

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

2019

# 建設機械施工 12

Vol.71 No.12 December 2019 (通巻838号)

## 特集 港湾・海洋



東京港臨港道路南北線沈埋トンネル 最終函（6号函）沈設

### 巻頭言 我が国における洋上風力発電の導入拡大に向けて

- |   |   |
|---|---|
| <p><b>行政情報</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 再エネ海域利用法に基づく促進区域指定及び占用公募制度の運用</li> </ul> <p><b>投稿論文</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 港湾の堤外地等における高潮対策</li> </ul> <p><b>交流の広場</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Team KUROSHIO ロボットで深海探査に挑む</li> </ul> <p><b>国土交通省報告</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 田瀬ダムの高圧放流設備</li> </ul> <p><b>JCMA報告</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 令和元年度産業標準化事業 経済産業大臣表彰</li> </ul> <p><b>統計</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 建設業の業況</li> </ul> | <p><b>技術報文</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 鋼板セル工法による次期処分場護岸建設工事の施工実績</li> <li>● 東京港臨港道路南北線沈埋トンネル</li> <li>● ニューマチックケーソン工法による海上橋梁下部工事の施工</li> <li>● 水中建設機械を対象とした作業情報呈示システムの検討</li> <li>● 浜松市沿岸域 防潮堤整備の紹介</li> </ul> |
|---|---|

一般社団法人 日本建設機械施工協会

KOBELCO

あなたは二度、新体感する。

Performance X Design

SK75SR

Performance × Design は、  
コベルコが挑む新SKシリーズコンセプト。  
ユーザーが求める生産性、安全性を飛躍的に高めること。  
ユーザーが体感できる快適性、デザイン性を極めること。異なる  
2つの革新が高い次元で融合されることで、新型SK75SRが誕生しました。

エンジン出力\*

28%up

登坂走行性能\*

26.9%up

アーム掘削速度\*

15%up

NETIS登録

iNDr Integrated  
Noise & Dust  
Reduction  
Control System

※SK75SR-3E型機比数値は条件により変動します。

コベルコ建機株式会社 お問い合わせ 03-5789-2111

SK 75SR



# 令和2年度 日本建設機械施工大賞の公募について

本協会では、平成元年度に一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞を創設し、建設事業の高度化に関し顕著な功績をあげた業績について表彰して参りました。また平成27年度の募集から表彰内容を拡充したことに伴い、表彰名称を『会長賞』から『日本建設機械施工大賞』に変更いたしました。

令和2年度の表彰につきましても、下記により公募いたしますので、内容検討の上、奮ってご応募いただきますよう、ご案内いたします。

## 1. 表彰の目的

**大賞部門**は、我が国の建設事業における**建設機械及び建設施工に関する技術等に関して、調査・研究、技術開発、実用化等**により、その**向上・普及**に顕著な功績をあげたと認められる業績を表彰し、**地域賞部門**は、従来の施工方法・技術を**改良あるいは普及**させるなどの**取り組み**を通じて、**当該地域の事業者等で建設事業の推進に寄与したと認められる業績**を表彰し、もって**国土の利用、開発・保全及び経済・産業の発展に寄与**することを目的とします。

## 2. 表彰対象

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

## 3. 表彰の種類

表彰は、**各部門とも最優秀賞、優秀賞**とします。最優秀賞は総合的な評価の最も高かったもの、優秀賞はそれに準ずるものに与えられます。なお、ユニークなアイデアあるいは特に秀でた特徴を有するような提案があれば、選考委員会賞として表彰することもあります。

受彰者には賞状及び副賞として1件につき下記の賞金を授与します。

副賞賞金	大賞部門	最優秀賞	30万円
		優秀賞	15万円
	地域賞部門	最優秀賞	20万円
		優秀賞	10万円
	各部門とも	選考委員会賞	5万円

## 4. 表彰式

本協会第9回通常総会（令和2年6月16日（火）予定）終了後に行います。

## 5. 応募

別紙「**日本建設機械施工大賞応募要領**」に基づく**応募用紙**の提出により行われます。大賞部門と地域賞部門の両方へ応募することもできますが、同一内容の業績では、両部門へ重複して応募することはできません。なお、**自薦、他薦を問いません。**応募の締め切りは、**令和2年2月28日（金）（必着）**です。（申し込みアドレス：t-abe@jcmnet.or.jp）

## 6. 選考

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

## 7. その他

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

以上

## 令和2年度 日本建設機械施工大賞 応募要領

『令和2年度 日本建設機械施工大賞』（大賞部門、地域賞部門）を部門ごとに募集いたします。大賞部門と地域賞部門の両方へ応募することもできますが、同一内容の業績では、両部門へ重複して応募することはできません。

それぞれの応募用紙を作成していただきます。

1. 表彰対象 (一社) 日本建設機械施工協会の団体会員、支部団体会員、個人会員又は建設機械及び建設施工に関する技術等の関係者のうち表彰目的に該当する業績のあった団体、団体に属する個人及びその他の個人。
2. 募集の方法 表彰候補の団体、団体に属する個人及びその他の個人の応募による。
3. 応募の方法 協会所定の応募用紙（大賞部門、地域賞部門）による。  
応募用紙は、当協会のホームページ（<https://jcmanet.or.jp/>）からダウンロードし、必要事項を記載の上、Excel形式及びPDF形式とし、電子メールにてお申し込み下さい。  
(※Excel形式の枠内に自由にレイアウトして記載)  
なお、提出いただいた資料は返却いたしません。
4. 応募締切 令和2年2月28日（金）
5. 記載方法  
大賞部門
  - 「推薦文」（自薦・他薦を問わず、1ページ以内）
  - 「業績内容の概要」を記述する（1ページ以内）
  - 「業績内容」（下記aからiまで項目順に、簡潔に10ページ以内）
    - a. 業績の行われた背景
    - b. 業績の詳細な技術的説明
    - c. 技術的効果
    - d. 経済的効果
    - e. 施工または生産・販売実績
    - f. 類似工法または機械との比較
    - g. 波及効果
    - h. 特許、実用新案のタイトル（出願、公開、登録、国内・国外を明記）
    - i. 他団体の表彰等に応募中か、すでに表彰を受けているかを記述
  - 参考資料として次のものを添付して下さい。
    - a. 特許関係（公開または登録済みのものの最初のページの写し）
    - b. カタログ（主要なもの1～2点）
    - c. 学会、技術誌等への発表論文があれば、そのコピー（2～3点）
  - 提出物  
応募用紙（「推薦文」・「業績の概要」・「業績の内容」がセットのもの）  
参考資料

地域賞部門

- 「推薦文」（自薦・他薦を問わず、1ページ以内）
- 「業績内容の概要」を記述する（1ページ以内）
- 「業績内容」（下記aからeまで項目順に、簡潔に2ページ以内）
  - a. 業績の行われた背景
  - b. 業績の説明（工夫した点など）
  - c. 業績の効果
  - d. 施工または生産・販売実績
  - e. 地域への貢献度
- 参考資料として次のものを添付し、簡単に説明文をつけて下さい。
  - a. 学会、技術誌等への発表論文があれば、そのコピー（2～3点）
  - b. カタログ、パンフレット（主要なもの1～2点）
  - c. 新聞記事、写真等（主要なもの1～2点）
- 提出物
  - 応募用紙（「推薦文」・「業績の概要」・「業績の内容」がセットのもの）
  - 参考資料

6. 申込・お問い合わせ先

大賞部門 一般社団法人日本建設機械施工協会

本部

日本建設機械施工大賞事務局 TEL 03-3433-1501 FAX 03-3432-0289  
申し込みアドレス：[t-abe@jcmanet.or.jp](mailto:t-abe@jcmanet.or.jp)

地域賞部門 一般社団法人日本建設機械施工協会

本部

日本建設機械施工大賞事務局 TEL 03-3433-1501 FAX 03-3432-0289

支部

北海道：TEL 011-231-4428 FAX 011-231-6630  
東北：TEL 022-222-3915 FAX 022-222-3583  
北陸：TEL 025-280-0128 FAX 025-280-0134  
中部：TEL 052-962-2394 FAX 052-962-2478  
関西：TEL 06-6941-8845 FAX 06-6941-1378  
中国：TEL 082-221-6841 FAX 082-221-6831  
四国：TEL 087-821-8074 FAX 087-822-3798  
九州：TEL 092-436-3322 FAX 092-436-3323

# 2019年版 日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版 発売通知

当協会では、国内における建設機械を網羅した『日本建設機械要覧』を2019年3月に刊行し、現場技術者の工事計画の立案、積算、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用頂き、好評を頂いております。

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

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

1	商品名	日本建設機械要覧2019 電子書籍（PDF）版	建設機械スプック一覧表、 電子書籍（PDF）版	
2	形態	電子書籍（PDF）	電子書籍（PDF）	
3	閲覧	Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス	Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス	
4	内容	要覧全頁	spec一覧表	
5	改訂	3年毎	3年毎	
6	新機種情報	要覧クラブで対応	要覧クラブで対応	
7	検索機能	1.単語検索	1.単語検索	
8	附属機能 注) タブレット・スマートフォンは、 一部機能が使えません。	・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・目次からのリンク ・各 章ごと目次からのリンク ・索引からの リンク ・メーカーHPへのリンク	・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・メーカーHPへのリンク	
9	予定販売 価格 (円・税込)	会員	55,000（3年間）	49,500（3年間）
		非会員	66,000（3年間）	60,500（3年間）
10	利用期間	3年間	3年間	
11	同時ログイン	3台	3台	
12	認証方法	ID+パスワード	ID+パスワード	
13	購入方法	WEB上にて申込み（HP参照下さい）	WEB上にて申込み（HP参照下さい）	

## 発売時期

令和元年5月 HP：<http://www.jcmanet.or.jp/>

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

## Webサイト 要覧クラブ

2019年版日本建設機械要覧およびスプック一覧表電子書籍（PDF）版購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版から、2016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2019年版を含めると1998年から2018年までの建設機械データが活用いただけます。

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。



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

関係部署にも回覧をお願いします

橋梁架設工事及び設計積算業務の必携書

# 橋梁架設工事の積算

## 令和元年度版

∞∞∞ 改定・発刊のご案内 ∞∞∞

一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。  
平素は当協会の事業推進について、格別のご支援・ご協力を賜り厚く御礼申し上げます。  
さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準が改正され、平成 31 年 4 月以降の工事費の積算に適用されることに伴い、また近年の橋梁架設工事の状況、実績等を勘案し、当協会では「橋梁架設工事の積算 令和元年度版」を発刊することと致しました。  
なお前年度版同様、橋梁の補修・補強工事の積算に際し、その適用範囲や積算手順をわかりやすく解説した「橋梁補修補強工事積算の手引き 令和元年度版」を別冊（セット）で発刊致します。  
つきましては、橋梁架設工事の設計積算業務に携わる関係各位に是非ご利用いただきたくご案内申し上げます。 敬具

### ◆内容

令和元年度版の構成項目は以下のとおりです。

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

### ◆改訂内容

国交省基準の改定に伴う歩掛等の改訂のほか、平成 30 年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

1. 鋼橋編
  - ・アルミ検査路設置歩掛の策定
  - ・地組溶接架台施工写真の追加
  - ・架設用製作部材単価の改訂
2. P C 橋編
  - ・地覆高欄作業車の計算例を追加
  - ・桁下足場、橋台・橋脚回り足場ブラケット工の設置月数について追記
  - ・外ケーブル工の P E 保護管について規格変更
3. 橋梁補修編
  - ・工種毎適用足場の考え方についての表を掲載
  - ・支取代替工（施工パッケージ以外）の歩掛等改定
  - ・落橋防止システム工の掲載構成を変更
  - ・外ケーブル工の参考写真を掲載
  - ・ブラスト、湿式剥離養生工の歩掛および環境対策費と安全衛生保護具費用の改定

### 別冊「橋梁補修補強工事 積算の手引き」

- ・施工パッケージを考慮した積算要領への改訂



- A 4 判／本編約 1,050 頁（カラー写真入り）  
別冊約 250 頁 セット

- 定価  
一般価格：11,000 円（本体 10,000 円）  
会員価格：9,350 円（本体 8,500 円）

※ 別冊のみの販売はいたしません。

※ 送料は一般・会員とも  
沖縄県以外 900 円  
沖縄県 710 円（但し県内に限る）

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

- 発刊 令和元年 5 月 20 日

## <図書紹介>

# 令和元年度版 建設機械等損料表

- 発刊日 : 令和元年5月6日
- 体裁 : A4判 モノクロ 約475ページ
- 定価 : 一般価格 本体 8,000円 (税別)  
会員価格 本体 6,800円 (税別)

## ■ 内 容

令和元年度版の構成項目は以下のとおりです。

- 第Ⅰ章 機械損料の構成と解説
- 第Ⅱ章 関連通達・告示等
- 第Ⅲ章 損料算定表の見方(要約版)
- 第Ⅳ章 建設機械等損料算定表
- 第Ⅴ章 船舶損料算定表
- 第Ⅵ章 ダム施工機械等損料算定表
- 第Ⅶ章 除雪用建設機械等損料算定表



一般社団法人 日本建設機械施工協会

# 2019年版 日本建設機械要覧

## 発売のご案内

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

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



### 発刊日

平成31年3月

### 体裁

- ・B5判、約1,276頁／写真、図面多数／表紙特製
- ・2016年版より外観を大幅に刷新しました。

### 価格（消費税10%含む）

一般価格 53,900円（本体49,000円）  
会員価格 45,100円（本体41,000円）  
（注）送料は1冊900円（複数冊の場合別途）

### 特典

2019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年版から2016年版までの全ての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2019年版を含めると1998年から2018年までの建設機械データが活用いただけます。

なお同じ要覧クラブ上で2019年版要覧以降発売された新機種情報もご覧いただけます。

## 2019年版 内容

- ・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・災害対策用機械および除雪機械
- ・作業船
- ・ICT建機、ICT機器（新規）
- ・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
- ・WJ工法、CSG工法、タイヤ、ワイヤロープ、燃料油、潤滑剤および作動油、検査機器等

## ◆ 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 2019年版	冊
-----------------	---

上記図書を申込み致します。令和 年 月 日

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

### ◆ 申込方法 ◆

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

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

[お問合せ及びお申込先]

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	TEL 03 (3433) 1501 FAX 03 (3432) 0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 さっけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東北支部	〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18 太陽生命仙台北町ビル5F	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北陸支部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中部支部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関西支部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中国支部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四国支部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイイトビル	TEL 087 (821) 8074 FAX 087 (822) 3798
九州支部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30 いわきビル	TEL 092 (436) 3322 FAX 092 (436) 3323

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

# 消融雪設備 点検・整備ハンドブック

平成30年7月発行

本書は、消融雪設備の老朽化対策として平成28年3月に国土交通省が策定した「消融雪設備点検・整備標準要領（案）」の技術者向け解説書です。

## ■消融雪設備 点検・整備ハンドブック

本編

消融雪設備 点検整備ハンドブック本編

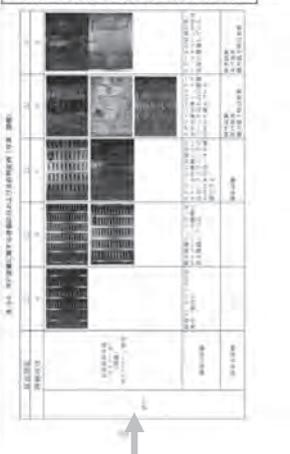
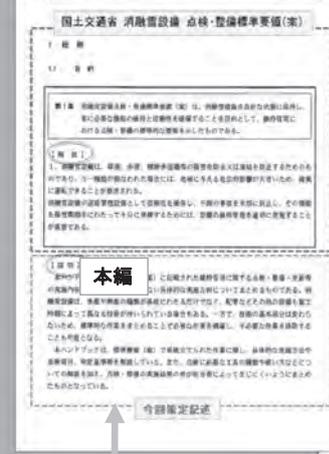
点検結果の評価区分及び良否判定例

付表

「必要箇所をコピーして活用」を想定

点検整備チェックシート

点検整備チェックシート解説



○箱枠内に「消融雪設備点検・整備標準要領（案）」を掲載し、【説明】として解説事項を箱枠外に掲載。

標準要領の目的理解を支援

○5段階状況写真等を利用した評価例と施設の状態解説、対処方法例を掲載。

的確な判定を支援

○「消融雪設備点検・整備標準要領（案）」に、実際の点検内容の解説等を追加掲載。

本書の購入者は、出版元ホームページからID、PASSでチェックシートのダウンロードが可能です

技術の継承・支援

○点検方法、判定方法および判定基準、不良時の措置方針を掲載。

若手技術者育成・支援

## 消融雪設備 点検・整備ハンドブック策定委員会

(一社) 新潟県融雪技術協会

〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1 TEL (025) 282-1114/FAX (025) 281-1507

(一社) 日本建設機械施工協会 北陸支部

〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1 TEL (025) 280-0128/FAX (025) 280-0134

北陸融雪技術協議会

〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1 TEL (025) 281-8812/FAX (025) 281-8832

※ 裏面に注文書があります。

# 消融雪設備 点検・整備ハンドブック注文書

注文日： 令和 年 月 日

官公庁・会社名			担当部署：
担当者			
電話番号	-	-	
FAX番号	-	-	
メールアドレス			
お届け先	住所	〒	
注文内容	会員 ・ 非会員 ← どちらかに○印をつけて、必要部数を記入してください。		
		会員	非会員
	必要部数	冊	冊
	価 格	11,000円/冊	13,200円/冊
	消費税	1,000円/冊	1,200円/冊
	送 料	700円/冊	700円/冊
	合 計		
備考	請求書の宛名等ご希望をお知らせください		

※ 送料(送料・手数料)は冊数が複数になる場合は、変更になります。

【申し込み先】(一社)日本建設機械施工協会 北陸支部 他 最寄の本部・支部。  
 ※ 北陸支部については、北陸支部ホームページからご注文が可能です。  
<http://www.niigata-inet.or.jp/jcmahoku/>

【内容問合せ先】(一社)日本建設機械施工協会 北陸支部  
 TEL 025-280-0128  
 FAX 025-280-0134

初の  
実務者向け入門版!!

# 情報化施工 デジタルガイドブック

2014.3  
発刊!

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

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

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



## 情報化施工 デジタルガイドブック

JCMA 一般社団法人  
日本建設機械施工協会

### 特徴

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

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



Windows版

JCMA  
一般社団法人 日本建設機械施工協会  
(禁複製)

デジタルブックDVD版  
(デジタル画像・動画等)

プレビューA4版冊子付

### 定価

一般価格

2,200円 (本体2,000円)

会員価格

1,980円 (本体1,800円)

※送料別途

### 主な内容

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

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

JCMA 図書 検索

# **論文投稿のご案内**

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

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

## **★投稿対象**

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

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

## **★部門**

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

## **★投稿資格**

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

## **★原稿の受付**

随時受け付けます。

## **★公表の方法**

当協会機関誌へ掲載します。

**★機関誌への掲載は有料です。**

**★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。**

## **★連絡先**

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館)

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

## ◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内 ◆

会費：年間 9,000円

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

### ★個人会員の特典

- 「建設機械施工」を機関誌として毎月お届け致します。(一般購入価格 1冊880円/送料別途)。  
「建設機械施工」では、建設施工や建設機械に関わる最新の技術情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告などのほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。
- 協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入できます。
- シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の建設機械・建設機械施工の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに、会員価格(割引価格)で参加できます。

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非入会下さい!!

## ◆ 一般社団法人 日本建設機械施工協会について ◆

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

### 一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

#### ■会員構成

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

#### ■主な事業活動

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

#### ■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙を使用してください。

### 【お問い合わせ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会 個人会員に入会します。

令和 年 月 日

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

**【会費について】 年間 9,000円**

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

**【その他ご入会に際しての留意事項】**

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

**【個人情報の取扱について】**

ご記入頂きました個人情報は、日本建設機械施工協会のプライバシーポリシー(個人情報保護方針)に基づき適正に管理いたします。本協会のプライバシーポリシーは [http://www.jcmanet.or.jp/privacy\\_policy.htm](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（令和元年12月現在） 消費税10%

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	R元年 9月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和元年度版	6,600	5,610	700
2	R元年 6月	日本建設機械要覧 2019年電子書籍 (PDF) 版	66,000	55,000	-
3	R元年 6月	建設機械スペック一覧表 2019年電子書籍 (PDF) 版	60,500	49,500	-
4	R元年 5月	橋梁架設工事の積算 令和元年度版	11,000	9,350	900
5	R元年 5月	令和元年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
6	H31年 3月	日本建設機械要覧 2019年版	53,900	45,100	900
7	H30年 8月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	700
8	H30年 5月	よくわかる建設機械と損料 2018	6,600	5,610	700
9	H30年 5月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成30年度版	6,600	5,610	700
10	H30年 5月	橋梁架設工事の積算 平成30年度版	11,000	9,350	900
11	H30年 5月	平成30年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
12	H29年 4月	ICTを活用した建設技術 (情報化施工)	1,320	1,100	700
13	H28年 9月	道路除雪オペレータの手引	3,850	3,080	700
14	H28年 5月	よくわかる建設機械と損料 2016	6,600	5,610	700
15	H28年 5月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成28年度版	6,600	5,610	700
16	H26年 3月	情報化施工デジタルガイドブック【DVD版】	2,200	1,980	700
17	H25年 6月	機械除草安全作業の手引き	990	880	250
18	H23年 4月	建設機械施工ハンドブック (改訂4版)	6,600	5,604	700
19	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300		700
20	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,300		250
21	H22年 7月	情報化施工の実務	2,200	1,885	700
22	H21年 11月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,200	700
23	H20年 6月	写真でたどる建設機械 200年	3,080	2,608	700
24	H19年 12月	除雪機械技術ハンドブック	3,143		700
25	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	3,520	2,933	700
26	H17年 9月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)*	1,048		250
27	H16年 12月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)*	5,238		250
28	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)*	3,520		250
29	H15年 7月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,650	1,540	700
30	H15年 6月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル(案)	1,980		700
31	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)	1,980		700
32	H15年 6月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550		250
33	H13年 2月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック (第3版)	6,600	6,160	700
34	H12年 3月	移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル (第2版)	2,724	2,410	700
35	H11年 10月	機械工事施工ハンドブック 平成11年度版	8,360		700
36	H11年 5月	建設機械化の50年	4,400		700
37	H11年 4月	建設機械図鑑	2,750		700
38	H10年 3月	大型建設機械の分解輸送マニュアル*	3,960	3,520	250
39	H9年 5月	建設機械用語集	2,200	1,980	700
40	H6年 8月	ジオスペースの開発と建設機械	8,382	7,857	700
41	H6年 4月	建設作業振動対策マニュアル	6,286	5,657	700
42	H3年 4月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,266	9,742	700
43	S63年 3月	新編 防雪工学ハンドブック【POD版】	11,000	9,900	700
44	S60年 1月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック*	6,600		250
45		建設機械履歴簿	419		250
46	毎月 25日	建設機械施工【H25.6月号より図書名変更】	880	792	700
			定期購読料 年12冊 9,408円(税・送料込)		

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

※については当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄をご参照ください。

特集

# 港湾・海洋

巻頭言

4 我が国における洋上風力発電の導入拡大に向けて

岩波 光保 東京工業大学 環境・社会理工学院 土木・環境工学系 教授

行政情報

5 再エネ海域利用法に基づく促進区域指定及び占用公募制度の運用

伊藤 直樹 国土交通省 港湾局 海洋・環境課 環境対策係長

11 港湾の堤外地等における高潮対策

港湾の堤外地等における高潮リスク低減方策ガイドラインの改訂

森田 祐輝 国土交通省 港湾局 海岸・防災課 港湾物流維持係長

特集・  
技術報文

16 鋼板セル工法による次期処分場護岸建設工事の施工実績  
潮流等を考慮した護岸締切部の施工

森 恭介 東亜建設工業(株) 東京支店 締切部築造作業所 現場代理人  
小泉 博之 東亜建設工業(株) 東京支店 締切部築造作業所 所長

21 東京港臨港道路南北線沈埋トンネル 沈設トンネル工事の施工

西村 行雄 五洋建設(株) 東京土木支店 有明工事事務所 工事所長  
原田 泰夫 五洋建設(株) 東京土木支店 有明工事事務所 工事主任  
時松 千夏 五洋建設(株) 東京土木支店 有明工事事務所 工事係

27 中防内5号線橋りょう他整備工事アーチ橋の台船ロールオンと一括架設

竹嶋 竜司 (株)IHI インフラシステム 建設部

30 洋上風力建設に対する取り組み

白枝 哲次 清水建設(株) エンジニアリング事業本部 新エネルギーエンジニアリング事業部 事業部長  
萩原 政弘 日鉄エンジニアリング(株) 海洋事業部 国内海洋営業室 室長  
井元 康介 清水建設(株) エンジニアリング事業本部 新エネルギーエンジニアリング事業部 係員

37 ニューマチックケーソン工法による海上橋梁下部工事の施工  
川崎港臨港道路東扇島水江町線 (MP4) 橋梁下部工事

遠藤 智 大成建設(株) 土木本部機械部 課長  
香川 純成 大成建設(株) 横浜支店土木部 作業所長

43 水中建設機械を対象とした作業情報呈示システムの検討

平林 文嗣 (国研) 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 新技術研究開発領域  
喜多 司 (国研) 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 新技術研究開発領域

49 浜松市沿岸域 防潮堤整備の紹介

ダム技術“CSG工法”を用いた海岸防潮堤の施工方法

高田 剛志 静岡県 浜松土木事務所 沿岸整備課 課長  
徳増 智史 静岡県 浜松土木事務所 沿岸整備課 沿岸整備班 班長  
寺田 知史 静岡県 浜松土木事務所 沿岸整備課 沿岸整備班 主査

54 800 t 吊 SEP 型多目的起重機船 CP-8001

高倉遼矢都 五洋建設(株) 土木部門 土木本部 船舶機械部

60 高品質の生コンを供給する環境対応型コンクリートミキサー船  
海洋土木工事のノウハウを注ぎ込んだ「第三十六豊号」の建造

島田 喜章 (株)森長組 海洋部

64 ケーソン自動制御据付システムの開発による海上工事のICT  
取組

和田 真郷 東洋建設(株) 土木事業本部 土木技術部 部長  
加藤 直幸 東洋建設(株) 土木事業本部 土木技術部 部長  
山口 陽介 東洋建設(株) 土木事業本部 土木技術部 係長

69 海洋開発事業への取り組み

海から社会の発展に寄与することを目指し

石田 和利 深田サルベージ建設(株) 東京支社 海洋開発事業 計画技術部 部長代理

投稿論文	75	建設機械による実機実験法に関する考察 —油圧ショベルの遠隔操作等を対象として— 藤野 健一 国立研究開発法人土木研究所総括研究監 技術推進本部 橋本 毅 国立研究開発法人土木研究所主任研究員 技術推進本部 山田 充 国立研究開発法人土木研究所研究員 技術推進本部 山内 元貴 国立研究開発法人土木研究所研究員 技術推進本部 油田 信一 芝浦工業大学客員教授 SIT 総合研究所
交流のひろば	82	Team KUROSHIO ロボットで深海探査に挑む 海底探査技術国際競技大会「Shell Ocean Discovery XPRIZE」への挑戦 Team KUROSHIO (チームクロシオ) 一同
ずいそう	88	私たちのダイビング歴 加藤 謙 加藤技術サービス事務所
	90	雲上の頂に魅せられて 山邊 義修 開成工業㈱ 福岡営業所 技術部長
国土交通省 報告	94	田瀬ダムの高圧放流設備 (一社) 日本機械学会 2019 年機械遺産認定 齋藤 清見 国土交通省 東北地方整備局 北上川ダム統管理事務所 副所長 前川 茂 国土交通省 東北地方整備局 北上川ダム統管理事務所 保全対策官
JCMA 報告	99	JCMA 西脇徹郎氏 経済産業大臣表彰 標準部
部会報告	101	新潟トランス(株) 新潟事業所 工場見学会 機械部会 除雪機械技術委員会
	103	令和元年度 夏季現場見学会 新東名高速道路 河内川橋工事 建設業部会
	105	国道 17 号線 新三国トンネル現場見学会 報告 機械部会 コンクリート機械技術委員会
	107	新工法紹介 機関誌編集委員会
	108	新機種紹介 機関誌編集委員会
統計	111	建設業の業況 機関誌編集委員会
	117	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
	118	行事一覧 (2019 年 10 月)
	122	編集後記 (松澤・飯田)
その他	123	“建設機械施工” 既刊目次一覧 2019 年 1 月号 (第 827 号) ~ 2019 年 12 月号 (第 838 号)

◇表紙写真説明◇

東京港臨港道路南北線沈埋トンネル 最終函 (6 号函) 沈設

写真提供：五洋建設(株)

東京都江東区の有明地区と中央防波堤地区を繋ぐ海底トンネルに沈埋トンネル工法が採用され、東京港臨港道路南北線の工事が進められている。沈埋トンネル区間は延長約 930 m あり、1 函あたり長さ約 134 m の沈埋函を 7 函海底に沈めて接合する。写真は 7 函のうちの最終函である 6 号函沈設時の状況である。

**巻頭言**

# 我が国における 洋上風力発電の導入拡大に向けて



岩波光保

最近、洋上風力発電が注目を集めている。政府のエネルギー基本計画（2018年7月閣議決定）では、再生可能エネルギーのうち風力発電に関して、陸上風力の導入可能な適地が限定的な我が国では、洋上風力発電の導入拡大は不可欠であり、地域との共生を図る海域利用のルール整備、基地港湾への対応、関連手続きの迅速化などの導入促進策が必要であることが示されている。2017年時点で、我が国の再生可能エネルギー比率は16.1%、このうち風力は0.6%に留まっているが、2030年度には、再生可能エネルギー比率を22～24%、このうち風力を1.7%まで引き上げることが目標である。風力発電の比率を今後10年で3倍程度に引き上げるためには、上記の導入促進策を積極的に推進していかなければならない。2017年度の洋上風力発電の導入実績は、イギリスで6,835 MW、ドイツで5,355 MWであるのに対して、日本はわずか20 MWに留まっている。しかし、領海を含む排他的経済水域（EEZ）の総面積が世界第6位で、年間を通じて安定した風況が得られる我が国では、洋上風力発電のポテンシャルは極めて大きい。そこで最初に目を付けられたのが港湾区域である。これは、洋上風力発電施設の建設や維持管理のためのインフラが近接しており、背後地の電力系統への接続が容易で、海域の管理や利用調整の仕組みが整備されているためである。2016年7月施行の改正港湾法により、発電事業者の長期（20年）にわたる占用を公募を通じて許可する制度が整えられ、さらに、海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律（通称：再エネ海域利用法）の制定（2019年4月施行）により、一般海域での長期占用（30年）も制度化されてきている。また、洋上風力発電設備の設計、施工および維持管理のための技術基準の整備も着実に進められており、洋上風力発電の導入拡大に向けた素地は整ったものと考えられる。

今後、いよいよ我が国でも洋上風力発電設備が本格的に建設されることになるが、まず必要なことは基地港湾の整備であろう。洋上風力発電設備を構成する基礎杭、タワー、ナセル、ブレードなどの部材は寸法および重量が大きいので、既存の港湾施設では保管や積

み出しができない恐れがあり、既存施設の改良が必要な場合がある。この際、扱う部材のスケールや作業の特殊性を考えると、これまでの施設整備や改良の考え方は通用しない可能性が高い。洋上風力発電の基地港湾整備のための技術的な指針が必要である。

また、洋上風力発電設備を構成する基礎杭、タワー、ナセル、ブレードなどの部材については、現時点では海外からの輸入に頼らざるを得ないが、今後の我が国におけるニーズの高さを考えると国内における製造拠点の整備を期待したい。今後我が国にどれだけのニーズがあるかによって採算ベースが変化すると想定されるが、近隣諸国への展開も考えて、洋上風力発電に関わる各種の産業を将来の我が国の有望な国内産業の1つに位置付けて、官民をあげた取組みが望まれる。

洋上風力発電設備の建設が完了し、運転が開始されると、設備の維持管理が始まる。我が国には港湾施設の維持管理に関する豊富な知見や経験が備わっているが、これをそのまま洋上風力発電設備の維持管理に当てはめてはいけぬ。港湾施設と洋上風力発電設備では求められる機能や性能が異なり、設計供用期間も大きく異なる。港湾施設の維持管理で蓄積してきた知見や経験をベースに、洋上風力発電設備の維持管理手法を確立しなければならない。ヨーロッパなどの洋上風力発電の先進国の維持管理手法を参考にすることもできるが、自然環境条件が大きく異なる点に注意しなければならない。また、洋上風力発電設備は、基地港湾に設けられる維持管理拠点から数キロ～数十キロ沖合にあることから、アクセス性も大きな問題である。これに対しては、ICT技術を活用したモニタリングの導入を進めることが望ましい。また、設計と維持管理を別々に考えるのではなく、モニタリングに基づく維持管理を前提とした設備の設計も検討に値する。

洋上風力発電設備の本格的な建設は我が国にとっては経験のないことである。これまでの海洋土木の技術や知見を活用しつつも、新たな視点や斬新な考えを取り入れながら、この新しい壮大なプロジェクトに取り組んでいく必要がある。

## 行政情報

# 再エネ海域利用法に基づく 促進区域指定及び占用公募制度の運用

伊藤直樹

海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進を図ることは、海洋の積極的な開発及び利用並びに再生可能エネルギーの長期的安定的な主力電源化に向けて重要であり、これを実現するため、平成31年4月に施行された海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律（平成30年法律89号。以下「再エネ海域利用法」。）に基づく措置を講ずることにより、我が国の経済社会の健全な発展及び国民生活の安定向上に寄与することを目指している。

本稿では、再エネ海域利用法に基づき、我が国の一般海域における洋上風力発電事業の普及促進に向けた、制度の運用状況について解説する。

キーワード：洋上風力発電，一般海域占用，占用公募制度，再生可能エネルギー，基地港湾

## 1. 背景

海洋の利用は、海洋基本法において、「海洋の開発及び利用が我が国の経済社会の存立の基盤である」とされており、特に、再生可能エネルギーの導入による海域の利用については、第3期海洋基本計画（平成30年5月閣議決定）において、「世界有数の広大な管轄海域を活かし、海洋資源の開発や再生可能エネルギーの利用拡大等豊かな海の恵みの活用を進めるべき」とされている。

また、エネルギー基本計画（平成30年7月閣議決定）において、再生可能エネルギーは、エネルギー安全保障にも寄与できる有望かつ多様で、長期を展望した環境負荷の低減を見据えつつ活用していく重要な低炭素の国産エネルギーとして位置付けられ、2030年のエネルギーミックスにおける電源構成比率の実現とともに、確実な主力電源化への布石としての取組を早期に進めることとされている。

洋上風力発電は、海外では急激にコスト低下が進み、大規模な開発も可能であることから、海に囲まれ、かつ国土の面積も狭い日本において、再生可能エネルギーの最大限の導入と国民負担抑制を両立する重要な電源であるが、一般海域の利用に関して長期占用を実現するための統一的ルールや先行利用者との調整の枠組みが存在しないなどの課題により導入が進んでいない状況であった。

これらの課題を解消すべく、港湾法の占用公募制度

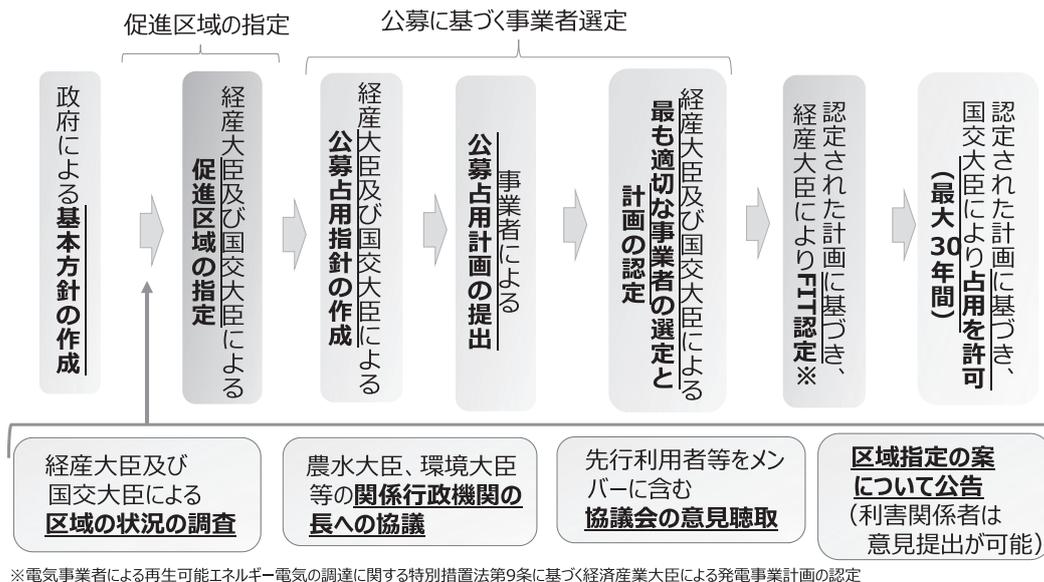
をモデルとし、一般海域における海洋再生可能エネルギー発電設備（以下、「発電設備」。）の整備に関し、関係者との調整の枠組みを定めつつ海域の長期にわたる占用が可能となるよう所要の措置を講ずるための再エネ海域利用法が平成30年11月に成立し、平成31年4月より施行された。

## 2. 再エネ海域利用法の概要

再エネ海域利用法の法体系に基づく運用手順を図1に示す。法律を運用する上での基本的な方針を定め、海洋再生可能エネルギー発電設備整備促進区域（以下、「促進区域」。）を指定し、占用公募制度に基づいて事業者を選定する流れとなる。選定された事業者は認定された計画に基づき、経済産業大臣によるFIT認定を受け、国土交通大臣から占用許可を受けた上で、海域を占用し、海洋再生可能エネルギー発電事業（以下、「発電事業」。）を行うこととなる。

再エネ海域利用法に基づく基本的な方針として、令和元年5月に、「海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るための基本的な方針」（以下、「基本方針」。）が閣議決定された。以下に基本方針の概要を示す。

①意義として、「海洋の積極的な開発・利用」及び「再生可能エネルギーの長期的安定的な主力電源化」の実現を掲げ、「長期的、安定的かつ効率的な発



図一 再エネ海域利用法に基づく手続きの概要

電事業の実現」,「海洋の多様な利用等との調和」等を目標に設定。

- ②再エネ海域利用の促進に関する事項として、国による情報提供、電力システムの確保、環境影響評価の短縮、技術開発等を規定。
- ③促進区域の指定に関する事項として、協議会において、関係者と十分に意思疎通を行い丁寧に協議すること、地域・利害関係者の意見は十分に配慮すること等を規定。
- ④海洋の多様な開発及び利用等との調和に関する事項として、将来の撤去費用の確保並びに、地震等に対する発電設備の安全な構造及び維持管理に係る基準の策定等を規定。
- ⑤基地港湾に関する事項として、高耐荷重等を有する港湾施設を備えており、促進区域と一体的に確保される必要があることを規定。

一方、法の運用に先立って、促進区域の指定、公募による事業者選定については基準の具体化や手続きの具体的な運用方法については、技術的、専門的な知見も踏まえて検討する必要があるため、平成30年12月から平成31年3月にかけて計4回の合同会議（総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会／電力・ガス事業分科会、再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会洋上風力促進ワーキンググループ及び交通政策審議会港湾分科会環境部会洋上風力小委員会）を開催した。また、合同会議において検討された事項、基本的な運用方針については、平成31年4月に中間整理としてとりまとめた。

さらに、中間整理内にて提言された促進区域指定時

の関係地方自治体、事業者その他の利害関係者等の予見可能性を確保するためのガイドラインとして「海洋再生可能エネルギー発電設備促進区域指定ガイドライン」（以下、「ガイドライン」。）を令和元年6月に策定した。また、公募時においては関係都道府県知事及び学識経験者の意見を聴取した上で促進区域ごとに公募占用指針が作成されることになるものの、関係者の予見可能性や促進区域の公平性を確保するために全国で統一的な運用指針として「一般海域における占用公募制度の運用指針」（以下、「運用指針」。）を令和元年6月に策定した。次章以降、ガイドライン及び運用指針について解説する。

### 3. 海洋再生可能エネルギー発電設備整備促進区域指定ガイドライン<sup>1)</sup>

再エネ海域利用法において、経済産業大臣及び国土交通大臣は、我が国の領海及び内水のうち一定の区域であって自然的条件等が適当である等の基準に適合するものを、関係行政機関の長への協議、先行利用者等を含む協議会の意見聴取等を行った上で促進区域として指定できるとしている。ガイドラインは、海洋再生可能エネルギーのうち早期の事業化が見込まれる洋上風力を念頭に、再エネ海域利用法の定める促進区域の指定の基準や手続について、具体的な考え方や実際の運用方針を記載したものである。

#### (1) 促進区域の指定基準

- ・気象、海象その他の自然的条件が適当であり、発電設備の出力の量が相当程度に達すること。

- ・航路及び港湾の利用，保全及び管理に支障を及ぼすことなく，発電設備を適切に配置することが可能であること。
- ・発電設備の設置及び維持管理に必要な人員及び物資の輸送に関し当該区域と当該区域外の港湾とを一体的に利用することが可能であること。
- ・発電設備と電線路との電気的な接続が適切に確保されることが見込まれること。
- ・漁業に支障を及ぼさないことが見込まれること。
- ・漁港の区域，港湾区域，海岸保全区域等と重複しないこと。

(2) 促進区域の指定プロセス

基本方針の策定後，促進区域の指定までの具体的な手順を図一2に示す。促進区域を指定するに当たっては，公平性，公正性，透明性を確保した上で発電事業の実施が可能な区域を速やかに選定するため，様々な既知情報を収集(①)した上で，早期に促進区域に指定できる見込みのある有望な区域を選定(②)する。有望な区域については，協議会を設置(③~⑤)するとともに，国による自然状況，船舶航行等の詳細な調査を実施(③'~⑤')し，促進区域への適合性を判断することとなる。適合性が確認された有望な区域については，中立的な第三者委員会による審議(⑥)を経て，公告・意見聴取(⑦)を行い，関係行政機関への協議，関係都道府県知事・協議会の意見を聴取(⑧)し，

最終的に促進区域として指定(⑨)する流れとなる。

(3) 既知情報の収集(①)

経済産業大臣及び国土交通大臣は区域の情報をあらかじめ調査することとなっており，特に，地域に関する情報については，地域関係者等との調整が必要となることを踏まえ，都道府県から情報収集を行う。この際には，公平性，公正性，透明性を確保しつつ，情報収集を原則，年度毎に実施することとし，計画的・継続的な運用を図ることとしている。

(4) 有望な区域の選定(②)

既知情報を収集した上で，早期に促進区域に指定できる見込みがあり，より具体的な検討を進めるべき有望な区域として選定されるためには以下の3つの要件を満たしている必要がある。

- ・促進区域の候補地があること。
- ・利害関係者を特定し，協議会を開始することについて同意を得ていること(協議会の設置が可能であること)。
- ・区域指定の基準に基づき，促進区域に適していることが見込まれること。

有望な区域の選定は，技術的な判断が必要となるため，有識者を含めた中立的な第三者委員会の意見を踏まえて行う。こうした有望な区域を選定するプロセスは，都道府県からの情報収集と合わせて，年度ごとに



図一2 促進区域の指定プロセスの全体像と想定スケジュール



図一三 令和元年7月に整理された有望な区域等

実施することとされている。

令和元年7月、経済産業省、国土交通省は今後の促進区域の指定に向けて、既に一定の準備に進んでいる区域として図一三に示す11区域を整理し、公表した。このうち、秋田県能代市、三種町および男鹿市沖、秋田県由利本荘市沖（北側・南側）、千葉県銚子市沖、長崎県五島市沖の4区域は、有望な区域として協議会の組織や国による風況・地質調査の準備を直ちに開始するとされた。

#### (5) 協議会の設置 (③～⑤)

有望な区域に選定された区域については都道府県からの情報等に基づき、協議会の構成員となるべき利害関係者が特定されており、かつ、協議会を開始することにつき同意が得られているため、協議会を設置し、促進区域の指定に向けた協議を開始する。

協議会の参加者は次に掲げる者となる。

- ・ 経済産業大臣、国土交通大臣及び関係都道府県知事
- ・ 農林水産大臣及び関係市町村長
- ・ 関係漁業者の組織する団体その他の利害関係者、学識経験者その他の経済産業大臣、国土交通大臣及び関係都道府県知事が必要と認める者

協議会においては、促進区域の指定に関する事項及び発電事業者の実施に関する事項に関し必要な協議を行うこととされている。関係行政機関、事業者、地域

の利害関係者の連携を図る観点から、協議会においては、以下のような事項に関して協議、情報共有を行う。

- ・ 促進区域の指定（変更を含む。）についての利害関係者との調整
- ・ 発電事業者の公募に当たっての留意点
- ・ 発電事業に係る工事等に当たっての必要な協議、情報共有等

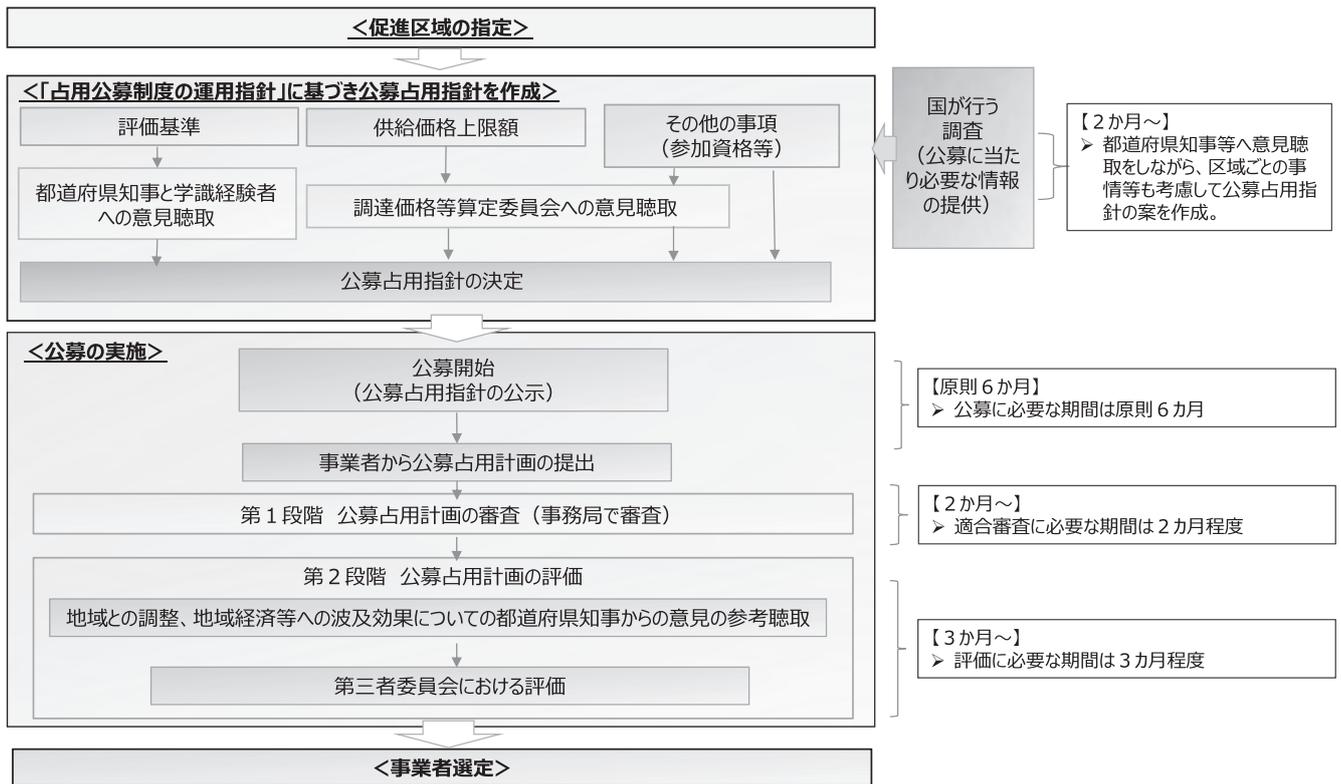
前節で示した4区域では、令和元年10月より順次、協議会を開催し、促進区域の指定に向けた協議を開始している。

#### 4. 一般海域における占用公募制度の運用指針<sup>2)</sup>

促進区域の指定後は、当該促進区域において発電事業を長期的、安定的かつ効率的に実施することが可能であると認められる者を公募によって選定することとなる。運用指針は、ガイドラインに基づいて指定された促進区域について実施する占用公募制度の具体的な運用方針を記載したものである。

##### (1) 占用公募制度の概要

公募による事業者選定の手順を図一四に示す。経済産業大臣及び国土交通大臣は、促進区域を指定したときは、促進区域内海域において発電設備の整備を行うことにより発電事業を行うべきものを公募により選定するために、基本方針に即して公募の実施及び海洋



図一 4 公募による事業者選定の概要

再生可能エネルギー発電設備の整備のための促進区域内海域の占有に関する指針（以下「公募指針」）を定める。公募に応じて選定事業者となろうとする者は、公募指針に基づき、その設置しようとする海洋再生可能エネルギー発電設備のための促進区域内海域の占有に関する計画（以下「公募指針計画」）を作成し、経済産業大臣及び国土交通大臣に提出する。経済産業大臣及び国土交通大臣が、提出された公募指針計画を審査・評価し、発電事業の長期的、安定的かつ効率的な実施を可能とするために最も適切であると認められる公募指針計画を提出した者を選定事業者として選定する。経済産業大臣及び国土交通大臣は、選定事業者が提出した公募指針計画が適当である旨の認定を行う。

**(2) 公募指針の策定**

公募指針には、評価の基準、港湾に関する事項等その他の事項が掲載される。

評価の基準について、公募指針計画の評価は、長期的、安定的かつ効率的な発電事業の実施が可能かという観点から、価格と事業の実現性に関する要素を総合的に評価することとし、その方法は各項目を独立して評価する加算方式により行うことを基本とする。なお、事業実現性に関する評価項目と供給価格の配点は、当初は1：1とすることとし、実績が蓄えられた

段階で、欧州の事例も踏まえ、成熟した事業実現性を前提として、供給価格に重点を置いた配点の見直し等を検討する。事業の実現性に関する要素の評価については、①事業の実施能力、②地域との調整や事業の波及効果の2つの観点から評価することとし、確実な事業実施の観点から事業実施能力は重要な要素である一方で、洋上風力発電を実施する上では、地元の理解を得ることが不可欠であることを踏まえ、①と②の配点は2：1とする。

また、港湾に関する事項については、以下の条件を満たす基地となる港湾を明示する。

- ①当該促進区域等（周辺の促進区域、周辺の港湾区域等含む）に設置が見込まれる発電設備の規模と、区域指定時点で想定されるSEP船等の能力に鑑みて、発電設備の効率的な設置及び維持管理が可能と見込まれること。
- ②外貨貨物の輸入や国内貨物の輸送に使用可能な岸壁を有し（見込み含む）、当該促進区域等（周辺の促進区域、周辺の港湾区域等含む）に設置が見込まれる発電設備の規模及び、区域指定時点で想定される発電設備の諸元に鑑み、適当な耐荷重の岸壁及び適当な耐荷重、広さのふ頭用地を有する（見込み含む）こと。

### (3) 選定事業者の選定、公募占用計画の認定

経済産業大臣及び国土交通大臣は、提出された公募占用計画が再エネ海域利用法第15条第1項各号の適合基準に適合するかを審査しなければならない。適合基準は、発電事業を実施する上で最低限必要な基準(事務的又は技術的に適合の判断が可能な基準)とし、その審査は、事務局で実施する。適合基準に適合していると認められるときは、その全ての公募占用計画について、公募占用指針に示した評価基準に従って、学識経験者及び専門家等により構成される第三者委員会の意見を踏まえて評価を行う。ただし、第三者委員会については、公平かつ公正に運営される必要があることから、その審議過程を公開することにより率直な意見の交換もしくは意思決定の中立性が損なわれるおそれがあることや、公募占用計画が企業情報を含むことから、審議過程は非公開となるが、選定が完了した段階で選定結果及びその理由等については公表するものとされている。

また、経済産業大臣及び国土交通大臣は、選定事業者の選定後、公募占用計画が適当である旨を認定し、認定したときは、認定を受けた公募占用計画の概要、認定した日及び認定の有効期間並びに指定した促進区域内海域の占用の区域及び占用の期間を公示しなければならない。

## 5. おわりに

我が国においては、洋上風力発電の導入のポテンシャルは非常に高く、再生可能エネルギーの導入目標であるエネルギーミックスでは、2030年度の電源構成に占める再生可能エネルギー比率は22～24%(2017年度は約16%)となっており、洋上風力発電事業の促進に期待が寄せられている。令和元年度は、4月の再エネ海域利用法の施行から始まり、7月には有望な区域等が整理・公表され、このうち協議会の組織等の準備を直ちに開始する有望な区域とされた秋田県能代市、三種町および男鹿市沖、秋田県由利本荘市沖、千葉県銚子市沖、長崎県五島市沖について10月より順次協議会が開催されているところである。我が国における洋上風力発電事業の促進に向け、本稿で述べた手続きを円滑に遅滞なく進めていく所存である。

JCMA

#### 《参考文献》

- 1) 海洋再生可能エネルギー発電設備整備促進区域指定ガイドライン  
<https://www.mlit.go.jp/common/001292753.pdf>
- 2) 一般海域における占用公募制度の運用指針  
<https://www.mlit.go.jp/common/001292755.pdf>

#### 【筆者紹介】

伊藤 直樹 (いとう なおき)  
国土交通省  
港湾局 海洋・環境課  
環境対策係長



## 行政情報

## 港湾の堤外地等における高潮対策

## 港湾の堤外地等における高潮リスク低減方策ガイドラインの改訂

森田 祐輝

平成30年台風第21号に伴う高潮により港湾機能が一時停止する被害が起きた。港湾の堤外地等において高潮による浸水被害が発生すると、我が国の港湾物流ネットワークや立地企業の生産活動が大きく停滞する可能性があることから、電源の浸水対策や事前防災行動をまとめた「フェーズ別高潮・暴風対応計画」について台風第21号時の事前防災行動の検証を踏まえ、台風の規模に応じた防護の目標を設定する等、平成31年3月に「港湾の堤外地等における高潮リスク低減方策ガイドライン」を改訂した。

キーワード：港湾の堤外地，高潮，台風第21号，港湾機能，事前防災行動

## 1. はじめに

近年、台風が強大化しており、港湾の堤外地等において高潮による浸水被害が発生すると、我が国の港湾物流ネットワークや立地企業の生産活動が大きく停滞する可能性があることから、平成30年3月に「港湾の堤外地等における高潮リスク低減方策ガイドライン」を策定し、港湾の堤外地等における高潮対策を推進することとした。

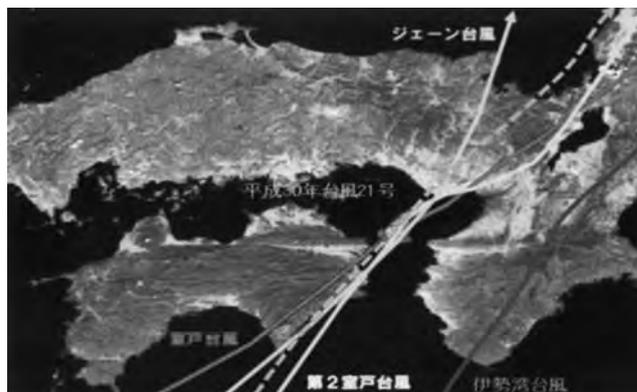
このような中、平成30年9月に大阪湾を直撃した台風第21号に伴う高潮・高波により、神戸港六甲アイランドのコンテナターミナル等が浸水し、コンテナの航路・泊地への流出や荷役機械等の電気設備等の故障により、港湾の利用が一時的に困難となる等、近畿地方の港湾が大きな被害を受けた。

これを受け、国土交通省港湾局では、港湾における高潮対策の充実や対策の技術的な検討を行うため、平成30年10月から「港湾における高潮リスク低減方策検討委員会」（委員長：岡安章夫 東京海洋大学学術研究院教授）を開催し、港湾機能の維持・早期再開の観点から検討を行い、検討結果をガイドラインに反映した。本稿では、ガイドラインの改訂した内容について報告する。

## 2. 台風第21号の概要

## (1) 台風の強さと経路

台風第21号は、四国に上陸後も非常に強い勢力（上陸時の中心気圧：955 hPa，最大風速：45 m/s）を維



図一 台風第21号と主な台風の経路図

持したまま、平成30年9月4日14時頃に神戸市付近に再上陸した。その経路は第二室戸台風とほぼ同じであり、大阪湾の湾奥に向かって強い風を吹かせるものだった（図一）。

## (2) 潮位（大阪管区気象台及び府県の潮位計による観測）

台風による潮位の上昇は短時間で急激なもので、最大潮位は大阪湾の湾奥に向かって大きくなる傾向にあり、尼崎の T.P.+3.53 m が最も大きな値を観測した。なお、神戸（T.P.+2.33 m）、大阪（T.P.+3.29 m）、西宮（T.P.+3.24 m）、尼崎（T.P.+3.53 m）、御坊（T.P.+3.16 m）、白浜（T.P.+1.64 m）、串本（T.P.+1.73 m）、阿波由岐（T.P.+2.03 m）の8地点において既往最高潮位を更新した。

### (3) 波高（国土交通省港湾局の波浪計）

有義波高については、神戸（4.72 m）、潮岬（7.05 m）、伊勢湾（3.82 m）、徳島海陽沖 GPS（14.46 m）、高知室戸岬沖 GPS（13.66 m）の計5地点で既往最高波高を更新した。

## 3. 台風第21号による被害

### (1) 電気設備の浸水被害

神戸港六甲アイランドのコンテナターミナルの受電所において電気系統（遮断器、保護回路）が浸水し、ガントリークレーン2基の機能が停止し、最後の1基が稼働を再開したのは被害発生後の4ヶ月後だった。

### (2) コンテナ等の倒壊・流出被害

台風の暴風を受け、積み上げられたコンテナがヤード内に倒壊した（写真—1）。また、高潮、高波による浸水等により、神戸港及び大阪港で空コンテナが航路・泊地へ流出し、船舶の航行の安全が確認されるまで、神戸港で2日間、大阪港で3日間、港湾機能が停



写真—1 コンテナ倒壊の状況（大阪港）



写真—2 船舶の乗りあげ

止した。さらに浸水により、コンテナ内のマグネシウムが発火し、鎮火までに約2ヶ月の期間を要した。

また、高潮や波浪の影響により、作業船や荷役用のはしけが数十隻漂流し、港湾施設等への乗りあげ等の被害が発生した（写真—2）。

### (3) 荷役車両の浸水被害

コンテナターミナル等の高潮浸水により、ターミナル内のトレーラヘッド、フォークリフト、トップリフター等、荷役に必要な車両が稼働不能となり、ターミナルの早期再開に支障をきたした。

## 4. 高潮対策の技術的な検討

### (1) 電気設備の浸水対策

高潮により電気設備が浸水し、ガントリークレーンやリーファーコンテナ等の機能が停止したことを受け、電気設備の浸水対策として、①想定される高潮や津波を考慮して、設備を可能な限り高い位置に設置する、②設備が設置されている上屋等を浸水に耐えられる構造にする、③浸水に耐えられる構造の設備を設置するといった考え方を整理した（写真—3）。また、応急的な措置として土のう設置等の事例も整理した。



写真—3 電気設備の嵩上げ事例

### (2) コンテナの倒壊・流出対策

コンテナの暴風による倒壊対策としては、コンテナの積み上げ段数を減らす等の積み方の工夫に加えて、コンテナ同士を固縛する方法がある。

平成30年台風第21号では、5段積みのラッシングベルトによる固縛では約30%のコンテナが倒壊したのに対して、3段積みのラッシングベルトによる固縛では約2%と非常に小さかったことが確認された。

また、国土技術政策総合研究所が実施したコンテナの模型による風洞実験の結果では、倒壊が発生しづらい順から、コンテナの積み上げ段数としては3段、4段、5段。積み方としてはひな壇、隅切り、長方形。

固縛方法としては縦固縛及び横固縛併用、横固縛、縦固縛となった。

このため、暴風による倒壊対策としては3段積み以下としたうえで、積み方はひな壇、固縛方法は縦固縛及び横固縛併用とすることが望ましいですが、コンテナヤード面積や蔵置コンテナ数、作業時間を考慮し、上記対策を取ることができない場合は、状況に応じた適切な対策を講じる必要がある(図-2)。ただし、段数を低くすると、高潮が発生した場合のコンテナが浮上する浸水深が小さくなることも留意する必要がある。

高潮による浸水でコンテナが水域に流出した場合、浮遊したコンテナが航路・泊地内に沈む可能性があり、コンテナの海底探査や引き上げ等の航路啓開中は、船舶の航行が制限される恐れがある。また、浮遊したコンテナの船舶や港湾施設等への衝突や海岸への打ち上げにより、被害がさらに拡大する可能性もある。

コンテナの流出対策としては、特に、わずかな浸水で浮遊する可能性がある空コンテナの対策が重要であり、コンテナに作用する浮力を低減させるためのコンテナの扉を開ける措置とともに、仮に浮遊した場合に航路・泊地への流出を防止するための柵等を設置する方法がある。なお、実入りコンテナが流出の恐れがある場合は、積み増しや高い位置への移動等の方法が考えられる。また、固縛等の倒壊対策が流出防止にも資することから、倒壊対策と併せて検討する必要がある。

さらに、水域にコンテナが流出した場合の航路・泊地の啓開作業(探査・引き上げ等)について、事前に作業手順の整理を行うとともに、必要に応じて関係機関との協定締結を行うことが重要である。

浸水により火災の発生等の危険性のあるマグネシウム等のコンテナ貨物は、高潮に伴うターミナルの浸水

により、火災が発生する可能性がある。一度火災が発生すると消火に時間を要し、ターミナルが一時的に利用不可となる場合や消火まで利用に制限がかかる場合がある。このため、コンテナターミナルでは、船荷証券(B/L)やマニフェスト(積荷目録)を参考とした積荷情報に基づき、浸水による火災の発生等の危険性のあるコンテナ貨物については浸水を回避するための高い場所等の安全な場所に配置するなどの対策を検討する必要がある。

(3) 荷役車両の浸水対策

高潮によりシャーシやトラクターヘッド等の荷役に必要な車両が浸水し、故障したことを受け、トレーラ(シャーシ)やフォークリフト等の荷役車両の浸水が想定される場合、高潮浸水の発生前に浸水のリスクが低い箇所への退避を検討する必要がある。また、退避場所までの移動時間等を踏まえた上で、台風接近時の作業開始時間を事前に決めておく必要がある。

(4) ターミナルの停電対策

台風により送電線の切断等により、港湾のターミナルにおいても停電のリスクがある。停電により、ガントリークレーンやフェリー荷役のための可動橋等が機能せず、被災地支援や経済活動に支障をきたす恐れがある。

北海道胆振東部地震にともなう北海道全域での停電により北海道外への空路・鉄道の移動手段が寸断されたが、苫小牧港のフェリーターミナルに非常用電源が設置されていたため、地震発生当日から本州の自衛隊等が当該ターミナルを活用して被災地支援を行うことができた。

フェリーターミナルの停電対策としては、車両等の

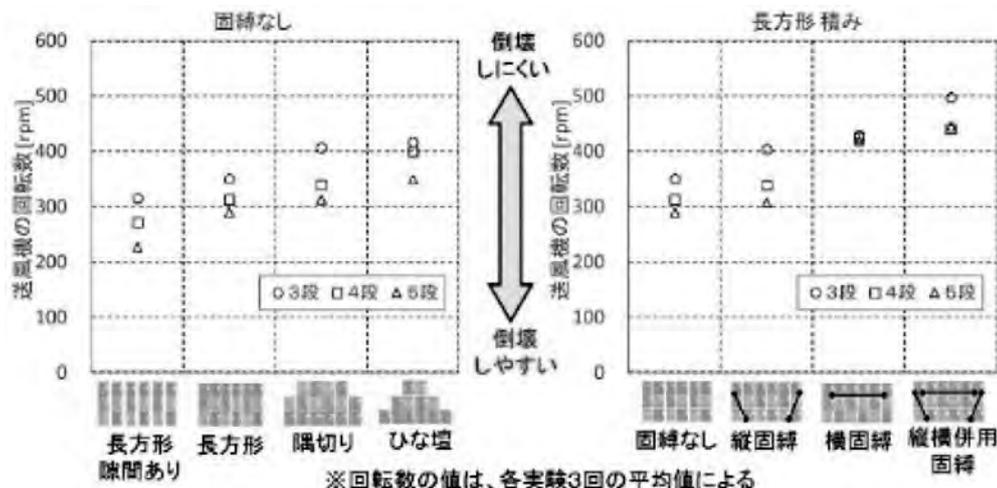


図-2 コンテナ風洞実験の結果

荷役のための可動橋の電源を最低限確保する方法がある。停電時に職員によるチケットの販売や貨物の受付等を行うこととなるため、マニュアルの作成や訓練の実施が必要となる。ただし、フェリーの運航頻度や輸送規模によっては、ターミナルビルの電源確保が必要となる場合がある。

コンテナターミナルの停電対策は、ターミナル周辺の停電による影響を考慮しつつ、停電時に確保すべき機能を十分に検討した上で、非常用電源の規模を検討する必要がある。また、高潮等による浸水リスクがある場合には、電気設備の浸水対策を参照して非常用電源の浸水対策も検討する必要がある。

なお、対策の実施前や何らかの理由により対策が行えない場合は、非常時には港内の他のターミナルや他港への円滑なシフトが可能となるようあらかじめ必要な手順等について、関係者による検討が必要になる。

### 5. フェーズ別高潮・暴風対応計画

今般の台風第21号等の教訓を踏まえ、コンテナの固縛といった倒壊対策等、事前防災行動の確実な実施の重要性が改めて認識された。今回の台風第21号では、従来整理していた「フェーズ別高潮対応計画」における高潮注意報（フェーズ3）と暴風警報（フェーズ4）が同時に発表されるケースが発生したことを受け、フェーズの見直しを行い、以下3つのフェーズに分け、事前防災行動をまとめた「フェーズ別高潮・暴風対応計画」について台風第21号時の事前防災行動の検証を踏まえ、台風の規模に応じた防護の目標を設定する等の内容の充実化を図った（表—1）。

- ①フェーズ1：準備・実施段階
  - ・週間天気予報（毎日11時、17時）や定時の天気

予報（毎日5時、11時、17時）に合わせて、気象庁から翌日から5日先までの「警報級の可能性」が発表された段階

- ・このフェーズで事前対策を準備・実施することを基本とする。
- ②フェーズ2：状況確認段階
  - ・強風注意報が発表された段階
  - ・このフェーズで対策の実施状況を確認することを基本とする。
- ③フェーズ3：行動完了段階
  - ・暴風・高潮に関する警報が発表された段階
  - ・このフェーズで防災行動が完了したことを確認することを基本とする。

フェーズ1において、保有船への対策準備として、船舶の係留強化（係船ロープの増設等）や避難することとし、注意報が発表されたフェーズ2において、巡視等により対策状況を確認することとしている。続いて、保安庁より、第一体制が発令されたら、退避予定場所への退避準備を行い、第二体制が発令されたら、退避の指示を行う。最後に、フェーズ3において、対策及び退避が完了されたことを確認し、作業者の安全確保を実施することを検討している。

昨年の台風第24号は、台風上陸前には伊勢湾台風級の高潮が想定されるレベルと言われており、各港湾において、台風第21号と同様の被害が発生しないように事前対策が実施された。直轄作業船を退避させた事例として、神戸港直轄工事で使用した起重機船（150t吊）は、台風上陸1日前の夕方に、作業終了後に現場よりも更に湾奥の係船可能場所に退避させ、起重機船前後にアンカーを沖側に投錨し、岸壁と起重機船との距離を確保したり、アンカーに加え、スパットも下ろして係留したりするなど、係留の強化を図った。

表—1 フェーズ別高潮・暴風対応計画のイメージ

防災情報	フェーズ	基本的な防災行動	
		情報収集・体制	対策・関係者対応
警報級の現象が予想される台風の発生	フェーズ1 準備・実施段階	情報収集 災害時の体制準備	事前対策の準備 注意喚起
強風注意報、 高潮注意報	フェーズ2 状況確認段階	関係者への情報提供 避難準備、体制確認 夜間に警報級が予想されている場合には防災行動を繰り上げ	状況確認
暴風警報、 高潮警報 or 暴風特別警報、 高潮特別警報	フェーズ3 行動完了段階	従業員等の避難 暴風が吹き始めると対策や避難が困難となることから、暴風警報が発表されてから暴風が吹き始めるまでの間（概ね3～6時間以内）に防災行動を完了させる	対策完了の確認
	台風接近時		モニタリング
警報解除・体制解除	台風通過後	出動要請、派遣	点検

ただし、台風最接近の1日前に警報級の可能性が発表されるという場合や夜間に高潮警報等が発表される場合もあることから、防災行動の実施主体は、防災情報のみにより各フェーズを開始するのではなく、防災行動に重要な時間を考慮し、気象状況等により柔軟に行動を開始する必要がある。

## 6. おわりに

国土交通省港湾局では、ガイドラインを踏まえ、「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策」の港湾における対策を実施するとともに、港湾関係者の安

全を確保するため、連携による防災・減災に向けた取組が推進されるようガイドラインの周知等に取り組んでいく。

JCMA

### 【筆者紹介】

森田 祐輝 (もりた ゆうき)  
国土交通省  
港湾局 海岸・防災課  
港湾物流維持係長



# 鋼板セル工法による 次期処分場護岸建設工事の施工実績

## 潮流等を考慮した護岸締切部の施工

森 恭 介・小 泉 博 之

茨城港常陸那珂港区に建設中の次期処分場の外周は、水深の深い東側に「鋼板セル工法」を採用した。鋼板セル護岸は、円筒形に加工された鋼板を海底の岩盤上に据え置き、筒内に中詰材（土砂等）を充填し施工した。管理型処分場の護岸であるため、鋼板による遮断に加えて、鋼板と海底岩盤の間にアスファルトマスチックを充填し、場内の水が外海に浸出しないような構造とした。

また、鋼板セル護岸を締切る部分の施工において、潮流等を考慮した施工を行った。

本稿では鋼板セル工法の施工実績及び締切部の施工について報告する。

キーワード：管理型処分場、鋼板セル、締切部、潮流

### 1. はじめに

茨城港常陸那珂港区は、北関東の物流拠点及び首都圏のエネルギー基地を担う重要港湾として、1989年から整備が進められている（2008年12月、日立港・常陸那珂港・大洗港が統合し茨城港となった）。

港区区内には、10万DWT級の大型外航船が運んでくる石炭を燃料とする火力発電所が稼働しており、燃料消費量の約10%（約1,600t/日）の石炭灰が発生する。石炭火力発電所の場合、石炭灰の安定的な処分が不可欠なため、港区区内に設けられた管理型処分場に埋立処分されている。

既存の処分場が満杯になることから、2015年度より、中央ふ頭地区沖合に新たな処分場（次期処分場）の建設が進められている（写真—1, 2）。



写真—1 鋼板セル護岸施工状況 2017/1



写真—2 鋼板セル護岸施工状況 2019/5

### 2. 事業概要

施工延長：全延長 L = 1,826 m（鋼板セル護岸）

北側護岸 L = 409 m

東側護岸 L = 800 m

南側護岸 L = 617 m

護岸高：D.L. + 3.50 m

護岸型式：基礎捨石工+鋼板セル工+遮水工+上部工  
(図—1)

### 3. 鋼板セル護岸の概要（締切部築造工事）

工 事 名：茨城港常陸那珂港区中央ふ頭地区  
廃棄物埋立護岸締切部築造工事

工 期：2018年1月31日～2020年3月19日

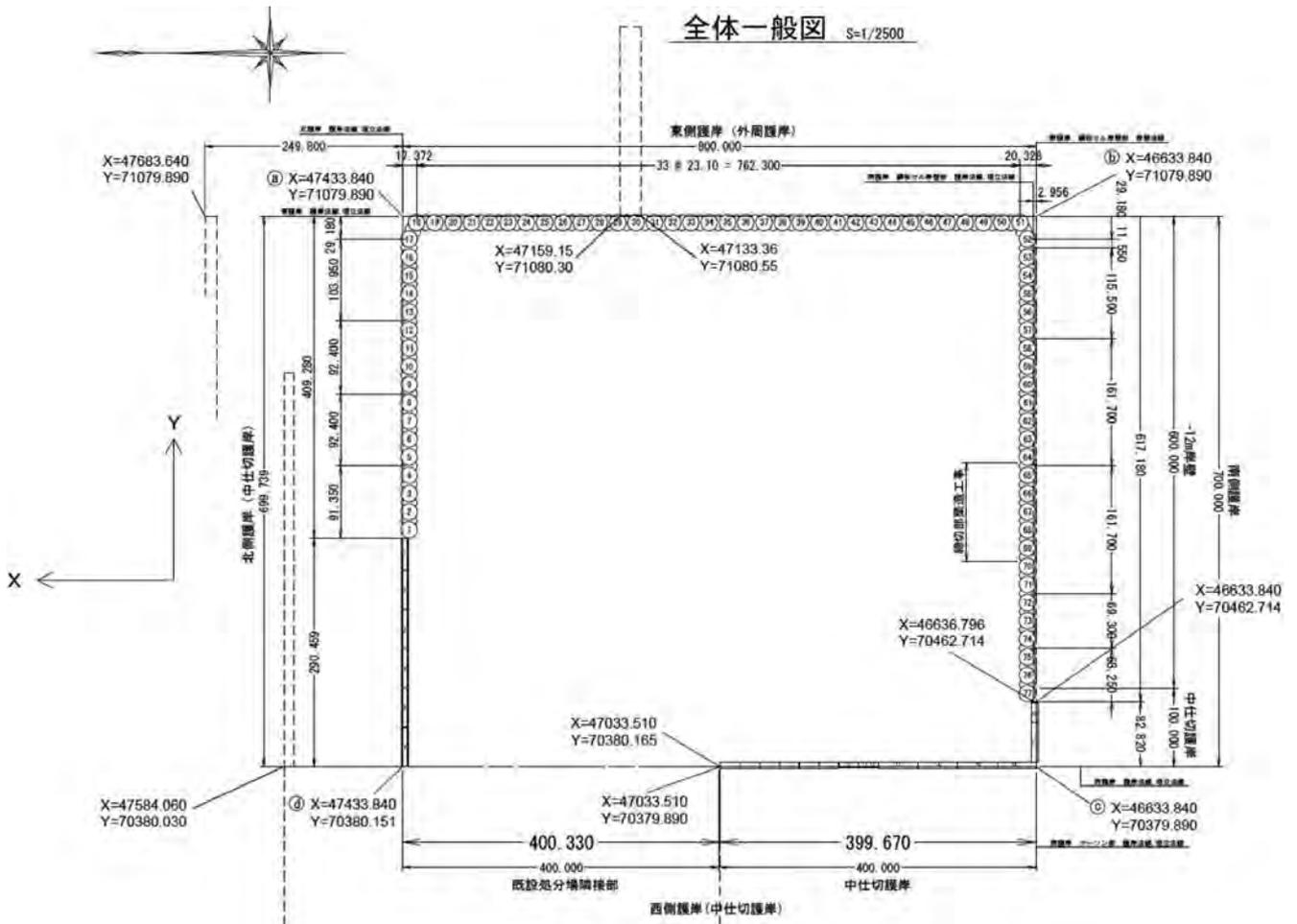


図-1 全体平面図

工事場所：茨城港常陸那珂港区  
 発注者：国土交通省関東地方整備局  
 受注者：東亜・本間・あおみ  
 特定建設工事共同企業体

工事内容：(図-2)

- 基礎捨石 5～30 kg/個程度 108 m
- 鋼板セル製作・据付
  - 標準函 (4函)  $\phi$  21.0 m  $\times$  23.0 m t = 13 mm (約 220 t/函)
  - 締切函 (1函)  $\phi$  21.0 m  $\times$  23.0 m t = 15 mm (約 244 t/函)

アーケ製作・設置

R6.27 m  $\times$  22.975 m t = 8 mm, 12 枚

中詰 52,410 m<sup>3</sup>

遮水工

アスファルトマスチック 1,195 m<sup>3</sup>

水中不分離性コンクリート 2,296 m<sup>3</sup>

上部工・付属工 一式

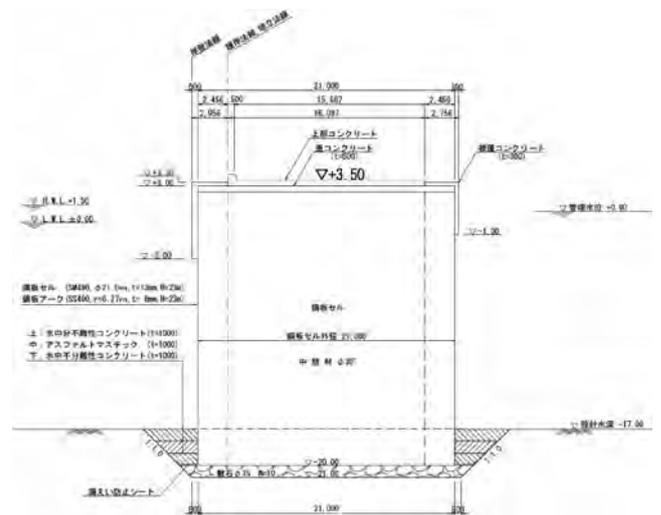


図-2 標準断面図 (鋼板セルH = 23.0m)

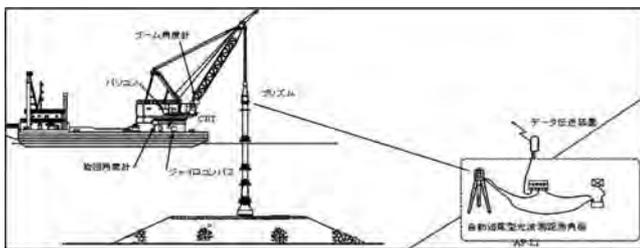
#### 4. 主要工種の施工

##### (1) 基礎捨石

基礎捨石 (5～30 kg/個程度) を積込んだガット船を施工箇所に係留し、潜水士の投入指示のもと、直接投入を行った (写真-3)。



写真一3 基礎捨石投入状況



図一3 施工状況図 (捨石本均し)

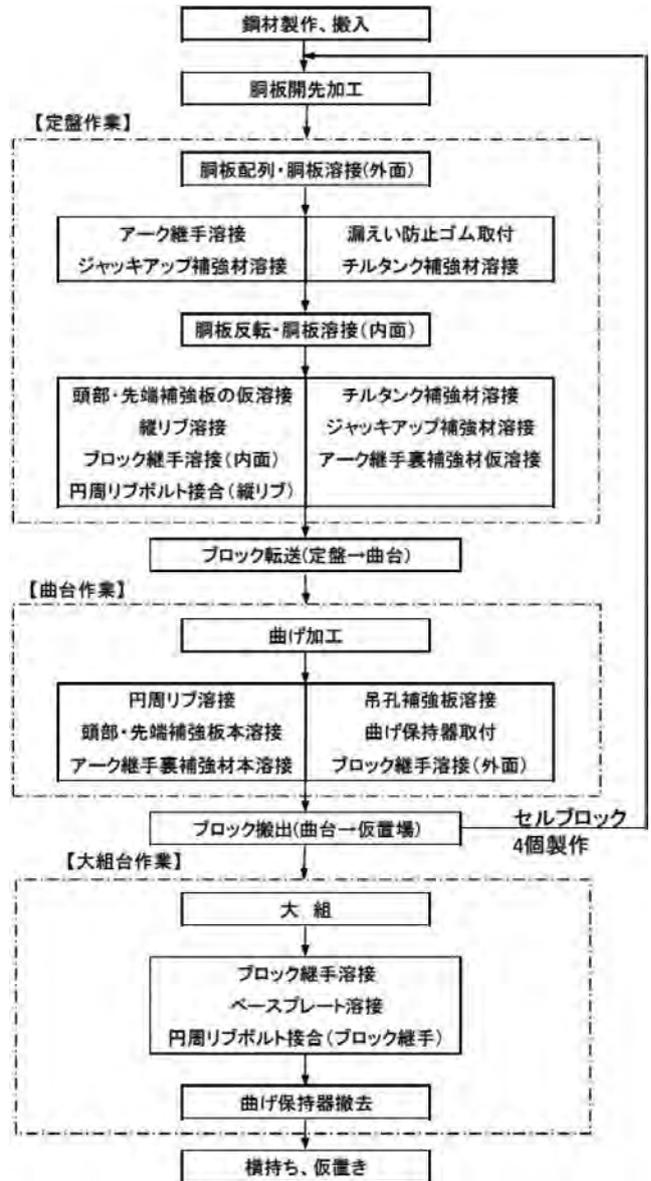


写真一4 捨石本均し状況

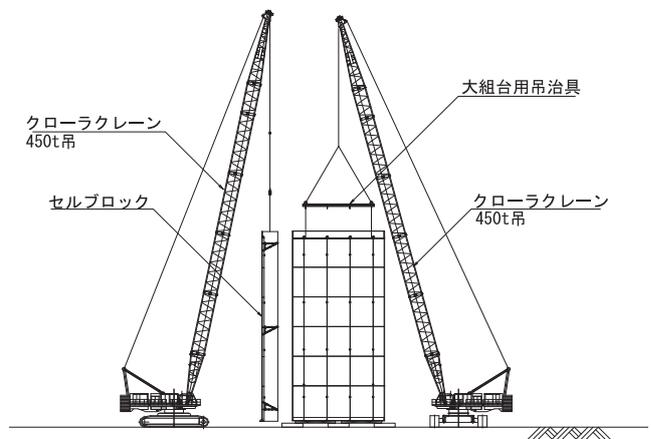
基礎捨石の投入が完了した後、天端の本均しを重錘落下式機械均し機により施工した。捨石均し船により重錘を吊り下し、捨石天端を所定の高さに均した。均し機の位置及び高さ管理は、既設岸壁から自動追尾システムを用いて行った (図一3, 写真一4)。

(2) 鋼板セル製作

鋼板セルは、定盤および曲台にて製作したセルブロック (鋼板セルを4分割した部材) を大組台で接合して製作した (図一4, 5, 写真5~7)。



図一4 鋼板セル製作フロー



図一5 施工状況図 (鋼板セル製作)



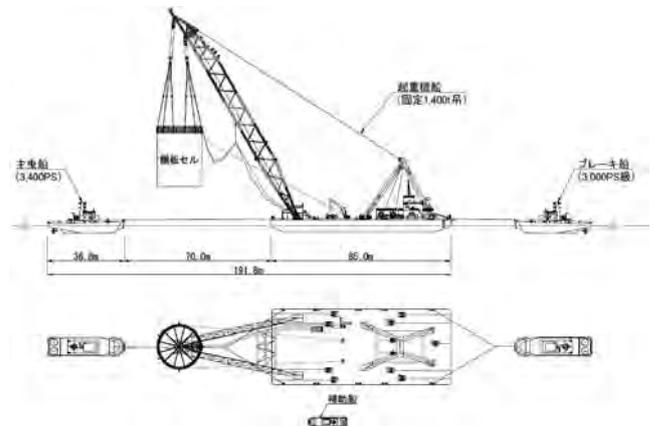
写真一 5 鋼板反転状況



写真一 8 鋼板セル吊込み状況



写真一 6 セルブロック転送状況



図一 6 施工状況図 (鋼板セル曳航)



写真一 7 鋼板セル大組立状況



写真一 9 鋼板セル据付状況

### (3) 鋼板セル据付

製作ヤードに仮置きした鋼板セルを起重機船(1,400 t吊)で吊込み(写真一 8)、据付場所まで吊運搬(図一 6)して据付(写真一 9)を行った。

鋼板セルの位置管理は、アーク継手に取付けたプリズムミラーを自動追尾計測し、鋼板セル中心及びアーク継手4箇所の位置(回転)と高さ(傾斜)をモニター

で確認できる鋼板セル据付位置管理システムを用いて行った。

## 5. 締切部の施工

鋼板セル据付及びアーク設置の施工場所は、廃棄物埋立護岸(セル区間)の締切部にあたるため、天文潮

の作用により護岸内外に生じる水位差から流れが発生する。この流れは干満により速さや方向が変わる。また、鋼板セル据付及びアーキ設置が進み開口部が狭くなるにつれ流れは速くなり、締切施工の途中段階で1ノット(0.5 m/s)を超過する可能性もあることから、鋼板セル据付及びアーキ設置の作業に影響することが懸念された。

(1) 鋼板セル最終函施工時

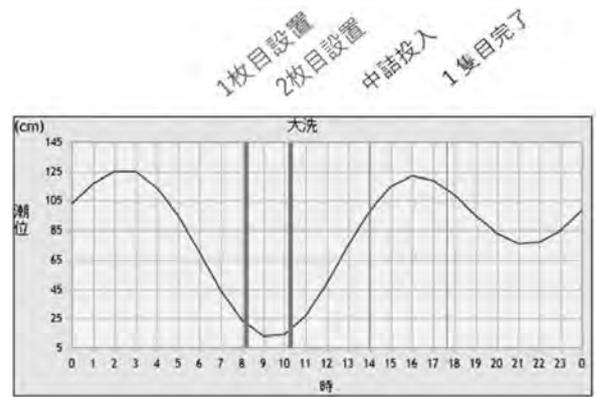
鋼板セル最終函施工時の安定性照査の結果、標準函では上記流れの影響を考慮した場合の安定性が十分に確保されないことから、発注の段階で最終函(締切函)の胴板厚さは13 mm から15 mm に変更された。

(2) アーク施工時

潮流の方向によりアーキ部材が引張となる場合と圧縮となる場合がある。アーキ設置において、円弧外側から一定以上の外力が作用すると、アーキに圧縮力が生じ座屈するおそれがあるため、流向流速計で流れの向きを確認し、1組(2枚)のうち、流れの下流側を

先行して設置した(写真—10, 11)。

また、アーキ設置が進み開口部が狭くなるにつれ流速は大きくなり設置作業に影響することから、潮位変動を考慮し、潮の上げ・下げ止まりで施工(図—7)すると同時に、実際の流速を確認しながら0.3 m/s以下を目安に施工した。



【アーキ6組目】

図—7 アーク設置時の潮位変動



写真—10 潮流の方向(⇒)



写真—11 アーク設置状況

6. おわりに

本稿では、鋼板セル工法による次期処分場護岸建設工事の施工実績及び締切部の施工について報告した。鋼板セル工法は外壁を軽量な鋼板にすることにより作業の効率化が図れ、大水深構造に向くことが大きな特徴である。

締切部の施工においては、発注段階で設計的な配慮が行われ、また施工段階では潮流の影響を考慮し施工を行った。

本稿が同工種の参考となれば幸いである。

JCMMA

【筆者紹介】

森 恭介(もり きょうすけ)  
東亜建設工業(株)  
東京支店 締切部築造作業所  
現場代理人



小泉 博之(こいずみ ひろゆき)  
東亜建設工業(株)  
東京支店 締切部築造作業所  
所長



# 東京港臨港道路南北線沈埋トンネル

## 沈設トンネル工事の施工

西村 行雄・原田 泰夫・時松 千夏

東京港臨港道路南北線事業において、有明地区と中央防波堤地区を結ぶ海底トンネルは、沈埋トンネル工法で建設するものである。沈埋トンネルとは、ドックもしくはヤードで沈埋函と呼ばれる函体を製作し、トレンチ浚渫された沈設場所へ沈埋函を曳航し、所定の位置へ沈設する工法である。本稿は、二次艀装から沈設までの作業を紹介し、沈設作業は、一般函の沈設と最終函の沈設（キーエレメント工法）について紹介する。

キーワード：沈埋トンネル、艀装、曳航、沈設、キーエレメント工法

### 1. はじめに

東京港臨海部は、コンテナ車両等の集中により、渋滞が慢性的に発生しているため、円滑な物流の確保が望まれている（写真—1）。

東京港臨港道路南北線事業は、有明地区と中央防波堤地区を結ぶ新たなアクセスルートとして2016年4月に着工し、完成後は、渋滞緩和や物流機能の効率化が期待されている。

本稿では、本事業の海底トンネル部で採用されている沈埋トンネル工法の、沈埋函沈設に関わる施工方法について紹介する。

### 2. 工事の概要

#### (1) 発注者

国土交通省関東地方整備局

#### (2) 工事名

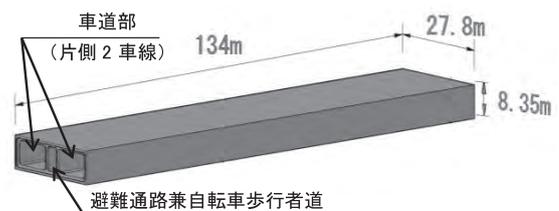
東京港臨港道路南北線沈埋函（4号函・5号函・6号函）製作・築造等工事

#### (3) 工期

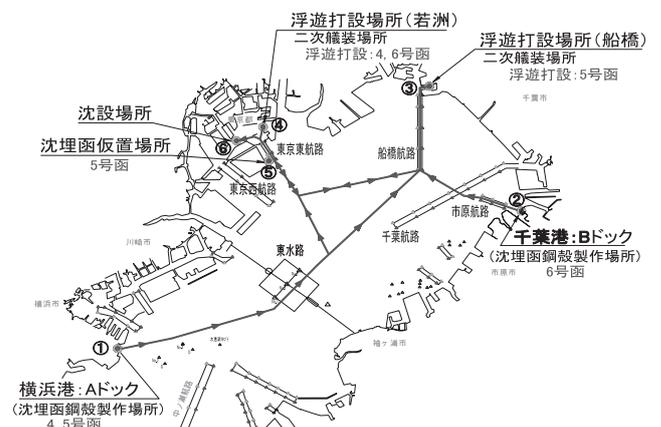
平成29年4月13日～令和2年4月3日



写真—1 東京港全景写真



図—1 沈埋函概念図



図—2 施工場所

(4) 施工場所

東京都江東区青海ほか (図-2)

(5) 施工数量

沈埋函製作・築造工 3 函, 設備工 一式 ほか

(6) 施工フロー

全体施工フローを図-3 に示す。

3. 二次艀装工

沈設作業に使用される二次艀装品は、沈設時に沈埋函を操函する設備 (ウインチタワー・ポンツーン) である函上艀装品と、沈埋函への注水・位置決めを行う設備 (バラストポンプ・油圧ジャッキ) である函内艀装品で構成される。主要艀装品の用途と仕様を表-1 に、艀装品の配置図を図-4 に示す。6号函上艀装品

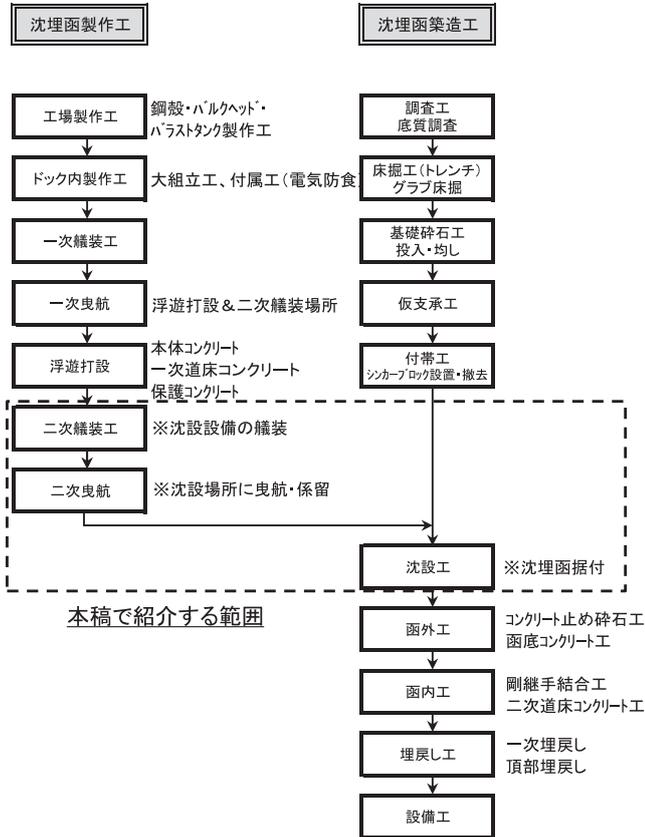


図-3 全体施工フロー

表-1 主要艀装品一覧

名称	目的	仕様
ウインチタワー (1基)	沈埋函の平面移動 (前後・左右)	操函ウインチ: 49 kN 総重量: 123 t 横操函: 滑車 2 * 2 車 (196 kN) 縦操函: 滑車 2 * 2 車 / 2 (98 kN)
沈設ポンツーン (2隻)	沈埋函の鉛直移動 (上・下)	巻下げウインチ: 15 t 巻 操船ウインチ: 5 t 巻 係留ウインチ: 10 t 巻 サイズ: L23.5 m * B11.0 m * D2.5 m 重量: 162 t / 隻 想定沈設荷重: 400 t (水中)
連結ジャッキ (2基)	接合時の引き寄せ (一般函)	定格出力: 1,961 kN / 基 設置箇所: 既設函内 作業方法: 機側操作
押出ジャッキ (4基)	接合時の位置調整 (最終函)	定格出力: 1,961 kN / 基 設置箇所: 沈設函内 作業方法: 遠隔操作
支承ジャッキ (2基: 一般函) (4基: 最終函)	接合時の高さ調整	支承能力: 3,942 kN 設置箇所: 沈設函内 作業方法: 遠隔操作
微調整ガイド・キー (最終函用)	沈設時のガイド	沈設時の既設函と新設函の法線ずれを拘束
バラスト給排水システム (ポンプ2台)	沈設時の沈埋函重量調整	バラスト容積: 約 3,150 m <sup>3</sup> / 函 ポンプ定格出力: 37 kW / 台 ポンプ吐出量: 4 m <sup>3</sup> / min / 台
測量・計測機器	沈設時の計測・誘導	自動追尾式トータルステーション 端面探査装置 ストロークセンサー 水中超音波距離計 (最終函のみ) 函体貫入距離計 (最終函のみ)

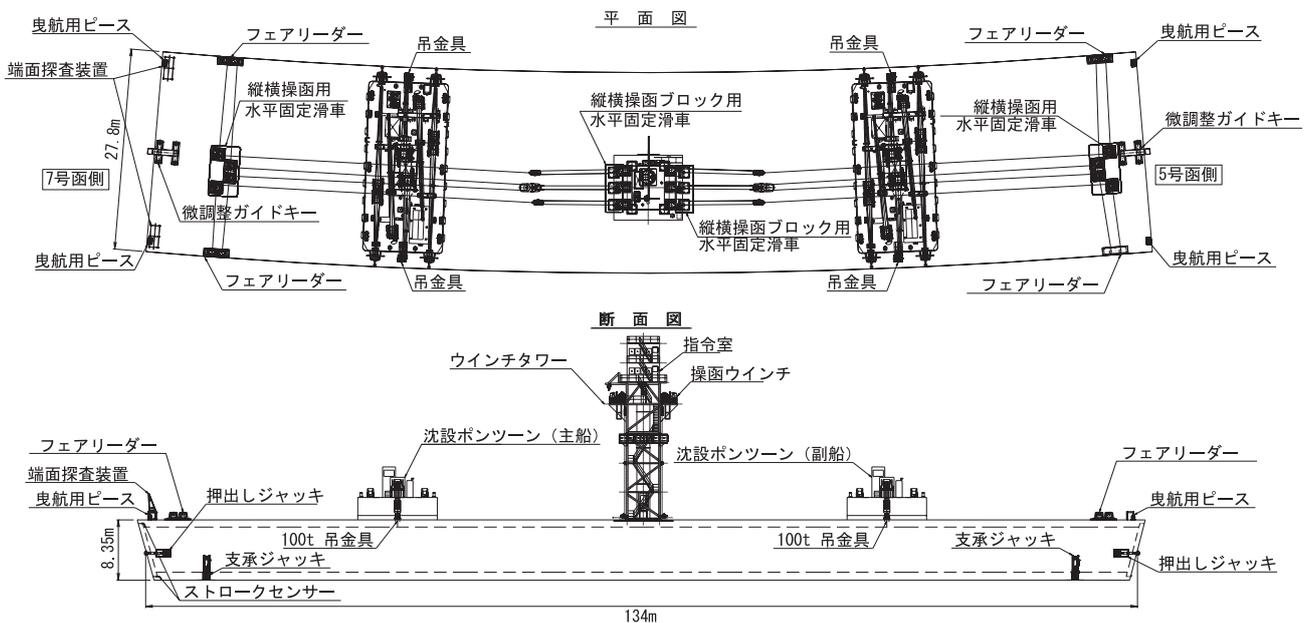
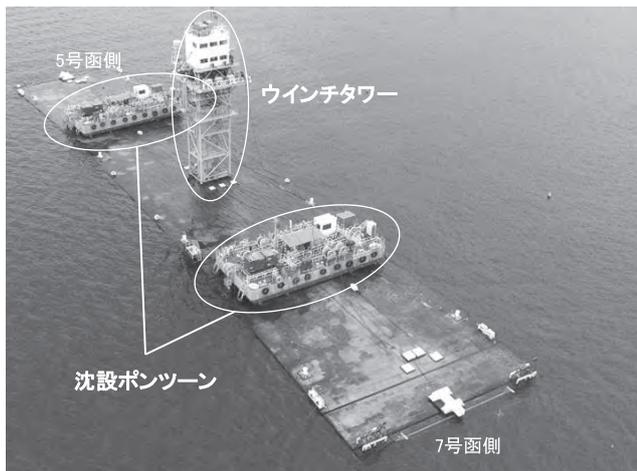


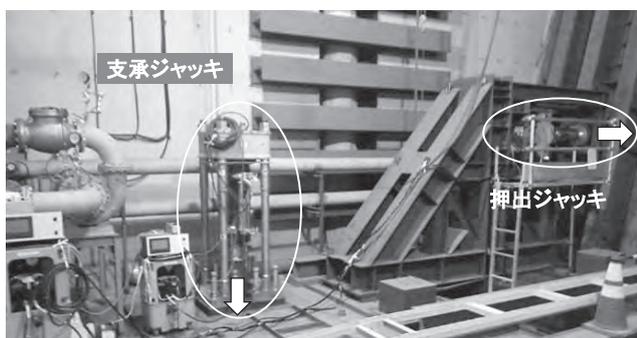
図-4 二次艀装品配置図 (6号函)



写真—2 函上艀装品 (6号函)



写真—3 函内艀装品 (6号函) ①



写真—4 函内艀装品 (6号函) ②

を写真—2 に、 函内艀装品を写真—3, 4 に示す。

#### 4. 二次曳航・沈設

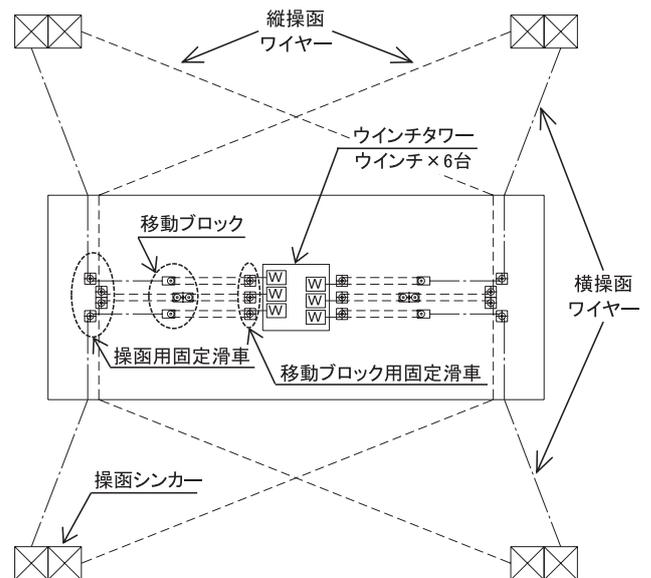
##### (1) 二次曳航

二次艀装完了後、沈埋函を引き出し、沈設場所まで曳航・係留する。

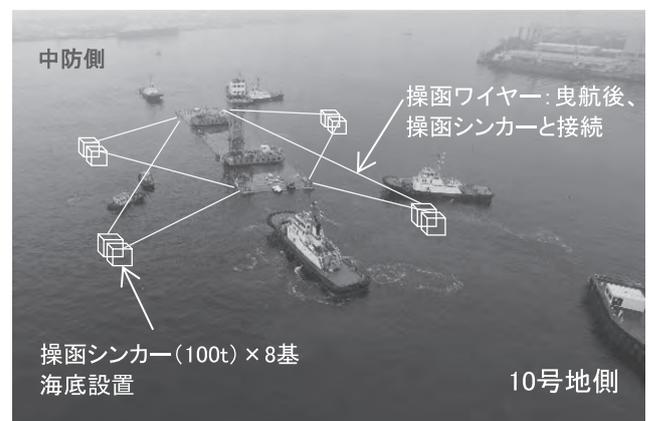
係留作業は、ウインチタワーより繰り出した操函ワイヤーを、海底に設置した操函シンカーと接続し、操函ワイヤーを張合わせて係留する。

係留後は、ウインチタワーの操函ウインチ操作により、沈埋函を所定の位置まで操函する。

操函作業は、ウインチタワー上のウインチより繰出されたワイヤーを、移動ブロック用固定滑車 (滑車×



図—5 操函設備配置図



写真—5 曳航・係留状況

2枚)と移動ブロック (滑車×2枚)にワイヤリングし、操函シンカーと接続された移動ブロックを巻上・繰出し操作することにより、函体を移動させる。操函設備配置図を図—5 に、曳航係留状況を写真—5 に示す。

##### (2) 一般函沈設

一般函の沈設は、ウインチタワーの操函ウインチ (前後左右)・沈設ポンツーンウインチ (上下)・函内パラスタック注排水 (重量調整) 等により、前進及び降下を繰り返す。位置誘導は、自動追尾式トータルステーション・端面探査装置・ストロークセンサーなど各計測機器により、リアルタイムで位置情報をモニタ等に表示させ、位置管理を行う。一般函の沈設状況図を図—6 に、一般函艀装品配置図を図—7 に、誘導画面を写真—6 に示す。

##### (3) 最終函沈設 (キーエレメント工法)

最終函は一般函と違い、接合部が2箇所になる。接

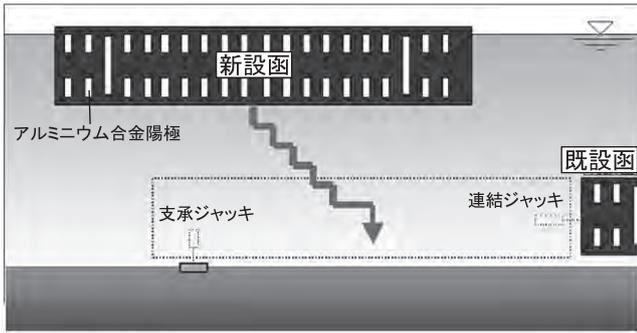


図-6 沈設状況図 (一般函)

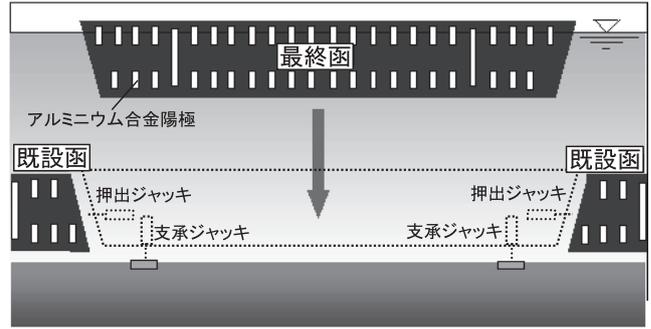


図-8 沈設状況図 (最終函)

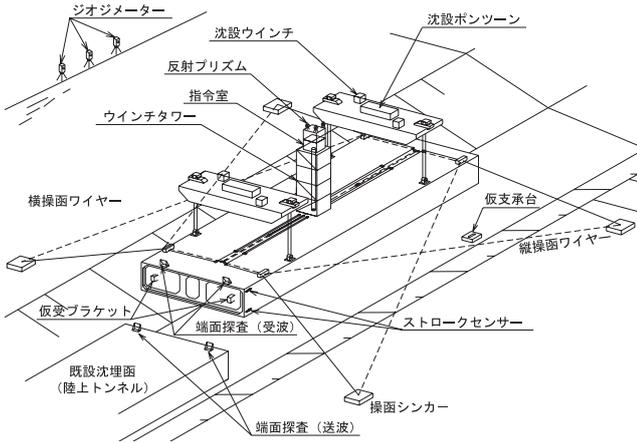


図-7 一般函用機装品配置図

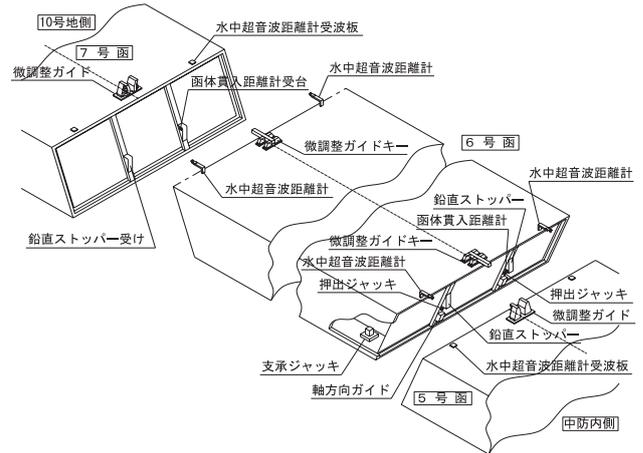


図-9 最終函用機装品配置図

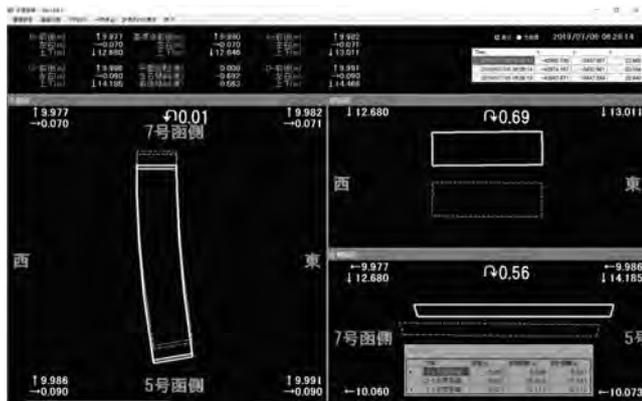


写真-6 誘導画面 (自動追尾式トータルステーション)

合面がクサビ形の沈埋函を既設函の間に挿入し、自重と水圧を利用して最終函を既設函に接合する。

接合時は、接合部の止水性を確保するため、接合面間隔を均等にすることが重要となる。沈埋函四隅の高さを管理し、沈埋函の姿勢をリアルタイムに誘導することで、接合面間隔を均等に調整する。最終函の機装品には、一般函の機装品に加え、ガイド用・位置調整用の機装品と、高さ計測に特化した計測装置が設置される。図-8に最終函の沈設状況図を、図-9に最終函用機装品配置図を示す。

最終函のガイド用機装品と位置調整用機装品を表-2に、ガイド・位置調整概念図を図-10に示す。

表-2 機装品比較

	ガイド用機装品	位置調整用機装品
X方向	軸方向ガイド×4	押出ジャッキ×4
Y方向	微調整ガイド×2	-
Z方向	鉛直ストッパー×4	支承ジャッキ×4

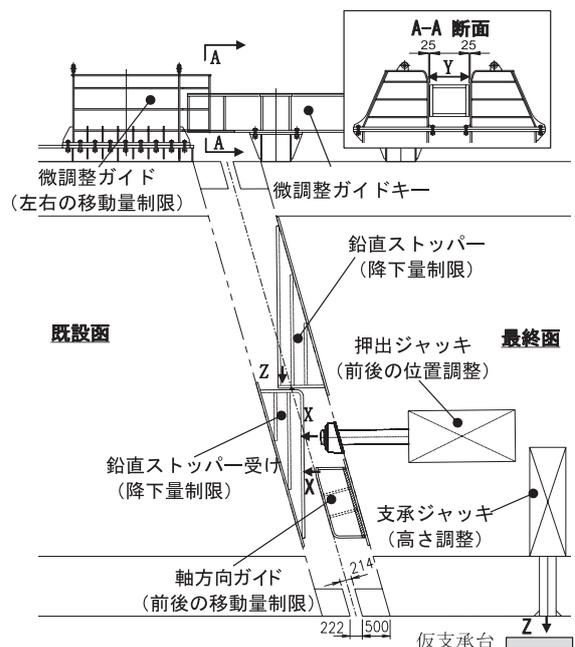


図-10 ガイド・位置調整概念図

表-3 計測項目一覧

	一般函	最終函
沈設開始～ 着底までの 函体位置誘導	自動追尾式トータル ステーション 端面探査装置 (X・Y・Z 方向)	自動追尾式トータル ステーション 端面探査装置 (X・Y・Z 方向) 水中超音波式距離計 (Z 方向)
着底～ 水圧接合までの 端面間計測	ストロークセンサー (X 方向)	ストロークセンサー (X 方向) 函体貫入距離計 (Z 方向)

注) : X 方向は、函軸方向, Y 方向は、函軸直角方向, Z 方向は、鉛直方向とする。



写真-7 微調整ガイドキー (最終函)

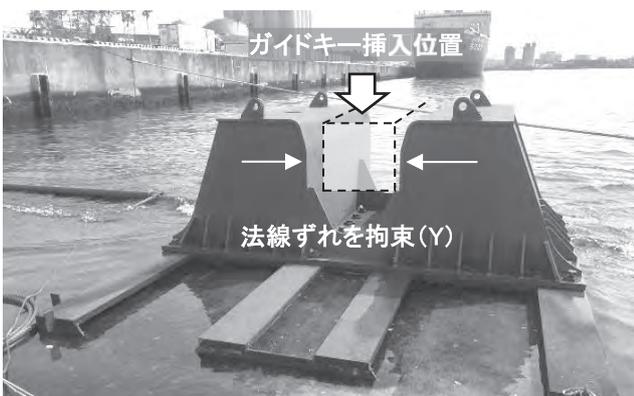


写真-8 微調整ガイド (既設函)

写真-7に微調整ガイドキー、写真-8に微調整ガイドを示す。

一般函の誘導は、沈埋函の平面位置情報と、接合面の既設函との相対位置情報により、誘導可能だが、最終函は、既設函との接合面が2箇所になるため、計測機器の増設が必要となる。

最終函は、一般函の計測機器に加え、水中超音波距離計と函体貫入距離計を各4台追加した(図-9参照)。水中超音波距離計は、超音波により既設函との鉛直方向の離隔を計測し、函体貫入距離計は、伸縮ロッドを既設函側へ接触させ、離隔計測を行う。

当該計測機器の追加により、既設函と最終函の高さ関係を把握し、最終函の目標姿勢を維持した状態で沈設が可能のため、既設函と接触することなく確実な沈設が可能となった。

計測項目一覧を、表-3に、函体貫入距離計を写真-9に、水中超音波距離計を写真-10に示す。

(4) 最終函沈設実績

本工事では、立坑および沈埋函の施工に伴い発生する延長誤差と法線ずれ量を、三次元シミュレーションで確認した。延長誤差に対しては、6号函製作時の函長調整で対応し、法線ずれに対しては、5号函沈設後

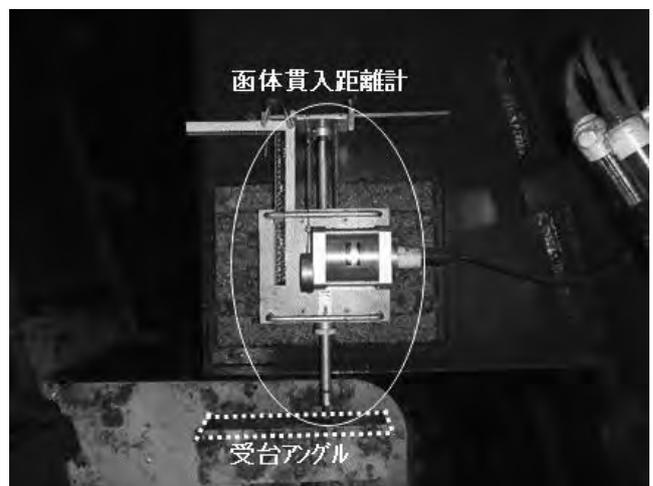


写真-9 函体貫入距離計

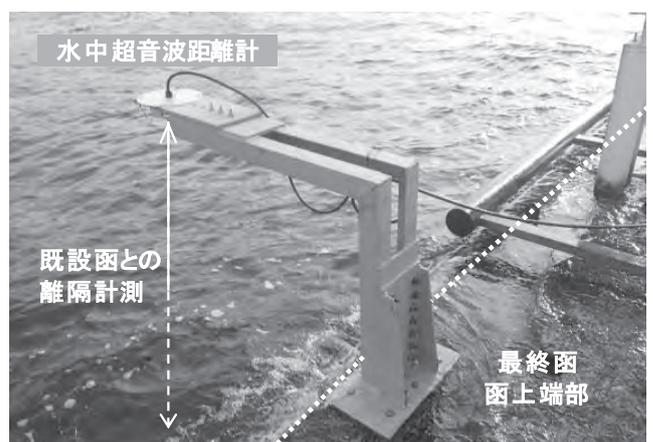


写真-10 水中超音波距離計

の方向修正で対応した。図-11に6号函沈設時のトンネル線形概念図を示す。

三次元シミュレーション結果にガイドの遊間25mmを加えると、6号函の法線ずれ量は最大39mm(5号函側)と想定された。実施工では最終函用艀装品を用いた位置調整と計測管理により、許容法線ずれ量75mmに対して20mm以内の高い沈設精度を確保できた。

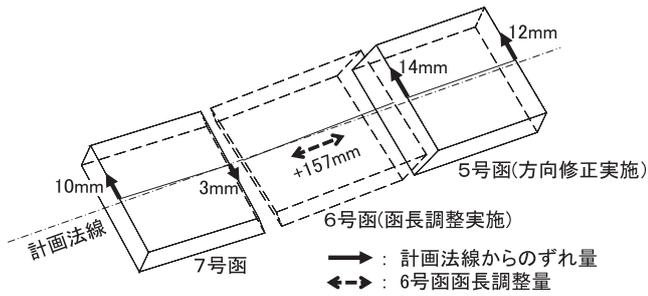


図-11 6号函沈設時トンネル線形概念図

## 5. おわりに

最終函の沈設は、2019年7月に無事完了した。本工事は、2020年4月の竣工を目標とし、函内工・設備工・埋戻し工・建築工事を急ピッチで施工中である。

### 謝 辞

最後となりますが、本工事は2017年4月に着工して以来、多くの方々の御協力によって、工事を進めてきました。本誌面をお借りし、ご協力いただいた皆様に深く御礼申し上げます。

JCMA

### [筆者紹介]

西村 行雄 (にしむら ゆきお)  
五洋建設株式会社  
東京土木支店 有明工事事務所  
工事所長



原田 泰夫 (はらだ やすお)  
五洋建設株式会社  
東京土木支店 有明工事事務所  
工事主任



時松 千夏 (ときまつ ちなつ)  
五洋建設株式会社  
東京土木支店 有明工事事務所  
工事係



# 中防内5号線橋りょう他整備工事 アーチ橋の台船ロールオンと一括架設

竹 嶋 竜 司

本工事は、東京港臨港道路南北線のうち東西水路を横断する鋼単純ニールセンローゼ橋の新設工事である。架設現地は2020東京オリンピック・パラリンピック競技大会に向け周辺で多岐にわたる工事が輻輳することや、羽田空港の制限表面が低いこと、水路内の水深が浅いなどの制約条件がある。そのため、近傍の地組ヤードで組み立てを行い、多軸台車で台船へロールオン後、架設位置へ運搬および一括架設をした。本稿では、台船ロールオンと台船一括架設について紹介する。

キーワード：鋼橋、ニールセンローゼ、台船一括架設、多軸台車、ロールオン

## 1. はじめに

中央防波堤外側地区の新たな外貿コンテナターミナルの供用等に伴う交通需要に対応するために、中央防波堤側と有明側を結ぶ東京港臨港道路南北線の整備を進めている（写真-1）。本事業工事は、東京港臨港道路南北線のうち、東西水路を横断する鋼単純ニール

センローゼ橋（以下「東西水路横断橋（仮称）」）のほか、臨海道路を横断する鋼床版箱桁橋、その接続道路となるランプ橋4橋、計6橋を整備するものである（図-1）。本稿ではそのうち東西水路横断橋（仮称）の台船へのロールオンと台船一括架設について記載する。

## 2. 架設工法

東西水路横断橋は桁長約250m、重量は約6,000tを超える長大橋である。本橋架設現地では2020東京オリンピック・パラリンピック競技大会へ向け、周辺で多岐にわたる工事が輻輳している。そのため、仮栈橋・海上バントで水路を塞ぎながら橋桁を組み立てることは望ましくない。そこで、架設地点近傍の地組ヤードで組立を行い、台船一括架設を採用した。また、地組ヤードおよび架設現地は、羽田空港の制限表面が低く、水路内の水深が浅いため、喫水の大きな起重機船は作業できないことから積載能力を満足し、かつ吃水の小さい台船架設を採用した。

## 3. 台船ロールオン（浜出し）

地組ヤードで組み立てた橋桁を多軸台車で台船上へ移動した（図-2）。台船へ搭載するための多軸台車は2組の大編成を組み、一方は60t/軸を132軸、もう一方は40t/軸を102軸とした。また、搭載する台船は14,500t、18,000t級の台船と、2つの台船の間隔保持として3,000t級台船を2隻（計4隻）使用した。台船同士はワイヤーで連結し、一体となって挙動する

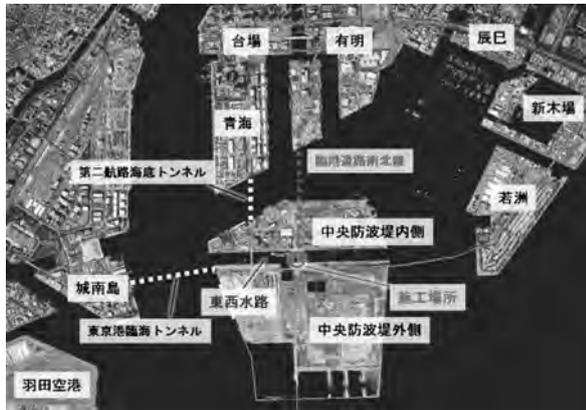
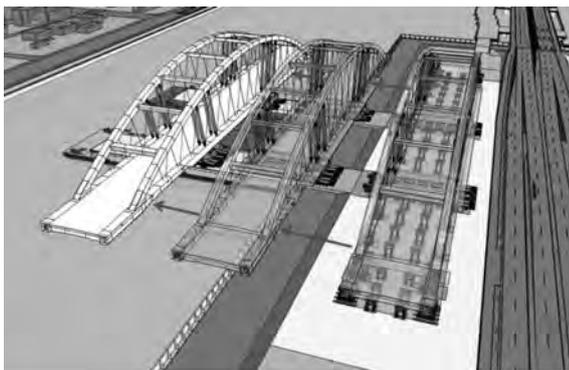


写真-1 航空写真



図-1 本事業範囲 完成イメージ図



図一2 ロールオンイメージ図



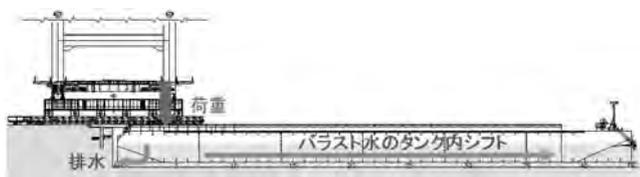
写真一2 台船連結・構築状況

よう計画した(写真一2)。

地組ヤードから台船上へロールオンする際、台船高さを常に一定に保つ必要がある。船上へH鋼および覆工板による嵩上げを行い、地組ヤードと台船上走行ラインの高さを調整した。また、多軸台車の進行に伴い、台船を沈めようとする力が働くため、台船のバラストを調整することで浮力を発生させ台船姿勢を調整した(図一3)。また、バラストだけではタンクの容量が不足するため、潮汐を利用し、上げ潮のタイミングで浜出しを行った。

桁を直接支持する受点には300tジャッキを48台使用した。6台を1群として8箇所支持した。そのうち、2箇所ずつは油圧グループを同一とし、疑似的に4点で支持している状態をつくり、反力変動を極力抑えた。

2隻の台船を使用するロールオンのため、台船1隻によるロールオンでは生じえない問題がある。それぞれの台船が上下に動揺した場合に桁の剛性により負荷が増えることがその一つである。その要因となる事

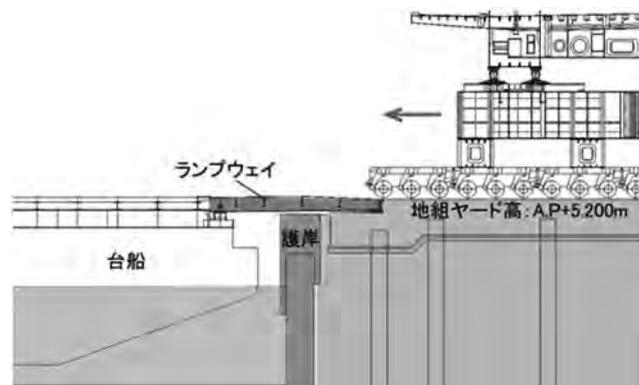


図一3 ロールオン計画図

象は様々あり、それぞれを管理する必要がある。主な例として「多軸台車の走行速度のずれ」「多軸台車の軸重・軸数の違い」「台船のバラスト能力の差異(ポンプ能力,配管系統,タンク容量など)」が挙げられる。これらに対し、管理すべきものの優劣をつけ、管理できない要因(風や船の動揺等)は不均等で考慮した。また、ロールオン時の大きな管理方針として次の3つを実施した。「ランプウェイ(地組ヤードと台船の渡り)位置での高さ管理を基本とする。」「台船および多軸台車にそれぞれ正・副を決めて、副は正に同調させる。」「台船はバラスト排水とタンク内シフトで水平を保つ。」(図一4)

潮位や台船の姿勢、ランプウェイ、300tジャッキ、反力、多軸台車反力、重心等は集中管理室の12台のモニターで遠隔監視した(写真一3)。バラストと潮位変動により高さを保持しつつ、台船の姿勢を常に監視し続けた結果、反力変動は計画反力に対して数kN程度ではほぼ変化なく、約3時間をかけてロールオンを完了した。

ロールオン完了後、岸壁より台船を数m離れた位置で停泊し、バラスト排水により船底と海底面のクリアを十分確保し次の干潮時の潮位で座礁しない高さを確保した。



図一4 台船と地組ヤードの関係

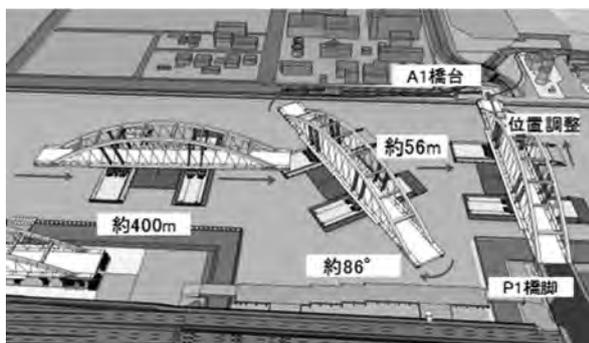


写真一3 集中管理室 遠隔監視モニター

#### 4. 台船一括架設

岸壁に設置した係留設備からのウィンチワークにより、浅く狭い水路内を架設現地へ移動する。超重量物のため、動き出しおよび停止時の挙動に最新の注意を払い作業を行った。水路内の移動は、水路長手方向に約400m移動した後、台船を約86°回転させ、再び約56m水路長手方向に移動し、橋台・橋脚上へ位置合わせを行った(図一5)。船の回転移動は、係船柱を回転中心とした(写真一4)。

橋台・橋脚上への位置調整は、橋脚上に配置したチルホールと、台船ウィンチのおしみワイヤーの張力を調整しながら行った。位置調整後、潮汐とバラストにより桁を降下し、各橋脚上支点タッチ直前に桁端へ吊下げた1,000tジャッキのストロークを伸ばすことで、支点タッチ時のバタつきを抑え、台船受点から橋脚・橋台上の支点へ反力を移行した。台船へ作用する反力が小さくなるに伴い、桁形状が台船受の状態から支点支持の状態に変形するため、各受点位置で水平移動をしようとする。そこで、A1橋台・P1橋脚の2支点のうち、A1橋台側を可動、P1橋脚側を固定とし、一方向へ水平力を逃がすようにした。また、台船も桁の変形に合わせて水平移動方向に移動させることで、荷重



図一5 台船移動イメージ図



写真一4 係船柱(台船回転中心)

解放時の台船受点へ作用する水平力を最小限とした。

2隻の台船受点を同時に開放できるように、各受点の反力を見ながら、バラスト調整のポンプ稼働時間を調整した。各台船の受点解放後、バラスト注入により座礁しない高さで台船を沈め、桁と台船受点の十分な退避スペースを確認後、台船を退避させた。

各支点へ反力移行後、A1側約3m、P1側1mをサンドル降下設備で所定の高さに降下した(写真一5)。日照により桁が伸縮することもあり、降下作業は夜間を実施し、位置調整も含め4夜間で施工を完了した(写真一6)。



写真一5 降下設備(P1側)



写真一6 一括架設終了

#### 5. おわりに

本橋梁は施工条件により特殊性のある架設工法であったが、架設面では特に入念な事前検討を積み重ね台船一括架設に臨んだ。2018年8月に台船一括架設を無事完了し、その他の橋梁についても2019年6月に施工を完了した。本稿が橋梁架設技術発展の参考になれば幸いである。

JICMA

【筆者紹介】

竹嶋 竜司 (たけしま りゅうじ)  
 (株)IHI インフラシステム  
 建設部



# 洋上風力建設に対する取り組み

白 枝 哲 次・萩 原 政 弘・井 元 康 介

平成 23 年度より開始された経済産業省資源エネルギー庁が推進する浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業の第 2 期実証研究の概要を第 1 期施工時からの改善事例を交えて紹介する。また、「海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する法律（以下再エネ海域利用法）」の施行により我が国において拡大が期待される着床式洋上風力への取り組みについて紹介する。

キーワード：浮体式洋上風力，ふくしま新風，着床式洋上風力，SEP 台船

## 1. はじめに

洋上風力開発において先行する欧州地域では着床式洋上風力が主流でありながらも、2017 年 10 月にスコットランド沖にて世界最大規模の浮体式洋上風力発電所（ハイウインドスコットランドパーク）が運転開始するなど、次世代の洋上風力開発も進行している。一方で我が国においてはすでに平成 23 年度より経済産業省資源エネルギー庁から民間企業と東京大学で構成する「福島洋上風力コンソーシアム」が浮体式洋上風力発電設備による洋上ウインドファームの研究開発事業を受託し、研究開発を推進している。研究開発事業における実証設備の建設工程としては、第 1 期として 2013 年に浮体サブステーション、2MW 浮体式洋上風車、それらをつなぐ送電ケーブルの施工を実施、第 2 期として 2014 年～2015 年にかけて 7MW 浮体式洋上風車、2016 年には 5MW 浮体式洋上風車、それらをつなぐ送電ケーブルの施工が実施された。現在では洋上ウインドファームとしての実証運転により、各種データ収集を実施するなど浮体式洋上風力の技術開発において欧州地域を先行している。

ここでは、福島洋上風力コンソーシアム構成会社より発注を受けた特定建設共同企業体で実施した 7MW 浮体式洋上風車設置工事の概要を第 1 期工事からの改善内容を交えて説明するとともに、浮体式洋上風力に先行して開発が進められている着床式洋上風力への取り組みを以下に記述する。

## 2. 浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業の役割

本事業は経済産業省資源エネルギー庁から平成 23 年度に公募され、平成 24 年 3 月に福島洋上風力コンソーシアムが受託した。福島洋上風力コンソーシアムにおいては福島復興を支援する事業として「福島復興・浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業」（平成 23 年度～平成 27 年度）にはじまり平成 28 年度以降は「福島浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業」として各浮体式洋上風車の運転実証を実施しており、ウインドファーム実用化に向けた研究開発を加速させ福島県の復興に寄与することで、浮体式洋上風力をはじめとした再生可能エネルギー産業の集積地となることを狙いとしている。

### (1) 実施体制とスケジュール

本事業を受託した福島洋上風力コンソーシアムは、民間企業と東京大学で構成されている。各構成員はそれぞれ表 1 に示す研究開発項目及び本事業を推進するために必要な実施項目を推進する役割を担っている。

本業務は平成 23 年度から始まった第 1 期実証研究、平成 25 年度から始まった第 2 期実証研究に分かれている。表 2 に各ステージにおける実施内容と建設する実証施設の概要を示す。

### (2) 設置する実証施設の概要

本事業では浮体式洋上ウインドファームの実証施設を設置する。実証施設の設置海域は、福島県双葉郡楳葉町（広野火力発電所近傍）の海岸線から沖合約

20 km, 水深約 120 m の海域に設定された。設置海域における各施設の配置を図一 1 に示す。

ウィンドファームの実証施設は、浮体式の洋上サブステーション 1 基、2MW1 基と 5MW1 基、7MW1 基の計 3 基の浮体式洋上風車、合わせて 4 基の浮体で構成される（写真一 1、表一 3）。風車 2 形式と浮体 3 形式の多様な組み合わせにより、我が国の気象・海象や地勢等に対する各形式の適性や課題を確認することを狙っている。

表一 福島洋上風力コンソーシアムの研究開発項目および実施項目（第 2 期実証研究時）

研究開発項目および実施項目
事前協議・許認可, 維持管理, 漁業との共存
観測予測技術, 航行安全性, 国民との科学・技術対話
系統連系協議, 環境影響評価
V 字型セミサブ浮体及び風車の提供 (7MW)
アドバンストスパー浮体 (5MW), 浮体サブステーション
コンパクトセミサブ浮体 (2MW)
高性能鋼材の開発
洋上変電所の開発, 2MW・5MW 風車の提供
大容量ライザーケーブルの開発
海域調査, 施工技術
浮体式洋上風力発電に関する情報基盤整備

### 3. 施工フロー

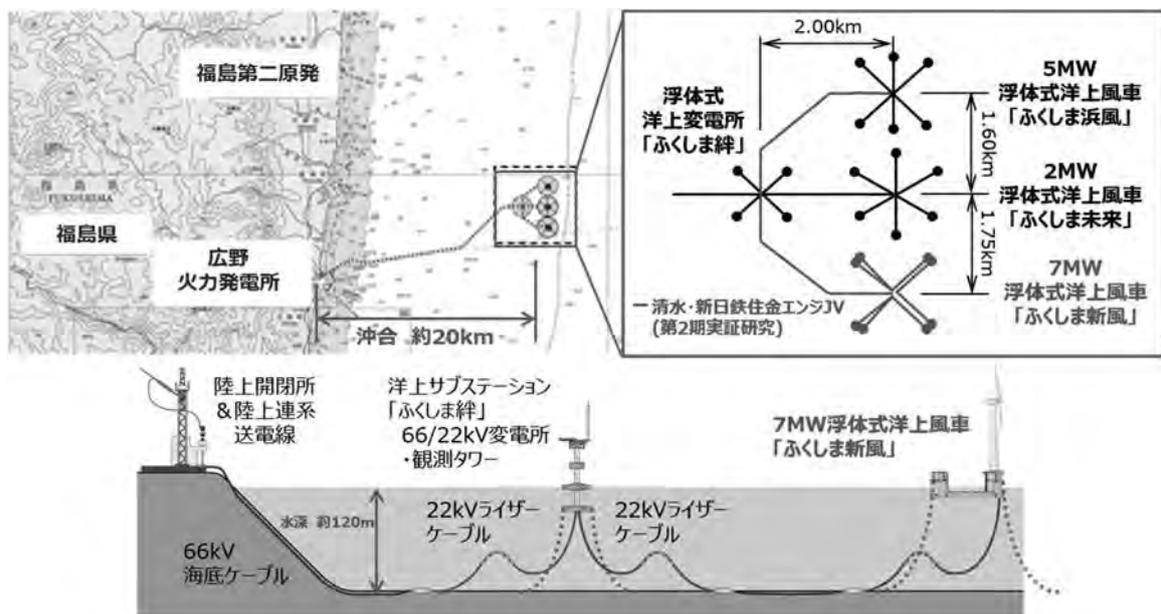
次に 7MW 浮体式洋上風車の施工フローを紹介する。7MW 風車用浮体は福島洋上風力コンソーシアム構成会社の造船所にて浮体の製作を行った後、小名浜に曳航し、小名浜港内にて風車の建方および電気工事を施工した後に設置海域へ曳航した。その後の係留作業においては事前に海底に設置しておいた係留チェーンと接続する施工手順である。本施工フローと 2MW 浮体式洋上風車との主な相違点としては、2MW 浮体式洋上風車が浮体曳航前に風車建方を浮体建造場所で実施したのに対し、7MW 浮体式洋上風車は曳航完了後に風車建方を実施した点が挙げられる。これは 7MW 風車用浮体の建造場所が長崎であり、小名浜港までの曳航距離が 1,500 km と長距離曳航となる条件から安全性に配慮し、設置海域近傍である小名浜港での建方が選定された経緯によるものである。施工フローを図一 2 に示す。

### 4. 7MW 風車用浮体「ふくしま新風」の曳航・据付工事の概要

特定建設共同企業体が施工した 7MW 浮体式洋上浮

表二 実証研究のスケジュールと実施内容

ステージ	時期	内容
第 1 期実証研究	平成 23 年度～	2MW ダウンウィンド型浮体式洋上風力発電設備, 浮体サブステーション, 送電ケーブルの設置と実証研究
第 2 期実証研究	平成 25 年度～	7MW 油圧式ドライブ型浮体式洋上風力発電設備 1 基, 5MW ダウンウィンド型浮体式洋上風力発電設備 1 基, それらをつなぐ送電ケーブルの設置と実証研究



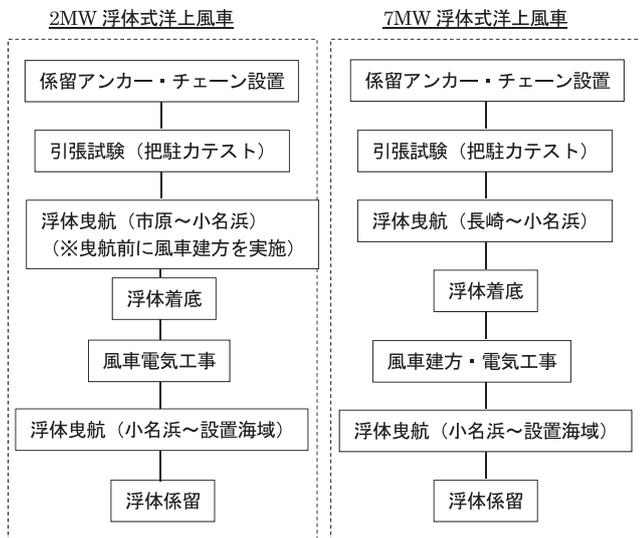
図一 浮体式洋上ウィンドファーム実証施設の設置海域と浮体の配置図



写真—1 風車・浮体

表—3 風車・浮体の仕様

設備名称	規模	風車型式	浮体形式	設置時期
浮体サブステーション	25MVA 66kV	—	アドバンストスパー	第1期
コンパクトセミサブ浮体	2MW	ダウンウインド型	4コラム型セミサブ	第1期
V字型セミサブ浮体	7MW	油圧式ドライブ型	3コラム型セミサブ	第2期
アドバンストスパー浮体	5MW	ダウンウインド型	アドバンストスパー	第2期



図—2 2MW・7MW 浮体式洋上風車の施工フロー比較

体式洋上風車「ふくしま新風」の各施工プロセスについて概説する。なお第1期実証研究の内容については当該バックナンバー (Vol.66 No.6 June 2014) をご参照頂きたい。

福島沖に設置するこの浮体式洋上風車は水面からのハブ高さ105m、浮体の幅は150m、長さ85mであり、世界最大級の浮体式洋上風力である。係留アンカーは高把駐力アンカーと呼ばれる形式で、係留チェーンに

張力を作用させるとアンカー自体が地中に潜り込み、周囲の地盤の耐力によりアンカーが地盤をつかむ力、把駐力を確保する。今回の係留には、高把駐力型の特殊アンカーを用いた。係留チェーンは国内で製造されている中で最大の断面径φ132mmのチェーンを使用し、本設チェーンの長さは最大で約840mに及ぶ。

(1) 係留アンカー・チェーン設置

7MW 浮体式洋上風車は設置海域において、8条のチェーンで係留される。浮体が現地の設置海域に到達する前に、これらの8条の係留アンカー・チェーンを設置海域の海底に設置した。

係留アンカー・チェーンは小名浜港の3号ふ頭に水切りされた。係留チェーンは3号ふ頭の敷鉄板を敷き詰めたエプロン上において展張し、設置時にねじれが残らないよう整理して並べた。整理したチェーンは、専用の釣り天秤を使用して500t吊クレーン台船「第50幸神丸」により吊り上げ、係留アンカー・チェーンの敷設船「新潮丸」に積み込んだ(写真—2)。なお、2MW 浮体式洋上風車施工時と比較して本設置工事で使用する係留チェーンの長さが約100m延長されたことから、敷設船のデッキの一部に中二階(メザンデッキ)を艀装し、延長分の係留チェーンを搭載した。



写真一2 500t吊クレーン台船による敷設船への係留チェーン積込状況 (点線枠内はメザニンデッキ部)



写真一3 係留アンカーの積み込み状況



写真一4 係留アンカー・チェーン設置状況 (ROVにより確認)

同敷設船に積み込んだ係留アンカーを写真一3に示す。

係留アンカー・チェーン設置時は敷設船とともに支援船「新日丸」も設置海域へ回航し、アンカーの端部に支援船から下ろしたワイヤーを接続してアンカーの姿勢を調整しながら係留アンカーを設置した。続けて、敷設船に艀装したウィンドラス（チェーン専用の巻き上げ機械）によりチェーンを船上から送り出し、海底に設置した。なお、後工程の浮体係留作業のため各チェーン端部をブイアップさせた。係留アンカー設置状況を写真一4に示す。設置後の係留アンカー・チェーンの状況は、支援船に搭載したROV（Remotely Operated Vehicle：水中ロボット）により確認した。

## (2) 引張試験（把駐力テスト）

引張試験（把駐力テスト）とは係留アンカーの効き具合を確認する試験のことで、日本海事協会が策定している「浮体式洋上風力発電設備に関するガイドライン」に基準が示されている。それによれば、係留アンカー・チェーンに作用する最大設計張力を作用させ、15分間その状態を維持することを確認することとされている。本試験については2MW浮体式洋上風車と同様に日本海事協会が要求する試験荷重を考慮し、国内最大の600tプラーユニット（引張試験装置）を作業台船「海島」上に艀装した。試験手順としては向かい合う1対の係留チェーン末端を作業台船上に引き上げ、片側をチェーンストッパーに固定し、他方をプラーユニットにセットして牽引した。引張試験のイメージ（図一3）、引張試験状況を写真一5に示す。また本試験においては、2MW浮体式洋上風車設置時に同試験を実施の際、作業台船端部に設置されたチェーンシューター部（チェーンの送出し兼引き込み部）に大きな摩擦力が発生したことから、チェーンシューター部を流線形にし、摩擦の低減を図った（写真一6）。

引張試験の結果、8箇所すべてのアンカー移動量はいずれも計画値内であった。

## (3) 浮体着底用マウンドの造成

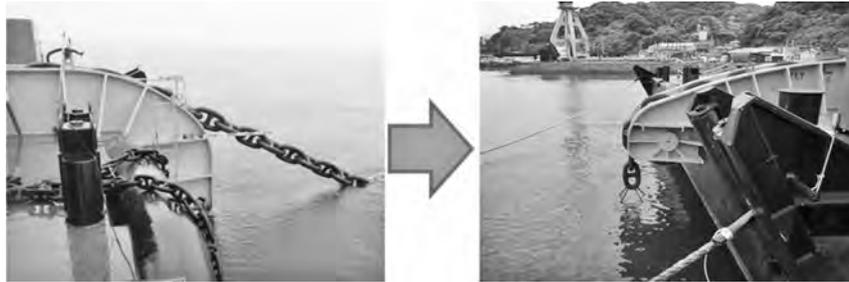
「3. 施工フロー」にて記述した通り、本施工においては浮体曳航作業が完了次第、小名浜港内で風車建方を実施する工程となっている。2MW浮体式洋上風車施工時においても、小名浜港にて浮体着底用の簡易マ



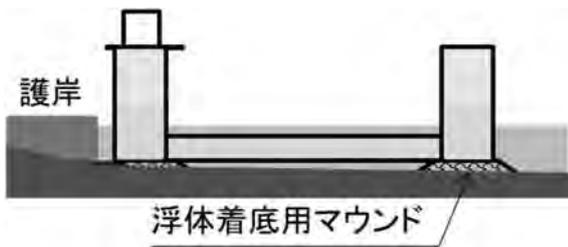
図一3 引張試験のイメージ



写真一五 引張試験の状況 (荷重 500t × 15分)



写真一六 改良されたチェーンシューター (左: 改良前, 右: 改良後)



図一四 浮体着底用マウンドのイメージ図



図一五 曳航ルート (長崎～小名浜)

マウンド (フィルターユニット (割栗石を詰めた袋), 古タイヤで造成) を要したが, 着底後の作業としては電気工事を主としていたため, 着底の安定性に高度な要求がなかった。しかしながら本工事においては, 風車建方を実施するとともに, 翌年まで仮置き状態が続くとの条件から十分な安定性確保が必要なため浮体曳航作業の前作業として, 小名浜港内護岸の前面海域に浮体着底用マウンドの造成を行った (図一四)。  
 ※浮体着底用マウンドについては浮体式洋上風車の出航後, 撤去を実施した。

(4) 浮体曳航

係留アンカー・チェーン設置, 引張試験, 浮体着底用マウンド造成の完了に合わせて, 7MW 風車用浮体の曳航を計画した。曳航ルートを図一五に示す。

7MW 風車用浮体風車の浮体部は福島洋上風力コンソーシアム構成会社の造船所において製作され, 平成26年10月30日に洋上風車は出航した。7MW 風車用浮体の曳航船団は7,500PS 級, 6,000PS 級, 5,000PS 級の曳航船各1隻, 補助曳船として4,000PS 級の曳航



写真一七 7MW 風車用浮体の曳航状況

船2隻, 4,000PS 級の警戒船2隻の計7隻で構成されている (写真一七)。7MW 風車用浮体風車は当初, 曳航ルートを順調に進んでいたが, 台風20号 (2014年) の日本列島接近による影響を最小限にするため, 避難港湾として予め設定した「駿河湾」に入域し, 台風の通過を待つ形となった。安全が確認された後, 曳航を

再開させ、平成26年11月10日に予定通り小名浜港に到着した。小名浜港到着後は前工程にて施工した浮体着底用マウンドまで誘導し、バラスタタンクに注水を行って着底させた。

**(5) 浮体係留**

7MW 風車用浮体を着底させた状態で福島洋上風力コンソーシアム構成会社が風車建方工事および電気工事を実施、特定建設共同企業体は浮体係留の準備作業を行った。これらの作業を終え、平成27年7月28日に洋上風車を再び浮上させ、設置海域へ曳航した。

7MW 浮体式洋上風車が設置海域に到着後、曳航船により位置を保持しながら作業台船を7MW 浮体式洋上風車の近傍に配置するとともに海底から係留チェーンを引き上げ、浮体に固定する作業を行った。

この作業については第1期工事において浮体甲板にあるチェーンの固定部まで係留チェーンを引き上げる作業が沖合でのクレーン作業となり、波浪による台船の動揺に伴いクレーンフックが振れる影響で洋上待機を余儀なくされた経験があった。本工事ではそれらの経験を踏まえ、港内にて予め浮体側にチェーンウィンチを艀装する方法を採用した。この工法改善により海底から引き上げてきた係留チェーンとチェーンウィンチ側に予め仕込まれた仮設チェーンを作業台船上で接続した後に、チェーンウィンチを稼働させ浮体側に引き込むことで、チェーン固定部での作業を円滑に完了させた(図-6)。沖合での連続的な洋上作業を限られた期間で実行する点で難易度の高い作業であったが、台風が襲来するシーズンを迎える前に全8条の係留チェーン接続を終えることができた(写真-8)。



写真-8 設置完了後の7MW 浮体式洋上風車の状況

**5. 着床式洋上風力への取り組み**

東日本大震災に起因する福島第一原子力発電所の事故をきっかけに、日本のエネルギー開発は転換点を迎え、従来の発電システムの見直しとともに再生可能エネルギーに注目が集まっている。その一つである「風力発電」は、山間部を中心に国内各地で建設が進められているが、設置環境により風の乱れが大きいことや土地、道路の規制、景観、騒音への影響が大きい等により陸上風力における適地が急速に減少しているのが現状である。そのような風車建設・稼働環境をふまえ、我が国においては欧州にて実績のある「着床式洋上風力」を導入し、それらの問題を改善するとともに、新たなエネルギー開発を推進するため、本年4月に再エネ海域利用法が施行された。この施行をきっかけに洋上風力発電市場は急速な拡大が見込まれており、EPC

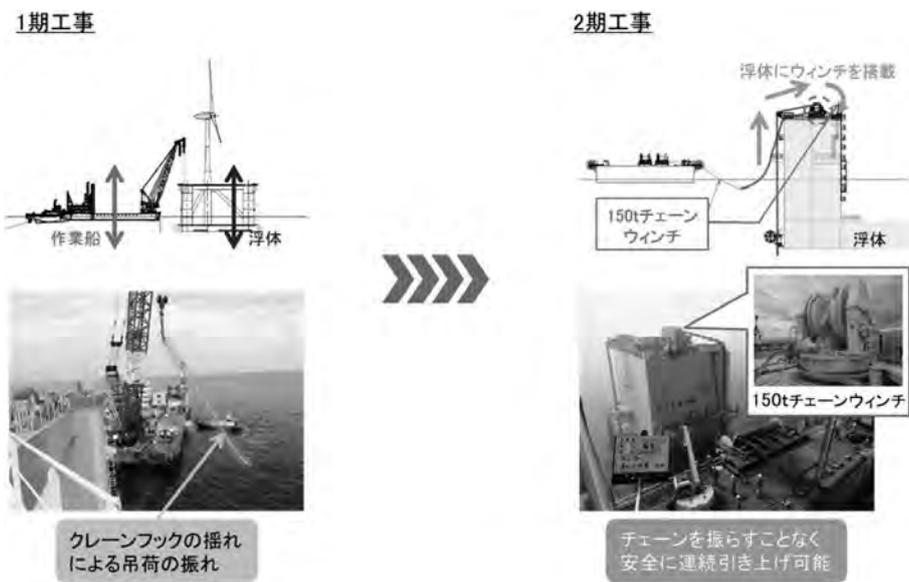


図-6 チェーン固定作業



写真—9 世界最大級の搭載能力およびクレーン能力を備えた自航式 SEP 船

契約（風車本体の調達から設置工事までを含む施設建設工事の契約）の市場規模は5兆円超との試算結果もでていいる。そのような市場環境の中で建設大手各社は SEP（Self-Elevating Platform：自己昇降式作業船（以下 SEP 台船））の建造に着手しており、昨今の報道においては世界最大級の搭載能力およびクレーン能力を備えた自航式 SEP 船の建造を発表し、先行する欧州での固定価格買取制度（FIT）に依存しない形での事業性確保に伴う風車大型化（9～12MW）等の海外での動向も含めた将来需要にも対応できる技術開発を進めている（写真—9、世界最大級の搭載能力およびクレーン能力を持つ SEP 台船（全幅50m、全長142m、総トン数28,000t、クレーンの最大揚重能力は2,500t、最高揚重高さは158m））。

## 6. おわりに

本稿で取り扱った内容は経済産業省資源エネルギー庁が推進する浮体式洋上ウインドファーム実証研究事業に伴う実証設備の第2期工事であり、その前年に経験した第1期工事（特定建設共同企業体にて施工）における経験・ノウハウを可能な限り活かすことで、作業効率化を目指した成果である。工事内容においては時間的、施工的、海象等の制約により改善が至らない点が多くあったことも事実である。浮体式洋上風力の施工技術においては係留システム（係留索を含めた）の簡略化、係留条数の最小化、引張試験の効率化や撤去時を考慮した浮体本体の最適化等で、多くの課題がある。しかしながら、今後の更なる事業化に伴う技術開発により、日本の地理的条件に適合した施工の安全性・経済性を高めることで再生可能エネルギーの一つとして、社会に貢献することが期待される。

JCMA

### 《参考文献》

・福島洋上風力コンソーシアム ウェブページ

### 【筆者紹介】



白枝 哲次（しろえだ てつじ）  
清水建設㈱  
エンジニアリング事業本部  
新エネルギーエンジニアリング事業部  
事業部長



萩原 政弘（はぎわら まさひろ）  
日鉄エンジニアリング㈱  
海洋事業部 国内海洋営業室  
室長



井元 康介（いもと こうすけ）  
清水建設㈱  
エンジニアリング事業本部  
新エネルギーエンジニアリング事業部  
係員

# ニューマチックケーソン工法による 海上橋梁下部工事の施工

## 川崎港臨港道路東扇島水江町線（MP4）橋梁下部工事

遠藤 智・香川 純成

川崎港臨港道路東扇島水江町線の橋梁工事では、水江町側主塔基礎部分にあたるMP4橋脚について、ニューマチックケーソン工法を採用し、施工を実施した。平面寸法約500m<sup>2</sup>、高さ約67mの躯体を構築しながら約60mの沈下掘削を行い、掘削完了時の躯体先端深度は「KP-62.975」また最大気圧は「0.586Mpa」、その精度は合成偏心量「23mm」、刃口深度誤差「-3mm」で工事を完了させた。この極めて稀な大深度ニューマチックケーソン工法の施工において、軟弱粘性土層への対応、レーザーセンサを用いた開口率の自動測定について施工内容とともに紹介する。

キーワード：橋梁下部工、海上施工、ニューマチックケーソン、軟弱地盤、大深度

### 1. はじめに

川崎港は東京港と横浜港の間に位置し、石油化学・鉄鋼等の製造業や火力発電所等、エネルギー関連産業の集積が進み、国際コンテナ戦略港湾である京浜港の一翼を担っている。中でも川崎港の中心となる東扇島地区にはコンテナターミナルや冷凍冷蔵倉庫郡が集積し、今後さらなるロジスティクス機能の充実に伴い交通需要の増大が見込まれる。

また、平常時には公園として利用される基幹的広域防災拠点整備されており、災害時には緊急物資輸送の中継基地や広域支援部隊等の一時集結地・ベースキャンプとして機能することになる。

川崎港東扇島～水江町地区臨港道路の整備事業は、これまで東扇島と内陸部を結ぶ道路が川崎港海底トンネルの1ルートであったところを多重化することにより、川崎港と背後圏とのアクセスを向上させ物流機能を強化すること、および基幹的広域防災拠点と背後圏

を結ぶ緊急物資輸送ルートを新たに拡充することにより、首都圏の防災機能をより強化することを目的とする（写真-1、図-1）。

川崎港東扇島～水江町地区臨港道路の主橋梁部は、京浜運河を航行する船舶の航行幅として400mを確



写真-1 施工位置図

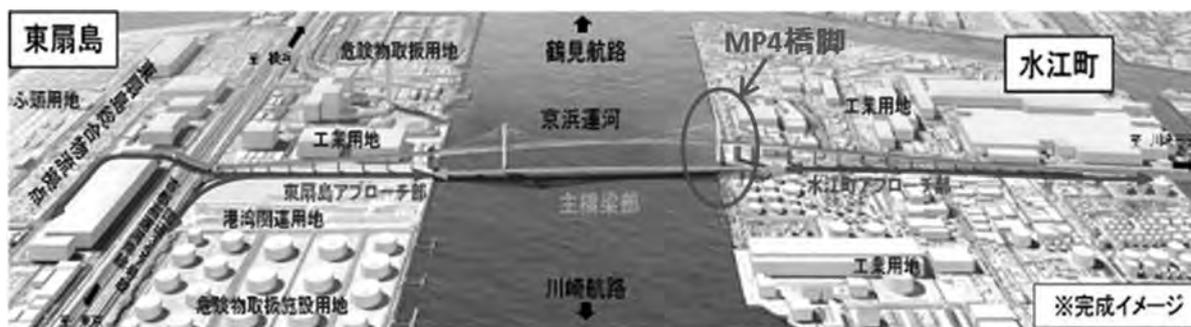


図-1 川崎港東扇島～水江町地区臨港道路 橋梁完成予想図

保するため、中央径間長 525 m の斜張橋となり、中央径間の大きさでは全国で第 3 位、東日本では第 1 位の長大斜張橋となる。

このうち MP4 工事は、水江町地区護岸付近の海上に主塔部の橋梁下部工を施工する工事であり、MP4 橋脚の基礎にはニューマチックケーソン工法が採用されている。海底地盤には厚い軟弱粘性土層（厚さ約 26 m）が堆積しており、支持層は海面下 -60 m 以深に存在することから、掘削深度 59.975 m の大深度ニューマチックケーソン工事となった（写真-2, 3）。



写真-2 施工状況



写真-3 施工状況

## 2. 工事概要

### (1) 工事概要

工事名称 川崎港臨港道路東扇島水江町線主橋梁部 (MP4) 橋梁下部工事  
 工事場所 神奈川県川崎市川崎区京浜運河  
 発注者 国土交通省 関東地方整備局 京浜港湾事務所  
 施工者 大成・東洋・大豊特定建設工事共同企業体  
 工期 平成 27 年 3 月 19 日～平成 31 年 1 月 31 日

### (2) 工事内容

- ・鋼杭工／仮設栈台工
- ・築島工（鋼管矢板／鋼矢板）
- ・ニューマチックケーソン工
- 沈下掘削工 掘削深さ約 60 m
- 基礎構築工 28 m × 18 m × 高さ 56.0 m
- 橋脚構築工 28 m × 16 m × 高さ 11.1 m
- ・最大作業気圧 0.586 MPa

MP4 橋脚の基礎部は隅切を設けた矩形で、作業室部が 28.1 m × 18.1 m、側壁部、頂版部が 28.0 m × 18.0 m であり、高さは作業室部（作業室スラブを含む）が 4.5 m、側壁部が 47.5 m、頂版部が 4.0 m の 56.0 m

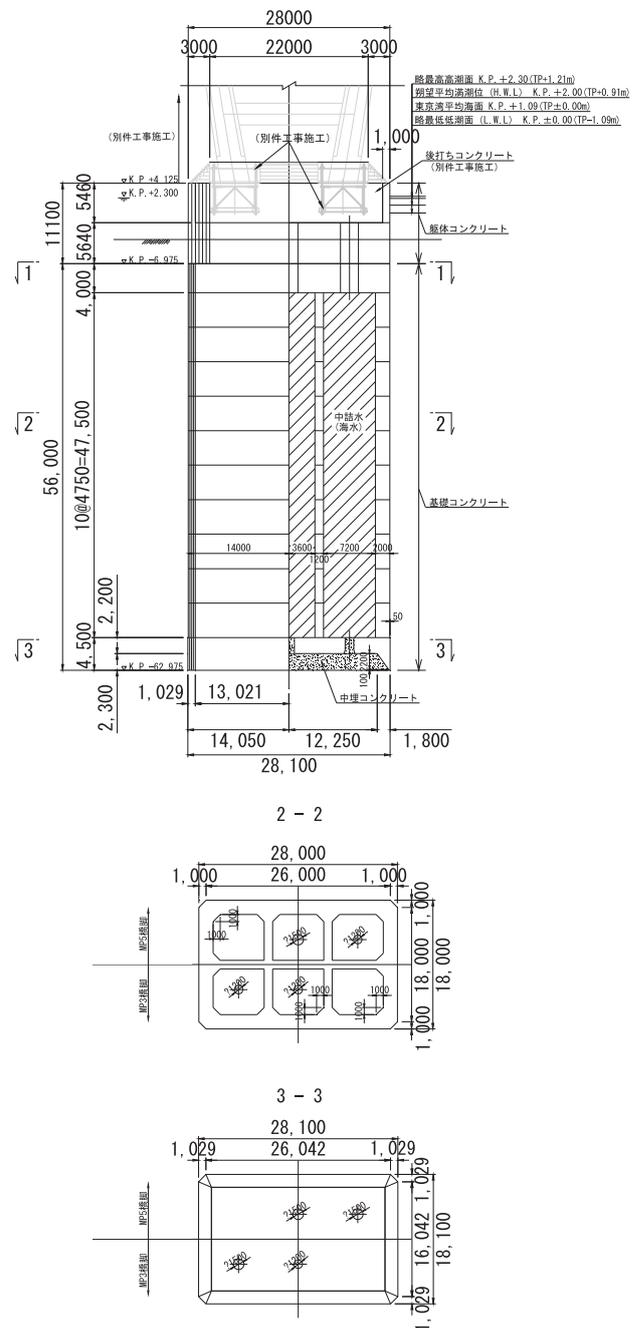


図-2 MP4 橋脚下部構造図

である。その上の橋脚部は16.0 m × 28.0 mの矩形で、全高11.1 mの内、上部5.46 mは壁厚1.0 mのパラベット構造となっている（図-2）。

MP4 橋脚は海上に施工する水中ケーソンである。平均水深は5.5 mと比較的浅い箇所であり、また海底表層の埋土層は非常に軟弱であるため、ケーソン初期構築の方法として築島仮締切り工を採用するとともに、埋土層の上部を山砂・碎石に置換する方法を採った。

また、ニューマチックケーソン工の施工ヤードとして仮設栈台を設置した（写真-4, 5）。



写真-4 仮設栈台の海上施工



写真-5 築島締切り工の施工

### 3. 軟弱粘性土における過沈下対策

#### (1) 粘性土の評価

掘削地盤は、事前のボーリング調査結果から、軟弱な粘性土層（厚さ約26 m）が確認されていた。この軟弱粘性土層でニューマチックケーソン工法を実施する場合、地盤反力の不足による過沈下が懸念された。

施工基面から4.0 mが置換層で、6.5 m埋土層があり、その下に沖積層のAc1層、Ac2層が分布している（図

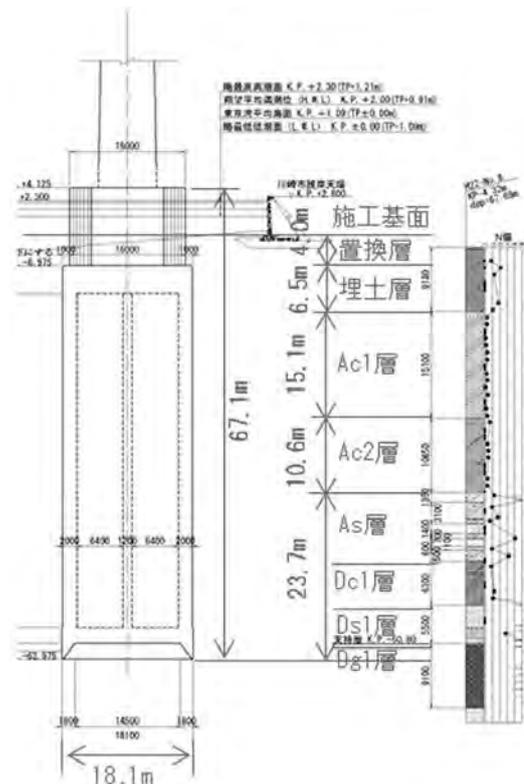


図-3 AC層位置図

—3)。Ac1層およびAc2層のN値は2～4であり、事前のボーリング調査より得られた粘着力はAc1層で90 kN/m<sup>2</sup>、Ac2層で100 kN/m<sup>2</sup>であった。この設計値よりケーソンの開口率を求めると62.3%となり、地盤改良などの補助工法は必要としない。しかし、先行して沈下掘削をしている隣接工事では、粘着力は想定していたよりも小さいことが確認されており、ケーソンの過沈下や傾斜を防止する上で、設計と実施工の差異について検証が必要となった。

既存文献等によれば京浜地区の粘性土層は、1950年前半から1970年台中盤に大量に汲み上げられた地下水と埋立てによる圧密により過圧密状態にあり、乱されていない状態での強度に対し、乱された状態では著しく強度が低下する超鋭敏な粘性土である可能性が高い。そこでケーソン沈設時の動的な粘着力の変化を把握するため繰返し一面せん断試験を行い、測定されたせん断応力を粘着力として考慮することとした。試験の結果、繰返し回数1～3回でせん断応力は減少し、6回以降はおよそ20 kN/m<sup>2</sup>の値でほぼ一定となったことから、これは地盤を完全に乱した場合の粘着力は20 kN/m<sup>2</sup>程度であると推定できた（図-4）。この試験結果に基づきケーソン沈設時の刃口直下地盤の粘着力として、地盤が概ね軟化した状態に相当する繰返し回数2回目の35 kN/m<sup>2</sup>を採用することとし、対策を行った。

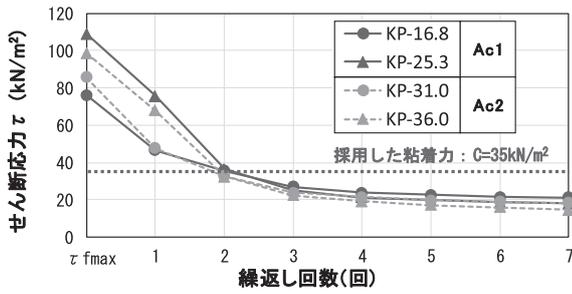


図-4 繰返し一面せん断試験の結果

(2) 打設ロット高さの変更

粘性土層 Ac1 層, Ac2 層の粘着力を 35 kN/m<sup>2</sup> として沈下関係図を再計算すると当該粘性土層を掘削する 5 ロットから 10 ロットにおける開口率 (図-5) は 42.7% から 49.6% となった。開口率が 60% を下回ると天井走行掘削機 4 台の内, 外側の 2 台が埋没してしまう。また土砂撤去のスペースが辛うじて確保できるだけの状態となり, 掘削による姿勢制御は不可能となる。さらに, ケーソンが早い速度で沈下した場合, 粘着力が急激に減少し過沈下を起こす可能性が高い。仮に過沈下により傾斜等が発生した場合, MP4 橋脚は海上でのケーソン工事であることから, 傾斜修正の対策を施すことが困難なため, 事前に防止対策を行う必要があった。そこでニューマチックケーソンの沈下力を低減させるため, 刃口が軟弱粘性土層を通過する 5 ロットから 10 ロットのコンクリート打設を分割施工とすることとし, 1 ロットの高さを 4.75 m から 2.8 m ~ 2.0 m の打設高さに変更することにより開口率 60% の確保を図ることとした (図-6)。

(3) 軟弱粘性土層での施工結果

軟弱粘性土層において 1 ロットあたりの施工高さを当初計画の半分程度とすることで, ニューマチックケーソンの沈下力を低減した。これにより, 必要な開口率を確保でき, 過沈下や傾斜を抑制し施工を実施することができた (写真-6)。

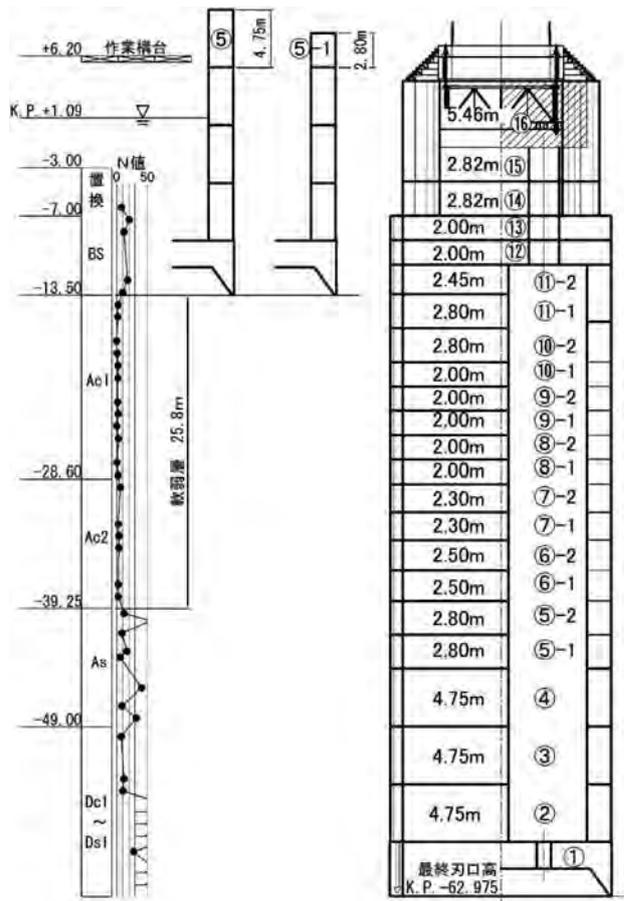


図-6 修正したロット割



写真-6 粘性土層での函内状況

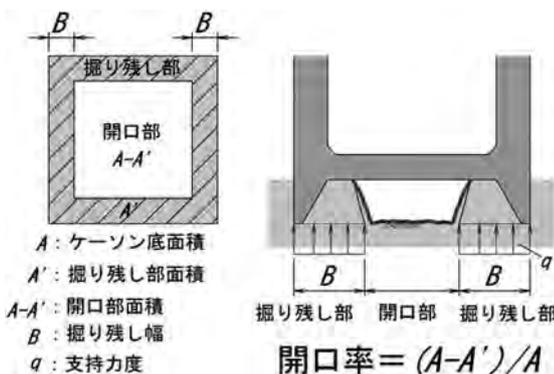


図-5 開口率の定義

4. レーザーセンサを用いた開口率の自動測定

従来, 開口率は, 当日の掘削作業終了後に室内へ入函し, 掘削状況の測量から求めるのが一般的であったが, 定性的な管理になりやすく測量時間もかかるため, 掘削の進捗に伴う開口率, すなわち支持力の変動をリアルタイムに把握することが困難であった。

これらの課題を解決するため, 本工事では ICT 施工として「ケーソン作業室内の掘り残し土量可視化技

術」を開発・導入する事により、定量的かつ即時に算出した開口率を把握する事が可能となり、沈下掘削の精度向上に大きな成果をもたらした。

(1) 自動開口率測定の概要と測定方法

ケーソン作業室内の掘り残し土量可視化技術は、掘削機前方に設置したレーザーセンサを使い、遠隔操作にてケーソン刃口周りの掘削形状の計測を行い、その結果を基に掘り残し土量を測量し、モニター上に可視化する。

- ①レーザーセンサを設置した掘削機を所定の位置に停止
- ②掘削機を順次旋回・停止させ、鉛直断面を約30度毎に測定
- ③作業室内全体（基本12断面の掘り残し形状）を測定後、データを3D化して掘り残し土砂の平面・断面形状を表示し、開口率を計算

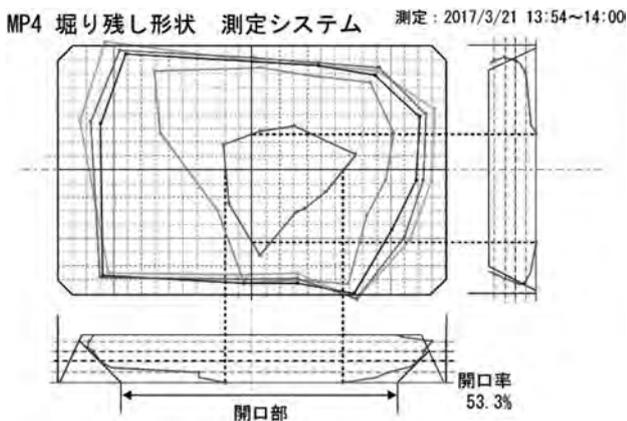
掘削機に設置した状況（写真一七）と測定結果出力画面を示す（図一七）。

(2) 自動開口率測定の効果

作業室内での測量を想定した場合、本工事の最大深度65mでは、高気圧の作業室内（最大理論気圧0.65MPa）への入退室の加減圧管理に103分、測量に約



写真一七 レーザーセンサ設置状況



図一七 測定結果出力画面

開口率のモニタ 掘削状況



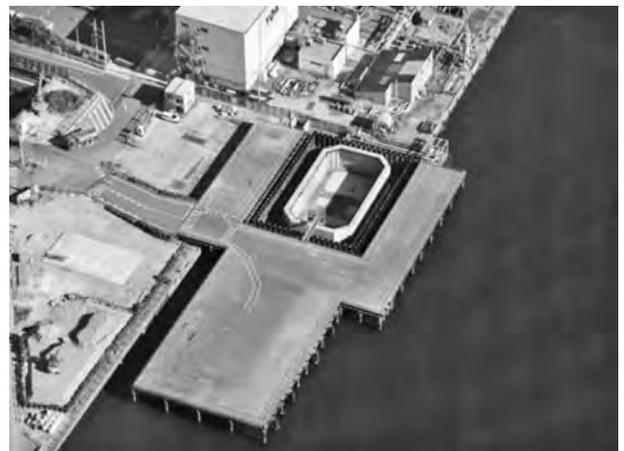
写真一八 可視化したデータを活用した掘削管理

30分、計130分以上を要することになり、また作業員の減圧症のリスクが伴うため、安全上の問題もあったが、本システムの導入により、高気圧下での作業と減圧症発生のリスクを減らすことができました。また、計測は1箇所当たり5秒、掘削機旋回10秒のため、全周12箇所の計測から開口率算定・可視化まで3~4分と短時間で開口率を正確に把握できる。よって、掘削に伴って支持力が減少（開口率が增大）し、沈下のタイミングが近い場合は、掘り残し状況をリアルタイムに把握～刃口反力の増加状況を注視しながら刃口周りの掘削範囲をオペレータに伝達することで、沈下精度・安全性に影響する異常沈下の防止に役立った（写真一八）。

5. おわりに

海上でのニューマチックケーソン工法による橋梁下部工事の施工について紹介した。

軟弱粘性土層を施工する場合、1ロットあたりの施工高さを分割することにより、過沈下や傾斜を抑制し施工を実施することができ有効であった。



写真一九 工事完了写真

レーザによる開口率の自動測定は、高圧下での作業と減圧症の発生リスクを減らすことができた。また、掘り残し状況をリアルタイムに把握でき、沈設精度の確保に役立った。

本工事のニューマチックケーソン工は、平成28年8月から開始し、平成30年10月に圧気作業が完了した。平成30年12月に後打ちコンクリートを打設して、平成31年1月に無事竣工を迎えることができた（写真—9）。

### 謝 辞

最後に、本工事の施工にあたりご指導・ご協力をいただいた関係者の皆様に感謝の意を表します。

JCMA



#### [筆者紹介]

遠藤 智（えんどう さとし）  
大成建設㈱  
土木本部機械部  
課長



香川 純成（かがわ よしなり）  
大成建設㈱  
横浜支店土木部  
作業所長



# 水中建設機械を対象とした 作業情報呈示システムの検討

平 林 丈 嗣・喜 彦 司

港湾工事等における水中作業については、基本的に潜水士の手作業に依存しているが、海中透明度の高い沖縄では、潜水士搭乗型水中バックホウが実用化されており、潜水士作業の肉体的負担の軽減、安全性向上に役立てられている。本検討は、潜水士搭乗型水中バックホウを対象に、さらなる作業効率の向上を目的とし、情報化施工技術の適応を検討するものである。本システムの検討として、水中建設機械に適応可能なセンサを選定し、構築した作業情報呈示システムによる地形認識に関する水中実験を行った。さらに実海域における試験を実施し、運用面における課題点抽出を行った。

キーワード：水中建設機械、情報化施工、水中センサ

## 1. 背景

沖縄管内の海洋工事については、高い透明度により直接目視での状況認識が可能であることから、潜水士搭乗型水中バックホウが古くから導入されてきた。しかし水中バックホウ近傍での作業も発生することとなり、また、潜水時間の制約や波浪潮流等による作業中止基準は、潜水士の安全確保のため必要である。そこで、さらなる安全性及び生産性向上に寄与すべく、ICT (Information and Communication Technology) 施工を港湾施工現場に適用するため、従来陸上施工で活用されてきたマシンガイダンス技術を水中バックホウに適用できるよう検討を行う。

## 2. センサ選定

気中と水中におけるセンシングの違いとして、水中では電波の減衰が著しく、また光学については砂泥等の微小粒子による濁りに大きく影響される点が挙げられる。そのため、陸上のマシンガイダンスに一般的に用いられるセンサをそのまま水中用として適応することは困難である。例えば、陸上マシンガイダンスにおいて、GPSにより機体座標（平面位置・高さ）と機体方位を検出する事が一般的であるが、水中においてGPSは使用できないため、代替として音響測位装置 (USBL) を使用する。方位については、地磁気方位計を用いる。しかし音響測位装置は経験上、10 cm 以上の計測誤差が発生することが考えられる。そのため高

表—1 選定センサ

名称	型番 (メーカー)	仕様	計測対象
傾斜センサ	JCS7402A (日本航空電子)	± 0.15 度以下	機体傾斜
地磁気センサ	HMR-3000 (HoneyWell)	0.1 度 (但し分解能)	機体方位
水圧計	BWL-10MET (共和電業)	± 0.15% RO 以内	機体水深
水圧計	BWL-20MET (共和電業)	± 0.15% RO 以内	基準水深
水中モニタ	LCD10000VH5 (Century)	WXGA1280 × 800 (但し解像度)	運転席用
USBL	TrackLink (LinkQuest)		平面座標
ストローク センサ	GYcRS (サンテテスト)	± 0.025% FS 以下	シリンダ長

さ方向の機体計測は高精度水圧計を用いることとした。

機体の関節角度については、ブーム・アーム・バケットリンクに重力加速度計を設置し角度検出する方式が一般的であるが、今後の遠隔操作化を考慮した場合、振動の影響を受けにくく静定時間が短い方式が適していると考えられる。そのため、油圧シリンダのストローク量を計測する磁歪式リニアセンサを用いることとした。さらに故障時の交換修理の容易性を考慮し、一般に市販されているセンサを用いることとした。

表—1 に本システムで選定したセンサと公表精度 (又は分解能) を示す。

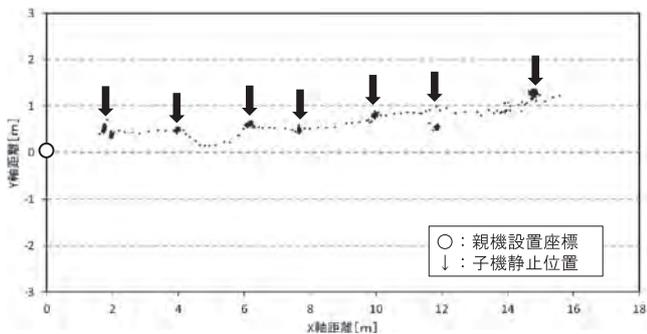
### (1) USBL

水中の場合、電波が減衰するためGPSが使用できない。また濁りなどにより光学測量器も使用が制限さ

れる。そこで機体の水平位置を検出するセンサとして、複数箇所への音波の伝達時間を計測し、その時間差から位置を計算する音響測位装置（以下 USBL）を使用する。

ただし音の伝搬時間を用いているため、既設構造物からの反射・回折・散乱による影響や、実海域作業現場において常態的に存在する環境ノイズの影響も考えられる。そこで、実際に水中建設機械が稼働している現場において、環境ノイズの影響について確認した。

図一1は台船側面から吊り降ろした子機の移動経路である。この図からわかるように、親機から15mまでは、移動経路および停止時の位置データの誤差が少なく、安定して計測が可能であった。



図一1 USBL 移動経路の記録

(2) 水圧計

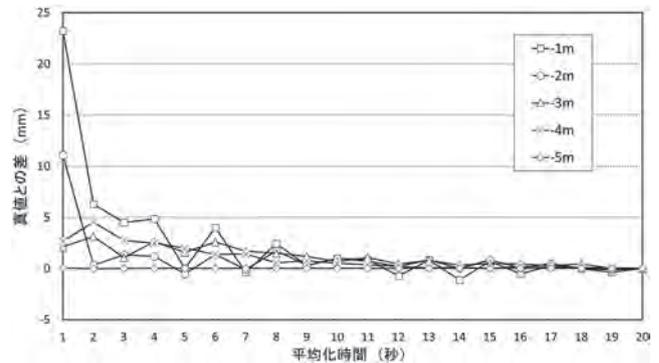
水圧センサはバックホウの高さ方向の位置を検出するため、バケット先端の計測精度に重要となる。そのため仕様±0.15% RO (Rated Output: 定格出力) の高精度水圧計を使用する。ここで測定レンジが10mのものについて、その計測精度を検証する。

計測は表面が十分に静定した状態の水槽（最大水深-6m）で行い、水圧センサ（BWL-10MET）を1m間隔で-5mまで吊り下げ、各水深におけるデータを記録した。計測時間は20秒とし、約870点の計測を平均する。表一2に計測結果を示す。結果として誤差5mm以内の計測精度を有することがわかった。

また波浪に対する影響についても検討する必要がある。同水槽において波高150mm、周期2.4秒の造波を行い同様の計測を行った。平均化する時間幅を1秒~20秒とし、表一2で示した水圧計数値との差を示

表一2 静定水槽における水圧計計測結果

水深 (m)	1	2	3	4	5
水圧計数値	1.0049	2.0047	3.0049	3.9996	5.0000
差	0.0049	0.0047	0.0049	-0.0004	0.0000
標準偏差	0.0010	0.0010	0.0012	0.0021	0.0014

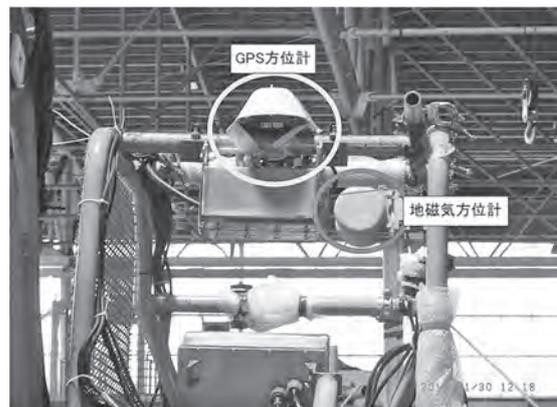


図一2 平均化時間幅を変更した場合の計測誤差

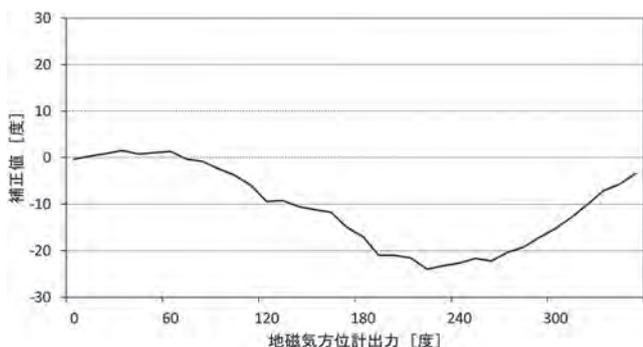
した図を図一2に示す。本水槽実験においては、10秒以上（約3波以上）のデータを平均することで、差が1mm以下となった。実海域においても複数回の波をまたぐ時間平滑化は有効であるものと考えられる。ただし、潮位変化や長周期うねりに対し時間平均を行う事は困難である。そのため高さが既知である基準点を作業現場近傍に設け、基準点に別途設置する水圧計との差分により補正を行うこととした。

(3) 地磁気方位計

方位の検出について、FOG (Fiber Optical Gyro) ではドリフト（誤差が蓄積される状態）の発生や絶対値方位の検出が困難であるため、地磁気方位計（Honeywell社 HMR-3000）を用いることとした。しかし、バックホウ本体が磁性体である事や、鋼矢板等の現場環境により誤差が発生することが考えられる。そこで地磁気方位計をバックホウ機体に設置した状態で、GPS方位計を真値とした方位誤差について計測する。なお、本計測は地磁気センサの特性を計測することを目的とし、真北と磁北の差は考慮しない。計測は、キャビン上部にGPS方位計を設置し、GPS方位計の出力値で10度間隔に旋回を行い、その時の地磁気方位計の値をサンプリングする。図一3にGPS方位計と地磁気



図一3 地磁気方位計とGPS方位計



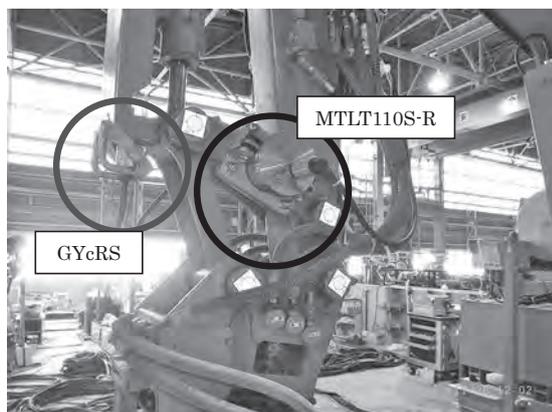
図一四 地磁気方位計と GPS 方位計の計測差分

方位計の設置状況を示す。図一四に GPS 方位計出力値に対する地磁気方位計出力の差を示す。結果として、最大 23 度の誤差が計測されたほか、方位によって誤差量が変動することが明らかとなった。そこで、今回計測した誤差を補正值とし、ルックアップテーブル方式による方位補正を行うこととした。

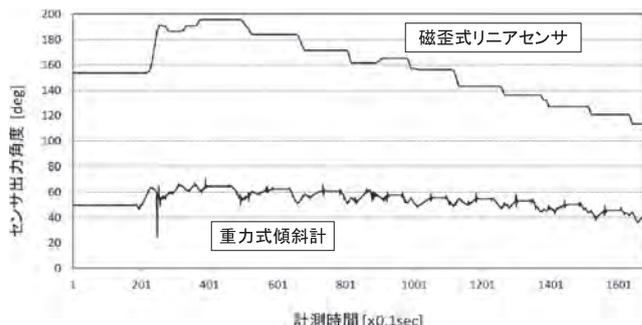
(4) ストロークセンサ

ブーム・アーム・バケット角度の計測について、重力式傾斜計を用いた場合、掘削施工時の衝撃についても加速度として検知してしまうため、時間平均等の安定させるための静定時間が必要となることが予想される。そこで重力式傾斜計 (Memsic 社製 MTLT110S-R) と磁歪式リニアストローク計 (Santest 社 GYcRS) によるバケット角度検出の比較実験を行った。設置状況を図一五に示す。図一六は重力式傾斜計と磁歪式リニアストローク計のデータを比較したものである。なお重力式傾斜計の値は I リンクに設置した状態の生データであるため、バケット角度の絶対値としての比較では無い。

記録開始から 19 秒の間の静止状態では、ほとんど振動は無く安定している。しかし動作時は磁歪式リニアストローク計と比較して重力式傾斜計のデータには



図一五 ストロークセンサと重力式傾斜計



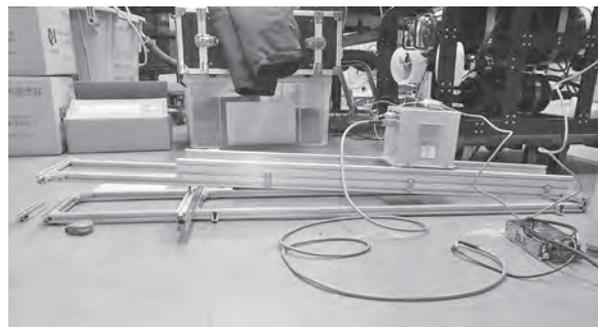
図一六 バケット軸角度の計測結果

パルス的な振動が発生している。また磁歪式リニアストローク計で角度の変化が無い状態でも、重力式傾斜計では振動が残っている。対応策として時間平滑化を行う事も考えられるが、常に入力操作を行うバケットに対して平滑化を行う事は、モニタに表示するバックホウ姿勢に遅延が発生する可能性があり、今後、モニタ画面を見ながら操作する遠隔操作において作業効率に影響があるものと考えられるため、本システムでは磁歪式リニアストローク計を採用する。

(5) 傾斜センサ

バケット先端座標の高さは、機体の傾斜により大きく変化し、その比率は旋回中心からの距離に依存する。つまり作業半径が大きくなる場合、傾斜の計測精度は高精度なものが要求される。本システムでは日本航空電子製の FOG (Fiber Optical Gyro : JCS7402A) を選定し、その誤差について実測を行った。

計測では任意の傾斜とする治具を製作した。水平を確保したベースフレーム上に蝶番により角度をもたせる傾斜フレームを配置し、FOG を固定した。この傾斜フレーム端部の高さを調整することで、任意の傾斜を発生させている。計測中の写真を図一七に示す。傾斜センサ精度試験の条件として、水平から ± 3 度までを 0.5 度間隔で計測した。計測点数は 0.1 秒間隔で 5 秒間 (50 点) とし、その平均と標準偏差を計測した。



図一七 傾斜計試験状況 (JCS 7402A)

表一3 傾斜計測試験結果

		俯角						
治具傾斜		-3.0	-2.5	-2.0	-1.5	-1.0	-0.5	0.0
FOG 傾斜 (50点平均)		-3.050	-2.545	-2.056	-1.567	-1.028	-0.511	-0.012
差		-0.050	-0.045	-0.056	-0.067	-0.028	-0.011	-0.012
標準偏差		0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.000	0.002

		仰角						
治具傾斜		0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
FOG 傾斜 (50点平均)		0.015	0.483	0.983	1.461	1.978	2.488	2.983
差		0.015	0.017	0.017	0.039	0.022	0.012	0.017
標準偏差		0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001



図一9 刃先座標精度試験状況

表一3は計測結果である。治具の形状から、センサに対し仰角と俯角を計測する際に再設置を行ったため、仰角俯角それぞれに0度が存在する。

仕様±0.15度の精度に対し、実測では俯角-0.038度、仰角0.02度と非常に高い精度で計測が可能であった。また5秒間50点の標準偏差も最大0.003度であり、安定した計測が可能であると言える。

(6) 作業情報表示モニタの検討

水中基礎マウンド均し作業において必要となる情報は、マウンド形状、目標高さ、バックホウ姿勢、周辺状況（既設構造物等）が考えられる。そこで、本システムでは鳥瞰表示、上面表示、側面表示の表示方式を任意に切り替えて表示する事とした。また、モニタ上には既存施設を表示させ、機体位置との位置関係を認識できるようにしている（図一8）。

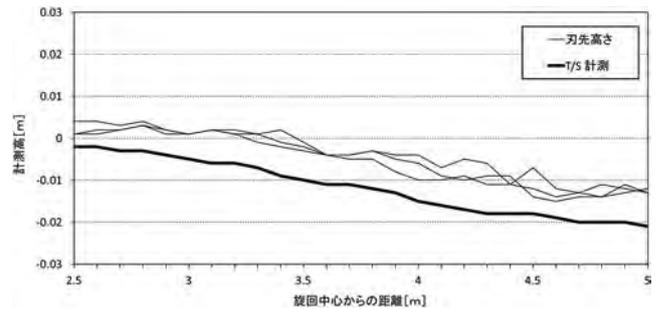


図一8 作業情報表示モニタ

3. システム試験

(1) 陸上試験

本システムのバケット刃先座標について、その計測精度を確認する試験を行った。本試験は気中で行うため、磁歪式リニアストローク計、FOG ジャイロ、地磁気方位計の内界センサによる試験となる。計測は平坦なコンクリート面に10cm間隔で印をつけた直線（A測線）を対象とする。10cm間隔でバケット刃先



図一10 計測結果 (A-Line)

を接触させ、刃先座標をシステムで記録した値と、別途光学測量器（T/S）で計測した値との比較を行うこととした。バケット刃先座標誤差計測状況を図一9に示す。図一10に計測誤差を比較したグラフを示す。

搭載したシステムでは、刃先座標の計測誤差（高さ方向）は、すべての点においてほぼ±10mmの範囲（最大誤差+12mm、平均誤差+3.6mm、標準偏差±4.3mm）に収まっている事が確認された。

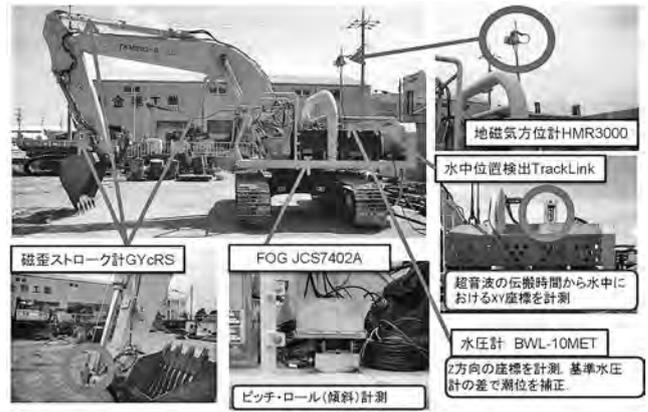
(2) 水中試験

水中作業情報呈示システムの実用化に向け、関東地方整備局所管のケーソン製作ドック（図一11）において水中実験を行った。ドック底盤には、既知形状の碎石マウンド模型（粒径約150mm）を設置しており、陸上試験と同様にバケット刃先を接触させて地盤高さを計測する実験を行った。図一12に碎石マウンドと計測ラインを示す。本試験は前述の内界センサのほか、水圧計による機体高さ計測を含めた試験とした。なお、音響測位装置がドック壁面からの多重反射の影響により計測値にバラツキが多く見られたため、平面位置については搭乗潜水士による目視誘導を行った。なお対象とする測線は事前に光学測量器による計測を行っている。一例としてDラインを計測した結果を図一13に示す。

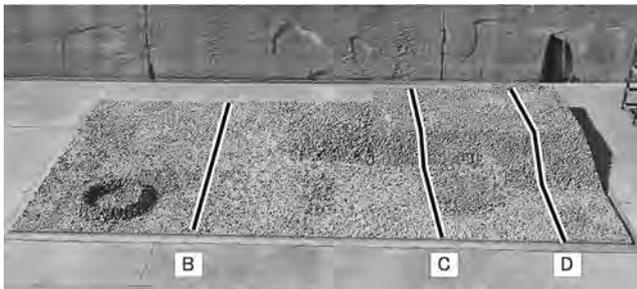
以下に各測線におけるトータルステーション計測値



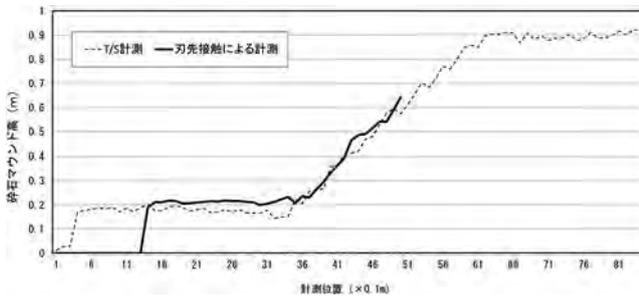
図一 11 京浜港ドックヤードにおける水中試験



図一 14 実機へのセンサ搭載



図一 12 碎石マウンドと計測ライン



図一 13 計測結果 (D-Line)

を真値としたとマシンガイダンス計測の差分を示す。

- B 測線 平均誤差 +31mm 偏差 ± 17 mm
- C 測線 平均誤差 +29mm 偏差 ± 28 mm
- D 測線 平均誤差 +27mm 偏差 ± 29 mm

(3) 実工事適応試験

構築した水中作業情報呈示システムを実工事で試用し、課題点・改良点、および、遠隔操作化に向けた機能付加を抽出することを目的として、実工事適応試験を実施した。試験に用いる水中バックホウ (TKM200-9) は実工事で使用されている 0.8 立米クラスであり、工種は基礎捨石マウンド均し作業とした。図一 14 に前項で選定したセンサの配置図を示す。

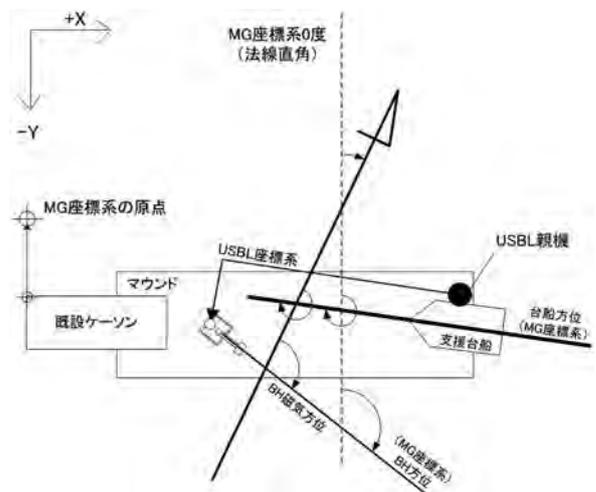
ただし実工事中の試験であるため、施工スケジュールや施工精度に影響を与えないよう通常の施工方法・

施工手順を基本としており、事前の丁張り作業や別潜水士による誘導を実施している。

本試験の実施にあたり、設計図面をシステムデータに変換する必要がある。GPS 等で一般的に用いられるのは、緯度経度による世界座標系であるが、施工一般図では主に法線方向を基準とした直交座標系となる。また、水中 MG で採用している座標系も法線直角方向を +Y 軸とした直交座標であり、既設防波堤の任意の位置を原点とする MG システムローカル座標系 (図一 15) としている。

また、機体位置 (XY 平面) を検出する USBL (水中位置検出) は、親機を設置している作業台船の船首方向を 0 度としたローカル座標系であり、また TKM200-9 の方位は地磁気方位計により検出するため、磁北を 0 度とした方位が出力される。そのためバックホウ座標については、台船方位と法線直角方向の角度差分による座標変換 (回転) を行う事とし、バックホウ方位については磁北と法線直角方向の差分を補正することでシステムローカル座標系に変換する。

またバックホウの高さ (水深方向) については、機



図一 15 システムローカル座標系

体に設置した水圧計により検出している。さらに潮位に対して補正を行うため、別途既知の水深に設置した潮位補正用水圧計とバックホウ水圧計の差分によって補正を行う。今回、潮位補正用水圧計は安定した設置のため既設防波堤港内側のフーチング部に設置することとした。図-16に水圧計配置を示す。これらの条件を基に、設計図面から座標変換等を行い、システムで使用するデータを作成した。図-17に表示画面を示す。

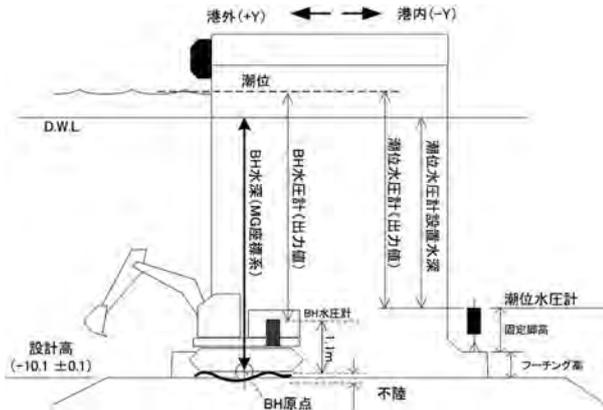


図-16 水圧計配置図

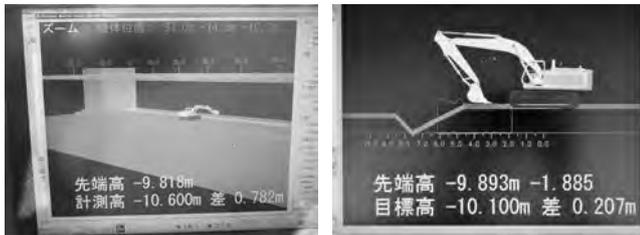


図-17 作業情報表示画面

実工事適応試験は1回目の捨石投入直後に実施しており、その際の設置作業やPC操作は港湾空港技術研究所が主体となって行った。その後、3回目の捨石投入後に、水中バックホウを所有する共同研究者単独で試験を行った(図-18)。その際の設置解体については共同研究者単独で作業を行っており、本システムが実運用時において大きな問題が無いと考える。さらに本試験において搭乗潜水士から機能拡充に関する要望を聴取しており、今後の遠隔操作化に向けた取組みに反映する予定である。

#### 4. おわりに

本稿は、ICTを港湾施工現場に適用するため、陸上施工で活用されてきたマシンガイダンス技術を、水中バックホウに適応するための検討について報告するものである。水中施工において使用可能な市販センサ



図-18 実工事適応試験状況

を選定および精度確認のための要素試験を実施した。さらに、水中作業状況呈示システムを構築し、刃先接触による地形計測試験を陸上および水中において実施した。さらに本システムを水中作業機械実機に搭載し、実際の海洋港湾工事現場において適応試験を実施し、大きなトラブル無く稼働することを確認した。

今後は、外界計測センサの高精度化と水中ブレーカ等を応用した起震均しアタッチメントの要素技術を加え、遠隔操作施工を目的とした研究を実施する予定である。これらの成果は、いままで潜水士による人力作業に多くを依存してきた港湾工事において、施工の安全性と生産性の向上に資するものと期待する。

なお本研究は、内閣府沖縄総合事務局の委託研究「水中作業の機械化施工におけるマシンガイダンス技術高度化研究委託」により実施した成果である。

JCMIA

[筆者紹介]

平林 丈嗣 (ひらばやし たけつぐ)  
 (国研) 海上・港湾・航空技術研究所  
 港湾空港技術研究所 新技術研究開発領域



喜多 司 (きた つかさ)  
 (国研) 海上・港湾・航空技術研究所  
 港湾空港技術研究所 新技術研究開発領域



# 浜松市沿岸域 防潮堤整備の紹介

## ダム技術“CSG工法”を用いた海岸防潮堤の施工方法

高田 剛志・徳増 智史・寺田 知史

浜松市沿岸域では想定される南海トラフ巨大地震による甚大な津波被害を軽減するため、篤志家および浜松商工会議所等からの寄付金を活用し、天竜川河口から浜名湖今切口までの約 17.5 km においてレベル 1 津波高を上回る防潮堤の整備を進めている。

防潮堤の基本構造は、台形形状のCSGを核とし、その両側を盛土で覆うものである。ダム技術として開発されたCSG工法は、汎用性の高い建設機械で施工が可能なることから、防潮堤の築堤工事は複数の地元企業が担当しており、浜松市全体が協力し「オール浜松」で整備を推進している。

本稿では、防潮堤整備の概要や、防潮堤の施工方法等について報告する。

キーワード：CSG, 防潮堤, 浜松市沿岸域, 寄付金, 汎用機械

### 1. はじめに

静岡県では、南海トラフ巨大地震による甚大な津波被害が想定されており、地域住民の合意など条件が整った地域で、既存の海岸防災林・砂丘の活用、道路の嵩上げ・補強等による安全度の向上策として「静岡モデル」の整備を推進している。

この一環として浜松市沿岸域では、篤志家および浜松商工会議所等からの寄付金を主な原資として、天竜川河口から浜名湖今切口までの約 17.5 km においてレベル 1 津波高を上回る防潮堤整備を進めている(図-1)。

防潮堤の施工は 2013 (平成 25) 年 7 月より着手し、試験施工として延長約 700 m の防潮堤を施工した。この試験施工で得られた知見をもとに、2014 (平成

26) 年 6 月より本格施工に着手し、2020 (令和 2) 年 3 月の完成に向けて現在施工中である (写真-1)。

### 2. 防潮堤整備の概要

#### (1) 防潮堤の効果

浜松市沿岸域は、多くの人口、資産を低平地に抱えており、「静岡県第 4 次地震被害想定」における南海トラフ巨大地震 (レベル 2 地震) で発生する津波が襲来した場合、約 4,190 ha もの広域な浸水が想定されている。

これに対し、防潮堤の整備高さは、レベル 1 津波高を上回る標高 13 ~ 15 m を基本としている。防潮堤整備の効果として、レベル 2 津波に対して、宅地の浸



図-1 浜松防潮堤の位置図



写真-1 完成した防潮堤

水面積を約8割低減し、さらに、木造家屋が倒壊する目安とされている浸水深2m以上となる宅地面積を98%低減させるという大きな減災効果が見込まれている。

(2) 防潮堤の法線

浜松市沿岸域は天竜川由来の長大な砂浜が広がり、その北側には海岸からの飛砂進入を軽減するための海岸防災林が砂丘と並行に整備されている。防潮堤の法線は、主に次の3つの条件から、海岸防災林内海側の公共用地内に設定した(図-2)。

- ①海岸(砂浜)は海岸保全区域であり、アカウミガメの産卵地としても知られていることから、砂浜の改変は極力避けた位置に配置する
- ②海岸防災林の陸側は住宅に近接しており、工事中の騒音・振動等の影響が懸念されることから、住宅からの離隔を確保するよう極力海側に配置する
- ③海岸防災林内には民有地があるが、事業の早期着手・完成のため、用地取得を要しない公共用地内に配置する

(3) 防潮堤の基本構造

本防潮堤は、中央部に堤敷幅の広い台形形状のCSGを配置し、その両側を盛土により被覆する構造とした。これにより、想定する外力(地震・津波)に対して工学的に安定で、かつ環境面、景観面に配慮した海岸防災林の再生が可能な構造としている(図-

3)。

なお、CSG(Cemented Sand and Gravel)とは、近傍で容易に入手できる岩石質材料にセメントと水を添加し混合することにより製造される材料であり、土砂等の土質材料に比較して大きな強度を有する材料である。CSGはダムの本土工としての実績があり、近年では海岸防潮堤の構造にも採用されている。本防潮堤はレベル2津波が乗り越える想定としているが、核となるCSGの堤体は、浸透破壊や越水による破壊が生じることがない構造物となる。

3. 防潮堤の施工

(1) 施工の分担

CSGを用いた防潮堤の施工は、大きく次の3つに分けられる。

- ①材料採取(母材の採取～CSG材の製造)
- ②CSG製造(CSGの製造とCSG材、CSGの品質管理)
- ③CSG打設(CSGの打設と、盛土等による被覆工の施工)

これらのうち、材料採取は浜松市、CSG製造・CSG打設は静岡県が担当している。

(2) 材料採取

CSGの母材は、海岸から約25km離れた浜松市内の2か所の山から採取した。採取した母材は80mm



図-2 防潮堤整備の横断イメージ

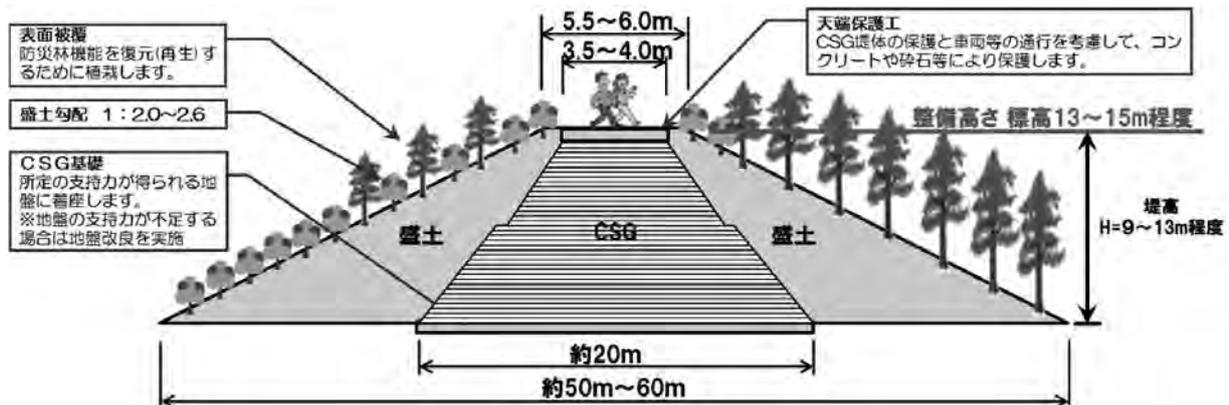


図-3 防潮堤の基本構造

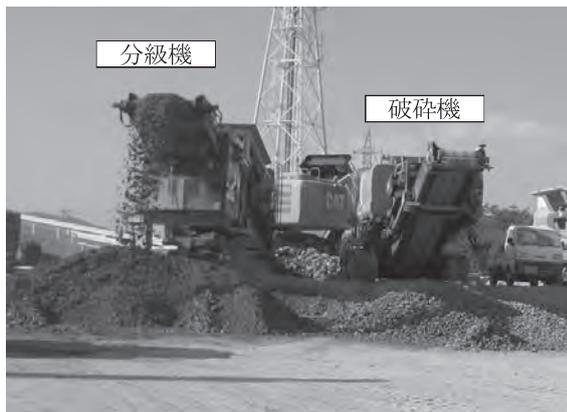


写真-2 CSG材の製造

オーバーサイズをスクリーンで除去した後、これを破碎し 80 mm 以下の材料と混合して CSG 材とした。分級・破碎に用いた設備は全て自走式である(写真-2)。

2か所から採取・破碎された CSG 材は、海岸部の CSG 製造プラントへ運搬し、これに防潮堤の基礎掘削により生じた現地発生材(砂)を 2～4 割混合することで、材料の合理化と運搬による環境負荷の低減を図った。

### (3) CSG の製造

CSG 製造は、防潮堤の施工規模が大きく、施工場所が複数工区同時施工となることから、集中プラント方式を採用することとし、ダム工事などで CSG 工法の施工実績のある施工会社によるものとした。

CSG 製造プラントは、延長約 17.5 km の範囲内に 4 か所設置し、CSG 材、砂、セメント (40～100 kg/m<sup>3</sup>) を均一かつ大量に混合するミキサを使用して CSG を

製造した。使用したミキサは MY-ミキサ(DK-IV)、CRT ミキサ(DKS-II)の2種類であり、写真-3に示す CSG 製造プラントは MY-ミキサ(DK-IV)の実例であり、CSG の製造能力は最大 2,800 m<sup>3</sup>/日である。

### (4) CSG の打設

CSG 打設は、ブルドーザ、振動ローラなど、汎用性の高い建設機械を用いる施工となることから、地元技術を活用する観点で地元企業が参画できるようにした。

CSG 製造プラントで製造した CSG を 10t ダンプトラックにより各築堤工区へ運搬し、16t または 7t 級ブルドーザ(湿地式)により敷き均しを行い、4t 級振動ローラ(コンバインド型)により締固めを行った(写真-4～6)。CSG は 1 層厚さが 30 cm となるように打設しており、先行して両側の盛土を施工(先行



写真-4 10tダンプトラックによるCSGの荷下ろし

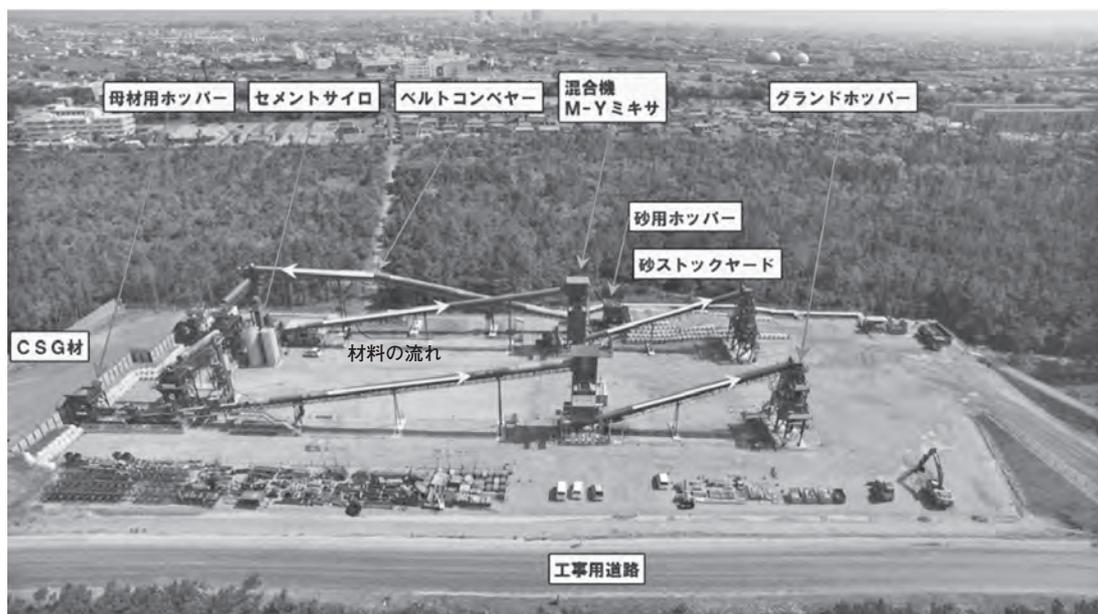


写真-3 CSG製造プラント



写真一5 7t級ブルドーザ(湿地式)によるCSGの敷き均し



写真一6 4t級振動ローラ(コンバインド型)によるCSGの締固め

盛土)し、その内側にCSGを敷き均し、両側の盛土と一緒に締固めを行っている。

(5) 防潮堤の築堤量など

防潮堤の築堤量は、核となるCSGが約200万m<sup>3</sup>、両側の盛土が約260万m<sup>3</sup>となり、防潮堤の造成には

大量の土砂が必要であった。防潮堤の核となるCSGの材料は浜松市内の2か所の山からのみ採取し全体量を確保した。CSG両側の盛土材料については、浜松市内の公共残土や民間開発による発生土などを受入れることによりコスト縮減を図っている。

4. 地域と一体となった防潮堤整備

浜松市沿岸域の防潮堤整備は、2012(平成24)年6月の静岡県・浜松市・篤志家による三者基本合意によってスタートしている。この三者基本合意では、「篤志家が300億円の資金を提供すること、県はできるだけ早い時期に防潮堤工事に着工し完成させること、浜松市は防潮堤整備に必要な土砂を確保するとともに地元理解促進のため市民への説明を行うこと」を定めている。

防潮堤の整備は、浜松市沿岸域の広範囲にわたり社会的影響も大きいため、浜松市域全体の合意形成を図りながら「オール浜松」で整備を推進した。防潮堤のルートや構造は、設計段階から地元自治会の要望や意見を反映するための推進協議会を立ち上げるとともに、一般市民に広く防潮堤を認知していただくよう、浜松商工会議所と連携し、横断幕やロゴマーク等を作成するなど、地域との連携により整備を推進した。さらに、防災だけでなく、海岸の景観保全、土地の有効活用、住環境・自然環境の保全にも大きく貢献することから、自然環境、植栽計画、景観デザインに関して地元・専門の学識者・行政等で組織する委員会を設置して、防潮堤の計画に反映させた(図一4)。



図一4 「オール浜松」で防潮堤整備を推進 概念図

## 5. おわりに

浜松市沿岸域では地域と一体となり、「オール浜松」で防潮堤の整備を進めており、2020（令和2）年3月の整備完了を目指している。

浜松市は、地域一体となった催しが多く、毎年5月のGWに開催されている「浜松まつり」では地区ごとに初子の無病息災を祈願して大小さまざまな凧をあげる。写真—7は2019（令和元）年の浜松まつりの様子であり、当日は凧揚げ会場の海側に整備された防潮堤の上からまつりを見学する方も多く、「防潮堤から凧が見やすくとても良い」という意見も頂いた。



写真—7 令和元年5月の浜松まつりの状況

このように浜松市沿岸域防潮堤は、地震・津波などの災害時には防災施設としての役割を確実に果たすとともに、普段の平常時についても市民や観光客に親しまれる施設としての付加価値があると考えられ、今後もさらなる利活用の面での効果も期待されている。

今後とも地域との調和を最優先に、延長約17.5 kmに及ぶ大規模事業を安全管理に細心の注意を払いながら円滑に進めていきたい。

JICMA

### 《参考文献》

- ・吉澤雄介, 伊東信幸, 袴田充哉: 浜松市沿岸域における防潮堤整備—その1—, ダム技術 No.354 (2016.3)
- ・伊東信幸, 鈴木健泰, 寺田知史: 浜松市沿岸域における防潮堤整備—その2—, ダム技術 No.361 (2016.10)
- ・伊東信幸, 高田剛志, 寺田知史: 浜松市沿岸域における防潮堤整備—その3—, ダム技術 No.370 (2017.7)
- ・台形CSGダム 設計・施工・品質管理技術資料 平成24年6月 財団法人ダム技術センター
- ・浜松土木事務所 浜松市沿岸域防潮堤整備事業 ホームページ

### 【筆者紹介】



高田 剛志 (たかだ たけし)  
静岡県 浜松土木事務所  
沿岸整備課  
課長



徳増 智史 (とくます さとし)  
静岡県 浜松土木事務所  
沿岸整備課 沿岸整備班  
班長



寺田 知史 (てらだ さとし)  
静岡県 浜松土木事務所  
沿岸整備課 沿岸整備班  
主査

# 800 t 吊 SEP 型多目的起重機船

## CP-8001

高倉 遼矢都

CP-8001（以下「本船」という）は、大型クレーンを搭載した SEP 船で、船名はクレーン作業（C）と杭打ち作業（P）が可能な 800 t 吊の起重機船の 1 番船であることを意味している。近年、政府により再生可能エネルギーの導入が推進されるなか、我が国の特性に適した洋上風力発電の導入が大きく期待されている。本船は、欧州および日本の技術を結集し、日本での洋上風力発電設備の建設作業を可能とする。また、洋上風力発電設備の建設のみならず、気象・海象条件の厳しい海域における各種土木工事においても活躍が期待される最新鋭の SEP 船である。

キーワード：洋上風力発電、SEP 型多目的起重機船、自己昇降式作業台船、SEP、Jack-up Barge

### 1. はじめに

2011 年の東日本大震災をきっかけにして日本の電気やエネルギーをめぐる環境が大きく変わり、再生可能エネルギーの導入が推進されている。洋上風力発電については 2016 年 7 月に港湾区域内での風力発電導入の円滑化を目的として港湾法が改正され、2018 年 11 月に一般海域での利用促進を目的とする新法が成立した。

この背景のもと洋上風力発電設備の建設に必要な不可欠な、大型クレーンを搭載した SEP 型多目的起重機船を建造した（写真—1）。

### 2. 基本仕様

#### (1) 基本仕様の検討条件

建造開始前に、大水深防波堤やパースの建設、臨港道路の海中基礎の建設、港湾施設の維持更新、離島の各種土木工事などに活用することも念頭に、本船の特徴でもある以下に示す 4 つの条件を考慮して基本仕様を検討した。

- ①気象・海象条件の厳しい海域でも、安全性、稼働率、精度の高い作業が可能である。  
作業内容は、海上運搬、自動船位保持、ジャッキアップ、クレーン作業などである。
- ② 10 MW 級の風車や大型海洋構造物の運搬、設置作業が可能である。
- ③水深 50 m での作業が可能である。



写真—1 本船外観

- ④外洋での長期滞在を可能とするため十分な居住スペースと緊急時の人員輸送のためのヘリデッキを備える。

欧州の SEP 型洋上風力発電設備設置船の 7 割以上を手掛ける海外の設計会社と基本仕様を検討し、関係者と十分な協議を重ね、新規の設計形式を採用して設計した。

(2) レイアウトと主要諸元

本船は、海上運搬時の安全性、ジャッキアップ時の安全性、デッキ面積を多く確保すること、作業効率を向上させること、省力化などを考慮した。図—1に一般配置図を、表—1に主要諸元を示す。

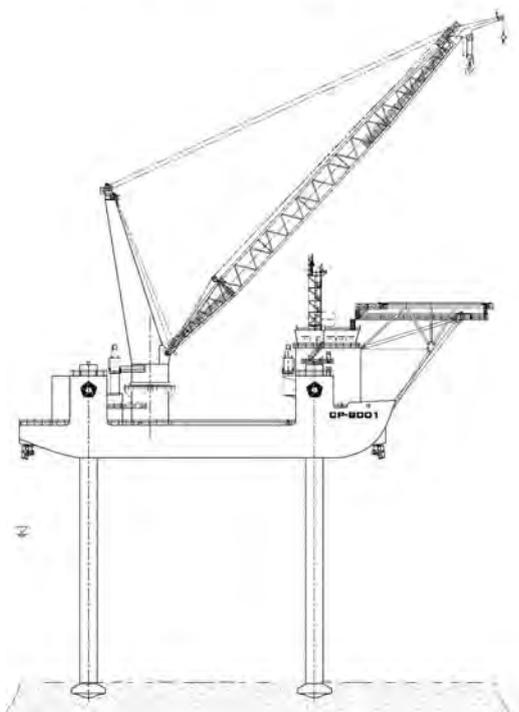
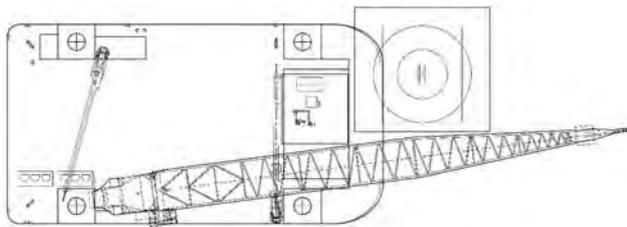
レイアウトの概要については、船体の四隅にレグとジャッキ装置を配置し、800t吊全旋回クレーンを右舷の舷側近傍に配置した。ジャッキアップ時の船位保持を目的として、水平方向に360°回転可能な推進装置（以下、スラスター）を、船首船尾の両舷にそれぞれ1基ずつ、合計4基配置した。

120名が居住可能な居住施設とヘリデッキを船首部に配置した。デッキ面積は洋上風力発電設備の部品やツールを搭載するために約1,750m<sup>2</sup>を確保した。

ジャッキ装置、クレーン、スラスターなどの電源装置を船内に配置し、クレーン以外の主要機器をブリッジで一括遠隔操作できるようにした。

表—1 主要諸元

船体寸法	長さ	73 m
	幅	40 m
	深さ	6.5 m
	喫水	4.35 m
	デッキ面積	1,750 m <sup>2</sup>
レグ	レグ長さ	66.7 m
		設計 86 m
ジャッキ装置	連続式油圧ジャッキ装置	
	ジャッキ能力	2,400 t/本
	昇降速度	0.4 m/分
	レグ操作速度	0.6 m/分
クレーン	定格総荷重×作業半径	
	800 t × 26 m	
	600 t × 35 m	
	400 t × 48 m	
	200 t × 76 m	
位置保持装置	ClassNK DPS-B	
最大搭載人員	120 人	



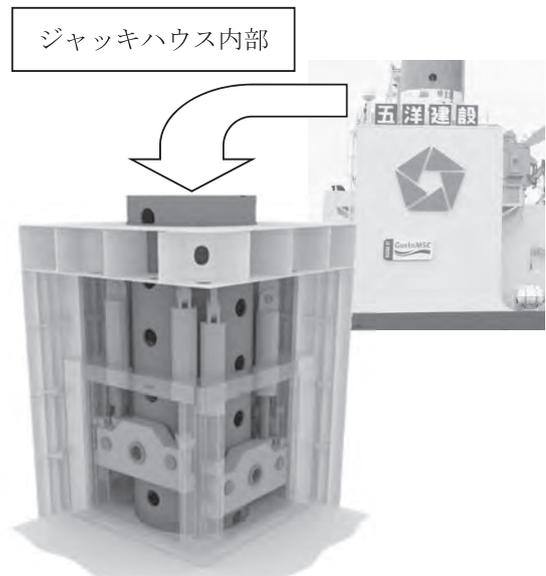
図—1 一般配置図

3. 主要機器

(1) ジャッキ装置

前述の設計会社が開発した連続式油圧ジャッキ装置（図—2）は従来式のようなジャッキの盛り替え時間が不要で、毎分40cmの速度で連続したジャッキアップが可能である。

従来のジャッキの場合、昇降用の3本のピンをレグに挿してジャッキの可動域までレグを昇降させ、固定ピンを挿して昇降用ピンを挿し替え、また昇降するという作業を繰り返す。連続式油圧ジャッキ装置では、



図—2 連続式油圧ジャッキ装置

4本のピンの位置をずらし、常に3本のピンでレグを昇降させ、残りの1本のピンが挿し替え作業を行う。4本のピンが歯車のように動くことで、ピンの挿し替えによるレグの昇降を停止する時間がなく、従来よりも昇降時間が約40%短縮される。写真-2にジャッキ装置操作盤を示す。



写真-2 ジャッキ装置 操作盤

レグ1本当りのジャッキ荷重は2,400tである。

着床式洋上風力の建設が計画されている港湾区域の最大水深が約30mであるため、レグの地盤への貫入、海水面からのジャッキアップ高さ、船体の高さなどを考慮してレグの長さを66mとした。ただし、最大水深が50mと想定される一般海域での建設を考慮し、レグの長さは86mまで延長可能である。

海底にレグが埋まって引き抜けない場合に引き抜きやすくするため、レグの先端からジェット水を噴射させる構造とした。

## (2) クレーン

定格800t吊の設置型全旋回クレーン(写真-3)には、カスタムメイドした国産のインバータ制御ドライブシステムを搭載した。吊上げ、起伏、旋回の全ての操作においてセンチ単位の精度の高い作業が可能である。

最小作業半径はブーム起伏角度が85°で約13mである。作業半径が小さいことで、クレーンポスト周りでも洋上風力発電設備の部品やツールをハンドリングし、デッキを有効活用できる。またモーメントが大きく、最大作業半径はブーム起伏角度が15°で約90mである。

クレーン作業時に船体重心が偏心し、レグに反力の差が発生する。通常のジャッキ荷重の1.6倍のプレロードを事前にかけて、クレーン作業時でもレグと海底地盤の安全性を確保する。



写真-3 800t吊全旋回クレーン

## (3) 自動船位保持装置

自動船位保持装置(DPS = Dynamic Positioning System)は、潮流や風など船を動揺させる外力をリアルタイムで把握して、自動でスラスターの回転数と向きを制御し、船位を指定位置に保持する装置である。写真-4に自動船位保持状況を、写真-5に船首部スラスターを、写真-6に自動船位保持装置操作盤を示す。

安全性と稼働率を考慮し、ClassNKのDPS-Bを取得した。DPS-BはNK鋼船規則P編10章7節で定義されており、スラスター、制御装置、電源装置などのいずれか1つが損傷しても、自動位置保持機能を失わない信頼性の高い装置である。

またスラスターの駆動装置として、永久磁石電動機を搭載し軽量化を図った。

## (4) 電源装置

電源装置として、4サイクル船用高速発電機を搭載した。コンパクトな構造であり、一般的な中速機と比べて軽量である。



写真—4 自動船位保持状況



写真—5 船首部スラスタ



写真—6 自動船位保持装置 操作盤

各作業による需要電力に大きな差があり、発電機の運転台数を複数選択することにより発電能力を調整可能とした。

パワーマネジメントシステムにより、高負荷時に発電機運転台数を自動で増加させる。また需要電力を抑制することも可能であり、安全に電源を管理する。

#### (5) オペレーション支援システム

オペレーションを支援するシステムを各種装備した。

警報監視システムでは、全ての機器の運転状態をブリッジおよび機関室にてリアルタイムで監視し、機器の遠隔操作も可能とした。

カメラ監視システムで船内機器の運転状況や船上・船外での作業状況をブリッジおよび機関室にて遠隔で目視監視する。

バラスト制御装置では、船体重心を監視し、バラスト水の調整を遠隔制御し、重心を中心に維持することが可能である。

円滑なオペレーションを陸上からサポートする目的で、衛星通信システム、TV会議システム、遠隔アクセス保守管理システムなども装備している。

写真—7に操作室を示す。



写真—7 操作室

## 4. 洋上風力発電設備の建設

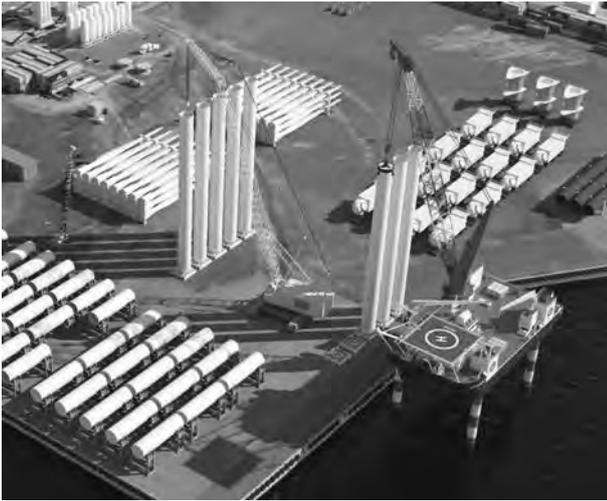
洋上風力発電設備を建設する際、積込→海上運搬→モノパイル打設→風車設置の一連の作業が本船1隻のみで可能である。

まず、基地港にて複数のタワー、ナセル、ブレードなどの風車部材や杭、油圧ハンマーなど基礎部材をクレーンにてデッキへ積み込む（写真—8）。

部材を搭載した後、風車設置場所まで曳航し、到着後に船位を保持してジャッキアップする。

着床式洋上風力の基礎には杭を使用することが多い。杭の立て起こしには、通常は2隻の船と2台のクレーンが必要である。杭立て起こし装置を使用することにより、本船1隻で直径が約7mまでの杭を立て起こすことができるようにした。写真—9に杭立て起こし状況を示す。

風車を組み立てる際、タワー、ナセル、ブレードの接続作業のための人員移動や電力供給などが必要となる。本船と風車との間を人やモノが安全に往来できる



写真—8 風車部材の積み込みイメージ



写真—9 杭立て起こし状況



写真—10 ギャングウェイ

ようギャングウェイを使用する (写真—10)。

ナセルやブレードの設置作業では、海面上 100 m 以上の高さで多数のボルトとボルト孔を合わせて接続するため、ミリ精度の非常に繊細なクレーン操作が求められる。本船では、精度の高い操作性および作業性の向上を目的としてタグラインシステムを装備した。タグラインシステムは、吊荷の振れ止めや方向制御を



写真—11 タグラインシステム使用状況

行うシステムで、ブーム上に設置したウインチと、ブームから出るワイヤーの高さ調整をするスナッチブロックからなる。2本のワイヤーを風車部材または風車部材の専用吊具に接続し、ウインチ操作によって吊荷の振れ止めや方向制御を行う。写真—11 にタグラインシステム使用状況を示す。

前章の主要機器に加え、これらの装備および専用吊具を使用して、洋上に大型風力発電設備の設置を実現できる (写真—12, 13)。



写真—12 風車基礎設置イメージ



写真-13 風車設置イメージ

## 5. おわりに

本船は、気象・海象条件の厳しい海域でも、杭の打設や海中基礎工事などの海洋土木工事が、従来の作業船に比べて高い稼働率で、安全かつ高精度に実施可能であり今後共洋上風力発電設備の建設のみならず、海洋土木工事にも積極的に活用していく予定である。

## 謝 辞

最後になりますが建造に際してご指導ご協力をいただきました関係者の皆様に誌面を借りてお礼を申し上げます。

JCMA

### [筆者紹介]

高倉 遼矢都 (たかくら はやと)  
五洋建設㈱  
土木部門 土木本部 船舶機械部



# 高品質の生コンを供給する環境対応型コンクリートミキサー船

## 海洋土木工事のノウハウを注ぎ込んだ「第三十六豊号」の建造

島田 喜章

今回紹介するコンクリートミキサー船第三十六豊号（以下「本船」という）は、大容量の骨材槽にオーニング（雨除け）及び垂直コンベアを採用しており、雨水による骨材に対する表面水の影響が少なく、安定した高品質のコンクリートを供給することが出来る。

また、環境対応型ということで、最新の排水処理システムを装備しており、残コンは船内で砂利、砂、スラッジ水に分離処理を行うことが出来る。

また、発電機もIMO（国際海事機関）承認のエンジンを搭載し、低騒音型建設機械に指定されている610 kVA ポータブル発電機を搭載している。

キーワード：コンクリートミキサー船、発電機、骨材槽、排水処理設備

### 1. はじめに

現在稼働しているコンクリートミキサー船に関しては、骨材槽等が露出しているものが多くコンクリートの品質に影響することが多い。

また、発電機に関しても重油を燃料としている環境

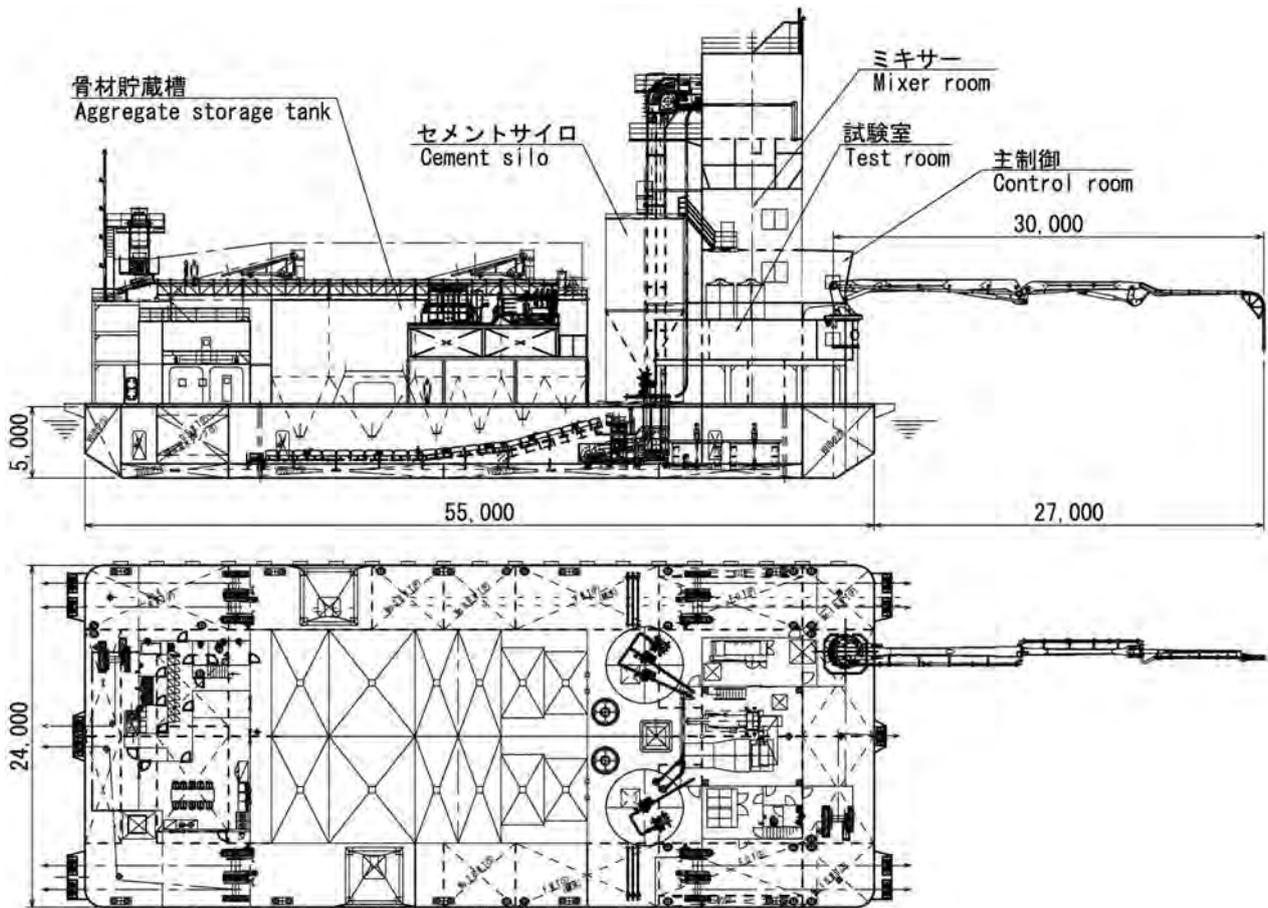
対応でない船用のエンジンが主流である。

しかしながら、今後要求される多種多様な品質及び厳しくなる環境対策に対応していくために、今まで培ってきたノウハウを生かして、今回のコンクリートミキサー船を計画・建造するに至った（写真-1）。



写真-1 全景

2. 本船主要諸元 (図-1)



主要仕様 Basic specifications

船体仕様		設備概要	
長さ(型) Length	55.0m	試験設備 Test equipment	
巾(型) Width	24.0m	耐圧試験機(100t) Compression tester	1基 Unit
深さ(型) Depth	5.0m	恒温水槽 Constant temp. water bath	1基 Unit
計画満載吃水(型) Design waterline	4.0m	試験機器 Tester	1式 Type
主発電機 Main generator	防音型ポータブル1W仕様 610KVA×440V 3基 Portable Soundproof type (1W method) units	計量操作装置 Measuring control system	
補助発電機 Aux. generator	防音型ポータブル 100KVA×440V 1基 Portable Soundproof type units	操作盤 Console	LCD表示式コンピュータ制御 LCD Display with computer controlled スランプ監視モニタ・水分計 Slump monitoring・Moisture Meter
操船ウィンチ Ship operation winch	複巻20t×12m/min×4台 単巻20t×12m/min×2台 Double Drum Single drum	計量機 Measure	粗骨材2kg~3,200kg 2kg~2,500kg Coarse aggregate 細骨材2kg~3,000kg セメント1kg~1,600kg Fine aggregate Cement
操船アンカー Ship operation anchor	船首 4t×2丁 船尾 5t×3丁 Forward Afterward	記録装置 Recording system	清水0.5kg~700kg Fresh water 混和剤0.02kg~20kg 0.05kg~30kg Chemical admixture
材料一次槽 First storage tank	粗骨材720m³ (4区分) Coarse aggregate 4 divisions 細骨材600m³ (4区分) Fine aggregate 4 divisions セメント500t (250t×1基 130t×120t×1基) Cement Units Units	公害防止設備 Anti-pollution system	クローズドシステム排水処理設備を 装備し、汚水の再利用を図る Closed System equipped with wastewater treatment facility, recycle sewage 戻りコン型枠にて固化し、船外処分 Returning concrete to special formwork for disposal
材料二次槽 Second storage tank	粗骨材64m³ Coarse aggregate 細骨材45m³ Fine aggregate セメント27t Cement 清水2.0m³ Fresh water	スラッジタンク容量 Sludge tank	18m³
ミキサー Mixer		上澄水タンク容量 Supernatant tank	18m³
型式 Type	二軸強制練り2.8m²×1基 Biaxial forced mixer Unit	冷水設備 Chilled water system	水冷式ユニット 118kW Water cooling unit
能力 Capacity	224m³/h	コンクリート打設設備 Concrete placing system	
アジテーター Agitator		コンクリートポンプ Concrete pump	120m³/h (φ6インチ) inch
容量 Capacity	6.0m³×1基 Unit	コンクリート打設ブーム Concrete distributor	アーム長30m (φ6インチ) Arm length inch

図-1 本船一般配置図・主要仕様

### 3. 本船の特徴

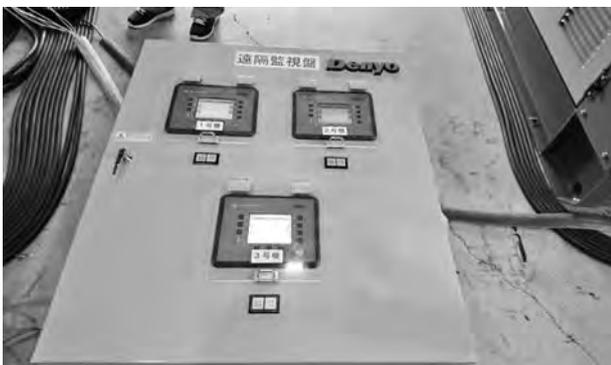
#### (1) 発電機

本船に搭載する発電機は、IMO（国際海事機関）承認のエンジンを搭載し、低騒音型建設機械に指定されている610kVAポータブル発電機を3台搭載しており、負荷に応じて1台から3台の並列運転をボタン1つで行うことが出来る（写真－2, 3）。

また、通常であれば発電機2台で作業が行え、万が一の故障の場合でも問題なく作業を継続出来る。



写真－2 発電機

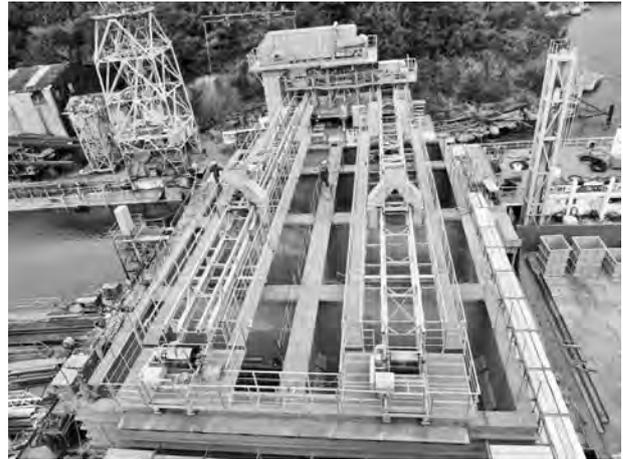


写真－3 遠隔操作盤

#### (2) 骨材槽・垂直コンベア

本船には、大容量の骨材サイロが装備されている。

そして、現在稼働しているコンクリートミキサー船に関しては、骨材槽等が露出しているものが多いが、このコンクリートミキサー船は、骨材槽全体がオーニング（雨除け）で覆われており、また骨材搭載時においても、受入れホッパーから骨材槽、骨材槽からプラント2次ビンへの移動も垂直コンベアを採用しているので雨の影響を受けずに、表面水が変わらず、安定した高品質のコンクリートを供給出来る（写真－4, 5）。



写真－4 オーニング搭載前



写真－5 オーニング搭載後

#### (3) 高性能二軸強制練りミキサー

このミキサーは、 $2.8\text{ m}^3/1$  バッチで建築普通コンクリート80バッチ/hを練り混ぜ出来る能力がある。

せん断・攪拌能力が高く、高強度・水中不分離などの特殊配合にも十分な練り混ぜ能力を持っている（写真－6）。



写真－6 ミキサー内部

#### (4) ハイグレード計量操作盤

コンピューター制御による、多種多彩な配合・練り混ぜを管理出来る（写真一七）。

また、スランプモニター・水分計を搭載し、製造工程・品質を液晶ディスプレイでリアルタイムに監視しており、JIS A5308（レディミクストコンクリート）を満足しうるプラント性能を持っている。



写真一七 計量操作盤

#### (5) コンクリート供給設備

大容量定置式ピストンポンプを採用しており、圧送シリンダー径9インチポンプにて低スランプでも大容量圧送に対応出来る（写真一八）。



写真一八 コンクリートポンプ

#### (6) 排水処理システム

洗浄廃水及び残水（少量の残コン）は、トロンメル分級機により砂、砂利及びスラッジ水に分離され、砂、砂利は骨材として再利用出来る（写真一九）。

また、濃度一定のスラッジ水は、バッチャープラントの練り混ぜ水として使用することが出来、一定の濃度を越えた場合は、脱水機を使用して脱水ケーキにす



写真一九 攪拌タンク



写真二〇 脱水機

る（写真一〇）。

#### 4. おわりに

今回建造したコンクリートミキサー船「第三十六豊号」は、今まで培ってきたノウハウが凝縮している。

今後は、沿岸区域工事・離島・災害対策工事で貢献出来ることを期待している。

#### 謝 辞

最後に、計画から建造まで対応協力頂いた造船所・プラント製造メーカーをはじめ、建造に携わって頂きました各関係会社及び関係者の皆様には、誌面をお借りして御礼申し上げます。

#### 【筆者紹介】

島田 喜章（しまだ よしあき）  
（株）森長組  
海洋部



# ケーソン自動制御据付システムの開発による 海上工事の ICT 取組

和田 眞 郷・加藤 直 幸・山口 陽 介

防波堤築造工事において、ケーソン据付け作業を自動制御で行う『函ナビ-Auto』（以下「本システム」）を開発した。本システムは、ウインチによるケーソンの引付けと着底のポンプの操作を自動制御で行うシステムである。従来の据付け作業は、ウインチの引付け操作と水平を保ちながら着底させるポンプの操作は作業員の手で行っていた。海上に浮かんだケーソン上に設置されたウインチや注水ポンプの操作中は、ウインチワイヤーの破断によるはねられや海中転落の危険がある。本システムを使用することで、ケーソンの据付け作業を自動で行うことができるとともに、ウインチ・ポンプの操作を行う人員削減による省力化や安全性向上を実現できる。

キーワード：防波堤，ケーソン，自動化，省力化，安全性向上

## 1. はじめに

ケーソン式防波堤は石材を海底に投入・成形して造られたマウンドの上に、ケーソンと呼ばれるコンクリートの函を設置した港湾施設である。

ケーソンの据付けは、写真-1に示すようにケーソンの中を空の状態にして海上に浮かべ所定の位置付近に曳航し、ケーソンを据付け位置まで移動させ、ケーソン内に注水して着底させる。

据付け中のケーソンは海に浮いた状態で、波浪により絶えず動いていることから非常に大きな慣性力が働くため、ケーソンを据付ける位置へ移動し位置を保持するには高度な技術が必要となる。

ケーソン据付けは、計測、移動、着底の作業を同時に行うため、これらの作業をケーソン上で多くの作業員が行っていた。ケーソン上はワイヤーの破断や海中転落の恐れがある危険な作業である。これらの作業を全て自動化することで省力化、安全化を図るシステムを開発した。



写真-1 ケーソン据付け状況

本報告ではこのケーソン自動制御据付システムの詳細および適用事例について述べる。

## 2. システム概要

本システムはケーソンの位置・姿勢及び水位の自動計測とそれらの情報をもとに、ケーソンの位置を調整するウインチ操作及びケーソン函内に注水するポンプの操作を自動制御するものであり、以下に詳細を説明する。

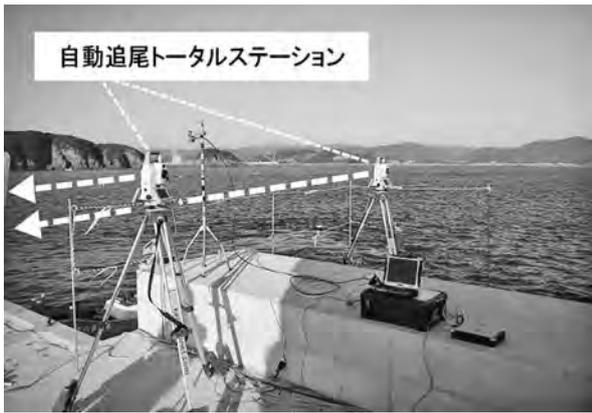
### (1) ケーソンの位置・姿勢の自動計測方法

#### (a) 平面位置・傾斜の計測

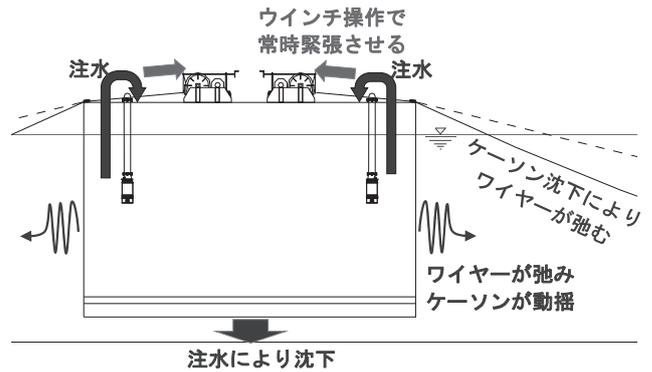
ケーソンを据付け位置へ移動させ水平を保持しながら着底させるために、ケーソンの位置と姿勢を計測する。計測は、写真-2, 3に示すように既設防波堤上に設置した2台の自動追尾トータルステーション（以下「自動追尾 TS」）で、据付けケーソン上に取り付けたプリズムを自動的に追尾しながら平面位置を計測し、据付けケーソン上に設置した二軸傾斜計で傾きを計測する。これらの計測結果をモニター上で可視化する。

#### (b) ケーソン函内の水位計測

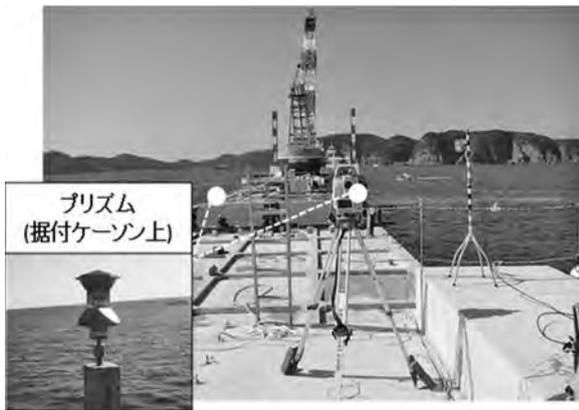
ケーソンの内部はコンクリートの壁でマス状に区切られており、海水をポンプでケーソン函内に注水しケーソンを着底させる。ポンプで海水を注水する時に、各マスに水位差が生じることでケーソンに傾きが



写真一2 自動追尾 TS 計測状況



図一 沈下時ウインチ操作



写真一3 ケーソン上のプリズム

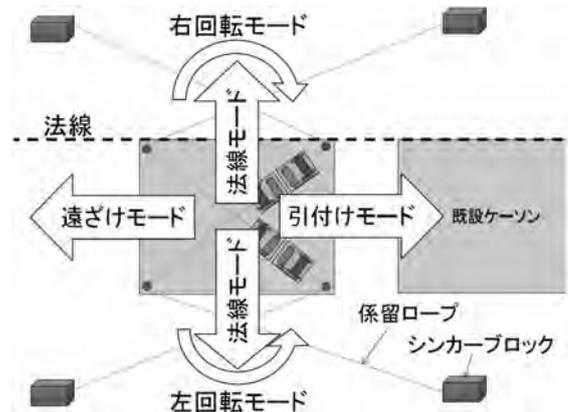
生じることがあるため、ケーソンの各マスに水位計を設置し、各マスの水位をモニターで可視化する。

(2) ウインチ操作の自動化

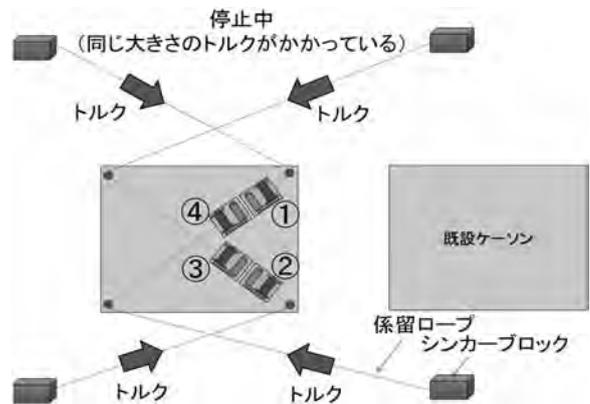
従来のケーソンの位置調整は、予めケーソン上に設置した4台のウインチのワイヤーを海底に沈設したシンカーブロックに接続し、それぞれのウインチの巻上げ、巻下げによって行っていた。ケーソンを据付け位置へ移動させた後ケーソンに注水する。ケーソンに注水を行い着底させるときには、図一1に示すように、沈下に伴いワイヤーが緩みケーソンが移動したり動揺したりすることがあるので、各々のウインチを巻上げてワイヤー張力を目視で調整する必要があった。

本システムでは、ケーソンの据付け位置と据付け場所の位置関係から移動方向と移動量を計算し、図一2に示すケーソンの移動モード（法線調整、引付け・遠ざけ、回転）を決定する。ウインチは移動モードごとに予め登録した動作を実行し、ケーソンを据付け位置まで移動させる。

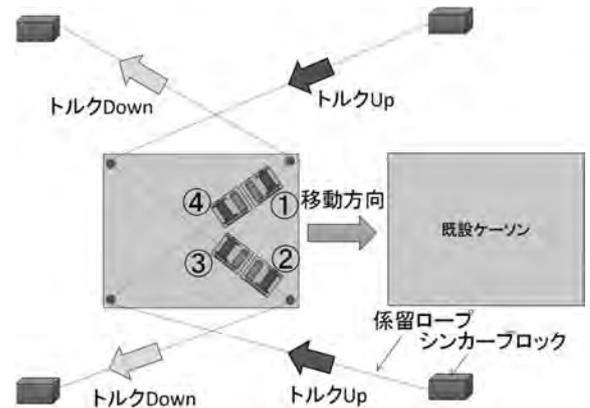
本システムで使用するウインチはトルク制御型で、従来使用したものとは異なる。ケーソンの位置調整は4つのウインチトルクの強弱で行う。例えば既設防波



図二 ケーソンの移動モード



図三 ケーソン停止状態



図四 ケーソン引付け状態

堤へ引付けるときの手順は以下のとおりである。まず移動開始時は図-3に示すように①から④の全てのウインチに最大トルクを設定しておく。次に、引付け指令を受けると図-4の①と②のウインチのトルク値を徐々に下げていく。4台のウインチはトルクのバランスが変化することで①②は巻下げ、③④は巻上げの動作が始まる。4台のウインチが同時に動作することでケーソンが引付け方向に移動する。ワイヤーには常に張力がかかっている状態のため、移動中に大きな慣性力は発生せず動揺量を小さくすることができる。また、据付け位置へ移動した後のケーソン注水時の沈下で緩んだ時にもワイヤーを自動的に巻上げることができ、ワイヤー張力が緩むことがなくなることでケーソン着底時の動揺が低減される。

(3) ポンプ操作の自動化

ケーソン函内への注水中は複数のポンプを同時に稼働させて注水を行うが、ポンプの注水量のバラつきにより各マスの水位がアンバランスとなり傾斜が発生する。着底時にケーソンが傾いていると、図-5のように据付けの土台となるマウンドとケーソン本体の角が損傷する恐れがあるため、ケーソンを水平姿勢の状態に着底するよう傾斜管理を行う必要がある。従来は作業員が各マスの水位を巻尺で計測し、その結果からケーソン上でポンプの稼働・停止を行っていた。

ポンプの自動制御では、図-6に示すように傾斜計で計測したケーソンの傾きが管理値を超えたとき、水平になるよう稼働指示を出す。沈み込んだ側のポンプを停止させ、浮き上がっている側のポンプの注水を継続稼働させる。ケーソンが水平に戻ると停止させていたポンプの注水を再開させ、注水を継続する仕組みである。

位置計測結果は図-7に示すように据付け位置の平面図と移動中のケーソンの位置をモニターに表示させ、自動制御の状態として、ケーソンの据付け予定位

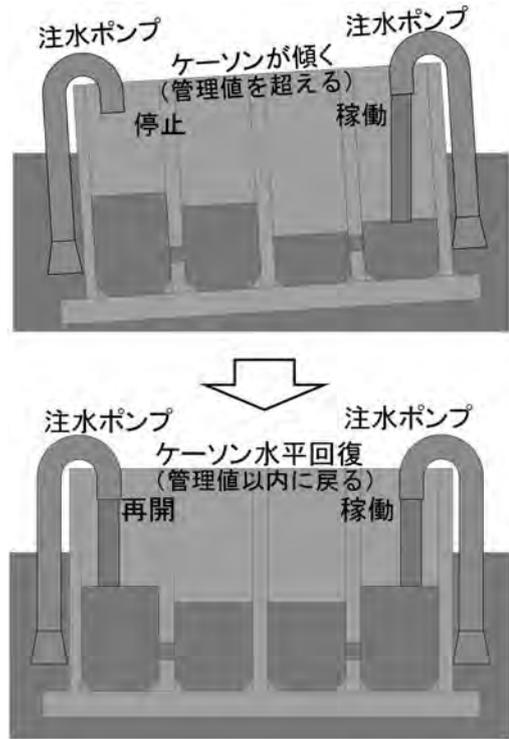


図-6 傾斜自動制御概要図

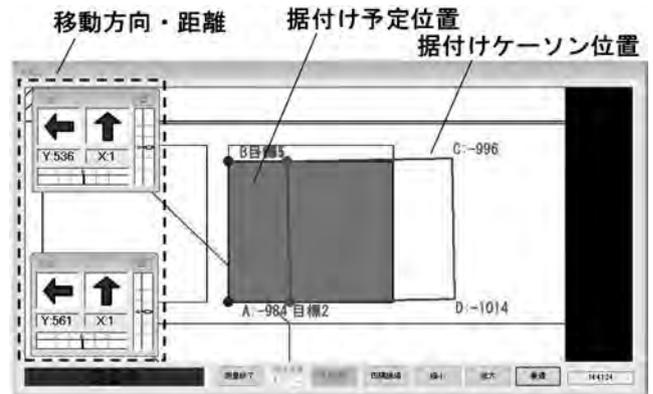


図-7 位置誘導管理画面

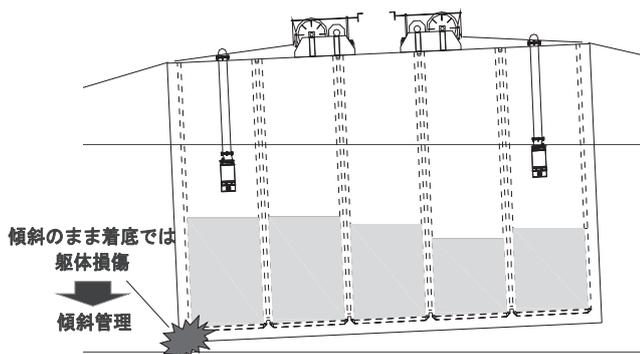


図-5 傾斜がケーソンに及ぼす影響

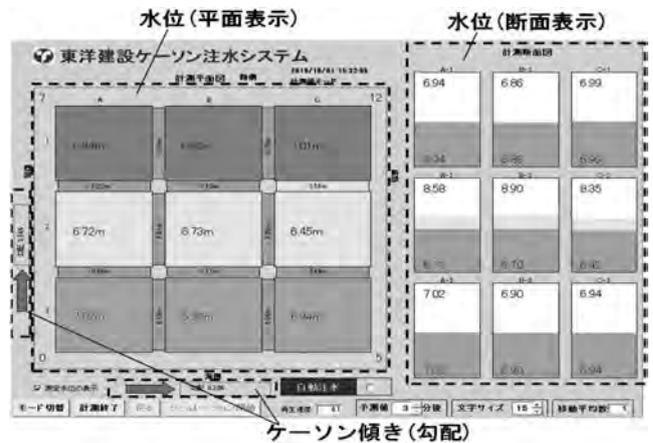


図-8 函内水位管理画面

置と現在のケーソンの位置との距離と、移動指令内容を表示させた。さらに、注水中のケーソンの各マスの水位とケーソンの傾きを図-8に示すようにモニター上に表示させた。ウインチトルク値とポンプの稼働状態は別モニターに表示し、全ての計測情報と制御の状態を一元的に管理できるようにした。

また、これらの表示内容とケーソン移動指示や注水指示はタブレット端末から遠隔監視及び操作ができるようにした。

### 3. システム導入による実績・効果

#### (1) 施工の実績

九州地方の2つ防波堤築造工事にて本システムを使用したケーソン据付け作業を実施した。据付け対象ケーソンの緒元及び据付け日の気象・海象条件を表-1に示す。

機材設置完了後のケーソン上は無人の状態とした。自動制御は写真-4に示すような既設防波堤上に設置した管理室より行った。

表-1 ケーソン緒元、気象条件

現場1 据付ケーソン緒元		据付時の気象条件	
寸法	L30.0m×W19.5m×H22.0m	天気	晴
質量	8,900t	風速	3m/s
函数	2函	風向	北西(陸風)
		波高	0.4m

現場2 据付ケーソン緒元		据付時の気象条件	
寸法	L20.0m×W19.8m×H18.5m	天気	晴
質量	3,120t	風速	4m/s
函数	2函	風向	北西(陸風)
		波高	0.2m



写真-4 自動制御管理室

#### (2) 従来作業との比較

##### (a) ウインチ操作

従来のウインチ操作では、作業員が4台のウインチを1台ずつ巻上げ・巻下げ操作を行っていた。そのため、ケーソンは図-9に示すように回転や蛇行をしながら据付け箇所まで移動していた。

本システムを使用することで、4台のウインチを同時に動作させることができるため、ケーソンは図-10に示すように回転や蛇行が少なく据付け場所までほぼ最短距離を通過して移動させることができた。

ケーソンの移動操作中や注水中においては、ウインチトルク制御によりワイヤーを緩ませることなく常に張力を負荷した状態を保つことで、波浪によるケーソンの動揺を抑制して移動させることができた。

据付け位置手前から据付け位置までの移動にかかった時間は表-2に示すように従来の作業方法で行った場合とおおよそ同じであった。

##### (b) ポンプ操作

従来は作業員がポンプの操作や傾斜・水位の計測を行い、常に水平となるように管理していた。技術者はケーソンが傾斜していると判断した場合に作業員にポンプの停止・運転指示を出していた。

本システムを導入することで、傾きを定量的に計測

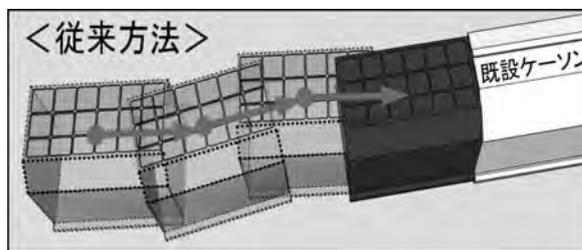


図-9 作業員のウインチ操作によるケーソンの軌跡

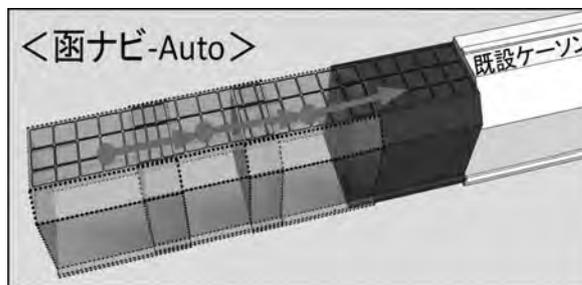


図-10 自動制御のウインチ操作によるケーソンの軌跡

表-2 移動時間(例:現場1)

移動時間	
熟練技術者実施	14分
函ナビAuto	12分

することができるようになった。マスの水位は、各マスに設置した水位計でリアルタイムに計測できるようになり、きめ細かな水位調整ができるようになった。

ポンプの操作では、二軸傾斜計から得られた計測値と水位情報からポンプの停止・運転を自動で制御しながらケーソンは水平を保ったまま着底させることができた。

これらの結果から、従来作業員による判断で行っていた作業を、定量的な計測に基づきウインチやポンプの操作を自動で行うことで、高度な技術を必要とする据付け作業を経験の浅い技術者でも行うことができる。

### (3) 安全性の向上と省力化

本システムを使用することで、据付け作業を行っていた作業員の作業負担が低減し、省力化を図ることができた。



写真-5 従来方法による据付け状況

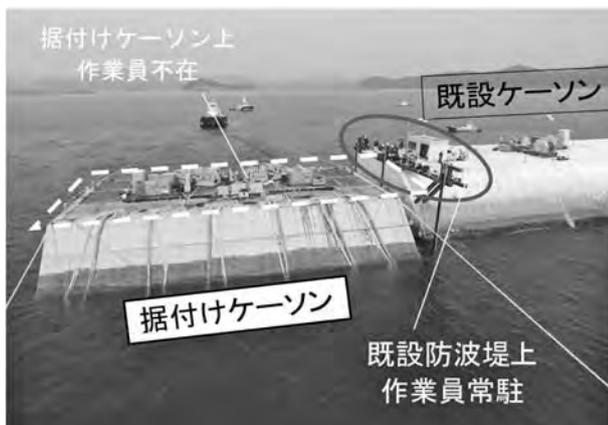


写真-6 自動制御による据付け状況

また、写真-5、6に示すように危険箇所の多い新設ケーソン上が無人化され、ウインチワイヤー破断によるはねられや動揺による海中転落のリスクが大幅に低減し、安全性が向上した。

## 4. おわりに

本システムを実施工で使用した結果、経験の浅い技術者でも熟練技術者と同様の据付け作業を行える可能性を確認した。各操作は全て自動制御となっているため、据付けケーソン上の無人化も実現できており、安全性の向上も図られる。

ケーソンの据付けは地域により様々であり、本稿で紹介した施工事例である据付けケーソン上にウインチを載せて行う方法は、主に九州地方で行われている。東北・関東地方では、起重機船の側舷や船首に係留して据付けることが多く、近畿地方では大型起重機船のクレーンでケーソンを吊り下げて据付ける方法が採用されることが多い。今後は他地方で行われている様々な据付け方法に対応できるよう改良をしていく。

JICMA

#### [筆者紹介]

和田 真郷 (わだ まさと)  
東洋建設(株)  
土木事業本部 土木技術部  
部長



加藤 直幸 (かとう なおゆき)  
東洋建設(株)  
土木事業本部 土木技術部  
部長



山口 陽介 (やまぐち ようすけ)  
東洋建設(株)  
土木事業本部 土木技術部  
係長



# 海洋開発事業への取り組み

## 海から社会の発展に寄与することを目指し

石田 和利

わが国周辺海域には、石油・天然ガスに加え、メタンハイドレート等のエネルギー資源や、海底熱水鉱床・マンガン団塊・コバルトリッチクラスト・レアアース泥等の鉱物資源の賦存が確認されている。国はこれら資源の商業化を目指し、賦存量の把握、生産技術の開発とそれに伴う環境への影響の把握等の取り組みを着実に進めている。そうした中、国の調査船だけでは補えない部分を民間の調査船・ロボットを使用して事業に取り組んでいる。本稿ではこうした民間企業の船舶・ロボットを実績と合わせて紹介する。

キーワード：多目的作業船，自律型無人潜水機（AUV），遠隔操作無人探査機（ROV），海底着座型ボーリング機（BMS），掘削槽（RIG）

### 1. はじめに

これまで日本には石油天然ガスや海底鉱物資源開発に必要な深海関連のマーケットがなく、技術的にも海外から遅れていることは否めない。一方海外においては石油・天然ガスを初めとして1980年代から深海マーケットの開発が始まっており、そうした技術開発が石油・天然ガスの豊富な資金をベースとして盛んに進められてきた。日本には要素技術として優れたものはあるが、それを統合した技術として仕上げていく場がなかったことが最大の遅れの要因と考える。技術は計画・設計・製作だけでなく、それを実際に現場で使える技術にしていくことが肝要だ。ただ、こうした技術開発には費用がかかり、海洋環境を考慮するとさらに技術として仕上げていくためには膨大な費用を必要とする。民間企業ではこうした費用とリスクを担えるほどのマーケットがみえておらず、そうした技術開発・成熟の場は公的資金に期待せざるを得ないのが実態である。また、ハード技術だけでなくオペレータ等の人材に関しても日本は育成が遅れており、これに関しても育成していく場が必要である。オペレータ等の人材も技術の重要な要素であり、海洋の場合、船の運航と一体となった運営が必要となることから、その育成に関しても併せて考慮していくことが必要と考える。

そこで外洋でのさまざまな運航を目的とした多目的作業船と深海で使用するロボットを保有し、わが国における海洋での取り組みに貢献している。本稿では、それらの船舶とロボットを簡単に紹介する。

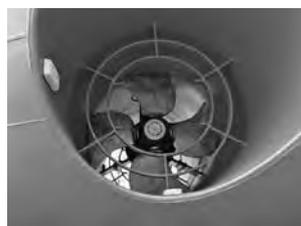
### 2. 多目的作業船

#### (1) POSEIDON-1

「POSEIDON-1」は船首側に2基のトンネルスラスタ（可変ピッチ）（写真—2）、船尾側に2基のアジマススラスタ（可変ピッチ）（写真—3）を備えており、Kongsberg maritime 社製のDPS（自動船位保持システム）を導入している（写真—1）。DPのクラスはDP2であり、電源系統、信号系統はすべて2重



写真—1 POSEIDON-1



写真—2 トンネルスラスタ



写真—3 アジマススラスタ

化されている。これによりシステム構成要素の1つが損傷した場合でも、位置保持能力が喪失しないよう冗長性が確保されている。また、アンチローリングタンクにより横揺れを軽減することができる。その他、50 t吊オフショアクレーンを搭載しており、20 tの重量物を海面下 2,500 m の海底へ安全に着底させることが可能である。尚、本クレーンは AHC (Active heave compensation) を装備しており波浪による船体の上下揺をセンシングし、クレーンウインチの回転を制御することで吊荷の対地位置を保持することが可能である。

船体中央部に 5.4 m×5.3 m 四方のムーンプール（開口部）があり、その上に船上設置型の掘削装置「GMTR-150」（写真—12）を艀装している。この掘削装置を駆使し「日本海のメタンハイドレート掘削調査」<sup>1)</sup>を皮切りに、JOGMEC（独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構）殿の「海底熱水鉱床採鉱・揚鉱パイロット試験」<sup>2)</sup>において揚鉱母船として起用され、水中ポンプを吊降ろし、水深約 1,600 m の海底から破碎された鉱石の連続的な揚鉱に成功した実績がある。現在では洋上風力発電施設の海底地盤調査で運用している。

## (2) Stanford Hobby

「Stanford Hobby」は元々ムーンプールを有する DSV（ダイビングサポートバツセル）であり、船首側に 2 基のトンネルスラスタ（可変ピツチ）、船尾側に 2 基のアジマススラスタ（可変ピツチ）を備え、船位保持装置には Kongsberg maritime 社製の DPS を装備している（写真—4）。尚、DPS に使用する船位情報は DGPS の他、比較的浅い水深 12 ~ 500 m で有効な測位装置 Taut Wire（写真—5）も利用している。Taut Wire は約 350 kg のウエイトを海底に投入して、ワイヤーの角度を計測し、ウエイトに対する相対位置情報を取得する装置である。その他、20 t 吊のオフショアクレーンを搭載しており、陸上クレーン無しで資機材の積み降ろしが可能である。ムーンプール上に船上



写真—4 Stanford Hobby



写真—5 Taut Wire

設置型の掘削装置「GAIA-1」（写真—13）を艀装して洋上風力発電施設の海底地盤調査に従事し、静的コーン貫入試験、弾性波速度検層等を実施している。

## (3) 新潮丸

「新潮丸」は曳航兼海難救助船としてサルベージ作業やアンカーハンドリング、サプライ等の様々な作業を行う多目的作業船である（写真—6）。船首側に 2 基のトンネルスラスタ（可変ピツチ）、船尾側に 1 基のトンネルスラスタ（可変ピツチ）及び 2 基の可変ピツチプロペラを備えており、DPS を装備している。JOGMEC 殿「採鉱・揚鉱パイロット試験」では、揚鉱水運搬船として参画した。後述する海底着座型ボーリング機「UNICORN-1」（写真—14）を艀装して海底熱水鉱床のコアリング調査を行っている。



写真—6 新潮丸

## (4) 新世丸, 新日丸, 新竜丸

これらの船舶（写真—7 ~ 9）は同型船で、「新潮丸」と同様に曳航作業やサプライ等を行う多目的作業船である。船首側に 1 基のトンネルスラスタ（可変ピツチ）、船尾側に 2 基のアジマススラスタ（可変ピツチ）を備えており、DPS を備えている。写真—7 の「新世丸」には潜水可能深度 3,000 m の ROV「はくよう 3000」（写真—15）を常設しており、海底資源調査や海底落下物の回収などに使用している。「新日丸」（写真—8）には潜水可能深度 2,000 m の ROV「はくよう」（写真—16）を搭載している。「新竜丸」（写真—9）は来年度から AUV（自律型無人潜水機）「Deep-1」（写真—18）の作業母船とする予定である。



写真-7 新世丸



写真-8 新日丸



写真-9 新竜丸

(5) 新海丸

漁船クラスの高難救助や大型船の警戒業務を行う多目的作業船である (写真-10)。船首側に1基のトンネルスラスタ (固定ピッチ), 船尾側に1基の可変ピッチプロペラ (写真-11) を備えている。これまで潜航深度3,000mのAUV (自律型無人潜水機) 「Deep-1」 (写真-18) の母船として使用してきた。

これら多目的作業船の一覧を表-1に示す。



写真-10 新海丸



写真-11 可変ピッチプロペラ

表-1 多目的作業船一覧

船名	POSEIDON-1	STANFORD HOBBY	新潮丸	新世丸	新日丸	新竜丸	新海丸
長さ (全長)	78 m 00	65 m 50	70 m 70	60 m 98	61 m 01	60 m 86	46 m 90
幅 (型)	20 m 40	16 m 00	16 m 00	11 m 80	11 m 80	11 m 80	8 m 40
深さ (型)	7 m 00	6 m 00	6 m 80	5 m 45	5 m 45	5 m 45	3 m 98
満載喫水	5 m 50	4 m 50	4 m 80	4 m 60	4 m 60	4 m 60	3 m 00
総噸数	4,015 t	2,499 t	2,096 t	697 t	697 t	698 t	329 t
航行区域	遠洋区域 (国際航海)						近海区域
船級	ABS	DNVGL	NK				JG
最大搭載人員	77名	74名	64名	40名			38名
航行装置	DP-II & DGPS	DP-II & DGPS	DP-II & DGPS	DP-I & DGPS			Rader & GPS
主機馬力	3000PS×2基	2500PS×2基	3750PS×2基	2000PS×2基			1300PS×1基
巡航速度	11 kt	10 kt	13 kt	13 kt			11 kt
最大航続距離	10,500 浬	11,520 浬	13,100 浬	11,800 浬	12,000 浬	11,800 浬	7,000 浬
特記	HeaveConCrane Moon Pool GMTR-150 母船	HeaveConCrane Moon Pool GAIA-1 母船	SaaFloorDrill UNICORN-1 母船	ROV はくよう 3000 母船	ROV はくよう 母船	AUV Deep1 母船 ROV はくよう S-3000 搭載可	AUV Deep1 母船

### 3. 深海口ボット

#### (1) GMTR150

「POSEIDON-1」(写真—1)に搭載している掘削リグ「GMTR-150」(写真—12)はGeoquip Marine社製で、トップドライブ(リグ最上部)に最大150tの資機材を吊下げて作業することが可能である。水深と掘削長との合計で3,000mまで掘削する能力を持つ。また、Passive Heave Compensation装置を備え、上下揺±3.0mの変動まで対応可能である。



写真—12 RIG「GMTR-150」

#### (2) GAIA-1

「Stanford Hobby」(写真—4)に艀装した掘削リグ「GAIA-1」(写真—13)はARMADA Rig Builders社製で、トップドライブに最大25tの資機材を吊下げて作業することが可能である。デッキ上に1本約5mのドリルパイプを60本搭載しており、水深と掘削長の合計で300mまで掘削可能である。また、Passive Heave Compensation装置を備え、上下揺±1.5mの変動まで対応可能である。



写真—13 RIG「GAIA-1」

#### (3) UNICORN-1

BMS (Boring Machine System)「UNICORN-1」(写真—14)はCellula Robotics社製で水深3,000m級の海底着座型ボーリングロボットである。海中での方位制御用スラスタを4基、レベル調整及び固定用ドリルレグを4脚有する。この脚はそれぞれ独立して伸縮し、最大25°の傾斜面においても着底した実績がある。掘削はワイヤーライン工法を採用しており、1本1.5mのドリルパイプを接続しながらコア径61.1mmのコアを最大深度70mまで掘削できる。本機の投入・揚収はHawboldt社製のAフレームとActive Heave Compensator付きのウインチで行うため船体の上下揺を吸収し、本機を海底面へ衝撃なく着底させることが可能である。「UNICORN-1」の作業母船は通常「新潮丸」(写真—6)を使用している。



写真—14 BMS「UNICORN-1」

#### (4) はくよう 3000

「はくよう 3000」はInternational Submarine Engineering社製で、水深3,000mまで潜航可能なROV (Remotely Operated Vehicle 遠隔操作無人探査機)である(写真—15)。150馬力の電動油圧ユニットにより大型スラスタやマニピュレータなどの油圧装置を作動させる能力を持つWork Class ROVである。



写真—15 ROV「はくよう 3000」

2011年に稼動を開始し現在までに1,300回以上を無事故での潜航を達成している。高精細な映像を撮影可能なハイビジョンカメラ、高感度広角白黒カメラ、デジタルスチルカメラ、更にマルチフレクエンスキャンソナーを備え、LEDライト、HIDライトを併用し、海中、海底の状況を正確に把握することができる。カメラで撮影した映像は船上の操縦室の他、船橋や専用の観測室にてリアルタイムで観察することが可能である。

ROVに搭載するジャイロ、水深計、高度計、音響測位装置によりROVの姿勢や位置を正確に把握することができ、緯度経度などで指定される任意の海底上の目的地にROVを水平距離1m程度の誤差範囲で誘導させるが可能である。

ROV前方に装備される2基のマニピュレータは、最大450kg持上能力による重作業から、7関節の高機動性を生かした綿密かつ複雑な作業まで、海底観測機器の設置・回収や海底上のサンプルの採取など、様々な作業の場面で柔軟に対応できる。

近年増加する海底調査作業などでは、特殊な調査機材をROVに積載し、海底で調査データを取得する手法が多用される。その際は、ROVを介して12V～240Vの適切な電力を供給し調査機材を駆動する。調査データはRS-232CやEthernetなど通信ラインを利用して、ROVを介して船上へ伝送することで即座に収集することが可能である。作業母船は「新世丸」(写真-7)。

#### (5) はくよう

「はくよう」はInternational Submarine Engineering社製で、水深2,000mまで潜航可能なROVである(写真-16)。100馬力だが「はくよう3000」と同様にWork Class ROVで、カメラやソナー、ライト等も同等クラスの機材を装備している。作業母船は「新日丸」(写真-8)。



写真-16 ROV「はくよう」

#### (6) はくよう S-3000

「はくよう S-3000」もInternational Submarine Engineering社製で、水深3,000mまで潜航可能なROVである(写真-17)。50馬力と小さいが、左右2基のマニピュレータ、サンプルBOX、カメラやライト等を装備している。Aフレーム・ウインチがコンパクトな一体型であり、必要に応じてどの船にも搭載が可能である。作業母船を「新竜丸」(写真-9)として運航する予定。

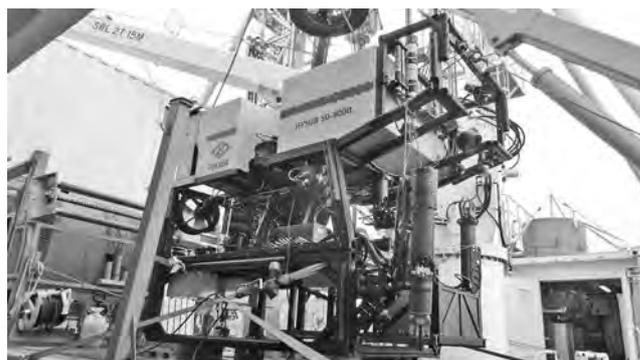


写真-17 ROV「はくよう S-3000」

#### (7) Deep-1

「Deep-1」はInternational Submarine Engineering社製で水深3,000mまで潜航可能なAUV(Autonomous Underwater Vehicle 自律型無人潜水機)である(写真-18)。円形断面の魚雷型、後部の垂直翼によりロールとヨーの姿勢制御を行い、前方の水平翼で上昇・下降を制御する。音響調査機器として海底地形図や鯨鯨図のデータを取得するMBES(マルチビーム測深機)、陰影図のデータを取得するSSS(サイドスキャンソナー)、断面図のデータを取得するSBP(サブボトムプロファイラー)、CTDを常設している。必要に応じて濁度計、Phセンサー、磁力計等各種センサーを追加搭載して探査を行っている。船上からの投入・揚収は母船に艀装したLARS(Launch And Recovery



写真-18 AUV「Deep-1」

表-2 深海ロボット一覧

機材	ROV			AUV	BMS	RIG	
名称	はくよう 3000	はくよう	はくよう S-3000	Deep1	UNICORN-1	GMTR-150	GAIA-1
製造者	ISE				CRL	Geoquip Marine	ARMADA
型式	HYSUB 150-3000	HYSUB 100-2000	HYSUB 50-3000	Explorer 3000	CRD100	GMTR-150	ARB25
潜航深度	3,000 m	2,000 m	3,000 m	3,000 m	3,000 m	許容荷重 150 t	許容荷重 25 t
長さ	3.02 m	2.50 m	2.64 m	4.60 m	2.28 m	9.1 m	3.0 m
幅	1.8 m	1.5 m	1.3 m	1.47 m	2.47 m	11.7 m	7.5 m
高さ	1.9 m	1.8 m	1.48 m	1.30 m	5.36 m	32.3 m	22.0 m
重量	4,575 kg	2,300 kg	1,905 kg	950 kg	13.5 t	-	-
巡航速度	3.0 ノット	3.0 ノット	3.0 ノット	3.0 ノット	掘削深度 70 m	掘削深度 3,000 m	掘削深度 300 m
その他	ペイロード： 200 kg 馬力：150 HP	ペイロード： 150 kg 馬力：100 HP	ペイロード： 130 kg 馬力：50 HP	着水揚収装置 LARS	投入揚収装置 ヒブコンウインチ	最大回転数 250 rpm 最大トルク 29 kNm	最大回転数 150 rpm 最大トルク 17 kNm
備考	海底熱水鉱床 表層・砂層型メ タハイ コバルトリッチ クラスト	海底熱水鉱床 表層・砂層型メ タハイ コバルトリッチ クラスト		海底熱水鉱床 表層・砂層型メ タハイ コバルトリッチ クラスト	海底熱水鉱床 コバルトリッチ クラスト	海底掘削調査 (CPT, PS 検層 等)	海底地盤調査 (CPT, PS 検層 等)

System) を使うためダイバーやクレーンを使用せずに行える。AUV 母船はこれまで新海丸 (写真-10) を使用してきたが、来年度から新竜丸 (写真-9) となる。

これらの深海で使用するロボットの一覧を表-2に示す。

#### 4. おわりに

本稿では外洋を舞台とした多数定員の船舶と深海で使用する機械やロボットを簡単に紹介してきた。主要なシステムや機械の大部分が海外製ではあるが、こうした海外の先進技術を積極的に取り入れて、それをローカライズし、国内の技術と組合せて国内のニーズに対応することを指向している。

JCMA

#### 【参考文献】

- 1) 鳥取国際メタンハイドレートフォーラム～メタンハイドレート賦存域の環境評価と海底地盤工学の最前線～2017.3.15Wed P-66
- 2) 平成30年度第1回 JOGMEC 金属資源セミナー<海底熱水鉱床における取組と成果>採鉱技術開発～世界初の採鉱・揚鉱パイロット試験～2018年5月16日資料

#### 【筆者紹介】

石田 和利 (いしだ かずとし)  
深田サルベージ建設㈱  
東京支社 海洋開発事業 計画技術部  
部長代理



## 投稿論文

# 建設機械による実機実験法に関する考察

—油圧ショベルの遠隔操作等を対象として—

藤野 健一<sup>1</sup>・橋本 毅<sup>2</sup>・山田 充<sup>3</sup>・山内 元貴<sup>3</sup>・油田 信一<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 国立研究開発法人土木研究所総括研究監 技術推進本部 (〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)

E-mail : fujino@pwri.go.jp

<sup>2</sup> 国立研究開発法人土木研究所主任研究員 技術推進本部 (〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)

E-mail : t-hashimoto@pwri.go.jp

<sup>3</sup> 国立研究開発法人土木研究所研究員 技術推進本部 (〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)

E-mail : m-yamada@pwri.go.jp, yamauchi-g573bs@pwri.go.jp

<sup>4</sup> 芝浦工業大学客員教授 SIT 総合研究所 (〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5)

E-mail : yuta@ieee.org

コンピュータ計算速度の飛躍的な向上と、解析ソフトウェアの発達によって、建設機械を研究対象としその機体本体や周辺における現象を分析する研究においても、近年実機を用いた実験に比べ数値シミュレーションにて解析をする研究が増えている。しかしながら、実機を用いた実験が数値シミュレーションに比べ必要性や重要性が低いわけではなく、よりよい研究成果を得るためには、実機実験と数値シミュレーションを適切に使い分けるべきであるといえる。実機実験を行う上での一つの課題として、実際の建設施工を可能な限り再現しつつすべての因子を把握・調整することが非常に難しいことが挙げられる。そのような条件統制を行うためには、建設機械のみではなく、建設施工、土質工学等の幅広い知識が必要であるが、適した人材は少なく、実機実験をどのように行うかなどのガイドなども現状存在していない。そこで本論文では、油圧ショベルを用いた実機実験における条件統制の方法をまとめたガイドを作成することを目標に、これまで蓄積した経験を基に実験条件の調整・検討方法を「実験モデルと評価基準」「機体本体」「周辺環境」にわけてまとめることを行った。

キーワード : *construction equipment, hydraulic excavator, actual experiment*

## 1. はじめに

コンピュータ計算速度の飛躍的な向上と、解析ソフトウェアの発達によって、近年ではいろいろな分野で数値モデルを用いた数値シミュレーションが比較的容易に高速で行えるようになってきている。このため、建設機械による施工作業の方式やそのシステムの研究においても、建設機械や環境をモデル化することによりシミュレーションに基づく解析や検討が実機を用いた実験に比べ多く行われている。

例えば機械・ロボット関係の研究者が多く投稿する、ロボティクス・メカトロニクス講演会 2017 および 2018 において、2017 年は総論文数 1276 編中、建設機械を研究対象としている論文は 23 編、そのうちシミュレーションを行っている論文は 16 編、実機実験を行っている論文は 7 編、2018 年は総論文数 1315 編中、建設機械を研究対象としている論文は 24 編、そのうちシミュレーションを行っている論文は 15 編<sup>1)</sup>、実機実験を行っている論文は 9 編<sup>2)</sup>である。

しかしながら、実機を用いた実験が数値シミュレーションに比べ必要性や重要性が低いわけではない。なぜなら、数値シミュレーションのために建設機械本体や周辺環境、特にオペレータの動作や地盤と建設機械の相互作用を完全に再現するモデルを作ることは困難であり、シミュレーションだけではその結果の信頼性の確認ができないためである。したがって、確かな研究成果を得るためには、実機実験と数値シミュレーションを評価・検討すべき内容に応じて適切に使い分ける必要がある<sup>3)</sup>。しかしながら前述の調査結果によると、現状では限られた研究機関でしか実機を用いた実験は実施されていないようである。

実機実験の実施が難しい原因の一つとして、実機を用いた場合の実験条件を設定・調整することが難しいことが挙げられる。科学的検証を実験にて行う場合、条件統制すなわち「変数をひとつに限定し、その他の変数はすべて同じにして実験すること」が重要である<sup>4)</sup>が、実機実験において実際の建設施工を可能な限り再現しつつ

すべての因子を把握・調整することは非常に困難である。従って、実験条件にある程度のランダムネスを許容しつつ、できる限りの条件統制を行うことが重要であるが、そのためには建設機械のみではなく、建設施工、土質工学等の幅広い知識が必要である。しかし適した人材は少なく、実機実験をどのように行うかなどのガイドなども現状存在していない。

(国研)土木研究所では、油圧ショベル自律化の検討や、無人化施工における遠隔オペレータへの情報の提示法などについて研究を進めているが、主に土木研究所内にある実験フィールドで、実機と実際のオペレータを用いて実験を行うことにより研究を進めてきた(図-1)<sup>5)~9)</sup>。これら研究・実験の経験などから、実機実験を行う場合には前述の条件統制が必要であるにもかかわらず、実機・実験環境には実に様々な条件が錯綜しており、すべての因子を把握・統制することは非常に困難であることが判明してきており、様々な検討を行ってきた。今後様々な研究者が実機実験を有効に数多く実施するためには、我々のこの経験を広く共有することが重要ではないかと考えている。



図-1 油圧ショベルを用いた実機実験<sup>5)~9)</sup>

そこで筆者らは、これまで行ってきた実験の進め方に関する検討過程と、実験にて蓄積した条件統制のノウハウを体系的にまとめることにより、実機実験の行い方を示すガイドを作成したいと考えている。本論文では、油圧ショベルを用いた実機実験における条件統制の方法をまとめたガイドを作成することを目標に、実験条件の調整・検討する際に検討すべき項目とその検討方法、および検討する際の注意事項等を「実験モデルと評価基準」「機体本体」「周辺環境」にわけて報告する。

## 2. 実験モデルと評価基準の考え方

油圧ショベルの実機実験を行う場合、実験モデル(実際に行う作業など)と計測・評価するパラメータを決定

する必要がある。これらは実験の目的に合致したものを選定する必要があるが、同時に条件統制が可能であること、客観性・再現性があることなども必要である。本章では、これら実験モデル、評価パラメータを決定する際に注意すべき点について述べる。

### 2.1. 実験モデル選定における作業の切り分け

油圧ショベルの動作は、大別して走行動作と作業機(ブーム、アーム、バケット)の操作に分けられる。実験モデルを、その双方を含む一連のものとするか、各々分けたものとするかは、実験結果の分析に大きな影響を与える。実作業への適用性を考えると、実作業を模した実験モデルにより一連の工程の中で評価すべき事項を検討することが望まれる。しかし、2つ以上の動作を含む実験モデルを採用した場合、実験後に得られたデータ(作業の所要時間など)をそれぞれの動作ごとに分離することは難しい場合が多い。なぜなら、熟練度が高いオペレータの場合、両動作の切り替え時に走行と作業機の操作を同時に行う時間が発生し、両者を完全に分離できないことが普通だからである。したがって、実験の目的や対象とする実作業、実験の実現性を考慮し、一連のものとするか、各々分けたものとするか実験モデルを決定する必要がある。

例として筆者らは、土の掘削・積み込み作業を模した走行・掘削の一連の動作を実験モデルとし実機実験を行った<sup>5)</sup>。ここでは、実験の目的(遠隔操作と搭乗操作の作業効率を比較する)から動作を分離する必要はないとし、一連動作にてデータ解析を行っている。

### 2.2. 実験モデルにおける作業の選定

油圧ショベルの作業は数多くの種類があるが、例えば実際の掘削・積み込みを再現するためには、実際の土を用いた掘削・積み込みを実験作業とすることが最も忠実である。しかし、実際の土を用いる実験では、繰り返し実験において毎回の条件(例えば土の粒度分布、密度、含水比など)を同一とすること(すなわち条件統制)が極めて難しく、さまざまな工夫が必要である。

工夫の例として、筆者らは人工の対象物(図-2)を土の代替として掘り上げる一連の動作を策定し実機実験を行った<sup>5)</sup>。もちろん、この対象物は実作業における対象物(土)とは大きく異なっている。特に土が有する不確定性(粒度分布、密度、含水比など土の性状を大きく変化させるパラメータ)が排除されていることには注意を要するが、この作業モデルは、実験の実現性や再現性を優先して策定されたものである(詳細は参考文献5)を参照)。また、別の工夫例として、体積と質量が定義可能

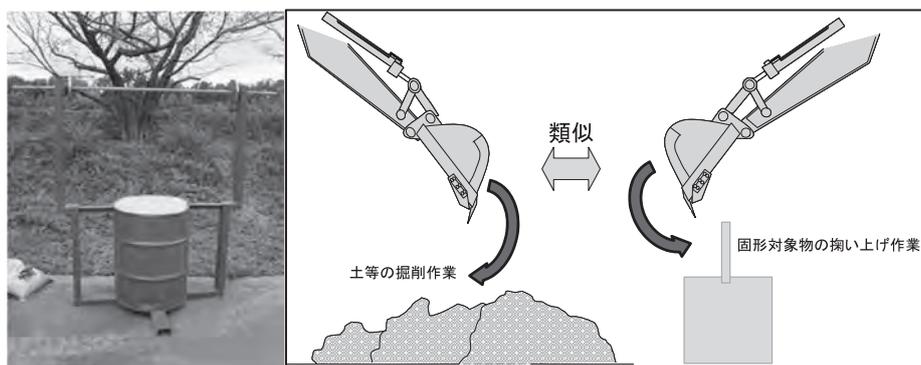


図-2 固形対象物<sup>5)</sup>

表-1 実験モデル検討方法

検討項目	検討方法	検討時の注意点
実験目的と作業の切り分け	「走行・作業など動作を分けたモデル」にするか、「複数の動作を含んだモデル」にするか、決定する。	複数の動作を含んだモデルにした場合、動作の切り分けが難しい。
実験モデル (土の掘削・積み込みを対象)	「実際の土の掘削、積み込み」にするか、「人工物を用いた疑似作業（例えば図-2のような人工対象物や体積・質量が既知な小球体など）」にするか、決定する。	実際の土を用いた場合、土質条件（粒度、含水比、密度など）を均一に調整することは困難。 人工対象物を用いた場合、各アクチュエータの動きなどが実際の作業とは厳密には異なる。 小球体などは実際の土とは挙動が異なる。

表-2 評価基準例

評価項目	評価基準	測定方法 (例)	注意点
施工効率	時間	ストップウォッチ <sup>5)</sup>	土を用いた場合、含水比等の影響を受ける <b>4.3. 参照</b>
	施工量 (質量)	質量計	
	施工量 (体積)	レーザスキャナ	
	燃料消費量	燃料流量計 エンジン回転数とCO <sub>2</sub> 濃度 <sup>10)</sup>	
環境への影響	排出ガス量・濃度	流量計・FTIR <sup>10)</sup>	天候の影響を受ける <b>4.3. 参照</b> 実験地盤の影響を受ける <b>4.2. 参照</b>
	騒音	マイクロフォン	
	周辺地盤の振動	加速度計	
オペレータ負担	疲労度	心拍数 <sup>11)</sup>	心拍数=疲労度とは限らない
		アンケート (NASA-TLX <sup>12)</sup> など)	
	オペレータ視線	アイマークカメラ	
作業の正確さ	カラーコーン、対象物などにぶつかった回数	ビデオ、目視 <sup>6), 11)</sup>	
作業の丁寧さ	機体・対象物の加速度	加速度計	

な材料(小球体など)を選択することも考えられる。何れにせよ、実験条件統制の可否は作業モデルを決める上で重要なファクタであるが、実作業との間で油圧ショベル各アクチュエータの動作や、対象物の挙動は実際の土とは違うことなどに注意が必要である。

2.1. と 2.2. にて述べた、実験モデル決定の考え方の一例を表-1 に示す。

### 2.3. 評価パラメータ

油圧ショベルによる作業システムにおいて、システム

の有効性を評価することを実験の目的とした場合、その目的に合わせた評価基準を選択し、実験ではそれに必要なパラメータを計測する。例えば、施工効率を評価したい場合は、時間や施工量(土量など)、燃料消費量などとなり、また周辺環境への影響を評価したい場合は、排出ガス、騒音、振動などとなる。

評価基準とその測定方法、注意点などの一例を表-2 に示す。表-2 には、それら評価基準を用いた実験を行っている参考文献も記載する。

### 3. 機体本体条件の考え方

油圧ショベルの実機実験を行う場合、油圧ショベル本体のパラメータを実験目的に合致するように調整する必要がある。本章では実験を行う際に考慮すべきパラメータとその調整時に注意すべき点について述べる。

#### 3.1. エンジン回転数

図-3(実線)に土木研究所が保有する油圧ショベル(日立建機：ZX120)のエンジン性能曲線のうち、エンジン回転数とエンジン出力の関係を抜粋する<sup>13)</sup>。図-3(実線)によるとエンジン回転数の増加と共にエンジン出力もほぼ同じ割合で上昇している。エンジン出力は油圧回路の圧力と流量に使用されるため、図-3(実線)は負荷が同一(圧力が同一)ならばエンジン回転数の増加と共に油圧アクチュエータの速度もほぼ同じ割合で上昇する、すなわち油圧アクチュエータ速度がエンジン回転数の影響を大きく受けることを表している(実際には各種調整弁や圧力損失などの影響により比例割合は多少異なる)。図-3(破線)に、実際にこの油圧ショベルのアームを空中で全縮から全開まで動かした時にかかる時間をエンジン回転数ごとに測定した結果を示す。この実験結果からも油圧ショベルにおける油圧アクチュエータ速度はエンジン回転数の影響を大きく受けていることがわかる。

従って走行や作業の実験条件をコントロールするためにはエンジン回転数を正確に調整する必要がある。しかしながら、多くの油圧ショベルにおけるエンジン回転数の調整は図-4に示すようなダイヤル式であり、かつエンジン回転数計も装備していない。従って、誤差数%以内の調整は可能であるが、正確な回転数の調整は難しい。目的にもよるが正確なエンジン回転数調整を行いたい場合は、別途エンジン回転数計の用意が必要である。なお、一部の油圧ショベル(最近のもの)は、エンジン回転数計を装備しているものもある。回転数をオペレータ

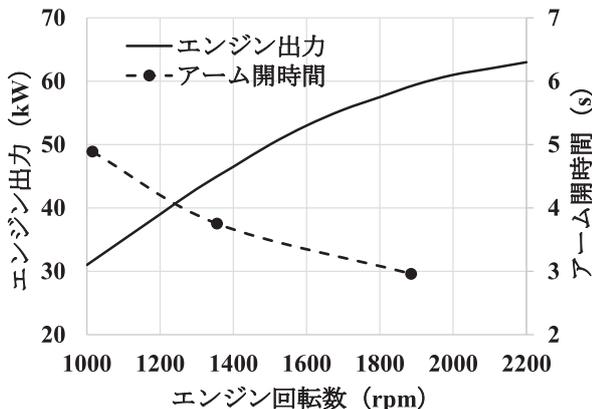


図-3 エンジン回転数-エンジン出力・アーム開時間

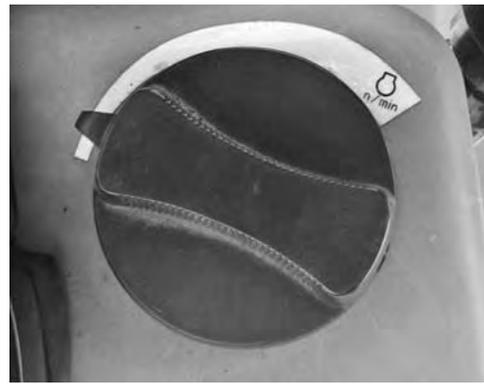


図-4 エンジン回転数調整ダイヤル

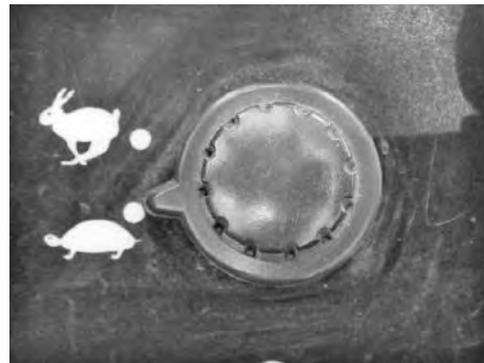


図-5 走行速度切替スイッチ (ウサギが高速、カメが低速)

へ表示しない場合もあるが、その場合車内ネットワーク(CANなど)には情報として存在しているので、モニタ可能かメーカーに問い合わせるとよい。

また、十分な暖機運転を行わないと、回転数調整ダイヤルが同一の位置でもエンジン回転数が異なる場合もある。特に冬季などには注意が必要である。暖機運転の方法やその時間等は、機種や作業環境などによって異なるため、使用する機種の取扱説明書を参考にすればよい。

また、多くの油圧ショベルでは走行速度の高-低切替スイッチが存在する(図-5)。このスイッチにより走行速度が大きく異なるので、実験の際には統一する必要がある。オペレータによっては無意識にこのスイッチを操作する場合があるので、事前の説明など注意が必要である。

#### 3.2. 作動油温度(粘度)

作動油の粘度が著しく高い場合、油圧機器の速度に影響を及ぼす場合がある。作動油温度が推奨使用範囲内であれば問題はないが、冬季などは十分な暖機運転を実施するなど注意が必要である。この場合、エンジンの暖機運転のみではなく、油圧機器の暖機運転を行うことが必要である。方法は取扱説明書などに記載されている。(土木研究所が所有しているショベルでは、ゆっくり前後進を数回行う、ゆっくり油圧シリンダ伸縮を数回行う、となっている<sup>13)14)</sup>。)

### 3.3. 操作パターン

オペレータによっては、油圧ショベル操作パターンが通常使い慣れているものと異なると、施工効率が大きく低下する場合がある。従って、油圧ショベル操作パターンは、実験毎の条件を同一にするより、オペレータの習熟(使い慣れている操作パターン)に合わせるべきである。したがって同一の実験であってもオペレータ毎に操作パターンが異なることもありえる。オペレータが習熟している操作パターン、および実験に使用する油圧ショベルの操作パターン(切り替え可能か否か)などを実験前に調査しておくことが重要である。

### 3.4. その他の機体本体条件

上記以外で実験に影響を及ぼす可能性のある機体本体条件としては、機体フレームやクローラなどの構造体の機体ごとの差異や、可動部の摩擦抵抗などが考えられる。これらの条件を把握・コントロールすることは非常に難しいため、同一の油圧ショベルを同時期に使用する場合は、上記条件は同一である、として実験を行うことが現実的と考えられる。しかし、都合により同じ機体を使用できず同メーカーの同機種を使用する場合や、同一機体であっても年月が経過してしまった場合は、上記条件の機体による個体差(摩擦などの経年変化も含む)が存在すると考えられる。そのため、可能ならば同一エンジン回転数における走行速度や油圧シリンダ伸縮速度などを測定し、その差異を把握しておくべきである。

3.1. ~ 3.4. にて述べた、実験を行う際に考慮すべき機体本体条件とその検討方法、注意点の一例を表-3に示す。

## 4. 周辺環境条件の考え方

油圧ショベルの実機実験を行う場合、油圧ショベル本

体以外の周辺環境も実験目的に合致するように調整する必要がある。しかしながら、多くの周辺環境は実験者の意のままにコントロールすることは非常に困難である。本章では実験を行う際に考慮すべき周辺条件とその調整時に注意すべき点について述べる。

### 4.1. 実験場所

実験を行う実験場を、屋内にするか(図-6)、屋外にするか(図-7)、決定する必要がある。屋内の場合、次節以降に述べる実験地盤、天候の影響を低減することが可能となる利点がある。一方屋外の場合、実際の施工現場をより忠実に再現できる利点がある。実験目的等から選定すべきである。

実験場所を決定する際、オペレータの操作が評価に大きく影響する実験においては、実験場所の周囲に存在するもの(屋内ならば周辺の柱や窓、屋外ならば建造物や立木など)がオペレータにとって作業の目印になり得ることには注意が必要である(実際に周辺物を目印にして作業を行っているオペレータも存在している)。周辺物が目印となると、実験結果がその実験場所に限られたデー



図-6 屋内実験場

表-3 機体本体条件検討方法

検討項目	検討方法	検討時の注意点
エンジン回転数	エンジン回転数、走行速度切替スイッチは実験条件として正確に決定する。	多くの油圧ショベルで、エンジン回転数はダイヤル式であるため、別途エンジン回転数計が必要。 実験前にエンジンの十分な暖機運転が必要(暖機運転方法は取扱説明書参照)。
作動油温度(粘度)	実験前に作動油温度が推奨使用範囲内であることが必要。	実験前に作業機の十分な暖機運転が必要(暖機運転方法は取扱説明書参照)。
操作パターン	どの操作パターンにて実験を行うか、決定する。	オペレータが習熟しているパターンにて実験を行うほうがよい。 オペレータ習熟パターン、使用する油圧ショベルのパターンを実験前に調査しておくことが必要。
その他(構造体の差異や摩擦抵抗など)	実験条件として統制することは難しいため、同一の機体で実験を行うのが現実的である。	やむを得ず、異なる機体となった場合、その差異を把握しておく方がよい(同一エンジン回転数での速度差など)。



図-7 屋外実験場



図-8 敷鉄板

タになってしまい、結果の一般化を考察する際に疑問点として残ってしまうからである。特に屋内の場合は、近くに多数の構造物が規則的に存在していると、オペレータの操作に影響を与える可能性が大きいため、注意が必要である。対策例としては、周辺構造物からの距離をなるべく大きくとることや、実験の向きを工夫して構造物をオペレータ視線から外すことなどが考えられる。

4.2. 実験地盤

実験時の地盤状況は、走行速度などに影響を与える。特にクローラの沈下量が走行抵抗に与える影響は大きい<sup>15)</sup>ため、実験条件を統制するためには地盤状況をコントロールすることが必要である。地盤状況は、土質(材料)、含水比、密度などによって大きく変化するため、実験中の土質、含水比、密度の変化に注意が必要である。

また、実験を繰り返すと轍掘れが発生し、走行条件の変化や、走行の目印の発生により実験条件が変化してしまう可能性もある。そのため実験毎に整地を行うか、走行経路を変化させて深い轍掘れが発生しないようにするなどの工夫を行う必要がある。

対策例として図-8に示すような敷鉄板や、コンクリート上で実験を行うと、上記の地盤状況変化や轍掘れといった問題は発生しない。しかし、実際の施工現場とは異なる可能性があることと、ゴムクローラ以外には不向きであることに注意が必要である。

4.3. 天候

実験時の太陽の位置によって、オペレータの見え方などに影響が出るため、実験条件が異なる可能性がある。また、機体や対象物、周辺構造物などの影の有無や影の位置などによっても条件が異なる可能性がある。そのため、実験実施可能な天候条件や実験開始時間などを明確に決定する必要がある。

また、4.2.に述べたように、地盤や対象土砂の含水比は、実験条件に大きく影響する可能性がある。そのため雨天時に実験を実施するかどうかは慎重な判断が必要である。

風は比較的实验に影響を及ぼす可能性は低いが、表-2に示した騒音を評価基準とした場合、影響を考慮する必要がある。

4.4. オペレータ

建設機械オペレータの能力を表す指標は無く、操作方

表-4 周辺環境条件検討方法

検討項目	検討方法	検討時の注意点
実験場所	屋内(天候の影響が低い)か屋外(実際の施工条件に近い)か、決定する。	周辺に存在するものが実験モデルを実施する際の目印にならないよう注意が必要(特に屋内の場合)。(周辺構造物からの距離を大きくとることや、実験の向きを工夫する)
実験地盤	実験時の地盤状況を決定する。	意図しない変化が起こらないように土質、含水比、密度等をコントロールすることが必要。 繰り返し実験による轍掘れが実験条件を変化させないように、実験毎の整地などの工夫が必要。 敷鉄板やコンクリート床ならば地盤が実験に与える影響は少ない。しかし実施工とは異なる可能性がある。
天候	実験実施可能な天候条件(日照、降雨、風速など)や実験開始時刻を決定する。	特に降雨は地盤条件などに大きく影響するため、注意が必要である。
オペレータ	オペレータ条件(年齢、経験年数、など)を決定する。	オペレータ技能は個人差が大きいため、無作為で抽出した多数のオペレータにて実験を行うほうがよい。

法などに関する一般的なテキストなども現在存在していない。従ってオペレータの能力は、指導を受けた方、経験してきた業務内容などによって大きく異なり、経験年数が同様であっても、同様な能力、同様な操作方法であるとは限らない。そのため実験を行う際には、オペレータ条件(年齢, 経験年数, など)を決定し, なるべく無作為で抽出した多数のオペレータにて実験を行うことがよいといえる。

4.1. ~ 4.4. にて述べた, 実験を行う際に考慮すべき周辺環境条件とその検討方法, 注意点の一例を表-4に示す。

## 5. まとめ

前章までにて, 筆者らがこれまで蓄積した経験を基にした実機実験における実験条件の調整・検討方法を「実験モデルと評価基準」「機体本体」「周辺環境」にわけて述べた。この報告がこれから実機実験を行う研究者の参考となれば幸いである。

今後は, これまで筆者らが行ってきた実機実験をさらに改良し, 実機を用いた様々な研究を進めていきたい。

### 参考文献

- 1) 例えば, 大隅久, 川島裕季, 津田智晃, 佐野祐介, 呉春男: バックホーにおける消費エネルギーを考慮した掘削位置の最適化, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2018, 2A2-A03, 2018.
- 2) 例えば, 山内元貴, 橋本毅, 藤野健一: HMDを用いた遠隔操作型油圧ショベルの視覚提示システムの開発, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2018, 2A2-A04, 2018.
- 3) 高崎育夫, 筒井桂一郎: 数値解析と実験解析の相互活用, 騒音制御, Vol.24, No.5, pp.315-322, 2000.
- 4) 小泉治彦: 理科課題研究ガイドブック, 千葉大学先進科学センター, 2011.
- 5) 茂木正晴, 油田信一, 藤野健一: 油圧ショベルの遠隔操作による作業の効率評価のためのモデルタスクの提案, 建設機械施工, Vol.66, No.8, pp.71 ~ 79, 2014.
- 6) 茂木正晴, 西山章彦, 橋本毅, 藤野健一, 油田信一: 油圧ショベルの遠隔操作における視覚及び操作系インターフェースの違いによる作業効率の向上について, 第16回建設ロボットシンポジウム論文集 (CD-ROM), O6-4, 2016.
- 7) 藤野健一, 橋本毅, 油田信一, 建山和由: 無人化施工に最適なオペレータの選抜手法に関する研究, 土木学会論文集 F3, Vol.74, No.1, pp.11-17, 2017.
- 8) Takeshi HASHIMOTO, Genki YAMAUCHI, Kenichi FUJINO, Shinichi YUTA and Tateyama KAZUYOSHI: Study of Operator's Line of Sight in Unmanned Construction Systems, SSRR 2018 (CD-ROM), 2018.
- 9) 山内元貴, 橋本毅, 藤野健一: 車載カメラのみを利用した遠隔操作型油圧ショベルの作業効率評価, 第73回土木学会年次学術講演会, pp.1389-1390, 2018.
- 10) 吉永弘志: 排出ガスの測定値から読み解く燃費・熱効率と燃費改善策, 平成29年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集, pp.131-136, 2016.
- 11) 橋本毅, 梶田洋規, 藤野健一: MC技術が施工品質とオペレータへ与える影響について, 第17回建設ロボットシンポジウム論文集 (CD-ROM), O3-1, 2017.
- 12) 芳賀繁, 水上直樹: 日本語版 NASA-TLX によるメンタルワークロード測定, 人間工学, Vol.32, No.2, pp.71-79, 1996.
- 13) 日立建機 ZX-120 取扱説明書
- 14) 日立建機 ZX-35U 取扱説明書
- 15) テラメカニクス研究会: 履帯の設計工学, pp.33-36, 2000.

(2019.4.16 受付, 2019.8.25 採用決定)

# CONSIDERATION OF EXPERIMENT METHOD USING REAL HYDRAULIC EXCAVATOR

## - For remote control type hydraulic excavator -

Kenichi FUJINO<sup>1</sup>, Takeshi HASHIMOTO<sup>2</sup>, Mitsuru YAMADA<sup>3</sup>,  
Genki YAMAUCHI<sup>3</sup>, and Shinichi YUTA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Deputy Director of Construction Technology Research Department, Public Works Research Institute

<sup>2</sup> Senior Researcher, Advanced Technology Research Team, Public Works Research Institute

<sup>3</sup> Researcher, Advanced Technology Research Team, Public Works Research Institute

<sup>4</sup> Visiting Professor, SIT Research Laboratory, Shibaura Institute of Technology

Due to the drastic improvement in computer calculation speed and development of analysis software, research using construction equipment is also increasingly using numerical simulation. However, the necessity and importance of experiments using real machines is not low compared to experiments using numerical simulations. In order to obtain better research results, experiments using real machines and numerical simulations should be used in a balanced manner. One of the problem in taking out experiments using real machine is that it is very difficult to control all factors of the real construction site (condition control). In order to make such condition control, wide range knowledge is necessary not only for construction equipment but also construction method, soil engineering and so on. However, at present, there are few suitable talent, and there are no guidelines, etc. how to make condition control. In this paper, we have compiled the experience accumulated so far with the aim of preparing guidelines summarizing the method of condition control in experiment using real hydraulic excavator.



## Team KUROSHIO ロボットで深海探査に挑む 海底探査技術国際競技大会「Shell Ocean Discovery XPRIZE」への挑戦

Team KUROSHIO (チームクロシオ) 一同

国内産学官8機関の若手研究者・開発者を中心に構成された「Team KUROSHIO」は、海中ロボット等を用いて、超広域高速海底マッピングの実現を目標とする海底探査技術の国際競技大会「Shell Ocean Discovery XPRIZE」において準優勝という結果を収めた。

本稿では Team KUROSHIO の挑戦の軌跡を報告する。

キーワード：海底探査，海中ロボット (AUV)，洋上中継器 (ASV)

### 1. はじめに

Team KUROSHIO は、無人探査ロボットを使って超高速・超広域な海底探査を行う国際競技大会「Shell Ocean Discovery XPRIZE (以降、本競技と呼ぶ)」に日本から挑戦した共同チームである。本競技のミッションは、海域に人が立ち入らず、すなわち船舶を用いることなく、最大水深 4,000 m の海底を超高速かつ超広域に探査し、海底地形図・海底写真を獲得し、速やかに提出するというものである。2015 年 12 月に開催が発表された本競技には世界から 32 チームが参加し、2019 年 6 月にその最終結果が発表された。Team KUROSHIO は、世界第二位となる成績をおさめた。大会参加から書類審査、予選、決勝、そして結果発表まで、3 年半にわたる Team KUROSHIO の挑戦について報告する。

### 2. これまでの海底探査技術

遠く離れた火星や月の表面でさえ、宇宙探査機を用いて 100 m、あるいは数十 m の単位で地形を計測することが可能となった現代では、人類の住む地球については、その表面形状を正確に把握していると思われがちである。しかし、実は海底地形はおおよそ 1,000 m 単位でしかわかっていない。その理由は、他の天体と違い、地球の表面に豊富に存在する水、すなわち海水が、地球の表面を覆い隠しているからである。現在の技術で海底地図を作るためには、海洋調査船に多くの専門家が乗り込み、船底のソナーによる音波を用いた海底調査を実施することになる。しかしこの方法では、

ソナーと海底との距離が離れるにつれて得られる地形の精度が落ちるため、深海底では細かな地形を読み取ることができない。本来は、世界のどこでも、一定の解像度で詳細な地図を作りたいことと考えると、地球の海底面探査を行うためには、深海底に近い一定高度でソナーを運搬する必要がある。そのため、ソナーを搭載し、海底から一定高度を自律的に航走する自律型海中ロボット (Autonomous Underwater Vehicle, 以下、AUV) が近年注目されている。

現在行われている一般的な AUV による海底調査は、支援母船と AUV を 1 対 1 のセットで運用しており、その調査海域の広さは 1 日に 10 km<sup>2</sup> 程度とされる。AUV は一定の自律性を有するロボットであるが、内蔵エネルギーの制約から、AUV を調査海域まで船で運ぶ必要がある。日々変化する過酷な洋上環境で AUV を着水・揚収させるには、高度な技術を有したスイマーが必要になることもしばしばであり、未知の深海環境を調査する AUV は、依然として人間による遠隔管制をまだ必要としている。このように、AUV は多分に母船の支援下で運用されるため、AUV による調査を行うには、それとセットでの船舶・船員・オペレータ・スイマーの確保が必要となり、多くの人手と予算を必要とする。加えて、揺れる支援母船に長期間滞在することは、不慣れな人にとっては船酔いなどの高いストレス環境にさらされることにもなる。さらに、取得したデータは陸上へ持ち帰り、海底地形図作成のためデータ処理が必要となるが、これにも長い時間を要する。このような制約の中、詳細な海底地形図は、世界の面積比にして 10% 程度しか明らかになっていないとも言われる。

### 3. 無人探査ロボットによる世界初の海底探査技術競技大会

2015年12月、米国において、世界初の無人探査ロボットによる超高速・超広域の海底探査技術を競う競技会「Shell Ocean Discovery XPRIZE：シェル オーション ディスカバリー エックスプライズ」の開催が発表された。本競技は、米国の非営利組織であるXPRIZE財団が主催、石油業界大手のRoyal Dutch Shellがメインスポンサーとなり、総額700万ドルの賞金が用意された。

参加チームに課せられたミッションは、人が海に立ち入らず、すなわち、有人支援母船を使用せずに広大な海底調査を限られた時間で行う、ロボットのみによる海底調査である。具体的には、無人探査ロボットを使って24時間以内に最低250 km<sup>2</sup>、目標は東京ドーム1万個分に相当する500 km<sup>2</sup>の広さで、水平5 m、垂直50 cmの精度で海底地形図を作成すること、さらに海底の特徴的な画像を10枚以上撮影することである。24時間の調査終了後、さらに48時間以内にすべてのデータを取り出し、処理して提出する必要がある。さらに、全ての機材は40 ftコンテナ（長さ12,192 mm、幅2,438 mm、高さ2,591 mm）1つ分の容積に納まっている必要があり、たくさんのロボットを用意すればいいというものでもない。ビジネスで使える、実用的な調査システムが求められる。これは、発表当時の技術レベルを遥かに凌駕する非常に厳しい課題設定であった。このミッションを達成するには、24時間で既存AUVが調査可能な範囲を大きく上回る調査範囲を高速に調査するシステムが必要であり、しかもそれを母船無しで海域展開・運用するという、全く新しいシステムを構築する必要があった。

オイル・ガス資源開発では、数100 km<sup>2</sup>以上に及ぶ

広大な海底からオイル採掘ポイントを決定する事前調査を行うとされ、その開発エリアは徐々に大深度化しつつある。大深度におけるマッピングにはAUVが必要だが、それは船舶に追加的なコストが発生することを意味する。このようなルールが策定された背景として、以上のような状況が推測される。この市場ニーズを具体化したものが、本競技の課題として設定されていると考えられる。

本競技には、技術提案書審査（書類審査）、Round1技術評価試験（予選）、Round2実海域競技（決勝）という3つの関門があり、大会アナウンスからRound2実施まで僅か3年間という、新しいシステムを開発・実証する期間としては極めて短い設定がなされた。しかも、各競技実施場所は世界のどこで行われるか、大会アナウンス時には一切公表されないため、高度なロジスティクス能力やスケジューリング、マネジメント力が求められる。

開催公表後、2016年6月にはルールが公開され、2016年9月に参加チーム登録が締め切られた。この時点で、世界中から32チームがエントリーし、日本からはTeam KUROSHIOを含めて3チームがエントリーした（図-1）。

### 4. Team KUROSHIO の航跡

2015年12月に本競技の開催が公表されると、中谷武志（JAMSTEC）、大木健（JAMSTEC）、西田祐也（九州工業大学）、ソートン・ブレア（東京大学）という20代から30代の4名の研究者が参加を決意した。4人は基本的なロボットシステムのコンセプトを考案した。これは、洋上ロボット（Autonomous Surface Vehicle：ASV）により、複数のAUVを調査海域まで輸送、切り離し、陸上からASV経由でAUVをコ



図-1 Shell Ocean Discovery XPRIZE のスケジュール（最終）

ントロールすることで、上記のミッションを達成するものである。電池で駆動する AUV は航続距離・時間が限られるうえ、陸上管制局との直接通信を行うことは遠隔海域では困難である。そこで、ガソリンをエネルギー源とする航続能力の高い ASV に衛星通信装置と水中音響通信装置を搭載することにより、AUV 輸送と AUV 通信中継を担わせることが設計のコンセプトとなっている。この際、非常に広い範囲を短時間で調査するため複数の AUV を同時運用できることが必要となる (図-2)。

4名は、それぞれの所属機関の上司らを説得し、資金や機材を調達し、4人の活動やビジョンに賛同する仲間を増やしていった。この地道な活動が奏功し、無人探査ロボットの研究開発・オペレーション等を行ってきた研究機関・大学・民間企業、合計8機関での共同研究契約に基づく協働チーム「Team KUROSHIO」が結成された。チームの名称は、日本を代表し世界でも知られている暖流の黒潮にちなみ、熱く力強いトレンドを日本から起こしていきたいという想いが込められている (写真-1)。

参画機関は次の8機関。民間企業から、三井 E&S 造船(株)、日本海洋事業(株)、(株) KDDI 総合研究所及びヤマハ発動機(株)の4社が参加。大学からは、国立大学法人東京大学生産技術研究所と国立大学法人九州工業大学が参加。そして、国の研究所として、国立研究開発法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC) と国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所が参画。総勢30名以上の若手を中心とした研究者・技術者が参加した。それぞれの機関が AUV や ASV、様々な技術や人材を供出し、短期間でのシステム実証を目指した (図-3)。

最初の関門は2016年12月の技術提案書による書類審査であった。これはチームの調査戦略や使用する機

体のデータ、予算計画、チーム構成などをまとめて提出し、実際にそのチームが実海域での調査を行えるか、主催者が審査を行うもの。Team KUROSHIO は各機関が所有する機体や資材の利用許可を取り付けて、競技実施に必要な体制を構築していった。これらチームの戦略を技術提案書としてまとめ、12月15日に



写真-1 2018年3月の Team KUROSHIO 記者会見



図-3 国内8機関による研究開発コミュニティの構築  
2017年2月1日付で7府共同研究契約を締結  
2017年4月1日付で8機関協力を締結



図-2 Team KUROSHIO のシステム設計コンセプト

XPRIZE 財団へ提出した。翌 2017 年 2 月, Round1 へ進出する 21 チームが公表された。Team KUROSHIO は無事, Round1 へ進出を決めた。なお, この時点で日本からは Team KUROSHIO のみが進出することとなった。

その後, Team KUROSHIO は, Round1 に向けて, 異なる組織の AUV 同士を統合運用するための検証試験を駿河湾にて実施する等, 技術開発と実海域試験を繰り返して技術を磨いていった。Round1 の競技開催地がプエルトリコと決まると, ロジスティクスを含めた準備が急ピッチで進むこととなった。しかし, 2017 年 9 月, 2 つのハリケーンがプエルトリコを直撃し, 現地は甚大な被害を受けることとなった。本競技主催者である XPRIZE 財団は, Round1 の実施内容を, 実海域での競技から, 審判団が各チームを訪問・審査する形に変更することを決めた。具体的には, 海底探査システムの機体の航続性能や潜航能力, マッピング解像度など, 11 項目の技術について審判団が評価することとなった。限られた時間の中, プエルトリコと同じ試験を実演することはできないため, Team KUROSHIO はどのようにその技術をプレゼンテーションするか主催者との調整を進めた。

その結果, Team KUROSHIO の Round1 は, 2018 年 1 月, 東京大学生産技術研究所にある海中ロボット用の試験水槽で行われた。水中での撮影や長時間航行, 地形データ処理のデモンストレーションを実施した(写真-2)。

2018 年 3 月, イギリス・ロンドンの国際展示会 Oceanology International 2018 内のイベントにおいて, Round1 の結果発表が行われた。決勝となる



写真-2 水槽における Round1 デモンストレーション実施の様子

Round2 に進むことができたのは僅か 9 チームであった。米国から 4 チーム, 欧州から 4 チーム, アジアからは Team KUROSHIO1 チームのみであった。その後さらに米国の 1 チームがリタイアし, Round2 には 8 チームが挑戦することとなった(図-4)。

### 5. Team KUROSHIO の戦略

Team KUROSHIO の戦略は, 次のとおりである。陸上にはインターネットに接続した陸上管制局を設置し, 運用担当者を配置する。続いて, 洋上ロボットである「洋上中継器 (ASV)」が, 複数の AUV を岸壁から調査海域まで曳航する。その後, 陸上管制局から通信衛星を経由して遠隔操作される ASV から AUV を切り離す。切り離された AUV は, 搭載されたバラストの重量とスラストの推進力で海底からの高度約 100 m の水深まで潜航し, あらかじめプログラムされたルートを航行する。同時に, ASV は水中音響通信に

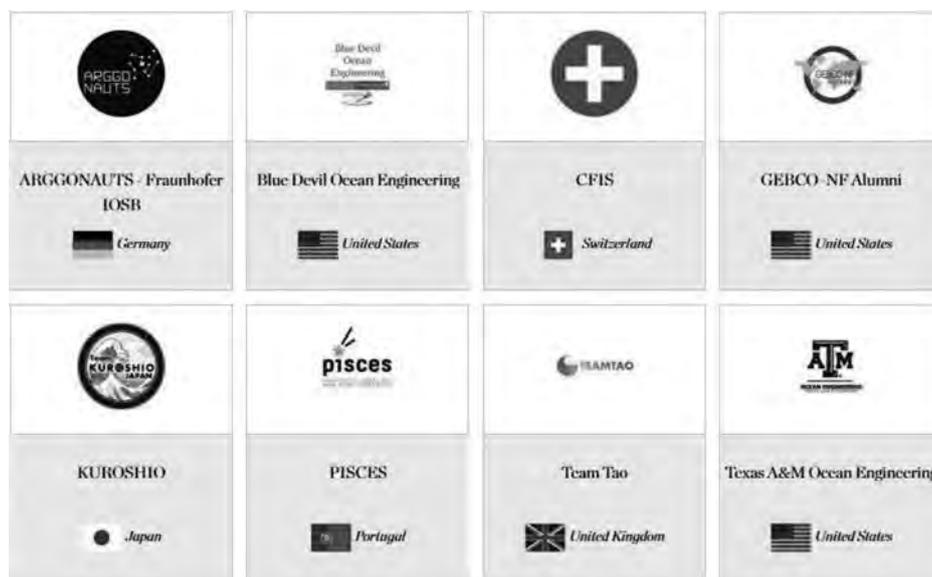
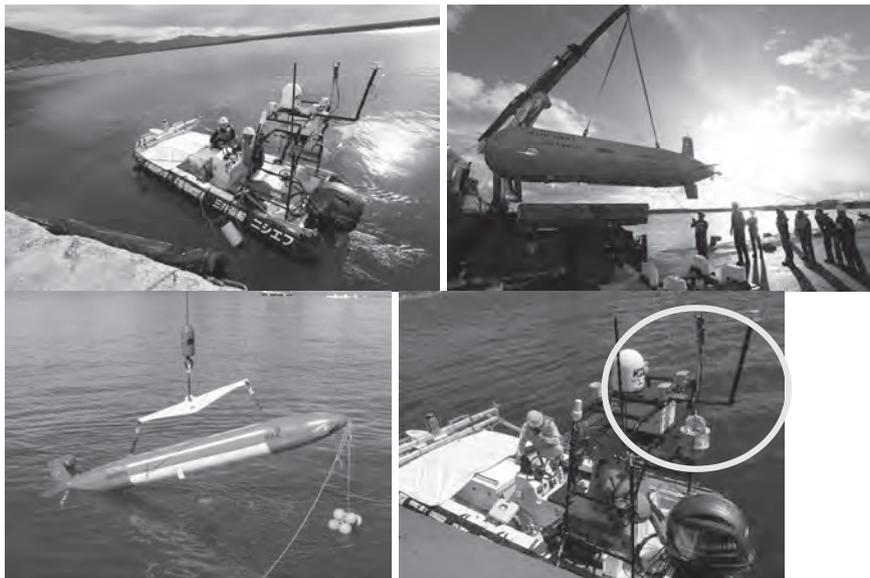


図-4 Round2 に進出した 8 チーム (XPRIZE 財団 HP より)



写真一3 (左上) ASV, (右上) AUV-NEXT, (左下) AE-Z, (右下) ASVに搭載された衛星通信機器

より航行している AUV を監視するとともに、陸上管制局に衛星通信で ASV と AUV の航行状況を伝える。調査終了後、AUV は浮上し、ASV と共に岸壁まで帰還。海底地形・画像データは AUV 内の SSD に記録される。データ量が多いため、海底地形・画像データは、AUV 揚収後に AUV 耐圧容器内の SSD を取り出し、解析チームによる並列処理を行い、調査終了後 48 時間以内のデータ提出を目指す (写真一3)。

Round2 に向けた技術開発のポイントとしては、①水深 4,000 m で 24 時間以上航行できる AUV を複数用意すること、②複数 AUV を ASV1 機で無人曳航・展開・監視すること、③複数の AUV が取得した海底地形データを 48 時間以内にマッピングデータ化すること、の 3 点が挙げられ、Round1 技術評価試験を実施する前から技術開発を進めていた。

## 6. Round2 実海域競技

2018 年 9 月、決勝となる「Round2 実海域競技」は 2018 年 11 月から 12 月にかけて、ギリシャ共和国ペロポネソス半島南方に位置する港町カラマタの沖合で開催されることが発表された。世界のライバルは米国 3 チーム、欧州 4 チーム。同じ海域を全チームが調査するため、各チームが順番に現地に入る方式で実施されることとなり、最も遠くから参加する Team KUROSHIO に割り当てられた Round2 実施期間は、全チームで最後の 2018 年 12 月 9 日から 19 日の 11 日間と決まった。この 11 日間で、現地での陸上管制局の設置や動作確認、実際の競技実施、片付けなどをすべて終える必要がある。カラマタ港に設置された陸上基地局設置ス

ペースにそれぞれのチームが入ったとき、各チームはようやく、実際の詳細な競技海域を主催者から知らされる。主催者は公正を期すため、実際の競技海域を各チームの競技開始まで秘匿し、競技を実施した。

Team KUROSHIO の機材の多くは、日本から船便で 1 ヶ月以上かけてギリシャに輸送する。その間、ロボットが壊れていないか、いざ修理が必要であれば整備スペースが必要となる。Round2 に先立つ 3 ヶ月前、Team KUROSHIO はギリシャに人員を派遣し、チームの一員であるヤマハ発動機の現地販売代理店に協力を要請。これにより、12 月 5 日から 8 日まで、ギリシャのアテネ郊外に整備スペースを借り受け、数日間の機材整備を行ったうえで、12 月 9 日に決勝会場となるカラマタに移動し、Team KUROSHIO の Round2 がスタートすることとなった。

数日先の天候や海象などを考慮しつつ、実施スケジュールの検討が進められ、12 月 13-14 日に Team KUROSHIO の実海域競技本番を実施することとした。しかし、実施した初回のトライでは、調査海域の直前にて ASV から AUV の切り離しがうまく動作しないというトラブルが発生した。回収後に原因を調査したところ、切離し信号を送る電線が破断していた。海での大きなうねりがきっかけで破断したものと推測された。主催者との協議によりリトライが認められ、修理のうえで再度競技に臨むこととなった。

12 月 16-17 日に実施したリトライでは、大きなトラブルなく制限時間を最大限に活かすことができ、カラマタ沖の海底地形データを獲得することができた。その後の解析により、定められた解像度を満たすマッピングデータを作成することに成功した。そして、2018



写真-4 (左上) 12/16の出港時, (右上) 12/17のAUV帰港, (左下) ASV帰港, (右下) マッピングデータ提出の写真

年12月19日、日本時間22時50分にXPRIZE財団へのデータ提出を完了し、Round2の全日程を終了した。Team KUROSHIOは、カラマタ沖において約5km × 33.5kmの範囲の海域で調査を行ったが、そのうち正解となる海底地形図が得られた範囲がいかほどかは、主催者とは別に本競技のために参集された審判団によって評価されることとなる。

Round2において、当初、想定していた、ASVの離岸・調査・着岸までの無人運用、無人でのAUV展開・運用、ASV及びAUVの24時間以上の長時間連続航行などを達成することができた。一方、無人でのAUV回収等については、課題が残る結果となった(写真-4)。

## 7. 結果発表

2019年5月末、モナコ共和国のモナコ海洋博物館において「Shell Ocean Discovery XPRIZE」の結果発表セレモニーが開催された。Team KUROSHIOはGrand Prize Runner-up、すなわち世界第二位という



写真-5 モナコでの授賞式に臨んだ Team KUROSHIO メンバーと主催者

結果となり、賞金として100万USドルが贈られた。主催者からは、仕様が異なる複数のロボットを連携運用する技術の独自性や、条件や状況の変化に対応する柔軟な運用力、カバー領域の広さなどが評価された(写真-5)。

## 8. おわりに

今回の「Shell Ocean Discovery XPRIZE」への挑戦では、Team KUROSHIOが得意とする最大限のパフォーマンスを発揮できた。当チームへご支援いただいた全ての方々に対して改めて感謝申し上げます。

Team KUROSHIOは、この挑戦を通じて培った技術により、将来、今や誰もが利用しているインターネット通販のように、誰でも簡単に海中・海底のデータを得られるシステムの構築を目指している。このシステムの実現を「One Click Ocean (ワンクリックオーシャン)」構想として掲げ、海上海中ロボットを用いて調査を無人化し、安価にそして気軽に海底調査を行うことができる将来を描いている。

例えば、定期的に海底の詳細地形図を作成することができれば、地震のトリガーとなり得るプレートの動きがわかるかもしれない。実は発見されていない活発な海底火山が見つかる可能性もある。新種の生き物と遭遇するかもしれない。思いも寄らないビジネスが生まれることも考えられる。

Team KUROSHIOは、今回の挑戦を通じて培った技術とオペレーションをさらに発展させて、日本発の調査技術として世界へ展開できるよう、技術開発を進めていく。

ずいそう

## 私たちのダイビング歴

加藤 謙



今年も寒い冬がやってきています。今回の「ずいそう」では皆様方に季節を少し戻して頂き、陽光に煌めく海原、白い砂浜、穏やかに打ち寄せる波、心地よい風などを思い浮かべて頂きながら私たちのダイビング歴とその魅力についてお話しさせていただきます。

ダイビングを始める年代は当にまちまちです。必ずしも若い世代とは限りません。60歳前後で始められる方も大勢いらっしゃいます。それはダイビングの秘訣が呼吸法にあるからです。水面から水中へ、その逆に水中から水面へと体に羽織ったBC（BUOYANCY COMPENSATOR：浮力調整装置）の空気量を調整すると共に、腹式呼吸により肺の空気を出し入れすることにより浮沈します。慌てずゆっくりとした自然な呼吸を心がけることが大切です。このように呼吸法が基本であることからある程度の体力があれば、いつからでも始められます。また、水泳が苦手だという人は、沈んでしまうという恐怖心があると思いますが、ウェットスーツによる浮力があるため沈むことはありません。むしろ、耳抜きと併せて如何にスムーズに沈むかを練習することになります。但し、海の中を自分の目で直接見てみたいという強い欲求が必要です。この欲求がない方は体力があってもダイビングには不向きだと思います。因みに私がライセンスを取得したのは40歳（1991年、平成3年）の時です。

私は東亜建設工業株式会社に入社以来、専ら作業船の仕事に従事していた関係から、海上からしか海を見ていませんでした。そういう私が40歳で何故ダイビングを始めたのか。それは、当時の上司から「陸上の多機能作業機であるバックホウを水中に入れ、水中で自在に作業することができる水中作業機械、所謂、水中バックホウを造る。ついては水中に潜るべし。」とお達しを受けたからです。それまで自分を含め、ダイビングとは全く縁のない3人で、海に行けばビキニのお嬢さん方を堪能できるという上司の甘い誘惑につられてライセンスを取ることになりました。これがダイビングを始めたきっかけで、水中を体感すること、水中でものを考えることが目的であり、この時には美しい海中を堪能する、色々な海生物を見るなどの余裕は全くありませんでした。

ライセンス取得後、水中バックホウによる捨石均し作業の運転状況を調査するために石垣島で潜りました。オペレータ（潜水士）の後ろに設置されたバーに掴まり均し作業を体験したのですが、若いオペレータが格好いいところを見せようと右に左に旋回するものですから、体が浮き上がり振り落とされそうになったことを覚えています。また、同じく石垣島で養殖されているサンゴの実態調査をしました。その他にも、伊豆の海洋公園における透視度（海中の水平方向）調査、茨城県の常陸那珂港築造中の波浪による底質の舞上がり調査などをしました。これらの調査は、当に自分の体を使っての調査でしたので、陸上での聞き取り調査とは違った臨場感のある報告書が作成できたと思っています。5年間で約50回の調査・訓練をしましたが、やはり潜水調査はプロのダイバーに任せるのが安全確実、自分のような素人がプロの領域までに技量を高めることはとても無理と分かり、自らが調査潜水することから撤退することにしました。また、この頃から私の仕事における興味も水深30m迄の浅海域から1000m超の海洋に向かっていました。

しかし、自らが潜り、自身の目で水面下の世界を直に見たという体験は、プロのダイバーの水中活動を理解する上での貴重な体験となると共に、その後の私たちにとって大切な趣味へと繋がりました。

妻は泳げませんでしたが、私が購読していたダイビング雑誌を見て、自分の目で海の中を見たいという強い欲求に駆られ、更に、陽光に照らされる真っ青な海、白い砂浜に打ち寄せるさざ波、その丘に建つリゾートに魅せられ45歳のときにライセンスを取得し、一緒にダイビングを始めることになりました。

最初は心配の連続でしたが、ある時、世界屈指のダイビングポイントであるパラオのブルーコーナに潜りました。このポイントは大物と呼ばれるグレイリーフシャーク等のサメ類、ナポレオン、たまにはジンベイザメなどが出没することで有名ですが、もう一つ有名なのが、びっくりするくらいの激流が時によって出現することです。たまたま私たちが潜ったときがその時で、コーナの岩に必死にしがみついた大物の出現を待つことになりました。びっくりするくらいの激流とは、

水中で呼吸するために口に咥えているレギュレータを流れの方向から僅かでもずらしてしまうと呼吸のための排気口から海水が逆流し、たちまち口の中が海水で満たされてしまう位の流れをいいます。よくあることですが、この時は結局何も出ませんでした。しかし、妻がこの激流に一人で耐えたことから私の心配は解消し、それ以後は二人でダイビングを本当に楽しむことができるようになりました。

パラオには他にも有名なポイントが沢山あります。4つの縦穴からなるブルーホールというスポットに潜ったとき、エントリーした途端に体長1.5m程度のブラックフィンバラクーダの大群に囲まれ、目と目を見合わせながら潜った記憶が鮮烈に残っています。

フィリピンではマニラ市内から陸路約3時間のアニラオ (Anilao)、セブ島のマクタン空港から陸路約4時間のリロアン (Liloan) に行きました。この両スポットは共にマクロ天国 (ハゼ類、ウミウシ等の小物) で、初心者から上級者まで存分に楽しめます。日本の海では個体が小さいものでも、ここでは大きくのんびりと育っているのが写真撮影にはうってつけです。アニラオのキルビスロック (Kirb's Rock) というポイントでは、上皇陛下が発見され、上皇后陛下が名前を提案されたアケボノハゼを見ることができます。水深が43mと深いので、滞在時間1分 (減圧症を回避するため) という限られた中での写真撮影となりますが、スリル満点で、深いもの好きのダイバーには堪らないポイントです。私はこれまで2回トライし、共に写真撮影に成功しています。成功した最大の理由は、水温が28~29℃と暖かく、ストレスを感じることなく潜れたからです。

ダイビングは通常、ボートでポイントまで行きそこで潜る、所謂ボートダイビングのスタイルが一般的ですけれど、ダイビングを存分に味わうにはクルーズ船に乗り、ポイントを巡りながらのダイビング、所謂ダイブクルーズ (食べて潜って寝て潜って…) がお勧めです。私たちが乗船したダイブクルーズを次に紹介します。タイのプーケット港を発着港とするアンダマン海のシミラン&リチュエローロッククルーズ (7日間)。ここでは毎日マンタを見たお陰で、もうマンタは結構ですという位でした。モルディブ共和国のマレ港を発着港とするモルディブクルーズ (8日間)。この狙いは毎日出るジンベイザメとのシュノーケリングです。日本人とロシア人のグループとなりましたが、フィンをつけていても人の泳力ではとてもジンベイザメに追いつけるものではなく、日本人グループは早々に諦め2匹目以降は船上見学、ガタイの大きな口

シア人グループは毎回果敢にトライしていました。オーストラリアのケアンズ港を発着港とするグレートバリアリーフクルーズ (7日間)。自分の背丈ほどもある巨大なジャイアント・ポテトコッド (ハタの一種) やサメの餌付けを見ることができます。サメの餌付けはダイバー全員が横一列に岩壁に囲まれ、眼前に吊されたドラム缶に入っている餌をサメに食べさせるというショーで、集まってきたサメの数の多さ、餌にかぶりつく様子、すごい勢いで餌を引きちぎる様子、サメ同士の餌の奪い合いなど、ここでしか見ることができない圧巻のショーでした。

日本でのダイビングスポットの紹介は誌面上の都合で割愛させていただきますが、世界の海に誇れる素晴らしいスポットがいくつもあります。関東近郊では、伊豆半島の東側と西側、伊豆諸島、小笠原諸島など。沖縄県では那覇泊港から高速ボートで1時間余りの慶良間諸島、久米島、石垣島、西表島、宮古島など。鹿児島県では奄美大島、沖永良部島、与論島などで、私たちも存分に潜ってきました。

私たちの記念すべきダイビングは、妻が600本を達成したサイパンにおける2013年 (平成25年) 1月8日の2本目です。サイパンへは直行便があったお陰でよく潜りに行きました。馴染みの日本人ガイドがオブジャン (OBJAN) というポイントで小石を集め、水底の光輝く白い砂の上に600という数字を描いてくれました。最高の記念碑となりました。私の記念すべきダイビングは、2019年 (令和元年) 10月14日の1本目、石垣島の「桜口」というポイントで700本を達成したことです。

このように私たちのダイビングは長続きしましたが、その秘訣は、夫婦で趣味が同じであることに加え、毎日のWalkingにあったように思います。それぞれのペースで心臓にある程度の負荷をかけるような速歩でのWalkingです。私は、現役時代は出勤前に毎日5~7km、現在は10kmを100分~120分程度のペースで、月間200km超を目標にしています。Walkingだけを目的とってしまうと三日坊主に終わってしまいますが、ダイビングを続けるためには体を鍛えなければという強い欲求があれば長続きします。

最後に、ダイビングの魅力は何といっても水中における浮遊感であると思います。この浮遊感は宇宙か水中でしか味わえません。水中では豊かな海生物が私たちを迎えてくれます。これからも自然を大切にすると共に、健康で、体を鍛え、ダイビングを楽しんでいきたいと思っています。次の目標は1000本達成です。

ずいそう

## 雲上の頂に魅せられて

山邊義修



### 1. 登山との出会い

私の登山を始めるきっかけは、約40年前の大学2年生の時。当時、東京で生活することを夢見て、九州福岡から上京したものの、学生生活といたら、ろくに勉強もせずに寮の仲間と麻雀、パチンコ、酒飲みといったグウタラな生活に、いい加減いや気がしてきた大学二年の夏、友達と二人で信州を旅行した。

避暑地であり観光スポットとしても有名な清里で八ヶ岳連峰を初めて見たとき、その景観と広大なスケールに魅せられて、登ってみたいという衝動にかられたことを今でも新鮮に記憶している。

そこで、清里で地図、固形燃料とカップラーメン、インスタントコーヒー、ポンチョを購入して、友人と二人で行けるとこまで行こうと、八ヶ岳の主峰「赤岳」を目指して長大な真教寺尾根を登った。ちなみに、長野県と山梨県とのほぼ県境にある真教寺尾根から赤岳までは、登り約6時間半、下り4時間半。その時の服装は、ジーパンにサファリシャツ、靴はスニーカー、装備は上野のあめや横丁で購入した米軍のダッフルバッグに着替えや食料を入れていざ出発。本格的な登山経験のない二人であったが、好奇心だけをエネルギーに頂上めざしひたすら登った。赤岳山頂に到着した時には、ガスの影響で展望は全く利かなかったが、充実感、達成感は味わえた。持参の固形燃料でお湯をつくりカップ麺の簡単な食事をすませて下山を急いだ。天気は悪化しすでに雨が降り始めていた。

無謀な登山の代償は下山時に待っていた。激しい雨に強風も加わって、安物のポンチョの隙間から容赦なく雨が浸入し、身体はびしょ濡れ。おまけに、とっくに日が暮れて、友人のヘッドランプだけを頼りに、暗闇の中を手探りの過酷な下山が続く。寒さと疲労で身体が限界に達しようとしていた時、山麓の牧場に一軒の民家を発見。思わず友人と抱き合って喜んだ。牧場のご主人に温かいコーヒーをご馳走になり、おまけに最寄りの駅までジープで送っていただいた。

この山行で登山の喜びと怖さの両面を体験することになった。もっとスキルを磨いて本格的な登山をやりたいという気持ちから、大学の登山サークルに入部を

決意することになる。

### 2. 地獄の知床半島合宿

学生生活で忘れてできない山行の一つに夏の知床半島全山縦走合宿がある。オホーツク海に突出した全長約70kmの半島で、私の記憶では当時、積雪期の全山縦走は記録されているものの、夏期の全山縦走は未踏ということだった。なぜならば、稜線に登山道はなく、ハイマツの低木林が行く手を阻んでいること。また、稜線上に水場がなく、水を確保するためには、いったん稜線から外れ、2～3時間かけて沢に水源を求める以外ないこと。さらに、ヒグマの高密度な生息地帯であることなど。

我々サークルの計画は、約2週間の期間をかけて知床半島の付け根に位置する斜里岳（日本百名山、1,547m）から知床半島稜線を縦走し、先端の知床岬を目指すというもの。縦走隊と荷揚げ隊とで構成した。

この合宿をむかえるまでは、豊富な情報収集と綿密な計画作成、そして厳しいトレーニングを積み重ねて万全の態勢で臨んだつもりであったが、楽しめたのは、合宿初日の一般道の登山が可能な斜里岳登頂まで。知床半島の稜線に足を踏み入れた時から、合宿前の我々の大いなる夢や野望は粉碎された。知床半島の縦走は、想像をはるかに超えた厳しい環境であった。

肉体的なダメージとしては、ハイマツを避けながらの縦走。30キロを超えるザックを抱えてのハイマツの藪漕ぎは体力の消耗を加速させる。また、道なき道を進むため、高度なルートファインディング力を求められる。進むべき方向を誤っては、それを取り戻すのに時間と体力を浪費する。のどの渴きを潤したくても貴重な水の量は限られている。のどを湿らす程度にしか補給できない。さらに想定外だったのがアブの攻撃だ。休憩時にどこからともなくアブの大群がやってきて、顔や腕に容赦なくとまって、血を吸いまくる。退治しても次から次にやってくる。疲労困憊の身体では最終的にアブに軍配が上がる。アブのおかげで我々の顔面はパンパンに腫れ上がる始末である。ヒグマよりも、よっぽど恐ろしい生き物である。

のどの渇きには悩ませられた。荷揚げ地点で水を確保するまでは、わずかな水をつないでいくしかない。水が満身に補給できないので食事ものを通らない。腹いっぱい水を飲む場面が夢に出てくるほど。のどの渇きが極限に達すると、クマザサに付着した水滴をなめたり、歯磨き粉のチューブをなめて渇きを癒すほど。こうした過酷な合宿の日々を重ねていくうちに、肉体的にも精神的にも極度の疲労が蓄積していき、やがて、こんな日々がいつまで続くのだろうといった共通の悲壮感が隊員を襲い始め、行動意欲が徐々に低下していく。そして、これ以上の縦走は体力的に困難と判断し、道半ばで全山縦走を断念。計画を変更し稜線から沢筋を下山し、海岸線を歩いて知床岬を目指した。

万端の準備で臨んだ合宿であったが、知床の大自然にあっけなく屈することとなり、結果的に知床半島全山縦走は達成できなかったが、一定の収穫はあった。強靱な肉体と精神力、そして高いレベルの「地形を読む能力」と「登山道を発見する能力」いわゆるルートファインディング力が、この知床半島には求められるということを痛感した。

現在もなお、四季を通じて北アルプスを中心に登山を続けているが、知床の夏合宿の経験は今でも忘れることができない。

### 3. 三種の神器

登山装備で、これだけは揃えろという「三種の神器」がある。登山靴、ザック、そして雨具である。

雨具は、従来のナイロン製から現在ではゴアテックス製が主流だ。雨水は通さず、体内の湿気は通すといった防水透湿機能を有した素材である。ナイロン製に比べ価格はかなり高価であるが、暴風雨時においても安心して行動できる優れものだ。防寒着としても併用できるので重宝する。

登山靴は、学生時代既製品を使用していたが、どの商品も常に違和感があったので、それ以降オーダーメイドにしている。植村直己をはじめ有名登山家が愛用している東京巣鴨にある登山靴専門店「ゴロー」の登山靴だ。

この店の登山靴へのこだわりを感じた場面があった。登山靴を購入して7年目、そろそろ新調しようと思い、わざわざ東京に向いて、オーナーに相談したところ、「うちの靴は7年ぐらいではダメにならん！」と返り討ちに遭った。それ以降、ソールを貼り替えながら長年愛用し続けていくうちに、自分の足に馴染み、いつしか体の一部となった感覚になるから不思議だ。

私が登山を始めた40年前に比べると、登山用品の性能も格段にレベルアップした。登山装備が充実していれば、山では安全・安心で快適に過ごすことができる。登山用品を購入するにあたり、私の場合「迷ったら高いほうを買え」をモットーにしている。どちらかというと買い物無精の私だが、いざ登山用品の購入となると金に糸目をつけず衝動買いが絶えない。それでも、登山を始めて40年、いまだに使用し続けている登山装備が一つある。ピッケルだ。ウッドシャフトピッケルの逸品「シャルレスーパーモンブラン」。積雪期の登山では、いまやメタルシャフトのピッケルが主流であり、ウッドシャフトピッケルはほとんどお目にかからない。私にとって、このピッケルは装備を超えたお守り的なアイテムとして愛用し続けている。



登山靴とピッケル（シャルレスーパーモンブラン）

### 4. 海拔0mから標高3,000mへ

今年、還暦を迎えた私にとって、やってみたい夢がある。日本海（海拔0m）から北アルプス主稜線を全山縦走し、その後、中央アルプス、南アルプスを全山縦走、最後に富士山を登頂して、太平洋を目指すといったグレートトラバース。65歳までには達成したい。

今年の夏、北アルプス主稜線全山縦走の機会をいただいた。日本海親不知（新潟県糸魚川市）をスタートし、白馬岳、鹿島槍ヶ岳、水晶岳、槍ヶ岳を經由し、西穂高岳を目指した。

北アルプスは、親不知から朝日岳まではアップダウンが連続する非常にタフなルート。朝日岳から白馬岳は、高山植物の宝庫で緑と残雪のコントラストが非常に美しい。白馬岳から鹿島槍ヶ岳までは後立山連峰と

呼ばれ、岩稜地帯で、不帰の剣やキレットなど難ルートが連続する。針の木岳から烏帽子岳は、アップダウンの連続で登山道も崩壊が進行している。北アルプスの中でも訪れる登山客が最も少ない。烏帽子岳から槍ヶ岳は、裏銀座と呼ばれ登山道は緩やかで危険な箇所もなく、奥黒部の景観を楽しみながら歩行できる快適なルートである。最後に、槍ヶ岳から西穂高岳は、槍穂高連峰と呼ばれ岩稜地帯の連続で、北アルプス縦走路の中でも屈指の難コースである。

今回、親不知から朝日岳までは、疲労と脱水症状で体調を壊したものの、その後は好天に恵まれ、体調も良好を維持することができ、順調に進むことができた。それでも槍ヶ岳に到着した時には、台風の影響で天候悪化が連続するということがあったので、穂高岳方面の縦走は断念し、槍沢を經由して上高地に下山した。

今回の山行で特に印象に残ったのは、奥黒部での素晴らしい景観に巡り合うことができたこと。過去、何度となく訪れたにもかかわらず、全て雨天とガスの影響で景色を楽しむことが一度もなかった。それが今回、雲一つない晴天に恵まれ、奥黒部を代表する水晶岳、鷲羽岳、黒部五郎岳からの展望は素晴らしいものがあった。そのため黒部五郎岳では、頂上に2時間もくつろいでしまった。

振り返ってみると、天気や体力低下を懸念したが、日々のトレーニングと連続した好天にも恵まれた結果、最後の穂高連峰までは到達できなかったものの、体力面での不安も払拭でき、次の計画に向けて自信を得たことで一定の成果はあったと思う。



北アルプス主線縦全山縦走計画図



水晶岳からの展望（バックは槍穂高連峰）

## 5. 登山の魅力って何？

近年、NHK「にっぽん百名山」や「日本百名山」と筆書き」などテレビなどを通じた山に関する豊富な情報や「山ガール」に象徴される登山人気により、登山人口は急増していると思う。さらに、韓国人を始めとした海外からの富士山やアルプス登山客も増加しているらしい。

登山形態も、従来からのザックを背負って歩行する形態に加えて、軽装で長時間走り抜けるトレイルランニングもあちこちで見かける。

そのため、登山の楽しみ方にしても頂上を目指すだけでなく、高山植物や動物を求めるなど自然を楽しんだり、写真や絵画など景色を楽しむなど多様化している。

私の場合、若いころは体力にものを言わせて、ただがむしゃらに頂上を目指したものだ。コースタイムの3分の2の時間で踏破することに妙なステータスを感じたものだ。

そのため、中年期になっても若いころの成功体験と現在の体力や健康とのギャップによって何度も泣かされる羽目になった。こんなことを繰り返していくうちに現在では、ようやく年齢相応の登山ができるようになった気がする。それと同時に、登山の価値観なるものが見えてきたような気がしている。最後になるが、本章のまとめとして私見であるが登山の魅力を列挙してみる。

### ○心身ともにリフレッシュできる場所

日常とかけ離れた大自然に身をおくことでリフレッシュできる。山に入った瞬間から、日常の営みはただ歩くだけ。しかし、街を歩くのと違って歩くことだけに集中できる。情報量の多さに加え人間関係の構築を気にしていかなければならない日常生活とは一線を画

すところだ。要は、山では余計なことを考える必要がない。それがリラックスできる要因と考えている。

#### ○優雅で心豊かになれる場所

山では例えようのない景色に遭遇できる。例えば、冬の濃い青空と雪のコントラスト、モルゲンロート(山が朝焼けで真っ赤に染まる様子)や真っ赤に燃える夕日、そして満点の星空に出会った時の思わず身震いするような感動は登山者でないと味わえない。頭を空っぽにして、いつまでも見ていられる。

また、食事にしても贅沢する必要はない。日常生活では時間がないときに食べるカップ麺やおにぎりは、高級料理に勝るほどのごちそうに変身する。

#### ○達成感を味わえる場所

登山は、安全第一ということは言うまでもない。しかし、私が登山計画を立てる場合、ちょっぴりハードルを上げて設定する。決して、無理とか無謀という意味ではない。例えば、同じ山を目指すとしても一般ルートからバリエーションルート(ザイルを必要とする岩稜登山)にしてみたり、無積雪登山から積雪登山にしてみたり。

そうすることで、心地よい緊張感を持って登山できること自体に喜びを感じられ、さらにこれを克服した暁には、満ち足りた気分を味わうことができる。

## 6. おわりに

「山を思えば人恋し、人を思えば山恋し」歌人で登山家の百瀬慎太郎の名句である。言い得て妙だ。

少なくとも私のこれまでの人生において、現実の社会生活と雲上での登山生活がうまくかみ合っただけのメリハリの利いた生活を送ってこられたことに満足している。

登山を始めて40年の節目で、今回の執筆を通じ登山生活を振り返る機会を頂いた開成工業(株)並びに(一社)日本建設機械施工協会に感謝を申し上げます。そして、思いの丈を書き綴った結果、既定文字数をはるかに超えた冗長な文章にもかかわらず、最後までご高覧いただき、ありがとうございました。

—やまべ よしのぶ 開成工業(株) 福岡営業所 技術部長—



## 田瀬ダムの高圧放流設備 (一社) 日本機械学会 2019 年機械遺産認定

齋藤清見・前川 茂

国土交通省東北地方整備局が管理する田瀬ダムは、国内で初めて堤体下部に高圧放流設備が設置されたダムである。このことにより、ダム貯水位の調節が可能となり、洪水調節、発電及びかんがい用水などに最大限に活用ができるようになり多目的ダムの機能が飛躍的に拡大し、その技術は現在のダム建設の普及に大きく寄与した。

その功績が認められ令和元年8月7日(一社)日本機械学会から機械遺産として認定された。

本稿では田瀬ダムの高圧放流設備の導入計画、技術的特徴について述べる。

キーワード：高圧放流設備、高圧スライドゲート、高圧放流管、多目的ダム、機械遺産

### 1. 高圧放流設備の計画まで

田瀬ダムは岩手県花巻市東和町に位置し、現在の国土交通省で最初の重力式コンクリートダムとして昭和16年に着工したが、第二次世界大戦激化のため昭和19年に工事が中断された。

そして、戦後間もない昭和22年にカスリン台風、昭和23年にアイオン台風が立て続けに襲い北上川沿川が甚大な被害を受けたことで、北上川上流改修計画が改定され、ダム堤体の嵩上げが決定した。

昭和25年10月北上川特定地域総合開発事業としてダムの建設工事が再開され、総事業費31億5,100万円(当時)で昭和29年10月に竣工した。

昭和16年の着工時点では洪水調節はダム堤体上部のクレストゲート(テンターゲート)でのみ行う計画であったが、北上川上流改修計画の改定で堤体の嵩上げとともに洪水調節として使うダムの貯水容量を大きくするため、国内で初めてダム堤体下部への高圧放流設備の設置が計画された。

### 2. 高圧放流設備の導入

昭和25年当時、国内では多目的ダム建設の機会が多くなってきており、堤体積当たりの貯水容量が少なく流域面積当たりの洪水時降水量が諸外国に比べ多いという日本固有の事情から、ダムでより効果的な洪水調節を行うには、洪水調節容量を確保することが重要と考えられ、ダムの貯水位をかなりの水深まで下げることのできる高圧放流設備の必要性が認識されるようになっていた。



画像提供：(一社)日本建設情報総合センター (JASIC)

図一 田瀬ダム高圧放流設備鳥瞰図



写真一 高圧放流設備による放流

しかし、高水圧下で使用できる放流管と確実に操作できるゲート又はバルブ設備が求められたが、国内での実績がなかった。

田瀬ダムでは国内で初めて高水圧下に設置される設備(高圧放流管と高圧スライドゲート)であったため導入にあたっては様々な検討がなされている。

### (1) 高圧スライドゲートの導入

高圧放流管内に設置される高圧ゲートは、放流管内の流速が 30 m/s 以上で水理的に極めて厳しい条件下となり、高圧ゲートには開閉作動が確実であること、水密が完全であること、耐久性があることが求められたが、国内には高水圧・高流速下でゲートを安全に開閉する技術がなかったため、ダム建設先進国であった米国より輸入することとなった。

昭和 27 年 4 月、輸入について米国メーカと交渉を始め、ゲート形式（リングフォロアゲート、リングシールゲートなど）について、技術的・経済的な検討



写真—2 高圧スライドゲート開閉装置梱包状況



写真—3 高圧スライドゲート扉体仮置き状況



写真—4 高圧スライドゲート搬入状況

表—1 田瀬ダムの高圧放流設備 主要諸元

項目	諸元
ゲート形式	高圧スライドゲート
門数	4 門
有効径間×有効高	2.59 m × 2.59 m
設計水深	41.3 m
水密方式	後面 4 方金属水密（青銅）
開閉方式	油圧シリンダ式
開閉速度	0.254 m/分
ゲート開閉	全開または全閉



写真—5 フィリップス・アンド・デビス社の銘板

を行った結果、フィリップス・アンド・デビス社が推奨した高圧スライドゲートに決定した。

昭和 27 年 12 月に契約を結び、米国で製作された高圧スライドゲートは、昭和 28 年 12 月と昭和 29 年 1 月に横浜港に入荷し直ちに鉄道輸送され据付けられた。据付けは昭和 29 年 4 月に完了している。

### (2) 高圧放流管の設計

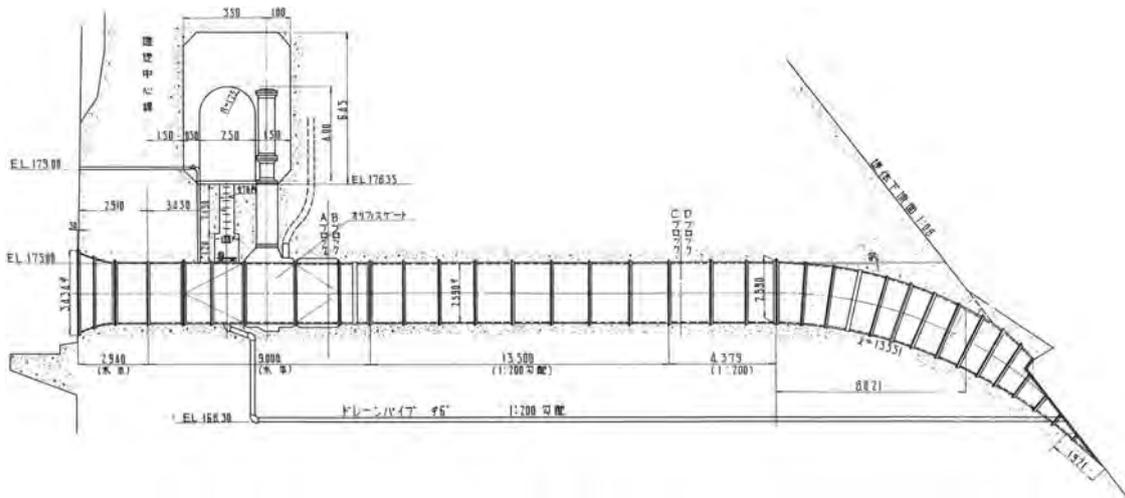
当時、国内の放流管は排砂管や非常用放流管として設置されたものがあつたが、実際に使用された例はほとんどなく、大水深に設置される洪水調節用の高圧放流管の設置は田瀬ダムが初めてであった。

水深 30 m を超えるとゲート戸溝付近にキャビテーション損傷が発生することが知られていたため、設計水深が 41.3 m となる田瀬ダムでは十分な対策が必要と考えられ、水理模型実験を当時の建設省土木研究所に依頼し設計を進めた。

土木研究所の村・荒木の各氏による水理模型実験を用いた研究で得られた設計基準値や設計式などの一連の研究成果は実物設計に活用され、その後、高圧放流管の設計手法を確立していくとともに高圧放流設備の技術発展に大きく寄与した。

### 3. 高圧放流設備の技術的特徴

田瀬ダムの高圧放流設備は全閉・全開しかできない未成熟な設計・製作技術であったが、その技術的特徴は受け継がれ、その後の国内での研究や改良により任



図一2 田瀬ダムの高圧放流管

意の開度でも放流できるように進展し、現在の技術基準へと繋がっている。

(1) 高圧スライドゲート

当時の国内メーカーは、高水圧・高流速に対応した高圧スライドゲートを設計・製作した実績がなかったことから、(a) キャビテーションを防止する扉体下端形状（切り上げ角やリップ形状、剥離点の処理）、(b) 高速流の抵抗となる戸溝の形状、(c) 高水圧を受けながら摺動（しゅうどう）可能な水密方法（水密金属の材料等）、(d) 精度を確保した加工が可能な全体構造（ボンネットとフレームの構造）など、様々な技術的な課題を抱えていた。

田瀬ダムに導入されたフィリップス・アンド・デビス社の高圧スライドゲートは以下の構造を有していた。

(a) 扉体の構造

扉体の構造は、H型鋼を積み重ねた方式となっており、板厚約 42.86 mm (1-11/16 in) のフランジと板厚約 26.99 mm (1-1/16 in) のウェブのH型鋼を積み上げて、フランジ端部を連続溶接した構造になっており最下部の横桁は上流側へ45度の切り上げ角を持たせ

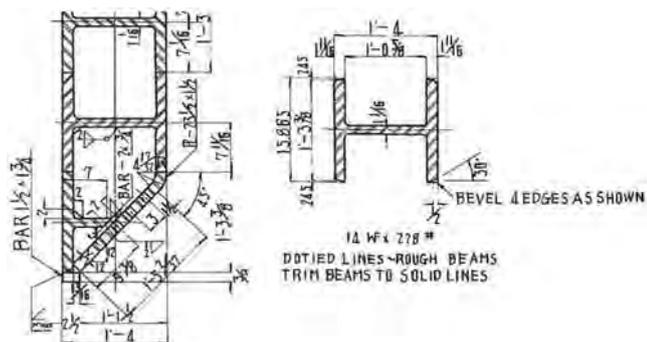
たナイフエッジ形状となっている。

なお、現在の技術基準で示されている標準的な考え方は、高水深のもとで開閉操作をした場合、リップ厚が厚いとゲートの開度によっては噴流水脈がリップ底面に付着し扉体の振動を誘発する危険があるため、リップ厚は可能な限り薄くして、剥離点を明確にするためリップ上流端は直角にするのが好ましいこと、また、ゲートリップからの噴流を完全に剥離させるため、ゲート下端は上流側に45度に切り上げたナイフエッジ形状とされている。

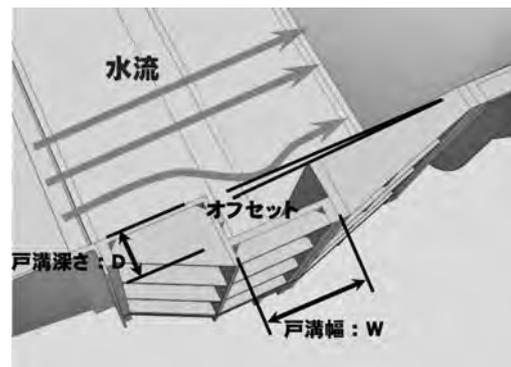
(b) 戸溝の形状

高圧スライドゲートは、扉体に作用する水圧荷重を支持するため、フレーム部に戸溝を有する構造となっている。この戸溝は連続した水路の平滑さを損なう形状となるため局所的な圧力の低下を招き、高速流にさらされる環境ではキャビテーション発生の危険性が重要な課題となる。

本ゲートの戸溝形状は、戸溝下流面がオフセットされており、当時の資料からオフセットに関する記述は発見できなかったが、その重要性は理解されていたのではないと思われる。



図一3 高圧スライドゲートの扉体下端形状



図一4 戸溝のオフセット

現在の技術基準の標準的な考え方では、戸溝幅は可能なかぎり狭くし下流側には戸溝幅の0.075～0.1倍のオフセットを設けるとされている。また、戸溝幅Wと戸溝深さDの関係は $W/D \leq 1.0$ とされている。

なお、田瀬ダムの高圧スライドゲートのオフセット量は、戸溝幅 $W=482.6$  mm (19 in), 戸溝深さ $D=0.44$  W に対して、オフセット量 $d=0.053$  W,  $W/D=2.27$  であり、現在の技術基準と比較して、戸溝幅が大きくオフセット量も小さい構造である。

#### (c) 高圧水を受けながら摺動可能な水密方法

扉体側部と上部の水密は、扉体とフレームにそれぞれ皿ボルトで固定された、全幅約152.4 mm (6 in), 厚さ約38.1 mm (1-1/2 in) の特殊青銅板によって保持されており、約330 tの全水圧(単位荷重は最大約 $51$  kg/cm<sup>2</sup>)を扉体左右に取り付けられている2枚の水密板のみで受ける構造となっている。

扉体底部の水密は、フレーム底面に埋め込まれたバビットメタルと、扉体リップ底面の機械加工された面との間で保持される金属水密構造となっている。水密金属の材料は、米国開拓局による実験の結果から最も適しているとされる2種類の特殊青銅板が使用されている。

ここで使用されているバビットメタルに関して、現在では水密ゴムが開発されたことやフレーム底面及び扉体リップ底面の加工精度向上に伴い使用されなくなってきたが、現在も金属水密が採用されるケースでは、上記の特殊青銅板と同程度のものが採用されている。

#### (d) フレームとボンネットの構造

ボンネットとは、ゲートを全開で使用する際に扉体が引き上げられ格納される部分であり、上流側と下流側の二分割となっておりフランジ部分でボルト・ナットにより組み立てる構造となっている。

フレームは、ボンネットの下側にあり、上部フレーム、側部フレーム、下部フレームの上下流側に分割された構造となっており、放流管と接続される部分でボルトにより組み立てられる構造となっている。

この様に、フレームとボンネットが多くの部品に分割されているのは、フレームに取り付けられる金属製の水密板に用いられる特殊青銅板の取り付け面を精度良く仕上げるのに便利なことと、メタルタッチで接合された面も精度良く仕上げられることや、鉄道など、当時の輸送環境の制限によることが理由としてあげられる。

なお、高圧スライドゲートのフレームとボンネットは現代も同様の構造が用いられている。

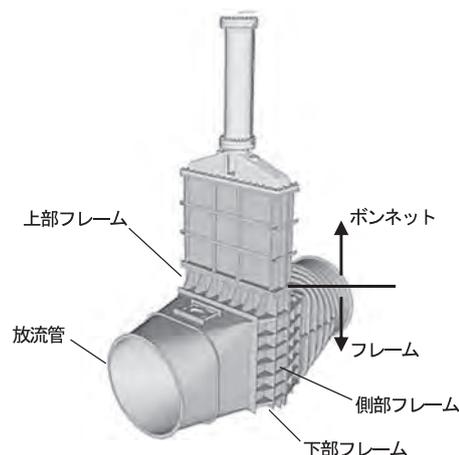


図-5 フレームとボンネットの構造

## (2) 高圧スライドゲートの国産化へ

昭和31年に竣工した五十里(いかり)ダム(栃木県日光市)に国産第1号の高圧スライドゲートが設置された。

このゲートは水深が田瀬ダムより4.6 m深い45.9 mの位置に設置されることもあり、田瀬ダムの仕様や設計手法を踏襲して設計・製作された。

五十里ダムの高圧スライドゲートは、わずか2年で米国の技術をいち早く吸収して作り上げたもので、国産化に対する技術者の技術習得への意欲が見て取れる。

また、同年に、国内メーカーが製作した高圧スライドゲート(田瀬ダムと同規格)が七川ダム(和歌山県東牟婁郡古座川町)でも導入され、国内で設計技術が確立し展開していることが判る。

## (3) 開閉装置の構造

設置された当時は1台の油圧ユニットで4門を操作する構造であり、1門ずつバルブを切り替えて操作を行っていた。

また、開閉装置の設計にあたり、当時の設計計算書では摩擦係数は0.13, 0.6, 1.0の3ケースで検討して最大値の1.0が採用されている。

現在の技術基準では水密部における金属同士の摩擦係数は0.4であり、十分余裕のある値であることがわかる。

設備の老朽化から、油圧ユニットは昭和61年に更新されゲート1門につき1台の油圧ユニットが設けられ、その後、平成19～20年にも更新されている。

油圧シリンダとボンネットカバーは平成22～24年に更新されている。

#### (4) 高圧放流管の構造

前述のとおり、田瀬ダムでは高圧放流管の設計にあたり水理模型実験を実施して形状を決定している。

高圧放流管の呑口形状はベルマウス曲線が用いられるが、田瀬ダムでは、円形管の設計水深とベルマウス形状の関係についての実験で決定した楕円曲線を採用している。

全管路型放流管では放流水をダム堤体下流面に沿わせる場合に管路に曲がりが生じる。管路内側の流線の曲がりによる圧力降下が許容限界を超えるとキャビテーションとなり管路の破壊につながることから、圧力降下を基準値内にするよう吐出口の断面絞り率を決定する必要があり、これらの基礎式も実験値から誘導されており、田瀬ダムでは絞り率を15%としている。また、戸溝幅が大きくオフセット量が小さいため戸溝直下流の圧力低下によるキャビテーション発生の可能性があることから、下流端付近より断面を絞り、流れの支配断面を下流側に置くことによって、ゲート戸溝とその直下流の圧力を高め、安全に操作が行えるよう配慮した構造である。

#### 4. 田瀬ダムの高圧放流設備が「機械遺産」に認定

田瀬ダムでは、高圧放流設備の設置により、ダム貯水位のコントロールが可能となり、約101,800千 $m^3$ の貯水容量を洪水調節、発電及びかんがいなどに最大限に活用できるようになったことで多目的ダムとしての機能が飛躍的に拡大した。

田瀬ダムにおいてこの高圧放流設備を全国に先駆けて導入したことが、以降の多目的ダム建設における高圧放流設備の設計技術の確立・進展に寄与し、高圧ゲートの国産化へと繋がり、国民に大きな恩恵をもたらす多目的ダムの普及に繋がったとして令和元年8月7日に(一社)日本機械学会より「機械遺産」に認定された。



写真—6 「機械遺産」認定証

#### 5. おわりに

本稿で紹介した田瀬ダムの高圧放流設備は設置後65年(令和元年現在)が経過し、油圧シリンダや油圧ユニットなどの開閉装置は更新されたが、扉体や高圧放流管は当時のままで現在も田瀬ダムの常用放流設備として使用されている。

戦後の状況のなか何もかもが手探りの状態で、ダム建設のプロセスを作り上げ、現在に繋がる技術を確立していったことに先人の先見性や計画性に驚かされるとともに、並々ならぬご苦労に、ただただ敬意を抱かざるを得ない。

今回の認定を記念した施設カード配布(今年度末まで)、更新時に撤去した実機の屋外展示や、ものしり館での特別展示などを実施しているので、近くにお越しの際は、田瀬ダムを見学頂ければ幸いです。



写真—7 実機の屋外展示

JCMIA

#### 《参考文献》

- 1) ゲート総覧Ⅰ, (社)ダム・堰施設技術協会, 昭和62年
- 2) ゲート総覧Ⅱ, (社)ダム・堰施設技術協会, 平成2年
- 3) 田瀬ダム建設の記録, 東北地方整備局北上川ダム統合管理事務所, 昭和63年
- 4) 堰堤放水管に関する研究(1), 村・荒木, 土研報告, 昭和28年
- 5) 堰堤放水管に関する研究(2), 村・荒木・飯田, 土研報告, 昭和29年
- 6) 堰堤放水管に関する研究(3), 村・荒木, 土研報告, 昭和30年

#### 【筆者紹介】

齋藤 清見 (さいとう きよみ)  
国土交通省  
東北地方整備局 北上川ダム統合管理事務所  
副所長



前川 茂 (まえかわ しげる)  
国土交通省  
東北地方整備局 北上川ダム統合管理事務所  
保全対策官



## JCMA 報告

## JCMA 西脇徹郎氏 経済産業大臣表彰

## 標準部

去る令和元年10月8日（火）に都市センターホテル3階コスモスホールで行われた令和元年度産業標準化事業表彰式において、当協会標準部長の西脇徹郎氏が題記の表彰を受けたので、ここに報告します。

経済産業省では毎年、産業標準化の適切な推進と普及を促進し、日本の経済産業の発展と国民生活の向上に寄与するため、国際規格や日本産業規格の作成、普及等に寄与し、その功績が顕著と認められた個人及び組織を表彰しています。

この度、経済産業大臣表彰の個人表彰対象者として西脇氏が、以下の理由で当協会の会員企業であるコマツ殿より推薦いただき、晴れて受賞の運びとなりました。

## 推薦理由

西脇氏は15年以上の長きにわたってISO/TC 127（土工機械）/SC 3（機械特性・電気及び電子系・運用及び保全）の国際幹事\*を務め、現在までにSC 3傘下の規格37件の制定・改正、JIS化に尽力しています。他にもISO/TC 127/SC 4（用語）/WG 3（締固め機械）のコンビーナ兼プロジェクトリーダー、ISO/TC 127/SC 3/WG 5（施工現場情報交換）をはじめとする日本提案（全5件）のWGセクレタリとしてコンビーナを補佐し、時代の先駆けとなる日本発の国際標準化、及び世界の土工機械現場の安全性向上に著しく貢献し、引き続き重責を担っています。

\*注記：2019年より「コミッティマネージャー」に改称

## SC 国際幹事としての功績

・1996年4月～現在：

西脇氏は1996年にJCMA（当時は社団法人日本建設機械化協会）でのキャリアを開始、以来23年以上にわたってISO/TC 127 土工機械の標準化活動に従事しています。1996年に東京で、2017年には広島で開催した日本でのISO/TC 127 総会を成功に導くなど、建設機械分野で世界第2位にある日本のプレゼンス向上にも大いに貢献しており、現在もその任にあります。

西脇氏は2002年5月のポーランド・ワルシャワ総会から（2002年～2003年の代理期間を含め）15年以上の長きにわたり、ISO/TC 127/SC 3（機械特性・電気及び電子系・運用及び保全）の国際幹事を務め、現在も活動中です。この間、約1年半おきに11回のISO/TC 127 総会が開催されましたが、1996年から築いてきたISO 中央事務局や各国代表との人脈を活用しています。また、コマツ岩本氏をはじめとする歴代の日本人TC 127/SC 3 国際議長をサポートするため、詳細な英語版シナリオを事前に準備するなど、総会のスムーズな運営に心血を注いでいます。

SC 3は電気・電子関係を扱うSC（サブコミッティ）ですが各国の意見対立が多く、また、他のISO/TC やIECとも関連する分野です。このため、難しい関係調整を要する局面が多く、一方で最新技術が積極的に採用される大変なSCでもあります。かかる困難な状況にあっても、西脇氏はTC/SC 総会や傘下WG 会議で各国の意見対立が生じると、議論の合間のわずかな休憩時間を活用して個別に意見を聴き、丁寧に妥協点を探ることで対立を解消していく姿勢を貫いていま



写真一 1 ISO/TC 127 広島総会 SC 3 総会にて（2017/6/14）SC 3 国際幹事として出浦議長の運営を補佐する西脇氏（写真中央）

す。これにより、現在までに SC 3 傘下 37 件の ISO 規格制定・改訂を支えてきただけでなく、JIS 化にも大きく貢献しています。

#### WG コンビナー兼プロジェクトリーダー /WG セクレタリとしての功績

##### ・2006 年 4 月～現在：

西脇氏は WG コンビナー兼プロジェクトリーダーとして、2005 年の中国・北京総会において、ISO/TC 127/SC 4 (用語) /WG 3 (締固め機械) の定期見直し投票時に「改正」の必要性を提起しました。「確認」投票国が多勢を占める中、総会場で粘り強く改正の必要性を訴え続けた結果、当初は賛成国少数であったにもかかわらず、遂には改正作業開始に漕ぎつけました。用語は「当該分野の共通認識を規定する国際標準化の根幹を担う重要規格」であるとの認識に立ち、2006 年～自ら同 WG 3 のコンビナー兼プロジェクトリーダーを務めています。日本の締固め機械メーカーの意見を集約反映し、用語の国際標準化を主導するだけでなく、JIS 化も推進しています。

##### ・2001 年 2 月～現在：

西脇氏は WG セクレタリとして、これまでに 5 件の日本提案をリードするコンビナーを補佐し、日本発の国際標準化及び世界の土工機械現場の安全性向上に大きく貢献しています。なかでも、2001 年～着手した日本提案の ISO/TC 127/SC 3/WG 5 ISO 15143 シリーズ 施工現場情報交換 制定に当り、事務局として日本人コンビナーを支え、膨大なデータを取りまとめるなど、規格開発を強力に推進しました。さらに、当協会 (JCMA) が ISO 15143 のメンテナンス機関 (MA) を引き受けることを取りまとめ、2009 年韓国・済州総会において各国の賛同を得て承認されました。その結果として、2016 年から国土交通省が推進している i-Construction (ICT の全面的な活用 (ICT 土工) 等の施策を建設現場に導入することによって、建設生産システム全体の生産性向上を図り、もって魅力ある建設現場を目指す取り組み) の先駆けとなる ISO 規格を 2010 年の早い段階に日本主導で築き上げることに成功し、日本の国際的産業競争力向上に大いにつながっています。西脇氏は現在も引き続き ISO 15143 シリーズ -Part 4 開発に関与するだけでなく、ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 ISO 21815 シリーズ衝突気付き及び回避の開発にも深く関わっています。

10 月 8 日 (火) に行われた令和元年度産業標準化事業表彰式では

- 内閣総理大臣表彰：個人 1 名
- 経済産業大臣表彰：西脇氏を含む個人 21 名・4 組織
- 産業技術環境局長表彰：個人 28 名・4 組織が各々表彰されたほか
- IEC 1906 賞：26 名
- 日本規格協会標準化貢献賞：13 名・2 組織もあわせて表彰されました。

表彰式の閉会に当り、大臣官房審議官から次のような主旨の祝辞がありました：

“産業標準化の推進には若手育成が重要だが、人手不足の昨今は人材確保も容易ではない。年配の方々も引退など考えず、いつまでも働いて欲しい。今回は単なる表彰であり、受賞者の皆様はこれを機に、これから始めるくらいの気持ちで業務に励むと同時に若手を教育し、標準化の魅力を伝えて頂きたい”。

祝辞の通り、引き続き西脇氏の更なる活躍が期待されます。



写真一 表彰式にて (2019/10/8)  
表彰状を授与される西脇氏 (写真右側)



写真三 経済産業大臣表彰受賞者 (2019/10/8)  
西脇氏は最後列右から 5 人目

(文責：小倉)

## 部 会 報 告

## 新潟トランス(株) 新潟事業所 工場見学会

機械部会 除雪機械技術委員会

## 1. はじめに

除雪機械技術委員会では2019年9月13日(金)、新潟県北蒲原郡聖籠町に位置する新潟トランス(株)新潟事業所の工場見学会を実施した。

参加者は事務局含め10社、23名であった。

## 2. 新潟トランス(株)について

もともとは(株)新潟鐵工所の一事業部門であったが、2003年に石川島播磨重工業(株)(現(株)IHI)が新潟鐵工所の交通システム・車両・除雪関連事業を継承、富士重工業(株)(現(株)SUBARU)の鉄道部門を統合する形で新潟トランス(株)が設立された。

新潟事業所、東京本社の他に国内に4営業所を擁するが、生産工場としては新潟事業所が唯一の拠点である。取り扱い製品としては、除雪機械(ロータリ除雪車、凍結防止剤散布車)の他に、鉄道車両(三陸鉄道気動車等)、新交通システム(香港国際空港シャトル等)、低床式路面電車システム(福井鉄道FUKURAM等)、鉄道用保守車両(新幹線用高速確認車等)を手掛ける。

除雪車両のラインナップとしては、20~90kWの小型ロータリ除雪車5モデル、250~600kWのロータリ除雪車6モデル、凍結防止剤散布車4モデルがある。

鉄道車両では、三陸鉄道気動車、SLやまぐち号客車、えちごトキめきリゾート雪月花、坊ちゃん列車など観光列車、第3セクター鉄道向車両を多く手掛けられており、富士重工業(株)鉄道部門との統合によりディーゼル気動車の国内向けシェアの約8割を占めるに至っている。

低床式路面電車では、これまでは2連接のものが中心であったが、福井鉄道に納入したFUKURAMが同社初の3連接車両とのことであった。

また、智頭急行HOT-7000系(スーパーはくと車両)など富士重工業時代の鉄道車両のメンテナンスも行っており、生産部材用の倉庫とは別にサービス部品専用の倉庫も敷地内に抱える。

## 3. 新潟事業所について

1998年11月に(株)新潟鐵工所の工場として設立された。その後、2003年に新潟トランス(株)新潟事業所および新潟原動機(株)(現(株)IHI原動機)新潟ガスタービン工場に改組されたが、もともと一つの会社であり、また現在でも同じIHIグループということもあり、その敷地は完全には分割されておらず、入構ゲートの共有、施設の相互利用等、一体として運営されている部分も有る。

従業員は直接雇用ベースで約400名、うち直接作業員が約200名、設計等間接人員が約200名である。また、これに加えて、季節変動により最大200名程度の派遣・請負作業員を受け入れている。敷地面積は98,512m<sup>2</sup>、生産棟・塗装棟・検査棟等を合わせた建屋総床面積は34,886m<sup>2</sup>である。

構内東北端には鉄道車両の試験用の機能検査棟および走行試験用のテストコース(線路)があるが、他の鉄道事業者の線路には接続していない構内完結型の線路のため、車両出荷やメンテナンス搬入の際は、JR白新線の線路に接続している旧新潟臨海鉄道廃線との間の6km程度をトレーラーで路上輸送する必要があるとのことであった。

また、除雪車両の需要には季節性があるため、除雪車両の生産が低い時期に他製品の生産に人員を割り振り、閑散期の操業を埋めたりして対策を講じている。



写真一 新潟事業所全景

#### 4. 生産棟内

生産棟は1棟の広大な建屋の中に、塗装、検査以外の全ての生産工程が集約されており、除雪車両、鉄道車両、新交通システム、保守用車両のそれぞれの完成車組立ラインに加え、製缶エリア、製缶組立エリア、機械加工エリア、台車組立ラインなどが配置されている。

全ての生産車両が多品種少量生産で一点物も多いため、いずれの車両組立ラインも1本のラインで様々な機種を組み立てることになる。基本的には機種ごとに生産を束ねてロット生産のような形が取られており、今回見学させて頂いたタイミングでは、除雪車両ラインは小型ロータリ除雪車、新交通システムラインは香港国際空港シャトルのみがライン上に並んでいる状況であった。

また、参加者からは、製缶作業場の溶接技能者確保の困難さについて質問が出ていたが、意外にも組立作業員の確保の方が苦勞されているとのことであった。多品種少量生産ゆえに覚えなければいけない作業が多く、一方で季節要因による生産機種・仕事量の変動が大きいゆえの苦勞であるように感じた。

また時期による生産品目の変動に応じて工場レイアウトを頻繁に変えることはなかなか難しいため、季節変動の平準化とフレキシブルな生産体制構築の面で苦勞されている印象を受けた。

#### 5. 塗装・試験・出荷

今回塗装工場の中まで見学する機会は無かったが、生産品目によってPaint before AssemblyとPaint after Assemblyが使い分けられていた。特に除雪車両においては、内製品のフレームはPBA、購入品のキャブは下塗り状態で購入しそのまま車両搭載したものを車両組立後完成塗装されているのが印象的であった。

完成した車両は車両種別ごとの検査棟で検査される。除雪車両については最終的な性能確認は実際に除雪環境に持って行って行われることとなるが、その前段階での基本的な動作確認、機能確認を所内で行っているとのことであった。

また鉄道系車両については客先事業者ごとの要求仕様に合わせた検査を行っている。事業者によっては、細かく走行試験要領が決められており、試験線及び設備の増設を行っている。

#### 6. おわりに

今回、初めて除雪機械技術委員会の相互工場見学会に参加させて頂いたが、全く系統の異なる除雪機械と鉄道車両が一つ屋根の下で製造されているのを拝見させて頂いたのは、一度に2社の工場を見学させて頂いたような非常にお得で貴重な体験であった。また随所に、除雪機械という非常に季節性の高い製品を扱う企業ならではの苦勞・工夫を感じ取ることが出来た。一見何の脈絡も無いように見える除雪車両と鉄道車両という組合せも、季節による繁忙の差を補うための工夫の一つなのかもしれない。

意外だったのは、新潟県といえば全面的に豪雪地帯という印象を持っていたが、県内でも地域差があり、佐渡の風下にあたる新潟市近郊では意外にも降雪量が多くない、とのことであった。

また最後になりましたが、本見学会の実施に際しお忙しい中、御準備、御対応を賜りました新潟トランス(S株)の皆様には厚く御礼申し上げます。



写真—2 集合写真

JICMA

#### 【筆者紹介】

太田 耕平 (おおた こうへい)  
キャタピラー・ジャパン合同会社  
レギュレーショングループ  
主任



## 部 会 報 告

## 令和元年度 夏季現場見学会 新東名高速道路 河内川橋工事

建設業部会

## 1. はじめに

2019年9月17日、建設業部会は令和元年度夏季現場見学会を新東名高速道路河内川橋工事にて実施した。参加者は事務局を含め19名。

## 2. 工事概要

河内川橋は橋長771m、脚の最大高さ88m、アーチスパン220mを有する長大アーチ橋である。工事場所は丹羽山地西端の急峻な谷部において河内川を渡河する位置にあり、P2橋脚にはインクラインをP3橋脚には工事用トンネルを設け、施工ヤードへのアプローチとしている（表—1）。

表—1 工事概要

工事名	新東名高速道路 河内川橋工事
工事場所	神奈川県足柄上郡山北町川西
橋梁・高架橋	鋼・コンクリート複合アーチ橋 (上り線771.0m 下り線692.0m) PRCポータルラーメン橋 (下り線22.5m)
橋脚	13基 橋脚高H = 12.5 ~ 87.6m
橋台	6基 橋台高H = 7.0 ~ 13.0m
基礎工	大口径深礎杭 φ 10.5 ~ 15.0m 深礎杭 φ 2.5m 場所打ち杭 φ 1.2m
工事用道路・付帯工	仮設栈橋 インクライン 調整池 管理用道路 町道拡幅
工期	2016年8月~2022年3月

## 3. 現場見学

見学会では、初めに現場事務所にて工事概要の説明を受けた。その後、P2橋脚のインクラインを見学、右岸に移動して工事用トンネルを通り、P3橋脚の大口径深礎の掘削状況を見学した。

## (1) インクライン

P2橋脚への資機材、重機等の運搬を担う設備。最大積載90t、フロアサイズ20m×8mという規模は

国内最大級で、アジテータ車4台を同時に積載できる。インクラインにより大規模な仮設栈橋が不要となる。設備のための森林伐採範囲も少なく済み、環境面にも優れている。本工事では、国道上空を通過するため、防護構台も設置している。

軌条の施工手順は、初めに地上のクレーンで届く範囲の軌条を構築し、台車を設置した後、台車上のクレーンで1スパン4.5mの軌条を構築する。その後、台車を移動しながら同工程を繰り返すことで約100mの軌条設備を完成させる（手延べ施工）。

本工事ではインクライン全体を一元管理するための総合監視システム（COSMI：Comprehensive Monitoring System for Incline）を採用している。本システムは巻上機ハウス内に設置された制御盤を遠隔で監視、操作できるリモートメンテナンスのほか、牽引ワイヤロープやシーブ各所に各種センサを搭載しており、速度や荷重、電流値等から運行状況及び異常有無の常時監視を可能としている（写真—1）。

## (2) 工事用トンネル

P3橋脚へのアクセスは、元々河内川沿いに仮設栈橋を計画していたが、施工性、経済性、工程の面で有利と判断し、工事用トンネル（全長230m）を構築した。また、深礎掘削の合理化のため、坑内で3方向に分岐するずり出しトンネルも併せて構築した。



写真—1 インクライン全景

トンネルを抜けた先にある橋脚周辺の仮設栈橋はSqCピア工法により施工されている。本工法は、従来工法より支柱間スパンを長くとれるため合理的で、安全性の高い施工を実現するとともに、急峻な地形への対応を可能としている（写真—2）。



写真—2 工事用トンネル・ずり出しトンネル

### (3) 大口径深礎

大口径深礎の掘削は、地表にレイズボーリングマシンを設置し、下部のずりだしトンネルに向けてパイロット孔(φ 250 mm)を貫通させる。その後、パイロットビットを大口径リーマ(φ 1750 mm)に交換して拡幅する。こうしてできた孔(グローリーホール)を掘削時の排土先として利用することで、クレーンによる構台への揚土を不要とすることで深礎掘削の合理化を実現している。また、上部には防護設備を設置し、周辺環境への影響を最小限としている（写真—3, 4）。



写真—3 大口径深礎



写真—4 防護設備

## 4. おわりに

本見学会では、急峻な施工箇所への対応策と多種多様な工夫による合理化された施工を見学した。

また、現場各所に様々なICT技術が導入されており、i-Constructionに向けた最先端の現場であると感じた。

## 謝 辞

最後に、大変お忙しい中、本見学会にご協力いただきました鹿島・大成特定建設工事共同企業体の皆様に、厚く御礼申し上げます。

JICMA

### 【筆者紹介】

大野 見生 (おおの あきお)  
三井住友建設㈱  
土木本部 機電部



## 部 会 報 告

## 国道 17 号線 新三国トンネル現場見学会 報告

機械部会 コンクリート機械技術委員会

## 1. はじめに

JCMA 機械部会のコンクリート機械技術委員会では、令和元年 8 月 29 日（木）に国道 17 号線新三国トンネル現場の見学会を実施した。

参加者は、事務局を含め 11 社 16 名であった。

## 2. 見学スケジュール

令和元年 8 月 29 日（木）

13:00 上毛高原駅東口集合  
 13:30～15:00 着替え・工事概要説明  
 15:00～15:30 現場移動  
 15:30～16:10 現場見学  
 16:10～16:40 現場移動（質疑応答）・着替え  
 16:40～17:10 上毛高原駅東口へ移動，解散

## 3. 工事場所・概要

- ・工事名 新三国トンネル工事
- ・工事概要 延長 1,284 メートル  
 NATM（発破掘削方式）  
 内空断面積約 59 平方メートル  
 掘削・支持工 L = 約 1,256 メートル  
 覆工コンクリート・防水工  
 L = 約 1,256 メートル  
 インバート工 L = 約 631 メートル  
 坑門工 2 ヲ所  
 掘削補助工法 75 本  
 仮設工一式  
 コンクリート約 2 万 500 立方 M  
 鉄筋約 100 トン  
 工期令和元年 12 月（予定）
- ・施工者 (株)フジタ

## 4. 現場見学

## (1) 現場概要説明

三国トンネルは、関東と北陸を結ぶ主要幹線道路で

あり、重要な役割を担ってきたが、完成から 60 年以上が経過しており、老朽化が進行している。過去の補修による覆工の増厚で内空断面が縮小し、大型車同士のすれ違い時に覆工を擦るなどの事態が発生している。さらに、危険物積載車両は、関越自動車道の関越トンネルを通行できず、三国トンネルが走行出来る唯一の路線となる。また、関越トンネルが通行規制を受ける際には、代替経路となる重要な役目を担っている。これらの問題を解消するために、現トンネルに平行する新たな 2 車線トンネルを構築するものである。



図一 新三国トンネル位置図

## (2) 工事の特徴

工法は NATM（発破掘削方式）を採用し、PH3 の湧水に対し、耐酸性のロックボルトを採用。また、防水シートにより、覆工コンクリートへの湧水の影響を考慮、地質は、熱水変質を受け重金属を溶出しやすい特徴を有しており、トンネル掘削ズリから重金属が溶出する可能性があるため、埋立整備地は遮水シートにて封じ込めを行う。埋立中に発生する浸出水は、重金属対応の処理施設にて処理し排出する。

## (3) NATM 工法とは

NATM (New Austrian Tunneling Method)

今から約 30 年前我が国に導入され、山岳トンネルの掘削方法を大きく変えた工法で、それまでのほとんどは、木材や鉄骨にて力づくでトンネルの壁を支える従来の工法（矢板工法）が主流だった。

これに対し NATM は、掘ったばかりの地山の岩な



写真一 坑口



写真三 背面平滑工法防水シート



写真二 ドリルジャンボ



写真四 集合写真

どにコンクリートを吹き付け、さらにロックボルトを打ち込んで吹付コンクリートと地山を一体化させる工法である。

#### (4) 工事の進捗

平成 29 年 8 月 7 日より新潟側から掘削を進め、令和元年 8 月 8 日に全長 1,284 メートルが貫通。

設計段階では、インバートの不要区間が長かったが、実際に掘削をすると、インバートの必要区間が長くなることで、結果、工期延長となるとのこと。

#### 謝 辞

最後に、大変お忙しい中、現場説明、案内をして頂いた(株)フジタ職員各位には厚くお礼申し上げます。

JCM A

#### 【筆者紹介】

岡本 敏道 (おかもと としみち)  
 エクセン(株) R&Dセンタ 統括長  
 (一社)日本建設機械施工協会  
 機械部会 コンクリート機械技術委員会 委員

04-407	T-iMonitor Tunnel Concrete トンネル覆工モニタリング システム	大成建設
--------	--	------

▶ 概 要

山岳トンネル工事では、トンネル壁面の仕上げで行う覆工コンクリート打設作業において、材料分離を発生させず、空隙が残らないようコンクリートを型枠内に充填して締固める必要があり、覆工コンクリートの打設状況を常に管理しながら確実に施工することが重要である。しかし、現状では、施工管理担当者がセントルに設置されている打設窓から目視により打設状況を確認しており、すべての打設箇所の確認は困難である。さらに、施工時の打設高さなど打設履歴情報が紙ベースで記録されているため、記録整理や帳票作成などの施工管理業務に時間を要することや、関係者間での情報共有が困難などの課題があった。そこで、これらの課題解決のため、セントルに設置した多数のセンサーから得られた情報を一元管理し、打設状況の見える化を図り、さらに計測データを記録・分析して今後の打設に活用することで、覆工コンクリートの更なる品質向上を実現するモニタリングシステム「T-iMonitor Tunnel Concrete」を開発した。

▶ 特 徴

(1) センサー情報を一元管理し、打設状況を見える化

本システム(図-1, 2参照)は、感知センサー(合計161箇所)で計測した打設高さ、温度センサー(合計15箇所)による打設中および打設後のコンクリート温度、および圧力センサー(合計15箇所)によるセントル面板に作用する荷重の情報をリアルタイムに取得・一元管理し、モニター画面で打設状況を見える化する。また、品質管理のため、赤外線センサーで自動的に感知した打設時のコンクリートミキサー車の位置を同時に記録することにより、どの車両から供給されたコンクリートがトンネルのどの部分に打設されたかが確認可能である。

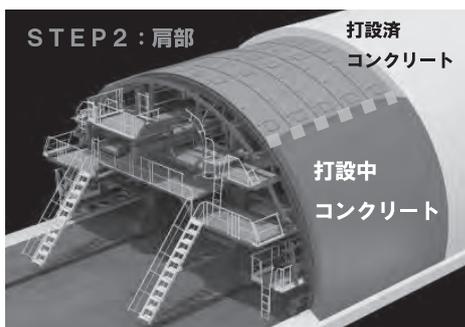


図-1 打設状況図(肩部打設時)

(2) 施工中の覆工コンクリート品質管理に活用  
施工時の各種センサーの計測データは自動で記録されるため、以下に示す覆工コンクリート品質管理に活用することができる。

①打設中、打設後の覆工コンクリートの温度データから算出した積算温度に基づくコンクリート強度の推定

②セントル面板に作用する荷重の常時監視による打設速度管理や天端部での充填状況確認

これらのデータは常に現場打設作業にフィードバックが可能であり、覆工コンクリートの更なる品質向上に貢献できる。

(3) 施工管理業務を省力化

本システムでは、各種センサーにより計測されたデータが自動的にクラウド上に記録されるため、煩雑であった施工管理業務の省力化と情報共有が容易に可能となる。

(4) 計測データを維持管理・補修に有効活用

トンネル供用後の維持管理・補修において、経年劣化による亀裂や剥離などが発生した際に、本システムにより記録・分析された計測データに基づき、要因分析を行い、その対策を策定するなど有効活用することができる。

▶ 用 途

・山岳トンネル工事全般

▶ 実 績

・宮古箱石道路 国道106号磯鶏地区道路工事  
(発注者 国土交通省東北地方整備局)

・トンネル延長1,554m

(うち当社844.9m 内空断面積87.7m<sup>2</sup>)

▶ 問 合 せ 先

大成建設(株) 土木技術部 トンネル技術室

〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1

TEL: 03-5381-5171

STEP 2 : 肩部

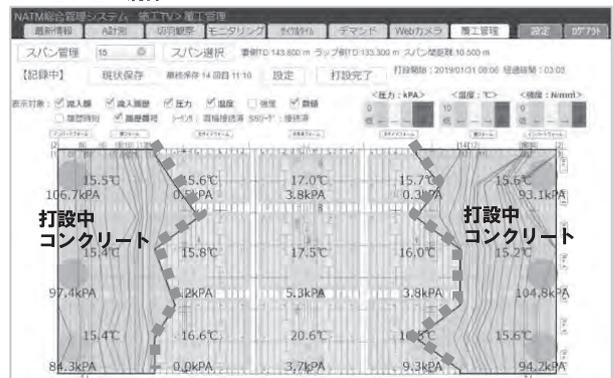


図-2 システム画面(肩部打設時)

# 新機種紹介 機関誌編集委員会

## ▶ 〈10〉 環境保全およびリサイクル機械

19-〈10〉-01	日立建機 土質改良機 SR2000G-6	'19.07 発売 新機種
------------	----------------------------	------------------

造成工事やダム工事、浚渫工事などで発生する建設発生土や浚渫土を、現場で効率的に改質する土質改良機であり、オフロード法2014年基準に適合している。

粘性土・高含水比土質でも安定した原料供給を可能とする揺動ゲートと、混合効率の高い2軸パドルミキサにより、固化材コストの低減や作業量の増大を図っている。

車載プリンタによる作業量日報・月報の印刷に加え、それらのデータを Web 上で閲覧、あるいはダウンロードして管理、活用することも可能である。

混合機ケーシングへのリブ追加や土砂ホッパの厚板化など構造物の耐久性の向上を図るとともに、混合機や揺動ゲートの各回転部も強化している。

また、バッテリーディスコネクトスイッチやグリース給脂のフロア上への集中配置、ラジエータ防塵ネットの設置位置や固定方法の見直しによる防塵ネットの清掃性向上など、整備性の改善も図っている。混合機の両サイドに設置した作業フロアや、燃料給油口やエンジンボンネット周りに追加した手すりにより整備時の作業性の向上を図っている。

表-1 SR2000G-6 の主な仕様

機械質量	(t)	21.2
定格出力	(kW/min <sup>-1</sup> )	122/2,000
作業時 全長×全幅×全高	(m)	12.56 × 2.99 × 4.51
輸送時 全長×全幅×全高	(m)	12.56 × 2.99 × 3.5
土砂ホッパ容量	(m <sup>3</sup> )	1.8
土砂供給量	(m <sup>3</sup> /h)	20 ~ 170
混合方式		2軸パドルミキサ
固化材ホッパ容量	(m <sup>3</sup> )	3
固化材供給量	(m <sup>3</sup> /h)	0.8 ~ 13
固化材供給方式		スクリューフイーダ
価格 (税抜き)	(百万円)	55



写真-1 日立建機 SR2000G-6 土質改良機

問合せ先：日立建機(株)経営管理統括本部 ブランド・コミュニケーション本部 広報・IR部 広報グループ  
〒110-0015 東京都台東区東上野二丁目16番1号

## ▶ 〈14〉 維持修繕・災害対策用機械および除雪機械

19-〈14〉-03	やまびこ (shindaiwa) 集塵式エンジンカッター ECD7414S-CD	'19.10 発売 新機種
------------	--	------------------

道路の歩車道用境界ブロックやアスファルトなどの切断時に巻き上がる粉塵を自吸するエンジンカッターである。

Φ360mm (14インチ) コンクリート用ダイヤモンドブレードを装着した場合、最大切断深度は150mmである。Φ320mm (12インチ) コンクリート用ダイヤモンドブレードも装着可能である。

エンジンカッターは、主にコンクリート二次製品のブロック類や側溝類 (U字溝) などを現場に合わせて切断する用途に利用される。市街地や住宅街などでは、切断作業の際は、多量の粉塵が発生し粉塵対策が欠かせない。

切断しながら粉塵を自吸する「ターボクリーン」装置を内蔵することで、別置き吸塵装置 (電気集塵機) を不要とし機動性の向上を図っており、集塵率は約96%を達成している。

また、従来のエンジンカッターは、粉塵がエンジンカッターの気化器 (キャブレタ) にも流入するため、エアクリーン性能がエンジン寿命に大きく影響していた。

その対策として、粉塵を遠心分離しながら、きれいな空気を気化

表-2 ECD7414S-CD の主な仕様

能力	ブレード	コンクリート用ダイヤモンドブレード
	外径 (内径) (mm)	360 (30.5)
	最大切断深度 (mm)	150
エンジン	型式	空冷2サイクルエンジン
	排気量 (cm <sup>3</sup> )	73.5
	点火プラグ	チャンピオン CJ6Y
	始動方式	リコイル (ソフトスタート)
使用燃料		混合燃料*
燃料タンク容量 (L)		0.7
外形寸法 (mm)		754 × 279 × 499 ※Φ360mm 刃物装着時
乾燥質量 (kg)		12.6
価格 (万円)		48.06

※【混合燃料】レギュラーガソリン：やまびこ純正オイル = 50 : 1



写真-2 やまびこ (shindaiwa) ECD7414S-CD 集塵式エンジンカッター

新機種紹介



写真一三 「歩行道用境界ブロック」切断例



写真一四 「4ステージエアクリーナシステム」の構造図

器へ供給する「4ステージエアクリーナシステム」を搭載し、過酷な作業環境からエンジンを守り、耐久性の向上を図っている。

質量（ブレードを除く）は12.6 kg、振動値を表す3軸合成値は4.2 m/s と、軽量・低振動化を図っている。

問合せ先：(株)やまびこ 営業本部 産業機械課  
 〒198-8760 東京都青梅市末広町1-7-2  
 TEL：0428-32-6181

▶ 〈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

19-〈16〉-01	アイチコーポレーション トラック式高所作業車 スカイマスター SH15C1FS/SN15C1FS	'19.05 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

配電工事等で使用される15 m級のトラック式高所作業車である。アウトリガー張幅規制を従来機の4段階から無段階とすることにより限られた車両設置スペースでも最大限の作業範囲を確保している。また、車両前方における低空領域およびウインチ使用時（最大

荷上げ時目安）の作業範囲を従来機よりも拡大している。

下部操作装置には液晶モニターを標準装備しており、路面傾斜やアウトリガー張幅、旋回規制角度、バッテリー状態などの車両情報をリアルタイムに表示し、迅速な作業判断を可能としている。

バケット（作業床）の昇降用手摺・ステップ・昇降経路の改良の他、車両側面作業の安全性を高めるノーテールブームを採用し、側方の通行車両や建物等への接触リスクの低減を図っている。その他、感電防止補助銘板、ニュートラル検知インターロック装置、パーキングブレーキインターロック装置、PTO 切り忘れ警報装置、ブーム格納検出凍結対応システム（ブーム格納検出部の凍結時でもブーム未格納状態でのジャッキ操作を規制）等を標準装備している。

表一三 SH15C1FS/SN15C1FSの主な仕様

	SH15C1FS	SN15C1FS
作業床最大地上高*1 (m)	14.6/15.1	14.6 (スライド昇降 0.5 m 含む)
作業床最大作業半径*1 (m)	11.0/11.5/11.8	10.9
作業床首振角度 (°)	左 100° ~ 右 100°	左 120° ~ 右 120°
作業床最大積載荷重 (kg)	250	250
ウインチ・サブブーム 吊り上げ荷重 (kg)	490	490
ウインチ・サブブーム 地上揚程 (m)	16.5 (サブブーム起伏角度 60°)	16.2 (サブブーム起伏角度 60°)
消費税抜標準価格*2 (百万円)	16.3	21.1

※1. 仕様により異なる。

※2. 表中の標準価格はオプション価格を含まず。



写真一五 アイチコーポレーション スカイマスターSH15C1FS トラック式高所作業車

## 新機種紹介



写真一六 アイチコーポレーション スカイマスター SN15C1FS トラック式高所作業車

問合せ先：(株)アイチコーポレーション経営企画部広報課  
埼玉県上尾市大字領家字山下 1152 番地の 10

19-(16)-02	アイチコーポレーション トラック式高所作業車 スカイマスター SH12C1RN	'19.07 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

主に通信工事で使用される 12 m 級のトラック式高所作業車のモデルチェンジである。

梯子収納スペースをサブフレーム内に確保し収納力の向上を図っている。また、住宅街での長時間作業や夜間工事における騒音問題、排ガスに配慮し、「走行充電付バッテリー駆動型パワーユニット PD100」の別載ユニットをオプション設定している。

1 本レバーでブームの旋回・起伏・伸縮の操作が可能となる 3 軸ジョイスティックをオプション設定し、作業の効率化と操作性の向上を図っている。

「第三ブーム FRP コーティング」, 「ニュートラル検知インターロック装置」, 「パーキングブレーキインターロック装置」, PTO 切り忘れによるトランスミッション破損を防止するための「PTO 切り忘れ警報装置」などにより、更なる安全性の向上を図っている。

表一四 SH12C1RN の主な仕様

作業床最大地上高	(m)	12.1
作業床最大作業半径	(m)	9.9
作業床最大積載荷重	(kg)	200
消費税抜標準価格 <sup>※1</sup>	(百万円)	16.3

※1. 表中の標準価格はオプション価格を含まず。



写真一七 アイチコーポレーション SH12C1RN トラック式高所作業車

問合せ先：(株)アイチコーポレーション経営企画部広報課  
埼玉県上尾市大字領家字山下 1152 番地の 10

## 建設業の業況

### 1. はじめに

本年9月に発生した台風15号、10月に発生した台風19号等、わが国に多くの災害が発生し、大きな被害を残した。建設業は、災害からの復旧・復興等を担う基幹産業であり、ますます建設業の必要性が高まってきているところである。建設業は、地域の守り手として、持続的に発展していくことが求められている。

しかしながら、わが国の建設業就業者は、人口減少による労働人口の減少等により、平成9年の685万をピークに減少しており、しかも極めて速いスピードで高齢化している。また、長引く建設投資の減少により労働環境が悪化していたため、十分に担い手を確保できていない状況にある。

このような状況の中、建設業の業況について、直近のデータを交えてその内容等について紹介する。

### 2. 建設投資の概要

令和元年度の建設投資は、国土交通省「平成30年度建設投資見通し」でみると、前年度比3.4%増の62兆9,400億円となる見通しである。このうち、政府投資は前年度比4.5%増の21兆6,300億、民間投資は前年度比2.8%増の41兆3,100億円となる見通しである。これを建築・土木別に見ると、建築投資は前年度比1.9%増の41兆2,700億円、土木投資は前年度比6.3%増の21兆6,700億円となる見通しである。

平成30年度の建設投資は、前年度比0.3%増の60兆8,800億円となる見込みである。このうち政府投資は20兆7,000億円（前年度比2.6%減）、民間投資は40兆1,800億円（前年度比1.9%増）と見込まれる。建築・土木別に見ると、建築投資が40兆4,900億円（前年度比0.7%増）、土木投資が20兆3,900億円（前年度比0.3%減）となる見込みである。

建設投資は、平成4年度の84兆円をピークに減少基調となり、平成22年度には平成4年度の半分程度にまで減少した。その後、東日本大震災からの復興等により回復傾向となっている。令和元年度の建設投資については、平成30年度の補正予算等に係る政府建設投資が見込まれること等から、総額として62兆9,400億円となる見通しである（図-1）。

令和元年度の建設投資の構成を見ると、民間投資が66%、政府投資が34%である。民間投資のうち住宅、非住宅及びリフォーム・リニューアル投資を合わせた建築投資が全体の57%を占めている。政府投資は土木投資が全体の25%を占めており、この両者で建設投資全体の82%を占めている（図-2）。

### 3. 全国許可業者数の推移

国土交通省「建設業許可業者数調査の結果について」をみると、平成31年3月末（30年度末）現在の建設業許可業者数は468,311業者で、前年同月比3,422業者（0.7%）の増加となった。

平成30年度中に新規に建設業許可を取得した業者は16,245業者

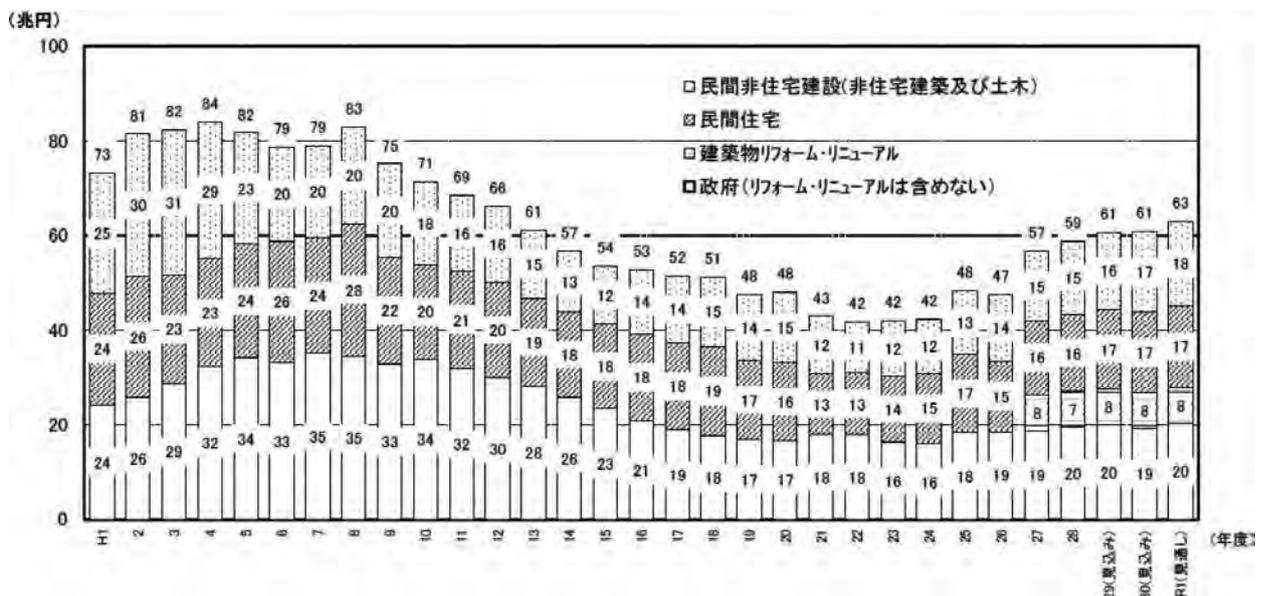
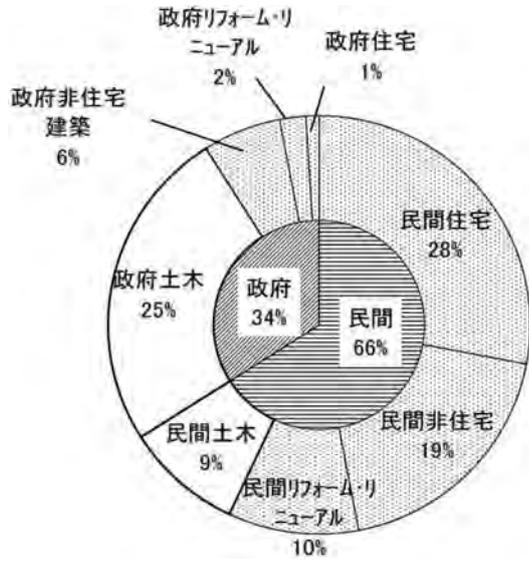


図-1 建設投資額（名目値）の推移（出典：国土交通省）

統計



図一 平成 30 年度建設投資の構成 (名目値)

で、前年度より 4,790 業者 (22.8%減) の減少となった。

また、平成 30 年度中に建設業許可が失効した業者は 12,823 業者で、前年度より 8,777 業者 (40.6%減) の減少となった。内訳としては、建設業を廃業した旨の届出を行った業者が 7,670 業者 (前年度比 20.1%減)、許可の更新手続きを行わないことにより許可が失効した業者が 5,153 業者 (前年度比 57.1%減) となった。

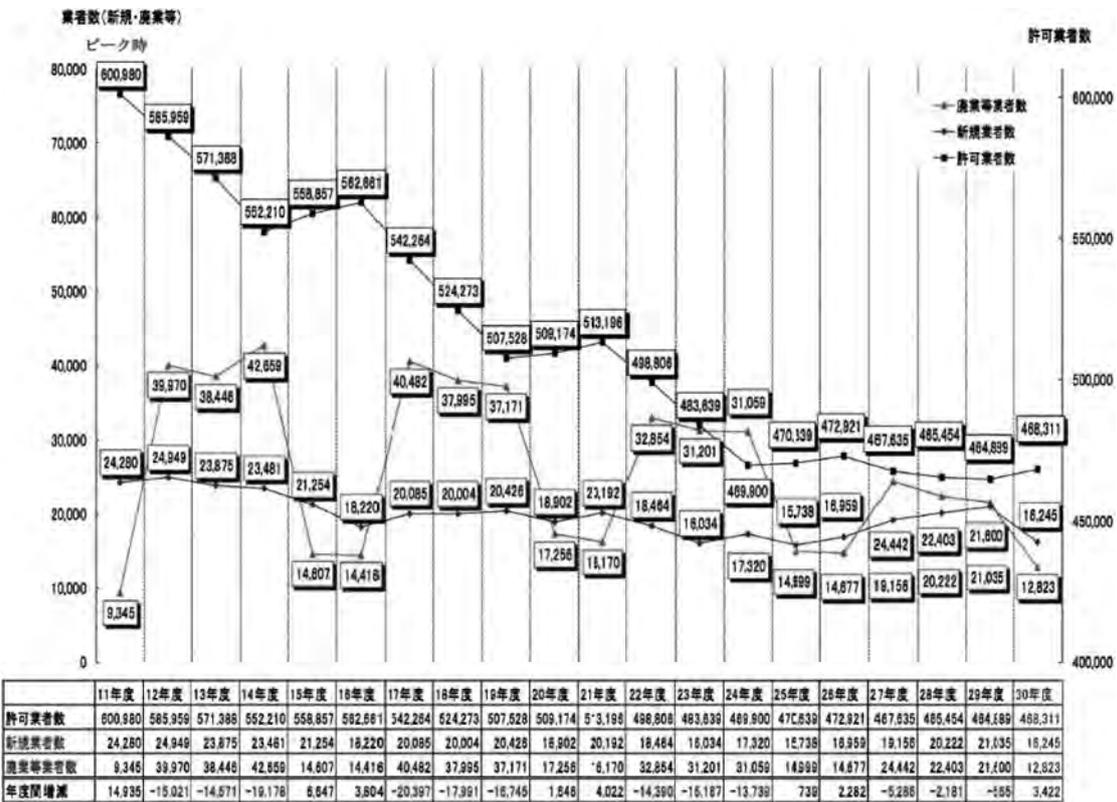
建設業許可業者数が最も多かった平成 12 年 3 月末時点のピーク時の業者数 600,980 業者と比較すると、132,669 業者 (22.1%減) 減少している (図一 3)。

4. 業種別許可業者の推移

業種別許可業者の推移について国土交通省「建設業許可業者数調査の結果について」をみると、平成 31 年 3 月末現在における業種別許可の総数は 1,564,668 で、前年同月比 3.0%の増加となり、許可業者数が最も多かった平成 12 年 3 月末時点の 1,392,339 より 3.0%の増加となった。

前年同月に比べ、取得業者数が増加した許可業種は 25 業種となった。増加率についてみると、解体工事業が 47.2%の増加と最も高く、続いて熱絶縁工事業が 6.4%、ガラス工事業が 5.6%増加しており、以下板金工事業 (5.0%増)、鉄筋工事業 (4.9%増)、防水工事業 (4.4%増) が続いている。

また、前年同月に比べて取得業者数が減少した許可業種は 4 業種となった。最も減少率が高かったのはさく井工事業の 1.05%減となっており、続いて清掃施設工事業の 0.4%減、建築工事業の 0.3%減となった。次いで、造園工事業の 0.3%減となった (図一 4、表一)。



※ 許可業者数については各年度末(3月末時点)の数、新規業者数、廃業業者数については各年度の数を表す。

図一 3 許可業者数・新規及び廃業等業者数の推移 (出典：国土交通省)

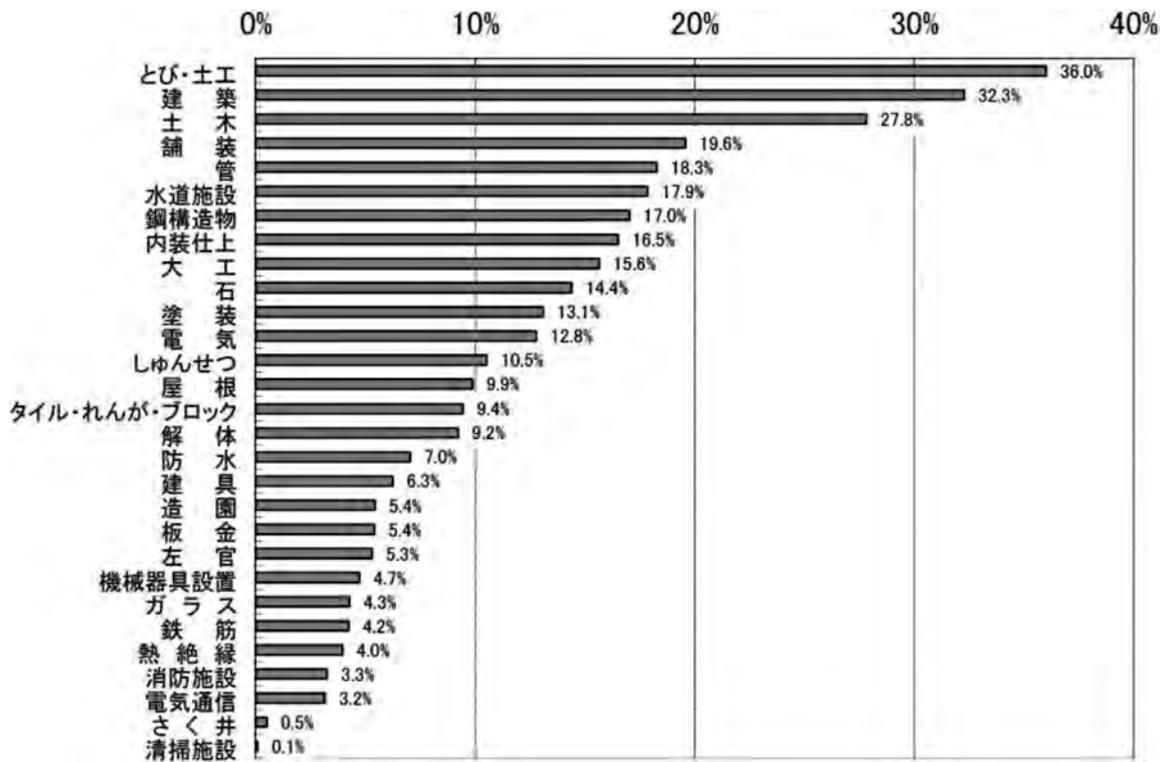


図-4 建設業許可業者における業種別許可の取得率 (出典：国土交通省)

表-1 建設業許可業者における業種別許可業者数の増減表 (出典：国土交通省)

【業者数が増加した許可業種】

【業者数が減少した許可業種】

許可業種	前年同月比
解体	13,851 業者 (47.2%)
とび・土工	2,461 業者 (1.5%)
塗装	2,310 業者 (3.9%)
鋼構造物	2,284 業者 (2.9%)
内装仕上	2,216 業者 (2.9%)
石	2,103 業者 (3.2%)
タイル・れんが・ブロック	1,738 業者 (4.1%)
屋根	1,713 業者 (3.8%)
大工	1,710 業者 (2.4%)
しゅんせつ	1,426 業者 (3.0%)
防水	1,386 業者 (4.4%)
舗装	1,261 業者 (1.4%)
板金	1,211 業者 (5.0%)
管	1,124 業者 (1.3%)
熱絶縁	1,115 業者 (6.4%)
建具	1,113 業者 (4.0%)
左官	1,101 業者 (4.6%)
ガラス	1,061 業者 (5.6%)
水道施設	1,048 業者 (1.3%)
電気	1,000 業者 (1.7%)
鉄筋	930 業者 (4.9%)
機械器具設置	491 業者 (2.3%)
土木	345 業者 (0.3%)
電気通信	295 業者 (2.0%)
消防施設	201 業者 (1.3%)

許可業種	前年同月比
清掃施設	▲2 業者 (▲0.4%)
さく井	▲24 業者 (▲1.0%)
造園	▲61 業者 (▲0.2%)
建築	▲392 業者 (▲0.3%)

# 統計

## 5. 労働災害発生状況

平成30年度の労働災害発生状況について厚生労働省「労働災害発生状況」をみると、全産業における休業4日以上死傷者数は127,329名であり、前年同期120,460名と比べ約6,869名の増加(5.7%増)となった。一方、死亡者数については前年同期978名と比べ69名減少(7.1%減)し、909名となった(図一5)。

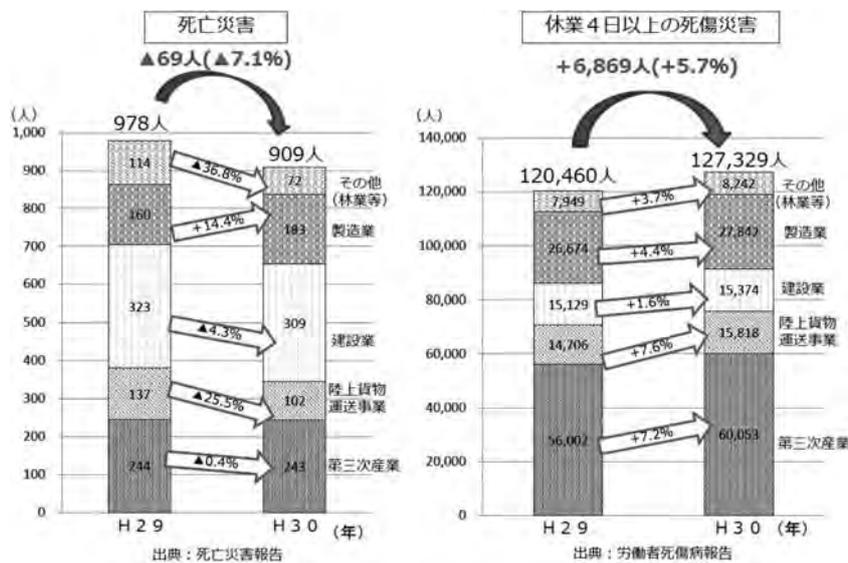
休業4日以上死傷者数については、長期的には減少傾向にあるが、3年連続で増加する結果となった。死亡者数についても、長期的には減少傾向にある。平成30年度においても前年度より減少する結果となった(図一6)。

一方、建設業における休業4日以上死傷者数は、15,374名であり、前年同期15,129名と比べ245名の増加(0.1%増)となった。また、死亡者数については309名となっており、前年同期323名と比べ14名の減少(10.0%増)となった。

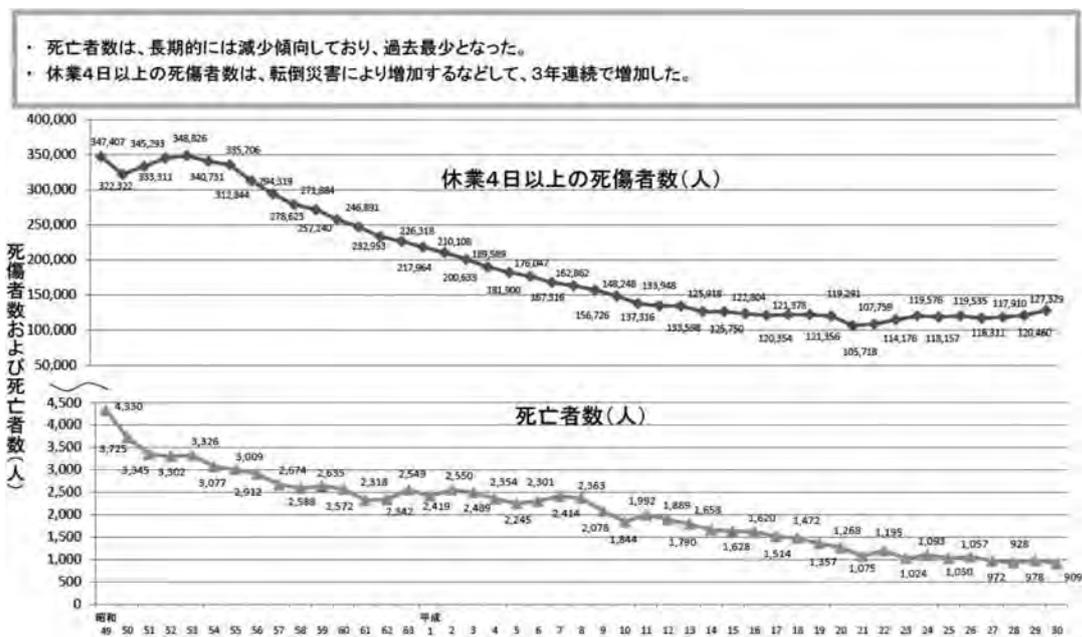
建設業の労働災害は、2年連続で過去最少となっていたが、本年度は増加に転じる結果となった(表一2)。

死傷災害における事故の型別についてみると、「墜落・転落」が42%で最も多く、次いで「挟まれ・巻き込まれ」が14%、「転倒」が13%となった。

また、死亡災害については、「墜落・転落」が52%で最も多く、次いで「交通事故(道路)」が12%、「はさまれ・巻き込まれ」が



図一5 平成30年労働災害発生状況(出典:厚生労働省)

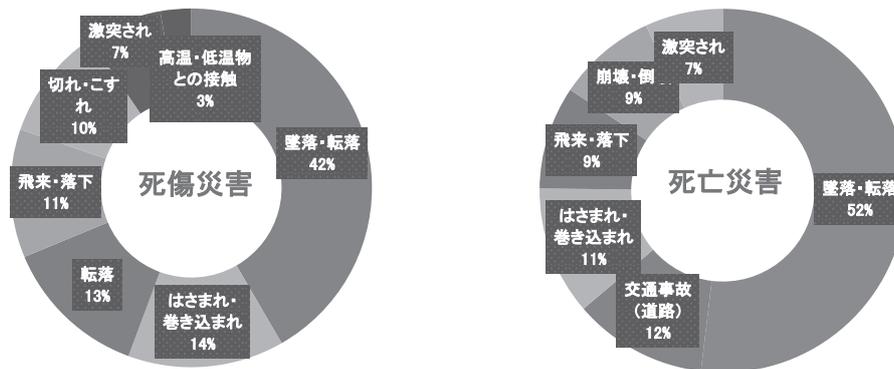


図一6 労働災害発生上の推移(出典:厚生労働省)

表一 建設業における事故の型別 労働災害発生状況 (出典：厚生労働省)

[人]

		H26	H27	H28	H29	H30
死傷災害		17,184	15,584	15,058	15,129	15,374
事故の型別	墜落・転落	5,941	5,377	5,184	5,163	5,154
	はさまれ・巻き込まれ	1,892	1,731	1,585	1,663	1,731
	転落	1,795	1,546	1,512	1,573	1,616
	飛来・落下	1,655	1,545	1,457	1,478	1,432
	切れ・こすれ	1,568	1,409	1,422	1,312	1,267
	激突され	850	842	734	734	832
高温・低温物との接触		237	210	208	210	340
死亡災害		377	327	294	323	309
事故の型別	墜落・転落	148	128	134	135	136
	交通事故(道路)	45	28	39	50	31
	はさまれ・巻き込まれ	38	34	19	28	30
	飛来・落下	18	25	15	19	24
	崩壊・倒壊	26	29	27	28	23
	激突され	26	29	22	23	18



図一 事故の型別内訳 (出典：厚生労働省)

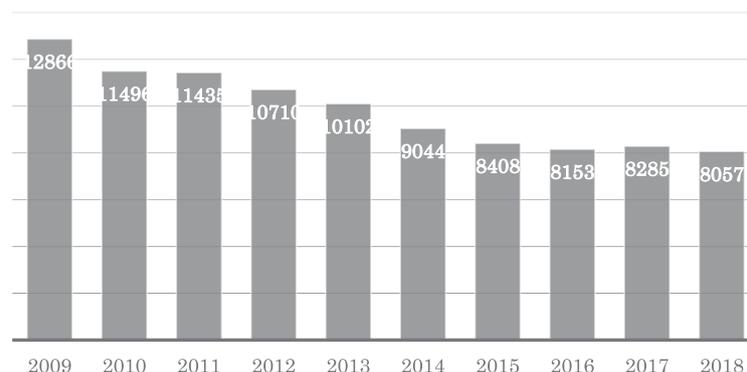
11%となった(図一)。

死亡災害については平成27年の労働安全衛生規則の改正により、足場からの墜落防止措置の強化を図ったことにより減少傾向にあったが、平成30年度は墜落・転落、はさまれ・巻き込まれ、飛来・落下で前年度を上回る結果となった。

### 6. 倒産件数の推移

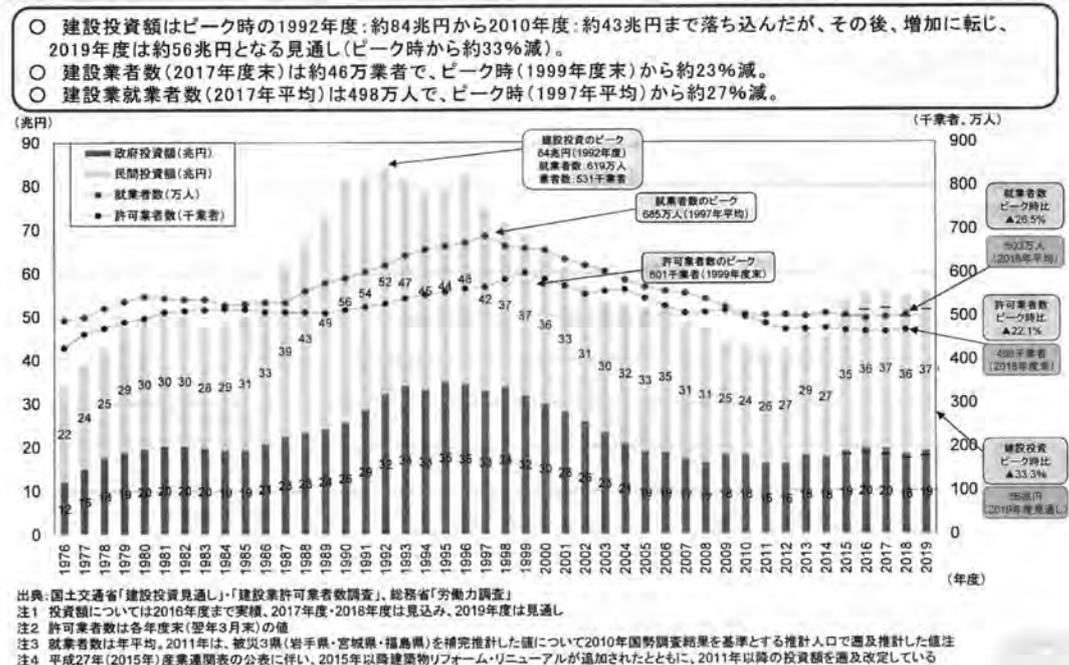
2018年の企業倒産件数は、帝国データバンクが発表した「全国企業倒産集計2018年度報」をみると、前年8,285件より2.8%減の8,057件となり、リーマンショック以来8年ぶりに増加した昨年度

## 年度別倒産件数



図一 建設企業の倒産、休業・解散の推移 (出典：国土交通省)

# 統計



図一9 建設業就業者数の推移 (出典：国土交通省・総務省)

から一転、減少する結果となった。また、リーマンショック以降の10年間で過去最少となった(図一8)。

## 7. 建設業就業者数の推移

建設業就業者数は、バブル後の不況下でも一貫して増加を続け、結果的にわが国の雇用の安定に寄与してきたが、平成9年の685万人をピークとしてその後は減少が続いてきた。

平成30年の技術者や事務系を含めた建設業就業者数は503万人であり、前年の498万人より5万人増加した(図一9)。

## 8. おわりに

建設業は、災害からの復旧・復興工事、また今後も増加していくことが予測されているインフラの維持更新やマンション等の大規模修繕に寄与するわが国の基幹産業である。昨今、人口減少や少子高

齢社会化に伴い、建設就業者の担い手が不足することが懸念されている。

国土交通省では、建設技能者の資格や就労の履歴を蓄積し、それぞれの能力や経歴に見合った評価を行っていくために「建設キャリアアップシステム」を構築し、本年4月より本格運用している。このシステムを活用し、人材の育成、資機材の保有等による施工能力等の高い専門工事企業が適正に評価され、選ばれる環境を整備することとしている。

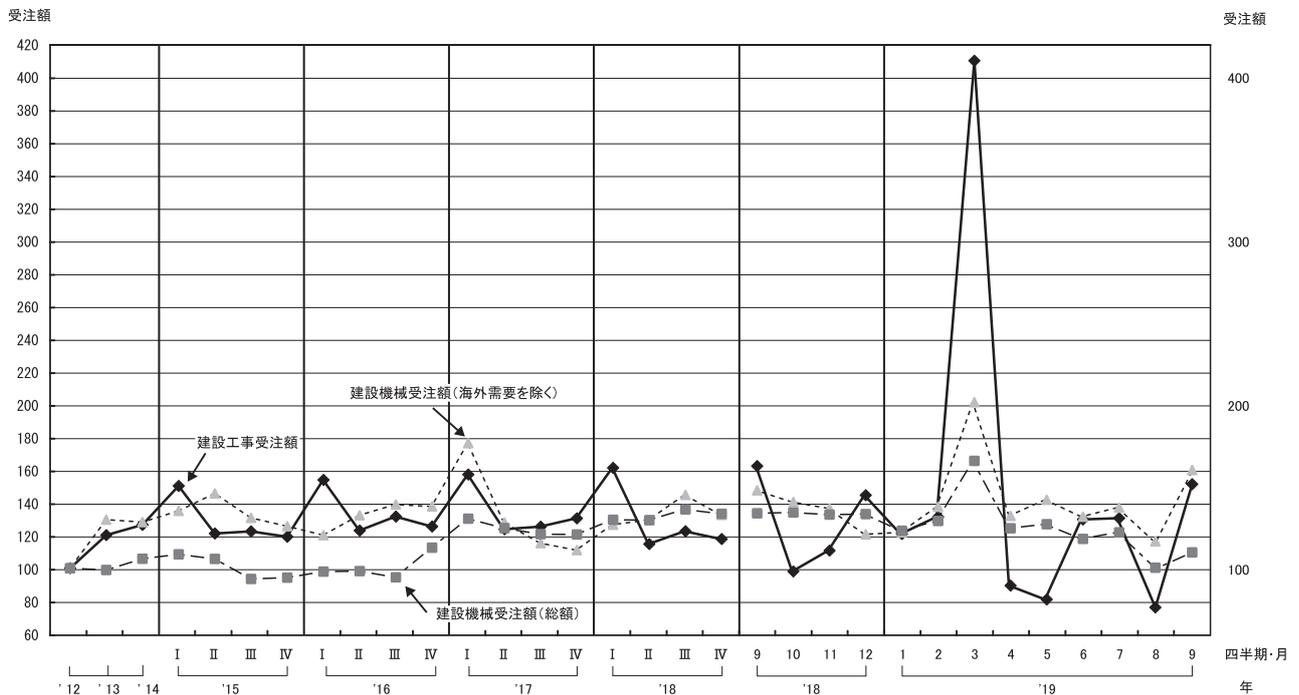
また、法務省、国土交通省等関係省庁は、法務省令を改正し新たな外国人受入れ制度である「特定技能」により、即戦力となる外国人を受入れることとしている。

建設業が、就業者の確保、生産性の向上等の取組みにより、地域の守りとして持続的に発展していくことにより、国民の安全・安心な暮らしに寄与し続けられる産業となることを切に願う。

(文責 清水)

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 2012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 2012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							
2012年	110,000	73,979	14,845	59,133	26,192	4,896	4,933	76,625	33,374	113,146	111,076
2013年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	4,660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2014年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4,822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2015年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4,993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2016年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5,247	3,309	98,626	48,366	151,269	134,037
2017年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5,183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2018年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8,561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2018年 9月	14,917	11,535	2,443	9,092	2,382	444	555	10,589	4,328	169,770	14,265
10月	8,982	6,236	1,417	4,820	2,029	430	285	6,052	2,930	170,072	9,948
11月	10,161	7,584	1,656	5,929	1,869	325	383	7,261	2,900	168,450	11,647
12月	13,271	10,259	2,337	7,922	2,295	394	323	9,283	3,988	166,043	15,551
2019年 1月	11,088	7,006	1,799	5,207	2,713	314	1054	6,304	4,783	166,472	9,832
2月	12,055	8,533	1,375	7,158	2,966	382	174	8,339	3,716	165,316	12,640
3月	37,732	29,551	3,326	26,225	6,349	426	1406	29,178	8,554	181,913	21,085
4月	8,183	6,409	1,394	5,015	1,282	369	124	4,853	3,331	179,654	9,115
5月	7,410	5,107	1,322	3,785	1,588	375	340	4,951	2,459	177,577	9,975
6月	11,907	8,683	3,285	5,398	2,583	449	193	8,455	3,453	179,151	13,337
7月	11,979	8,579	2,677	5,901	1,943	464	994	8,102	3,878	180,203	9,909
8月	6,959	4,537	1,182	3,356	1,797	400	225	4,223	2,737	176,631	11,413
9月	13,899	10,465	2,088	8,377	2,523	556	356	10,217	3,682	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	12年	13年	14年	15年	16年	17年	18年	18年 9月	10月	11月	12月	19年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
総 額	17,343	17,152	18,346	17,416	17,478	21,535	22,923	1,932	1,940	1,921	1,925	1,777	1,864	2,397	1,799	1,835	1,705	1,763	1,449	1,586
海外需要	12,357	10,682	11,949	10,712	10,875	14,912	16,267	1,318	1,356	1,353	1,423	1,270	1,292	1,558	1,250	1,245	1,158	1,193	965	920
海外需要を除く	4,986	6,470	6,397	6,704	6,603	6,623	6,656	614	584	568	502	507	572	839	549	590	547	570	484	666

(注) 2012～2014年は年平均で、2015～2018年は四半期ごとの平均値で図示した。  
 2018年9月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査  
 内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

## 行事一覧

(2019年10月1日～31日)

### 機械部会



#### ■コンクリート機械技術委員会

月 日：10月3日(木)

出席者：清水弘之委員長ほか11名

議 題：①建設機械施工協会70周年特集の記事の件：「コンクリート機械の変遷」の原稿最終確認、「コンクリート機械技術委員会の歩み」の内容確認 ②8/29に実施した現場見学会についての意見、要望等 ③各社技術紹介：(株)北川鉄工所「コンクリートミキサ&プラント変遷について」の説明 ④標準部から：来年度見直しのJISの対応検討について

#### ■機械部会 幹事会

月 日：10月4日(金)

出席者：阿部里視副部長ほか16名

議 題：①副部長より挨拶 ②各技術委員会委員長より令和元年度上期の活動実績と下期活動予定について説明 ③事務局から令和元年度上期の機械部会の活動実績(数値データ)、各委員会のトピックスについて報告

#### ■油脂技術委員会

月 日：10月4日(金)

出席者：豊岡司委員長ほか23名

議 題：①燃料エンジン油関係：バイオ燃料の最近の話題 ②高効率作動油関連：高効率作動油規格の検討状況報告 ③規格普及促進関係：JAMA エンジンオイルセミナー2020資料アップデート、マイクロクラッチ標準油基準値の件 ④その他：JCMAP040 グリーン規格のJIS規格と引用海外規格の違い、令和元年度上期実績・下期計画の確認

#### ■基礎工用機械技術委員会

月 日：10月9日(水)

出席者：遠藤智委員長ほか14名

議 題：①成幸利根(株)の技術プレゼン：地下工事に關する工法、技術について ②各社トピックス：三和機材(株)既成杭工法別掘削ヘッドの紹介 ③クレーンの油圧式ウインチのクラッチ機構に關する説明 ④(株)加藤製作所群馬工場見学会の最終確認

#### ■ショベル技術委員会

月 日：10月11日(金)

出席者：西田利明委員長ほか6名

議 題：①ICT機器を用いた建機の安全対策の件 ②次期燃費基準の件：進捗状況の報告 ③燃費試験方法のISO化についての現状報告 ④次期排出ガス規制対応部会(9/5開催)の概要報告

#### ■基礎工用機械技術委員会 見学会 (株)加藤製作所 群馬工場見学

月 日：10月25日(金)

参加者：遠藤智委員長ほか15名

見学内容：①工場概要説明 ②工場見学(油圧ショベル、ラフテレーンクレーン、クローラキャリア等の生産現場) ③質疑応答

#### ■トンネル機械技術委員会 見学会 北海道新幹線 ニツ森トンネル(尾根内) 工事見学

月 日：10月31日(木)

参加者：橘伸一委員長ほか24名

見学内容：①工事概要説明 ②工事現場見学(山岳トンネル、海外製クラッチャーとベルトコンベヤによる高速ずり出し) ③質疑応答

### 標準部会



#### ■ISO/TC 127 土工機械委員会国内総会

月 日：10月1日(火)

出席者：間宮委員長(コマツ)ほか21名

場 所：協会会議室

議 題：①TC 82(鉱山)スウェーデン総会出席報告 ②親TC 127委員会・SC 1～SC 4分科会 活動計画及び進捗状況報告 ③年間活動スケジュール確認 ④CAG(議長諮問グループ)会議報告 ⑤燃料電池システムの国際標準化動向について

#### ■2019年度第3回ISO/TC 195/SC 1委員会

月 日：10月3日(木)

出席者：川上委員長(日工)ほか12名

場 所：協会会議室

議 題：TC 195 国際会議 @ 神戸商工会議所 開催準備…①全体状況-9月20日 現地最終打合せ 結果報告 ②11月20日 SC 1 総会 準備状況報告・審議-SC 1/WG 4トラックミキサ-第2部、-SC 1/WG 6コンクリートポンプ-第2部、-SC 1/WG 7コンクリートミキサ-第1部、-定期見直し投票案件 対応協議

#### ■令和元年度第1回標準部会標準化会議

月 日：10月9日(水)

出席者：正田部会長(コマツ)ほか11名

場 所：協会会議室

議 題：令和元年度上期活動報告及び今

後の予定…①ISO/TC 127 土工機械委員会 ②ISO/TC 195 建設用機械及び装置委員会 ③ISO/TC 214 昇降式作業台委員会 ④国内標準委員会 ⑤令和元年度 標準部会上期事業報告(案) ⑥運営幹事会対応

### 建設業部会



#### ■クレーン安全情報 WG

月 日：10月2日(水)

出席者：久松栄一主査長ほか8名

議 題：①教本改訂に向けての検討(ケラ確認予定) ②10/7建設業部会での報告について ③災害事例報告 ④その他

#### ■建設業部会

月 日：10月7日(月)

出席者：藤内隆部会長ほか26名

議 題：①平成31年度建設業部会活動体制 ②平成31年度(令和元年度)年間活動計画 ③各WG報告・機電技術者交流企画WG・クレーン安全情報WG ④その他・夏期現場見学会報告・建設施工と建設機械シンポジウム・R01年度 研究開発助成審査委員会・標準部会・ICT安全+基準募集について・意見交換

#### ■第23回機電技術者意見交換会

月 日：10月10日(木)～11日(金)

参加者：藤内隆部会長ほか36名

場 所：(独法)国立青少年教育振興機構 オリンピック記念青少年総合センター

テーマ：「機電技術者はAIとどう付き合っていくべきか」「機電技術者の将来像」「機電技術者の「教育」・「技術継承」等

講 演：「協創で生み出す未来ビジネス 異業種視点×AI」(講師：日立製作所 研究開発グループ 東京社会イノベーション協創センター 主任研究員 原有希様、研究員 上林雅美様)

### レンタル業部会



#### ■コンプライアンス分科会

月 日：10月8日(火)

出席者：平清二郎部会長ほか11名

議 題：①基本契約書に關する諸問題の検討 ②各社からの報告書 ③その他

### 各種委員会等



#### ■機関誌編集委員会

月 日：10月2日(水)

出席者：見波潔委員長ほか15名  
 議題：①令和2年1月号（第839号）の計画の審議・検討 ②令和2年2月号（第840号）の編集方針の審議・検討 ③令和2年3月号（第841号）の編集方針の審議・検討 ④令和元年10月号～令和元年12月号（第836～838号）の進捗状況報告・確認

#### ■新機種調査分科会

月日：10月25日（金）  
 出席者：江本平分科会長ほか1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：10月31日（木）  
 出席者：大峰秀之委員ほか3名  
 議題：①新工法情報の持ち寄り検討 ②新工法紹介データまとめ ③その他

## 支部行事一覧

### 北海道支部



#### ■令和元年度除雪機械技術講習会（第5回）

月日：10月3日（木）  
 場所：網走市（オホーツク・文化交流センター）  
 受講者：118名  
 内容：①除雪計画 ②除雪の施工方法 ③冬の交通安全 ④除雪の安全施工 ⑤除雪機械の取り扱い

#### ■令和元年度建設工事等見学会

月日：10月15日（火）  
 見学場所：①オニキシベ小水力発電設備建設現場（厚幌ダム） ②平取ダム建設工事現場

出席者：川崎博巳広報部会長ほか30名

#### ■建設技術担い手育成プロジェクト（岩見沢農業高校出前授業）

月日：10月17日（木）  
 場所：岩見沢農業高校  
 受講者：農業土木工学科2年生35名  
 内容：①国が進めるICTの導入、実現場で利用する計測技術（座学） ②TS、GNSS3次元測量（実習） ③ICT建機（実習） ④建設VR体験 ⑤UAV空中写真測量（実習）

講師等：鈴木勇治プロジェクトリーダーほか

#### ■令和元年度除雪機械技術講習会（第6回）

月日：10月24日（木）  
 場所：帯広市（とちか館）  
 受講者：149名  
 内容：上記第5回と同じ

#### ■令和元年度除雪機械技術講習会（第7回）

月日：10月29日（火）  
 場所：札幌市（北海道建設会館）  
 受講者：150名  
 内容：上記第5回と同じ

## 東北支部



#### ■除雪講習会

③山形会場  
 月日：10月1日（火）  
 場所：山形県山形市 山形ビッグウイング  
 受講者：290名

#### ④新庄会場

月日：10月2日（水）  
 場所：山形県新庄市 新庄市民プラザ  
 受講者：140名

#### ⑤新庄会場

月日：10月3日（木）  
 場所：山形県新庄市 新庄市民プラザ  
 受講者：115名

#### ⑥横手会場

月日：10月8日（火）  
 場所：秋田県横手市 秋田ふるさと村  
 受講者：283名

#### ⑦秋田（1）会場

月日：10月9日（水）  
 場所：秋田県秋田市 秋田テルサ  
 受講者：173名

#### ⑧秋田（2）会場

月日：10月10日（木）  
 場所：秋田県秋田市 秋田テルサ  
 受講者：164名

#### ⑨奥州（1）会場

月日：10月17日（木）  
 場所：岩手県奥州市 奥州市文化会館  
 受講者：193名

#### ⑩奥州（2）会場

月日：10月18日（金）  
 場所：岩手県奥州市 奥州市文化会館  
 受講者：194名

#### ⑪宮古会場

月日：10月21日（月）  
 場所：岩手県宮古市 陸中ビル  
 受講者：116名

#### ⑫岩手（1）会場

月日：10月23日（水）  
 場所：岩手県滝沢市 岩手産業文化センター  
 受講者：342名

#### ⑬岩手（2）会場

月日：10月24日（木）  
 場所：岩手県滝沢市 岩手産業文化センター  
 受講者：347名

#### ⑭会津会場

月日：10月31日（木）  
 場所：福島県会津若松市 会津アピオ  
 受講者：323名

#### ■第3回 EE 東北 2020 30周年記念イベント「i-Construction 体験広場（仮称）」準備WG

月日：10月8日（火）  
 場所：事務局会議室  
 出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員長ほか11名  
 内容：①展示内容について ②費用負担について ③スケジュールについて

#### ■特殊工事現場研修会

月日：10月15日（火）～16日（水）  
 場所：岩手県宮古市川井第1地割60-14  
 出席者：齊藤貴之建設部会長ほか7名  
 内容：国道106号 川井地区トンネル工事視察

#### ■第1回 EE 東北 2020 実行委員会作業部会

月日：10月25日（金）（文書開催）  
 出席者：宮本典明東北技術事務所副所長ほか20名  
 内容：①EE東北'19 決算・監査報告 ②EE東北2020 組織（案） ③EE東北2020 実施方針（案） ④EE東北2020 予算（案）

## 北陸支部



#### ■けんせつフェア北陸 in 富山 2019（屋外展示場（ICT 特設会場））

月日：10月2日（水）～3日（木）  
 場所：富山産業展示館（テクノホール）  
 来場者：4,622名

#### ■除雪機械管理施工技術講習会（魚沼会場）

月日：10月7日（月）  
 場所：魚沼地域振興センター  
 受講者：234名

#### ■除雪機械管理施工技術講習会（上越会場）

月日：10月9日（水）  
 場所：上越商工会議所  
 受講者：123名

#### ■除雪機械管理施工技術講習会（新発田会場）

月日：10月10日（木）  
 場所：新発田市地域交流センター  
 受講者：76名

#### ■除雪機械管理施工技術講習会（富山会場）

月日：10月17日（木）  
 場所：富山県農協会館  
 受講者：76名

#### ■除雪機械管理施工技術講習会（長岡会場）

月日：10月21日（月）  
 場所：ハイブ長岡  
 受講者：148名

### ■除雪機械管理施工技術講習会(金沢会場)

月 日：10月23日(水)  
場 所：石川県地場産業センター  
受講者：70名

### ■除雪機械管理施工技術講習会(能登会場)

月 日：10月24日(木)  
場 所：のとふれあい文化センター  
受講者：68名

### ■除雪機械管理施工技術講習会(新潟会場)

月 日：10月31日(木)  
場 所：新潟県建設会館  
受講者：116名

### ■妙高市除雪作業安全講習会

月 日：10月31日(木)  
場 所：妙高市勤労者研修センター  
内 容：講師派遣(穂莉正昭技師長)  
受講者：約100名

## 中部支部

### ■第1回部会長・副部会長会議

月 日：10月24日(木)  
出席者：川西光照企画部会長ほか6名  
議 題：上期事業報告及び上期経理概況について

### ■高校生・大学生のためのICT講座

月 日：10月30日(水)  
場 所：名古屋工業大学  
参加者：都市基盤工学科40名  
講 師：国土交通省中部地方整備局 企画部施工企画課施工係長 近江明弘氏、サイテックジャパン(株)トレーニングスペシャリスト 鈴木勇治氏  
内 容：ICTを活用した最新測量技術の紹介等

## 関西支部

### ■福井河川国道事務所との意見交換会

月 日：10月1日(火)  
場 所：近畿建設協会福井支所 会議室  
参加者：松本克英事務局長以下38名  
内 容：①意見交換会の経緯および成果  
②受注者の点検整備業務履行における努力・工夫・課題等について ③点検性業務の履行における意見・要望等について

### ■建設業部会、リース・レンタル業部会、整備サービス業部会 合同見学会

月 日：10月2日(水)  
場 所：(株)クボタ枚方製造所  
参加者：瀬戸晴久建設業部会長、橋本宏治リース・レンタル業部会長以下25名  
内 容：製造ライン見学

### ■建設施工研修会

月 日：10月9日(水)  
場 所：建設交流館 グリーンホール  
参加者：75名  
内 容：第1部事例発表「近畿地方整備局における防災への取り組み」…近畿地方整備局 防災室長 木村佳則氏、第2部第52回建設施工映画会「フロート式プラスチックボードドレーン工法」など13編

### ■広報部会

月 日：10月9日(水)  
場 所：建設交流館 グリーンホール 控室  
出席者：河村謙介広報部会委員以下7名  
議 題：「JCMA 関西」について

### ■令和元年度 施工技術報告会 幹事会

月 日：10月10日(木)  
場 所：関西支部 会議室  
出席者：松本克英事務局長以下5名  
議 題：①前回議事録確認 ②発表論文の応募について ③講演原稿作成依頼について ④「令和元年講演開催報告文」について ⑤「まねがき」について

### ■建設用電気設備特別専門委員会(第454回)

月 日：10月16日(水)  
場 所：中央電気倶楽部 会議室  
議 題：①「JEM-TR121 建設工事用電機設備機器点検保守のチェックリスト」見直し検討 ②その他

### ■「建設技術展 2019 近畿」出展

月 日：10月23日(水)～24日(木)  
場 所：マイドームおおさか  
入場者：14,238人  
テーマ：情報化施工の普及促進

### ■近畿地方整備局との意見交換会

月 日：10月30日(水)  
場 所：キャッスルホテル  
参加者：深川支部長以下45名  
内 容：①情報提供 ②意見交換

## 中国支部

### ■i-Construction 説明者認定試験

月 日：10月15日(火)  
場 所：広島 YMCA 会議室  
受験者：29名

### ■i-Construction 説明者更新講習

月 日：10月15日(火)  
場 所：広島 YMCA 会議室  
参加者：29名

### ■第45回新技術・新工法発表会

月 日：10月28日(月)  
場 所：広島市まちづくり市民交流プラザ

参加者：53名

発表課題：【講話】①国土交通行政の最近の状況について…中国地方整備局企画部総括技術検査官 藤原宏志氏  
②中国地方整備局の新技術・新工法の取組について…中国地方整備局企画部施工企画課長 藤原優氏 【技術発表】  
①AI制御による不整地運搬車(クローラキャリア)の自動走行技術の開発…(株)熊谷組中四国支店 松本浩一氏  
②傷んだコンクリート系床版の高耐久な断面補修工法について…鹿島道路株営業本部営業部技術営業課 谷口綾氏  
③道の駅「赤来高原」を拠点とした自動運転サービス実証実験について…復建調査設計(株)総合計画部 安達誠氏

### ■除雪機械の運転技術講習会

月 日：10月29日(火)  
場 所：浜田市金城総合体育館(ふれあいジムかなぎ)  
参加者：74名

内 容：①除雪作業の安全確保と除雪機械の取り扱いについて…日本建設機械施工協会中国支部(株)トーワエンジニアリング 柳瀬健一郎氏 ②除雪機械毎の取扱い(現地実習：機械別)…日本建設機械施工協会中国支部・鳥根県建設業協会

### ■第7回土木機械設備技術研修会

月 日：10月30日(水)  
場 所：斐伊川放水路分流域、神戸堰  
参加者：19名  
内 容：①斐伊川放水路事業の概要について ②実地研修 ③意見交換・質疑応答

## 四国支部

### ■協賛事業「四国の道路を考える会」令和元年度総会

月 日：10月15日(火)  
場 所：高松合同庁舎南館101会議室(高松市)  
参加者：井原健雄会長ほか(四国支部からは長谷川修一支部長が出席)  
議 題：①平成30年度事業報告・収支決算報告等 ②令和元年度事業計画及び事業予算 ③その他

## 九州支部

### ■九州建設技術フォーラム 2019

月 日：10月8日(火)～9日(水)  
場 所：福岡国際会議場  
出席者：九州支部 支部長・事務局長  
内 容：①基調講演及び記念講演

②ブース展示／プレゼンテーション

③ポスターセッション

■第19回建設ロボットシンポジウム

月 日：10月9日（水）～10日（木）

場 所：北九州国際会議場

出席者：九州支部 支部長

内 容：セッション1：建設清算技術の高度化・高信頼化，セッション2：点検・維持管理，セッション3：アプリケーションと新領域，セッション4：建設清算について将来展望，セッション5：ロボット・キーテクノロジー，基調講演及びオーガナイズドセッション講演・ポスター発表

■令和元年度Ⅱ期 i-Construction（活用編）技術講習会（福岡会場）

月 日：10月18日（金）

場 所：福岡県自治会館 大会議室

受講者：101名

内 容：①国土交通省の i-Construction への取組み ② ICT 工事優秀施工者の実施体験講話（国土交通行政功労表彰） ③衛星測位の活用 ④ ICT 活用技術（出来形管理要領の解説と運用） ⑤ソフトウェアの効果的活用

■企画委員会

月 日：10月24日（木）

出席者：企画委員長ほか8名

議 題：①第2回運営委員会開催について ②令和元年度Ⅱ期 i-Construction

（活用編）技術講習会の実施状況

③建設行政講演会の開催について

④その他

■令和元年度Ⅱ期 i-Construction（活用編）技術講習会（長崎会場）

月 日：10月30日（水）

場 所：長崎県建設総合会館8階 大会議室

受講者：49名

内 容：①国土交通省の i-Construction への取組み ② ICT 工事優秀施工者の実施体験講話（国土交通行政功労表彰） ③衛星測位の活用 ④ ICT 活用技術（出来形管理要領の解説と運用） ⑤ソフトウェアの効果的活用



## 編集後記

平成から令和に年号が変わった節目の年となりました令和元年も残すところ僅かとなりました。5月の天皇陛下ご即位後、様々な儀式が執り行われております。令和元年10月22日の即位礼正殿の儀において、陛下より改めて「国民の幸せと世界平和を常に願う」とのお言葉を、戴くことができました。しかし、世界では紛争や衝突、核兵器開発などが行われるなど、平和な社会とは言い難い報道が続いています。日本から更なる平和への願いを発信して行かなければならないとの思いを感じた方が多数おられたのではないのでしょうか。ところで、天皇陛下は本号の特集テーマに関する海とも深い関係があられ、上皇陛下の時代から「豊かな海づくり大会」にご臨席されておられました。9月に開催された大会に参加された天皇陛下からの、「海の恵みと美しさを次世代に引き継いでいくことは、私たちに課せられた大切な使命」とのあいさつは、海に

囲まれた日本に住む私たちにとって、心に響くお言葉になりました。

さて、本号では、「港湾・海洋」という特集テーマで執筆をしていただきました。日本が抱えるエネルギー問題を解決すべく取り組まれている内容や港湾設備対策について国の施策についての情報、大規模な特殊施工や珍しい工法を採用した新しい港湾施設についての技術紹介、海岸線の防災を考慮した防潮堤整備事業の紹介、海洋に関する建設機械や海洋開発に従事する機械に関する新しい技術や船舶、システムなどについて発行できることとなりました。また、日本の海洋技術が世界でも高いレベルであるということを実証された、国際的な競技大会入賞についての報告も執筆いただくことができ、興味深い報文を紹介できることに、大変誇らしく感じております。

最後になりますが、ご多忙な中、大変貴重な原稿をご執筆いただいた方々に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

(松澤・飯田)

## 機関誌編集委員会

### 編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
田中 康順	中岡 智信
渡邊 和夫	

### 編集委員長

見波 潔 村本建設(株)

### 編集委員

小櫃 基住	国土交通省
竹迫 勝久	農林水産省
瀧本 順治	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
穴井 秀和	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
宇野 昌利	清水建設(株)
玉記 聡	(株)大林組
内藤 陽	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
松本 清志	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
竹田 茂嗣	鉄建建設(株)
副島 幸也	(株)安藤・間
松澤 享	五洋建設(株)
飯田 宏	東亜建設工業(株)
鈴木 貴博	日本国土開発(株)
斉藤 徹	(株)NIPPO
中川 明	コマツ
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン
花川 和吉	日立建機(株)
上田 哲司	コベルコ建機(株)
石倉 武久	住友建機(株)
新井 雅利	(株)加藤製作所
村上 進	古河ロックドリル(株)
太田 正志	施工技術総合研究所

### 事務局

(一社)日本建設機械施工協会

### 1月号「建設機械特集」予告

・建設機械の環境性能に関する一考察 ・除雪機械の高度化に関する取組 ・次世代型ブルドーザの開発 ・モータグレーダのカuttingエッジ摩耗と掘削抵抗に関する研究 ・ZX30U-5BマシンコントロールBL ・油圧ショベルSK75SR-7の先端技術と産廃対応技術 ・55t吊りクローラクレーンの開発 ・プラストホルドリルの稼働管理システム ・新たな山岳トンネル施工方法への挑戦 ・クレーン装置非分解型移動式クレーンの新技術と安全対策 ・バックホウの自律運転システムの開発 ・ICT活用による除雪機械の情報化施工技術開発 ・ロード開発史 ・ハックダム仮設備計画におけるICT技術の活用 ・理想的なエネルギー変換機構Zメカニズム

### 【年間購読ご希望の方】

①お近くの書店でのお申込み・お取り寄せ可能です。 ②協会本部へお申し込みの場合「図書購入申込書」に以下事項をもれなく記入のうえFAXにて協会本部へお申込み下さい。

…官公庁/会社名、所属部課名、担当者氏名、住所、TELおよびFAX

年間購読料(12冊) 9,408円(税・送料込)

## 建設機械施工

第71巻第12号(2019年12月号)(通巻838号)

Vol.71 No.12 December 2019

2019(令和元)年12月20日印刷

2019(令和元)年12月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 田崎 忠行

印刷所 日本印刷株式会社

## 発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

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

施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話(0545)35-0212
北海道支	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話(011)231-4428
東北支	〒980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18	電話(022)222-3915
北陸支	〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1	電話(025)280-0128
中部支	〒460-0002 名古屋市中区丸の内 3-17-10	電話(052)962-2394
関西支	〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4	電話(06)6941-8845
中国支	〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22	電話(082)221-6841
四国支	〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22	電話(087)821-8074
九州支	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30	電話(092)436-3322

本誌上への  
の広告は



有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F TEL: 03-3664-0118 FAX: 03-3664-0138

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

# “建設機械施工” 既刊目次一覧

2019年1月号(第827号) ~ 2019年12月号(第838号)

2019年1月号(第827号)

表紙写真

次世代ポンプ浚渫システムを搭載した「筑波丸」

写真提供: 東洋建設(株)

## 建設機械 特集

- ◆巻頭言  
新年のご挨拶  
—少量多品種生産の時代における建設業— …田崎 忠行 /4
- ◆行政情報  
建設施工分野における新たな取り組み …国土交通省総合政策局公共事業企画調整課施工安全企画室 /5
- ◆行政情報  
i-Constructionに関する取り組み  
国総研におけるICT活用工事実現・普及に向けた取り組み …小塚 清 /11
- ◆行政情報  
土木研究所におけるAIに関する技術研究開発の取り組み …有田 幸司 /17
- 生産性向上およびICTにより商品力を向上したオフロードダンプトラックの開発 HD1500-8 …森山 智之 /22
- 先進大型油圧ショベルの開発 …杉村 健二 /27
- 新型ホイールローダの開発  
ホイールローダ ZW100-6 …石井 隆 /33
- テレスコピックブームクローラクレーン TK550G (55t × 3m) …中澤 亨 /38
- 新型オールテレコンクレーン  
最大つり上げ荷重 300t KA-3000R …近藤 康博 /44
- 大口径アースドリル SDX612 …橋沢 淳一 /52
- 新型アスファルトフィニッシャー F45CJ5, F45C5の紹介 …徳田 憲作 /56
- ポンプ浚渫のスマート化による次世代ポンプ浚渫システム TOP-SYSTEM-Auto …草刈 成直 /61
- 横型2連矩形掘進機を使用したEX-MAC工法による地下通路の施工実績  
難条件下における矩形シールドの施工実績 …宇留島 千明 /65
- 大深度立坑用掘削土砂垂直搬送コンベヤ「スパイラル式パーチカルコンベヤ」の紹介 …片股 博美 /72
- 重ダンプトラックの変遷史 …岡本 直樹 /77
- ◆ざいそう 登山道から歴史と建設を感じる …北山 孝 /85
- ◆JCMA 報告  
「平成30年度 建設施工と建設機械シンポジウム」開催報告 … /87
- ◆部会報告 ISO/TC 127/SC 2/WG 国際作業グループ会議報告 … /91
- ◆部会報告 コマツ IoT センタ見学会報告 …機械部会 /98
- ◆新工法紹介 …機関誌編集委員会 /100
- ◆新機種紹介 …機関誌編集委員会 /102
- ◆統計 建設機械産業の現状と今後の予測 …機関誌編集委員会 /105
- ◆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 /110
- 行事一覧 (2018年11月) … /111
- 編集後記 …(上田・小倉) /120

2019年2月号(第828号)

表紙写真

秋田国見山第一風力発電所における風力発電設備の建設工事

写真提供: くろしお風力発電(株)

## 地球温暖化対策, 環境対策 特集

- ◆巻頭言  
利己的に考えても企業は積極的に気候変動対策を …沖 大幹 /4
- ◆行政情報  
建設施工分野における地球温暖化対策 …北川 順 /5
- ◆行政情報  
気候変動への適応 気候変動がもたらす我が国の危機に総力で備える …東 佑亮 /10
- ◆行政情報  
再生可能エネルギーの主力電源化に向けて …外山 喜彦 /14
- 下水道法改正後大規模な地域全体の下水熱回収システム導入 長野県諏訪市の地域災害拠点病院におけるエネルギーサービス事業 …柘植 康司 /22
- 養液循環型栽培方式による省管理型壁面緑化システムの開発 …屋下 亮泉 /27
- 地中熱交換器内蔵既製コンクリート杭適応性及び環境性に優れた地中熱交換杭「Hybrid Pile MS」の共同開発 …賀川 昌一 /32
- 乾燥スラッジ微粉末を用いた低炭素コンクリートの開発 …瀬川 晴基 /36
- 環境に配慮したダム設備冷却システム アースカラークールシート …黒川 晋平 /41
- 紙素材の土木現場への適用 …岩井 一将 /45
- 掘削段階に応じたトンネル発破音低減システムの開発 ANCによる低周波音局所制御システムと多孔質材による可聴音低減システム …阿部 将幸 /51
- アクティブノイズコントロールを用いた騒音の低減技術 ミュート, ミュートハイブリッドパネルの開発 …太田 稔学 /56
- オンサイトで重金属汚染土壌の全量再生を実現する M・トロン …荒崎 拓也 /63
- 大豆ホエーを用いたバイオレメディエーション技術 …田中 宏幸 /68
- オフロード法適合車の開発 トンネルずり出し用重ダンプトラックの紹介 …宮下 哲一 /72
- フィールドビューモニタ「FVM2」周囲監視装置 …加藤 英彦 /76
- ◆交流のひろば  
地球温暖化防止活動の取組状況 …木場 和義 /83
- ◆ざいそう 建機ミニチュアの世界 …杉山 誠 /86
- ◆ざいそう 雲海を求めて …神田 昭憲 /88
- ◆部会報告 ISO/TC 195 ドイツ・ハンブルク国際会議及びCEN/TC 151/WG 8 フランクフルト会議報告 …標準部会 /90
- ◆部会報告 そのま 九州新幹線彼杵川橋りょう工事見学会報告 …機械部会 /103
- ◆新工法紹介 …機関誌編集委員会 /105
- ◆新機種紹介 …機関誌編集委員会 /107
- ◆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 /110
- 行事一覧 (2018年12月) … /111
- 編集後記 …(加藤・川井) /120

2019年3月号(第829号)

表紙写真

「重機オペレーター技能競技大会」におけるエキシビジョンマッチ  
写真提供：岩手県建設業協会

土工事 特集

- ◆巻頭言 「下町ロケット」から土工の ..... 深川 良一 /4  
無人化施工を考える
- ◆行政情報  
ICT活用工事のさらなる普及促進  
関東地方整備局におけるICT活用工事の  
取組報告 ..... 中山 利美 /5  
中山 真一
- 官民が所有する地盤情報の収集・共有化に向けて ..... 石川 誉大 /10
- 3次元データを活用した大規模土工の ..... 坂崎 信夫 /15  
見える化を実現
- 釜石市中央ブロック復興整備事業での盛土材の ..... 安間 正明 /20  
現地製造 釜石市復興整備事業での取組 ..... 坂市 川 信貴
- 福島県藤沼ダム堤体の震災後の復旧工事 ..... 三反 勇夫 /25  
飽和度管理による高品質な盛土の施工 ..... 龍岡 文浩  
邊浦 樹亨
- 12段長大切土工における3次元データの ..... 齊藤 亮祐 /32  
活用とのり面の長期安定対策工 ..... 小野 和正  
今早 川 城
- 土工のあゆみ 略史：古代から現代まで ..... 岡本 直樹 /38
- 水理模型実験による橋台背面盛土の ..... 御殿 公平 /46  
崩壊メカニズムと対策工に関する検討 ..... 川尻 貴之  
川 之
- 高圧噴射攪拌工法による矩形改良体を ..... 田島 屋村 /56  
活用した液状化対策工法と施工事例 ..... 阿部 宏 司  
淳 幸
- 機械攪拌工法による既設建物直下地盤の補強 ..... 藤原 齊郁 /61  
WinBLADE<sup>®</sup>による固化体の造成 ..... 石井 裕 泰  
原 裕 泰
- 液状化地盤における橋台基礎の ..... 大住 道生 /66  
耐震性能評価方法と耐震対策技術の開発 ..... 谷本 俊輔  
加藤 篤 史
- 脈状地盤改良による液状化対策工法 ..... 石橋 利倫 /73  
大滝井 西沢 明  
滝井 澤 聡
- ICTを活用した地盤改良工法の ..... 菅木 章悟 /82  
新施工管理システム Visios-3D ..... 鈴伊 藤 彦  
伊 藤 彦 史
- ジオグリッドおよび短繊維混合補強砂を用いた ..... 森本 泰樹 /87  
のり面表層保護工 ..... 吉野 英 次  
GTフレーム工法<sup>®</sup>の開発と適用事例
- 樹脂製受圧板を用いた地山補強土工の ..... 山岸 昂平 /92  
凍上対策に関する検討
- ◆交流のひろば  
「重機オペレーター技能競技大会」を初開催 ..... 村上 純也 /98  
会員企業に所属する重機オペレーターが  
運転・操作の技能を競う
- ◆ざいそう 模型から本物に ..... 佐々木 稔 /102
- ◆部会報告  
第22回 機電技術者意見交換会報告 ..... /105
- ◆新工法紹介 ..... 機関誌編集委員会 /113
- ◆新機種紹介 ..... 機関誌編集委員会 /115
- ◆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 /116
- 行事一覧 (2019年1月) ..... /117
- 編集後記 ..... (中村優・鈴木) /126

2019年4月号(第830号)

表紙写真

石膏ボード壁面施工を行う人間型ロボット試作機 HRP-5P  
写真提供：(国研)産業技術総合研究所

建築 特集

- ◆行政情報  
国土交通省におけるBIM/CIMの普及・促進 ..... 那須 大輔 /4
- ◆行政情報  
官庁官繕事業における生産性向上に係る ..... 山田 剛 /10  
取り組み i-Construction 建築分野にも拡大
- 鉄骨工事における自動化施工技術に関する ..... 鈴木 信也 /16  
開発 揚重作業の効率化と安全性確保
- 建設工事における鉄骨現場溶接作業の自動化 ..... 梅津 匡一 /24  
と課題 角形鋼管柱および溶接組立 ..... 箱型断面柱の自動溶接工法の開発
- 人間と同じ重労働が可能な人間型ロボット試作機 ..... 阪口 健 /32  
HRP-5Pの開発 建築現場や航空機・船舶など ..... 大型構造物組立での実用化を目指して
- 建築分野における3Dモデリング ..... 西木 乃浩 /40  
寺 輔 紀
- AOA方式を利用した屋内測位システムと ..... 趙竹 添明 /45  
その事例紹介
- BIMとデジタル測定機器を連携させた設備 ..... 園田 真吾 /51  
検査手法の構築 設備測定記録書の自動作成 ..... による省人化・省力化を実現
- BIMモデルの活用による昇降機計画の効率化 ..... 梅木 偉斗 /58  
昇降機 BIMモデルの利用によるレイアウト ..... 検討・関係者間合意形成の効率化
- 建設業界におけるVR/ARの取り組みと ..... 真柄 毅 /62  
活用事例
- 安全教育におけるVRの活用 ..... 小林 和哉 /67  
建築現場安全教育 VR ..... 高田 直 紀
- 建設工事写真管理におけるIT活用整備と ..... 石井 清 /72  
自動処理化の取組み 「写真の達人」の構築と ..... システムの機能拡張の取組み
- 中大規模の木造建築を念頭にした ..... 松岡 直人 /78  
CLT床の開発
- ◆投稿論文 建設機械から排出される ..... 吉永 弘志 /82  
温室効果ガスの亜酸化窒素とメタンの ..... 概況把握を目的とした排出ガスの測定
- ◆交流のひろば 建設機械のデザイン変遷 ..... 前原 健男 /91
- ◆ざいそう 仕事始め ..... 諏訪 昇 /97
- ◆ざいそう 野菜づくり ..... 原尻 克己 /98
- ◆JCMA 報告  
平成30年度 (一社)日本建設機械施工協会研究開発助成 ..... 助成対象とする研究開発の決定のお知らせ /100
- ◆部会報告  
住友建機(株)千葉工場 ..... 機械部会路盤・舗 /101  
JFEスチール(株)東日本製鉄所千葉地区 ..... 装機械技術委員会  
見学会報告
- ◆新工法紹介 ..... 機関誌編集委員会 /103
- ◆新機種紹介 ..... 機関誌編集委員会 /106
- ◆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 /110
- 行事一覧 (2019年2月) ..... /111
- 編集後記 ..... (佐藤・新井) /120

2019年5月号(第831号)

表紙写真

リフトアップバジ大ブロック一括架設

写真提供: (株) IHI インフラシステム

橋梁特集

- ◆巻頭言  
既設橋の安全性のレベルについて議論を……奥井義昭 / 4  
始めよう
- ◆特別対談  
建設産業の生産性革命と建設機械産業の役割……佐藤のおあき / 5  
国土づくりそして人づくり 平野耕太郎
- ◆行政情報  
道路橋のメンテナンスサイクルにおける……石田雅博 / 11  
AI技術の活用
- スパンバイスパン架設工法&プレキャスト  
セグメント桁製作 ……園田強介 / 15  
新名神高速道路鈴鹿高架橋他1橋 松下谷善明  
(PC上部工) 工事 熊
- 橋梁上下部工事での省力化施工……諸橋明 / 20  
新名神高速道路 武庫川橋 村尾光則
- ロアリング工法による ……角本周 / 26  
コンクリートアーチ橋の施工 落崎政直
- リフトアップバジ大ブロック一括架設……川森泰一郎 / 31  
運河の奥へ、忍び込む 中村善彦
- 北陸新幹線、福井高柳高架橋他 押し出し架設…小永浩二 / 37
- 橋梁上部工事のCIM活用と品質向上への取組み…越智寿一 / 43  
多伎・朝山道路 口田儀第4高架橋 PC 上部工事
- 低空頭ウォータージェットによる効果的な ……鈴木英之 / 49  
コンクリート除去技術 Hydro-Jet RD 工法 ……佐吉 伸助  
におけるウォータージェット装置の開発
- 狭い幅員の橋梁点検・補修用移動式足場の ……藤田全彦 / 55  
開発 車両通行を妨げずに作業を可能とする…野村 重俊  
ブリッジハンガー
- 構造物点検のための音波照射加振による ……杉本恒美 / 60  
遠距離非接触音響探査法 30m を超える ……歌川 美之彦  
高さの橋梁床版に対する適用性検討
- PC 単純下路桁鉄道橋の架替え工事 ……岩元篤史 / 66  
京王井の頭線 下北沢駅改良工事 山口田 卓徳
- レーザ振動計とドローンを用いた ……上半文昭 / 72  
鉄道橋検査技術
- 鋼橋の塗装塗替長期化に向けた取り組み事例 杉田悠貴 / 78  
鋼橋に存在する維持管理困難部位と腐食の ……香川紳一郎 / 78  
要因別損傷傾向 伊礼 幸
- ◆交流のひろば  
コンクリートチッピングマシンの開発……池田俊明 / 84
- ◆ずいそう  
地方創生に想う 誇りを取り戻す……大田弘 / 87
- ◆ずいそう  
どうなる私のモビリティライフ……古館利幸 / 89
- ◆新工法紹介……機関誌編集委員会 / 90
- ◆新機種紹介……機関誌編集委員会 / 92
- ◆統計 平成31年度 公共事業関係予算 ……機関誌編集委員会 / 95
- ◆統計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移…機関誌編集委員会 / 100
- 行事一覧 (2019年3月) …… / 101
- 編集後記……(宮川・太田) / 110

2019年6月号(第832号)

表紙写真

球形ガスホルダーの革新的な解体工法の開発

写真提供: ベステラ(株)

解体・リサイクル・廃棄物処理 特集

- ◆グラビア ドイツ・ミュンヘン国際建設機械見本市写真集… / 4
- ◆巻頭言  
真剣かつ早急に対応すべき大規模災害に……島岡隆行 / 12  
おける被災家屋の解体と適正処理
- ◆行政情報  
建設残土の不法投棄問題に関する一考察……直原史明 / 13
- ◆行政情報  
福島県内の除去土壌等の取組を中心とした…山田浩司 / 17  
東日本大震災復興の取組
- ◆行政情報  
建設業法における技術者制度と解体工事業…国土交通省 / 24  
国土建設業 土業局 建設課
- 発破によるコンクリート構造物撤去  
施工結果を次段階施工へフィードバックして、…宮地利宗 / 30  
ダム本体撤去を効率化
- 余盛コンクリートを瞬間破碎する ……中村隆寛 / 37  
杭頭処理工法 ……柳田 克巳  
鹿島 カット&クラッシュ工法 福島 隆
- 超高強度繊維補強コンクリート床版を用いた  
高速道路入路における床版取替の施工実績…菅野雄彦 / 43  
1車線幅での床版取替え工事に対応した 大村 西岸 聖  
専用架設機の開発
- 熊本市内で発生した被災家屋解体廃棄物の  
中間処理完了 ……花村陽人 / 48  
分別解体の促進と広域処理により ……西角 良佳  
リサイクル率75.7%を達成
- 都市部解体作業の生産性向上を目指して……傳田望 / 55  
SK170-10 階上解体仕様機
- 発電所リニューアルへの低振動・低粉じん  
コンクリート解体工法の適用 ……原田竜也 / 61  
スロットスターを用いたSD工法による ……橋高 豊明  
基礎コンクリートの解体
- 球形ガスホルダーの革新的な解体工法の開発  
リング皮むき工法と溶断ロボット ……関谷竜一 / 67  
りんご☆スター
- 3Dモデルを用いた内部構造の可視化による  
特殊設備の解体 ……岡野直幹 / 69  
吊り下げボイラー設備の解体事例
- ◆ずいそう 「晴耕雨読弾」と「雪山」……長沢敏一 / 73
- ◆ずいそう 東北めぐり……齋藤貴之 / 75
- ◆JCMA 報告  
国際建設機械・建設資材製造機械・小野秀一 / 77  
鉱業機械・建設車両・関連機器専門見本市…永 沢 薫  
(bauma 2019)  
第65回欧州建設機械施工視察団 視察報告
- ◆部会報告  
平成30年度第2回若手現場見学会 ……建設業部会 / 86  
新東名高速道路  
ぐみ沢下高架橋(PC上部工) 工事
- ◆部会報告  
東京外かく環状道路トンネル現場見学会 ……機械部会 / 88  
トンネル機械 技術委員会
- ◆トビックス  
大河ドラマ「いだてん」の撮影協力……相田尚 / 91  
『リアル人足』
- ◆新工法紹介……機関誌編集委員会 / 95
- ◆新機種紹介……機関誌編集委員会 / 97
- ◆統計 主要建設資材価格の動向……機関誌編集委員会 / 99
- ◆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 / 103
- 行事一覧 (2019年4月) …… / 104
- 編集後記……(内藤・石倉) / 108

2019年7月号 (第833号)

表紙写真

新コンセプトのキャブレス無人ダンプ車両  
(2016年の米国展示会における実機展示の様子)

写真提供：コマツ

IoT, AI, ビッグデータ 特集

- ◆巻頭言  
施工のデジタルトランスフォーメーションで…四 家 千佳史 /4  
実現する未来の建設現場
- ◆行政情報 データ活用による建設現場の…佐 藤 重 孝 /5  
生産性向上
- ◆行政情報 地理院地図…佐 藤 壮 紀 /9
- 無人建機による自律施工がもたらす未来の…四 家 千佳史 /12  
建設現場 村上 千数 哉
- 建設機械整備、保全における AI、ビッグデータ…鈴木 純 /17  
活用の取り組み 高齡化、人材不足問題を IT、 木谷 有 純  
OTの融合により解決を図る 角 有 聡
- MMSによる土工現場の出来形計測と新たに…早 川 健太郎 /22  
考案した精度管理手法 白 石 宗一郎
- 工事施工データ等の基盤情報を有効活用する…白 崎 義 則 /27  
AI 技術
- 建設機械の自動化による次世代建設生産システムの開発  
A/CSEL (クワッドアクセル) によるダム堤体本格的 … 田 中 秀 昭 /32  
盛り立て実施
- 深層学習を用いた油圧ショベル自動制御システムの  
開発事例 油圧ショベルが無人かつ自律的に施工を…西 村 弘 平 /37  
行う現場を目指して 富 山 翔 司
- 自律飛行型ドローンと AI を活用した  
トンネル発破施工の最適化 NATM 発破 … 中 林 雅 昭 /44  
良否判定システム『Blast Eye/AI』 杉 山 章 崇
- クレーン等の音声操作システム…洗 光 範 /49
- 力触覚伝達遠隔操作システムと AI を連携…大手山 亮 /54  
ロボット自律化に新手法 廣 木 正 行
- 山岳トンネル切羽評価 AI システムによる … 畑 浩 二 /61  
生産性向上 中 岡 健 二
- 複合現実技術を用いた建設業の生産性向上  
「Holostruction」開発による施工検査の … 青 木 悠 /66  
効率化と事業トレーサビリティ向上
- ◆交流のひろば  
CIにみる ICT 施工の未来 … 岡 本 直 樹 /70
- ◆ずいそう ブラジル…船 戸 正 啓 /74
- ◆ずいそう  
田園風景の想い スマート農業と建設業…水 澤 和 久 /76
- ◆JCMA 報告  
日本建設機械施工大賞 受賞業績 … /78
- ◆部会報告  
新東名高速道路高取山トンネル西工事…機 械 部 会 /86  
現場見学会報告
- ◆新工法紹介…機関誌編集委員会 /88
- ◆新機種紹介…機関誌編集委員会 /92
- ◆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 /94
- 行事一覧 (2019年5月) … /95
- 編集後記…(岡本・中川) /98

2019年8月号 (第834号)

表紙写真

北陸新幹線九頭竜川橋りょう  
全国初の新幹線と道路の併用橋として下部工一体構造の橋りょう

写真提供：鉄建建設株

都市高速鉄道, 国内, 海外の鉄道工事 特集

- ◆巻頭言 技術開発成果の共有…野 澤 伸一郎 /4
- ◆行政情報  
「国土交通省インフラシステム海外展開 …安 達 将 太 /5  
行動計画 2019」を決定
- 新技術によりシールド工法と SENS の併用を…金 子 伸 生 /11  
実現 相鉄・東急直通線、羽沢トンネル
- 今年度の鉄道建設業務と九州新幹線…藤 田 航 平 /16  
(武雄温泉-長崎間)の駅デザイン
- 日本の ODA で建設が進む、…石 原 義 之 /22  
ホーチミン市都市鉄道1号線
- ミャンマー国ヤンゴン・マンガレー鉄道…長 澤 一 秀  
整備事業スタート ユ イ ン ヨ ン  
ラッタナクル /29  
ナレントール 菊 入 崇
- 高輪ゲートウェイ駅新設工事…牧 野 俊 司 /37  
田 中 倉 大 徹
- 東海道新幹線における土木構造物の  
維持管理および大規模改修による予防保全…丸 山 真 一 /43
- メンテナンスの革新  
レール探傷車による探傷検査技術の向上…小 林 貴 瑠 /48  
村 上 邦 宏
- 北陸新幹線九頭竜川橋りょうの施工  
新幹線と道路の併用橋として下部工が…平 田 惣 一 保 /53  
一体となった構造 畠 中 本 淳
- 営業線直下における4線地下式の…村 上 達 也 /59  
線増連続立体交差化工事 尾 関 孝 人  
熊 谷 翼
- 渋谷駅改良工事に  
ストランド場所打ち杭工法を採用…鈴 木 健 一 /66  
堀 山 野 弘 一
- 鉄道工事に利用される軌陸機械…貝 吹 務 /73
- 地震検知から最短1秒で警報出力  
地震時に迅速に列車を減速・停止させる…岩 田 直 泰 /78  
是 山 永 本 宏 六
- 工事用の蒸気機関車小史…岡 本 直 樹 /83
- ◆投稿論文  
無人化施工現場におけるクローラダンプの…阪 東 茂 大 /90  
自律走行システムの構築と実験 長 谷 田 忠 信  
北 原 成 一郎
- ◆交流のひろば ブラジルでの事業…浦 添 宏 /100
- ◆交流のひろば  
列車見張員の現場で役立つ異常時訓練…篠 川 和 春 /104  
列車見張員シミュレータの紹介
- ◆ずいそう  
JR東海 超電導リニア 体験乗車記 … 佐 山 伸 樹 /107
- ◆ずいそう 二枚の写真…鈴 木 力 /110
- ◆JCMA 報告  
一般社団法人日本建設機械施工協会 … /112  
第8回通常総会・創立70周年記念式典開催
- ◆部会報告 除雪現場見学会報告…機 械 部 会 除 雪 /114  
機 械 技 術 委 員 会
- ◆新工法紹介…機関誌編集委員会 /118
- ◆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 /119
- 行事一覧 (2019年6月) … /120
- 編集後記…(中村・竹田) /124

2019年9月号(第835号)

表紙写真

西鉄天神大牟田線(雑餉隈~下大利間)の高架化工事

写真提供:清水建設(株)

建設施工の生産性向上, コスト縮減 特集

- ◆巻頭言 BIM/CIMを利用した生産性向上...矢吹信喜 /4
- ◆行政情報 ICT 施工導入協議会 .....二瓶正康 /5
- インフラ維持管理におけるデータサイエンス活用による生産性向上.....湧田雄基 /10
- GNSSを活用した土木工事の生産性向上  
高精度衛星測位の現状と都市土木への活用事例...岡本修 /17
- 建設工事へのプレキャスト製品活用の現状.....伊達重之 /25
- センサ活用インフラ維持管理の情報基盤が実現する  
生産性向上 スマートインフラセンサポータルの  
構築を目指して .....澤田雅彦 /37
- ビーコンを活用した安全リマインドツールで...宇野昌利 /44  
生産性向上
- 紙素材を活用した生産性向上とコスト縮減.....宮瀬文裕 /48
- レーザースキャナによるトンネル出来形管理技術  
トンネル出来形管理システム「出来形マイスター」...須佐見朱加 /53  
の活用
- スマートフォンアプリを利用した.....森浜哲志 /58  
コンクリート品質管理システム
- 360度パノラマ画像を使用した効率的な  
屋内現況図作製手法  
T-Siteview<sup>®</sup> Drawの開発とリニューアル .....柳本貴司 /63  
改修工事への適用
- 自動走行による床面コンクリートひび割れ.....近藤祐輔 /69  
検出口ボットの開発
- 地盤改良リアルタイム施工管理システムの  
機能拡張 杭・地盤改良工事の一元化・  
見える化システム「Te-PEAR」の提案 .....池田直広 /74
- 建築現場におけるリアルタイム位置情報システムの構築.....川島慎吾 /78  
妹尾悠貴  
天沼徹太郎
- ◆交流のひろば 国際開発とSDGs .....遠藤和重 /85
- ◆ずいそう 勝手に松本隆論.....岩本英司 /89
- ◆ずいそう ほぼ毎日の池田五月山.....加藤晃 /91
- ◆部会報告 機械部会除雪機  
「ロータリ除雪車の安全性向上」活動報告 .....機械技術委員会 /94  
ロータリ分科会
- ◆新工法紹介.....機関誌編集委員会 /99
- ◆新機種紹介.....機関誌編集委員会 /103
- ◆統計 建設企業の海外展開 .....機関誌編集委員会 /107
- ◆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 /110
- 行事一覧(2019年7月)..... /111
- 編集後記.....(京免・宇野) /114

2019年10月号(第836号)

表紙写真

阿蘇大橋地区斜面防災対策工事

写真提供:国土交通省九州地方整備局 熊本復興事務所

防災, 災害対応, 復旧, 復興, 国土強靱化 特集

- ◆巻頭言 防災の本質は命を守ること  
技術や情報が真に人々の中で活かされるために .....海堀正博 /4
- ◆行政情報 平成30年の土砂災害 .....安藤詳平 /5
- VR技術を用いた災害情報の共有 .....房前和朋 /9
- 土砂災害警戒避難のための線状降水帯等の.....野村康裕 /15  
自動抽出システム
- リアルタイム浸水予測情報の活用  
都市域における浸水被害の防止・低減に向けて.....瀬能真一 /20  
板垣修
- リアルタイム津波浸水被害予測システムの.....鈴木崇之 /28  
開発と運用 田野邊陽
- 鉄筋コンクリート構造物用の大地震対応  
TMDの開発 セミアクティブ制御により .....中栗井野武彦 /32  
建物の振動周期の変動に対応
- 超硬質地盤に適応した深層混合処理工法の開発...田中肇一 /37  
CI-CMC-HG工法 伊藤武田尚也
- 災害対応の役割も果たす海底ケーブル敷設船...伊藤環 /41  
「きずな」
- 堤体盛土工事におけるICT建設機械の活用と...藤木栄治 /48  
その課題 桐 泰希
- 大規模崩壊斜面における対策工とCIMの実施  
阿蘇大橋地区斜面対策工事における  
「のり面CIM」の開発と適用 .....石濱茂崇 /54  
江口秀典  
山上直人
- 大槌町復興事業におけるまちのデザイン.....平井一男 /59
- 熊本市民病院再建事業の早期開業に向けた.....中村敦史 /66  
工期短縮の取り組み事例
- ◆投稿論文 立清山耕平 /71  
建造物解体現場における高強度繊維織物を...酒井芳夫  
利用した飛散防止シートの開発 田上浩之
- ◆交流のひろば 大山浩治 /79  
女性目線を活用した中小建設業者の強靱化...古江早苗 /79  
~なでしこBC連携~ 佐藤佳世
- ◆ずいそう 定年後の生活と趣味.....立石洋二 /83
- ◆ずいそう 深圳訪問記.....荒谷悦嗣 /85
- ◆新工法紹介.....機関誌編集委員会 /88
- ◆新機種紹介.....機関誌編集委員会 /90
- ◆統計 令和元年度 建設投資見通し.....国土交通省 総合政策局 情報政策課 /94  
建設経済統計調査室
- ◆統計 令和元年度 主要建設資材需要見通し.....国土交通省 土地・建設産業局 建設市場整備課 /100
- ◆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 /104
- 行事一覧(2019年8月)..... /105
- 編集後記.....(斉藤・赤坂) /108

2019年11月号(第837号)

協会70周年 特集

- ◆グラビア 創立70周年記念式典 ..... /4
- ◆巻頭言  
異分野融合による新たな価値創造へ ..... 田崎 忠行 /6
- ◆特別寄稿  
日本建設機械施工協会創立70周年に寄せて ..... 山田 邦博 /8
- ◆記念式典  
創立70周年記念式典・記念講演会・記念祝賀会の開催 ..... /11
- ◆記念講演会  
社会基盤マネジメントの課題と将来展望 ..... 小澤 一雅 /17
- ◆記念インタビュー  
異分野技術と若い力が集う場に建設施工の未来が生まれる ..... 建山 和由 /27
- ICTが建設機械施工を変える—基本は、安全、生産性、環境 ..... 大橋 徹二 /33
- 情報化技術の発展とともに夢を持てる ..... 小原 好一 /39
- 建設業界を目指して
- 多様な現場に最適なノウハウを提供出来る ..... 外村 圭弘 /44
- 建設機械レンタル業を目指して
- ◆寄稿 ..... /50
- ICT技術が踏み出した一歩 ..... 辻 靖三
- これからの日本建設機械施工協会への期待 ..... 松隈 宣明
- 名称の変遷への思い ..... 見波 潔
- 技術開発最前線 ..... 今田 徹
- 協会活動の思い出と今後への期待 ..... 小林 真人
- そもそも70周年 ..... 石倉 武久
- 協会活動と建設業界での40年間の思い出 ..... 館岡 潤仁
- 日本建設機械施工協会でのコレクティブ・インパクトの記憶 ..... 坪田 章
- 創立70周年に寄せて ..... 篠原 慶二
- 建設業界の中のレンタル業としての存在と役割 ..... 隼 直毅
- ◆部会活動の歩み
- i-Construction (ICT 施工) の推進に向けた情報化施工委員会の取り組み ..... /69
- 標準部会の歩みと今後の展望
- 建機協50周年から70周年の活動を中心に ..... /77
- 施工部会の活動と今後 ..... /86
- 機械部会活動の歩みと今後の展望 ..... /89
- 機関誌編集と建設業部会の活動 ..... /96
- 製造業部会活動の歩みと今後の展望 ..... /100
- 歴史を継承し(つなぎ)、未来を創造する(つくる) ..... /102
- ◆建設機械施工の変遷
- 平成の土工機械 ..... /103
- 舗装機械の変遷と最近の技術動向 ..... /111
- 自由断面掘削機の経緯と発展の歴史 ..... /118
- コンクリート機械の変遷 ..... /127
- 基礎工事用機械の変遷と最近の技術動向 ..... /135
- 除雪機械の変遷と技術動向 ..... /144
- 建設機械施工技術の移り変わり(情報化施工・ICT 施工) ..... /157
- ◆施工技術総合研究所の活動
- 施工技術総合研究所の研究理念とこれまでの取り組み ..... /164
- トンネル技術分野の取り組み ..... /166
- 橋梁技術分野の取り組み ..... /173
- 機械施工技術分野の取り組み ..... /179
- ◆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 /186
- 行事一覧(2019年9月) ..... /187
- 編集後記 ..... (渡辺和弘) /192

2019年12月号(第838号)

表紙写真

東京臨港港道路南北線沈埋トンネル 最終函(6号函)沈設

写真提供:五洋建設株

港湾・海洋 特集

- ◆巻頭言 我が国における洋上風力発電の導入拡大に向けて ..... 岩波 光保 /4
- ◆行政情報 再エネ海域利用法に基づく促進区域指定及び占用公募制度の運用 ..... 伊藤 直樹 /5
- ◆行政情報 港湾の堤外地等における高潮対策 港湾の堤外地等における高潮リスク低減方策ガイドラインの改訂 ..... 森田 祐輝 /11
- 鋼板セル工法による次期処分場護岸建設工事の施工実績 潮流等を考慮した護岸締切部の施工 ..... 森小 恭介 /16
- 東京臨港港道路南北線沈埋トンネル沈設トンネル工事の施工 ..... 西村 行雄 /21
- 中防内5号線橋りょう他整備工事アーチ橋の台船ロールオンと一括架設 ..... 原時 泰夫 /27
- 洋上風力建設に対する取り組み ..... 竹嶋 竜司 /27
- 白萩 哲次 /30
- 枝原 弘介 /30
- ニューマチックケーソン工法による海上橋梁下部工事の施工 川崎臨港道路 東扇島水江町線(MP4)橋梁下部工事 ..... 遠藤 智成 /37
- 水中建設機械を対象とした作業情報呈示システムの検討 ..... 平林 丈嗣 /43
- 浜松市沿岸域 防潮堤整備の紹介 ダム技術“CSG工法”を用いた海岸防潮堤の施工方法 ..... 高田 剛志 /49
- 徳寺 知史 /49
- 800t吊SEP型多目的起重機船 CP-8001 ..... 高倉 遼矢都 /54
- 高品質の生コンを供給する環境対応型コンクリートミキサー船 海洋土木工事のノウハウを注ぎ込んだ「第三十六豊号」の建造 ..... 島田 喜章 /60
- ケーソン自動制御据付システムの開発による海上工事のICT取組 ..... 和田 眞幸 /64
- 和加 直陽 /64
- 海山 利 /69
- 石田 和利 /69
- ◆投稿論文
- 建設機械による実機実験法に関する考察 ..... 藤野 健一 /75
- 一油圧ショベルの遠隔操作等を対象として ..... 山田 元貴 /75
- 内田 信一
- ◆交流のひろば
- Team KUROSHIO ロボットで深海探査に挑む ..... Team KUROSHIO (チームクロシオ) /82
- ◆ずいそう 私たちのダイビング歴 ..... 加藤 謙 /88
- ◆ずいそう 雲上の頂に魅せられて ..... 山邊 義修 /90
- ◆国土交通省報告
- 田瀬ダムの高圧放流設備 ..... 齋藤 清見 /94
- (一社)日本機械学会2019年機械遺産認定 ..... 齋藤 清見 /94
- ◆JCMA 報告
- JCMA 西脇徹郎氏 経済産業大臣表彰 ..... 標準 部 /99
- ◆部会報告
- 新潟トランスス(株) 新潟事業所 工場見学会 ..... 機械部会 除雪 /101
- 新潟トランスス(株) 新潟事業所 工場見学会 ..... 機械技術委員会
- ◆部会報告
- 令和元年度 夏季現場見学会 ..... 建設業部会 /103
- 新東名高速道路 河内川橋工事
- ◆部会報告
- 国道17号線 新三国トンネル現場見学会 ..... 機械部会 コ /105
- 報告 ..... ンクリート機 械技術委員会
- ◆新工法紹介 ..... 機関誌編集委員会 /107
- ◆新機種紹介 ..... 機関誌編集委員会 /108
- ◆統計 建設業の業況 ..... 機関誌編集委員会 /111
- ◆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 /117
- 行事一覧(2019年10月) ..... /118
- 編集後記 ..... (松澤・飯田) /122

# FA機器の 最適無線化提案

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

①微弱電波 ②429MHz帯特定小電力 ③1.2GHz帯特定小電力  
④315MHz帯特定小電力 ⑤920MHz帯特定小電力

## スリム ケーブルレス

N/U/Gシリーズ  
微弱電波・特定小電力両モデル対応

No.1の  
オーダー対応!

- 優れた耐塵・防雨性能
- 選べる2段階押しスイッチ!  
ストロークの異なる2種類  
から選択可能!



## タフ 頑強ケーブルレス

N/U/Gシリーズ  
微弱電波・特定小電力両モデル対応

タフな現場に!  
落下にタフ、  
水にタフ!

- 堅牢なボディ!
- 特殊スイッチ装着可能

標準型  
RC-8616N  
22万円~



## チップ ケーブルレス

N/Mシリーズ  
微弱電波・特定小電力両モデル対応

使えば分かる、  
コストパフォーマンス!

- トコトン機能を絞って  
コストダウン!
- 乾電池仕様
- 優れた耐塵・防雨性能



## マイコン ケーブルレス

N/U/Gシリーズ  
微弱電波・特定小電力両モデル対応

あらゆる環境での  
無線化に対応!

- 16操作16リレー  
最大25リレーまで対応可能

標準型  
RC-6016N  
20万円~



## ケーブルレスミニ

Nシリーズ  
微弱電波モデル対応

標準型  
RC-4403N  
10万円~

ポケットサイズの  
本格派!

- 最大5リレーまで対応可
- 2段階押しスイッチ追加可能  
(オプション)



## 防爆形無線機 ボーパー (BoBa)

N/Uシリーズ  
7B/8B...微弱電波のみ  
6B...微弱・特定小電力両モデル対応

爆発の雰囲気がある  
危険場所での  
遠隔操作に!

TX-6B00N/U型送信機例  
(ボーパー6000)



TX-8B00N型送信機例  
(ボーパー8000)



危険場所設置用(オプション対応)  
耐圧防爆箱入り受信機

TX-7B00N型送信機例  
(ボーパー7000)

## 双方向データケーブルレス100S

Sシリーズ(920MHz帯)  
特定小電力モデル対応

標準型  
TC-1000808S  
26万円~

- ・FA機器の制御に特化!
- ・双方向制御が、1セットで対応可能
- ・8点の送受信が可能!



## データケーブルレス

N/U/Gシリーズ  
微弱電波・特定小電力両モデル対応

工夫次第で  
用途は無限!

- 機器間の信号伝送に!
- 多芯の有線配線の代わりに!



## MAXサテラ

U/Gシリーズ  
特定小電力専用モデル

金属シャーシの  
多操作・  
特注仕様専用機!



## マイティサテラ

N/U/Gシリーズ  
微弱電波・特定小電力両モデル対応

■操作信号数  
最大32点

特殊スイッチ、  
ジョイスティック  
装着可能!



## リゾナー 離操作

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  
22万円~

価格もサイズも  
ハンディー並み!

- 最大32リレー
- 2段階押し・  
特殊スイッチ装着可



\*価格は全て、セット価格および、税抜表示となっています。



朝日音響株式会社

〒771-1311 徳島県板野郡上板町引野字東原43-1 (本社工場) FAX.088-694-5544 TEL.088-694-2411  
http://www.asahionkyo.co.jp/



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

朝日音響 検索

# VOLVO アスファルトフィニッシャー

**VOLVO** アスファルトフィニッシャーは、

- ・ベスト舗装
- ・力強さと正確さ
- ・究極な運動性能
- ・優れた視界性
- ・メンテナンスをより短時間に且つ、より短時間にこれらをお約束します。



クローラフィニッシャー

## クローラ機の主な特徴

- ・電子制御式ドライブコントロール (EPM 2)
- ・回転式コントロールパネル
- ・クローラオートテンション
- ・スクリードテンショニングデバイス
- ・スクリードロードデバイス
- ・ダブルタンパースクリード取付可能 (VDT-V タイプスクリード)

## ホイール機の主な特徴

- ・電子制御式ドライブコントロール (EPM 2)
- ・レールスライド式コンソール
- ・前輪油圧式ライドレベラー付ステアリング
- ・前輪駆動負荷トルク制御
- ・スクリードテンショニング装置



ホイールフィニッシャー

## マシンケアテック 株式会社

〒361 - 0056 埼玉県行田市持田 1 - 6 - 23  
TEL 048 - 555 - 2881 FAX 048 - 555 - 2884  
<http://www.machinecaretech.co.jp/>

**VOLVOCONSTRUCTIONEQUIPMENT**



# GOMACO

Gomaco社の舗装機器は、どんなスリップフォーム工法にも対応します。



## Commander III

最も汎用性の高い機種です。一般道路舗装のほか、路盤工事、河川工事、分離帯・縁石などの構造物構築に最適です。



## RTP-500

長ブームの砕石・コンクリート搬入機です。このほかにも、ロック・ホッパーなどへの舗装支援機器として、どんなスリップフォーム機械にも対応可能です。



## マシンケアテック株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田1-6-23  
TEL:048-555-2881 FAX:048-555-2884  
URL: <http://www.machinecaretech.co.jp/>

# 建設機械施工 広告掲載のご案内

月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、鉄道、建築等の最新建設報告等を好評掲載しています。

## ■職業別 購読者

建設機械施工／建設機械メーカー／商社／官公庁・学校／サービス会社／研究機関／電力・機械等

## ■掲載広告種目

穿孔機械／運搬機械／工事用機械／クレーン／締固機械／舗装機械／切削機／原動機／空気圧縮機／積込機械／骨材機械／計測機／コンクリート機械等

広告掲載・広告原稿デザイン——お問い合わせ・お申し込み

## サンタナアートワークス

広告営業部：田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F



## 建設機械施工 カタログ資料請求票

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はこの用紙を利用し、ファクシミリなどでお送りください。

※カタログ／資料はメーカーから直送いたします。 ※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お名前： \_\_\_\_\_ 所属： \_\_\_\_\_

会社名(校名)： \_\_\_\_\_

資料送付先： \_\_\_\_\_

電話： \_\_\_\_\_ F A X： \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

	広告掲載号	メーカー名	製品名
①	月号		
②	月号		
③	月号		
④	月号		
⑤	月号		

FAX 送信先：サンタナアートワークス 建設機械施工係 FAX:03-3664-0138

# 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。



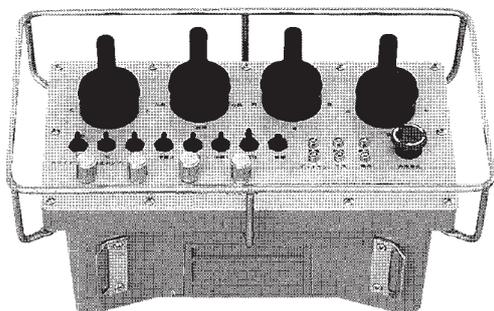
## 吉永機械株式会社

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

建設機械用  
無線操作装置

# ダイワテレコン

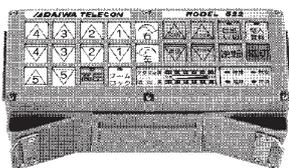
あらゆる仕様に対応  
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

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

## DAIWA TELECON

### 大和機工株式会社

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

# Denyo

www.denyo.co.jp

## 未来を築くチカラ。それがデンヨーの パワーソース

発電機・溶接機・コンプレッサは抜群の性能を誇るデンヨー製品で!



### 発電機



極超低騒音型を超えた別次元の静かさ!  
静音発電機マーリエ新登場。



50Hz-7m  
43dB

DCA-25MZ

### 溶接機



自動アイドリングストップ機能で燃料消費量を  
大幅に削減!



最大溶接電流  
155A

GAW-155ES

### コンプレッサ



軽トラックに横積みできる  
コンパクトボディ



DIS-80LBE

●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)1182

札幌営業所 011(862)1221 東京支店 03(6861)1122 大阪支店 06(6448)7131  
東北営業所第1課 019(647)4611 横浜営業所 045(774)0321 広島営業所 082(278)3350  
東北営業所第2課 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

# 確かな技術で世界を結ぶ *Attachment Specialists*

## 可動式ハイキャブ



任意の高さに停止可能

## 油圧式マグネット



産廃物からの金属片取り出しなどに効果を発揮

## 自動車解体機



車の解体・分別作業を大幅にスピードアップ

## ラバウンティシア サーベルシリーズ



船舶・プラント・鉄骨物解体に威力を発揮

## マテリアルハンドラ



ワイドな作業範囲で効果の良い荷役作業

## ウッドシア



丸太や抜根を楽々切断



## マルマテクニカ株式会社

### ■ 名古屋事業所

愛知県小牧市小針2-18 〒485-0037  
電話 0568(77)3312  
FAX 0568(77)3719

### ■ 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 〒252-0031  
電話 042(751)3800  
FAX 042(756)4389

### ■ 東京工場

東京都世田谷区桜丘1丁目2番22号 〒156-0054  
電話 03(3429)2141  
FAX 03(3420)3336

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー  
**バイプロコンパクター**  
 MVH-308DSC-PAS  
 NETIS No. TH-120015-VE

**タンピングランマー**  
 MT-55H  
 NETIS No. TH-100005-VE



MVC-F60HS  
 NETIS No. TH-100006-VE



MRH-601DS  
 低騒音指定番号5097



MLP-1212A



FX-40G/FU-162



MCD-318HS-SGK  
 低騒音指定番号6190

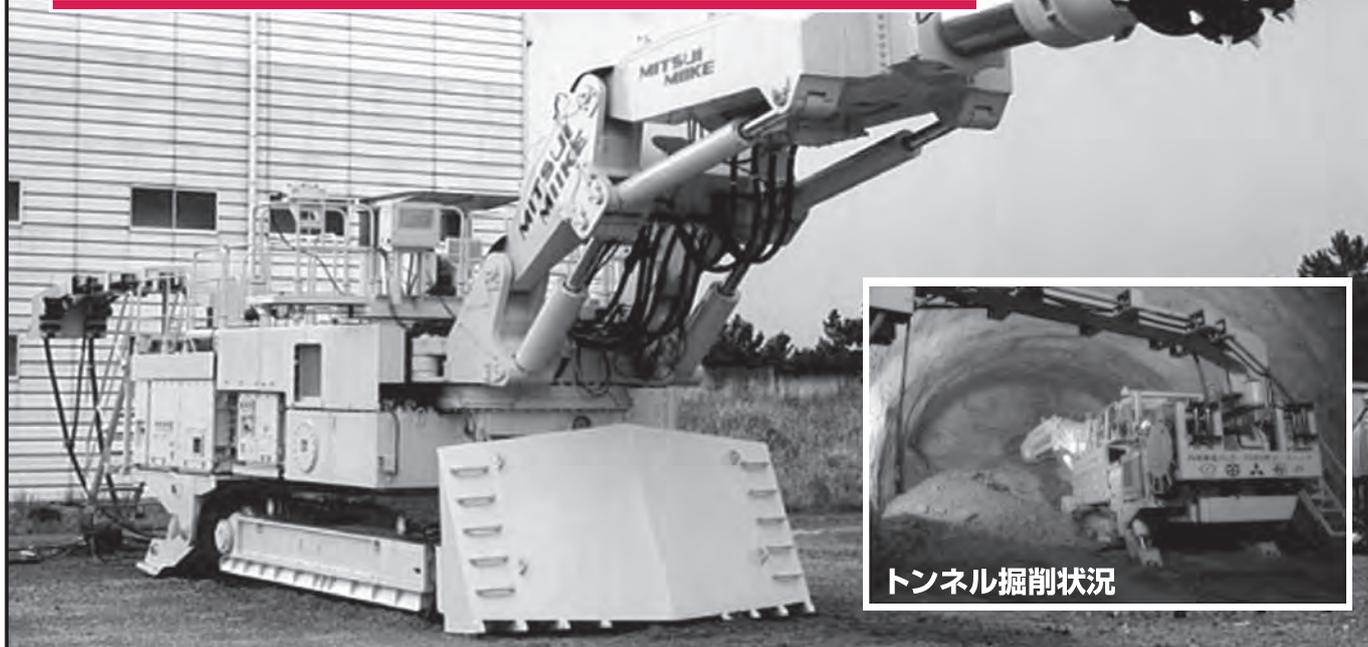
**三笠産業株式会社**  
 MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 〒101-0064 東京都千代田区神田猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL:06-6745-9631	北関東営業所 TEL:0276-74-6452	中国営業所 TEL:082-875-8561	沖縄出張所 TEL:080-1013-9328
札幌営業所 TEL:011-892-6920	長野出張所 TEL:080-1013-9542	四国出張所 TEL:087-868-5111	
仙台営業所 TEL:022-238-1521	中部営業所 TEL:052-504-3434	九州営業所 TEL:092-431-5523	
新潟出張所 TEL:090-4066-0661	金沢出張所 TEL:080-1013-9538	南九州出張所 TEL:080-1013-9558	

全断面对应トンネル高速施工掘進機

# ロードヘッドSLB-350S



## 大断面トンネルの高速施工を目指して

### 特 徴

- 国内最大の350/350kW定出力型2速切換式電動機を搭載しており、軟岩トンネルはもとより、中硬岩トンネルにおいても十分な掘削能力を発揮します。
- 切削部には中折れブームを採用しており、ベンチ長は最大5mまで確保できます。又、中折れブームを取り外しての全断面掘削、及び上半掘削も可能です。
- 中折れブームの取り外し、及び低速掘削を行うことにより、機体安定性と掘削トルクが増加し、中硬岩トンネル掘削時において高い効果を発揮します。(硬岩用ドラム使用)
- 油圧式のスライドデッキを機体両サイドに装備しており、機体幅より各々1mの張り出しが可能であるため、下部掘削時等におけるオペレータの視界が大幅に改善されます。
- ディーゼルエンジンの搭載により、ロードヘッド単独での走行が可能です。

よって、機体移動に際し配線替えや別途発電機の準備が不要となり、作業時間が短縮されます。

※1 ディーゼルエンジンはオプション仕様となります。

※2 揺寄・コンベヤ仕様の場合、ディーゼルエンジンは搭載されません。



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)

A WIRTGEN GROUP COMPANY

 **WIRTGEN**



# 信頼のインテリジェンス

▶ [www.wirtgen.com/milling](http://www.wirtgen.com/milling)

ヴィルトゲン新型路面切削機はデジタル化された切削システムで作業を効率化し、生産性を向上します。切削品質も最適化され、必要に応じて書面レポートを自動作成するオプションも実現します。経験豊富なユーザー様の情熱に傾聴し、効率的にデザインに取り入れて更なる革新を共に目指します。

ヴィルトゲン・ジャパン株式会社  
東京都千代田区神田神保町2-20-6 • tel 03-5276-5201 • fax 03-5276-5202 • [www.wirtgen-group.com/japan](http://www.wirtgen-group.com/japan)

雑誌 03435-12



4910034351299  
00800

「建設機械施工」

定価 本体八〇〇円 (税別)