

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2024

建設機械施工 **10**

Vol.76 No.10 October 2024 (通巻896号)

特集 エネルギー・エネルギー施設



1,600t吊SEP型多目的起重機船

巻頭言 カーボンニュートラル社会実現に向けた“ものづくり”の省エネ

- 特集技術報文
- 脱炭素に貢献する水素系切断ガス「ハイドロカット90」を開発
 - 下水熱を利用した低炭素まちづくり
 - 余剰電力を蓄電池・低圧水素で貯蔵運用する再エネ利活用実証
 - 1,600t吊SEP型多目的起重機船
 - 20tクラスバッテリー駆動油圧ショベルの開発
 - 二種類の環境配慮型コンクリートを用いた吹き付けドーム建築物の試行建設 他
- 交流のひろば
- JR東日本グループ「エネルギービジョン2027 ～つなぐ～」

- 行政情報
- 国土交通省における環境政策の動向・取組
 - 建設施工分野におけるカーボンニュートラルに向けた取組
 - バイオマス活用に向けた取組と今後の展望
- すいそろ
- 海外生活で始めたトライアスロン
 - 再び建設分野での温暖化対策
 - アルペンスキーと私
- 一般社団法人 日本建設機械施工協会

KOBELCO

機械周辺の人を認識して知らせることで 効率よく作業を行える衝突軽減装置



人
検知



検知対象外

※警報・停止機能はモノに
対しては作動対象外です。

広い範囲を監視

“人”を検知して機械を“停止”

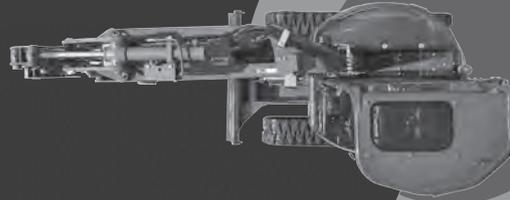
※現場の状況により検知精度に影響が出る場合があります。

ミニショベル向け衝突軽減装置

OmniEye®

NETIS登録済

車両搭載可能AIカメラ(KK-200027-VE)



警告エリア

警報/停止エリア

【運転員への警告エリア】
キャノピ:半径2.5m/キャブ:半径2.7m

【周囲の人への警報/機械停止エリア】
キャノピ:半径1.8m/キャブ:半径2.0m

コベルコ建機日本
WEBサイト



コベルコ建機日本株式会社

本社/〒272-0002 千葉県市川市二俣新町17番地 ☎047-328-7111
www.kobelco-kenki.co.jp

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内

会費：年間 9,000円(不課税)

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し、建設機械・建設施工にご関心のある方であればどなたでもご入会いただけます。

★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800円＋消費税/送料別途)
「建設機械施工」では、建設機械や建設施工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)で購入することができます。
- 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)でご参加いただけます。

この機会に是非ご入会下さい!!

◆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年に設立された団体です。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。
- 外国人技能実習制度における建設機械施工職種の技能実習評価試験実施機関として承認されています。

■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(建設機械や建設施工の関係者等や関心のある方)、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・外国人技能評価試験の実施。
- ・各種技術図書・専門図書の発行。
- ・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。

■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
- ・橋梁架設工事の積算
- ・大口径岩盤削孔工法の積算
- ・よくわかる建設機械と損料
- ・ICTを活用した建設技術(情報化施工)
- ・建設機械施工安全技術指針本文とその解説
- ・道路除雪オペレータの手引き

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！

<https://jcmanet.or.jp/>

※お申し込みには次頁の申込用紙をお使いください。

【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2F
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	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 (ご希望の送付先に○印で囲んで下さい。)
その他 連絡事項	令和 年 月より入会

【会費について】年間 9,000円(不課税)

- 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うけたとき。3.死亡し、又は失踪宣言をうけたとき。4.1年以上会費を滞納したとき。5.除名されたとき。○資格喪失時の権利及び義務:資格を喪失したときは、本協会に対する権利を失い、義務は免れます。ただし未履行の義務は免れることはできません。○退会の際は退会届を会長宛に提出しなければなりません。○拠出金の不返還:既納の会費及びその他の拠出金品は原則として返還いたしません。

【個人情報の取扱について】

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 <https://jcmanet.or.jp/privacy/> をご覧ください。

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 <https://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

第2回 一般社団法人日本建設機械施工協会 人材育成助成事業の募集の告知

一般社団法人日本建設機械施工協会（以下「JCMA」という。）は、喫緊の課題となっている担い手育成に重点を置き、建設機械及び建設施工に関する学校教育の優れた取組に対して助成を始めました。

令和6年度 第2回となる人材育成助成事業の対象者を下記のとおり公募いたします。

1. 実施スケジュール

- (1) 公募期限は、令和6年11月22日まで
- (2) 助成対象者の決定は、令和7年3月中旬頃（予定）
- (3) 助成期間は、助成決定年度の年度末から令和8年3月31日まで

2. 人材育成助成事業の対象及び対象者

学校教育の取組として、高校・高等専門学校・大学及びこれらと連携する法人が実施する、「建設機械又は建設施工に関する技術者等の人材育成を行うもの」であって、優れた取組と判断されるものを助成の対象とします。

- ① 建設施工の合理化・生産性向上
- ② 社会資本の維持管理・保全技術の合理化・向上
- ③ ①、②に関連する ICT・DX 分野

3. 人材育成助成事業の金額及び期間等

- ① 金額：1件当たり50万円以内
- ② 期間：1年間（令和7年3月末から令和8年3月末）
- ③ 助成件数は、5件以内を予定しております

4. 応募

公募の詳細は、本協会HPに掲載いたします。

<https://jcmanet.or.jp/kyokai-katsudo/commendation/josei-jigyo/>

(一社) 日本建設機械施工協会 発行図書一覧表 (令和6年10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)	本部 送料
1	R6年 5月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和6年度版	6,600	5,610	770
2	R6年 5月	橋梁架設工事の積算 令和6年度版	12,100	10,285	990
3	R6年 5月	よくわかる建設機械と損料 2024	7,260	6,171	770
4	R6年 4月	令和6年度版 建設機械等損料表	9,680	8,228	770
5	R5年 10月	道路除雪施工の手引 (第17版)	4,950	3,960	770
6	R4年 3月	日本建設機械要覧 2022年版	53,900	45,100	990
7	R3年 1月	情報化施工の基礎 ~i-Constructionの普及に向けて~	2,200	1,870	770
8	H30年 8月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	770
9	H29年 4月	ICTを活用した建設技術 (情報化施工)	1,320	1,122	770
10	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	770
11	H25年 6月	機械除草安全作業の手引き	990	880	770
12	H23年 4月	建設機械施工ハンドブック (改訂4版)	6,600	5,610	770
13	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300	2,970	770
14	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,300	2,970	770
15	H22年 7月	情報化施工の実務	2,200	1,870	770
16	H21年 11月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,178	770
17	H20年 6月	写真でたどる建設機械 200年	3,080	2,618	770
18	H19年 12月	除雪機械技術ハンドブック	3,300	2,970	770
19	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	2,992	770
20	H17年 9月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,100	990	770
21	H16年 12月	除雪・防雪ハンドブック (除雪編)【CD-R】	5,500	4,950	770
22	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)【CD-R】	3,520	3,168	770
23	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	1,485	770
24	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	1,782	770
25	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	1,782	770
26	H15年 6月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550	495	770
27	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	5,940	770
28	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)	2,750	2,475	770
29	H11年 10月	機械工事施工ハンドブック 平成11年度版	8,360	8,360	770
30	H11年 5月	建設機械化の50年	4,400	3,960	770
31	H11年 4月	建設機械図鑑	2,750	2,475	770
32	H10年 3月	大型建設機械の分解輸送マニュアル【CD-R】	3,960	3,564	770
33	H9年 5月	建設機械用語集	2,200	1,980	770
34	H6年 8月	ジオスペースの開発と建設機械	8,470	7,623	770
35	H6年 4月	建設作業振動対策マニュアル	6,380	5,742	770
36	H3年 4月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,450	9,405	770
37	S60年 1月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック【CD-R】	6,600	5,940	770
38		建設機械履歴簿	440	396	770
39	毎月 25日	建設機械施工	880	792	770

定期購読料 年12冊 10,032円 (税・送料込)

購入を希望される場合、当協会 HP <https://jcmnet.or.jp/> の出版図書欄の「出版図書のご購入について」から本部、または支部の購入方法に基づきお申込みください。

特集

エネルギー・エネルギー施設

巻頭言

4 カーボンニュートラル社会実現に向けた“ものづくり”の省エネ

佐々木信也 東京理科大学 工学部 機械工学科 教授

行政情報

5 国土交通省における環境政策の動向・取組

司馬 勇彦 国土交通省 総合政策局 環境政策課 課長補佐

10 建設施工分野におけるカーボンニュートラルに向けた取組

岡本 由仁 国土交通省 大臣官房 技術調査課 課長補佐

15 バイオマス活用に向けた取組と今後の展望

埴 勝太 農林水産省 環境バイオマス政策課 課長補佐

特集技術報文

20 脱炭素に貢献する水素系切断ガス「ハイドロカット 90」を開発

渡辺 大輔 岩谷瓦斯㈱ ガス本部 エアガス部 (溶断ガス担当)
北 昭仁 岩谷瓦斯㈱ ガス本部 エアガス部 (溶断ガス担当) シニアマネージャー
吉川 隆行 岩谷瓦斯㈱ 生産本部 生産管理部 シニアマネージャー

25 下水熱を利用した低炭素まちづくり

下水熱利用路面融雪システムの実用化に向けた取り組み

坂田 和則 伊藤組土建㈱ 常務執行役員
関口 直幸 伊藤組土建㈱ 土木本部 技術部 技術課 課長

30 余剰電力を蓄電池・低圧水素で貯蔵運用する再エネ利活用実証

岡田 健志 大成建設㈱ 技術センター 都市基盤技術研究所 空間研究室 主任
七里 彰俊 大成建設㈱ 技術センター 都市基盤技術研究所 空間研究室 課長代理
張本 和芳 大成建設㈱ 技術センター 都市基盤技術研究所 空間研究室 次長

34 建物付帯型水素エネルギー利用システムの開発と展開「Hydro Q-BiC®」の開発と展開

本間 康雄 清水建設㈱ NOVARE イノベーションセンター H2Acceleration グループ
下田 英介 清水建設㈱ NOVARE イノベーションセンター H2Acceleration グループ
北川 遼 清水建設㈱ NOVARE イノベーションセンター H2Acceleration グループ

38 建設現場におけるCO₂排出量モニタリングシステムの開発
建設機械の稼働・停止を自動検知するIoTデバイス「どんだけ」の開発と連携

出口 明 ㈱竹中工務店 生産本部 生産企画部 シニアチーフエンジニア
川上 雄也 ユアサ商事㈱ 建機本部 建機広域営業部 主任
片山 賢 ㈱ゼロボード 営業本部 第1エンタープライズ営業部 部長

43 1,600 t 吊 SEP 型多目的起重機船 CP-16001

室田 恭宏 五洋建設㈱ 洋上風力事業本部 建設技術部 部長

47 20 t クラスバッテリー駆動油圧ショベルの開発 PC200LCE-11/PC210LCE-11

山口 昌保 コマツ 開発本部 車両第二開発センタ シニアエキスパートエンジニア

51 有線電動式環境リサイクル機械の紹介と導入事例

入枝 克哉 コベルコ建機㈱ 技術開発本部 環境特機開発部 環境機械開発グループ グループ長
田辺 節男 コベルコ建機㈱ 技術開発本部 環境特機開発部 環境機械開発グループ マネージャー

56 積雪寒冷地の地域脱炭素を目指した ZEB オフィス 北海道地区 FM センター

金田 崇興 ㈱竹中工務店 東京本店設計部 構造第2部門 構造3グループ長
川幡 祥太 ㈱竹中工務店 北海道支店設計部 設備グループ主任

62 自然エネルギーを最大限に活用した中規模オフィスビルの ZEB 化

稲田 雄大 前田建設工業㈱ 建築事業本部 プロジェクト推進部

	67	二種類の環境配慮型コンクリートを用いた 吹き付けドーム建築物の試行建設	巴 史郎 鹿島建設㈱ 技術研究所 建築生産グループ GI 基金 CN コンクリートプロジェクトチーム 上席研究員
	73	カーボンネガティブを実現する 「クリーンクリート N」の適用	神代 泰道 ㈱大林組 技術本部 技術研究所 生産技術研究部 上級主任技師 田中 寛人 ㈱大林組 技術本部 技術研究所 生産技術研究部 主任 並木 憲司 ㈱大林組 東京本店 建築事業部 品質管理部 鉄筋・コンクリート品質管理課 課長
交流のひろば	79	JR 東日本グループ「エネルギービジョン 2027 ～つなぐ～」	佐藤 栄徳 東日本旅客鉄道㈱ エネルギー企画部 GX 戦略ユニット 副長 北田 光治 東日本旅客鉄道㈱ エネルギー企画部 GX 戦略ユニット マネージャー
ずいそう	83	海外生活で始めたトライアスロン 健康づくりのために始めた水泳から	山本 祐司 ㈱奥村組 海外事業担当
	86	再び建設分野での温暖化対策	大川 聡 博士 (システムエンジニアリング学), (元) 建設機械要覧編集委員, (元) 慶応義塾大学大学院, (元) コマツ
	88	アルペンスキーと私	藤田 裕明 ㈱丸島アクアシステム 東北支店 支店長
部会報告	91	兵神装備(株)滋賀事業所見学会 報告	機械部会 コンクリート機械技術委員会
	94	新工法紹介	機関誌編集委員会
	97	新機種紹介	機関誌編集委員会
統計	101	建設工事受注額・建設機械受注額の推移	機関誌編集委員会
	102	建設企業の海外展開	機関誌編集委員会
	105	行事一覧 (2024 年 8 月)	
	108	編集後記 (河原・松本)	

◇表紙写真説明◇

1,600 t 吊 SEP 型多目的起重機船

写真提供：五洋建設(株)

2023 年に建造された、SEP 型多目的起重機船 CP-16001 である。洋上風車およびその基礎構造の大型化に対応するため、1,600 t 吊全旋回式クレーン（ブーム長さ 130 m）を搭載し、15 MW クラスの洋上風力発電施設の効率的な建設を可能とした最新鋭の作業船である。

2024 年(令和 6 年)10 月号 PR 目次
【ア】朝日音響㈱……………後付 1
【カ】コベルコ建機日本㈱……………表紙 2

【サ】サイテックジャパン㈱……………表紙 4
【タ】大和機工㈱……………後付 2
デンヨー㈱……………後付 6

【ハ】baum China 2024 ……………表紙 3
【マ】マルマテクニカ㈱……………後付 4
三笠産業㈱……………後付 5

㈱三井三池製作所……………表紙 3
【ヤ】吉永機械㈱……………後付 2

巻頭言

カーボンニュートラル社会実現に向けた“ものづくり”の省エネ

佐々木 信也



我が国は、2050年にカーボンニュートラルを目指すことを宣言しており、その前段階として2030年度には2013年度比46%の温室効果ガス削減を目標として掲げ、さらに50%の高みに向けて挑戦を続けることを世界に表明している。このような背景のもと、2023年4月に施行された改正省エネ法では、これまでのエネルギーの定義を見直し、使用合理化の対象が非化石エネルギーを含むすべてのエネルギーに拡大された。また、非化石エネルギーへの転換に関する措置を新たに追加し、特定事業者には非化石エネルギー転換に関する中長期計画及び非化石エネルギー利用状況等の定期報告書の提出を求めることになった。さらに、電力需要最適化に関する措置として、再生可能エネルギー出力制御時への需要シフトや需要逼迫時の需要減少を促す枠組みを構築することが追加された。

カーボンニュートラル社会実現に向けては、非化石エネルギーとしての太陽光や風力発電等の再生可能エネルギーの普及拡大に期待されるのは大きい。しかしながら、2030年エネルギーミックス（電源構成）においても、再生可能エネルギーの割合は38%程度に留まり、原子力発電により22%程度を賄うとしても化石燃料への依存度は41%程度となるものと予想されている。非化石エネルギーとしての水素やアンモニア燃料などの活用が望まれているが、量的な問題からその製造と調達に海外に大きく依存することが避けられず、コストやエネルギーセキュリティー面での課題も指摘されている。これらのことから、非化石エネルギー拡大の取り組みだけではカーボンニュートラルに向けた目標達成が難しいことは明白であり、さらなる徹底した省エネによる温暖化ガス排出（GHG）削減の取り組みが必要不可欠とされている。

GHG排出削減にあたっては、“もの”が作られて廃棄されるまでのライフサイクル全体での排出量を考えて対策が行われる必要がある。サイエンス・ベース・ターゲット（SBT, Science Based Targets）は、地球の平均気温上昇を産業革命前に比べ1.5℃未満に抑えるというパリ協定の「1.5℃目標」水準に整合した

企業のGHG排出削減目標である。SBTにおいては、サプライチェーン排出量の削減が求められており、事業者の排出量算定及び報告に関する国際的な基準「GHGプロトコル」においては、サプライチェーンにおけるGHG排出量の捉え方として、「スコープ1」「スコープ2」「スコープ3」という分類方法が示されている。「スコープ1」は、燃料や製品製造などを通して事業者が直接排出するGHGを指す。「スコープ2」は、他社から供給された電気・熱・蒸気を使うことで、間接的に排出されるGHGを対象としている。「スコープ3」は、「上流」にあたる原材料の調達やその輸送にかかわるもの、「下流」にあたる製品の使用や廃棄にかかわるものすべてが対象となる。

“ものづくり”の視点からサプライチェーン排出量削減を考えてみる。まず、「スコープ1」と「スコープ2」に関しては、これまでも省エネ法対策として、ものづくり現場において弛みない削減活動が実施されてきたところであるが、これをさらに深掘りする上での革新的なプロセス技術の導入が求められることになる。加えて、再生可能エネルギーの利用拡大も念頭に、水素やアンモニアを安全かつ効率的に活用するための新技術導入の重要性が増すことになる。「スコープ3」には上流と下流があり、上流の原材料及び下流の廃棄に関しては、製品の長寿命化やリサイクル、小型軽量化やバイオ由来素材の活用などが具体的な技術開発課題となる。「スコープ3」下流にある製品使用におけるGHG排出量削減については、優れた省エネ機器等の社会実装において世界を先導してきた我が国が得意分野とするところで、GHG排出量を自ら把握し開示することによって高評価を得ることが期待される。ただし、「GHGプロトコル」に則った排出量算定方法については、その具体化に際して未だ多くの解決すべき問題も残されている。各業界団体においては、今後の国際的な動向を注視しつつも、算定方法を自ら提案し標準化するような積極的な取り組みも重要になる。

行政情報

国土交通省における環境政策の動向・取組

司馬 勇彦

近年の気候変動を背景に、国際的に脱炭素の取組が加速している。日本においても、政府全体でGXを推進する体制が強化されると共に、新たな施策が打ち出されている。具体的にはGX経済移行債を活用した大胆な投資促進策が措置される一方、カーボンプライシングとして化石燃料の輸入や二酸化炭素の排出に負担を課すことで脱炭素の取組が進められている。国土交通省でも省内の体制整備に加えて、国土交通省環境行動計画を作成することで脱炭素の取組を進めている。この国土交通省環境行動計画については、今後、改定に向けた検討が進められる予定である。

キーワード：GX, 脱炭素, カーボンプライシング, GX経済移行債, 環境行動計画

1. GXの取組の背景

地域のくらしや経済を支える幅広い分野を所管する国土交通省は、カーボンニュートラルやネイチャーポジティブ、サーキュラーエコノミーへの対応といった環境面における様々な課題に取り組んでいる。本稿では、それらの環境政策の中でも、今月号のテーマであるGXについて、国土交通省の取組をご紹介しますと思う。

近年の気候変動による自然災害の激甚化・頻発化などにかんがみ、地球温暖化対策は喫緊の課題となっている。国際社会では、1992年に採択された国連気候変動枠組条約に基づき、1995年から毎年、国連気候変動枠組条約締約国会議（COP）が開催され、世界での実効的な温室効果ガス排出削減の実現に向けて、精力的な議論が行われてきた。2015年12月、フランスのパリで開催されたCOP21においては、2020年以降の温室効果ガス排出削減等のための新たな国際枠組みとして、パリ協定が採択され、昨年2023年11～12月にUAEのドバイで開催されたCOP28では、パリ協定の実施状況を検討し、長期目標の達成に向けた全体としての進捗を評価する仕組みであるグローバル・ストックテイクについて、初めての決定が採択されている。

こうした中で、世界各国でのGX投資に向けた政策競争も激化しており、中長期にわたる政府支援へのコミット、初期投資だけでない生産量に比例した形での

投資促進策、サプライチェーン上の各段階に対するきめ細やかな支援による国内投資の促進、排出量取引制度等の規制・制度的措置の有効活用など、様々な工夫が講じられた投資促進策が生まれている。

一方、我が国では、2020年10月に“2050年にカーボンニュートラルを実現する”ことを宣言し、また、2030年度の温室効果ガス削減目標として2013年度比で46%削減、さらに50%の高みに向けて挑戦を続けることを表明し、その削減目標を反映したNDC（国が決定する貢献）を国連に提出している。

こうした状況を踏まえ、政府では、2022年7月に内閣総理大臣を議長とするGX実行会議を設立され、2023年2月に今後10年を見据えたGXの取組の方向性等をとりまとめた「GX実現に向けた基本方針」が閣議決定されている。これを受けて、2023年には「脱炭素成長型経済構造への円滑な移行の推進に関する法律」（GX推進法）が成立した。さらに、GX推進法に基づき、成長志向型カーボンプライシング構想等の施策を総合的かつ計画的に推進するための計画である「脱炭素成長型経済構造移行推進戦略（GX推進戦略）」が同年7月に閣議決定されている（図—1, 2）。

2. GX実現に向けた取組

(1) 成長志向型カーボンプライシング構想

2050年カーボンニュートラルの実現等の国際公約と産業競争力強化・経済成長を同時に実現していくためには、今後10年間で150兆円を超える官民のGX

- こうした中、2022年7月から、エネルギーの安定供給、脱炭素、経済成長を共に実現するGX実現に必要な方策について、総理を議長とする「GX実行会議」で集中的に議論。与党でも集中的に議論され、成果を2022年12月に提言をまとめ、岸田総理に手交。
- これを踏まえ、パブリックコメントも経て、2023年2月に「GXの実現に向けた基本方針」を閣議決定。その後、必要となる関連法案を通常国会に提出・成立。

1. エネルギー安定供給の確保を大前提とした脱炭素の取組

- ①徹底した省エネの推進
 - 改正省エネ法に基づき、主要5業種（鉄鋼業・化学工業・セメント製造業・製紙業・自動車製造業）に対して、政府が非化石エネルギー転換の目安を示し、更なる省エネを推進。
- ②再エネの主力電源化
 - 今後10年間程度で過去10年の8倍以上の投資で系統整備
 - 次世代太陽電池や浮体式洋上風力の社会実装化 等
- ③原子力の活用
 - 廃炉を決定した原発の敷地内での次世代革新炉への建て替えを具体化
 - 厳格な安全審査を前提に、40年+20年の運転期間制限を設けた上で、一定の停止期間に限り、追加的な延長を認める
- ④その他の重要事項
 - 電力市場における供給力確保に向け、容量市場を着実に運用するとともに、予備電源制度や長期脱炭素電源オークションを導入することで、計画的な脱炭素電源投資を後押しする。

2. 「成長志向型カーボンプライシング構想」等の実現・実行

- ①GX経済移行債を活用した、今後10年間で20兆円規模の先行投資支援
 - 産業競争力強化・経済成長と排出削減の両立に貢献する分野を対象に、規制・制度措置と一体的に講じる
- ②成長志向型カーボンプライシングによるGX投資推進
 - i. 排出量取引制度の本格稼働【2026年度～】
 - ii. 発電事業者の有償オークション導入【2033年度～】
 - iii. 炭素に対する賦課金制度の導入【2028年度～】
 - ※上記を一元的に執行する主体として「GX推進機構」を創設
- ③新たな金融手法の活用
- ④国際展開戦略
- ⑤社会全体のGXの推進（公正な移行、需要側からのGXの推進、中堅・中小企業のGXの推進）

図-1 GX推進法に基づく「GX推進戦略」（2023年7月28日閣議決定）

背景・法律の概要

- ✓ 世界規模でグリーン・トランスフォーメーション（GX）実現に向けた投資競争が加速する中で、我が国でも2050年カーボンニュートラル等の国際公約と産業競争力強化・経済成長を同時に実現していくためには、今後10年間で150兆円を超える官民のGX投資が必要。
- ✓ 昨年12月にGX実行会議で取りまとめられた「GX実現に向けた基本方針」に基づき、（1）GX推進戦略の策定・実行、（2）GX経済移行債の発行、（3）成長志向型カーボンプライシングの導入、（4）GX推進機構の設立、（5）進捗評価と必要な見直しを法定。

（1）GX推進戦略の策定・実行

- 政府は、GXを総合的かつ計画的に推進するための戦略（脱炭素成長型経済構造移行推進戦略）を策定。戦略はGX経済への移行状況を検討し、適切に見直し。【第6条】

（2）GX経済移行債の発行

- 政府は、GX推進戦略の実現に向けた先行投資を支援するため、2023年度（令和5年度）から10年間で、GX経済移行債（脱炭素成長型経済構造移行債）を発行。【第7条】
- ※ 今後10年間で20兆円規模、エネルギー・原材料の脱炭素化と収益性向上等に資する革新的な技術開発・設備投資等を支援。
- GX経済移行債は、化石燃料賦課金・特定事業者負担金により償還。（2050年度（令和32年度）までに償還）。【第8条】
- ※ GX経済移行債や、化石燃料賦課金・特定事業者負担金の収入は、エネルギー対策特別会計のエネルギー需給勘定で区分して経理。必要な措置を講ずるため、本法附則で特別会計に関する法律を改正。

（4）GX推進機構の設立

- 経済産業大臣の認可により、GX推進機構（脱炭素成長型経済構造移行推進機構）を設立。（GX推進機構の業務）【第54条】
- ① 民間企業のGX投資の支援（債務保証・出資・社債買取）
- ② 化石燃料賦課金・特定事業者負担金の徴収
- ③ 排出量取引制度の運営（特定事業者排出枠の割当て・入札等）

（3）成長志向型カーボンプライシングの導入

- 炭素排出に値付けをすることで、GX関連製品・事業の付加価値を向上。⇒ 先行投資支援と合わせ、GXに先行して取り組む事業者インセンティブが付与される仕組みを創設。
- ※ ①②は、直ちに導入するのではなく、GXに取り組む期間を設けた後で、エネルギーに係る負担の総額を中長期的に減少させていく中で導入。（低い負担から導入し、徐々に引上げ。）
- ① 炭素に対する賦課金（化石燃料賦課金）の導入
 - 2028年度（令和10年度）から、経済産業大臣は、化石燃料の輸入事業者等に対して、輸入等する化石燃料に由来するCO₂の量に応じて、化石燃料賦課金を徴収。【第11条】
- ② 排出量取引制度
 - 2033年度（令和15年度）から、経済産業大臣は、発電事業者に対して、一部有償でCO₂の排出枠（量）を割り当て、その量に応じた特定事業者負担金を徴収。【第15条・第16条】
 - 具体的な有償の排出枠の割当てや単価は、入札方式（有償オークション）により、決定。【第17条】

（5）進捗評価と必要な見直し

- GX投資等の実施状況・CO₂の排出に係る国内外の経済動向等を踏まえ、施策の在り方について検討を加え、その結果に基づいて必要な見直しを講ずる。
- 化石燃料賦課金や排出量取引制度に関する詳細の制度設計について排出枠取引制度の本格的な稼働のための具体的な方策を含めて検討し、この法律の施行後2年以内に、必要な法制上の措置を行う。【附則第11条】

※本法附則において改正する特別会計に関する法律については、平成28年改正において同法第88条第1項第2号に併せて手当する必要があった所要の規定の整備を行う。

図-2（参考）脱炭素成長型経済構造への円滑な移行の推進に関する法律【GX推進法】の概要

投資が必要であるといわれている。GX 推進戦略では、こうした巨額の GX 投資を官民協調で実現するため、「成長志向型カーボンプライシング構想」を速やかに実現・実行していくこととし、GX 経済移行債等を活用した大胆な先行投資支援、カーボンプライシングによる GX 投資先行インセンティブ等の措置を講ずることとしている。

具体的には、個別の分野について、GX 基本方針（GX 推進戦略として令和 5 年 7 月閣議決定）の参考資料として、国が長期・複数年度にわたるコミットメントを示すと同時に、規制・制度的措置の見通しを示すべく、22 分野において「道行き」が提示された。

その後、昨年 10 月から 12 月にかけて、5 回にわたり専門家 WG が開催され、先行投資支援の詳細等について議論がなされている。なお、専門家 WG の議事概要と資料については、下記のウェブサイトで閲覧が可能である。

【GX 実現に向けた専門家ワーキンググループ】

https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/senmonka_wg/index.html

(a) GX 経済移行債等を活用した先行投資支援

10 年間で 150 兆円を超える GX 投資の実現に向けては、民間事業者の予見可能性を高めていくことが必要となる。このため、新たに「GX 経済移行債」を創設して、政府として長期・複数年度にわたり支援策を講じると共に、新たな市場・需要の創出に効果的につながるよう、規制・制度的措置と一体的に講ずることとしている。

この GX 経済移行債による支援は、基本原則として、従来のようにエネルギー消費量の抑制や温室効果ガス排出量の削減のみを目的とするものとは異なり、受益と負担の観点も踏まえつつ、民間のみでは投資判断が真に困難な案件であって、産業競争力強化・経済成長と排出削減のいずれの実現にも貢献する分野への投資を対象とすることとされている。

(b) カーボンプライシングによる GX 投資先行インセンティブ

カーボンプライシングは、炭素排出に値付けをすることにより、GX 関連製品・事業の付加価値を向上させるものである。その導入については、我が国の経済への悪影響等に鑑み、直ちに導入するのではなく、GX に集中的に取り組む期間を設けた上で導入することとされている。また、GX 投資の前倒しを促進するため、当初低い負担で導入し、徐々に引き上げていく

こととしている。

具体的には、多排出産業を中心に「排出量取引制度」を導入（2023 年度からの GX リーグにおける試行を踏まえ、2026 年度から本格稼働させ、さらに 2033 年度から発電事業者に対する「有償オークション」を段階的に導入）すると共に、広く GX への動機付けが可能となるよう、炭素排出に対する一律のカーボンプライシングとしての「炭素に対する賦課金」を併せて導入することとしている。

これらのカーボンプライシングについては、GX 推進法の附則の中で、その実施する方法について GX 推進法の施行後 2 年以内に必要な法制上の措置を講ずるものとされており、本年 9 月には「GX 実現に向けたカーボンプライシング専門ワーキンググループ」が設置され、制度設計に向けた議論が始まっている。

(2) 国土交通省の取組

政府全体の動きに対応し、国土交通省においても 2050 年カーボンニュートラルの実現や 2030 年度の温室効果ガス削減目標の達成に向け、「国土交通グリーンチャレンジ」の策定や「国土交通省環境行動計画」の改定を行い、所管する事業やインフラ毎の特性や技術力を最大限に活かし、省内にとどまらず産業界や関係省庁と分野横断的に連携して取組を推進している。

2021 年 7 月に策定された国土交通グリーンチャレンジでは、国土・都市・地域空間とそこで展開される様々な社会経済活動を支える国土交通分野に係るインフラや、住宅・建築物、自動車等の輸送機関等の膨大なストックについて、2050 年カーボンニュートラルを実現するための基盤となるよう、各般の施策に脱炭素化の観点を取り込み、長期的な視点を持って、革新的技術開発やその社会実装、さらには国民や企業の意識・行動の変容を促進する環境整備を含め、社会システムのイノベーションを図っていくこととしている。そして、省を挙げて予算、税制、制度改正等の施策を総動員してその施策や取組を着実に実行に移すべく、2021 年 7 月に「国土交通省グリーン社会実現推進本部」を新たに立ち上げている。国土交通省グリーン社会実現推進本部は、直近では本年 5 月に開催しており、運輸、建築・インフラ等の各分野における GX 実現に向けた取組のより一層の推進を図っている。

また、2021 年 12 月に「国土交通省環境行動計画」の改定を行った。改定においては、グリーン社会実現に向けた「国土交通グリーンチャレンジ」を重点プロジェクトに位置付けるとともに、国土交通省における環境関連施策の充実・強化を図り、2050 年までを見

据えつつ2030年度までを計画期間として、計画的・効果的な実施を推進することとしている(図-3~5)。

この国土交通省環境行動計画については、今年9月に社会資本整備審議会環境部会・交通政策審議会交通

体系分科会環境部会グリーン社会小委員会を設置し、国土交通省環境行動計画の新たな改定に向けた議論を開始しており、今後さらなる改定に向けて検討が進められる予定である。

省エネ・再エネ拡大等につながるスマートで強靱な暮らしとまちづくり

《住宅・建築物の更なる省エネ対策の強化》

目指すべき住宅・建築物の姿	2030年	2050年
省エネ	新築される住宅・建築物についてはZEH・ZEB基準の水準の省エネ性能が確保される	ストック平均でZEH・ZEB基準の水準の省エネ性能が確保される
再エネ	新築戸建住宅の6割において太陽光発電設備が導入される	導入が合理的な住宅・建築物における太陽光発電設備等の再生可能エネルギー導入が一般的となる

- 新築住宅を含む省エネ基準への適合義務化(2025年度まで)、ZEH(ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス)・ZEB(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)の普及促進
※建築物省エネ法の改正
※誘導基準、住宅トップランナー基準の引上げ、省エネ基準の段階的な水準の引上げを遅くとも2030年までに実施
- 既存ストックの省エネ改修促進
- 公営住宅やUR賃貸住宅等の新築の原則ZEH化、省エネ改修促進
- 木造建築物の普及拡大

《脱炭素化に資するまちづくり》

- 都市のコンパクト化、スマートシティの社会実装の推進、3D都市モデル(PLATEAU)等のデジタル技術やデータの利活用
- 居心地が良く歩きたくなる空間の形成、自転車利用の促進
- 都市部のエリア単位での包括的な脱炭素化の推進、環境性能に優れた不動産への投資促進



中高層の木造建築物

《インフラ等における再エネの導入・利用の拡大》

- 公的賃貸住宅、官庁施設、道路・空港・港湾・公園・下水道等のインフラ空間等を活用した太陽光発電の導入拡大
- 下水道バイオマス、下水熱等の利用推進
- 小水力発電、ダム の運用改善等による水力エネルギーの利用促進




道路における太陽光発電施設活用 公園における太陽光発電



都市のコンパクト化 公共交通の利用促進

エネルギーの効率的利用
都市公園の整備や緑地の保全・創出

図-3 (参考) 国土交通省環境行動計画(概要)重点施策①

自動車の脱炭素化に対応した交通・物流・インフラシステムの構築

《次世代自動車の普及促進、自動車の燃費性能の向上》

- 事業用のバス・トラック・タクシー等への次世代自動車の普及促進、燃費性能の向上

《次世代自動車を活用した交通・物流サービスの推進》

- 自動化による新たな輸送システムの導入促進

《自動車の脱炭素化に対応した都市・道路インフラの社会実装の推進》

- EV充電施設の道路内配置の検討、走行中給電システム技術の研究開発



燃料電池タクシー、電気バス、プラグインハイブリッドバス等



EV充電施設の道路内配置

デジタルとグリーンによる持続可能な交通・物流サービスの展開

《ソフト・ハード両面からの道路交通流対策》

- ETC2.0等のビッグデータを活用した渋滞対策、環状道路整備等による道路交通流対策

《公共交通、自転車の利用促進》

- LRT・BRT等の導入促進、MaaSの社会実装等を通じた公共交通の利便性向上

《グリーン物流の推進》

- トラック輸送の効率化(AI・IoT等のデジタル技術を活用した物流DX、共同輸配送、宅配便再配達等の削減、ダブル連結トラックの普及、ドローン物流の社会実装等)
- 海運、鉄道貨物輸送へのモーダルシフトの更なる推進

《船舶・鉄道・航空の脱炭素化》

- 船舶：省エネ・省CO₂排出船舶の普及促進
- 鉄道：燃料電池鉄道車両の開発推進、省エネ車両の導入促進
- 航空：持続可能な航空燃料(SAF)※の導入促進、機材・装備品等への新技術導入、運航の改善等

《気候変動リスクに対応した交通・物流システムの強靱化》

- 災害時の交通・物流の機能確保のための交通インフラの強化、運輸防災マネジメント等の事前対策の強化
- 鉄道の計画運休の深化、空港の孤立化防止等の推進による災害時における人流・物流コントロール



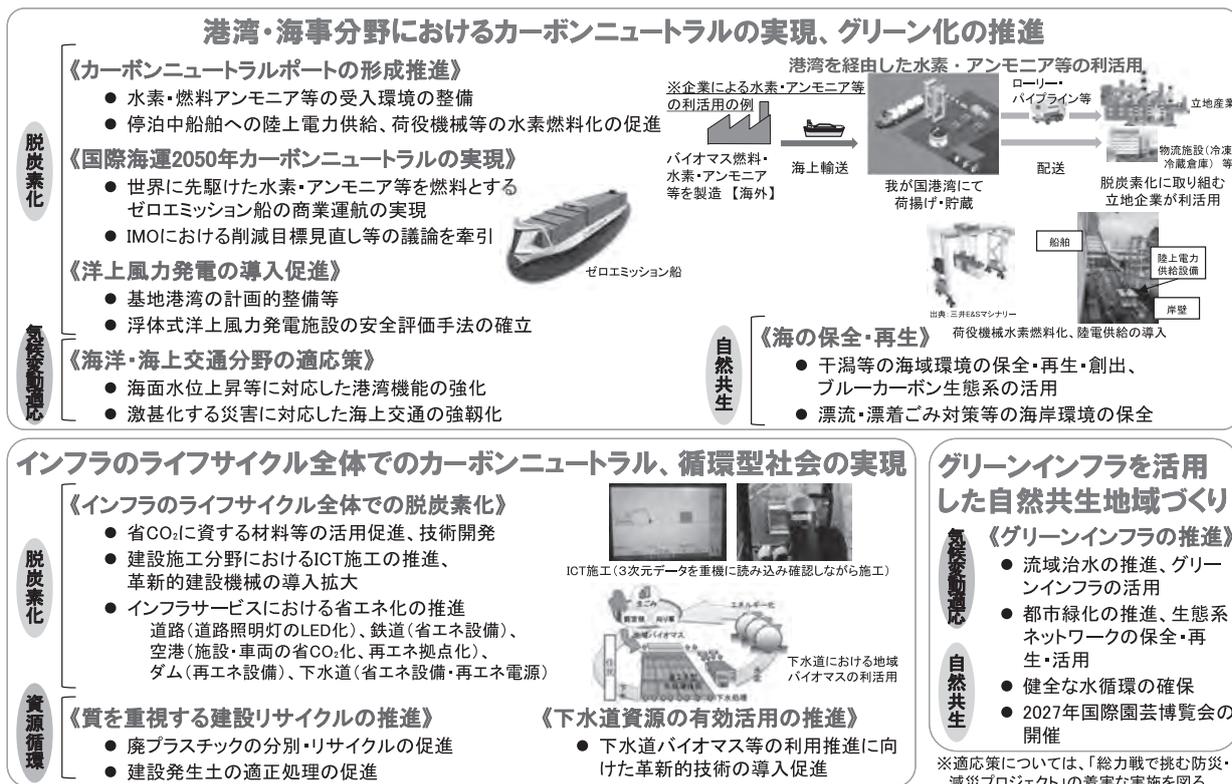
LRT(Light Rail Transit) BRT(Bus Rapid Transit)



ダブル連結トラック ドローン物流

※SAF(Sustainable Aviation Fuel)：
 ● バイオジェット燃料を含む持続可能な航空燃料
 ● 化石由来のジェット燃料と比較して約60%~約80%のCO₂削減効果
 ● 原料：廃食油、サトウキビ、木質バイオマス(セルロース)、都市ごみ、廃棄プラスチック、廃ガス等

図-4 (参考) 国土交通省環境行動計画(概要)重点施策②



図一五 (参考) 国土交通省環境行動計画 (概要) 重点施策③

なお、現行の「国土交通省環境行動計画」, 「国土交通グリーンチャレンジ」, 「国土交通省グリーン社会実現推進本部」の詳細については、下記のウェブサイトでご覧が可能である。

【国土交通省環境行動計画】

https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_fr_000101.html

【国土交通グリーンチャレンジ】

https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/sogo10_sg_000164.html

【国土交通省グリーン社会実現推進本部】

https://www1.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_fr_000148.html

3. おわりに

今年の4月に環境省より発表された2022年の我が国の温室効果ガスの排出量は、2013年度比で22.9%の減少となり、2050年ネットゼロに向けた順調な減少傾向を継続することができた。また、環境配慮型コンクリートによる吸収量(CO₂固定量)を世界で初めて算定するなど、GXの取組も進んできている。施策面においても、より長期的視点に立ったGX2040のビジョンの議論に向けて、今夏にGX2040リーダーズパネルが開催されるなど、GX施策の検討が引き続き進められる見込みである。

国土交通省としても、環境行動計画の改定に向けた議論を進めつつ、カーボンニュートラルの実現に向けてGXの推進に取り組んでまいりたい。

J|C|MA

【筆者紹介】
司馬 勇彦 (しば としひこ)
国土交通省 総合政策局 環境政策課
課長補佐

行政情報

建設施工分野におけるカーボンニュートラルに向けた取組

岡本由仁

地球温暖化への対応は国際的に取り組む必要のある喫緊の課題である。これをチャンスと捉えて産業構造や社会経済の変革をもたらし、次なる大きな成長につなげる「経済と環境の好循環」を確立する政策が求められている。

本稿では、カーボンニュートラルに向けた政府及び国土交通省の取り組みを紹介する。特に建設施工分野における取組について詳述する。

キーワード：建設施工分野のカーボンニュートラル，グリーンチャレンジ，GX 建設機械，低炭素型コンクリート，インフラ分野における建設時の GHG 排出量算定マニュアル案

1. はじめに

近年、気候変動の影響により、自然災害が激甚化・頻発化するなど、地球温暖化対策は喫緊の課題となっている。2020年10月に菅内閣総理大臣（当時）が所信表明演説で宣言した2050年カーボンニュートラル、2021年4月の地球温暖化対策推進本部で示された2030年度温室効果ガス46%削減により、政府一丸となってカーボンニュートラルへ動き出した。さらに、今年5月13日の第11回GX実行会議においては、岸田内閣総理大臣（当時）より「GX2.0の検討を始める」との発言もあり、今年度はカーボンニュートラルに向けた動きが加速する。

地域のくらしや経済を支える幅広い分野を所管する国土交通省としても、カーボンニュートラルの実現に向け、省内にとどまらず関係省庁と連携をし、取組を進めなければならない。

本稿では、国土交通省のカーボンニュートラルに向けた取組等について概要を紹介する。

2. 環境政策を巡る動向

(1) 環境分野の世界的な潮流

環境分野の世界的な潮流は大きく3つに分けられる。1つ目が地球温暖化対策の「カーボンニュートラル」、2つ目が生物多様性保全等の「ネイチャーポジティブ」、3つ目が資源枯渇対策・廃棄物処理対策等の「サーキュラーエコノミー」である。

特にカーボンニュートラルについては、昨年「脱炭素成長型経済構造への円滑な移行の推進に関する法律」（以下「GX推進法」という）が成立し、国内での取組が加速している。

(2) 脱炭素成長型経済構造への移行

地球温暖化への対応を、経済成長の制約やコストとする時代は終わり、国際的にも成長の機会と捉える時代に突入している。こうした発想から、地球温暖化対策を積極的に行うことが、産業構造や社会経済の変革をもたらす、次なる大きな成長につながっていく。この「経済と環境の好循環」を確立する政策が求められている。

このため、2021年6月に関係省庁で連携し「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」をとりまとめられた。その後、2021年10月に、2050年カーボンニュートラルの実現に向けた政府の計画として、「地球温暖化対策計画」、「エネルギー基本計画」、「パリ協定長期戦略」等が次々と改定された。

さらに、2023年2月には「GX実現に向けた基本方針～今後10年を見据えたロードマップ～」が策定され、同年5月に「脱炭素成長型経済構造への円滑な移行の推進に関する法律」（以下「GX推進法」という）が成立した（図-1）。

本法では、排出削減と経済成長をともに実現するGX（グリーントランスフォーメーション）に向け、GX推進戦略の実現に向けた先行投資を支援するGX経済移行債の発行、移行債の償還のための炭素排出に

脱炭素成長型経済構造への円滑な移行の推進に関する法律 【GX推進法】の概要（2023年5月成立）	
背景・法律の概要	
✓ 世界規模でグリーン・トランスフォーメーション（GX）実現に向けた投資競争が加速する中で、我が国でも2050年カーボンニュートラル等の国際公約と産業競争力強化・経済成長を同時に実現していくためには、今後10年間で150兆円を超える官民のGX投資が必要。 ✓ 昨年12月にGX実行会議で取りまとめられた「GX実現に向けた基本方針」に基づき、（1）GX推進戦略の策定・実行、（2）GX経済移行債の発行、（3）成長志向型カーボンプライシングの導入、（4）GX推進機構の設立、（5）進捗評価と必要な見直しを法定。	
（1）GX推進戦略の策定・実行	
・政府は、GXを総合的かつ計画的に推進するための戦略（脱炭素成長型経済構造移行推進戦略）を策定。戦略はGX経済への移行状況を検討し、適切に見直し。【第6条】	
（2）GX経済移行債の発行	（3）成長志向型カーボンプライシングの導入
・政府は、GX推進戦略の実現に向けた先行投資を支援するため、2023年度（令和5年度）から10年間で、GX経済移行債（脱炭素成長型経済構造移行債）を発行。【第7条】 ※ 今後10年間で20兆円規模、エネルギー・原材料の脱炭素化と収益性向上等に資する革新的な技術開発・設備投資等を支援。 ・GX経済移行債は、化石燃料賦課金・特定事業者負担金により償還。（2050年度（令和32年度）までに償還）。【第8条】 ※ GX経済移行債や、化石燃料賦課金・特定事業者負担金の収入は、エネルギー対策特別会計のエネルギー需給協定で区分して経理。必要な措置を講ずるため、本法附則で特別会計に関する法律を改正。	・炭素排出に値付けをすることで、GX関連製品・事業の付加価値を向上。 ⇒ 先行投資支援と合わせ、GXに先行して取り組む事業者等にインセンティブが与えられる仕組みを創設。 ※ ①は、直ちに導入するのではなく、GXに取り組む期間を設けた後で、エネルギーに係る負担の総額を中長期的に減少させていく中で導入。（低い負担から導入し、徐々に引上げ。） ① 炭素に対する賦課金（化石燃料賦課金）の導入 ・2028年度（令和10年度）から、経済産業大臣は、化石燃料の輸入事業者等に対して、輸入等する化石燃料に由来するCO2の量に応じて、化石燃料賦課金を徴収。【第11条】 ② 排出量取引制度 ・2033年度（令和15年度）から、経済産業大臣は、発電事業者に対して、一部有償でCO2の排出枠（量）を割り当て、その量に応じた特定事業者負担金を徴収。【第15条・第16条】 ・具体的な有償の排出枠の割当てや単価は、入札方式（有償オークション）により、決定。【第17条】
（4）GX推進機構の設立	
・経済産業大臣の認可により、GX推進機構（脱炭素成長型経済構造移行推進機構）を設立。 （GX推進機構の業務）【第54条】 ① 民間企業のGX投資の支援（金融支援（債務保証等）） ② 化石燃料賦課金・特定事業者負担金の徴収 ③ 排出量取引制度の運営（特定事業者排出枠の割当て・入札等）等	
（5）進捗評価と必要な見直し	
・GX投資等の実施状況・CO2の排出に係る国内外の経済動向等を踏まえ、施策の在り方について検討を加え、その結果に基づいて必要な見直しを講ずる。 ・化石燃料賦課金や排出量取引制度に関する詳細の制度設計について排出量取引制度の本格的な準備のための具体的な方策を含めて検討し、この法律の施行後2年以内に、必要な法制上の措置を行う。【附則第11条】	
<small>※本法附則において改正する特別会計に関する法律については、平成28年改正において同法第88条第1項第2号二併せて手当する必要がある所定の整備を行う。</small>	

図-1 GX推進法の概要

応じた負担金等を企業から徴収するカーボンプライシングの導入等が盛り込まれている。

カーボンプライシングの詳細な制度設計については、GX推進法施行後2年以内に、必要な法制上の措置が予定されており、今年度、議論が進むものと予想される。

さらに、昨今の環境政策を巡る動向を踏まえて、「エネルギー基本計画」、「地球温暖化対策計画」の今年度中の改定に向けた議論が開始されている。

3. 国土交通省の動向

国土交通省においても、カーボンニュートラルを目指したグリーン社会の実現のため、我が国のCO₂排出量の約5割を占める運輸、家庭・業務部門の脱炭素化等に向けた地球温暖化緩和策、気候変動適応策等、国土交通省で戦略的に取り組む環境分野でのグリーン技術を含めた施策・プロジェクトを「国土交通グリーンチャレンジ」（以下「グリーンチャレンジ」という）として、2021年7月にとりまとめた。

さらに、環境基本法に基づく「環境基本計画」を踏まえ、国土交通省が取り組む環境関連施策を体系的に

とりまとめることとされている国土交通省の環境行動計画を同年12月に全面的に改定し、改定後の環境行動計画においてはグリーンチャレンジを重点プロジェクトとして位置付けるとともに、国土交通省における環境関連施策の充実・強化を図り、2050年までを見据えつつ2030年度までを計画期間として、計画的・効果的な実施を推進することとしている。

国土交通分野に関わるCO₂を始めとする温室効果ガスの排出削減に向けては、地球温暖化対策計画等において、国土交通省が所管する各部門における新たな排出削減目標や省エネのさらなる徹底等を図ることが求められている。

特に国土・都市・地域空間とそこで展開される様々な社会経済活動を支えるインフラや、住宅・建築物、自動車等の輸送機関等の膨大なストックについて、2050年カーボンニュートラルを実現するための基盤となるよう、各般の施策に脱炭素化の観点を取り込み、長期的な視点を持って、革新的技術開発及びその社会実装、さらには国民や企業の意識・行動の変容を促す環境整備を含め、社会システムのイノベーションを図っていく必要がある。

このため、グリーンチャレンジを着実に実行に移す

べく、国土交通省グリーン社会実現推進本部等を通じて、施策の充実・強化を図っている。今年5月27日の国土交通省グリーン社会実現推進本部において、GXの実現に向けた国土交通省の主な取組が図一2～

4のとおり示されており、「建設施工分野では、建設材料の脱炭素化等、インフラのライフサイクル全体でのカーボンニュートラルを推進する」としている。

自動車分野の脱炭素化(次世代自動車の普及促進等)

○ 運輸部門のCO2排出量の大宗を占める自動車分野では、EV、FCV等の次世代自動車の普及促進を図る。

目標

- 2035年までに乗用車の新車販売 電動車(EV,FCV,PHEV,HV)100%
- 2030年までに小型商用車の新車販売 電動車20~30%
- 2030年までに公共用の急速充電器3万口を含む充電インフラ30万口の整備

■次世代自動車の普及促進に向けた取組 【補助対象車両の例】

- 事業用トラック、バス、タクシーにおける次世代自動車の導入や買い換えの促進を支援
- SA/PA・道の駅でのEV充電施設や水素ステーションの設置を促進
- 走行中給電システムの技術システムを支援し、導入可能性を幅広く検討

EVトラック EVバス EVタクシー

EV充電施設の設置の促進

海事分野の脱炭素化(ゼロエミッション船の普及促進等)

○ 水素・アンモニア等を燃料とするゼロエミッション船等の技術開発等を推進するとともに、ゼロエミッション船等の普及促進をはじめとする海事産業の国際競争力強化を推進する。

目標

- 2030年までに内航海運分野のCO2排出量を181万トン削減(2013年度比)。
- 国際海運において2050年頃までのGHG排出ゼロを目指す。(2023年IMOにおいて合意)

■ゼロエミッション船等の導入・普及の促進

- ゼロエミッション船等の開発・実証を実施
 - ※アンモニア船:2026年より実証運航開始
 - 水素燃料船:2027年より実証運航開始
- ゼロエミッション船等の生産設備の整備を支援
- IMOにおいてゼロエミッション船等の導入を促すための国際ルール作り等を主導

ゼロエミッション船

水素・アンモニア燃料エンジン 燃料タンク・燃料供給システム

航空分野の脱炭素化(SAFの導入促進等)

○ 改正航空法に基づいて策定された航空脱炭素化推進基本方針を踏まえ、SAFの導入促進や航空交通システムの高度化による運航改善、環境新技術の導入などを推進する。

目標

- 2030年時点の本邦航空会社による燃料使用量の10%を持続可能な航空燃料(SAF)に置き換える。
- 国際航空においては、2050年までのカーボンニュートラル実現を目指す。

■SAFの導入促進

- 経済産業省等と連携し、SAFの原料調達及び開発・製造を支援
- 国産SAF利用拡大に向け、SAF官民協議会において議論を推進

■運航の改善

- 脱炭素化の取組を推進するため、衛星の活用や管制システム性能向上や情報共有基盤の整備等を実施

■環境新技術の導入

- 電動航空機や水素航空機などの環境新技術の実用化に向け、国際標準・安全基準の策定を目指す

鉄道分野の脱炭素化(水素燃料電池鉄道車両の開発・導入等)

○ 水素燃料電池鉄道車両の開発・導入等、鉄道分野の脱炭素化を推進する。

目標

- 2030年代において、鉄道分野のCO2排出量(2013年度1,177万t)の実質46%に相当する量を削減することを目指す。

■鉄道分野の脱炭素化

- 鉄道車両・設備の省エネ化、水素燃料電池鉄道車両の開発・導入等を推進

水素燃料電池鉄道車両(JR東日本提供)

モーダルシフトの推進等

○ 鉄道や船舶へのモーダルシフトの推進等によりGXを推進する。

目標

- 鉄道(コンテナ貨物)、内航(フェリー・RORO船)等の輸送量・輸送分担率を今後10年程度で倍増

■物流GXの推進

- モーダルシフト等を通じた物流・改正物流効率化法に基づく規制措置を通じて、積載率向上などの物流効率化を推進

2024年5月27日国土交通省グリーン社会実現推進本部資料1より

図一2 GXの実現に向けた国土交通省の取組(運輸分野)

住宅・建築物分野の脱炭素化(ZEH・ZEBの普及促進等)

○ ZEH(ゼッチ)・ZEB(ゼブ)の普及促進や、新築住宅を含む省エネ基準への適合義務化を踏まえた対応など、住宅・建築物における脱炭素化を推進する。

目標

- 速くとも2030年度までに、省エネ基準をZEH・ZEB水準へ引上げ。
- 2050年までにストック平均でZEH・ZEB水準の省エネ性能の確保を目指す。

■住宅・建築物の省エネ化推進

- 建築物省エネ法(2022年6月改正)に基づき、2025年度から全ての新築住宅・非住宅に省エネ基準適合を義務付け
- 関係省庁と連携しZEH・ZEBの普及や省エネ改修に対して支援

	現行		改正	
	非住宅	住宅	非住宅	住宅
大規模 2,000㎡以上	適合義務 2017.4	届出義務	適合義務	適合義務
中規模	適合義務 2021.4	届出義務	適合義務	適合義務
300㎡未満 小規模	説明義務	説明義務	適合義務	適合義務

省エネ性能の底上げ

■住宅・建築物における木材利用の促進

- 建築基準の合理化や優良な中規模木造建築物に対する支援等を実施

まちづくり分野の脱炭素化(まちづくりGXの推進等)

○ 都市緑地の量・質の確保に係る官民の取組を促進、エネルギーの面的利用による効率化、脱炭素に資する民間都市開発等のまちづくりGX、グリーンインフラ技術の開発などを推進する。

■まちづくりGXの推進

都市緑地法等の改正を踏まえ、

- 都市の緑地に対する民間投資を促進
- 地方公共団体等による緑地の保全・整備を推進
- 都市のエネルギーの面的利用による効率化を推進
- 優良な民間都市開発事業を推進

良質な緑地の確保を通じた魅力的な空間の形成

■グリーンインフラの推進

- 脱炭素に資するグリーンインフラ技術の開発・実装を推進

エネルギーの面的利用のイメージ

建設施工分野の脱炭素化(建設材料の脱炭素化等)

○ 建設施工分野では、建設材料の脱炭素化等、インフラのライフサイクル全体でのカーボンニュートラルを推進する。

■建設材料の脱炭素化

- 直轄工事におけるCO2削減に資するコンクリート(※)等の建設材料の現場試行を実施
- (※)低炭素コンクリート、CO2吸収コンクリート等

■GX建設機械の普及促進

- GX建設機械認定制度を創設し、電動建機の普及を促進

■北海道インフラゼロカーボン試行工事

- CO2削減の取組を工事成績に加点

グリーンイノベーション基金を活用した低炭素型コンクリート試行事例(秋田県東成瀬村)

港湾分野の脱炭素化(CNPの形成の推進等)

○ 脱炭素化に配慮した港湾機能の高度化や水素等の受入環境の整備等を図るカーボンニュートラルポート(CNP)の形成等を推進する。

■CNPの形成の推進

- CNPの形成に向けて、港湾脱炭素化推進計画の作成・実施を推進(令和6年4月末時点で、25港が港湾脱炭素化推進計画を作成)

■ブルーカーボンに係る取組

- 藻場・干潟等の保全・再生・創出を推進

CNP形成のイメージ図

2024年5月27日国土交通省グリーン社会実現推進本部資料1より

図一3 GXの実現に向けた国土交通省の取組(建築・インフラ分野)

■再生可能エネルギーの導入・利用拡大

○ 公的賃貸住宅、官庁施設、空港、鉄道、道路、ダム、上下水道、港湾等の多様なインフラを活用した太陽光や水力、バイオマス等の導入促進など、再生可能エネルギーの最大限の導入に向けた取組を推進する。

■太陽光発電の導入促進

空港

- ・空港の再エネ拠点化等の推進に向け、改正空港法に基づき、空港脱炭素化推進計画の作成を推進



空港脱炭素化推進のイメージ

道路

- ・管理施設等の建物の上や道路敷地など道路空間への導入を推進



道路における太陽光発電の活用

鉄道

- ・官民連携プラットフォームにおける情報共有、協力体制の構築等を通じて、鉄道アセットを活用した再エネ導入等を推進



丸ノ内線四ツ谷駅(東京メトロ提供)

公的賃貸住宅

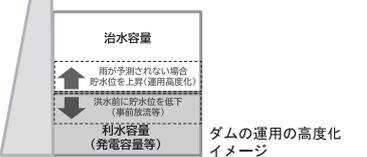
- ・UR賃貸住宅において、2022年度より設計を行う新築住宅に設置を原則化
- ・公営住宅において、2022年度より公営住宅等整備基準において設置を原則化

上下水道

- ・上下水道施設における再エネ設備の導入支援、新たな再エネ設備の設置方法についての技術実証等により導入促進

■水力発電の導入促進

- ・治水機能の強化と水力発電の促進を両立させる「ハイブリッドダム」の取組を推進
- ・具体的には、ダムの運用の高度化、既設ダムの発電施設の新増設、ダム改造・多目的ダムの建設の推進



ダムの運用の高度化イメージ

■下水道バイオマスの導入促進

- ・下水道バイオマスの利用推進に向けた革新的技術の導入促進
- ・下水道技術の普及促進に向け、2022年度に「カーボンニュートラル地域モデル処理場計画」を創設



カーボンニュートラル地域モデル処理場計画

■洋上風力発電の導入促進

- ・洋上風力発電の排他的経済水域 (EEZ) 展開に向けた制度整備の推進
- ・洋上風力発電設備の設置及び維持管理に必要なとなる基地港湾の計画的な整備を推進



提供：秋田洋上風力発電(株)

2024年5月27日国土交通省グリーン社会実現推進本部資料1より

図-4 GXの実現に向けた国土交通省の取組(再エネの導入・利用拡大関係)

4. インフラのカーボンニュートラル

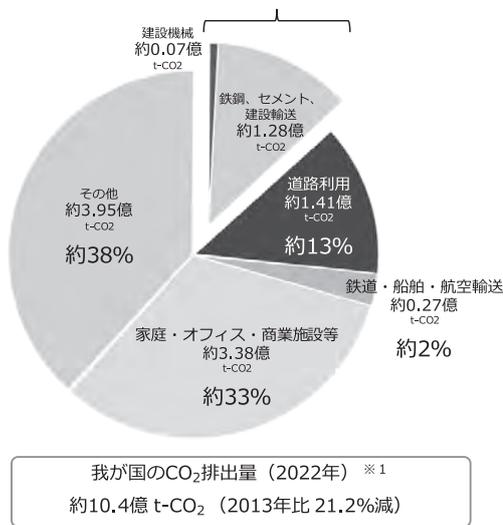
「日本の温室効果ガス排出量データ(1990~2022年度)確報値」における我が国全体の産業部門別のCO₂排出量に統計等から設定した割合を乗じて、インフラの各分野に該当する排出量を試算した(図-5)。

この結果、インフラ等の整備が直接的に関わるCO₂排出量は、建設機械の稼働、主たる建設材料である鉄鋼・セメントの生産、建設関連貨物の輸送による排出量の合計が約1.35億トンとなり、我が国全体の排出量の約13%を占めていることが分かる。

折しも、今年の第213回国会において、公共工事の品質確保の促進に関する法律が一部改正され、第3条の基本理念に「公共工事の品質確保に当たっては、脱炭素化に向けた技術又は工夫が活用されるように配慮されなければならない」とされて、公共工事の発注者の責務として、公共工事の品質確保にあたって配慮する事項として脱炭素に向けた技術等の活用が位置づけられた。

国土交通省は公共工事の最大手の発注者という立場もあり、その工事において、カーボンニュートラルの取組を進めることで、建設現場のカーボンニュートラルの技術開発を牽引することが期待されている。建設現場のカーボンニュートラルに寄与する技術は多々あるが、なかでも建設現場からの直接的な排出である建

インフラ等の整備が直接的に関わるもの 13%



※1：インフラ分野に關係する排出量については「日本の温室効果ガス排出量データ」(1990-2022年度確報値)、「総合エネルギー統計」、「自動車輸送統計調査」及び「普通鋼地域別用途別受注統計」(いずれも2022年確報値)に基づき試算。なお、鉄鋼以外の金属材料の製造や土砂以外の建設廃棄物の処理など、インフラ分野に關係するがその他に含まれているものがある。

図-5 インフラに關するCO₂排出量の試算

設機械及び製造時に多量のCO₂を排出するセメントの主要な利用先であるコンクリートの排出削減は重要である。

建設機械については、昨年10月より電動の建設機械を認定するGX建設機械認定制度を創設した。さらに、今年度より、本制度により認定されたGX建設機械の

基本原則：排出量＝活動量×排出原単位 とする

特徴	説明
① 建設時を対象とする	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ライフサイクル全体のうち、建設時の排出を対象とする ▶ 計画段階、設計段階については、現段階では本マニュアルのターゲットとしない
② 「標準」と「脱炭素技術適用後」を示す	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 対策の有無比較ではいずれかが仮想になるため、両者の算定方法を定めることで、想定の違いによる揺らぎを防ぐ
③ 工事積算の考え方を活用	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 全ての土木工事でほぼ同じ考え方 ▶ 企業の規模によらず浸透 ▶ 工事積算は工事に関する諸活動を網羅(他者分除く)
④ 事例を元に算定範囲・算定方法を決定	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 作業負荷の少ない方法をとれる ▶ マニュアルの妥当性の向上
⑤ 使うべき排出原単位のデータソースを示す	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 迷うことが減り利用しやすい ▶ 数値そのものを掲載しないことで、情報の更新に対応しやすい

図-6 算定マニュアル案の基本原則と5つの特徴

購入時に利用できる補助制度である「建設機械の電動化促進事業」が環境省にて開始された。本補助事業では、同クラスの従来機との差額の2/3が補助される。

コンクリートについては、セメント代替材料の使用により、製造時のCO₂排出量を低減させた低炭素型コンクリートの試行工事を実施しており、今年度から代替材料の種類や対象とする工種を拡大している。また、経済産業省にて、CO₂を固定化させるコンクリートの技術開発がGI基金により進められている。さらに、環境省が、今年4月に世界で初めてコンクリートによるCO₂吸収量を算定、国連へ報告し、今後はJクレジット化に向けた検討を進めるとしている。

様々な脱炭素技術がある中で効率的に脱炭素技術の導入を進めるためには、費用対効果に優れた技術に絞って進める必要がある。このため、インフラ整備におけるCO₂排出削減量を適切に評価する仕組みが必要であり、内閣府の研究開発とSociety5.0との橋渡しプログラム(BRIDGE)を活用し、今年6月に国土技術政策総合研究所において、インフラ分野の施工段階に建設現場で発生するGHG排出量の算定方法について統一的な考え方を示した「インフラ分野における建設時のGHG排出量算定マニュアル案」をとりまとめて公表した(図-6)。今後は、公共工事用のCO₂排出原単位の評価手法について統一ルールを策定するとともに、排出原単位のデータベースの整備を予定している。

このように、建設施工分野におけるカーボンニュートラルに向けた各種取組を関係省庁と連携して、着実に進めているところである。一方で、どのCO₂排出量をいつまでにどれだけ削減するのか等の明確なビ

ジョンが共有されていない。そこで、今後、建設機械及びコンクリート等の目標・ロードマップを具体化することで、建設施工分野におけるカーボンニュートラルに向けたアクションプランを策定し、あらゆる関係者と目標の共有を図り、取組の一層の推進を目指す。

5. おわりに

地球温暖化への対応は国際的に取り組む必要のある喫緊の課題である。しかし、課題への対応として消極的な姿勢で臨むか、変化を成長のチャンスと捉えて積極的な姿勢で臨むかは大きく異なる。脱炭素が世界的な課題であるということは、優れた脱炭素技術は海外市場への進出に強力なカードとなる可能性を秘めている。我が国は、国際社会に後れをとることなく、次なる大きな成長のために、脱炭素成長型経済構造への円滑な移行を目指している。

インフラを利用する地域の方々、国土交通省と同様にインフラ整備・維持管理にあたる地方公共団体、そして、国土交通行政分野に関わる多種多様な民間事業者や公的機関等との連携に加え、国民・企業等による主体的な取組とも相まって、社会システムの変革に挑戦し、持続可能で強靱な社会を将来世代に引き継ぐべく、総力を挙げて取り組んで参る。

JICMA

[筆者紹介]
 岡本 由仁 (おかもと ゆうじ)
 国土交通省 大臣官房 技術調査課
 課長補佐

行政情報

バイオマス活用に向けた取組と今後の展望

埜 勝 太

バイオマスは、持続的に再生可能な資源であることから、その活用は2050年カーボンニュートラルの実現に資すると同時に、農山漁村の活性化や持続可能な循環型社会の形成等に寄与するものである。政府は、地球温暖化の防止や循環型社会の形成等を目指して、バイオマス活用推進基本計画を閣議決定し、バイオマスの活用に関する新たな指針・目標を定め、バイオマス活用を推進、計画のフォローアップ等に取り組んでいる。本稿では、廃棄物・未利用バイオマスを取り巻く現状、脱炭素化社会の実現に向けた動きなどについて紹介を行う。

キーワード：バイオマス、バイオマス活用推進基本計画、循環型社会、地域資源

1. はじめに

バイオマスは、生物資源 (bio) の量 (mass) を示す概念であり、「動植物に由来する有機物である資源 (化石資源を除く。)」である。バイオマスは、植物の成長過程における光合成によって、大気中CO₂の吸収・固定を行っていることから、大気中の二酸化炭素を増加させない「カーボンニュートラル」と呼ばれる特性を有しており、肥料や飼料などへの利用のほか、プラスチックなどのマテリアル利用や、電気、熱、燃料 (エタノール、ガス等) への変換によるエネルギー利用などとしても利用されている。

バイオマスは、地域に広く薄く存在しているため、効率的な収集などの経済性の向上が課題である一方、バイオマスそのものは持続的に再生可能な資源であることから、2050年カーボンニュートラルの実現に資すると同時に、農山漁村の活性化や地球温暖化の防止、持続可能な循環型社会の形成等の課題の解決などに寄与するものであると考えられている。

本稿では、廃棄物・未利用バイオマスを取り巻く現状、脱炭素化社会の実現に向けた動きなどについて概説する。

2. バイオマスに関する政策の動きについて

バイオマスの活用推進にあたっては、バイオマスの活用推進に係る基本的な理念を定めたバイオマス活用推進基本法 (平成21年法律第52号) の制定以降、地

球温暖化の防止や循環型社会の形成に向けて、様々な関連施策が講じられてきた。

近年の動きとして、農林水産省では、食料・農林水産業の生産力向上と、持続性の両立をイノベーションで実現するため、令和3年5月に「みどりの食料システム戦略」を策定し、資材・エネルギー調達における脱輸入・脱炭素化・環境負荷軽減の推進を掲げて、バイオマス等の地域資源や、未利用資源の一層の活用に向けた取組の推進を実施している。

政府全体のバイオマスの活用推進の枠組みとしては、関係7府省 (内閣府、総務省、文部科学省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省) が連携して、その活用推進に取り組んでおり、令和4年9月には、バイオマス活用推進基本計画 (第3次) (以下「第3次基本計画」という。) を閣議決定し、バイオマスの活用に関する新たな指針・目標を定め、計画のフォローアップ等に取り組んできた (図1)。

一方、2050年カーボンニュートラルの実現に向けては、化石エネルギー中心の産業構造・社会構造をグリーンエネルギー中心の社会に転換していくGX (グリーン・トランスフォーメーション) を加速させるため、「GX基本方針」が令和5年2月に閣議決定された。この基本方針に基づき、20兆円規模のGX経済移行債の発行による先行投資支援が実施されており、脱炭素に向けた民間投資を促進し、新たな需要・市場を創出することで、経済成長を目指していくとしている。

また、地域における取組としては、各地域の特色を活かしたバイオマス産業を軸とした環境にやさしく災

- 持続的に発展する経済社会や循環型社会の構築に向け、「みどりの食料システム戦略」に示された生産力の向上と持続性の両立を推進し、地域資源の最大限の活用を図ることが重要。
- 今回の改定においては、新たに、農山漁村だけでなく都市部も含めた地域主体のバイオマスの総合的な利用の推進、製品・エネルギー産業の市場のうち、一定のシェアを国産バイオマス産業による獲得を目指す。

第1 基本的な方針

- 農林漁業者等のバイオマス供給者、製造事業者、金融機関、学識経験者、行政機関等が連携を図り、バイオマス活用における需給に応じた適切な規模のバイオマス活用システムの構築を推進
- 地域課題への対応に向け、地域が主体となったバイオマスの総合的な利用を推進
- バイオマスの活用が脱炭素社会の形成に貢献するなど、消費者の理解の醸成による需要構造の変化を促進
- 生物多様性の確保等の環境保全に配慮しつつ、バイオマスの生産と利用の速度のバランスを維持し、持続可能な活用を推進

第2 国が達成すべき目標

- バイオマスのフル活用、都市部も含めた地域主体でのバイオマス活用の取組の推進、イノベーションによる社会実装を見込む新産業の創出及び新たな市場獲得に向け、以下を2030年度目標として設定

環境負荷の少ない持続的な社会の実現
 バイオマスの年間産出量の約80%を利用

農山漁村の活性化
 地域の主体的な取組を推進
 全都道府県で
 バイオマス活用推進計画を策定
 全市町村がバイオマス関連計画を活用

バイオマス産業の発展
 製品・エネルギー産業のうち
 国産バイオマス関連産業で市場シェアを
 2倍（1%→2%）に伸長

第3 講ずべき施策

- 【バイオマスの活用に必要な基盤の整備】
 - 「バイオマス産業都市」などを通じ、原料の生産から収集・運搬、製造・利用まで、経済性が確保された一貫システムの構築を推進
- 【バイオマス又はバイオマス製品等を供給する事業の創出等】
 - バイオマスの供給基盤となる食料・農林水産業の持続性の確保
 - バイオマスの特性に応じた高度利用について、利用者の理解を醸成しつつ推進（家畜排せつ物の堆肥の高品質化、下水汚泥の肥料化・リン回収、混合利用等）
- 【バイオマス製品等の利用の促進】
 - バイオマスのより付加価値の高い製品利用、熱電併給等の効率的なエネルギー利用、多段階利用を推進

第4 技術の研究開発

- エネルギーの地産地消に向けたバイオマスの高度利用により、バイオガスからメタノールや水素等を製造する技術や混合利用などエネルギー利用技術の拡大
- 航空分野における脱炭素化の取組に寄与する持続可能な航空燃料（SAF：Sustainable Aviation Fuel）の社会実装に向けた取組の推進
- 施設から排出されるCO2の回収・有効利用（CCU：Carbon dioxide Capture and Utilization）や、バイオ炭による炭素の貯留効果に関する研究を推進
- 日本固有の樹木であるスギのリグニンからの改質リグニン製造や、木質バイオマスや農産物残渣中のセルロースからセルロースナノファイバーを製造するなど、バイオマスのマテリアル利用を進めていくために必要な変換技術等の研究開発を推進

図-1 バイオマス活用推進基本計画の概要（令和4年9月6日閣議決定）

- バイオマス産業都市とは、経済性が確保された一貫システムを構築し、地域の特色を活かしたバイオマス産業を軸とした環境にやさしく災害に強いまち・むらづくりを目指す地域であり、関係7府省が共同で選定。

※関係7府省：内閣府、総務省、文部科学省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省

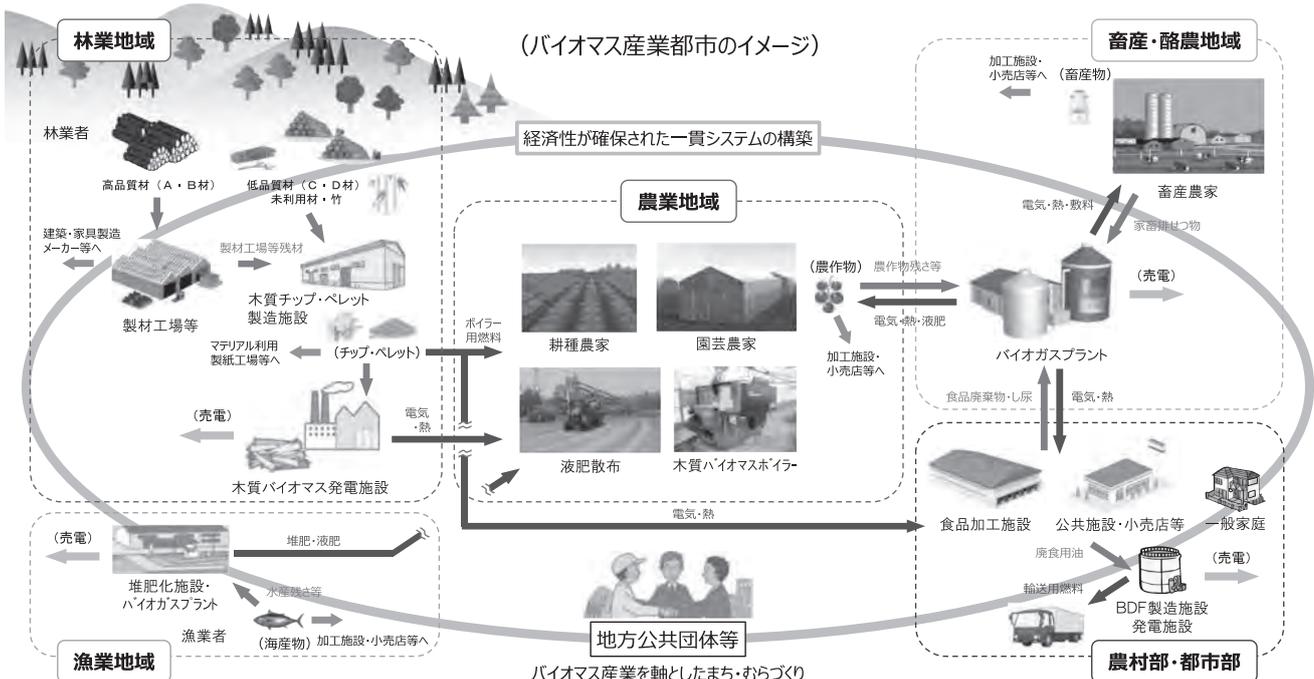


図-2 バイオマス産業都市について

害に強いまち、むらづくりを目指す「バイオマス産業都市」の選定制度を設けており、全国で103の市町村が選定されている（図—2）。

一例として、京都市では、市内のバイオガス化施設において、従来のごみ発電の効率化に加えて、生ごみ等によるバイオガス発電の実施によるエネルギー回収の最大化と温室効果ガスの削減など、様々な取組が進められている。

3. バイオマス利用の現状

バイオマスは、家畜排せつ物や下水汚泥、食品廃棄物等といった「廃棄物系」、稲わら、もみ殻等の農作物非食用部や林地残材等といった「未利用系」に大別される（表—1）。

バイオマスの利用率は、種類によって異なり、家畜の糞尿等による「家畜排せつ物」、製紙工場においてパルプ生産段階で生じる「黒液」、建物の建設の際に発生する「建設発生木材」などをはじめとした「廃棄物系」の利用率は高い一方、「農作物非食用部（すき込みを除く。）」や山地で林業生産の際に発生する「林地残材」など「未利用系」は利用率が低いといった特徴がある（但し、農作物非食用部は農地へのすき込みを含むと約92%が利用）。

一方、現在利用率の高い廃棄物系バイオマスは、発生量が減少傾向となっており、今後、更なるバイオマスの活用を推進していく必要がある。このため、第3次基本計画では、これまで計画の対象としてこなかったバイオマス資源についても賦存量、利用量の調査を行い、対象とするバイオマスの種類を拡大しつつ、バ

イオマスの利用量をバイオマス年間産出量の約80%まで引き上げることを目標としている。

4. バイオマス利用をめぐる最近の動きについて

脱炭素社会の実現に向けたバイオマス利用の最近の動きについて、以下に例示する。

(1) 下水汚泥資源

下水汚泥資源は、年間235万t（乾燥ベース）発生しており、主な利用先は、約半分が建設資材原料、次いで肥料利用（約14%）、燃料利用等（約10%）となっている。

近年のロシア・ウクライナ情勢等の影響を受け肥料価格が高騰する中、国内の肥料資源である下水汚泥資源活用の機運が高まっており、下水汚泥資源の活用に向けて、国土交通省、農林水産省、学識経験者、自治体、関係団体による「下水汚泥資源の肥料利用の拡大に向けた官民検討会」が開催され、その議論を踏まえ、令和5年1月に「下水汚泥資源の肥料利用の拡大に向けた関係者の役割と取組の方向性」（以下「方向性」という。）が策定された。

方向性では、「2030年までに堆肥・下水汚泥資源の使用量を倍増し、肥料の使用量（リンベース）に占める国内資源の利用割合を40%へ（令和4年12月27日食料安全保障強化政策大綱決定）」を目標に、消費者の理解促進を含めた関係者の役割分担について整理され、各関係者が主体的に、下水汚泥資源の肥料利用の大幅な拡大に向けて総力をあげて取り組むこととされている（図—3）。

表—1 主な利用状況

バイオマスの種類		現在の年間発生量（※2）	現在の利用率	2030年の目標
廃棄物系	家畜排せつ物	約8,100万トン	約87%	約90%
	下水汚泥	約7,700万トン	約74%	約85%
	下水道バイオマスリサイクル（※3）	約190万トン	約37%	約50%
	黒液	約1,100万トン	約100%	約100%
	紙	約2,300万トン	約80%	約85%（※5）
	食品廃棄物等（※4）	約2,200万トン	約60%	約63%
	製材工場等残材	約510万トン	約98%	約98%
未利用系	建設発生木材	約550万トン	約96%	約96%
	農作物非食用部（すき込みを除く。）	約1,100万トン	約35%	約45%
	林地残材	約1,100万トン	約38%	約33%以上

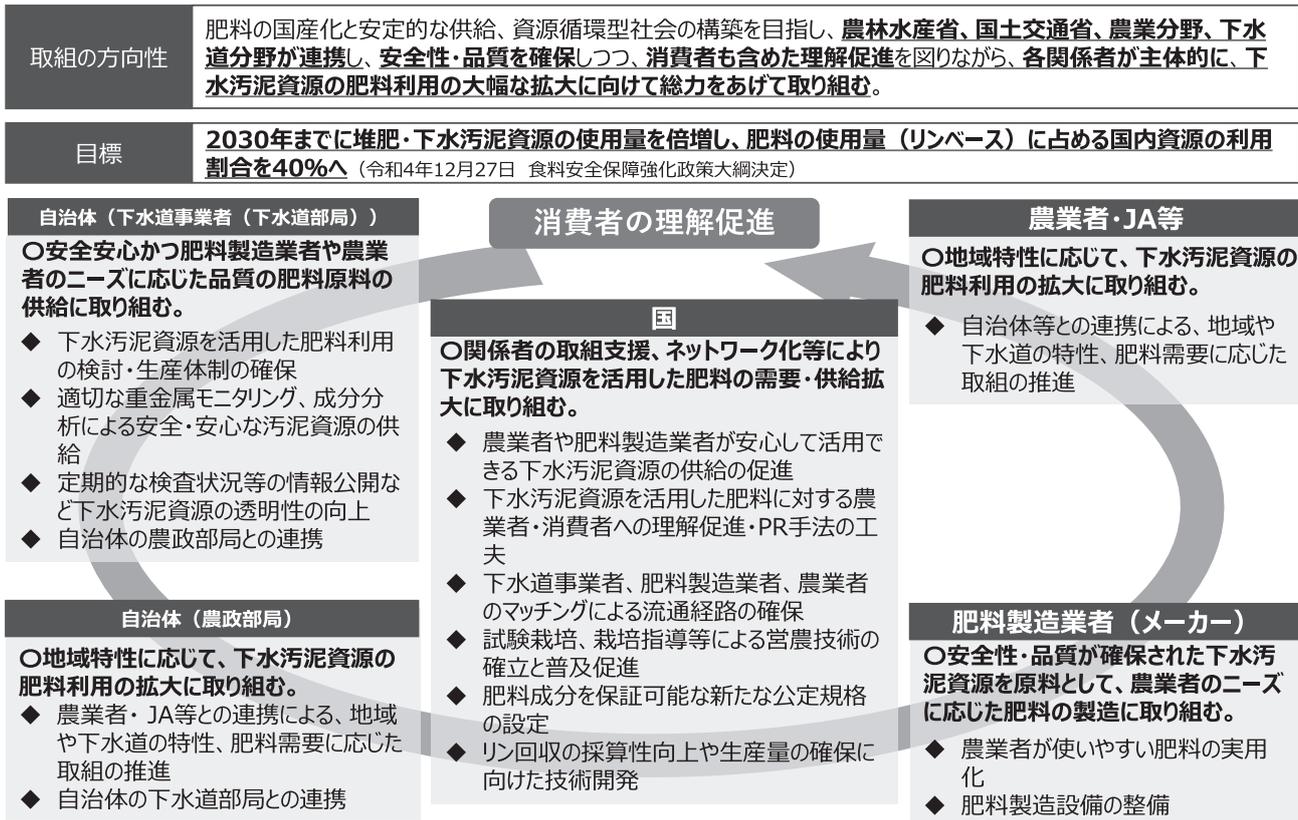
※1 現在の年間発生量及び利用率は、各種統計資料等に基づき、2024年（令和6年）7月時点で取りまとめたもの（一部項目に推計値を含む。）。

※2 黒液、製材工場等残材、林地残材及び下水道バイオマスリサイクルについては乾燥重量。他のバイオマスについては湿潤重量。

※3 下水汚泥中の有機物をエネルギー・緑農地利用した割合を示したリサイクル率。

※4 食品廃棄物等（食品廃棄物及び有価物）については、熱回収等を含めて算定した利用率に改定。

※5 本目標値は「資源の有効な利用の促進に関する法律」（平成3年法律第48号）に基づき、判断基準省令において定めている古紙利用率の目標値とは異なる。



図ー3 下水汚泥資源の肥料利用の拡大に向けた関係者の役割と取組の方向性

方向性の策定を踏まえて、農林水産省では、汚泥資源を利用した肥料成分を保証可能な新たな公定規格「菌体りん酸肥料」の創設をはじめ、下水汚泥資源を含む国内資源由来肥料の利用拡大に向けた全国推進協議会の設立、全国各地での関係者によるマッチング会合の開催、先進事例等の横展開・関連情報の提供、ロゴマーク等を活用した生産現場での利用拡大、肥料国産化に向けた設備等への支援を実施するなど、下水汚泥資源からのリン回収等の実証をしている国土交通省や国内肥料メーカー等と連携しながら、下水汚泥資源の利用拡大に取り組んでいる。

(2) SAF (Sustainable Aviation Fuel, 持続可能な航空燃料)

SAFは、廃食用油や木くず、古紙等のバイオマスを原料とする持続可能な航空燃料であり、化石燃料由来のジェット燃料と比較して、約60~80%のCO₂削減効果が期待されている。

航空業界の国際機関であるICAO^{*}では、「国際航空輸送分野における2021年以降のCO₂排出量を2019年のCO₂排出量（基準排出量）に抑える」ことを目標とされている。

また、2022年10月のICAO総会において、「2024年以降は、2019年のCO₂排出量の85%以下に抑える」

という、より厳しい目標が採択され、航空会社においては、こうした目標を達成するための手段として、SAFの導入が必要とされている。

我が国においては、2030年時点のSAF使用量として、「本邦エアラインによる燃料使用量の10%をSAFに置き換える」との目標を設定し、SAFの導入を加速させるため、技術的・経済的な課題を官民で議論・共有し、一体となって取組を進める場として、経済産業省、国土交通省を事務局とした「持続可能な航空燃料(SAF)の導入促進に向けた官民協議会」を設立し、環境省及び農林水産省も参画している(図ー4)。SAFの導入促進に向け、グリーンイノベーション基金やGX経済移行債を活用した投資促進策、戦略分野国内生産促進税制等により、国際競争力のある価格で安定的にSAFを供給できる体制の構築を目指し、議論が行われている。

なお、SAFの製造にあたっては、廃食用油を原料とするHEFA技術が確立されているが、廃食用油は配合飼料原料等の既存需要との両立が課題であることから、バイオエタノールからSAFを製造するAlcohol to Jet技術の確立や、非可食原料などの原料の多角化が必要とされている。

農林水産省としては、廃食用油等の国内バイオマス資源を原料としたSAFの製造にあたっては、食料や

<各会議体の関係>



構成員

民間：ENEOS、出光興産、コスモ石油、富士石油、太陽石油、日揮HD、伊藤忠商事、双日、三井物産、三菱商事、全日本空輸、日本航空、成田国際空港、中部国際空港、新関西国際空港、関西エアポート、三菱オプリー、石油連盟、定期航空協会、全国空港給油事業協会、在日航空会社代表者協議会
政府等：資源エネルギー庁、国土交通省、農林水産省、環境省、NEDO

構成員：官民協議会における需要サイド、供給サイドのメンバー、関係省庁等
テーマ：SAFの需給見通し、国産SAFの製造・供給、SAF原料の安定確保

構成員：官民協議会における需要サイド、供給サイドのメンバー、関係省庁等
テーマ：SAFのサプライチェーン構築、国産SAFのCORSLIA適格燃料登録・認証

出典：第4回SAF官民協議会における資源エネルギー庁資料より

図一四 持続可能な航空燃料（SAF）の導入促進に向けた官民協議会

飼料の安定供給と両立し、地域活性化に資することが重要と考えており、引き続き官民協議会への積極的な参画を通じてSAFの導入促進に貢献してまいりたい。

※ ICAO：International Civil Aviation Organization
(国際民間航空機関)

(3) 製材工場等残材

「製材工場等残材」とは、丸太から製材（板・角材）を生産した際の副産物（樹皮、背板、おが粉等）のことである。年間約510万トン発生しており、その約98%が製紙原料、木質ボード、家畜敷料、燃料用等として利用されている。

製紙原料は、紙の原料であり、パルプが約4割、古紙が約6割となっている。国産材パルプの約4割が製材工場等残材（背板の切削チップ等）となっている。

木質ボードは、木材小片（や木材繊維）を加熱圧縮して製造する板状製品のことであり、建築、家具・建具、梱包、住設機器、養生板、畳床等に使用される。

家畜敷料は、家畜の安楽性や糞尿処理のために、家畜の寝床に敷くものであり、かつては、稲わら、麦わらが使用されていたが、現在は、おが粉が多く使用されている。

(4) 林地残材

「林地残材」とは、立木を伐採・丸太加工した際に、未利用のまま林地に残される枝・葉・根元・細い間伐材等のことである。年間約1,100万トン発生しており、近年の燃料材需要の増加を背景として、林地残材の約35%が燃料用等として利用されている。

木質バイオマスのうち、製材工場等残材と建設発生木材は、製紙原料等として、ほぼ利用済みであるため、

今後のエネルギー利用の拡大に対応して燃料材を安定供給するには、林地残材の活用が不可欠である。林地残材が、これまで林地に残置されていた理由は、かさばること（単位重量あたりの輸送コストが高くなる）であるため、山土場や作業道で移動式チップパーによりチップ化する等、かさばらない状態にして、収集・運搬を効率化することが重要である。

そのため、農林水産省では、原木の安定的・効率的な供給体制の構築に向けて、森林施業の集約化や林内路網の整備や、林地残材の効率的な収集・運搬システムの構築等に取り組んでいる。

5. おわりに

本稿では、バイオマスをめぐる政策や現状、具体的な取組等について概説してきたが、バイオマスを持続的に活用していくためには、地方公共団体をはじめ、各事業者や金融機関、研究機関、そして、国民全体のバイオマスに関する理解と関心を深めることが重要である。

農林水産省としても、関係省庁と連携しながら、更なるバイオマスの活用促進が図られるよう、今後とも必要な支援に努めてまいりたい。

JCMA

[筆者紹介]

堀 勝太（はなわ しょうた）
農林水産省
環境バイオマス政策課
課長補佐



脱炭素に貢献する水素系切断ガス 「ハイドロカット 90」を開発

渡辺 大輔・北 詔仁・吉川 隆行

現在、鋼材のガス切断においては、炭化水素系の可燃性ガスであるアセチレンまたはLPGが主に使用されている。そのため、ガス切断中は連続してCO₂を排出している事となる。そこで、CO₂排出量の削減を目的とした、水素系切断ガスである「ハイドロカット 90」を開発した。本製品の組成は、次世代のクリーンエネルギーである水素90%とエチレンを10%混合している。その切断ガスを変える事で、大幅なCO₂削減を実現した。本稿では、本製品の特長である脱炭素、安全性、切断性能について紹介する。

キーワード：脱炭素、CO₂削減、ガス切断、切断能力、作業性、安全性

1. はじめに

ガス切断とは鉄と酸素の酸化反応熱を利用したもので、炭化水素系ガスを燃焼させた火炎にて、鋼材を発火温度（900℃以上）まで加熱し、その状態の鋼材に切断酸素を吹き付けることにより、鉄と酸素との酸化反応熱で鋼材を溶融させ、吹き飛ばす切断方法である。また、一般的にガス切断に使用される炭化水素系ガスはアセチレンやLPGである。アセチレンはランプ用途として輸入されたのが始まりで、明治40年頃から切断用途として使用されている歴史あるガスである。LPGは昭和30年代に家庭用燃料として本格的に普及し、切断用途としては大型容器による多量供給が行える事もあり、高度経済成長期に大きく需要が増えたガスである。

また、ガス切断以外で鋼材を切断する方法は、主に機械切断、プラズマ切断、レーザー切断が使用されている。これらのメリットは「切断精度が高い」、「非鉄金属の切断が可能」であるが、デメリットは「厚板切断に不向き」、「設備コストが高い」、「設備が大きくな

る」等である。対してガス切断のメリットは、「厚板切断が行える」、「電気を利用しない」、「設備がコンパクト」等により、一般的に幅広く使用されている切断方法である。ただ、近年では「熟練工からの技術伝承」や、「若手の定着率」等の問題があげられる。

一方で、CO₂排出の観点でガス切断を見ると、炭化水素系の可燃性ガスである、アセチレンまたはLPGが主に使用されているため、ガス切断中は連続してCO₂を排出している事となる。わが国は、「2050年カーボンニュートラル」を宣言し、2030年度の温室効果ガスの排出目標を2013年度比で46%削減としている。CO₂を排出しているガス切断分野からも、脱炭素社会の実現に向けた取り組みが必要である。このような社会背景を受けて、ガス切断においてCO₂排出量の大幅削減を可能とした、水素系切断ガス「ハイドロカット 90」（以降、HC90）を開発した。

また、HC90の荷姿は使用量に応じて選択できる。写真-1にボンベ、カードル、トレーラーの写真を示す。



写真-1 HC90 ボンベ、カードル、トレーラー

2. HC90 の開発

(1) 切断能力と CO₂ 排出量

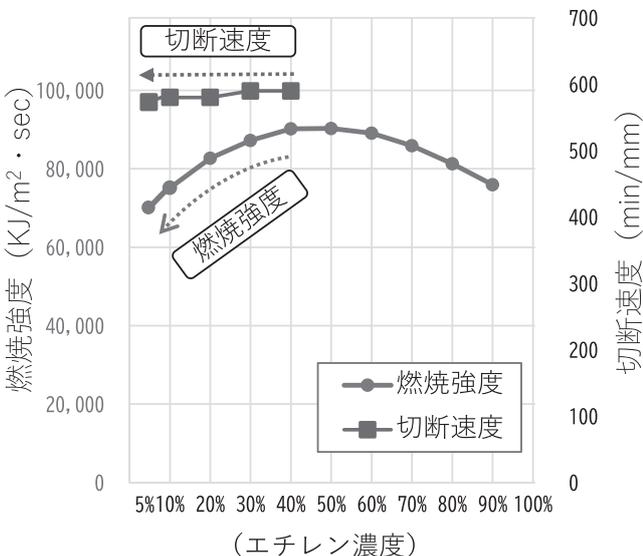
従来のガス切断において、燃焼強度が下がると切断速度は下がり、切断時間が増えることとなるので排出される CO₂ は増加すると考えられていた。しかし、**図一**に示すように、水素+エチレン混合ガスにあっては、エチレン濃度が低くても切断速度の低下が少ないことを見出した。すなわち、エチレン濃度が低下すると、燃焼強度も低下するが切断速度はあまり低下しないため、切断時間の増加も限定的となる。CO₂ 排出量は、可燃性ガスに含まれる「炭化水素ガス含有量 × 切断時間」で決まるので、HC90 にあっては、炭化水素ガス含有量を減らす効果の方が、切断時間が長くなる影響を大きく上回り、CO₂ の排出量を大いに低減できることを見出し、本発明を完成させた。

また、混合比率は CO₂ 排出量の削減効果を最大限に活かした比率とし、切断に特化した切断用ガスとして、国内特許に認められた技術である。

(2) 火炎と白芯の視認性の重要度

ガス切断において「火炎と白芯の視認性」は、安全性および作業性の観点から重要である。

HC90 は**写真一**2に示すとおり、火炎と白芯を目視でき、問題なく溶断ガスとして使用可能な火炎である。一方、水素 100%の火炎は**写真一**3に示すとおり、ほぼ目視できず白芯も無い。ガス切断では、白芯の長さを見ながら、適正な酸素量に調整する。酸素が少ないと切断能力が下がり、酸素が多いと、火口がオーバーヒートし、溶け落ちる原因となり危険である。火炎お



図一 燃焼強度と切断速度の関係 (水素+エチレン混合比別)

よび白芯を目視できることが、実際に切断作業を行う上では、安全性および作業性に優位である。

3. CO₂ 排出量の削減

(1) 切断ガス別の CO₂ 排出量比較

切断ガスを 1 m³ 使用した場合のガス別の CO₂ 排出量を**図二**に示す。従来の切断ガスから HC90 へ切り替えることで、CO₂ 排出量の削減に効果的である事がわかる。

(2) LCA による CO₂ 排出量の算定

本 CO₂ 排出量は「LCA (Life Cycle Assessment)」により算出している。LCA とは商品が生まれて消費され、また廃棄されるまでの一連プロセスの中で生じる環境負荷を定量的に評価するものである。具体的には採掘、原料調達、製造、使用のプロセス時に発生する CO₂ を統合して評価している。**表一**に切断ガス別の LCA 算定の内訳を示す。

(3) サプライチェーン CO₂ 排出量

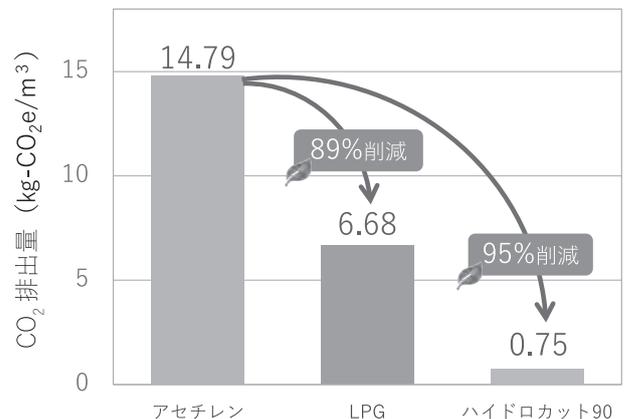
企業の事業活動全体で排出される温室効果ガスの量を「サプライチェーン CO₂ 排出量」といい、排出量の



写真一 2 HC90 火炎



写真一 3 水素 100% 火炎



図二 ガス切断に 1 m³ 使用した場合の CO₂ 排出量

表一 切断ガス別のLCA 算定の内訳

(kg-CO ₂ e/m ³)			
ガス種	CO ₂ 排出プロセス	CO ₂ 排出量	合計
アセチレン	燃料の燃焼に起因する CO ₂ 排出量	3.48	14.79
	カルシウムカーバイドの製造	10.41	
	カルシウムカーバイドの輸送	0.11	
	アセチレンの製造	0.25	
	アセトンの製造	0.08	
	消石灰スラリーの輸送	0.46	
LPG	燃料の燃焼に起因する CO ₂ 排出量	5.22	6.68
	LPG の製造	1.46	
HC90	燃料の燃焼に起因する CO ₂ 排出量	0.35	0.75
	水素の製造	0.001	
	エチレンの製造	0.19	
	本切断ガスの充填プロセスの電力	0.21	

捉え方として次のとおり分類方法が定義されている。
 Scope1：燃料の燃焼などによって自社が直接排出した温室効果ガス量
 Scope2：他社から供給された電気、熱、蒸気の使用に伴う間接排出量
 Scope3：Scope1, Scope2 以外の間接排出量

ガス切断を行っている企業から見た場合のサプライチェーン CO₂ 排出量は、Scope1 (切断時) と Scope3 (間接排出) が対象となる。CO₂ 排出量が多い切断ガスの順に、図一3 および図一4 に示す。HC90 は Scope1 および Scope3 においても CO₂ 排出量の削減に効果的である事が分かる。

4. HC90 の特長

(1) 安全性

(a) 逆火の低減

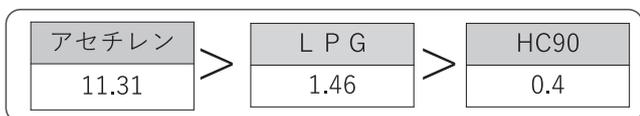
HC90 は酸素がない状態では、燃焼反応は起こらないので火炎は形成される事はない。よって、HC90 の濃度が 100% である「ホース内」、「容器内」までは、

CO₂ 排出量比較 (単位：kg-CO₂e/m³)

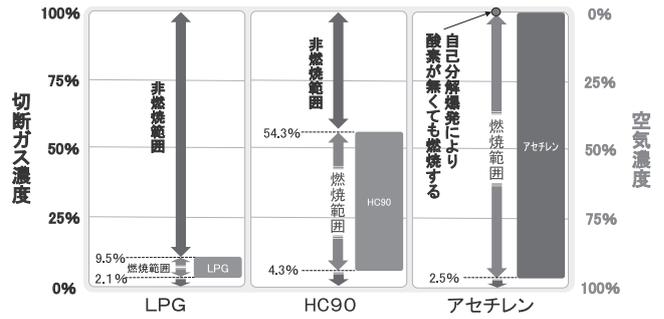


図一3 Scope1 (切断時) 比較

CO₂ 排出量比較 (単位：kg-CO₂e/m³)



図一4 Scope3 (間接排出) 比較



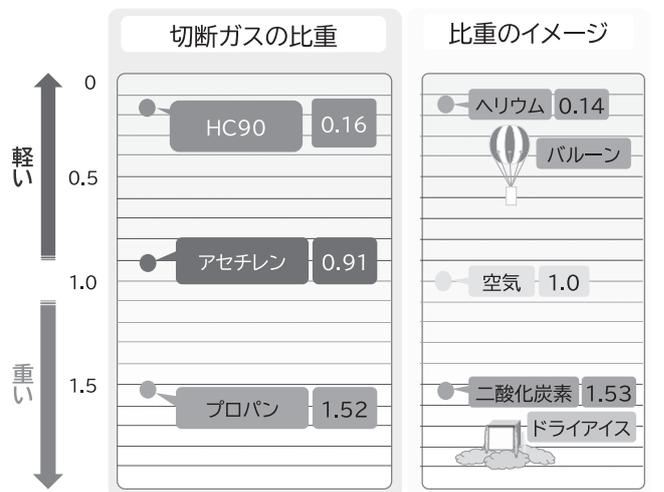
図一5 切断ガス別の燃焼範囲

基本的には逆火により火炎が戻ることは無いので、安全性が高いガスと言える (HC90 の燃焼範囲は図一5 に示すとおり 4.3%~54.3% である)。しかし、アセチレンは例外であり自己分解爆発を引き起こすガスであるため、酸素が無い状態 (濃度 100%) でも燃焼し逆火する。但し、可燃性ガスはいずれも取り扱いには十分注意が必要である。

また、高圧ガス保安協会 HP の事故事例データベース¹⁾によると、アセチレンの逆火に起因する事故は 2004 年から 2023 年の間に 49 件報告されている。内訳は「切断機・ホースから出火：12 件」、「調整器から出火：7 件」、「容器から出火：25 件」、「車の炎上：2 件」、「建屋の火災：3 件」であり、ほんの小さな逆火が、大きな火災の要因となりうる。

(b) 拡散性が高い

HC90 の比重は図一6 に示すとおり 0.16 と空気より軽い性質である。万が一ガスが漏れた場合でも、上部へ拡散性が高く、下の方にガスが溜まりにくいので安全性が高い。一方、LPG は空気より重いガスであるので、ガスが漏れた場合、下の方に溜まりやすい性質がある。ガス切断の作業時に、ガスが溜まりやすい箇所は、主に切断定盤の下部である。実際に定盤に溜まっ



図一6 切断ガス別の比重

たガスに着火し爆発を起こす事がある。

(c) 熱影響の低減

HC90の火炎は輻射熱が非常に少ないので、火炎に手を近づけても、熱くなりにくい。作業への熱負担が軽減でき、夏場の熱中症対策に効果的である。HC90とLPGの火炎による熱影響を図-7に示す。HC90の方が、作業への熱影響が40℃以上となっている白い箇所が、圧倒的に少ない事が分かる。

輻射熱が少なくなる理由は、物質が燃えると光と熱量を発生するが、炭化水素と酸素の化学反応では発光するラジカルを発生する。炭素量が多くなると可視光(赤外線領域)を発光するC2ラジカル、CHラジカルが主に発生する。燃焼により熱を感じやすい発光は、赤外領域の発光をするものであり、HC90はアセチレン、LPGに比べ炭素量が少ないため、赤外線領域の発光が少なくなり輻射熱が少なくなる。

(2) 切断性能

(a) 燃焼強度と切断能力

切断能力の高い火炎とは、単純に「発熱量」では評価されるものではない。鉄が切断可能となる発火温度は900℃であり最終の到達温度となる火炎温度(約2,800℃~3,100℃)よりも、切断可能となる900℃までに如何に速く加熱できるかがポイントである。また、真発熱量が一番高いのはLPGであるが、LPGの切断能力はアセチレンには大きく及ばない事は、ガス切断分野では周知の事であり、真発熱量が高くなると切断能力も高くなる訳ではない。すなわち、ガス切断の場合は「単位面積」、「単位時間」当たり熱量を対象物に与える値となる、燃焼強度にて比較する事が重要である。表-2に示すように、HC90の場合、真発熱量はLPGより低いが燃焼速度が速いため、燃焼強度

はLPGより高くなる。よって、燃焼強度はLPG < HC90 < アセチレンの順に高くなる。本燃焼強度の順位は、実際のガス切断に即した切断能力である。

(b) 歪の低減

鋼材をガス切断した場合、熱影響により鋼材に反りや曲がりが発生し、歪が生じる。歪が大きいと、切断後の後工程にて歪を直すために、加熱作業や機械加工により歪の矯正作業が必要となり、歪が課題となっている企業も多い。HC90は輻射熱が低減する事と、火炎自体が細く集中することにより、鋼材への熱影響が少なくなり歪が低減するため、後工程の削減が可能である。図-8および図-9にHC90とLPGとの歪測定比較の一例を示す。最大歪の比較にて、LPGは5.4mmに対し、HC90ガスは2mmと半分以下の歪に抑えられている事がわかる。

5. 予熱酸素の使用量低減

HC90はアセチレンおよびLPGに比べて炭素量が少ないガスであるので、表-3の化学反応式が示すとおり、燃焼に必要な酸素は少ない。よって、鋼

表-2 ガス種別の物性比較

	LPG	HC90	アセチレン
真発熱量 (KJ/m ³)	80,878	13,845	49,742
燃料混合比 (%)	21.1	66.9	47.6
燃焼速度 (m/s)	2.7	8.1	4.9
燃焼強度 (KJ/m ² ・sec)	45,973	75,010	116,064

真発熱量 : 総発熱量から水の気化熱を除いた発熱量。
 燃料混合比 : 燃焼するには燃料ガスと酸素が必要だが、実際に酸素が発熱する訳ではないので、混合ガスの体積に酸素は加味しない。
 燃焼強度 : 真発熱量(KJ)×燃料混合比(%)×燃焼速(m/s)



図-7 切断ガスの火炎による熱影響比較

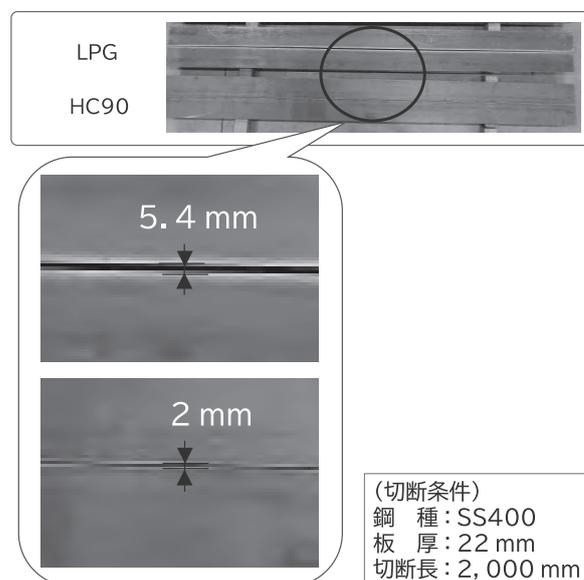


図-8 歪の比較

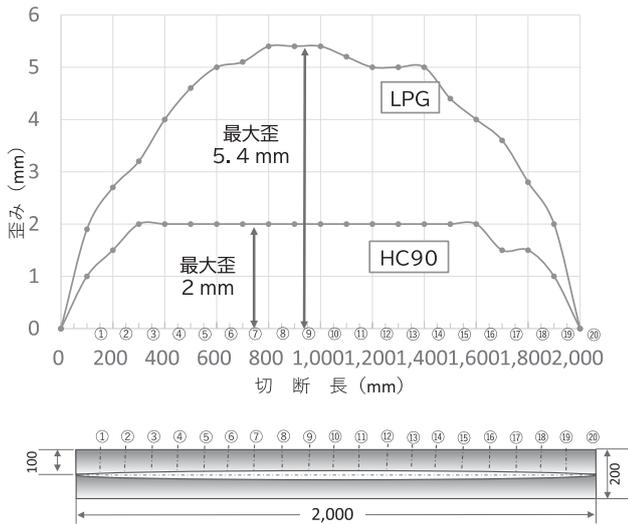


図-9 歪みの測定比較

表-3 切断ガス燃焼時の化学反応式

ガス種	化学反応式	中性炭混合比
アセチレン	$C_2H_2 + 1.1O_2 + \text{【空气中 } 1.4O_2\text{】} \rightarrow 2CO_2 + H_2O$	1.1
LPG	$C_3H_8 + 3.8O_2 + \text{【空气中 } 1.2O_2\text{】} \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$	3.8
HC90	$(0.9H_2 + 0.1C_2H_4) + 0.5O_2 + \text{【空气中 } 0.25O_2\text{】} \rightarrow 0.2CO_2 + 1.1H_2O$	0.5

材加熱に使用する「予熱酸素」の使用量が低減するので、酸素コストを低減できる。

また、表-3に【空气中 O₂】と記載しているが、これは燃焼時に、空気中から取り込む酸素量である。

6. 採用事例

HC90はCO₂排出量の削減、作業性の向上、安全性の向上等の評価を受け、様々なガス切断分野にて採用されてきている。採用事例としてクレーン部品の製造を行っている企業に採用(写真-4)。また、化学メーカーの工場解体における、水タンクの解体作業に採用(写真-5)されている。

7. おわりに

本稿では、切断ガスを変えるだけで、今から直ぐにCO₂排出量の削減が実現でき、更に安全性、切断性の向上も行えるハイドロカット90について紹介した。

今後は、ガス切断業界にて問題となっている、「熟



写真-4 NCガス切断機



写真-5 水タンクの解体作業

練工からの技術伝承」や、「若手の定着率」に対して、ガスの特性を活かしたロボット化を提案していき、ハイドロカット90による「ガス切断業界の更なる発展」および「脱炭素社会」へ向けて貢献したいと考える。

JCMA

《参考文献》

- 1) 高圧ガス保安協会 HP より 事故事例データベース 参照：https://www.khk.or.jp/public_information/incident_investigation/hpg_incident/ (閲覧日：2024年8月19日)

【筆者紹介】



渡辺 大輔 (わたなべ だいすけ)
岩谷瓦斯株式会社
ガス本部 エアガス部 (溶断ガス担当)



北 詔仁 (きた のりひと)
岩谷瓦斯株式会社
ガス本部 エアガス部 (溶断ガス担当)
シニアマネージャー



吉川 隆行 (よしかわ たかゆき)
岩谷瓦斯株式会社
生産本部 生産管理部
シニアマネージャー

下水熱を利用した低炭素まちづくり

下水熱利用路面融雪システムの実用化に向けた取り組み

坂田 和 則・関 口 直 幸

本稿では、下水熱を利用した路面融雪システムの実用化に向けた取り組みについて報告する。近年、温室効果ガスの排出削減が求められる中、下水熱のような再生可能エネルギーの利活用が注目されている。下水熱は、年間を通して安定供給可能なエネルギー源であり、路面融雪システムへの利用は、除雪コスト削減や環境負荷低減に貢献することが期待できる。本研究で得られた成果は、下水熱利用路面融雪システムの実用化に向けた指針となるものである。また、本研究で策定したガイドラインは、他の自治体における下水熱利用路面融雪システムの導入に役立つことが期待される。

キーワード：下水熱，路面融雪，低炭素まちづくり，実証実験，ガイドライン，札幌市

1. はじめに

下水熱は、外気温度と比べて夏は涼しく、冬は暖かいという特徴がある。その温度変化は少なく、年間を通して安定して活用できる「再生可能エネルギー」である。下水熱を利用することで、エネルギーコストの削減やCO₂排出量の削減を図ることができ、今後の低炭素まちづくりに貢献するエネルギーとして注目されている（図-1）。

2015年度には下水道法が改正され、民間事業者が下水道管に熱交換器を設置することが可能となった。札幌市は市内全域に下水道管が敷設されており、下水道管からの下水熱利用が進めば全市的に大きな効果が得られる。札幌市では下水熱利用を促進するため下水熱ポテンシャルマップを公表している（図-2）。それにより今後、下水熱利用の普及拡大に向けた取り組みは一層高まっていくことが予想される。今回は、下水熱を利用した路面融雪システムの実用化に向けた取り組みを紹介する。

2. 実証実験と成果

さっぽろ下水熱利用研究会は、下水熱を路面融雪に利用できないかという発想から、2017年に5企業1大学からなる研究会を発足した。2019年からは企業1社を加え、札幌市の雪対策に貢献することを目的に、北海道科学大学キャンパス内に、北海道初の下水熱を利用した融雪システムを敷設し、実証実験を行ってき

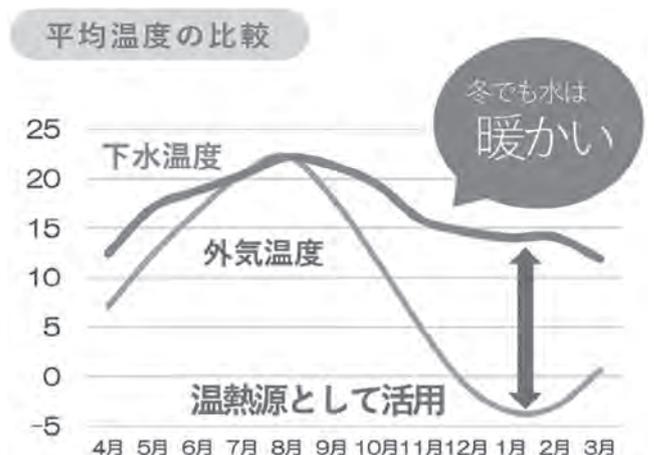


図-1 外気温と下水温の比較（札幌市新川水再生プラザのデータより）



図-2 札幌市下水熱ポテンシャルマップ（札幌市 HP より引用）

た。下水熱を利用した路面融雪は東北・北陸地方などで導入が進んでおり、その効果が実証されている。しかし、北海道とは降雪量、外気温や風速、日照時間等の気象状況が異なることから、北海道でも十分な効果が期待できるのか、道内における融雪効果やコスト、

課題についての検証が必要である。札幌市の雪対策事業の中心は重機で行う除雪や排雪作業であるが、縦断勾配が大きい幹線道路等の一部ではロードヒーティングを設置して、凍結路面对策を行っている。ロードヒーティングの熱源として、電気やガスなどの化石エネルギーを使用しているが、その維持費は高額であり、毎年10億円近くの光熱費がかかっている。本研究会は、未利用エネルギーの活用として下水熱を利用することにより、光熱費を低減することはもとより、環境負荷の低減など持続可能な社会の実現にも貢献できるものと考えている。

3. 下水熱融雪システムについて

本実証実験は2017年(平成29年)12月より開始し、2022年(令和4年)3月まで5シーズンのデータ収集、解析、検証を行ってきた。その結果3タイプの方式を提案するに至った。

(1) 循環ポンプ式システム

下水道管の底に設置した採熱管より下水から採熱を行い、管内の不凍液を循環させ、路盤の放熱管より放熱し融雪するシステムである(図-3)。

循環ポンプ式システムのみで直接融雪する場合、融雪効果はあるものの、大雪や低温下では融雪に時間がかかることがわかり、融雪が確実に求められる車道等には不向きであるが、比較的面積が小さい歩道部やバス停などに採用できる(写真-1)。また、課題としては不凍液の温度が低いため、放熱方法に工夫が必要となる。対応方法としては、①放熱路盤に熱伝導率の高い材料を選定する、②放熱パイプを密に配置する(標準200ピッチ→150ピッチなど)、③放熱パイプの材質を熱伝導率の高いステンレス鋼などへ変更する、などが挙げられる。さらに、非降雪時も常時運転することで予熱による融雪効果が上がり、始動や停止の運転制御が不要となるメリットもある。

(2) ヒートポンプ式システム

融雪負荷が大きい場合に、下水から採熱した熱量をヒートポンプにて必要な温度まで昇温させて融雪するシステムである(図-4)。札幌市のロードヒーティングの基準値である熱流束 250 W/m^2 を確保でき、温水式・電気式より維持費用が低コストであることが特徴である。

ヒートポンプ式システムでは、十分な融雪効果があり、車道部など融雪が確実に求められる場所に採用で

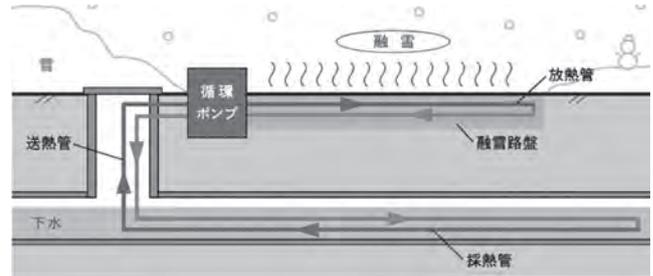


図-3 循環ポンプ式システム 概略図

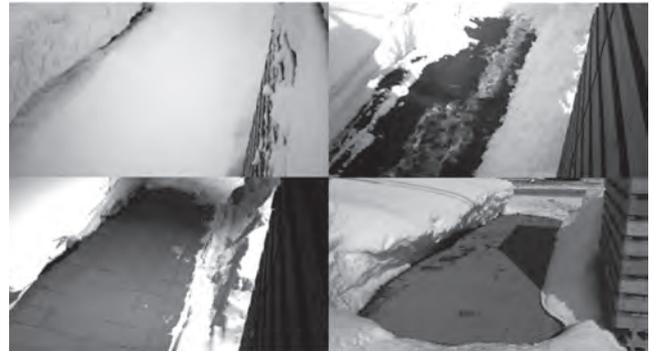


写真-1 循環ポンプ式システム 融雪状況

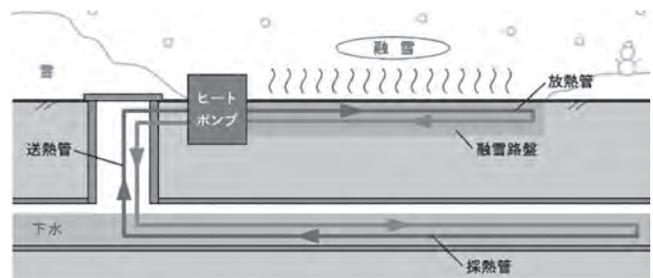
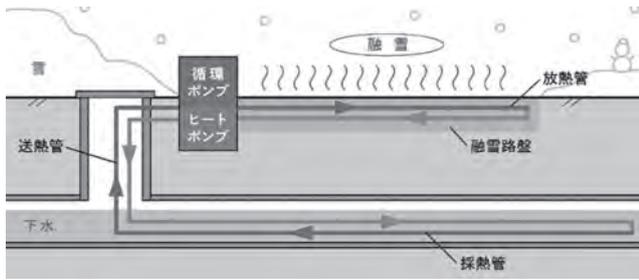


図-4 ヒートポンプ式システム 概略図



写真-2 ヒートポンプ式システム 融雪状況

ることがわかった(写真-2)。また、既設のロードヒーティングシステムと同じ運転制御が可能であり、さらに放熱部は従来の温水ロードヒーティングと同じ方法が利用可能である。



図一5 循環・ヒートポンプ併用式システム 概略図



写真一3 循環・ヒートポンプ併用式システム 融雪状況

(3) 循環・ヒートポンプ併用式システム

通常時は循環式で運転し、熱量が不足し残雪する場合にヒートポンプを稼働し融雪する(図一5)。

ヒートポンプ式と同様に熱流束 250 W/m² の確保が可能であり、車道部など融雪が確実に求められる場所や中規模程度の融雪箇所への対応が可能である(写真一3)。

維持費についてはヒートポンプ式と比較すると、循環式とヒートポンプ式を組み合わせることにより、両システムのメリットを生かし、路面状況に応じた運転が可能となるため、さらに低コストである。

4. 実証研究に基づくエネルギーの評価結果

実証研究に基づくエネルギーの評価結果(表一1)と2019年(令和元年)時点でのコスト比較(表一2)を示す。評価については実証実験期間中の代表日を抽出して算出している。コスト比較については既存の施設(電気式と温水式)と比較している。

循環式は熱流束が 95 W/m² と基準には満たない。ヒートポンプ式については熱流束が 220 W/m² と若干少ないが、実験施設を熱伝導率の高いものに変更することで基準値である 250 W/m² を確保できると予測される。循環・ヒートポンプ併用式は熱流束が 250 W/m² を確保している。

次にコストについて(表一2)、建設費は既存のものと比較すると約3倍の費用がかかるが、国の補助を

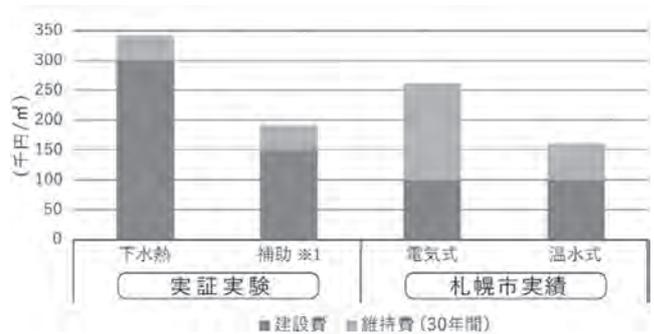
表一1 エネルギー消費量の評価結果

	採熱下水管	融雪面積 m ²	消費電力 kW	採熱量 kW	採熱能力 kW	放熱量 kW	熱流束 W/m ²	ランニング コスト 円/h・m ²
循環式	Φ1,000 mm×20 m	20.3	0.33	1.9	96	1.9	95	0.4
HP式	Φ1,000 mm×20 m	56.1	4.05	8.4	421	12.4	220	1.7
併用式	Φ300 mm×30 m	14.4	0.22	0.4	14	0.4	30	0.4
			1.98	4.3	85	4.3	300	3.2

表一2 コスト比較(2019年試算)

		実証実験		札幌市実績	
		下水熱	補助※	電気式	温水式
建設費	千円/m ²	300	150	100	100
維持費	円/m ²	1,400	1,400	5,400	2,000
維持費(30年間)	千円/m ²	42	42	162	60
総費用(30年間)	千円/m ²	342	192	262	160

※下水熱建設費の1/2に補助金を充当した場合



図一6 30年間のコスト比較(2019年試算)

表一3 技術の適用範囲

箇所	細目	内容	備考
下水道 管路	管径	Φ200~2,600 mm	
	延長	最長 L=100 m	1スパン長
	管渠形状	円形(矩形可)	
	管種	ヒューム管, 塩ビ管	
	管渠強度	アンカー打設の場合 圧縮強度 20 N/mm ² 以上	著しい腐食がないこと
	マンホール口径	600 mm 以上	

出典: さっぽろ下水熱利用研究会ガイドライン

利用することで導入費を1/2に抑えることが可能である(図一6)。ランニングコストは従来の電気式やガス式よりも低コストとなる。

5. 下水熱利用のガイドライン

技術の適用範囲(表一3)として、管径は札幌市の標準的な形状・サイズに対応し、1スパン長は採熱管の製造最長より100mとなっている。

円形の管路を標準としており、Φ200~2,600 mmを対象とする。また、大口径管はアンカーを既設管に打設することから、著しい腐食がないこと、圧縮強度が

あることが条件となる。検討する管径の諸元については、採熱管が設置できる本数や下水熱として得られる採熱量が延長によって概ね判断することができる。また、必要となる下水水位も決まっているため事前に確認しておく必要がある。

6. 導入事例「札幌市中央区複合庁舎整備事業」

(1) 下水熱利用融雪システムの導入に向けて

札幌市の中央区役所は、札幌オリンピックが開催された1972年（昭和47年）に建設された。建物の老朽化等を踏まえ、現在中央区複合庁舎として建て替え工事を行っている（図一7）。「環境首都・SAPPORO」の実現に向けて省エネを推進し、環境に配慮した庁舎を目指しており、エントランスやピロティなど建物周囲の融雪や空調設備に下水熱の利用が検討された。

(2) 冬期・夏期の流量と水温の調査

下水熱システムの敷設は、融雪面積に対して必要な熱量を求め、採熱の設計を行う。そのため、事前に隣

接する下水管の流量等の調査を行う必要があり、冬期と夏期の2回行った。まず、冬期は1月20日から3月4日まで下水の温度と流量調査を実施した（図一8、表一4）。

結果については、水温・水深ともに日変動があり、概ね朝6時過ぎから水温・水深ともに上昇し、12時頃と23時頃の2回ピークを迎え、その後朝6時まで水温・水深ともに徐々に低下している。その他の特徴として、積雪深が著しく増えた日と、日中の気温が上昇した日に水温がやや低下して、水深が深くなっている傾向が見られた。積雪深が著しく増えている日は積雪の処理水、日中の気温が上昇した日は融雪水の影響が出ていると推察される。

次に、夏期の7月20日から8月31日まで下水の温度と流量調査を実施した（図一9、表一5）。

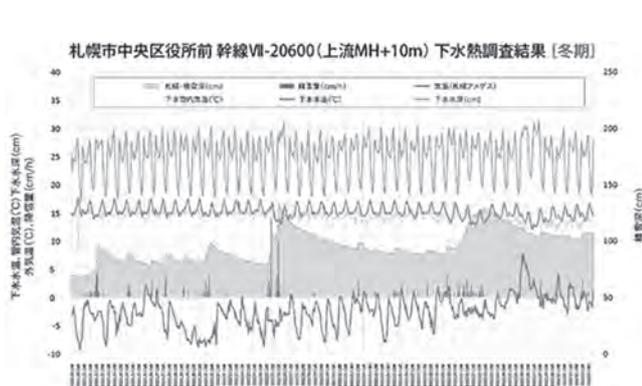
冬期と同様に水温・水深ともに日変動があり、概ね朝6時過ぎから水深・水温ともに上昇し、12時頃と23時頃の2回ピークを迎え、その後朝6時まで水深・水温ともに徐々に低下している。夏期は水深変動が非常に大きい傾向が確認できたが、水深が30cmを超えている日はいずれも降水の記録があることから、雨の影響であると推察される。

(3) 設計概要

調査結果から、水深は平均で20cm以上、水温は平均冬15℃、夏23℃と採熱に必要な条件が確認できた。また、これらの数値をもとに設計概要（表一6）として取りまとめた。また、冬期においても安定的に



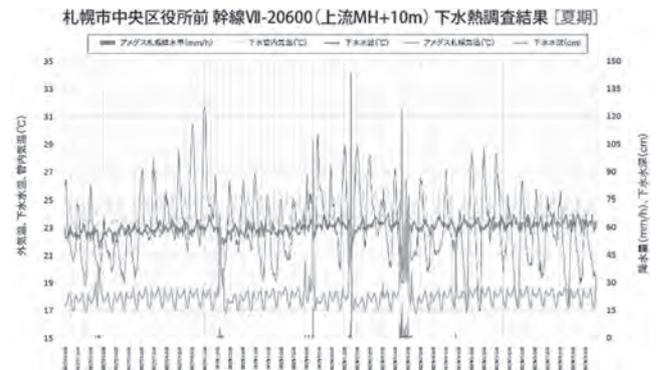
図一7 札幌市中央区複合庁舎完成イメージ（札幌市HPより引用）



図一8 冬期 下水熱調査データ

表一4 測定結果（冬）【測定期間 1/20～3/4まで】

水深 (cm)	最大値	最小値	平均値	中央値	8～23時最小値
	31.5	17	25	25.7	20.7
水温 (°C)	最高値	最低値	平均値	中央値	気温氷点下最小値
	17.6	12.1	15.1	15	12.8



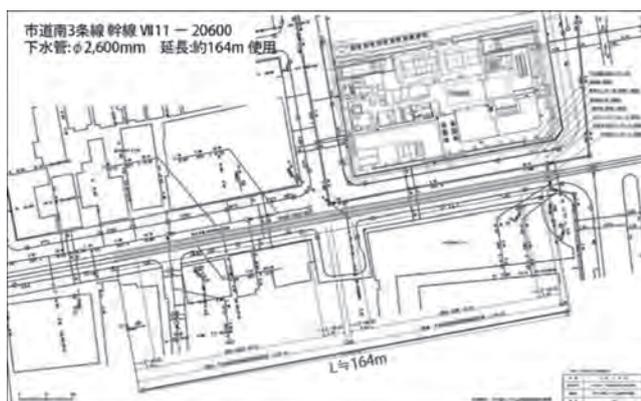
図一9 夏期 下水熱調査データ

表一5 測定結果（夏）【測定期間 7/20～8/31まで】

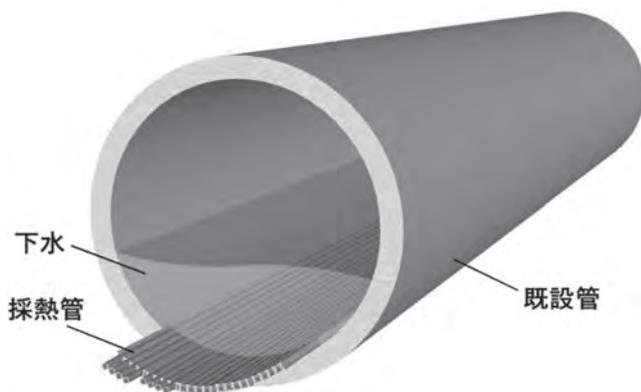
水深 (cm)	最大値	最小値	平均値	中央値	8～23時最小値
	143.7	13.2	23.1	22.5	17.2
水温 (°C)	最高値	最低値	平均値	中央値	-
	24	19.7	22.9	23	-

表一六 設計概要

設計条件	設計値 (平均値)	参考値 (MAX/MIN)	備考
下水温度 (夏)	22.9℃	24.0℃/19.7℃	R4.7~8月
	15.1℃	17.6℃/12.1℃	R4.1~2月
下水水深 (夏)	23.1 cm	143.7 cm/13.2 cm	同上
	25.0 cm	31.5 cm/17.0 cm	同上
下水流量	12,000 L/min	平均推進前後の推定値	マニング式より試算
採熱計画	350 kW (冬期能力)	夏期 240 kW 見込	本現場は冬期能力が基本
採熱延長	64 m × 2 系統	ヘッダー 8 m (1 系統 2 か所)	申請全長 164 m
採熱管回路	48 回路 × 2 系統	高採熱管	一般管より 30% 熱性能 UP
熱源水流量	1 系統 288 L/min	2 系統 計 576 L/min	



図一十 平面図 市道南3条線東西方向に約 164 m



図一十一 下水熱採熱管の敷設イメージ

350 kW の採熱とするため敷設する採熱管の延長は約 164 m と設定された (図一十, 11)。

(4) 下水熱の利用箇所

札幌市中央複合庁舎は 2023 年 (令和 5 年) 1 月に起工され、2025 年 (令和 7 年) 1 月には完成、2 月 25 日に供用開始の予定である。

エントランスやピロティなど建物周囲には、下水熱



図一十二 札幌市中央区複合庁舎完成イメージ (札幌市 HP より引用)

を利用したロードヒーティングが設置され、冬でも快適に通行が可能である。また、空調設備にも下水熱が利用されることとなった (図一十二)。

7. おわりに

さっぽろ下水熱利用研究会を立ち上げ、北海道科学大学での 5 シーズンにわたる実証研究により、厳しい冬期環境の北海道でも、下水熱を利用した融雪システムの効果を検証することができた。札幌市の大規模な市有施設である中央区複合庁舎への採用も決まり、市民に対する下水熱利用のアピールと普及促進への期待が高まる。また札幌市では、年間約 250 億円の費用をかけて雪対策を行っており、冬期間における下水熱利用は未利用エネルギーとしてのポテンシャルを最大限に活用できるとともに、費用の削減にも貢献できるなど、今後とも下水熱利用の普及促進に取り組んでいきたいと考えている。



【筆者紹介】

坂田 和則 (さかた かずのり)
伊藤組土建(株)
常務執行役員



関口 直幸 (せきぐち なおゆき)
伊藤組土建(株)
土木本部 技術部 技術課
課長



余剰電力を蓄電池・低圧水素で貯蔵運用する 再エネ利活用実証

岡田 健志・七里 彰俊・張本 和芳

カーボンニュートラルに向けて再生可能エネルギーの普及が期待されるが、発電量が変動することから需給バランスが課題である。これに対し需要家側の取組として蓄エネルギー設備の導入が挙げられる。筆者らは蓄エネルギーのシステム計画、制御、効率等を検証するため ZEB を達成した建物を実証フィールドとして余剰電力を蓄エネルギーし、不足時に利用する再エネ利活用実証を開始した。蓄エネルギー設備はリチウムイオン蓄電池と、低圧水素の貯蔵設備で構成される。蓄電池は効率・制御性の観点から短期貯蔵、水素は容量・貯蔵性能の観点から長期貯蔵として運用し、それぞれの特徴を生かす。本報ではシステム構成や制御、計画の概要について報告する。

キーワード：太陽光発電、蓄電池、低圧水素、エネルギー自立、実証、EMS

1. はじめに

第6次エネルギー基本計画では2030年度の電源構成の再エネ構成比率を36~38%にするという高い目標が定められている¹⁾。その中でも太陽光発電(PV)は14~16%で最も多い比率となっているが、現状のPV普及率においても全国的に出力制限が発生している²⁾。出力制限は電力系統の送電容量制約と、PV発電と電力需要の不一致による需給バランス制約の2つの要因で発生する³⁾。PVを普及させるためには出力制限を回避して再エネ利用率を高めることが重要である。筆者は電力の余剰/不足を時間・季節間で融通する蓄エネルギー技術のシステム計画、制御性、エネルギー効率等を検証するため、余剰電力を蓄電して需給調整する再エネ利活用実証を開始した。蓄エネルギー設備にはリチウムイオン蓄電池と低圧水素を採用し、それぞれの効率性・制御性・貯蔵性の特徴を生かす最適なシステム構築を目指した。本報では蓄エネルギーシステムの構成や制御・計画を含む実証の概要について説明する。

2. 実証概要

本実証ではPVが普及し需給調整が必要な社会を想定するため、ZEBを達成した建物に対して蓄電池と水素設備から構成される蓄エネルギーシステムを接続し、電力余剰時に蓄電して不足時に放電する。対象建

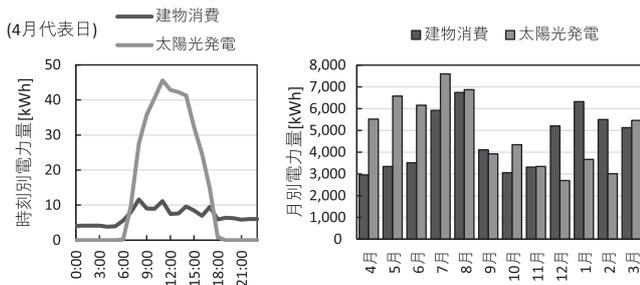
物の外観を写真-1、建物概要を表-1に示す。本建物の用途はオフィスで、壁面と屋上に太陽光パネルを設置(定格容量124kW)している。加えて空調や照明の省エネルギー化により電力需要を抑えることでZEBを達成している。建物の時刻別・月別の電力需要と太陽光発電量を図-1に示す。時刻別の図は4月代表日を示しており、電力需要に対して余剰が多く発生している。月別を見ると中間期である4~6月に発



写真-1 建物外観

表-1 建物概要

所在地	神奈川県横浜市
延べ床面積	1,277.32 m ²
階数	地上3階 塔屋1階
用途	オフィス
PV 定格発電量	124 kW (屋上: 56 kW, 壁面: 68 kW)



図一 太陽光発電量と電力需要量（時刻別・月別）

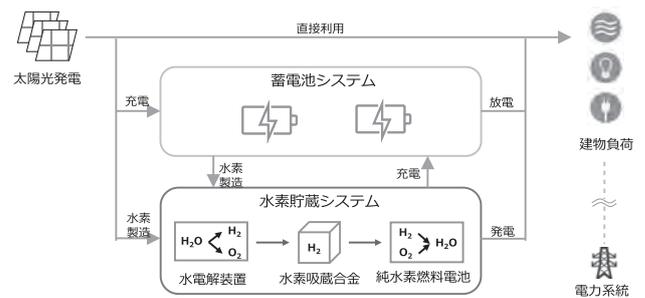
電が余る一方、冬の期間である12~2月は電力需要の増加と発電量の減少により電気が不足する。社会全体でPVが普及するとこのような時間・日単位の短期的な調整と月・季節単位の長期的な調整が課題となるため、蓄エネルギーによる平準化が期待される。本実証では蓄電池と水素貯蔵設備を最適制御することでPVのみで建物運用を達成する、エネルギー自立を目指した。

3. 蓄エネルギーシステム

蓄エネルギーシステムの概要を図一2に示す。蓄エネルギーシステムは蓄電池と水素貯蔵設備で構成される。PVの発電時は優先的に建物負荷へ電気を供給し、余剰した場合に蓄電池もしくは水素に変換して蓄電する。蓄電池は効率が高く制御の応答性が早いリチウムイオン型蓄電池を採用し、時間・日単位の短期的な需給調整を担う。一方の水素貯蔵キャリアには水素吸蔵合金タンク（Metal Hydride、以下MHタンク）を用いる。MHタンクは水素を低圧で吸放出可能なため建物近辺でも安全に管理でき、かつ高いエネルギー密度で貯蔵できる。また、水素に変換後は長期的に貯蔵しても損失がないことから季節を超えるような月単位の長期的な需給調整を担う。電気から水素への変換は水電解装置を用い、貯蔵した水素は純水素型の燃料電池（FC）で発電して建物へ供給する。蓄電池と水素設備を協調して運転させ、常時受電をゼロにして、PV発電量のみで建物を運用する。

主要な設備仕様を表一2に示す。蓄電池は900 kWh、水素貯蔵は2,000 Nm³（FC発電換算で3,333 kWh相当）の容量とした。容量は建物の発電・電力需要の実績データを用いてエネルギーシミュレーションに基づき決定した⁴⁾。

蓄電池システムの外観を写真一2、水素貯蔵システムの外観を写真一3に示す。蓄電池システムは局舎内に蓄電池盤を設置、水素貯蔵システムは屋外コンクリート基礎上に主要機器および補器類を設置している。MHタンクの水素吸放出は熱・圧力を管理して行



図二 蓄エネルギーシステム概要

表一2 主要設備仕様

主要設備	仕様	
蓄電池システム	Li-ion型、容量:900 kWh(450 kWh×2台)、入出力:100 kW/台	
水素貯蔵システム	水電解装置	固体高分子電解質膜（PEM）型 製造能力:5.0 Nm ³ /h
	水素吸蔵合金	貯蔵量:2,000 Nm ³ (111 Nm ³ ×18台)
	純水素燃料電池	出力:5.0 kW



写真一2 蓄電池システム外観



写真一3 水素貯蔵システム外観

う（吸蔵時冷却・放出時加温）ため、補器類は主に熱源やポンプと制御システムである。水素のフローを図一3に示す。再エネ余剰電力で水素製造を行い、MHタンクおよびガスタンク（用途は4-(2)-(b)で後述）

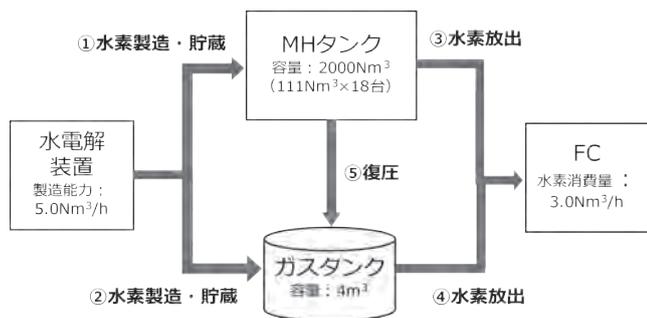


図-3 水素フロー

へ水素を貯蔵（図-3の①・②）し、冬場など電気が不足する時期に水素を放出（図-3の③・④）させてFCで発電し建物へ電力を供給する。

蓄電池と水素貯蔵システムはエネルギーマネジメントシステム（EMS）により充放電の制御を行う。蓄電池はPV発電と建物および水素貯蔵で消費される電力の差を監視し、系統から受電、逆潮しないように0.2秒間隔で充放電制御する。水素設備はEMSが蓄電池の蓄電残量および余剰電力発生状況から長期貯蔵の時期を判断して水素製造およびFCの発電を行う。

4. システムの高効率化に向けた取組

蓄エネルギーシステムを高効率に運用するため、以下の点に取り組んだ。

(1) 需給バランスを考慮した水素設備制御の検討

水素製造時、PV発電量と電力需要の変動によって余剰電力が不足する場合は蓄電池が放電して調整するが、蓄電池と水素貯蔵の間での電力の入力・出力は変換ロスとなる。一方、水素設備の稼働開始時・停止時はウォームアップ等で補器の消費が発生するため、できる限り連続運転が好ましい。余剰電力が安定して発生するとは限らないため、状況に応じた最適な制御手法とした。具体的には水素制御パラメータとして稼働開始時刻・稼働継続時間を設けて余剰電力の発生状況から水素製造の開始を判断する。

(2) 補器類のエネルギー消費削減

蓄エネルギーシステムにおけるエネルギー損失はエネルギーを変換する際に生じるロス（蓄電池充放電・水素製造・FC発電）と、システムの保守や制御に必要な補器で生じるエネルギー消費の2つがある。前者は各メーカーで装置の効率向上が取り組まれている。後者はエネルギー消費を最小限に抑えるシステム設計、制御手法が重要で、本実証で検討・構築した。

(a) 蓄電池の局舎内空調

蓄電池は周辺温度を35度以下に保つ必要があり、局舎には自然換気開口と換気ファン、空調設備が設置されている。蓄電池が発熱する充放電制御時や夏場において局舎内の温度を下げる際、省エネルギーとなるように自然換気、換気ファン稼働、空調設備稼働の順で空調するシステムとした。実証では外気温や蓄電池の充放電制御と局舎内環境の関係性を明らかにし、空調消費電力を評価する。

(b) 水素放出時のFC排熱利用

MHタンクからの水素放出時は加温が必要であり、FC発電時の排熱を用いる。しかし冬場のFC起動開始時、MHタンクの温度・圧力が不足する場合は水素が放出できない。このため、FC排熱を回収してMHタンクを加温し始めるまでのパuffer用として水素ガスタンクから水素を供給する。さらに、次回のFC稼働用としてFC発電中にMHタンクから水素ガスタンクに復圧可能なシステムとした（図-3の⑤）。実証ではFC排熱の回収効率や水素ガスタンクによる省エネルギー効果を評価する。

(c) 水素吸放出時の個別タンク制御

表-2の通りMHタンクは $111 \text{ Nm}^3 \times 18$ 台で構成されている。一方、水電解装置は $5.0 \text{ Nm}^3/\text{h}$ で水素を製造、FCは $3.0 \text{ Nm}^3/\text{h}$ で水素を消費するため、時間当たりの水素吸蔵・放出量は全体容量に対し少ない。そこで吸放出する際に必要な熱量の削減および熱媒の搬送動力を少なくするため、MHタンク1台ずつを加温・冷却対象とするよう制御するシステムとした。

(3) 蓄エネルギー残量予測に基づくデマンドレスポンス

エネルギー自立を高める上では建物消費を抑えることも有効である。そこでEMSが天候や気温等の状況で余剰電力が足りない場合に空調・照明を制御して建物消費を削減するデマンドレスポンス（DR）機能を構築した。具体的にはEMSが年間の発電と電力需要を予測して蓄電池と水素設備の稼働をシミュレーションし、蓄エネルギーの残量推移を推計することでエネルギーの不足を予見してDRを判断する。

5. 運用計画

蓄エネルギー制御の運用計画として、時系列のPV発電と電力需要に対する蓄電池充放電と水素製造、FC発電の電力量を図-4に示す。折れ線でPVの発電量と電力需要、積み上げで蓄エネルギーの充電（+）

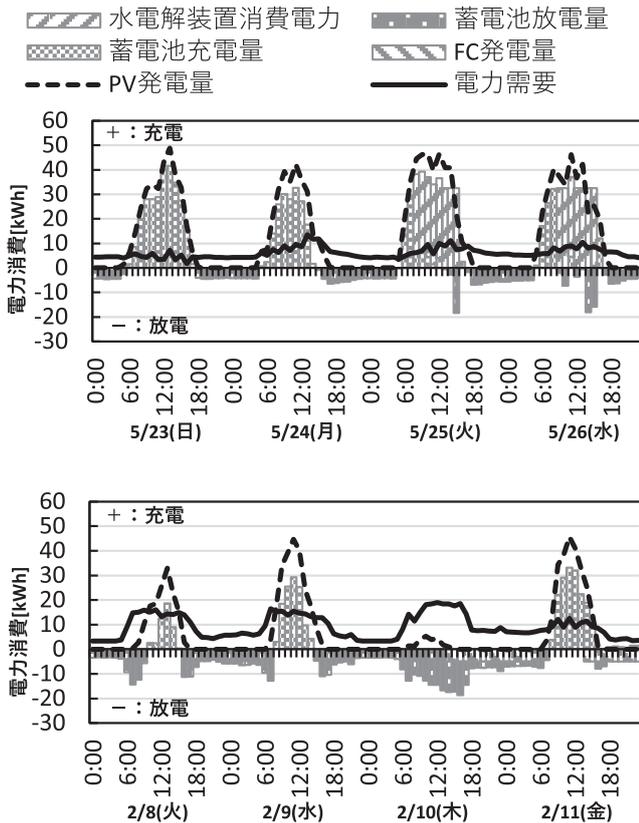


図-4 PV発電と電力需要に対する蓄エネルギー制御 (上段:5月代表日, 下段:2月代表日)

と放電 (-) を示す。上段は中間期、下段は冬期の例として5月、2月の代表日を示している。5月は余剰が多く発生するため23、24日は蓄電池へ充電し、25、26日は長期調整用に水素製造する。25日15時や26日14~15時で蓄電池の放電が発生しているが、これは余剰電力では不足する電力量を補って水素製造しているためである。水素製造の稼働時間数を確保するために蓄電池から放電しているが、蓄電池の放電による水素製造はシステム効率が低下するため最適な制御を実運用で検証していく。夜間は蓄電池が放電することでPVの発電のみで建物を運用している。一方2月はPV発電が少なく電力需要が多いことから蓄電池放電が多く、また長期調整として中間期などに製造した水素でFCを発電(2月10日14時~11日4時)する。

年間を通してシミュレーションした際の蓄電池残量・水素貯蔵量の推移を図-5に示す。4月から夏にかけて余剰電力による水素の貯蔵量が上昇し、12月から放出し始め、2月頃に最小となる。一方、蓄電池は日々の充放電を繰り返すため天候の変動に合わせて小刻みに充電量が変化する。このように短期調整する蓄電池と長期調整する水素貯蔵の特徴が残量推移に現れている。

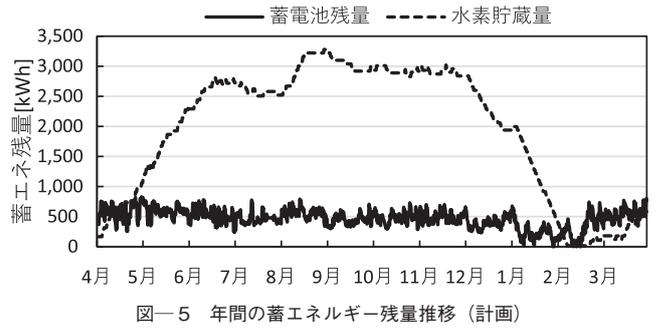


図-5 年間の蓄エネルギー残量推移 (計画)

6. おわりに

本報では蓄電池・水素貯蔵を用いた再エネ活用実証のシステム構成や高効率化に向けた取組、運転時のエネルギーバランスの計画について報告した。今後は蓄電池、水素貯蔵システム、全体の各システムの性能検証を進め、年間を通じたエネルギー性能評価、CO₂削減効果を評価していく。

JICMA

《参考文献》

- 1) 経済産業省, 今後の再生可能エネルギー政策について, 2024.5.29, https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/062_01_00.pdf (2024.8.7 参照)
- 2) 経済産業省, 再生可能エネルギーの出力制御の抑制に向けた取組等について, 2024.5.29, https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/shin_energy/keito_wg/pdf/051_01_00.pdf (2024.8.7 参照)
- 3) 経済産業省, 出力制御について, https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/grid/08_syuturyokuseigyo.html (2024.8.7 参照)
- 4) 岡田, 他: 建物・施設における蓄エネルギーシステムに関する研究 その1 蓄電池・水素による季節間蓄エネルギーシステムの検討, 日本建築学会学術講演梗概集, 2022.9

【筆者紹介】



岡田 健志 (おかだ たけし)
大成建設㈱
技術センター 都市基盤技術研究部
空間研究室
主任



七里 彰俊 (しちり あきとし)
大成建設㈱
技術センター 都市基盤技術研究部
空間研究室
課長代理



張本 和芳 (はりもと かずよし)
大成建設㈱
技術センター 都市基盤技術研究部
空間研究室
次長

建物付帯型水素エネルギー利用システムの開発と展開 「Hydro Q-BiC[®]」の開発と展開

本 間 康 雄・下 田 英 介・北 川 遼

脱炭素社会の実現に向け、エネルギーとして利用時にCO₂を排出しない水素の利活用を目的として、水素利活用システム Hydro Q-BiC[®]を清水建設と産業技術総合研究所にて開発している。このシステムの特徴は消防法上の危険物の適用を受けない非危険物に登録された水素吸蔵合金を開発し、高压ガス保安法適用外の圧力領域（1 MPaG 未満）で運用し、かつ屋内での利用が可能な建物付帯型水素利活用システムである。本報では、このシステムの開発内容と展開について紹介する。

キーワード：水素、エネルギーマネジメント、吸蔵合金、水素貯蔵

1. はじめに

脱炭素社会の実現に向け、「エネルギーとして利用時にCO₂を排出しない」、「供給が不安定な再生可能エネルギーを水素へ変換することで最大限に活用可能である」などから、世界的にも『水素』利用が注目されている。

日本は環境分野において、エネルギー基本計画、長期低炭素化ビジョンや科学技術基本計画（Society 5.0）など低炭素化社会実現のため「水素社会の実現」を国の構想・施策のアイテムの1つとしている。2050年カーボンニュートラルを目指すことを宣言し活発になっているといえる。

カーボンニュートラル達成に向けた再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、その出力変動や余剰エネルギーの有効活用が課題となっており、エネルギーの安定化を実現する「蓄エネ」の仕組みが重要となっている。水素は、酸素と結びつけて発電することでCO₂を排出せず、蓄電池等のようにエネルギーを蓄える技術としては、自然放電がないことから、「発電」「蓄エネ」として、カーボンニュートラル実現に適した技術といえる。

例えば、太陽光発電の発電量が大きく施設のエネルギー需要の少ない春や秋に発生する余剰電力を水素で蓄えて、エネルギー需要ピークが生じがちな夏や冬に使うといった、季節を跨いだ長期間にわたるエネルギーマネジメントにその効果が発揮できると考えられる。

2. 水素利活用システムの概要・開発

当社は、SHIMZ VISION 2030での中長期ビジョンの具現化に向け、「再生エネルギーの普及拡大」、「蓄エネによる災害に強いレジリエントな建物、まちづくり」の手法として、『水素』活用に取り組んでいる。2019年に、当社技術研究所と（国研）産業技術総合研究所は共同で、余剰電力を水素に変えて長期間・安全に貯蔵する建物付帯型水素エネルギー利用システム「Hydro Q-BiC[®]」（以下、本システム）を開発した。

本システムの概要を図-1に示す。

- ①水素製造：再生可能エネルギー（太陽光発電設備など）で発電した電力を水素に変換する。
- ②水素貯蔵：変換した水素を水素吸蔵合金に貯蔵する。
- ③水素利用：貯蔵した水素を燃料電池で電力および熱エネルギーに変換して建物で利用する。
- ④エネルギーマネジメント：各構成設備の発停、容量

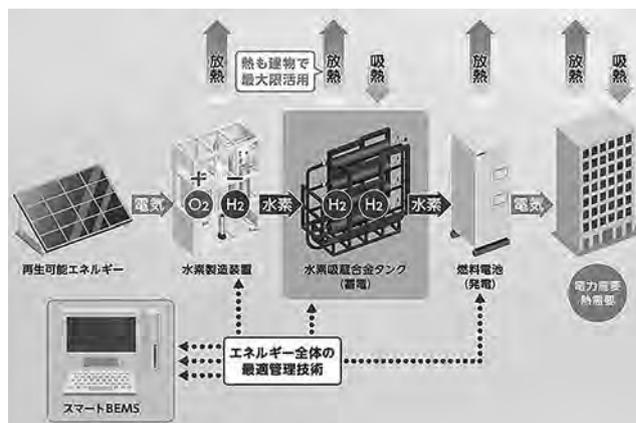


図-1 本システムの構成

制御を当社で開発したスマートBEMS（ビル・エネルギー・マネジメント・システム）で最適制御を行う。

水素利用プロセスとして、水道水を濾過して生成した純水を電気分解することで製造した水素は、湿気を含んでいるため、除湿プロセスを経て水素吸蔵合金に吸蔵させる。エネルギーとして利用するときは、水素を空気中の酸素と化学反応させ、電気と熱として利用するシステムとなる。

このシステムはエネルギーマネジメントシステムにより水素製造装置、水素吸蔵合金タンク、燃料電池などの各装置を統合コントロールしている。施設の電力・熱需要および太陽光発電の発電量予測に基づいたマイクログリッド制御、デマンドレスポンス機能を備え、エネルギー運用計画やリアルタイム需給調整を行い、単純なピークカットだけでなく、時間帯別の使用可能電力の設定や、電力料金を最小化する運転を行うなど、目的に応じた柔軟な運用が可能である。

水素吸蔵合金は分子間に常温常圧水素の体積の約1,000分の1にまで縮減して大量に貯蔵することが可能であり、貯蔵時のエネルギーロスがほとんどないため長期貯蔵に向いているといえる。水素吸蔵合金は、水素の吸蔵時には発熱、放出時には吸熱する特性を持っているため、タンク内の圧力や温度の状況に応じて、水素吸蔵合金の冷却や加熱の熱エネルギーの制御をエネルギーマネジメントシステムでコントロールしている。

使用する水素吸蔵合金は、清水建設と産業技術総合研究所で共同開発したオリジナル合金であり、特性上、1 MPaG未満の圧力下で吸放出可能であり、高压ガス保安法の適用外となる。また、火を近づけても着火しない特性を有するため（図-2）、消防庁の危険物データベースに「非危険物」として登録され、消防

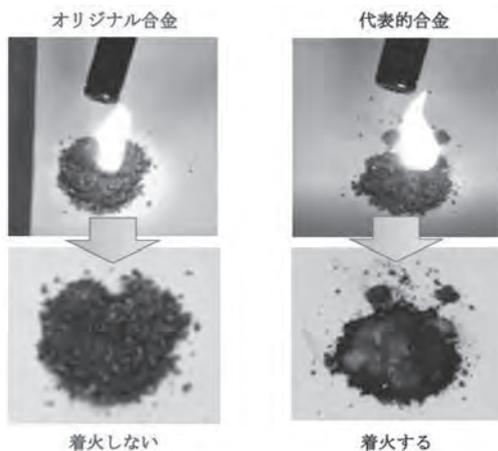


図-2 合金への着火試験

法上の危険物扱いにはならない。

3. 本システムの実装・展開

(1) 地産地消 オンサイト利用

当社北陸支店（石川県金沢市）に本システムを実装している（太陽光発電140kW、水素製造装置10Nm³/h、水素吸蔵合金1,350Nm³、燃料電池100kW）。北陸支店は地域の気候・風土を積極的に利用した省エネルギーと太陽光発電による創エネルギーにより、『ZEB（ゼロ・エネルギー・ビル）』を実現している（写真-1、図-3）。

一方、実際の運用において、休日や長期休暇等電力需要の少ない時期に生じる余剰電力で水素を製造・貯蔵し、太陽光発電の発電量の少ない梅雨や冬季に燃料電池で発電し運用している。また、平日の電力需要の多い時間帯にピークカットなどにも利用している。長期にわたり放電せずに蓄える利点を備えている特徴を利用して、基本システムより蓄エネルギー容量や燃料電池の発電出力等のシステム規模を大きくし、水素貯蔵装置は電力換算で2,000kWhの蓄エネルギー量に相当している。水素貯蔵装置の半分の容量を建物BCP機能として、停電時の事業継続のための自立電源としても可能としている。

このようなシステムは複数拠点で実装されており、BCP等を目的とし、災害時に地域の避難場所として



写真-1 北陸支店外観

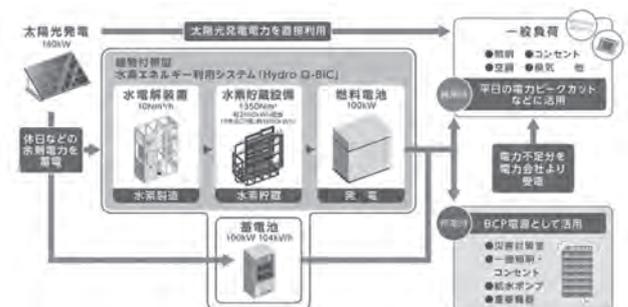


図-3 北陸支店の本システムの概要

活用する事務所ビル（長野県）に、既存建物を改修して設置している。

また、サプライチェーン全体でカーボンニュートラルに取り組む工場にも実装されている（福井県）。この工場では、水素活用の取組として本システムで製造した水素を生産プロセスにも利用することも将来対応として可能となっている。また、熱利用として水素貯蔵装置の冷却水を純水製造に再利用する等のカスケード利用も実施されている。

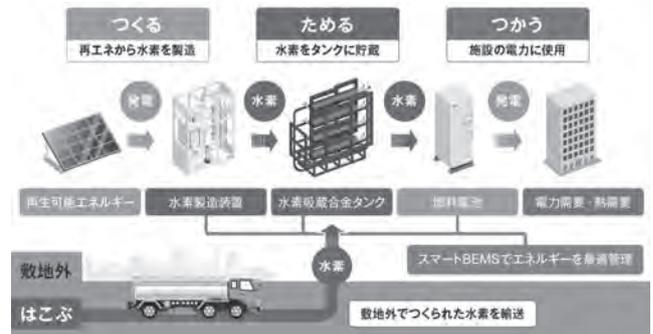


図-4 グリーン水素オフサイト活用

(2) グリーン水素 オフサイト活用

設置場所等の制約によっては、街区の建物には太陽光発電設備等を大きく設置するのは物理的に困難であり、オンサイトでの水素製造には限界があるともいえる。そのため、郊外のメガソーラー発電所等で製造したグリーン水素を輸送するオフサイト活用が可能なシステム「Hydro Q-BiC TriCE」を開発した(図-4)。

グリーン水素のオフサイトからの輸送は圧縮水素としてカードルなどに充填されて輸送される。カードル車等の輸送車が長時間駐車するとその駐車場所は、高圧ガス保安法上の高圧ガス貯蔵所に指定され、建物との隔離や障壁等が必要となる。その指定を避けるためには、2時間以内にカードル車等の輸送車から1 MPaG未満で運用する水素吸蔵合金タンクへ水素の充填作業を完了する必要がある。今回開発した水素吸蔵合金タンクは水素を短時間で充填可能なように熱交換性能を高めるタンクとなっている。

本システムを当社のイノベーション拠点「温故創新の森 NOVARE」(東京都)に導入している(写真-2)。

実装した水素貯蔵設備は、オンサイトとオフサイトの水素をそれぞれ貯蔵する容量 200 Nm³ の標準型タンクと容量 250 Nm³ の急速充填型タンクで構成されている(写真-3)。

オフサイトからのグリーン水素の輸送には水素カードル車を利用し、1回あたり最大 250 Nm³ の水素をカードル車から受け入れられる。水素充填は車上の水素カードルと水素吸蔵合金タンク水素充填口をフレキシブルホースで繋いで実施する(写真-4)。

水素カードル内の高圧水素を車上で1 MPaG未満に減圧して水素吸蔵合金タンクへ充填する。カードル車の入場から退場まで配管の接続・取外しを含む全ての作業を完了する所要時間は2時間以内としている。

オフサイトのグリーン水素を活用するモデル構築として、東京都港湾局、(国研)産業技術総合研究所、清水建設(株)、東京臨海熱供給(株)、(株)東京レポートセンターおよび(株)ヒラカワの6者にて、脱炭素化に向け



写真-2 温故創新の森 NOVARE 全景



写真-3 急速充填型の水素吸蔵合金タンク



写真-4 水素カードルからの水素充填

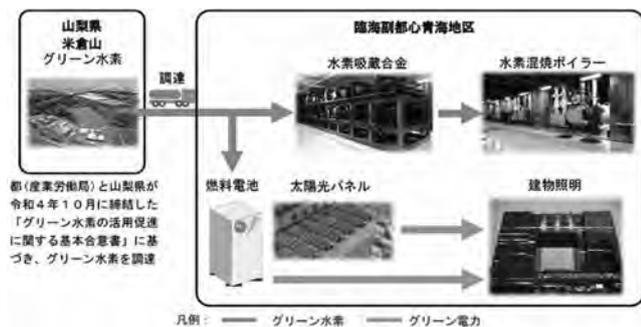


図-5 臨海副都心の共同研究概要

た取組のため、臨海副都心の青海地区において、グリーン水素を活用した共同研究を実施している（図-5）。

本研究は、オフサイト水素を吸蔵合金タンクに急速充填し水素混焼ボイラーによる地域熱供給への供給を実施するものである。

このような取組により地産地消だけでなく、グリーン水素のオフサイト活用による促進が可能となる。

(3) パッケージによる最適利用

水素の利活用促進に向けては、省スペースかつ低コストの水素設備が求められる。そのため、水素サプライチェーンの「つくる」から「つかう」までの設備一式をコンテナ内に収納した省スペース型の水素エネルギー利用システム「Hydro Q-BiC Lite」(以下、省スペース型本システム)を開発し、再生可能エネルギーのさらなる利用拡大とカーボンニュートラルの実現を促進させることを図っている（図-6）。

省スペース型本システムは、水素製造装置、水素貯蔵装置、燃料電池等の設備一式を40ftコンテナ相当の空間内にコンパクトに収納したパッケージ型の水素エネルギー利用システムで各装置の基本仕様を、水素製造装置が製造能力5Nm³/h、水素貯蔵装置が貯蔵量300Nm³、燃料電池が出力8kWで、有資格者不要で、貯蔵ロスなく安全に貯められる吸蔵合金を用いて停電時の使用（現状の本システムと同様の構成）が可能となるシステムである。パッケージ化することで、水素設備をスモールスタート（小容量・省スペース）で、

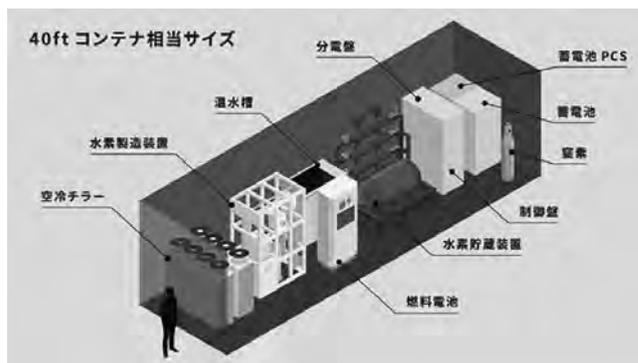


図-6 省スペース型本システムの基本構成

ターンキー型のソリューションを検討しているユーザー向けに開発されている。

自治体によっては補助金にも該当し導入の促進が期待される。

4. おわりに

水素利活用の展開として「Hydro Q-BiC[®]」が2019年に開発され、地産地消型オンサイト利用にはじまり、グリーン水素のオフサイト活用、ターンキー型のパッケージモデルとしての活用展開が期待される。

建物に水素を安全に貯められる定置型のシステムとしての活用展開が今後も期待される。

J|C|MA

【筆者紹介】

本間 康雄 (ほんま やすお)
清水建設㈱
NOVARE イノベーションセンター
H2Acceleration グループ

下田 英介 (しもだ えいすけ)
清水建設㈱
NOVARE イノベーションセンター
H2Acceleration グループ

北川 遼 (きたがわ はるか)
清水建設㈱
NOVARE イノベーションセンター
H2Acceleration グループ

建設現場における CO₂ 排出量モニタリングシステムの開発 建設機械の稼働・停止を自動検知する IoT デバイス「どんだけ」の開発と連携

出口 明・川上 雄也・片山 賢

建設現場での CO₂ 排出量を把握するため「作業所 CO₂ 排出量モニタリングシステム」（以下、本システム）と IoT デバイス「どんだけ」（以下、本 IoT デバイス）を開発した。本システムは、クラウド上の既存システムと Web API 連携することで、CO₂ 排出量算出に必要な情報を自動収集する。本 IoT デバイスは建設機械に後付けすることで稼働時間の計測を可能にする。この2つを連携させることで CO₂ 排出量の算出に関する精度向上、可視化、省力化を実現した。

キーワード：脱炭素、CO₂、Web API、IoT デバイス、クラウド

1. はじめに

日本の温室効果ガス削減目標は「2050年カーボンニュートラルと整合的で、野心的な目標として、我が国は、2030年度において、温室効果ガスを2013年度から46%削減することを目指す。さらに、50%の高みに向け、挑戦を続けていく。」である¹⁾。日本の多くの建設会社がSBT^{a)}に参加し、コミットメントやSBT認定取得などにより温室効果ガスの削減目標を定めており、これらの目標達成は各社において重要な社会的責務となっている。また、こうした社会の脱炭素への気運の高まりにより、建築主から建物建設時のCO₂排出量の提示や、有価証券報告書等への環境情報の開示が求められるようになってきている。調査データによると、建設現場から排出されるCO₂のうち、スコープ1（重機などの稼働に使う軽油由来：直接排出）が約75%、スコープ2（場内照明や仮設事務所などに使う電力由来：間接排出）が約25%を占めている（図-1）。CO₂削減活動には様々なものがあるが、これらのCO₂排出量を把握しなければ、効果的な削減施策の立案やその効果の確認ができない。そのため、CO₂排出量のモニタリングはCO₂削減活動を行う上で最も重要な施策の一つに位置づけられる。本稿では建築生産に係る建設現場でのスコープ1およびスコープ2の範囲について述べる。

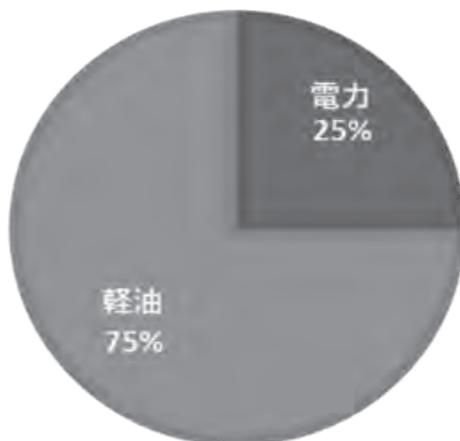


図-1 建設現場から排出される CO₂ の比率（竹中工務店調べ）

2. CO₂ 排出量把握の課題

(1) 使用量の把握

前述の通り、建設現場での CO₂ 排出量の把握には、主に「電力使用量」と「燃料使用量」の把握が必要となる。電力使用量は小売電気事業者からの請求時に使用量が記載されており、比較的容易に把握できる。一方、燃料については、建設現場では元請会社のもとに多数の専門工事事務所が工事を行っていることから、軽油等燃料の使用は多岐にわたる。建設機械の所有者には主に次のようなケースが考えられる。また、その使用期間も様々である。

[建設機械の所有者の違い]

- ①元請会社の保有する建設機械
- ②元請会社の手配するリース・レンタル機械（移動式クレーン、エンジン式発電機、等）

a) SBT：パリ協定の目標に合致した科学的根拠に基づく CO₂ 削減目標。国際的な団体である「SBT イニシアティブ」が認定している。

③専門工事が持ち込み使用する建設機械（油圧ショベル，エンジン式高所作業車，等）

[建設機械の使用期間の違い]

- ①長期使用（数カ月間）
- ②短期使用（半日～数日間）

専門工事が持ち込み使用する建設機械で使用する軽油の手配は専門工事が行うことが多く，元請会社での給油数量の把握は難しい。また，その場合，費用負担も請負契約に含まれることが多いため，情報の開示の協議が必要となる。さらに，仮にある期間に使用したと思われる軽油の給油量が購入履歴から分かったとしても，その日ごとの軽油使用量の把握を燃料タンク残量の目視や建設機械のWeb稼働管理サービスから元請会社が把握することは容易ではない。

(2) 集計作業の手間

CO₂排出量の算定は各社が合理的に実施しているものと推測されるが，従来は作業所ごとにExcelシートを作成して，提出されたシート1枚ずつを，ほぼ手計算で管轄する本支店が集計を行い，その結果を本社が二次集計するという方法で，かなりの作業手間が発生していた。また，集計に時間がかかるため，タイムリーに集計結果を開示できず，結果に対する削減行動や目標設定が遅れがちで，その点も課題となっていた。

3. システムの開発と概要

これらの課題の解決・改善のため本システムを開発した。本システムの構成を図-2に示す。本システ

ムは，既存の建設業界向けGHG（温室効果ガス）排出量算定・可視化ツールに，自動データ収集機能を実装させたシステムである。CO₂排出量の算出では，軽油使用量を入力するほか，共同開発した建設機械の稼働・停止を自動検知するIoTデバイスにより稼働時間を把握し，共同開発した本システムと連携することで自動モニタリングを実現している。あらかじめ機械ごとの時間当たりの平均的な燃料消費量を設定し，IoTデバイスで得られた稼働時間と掛け合わせることで，より精度の高いCO₂排出量を算出できる。機械ごとの1日当たりの平均的な燃料消費量を設定すれば，稼働した機械台数の入力だけでも算出が可能である。また，活動量にはデフォルトで用意した機械のほか，対象機械の追加，変更が自由にできる（図-3）。また，一部電力については，竹中開発の「建設機械遠隔監視システム℃（ドシー）」とWeb API連携し，また，産廃車両からの排出量データは外部「CO₂排出量提供サービス」と連携することで自動取得も可能にしている。また，入力された数値や集計結果は可視化ツールにより各本支店担当者が自由に閲覧できる（図-4）。



図-3 本システムの入力画面イメージ

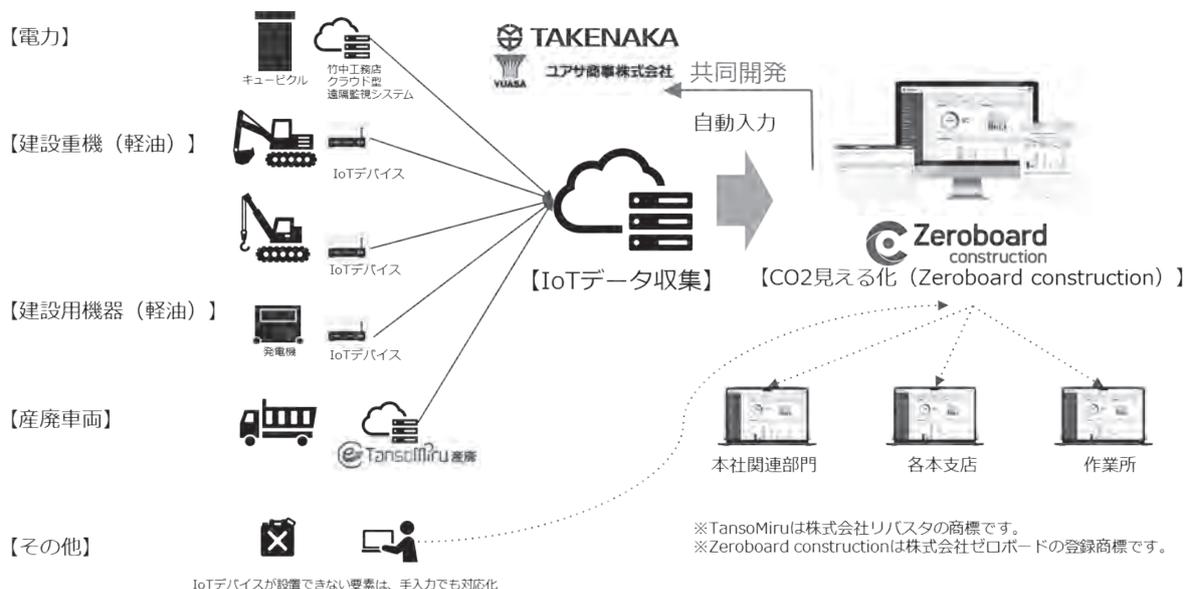


図-2 本システムの構成



図-4 本システムの見える化画面イメージ

4. 建設機械の稼働・停止を自動検知するIoTデバイス

稼働した建設機械の台数を用いてCO₂排出量を算出する場合には、1日当たりの平均的な稼働時間と時間当たりの平均的な燃料消費量との積で算出する。しかし、1日当たりの平均的な稼働時間は、実際の稼働時間とは必ずしも一致しない。建設機械の稼働時間を正確に測定することで、より正確なCO₂排出量を算出することができる。開発したIoTデバイスについて以下に説明する。

(1) IoTデバイスの概要

IoTデバイスは、電流を検出するセンサーと防水ケースに内蔵した通信装置で構成されている(写真-1)。IoTデバイスを建設機械のバッテリーに取り付けることで、電流の変化を検出し、機械の稼働・停止状態を判断する。判断した情報を内蔵した通信装置により本システムに送り、建設機械の稼働時間が把握できる(図-5)。IoTデバイスを使用することで、本システム

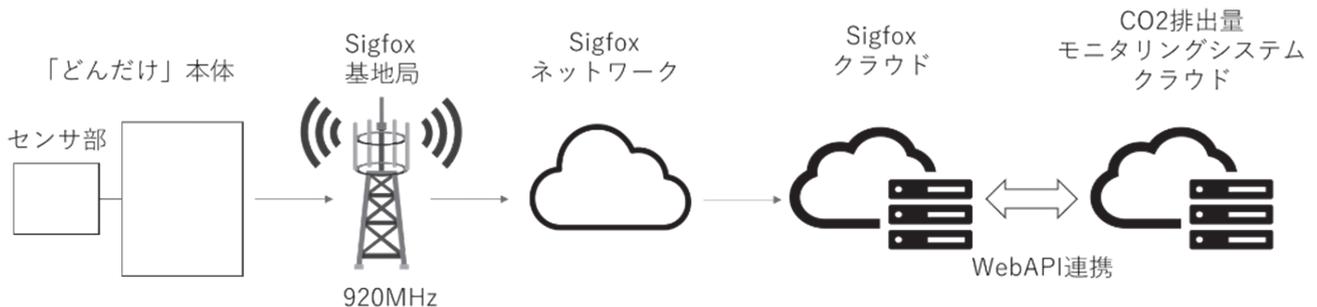


写真-1 本IoTデバイス(建設機械稼働時間把握装置)

ではCO₂排出量算出において、機械台数等の手入力が必要となり、省力化が図れるとともに、より精度の高い排出量をタイムリーに把握することが可能となる。

(2) IoTデバイスの開発と詳細

建設機械にはバックホウやフォークリフト、移動式クレーンや発電機と多くの種類があるだけでなく、同一の種類においてもメーカーや機械能力、製造年月日により機械構造に違いがある。これらすべての建設機械に対応したIoTデバイスを開発するため、建設機械に共通して搭載されているエンジンとバッテリーに着目した。一般的にエンジン式の建設機械は鉛バッテリーを搭載しており、エンジン始動時などに電力を使用している。使用によりバッテリーの電気容量が低下していくため、バッテリーを充電する必要があることから、エンジン式の機械にはオルタネーターと呼ばれる発電機が搭載されている。バッテリーの電力が低下



※Sigfox (シグフォックス) はフランスのUnaBiz SAS社が各国のオペレーターを通じて提供しているLPWA (0G) ネットワーク。
 ※LPWA (Low Power Wide Area-network) は省電力で長距離無線通信が可能な技術の総称。

図-5 本IoTデバイスのシステム構成

した場合、オルタネーターがバッテリーに充電電流を供給する仕組みとなっている。このような仕組みに着目し、オルタネーターからバッテリーに流れている電流値を測定し、エンジンが稼働状態か未稼働状態かを判別できるIoTデバイスを開発した。

IoTデバイスは主に以下の3つの部品で構成されている。

- ① SIMカードや基板が入っている本体（白色箱体）
- ② バッテリーと接続するブースターケーブル（赤黒線）
- ③ 電流測定用クランプ（黒いリング付きのもの）

IoTデバイスの取付方法は簡単でシンプルな方法である。本体を付属のマグネットで建設機械に固定し、ブースターケーブルを建設機械のバッテリーに接続させ、電流測定用クランプを建設機械のバッテリーのマイナス側電線に取り付ける。取付後には建設機械の電源を入れ、エンジンを始動し、IoTデバイスが作動しているか確認する（IoTデバイスは付属LEDの点滅パターンにより作動状態が目視確認できる）。

また、IoTデバイスは建設機械の電源がONになることでバッテリーから電流が供給され作動を開始し、エンジンの始動または停止によりIoTデバイス内にあるSIMカードを経由してクラウド上にある本システムに稼働状況を自動でアップロードする仕組みとなっている。

5. 適用・展開

本システムは2023年2月から竹中の新築着工工事に適用を開始し、2024年1月からはその適用を増築・改築・解体着工工事にまで拡大している。2025年以降も適用範囲の拡大を進める計画である。また、IoTデバイスは、これまでの工事プロジェクトで、クローラクレーン、杭打機、油圧ショベル、フォークリフト、発電機、高所作業車に適用しており、今後も各種建設

機械への適用を進めていく（写真—2）。

6. システム利用による効果と新たな課題

本システムとIoTデバイスの導入により、以下の効果が期待できる。

- ① CO₂排出量の見える化が実現
- ② CO₂削減活動の成果確認が可能
- ③ CO₂排出量把握精度の向上
- ④ CO₂排出量の集計作業の低減
- ⑤ お客様と社会の要望に応える企業価値の向上

しかし、建設現場で使用する大部分のエンジン式建設機械のCO₂排出量算出において、機械台数等の手入力が技術的には不要となった一方で、機械へのIoTデバイスの取付け・取外しの手間の削減が新たな課題となっている。また、建設現場内で一定期間連続して使用する建設機械には、IoTデバイスの取付けによる省力化の効果が高い。しかし、短期間の使用の場合には、取付け・取外し手間とそのコストが省力化の効果に見合わない。また、専門工事会社の建設機械では一時的に搬出され、再び搬入されるケースもあり、建設機械の稼働を把握する難しさは課題として残っている。

一方で、本システムを導入した工事プロジェクトでは、CO₂排出量把握にかかる業務が新たに増えているにもかかわらず、社会的な課題として削減目標を掲げ積極的に取り組む姿勢や、専門工事会社でも取組みに理解を示し協力する姿勢が見られるなど、脱炭素に向けた活動としての手応えを感じている。

7. おわりに

CO₂削減長期目標の達成に向け、本システムにより建設現場におけるCO₂削減施策の効果とその検証、全社での状況の把握を進める。これにより、効果的な



フォークリフト



油圧ショベル



高所作業車

写真—2 本IoTデバイス設置状況

削減施策の抽出・水平展開を図り、社会的な課題である環境負荷低減に貢献する。この取組みには専門工事会社の協力が必須であるばかりでなく、システム開発会社、システム保守会社も一体となって開発を進め、業務のデジタルトランスフォーメーションにより生産性を維持・向上することが重要である。建設業に關係する各社と協調を図りながら社会的な課題である脱炭素に幅広く取り組んでいく。

JCMA

《参考文献》

- 1) 「日本のNDC(国が決定する貢献)」, 地球温暖化対策推進本部(内閣), 別紙1, 2021年10月

【筆者紹介】



出口 明 (でぐち あきら)
 (株)竹中工務店
 生産本部 生産企画部
 シニアチーフエンジニア



川上 雄也 (かわかみ ゆうや)
 ユアサ商事(株)
 建機本部 建機広域営業部
 主任



片山 賢 (かたやま さとし)
 (株)ゼロボード
 営業本部 第1エンタープライズ営業部
 部長



1,600 t 吊 SEP 型多目的起重機船

CP-16001

室田 恭宏

五洋建設(株), 鹿島建設(株), 寄神建設(株)は, 2023年にSEP型多目的起重機船CP-16001(以下, 本船)を建造した。3社による共同出資会社「PKY マリン(株)」を設立し, 本船を保有し, 運航している。洋上風車およびその基礎構造の大型化に対応して, 1,600 t 吊全旋回式クレーンを搭載し, 15 MW クラスの洋上風力発電施設を効率的に建設する。

キーワード: 洋上風力発電施設, 洋上ウインドファーム建設工事, SEP型多目的起重機船, 海外建造

1. 建造の経緯

建造については, 国際的コングロマリットグループのKuok Singapore社傘下のPaxOcean Engineering社と2020年1月に契約し, 2020年10月にインドネシアのバタム島にあるGraha造船所で起工した。2020年から2022年にかけて新型コロナウイルス感染症の拡大が長期化する中での建造となったが, 関係者の尽力により, 2021年12月に進水し, 2023年9月に完成した。

対象とする風車の最大の大きさは, 建造を検討していた2019年当時は10 MWだったが, 建造を進める間に大型化し, 2023年には15 MWとなった。そこで, 建造期間中に本船の主クレーンのブームの長さを100 mから130 mへ変更し, 風車の大型化に対応した。

2018年に完成した我が国初のSEP型多目的起重機船CP-8001の建造で培ったノウハウを生かし, 最新鋭の作業船となった。

写真-1に本船の全景を示す。

2. 本船の特徴

本船の特徴を以下に示す。

- ①船体をジャッキアップすることにより, 気象・海象条件の厳しい海域でも, 安全性, 稼働率, 精度の高いクレーン作業が可能である。
- ②1,600 t 吊全旋回式クレーンを搭載しており, 15 MW クラスの風車の設置, モノパイルやジャケット等の基礎の施工が可能である。
- ③広いデッキスペースと十分なジャッキ能力を備えて



写真-1 本船全景

おり, 15 MW クラスの風車を複数基搭載して運搬することが可能で, 効率的な施工ができる。

- ④水深50 mでのジャッキアップの作業が可能である。
- ⑤ダイナミックポジショニングシステム(DPS)によって, ジャッキアップ時に船体の位置保持が可能である。

3. 主要諸元

(1) 一般

- ・船籍港: 東京都
- ・基地港: 北九州市

- ・航行区域：近海区域, A1, A2 及び A3 水域
- ・船 級：日本海事協会
NS* (SEWTIB, PSPC-WBT) (DPS-B)

- ・IMO 船舶番号：9910296

本船は、日本船籍で航行エリアは日本近海区域を対象とした。

船級は、日本海事協会本部で図面承認、欧州を含む各国で機器の製造検査、インドネシアで本船の検査を担当していただき、SEWTIB（甲板昇降型洋上風力設置船）として船級登録した。

(2) 船体

- ・設計型式：GustoMSC GJ-9800C
- ・造船会社：PaxOcean Engineering (Singapore)
- ・建造者：PT. Graha Trisaka Industri (Indonesia)
- ・船体長さ：約 120 m (メインデッキレベル)
- ・船体幅：45 m
- ・船体深さ：10 m
- ・満載喫水：5.6 m
- ・デッキ面積：約 3,850 m²

船の基本設計は世界の洋上風力設置船の7割以上を手掛けるオランダのGustoMSC社が担当した。船体の主要寸法は、長さ約120 m、幅45 m、高さ10 mで、満載時の吃水は5.6 mである。図-1に一般配置図を示す。

ハッチングで図示したデッキの面積は約3,850 m²

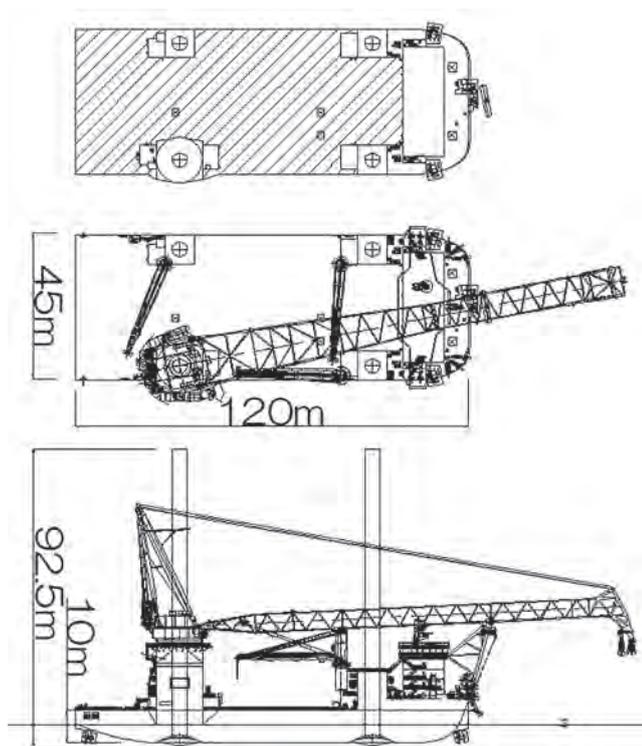


図-1 一般配置図

で、大型風車4セットを積載する十分なスペースを有する。

(3) ジャッキ装置

- ・ジャッキ装置：GustoMSC 油圧連続式
- ・ジャッキ能力：5,830 t/本×4 本
- ・プラットフォーム昇降速度：0.4 m/分
- ・レグ操作速度：0.67 m/分
- ・レ グ 長：92.5 m
- ・スパッドカン：あり
- ・ジェッティングシステム：あり

GustoMSCで設計し製作したジャッキ装置を、船体の四隅にそれぞれ装備し、レグ4本を連続的に上下させる。レグの長さは92.5 mで、水深50 mの海底地盤に約70分間で着底させ、また、空中へは60分間に24 mの速度で船体をジャッキアップさせる。ジャッキアップする際には9,800 tのプレロード荷重を各レグの足元の地盤にかけて足場を固め、作業終了後にレグを引き抜く際、レグが海底に埋まって引き抜けない場合を想定して、レグの先端からジェット水を噴射させる構造とした。

(4) メインクレーン

メインクレーンの荷重試験時の写真を写真-2に示す。

- ・クレーン型式：Huisman Equipment
Leg Encircling Crane



写真-2 メインクレーンの荷重試験

・クレーン能力：1,600 t @ 30 m

メインクレーンはオフショアクレーンのトップメーカーであるオランダの Huisman Equipment 社が担当した。能力は、旋回半径 30 m で 1,600 t 吊、42 m で 1,000 t 吊、80 m で 300 t 吊である。

特徴の一つは、デッキから 143 m の高さまでフックを上げることができる構造である。ジャッキアップした後に、長さ 130 m のブームを 85 度の角度ではほぼ垂直に立て、水面から 150 m を超える高さまで荷物を吊上げ、15 MW クラスの風車の組み立てに対応する。

もう一つの特徴として、レグ回りにクレーンを構成した Leg Encircling Crane (LEC) と呼ばれる構造としている。クレーンの旋回体をジャッキハウス上部に設置し、旋回部中心は、直径 10 m を超える旋回ベアリング上にあり、レグを中心に旋回体が回転する。ジャッキハウスをクレーンポストの機能とすることで、デッキにクレーンポストを別途設置する必要がなく、結果的に広いデッキ面積を確保した。

クレーンの旋回部中心の写真を写真-3 に示す。

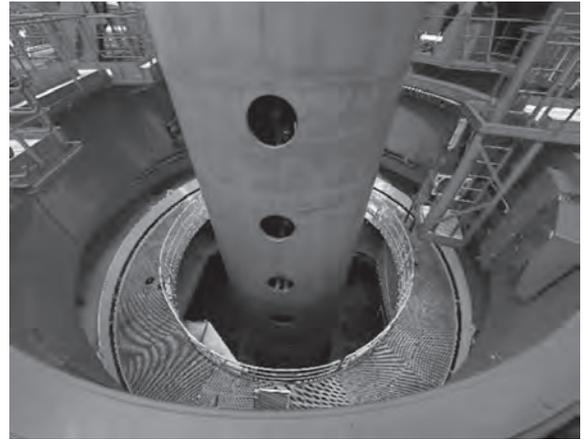


写真-3 クレーン旋回部中心



写真-4 自動船位保持装置の試験

(5) 自動船位保持装置

・自動船位保持装置：ClassNK DPS-B

ジャッキアップする際にはダイナミックポジショニングシステム (DPS) で船位を保持する。冗長性を持ってオペレーションすることを目的に、日本海事協会の DPS-B を取得した。

写真-4 に自動船位保持装置の試験時の写真を、写真-5 にブリッジの操作盤の写真を示す。



写真-5 ブリッジの操作盤

(6) 居住区

・最大搭載人員：100 人

居住区は国際条約の条件に適合した設備を整えた。100 名分の居室を配置し、各居室にはシャワー、トイレ、木製の家具を備え、船上で働く人に配慮した環境となっている。

写真-6 に居室の写真を、写真-7 に各居室のシャワー、トイレの写真を示す。

他にも大食堂・厨房、大型の冷凍・冷蔵室、フィットネス室や医務室を完備し長期間の船内居住が可能である。

10 部屋以上の事務室・会議室を配置し、船上でも支障なく執務できる。スターリンク、VSAT、インマルサットの複数の衛星通信システムを装備し、洋上でも高速で情報通信ができる環境を整えている。



写真-6 居室



写真一七 各居室のシャワー、トイレ

4. 建造のトピックス

新型コロナウイルス感染症の影響や海外建造に関するトピックスを紹介する。

(1) 新型コロナウイルス感染症の影響

建造前半に実施した本船の設計業務、各国での機器製造はコロナの影響を大きく受けた。

2020年1月に契約した後、当社メンバーはシンガポールを拠点とする造船所設計チームと設計図面や機器の基本仕様を検討する目的で打合せを重ねた。シンガポール政府は、2月から規制を開始し、4月からロックダウンに相当する職場閉鎖を実施した。造船所設計チームとWEB会議を重ねたが、対面でA1サイズの図面を広げて検討することに比べて、パーツ毎の検討となり時間を要した。

各国でも外国人を入国禁止とする期間が長期化したため、2021年にフィンランド製の発電機や中国製のクレーンなどの出荷前検査をリモートで行った。機器がインドネシアに到着した後の艤装では、現物確認後の修正や改造作業が発生することもあった。

行動に大きな制約がかかる期間中の海外建造で苦労することは多かったが、ICT技術の進歩の恩恵を受けてプロジェクトを進めることができた。

(2) 進水の方法

本船の進水方法は、「ヘッド進水」と呼ばれる方法であり、今日の日本では馴染みのない伝統的な方法であった。

ヘッドの語源はオランダ語で牛の脂のことで、広義



写真一八 進水時の様子

には潤滑油を意味するようである。実際の方法は、地面に7本の木製の固定レールを設置し、固定レールの上に潤滑剤を塗布し、その上を木製の台に乗せた船体を滑らせて、進水させるシンプルな方法であった。一方、日本では台車方式やドライドック方式などの恒久設備を必要とする方法が普及している。

進水の準備に長い期間を必要としたが、貴重な建造方法の一つであった。

進水時の写真を写真一八に示す。

5. おわりに

2023年11月から北九州響灘洋上ウインドファーム建設工事の基礎工事において稼働を開始し、2025年には9.6 MWの風車25基を据え付ける予定である。

今後、本格化する一般海域の洋上風力発電プロジェクトにおいて、CP-16001が洋上風力発電の拡大の一助となれば幸いです。完成までご指導ご協力いただいた皆様に誌面を借りてお礼を申し上げます。

JCMA

《参考文献》

- 1) 造船講座 船体工作法, (財)日本小型船舶工業会
<https://nippon.zaidan.info/seikabutsu/1996/00273/contents/114.htm>

【筆者紹介】

室田 恭宏 (むろた やすひろ)
 五洋建設
 洋上風力事業本部 建設技術部
 部長



20tクラスバッテリー駆動油圧ショベルの開発

PC200LCE-11/PC210LCE-11

山口昌保

日本および欧州市場へレンタル機として2023年10月以降に導入を開始した20tクラスバッテリー駆動油圧ショベル（PC200LCE-11/PC210LCE-11）は、大容量のリチウムイオンバッテリーを搭載し、フル充電で油圧ショベル1日の作業を実施できることを目標に開発を進めてきた。

本稿では、本体の電気・油圧システムおよび稼働させるために必要な充電器を紹介する。最後に、実稼働現場の使用状況を示す。

キーワード：カーボンニュートラル、油圧ショベル、電動化、リチウムイオン電池、長時間稼働、充電

1. はじめに

地球温暖化を抑制するために、CO₂排出の削減が多くの企業の課題となって以降、弊社のサプライチェーン全体のCO₂排出のうち、現場における製品使用時のCO₂排出が約90%にも上ることが分かった。これを解決するためには、エネルギー効率の良い建機、CO₂排出の少ない建機の開発が急務となっていた。

本機は、2021年1月よりバッテリーメーカーと協業して開発を進めた機種であり、商用車両向けに実績があるバッテリーメーカー提供のリチウムイオンバッテリーを搭載している。お客さまの現場での実証試験を経て、このたび、市場に導入した。将来電動化市場が形成されることが見込まれる各地域で、稼働条件や電源環境の異なるさまざまなお客さまに使用いただくことで、環境性や安全性を実感いただく目的で開発した(写真1、表1)。



写真1 外観

2. 開発のねらい

(1) 環境性・経済性

・バッテリー駆動式で人と作業環境にやさしい排気ガスゼロを実現

バッテリー駆動式のために排気ガスがまったく発生せず、クリーンな作業環境を実現する。車両周辺の作業員や樹木にやさしく、屋内工事や管工事、都市部での工事など、さまざまな現場で幅広く活躍を目指す。

表1 基本諸元

品質目標		開発機 (891) PC210LCE-11	ベース機 PC210LC-11
機械質量	kg	24,400	22,450
ブーム/アーム長さ	mm	→	5,700/2,900
バケット容量 (範囲)	m ³	→	0.8~1.2
原動機	定格出力 (モータ・エンジン)	kW	→ 123
バッテリー	定格電圧	V	550~738
	容量	kWh	450
充電器	充電規格	-	CCS2
	入力電圧	V	三相 AC400
	出力	kW	50
主要寸法	クローラ中心距離 (ゲージ)	mm	→ 2,380
	タンブラ中心距離	mm	→ 3,655
	後端旋回半径	mm	→ 3,020
連続稼働時間	hour	5~10	14以上
ダイナミック騒音	オペ耳元	dB(A)	→ (実測 63.2)
	周囲	dB(A)	→ (実測 92.9)
環境性能	許容大気温	℃	→ -20~45
	高地適合性	m	1,000

(2) 快適性・安心

- ・大容量リチウムイオンバッテリーによる稼働時間の確保
451 kWhのリチウムイオンバッテリーを搭載しており、フル充電で約8時間^{a)}の稼働が可能である。付属の充電器を活用してのフル充電は約8~10時間^{b)}である。
- ・静音性に優れた電動モータで車体騒音・周囲騒音を大幅低減

動力源はモータのため、エンジンによる騒音が発生しない。作業中でもオペレーターが周囲の作業員とコミュニケーションをとりやすく、安全で的確に作業が行える。

- ・エンジンによる車体振動がなくなりオペレーターの疲労を軽減

エンジンを搭載していないので、オペレーターに伝わる振動が大幅に改善された。作業中のストレスや疲労感が少なく、快適に作業が行える。

- ・車体からの発熱量低減で、快適な作業環境を実現
エンジンによる熱源がないので、機械周辺が熱くならず、作業を快適に行える。

(3) 安全性・信頼性・整備性

- ・安全性・信頼性に優れたバッテリーコンポーネントを搭載

世界の各分野の高負荷対応や商用車向けに実績があるバッテリーメーカー提供のリチウムイオンバッテリーと、作業機操作のための油圧ポンプ、コントローラ、電動モータなどのコンポーネントを、他社と協力し、車体制御システム全体を最適化するとともに、堅牢なバッテリーの保護構造を開発した。エンジン駆動式油圧シヨベルと同等の掘削性能や耐久性を実現した。

3. 車両の構成

(1) システム構成の概要

バッテリー駆動システムの構成は、リチウムイオンバッテリー、メインポンプ駆動用の電動モータ/インバータ、バッテリー温調器、24V補機用のDCDCコンバータ、および内製の配電ユニットで成り立っている。外製電気コンポーネントの接続数の自由度を持たせるため内製の配電ユニットをプラットフォームとしており、また内製コントローラに内製ロジックを実装して外製電気コンポーネントが持っている機能を活用してシステム構築している(図-1~3)。

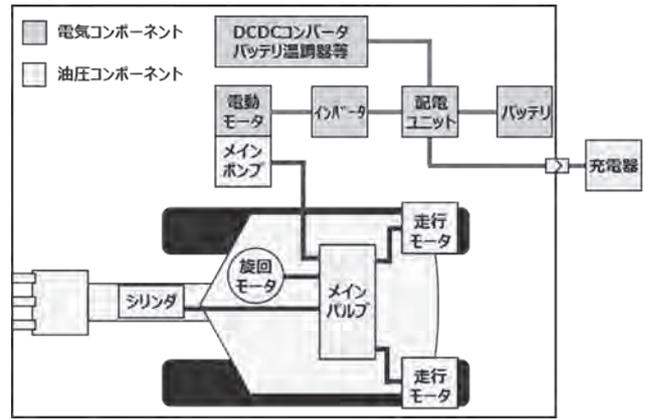


図-1 バッテリー駆動システムのコンポーネント構成

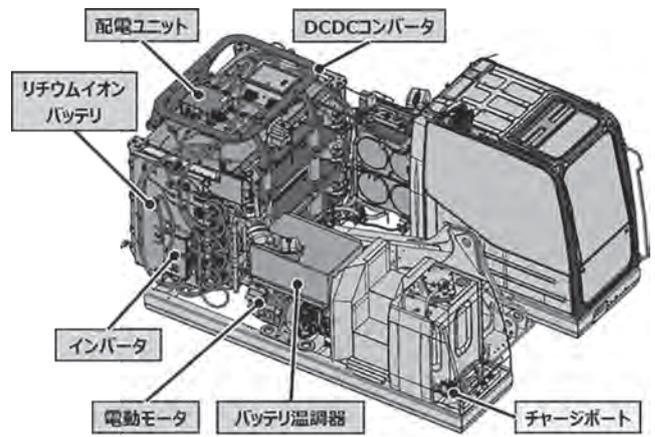


図-2 電気コンポーネントのレイアウト

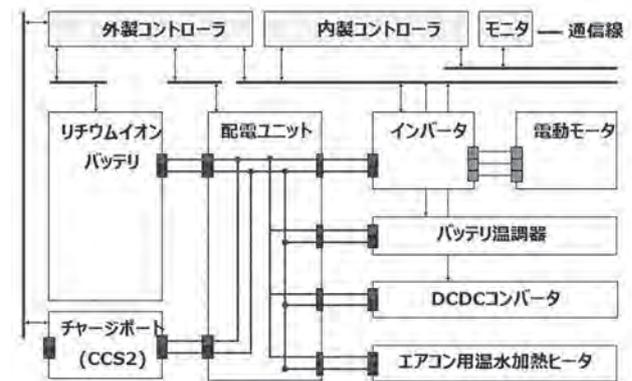


図-3 高電圧回路概略図

(2) 車両の構成コンポーネント

(a) バッテリー

エネルギー密度が高く、商用車向けに安全性と堅牢性の実績があるリチウムイオンバッテリーパックを採用した。バッテリーパックを6パック搭載し451 kWhの大容量を実現している。バッテリーパック単体はオンロード向けの耐振性能のため、ダンパマウント使用による振動抑制機構を有したバッテリーフレームによりオフロードでの耐振性の確保を図っている(図-4)。

a) 作業条件や稼働状況により異なる

b) 電源環境により異なる

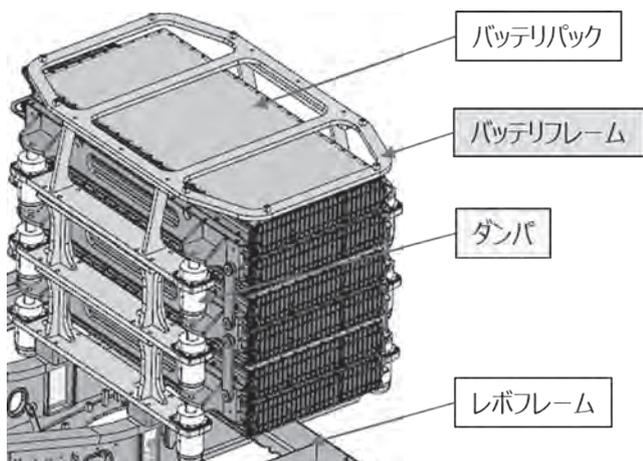


図-4 リチウムイオンバッテリーパック車体搭載イメージ

(b) バッテリー温調器

バッテリー温調要求性能を満足する外製バッテリー温調器を採用した。建機稼働現場での防塵性を考慮し、水冷タイプを選定した。バッテリー温調器はゴムマウント使用によりオフロードでの耐振性の確保を図っている(図-5)。

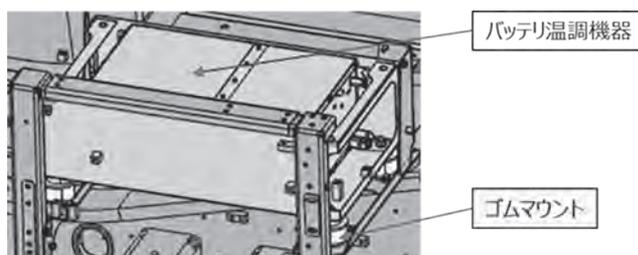


図-5 外製バッテリー温調器車体搭載イメージ

(c) 電動モータ, インバータ

従来車のエンジン性能をカバーする性能を有する外製電動モータ(定格出力123kW)、インバータを採用した。製造メーカーと協力して建機対応できるようにコンポーネントおよびその周辺部品の設計見直しを図っている。例えば、電動モータはゴムマウント使用によりオフロードでの耐振性を確保し(図-6)、インバータはダンパマウントにより振動抑制しているバッテリーフレームに固定することでオフロードでの耐振性を確保している。

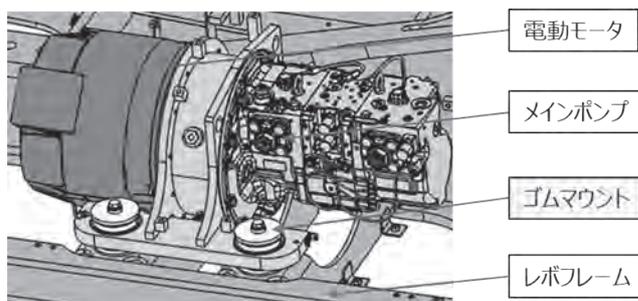


図-6 外製電動モータ車体搭載イメージ

(d) 配電ユニット

バッテリーから各電気コンポーネントへ電力分配する配電ユニットを新規開発した(図-7)。内製とすることで建機への車載性、耐環境性を確保した。

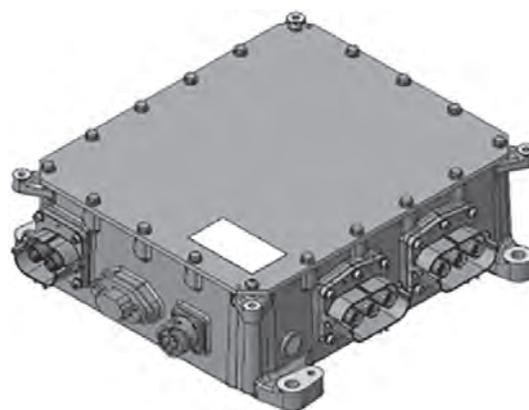


図-7 配電ユニット

また、さまざまなメーカーの外製電気コンポーネントの規格に対応する接続自由度の確保を図るとともに、各電気コンポーネント不具合に備えた安全機能を有している。

4. 実現場での稼働

(1) 充電システム

日本国内においては、入力電源:3相200V、充電ポート:CCS2の充電器(写真-2)を用いて、充電を実施している。フル充電は約8~10時間^{b)}。



写真-2 使用充電器(日本国内の場合)

b) 電源環境により異なる

(2) 実稼動状況

産業廃棄物リサイクルセンター内での本機の稼動の状況を示す（写真—3）。



写真—3 産業廃棄物リサイクルセンターでの稼動状況

5. おわりに

地球温暖化から、地球沸騰化の時代となり、カーボンニュートラルの目標通りの達成が必須となってきたと実感している。今回開発した機械は、関係者が、電動化を進める際に起こる具体的な問題を洗い出し、即織り込めるものはすぐに、大きな改善の必要なものは次期開発機に織り込むといった手法で、スピード重視で開発を進めてきた。

カーボンニュートラルの実現は難問であり、長期の期間を必要とするが、次期開発機もスピード重視は変えずに、更なる品質向上を織り込みカーボンニュートラルの実現策を示していきたい。

JCMA

【筆者紹介】

山口 昌保（やまぐち まさほ）
コマツ
開発本部 車両第二開発センタ
シニアエキスパートエンジニア



有線電動式環境リサイクル機械の紹介と導入事例

入 枝 克 哉・田 辺 節 男

GX 建設機械として認定を受けた有線電動式環境リサイクル機械について、種類、構成、利点などを紹介する。認定を受けた3機種のうち、2021年6月にSK210D-10WE、2022年3月にSK135SRD-7WEを上市したが、その新機種の特徴とともに、木質チップの製造プラントに導入された有線電動式ハンドリング仕様機の稼働状況を紹介する。

キーワード：GX 建設機械、有線電動式、環境リサイクル機械、マルチ解体機、自動車解体機、ハンドリング仕様機

1. はじめに

建屋内で使用される環境リサイクル機械は、排気ガスを排出しないことや騒音の低減、長時間連続稼働が望まれており、これらの実現に向けて2003年に有線電動式マルチ解体機の初号機を上市。以降ラインナップを拡充させながら、40台を超える機械を出荷してきた。また、持続可能な社会実現のためにCO₂をはじめとする温室効果ガスの抑制に向けた取り組みの一環として、継続して有線電動式環境リサイクル機械の開発を進めており、2021年には新機種の上市を行い順次仕様展開をしている。本稿では、GX 建設機械として認定を受けた有線電動式環境リサイクル機械3機種を紹介する。

2. 機種、仕様ラインナップ

有線電動式機械として、写真-1に示すように3機種があり、仕様としてはエンジン式機械同様に、マルチ解体機、自動車解体機、ハンドリング仕様機がある。マルチ解体機は、解体対象物を押さえ込んだり挟み込んで固定が可能な開閉式クランプアーム（写真-2）を装備。細かな解体作業が可能で、廃自動車や金属製品まで様々な解体・分別に対応できる。自動車解体機は強靱な押さえ込み用クランプアーム（写真-3）で解体対象物をしっかりと固定。大型ニブラーと併用する事で効率的に廃自動車の解体・分別を行うことができる。ハンドリング仕様機は、高い信頼性・耐久性を持つ金属解体専用ブームやアームなどを装備し、さらに垂直エレベータキャブを選択することも可能であり、金属スクラップの積み降ろし作業や現場内整理な



マルチ解体機

自動車解体機

ハンドリング仕様機

写真-1 仕様ラインナップ



写真一2 開閉式クランプアーム (マルチ解体機)



写真一3 押さえ込み用クランプアーム (自動車解体機)

ど、効率的にハンドリング作業を行うことができる。電源電圧は、13tクラスは400V級と200V級、20tクラスは400V級を設定している(表一)。

3. 有線電動式機械の構成

(1) 機械の構成

構成の概要を図一1に示す。外部電源から三相交流電源をスリッピングを経由して制御盤に供給する。外部電源からのケーブルをスリッピングに接続することで上部旋回体が旋回してもケーブルが振れないようにしている(写真一4)。制御盤で始動制御や外部電源の異常監視を行っている。ディーゼルエンジンに代えて電動モータ(三相かご形誘導電動機)を油



図一1 有線電動式機械の構成概要



写真一4 スリッピング

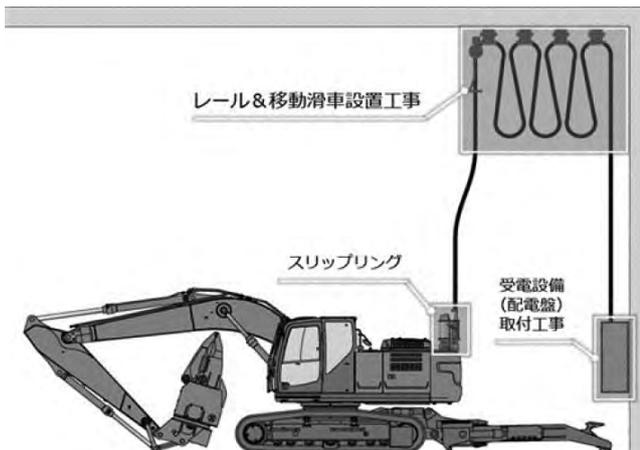
圧ポンプの駆動力源として搭載している。電動モータの回転速度は外部電源の商用周波数により一定となるが、油圧ポンプの容量をエンジン式機械より大きくすることでエンジン式機械と同等の作業速度を確保している。油圧ポンプからコントロールバルブ経由で各油圧のアクチュエータに油を供給する。電動モータは空冷でラジエータを搭載していないためエアコン用に電熱式の温水ヒータを搭載している。

(2) 工場設備の例

工場の給電設備は購入先様に用意していただいているが、配電盤から機械までのケーブルの敷設方法について当社より実施例を紹介し参考にしていただいている。実施例の概要としては、図一2に示す構成であり、ケーブルにかかる張力を緩和するための工夫を行っている。

表一1 仕様設定

機種名		SK135SRD-7WE				SK235SRD-2WE		SK210D-10WE	
地域		50Hz地区用		60Hz地区用		50Hz地区用	60Hz地区用	50Hz地区用	60Hz地区用
仕様	電源電圧 V	200	400	220(200)	440(400)	400	440	400	440
	定格出力 kW/min ⁻¹	55/1,485		55/1,785(1,780)		90/1,480	90/1,780	90/1,475	90/1,775
	定格電流 A	206	103	184(196)	92(98)	160	145	165	145



図一 工場設備の例

4. 有線電動式機械のメリット

電動式機械の利点は、環境性、経済性、低騒音性、整備性にある。

(1) 環境性

電動式機械はエンジン式に比べて排ガス・CO₂排出量が抑えられ、大局的な環境負荷低減に貢献しながら、通気性を確保しづらい屋内でも作業環境をクリーンに保つことができる(図一3)。

(2) 経済性

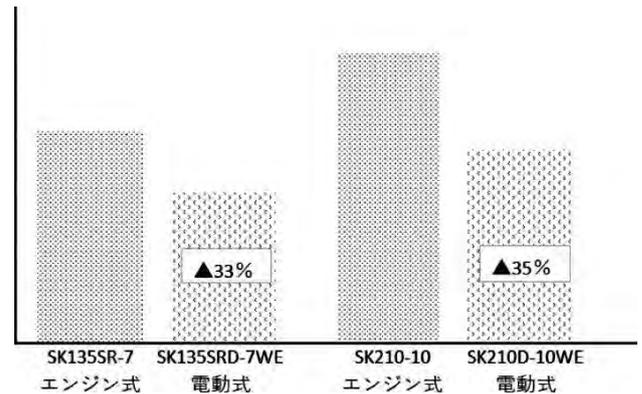
電力契約により経費処理をシンプル化でき、燃料価格変動の影響を受けないこともメリットである。さらには、整備を含めたランニングコストや電動モータの耐久寿命が長くライフサイクルコストも抑えられる(図一4)。

(3) 低騒音性

電動式機械は超低騒音型建設機械と認められている当社エンジン式をさらに下回る騒音値を実現。音が反響しやすい閉鎖空間でも快適に作業を進めることが可能である。

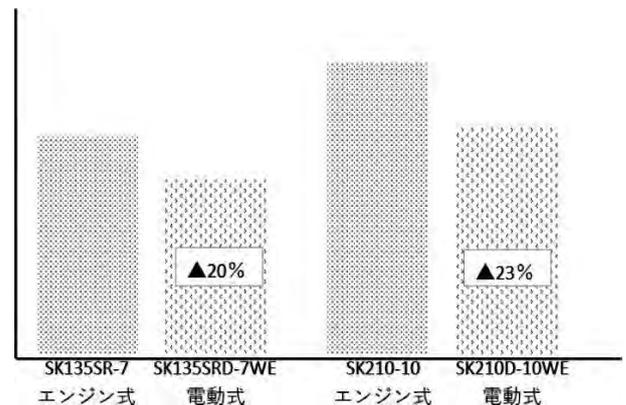
(4) 整備性

外部電源を利用する電力供給タイプのため充電の必要がなく、始業前点検、定期点検ともにエンジン式に比べ項目が簡略化できる。加えて、補充や交換が必要な消耗部品が電動系にないため、メンテナンスの作業負荷も大幅に低減でき、給油設備やストック状況の確認も不要になる。



図一3 CO₂ 排出量

※当社想定の実業条件で試算しており、実際の作業条件により数値は異なる



図一4 ランニングコスト

※環境省公表「電気事業者別のCO₂排出係数(令和4年度実績)より軽油2.58 kg/L、電気:0.433 kg/kWhで算出。」

5. 新機種の特徴

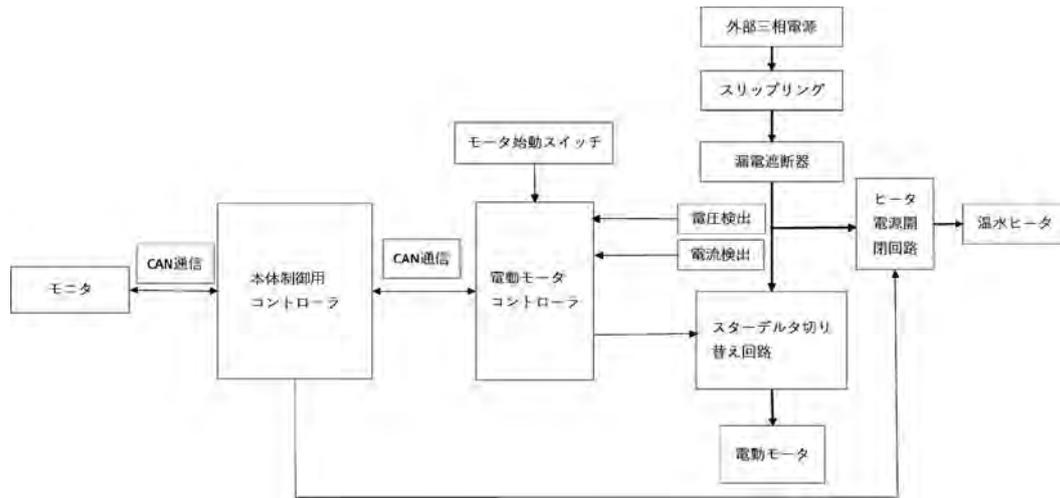
新機種の特徴について紹介する。

(1) 信頼性の向上

電気システムの概要を図一5に示す。制御盤内に電動モータコントローラを設け、外部電源状態を監視し、電圧、電流、周波数、位相等が異常の場合にはモータの始動を不可とする制御を織り込んだ。これにより、三相電源ケーブルの接続間違いによる電動モータと油圧ポンプの逆回転による破損、ケーブル断線や高電圧、低電圧による機器の破損を防ぐことができる。

(2) メンテナンス性の向上

前述の異常情報を本体制御用コントローラに送り、運転室内のモニタに写真一5のような表示を行い、始動できない原因をすぐに確認できるようにした。また、サービス用のモードにすれば、運転室内のモニタに外部電源の電圧、電流、周波数等の詳細が確認できるようにし、トラブルシュートを容易にした。当社稼働管理システム MERiT にて、上記の異常発生状況を



図一五 電気システム概要



写真一五 モニタ画面 (13tクラス)

インターネット経由で確認可能である。

(3) 耐環境性の向上

スリップリング、制御盤、電動モータの防水性を高めた。

(4) 給電ケーブルの改善

スリップリングの小型化と摺動抵抗を低減し、上部旋回体旋回時のケーブルの追従性を向上させた。

(5) キャブ干渉防止機能の改良

ベースとなるエンジン式機械も旧モデルから変更している。前モデルでは、アームの角度のみ検出してアーム引き操作を既定のアーム角度で停止させていたが、新機種では先端アタッチメントの位置を検出することにより、干渉防止領域を最小限にとどめ、金属解体機に多い足元作業をよりスムーズに行えるようにした(写真一六)。



写真一六 キャブ干渉防止停止位置イメージ

6. 稼働現場の紹介

13tクラスのハンドリング仕様機が導入されている現場を紹介する(写真一七)。同現場は、2022年に既存の焼却炉を廃止して新設された木質チップの製造プラントで、廃木材のハンドリングや破砕機への投入用として使用されている。本機は、有線電動仕様であり、工場電源を機械に供給する必要があるため、天井から電源ケーブルが配策されており作業の妨げにならないよう工夫されている(写真一八)。同現場では、カーボンニュートラルへの取り組みを重視し、CO₂排出量を実質ゼロにすることを目標とされている。当社の有線電動仕様機があることで工場内全てを電化することができ、それを達成されている。また、性能面についても、エンジン式の機械と同様の作業ができると評価していただいている。



写真一七 13tクラスによる木材ハンドリング作業



写真一八 電源ケーブルの配策

7. おわりに

当社の電動仕様機は、今回のGX建設機械の認定に先立ち、SK235SRD-2WEは2011年に、SK135SRD-7WEとSK210D-10WEは2021年に低炭素型建設機械の認定も取得済みである。この度、GX建設機械の認定を取得したことで、各現場での作業中に排出される二酸化炭素の低減を図れる電動仕様機の強みがより活かされると同時に、制度の目的であるカーボンニュートラルに資するGX建設機械の普及促進にも繋がると考える。また、有線電動式機械は、エンジン式と比べて環境性、経済性などに優れていることから、建屋内作業用機械として需要は今後増加すると考えられるため、今後も当社の経営理念である「ユーザー現場主義」に基づき、顧客の満足に応える製品づくりを目指していきたい。

【筆者紹介】

入枝 克哉（いりえだ かつや）
コベルコ建機㈱
技術開発本部 環境特機開発部 環境機械開発グループ
グループ長



田辺 節男（たなべ せつお）
コベルコ建機㈱
技術開発本部 環境特機開発部 環境機械開発グループ
マネージャー



積雪寒冷地の地域脱炭素を目指した ZEB オフィス 北海道地区 FM センター

金田 崇興・川幡 祥太

地球環境と人間社会が持続可能なものとするためには、建築単体の環境性能をいくら追求しようと、その実現にはつながらない。建築に関わる全ての段階で、地球環境に対してポジティブな影響を与えられるような建築が望まれると考えた。本建物は気候風土に配慮した省エネルギー化を図りつつ、建築を通じて地域課題の解決を目指した。本誌ではその概要について紹介する。

キーワード：積雪寒冷地、地域脱炭素、木造、ZEB、ウェルネス

1. はじめに

持続可能な地球環境と人間社会の発展のためには、ZEB に代表される「負荷を減らす」設計だけでは、その実現にはつながらない。建物単体の環境性能を高めつつ、地球環境に対してもより良い影響を与え、それが人間社会・経済の成長につながる提案にできないかと考えた。このような考えを地域ごとに広く普及していくことを「地域脱炭素」と捉え、その貢献を目標に本建物を設計した。図-1 に建物外観、表-1 に建物概要を示す。



図-1 建物外観

2. 実施内容と成果

本建物では地域脱炭素への貢献を目指し、省エネルギー・省 CO₂ を推進することに加え、地域課題の解決や地域経済・社会の成長へつながる技術提案を行った。

(1) 積雪寒冷地に適応する温熱入れ子構造

(a) 温熱入れ子構造

図-2 に環境コンセプトダイアグラムを示す。北海道では冬の厳しい寒さから高い断熱性が求められるゆえに、内外の連続性が失われがちである。そこで建物構成を入れ子とし、コアワークを行う執務スペースを過酷な外部から守るように配置した。外部との間にできた空間は、縁側のように光や熱の緩衝帯となる半屋外空間として設け、共創スペースとした。自然環境を遮断するのではなく、適切に建物内に取り込むことを目指した計画としている。この空間構成に ABW (Activity Based Working) を組み合わせることで、

表-1 建物概要

建築地	北海道札幌市
建物用途	事務所
竣工日	2021年11月
構造	木造
規模	B0 F2 P0
建築面積	480.45 m ²
延床面積	856.46 m ²

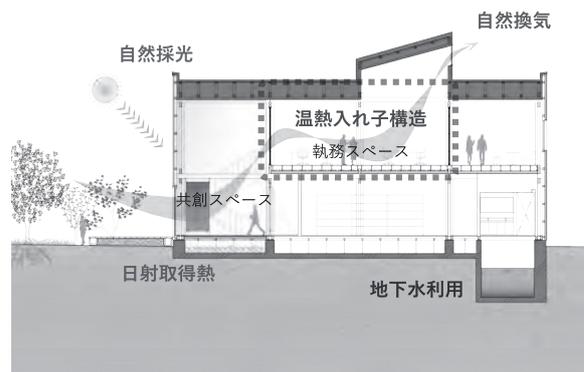


図-2 環境コンセプトダイアグラム

人間らしく、生き生きと働くことができるワークプレイスを志向した。図一3に平面図を示す。

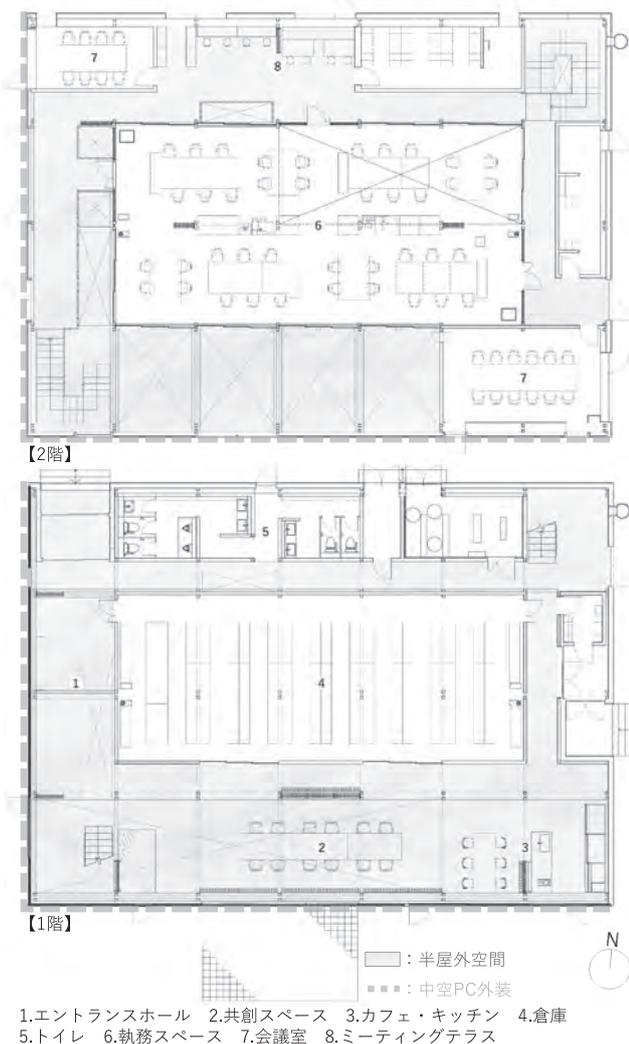
(b) 自然との共存を目指したパッシブ技術

当地の気象解析を綿密に行い、各種シミュレーションを実施しながら設計を行い、自然の変化を建物内に穏やかに取り入れることを目指した。主なパッシブ技術としては、ダイレクトゲインと自然換気を採用した。

①ダイレクトゲイン計画

積雪寒冷地の当地では、外気温18℃未満となる時間割合が約76%となり、暖房負荷が占める割合が大きい。そこで高い断熱性能を確保しつつ、積極的な日射熱取得とその蓄熱により暖房負荷の削減をする方針とした。

高断熱化と日射熱取得は、一般的にトレードオフの関係にあるため、両立が必要になる。そこで太陽からの日射を適度に透過させ、高い断熱性能を有する中空ポリカーボネート外装（以下、中空PC外装）を適用した。



図一3 平面図

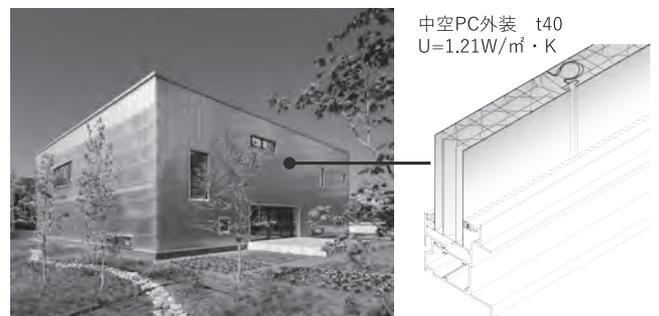
図一4に中空PC外装の概要を示す。日射熱取得が期待できる南・西面のファサードに中空PC外装を採用した。直達光が到達するエリアの床面には熱容量の大きいPC平板を設けた。また二層吹抜となる共創スペースにおいては、天井裏に集まる暖気を1階ピット内へ搬送し、居住域に熱を留めるようにしている。ピット内は碎石を充填し、熱容量の増強を図った。

本建物は木造であり、RC造等と比較し建物自体の熱容量は小さいが、居住域近傍に熱容量の大きい建材を設け、ダイレクトゲイン・蓄熱を行うことで、冬期の暖房負荷削減や室内温熱環境の安定化を狙った。

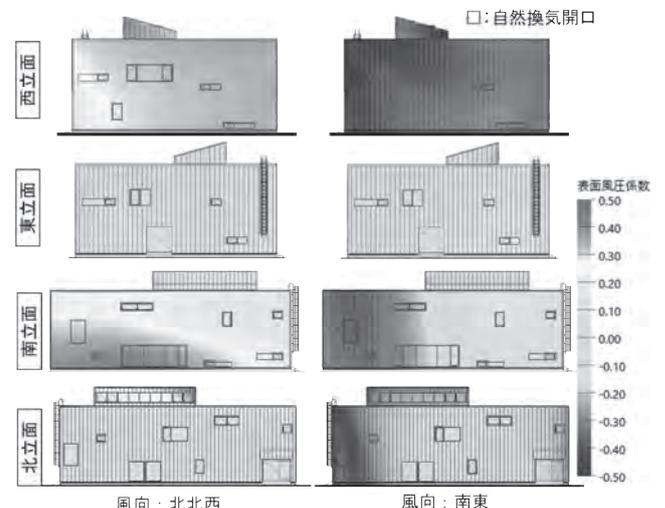
②自然換気計画

当地のように夏期が涼しい地域では、外気温が室内の快適温度に近い時間が多く、自然換気を活用することは空調エネルギー削減に大きく寄与する。室内発熱の除去や冷房負荷の削減に加え、新鮮外気の導入を限られた開口部で効果的に行うことを目的に検討を行った。

検討結果を図一5に示す。周辺建物を含むモデルを用いて気流解析を行い、各風向における外壁面の風圧係数の分布を確認した。自然換気が有効と予測される期間の卓越風において、建築平面計画上の与条件を考慮しながら、風が流入・流出する自然換気口の表面



図一4 中空PC外装概要



図一5 表面風圧係数と自然換気開口計画

風圧の差を、できる限り大きくとれる位置に自然換気口を設定した。自然換気対象床面積に対する有効開口面積は約 292 cm²/m²とした。

自然換気の効果の予測として、換気回路網による年間シミュレーションを行った。自然換気を利用する場合、自然換気をしない場合に比べて、作用温度が 20～30℃ 範囲となる時間が、約 1.5～2 倍となった。また自然換気の有効時間において、換気回数は約 9 回/h となった。

(c) 温熱入れ子構造と親和性のある空調計画

温熱入れ子構造によって、意図的に形成された質の異なる空間の特性に応じて、親和性の高い空調システムを構築した。

① 共創スペースの空調

温熱入れ子構造により設置された半屋外空間である共創スペース等では、執務者と直接熱の授受が可能である冷暖房ラジエーターによる放射空調を採用した。図一六に実施状況を示す。これは大きな気積と約 7 m の吹抜を有している共創スペースを、膨大なエネルギーを投入して均一な温熱環境にすることを目指さず、意図的な不均一環境（設計目標 SET*15～31℃）を目指した空調である。意図的な不均一環境をコンセプトとしていることから送水温度は一定とし、室内温湿度等の状況に応じて制御は行っていない。

② 執務スペースの空調

温熱入れ子構造の内側となる執務スペースや会議室においては、パッケージ空調（対流空調）主体とした。執務スペースは天井吹出＋床吸込方式を採用し、上下温度差の改善や換気効率の向上を図った。また通常備蓄倉庫等に保管する BCP 用の飲料水を OA 下に設置した。熱容量の大きい水を敷設することで、執務スペースの温熱環境の安定性向上を意図した。実施状況を図一七に示す。



図一六 共創スペース

③ 熱源システム

図一八に熱源・空調ダイアグラムを示す。生産井戸から揚水した地下水を熱源水槽に貯水し、各熱源機器へ送水している。地下水熱源 HP チラーは冷水・温水を生成し、冷暖房ラジエーターへ供給している。中間期は地下水熱を直接利用するフリークーリングを可能としている。執務スペース等においては地下水熱源利用パッケージとした。熱源として使用した地下水は還り温度が冷房時 20℃ 以下、暖房時 9℃ 以上であれば熱源水槽に戻し、そうでない場合は中水槽に貯水し、トイレ洗浄水等に供給することで上水使用量を大幅に削減させている。中水としての余剰分は還元井戸にて地下水へ戻している。

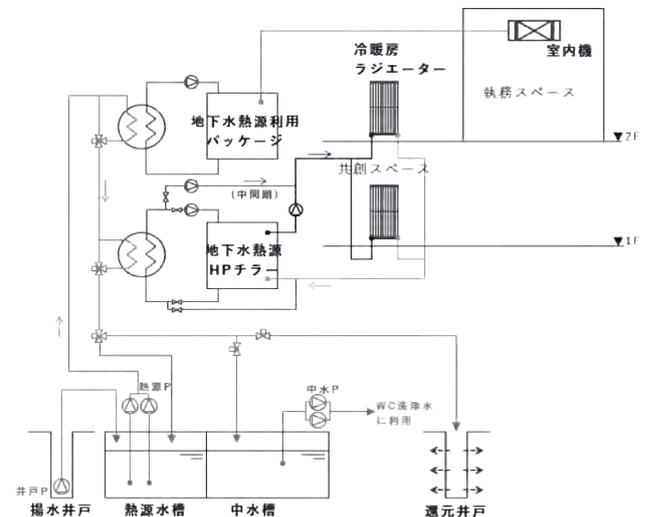
(d) 成果

年間エネルギー実績を図一九に示す。運用 1 年目に基準値から約 51% の削減となり、ZEB Ready を達成した。運用 2 年目はさらなる削減が確認された。

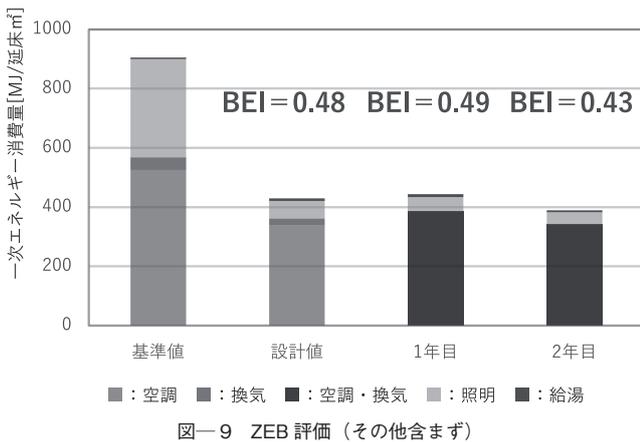
本建物は事業形態上、土日出勤が多いため、空調・換気エネルギーが占める割合が大きいと考えられる。



図一七 執務スペース



図一八 熱源・空調ダイアグラム



図一 9 ZEB 評価 (その他含まず)

少人数・短時間利用となる土日出勤時においては、空調エリアを個室に集約する等の運用改善を行うことで、さらなる省エネルギー化が期待できる。

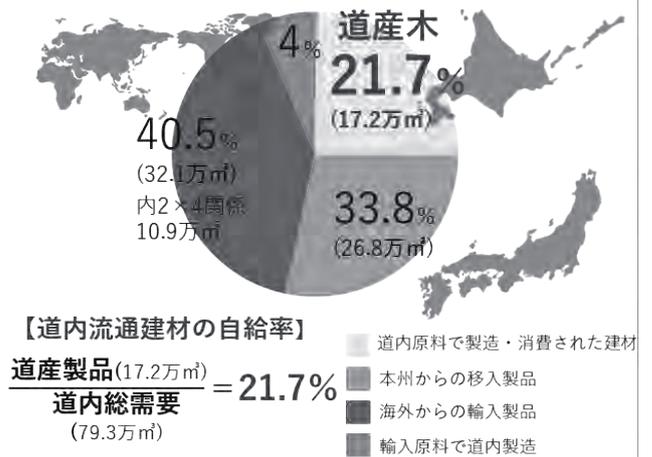
(2) 森林資源循環を促進する新木架構システムの開発

(a) 北海道産木の利活用状況とその課題

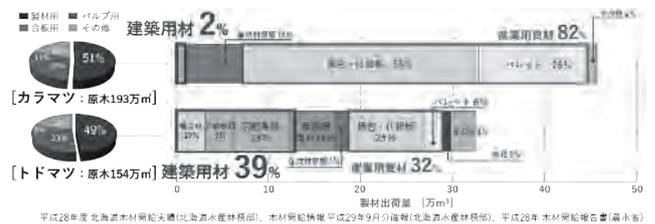
戦後植林された人工林が本格的な伐採期を迎えるなか、道内においても豊富な森林資源活用のニーズが高まっている。しかしながら建築用材の道内総需要量に対する道産材利用率は21.7%程度(図一10)と低調で、特に道産カラマツの製材の建築用材としての利用はわずか2%程度(図一11)に留まるなど、道産木の利活用が進んでいないのが現状である。また道内では一般流通材として戸建住宅用の小中断面集成材の製造・加工体制は充実しているものの、大スパン建物に必要となる大断面集成材の加工体制は本州に比べ極めて限定的で、非住宅木造の計画などでは道産木材を一度道外で製材・加工した後、再び道内の建設現場に運び込む状況もみられる現況にある。

(b) 新木架構システムの開発

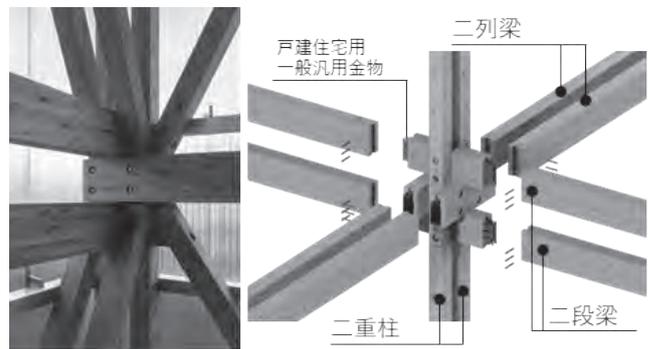
道内の流通事情に合わせ、戸建住宅用として製材された一般流通材の非住宅木造分野への適用拡大を可能とする新たな木架構システムとして「ダブルティンバー」(以下、本システム)を開発した。図一12に本システムの部材構成を示す。120mm角の柱を二重配置し、これを束ねるように二列梁を添わせ、直交方向は二重柱の間を通る二段梁で二列梁の上下を挟み込む仕口構成とし、継手は戸建住宅用の汎用金物を採用している。各部材を二重構成とし個材の負担荷重を分散させる本架構システムは、大きな荷重条件・スパン構成となる非住宅建築においても、一般流通材のみの架構構成を可能としている。本計画では本システムの採用により軸組材の全てを一般流通材の道産カラマツ



図一 10 道内の建築用材木の自給率



図一 11 道産木の建築用材の利活用状況



図一 12 本システムの部材構成

集成材とし、そのスパン構成を3.64m×4.55mとしている。

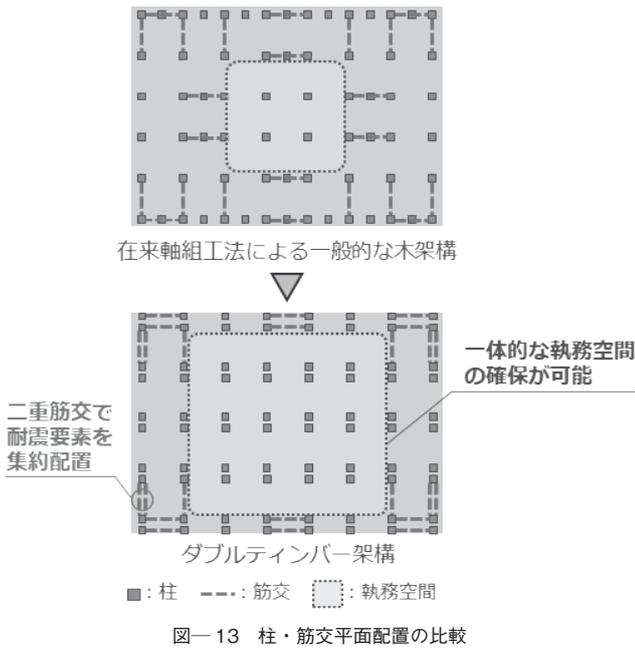
(c) 本システムの効果と特徴

①汎用性の高いシステム

一般流通材を活用した在来軸組工法の応用としているため、設計・調達・製作・施工までの全てのフェーズにおいて特殊技術を必要としない汎用性の高いシステムとしている。

②耐震性と執務空間確保の両立

図一13に一般的なモジュールで構成された在来軸組み工法による木架構と、本システム架構の柱・筋交平面配置例の比較図を示す。二重筋交を集約配置することにより、必要な耐震性能の確保と壁で仕切られることのない一体的な空間確保の両立が可能であり、オ



フィス・店舗など非住宅建築計画との親和性が高いシステムである。

③国産地域材採用率 100%

道内の木材事情に合わせて小中断面の集成材のみで架構構成することにより、羽柄材を含む全ての木部材について 100%道産材の採用を実現した。

④ CO₂ 排出量約 70%削減

同規模の鉄骨造と比較すると、本建物の躯体工事における CO₂ 排出量について約 70%の削減効果を確認した。

(d) 施工性に配慮した建方計画

写真一 1, 2 に本建物の建方状況を示す。建方は地組ヤードにて先行して 2 層分の二重柱・二段梁を 1 スパンの門型フレーム状にユニット化することで、施工効率化を図っている。これにより各仕口部が二重部材構成となる本架構システムにおいても、同規模の一般的な在来軸組工法と同等の標準的な建方工期で施工を完了している。

施工的にも汎用性の高い本架構システムを展開することで、戸建住宅が主となる道内木造建築事情において、非住宅木造建築の普及促進および、地産地消による地域の森林資源循環への貢献を図っている。

(e) 道内で完結する森林グランドサイクルの実践

本建物の計画・設計・調達・木材製材加工・建設を通じて、木に携わる道内ステークホルダーとの連携強化と協働が図られ、北海道の森林とまちをつなぐ持続可能な好循環「北海道森林グランドサイクル」の促進活動を実践した(図一 14)。また、使用木材による炭



写真一 1 地組門型ユニット楊重状況



写真一 2 本システム建方状況



図一 14 道内で完結する森林グランドサイクルの実践

素貯蔵量は約 240 t-CO₂ と本計画による一定の地球環境貢献効果について確認した。

3. おわりに

従来、建物を閉鎖的にすることが定石であった北海道において、綿密な気象解析やシミュレーションを用いて、半屋外空間を挿入する「温熱入れ子構造」を考案した。自然と共生するパッシブ技術の採用や豊富な地下水による設備システムの構築により、運用1年目から ZEB Ready 達成を継続している。

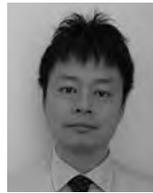
また北海道の林業が抱える課題解決を図るためにダブルティンバーを開発し、地産地消や森林資源循環の促進に貢献するとともに、アップフロントカーボンを削減させた。今後、本計画が地域に根づいた「森林ブランドサイクル」を促進する非住宅木造のプロトタイプとして、北海道内に限らず広く全国へ水平展開していく活動の継続が重要である。

地域脱炭素視点での設計は、カーボンニュートラル社会実現に向け必要だと考える。本建物に採用した技術・取組みは、積雪寒冷地において有効な事例として、引き続き水平展開を図っていきたい。

JCMA

【筆者紹介】

金田 崇興（かねだ たかおき）
㈱竹中工務店
東京本店設計部 構造第2部門
構造3グループ長



川幡 祥太（かわはた しょうた）
㈱竹中工務店
北海道支店設計部
設備グループ主任



自然エネルギーを最大限に活用した 中規模オフィスの ZEB 化

稲田 雄大

ICI LAB エクスチェンジ棟は、ZEB と知的生産性向上を実現する次世代型オフィスをコンセプトに計画、建設された中規模オフィスビルである。計画地の豊かな自然環境を最大限に活用する計画とし、井水を利用した空調システムや自然換気を採用することで大幅な省エネルギーの実現、屋根・壁面に設置した太陽光発電による創エネルギーにより、運用段階においても『ZEB』を達成している。本稿では、導入技術の効果検証結果および竣工後5年間の建物運用実績を報告する。

キーワード：ZEB, 省エネルギー, 井水利用, 自然換気, 放射空調, 太陽光発電

1. はじめに

近年、地球温暖化対策の進展とともに安全・安心や生産性向上、健康など「働き方」への関心が高まっており、大幅な省エネルギーを実現する ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）と室内の環境品質向上、知的生産性向上との両立を図るオフィスが注目を浴びている。

本稿では、「ZEB と知的生産性向上を実現する次世代型オフィス」をコンセプトに計画された ICI（Incubation×Cultivation×Innovation）LAB エクスチェンジ棟（写真—1）の導入技術と竣工後5年間の運用実績を報告する。

2. 施設概要

「ICI LAB」は従来の技術研究所の概念を覆すオープンイノベーションを前提とした施設を目指してお

り、外部の研究者やベンチャー企業が集う開かれた施設として計画された。

(1) 敷地概要

本施設は茨城県取手市に立地し、関東鉄道常総線寺原駅前の約 52,600 m² の敷地に建設されたもので、管理中枢機能を受け持つ「エクスチェンジ棟」、リフレッシュスペースとなる木造の「ネスト棟」、実験施設の「ガレージ1（総合実験棟）」「ガレージ2（構造実験棟）」の4棟より構成されている（写真—2、表—1）。計画敷地は、一級河川である利根川とその支流となる小貝川との間に位置し、井水が豊富である。また、緑が豊富な自然豊かな環境にあり、本計画以前よりあった樹木は極力残す計画とした。

(2) 建物概要

エクスチェンジ棟は、地上3階建ての RC-S 造（柱 RC 梁 S）で柱スパンを大きくし、執務室は無柱の広



写真—1 エクスチェンジ棟 外観（南面）



写真—2 対象施設の鳥瞰写真

表一 施設概要

名称		ICI LAB
敷地概要	所在地	茨城県取手市
	敷地面積	52,572.43 m ²
エクスチェンジ棟 (本研究対象)	用途	事務所
	構造・階数	RC-S造(免震構造)・地上3階
	延床面積	2,122.2 m ²
ガレージ1 (総合実験棟)	用途	実験施設
	構造・階数	S造・地上2階
	延床面積	4,982 m ²
ガレージ2 (構造実験棟)	用途	実験施設
	構造・階数	S造・地下1階, 地上2階
	延床面積	3,525 m ²
ネスト棟	用途	事務所・リフレッシュスペース
	構造・階数	木造・地上1階
	延床面積	644 m ²

表二 設備概要

空調設備	熱源	地中熱利用水冷 HP チラー 10 kW × 9 台
	空調	外気処理空調機 天井放射空調 (井水利用水式・空気式) 空冷 HP パッケージエアコン
	換気	第1種, 第3種, 自然換気併用
衛生設備	給水	受水槽 + 加圧給水方式 (井水利用)
	給湯	局所式電気温水器, 燃料電池排熱利用
電気設備	受電	単相: 127 kVA, 三相: 94 kW (施設全体容量: 6,100 kVA)
	照明	LED 照明 (300~750 lx) 人感センサ・画像センサ制御
	中央監視	監視点数約 900 点
	太陽光発電	屋上: 110.7 kW, 壁面: 21.6 kW

い空間を確保している。南・北面はハイサッシュを設置し開放性が高くフレキシビリティに優れた空間構成となっている。東・西面には、トイレや機械室、階段室などのコア部分を配置し、外皮からの熱負荷削減に配慮した。建物南側には豊富な井水や雨水を利用した大きな水景を配置し、景観に配慮するだけでなく、水面に反射した太陽光を、室内採光としての補助的利用や、壁面設置の太陽光パネル(写真一)への間接的利用をすることで、さらなる効率化を図った。

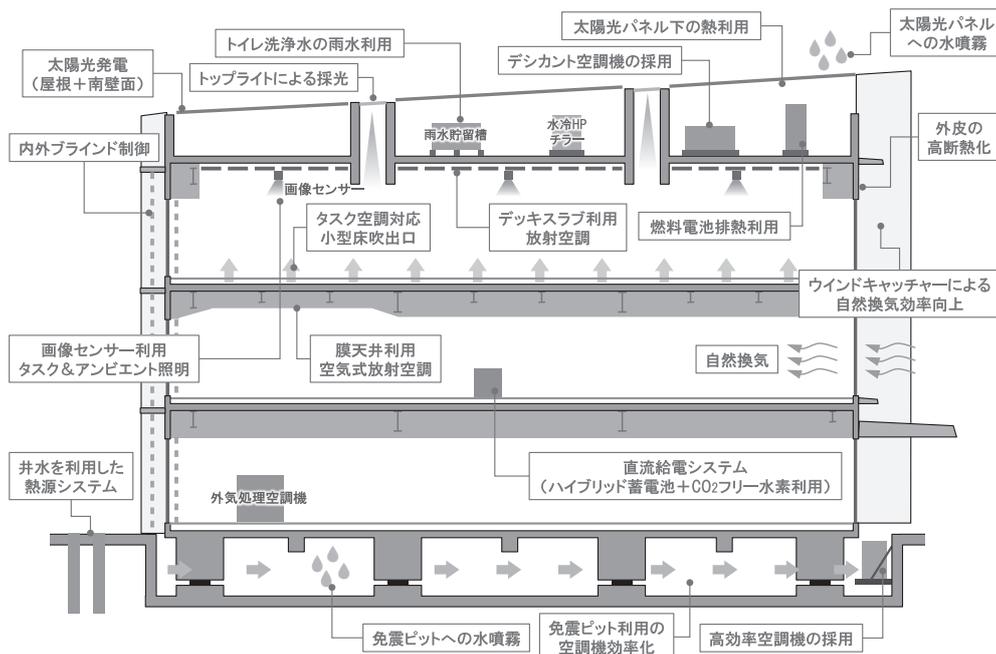
な井水を最大限活用するため、地中熱利用の水冷 HP チラーを採用した中央熱源方式とした。3階執務室は、外気処理空調機+天井水式放射空調とし、その他のフロアや会議室などの個室は利便性を考慮し、外気処理空調機+空冷 HP パッケージエアコンとした。また、詳細は後述するが、中間期には自然換気を併用することで、空調消費電力の削減を図った。太陽光発電設備は屋上(傾斜約4°)と南壁面に計132.3 kW 設置し、余剰電力については施設内の他の建物で利用している。

(3) 設備概要

主な設備概要を表二に示す。空調設備は、豊富

3. ZEB 実現に向けた導入技術と実績

導入技術概要を図一に示す。研究開発拠点として新技術実証の場として実験的な技術も導入した。



図一 導入技術概要

(1) 内外ブラインドによる日射負荷のコントロール
 南・北面には自然豊かな計画地の眺望を確保するためにハイサッシュを採用し、南面には室内外に電動ブラインドを設置した。内外ブラインドとも太陽の位置や天候により自動で昇降とスラット角を変更するシステムとした。夏期の建物南面における日射遮蔽は重要な要素であったため、多くの選択肢の中から眺望を確保しながら、日射を確実に遮蔽できる外ブラインド方式を採用した。一方で冬期は、内ブラインドを利用することで日射熱を室内に取り込み暖房負荷の削減を図った(図-2)。



図-2 内外ブラインド設置状況(南面)

(2) 井水を最大限に活用した熱源・空調システム

図-3に夏期冷房運転時における地中熱オープンループ空調システムの概要を示す。建設前の該当敷地には、ハウストマト栽培場とゴルフ練習場があり、ハウス内の散水や根の冷却、ゴルフボールの洗浄や飲料水として井水を使用。井水が豊富かつ年間を通して温度が一定であることがわかってきた。そこで本計画では、豊富な井水を最大限に活用する熱源・空調システムを採用した。汲み上げた井水は熱交換器を介し、冷房時は外気処理空調機の予冷と3階の放射パネルに送水した後、水冷HPチラーの冷却水としてカスケード利用している。暖房時は、外気処理空調機の予熱および水冷HPチラーの採熱水として利用し、3階の天井放射パネルへは水冷HPチラーより温水を供給する。水冷HPチラーは10kW×9台と細分化し、負荷に応じた台数制御を行うことで、低負荷時においても高効率で運転できるように配慮した。

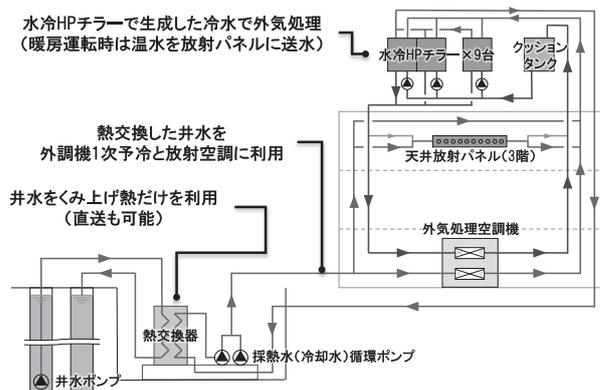


図-3 地中熱オープンループ空調システム概要(夏期・冷房運転時)

二次側空調システムは、タスク&アンビエント空調とし、アンビエント空調にはデッキスラブ利用水式放射空調(図-4)を、タスク空調にはファン付きの小型床吹出口(図-5)を採用した。水式放射パネルは、躯体工事のデッキプレートに通常は照明器具等を固定する吊り金具で固定しており、放射面積を多く確保するとともに、パネル側面にスリットを設けることで冷気其自然降下も期待できるよう新規に開発した。タスク空調の小型床吹出口は、床下に外気処理した空気を給気し、利用者が必要に応じてフットスイッチにて操作することで、省エネかつ快適性を確保できるように計画した。

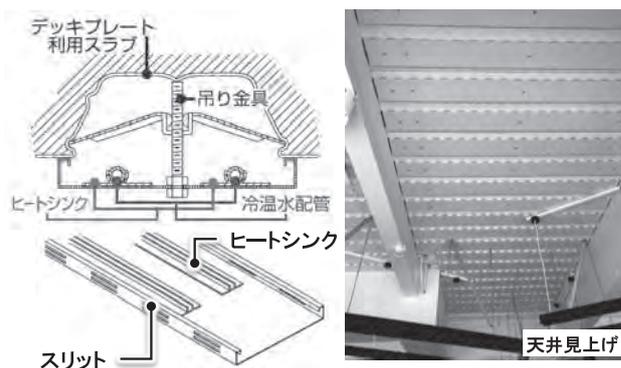


図-4 デッキスラブ利用水式放射空調(3階)

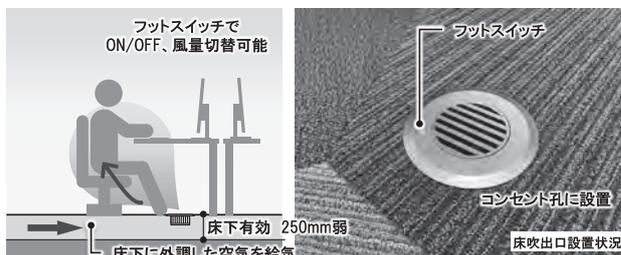
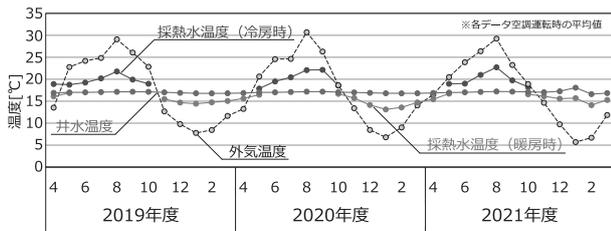


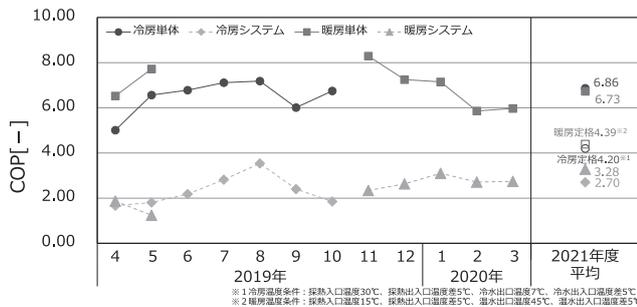
図-5 タスク空調用小型床吹出口(3階)

図-6に空調運転時における各種温度の年間推移を、図-7に2019年度の熱源単体・システムCOPを示す。運用段階においても井水温度は年間を通じて変動がなく約17℃と一定であることを確認した。各季節の採熱水温度を見ても、夏期は外気温度より低

く、冬期は外気温度より高く、熱源機に有利な条件で運用できており、熱源単体COPは冷暖ともに定格値より良い結果となった。一方で、熱源システムCOPについては井水ポンプや採熱水循環ポンプなどの搬送動力が多いため、中間期に低下しているものの、運用改善により冬期から向上する結果となった。継続して



図一六 空調運転時における各種温度の年間推移



図一七 熱源単体・システム COP

データ分析および運用改善を行い、さらなる効率向上を図っている。

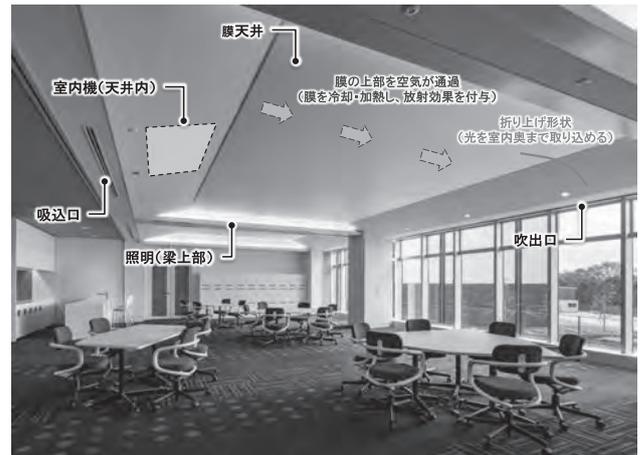
(3) 膜天井利用空気式放射空調

図一八に膜天井利用の空気式放射空調を採用した2階執務室の様子を示す。天井内にパッケージエアコンの室内機を設置し、膜の上部を空気が通過することにより、膜材自体を冷却・加熱し放射効果を得られる空調方式とした。また、天井を折り上げ形状とすることで、南面のハイサッシュからの採光を室内奥まで取り込めるよう配慮した。

(4) 免震ピット内の地中熱を利用した空調機の高効率化

図一九に免震ピットドライエリアへの室外機設置状況を示す。免震装置が設置されたピット階を給気経路として利用するクールピットの事例は多いが、ピット内の臭気やカビの対策が必要な事例も多くある。今回はドライエリアに空冷 HP パッケージエアコンの室外機を設置し、ピットを経由した空気を室外機の吸い込みとすることで、地中熱による吸い込み温度緩和効果での効率向上を図った。

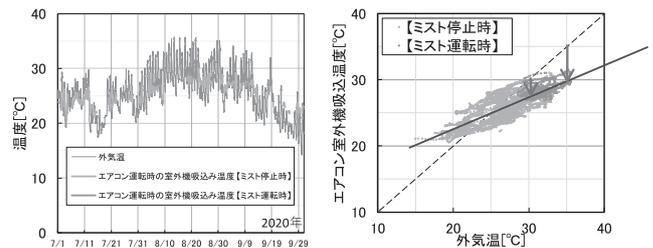
図一〇に2020年夏期の外気温度と室外機吸い込み温度の実績を示す。外気温度と比較してピット内を通過した空気は、ピット内の熱（地中熱）の効果により、外気温度30℃の時に約2.5℃、外気温度35℃では約5℃低下することを確認した。参考ではあるが、メーカーカタログより、夏期ではCOP約1.4向上（外気



図一八 膜天井利用空気式放射空調（2階）



図一九 免震ピットへの室外機設置状況



図一〇 外気温度と室外機吸い込み温度

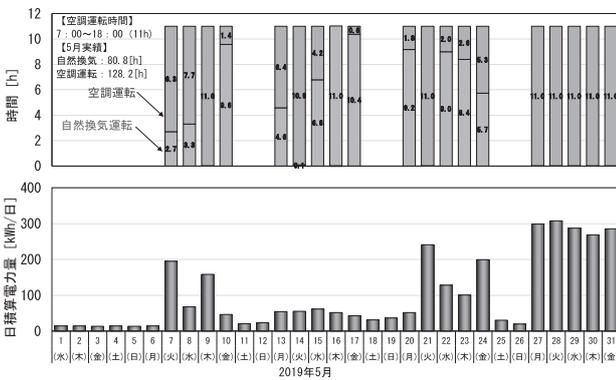
温34.4℃・ピット内28.4℃・ $\Delta t 6.0^\circ\text{C}$ ）、冬期では、COP約0.9向上（外気温0.0℃・ピット内7.0℃・ $\Delta t 7.0^\circ\text{C}$ ）となり、通常の設定方法と比較して、高効率な運転ができることを示唆した。なお、ピット中央部の温度が28℃以上の時に井水を利用したミストを散布し、気化冷却によるさらなる温度緩和を試みたが、ピット内部の湿度が常に高い状態であり、効果は見られなかった。

(5) 自然換気による中間期の空調消費電力削減

計画地での中間期や夏期の朝夕における風向は、時期・時間により大きく異なる。そこで、どの風向からの風も取り込めるよう建物四隅に取入口を設けた。また、より多くの風を取り込むために取入口は建築的工夫により、風を積極的にとらえる形状（ウインドキャッチャー）とした。建物の内部に入った風は、北東または南西の階段室を介して屋上に抜ける構造とし、無風時にも強制的に外気を誘引できるよう誘引ファンを設



図一 11 各所の自然換気窓



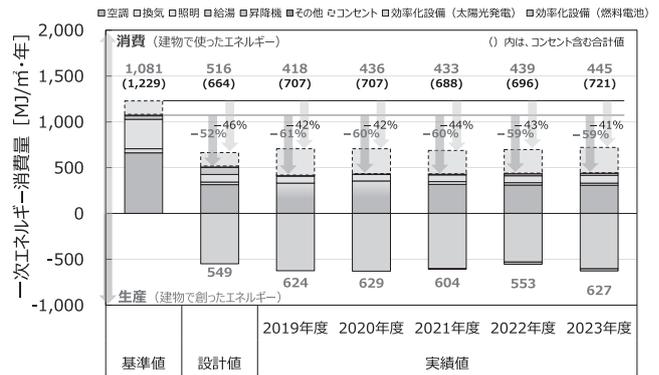
図一 12 自然換気運転時間・空調消費電力

置した。なお、各所の換気窓は、外気条件に応じて自動制御を行い、自然換気有効時には熱源・空調を停止し、空調の消費電力削減を図った(図一 11)。

図一 12 に自動制御により運用した 2019 年 5 月の自然換気運転時間および空調消費電力の実績を示す。上段の運転時間より、自然換気での運転時間は 80.8 時間となり、月の約 4 割を自然換気にて運用できていることを確認した。とくに 5 月中旬ごろは自然換気の運転時間が長く、熱源システムの停止時間が長くなり、空調消費電力を大幅に削減できることを確認した。

4. 竣工後 5 年間の年間一次エネルギー消費量の実績

図一 13 に竣工後 5 年間における年間一次エネルギー消費量の実績値を示す。なお、図中には Web プログラムによる基準値および設計値を併記した。基準値 1,080 [MJ/m²・年] (コンセント除く) と比較して、各年度ともに約 60% 減と設計値を上回る省エネ運用



図一 13 一次エネルギー消費量実績値 (基準値, 設計値, 実績値)

ができており、竣工後 5 年間において『ZEB』を達成した。各用途における消費実績については、空調用途が最も多く、消費全体の約 5 割を占めており、空調用途のエネルギー削減が重要であることを再確認した。また、太陽光発電実績については、2020 年度まで設計値を大幅に上回る発電ができていたが、2021 年度より発電量が減少した。要因としては、太陽光パネルの汚れの堆積による効率低下やパワーコンディショナーの給気フィルター目詰まりが原因の出力抑制によるもので、メンテナンスを行った結果、2023 年度において発電量が回復していることを確認した。

5. おわりに

本計画では、計画敷地が持つ自然エネルギーを最大限活用し、運用段階において『ZEB』を実現した。今後も継続してエネルギー管理を行い、さらなる省エネルギーに取り組んでいく。検証した技術やデータは、様々な建物の省エネルギーや環境負荷低減、快適性向上のために活用していく所存である。

最後に、計画・設計・施工・検証と、様々な場面において多大なるご指導とご協力を頂いた関係者の皆様に、この誌面をお借りして深く御礼申し上げます。



[筆者紹介]

稲田 雄大 (いなだ ゆうた)
前田建設工業㈱
建築事業本部 プロジェクト推進部



二種類の環境配慮型コンクリートを用いた 吹き付けドーム建築物の試行建設

巴 史 郎

2050年カーボンニュートラルの実現に向け、NEDOグリーンイノベーション基金を活用したカーボンリサイクル技術の開発の一環として、東京都調布市に二種類の環境配慮型コンクリートを用いた吹き付け工法によるドーム建築物を試行的に建設した。

高炉セメントC種相当のECMセメントを用いたECMコンクリート[®]（以下、本低炭素型コンクリート）およびCO₂と反応して硬化する特殊混和材を用いたCO₂吸収コンクリートを吹き付け、現場で炭酸化養生を実施しドーム建築物を完成させた。本ドームの試行建設により、本低炭素型コンクリートを使用した吹き付け工法の目途がついた。CO₂吸収コンクリートは、開発段階であり今後も適用拡大に向けた検討を継続する。

キーワード：カーボンリサイクル、ドーム建築物、炭酸化養生、環境配慮型コンクリート、CO₂吸収コンクリート、ECMセメント、高炉セメントC種、特殊混和材

1. はじめに

2050年カーボンニュートラルの実現に向け、NEDO（国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構）に基金を造成し、最長10年間、研究開発・実証から社会実装までを継続して支援する目的でグリーンイノベーション基金（GI基金）が設立された。本ドーム建築物はこのGI基金を活用したコンソーシアムの事業の一環として試行的に建設したものである。

カーボンニュートラルの実現には、諸活動で排出さ

れたCO₂を有効に活用するカーボンリサイクル技術が必要となる。カーボンリサイクル技術には図-1¹⁾に示すようなものがあるが、現状、実用化可能な技術はまだ少ない。実用化された技術のひとつが、炭酸塩などの鉱物として、CO₂を利用する技術である。この技術のひとつにCO₂と反応する混和材γ-C₂S（以下、特殊混和材）をコンクリートに混合し、さらに高濃度CO₂の環境下に置くことでカーボンリサイクルを実現する材料CO₂-SUICOM[®]（CO₂-Storage and Utilization for Infrastructure by CONcrete Materials）（以下、

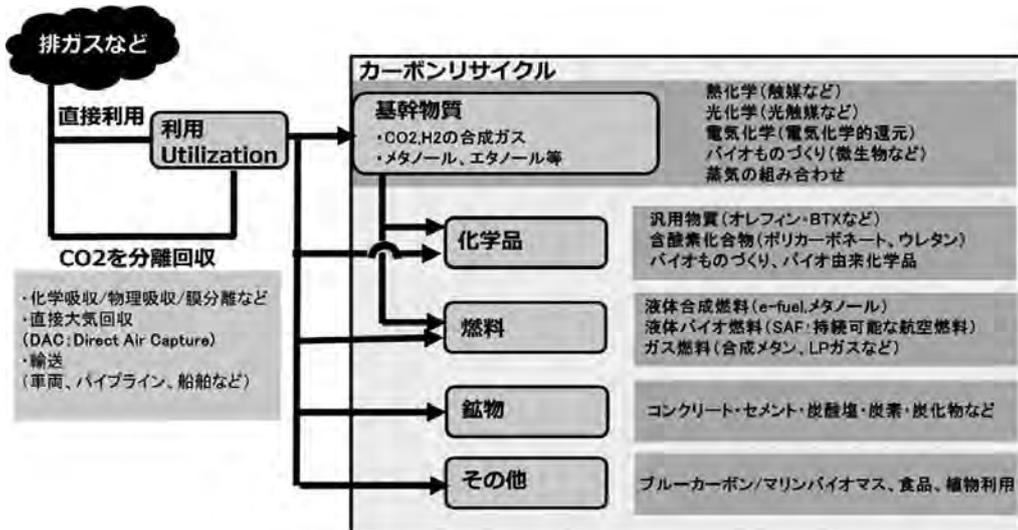


図-1 カーボンリサイクル技術¹⁾

本環境配慮型コンクリート)があり、現在までに、建築部材などへ実適用²⁾を行ってきた。本環境配慮型コンクリートは、特殊混和材の使用と強制的な炭酸化により大量のCO₂をコンクリートに固定することを特徴としている。本報では、これらの特徴をもつコンクリートを「特殊混和材を用いたCO₂吸収コンクリート」と呼ぶ。特殊混和材を用いたCO₂吸収コンクリートは、副産物の使用など調合を工夫することで、材料製造時のCO₂排出量を実質0以下にするカーボンネガティブコンクリートとして適用できる。特にコンクリートはCO₂と反応するCaを豊富に含んでおり、建設時に使用する量も多いため、カーボンリサイクルの促進に有利な状況にある。そこで、特殊混和材を用いたCO₂吸収コンクリートによるカーボンネガティブコンクリートの現場打設、現場炭酸化養生の実現と、炭酸化させたコンクリートの躯体への適用をめざし東京都調布市にドーム建築物(短径18m×長径23mの楕円平面、高さ5.3m)を試行的に建設し(写真一1)^{3),4)}、それを踏まえて、2025年日本国際博覧会(以下、大阪・関西万博)の会場に同規模のドーム建築物を建設することとした⁵⁾。大阪・関西万博は、「人類共通の課題解決に向け、先端技術など世界の英知を集め、新たな

アイデアを創造・発信する場」をコンセプトのひとつに掲げており、大阪・関西万博のドーム建築物は、人類共通の課題であるCO₂排出量の削減に向けた新しい建設技術の実現にも資すると考えられる。

2. 開発の背景

近年、再生可能エネルギーが注目される中、バイオマス発電に使用する木質ペレット用のサイロとなるドーム建築物は、電力会社の原材料サイロとしての需要が高まることが期待される。この需要に応えるため、ドーム建築物を吹き付けコンクリートで構築する工法「KTドーム[®]工法(以下、吹き付けドーム工法)」を米国から技術輸入し、国内2件(神奈川県小田原市、山口県周南市⁶⁾)に導入した。

吹き付けドーム工法は、工場でポリ塩化ビニル(PVC)の膜をドーム型状に製作し、現場で基礎に固定し、大型の送風機で空気を送り込んで膨らませ(写真一2)、その内側に配筋を行い、コンクリートを吹き付け(写真一3)、躯体を構築する。施工は基本的にドーム内で行われるため、天候の影響を受けにくく、安全性の向上や、工期の変動の少ない短工期での施工が可能になるなどのメリットがある。吹き付け工法で使用するコンクリートは、製造時に多くのCO₂を排出するセメントを多量に使用することから、環境配慮型コ



写真一1 ドーム建築物 (TBKドーム: 東京都調布市)

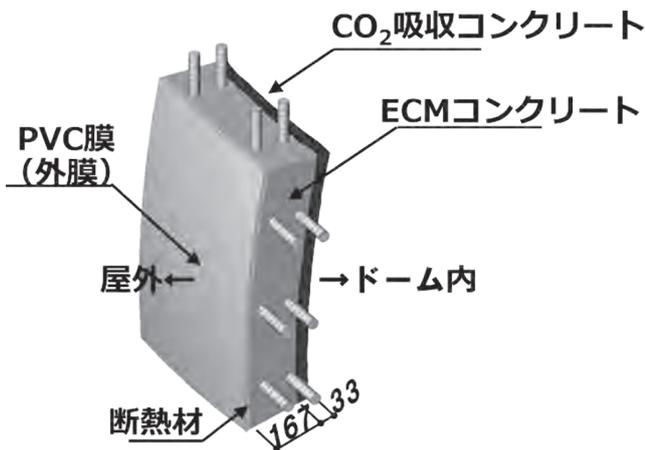


写真一3 吹き付けコンクリートによる躯体の構築



写真一2 PVC膜の膨張状況





図一 2 ドーム建築物の壁面構成

ンクリートを使用した施工方法を確立することが望ましい。ドーム建築物の壁面の構成を図一2に示す。今回のドーム建築物では、環境配慮型コンクリートを積極的に用いることを目指し、高炉セメントC種に相当するECM (Energy CO₂ Minimum) セメントを用いた本低炭素型コンクリートを吹き付け用に調整して躯体を構築した。加えて、ECMセメントと特殊混和材を用いて、吹き付け用の調合を検討し、カーボンネガティブの吹き付け用コンクリートによる吹き付け工法の開発を行った。

特殊混和材を用いたCO₂吸収コンクリートには、二つの課題がある。ひとつは現場での炭酸化養生を実施する方法であり、現場で高濃度のCO₂環境をいかに実現し、建築物などの大きな部材をどのように炭酸化させるかということと、もうひとつは鉄筋コンクリート構造 (RC造) に必須な炭酸化させたコンクリート内での鉄筋の耐久性である。今までのCO₂吸収コンクリートは、比較的小さい部材を密閉空間で炭酸化させたブロックやプレキャスト部材などである。また、鉄筋の必要な部材はステンレス鉄筋などを用いた。これらは、プレキャスト部材として完成された技術であるが、コンクリートの使用量の大部分は、現場打ちコンクリートであることから、現場打ちCO₂吸収コンクリートによるカーボンリサイクル技術開発は、きわめて重要であり、今後のCO₂吸収コンクリートの適用範囲を大きく広げると考えられる。

上記の課題を解決するため、ドーム建築物の密閉性を活用し、ドーム内部にCO₂を充填して現場炭酸化養生を行い、特殊混和材を用いたCO₂吸収コンクリートを躯体の一部として用いる計画とした。今回、低炭素型コンクリート(本低炭素型コンクリート)の吹き付け、および特殊混和材を用いたCO₂吸収コンクリートの吹き付けから炭酸化養生を現場で行い検討を実施した。

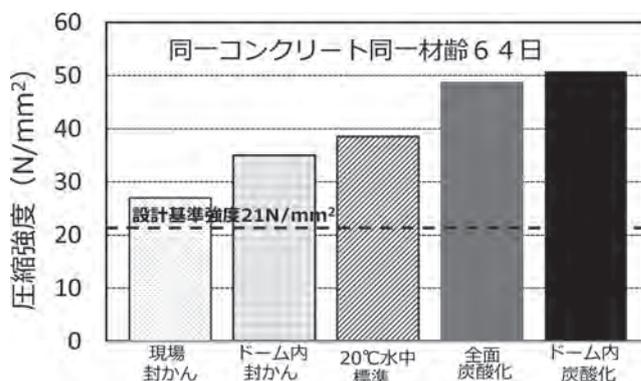
3. 吹き付けドーム工法とコンクリート

(1) 本低炭素型コンクリートによる吹き付けドーム工法

ECMセメントは、製鉄所からの副産物である高炉スラグを原料とした微粉末によりセメントの7割程度を置換した高炉セメントC種に相当する。このECMセメントを用いた本低炭素型コンクリートを今回、初めて、吹き付けドーム建築物に適用した。まず、膨らませたPVC膜の内側に断熱材などを施工し、配筋を行い、その上から本低炭素型コンクリートを40 mm程度の厚みで層状に吹き付けていき、配筋と吹き付けを繰り返し、最内側に33 mmのCO₂吸収コンクリートを吹き付けて、躯体を構築する。コンクリートは、普通ポルトランドセメントを用いたコンクリート (以下、普通コン) から二種類の環境配慮型コンクリートに変わったが、調布市飛田給のドーム建築物 (TBKドーム) の施工の結果、吹き付けの作業性や施工後の仕上がりに大きな差はないことを確認した。また、ドーム内部の目視確認を行い、コンクリート表面に大きなひび割れがないことを確認した。以上により、二種類の環境配慮型コンクリートとも問題なく吹き付け施工できることを確認した。

(2) CO₂ 吸収コンクリートの躯体適用

今回、CO₂吸収コンクリートを躯体に使用するにあたり、設計基準強度としてFc21 N/mm²を設定した。特殊混和材を用いたCO₂吸収コンクリートの同一バッチの試験体について、養生方法を変えて圧縮強度試験を実施した結果を図一3に示す。試験は、全ての試験体の養生が終わった材齢64日に統一して実施した。最も強度の低い現場封かん養生でも21 N/mm²以上の強度が確認できた。また、高濃度 (CO₂濃度80%) 中性化促進試験機で全面炭酸化させた試験体とドーム内で炭酸化させた試験体は、圧縮強度が増進し



図一3 養生方法を変えたCO₂吸収コンクリートの圧縮試験結果

ていた。これらの結果から、必要な圧縮強度を確保できることを確認した。

また、全面炭酸化させたCO₂吸収コンクリートの試験体内部に鉄筋を配置して高温・高湿の促進環境に一定期間、存置することで、ドーム建築物の供用期間中に鉄筋に顕著な錆の発生がないことを確認、大阪・関西万博での建築確認済み証を取得した。今後は、長期耐久性の確認などを行いながらプレキャスト床板などに特殊混和材を用いたCO₂吸収コンクリートを展開していく予定である。

4. 炭酸化養生

(1) 炭酸化養生装置

特殊混和材を用いたCO₂吸収コンクリートはCO₂と反応し緻密化、強度増進するので、吹き付け後にドームを密閉し、CO₂を充満させた状態で一定の養生期間を設ける。この養生期間中のドーム内の環境を整え炭酸化を促進する装置の開発を行った。写真-4にドーム用炭酸化養生装置の外観および図-4に概要を示す。本装置は空調機とCO₂供給装置、制御装置からなり、空調機でドーム内の高濃度のCO₂を循環させ、温・湿度とCO₂濃度を均一化する。CO₂供給装置は、コンクリートに吸収されるなどで減少するCO₂を随時補充する。CO₂の供給経路はドームに直接CO₂を供給する経路と空調機にCO₂を供給する経路があり、初期充填時には主にドームに直接CO₂を供給し、炭酸化養生時には、空調機にCO₂を供給することで濃度を維持する。

(2) 炭酸化養生

図-4に炭酸化養生装置の概要を示す。炭酸化養生中は、ドーム内部の高濃度CO₂を天井中央部に設置した吹き出し口より吹き出し、地上に設置した戻り口からダクトを通じて空調機に戻して、炭酸化養生を

実施する。写真-5にドーム内部の状況を示す。天井に設置された八角形状の吹き出し口から八方へ空気を吹き出す。また、図-5に炭酸化養生中の1日のドーム内の環境測定結果を示す。ドーム内の7か所に設置したセンサーにより計測したCO₂濃度は、7本のグラ



写真-4 炭酸化養生装置の外観

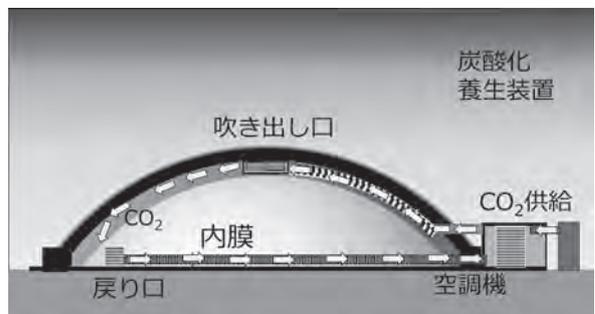


図-4 炭酸化養生装置の概要



写真-5 炭酸化養生直前のドーム建築物（TBKドーム）内部

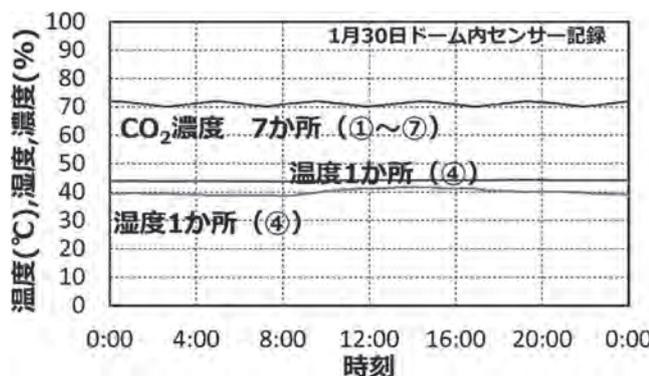


図-5 炭酸化養生中のドーム内部の平均的な1日の環境測定結果

フがほぼ一致しており、環境のバラツキが小さいことを確認できた。また、今回、炭酸化養生中のCO₂濃度を70%に維持できた。これは、ドームの気密性が高いために可能になったと考えられる。

(3) 内膜

球は最小表面積で最大体積をもつ立体のため、半球に近似するドーム形状は内部の体積が大きく、充填に必要なCO₂量が過大になる。そこで、ドーム建築物での炭酸化養生にあたっては、ドーム建築物内部に躯体より、300~1,000 mm程度小型のドーム形状のPVC膜（図一4に示す内膜）を空気て膨らませ（写真一6）、ドーム本体と内膜との隙間にCO₂を充填することでCO₂の使用量を減らす方法を採用した。本工法の採用により、CO₂の充填量を50%以上減らすことができる。炭酸化養生時、内膜はバルブを閉じて、内部に空気を保持する風船状とし、適宜空気を補充することで炭酸化養生期間中の28日間形状を保持した。

5. CO₂削減効果と今後の展開

今回、躯体に本低炭素型コンクリートと特殊混和材を用いたCO₂吸収コンクリートを用いたことで、既往の普通コンの吹き付けドームと比較し、材料由来のCO₂排出量を70%削減できた（図一6）。今後は、大阪・関西万博（会期2025年4月13日~10月13日）会場に、本ドーム建築物の手法でカーボンネガティブドーム（図一7）の建設を進める。

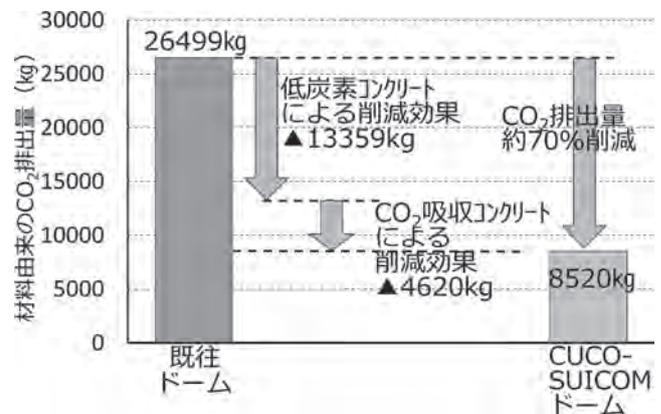
加えて、特殊混和材を用いたCO₂吸収コンクリートの技術をベースとした上で、材料にカーボンリサイクル技術を用いたCCU（Carbon Capture and Utilization）材料、および廃棄太陽電池パネルのリサイクル品ガラスレットを用いたインターロッキングブロックをドーム建築物周辺など会場内に敷設する。

ECMセメントを用いた低炭素型コンクリートの吹き付け施工の可能性を確認したことで、吹き付け本低炭素型コンクリートをバリエーションに加えることができた。

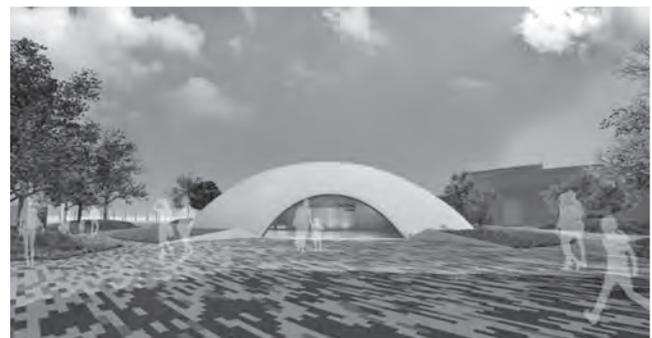
CO₂吸収コンクリートに関しては、まだ、開発段階であるが、現場炭酸化養生が可能であることが確認できた。今後、本技術開発の成果を活用し、再生エネルギーの活用やコストダウン手法の検討、プレキャスト建築構造部材やトンネルなどへの適用検討などCO₂吸収コンクリートの新しい技術開発を進めていく。



写真一6 ドーム建築物内部



図一6 ドーム全体のCO₂削減量算定結果



図一7 カーボンネガティブドーム外観と外構のブロック
(イメージ大阪・関西万博)

謝辞

本成果は、NEDO（（国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構）の委託業務（JPNP21023）を受け、革新的カーボンネガティブコンクリートの材料・施工技術および評価技術の開発プロジェクトで得られた成果である。

《参考文献》

- 1) 経済産業省, 「カーボンリサイクルロードマップ」一部抜粋, pp.7, 令和5年6月23日
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/carbon_recycle_rm/pdf/20230623_01.pdf
- 2) 巴史郎/笠井浩, CO₂吸収コンクリートを用いたプレキャスト埋設型枠の建築物への使用, 日本建築学会学術講演梗概集 2022, pp.595~596, 2022/7
- 3) 巴史郎ほか, 低炭素コンクリートおよびCO₂吸収コンクリートによるドーム建築物の開発, 日本建築学会学術講演梗概集 2024, pp.503~504, 2024/7
- 4) 鹿島建設, CO₂排出量を70%削減した「CUCO®-SUICOM ドーム」の試験施工を完了
 ~大阪・関西万博に向けて環境配慮型コンクリートドームを構築~, 鹿島建設プレスリリース, 2024/3/13
<https://www.kajima.co.jp/news/press/2024/03/13a2-j.htm>
- 5) 鹿島建設, 「KTドーム®」工法を実工事に適用 ドーム型構造により

- 柱や梁のない大空間を実現, 鹿島建設プレスリリース, 2021/12/23
<https://www.kajima.co.jp/news/press/202112/23a1-j.htm>
- 6) 鹿島建設, 大阪・関西万博にブロンズパートナーとして環境配慮型コンクリートドーム「CUCO®-SUICOM ドーム」を建設, 鹿島建設プレスリリース, 2024/3/13
<https://www.kajima.co.jp/news/press/202403/13a1-j.htm>

【筆者紹介】

巴 史郎 (ともえ しろう)
 鹿島建設
 技術研究所 建築生産グループ
 GI基金CN コンクリートプロジェクトチーム
 上席研究員



カーボンネガティブを実現する「クリーンクリートN」の適用

神代 泰道・田中 寛人・並木 憲司

低炭素型のコンクリートの技術開発と普及展開が急務となっている。大林組では、これまでの「クリーンクリート」をさらに進化させ、その結合材または細骨材の一部を、CO₂を吸収・固定したCCU粉体（CO₂を回収・利用した粉体）に置き換えることで、カーボンネガティブまで達成が可能な「クリーンクリートN」を開発した。ここではこの概要と2件の適用事例として、場所打ちの外壁に適用した事例と建築物のプレキャストコンクリート製カーテンウォールに適用した事例について述べる。

キーワード：コンクリート、低炭素、CCU粉体、カーボンネガティブ

1. はじめに

近年、世界的に地球温暖化対策に関する取り組みが加速しており、地球温暖化に影響を及ぼす温室効果ガス、特に、二酸化炭素（CO₂）排出量の低減は、全世界に課せられた重要な課題である。我が国においては、2020年10月の臨時国会にて、2050年までに温室効果ガスの排出量を全体としてゼロ、すなわちカーボンニュートラルによる脱炭素社会の実現を目指すことが宣言された。

コンクリート関連産業は、エネルギーの消費量やCO₂の排出量が大きく、国内全体のCO₂排出量の約4%を占めるとされる¹⁾。そのため、セメント・コンクリー

ト分野のCO₂排出量の削減は、国内における総CO₂排出量の削減に大きく貢献すると考えられる。

大林組においてもObayashi Sustainability Vision 2050を発表し、2050年のカーボンニュートラルを目指し、中間点となる2030年度のScope3の削減目標を2019年度比で27.5%としている（図-1）。ゼネコン各社においてもScope3の削減目標の達成に資するため、低炭素型のコンクリートの技術開発と普及展開は急務となっている。ここではカーボンニュートラル社会の実現に向けた当社のコンクリート技術として、クリーンクリートN（以下、本コンクリート）の概要と2件の適用事例について紹介する。

2030年度温室効果ガス排出削減目標

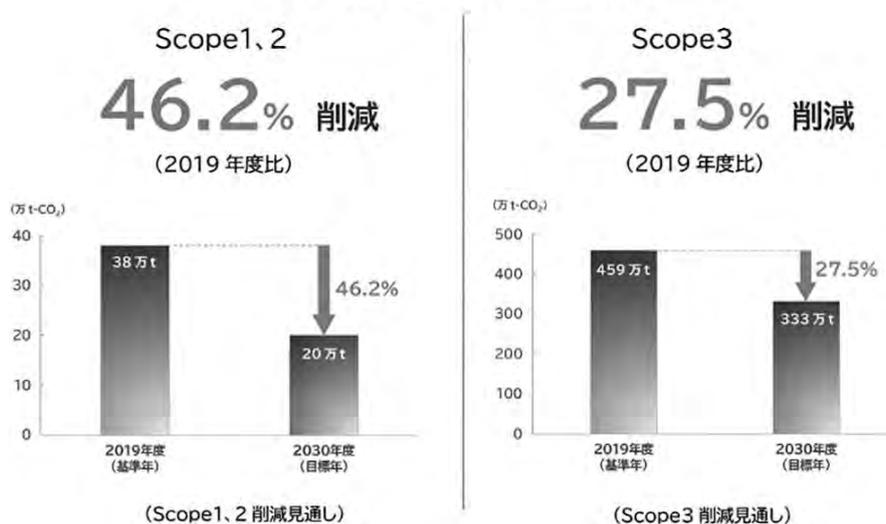


図-1 当社における温室効果ガス排出削減目標

2. 本コンクリートの概要

(1) 本コンクリートの開発経緯

カーボンニュートラルに貢献するコンクリート技術として、結合材に占めるセメントの使用量を減らした低炭素型のコンクリートが広く使用されている。当社では、CO₂排出量の大きいセメントを、産業副産物である高炉スラグ微粉末などのCO₂排出量の小さい混和材に大量置換することで、コンクリートの低炭素化を図る「クリーンクリート」(以下、低炭素型コンクリート)を開発²⁾し、これまで多くの建築物・土木構造物に適用してきた。低炭素型コンクリートは、セメントの混合割合を40%以下とすることで、既存技術(同一強度の普通ポルトランドセメントのみを使用したコンクリート)に比べて、使用材料のインベントリデータ³⁾に基づくコンクリート製造時のCO₂排出量を

50%以上(最大80%)低減することが可能なコンクリートと定義している⁴⁾。2010年に初適用して以来、2023年度までの適用件数は100件以上であり、累計の打込み量は約42万m³に達している。さらに2024年6月には環境製品宣言ラベル SuMPO EPDを取得した(図-2)⁵⁾。これにより低炭素型コンクリートのCO₂削減率は普通コンクリートに対して63%となることが明確となり(図-3)、これを基にして累計打込み量に対するCO₂の削減量を推計すると約10万トンに到達する。今後もカーボンニュートラルに貢献するコンクリートとして、低炭素型コンクリートの普及に努めていくが、その一方で、低炭素型コンクリートであっても使用材料はいずれもCO₂を排出する材料で構成されているため、そのみではカーボンニュートラルを達成することはできない。そこで、低炭素型コンクリートをさらに進化させ、結合材または細骨材の一部を、CO₂を吸収・固定したCCU粉体(Carbon dioxide Capture and Utilization: CO₂を回収・利用した粉体)に置き換えることで、カーボンネガティブまで達成が可能な本コンクリートを開発した⁶⁾。

(2) 本コンクリートの性能

本コンクリートは、低炭素型コンクリートにCCU粉体を混ぜ合わせたコンクリートであり、CCU粉体の混入量に応じてCO₂排出量を差し引きすることで、コンクリートのCO₂排出量をゼロ(カーボンニュートラル)から、さらにマイナス(カーボンネガティブ)にできる(図-4)。

使用するCCU粉体は、遠心成形品の製造工場において排出されるスラッジ水に、同工場における蒸気養生の際に発生する排気ガスを吹き込んで生成させた軽質炭酸カルシウム⁷⁾である(写真-1)。NEDO事業



図-2 低炭素型コンクリートの環境宣言書 (EPD)

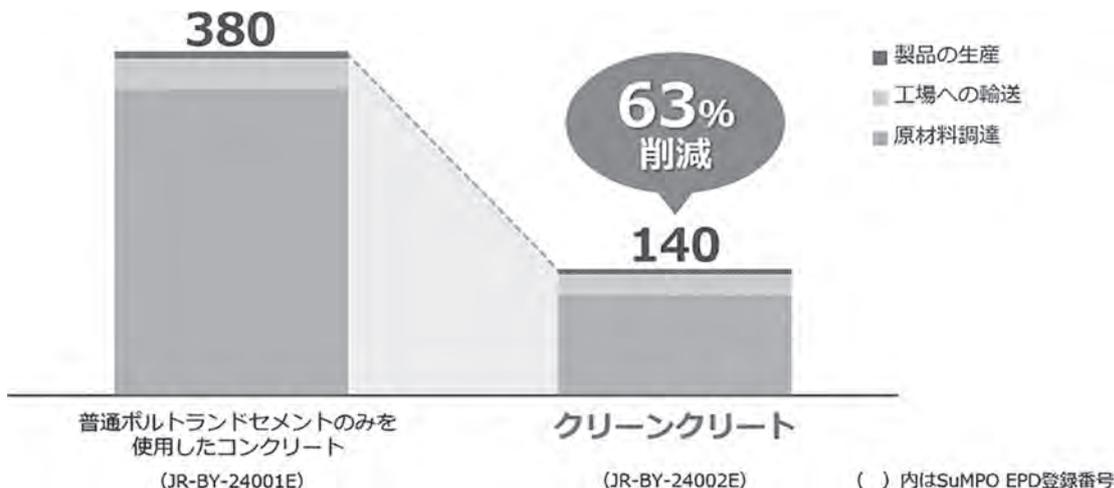
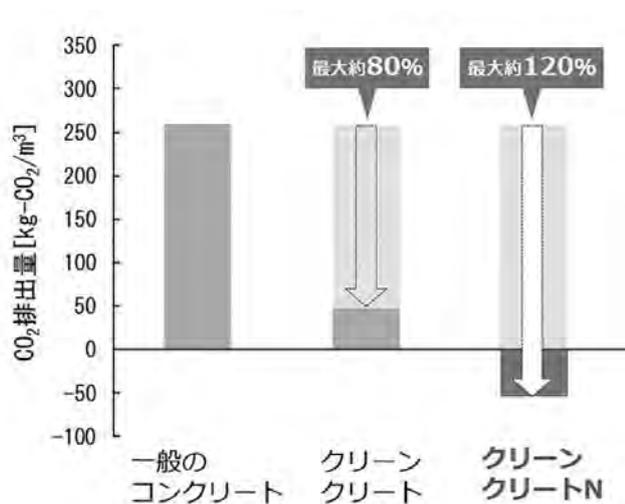


図-3 EPDによるCO₂排出量を基にした低炭素型コンクリートのCO₂削減率

を通じて実用化されているものであり、CO₂固定量は390 kg-CO₂/tと試算されている。また、このCCU粉体はコンクリート産業から発生するセメント系廃棄物

を原料としている。そのため、廃棄物の削減にも貢献できる。呼び強度にもよるが、このCCU粉体を細骨材の代替として200~250 kg/m³程度混入することで、カーボンニュートラルを概ね達成できる。

CCU粉体を混入するほど、練り混ぜ時間が増大するだけでなく、所要の流動性を得ることができなかった。そこで、シーカ・ジャパンと共同で新たな化学混和剤(高性能 AE 減水剤)を開発した。これを用いることで所要の流動性を得られるようになった(写真一2)。



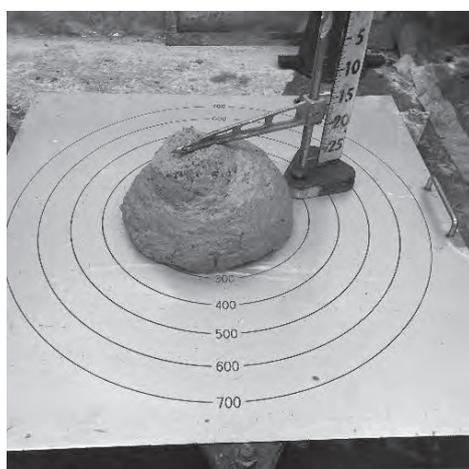
図一4 本コンクリートのCO₂排出量のイメージ

3. 本コンクリートの適用事例

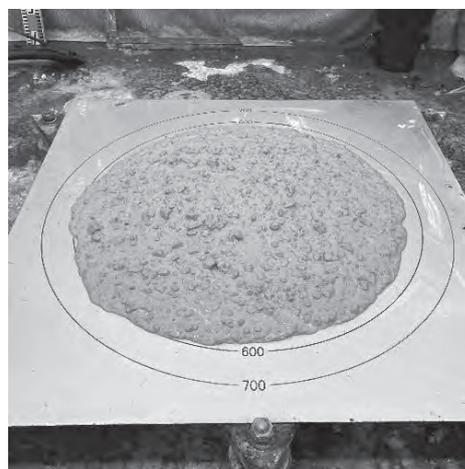
建築物への適用に向け、レディーミクストコンクリート工場での実機ミキサによる練り混ぜや模擬部材への打込みを通じて本コンクリートの製造、施工性、品質などを確認した。この結果については文献8)に述べた通りであるが、CCU粉体については現状、参照できる規格が整備されておらず、このような材料を用いたコンクリートは、建築基準法において主要構造部に適用することが難しい。そこでまずは非構造部材への適用を目指した。ここでは、本コンクリートの適用事例として、場所打ちの外壁に適用した事例と建築物のプレキャストコンクリート製カーテンウォールに適用した事例について述べる。いずれも発注者からの環境負荷低減に対する強い関心に応える形で、本コンクリートを提案し、採用に至ったものである。なお、外壁への適用実績については、2022年度の環境配慮型コンクリートの実績のひとつとして、環境省によってCO₂固定量が世界で初めて算定され、国連に報告された⁹⁾。



写真一1 CCU粉体の外観



従来品



開発品

写真一2 化学混和剤の開発による性状改善

(1) 場所打ちコンクリート

(a) 適用概要

適用したのは、工場建替工事における外構工事であり、長さ約 40 m の打放し仕上げの壁部材（以下、外壁）である。本コンクリートの呼び強度は 30、スランプフローおよび空気量の目標値をそれぞれ 50 cm、4.5% とした。CCU 粉体の混入量は 250 kg/m^3 とした。これによりコンクリートの CO_2 排出量はマイナス $17.3 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$ となり、カーボンネガティブを達成した。呼び強度 30 の普通コンクリート ($261.5 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$) に比べて、 CO_2 排出量を約 $278.8 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$ 削減し、本工事への適用による CO_2 排出量の削減効果は約 3.8 t（製造量 14 m^3 当たり）と試算された。

(b) 打込み状況

2023 年 3 月、市中のレディーミクストコンクリート工場の実機ミキサにて本コンクリートを練り混ぜた。練り混ぜ量は 1 バッチ 2 m^3 とし、合計 7 バッチ練り混ぜた。練り混ぜ後、トラックアジテータにて打込み場所へ運搬した。全バッチのフレッシュ性状を確認したところ、いずれも所要のスランプフローおよび空気量が得られ、材料分離は確認されなかった。

打込みはコンクリートポンプを用いた（写真—3）。コンクリートの粘性は比較的高かったが、閉塞などの問題も生じず、通常のコンクリートと同様に打込みを行うことができた。

(c) 仕上がり状況

材齢 7 日でせき板を解体した。なお、材齢 7 日の現場封かん養生の供試体の圧縮強度は 34.4 N/mm^2 であった。また、材齢 28 日の標準養生の圧縮強度は 54.9 N/mm^2 であり、呼び強度を十分に満足した。外壁の外観を写真—4 に示す。豆板やセパレータ周りの沈降ひび割れは確認されず、仕上がりも良好であった。本コンクリートなどの低炭素型のコンクリートの特徴として、中性化の進行が早いことが挙げられるが、圧縮強度が十分に発現してから脱型しており、所要の中性化抵抗性を有していることを確認した。

(2) プレキャストコンクリートカーテンウォール

(a) 適用概要

適用したのは、倉庫の外装材であり、建物全ての PC カーテンウォールに本コンクリートを適用した。適用に先立ち、プレキャストコンクリート製品工場において、カーテンウォール形状のモックアップ試験体を製造した。セメントの種類は、脱型時強度を確保するため、早強ポルトランドセメントとした。CCU 粉体の混入量を 220 kg/m^3 とすることで、コンクリート



写真—3 コンクリートポンプを用いた打込み状況

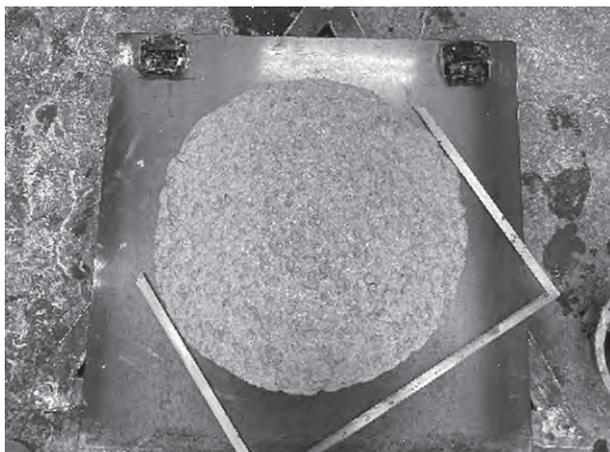


写真—4 外壁の仕上がり状況

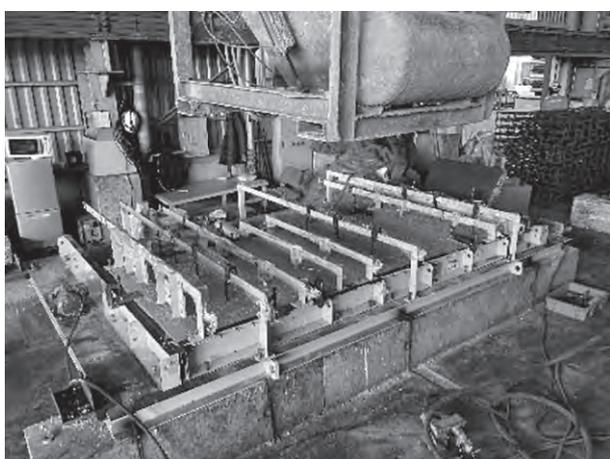
の CO_2 排出量はマイナス 3.1 kg/m^3 となり、カーボンネガティブを達成した。スランプフローおよび空気量の目標値は 60 cm、4.5% とした。なお、検討の詳細については文献 8) を参照されたい。同工場における設計基準強度 30 N/mm^2 に対応する普通コンクリートの CO_2 排出量は $294.8 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$ であり、本コンクリートによる CO_2 削減量は約 $297.9 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$ となった。本工事における本コンクリートの使用量は約 28 m^3 であり、今回の適用による CO_2 排出量の削減効果は約 8.3 t と試算された。

(b) 製造状況

2023 年 10 月より本コンクリートを用いた PC カーテンウォールの製造を開始した。1 日 1 ピースとし、脱型は 2 日以降とした。一連の製造を通じて CCU 粉体のロットにより、フレッシュ性状がバラつくことが分かった。これについては、化学混和剤の添加量をバッチごとに調整することで、所定のフレッシュ性状を満足することができた（写真—5）。製造状況を写真—6、7 に示す。曲面のある部材においては、コンクリート



写真一五 本コンクリートのフレッシュ性状



写真一六 PCカーテンウォールの製造状況①



写真一七 PCカーテンウォールの製造状況②

の粘性が高いため、表面気泡の発生や過度な締固めによる材料分離が懸念された。これについては、打込み方法や締固め方法を工夫することにより解決した。

(c) 仕上がり状況

プレキャストコンクリートの製造においては、圧縮強度が 12 N/mm^2 程度で早期に脱型を行うため、その



写真一八 本コンクリートによるPCカーテンウォールを適用した建物の外観

後の中性化の進行が懸念される。そこで耐候性に優れ、中性化抑制効果を付与できるクリヤ塗料「シェルトクリヤ」を適用した¹⁰⁾。シェルトクリヤは、主成分がアクリルシリコン樹脂の水性塗料であり、キセノンウェザーメーターによる耐候性試験5,000時間後においても色差および光沢度の変化が小さく、中性化抑制効果も保持できることを確認している¹⁰⁾。さらに不燃材料の大臣認定を取得し、ホルムアルデヒド放散等級F☆☆☆☆を登録しており、内装材の仕上げとしても安心して適用できる。今回の塗布作業は、建設現場においてPCカーテンウォールのパネルの取り付けや折版屋根工事などの外装仕上げ工事が完了した段階で行った。写真一八に建物の外観を示す。曲面形状もあり、本コンクリートの白い印象と相まって全体的に柔らかな印象の外観を実現している。

4. おわりに

カーボンニュートラル社会の実現に向けた大林組のコンクリート技術として、クリーンクリートNの概要と適用事例について紹介した。当社では、この他にもリゲニクリート、チップクリート、ポリマークリートなどの低炭素型のコンクリートの技術開発を行っている。コンクリートのカーボンニュートラルを実現するにはCCU粉体の利用が不可欠である。建設業からCCU粉体を創出することは、建設業の持続可能性に資すると考える。その取り組みのひとつとして、当社では「静岡DACプロジェクト」に参画し¹²⁾、生コン工場から排出される脱水ケーキを利用したCCU粉体の利活用も進めている。

今後もカーボンニュートラル社会に貢献できる低炭素型のコンクリートの技術開発を行い、品質を確認しながら社会実装を進めていきたい。

《参考文献》

- 1) コンクリート工学編集委員会：カーボンニュートラルに貢献するコンクリート技術，コンクリート工学，Vol.59, No.9, p.729, 2021.9
- 2) 小林利充，溝渕麻子，近松竜一，一瀬賢一：低炭素型のコンクリート「クリーンコンクリート™」の開発，大林組技術研究所報，No.75, pp.1-8, 2011
- 3) 日本建築学会：高炉セメントまたは高炉スラグ微粉末を用いた鉄筋コンクリート造建築物の設計・施工指針（案）・同解説，pp.155-168, 2017
- 4) 大林組：低炭素型のコンクリート「クリーンコンクリート」，日本建築総合試験所，建設材料技術性能証明評価シート，2022
- 5) 大林組 HP：低炭素型コンクリート「クリーンコンクリート®」が環境製品宣言ラベル SuMPO EPD を取得，https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20240612_1.html（参照 2024-8-6）
- 6) 大林組 HP：製造工程でのカーボンネガティブを実現する「クリーンコンクリート N™」を開発，2022.4，https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20220415_1.html（参照 2024-8-6）
- 7) 佐々木猛，八木利之：エコタンカル（軽質炭酸カルシウム）とその可能性，セメント・コンクリート，No.900, pp.58-62, 2022.2
- 8) 田中寛人，神代泰道，並木憲司カーボンニュートラル社会の実現に向けたコンクリート材料の開発，建築機械施工，vol.75, No.5, pp.61-66, 2023
- 9) 環境省 HP：https://www.env.go.jp/press/press_03046.html（参照 2024-8-6）
- 10) 植松俊幸，小林利充，堀田和宏，神代泰道：コンクリート打放し仕上げ用に開発したクリヤ塗料の性能，大林組技術研究所報 No. 84, pp.1-8, 2020
- 11) 植松俊幸，酒井正樹，神代泰道：表面仕上げ材のコンクリート保護効果の持続性に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，

Vol.46, No.1, pp.541-546, 2024

- 12) 静岡市 HP：静岡 DAC プロジェクトの実現に向けた連携に関する協定を締結しました，2023.1，https://www.city.shizuoka.lg.jp/041_000294.html（参照 2024-8-6）

【筆者紹介】

神代 泰道（こうしろ やすみち）

(株)大林組
技術本部 技術研究所 生産技術研究部
上級主席技師



田中 寛人（たなか ひろと）

(株)大林組
技術本部 技術研究所 生産技術研究部
主任



並木 憲司（なみき けんじ）

(株)大林組
東京本店 建築事業部 品質管理部
鉄筋・コンクリート品質管理課
課長





JR 東日本グループ 「エネルギービジョン2027～つなぐ～」

佐藤 栄徳・北田 光治

JR 東日本（以下、当社）は、「つくる」「送る・ためる」「使う」の一貫したエネルギーネットワークを活用し、幅広い事業やノウハウと地域社会を「つなぐ」ことで、サステナブルな社会の実現と、地域や社会への貢献を目指し、2022年7月に「エネルギービジョン2027～つなぐ～」を策定した。本稿では、その内容について紹介する。

キーワード：鉄道、脱炭素、水素、再生可能エネルギー

1. はじめに

当社は、2020年5月に「ゼロカーボン・チャレンジ2050」を策定し、2050年度の鉄道事業におけるCO₂排出量「実質ゼロ」を目指すことを公表した。2020年10月には、「ゼロカーボン・チャレンジ2050」を当社グループの目標とすることを表明した。2022年7月には「エネルギービジョン2027」を策定し、当社の「つくる」「送る・ためる」「使う」の一貫したエネルギーネットワークを活用し、幅広い事業やノウハウと地域社会を「つなぐ」ことで、サステナブルな社会の実現と、地域や社会への貢献を目指すことを公表した。本稿ではその内容について紹介する。

2. 当社グループと「エネルギービジョン2027」が目指すもの

鉄道は、輸送量当たりのCO₂排出量が他の輸送機関と比較し小さく、環境優位性が高い。当社グループは、この優位性を更に高め、日本全体のサステナブルな社会の実現に貢献することを目指し、当社グループのCO₂排出量削減目標を設定している（図-1）。

また当社グループが持つ、「つくる」「送る・ためる」「使う」の一貫したエネルギーネットワークを強みとして、エネルギー3E、すなわち「環境性(Environment)・経済性(Economic Efficiency)・安定性(Energy Security)」を向上させ、それを地域社会(Community)の持続的発展につなげていかなければならない。このためサステナブルな社会の実現と、当社グループの持

続的な成長のため、今後取り組んでいくエネルギー戦略を「エネルギービジョン2027～つなぐ～」として策定した。以下では「つくる」「送る・ためる」「使う」のそれぞれの取組みについて紹介する。

(1) 「つくる」フェーズでの取組み

(a) 信濃川発電所（水力）

信濃川発電所は千手発電所（写真-1）、小千谷発

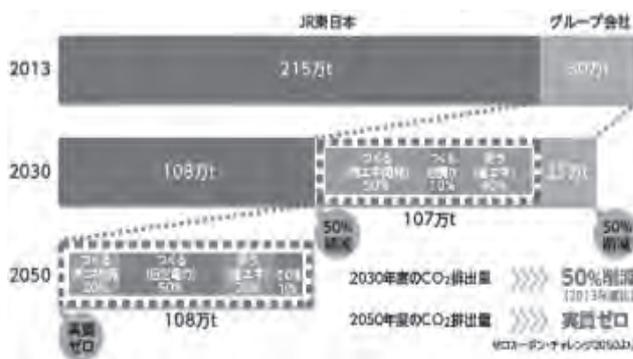


図-1 CO₂ 排出量削減目標



写真-1 信濃川水力発電所（千手発電所）

電所、小千谷第二発電所の3発電所の総称であり、出力44.9万kW、新潟県十日町市・小千谷市にある信濃川水系から取水している発電所である。CO₂が発生しないクリーンなエネルギー源として当社の鉄道輸送を支えており、このうち千手発電所は、鉄道網の電化を目的として1939年から発電を開始した。現在は運転開始から約80年が経過した水車発電機を取替工事を進めており、2024年4月には3台目の取替が完了し、2025年度の4台目運転開始に向け工事を進めている。

(b) 川崎発電所（火力）

川崎発電所（写真一2）は、神奈川県川崎市の臨海部に立地している。出力は4台で80.9万kW、発電方式はガスタービンと蒸気タービンを組み合わせたガスタービンコンバインドサイクル発電方式である。運転開始は1930年と古く、石炭炊きの汽力発電から始まり、敷地面積が狭い中で、供給力を確保するためビルド&スクラップで設備を更新してきた。近年では、このうち1号機の更新工事が2021年6月に完了し、灯油から天然ガスに燃料転換したことで、CO₂排出係数は約40%改善された。

ゼロカーボンの実現には川崎火力発電所の低・脱炭素化が必要であり、NEDOのグリーンイノベーション基金事業「液化水素サプライチェーンの商用化実証」の液化水素受け入れ地が川崎臨海部に決定したことも踏まえて、水素発電の実現に向けた検討を進めている。

(c) 再生可能エネルギー

大規模開発については、JR東日本エネルギー開発(株)とともに、東北エリアを中心に各地で風力・太陽光等の導入に向けて取り組んでいる。2030年度までに東北エリアのゼロカーボンを達成するために累計70万kW、2050年度までに累計100万kW規模の開発を目指し、環境価値を当社グループに適用することを目指している。

また他社と共同で、木質バイオマス発電（青森県八戸市）や、食品リサイクル・バイオガス発電（宮城県仙台市、神奈川県横浜市）の事業にも取り組んでいる（写真一3）。

(2) 「送る・ためる」フェーズでの取組み

当社は、列車や駅などにエネルギーを送るために、長大な送電線や多数の変電所などで構成された自営ネットワークを保有している。「送る」の取組みでは、送電線のメンテナンスにドローン活用を推進し、信頼度の高いエネルギー供給の実現を目指している。

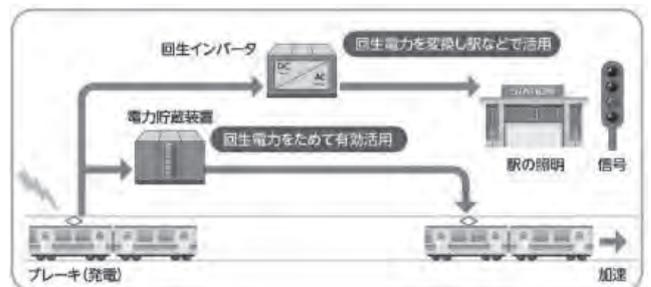
また「ためる」の取組みでは、電車のブレーキ時に



写真一2 川崎火力発電所



写真一3 再生可能エネルギーの開発



図一2 再生電力の有効利用

発生する回生電力の未活用分をためて有効活用できるように、電力貯蔵装置や回生インバータ等を導入（図一2）し、エネルギー効率の向上に取り組んでいる。

(3) 「使う」フェーズでの取組み

先進的な環境・エネルギー技術を取り入れ、省エネを徹底することで、エネルギー使用量の年1%削減を目指しており、以下に主な取組みを紹介する。

(a) 車両運転における環境性向上

経年車両について新型車両への置き換えによる省エネ化や、ハイブリッド車や蓄電池車などの環境に配慮した車両の投入を進めている（写真一4）。また山手線E235系においてエネルギー削減効果があった列車



写真—4 蓄電池車・ハイブリッド車



写真—5 高輪ゲートウェイ駅

運転手法の知見をもとに省エネ運転を推進している。加えて新幹線については、エネルギー消費を抑えながら計画された時間通りの運転を両立させる運転制御技術の確立を目指している。

(b) 環境にやさしい駅づくり

様々な環境保全技術を駅に導入し、駅の省エネ設計の標準化やエネルギー使用の抑制に努めている（写真—5）。また非内照式標識の導入などによる設備スリム化や、ホーム・コンコース照明のLED化により駅電気設備の省エネ化を推進することで環境にやさしい駅づくりを目指している。

(c) 熱エネルギー利用の最適化による環境負荷低減

鉄道事業で使用する空調設備や熱源機器などについて、高効率な設備へ順次更新を進めている。また駅を中心とした開発において、駅単体から周辺施設を含めた全体の熱エネルギー最適化を目指している（図—3）。加えて、熱源機器において化石燃料に比べて環境負荷の低い代替燃料への転換を検討している。

(d) DX（デジタルトランスフォーメーション）による駅・駅ビルの省エネ推進

駅・駅ビルのエネルギーデータやIoTデータなどをAIなどのデジタル技術により高度に分析・活用することで、快適な室内環境の提供と、きめの細かい省エネを効率的に進めていく（図—4）。

(e) エネルギーの多様化（水素活用）

水素活用の取組みを拡大し、水素社会の実現に貢献するため水素ハイブリッド電車の開発や、燃料電池バスの導入（浜松町周辺、福島県内）、駅への定置式燃料電池の導入、水素ステーションの開発、業務用自動車への燃料電池自動車（FCV）の導入を進めている（図—5）。



図—3 熱エネルギー利用



図—4 デジタル技術を活用した省エネ推進



図—5 エネルギーの多様化（水素活用）



図—6 資源エネルギー循環

(f) 資源エネルギー循環（図—6）

地球にやさしい環境型社会の実現に向けた仕組みづくりとして、廃プラスチックを固形化燃料化（RPF化）しエネルギーとして再利用することや、電気自動車の再生バッテリーを踏切保安装置の電源に再利用することに取り組んでいる。また電化が困難な特殊な車両へのカーボンニュートラル燃料の導入を検討している。

(4) 「つくる」「送る・ためる」「使う」すべてのフェーズを横断する取組み

「品川開発プロジェクト」について、街の名称が「TAKANAWA GATEWAY CITY」に決定され、2025年3月にまちびらきを予定している。省エネ・創エネ・エネルギーマネジメントの仕組みを実装し、再生可能エネルギー証書の活用により、CO₂排出量「実質ゼロ」の実現を目指している。また、エネルギー多様化の観点から、モビリティや燃料電池等の水素利活用の取組みを推進する予定である。

(5) 社内炭素価格の導入

省エネルギー設備の導入など、CO₂排出量削減につながる設備投資を促進することを目的として、CO₂削減効果を金額換算し、従来の投資判断基準に加味している。

3. おわりに

鉄道はエネルギー効率が高く、CO₂排出量も相対的に少ない輸送機関であるが、その一方で列車や駅、駅ビルやホテルなどで、多くのエネルギーを使用している。このため当社の「つくる」「送る・ためる」「使う」の一貫したエネルギーネットワークを活用し、幅広い事業やノウハウと地域社会を「つなぐ」ことで、サステナブルな社会の実現と、地域や社会への貢献を目指していきたい。

JCMA

[筆者紹介]

佐藤 栄徳 (さとう ひでのり)
東日本旅客鉄道株
エネルギー企画部 GX 戦略ユニット
副長



北田 光治 (きただ みつはる)
東日本旅客鉄道株
エネルギー企画部 GX 戦略ユニット
マネージャー



ら気分が高揚する青空や太陽も、この時ばかりは邪魔でしかない。実測 9 km のコースを約 43 分で走破、感動のゴールへ!! 時刻は AM9:29。渾身のガッツポーズと同時に 50 歳を目前にトライアスリートとなる。初戦の成績は上出来の 2 時間 29 分 57 秒!! 全体 17 位 45 歳エイジ 1 位デビュー!

(2) 第 4 戦 (台北) : この水飲んで大丈夫!?

第 4 戦は台北 (タイペイ) を選択。4 戦目になっても前日は緊張してあまり良く眠れない。早朝から Bike を漕いで会場へ。Swim のコースは、透明度が 50 cm もないため池 (?) であった。『この水本当に飲んで大丈夫!?!』と不安に思いながらローリングスタート (4 名が 5 秒毎にスタート)。池の底どころか隣の泳者すら見えない。生ぬるい池の水が口に入る。『あれっ! 磯風味の緑茶味!?! それほど悪くない味だけど、もしもコップに入れた池の水を飲め!』といわれたら絶対に飲めん!』と思いながら 23 分でアップ。Bike は同じコースを 4 周する。1 週目のタイム確認とともに GPS 計測距離を確認すると 11 km を超えて

いる。『なんで?』と思いながら 1 時間 17 分で完了。GPS 計測で 44.6 km! 4.6 km も長い。折り返しコースなので折り返し地点の位置を調整すれば正確に距離を合わせることができるはずなのに。台湾あるある。平均速度は 34.5 km/h と目標に一歩近づく。

Run はいつものように脱水、痙攣との闘い。通常なら 40 分程度で走れる 10 km の距離に約 50 分を要する。成績は 2 時間 38 分 25 秒、全体 19 位、50 歳エイジ 2 位。

(3) 第 7 戦 (宜蘭) : DNF 初体験!

2 台目の Bike 購入! CANYON というドイツメーカーのトライアスロン専用 Bike (TTBike) をインターネットで見かけて一目惚れ。趣味でロードバイクに乗っている人なら分かると思うが、トップグレードの Bike は信じられないほど値段が高い。400 cc のバイクよりも遥かに高い。エンジンは自分の体なのに。

新兵器を投入しての第 7 戦は宜蘭 (イーラン) であったが、Bike トラブルにより DNF (途中棄権) となった。道路上にある小石をタイヤで踏みつけパンク。トライアスロン競技では、機材の故障は自分で修理しなければならない。新車を投入したものの、パンク修理を練習していなかったし、修理工具も準備していなかったため棄権せざるを得ない残念な結果となった。記録なし。

(4) 第 11 戦 (台北) : 自己ベスト達成! 涙!!

第 11 戦は 4 回目の台北でのレース。パンク修理は何度も練習し、修理工具も Bike に搭載。無難に Swim を終え期待の Bike パート。パワーメーターも搭載したことで出力を適切にコントロールし、エネルギーや水分もしっかり摂取しながら実力を出し切る。1 時間 5 分! 平均速度 37.5 km/h。謝謝!! 愛車 CANYON!

最後の Run も 1 km 4 分 40 秒ペースをキープして



写真一 感動のゴール

表一 トライアスロン参戦記録

戦歴	場所	時間	Swim	T1	Bike	T2	Run
第1戦	台東	2:29:57	0:24:52		1:15:48		0:42:50
第2戦	宜蘭	2:37:15	0:28:02		1:09:07		0:51:50
第3戦	台東	2:37:51	0:25:29		1:15:50		0:48:29
第4戦	台北	2:38:25	0:23:25		1:17:40		0:50:57
第5戦	宜蘭	2:25:27	0:27:44		1:10:54		0:40:23
第6戦	花蓮	2:35:30	0:26:00		1:18:46		0:49:48
第7戦	宜蘭	DNF	0:27:45		—		—
第8戦	台北	2:31:45	0:25:50		1:13:03		0:49:06
第9戦	台東	2:26:44	0:25:34		1:08:03		0:45:36
第10戦	台東	2:27:59	0:27:26		1:08:35		0:43:02
第11戦	台北	2:23:17	0:24:57		1:05:27		0:48:05
第12戦	台東	2:32:38	0:26:09		1:09:34		0:48:15
第13戦	台北	2:28:29	0:26:01		1:10:42		0:47:49

T1, T2 はトランジションエリアでの時間。ここでは記載省略



写真二 Bike パート

ゴール。成績2時間23分17秒、全体2位、50歳エイジ1位。53歳で自己ベスト達成！

4. トライアスロンなど運動習慣の魅力

トライアスロンは3種目のトレーニングが必要になる上、気温、風向き、コース攻略、ペース配分、トランジション、レース中の水分やエネルギー補給も含めて競技の一部であり、経験や知識を基にしたマネジメント能力も必要になる奥深いスポーツである。成績向上を目指すだけでなく、レースと併せて観光旅行をする、チームに所属して仲間とともにレースをする、Bikeの機材や部品のアップグレード（軽量化）によ

る性能向上を図るなど、楽しみ方は人それぞれである。

健康づくりを目的に40歳から始めた水泳のほか、56歳になった今もトライアスロン、マラソンなどの運動を楽しんでいる。近年は働き方改革が叫ばれているが、その実現にはプライベートに適度な運動習慣を取り入れて心身共に健康であることが肝要だ。例えば『今日は水泳練習の日だから17時までにこの仕事を終わらせよう!』という意識が業務効率化を促し、ワークライフバランスを実現する原動力になると考えている。

—やまもと ゆうじ (株)奥村組 海外事業担当—



ずいそう

再び建設分野での温暖化対策

大川 聡



3年前に本誌11月号で「地球温暖化の抑制策の考察と提言」を公表した。しかし、その後の極端な猛暑化と大きな寒暖差は、まさにCO₂急増による気象現象である。気象学者の中には地球のヒートバランスが崩れる転換点を迎えつつあるという人もいる。この転換点とは北極・南極の氷床や永久凍土の融解、サンゴ礁の死滅あるいは海中のメタンハイドレート（温室効果ガスの強いメタンと水の化合物）の分解が起こることにより温暖化ガスが急増する事態であり、普通の気候に戻れない時と考えられている。写真1は筆者がアラスカの氷河ツアーに行った時と65年前の氷河の比較であるが、1/4以下の高さに減った氷河と右手の滝の激しさが温暖化の進行を如実に示している。

学者の悲観論はさておいて、建機エンジンなどのオーバーヒートは試作時にはいつも起こりうることであり、その対策は技術者の主な仕事である。同様に地球のオーバーヒートの対策も技術者が実施すべきはずである。建設分野の技術者はCO₂低減策を一層スピードアップして進める時期にきている。

2018年時点での建設分野のCO₂排出量を試算すると約75百万トン（日本の全排出量の6%強）もあり、その内4割弱が鉄鋼の使用により、約6割弱がセメントの使用による。建設業界での努力もあり電力、灯油・重油などのエネルギーによる排出量は6%程度に抑えられている。建設分野での主なCO₂対策として、(1)200年住宅のような建築物の長寿命化、(2)低CO₂コンクリートの採用、(3)耐火集成材を使用した木質高層ビル（以下木質ビル）、(4)鋼材のリサイクルなど多様な技術が研究されている。また、(5)長寿命化改修によれば新築に比べ8割強のCO₂削減効果があることも明らかになっている。それでは何が本命かと考えると、住宅長寿命化（50年から200年）によるCO₂低減効果を試算すると、53百万トンへの低減が可能ではあるが実際には2025年から年間90万戸ペースで200年住宅に建替えて完了するまでの68年間（2093年）は、全く何の効果も現れない計算となる。我が国の2030年CO₂低減目標46%に対して間に合わない。しかし、その後132年間は計算上住宅着工ゼロとなるのではあるが。



写真1 昨今のアラスカ州メンデンホール氷河の様子

そこで、低CO₂コンクリートを一齐に使うとすると全建築や土木に使えるため、CO₂が48百万トンまで低減できる計算である。しかし、現在の低CO₂コンクリートの原料は製鉄所の高炉スラグであり、その供給量は石灰石（焼成後）の半分に満たない。今後国内の高炉が減って行けば、天然鉱物への原料を転換して行く必要があり、今後研究が必要であろう。木質ビルを住宅・非住宅に採用しても基礎のコンクリートや鉄筋が必要なためCO₂は62百万トンまでしか減らないが、低CO₂コンクリートと併用すれば42百万トンに低減可能となる。更に木質化を歩道橋、ガードレール、遮音壁など土木分野まで拡張していくことで一層のCO₂低減が図れるとも思われ、その研究も始まっている。H型鋼などの鋼材リサイクルは基礎鉄筋の回収リサイクルと組み合わせでは現状でも実施されているので大きな効果はなさそうである。現実的ではないが全建築物の新築を全面的にやめ、全て改修にすれば

35 百万トンの CO₂ 排出量となる。木質ビルなどとの組合せで日本の全排出量を半減する目標を掲げては如何だろうか。これを国内建設業界の基本政策として世界に訴えれば、後ろ向きと批判される日本の環境対策にも大きな影響を与えるはずである。

蛇足であるが、製鉄の脱 CO₂ は水素製鉄しかないようであり日本での実現性は低いであろう。現状の製鉄方法を維持するのであれば、建機やトラックを電気駆動式に改良して 3 倍以上長寿命化し、これに見合っ

た価格で生産台数を半減して、鉄鋼使用量 (CO₂) を削減する方法も考えられる。この場合高価格に見合う性能向上は必要であろう。電気駆動系の設計寿命は約 10 万時間であり、エンジン駆動系のオーバーホール (OV) は約 1 万時間で 3 回位の OV がなされる。従って、電気駆動採用による車両長寿命化は現実的である。

—おおかわ さとし 博士 (システムエンジニアリング学),
(元) 建設機械要覧編集委員, (元) 慶応義塾大学大学院, (元) コマツ—



ずいそう

アルペンスキーと私

藤田裕明



1. はじめに

スキーの発祥はヨーロッパアルプスです。現在でもヨーロッパアルプスを中心に北欧や北米ではアルペン・クロスカントリースキーは盛んであり、老若男女問わず身近な存在として親しまれています。スキーの楽しみ方は様々で、誰も滑っていない新雪の中を優雅に滑るパウダースキー、木々の間をゆっくりと山の静けさを感じながら歩くクロスカントリースキー、仲間と会話や食事を楽しむゲレンデスキー、タイムを競うアルペンスキーなど、多種多様な楽しみ方があります。一言で『スキー』と言っても、前述したように様々なジャンルやカテゴリーがあります。みなさんに質問です。スキーと聞いてどのようなスキーを思い浮かべますか？

『見るスキー』であれば、オリンピック種目のジャンプやノルディック（クロスカントリー）といったところでしょうか。札幌オリンピック以降、ジャンプやノルディックは多くのメダリストが誕生し、テレビで名場面が放映されることも多いため、パッと思い浮かんだ方も多いと思います。

『自分で滑るスキー』となると、ジャンプやノルディックは専門性が高く接する機会が少なく、ゲレンデスキーが最もポピュラーかと思います。ゲレンデスキーと板・ブーツ・ストックが同じアルペンスキーは

いかがでしょうか。アルペンスキーのイメージは「旗の間を滑るやつでしょ？」という感じで認知度が低く、パッと思い浮かんだ方は少ないのではないかと思います。実は、オーストリアはアルペンスキーが国技であり、ヨーロッパでは認知度が高いんですよ。

2. アルペンスキーの概要

アルペンスキーは、スタートからゴールまでのコースに旗門が並べられており、その旗門を通過しタイムを競うもので「速いものが勝ち」の非常にシンプルな競技です。とは言え複数人で同時にスタートするので



写真—2 W-Cup 屈指の急斜面 (Sölden)



写真—1 年中無休の氷河スキー場 (Hintertux Glacier)



写真—3 W-Cup 開幕戦のゴールエリアと大観衆 (Sölden)

はなくコースを1人で滑るので、全員がゴールするまで勝ち負けはわかりません。ゴールした時点でトップでも後続に抜かれる可能性があるからです。

全選手が旗門で規制された同じところを滑るので、一般的に先に滑った方がコースが荒れていないので、滑り易く当然タイムは良くなります。その重要なスタート順は、ポイント上位者（上位グループ者はドロ）からスタートします。当然、上手い人から綺麗なバーンを滑るので、後方スタートになればなるほどコースは荒れて技術的に弱者が滑ることになるため上位進出は難しいとされています。そこで後方から悪条件をものともせず上位タイムでゴールした瞬間にゴールエリアが歓声につつまれ、選手は大きなリスペクトを受けます。

基本的な種目は、スピード種目順に、滑降（ダウンヒル：DH）、スーパーG（スーパー大回転：SG）、大回転（ジャイアントスラローム：GS）、回転（スラローム：SL）の4種目です。各種目毎に板の長さやサイドカーブなど細かなレギュレーションが定められており、当然、安全対策として国際基準で定められたヘルメット・プロテクター類など安全防具の着用も義務付けられています。

【滑降】4種目の中で一番コースが長く、ターン弧が広く直線的に標高差約1,000mを一気に滑り降り、時速100kmを超えるスピードで20~30mを超えるジャンプをこなし、タイムを競う選手にとっては勇気と強靱な肉体が必要とされます。スピードとジャンプの狂気とも思える迫力から刺激をうけヨーロッパでは一番人気の種目です。

【スーパーG】滑降よりターン弧が小さくなるためスピードも多少抑えられ、コースも若干短くなり、公式練習はありません。その代わりにコースの下見（インスペクション）を1回行うことができます。地形や旗門によるコース取りを的確に読む能力も求められる種目です。

【大回転】一般的なロングターンを基本としたターン設定が特徴で、スピードに対する強さ、卓越したターン技術、リカバリー能力、緻密なコース戦略やゲームマネジメントなど、アルペン競技で必要な要素が集約された種目です。2本の異なる旗門セッティングが行われ、その合計タイムで順位が決まります。

*国スポ（旧国体）種目。国スポは1本勝負。

【回転】細かなリズムのターンテクニックが要求される種目です。他の種目よりも滑走スピードは劣りますが、スラロームはポールだけで構成された旗門が特



写真-4 FIS 公認 DH レース（筆者本人）



写真-5 GS レース（筆者本人）

徴で、そのポールをハンドガードを使ってなぎ倒していくダイナミックな要素が魅力となっています。選手に求められるのは、わずか1回のインスペクション（コースの下見）で罫を見抜き、よりタイトなラインで速いタイムを目指すため、俊敏なスキー操作とリカバリー能力が欠かせません。

3. みなさんも是非チャレンジを

是非みなさんにもアルペンスキーのどの種目でも共通の基本技術の掴み部分を感じて欲しいので、さわりの部分だけを簡単に説明します。

アルペンスキーは物理的な側面があります。当然、真っ直ぐ滑るのが一番速いです（重力加速度もあり体重の重い人が有利）。しかし、旗門と旗門を繋ぐためターンをする必要があります。ターンは、スキー板のエッジを雪面に立てて曲がるため、その抵抗により減速動作をしていることとなります。この減速を如何に少なくするのが重要です。エッジと雪面の角度が大きいほど抵抗が大きくなります。

減速動作であるターン中にエッジがずれると雪面抵抗が更に大きくなりスピードが落ちるため、ズレの少ないターンをすることが求められます。スキー板は

トップ部分の幅が広く、センター（ブーツ下）が絞られていてテール部分が広がっています。これをサイドカーブと言います。

そこで、みなさんに試して欲しいことは、『エッジに乗って滑る』感覚を体験して欲しいです。簡単なことから始めましょう。ほぼ傾斜のない緩やかなところで真っ直ぐ滑り出し、滑りながらブーツの中で両足首の脛をブーツに押し当てて前傾させ、どちらかの足の内側（母指球・土踏まず）と反対の足の外側（小指）で立ってみてください。エッジに乗ってサイドカーブに沿って向かって曲がって行きます。そして元の真っ直ぐに戻し、逆の足と交互に繰り返すことで連続してターンをすることができます。慣れてきたらスピードを出すことでターン中の遠心力が大きくなり脚の傾きが深くなりターン弧を小さくすることができます。足首・膝・骨盤・肩のそれぞれのラインをスクエアに保つことがポイントです。

最近ではゲレンデのコース脇に規制されたポールを立てて、誰でも滑ることができるように管理しているスキー場もあり、中には1回100円程度でタイム計測ができるようになってきているところもあります。用具はゲレンデスキーのもので気軽にチャレンジすることができますので、是非、ゲレンデスキーの合間に仲間と楽しく体験してみてください。きっと何度もチャレンジしたくなると思いますよ。

4. おわりに

アルペンスキーレースの醍醐味は、トレーニングに裏付けされた自信や転倒や失敗のリスクによる不安と言った感情をコントロールしながらコース戦略を何度も回想し、スタート前は得も言われぬ緊張感につつま



写真—6 今年の国スポゼッケン（筆者本人着用）

れ、ゴールした瞬間の解放感と結果が伴った時の達成感は、日常生活ではなかなか体験することができません。

私は、この非日常体験ができるアルペンスキーに魅せられています。アマチュアに引退はありません。生涯現役。海外レースにもチャレンジしたいと考えています。人生100年時代、みなさんも何か魅せられることを見つけてみてはいかがでしょうか。

—ふじた ひろあき（株）丸島アクアシステム 東北支店 支店長—

部 会 報 告

兵神装備(株)滋賀事業所見学会 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6年6月21日に兵神装備(株)滋賀事業所（滋賀県長浜市高月町東物部1020）への見学会を実施した。参加者はコンクリート機械技術委員会の8名及び委員会関連企業より参加の2名を含む総勢10名での参加であった（写真—1, 2）。

2. 見学スケジュール

令和6年6月21日（金）

- 13:30 JR 高月駅（西口）集合
13:30～13:40 兵神装備(株)送迎車にて
兵神装備(株)滋賀事業所へ移動
13:40～14:15 兵神装備(株)到着
会社及び製品概要説明
14:15～15:45 製品ショールーム見学
15:45～16:20 工場見学、質疑応答
16:20～16:30 高月駅へ移動・解散

3. 兵神装備(株)

- 設立 : 1968年（昭和43年）1月
■代表取締役社長：市田邦洋
■資本金 : 9,950万円



写真—1 見学者集合写真

- 売上高 : 173億円（2023年度）
■本社 : 神戸市兵庫区御崎本町1-1-54
■工場概要 : 滋賀事業所
滋賀県長浜市 高月町東物部1020
■製品 : 産業用ポンプ（モノポンプ[®]・モノディスペンサー[®]）等

高粘度・高濃度液を連続定量移送できるモノポンプ[®]を主力製品として、国内占有率90%を誇り、上下水道、食品、化学、自動車などで広く利用されている。また、モノディスペンサー[®]は高精度の塗布が可能で、自動車メーカーや電子機器分野で採用されている。製品は各種受賞歴も多数あり。無借金経営と積極的な設備投資で安定した経営を実現し、海外展開や地域貢献活動も進める。

4. 兵神装備(株) 会社及び製品概要説明

(1) モノポンプ[®]とは（構造と原理）

モノポンプ[®]は、回転容積式一軸ねじポンプで、味噌やマヨネーズなど通常ポンプでは供給困難なものを脈動なく定量的に移送することが可能な装置でありもとはフランスのモアノ博士が航空機のスーパーチャージャーを開発中に発明した「一軸偏心ねじポンプ」に由来する。

仕組みを以下に説明する。



写真—2 兵神装備(株)滋賀事業所

- ①ローター（雄ねじ）をステーター（雌ねじ）に差し込むと隙間にキャビティーという空間が形成される（図-1）。
- ②ローターをステーター内で回転させると、吸込口に次々新しいキャビティーが生まれ強い吸引力が発生（図-2）。
- ③吸い込まれた液体はキャビティー内に閉じ込められ、吐出側へと移送される。
- ④キャビティーの断面はどの瞬間でも一定なため吐出量は常に一定で脈動もなし（図-3）。

断面図：ローターはハイポサイクロイドという原理に基づき、どこで切っても真円である。

(2) プロダクトスクエア（ショールーム）見学

ショールームは Front Floor：モノポンプ[®]の構造と特徴／環境分野の製品, 2nd Floor：サニタリー仕様の製品, 3rd Floor：モノディスペンサー[®]／特

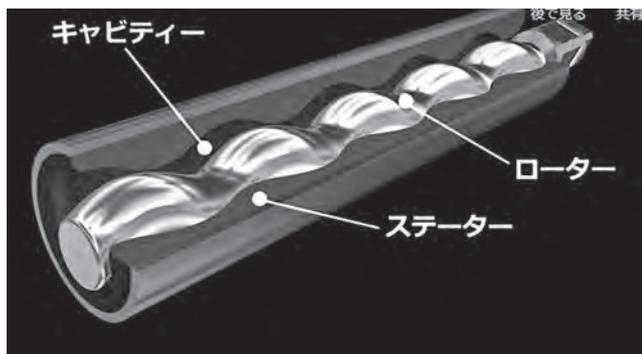


図-1

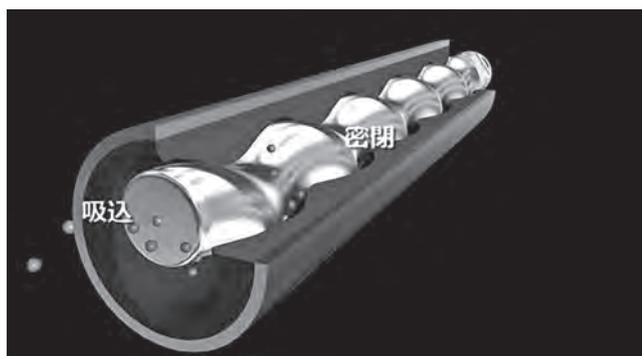


図-2

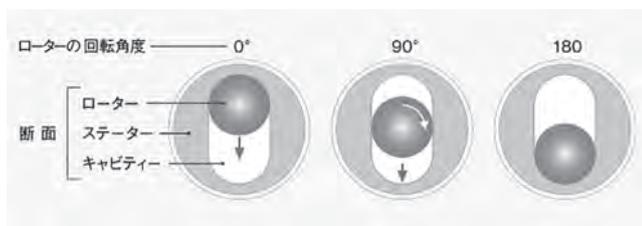


図-3

定用途向けの製品とフロアが分かれており、各種製品の長所を動作やサンプルでわかりやすく説明した展示や、キャラクターや動画を使い小学生まで楽しめるような工夫をこらしている。1日に何組も見学に訪れることもあるということから自社製品や企業のPRに非常に熱心に取り組まれていることがわかる（写真-3）。

ローターで径の一番太いものと一番長いものを展示（写真-4）。ローターは無垢材から削り出しであり多くは切削粉となる。最小サイズのローターはφ1mm以下と驚きの細かさで携帯電話内の部品の接着剤の供給に使用されている。

5. 製造設備および技術研究所見学

ローター、ステーターの複雑な形状を加工するための独自開発の加工設備および汎用加工設備を所有されており、加工精度確保のため防振設備、恒温室などを備える。加工の様子を見たかったが残念ながらトップシークレットのため見学はできなかった。人材育成にも積極的に研修や技能資格取得支援を行うことや「技能五輪全国大会」には滋賀代表として多々出場実績があるなどの説明を受けた。



写真-3



写真-4



写真—5



写真—6



写真—7

構内では随所に社員の改善活動による効率化・最適化が徹底され、部品の集積、組立、出荷までの過程にて各部品は整理整頓され効率的にミスなく遂行できるよう、専用治具の使用、色分けによる分類、ロボットによる部品運搬など随所に工夫がみられた。作業員の女性比率が高いことから働きやすい環境であることが想像できる（写真—5～7）。

技術研究所内にはテストブースがあり依頼すればテストをしてもらえるよう自動車メーカーから依頼が多いとのこと。物理ラボ、化学ラボ、制御ラボがあり、ポンプ内に流す流体に対するステーターの耐性評価や、ステーター材料の開発、制御装置の開発などを行っている。

6. おわりに

今回モノポンプ® および関連製品の特長や構造をショールームにて非常にわかりやすく説明頂き理解することができました。また製品および工場を見学させて頂き、製造工程や品質管理など深く理解でき、大変有意義なものとなりました。

土木分野では工事現場でのモルタル、スラリー等の輸送など実績があり、近年ではコンクリート用3Dプリンターへの利用拡大が見込まれるなどモノポンプ®技術の活躍の場が広がり我々の課題解決の活路として兵神装備(株)様の製品がより身近になることは間違いのない。

今回の見学会において説明及び案内をして頂きました兵神装備(株)榎山執行役員様、並びに兵神装備(株)滋賀事業所関係者の皆様にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

【筆者紹介】

筧谷 武 (かごたに たけし)

日工(株)

技術本部 技術統括部 機械設計部

機械設計2課

(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

委員長



新工法紹介 機関誌編集委員会

04-469	動画と静止画による ハイブリッド遠隔 コミュニケーションシステム	鹿島建設 シャープ
--------	--	--------------

▶ 概要

山岳トンネル工事では、施工中にトンネル切羽の地質状況を確認・評価し、施工方法や支保パターンを決定する。その決定にあたっては、受発注者による現場立会いが必要だが、刻々と変化する施工および切羽の状況に合わせて立会時間を調整することが難しい。これまで、品質・出来形管理の立会いについては、種々の遠隔臨場を用いた効率化の取組みがなされ、一定の成果を上げている。しかし、多くの山岳トンネルでは坑内において高速で安定した通信環境を構築することが難しく、限られたネットワーク帯域での遠隔臨場が求められるため、切羽の地質状況を詳細に確認できる高解像度の動画を送信することが困難であった。

そこで鹿島とシャープは、トンネル内の全体状況の確認といった通常のコミュニケーションにおいては動画を利用し、切羽の評価時には高解像度の静止画像を適宜撮影・送信するという動画と静止画を組み合わせたハイブリッドコミュニケーション技術を考案し、システム化した。

▶ 特徴

現場配信側は配信用タブレット PC で Web 配信システムへアクセスし、配信を開始する(図-1)。配信側のインターフェース(図-2)の通り、メイン画面とサブ画面に分かれ、それぞれで映像と静止画を表示しており、両者の表示位置は画面左下部のボタンで入れ替えることができる。動画送信の ON/OFF の切替えや静止画の送信も端末内のボタン1つでできるようなシンプルな構成となっている。撮影データは Web 配信システムに送信され、遠隔参加者側が PC やタブレットから Web 配信システムへアクセスすることで送信された映像・静止画データを確認できる。メイン画面とサブ画面の表示は配信端末の表示と同じになっており、現場配信側と遠隔参加者側双方が同じ画面を見ながら遠隔臨場が可能である。また、音声のコミュニケーションだけでは映像・静止画内のどの位置についての会話なのか分かりづらいことから、双方の画面上で選択した位置にポインタを表示する機能を追加した。

実証実験は、山岳トンネル工事にて切羽は高さ約7m、幅約16mを対象に岩判定を想定して行った。日建連の安全対策指針より切羽天端からの立入禁止範囲(切羽天端から45°の範囲=7m以内)の外、かつ切羽全体が収まるような距離で撮影する必要があるため、実証現場では16~18m程度離れた十分安全な箇所からの撮影を行った。実証により、遠隔参加者に

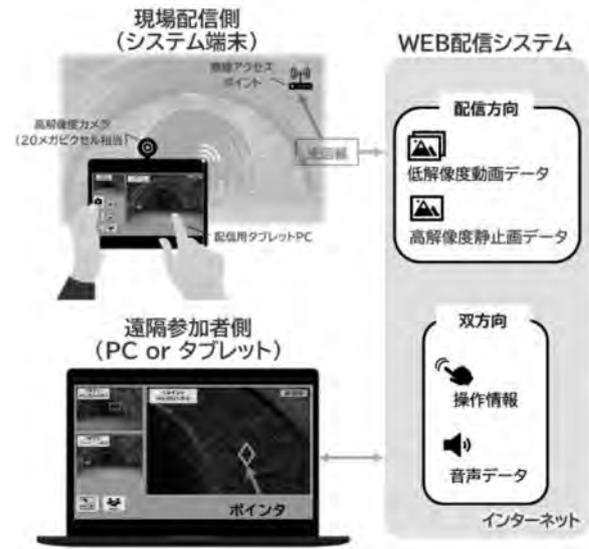


図-1 システム概要



図-2 配信用UI

詳細な現場状況が共有できることを確認でき、現場撮影者は切羽から離れた安全な位置から1台の端末の操作だけで動画と静止画を送信できるため、作業の安全性も向上できた。

▶ 用途

- ・山岳トンネルでの切羽岩判定の遠隔臨場
- ・遠隔でコミュニケーションを取り合う安全パトロール
- ・限られた帯域で詳細を確認する必要のある遠隔臨場・点検

▶ 実績

- ・新名神高速道路 大津大石トンネル工事 (その2)

▶ 問合せ先

鹿島建設(株) 土木管理本部土木技術部

〒107-8477 東京都港区元赤坂1-3-8KTビル

TEL: 03-5544-1111 (代)

シャープ(株) 研究開発本部ソサイエティイノベーション研究所

〒261-8520 千葉県市美浜区中瀬1丁目9番2号

Tel: 050-5213-6447

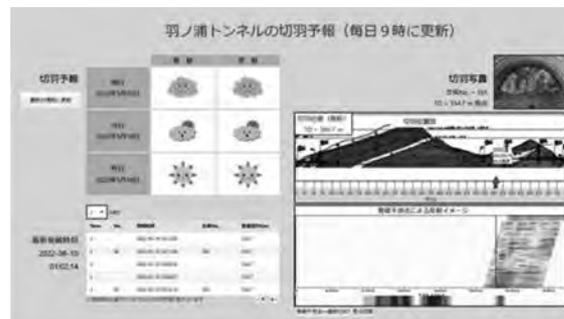
04-470	切羽予報 [®]	フジタ 地球科学 総合研究所
--------	-------------------	----------------------

▶ 概 要

切羽予報[®]は、1回の掘削発破からトンネル切羽前方の地質などの状態（性状）変化を毎日リアルタイムに評価し、トンネル掘削工事の安全性向上につなげる技術である。約150m先まで探査可能で、評価は天気予報（例えば「晴れ」、「雨」）のように4段階で表示する。

これまでの切羽性状予測（連続SSRT^{※1}）では複数回の発破から振動データを蓄積した後に波形処理をするため、結果が得られるまでに相応の時間を要し、リアルタイムの予測が困難であった。今回開発した切羽予報[®]では、地震波干渉法（自己相関処理）に基づいて波形処理する手法を確立したことで、1回の発破振動データから切羽前方の性状を予測できる。具体的には、切羽から一定の距離に専用の記録装置を1台設置し、発破振動のうち、切羽近傍の地質変化面から戻ってくる波（反射波）を抽出・分析することで切羽性状を予測する手法である。トンネル工事では毎日数回にわたり発破するため、その都度、振動データを取得し、切羽の性状変化を天気予報（「晴れ」＝安全、「曇り時々晴れ」／「曇り」＝やや注意、「雨」＝嚴重注意）のようにリアルタイムに表示する。予報は専用のwebサイト上で自動更新され、スマートフォンやタブレット端末を用いて確認できる。これらの情報を作業関係者に周知することで、従来に比べ、崩落のリスクを低減し切羽近傍での作業の安全性向上に寄与できると考えている。

※1 「建設の施工企画, No736, p.73, 2011.6」で紹介



図一 切羽予報の専用 web 画面

▶ 特 徴

- ①トンネル切羽の発破振動データを自動更新して当日、翌日の予報をリアルタイムに行う。
- ②スマートフォンやタブレット端末を使い、専用のwebサイトで予報を随時確認することが可能である。
- ③結果良否の投票が可能である。投票結果のデータを蓄積することでより予測の精度向上が期待できる。
- ④今後は、蓄積したデータを活用してAIを用いた切羽性状の予報精度向上を目指す。

▶ 用 途

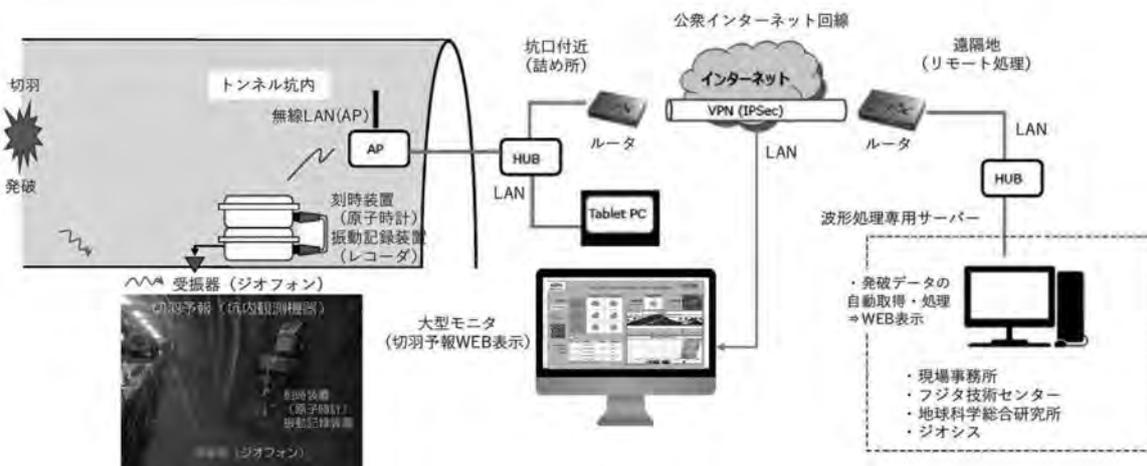
- ・発破掘削を用いるトンネル工事

▶ 実 績

- ・新三国トンネル工事（国土交通省関東地方整備局発注）
- ・羽ノ浦トンネル工事（国土交通省四国地方整備局発注）

▶ 問 合 せ 先

（株）フジタ 広報室
〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-25-2
TEL：03-3402-1911



図二 切羽予報のシステム図（坑内での発破振動観測～波形処理～切羽予報の公開・表示）

新工法紹介

04-471	機体に依存しない吹付けコンクリートの遠隔操作システム	株熊谷組
--------	----------------------------	------

▶ 概要

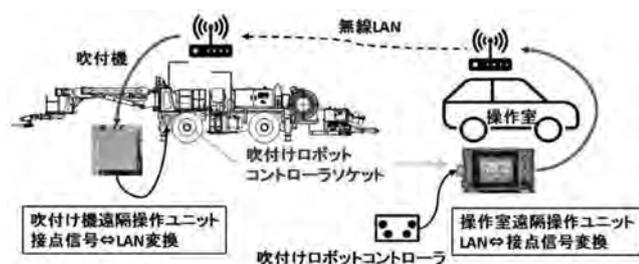
当社では、作業員が切り羽から離れた安全・クリーンな環境下で吹付けコンクリートを施工できる「吹付けコンクリートの遠隔操作システム」をリニューアルしました。無線通信・カメラ等バッテリー駆動を主体としたシステム構成とし、汎用機械に容易に搭載できるように改良しました。

▶ 特徴

本システムは、遠隔操作を無線 LAN で可能にする吹付けロボット遠隔操作ユニット（吹付け機遠隔操作ユニットと操作室遠隔操作ユニット）、フル HD 映像を遅延なく伝送可能な無線機搭載の移動式フル HD カメラユニット、これらのデータを切り羽後方へ送信し、実際にオペレーターが操作する小型移動式操作室の3つから構成されています。

①吹付けロボット遠隔操作ユニット

吹付け機遠隔操作ユニットは、吹付けロボットコントローラコネクタに接続し、操作室に設置された操作室遠隔操作ユニットと無線 LAN で通信します。遠隔操作ユニットは脱着式なので工場、現場でも装着可能で、吹付け機を大幅に改造することなく遠隔操作仕様にするのが可能です（図—1）。



図—1 吹付けロボット遠隔操作ユニットシステムイメージ

②移動式フル HD カメラユニット

移動式フル HD カメラユニット（写真—1）には、PTZ カメラに映像用無線機とモバイルバッテリーを搭載してユニット化し、フル HD 映像を画像無線機（5GHz 帯）で遅延なく伝送し、PTZ 操作は無線 LAN で制御します。さらに、カメラレンズ外周にエアシャワーリングを装着し、レンズ面への吹付け粉塵付着を抑制します。映像操作ユニットは背面と底盤に強力マグネットを取り付け、オペレーターが吹付け箇所を視認しやすい箇所（吹付け箇所近傍の鋼製支保工やロックボルトプレート、吹付け機のエレクタブーム等）に自由に固定することが可能です。



写真—1 移動式フルHDカメラユニット

③小型移動式操作室

操作室は坑内移動の取り回しの良さを優先し、機動性に富むワンボックスカーとし、後部座席を改造してディスプレイや通信機器を配置します。また、車内にポータブル電源を搭載し、操作室内各機器に電源を供給します。ポータブル電源は移動式操作室の車外に配備した充電用コネクタから坑内に配置した分電盤に接続することで電源供給が可能で、昼夜作業の交代時、もしくは吹付け完了後に任意の箇所で充電します。

室内はロボットコントローラボックスを中心に左右に PTZ カメラのコントローラが配置されています（写真—2）。また、全体俯瞰用ネットワークカメラを装備し、切羽の状況を映像と音声で把握することができます。



写真—2 操作室内部オペレータキャビン

▶ 用途

・山岳トンネル工事

▶ 実績

・黒川第1発電所工事（発注者＝九州電力）

▶ 問合せ先

株熊谷組 土木事業本部 技術統括部 機材部

〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1

TEL：03-3235-8627

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈02〉 掘削機械

23-〈02〉14	日立建機 油圧ショベル ZX240-7	'24.4 発売 [新機種]
-----------	-------------------------------	-------------------

ZX240-7はオフロード法2014年基準に適合した新型油圧ショベルである(写真-1)。

最新油圧システム「TRIAS III (トリアス スリー)」を搭載することにより、作業負荷の状況とレバー操作量に応じて3つのポンプそれぞれの流量を最適に制御し、フロントの動作を左右する油圧バルブのスプール特性のさらなるチューニングにより、繊細かつ機敏に動かすことができる。また、わずかな操作や軽負荷作業時油圧ロスを低減することで、作業量は従来機と同等のまま、大幅な燃費低減を実現している。PWRモードと比較して従来機に対して10%の燃費を低減する^(※1)。

運転席(キャブ)は、居住空間を拡大した新設計のキャブである。ロックレバーやマルチモニター、各種スイッチなどのレイアウトを改善することで、オペレータの居住性と操作性を向上している。また、キャブ内のモニターで機体周辺の俯瞰映像を確認できる周囲環境視認装置「AERIAL ANGLE[®]」を標準搭載し、安全性を向上している。

以上のようにZX240-7は、お客さまの課題である「安全性向上」「生産性向上」「ライフサイクルコスト低減」に貢献する新型の油圧ショベルである。

※1：自社従来機ZX240-6との比較(自社テスト基準による)。実作業では作業条件により異なる場合がある。

表-1 ZX240-7の主な仕様

運転質量	(t)	24.6
エンジン ISO9249 定格出力	(kW/min ⁻¹)	132
標準バケット容量	(m ³)	1.0
最大掘削半径	(mm)	10,290
最大掘削深さ	(mm)	6,960
全長	(mm)	10,350
全幅	(mm)	2,990
全高	(mm)	3,090
フロント最小旋回半径	(mm)	3,440
後端旋回半径	(mm)	3,140
走行速度(高/低)	(km/h)	5.5/3.4
価格(工場裸渡し消費税別)	(万円)	2,900



写真-1 日立建機 ZX240-7

問合せ先：日立建機(株) 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

23-〈02〉-15	日立建機 油圧ショベル ZX75US-7	'24.7 発売 [新機種]
------------	--------------------------------	-------------------

ZX75US-7はオフロード法2014年基準に適合した後方超小旋回型油圧ショベルである(写真-2)。後方超小旋回型のコンパクトな車体を生かして、狭小地での建築基礎や宅地造成などの都市土木を中心とした需要が見込まれる。従来機と比較し、作業量を10%^(※2)、掘削力を8%^(※3)向上させ、基本性能の向上を図った。運転席は新設計のキャブを採用し、キャブ内スペース拡大による快適な作業環境、8インチ液晶カラーモニターによる視認性向上、スイッチボックスのデザイン一新による操作性向上、走行速度切り替えスイッチ付きブレードレバーによりオペレータの作業効率向上を図った。メンテナンス性についてはフィルタ類の集中配置、フィルタ交換時のトレイスペースの確保により、作業効率を向上した。またメンテナンスカバーは開口範囲を広げ快適なメンテナンス空間を実現させた。周囲環境視認装置「AERIAL ANGLE」は前モデルから踏襲し標準搭載としているが、機体周囲を5パターンの映像に切り替えモニターに表示させることが可能で、作業環境に応じた使い方が出来る。また、遠隔から機械の状態診断とソフトウェア更新を行うサービスソリューション「ConSite Air」を標準装備した。オプションでオイルの状態を監視する「ConSite OIL」を搭載し、常にオイルの状態を監視し異常を検知することで、予防保全や寿命延長に貢献する。

以上のように、ZX75US-7はお客さまの課題である「安全性向上」「生産性向上」「ライフサイクルコスト低減」に貢献する新型の油圧ショベルである。

※2 ※3：従来モデルZX75US-5Bとの比較(自社テスト基準による)。実作業では作業条件により異なる場合がある。

新機種紹介

表—2 ZX75US-7の主な仕様

運転質量	(kg)	8,280
エンジン ISO9249 定格出力	(kW/min ⁻¹)	41.8/2,000
標準バケット容量	(m ³)	0.28
最大掘削半径	(mm)	6,380
最大掘削深さ	(mm)	4,150
最大掘削高さ	(mm)	7,180
全長 (輸送時)	(mm)	6,270
全幅 (輸送時)	(mm)	2,320
全高 (輸送時)	(mm)	2,650
後端旋回半径	(mm)	1,390
最低地上高さ	(mm)	360
走行速度 (高/低)	(km/h)	5.0/3.1
価格 (工場裸渡し消費税別)	(万円)	1,070



写真—2 ZX75US-7

問合せ先：日立建機(株) 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

▶ 〈03〉 積込機械

24-(03)-01	日立建機 ホイールローダ ZW180-7, ZW220-7	'24.4 発売 新機種
------------	-------------------------------------	-----------------

オフロード法 2014 年基準に適合した、新型の中型ホイールローダである。

ダンプトラックへの積込み作業時の走行速度を自動で制限する「アプローチスピードコントロール」を新たに搭載し、作業効率と燃費の向上を図っている。従来、積込み作業ではリフトアームを素早く上昇させるためにアクセルペダルの踏み込みと車体の速度調整のためのブレーキ操作を同時に行う必要があったがリフトアームの上昇に併せて走行速度を自動で制限することで、アクセルとブレーキの複合的な操作回数を軽減して操作性を向上させるとともに走行

のエネルギーロスを低減できる。これにより、従来機種に比べて燃料消費量あたりの作業量が、ZW180-7 は 20%、ZW220-7 は 7% 向上している^(※4)。また、積込み作業時の走行速度の制限量は 3 段階の選択を可能とし、現場の広さや作業形態に応じて走行速度の制限量を選択することができる。

3つのカメラを用いて車体周囲を俯瞰した映像を運転席内のモニターに表示する周囲環境視認装置「AERIAL ANGLE (エアリアルアングル)」^(※5)を新たに搭載した。車体周囲の状況をモニターに表示することで視界を補助し、頻繁に後進を行うホイールローダの安全性が向上した。また、オプションとして「後方障害物検知システム」を設定した。車体後方の障害物までの距離と車体の速度から衝突リスクを演算し、リスクレベルに応じて運転席内のモニター表示とブザーでオペレータに警告することで安全性が向上した。

バケットの積載重量を計測する荷重判定装置「ペイロードチェッカ」を標準装備した。掘削後、リフトアームを上昇させたタイミングでバケット内の積載重量を計測し、オペレータは積込み作業をしながら積載重量を把握することができるため、過積載や過少積載を未然に防ぐことができる。また、積込み後、バケットに残っている積載重量を再計測することが可能で、ダンプトラックへの積込み量を容易に調整でき生産性が向上する。

電気式フロント操作レバーを採用し、従来機に比べて操作レバーの操作量を 30% 減少したことにより操作性の向上とオペレータの疲労軽減に寄与する。また、電気制御により、リフトアームとバケットの停止ショックの低減や、「微操作モード」による微操作性の向上を図っている。

上記機能の各種情報を表示するモニターや設定スイッチは運転席の右側 A ピラーに集中配置し、オペレータの視線移動と手の移動が最小限になるように配慮している。

遠隔から機械の状態診断とソフトウェア更新を行うサービスソリューション「ConSite Air (コンサイトエアー)」^(※6)を適用した。OTA (Over The Air/無線経由) を活用した「ConSite Air」により、遠隔で車体のエラーコード表示やセンサーデータなどの機械状態を確認することができるとともに、コントローラのソフトウェアを遠隔で更新ことができ、サービス員が現場に出向くことなく、最新のソフトウェアを適用することが可能になる。

※4：従来機種 (ZW180-6, ZW220-6) との自社テスト基準による比較結果。

※5：AERIAL ANGLE は、日立建機(株)の登録商標。

※6：ConSite は、日立建機(株)の登録商標。

新機種紹介

表-3 ZW180-7, ZW220-7の主な仕様

	ZW180-7	ZW220-7
標準バケット容量 (m ³)	3.0	3.4
運転質量 (kg)	14,820	17,730
エンジン最大出力 (グロス) (kW/min ⁻¹)	129/2,200	157/1,900
全長 (バケット地上時) (mm)	8,000	8,400
全高 (キャブ上端) (mm)	3,305	3,375
全幅 (タイヤ外側) (mm)	2,610	2,825
ホイールベース (mm)	3,100	3,300
ダンピングクリアランス (mm)	2,760	2,880
ダンピングリーチ (mm)	1,100	1,150
価格 (工場裸渡し, 消費税別) (百万円)	34.15	43.00



写真-3 日立建機 ZW180-7



写真-4 日立建機 ZW220-7

問合せ先：日立建機(株) 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

▶ 〈05〉 クレーン, インクラインおよびウインチ

23-〈05〉-04	コベルコ建機 ラフテレーンクレーン RK250-10	'24.2 発売 [新機種]
------------	----------------------------------	-------------------

特定特殊自動車平成26年排出ガス規制(4次規制)対応エンジンを採用した最大つり上げ荷重25tのラフテレーンクレーンである。

クレーン操作時にレバー/ペダルの操作量に連動し、エンジン回転数を自動的にコントロールする「オートアクセル」を新搭載している。アクセルペダル操作が不要でレバーのみで速度コントロールできることでオペレーターの負担が軽減するとともに、無駄なくエンジン回転を上げるため燃費消費量とエンジン騒音の低減につながっている。また一定時間使用しない場合PTOポンプを自動停止する「ポンプオートストップ」も新たに搭載し燃料消費量低減に寄与している。

クレーンの作業情報や各種操作設定を集約したディスプレイを大型化。12.1インチのカラータッチパネルで耐衝撃性に優れ、乱反射や結露を防ぐ素材のパネルを使用し、また操作反応速度も向上している。従来の速度調整に加えオペレーター自身でクレーンの各操作特性を調整できる「フィーリングオペレーション」を搭載している。

走行時の視界性向上のため、旋回台後方カメラと旋回台左後方カメラ、左前方カメラを新たに追加した「マルチビューシステム」を標準装備している。

作業準備や格納作業においては、「セットアップラジコン」に2.7インチのカラー液晶パネルを採用した新型ラジコンを標準装備し従来の機能と操作性はそのままに画面が大きく見やすくなったことで操作性が向上している。

表-4 RK250-10の主な仕様

最大つり上げ能力 (t × m)		25 × 3.5
フック最大地上揚程 (主フック/ジブフック) (m)		31.3/44.2
最大作業半径 (ブーム/ジブ) (m)		27.9/34.0
ブーム長さ (m)		9.35 ~ 30.5
ジブ長さ (m)		8.2 ~ 13.0
最大作業半径 (ブーム/ジブ)		27.9/34.0
ロープ速度 (主巻/補巻) (m/min)	120 (4層目)/120 (4層目)	
回転速度 (min ⁻¹)		2.6
定格出力 (kW/min ⁻¹)		196/2,300
車両総重量 (kg)		25,495
価格 (税抜き) (百万円)		4,900

新機種紹介



写真—5 コベルコ建機 RK250-10

問合せ先：コベルコ建機㈱ コーポレートコミュニケーショングループ
〒141-8626 東京都品川区北品川5丁目5番15号
TEL：03-5789-2112

▶ 〈12〉 モータグレーダ、ロードスタビライザ、締固め機械およびソイルプラント

23-〈12〉-01	酒井重工業 ロードスタビライザ PM600	'23.11 発売 新機種
------------	-----------------------------	------------------

路上路盤再生工法と安定処理工法を行う新型ロードスタビライザである。

PM600は「特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律」の2014年基準に適合したエンジンを搭載し、大型特殊自動車車検取得に対応した新型ロードスタビライザであり、従来機から評価の高い公道走行、破碎・混合性を継承し、機動性と施工品質を備えている。

施工品質をさらに向上させるため、作業速度、乳剤吐出量をリアルタイムに表示可能な7インチディスプレイを標準装備し、表示画面の切替により乳剤コントローラの施工設定情報や乳剤積算吐出量をディスプレイに表示可能である。さらに乳剤コントローラには乳剤ポンプ吐出量校正機能とロス率設定機能を標準搭載している。

オペレータの安全性を高めるため、高輝度LEDライトを採用し回送時は7インチディスプレイに後方カメラの映像を表示する。また、作業運転時には、運転席床面に地面まで見通せる縦格子スリッ

トを設け、運転席から安全に攪拌後の目視確認が出来る運転席フロアを採用している。さらにオプション装備として、車両後方の障害物を検知する超音波式安全装置ミハールを設定している。

施工後の乳剤ノズルメンテナンス時の作業性を向上させるため、ロータフード上面の完全フラット化、ワンタッチ着脱式の乳剤ノズルを採用している。また、エンジン周りのエアクリーナ、エンジンオイルなどの日常点検、メンテナンス作業を容易にするため、メンテナンス開口部を広く設けている。

表—5 PM600の主な仕様

質量	運転質量 (kg)	22,780
寸法	全長×全幅×全高 (mm)	9,260 × 2,650 × 2,910
機関	定格出力 (kW/min ⁻¹)	370/1,800
走行性能	走行速度 (km/h)	0 ~ 14
	作業速度 (m/min)	0 ~ 48
混合性能	混合幅 (mm)	2,000
	最大混合深さ (mm)	430
	ロータ回転数 (min ⁻¹)	Low 100/High 125
	ロータシフト量 (mm)	500
タンク容量	乳剤散布量 (L/min)	0 ~ 300
	燃料タンク (L)	600
	洗浄タンク (L)	90



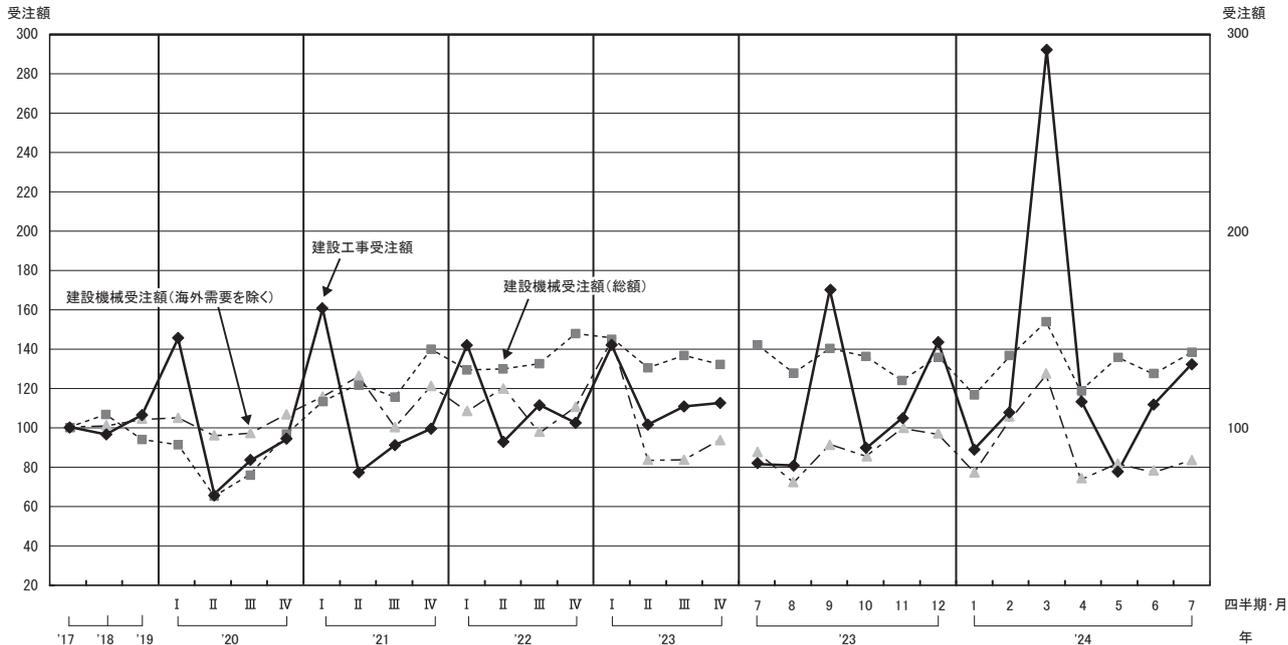
写真—6 酒井重工業 PM600 ロードスタビライザ

問合せ先：酒井重工業㈱ 開発本部
製品開発部 維持機械グループ
〒350-1156 埼玉県川越市中福 849

統計 機関誌編集委員会

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額:建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 2017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 2017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							
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
2019 年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5,319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510
2020 年	143,170	97,457	19,848	77,610	35,447	5,225	4,175	91,725	51,443	171,740	141,261
2021 年	157,839	111,240	22,528	88,713	38,056	4,671	3,874	106,034	51,806	192,900	137,853
2022 年	165,482	119,900	33,041	86,862	33,436	5,252	6,898	114,984	50,496	207,841	130,901
2023 年	172,094	121,790	31,098	90,690	40,060	5,360	4,883	117,929	54,164	217,576	161,186
2023 年 7 月	9,973	5,877	1,269	4,607	3,360	429	308	5,401	4,572	214,911	9,995
8 月	9,888	7,470	2,331	5,138	1,930	343	146	7,132	2,756	212,974	12,201
9 月	20,973	15,485	2,622	12,863	4,341	643	504	15,905	5,068	216,368	17,673
10 月	10,962	8,266	2,603	5,663	2,197	420	79	8,081	2,881	217,263	11,029
11 月	12,872	9,824	2,094	7,730	2,032	385	631	9,359	3,513	218,161	12,726
12 月	17,660	12,721	6,000	6,721	4,097	379	463	13,002	4,658	217,576	17,838
2024 年 1 月	10,931	7,371	1,467	5,904	2,871	391	298	7,657	3,273	218,177	10,491
2 月	13,237	8,390	2,925	5,465	4,001	365	481	7,965	5,273	219,504	12,360
3 月	36,119	22,688	4,005	18,682	10,808	486	2,137	21,526	14,593	231,850	21,578
4 月	13,894	10,066	2,641	7,425	3,122	443	263	9,326	4,568	233,782	10,214
5 月	9,497	6,682	2,500	4,182	1,846	474	495	6,087	3,410	231,352	11,721
6 月	13,725	9,632	2,221	7,410	2,638	460	995	9,394	4,332	229,504	15,537
7 月	16,233	13,082	3,830	9,252	2,234	408	509	12,558	3,675	-	-

建設機械受注実績

(単位: 億円)

年 月	17 年	18 年	19 年	20 年	21 年	22 年	23 年	23 年 7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	24 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月
総 額	21,535	22,923	20,151	17,646	26,393	29,024	29,315	2,549	2,289	2,516	2,442	2,221	2,442	2,089	2,451	2,767	2,115	2,434	2,291	2,476
海 外 需 要	14,912	16,267	13,277	10,966	18,737	21,816	22,627	2,070	1,894	2,013	1,973	1,673	1,911	1,665	1,869	2,066	1,712	1,989	1,863	2,018
海外需要を除く	6,623	6,656	6,874	6,680	7,656	7,208	6,688	479	395	503	469	548	531	424	582	701	403	445	428	458

(注) 2017～2019年は年平均で、2020～2023年は四半期ごとの平均値で図示した。
 2023年7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

建設企業の海外展開

1. はじめに

昨今、少子高齢化が急激に進行しているわが国においては、新興国を中心とした世界の膨大なインフラ需要を取り込むことが重要な課題となっている。2013年に「インフラシステム輸出戦略」が策定されて以降、毎年改訂されながら、各種施策が推進されてきた。

2020年12月に経協インフラ戦略会議において決定された「インフラシステム海外展開戦略2025」の達成に向け、官民連携の下でわが国企業は取組みを実施してきた。

しかし、世界のインフラ市場は、世界的に新型コロナウイルス感染症パンデミック、グリーン・デジタル等の社会変革、新興国企業の飛躍的成長、経済安全保障上のリスクの増大などにより、5年間で大きく変化した。

このため、政府は6月5日にインフラ輸出支援に関わる政策の方向性を検討する「経協インフラ戦略会議」を開き、「2030年を見据えた新戦略骨子」を決定した。

このような状況の中、2023年度の建設企業の海外展開の状況について、海外進出の歴史を踏まえて紹介する。

※本文中の数値は、四捨五入の都合上、一致しない場合がある。

2. わが国の建設業における海外進出の歴史

わが国の建設業における海外進出の歴史について、国土交通省「わが国建設業の海外展開戦略研究会中間報告書」(2005年)をみると、初めて商業ベースで海外に進出したのは、1897年(明治30年)に始まった京城と仁川の間を結ぶ京仁鉄道工事からであるとされている。その後、1901年には京城と釜山の間を結ぶ京釜鉄道工事、1937年にはメキシコでの道路舗装工事、1939年にはブラジルでの水力発電工事を実施したという記録が残されている。この間、これら商業ベースの工事とは別に、わが国の領土拡大等を背景とした海外進出も少なくなかった。台湾縦貫鉄道建設(1898年～1908年)などの工事が行われたが、1945年の太平洋戦争に敗戦したことにより、中断することとなった。

戦後、わが国建設業の海外進出は、東南アジアや韓国における賠償工事という形で再開されたと言われている。賠償工事は、1955年度の当時ビルマ(現ミャンマー)における水力発電所建設が最初であった。本工事は、1954年11月に署名されたわが国とビルマとの賠償及び経済協力に関する協定に基づく賠償工事の第1号であった。賠償工事から商業ベースへと移行していったのは1960年代に入ってからと言われている。

また、「海外建設協会30年の歩み」を見ると、1960年代の現地法人での受注は1966年度にタイ国での1件のみであり、他の受注

はすべて本邦法人での受注であった。以降、1972年まで現地法人による受注はなかったと記されている。わが国建設企業の海外進出が本格化したのは1970年代に入ってからである。(一社)海外建設協会(以下「海建協」という。)の資料によると、海外受注実績はオイルショックを背景とした中東における受注により1970年代から急伸し、1980年代に入っても伸び続け、1983年度に初めて1兆円を超えることとなった。1996年度には過去最高額の1兆5,926億円を記録したが、1997年のアジア通貨危機の影響により1999年度は7,297億円まで下落することとなった。2000年度に入ると1兆円台に回復したが、2001年度には再び1兆円を割り込み、以降3年間1兆円を超えることはなかった。再び1兆円台を回復したのは、2004年度になってからである。

2017年度以降受注額は3年間伸び続け、2019年度には2兆570億円となり初めて2兆円を超えた。しかし、2020年度は新型コロナウイルスの影響を大きく受け、世界的に経済が停滞したことにより、受注額は1兆1,142億円と大きく減少した。このウイルスの感染が落ち着きを取り戻し始めた2021年度より再び増加に転じ、2023年度には2兆2,907億円と過去最高の受注額となり、2021年度以来3年連続で増加する結果となった(図—1参照)。

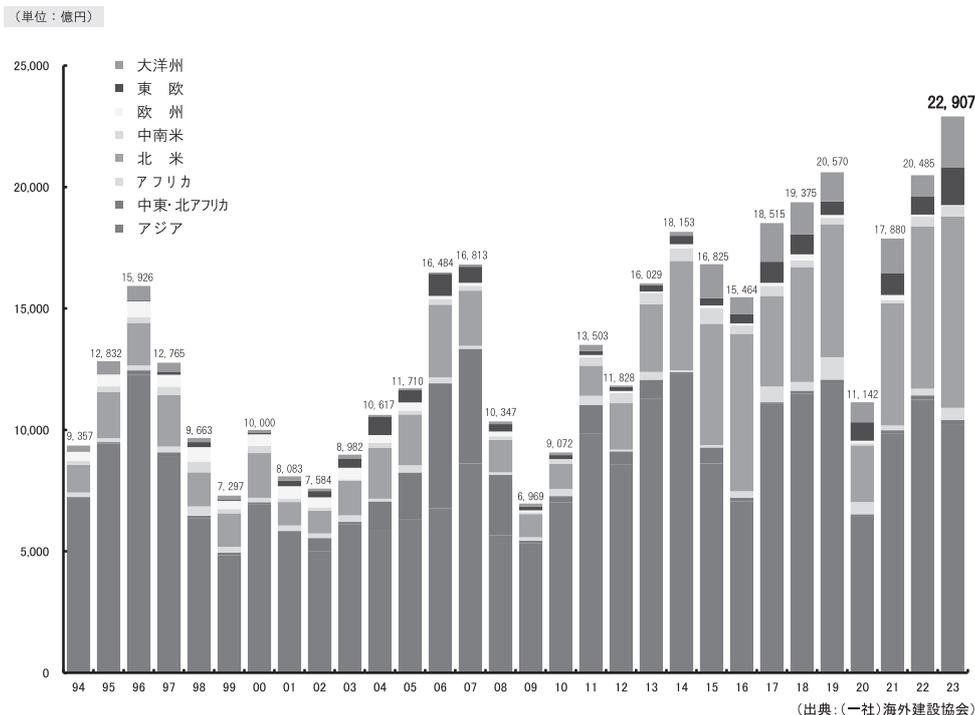
3. 2023年度の海外建設工事受注実績について

2023年度におけるわが国建設企業の海外建設工事受注実績について、海建協のデータを用いて紹介する。この受注実績は、同協会会員企業52社が受注した海外建設工事(1件1,000万円以上)を取りまとめたものである。なお、集計は会員各社間(海外法人を含む)及び自社の本邦法人と現地法人間の契約案件(元請・下請による重複分)は除外されており、また共同企業体(JV)による受注については各社の出資比率分が計上されている。

(1) 2023年度の海外建設工事受注額及び受注件数について

2023年度の海外建設工事受注額は前年度の受注額2兆485億円と比べ2,422億円増の2兆2,907億円であった。受注件数については、前年度の1,851件と比べ1件減の1,850件であった。

また、2023年度の海外建設工事受注状況を法人別にみると、本邦法人の受注額は4,122億円であり、前年度の6,800億円と比べ2,677億円(39.4%)減少した。件数については486件となり、前年度の426件に比し60件増加する結果となった。現地法人の受注額については、1兆8,785億円であり、前年度の1兆3,685億円に比べ5,100億円(37.3%)の増加となった。件数については1,364件となり、前年度の1,425件に比し61件減少する結果となった(表—1、図—2参照)。

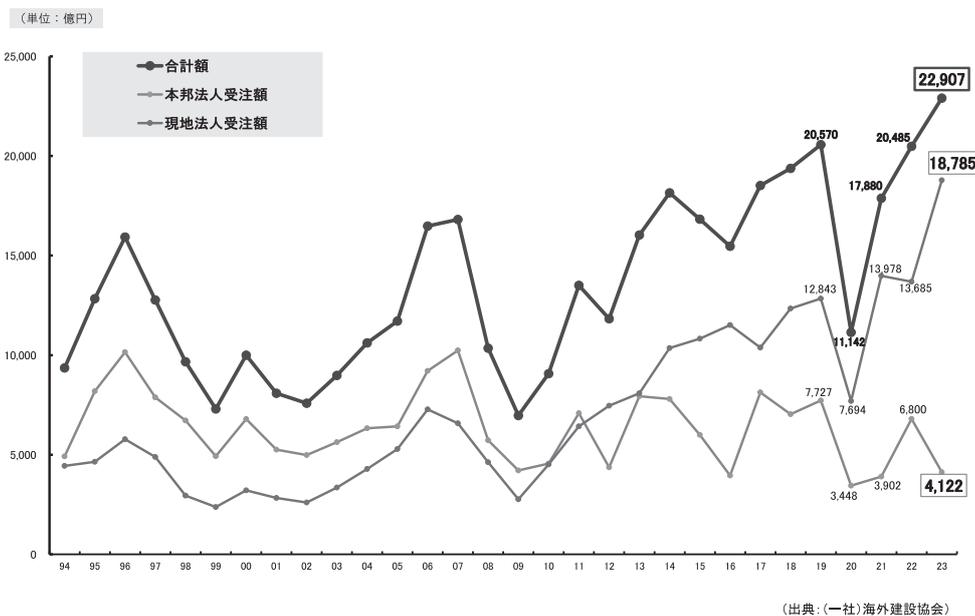


図一 1 海外建設工事受注額（地域別）の推移（1994年度～2023年度）「海建協調べ」

表一 1 2023、2022年度の海外建設工事受注額の対比「海建協調べ」

(単位：億円)

法人種別	2023年度		2022年度		対前年度比：増減	
	件数	金額 (構成比率)	件数	金額 (構成比率)	件数	金額 (前年度比率)
本邦法人	486	4,122 (18.0%)	426	6,800 (33.2%)	60	-2,677 (-39.4%)
現地法人	1,364	18,785 (82.0%)	1,425	13,685 (66.8%)	-61	5,100 (37.3%)
合計	1,850	22,907 (100.0%)	1,851	20,485 (100.0%)	-1	2,422 (11.8%)



図一 2 海外建設工事受注額の推移（1994年度～2023年度）「海建協調べ」

／ 統 計

表—2 2023、2022年度の地域別建設工事受注額の対比「海建協調べ」

(単位：億円)

地域	2023 度		2022 度		対前年比：増減	
	件数	金額 (構成比率)	件数	金額 (構成比率)	件数	金額 (前年度比率)
アジア	1,390	10,235 (44.7%)	1,347	11,244 (54.9%)	43	-1,009 (-9.0%)
中 東 北アフリカ	14	171 (0.7%)	24	175 (0.9%)	-10	-4 (-2.1%)
アフリカ	21	501 (2.2%)	22	279 (1.4%)	-1	222 (79.5%)
北 米	148	7,878 (34.4%)	234	6,682 (32.6%)	-86	1,196 (17.9%)
中南米	119	432 (1.9%)	67	396 (1.9%)	52	36 (9.0%)
欧 州	25	41 (0.2%)	29	88 (0.4%)	-4	-47 (-53.3%)
東 欧	65	1,555 (6.8%)	73	761 (3.7%)	-8	794 (104.2%)
大洋州	68	2,094 (9.1%)	55	859 (4.2%)	13	1,235 (143.8%)
合計	1,850	22,907 (100.0%)	1,851	20,485 (100.0%)	-1	2,422 (11.8%)

(2) 2023年度各地域における建設工事受注状況について

2023年度の受注状況を各地域別にみると、アフリカ、北米、中南米、東欧、大洋州の5地域において、前年度より受注額が増加する結果となった。それぞれの地域の受注件数と受注額は、アフリカが21件で501億円（前年度比79.5%増）、北米が148件で7,878億円（前年度比17.9%増）、中南米が119件で432億円（前年度比9.0%増）、東欧が65件で1,555億円（前年度比104.2%増）、大洋州が68件で2,094億円（前年度比143.8%増）であった。

増加した5地域を受注額の増加額順にみると、大洋州が最も増加しており、次いで北米、東欧、アフリカ、中南米の順であった。また、上昇率の高い順にみると、大洋州が最も上昇しており、次いで東欧、アフリカ、北米、中南米の順であった。

一方、アジア、中東・北アフリカ、欧州の3地域では、前年度より受注額が減少する結果となった。それぞれの地域の受注件数と受注額は、アジアが1,390件で1兆235億円（前年度比9.0%減）、中東・

北アフリカが14件で171億円（前年度比2.1%減）、欧州が25件で41億円（前年度比253.3%減）であった（表—2参照）。

4. おわりに

わが国建設業は、国内経済の発展と共に成長を続けてきたが、近年では国内市場の成熟化や少子高齢化による建設需要の減少など、諸課題に直面している。

一方で、世界のインフラ市場は今後もさらに需要が伸張することが見込まれている。

海外進出には、為替変動リスクやカントリーリスクといった決して少なくないリスクが伴うことになる。しかし、国内の建設市場の成長が緩やかになってきている状況にある中、魅力的な海外市場への進出の検討も求められている。このためには、官民一体となった支援策の一層の拡充を期待したい。

行事一覽

(2024年8月1～31日)

機械部会



■ダンプトラック技術委員会

月日：8月2日(金)(会議室, Web併行開催)

出席者：渡辺浩行委員長ほか6名

議題：①各社トピックス(株)諸岡「2024CSPI-EXPOと環境展への出展概要紹介」②生産性向上に関する輪講：コマツ「iVolve社フリートマネージメントシステムの紹介」③R6年度の見学会候補地について議論④R6年度JIS定期見直しの件

■コンクリート機械技術委員会

月日：8月6日(火)(会議室, Web併行開催)

出席者：笹谷武委員長ほか11名

議題：①前回の議事録確認②技術発表：新明和工業(株)「新明和スマートコネクタ(SSC)の紹介」③見学会候補地について議論④JIS, ISOに関する標準部からの情報提供⑤日本建設機械要覧2025改訂の対応について

■建築生産機械技術委員会(クローラクレーン作業燃費分科会)

月日：8月9日(金)(会議室, Web併行開催)

出席者：石倉武久委員長ほか9名

議題：①分科会の取組内容とスケジュールについて議論②クローラクレーンの機種, クラス分けについて議論

■除雪機械技術委員会・ロータリ分科会

月日：8月22日(木)(Web開催)

出席者：久末忍リーダーほか5名

議題：①ロータリ除雪車のオプション装備の標準化についての討議：前回分科会(7/31(水))決定事項の確認, 国土交通省提出書類の内容確認, スケジュールの確認

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月日：8月28日(水)(会議室, Web併行開催)

出席者：浅沼廉樹委員長ほか9名

議題：①WG活動の進め方について議論②見学会候補地についての議論：トンネル施工現場の見学会の詳細説明③技術講演会について講演者選定に関する議論

標準部会



■ISO/TC 195 建設用機械及び装置親委員会(予備日)

月日：8月1日(木)

出席者：佐々木正博委員長(ファーストループテクノロジー(株))ほか14名

場所：協会会議室及びWeb上(ISO Zoom)

議題：①2024年度ISO/TC 195委員委嘱②2024年4月～6月に開催されたWG会議(バーチャル・ハイブリッド)の状況報告③TC 195鄭州国際会議対応協議④次回開催日程(9月末～10月前半)

■ISO/TC 195/SC 1 コンクリート機械委員会

月日：8月6日(火), 9日(金)(予備日)

出席者：川上晃一委員長(日工(株))ほか14名

場所：機械振興会館会議室及びWeb上(ISO Zoom)

議題：①TC 195総会対応協議②SC 1総会対応協議③その他SC 2総会, WG 9会議対応説明④次回開催日程(10月中頃)

■ISO/TC 127/SC 3/WG 5 ISO/TS 15143-3 施工現場情報交換-テレマティックス・データ国際バーチャルWG会議

月日：8月14日(水)

出席者：米国 Bollweg 共同コンピナー(Deere社), 日本・中川智裕 共同コンピナー(コマツ)ほか23名

場所：Web上(ISO Zoom)

議題：①第3部改訂に向けた各分野からの要望確認②ノルウェイ・オスロ市公共工事における, ISO15143-3を活用した電動建機稼働データ配信の実例紹介

■JIS A 8341-3 機能安全(第3部)第1回原案作成分科会

月日：8月26日(月)

出席者：田中昌也主査(コマツ)ほか7名

場所：Web上(Zoom)

議題：JIS A 8341-3 機能安全(第3部)の原案審議(修正提案104件の検討)

建設業部会



■機電交流企画WG

月日：8月23日(金)

出席者：篠宮政幸主査ほか8名(内Web参加者4名)

議題：①令和6年度(2024年)第24回機電技術者意見交換会の準備について：実施・運営に伴う各文書・資料の確認②令和6年度若手現場見学会の準備について③その他

■クレーン安全情報WG

月日：8月29日(木)

出席者：猪又勝美主査ほか10名(内Web参加者4名)

議題：①クレーンの最新動向ヒアリング(5社)のまとめ：タダノ報告(久田委員)②移動式クレーン運転士安全衛生教育更新講習『災害ゼロに向けて』2025年度改訂に向けた準備報告③移動式クレーン運転士安全衛生教育における「クレーン安全協議会」名称変更について④事故事例発表⑤その他

■三役会

月日：8月30日(金)

参加者：坂下誠部会長ほか4名(内Web参加者3名)

議題：①(8/23予定)機電交流企画WG報告：10月の機電技術者意見交換会準備報告②(8/29予定)クレーン安全情報WG報告：メーカーヒアリングの纏め, 安全教育更新講習自己事例本改訂準備等③(9/13予定)建設業ICT安全WG見学会の開催準備報告④その他

レンタル業部会



■コンプライアンス分科会

月日：8月6日(火)(Web会議併用)

出席者：間庭分科会長ほか11名

議題：①分科会長挨拶②「お客様の安全技術情報の集約と現状のまとめの検討」について③各社からの報告事項・情報交換

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月日：8月7日(水)

出席者：中野正則委員長ほか24名

議題：①令和6年11月号(第897号)計画の審議・検討②令和6年12月号(第898号)素案の審議・検討③令和7年1月号(第899号)編集方針の審議・検討④令和6年8月号～令和6年10月号(第894～896号)進捗状況報告・確認 ※通常委員会及びZoomにて実施

■新工法調査分科会

月日：8月21日(水)

出席者：石坂仁分科会長ほか4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



■第2回施工技術検定委員会

月 日：8月26日(月)
場 所：札幌市((一社)日本建設機械
施工協会北海道支部 会議室)
出席者：板橋伸明総括試験監督者ほか
7名
議 題：建設機械施工管理技術検定第二
次検定(実技試験)の実施要領につ
いて

東北支部



■令和6年度 i-Construction (ICT 活用工事) セミナー

内 容：①令和6年度の ICT 活用工事
東北地方整備局の取組み ②令和6年
度の ICT 活用工事 県の取組み ③施
工者による事例発表 ④ ICT 活用工
事の実践(その1:3次元計測, その2:
小規模 ICT 施工, その3: ICT 建機
施工, その4:3次元データの運用と
利活用, その5: インフラ DX の活用,
活用の要点と技術例紹介)
主 催：東北地方整備局, 青森県・秋田
県・岩手県・山形県・宮城県・福島県
講 師：東北建設業協会連合会, JCMA
東北支部 (①東北地方整備局 ②各県
担当者 ③各県の施工者 ④ JCMA
東北支部 情報化施工技術委員会メン
バー)

⑥青森会場

月 日：8月1日(木)
場 所：青森市はまなす会館
受講者：74名

■令和6年度 基礎技術講習会 (インフラ DX) (主催:東北土木技術人材育成協議会)

【座学1】インフラ DX 概論 (講師:東
北地方整備局企画部)
【実習1】遠隔 VR システム体験ほか (講
師:JCMA 東北支部)
【実習2】XR 体験 (講師:東北地方整備
局)
【実習3】遠隔臨場 (講師:JCMA 東北
支部)
【実習4】遠隔臨場・鉄筋探査 (講師:
JCMA 東北支部)

④4回目

場 所：東北技術事務所 研修棟
月 日：8月7日(水)
受講者：20名

■EE 東北 '24 第3回実行委員会 幹事会 (Web 会議)

月 日：8月8日(木)
出席者：東北技術事務所 佐藤英樹副所
長ほか13名
内 容：①EE 東北 '24 実施報告 ②EE
東北 '24 決算 ③EE 東北 '24 アンケ
ー ト概要 ④EE 東北 '25 について

■令和6年度 1・2 級建設機械施工管理技 術検定第二次検定(実技) 試験の試験監 督者打合せ

月 日：8月21日(水)
場 所：宮城県仙台市 西尾レントオー
ル(株) 東北テクノヤード
出席者：布宮明道事務局長ほか17名
内 容：新規試験監督者講習, CMI 制
作 DVD 視聴, 実技試験実施要領, 出
題・採点基準の説明と打合せ

■令和6年度 1・2 級建設機械施工管理技 術検定第二次検定(実技) 試験

月 日：8月22日(木)～24日(土)
場 所：宮城県仙台市 西尾レントオー
ル(株) 東北テクノヤード
受験者数：種別 1 級 2 級 合計
1 種 17 19 36
2 種 16 152 168
3 種 2 8 10
4 種 17 7 24
計 52 186 238

■EE 東北 '24 第3回実行委員会 (対面及 び Web)

月 日：8月29日(木)
場 所：ハーネル仙台
出席者：東北地方整備局 宮本健也企画
部長ほか17名+ Web9名
内 容：①EE 東北 '24 実施報告 ②EE
東北 '24 決算 ③EE 東北 '24 アンケ
ー ト概要 ④EE 東北 '25 について

北 陸 支 部



■北陸地方防災エキスパート運営委員会

月 日：8月8日(木)
場 所：アートホテル新潟駅前
出席者：堤運営委員
議 題：専門防災エキスパートの追加選
出について, 能登半島地震での対応を
踏まえた今後の活動のあり方につ
いて, その他

■建設機械施工 外国人技能実習評価試験 (8 月期)

月 日：8月22日(木)

場 所：石川県金沢市 CAT 北陸教習セ
ンター

受検者：学科26名(初級, 専門級), 実
技29名(掘削(小, 大), 締固め)

■建設機械施工管理技術検定試験

月 日：8月24日(土)
場 所：石川県小松市 コマツ教習所粟
津センター
受検者：1 級第二次検定(実技)14名(第
1 種:4名, 第2種:5名, 第4種:5
名), 2 級第二次検定(実技)44名(第
1 種:3名, 第2種:33名, 第3種:
2名, 第4種:6名)

中 部 支 部



■「建設 ICT ソリューションセミナー 2024」の開催

月 日：8月6日(火)
場 所：愛知県産業労働センター(ウイ
ンクあいち)
参加者：約150名
内 容：福井コンピュータ(株)と共催で建
設 ICT のセミナーを開催

関 西 支 部



■令和6年度 第1回広報部会

月 日：8月5日(月)
場 所：関西支部
出席者：木村泰男広報部会長以下5名
議 題：①年間事業計画について
②「JCMA 関西」第121号について

■令和6年度 1・2 級建設機械施工管理技 術検定(第二次検定) 試験監督者打合せ

月 日：8月9日(金)
場 所：関西支部
出席者：児玉孝司事務局長以下8名
議 題：①実地試験実施要領について
②その他

■令和6年度 1・2 級建設機械施工管理技 術検定試験(第二次検定)

月 日：8月21日(水)
場 所：キャタピラー教習所(株)
延受検者数：61名(1 級13名, 2 級48名)

中 国 支 部



■第2回施工技術部会

月 日：8月5日(月)
場 所：広島市内
出席者：新宅清人部会長ほか11名
議 題：①令和6年度部会事業報告等に
ついて ②令和6年度部会関連事業の推
進と体制について ③その他懸案事項

■令和6年度JCMA ICT 施工検定試験合格者更新講習会・ICT 施工検定試験

月 日：8月7日（水）

場 所：広島 YMCA

受講者：46名

受験者：26名

■第2回部会長会議

月 日：8月8日（木）

場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：玉田一雄企画部会長ほか8名

議 題：①各部会事業活動状況報告及び今後の計画について ②その他懸案事項

■令和6年度建設機械施工管理技術検定試験 第二次検定（実技）

月 日：8月27日（火）、28日（水）

場 所：土師ダム上流

受検者：1級22名、2級66名（1種6、2種65、3種1、4種16）

四 国 支 部



■令和6年度建設機械施工管理技術検定【実技】試験監督打合せ会議

月 日：8月20日（火）～28（水）

場 所：日立建機日本(株)中国・四国支社（善通寺市）、建設クリエイティブビル4階 四国支部内（高松市）

参加者：試験監督7名参加

議 題：R6 実技試験の実施要領と注意事項について

■工事・業務における入札・契約制度及び土木工事積算に関する講習会

月 日：8月30日（金）※台風10号接近のため資料配付

参加者：50名

内 容：①土木工事積算について（四国地方整備局） ②工事における入札・契約制度について（四国地方整備局） ③業務等における入札・契約制度について（四国地方整備局）

九 州 支 部



■試験監督者説明会

月 日：8月21日（水）

場 所：(株)リファレンス 駅東ビル H-6 会議室

出席者：試験監督者 A 9名

内 容：試験実施要領等の確認

■企画委員会

月 日：8月21日（水）

場 所：(株)リファレンス 駅東ビル H-6 会議室

出席者：10名

議 題：①令和5年度JCMA九州支部の主要行事予定について ②JCMA ICT 施工検定試験合格者更新講習について ③JCMA 技術講習会について ④企画委員会運営要領について

■試験監督者説明会

月 日：8月26日（月）

場 所：コマツ教習所(株)九州センタ

出席者：試験監督者 B 9名

内 容：試験実施要領等の確認

■建設機械施工管理技術検定試験（実技試験）

月 日：8月27日（火）～9月1日（日）

場 所：コマツ教習所(株)九州センタ

受験者：1級50名、2級161名

編集後記

パリオリンピックも終盤の8月8日に日向灘を震源とするマグニチュード7.1の地震が発生し、「南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）」が発表されました。地震への備えを見直すきっかけになったのではないのでしょうか。また、この臨時情報が要因のひとつとも言われている令和の米騒動も発生し、依然として米の品薄状態が続いています。本号が発行される10月下旬には、店頭で新米が十分並んでいることを願うばかりです。

さて、10月号のテーマは「エネルギー・エネルギー施設」です。我が国は、2030年度の温室効果ガス46%削減(2013年度比)、2050年カーボンニュートラルの実現という国際公約を掲げています。建設業においても、脱炭素関連の取り組み、再生可能エネルギーの利用、水素を用いた脱炭素化、住宅・建築物の省エネ対策や蓄電池の利用など、GXに向けた様々な取り組みが行われているところです。

巻頭言を東京理科大学の佐々木信也教授にお願いしたところ、カーボンニュートラル社会実現に向けた“ものづくり”の視点から、サプライチェーン排出量削減に対する考え方や「GHG（温室効果ガス）プロトコル」に則った排出量算定方式に

は未解決課題が多いため今後、各業界団体の積極的な取り組みが重要となることをお示し頂きました。

行政情報は、国土交通省から「国土交通省における環境政策の動向・取組」と「建設施工分野におけるカーボンニュートラルに向けた取組」の2件、農林水産省からは「バイオマス活用に向けた取組と今後の展望」について、それぞれ紹介を頂きました。

特集報文は、「水素系溶断ガス」、「下水熱を利用した低炭素まちづくり」の紹介や、建築物のZEB化や水素利用、建設現場におけるCO₂モニタリングシステム、さらにはカーボンネガティブコンクリートの活用などについて、現状と課題を述べて頂きました。また、GX建機やSEP型多目的起重機船について、特徴や構造、仕様などについて詳細に説明を頂きました。

交流のひろばでは、JR東日本グループのサステナブルな社会の実現と、地域や社会への貢献を目指す取り組みについて、貴重なお考えを紹介頂きました。

最後に、ご多忙にもかかわらず、ご寄稿頂きました執筆者の皆様やご尽力を頂きました関係者の皆様から心からお礼を申し上げます。本号が建設産業の更なる魅力化、成長へ繋がる一助となれば幸いです。ありがとうございました。

(河原・松本)

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	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
見波 潔	

編集委員長

中野 正則 日本ファブテック(株)

編集委員

吉田 真人	国土交通省
大津 太郎	農林水産省
内海 友介	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
河原 圭司	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
藤井 攻	清水建設(株)
桐山 茂雄	(株)大林組
出口 明	(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)
加取 新	鉄建建設(株)
副島 幸也	(株)安藤・間
松澤 享	五洋建設(株)
那須野陽平	東亜建設工業(株)
佐藤 裕	日本国土開発(株)
丑久保吾郎	(株)NIPPO
室谷 泰輔	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)
丹治 雅人	コベルコ建機(株)
漆戸 秀行	住友建機(株)
大竹 博文	(株)加藤製作所
田島 良一	古河ロックドリル(株)
鈴木 健之	施工技術総合研究所

事務局

(一社)日本建設機械施工協会

11月号「道路特集」予告

・令和6年能登半島地震による道路構造物の被害と技術基準 ・道路政策における技術研究開発 ・道路橋の床版取替を高速で行う施工システム ・首都高初のドローンを活用した長大橋の自動点検に向けた実証実験の実施 ・構造物の長寿命化を目指し、さびにくい新たな凍結防止剤の導入 ・アスファルト舗装施工情報における一元管理システムの開発 ・東名リニューアル工事にて施工シミュレータ「GEN-VIR®」を活用 ・画像を用いた球体マーカー検知および自動停止機構の開発 ・路面切削機CRP-100VI 周閉安全システム ・アスファルトフィニッシャの遠隔操作技術の開発 ・アスファルトフィニッシャの自動化 ・施工現場の各プロセスの調和へ向けたプラットフォームの構築 ・走行中EVにリアルタイムで給電できる無線給電道路「TiPower Road」の開発 ・アスファルトプラントでの水素燃料利用 ・フル電動式4トンコンパインドローラの開発

【年間定期購読ご希望の方】

- ①書店でのお申し込みが可能です。お近くの書店へお問い合わせください。
- ②協会本部へのお申し込みは「年間定期購読申込書」に必要事項をご記入のうえFAXをお送りください。

詳しくはHPをご覧ください。

年間定期購読料(12冊) 10,032円(税・送料込)

建設機械施工

第76巻第10号(2024年10月号)(通巻896号)

Vol.76 No.10 October 2024

2024(令和6)年10月20日印刷

2024(令和6)年10月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 金井道夫

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; <https://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

FA機器の最適無線化提案

クレーン・搬送台車・建設機械・特殊車両他
産業機械用無線操縦装置

New!

自社開発した
**3ノッチ式
ジョイスティック**
中立位置に自動復帰
する仕様も可能!

自動復帰!

ストロークが深く、
クリックがハッキリ!

**ロングストローク型
スイッチ** を標準採用



マイティ 429MHz帯・1.2GHz帯
特定小電力モデル対応
サテラ
RC-73000U/G シリーズ

スリムケーブルレス 5800シリーズ 好評発売中!

双方向データケーブルレス

《TC-1000808S》

**緊急停止
スイッチ** (オプション)

429MHz帯・1.2GHz帯
特定小電力モデル対応

プッシュロック、
ターンリセット型
キノコスイッチ



クレードルタイプ
充電台対応

**2段押3組
標準型**

- ・インバーター制御の
クレーンに最適!
- ・クリック感ハッキリの
ロングストローク
スイッチ

429MHz
1216MHzが
同価格!!



- ・見えない機械の制御もフィードバック!
- ・双方向制御がこの1セットで対応可能!
- ・新周波数920MHz帯を採用!



常に半歩、先を走る



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

杭打工事用

パイルキーパー

海上・河川等での杭打ち作業用、
パイル保持装置

石狩湾新港洋上風力発電事業工事向け
パイルキーパー

仕様

杭径.....最大 φ2500mm
 杭重量.....最大 90ton
 開閉.....油圧駆動
 前後スライド範囲.....±900mm 油圧駆動
 左右スライド範囲.....±1000mm 油圧駆動

実績多数

海上工事、陸上工事、岸壁護岸工事、海上空港、
 ダム湖再生工事、導枠治具、リーダー付



洋上風力発電ジャケット基礎杭工事



吉永機械株式会社

〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 吉永ビル TEL:03-3634-5651
 URL : www.yoshinaga.co.jp

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン



ICT施工や自動制御に対応可能

ダイワテレコン872

- 最大72点の操作点数を持ち、比例制御にも対応いたします。
- 指令機操作パネルはレイアウトフリーで用途に合わせた実装部品が選択可能。
- 特定省電力無線429MHz帯域および1200MHz帯域選択可能。
- 外部接続用ポート(オプション仕様)より、LAN通信制御が可能。

取付改造実績

油圧ショベル, ブルドーザ, 振動ローラ
 クローラダンプ, 鑿岩機, その他特殊専用機など

無線遠隔装置だけでは終わらない
 弊社では制作から取付改造工事までを完全サポート
 大型機対応屋内工場完備(100tクラスまで対応)



ハンディータイプ
 使いやすさを極めた高機能・高性能
ダイワテレコン810

用途
 インバータ制御機器
 エンジン制御
 油空圧比例制御

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

常滑工場 〒479-0002 愛知県常滑市久米字西仲根227番
 TEL: 0569-84-8582(直通) FAX: 0569-84-8857
 ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>
 e-mail mekatoro@daiwakiko.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： _____

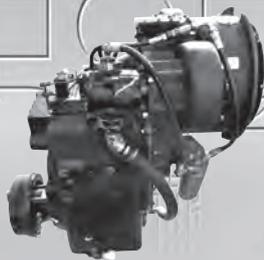
E-mail: _____

	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

あらゆる建設機械／シールドマシン・・・
油圧機器の整備・再生

各種トランスミッション整備で相談に応じます。



建設機械用ZFトランスミッション

点検・整備は、日本ではマルマのみが対応



建設機械のあらゆる油圧機器

斜板式ダブルポンプ



斜板式ピストンポンプ



斜軸式ピストンモータ



シールドマシン用油圧機器



シールド用ジャッキ

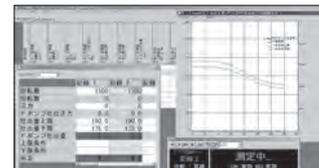
電動モータ付ピストンポンプ

建機と共に半世紀以上。確かな「信頼」をお届けします！

整備・再生された各Ass'yは、自社独自開発の多機能油圧機器試験機により性能を確認。各テストのデータはデータベースとして保存され、出荷後、マッチング調整や、搬送されてきた同等品の確認テストに活用します。この万全を期した体制がマルマの高い信頼性の由縁です。



MH-R220は従来の油圧ドライブ型油圧機器試験機に比べ、インバータ制御電動モーター駆動、及びエネルギー回生回路の採用により大幅な消費電力量の削減を実現しました。大型油圧ポンプの試験も可能です。



マルマテクニカ株式会社

本社・相模原事業所 営業部 整備油機課

〒252-0331 神奈川県相模原市南区大野台6-2-1

TEL042 (751) 3809 FAX042 (756) 4389

E-mail:yuki@maruma.co.jp

東京工場 〒156-0054

E-mail:tokyo@maruma.co.jp

名古屋事業所 〒485-0037

E-mail:n-service@maruma.co.jp

東京都世田谷区桜丘1-2-22

TEL03 (3429) 2141 FAX03 (3420) 3336

愛知県小牧市小針2-18

TEL0568 (77) 3311 FAX0568 (77) 3719

URL <http://www.maruma.co.jp/>

Mikasa

<http://www.mikasa.jp>

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

タンピングランマー

MT-55H



MVC-e60

NETIS No. KT-210039-A

超低騒音型 No.6760



MRH-603DS-SS

NETIS No. KT-190125-VE



MUV-Fe32



MT-e55

NETIS No. KT-210039-A

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
札幌営業所 TEL: 011-892-6920
仙台営業所 TEL: 022-238-1521
新潟出張所 TEL: 080-1049-0634

北関東営業所 TEL: 0276-74-6452
長野出張所 TEL: 080-1059-2116
中部営業所 TEL: 052-504-3434
金沢出張所 TEL: 080-1013-9542

中国営業所 TEL: 082-875-8561
四国出張所 TEL: 087-868-5111
九州営業所 TEL: 092-431-5523
南九州出張所 TEL: 080-1013-9547

沖縄出張所 TEL: 080-1013-9328

精密さとパワーで建設の現場を支える。

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

図書館内並の低騒音を実現!
静音発電機マーリエ



50Hz-7m
43dB

DCA-25MZ

溶接機

最大溶接電流500A&インバータ制御
炭酸ガスエンジン溶接機



溶接電流 500A
(炭酸ガス/カウジンク/手溶接)

交流電源
三相 25 kVA

DCW-500LSE

コンプレッサ

アフタクーラ/アフタウォーマ内蔵
電子制御で低燃費&低騒音



DIS-670LS-D

●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
ホームページ：http://www.denyo.co.jp/

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

WELCOME TO JOIN US

International Trade Fair for Construction Machinery,
Building Material Machines, Mining Machines and Construction Vehicles.

bauma CHINA

November 26 - 29, 2024

Shanghai New International Expo Centre



Register Now

to Get Free Admission

Before 15th November 2024

→ www.bauma-china.com

SCAN TO VISIT




330,000m²
Exhibition Space


3,300+
Global Exhibitors


200,000+
Trade Visitors


150+
Countries & Regions

*the above is the estimated figures of bauma CHINA 2024

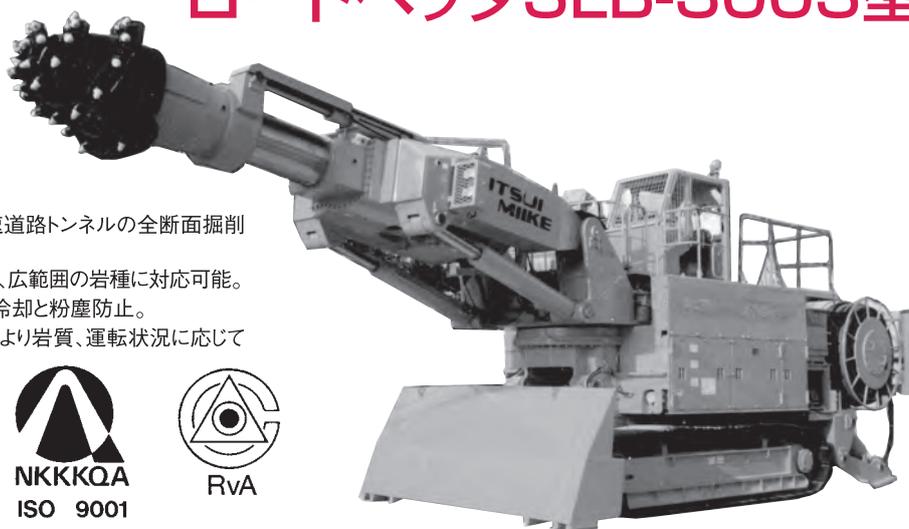
Contact: Messe München GmbH | Tel: +49 89 949-11478 | Email: info@bauma-network.com

安全・高能率な掘削を実現!

全断面对応中硬岩用トンネル掘進機 ロードヘッドSLB-300S型

特長

1. 最大8.8mの掘削高さで、新幹線、高速道路トンネルの全断面对掘削が可能。
2. 300kW:2速切換型電動機の採用により、広範囲の岩種に対応可能。
3. ピック先端に高圧水を散水させ、ピック冷却と粉塵防止。
4. モード切換式パワーコントロール装置により岩質、運転状況に応じて作動設定の変更が可能。
5. 運転操作が優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
6. ケーブルリール装置により、電源ケーブルの取扱いが容易で移動が迅速。



製造・販売・レンタル及びメンテナンス

 株式会社 三井三池製作所

本店 / 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館

TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

Trimble Siteworks **新発売**
Machine Guidance

Two-in-One



 **Trimble**
Authorized Dealer

 **SITECH**

SITECH-JAPAN.COM

サイテックジャパン株式会社 info@sitechjp.com
東京都大田区南蒲田2-16-2 テクノポート大樹生命ビル
TEL:03-5710-2594 FAX:03-5710-2731

雑誌 03435-10



4910034351046
00800

「建設機械施工」

定価 八八〇円 (本体八〇〇円 + 税10%)