラフィックカラーモニタ

## 6. 居住性

336E/336ELでは、上述のROPSキャブの採用により、従来機に比べ、キャブスペース及びガラス面積が拡大しており、作業視界（特に側方視界）が向上している。

また、気密性の向上やエアコン外気フィルタのレイアウト変更等により、キャブ内騒音が約5dB低減（ISO6396に準ずる。模擬掘削、エアコン中風時。）しており、静粛性が向上している。更に、シートは従来のヒータ機能に加え、新たにベンチレータ機能を標準装備しており、主に夏場、長時間シートに座っている場合に発生する背面や座面の蒸れを抑え、快適性向上を図っている。

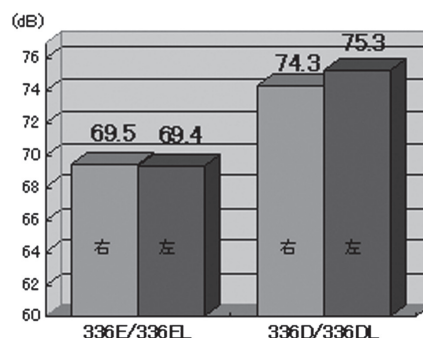


図-4 キャブ内騒音値比較



336E/336EL

336D/336DL

写真-10 キャブ側面比較

## 7. おわりに

油圧ショベル 336E/336EL が有する様々な特長について紹介してきた。環境対応や燃料消費量、安全性は、使用者にとっては非常に大きな関心事であり、建機メーカーとして、常にそれらのニーズに応える製品を開発し、市場に送り出し続ける責務がある。既に、オフロード法2011年基準に適合するEシリーズ油圧ショベルを、24t以上の8機種について市場導入しており、今後も20t以下の機種の市場導入をいち早く進める予定である。今後とも、ますます厳しさが増す環境性能／燃料消費量の低減と作業性能を高いレベルで両立し、また高い安全性を提供出来る製品を市場に送り出し、地球環境の保護やお客様の利益に貢献出来る様、努めていく所存である。

JCM/A

【筆者紹介】  
遠藤 史崇（えんどう ふみたか）  
キャタピラー・ジャパン(株)  
市場開発部 市場開発グループ



# 新世代ハイブリッドショベルの紹介

## ZH200

奥村 信也

ハイブリッドと省エネ油圧システムを融合し、環境負荷低減とともに実用価値を高めた「実用的ハイブリッドショベル」を開発コンセプトとしたハイブリッドショベルを市場導入したので報告する。

油圧・電動複合での旋回装置を採用することで、通常の油圧旋回機と変わらない操作性と作業性能を実現すると共に、旋回減速時のエネルギーをキャパシタに蓄え、旋回加速時に再利用するハイブリッドシステム、新規に開発した省エネルギー油圧システムを搭載し、当社標準機比-20%の低燃費とコストパフォーマンスを追求した。

キーワード：ハイブリッドショベル、省エネ、CO<sub>2</sub>削減、回生、蓄電

### 1. はじめに

地球環境負荷低減の要求、資源価格の高騰等を背景にハイブリッド自動車の普及が進む中、建設機械業界においても、建設機械の電動化、ハイブリッド化への期待が高まっている。

電動化については以前より電動化建設機械の開発に力を入れており、電動式建設機械（商用電力や顧客自らが発電する電力を電線やトローリーにより供給されて稼働する機械）をミニ～大型の油圧ショベル、リジッドダンプ、クレーンと複数の機種を対象に開発、販売してきた（写真-1）。1999年からは、バッテリーから供給される電力のみで稼働することにより、CO<sub>2</sub>・排気ガスレス、低騒音といった優れた特長をもつバッテリーショベルや、低燃費のハイブリッド式建設機械の開発を進めてきた。

これらの開発を推進する中で、単なる電動化ではコストと性能の両立は困難であるということが判明し

た。そこで、基本的に電動コンポーネントのみによって燃費を改善するのではなく、油圧システムも含め車体全体のロス軽減推進と電動コンポーネントを組み合わせることにより、初期投資が回収できるハイブリッドショベルというコンセプトで開発推進し、2011年7月のZH200（写真-2）市場導入に至った。

## ZH200 HYBRID+



写真-2 ZH200 ハイブリッドショベル



ZAXIS 35B バッテリーショベル



ZAXIS 75US 電動ショベル



ZAXIS 70B バッテリーショベル



EH4000ACドライブ+トローリーシステム

写真-1 電動化建設機械



## 2. ZH200 の概要

### (1) ハイブリッドシステム

図—1に TRIAS-HX ハイブリッドシステムの概念図を示す。

ZH200 は、3 ポンプの新型低燃費油圧システム TRIAS（トライアス）にハイブリッドを融合した「TRIAS-HX（トライアスエイチエックス）」を搭載している。

TRIAS は従来機の 2 ポンプ 2 バルブの油圧システムに対して、大容量ポンプとバルブを加えた 3 ポンプ 3 バルブシステムで、油圧源が増えたことにより、複合操作時の絞りによる損失が減り、システム効率を向上している。

ハイブリッドシステムは電動と油圧の複合で旋回する構成とし、旋回減速時のエネルギーを回収、加速時にアシストを行う。

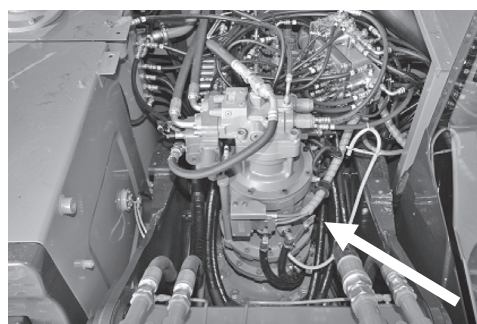
ZH200 は TRIAS-HX システムの採用に加え、改良されたエンジン制御、アイドリングストップや油圧配管の圧損低減等の効果により、当社標準機（ZX200-3 型）比で -20% の燃費低減を達成している。

### (2) 電動コンポーネント

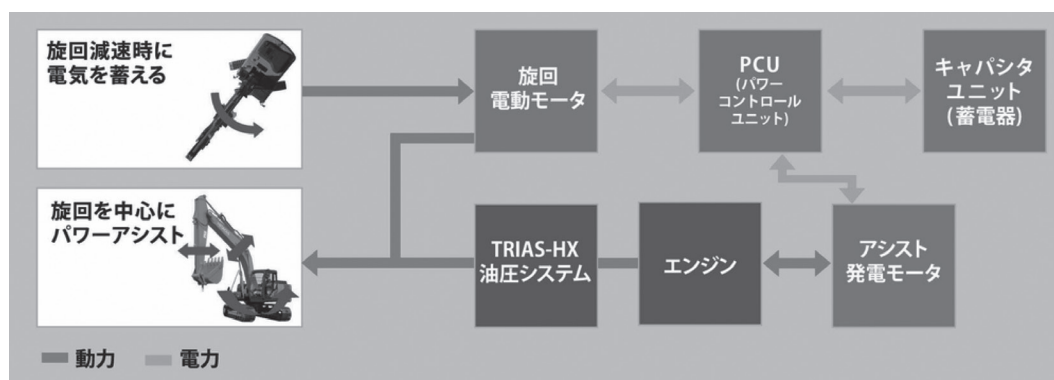
図—2に電動コンポーネントの配置図を示す。

旋回電動モータ（写真—3）は、旋回装置の旋回油圧モータと旋回減速機の間に取り付けられる。旋回電動モータは、水冷式の永久磁石同期式電動モータで、PCU（パワーコントロールユニット）からの指令でトルク制御され、旋回体の減速時にはエネルギー回生、加速時には旋回油圧モータ駆動をアシストする。

アシスト発電モータ（写真—4）は、ポンプ装置のトランスミッションに取り付けられる。エンジンの駆動力は、カップリングを介してトランスミッションに入力され、ギアで配分してアシスト発電モータを駆動



写真—3 旋回電動モータ



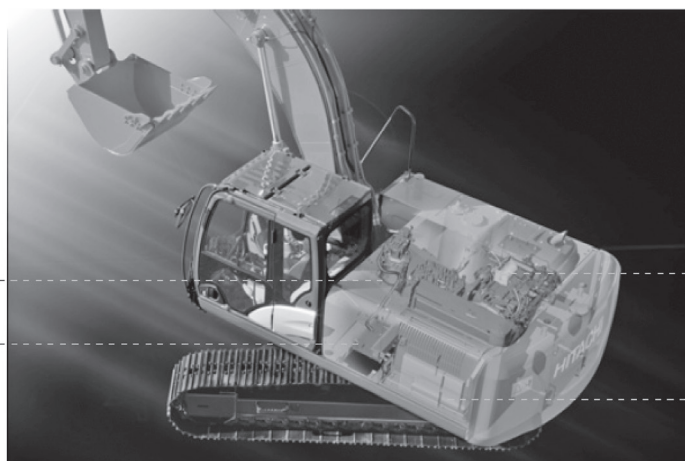
図—1 ハイブリッドシステム概念図

#### 旋回装置

電動と油圧モーター体型の旋回装置。電動モータは旋回減速時に旋回エネルギーを回収・発電し、加速時に油圧モータをアシストします。

#### PCU (パワーコントロールユニット)

アシスト発電モータ、旋回電動モータとキャパシタユニット間の電気エネルギーのやり取りをコントロールします。



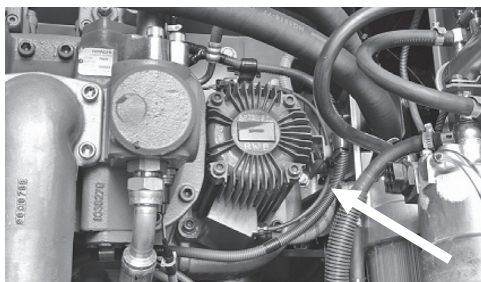
#### アシスト電動モータ

エンジンの動力で発電したり、エンジンの駆動をアシストしてキャパシタユニットの蓄電量をコントロールします。

#### キャパシタユニット

旋回電動モータが旋回減速時に発電するエネルギーを充電して蓄えます。

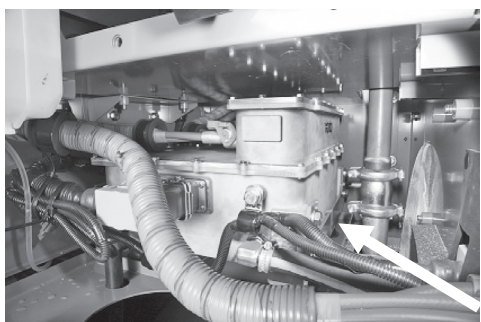
図—2 電動コンポーネント配置図



写真—4 アシスト発電モータ

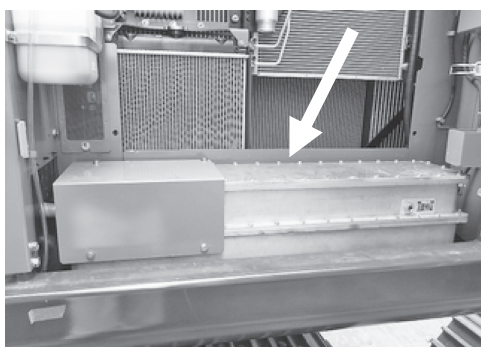
する。アシスト発電モータは、永久磁石同期式発電モータで、PCUからの指令によって発電または放電駆動される。

PCU（写真—5）は、車体コントローラからの指令に従って、インバータとチョッパを駆動するための制御コントローラとパワー系電気回路を内蔵している。パワー系電気回路は、各電動モータを駆動するインバータ、直流母線電圧を制御するチョッパ、コンデンサなどで構成される。



写真—5 PCU

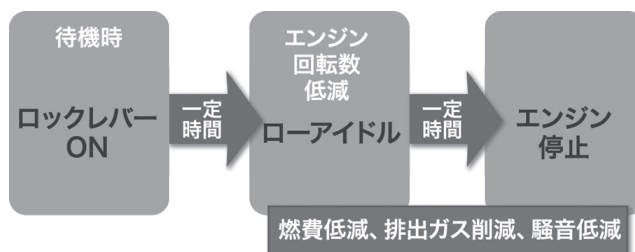
キャパシタユニット（写真—6）は、旋回電動モータからの回生電力およびアシスト発電モータでの発電電力を蓄積し、旋回動作時には旋回電動モータに電力を供給しアシストする。キャパシタ・セルを直列接続したモジュールと、セルの制御回路及びメインリレーを内蔵する。



写真—6 キャパシタユニット

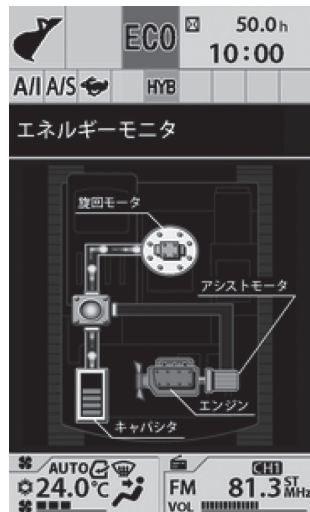
### (3) 省燃費支援機構（図—3）

ZH200 からオートアイドリングストップ機能を採用した。オートアイドリングストップとは機械を操作しない状態がつづく、自動的にエンジンが停止する機能である。アイドリング時の無駄な燃料消費を抑えるとともに、騒音低減や排出ガス低減が可能となる。

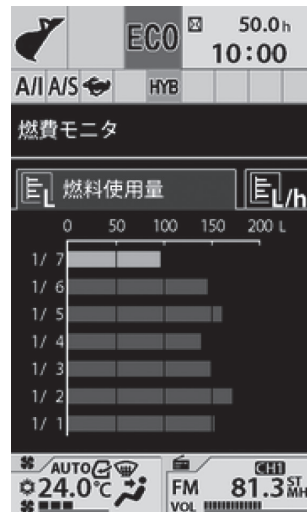


図—3 オートアイドリングストップ

ZH200 では省エネ運転をサポートするためのモニタリングシステム（図—4）を搭載した。燃料消費量はオペレータの操作によっても大きく変わるため、作業内容、操作方法に応じた燃料消費量（L／日）、1時間当たりの平均燃費（L/h）をモニタに表示（図—5）することで日々の省エネ運転の程度をオペレータに知らせることができ、燃費低減につながりやすい。



図—4 エネルギーモニタ



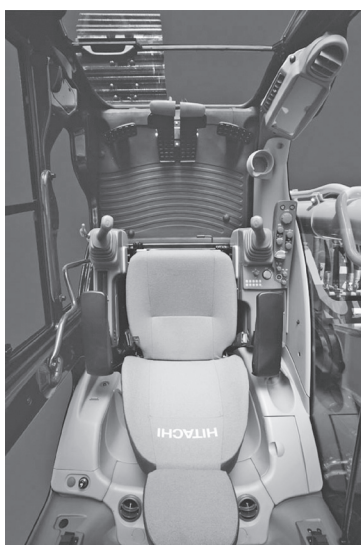
図—5 燃費モニタ

### (4) オペレータ環境の改善

新規に開発した新型（ROPS 対応）キャブ（写真—7, 8）、大型マルチモニタの採用を行った。キャブ内はオペレータ周りのスペースを拡大し疲労低減と共に乗降のし易さも改善されている。また、カバー開口、ウレタンの最適化、エンジン回転制御などによりキャブ内騒音を当社標準機に比べ4 dB 低騒音化させることで、オペレータ負荷を減らし、上質で快適な作業環境を提供できるようにした。



写真—7 キャブ外観



写真—8 キャブ内外観

### 3. 地球環境への配慮

ZH200 は国土交通省の低炭素型建設機械に認定された。これは国土交通省が CO<sub>2</sub> 排出低減効果の高い建設機械の普及を促進するために 2010 年 4 月より開始しているものである。

また ZH200 をカーボンオフセット付き対象製品としている。カーボンオフセットとは油圧ショベル組立時に発生した CO<sub>2</sub> を、国内外の CO<sub>2</sub> 削減プロジェクトで創出された炭素クレジット（排出権）で相殺（オフセット）する仕組みである。当社は稼動時の CO<sub>2</sub> を大きく抑制できる機械やシステムにカーボンオフセットを実施している。ZH200 では 1 台当たり 2 トンの CO<sub>2</sub> をオフセットしている。カーボンオフセット付製品は「オフセット証明書」発行、車体への「カーボンオフセットマーク」の表示を行い、日本の CO<sub>2</sub> 削減の国際公約への貢献やチャレンジ 25 への参加・貢献していることを表している。

更に ZH200 は国土交通省の「特定特殊自動車排出ガス基準適合車」や「超低騒音型建設機械」にも認定され、エンジン排気ガス、騒音に関しても地球環境への配慮を行っている。

### 4. おわりに

建設機械を電動化、ハイブリッド化することで CO<sub>2</sub> 削減に寄与できることは言うまでもないが、地球温暖化防止に大きく貢献するには、これらの建設機械を市場に普及させることが必要である。今後も省エネと低コストの両立を図りお客様に価値を提供することで電動・ハイブリッド建設機械の普及を加速していく所存である。

JCMMA

#### 【筆者紹介】

奥村 信也（おくむら しんや）  
日立建機㈱  
建設システム開発設計センタ  
主任技師





# 建設機械の燃費評価方法

## JCMAS 燃費試験方法と燃費評価値

田 中 利 昌

現在あらゆる分野で CO<sub>2</sub> 削減が求められており、建設機械業界でも検討が続けられて来た。今般 CO<sub>2</sub> 削減に向けた建機の燃費測定法が規格化され、またそれを利用して世界でも初めての建機低燃費化制度が、国交省で予定されている。本稿は規格化された建機の燃費測定法、ならびにその検討経緯について紹介する。

キーワード：油圧ショベル、ホイールローダ、ブルドーザ、CO<sub>2</sub> 削減、燃料消費量、試験標準

### 1. はじめに

本件は、以下に述べてあるように平成 12 年に国交省依頼から検討を開始した。作業量を含めた燃費評価は一般的に相対評価で行われており、絶対的評価は世界的に見ても例のない初めての試みであった。そんな中で実車での試験を織り交ぜながら検討を進めてきたが、特に油圧ショベルでは当初からは大幅に変更された形で規格化されており、最新規格の JCMAS（社日本建設機械化協会規格）を見ただけでは疑問に思われる点多々あるかと思われる。したがって以下、どのような検討を行ってきたか少し詳細になるが途中の経過も含め紹介したい。

### 2. 検討のスタート

本件は、国交省から当協会のショベル技術委員会とトラクタ技術委員会（ホイールローダとブルドーザを担当）に対し建設機械の燃費測定法を考えてほしい旨依頼があったことがスタートである。対象は油圧ショベル、ホイールローダ、ブルドーザの 3 機種で、低騒音建機の指定制度と同様の低燃費建機の指定制度を考えたいとのことであった。

各々技術委員会で具体的な検討に入ったが、建設機械は作業をする機械であり、作業内容と作業速度により燃費が大幅に異なってしまうので作業量を考慮した燃費効率で評価することはすぐに意見がまとまった。しかし作業量も評価することになると、実際の土を使った作業や掘削では各メーカーとも評価機を並べ同じ場所・同一オペレータで同時に測定する相対評価が大半であった。土を使う限り、土の含水比や締固め状況

が千差万別で、またオペレータの作業に対する自由度が多すぎて絶対評価は難しいとの結論で、何らかの模擬で評価することとなった。また、掘削等メインの作業だけでなく実際にはその他の種々作業も行われているのでアイドリング等も含めできるだけ実作業を反映した項目で評価することとし、下記のような方針で燃費測定法の検討を開始した。

- ・建機の燃費比較を可能とする業界統一の測定法の確立
- ・作業量を考慮した燃費効率で評価
- ・実際の作業状況を想定し、走行やエンジンアイドリング状態も盛込む
- ・掘削等は場所や時期、オペレータに影響を受けにくい模擬作業での測定法を確立する

### 3. 模擬作業の検討

油圧ショベルでは掘削の模擬作業として、砕石を用いて実際にダンプトラックに積み込む方法と、バケットに掘削土砂相当の重りを固定し掘削・ダンプ積み動作を行う（以下負荷バケット方式と呼ぶ）、2つの方法が提案され、この2つの模擬作業と実作業との相関性を確認すべく、平成 12 年 10～11 月に各社の 12t クラス油圧ショベル 6 台を集め、富士の日本建設機械化協会 施工技術総合研究所（以下略称の CMI と記す）にて確認テストを行った（写真—1、2 参照）。

結果は砕石を使った模擬動作は実際にテストするとバラツキが大きく、バケットの中に掘削土砂相当の重りをつけて掘削動作を行う負荷バケット方式のほうが良い結果を得られた。また、実作業との相関性も比較的良好であった。負荷バケット方式は、図—1に示



写真一 12t油圧ショベル

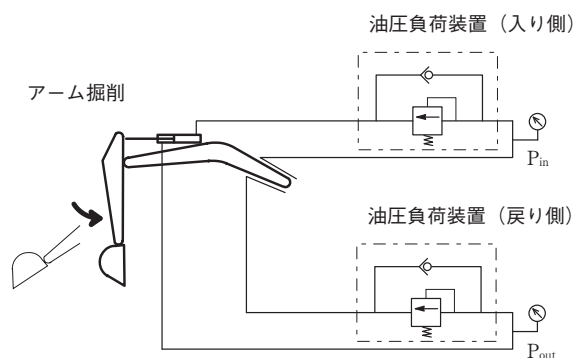


写真二 碎石掘削

すように少し深いところを掘削，90度回転してダンプ積みをする動作を行うものである。このときの掘削深さ（台の高さ）は，油圧ショベルのクローラ前端より45度の斜面傾斜角でバケットの届く深さを実作業上の最大掘削深さとし，この最大深さの1/2を平均的な掘削深さとしてメートル単位で丸めたものである。また，排土の目標とする横バーはその機種に組み合わせられる最も一般的なダンプへの積込みを想定して設定した。

その後，何とか掘削時の負荷を再現できないか検討を重ねた結果，図一2に示すようにアーム引き時（掘削時）には油圧負荷がかかり，アーム伸ばし時にはフリーとなるリリーフバルブ回路をアーム回路に組み込む方法が考案された。アームの戻り側のリリーフバルブはバケット内に重りをつけたアームが先に落下して息つく現象を防止する働きがあり，アームの入り口側のリリーフバルブはアームの動きに伴う負荷変動を吸収して油圧ポンプの負荷圧を一定にする。その入り口側圧力は油圧ショベルのアーム掘削力各社平均値の70%となるよう設定することとした。

上記の油圧負荷装置を実際に12tの油圧ショベルに装着して実験した結果，実際の掘削時に近い動きが再現でき良好な結果を得られたので，最終的な確認を



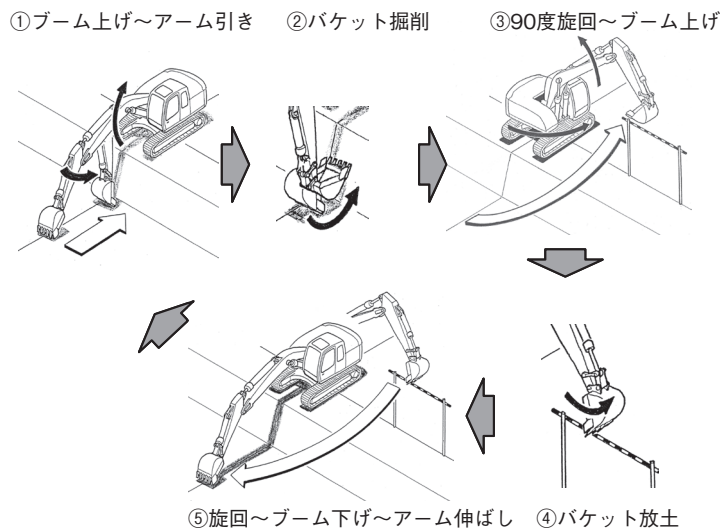
戻り側設定圧  $P_{out}$ ：模擬動作開始姿勢を空中で保持できる圧力の180%以上の圧力とし，動作にいっきのしないことを確認する。

図一2 油圧負荷装置

すべく平成15年9月に6社6台の20tクラス油圧ショベルを前回同様，富士のCMIに集め確認テストを行った（写真一3～5参照）。その結果，基本的には良好であったものの，油圧負荷装置の取り付けは1機種ごとに検討・設計が必要で相当な労力を必要とし，また小型機種では取り付け場所もないなど現実的にはかなり難しいことがわかってきた。また，あわせて掘削模擬動作において最後の排土から最初のスタート姿勢に戻るべくアームを伸ばす（図一1の⑤）と，重りのつ



写真一3 20t油圧ショベル



図一1 油圧ショベル掘削模擬動作



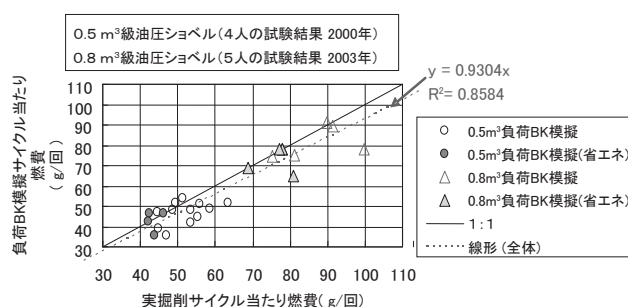
写真—4 模擬動作



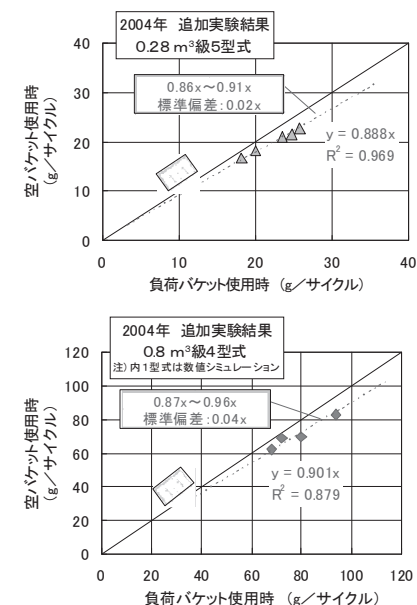
写真—5 実掘削

いたバケットの重量で車体がふらつき場合によっては危険な状態になりかねないことも判明した。通常の油圧ショベルでは排土後でバケット空荷であり、仮に土砂が入っていてもバケット開口部が下を向いたこの姿勢では土砂は下に落ちこのような状態にならないが、今回の模擬動作では掘削土砂相当の重りをバケットに固定しているために発生したものである。この2つの大きな問題点を検討し、最初の問題については油圧負荷装置を外し、またバケットの重りを外して空荷とすることを検討した結果、実作業との相関性は図—3に示すように影響を受けないことが確認できたので、このバケット空荷で行う方法を最終案とした。

#### ● 実掘削と模擬作業(負荷バケット付き)との相関

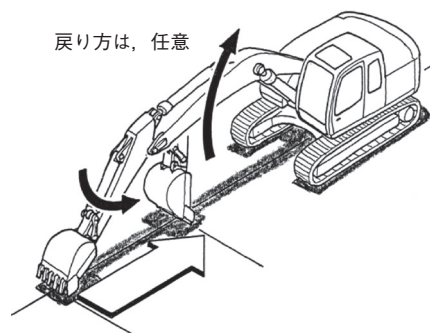


#### ● 負荷バケットと空バケットとの相関



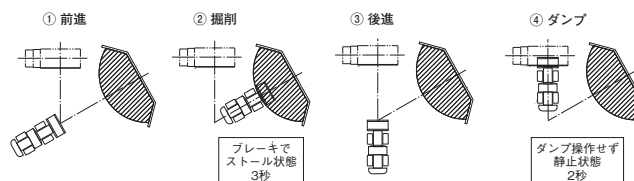
図—3 実掘削と模擬作業の相関性

油圧ショベルでは掘削作業だけでなく均しや整形・仕上げ作業も良く行われるがその模擬として図—4に示すようにバケット空荷で均す動作を空中で繰り返すことにした。



図—4 均し動作

ホイールローダ、ブルドーザの模擬作業は比較的スムーズに決まった。ホイールローダの掘削・積み込み作業は、図—5に示すようにバケットに土砂分の重りを固定し、V字掘削動作を行うこととした。このときに掘削の模擬としてはアクセルフルの状態ブレーキを踏み走行ストールさせることにより再現させた。また、積み込みについては、当初ダンプの荷台を模したバーを越えてダンプ動作することとしていたが、バケットに重りが固定されているために、機械の破損、或いは危険な状態になる恐れがあるためこれもダンプ動作はせず、2秒間停止してダンプ動作の代わりとした。



図—5 ホイールローダの模擬動作

もう1つのホイールローダの代表的な作業であるロード&キャリア作業(掘削後走行して離れた場所に排土する)については、重りのついたバケットつきで停止から加速、決められた距離を走行して燃費測定している。

ブルドーザについては掘削・押土の模擬として従来から行われていた牽引試験にて測定することになった。

油圧ショベルでは、走行、アイドリングも追加し、掘削、均しとあわせ4つの作業で代表することとし、ホイールローダとブルドーザについてもアイドリングの項を追加し、表—1に示す項目を測定することにした。



表—1 JCMAS 測定項目と評価値

| 油圧ショベル<br>(JCMAS H 020)                           | ホイールローダ<br>(JCMAS H 022)                         | ブルドーザ<br>(JCMAS H 021)                             |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| ①掘削積込 模擬作業試験<br>作業量当りの燃料消費量<br>(g/回 50%)          | ①掘削積込 模擬作業試験<br>作業量当りの燃料消費量<br>(g/t 75%)         | ①牽引試験 (掘削運土作業)<br>作業燃費 (g/kwh 85%)                 |
| ②均し動作試験<br>動作回数当りの燃料消費量<br>(g/回 10%)              | ②運搬走行試験 (ロード&キャリアー)<br>走行距離当りの燃料消費量<br>(g/m 15%) | ②アイドリング試験<br>燃料消費量 (kg/h 15%)                      |
| ③走行試験<br>走行距離当りの燃料消費量<br>(g/m 10%)                | ③アイドリング試験<br>燃料消費量 (kg/h 10%)                    |                                                    |
| ④アイドリング試験<br>燃料消費量 (kg/h 30%)                     |                                                  |                                                    |
| ①～④項をまとめた総合評価値                                    | ①～③項をまとめた総合評価値                                   | ①～②項をまとめた総合評価値                                     |
| 上記の時間割合に則り、クラス毎に決められた標準作業に必要な燃料消費量で評価<br>(g/標準作業) | 上記の時間割合に則り、消費した燃料を①と②の作業量で割った値で評価<br>(g/t)       | 上記の時間割合に則り、消費した燃料を最大けん引出力 (kW) で割った値で評価<br>(g/kwh) |

総合評価値の計算詳細は、各々JCMAS規格の解説部を参照ください。

#### 4. 評価値について

測定法については上記で固まったが、指定制度等の具体的な運用のためには各作業の測定値を1つにまとめて評価値とする必要がある。油圧ショベルの場合には4つの測定項目があるが、個々の作業の割合は各社データ平均値をベースとし、その後JCMAS改定時に最近普及してきた遠隔稼動情報のデータにて見直した。油圧ショベルの評価値は標準的な機械で作業の時間割合に相当する掘削模擬回数や均しの回数、走行距離をクラス毎に決め、アイドリングを含めたこの標準動作に必要な燃料の総量にて評価することとした。このときに必要となる標準的な機械のサイクルタイムや走行速度は各社測定値の平均値を元に設定している。

一方、ホイールローダやブルドーザではクラスごとの仕様・車格が油圧ショベルほど揃っておらず、クラスごとの区分も明確でないため標準的な作業を決め難く、またより広い範囲で評価できる様、ホイールローダでは、時間割合で決められた作業を行い、その燃料

消費量を作業量で割った作業量あたりの燃料消費で評価することとし、ブルドーザの場合は燃料消費量を牽引仕事量で割ったものを評価値とした。したがって油圧ショベルとホイールローダ・ブルドーザでは、評価値そのものの意味が全く異なるので注意を要する。普及台数や機種ごとの使われ方、各メーカーの仕様・車格の相違で以上ようになったとご理解願いたい(表—1参照)。

その他、油圧ショベルのクラス分けは国土交通省の損料表の区分をベースとしている。

以上のような経過で、規格としては2回の改定を経て最終的に

JCMAS H 020：土工機械—エネルギー消費量試験方法  
—油圧ショベル

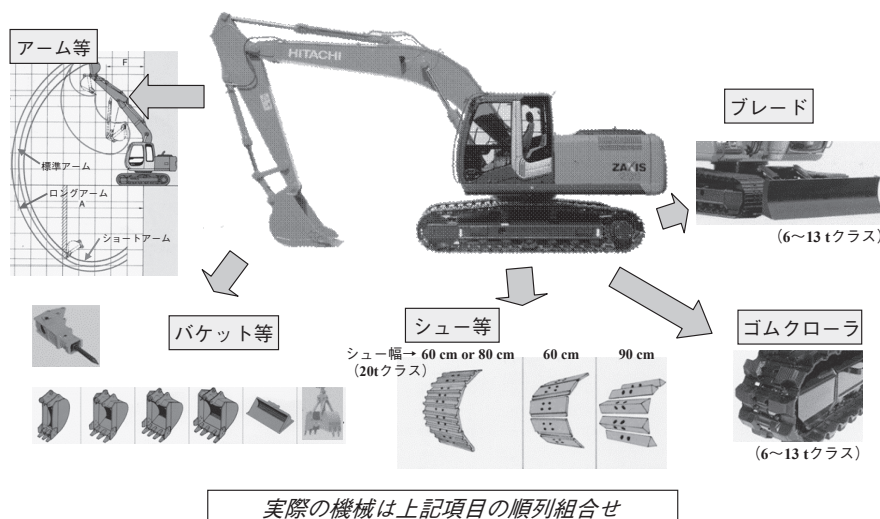
JCMAS H 021：土工機械—燃料消費量試験方法  
—ブルドーザ

JCMAS H 022：土工機械—燃料消費量試験方法  
—ホイールローダ

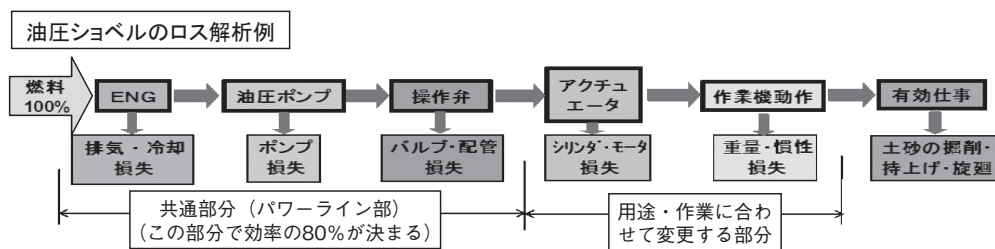
として規格化されている。なお、この最終版は2010年度版であり、油圧ショベルには、今回の記事では触れていないがハイブリッドショベル等も測定できるよう項目が追加されている。

#### 5. ファミリーについて

建設機械は一般的に様々な仕様で使われることが多く、特に油圧ショベルの場合は図—6に示すようにバケット部、フロント、足回り等が千差万別で、また、バケットやフロントは現場や作業によって変更することも珍しくない。厳密に言えば燃費はそれぞれの仕様で異なるが、各々の仕様にて燃費を測定し、基準



図—6 油圧ショベルのバリエーション例



図一七 油圧ショベルのロス解析

等を決めることはあまりにも組合せの数が多く実際には不可能である。また、機械の燃費解析を行うと、図一七に示すようにエンジン—油圧ポンプ—コントロールバルブのいわゆるパワーライン部で燃費の80%が決まってしまうといわれており、パワーラインが同一なら同一機種（以下同一機種の範囲をファミリーと呼ぶ）とみなして機種をまとめることとした。同一ファミリー内でも仕様により燃費は異なるがパワーラインが改良され燃費が良くなればファミリー機も同様の比率で燃費が良くなると推察される。

## 6. 現状レベルの測定と燃費基準

以上の検討を踏まえ、関係各社に協力をお願いし、平成20年から21年中にかけて、油圧ショベルで61機種、ホイールローダで32機種、ブルドーザで16機種の測定を行い現行機の燃費レベルを把握した。このときには富士のCMIに立会いをお願いし、測定の問題点確認、測定法細部までの統一と結果の確認を行った。

このデータを元に、各クラスのトップランナーを100%とし、100%以上の低燃費の機械、100～85%、85%未満の3段階に分けた建機の燃費基準が、2011年2月に開かれた国交省の『建設施工の地球温暖化対策検討分科会』で了承された。対象は油圧ショベルが標準バケット容量0.28～1.4 m<sup>3</sup>クラス、ホイールローダがエンジン定格出力40～230 kW、ブルドーザがエンジン定格出力19～300 kWで、排ガス規制により燃費レベルが異なることが予想されるので、基本的に2014年規制対応機からとしている。国交省による認定制度詳細については、本号の別記事にて記載されているのでそちらを参照願いたい。なお、2014年規制対応機発売までの経過処置として、対象機種の現行機（排ガス3次対応機）はカタログへの評価値記載方法、2011年規制対応機については、カタログへの評

価値と燃費レベルの表示として、☆数表示方法を決めている。

（燃費レベル100%以上：☆☆☆、85～100%：☆☆、85%未満：☆）

## 7. ISO への提案

全世界的なCO<sub>2</sub>削減の機運の中で、ISOの部会においても建機のCO<sub>2</sub>排出量の表示や低燃費化のために燃費測定法が議論されている。日本からはこのJCMASを提案しており、JCMASの模擬動作による測定法と実掘削で測定する2案を中心に討議されている。本件に関しては本誌の2010年11月号P67の部会報告にて詳細報告されているので興味のある方は参照されたい。

## 8. おわりに

本件は当初、日本建設機械化協会のショベル技術委員会とトラクタ技術委員会が中心となって検討していたが、その後、両委員会と両委員会の属する機械部会、ならびに製造業部会合同で、作業燃費検討WGが作られ総合的な検討を進めてきた。長期間携わっていただいた両委員会ならびにWGのメンバー、および国交省の関係者に感謝する次第である。JCMASの本測定法は、これから国交省の制度や各メーカーの開発の中で実際に使われるもので、実用化は今からスタートするといえる。実際の使用の中で新たな問題点や意見により更なる改良が必要になると思われるので、今後も皆様のご指導とご協力をお願いしたい。

JCMAS

[筆者紹介]

田中 利昌（たなか としまさ）

(株)日本建設機械化協会

製造業部会・機械部会 作業燃費検討WG

リーダー

# オーダーメイド型の土壌・地下水浄化技術

## バイオブレンディー工法

大塚 誠治・河合 達司

本稿で報告する VOC（有機塩素化合物）により汚染された土壌や地下水を浄化するオーダーメイド型嫌気バイオ法は、汚染状況（浄化目的、汚染濃度、汚染範囲、地盤、地下水流速など）に応じて、VOC を分解する微生物を活性化させる栄養剤を調合することにより、土壌・地下水浄化を実現する工法である。微生物活性剤（嫌気バイオ剤）は、コーヒー抽出物や乳酸化合物、乳製品、エマルジョン油を主成分とし、即効性の成分と緩効性の成分を配合したもので、薬剤の環境生態系への影響や毒性はなく、従来の薬剤以上の浄化効果を有することを確認した。汚染状況に応じた低コストで効率的な浄化を可能とする。

キーワード：土壌汚染、地下水汚染、原位置浄化、VOC、バイオレメディエーション、嫌気分解

### 1. はじめに

テトラクロロエチレン（PCE）やトリクロロエチレン（TCE）などの揮発性有機化合物（Volatile Organic Compounds；VOC）による土壌や地下水の汚染は、不燃性金属洗浄剤やドライクリーニング溶剤として広く工業利用された結果、電気・電子や機械、クリーニング工場など様々な工場跡地などで検出される機会が多くなっている。国内では土壌・地下水汚染の1/3程度を占めている。これまで、VOCの汚染対策は、井戸を掘って汚染物質を揚水する方法や掘削除去する方法が一般的であったが、浄化までの期間や設備費、掘削後の汚染物質の処理費などが課題となっていた。汚染除去が確実な方法として、鉄粉を地盤中に注入する還元法も使われているが、高コストとなり採用が見送られるケースも多かった。また、土壌汚染対策法の改正により、原位置浄化など、汚染土壌を搬出しない対策が強く求められるようになっていく。このような背景から、低コストでVOCを原位置浄化する「嫌気バイオ法」が注目を集めている。

### 2. 嫌気バイオ法

PCEやTCEなどの塩素化されたVOCは、地盤内の嫌気微生物により脱塩素化され、cis-1,2ジクロロエチレン（DCE）、塩化ビニル（VC）、エチレンへ分解無害化されることが知られている。このVOCの嫌気分解を利用した原位置浄化技術は、1990年代より米

国を中心に開発が進められ、近年では国内においても実サイトへの適用実績が増加しつつある。

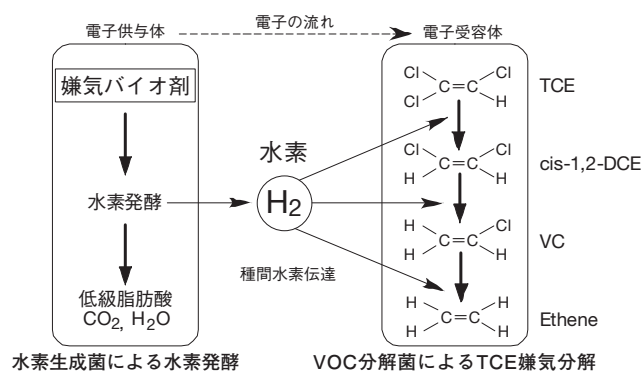
この技術は地下水中に有機物などの嫌気微生物を活性化させる化合物を注入し、嫌気微生物によるVOCの脱塩素反応を促進する方法である。

VOCの脱塩素化に直接関与する微生物として、*Dehalococcoides* 属などの微生物の存在が明らかとなっているが、これらの微生物は脱塩素反応の際に塩素原子を置換するため水素原子と電子を必要とする。地盤に注入する有機物は、地盤中の嫌気性水素発酵菌により水素が生成され、電子供与体として働くことを目的として地盤に注入する。水素はVOCの分解に関与する嫌気微生物の共生関係の重要なファクターとなっている。このようなVOCの嫌気分解における有機物からの水素生成の流れは、メタン発酵や硫酸還元と共通する部分があり、注入される有機物は水素と電子を供与する役割を担っている。嫌気性VOC分解微生物は、この電子を利用して、VOCの脱塩素反応という形で嫌気呼吸によりエネルギーを獲得している（図1）。

現在、VOCの嫌気分解での水素と電子の供与体として利用できる有機物として、有機酸やアルコール、糖類、油脂の単独化合物とともにポリマー化した高分子化合物など、様々な化合物や混合物が提案されている。国内でも乳酸や糖アルコール、アミノ酸、植物油などをベースとしたVOCの原位置嫌気バイオ法の製剤が製品化されており、使用実績も増えつつある。

しかしながら、これらを用いた原位置処理に関して、浄化原理は共通するものの、使用する有機物の違いに



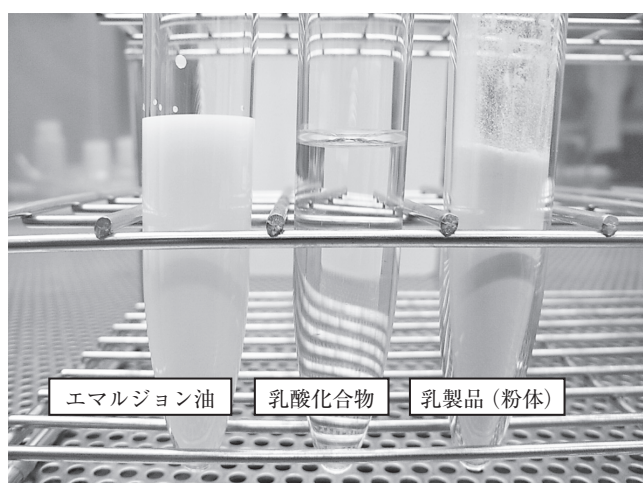


図一 嫌気バイオ剤による TCE の嫌気分解機構

よる分解特性の差違は十分に検討されているとはいえない。さらに、施工側にとって嫌気バイオ剤は、実際の浄化に至る細かなメカニズムが不明であるため一種のブラックボックスといえる。汚染状況（浄化目的、汚染濃度、汚染範囲、地盤、地下水流速など）を把握して、適切な栄養剤を使わないと浄化が困難であり、また、汚染場所に正確に栄養剤を注入する工法の選択も難しく、高度な管理技術が求められる。

このような課題を踏まえ、様々な種類の有機物を用いた VOC の嫌気分解に関する評価試験を行い、ドレッシングなどに使われるエマルジョン油、乳製品、コーヒーから抽出した成分などをベースに、汚染状況に応じて、様々な化合物を混ぜ合わせた栄養剤を用いるオーダーメイド型嫌気バイオ法を開発した。即効型や持続型など汚染状況に応じた最適な栄養剤を作り出すことができる。本工法の特徴は、低コストで高い浄化効果を持つことであり、また、独自開発したエマルジョン油は、従来にないナノサイズの粒径（平均 250 ～ 400 nm）を実現し、地盤への優れた浸透性を可能にした。

本稿では、室内での評価試験を行い、独自の配合に



写真一 開発した嫌気バイオ剤

よる嫌気バイオ剤（写真一）を開発し、実汚染現場でその効果を検証した結果について紹介する。

### 3. 室内評価試験

#### (1) 室内試験概要

嫌気環境下ではギ酸やピルビン酸、エタノールなど様々な有機化合物の発酵に伴い、水素が生成することが知られており、関連酵素などの詳細な水素生成メカニズムが解明されている。また、メタン発酵などの嫌気処理では、糖類やタンパク質、油類などの様々な有機物が酢酸などの有機酸に変換される際に、水素と二酸化炭素が生成されることも良く知られた現象である。

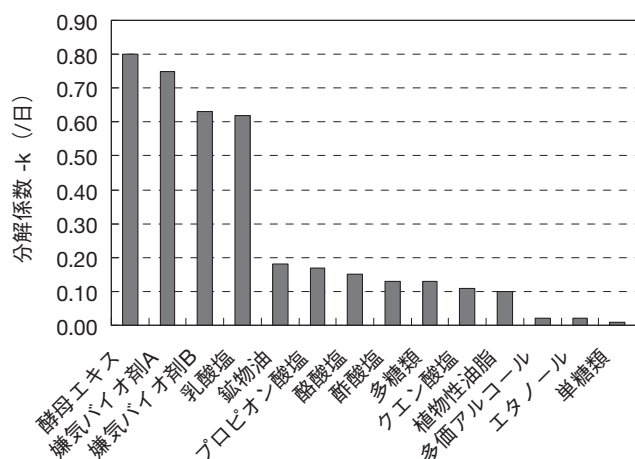
これらの知見を元に表一に示した 14 種の有機物を TCE の嫌気分解のための水素供与体として着目し、VOC の分解効果を比較検討した。検討に用いた有機物は、有機酸、油、糖、アルコールを各々ベースとする化合物に大別でき、同時に既存の嫌気バイオ用製剤や各種の水素供与体を混合したものも比較対照として試験に供した。

表一 試験に供した水素供与体

| NO. | 水素供与体    | 分類            |
|-----|----------|---------------|
| 1   | 嫌気バイオ剤 A | 1) 既存の嫌気バイオ剤  |
| 2   | 嫌気バイオ剤 B |               |
| 3   | 酢酸塩      | 2) 有機酸類       |
| 4   | 酪酸塩      |               |
| 5   | プロピオン酸塩  |               |
| 6   | クエン酸塩    |               |
| 7   | 乳酸塩      | 3) 油類         |
| 8   | 鉱物油      |               |
| 9   | 植物性油脂    | 4) 糖類         |
| 10  | 単糖類      |               |
| 11  | 多糖類      | 5) アルコール類     |
| 12  | エタノール    |               |
| 13  | 多価アルコール  | 6) アミノ酸などの混合物 |
| 14  | 酵母エキス    |               |

#### (2) 室内試験結果

TCE の分解速度を指数関数により近似した分解係数  $-k$  (1/日) として算出し、分解の速いものから順に図二に示す。酵母エキス及び既存の嫌気バイオ剤、乳酸塩が、高い TCE 分解能を示した。その他の水素供与体に関しては、分解速度が有機酸類＝油類＞糖類＞アルコール類の順になる傾向が見られ、糖類やアルコール類などの水素生成が容易な化合物よりも、有機



図一 2 各水素供与体の TCE 分解係数 (k (1/日))

酸や油など水素生成が遅いものほど、VOC の分解効果が高くなる傾向が見られた。なお、乳酸塩に関しては、このような傾向は示さず、単独でも高い VOC 分解促進効果を示した。これは、乳酸からの水素生成反応が熱力学的に他の有機酸やエタノールよりも有利な反応であることが一因であると考えられる。

これらの基礎的な検討に基づき、様々なタイプの水素供与体（速効性、緩効性等）を最適に配合することにより独自の嫌気バイオ剤（以後、本バイオ剤）を開発した。室内試験で得られたこの薬剤による VOC の分解特性の一例を表一 2 に示す。

表一 2 嫌気バイオ剤による VOC 分解特性<sup>※)</sup>

| VOC 分解効果      | 本バイオ剤  | 既存嫌気バイオ剤 |         |
|---------------|--------|----------|---------|
|               |        | A        | B       |
| PCE → 1,2-DCE | 約 6 日  | 約 7 日    | 約 9 日   |
| 1,2-DCE → VC  | 約 40 日 | 約 40 日   | 約 50 日  |
| VC → 浄化       | 約 70 日 | 約 80 日   | 約 150 日 |

※) 上記結果は、同一条件下での室内試験により比較したものである。

実際の浄化効果は、サイトの諸条件によりサイト毎に異なる。

## 4. 安全性評価

### (1) 目的

本バイオ剤は、食品成分や食品添加物を主とする薬剤であり環境への安全性が高い。客観的な試験により安全性を評価することを目的として、薬剤の毒性や環境生態系への影響などを評価した。

### (2) 急性毒性評価

雌ラットを用いた急性経口毒性試験を行った。すべての試験群で死亡及び剖検による異常は認められず、LD<sub>50</sub> 値（半数致死量）は 2,000 mg/kg 以上であることから、急性毒性はない。

## (3) 環境生態系評価

OECD Guidelines for the Testing of Chemicals 201 (2006) に準拠し、藻類 *Pseudokirchneriella subcapitata* や甲殻類オオミジンコ *Daphnia magna*, 魚類ヒメダカ *Oryzias latipes* を用いた環境生態系への評価試験を行った。藻類の EC<sub>50</sub> (半数生長阻害濃度) は 880 mg/L, 甲殻類の EC<sub>50</sub> は 1,200 mg/L, 魚類の LC<sub>50</sub> (半数致死濃度) は 1,300 mg/L であった。いずれの値も 100 mg/L を上回ることから、水生環境有害性はない。

## 5. VOC 汚染サイトへの適用

### (1) 実証試験概要

本バイオ剤の VOC 汚染への浄化効果を検証するため、TCE 等により汚染された地下水に本バイオ剤と既存の嫌気バイオ剤 A を注入し、TCE などの VOC の分解効果を比較評価した。現地の地盤は一部にシルト混じり細砂を含む、ほぼ均質な細砂層から構成され、透水係数は概ね  $2 \times 10^{-3}$  cm/sec であった。地下水位は、GL - 2.9 m 程度に位置し、数年にわたり地下水中に TCE が 0.03 ~ 0.08 mg/L 検出されていた。写真一 2 ~ 4 に嫌気バイオ剤の注入井戸、注入状況、注入装置を示す。

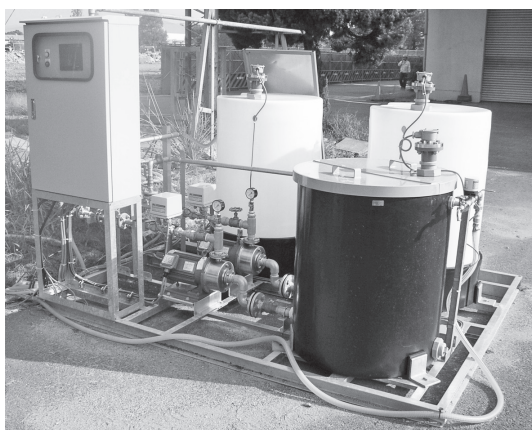


写真一 2 注入井戸



写真一 3 注入状況





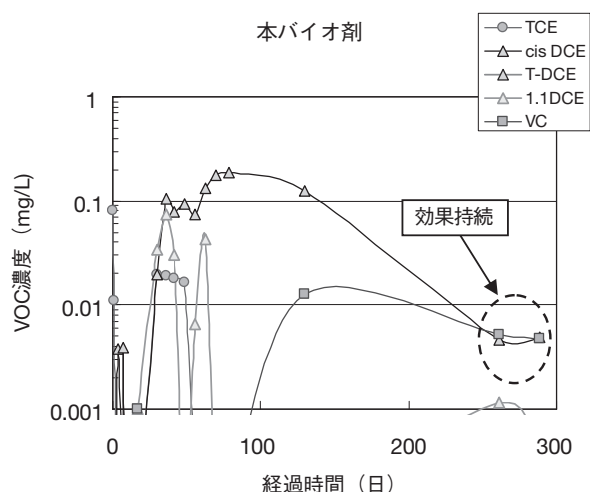
写真—4 注入装置

## (2) 水質の変化

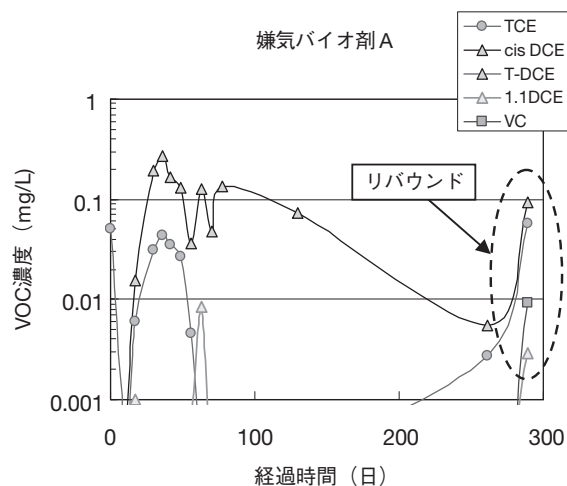
地下水の pH は、概ね 6～7 の中性範囲に収まり、本バイオ剤と嫌気バイオ剤 A と共に嫌気分解への阻害や重金属の溶出促進などの影響は生じない pH 変化であった。嫌気分解の阻害要因となる溶存酸素濃度は、本バイオ剤、嫌気バイオ剤 A とともに同等の低減効果を示した。酸化還元電位は、本バイオ剤は既存の嫌気バイオ剤 A よりも長期間低い値を維持し、還元力の持続性が高い可能性を示した。

## (3) VOC 分解効果

本バイオ剤と既存の嫌気バイオ剤 A を VOC 汚染地盤に適用し、得られた VOC 分解効果を図—3 及び図—4 に示す。VOC の除去効果に関しては、本バイオ剤と嫌気バイオ剤 A は同程度の浄化効果を示した。主汚染物質であった TCE は 2 ヶ月以内に検出限界以下に分解除去され、その後地下水中の VOC はほぼ cis-1,2-DCE のみに変化した後、約半年間で環境基準値 (0.04 mg/L) 以下に浄化できた。嫌気バイオ剤 A は 9 ヶ月目でリバウンドが確認されたが、本バイオ剤



図—3 本バイオ剤による VOC 濃度の経時変化



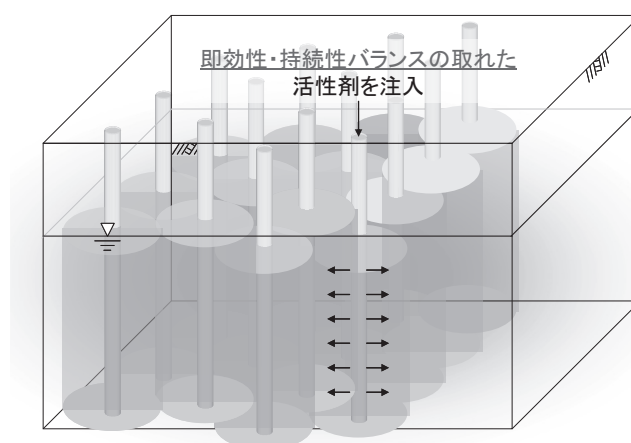
図—4 嫌気バイオ剤 A による VOC 濃度の経時変化

では環境基準以下を維持した。本バイオ剤には、速効性の促進剤と共に緩効性の植物油のエマルジョンを添加しているため、持続効果が従来の薬剤よりも長いと考えられる。このように、本バイオ剤は、既存の薬剤と同等以上の浄化効果を有することが実証試験により確認できた。

## 6. 施工方法

### (1) 早期浄化が条件の場合

汚染域全体に栄養剤 (活性剤) を行き渡らせるために、井戸を汚染域全面に構築し、即効性・持続性に優れた栄養剤を多点注入することにより早期に浄化を完了させる (図—5)。



図—5 汚染範囲全体の浄化対策 (多点注入)

### (2) 長期間の敷地外への拡散防止が条件の場合

敷地外への汚染地下水の拡散を防止するため、境界内側に井戸を列状に構築し、持続性が高い栄養剤を地下水下流側に注入する (バイオバリア) とともに、浄



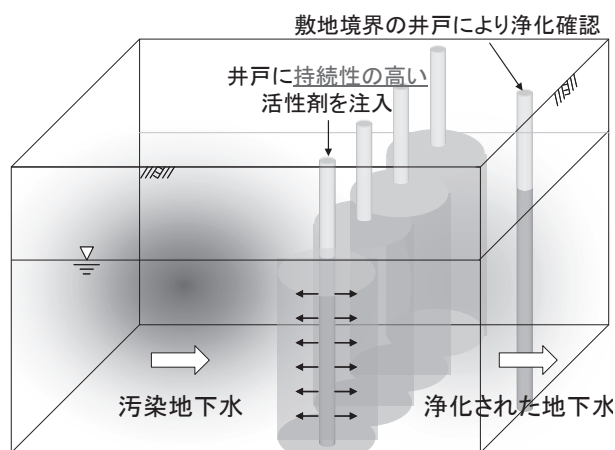


図-6 拡散防止対策（バイオバリア）

化期間が長期になることから、敷地境界に井戸を設置して浄化効果を常時モニタリングする（図-6）。

## 7. おわりに

本稿で報告したオーダーメイド型嫌気バイオ法は「バイオブレンディー工法」と命名、登録した。バイオブレンディー工法は、汚染サイトの状況に応じ、独自の開発材料をベースに、様々な化合物を組み合わせた最適配合の栄養剤を用いるオーダーメイド型の嫌気

バイオ法である。

短期間での浄化を目指した汚染領域全面への注入や長期的な地下水汚染拡大防止を目指したバイオバリアなど、様々な対策手法に適した栄養剤を配合し、これまで培ってきた様々な土壌改良や拡散防止などの施工技術と地盤中の地下水の流れや汚染物質の挙動を高精度で評価する技術を組み合わせて、最適な対策工法を提案することにより、顧客のニーズに合った最適な技術サポートを提供できるよう努めていきたい。

JCM A

### 【筆者紹介】

大塚 誠治（おおつか せいじ）  
鹿島建設㈱  
環境本部  
担当部長



河合 達司（かわい たつし）  
鹿島建設㈱  
技術研究所  
上席研究員



## 平成 23 年度版 建設機械等損料表 発売中

### ■内 容

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

■B5判 約710ページ

■一般価格  
7,700円（本体7,334円）

■会員価格（官公庁・学校関係含）  
6,600円（本体6,286円）

■送料（単価） 600円（但し沖縄県を除く日本国内）  
注1）複数冊発注の場合は送料単価を減額します。  
注2）沖縄県の方は一般社団法人沖縄しまたて協会  
（電話：098-879-2097）にお申し込み下さい。

### 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>

# 海上工事で発生する海底振動が 周辺生物へおよぼす影響

竹 山 佳 奈・磯 貝 哲 也

海上工事に伴って発生する水中騒音や海底振動は、周辺海域に生息する水生生物に影響を与える可能性がある。水中騒音に対する魚類の反応および影響についてはいくつかの研究報告がなされているが<sup>1), 2)</sup>、海底振動に対する生物の反応については、これまで研究事例が少ない。そこで、沿岸域に生息する底生生物に対して工事で発生する海底振動を再現した振動を与え、振動に対する生物の耐性を把握するための実験を実施した。その結果、影響が発生する振動加速度レベルは、周波数および対象生物によって異なっていた。このデータを参考に、杭打ち工事等において海底振動をモニタリングし、施工時の環境管理を行うことも試みられている。

キーワード：海上工事、杭打設、海底振動、水中騒音、底生生物、振動実験

## 1. はじめに

沿岸域および海上の工事において、周辺海域の環境に及ぼす影響を事前に把握し、影響を軽減することが求められている。例えば、水質汚濁については、水産用水基準等を参考に設定された具体的な管理基準値に基づいた濁度管理を行う場合が多い。一方で、騒音や振動に関しては、陸上での規制値はそれぞれ設定されているが、水中を伝播する水中騒音や海底振動について、具体的な環境管理基準値は設定されていない。

そのため、海上工事をおこなう際には施工時に発生する水中騒音や海底振動の発生レベルを把握し、周辺海域に生息する水生生物への影響を考慮した管理目標値を設定して管理していく必要がある。水中騒音に対する魚類の各種反応については、過去の大規模工事における漁業環境影響調査等で、多くの調査・測定事例が報告されている。一般的な魚類が感知できる水中音は、周波数 50 ～ 1000 Hz の範囲であり<sup>1)</sup>、この範囲で音圧レベル別に魚類の行動が類別され、魚類はこの周波数の範囲で 60 ～ 110 dB (dB re 1  $\mu$ Pa) から水中音を感知し始める。魚類が快適と感じる音の強さは 110 ～ 130 dB (誘致レベル)、音源から逃げる行動をとる強さは 140 ～ 160 dB (威嚇レベル) で、220 dB 以上になると魚の体に損傷を与える (損傷・致死レベル) とされている<sup>1) 2)</sup>。そのため、海域の工事による水中騒音の管理目標値はこの結果を参考に、誘致レベルの上限値の 130 dB 以下、あるいは威嚇レベルの下

限值である 140 dB 以下に設定されることがある。

一方で海底振動に対する底生生物の反応については、これまでにほとんど研究事例がない。そこで、施工時に発生する海底振動が、周辺に生息する貝類、エビ類や底生魚類等の底生生物に影響をおよぼす周波数および振動加速度レベルを把握するために、底生生物の振動耐性について実験的に評価した。

海上工事において杭の打設作業による海底振動は大きく、周辺環境に与える影響も大きいことが予測される。そこでパイプロハンマや油圧ハンマによる杭の打設場所を発生源とした、海底振動を再現し実験をおこなった。杭の打設の際に発生する振動は、衝撃荷重あるいは振動荷重が地盤に与えられ、地盤内を 3 次元的に振動が伝播する現象である<sup>3)</sup>。振動の伝播特性として、高周波の振動は距離減衰量が大きいため振動発生源付近ですぐに吸収されるが、低周波の振動は距離減衰量が小さく<sup>4)</sup>、施工時における振動の影響を広域におよぼす可能性がある。そのため周波数の差異についても考慮して実験をおこなった。実験の対象とした生物は、杭打設工事などをおこなう沿岸域の砂泥域に分布している底生生物のうち水産有用種を対象とした。また、岩礁域に振動が影響することも想定し、岩礁性の水産有用種も対象とした。

## 2. 実験装置および実験方法

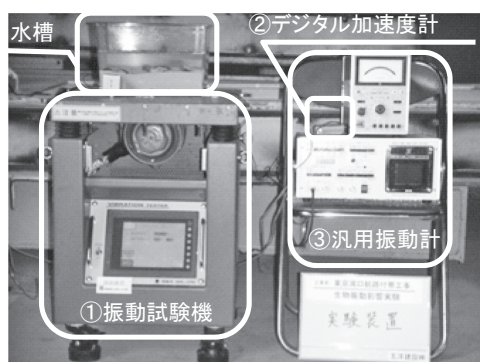
### (1) 対象生物

対象生物は、沿岸性底生生物のうち重要な水産有用種であり、入手が容易な種である二枚貝類のパカガイとアサリ、甲殻類のクルマエビ、底生魚類のヒラメを用いた。また、岩礁域の生物として比較的波あたりの強い場所に生息するサザエおよびカサゴも対象種とした。なお、生物のサイズは主に成体サイズを用いた。

### (2) 実験装置および環境条件

海底振動を再現するために、振動発生機（型式 BF-50 UD、アイデックス社製：周波数設定域 10～65 Hz）の加振テーブル上にプラスチック製の水槽を固定し、水槽ごとに 2 軸合成振動（垂直・水平）の振動を与えた。振動加速度レベルは、デジタル加速度計（HM-20 アイデックス社製）および汎用振動計（VM-20A リオン社製）を用いて調整した（写真—1、表—1、2）。また、振動加速度レベルは dB re  $1 \mu\text{Pa}$  を用いて評価した。

対象生物は水槽（300 mm × 200 mm × 205 mm）



写真—1 実験装置全景

表—1 振動試験機仕様

|        | ①<br>汎用型振動試験機            |
|--------|--------------------------|
| 周波数設定域 | 10～65 Hz<br>(0.1Hz単位)    |
| 許容加速度  | 98m/s <sup>2</sup> (10G) |
| 振幅調整範囲 | 0.2～3.0 mmp-p            |

表—2 振動測定器仕様

|       | ②<br>デジタル加速度  | ③<br>汎用振動計                                                        |
|-------|---------------|-------------------------------------------------------------------|
| 測定範囲  | 0～19.9 G      | 加速度(AGO)<br>60～150 dB<br>(0dB-10 <sup>-5</sup> m/s <sup>2</sup> ) |
| 周波数特性 | 0～100 Hz±0.5% | 加速度(AOC)<br>5～8,000 Hz±0.5 dB                                     |

に約 3.3%濃度の人工海水（テトラ社製テトラマリンソルト）を水位 50 mm まで入れ、実験直前まで水温 20℃のエアレーション下で馴致させた。20℃の設定温度は生物活性の面から設定し、温度調節はサーモスタット付ヒーターを用いた。

なお、潜砂する生物を対象とする場合には、水槽底に 50 mm の層厚で相馬硅砂 5 号（D<sub>50</sub> = 0.439 mm）を配置した。この砂の粒径は対象生物の生息環境を考慮したものである。

### (3) 実験ケース

杭打設に使われる作業機械は地盤条件や杭の形状等によって使い分けられるが、振動周波数は 0～60 Hz の範囲のものが主となっている。また、発生する振動は杭打設位置近傍では 100 dB 程度である<sup>4)</sup>。

このため、実験に用いる振動加速度レベルの範囲は、杭打設位置付近で発生する振動加速度レベルを考慮して、100 dB、110 dB、120 dB、130 dB の 4 段階で設定した。また、振動周波数は振動試験機の性能の範囲内で基本的に各振動加速度レベルにつき 10 Hz、15 Hz、30 Hz、60 Hz の 4 段階で設定した（表—3）。

表—3 実験ケース

| 振動レベル<br>(dB) | 周波数(Hz) |    |    |    |
|---------------|---------|----|----|----|
|               | 10      | 15 | 30 | 60 |
| 100           | ○       | ○  | ○  | —  |
| 110           | ○       | ○  | ○  | ○  |
| 120           | ○       | ○  | ○  | ○  |
| 130           | —       | ○  | ○  | ○  |

### (4) 評価方法

生物を投入した水槽を振動試験機に固定し、加振前から加振後までの状態を観察し、生物の状態を評価した。なお、生物は実験前に予め水槽で馴致させ、潜砂性の生物については全個体が潜砂した状態、岩礁性のサザエは水槽壁面に付着した状態、カサゴは水槽の底で静止した状態から実験を開始した。

生物の状態は、実験開始前、加振後 5 分及び 10 分の写真撮影、全実験状況を固定位置より撮影したビデオ録画および目視により観察した。各生物の振動に対する影響は、表—4 の評価基準により評価した。

表—4 評価基準

|       |              | 評価項目  | 影響無し    | 影響有り     |
|-------|--------------|-------|---------|----------|
| 潜砂性生物 | アサリ<br>パカガイ  | 殻     | 開殻      | 閉殻       |
|       |              | 入水管状態 | 入水管出ている | 入水管引っ込む  |
|       | クルマエビ<br>ヒラメ | 潜砂行動  | 潜砂      | 砂上に出てくる  |
|       |              | 潜砂行動  | 潜砂      | 砂上に出てくる  |
| 岩礁性生物 | サザエ          | 軟体部状態 | 付着している  | 殻中に引っ込む  |
|       | カサゴ          | 遊泳行動  | じっとしている | 落ち着きなく泳ぐ |



### 3. 実験結果

対象生物の振動実験結果を図—1に示す。なお、アサリ、バカガイ、サザエについては、90 Hz 以下で実験をした他の報告例による結果<sup>5)</sup>も合わせて図示した(図—1)。

#### (1) 二枚貝 (バカガイ・アサリ)

二枚貝に影響をおよぼす振動加速度レベルは周波数によって異なっていた。10 Hz および 15 Hz の周波数では、110 dB 以下の振動条件下において、振動の開始と同時に反射的に水管を収縮した個体がみられたものの、すぐに平常時の状態に戻り、実験終了時まで殻を閉じる個体は出現しなかった。しかしながら、120 dB 以上の振動になると、底質が液化化して二枚貝は底質上に浮上してしまった。この状況は 30 Hz で 100 dB 以上、60 Hz で 110 dB 以上の振動下でも発生した。ビデオおよび目視観察の結果、試験開始後に振動により対象生物の殻が底質上に浮上しそうになると、足(斧足)をさらに底質中に差し込みながら潜砂行動を繰り返していたが、底質表面に完全に露出した個体は再び潜砂することなく、試験終了時まで殻を閉じて底質上を転がっていた。しかしながら、振動を停止するとこれらの二枚貝は再び潜砂し、すぐに平常時の状態に戻った。

#### (2) クルマエビ

クルマエビは 10 Hz の周波数では、130 dB 以下の振動条件下において、平常時と変わらず潜砂してお

り、振動による影響は発生しなかった。しかしながら、15 Hz と 60 Hz の周波数では 110 dB 以上、30 Hz では 100 dB 以上になると底質が流動化し、底質上に出てしまい、再び潜砂しようと付属肢を動かす個体や、水槽内を落ち着きなく動き回る個体が発生した。しかしながら、振動を停止すると再び潜砂し、すぐに平常時の状態に戻った。

#### (3) ヒラメ

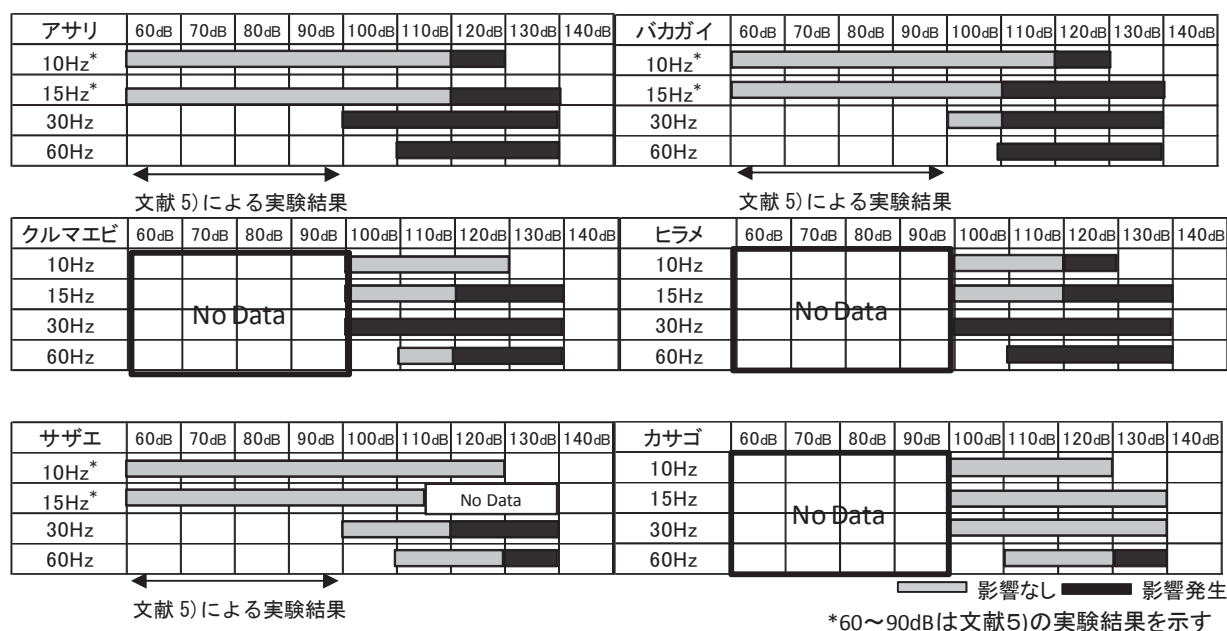
ヒラメは 10 Hz、15 Hz の周波数では 120 dB 以上、60 Hz の周波数で 110 dB 以上、30 Hz の周波数で 100 dB 以上の振動条件下において、底質上に露出してしまう、再び潜砂することができずに水中を落ち着きなく泳ぎ回る個体が発生した。しかしながら、振動を停止すると再び潜砂し、すぐに平常時の状態に戻った。

#### (4) サザエ

水槽壁面に付着しているサザエは、10 Hz の周波数では 130 dB 以下の振動条件下でも特に変化が見られなかった。30 Hz の周波数で 120 dB、60 Hz の周波数で 130 dB になると、振動により水槽表面から剥がれおち、その後軟体部を貝殻内に収縮して水槽内を転がる状態が観察された。しかしながら、振動を停止すると、5 分以内に再び軟体部を出して、水槽内を這いまわる様子が確認された。

#### (5) カサゴ

カサゴは 10 Hz ～ 30 Hz の周波数では、130 dB 以下の振動条件下で変化はみられず、振動による影響は



図—1 振動実験結果

観察されなかった。60 Hz では 120 dB 以下まで影響は発生しないが、130 dB になると口を開けながら落ち着かない様子で水中を遊泳しており、異常遊泳行動を示した。しかしながら、振動を停止すると再び水槽の底に潜伏し、平常時の状態に戻った。

#### 4. 考察

##### (1) 生物に影響をおよぼす振動加速度レベル

今回の実験では一定の振動レベルを超えると底質が液状化してしまい、潜砂していた底生生物が底質上に浮上させられる現象が発生した。一旦底質表面に浮上すると、振動がなくなるまで潜砂することができなかった。周波数によって影響発生個体が出現する振動加速度レベルは異なっていたが、潜砂性の生物は概ね 110 dB を超えると、底質の液状化により、底質上に浮上してしまう結果となった。

バカガイの比重は約 1.4 前後、アサリの比重は約 1.5 前後で<sup>6)</sup>、実験に用いた底質である 5号珪砂の比重 2.6<sup>7)</sup> 前後よりも軽い。潜砂性の二枚貝であるアサリやバカガイは、潜砂時には足（斧足）を砂中に差し込み、その先端部をアンカー状に膨張させる。次に足の長さを収縮させ、同時に足の両脇から水を押出しして底質を液状化させながら潜砂する<sup>8)</sup>。このため、今回の建設工事を想定した振動実験結果では、底質が液状化すると、底質中で定位置に留まれずに底質上に押し出されてしまった。

砂上への露出に対する貝類の影響については、バカガイを露出した状態で約 60 cm/s の流速振幅にさらすと 3 日でへい死した<sup>9)</sup> ことなどが既往の研究により報告されており、生体にとって強いストレスとなっていると考えられる。また、クルマエビやヒラメも平常時には潜砂状態であることから、底質表面への露出は大きなストレスであることおよび底質上に露出することにより、外敵に捕らえられやすくなることが推察される。

##### (2) 実施工への適用と今後の課題

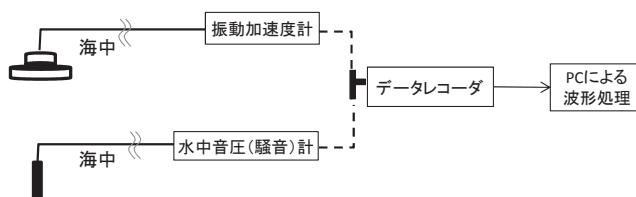
過去の測定結果によると、杭打ちで発生する海底振動は打設位置から 30 m の距離では 100 dB 以下、100 m の距離では約 80 dB に減衰していた<sup>1)</sup>。このため、杭打ちで発生する振動は、生物に影響をおよぼす可能性のある振動加速度レベルよりも低く、杭打ち工事によって発生する海底振動が直ちに生物に影響をおよぼす可能性は低いことが分かった。

しかしながら、実海域においては、様々な条件によ

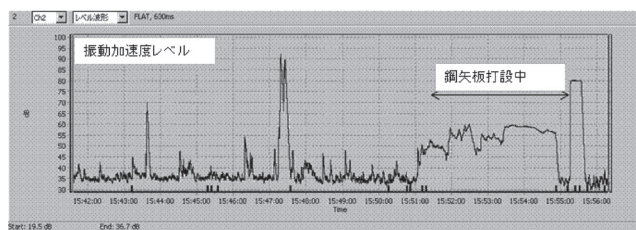
りバックグラウンドの振動が加わり、予想よりも大きな振動が発生する場合もある。そのため、周辺海域の環境に配慮する必要がある海上工事において、杭打工で発生する海底振動を測定し、実験結果を参考に管理目標値を設定し、海底振動の管理を実施する事例もある。

今回の実験は限られた条件下での実施であったため、今後さらなる検証やデータの蓄積が必要である。例えば、底質の違いによって、液状化を引き起こす振動加速度レベルが異なる可能性が考えられる。このため、対象となる場所底質材料を用いた振動実験をおこない、どの程度の振動加速度レベルで底質が不安定となるのかを把握することが望ましい。また、今回は杭打工のバイプロハンマによる打設で発生する振動周期や振動加速度レベルを想定した実験をおこなったが、捨石工やサンドコンパクションの打設等、工種によって発生する振動が異なる。

なお、実際的水中振動測定は、専用の機器が一般に市販されていないので、水中振動の測定にあたっては各種の工夫が必要である。特に振動加速度計については、水中で使用可能な仕様に作成し、水中騒音と合わせて測定をおこなった（図—2）。図—3は鋼矢板打設中の測定により得られた振動加速度波形である。縦軸には振動加速度レベル、横軸には計測時間を示し、これらの結果をもとに PC により周波数分析をおこなって、杭打ちで発生する海底振動の状況を把握している。今後、各種の施工方法や底質条件における水中振動の計測を蓄積して、工事による水中振動が環境に与える影響評価および管理の技術を向上させてゆくつもりである。



図—2 海底振動・水中騒音測定ブロック図



図—3 杭打ちで発生する海底振動（測定事例）

## 《参考文献》

- 1) ㈱日本水産資源保護協会編, 水中音の魚類に及ぼす影響, ㈱日本水産資源保護協会, pp.2-27, pp.73-109, 1997.
- 2) 畠山良己, 魚の聴覚能力, 水産工学, Vol.28, No.2, pp.111-119, 1992.
- 3) 花里, 杭打ちによる地盤振動に関する解析, 日本建築学会構造系論文報告, 第426号, pp.115-125, 1991.
- 4) バイプロハンマ工法技術研究会編, バイプロハンマ設計施工便覧, バイプロハンマ工法技術研究会, p.63, 2006.
- 5) 田中ゆう子・五十嵐学・鈴木秀男, 海底振動の貝類に及ぼす影響について, 平成20年度 日本水産工学会学術講演会, pp.15-16, 2008.
- 6) 山下・金子・新山・永田・北原, 振動流場での砂連上の二枚貝の移動機構に関する実験的研究, 海洋開発論文集, Vol.14, pp.11-15, 1998.
- 7) 土田・浅海・一井, 波浪による一次元水圧変動下のアマモ場海底地盤の安定性, 海岸工学論文集, 第53巻, pp.1251-1255, 2006.
- 8) David, R. and Stephen, H., 潮間帯の生態学(上), 文一総合出版, pp.263-266, 1999.
- 9) 山下・松岡, 波浪による二枚貝の挙動と消耗に関する実験的研究, 海洋開発論文集, Vol.10, pp.119-122, 1994.

## [筆者紹介]

竹山 佳奈 (たけやま かな)  
五洋建設㈱  
土木本部 環境事業部



磯貝 哲也 (いそがい てつや)  
五洋建設㈱  
土木本部 環境事業部  
部長



## 橋梁架設工事の積算 ——平成 23 年度版——

### ■改訂内容

#### 1. 鋼橋編

- ・セッティングビーム工追加 (歩掛設定)
- ・製作工労務単価, 間接労務費率の変更に伴う架設用の製作部材単価改訂
- ・積算例題の見直し

#### 2. PC橋編

- ・支保工関連
- ・トラッククレーン架設の適用範囲拡大と据付条件の追加
- ・橋台・橋脚回り足場ブラケット歩掛の追加
- ・枠組足場日当り賃料, 基本料の追加 ほか

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

### ■定価

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

※別冊のみの販売はありません。

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも

沖縄県以外 600 円

沖縄県 450 円 (但し県内に限る)

■発行 平成23年5月

### 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館)

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>



# 鉄鋼スラグによる海域環境改善技術

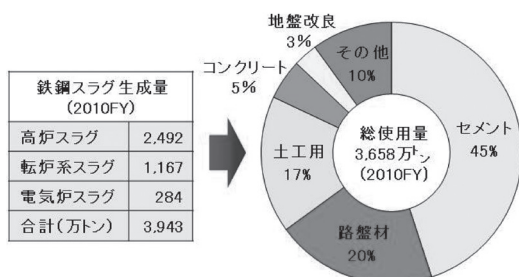
中 川 雅 夫

鉄鋼製造工程で副生される鉄鋼スラグは、鉄分やシリカ分等のミネラル分を多く含むこと、水と反応して硬化する性質を有すること、硫化物やリン酸の発生を抑制することで富栄養化した底質を浄化する機能等、固有の特性を有している。そこで、これらの特性を活用して、磯焼けによって喪失された藻場の回復や、富栄養化海域の赤潮や青潮の発生抑制のための海域環境再生に資する技術開発に取り組んでいる。本稿では、これらの製品開発の現状と実際のフィールドへの適用事例について紹介する。

キーワード：鉄鋼スラグ、海域環境、藻場造成、浅場・干潟、浚渫窪地

## 1. はじめに

鉄鋼スラグは製鉄工程で発生する副産物で、鉄鉱石を溶かして銑鉄にする工程で発生する高炉スラグと、銑鉄を成分調整して鋼にする工程で発生する製鋼スラグを総称している。鉄1t製造するのに約400kg発生し、日本全国で年間約3,900万t（2010年度）生成されている<sup>1)</sup>（図—1参照）。



図—1 鉄鋼スラグの生成・利用量（2010年度）

鉄鋼業界では古くから、セメント原料、道路路盤材や土工材等の資源として利用するための技術開発と規格化を行ってきた結果、現在ではほぼ全量が有効利用されており、循環型社会創造に貢献してきた。

しかしながら、その用途のほとんどが建設用であるため、昨今の建設投資低減を考えると、新たな大規模用途・市場開拓を図っていくことが必要となっている。そこで、鉄鋼スラグ固有の特性を有効利用して、貧栄養化で磯焼けした海域での藻場の再生や、富栄養化して赤潮や青潮の恐れがある海の環境再生を図るための浅場・干潟の造成や浚渫窪地の埋戻に資する技術開発に取り組んでいる。

本稿では、これらの鉄鋼スラグを用いた海域環境改善技術の概要と実施例について、以下に紹介する。

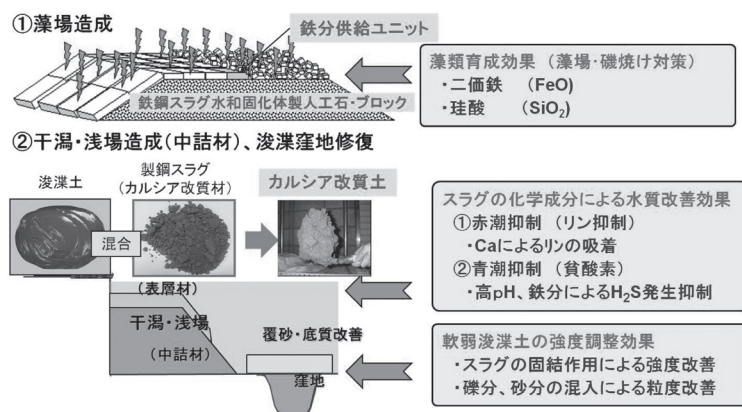
## 2. 鉄鋼スラグを活用した海域環境改善技術

近年、我が国の沿岸海域においては、海水中の窒素やリン、シリカ、鉄といった栄養塩が不足し、磯焼け現象を引き起こす「貧栄養化」と、閉鎖性海域の窒素・リンが過多となり赤潮を発生させたり、堆積硫化物による貧酸素水塊の形成に起因する青潮を発生させたりする「富栄養化」という海域環境の悪化が問題となっている。

図—2に、鉄鋼スラグを貧栄養化海域の藻場造成と、富栄養化域の干潟・浅場造成材や浚渫窪地の埋戻材として適用することの意義を示す。

第一に、貧栄養化海域での藻場造成では、特に、転炉系製鋼スラグからの鉄イオン溶出に着目している。転炉系製鋼スラグには海藻生育に必要な鉄分等のミネラル分を含むため、貧栄養化した沿岸域の藻場造成をおこなうための基質材や海藻用肥料として活用することが可能である。そこで、鉄鋼スラグを藻礁・漁礁材として活用するための「鉄鋼スラグ水和固化体製人工石材・ブロック」と、鉄分（鉄イオン）を肥料成分として海域に供給する「鉄分供給ユニット」を新規開発した。

第二には、富栄養化域においては、リン酸や硫化物を多く含む軟弱な浚渫土と転炉系製鋼スラグを原料とする「カルシア系改質材」を混合し、浚渫土の性状を改質した「カルシア改質土」とすることで、安価で有用な浅場・深場の造成材料として適用することを狙っ



図一 鉄鋼スラグ製品による海域環境改善技術

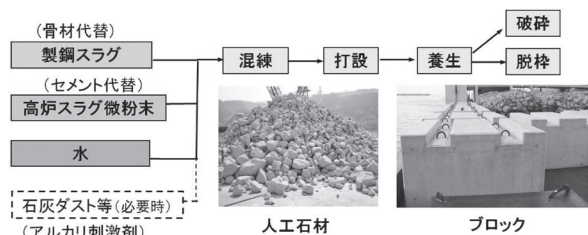
ている<sup>2)</sup>。

港湾の浚渫工事から発生する浚渫土は、一般に軟弱でそのままでは利用が困難な場合が多いが、これをカルシア改質土とすることで浚渫土の強度が改善されるとともに富栄養化成分の発生が抑制され、浅場・干潟の造成材や浚渫窪地の埋戻し材として活用することが可能になる。以下に、これらの内容について詳述する。

### 3. 藻場造成技術

#### (1) 鉄鋼スラグ水和固化体製人工石材・ブロック

鉄鋼スラグ水和固化体は、砂利、砂等の天然骨材を全く使用しない、環境負荷が少ないセメントコンクリート代替のリサイクル材料である。コンクリートの骨材の代替に製鋼スラグを、セメントの代替に高炉スラグ微粉末を利用し、必要に応じて硬化を促進させるアルカリ刺激剤を添加して、水と混練して成型することにより、石材状やブロック状の自由な形状の製品を製造することが可能である（図一 3 参照）。



図一 3 鉄鋼スラグ水和固化体

鉄鋼スラグ水和固化体製人工石材・ブロックは、港湾工事用の石材・ブロック代替材や水産基盤整備用の漁場造成用資器材への適用が可能で、非液化化埋立材料（羽田空港再拡張プロジェクトに約 100 万 t 適用）や漁場造成用の藻礁石材（東京湾保田漁港藻礁石材工事に約 2 万 t 適用）等に活用されている。

なお鉄鋼スラグ水和固化体については、製造・利用

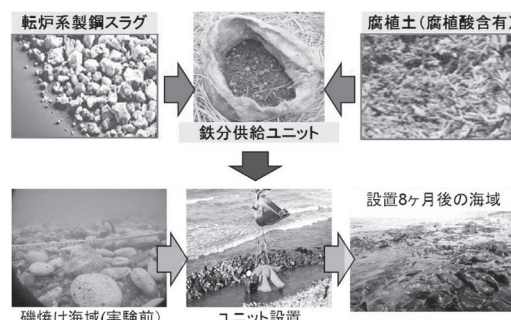
技術の規格化、マニュアル化が図られている<sup>3)</sup>。

#### (2) 鉄分供給ユニット

鉄分供給ユニット（ビバリー<sup>®</sup>ユニット）は、森の栄養分が川を通じて海に供給され、海藻に吸収されるという自然現象を人工的に生じさせ、貧栄養のため磯焼けした海域の藻場を修復する目的で開発された。

鉄分供給ユニットは転炉系製鋼スラグと廃木材チップを発酵させた人工腐植土を混合したもので、スラグ中に含まれる鉄イオンを人工腐植土中に生成される腐植酸で錯体化し、安定的に腐植酸鉄（鉄イオン）を海藻に供給するための「海藻用肥料」である。

鉄分供給ユニットの藻場造成への有用性について、2004 年 11 月より北海道増毛町にて実施した実海域実験の事例を図一 4 に示すが、ユニット埋設後 8 ヶ月後には、磯焼け海域にホソメコンブが再生され、対策の有用性が確認された<sup>4)</sup>。



図一 4 鉄分供給ユニットによる藻場再生実験

その後、鉄イオンの海藻生育に対する有用性が培養実験と水槽実験で確認されたことと魚介類への安全性が確認されたことより、（一社）全国水産技術者協会の「漁場造成・再生用資器材の技術認定登録」を受けるとともに全国漁業協同組合連合会の「鉄鋼スラグ製品安全確認認証」も受領し、現在、各海域で実証実験を実施中である。

## 4. カルシア改質土による浅場・干潟等の地盤造成技術

### (1) カルシア改質土の特長

カルシア改質土は、軟弱な浚渫土に転炉系製鋼スラグを原料にしたカルシア系改質材と混合することで、浚渫土の物理的、化学的性状を改善した材料であり、干潟・浅場造成材や浚渫窪地の埋戻材等の海域環境修復の用材として活用可能な材料である。カルシア改質土の特長を図-5～8に示す。第一に、カルシア系改質材のCaと浚渫土中のSi、Al等が反応して軟弱な浚渫土の強度を上昇させるため、浅場等の法面を造成することが可能になる。第二に、混合によりカルシア系改質材が透水性の低い浚渫土に覆われるため高pH水の溶出が抑制される。第三にカルシア系改質材のCaやFeにより、浚渫土に含有されたリン酸や溶存硫化物等の富栄養化物質の発生が抑制される浄化作用を有する。以上のような基礎実験結果から、カルシア改質材による浚渫土改質技術の有用性が確認された<sup>5)</sup>。

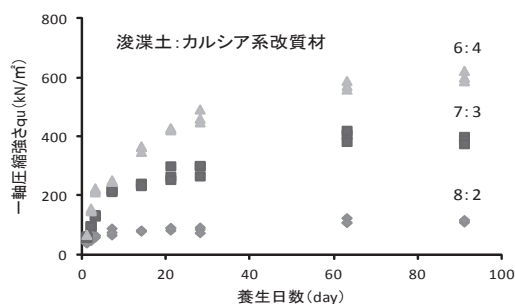


図-5 カルシア改質土の強度発現

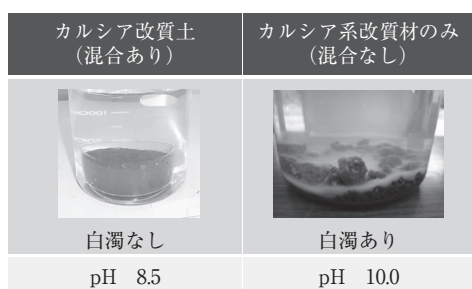


図-6 カルシア改質土のpH上昇抑制

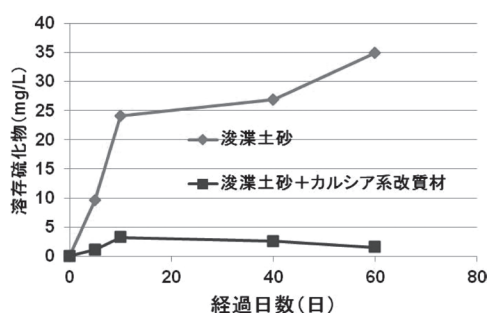


図-7 溶存硫化物の溶出抑制効果

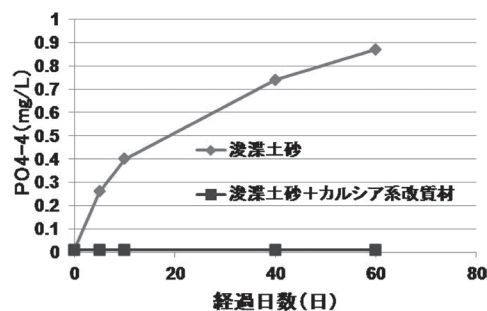


図-8 リン酸態リンの溶出抑制効果

### (2) 実施事例1：城南島での浅場造成実験（土運船内でのバックホウ混合）

2008年5月に、カルシア改質土の強度特性や水質改善効果の検証実験を目的として、東京港の城南島において、カルシア改質土で人工浅場の造成を実施した。

天然材料により造成された人工浅場と、形状安定性や水環境改善効果を比較できるように、図-9に示すように、カルシア改質土による人工浅場（CASE 1）の他に、天然石による人工浅場（CASE 2）も造成した。なお、カルシア改質土は、現地で採取された浚渫土に

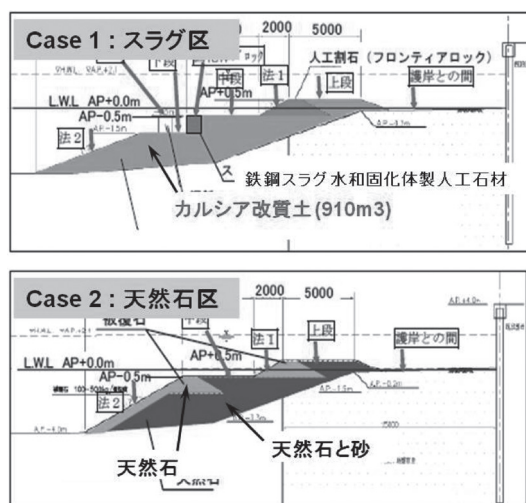


図-9 東京都城南島での浅場造成実験断面図



写真-1 東京都城南島での浅場造成実験工事



カルシア系改質材を混合率 30 容積%で混合したもので浅場マウンド 910 m<sup>3</sup> を造成した（写真—1）。カルシア改質土の浅場上には、生物生息性を確保するために鉄鋼スラグ水和固化体製人工石材やブロック等を設置し、天然石材の浅場との比較実験を行った。

2009 年度には、環境省による「環境技術実証事業（ETV 事業）」の「閉鎖性海域における水環境改善技術分野」に応募し、カルシア改質土で造成した浅場の環境保全効果等の実証を委託した。

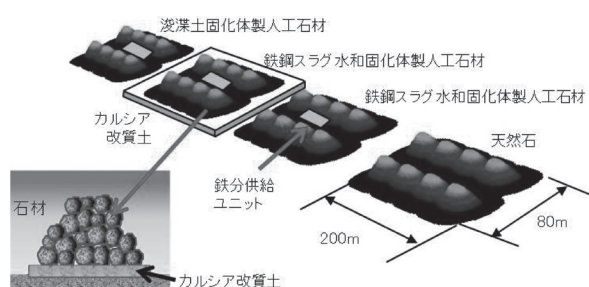
実証の結果、①実験後 2 年後においてもカルシア改質土からの有害物質の溶出はなく、安全であること ②浚渫土の強度増強効果が認められること ③設置による水環境の悪化は認められず、リン酸と硫化物の溶出が抑制されることが確認され、浅場や干潟の造成に有用な技術であることが実証された<sup>2)</sup>。

### （3）実施事例 2：東京湾藻礁石材設置工事（連続式ミキサー混合）

藻場造成を目的に、2009 年 11 月～平成 2010 年 3 月に千葉県鋸南町の保田平島と二間島の間の 1,200 m の区間に図—10 に示す鉄鋼スラグ水和固化体製人工石を含む 3 種類の藻礁材料が設置された。カルシア改質土は洗掘防止用の基盤材料として、鉄鋼スラグ水和固化体製人工石材を設置する 1 区画の底質上に 0.5 m 厚で敷設された。浚渫土とカルシア系改質材との混合は、写真—2 に示すように連続式ミキサーで混合した後、ポンプ圧送しトレミー管により投入する方法で施工された<sup>6)</sup>。

施工中に、品質の確認として、実施工におけるカルシア系改質材の混合割合と強度発現を、また、環境影響の確認として、施工中および施工後の pH や濁度等が調査された。

実施工時のカルシア系改質材の混合割合は、設定したカルシア系改質材の混合割合である 20 容量%に対し、土運船毎に連続式ミキサーから採取した試料の湿潤密度から算出した実測の混合割合は、7.7:2.3 となり、精度よく配合割合を管理できたことが確認できている。また、強度発現については、同じく連続式ミキサー



図—10 東京湾鋸南町での藻礁石材設置工事



写真—2 カルシア改質土の施工状況

から採取した試料を用いた 28 日材齢一軸圧縮強度試験結果は、平均で  $q_{um} = 227 \text{ kN/m}^2$  となり、2 m 高さの藻礁材料が上載されても十分に基盤材として機能する強度が確保できたことが確認された。

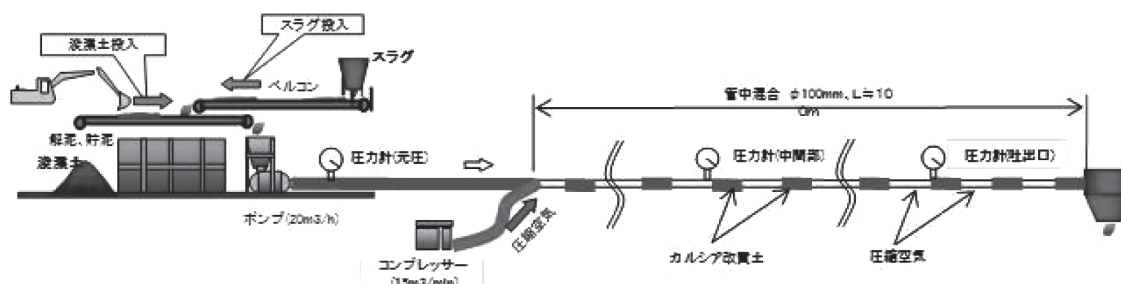
pH および濁度についても施工期間中および施工完了後に測定を行ったが、工事期間中においても、カルシア改質土の打設による周辺海域への悪影響がないことが確認できた<sup>6)</sup>。

### （4）実施事例 3：管中混合工法によるカルシア改質土の施工実験

カルシア改質土を大規模な浅場・深場造成や埋立造成に適用するためには、浚渫土とカルシア系改質材を、大量に急速で確実に混合する施工法が必要となる。そこで、浚渫土のセメント改良において大規模施工時に用いられる、管中混合工法の適用性を確認するための実験工事を行った<sup>7)</sup>。

浚渫土とカルシア系改質材の管中混合、打設の実験システムを図—11 に示す。圧縮空気による管中混合は、管径 100 mm、圧送距離は 100 m とし、気中打設とトレミー管による水中打設を行い、施工後に強度試験や圧密試験を行った。尚、カルシア系改質材は 25 mm 以下の粒径のものを適用し、浚渫土の含水比を液性限界の 1.6 倍とし、浚渫土とカルシア系改質材を体積比で 7:3 の割合で混合した。

施工実験の結果、セメント改良の場合と同様に、管中混合工法によって浚渫土と改質材を分離させることなく、高速で均質に混合できることが確認できた（写



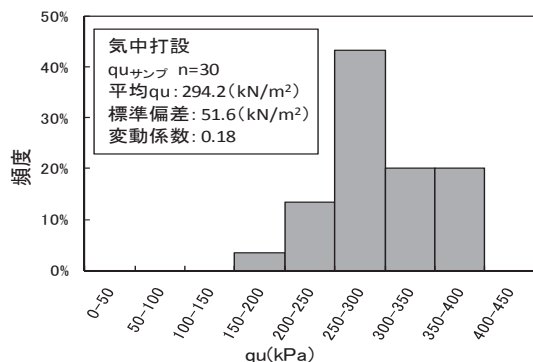
図一 11 実験施工システム（管中混合工法）の概要

真一3)。また、塩化ビニルパイプ ( $\phi 100$ ) を使用して採取したサンプリング試料の一軸圧縮強さ (材例 28 日) の分布を図一 12 に示すが、比較的小さなバツキで均質な地盤が造成可能なことが確認できた。

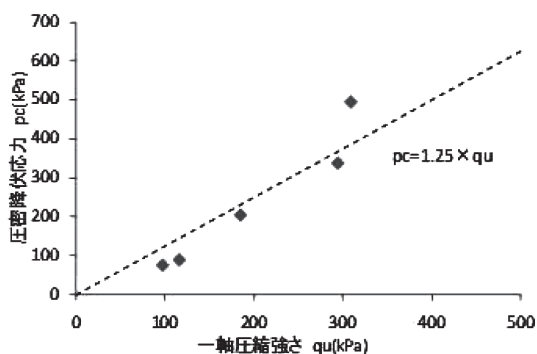
圧密試験から得られた圧密降伏応力  $p_c$  と一軸圧縮強さ  $q_u$  には、セメント系固化処理土と同様に  $p_c = 1.25 \times q_u$  の関係があることがわかった (図-13)。



写真一3 カルシア改質土の打設状況（気中）



図—12 気中打設の一軸圧縮強さ (28 日後)



図—13 一軸圧縮強さと圧密降伏応力

## 5. おわりに

以上、鉄鋼の製造工程で副生される鉄鋼スラグを活用して、海域環境改善用の藻場造成材や浅場・干潟造成材等に活用するための技術開発の状況について述べた。リサイクル材の大規模適用に対しては、海域環境に及ぼす影響を懸念するステークホルダーも多いため、各海域でのパイロット工事でのモニタリング調査をしっかりと行い、安全性や効果を確認しながら、徐々に規模や範囲を拡大する順応的管理でのアプローチが必要と考えている。今後も、社会的コンセンサスを得ながら、循環型社会の構築と海域環境修復に資する技術開発と実用化に取り組んでいきたい。また、特にフィールド試験では、五洋建設(株)殿、東亜建設工業(株)殿の多大なるご協力を得た。ここに記して、感謝の意を表します。

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| J | C | M | A |
|---|---|---|---|

### 《参考文献》

- 1) 鐵鋼スラグ協会,「鉄鋼スラグ統計年報(平成22年度実績)」,鉄鋼スラグ協会HP(2011年7月)
- 2) 中川ら,「HEDORO NO.108」,(株)底質浄化協会(2010年5月)
- 3) 財沿岸技術研究センター,「鉄鋼スラグ水と固化体技術マニュアル(改訂版)」,(2008年2月)
- 4) 木曾ら,「海域施肥時のコンブ等の生育に関する実海域実験—転炉系製鋼スラグ等を用いた藻場造成技術開発(1)~(3)—」,第20回海洋工学シンポジウム,日本海洋工学会(2008年3月)
- 5) 社団法人日本鉄鋼連盟,「転炉系製鋼スラグ 海域利用の手引」,(2008年9月)
- 6) 田口ら,「保田沖海域におけるカルシア系改質材の適用例」,第7回地盤工学会関東支部発表会(2010年11月)
- 7) 田中ら,「カルシア改質土の埋立材としての利用検討」,土木学会第66回年次学術講演会(2011年9月)

[筆者紹介]

中川 雅夫 (なかがわ まさお)

新日本製鐵(株) スラグ・セメント事業推進部  
部長



## 建設リサイクルの状況

畑 中 俊 昭

環境に大きく負荷を与え続けてきた、従来の大量生産・大量消費・大量廃棄型の社会に代わる「循環型社会」構築に向けて平成12年に「循環型社会形成推進基本法」が制定されて10年以上が経過した。依然、廃棄物排出量は高止まりで推移するものの、90年代を含めた様々な取組みは、再資源化率向上、最終処分量、不法投棄の減少に大きく寄与している。多摩ニュータウンの一部建替えに見られるように、今後、高度経済成長期に造られた社会インフラや建築構造物の解体による解体廃棄物の増加が予想され、「循環型社会」に向けた建設業界のより一層の取組みが期待される。

キーワード：建設副産物、3R、循環型社会、建設リサイクル、不法投棄、建設廃棄物、建設発生土、建設発生木材

### 1. はじめに

大量生産・大量消費・大量廃棄型の経済活動を続け、大量の廃棄物を排出してきた結果、最終処分場の逼迫、不法投棄による不適正処理や将来的な資源枯渇の懸念など様々な問題が顕在化した。

その状況のなかで90年代初めに「再生資源利用促進法（リサイクル法）」の制定（平成3年）や「廃棄物処理法」の大改正（同年）が行われ、リサイクルという概念が登場し、廃棄物の排出抑制・リサイクルが推進されるようになった。その後も各種個別リサイクル法の制定等により、廃棄物排出量の増加傾向は収まったものの排出量は依然高水準で推移し、不法投棄の増大等の諸問題の発生が続いた。

平成12年に「循環型社会」形成のための基本的枠組法である「循環型社会形成推進基本法」が制定され、資源の循環利用が示された。平成3年に制定された「リサイクル法」は、平成12年に「資源有効利用促進法（3R法）」に全面改正され、従来の再資源化（リサイクル）対策の強化に加え、発生抑制（リデュース）、再使用（リユース）等の対策が加わった。また個別リサイクル法である「建設リサイクル法」の制定（平成12年）等により、着実に「循環型社会」形成に向けて進みつつある。

本稿は、これらの流れと建設リサイクルの状況について概観するものである。

### 2. 廃棄物等の状況

#### (1) 一般廃棄物と産業廃棄物の排出量

廃棄物は、大きく一般廃棄物と産業廃棄物の二つに区分される。産業廃棄物は、事業活動に伴って生じた廃棄物の内、法律で定められた20種類のもので輸入された廃棄物をいい、一般廃棄物は産業廃棄物以外のものをいう。我が国のここ20年間の廃棄物排出量は、毎年、産業廃棄物が約4億t前後、一般廃棄物が約5千万t前後で推移しており高止まりの状況にある。

廃棄物は、再生利用されるもの、焼却などによって

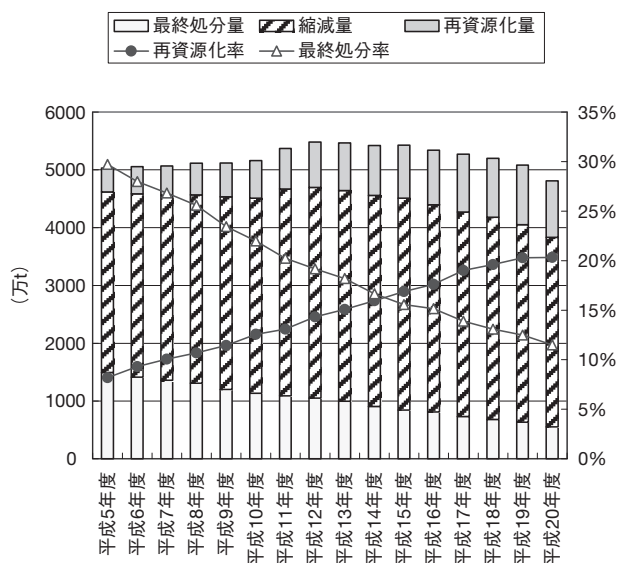
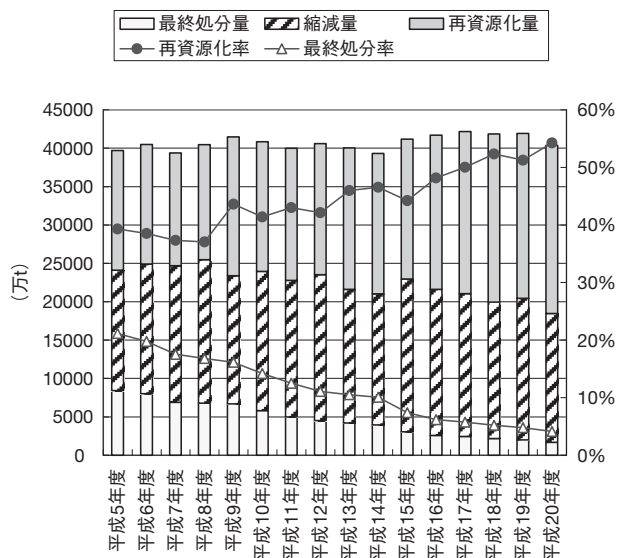


図1 一般廃棄物の排出状況等  
(環境省「一般廃棄物の排出および処理状況について」より作成)





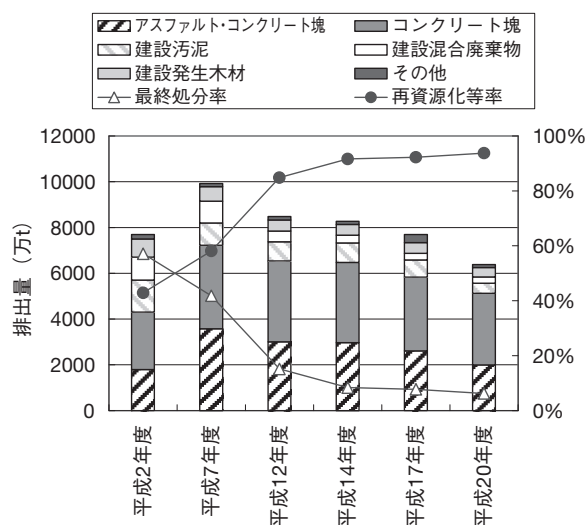
図一 2 産業廃棄物の排出状況等  
(環境省「産業廃棄物の排出および処理状況について」より作成)

減量化（縮減）されるもの、埋立てによって最終処分されるものに大別される。図一 1, 2 に示すように、産業廃棄物、一般廃棄物共に、再資源化の量、率は上昇傾向にあり、最終処分の量、率は減少傾向にある。

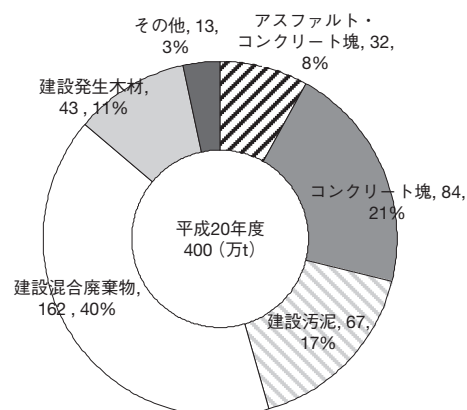
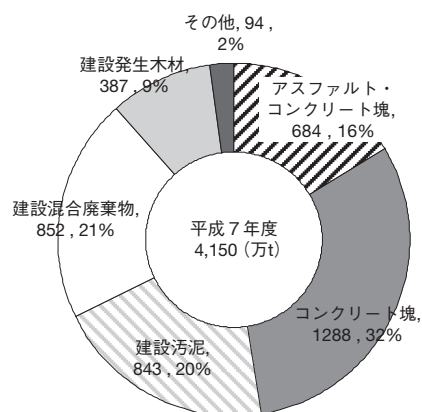
## (2) 建設副産物の排出量

建設工事に伴い副次的に得られた全ての物品を建設副産物と称し、大きく建設廃棄物と建設発生土に分けられる。建設廃棄物は、建設副産物のうち、廃棄物処理法に規定する廃棄物に該当するものをいい、一般廃棄物と産業廃棄物の両者を含む概念である。

国交省の建設副産物実態調査によれば、平成 20 年度の建設廃棄物排出量は約 6,380 万 t で、同年度産業廃棄物排出量の約 16% であり、その内訳は、アスファルト・コンクリート塊、コンクリート塊が約 8 割を占



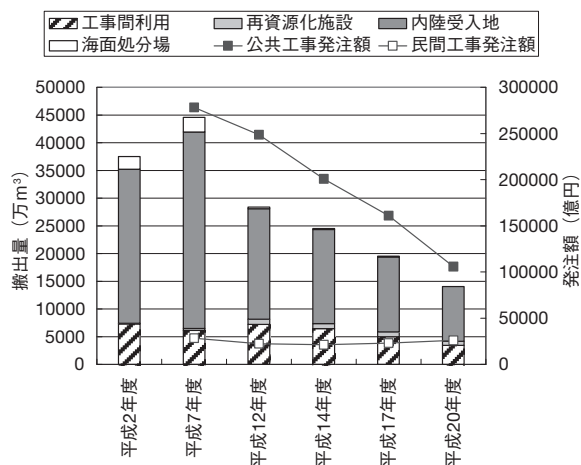
図一 3 建設廃棄物の排出状況等  
(国交省「建設副産物実態調査」より作成)



図一 4 建設廃棄物の最終処分の内訳  
(国交省「建設副産物実態調査」より作成)

める。建設廃棄物の排出量は平成 7 年度の約 9,900 万 t をピークに減少傾向にある。再資源化等率（縮減含む）の上昇により最終処分率は減少し続け、平成 7 年度に対し平成 20 年度は約 1/7 となり、最終処分量は約 1/10 になった（図一 3, 4）。

建設発生土の搬出量は、平成 20 年度は約 1 億 4 千万  $m^3$ 、重さに直すと 2 億 3 千万 t（比重 1.6 とした）



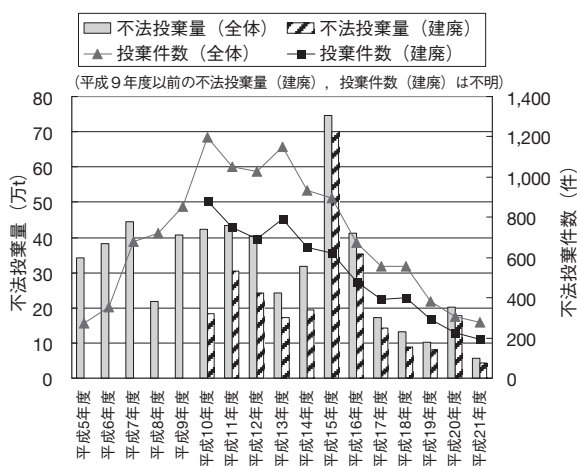
図一 5 建設発生土の搬出状況等  
(国交省「建設副産物実態調査」より作成)

であり、同年度建設廃棄物排出量の約 3.6 倍に相当する量である。搬出量は平成 7 年度以降は減少し続け、内訳は、内陸受入地向けの占める割合が多い（図—5）。内陸受入れ地とは、目標年度を伴う工事とは異なり、特定の時期の利用が決まっていな用途で使用する、農地嵩上げ、谷地埋立て、碎石採取跡地埋立て等をいう。

### 3. 廃棄物がもたらす主な社会問題と現状

#### (1) 不法投棄の増大

環境省「産業廃棄物の不法投棄の状況について」によれば、全体の不法投棄件数は 90 年代後半まで増加の一途であったが、その後減少傾向に転じ、平成 21 年度はピーク時の約 1/4 になった。併せて不法投棄量も大きく減少している。平成 15 年度、16 年度、20 年度に不法投棄量が突出しているのは、大規模不法投棄事案が発生したためである（図—6）。



図—6 不法投棄の状況

（環境省「産業廃棄物の不法投棄の状況について」より作成）

不法投棄件数、不法投棄量共に減少し続けているものの、建設廃棄物の不法投棄件数および不法投棄量は依然、全体の約 7 割を占めている。

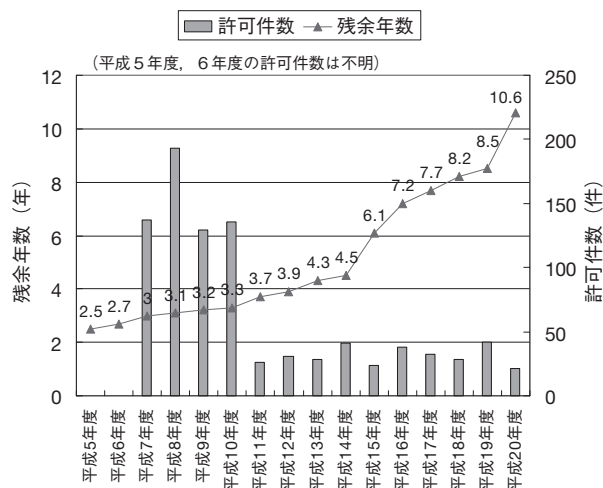
平成 21 年度の建設廃棄物不法投棄の状況は、4 万 2 千 t、192 件であり、内訳は建設混合廃棄物が 14,123 t、51 件、コンクリート塊、アスファルト・コンクリート塊などのがれき類が 13,181 t、103 件、建設汚泥が 9,222 t、1 件、木くずが 5,011 t、31 件と続く。

#### (2) 最終処分場の逼迫

環境省「廃棄物処理に関する統計・状況」によれば、平成 5 年度の産業廃棄物最終処分場の残余年数は 2.5 年であった。これは全国平均であるため、首都圏、近

畿圏ではさらに下回っていたはずであり、非常に逼迫した状況であったことが伺える。近郊の最終処分場が逼迫していれば、当然処分費は上がるだろうし、遠方の最終処分場に輸送するには輸送費がかさむことが、不法投棄を増大させた大きな原因になったことは間違いない。平成 9 年の廃棄物処理法改正の後には、施設設置手続きの規制強化等により許可件数が急激に減少しており、近年の廃棄物処理に対する周辺住民の不安や不信感の高まりを背景として新設は非常に困難となっている。

新規許可件数は、平成 11 年度以降は横ばいであるものの、排出抑制、再資源化率等の向上による最終処分量の減少により、逼迫が心配された残余年数は伸びている。平成 20 年度の残余年数は、全国平均が 10.6 年、首都圏と近畿圏はそれぞれ 4.7 年、7.3 年となっている（図—7）。



図—7 産業廃棄物最終処分場の残余年数と新規許可数  
（環境省「廃棄物処理に関する統計・状況」より作成）

### 4. 行政の取組み

先に述べたように、90 年代初めの「リサイクル法」の制定や「廃棄物処理法」の大改正により、廃棄物の排出抑制・リサイクルが推進されてきたが、廃棄物の排出量は高水準で推移し、不法投棄件数、投棄量は増大し続け、最終処分場は立地の困難性により、依然逼迫の状態が続いており、それらの対処が喫緊の課題であった。

#### (1) 循環型社会形成推進基本法

「循環型社会形成推進基本法」（以下、循環法）は平成 12 年に制定され、従来の「大量生産・大量消費・大量廃棄型の経済社会」に代わるものとして、「循環型社会」の概念が示された。「循環法」には、「循環型

社会」を構築するにあたっての国民、事業者、地方公共団体および国の役割や取組みを進めるための基本原則等が規定されている。

「循環型社会」とは、(1) 廃棄物等の発生抑制、(2) 循環資源の循環的な利用および(3) 適正な処分が確保されることによって、天然資源の消費を抑制し、環境への負荷ができる限り低減される社会の姿をいう。

適正な物質循環の確保に向け、「循環法」は、廃棄物等の処理の優先順位を以下のように定めている。

- ①【発生抑制】→②【再使用】→③【再生利用】  
→④【熱回収】→⑤【適正処分】

また、国、地方公共団体、事業者および国民各主体の役割分担が明確化され、事業者・国民の「排出者責任」、および生産者が自ら生産する製品等について、使用され廃棄物となった後まで一定の責任を負う「拡大生産者責任」の一般原則が記載されている。

「循環法」には、「循環型社会」の形成に関する基本的な計画を定めることと規定があり、これまでに「循環型社会形成推進基本計画（以下、循環計画）」が1次（平成15年）、2次（平成20年）と策定されている。

「循環計画」は、「循環型社会」の形成に関する政策の総合的、計画的な推進を図るための中心的な仕組みとなるものであり、「循環型社会」のあるべき姿についてのイメージを示し、「循環型社会」形成のための数値目標を設定するとともに、国およびその他の主体の取組みの方向性を示したものである。効果的な実施を図るために毎年、中央環境審議会で進捗状況の評価・点検が行われ公表されている。

大きな数値目標としては、1次「循環計画」に引き

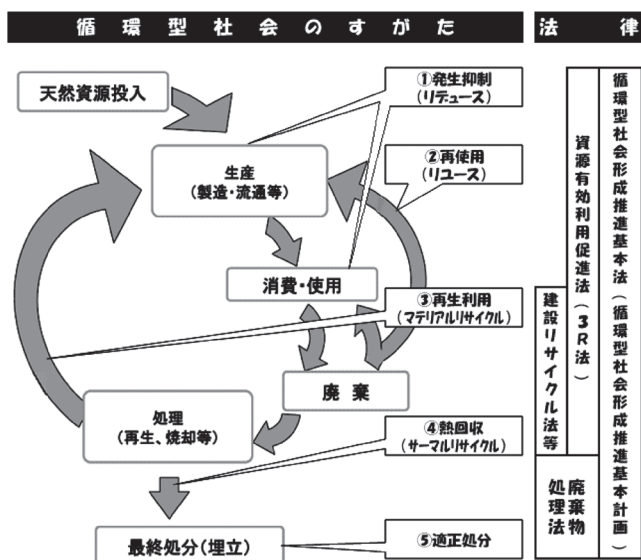


図-8 「循環型社会」の姿と法体系

続き、物質フロー指標を利用して、入口、循環、出口に関して数値化し、それぞれ(1) 資源生産性、(2) 循環利用率、(3) 最終処分量という3つの数値目標を設けており、2次「循環計画」では、平成27年度を目標年次としている。

このような「循環型社会」を形成推進していく法的基盤として、「循環法」と一体的に、「廃棄物処理法」が改正（平成12年）され、「資源有効利用促進法」（平成12年改正法制定）および個別法として「建設リサイクル法」（同年制定）等が整備されている（図-8）。

## (2) 廃棄物処理法

この法律は、廃棄物の排出を抑制し、適正な分別、保管、収集、運搬、再生、処分等の処理を行うとともに生活環境を清潔にすることにより、生活環境の保全および公衆衛生の向上を図ることを目的としている。昭和45年に制定後、平成3年に大改正があり、その後度々、社会情勢に対応し改正が行われている。

「循環法」が制定された平成12年の改正では、排出事業者責任の強化として、排出事業者最終処分までの処理が適正に行われているかを確認することが義務化された。最終処分までの処理過程の確認は、平成9年改正によりすべての産業廃棄物が対象となった産業廃棄物管理票制度（マニフェスト制度）によりフォローできる。

マニフェスト制度とは、排出事業者が産業廃棄物の処理を委託する際に、産業廃棄物管理票（マニフェスト）に産業廃棄物の種類、数量、収集運搬業者名、処分業者名等を記載して交付し、各処理工程からのマニフェストの回付により処理の流れを自ら把握・管理する仕組みである。マニフェストの使用は義務化されており、不交付や虚偽記載等に対し罰則規定がある。

また、不法投棄等に関し、平成9年改正に続き、平成12年改正で大幅に罰則が強化された。一例として、廃棄物の投棄禁止（第16条）に違反した場合、5年以下の懲役もしくは1,000万円以下の罰金またはこの併科。法人の場合は1億円以下の罰金（23年改正で3億円に引き上げ）。平成15年改正では不法投棄の未遂罪が、また平成16年改正では不法投棄を行う目的で廃棄物を収集・運搬した者に対する準備罪が創設された。

## (3) 資源有効利用促進法（3R法）

この法律は、平成3年制定の「リサイクル法」の改正法として平成12年に制定された。

従来のリサイクルの取組みを中心としたものではなく、「循環型社会」を形成していくために、3R（リデュース



ス、リユース、リサイクル)の取組みを総合的に促進することを目的としている。

#### ■リデュース (Reduce, 廃棄物の発生抑制)

省資源化や長寿命化といった取組みを通じて製品の製造、流通、使用等に係わる資源利用効率を高め、廃棄物とならざるを得ない形での資源の利用を極力少なくする。

#### ■リユース (Reuse, 再使用)

一旦使用された製品を回収し、必要に応じ適切な処置を施しつつ製品として再使用を図る。または、再使用可能な部品の利用を図る。

#### ■リサイクル (Recycle, 再資源化)

一旦使用された製品や製品の製造に伴い発生した副産物を回収し、原材料としての利用(マテリアルリサイクル)または焼却熱のエネルギーとしての利用(サーマルリサイクル)を図る。

「3R法」では、3Rの取組みが必要となる業種や製品を政令で指定し、指定された業種および製品について、事業者が取組むべき対策として「判断の基準」あるいは「表示の標準」を省令で定めるとしており、10業種・69品目(一般廃棄物および産業廃棄物の概ね5割をカバーする)が政令で指定され、製品の製造段階における3R対策、設計段階における3Rの配慮、分別回収のための識別表示、事業者による自主回収・リサイクルシステムの構築などを規定している。政令により指定された業種および製品は7グループあり、その中の指定副産物というくくりの中に、原料としての再利用を行うべき副産物として、建設業に係わる建設発生土、コンクリート塊、アスファルト・コンクリート塊、建設発生木材が指定されており、省令の定める「判断基準」に従い、再生資源としての利用を促進することが義務付けられている(図—9)。

#### 指定副産物

再生資源としての利用促進に取り組むことが求められる副産物



電気業の石灰灰



建設業の土砂、コンクリートの塊  
アスファルト・コンクリートの塊、木材

図—9 指定副産物

「判断基準」の内容は、「建設業に属する事業を行う者の指定副産物に係る再生資源の利用の促進に関する判断の基準となるべき事項を定める省令」に記載されており、建設発生土を搬出する場合の例をあげると、他の建設工事での利用が促進されるように周辺の建設工

事で必要とされる建設発生土の情報収集や、搬出する建設発生土の情報提供を行うこと等が記載されている。

#### (4) 建設リサイクル法

この法律は、建築物等の解体工事等に伴って排出される特定建設資材の分別およびリサイクルを促進する目的で平成12年に制定された。「建設リサイクル法」では、特定建設資材を用いた建築物等に係わる解体工事またはその施工に特定建設資材を使用する新築工事等であって一定規模以上の対象建設工事について、その受注者等に対し、分別解体等および再資源化等を行うことを義務付けている(図—10, 11)。

また、分別解体等および再資源化等の適正かつ円滑な実施を確保するため、発注者による工事の事前届出制度、関係者間の契約手続き、解体工事業者の登録制度等が整備された。

「建設リサイクル法」第3条で策定を定められている「建設リサイクル法基本方針」(平成13年策定)には、特定建設資材廃棄物の再資源化率が数値目標として設定され、平成22年度において95%以上(建設発生木材は縮減を含む)としている。再資源化等の具体的方策や再資源化で得られた物品の積極的な利用についても記載されている。

#### 特定建設資材

##### ① コンクリート



##### ② コンクリート及び鉄から成る建設資材



##### ③ 木材



##### ④ アスファルト・コンクリート



建設発生木材は一定距離(半径50km)内に再資源化施設がないなど再生資源化が困難な場合には、適正な施設で縮減(焼却)を行えば足りることとしている。

図—10 特定建設資材

#### 対象建設工事

|             |                 |
|-------------|-----------------|
| 建築物の解体工事    | ⇨ 床面積の合計が80㎡以上  |
| 建築物の新築・増築工事 | ⇨ 床面積の合計が500㎡以上 |
| リフォーム工事等    | ⇨ 請負代金が1億円以上    |
| 土木工事等       | ⇨ 請負代金が500万円以上  |

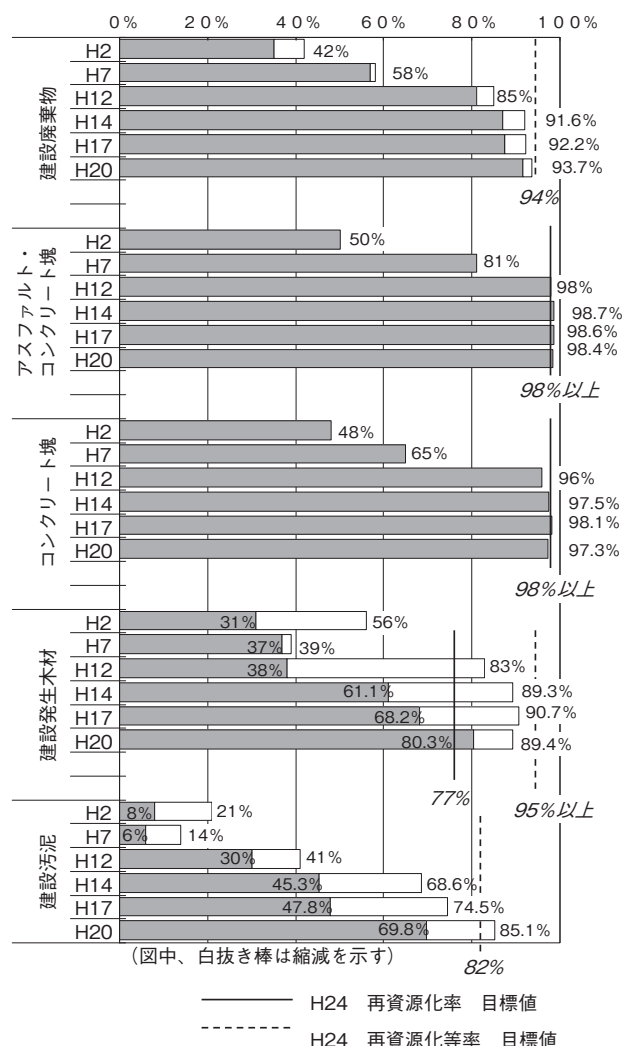
図—11 対象建設工事

## 5. 建設リサイクルの現状

国土交通省は、定期的に建設副産物実態調査を実施しており、民間を含む全国の建設工事から排出された建設副産物について、平成2年度以降の排出量および再資源化率等の状況を公表している(図—12～14)。

平成20年度の調査結果によれば、建設廃棄物の再

資源化等率（縮減含む）は平成2年度以降上昇傾向にあり、平成24年度の数値目標を示した「建設リサイクル推進計画2008」（以下、推進計画2008）の目標にあとわずかである（図—12～14に示す目標値は、推進計画2008の目標値）。



図—12 建設廃棄物の再資源化率等  
 （国交省「建設副産物実態調査」より作成）

### (1) アスファルト・コンクリート塊、コンクリート塊

平成3年に「リサイクル法」が制定され、再資源化の必要性が高まる中、国交省の発注する工事において「リサイクル原則化ルール」等の規制手法を運用し、コンクリート塊、アスファルト・コンクリート塊、建設発生木材、建設発生土に対し、ある一定条件の範囲で経済性にかかわらず再資源化および再生資源の利用促進が行われた。コンクリート塊、アスファルト・コンクリート塊の再資源化率は90年代に大幅に向上し、「建設リサイクル法」における特定建設資材にも指定されているアスファルト・コンクリート塊、コンクリート塊は平成12年度以降、高い再資源化率を維持

しており、「建設リサイクル法基本方針」の数値目標である95%を既に達成している。「推進計画2008」の平成24年度目標98%に対してもアスファルト・コンクリート塊については既に達成済である。

### (2) 建設発生木材

90年代のコンクリート塊やアスファルト・コンクリート塊の再資源化率向上に比べ、建設発生木材の再資源化率に伸びがない。コンクリート塊等が主に公共工事から発生し、その需給が建設業という同一産業内でまわるのに対し、建設発生木材は、ほとんどが民間の解体工事から発生し、個々の排出量が少量であり、また利用先は木質ボード、製紙原料、燃料用、堆肥等、様々な産業にわたり、要求される品質も異なる。さらには近距離圏内に需給がマッチングする施設の有無等、再資源化率を向上させにくい要因が数々あるためと推測される。

しかし、平成12年に「建設リサイクル法」が制定され、公共工事以外の民間工事でもリサイクルが促進されるようになる。木材は、コンクリート塊、アスファルト・コンクリート塊と共に特定建設資材に指定され、ある一定の条件のもとに分別と再資源化が義務付けられた。また、木材チップの品質に関する需給のミスマッチをなくし、リサイクル率向上を図るために、建設副産物リサイクル広報推進会議が「建設発生木材チップの利用促進基準（暫定版）」（平成13年）を作成し、近年のバイオマス発電需要の高まりもあって、平成14年以降の再資源化率は上昇傾向にある。平成20年度には「推進計画2008」の平成24年度目標77%を達成しているが、再資源化等率は、平成24年度目標95%に対し未達である。

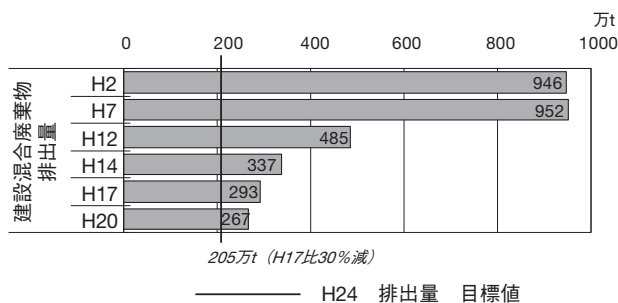
### (3) 建設汚泥

建設廃棄物の中で、再資源化率が最も低かったのが建設汚泥であるが、平成18年の「建設汚泥の再生利用に関するガイドライン」の中に、発生抑制の徹底と再利用の促進が示され、また平成18年の「リサイクル原則化ルール」に建設汚泥が追加されたことで、前回調査（平成17年度）に比べ再資源化率が20ポイント以上向上していると思われる。再資源化等率は、「推進計画2008」の平成24年度目標82%を平成20年度に達成したが、再資源化率は7割に留まっており、引き続き再資源化率の向上が望まれる。

### (4) 建設混合廃棄物

平成7年度以降、排出量は大きく減少傾向にあるも

の「推進計画2008」の目標値205万tに未達である(図—13)。建設混合廃棄物は、再資源化・縮減が困難であり、図—4に示すように最終処分量の割合は他の品目に比べ多い。「建設リサイクル法」制定以来、分別により着実に排出量は減少しているが、「推進計画2008」には、分別を徹底すればするほど廃棄物が小口化・他品目化され、廃棄物の収集・運搬が非効率になる課題があると記載されており、その対策として小口巡回共同回収システムが検討されている。

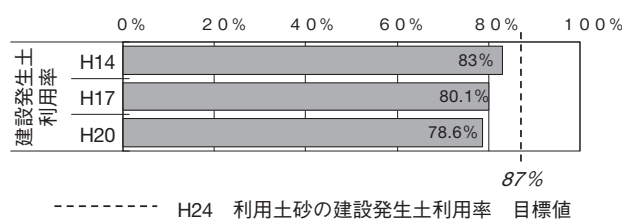


図—13 建設混合廃棄物の排出量  
(国土省「建設副産物実態調査」より作成)

#### (5) 建設発生土

利用率が減少傾向にあり「推進計画2008」の目標値に大きく届いていない(図—14)。平成20年度の場合、搬出量、約1億4千万m<sup>3</sup>の内、工事間で利用されているのはわずか3割であり、残りの7割は内陸受入れ地に搬出されており供給過剰状態にある。建設現場に搬入される土砂利用量約7,500万tの内、工事間利用量は約半分に留まり、残りは新材(山砂等)が利用されている。新材利用量は、内陸受入れ地に搬出される量の約3割であるため新材採取は無駄に感じる。新材の利用は、採取に伴う環境破壊や、輸送に伴うトラックの排気ガスによる大気汚染が懸念される。

建設発生土は既に「リサイクル原則化ルール」に含まれており、平成15年の「建設発生土等の有効利用に関する行動計画」には、現場内利用や工事間利用の促進が示されている。更なる工事間利用の促進、新材利用の抑制が必要である。



図—14 建設発生土利用率  
(国土省「建設副産物実態調査」より作成)

## 6. おわりに

建設副産物の再資源化率等は、概ね「推進計画2008」の目標値に向けた伸びを示し、既に目標値を達成している品目もある。最終処分量は率と共に、この20年間で大幅に減少し、「循環型社会」に向け着実に進展している。

平成19年度の我が国の物質フローによれば、総物質投入量約18億tのうち、約7億tもの膨大な資源が社会インフラや建築構造物に備蓄されている。毎年備蓄され続けた膨大な資源は、近い将来必ず解体され、大きなうねりのように廃棄物の増加が予想される。

「循環型社会」形成の役割を担う建設業界の責務は重大であり、より一層の取組みを期待したい。

J C M A

#### 《参考文献》

- 1) 厚生省生活衛生局：改正廃棄物処理法，平成4年8月
- 2) 産業構造審議会地球環境部会，廃棄物・リサイクル部会：循環経済ビジョン，平成12年5月
- 3) 本多淳祐，山田優：建設副産物・廃棄物のリサイクル，平成6年8月
- 4) 環境省：廃棄物・リサイクル対策ホームページ
- 5) 環境省：環境・循環型社会・生物多様性白書（22年度版）
- 6) 国土交通省：リサイクルホームページ
- 7) 経済産業省：3R対策ホームページ

#### 【筆者紹介】

畑中 俊昭（はたなか としあき）  
(社)日本建設機械化協会  
施工技術総合研究所 研究第4部  
主任研究員





# 建機製品の環境負荷物質低減活動の動向

鍋 岡 和 之

建機製品の環境配慮設計（Ecodesign）の重要なテーマとして①低エミッション建機の開発（即ち排出ガス対策）、②建機製品のライフサイクルでの CO<sub>2</sub> 排出量削減（あるいは燃費低減）と並び、③環境負荷物質管理がある。“環境負荷物質（Substances of concern）”は狭義にはいわゆる有害物質（Harmful or Hazardous Substances）を指すが、より広義にはリサイクル不可物質を含めて使用される。

ここでは広義の意味で建機製品中の有害物質削減と製品の“リサイクル可能率（Recyclability or Recoverability）”の向上に関する動向について説明する。

キーワード：環境負荷物質、低減、有害物質、鉛、6 価クロム、リサイクル、非塩素ホース、REACH

## 1. はじめに

昨今、EU 規則の REACH の管理物質である SVHC（Substances of very high concern）や制限物質（Restricted Substances）が建機にも適用されることから注目されている。建機メーカーでも環境負荷物質管理システムの導入などにより物質含有の管理徹底を推進している。これにより、環境負荷物質を含有する部品の特定が容易になっている。

また、その他の規制・指令への対応も必要であり、今後の規制動向を考慮し、自動車などの規制に対してメーカーとしては先行的な自主規制も進めている。

建機製品で有害物質として早くから使用禁止が叫ばれてきたアスベスト（繊維）、PCB あるいは特定フロン（CFC）などとともに鉛・カドミウム・水銀・6 価クロムの重金属 4 物質もまた制限の対象になってきた。これらの重金属は EU 指令の ELV、RoHS で共通に指定されており、それぞれ自動車、電気・電子部品では特定除外用途を除き基本的には使用禁止されてい

る。これに対して REACH の制限物質では建機などその他一般部品でもカドミウム、水銀及び鉛特定化合物は用途制限されている（表—1 参照）。

なお建機での化学物質の含有／非含有の判定基準値としては一般的には REACH の SVHC や ELV、RoHS と同様に 0.1% (1,000 ppm) で管理すればよいが、カドミウム、水銀など一部の物質については用途毎にこれ以下の特別基準値が設定されている。規制対応としてはこれらの基準値以下であれば非含有として扱うが、故意の添加については注意が必要な場合もある。

## 2. 有害物質使用量の削減（鉛の使用制限）

規制対応とは別に有害物質削減の建機メーカー自主目標として有害物質使用量削減の努力を払っている。有害物質全体の使用量の中で重金属、特に鉛の占める比率は非常に高く、鉛の削減が有害物質質量削減には最も効果的である。さらに建機の鉛使用部品の中では始動用バッテリー（電極の鉛－アンチモン合金、鉛－カル

表—1 重金属の代表規制と対象物質

(⇒：切替済み又は切替中)

| 代表規<br>制代表物質 |        | REACH (2011 版) |            | 他指令など | ELV<br>(2011 版) | RoHS<br>(2011 版) | 建機メーカーの<br>動向 |
|--------------|--------|----------------|------------|-------|-----------------|------------------|---------------|
|              |        | SVHC           | Restricted |       |                 |                  |               |
| 重金属          | 鉛      | ○ (4)          | △          | △     | ×               | ×                | △             |
|              | カドミウム  | —              | △          | △     | ×               | ×                | ⇒×            |
|              | 水銀     | —              | △          | △     | ×               | ×                | ⇒×            |
|              | 6 価クロム | ○ (11)         | —          | —     | ×               | ×                | ⇒×            |
|              | ひ素・セレン | ○ (4)          | △          | —     | —               | —                | △             |
| 規制対象製品       |        | 一般（建機含む）       |            |       | 自動車             | 電気・電子            | 建機            |

×：使用禁止（一部除外，猶予あり，2011 改正，△：用途制限，○：管理物質）

（ ）内の数値：SVHC の登録物質数（現在は SVHC 全体：53 物質）

シウム合金など) がそのまた大部分を占めているが、始動用鉛バッテリーはハイブリッド建機を含め当面建機では継続使用が不可欠である。よって、有害物質の削減率を算定する際にはバッテリーを算定対象から除外して評価する(図-1 参照)。

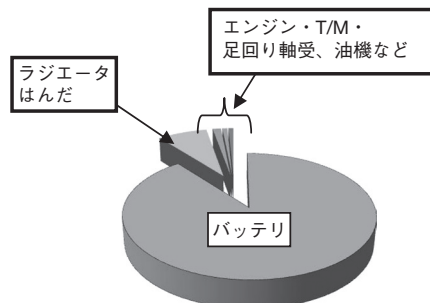


図-1 建機1台の使用量比率(例)

バッテリーの次に鉛質量の多い部品は従来型の銅ラジエータであった。フィンなどの接合のため通常の電子部品のはんだに比べて鉛含有率が倍近い約60～70%の鉛はんだを使用していた。この鉛削減のためにはんだによる接合が不要なアルミラジエータ化(接合は真空ろう付け)を推進している。これによりバッテリーを除く鉛使用量の3/4以上が一挙に低減できた。

ラジエータを除く残りは軸受が中心である。鉛4%超含有の鉛青銅などのCu-Pb合金がエンジン(メインベアリングなど)、トランスミッション/トルコン(ブシュ)、油圧機器(ポンプ、モータのシリンダブロックなど)及びホイール系固有のアクスル、クローラ固有の足回り(上/下転輪・アイドラ)の軸受で使用されている。

さらなる鉛使用量削減のため、Cu-Sn-Bi合金などによりこれらの部位の鉛フリー化を推進しているが、既に達成済みの作業機系のブシュに比べて摺動条件(PV値及び潤滑形態)が厳しく、完全に達成するにはまだ課題が残っている(図-2 参照)。ELVでは現在は規制対象から除外されているエンジン、トランスミッションの軸受も含めて達成が望ましい。

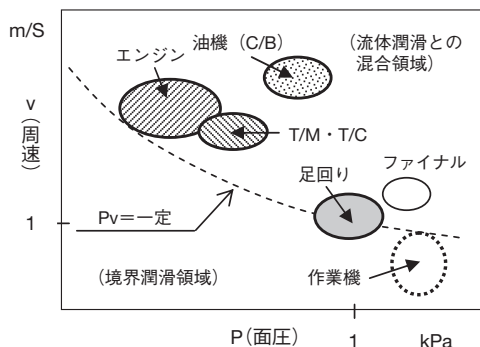


図-2 建機軸受の摺動条件比較(目安)

一方油圧ショベルなどで適用されている製缶カウンタウエイトの充填材の骨材として一般には鉄鉱石が使用されているが、再生骨材やポンチくずが使用される場合には鉛含有量を0.01%レベルに管理している。これはカウンタウエイトの質量比率が車体質量の約20%を占めるため、微量な不純物としてであっても鉛含有量が無視できなくなるからである。また充填材のリサイクル面でも有害物質の含有は極力低く抑えるべきである。

これに対して使用量では寄与は小さい用途に対しても規制対応などにより鉛の使用制限を推進してきた。塗料の無鉛化は2005年頃までには完全に無鉛化が達成されている(現在はREACHの制限物質でも指定されている)。さらに電子部品に使用される鉛はんだ(鉛含有量35%など)はELVの基板上の猶予期間も2016年登録車までであり、今後自動車での切替えを受けて建機でも鉛フリーはんだ化を推進する。

なお鉛含有率4%以下の銅合金、同0.4%以下のアルミニウム合金、同0.35%以下の快削鋼は使用量の寄与が極めて小さく、ELV、RoHSともに規制対象から除外されていることから今後も継続使用する(鉛フリー快削鋼などは推進)。

### 3. 有害物質の用途制限(鉛以外)

#### (1) 重金属の制限強化

有害物質質量削減のためには鉛の使用削減だけ考慮すれば十分であるが鉛以外の重金属についても各種規制や自主規制により用途制限が強化されており、それぞれ対応を進めている(表-1 参照)。

##### ①カドミウム・水銀の制限

カドミウムはELVでは電気自動車用のバッテリーの補給用のみ規制対象から除外されている。(RoHSでは電気接点も猶予されている)。また、REACHでは制限物質に指定され、塩化ビニールの安定剤や材着色剤(0.01%未満)、塗料やめっき(0.1%以下)に加え、ろう付け(0.01%未満)も2011年に追加された。銀ろうのJIS BAg-1・BAg-2はカドミウムを10%以上含んでいて使用不可なので、JIS BAg-7などに変更した。(不純物レベルも0.01%未満に管理)

他方、EU電池指令ではボタン電池に対してカドミウムは0.02%以下に制限されている。

これらにより、建機でもカドミウムは全面使用禁止化が進んでいる。

水銀はディスチャージランプ(HID含む)とモニターパネルの液晶のバックライトのみELVでは

2012 登録車まで猶予されている。これらについては建機でも切替えが進んでいる。また、超大型機種などでキャブ内の照明に蛍光灯が使用されているケースがあるが、これも LED などに切替を進めている。

他方、EU の電池指令により始動用バッテリーに対して水銀は 0.0005% (5 ppm) 以下に制限されている。

これらにより、建機でも水銀を全面使用禁止とする対応が進んでいる。

## ② 6 価クロムの制限

ELV では 2008 年までに市場導入された車種の防錆処理以外はキャンプ車の冷蔵庫の防錆用途以外一切除外用途はない。

亜鉛めっき後のクロメート処理中の 6 価クロムが問題となり 3 価クロメートへの切替を推進した。建機では規制による制限対象にはなっていないが、部品メーカーのめっき層の設備の関係もあって既に大部分の切替が完了している。

また、重防食用の亜鉛末化成被膜処理の“ダクロタイズド処理”も 6 価クロムフリーの“ジオメット処理”などに切替が行われた。これらの 6 価クロムフリーへの切替えに際して、耐食性の確認に加え、締結部品では摩擦係数の変動のないことの確認が製品メーカーにとっては重要な課題であった。重要締結部品を中心に部品メーカー毎あるいはめっきメーカー毎に耐食性を塩水噴霧試験で確認も行った。

ここで 6 価クロムなど特に表面処理として含有する物質では含有率の定義、すなわち部品に対してか、表面処理層に対してかが問題になる。REACH の SVHC は現在は部品単位であり含有率では対象にはならないが、ELV、RoHS では均一層ベースであり表面処理層に対して含有率が問われるので対象になる。さらに亜鉛めっき層全体で考えるかクロメート層だけで考えるかで不純物レベルの管理が異なる。いずれにせよ建機でも 6 価クロムは全面使用禁止が達成している。

ちなみに 6 価クロムの代わりにシリコン、コバルトが用いられ薬剤中には REACH の SVHC の硝酸コバルトが含まれるが、クロメート皮膜中には硝酸コバルトとしては存在しないと見なされる。

なおクロムめっきは製造工程で 6 価クロムを扱うが、製品としては金属クロム状態で 6 価としては存在しないので、通常は対象外として取り扱う。

## (2) 重金属以外の有害物質の非含有化

重金属以外で規制関連の代表的な物質を表—2 に示す。切替え済みのアスベスト、CFC などを除き、建機関係で即切替えを迫られる物質は少なく自主対応が中心になる。

なお PFOS や PBDE (ペンタブロモ誘導体) は POPs (残留性有機汚染物) に関する EU 議会・理事会規則により 0.001% の特別基準値が設定されている。

### ① REACH の SVHC 該当部品点数の削減

臭素系難燃性処理剤の PBB/PBDE は RoHS で禁止、PBDE は POPs (残留性有機汚染物質) に関する欧州議会・理事会規則で一般部品でも禁止されている。他方、REACH の SVHC でもある臭素系難燃性処理剤の HBCDD、樹脂やゴムの可塑剤のフタル酸エステル (特に DEHP/DBP) が重要な管理物質になっている。REACH 上は届出義務を回避しても部品毎の含有情報を風下のディーラに開示したり、ユーザからの問い合わせに回答義務があるので極力対象部品の削減が望ましい。油圧ホースのゴム材やデカルコマニアの塩ビなどは既に非含有化が進められている。

### ② 冷媒の脱フロン化

フロン系の冷媒は代替フロン (HFC) ではオゾン層破壊係数はほとんど 0 になっているが地球温暖化係数は CO<sub>2</sub> よりもむしろ高く、ライフサイクルでの CO<sub>2</sub> 排出量は代替フロンでもまだ解消されていない。そこで自動車では脱フロンの EU 指令が開始され、代

表—2 重金属以外の代表規制と対象物質

(記号などは表—1 参照)

| 代表物質          |                | 代表規制              |       | 他指令など | ELV<br>(2011 版) | RoHS<br>(2011 版) | 建機メーカー<br>の動向 |
|---------------|----------------|-------------------|-------|-------|-----------------|------------------|---------------|
|               |                | REACH (2011 版)    | SVHC  |       |                 |                  |               |
| アスベスト         |                | —                 | ×     | ×     | —               | —                | ×             |
| 臭素系難燃性処理剤     | PBDE           | —                 | △     | △     | —               | ×                | ⇒×            |
|               | PBB            | —                 | △     | —     | —               | ×                | ⇒×            |
|               | HBCDD          | ○ (1)             | —     | —     | —               | —                | △ (⇒×         |
| フタル酸エステル      |                | DEHP・DBP・BBP・DIBP | ○ (4) | △     | —               | —                | △ (⇒×         |
| PFOS          |                | —                 | —     | △     | —               | —                | △             |
| PAH (特定 7 物質) |                | ○ (1)             | △     | △     | —               | —                | △             |
| 有機錫化合物        | 3 置換化合物        | ○ (1)             | △     | △     | 自動車             | —                | △             |
|               | DBT・DOT (2 置換) | —                 | △     | △     |                 | —                | △             |
| フロン           | CFC・HCFC       | —                 | —     | ×     |                 | —                | △             |
|               | HFC (R134a など) | —                 | —     | —     | ×               | —                | ⇒×            |



替としてハイドロフルオロオレフィン (HFO1234yf) がグローバルスタンダードになりつつある。

この新冷媒では冷媒透過性、微燃性などの課題があり、建機ではホースが長いので特に長時間使用の安定性に注意が必要である。冷房特性 (COP) の低下は 5% 程度と小さく (従来代替候補の CO<sub>2</sub> が約 35% 低下)、建機でも今後切替えを検討中である。

#### 4. リサイクル可能率の向上

建機のリサイクル可能率の達成目標は業界基準 (建機工) で 97% で 2008 年建機工調査ではほぼ調査全機種でクリアしている。この建機工の判定基準は ISO 16714 とほぼ整合が取れている (表一 3 参照)。マテリアルリサイクルとサーマルリサイクルともにリサイクル可とみなす (ISO では recoverability として扱われる)。またリサイクル可能率は設計上の算定値であるが、実際のリサイクル実効率向上も課題であるが建機工の目標は可能率 97% に近づけることである。

残り 3% には塩素系ホース、グリース、オペシート、ランプ類、フィルタエレメント、ミラー、グラスウールなど車体質量に対する比率が 1% 未満程度の小さいものが主体である。材料として純粋にリサイクル不可として扱うものは極めて少く、例えば熱硬化性ガラス繊維補強樹脂、ハロゲン系熱硬化性樹脂などが該当する。但し部品サイズなどによっては電子機器の基板のように EP-GF (ガラス繊維補強エポキシ樹脂) でも貴金属の回収と合わせてリサイクル処理されるものもある。

ハーネスは被覆が塩化ビニールであっても、被覆と銅線が容易に分離できる専用解体機も導入され、マテリアルリサイクル可扱いされる。

#### (1) 非塩素系ゴムホースの導入

外皮カバーゴムに塩素系ゴムで構成される油圧ホース、燃料ホースはマテリアルリサイクル不可でサーマルリサイクル困難なためリサイクル不可として扱われてきた。これは口金やワイヤの分離が困難でありかつ一体のまま焼却や熱源利用、製鉄炉に投入すると塩素によってダイオキシン発生の虞があると同時に炉の損傷への悪影響から処理が敬遠されるためである。作動油系の油圧ホースは油圧ショベルやブルドーザ、ホイールローダなどの主要建機では車体質量全体の 0.5% ~ 1% を占めている。

そこで、リサイクル可能率をさらに向上させるために塩素を使用しない非塩素系ゴムを適用した作動油系ホースの導入を開始した。この際、外皮カバーゴムとして耐油性/耐候性/耐熱性/耐寒性/耐摩耗性などを兼備する代替ゴム材の選定が課題であった。

また、実効率向上のために廃却処理工程で非塩素系ホースを識別することが必要なので、まず当面は銘柄の一部として“CLF”をホース本体表面に表示とした。(ISO 1043-1 に準ずる表示などが今後の課題)

ゴムホースは熱源としての熱容量が不足するがセメントの原資としても利用可能であり製鉄炉ではゴムシュウの場合と同様にゴムは還元剤としてマテリアルリサイクル可の扱いが可能である。昨今では塩素系 (ハロゲン系) のゴム、樹脂自体の適用を否定する風潮は薄れているが、非塩素系ホースの導入はリサイクル不可の残り 3% のさらなる削減に大いに寄与するものである。

但し燃料系における燃料透過時の劣化と作動油系の MSHA 難燃性 (鉱山用) の対応は非塩素系ホースではまだ課題がある。特にバイオ燃料 (BDF) に対しては燃料透過抑制のために内管チューブゴムにふっ素系のバリアが使用されるのが一般的で、ハロゲン系と

表一 3 リサイクル可否判定例

(○: 可 / ×: 不可 / △: 部分的可)

| 部品/副資材           | 建機工 判断基準 (2008) | ISO 16714 (2008)    | 追加判定 | (参考) JCMAS H016 (2002) 材料の環境への影響評価 |
|------------------|-----------------|---------------------|------|------------------------------------|
| 製缶カウンタウエイト       | ○               | ○ (m <sub>p</sub> ) | —    | A (シェル, 鉄鉱石) / — (コンクリート)          |
| 作動油・潤滑油          | ○               | ○ (m <sub>p</sub> ) | —    | A (生分解性)・B / C (添加剤)               |
| 塗膜               | (○)             | —                   | ○    | B (塗料)                             |
| ハーネス             | ○               | —                   | —    | A (PE)・C (塩ビ) / B (銅線)             |
| キャパシタセル          | —               | —                   | ○    | A (アルミニウムなど) / B                   |
| 口金付油圧ホース         | 非塩素系            | (○)                 | —    | ○ A (口金, 補強材) / B (ゴム)             |
|                  | 塩素系             | ×                   | —    | A (口金, 補強材) / C (ゴム)               |
| オペシート            | ×               | ○ (m <sub>p</sub> ) | —    | A (銅) / B (ポリウレタン) / C (塩ビ)        |
| 銅/銅複合ラジエータ       | ×               | —                   | —    | A (銅) / B (銅) / (C (鉛))            |
| セラミックフィルタ (排出ガス) | —               | —                   | △    | A (セラミック, 白金) / 他                  |
| フィルタエレメント        | ×               | ×                   | —    | B                                  |
| ランプ・ミラー・計器類      | ×               | —                   | —    | A/B/C (水銀)                         |
| グラスウール (吸音材)     | ×               | —                   | —    | B                                  |
| グリース             | ×               | — (m <sub>p</sub> ) | —    | B                                  |

A: 環境負荷小 B: 環境負荷あり C: 環境負荷大

いうことでリサイクル上は塩素系と同様に不可扱いになる。

## (2) 製缶カウンタウエイトのリサイクル処理

油圧ショベルなどで適用されている製缶カウンタウエイトの充填材は骨材の鉄鉱石又は重晶石とバインダのセメントである。溶接した鋼材のシェルに充填材を挿入して製造する。複合部品としてリサイクルが困難であったが、建機工としてマニュアル整備や処理業者認定作業を進め、リサイクル可であると同時に実効率の向上も期待されている。

解体により選別されたコンクリートがらは路盤材として利用されるかあるいは再度カウンタウエイトの充填材の再生骨材として利用される。

この際リサイクル促進のために内容物表示することが推奨されており、貼付が始まっている(図—3 参照)。

| COUNTER-WEIGHT         |                  |                                  |  |
|------------------------|------------------|----------------------------------|--|
| TYPE                   | SHELL-TYPE       |                                  |  |
| TOTAL MASS             | *** kg           |                                  |  |
| PART                   | MATERIAL         |                                  |  |
| 1. 外板 SHELL            | 鋼 STEEL          |                                  |  |
| 2. 内容物 FILLER CONCRETE | 2-1 骨材 AGGREGATE | 鉄鉱石 又は 重晶石<br>IRON ORE or BARITE |  |
|                        | 2-2 バインダ BINDER  | セメント CEMENT                      |  |

リサイクル促進のための内容物表示です。  
THIS PLATE INDICATES FILLER MATERIAL FOR RECYCLE USE.  
Komatsu Ltd. Japan

図—3 製缶カウンタウエイト内容物表示 (例)

## (3) 環境対応型建機専用部品のリサイクル

燃費改善や低エミッション化などの環境対応はリサイクル面で新たな問題(トレードオフ)を引き起こす場合があり注意が必要である。

### ① ハイブリッド用キャパシタ

燃費低減で脚光を浴びているハイブリッド建機で適用されている電気を蓄えるキャパシタはバッテリーのようにリサイクル回収ルートが確立していない。そこで導入に際しリサイクル処理が可能であることを確認した。

キャパシタは一般には化学反応を伴わず寿命が長い。ためバッテリーのような定期交換は不要で解体時にのみ処理が必要になる。キャパシタセルはアルミ合金製でアルミ素材としての回収が望ましいが電極、電解液(浸漬紙)、絶縁皮膜、封止材など複合材料が混在している状態では処理が煩雑で一般の大手アルミ素材メーカーでは直接回収されにくく中間処理業者が必要である。あるいはアルミ素材としてではなく貴金属を含む電子基板(EP-GF)と一体処理する業者もある。

リサイクル促進のためカウンタウエイトと同様に内容物表示が検討されている(図—4 参照)。

| CAPACITOR CONTENTS    |                          |                                                       |
|-----------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------|
| COVER・CASE<br>カバー・ケース |                          | Aluminum Alloy アルミ合金                                  |
| CELL<br>セル            | Case ケース                 | Aluminum Alloy アルミ合金                                  |
|                       | Electrode 電極             | Aluminum Thin Film base + Carbon, etc<br>アルミ箔ベース+炭素、他 |
|                       | Electrolyte Solution 電解液 | ***                                                   |
|                       | Separator セパレータ          | Molding(Cellulose, etc.)<br>樹脂(セルロースなど)               |
|                       | Tape テープ                 | Molding(PET)<br>樹脂                                    |
|                       | Seal シール                 | Rubber (IIR)<br>ブチルゴム                                 |
|                       | Valve 弁                  | Stainless Steel, etc.<br>ステンレス、他                      |

図—4 キャパシタ内容物表示 (例)

### ② Tier4 排出ガス対策用セラミックフィルタ

今後の建機業界あるいはトラックなどの業界も含む課題として Tier4 規制対応エンジンのパーティキュレート(PM)低減のための酸化触媒(DOC)、スートフィルタ(DPF)に適用されるセラミック〔コージェライト(アルミナ、タルク、カオリンの混合物)or 炭化けい素〕製のフィルタ担体の処理がある。

これらのフィルタには触媒の白金が装着されているため、白金自体は貴金属として回収される。残ったセラミック担体は乾式処理ではスラグとして回収し建築資材などにリサイクル可であるが、湿式処理では困難なようだ。NOx 制限が強化される Tier4 (final) 規制で尿素 SCR の追加装備になるとさらにフィルタが増量する。またフィルタの緩衝マットにもリサイクルが困難なセラミックファイバやグラスウールが使用されている。

特にフィルタ本体はリユースも検討すべきである(ISO 16714 でリユースはリサイクル可扱い)。

## 5. おわりに

このように建機では鉛を中心とする有害物質使用量削減と同時に、REACH の要求への対応、ELV など自動車の指令への先行対応で種々の化学物質への対応も進めている。今後さらに REACH の SVHC など管理物質の追加や REACH 相当の規則の他地域での適用拡大が予測されるので、継続的に対応が必要である。

JCMMA

### 《参考文献》

- 1) ISO16714, JCMAS H016, 建機工カウンタウエイト処理マニュアル(2009), 小松技報 2009 vol.56

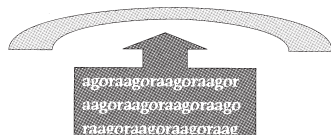
### 【筆者紹介】

鍋岡 和之(なべおか かずゆき)

(株)小松製作所

開発本部 業務部 規制・標準グループ

主査



## 地中熱利用の現状と展望

服 部 旭

昨今、自然エネルギー、再生可能エネルギーが見直されている。未利用の地中熱は、大型の建造物にも採用されはじめ、足元の、地産地消のエネルギーとして注目されている。四季の温度変化の激しい我が国では、空気の温度と比較して夏は冷たく、冬は温かい地中の熱は、効率的に利用すれば、大きな節電につながる。欧米では広く普及している地中熱利用が、日本で遅れているのは何故だろうか。

キーワード：地温、地中熱交換器、U チューブ、熱伝導、ヒートポンプ、補助制度

「地中熱」という言葉を聞いて何を連想されるだろうか？ 温泉、それとも火山やマグマだろうか？ 地熱発電所をご覧になった方は、高温の蒸気で発電が出来るのをご存知だと思う。「地熱」と「地中熱」は、エンタルピーは異なるが、同じ地球の熱エネルギーであることに変わりはない。

「地熱」または「地熱発電」は、地下深部のマグマに関連した高温のエネルギーであり、通常は、1,000 m ～ 3,000 m の深部から得られる高温蒸気によりタービンを回す。我が国には、九州や東北地方の 18 カ所に地熱発電所があり、合計 53 万 kW の発電をしている。

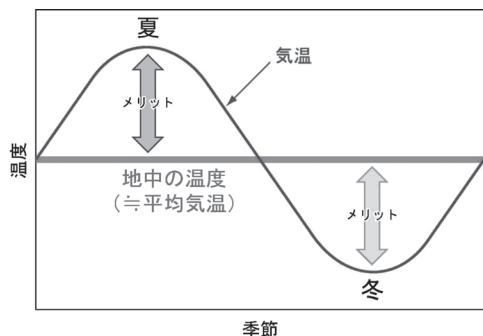
一方、浅い地層中にある低温エネルギーのことを「地中熱」と言う。地表付近の土壤温度は、気温の影響により変化するが、地下 5 ～ 10 m になると年間を通して地温はほぼ一定である（図—1）。この温度は地域の平均気温より一般的に 1 ～ 2℃ 高いとされ、たとえば東京では 17℃ 程度、札幌では 10℃ 程度である。従って、この地中熱は、季節により変動する太陽からの熱が、永年にわたり地下浅部に閉じ込められているものと言える。最近あまり使われなくなったが、井戸の

水が夏は冷たく、冬は温かい（と感じられる）のも、この地中熱と気温との温度差によるものである。

冷暖房などなかった古代人は、地中の熱を利用して、寒い冬を凌ぎ、熱い夏でも洞窟で生活をしていた。竪穴式住居をはじめ、中国のヤオトン住居、アイヌの伝統民家チセでも知られている。コンクリートで地表を覆ってしまった現代人はこの未利用エネルギーを忘れてにすぎない。

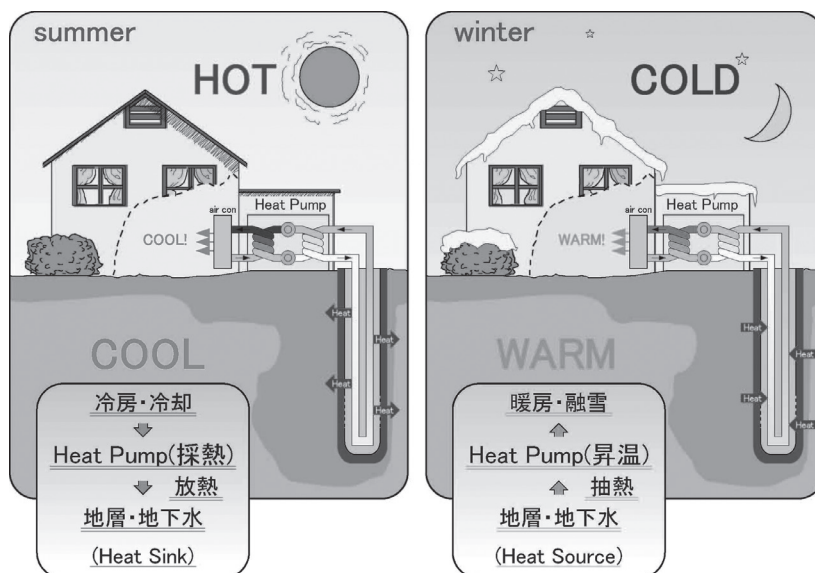
この熱を取り出し、そのまま使う場合（パッシブ・ジオサーマル）もあるが、ヒートポンプを用いて温熱、冷熱を作り、冷暖房や給湯に使用するのがアクティブな地中熱利用である（図—2）。気温と地中の温度差は、真夏で 30℃ と 17℃ の差であり、真冬は 0℃ と 17℃ の差である。地上と地中との温度差に相当する自然エネルギーを活用すれば、従来の空気を熱源とするエアコンと比べて、エネルギーの節約になり、節電効果が大きくなる。

どうすれば地下の熱を地上で使うことができるだろうか？ 浅い地下から熱だけを取り出すには、熱伝導の良い流体を孔中に入れ、これを循環させることにより、地下からの熱が地上に上がってくる。最も手軽な媒体は、水である。ボーリングを掘り、そのなかにポリエチレンのチューブを入れて、それに水を満たして循環させれば、夏は冷たい水が、冬は温かい水が得られる。冷房の後、温くなった水を地下に入れると、地下で冷やされて上がってくる。暖房の後の冷たい水は、地下で温められて上がってくる。よく、裏庭の古井戸が使えないかという問い合わせがあるが、その井戸水が流動する地下水層につながっていて熱の移動が容易でない限り、たまっている井戸水だけでは、冷暖



図—1 地中熱と気温との温度差





図ー2 地中熱ヒートポンプの概念

房には不十分である。浅い井戸では、熱容量が少ないため、すぐに大気温度になってしまう。多くの熱を地下に運んだり、熱を取り出したりするには、地層と十分な熱交換が出来る距離（深さ）が必要となる。なお、寒冷地では、水に代りプロピレングリコールやエチレングリコールの不凍液（プライン）を用いることが多い。

どの程度の深さの孔が何本あればいいのか？ 家の気密性や、地層の熱伝導率によっても異なるが、一般的な  $100\text{ m}^2$  程度の住宅では、およそ  $100 \sim 150\text{ m}$  の孔が必要である。 $100\text{ m}$  の孔1本でなくても、 $50\text{ m}$  のもの2本でも良い。十分な熱交換の出来る長さが必要になる。 $100\text{ m}$  も掘るのかとよく言われるが、最新の機械なら1日で  $50 \sim 70\text{ m}$  の掘削が可能である。掘削口径は、 $18\text{ cm}$  程度である。掘削した直後にUチューブという高密度ポリエチレンのチューブ（写真ー1）を孔底まで挿入し、空隙は砂で充填する。底がUの字型になっている2本のチューブを2組入れてダブルUチューブにすることもある。地中と熱交換をするボーリング孔、Uチューブ、その中を循環する水

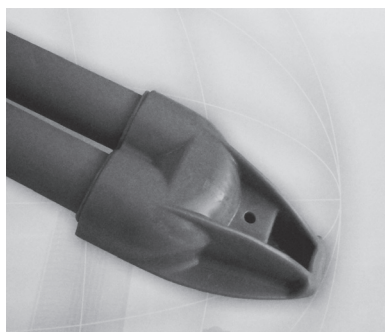
または不凍液、Uチューブのまわりに充填される砂を総称して地中熱交換器という。このうち、掘削工事費が地中熱利用システムの中では一番高い。口径の小さい孔の掘削経費でも、 $100\text{ m}$  で  $100$  万円から  $200$  万円程度となる。

北海道では、需要が多いため、 $8,000\text{ 円/m}$  以下と言われているが、都会では運搬・設置や産廃処理などのコストが追加され、割高となっている。今後、如何に掘削コストを安くするかが普及の決め手になる。

ボーリング孔を用いる熱交換方式のほかに、基礎杭



写真ー2 掘削機



写真ー1 Uチューブの最下端

を用いる熱交換方式もある。基礎杭方式では、大口径の杭の周辺に数組のチューブを固定して地下に降ろす。杭の長さは  $30 \sim 40\text{ m}$  程度であるが、杭の本数が多く、取り付けのチューブの本数も多くなるので、比較的浅い地下を利用しての地中熱利用となる。設計段階から計画的に敷設することが必要であり、主に、大手建設会社が自社で実施している。

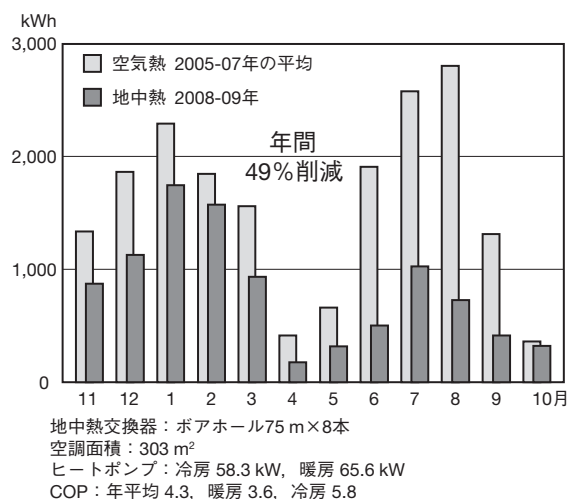
ボーリングの場合、垂直に掘削することが多いが、熱交換は必ずしも深く垂直である必要はない。米国など広大な土地利用が可能などでは、剥土した面にスパイラル状やS字状にチューブを配管し、上から土をかぶせて、面としての熱交換を行っている。国内でも、最近では、小田急電鉄の東北沢新駅で、地下駅の冷暖房に水平型地中熱交換器が埋設されている。また、ラジアルウェル方式では浅井戸の周辺壁面から放射状にボーリングをして採熱する試みもある。海外では、湖沼や海底で熱交換する事例もある。

地下からの温度を冬はさらに高温に、夏はさらに低温にするのがヒートポンプの働きである。一般のエアコンは、空気を熱源にしたヒートポンプであるが、地中熱利用ではチューブの中を循環して地下から上がってくる「水」を熱源としている。冷媒を直接地下に循環させる試みもあるが、一般的には、水または不凍液（ブライン）が地下を循環する。

一方、ヒートポンプの中では、冷媒が循環しており、ポンプにより圧縮されて温度が上がり、膨張して温度が下がる。これと地下からのブラインが熱交換することにより、必要な熱が得られるが、ヒートポンプはその動力に電気を使う。普通、1の電気で3～5のエネルギーを取り出せるので、省エネ効率が高い。ここで、得られた熱量を使用した電力で割った値をCOP（成績係数）と呼び、ヒートポンプの性能を表している。地中熱用のヒートポンプは、需要が増えれば量産されて販売コストも安くなるが、現状ではまだ生産台数が低く、割高であるのが現状である。このヒートポンプは、大企業でなくても製造が可能であり、大手電気メーカーが乗り出す前に、安くて高性能なものが出回ると思われる。現在の空気熱源の冷暖房が地中熱利用に代

われば、大きなビジネスに成長すると思わる。ドリームシナリオではあるが、仮に50万戸に200万円の地中熱システムが導入されれば、1兆円のビジネスとなり、その波及効果は数兆円になる。地中熱利用は「モノづくりに関連する地方の中小企業にとって、自社の技術を活かせるまたとない機会」と言われている。

都内のオフィスビルにおける従来の空調と地中熱利用の消費電力の比較を示す（図—3）。これによると、夏場の消費電力が、従来のエアコンと比較して大きな節電効果をあげていることが分かる。今年のような夏場の節電、ピークカットに大きく貢献することができうえに、冷房中、室外機から熱風を出すことがないので、ヒートアイランド現象の緩和にも役立っている。



図—3 都内のオフィスビルにおける空調電力消費量（笹田 2010）

地中熱の導入は、熱需要の多い、病院、福祉施設、屋内プール、工場など省エネ効果の大きい建物が適している。東京スカイツリーでは、地域冷暖房の一部に地中熱を採用しているし、羽田空港の新しい国際線ターミナルビル、丸の内のJPタワーでも地中熱が使われている。最近では、イケア・ジャパンが「IKEA 福岡新宮店」を全館地中熱で冷暖房を行うため、100 mのボーリングを70本掘削している（図—4）。

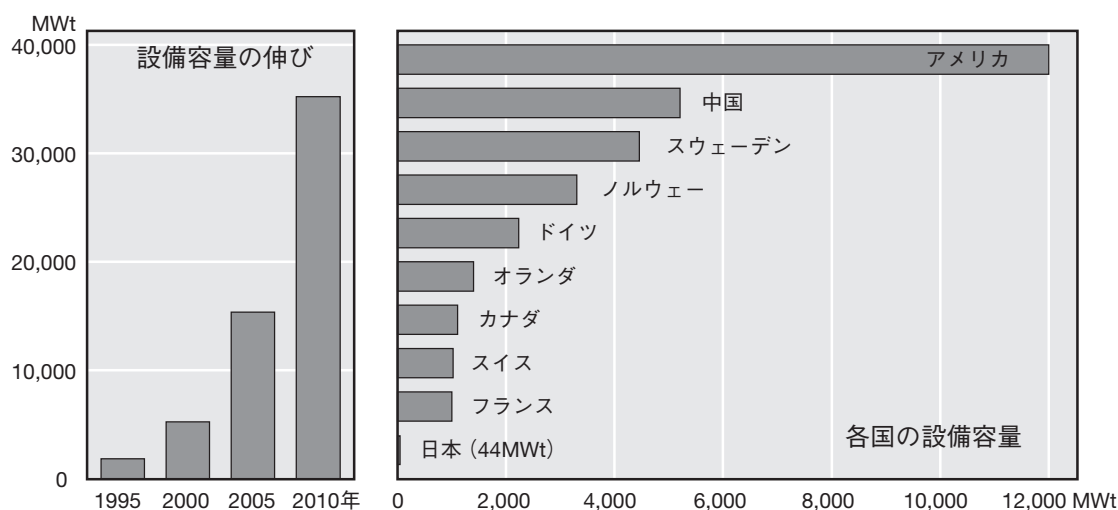
日本の地中熱利用は、これまで政府のエネルギー政



写真—3 地中熱ヒートポンプ（10 kW × 3台）  
春日部市役所



図—4 イケアによる大規模店舗の地中熱利用（福岡）



図—5 世界の地中熱設備容量 (Lund, 2010 より)

策から外れていたため、諸外国に比べ大幅に遅れている。普及しているのはアメリカ、中国、およびスウェーデンなど北欧諸国で、すでに数十万台～百万台の利用がある。これに対して日本はわずか600件程度しかなく、設備容量でみると、アメリカが1万2,000 MWt（メガワットサーマル）なのに対し、日本は44 MWtであるから、先進国に大きく遅れていることになる（図—5）。

掘削は通常地元のボーリング会社が施工するが、まだ地中熱利用のボーリング経験がない業者が多い。そこで、地中熱利用原理から始まり、掘削技術、ヒートポンプの働き、配管の問題、適切な設計など、基礎的な知識が必要となる。協会では、一流の研究機関、大学、専門家を講師として招き、地中熱基礎講座を年に2回開催し、地中熱利用の基礎から、設計、施工についての教育プログラムを実施している。

また、講師を招聘してシンポジウムも東京と地方都市で年に2回開催している。最近では、参加希望者が多く、常時100名を超えるようになった。さらに、NEW環境展、再生可能エネルギー世界展など展示会に出展し、地中熱利用とは何かの広報活動を行っている。

今年は、地中熱利用促進協会の会員が急増し、現在、法人会員が140社を超えている。ボランティアとして参加する個人会員も50人を超え、大学・研究機関・自治体からの特別会員が56名となっている。これらの会員の活動により、協会内には8つのワーキンググループがあり、協会活動の原動力となるとともに、会員間の親睦、情報交換にも役立っている。また、協会

事務局では、月2回ニュースレターを発行し、最新の国内外の出来事、国の方針、補助金情報等を会員に発信している。会員は、どちらかというと、掘削、材料メーカー、機械メーカーという分野が多い傾向にあるが、今後は、2次側である住宅メーカー、設計、設備の会員が増えるものと思われる。

知名度の低い地中熱利用は、新たな再生可能エネルギーとして注目されはじめ、政府のエネルギー基本計画の中に昨年から盛り込まれるようになった。震災後、エネルギー政策が大きく転換するなかで、その普及が確実視されている。国の助成政策も整いつつあり、経済産業省の再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策事業という補助金制度も確立された。この補助制度では、地方公共団体や非営利民間団体には1/2の補助率、一般法人には1/3の補助率が適用されている。今後、戸建住宅への補助制度が確立されれば、初期投資額も低減し一段と普及することは間違いない。

東京都杉並区の荻窪に地中熱利用促進協会の事務所がある。地中熱利用に関し、お気軽にお問い合わせいただきたい。

<http://www.geohpaj.org/>

03-3391-7836

J C M A

#### [筆者紹介]

服部 旭（はっとり あさひ）  
特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会  
事務局長





ずいそう

## 『私の柔道，世界大会』

杉本美香



コマツ女子柔道部の杉本美香です。昨年私は世界柔道選手権 2010 東京大会で日本人初の2階級制覇をさせていただきました(78 kg 超級と無差別級)。世界ランク 22 位だった私は、参加選手の誰からもマークされていなかったの、初日は勝つことだけを考えて試合に臨みました。1 回戦、2 回戦を順調に勝ち上がり 3 回戦は 2 メートル近くある中国の選手でした。私の身長が 166 センチだから、30 センチ以上差があり、あまりにも大きくて組むことが出来ませんでした。今までこの選手には勝つことが出来ていませんでしたが、今回は思い切って内股を掛けたらきれいに決まり 1 分 6 秒で一本勝ち。このあたりから『今日はいけそう!!!』と思いました。

準決勝からはキューバのベテラン選手、開始 35 秒で一本勝ち、自分でも信じられないくらい技が冴えまくっていました。

いよいよ決勝戦、相手の中国の選手は私の奥襟を取って頭を下げさせて反則狙いの戦法で、自分の柔道が出来ない。相手と組み合って行うのが日本柔道、私は無我夢中で組み合う姿勢を取ろうと攻め続けた結果、相手に「指導」が 4 つ重なり、私の一本勝ちになり世界大会で 1 つ目の金メダルを取る事が出来ました。

続く無差別級の試合は大会の最終日に行われました。今度はさすがに一本勝ちはなかなかさせてもらえませんでした。既に相手選手に私の技を研究されていたようで 2 回戦、3 回戦はかろうじて優勢勝ち、準々決勝と準決勝は一本勝ち、決勝は 78kg 超級決勝で勝った中国の選手でした。「ここまで来たら負けるわけにはいかない。」自分の中にある力を全部出し切って試合をして、相手から有効を奪うことができ、そのまま時間切れで試合終了。2 つ目の金メダルを取る事ができ、日本人初の 2 階級制覇となりました。このときは、会社の応援してくださった方々や友達、恩師始め街行く知らない方々からも祝福をいただきました。このような大きなタイトルを取る事が出来ましたが、ここまで来るのに大きな試練が数々ありました。怪我に泣いてきました。柔道人生が終わりになるような怪我による試練、大切な時期に決断しなければならなかった手術、術後の焦る気持ちや、本当にもう一度世界の舞台

で戦えるのか…心が折れそうになっていました。そういう時期を乗り越えてのこの優勝は私を応援して下さい、世界の舞台で戦える身体に戻して下さいの方々に、私から、勝ってお礼が出来たかと思います。

一瞬で想像外のことが起こった 3 月 11 日の東日本大震災、私も小学生のとき阪神淡路大震災を経験し、余震の恐怖におののき、2 階に上がって自分のベッドで眠れるのに 3 ヶ月かかりました。早く普通の生活が出来ようになり、泣く数より笑う数が増えて欲しいと願っています。そして、2 階級制覇から 1 年経った今年、パリで世界大会が開催されました。今回は 78 kg 超級の参加でした。1 回戦から 3 回戦まで順調に一本勝ち、準々決勝は今まで勝てなかったロシアの選手、今回は何としても勝ちたい相手でした。集中力が途切れないように試合運び、優勢勝ちしました。次の準決勝は昨年の決勝の中国の相手。昨年とまったく同じ奥襟ばかりを取ってきて柔道になりません。隙を狙われ負けてしまいました。もっと集中力をつけなければいけないと反省しています。負けてしまって 3 位決定戦、今度は日本人対決になりました。相手とは手の内を知り尽くした仲なのでやりにくかったですが、優勢勝ちで銅メダルをもらいました。今回のパリ世界柔道選手権大会は、さすがに私の技を研究されていて、自分の組み手が出せず技も出せず心の弱さも出てしまいました。

そして、これまでの私の柔道は『人』によって活かされてきました。大きく丈夫に産んでくれた母、温かく見守り心の支えになってくれた家族、柔道の基本を教えてくださいました先生方、監督始め海外に行っても応援に駆けつけてくださる世界中のコマツの方々、治療して下さった先生方や看護師の方々、同級生はじめ先輩諸氏や後輩たち、皆さんに育てていただいたお陰で今の自分があります。このご恩は暁の上でお返ししようと思います。今の私ができること、目指す 2012 年ロンドンオリンピックに出場できてメダルを取ることでご恩返しして、明るい話題を皆さんに提供しようと思います。

ずいそう

## 目指せ 80歳の鉄人！

東江 安美



私の趣味は36歳からはじめたトライアスロンです。生まれ故郷の沖縄県伊是名島で開催される『いぜな88トライアスロン大会』で応援したのがきっかけでした。伊是名島は沖縄本島の北方に位置する小さな島で、サトウキビのほかに沖縄では数少ない稲作も行われています。琉球国王第二尚氏の始祖である尚円王は伊是名島出身で、四百年以上続く長期王統をひらいたことでも有名です。青い海に囲まれた伊是名島で選手が懸命に競技する姿を見てとても感動しました。疲労困憊の選手が笑顔でゴールし、やり切ったという満足感に浸っているのです。私もこのふるさとで挑戦しようと決めました。

しかし、現実はそう甘いものではなかった。最初の大会は制限時間切れでの途中リタイア。順位もつかず悔しい思い出だけが残りました。これがバネとなって、5時から男は変身したのです。仕事の後は日々練習、練習、練習…。島の出身ですが、苦手種目はなぜかスイム。同じ種目ばかり練習するとマンネリになるので、曜日によってメニューに変化をつけて工夫しています。

今まで16回の大会に参加していますが、最高成績は全日本トライアスロン宮古島大会（スイム；3 km，バイク；150 km，ラン；42.195 km）での1500名中384位。個人的には満足できる成績です。

50歳を過ぎた今、やはり練習の大切さを痛感しています。平日は1時間、週末は3～4時間、週に4～5日はスポーツクラブで練習することを日課にしてい

ます。日々の練習は嘘をつかないって本当です。1月に沖縄から熊本に異動となり、環境の変化もあって練習は半分になりました。6月の五島・長崎トライアスロン大会（スイム；3.8 km，バイク；180 km，ラン；42.195 km）では制限時間15分前という際どいゴールで、目標タイムを大きく下回ってしまいました。

平日の業務後の練習時間を確保するには、早く仕事を片づけて残業を少なくすることが大切です。私の業務は社外でのフィールド業務が多いのですが、とにかく朝のスタートダッシュを心掛けています。同僚が出社する頃にはすでに外出しています。フットワークの軽さと持久力を活かして、朝から夕方まで、頭と身体をフル回転しています。仕事での生産性も少しは上がったかな？という思いです。おかげで、仕事とプライベートはON-OFFのメリハリのある生活が身に付きました。最近では、スポーツクラブのメンバーの知り合いも増えて、楽しい毎日を送っています。

トライアスロンの魅力は、一人でも楽しめること、練習の量と質が結果にでること、それに達成感です。

大会では約3 kg体重が減ります。一番苦しいのは、ランの30 km過ぎ。ここで必ず思い浮かべるのはゴール後のビールです。なんとしても一気飲みするぞ！というモチベーションが活力源となって胸突き八丁を乗り越えています。

完走後の一杯が最大の楽しみという邪心が禍いするのか、ランの終盤では60歳過ぎの女性に時々追い抜かされます。まだまだ鉄人にはほど遠いなあと実感する瞬間です。でも、30代、40代の若い連中を追い抜いたときは、自己満足の一瞬です。

男性の平均寿命は79.2歳。遅咲きの大器晩成と信じて、私の目標は80歳での鉄人です。

皆さん、トライアスロンに是非チャレンジしてみてください。一度ゴールしたら“とりこ”になります。その達成感は何とも言えません。大自然のなかで生きる喜びを実感しましょう！



五島 長崎 国際トライアスロン大会（2011.6.19）

## 部 会 報 告

## 我が国における締固め機械の変遷（その4. 昭和60年～63年）

機械部会 路盤・舗装機械技術委員会（締固め機械変遷分科会）

昭和60年（1985年）

三笠産業(株)

MVC-77 110G型プレートコンパクト 重量77, 118 kg（写真4-1）

アスファルト舗装仕上げ専用モデルとしてMVC-77を発表した。13リットルの大型プラスチック製水タンクは着脱式で水の補給に便宜が図られた。MVC-110G型のエンジンにはロビンEY23-2D型を搭載する。



写真4-1 三笠産業(株)  
MVC-77 水タンク付

R345GA DA型前後進プレートコンパクト 重量310, 360 kg（写真4-2）

ガソリン（EY28D）とディーゼル（DY35D）ともにロビンエンジンに統一した。



写真4-2 三笠産業(株) R345GA

川崎重工(株)

KVR10D 振動ローラ 10.0 t（写真4-3）

アーティキュレート方式を採用し、全油圧駆動方式、自動振動装置を装備している。振動数は無段階に選択可能である。



写真4-3 川崎重工(株) KVR10D

株明和製作所

PW-8, 9 前後進プレートコンパクト, 重量両機100 kg 振動板幅314, 350 mm ギヤ式（写真4-4）

方向転換のできない狭い溝内での締固めに開発された機械で、起振力が大きく、路盤の締固めに適している。二軸偏心の強力な起振機を備え前後進切換機構は爪付クラッチギヤ方式で操作レバーにより前後進を選択できる。



写真4-4 株明和製作所 PW-9



昭和61年（1986年）

酒井重工業(株)

SV160 振動ローラ 16.0 t（写真4-5）

空港・ダム・宅地造成・高速道路など工事の大規模化に応え、SV91型の上位機種として開発した。本型機ではD型（標準機）、DW型（ワイドローラ）、T型（タンピングローラ）の3タイプを開発した。

写真4-5 酒井重工業(株) SV160

NEW R2T マカダムローラ 12.6 t（写真4-6）

世界初のアーティキュレート型マカダムローラを市場に投入して以来の豊富なデータと経験を基に、前輪の左右にチルト機構を備えたマカダムローラを開発した。

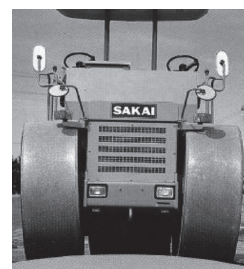


写真4-6 酒井重工業(株)  
NEW R2T

N3R（ラバーコーティング）振動ローラ 6.62～7.22 t ローラ転圧コンクリート舗装（RCCP）、半たわみ性舗装等に適用。

N3RD（ウレタンコーティング）振動ローラ 6.62～7.22 t（写真4-7）、ローラ転圧ダム舗装（RCD）等に適用。

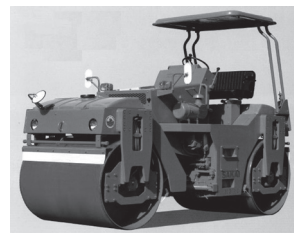


写真4-7 酒井重工業(株) N3RD

振動ローラは、その効果的、経済的締固め性能が評



価され、多用されているが、従来の構造による工法では、潜在的に下記諸問題を抱えていた。

- (1) ロールから機体への共振、ジャンピングによる居住性低下。
- (2) 地盤振動発生と伝播による周辺地域への振動・騒音公害の発生。
- (3) こわれ易い骨材等に対する有害な破壊の発生。
- (4) 地中細粒土における間隙水圧の上昇。
- (5) 地面からのジャンピングによる振動エネルギーの浪費。

これら問題点の対策として、水平振動が考案され市場へ供給され始めていた。酒井重工業(株)は、上記諸問題に対応できる章動ローラを開発した。

その大きな特長である章動機構は、ロール内にロール回転軸と垂直な二対の偏心軸を設置し、偏心軸を回転させると錘のバランスによりロール軸の周りに周期的なトルクならびに軸方向への微細な変位運動が発生する。このトルク変動により、接地部に周期的接線力が働き、静荷重との相乗効果で締固めを行う(図4-1)。

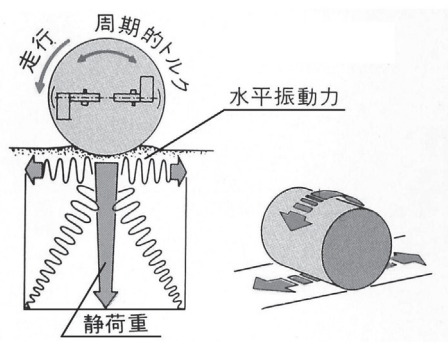


図4-1 締固め原理と機構図

ダイナパック建機(株)  
CG10 タンデム振動ローラ 2.5t(写真4-8)

前モデルのCC10を国内向けにモデルチェンジし国産化した。左右のドラムエッジを視認しやすくするためベンチシートが採用されたが、前後進レバーは右側にしか無く左側の視認がしづらかった。ローラマークを出にくくするためにドラムエッジに緩やかな面取りが施されたが後のモデルには継承されていない。



写真4-8 ダイナパック建機(株) CG10

日本ボーマク(株)

BW55E 一輪式のハンドガイド振動ローラ 161 kg(写真4-9) 輸入販売開始した。

走行駆動はボーマク社(独)で実績のあるギヤボックス使用の機械式を採用し、ステアリングは軽く狭い場所での作業が容易である。1点吊りフックにより容易に運搬可能である。



写真4-9 日本ボーマク(株) BW55E

BW217D, PD センターアーティキュレート式土工用振動ローラ 重量 17.5, 18.5 t(写真4-10)を輸入販売開始した。

全輪駆動で、強い登坂力と大きな転圧力で大型工事(ダム, 空港, 港湾工事等)に向けた機種である。



写真4-10 日本ボーマク(株) BW217D

(株)明和製作所

RTd-45 ランマ 46 kg(写真4-11)

溝の締固めに対応すべく開発されたRTc-65を小型軽量化したランマである。



写真4-11 (株)明和製作所 RTd-45

鹿島道路(株)

テストコース転圧用スチールローラ 6.0 t(写真4-12)

テストコースの湾曲面の転圧用に製作された鉄輪ローラ。車輪には湾曲面に自在にフィットする特殊装置が組込まれている。斜面傾斜角に応じてワイヤ張力を自動制御する可変張力式油圧ウインチを搭載している。

テストコース転圧用タイヤローラ 5.25 t(写真4-12)

テストコースの湾曲面の転圧用に製作されたタイヤローラ。特殊揺動機構により全てのタイヤが湾曲面に均一な圧力で押し付けられる。スチールローラと同様に斜面傾斜角に応じてワイヤ張力を自動制御する可変張力式油圧ウインチを搭載している。



スチールローラ                      タイヤローラ  
写真 4-12 鹿島道路(株) テストコース転圧用ローラ

昭和 62 年 (1987 年)

酒井重工業(株)

TS200, T2 タイヤローラ 8.5 ~ 20 t (写真 4-13)

従来のタイヤローラは長年に亘り高評価を得ていたタイヤローラであったが、外観不変で近年のイメージに欠ける面は否めず、デザインを一新し、一部機能を改善したタイヤローラを開発した。また、TS200をベースに超ワイドタイヤを装着した T2 も同時開発した。



写真 4-13 酒井重工業(株) TS200, T2

三笠産業(株)

MVC-40 プレートコンパクタ 44 kg (写真 4-14)

小型最軽量モデルのプレートコンパクタとして発表され、2サイクル用には EC08D, 4サイクル用 EY08D ガソリンエンジンを搭載する。



写真 4-14 三笠産業(株) MVC-40

(株)明和製作所

MR-25 一輪ハンドガイド振動ローラ 240 kg (写真 4-15)

一輪タイプのハンドガイド振動ローラなので小型、



写真 4-15 (株)明和製作所 MR-25

軽量で小回りが効き、2輪ハンドガイド振動ローラに比べかじ取りが容易である。1本吊り装置を備えており、ハンドルは折曲げができるので搬送や格納時に場所をとらない構造である。

PW-6 前後進プレートコンパクタ 68 kg 振動板幅 350 mm  
ギヤ式 (写真 4-16)

PW-8 の起振機及び前後進切換え構造を改良し、PW シリーズの軽量機として発売を開始した。



写真 4-16 (株)明和製作所 PW-6

RTd-45M 電動ランマ 45 kg (写真 4-17) 電動ランマを製造、販売開始する。

RTd-45 の本体に単相交流 100 V モータを搭載して低騒音作業を実現、夜間工事や屋内等の密閉された場所に対応した電動ランマの製造販売を開始した。



写真 4-17 (株)明和製作所 RTd-45M 電動ランマ

日本ボーマク(株)

BW90SH 搭乗式のり面転圧用振動ローラ 1.5 t (写真 4-18) 輸入販売開始した。

機械の後部には座席を設け、前部には左右に可動する支点部があり、運転者がハンドル操作をして、この支点位置を変えることで、上る時に方向を変えられる機構である。のり面上部にはウインチポータを要する。



写真 4-18 日本ボーマク(株) BW90SH

昭和 63 年 (1988 年)

酒井重工業(株)

TS650C タイヤローラ 13 ~ 25 t (写真 4-19)

TS 型の機種充実を図るべく、TS200 クラスの上位機種として開発された。本機は動力伝達装置にトルクコンバータ (トルコン)、パワーシフトトランスミッションを採用

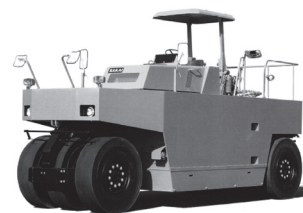


写真 4-19 酒井重工業(株) TS650C



し、運転操作が容易で、スムーズな発進、停止ができる。また、路床、路盤から表層まで広範囲な現場に適用できる。

#### SV200 振動ローラ 4.0 t (写真 4-20)

SV 型シリーズの最軽量機として、シングルドラム型振動ローラを開発した。本機は主に大型溝工事の整地、埋め戻し並びに溜池などの締固めに使用され、ブレードを装備した TB 型並びに TBA 型についても同時に開発された。



写真 4-20 酒井重工業(株)  
SV200TBA

#### PF500 前後進プレートコン パクタ 80 kg (写真 4-21)

PF 型は PC 型に比べ高機能なため高価格であるが、作業能力が高く、特に狭い溝の埋め戻しには便利な機種であった。



写真 4-21 酒井重工業(株)  
PF500

#### ダイナパック建機(株) CG16C コンバインド 振動ローラ 4 t (写真 4-22)

当クラスのコンバインド振動ローラは日本特有の機種であることから、特に日本で設計された機種である。計器盤には集中警告灯を採用し、整備性・信頼性を向上させた。スイッチの切替により、走行時のみ振動する自動振動が選択できる。全輪駆動・ベンチシート等の仕様、また寸法も今日の 4 t コンバインドローラと同等となっている。

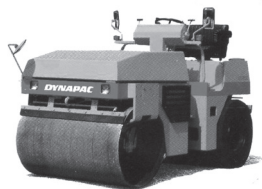


写真 4-22 ダイナパック建機(株)  
CG16C

#### CP20W タイヤローラ 8.5 ~ 20 t (写真 4-23)

当初は舗装専用と位置付けられていたワイドタイヤの汎用性が認知され、このモデルからワイドタイヤ装着機が標準タイヤ機に先行して開発されるようになった。



写真 4-23 ダイナパック建機(株)  
CP20W

#### 日本ボーマク(株)

BW75AD センターアーティキュレート式ハンドガイド振動ローラ 1.24 t (写真 4-24) 輸入販売開始した。

機械後方で搭乗せずに走行、振動、ステアリング操作を行う機構であった。ハンドガイド振動ローラに比べ価格が高いため、普及しなかった。



写真 4-24 日本ボーマク(株)  
BW75AD

BW123AC, AD 振動ローラ 重量 3.6, 4.0 t (写真 4-25) 国内生産機を販売開始した。

低燃費、最新の 4 気筒直噴ディーゼルエンジン搭載。

前進、後進の際には起振軸の回転方向を自動的に変化させることにより、常に理想的な転圧ベクトルを得ることで、なめらかな表面に仕上げることができた。

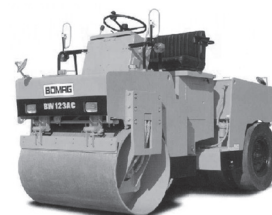


写真 4-25 日本ボーマク(株)  
BW123AC

#### 三笠産業(株)

MVH-200 前後進プレートコンパクタ 196 kg (写真 4-26)

1989 年のドイツ BAUMA 建機展に先駆けて油圧前後進切り替え装置を採用した MVH-200 型が開発され日本で最初に油圧切り替え機構が取り入れられた。



写真 4-26 三笠産業(株)  
MVH-200

MTR-60S ランマ 62 kg (写真 4-27)

グリス潤滑式で重量 62 kg として MTR-55 型がモデルチェンジされた。エンジンも同時にロビン EC08G 型空冷 2 サイクルエンジンに変更され、モデル名は一新された。



写真 4-27 三笠産業(株)  
MTR-60S

MRV-2424G, 3030D  
タンピングローラ  
重量 1,130, 1,240 kg (写真 4-28)

前輪/後輪幅は溝幅に対応した 650 mm と

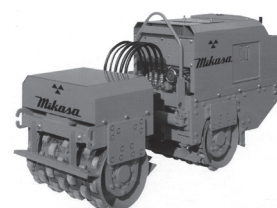


写真 4-28 三笠産業(株) MRV-2424G



800 mm 仕様としてモデル名に冠してマイナーチェンジを行った。

(株)明和製作所

MG-6E ハンドガイド振動ローラ 525 kg (写真 4—29)

MG-6 をベースに空冷ディーゼルエンジンを搭載した。



写真 4—29 (株)明和製作所 MG-6E

鹿島道路(株)

冷却装置内蔵タイヤローラ 8.5t (写真 4—30) 酒井重工業 TS150H を改造したタイヤローラ

フロアと駆動装置を本体フレーム内に格納した冷却装置内蔵タイヤローラ。これによりオペレータの視界を妨げることなく運転作業ができる構造とした。



写真 4—30 鹿島道路(株) 冷却装置内蔵タイヤローラ

#### ===== トピックス =====

昭和 60 年 (1985 年)

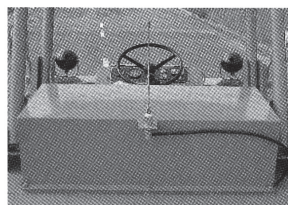
酒井重工業(株)

PALCOM (無線遠隔制御装置) (写真 4—31)

主に振動ローラによる、作業環境の改善・安全性の確保を目的として、無線遠隔制御装置を開発した。本装置の特長は、操縦範囲は 50 m (のちに 100 m に拡大) で、範囲を越え操作不能におちいった場合、エンジン、車両が自動停止し、駐車ブレーキが作動することである。また、4 種類のキャリア周波数により、同一現場内で数台の車両操縦が可能であった。



送信機



受信機

写真 4—31 酒井重工業(株) PALCOM

昭和 61 年 (1986 年)

酒井重工業(株)

PAX-V (自動制御装置) (写真 4—32)

オペレータの疲労軽減を目的に、振動タンデムローラの自動化を狙った装置を開発した。本装置は、現場に合わせた設定値 (速度、転圧距離、振動 ON/OFF、振動数、発進停止時の加減速値など) を入力することにより、作業効率が向上し、常に設定値に自動運転されるため、締固め品質の均一化が図れた。

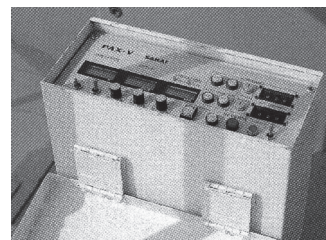


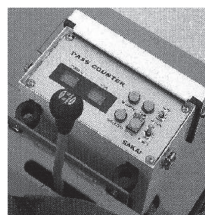
写真 4—32 酒井重工業(株) PAX-V

昭和 63 年 (1988 年)

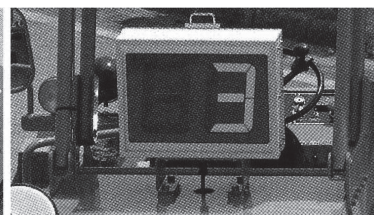
酒井重工業(株)

パスカウンタ (転圧回数表示装置) (写真 4—33)

土木工事用振動ローラによる転圧作業に於いて、転圧回数の不同・過不足による転圧密度のバラツキを防止し、均一な品質確保を維持するため、遠方より容易に視認できる転圧回数表示装置を開発した。本装置の特長は、コントローラと外部表示器で構成され、約 50 m の距離から容易に視認ができることで、手動および自動の 2 モードの何れかが選択できた。



コントローラ



表示器

写真 4—33 酒井重工業(株) パスカンタ

#### =====

次号では、(その 5. 平成元年～8 年) を掲載いたします。

J C M A

#### 参考文献

日本建設機械要覧

#### 写真提供

鹿島道路(株)  
(株) KCM (川崎重工業)  
コベルコ建機(株)  
酒井重工業(株)  
(株) 日立建機カミーノ  
三笠産業(株)  
(株) 明和製作所

## 部 会 報 告

# ISO/TC 127 (土工機械) の国際作業グループ会議報告

## TC 127/SC 2/WG 16 (ISO 13766 電磁両立性と EN 13309 との整合化), TC 127/SC 3/WG 8 (電子制御 ISO 15998 適用指針) 並びに TC 127/SC 3/WG 9 (電気駆動及びハイブリッドの安全性) サンフランシスコ近郊フリーモント国際会議 及び TC 127/SC 1/WG 5 (視界性) ラスベガス国際会議

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家 (Expert)

2011 年 3 月に、国際標準化機構 ISO/TC 127 (土工機械専門委員会) の国際作業グループ会議が、米国カリフォルニア州サンフランシスコ近郊フリーモント市及びネバダ州ラスベガス市で開催された。協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席した各氏の報告を紹介する。

### 1. ISO/TC 127/SC 2/WG 16 国際会議出席報告

①会議名：ISO/TC 127/SC 2/WG 16 (ISO 13766 電磁両立性と EN 13309 との整合化)

②開催地：米国カリフォルニア州フリーモント市  
Best Western Garden Court Inn 会議室

③開催日：平成 23 年 3 月 15 日～16 日

④出席者：

米 国 6 名 (Mr Mark ELLIOTT, Dr Daniel ROLLEY (Caterpillar), Mr Geoff KOCH, Mr Gerry WELLS (Ditch Witch), Mr Steve NEVA (斗三 / Bobcat), Mr Rick WEIRES (John Deere)), フランス 2 名 (Mr Frederic KNECHT (Liebherr France), Paul MAZET (CETIM 産業機械技術中央研究所)), スウェーデン 1 名 (Mr Joakim GAFVERT (VolVo)), ドイツ 6 名 (Mr Achim BUSENBENDER (Wirtgen), Mr Ulrich DREES (Fayat Bomag), Mr Werner GROMMES (IFA, 旧 BGIA ドイツ職業保険組合労働研究所), Mr Reinhold HARTDEGEN (BGBAU 土木建設職業保険組合), Mr Rene KAMPMEIER (VDMA ドイツ機械工業連盟), Mr Wolfram KLIMARS (AVL Trimerics)), 日本 2 名 (砂村 和弘 氏 (日立建機), 吉田 克美 氏 (コマツ)) 計 17 名

・ISO/TC 127/SC 2/WG 16 コンビナー (主査) 兼 ISO 13766 プロジェクトリーダー (PL)：前記 KLIMARS 氏

(1) 主要議題、議決事項、特に問題となった点及び今後の対応についての所見：

#### ①経緯及びまとめ

土工機械の EMC (電磁両立性) 規格が、現状国際規格 ISO 13766 と欧州規格 EN 13309 のダブルスタンダードとなっている。

制定当初は、ほぼ同じ要求であったものが、改訂の時期、想定ハザード等により大きな差異を生じており、これを整合化させるものとして今般の改訂 WG が設けられた。

整合化の方向としては、実質的な欧州規制である EN を取り込む形での ISO 改訂であり、ISO 13766 の現行版 (第 2 版) の 100 V/m という「通常用途には厳しすぎる」イミュニティの要求事項を、EN 13309 同様に、もとの自動車なみの 30 V/m に戻し、これを ISO 13766-1 (Part 1) とし、特殊な場合 (たとえば空港の脇の道路を走って、レーダーの電波を浴びた場合など) に強い電界をうけた場合は ISO 13766-2 (Part 2) として別に規定する方針が始まった。

しかし、ボルボの乗用車のエアバックが空港内の道路で誤動作する事故が発生し、やはり「誤動作しては危険 (SIL1) な事象については、100 V/m 程度で試験しておかねばならない」と、Part 2 に規定することになり、結局それではイミュニティの要求レベルはいまと実質変わらないということになってしまった。今日では、全ての機械がエンジン制御やブレーキ制御をしているので、「誤動作しても危険は無い」といえる電子制御しかしていない機械は少ない。

その他、通信機器の高周波化に対応し、測定周波数を 2 GHz まで延長するなど、種々のこまかい誤記や、測定誤差の修正方法の追記などのこまかな改訂をおこなっており、枠組みはかわるものの、今回の改訂は機械の設計・製造上はあまり大きな改訂ではないように

思えるが、ただし、周波数領域の拡大に伴い、試験設備面での対応が必要となる問題がある。

また、ISO 13766-1 と ISO 11451-1（自動車のイミュニティ規格）との整合性がとれるので、日本の自動車認証に ISO 11451-1 が引用される場合に建機が公道走行する場合の国内法令との整合性を論じるうえでは好都合な改訂になるであろう。

なお、今回の会議は3回目、日本からは砂村（日立建機）と吉田（コマツ）が参加した。今回の会議では、Part 2 原案が作成途上なこともあり、次回会議が11月に米国・モリーンで開催される。

## ②主要論議

- 1) ベースノイズとの余裕は6 dB か 10 dB か。こまかな話。
- 2) BCI法の時に、PMモジュレーション要か。
- 3) ラジオは評価外の1文が附属書Fから本文に移行（12年前に日本が提案したこと）。
- 4) エミッション試験の時のアンテナ位置の説明図をISO 13766-2006にせよといったら、EN 474-1とダブルからだめだと、Mr KLIMARSは（欧州側都合だけの）一方的な意向であった。親TC議長の米国Dr Daniel ROLLEYに泣きついたら、協力してくれた。INFORMATIVE（参考）でもとの図を入れる。
- 5) エミッションの測定時に機械の周りをアンテナがぐるぐる回るかどうかでもめた。Mr Ulrich DREESが回すといい、Mr KLIMARSは回さないといいはった。よく読んでみると、どこにも回せとは書いてない。TÜVラインランドは回していた。回すほうが「安全より」の測定方法（見落としが防げる）なのでたぶんTÜVのローカルルール。回さないこととした。
- 6) 手続き的にはPart 1とPart 2は別投票であるが、Part 2がこけたら、Part 1も成立しない。基本的にセットでないと、現行に置き換えられない。ISO作業項目としての日程管理はCD投票開始時点から始まる。
- 7) 中波はいくら強力な電波でも機械に影響を与えられない、波長が長すぎて機械が共振しないと、Mr KLIMARS。ボルボから、クレーンでは共振すると反論。赤坂でクレーンに火花がでる話を砂村がして、皆で考えた。しかしこのへんは所詮要求事項ではなく、参考説明における範囲。
- 8) レーダーも9 GHzとかで、逆に波長が短すぎて共振はむずかしいが、ボルボの乗用車が、空港でエアバック誤動作した例がある。
- 9) Part 2の記載でレーダーをわざわざ「非軍用レーダー」と断ることにした。軍用はさらに強力だそう。
- 10) エミッション測定時、CISPR12がナローバンドとブロードバンドの差を6 dBとする新しい考え方をはじめた。これを切り替えると、部品の供給にさしつかえが出るという、いわゆる、保守論がでる（Mr Ulrich DREES）。ECE 10（UNECE国際連合欧州経済委員会の作業部会WP29自動車基準調和世界フォーラムで規定する電磁両立性に関する統一規定）の改訂とからめてややこしいらしいが、欧州事情なので、中身が見えない。（付記 日本はUNECEには非加入もUNECE/WP 29には加入、保安基準とUNECE規則の整合化が図られているので本件無視できない）
- 11) ピークディテクタ、クワシピークディテクタ、アベレージディテクタそれぞれにおけるリミットの差の等価性の論議。クワシピークを使ってNGでもピークで計るとOKになる場合がある。そのへんを、下手に書くと不公正だと思われかねない（Mr Ulrich DREES）。技術的にはノイズ源のスペクトルで有利、不利が多少出るのは、やむをえないので、やる甲斐のない論議だともいっていた。
- 12) ISO 13766の4.3.2に「試験回数1回の場合には2dB要求値を厳しくして余裕をとって測定せよ」とかいてある。ISO 11451-1のイミュニティが22 V/mで、同じく試験回数1回の場合は25 V/mにするのも同じ意味。であれば、ISO 13766が「試験回数1回」だから30 V/mにしているのは「1回余裕の2度塗り」をしている計算になる。（ISO 13766の初版制定論議をした）1994年にもどって、（当時本件を主導した）Mr SCHMIDTに教えて上げたいが、すでに30 V/mで定着してしまっている。
- 13) 次の案文は5月初めに配布。
- 14) 表示器の誤動作があっても、運転員が「おかしいな」と思って安全側に操作している間に、EMCの影響がなくなるのが期待できる（レーダーの影響はそれほど広範囲ではないから）、表示器の誤動作はかならずしも危険ではないとの論議も出たが、そうでない「ワーストシナリオ」（福島原発関連ニュースのはやり言葉）も考慮せざるをえない、という論議が勝って、「運転用表示の誤動作は不合格」と書くことに



した。その記載の際に, immunity relational function, safety related function, operation related function のどの言葉にするかで1時間論議。

15) (今後の日程として) 5月の初めに Mr KLIMARS が CISPR との調整を行う。

16) (今後の日程として) 7月おわりに CD を発行。

17) ISO 11451-3(車載送信機テスト)も書こうかな? と Mr KLIMARS が言うので, 最近は「運転中携帯」が多いので評価すべきはしかたがないと思いい反対せず。

18) 次回の会議は, 11月7～11日のどこかに他の会議と日程調整してモリーンにて。

### ③ ISO 13766 改正方向 (会議結果)

#### 1) 改訂規格案の構成

改訂原案は, 以下の2部構成

Part 1: GENeral EMC requirements under typical EMC environmental conditions

機能安全に関わりなくすべての建設機械を対象とし, EN 13309: 2010 そのもの

Part 2: Additional EMC requirements for Functional Safety

機能安全要求のある建設機械を対象により厳しい EMC 耐性を求めたもの

機能安全に対して厳しい耐性を求めた背景として, 外来電磁波源とそのレベルを例示した情報が付属するが, メーカーへの対応を求めるのではなく, 参考情報に留まる。

#### 2) 改訂案全般事項

適用機械の拡大: 道路維持機械も対象として追加された。

#### 3) Part 1 案文

a) エミッション: 基本的な変更なし

判定フローの見直しもでたが, 要求レベルに変更はない。

b) イミューニティ: 周波数レンジは EN 並みに拡張されるが 要求レベルは ISO 初版並みに

・周波数レンジの拡張

20～800 MHz: AM 変調,

800～2000 MHz: PM 変調に

昨年9月の案では, 800～1000 MHz は AM, PM どちらでもよいとなっていたが削除された。

・要求レベル

ALSE 法 (アンテナからの電界照射) で, 初版レベルの 30 V/m に

ただし, 代替法については ISO 第2版での

誤記が修正されるので,

BCI 法 (ワイヤーハーネスへのノイズ注入) では, 60 mA と, ISO 13766: 2006 版の倍になる。

c) 静電気: ISO 初版レベル (車体制御機能以外での従来レベル) に

ただし, 区分, 要求レベル, 挙動判定など, EN を取り込む形で見直し

d) 伝導イミューニティ: 対象の明記

従来, 対象記述の明示がなく, 改訂で「ESA (コンポーネント) への要求」と明示された。建設機械としての要求ではない。

#### 4) Part 2 案文

原案として作成途上であり, 11月には文章として示される見込み。

作成途上案と会議での議論から以下の方向性が示されている。

重要なのは, Part 2 要求の判定で, 原案では具体的に「ISO 15998 SIL1 以上」と記述された。エンジン制御をはじめ車体電子制御機能を持つ機械は対象となる。

a) エミッション: Part 1 そのもので, 記述なし

b) イミューニティ: 周波数レンジと, 要求レベル, 試験方法の大きな差異がある (添付資料 表—1)

#### 懸念事項

・低周波域への拡張とその試験方法の追加

ストリップライン法: 1～20 (80) MHz 帯の試験方法として追加 ISO 11451-5, ISO 11452-5

・無線機からの耐性要求の追加

具体的な記述はないが, 議長からの意見が示され, 11月の原案には織り込まれる見込み

建設機械として, 車載無線機からの耐性確認とその試験方法の追加 ISO 11451-3

ESA (サブアッセンブリ) として, 持込み無線機からの耐性確認とその試験方法の追加 ISO/ DIS 11452-9

・ISO 第2版の誤記訂正に伴う代替法での要求レベルの訂正

BCI 法 (ワイヤーハーネスへのノイズ注入): 200mA で, 2版の倍 (2版が誤記)

#### 前回会議での懸念事項

前回懸念「高周波域での高レベル要求」は, 日本側の働きかけもあり見送られた。

c) 静電気:  $\pm 8 \text{ kV} / \pm 15 \text{ kV}$  で, ISO 13766: 2006 版と同等

表—1 外部に起因する電界強度

| 現象    | 典型的な発生源                                 | 電界強度<br>V/m  | 周波数範囲    | 周波数の単位 | 試験の際の<br>変調方式 | 備考                            |
|-------|-----------------------------------------|--------------|----------|--------|---------------|-------------------------------|
| 放射電磁界 | －短波放送<br>－アマチュア無線                       | 100          | 1 – 20   | MHz    | AM            | 機器の試験は（通常は）ストリップライン法で実施か      |
| 放射電磁界 | －市民無線<br>－30 MHz までの短波放送<br>－（低めの）超短波放送 | 100          | 20 – 80  | MHz    | AM            | 実車条件では（通常は）ここまで<br>いかないのではないか |
| 放射電磁界 | －FM 放送                                  | 100          | 80 – 800 | MHz    | AM            |                               |
| 放射電磁界 | －携帯電話<br>－WiFi                          | 30<br>[今後規定] | 0.8 – 2  | GHz    | PM            | レーダを除く                        |

提示原案資料から抜粋

## (2) 次回開催予定：(開催年月日, 開催国及び都市名)

2011 年 11 月 7 日～11 日のうちどこかで他の WG 会議と順繰りに米国イリノイ州モリーン (John Deere 社本社) にて

### < 添付資料 表—1 >

WG 会議で示された ISO 13766 Part2 のイミュニティ要求案。

すべて、直接電界を照射した場合のレベルで示されており、低周波域 1～20 MHz のストリップライン法では ESA 要求から 200 V/m になるものと思われる。

高周波域 0.8～2 GHz では、前回案の 70 V/m 要求が 30 V/m に引き下げられた。

## 2. ISO/TC 127/SC 3/WG 8 国際会議出席報告

①会議名：ISO/TC 127/SC 3/WG 8 – ISO/TS 15998-2 (土工機械－電子機器を使用した機械制御系 (MCS)－ISO 15998 使用及び適用のための指針)

②開催地：米国カリフォルニア州フリーモント市

③開催日：平成 23 年 3 月 17 日～18 日

④出席者：

米国 5 名 +1 (Mr Rick Weires (John Deere), Mr Geoff Koch, Mr Gerry Wells (Ditch Witch), Mr Mark Elliott, Mr David Schings (Caterpillar)), ドイツ 3 名 (Mr Frederic Knecht (LIEBHERR) Mr Ulrich Drees (BOMAG) Mr Reinhold Hartdegen (BG BAU)), 日本 3 名 (悪七 秀樹 氏, 田中 昌也 氏, 西畑 考志 氏 (コマツ))

他に米国 Mr Shawn Vasichak (Bobcat) …電話 WEB 参加

ISO/TC 127/SC 3/WG 8 主査 (ISO では“コンピナー”と呼ぶ) 兼 ISO/TS 15998 プロジェクトリーダー (PL)：前記 Weires 氏 (米国)

## (1) 主要議題, 議決事項, 特に問題となった点及び今後の対応についての所見：

経緯・背景：電子制御に対する安全標準 ISO 15998 が 2008 年に制定されたが、IEC 61508 他、多くの標準が引用されており具体的にどのように適用したら適合しているかが判断しづらい状態であるため、ISO 15998 に適合していると判断される具体的な実施内容の例を策定し、これを指針として各メーカーが大きなばらつきなく ISO 15998 を適用した製品開発ができるようにすることを目的として、補足の適用指針 ISO/TS 15998-2 を策定することとなった。2010 年 11 月に引き続き、今回は第 4 回目の会合。

### ①全般

#### ◆概要

ドイツより ISO 13849 との不整合が問題であるとの強い主張があった。

(WG メンバーに加え、TC 127 のドイツの代表が出席し発言)

#### ◆次回会議予定

ISO 15998-2 の問題は参照する規格として IEC 61508 と ISO 13849 を同列に扱っていることに起因している。議論の経緯から本 WG でどちらかに一本化することは不可能であり、それ以外のつじつまあわせを行う程度しかできない。

よって次回の WG は開催せず以後はドラフトのメールによる回覧だけで進める。9 月の DTS 投票 (ISO 規格の CD に相当) を目指す。

#### ◆ISO 15998 (今後は ISO 15998-1 となる) の改訂について

ISO 25119 (農業機械の機能安全) をベースにしてよいかどうか検討してくること、というのが WG メンバーへの宿題であったが、ふたを開けてみるとその話題はなし。

ISO 13849 の改訂 (があるらしい?) を待ってからスタートにするということで 2 年くらい様子を見

ようということになった。ISO 25119 との整合は必要を感じないので特に意見せず。

## ②主要議事

a) 特記事項 冒頭に飛び込みで Reinhold Hartdegen 氏（ドイツ土木建設職業保険組合 BG BAU のマネージャーであり、ISO/TC 127（土工機械）および ISO/TC 195 のドイツ総代表、CEN/TC151 の議長）のスピーチがあった。15998-2 のドラフトに不満のようで、『(1) まず、リスクアセスメントに対して ISO/TS 15998-2 内の不整合（ISO 15998-1 オリジナルと ISO 13849 もどきがあり使用するリスクグラフにより結果が一致しない場合があること）は問題である。

(2) また同じリスクに対しメーカーによりアセスメント結果が異なるのも問題であるため、解決策として ISO 15998-2 の GENERIC SIL を作ったのだが、根拠となるパラメータを示していないのが問題である。

(3) さらに、建機の安全関連系では電気は ISO 15998、電気以外は ISO 13849 を適用することになるが、同じ機能を電気で構成した場合とメカで構成した場合でリスクアセスメント結果が異なるのは問題である。欧州では ISO 13849 が広く認められているため、安全設計の“state of the art”（最善の技術の知見）として考慮すべきである。ISO 15998 によるリスクアセスメント結果が ISO 13849 による結果よりも低く導かれる場合、理由の説明が必要である。』と発言。

機能安全の規格は製造物責任訴訟に対するメーカー側のガードという背景があり、このような視点からの発言と思われる。結局 ISO 13849 を使えと言っているようだが、Hartdegen 氏も立場上 15998-2 の動向は知っているはずでいまさら何をいっているの？という感じではある。

WG（策定委員会）メンバーからも ISO 15998 が建機業界で合意した“state of the art”であるとの発言があった。

ISO 13849（メカで実装した場合の適用規格）と ISO 15998（電気で実装した場合の適用規格）の不整合については、反論なし（WG としてはどうしようもない）。これについては EN 474 や ISO 13849 の策定委員会に人を送ってこれらの規格を見直す活動をしないと ISO 15998 の WG では限界があるように思われる。

主査である Weires 氏は、ISO/TS 15998-2 に下記の記述を追記することを提案し WG で同意された。

“The risk graph in ISO 13849 and 15998-1 would indicate higher PL's in some cases than is provided by these examples and generic PL/SIL provided.

However the PL's/SIL's in ISO 15998-2 reflected

state of the art is available for this type of function and experience (e.g. accident history) indicates PL's/SIL's that is adequate and proved for this type of function.”（ここでいう ISO 15998-1 のリスクグラフは、 $W = W_3$  とした場合）

また、上記不整合に対して ISO 15998-1 のリスクグラフ（ $W = W_2$ ）と ISO 13849 もどきを堂々と並べて記述するのは止めることにした。ISO 15998-1 のリスクグラフは既に 15998-1 に記載されているので ISO 15998-2 では ISO 13849 もどきのリスクグラフのみを記載することになった。Hartdegen 氏の指摘に対して本質的な解決では無いがとりあえず最低限はやっておく。但し、ISO 15998-1 のリスクグラフを消すのは良いが、 $W$  パラメータのリコメンド（ $W = W_2$ ）を消されないよう要フォロー。（ $W$  パラメータのリコメンドを消されるとガイドラインの意味をなさない為。）

b) コメント審議 主査の Weires 氏はリスクグラフにおける  $P$  を選択する際に使用する回避手段（例：ステアリング故障時にブレーキで無理なく回避できれば  $P_2$  でなく  $P_1$  を選択できる⇒SIL が 1 違う）と、個々の設計（例えばステアリングが二重化されている場合 SIL2 のサブシステムを組み合わせると SIL3 のステアリングを実現する。この場合全体は SIL3 だがサブシステムは SIL2 でよい）を混同しているようで日本、米国より都度指摘してドラフトを修正してきたが今回ようやく全て修正し終わり Weires 氏も納得した模様である。

GENERIC SIL チャートでは、チャート内の個々の SIL 値に対して日本より修正案を提示し概ね WG で受け入れられた。

ISO 13849 もどきのリスクグラフは、Hartdegen 氏の指摘を受けて Knecht 氏が強く主張し小修正した。 $S_1 \Rightarrow F_1 \Rightarrow P_1$  の結果を‘-’から‘a’に変更。ドイツ国内で事前に  $S_1$  でも‘-’を認めない合意がされていたと思われる。

Annex H「Qualitative proposal for control of random hardware failures」

Knecht 氏による解説が行われた。ISO 15998-1 では、IEC 61508 に書かれている実現された SIL を定量的に計算する方法を要求していないので、これを行わずに要求 SIL を実現していることを説明する定性的な代替方法である。

Annex J「Realized design to meet the determined SIL or PLr levels」

タイトルに SIL が入っているのに中身が PL の計算



方法のみであると指摘した。要求 SIL を要求性能レベル PL<sub>r</sub> に換算して MTTF<sub>d</sub> (ISO 13849-1 で扱われる危険側故障までの平均寿命) による評価をする (してもよい) という主旨とのことなので, その文言を追加することとなった。

(2) 次回開催予定 (開催年月日, 開催国及び都市名):  
 次回の WG は開催せず以後は案文のメールによる  
 回覧だけで進める。

(参考資料: リスクグラフについてドラフトより一部抜粋)

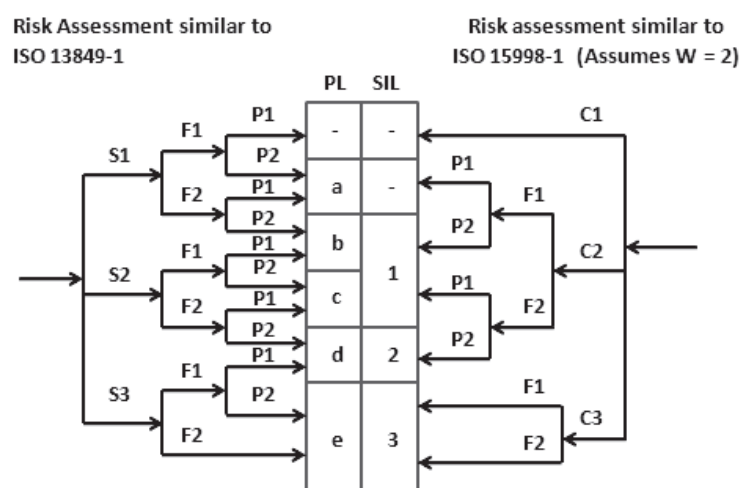
**Subclause 4.1.1** Users of this standard have the option of following the SIL methods like those found in IEC 61508-5 and ISO 15998-1, or they may use PL methods like those found in ISO 13849-1, ISO 25119-2, and ISO/FDIS 26262-3.

**Table 1 SIL - PL Cross Reference Table**

| SIL | Average probability of dangerous failure per hour 1/h | PL | Average probability of dangerous failure per hour 1/h |
|-----|-------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------|
| -   | No Safety Requirement                                 |    | No safety Requirement                                 |
| -   | No special safety requirements                        | a  | $\geq 10^{-5}$ to $\square 10^{-4}$                   |
| 1   | $\geq 10^{-6}$ to $\square 10^{-5}$                   | b  | $\geq 3 \times 10^{-6}$ to $\square 10^{-5}$          |
| 2   | $\geq 10^{-7}$ to $\square 10^{-6}$                   | c  | $\geq 10^{-6}$ to $\square 3 \times 10^{-6}$          |
| 3   | $\geq 10^{-8}$ to $\square 10^{-7}$                   | d  | $\geq 10^{-7}$ to $\square 10^{-6}$                   |
| 4   | Not used for EMM                                      | e  | $\geq 10^{-8}$ to $\square 10^{-7}$                   |
|     |                                                       | -  | Not applicable                                        |

NOTE The table is for high/continuous demand mode of operation systems. Low demand failure rates are also provided in IEC 61508-1 Section 7, Table 2. An explanation on how to use the above table is provided in IEC 61508-1, section 7 and ISO 13849-1 Section 4.5.

NOTE SIL 4 is not used for the machines covered by this standard, as it is not a reasonable assessment of EMM to have a SIL 4 system requirement.



NOTE C4 in ISO 15998-1, Annex A is not applicable to EMM. The probability of EMM involvement in the death of large number of people is negligible.

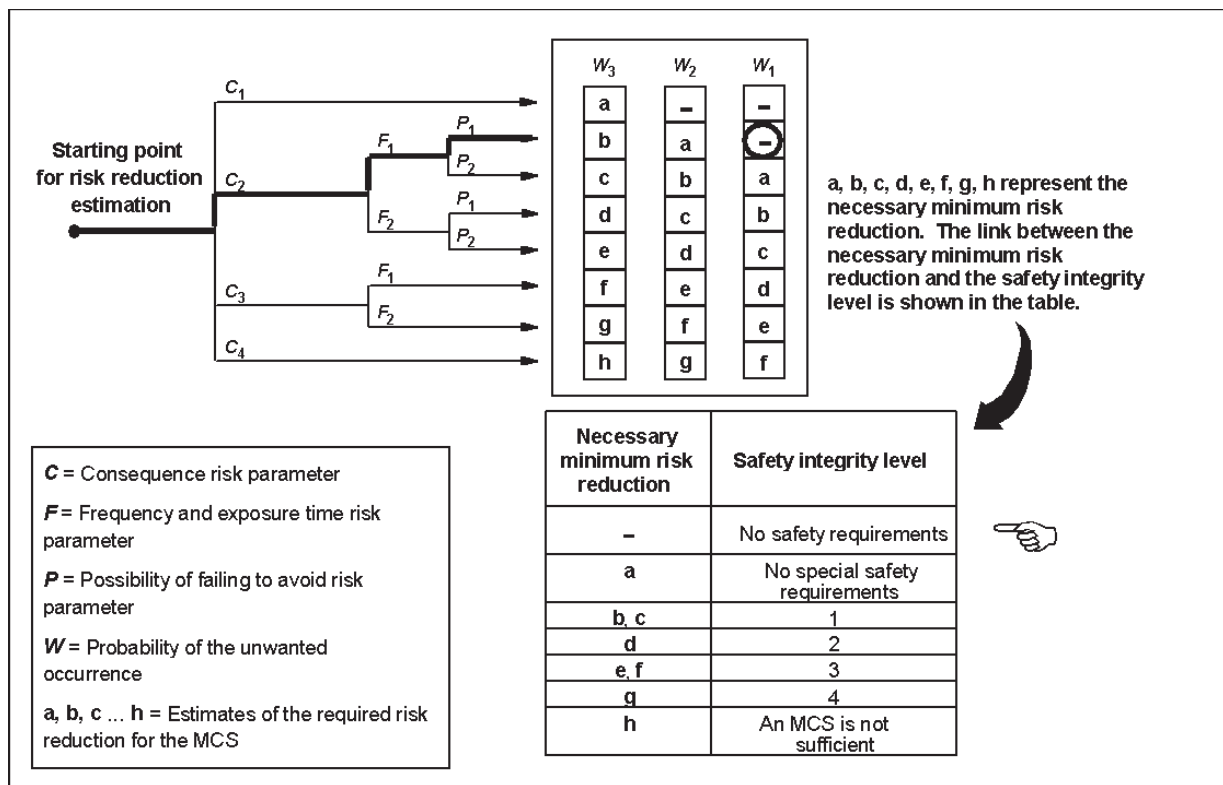
**Figure 1 Industry Consensus Risk Assessment graphs**

(事務局付記：ISO 15998 は IEC 61508 (電気・電子・プログラマブル電子安全関連系の機能安全) に基づくが、ISO 13849-1 (機械類の安全性－制御システムの安全関連部－第 1 部：設計のための一般原則) は使用するエネルギーの種類 (電気・油圧・空圧・機械的エネルギーなど) を問わず、制御システムの安全関連部すべてに適用され、即ち電子制御の機能安全に関しては IEC 61508 シリーズと ISO 13849-1 との二種類の基準が併存し、かつ、そのリスク評価に差異があるという問題があり、それでは不具合なので土工機械の電子

制御の機能安全に関して実的な適用指針を作成することが TS 15998-2 の目的であるが、もともと ISO と IEC では不整合であり、本質的には ISO と IEC の不整合の解決要であるが、ISO/TC 127 では当面の辻褄あわせを図るということになる。)

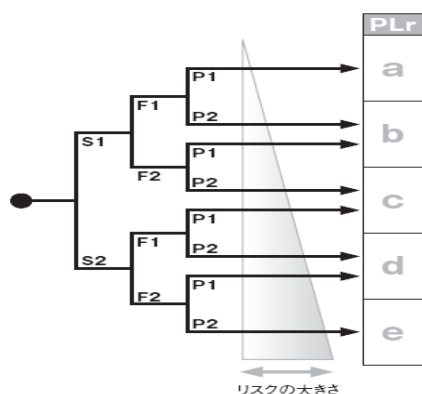
(事務局付記：IEC 61508 に基づく ISO 15998 のリスクアセスメント手順 (例) を下記に示す

なお、略語 SIL は“安全度水準”，他の略語なども図の下を表に示す)



| リスクパラメータ            |                | 等級化                              |
|---------------------|----------------|----------------------------------|
| 結果(C)               | C <sub>1</sub> | 軽傷                               |
|                     | C <sub>2</sub> | 一人以上の重大な恒久的障害又は、一名の死亡            |
|                     | C <sub>3</sub> | 数名の死亡                            |
|                     | C <sub>4</sub> | 非常に多数の死亡                         |
| 危険領域にさらされる時間及び頻度(F) | F <sub>1</sub> | まれに、又はそれよりもある程度頻繁に潜在危険領域にさらされる   |
|                     | F <sub>2</sub> | 潜在危険領域に頻繁に又は常にさらされる              |
| 危険事象回避の可能性(P)       | P <sub>1</sub> | ある条件下で回避可能                       |
|                     | P <sub>2</sub> | ほとんど回避不可能                        |
| 望ましくない事象の発生確率(W)    | W <sub>1</sub> | 望ましくない事象が起きる可能性はきわめて低く、ほとんど起きない。 |
|                     | W <sub>2</sub> | 望ましくない事象が起きる可能性は低く、まれにしか起きない。    |
|                     | W <sub>3</sub> | 望ましくない事象が起きる可能性は比較的高く、繰り返し起きる。   |

(事務局付記：他方 ISO 13849-1 のリスクグラフは下記のとおりである)



S : Severity of injury

S1 : 軽傷

S2 : 重症 (後遺症、死亡など)

F、P は IEC と同様

PL : 性能レベル

PLr : 要求性能レベル

(事務局付記 ISO 13849 の PL と IEC 61508 の SIL の対比)

| 性能レベル PL (ISO 13849-1) | 安全度水準 SIL (IEC 61508) |
|------------------------|-----------------------|
| a                      | -                     |
| b                      | 1                     |
| c                      | 1                     |
| d                      | 2                     |
| e                      | 3                     |

### 3. ISO/TC 1277/SC 3/WG 9 国際会議出席報告

①会議名：ISO/TC 127/SC 3/WG 9 (ISO 14990-1 電気駆動及びハイブリッドの安全性)

②開催地：米国カリフォルニア州フリーモント市

③開催日：平成 23 年 3 月 21 日～ 22 日

④出席者：

米国 3 (リック＝ワイアス氏, マイク＝ジオッチ氏 (ジョンディーア), マーク＝エリオット氏 (キャタピラー)), ドイツ 1 (オリバー＝フェンカー氏 (リープヘル)), 日本 4 (悪七 秀樹 氏, 田中 昌也 氏, 西畑 孝志 氏 (コマツ), 砂村 和弘 (日立建機))

・ WG 9 コンビナー兼 ISO 14990-1 プロジェクトリーダー：上記ワイアス氏 (文中ではリック)

#### (1) 主要議題, 議決事項, 特に問題となった点及び今後の対応についての所見：

##### ①会議結果概要

- 1) いわゆる車載 (のハイブリッドなど) と外部電源の機械に対する要求事項を分けてくれという日本からの要求は「承知」とされた。各項目の最初にどちらかを明記する様式とする。一つ一つの項目をどちらに考えるかは、リックさんが自分で宿題とし、次回会議までに記載追加とした。
- 2) 今回までの作業原案 (WD) が、直接人体の安

全に関わらない事柄まで入っていておかしいと指摘したが、適用範囲に「火災など間接に危険を発生するような要求まで含むと書いてあるのでこれでよい。」と書いてあるゆえ拒絶された。しかし、ちょっと判りにくいということで、序文にその旨記述追加とするが、これも、リックさんが自分で宿題とした。

- 3) 日本から「次は CD (委員会原案) に進めるべき」とわざわざコメントを入れておいたが、上の二つの宿題を含め、さらに、インバータ、発電機の安全要求事項がいまのところ不完全であるので、引用すべき IEC を探し出して、それをはめ込んで、もう一度作業原案 WD として回覧、11 月の第 1 週にもう一度モリーンで WG 会議をやってから CD とするとリックがきめてしまった。それであれば 10 月ごろにその前の日本としての意見交換会を開催するのが良いと思う。——それにしても、CD 発行が今年末であればまだ 4 年程度は成立までかかる見込み。

##### ②会議での論議

- 1) 車載 (のハイブリッドなど) と外部電源の機械の一方にしか該当しない要求事項は、そのむね、各項目の最初にことわる事とした。リックの宿題。
- 2) 機械の保護も火災の防止の観点から、人の安全になる。そのむね適用範囲にかいてあるからこれでよし。このへん記述追加、リックの宿題。
- 3) 電圧誤差の件。4.3.1 General の user は (母機の) 製造業者のこと。リックが言葉の説明を追加。宿題。
- 4) 4.4.2 Electromagnetic compatibility (EMC) の NOTE 1, 2 (付記：いずれも IEC 規格を参照) は要らないのでは？ ISO 13766 だけでは不十分？ 5.1 Incoming supply conductor terminations から 5.6 Protection against unauthorized, inadvertent and/or mistaken connection は外部電源, 5.7 Machines with on-board power sources は車載の要求事項ではないか (ジオッチ)。一同合意。
- 5) 6.2.4 Bleeding system 降電器 5 秒で電圧を下げる装置。について、定義が必要。特に, secondary bleeding system 2 次降電器 (砂村の試訳)。5 分はいいが 5 秒はみじかすぎでは (エリオット) (Protection against residual voltages のことですね)。
- 6) 2000 m 問題。4.4.5 Altitude 標高で 1000 m に戻し、文章は PL が宿題。
- 7) 砂村：簡条 8 Equipotential bonding (日本では



通常なんというの?) 全てを車載の要求からはずせ。(オリバー): 特に何のことだ?(砂村): 図-2のグランドラインは車載にはあてはまらない。(オリバー): 図は例でしかない。(リック): 砂村氏は次回までに文章のどこが車載に当てはまらないのか考えてきてください。宿題です。了承。

- 8) 11.5 Access to controlgear の非常口の大きさは ISO 2867, 2860, IEC 60204 - 1 それぞれ違う大きさで気に入らない(リック)。再議論とする。(今回の出席者ではジオッチさんとリックが腹で幅 1m 無いと脱出できない。前回の ISO 2867 の論議でもハルトデーゲンさんがここに引っかかっていた。なかなか、「自分が逃げ出せない脱出口」というのを肯定するのは無理がある模様。ただし、ハルトデーゲン氏は今回、腹が引っ込んでいた。カンプマイアー氏の話では一時だいぶ「心臓に、負担」だそう。)
- 9) 砂村が 12.6.2 Mechanical rating は建設機械には該当しないと言ったところ、ここはドラム巻きのような場合に要とのこと。どうも原案の中の cable handling system というのが①ドラム巻き②エレベーターの U 字型の電線案内③カーテンレールの 3 種類をさすらしいので、定義を追加してくれとお願いして合意された。であれば、外部電源の場合の要求事項のはず。
- 10) ISO 10261 の PIN の表示事項には「電圧」は無いが、外部電源であれば当たり前に「電圧」は表示すべきである。その要求をこの規格に書いておくのはいいとしても、いずれ ISO 10261 に改訂して入れるべきではないか?
- 11) 今回のプロジェクトそのものは IEC との合同プロジェクトではないが、内容を IEC にチェックしてもらうように DANさんからアドバイスされたとの事。それは良い。(内藤さんのこの前の指摘とも合致するのでは?)
- 12) 日本からわざわざ「次回は CD に進めるべき」といってあったのだが、インバータや発電機の IEC の引用先を探して追加したいとのリックの意向で、もう一回 WG をやってから CD にすすむとされた。それでいいよね、とリックが聞くので、オリバーが代表して「あんたがそう言うならしかたがない。」と答えた。
- 13) 次回のミーティングは、モリーンにて 11 月第 1 週、TC 127/SC 2/WG 16 (EMC) の会議などと順繰りで開催の予定。

(2) 次回開催予定(開催年月日、開催国及び都市名):  
11 月第 1 週、EMC などと接続して米国イリノイ州モリーンにて開催の予定。

#### 4. ISO/TC 127/SC 1/WG 5 国際会議出席報告

- ①会議名: ISO/TC 127/SC 1/WG 5 - ISO 5006 (運転員の視野) 改正
- ②開催地: 米国ラスベガス市
- ③開催日: 2011 年 3 月 21 日～3 月 23 日
  - ・3/21 (月) 9:30 - 17:00
  - ・3/22 (火) 10:00 - 13:00 以降、流れ解散 (CONEXPO 展示車両見学)
  - ・3/23 (水) 9:00 - 16:15
- ④出席者:
  - ・英国 1: Camsell (Terex)
  - ・ドイツ 2: Ruf (リープヘル), Kampmeier (VDMA)
  - ・フランス 1: Janosch (CAT)
  - ・米国 4: Roley・Crowell (CAT), West (John Deere), Neva (Bobcat)
  - ・日本 1: 出浦 (コマツ)
 (WG コンビナー (主査) 兼 PL は Crowell 氏)

#### (1) 主要議題、議決事項、特に問題となった点及び今後の対応についての所見:

##### ①概要

第 2 回 WG だが、昨年 4 月の第 1 回は火山噴火の影響で参加者が 4 名だったため、今回が実質的なスタートとなり、まずは論点洗い出しを行った。2 日目には全員で展示車両を見学して、直接・間接視界を確認した。今回改正のポイントは、現在対象外となっている大形機械をどこまで含めるかになる。WG メンバーは大形機械や派生機械をどこまで含めるか、含めた場合の問題を 6/30 までに回答することとなった。今回は 11/14,15 にパリ開催予定。

##### ②詳細

- ・表に具体的数値が規定されていない大形機械も規定すべきだという議論あり。
- ・製造業者はリスクアセスメント、現場は適切な運用をすればよい (CAT)。
- ・しっかり守るには具体的数値を規定したほうがいい (リープヘル)。
- ・この規格は UNECE (国際連合欧州経済委員会) の車両等の世界的技術基準に準じているが、建機は自動車より後方・側方確認のニーズが高いことを考慮すべきである。

- ・ Deere 提案「直径 38 mm 以下の手すりによる遮影 (masking) は対象外とする」には賛同の声が多い。38 mm の根拠は ISO 2867 の手すり最大径。
- ・ 手すりやミラーによる遮蔽部を無視してよいのか、STVZO35b (ドイツの道路法令, 2006 年 7 月版が最新) でどう記載しているか確認する。
- ・ ADT (アーティキュレートダンプトラック) の条件が緩和されている理由は, 改訂時の実情 (運転席が左に設置されていた) によるものと思われる。現在, 運転席は中央設置になっていること, Tier4 対応のためエンジンスペースが増えていることも考慮が必要。
- ・ カメラによる視界性確保の場合は, 画面を常にきれいにしておくこと, 太陽光の悪影響も考慮が必要。
- ・ 附属書にブルドーザの図を追加する。
- ・ 測定円の半径 12m, ランプ距離 65, 205, 405 mm は STVZO に由来する。走行速度が遅い履带式機械は条件緩和してもよいのではないか?
- ・ STVZO35b では測定条件が車速で決められている。
- ・ 図-3 で, 遮影が方形の頂点にまたがるときは ME を測ると WG メンバーは解釈合意したが, 現状の文面はわかりにくいので本解釈を追加する。

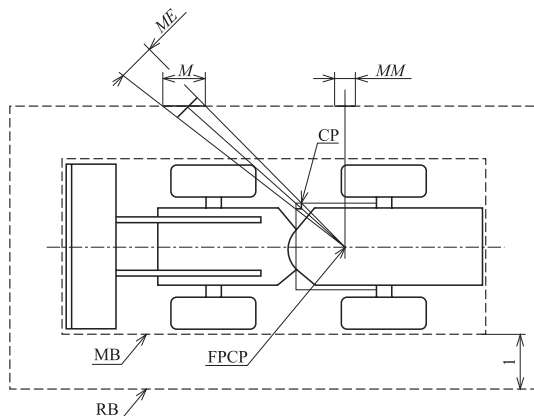
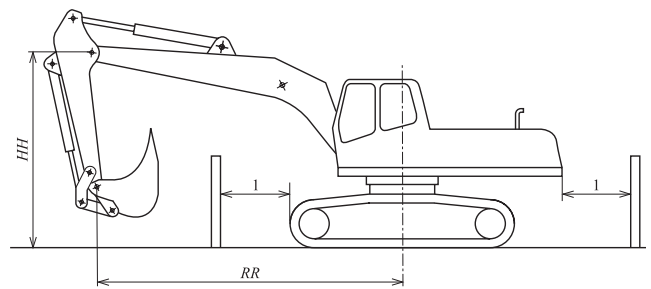


図-3 機側 1 m 長方形境界上での位置及び遮影で ME は光源に対して垂直な, 遮影の有効長さ

- ・ A3 油圧ショベルの HH, RR に数値がない。6.3 によれば「製造者の定める走行姿勢」となるので数値は規定していない。しかも AnnexA は参考なのでこだわる必要なしとの主旨から, 数値は消去して「製造者の定める走行姿勢」に統一する。
- ・ 複数曲率ミラー使用について記載するか? 現行規格でも使用禁止とは言っていないのでそのままとする。ミラー 2 個より, 1 個で広く見える方がよいので, 複数曲率ミラーは推奨されるべき。
- ・ Table1 でグレーダは 15 トン未満しか規定されてい



ない。WG メンバー各社が保有していないクラスしか規定されていない。TYPO の除雪機械などを想定したものと思われる。範囲拡大したほうがいいのか?

- ・ HM300 は左前にメンテナンスウォークがあるので, ミラーがより外側につけられ, 視界を確保できている。他社 (CAT, VOLVO) はウォークがないので, ミラーが内側になる。
- ・ UK HSE (英国安全衛生庁) の提案書に VOLVO ADT の前方カメラ写真があったが, 展示会では見られなかったし, 恐らくユーザ側で装着したものと思われる。
- ・ 大型ダンプなどで運転席から乗降者が見えない場合は, 見えるようにミラーをつけるべき。
- ・ (以下は 12c) Visibility information for the operator's instructions の論議
- ・ ミラー向きの調整について追加したほうがよい。展示品はミラーの向きが適当でなかったし, 何人かのオペレータに聞いても気にしていないようだった。
- ・ カメラにワイパがないが, オペレータは汚れたら拭いて視界を確保しているのだろうか?
- ・ CASE ショベルに 2 画面切替モニターがあったが, 自動的に切替えるべきか?
- ・ HSE はかつて 1 × 1 (One by One) を主張していたが, 最近は高さ 1.5 m でよいと軟化しているとのこと。

### ③宿題

- ・ ADT 製造者は, 前方視界改善手段があるか, その悪影響はないか, 検討のこと。
- ・ コンパクトダンプ (9t) 製造者は, 次の HSE コメントに合意できるか, 検討のこと。  
「積載状態で視界が悪化する場合は, 製造者の規定する最大積載状態で視界を確認する」
- ・ 次回は実際に計測をやってみる。またはどのように計測しているか, ビデオに撮ってくる。(CAT は夜勤時に外で実施)
- ・ HSE 要請「1 m 地点と 12 m 円の間に遮影 (masking) を取説に図示してほしい」

- ・表—1に規定されていない大形機械が対象になった場合の課題を検討のこと（例えばブルドーザのブレードによる死角が生じるが、ブレードは本質的な作業機なので小さくすることはできないなど）
- ・表—1に規定されていないが、ISO 6165で規定された機械を追加するか、検討のこと。派生機械(EN474-1 AnnexG Demolition など)の課題はないか？

- ・PLは議事録および資料を3/31までに配布のこと。
- ・WGメンバーは上記宿題を6/30までにPLに提出のこと

(2) 次回開催予定(開催年月日, 開催国及び都市名):  
11月14日, 15日, フランス国パリにて。

J C M A

## 「建設機械施工ハンドブック」改訂4版

建設機械及び施工の基礎知識、最新の技術動向、排出ガス規制・地球温暖化とその対応、情報化施工などを、最新情報も織り込み収録。

建設機械を用いた施工現場における監理・主任技術者、監督、世話役、オペレータなどの現場技術者、建設機械メーカー、輸入商社、リース・レンタル業、サービス業などの建設機械技術者や、大学・高等専門学校・高等学校において建設機械と施工法を勉強する学生などに必携です。

建設機械施工技術の修得、また1・2級建設機械施工技士などの国家資格取得のためにも大変有効です。

[構成]

1. 概要
2. 土木工学一般
3. 建設機械一般
4. 安全対策・環境保全
5. 関係法令

6. トラクタ系機械
7. ショベル系機械
8. 運搬機械
9. 基礎工事機械
10. モータグレーダ
11. 締固め機械
12. 舗装機械

●A4判／約800ページ

●定 価

非 会 員：6,300円（本体6,000円）

会 員：5,350円（本体5,095円）

特別会員：4,800円（本体4,570円）

【ただし、特別価格は学校教材販売（学校等教育機関で20冊以上を一括購入申込みされる場合）】

※送料は会員・非会員とも沖縄県以外700円、沖縄県1,050円

※官公庁(学校関係を含む)は会員と同等の取扱いとします。

●発刊 平成23年4月

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>



## 新工法紹介 機関誌編集委員会

|        |                                        |     |
|--------|----------------------------------------|-----|
| 04-324 | 自走式覆工コンクリート<br>湿潤養生システム<br>「ウォーター・キュア」 | 福田組 |
|--------|----------------------------------------|-----|

### ▶ 概要

今後ますます増大する既設構造物の維持更新コストの増大を背景として、新設のコンクリート構造物に対しては従来以上に高品質化、高耐久性化が求められるようになってきている。

このため、トンネルの覆工コンクリートについても何らかの養生を行う必要があるとの認識の広まりから、様々な取り組みが行われているが、より品質および耐久性を高めるためには養生方法や実施期間について課題も残されている。

#### ・養生方法

これまでは乾燥収縮や温度収縮の抑制を目的とした養生が主であったが、散水や噴霧によって水和反応を積極的に促進させ、緻密化や耐久性向上を図るという考え方は少なかった。また、トンネル坑内での散水や噴霧は路盤の軟弱化や設備の大規模化が問題になる。

#### ・養生期間

養生期間は長いほど高い効果が得られるが、覆工コンクリートに対して長期間の養生を行おうとする場合、大規模な養生設備が必要となり経済的な問題から困難であった。

これらの課題を解決し、長期間の湿潤養生を容易に行うため

に自走式覆工コンクリート湿潤養生システム「ウォーター・キュア」を開発した。当該システムは、軽量のパイプフレーム、シートおよび散水・噴霧装置で構成される。トンネル延長方向を自動で往復走行しながら、フレームに装着したノズルから散水・噴霧することにより、長期間にわたって効率的かつ効果的に覆工コンクリートを湿潤養生するシステムである。

### ▶ 特徴

- ①システムは軽量かつ小規模であり、覆工側壁部に設置するレール上を自動で往復走行することにより、長期間の湿潤養生を容易に行うことができる。また、施工の進捗に伴う移動も容易である。
- ②システムはトンネル断面の形状に合わせて調整できるため転用が可能である。
- ③養生箇所はシートハウスで養生するため、散水を行っても路盤の軟弱化を防止することができる。
- ④坑内の作業空間を広く確保できるため、坑内作業に与える影響が少ない。

### ▶ 効果

- ①水和反応が促進され圧縮強度が増加する。また、散水頻度を高めることにより、水中標準養生と同等の圧縮強度が発現する。
- ②収縮ひずみを低減し、乾燥収縮ひび割れの発生を抑制できる。
- ③コンクリートの緻密性や耐久性を評価する指標である透気係数を低減できる。
- ④養生日数が同じであれば、封緘養生よりもコンクリートの組織を緻密化できる。

### ▶ 用途

- ・トンネルの覆工コンクリート

### ▶ 実績

- ・能越自動車道 氷見第9トンネル工事（北陸地整）
- ・能越自動車道 氷見第10トンネルその2工事（北陸地整）
- ・尾道松江自動車道 横畠トンネル工事（中国地整）

### ▶ 問合せ先

(株)福田組 統括事業本部 技術企画部

〒951-8668 新潟市中央区一番堀通町3番地10

TEL：025-266-9127



図ー1 ウォーター・キュア全景

# 新機種紹介 機関誌編集委員会

|            |                                 |                 |
|------------|---------------------------------|-----------------|
| 11-〈19〉-05 | TCM<br>パノラマ検知システム<br>(フォークリフト用) | '11.7 発売<br>新機種 |
|------------|---------------------------------|-----------------|

現在、倉庫等の作業現場では、作業者とフォークリフトが混在することもあり、死亡事故および休業4日以上事故は年間約2,400件発生している。そのうち、激突やひかれ事故は約40%強の960件である（中央労働災害防止協会 安全衛生情報センター 労働災害データベースより）。

本検知システムは、電磁誘導方式の作業者検知システムで、フォークリフトの作業エリア内に作業者が立ち入った場合、フォークリフトの運転者と作業者双方に危険を警告するものとして開発した。

フォークリフトに設置したアンテナ（発振コイル）の検知エリア内に、警報タグ（ICタグ）を持った作業者が進入すると、発振コイルの電磁信号を警報タグが検知し、フォークリフトの接近を知らせるため警報を鳴らす。同時に警報タグからも電波が発信され、フォークリフトに設置された車載コントローラが受信し、フォークリフト側でも警報を鳴らす仕組みである。

本検知システムは、電磁誘導方式のため車両周囲360度を検知でき、非導電体（人体、コンクリート、ガラスなど）への透過性が良く、建物のコーナーや入口付近など両者から見えにくい物陰でも作業者の存在を検知でき、事故防止を図ることができる。

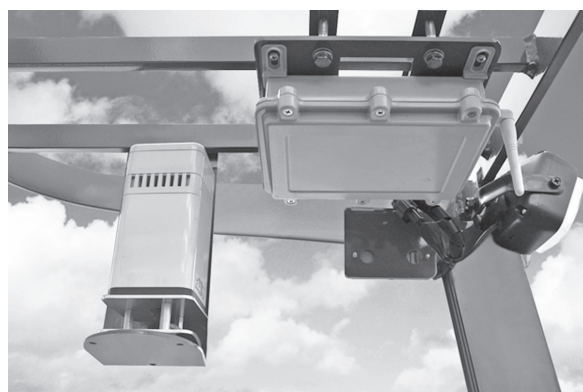
また、検知エリアはリーチ型では半径5m、カウンタ型（1～3.5tクラス）では半径7m、中・大型では半径10mであり、検知エリアも車両の速度やブレーキおよび前後進のレバーの操作に応じて自動調整することができる。

表—1 パノラマ検知システムの主な仕様

| 車載コントローラ         |                                                                                    |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 検知方式             | 電磁誘導方式                                                                             |
| 検知範囲（最大）         | ①検知エリア 360度<br>②検知距離（トリガアンテナ中心から）<br>・リーチ型：5m<br>・カウンタ型（1～3.5tクラス）：7m<br>・中・大型：10m |
| （注）周囲環境により影響を受ける |                                                                                    |
| 使用温度             | －20～60度                                                                            |
| 電源               | DC12～48V                                                                           |
| 防水・防塵            | IP56相当                                                                             |
| 寸法               | 縦150mm×横200mm×幅50mm                                                                |
| 質量               | 1,100g                                                                             |
| 警報タグ（ICタグ）       |                                                                                    |
| 通信動作方式           | 無線方式（IEEE802.15.4準拠）                                                               |
| 警報機能             | ブザーで警報（音圧レベル90dB（10cmで））                                                           |
| 使用温度             | －10～50度                                                                            |
| 電源               | リチウム電池（CR2相当）3V                                                                    |
| 電池寿命             | 約1年（発報時間10秒/回、警報24回/日程度）                                                           |
| 防水・防塵            | IP23相当                                                                             |
| 寸法               | 縦100mm×横55mm×幅16mm                                                                 |
| 質量               | 70g（電池含む）                                                                          |
| オプション            | バイブレーション機能                                                                         |



写真—1 TCM パノラマ検知システム（フォークリフトに装着した状況）



写真—2 車載コントローラ



写真—3 警報タグ（ICタグ）

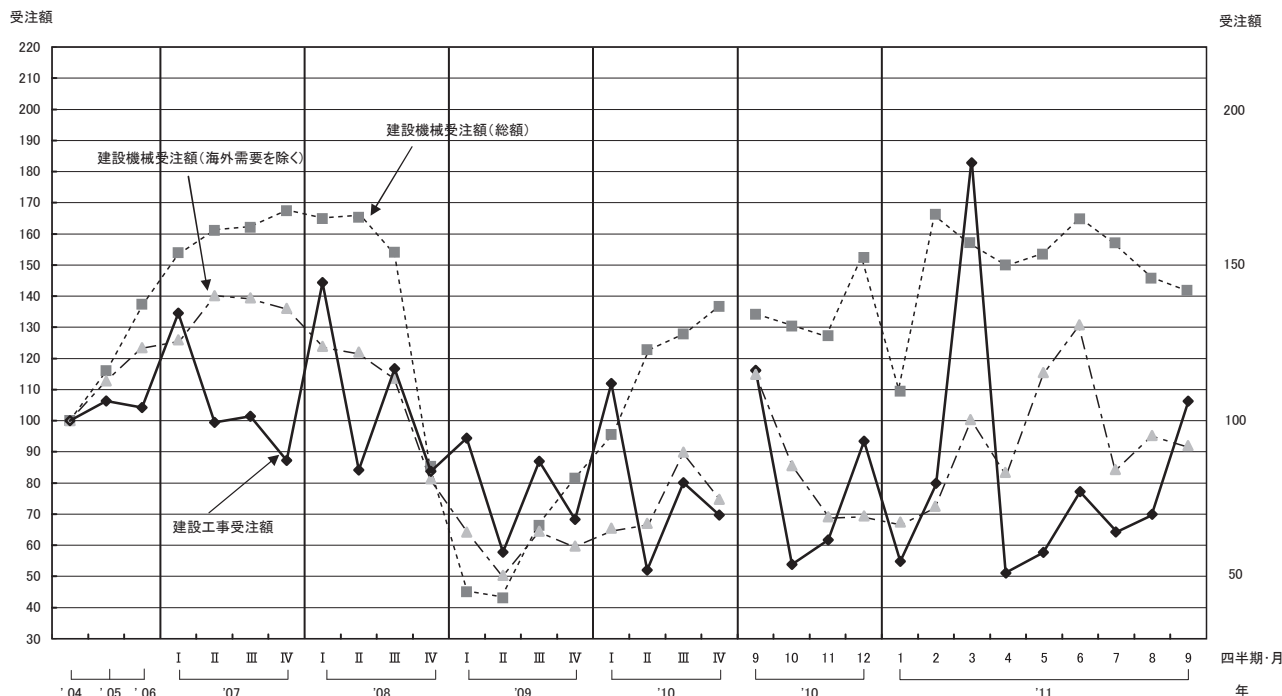
問合せ先：TCM(株)

技術開発センタ 第1・第2技術開発グループ

〒523-0013 滋賀県近江八幡市長光寺町578

## 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 2004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 2004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<br>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   |        |       |        |           |        |            |         |
| 2004 年     | 130,611 | 92,008  | 17,150 | 74,858 | 27,469 | 5,223 | 5,911  | 93,306    | 37,305 | 133,279    | 131,313 |
| 2005 年     | 138,966 | 94,850  | 19,156 | 75,694 | 30,657 | 5,310 | 8,149  | 95,370    | 43,596 | 136,152    | 136,567 |
| 2006 年     | 136,214 | 98,886  | 22,041 | 76,845 | 20,711 | 5,852 | 10,765 | 98,795    | 37,419 | 134,845    | 142,913 |
| 2007 年     | 137,946 | 103,701 | 21,705 | 81,996 | 19,539 | 5,997 | 8,708  | 101,417   | 36,529 | 129,919    | 143,391 |
| 2008 年     | 140,056 | 98,847  | 22,950 | 75,897 | 25,285 | 5,741 | 10,184 | 98,836    | 41,220 | 128,683    | 142,289 |
| 2009 年     | 100,407 | 66,122  | 12,410 | 53,712 | 24,140 | 5,843 | 4,302  | 66,187    | 34,220 | 103,956    | 128,839 |
| 2010 年     | 102,466 | 69,436  | 11,355 | 58,182 | 22,101 | 5,472 | 5,459  | 71,057    | 31,408 | 107,613    | 106,112 |
| 2010 年 9 月 | 12,639  | 8,790   | 1,603  | 7,187  | 2,607  | 511   | 731    | 9,501     | 3,138  | 109,222    | 11,384  |
| 10 月       | 5,867   | 4,131   | 514    | 3,716  | 1,021  | 411   | 303    | 3,873     | 1,994  | 108,668    | 6,762   |
| 11 月       | 6,714   | 4,409   | 688    | 3,722  | 1,777  | 433   | 95     | 4,622     | 2,092  | 107,819    | 8,293   |
| 12 月       | 10,171  | 6,605   | 1,280  | 5,325  | 2,197  | 449   | 920    | 7,040     | 3,131  | 107,613    | 10,472  |
| 2011 年 1 月 | 5,980   | 4,069   | 677    | 3,392  | 1,242  | 386   | 283    | 4,297     | 1,683  | 107,012    | 6,917   |
| 2 月        | 8,729   | 5,799   | 1,224  | 4,574  | 2,059  | 448   | 424    | 5,983     | 2,747  | 107,291    | 8,513   |
| 3 月        | 20,085  | 14,615  | 2,042  | 12,573 | 3,938  | 570   | 961    | 14,998    | 5,086  | 114,047    | 13,188  |
| 4 月        | 5,544   | 3,850   | 929    | 2,921  | 909    | 360   | 426    | 3,756     | 1,788  | 111,759    | 7,239   |
| 5 月        | 6,232   | 4,133   | 1,028  | 3,105  | 1,068  | 319   | 712    | 4,041     | 2,191  | 111,213    | 6,754   |
| 6 月        | 8,280   | 6,194   | 1,251  | 4,943  | 1,471  | 356   | 259    | 5,958     | 2,322  | 111,336    | 10,102  |
| 7 月        | 6,933   | 5,174   | 1,303  | 3,871  | 1,124  | 363   | 273    | 5,052     | 1,882  | 111,681    | 6,563   |
| 8 月        | 7,585   | 5,247   | 1,484  | 3,764  | 1,600  | 338   | 399    | 5,300     | 2,285  | 111,469    | 7,730   |
| 9 月        | 11,468  | 7,561   | 1,669  | 5,892  | 3,420  | 433   | 54     | 7,059     | 4,409  | —          | —       |

建設機械受注実績

(単位：億円)

| 年 月     | 04 年   | 05 年   | 06 年   | 07 年   | 08 年   | 09 年  | 10 年   | 10 年<br>9 月 | 10 月  | 11 月  | 12 月  | 11 年<br>1 月 | 2 月   | 3 月   | 4 月   | 5 月   | 6 月   | 7 月   | 8 月   | 9 月   |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 総 額     | 12,712 | 14,749 | 17,465 | 20,478 | 18,099 | 7,492 | 15,342 | 1,421       | 1,381 | 1,348 | 1,613 | 1,159       | 1,756 | 1,660 | 1,590 | 1,638 | 1,744 | 1,662 | 1,542 | 1,502 |
| 海 外 需 要 | 8,084  | 9,530  | 11,756 | 14,209 | 12,996 | 4,727 | 11,904 | 978         | 1,051 | 1,081 | 1,345 | 899         | 1,475 | 1,274 | 1,269 | 1,191 | 1,238 | 1,333 | 1,173 | 1,145 |
| 海外需要を除く | 4,628  | 5,219  | 5,709  | 6,268  | 5,103  | 2,765 | 3,438  | 443         | 330   | 267   | 268   | 260         | 281   | 386   | 321   | 447   | 506   | 329   | 369   | 357   |

(注) 2004～2006 年は年平均で、2007 年～2010 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2010 年 9 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…

(2011 年 10 月 1 日～31 日)

### ■ 機 械 部 会

#### ■情報化機器技術委員会

月 日：10 月 5 日（水）

出席者：白塚敬三委員長ほか 8 名

議 題：① 9 月 20 日開催の機械部会 幹事会報告（平成 23 年度上期活動実績と下期の活動計画について）② 9 月 30 日開催の機械整備技術委員会の概要報告 ③放射線影響下における建設機械に関する検討のその後の状況 ④災害対応建設機械の無線操縦システムについての検討状況報告（国交省）⑤その他

#### ■トンネル機械技術委員会 トンネル機械未来像分科会

月 日：10 月 5 日（水）

出席者：浅野文宏分科会長ほか 7 名

議 題：①報告書のフォーマットの目的・地域・形式について（篠原幹事委員が作成した「キーワード」を基に各自のテーマを選ぶ）②報告書のフォーマットの理由・効果・要求される技術・要求される機械・要求される材料について ③その他

#### ■トンネル機械技術委員会 現場見学会

月 日：10 月 7 日（金）

出席者：篠原望委員長ほか 19 名

場 所：三菱重工業(株)神戸造船所

内 容：①泥土圧 SENS シールド機の見学 ②大型ディーゼルエンジン組立工場の見学

#### ■基礎工事用機械技術委員会

月 日：10 月 11 日（火）

出席者：村手徳夫委員ほか 8 名

議 題：①委員長の選任について ②平成 23 年度活動テーマについて ③現場見学会の候補現場について ④その他

#### ■路盤・舗装機械技術委員会 締固め機械変遷分科会

月 日：10 月 13 日（木）

出席者：渡邊充委員長ほか 8 名

議 題：①「締固め機械の変遷」資料の取り纏め作業 ②その他

#### ■コンクリート機械技術委員会

月 日：10 月 13 日（木）

出席者：大村高慶委員長ほか 7 名

議 題：①コンクリートパッチャプラン、ミキサの変遷資料の審議について

②コンクリート機械の事故事例について ③その他

#### ■油脂技術委員会 燃料エンジン分科会 バイオディーゼル燃料（BDF）についての意見交換会

月 日：10 月 18 日（火）

出席者：吉田史朗分科会長ほか 4 名

議 題：①京都市におけるバイオディーゼル燃料（BDF）の取組みについて（財京都高度技術研究所中村一夫氏）②日本建設機械化協会 油脂技術委員会における BDF の調査取組みについて ③ BDF について意見交換 ④その他

#### ■トンネル機械技術委員会 環境保全分科会

月 日：10 月 21 日（金）

出席者：鈴木康雅分科会長ほか 7 名

議 題：①各委員の担当機器・工法毎に追加資料と取り纏め方について審議 ②その他

#### ■自走式建設リサイクル機械分科会 代表者打合せ

月 日：10 月 24 日（月）

出席者：佐藤文夫分科会長ほか 3 名

議 題：①自走式木材破砕機要求事項 JIS 案についての国内標準委員会での指摘事項に対する対応確認 ②その他

#### ■トンネル機械技術委員会・新技術・施工技術分科会

月 日：10 月 25 日（火）

出席者：赤坂茂幹事ほか 4 名

議 題：①前回議事録の確認について ②資料の取り纏め方について ③その他

#### ■油脂技術委員会 グリース分科会

月 日：10 月 25 日（火）

出席者：田路浩分科会長ほか 13 名

議 題：①分科会長の交代について ②平成 23 年度上期の活動実績と下期の活動計画について ③ 9 月 20 日開催の技術委員会・油脂規格促進協議会の結果報告 ④グリースオンファイルの運用開始に向けた活動合意について ⑤その他

#### ■トラクタ技術委員会

月 日：10 月 27 日（木）

出席者：阿部里視委員長ほか 8 名

議 題：①平成 23 年度上期活動実績と下期活動計画および 9/20 機械部会幹事会の報告 ② JIS A 8340 安全規格の改定について（9/20 国内標準委員会審議結果の報告）③ハイブリッドローダの海外メカ事例紹介（John Deere 社）④その他

### ■ 製 造 業 部 会

#### ■次期排ガス規制 3 省（環境省、経産省、国交省）との打合せ

月 日：10 月 6 日（木）

出席者：田中幹事長ほか 21 名

議 題：① 2011 年規制および 2014 規制に対する業界の対応状況 ② 2014 規制運用に関する課題、協議内容・進め方 ③その他

### ■ 建 設 業 部 会

#### ■機電技術者意見交換会

月 日：10 月 6 日（木）・7 日（金）

出席者：山崎忍幹事長ほか 4 名

議 題：①意見交換会参加者 24 名 ②「ものづくりの楽しさをどう伝えるか」をテーマにグループ討議・成果発表 ③講演会「建設機械の変遷」 ④講演会「3.11 地震による地殻変動」 ⑤その他

#### ■三役会

月 日：10 月 27 日（木）

出席者：山崎忍幹事長ほか 3 名

議 題：①合同部会 ②現場見学会 ③機電技術者意見交換会の総括 ④その他

### ■ レンタル業部会

#### ■関東地方整備局施工企画課との意見交換会

月 日：10 月 4 日（火）

出席者：関東地整整備局より稲垣孝施工企画課長ほか 5 名、JCMA より高見俊光部会長ほか 12 名

議 題：①新技術の普及 ②情報化施工の普及 ③その他

#### ■コンプライアンス分科会

月 日：10 月 4 日（火）

出席者：中島嘉幸分科会長ほか 7 名

議 題：①(社)全国建設機械器具リース業協会で進めている「建設機械等レンタル基本約款」との整合性の検討 ②当会の「建設機械等レンタル契約の手引き」の今後の作業の進め方について ③その他

### ■ 各 種 委 員 会 等

#### ■機関誌編集委員会

月 日：10 月 5 日（水）

出席者：田中康順委員長ほか 18 名

議 題：①平成 24 年 1 月号（第 743 号）

の計画の審議・検討 ②平成24年2月号(第744号)の素案の審議・検討 ③平成24年3月号(第745号)の編集方針の審議・検討 ④平成23年10～12月号(第740～742号)の進捗状況の報告・確認

■新機種調査分科会

月 日:10月18日(火)  
出席者:江本平分科会長ほか6名  
議 題:①新機種情報の検討・選定

…支部行事一覧…

■北海道支部

■平成23年度除雪機械技術講習会(第4回)

月 日:10月4日(火)  
場 所:旭川市 旭川ターミナルホテル  
受講者:134名  
内 容:①除雪計画 ②除雪の施工方法  
③冬の交通安全 ④除雪の安全施工  
⑤除雪機械の取り扱い

■平成23年度建設工事等見学会

月 日:10月7日(金)  
見学場所:①留萌ダム 見学 ②増毛町  
観光農園 休憩  
出席者:峰友博広報委員長ほか15名

■第2回企画部会

月 日:10月13日(木)  
場 所:センチュリーロイヤルホテル  
出席者:野坂隆一部会長ほか13名  
内 容:①平成23年度上半期事業概要・  
経理概況報告, その他

■第2回運営委員会

月 日:10月18日(火)  
場 所:センチュリーロイヤルホテル  
出席者:熊谷勝弘支部長ほか25名  
内 容:①平成23年度上半期事業概要・  
経理概況報告, その他

■平成23年度除雪機械技術講習会(第5回)

月 日:10月21日(金)  
場 所:札幌市 札幌サンブラザ  
受講者:183名  
内 容:①除雪計画 ②除雪の施工方法  
③冬の交通安全 ④除雪の安全施工  
⑤除雪機械の取り扱い

■第3回除雪機械技術講習会検討会

月 日:10月28日(金)  
出席者:山田義弘技術部会副部長ほか  
10名  
内 容:①平成23年度アンケート調査  
結果について ②平成17～23年度の  
地区別受講者数の変化について ③平  
成24年度の実施方針について ④編

集委員会の設置について

■東北支部

■建設部会

月 日:10月11日(火)  
場 所:東北支部会議室  
出席者:佐野真部会長ほか4名  
議 題:①平成23年度活動計画につ  
いて ②支部たより「安全コーナー」に  
ついて ③特殊工事研修会の詳細につ  
いて ④60周年記念誌について

■広報部会 第2回EE東北実行委員会

月 日:10月17日(月)  
場 所:フォレスト仙台  
出席者:川嶋直樹企画部長ほか29名  
議 題:①実行委員会開催にあたって  
②EE東北'11の概要について ③EE  
東北'11予算(案) ④夢メッセみや  
ぎの被災状況について ⑤EE東北開  
催に関するアンケート結果について  
⑥EE東北実施方針について(案)  
⑦その他

■建設部会

月 日:10月18日(火)  
場 所:津軽ダム工事事務所及び津軽ダ  
ム本体建設(第一期)工事現場  
出席者:佐野真部会長ほか9名  
内 容:津軽ダム本体建設(第一期)工  
事現場において特殊工事研修会を実施

■施工部会

月 日:10月31日(月)  
場 所:東北地方整備局  
出席者:山田仁一事務局長ほか2名  
議 題:①情報化施工研修会次第 ②プ  
レゼンテーション担当メーカー ③そ  
の他

■施工部会(除雪講習会開催)

| 月日        | 場所 | 最終確定人数 |
|-----------|----|--------|
| 9月29日(木)  | 青森 | 253    |
| 9月30日(金)  | 弘前 | 175    |
| 10月6日(木)  | 新庄 | 181    |
| 10月7日(金)  | 山形 | 239    |
| 10月12日(水) | 秋田 | 239    |
| 10月13日(木) | 横手 | 358    |
| 10月18日(火) | 会津 | 189    |
| 10月20日(木) | 奥州 | 190    |
| 10月21日(金) | 奥州 | 138    |
| 10月25日(火) | 盛岡 | 261    |
| 10月26日(水) | 盛岡 | 237    |
| 11月4日(金)  | 仙台 | 201    |
| 受講者総計     |    | 2661   |

■北陸支部

■除雪機械技術講習会

月 日:10月5日(水), 7日(金), 19  
日(水)  
場 所:ハイブ長岡ほか3会場  
講 師:警察, 除雪施工会社, 建設機械  
メーカー  
内 容:①除雪作業における事故防止  
②除雪施工法 ③除雪機械の点検取扱  
い(グレーダ, ドーザ, ロータリ除雪  
車)  
受講者:延べ444名

■ゆきみらい2012 in 金沢事務局会議

月 日:10月13日(木)  
場 所:金沢市役所会議室  
出席者:三日月事務局長  
議 題:ゆきみらい2012 in 金沢事業内  
容案について

■企画部会正副委員長会議

月 日:10月14日(金)  
場 所:新潟東映ホテル  
出席者:穂苅正昭企画部会長ほか6名  
議 題:支部運営懸案事項について

■企画部会

月 日:10月14日(金)  
場 所:新潟東映ホテル  
出席者:穂苅正昭企画部会長ほか15名  
議 題:上半期事業報告及び下半期事業  
計画について

■会計監査

月 日:10月24日(月)  
場 所:北陸支部事務局  
出席者:竹本 勉会計監事ほか4名  
議 題:平成23年度上半期会計監査

■運営委員会

月 日:10月25日(火)  
場 所:新潟東映ホテル  
出席者:丸山 暉彦支部長ほか23名  
議 題:①上半期事業報告及び下半期事  
業計画 ②新法人移行について

■中部支部

■技術部会

月 日:10月5日(水)  
出席者:滝崎治行技術部会長ほか4名  
議 題:「情報化施工(建設ICT)セミナー  
」の開催について

■技術発表会

月 日:10月20日(木)  
会 場:昭和ビル9Fホール  
内 容:会員会社発表5題  
参加者:約100名

## ■「建設技術フェア 2011 in 中部」実行委員会の一員として参加

月 日：10月26日（水）～27日（木）  
会 場：中部地方整備局中部技術事務所  
構内特設会場

## ■部会長・副部会長会

月 日：10月28日（金）  
場 所：昭和ビル会議室  
出席者：佐藤保企画部会長ほか4名  
議 題：①平成23年度上半期事業報告について ②平成23年度上半期経理概況報告について

## ■ 関 西 支 部

## ■建設施工研修会

月 日：10月18日（火）  
場 所：建設交流館 8F グリーンホール  
参加者：146名  
内 容：第1部 事例発表「新技術活用について」…国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所 総括技術情報管理官 橋本紀一氏、第2部 第44回建設施工映画会「バームジューメーラ海底道路トンネルプロジェクト」「SD工法を用いた硬岩トンネルの掘削」など8編

## ■建設用電気設備特別専門委員会(第380回)

月 日：10月26日（水）  
場 所：中央電気倶楽部 会議室  
議 題：①前回議事録確認 ②JEM-TR121 建設工事用電気設備機器点検保守のチェックリスト審議 ③その他

## ■ 中 国 支 部

## ■第4回企画部会

月 日：10月3日（月）  
場 所：中国支部事務所  
出席者：高倉寅喜部会長ほか5名  
議 題：①懇談会に向けた課題等の整理について ②上期事業報告と下期事業活動予定について ③その他懸案事項

## ■第2回特集号編集委員会

月 日：10月4日（火）  
場 所：広島 YMCA 会議室  
出席者：小石川武則部会長ほか5名  
議 題：①特集号構成（案）の確認・修正について ②編集作業分担・編集作業の確認等について ③編集作業工程（今後の進め方）について ④その他

## 懸案事項

## ■第4回施工技術部会

月 日：10月11日（火）  
場 所：中国支部事務所  
出席者：齋藤実部会長ほか4名  
議 題：①情報化施工に関する講習会等について ②情報化施工研究会（第1回）開催について（案） ③災害対策資機材に関する運用調査への対応について ④建設技術講習会の企画について ⑤その他懸案事項

## ■情報化施工(体験セミナー)講習会(米子)

月 日：10月25日（火）  
場 所：（座学）シャトーおだか会議室、（実習）西尾レントオール(株)米子営業所構内

参加者：16名  
講習内容：（座学）①情報化施工に関する最近の動向…中国地方整備局企画部機械施工管理官 藤山利人氏 ②情報化施工対応システムの詳細、施工までの流れと得られる効果について（実習）実機体験① TSを用いた出来形管理システムの実習 ② TS-GPS 転圧管理実機体験実習…(株)建設システム・西尾レントオール(株)・(株)トブコン販売

## ■第3回部会長会議

月 日：10月27日（木）  
場 所：広島 YMCA 会議室  
出席者：高倉寅喜部会長ほか12名  
議 題：①平成23年度（上期）事業報告（案）について ②中国地方整備局との懇談会の課題等について ③その他懸案事項

## ■第29回「新技術・新工法」発表会

月 日：10月31日（月）  
場 所：RCC 文化センター 701  
参加者：77名  
発表課題：（技術発表）①整備局における最近の話題…中国地方整備局企画部機械施工管理官 藤山利人氏 ②スクレーパ付きベルトコンベア方式薄層撒出機を使用した覆砂工事について…中国高圧コンクリート工業(株) 山村淳一氏 ③自走式3種同時混合土質改良工法…大福工業(株) 小村一行氏 ④マイクロナノバブル水を用いたトンネル壁面洗浄方法の開発…(株)大広エンジニアリング 中島俊之氏 ⑤自動路面描画装置「ヒューナビ」の開発…(株)

NIPPO・(株)技工社 小椋孝二氏  
映像発表：余部橋りょう架け替え工事…清水建設(株)

## ■ 四 国 支 部

## ■支部機関誌編集委員会の開催

月 日：10月6日（木）  
場 所：オフィスサポートセンター（高松市）  
出席者：小松修夫企画部会長ほか4名  
内 容：支部機関誌「しこく」No.88号の編集内容について

## ■四国地方整備局との技術交流会の開催

月 日：10月11日（火）  
場 所：高松サンポート合同庁舎  
出席者：四国地方整備局 矢野守技術調整管理官ほか4名、(株)日本建設機械化協会四国支部 工藤建夫副支部長ほか11名  
内 容：土木機械設備の工事等に係る入札契約及び施工に関する技術交流

## ■会計監事会の開催

月 日：10月18日（火）  
場 所：四国支部事務局  
出席者：高橋英雄会計監事ほか3名  
内 容：平成23年度上半期事業実施状況及び経理状況監査

## ■合同部会幹事会

月 日：10月24日（月）  
場 所：サン・イレブン高松  
出席者：小松修夫企画部会長ほか19名  
内 容：①平成23年度 上半期事業報告について ②平成23年度 上半期収支状況報告について ③平成23年度 下半期事業計画（案）について ④その他

## ■ 九 州 支 部

## ■企画委員会

月 日：10月19日（水）  
出席者：久保田正春整備部会長ほか6名  
議 題：①本部理事会提出資料について ②第3四半期事業計画について ③他団体等との共催、協賛事業について ④新公益法人移行に伴う支部規程の変更について ⑤その他



## 編集後記

地球温暖化対策、環境対策については、ここ数年常にあらゆる分野で取り上げられています。どうする事で環境負荷を低減でき、この素晴らしい自然と共存し、持続的な社会を形成できるかは、我々一人一人の活動に依存しているの言うまでもありません。先の痛ましい東日本大震災の影響で、電力不足問題が浮上し、我々の日々の生活に大きな影響を与えていますが、個人そして社会全体が共通認識を持って問題に取り組む事で、困難な状況の打開が図られています。また最近では日本及び海外で、大雨の被害が報道されており、この水との共生も大きな環境課題です。まさに現実問題として、地球温暖化／環境対策への取り組み方、インフラのあり方について、産学官が連携し環境イノベーション、ライフスタイルイノベーションを行う時期にきていると考えます。

さて12月号の建設施工の地球温暖化対策／環境対策、読者の皆さん参考にして頂けましたでしょうか？

巻頭言は「河川工学」,「自然再生研究」がご専門の島谷幸宏先生にお願いしました。

行政情報としては、建設機械の燃費基準の創設、低炭素型建設機械の普及支援について説明して頂きまし

た。またコンクリート塊をリサイクル（破碎→細分化）する事により低炭素社会（CO<sub>2</sub>削減）にも貢献できるという新しい視点も紹介して頂きました。

今回の特集号では、幅広いジャンルからの掲載を心掛けました。地球温暖化対策（CO<sub>2</sub>削減技術）の観点からは、自然エネルギー発電、アスファルト舗装技術、新排ガス規制適合建機やハイブリッド建機、環境対策の観点からは、微生物を活用した土壌、地下水の浄化技術、建設副産物の現状や新用途、また建設機械に使用されている六価クロムや鉛といった環境負荷物質の低減技術について紹介しています。さらに海上工事に伴う水中騒音・水中振動が生態系にどのような影響を与えているかという調査報告も紹介しています。

交流の広場では、最近脚光を浴びている自然エネルギーの地中熱について話題提供を頂きました。

地球温暖化対策、環境対策を図りながら、いかに発展、成長を遂げていくか、産学官においては今後より一層連携し、バランスを重視した柔軟な舵取りが必要になると考えられます。

最後になりますが、お忙しい中執筆頂いた方々、話題を紹介して頂いた方々大変有難うございました。誌面を借りて厚く御礼申し上げます。（富樫・松澤）

## 機関誌編集委員会

### 編集顧問

|       |       |
|-------|-------|
| 浅井新一郎 | 今岡 亮司 |
| 加納研之助 | 桑垣 悦夫 |
| 後藤 勇  | 佐野 正道 |
| 新開 節治 | 関 克己  |
| 高田 邦彦 | 田中 康之 |
| 塚原 重美 | 中岡 智信 |
| 中島 英輔 | 橋元 和男 |
| 本田 宜史 | 渡邊 和夫 |

### 編集委員長

田中 康順 鹿島道路(株)

### オブザーバ

山下 尚 国土交通省

### 編集委員

|       |                |
|-------|----------------|
| 山田 淳  | 農林水産省          |
| 伊藤 健一 | (独)鉄道・運輸機構     |
| 松本 久  | (独)水資源機構       |
| 篠原 望  | 鹿島建設(株)        |
| 和田 一知 | (株)KCM         |
| 安川 良博 | (株)熊谷組         |
| 渥美 豊  | コベルコ建機(株)      |
| 原 茂宏  | コマツ            |
| 藤永友三郎 | 清水建設(株)        |
| 赤神 元英 | 日本国土開発(株)      |
| 山本 茂太 | キャタピラー・ジャパン(株) |
| 星野 春夫 | (株)竹中工務店       |
| 齋藤 琢  | 東亜建設工業(株)      |
| 相田 尚  | (株)NIPPO       |
| 田岡 秀邦 | 日本道路(株)        |
| 磯野 義男 | 日立建機(株)        |
| 岡本 直樹 | 山崎建設(株)        |
| 中村 優一 | (株)奥村組         |
| 石倉 武久 | 住友建機(株)        |
| 江本 平  | 範多機械(株)        |
| 京免 継彦 | 佐藤工業(株)        |
| 野元 義一 | 五洋建設(株)        |
| 藤島 崇  | 施工技術総合研究所      |

### 1月号「建設機械・東日本大震災復旧特集」予告

- ・東日本大震災の初動対応と『東日本大震災～初動の記録～災害時ノウハウ集』
- ・九州地方整備局における排水ポンプ車による大震災支援活動
- ・震災現場での活動報告
- ・災害対策機械の被災地派遣
- ・津波堆積物の再資源化による人工地盤造成
- ・新型ハイブリッド油圧ショベル HB205-1/HB215LC-1
- ・ハイブリッドホイールローダ
- ・ハイブリッドロータリ除雪車の開発
- ・大型クローラクレーンの外部カウンタウエイト仕様
- ・映像合成による油圧ショベルの周囲確認支援システム
- ・“ライフサイクルサポート”に基づく大型建設機械のプロダクトサポート
- ・純国産技術による第1号油圧ショベル UH03 の紹介 (社)日本機械学会 2011 年度機械遺産認定

## No.742「建設の施工企画」 2011年12月号

〔定価〕1部840円（本体800円）

年間購読料9,000円

平成23年12月20日印刷

平成23年12月25日発行（毎月1回25日発行）

編集兼発行人 辻 靖三

印刷所 日本印刷株式会社

## 発行所 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話 (03) 3433-1501 ; Fax (03) 3432-0289 ; <http://www.jcmanet.or.jp/>

|           |                             |                   |
|-----------|-----------------------------|-------------------|
| 施工技術総合研究所 | 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154     | 電話 (0545) 35-0212 |
| 北海道支      | 部〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8    | 電話 (011) 231-4428 |
| 東北支       | 部〒980-0802 仙台市青葉区二丁目16-1    | 電話 (022) 222-3915 |
| 北陸支       | 部〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1     | 電話 (025) 280-0128 |
| 中部支       | 部〒460-0008 名古屋市中区栄4-3-26    | 電話 (052) 241-2394 |
| 関西支       | 部〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4    | 電話 (06) 6941-8845 |
| 中国支       | 部〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22    | 電話 (082) 221-6841 |
| 四国支       | 部〒760-0066 高松市福岡町3-11-22    | 電話 (087) 821-8074 |
| 九州支       | 部〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-8-26 | 電話 (092) 436-3322 |

本誌上への広告は(株)共栄通信社までお問い合わせ下さい。

本社 〒105-0004 東京都港区新橋3-15-8 (精工ビル5F) 電話 03-5472-1801 FAX03-5472-1802 E-MAIL : [info@kyoeitushin.co.jp](mailto:info@kyoeitushin.co.jp)

担当 本社編集部 宗像 敏

# “建設の施工企画” 既刊目次一覧

平成 23 年 1 月号 (第 731 号) ~ 平成 23 年 12 月号 (第 742 号)

平成 23 年 1 月号 (第 731 号)

表紙写真

日本機械学会認定機械遺産と進化する建設機械

写真提供: コマツ, TCM (株), コベルコ建機(株), 日立建機(株)

## 建設機械 特集

協会活動のお知らせ

|                                                            |                            |    |
|------------------------------------------------------------|----------------------------|----|
| ◆巻頭言 新年のご挨拶—心身共に健全に—                                       | 辻 靖 三                      | 3  |
| 建設機械の遠隔操作技術<br>(ヒューマンインターフェイス) に関する研究                      | 藤野 健一<br>茂木 晴<br>大槻 崇      | 4  |
| ブルドーザ G40 (小松 1 型均土機) の紹介<br>日本機械学会 2007 年度認定機械遺産          | 齊藤 秀 企                     | 9  |
| 内燃機関式フォークリフト (TCM 型式 F-6-120)<br>日本機械学会 2010 年度認定機械遺産      | 晴後 山 蒼<br>大藤 祐<br>沼理 一     | 11 |
| 4 脚クローラ式不整地移動機構の開発                                         | 石井 啓 範                     | 17 |
| 建設機械における ICT システムの活用<br>遠隔機械稼働管理システムの展開とデータ活用の推進           | 土井下 健 治                    | 22 |
| 日・米・欧の排出ガス規制対応技術                                           | 岡崎 達<br>田村 好 美             | 28 |
| 超低騒音仕様油圧ブレーカを用いた解体・掘削工法<br>SS-box, NETIS 登録番号: TH-090016-A | 小柴 英 俊                     | 33 |
| ハイブリッドショベル SK80H                                           | 鹿兒島 昌 之                    | 39 |
| 環境に優しい電動コンクリートポンプ車<br>PY100-26-SEM                         | 吉川 泰一朗<br>内村 佳 親<br>大田 信二郎 | 44 |
| 建物内においてロボット位置を瞬時に検出できるシステム<br>床利用位置検出システム “MIYUKA” の開発     | 深瀬 勇太郎<br>木村 真 一           | 49 |
| 電磁誘導加熱 (IH) を利用した鋼床版<br>上のアスファルト舗装の剥離工法                    | 尹 恢 允<br>五 味 篤 樹           | 54 |
| ◆交流の広場 船舶の省エネ化<br>代替エネルギー利用—                               | 吉田 正 彦                     | 59 |
| ◆ずいそう<br>第 14 回 日本障害者オープンゴルフ選手権<br>「上肢障害の部」優勝              | 有 迫 隆 志                    | 63 |
| ◆ずいそう 建設機械と除雪作業と私                                          | 佐野 俊 男                     | 64 |
| ◆JCMA 報告<br>コマツ小竹延和氏 経済産業大臣表彰                              | 標 準 部                      | 65 |
| ◆CMI 報告<br>真空環流式路面清掃車の粉塵抑制対策                               | 佐野 昌 伴<br>加藤 弘 志           | 67 |
| ◆部会報告<br>第二東名高速道路 富士東舗装工事見学会                               | 建設業部会<br>レンタル業部会合同         | 71 |
| ◆新工法紹介                                                     | 機関誌編集委員会                   | 74 |
| ◆新機種紹介                                                     | 機関誌編集委員会                   | 78 |
| ◆統 計 平成 22 年 建設業の業況                                        | 機関誌編集委員会                   | 81 |
| ◆統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移                                    | 機関誌編集委員会                   | 84 |
| 行事一覧 (2010 年 11 月)                                         |                            | 85 |
| 編集後記                                                       | (渥美・堀田)                    | 88 |

平成 23 年 2 月号 (第 732 号)

表紙写真

クレーン吊り下げ式 解体ロボット「NOCC 工法」

写真提供: (株)奥村組

## 解体とリサイクル, 廃棄物処理 特集

協会活動のお知らせ

|                                                                                                      |                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----|
| ◆巻頭言 廃棄物最終処分課題                                                                                       | 島岡 隆 行                                                     | 3  |
| 建設副産物リサイクル広報推進会議の活動<br>官民の協同による建設リサイクル推進の取組み                                                         | 新妻 弘 章                                                     | 4  |
| 遠隔操作で高層構造物を安全に解体<br>NOCC 工法・スカイクラッシャー工法の高度化に向けて                                                      | 上古 村 竜<br>古長 介 廣                                           | 9  |
| 現地発生材のリサイクル法面緑化工法                                                                                    | 横塚 享                                                       | 13 |
| 長大ハイブリッドケーソンの製作と曳航・据付<br>衣浦港 3 号地廃棄物最終処分場整備事業護岸工事                                                    | 山口 和 彦                                                     | 18 |
| バイオマス燃料による低炭素アスファルト混合物の製造                                                                            | 守安 弘 周<br>傳達 喜 八<br>蓬秀 人<br>松尾 寿 峰<br>伊藤 豊<br>高桐 陽<br>山久 久 | 24 |
| シアン汚染土壌に対応した土壌洗浄法                                                                                    | 竹中 隆 文<br>東阿 敏 浩<br>庭田 孝 一<br>田和 憲 夫                       | 29 |
| 建設・鉱山機械のコンポーネントリマン事業<br>(部品再生・リサイクル)                                                                 | 庭田 孝 一<br>田和 憲 夫                                           | 34 |
| 構造物解体機「メインブーム兼用型解体機」                                                                                 | 庭田 孝 一<br>田和 憲 夫                                           | 39 |
| 自走式横入木材破砕機                                                                                           | 植田 和 憲                                                     | 44 |
| ◆交流の広場 産業廃棄物広域認定制度を<br>活用した IT 製品リサイクルの取り組み<br>—循環型社会の形成, 生物多様性の保全を目指して—                             | 加賀谷 聡<br>池田 毅                                              | 48 |
| ◆ずいそう Ubuntu                                                                                         | 高津 知 司                                                     | 51 |
| ◆ずいそう 「嗚呼」長寿・高齢化社会                                                                                   | 平賀 敬 三                                                     | 52 |
| ◆JCMA 報告<br>平成 22 年度建設機械施工技術検定試験結果報告                                                                 |                                                            | 53 |
| ◆CMI 報告<br>上面増厚床版の再劣化対策の研究                                                                           | 松本 政 徳<br>渡倉 晋 也<br>谷 泉                                    | 54 |
| ◆部会報告 新黒部川第二発電所<br>放水路トンネル付替工事 見学会後記                                                                 | 機 械 部 会<br>トンネル機械技術委員会                                     | 58 |
| ◆部会報告 ISO/TC 127/SC 1/WG 18<br>(ISO 3164 たわみ限界領域 (DLV) 改正)                                           | 標 準 部 会                                                    | 61 |
| 国際作業グループバリ西郊国際会議                                                                                     |                                                            |    |
| ◆部会報告 ISO/TC 127/SC 2/WG 16 - ISO/<br>TC 195 及び CEN/TC 151 との合同作業<br>グループ (ISO 13766 電磁両立性 (EMC) 改正) | 標 準 部 会                                                    | 62 |
| 英国 Rocstor (ロースター) 国際会議                                                                              |                                                            |    |
| ◆部会報告 ISO/TC 127/SC 3/WG 9                                                                           | 標 準 部 会                                                    | 64 |
| 米国モリオン国際会議                                                                                           |                                                            |    |
| ◆部会報告 ISO/TC 127/SC 3/WG 8<br>(土工機械-電子機器を使用した機械制御系 (MCS)<br>- ISO 15998 使用及び適用のための指針) 米国モリオン国際会議     | 標 準 部 会                                                    | 67 |
| ◆部会報告<br>(社)日本建設機械化協会規格 JCMAS 意見受付公告                                                                 | 標 準 部 会                                                    | 69 |
| ◆新工法紹介                                                                                               | 機関誌編集委員会                                                   | 70 |
| ◆新機種紹介                                                                                               | 機関誌編集委員会                                                   | 73 |
| ◆統 計<br>建設産業の再生と発展のための方策に関する当面の基本方針                                                                  | 機関誌編集委員会                                                   | 79 |
| ◆統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移                                                                              | 機関誌編集委員会                                                   | 81 |
| 行事一覧 (2010 年 12 月)                                                                                   |                                                            | 82 |
| 編集後記                                                                                                 | (石倉・松澤)                                                    | 84 |

平成 23 年 3 月号 (第 733 号)

表 紙 写 真

施工中の東京国際空港国際線旅客ターミナルビル全景

写真提供：鹿島建設㈱

空港と港湾 特集

協会活動のお知らせ

|                                                             |                    |    |
|-------------------------------------------------------------|--------------------|----|
| ◆巻頭言<br>東アジア大交流時代の我が国の交通システムのありかた                           | 屋 井 鉄 雄            | 3  |
| 国際コンテナ戦略港湾政策の取り組み                                           | 邊 見 充              | 4  |
| 空港舗装巡回等点検システムの開発                                            | 伊 豆 隼 太 人          | 7  |
| 東京国際空港国際線旅客ターミナルビル建設工事における<br>大規模屋根スライド工法                   | 領 木 紀 夫<br>水 谷 亮   | 12 |
| 東京モノレール羽田空港国際線ビル駅新設に<br>伴う線路切替工事                            | 大 川 真 佐 雄<br>團 博 成 | 17 |
| 羽田空港国際線ターミナル駅建設工事<br>供用中の鉄道トンネルを拡張し地下新駅を構築                  | 柄 澤 正 芳            | 20 |
| 空港舗装改修工事における施工の合理化                                          | 其 田 直 樹<br>梶 原 寛   | 27 |
| ジオテキスタイルチューブによる<br>埋立地中仕切仮築堤の築造                             | 鎌 田 裕 一            | 32 |
| 油圧ハンマ騒音低減装置 港湾工事における<br>鋼管杭打設音低減工法の開発                       | 山 本 耕 三            | 37 |
| 遠隔操縦対応型水中バックホウの<br>施工事例と有効性                                 | 熊 谷 崇 信            | 41 |
| 油圧ショベル型港湾荷役専用機械における作業効率向上<br>マテリアルハンドリング機 TL1100-3          | 杉 山 和 幸            | 46 |
| ◆交流の広場 港湾荷役の最近の話題                                           | 吉 田 由 治            | 50 |
| ◆ずいそう ベッドルームで世界一周                                           | 宮 脇 清              | 54 |
| ◆ずいそう 地方建設業者の BCP への取組                                      | 尾 崎 浩 二            | 55 |
| ◆JCMA 報告 2011 ふゆトピア・フェア in 札幌<br>「除雪機械展示・実演会」開催報告           |                    | 56 |
| ◆JCMA 報告<br>平成 22 年度 ㈱日本建設機械化協会 研究開発助成<br>助成対象者決定と助成開始のお知らせ | 齋 藤 清 志            | 60 |
| ◆CMI 報告<br>無人・有人対応型草刈機の安全対策                                 | 加 藤 弘 志            | 63 |
| ◆部会報告<br>平成 22 年度標準部会傘下の各委員会活動紹介 (その 1)                     | 標 準 部 会            | 67 |
| ◆新工法紹介                                                      | 機関誌編集委員会           | 75 |
| ◆新機種紹介                                                      | 機関誌編集委員会           | 77 |
| ◆統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移                                     | 機関誌編集委員会           | 81 |
| 行事一覧 (2011 年 1 月)                                           |                    | 82 |
| 編集後記                                                        | ( 藤 永 ・ 齋 藤 )      | 84 |

平成 23 年 4 月号 (第 734 号)

表 紙 写 真

地下発電所空洞と周辺トンネル及び

地質情報 (不連続面) の 3 次元 CG 化

※不連続面の一部を円盤でモデル化

写真提供：北海道電力㈱

地下構造物 特集

協会活動のお知らせ

|                                                                            |                                 |    |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----|
| グラビア——・京極発電所地下空洞掘削における情報化施工<br>・首都高速道路 大橋 JCT EF 連結路工事<br>・葛西駅前 機械式地下立体駐輪場 |                                 | 3  |
| ◆巻頭言 地下空間利用の目的                                                             | 今 田 徹                           | 5  |
| 国土地盤情報検索サイト “KuniJiban” の<br>構築と地盤情報の利活用                                   | 倉 橋 稔 幸<br>佐 木 靖 人<br>桶 崎 富     | 6  |
| 地下利用の将来展望                                                                  | 小 島 圭 二                         | 11 |
| 最新の地下施設と将来展望                                                               | 奥 村 忠 彦                         | 16 |
| 京極発電所地下空洞掘削における情報化施工                                                       | 西 村 哲 治<br>武 田 宣 孝<br>名 合 牧 人   | 24 |
| 営業線近接都市部における大規模地下駅構築工事の施工実績<br>土留壁、掘削土運搬に関する機械実績                           | 瀬 水 康 博                         | 29 |
| 大断面 4 連アーチカルバートの工場生産方式による施工<br>第二京阪道路 打上工事・国守工事                            | 田 口 敬 介<br>三 輪 圭 介<br>中 野 計     | 34 |
| 大橋連結路開削部の施工<br>大橋 JCT EF 連結路工事                                             | 藪 本 篤                           | 40 |
| 葛西駅前機械式地下立体駐輪場における<br>アーバンリング工法の適用                                         | 竹 内 春 樹<br>佐 々 木 博 臣<br>金 内 常 和 | 45 |
| 重交通路線での低土被りによる推進工法                                                         | 榎 本 登                           | 49 |
| 大型構造物をニューマチックケーソン工法で沈設する<br>東尾久浄化センター主ポンプ棟建設工事                             | 齋 木 正<br>遠 藤 和 雄                | 55 |
| ニューマチックケーソン工法による<br>大規模地下貯留施設の施工                                           | 小 滝 勝 美                         | 61 |
| ◆交流の広場 地下空間植物工場と人工光源                                                       | 田 澤 信 二                         | 68 |
| ◆ずいそう トンネルワインカーヴ                                                           | 土 屋 和 生                         | 72 |
| ◆ずいそう 国際化の課題                                                               | 江 崎 哲 郎                         | 73 |
| ◆CMI 報告 防水工に関する研究                                                          | 横 澤 圭 一<br>鈴 木 健 之              | 74 |
| ◆部会報告<br>油圧ショベル応用機の運転資格と定期検査                                               | 製 造 業 部 会<br>マテリアルハンドリング WG     | 78 |
| ◆新機種紹介                                                                     | 機関誌編集委員会                        | 82 |
| ◆統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移                                                    | 機関誌編集委員会                        | 84 |
| 行事一覧 (2011 年 2 月)                                                          |                                 | 85 |
| 編集後記                                                                       | (石戸谷・岡本)                        | 88 |



平成 23 年 5 月号 (第 735 号)

表 紙 写 真

テレハンドラを利用した建設資材搬入揚重作業

写真提供：(株)花菱グループ

建築 特集

協会活動のお知らせ

|                                   |                                     |    |
|-----------------------------------|-------------------------------------|----|
| ◆巻頭言 建設におけるロボット化の将来を考える…          | 嘉 納 成 男                             | 3  |
| 住宅・建築物の低炭素化に向けた取り組みの…             | 杉 浦 美 奈                             | 4  |
| 方向性                               |                                     |    |
| ZEB を巡る最近の政策動向 ……………              | 経 済 産 業 省<br>資源エネルギー庁／<br>省エネルギー対策課 | 9  |
| 韓国における建設自動化・ロボットの…                | 趙 文 桀                               | 14 |
| 未来に向けた挑戦                          |                                     |    |
| 設計基準強度 $F_c = 200N/mm^2$ のプレキャスト… | 服 部 敦 志                             | 19 |
| コンクリート柱を使用した設計・施工事例               | 中 島 徹                               |    |
| 既存超高層建物の長周期地震動対策技術の開発と適用…         | 細 澤 治 一                             | 24 |
| T-RESPO 構法                        | 木 村 雄 英                             |    |
| ICT による建築設備工事の合理化 ……………           | 酒 本 晋 太 郎                           | 29 |
|                                   | 田 中 幸 悦                             |    |
| CFT 充填管理システムの開発 ……………             | 小 田 博 志                             | 34 |
|                                   | 塩 田 博 之                             |    |
| 東京スカイツリー®の超高層タワーを礎える…             | 横 山 伴 師                             | 39 |
| 節付き壁杭ナックル・ウォール                    | 荒 川 昌 真 美                           |    |
| 大工道具と匠の技……………                     | 赤 尾 建 藏                             | 44 |
| 多機能重機テレハンドラの…                     | 伊 藤 貴 雅                             | 50 |
| 日本建設市場における可能性                     |                                     |    |
| ◆交流の広場 空間のリサイクル……………              | 長 坂 大                               | 55 |
| ◆ずいそう 韓国雑感「近くて近い国へ」…              | 前 田 純 一 郎                           | 60 |
| ◆ずいそう 団塊世代の晴耕雨読への挑戦 その2 ……        | 杉 岡 博 史                             | 61 |
| ◆トビックス 福島原発事故対応のために ……            | 奥 信 彦                               | 62 |
| 巨大コンクリートポンプ車が活躍                   |                                     |    |
| ◆CMI 報告 水中コンクリート構造物の ……           | 渡 邊 晋 也                             | 66 |
| 非破壊検査手法に関する研究                     |                                     |    |
| ◆部会報告 平成 22 年度標準部会傘下の ……          | 標 準 部 会                             | 70 |
| 各委員会活動紹介 (その 2)                   |                                     |    |
| ◆新機種紹介……………                       | 機関誌編集委員会                            | 74 |
| ◆統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移…          | 機関誌編集委員会                            | 77 |
| 行事一覧 (2011 年 3 月) ……………           |                                     | 78 |
| 編集後記……………                         | (星野・松本)                             | 80 |

平成 23 年 6 月号 (第 736 号)

表 紙 写 真

バルテム・フローリング工法

(既設導水路トンネルの補強対策工として採用)

写真提供：(株)熊谷組

維持管理・長寿命化・リニューアル 特集

協会活動のお知らせ

|                                  |             |    |
|----------------------------------|-------------|----|
| ◆巻頭言 社会資本の維持管理と激甚災害……            | 福 手 勤       | 3  |
| (独) 土木研究所構造物メンテナンス研究センターの活動紹介 …… | 桑 原 徹 郎     | 4  |
| 2008 年設置から 3 年間の活動を中心に           |             |    |
| 社会資本の予防保全的管理のための点検・……            | 地 下 調       | 9  |
| 監視技術の開発                          |             |    |
| 既設導水路トンネルの改築……………                | 田 中 清 隆     | 13 |
|                                  | 岩 下 斐 彦     |    |
| 神一・神二・仏原ダムラジアルゲート……………           | 和 泉 徳 満     | 19 |
| 取替工事の概要                          | 白 石 谷 勇 光 一 |    |
| 横山ダム主放流ゲート設備の維持管理…               | 岩 崎 哲 也     | 24 |
| 既存設備の有効活用と未来への情報伝達               |             |    |
| 下久保ダム表面取水設備のリニューアル……………          | 館 嶋 憲 司     | 29 |
|                                  | 鳴 島 真 二     |    |
| 電磁波レーダを用いたトンネル覆工検査車の検証 ……        | 松 沼 政 明     | 34 |
|                                  | 鈴 木 尊 明     |    |
| 亜鉛・アルミ合金溶射による新しい電気防食工法 ……        | 横 島 修       | 39 |
| 新耐震 GX 形ダクタイル鉄管の長寿命化技術の紹介…       | 竹 谷 和 志     | 44 |
|                                  | 船 橋 五 郎     |    |
| 長寿命化コンクリート EIEN ……………            | 横 関 康 祐     | 49 |
|                                  | 渡 邊 賢 三     |    |
| 管路継手部の水密試験方法……………                | 伊 藤 征 義     | 54 |
| エア式テストバンド工法                      |             |    |
| 軌道レール温度上昇抑制工法の開発と実施例…            | 相 田 尚 之     | 58 |
|                                  | 片 岡 直 之     |    |
| ◆交流の広場 建設・鉱山工具用超硬合金の製造法及び開発動向 …… | 谷 元 耕 作     | 63 |
| ◆ずいそう アジアマスターズ陸上に参加して…           | 秋 山 俊 二     | 66 |
| ◆ずいそう 東日本大震災に思う……………             | 岸 野 佑 次     | 67 |
| ◆CMI 報告 腐食劣化した鋼 I 桁のせん断耐荷力実験 ……  | 小 野 秀 一     | 68 |
| ◆新工法紹介……………                      | 機関誌編集委員会    | 71 |
| ◆新機種紹介……………                      | 機関誌編集委員会    | 76 |
| ◆統 計 平成 23 年度 公共事業関係予算 ……        | 機関誌編集委員会    | 80 |
| ◆統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移…         | 機関誌編集委員会    | 83 |
| 行事一覧 (2011 年 4 月) ……………          |             | 84 |
| 編集後記……………                        | (安川・松本)     | 86 |

## 平成 23 年 7 月号 (第 737 号)

## 表 紙 写 真

近年の建設施工における安全対策

写真提供：大成建設(株)、(株)大林組

## 建設施工の安全 特集

## 協会活動のお知らせ

- ◆巻頭言 ものづくり安全とその基本……………向 殿 政 男／3
- 足場からの墜落・転落災害防止対策の徹底  
足場からの墜落防止措置の効果検証・評価検討会 ……船 井 雄一郎／4
- 労働災害防止の観点からみる……………松 本 徹／9  
建設施工における安全対策
- 墜落災害防止のための仮設構造物……………武 石 和 彦／15
- 巨勢山トンネルでの掘削作業における安全対策…林 下 敏 則／19  
永 里 純
- 九州新幹線西九州ルート俵坂トンネル（西）工区での安全対策…高 山 藤 博／24  
トンネル掘削及び一般道における安全対策 福 田 浩 二
- 北陸新幹線 神通川橋りょう工事での ……塚 本 英 樹／29  
橋りょう施工における安全対策
- 新鋭深層混合処理船における安全対策……………松 藤 広 行／34  
ボコム 12 号 八 島 慎 治
- 労働安全衛生マネジメントシステム  
労働災害・公衆災害の根絶を目指して……………土 屋 良 直／39
- 安全建設気象モバイル KIYOMASA の活用 ……清 水 一 雄／44
- 山岳トンネル施工機械における品質および……………機械部会  
安全確保技術 トンネル機械技術委員会／50  
品質・安全確保分科会
- 移動式クレーンの施工時安全対策……………腰 越 勝 輝／57
- 除雪機械の安全対策……………梅 田 佳 彦／62
- ◆建設紀行 スカイツリー 未知の高さへの挑戦  
超高層建設工事における揚重機械の安全への取り組み ……椎 名 肖 一／67
- ◆ずいそう 大変な時代に、「寅さん」の効用 ……伊 藤 健 一／71
- ◆ずいそう 先を読む……………鈴 木 正 信／72
- ◆社団法人日本建設機械化協会……………／73  
第 62 回通常総会開催
- ◆平成 23 年度 社団法人日本建設機械化協会……………／74  
会長賞 受賞業績
- ◆JCMA 報告 準天頂衛星初号機みちびきの  
情報化施工への活用可能性に関する実証実験報告 ……白 鳥 昭 浩／79
- ◆CMI 報告  
運転員保護構造（FOPS, ROPS）の性能試験 ……佐々木 隆 男／82
- ◆新工法紹介……………機関誌編集委員会／86
- ◆新機種紹介……………機関誌編集委員会／88
- ◆統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移……………機関誌編集委員会／90
- 行事一覧（2011 年 5 月）……………／91
- 編集後記……………（和 田 ・ 伊 藤）／94

## 平成 23 年 8 月号 (第 738 号)

## 表 紙 写 真

自動車用高速周回路における斜面舗装の施工

交通安全環境研究所自動車試験場傾斜路改修

写真提供：国土交通省 関東地方整備局、日本道路(株)

## 舗装 特集

## 協会活動のお知らせ

- グラビア——土の色調と質感をもつ景観舗装  
・最新のアスファルトフィニッシャ……………／3
- ◆巻頭言  
今こそコンクリート舗装の活用による効果的な舗装整備を……………小梁川 雅／5
- 直轄工事における総合評価方式の実施状況……………多 田 寛／6  
平成 21 年度年次報告
- 低炭素社会に寄与する舗装技術……………川 上 篤 史／12  
新 久 保 和 幸
- アスファルトプラントの CO<sub>2</sub> 削減技術 ……蓬 萊 秀 人／18
- 加熱かきほぐしによる路面維持工法……………桑 田 直 人／24  
ヒートスティック工法
- 土の色調と質感をもつ景観舗装……………堀 周 一／28  
アーバンライト
- 予防的維持工法として舗装の延命に寄与する 荒 尾 慶 文／33  
加熱アスファルト系表面処理工法の開発 ……長谷川 淳 也  
リフレッシュシール Mix 美 馬 孝 之
- 自動車用高速周回路における斜面舗装の施工……………太 田 秀 平／38  
交通安全環境研究所自動車試験場傾斜路改修 永 瀬 一 考
- 遮水型排水性舗装に適用する新たな乳剤散布装置付 ……伊 藤 春 彦／43  
アスファルトフィニッシャの開発 戸 白 井 裕 滋 夫
- 小型乳剤散布装置付きアスファルト……………黒 坂 正 昭／48  
フィニッシャの開発と施工事例 中 村 啓 介
- ロードスタビライザによる路上再生路盤工法……………森 綱 真 一／53
- ◆一般報文 日本一を目指す名古屋国道の現場力（その 1）……………高 橋 敏 彦／57  
路上工事対策が仕事の仕方を変える（路上工事対策編）
- ◆交流の広場  
自転車と自転車競技の普及に向けて……………土 屋 真 人／61  
野 鈴 木 尚 宏 利 明
- ◆ずいそう  
活活化する情報化施工のレンタル展開……………神 庭 浩 二／65
- ◆ずいそう  
NPO 法人建設技術サポートセンターの紹介……………三 宅 豊／66
- ◆CMI 報告 舗装工における TS を用いた ……竹 本 憲 充／67  
出来形管理の検討
- ◆新工法紹介……………機関誌編集委員会／71
- ◆新機種紹介……………機関誌編集委員会／76
- ◆統 計  
平成 23 年度建設投資見通しの概要……………機関誌編集委員会／78
- ◆統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移……………機関誌編集委員会／82
- 行事一覧（2011 年 6 月）……………／83
- 編集後記……………（田 岡 ・ 相 田）／86

平成 23 年 9 月号 (第 739 号)

表 紙 写 真

寝屋川流域下水道 なわて水みらいセンター水処理施設築造工事

写真提供: (株)大林組

利水・水再生 特集

協会活動のお知らせ

|                                                                                    |                                       |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----|
| ◆巻頭言 日本の水資源利用の要点……………                                                              | 佐 藤 政 良                               | 3   |
| 農業水利施設のストックマネジメント……………                                                             | 野 尻 大 輔                               | 4   |
| 平成 23 年版 日本の水資源 ……………                                                              | 国土交通省<br>水管理・国土保全局<br>水資源部 水資源計画課     | 9   |
| 東京都下水道局「技術開発推進計画 2010」の策定…                                                         | 東 郷 展                                 | 14  |
| 寝屋川流域下水道なわて水みらいセンター ……                                                             | 萩 原 昇                                 | 20  |
| アルミニウム合金製屋根工法を用いた…<br>上水道施設のリニューアル工事                                               | 武 富 幸 郎                               | 25  |
| 阿波市市場水源確保に伴う施設整備工事<br>新しい集水管敷設方法による新型ラジアルウエル ……                                    | 坂 本 篤<br>伊 谷 章 雅                      | 30  |
| 老朽化した既設管路の水路機能を効率的に復元…<br>エスロンリフトイン工法                                              | 村 上 優 秀<br>加 藤 雅 治                    | 35  |
| 高保水性陶器を用いた都市も冷やす外装システムの開発 ……<br>バイオスキン                                             | 山 梨 知 彦<br>川 島 達 也                    | 40  |
| いちきしり<br>市米知頭首工改修における既設頭首工の ……<br>供用を考慮した施工計画                                      | 上 野 豊                                 | 45  |
| 頭首工の構造および稼働方法……………                                                                 | 外 山 正 幸<br>園 邦 男                      | 50  |
| 宮崎処理場増設工事 (水処理施設 9 号池と雨水滞水池の新設工事)<br>沈殿池ビット部の止水工と基礎工における浅層改良工の施工 ……<br>スーパーミキシング工法 | 岡 本 浩 文                               | 54  |
| 小貝川小水力発電設備<br>既設パイプラインを有効活用した発電設備 ……                                               | 早 乙 女 稔<br>牧 下 昌 平                    | 59  |
| ゴミを水に変える<br>宇宙での自給自足環境構築のために ……………                                                 | 小 口 美津夫                               | 64  |
| まみずピア 海の中道奈多海水淡水化センター…                                                             | 吉 田 克 己                               | 70  |
| ◆交流の広場<br>環境ラベル「エコマーク」における節水型機器の認定基準 ……                                            | 平 田 ゆり恵                               | 75  |
| ◆ずいそう 用水路を歩く……………                                                                  | 三 友 隆                                 | 80  |
| ◆ずいそう 「仏 (ホトケ)」か「蛇 (ジャ)」か…                                                         | 水 野 将                                 | 81  |
| ◆CMI 報告 レーザースキャナーによる出来形・<br>出来高管理の実現へ向けて (その 2) ……                                 | 藤 島 崇<br>椎 葉 祐 士                      | 82  |
| ◆部会報告 我が国における締固め機械の変遷…<br>(その 1. 黎明期～昭和 30 年代) ……                                  | 機械部会 路盤・舗装<br>機械技術委員会<br>(締固め機械変遷分科会) | 86  |
| ◆部会報告 キャタピラー ジャパン(株) ……<br>相模事業所工場見学会                                              | 機械部会<br>除雪機械技術委員会                     | 92  |
| ◆新機種紹介……………                                                                        | 機関誌編集委員会                              | 94  |
| ◆統 計<br>平成 23 年度 主要建設資材需要見通しの ……<br>概要と価格動向                                        | 機関誌編集委員会                              | 95  |
| ◆統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移…                                                           | 機関誌編集委員会                              | 98  |
| 行事一覧 (2011 年 7 月) ……………                                                            |                                       | 99  |
| 編集後記……………                                                                          | (赤 神・中村)                              | 102 |

平成 23 年 10 月号 (第 740 号)

表 紙 写 真

トンネル計測の新システム

写真提供: 計測検査(株)

情報化施工・IT 技術・ロボット化・自動化・自動制御 特集

協会活動のお知らせ

|                                                                          |                                       |     |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----|
| ◆巻頭言<br>建設・施工作業へのロボット技術の適用 ……                                            | 油 田 信 一                               | 3   |
| 情報化施工推進戦略の状況……………                                                        | 山 口 崇                                 | 4   |
| 中部地整 建設 ICT 導入普及研究会の状況 ……                                                | 建設 ICT 導入<br>普及研究会                    | 10  |
| 億首ダムでの情報化施工事例……………                                                       | 松 本 三千緒<br>江 武 正 隆太郎                  | 16  |
| 殿ダムにおける ICT 情報化施工技術の導入 ……                                                | 日 下 雅 史<br>後 藤 誠 志<br>山 田 啓 一         | 21  |
| ネットワーク型 RTK-GPS を用いた盛土品質管理システムの開発 ……<br>ネットワーク型 RTK-GPS の性能確認実験          | 黒 台 昌 弘                               | 28  |
| 建設機械における情報化施工システムの活用 ……<br>情報化施工システムの普及に向けて                              | 土 井 下 健 治<br>村 本 英 彦<br>神 田 俊 彦       | 33  |
| 新作業装置自動制御システムの紹介<br>グレードコントロール、アキュグレード、クロススロープシステム ……                    | 松 村 秀 雄                               | 38  |
| 大災害に立ち向かうロボットの開発……………                                                    | 久 武 経 夫<br>中 里 邦 子                    | 42  |
| 雲仙普賢岳火山砂防事業における ……<br>無人化施工の最新技術                                         | 建設無人化施工<br>協会技術委員会                    | 48  |
| 水中建設機械のマニピュレータ化と ……<br>操作インタフェース                                         | 平 林 丈 嗣                               | 53  |
| MMS の最新動向 ……………                                                          | 西 川 啓 一<br>富 樫 健 司                    | 58  |
| 小型自律飛行ロボット (UAV) の ……<br>活用による簡便な地物計測                                    | 鈴 木 太 郎<br>橋 詰 真 二<br>鈴 木 真 二         | 65  |
| 準天頂衛星測位システムのカーナビ・ ……<br>ITS 利用の動向                                        | 瀧 口 純 一<br>島 嘉 宏                      | 70  |
| ◆一般報文 日本一を目指す名古屋国道の現場力 (その 2)<br>官民の対等なパートナーシップの形成 (不調不審対策から、さらなる展開へ) …… | 高 橋 敏 彦                               | 75  |
| ◆交流の広場<br>キャノンの MR 技術 設計・製造環境の構築 ……                                      | 浜 谷 雅 秀<br>松 村 大                      | 81  |
| ◆ずいそう<br>瑠璃色の 地球も花も 宇宙の子 ……………                                           | 山 崎 直 子                               | 86  |
| ◆ずいそう 畑の土に学ぶこと……………                                                      | 福 田 誠 一                               | 87  |
| ◆CMI 報告<br>建設工事への情報通信技術の活用による監督・検査の合理化 ……                                | 柴 藤 勝 也<br>伊 藤 文 夫                    | 88  |
| ◆部会報告 我が国における締固め機械の変遷…<br>(その 2. 昭和 40 年代) ……                            | 機械部会 路盤・舗装<br>機械技術委員会<br>(締固め機械変遷分科会) | 91  |
| ◆新工法紹介……………                                                              | 機関誌編集委員会                              | 96  |
| ◆新機種紹介……………                                                              | 機関誌編集委員会                              | 97  |
| ◆統 計<br>平成 21 年度「建設機械動向調査」の概要 ……<br>企画調整課                                | 国土交通省総合<br>政策局公共事業<br>企画調整課           | 98  |
| ◆統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移…                                                 | 機関誌編集委員会                              | 102 |
| 行事一覧 (2011 年 8 月) ……………                                                  |                                       | 103 |
| 編集後記……………                                                                | (山 本・藤 島)                             | 106 |



平成 23 年 11 月号 (第 741 号)

表 紙 写 真

ドリルジャンボの新技术 海外編

RCS (リグコントロールシステム) によるコンピュータ制御

写真提供: アトラスコブコ(株)

山岳トンネルとシールド・推進工 特集

協会活動のお知らせ

◆巻頭言 トンネル建設と技術者のロマン……中 川 浩 二 /3

新しい高効率電気集じん器……平 孝 次 /4  
小 峰 新

ICTを活用したトンネル工事現場における省エネ一元管理 ……横 山 勝 彦 /11  
新東名 鳳来トンネルにおけるスマートサイトシステム ……鈴 木 井 憲 攻

4 車線化工事に伴う供用中路線の ……田 中 直 樹 /15  
トンネル坑口改築 ……山 下 裕 司 森 嘉 昭

FRP セントルの開発 ……瀬 崎 満 弘 /20  
源 石 佳 弘

全断面早期閉合における合理化施工……石 山 宏 二 彦 /25  
大 高 橋 達 誠

ドリルジャンボの新技术 海外編  
RCS (リグコントロールシステム) による……鏡 田 昌 孝 /30  
コンピュータ制御

ラインセンサカメラを用いたトンネル変状検査システム ……鶴 飼 正 人 /35  
トンネルスキャナー ……下 田 一 也

二次覆工一体型シールド切替型推進工法の開発 ……南 雲 重 孝 浩 /42  
デュアルシールド工法 ……中 村 重 孝 浩 小 野 塚 良 明

大口径シールド機による急曲線施工……田 辺 和 也 平 /47  
原 秀 秀

非円形断面シールドトンネル用セグメント組立装置 ……栗 生 暢 雄 彦 /52  
ラック&ピニオン駆動モノレール式セグメント組立装置の開発 ……杉 山 雅 彦

覆工コンクリート脱型時期判定システムの開発と導入 ……宇 野 洋 志 城 彦 /57  
T-JUDG システムによる強度推定 ……京 免 継 彦

◆一般報文 日本一を目指す名古屋国道の現場力 ……高 橋 敏 彦 /62  
(その 3)「見える化」で変わる (「見える化」編)

◆交流の広場 発破による解体技術……新 藤 孝 志 /66

◆ずいそう ゴジラ襲来……田 中 康 正 /69

◆ずいそう 繋ぐ夢……三 谷 齐 /70

◆CMI 報告 溝を有する孔内に打設された ……寺 戸 秀 和 /71  
アンカーボルトの引抜き試験

◆部会報告 我が国における締固め機械の変遷 ……機械部会 路盤・舗装 機械技術委員会 (締固め機械変遷分科会) /75  
(その 3. 昭和 50 年代)

◆部会報告 京極発電所新設工事見学会……建 設 業 部 会 /83

◆部会報告 九州新幹線 (西九州) ……機械部会 /85  
俵坂トンネル (西) 他工事見学会後記 ……トンネル機械技術委員会

◆部会報告 ISO/TC 195 (建設用機械及び ……標 準 部 会 /88  
装置専門委員会) 中国・北京国際会議報告

◆新工法紹介……機関誌編集委員会 /93

◆新機種紹介……機関誌編集委員会 /94

◆統 計 平成 23 年 建設業の業況 ……機関誌編集委員会 /96

◆統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移……機関誌編集委員会 /98

行事一覧 (2011 年 9 月) …… /99

編集後記……(京 免・江 本) /102

平成 23 年 12 月号 (第 742 号)

表 紙 写 真

稼働中の洋上風力発電所

写真提供: (株)熊谷組

建設施工の地球温暖化対策・環境対策 特集

協会活動のお知らせ

◆巻頭言 大規模な災害における復旧と環境配慮……島 谷 幸 宏 /3

建設施工における地球温暖化対策 ……山 下 尚 /4  
建設機械の燃費基準の創設、低炭素型建設機械の普及支援

コンクリート塊の再資源化による二酸化炭素固定 ……曾 根 真 理 /9  
建設リサイクルを通じた吸収作用の保全・強化の展望 ……神 田 太 朗

ウインド・パワー・かみす風力発電所工事……矢 嶋 英 明 /14

中温化 (低炭素) アスファルト舗装の ……井 原 務 /20  
CO<sub>2</sub> 削減効果

オフロード法 2011 年基準適合油圧ショベル ……遠 藤 史 崇 /25  
336E/336EL の市場導入

新世代ハイブリッドショベルの紹介 ……奥 村 信 也 /30  
ZH200

建設機械の燃費評価方法 ……田 中 利 昌 /34  
JCMAS 燃費試験方法と燃費評価値

オーダーメイド型の土壌・地下水浄化技術 ……大 塚 誠 治 司 /39  
バイオペレンディー工法 ……河 合 達 司

海上工事で発生する海底振動が ……竹 山 佳 奈 也 /44  
周辺生物へおよぼす影響 ……磯 貝 哲 哲

鉄鋼スラグによる海域環境改善技術……中 川 雅 夫 /49

建設リサイクルの状況……畑 中 俊 昭 /54

建機製品の環境負荷物質低減活動の動向……鍋 岡 和 之 /61

◆交流の広場 地中熱利用の現状と展望……服 部 旭 /66

◆ずいそう 『私の柔道, 世界大会』……杉 本 美 香 /70

◆ずいそう 目指せ 80 歳の鉄人! ……東 江 安 美 /71

◆部会報告 我が国における締固め機械の変遷 ……機械部会 路盤・舗装 機械技術委員会 (締固め機械変遷分科会) /72  
(その 4. 昭和 60 年~63 年)

◆部会報告 ISO/TC 127 (土工機械) の ……標 準 部 会 ISO/TC 127 土工機械委員会 /77  
国際作業グループ会議報告 ……国際専門家 (Expert)

◆新工法紹介……機関誌編集委員会 /88

◆新機種紹介……機関誌編集委員会 /89

◆統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移……機関誌編集委員会 /90

行事一覧 (2011 年 10 月) …… /91

編集後記……(富 樫・松 澤) /94