

# 建設の施工企画 **4**

2013 APRIL No.758 JCOMA

震災がれきを活用した海岸堤防の施工



## 災害対応, 災害復旧・復興 特集

- 震災がれきを活用した海岸堤防の施工
- 東北中央自動車道(福島～米沢北)の管理設備計画
- 九州北部豪雨による矢部川の堤防決壊と九州地方整備局の対応
- 災害現場へのロボット技術の適用
- 放射性物質に汚染されたバイオマスのガス化発電による減容化処理
- 重仮設の急速施工化とその災害復旧工事への適用可能性
- 八戸港八太郎地区防波堤災害復旧工事
- 東日本大震災により被災した三陸鉄道の復旧状況
- 急速架設できる緊急スマート仮橋の車両通行公開実験
- 探査用無人飛行ロボットシステムによる探査活動報告
- 高所法面掘削機による掘削工法
- 河道閉塞災害への排水装置の提案

# クレーン, 搬送台車, 建設機械, 特殊車輛他 産業機械用無線操縦装置

今や、業界唯一。  
日本国内 自社自力生産・直接修理を实践中!

## ポケットサイズ ハンディ～ショルダー機 フルラインアップ!!

**ケーブルレス** **サテレタ** **リモコン** **無線操作**

Nシリーズ 微弱電波  
Rシリーズ 産業用ラジコンバンド  
Uシリーズ 429MHz帯 特定小電力  
Gシリーズ 1.2GHz帯 特定小電力  
ポーバ 防爆形無線機

- ◆ 業界唯一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応!
- ◆ 常に! 業界一のコストパフォーマンス!
- ◆ 迅速なメンテナンス体制!
- ◆ 未来を見据えた過去の実績を見て下さい! 代々互換性を継承、補修の永続制

## 新 スリムケーブルレス より安価なオーダー対応を実現!

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力  
両モデル対応

2段階押し・特殊  
スイッチ装着可能

自由度の高い  
多様なオーダー対応  
ボタン配置自在/最大32点

自社開発 高耐久性  
2段階押しスイッチを  
装着可能

モデルチェンジ!  
内部設計を  
一新

全ての  
互換を優先  
しました

優れた  
耐塵・防雨性能  
送信機はIP65相当

パネルゴム突起で  
操作クリック感が  
向上

8操作標準型  
RC-5808N

- 8操作8リレー
- 軽量コンパクト受信機

セットで  
15.75万円

12操作標準型  
RC-5812N

- 12操作12リレー
- 照明出力リレーの保持を標準採用

セットで  
17.85万円

16ボタン  
モデル

16操作標準型  
RC-5816N

- 16操作16リレー
- 同じ外形で16個のボタンをコンパクトに配置

## マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ  
標準型  
RC-6016N

- 16操作16リレー  
最大25リレーまで  
対応可能

セットで  
21万円

防爆形 対応可能 (N/Uシリーズ)

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力  
両モデル対応

2段階押し・特殊  
スイッチ装着可能

標準型  
RC-8516N

- 16操作16リレー  
最大32リレーまで  
対応可能

セットで  
23.1万円

頑強 ケーブルレス

無修理難題を  
一刀両断!! 最強ハンディ機登場!

堅牢なボディ  
耐衝撃性能が向上

優れた  
耐塵・防雨性能  
送信機はIP65相当

裏面スイッチ

ハンディなのに  
特殊スイッチを  
装着可能

特殊スイッチ

オーダー対応例

防爆形はTX-8400型送信機で対応 (Nシリーズのみ)

マイティサテレタ N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力  
両モデル対応

防爆形 対応可能 (Nシリーズのみ)

3ノッチジョイスティック型  
RC-7132N

ジョイスティック  
特殊スイッチ装着可能

セットで  
94.5万円

全押しボタン  
RC-7126N

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

セットで 47.25万円

旧アンリツ製 デジタルテレコン  
入替専用モデル

新型ジョイスティック

3ノッチ  
ジョイスティック型  
RC-7233UAN

スイッチガード付き押しボタン

全押しボタン型  
オーダー例  
RC-7215U

Nシリーズ

微弱電波モデル  
対応

標準型  
RC-3208N

- 8操作  
8リレー

セットで  
12.6万円

チップ ケーブルレス

片手で握り替えずに  
正確操作が行えます!

チップ部品採用で  
ポケットサイズ化

トコトコ機能を絞って  
コストダウン

アルカリ乾電池なら  
連続使用6時間以上

高い防水性能  
送信機はIP65

従来の  
信号互換あり!

受信機は既設のままでも送信機のみ取替も可

N/Rシリーズ

微弱電波・ラジコンバンド  
両モデル対応

3操作3リレー  
最大5リレーまで対応可能

2段階押しスイッチ追加可能! (オプション)

特許!

テルハには  
ゼロ線電源\*で  
電気配線工事 不要!!  
更におんぶ\*だっご金具\*で  
取付簡単!! (\*オプション)

標準型  
RC-4303N/R

セットで  
10.5万円

ポケットサイズの本格派!

リモコン  
無線操作 N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力  
両モデル対応

標準型  
RC-2512N

- 12操作12リレー  
最大32リレーまで対応可能
- 見易くなった電池残量告知ランプ付

セットで  
23.1万円

価格もサイズも  
ハンディー並み!

軽量コンパクト  
ショルダータイプ

データケーブルレス

微弱電波・特定小電力  
ラジコンバンド  
全モデル対応

N/R/U/G  
シリーズ

送信機  
(外部接点入力型)

- 7100型
- 6300型
- 5700型
- 3200型

受信機

写真は  
Uシリーズ

● 機器間の信号伝送に!  
● 多芯の有線配線の代わりに!

標準型 セットで  
TC-1305R 21.525万円  
TC-1308N(微弱電波) 23.1万円

MAXサテレタ Uシリーズ  
Gシリーズ

特定小電力  
専用モデル

ジョイスティック  
特殊スイッチ装着可能

RC-9300U

- 多機能多操作  
(比例制御対応も可)

セットで  
99.75万円

金属シャーシの  
多操作・特注仕様専用機!!

全押しボタン  
装着タイプ

無線式変速ジョイスティック  
2本装着例

無線式火薬庫警報装置  
発破番 ES-2000R

標準付属品付  
セットで  
42万円

● 長距離伝送  
到達距離約2km~(6km)

● 受信機から  
電話回線接続機能

● 高信頼性  
異常判定アルゴリズム

● 音声メッセージで  
異常箇所を連絡(受信側)

● 大音量警鳴音発生  
110dB/m

ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)

2km (6km)

無線化工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介しておりますのでご覧下さい。 朝日音響 検索

常に半歩、先を走る

ベンチャー企業創出支援投資 対象企業

# 朝日音響株式会社

〒771-1350 徳島県板野郡上板町瀬部  
FAX: 088-694-5544(代) TEL: 088-694-2411(代)  
<http://www.asahionkyo.co.jp/>

会員各位

## 機関誌名の変更について

一般社団法人日本建設機械施工協会

拝啓 新緑の候、皆様におかれましてはますますご清栄のこととお慶び申し上げます。また、平素より当協会の活動にご理解、ご協力を賜り誠にありがとうございます。

さて、当協会の機関誌「建設の施工企画」は「建設の機械化」の旧誌名時代を合わせて60有余年にわたり建設機械や機械化施工に関する最新の技術報告や解説などの記事を掲載し、会員の皆様に情報発信や交流の場として親しまれてきたところですが、今般、新たな発展を期し、6月号から誌名を「建設機械施工」に変更することといたしました。今後とも内容の充実をはかり会員の皆様により活発な情報発信と交流の場を提供したいと考えておりますので、引き続きご愛読を賜りたいと存じます。

敬具

## 論文募集のご案内

日本建設機械施工協会では、このたび学術論文を審査、公表する準備が整いましたので、論文原稿を募集開始します。募集の概要は、以下のとおりです。なお、詳しいことは、当協会ホームページ、論文投稿をご覧ください。

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

### ★募集対象

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

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

### ★部門

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

### ★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

### ★原稿の受付

随時受け付けます。

### ★公表の方法

当協会機関誌へ掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

### ★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

# 平成25年度「建設施工と建設機械シンポジウム」 —暮らしを支える建設施工と建設機械—

## 論文・ポスターセッション発表の募集

1. 会 期：2013年(平成25年)11月13日(水)～11月14日(木)
2. 会 場：機械振興会館（東京都港区芝公園3-5-8）  
B2ホール、地下3階研修-1、2号室、B3-2
3. 主 催：一般社団法人 日本建設機械施工協会
4. 後 援：(順不同・予定)  
国土交通省、経済産業省、独立行政法人土木研究所、公益社団法人土木学会、公益社団法人地盤工学会、一般社団法人日本機械土工協会、一般社団法人日本機械学会、一般社団法人日本測量機器工業会、一般社団法人日本建設機械工業会、  
(株)建設機械新聞社、(有)建設機械新報社、(有)産業機械新聞社、(株)日刊建設工業新聞社、  
(株)日刊建設産業新聞社、(株)日刊建設通信新聞社、(株)日刊工業新聞社、フジサンケイビジネスアイ  
※土木学会 継続教育(CPD)プログラム認定申請予定
5. 主 旨  
本協会では、“建設施工と建設機械”に関する技術の向上を目的に、技術開発、研究成果の発表の場として、「建設施工と建設機械シンポジウム」を毎年開催しております。  
本年度も建設施工と建設機械分野の技術者や研究者相互の情報交換と技術力の研鑽の場を提供すべく、「暮らしを支える建設施工と建設機械」をテーマにシンポジウムを開催することになりました。このシンポジウムでは、下記の6つのテーマについて広く発表論文の募集を行うとともに、昨年度に引き続き幅広い参加を目的として、ポスターセッションの募集も併せて行います。また、優秀な論文、ポスターに対しては優秀論文賞、論文賞、優秀ポスター賞として表彰する予定をしています。  
本シンポジウムを建設施工と建設機械に関係する技術者の資質向上の場としてはもとより、産官学あるいは異業種間の交流連携の場としてなお一層活用して頂けることを期待しております。  
以上の主旨と内容をご理解頂き、関連する各分野からの論文発表会、ポスターセッションに参加頂きますようご案内申し上げます。
6. 論文募集内容  
論文は、建設施工と建設機械に関する下記の項目のいずれかに該当する内容で応募頂いております。
  - (1) 災害対策、防災、復旧・復興
  - (2) ICTの利活用
  - (3) 品質確保とコスト縮減
  - (4) 環境保全、省エネルギー対策
  - (5) 安全対策
  - (6) 維持・管理・補修
7. 論文募集要領
  - (1) 論文発表申込：「申込書1」により提出して下さい。  
※「申込書1」は、当協会ホームページ(<http://www.jcmanet.or.jp>)からダウンロードが出来ます。
  - (2) 論文アブストラクト提出締切日：**平成25年5月31日(金)**(事務局必着厳守)
  - (3) 提出されたアブストラクトを審査の上、採用決定論文については後日、本論文の作成を依頼します。  
(本論文の提出締切りは8月23日(金)の予定です。)
  - (4) 本論文は、4頁、6頁を標準としますが、2頁も可とします。その構成(目的、方法、結果と考察、結論)、文章及び図表は学術論文に準じて下さい。なお、本文は本論文作成依頼の際に同送いたします。

す当協会『論文執筆要項』に従って頂きます。

(5) 論文発表時間：17分／編（発表：14分、質疑・応答：3分）

## 8. ポスターセッション募集内容

ポスターセッションの発表内容は、6. 論文募集内容の6項目に準ずるものとし、以下のうち一つに該当するもので応募頂いております。

- ① より活発な意見交換が望まれる研究成果（研究途上成果を含む）[学生研究発表等]
- ② 新規開発技術・製品の発表、紹介 [ベンチャー企業の技術開発成果等]
- ③ 既発表であっても有用性の高い（参加者への周知が望ましい）成果 [技術審査証明事業等]
- ④ 最近関心が高まっている特定課題（防災、環境対策、情報化施工、省エネ対策技術）

## 9. ポスターセッション募集要領

(1) 発表申込：「申込書2」により提出して下さい。

※「申込書2」は、当協会ホームページ(<http://www.jcmanet.or.jp>)からダウンロードが出来ます。

(2) **ポスターセッションアブストラクト提出期限：平成25年5月31日（金）（事務局必着厳守）**

(3) 提出されたアブストラクトを審査の上、採用の可否を決定し通知します。ポスター、必要機器等は発表当日持込みとなります。

(4) ポスターサイズはA0版（縦1189×横841mm）1枚とします。レイアウト上、ポスターの上端から100mm幅の帯を左端から右端まで通して設け、その範囲内に表題、発表者氏名を記入して下さい。なお、ポスター作成依頼の際に同送いたします当協会『ポスター作成依頼の作成要領』に従って頂きます。

(5) ポスター前には長机を用意しますので、パンフレット、模型、ノートPC（バッテリー駆動）等による補助的なプレゼンテーションも可とします。（必要機材は発表者側で準備してください）

(6) 発表時間：1日目 9:30～17:00（内、コアタイム1時間）  
2日目 9:30～14:00

(7) 募集数：20編程度

## 10. 表彰

### (1) 論文

審査委員会による論文査読審査・発表状況審査を経て、優秀な論文に対して論文賞、論文と発表が優れた論文に対して優秀論文賞として表彰いたします。また、審査委員特別賞として、若手発表者を表彰することもあります。

なお、優秀論文賞、論文賞を受賞した論文は、平成25年度 一般社団法人日本建設機械施工協会 会長賞の候補といたします。

### (2) ポスター

実行委員会委員によるポスターと発表の内容の総合的な審査を経て、優秀なポスターに対して優秀ポスター賞として表彰いたします。

11. 参加費：論文、ポスターセッション発表者は無料で参加頂けます。

## 12. 注意事項

**審査の結果により、発表頂けない場合がありますので予めご了承願います。**

また、審査の結果により、発表方法（論文発表、ポスターセッション発表）の変更をお願いすることがありますので予めご了承願います。

さらに、論文の提出時に著作権譲渡書を預託頂き、委員会にて採用が決定した場合は当該譲渡書を提出したものとさせていただきます。

### ◆ 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

一般社団法人 日本建設機械施工協会 シンポジウム実行委員会事務局（担当：水口、直塚）

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





# 「第二回 “災害復興工事” に役立つ情報化施工 講習会」

一般社団法人日本建設機械施工協会 情報化施工委員会においては、情報化施工を活用した災害に強く信頼性の高い工事の実現、1日も早い復興を願い、復興工事に携わる皆様に具体的に役立つ情報の提供や、導入に際してのお手伝いをいたしたく活動を行っております。その一環として、“災害復興工事”に役立つ情報化施工の講習会を開催致します。

『復興工事の建設現場管理者様、建設機械オペレータ様の方は必見です。  
貴方の望む情報化施工装置を探し出してください!』

## ■スケジュール

平成 25 年 5 月 17 日 (金)

受付時間：9：00～

講習時間：9：30～16：30 (昼食時間あり)

CPDS：6 ユニット

## ■講義実演内容

講義内容(2.5 時間)

1-1：情報化施工の概要

1-2：情報化施工実務作業

マシンコントロール(MC)・マシンガイダンス(MG)用設計データ作成

実演・見学内容(3.5 時間)

2-1：3DMC(ブル・グレーダー)

2-2：3DMG(油圧ショベル)

2-3：2DMG(ミニショベル)

2-4：三次元設計データ

2-5：TS 出来形計測

情報化施工機器展示：TS 出来形管理、GNSS 測量器、基準局不要の VRS 測量器、情報化施工建機等

※車両系建設機械運転技能講習等の修了者は、資格に応じて情報化施工建機の操作体験が行えます。

車両系等の技能講習を修了されていない方も、停止した状態あるいは教習用ブルドーザの搭乗により、ICT 機器の状況を確認することが可能です。

※開催内容について変更になる場合があります。

## ■会場：キャタピラー東北 岩沼 ICT 研修センター

〒989-2494 宮城県岩沼市下野郷字西原 103

## ■定員：100 名 (定員になり次第締切となります)

## ■参加費：8,000 円 (昼食、消費税込)

## ■CPDS：当講習会は、CPDS 認定プログラムの登録を行います。

## ■申込方法：申込書に必要事項を記入の上、FAX でお申し込みください。

お返し受付票と参加費の請求書をお送りします。

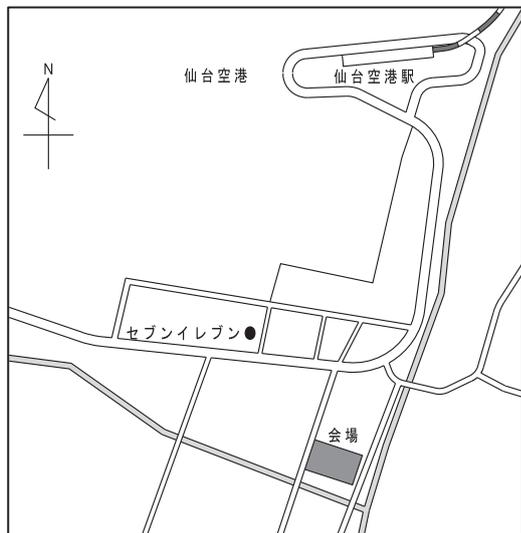
## ■支払方法：原則として講習会開催までに、請求書記載の指定銀行等に振り込んで下さい。

(開催当日現金でのお支払いは受付できません)

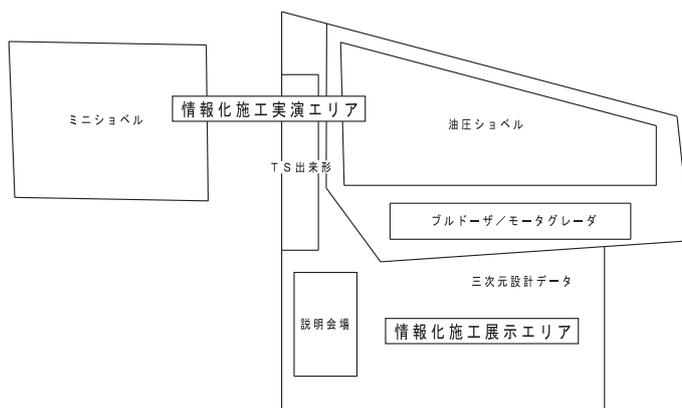
## ■主催：一般社団法人日本建設機械施工協会 情報化施工委員会

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

## ■Facebook：<https://www.facebook.com/cmiict2012>



会場案内（仙台空港駅より 1.5km）



実技会場レイアウト

## 「第二回 “災害復興工事” に役立つ情報化施工 講習会」参加申込書

2013年 月 日

（フリガナ） 参加者氏名				（年齢： 歳）
機関名（会社名）				
所属・役職				
連絡先住所	〒			
	TEL		Fax	
E-mail				
ICT建機操作体験	希望する箇所に○をお付け下さい。 1. 希望しない 2. 希望する（a. MGブルドーザ b. MGバックホウ c. MGミニバックホウ）			
車両系等の 技能講習修了証	いずれかに○をお付け下さい。 1. なし 2. 車両系3t以上 3. 車両系3t未満 4. その他（ ）			
CPD受講証明の 受領希望	いずれかに○をお付け下さい。 1. 希望する 2. 希望しない			

※実技実習時には作業場に立ち入りますので、ヘルメット、作業靴等現場作業に適している服装でお越しください。

※実機実習時に実機運転を希望される方は、資格証をご持参して下さい。

※申込の人数が少ない場合、中止する場合があります。また、定員オーバーなどの場合、受付をお断りする場合もありますので、予めご了承願います。

お 問 合 せ 先	一般社団法人 日本建設機械施工協会 東北支部 事務局長 山田
	〒980-0802 仙台市青葉区二日町 16-1 二日町東急ビル
	電話 022-222-3915 FAX 022-222-3583
	公式HP <a href="http://www.jcmanet.or.jp/">http://www.jcmanet.or.jp/</a>

協力会社・団体（五十音順で記載）

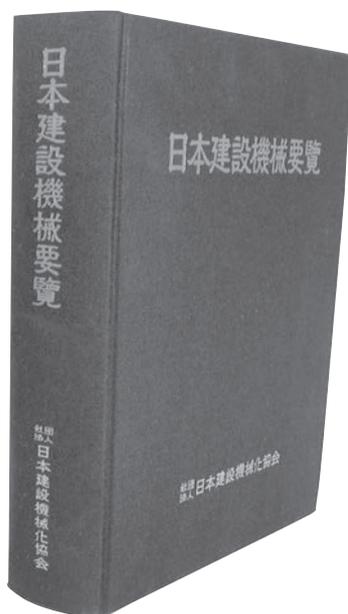
株式会社アクティオ、鹿島道路株式会社、株式会社カナモト、キャタピラー東北株式会社、株式会社建設システム、コマツ建機販売株式会社、株式会社ジェノバ、鉄建建設株式会社、株式会社トブコン、株式会社トブコンソキアポジショニングジャパン、株式会社ニコン・トリンプル、西尾レントオール株式会社、日立建機日本株式会社、福井コンピュータ株式会社、ライカジオシステムズ株式会社、株式会社レンタルのニッケン、独立行政法人土木研究所

# 2013年版 日本建設機械要覧

## ご案内

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

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



### 体 裁

B5判、約1,320頁／写真、図面多数／表紙特製  
平成25年3月末発刊

### 価 格

価格は次の通りです（消費税5%含む）

会 員 43,050円（本体41,000円）

非会員 51,450円（本体49,000円）

（注）送料は1冊1,050円となります。

（複数冊の場合別途）

「会 員」・・・本協会の会員または、官公庁、  
学校等公的機関

「非会員」・・・上記以外

### 特 典

2013年版日本建設機械要覧購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版、2004年版、2007年版及び2010年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2013年版を含めると1998年から2012年までの建設機械データが活用いただけます。

## 2013年版 内容目次

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

# ◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

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

上記図書を申込み致します。平成 年 月 日

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

◆ 申込方法 ◆

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

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

[お問合せ及びお申込先]

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	TEL 03 (3433) 1501 FAX 03 (3432) 0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 さっけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東北支部	〒980-0802 仙台市青葉区二日町16-1 二日町東急ビル	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北陸支部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中部支部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関西支部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中国支部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四国支部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイトビル	TEL 087 (821) 8074 FAX 087 (822) 3798
九州支部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-8-26 第3白水駅東ビル	TEL 092 (436) 3322 FAX 092 (436) 3323

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

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

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

当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

増刷出来 !!

# 建設施工における地球温暖化対策の手引き

当協会では地球温暖化問題を学び、建設施工における本問題を理解し、実践するための必携書として、これらを簡潔に分かりやすく纏めた「建設施工における地球温暖化対策の手引き」を発刊しておりましたが好評を頂き御要望を多く頂いているため、この度急遽コピー版で増刷致しました。本書によって地球温暖化と建設施工における地球温暖化対策を理解し、建設現場での実践に役立てて頂きたく思います。

## ◇主な内容

- ・建設施工における工法、資材、建設機械及びその運転方法等について、CO<sub>2</sub>の排出を削減するための一般的な対策手法や留意事項を示した。
- ・各工種の標準的な工法におけるCO<sub>2</sub>排出量を算出すると共に、その排出量の削減が可能な対策と削減量を対策効果例として示した。
- ・国土交通省の土木工事積算システムにアクセスが多く、地球温暖化対策に関連する8工種を選定した。

## ◇掲載工種

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

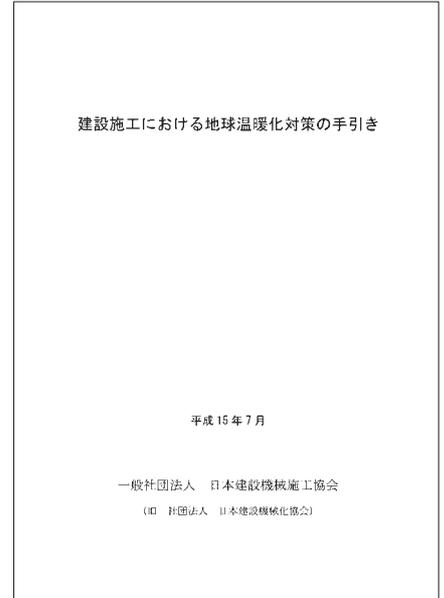
## ◇体裁・定価

A4判，85頁

定価 会員 1,470円（本体1,400円），送料600円

非会員 1,575円（本体1,500円），送料600円

官公庁（学校関係を含む）は会員価格です。



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

本書は「建設施工における地球温暖化対策の手引き」に準拠して作成・発行したもので、地球温暖化対策を実施する際に稼働する建設機械の省エネ運転のための操作方法を、具体的に簡便にイラストを使って分かりやすく記載したものです。是非とも上の「手引き」と併せて利用下さい。

## ◇主な内容

基本事項，油圧ショベル，ブルドーザ，ホイールローダ，ローラ，ホイールクレーン，クローラクレーン，ダンプトラック，点検整備

## ◇体裁・定価

B5判，50頁

定価 会員・非会員共 525円（本体500円）



# 増刷出来 !!

## 建設作業振動対策マニュアル

本書は地方自治体の環境担当者が実務的に施工現場で施工者に対して振動規制法の適切な執行を行い、振動防止指導や住民からの苦情に的確な処置がとれるようにすること、又建設工事の発注者あるいは施工者が適切に環境保全に対処した工事の計画・施工・管理を実施できるようにすること等を目的として作成しました。

しかし本書は平成6年の初版発行でありまして、その後なされた法規制の制定、改正等に対してその内容を十分に網羅していません。しかし建設作業における振動対策に係わっておられる方々から内容的に参考になる部分が多であるという事で、増刷の要請を多く頂き、当協会ではこの度増刷する事と致しました。是非とも下の当協会の姉妹書「建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック 第3版」とも併せて利用頂ければ幸甚でございます。

### ◇ 主な内容

- 第1章 建設作業振動の規制
- 第2章 建設作業に伴う公害振動の実態と対策の現況
- 第3章 届け出・苦情時の望ましい対応のあり方
- 第4章 振動の基礎及び測定・評価方法
- 第5章 地盤振動の伝搬と予測
- 第6章 建設工事と建設機械
- 第7章 現状と対策例
- 第8章 建設工事工程計画と工事振動予測例

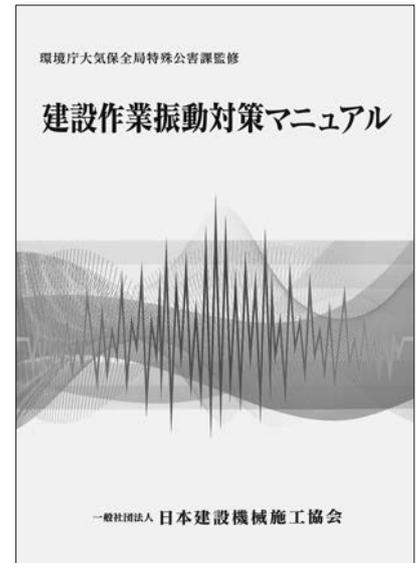
### ◇ 体裁・定価

B5判, 360頁

定価 会員 5,400円(本体5,143円), 送料520円

非会員 6,000円(本体5,715円), 送料520円

官公庁(学校関係を含む)は会員価格です。



## 建設工事に伴う 騒音振動対策ハンドブック 第3版

本書は昭和52年に初版が発刊され、昭和62年に改訂されましたが、その後低騒音型建設機械の指定制度の発足及びその大幅な普及など建設機械の低騒音化・低振動化が進むとともに、高流動化コンクリート工法、超高周波振動杭打ち機など低騒音・低振動化技術の進展が著しいので、そのような最新技術と最新データを盛り込んで平成13年に第3版改訂版を発刊致しました。

### ◇ 主な内容

- 第1章 建設工事と公害
- 第2章 現行法令
- 第3章 調査・予測と対策の基本
- 第4章 現地調査

### ◇ 取り上げた工種

土工、運搬工、岩盤掘削工、基礎工、土留め工、コンクリート工、舗装工、鋼構造物工、構造物とりこわし工、トンネル工、シールド・推進工、軟弱地盤処理工、仮設工、定置機械(空気圧縮機、発動発電機)

### ◇ 体裁・定価

B5判, 330頁

定価 会員 5,880円(本体5,600円), 送料600円

非会員 6,300円(本体6,000円), 送料600円

官公庁(学校関係を含む)は会員価格です。



# よくわかる建設機械と損料 2012

(平成24年度版 建設機械等損料表 解説書)

■発行 : 平成24年5月

■体裁 : B5判、一部カラー、390ページ

■価格(税込) : 5,460円(一般)、4,620円(会員)

■送料(単価) : 450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。

\*沖縄県の方は一般社団法人沖縄しまたて協会(TEL:098-879-2097)にお申込み下さい。(沖縄県内送料単価:340円)

## ■本の特長

★損料表の構成・用語の意味、損料補正方法

などを平易な表現で解説

★20件の関連通達類の位置付けと要旨を解説

★H24年度版損料表の主な改正・変更点を一覧表にして紹介

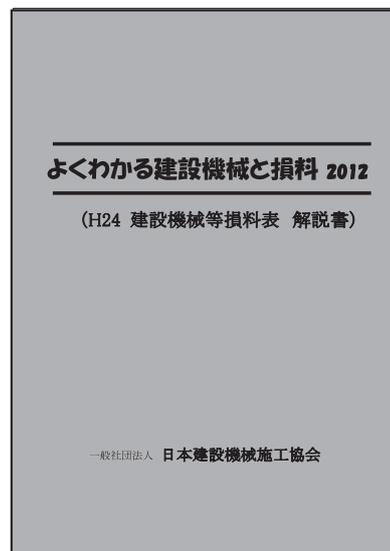
★損料表に掲載の機械について、大分類別にコード体系を図示

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

★損料表に掲載の各建設機械の概要(機能・特徴)を紹介

★主要建設機械のメーカー・型式名を表にして紹介

★機械の俗称からも、損料表における掲載ページ検索が可能



一般社団法人 日本建設機械施工協会

## ◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内 ◆

会費：年間 9,000円

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

### ★個人会員の特典

- 「建設の施工企画」を機関誌として毎月お届け致します。(一般購入価格 1冊840円/送料別途)。  
「建設の施工企画」では、建設施工や建設機械に関わる最新の技術情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告などのほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。
- 協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入できます。
- シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の建設機械・建設機械施工の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに、会員価格(割引価格)で参加できます。

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非入会下さい!!

## ◆ 一般社団法人 日本建設機械施工協会について ◆

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

### 一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

#### ■会員構成

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

#### ■主な事業活動

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

#### ■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙を使用してください。

### 【お問い合わせ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係  
〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館  
TEL:(03)3433-1501 FAX:(03)3433-0401

一般社団法人 日本建設機械施工協会会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会個人会員に入会します。

平成 年 月 日

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

**【会費について】 年間 9,000円**

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

**【その他ご入会に際しての留意事項】**

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

**【個人情報の取扱いについて】**

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

一般社団法人日本建設機械施工協会 発行図書一覧表（平成24年11月現在）

発行年月	図 書 名	税込価格	会員価格	送料
H25年 3月	日本建設機械要覧 2013年版	51,450	43,050	1,050
H24年 9月	道路除雪オペレータの手引	3,000	2,000	600
H24年 5月	よくわかる建設機械と損料 2012	5,460	4,620	450
H24年 5月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成24年度版	5,880	5,000	450
H24年 5月	橋梁架設工事の積算 平成24年度版	8,400	7,140	600
H24年 4月	平成24年度 建設機械等損料表	7,700	6,600	600
H23年 4月	建設機械施工ハンドブック 改訂4版	6,300	5,350	700
H22年 10月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,150		400
H22年 10月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,150		400
H22年 7月	情報化施工の実務	2,100	1,800	400
H21年 11月	情報化施工ガイドブック 2009	2,310	2,100	400
H20年 6月	写真でたどる建設機械 200年	2,940	2,490	450
H20年 2月	除雪機械技術ハンドブック	3,000		600
H18年 2月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,360	2,800	450
H17年 9月	建設機械ポケットブック（除雪機械編）	1,000		250
H16年 12月	2005「防雪・除雪ハンドブック」（除雪編）	5,000		530
H15年 7月	道路管理施設等設計指針（案）道路管理施設等設計要領（案）	3,360		600
H15年 7月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,575	1,470	600
H15年 6月	道路機械設備 遠隔操作技術マニュアル（案）	1,890		600
H15年 6月	機械設備点検整備共通仕様書（案）・機械設備点検整備特記仕様書作成要領（案）	1,890		600
H15年 6月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	525		250
H13年 2月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック	6,300	5,880	600
H12年 3月	移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル	2,600	2,300	390
H11年 10月	機械工事施工ハンドブック 平成11年度版	7,980		600
H11年 5月	建設機械化の50年	4,200		600
H11年 5月	建設機械図鑑	2,625		600
H10年 3月	大型建設機械の分解輸送マニュアル	3,780	3,360	600
H9年 5月	建設機械用語集	2,100	1,890	600
H8年 11月	Construction Mechanization in Japan 1997	3,150		420
H7年 4月	最近の軟弱地盤工法と施工例	9,800	9,300	800
H6年 4月	建設作業振動対策マニュアル	6,000	5,400	520
H6年 6月	ジオスペースの開発と建設機械	8,000	7,500	500
H5年 8月	道路除雪ハンドブック	5,200	4,800	420
S63年 3月	新編 防雪工学ハンドブック	10,500	9,450	520
S59年 11月	場所打ち杭設計施工ハンドブック	5,145	4,630	460
S59年 2月	建設機械整備ハンドブック（エンジン整備編）	6,510	5,859	520
S56年 12月	建設機械整備ハンドブック（基礎技術編）	8,400	7,560	520
S55年 1月	建設機械整備ハンドブック（管理編）	4,200	3,780	520
	建設機械履歴簿	400		250

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

# 建設の施工企画

2013年4月号 No. 758

## 目次

### 災害対応, 災害復旧・復興 特集

3	巻頭言 巨大津波リスクにどう対処すればよいか 津波シェルターの活用で新たな展開を……………	元田 良孝
4	震災がれきを活用した海岸堤防の施工 仙台湾南部海岸堤防復旧プロジェクト……………	武田 節朗
9	東北中央自動車道(福島～米沢北)の管理設備計画 安全・安心な走行空間確保のために……………	福島河川国道事務所
14	九州北部豪雨による矢部川の堤防決壊と九州地方整備局の対応……………	志賀 三智
18	災害現場へのロボット技術の適用……………	浅間 一
23	放射性物質に汚染されたバイオマスのガス化発電による減容化処理 ……………	松生 隆司・大山 将・近藤 秀樹
28	重仮設の急速施工化とその災害復旧工事への適用可能性 LIBRA 工法……………	孝本 英俊・衣笠 正則
34	八戸港八太郎地区防波堤災害復旧工事……………	下川床 徹
38	東日本大震災により被災した三陸鉄道の復旧状況……………	野田 軍治・佐々木 健
44	急速架設できる緊急スマート仮橋の車両通行公開実験 産学共同研究としての車両用モバイルブリッジ™の試作1号機による、「かけはし」開発作戦 ……………	有尾 一郎
50	探査用無人飛行ロボットシステムによる探査活動報告 ブレを抑えたハイビジョン動画の検証……………	富田 茂
57	高所法面掘削機による掘削工法……………	市原 淳・杉田 義典
64	河道閉塞災害への排水装置の提案 起動力は「水の力」! 呼び水式・山辰サイフォン排水装置 ……………	馬淵 和三・平松 研・岩佐 直人・馬淵 剛
72	交流の広場 準天頂衛星システム初号機「みちびき」……………	小暮 聡
77	ずいそう 西洋医学の恩恵を受けて……………	後明 廣志
78	ずいそう 宇宙ステーション……………	玉石 修介
79	JCMA 報告 ◆除雪機械展示・実演会開催報告◆ ゆきみらい 2013 in 秋田『秋田発 甦れ日本 雪国から元気を』……………	河田 博之
84	CMI 報告 復興支援 WG 活動(第一回情報化施工活用支援セミナー開催) ……………	藤島 崇・椎葉 祐士
86	部会報告 ISO/TC 127/SC 2/WG 22 (ISO 17757 自律式機械の安全性) 2013年2月オーストラリア国シドニー市国際作業グループ会議報告……………	標準部会
89	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
96	統計 平成25年度国土交通省予算のポイント ……………	機関誌編集委員会
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
99	行事一覧(2013年2月)	
102	編集後記……………	(川西・船原)

### ◇表紙写真説明◇

#### 震災がれきを活用した海岸堤防の施工

写真提供: 国土交通省仙台湾河川国道事務所

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震

による地震・津波で仙台湾南部海岸では、海岸堤防の決壊や背後地盤の洗掘など甚大な被害を受けた。

これらの復旧にあたって、地震・津波により発生した震災廃棄物のうち、津波堆積物とコンクリート殻(震災がれきという)を活用することにより、海岸堤防の盛土材の安定供給と工事コスト縮減及び自治体による震災がれき処理対応の軽減等を図ったものである。

## 情報化施工により東日本大震災の復興を支援

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

まずは、一般社団法人日本建設機械

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

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

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

## 平成 25 年度 一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞 ご案内

下記の通り、「一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞」をご案内致します。

### 1. 表彰の目的

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

### 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、団体に属する個人およびその他の個人。

### 3. 表彰の種類

本賞(会長賞)、貢献賞および奨励賞

### 4. 応募

平成 25 年 1 月 31 日(締切済み)

### 5. 選考

本協会が設置した「一般社団法人日

本建設機械施工協会会長賞選考委員会」で選考致します。

### 6. 表彰式

本協会第 2 回通常総会(平成 25 年 5 月 29 日(水))終了後に行います。

詳細問い合わせ先:

一般社団法人日本建設機械施工協会 阿部

TEL: 03-3433-1501

FAX: 03-3432-0289

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

## 平成 25 年度建設機械施工技術検定試験

### — 1・2 級建設機械施工技士 —

平成 25 年度 1・2 級建設機械施工技術検定試験を次の通り実施いたします。

この資格は、建設事業の建設機械施工に係る技術力や知識を検定します。(以下の記載内容は概略ですので、詳細は当協会ホームページを参照又は電話による問合せをしてください。)

### 1. 申込み方法

所定の受検申込み用紙に必要事項を

記載し、添付書類とともに郵送。

平成 25 年 2 月 1 日(金)から 4 月 5 日(金)まで、受検申込み用紙等を含む「受検の手引」一式を当協会等で販売します。

### 2. 申込み受付

平成 25 年 3 月 8 日(金)～4 月 5 日(金);終了

### 3. 試験日

学科試験:平成 25 年 6 月 16 日(日)

実地試験:平成 25 年 8 月下旬から 9 月中旬

詳細問い合わせ先:

一般社団法人日本建設機械施工協会 試験部

TEL: 03-3433-1575

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

## 欧州建設機械化視察団 団員募集

### — bauma 2013 (ドイツ・ミュンヘン) —

建設機械および建設資材等の国際的な展示会“bauma 2013”がドイツ・ミュンヘンで開催されます。当協会ではこの機会に、世界最大規模の本展示会と、シュトゥットガルト/フランクフルトの工事現場等を視察する欧州建設機械化視察団を企画いたしました。

関係各位においては、国際的な建設

機械の動向をキャッチし、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つものと思われれます。

期間:平成 25 年 4 月 14 日(日)～4 月 20 日(土) 5泊7日

視察地:ミュンヘン、シュトゥットガルト、フランクフルト

参加費:365,000 円(空港税等別)

募集締切:平成 25 年 3 月 1 日(金) 済み

詳細問い合わせ先:

一般社団法人日本建設機械施工協会 鈴木 勝

TEL: 03-3433-1501

FAX: 03-3432-0289

## 巻頭言

# 巨大津波リスクにどう対処すればよいか 津波シェルターの活用で新たな展開を



元 田 良 孝

東日本大震災で東北沿岸は想定もしなかった津波に襲われ、多くの犠牲者と資産の損失があった。このような災害には二度と遭いたくないが、ではリスクにはどう対処していったらよいのであろうか。復興計画では同様な津波が来ても対処できるように巨大な防潮堤の建設と高台への分散移転が計画されているがそれはリスクへの正しい対処と言えるのだろうか。

私が危惧するのは莫大な費用をかけ、ほとんど津波への防災のみを考えたこれらの地域計画は人間生活になじまなく、遠くない将来に放棄される可能性が高いことである。過去の津波災害による高台移転については、民俗学者の山口彌一郎の記録（津浪と村、三弥井書店、平成23年）が参考になる。1933年の昭和三陸津波では3千人を超す犠牲者を出した。岩手県では国、県が予算を出して高台移転を進め、宮城県では低い土地は条例で建築制限を設けて人が住まないようにした。結果はどうなったか。岩手県では整地はしたものの高台移転は進まず、一旦高台に移転した者も多くは低地に戻った。宮城県では条例は設けたものの、いつの間にか忘れられてしまった。理由は低地が便利であるのに比べ高台は生活するには不便だったからである。

三陸で進んでいる復興計画でどのような地域ができるか、想像してみるとよい。数階建てのビルを並べたような万里の長城のような防潮堤が延々と続き、海を見ることもできない。例えば15mの防潮堤は小規模なダムと同じ高さで、ダムの底にいるのと同じである。

漁業関係者はこの防潮堤を毎日越えて港に出なければならぬ。高台に移転したのちどのような生活が待っているのか。高台は山岳に造成される小規模な住宅団地と思えばよい。眺望は素晴らしいかもしれないがどこに行くにも何をするにも車がなければ生活ができず、高齢者には不向きである。高度成長時代に全国に造成された同様な形式の高台の団地は魅力がないので若い人の新たな転入がなくほとんどが高齢化と過疎化を迎えている。

津波災害という1つのリスクのみに対処したのが現在行われている復興計画であるが、1つのリスクに対

処しようとする別のリスクが生じるのである。このため日常生活とのバランスのとれた防災計画が求められる。例えて言うなら、交通事故では毎年5千人近くの人々が亡くなっている、病気を除けば最大のリスクである。交通事故をなくすることが至上目的であるならば車をなくすることが最も効果的な対策である。しかし現在では車を使わないと利便性を失い社会が成り立たなくなり、誰も賛同しないだろう。これと同様に津波防災においても津波のリスクだけを除去することが至上目的となるならば、日常生活には不便な地域が形成され、生活のできない人は去っていくしかない。

津波に無防備でよいという極論を言っているのではない。レベル1に相当する通常予想される津波に対しては防潮堤で防ぐことが必要である。その意味でインフラ整備は重要である。しかしレベル1を越える津波に対しては過剰に防潮堤の高さを上げたり浸水しない高さまで居住しない対策をとるべきではなく、避難を前提として低地の利用をすべきと考える。一方で今回の災害では高齢者、障害者など弱者の避難の難しさも浮き彫りになった。だがこの点は津波シェルターの活用で対処できると考えられる。津波シェルターとは津波が来た時に一時的に避難するもので、救命ボートをイメージすればよい。避難ビルにしる、高台にしる高齢者、障害者には避難が難しいが、津波シェルターであれば各家庭に置くことも可能で避難距離も短く、津波の波高が高くなっても対応が可能である。津波シェルターの利点は、防潮堤、かさ上げ、避難ビルなどのハード整備よりコストがかからないこと、工期も短くて済むこと、避難の問題が解決できること、浸水地域でも町を再建できることである。現在復興計画が進まないのは、移転のための費用が特に収入の少ない高齢者にとって大きな負担となり、長い工期も高齢者にとっては受け入れがたいことである。しかし津波シェルターであれば自分の土地も利用でき、短期間で復興できるので負担はより少なくなる。従来の方にとらわれることなく、津波シェルターで早期の復興をと願っている。

# 震災がれきを活用した海岸堤防の施工

## 仙台湾南部海岸堤防復旧プロジェクト

武田 節朗

平成 23 年 3 月 11 日に発生した「東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）」による地震・津波で仙台湾南部海岸では全ての区間で津波が海岸堤防を越流し、堤防決壊や消波ブロックの飛散、堤防裏法面の流出、背後地盤の洗掘など甚大な被害を受けた。

これらの海岸堤防の復旧にあたって、地震・津波により発生した震災廃棄物のうち、津波堆積物とコンクリート殻（以下震災がれきという）を活用することにより海岸堤防の盛土材の安定供給と工事コスト縮減及び自治体による震災がれき処理対応の軽減等を図ったものである。

キーワード：東日本大震災、災害復旧、海岸堤防、震災がれき

### 1. はじめに

仙台湾南部海岸は仙台市から福島県境までの 3 市 2 町にまたがる延長約 60 km の海岸で背後地は商業、工業などの産業の集積が著しく、東北地方の中核拠点となっている。このうち、海岸浸食の著しい岩沼海岸、山元海岸計 13.9 km を国土交通省直轄海岸工事区間として海岸保全施設の整備を進めてきている（図—1）。

平成 23 年 3 月 11 日に発生した「東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）」による地震・津波で仙台湾南部海岸では全ての区間で津波が海岸堤防を越流し、押

し寄せる津波や引き波により堤防決壊や消波ブロックの飛散、堤防裏法面の流出、背後地盤の洗掘など甚大な被害を受けた。

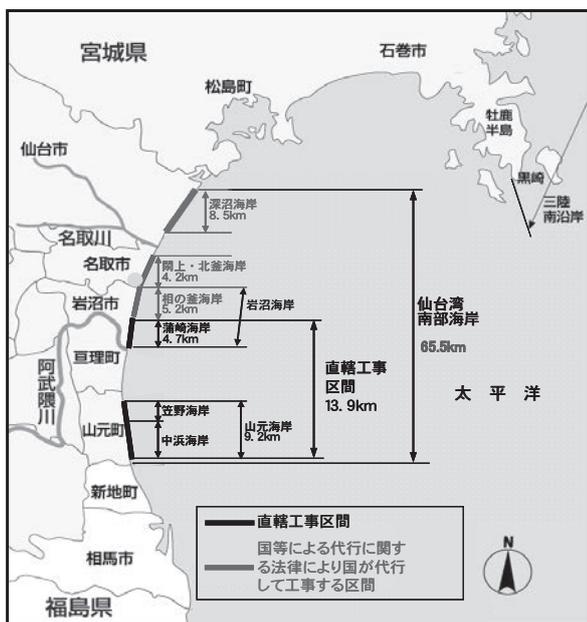
本報文は、これら被災した海岸堤防の災害復旧の取り組みと、被災自治体の復興の課題となっている震災廃棄物のうち、津波堆積物とコンクリート殻（以下震災がれきという）の海岸堤防盛土への活用について報告するものである。

### 2. 東日本大震災による被害状況と災害復旧の対応

#### (1) 被害状況

平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分の三陸沖を地震源とするマグニチュード 9.0 の地震により、宮城県内では栗原市築館で震度 7 を観測したほか、7 市 4 町 1 村で震度 6 強が観測。この地震に伴い沿岸全域で 8 m 以上の津波が襲来しており、局所的に 20 m を越える波も記録されている。また、広域的な地盤沈下が発生し宮城県内の海拔 0 m 以下の面積が震災前の 3.4 倍、56 km<sup>2</sup> に拡大した。

仙台湾南部海岸でも、8 割以上が津波により全半壊するなど壊滅的な被害が生じ、特に既存堤防が直立堤や傾斜堤など混在していたことから、その変化点での被害が大きくなっていた。特に侵食対策工事が実施されていた山元海岸では、津波により汀線がくさび状に大きく侵食された他、海岸堤防全域で堤防裏法面や法尻が大きく洗掘され、堤防裏法尻付近では最も大きな



図—1 仙台湾南部海岸位置図

場所で地盤線から最大5.7 m 洗掘され縦断的に落堀が形成されるなど、甚大な被害を受けた(写真一1, 2)。

(2) 災害復旧等の対応

今回の災害復旧事業実施にあたっては、仙台湾南部海岸の被害の甚大性に鑑み直轄工事区間 13.9 km に加え宮城県管理区間である 17.8 km についても「東日本大震災による被害を受けた公共土木施設の災害復旧事業等に係る工事の国等による代行に関する法律」に基づき国土交通省直轄で実施することとした。

復旧工事は、本格的な台風期となる9月前までに段階的に緊急復旧堤防約 20 km を施工し、その後本復旧事業として平成 27 年度までに海岸堤防を整備するものである。なお、仙台空港や下水処理施設等の重要

施設が存在する区間については平成 24 年度で完了させることとしている。

3. 堤防復旧構造

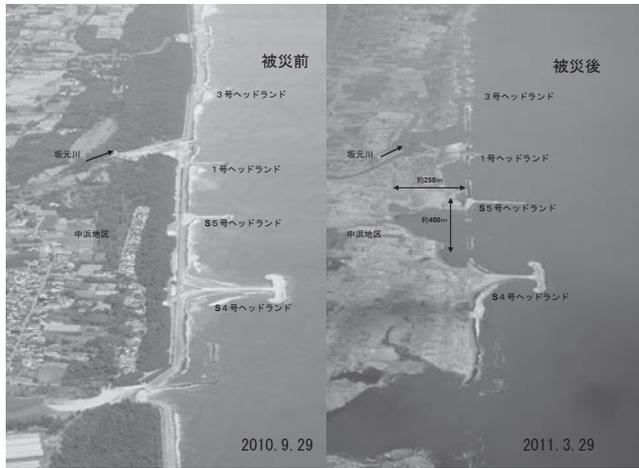
本復旧の海岸堤防の構造については、下記の事項を基に諸元等を決定した。

(1) 海岸堤防の高さの基準となる水位の設定

仙台湾南部海岸における海岸堤防の高さの検討にあたっては、「海岸における津波対策検討委員会」の提言「平成 23 年東北地方太平洋沖地震及び津波により被災した海岸堤防等の復旧に関する基本的な考え方」を踏まえてとりまとめた。この中で「頻度の高い津波」と、「台風・低気圧に起因する波浪・暴風により発達する高波、高潮時の波の打ち上げ高」を考慮し、計画堤防高を T.P. + 7.2 m と設定した。

(2) 粘り強い堤防構造

堤防の構造については、中央防災会議の報告で示された「設計対象の津波高を超えた場合でも施設の効果が粘り強く発揮できるような構造物」の考え方を受け、設計対象の津波高を超える津波が来襲し海岸堤防等の天端を越流した場合でも、海岸堤防の施設効果が粘り強く発揮できるような構造としている。構造の詳細については、国土技術政策総合研究所による模型実験を踏まえて(図一2)



写真一1 海岸被害状況 (山元海岸)



写真二2 海岸保全施設の被災状況

## 仙台湾南部海岸 海岸堤防復旧の基本構造

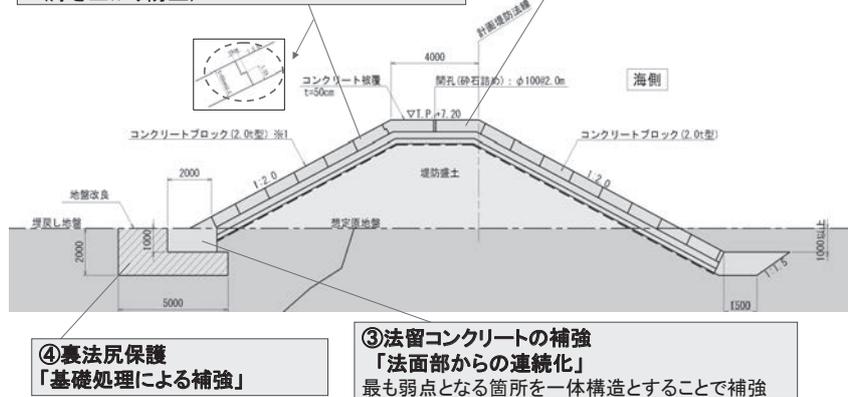
●「粘り強く効果を発揮する」海岸堤防等の構造を検討し、模型実験で確認

### ①裏法被覆工の補強

- ・表法被覆工と同等の厚み・重量を確保  
コンクリートブロック(2.0t型 t=500mm以上)
- ・ブロックの連結は法面上下方向にかみ合わせ構造  
(浮き上がり防止)

### ②天端被覆工の補強

- ・表法被覆工と同等の厚み・重量を確保  
現場打ちコンクリート t=500mm
- ・空気・水抜き孔(砕石詰め)設置



### ④裏法尻保護 「基礎処理による補強」

### ③法留コンクリートの補強

- 「法面部からの連続化」  
最も弱点となる箇所を一体構造とすることで補強

図-2 ねばり強い海岸堤防構造概要図

- ・裏法被覆工の補強…表法被覆工と同等の厚み・重量の確保, ブロックの連結はかみ合わせ構造
  - ・天端被覆工の補強…表法被覆工と同等の厚み・重量の確保
  - ・法留コンクリートの補強…最も弱点となる法面部の連続化
  - ・裏法尻保護…地盤の基礎処理による補強
- とし、法面の勾配については被災の状況を調査し、最も被災の少なかった2割勾配とした。

### (3) 環境への配慮

仙台湾南部海岸における災害復旧はきわめて緊急性の高い事業であり、早急かつ確実に進める必要がある。また、復旧される施設は今後長期にわたり使用され、地域にとっても日常的に存在する施設となることから、視覚的な景観のみならず、地域と海岸の関係や生態系などにも十分配慮する必要がある。このことから、設計段階から工事施工の各段階において、各分野の学識者・専門家の方々より指導、助言を受けながら復旧事業を進めることとしている。

## 4. 海岸堤防における震災がれきの活用

東日本大震災では人的被害や家屋被害だけではなく、地震津波の2次被害として土砂・木材・コンクリート・鉄等が混在した多くの震災がれきが発生した。その莫大な量の震災がれきの処理は被災地における大きな課題となっている。一方、海岸堤防の復旧工事にあ

たっては大量の盛土材料が必要となり、その安定供給と材料運搬による交通渋滞の発生等が懸念された。

このため、この震災がれきの有効活用を目的として、海岸堤防の盛土材への活用のための調査や試験施工を実施し、良好な結果が得られたことから活用に踏み切ったものである。

ここで盛土材として活用したがれきは、津波により農地などに堆積した土砂（以下津波堆積土という）と家屋基礎などを取り壊したコンクリート塊（以下コンクリート殻という）である。

### (1) 実証試験

津波堆積土の多くは、砂が津波で押し流され農地に堆積したもので、木根を多く含む砂質土である（写真-3）。そのため津波堆積土単体では堤防盛土材料としては使用できないため粒度調整用としてコンクリート殻を混合したもので試験した。

仙台市での実証実験の概要を述べる。試験はコンク



写真-3 津波堆積土（仙台市）

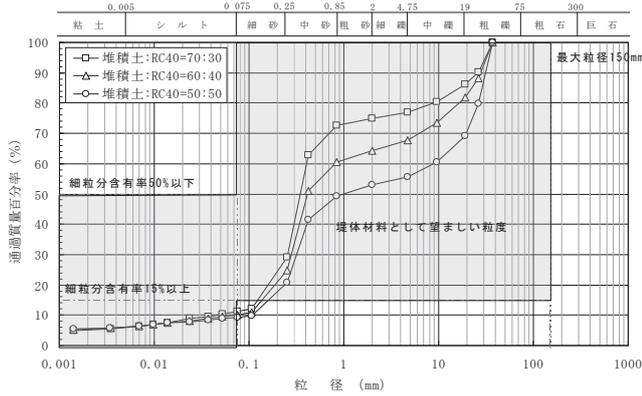


図-3 津波堆積土+RC40(混合改良土)の粒径加積曲線

リート殻の混合比率を3ケースに変え、盛土材としての適性について検討した。図-3に3ケースの粒度試験結果を示す。なお、試験ではコンクリート殻に変えてRC40材を用いた。

図-4に締固め度と転圧回数との関係を示すが、各ケースとも盛土の品質管理基準値である締固め度90%以上を超えている。このことより、津波堆積土7:コンクリート殻3の混合土砂を活用することとした。

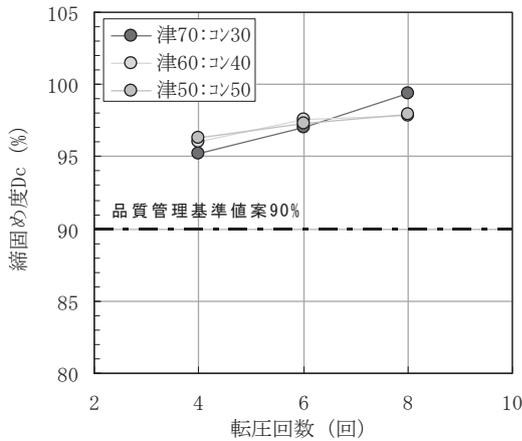


図-4 締固め度と転圧回数の関係

(2) 震災がれき盛土の実用化

仙台市でのがれき活用のフローを図-5に示す。津波堆積土とコンクリート殻の各々を分別処理した後、混合機械で所定の比率で混合し堤防盛土材(改良土)を製造する(図-6)。改良土混合プラントとしての能力は1,000~1,300m<sup>3</sup>/日である。また、プラントは海岸堤防の近隣にあり、この改良土をダンプトラックで運搬し、ブルドーザーで敷均し、タイヤローラ転圧により盛土が完成する(写真-4~6)。

(3) がれき活用の効用

震災がれきの海岸堤防への活用量は仙台市分で約

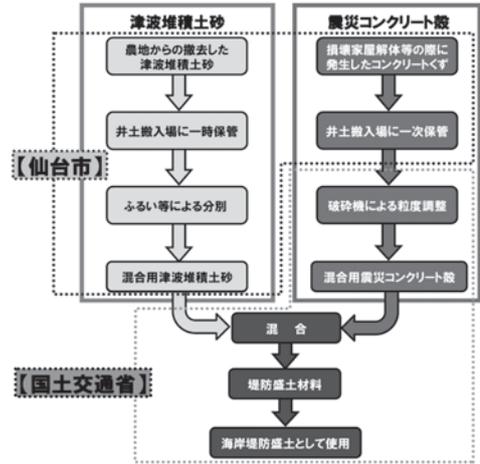


図-5 震災がれきの活用概要フロー図

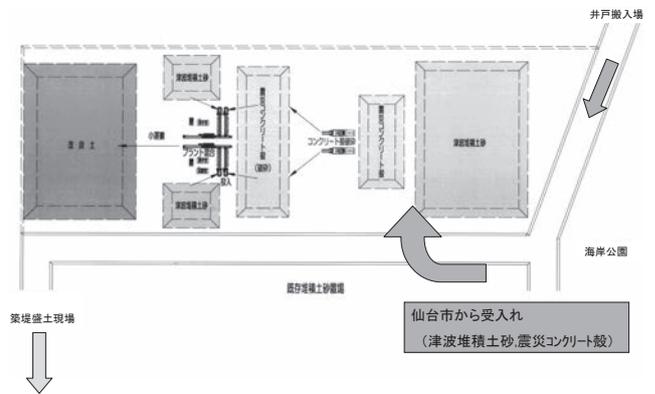


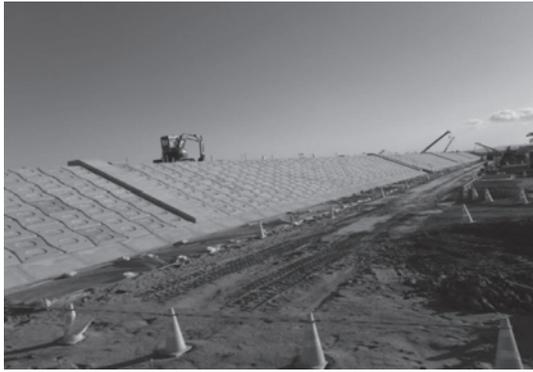
図-6 改良土製作ヤード配置図



写真-4 改良土製作プラント全景



写真-5 混合機械稼働状況



写真一六 海岸堤防の工事業況 (H25.2 時点)

20万 $m^3$ 。これは仙台地区の海岸堤防盛土材の約7割を震災がれきで賄うものであり、同様に名取市においても約48万 $m^3$ の震災がれきを活用している。

このことから震災がれきを活用したことにより次のような効果が期待される。

#### ①海岸堤防盛土材料の安定供給

震災復旧・復興工事が各地で進められることにより、不足してきた土砂等の工事資材の安定供給や工事コストの縮減が図られ、計画的かつ効率的な施工が可能となる。

#### ②市街地を通過するダンプ台数の軽減

延べ台数で4～5万台の土砂運搬ダンプの走行が減ることによる市街地での交通渋滞の緩和や交通事故発生の抑制が図られるとともに、海岸工事でのダンプ使用台数の軽減が復興他事業でのダンプ不足緩和に寄与する。

#### ③震災がれき処分の軽減

各自治体では処理能力以上のがれきが発生しており、この処分が大きな問題となっている。その中で今回の震災がれきは埋め立て処分の対象となるものであり、海岸堤防に活用することで処分場への負荷の軽減に大きく寄与し、各自治体での復旧・復興の促進が図られる。

## 5. おわりに

東日本大震災により壊滅的な被害を受けた海岸堤防の復旧にあたり、自治体復興促進の課題となっていた震災がれきを堤防盛土材として有効活用を図ったものであり、自治体からも一挙兩得の方策として好評を得ている。

海岸堤防は、まちづくりにおける第一線堤としての大きな役割を果たすものであり、早急な復旧が切望されている。この復旧にあたり、安全で安心でき、また効率的な事業を目指し、1日も早い完成に向け今後ともさらなる事業促進を図っていく必要がある。

JICMA

#### 【筆者紹介】

武田 節朗 (たけだ せつろう)  
 (前) 国土交通省  
 東北地方整備局 仙台河川国道事務所  
 仙台湾南部海岸復旧推進室長 (副所長)



# 東北中央自動車道（福島～米沢北）の管理設備計画 安全・安心な走行空間確保のために

福島河川国道事務所

東北中央自動車道は福島県相馬市を起点とし、福島市・米沢市・山形市・新庄市などを經由して秋田県横手市で秋田自動車道に連結する、総延長約 268 km の高規格幹線道路である。そのうち、福島河川国道事務所では、福島 JCT から栗子トンネル山形側坑口までの約 20.6 km を担当している。福島 JCT から米沢 IC 区間については、平成 29 年度供用に向けて土木工事を鋭意施工中であり、安全・安心な走行空間を確保するため、トンネル非常用施設をはじめとした管理設備の計画について紹介する。

キーワード：トンネル非常用施設、道路管理設備、整備計画、安全・安心、コスト縮減、運用計画

## 1. はじめに

現在、福島市と米沢市間は国道 13 号により結ばれており、通常時の所要時間は約 1 時間である。しかし、一定の基準を越す大雨（連続雨量 180 mm 以上）や風雪（降雪時風速 16 m/s 以上）が観測されると災害発生の危険があるために通行止めを余儀なくされ、通行止め時に迂回ルートを行走した場合には約 2 時間を要し大幅な時間超過を生じている。また、豪雪地帯であ

る栗子峠を通過することから、冬期間には急勾配箇所での通行不能車両が多発し通行止めの一因となっている（図-1）。

東北中央自動車道は南東北における高規格幹線道路網を形成し、地域間交流はもとより前述のような通行止め等の緊急時における代替および迂回等のネットワーク機能の強化を担う路線である（図-2）。中でも栗子トンネルは現在の最高標高より約 200 m 低い位置を通過させ、急勾配箇所を回避した冬期間の信頼

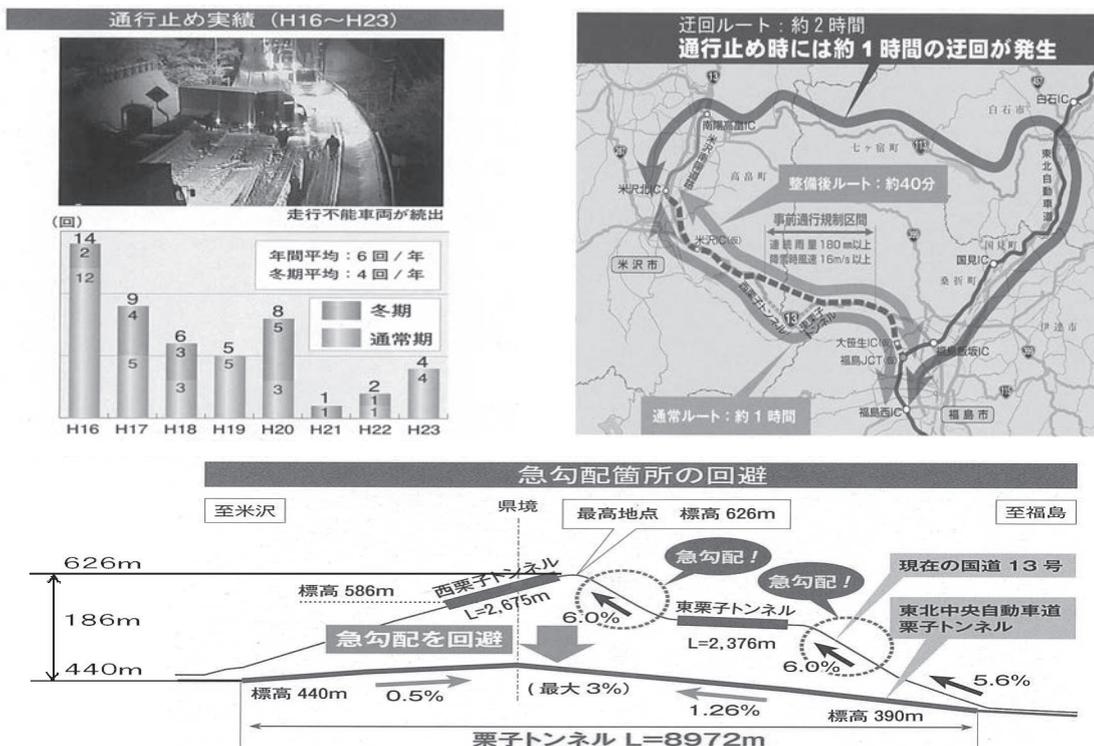
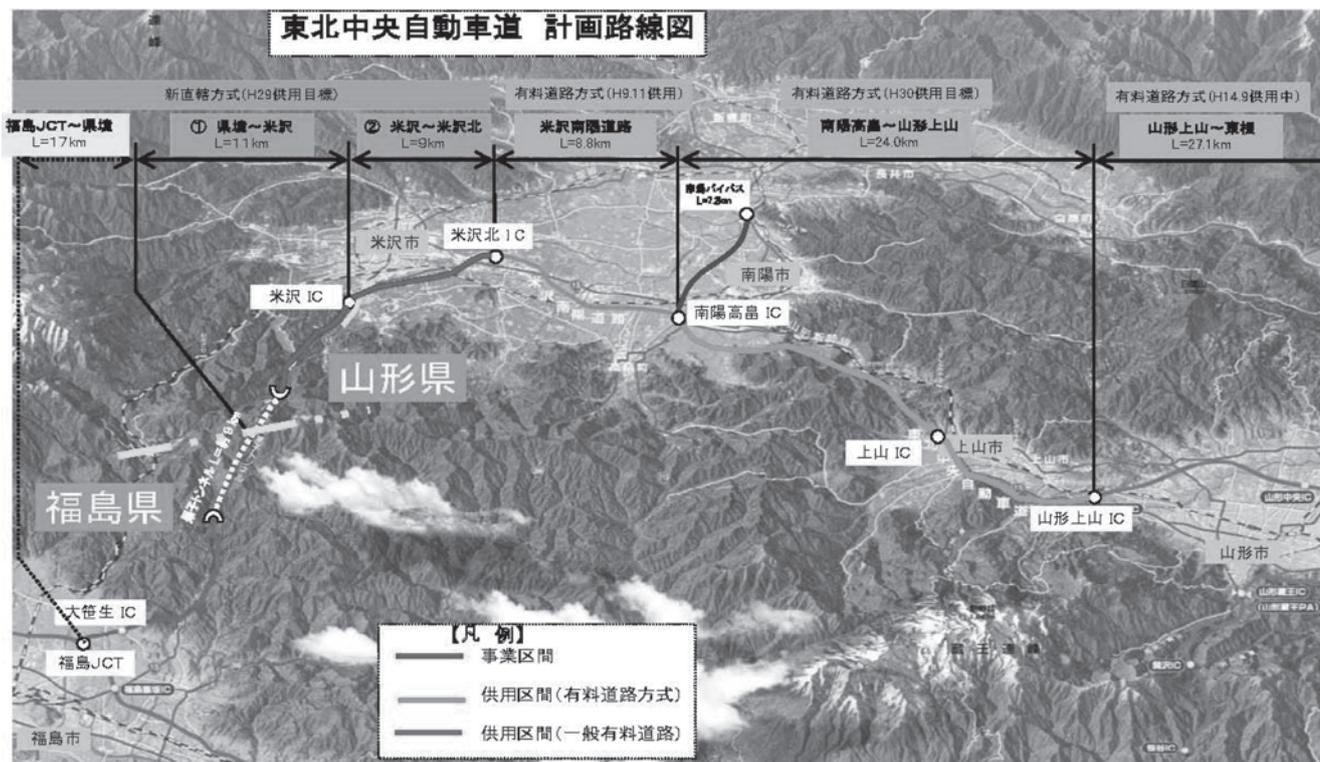


図-1 一般国道 13 号の現況



図一 東北中央自動車道 計画路線図

性の高い道路とする。管理設備の整備においても、運転者の「安心感」や走行の「確実性」を向上させるとともに、設備整備や維持管理に係るコスト縮減に取り組んだ計画立案が重要である。

## 2. 道路管理設備整備計画にあたっての留意事項

安全・安心な走行空間の創出は、「道路トンネル非常用施設設置基準・同解説」に基づくトンネル非常用施設の整備をはじめ、トンネル換気設備・照明設備・道路情報表示設備（気温表示板含む）、道路状況を把握するための気象観測設備・CCTVカメラ設備などの管理設備整備のほか、除雪車・パトロールカーなどの道路維持車両類を配備し、それらを適正に運用・管理することにより可能となる。

特に栗子トンネルは、完成すると東北地方では最も長い8,972mの道路トンネルとなり、全国でも東京湾アクアトンネル（9,610m）に次いで5番目に長い。さらに暫定2車線での簡易型中央分離帯による対面通行となるので、設備設計段階から維持管理時の交通規制抑制への対応に配慮することとした。また、電源給配電計画においても、トンネル延長が長いことため電気室を両坑口の他にトンネル内にも設ける必要がある。トンネル内電気室については、将来の4車線化や設備更

新時のことを考え、設備更新スペース（4車線化時の設備設置スペースを兼ねる。）を確保することとした。

## 3. 関係機関との調整

トンネル内における火災、その他の事故発生時の警察・消防活動において迅速で正確な情報連絡が可能のように警察無線及び消防無線による通話を確保する必要がある。福島JCTから米沢IC区間には福島県と山形県の県境に跨る栗子トンネルがあるため、警察無線については東北管区警察局長の福島県情報通信部及び山形県情報通信部、消防無線については福島市消防本部及び置賜広域行政事務組合消防本部との両県の関係機関と計画段階から協議し設備整備計画に取り込んでいる。

また、トンネル管理設備に要する電源を確保するため、電気事業者と協議の上、電気の引込み地点や使用電力容量並びに電気供給時期などを調整し、東北中央自動車道沿線に配置した施設への電気配電計画を作成している。

さらに、快適な道路空間を提供するにはトンネル内などの携帯電話不感地帯を解消する必要もあり、(社)移動通信基盤整備協会と協議し平成29年度の供用時までの対応を調整している。

### 4. 管理設備の運用管理向上とコスト縮減への取組み

トンネル非常用施設などは常時使用されるものではないが（使用されないのが一番）、火災や事故発生などの緊急時に確実に稼働しなければならないものであり、常日頃の状態監視や定期的な点検などは欠かすことができない。その一例として、誘導表示板については電気機器の障害リスク低減なども考慮し、内照式から反射式へ見直しし総合的なコスト縮減と設備障害リスク低減に努めた。

また、非常用として整備する自家発電設備は、商用電源停止時、発電設備点検時のみしか稼働しない。燃料管理や設備維持などを考えた場合に、ある程度稼働し、かつ全体のコスト縮減が図れるような設備の有効活用について検討した。その結果、発電設備容量を変えずにジェットファン運転ピーク時のみ発電設備からの電源供給を図ることとした（図-3）。

トンネル照明についても、「道路照明施設設置基準・同解説」及び「LED 道路・トンネル照明導入ガイドライン（案）」の標準的な検討フローに加え、ランプ不点灯時にも著しい性能指標（総合均斉度・車線軸均斉度）の悪化とならないような光源を選定した。

高速走行を前提としている高規格道路においては、安全・安心なトンネル内走行空間創出が重要である。トンネル照明ランプの不点灯時には随時ランプ交換などの対応をする必要がある。交通規制に伴う経済的損失についてもライフサイクルコストに組み入れて考慮し、道路利用車の利便性向上のため極力単独での交通規制を抑制できる照明器具の検討を行った。その結果、1灯又は連続した2灯がランプ不点灯となっても均斉度の著しい低下のない照明器具を採用することにより、計画的な交通規制（設備点検時に合わせた交通規制など）が実施できる。それに対応可能な2灯形や2

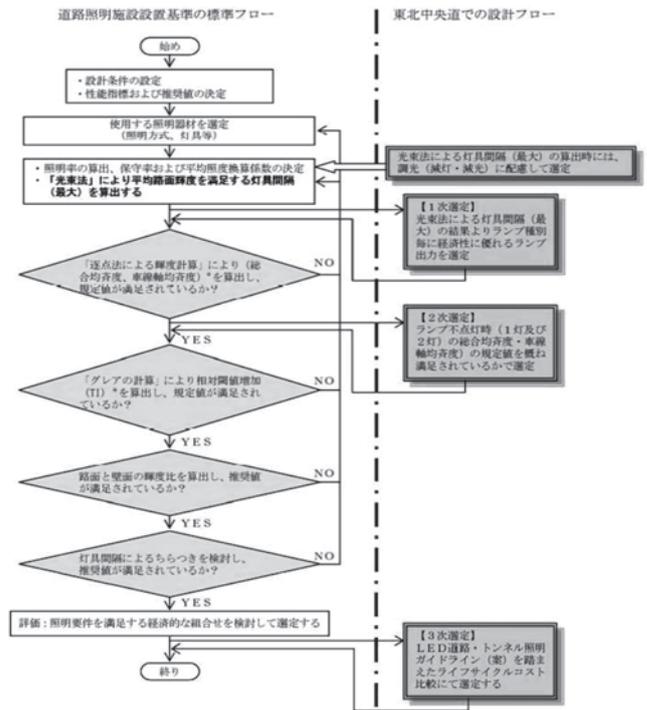


図-4 トンネル照明検討フロー

回路構成形のトンネル照明器具で電気料金などのランニングコストが縮減可能な照明器具を採用することとした（図-4）。

### 5. 主な機械設備の整備計画

#### (1) 換気設備

栗子トンネル内で火災が発生した場合における換気設備が具備すべき機能検討を行った。

トンネル内の縦流風について検討を行った結果、火災地点によっても変わるが事故発生から120秒後に火災検知、同時に換気運転停止及び坑口の警報表示板の操作により車両進入を止めても事故発生から10分たっても設計交通量時では縦流風が2 m/s程度生じており、煙が動いていることが認められる。

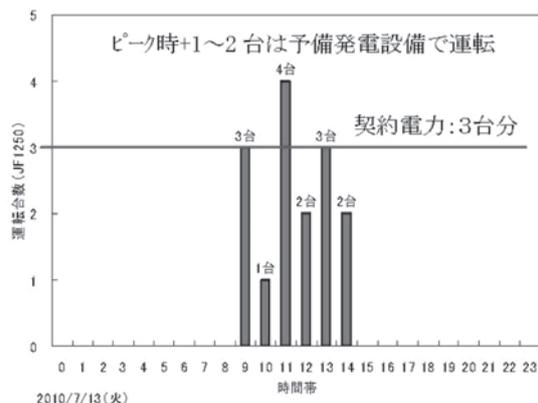
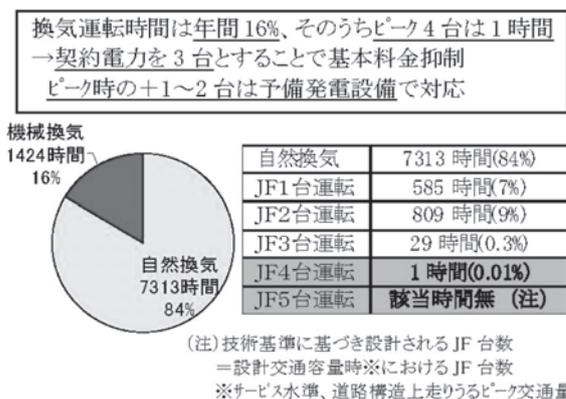


図-3 大笹生トンネルの例

避難弱者の避難速度を1m/sと想定すると、栗子トンネルの場合、最大避難連絡坑間隔が395mであり、避難連絡坑扉の前で火災が発生した場合、最大避難距離は395mとなり避難に395秒かかることになる。火災発生から120秒で火災検知、火災地点にバスが停車していると仮定し、降車時間に120秒かかるとすると最終避難者が避難完了するまでに10分程度かかることになる。このため、風速制御方式でなく水噴霧等による初期消火を適切に行い、避難者の安全確保をすることとした。

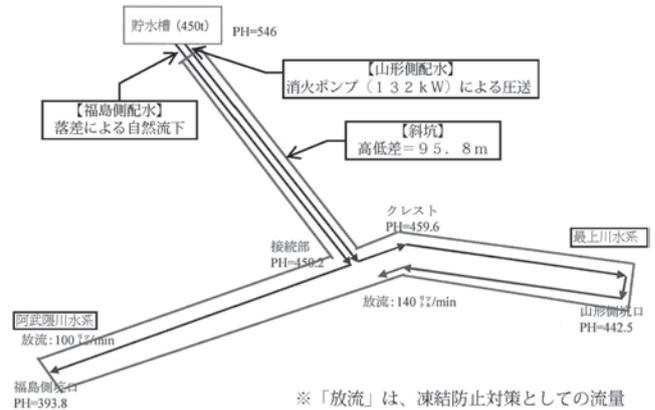
換気設備の選定にあたっては、トンネル断面（掘削量）と換気設備種別・台数などを総合的に比較検討した結果、トンネル内に1000型高風速ジェットファン26台と斜坑に排風機2台を整備することとした。なお、換気設備のうちジェットファン11台と排風機については、排煙設備としての機能も兼ねることとした。

(2) 消火設備等

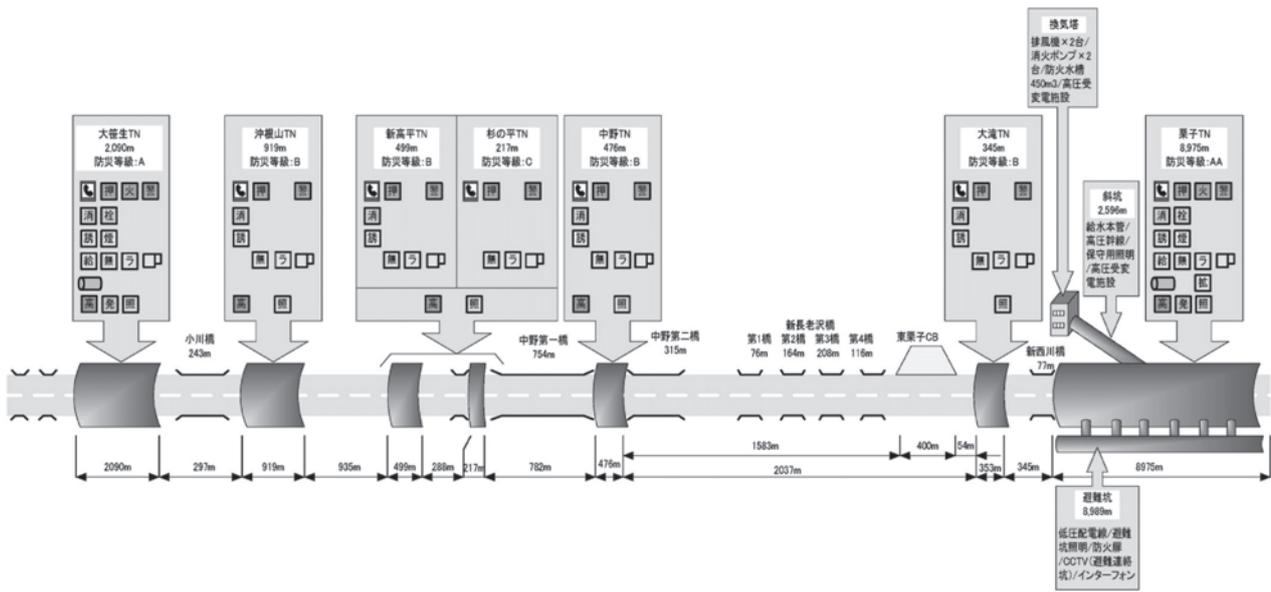
A等級の大笹生トンネル（2,090m）には消火栓・

給水栓を、AA等級の栗子トンネル（8,975m）には消火栓・給水栓のほかに水噴霧設備を整備することとした。

特に栗子トンネルについては、長大トンネルであるため配水管延長が長く水圧確保に苦慮した。通常のトンネル坑口からのポンプ圧送方式ではポンプ容量が大きくなるため、貯水槽を換気用斜坑の上部に設け、高



※「放流」は、凍結防止対策としての流量  
図-5 栗子トンネルの配水系統図



設備名称	記号	大笹生トンネル	沖鷹山トンネル	新高平トンネル	杉の平トンネル	中野トンネル	大滝トンネル	栗子トンネル
トンネル非常用設備	非常電話	14台(壁掛)	7台(壁掛)	4台(壁掛)	2台(壁掛)	3台(壁掛)	3台(壁掛)	47台(壁掛)
	非常照明	56台	19台	11台	4台	10台	9台	101台
	火災検知器	50台	—	—	—	—	—	207台
	非常警報装置	下り1面、上り1面	下り1面、上り1面	下り1面、上り1面	下り1面、上り1面	下り1面、上り1面	下り1面、上り1面	下り1面、上り1面、トンネル内22箇所
	消火栓	44台	19台	11台	4台	10台	9台	180台
	消火栓	42台	—	—	—	—	—	180台
	誘導表示板	19台(反射式)	9台(反射式)	6台(反射式)	—	6台(反射式)	2台(反射式)	94台(内照式)
	排煙設備	JF2台	—	—	—	—	—	排風機+JF11台
	避難通路	—	—	—	—	—	—	避難通路
	給水栓	11台	—	—	—	—	—	46台
その他の設備	無線通信機	1式	1式	1式	1式	1式	1式	1式
	ラジオ再放送装置	1式	1式	1式	1式	1式	1式	1式
	拡声装置	—	—	—	—	—	—	1式
	水噴霧設備	—	—	—	—	—	—	1式
	監視装置	17台	9台	3台	6台	3台	2台	45台
	監視装置	—	—	—	—	—	—	—
換気設備	JFX1250×9台(排煙含む)	自然換気	自然換気	自然換気	自然換気	自然換気	自然換気	排風機10/14P+JF1300×28台(排煙含む)
高圧受変電設備	6600V 372kVA	6600V 94kVA	6600V 131kVA	6600V 131kVA	6600V 82kVA	6600V 289kVA	6600V 289kVA	
自家発電設備	1式	—	—	—	—	—	1式	
トンネル照明設備	基本LED照明:194台(千島)	基本LED照明:101台(千島)	基本LED照明:55台(千島)	基本LED照明:24台(千島)	基本LED照明:59台(千島)	基本LED照明:39台(千島)	基本LED照明:804台(千島)	

図-6 東北中央自動車道 トンネル管理施設配置計画図

低差による水圧を利用することにより消火ポンプ容量を小さくすることとした。また、消火用水には河川水を用いるが、水利権の関係上、山形側坑口での放流を行わずに、すべて福島側坑口で放流することにより同一水系に戻すこととした(図-5)。

配水本管については、腐食例などから30年程度で更新が必要な差込式鑄鉄管でなく腐食の起こらない樹脂製管を採用することとした。

## 6. おわりに

本稿では、国土交通省東北地方整備局福島河川国道

事務所が取り組んでいる東北中央自動車道(福島JCTから栗子トンネル山形側坑口までの約20.6km区間)におけるトンネル非常用施設をはじめとした管理設備について、安全・安心な走行空間の創出並びにコスト削減対応などについて紹介した(図-6)。今後は、平成29年度の供用に向けてより一層の具現化に向け、関係機関等と調整しながら推進していくこととしている。

なお、本稿は現段階の計画であり、今後の進捗状況により内容が変更となる場合があることを申し添えます。

JICMA

# 「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

一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館)

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

# 九州北部豪雨による矢部川の堤防決壊と九州地方整備局の対応

志賀三智

平成24年7月3日および11日から14日まで梅雨前線が九州北部に停滞し未曾有の災害をもたらした。特に7月14日矢部川流域黒木雨量観測所では9時間雨量365mmの観測史上最多を記録し、また船小屋水位観測所では7月14日9時に観測史上最高の9.76mの水位を観測し、氾濫危険水位を1.36m上回った。このような中、7月14日13時20分頃に矢部川右岸7k300で延長約50mにわたって堤防が決壊したことから緊急復旧を実施したものである。

キーワード：九州北部豪雨、堤防決壊、緊急復旧

## 1. はじめに

九州の直轄河川では平成2年の六角川、牛津川での堤防決壊以来22年振りの堤防決壊となった矢部川は、その源を福岡、大分、熊本の3県にまたがる三国山（標高994m）に発し、筑後平野を貫流しながら有明海に注ぐ、幹川流路延長61km、流域面積647km<sup>2</sup>の一級河川である。

7月3日からの梅雨前線豪雨により、矢部川を管理する筑後川河川事務所では、同事務所が管理する筑後川水系花月川において堤防欠壊2箇所を含む4箇所の緊急復旧工事の他にも十数カ所の被災箇所対応中での矢部川の堤防決壊であった。

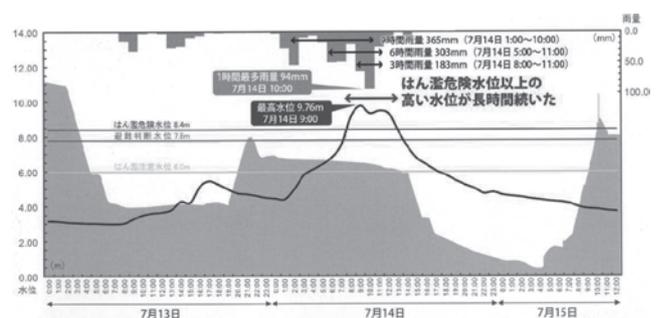
## 2. 気象概要

7月14日未明から昼頃にかけて、非常に発達した雨雲が矢部川流域に流れ込み、八女市黒木雨量観測所では1時間94mm、3時間183mm、9時間365mmと、それ

ぞれ観測史上最多の記録的な豪雨であった（図—1）。

## 3. 出水概要

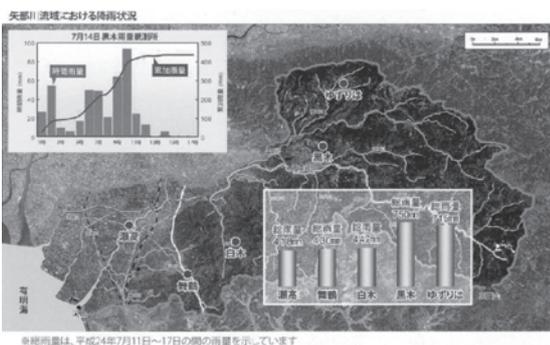
7月14日9時に矢部川船小屋水位観測所において観測史上最高の9.76mの水位を記録した。今回の出水は、既往の最高水位であった平成2年7月出水の7.74mを大幅に上回るとともに、氾濫危険水位以上の高い水位が約5時間続く洪水であった（図—2）。



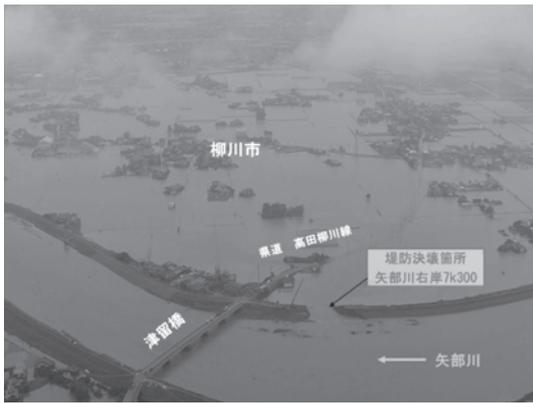
図—2 H24/7/13～15の降雨（黒木観測所）と水位（船小屋水位観測所）

## 4. 被災状況

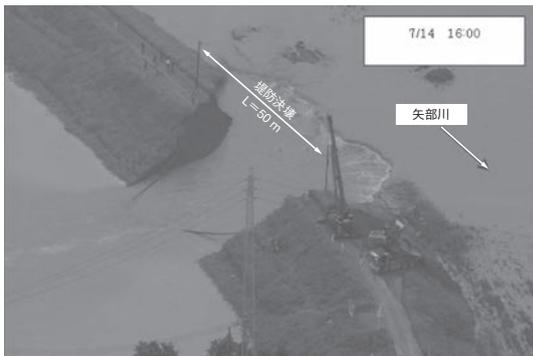
7月14日13時20分頃、津留橋上流右岸堤防（柳川市大和町六合）が延長約50mにわたり堤防が決壊した。また、矢部川派川沖端川（福岡県管理）においても堤防が2箇所決壊するなど、柳川市、みやま市などにおいて甚大な浸水被害が発生した。浸水被害は矢部川沿川および沖端川沿川では、浸水家屋1,808戸、浸水区域面積は、2,579haであった（写真—1, 2, 表—1）。



図—1 矢部川流域における降雨状況



写真一 矢部川の堤防決壊状況 (矢部川右岸 7k300, 7/14 14:00)



写真二 矢部川の堤防決壊状況 (7/14 14:00)

表一 浸水被害の状況

H24.7.14 出水	矢部川・沖端川
床上浸水	697 戸
床下浸水	1,111 戸
計	1,808 戸
浸水区域面積	2,579 ha

※支川等を含めた国土交通省による調査結果であり、浸水被害には、内水による浸水を含む。

### 5. 緊急復旧工法

復旧にあたっては、その後の降雨、水位状況を勘案し、氾濫流量の低減、決壊口の閉塞のため、決壊口の堤防敷きに根固めブロックを投入し、空隙を岩砕により間詰めした後、堤防を従前の堤防高さ、断面まで盛

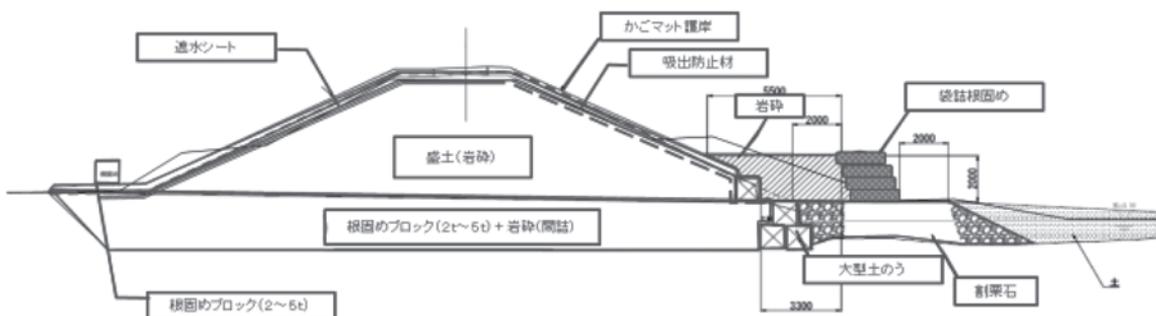
土し、法面をカゴマット護岸にて保護することとした(図一3)。

### 6. 緊急復旧工事

7月14日15時35分より復旧工事に着手し、16日5時30分までに従前の堤防の高さ・断面までの復旧工事を完了させ、17日7時30分までに堤防表面を補強するための法面保護工を、また、さらなる堤防安定化の応急復旧工事を22日22時30分までに完了させた。

以下に時系列を追って復旧状況について記述する。

- ・7月14日13時20分の堤防決壊後、13時55分には、災害協定に基づく復旧工事を契約締結した。工事業者は、クレーン等の重機、作業員、交通整理員等の手配、確保を行い、現場へ重機を搬入しようとしたが、道路冠水により運搬ルートが遮断され、迂回路では交通渋滞に巻き込まれ現場到着が大幅に遅れた。そこで、交通渋滞に巻き込まれた建設機械の先導を地元警察署に要請し、白パイの先導により決壊箇所への建設機械の搬入を終え、仮設進入路、離合場所等の緊急復旧に着手した。
- ・資機材の搬入にあたっては、当事務所の備蓄資材以外にも九州管内の他事務所からの広域支援資材が現場に搬入されており、その運搬車の待機場所、仮置き場、交通整理等に多大な労力がかかった。緊急復旧にあたっては、その段取りが復旧時間に大きく影響する。
- ・7月14日22時より、50tクレーンによる、5tの根固めブロックおよび岩砕の投入を開始したが、決壊箇所の堤体敷の深掘れが当初想定より深く盛土量が大幅に増えたことから、なかなか進捗しなかった。
- ・復旧は、決壊口の堤防敷きに5tの根固めブロックを投入し、空隙を岩砕により間詰めした後、岩砕により従前の堤防高さ、断面まで盛土を行った。また、法面の保護として長尺カゴマット護岸工を使用し



図一3 応急復旧断面

た。本製品は同事務所が防災ステーションに備蓄資材として保有していたもので、単体重量が約1.3t/個、施工は並べるだけで接合部の処理（突き合わせ）の必要もなく施工性にも優れている大型連接ブロックに代わる製品である。運搬には10tダンプトラックを使用したことから、保有する製品の内、3mのものを使用した。当時、備蓄資材数量として、3m（570体）、8m（180体）、空体（551体）を保有していた。また、吊り金具も保有していたことから非常に効率的に作業が進んだ（写真—3）。



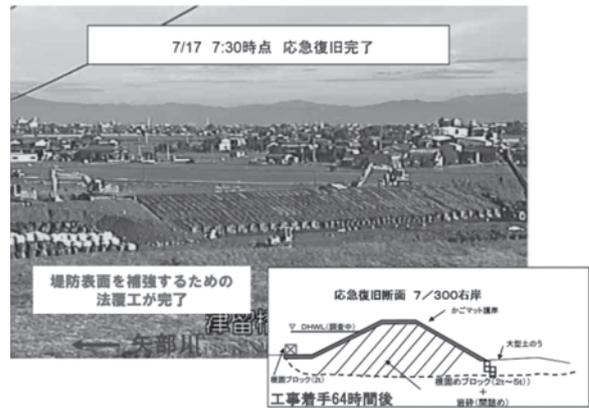
写真—3 工事着手 12 時間後の状況

- ・7月16日5時30分、着手後38時間後には従前の堤防の高さ、断面までの応急復旧を完了した（写真—4）。



写真—4 工事着手 38 時間後の状況  
従前の高さ、断面までの応急復旧完了

- ・7月17日7時30分、着手後64時間後には、堤防法面を補強するための法覆工が完了した（写真—5、6）。
  - ・その後、さらなる堤体の安全性向上のための川裏押さえ盛土工事を引き続き実施し7月22日20時30分に、すべての応急復旧を完了した（写真—7）。
- 今回の緊急復旧工事（川裏押さえ盛土を除く）にて



写真—5 工事着手 64 時間後の状況  
堤防表面を補強するための法覆工完了



写真—6 応急復旧完了（7/17 7:30）



写真—7 さらなる堤防安定化のための応急復旧完了（7/22 22:30）

使用した主な資機材は以下のとおりである。

①使用した主な建設機械

- ・移動式クレーン 25 t, 2台
- ・移動式クレーン 50 t, 1台
- ・BH 0.7 m<sup>3</sup>, 3台
- ・BD 6 t級, 1台
- ・キャリア DT 8 t級, 2台
- ・DT10 t級, 40台

②使用した主な資材

- ・堤体盛土用岩砕 11,000 m<sup>3</sup>
- ・根固めブロック 2 t, 170個

5 t, 100 個

- ・大型土のう 100 袋
- ・袋詰め根固め 2 t, 97 個
- ・長尺カゴマット 1,500 m<sup>2</sup>

### ③使用した災害対策車

- ・災害対策支援車 1 台
- ・照明車 2 台

## 7. 緊急復旧工事での留意点

今回の矢部川での堤防決壊に伴う緊急復旧工事から見える課題と留意点を以下に列記する。

### ①初動体制

- ・市街部での堤防決壊では交通止め等により工事車両が通行できない事が想定されるので、ヘリや現地先遣隊等により浸水域、道路冠水、通行止め等の情報把握を迅速に行う必要がある。
- ・工事の初動体制において、堤防天端へ避難してきた車両、交通渋滞等により資機材の搬入遅れ等が生じたことから、速やかに関係機関（地元自治体、警察署、道路管理者等）と連絡調整することが必要である。

### ②応急復旧工事

- ・事務所所有の備蓄資材を勘案し対応可能な復旧工法を決めた上で、建設機械、人員等の手配や段取りを速やかに行うためにも、堤防決壊箇所の横断面等から盛土量、法面工等の概略数量を速やかに把握する必要がある。

## 8. 九州北部での筑後川河川事務所管内の災害復旧状況

表一 2 災害箇所数の状況（筑後川河川事務所）

事業名	箇所数
直轄河川緊急復旧事業	10
直轄河川災害復旧事業	55
直轄河川災害関連緊急事業	1
河川大規模災害関連事業	2
合計	68

## 9. おわりに

柳川市、みやま市等沿川の市で、「避難勧告・避難指示」が発令される中、市の災害対応や復旧活動等に対し、現地情報連絡員（リエゾン）や緊急対策派遣隊（TEC-FORCE）を派遣し、情報収集や被災状況調査、排水活動などの支援活動を実施した。

また、今回の堤防決壊の原因究明のための、地盤工学等の専門家からなる「矢部川堤防調査委員会」が設置され、委員会では、被災原因の究明、堤防復旧工法及び今後の管理等を検討し、堤防の安全性を高め、もって再度の被災の防止への指導、助言を頂いているところである。

### 謝 辞

最後に、災害復旧対応では多くの方々のご尽力により、水害の再発防止および流域住民の洪水への不安解消に大いに貢献出来たことに対し、この場をお借りして謝意を申し上げます。

J C M A

### 【筆者紹介】

志賀 三智（しが みのり）  
国土交通省  
九州地方整備局 河川部 河川工事課  
課長補佐



# 災害現場へのロボット技術の適用

浅 間 一

東日本大震災および福島原発の事故の現場において、これまでに多くのロボット技術が開発・投入されている。本稿では、システム化技術としてのロボット技術について述べるとともに、災害対応、原発事故対応において、これまでどのようなロボット技術の開発や活用の活動が行われてきたかについて紹介する。また、NEDO 災害対応無人化プロジェクトや福島原発の廃炉に向けた中長期研究開発において開発されているロボット技術について解説する。最後に、これまでの災害対応におけるロボット技術開発・適用に関する課題を明らかにし、今後の備えとして何が必要かについて、産業競争力懇談会のプロジェクトの提言などを紹介しながら述べる。

キーワード：災害対応，原発事故対応，ロボット技術，遠隔操作技術，無人化施工，防災ロボット

## 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災、津波、それによって発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故においては、多くの場面でロボットの活用が求められた。それから約2年、これまでに多くのロボット技術が開発・投入され、様々な作業に活用されている。しかし、震災・津波・事故直後の緊急対応においては、過去に多くのロボット開発が行われていたにもかかわらず、それは必ずしもスムーズに現場に投入できたわけではない。本稿では、東日本大震災および福島原発事故に対して、どのようなロボット技術の開発や活用の活動が行われてきたかについて紹介するとともに、今後の備えとして何が必要かについて述べる。

## 2. ロボット技術とは

そもそもロボット技術（RT：Robot Technology）とは何か。災害対応や原発事故対応で様々な遠隔操作機器が用いられた。それらの機器が、ロボットなのか（ロボットと呼べるものなのか）といった議論もあるが、それはあまり意味がない。ただ、確実に言えることは、そこにはロボット技術が使われているということである。

経済産業省は、日本ロボット大賞の中で、「ロボット」を、「センサ、知能・制御系、駆動系の3つの技術要素を有する、知能化した機械システム」と定義し、「RT」

と同義としている<sup>1)</sup>。しかし、ロボットとロボット技術は、コンピュータと情報技術（IT：Information Technology）が異なるのと同様、明確に区別すべきである。

ロボットとは、いわゆる多自由度を有する機械である。生物や人間、あるいはその一部に形態が似ているものがロボットと呼ばれることが多い。センシングによって得られた情報に基づき、動作を行えるような自律制御機能もロボットと呼ばれる機械の特徴である。

一方、RTとは、物理世界（実世界）における検知・計測・認識・制御・動作・作業などの技術を含めた総合技術である。情報技術が情報世界の中の技術であるのに対し、RTは、「情報技術+実世界で物理的な相互作用をするための技術」ということもできる。ロボットには当然RTが使われているが、輸送機械、産業機械、医療機器など、ロボット以外の多くの機器やシステムにもRTは用いられている。

ただし、完成したロボットを分解してみると、そこにはロボット特有の要素技術があるわけではない。ロボットはシステムであり、求められる作業を実行するために、要素技術が高度に統合化されている。すなわち、ロボット技術の神髄は、求められる作業を与えられた環境で達成できるようなシステム化技術だという点である。RTをニーズに対して応用するのではなく、むしろ作業ニーズに応えられるようにシステムを設計・構築する技術こそがRTなのである。それは、ソリューション技術と呼んでもよい。まさにこのシンセシ

スこそがRTの最大の特徴である。

### 3. 震災対応・原発事故への緊急対応におけるロボットや遠隔操作機器の導入

震災対応や原発事故対応において、これまでに様々なロボットや遠隔操作機器が投入されている<sup>2), 3)</sup>。

震災対応では、ロボットのニーズは、被災者探索・レスキュー、倒壊建造物内調査、プラント・設備（コンテナなど）の調査・診断・修復、水中探査、復旧作業、被災地のマッピング、重作業のパワーアシスト、被災者のメンタルケアなど多岐に渡った。これに対し、能動スコープカメラ（東北大）、Quince（千葉工大、東北大、NEDO、国際レスキューシステム研究機構（IRS））、KOHGA3（京大）、Anchor Diver III（東工大）、遠隔操縦機ROV（東大）、双腕式油圧ショベル型ロボット（日立建機）、被災地計測・モデル化・マッピング計測車・全方位カメラ（東大、東北大）、Paro（産総研）、スマートスーツ・ライト（北大）などのロボット技術が投入され、災害対応における貢献を果たした。また、海外からも、米国Texas A&M大学Robin R. Murphy教授が率いるCRASAR（Center for Robot-Assisted Search and Rescue）が、実際に日本の災害現場にロボットを持ち込み、空中からの原子力発電所の建屋調査や水中調査に多大な協力を行った。

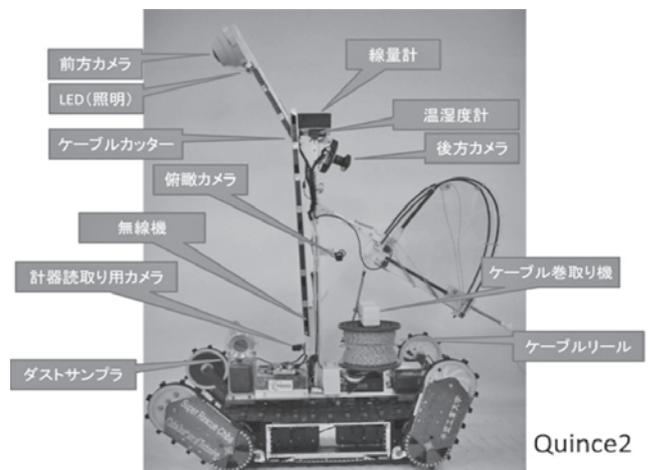
また、原発事故対応に関しては、注水冷却、建屋内外の調査（映像、放射線量、温度、湿度、酸素濃度、等）、瓦礫除去、機材の運搬・設置、サンプル採取、遮蔽、除染などのニーズに対し、コンクリートポンプ車（独Putzmeister製）の遠隔操作化による安定した注水、無人化施工機械（日本製の遠隔操作可能な建設機械など）を用いた瓦礫除去、Packbot（米国iRobot社製）やT-Hawk（米国Honeywell社製）の遠隔操作による原子炉建屋内外の調査などが行われた。また、走破性に優れ、瓦礫上走行や階段昇降が可能なQuinceが

平成23年6月に投入され、スプレイ冷却系の健全性のチェックによる安定冷却系の構築、原子炉建屋内の1階以外の部分の調査など、多大な貢献を果たした。その後も、Warrior（米国iRobot社製）Talon（米国QinetiQ社製）、Bob Cat（米国iRobot社製）、Brokkシリーズ（スウェーデンBrokk社製）などの海外のロボットに加え、日本の各プラントメーカ、ロボットメーカ、日本原子力研究開発機構（JAEA）などが開発したロボットも次々に導入された。

写真—1に福島原発に導入されたQuinceを、また、写真—2に無人化施工の様子を示す。

### 4. NEDO 災害対応無人化プロジェクト

NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）は、平成23年度第三次補正予算で災害対応共通基盤技術として、災害対応無人化システムプロジェクトを行った（10.0億円<sup>4)</sup>。本プロジェクトでは、我が国において、災害時に無人で対応できるロボット等（災害対応無人化システム）の実用機の開発が必要であるとの観点から、作業員の立ち入りが困難な、狭隘で有害汚染



写真—1 福島第一原子力発電所の原子炉建屋内調査に導入されたQuince（千葉工大小柳栄次氏提供）



(a) 遠隔操作される建設機械



(b) 機器を操作するオペレータと操作システム

写真—2 無人化施工の様子（株熊谷組提供）

物質が存在する設備内の環境等において、作業現場に移動し、各種モニタリング、無人作業を行うための作業移動機構等の開発が行われている。開発項目は以下の通りである。

### (1) 作業移動機構の開発

小型高踏破性遠隔移動装置、通信技術、遠隔操作ヒューマンインタフェース、狹隘部遠隔重量物荷揚／作業台車、重量物ハンドリング遠隔操作荷揚台車

### (2) 計測・作業要素技術の開発

大気中・水中モニタリング／ハンドリングデバイス等の開発・改良（大気中モニタリングデバイス／水中モニタリングデバイス、汚染状況マッピング技術、ハンドリングデバイス技術）

### (3) 災害対策用作業アシストロボットの開発

作業アシストロボットの開発

このプロジェクトは、原発事故対応を目的としたものではないが、ここで開発されている技術は、福島原発事故の中長期措置に適用可能な技術であり、実際、活用が大いに期待されている。図-1に開発されている様々な機器やシステムの概念図を示す。

## 5. 福島原発の廃炉に向けた中長期研究開発

福島第一原子力発電所の廃炉に向けた中長期ロードマップでは、以下の3期のプロセスが計画されている。

第1期：使用済燃料プール内の燃料取り出しが開始されるまでの期間（2年以内）

第2期：燃料デブリ取り出しが開始されるまでの期間（10年以内）

第3期：廃止措置終了までの期間（30～40年後）

原子力委員会東京電力福島第一原子力発電所中長期措置検討専門部会では、この極めて困難な課題をいかに達成するかの検討が行われた。特に必要となる研究開発の実施においては、以下の2点が明記されている。

- ・国が責任を持って、必要な研究開発を進める
- ・国内外の叢智を結集して、中長期の事故収束にあたる

上記の原子力委員会の方針に基づき、政府と東京電力は、中長期対策会議の中に研究開発推進本部を設置するとともに、運営会議でその研究開発の進捗管理を行っている。具体的には、経済産業省資源エネルギー庁の発電用原子炉等事故対応関連技術開発費補助金（5.0億円）および基盤整備委託費（15.0億円）によって、原子炉建屋内の除染作業、原子炉建屋・格納容器からの漏えい箇所調査、格納容器内部状況調査、原子炉建屋漏えい箇所止水・格納容器下部補修作業、圧力容器／格納容器の腐食に対する長期健全性評価などの研究開発が進められている。実施者は、プラントメー

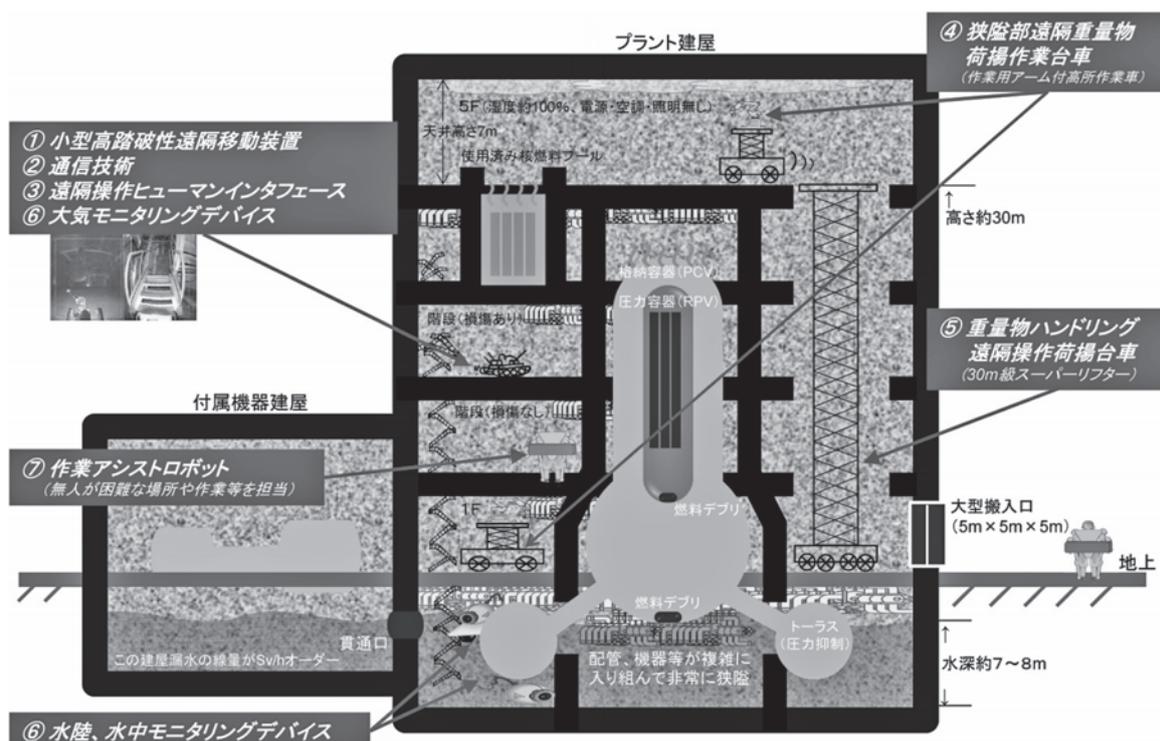


図-1 NEDO 災害対応無人化システムで開発されている機器やシステムの概念図

カ3社（日立GEニュークリア・エナジー、東芝、三菱重工業）である。

プラントメーカ3社は、国内外の叢智を結集してこれらの開発を行うべく、国内外のベンダーを対象として、

- (1) 建屋除染に関する技術及び除染システムを搭載遠隔操作に関連する技術
- (2) 遠隔操作等の走行機器や計測機器に関連する技術

に関する公募を行い、395件の技術を技術カタログ<sup>5)</sup>に収録するとともに、現在、この技術カタログをもとに機器の仕様を決め、公募を行うなどして、国内外の有用な技術を調達しながら、開発を進めている。

このプロジェクトでは、開発項目ごとに研究開発が進められているが、ロボットや遠隔操作機器に求められるミッションは非常に多様で、また複数のプロジェクトで共通的に用いられる機器もあることから、研究開発推進本部の中に、横断的な組織として、遠隔技術タスクフォースが設置された。ここでは、様々なニーズに対し、RTをどのように活用しミッションを達成するかを検討し、ソリューションを提案したり、一つのアプローチが失敗することも含め、そのバックアッププランを提案するなどの役割を負っている。

これまでに、上記で述べたような機器開発の検討に加え、原子炉建屋屋上階調査やサブプレッションチェンバーの漏えい個所の調査、サブプレッションチェンバー内の水位計測などのミッションに対し、それを遂行するための遠隔操作システムの検討を行った。具体的には、小型飛行船、小型無人ヘリ、懸垂機構、水中遊泳ロボットなどを活用した調査システムや計測手法の検討を行った。それらの具体的な技術開発も近々に開始する予定である。

国の補助金や委託費で進められている機器開発以外にも、東京電力が個別にディベロッパーに開発を直接依頼して、導入を進めているシステムや、各プラントメーカなどが独自の予算で開発しているシステムなどもある。前者の例としては、QuinceやRosemaryなど、千葉工業大学などが開発を行ったロボットや、トピー工業が開発したSurvey Runnerなどが挙げられる。いずれも原子炉建屋内の調査に用いられている。また、後者の例としては、トラス室のベント管の調査に4足歩行ロボットと小型走行車（東芝）が用いられたほか、格納容器ガス管理システムのダクトの状況調査用FRIGO-MA（三菱電機特機システム）、建屋内作業支援用双腕型小型重機ASTACO-SoRa（日立エンジニアリング・アンド・サービス）、保守・補修作業用遠

隔作業ロボットMHI-MEISTeR（三菱重工業）なども開発されている。

## 6. 災害に対する備えとしての提言

震災、津波、原発事故が発生した直後には、必ずしもロボットをスムーズに投入することができなかったこと、過去に開発したロボットが有効に活用できなかったことを反省するとともに、その教訓から問題点を明らかにし、今後の災害対応に対する備えとして、解決するための方策を考える必要がある。

産業競争力懇談会「災害対応ロボットと運用システムのあり方プロジェクト」（平成23～24年度）では、今後の災害対応に備えるために開発が必要となる技術について洗い出すとともに、それを実用化し、いつ災害が発生しても、現場に投入し利用できるように、継続的に運用するためのシステムについて提言をまとめている<sup>6), 7)</sup>。平成24年度は、本プロジェクトの2年目であり、WG1防災ロボット（主査：東北大学田所諭氏）、WG2無人化施工システム（主査：鹿島建設植木陸央氏）、WG3インフラ点検／メンテナンスロボット（主査：新日鐵大石直樹氏）、WG4運用システム及び事業化（主査：日本原子力研究開発機構川妻伸二氏）の4つのWGで議論を行っている。ここでの提言は、主に下記の3点に纏められる。

### (1) ハード面での提言（技術開発）

東日本大震災および福島原発事故への対応において様々なロボット技術が適用されているものの、これから起こり得る災害に対する備えとしては、まだまだ研究開発が必要な課題が多く残されており、実用化を指向した基盤技術研究や、高度実用化研究（基礎技術を実際に適用できるようにするための研究開発）を実施する必要がある。ソリューション導出のための技術開発においては、システムインテグレーション技術とそれを行う人材育成が必要であり、DARPA Robotics Challenge<sup>8)</sup>のようなコンペ形式の開発も有効な手段であると考えられる。

### (2) インフラ面での提言（インフラ整備）

現場で活用できるような機器やシステムを開発するには、その実証試験や機能評価を行うのみならず、それをユーザが継続的に運用し、機器やシステムを日々維持、保守、改良を行いながら、オペレータの訓練までも行うことが重要であり、それを行うためのテストフィールド、モックアップセンターを構築する必要がある。

ある。米国テキサスには、Disaster City<sup>9)</sup>と呼ばれるレスキュー隊員などの訓練フィールドがあり、それが災害対応ロボットの機能評価や訓練に用いられている。日本国内にもそのようなテストフィールドを設置する必要がある。また、無人化施工システムが今回の震災や原発事故に迅速に投入できた要因として、雲仙普賢岳という工事現場において、無人化施工システムが継続的に開発、活用され続けていたことが挙げられる。それを考慮すると、長期的にシステム利用する工事現場があり、それをフィールドとして継続的に活用することが肝要であることに気づく。さらに、有事においては、ロボットや遠隔操作機器を現場に配備するための組織・拠点・体制を整えることも必要となる。以上の考察から、これらの機能を有する防災ロボットセンター（仮称）を国のリーダーシップのもと設置する必要がある。

### (3) ソフト面での提言（制度設計など）

上記の機能評価に関しては、ロボットや機器の機能評価のための標準化が重要となる。米国では、NIST (National Institute of Standards and Technology) がその機能評価の標準化を進めているが、日本でも同様な取り組みを行う必要がある。一方、実際に現場に投入可能なロボットや遠隔操作機器を開発するためには、防爆性、耐放性、耐久性、安全性などを評価し、それを認証できるような枠組みと組織が必要である。

一方、ロボットや機器を維持し、継続的に運用するためには、その活動を事業として成り立たせる必要がある。そのための新たなビジネスモデルの構築が求められる。災害対応だけでなく、社会インフラや設備の点検、ヘルスマニタリング、メンテナンスなどにも併用可能なロボットや機器を開発し、平時にも継続的に利用されるようにすることも一つの有効策である。それには、機器やロボットというハードウェアより、サービスを事業とすることを考える必要がある。また、導入を促進するための制度設計（特区をはじめとする規制緩和、ロボット配備を義務付ける規制強化、免税などの税制的制度設計、保険制度など）も極めて重要である。

## 7. おわりに

本稿では、東日本大震災および福島原発事故に対して、どのようなロボット技術導入や技術開発の活動が行われているかについて紹介した。ただし、ここで紹介したもの以外にも、多くの省庁でロボットや遠隔操作機器に関連する取り組みが行われている。総務省では、ホワイトスペース推進会議を設置し、地上デジタル放送に割り当てられたUHF帯の周波数領域を有効活用するための検討を行っており<sup>10)</sup>、災害対応ロボットや機器の利用についても議論されている。これもロボットや機器を有事の際に現場で活用できるようにするための一つの重要な活動である。

東日本大震災や福島原発の事故によって、我々は多大の被害を被った。しかし、それを糧とし、またそれを一つの機会と捕え、今後の備えに結び付けるとともに、産業競争力の強化など、プラスの効果につなげていくことが重要である。本稿では、今後の備えとして何が必要であるかの提言について述べたが、ここで述べた技術開発、防災ロボットセンター、制度設計などを実際に構築していく上で、省庁連携、産学官連携は極めて重要であり、提言を実現する上での鍵となる。今日本が一つになり、また海外とも連携しながら、災害に対する備えのシステムを構築し、安全安心な社会の実現にロボット技術を役立てられるようになることを切に願う。

JICMA

### 【参考文献】

- 1) <http://www.robotaward.jp/award/5th-robotaward.pdf>
- 2) 浅間 一：“東日本大震災及び原子力発電所事故に活用されるロボット技術”，ITU ジャーナル，vol. 42, no. 2, pp. 44-47 (2012).
- 3) 浅間 一：“災害対応・原発事故対応のための遠隔操作技術の開発とその運用”，ロボット，no. 206, pp. 33-38 (2012).
- 4) [http://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP\\_100045.html](http://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100045.html)
- 5) [http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/20120626\\_01.html](http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/20120626_01.html)
- 6) <http://www.cocn.jp/common/pdf/thema50-s.pdf>
- 7) <http://www.cocn.jp/common/pdf/thema39-L.pdf>
- 8) <http://www.theroboticschallenge.org/default.aspx>
- 9) <http://www.teex.com/sitemap.cfm?Div=USAR>
- 10) [http://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/kenkyu/whitespace/index.html](http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/whitespace/index.html)

### 【筆者紹介】

浅間 一（あさま はじめ）  
 東京大学  
 大学院工学系研究科  
 教授



# 放射性物質に汚染されたバイオマスの ガス化発電による減容化処理

松 生 隆 司・大 山 将・近 藤 秀 樹

福島第一原子力発電所の事故に伴い、放射性セシウムが拡散し、広い範囲の草木類に放射性セシウムが含まれ、間伐材・製材残材および飼料等で利用していた牧草・稲わら等の利用が困難となっている。これらは、焼却処理することで減容化できるが、経済的な負担が大きく、他の可燃物と混合焼却すると放射性セシウムを含む焼却灰が増加することが課題となっている。筆者らは、除染に伴い発生するバイオマスをガス化処理装置でバイオマスガスと炭として回収し、それらを燃料として有効活用することを目的とした実証試験を実施し、放射性セシウムの濃縮挙動等を調査し、実発電設備を運用する上での課題抽出と対応策を検討した。

キーワード：バイオマス、放射性セシウム、除染、減容化、ガス化発電、エネルギー回収、灰固化

## 1. はじめに

福島第一原子力発電所の事故により広い範囲の土地が放射性セシウムにより汚染された。これら地域のうちの居住地域では、表土除去をはじめとする除染作業が行われ、生活域の空間線量低減が図られている。

しかし、福島県をはじめ比較的汚染濃度の高い地域には広大な森林が存在するが、それらの積極的な除染は計画されていない。従来、これらの地域の山林は間伐による森林の更新が図られていたが、原子力発電所事故以来、放射性セシウムを含む間伐材は製材、製紙原料、燃料化（ペレット燃料）、堆肥化、土木資材等の利用が出来なくなっており、間伐による森林の更新が停滞している。その結果、森林に蓄積した放射性セシウムの除去・搬出も停滞する可能性が高い。表一1に放射性セシウムの汚染で通常の処理が困難になったバイオマスの種類を示す。

森林に蓄積している放射性セシウムは、直ちに生活域に影響を及ぼす可能性は少ないものの、豪雨や山火事等により生活域へ移動する可能性があり、間伐等により徐々にでも森林から回収し、放射性セシウムを管理下に置くことが重要と考える。

これら低濃度ながら放射性セシウムに汚染された森林のバイオマス原料や飼料用途のバイオマスは、発電に利用すれば再生可能エネルギーを回収しながら除染・減容化が可能であり、また間伐の再開により停滞している林業の活性化や発電事業での雇用も図られる。

表一1 放射性セシウム含有バイオマスの種類

品 目	通常の処理が困難な理由	発生時期
間伐材 (木質チップ)	バイオマス利用後の灰のセシウム濃度が高くなるため、燃料としての利用が困難となっている。	長期間
伐採時残材 (枝葉、梢材等)	従来は焼却処理していたが、セシウム濃度が高く焼却施設が受け入れを拒否。	長期間
松くい虫被害木	同上	長期間
製材残材 (端材、オガくず)	同上	長期間
果樹剪定枝	同上	比較的短期間
パーク (樹皮)	従来は燃料/堆肥等で利用されていたが、セシウム濃度が高く、利用困難。	長期間
シイタケ原木	収穫されたシイタケの濃度が高く、廃棄処分を望むが焼却処理が困難。	比較的短期 (1~2年程度)
牧草、稲わら	飼料として収穫した牧草、稲わらのセシウム濃度が高く、飼料として利用困難。	比較的短期 (3年程度、除染で濃度低下)
雑草・雑木	道路脇、河川敷等土壌除染を行わない場所から発生する有機物では、長期にわたりセシウム濃度の高い雑草・雑木が発生。通常は各事業者が処分(焼却/堆肥化/チップ化)するが、セシウムが含まれるため通常の焼却処理が困難。	長期間

そこで、実際の林地バイオマスを用いてバイオマスガス化試験装置によるガス化実証試験を実施し、放射性セシウムの濃縮挙動等を調査し、実発電設備を運用する上での課題の抽出と対応策を検討した。

本報告では、バイオマスの炭化・燃焼処理における放射性セシウムの挙動と、その減容化効果および経済性の検討結果について報告する。

## 2. バイオマスガス化発電の概要

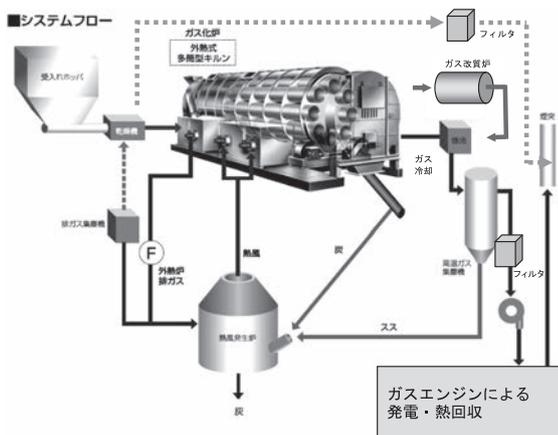
バイオマスガス化発電は、比較的小規模で高効率の発電が可能で、放射性セシウムの拡散を防止しつつ、その減容化処理とエネルギー利用の両立が可能である。また、各市町村単位で処理を行うことで、バイオマス

の発生量と消費量がほぼ等しくなり、運搬コストの削減と効率的で長期の運用が可能である。表一2にバイオマスの減容化処理について適用技術の比較を示す。

表一2 バイオマス減容化処理の適用技術比較

技術	バイオマスガス化発電	バイオマスのボイラー式発電	仮設焼却炉	一般廃棄物焼却炉
処理規模	～50t/日	～250t/日	～500t/日	100t/日以上
本来の目的	バイオマスからガス及び炭を回収して発電・給熱事業を行う。結果として減容化が図られる。	バイオマスを燃焼した熱で発電・給熱の事業を行う。結果として減容化が図られる。	大量に発生した震災がれき等の短期間での処理。	家庭等から発生する放射性セシウムを含まない廃棄物の処理。
運転期間	10年以上	10年以上	3年程度	15～20年程度
特徴・課題	バイオマスの供給	安定供給が必要(市町村レベルの発生量)	安定供給が必要(広域処理レベル)	供給の変動には対応可能(長期運転には不向き)
	減容化能力	高い(1/100程度)	高い(1/100程度)	中程度(1/20程度)
	処理コスト	安価～処理費不要	安価～処理費不要	高価

バイオマスガス化発電は図一1に示すように、バイオマスを外気と遮断されたガス化炉(外熱式多筒型キルン<sup>1), 2)</sup>で蒸し焼き(熱分解)にして、高カロリーのバイオマスガスと炭化物に分離する。ガス化後の残さである炭化物はガス化炉より排出され熱風発生炉で完全燃焼させガス化炉の熱源となる。ガス化炉より排出されたバイオマス熱分解ガスはガス改質炉でタール分を分解し、冷却装置・フィルタを経由してクリーンなガスとしてガスエンジンへ送り、発電と熱回収が行われる。



図一1 バイオマスガス化発電のシステムフロー

バイオマスガス化発電設備で放射性セシウム含有バイオマスを燃料として使用するに当たり、以下の問題点や対策項目が必要と考えた。

- ・ガス改質炉・冷却装置内部の放射性セシウムの蓄積と防止。
- ・熱風発生炉内部の放射性セシウムの蓄積と防止。
- ・ガス化炉熱風通過部分への灰の蓄積防止。
- ・フィルタ内部の放射性セシウムの蓄積と除去方法。

- ・放射性セシウムが濃縮した灰の貯留部における放射線防護。
- ・灰取り出し時の被ばく及び灰の飛散防止(セメント固化処理)。

### 3. セシウム挙動把握に関する室内試験

セシウムのおおまかな挙動を把握するために、バイオマスガス化処理を模した管状炉を用い、市販木チップに塩化セシウムを含浸させた模擬汚染木質チップの熱分解試験(炭化)と炭の燃焼試験を行い、安定セシウムの挙動を確認した。

熱分解試験での安定セシウム挙動は、チップ中のセシウムの91.9%が炭から回収され、それ以外からは検出されず、炭化処理ではセシウムのほぼ全量が炭に移行すると想定できた。

一方、燃焼試験において、炭の燃焼に伴いセシウムの一部がガス化もしくは液滴化し、ガスの流れに沿って後段に移行したが、系全体からセシウムの99.3%が回収され、セシウムが系内にとどまっていることを確認した。

### 4. 放射性セシウムの挙動把握試験

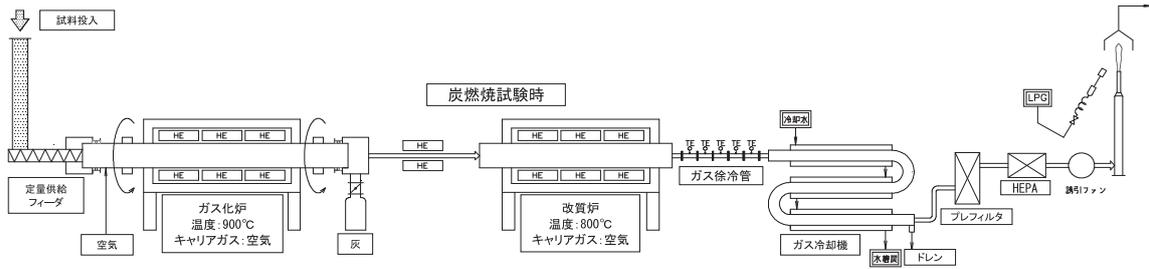
実証試験はバイオマスガス化試験装置を保有する岩手県奥州市衣川区内で実施した。室内試験で確認したセシウムの挙動をもとに、放射性セシウムに汚染されたバイオマスをバイオマスガス化試験装置に投入し、バイオマスガス生成時(炭化処理)の放射性セシウムの挙動と、炭化処理で発生した炭の燃焼時における放射性セシウムの挙動を確認した。

表一3に試験装置の仕様を、図一2に試験装置の構成を示す。写真一1に試験装置全体を、写真一2にガス化炉を示す。

試料は表一4に示す種類として、今後長期間発生

表一3 バイオマスガス化試験装置の仕様

名称	仕様
1 ガス化炉	電気ヒータ式外熱キルン炉, 電気容量 25 kW L4,700 mm × W1,044 mm × H1,470 mm 加熱部延長 2,500 mm
2 接続管	40 A, 外部 600℃ヒーター保温
3 改質炉	電気ヒータ式マッフル炉, 電気容量 25 kW L2,650 mm × W1,344 mm × H1,620 mm 加熱部延長 1,950 mm
4 徐冷管	40 A, 空冷配管, L = 300 mm × 5 本
5 ガス冷却機	ジャケット式水冷ガス冷却機
6 ガスフィルタ	プレフィルタ: φ 400 mm × L1,000 mm 不織布+表面加工, 捕集効率 0.3 μm × 99% HEPA フィルタ: □ 305 mm × 105 mm
7 ブロワ	耐圧防爆形 0.5 kw 2P 8.3 m <sup>3</sup> /min × 3.1 kPa



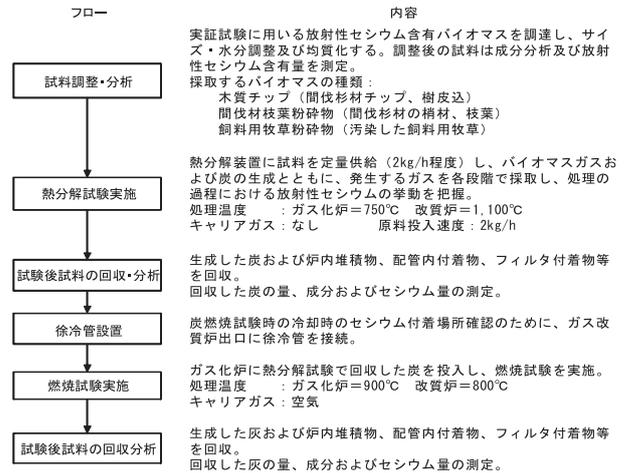
図一 炭化物燃焼時のバイオマスガス化試験装置の構成



写真一 バイオマスガス化試験装置



写真二 ガス化炉 (試料投入部)



図一 試験フロー

表一 試料の種類と放射性セシウム濃度

試料種類	内容	濃度
木チップ (間伐材)	奥州市内のうち、空間線量が比較的高い地域でH23冬～H24春にかけて間伐した杉材のチップ(樹皮付き)を使用した。あらかじめ15mm程度以下にサイズ調整し、十分に均質化して試料とした。	84Bq/kg
木チップ (枝葉)	奥州市内でH23冬～H24春の間伐時に発生した林地残材(枝葉、梢材)を採集し、15mm程度以下にサイズを調整。放射性セシウムは、杉の上部に付着していることから、可能な限り梢材を採取・使用した。	1,708Bq/kg
牧草	事故後に刈り取った牧草のうち、放射性セシウム濃度が高いと思われる一番草を使用した。採取した牧草は、一定サイズ(15mm程度以下)に裁断し、均質化した。	1,968Bq/kg

しガス化発電の主要な原料になると想定される放射性セシウムを含む間伐材(杉チップ)および伐採残材(杉の梢材、枝葉)と、放射性セシウム濃度が高く飼料として利用できず廃棄物として焼却もできない非木質系バイオマスの牧草を調整して用いた。

図一 3 に試験フローを示す。炭化処理では各試料を 2 kg/h で、燃焼処理では炭化処理で発生した各炭化物を混合して 0.8 kg/h の投入速度で、各々 6 時間連続投入した。各試験終了後、装置を分解して内部の付着物と処理物を回収した。回収物は各装置単位に区別管理し、質量測定と放射性セシウム量の分析と、付

着物の除去前後の表面線量測定を行った。

### 5. 放射性セシウムの収支と付着物

表一 5 に放射性セシウムの収支を示す。炭化・燃焼処理においてガス中の放射性セシウムは冷却およびフィルタにより除去され、排出ガスからは検出されないレベルであった。炭化処理で回収した炭には放射性セシウムの 88.8 ～ 94.9% が含まれ、残りは煤や粉末状の炭から回収された。

一方、燃焼処理で回収された灰には放射性セシウムの 21.9% が含まれ、残りはガス化炉以降に移行したのから回収された。これは、放射性セシウムの一部が霧状ないしガス状となり、ガスの流れに沿って装置内を流下し、温度の低下に伴い固体となりその一部が白色～灰白色のダストとして装置の管内面に付着した。この箇所付着物の主体は蛍光 X 線分析結果で塩化カリウム (KCl) と想定されたことから、放射性セシウムも塩化セシウム (CsCl) の形態が主体と考えられた。

なお、これらの付着物は拭き取りが容易なものであった。

実機においても同様な性状であれば付着物は水洗で容易に除去できるものと想定される。

ガス冷却機で発生したドレン水については、放射性

表一五 放射性セシウムの収支

試料	単位	炭化処理			燃焼処理	
		木チップ (間伐材)	牧草	木チップ (枝葉)	炭	
投入量	Bq	1,008.0	23,033.5	20,496.0	622.4 9,040.0 11,968.0	
投入合計		1,008.0	23,033.5	20,496.0	21,630.4	
固形分回収	炭/灰	Bq	874.7	19,299.3	18,077.7	4,595.2
	ガス化炉内回収	Bq	63.9	369.6	947.0	2,892.6
	接続管付着物	Bq	1.9	292.1	34.2	577.2
	改質炉内回収	Bq	0.6	23.4	10.8	2,897.4
	接続管	Bq	7.3	93.7	48.9	882.9
	徐冷管	Bq				1,339.9
	ガス冷却部	Bq	28.7	150.0	131.3	2,744.4
	プレフィルタ回収	Bq	8.3	115.3	118.4	5,050.5
	HEPA フィルタ	Bq				0.0
	回収合計	Bq	985.3	20,343.4	19,368.2	20,980.3
回収率	%	97.7	88.3	94.5	97.0	
分布	炭/灰	%	88.8	94.9	93.3	21.9
	ガス化炉内	%	6.5	1.8	4.9	13.8
	接続管	%	0.2	1.4	0.2	2.8
	改質炉内	%	0.1	0.1	0.1	13.8
	接続管・徐冷管	%	0.7	0.5	0.3	4.2
	徐冷管	%	-	-	-	6.4
	ガス冷却	%	2.9	0.7	0.7	13.1
	プレフィルタ	%	0.8	0.6	0.6	24.1
	HEPA フィルタ	%	0.0	0.0	0.0	0.0
			100.0	100.0	100.0	100.0

表一六 減量化・減容化効果

項目	単位	木チップ (間伐材)	牧草	木チップ (枝葉)	備考	
<b>炭化処理時</b>						
処理前	投入量	kg	10,423 (12.0)	10,502 (11,704)	9,756 (12.0)	( ) 内は湿潤重量
	Cs濃度	Bq/kg	97 (84)	2,193 (1,986)	2,101 (1,708)	( ) 内は湿潤ベース
	容積	L	107.1	165.3	82.6	
処理後	排出炭量	kg	2,359 (2,365)	3,437 (3,437)	2,427 (2,427)	( ) 内は湿潤重量。 煤は少量のため計算から除外
	Cs濃度	Bq/kg	390 (389)	5,651 (5,650)	7,480 (7,480)	( ) 内は湿潤ベース
	Cs回収率	%	97.7	88.3	94.5	付着物含む。 炭中 Cs / 回収 Cs = 88.8 ~ 94.9%
	容積	L	30.7	60.4	20.7	
	減量化率	%	77.4	67.3	75.1	(処理前重量 - 炭重量) / 処理前重量。 乾燥ベース
	減容化率	%	71.3	63.5	74.9	(処理前容積 - 炭容積) / 処理前容積
<b>炭燃焼後</b>						
処理前	炭投入量	kg-wet	1.6	1.6	1.6	
原料換算	重量	kg	7,053 (8,119)	4,888 (5,448)	6,431 (7,911)	炭投入量 × 原料投入 / 排出炭量。 ( ) 内は湿潤重量
			18,372 (21,478)			
	容積	L	72,475	76,960	54,481	
	合計容積	L	203,917			
処理後	灰重量	kg	0,718 (0,718)		ダスト (飛灰相当) は少量のため計算から除外	
	Cs濃度	Bq/kg	6,401 (6,400)		( ) 内は湿潤ベース。 灰中 Cs 総量 = 4,595 Bq	
	Cs回収率	%	97.0		付着物含む。 灰中 Cs / 回収 Cs = 21.9%	
	容積	L	0,803			
	減量化率 (灰)	%	96.1		(原料換算重量 - 灰重量) / 原料換算重量。 乾燥ベース	
	減容化率 (灰)	%	99.6		(原料換算容積 - 灰容積) / 原料換算容積	
<b>固化処理後</b>						
固化 処理後	重量	kg-wet	1,156		セメント 20%、水 40%、ペントナイト 1% 添加時を想定	
	湿潤密度	kg/L	1,610		28 日試験時	
	容積	L	0,718			
	減量化率 (固化体)	%	94.6		(原料重量 - 固化体重量) / 原料重量。湿潤 ベース	
	減容化率 (固化体)	%	99.6			

セシウムは検出されなかった。

### 6. 減容・減量効果の評価

表一六 にバイオマスのガス化・炭燃焼及び灰の固化処理に伴う減量化と減容化の効果を示す。

炭化処理に伴う減容化率は 63.5 ~ 74.9% であり、概ね 1/3 ~ 1/4 程度の減容効果が認められた。炭の燃焼処理では牧草由来の灰が多く発生したが、原料換算での減容化率は 99.6% であった。

灰はそのままの状態では取り扱いにくく、飛散・溶出のリスクが高いことから、セメントによる固化処理を行った。

普通ポルトランドセメントを灰に対して 20% 添加するとともに、溶出抑制の向上を目的としてペントナイトを灰の 1% 添加した配合で、減量化率は 94.6% (当初重量の約 1/18) であったが、セメント固化処理することで見かけの密度が大幅に増加することから減容化率は悪化せずに 99.6% となり、廃棄物の容積を当初の 1/250 に圧縮できた。

### 7. バイオマスガス化設備の空間線量の評価

放射性セシウムの収支結果を基に一定量の放射性セ

シウムを含有するバイオマスを実処理設備により処理することを想定し、一定時間運転後の装置周辺の想定空間線量率を算出して放射性セシウムの蓄積対策と遮蔽の効果の評価した。表一七 に算定結果を示す。

蓄積・遮蔽対策として、熱風発生炉・ガス化炉に耐熱金属板の内張り、空気予熱器にコンクリート遮蔽壁の設置等を施すとした。

表一七 計算から求めた空間線量率低減効果

	建屋内平均	機械周辺平均
対策無 (μSv/h)	2.55	6.32
対策あり (μSv/h)	0.95	2.47
空間線量率低減効果	63%	61%

対策を講じた場合の建屋内の空間線量率低減効果は 63% となった。機械設備周辺部に限ると、対策を行わない場合の平均空間線量は 6.32 μSv/h と特定線量下業務 (2.5 μSv/h 以上) の基準より高くなるが、対策を行った場合は 2.47 μSv/h となり、同基準とほぼ同等程度に収まり、空間線量率低減効果は 61% となった。

### 8. 実用化設備の対策

放射性セシウムの蓄積対策と濃縮物 (灰) の処分方法 (セメント固化処理) については、通常のバイオマ

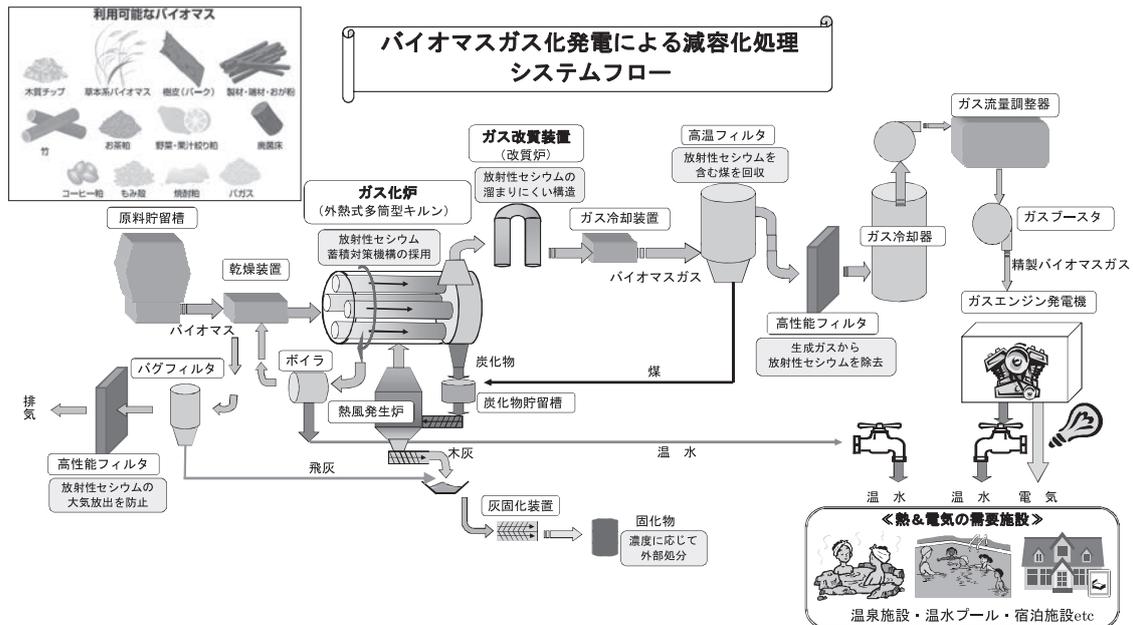


図-4 実用化設備のシステムフロー (参考文献3に一部加筆)

スガス発電設備に以下に示す改造を加えることで、放射性セシウムを含むバイオマスを安全に処理することが可能になるものと想定される。

- ・断熱材の内側に耐熱金属板を張りつけ、放射性セシウムの断熱材への含浸を防止する。
- ・メンテナンス時に、高圧空気により耐熱金属表面に付着したダストの払落しを可能とする(耐熱鋼板の表面から払い落したダストは、粉じんとして排ガス処理用フィルタで回収)。また、必要に応じて、排ガス経路の洗浄が可能な構造とする。
- ・排出した灰を自動でセメント混合処理する機構を設ける。灰ピット及びセメント固化処理装置は特に線量が高くなることから、コンクリートの遮蔽壁を設ける。

図-4に放射性セシウムを含むバイオマスの減容化処理に対する、バイオマスガス化発電実用化設備のシステムフロー<sup>3)</sup>を示す。本設備により、放射性セシウムを含むバイオマスを資源として活用しながら、安全で効率のかつ経済的な減容化・エネルギー回収が図られる。

## 9. おわりに

本報告は、環境省が実施した「平成23年度除染技術実証事業」のうち、「除染に伴い発生する有機物のバイオマスガス化発電による減容化およびエネルギー回収」<sup>4), 5)</sup>として、中外炉工業株式会社と共同実施した成果を取りまとめたものである。

最後に、本実証試験で得られた諸知見が、事故由来

放射性物質に対する除染・汚染廃棄物処理事業等の推進の一助となれば幸いである。

JCMMA

### 【参考文献】

- 1) 中外炉工業(株)ウェブページ。  
([http://www.chugai.co.jp/env/11\\_biomass/01.html](http://www.chugai.co.jp/env/11_biomass/01.html))
- 2) 谷口美希, 西山明雄, 笹内謙一: ロータリーキルンを用いたバイオマスガス化システムの現状と展望, 日本エネルギー学会誌, 第91巻, 第10号, pp.1024-1029, 2012.
- 3) 中外炉工業(株): バイオマスガス化コージェネレーションシステムパンフレット.
- 4) 株鴻池組: 環境省平成23年度除染技術実証事業, 「除染に伴い発生する有機物のバイオマスガス化発電による減容化およびエネルギー回収」実証試験報告書, 2012年9月.
- 5) 環境省ウェブページ。  
(<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=15864>)

### 【筆者紹介】



松生 隆司 (まついけ たかし)  
株鴻池組  
土木事業本部 環境エンジニアリング部  
部長



大山 将 (おおやま しょう)  
株鴻池組  
土木事業本部 環境エンジニアリング部  
課長



近藤 秀樹 (こんどう ひでき)  
株鴻池組  
本社  
課長 (株ジオスチーム出向中)

# 重仮設の急速施工化とその災害復旧工事への適用可能性

## LIBRA 工法

孝 本 英 俊・衣 笠 正 則

震災の教訓から改めて災害復旧作業の迅速性が求められる現在、起伏に富んだわが国の施工条件において重機作業の前提となる重仮設工の急速化による災害復旧工事の機動方向上とその効果について、栈橋工の急速施工方法として起用される「仮橋・仮栈橋斜張式仮設工法」LIBRA 工法（以下「本工法」という）の運用例を概観し、考察する。

キーワード：事業継続計画（BCP）、栈橋、重仮設、岩盤、ダウンザホールハンマ、急速施工、桁下、鋼管矢板

### 1. はじめに

現在のわが国の建設業には、東日本大震災の大災害で現実としてつきつけられた「安全・安心の社会」の基盤の脆弱性を早急に克服し、社会・経済の活動を支える基盤を再構築するという、大きな責務が与えられている。

中でも、防災・災害復旧工事においては、現在の東日本の広範な被災のダメージ、震災後のエネルギー制約に加え、グローバル化に伴う競争激化、財政制約、地球環境問題など、かつてない困難に直面するなか、今後はBCP（事業継続計画）の観点からも、格段の急速性が求められることになる。

ここでは、火山帯にある島嶼国のわが国において施工の急速性の必須条件となる重仮設工程の急速化による災害復旧のスピードアップの可能性について、仮橋・仮栈橋工の急速施工技術である、「本工法」のこれまでの施工事例を概観し考察する。

### 2. 「本工法」開発の背景

平成8年に開発された、仮橋・仮栈橋斜張式仮設工法「本工法」は、栈橋構造をプレハブ化した鋼製の上部工パネルと鋼管杭から成る専用部材で構成し、前記上記パネルを専用の斜張設備を用いて片持ち状に張り出し先行架設し、それをガイドに鋼管杭を打設することで手延べ式架設を行う栈橋工である（写真—1）。

従来の栈橋工は、汎用品のH形鋼を使用する材料調達上のフレキシビリティから、都市や港湾・河川部



写真—1 「本工法」による栈橋架設工



写真—2 在来工法によるダムサイトの栈橋工

を中心に、広く普及している。

しかし一方、山間部の深い峡谷をまたぐ道路橋や、海洋橋梁、ダムサイトなどにおける大規模な工事用道路や作業構台など（写真—2）の重仮設工においては、現場環境の多様性と複雑性が障害となり、関係資料の整備と設計条件の平準化が困難で、定量化できない施工上の問題が多数発生する。

具体的には、高所作業や足場構築作業が多く発生する（写真—3, 4）、急傾斜や河川など水上での支持杭



写真一三 下部工架設作業（はしご吊り下ろし）



写真一六 平場組立作業状況



写真一四 上部工架設作業



写真一五 導材（導杭・導枠）設置工（急斜面）



写真一七 「本工法」による栈橋架設工

の打設作業が困難である（写真一五）、支持層の硬質地盤や岩盤に杭が打ち込めない、など様々な施工障害が生ずる。その大規模な栈橋工の工期遅延の影響が、事業計画全体の遅延におよぶ、といった事例は現在も後を絶たない。

### 3. 施工方法

上述のような定量化できない現場の諸問題を解決するため開発された、栈橋工の作業に特化した専用の資機材を用いる「本工法」の施工手順を説明する。

#### (1) 上部工

##### (地組工)

従来の方法が最後に上部工の架設を行うのに対し、「本工法」ではまず平場で1支間分の組立作業を行う

（写真一六）。

（架設工）

このように地組された1支間分の上部工パネルは、続いて設計位置に架設が行われる（写真一七）。

上部工パネルを、延設方向の杭が打設される以前に工法独特の斜張設備（反力ポール）により設計位置に保持することで、上部工を下部工に先行させることができるようになった。

#### (2) 杭打設工

片持ち状に架設された上部工パネルには、杭連結部に杭打設の導材となるガイドホールが設けられており（写真一八）、その連結部に鋼管杭及び掘削装置を挿入することで、作業者の負担を減らし容易に「設計位置」を確保し、急斜面の岩盤などの現場条件の影響を抑え、



写真一八 パネル片持ち架設状況（ガイドホール）

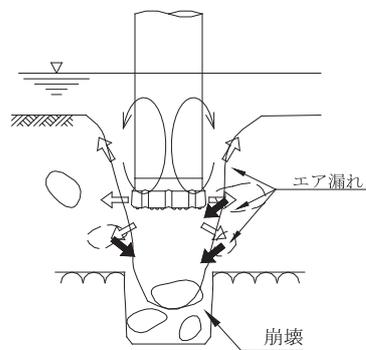


写真—9 杭打設状況

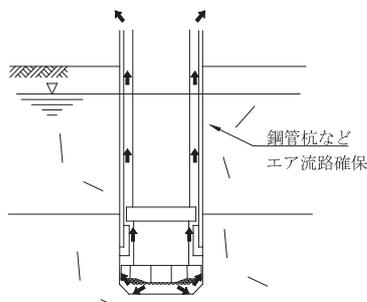
1/300を上回る高精度の支持杭打設を行えるようになった(写真—9)。

また、硬質地盤や岩盤へ杭を打設するため特殊な拡径式ビット式ダウンザホールハンマ施工により、掘削と同時進行で杭の建て込みを行っている。

この方法により、従来孔壁崩壊や掘削ずりの孔内停滞で掘削障害が発生していた河床堆積層や地下水を含む崖錐層に、掘削と杭建て込みという2工程を1工程にした急速施工が行え、確実に工期を短縮することができるようになった(図—1、写真—10)。

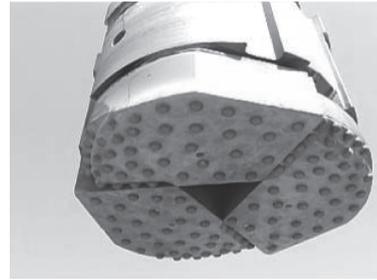


従来の素掘り式掘削



拡径式掘削法

図—1 拡径式ダウンザホールハンマの掘削方法



写真—10 拡径式ビット(ダウンザホールハンマ)

### (3) 杭橋脚設置工

更に、支持杭に鋼管を採用することにより、その断面性能の優位から、従来のH形鋼を支持杭とする栈橋と比較すると下部補強材の量を軽減することができた。

また、山の斜面上などの杭心位置に作業者が立ち入る必要がないように、橋面上から懸架するスピードインストールデッキ(簡易作業足場)を設置し、作業者が橋面上から直接アクセスできるようにし、また、下部補強材を取り付ける際十分なスペースで作業ができるようにした(写真—11)。



写真—11 足場設置状況

## 4. 適用範囲の拡張

山間部の栈橋工を急速化すべく始動した「本工法」は、現在では多様な施工条件で用いられている。

### ①河川内の非出水期施工の工期短縮

1支間8mを約2日で延伸でき、100mを超える延長の栈橋なら本工法に対し1ヶ月にも及ぶゆとりを創出できる。その結果、例えば、2年かかる多径間の渡河橋の維持補修工事を1年で終えるなど経済効果は高い(写真—12)。

### ②桁下5.8mの耐震補強工事のための作業構台

低頭用パイプロハンマとテレスコクレーンにより、



写真—12 2つの井筒基礎を施工する作業構台



写真—13 桁下 5.8m の空間で杭打ち作業

4mの杭の吊り込みを可能とし杭溶接を削減し桁下施工を急速化した(写真—13)当技術は、「フェニックスステージ工法」(KK-120021-A)としてNETISに登録されている。

### ③複合的な重仮設工の急速施工化の事例

SEP(自己昇降式台船)と組み合わせ、河口を渡河する橋梁の7基の井筒基礎を単年度の非出水期に完了させる作業構台として利用された。河口に位置する当現場では台船施工が計画されたが、難度の高い井筒基礎施工に用いる重機足場の構築工程の急速性は必須である一方で、水深が干潮時に1m未満になり台船の常駐が困難な位置があるため、安定した工期で施工可能な方法を検討し、海上から回航したSEP上から栈橋架設を行った。

潮位に影響を受けるクレーン付き台船、スパッド台船等と異なり、SEPは船体と積載物重量をレグで支持でき、満潮時に移動すれば、干潮時でも継続して作業が行える。

実際、計画通り、SEP上では潮位変動や現場の強風に影響を受けることなく、安全に施工を行うことができた(写真—14)。

また、4300m<sup>2</sup>におよぶ広大な作業構台の鋼材を安定的に供給するため、岸壁には専用の資材ヤードが確保され、遅滞なく現場に資材を投入することができた(写真—15)。

この施工の急速性は、例えば津波発生後の陸上経路



写真—14 SEP上クレーンによるパネル架設



写真—15 埠頭岸壁を利用したストックヤード

が分断され孤立した被災地の物資の搬送路、水上基地や、コンテナやフェリー用埠頭、シーバースなどの港湾設備や、生産設備の復旧や、物流のインフラ機能の復旧を迅速化し、各種復興と、企業活動の再開～本格稼働化の同時平行化を図り、経済的損失の低減に寄与するものと考えられる。

## 5. これまでの災害復旧への対応事例

「本工法」は現在、鋼材の規格化や、資材備蓄、整備体制が整い、(写真—16)急速施工への確実な対応力から、大規模な災害復旧工事に起用されている。

その多くの事例では、ライフラインの復旧や事業再開を目的とし、過酷な現場条件下においても、悪天候時の作業や昼夜施工も辞さず、高い急速性が求められる。

### ①平成16年台風第23号被災の鉄道橋復旧の事例



写真—16 「本工法」鋼製パネル部材専用機材センター



写真一七 鉄道橋構築のための棧橋工

落橋した山間部の鉄道橋の復旧の事例では、桁架設のための150t吊りクローラークレーンの作業床を提供するため、2mを超える巨石の堆積する河床下の岩盤層に根入れを確保した杭長最大33.5mに及ぶ作業構台を構築した(写真一七)。

#### ②中越沖地震被災の水力発電所復旧工事の事例

水力発電所の護岸部復旧のための縮切を行う作業構台の構築を行った。記録的な豪雪の中、従来工法では1年を超える工期の仮棧橋架設約5700m<sup>2</sup>、鋼管矢板φ800mm約490本による縮切という重仮設工を4箇所から同時に施工開始し、わずか3ヶ月で施工を完了した(写真一八)。



写真一八 4台同時の棧橋架設作業

その結果、施工の河川沿いの農業利水への影響をなくし、また当該発電所の機能回復を早めることにより、経済的損失を軽減することができた。なお、当現場では鋼管杭打設と同様のクレーン吊り下げ式の拡径式ダウンザホールハンマで、直径1mの玉石が堆積する河床に、上記約490本の鋼管矢板を昼夜作業で打設している(写真一十九、二十)。

このような土質条件で対象地盤に直接鋼管杭や鋼管



写真一九 夜間の鋼管矢板打設



写真二〇 玉石の堆積する河床部

矢板を打設した実績から、地すべりや土石流の発生した際など地盤に著しい変状が生じ既往の資料で定量評価できない災害復旧時の地盤条件下でも杭基礎形式の応急橋や鋼管矢板による各種壁体が構築できることが判る。

#### ③平成23年台風12号被災の復旧事例

震災から半年を待たず発生した台風12号は記録的豪雨となり、西日本を中心として甚大な被害が発生した。その際、橋梁流失のため分断された生活道路を確保する仮橋(写真二一)として活用された。



写真二一 深夜・雨天中のパネル架設

橋梁復旧までの数年河川内に存置されるため、工法初の12.5m支間のパネルにより施工を行った。工法としては異例の河床に重機足場をおく非定常作業だが、雨天の中も昼夜施工を敢行し、延長114m、覆工

面積 822 m<sup>2</sup> の仮橋をわずか 18 日で施工を完了させることができた。

#### ④急速性確保のための体制の維持と強化

既に見てきたように、急速施工技術を確立した現在、「本工法」は様々な災害復旧の現場において活用されている。

しかし、上述のように災害復旧工事はその工事目的の性質上、悪天候等の過酷な環境下も敢行されるため高い熟練度が必要とされる一方で、本来栈橋工は人力作業が多く、また「本工法」には専用資機材固有の作業手順があり、十分にそれに習熟する必要がある。

従って、「本工法」では機材センターを拡充すると同時に、施工技術者の養成のため、各種仮設作業のトレーニング施設を設け、訓練、教育活動により高度な急速性を維持、強化している（写真—22）。



写真—22 トレーニング施設

## 6. おわりに

「本工法」LIBRA 工法の施工事例で概観したように、おそらく新技術の多くは、目的を予定調和的に達成するというよりは、様々な応用されることで潜在的な機能が引き出され、それを高めブラッシュアップすることで、技術革新が成され、適用範囲が拡張する。

特に、栈橋工に代表される現場条件の影響を強くうける重仮設プロセスでは、千差万別の環境における様々な困難を克服する過程でノウハウ蓄積と資機材の最適化が図られるのであり、更にその真価が問われる災害復旧工では、資材、機材、人材の全てをジャストインタイムで供給することが求められる。

今後は更に、LIBRA 工法をはじめとする重仮設プロセスの技術革新を積み重ね、被災のダメージを最小限に留める対策の一助となる技術を提供したいと考えている。

### 謝 辞

最後に、本工法に深いご理解を賜りご活用頂いた全ての皆様と、技術の向上に日夜尽力頂いている関係者各位に本誌面をお借りして、深く感謝申し上げます。

JICMA

#### [筆者紹介]

孝本 英俊（こうもと ひでとし）  
 ㈱横山基礎工事  
 営業本部  
 社長室長



衣笠 正則（きぬがさ まさのり）  
 ㈱横山基礎工事  
 企画技術部  
 部長代理



# 八戸港八太郎地区防波堤災害復旧工事

下川床 徹

東北地方太平洋沖地震による津波のため、八戸港北側外殻部に位置する八太郎地区防波堤（北）はケーソン倒壊など大きな被害を受けた。

迅速に復旧工事の起工と履行を行うため、標準工法と概算数量で発注された。施工の経過に伴い工事数量と工法の変更を確定する必要があるが、これが通常工事と違っていた。

構造物の破碎・撤去は、グラブ式浚渫船の砕岩浚渫工法で施工した。また、破碎・撤去した無筋コンクリート塊と中詰砂については、全て新規に築造するケーソン中詰材として使用し、震災がれきの発生を減らす工夫がなされた。

本報では工事の概要、施工方法および課題について紹介する。

キーワード：東日本大震災、津波、災害復旧、ケーソン撤去、築造、震災がれき再利用

## 1. 工事の概要

八戸港八太郎地区防波堤は八戸港の北側外殻部に位置し、震災による津波のためにケーソン総延長3,500 mのうち1,870 m（142函）が倒壊した。最初に防波堤中央部の約680 mが2工区に分けて発注された。

筆者が担当した「平成23年度 八戸港八太郎地区防波堤（北）（災害復旧）ケーソン撤去外工事」の概

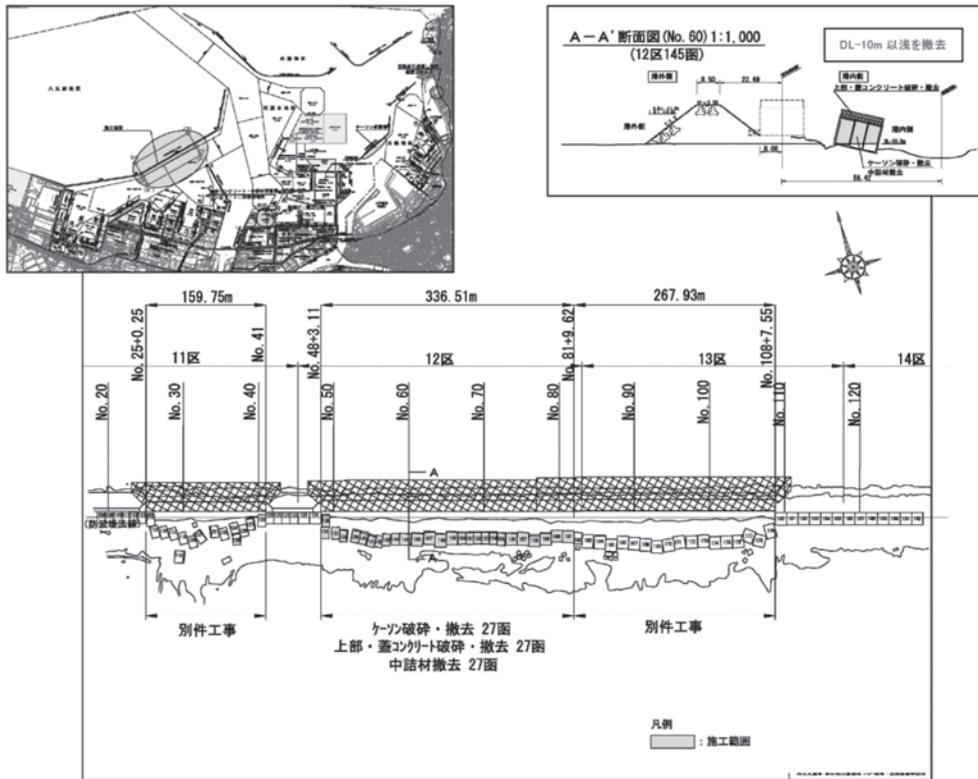
要について以下に記載する。

構造物撤去工として施工延長336.51 mの被災構造物を破碎・撤去した。内訳はケーソン27函とこれに付随する上部コンクリート、蓋コンクリート、中詰材である。

構造物の撤去は新規築造工事の施工に支障が無いよう-10 mの深度確保で設計された。撤去したコンクリート塊は有筋・無筋含め約23,000 m<sup>3</sup>、中詰材は約



図-1 復旧箇所位置図



図一 2 施工位置，標準断面図



図一 3 施工前全景

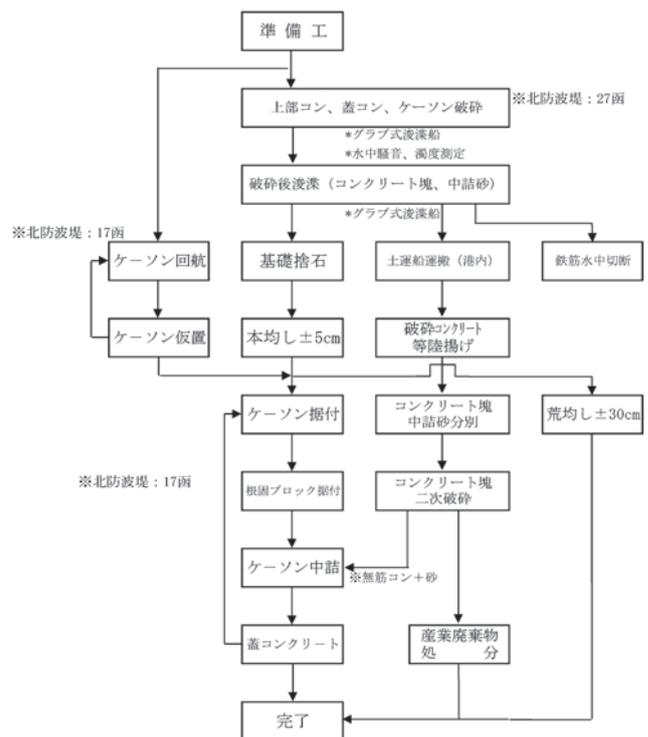
29,000 m<sup>3</sup>と膨大な数量であった。岸壁陸揚げ後，有筋コンクリート塊・無筋コンクリート塊・中詰砂へふるい分け，有筋コンクリート塊はダンプトラックで運搬できる形状まで破碎して，八戸市内再生工場へ陸送し全数量を再生処理した。

無筋コンクリート塊と中詰砂については，陸上機械で30 cm程度以下に小割し，設計単位体積重量を満足するよう砂との混合比を確定したのち全数量を新規ケーソン中詰材として再利用した。

## 2. 施工方法

施工方法はフロー図（図一 4）の順序で行った。被災した港湾の復旧工事であり，一般船舶の供用に支障を与えないで施工を行う必要があった。

グラブ式浚渫船団は京浜港と鹿島港から八戸港まで回航させた。構造物の破碎・撤去は，グラブ式浚渫船で1工区あたり2船団を準備した。50 t級砕岩棒で上部コンクリート及びケーソンを破碎し，ヘビィ級グラブバケットで掘削を行った。



図一 4 施工フロー図

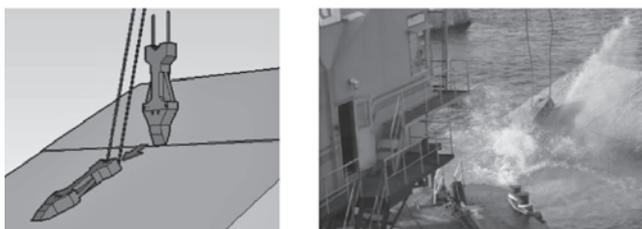
取りかかりの構造物撤去工ケーソン破砕から問題に直面した。砕岩棒での岩盤浚渫工法は、岩盤へ砕岩棒を垂直落下させ、突き刺すように逆円錐状に砕いていく。これを繰り返して堆積した破砕片を掘削する。グラブ式浚渫船も砕岩棒を吊るワイヤーの繰り出しを止める程度のブレーキ能力と静的状態で吊り上げるブーム強度しか有していない。

被災したケーソンは基礎マウンド港内側に倒壊したため、斜めに傾いた状態であった。砕岩棒を落下させると、この傾きのため衝突後にケーソンから砕岩棒が滑り落ち、衝撃がワイヤーやクレーンに負担を与え、故障が頻発した。ワイヤーの破断やブレーキの焼損だけでなく、クレーン鋼材の疲労破断も発生した。

構造物の破砕が全体工種のクリティカルパスであり、工期も厳しかったことから大幅な工法変更の余裕はなく、在場の作業機械で試行錯誤を繰り返した。修理の時間を短縮し作業効率を上げるためには砕岩棒の打撃力を無駄なく・無理なく伝える必要がある。そのため、取りかかりの破砕面をなるべく水平に近い状態にし、打撃位置を正確に管理する必要があった。

破砕構造物の正確な位置については、水上部はレーザープロファイラ測量、水中部はマルチビーム測量でXYZデータを収集し、グラブ式浚渫船のGPS位置管理システムへ入力した。これにより打撃位置の正確な管理が可能となった。

砕岩棒も3種類の大きさのものを準備し、打撃高さや打撃方向を変えながら施工を行った。また、ヘビィ



図一5 構造物破砕状況

級グラブバケットで斜めの部分を直接削れるか試行した。

結論として、砕岩棒の交換作業時間とバケットの修理時間を考慮すれば、最大重量の砕岩棒を使用し、打撃高さを低く調整して平坦な取りかかり場所を作り、その後通常の破砕作業を行うことが一番効率良かった。被災ケーソンが水平の状態であれば苦労は少なかったかもしれない。データで得られたケーソンの傾きと補助工法の必要性を確認しながら施工を行った。

破砕コンクリート等の陸揚で次の問題に直面した。当初は岸壁のバックホウで土運船から揚土する計画であったが以下の理由で施工できなかった。

- ・砕岩棒での岩盤浚渫では掘削片もある程度小さくできる。しかし、今回は打ち継ぎ目や目地でコンクリートが割れることがあったため、破砕片の形状が砂状～30t程度の塊まで混合した状態であった。海上で分別掘削する事もできないためバックホウでの揚土が不可能であった。
- ・破砕したケーソンは鉄筋コンクリートであり、大小のコンクリート塊が連続してつながった状態のものも混入していたのでバックホウで揚土することが不可能であった。

上記の問題については200t吊起重機船を手配し、オレンジバケットを装着させ土運船から岸壁へ背取る事で対応した。

陸揚げ後の破砕コンクリート等については、岸壁で陸上小運搬の可能な大きさに小割し、場内分別ヤードに運搬した。取りかかりの復旧工事であったため八戸港内に広い作業ヤードが確保できたことは幸いであった。陸上機械は作業船の最大処運搬能力に合わせて準備した。冬期の海象が悪い時期であり、港内静穏度も計画より大幅に低かったため作業船の日能力の変動が大きく、これに合わせた陸上機械の確保に苦労した。

小割・ふるい分け・分別の作業は、バックホウにジャイアントブレーカ、スケルトンバケット、ニブラ、クラッシャー等のアタッチメントを装着し対応した。



図一6 破砕コンクリート等陸揚状況

再利用する無筋コンクリート塊と砂については場内ストックヤードに仮置きし、次工程のケーソン据付に備えた。有筋コンクリートは50cmを目安に小割し、飛び出した鉄筋等の処理を行った。総重量で約21,000tを市内再生工場までダンプトラック運搬した。

通常の紙マニフェスト処理を行うと膨大な作業時間を取られるため、電子マニフェストを採用して負担を減らした。これにより数量の確定がリアルタイムで行え、迅速な変更数量確定が可能となった。

有筋コンクリートを中詰材として再利用すれば、震災がれきの発生を“ゼロ”にすることが可能である。ただし、有筋コンクリートの小割・ふるい分け・分別にかなりの期間が必要である。別件工事での使用を計画するなど、処理期間を長く取れるような工事発注が必要である。この場合、現場より発生するものは有償却できる鉄筋のみである。

この後の工程は通常の築造工事と同様なため、施工方法の説明は割愛させていただく。

### 3. 課題

今回工事を行うに当たり以下のような課題が発生した。

#### (1) 復旧工事の契約変更

復旧工事の多くは契約までの期間短縮のために工事数量を概算とし、標準工法での積み上げで発注されている。施工数量や最適工法が発注時に未定のため、工程を確保しながら投入機械とコストのバランスを取る必要があった。復旧工事が輻輳し、作業船や陸上機械の手配も厳しい状況で、変更増見込みで作業機械を大量投入する事は難しい判断である。工法・数量の変更を行うに当たり、受発注者間で迅速な変更契約の合意形成ができないと復旧工期の順守も厳しいと感じる。

#### (2) 作業船の避難区域の確保

外殻施設が被災しているため、通常工事ではあまり問題とならない作業船避難岸壁を港内に確保することができなかった。東北地方の太平洋岸では、冬期の南

岸低気圧通過時に台風なみの波浪が押し寄せる。同時期の大量発注では避難場所を確保できない作業船も出てくるため、安全を確保できるように発注時期をずらしたり、官民合わせた連絡調整が不可欠である。

#### (3) 想定外の波浪

外殻施設の復旧工事を行うに当たり、被災した防波堤にも波浪低減機能が残されている事が判明した。構造物撤去の進捗が進むにつれ、港内に侵入する波浪が明らかに大きくなる。この影響で施工能力のみならず一般船舶の就航率も低下した。船舶の動揺による防舷材の破損落下も相次ぎ発生した。近接個所の復旧を同時期に行えば予測しない波浪の侵入が発生する可能性も考慮しなければならない。

#### (4) 補助工法の検討

砕岩棒による構造物破碎が最良の工法ではない。現場条件によっては補助工法が不可欠であり、それを考慮した施工を行えば復旧工期の短縮につながる可能性がある。

## 4. おわりに

### 謝 辞

本工事は国土交通省東北地方整備局八戸港湾・空港整備事務所の監督指導のもと、無事故・無災害で竣工することができた。この場を借りて感謝の意を表します。

地震列島であるわが国では、今後も大きな災害が起こる可能性が否めない。この復旧工事で得られたノウハウは官民で共有し、次世代に受け継がなければならない。

JICMA

#### 【筆者紹介】

下川床 徹 (しもかわとこ とおる)  
五洋建設㈱  
東北支店 八戸工事事務所  
所長



# 東日本大震災により被災した三陸鉄道の復旧状況

野田 軍治・佐々木 健

三陸鉄道北リアス線及び南リアス線は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震とその後  
に襲った巨大津波で鉄道施設が壊滅的な被害を受けた。北リアス線の一部区間で震災後わずか 5 日後に運  
転を再開したものの、残る区間については、構造物の新設や補強が必要となり、三陸鉄道は、鉄道・運輸  
機構に支援を要請し、平成 23 年 11 月 1 日に復旧工事の設計施工を委託した。

本稿では、この東日本大震災により被災した三陸鉄道の復旧状況について報告する。

キーワード：自然災害，東日本大震災，鉄道被害，復旧工事

## 1. はじめに

三陸鉄道は、旧日本鉄道建設公団が昭和 40 年より久慈線、盛線として建設を進めたが、昭和 55 年、国鉄再建法により工事中止に至った。その後、昭和 56 年 11 月に第三セクター三陸鉄道株が設立され、昭和 59 年 4 月 1 日に、新たに北リアス線、南リアス線と名づけられ、第三セクター化第 1 号として開業した。開業以来、地域住民の足として、また、自然豊かで風光明媚な路線として多くの観光客に親しまれてきた。しかし、平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分、三陸沖（牡鹿半島の東南東、約 130 km 付近、深さ約 24 km）を震源として、観測史上最大ともいわれる東北地方太平洋沖地震（最大震度 7、マグニチュード 9.0）が発生した。その地震により 10 m を越える巨大津波が発生し、太平洋側リアス式海岸線沿いを運行する鉄道施設は甚大な被害をこうむった（表-1、図-1）。

北リアス線の一部区間で震災後わずか 5 日後に運転を再開したものの、残る区間については、構造物の新設や補強が必要となり、三陸鉄道は、鉄道・運輸機構に支援を要請し、平成 23 年 11 月 1 日に復旧工事の設計施工を委託した（表-2）。

本稿では、この東日本大震災により被災した三陸鉄道の復旧状況について報告する。



表-1 被害箇所数 (単位：箇所)

線区	盛土切土	橋梁高架橋	トンネル	駅	軌道	電気	設備	合計
北リアス線	11	15	0	1	38	5	0	70
南リアス線	61	20	4	4	96	52	10	247
合計	72	35	4	5	134	57	10	317

図-1 三陸鉄道の路線概要図

表一 地震発生から復旧工事委託までの経緯

平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分  15 時 04 分	マグニチュード 9.0 の巨大地震発生、大津波警報発令。 北リアス線・南リアス線でおのおの車両が走行中。(後に、乗務員と乗客全員の無事を確認) 三陸鉄道災害対策本部を設置。
平成 23 年 3 月 13 日	津波警報解除。路線等の津波被害調査開始。
平成 23 年 3 月 16 日	復興支援列車(久慈・陸中野田間)3 往復運転開始。(余震に備えた徐行運転 3 月中は運賃無料)
平成 23 年 3 月 20 日	復興支援列車(宮古・田老間)3 往復運転開始。(余震に備えた徐行運転 3 月中は運賃無料)
平成 23 年 3 月 29 日	復興支援列車(田老・小本間)3 往復運転開始。(余震に備えた徐行運転 3 月中は運賃無料)
平成 23 年 4 月 1 日	復興支援列車(久慈・陸中野田間)5 往復に増便。(4 月中は被災証明書があれば運賃無料)
平成 23 年 4 月 11 日	速度向上に伴うダイヤ変更・増便。 (宮古・小本間 4 往復、久慈・陸中野田間 6 往復)
平成 23 年 5 月 9 日	時刻変更と増便。(久慈・陸中野田間 8 往復)
平成 23 年 6 月 1 日 ～ 14 日	自衛隊による「三鉄の希望作戦」実施。 (南リアス線の被害箇所瓦礫等撤去)
平成 23 年 8 月 8 日	JR 八戸線(階上・久慈間)代行バス接続のため、一部時刻変更。
平成 23 年 10 月 21 日	復旧予算の岩手県負担分補正予算議決。
平成 23 年 11 月 1 日	復旧工事等の施行協定を三陸鉄道と鉄道・運輸機構で締結。

## 2. 被害の状況

東北地方太平洋沖地震の震源は、三陸沖の牡鹿半島の東南東約 130 km であり、震央に近い南リアス線の沿線である岩手県大船渡市大船渡町で震度 6 弱(震央距離約 146 km)、岩手県釜石市只越町で震度 5 強(震央距離約 155 km)の記録が観測された。この地震動により、盛土沈下や橋脚の損壊が発生した。さらに、南リアス線は狭い湾奥に路線が位置するため、施工基面が比較的高い地点にあるにもかかわらず、高い津波の遡上により盛土・橋桁の流出の被害を受けた。

一方、北リアス線は、沿線に近い岩手県宮古市田老町で 5 弱(震央距離約 197 km)、岩手県野田村野田で 5 弱(震央距離約 240 km)の記録が観測された。北リアス線は、地震動による被害は小さいものの、外海からの距離が非常に近い地点に位置する区間において、防潮堤を超えた津波により、盛土の流出、高架橋の倒壊、橋桁の流出する被害を受けた。

両線の被害状況について区間別に述べる。

### (1) 北リアス線

北リアス線は、宮古駅を起点とし久慈駅を終点とする 71.0 km の路線である。宮古以北は隆起海岸でほぼ平滑で高い海成段丘が連なり、この段丘面を刻む小さな谷を結んで走る北リアス線は、多くのトンネルがあ

り、明かり区間は橋りょう及び盛土で成り立っている。

構造物の被害は、南リアス線と比べ震央からの距離があることから、地震の揺れによる直接的な被害よりも地震後に発生した津波による被害が顕著であった。

#### (a) 小本・田野畑間

当該区間は、トンネルとトンネルによるまばたき区間となっており、明かり区間は橋りょうで構成され、防潮堤や海岸からの距離も近いことから、三陸鉄道全線の中でも最も大きな被害を受けた。

特に被害の大きかったのは島越駅付近で、防潮堤よりも遥かに高い、高さ 22 m 以上の津波により駅本屋や殆どの桁が流出し、ラーメン高架橋が倒壊するなど壊滅的な被害を受けた(写真一)。



写真一 島越駅付近の被害状況

他のまばたき区間のコイコロベ沢橋りょうとハイベ沢橋りょうはどちらも防潮堤のない外海に面した位置にあることから、橋脚の損壊及び RC 桁、PC 桁が上流側に流出した。

#### (b) 田野畑・陸中野田間

当該区間は、路盤とトンネルで構成されており、主に盛土区間が津波により被害を受けた。

起点側(宮古側)の米田路盤は、盛土法面が植生工のため強度が低く、法面、道床、軌道及び通信設備が津波で流出した。盛土区間に存在する橋台の背面において、地震動による揺すり込み沈下で損傷した所に津波が襲来したため、背面盛土が流出した。

終点側(久慈側)の十府ヶ浦路盤は、高潮対策事業と兼用した盛土構造であり、盛土法面工は、海側が張りコンクリート、山側がコンクリート格子枠構造(枠内は張りコンクリート)になっており、盛土本体は津波による流出は免れた。しかし、防潮堤からの最小距離は約 70 m、施工基面高は 6 m 程度の低い位置にあるため、道床、軌道及び通信設備などが津波で流出した(写真二)。



写真一2 十府ヶ浦路盤の被害状況



写真一3 甫嶺駅付近の被害状況

## (2) 南リアス線

南リアス線は、盛駅を起点とし釜石駅を終点とする36.6 kmの路線である。宮古以南は沈降海岸で、岬と湾が繰り返す区間を走る南リアス線は北リアス線と同様、多くのトンネルを通ることになり、明かり区間は橋りょう及び盛土で成り立っている。

### (a) 盛・吉浜間

当該区間は、盛土、橋りょう、トンネルで構成されている。起点駅である盛駅構内では津波により、運行部関連建物や付属施設、検修庫内に設置されている殆どの機械設備及びCTC中央装置や通信設備等の電気設備が浸水被害を受けた。

盛川橋りょうは、地震動によりP1とP4橋脚で躯体主鉄筋段落し部が損傷し、そのほか鋼製支承の一部が損傷、隣接する桁同士の衝突による床版コンクリートや高欄の損傷をもたらし、桁遊間部には軌道の目違いや角折れが生じた。

陸前赤崎駅は高盛土上に設置された駅であり、地震動による盛土本体の揺すり込みで乗降場及び路盤面が沈下し、法面下端に設置されている土留擁壁の目地部に目開きと目違いが生じた。また、ホーム北側の岩座張りの法面は地震動により大きく歪曲した。

陸前赤崎駅から甫嶺駅間では、地震動により橋りょう及び架道橋の前後に一様に路盤の沈下がみられ、それに伴い、軌道の落ち込み及び通り変位が発生した。また、岩座張りの法面は地震動により沈下し、津波によって法面、道床及び通信設備などが流出した。

甫嶺駅から吉浜駅間においては、甫嶺駅付近の盛土は全線に渡り流出しており、海側河川部のコンクリート土留擁壁が倒壊した(写真一3)。

また、泊路盤では、泊橋りょうの橋台背面盛土は地震動で損傷した後に津波の襲来で流出した。

### (b) 吉浜・釜石間

当該区間は、盛土、橋りょう、トンネルで構成され

ており、南リアス線で唯一構造物が津波により流出した区間である。

吉浜駅と唐丹駅間に位置する荒川橋りょうは、津波が河川を集中して遡上したため、津波の波力によってPCT形桁が上流側に約20 m流出した(写真一4)。



写真一4 荒川橋りょうの被害状況

唐丹駅付近は、法尻から施工基面までの高さが20 m程の高盛土の区間である。当該区間の法面は、地震動で円弧状に滑った後に津波が襲来し、盛土を越流した津波が、粗度の高い岩座張りの法面を斜流状態で流下したため、剥離範囲が広範囲に及んだ。

終点駅である釜石駅付近の第1大渡川橋りょう、中番庫高架橋及び第2大渡川橋りょうの3橋りょうが地震動により大きな被害を受けた。第1大渡川橋りょうは、橋脚躯体の主鉄筋段落し部の損傷、PC桁の支承部及び端支点横桁の損傷である。支承部の損傷に伴い、主桁が橋脚天端部に直接載荷された状態になり、軌道面に鉛直目違いが生じた。中番庫高架橋は、起点側の第1大渡川橋梁の鋼下路トラス桁を支持する橋脚躯体の主鉄筋段落し部の損傷、第1径間の固定支承および端支点横桁の損傷である(写真一5)。第2大渡川橋りょうは、単純PC桁の固定支承及び端支点横桁の損傷、橋脚躯体の主鉄筋段落し部の損傷である。



写真一五 中番庫高架橋の被害状況

### 3. 復旧状況

三陸鉄道では、被害を受けた区間を平成26年4月までに全線運転再開を目指し、三期に分けて復旧工事を実施している。

各線区の復旧計画及び復旧状況について、運転再開区間ごとに述べる。

#### (1) 北リアス線

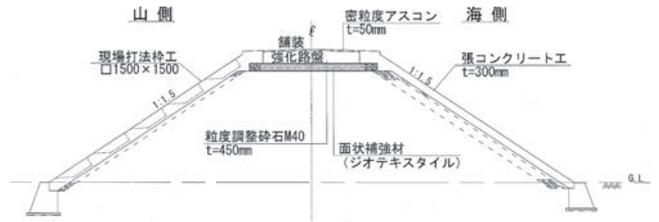
##### (a) 田野畑・陸中野田間（一次運転再開区間）

当該区間の復旧内容は、十府ヶ浦路盤と米田路盤の復旧、宮古・久慈間の寸断された通信施設の敷設等を行い、平成24年4月1日に運転再開をしている（写真一六）。



写真一六 米田路盤の復旧状況

米田路盤の法面は、津波に耐えた十府ヶ浦路盤の構造を基本として、海側に張りコンクリート、山側に格子砕工により復旧を行っている。また、津波による盛土の侵食、流出を防止するため、路盤には強化路盤（有道床軌道用アスファルト路盤）を行っている。なお、この構造は津波に対して有効な対策工法と判断し、津波で流出した他の区間においても採用している（図一2）。



図一2 盛土復旧断面

##### (b) 小本・田野畑間（三次運転再開区間）

当該区間は、平成26年4月の運転再開を目指して現在工事が行われている区間である。主な工事内容は、島越地区の盛土の構築、コイコロベ沢橋りょう及びハイベ沢橋りょうの復旧、軌道の敷設、島越駅の移設等である。

旧島越駅付近は、ラーメン高架橋や桁式橋りょうで構成されていたが、橋台と橋脚1基を残し、駅舎を含めて構造物は津波で倒壊または流出するなど壊滅的な被害を受けたことから、復旧工事は従来の高架橋に代り、自治体の防災計画の意向を与し、第2線堤の役割を果たす盛土を造成することとした。道路と交差していた2箇所についてはボックスカルバートを構築する。盛土と松前川の交差箇所は、2径間門型構造のGRS（Geosynthetic-Reinforced Soil）一体橋を構築する。新設する島越駅は、津波の影響を受けない位置（終点側に230m移動）に移動し、山側の盛土上に乗降設備を設置する予定である。なお、盛土を造成するに当たり支持地盤の地耐力の確認及び液状化の判定を行うためボーリング調査を実施した結果、液状化対策が必要となったことから、対策工法としてサンドグラベルコンパクション工法を実施することとした（写真一七）。

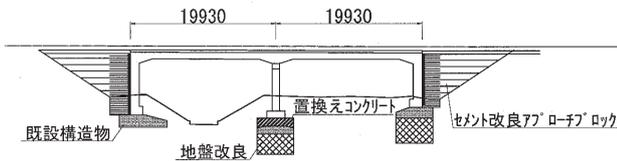


写真一七 松前川付近の地盤改良工施工状況

トンネルとトンネルに挟まれたまばたき区間にあるコイコロベ沢橋りょうとハイベ沢橋りょうは防潮堤のない外海に面していることから復旧計画は、津波によ

る上部工の流出を免れるよう、2径間連続GRS一体橋りょうを構築することとした。

現在、島越地区は地盤改良工が完了し、松前川橋りょう構築のための河川切回し工を行っている。コイコロベ沢橋りょうとハイベ沢橋りょうは、既設の橋台、橋脚を再利用するための補強工を実施し、その後、GRS一体橋りょうの構築を行うこととしている（図一3）。



図一3 コイコロベ沢橋りょう復旧計画図

## (2) 南リアス線

### (a) 盛・吉浜間（二次運転再開区間）

当該区間は、平成25年4月3日に運転再開される区間である。主な工事内容は、津波で路盤が流出した盛地区、甫嶺地区、泊地区、浦浜地区及び川原地区の盛土の復旧、陸前赤崎駅の盛土及び土留壁の復旧並びに駅の移設、地震で橋脚躯体及び支承部が損傷した盛川橋りょうの復旧、橋台背面盛土が流出した泊川橋りょうの復旧、地震動によりひび割れ等の損傷を受けた中井トンネルや羅生トンネルの補修工等である。

津波により流出した盛土の復旧は、法面をコンクリートによる保護（海側張りコンクリート、山側格子枠工）と強化路盤を行なった（写真一8）。



写真一8 盛地区の法面復旧状況（山側）

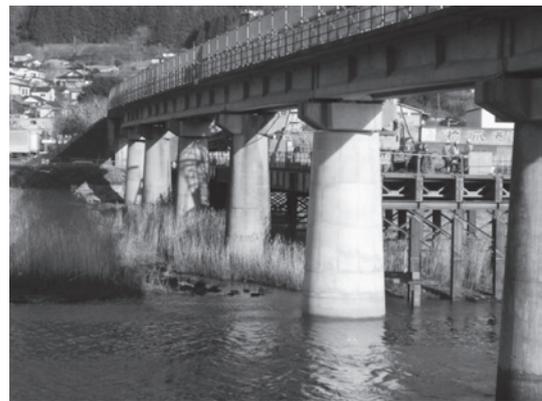
一方、地震動の揺すり込みにより沈下した岩座張り法面の復旧については、近年、石積み職人の需要が少なく専門作業員を確保することは不可能と判断し、盛土補強材を法面補強工に応用したRSS（Railroad Slope Stabilization Method）工法で復旧を行なった（写真一9）。

地震で土留め擁壁に生じた変状が進展するのを防止し、地震時の擁壁の安定を図るため、キャロットアン



写真一9 RSS工法及びキャロットアンカーによる法面補強状況

カーによるネイリングを実施した。地震動により橋脚躯体や支承部に損傷が生じた盛川橋りょうは、P1及びP4橋脚の復旧をRC巻立て工法による耐震補強を実施し、損傷した支承部については、ゴム支承および鋼棒ストッパーを新設した（写真一10）。



写真一10 盛川橋りょうP4橋脚補強状況

橋台背面の盛土が流出した泊川橋りょうは、セメント改良アプローチブロックにより復旧を行なった。軌道工事については、24年12月末までに路盤工事から施工基面の引渡しを受け順次、バラスト散布、まくらぎ・レール敷設を行っている（写真一11）。



写真一11 泊地区の張コンクリート及び軌道復旧状況

## (b) 吉浜・釜石間（三次運転再開区間）

当該区間は、平成26年4月の運転再開を目指して現在工事が行われている区間である。主な工事内容は、荒川地区および唐丹地区の盛土の復旧、津波で橋りょうが流出した荒川橋りょうの復旧、地震で橋脚躯体および支承部が損傷した第1大渡川橋りょう・中番庫高架橋・第2大渡川橋りょうの復旧、軌道の復旧などである。

津波で流出した荒川橋りょう（PCT形桁）は、桁高を抑えたPCホロースラブ桁（桁高1.6m）で復旧する。桁の側面には津波作用力の軽減効果のあるフェアリングを取り付けた。現在、既設P2橋脚及びA2橋台の再構築・補強工事を実施している（写真—12）。



写真—12 荒川橋りょう P2 橋脚再構築状況

地震動により大きな被害を受けた、第1大渡川橋りょうのP2・P3・P4橋脚、第2大渡川橋りょうのP1・P3橋脚については、主鉄筋段落し部の曲げ補強を実施する。中番庫高架橋のP1橋脚については、主鉄筋の段落し部に発生した曲げひび割れが、せん断ひ



写真—13 第1大渡川橋りょう復旧状況

び割れに進展しており、上部工を仮設ベントで支持した後、躯体をRC巻立て工法で補強することとしている。支承部の復旧については、上部工を仮設ベントで支持している期間に補修および補強を行なう。現在、第1大渡川橋りょうが渡河する甲子川河川内の施工のための仮設橋を施工中である（写真—13）。

## 4. おわりに

南リアス線の沿線にある旧三陸町地区（綾里、越喜来、吉浜）の現状は、殆どの公共交通機関が無くなり「陸の孤島」の状況となっている。北リアス線の沿線では、高齢者が宮古市内の病院で診療を受けるには、村営バス等を利用し、1日掛りの状況である。また、田野畑駅を利用して宮古市内に通う高校生の通学時間は、45分が102分となり、震災前の2.5倍を要している。このような状況におかれた地元住民からは、一日も早い三陸鉄道全線での運転再開を望む声が挙がっている。

昨年の4月に運転再開をした北リアス線、田野畑・陸中野田間の記念式典には多くの地域住民の方々が集まり、久慈に向かい運転再開列車が走り出すと、人々の拍手や万歳の声、沿線の方々が大漁旗や手旗を振るなど、まるで2度目の開業を迎えたようであった。三陸鉄道のスローガンは、『笑顔をつなぐ、ずっと…』である。三陸鉄道が沿線住民の生活の足として産業復興と地域活性化の役割を担い、復興のシンボルとなるよう、ふたたび、みたび、沿線の方々の笑顔をみるべく、一日も早い全線復旧に向けて鋭意努力する所存である。

J C M A

## 【筆者紹介】

野田 軍治（のだ ぐんじ）  
三陸鉄道㈱  
事業本部 施設管理部  
調査役



佐々木 健（ささき たけし）  
㈱鉄道建設・運輸施設整備支援機構  
鉄道建設本部 東京支社 工事第一部  
三陸鉄道復興工事課  
課長



# 急速架設できる緊急スマート仮橋の車両通行公開実験

## 産学共同研究としての車両用モバイルブリッジ™の試作1号機による、「かけはし」開発作戦

有尾 一郎

世界各地で、地震、津波、豪雨（台風）などの自然災害が発生し、特に3.11東日本震災以降シビアアクシデントに対する危機対応の重要性が再認識され、被災現場における迅速な復旧技術開発の必要性を痛感した。筆者は座屈研究をもとに2004年に復旧手段となる折りたためる橋を創案し、橋そのものを折り畳んで運ぶというもので、レオナルド・ダ・ビンチの手稿「モバイルブリッジ」の可動橋にあやかって、モバイルブリッジ™（以下、MBと称す）と名付けた。MBの開発協力者と共に、車両通行用に大型化させた1号機（MB1）を試作し、このたび車両を走行させた実証実験を公開した。このMBの安全設計思想と将来の広範囲な現場で活躍できるように、その秘めたるMBの可能性と今回の公開実験までの概要を紹介する。

キーワード：仮橋、スマートブリッジ、折りたためる橋、災害復旧、防災、モバイルブリッジ

### 1. はじめに

我々は昔から自然の中で災害に対する教訓を学び、多くの知恵をつけてきたにも関わらず、繰り返される多様でゲリラ的な自然災害は後を絶たず、世界各地で発生しており、多くの尊い命が奪われている。「備えあれば憂い無し」と言われるように、災害発生後の国民の財産と人命を守るために、この分野の研究開発の必要性と災害に強い国土（防災基盤）づくりの具体的な開発貢献を、新しい枠組みや取組みで将来の技術発展に確実につながるように、備え、防災、復旧法の開発、人材づくり、モノづくりの技術産業の強化をセットにして、発展させていくことは、災害の教訓を活かす上でも我が国の国際成長戦略のヒントがあるかも知れない<sup>1)</sup>。

これまでに津波、台風、梅雨、集中豪雨などの水害によって、橋が流される事象が各地で発生し、橋を迅速に復旧させる設計と技術が求められている。また、小さな橋は数も多く、建設コストを抑えるために、橋を短期に建設することは重要なことである。既存の国内のインフラ復旧用の応急橋は、大型車両の荷重を基に設計されるため、短い橋であっても重厚な構造物の組み立てとなり、時間がかかるほか、被災者の救助・救援の緊急仕様にはなっていない。時間が最優先される被災現場であるにもかかわらず、橋の組み立てに時間がかかってしまう点は、喫緊の課題であり危機管理上

の脆弱さを露呈してしまう。災害に限らず、一般の構造物の架設法である、張出し工法やベント支持工法、押出し工法などが用いられるが、その架設の工期も長期化する問題があった。

例えば、橋そのものが安全に伸縮でき、自立安定し、橋システムが可搬できるようにコンパクトに収納できれば、多様な現場で機動的な運用が可能となる。しかしながら、新しい防災復旧システムの技術開発は必要不可欠なツールにもかかわらず、「速く渡す／渡る」の要素基礎技術が大変遅れている現状にある。筆者は、座屈・展開構造の基礎研究をもとに、2004年中越地震の被災調査から、“はさみ状に伸縮できるシザーズ式”の伸びる橋を考案し、開発を続けてきた。災害に強い基盤づくりとして、構造最適化の概念「スマートブリッジ」に基づく設計思想のもと、2009年には人が載れる程度のシザーズ機構を持つ橋模型を実際に試作し、折りたためる橋の原理と要素技術を培ってきた<sup>2)~11)</sup>。災害による「村の孤立化」を減らす復旧技術の一つの手段として、迅速に展開可能な移動仮設橋MBの試作を目標に産学共同研究プロジェクトに至っている。

本稿では、車両通行用のMB1号機の開発を通して、平成24年10月26日に車両通行用の折りたためる仮橋の実験試作橋の公開実験に至るまでの概要を紹介し、詳細な実験内容に関しては、参考文献並びに今後の成果発表に譲ることとする。この折りたためる緊急

橋の安全設計思想と将来の広範囲で迅速な施工が求められる多様な可能性を持つ、MBの秘めたる可能性と、技術アイデアを紹介する。MB開発の発案と経緯に関しては、文献<sup>12)</sup>を参照していただきたい。

## 2. 技術的課題とMBの隠れたアイデアとブレークスルー

開発中のMBは、従来の上弦材と下弦材を有するトラス橋とは本質的に異なり、主要な構造部材はハサミのようなX形の連鎖機構から構成され、展開構造の分野では、シザーズ機構と呼ばれる。これまでのシザーズ機構は、橋などの大型の建造物には適用されてこなかった。その理由として、設計思想や解析研究、橋としての実現性、材料の比強度の問題、局部応力集中を考慮した構造力学的な検証、設計法が考究されてこなかったことに尽きる。また、機能に対する効用が少なく、制御装置を伴うために製造コストが割高となる、構造体として制御部材を入れないと不安定な構造体になりかねない、一方向は堅牢な剛性を持つがフレキシブル構造体なので揺れやすいという問題も予想される。さらに、部材交差部のヒンジ部（ピボット）の存在による応力集中や摩耗、ガタなど構造強度に対する保証が設計上難しい課題があった。

しかしながら、橋を速く架設するという目的を達成するために、できる限りシンプルな構造で、運搬、収納及び展開が容易で展開時には安定した構造となるシザーズ式伸縮構造を活用することはメリットが大きい。課題を解決するための手段として、3次元FEMを駆使し、有効な肉厚押出断面によって応力の低減を図るとともに、実部材のひずみ計測による構造実験を実施し、その強度の安全性を確認している。そのほかに、床版も構造材あるいは補強部材に位置付け、床版も折り畳まれる機構と連動していることで、1組の床版が格間長さの定尺長になると抑制固定されるので、床版の数分だけ水平抑止を伴う補強部材となり、多重のフェールセーフの安全率を高めるアイデアを採用している。さらに、展開中はピンの効果によって伸縮を可能とし、展開後は図-1に示す、せん断抑止部材によって、ピンの負担を低減するとともに、それ以上展開させない工夫をいくつも導入させることによって、半剛性ジョイントを持つフレキシブル構造体を実現させている<sup>10), 11)</sup>。この技術によって、本体の撓み抑制も図れ、シザーズ機構のフレキシブル構造が展開後に剛体化するような一体化構造に変身することができる。また、展開後には曲げモーメントに抵抗するように水平部材

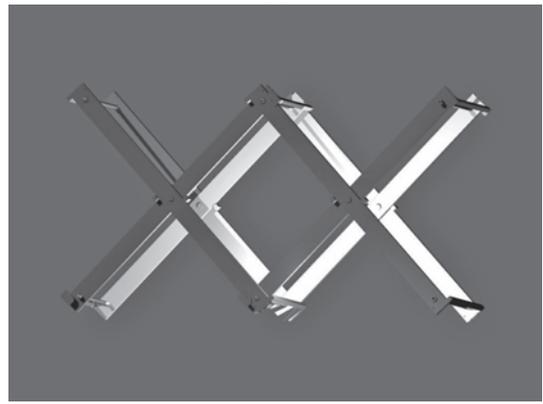


図-1 半剛性ジョイントによるせん断抑止材付きシザーズ構造<sup>10), 11)</sup>

を補強することによって、従来のトラスのような形態を構成することも可能である。この構造形式は全てのピンがロックした状態を一体化ととらえるとフィレンディールに近い構造形式と言える。厳密には施工手順が根本的に異なるが、画期的な橋の急速架設が実現できる。さらに、展開中に使用したケーブルを展開後に、例えば橋中央部を吊り上げることによって、活荷重や死荷重による負担を軽減することも可能であるので、合理的で自由度が高く、多重な安全性を担保できる上に、急速架設ができる新しいタイプの仮橋と位置付けられる。さらに、床版の位置もピン部を利用し、上路・中路・下路の位置に対応させることも可能であるので、現場の状況に合わせた路面高さを調整することができるメリットもある。

連鎖シザーズの収納効率も高く、伸縮倍率による伸縮スピードも増幅される特長を持つ。すなわち、1格間分の制御伸縮量はその格間数分に増幅されて、MB架設時の伸縮スピードは向上する。構造物が折りたたむことによって、これまでの建造物の部材の運搬や、架設ヤード、仮組立てなどの作業工程が不要となり、現場のニーズに即した収納性、可搬性、機動性、施工性を高める効果が望める。また、共通モジュールを用いることによって、自由度の高い構造体を容易に速く構築することができる利点は計り知れないものと考えられる。

## 3. MB開発による多様な適用可能性

MBの架設時と供用時に前述のシザーズ機構を、これまでの他の建造物や構造体に最大限うまく利用することによって、以下の広い用途が考えられる。

- ①舟浮橋への適用可能性：複数の浮棧橋（ポンツーン）間を、MBで連鎖させると、橋脚や橋台が不要なので、容易に渡橋システムを構築できる。いくつかの

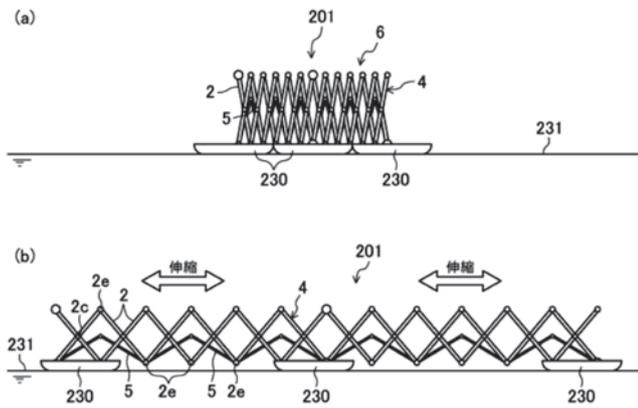


図-2 シザース式伸縮橋 MB を活用した浮体橋案の創造  
(上図は MB の収納状態を、下図は展開中の MB)

ポンツーンをコンパクトに集約させることによって、目的の所まで曳航させることが可能であり、それ自体大きな舟橋システムによる渡橋可能な状態を構築できる(図-2)。

- ②仮設吊橋への活用：フレキシブルな吊橋の補剛材を十分強度がある連鎖シザースを用いてプレキャストで施工すると、迅速な施工が可能であることは容易に予測できる。現場での自由度の高い組み合わせが可能であり、災害現場での困難な復旧施工にも対応策の選択肢を増やし、現場での適用可能性を向上させる可能性がある。
- ③老朽化した橋の補剛と補強構造体としての活用：老朽化してきた橋の寿命を延命的にリペアする際にも、車両制限を行った上で、橋本体の伸縮構造体を利用して古い橋全体を補剛することによって、老朽化した橋の負担を緩和することが可能である。
- ④栈橋への利用：漁港や港湾の栈橋に本システムを利用する価値は大きい。栈橋利用の制限や台風、高潮による損傷を避けることができ、橋を利用するときだけ架設できることは MB の原点であり、管理者や利用者にとってメリットがある。
- ⑤船上からの折畳みタラップの利用：船上から着岸の目的で「渡し」が必要な場合(特に、港湾施設も大きく被災した現場を想定した場合)に、船上にコンパクトな MB が装備されていると、機動的な運用が可能となるとともに、船から別の船に移動する場合にも、安全に渡ることが可能となり、汎用性がある。
- ⑥外気との仕切を構成する膜を利用することによって、迅速に仮設住宅や仮設テントを設置できるので、例えば災害現場で風雨をしのぐことができ、撤去も容易である。

など、MB は緊急橋以外にも、この構造体の汎用構造

体としての利活用の用途や場面は多いものと思われる。

#### 4. 車両通行用の MB1 号機の製作から車両通行公開実験まで

平成 24 年 3 月広島県福山にて写真-1 に示す車両用 MB の第 1 号試作機が各社の協力によって産声を上げた。組上げ後に、展開を想定した片持ち保持状態の基本的な物理挙動を計測し、解析理論と照合させた。実験後に部分的に分解し、摩耗状態や各部位の結合状況を確認し、観察と調査、実測を重ねた。車両走行のために設計してきた MB1 を実際に構造体の強度を確認するために、静岡県富士にある施工技術総合研究所に運び、8 月には写真-2 のように屋外に据付けることができた。9 月には百点以上のひずみゲージ計測点を取り、入念にモニタリングを行いながら、写真-3 に示すように車両荷重を積載する前に鉄板荷重を積み上げることによって車両の実輪荷重値を求めた。段階



写真-1 工場内で MB1 号機の組上げ時



写真-2 施工技術総合研究所での MB1 の据付作業



写真一三 初期 MB1 の輪荷重予備実験

的な作業によって、車両を積載できる重量のキャパシティを予測し、実際に車両の輪荷重を計測しながら、慎重に車両を積載し実測を行った。橋の最内幅は2m程度の狭隘設計としている。これは、大型車を物理的に排除させ、運用時には橋の前方に、橋のクリアランスと同等のゲートを設けることによって、大型車を橋に進入させない工夫や信号等の活用が必要である。

一方、実際の流橋被災対応や復旧方針と対策を理解する目的で、国土交通省の実務担当者を招き、平成23年8月新潟・福島豪雨に伴う国道252号二本木橋の災害応急復旧工事の講演を拝聴した。切迫した現場での困難な課題や実情について意見交換するとともに、その機会にMBも見学して頂いた(写真一四)。



写真一四 初期タイプ MB1 の完成記念写真

その後、種々の車両を用いて詳細にMBの強度評価を実施するとともに、1格間分延長することになった。理論的には格間数が偶数より奇数の場合の耐力評価が重要になる。その際、工場出荷されたMBから、実際の延長方法も開拓するために、部材追加に伴う格間延長の現場接続法と自由度を想定し、最適な現場での延長法も写真一五のように開発した。MB1号機の1格間延長の試作実験橋が完成し、MBの両端シャフト間長は10.5mとなった。延長後、実験値に基づく



写真一五 現場での MB1 の格間延長法の開発

設計車両輪荷重値を逆算し、予備確認実験を行った上で、延長されたMB1号機の車両積載実験を実施した。その前に、アルミニウム合金製の床版の強度実験を実際に行い、床版の保証強度を確認しておくことは重要であり、積載車両(緊急車両としての制限)重量に対して十分な耐力(5kN/m<sup>2</sup>以上)を得た。これに基づいて、延長されたメイン部材と床版にもひずみゲージを貼付することによって、モニタリングしながら車両積載の強度保証値を確認した。その結果、予想以上の橋の剛性を得るとともに、上述の多重の安全装置にも余裕値が十分あることを確認できた。特に、展開用に設置した手動式ウィンチのケーブルをMB本体の2格間目の上部に吊り緊張させることによって、ひずみが大幅に緩和されることを確認した。

これらの実験結果を踏まえ、我々はMBに実際の車両を通行させる、耐力実験を公開することになった。しかし、このMB1ではあくまでも車両による強度確認を前提にしたため、展開装置はウィンチ以外装備していないので、片持ちの展開状態は屋外の現場では想定していない。しかしながら、この橋の最大の特徴である橋の折りたたみ、関係者にこの伸縮機構をより理解してもらうために、先端側にタイヤを装着して機動性を向上させた。写真一六は公開前の手動ウィンチによるMB1の展開確認実験である。今回のMB1は、川を跨ぐような空中を浮かせる張出し架設ではない



写真一六 公開前の各車種による車両積載実験

が、例えば、老朽橋の補強法の一つとして、橋上の路面にこのMB1の展開法を応用すれば、比較的簡単に実現可能であろう。すなわち、補修しなければならない老朽橋などを、架設完了後は老橋に負担をかけずに、その補修工事と同時並行に、車両荷重を制限すれば通行止めにしないうで交通路を確保できる手段であることを意味する。

実験公開日の平成24年10月26日は、MB開発の5者共同研究機関同席のもと、報道機関を含む外部より14名が施工技術総合研究所に会場した。竹之内技師長の挨拶からはじまり、各機関の紹介、MB開発の目的などを概説した。今回公開したプロトタイプ(MB1号機)は、上述の通り、平成21年に広島大学で公開された人用「モバイルブリッジ<sup>®</sup>」の原型プロトタイプを、小型車両用の部分試作(幅2.5m、長さ1.5~10.5m)に大型化し、3格間仕様に延長したものである(写真一7,8)。現場のデモンストレーションでは、折り畳まれたMBが手動ウィンチだけでMBの自重によって展開され、定尺長になると同時に床版も広げられ、瞬時に車両が通行できる状況を構築でき、各部位に貼付したひずみを同時計測しながら、その後重量1.25tの小型車両が無事通行した。この時の最大ひずみ値は1000 $\mu$ 程度であった。この場合でもせん断抑



写真一9 シンザーズ展開と同時に床版も展開され、その後車両走行

止装置は干渉もなく予想以上に剛性は高く成果があった。仮に2倍のひずみ値まで使用限界を認めると、ほぼ2.5tの車両重量が通行できるものと予測された。報道関係者のリクエストに応じて、車両を6回ほど渡橋させ、無事MB1号機による公開実験の「かけはし」開発の第一歩は完了できた。これをもとに、現在2号機の製作に着手し完成も間近であり、報道関係の皆様からMBの実用化を望む声が多数あったことを付しておく。

## 5. おわりに

この開発の取組みは、緊急性の高い災害復旧現場では急速架設に有用な汎用展開構造体を利用し、ワールドワイドでも類を見ないタイプの仮橋システムの開発構想であり、この公開実験によって、度重なる自然災害に備えて、折りたためる橋があれば、迅速な人命救助やライフラインの確保の一つの手段として、現場での実用化に役立てられれば、開発者一同の願いである。

MBの実用化とモノづくり産業・開発関連の活力を維持させるためにも、現場での実証実験、開発費は欠かせず、今後は協力自治体等の理解とコラボレーションも重要な取り組みが必要であろう。今回の1号機の各種の実験・設計研究の成果に基づいて、将来の多様な場面での国産MBの活躍を期待する。このMB共同研究プロジェクトを通して、人と人をつなぐ真の「かけはし」として役割を担うことを切に望む。

## 謝辞

モバイルブリッジ<sup>TM</sup>共同研究の公開実験にあたり、東北学院大学中沢正利教授、近畿大学松本慎也准教授、同僚田中義和助教、椿涼太助教の研究協力者、大学院生近広君、留学生チェ君ならびに、共同研究企業の一般社団法人日本建設機械施工協会施工技術総合研究所



写真一7 公開直前の手動ウィンチによる展開確認実験



写真一8 公開実験の説明と見学の様子

見波所長, 竹之内技師長, 研究第二部谷倉部長・小野次長・渡辺氏・武田氏, 星軽金属工業株式会社 石川社長・中谷氏, 株式会社アカシン赤松常務取締役・佐藤設計部長・高野氏・佐々木氏, 三協立山株式会社三協マテリアル社花木技術開発部長・中村氏・児島氏・大田氏, 大日本コンサルタント(株)保全エンジニアリング研究所平山所長, 公開日までにお世話になった関係者の惜しまないご尽力とご支援を賜りましたことを, この誌面をお借りして御礼申し上げます。また, 公開前のMB研究会では国土交通省北陸地方整備局道路部道路工事課大口課長補佐, 岩崎係長より, 2011年8月新潟福島豪雨時の「国道252号二本木橋災害応急復旧工事の報告について(豪雨災害発生～応急復旧工事完成まで)」の特別講演を賜り, 深く謝意を表します。

JCM A

## 《参考文献》

- 1) ダビンチもびっくり, 学校工場からモバイル(携帯)な創造物!, 広島大学工学部だより, vol.58, pp.36-39, 2009, [http://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/metadb/up/ZZT00003/HE\\_letters58.pdf](http://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/metadb/up/ZZT00003/HE_letters58.pdf)
- 2) 高効率で折畳める橋構造物の開発研究(解析編), 有尾一郎・田中義和・中沢正利・古川祐輔・近広雄希, 第25回JAXA宇宙構造・材料シンポジウム, pp.104-107, 2009.
- 3) シザーズ機構を持つ「モバイルブリッジ」の架設動作的実験とその解析, 古川祐輔, 有尾一郎, 田中義和, 近広雄希, 作野裕司, 椿涼太, 広島大学大学院工学研究科研究報告 Vol.59 no.1, 2010, [http://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/metadb/up/kiyo/AA11700032/BullGradSchEng-HiroshimaUniv\\_59-1\\_Furukawa-et-al.pdf](http://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/metadb/up/kiyo/AA11700032/BullGradSchEng-HiroshimaUniv_59-1_Furukawa-et-al.pdf)
- 4) 最適化構造概念に基づく新しい応急仮設橋のプロトタイプ技術開発, 有尾一郎, 田中義和, 中沢正利, 古川祐輔, 近広雄希, 土木学会構造工学論文集, Vol.64A, pp.1-12, 2010.
- 5) Nonlinear Dynamic Behaviour of Multi-Folding Microstructure Systems based on Origami Skill, I. Ario and M. Nakazawa, Int. Journal of Non-Linear Mechanics, 45, pp.337-347, 2010.
- 6) 折畳めるモバイルブリッジ™の基礎研究開発, 有尾一郎・田中義和・谷倉泉・小野秀一, 第12回建設ロボットシンポジウム, pp.103-112, 2010.
- 7) 災害復旧・救助を想定した移動して折畳める橋「モバイルブリッジ™」の架設実験, 有尾一郎・田中義和・中沢正利・近広雄希・作野裕司・椿涼太・谷倉泉・小野秀一・古川祐輔, 安全問題研究論文, Vol.5, pp.127-132, 2010.
- 8) DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE DEPLOYABLE BRIDGE BASED ON ORIGAMI SKILL, I. Ario, M. NAKAZAWA, Y. TANAKA, I. TANIKURA, S. ONO, Proc. of the 8th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC2011, Seoul, pp. 981-986, 2011.
- 9) スマートブリッジ概念に基づく折畳み型の緊急復旧対策用モバイルブリッジ™の研究開発, 近広雄希, 有尾一郎, 田中義和, 中沢正利, 広島大学大学院工学研究科研究報告, Vol.60, no.1, 2011, [http://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/metadb/up/kiyo/AA11700032/BullGradSchEng-HiroshimaUniv\\_60-1\\_Chikahiro-et-al.pdf](http://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/metadb/up/kiyo/AA11700032/BullGradSchEng-HiroshimaUniv_60-1_Chikahiro-et-al.pdf)
- 10) 構造体及びその主フレームの伸張・縮収装置, 特許4967117, 有尾一郎, 2006.
- 11) 構造体, 特願2010-131435, 有尾一郎・中谷伸・谷倉泉・小野秀一・田中義和, 2010
- 12) モバイルブリッジの発案と展望, 有尾一郎, 橋梁と基礎, 46巻8月号, pp.115-118, 2012
- 13) Development of a Prototype Deployable Bridge based on Origami Skill, I. Ario, M. Nakazawa, Y. Tanaka, I. Tanikura, S. Ono, Journal of Automation in Construction, In Press 2013, <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.01.012>

## [筆者紹介]

有尾 一郎(ありお いちろう)  
 広島大学大学院  
 工学研究院 社会空間環境部門  
 社会基盤環境工学専攻  
 助教



# 探査用無人飛行ロボットシステムによる 探査活動報告

## ブレを抑えたハイビジョン動画の検証

富田 茂

無線操縦式飛行探査機は災害時の初動探査用として活躍が期待されている。従来は、エンジン動力式が主流であったが、排煙や振動が高画質の画像情報取得には不向きであった。

本稿では、回転翼型飛行探査機の動力を電動化し、デジタルハイビジョンビデオカメラを搭載して有視界外無線遠隔操縦を行い、ブレのない高画質動画を記録した探査活動について報告する。取得した画像から、3次元データに変換した例も示す。同型機による搭載能力検証のため、小型二足歩行ロボット搬送事例を示す。

狭所での探査活動を想定して、多軸回転翼型飛行体を開発し、消火活動や法面調査、GPS信号の無い洞窟内探査事例について紹介する。

キーワード：無人飛行体、災害探査、無線遠隔操縦、電動ヘリコプタ、無線カメラ

### 1. はじめに

近年、無人ロボットによる災害地での活躍が期待されており、各社で開発が進められている。様々な開発用途の中で、災害が発生した場合に、初動期に災害状況の画像取得はとて重要である。災害復旧対策をいち早く立てることが、2次災害を防ぐからである。

近年、動画録画機も高性能になり、手軽に3次元動画が安価な市販品で撮影できるようになってきた。今後は携帯端末に付加しているカメラ機能も、高度化し災害現場でも活用できるようになると考えられる。当然多くの研究例からも無人ロボットの開発が期待されている<sup>1)~3)</sup>。

当初機上カメラによる無人飛行体操縦の簡便化を目指して、探査用無人飛行ロボットシステム(SARA: Search and Rescue Aircraft)の開発を行ってきた<sup>4)~5)</sup>。従来、ラジコン飛行機の操縦は有視界飛行のため、天候や被災地域での現場での操縦が難しい事も考えられる。そこで、無人飛行体に無線カメラとGPS(全方位位置システム)を導入する事で遠隔操作を行い、特定した探索場所で空中停止(ホバリング)や広域パターン飛行(スキヤニング)することが可能となり、災害時に活躍する事が期待されている。

本開発では、部品調達が容易で且つ、操作性と安価な市販品のラジコン式無人電動ヘリコプタを改良して無人飛行体を開発することで、災害時の探

査業務を可能とするシステムの構築を目指している。

本稿では、電動無動飛行体の運用による災害探査システムの紹介並びに実際に土砂崩れ現場の実証事例を報告する。

### 2. 回転翼型飛行体の概要

回転翼型災害探査用無人飛行体には専用部品を設計製作しているが、その多くは玩具品の機械的強化と耐久性向上を主たる目的に改変している。特に可動部分におけるベアリングやサポート部材などは補強のために改変した。

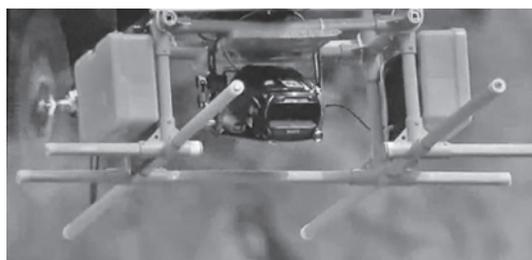
本開発で使用した無人飛行体は、軽量の模型航空機を基本構造に利用し改良を行った。写真-1は回転翼型飛行体(SARA-H)を、表-1は飛行体の仕様を示す。回転翼型飛行体の代表例であるヘリコプタはホ



写真-1 回転翼型無人飛行体(SARA-H)

表一 1 無人飛行体の仕様

項目	回転翼型
全長×全幅×高 (mm)	1343 × 210 × 424
質量 (g)	約 5500
動力	ブラシレス DC モータ
飛行時間 (min)	15
操縦系通信周波数 (GHz)	2.4
電源	リチウムイオン電池
翼長 (mm)	1582
翼弦長 (mm)	60
翼面積 (mm <sup>2</sup> )	9.49 × 10 <sup>4</sup>
翼面荷重 (N/mm <sup>2</sup> )	5.68 × 10 <sup>-4</sup>
翼弦 Re 数	8.8 × 10 <sup>5</sup>
飛行速度 (m/s)	27.8



写真一 2 無人飛行体に搭載した録画及び操縦用カメラ

何回かの飛行試験によって得られた画像を精査し、飛行高度による被災地の調査可能である撮影解像度と画角を決定した。なお, SARA-V を無人飛行体(SARA-H)に搭載した場合, システム全体の型式は, SARA-HV と表記することとする。

バリングが可能であるため、離発着用の用地が無い場合や定点での探査活動が必要な場合に向いている。

無人飛行体のロータと同軸にスタビライザを取り付けることで、風などの外乱から安定ホバリングが可能となる。動力には、ブラシレス DC モータ、動力源にはリチウムイオン電池を用いており、運用時間は約 15 分である。

### 3. 飛行システムの概要

災害探査を目的とした無人飛行体はカメラを取り付けて空中からの撮影用として利用されることがある。無人飛行体で撮影をする場合、エンジン動力式より、排煙、振動、オイル飛散、騒音等が無い電気動力式の方が好ましいと考えられる。

被災状況を把握するために、無人飛行体に以下の示すカメラを機体に設置し運用を行った。表一 2 は広域自然災害事故調査に使用したカメラの仕様を示す。

目視外飛行試験では、表一 2 の小型カメラ（小型ハイビジョン 3D ビデオカメラ）を機体下部に写真一 2 に示すように設置、操縦時にモニタから前方部を見えるように配置している。目視外飛行を行うため、操縦用カメラからの映像は 1.2 GHz 帯の電波により伝送する事で運用でき、電波の空中線出力に応じた半径約 1 km の探査範囲を確保する事が可能である。

この探査用カメラ（SARA-V）は操縦用カメラを流用し、録画も同時に行った。カメラ設置の基準として、

表一 2 無人飛行体に搭載したカメラの仕様

	カメラ
操縦・探査用	1920 万画素小型ハイビジョンビデオ 3 次元立体視 (3D) カメラ

### 4. GPS 信号制御による目視外飛行試験

電動ヘリコプタに GPS センサとビデオカメラを搭載し上空から地上を撮影し、その性能や課題を検証した。写真一 3 は、無人飛行体が飛行している様子を、写真一 4 には地上操縦者が使うモニタの様子を示す。写真一 4 から、1 台のモニタで操縦用カメラと探査用カメラとして運用を行っている。具体的には、ビデオカメラは電動モータが取付けてある雲台に載せてあり、地上にいる操縦者からの無線信号で雲台の画角を動かすことができ、その他の場合は無人飛行体に搭載したジャイロセンサと同期して、雲台の姿勢を保つようにしてある。操縦時には概ね前方が写るように、雲台の位置を調整する。



写真一 3 無人飛行体 (SARA-H) の飛行状況



写真一 4 地上で操縦者が利用するモニタ



写真-5 GPS信号によりホバリングしている様子



写真-7 被災地での運用

写真-5はGPS信号によりホバリングしている様子を示す。探査場所に無人飛行体を移動させたら、GPS信号によるホバリングを開始する。その後、ビデオカメラは探査用として直下などが写るように雲台位置を調整する。雲台は回転をする仕様とはなっていないが、飛行体自体をホバリング状態で、ヨー軸回転することで対応する。

## 5. 災害探査用飛行体による被災地での上空撮影

本稿では、2011年9月に岐阜県御嵩町で発生した大雨による広域自然災害事故後の飛行体による調査報告をする。

写真-6は地上に設置したカメラからの画像を示す。固定カメラからは当然ながら一定の画角からのみ被害状況を確認することができる。本調査ではこの画像が評価の基準となる。固定カメラから取得した画像に比べて無人飛行体からの画像が、より多くの情報を得られるかを検証することとした。

撮影状況は、被災状況を把握するために、無人飛行体(SARA-HV)に表-2に示されたカメラを機体下部に設置し(写真-2参照)運用を行った。写真-7は被災地での本システム時の運用状況と飛行体の運行状況を示す。カメラで撮影した画像を飛行体上で録画すると同時に、無線で地上のポータブルテレビにも伝送した。ポータブルテレビは、無人飛行体を操縦する



写真-6 地上カメラで撮影した災害状況

者の横に置いた。広域自然災害事故で、実際に目視外飛行を行った。操縦者はポータブルテレビ画面を見ながら無人飛行体を操縦し、被災状況を確認したい箇所へ無人飛行体を移動させることが可能である。カメラのズームレンズを操作することも可能なので、その都度無人飛行体を任意の場所に移動させて災害状況の必要な情報を得た。当初はGPS信号を感度よく受信できるかが心配されたが、こうした山間部の谷間でも無人飛行体の位置制御に有用であることがわかった。実際の災害探査活動において、実機のヘリコプタよりも低空を飛ぶことができるので、自然災害事故の被災状況を詳細に確認するには、小型の電動無人飛行体は有用であることが確認できた。報道関係者がこの実験を取材していたが、探査画像の鮮明さとハイビジョン画質での動画提供が可能であることから、大きな関心を得ることができた。

写真-8から写真-12は電動の無人飛行体(SARA-H)を用いた、カメラ(SARA-V)運用時の



写真-8 無人飛行体が撮影した災害状況写真



写真-9 約150m高度からの災害現場空撮



写真一10 約50m高度からの災害現場空撮



写真一11 約5m高度からの災害現場空撮



写真一12 約3m高度からの災害現場空撮



写真一13 以前のブレが目立つ録画写真

可視化画像の結果を示す。写真一13は2010年に発生した陥没事故撮影の際に採用していたカメラの災害地の可視化結果を示す<sup>5)</sup>。今回の可視化結果(写真一8参照)と写真一13を比較すると、格段に写真一8は画像のブレが軽減した。

ブレの低減について考察をする。従来は雲台と飛行体本体との締結部分に、緩衝材を挟まず固定していた。今回使用した無人飛行体は、以下の改良を施した。

- ・雲台を取り付ける筐体と機体本体との締結部分に高

硬度ゴム状の緩衝材を挟む

- ・筐体と雲台との締結部分に低硬度ゴム状の緩衝材を挟む
- ・筐体の各締結部分にシリコン製オーリングを挟む

以上の防振対策を施すことで、画像のブレを十分に抑えて、無人飛行体による被災地の調査をする事が可能な撮影解像度と画角を得ることができた。

## 6. 今後の研究課題と最新開発例

### (1) ロボット搬送用の飛行体開発例

今回発表した無人飛行体には、十分な積載能力がある。詳細な積載能力については別途の論文にて発表するが、地上で活躍が期待される二足歩行ロボットの空輸を試みた。写真一14は、回転翼型無人飛行体(SARA-HV)が二足歩行ロボット(CALI-BO)を空輸している状態を示す。小型カメラを設置した架台部分に、二足歩行ロボットを格納する大型架台を取り付けた。この架台には二足歩行ロボットが空輸中に落下しないように、各種機構を搭載している。二足歩行ロボットは、開発した小型電動無線操縦式である。この二足歩行ロボットの概略を表一3に示す。写真一15では、地上に降りた二足歩行ロボットが鳥の死骸サンプルを回収している。サンプル回収後、二足歩行ロボットは、無線操縦により、SARA-HVに帰還し、再度空輸されてくる。詳細は別途の論文にて報告する。



写真一14 二足歩行ロボット(CALI-BO)を空輸している無人飛行体(SARA-HV)

表一3 空輸した二足歩行ロボットの概要

名称	CALI-BO Version2-001
メーカー	キャリオ技研(株)
全長×全幅×高(mm)	130×200×450
質量(g)	約2000
他仕様	リチウム電池駆動(約20分) 2.4GHZ無線操縦式 無線カメラ内蔵
用途例	サンプル回収(500g以内の死骸等)



写真—15 地上に降りた二足歩行ロボット (CALI-BO) (NHK 放送分<sup>6)</sup>)



写真—17 無人飛行体 (SARA-XV) が空撮した法面完成工事全景写真

(2) 無人監視用ロボットとしての開発例

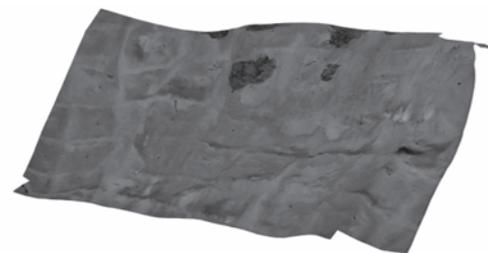
今回発表した無人飛行体 (SARA-H) は、飛行速度が速いので、目的とする探査定点に素早く移動し、その地点での画像取得を主な用途として開発している。しかし、機体のサイズが大きく、狭所での運用には適さない。狭所を飛行し、上空からの監視用としては、多軸回転翼型無人飛行体の方が、機構が簡易で軽量である。各ロータ径が小さいので、ロータの周りをバンパーで囲うことができるので、壁などに接触した場合



写真—18 無人飛行体 (SARA-XV) が空撮した法面工事の接近写真



写真—16 多軸回転翼型無人飛行体 (SARA-X)



写真—19 空撮した法面の3次元画像処理

表—4 多軸回転翼型無人飛行体の仕様

名称	SARA-X
全長×全幅×高 (mm)	670 × 670 × 450
質量 (g)	約 2700
動力	ブラシレス DC モータ
飛行時間 (min)	20
操縦系通信周波数 (GHz)	2.4
電源	リチウムイオン電池
翼長 (mm)	300
翼弦長 (mm)	25
翼 (6枚分) 面積 (mm <sup>2</sup> )	4.5 × 10 <sup>4</sup>
翼面 (6枚分) 荷重 (N/mm <sup>2</sup> )	5.88 × 10 <sup>-4</sup>
翼弦 Re 数	3.3 × 10 <sup>4</sup>
飛行速度 (m/s)	9.2

でもロータを破損することがないことも、長所である。そこで、狭所用無人飛行体として、写真—16に示す多軸回転翼型無人飛行体 (SARA-X) を開発し、探査用カメラ (SARA-V) を搭載して、遠隔から法面工事状況の画像取得を試みた。無人飛行体 (SARA-XV) の概略を表—4に示した。写真—17では、SARA-XVが法面工事現場を俯瞰して撮影している。写真—18では、SARA-XVで法面工事現場 (写真—17左上部分の山肌と工事面との境界部分付近) に最接近して空撮をした。安定したホバーリングと制振技術により、振れの少ない高画質な画像を取得することに成功した。写真—19では、空撮した写真から簡単な3次元画像処理を施し、立体的な画像にした。

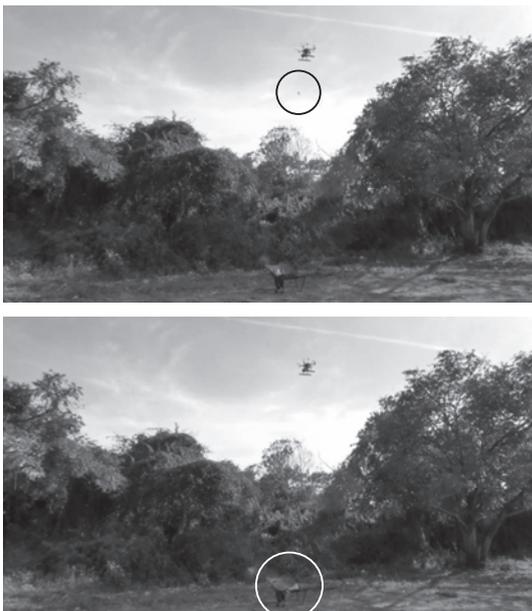


写真一20 消火ボールを積載した無人飛行体 (SARA-XVF)

### (3) 火災時に活躍が期待される飛行ロボットの開発例

探査用の無人飛行体に、消火用液剤が入った球体(消火ボール)を搭載し、火災現場上空から消火ボールを投下し鎮火する実証を試みた。写真一20に示すように、多軸回転翼型無人飛行体中央下部に消火ボールを積載できるユニットを搭載した(SARA-XVF)。このユニットは、遠隔操作によりサーボモータを回転させて、開口部分が下側を向き、消火ボールを落下する仕組みになっている。

写真一21は高度約10mから直径100mmの消火ボールを落下させ(上図)、地上の火災を消火する様子(下図)を示す。無人飛行体をGPS信号でホバリングさせて、真下を見ることができる無線カメラ(SARA-V)からの画像で狙いをつけて、火元に命中させて鎮火するのである。



写真一21 無人飛行体(SARA-XVF)が投下した(上図)消火ボールが鎮火する様子(下図)



写真一22 亜炭鉱内(地下)で安定飛行した無人飛行体(SARA-XVU)



写真一23 亜炭鉱内(地下)で無人飛行体(SARA-XVU)による録画例

### (4) GPS信号が無い状況で活躍が期待される探査用無人飛行体の開発例

GPSが無い環境下で無人飛行体を安定して飛行させる実証を試みた。写真一22に示すように、地下約5m以下に掘られた亜炭鉱内は高さ1500mm程度の地下洞窟で、GPS信号は受信不可能である。そこで、小型高性能高度センサを取り付けた地下探査用多軸回転翼型無人飛行体(SARA-XVU)を開発し、亜炭鉱内での建設作業現場状況の画像取得を試みた。写真一23は、SARA-XVUに搭載した高性能デジタルビデオカメラが録画した動画の1場面である。詳細な報告は別途論文で発表する予定だが、ブレのない鮮明な画像を取得することに成功した。

### (5) 今後の課題

以下に、今後の課題を示す。

- ①飛行時間を1時間程度にすること
- ②探査地点で着地し、遠隔地上作業を行うこと
- ③無人飛行体へ非接触式自動充電を行うこと

#### ④ 3次元画像処理データを3次元CADデータに変換すること

飛行時間を長時間にすることで、探査活動能力が向上することが期待できる。ただし、現在使用しているリチウムイオン電池を多く積むと機体重量が増して飛ぶことができなくなる。よってより電気密度の高い電池の開発が望まれる。

探査地点で着陸することで、例えば遠隔から地滑り感知センサを設置し、リモートセンシングができるようになり、人力での工事が省ける。

非接触式自動充電を行うことで、自動発着が可能となり、運行の自動化に大きく役立つ。

上空からの画像を3次元CADデータに変換することで、建設工事の設計計画に役立てることができる。

## 7. おわりに

本研究では、災害時探査用途を目指した災害時探査用回転翼型無人飛行体の飛行システムの研究開発を行い、実際に自然災害事故現場での実証事例を報告した。その結果を以下に示す。

電動の回転翼型無人飛行体のホバリング試験から、GPS信号による位置及び姿勢制御に成功した。

本システムでは、カメラ画像を無人飛行体上で録画すると同時に、無線で地上のポータブルテレビにも伝送する方法で運用を行った。目視外飛行試験において、

1920万画素小型ハイビジョン3Dビデオカメラを用いることで、災害時の画像撮影と情報取得が可能であることを確認できた。

多軸回転翼型無人飛行体による高画質画像取得と飛行安定化についても成功した。無人飛行体の運航場所や用途に合わせた無人飛行体開発例についても報告をした。

JCMA

#### 《参考文献》

- 1) 森川泰, 「小型無人ヘリコプタの自動飛行制御システムの研究」, 第48回飛行機シンポジウム講演集, pp.420-423, 2010
- 2) 河野敬他4名, 「小型無人飛行船の地上運用性改善に関する研究」, 第48回飛行機シンポジウム講演集, pp.409-413, 2010
- 3) 戸田拓海他3名, 「狭い空間を通過できる自律誘導無人飛行機の研究」, 第48回飛行機シンポジウム講演集, pp.498-503, 2010
- 4) 富田茂, 北川一敬, 「災害探査用途を目指した無人電動ヘリコプタの飛行システムの研究開発」, 日本航空宇宙学会第42期年会講演会講演集, pp.275-279, 2010
- 5) 富田茂, 北川一敬, 「回転翼型探査用無人機の飛行システムの研究開発」, 日本航空宇宙学会第49回飛行機シンポジウム講演集, pp.38-41, 2011
- 6) NHK おはよう日本, 「ポスト自動車, 進むロボット開発」, NHK, 6:20, 2011.11.28

#### 【筆者紹介】

富田 茂 (とみた しげる)  
キャリオ技研㈱



# 高所法面掘削機による掘削工法

市原 淳・杉田 義典

従来の高所法面の掘削作業では、バックホウや、ブルドーザ等の重機を使用するか、人力による掘削作業が行われている。重機による掘削作業は、重機足場を必要とするため、高所での作業はごく一部に限られ、また、人力での作業では、危険で、多くの工期とコストがかかっていた。今回開発された、高所専門の掘削機械は、上部にアンカーさえ設置できれば、急峻なあらゆる法面を登降坂でき、高所の法面を掘削、切り取りできる画期的機械である。この機械の特徴は、従来のバックホウの掘削機能に加え、本体に2基の主ウインチが装着され、この主ウインチに巻かれた主ワイヤーを上部の主アンカーに取り付け、この主ウインチを巻いたり、巻き戻したりすると同時に走行装置を駆動することにより急勾配の法面を登降坂することができる。

キーワード：高所機械、高所法面、遠隔操作、ワイヤー安全率、アンカー強度、傾斜角 90 度

## 1. はじめに

一般に土木工事では、その経済性、納期、安全などを考慮して、機械土工、人力土工、または両者の組み合わせで施工されていることが多い。まして高所作業や急斜面における掘削など作業環境条件が厳しく重なってくると、ほとんどが人力に頼らざるをえない。

法面災害復旧など工期短縮を要求される場合、機械力を導入し、早期の竣工を目指すほかない。そのような場所は人が入れない不安定な急傾斜地であり、人力施工するにも安全対策の導入など仮設にも墜落・落下など人災発生の恐れが高いことが予想される。また土質の制約から崩壊・落石の予測される作業環境では安全対策に最大に力点が注がれ、迅速復旧の目的には相容れない。この危険な工事現場で施工性、工期、安全に配慮し、活躍できる掘削機を開発し、施工性と安全性確保を対応すべく取り組んだ。

## 2. 開発の経緯

重機の使用できない傾斜地における切取、切り崩しは旧態依然の熟練作業員依存の人力施工のみであった。作業員は崩壊、落石の恐れがある非常に危険度の高い法面を安全ロープ一本で、手工具や手持ちブレイカでの作業に追われてしまっていた。また、近年は、高齢化が進み、若い作業員が少ない現状で、投入員数

も施工エリアが限定されるに伴い、少量しか掘削できず、予定工期も延長せざるを得ないことが常だった。

他方、熟練作業員の確保や育成などと併せ、契約工期遵守と安全確保が同時に求められているという課題が常に指摘されていた。

### (1) 開発初期

当初第一段階は、機械力による省力化と施工能力向上を目指し、従来型のバックホウのアームの長さを延長して、作業性を上げる目的で従来機を改造し、対応したものになった。

仕様の特徴は、アーム先端部のカセットアームを特注で設計、製作装備することで能力を確保し、カセットアームの装着には専門の整備工をそのつど駐在させ、装着時間など準備工にコストがかかり、また、アーム長さの延長による機体のバランスの不安定さなどの欠点もあった。

### (2) 開発中期

第二段階では準備工の改善として、クレーンタイプのブームが伸びたり縮んだりするテレスコ式のブームに変更した。

施工場所への搬入出、規定能力による稼働高さに対応するために、クレーンのブーム先端にバケットを装着したテレスコブームマシン (TBM, 写真-1 参照) として誕生した。機械の性能は格段に向上し、ブーム



写真—1 テレスコプームマシン (TBM) 運転操作状況

長さ 15 m ～ 45 m の機種 (TBM-15, 18, 22, 31, 35, 45) が完成し、35 m 以下の法面高さに対応出来るようになった。しかし機体の移動と機体施工足場の確保、また法面高さの施工限界等の欠点があった。

### (3) 開発中期完了

第三段階に至っては、法長に左右されず急斜面に機体を引き上げることで機械施工足場も必要とせず、掘削性能を従来型のバックホウ並みにし、作業能率を確保しつつ、迅速な施工スピードを維持することを開発目標とした。

従来型のバックホウを改良し、機体本体への主要装置の組み込みとして、左右各 1 台の主ウインチ、主ワイヤーロープで落下防止や登降坂作業できるケーブル装置、法面傾斜角に合わせて上部作業体を水平に保つリフティング装置、本機を安定させるためのバランスングブレードなどを組み込んだ。また安全対策として主ウインチにはウインチ未操作時、エンジン停止時、油圧回路の圧力が低下した場合、自動的にブレーキが作動する安全対策機構を採用した。機体キャビンへの落石など頭部保護、機体転倒などに対するヘッドガードの装着、非常に危険な上部からの落下物等がある場合などラジコンによる遠隔操作に切り替えることもできる。これによりロッククライミングマシン RCM03

型が完成した。その後、法面勾配が 90° 近くになると掘削方向の力が谷側へ働き思うような力が発揮できなくなるための対策機として、機体の全重量をかけながら掘削する RCM10 型が完成した。

写真—2 ～ 4 には各々の作業状況を示す。

### 3. 技術的検討課題

技術的課題と安全対策の観点から、機体を吊り下げるに十分なワイヤーロープとそれをサポートする主アンカーや、施工方法について、技術的検討が要求された (RCM03 型)。

#### (1) ワイヤーロープ強度

ワイヤーロープ仕様は、径 20φ × 長さ 50 m の IWRC6×Fi (29) 特殊で最大切断荷重 30,200 kg である。

- 1) ロープ全体への最大荷重  $W =$  本体総重量 = 5,670 (kg)
- 2) 主ワイヤーロープの切断荷重  $Q$  kg は安全率 10 とすると

$$Q = \text{最大切断荷重} \times 2 (\text{本}) > W \times 10$$

$$30,200 \times 2 > 5,579 \times 10 = 55,790$$

$$\text{ゆえに } 60,400 > 55,790$$

十分な強度を確保でき、安全も達成できる



写真—2 RCM03



写真—3 RCM06



写真—4 RCM10

表一 代表機種による施工能力比較

		代表機種			評価区分
		RCM03	RCM06	RCM10	
運転方法	有人搭乗運転	◎	◎	-	◎：最適 ○：適合 △：条件付きで適合 ×：不適 -：対象外
	無人遠隔操作	◎	◎	◎	
法面勾配	90°	×	×	○	
	60°～80°	◎	◎	◎	
	0～60°	◎	◎	◎	
施工土質	硬岩1	×	△	△	
	中硬岩	×	△	△	
	軟岩2	△	○	◎	
	軟岩1	○	◎	◎	
	レキ質土	◎	◎	△	
	粘性土	◎	◎	△	
	砂質土	◎	◎	△	
対象工事規模		小規模～中規模	中規模～大規模	大規模	

表二 代表機種仕様一覧

項目		単位	RCM03	RCM06	RCM10
機械総重量		kg	5,670	8,775	14,100
全体寸法	全長(輸送時最小)	mm	5,200	5,900	6,700
	全高(輸送時最小)	mm	3,030	3,080	2,800
	全幅	mm	1,980	2,780	2,490
性能	登坂角度	(°)	0～80	0～80	0～90
	走行速度	km/h	2.2	2.6	4
エンジン	形式	-	直接噴射式	4D102型ディーゼルエンジン	4サイクル水冷直列頭上弁式
	総排気量	cc	1,429	3,920	3,856
	定格出力	-	28 ps/2,550 rpm	55 ps/1,750 rpm	85 ps/2,150 rpm
油圧装置	油圧ポンプ形式	-	可変ピストン式×2	可変ピストン式×2	可変ピストン式×2
	油圧モータ(走行)	-	ピストン式	ピストン式	ピストン式
バケット容量		m <sup>3</sup>	0.1	0.28	0.4
ウインチ	主ワイヤー	-	動力巻取, 巻戻形 ワイヤーφ20mm 破断荷重302kN	動力巻取, 巻戻形 ワイヤーφ24mm 破断荷重445kN	動力巻取, 巻戻形 ワイヤーφ22mm 破断荷重363kN
	補助ウインチ	-	動力巻取, 巻戻形 ワイヤー5mm	動力巻取, 巻戻形 ワイヤー5mm	動力巻取, 巻戻形 ワイヤー5mm
操作方法		-	搭乗運転, 遠隔操作	搭乗運転, 遠隔操作	遠隔操作
アタッチメント	ブレーカ	-	150kg用	500kg用	800kg用

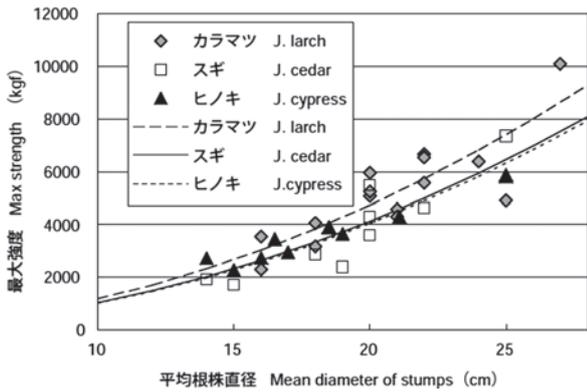
工事現場で法肩の崩壊と円弧滑り防止を図ってアンカー設置周辺の傾斜角, 周囲の状況, 工期の長さ, 工事規模を勘案して次のとおり5種類を選択した。

(2) アンカーの選択

- ①生立ち木の根株
- ②埋め込みアンカー
- ③重量置換えアンカー
- ④アースアンカーまたはロックボルト使用アンカー
- ⑤コンクリートアンカー

このうち②～⑤アンカーでは設置, 撤去, 施工条件(工期など)による制約が大きく, 現場では生立ち木の根株を利用することが多いので, これについて蓄積された知見を得られたので報告する。選定条件は樹木の種類, 根株の太さ, 根張りの状態, 周囲の地形, 土壌等である。平均根株直径と最大強度の関係を図一1に示す。

根株1本のアンカーでは, 十分に強度を発揮できない場合, 数本の根株をまとめて一体化し, アンカーとして使用する。このとき, 各根株を緊結するワイヤーロープに掛かる張力を各々に均一になるように調整す



図一 平均根株直径と最大強度の関係<sup>1)</sup>

長野営林局及び函館営林局支局管内の調査により根株直径と強度関係が報告されている。

ることが求められる。不均衡ではワイヤーロープが破断してしまい、機体の落下、有人搭乗運転の場合では墜落・転落災害につながる恐れがある。

1) 根株選択基準

図一 1 から根株直径 20 cm で 4 t の強度が得られ、各根株のアンカーとしての強度を想定する。同時にアンカーの引き抜け、転倒などの事故発生が起らないよう、調査し、選定する。

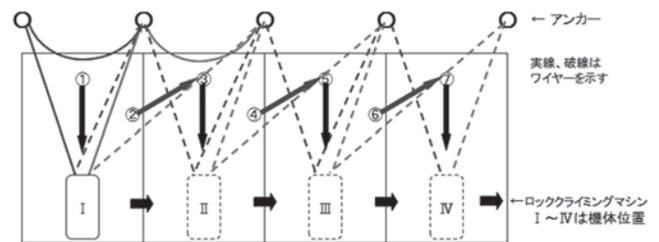
2) 各根株の強度確認

図一 2 の横移動運転要領の模式図に示すように、左右ウィンチ 1 台につき各箇所アンカーを据付するが、最大荷重の 3 倍以上の安全率の強度を設定している。関連する法定の Gondola 則第 3 条、クレーン規格第 3 条、エレベータ規格第 4 条をクリアしている。他方強度についても最大荷重 1 箇所、2 箇所支持で 3 倍を安衛則の 4 条、55 条、141 条からもその安全性を満たすものを採用しているため、この方面からも妥当性を担保できている。

次にアンカー強度を箇所あたりで算出する。

地盤が崩壊し機体が宙吊りになったときを最大荷重と想定する。

1) 機体の作業現場の傾斜角 = 90°



図二 横移動運転要領の模式図 (右方向への移動)

表一 3 アンカー強度試験報告

〔アンカー強度試験報告書〕

工事名		発注機関名		元請担当者		工事担当者		工事統括責任者		平成 年 月 日	
工事場所		元請名		T E L				安全担当者		本社安全担当者	
元請担当者名		F A X									
当社担当者名											
施工延長	40 m	NO	区間長 m	法親までの距離 m	アンカーの種類	コンクリート H*W*L	樹木の種類	根株の直径 cm	置換アンカー	その他	P=引張強度 kg
施工面積	650 m <sup>2</sup>				生立木		雑木	35			8,750
切取量	m <sup>3</sup>				生立木		雑木	35			8,750
現場周辺状況											
崩落箇所	(有) (無)										
湧水	(有) (無)										
地盤の状況	(安定) (不安定)										
アンカー付近	(安定) (不安定)										
土質	砂質土 粘性土 レキ質土 軟岩1 軟岩2 中硬岩 硬岩1 硬岩2										
アンカー選定理由											
種類	生立木 埋め込みアンカー コンクリートアンカー アースアンカー 置換アンカー その他										
〔所要試験強度〕											
RCM03機械総重量	5,670Kg										
安全率	1.5										
試験強度	5,670Kg × 1.5 = 8,505Kg										
〔備考欄〕											
8,505Kgの力を得るため、滑車6個を使用して、牽引力を7倍にする。 強力計(5t用)を使用してワイヤーロープの張力が1,250kgに達するまで、チルホールで牽引する。 1,250kg × 7 = 8,750kg ≥ 8,505Kg OK											
〔アンカー引張試験〕 (別紙にて引張試験状況を添付する)											
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;"> <p>作業名: アンカー埋め込み工事 工事内容: 200mmφ×1.5m長さのアンカーを埋め込み。 RCM03機械重量: 5,670kg 安全率: 1.5 牽引力: 8,505kg メーター実測値: 1,250kg 施工者: 大昌建設株式会社</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>測定箇所: 樹幹直径 測定値: 350mm 測定者: 〇〇〇</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>測定箇所: アンカー引張試験 測定値: 1,250kg 測定者: 〇〇〇</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>測定箇所: 樹幹直径 測定値: 350mm 測定者: 〇〇〇</p> </div> </div>											
余白											

\*引張試験の写真は1工事で、代表写真を1枚以上撮影する事。

- 2) 機体総重量 = 5,670 (kg)  
機体総重量には作業装置 + 本体 + 燃料 + 油脂類 + 冷却水などが含まれる。
- 3) 機体に掛かる最大加重  $P = 5,670 \times \sin 90^\circ = 5,670 \times 1 = 5,670$  (kg)
- 4) アンカー強度  $\geq P \times 1.5$  (安全率) =  $5,670 \times 1.5 = 8,505$  (kg)  
求めるアンカー強度は1箇所当たり 8.5t 必要になる。

根株をアンカーとして使用する前に、その耐力を引張試験機で現場緊張試験を行って、所要強度まで荷重を掛け、耐力が十分あることを確認できた場合のみ、合格と判定し、アンカーとして選定できる(表-3)。

ただし、伐採後の根株を利用するとき、伐採後の経過年数は根系の支持力を保持するために、1~2年経過したものとするべきである<sup>2)</sup>。

根株アンカー以外の埋め込みアンカー、コンクリートアンカー、アースアンカーまたはロックボルト使用アンカー及び重量置換えアンカーを選択する場合、工事現場の土質、工期、作業環境により制限されるので、提示条件や作業環境条件を十分検討して、強度計算や引張り試験で確認後、設置しなければならない。

#### 4. 運転操作技術の確定

本ロッククライミングマシンは、労働安全衛生法第37条と第42条及び労働安全衛生規則第27条の法律や政令に定める機械等には該当しない。したがって、所定の資格を所持し、特別講習により、本機体の運転技術を習得してのみ、操作に従事できる。

- ① 運転資格要件は次のとおり設定する。
  - ・ 車両系建設機械運転技能修了証……………既保有者
  - ・ (ロッククライミングマシン) 特別講習修了証  
……………新規講習受講
- ② (ロッククライミングマシン) 特別講習内容と講習期間は次のとおりとする。
  - ・ 機体の基礎知識 (操作方法、整備)  
→ 図-3 施工フロー
  - ・ 作業手順 (安全作業を含む)  
→ 図-2 横移動運転要領の模式図(右方向への移動)  
図-4 施工標準図
  - ・ 高所法面の切取・切崩し・掘削・伐根・整形、既設モルタルの取壊しなど用途解説
  - ・ アンカーの選定方法
  - ・ 実技 (有人搭乗運転と無人遠隔操作)
  - ・ 1週間の講習期間設定

横方向で右移動の場合を移動要領の模式図で解説すると次のようになる。

1. 右側ワイヤーを緩め、5m程度右側にアンカーを移設する
2. 右側ワイヤーを張り、機体を安定させる
3. 左側ワイヤーを緩め、右側のアンカーへ移設する
4. 左側主ワイヤーを接続し、機体を安定させる
5. アンカーの状態を確認する
6. 右斜め上方に登坂し、次の掘削作業に取り掛かる
7. 以下 1. ~ 7. を繰り返す

反対方向については上記の逆手順を踏み、移動する。

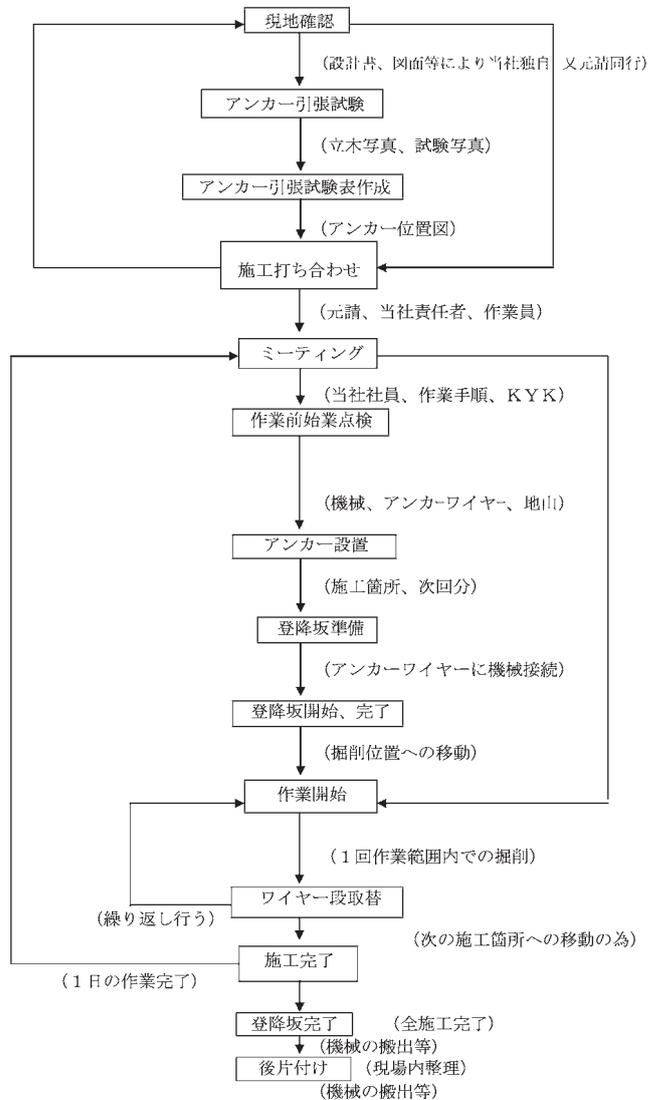


図-3 施工フロー

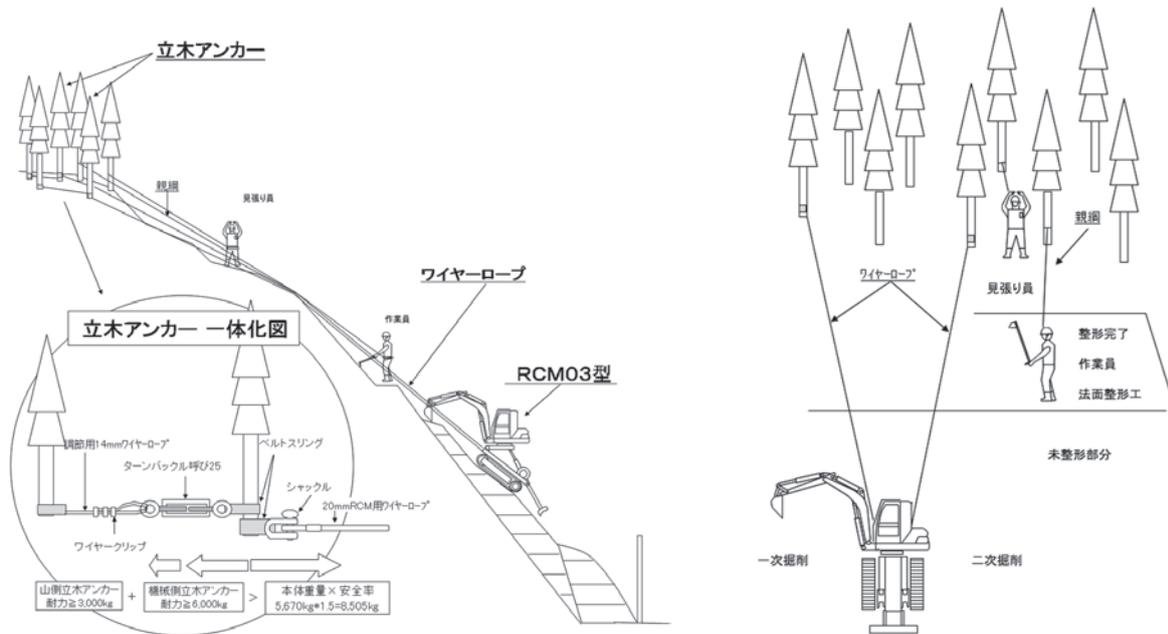


図-4 施工標準図

5. 活用効果の達成度

本技術を活用することにより、従来との技術力の差異は次のように達成された。

ちなみに従来の施工法と本工法の比較表を表-4に例示する。

**コスト面**：アンカーの設置やワイヤーロープ等の準備工が必要となる反面、熟練者による人力掘削に比べ作業効率の高い機械掘削の方が経済性が高くなる（5%縮減）。

**工程面**：人力から機械導入とすることで、大幅な工程短縮が可能である（52～70%短縮）。

**品質面**：品質については、従来工法による技術と同レベルを確保できている。

**安全面**：熟練者による人力施工では、高所作業・崩壊箇所等の危険度が高い作業は、周到的な人的安全対策が要求されるが、機械施工では機体の落下など人的災害が軽減されその安全性は向上する。

転石や崩壊などの恐れがあるとき、ラジコン操作による無人運転作業ができ、機械施工の有用性が確保されて施工性は向上する。特に危険な高所法面ではその効果は高い。

**環境面**：従来と同様にエンジン関連の変動騒音と油圧系統回りとがあり、振動を含めてほとんど同程度である。

表-4 高所法面掘削工法と従来工法の特徴

	【高所法面掘削工法】	【従来の人力工法】
長所	<ol style="list-style-type: none"> <li>（無人遠隔操作運転の場合）オペレーターは機体から離れた操作位置で遠隔操作しており、作業環境に起因する危険は極めて低い。</li> <li>機体は十分な強度のワイヤーで吊下げられており、危険箇所でも重機足場が崩れても操作できる。</li> <li>法肩までワイヤーを巻き取り移動ができるので、機体の搬入路や重機足場が不要になる。</li> <li>急峻な勾配でも掘削作業やモルタル・コンクリート取壊しも迅速に施工できる。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>ロープによる足場上での作業であるため、高所及び狭い箇所でも施工できる。</li> </ol>
短所	<ol style="list-style-type: none"> <li>掘削機の搬入路が確保できない箇所での施工は困難である。</li> <li>立木アンカーが設置できない箇所では、別途アンカーなどの設置が不可欠で作業環境の制約を受ける。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>道工具機器の搬入路を確保できない箇所では全て人力搬入が必要になる。</li> <li>作業には工期と投入労力とを多大に要する。</li> <li>大きな転石の除去時に周辺の地山の抜け落ち等により被災する危険性が高いので、エリアごとの安全対策が必要。</li> <li>作業には熟練者を配置する必要がある。</li> </ol>

## 6. 現在までの採用実績

事前計画工事では林地荒廃防止事業、仮道設置外工事などの法面災害などの対策工事に、また緊急を要する工事では東日本大震災に代表されるような岩盤の崩落・落石危険箇所など復旧工事及び関連工事に貢献、平成25年1月現在46件に活用されている。また、施工実績は国交省関係=360件、林野庁関係=246件、地方公共団体関係=2,493件、一般民間=112件の延べ施工実績を達成した。

今後は、省力化、工期の迅速化、施工場所を選ばない難易度の高い法面工事など、人的安全を確保すべき工種工事、さらには無人の遠隔操作による完全自動運転など要求レベルの高度化対応にまで行き着くこととなる。

## 7. おわりに

高所法面掘削機の掘削能力は、従来のバックホウの能力と同等である。堅い岩盤は、ブレーカを装着し掘削しているのが現状であり、対応できない岩盤もある

ため、これからは、あらゆる岩盤を確実に掘削する工法の開発が必要である。高齢化社会に於いて、これからの高所法面掘削機械工法は、人力に代わりこの工法が普及することを確信するものである。

JCMA

### 《参考文献》

- 1) 「森林総合研究所研究報告」(Bulletin of FFPRI), Vol. 1, No. 3 (No. 384), 181-184, November, 2002
- 2) 「樹木根系図説」 菊住 昇, 1998, pp.1121, 誠文堂新光社 総論

### 【筆者紹介】

市原 淳 (いちはら あつし)  
大昌建設㈱  
技術開発室



杉田 義典 (すぎた よしのり)  
大昌建設㈱  
安全管理課



# 河道閉塞災害への排水装置の提案

起動力は「水の力」！

呼び水式・山辰サイフォン排水装置

馬 淵 和 三・平 松 研・岩 佐 直 人・馬 淵 剛

ここ十数年ほど前からと言えるほど、まだ人々の記憶に新しい範囲で発生し始めた自然災害として、従来の日本の気象には見られなかった局所的に発生するゲリラ豪雨がある。深層・表層崩壊など地すべりが発生する可能性が高いとされる危険箇所も新たな研究により多く確認された。これら特殊な気象や地形が起因して容赦なく発生する地すべりによる河道閉塞災害に対する対策方法の確立が求められている。

キーワード：異常気象，ゲリラ豪雨，地震，地すべり，天然ダム，河道閉塞，排水，呼び水，サイフォン，汎用品

## 1. はじめに

地震、豪雨等により河道閉塞が発生し、二次災害が想定される場合は緊急的に仮排水路を構築する必要がある。仮排水路構築までの間は天然ダムの水位抑制対策が必要であり、その1つとして国土交通省では「大規模な河道閉塞（天然ダム）の危機管理のあり方（提言）」<sup>1)</sup>において、ほとんど動力を必要とせず排水作業が可能となるサイフォン排水装置の開発の重要性が提言された。

そこでサイフォンの起動時においても電気を使用しなくても「水」を「呼び水」として利用することでサイフォン排水作業を起動できる装置を開発した。これは現場条件に応じて以下の2通りの「呼び水」の注水方法があることを特長とする。

- ①重機や車両が進入できる場合の「呼び水」注水方法は、電気を使用して水中ポンプや国土交通省の災害派遣用排水ポンプ車両等の動力により本排水装置の注水合流部材を通して排水ホース内へ「呼び水」を注水するサイフォン起動方法。
- ②電源が全く無い現場条件の場合の「呼び水」注水方法として、縦長の貯水タンクを組立て、それに給水した水の水压を動力として同じく排水ホースに「呼び水」を注水するサイフォン起動方法。

既に工事現場で小口径のサイフォン排水装置を仮設工の水替え作業や散水作業に使用している。

天然ダムでの排水実績は無いため現場での対応方法が不明な部分も多くあるが、重機や車両が現地に侵入できない場合を想定し比較的小規模な天然ダム対策の

排水装置として、人力での運搬や作業を可能とすることをねらいとして開発した。越美山系山の谷第1砂防堰堤に於いてΦ200mmサクシオンホースを使用して「水」を起動力とするサイフォン排水装置の実証実験等を行ったのでその成果を報告する。

## 2. 実験の目的

一般的に作業員が災害現場で「呼び水式・山辰サイフォン排水設備（以下「本排水装置」という）」の設置作業を行う場合に、電子計測器等を使用して管内の数値を確認しながらの作業は現実的ではないため、簡易な測量器具で確認できる揚程高や水頭差を確認する際の目安となる数値を求めることを目的として以下の3項目を挙げた。

### ①「呼び水」方法によるサイフォン起動実験

柱状に組上げた「貯水タンク」の水圧を利用して排水ホース内の一定部分に「呼び水」を注水する方法でサイフォンの起動が可能か否かを確認する実験。

### ②水頭差の変化に伴う排水量確認実験

同設備を使用して吐出し口を上下することでダム貯水池との水頭差を段階的に変化させて排出量の変化を測定。

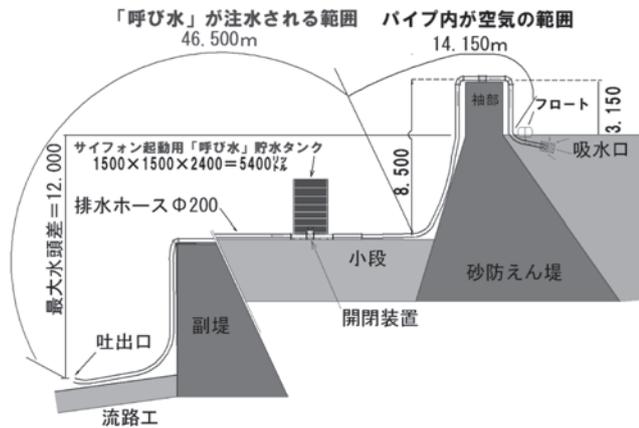
### ③サイフォンによる限界揚程高の確認

Φ60mmの透明サクシオンホースを使用しダム貯水池からの揚程高を段階的に大きくして、負圧下におけるサイフォン作用の揚程限界高を求める。

### 3. 「呼び水」方法によるサイフォン起動実験

#### (1) 実験設備

実験設備全体図を図一1に表す。



図一1 「本排水装置」実験設備図

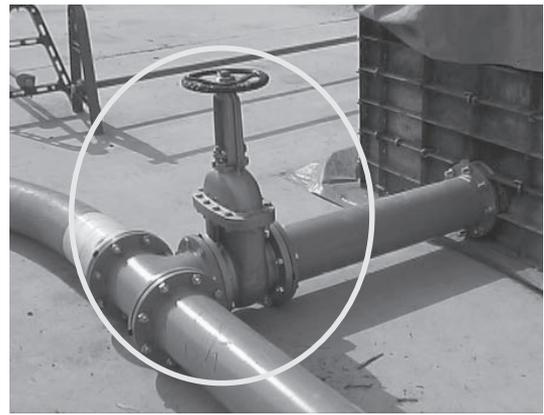
吸水口となる上流側のホース先端に「雑物吸入防止網」を備え、砂防堰堤貯水池に水深2mで浮遊させるフロートを取付ける。排水ホースは堰堤袖部を乗り越えて下流の小段に至り、さらに下流方向へ進んで副堰堤の下流部の流路工底部で吐出し口を上に向けて設置する。小段上において仮設の貯水タンク(図一2)から排水ホースへ「呼び水」を注水するための注水パイプが「開閉装置を備えた注水口合流部材(図一3)」を通して側面から合流している。

#### (2) 流出した浮遊物への対策

「雑物吸入防止網」は10cm四角程度の堅固な網目で構成され、この網目を通った雑物はφ20cmの吸水口から水と共に吸入して下流へ排出する。流出してきた流木など大きな浮遊物が吸水口に吸い付かないよ



図一2 型枠用部材で組上げた仮設タンク



図一3 「開閉装置を備えた注水口合流部材」

うに50cmほどの間隔を確保することを目的としている。2~3cm程度の細かい網目とした場合は目詰まり防止のメンテナンスを要するため10cm程度としメンテナンスフリーとした。吸水ホースの水面部分が浮遊物に挟まれるのを防止するために吸水ホースの水面付近にも堅固な防護網を設けることも良い。

#### (3) 重機搬入が困難な場合を想定した器材選定

「本排水装置」の現地条件に応じた幾つかの「呼び水」の注水方法は前述したが、今回の実験は重機・車両の搬入ができない場合を想定し、排水設備の部材も基本的に人力での小運搬が可能な器材を中心に構成した。水中ポンプ或いは災害派遣用排水ポンプ車輛の代わりに果たす仮設の貯水タンクは、コンクリート打設用の型枠で人力小運搬のできる一般的なメタルフォームを使用、任意の大きさに組み立てることができる(図一2)。

部材1枚の大きさは横1,500mm×縦300mm×厚55mm、参考重量13.7kg/枚である。これを組合わせて最終的にメタルフォーム32枚を使用し、底辺1,500mm×1,500mm×高2,400mm=容量5,400ℓの仮設の貯水タンクを設置し、内部5面を1枚のブルーシートで覆って水密性を高めた。本実験の場合、貯水タンクの容積としては排水ホースの総延長60.65mに対して、「呼び水」を注入する部分が46.5m(総延長の約77%)となっているため、排水ホース断面 $0.0314\text{ m}^2 \times 46.5\text{ m} = 1.46\text{ m}^3$ (容積)となる。本実験で開閉装置は図一3の物を使用した。開閉作業に各1分程度を要しジャストタイムで開閉できない。このため開閉作業中に流れる水が必要となるためメタルフォームを追加して貯水タンクの容積を排水ホースの注水部の延長の容積の約3倍以上の $5.40\text{ m}^3$ として増加した。

開閉作業が速やかに行える開閉装置があれば「呼び

水」も少なくて済み、貯水タンクの部材の運搬・組立作業も少なくて済むため、省力化・省資材化のためワンタッチ開閉装置を開発中である。

#### (4) 注水口合流部材とその役目

貯水タンクから下流側にある排水ホース内へ注水を行いホース内が満水状態となったら注水口合流部材に備えた開閉装置（図一3）を閉じる。排水ホース内へ注水された「水」は引き続き流下しようとするが、貯水タンクからの注水が途絶えたため上流側の排水ホース内の空気を引き込む。砂防えん堤の貯水池に投入された排水ホースの吸水口にはストローでジュースを吸込むと同様の現象が発生する。貯水池で吸込まれた水が下流側の吐出口に到達すると排水ホース全体が満水状態で流下を続けるサイフォン作用が起動することとなる。

「本排水装置」は、サイフォン作用を起動する「呼び水」を排水ホースの中・下流部分へ総延長の2/3以上の範囲に注水する際に動力を使用するか否かを問わず、「呼び水」が流下するエネルギーで上流の貯水池の水を吸水しサイフォン作用を起動するシステムであるため開発者の名前を入れて「呼び水式・山辰サイフォン排水装置」と命名した。

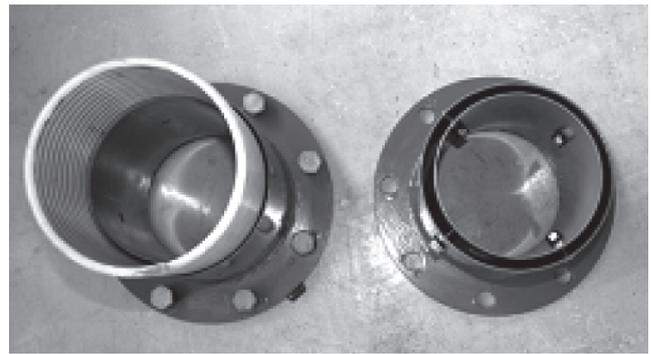
#### (5) 排水ホース（サクシオンホース）

Φ 200 mm のサクシオンホースを使用した。本資材は単位重量が 7.3 kg/m と軽量で、単体延長が 20 m で接合部が少なく気密性に優れ、製造メーカーも多数存在し規格も統一され調達し易いと考えた。

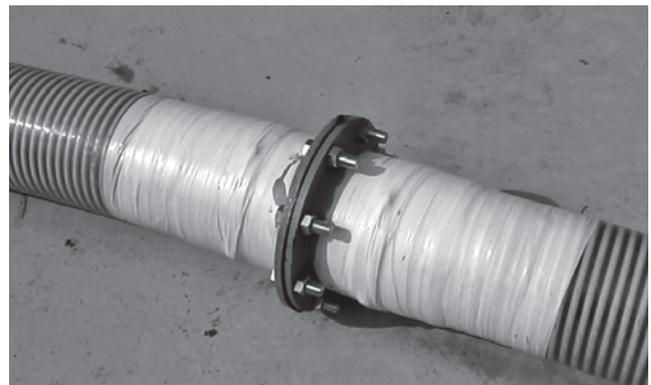
#### (6) ホース相互の接続金具

ここで、従来の排水ホース相互の接続金具はタケノコ型で挿入部が先端に向かって細い筒形状のため排水ホースから抜け易いという課題があったが、研究を重ね、接続金具の挿入部にボルト貫通用の孔を4ヵ所設けた接続金具を開発した。

金具挿入後に排水ホースの同じ位置にも穴を開けてホースと接続金具と共にボルトで貫通して固定する特許取得金具である（図一4）。これにより、ホースをクレーンで吊り上げたり、移動のために重機で引っ張っても、ホースそのものをブラ下げ状態で通水しても、ホースと接続金具が抜け落ちることは無い。また、接合部は気密性をより補強するためテーピングしている（図一5）。



図一4 抜けない排水ホース接続金具構造



図一5 排水ホースの接合状況（テーピング）

#### (7) 呼び水サイフォン起動実験

前述したがΦ 200 mm 排水ホース内全体を満水状態にすることなく「呼び水」によりサイフォンを起動できるかが大前提となる実験の主目的である。

以下の手順で実験を行った。

- ①仮設の貯水タンクへの給水方法は図一2の手前の送水パイプを使用し2インチのエコポンプで給水した。
- ②給水完了後、貯水タンクと連結してある注水口合流部材に備えた開閉装置（図一3）を開いて排水ホースへ一気に「呼び水」を注水する。
- ③注水当初は排水ホース下流側吐出し口には白い空気混じりの水が出てくるが、1分程度で透明になるので、そのタイミングで図一3の開閉装置を素早く閉じる。
- ④開閉装置を閉じると、流下する水と排水ホース内の空気と綱引き状態となるため数秒間は「止まったか」と思うほど流れ出る流量が減少する。
- ⑤ダム貯水地の水を呼び込んでサイフォン作用で流れ始めると流量は水頭差 12 m の場合 8.74 m<sup>3</sup>/min となり、Φ 200 mm 水中ポンプの標準的流量の約 2 倍の排水能力となる（図一6）。



図-6 サイフォン作用による排水状況

#### 4. 水頭差の変化に伴う排水量確認実験

この排水設備で下流部吐出し口の高さを上下に段階的に変化させて、上流部の貯水池の水面との各水頭差毎の排水量測定を超音波流量計（ポータフロー X）を使用し実施した。各水頭差毎の測定回数3回の平均値、及びベルヌーイの定理<sup>4)</sup>により算出した流量を理論値として併記し、実測値との比率も示した（表-1）。理論値算出にあたり、吸込み口の形状損失係数は0.5、配管曲がり部の形状損失係数は0.2、配管の損失係数は0.03とした。

表-1 水頭差とΦ200mmサイフォン排水量

水頭差 (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
実測値												
流速平均 (m)	1.13	1.60	2.07	2.44	2.79	3.15	3.47	3.75	3.89	4.07	4.32	4.50
流量 (m <sup>3</sup> /min)	2.18	3.12	4.01	4.75	5.42	6.12	6.74	7.26	7.55	7.91	8.38	8.74
理論値 (m <sup>3</sup> /min)	2.47	3.50	4.28	4.94	5.53	6.05	6.54	6.99	7.41	7.82	8.20	8.56
理論値との比率 (%)	88.4	89.0	93.7	96.1	98.0	101.2	103.1	103.9	101.8	101.2	102.2	102.1
理論値と実測値との流量比率平均=98.4%												
水中ポンプ口径	Φ150mm				Φ200mm				Φ250mm			
標準的流量	2 m <sup>3</sup> /min				4 m <sup>3</sup> /min				以上の排水量			
									8 m <sup>3</sup> /min			

理論値に対する実測値の比率は98.4%となり、実測値と理論値はほぼ同じ結果となった。

また、各水頭差毎の排水量の実測値を水中ポンプの一般的な排水能力と比較したものを表-1：下2行に表す。

- 水頭差 1.0 m (2.18 m<sup>3</sup>/min) で Φ 150 mm 水中ポンプ (排水量 2 m<sup>3</sup>/min) と同等以上。
  - 水頭差 3.0 m (4.01 m<sup>3</sup>/min) で Φ 200 mm 水中ポンプ (排水量 4.0 m<sup>3</sup>/min)。
  - 水頭差 11.0 m (8.38 m<sup>3</sup>/min) で Φ 250 mm 水中ポンプ (排水量 8 m<sup>3</sup>/min) と同等以上。
- となり、排水計画の参考とすることができる。

#### 5. サイフォンによる限界揚程高測定実験

##### (1) 頂部圧力測定実験及び気化状況確認方法

リボンテープと圧力計 (HTVC-100kp) を取付けた

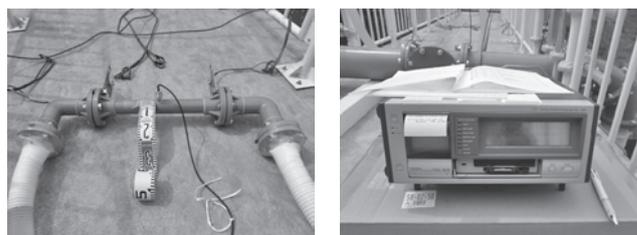


図-7 サイフォン試験管と圧力計 (左) と測定器 (右)

サイフォン試験管 (図-7左) の上下流側に口径Φ60 mm の透明サクシオンホースを取付け、堰堤上流側の吸水部にエコポンプを装着し貯水池に浸ける。もう一方は袖部を挟んで下流側小段へ降ろす。サイフォン試験管に取付けた圧力計の数値はケーブルを介して静ひずみ測定器 TDS-303 (図-7右) により測定を行った。

実験では、サイフォン試験管をクレーンで吊上げ、0.25 m ~ 1.0 m の間隔で揚程を変化させた (図-8)。揚程の段階毎に負圧値と流量等の測定を行うとともに気泡の発生状況を目視で確認しながらサイフォン作用が可能な揚程限界高を求めた。



図-8 負圧値測定状況 (ダム上流から望む)

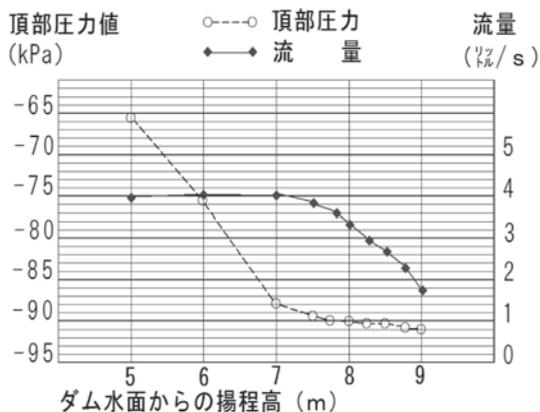
##### (2) 揚程高の変化に伴う気泡と気化現象

測定結果を表-2 及び図-9 に表す。表-2 では各揚程における吐出側配管の内部の観察結果も記載している。

揚程 6 m までは配管内に変化は無く、揚程 7 m において、管内に気泡が混入し始め流下するのが確認され (図-10)、さらに揚程を上げると気泡の発生はより激しくなり、揚程 7.5 m で流れの分断が確認されたが、流れは継続して流量の最大値 4.03 m<sup>3</sup>/min (揚程 6 m) に対し 3.60 m<sup>3</sup>/min と 89.3% ≒ 約 90% の流量が保たれている。流れの分断の増大は図-11 に示すように、空洞が形成されて明瞭に水面が視認されるようになり、その水面にサイフォン試験管から水が落下する状態で流下し流れは継続している。さらに揚程を

表一2 揚程高と頂部圧力・流量の結果表

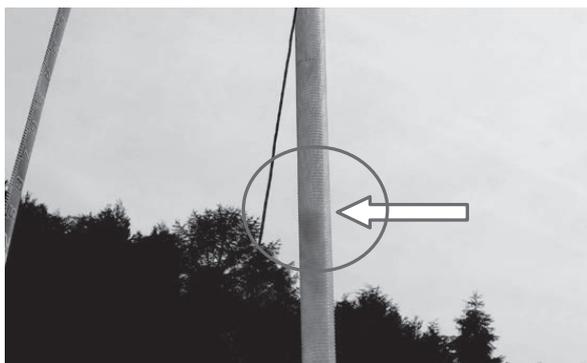
揚程 (m)	流量 (L/s)	頂部圧力		気泡発生時吐出口水柱高さ (m)	吐出側管内の観察
		水柱換算 (m)	kPa		
5.00	3.97	-6.69	-65.6	-	変化なし。
6.00	4.03	-7.72	-75.7	-	変化なし。
7.00	4.00	-8.97	-88.0	-	気泡が混入し始め流下するのが確認できる。
7.50	3.82	-9.13	-89.5	10.40	気泡の発生が激しく、塊状に確認できる。
7.75	3.60	-9.18	-90.0	10.85	流れが分断され、水面が確認できる。
8.00	3.31	-9.19	-90.1	10.40	分断されているが、未だ流れている。
8.25	2.99	-9.22	-90.4	-	-
8.50	2.66	-9.22	-90.4	-	揚程を上げると、分断された水面は一定の高さ(水柱10.4m~10.8m)を維持するように挙動する。
8.75	2.25	-9.26	-90.8	-	流れは継続している。
9.00	1.72	-9.28	-91.0	10.80	-
9.25	-	-	-	9.05	流れは完全に停止し、水柱が残っている。水柱の高さは9.05m。
8.00	-	-	-	-	揚程を徐々に下げると8.0mにて再び流れ始めた。



図一9 頂部圧力と流量の変化表



図一10 揚程高7.0mで流下する微量の気泡



図一11 空洞が形成された流れの分断部分

上げると、吐出側配管の流れの分断位置は、吐出し口からの水柱高さを一定に保つような挙動(空洞の範囲が大きくなる)を示した。揚程を9.25 mまで上げた時点で流れが停止した。停止時の水柱高さは吐出側9.05 m, 吸い込み側8.55 mであった。貯水池水面からの揚程高の増加に伴い負圧値はマイナスに大きくなり続けるが、揚程高7.0 mを超えた時点で増加割合が小さくなり、その後は90 kPa付近ではほぼ一定となった。

(3) 流量測定方法

流量測定は、底辺1.0 m × 底辺1.0 m × 高さ0.5 m = 容積500 lの容器を使用し、容器が満水になる時間をストップウォッチで計測して算出した(表一2)。実験当初から4.0 l/sとほぼ一定の数値を保っていたが揚程高が7.0 mを超えた時点から減少を始めた。実験値が得られたのは揚程高が9.0 mまでであった(表一2, 図一9)。

(4) 気化状況の変化と限界揚程高

揚程高と気化現象実験の結果により、サイフォン排水作業を計画するには吸入側の揚程高は安全側をみて7.0 m前後とし激しい気化現象が発生しない状態で行う事が望ましい。この状態で排水ホースの配管延長に伴いどれだけの水頭差を設けることが、より効率の良い状態でのサイフォン排水作業を行う装置となるかを試算する事ができる。

6. 「本排水装置」による排水計画

(1) 天然ダムを想定した排水計画の目安

これらの実験結果と併せ、天然ダムのサイフォン排水計画の参考資料として、排水ホースの延長毎に基準となる水頭差を求めるため、各延長毎の配管頂部圧力

表一3 (-1・2) 揚程高7mの配管頂部圧力制限を考慮した排水量表

表一3-1 水頭差と延長による排水量 (m<sup>3</sup>/min)

延長 (m)	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
口径φ200										
水頭差										
20									7.72	7.38
18									7.28	6.96
16									7.16	6.81
14							7.57		6.63	6.31
12					8.02	7.46	7.01		6.63	6.31
10				7.96	7.32	6.81	6.40	6.05	5.76	5.50
8			7.87	7.12	6.55	6.09	5.72	5.41	5.15	4.92
6		7.72	6.81	6.16	5.67	5.28	4.96	4.69	4.46	4.26
単位 (m)	4	7.46	6.31	5.56	5.03	4.63	4.31	4.05	3.83	3.64
2	5.28	4.46	3.93	3.56	3.27	3.05	2.86	2.71	2.57	2.46

表一3-2 水頭差と延長による配管頂部圧力 (m)

延長 (m)	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
口径φ200										
水頭差										
20									-9.23	-9.03
18									-8.98	-8.81
16									-8.73	-8.58
14									-8.64	-8.49
12					-9.40	-9.08		-9.14	-8.92	-8.73
10				-9.36	-9.00	-8.73		-8.84	-8.64	-8.49
8				-9.31	-8.89	-8.60		-8.53	-8.37	-8.24
6				-9.31	-8.89	-8.60		-8.22	-8.09	-7.99
単位 (m)	4	-9.08	-8.49	-8.16	-7.95	-7.80		-8.04	-7.92	-7.82
2	-8.04	-7.74	-7.58	-7.47	-7.40	-7.35		-7.61	-7.55	-7.50
								-7.27	-7.25	-7.23



ちなみに、水位の上昇により揚程が7m、5m、3mと変化する場合において水中ポンプメーカーの公表している排水量表による排水量とサイフォン排水量の比較図を図-13に表す。揚程7mで1.67倍、揚程5mで2.12倍、揚程3mで2.40倍の排水量となるため、水位が上昇して揚程が5m以下となると排水ホースの配管はそのままでも水中ポンプ排水量の2倍以上の排水量をサイフォン作用により排水させる事ができる事となる。

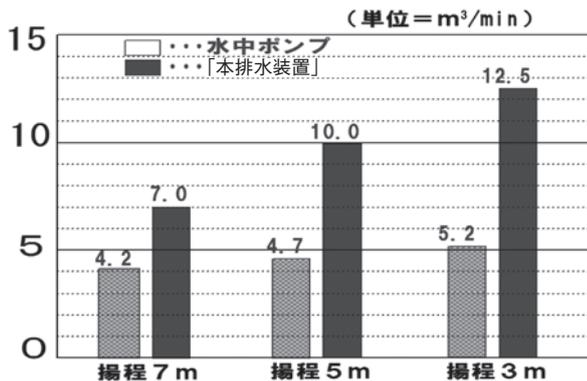


図-13 水中ポンプと「本排水装置」の排水量比較図

●貯水タンクの大きさ：排水ホース1本の延長120mで、「呼び水」注水範囲は延長の2/3以上とする。ホース断面積  $0.0314 \text{ m}^2 \times 120 \text{ m} \times 2/3 = 2.51 \text{ m}^3$  の容積となる。メタルフォームで底辺  $1.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times$  高さ  $1.8 \text{ m}$  ( $0.3 \text{ m} \times 6$  段) =  $4.05 \text{ m}^3$  (余裕を含みホース内容積の約1.6倍となる) の貯水タンクを組み立てる。13条の各排水ホースへの注水は1つの貯水タンクから順次行う事ができるので1基で良い。この多条配管起動方法は特許申請中である。

### (3) 資器材の調達数と施工費試算について

前記延長  $L = 120 \text{ m}$ 、水頭差 =  $10 \text{ m}$  の「本排水装置」を設置するために必要な器材は以下に挙げられる。

- ①サクシオンホース  $\Phi 200 \text{ mm}$  :  $20 \text{ m} / \text{本}$ 、66本
- ②ホース接続金具  $\Phi 200$  用 132個
- ③メタルフォーム  $1.5 \text{ m} \times 0.3 \text{ m}$  24枚
- ④開閉装置付き注水口合流部材 11個
- ⑤その他備品 (小型発電機・水中ポンプ等) 1式

施工費については、今回の実験設備の準備には必要機材を搬入後にタンク1基、ホース約61mの設営に作業員5名が1日を要したが、天然ダムの場合、現場条件が不明で施工量も膨大であり概算の域を外れるため試算は控えさせて頂いた。

## 7. 今後の課題

頭書に記載した如く実際の災害現場での施工実績は無く、作業には想定外の事象や困難さが伴うことが予想される。人力作業を可能とすることを前提に考案した装置ではあるが、排水ホース専用連結金具で連結されたホースは通常の重機作業でも抜けないのが特長なので、バックホー及びヘリコプターでの吊上げ敷設作業は作業効率を一段と向上させるため選択肢のひとつとして考えられる。

また、 $\Phi 200 \text{ mm}$  排水ホースは規格品で市場に多く出ているが、幾つかのメーカーへの調査によれば在庫は5~10本/社程度と少ない。調査する中あるメーカーでは在庫50本程度と全てのラインを $\Phi 200 \text{ mm}$ の生産に切り替えて24時間体制で毎日10本づつを製造する体制を確約して頂けた。有事の際には不足本数を分担する速やかな製造体制や、緊急時のための排水装置敷設作業の訓練の実施など緊急時の資材調達体制と作業体制を構築しておく等の課題があるが、本工法を小規模な天然ダムを対象とするか、他の工法と組み合わせさせて頂きたい。また、災害現場で必要となる仮設電気を本排水装置の水流を利用して発電するためのマイクロ水力発電装置の開発も併せて取組んでいる。

## 8. おわりに

砂防堰堤での「本排水装置」呼び水式・山辰サイフォン排水装置の排水実験は成功したものの、天然ダムの排水作業に使用するためには多様な災害現地の状況把握と安全を優先した現地施工の可否判断など専門家の支援を多く必要とするためご指導を願いたい。

### 謝辞

本実験に関して、国土交通省中部地方整備局越美山系砂防事務所、岐阜県、揖斐川町、地元諸家地区、(株)カクイチ、(株)ビーエムアイなど関係者の皆様のご理解とご協力、ご指導を賜りましたことに対して心より感謝の意を表します。

JICMA

## 《参考文献》

- 1) 国土交通省：大規模な河道閉塞（天然ダム）の危機管理に関する検討委員会：大規模な河道閉塞（天然ダム）の危機管理のあり方について（提言），3.天然ダムの危機管理のあり方 3-5 対策工事（2）排水対策，2009.3
- 2) 国土交通省関東技術事務所：武田直人：32.大規模災害に対応するサイフォン排水技術の開発，建設の施工企画745号：pp.68～73，2012.3
- 3) 佐々木隆男：大規模災害対応サイフォン排水の現場適応に向けて，建設の施工企画，4月号，pp.92～95，2012.4
- 4) ㈱土木学会：土木工学ハンドブック第四版I，p491，1989.11

## [筆者紹介]

馬淵 和三（まぶち かずみ）  
 ㈱山辰組  
 代表取締役



平松 研（ひらまつ けん）  
 岐阜大学  
 応用生物科学部  
 教授



岩佐 直人（いわさ なおと）  
 日鐵住金建材㈱  
 商品開発センター  
 部長



馬淵 剛（まぶち つよし）  
 ㈱山辰組  
 環境事業部  
 部長



## お断り

この技術報文は、「平成24年度 建設施工と建設機械シンポジウム」の原論文とは一部異なる表現をしています。



## 準天頂衛星システム初号機「みちびき」

小 暮 聡

GPSを代表とする衛星測位システムの利用は私たちの社会生活に広く浸透しており、位置情報や時刻同期など様々な分野で活用されている。近年、搬送波位相を用いた精密測位利用が拡大しており、農機や建機の自動制御への応用も進んでいる。GPSだけでなく複数のGNSS利用によって、これまで周囲の障害物による信号遮蔽やマルチパスなどによって精密測位が難しかった都市部や林野内においても、数cmオーダーの精度で精密測位が行える環境が整うことが期待されている。本稿では準天頂衛星システム初号機「みちびき」と、「みちびき」を用いた複数GNSS対応の単独搬送波位相測位技術の開発状況について紹介する。

キーワード：衛星測位，GPS，GNSS，準天頂衛星システム，「みちびき」，単独搬送波位相測位

### 1. はじめに

衛星測位は、宇宙技術の利用という観点では、衛星通信、衛星放送、気象観測に次いで、最も我々の社会生活に浸透、広く利用されている技術分野であろう。カーナビや携帯電話、スマートフォンの道案内や場所に応じた情報検索機能、携帯電話基地局の時刻同期など、目に見える利用から、目に見えないバックグラウンドでの利用まで、もはや朝起きてから寝るまでの間に衛星測位技術の恩恵を受けない人間はいないのではないだろうか。

衛星測位は、地球の周りを回る測位衛星からのスペクトラム拡散変調された信号を受信、メッセージに含まれる時刻情報と衛星の軌道情報から、衛星の送信アンテナとユーザの受信機アンテナ間の距離を精密に測定（この距離は受信機時計の誤差を含むため擬似距離と呼ばれる）し、4つ以上の測位衛星からの擬似距離を用いて、三次元の位置（X, Y, Z）と、受信機の時計誤差（T）の4つの未知数を解くのが、その基本原理である。この時、ユーザの測位精度は、衛星と受信機間の測距誤差と、受信機と衛星の幾何学的な配置（DOP：Dilution of Precision, 精度劣化係数）によって決まり、この両者を良くすることが、ユーザ測位精度の改善に繋がることになる。

米国の衛星測位システムであるGPSは、現在、高度約20000kmの円軌道を周回する31機の衛星で運用されており、空が開けた（DOPが良い）場所であ

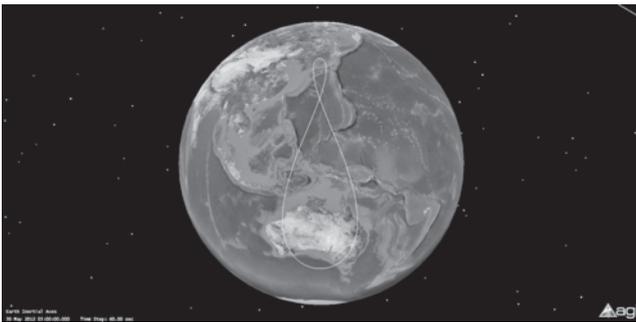
れば、8～10機程度の衛星からの信号が受信可能であり、コード位相を用いた単独測位により、数メートルの精度で位置を求めることができる。測量や測地利用、農機や建設機械の制御など、より精密な数cmから数mmオーダーの精度が要求される場合には、搬送波位相を用いた測位を行う必要があり、地上の電子基準点や、ユーザが設置する固定の基準点との相対測位によって所望の精度を得るのが一般的である。

ユーザの測位精度は、ユーザの利用環境に大きく依存しており、狭い場所に多くのビルが密集している都市部や、地形によって衛星からの信号がブロックされやすい山間地、森林内においては、衛星測位に必要な4機以上の衛星からの信号を受信することができないことや、4機以上からの信号が受信できたとしても、衛星配置が偏っていたり（DOPが悪かったり）、反射波やマルチパスが影響したりして、実際の測位精度が大きく劣化することがあり、これが衛星測位利用の大きな課題となっている。

準天頂衛星システムは、我が国の上空に長時間滞空し、GPSと同等の信号を送信してGPSを補完、さらに擬似距離や搬送波位相に含まれる誤差の補正情報を天頂付近から配信することによって、前述した衛星測位の弱点を補うだけでなく、精度や信頼性などの測位性能も改善、我が国及び周辺地域においてより高度な衛星測位利用を可能にすることを目的に開発されたシステムである。

このシステムの衛星の軌道には、地球自転周期と同

じ軌道周期を持つ、赤道面から約45度傾いた楕円軌道が用いられており、日本上空に地球からの距離が最も遠くなる点（遠地点）が来るようにすることによって、日本付近での可視性が高められている。この軌道は、日本とオーストラリアの間で衛星の直下点軌跡が8の字を描くことから、8の字軌道とも呼ばれる。3機以上の衛星が順次日本上空を通過するように配置することで、常に1機以上の衛星が、日本の天頂付近からサービスできるようになる（図一1に準天頂衛星の地上軌跡を示す）。



図一1 準天頂衛星の地上軌跡

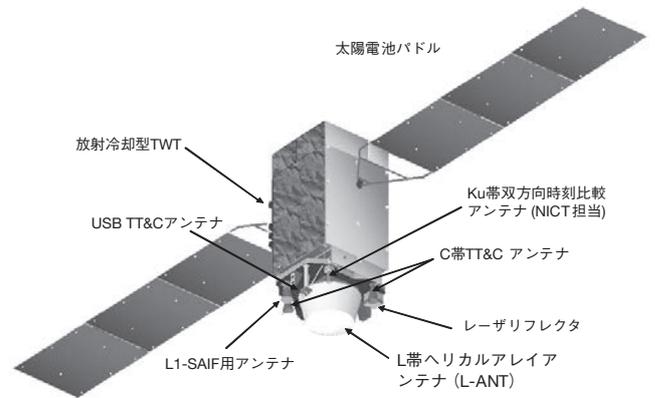
準天頂衛星システムの研究開発は2003年度に、民間企業が整備する移動体通信・放送システムに国の測位技術研究開発ミッションが相乗りする官民連携プロジェクトとしてスタートした。しかし、後に民間が通信放送サービスの事業化を断念したため、最終的にはGPS補完・補強の技術実証及び利用実証を行うための実証衛星として初号機を打ち上げ、その成果を持って2機目以降の打ち上げを行うかどうかを判断することとなった。初号機は文部科学省、総務省、経済産業省、国土交通省の4省庁で協力分担して開発されることとなり、完成した衛星「みちびき」は2010年9月11日に種子島宇宙センターからH-IIA18号機によ



図一2 「みちびき」の打上げ



図一3 「みちびき」外観（地球指向面パネル）於：衛星システム試験



図一4 「みちびき」軌道上外観図

て打ち上げられている。図一2は「みちびき」を搭載したH-IIA18号機のリフトオフの瞬間、図一3は「みちびき」の打ち上げ前のシステム試験時に地球指向面から見た実機の写真、図一4は軌道上外観図である。

## 2. 「みちびき」の技術実証成果

前述したように、「みちびき」は、4省庁の連携の下、5つの研究機関が分担して開発と打ち上げ後の実証を実施しており、JAXAは、全体システムの開発とりまとめと、GPS補完技術及び、LEX信号を使った次世代の高精度補正方式として、単独搬送波位相測位 (Precise Point Positioning: PPP) 技術の開発と実証を担当している。誌面の都合もあるので、ここでは、JAXAが実施してきた技術実証実験の成果として2つの例を紹介したい。

### (1) GPS補完技術の実証

まずはGPS補完技術の実証について述べたい。GPS補完技術においては、GPSが送信している航法

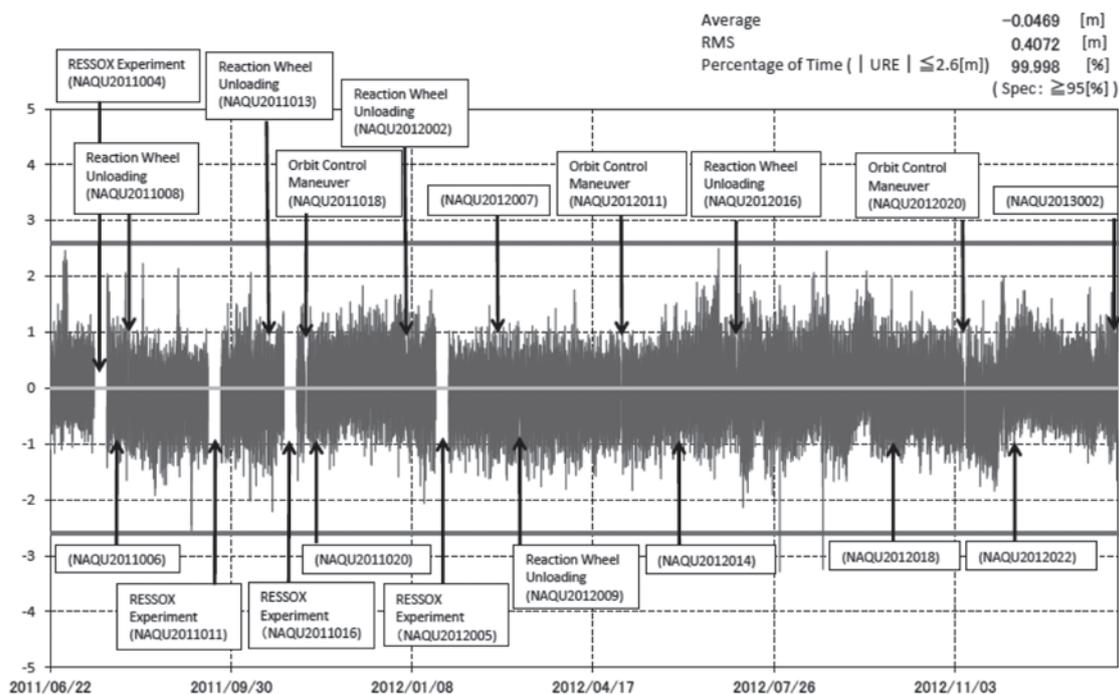
メッセージと同等の軌道・クロック誤差を実現することが最も重要な点であり、この軌道・クロック誤差に起因する誤差を SIS-URE (Signal-in-Space User Range Error) と呼ぶ。準天頂衛星システムは、GPS と組み合わせて用いることが前提となっており、測位に使われる他の GPS 衛星と同等の SIS-URE を有していなければ、ユーザの測位結果を悪化させてしまう恐れがある。また、「みちびき」に対して GPS と同等以上の SIS-URE が達成できれば、打ち上げる衛星数を増やすことによって、日本の衛星だけで GPS 同等以上の性能を有する衛星測位システムが構築できることになる。GPS の精度を向上する補強技術の方が、効果が分かりやすく重要に感じられるかもしれないが、衛星測位システム構築の基本技術である GPS 補完技術の開発は将来の自立的な衛星測位システム整備にとって非常に重要な技術開発であると言える。

その GPS 補完技術のコアとなるのが、「みちびき」の軌道及び衛星に搭載された原子時計とシステム時系からのずれを精密推定する技術である。「みちびき」の打ち上げ、初期チェックアウト終了後の 2010 年 12 月から、約 6 か月の期間をかけて、地上システムの軌道クロック推定ソフトウェアのフィルタのチューニングや、衛星の力学モデルの改良を行った結果、SIS-URE を仕様値である 2.6 m まで向上させることに成功、安定的に 2.6 m 以下の精度で航法メッセージを提供できることを確認した。2011 年の 6 月には、それまで一般ユーザに対して、「みちびき」の測位信号を

測位演算に使用しないように航法メッセージに付加していた使用禁止フラグ（アラートフラグ）を解除し、測位信号の一般利用を開始した。図—5 は、L1C/A 信号のアラート解除後、2013 年 1 月 3 日までの SIS-URE の変動を示す時系列のグラフである。オンボードの原振を地上の原子時計を基に直接制御する擬似時計実験や、スラスト噴射によって衛星軌道に外乱が生じる運用（軌道保持制御やホイールアンローディング）実施時を除き 99.998% の時間率で 2.6 m 以下となっており、仕様を継続的に満たしている。この期間の RMS 値は 0.40 m で、これは GPS 衛星群の中でも、性能が良い新しい世代（Block-IIR, IIF）の GPS 衛星と同等の精度である。「みちびき」の SIS-URE は継続的に評価・監視されており、その結果は 1 か月ごとに、ウェブ上で公開されているので、関心のある方は是非ご参照いただきたい（「みちびき」実験成果公開ページ URL:[http://qz-vision.jaxa.jp/USE/ja/exp\\_results\\_report](http://qz-vision.jaxa.jp/USE/ja/exp_results_report)）。

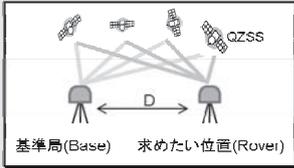
## (2) 単独搬送波位相測位技術の実証

搬送波位相単独測位（PPP）技術は、従来の地上基準点との相対測位ではなく、搬送波位相を用いて単独測位を行う方式で、計算アルゴリズムの進歩と、測位衛星の軌道クロック精密推定技術の発達によって実現した技術である。表—1 に相対測位方式（RTK）と PPP 方式の差異をまとめる。従来の相対測位方式が、基準点観測値との差をとることで、観測データに含ま



図—5 「みちびき」の SIS-URE（ユーザ測距誤差）のトレンド

表一 1 相対測位と PPP の差異

項目	相対測位	PPP
基準局	必要 (受信機2台)	不要 (受信機1台)
決定座標	基準局からの相対座標	座標
電離層補正	2周波補正(短基線なら補正不要)	2周波補正
搬送波位相バイアス	整数化	実数値推定
測位精度(RMS)	数cm+2ppm×D	数cm
収束時間	数秒~数分程度	30分程度
概念図		

れる軌道や衛星クロック等の誤差をキャンセルしているのに対し、PPP方式では、軌道・クロックそのものが精密に数 cm 以下の精度で推定され、これらの情報を使うことが前提となる。このため、グローバルに展開された地上局のネットワークによる衛星軌道・クロックの精密推定とその結果をユーザに伝送するための回線が必要である。「みちびき」の実験用信号である LEX 信号は他の測位信号に比べて 2 kbps と速いデータ伝送レートを有しており、JAXA ではこの LEX 信号を用いて、精密な軌道・クロック情報を配信し、単独搬送波位相測位技術の実証を行っている。電離層や対流圏遅延補正情報のような地域的な情報と異なり、衛星の軌道やクロック情報はグローバルに有効なデータであり、衛星からの広域配信が適していると考えられる。

現在、「みちびき」の地上システムのモニタ局 12 局構成で GPS と「みちびき」の軌道とクロック情報を生

成し配信中であるが、当該情報を用いた PPP 測位精度は、水平方向で 30 cm (RMS)、垂直方向で 60 cm (RMS) と、精密測位利用には十分な精度とは言えず、暦の高精度化に取り組んでいるところである。このため、モニタ局の数を増やし、より広範囲に分散配置した局による軌道・クロック推定を行うとともに、複数 GNSS 対応の新しい軌道・クロック推定ソフトウェアとして MADOCA (Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis) と呼ぶシステムを開発中である。

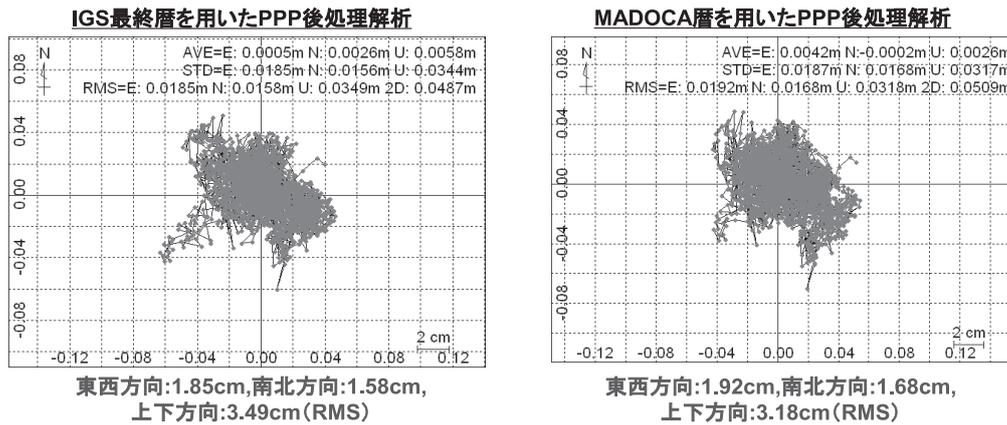
MADOCA は、平成 23 年度から 2 年間の計画で開発を進めており、23 年度には、オフライン処理系の開発を、24 年度は前年度の開発成果を基に、リアルタイム処理系の開発を実施中である。表一 2 は、MADOCA のオフライン処理系で推定した、GPS の軌道推定精度と、現在、世界で最も正確な GPS 軌道を推定、公開している国際 GNSS 事業 (International

表一 2 国際 GNSS 事業解析センターとの GPS 軌道・クロック推定精度比較

IGS AC	Analysis Software	# of Stas	Orbit RMS (cm)				Clock (ns)	
			R	A	C	3D	STD	RMS
	<b>MADOCA 0.3.0</b>	<b>77</b>	<b>0.89</b>	<b>1.10</b>	<b>1.12</b>	<b>1.81</b>	<b>0.109</b>	<b>0.131</b>
ESA	NAPEOS 3.5	110	0.97	1.33	1.09	1.98	0.116	0.183
CODE	Bernese 5.1	231	1.01	1.36	1.14	2.04	0.075	0.089
NGS	arc, orb, pages, gpscom	199	0.95	1.46	1.41	2.24	-	-
GFZ	EPOS.PV2	191	1.15	1.64	1.59	2.56	0.146	0.169
MIT	GAMIT 10.33, GLOBK 5.16	263	1.37	2.12	1.39	2.88	0.277	0.316
NRCan	GIPSY/OASIS-II 5.0	91	2.58	1.72	1.77	3.57	0.128	0.148
JPL	GIPSY/OASIS-II 5.0	142	2.62	1.67	1.98	3.68	0.168	0.226
SIO	GAMIT 10.20, GLOBK 5.08	258	2.42	2.26	1.77	3.75	-	-
GRG	GINS, DYNAMO	134	2.47	2.80	1.74	4.12	0.172	0.212

2011/1/1 - 12/31 (365 days), interval 900/300 s, wrt IGS Final

ESA : 欧州宇宙機関, CODE, バルン大学欧州軌道決定センター, NGS : 米国海洋大気庁測地測量局, GFZ : ドイツ地球科学研究センター, MIT : マサチューセッツ工科大学, NRCan : カナダ国家資源局, JPL : NASA ジェット推進研究所, SIO : スクリプス海洋研究所, GRG : フランス国立宇宙研究センター



IGS WTZZ 局の2011/3/1 0:00:00-23:59:30のデータを30秒間隔で解析

図-6 MADOCA で生成した精密暦を用いた PPP 後処理解析結果

GNSS Service : IGS) の最終暦との差を IGS の解析センターである各国宇宙機関や、大学が公開している軌道推定結果と比較したものである。MADOCA の軌道推定結果は、IGS の解析センターと同等レベルであり、表に示す結果では、世界で最も IGS 最終暦に近く、精度の高い推定結果であることがわかる。図-6 は、この MADOCA で推定した軌道・クロックを用いた PPP 解析結果である。後処理とはいえ、IGS 最終暦を使った PPP 解析結果と同等の精度である数 cm の精度が得られており、開発中のリアルタイム処理系でも、目標である 10 cm (RMS) 以下の達成が十分期待できる結果が得られている。

### 3. 準天頂衛星システムの将来像

2011年9月30日に、政府の閣議決定が行われ、2010年代後半までに、「みちびき」を含む4機の衛星から構成される実用準天頂衛星システムの整備が加速されることとなった。また将来的にはGPSに頼らずに持続測位可能な7機体制を目指すことが、閣議決定には明記されている。4機体制が整備される予定の今後5~6年の間には、世界中の宇宙先進国が各々衛星測位システムの整備を計画しており、特にアジア・オセアニア地域では、GPS (米国), GLONASS (ロシア), 北斗 (中国), Galileo (欧州) の4つのグローバルシステムと IRNSS (インド), QZSS (日本) の2つの地域システム全てが利用でき、世界のどの地域よりも早く、多くの衛星、信号を利用できる恵まれた環境に

ある。

これら利用可能な測位衛星数の増加は、都市部におけるアベイラビリティや、信頼性向上に大きく寄与することが期待でき、複数GNSS利用によって、反射波やマルチパスの影響を受けた信号を使わずに、直接波のみを使って測位できる確率が高まると考えられている。このような複数GNSS利用環境においては、準天頂衛星システムによって、天頂付近から複数のGNSSに対応した補正情報や、インテグリティ情報を配信できれば、精密測位ユーザにとって大きなメリットとなると考えられる。また、7機体制実現時には、東南アジア上空の静止衛星も構成機数に含められると考えられ、日本だけでなく東南アジアや中国の沿岸部、豪州など、広範な地域で高仰角からのサービスが展開可能になることが期待される。

現在開発中の複数GNSS対応の精密軌道・クロック推定システム「MADOCA」や、MADOCAで生成した精密な暦を用いた単独搬送波位相測位技術が、より高度な精密測位利用の拡大に寄与することに期待して本稿の締めとしたい。

JCMA

#### 【筆者紹介】

小暮 聡 (こぐれ さとし)

宇宙航空研究開発機構

宇宙利用ミッション本部 衛星利用推進センター

ミッションマネージャ



ずいそう

## 西洋医学の恩恵を受けて

後明 廣志



定年を迎えたら「サンデー毎日」で好きなことができていると、退職していく先輩達を見送りながら羨んでいたものですが、ついに自分にその時がやってきました。2008年10月のこと。このあと会社を続けるか、はたまた浪々の生活を送るかの選択はあとにして、まずは60年間酷使してきた体の「オーバーホール」をするのが先決と考え、診療所の最後の成人病検診で肺癌のオプション検査である「ヘリカルCT」を追加しました。先に早期胃癌にかかったことや、癌の家系で、代々癌で亡くなっていること、まして肺癌は不治の病と聞いていたからです。当時はまだタバコを吸い続けていたのも不安材料でした。だからオプション検査料1万円はこれらを思えば安いものでした。併せて「PSA」検査も申し込みました。やがて検査から一週間ほどして結果が社内便で郵送されてきました。開くのが正直怖かったです。「PSA」は大腸癌、膵臓癌、膀胱癌、前立腺癌などの早期発見に有効だと言われています。癌の所見は特にありませんでしたが、「ヘリカルCT」の結果は問題でした。肺癌はないが肺気腫の疑いがあると書かれていました。一般の検診内容の肺の結果は判定「A」で良好であるのに…なぜ？。さらに、「弓部に大動脈の拡張が見られる」との所見がありました。心臓から出て弓状に下部へ下りる部分に拡張がある、つまり瘤があるということです。何ということか、「腹部大動脈瘤」を3年前に退治して、もはや動脈瘤とは縁がないと思っていたのに、ショックは大きかったです。早速紹介状をもらい、大学病院で精密検査を行った結果、やはり弓部の内側に瘤があり、長径が45mmほどになっているとのことでした。これが成長して60mmを超えると手術の対象になるようです。もうさほど猶予はありません。またこの部位は腹部と違い、頸動脈が脳へ3本伸びていて高度の技術が必要で、手術中は心臓を止め、人口心肺を作動させて行うようです。したがって死亡率も15%と手術の中でも最も難易度が高いと言われました。腹部のときは単に血管上部からの血流を止めての手術で死亡率2%でしたが、今回は15%と聞いて大ごとだと直感しました。今までテレビで「匠の手」を持つ医師の紹介番組を見てはメモしていたノートを開き、「セカンドオピニオン」を受けるべきか悩みました。自分の命をどこの誰に託すのかという決断です。親族などに相談はするものの、最終的には自分で決めざるを得ません。色々迷った末、今までの経緯から前回の大学病院に委ねることにしました。腹部の時とは異なる若い理知的

な某医師があてがわれました。それから2年ほど、半年ごとに検査を続け、2010年10月、そろそろいいだろうということになり検査入院しました。手術中の合併症などに対応するための関連臓器・血管などの確認でした。2週間の検査の結果、11月22日入院が決まりました。当日は、医師から手術に関する説明を受け、各種承諾書にサイン、特に起こり得る合併症には10種類以上もの病名が羅列されているのには驚きでした。もはやどんな病名で死んでも遺族は受け入れねばなりません。2～3の事前検査をクリアして25日(木)手術することが内定。心臓を停止させ体温を10℃ほどに下げた手術なので、そのまま戻らなければ永眠ですね。身辺整理は一応やってきたつもりですが、いざとなると遣り残しはないかと気になるもので、熟睡できずに手術の朝を迎えました。当然食事も摂らず、丸裸で手術用のガウン一枚で手術台にスタンバイ。9時、ライトの下で現実の世界が薄らいでいくのがいま蘇ります。麻酔で痛みはないが永眠だけは勘弁してくれと祈りつつ、あとは運を天に任せるばかりでした。あとから聞いたことですが、夜7時頃手術は滞りなく終了したそうです。でもそれから私は延々12月1日まで麻酔漬けで一週間も寝ていたようなのです。その間多くの怖い夢を見ていたせい、麻酔から徐々に目覚めては、「俺はこの病院で殺される、助けてくれ」と叫んで体に装着されている機器類や点滴の針、麻酔の管などを引っ張り投げてシーツは一時血だらけになったそうです。またICUでは提供される薬を毒物と思い込み、飲まずに脱出しようなどと画策していたことなどが現実のごとく蘇ってきて、夢と現実の見境がつかない日々がしばらく続きました。斯くして手術は無事終了しましたが、この際ほかにはもうないのか全身を隈なく検査してもらった結果、あと3つも発見されました。大動脈瘤はほとんどの場合、何の症状もなく突然破裂して命を落とす怖い病気です。どう防いだらいいのか。自分の経験から言えることは、意図して検査をすれば発見できるものなので、肝臓の超音波検査や上述のCT検査では、担当医に「血管も見てください」と意識させることが大事だそうです。私の経験した2件ともいわば「別件逮捕」という幸運な事態でした。昨年末2つを処置済みで、今後は残り1つと付き合いながら趣味の絵画や日曜大工で90歳の大台を目指したいと欲張っています。


 ずいそう

## 宇宙ステーション

玉石修介



2メートルもない角の取れた正方形の入口から入ると、床も壁も天井もつや消しの白色が基調の空間となった。ここはSSFスペースステーションフリーダムと当時呼ばれた未来空間だ。

区画毎はモジュールと呼ばれ、それぞれに役割が決められている。

興味深かったところは居住モジュール。トイレやシャワー室、就寝設備、台所機能などがある。地上とは異なり重力が無いところで使われる工夫がなされている。

シャワー室は、電話ボックスを円筒形にし、中央真上にシャワー、床の中央に排水口が設置されている。普通に見れば、単なる窮屈なシャワー室であるが、シャワーが降り注ぐだけでは、水は排水口に流れないのが無重力空間。天井部から風と共にシャワーが出て、床の排水口から空気と一緒に吸い込まれることで重力の代わりにするらしい。地上の当たり前を宇宙で再現する苦勞を見せられた気がした。

トイレも同様に吸引式であり、新米の宇宙飛行士はベテランに、「トイレは吸引式で強力だから、トイレに座ったら、口を手で押さえていないと腸が吸い出される。」と、まことしやかにからかわれると聞いたことがある。

就寝設備も興味深い。普通に考えるとベットであるはずが、寝袋である。それもスリムで壁や天井に張り付けている。ましてやその向きは縦だったり横だったり、ベットで整然と寝るイメージからはほど遠い。確かに、宇宙での生活空間は貴重であることは解る気もするが、十分に眠れるのか心配になった。スリムな寝袋では寝返りも打てそうにないと思い、聞いてみた。地上では、重力があるから寝ている間に体の一部に負担がかかるので寝返りを打つ。しかし、宇宙では寝返りの必要が無いとのことである。納得した。

寝袋の胸やお腹の部分に太いベルトが付いている。やはり窮屈そうに思えるが、体が浮かない方が安心して休めるのだそうだ。それともう一つの役割もあると聞いた。就寝時に、寝袋の外に腕を出す人もいる。そのとき腕は空間に浮くらしい。想像した。昔の台湾映画の幽霊キョンシーを思い出し吹き出しそうになっ

た。ベルトに腕を通すことで浮き上がりを防ぐ。キョンシーにならずに済むのである。

台所機能と言っても、料理をするわけではない。電子レンジと給湯給水設備がある程度、でも台所である。壁や床、天井と周りが収納庫になっており、フリーズドライや真空パックの宇宙食が納められている。お湯や水を注入し戻したり、加熱して食べるのだが、皿に出して優雅にフォークとナイフでなどではなく、その袋から直接食べるようである。

飲み物に関してもルールがある。液体を解放しない。時に見る映像で、空中に水の玉を浮かしパクつくシーンであるが、ルール破りであるので特別な許可が無いとできない。厳密な理由がある。一度浮遊した水玉はどこへ行くか解らない。壊れて小さな水玉になり、スイッチや装置の裏の基板に付着すれば故障や事故に繋がる。これを防ぐための掟である。宇宙では、コップで水を飲めないのだ。

いくつかのモジュールの中に日本製がある。JEMと称されていたが、今、宇宙を飛んでいるものは「きぼう」と命名された実験棟である。内部は通路の左右にいくつかの実験装置を配し、その先端部の外に宇宙線の影響を実験するところとロボットアームの一つが付いている。このモジュールの特徴は、上部に同じ直径のタンク状の実験装置の収納庫が付いている。この二階建ての特徴で、宇宙ステーションの写真からその場所が直ぐに見つかる。

今は、ISS（国際宇宙ステーション）と呼ばれ、SSFを拡張したものが実際に宇宙を飛んでいる。感慨深いものがある。

この体験は、20年ほど前に米国ヒューストンのジョンソン宇宙センターに出かけたとき、NASAスタッフの計らいで行われたスペシャルツアーである。宇宙飛行士の訓練や設計の確認などに使われる実物大モデルを昼休みの空いている時間に体感させて頂いた。現職の土木施工業とはまったく異なる環境で、「経験」の二文字には収まりきれないほどの思い出である。

JCMA 報告

◆除雪機械展示・実演会開催報告◆  
ゆきみらい 2013 in 秋田

『秋田発 甦れ日本 雪国から元気を』

(前) 一般社団法人 日本建設機械施工協会  
技師長 河田 博之

「ゆきみらい 2013 in 秋田」が「秋田発 甦れ日本 雪国から元気を」を合言葉に平成 25 年 2 月 7 日 (木), 8 日 (金) の 2 日間, 秋田県秋田市において開催されました。この「ゆきみらい」は, 東北, 北海道, 北陸の 3 地域において毎年持ち回りで開催されており, 昭和 36 年に青森で初めて開催して以来, 今回で 64 回となります。また, 「ゆきみらい」では, 「シンポジウム」, 「研究発表会」, 「見本市」, 「除雪機械展示・実演会」のイベントが行われ, 2 日間における全イベントの来場者数は約 4,500 人と盛況のうちに終了しました。

イベントの一つで当協会が主催する「除雪機械展示・実演会」は, 除雪機械の最先端の技術を紹介し, 機械の技術革新, 除雪事業の仕組みや重要性を広く一般の方にもご理解いただく目的で開催しています。今回は,

関係 6 企業と東北技術事務所から最新の除雪機械・装置等 12 台が出展され, うち 2 社 2 台による除雪の実演も行われました。以下, 「除雪機械展示・実演会」の開催結果を報告します。なお, 「ゆきみらい」全体の開催報告は, 東北地方整備局ホームページの「ゆきみらい」のコーナーに掲載されていますので, そちらもご覧下さい。(http://www.thr.mlit.go.jp/)

1. 開催の概要

- 1) 日時：平成 25 年 2 月 7 日 (木) 10:00 ~ 15:30  
2 月 8 日 (金) 10:00 ~ 15:00
- 2) 会場：秋田市八橋運動公園駐車場
- 3) 出展会社・機関：  
 範多機械(株), (株)日本除雪機製作所, 日野自動車(株), 新潟トランス(株), UDトラックスジャパン(株), 岩崎工業(株), 東北地方整備局東北技術事務所
- 4) 来場者数：1,400 人  
 平成 25 年 2 月 7 日 (木) 950 人  
 2 月 8 日 (金) 450 人

2. 開会式

オープニングセレモニーは, 当協会の辻会長による開会挨拶に続き, 国土交通省公共事業企画調整課森川課長補佐, 東北地方整備局森企画部長, 秋田県富田建設部長, 秋田市穂積市長, 出展者代表として日本除雪機製作所(株)中西社長, 高橋東北支部長にご参列いただきテープカットが行われました (写真-1, 2)。

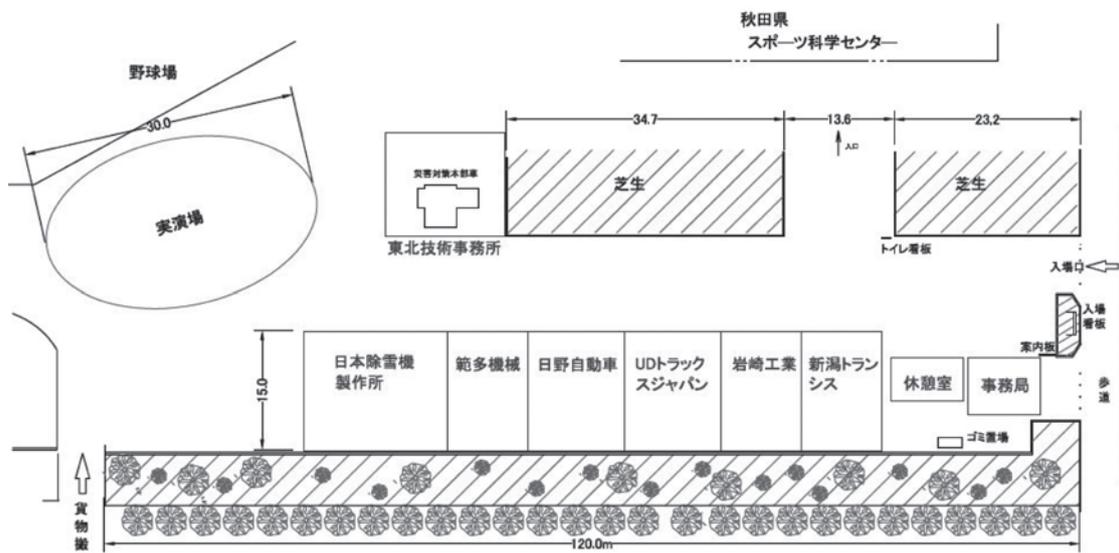


図-1 出展配置



写真—1 社長の開会挨拶



写真—2 来賓者によるテープカット

### 3. 展示機械

今回、出展各社が展示した機械は、表—1のとおりです。大小のロータリー除雪車、除雪トラック、凍結抑制剤散布車、手押し散布機で、第4次排出ガス規制対応車の新型モデルも出展されました。

### 4. 展示状況

出展各社のブースにおける展示状況です（写真—3～9）。

当協会では会場内で除雪機の変遷を示すパネル展示と日本除雪機製作所のご提供によるミニロータリー除雪機の除雪のデモンストレーションを実施しました（写真—10）。

また、2日間にわたり、ロータリー除雪車（2.2 m 級、1.4 m 級）による実演会も開催され、多くの方にご覧いただきました（写真—11, 12）。



写真—3 範多機械(株)



写真—4 (株)日本除雪機製作所

表—1 展示機械一覧

会社名	機種	形式	規格
範多機械(株)	凍結抑制剤散布車	MS-25BIT (D)	乾式、3t 級 (4 × 4)
	ハンドガイドロータリー	HGR-08	除雪幅 0.8 m (100 t/h)
	手押し散布機	MS-01D	塩カル粒状専用 (ホッパ 0.05 m <sup>3</sup> )
(株)日本除雪機製作所	ロータリー除雪車	HTR306	2.2 m 級及び 2.6 m 対応 220 kW 級 (2.2 m 幅仕様) 第 4 次排出ガス規制対応車 新モデル
	小型ロータリー除雪車	HTR146	1.5 m 級 (1.8 m 幅仕様) 第 4 次排出ガス規制対応車 新モデル
	凍結抑制剤散布車	NWS35	湿式、4t 級
日野自動車(株)	大型除雪シャシ	FS1A	6 × 4, 幅 2,490 mm 265 kW (360PS) の A09C エンジン搭載
新潟トランス(株)	ロータリー除雪車	NR302	2.2 m 級及び 2.6 m 対応 220kW 級 (2.2 m 幅仕様を展示) 第 4 次排出ガス規制対応
	ロータリー除雪車	NR31P (とらん丸)	小型除雪車 22 kW (30PS) 1.4 m 幅
UD トラックスジャパン(株)	除雪車	CZ5YL	総輪駆動車 (6 × 6) 302 kW (410PS) の GH11TC エンジンを搭載
岩崎工業(株)	除雪トラック	10 t 6 × 6	ブラウ：進行角可変型 TG：2.8 m, シャッターブレード付
東北技術事務所	対策本部車		災害対策用機械



写真一五 日野自動車(株)



写真一九 東北技術事務所



写真一六 新潟トランス(株)



写真一〇 日本建設機械施工協会の展示スペース



写真一七 UDトラックスジャパン(株)



写真一一 除雪車による実演一(日本除雪機製作所)



写真一八 岩崎工業(株)



写真一二 除雪車による実演二(新潟トランス)

## 5. 展示会場風景

展示会場は、時折小雪が舞う天候でしたが、多くの方にご来場いただき、普段、近くでじっくり見ることのできない各種の除雪機械を見たり、各社の展示ブースの建物の中で除雪機械の詳細な説明を受けていました（写真—13～15）。



写真—13 展示会場風景—1



写真—14 展示会場風景—2



写真—15 展示会場風景—3

また、国土交通省の菊川技監をはじめ幹部の方々、秋田県の方々にご見学をいただきました（写真—16）。

加えて今回は、会場に近い山王幼稚園から約120名の可愛い園児が見学に来ました。出展各社の説明者にいろいろと質問したり、大型の除雪車の運転席に乗せてもらって歓声を上げていました。また、大型ロータ

リー除雪車による実演も見学し、その迫力を実感したようです（写真—17～19）。



写真—16 展示会場風景—4



写真—17 除雪車の説明を熱心に聞く園児達



写真—18 除雪車に乗り込んだ園児



写真—19 除雪車による実演を見学する園児達

## 6. 報道関係

NHK 秋田放送の番組「ニュースこまち」の中で「最新の除雪車展示」と題して除雪機械展示・実演会の様子が放映されました。

また、秋田魁新聞でも「最新の除雪機械や冬を快適に過ごすための技術を紹介する展示会」として、取り上げられました。

こうしたテレビ、新聞の報道を通じて除雪事業や除雪機械の役割が一般の市民まで浸透することを願う次第です。

## 7. おわりに

雪から市民生活を守る克雪の役割を担う除雪機械の重要性は、近年の集中的な降雪状況からも益々高まっていると言えます。一方、除雪機械に対しても排ガス規制対応など厳しい性能改善が求められ、各社ともそれらに対応してきています。

来年1月には、「ゆきとぴあ2014」が北海道釧路市で開催される予定で、当協会も「除雪機械展示・実演会」を実施する予定です。最新の除雪機械をご覧いただくために、除雪事業の発注者、受注者、また、一般の方々の多くのご来場をお待ちしています。

最後になりますが、今回の秋田での開催に際し、多大な尽力を賜りました国土交通省東北地方整備局、秋田県、秋田市並びに出展各社、ゆきみらい実行委員会をはじめ関係者の皆様に厚く御礼を申し上げます。

JICMA

## 橋梁架設工事の積算 ——平成24年度版——

### ■改訂内容

#### 1. 鋼橋編

- ・横取り設備質量算定式の見直し
- ・製作工労務単価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

- ・二組桁横取り装置設備を追加
- ・プレキャストセグメント主桁組立工の適用範囲拡大
- ・架設支保工工法の供用日数の補正方法の説明  
図追加 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）

※別冊のみの販売はいたしません。

※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）

■発刊 平成24年5月

一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

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

## CMI 報告

## 復興支援 WG 活動

(第一回情報化施工  
活用支援セミナー開催)

藤島 崇・椎葉 祐士



図-1 東日本大震災復興支援総合サイト  
<http://www.jcmanet.or.jp/sekou/hukkou/index.html>

## 1. はじめに

日本建設機械施工協会情報化施工委員会においては、復興支援ワーキングを設置し、東日本大震災の災害復興事業に情報化施工を活用することで、安全・安心できる復興事業を実現し、一日も早い復興を遂げられるよう活動を行っています。復興支援ワーキングには、情報化施工機器関連メーカー、建設機械メーカー、レンタル業者、測量業者、施工業者、ソフトウェア業者、研究機関等、幅広い企業や機関に参加していただき、ワーキング参加企業が一体となって測量業務から施工管理にいたるまで、復興事業が迅速に進むための、情報化施工の活用方法をトータルでサポートしています。

## 2. 主な活動内容

昨年の4月のWG設置より、以下の活動を推進しています。

## ①情報化施工に関する情報発信

まずは、情報化施工が復興支援の中でどのように利用できるのかを皆様に広く知って頂く必要があります。そこで、専用のホームページを開設し、活動紹介を行っています。また、ホームページ上で情報化施工の種類や効果等を分かりやすく紹介するため、動画などを活用した技術紹介を行っています。

## ②トータルサポート体制の整備

Facebookを通じて、情報化施工に関する疑問や質問、最新動向等を、気軽に情報交換できる仕組みを構築しています。また、情報化施工の導入や活用にあつ



図-2 情報交換サイト  
<https://www.facebook.com/cmiict2012>

ては、本WGメンバーによるアドバイスが受けられる仕組みを構築しました。

さらに、震災復興工事で、信頼性の高い構造物を効率的に作りたい“そんな施工業者様の熱意を情報化施工で支援する”ことを目的として、情報化施工を使ってみたい施工業者様を募集し、対象の施工業者様には、情報化施工導入・実施に関するトータルコンサルティングをさせていただき、施工現場にあった機材の提案及び一部の機材を無償にて一定期間貸与する取り組みも実施しています。

## ③復興支援セミナーの開催

復興事業が実施される東北地方で、情報化施工機器を実際に体験・操作できるセミナーを開催し、情報化施工の活用方法や効果を体験して頂く企画を実施しています。



図-3 第1回情報化施工活用セミナー開催状況

### 3. 第一回情報化施工活用支援セミナー開催

宮城県岩沼市で第一回情報化施工活用支援セミナーを11月1日(木)に開催しました。本セミナーでは、現在の情報化施工に関わる多くのメーカーの製品が一堂に会し、日頃は競争している情報化施工機器を提供している各社が協力して講習会を運用するという画期的な講習会となり、来場いただいた方には各社のシステムの違いや特徴を体験・実感して頂きました。

また、前々日に仙台空港で不発弾騒ぎのハプニングがありました。当日は天候に恵まれ、官民から約50名の参加をいただきました。午前中には座学を実施、情報化施工の概要や情報化施工を実施するにあたっての必要事項、災害復興工事に活用できる情報化施工等について紹介。午後からは、実技講習に移動。今回の講習では、情報化施工機器を搭載した多数の建機を用意し、次のシステムを利用した作業を実際に体験して頂きました。

#### ①モーターグレーダの3D MC

自動追尾 TS を利用したすき取り作業

#### ②ブルドーザの三次元 3D MC (RTK 版)

RTK-GNSS を利用したすき取り作業

#### ③油圧ショベル (バックホウ) の 3D MG

VRS を利用した法面整形作業

#### ④油圧ショベル (バックホウ) の 2D MG

小規模掘削 (溝掘り) 作業

#### ⑤ TS 出来形管理基本設計データ作成

### 4. 第二回情報化施工活用支援セミナー開催 (予告)

第1回は、初開催ということもあり技術紹介的な要素がメインとなりましたが、次回は現場での応用や活

用方法をメインに「復興工事に役立つ」の実現に向けた内容の充実に取り組んでおり、第二回のセミナー開催に向けた準備を実施しています。

### 第二回情報化施工活用支援セミナー開催予定

平成25年5月16日・17日

(カリキュラムや応募方法はHPにて掲載)

### 5. おわりに

本WGは、日頃は競争している企業が一丸となり、復興支援に向けて自分たちにできることをやるをテーマに活動を続けています。第1回のセミナー開催においても、参加企業の皆様には多大なご支援を頂きました。関係者の皆様にこの場を借りて御礼申し上げます。

また、第2回以降のセミナーを含めて、単なるデモに終わることなく、復興工事での活用により一日も早い復興が実現するよう活動を続けて参りたいと考えております。今後ともご協力の程よろしくお願い申し上げます。

JCMA

#### 【筆者紹介】

藤島 崇 (ふじしま たかし)  
 (株)日本建設機械化協会  
 施工技術総合研究所  
 研究三部 技術課長



椎葉 祐士 (しいば ゆうし)  
 (株)日本建設機械化協会  
 施工技術総合研究所  
 研究三部 研究員



## 部 会 報 告

# ISO/TC 127/SC 2/WG 22 (ISO 17757 自律式機械の安全性) 2013年2月オーストラリア国シドニー市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)  
砂村 和弘 (日立建機), 遠嶋 雅徳 (コマツ)

2013年2月に、国際標準化機構 ISO の TC 127 土工機械専門委員会傘下の ISO/TC 127/SC 2/WG 22 (ISO 17757 自律式機械の安全性) 国際作業グループ (WG) 会議が、オーストラリア国シドニー市で開催され、協会標準部会 ISO/ISO 専門委員会 TC 127 土工機械委員会から出席の砂村氏・遠嶋氏他の報告を紹介する。

1. 会議名：ISO/TC 127/SC 2/WG 22 (ISO 17757 自律式機械の安全性) 国際 WG 会議
2. 開催地：オーストラリア国シドニー市の SA (オーストラリア規格協会) 会議室
3. 開催日：平成 25 年 2 月 26, 27 日
4. 出席者：ELLIOTT, Mark L. (米, Caterpillar 社), ROLEY, Dan (米, Caterpillar 社, ISO/TC 127 専門委員会議長), BURGESS, Robin-Limerick (豪, Univ. of Queensland, EMESRT 関係者), PILLER, Georg, Chr. (独, Wirtgen 社), DORAN, Chris, Dr. (Angro American 社), HENDEBERG, Richard (スウェーデン, Atlas Copco 社), LUUKKO, Mika (フィンランド, Sandvik 社), BRADDOCK, Ashleigh (Sandvik 社), CANALICHIO, Troy (米, Liebherr 社), PAN, Jan Wei (米, Liebherr 社), SAMUELS, Jeff (豪, QMW Industries 社, 南オーストラリア ME63 議長), HARTWICK, T. (Vermeer 社), UHRICH, Steve (米, Vermeer 社), O'HARE, Timothy (Rio Tinto 社), SCHEDING, Steven (豪, Univ. of Sydney), 砂村和弘 (日, 日立建機), WILLIAMSON, John (米, 米国コマツ), 遠嶋 雅徳 (日, コマツ), 藤田 浩二 (日, 日立建機), CROWELL, Charles (米, Caterpillar 社), WATSON, Alex (米, Caterpillar 社), MALCOLM, Cameron (豪, 日立建機オーストラリア), STRATTON, Ken (米, Caterpillar 社), BOULTON, Martin (日立建機関係者 Wenco 社), VARGHESE, Vin (米, Caterpillar 社), MASSEY, Samantha (豪, オーストラリア規格協会 (SA)) 事務局, 以上 26 人
- ・ISO/ISO 専門委員会 TC 127/SC 2/WG 22 コンビ

ナー (主査) 兼 ISO 17757 プロジェクトリーダー (PL):  
前記 ELLIOTT 氏 (米国, Caterpillar 社)

5. 会議結果概要：標記会合に参加し自律運転式 (遠隔操縦ではなくてプログラム運転) 土工機械の安全性に関する作業原案 ISO/WD 17757 作成作業に参加したので、概要を報告する。

前回、宿題として割り振った「草案作成者」3 人が草案を持ち寄ったので、これを審議し、この作業原案 WD もだいたい「めはな」のある状態になってきた。しかし、まだまだ、項目とキーワードしか書いていない章段も多いので、今回新たに宿題を割り振った。

次回会議を 2013 年末に開催するので、各国はそれまでに意見書を提出すること、とされたので、今回の審議を反映した作業原案 WD 17757 が配布されたならば、日本国内で国内対応委員会 (というと今回は大げさかな。勉強会) を開催して、意見集約を行いたい。

いまのところの、作業原案 WD 17757 はあまり機械やシステムの構成を制約する条項が無いように書いてあるので「差支え」はなさそうであるが、今後とも、気を付けて参加、作成する必要がある。

なお、次の項目が宿題とされた (一部後述の会議での詳細論議に示す)。

- ・安全基準に対する意見：全員担当
- ・自律式機械のサブシステムを記述するブロックダイアグラムの作成：PL の ELLIOTT 氏
- ・(機械を) 追跡するための (基盤となる) 設備：PL の ELLIOTT 氏
- ・自律式機械関連の操作用・表示用図記号の標準化：PILLER 氏, PAN, Jan Wei 氏, UHRICH 氏, O'HARE 氏, WILLIAMSON 氏, CROWELL 氏, Eric Elster 氏。
- ・地下工事での有人機械との相互関係：HENDEBERG 氏
- ・システムとしての時間差 (遅れ時間)：O'HARE 氏
- ・障壁の管理：BRADDOCK 氏
- ・遠隔停止：STRATTON 氏
- ・(自律運転かそうでないかの) 運転状態表示：VARGHESE 氏
- ・母機の機械稼働状態の情報のやりとり



- 持ってきた。この部分の原案を作った STRATTONさんと PAN, Jan Wei 君でやりとり。Partial failure but UM can do intended operation うんぬんと PAN, Jan Wei 君が言ってる。
- ・ Safe State は Sate Mode と同じではないか。いらないと、PAN, Jan Wei 君。PL の ELLIOTT 氏は不同意。同じ安全な停止状態でも危険事象によって停止するのが Safe State だそうな（付記：Safe Mode は徐行運転的な意味では？）。
  - ・ PAN, Jan Wei 君が「リスク一覧も作れるんじゃないかね」と言ってる（そんなこと言うから、あとで宿題）。
  - ・ 二日目。DORAN, Chris から自律式機械の安全という PPT の紹介。1 時間。Bow Tie Analysis とここでも言ってる。状態遷移図のようなもので説明。
  - ・ 10 月から 12 月にかけていろいろな会議が予定されているが、まだ詳細は未定。みんなが集まりやすいパリ、フランクフルトあたりで、後日 ROLEY さんが調整。
  - ・ Perception システムのターゲットについて議論。PAN, JanWei は人間検知を主張。ELLIOTT 氏は現在の技術では人間検知は無理ではないかと考えている。
  - ・ PAN, Jan Wei の案文はかなり技術を限定した書き方をしている。複数のセンサを組み合わせて一つのシステムとし、検知性能を上げなければならない、と規定しているが、ELLIOTT 氏は複数のセンサを使うことによる冗長化とコンセプトが反対ではと指摘（遠嶋氏意見：PAN, Jan Wei 氏の案文のままでは、現実的に物を作れないと思います）。
  - ・（危険）探知装置に応答遅れがあってはいけないので、遅れを規定するように、PAN, Jan Wei 君が提案。砂村がそれは ISO 16001（危険探知及び視覚補助）で審議すべきと提案。ROLEY さんは賛成してくれたが、ほかの人には通じない。ここで昼飯。
  - ・ 午後、STRATTON さんから、コミュニケーションの不良時の停止に関して文章の提案があり。聞いた限りではよさそう。
  - ・ 通信の二重化が必要という議論があったが、技術的に困難な面もあり、とりあえずは “When Risk Assessment shows the need” という条件がついた。
  - ・ 自動消火装置遠隔起動不能時の扱い！に関して、賛否。CANALICHIO 君は賛成。「あってもいいんじゃない」、STRATTON さん：この装置自体がオプションだけ。Interesting commercial discussion と CROWELL 氏が混ぜ返す。
  - ・ エマージェンシーフリーケンシーは別周波にしているの？と PAN, Jan Wei 君が聞く。答え無し！
  - ・ 13：50 — Positioning System に関して、案文を遠嶋さんが説明。ポジションエラーは基準局の位置に照らして検出するが、基準局の扱いで論議。
  - ・ GPS を安全目的で使っていいのか？という重い命題になる（GPS の誤動作で人が死んだら、米国大統領を訴えるのか？日本では無理だね）。
  - ・ GPS は米軍の登録商標では？という軽い命題。笑いで終わったが、笑えない話に思えた（付記：他の同原理のシステムも含めた呼び方は GNSS）。
  - ・ DORAN の入れ墨がすごい。
  - ・ ポジショニングに関する遠嶋さん資料は大筋合意された。お疲れ様。
  - ・ 続いて、コントロールも遠嶋さん説明。スーパーバイザーの免許は誰が与えるのか、問題提起があり、ELLIOTT 氏から。システムプロバイダの承認という形の免許に落ち着く。
  - ・ 次回開催地の件で気になったのだが、参加者みんなメールなどで、インターネットアクセスを会議室にてほしがる。特定の会社の会議室だと、セキュリティーからそれを禁止しているのではないか。ましてやそのような設備のまったく無い場所では開催は NG（付記：機械振興会館内の貸し会議室では無線 LAN あり）。
  - ・ 15：30 —：宿題ばらまく。EMESRT イーマストのブロックダイアグラムを案文に織り込む宿題。PL の ELLIOTT 氏。
  - ・ コミュニケーションタイミング（遅れ）に関して規定文。PL の ELLIOTT 氏。
  - ・ 中央制御室が移動する場合の考察。ELLIOTT 氏。
  - ・ リスク表作成。DORAN, Chris, O'HARE, PAN, Jan Wei。
  - ・ アイコンを含めた、自律式機械関連のシンボルの特設作業(グループ)を ROLEY さんがセンターで作る。
  - ・ セミオートノーマス（準自律式機械）の定義の話が、再燃。オートノーマス(自律式機械)はコミュニケーションする。オートメーションはコミュニケーションしない。いいっぱなし。
  - ・ ELLIOTT 氏がお礼を言い始めてる。終わりらしい。
  - ・ この二日間に編集した改訂（作業原案）案文は数日中に ELLIOTT 氏より配布される（と ELLIOTT は言っていた。本当に配布されるかどうかは分かりません）。

03-168	斜材保護管の外観調査ロボット ～コロコロチェッカー～	西松建設 佐賀大学 伊藤研究室
--------	-------------------------------	-----------------------

### ▶ 概 要

斜張橋の経年化に伴い、斜張橋の維持管理の重要性が増してきている。斜張橋の維持管理を行う上で重要なポイントは、その生命線とも言える斜材の機能保持が挙げられる。斜材の保護管の外観調査には、高所作業車を用いる場合が多いが、高所作業車による調査では、交通規制が必要であることや、高所作業車の届く範囲に限界があるなどの課題がある。そこで、保護管の外観を調査するための外観調査ロボットを開発した。

外観調査ロボットには、保護管外観全周を調査できるように、4台のCMOSカメラが搭載されており、画像は地上のモニターでリアルタイムに確認出来る。また、画像は動画として保存が可能であり、記録した動画から損傷のサイズを計測できる。

開発した外観調査ロボットの全景を写真-1に、その仕様を表-1に示す。外観調査ロボットの外形寸法は566×566×566mm(突起物を除く)であり、その質量は31.6kgである。橋面上の斜材定着装置周辺の狭隘な場所でも、作業員2人で運搬、設置ができるよう小型軽量のものとした。また、電源はバッテリーを搭載して、外部からの電源供給を必要としないシステムとした。

ロボットの外周には黒色のプラスチック板を取り付けた。黒色を採用した理由は、撮影画像の色調を安定させるための遮光板としての機能と、交通事故防止のために走行車両の運転者から視認され難くするためである。

なお、写真-2には、実構造物での調査状況を示す。

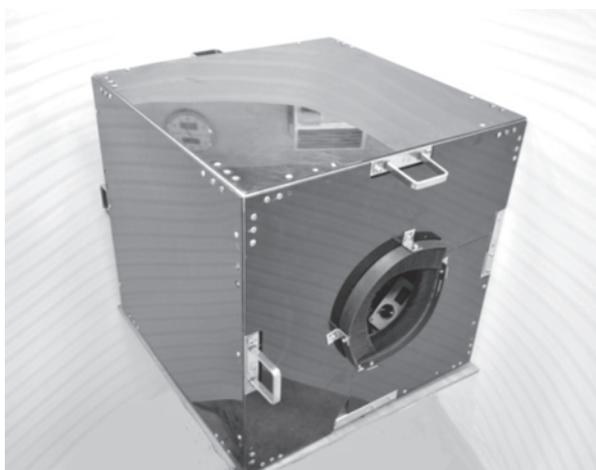


写真-1 外観調査ロボットの全景

表-1 外観調査ロボットの仕様

項目	仕様
外形寸法	566 × 566 × 566 mm
質量	31.6 kg
調査速度	2.5 m/min (傾斜角 25°)
撮影機器	ワイヤレス CMOS カメラ
電源	VRLA (制御弁式) バッテリー



写真-2 調査状況

### ▶ 特 徴

#### ①調査精度の向上

外観調査ロボットは、高所作業車が届かない部分も、精度よく損傷を調査できる。また、橋面からの望遠鏡での調査では保護管の上部を確認できないが、外観調査ロボットは保護管外観全周の調査が可能である。

#### ②供用下での調査が可能

現状の調査方法では交通規制が必要であるが、現場条件が良ければ、交通規制なしでも保護管の調査が可能である。

#### ③安全性の向上

外観調査ロボットは、基本的には斜材下部で取付け、取外しを行えるため安全性が向上した。

#### ④低コスト

現場条件が良ければ交通規制の必要がないことなどにより、低コスト化を実現した。

### ▶ 実 績

・東名足柄橋

### ▶ 問 合 せ 先

西松建設(株) 技術研究所 土木技術グループ

〒105-8401 東京都港区虎ノ門1-20-10

TEL : 03-3502-0285

## 新工法紹介

08-44	無線式ガット船 施工管理システム	東亜建設 工業
-------	---------------------	------------

### ▶ 概 要

近年、作業船の位置管理はGPSによって行われることが多いが、捨石投入に用いられるガット船は、複数の船が入れ替わり作業を行うため、GPSアンテナ設置や電源やデータを伝送するケーブルの敷設などに手間取ることがあり、GPSによる投入位置の管理が難しい状況でした。

本システムは、ガット船のブーム先端に容易に取り付けられるGPS無線ユニットにより捨石の投入位置及び堆積形状予測をリアルタイムにパソコンの画面上に表示し捨石投入を支援するシステムです。GPSにより取得した位置情報はGPS無線ユニットにより無線でオペレーター室にあるデータ表示部に伝送されるため、データ伝送ケーブルの敷設が不要になるため、入れ替わりの激しいガット船の投入位置管理に適用可能です。

### ▶ 特 徴

#### ① GPSアンテナの設置時間の短縮

位置情報を取得するGPSアンテナは、強力磁石により、さまざまな形状を持つブーム先端部にも容易に設置することができるため、設置時間の短縮を図ることができます。(特許出願中)

#### ② GPS無線ユニットによる無線伝送

GPS無線ユニットには、バッテリー及びデータ伝送装置を内蔵しているため、GPSの測位データをオペレーター室にあるデータ表示部に伝送する通信ケーブルの敷設が不要です。

#### ③リアルタイムで視覚化された表示機能

##### (i) リアルタイムかつ高精度な誘導

平面位置精度 = 60 cm, 1秒間に5回の測位データの取得が

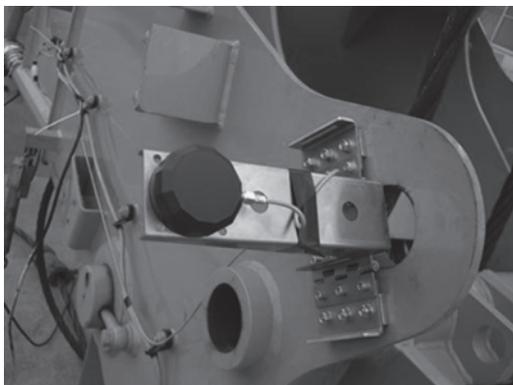


写真1-1 GPSアンテナ設置状況

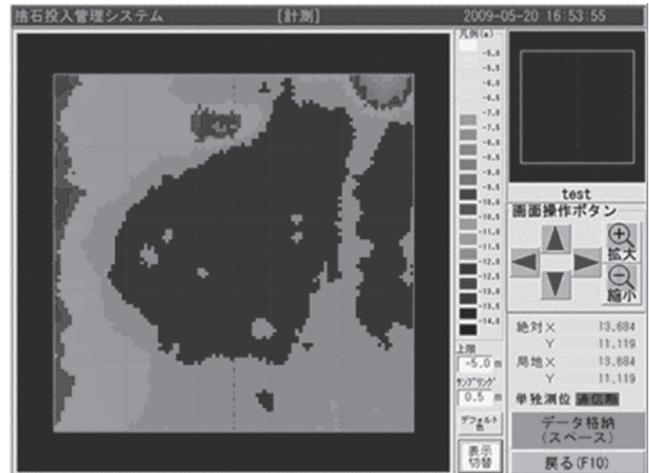


図1-1 堆積形状予測モード (カラーコンタ表示)

可能であるGPSを採用しており、リアルタイムかつ高精度な投入位置表示が可能です。

##### (ii) 堆積形状予測機能

深淺測量等で得られた三次元地形データなどをシステム上に取り込み、カラーコンター図(等深線平面図)を画面上に表示します。また、堆積形状予測モデル(松見モデル(注1)に基づいて、投入位置、回数に応じて予測される堆積形状を表示することにより、捨石投入作業を視覚的に支援します。

##### (iii) 投入履歴記憶機能

投入履歴(投入した箇所)を表示する機能や、任意の施工管理ラインを画面上に表示することにより、効率的な捨石投入作業の管理が可能です。

##### (注1) 松見モデル

(鳥取大学の松見教授らが提案した堆積形状予測モデル)

投入時の捨石群の体積から捨石投入群の海底での堆積形状を予測する数値モデルで、1点連続投入時の体積形状のみならず、多点連続投入時の土砂体積形状の予測が可能です。

### ▶ 用 途

・ガット船による基礎捨石工

### ▶ 実 績

・国土交通省の新技术情報提供システム(NETIS)に登録されており過去10件以上の現場で採用されている。

### ▶ 問 合 せ 先

東亜建設工業(株) 広報室

〒163-1031 東京都新宿区西新宿3-7-1 新宿パークタワー36F

TEL: 03-6757-3821

**新工法紹介**

09-38	AQUA-FILTER SYSTEM	前田建設工業 新日本工業
-------	--------------------	-----------------

**▶ 概 要**

近年、環境・生態系保全の観点から、トンネル・ダム・造成などの土木・建築工事で発生する工事濁水は、放流先の河川等の水質を考慮して高度な処理が求められる事例が増加している。

従来の凝集・沈殿法で工事濁水を高度に処理する場合、設備の大型化や砂ろ過装置の併用など、メンテナンス頻度やコストに負荷を伴う方法で対応しているのが現状である。

このため、高性能で安全性の高い無機系粉体凝集材と、コンパクトで設置・撤去も容易な機械設備による低コスト工事濁水処理システム「AQUA-FILTER SYSTEM」を開発した。

**▶ 特 徴**

・使用する凝集材の特徴

- ① 40～80 mg/L 程度の少ない添加量で、沈降性が高く大きなフロックを形成するため処理設備の小型化が可能。
- ② 従来のポリ塩化アルミニウムに比べて毒性は 1/5 以下であり、毒性が小さく自然に優しい。
- ③ 粉体状の凝集材 1 種類のみを使用するため、高分子凝集材の溶解などの現場での作業が不要であり薬材管理も容易。
- ④ 濁水の濃度変動に対して凝集材の添加量調整をすることなく安定して処理を継続することが可能。

⑤ pH が 12 程度のコンクリート切削排水も、添加量を増やさずことなく沈降性の高いフロックを形成できる。

・濁水処理設備の特徴

当該処理設備は、攪拌槽・沈殿槽・分離槽の 3 槽から構成されている。

- ① 攪拌槽では、無機系粉体凝集材と濁水を確実に反応させるため、急速攪拌と緩速攪拌の 2 段階攪拌方式を採用。
- ② 沈殿槽では、複数枚設置した『整流フィルター』により、沈殿槽内の水流を層流に制御することで、99.9% 以上の凝集物を重力により沈殿させて水と土粒子を分離。
- ③ 分離槽では沈殿槽で除去しきれなかった凝集物を、2 種類のドラムフィルター（回転式金属金網）で 2 段階のろ過を実施。

以上により、処理水を SS10 mg/L 以下にすることが可能となる。

**▶ 用 途**

・建設工事等で発生する濁水処理

**▶ 実 績**

- ・ NATM トンネル工事排水（2 件）
- ・ ダム現場における調査ボーリング工事排水処理（1 件）

**▶ 問 合 せ 先**

前田建設工業(株) 土木設計・技術部 技術開発グループ  
〒101-0064 東京都千代田区猿楽町 2-8-8 猿楽町ビル  
TEL：03-5217-9563



写真一 無機系粉体凝集材



凝集材添加直後

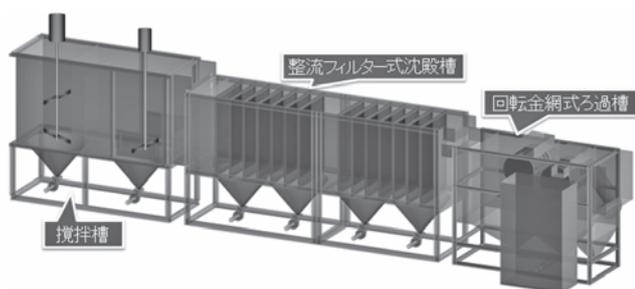


10秒静置後

写真二 無機系粉体凝集材の効果



写真三 設置状況



図一 濁水処理設備概要図



写真四 処理水排出状況

## 新工法紹介

09-40	アライグマ—ラジカル工法	安藤ハザマ カネカ
-------	--------------	--------------

### ▶ 概 要

アライグマ—ラジカル工法は、福島県の放射能汚染の除染のうち、物流や避難住民の帰宅に欠かせない道路除染技術としてアスファルト、コンクリート舗装表面の放射能除去を行うことを目的として安藤ハザマが開発した搭乗型高圧洗浄吸引車とカネカが開発した界面活性剤を組み合わせた工法である。

アライグマ—ラジカル工法は、標準工法である高圧水洗浄作業における噴射圧 15MPa より高い 20～35 MPa の圧力帯で、天然素材の界面活性剤を含んだ洗浄水を放射性物質が付着している舗装面に噴射・洗浄し、排水も回収する工法である。界面活性剤により放射性物質が付着している粒径の細かい土砂分を舗装面から浮き上がらせることができ、除去率で最大 80% 程度、概ね 50～60% 程度の安定した除染効果を実証試験ならびに実施工で確認されている。舗装面に亀裂があったり、劣化している場合には、高圧水洗浄やプラスト工法などの標準工法では十分に除染効果が期待できない場合もあり、本工法が優位となる。

また、使用する水量も少なく、洗浄と同時に排水を回収するため排水を拡散させることがなく、界面活性剤には天然素材のものを用いるため環境負荷は少ない工法である。

搭乗式洗浄車については、本年 3 月より改良型の「アライグマ RD II 型」を導入、洗浄ノズルの対舗装面速度を自由に設定できる様にし、さらに除染排水の吸引能力を従来型の 1.5 倍に高めたことにより安定した除染が期待できる。

### ▶ 特 徴

- ① 高い圧力で界面活性剤を用いて洗浄作業を行うため、通常の高圧洗浄よりも高い除染効果が期待でき、プラスト工法に匹敵する効果が得られる。
- ② 噴射圧、吸引圧が可変式のため、古く劣化が進んだ舗装面でも施工可能で、亀裂の多い舗装面でも高い除染効果が期待できることから、あらゆる舗装面に対して高い適応性を持っている。
- ③ 濡れた状態の舗装面でも施工できるため、天候の影響を受けずに作業することができる。
- ④ 洗浄と同時に並行で洗浄排水と除去物を吸引、回収する機構のため排水を拡散させることがない。また使用する水量も少なく、界面活性剤の成分も天然素材のものを用いるため環境負荷が少ない。

- ⑤ 機械化することで、施工の省力化とスピード向上を実現しており、1 日あたり 1500 m<sup>2</sup> 以上の施工が可能である。

### ▶ 用 途

- ・ 道路、大規模施設等のアスファルト、コンクリート舗装面の除染
- ・ 放射能汚染物運搬車両の高頻度な走行となる中間貯蔵施設構内および周辺道路の再汚染防止

### ▶ 実 績

- ・ 平成 24 年度伊達市霊山町東部・月舘町東部地区除染業務



写真一 アライグマ RD I 型



写真二 アライグマ RD II 型

### ▶ 問 合 せ 先

(株)安藤・間 土木事業本部 環境エンジニアリング部  
〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20  
TEL : 03-6234-3625

## ▶ 〈02〉 掘削機械

12-〈02〉-11	日立建機 双腕作業機  ZX135TF-3	'12.09 発売 新機種
------------	--------------------------------	------------------

13 t 級標準油圧ショベルをベースに、主腕は 13 t 級フロントを、副腕には 4 t 級フロントを装着した双腕作業機である。

主に建物解体およびスクラップ処理作業などを目的に開発されたものであり、今まで人手作業に頼っていた産業廃棄物の中間処理作業など複雑な仕分け作業を機械化することで、安全性と作業効率の向上を図っている。

標準油圧ショベルの作業を可能とした主腕と、主腕を補助する副腕との組み合わせにより、(a) 片方の腕で物を押えて他方の腕で一部を分離する、(b) 長尺物を 2 本の腕で動かす、(c) 片方の腕で持ち上げ、他方の腕で下のものを引き出すなど多様な作業に対応できる。

双腕作業機の 2 本の腕（フロント）を同時に動かすためには、標準油圧ショベルでの左右 2 本のレバーで 1 本の腕を動かす操作方式では対応できないため、本機は 2 本腕としての機能を満足すべく、左右それぞれのレバー 1 本でそれぞれのフロントを動かすことができる操作系としている。

表 1 ZK135TF-3 の主な仕様

運転質量 <sup>*1</sup>	(kg)	16,200
エンジン出力	(kW(PS)/min <sup>-1</sup> )	69(94)/2,000
作業範囲		
最大高さ（主腕/副腕） <sup>*2</sup>	(mm)	8,390/5,150
最大作業半径（主腕/副腕） <sup>*2</sup>	(mm)	7,250/5,550
最小旋回半径	(mm)	2,890
副腕スイング角度（左/右）	(度)	左 30/ 右 30
輸送時寸法		
全長	(mm)	7,400
全幅	(mm)	2,640
全高	(mm)	2,780
価格 <sup>*3</sup>	(百万円)	23.6

※1 アタッチメント質量を含まない値

※2 アーム先端ピンでの値

※3 アタッチメント価格は含まず



写真 1 日立建機 ZX135TF-3 [ASTACO NEO] 双腕作業機

問合せ先：日立建機株

商品開発・建設システム事業部 技術部

〒112-8563 東京都文京区後楽 2-5-1

12-〈02〉-13	コベルコ建機 油圧ショベル  SK250-9 ほか	'13.04 発売 モデルチェンジ
------------	------------------------------------	----------------------

汎用油圧ショベルの 25 t、35 t、45 t クラスのモデルチェンジ機である。SK250-9/SK260LC-9、SK330-9/SK350LC-9、SK470-9/SK500LC-9 の 6 機種は、オフロード法 2011 年基準に適合し、運転時、大気中に放出される NO<sub>x</sub>（窒素酸化物）と PM（粒子状物質）の排出量を従来機に比べ大幅に低減すると共に、より一層の低燃費を実現している。

全機種において新型エンジンの搭載と排出ガス後処理装置を装備し、燃費改善については、H モード（作業優先モード）で従来機に比べ 3～16%、S モード（省エネ・燃費重視モード）同士では 5～11% の低燃費を実現している。さらに、全機種に新作業モード「ECO モード」を設定し、従来の S モードに対して 10～25% の大幅な燃費低減を可能としている。

ROPS（転倒時保護構造）規格に適合した新型キャブを採用し、キャブ内空間を拡大すると共に、右中央ピラー廃止によりワイドな作業視界を確保し、ISO 安全規格に準じたメンテナンス用ハンドレール、後方確認カメラを標準装備するなど、安全性の向上を図っている。

また、新型カラーマルチディスプレイやキャブ内振動を 30～50% 抑えるハイサスマウントを採用し、さらにキャブ内騒音の低減やレバー操作力の軽減にも取り組み、運転時の快適性と使い易さを向上させている。



写真 2 コベルコ建機 SK250-9 油圧ショベル

## 新機種紹介

表-2 SK250-9, SK260LC-9の主な仕様

本体型式	SK250-9	SK260LC-9
標準バケット容量 (山積) (m <sup>3</sup> )	1.0	
運転質量 (t)	24.9	25.5
定格出力 (kW/min <sup>-1</sup> )	131/2,100	
最大掘削半径 (m)	10.30	
最大掘削深さ (m)	7.01	
最大掘削高さ (m)	9.79	
全長 (m)	10.22	
全幅 (m)	2.99	3.19
全高 (m)	3.20	
燃料タンク容量 (l)	460	
価格 (税抜き) (百万円)	26.6	28.2

表-3 SK330-9, SK350LC-9の主な仕様

本体型式	SK330-9	SK350LC-9
標準バケット容量 (山積) (m <sup>3</sup> )	1.4	
運転質量 (t)	34.0	34.8
定格出力 (kW/min <sup>-1</sup> )	201/2,100	
最大掘削半径 (m)	11.26	
最大掘削深さ (m)	7.56	
最大掘削高さ (m)	10.58	
全長 (m)	11.20	
全幅 (m)	3.19	
全高 (m)	3.42	
燃料タンク容量 (l)	580	
価格 (税抜き) (百万円)	31.3	33.1

表-4 SK470-9, SK500LC-9の主な仕様

本体型式	SK470-9	SK500LC-9
標準バケット容量 (山積) (m <sup>3</sup> )	1.9	
運転質量 (t)	47.2	47.9
定格出力 (kW/min <sup>-1</sup> )	257/1,850	
最大掘削半径 (m)	12.07	
最大掘削深さ (m)	7.81	
最大掘削高さ (m)	10.93	
全長 (m)	12.06	
全幅 (ステップ無し/有り) (m)	3.35/3.58	
全高 (m)	3.61	
燃料タンク容量 (l)	640	
価格 (税抜き) (百万円)	49.4	51.7

問合せ先：コベルコ建機(株) 営業促進部  
 〒141-8626 東京都品川区東五反田 2-17-1 オーバルコート大崎  
 マークウエスト

### ▶ 〈03〉 積込機械

12-〈03〉-03	キャタピラージャパン ホイールローダ Cat 914G <sub>2</sub>	'12.09 発売 モデルチェンジ
------------	--	----------------------

除雪、農業、産廃などの分野で使用されるバケット容量 1.5 m<sup>3</sup> のホイールローダ Cat 914G<sub>2</sub> をモデルチェンジしたものである。

シフトチェンジを用いず、アクセル操作だけで加速・減速のコントロールができる 2 モータ HST (ハイドロスタティックトランスミッション) の採用により、変速による衝撃のない走行および積み込み作業を実現している。

余裕のダンピングクリアランス/リーチ、また、開口部高さが大きく、荷こぼれの少ないハイスピルプレートバケットの採用および 5.2 m の最小旋回半径 (バケット最外側) によって、幅広い現場に適用可能となっている。さらにエンジン横置きレイアウトを採用することで、車両安定性の向上と馬力当り重量の低減を両立している。

ピラーを排したシリコンボンディドガラス採用により、広い視野を確保し、安全と効率の向上を図っている。

日常点検や定期的なメンテナンスが、地上から行えるよう配慮されている。また、軽量かつ強度を持つ強化プラスチック製のエンジ

表-5 Cat 914G<sub>2</sub>の主な仕様

	914G <sub>2</sub>
運転質量 (t)	7.8
バケット容量 (m <sup>3</sup> )	1.5
全長 (バケット付) (m)	6.280
全幅 (バケット付) (m)	2.405
全高 (キャブ上端まで) (m)	3.100
最高走行速度 (km/h)	34.5
エンジン名称	Cat C4.4 ディーゼルエンジン (ACERT)
総行程容積 (ℓ)	4.4
定格出力/回転数 (kW (ps)/rpm)	72 (98)/2,300
ダンピングリーチ (m)	1.010
ダンピングクリアランス (m)	2.625
価格 (百万円)	14.265



※掲載写真は国内標準仕様と一部異なります。

写真-3 キャタピラージャパン Cat 914G<sub>2</sub> ホイールローダ

## 新機種紹介

ンフードをフルオープンタイプにして、エンジンルームのメンテナンスを容易にしている。

オフロード法 2006 年基準適合の Cat C 4.4 ACERT エンジンにより燃焼工程を効率的にエレクトロニクス制御することで、クリーン、低コスト、そして高い信頼性を実現している。

国土交通省低騒音型建設機械の基準値をクリアしている。

問合せ先：キャタピラージャパン(株) 広報グループ  
〒158-8530 東京都世田谷区用賀 4-10-1

▶ 〈16〉 高所作業車，エレベータ，リフトアップ工法，  
横引き工法および新建築生産システム

13-〈16〉-02	アイチコーポレーション SH11A 型 HV トラック架装高所作業車 SH11A-P280	発売未定 応用製品
------------	---	--------------

電気・通信工事などの住宅地域での現場で使用されている 11 m クラスの高所作業車で、ハイブリッド (HV) トラックに架装し、燃料経費の低減と環境性能の向上を図ったものである。

高所作業装置はバッテリーパワーユニット P-280 を搭載しており、電動モータにより油圧ポンプを駆動し低騒音で、排気ガスを出さずに作業を行える。

パワーコントロールユニット、クラッチユニットなどのハイブリッドトラック専用部品と高所作業装置との干渉を回避しつつ、重量バランスをとり、車両積載量を確保することを可能としている。

ハイブリッドトラックとバッテリーパワーユニットの高所作業装置を組み合わせることにより、走行時と作業時を合わせた燃費および CO<sub>2</sub> 排出量ともに、現行ディーゼル車と比較して 30% 低減している。

表一 6 SH11A-P280 の主な仕様

架装シャシ	(-)	2.0 t 車クラス
全長×全幅×全高	(m)	5.19 × 1.735 × 2.78
車両最大積載量	(kg)	450
車両総重量	(kg)	6575
バケット積載荷重	(kg)	120
作業床最大地上高	(m)	11.0
作業床最大作業半径	(m)	8.7
バケット耐電圧	KV/min	20/5
バッテリーユニット騒音 (dB (A))		58 以下 (距離 5 m)
価格		未定

(注) 騒音値はブーム作動時を示す。



写真一 4 アイチコーポレーション SH11A-P280 HV トラック架装高所作業車

問合せ先：アイチコーポレーション 開発管理室  
〒362-8550 埼玉県上尾市領家 1152

## 平成 25 年度国土交通省予算のポイント

### はじめに

平成 25 年度の国土交通省関係予算の概要が発表されているので紹介する。

なお例年掲載の予算総括表を含めた詳細は新年度予算成立後の発表を待って報告する予定である。

### 1. 平成 25 年度国土交通省関係予算（国費）

#### (1) 一般会計

- 平成 25 年度予算額は、総額 50,743 億円 (1.12)、うち公共事業関係費 44,891 億円 (1.14)。
- 地域自主戦略交付金の廃止、東日本大震災復興特別会計への繰入れ額の計上という特殊要因を除けば、対前年度比は全体では 0.99、公共事業関係費は 1.00。

#### (2) 東日本大震災復興特別会計

- 復旧・復興対策は、被災地の復旧・復興に重点化。

- (3) 財政投融资 3兆 2,831 億円 (1.02 倍)  
 (参考) 財投機関債総額 3兆 4,313 億円 (1.10 倍)

### 2. 基本方針

- 新たに課題として浮上してきている国民の命と暮らしを守るイン

フラ整備と成長力強化に対処するため、平成 24 年度補正予算とともにいわゆる「15ヶ月予算」として、「復興・防災対策」「成長による富の創出」「暮らしの安心・地域活性化」の3分野に重点化し、一体的に施策を実施。

- これにより、中長期的な視野に立って、災害に強く成長力に富んだ国土の構築を図りつつ、それぞれの地域の力、現場の力を取り戻し、一步一步着実に我が国全体の新たな成長力の底上げを図ることを目指す。

### 3. 重点施策の概要及び予算額

「復興・防災対策」, 「成長による富の創出」及び「暮らしの安心・地域活性化」の3分野に重点化するとともに、各事業・施策分野においては、その目的・成果に踏み込んできめ細かく重点化し、限られた予算で最大限の効果の発現を図る。

なお ( ) は対前年度比。

#### I. 復興・防災対策

##### (1) 東日本大震災からの復興加速

被災地域の早期復興を最優先に、全力で取り組む。

○復興に向けたまちづくり、道路整備等の推進…1,244 億円 (1.14)

##### (2) 事前防災・減災のための国土強靱化の推進、災害への対応体制の強化等

「国土強靱化」を国土のメンテナンスの視点からハード・ソフト両面にわたり計画的に推進し、命と暮らしを守るインフラの総点検・

表-1 一般会計

(単位：億円)

	24 年度予算額	25 年度予算額	対前年度比
国土交通省関係計 (下段：復興特会繰入れ※ <sup>1</sup> 除く)	45,476 (50,758) ※ <sup>2</sup>	50,743	1.12 (1.00) ※ <sup>2</sup>
公共事業関係費	39,346 (44,628) ※ <sup>2</sup>	44,891	1.14 (1.01) ※ <sup>2</sup>
非公共事業	6,130	5,852	0.95
		5,826	0.95

※<sup>1</sup> 全国防災の一般会計から東日本大震災復興特会への繰入れ分（公共事業関係費 324 億円、非公共事業 26 億円）

※<sup>2</sup> 前年度予算額に、地域自主戦略交付金の前年度予算額（国土交通省関係分）5,282 億円を加えた場合。

表-2 東日本大震災復興特別会計

(単位：億円)

	24 年度予算額	25 年度予算額	対前年度比
復旧・復興関係経費	4,162	5,079	1.22
うち公共事業関係費	3,520	4,839	1.37
全国防災関係経費	2,381	359	0.15
うち公共事業関係費	2,293	333	0.15
合計	6,543	5,438	0.83

※上記の他、東日本大震災復興交付金が、復興庁予算に計上されている。

再構築を実施するとともに、地方におけるこれらの取組を重点的に支援する。

### 1) 国土強靱化の計画的推進

国土強靱化を計画的に進めるため、国土のメンテナンスの視点から災害に強い国土に向けたグランドデザインを策定…1億円(皆増)

### 2) 命と暮らしを守るインフラ総点検・再構築

非構造部材、地盤も含め老朽化するインフラ(道路、鉄道、下水道、港湾、水門、堤防等)を適切に維持管理できるよう、安全性の徹底調査・総点検、老朽化対策を実施するとともに、戦略的維持管理システムを構築する。また、事前防災の考え方に基づき、地域総合防災力向上と地域再生を同時に図ることとし、ハード・ソフト両面から防災・減災対策に取り組む。

#### ①総点検、老朽化対策

- 道路、河川管理施設等の総点検、老朽化対策等の推進  
…1,804億円(1.10)
- 社会資本の適確な維持管理・更新に向けた取組の推進  
…2,040億円(1.03)

#### ②事前防災・減災対策

〈東日本大震災の教訓を踏まえた地震・津波対策〉

- 公共施設の耐震化・津波対策等の推進 …884億円(1.13)
- 都市の安全確保の推進 …7億円(1.99)
- 三大湾における総合的な地震・津波対策の推進…5億円(皆増)
- 住宅・建築物の耐震化の緊急対策の実施 …100億円(皆増)
- 鉄道施設の耐震化等の防災対策の推進 …26億円(2.64)
- 被災時の空港等における機能の確保 …34億円(1.99)
- PPP/PFIの推進 …6億円(1.00)

〈水害・土砂災害等対策〉

- 激甚な水害・土砂災害が生じた地域等における災害対策  
…1,160億円(1.02)
- 予防的な治水対策等の強化 …2,629億円(1.01)
- 〈災害への対応力の強化〉
- 代替性の確保のための道路ネットワークの整備  
…1,598億円(1.01)
- 防災情報等の強化 …98億円(1.06)
- 地籍調査による土地境界の明確化の推進 …104億円(0.89)

### 3) 地域における総合的な老朽化対策、事前防災・減災対策の集中的支援(防災・安全交付金) …10,460億円(皆増)

- 地域における総合的な老朽化対策、事前防災・減災対策の集中的支援(防災・安全交付金)

## II. 成長による富の創出

### (1) エネルギー対策の推進

- ①まちづくり・交通分野におけるエネルギー・環境問題への対応
  - 住宅・建築物等の環境対策の推進、電気自動車・超小型モビリティの普及促進 …178億円(1.00)
- ②海洋資源開発の推進
  - 海洋産業の戦略的育成…12億円(皆増)、遠隔離島における活

動拠点整備等…108億円(1.00)、海洋調査の推進…18億円(1.00)

### (2) 成長力強化

#### ①基幹的交通インフラ等の整備推進

- 物流ネットワークなど基幹ネットワークの整備…3,539億円(1.00)、首都圏空港等の強化…124億円(1.05)、国際コンテナ戦略港湾の機能強化…400億円(1.12)、整備新幹線の着実な整備…706億円(1.00)

#### ②戦略的な大都市等の再生

- 国際競争力強化に向けた都市基盤整備の促進 …83億円(1.20)

#### ③民間投資誘発の取組

- PPP/PFIの推進【再掲】 …6億円(1.00)

#### ④住宅・不動産市場の活性化

- 中古住宅流通、リフォームの促進、不動産投資環境の整備  
…16億円(—)

#### ⑤観光立国戦略

- 訪日外国人旅行者の誘致の促進 …79億円(1.16)

#### ⑥世界における日本のプレゼンスの強化

- 海外インフラプロジェクトの推進、建設業の海外展開の促進  
…17億円(1.09)

#### ⑦成長力強化のための社会資本の総合的整備(社会資本整備総合交付金) …9,031億円(0.63)

## III. 暮らしの安心・地域活性化

### (1) 生活空間の安全確保・質の向上

- 高速ツアーバス事故を受けた安全対策の強化…13億円(1.10)、安全と安心のためのホームドアの充実…16億円(1.10)
- 地域における総合的な生活空間の安全確保に対する集中支援(防災・安全交付金)【再掲】…10,460億円(皆増)

### (2) 地域の特色を生かした地域活性化

- ①公共交通の活性化など地域経済・産業の活力向上に資する取組の推進
  - 公共交通の確保・充実、鉄道・空港等による地域活性化  
…672億円

#### ②地方都市のリノベーション・コンパクトシティの推進

- 高齢者等が安心して生活できる環境整備…370億円(1.04)、地域の生活に必要な都市機能を確保するまちづくり…5億円(皆増)

#### ③離島の特色を生かした地域活性化

- 離島の特色を生かした地域活性化 …13億円(2.50)

#### ④地域の生活・経済機能の強化

- 豪雪地域や集落地域の元気回復、広域的地域間共助の推進  
…5億円(1.03)

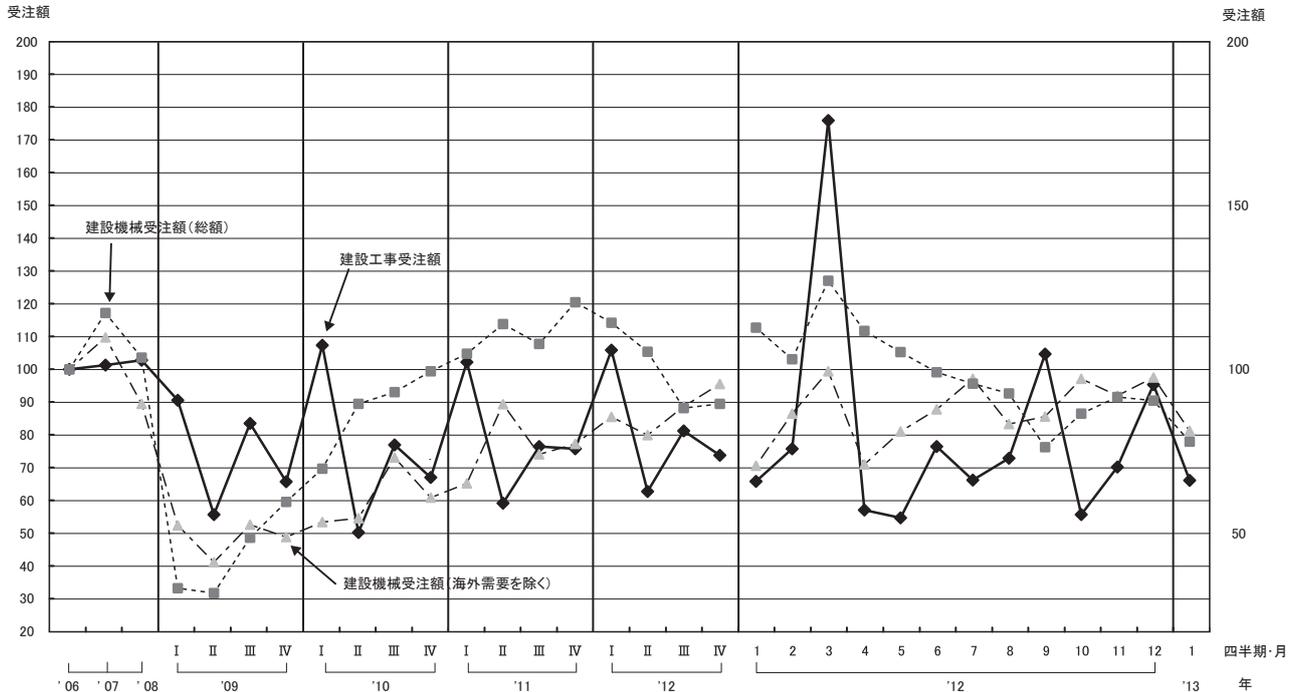
#### ⑤地域の経済・社会を支える社会資本の総合的整備(社会資本整備総合交付金)【再掲】 …9,031億円(0.63)

### (3) 我が国領土・領海の堅守

- 海上保安体制の強化 …364億円(1.38)  
(文責：山名)

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 2006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 2006年平均=100)



建設工事受注動態統計調査 (大手 50 社)

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非 製 造 業							
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
2011年	106,577	73,257	15,618	57,640	22,806	4,835	5,680	73,983	32,596	112,078	105,059
2012年	110,000	73,979	14,845	59,133	26,192	4,896	4,933	76,625	33,374	1,380,986	111,076
2012年 1月	7,449	4,990	933	4,058	1,727	333	399	5,241	2,208	112,743	7,001
2月	8,576	5,387	1,056	4,330	2,442	404	343	5,695	2,880	112,603	9,034
3月	20,021	13,216	2,021	11,196	5,148	540	1,117	13,976	6,045	117,803	15,393
4月	6,443	4,721	1,083	3,638	1,110	418	194	4,577	1,866	117,710	6,342
5月	6,176	4,284	960	3,324	1,309	337	246	4,171	2,005	116,271	7,709
6月	8,663	6,106	1,433	4,673	2,053	354	149	5,999	2,664	115,408	9,834
7月	7,488	5,156	1,043	4,112	1,809	430	93	5,163	2,325	116,359	6,602
8月	8,247	5,373	1,030	4,342	2,246	400	228	5,424	2,823	115,240	9,295
9月	11,880	7,617	1,541	6,076	2,810	496	957	8,373	3,507	115,538	11,742
10月	6,283	4,337	1,113	3,224	1,329	364	253	4,341	1,942	114,513	7,383
11月	7,951	5,612	1,143	4,469	1,555	392	392	5,779	2,172	113,652	8,952
12月	10,823	7,180	1,489	5,691	2,654	428	562	7,886	2,937	113,146	11,789
2013年 1月	7,476	4,934	914	4,020	1,711	323	208	4,974	2,202	—	—

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	06年	07年	08年	09年	10年	11年	12年	12年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	13年 1月
総 額	17,465	20,478	18,099	7,492	15,342	19,520	17,343	1,641	1,500	1,851	1,627	1,532	1,443	1,391	1,347	1,107	1,258	1,331	1,315	1,133
海 外 需 要	11,756	14,209	12,996	4,727	11,904	15,163	12,357	1,306	1,089	1,378	1,290	1,147	1,026	929	951	700	796	894	851	747
海外需要を除く	5,709	6,268	5,103	2,765	3,438	4,357	4,986	335	411	473	337	385	417	462	396	407	462	437	464	386

(注) 2006～2008年は年平均で、2009～2012年は四半期ごとの平均値で図示した。  
 2012年1月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

## …行事一覧…

(2013年2月1日～28日)

### ■ 施 工 部 会

#### ■情報化施工委員会（臨時開催）

月 日：2月19日（火）

出席者：植木陸央委員長ほか24名

議 題：①平成25年度一般化の実施方針（情報化施工技術の使用原則化）について ②意見交換

#### ■情報化施工委員会復興支援WG(第14回)

月 日：2月19日（火）

出席者：宮内良和WG長ほか28名

議 題：①第2回情報化施工活用支援セミナーの開催について ②その他

#### ■情報化施工委員会（第3回）

月 日：2月26日（火）

出席者：宮内良和WG長ほか28名

議 題：①復興支援WG、研修WGからの報告について ②公共事業企画調整課からの情報提供について ③平成25年度の活動内容について

#### ■運営連絡会（第2回）

月 日：2月27日（水）

出席者：加納研之助部会長ほか12名

議 題：①平成24年度事業報告について ②平成25年度事業計画について ③中期計画（平成22～24年度、平成25～27年度）について ④その他

### ■ 機 械 部 会

#### ■情報化機器技術委員会

月 日：2月1日（金）

出席者：白塚敬三委員長ほか3名

議 題：①平成24年度の活動報告と平成25年度の活動計画について ②12/3開催の機械部会技術連絡会の報告 ③(財)衛星測位利用推進センター(SPAC)の情報について ④その他情報交換

#### ■トラクタ技術委員会

月 日：2月7日（木）

出席者：阿部里視委員長ほか8名

議 題：①平成24年度の活動と平成25年度の活動計画について ②各社のトピックス ③ミニローダの機体重量について建機工トラクタ部会との確認結果と周知の確認 ④2014年排ガス規制のその後の状況について ⑤その他

#### ■路盤・舗装機械技術委員会幹事会

月 日：2月7日（木）

出席者：行川恒弘委員長ほか7名

議 題：①平成24年度活動結果と平成25年度計画について（2/21機械部会幹事会で報告） ②3/13開催の総会における議事進行内容について ③APの変遷の資料進捗状況の報告 ④その他

#### ■コンクリート機械技術委員会

月 日：2月7日（木）

出席者：大村高慶委員長ほか8名

議 題：①平成24年度活動報告と平成25年度活動計画について ②トラックミキサJIS原案の審議について ③コンクリート機の変遷について ④2014年排ガス規制に関する3省への要望のその後の状況報告 ⑤その他

#### ■ショベル機械技術委員会

月 日：2月8日（金）

出席者：尾上裕委員長ほか8名

議 題：①平成24年度活動実績と平成25年度活動計画について ②作業燃費検討WGと国交省の打合せ内容について ③稼働時間調査の進捗状況について ④2014年排ガス規制に関する3省への要望のその後の状況について ⑤厚労省労働安全衛生規則への解体用建設機械追加の検討について ⑥その他

#### ■機械部会・運営連絡会

月 日：2月15日（金）

出席者：大野俊弘部会長ほか8名

議 題：①平成24年度の活動結果報告について・C規格原案作成状況と制定完了状況・各技術委員会、分科会の活動結果 ②平成25年度の活動計画について・各技術委員会、分科会の活動計画 ③平成25年度第1回技術連絡会の議題確認について ④その他

#### ■除雪機械技術委員会グレーダ・ドーザ分科会

月 日：2月19日（火）

出席者：江本平委員長ほか12名

議 題：①運転室の一人乗り、二人乗りについて ②除雪グレーダの今後の技術検討について ③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：2月19日（火）

出席者：若山真則分科会長ほか5名

議 題：①エクセルシートに取り纏めた成果品について ②平成25年度分科会テーマの確認について ③平成25年度分科会長の選任について ④現場見学会の報告 ⑤その他

#### ■機械部会幹事会

月 日：2月21日（木）

出席者：齊藤秀企副部会長ほか20名

議 題：①平成24年度各委員会活動結果報告について ②平成25年度各委

員秋活動計画について ③平成25年度第1回技術連絡会の議題と開催について ④平成25年度の合同部会について（平成24年度第2回は中止） ⑤その他

#### ■トンネル機械技術委員会 未来像分科会

月 日：2月21日（木）

出席者：浅沼廉樹分科会長ほか3名

議 題：①各自提出資料を基に打合せ ②平成24年度活動報告書作成の打合せ ③平成25年度分科会活動テーマの検討と分科会長選出について ④その他

### ■ 製 造 業 部 会

#### ■作業燃費検討WG・国交省打合せ

月 日：2月13日（水）

出席者：田中利昌リーダーほか21名

議 題：1.作業燃費検討WG・国交省打合せ ①燃費基準認定制度案へのEG提出意見に対する国交省回答と内容の再確認 ②燃費基準ラベル案について ③平成24年度地球温暖化対策検討分科会（2/20開催予定）に向けての確認 ④その他、2.燃費基準追加機種案（発動発電機、ホイールクレーン、空気圧縮機）のメーカー・団体との意見交換

### ■ 建 設 業 部 会

#### ■機電技術者意見交換会

月 日：2月15日（金）

出席者：久留島匡繕主査ほか4名

議 題：①第16回機電技術者意見交換会の報告書について ②今期事業報告・来期事業計画案について ③その他

#### ■三役会

月 日：2月19日（火）

出席者：増子文典部会長ほか4名

議 題：①各WGの報告 ②中期事業計画・報告 ③次年度事業計画・報告 ④その他

#### ■バックホウの吊上げ作業における事故予防検討会

月 日：2月19日（火）

出席者：傳田喜八郎主査ほか6名

議 題：①活動報告案の説明 ②「調査票①」分析（事務局） ③「調査表②③」分析（前田建設工業） ④「調査表②③」分析（鹿島建設） ⑤その他

### ■ レンタル業部会

#### ■コンプライアンス分科会

月 日：2月5日（火）

出席者：隼直毅主査ほか8名

議 題：①「建設機械等レンタル契約の手引き」解説欄直し作業 (1) 第 15 条 (物件についての損害賠償) について (2) 第 16 条 (損害賠償責任) ②その他

### ■ 各種委員会等

#### ■ 機関誌編集委員会

月 日：2月6日 (水)

出席者：山名良事務長ほか 15 名

議 題：①平成 25 年 5 月号 (第 759 号) の計画の審議・検討 ②平成 25 年 6 月号 (第 760 号) の素案の審議・検討 ③平成 25 年 7 月号 (第 761 号) の編集方針の審議・検討 ④平成 25 年 2～4 月号 (第 756～758 号) の進捗状況の報告・確認

#### ■ 新機種調査分科会

月 日：2月26日 (火)

出席者：江本平分科会長ほか 4 名

議 題：①新機種情報の持ち寄り検討 ②新機種紹介データまとめ ③その他

#### ■ 新工法調査分科会

月 日：2月27日 (水)

出席者：安川良博分科会長ほか 3 名

議 題：①新工法情報持ち寄り検討 ②その他

## …支部行事一覧…

### ■ 北海道支部

#### ■ ゆきみらい 2013 in 秋田 除雪機械展示・実演会

月 日：2月7日 (木), 8日 (金)

出席者：熊谷勝弘支部長ほか 5 名

#### ■ 情報化施工普及促進フォーラム

月 日：2月28日 (木)

場 所：札幌第 1 合同庁舎 2F 講堂

主 催：北海道開発局, JCMA 北海道支部

後 援：(一社) 北海道建設業協会, (一社) 北海道舗装事業協会

内 容：基調講演「北海道開発局における情報化施工の取り組み」, 「情報化施工の活用事例」, 「パネルディスカッション」  
参加者：約 300 名

### ■ 東北支部

#### ■ 施工部会 除雪機械展示・実演会 (ゆきみらい 2013 in 秋田)

月 日：2月7日 (木), 8日 (金)

場 所：秋田市八橋運動公園秋田県スポーツ科学センター前駐車場

出展会社：①東北地方整備局東北技術事務所 ②範多機械(株) ③(株)日本除雪機製作所 ④日野自動車(株) ⑤新潟トランス(株) ⑥UDトラックスジャパン(株) ⑦岩崎工業(株)

出展機械：①除雪トラック 3 台 ②除雪グレーダ 1 台 ③ロータリー除雪車 3 台 ④小型除雪車 4 台…内 1 台は狭小型小形除雪機 ⑤凍結抑制剤散布車 3 台 ⑥災害対策車 1 台

来場者数：7日 950 人, 8日 450 人 計 1400 人

#### ■ 広報部会

月 日：2月13日 (水)

場 所：支部会議室

参加者：菅野公正ほか 6 名

内 容：①支部たより 165 号編集方針について ②60 周年誌原稿収集状況について ③60 周年記念誌のレイアウトについて ④その他

#### ■ 広報部会 (第 1 回 EE 東北実行委員会作業部会)

月 日：2月26日 (火)

場 所：フォレスト仙台会議室

出席者：東北技術事務所鹿野安彦副所長ほか 20 名

議 題：①EE 東北実行委員会組織の改正について ②「EE 東北'12」決算報告 ③「EE 東北'13」実施方針案について ④今後の予定 ⑤その他

#### ■ 技術部会土木機械設備意見交換会

月 日：2月26日 (火)

場 所：二日町東急ビル 4F 会議室

出席者：森吉尚東北地方整備局企画部長ほか 27 名

内 容：①東北地方整備局管内発注工事の不調の状況と対策 (講話) ②発注方式について ③資格要件について ④工事の施工範囲について ⑤契約図書について ⑥その他

#### ■ 企画部会

月 日：2月27日 (水)

場 所：東北支部会議室

出席者：阿部新治部会長ほか 4 名

議 題：①平成 25 年度事業計画 (案) について ②平成 25 年度予算 (案) について ③その他

### ■ 北陸支部

#### ■ 企画部会正副委員長会議

月 日：2月12日 (火)

場 所：北陸支部事務局

出席者：青木鉄朗企画委員長ほか 6 名

内 容：北陸支部懸案事項について

#### ■ 機械設備に関する北陸地方整備局との意見交換会

月 日：2月18日 (月)

場 所：新潟県建設会館

出席者：穂苅正昭企画部会長ほか 11 名

内 容：機械設備工事・修繕・点検に係る意見交換

#### ■ 除雪機械整備に関する北陸地方整備局との意見交換会

月 日：2月21日 (木)

場 所：新潟県建設会館

出席者：渡部敏男建設機械整備技術委員長ほか 23 名

内 容：除雪機械の定期整備・修繕・点検に係る意見交換

#### ■ 企画部会広報委員会

月 日：2月22日 (金)

場 所：北陸支部事務局

出席者：上杉修二広報委員長ほか 7 名

内 容：機関誌「あかしや通信」の発行について

#### ■ 平成 24 年度第 1 回企画部会

月 日：2月25日 (月)

場 所：新潟県建設会館

出席者：穂苅正昭企画部会長ほか 14 名

内 容：①平成 24 年度事業報告 (中間) ②平成 24 年度決算報告 (見込み) ③平成 25 年度事業計画 ④平成 25 年度予算計画

### ■ 中部支部

#### ■ 応急組立橋架設見学会

月 日：2月14日 (木)

出席者：約 30 名

場 所：国土交通省中部技術事務所構内

内 容：国土交通省中部技術事務所保有の応急組立橋の架設点検整備に併せて、災害協定協力会員を対象に見学会を実施した。

#### ■ 建設 ICT 施工ガイドブック (仮称) 作成実行委員会

月 日：2月20日 (水)

出席者：青木保孝技術部会長ほか 7 名

内 容：DVD 作成にあたっての基本シナリオについて

#### ■ 建設 ICT 導入普及研究会総会 (第 3 回)

月 日：2月25日 (月)

出席者：安江顧問, 永江事務局長

内 容：国土交通省中部地方整備局における建設 ICT の取り組み状況の報告等について

#### ■ 公共工事 (機械関係) の諸課題に関する意見交換会事前打ち合わせ

月 日：2月26日 (火)

出席者：安江顧問ほか13名  
場 所：中部支部事務局  
内 容：3月1日の公共工事（機械関係）の諸課題に関する意見交換会の意見調整を実施

#### ■「建設技術フェア2012 in 中部」事務局会議

月 日：2月27日（水）  
出席者：永江事務局長  
内 容：開催結果報告等について

### ■ 関 西 支 部

#### ■平成24年度施工技術報告会

月 日：2月13日（水）  
場 所：建設交流館グリーンホール  
参加者：124名  
内 容：①鉄道高架橋に近接した大規模掘削工事—JR姫路駅新駅ビル建設工事— ②国道直下における地下鉄営業線躯体の大規模撤去工—阪神本線三宮駅改良工事の内 土木関係工事— ③設計・施工一括発注方式における大規模橋梁工事—新名神高速道路 川下川橋工事— ④マスコンクリートのひび割れ検討の実証—三宝第4工区(その1)開削トンネル及び換気所新築工事—

#### ■建設業部会、リース・レンタル業部会合同討論会

月 日：2月18日（月）  
場 所：追手門学院大阪城スクエア  
出席者：太田義己建設業部会長、伊勢木浩二リース・レンタル業部会長ほか39名

内 容：①「情報化施工について」…近畿地方整備局企画部機械施工管理官 廣瀬昌治氏 ②「クログラテックが設計開発した建設機械と施工性向上への取り組み」…(株)クログラテック営業本部副本部長 黒田力氏 ③「同心円状レチクル内臓トータルステーションの開発と斜杭打設システムへの応用」…関西工事測量(株)企画・開発室長 中越秀樹氏

#### ■建設用電気設備特別専門委員会(第395回)

月 日：2月21日（木）  
場 所：中央電気倶楽部会議室  
議 題：①前回議事録確認 ②JEM-TR104 建設工事用受配電設備点検保守チェックリスト」の審議 ③その他

### ■ 中 国 支 部

#### ■可部バイパス管内「情報化施工研修会」

月 日：2月8日（金）  
場 所：(座学) 国土交通省広島国道事務所可部国道出張所、(実習) 可部バ

イパス大林地区第3改良工事内  
参加者：36名  
研修内容：座学①情報化施工に関する最近の動向…国土交通省中国地方整備局企画部機械施工管理官藤山利人氏 ②情報化施工システムの概要（情報化施工について・TSによる出来形管理システム）…宮川興業(株)、実習①実機体験（TSによる出来形管理システム実習・マシンガイダンス(MG)技術(シヨベル)体験）…宮川興業(株)

#### ■第2回開発普及部会

月 日：2月14日（木）  
場 所：中国支部事務所  
出席者：阿土繕部会長ほか7名  
議 題：①平成24年度開発普及部会事業実施報告について ②平成25年度開発普及部会事業計画（案）について ③第32回新技術・新工法発表会について ④その他懸案事項

#### ■第10回企画部会

月 日：2月26日（火）  
場 所：中国支部事務所  
出席者：高倉寅喜部会長ほか4名  
議 題：①平成25年度事業計画（案）について ②平成25年度「建設機械化施工優良技術者表彰」について ③運営委員会（3月期）の準備について ④その他懸案事項

#### ■第6回広報部会

月 日：2月27日（水）  
場 所：中国支部事務所  
出席者：小石川武則部会長ほか4名  
議 題：①平成25年度事業計画（案）について ②広報誌（CMnavi）37号について ③広報活動に関する当面の課題等について ④その他懸案事項

### ■ 四 国 支 部

#### ■企画部会幹事会の開催

月 日：2月6日（水）  
場 所：サン・イレブン高松  
出席者：小松修夫企画部会長ほか5名  
議 題：①平成24年度事業実施状況について ②平成25年度企画部会事業計画（案）について ③平成25～27年度支部中期事業計画（案）について ④その他

#### ■技術部会幹事会の開催

月 日：2月7日（木）  
場 所：ホテルマリンパレスさぬき（高松市）  
参加者：伊賀正技術部会長ほか4名  
内 容：①平成24年度事業実施状況について ②平成25年度技術部会事業

計画（案）について ③平成25～27年度支部中期事業計画（案）について ④その他

#### ■施工部会幹事会の開催

月 日：2月8日（金）  
場 所：ホテルマリンパレスさぬき（高松市）  
参加者：村雲治施工部会長ほか7名  
内 容：①平成24年度事業実施状況について ②平成25年度施工部会事業計画（案）について ③平成25～27年度支部中期事業計画（案）について ④その他

#### ■部会長等会議の開催

月 日：2月13日（水）  
場 所：サン・イレブン高松  
参加者：小松修夫企画部会長ほか5名  
内 容：①平成24年度事業実績について ②平成25年度四国支部事業計画（案）について、1) 各部会幹事会の提案内容について、2) 四国支部事業計画（案）のとりまとめ ③平成25～27年度支部中期事業計画（案）について ④その他

#### ■支部監査の実施

月 日：2月14日（木）  
場 所：支部事務局  
参加者：久具壽男公認会計士ほか5名  
内 容：①概況ヒアリング ②現金・預金、収益、経費、貸借対照表等について ③会員管理、支部規定等について ④その他

#### ■四国地方整備局と四国支部との技術交流会の開催

月 日：2月26日（火）  
場 所：高松サンポート合同庁舎  
参加者：四国地方整備局藤山究技術調整管理官ほか8名  
内 容：①四国地方整備局からの情報提供 ②土木機械設備に関する意見交換 ③その他

### ■ 九 州 支 部

#### ■本部と支部の意見交換会

月 日：2月21日（木）  
出席者：江崎哲郎支部長ほか10名  
議 題：支部の今後について

#### ■第10回企画委員会

月 日：2月21日（木）  
出席者：久保田正春企画委員長ほか7名  
議 題：①建設機械施工技術検定試験手引き販売について ②支部事務局移転について ③災害協定見直しについて ④本部・支部の意見交換会について ⑤整備局との意見交換会について

## 編集後記

東日本大震災から2年が経ち、徐々にではありますが復興に向けて復旧復興作業が進められています。しかしながら、まだまだ十分な対応がなされているとは言えず、被災者の心情は複雑な思いであると思えます。

これまでも懸命に実施されていますが、1日でも早くインフラを整備し、被災者が少しでも早く普段の生活を出来るようにすることが、様々な分野に携わる関連技術者に与えられた共通の使命と考えます。

今月号の特集は災害（地震、津波、台風など）の復旧、復興技術、災害時の対応技術について取り上げられ、報文の収集に努めました。

巻頭言では、岩手県立大学の元田

教授による巨大津波リスクへの対処について執筆して頂きました。行政情報では震災がれきを活用した海岸堤防の施工、東北自動車道の管理設備計画、九州北部の豪雨による被害と対応の3編を執筆して頂き、技術報文では先の大震災に関わる技術、その他の紹介をして頂きました。交流の広場では、JAXA衛星利用推進センターの小暮ミッションマネージャーに今後の宇宙開発の技術維持ともなる準天頂衛星システムの紹介をして頂きました。これらの報文が少しでも役に立てば幸いです。

最後になりますが、ご多忙中にもかかわらず、快くご執筆を引き受けて頂いた執筆者の方々に心から御礼申し上げます。有り難う御座いました。

(川西・船原)

## 機関誌編集委員会

### 編集顧問

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

持山 昌知	農林水産省
伊藤 健一	(独)鉄道・運輸機構
篠原 望	鹿島建設(株)
和田 一知	(株)KCM
安川 良博	(株)熊谷組
原口 宏	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)
久保 隆道	(株)竹中工務店
齋藤 琢	東亜建設工業(株)
相田 尚	(株)NIPPO
船原三佐夫	日立建機(株)
岡本 直樹	山崎建設(株)
川西 健之	(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)
岡田 英明	五洋建設(株)
藤島 崇	施工技術総合研究所

### 5月号「自然再生特集」予告

- ・自然再生推進法の現状
- ・東北地方太平洋沿岸地域自然環境情報  
東日本大震災による自然環境の変化を記録、共有するためのポータルサイト」の公開
- ・建設機械メーカーにおける生物多様性保全活動  
試験場での活動を事例として
- ・森林大國日本における森林再生のための高性能林業機械の最新動向
- ・2013年3月開港 - 新石垣空港（自然環境に配慮した空港建設）
- ・散水消雪の河川取水に採用した表流水取水工法
- ・自然環境の再生・創出および評価
- ・都市部運河域の干涸の自然再生のあゆみ
- ・生物多様性に配慮したセメント改良土法面の緑化  
植生基盤としての改良土表層の化学性等の調査
- ・生態系を取り戻す川の蛇行復元
- ・全天候フォレストベンチ工法
- ・「ビオトープ管理士」創設の背景と期待される役割
- ・建設計画における生物への影響評価技術
- ・生物多様性都市のデザイン（いきものにぎわうまち）への取組み
- ・御殿山プロジェクト 御殿山の原風景の再生
- ・緑斜面の健全性診断と再生のための新技術

## No.758「建設の施工企画」 2013年4月号

〔定価〕1部840円（本体800円）  
年間購読料9,000円

平成25年4月20日印刷

平成25年4月25日発行（毎月1回25日発行）

編集兼発行人 辻 靖 三

印刷所 日本印刷株式会社

## 発行所 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内  
電話 (03) 3433-1501；Fax (03) 3432-0289；http://www.jcmanet.or.jp/

施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話 (0545) 35-0212
北海道支店	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話 (011) 231-4428
東北支店	〒980-0802 仙台市青葉区二日町 16-1	電話 (022) 222-3915
北陸支店	〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1	電話 (025) 280-0128
中部支店	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル5階	電話 (052) 962-2394
関西支店	〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4	電話 (06) 6941-8845
中国支店	〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22	電話 (082) 221-6841
四国支店	〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22	電話 (087) 821-8074
九州支店	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-8-26	電話 (092) 436-3322

本誌上へ(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  
担当 本社編集部 宗像 敏

KOBELCO

低燃費のコベルコ!  
低炭素社会の実現へ

しん

せい

き

# 新 たな 世 代の建 機

# 登場、



**HYBRID**

**SK200H**

10月販売開始

# HYBRID SK200H。

コベルコの  
新世機

圧倒的な燃費性能で新たな世代をリードするコベルコの「新世機」。  
その技術で、低燃費のコベルコは、もっと低燃費のコベルコになる。

約16%の燃料削減  
(JCMAS測定方式)

ハイブリッド化により、従来機(SK200-8)に比べ  
約16%燃料消費量を低減。

オフロード法  
2011年基準適合

排気ガス後処理装置の搭載により  
排出ガス中のPM(粒子状物質)を大幅削減。



コベルコ建機株式会社

東京本社 / 〒141-8626 東京都品川区東五反田 2-17-1 ☎03-5789-2111  
[www.kobelco-kenki.co.jp](http://www.kobelco-kenki.co.jp)

# Denyo



## デンヨーのNETIS登録製品フルラインアップ完成!

NETIS登録製品を活用して御社の公共工事受注をより有利に!



### 環境保護ベース 一体型発電機



DCA-13LSYB DCA-15USYB DCA-25LSKB DCA-45LSKB DCA-60USHB DCA-100ESIB DCA-150LSKB DCA-220ESMB



### 自動アイドリングストップ機能付 エンジン溶接機



小型ガソリンエンジン溶接機 GAW-150ES2 自動アイドリングストップ仕様  
 ディーゼルエンジン溶接機 DLW-320LS2 1人用  
 ディーゼルエンジン溶接機 DLW-200×2LS 2人用  
 エンジンTIG溶接機 DAT-300LS 自動アイドリングストップ仕様



### 可変圧・可変容量型 エンジンコンプレッサー



DIS-110VPB ボックスタイプ  
 DIS-200VPB ボックスタイプ  
 DIS-200VPS トレーラタイプ

●技術で明日を築く  
**デンヨー株式会社**  
 本社: 〒103-8566 東京都中央区日本橋堀留町2-8-5  
 TEL: 03(6861)1122 FAX: 03(6861)1181  
 ホームページ: <http://www.denyo.co.jp/>

札幌営業所 011(862)1221 横浜営業所 045(774)0321 広島営業所 082(278)3350  
 東北営業所 022(254)7311 静岡営業所 054(261)3259 高松営業所 087(874)3301  
 信越営業所 025(268)0791 名古屋営業所 052(856)7222 九州営業所 092(935)0700  
 北関東営業所 027(360)4570 金沢営業所 076(269)1231  
 東京営業所 03(6861)1122 大阪営業所 06(6448)7131

それはいつまでも  
青い空のために



コスモ **ECO** ディーゼル

「DH-2」対応  
ディーゼルエンジンオイル  
SAE 10W-30 / SAE 15W-40

美しい地球、豊かな環境を目指して  
ひた走るパワー、コスモルブ・ウェイ

## コスモ石油ルブリカンツの 環境対応潤滑油



省電力型油圧作動油

コスモ  
スーパーエポック **UF**



省電力型工業用ギヤー油

コスモ  
ECOギヤー **EPS**

それはいつまでも  
蒼い地球のために

地球環境へ、

さらに新しい対応を求められている今、オイルもまた、次の課題をクリアする進化が問われます。  
コスモルブは、地球に、人に、優しい環境LUBEソリューションを提案してまいります。

 **コスモ石油ルブリカンツ株式会社** <http://www.cosmo-lube.co.jp/>  
カスタマーサポートセンター：0120-15-4899

多様なニーズに確かな技術で応えます。  
 進化を続ける三笠の自信作。

パイプコンパクター  
 MVH-306DSC



防音型  
 タンピングランマー  
 MT-55L-SGK  
 NETIS登録  
 TH-100005-A



低騒音型  
 コンクリートカッター  
 MCD-216S-SGK  
 低騒音指定番号  
 4510



低騒音型  
 バイブレーションローラー  
 MRH-600DSA  
 低騒音指定番号  
 4507



静音型  
 プレートコンパクター  
 MVC-F60S  
 NETIS登録  
 TH-100006-A



高周波バイブレーター  
 FX-40RE/FU-161



**三笠産業株式会社**  
 MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社/〒101-0064 東京都千代田区猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL: 06-6541-9631  
 札幌営業所 TEL: 011-892-6920  
 仙台営業所 TEL: 022-238-1521  
 新潟出張所 TEL: 090-7422-8801

北関東営業所 TEL: 0276-74-6452  
 長野出張所 TEL: 080-1013-9542  
 中部営業所 TEL: 052-451-7191  
 金沢出張所 TEL: 080-1013-9538

中国営業所 TEL: 082-875-8561  
 四国出張所 TEL: 087-868-5111  
 九州営業所 TEL: 092-431-5523  
 南九州出張所 TEL: 080-1013-9558

沖縄出張所 TEL: 090-7440-0404

# 木質粉砕の処理機械・廃棄物の高速選別機械は マルマにおまかせください。

## 粉砕機械

### 特長

- ◎抜群の生産量      ◎均一チップの生産      ◎独自のドラムカッターによる大幅コスト低減
- ◎自動負荷制御      ◎ヘビーデューティ      ◎コンパクト設計      ◎安定した機動性
- ◎移動しながらの高効率粉砕      ◎チップ飛散極小

### 木材・巨根の粉砕

自走式大型木質系粉砕処理機 (タブグラインダー)



### 長材・家屋廃材の粉砕

横投入式木質系粉砕処理機 (ホリゾンタルグラインダー)



## 自走式混合廃棄物高速選別機

### 特長

- ◎大量選別      ◎星型ブレード      ◎過負荷防止機能      ◎残土、混廃、チップ等選別可能
- ◎コンパクト設計      ◎材料を跳ね上げて選別      ◎優れた輸送性

### 木材チップの選別

モービル・スタースクリーン



### 混合廃棄物の選別

モービル・スタースクリーン



日本輸入総代理店



## マルマテクニカ株式会社

本社・相模原事業所 神奈川県相模原市南区大野台6丁目2番1号 〒252-0331  
営業部 TEL 042 (751) 3091 FAX 042 (756) 4389

東京事業部 東京都世田谷区桜丘1丁目2番22号 〒156-0054  
TEL 03 (3429) 2141 FAX 03 (3420) 3336

名古屋事業所 愛知県小牧市小針2丁目18番地 〒485-0037  
TEL 0568 (77) 3311 FAX 0568 (77) 3719

URL <http://www.maruma.co.jp>

# ダム工専用コンクリート運搬テルハ (クライミング機能付)

## 重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

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



### 吉永機械株式会社

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

## 本誌掲載広告カタログ・資料をご希望の方に・・・

建設の施工企画 ( 月号 ) 広告掲載下記カタログを請求します。

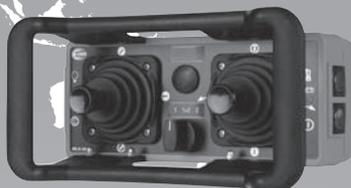
ご 芳 名			
会社名 (校名)	所属部・課名 (学科)		
所 在 地 (または住所)	〒	TEL	
		FAX	
会 社 名		製 品 名	

上記に所要事項ご記入の上 (株)共栄通信社『建設の施工企画』係宛  
(〒105-0004 東京都港区新橋4丁目24番3号 TEL03-5472-1801/FAX03-5472-1802)にお送り下さい。

# 海外向けの建設機械にも独HBC社製 ラジオコントロールシステム



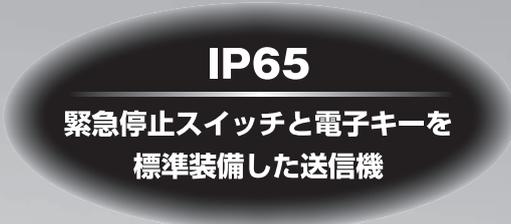
電波事情の異なる世界60カ国での現場実績に基づく高い信頼性



軽くて小さくても頑丈で高性能  
小型送信機にジョイスティック2本搭載  
「エコ」



LCDまたはLEDで、  
荷重やエラー信号など  
フィードバック表示可能  
「テクノス」



**IP65**  
緊急停止スイッチと電子キーを  
標準装備した送信機

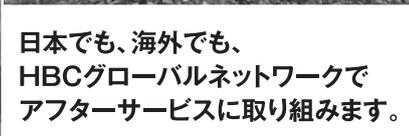


ジョイスティック、リニアレバー、  
LCDなどあらゆる操作部を搭載可能  
「スペクトラムシリーズ」



比例制御の強い味方  
リニアレバーを搭載  
「ライナス6」

1システムからのカスタマイズに  
ご対応します。



日本でも、海外でも、  
HBCグローバルネットワークで  
アフターサービスに取り組みます。

*Quality in Control.*



**HBC-radiomatic Japan 株式会社**

〒530-0046 大阪市北区菅原町10-23 ジーニス大阪ウエスト1F TEL 06-6363-0373 FAX 06-6363-0374

E-mail info@hbc-radiomatic.jp

[www.hbc-radiomatic.jp](http://www.hbc-radiomatic.jp)

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

# RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー



## 主な特長

- カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- 機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m（ケーブルハンガーを除く）
- 定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- 高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- 接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

**KYB** カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO., LTD

<http://www.kyb-ksm.co.jp>

本社・営業	〒105-0012	東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル	TEL. 03-5733-9444
カスタマーサービス相模事業所	〒252-0328	神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号	TEL. 042-767-2586
大阪支店	〒564-0063	大阪府吹田市江坂町1丁目23番20号 TEK第二ビル	TEL. 06-6387-3371
西部支店	〒812-0016	福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多	TEL. 092-411-4998
三重工場	〒514-0396	三重県津市雲出長常町1129番地11	TEL. 059-234-4111

# 安全・高能率な掘削を実現!

## 全断面对応中硬岩用トンネル掘進機 ロードヘッダSLB-300S型

### 特長

1. 最大8.8mの掘削高さで、新幹線、高速道路トンネルの全断面掘削が可能。
2. 300kW:2速切換型電動機の採用により、広範囲の岩種に対応可能。
3. ピック先端に高圧水を散水させ、ピック冷却と粉塵防止。
4. モード切換式パワーコントロール装置により岩質、運転状況に応じて作動設定の変更が可能。
5. 運転操作が優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
6. ケーブルリール装置により、電源ケーブルの取扱いが容易で移動が迅速。



製造・販売・レンタル及びメンテナンス

 株式会社 三井三池製作所

本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館  
TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

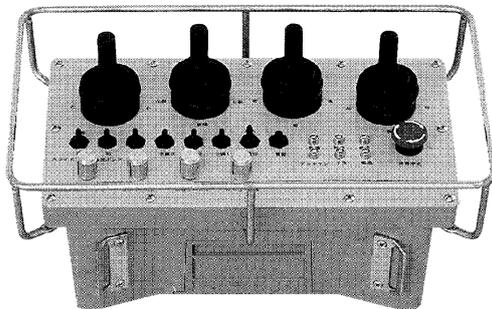
<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : [sanki@mitsumiike.co.jp](mailto:sanki@mitsumiike.co.jp)

建設機械用  
無線操作装置

# ダイワテレコン

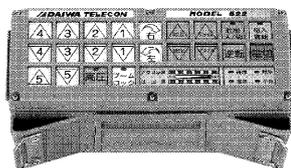
あらゆる仕様に対応  
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

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

**DAIWA TELECON**

大和機工株式会社

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

Empower your Vision.

HITACHI

Reliable solutions



## NEW ZAXIS

省エネ油圧システム「TRIAS」を採用。  
※ZAXIS470には新油圧システム「HIOSⅢB」を採用  
パワーを効率良く活用し、  
低燃費と高い生産性を両立しました。

油圧ショベル 新型ZAXIS-5 シリーズ  
**ZAXIS 240/280/330/470**

## NEW ZW

新開発「アクティブエンジン  
コントロールシステム」を採用。  
機械の動きから、エンジン回転数を制御し、  
低燃費を実現しました。



ホイールローダ 新型ZW-5 シリーズ  
**ZW 220/250/310/330**



特定特殊自動車排出ガス  
2011年基準適合車

# Low fuel. Good feel.

エコノミーな燃費で、ファーストクラスの心地よさ

より少ない燃費で高い生産性を実現することが、ますます  
求められています。日立建機は、この課題に応じて独自の  
省エネ技術をさらに進化させ、新しい油圧ショベル  
ZAXIS-5シリーズとホイールローダZW-5シリーズを開発し  
ました。作業性・安全性・メンテナンス性にも優れ、環境に  
やさしく、現場で頼もしい能力を発揮します。

ConSite

世界の現場 (Construction Site) の声に応じて生  
まれた新サービスメニュー「ConSite(コンサイト)」。  
新車保証や定期メンテナンスの各種プログラムの  
他、データレポート配信などのサービスをフルパッ  
ケージにしてサポートいたします。

 日立建機株式会社 <http://www.hitachi-kenki.co.jp/>

雑誌 03435-4



4910034350438  
00800

「建設の施工企画」

定価 一部 八四〇円

本体価格八〇〇円