極東開発工業グループ

技 報

TECHNICAL REPORT

Oct. 2022 Vol. 10

KYOKUTO TREX HOKUJU

極東開発工業グループ

技　報

TECHNICAL REPORT

Oct. 2022　vol.10

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

極東開発工業グループでは、SDGsの目標達成に向け積極的に取り組みます。

CONTENTS

2 | ご挨拶

技術解説

3 圧送状況を見える化するIoTポンプ車

11 コンクリートポンプ車
クローズ回路方式ピストンポンプの制御技術

18 バイオガス（メタン発酵）プラント

新製品紹介

23 ピストンクリートPY140-36A

24 スクイーズクリート PH50C-15・PH50C-17

25 「パワーゲートGⅡ/GⅢ1000・CG1000」荷役作業時の安全性向上
「セーフティパッケージ」オプション新設定

26 3.5tシャフト式スケールパッカー

27 トレーラブレーキ温度監視システム（TBTMS）

トピックス

28 K-DaSS IoT運用開始

29 10t大型リヤダンプトラック耐摩耗鋼板（HARDOX）仕様と
ごみ収集車安全支援システム「KIES（キース）」が
「2021年度グッドデザイン賞」を受賞

30 北陸重機工業　新工場竣工

32 バイオマス利活用や廃棄物資源循環の推進

33 インドネシア大規模立体駐車装置竣工

34 スワップ冷凍フラットパネルバンボディ

温故知新

35 特装車用ワイヤレスリモコン　パルコンの歩み

※「極東開発工業（株）」「日本トレクス（株）」「北陸重機工業（株）」「HARDOX」「Bluetooth」
これらの社名・商品名等は各社の商標または登録商標です。

※「スクイーズクリート」、「ピストンクリート」、「パワーゲート」、「K-DaSS」、「KIES」、「パルコン」、「スケールパッカー」は極東開発工業（株）の登録商標です。

※「PANECT」は日本トレクス（株）の登録商標です。

技報第10号発刊にあたり

執行役員　技術本部長
千々岩 伸佐久

極東開発工業グループ技報第 10 号をお届けします。

極東開発工業グループの製品を皆様に親しんで頂きたいと2013年に創刊した技報も第10号をお届けすることになりました。これもひとえに皆様のお陰でありこの場をお借りして感謝申し上げます。さて10年ひと昔と言われますが、この10年間の世情の変化は激動の感が有ります。多くの企業がサステナブル（持続可能）な社会の実現を方針として謳い、モビリティ業界ではこれを実現する次世代技術のワードとして「CASE」が定着しています。そしてこの新しい技術を製品にフィットさせるには、これまで培ってきたコア技術を磨いて製品の土台もしっかり整えることが大切です。

本誌トピックスの項にて「10t 大型リヤダンプトラック耐摩耗鋼板（HARDOX）仕様」と、ごみ収集車安全支援システム「KIES（キース）」の「2021年度グッドデザイン賞」受賞のニュースをご紹介しています。グッドデザイン賞は、形のある無しにかかわらず理想や目的を果たすために築いた”ものごと”をデザインととらえ、その質を評価・顕彰するものです。「KIES」の場合、AIによって「人」自体を検知し、作業性を損なわず確実に安全を確保したシステムが評価されました。そして10t大型リヤダンプトラック耐摩耗鋼板（HARDOX）仕様は更に高い評価を頂き、「グッドデザイン・ベスト100」に選出されました。「積載量（軽量化）と耐久性の確保」という相反するニーズに対して、常識にとらわれない“剛から柔へ”の新しい設計思想で応えており、形そのものや考え方がサステナブルな社会の実現に寄与しています。極東開発工業には目先の成果だけにこだわらずチャレンジすることを許容、奨励する社風がありますが、この精神が発揮され、そしてコア技術のブラッシュアップの上に新しい考え方を柔軟に取り入れた好事例と言えます。

極東開発工業グループは、2022年4月より新しい中期経営計画2022-24 ～*Creating The Future As One*～ をスタートさせました。今回の計画は、2030年度を1つのマイルストーンとした、長期経営ビジョン「**Kyokuto Kaihatsu 2030**」の実現への第1ステップとして、「グループ間シナジーの強化」と「成長への積極的投資」の両輪によって、社会的課題解決や株主還元の向上、強固な営業・サービス力、高い生産性、高い技術・開発力、海外事業拡大を実現することで、「総合的な成長基盤」を確立していく内容となっています。中でも研究開発力の強化はこれからのグループの成長エンジンとなる内容であり、開発拠点の創設とグループ企業のシナジー効果発現に向けた取り組みを確実に進めて参ります。そしてコア技術の精錬も果たした上で、100年に1度と言われる大改革の変化を良い機会として捉え、今までなし得なかった付加価値を新しい技術によって達成し、サステナブルな社会に貢献して参ります。

圧送状況を見える化するIoTポンプ車

江上　雅之
Egami Masayuki

【概要】

コンクリート打設現場において、稼働中のコンクリートポンプ車（以下ポンプ車）の状況を把握したいというニーズの高まりをうけ、車両の稼働状況の可視化など、ポンプ車のIoT化及び抽出データの可視化ツールについて研究を進めている。

本稿では、IoT化を図ったコンクリートポンプ車（以下IoTポンプ車）に係る、可視化や稼働データ抽出などの取り組み内容について解説する。

【ABSTRACT】

In response to a growing need to determine the status of concrete pump trucks operating at concrete pouring sites, Kyokuto Kaihatsu Kogyo Co., Ltd. has been researching the use of IoT tools on pump trucks and tools for visualizing extracted data, including visualization of vehicle operation statuses.

This paper describes the details of such efforts to visualize the status of IoT-enabled pump trucks and utilize the extracted operation data.

1. IoTポンプ車の誕生

IoTという言葉が一般的でなかった2014年頃よりポンプ車の稼働データを遠隔取得してサービス業務に役立てるため、ポンプ車のIoT化の研究を進めてきた。ポンプ車には既にポンプ車を制御するためのセンサが様々ついており、これらのセンサが出力するデータを何らかの方法で可視化することができれば、サービスマンや技術者が現場を訪れなくとも、ポンプ車の不具合状況を把握、原因推定が可能となり、迅速な修理対応、部品手配が可能となるのではと考えた。

また、当時ピストン式ポンプ車ではCAN（Controller Area Network）という車両に多く使用されている制御用ネットワークを使用し始めており、このCANから稼働データを収集し、何らかの方法でクラウドコンピュータ（以下クラウド）に送信してWebブラウザで稼働データを可視化できればサービス面で役立つのでは?というようにアイディアが少しずつ具体的なものとなってきた。当時、欧米ではIoTという概念が広まり始めており、そのために必要となるオープンソースのソフトウエア、シングルボードコンピュータ、クラウド環境、様々なセンサ等の必要なものが一般的になり、想定していたシステムを安価に構築できる見通しが立ってきた。

図1　IoTポンプ車

2. IoTポンプ車の基本システム

IoTポンプ車の基本システムはPLC（Programmable Logic Controller）の入出力情報、油圧ポンプ制御情報、ブーム制御情報等をCANから取り出し、これに汎用GPS機器から得られる位置情報をプラスして携帯通信網でクラウド送信する通信端末をポンプ車に取付け、クラウドに蓄積されたデータをブラウザで閲覧できるようにしたものである。

3. IoTポンプ車による可視化の具体例

3-1. 主油圧表示

ピストン式コンクリートポンプ車（以下ピストンポンプ車）の油圧センサから得られるデータを可視化したものとして、生コンクリート（以下生コン）を吐出するピストンを作動させる主油圧の時系列表示がある。一般に吐出圧と呼ばれるピストン前面圧は、この主油圧をコンクリートシリンダ径に応じて換算したものなので、主油圧を見ることでピストン前面圧を可視化できる。IoTポンプ車では1日の仕事単位でデータを表示するシステムを採用しており、打設開始から終了までにどのような油圧負荷があったかを俯瞰することができる（図2）。

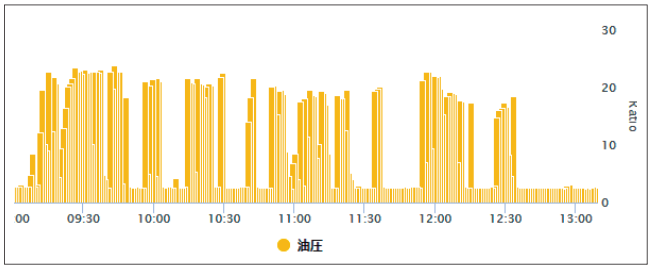


図2　一日の主油圧推移（1分周期）

一日の仕事の中で油圧負荷の詳細を見たい部分があれば、グラフ（図2）の見たい箇所をダブルクリックして1秒周期、或いはさらに細かい周期で取得した油圧波形画面に切替可能である。データ取得周期が短いとデータが膨大となり保存上の問題があるので、通常は1秒程度の取得周期としているが、実験目的などでは取得周期を0.1秒程度にすることも可能である（図3）。

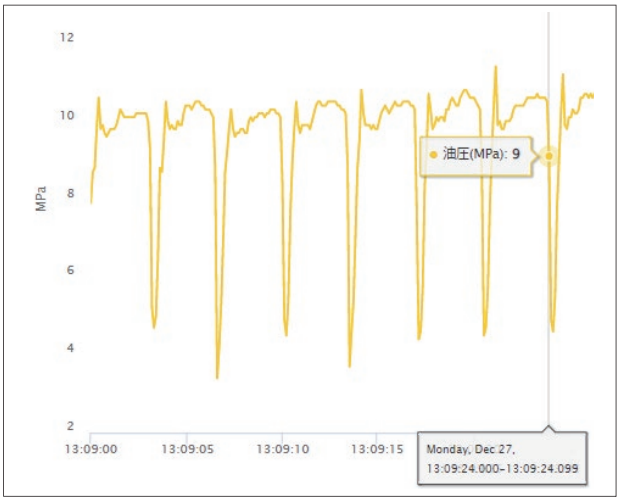


図3　主油圧推移（0.1秒周期）

3-2. 吐出量表示

ポンプ車が装備している吐出量計から出力される関連データの可視化が可能である。吐出量計はピストンポンプ車のコンクリートシリンダ1ストロークの計算容量とバルブ切替回数を乗ずることで生コンの吐出量を計算する機能を持つ。新車時点からこの吐出量を現時点まで加算したものが積算吐出量で、また数ストロークの吐出量を計算処理してその時点での圧送スピードを1時間当たりの吐出量として計算出力することも可能である。この時間当たりの吐出量を、主油圧のグラフに重ねて表示すると、吐出量と油圧の相関関係を可視化することができる。更にホッパーレベルを重ね合わせると空打ちしている状況などもデータから判断することができる（図4）。一方、吐出量計から得られる吐出量は吸い込み効率を100%と想定した理論値であり生コン性状により異なる吸い込み効率を考慮していない。その結果、実吐出量と理論吐出量との誤差が大きい場合が多いので、この誤差補正方法の確立が今後の課題である。

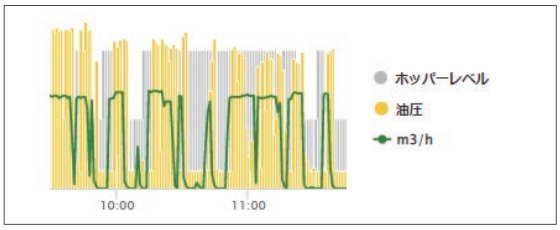


図4　油圧量、時間当たり吐出量（m³/h）、ホッパーレベル

3-3. ピストン位置表示

最新ピストンポンプ車ではコンクリートシリンダ内のピストン動作を検知するセンサを搭載しており、コンクリートシリンダー内のピストン位置と動作スピードを表示することが可能である（図5）。よって、このデータを使用してポンプユニットの動きを3Dアニメーション化することも可能である（図6）。

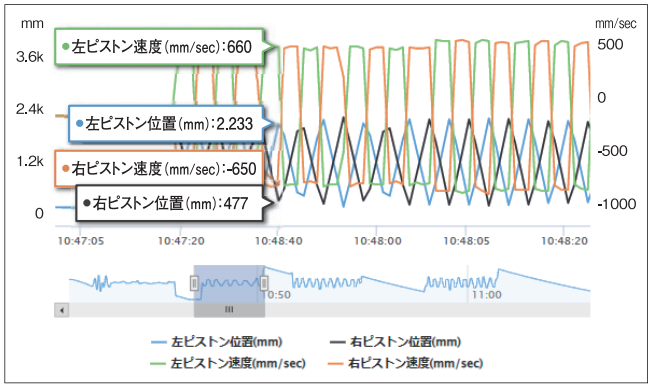


図5　左右ピストン位置と動作スピード

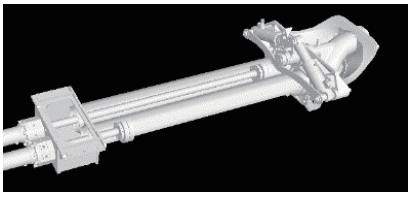


図6　ポンプユニット3Dモデル

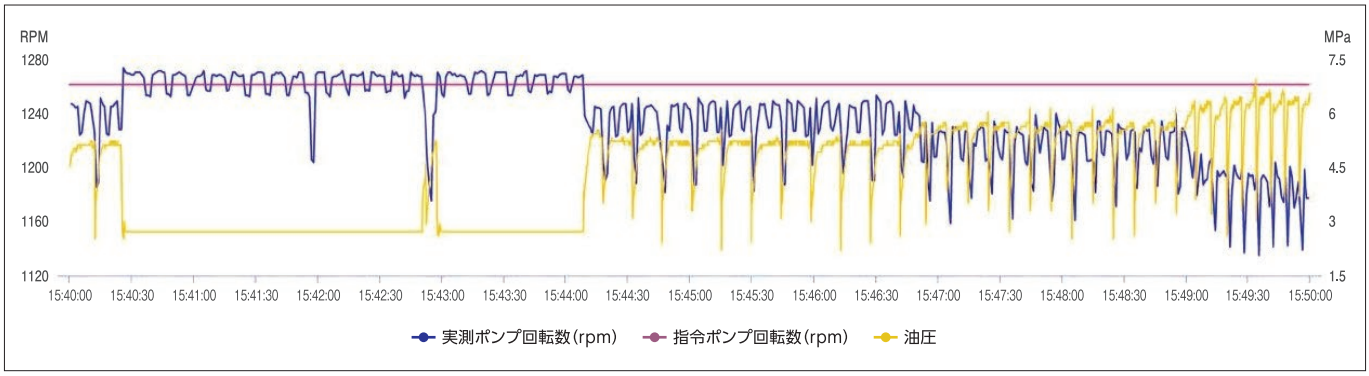


図7　実回転数(青)+指令回転数(赤)+油圧(黄)

3-4. 油圧ポンプ回転数

ポンプ車は車両のエンジンからPTO (Power Take Off)とよばれる装置を介して動力を取り出し、油圧ポンプを駆動させている。このため、油圧ポンプの回転数は車両のエンジン回転数に依存している。また、車両のエンジン回転数制御指令はPLCより出力されており、指令通りの実回転数が得られているかを計測するセンサも設置されていることから、指令回転数と実回転数を比較することができる。例えば、コンクリートポンプを操作しているときに、エンジン回転数が何故か上がらないという状況が稀にあるが、PLCはエンジン回転増加指令を正常に出力しているのにシャシ側がそれに応じた回転数増加をしていない場合、シャシ側に問題があるのでは、と推察することができる。また、通常は指令回転数、実回転数、油圧が比例的に動くが、例えば生コンの閉塞兆候があると指令回転数と実回転数が乖離し始めて油圧が上昇していくようなこともデータで確認することができる(図7)。

3-5. PQ線図

ポンプ車のポンプ能力範囲を示すものにPQ線図がある。これは吐出圧を示すPressureのPと吐出量を意味するQuantityのQをあわせたもので、ポンプの性能範囲を折れ線グラフに囲まれた範囲として表現したものである。この範囲は油圧ポンプ以外にコンクリートシリンダの口径や油圧回路の切替(高圧・標準等)により異なってくる。IoTポンプ車においては吐出量計から得られる理論吐出量と油圧センサから得られる主油圧をピストン前面圧に換算し、PQ線図と重ね合わせてプロット表示することが可能である。様々なバリエーションでPQポイントのプロットが可能で、過去の特定日を数日選びPQポイントを重ね合わせ表示することもできるので、あるポンプ車の特定期間の稼働特性を可視化することも可能である(図8)。

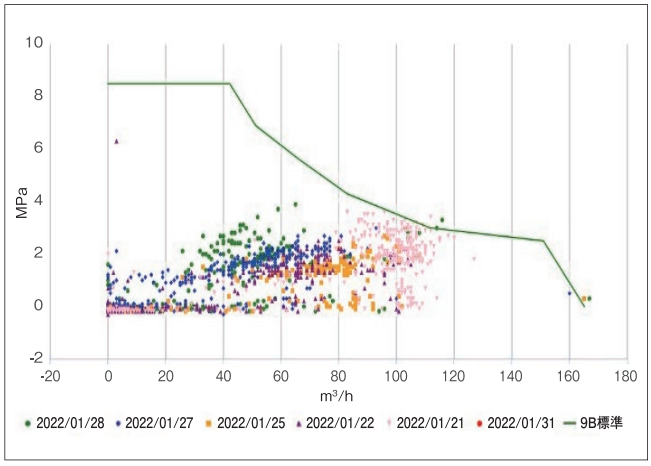


図8　PQ線図プロット例

3-6. 位置情報

IoTポンプ車には汎用GPSが設置されており大凡の位置情報を取得することができる。IoTポンプ車ではその時点の位置のみではなく、出発してから帰還するまでの位置情報を地図上にプロットして表示することが可能である(図9)。

図9　打設現場までのルート表示

3-7. PLC入出力情報

ポンプ車はコントロールパネルで設定された様々な情報をPLC入出力しており、その設定状況を可視化し活用することもできる。例えば、ポンプ車に何らかのトラブルが発生してオペレーターがメーカー営業担当やサービス担当に緊急SOSを求めたが、確認してみると単純な設定上の問題であるケースもあり、コントロールパネル設定状態を遠隔で確認してアドバイスすることで解決するメリットもある(図10)。

また、ポンプ車の運行管理者がコントロールパネル設定表示で洗浄開始を、またエラーコード表示からホッパースクリーン解放状況になっていることを遠隔で確認し、打設作業終了、ポンプ車の帰還時間を推測する、というようなことも行われている(図11)。

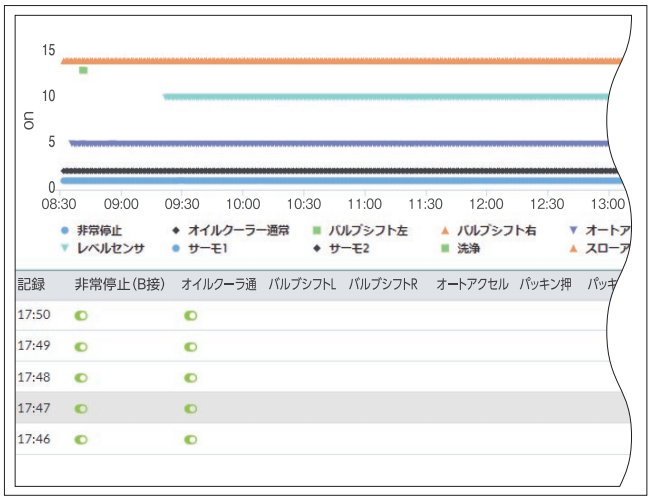


図10　コントロールパネルの状態表示例

図11　エラーコード表示例

3-8. データの組み合わせ

様々なデータを同一時間軸上に乗せることで単一データでは得られなかった発見が見いだせる可能性がある。多次元のデータ間の関係がどのようになった時にどういう現象となるかを判断することは、膨大な組み合わせの中から法則性を見つけ出すコンピュータが得意な分野である(図12)。

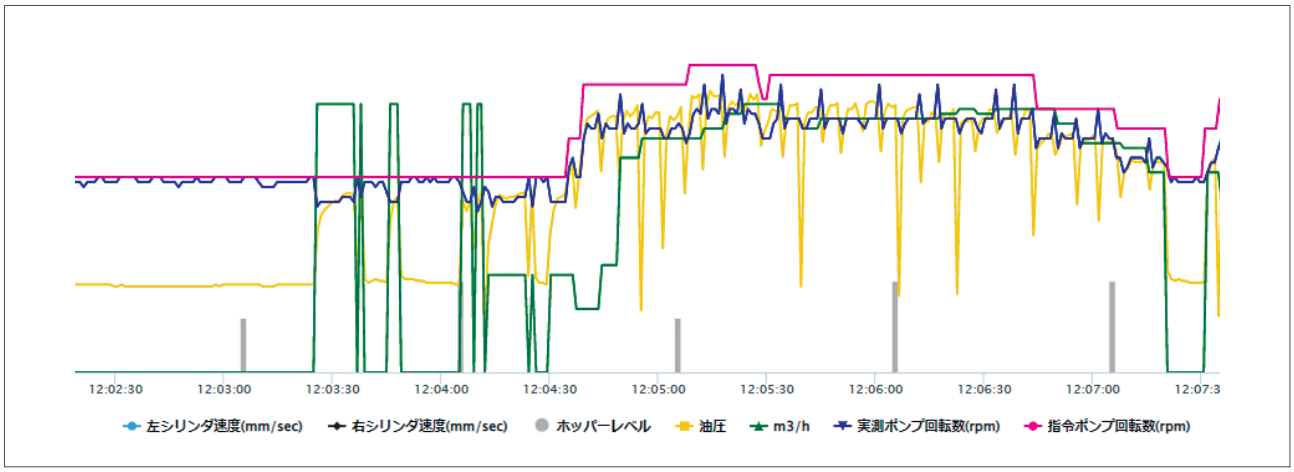


図12　油圧、ポンプ回転数、シリンダ動作、吐出量、ホッパー生コン量の複合グラフ

4. 近圧協フィールド実験(2021)での スクイーズポンプ車データの可視化

シンプルな機構のスクイーズ式コンクリートポンプ車(以下スクイーズポンプ車)にはCANが標準装備されていなく、高度なIoTポンプ車化が難しい現状であるが、フィールド実験(2021年 近畿生コンクリート圧送協同組合主催)に対応して、吐出量計の出力する吐出関連データと油圧データのみをCAN出力し、これに汎用GPSデータを加えた簡易的なIoTポンプ車へと改造を行った。

4-1. 吐出量・油圧・ロータ回転の表示

今回の実験では様々な配合の生コンを4㎥程度ずつ繰り返し圧送しており、一日の各圧送試験の時間配分がどのようになっていたかを時間当たり吐出量で表示した(図13)。

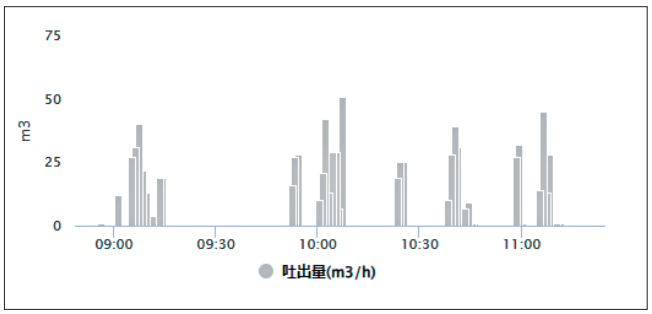


図13　時間当たり吐出量m³/h

スクイーズポンプ車の場合、油圧モータが回転する動力でロータを回転させている。油圧として表示しているのは油圧ポンプにかかっているロータ回転圧である。回転度はロータがポンピングチューブと直接接するローラが360度のどこに位置しているかを表している。

今回、ロータ回転圧の取得周期は0.1秒に設定しているので、油圧波形がきれいに再現できている。スクイーズポンプ車ではロータが1回転する間にポンピングチューブは2回絞られ生コンが押し出されるので、その状況もグラフ化されている(図14)。

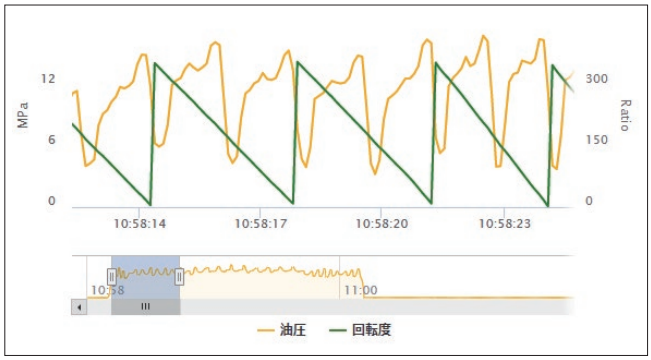


図14　ロータ回転油圧+ロータ回転度(0.1秒周期)

ピストンポンプ車の場合、主油圧はコンクリートシリンダを前後に動作させている油圧ポンプにかかる負荷なので、吐出圧はコンクリートシリンダと油圧シリンダの面積比を用いて主油圧から容易に算出することができるが、スクイーズポンプ車の場合、ロータを回転させる圧力にはローラがポンピングチューブを押し潰す力、ローラが生コンを押す力など様々な力が加わるため吐出圧との関係はピストンポンプの場合のように単純ではない。スクイーズポンプ車の場合、ロータ半回転したときにポンピングチューブが押し出す生コン量を理論値、実験値などを元に設定した1ストローク当たりの吐出量にストローク数を乗じて吐出量計に表示している(図15)。

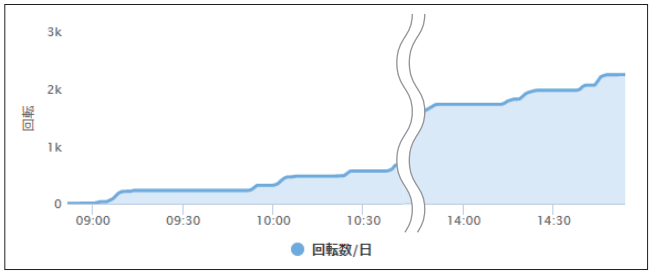


図15　積算吐出量推移

4-2. PQ線図

今回の実験の多くの1サイクルは約10分間であったため、各実験の10分間のPQポイントを表示できるようにPQ線図をカスタマイズした。PQポイントの取得周期は1秒

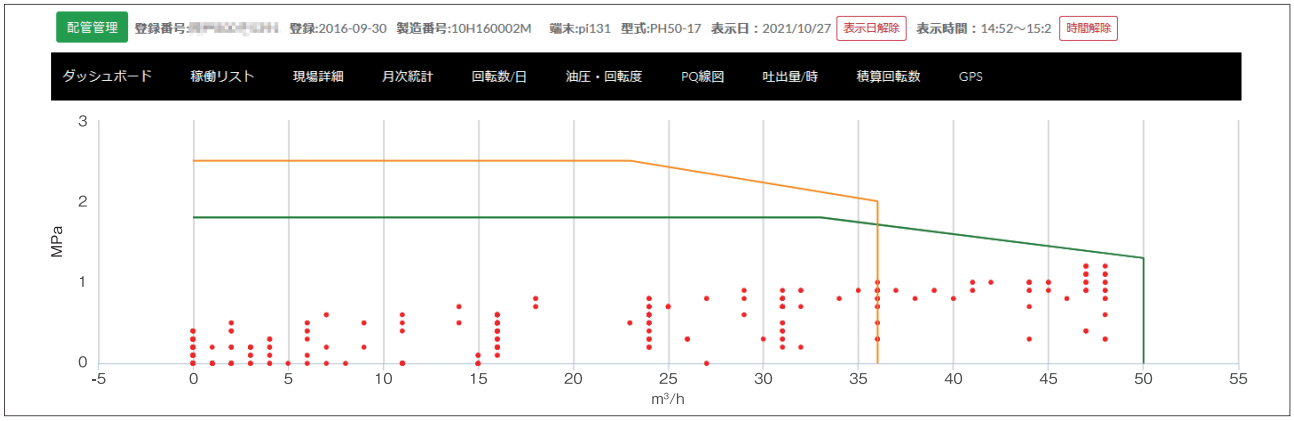


図16　サイクルのPQポイント(毎秒)

で行っており、低速から徐々にロータ回転数を上げていったので、その吐出量増加と主油圧増加がPQ線図上にプロットされていることが確認できる（図16）。

5. ブーム系可視化

現在、100台程のIoTポンプ車が稼働しておりPLC入出力、ポンプ系データの可視化が可能となっているが、開発中のブーム系データの可視化についても紹介したい。

5-1.ブーム先端位置

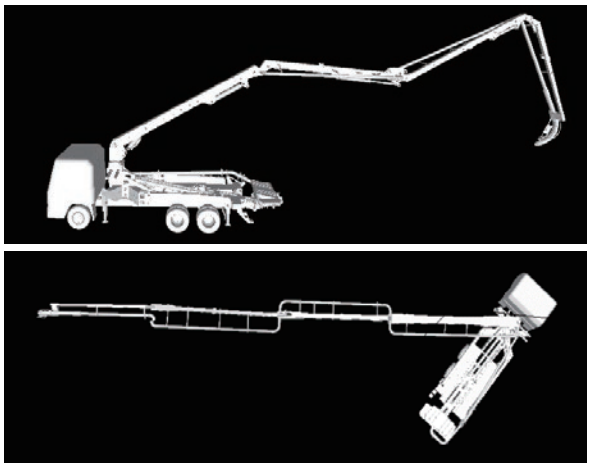


図17　各種センサーを利用したブーム先端位置検出
（アウトリガ状況は非反映）

ブーム系センサでは各ブームの傾斜度を測定し、ブームの3Dモデルを動かす可視化が可能である。更にブーム全体の旋回角度を出力するセンサによりブーム全体の向いている方向も検出できる。ここで、ブームの情報として建築現場から所望されるデータとして生コンの打込地点を示すブーム先端の位置情報が挙げられる。このブーム先端位置を計算するためのブーム起点位置の検出には汎用GPSセンサでは誤差が大きすぎるので高精度GNSSセンサにより緯度経度を数センチ単位の誤差で取得することが必要となる。更に車体の向きを特定する方位センサを設置することで高精度GNSSセンサのアンテナ位置を起点として、ブーム姿勢からその先端位置（緯度・経度）を計算することができ、そこから打設ポイントを大凡推測することができる。

ブーム系センサが標準搭載されるとポンプ系とブーム系の稼働データを統合することで、どの打設ポイントで何m^3の生コンを打設したかが自動的にデータとして蓄積していくことができるので、打設現場の施工管理に様々有効活用できると思われる。

5-2. ブーム先端振動の可視化

ピストンポンプ車では脈動によるブーム先端の振動が大きく、まれにブーム破損などの事故が発生している。国内主流ポンプ車には防振装置が搭載されており、ブーム破損事故はほとんど起きていないが、ブーム先端振動データを取得記録する事でブームの疲労蓄積度がデータ把握できれば、メンテナンス上のメリットは大きいと考えられる。

6. 稼働データ管理機能

6-1. マイページ車両リスト

IoTポンプ車のユーザーは、極東開発工業のサーバー上に設けられたユーザ専用ページ（マイページ）に登録された各車両データの閲覧が可能である。車両リストでは打設中、非打設稼働中、当日稼働無などの状況が色別に一覧表示される。また、アカウント管理者はマイページにアクセスできるメンバーを自ら登録し、その新規メンバーの車両毎の閲覧権限も設定可能である（図18）。

車輌リスト

製造番号	架装形式	号車	登録No.	登録日	稼働状況	閲覧メンバー
10H160002M	PH50-17		[illegible]	2016-09-30		表示
10H170004M	PY165-39		[illegible]	2017-08-24		表示
10H170005M	PY120-33C		[illegible]	2017-10-27		表示
10H190007M	PY135-28-H		[illegible]	2019-08-10		表示
15P120000M	PY165-28		[illegible]	2015-12-15		表示
16M820002M	PY165-39		[illegible]	2017-06-26		表示
17P120022M	PY165-39	354	[illegible]	2018-04-03		表示
bb85	PY165-39		[illegible]	2017-06-26		表示

図18　稼働リスト表示例

6-2. ダッシュボード

車両リストから選択された車両の様々なデータが一覧できるのがダッシュボードである。稼働中の場合は、ほぼリアルタイムにその時点でのデータが表示され、非稼働の場合には当日の最終データが表示される(図19)。

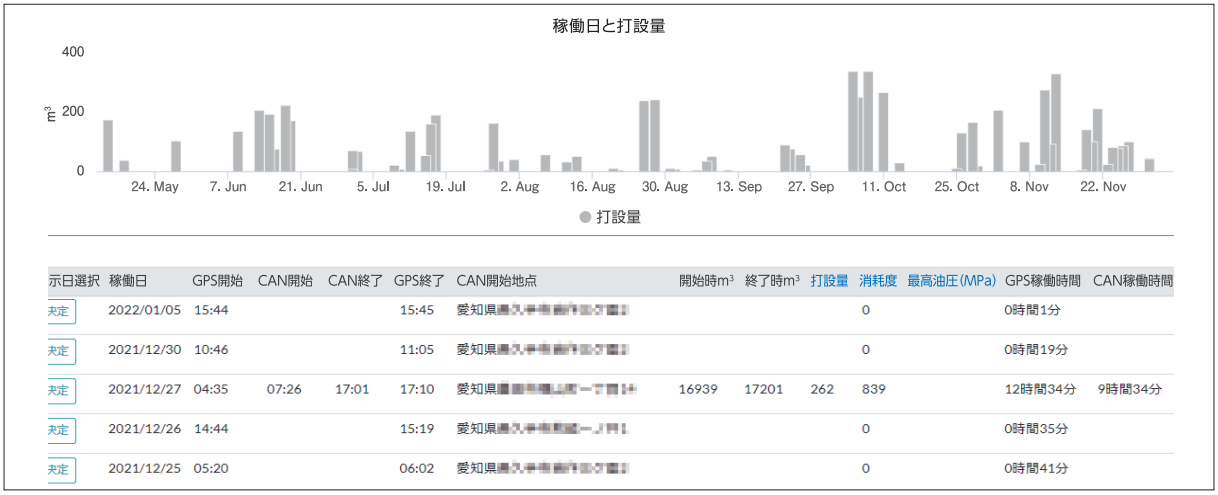
図19　ダッシュボード表示例

6-3. 稼働リスト

稼働当日データだけではなく、稼働リストに表示される過去の稼働日を選択することで、当日データ同様に過去データの閲覧が可能である。例えば、ポンプ車に何らかの不具合が発生しても後日なかなか再現しないことがあるが、大凡の日時が分かれば、そのあたりの過去データを調査することで不具合の発生確認を行うことができるので技術部門での検証作業に役立てることができる。また、新車時点からの稼働データを蓄積していけば、車両消耗度合をデータ化することで故障や破損リスクを推測して予防修理を行う事ができる。また、消耗品の交換時期をデータ化することで交換時期にアラート出力する事なども可能となる(図20)。

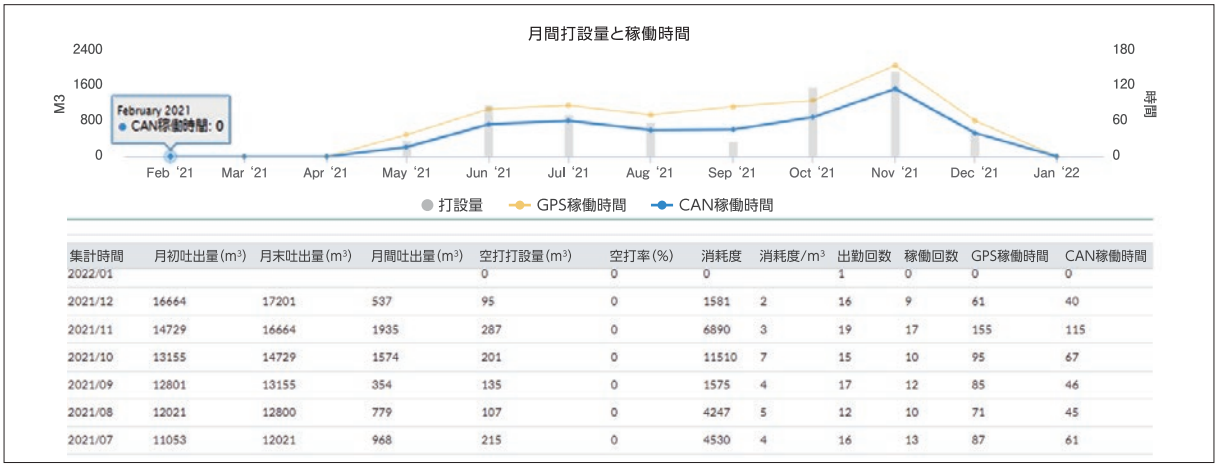
6-4. 月次統計機能

稼働リストには一日単位での打設量、最高油圧、稼働時間等の簡易的な集計データが表示されるが、月次統計機能でこれらを月単位で集計したものを確認することができるので、月間打設量や年間打設量を簡単にWeb上で確認することが可能である(図21)。



示日選択	稼働日	GPS開始	CAN開始	CAN終了	GPS終了	CAN開始地点	開始時m³	終了時m³	打設量	消耗度	最高油圧(MPa)	GPS稼働時間	CAN稼働時間
決定	2022/01/05	15:44			15:45	愛知県[redacted]				0		0時間1分	
決定	2021/12/30	10:46			11:05	愛知県[redacted]				0		0時間19分	
決定	2021/12/27	04:35	07:26	17:01	17:10	愛知県[redacted]	16939	17201	262	839		12時間34分	9時間34分
決定	2021/12/26	14:44			15:19	愛知県[redacted]				0		0時間35分	
決定	2021/12/25	05:20			06:02	愛知県[redacted]				0		0時間41分	

図20　稼働リスト表示例



集計時間	月初吐出量(m³)	月末吐出量(m³)	月間吐出量(m³)	空打打設量(m³)	空打率(%)	消耗度	消耗度/m³	出勤回数	稼働回数	GPS稼働時間	CAN稼働時間
2022/01				0	0	0		1	0	0	0
2021/12	16664	17201	537	95	0	1581	2	16	9	61	40
2021/11	14729	16664	1935	287	0	6890	3	19	17	155	115
2021/10	13155	14729	1574	201	0	11510	7	15	10	95	67
2021/09	12801	13155	354	135	0	1575	4	17	12	85	46
2021/08	12021	12800	779	107	0	4247	5	12	10	71	45
2021/07	11053	12021	968	215	0	4530	4	16	13	87	61

図21　月次統計機能表示例

6-5 配管管理機能

ポンプ車は多数の生コン圧送配管を装備しており、その管理は重要である。IoTポンプ車ではユーザー自身がポンプ車の稼働特性から各配管の想定寿命を設定し、その設定寿命に対してどの程度の打設量となっているかを積算吐出量と連動してグラフィックに表示する機能がある。システムに登録されている配管構成を基に配管タイプを選択し、想定限界打設量と交換日を入力すると、交換日以降の打設量を元に80%に達すると黄色、100%に達すると赤というように配管図でグラフィックにて確認することができる。また、システムのデータベースには交換履歴が残るので、実際の磨耗状況により想定寿命を調整していくことで最適な配管寿命がデータとして残っていくような使い方も可能となっている(図22)。

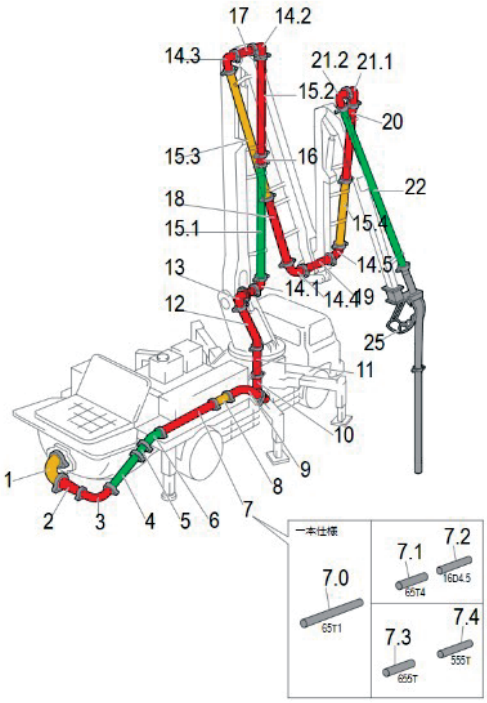


図22　配管管理機能表示例

7. 更なる技術革新へ

IoTによるデータの可視化を様々行っていく過程で膨大なデータが蓄積されていくと、人力で分析するのは不可能なレベルの膨大なデータ量にほどなく達する。そこで機械学習、深層学習等を利用したデータ解析手法が考えられる。代表的なのは深層学習による画像分析などで、教師データとなる画像を深層学習させ、コンピュータにカメラを通して見た物体が何であるかを判断させることができる。例えばポンプ車にカメラを設置して何らかの現場状況を自動で認識推論させ、その情報をクラウドに送信するといったことも事も比較的容易に可能となる。

IoTポンプ車から得られた稼働データを解析・推論し、そこから有用なサービスを開発していく事がこれからの課題である。現在IoTポンプ車で得られるデータをAIで判断・推論してなんらかのアドバイスや制御を行うAIサービスを実現するための実験・開発を並行的に進めており、近い将来、これらの成果として圧送現場を支援するサービスをスマホやタブレットなどの端末とも連携して利用できる状況を目指している。また、ポンプ車単体ではなく建設現場の様々なシステムとデータ連携を行う事で、建設業界で急速に進められているICT化において、圧送部門の中核としてポンプ車が様々なシステムにデータを提供することが数年後に実現されていることを想定している。

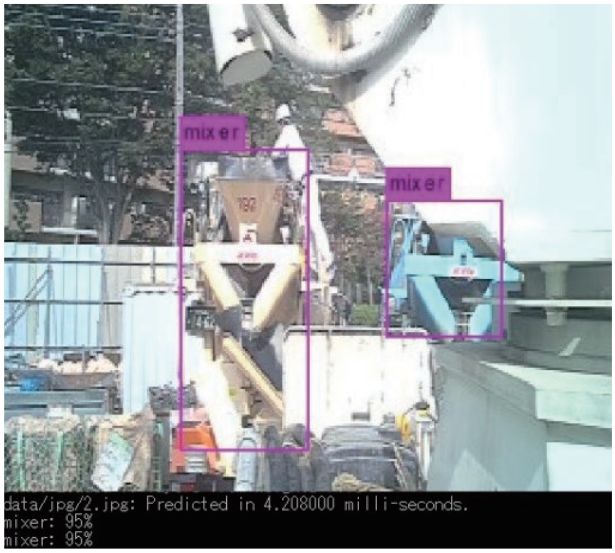


図23　深層学習によるミキサ検知

コンクリートポンプ車
クローズ回路方式ピストンポンプの制御技術

須田　智之
Tomoyuki Suda

【概要】

2017年10月に発売されたピストン式コンクリートポンプ車PY165-39は、従来機種の油圧回路とは全く異なるクローズ回路を採用することで、165m³/hの吐出量を実現させた。PY135-28-Hにて確立させた油圧ポンプの電気式流量制御技術を応用したクローズ回路用油圧ポンプの斜板制御を実施したが、クローズ回路特有の新たな制御技術を多数盛り込む必要があった。そこで、長さセンサや回転センサ等複数のセンサを採用することで、より正確な制御が可能となり、低騒音及び高効率なピストン式コンクリートポンプ車が完成した。

【ABSTRACT】

Released in October 2017, the PY165-39 piston type concrete pump truck uses a closed circuit—a design completely different from the hydraulic circuits used in previous models—to achieve a discharge rate of 165 m³/h. Electric flow control technology for hydraulic pumps developed for the PY135-28-H made swash plate control possible for closed-circuit hydraulic pumps, but many other new control technologies specific to closed circuits were also needed. In addition, the use of multiple sensors—including length and rotation sensors, allows for more precise control, resulting in a low-noise, high-efficiency piston type concrete pump truck.

1. まえがき

2014年に発行された極東開発工業技報 Vol.2にて紹介したPY135-28-Hは、それまでの機種と比べて大幅な吐出量向上を果たした高圧大容量機種として最大吐出量135m³/hを実現した。一方、世界に目を向けると、欧州の名だたるコンクリートポンプ（以下CP）メーカーからは最大吐出量160m³/hクラスのCP車が数多く販売されており、2014年時点で欧州メーカーのCP車の日本市場への参入は年々増加傾向にあった。欧州製CP車に対抗すべく、更なる最大吐出量の向上が求められたが、PY135-28-H開発時に最大吐出量を130m³/hから135m³/hへと3.8%向上させるために、油圧ポンプの吐出量は約11%もの増加が必要であった。これは、油圧ポンプ吐出量の増加に伴う、回路抵抗による圧損が極端に増加したことが主要因と考えられる。即ち更なる吐出量向上のためには、作動油流量の増加だけでなく、各種バルブの大型化や油圧ホース等のサイズアップによる圧損対策も必要と考えられ、重量の増加は避けられない。元より大型のCP車は車両総重量に余裕はなく、最大吐出量160m³/hの実現性は低かった。

欧州製CP車の吐出性能と肩を並べるべく調査を進めた結果、油圧回路方式の違いによる影響があると考えられた。欧州製CP車の油圧回路はクローズ回路方式を採用しており、極東開発工業製CP車の油圧回路（オープン回路方式）とは全く異なるものであった。

クローズ回路化については、過去にも何度か研究を重ねていたが、油圧制御による油圧ポンプの斜板コントロールが難しく、製品化には至っていなかった。

この度、欧州の大手油圧機器メーカーからのクローズ回路用油圧ポンプの購入が可能となり、PY135-28-Hで培った油圧ポンプの電気流量制御技術を応用することにより、クローズ回路方式のCP車PY165-39（写真1）を完成させた。

ここでは、クローズ回路についての解説や低騒音化、安全性向上に関する制御技術を紹介する。

写真1　PY165-39

2.クローズ回路について

2-1. オープン回路との違い

極東開発工業従来機種の油圧回路は、オープン回路方式と呼ばれるもので、オイルタンクに貯められた作動油を油圧ポンプが吸入・吐出し、切換バルブブロックを介してメインシリンダを作動させる。そして、メインシリンダから排出された作動油は、再びオイルタンクへと戻る。メイン

シリンダの伸び縮みの切り換えは切換バルブブロックによって行われる。作動油が一旦オイルタンク内に開放されることからオープン回路と呼ばれている。これに対し、クローズ回路方式とは、油圧ポンプが吐出した作動油にてメインシリンダを作動させ、メインシリンダから出た作動油を直接油圧ポンプが吸入する回路となる。このように作動油がオイルタンクに戻ることなく、閉じた回路内を循環することからクローズ回路と呼ばれている（図1）。クローズ回路は、ポンプの吐出量と吸入量が同じである必要があるため、流入量と排出量が同一となる油圧モータ駆動の回路で使用されることが一般的である。油圧シリンダ駆動の場合、流入量と排出量が異なることからクローズ回路には向いていない。しかし、CPの場合、左右2本の油圧シリンダを一対としておりロッド側、もしくはボトム側を接続することで、一方のシリンダが縮んでいる時にもう一方のシリンダが伸びるという回路構成となっている。このため、一方のシリンダに流入する作動油量ともう一方のシリンダから排出される作動油量が同一となり、クローズ回路化が可能となっている。

クローズ回路用の油圧ポンプは作動油の吐出量を制御する斜板の向きを反転させることができ、斜板の反転により吸入・吐出の方向を切り換えることができる。斜板の反転による吐出方向の切り換えによりメインシリンダの伸び縮みを切り換えることができるため、クローズ回路では切換バルブが不要となる。このことから、作動油流量の増加による切換バルブの大型化に伴う重量増がなく、クローズ回路は大流量化に適した回路であると言える。

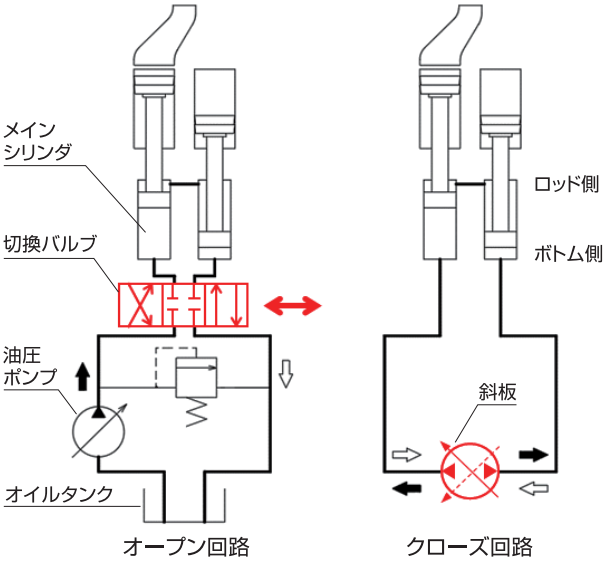


図1　回路比較

2-2. クローズ回路用油圧ポンプ

前述の通り、油圧モータ駆動用として使用されることの多いクローズ回路用油圧ポンプは、国内ではホイールローダーやショベルカーなど大型建機の走行用のHST（油圧式無断変速機）向けで使用されることが多く、それらの斜板の応答速度はあまり早くない。しかし、CPの場合、瞬時に斜板を反転させてメインシリンダのストローク方向を反転させる必要がある。そのため斜板の応答速度が非常に重要となるが、国内メーカのクローズ回路用油圧ポンプではCP向けとして使用することはできなかった。欧州では、クローズ回路方式のCPが数多く存在するため、CP向けのクローズ回路用油圧ポンプの設定があり、斜板の応答速度は非常に速い。欧州メーカ数社に向け取引の打診を行った結果、1社より購入可能の返事があり、クローズ回路方式のCP車の実現に向け、スタートすることができた。

今回採用したクローズ回路用油圧ポンプ（図2）は、電気流量制御方式の油圧ポンプであり、指令電流を制御することで斜板の角度を制御できる油圧ポンプである。斜板の駆動にはパイロット圧と呼ばれる油圧を必要とするが、パイロット圧は、油圧ポンプに内蔵されたチャージポンプにより確保している。チャージポンプの上流には、サクションフィルタが設置され、常に清浄な作動油が油圧ポンプ内に供給されている。チャージポンプの下流には低圧リリーフバルブと呼ばれる安全弁が設置され、約3MPaのパイロット圧を常に発生させて安定した斜板制御を保証している。また、チャージポンプから吐出された作動油は、クローズ回路内にも供給されており、メインポンプの吸入側に約3MPaのチャージ圧を与え加圧している。これによりメインポンプ吸入側が負圧になって気泡を生じ機器を傷付けるキャビテーションの発生を防いでいる。

油圧ポンプは、オイルタンクからの作動油吸入を確実に行うため、最高回転数が定められている。オープン回路用油圧ポンプの場合、PY135-28-Hに採用している油圧ポンプで2000rpmが最高回転数となる。しかし、クローズ回路用油圧ポンプの場合、吸入側への加圧のおかげで、さらに高い回転数でも吸入が可能となる。PY165-39では、最高回転数を2600rpmに設定した。クローズ回路方式では、最高回転数を高められることで、油圧ポンプ自体のサイズを小さくできるというメリットもある。油圧ポンプの回転は、エンジンからトランスファ PTOを介して伝えられているが、エンジンから等速で2600rpmを伝えようとすると、非常に燃費が悪くなる。そこで、トランスファ PTOで増速させることで燃費の改善を図っている。

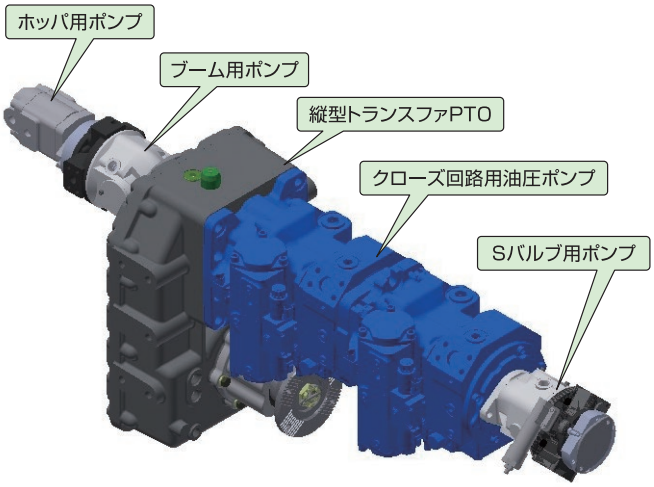


図2　クローズ回路用油圧ポンプ

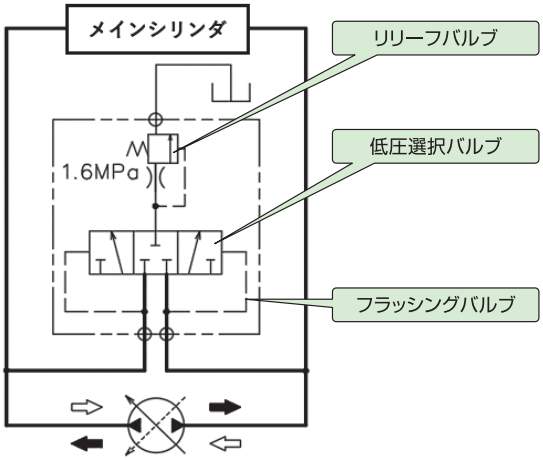


図3　フラッシングバルブの油圧回路図

2-3. フラッシングバルブ

ここまでクローズ回路は閉じた回路であると説明してきたが、完全に回路が閉じていると、閉じた回路内の作動油清浄度の悪化や作動油温の上昇という問題が生じる。そこで、クローズ回路には、フラッシングバルブが必要となる。フラッシングバルブは、クローズ回路内の作動油を一定量タンクに逃がす役割を担っている。フラッシングバルブの作用により逃がした作動油の補充は、チャージポンプより供給されている。このようにフラッシングバルブの働きにより一定量の作動油を入れ替えることで、クローズ回路内のフラッシングを行い、回路内の清浄度を保つと共に作動油の冷却を行っている。フラッシングバルブの油圧回路図を図3に示す。フラッシングバルブには、メインポンプの吐出側と吸入側の差圧により作動する低圧選択バルブが内蔵され、1.6MPaのリリーフバルブを介して吸入側の回路がオイルタンクに接続される構造となっている。このため、メインポンプが吐出していない、すなわち斜板が中立の状態では、フラッシングは行われず、メインポンプの作動時のみ行われている。また、左右のシリンダのストロークのズレや外部負荷の急激な上昇（閉塞等）により吸入側の圧力が低下した場合には、リリーフバルブが閉じることでメインポンプの最低パイロット圧を確保してポンプの作動を保証する機構となっている。

3. ピストン位置検知

作動油流量を増加させて最大吐出量を向上させることは、すなわちメインシリンダのストローク速度の高速化を意味する。PY135-28-Hにてロッドカバー部に内蔵した近接センサでピストンのストロークエンド付近の位置検知を行い、スローストップ制御を実施したが、ストローク速度の高速化に伴い、同様の位置検知方法では制御が追い付かず無駄が多くなる可能性があった。そこで、シリンダストロークの全長に渡ってピストン位置の検出が可能な長さセンサを採用することで、より精密な制御が可能となった。

3-1. 磁歪式長さセンサ

今回採用した長さセンサ（図4）は、磁歪式と呼ばれるもので、センサロッドをピストンロッド内に設置し、ピストン部に取り付けられたマグネットの位置を全長に於いて検出できるセンサである。ストローク長1m以内のシリンダであれば、センサロッドがピストンロッド内面に接触することはなく、非接触での検知が可能であるが、PY165-39のメインシリンダのストローク長は2mを超えており、センサロッドの自重によるたわみにより、ピストンロッド内面への接触が発生するため、センサロッドの摩耗対策が必要となった。

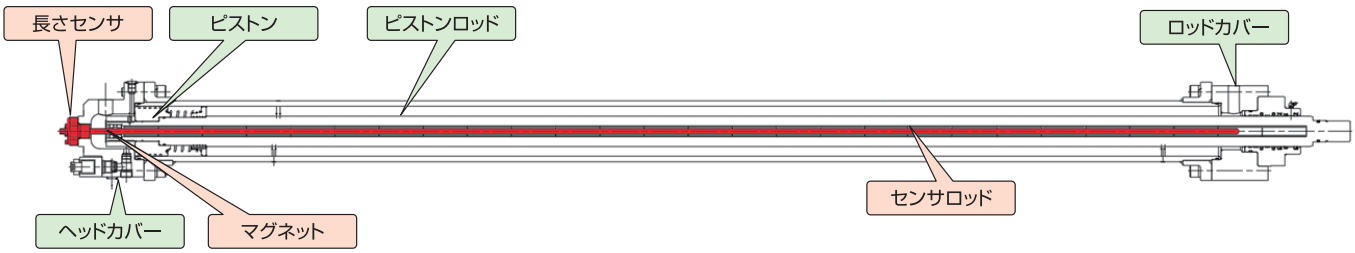


図4　長さセンサ組付図

3-2. センサロッド摩耗対策

センサロッドの周囲は作動油で満たされているため、ピストンロッド内面との接触部には十分な潤滑材が存在する。そのため、ピストンロッド内面の表面粗さが十分に高ければ摩耗はしないと考えた。そこでピストンロッド内部に内面が滑らかな冷間引き抜き材のパイプを設置し、摩耗に対する評価を実施した。しかし、この構造ではストローク回数数千回でセンサロッドの摩耗が確認され、作動油中に浸かっているとはいえ、金属同士が接触しながら摺動すると摩耗が発生することがわかった。さらに、摩耗により発生した摩耗紛（鉄粉）により摩耗が促進されることもわかった。そこで、ピストンロッド内に樹脂パイプを挿入し、樹脂とセンサロッドが接触する構造にて再評価を実施した。樹脂パイプには、耐摩耗性や耐油性、耐熱性を考慮しポリアセタール樹脂（POM）を採用した。摺動耐久試験の結果、センサロッドや樹脂パイプへの致命的な摩耗はなく、CP車の稼動寿命に対し、十分な耐摩耗性を有していることを確認できた。この結果を受け、メインシリンダへの長さセンサの採用が可能となり、精密な制御が可能となった。

4. メインポンプ斜板制御

クローズ回路の場合、メインシリンダの作動制御は全てメインポンプの斜板制御にて行うことになる。そのため、従来のオープン回路の機種とは全く異なる制御が必要となった。

4-1. 定馬力制御とエンスト防止

従来機種に採用されているオープン回路用メインポンプの場合、定馬力制御の機構が内蔵されており、一定馬力以上の負荷がかからない仕組みとなっている。これによりエンジンへの過負荷を防ぎ、エンストの発生を防止している。しかし、今回採用したクローズ回路用メインポンプには定馬力制御の機構が備えられていない。そのため、エンジンへの過負荷を防ぐためには、負荷に応じた斜板制御を行う必要がある。斜板の制御技術については、PY135-28-Hにて培った低回転域でのエンスト防止制御を応用し、圧力センサからの油圧情報と斜板指令電流から求めた押しのけ容積より（1）式にて軸トルクを計算し、この軸トルクが設定した上限トルクを超えないように制御した。軸トルク算出に使用する機械効率は、油圧ポンプメーカより効率データを入手し、回転数や圧力、押しのけ容積に合わせて算出している。

$$T = \frac{P \cdot D}{2\pi \cdot \eta} \quad \cdots\cdots (1)$$

T：軸トルク

P：圧力センサからの油圧

D：斜板指令電流から求めた押しのけ容積

η：機械効率

また、この上限トルクを図5のように油圧ポンプ回転数により変化させ、低回転域での上限トルクを下げることで、低回転域でのエンスト防止の機能も兼ね備えた。油圧ポンプ回転数は、トランスファ PTOに設置された回転センサからパルス信号を取得し、パルス間の時間を計測することで、算出している。

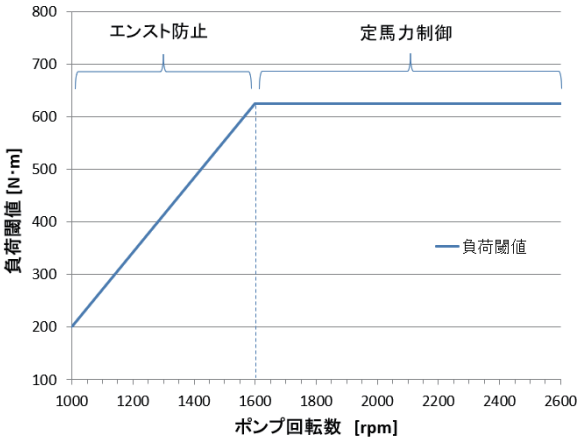


図5　トルク上限のグラフ

4-2. 吐出圧上限規制

近年の打設現場での安全に対する要求の高まりによりPY135-28-Hにて採用した吐出圧の可変機構が非常に好評であったため、PY165-39開発時にも同様機能の採用を求められた。しかし、クローズ回路用油圧ポンプには、最高圧力を規制する高圧リリーフバルブは内蔵されているものの、その設定圧は固定値であり、任意の圧力に可変させることはできなかった。また、回路が閉じているため、いわゆるリリーフバルブを追加することもできなかった。油圧ポンプに内蔵されている高圧リリーフバルブとは、実際には斜板駆動用パイロットラインに設置されたシャットオフバルブであり、作動油圧力が設定圧に達すると斜板へのパイロット圧の供給を絶つことで斜板を中立に戻し、設定圧以上の圧力が発生するのを防ぐという機構である。そこで、圧力センサからの圧力情報をもとに、作動油圧力が任意の設定圧力を超えないようにフィードバックによるPD制御[注1]にて斜板のコントロールを行った。制御ブロック図を図6に示す。（2）式により算出したuとユーザ指示値を比較し、小さい方の値を油圧ポンプへの指令値としている。

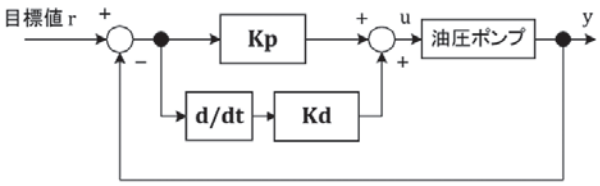


図6　制御ブロック図

（注1）PD制御（Proportional:比例、Differential：微分）
目標値との偏差に比例して指令値を決定する制御に加え、目標値との偏差を時間で微分したものに一定値を掛ける項を加えることでより安定して目標値を目指す制御

$$u = (r[k]-y[k])\cdot Kp + \frac{(y[k]-y[k-1])}{dt}\cdot Kd \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

u：油圧ポンプへの指令値
※u>ユーザ指示ならユーザ指示通り

r：目標圧力

y：現在圧力

Kp：比例ゲイン

Kd：微分ゲイン

設定圧はPY165-39にて初めて採用したディスプレイ（図7）にて0.5MPa刻みで任意に設定できるようにした。斜板コントロールによる圧力制御は、CP車では初めての試みであったため、ゲインの調整に苦労したが、実打設による評価を繰り返し、製品レベルに仕上げることができた。これによりコンクリート配管の肉厚に応じ、吐出圧を柔軟に設定できるようになり、閉塞時のコンクリート配管の破裂防止等、安全性向上にも寄与している。

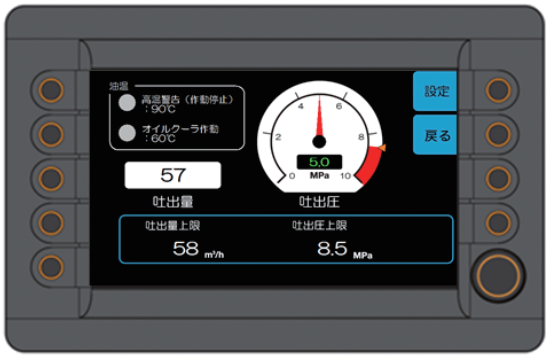


図7　ディスプレイ（上限設定画面）

4-3. 吐出量上限規制

最大吐出量の向上を目指したPY165-39であるが、CP車の使い方として、一定の吐出量でゆっくりと打設したい場合がある。これはCFT（鋼管圧入）打設と呼ばれる打設方法で、パイプ状の柱の内部に生コンを圧入していく工法である。この工法では、柱内の内圧の急激な上昇を防ぐために一定速度でゆっくりと圧入を行う必要がある。そこで、吐出圧上限規制と同様に、ディスプレイ（図7）にて設定した任意の吐出量が上限となる吐出量上限規制の機能を追加した。吐出量上限規制の制御は、メインシリンダに内蔵した長さセンサからのピストン位置情報からピストンの速度を計算し、ピストン速度から求めた吐出量が設定された上限吐出量を超えないようにフィードバック制御により斜板をコントロールした。

4-4. 最小吐出量

オープン回路用油圧ポンプでは、最低押しのけ容積は最大押しのけ容積の約10%程度に設定されており、これ以上押しのけ容積を下げることはできない。そのため、エンスト防止制御が導入されている機種においても、コンクリートシリンダ9B仕様では、その最低吐出量は10m³/hを超えている。しかし、写真2のようなマンションの手摺の打設等、極低吐出量での打設を求められるケースも少なくない。

クローズ回路用油圧ポンプの場合、斜板を中立にすることで、メインシリンダの作動を停止させており、実質最低押しのけ容積はゼロまで下げることができることになる。この特性を活かし、最小吐出量も無限に下げることが可能となるが、あまりに低い吐出量では、作動しているのかどうかが判別できず、非常に使いづらい機械となってしまう。そこで、作動の判別ができる最小の吐出量として、7m³/hを最小吐出量と設定した。これにより、最大吐出量165m³/hの機械でありながら極低吐出打設も可能なCP車となり、使い勝手の良さが非常に好評であった。

写真2　極低吐出打設一例

5. 静音化

クローズ回路化により、メイン回路の切換バルブが不要となったことから、メインシリンダのストローク反転時の切換バルブの切換音はなくなり、非常にスムーズにストロークの

反転を行えるようになった。しかし、圧送負荷が増加するとSバルブ切換時に一瞬負荷が抜けることに起因するウォータハンマ音等の衝撃音が発生する。そこで、PY135-28-Hにて採用した技術を元に更なる改良を加え衝撃音の緩和を図った。

5-1. 衝撃音緩和

PY135-28-Hでは、ストローク反転後の油圧ポンプの吐出流量の増加をなだらかにすることで、ウォータハンマ音の発生を防ぐ制御を盛り込んだ。しかし、吐出量を向上させるという視点で見ると、ストローク反転後の油圧ポンプ流量の立ち上がりは、より早い方が良く、ウォータハンマ音の低減とは相反する制御が必要であった。これらを両立させるべく様々な方法を検討した。ウォータハンマ音は、急激な圧力上昇時に発生することに着目し、基本的にはできるだけ早く油圧ポンプ流量を立ち上げつつ、急激な圧力上昇の予兆があった場合のみ斜板を瞬間的に戻し、吐出量の急激な圧力上昇を防ぐ制御を追加した。これにより図8のような油圧波形となり、低負荷打設時の高吐出量と高負荷時の衝撃音緩和を両立させることができた。

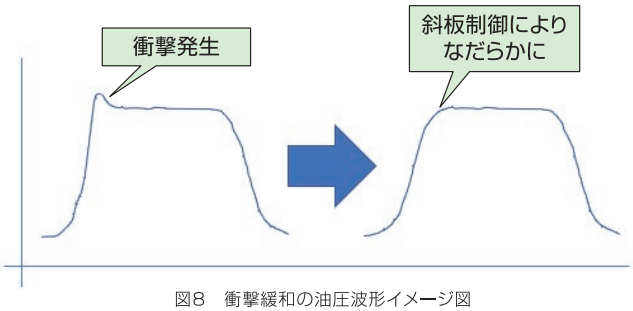


図8　衝撃緩和の油圧波形イメージ図

5-2. 立ち上がり上限規制

通常、油圧ポンプの斜板は、オペレータ操作によりコントロールされているが、圧送負荷が増加し、定馬力制御やエンスト防止制御が働いている場合には、ポンプ回転数により設定された上限トルク値を超えないようユーザ指示値より低い値に制限されている。しかし、Sバルブ切換時には圧送負荷が一瞬ゼロとなるため、Sバルブ切換後の斜板立上り時には制限がかからず、ユーザ指令値まで斜板を立ち上げようとしてしまう。これにより立上り時の衝撃が大きくなり、ブームの先端ホースのしゃくりが大きくなる。

閉塞等の異常が発生しない限り、圧送負荷が急激に変動することは少ない。そこで、Sバルブ切換前の斜板角情報を記憶しておき、Sバルブ切換後の立ち上がり時には、ユーザ指示値ではなく前回ストローク時の斜板角を上限に立ち上げを行う制御を追加した。これにより、高負荷圧送時のストローク反転時においても、衝撃音の低減を実現できた。

6. 油温

クローズ回路化により切換バルブがなくなったことで、回路内の圧損が減り、油温の上昇は抑えられると考えられた。しかし、テスト機での評価試験にて油温測定を実施したところ、予想以上に発熱量が大きいことが判明した。発熱源を探ったところ、メインポンプからの発熱が大きいことがわかった。その原因は、斜板駆動用パイロット圧を確保するための低圧リリーフ弁が常にリリーフ状態であるためであるとわかった。オープン回路に対してメリットの多いクローズ回路であるが、デメリットもあることが確認された。尚、これに対しては十分な冷却性能を有したオイルクーラを設置することで対応している。

7. 緊急運転

メインシリンダの駆動制御に様々なセンサを用いたが、これらのセンサが一つでも故障すると、正常な制御ができなくなるため、作業の継続は不可となる。ただし、実際の打設現場では、センサが故障したからと言って、打設を中断することはできず、応急的な打設の継続が必要となる。そこで、各センサ故障時の緊急運転モードをそれぞれ設定し、応急的な打設継続を可能とした。ただし、いずれかのセンサが故障したことをユーザに知らせるために、故障発生時には一旦運転を停止し、ディスプレイに故障箇所を表示した上で、ユーザが緊急運転スイッチをONにすることで、自動で故障内容に合わせた緊急運転モードに切り替わるプログラムとした。さらに電気系統の故障時にも緊急運転ができるように、外部パイロットによる斜板操作が可能な手動操作弁を設置し、Sバルブ作動バルブの手動操作弁との順次操作で、手動による緊急運転が可能な仕様とした（図9）。

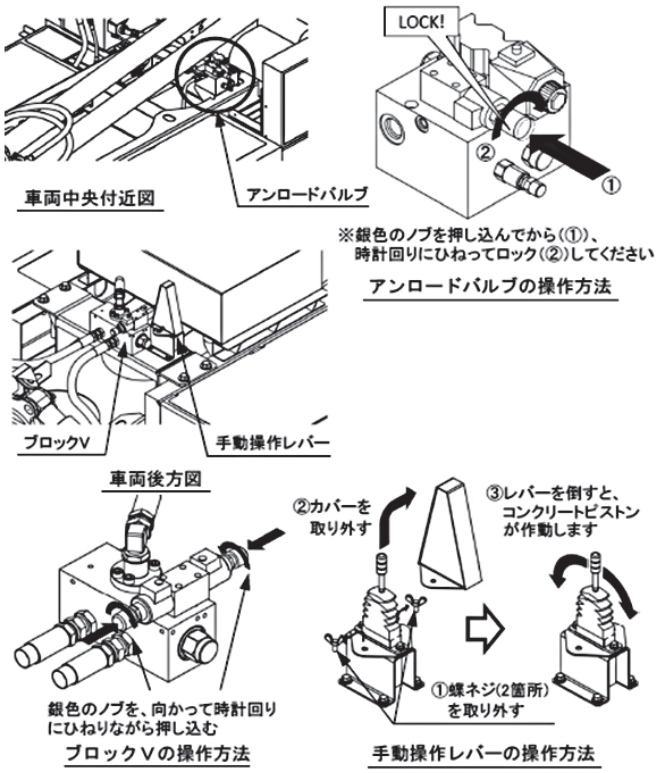


図9　手動運転手順(取扱説明書より抜粋)

8. あとがき

極東開発工業として初めてとなるクローズ回路方式を採用したPY165-39であるが、幅広い吐出量や安全性、静音性に対しご好評をいただいているものの、クローズ回路に対する経験値は低く、改良の余地はまだまだあると考えている。今後も海外勢のCP車に対抗すべく、ユーザからの要望を反映させながら、更なる改良を進めていきたい。

最後に、本機の開発にご協力いただいた関係各位ならびにテスト機のフィールドテストにご協力いただきましたお客様、ゼネコン様各位に心より感謝いたします。

バイオガス（メタン発酵）プラント

坂手　貴志
Takashi Sakate

【概要】

政府は、2050年脱炭素社会の実現に向け、2030年度の総発電量に占める再生可能エネルギーの比率を「36%～38%」に新たに設定した。これは、2019年の実績値（約18%）の2倍に相当する。再生可能エネルギー普及が拡大するなか、脱炭素社会の実現に向けて、廃棄物やバイオマスを安定して再資源化、エネルギー化するプラント技術の開発に取り組んでいる。本稿で紹介するメタン発酵の技術は、古くから実用化もされており、さまざまな技術や処理方式が研究開発されている。その中でも極東開発工業は、処理対象物が広く安定的な運転が可能で省エネルギーである中温湿式メタン発酵方式を採用した。本稿では、メタン発酵の技術解説および施工実績を紹介する。

【ABSTRACT】

The Japanese government set a new 2030 goal of attaining a ratio of renewable energy to total generated electricity of 36% to 38% to help realize a decarbonized society by 2050. This ratio is twice the actual amount for 2019 (about 18%). As renewable energy continues to expand, We are dedicated to helping achieve a decarbonized society by developing plant technologies capable of stably recycling waste and biomass into resources and energy. The methane fermentation technology described in this paper has been in use for some time, leading to the research and development of various other technologies and treatment methods. Of these methods, Kyokuto Kaihatsu Kogyo Co., Ltd. has begun using the medium-temperature wet method of methane fermentation, which is not only energy-efficient but also stable for treatment of a wide range of materials. This paper describes in detail the methane fermentation processes and the results of systems constructed using this process.

1. まえがき

政府は2050年までに温室効果ガスの排出量を実質的にゼロにする、カーボンニュートラルを目指すことを宣言している。さらに、2030年度に2013年度比で温室効果ガス46%削減を目指すことを表明[1)]している。

バイオガスプラントは水分を多く含み焼却処理に適していない食品残渣や生ごみ、家畜ふん尿等から再生可能エネルギー[2)]としてエネルギー回収し、温室効果ガス削減に寄与できるプラントである。

2. メタン発酵の原理

メタン発酵は嫌気（無酸素条件下）で有機物を嫌気性細菌の働きによって、バイオガス（メタンと二酸化炭素）を発生させる。メタン1m^{3}は原油換算で0.92L分のエネルギーとなり、化石燃料の代替燃料として温室効果ガスの排出量削減を図ることが可能である。

メタン発酵は図1に示す二相四段階説で説明され、4段階の分解過程を経てバイオガス生成に至る。

①可溶化・加水分解過程
固形、高分子有機物からモノマー（単糖、アミノ酸、高級脂肪酸）に分解生成する。

②酸生成過程
モノマーから揮発性脂肪酸（酪酸、プロピオン酸、酢酸やギ酸等）を生成する。

③酢酸生成過程
揮発性脂肪酸から酢酸と水素を生成する。

④メタン生成過程
水素と酢酸からバイオガス（メタンと二酸化炭素）を生成する。

一般的に上記の①と②の過程を酸生成相、③と④の過程をメタン生成相と言う。

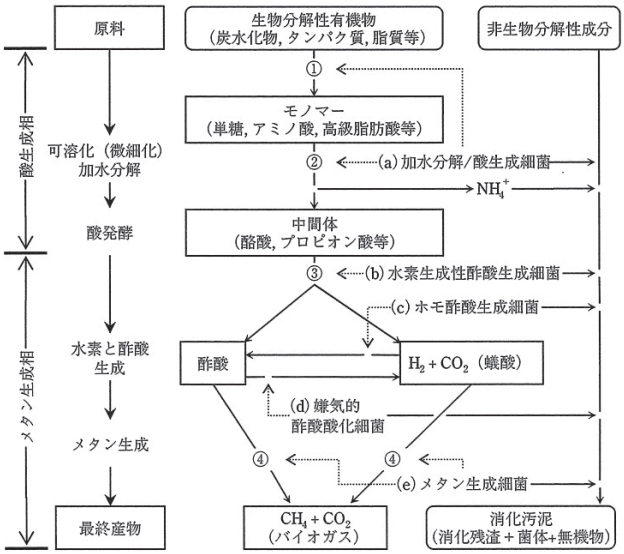


図1　バイオマスのメタン発酵における物質変換の概要[3)]
（点線:酵素反応、実線:物質の流れ）

3. バイオガスプラントの分類

メタン発酵プロセスの種類を表1に示す。メタン発酵プロセスは、溶解性成分が主体の排水処理と固形物が主体の固形廃棄物処理によって種類が異なる。

極東開発工業は、主に食品残渣、生ごみ、家畜ふん尿等の固形廃棄物をターゲットとしており、処理実績も豊富で安定した運転が可能な中温湿式メタン発酵方式を採用している。

【表1　メタン発酵プロセスの種類[3)]】

処理対象	排　水	固形物廃棄物	
		湿式発酵	乾式発酵
メタン発酵プロセスの種類	嫌気性接触法 嫌気性濾床法 嫌気性流動床法 UASB法 EGSB法 ABR法	完全混合法 嫌気性接触法 嫌気性濾床法 ABR法 二槽消化法	横型 縦型
運転温度	無加温 中温 高温	無加温 中温 高温	中温 高温

湿式発酵と乾式発酵はメタン発酵槽投入固形物濃度により分類される。湿式発酵と乾式発酵との比較を表2に示す。

湿式発酵は消化液量が多くなるが、乾式発酵と比べメタン発酵槽の撹拌等、機械動力の負荷は小さく、必要とするエネルギーは少なくなる。

乾式発酵は消化液発生量を減らせられる特徴があるが、必要とするエネルギーが多くなる。

【表2　湿式発酵、乾式発酵の特徴】

項　目	湿式発酵	乾式発酵
投入固形物濃度	10%程度	15～40%程度
消化液発生量	多い	少ない
必要とするエネルギー	少ない	多い

発酵温度について中温発酵と高温発酵の特徴を表3に示す。中温発酵は高温発酵に比べ、分解速度が遅く発酵槽の滞留日数（HRT）は長いが、加温に要するエネルギーは高温発酵より小さい。また、メタン発酵菌の種類が多く、アンモニア等の発酵阻害にも強いため、安定した運転が可能となる。食品残渣、生ごみ等の組成や形状が多種多様な処理対象物を扱う場合、安定した運転が可能な中温発酵の方が有利と考える。

【表3　発酵温度による特徴の比較（参考）[3)]】

比較項目	高温発酵	中温発酵	備　考
運転温度	55℃前後	35℃前後	
分解速度	速	遅	
ガス発生速度	速	遅	
有機物負荷	大（5.5～6.5kg/m^3/d）	小（2.0～3.0kg/m^3/d）	高温発酵の方が単位容積当たりの処理能力が2～3倍高い
HRT	短（10～20d程度）	長（20～30d程度）	HRTの違いに伴い、発酵槽容積も異なる
油脂類の溶解	可能	困難な場合あり	中温発酵の場合、常温で個体の動物性脂肪は注意すべき
衛生化効果	大	小	病原体の不活性化、雑草種子の発芽抑制
加温に要するエネルギー	大	小	
発酵阻害を引き起こすアンモニウムイオン濃度	低（2,500mg/L程度）	高（7,000mg/L程度）	

4. バイオガスプラント構成

バイオガスプラントのシステムフロー（例）を図2に示す。

食品残渣、生ごみ等の廃棄物はメタン発酵に不適切な袋類や包装容器等が含まれているため、メタン発酵に適した性状に選別及び破砕処理する前処理設備が必要となる。家畜ふん尿は直接原料調整槽へ投入され、原料調整槽以後の処理工程は概ね食品残渣、生ごみ等の処理工程と同じとなる。

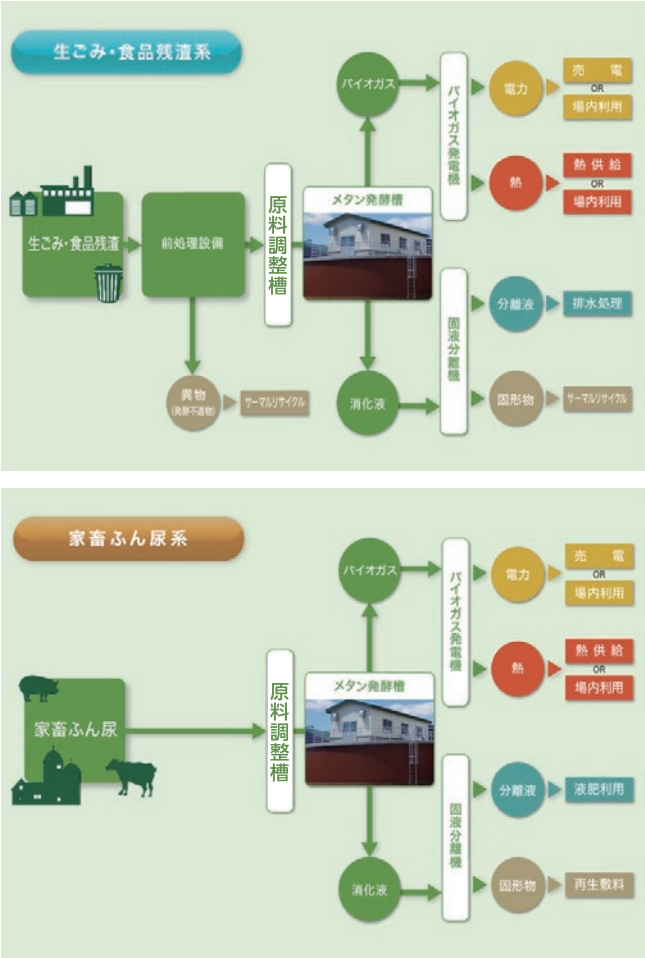


図2　バイオガスプラントのシステムフロー（例）

4-1. 前処理設備

前処理設備で破砕と選別を行う。食品残渣、生ごみ等は、袋収集や容器包装に梱包された状態で搬入される。そのため、メタン発酵に不適切な袋類や容器包装等と、メタン発酵へ適した有機物を選別する必要がある。

破砕することでメタン発酵原料の表面積を大きくし、後段の加水分解・可溶化、メタン発酵の促進を行う。選別状況を図3に示す。

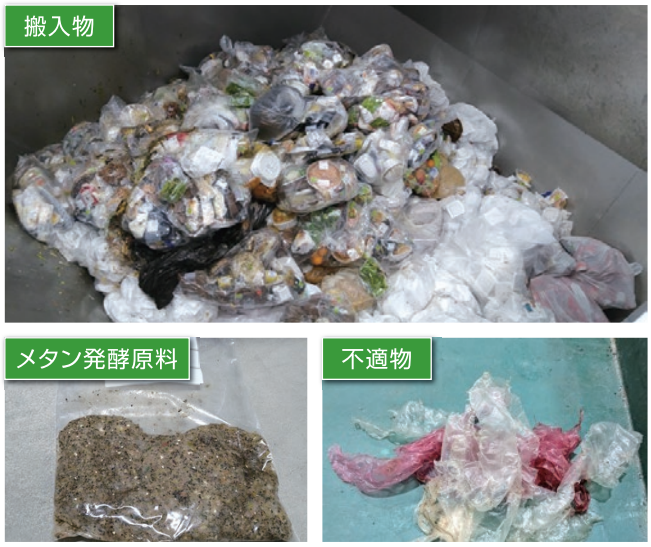


図3　前処理設備選別状況

4-2. 原料調整槽

前処理設備で選別されたメタン発酵原料は原料調整槽へ投入される。家畜ふん尿の場合は原料調整槽へ直接投入する。投入された原料は原料調整槽で貯留し、含水率調整や阻害物質の濃度調整を行う。調整された原料はメタン発酵槽へ定量的に投入される。

図4　原料調整槽サンプル

4-3. メタン発酵槽

極東開発工業は中温発酵を採用しており、発酵槽温度は35～38℃で、滞留日数は約30日間としている。メタン発酵槽ではメタン生成細菌の働きにより有機物は分解されバイオガスとなる。その後、後段の設備でバイオガスをエネルギーとして回収する。図5にメタン発酵槽と図6にメタン発酵槽内の消化液を示す。

図5　メタン発酵槽

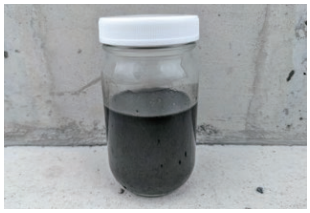


図6　消化液

4-4. バイオガス利用設備

バイオガスは一般的にメタン（CH_4）約60%と二酸化炭素（CO_2）約40%を主成分としたガスである。少量の硫化水素（H_2S）が含まれており、脱硫装置において硫化水素を除去し、エネルギーとして利用する。

近年はFIT制度の後押しもあり、電熱供給が可能なバイオガスエンジン発電機により、電力と温水でエネルギー回収を行うことが主流である。回収したエネルギーは再生可能エネルギーとなる。図7に脱硫塔と図8にバイオガスエンジン発電機を示す。

図7　脱硫塔

図8　バイオガスエンジン発電機

4-5. 消化液貯留設備

メタン発酵後の残渣の消化液は窒素が含まれており、有機肥料として農地還元が可能である。消化液は液肥として春と秋に散布することが一般的で、液肥散布時期まで貯留をする必要がある。そのため、貯留日数を満足した貯留槽の設置が必要となる。図9に消化液貯留槽を示す。

図9　消化液貯留槽

尚、都市部では農地が少なく、消化液の農地還元は難しいため、排水処理設備で適切に処理したのち下水道等へ放流を行う。

5. 弊社施工実績

5-1　興部町（おこっぺちょう）北興バイオガスプラント

興部町の酪農家6戸から発生する乳牛ふん尿を処理対象物とした集合型プラントで、エネルギー回収と同時に消化液を農地還元している。また、消化液散布はスラリー散布と比べ悪臭低減にも寄与している。極東開発工業は一次下請けでプラント機械・電気工事を担当した。

（1）処理対象物：乳牛ふん尿
（2）処理量：37.89t/日（成乳換算590頭分）
（3）バイオガスの利用方法：発電事業者へガス販売
（4）消化液処理方法：液肥利用
（5）所在地：北海道興部町
（6）竣工年月：2016年11月
（7）発注者：興部町 様
（8）設計・施工：岩田地崎・コーンズ・藤共JV

※一次下請けでプラント機械・電気工事を担当

図10　興部町北興バイオガスプラント全景

5-2. 豊浦町バイオガスプラント

ホタテの養殖・加工から発生する水産残渣や家畜ふん尿を原料として、発電及び副産物の消化液を農地還元するバイオガスプラントで、極東開発工業はプラント機械・電気工事を担当した。

（1）処理対象物：豚糞尿・牛糞尿・水産残渣処理水等
（2）処理量：135.6t/日
（3）バイオガスの利用方法：余剰売電
（4）発電機容量：382kW
（5）消化液処理方法：液肥利用
（6）所在地：北海道豊浦町
（7）竣工年月：2019年4月
（8）発注者：豊浦町 様
（9）設計・施工：大成・コーンズ・極東開発工業JV

図11　豊浦町バイオガスプラント全景

5-3. バイオディーゼル岡山(株)様　食品リサイクル工場

従来は焼却処理されていた事業系一般廃棄物や、食品系の産業廃棄物を処理対象物としている。固定買取制度（FIT）を利用して売電を行っており、焼却・埋立処理をされていた食品残渣よりエネルギー回収を行うことで、温室効果ガス排出量削減を実現している。食品残渣系のバイオガスプラントとして初受注したプラントで、破砕選別を行う前処理設備があることが特徴である。

（1）処理対象物：事業系一般廃棄物、産業廃棄物
（廃酸、廃アルカリ、動植物性残渣等）
（2）処理量：45t/日
（3）バイオガスの利用方法：FIT売電
（4）発電機容量：910kW
（5）消化液処理方法：排水処理設備で処理後下水道放流
（6）所在地：岡山県岡山市
（7）竣工年月：2021年4月
（8）発注者：バイオディーゼル岡山（株）様
（DOWAグループ）
（9）設計・施工：極東開発工業（株）

図12　バイオディーゼル岡山　食品リサイクル工場全景

6. あとがき

極東開発工業は2015年の技術導入を端に、家畜ふん尿のバイオガスプラント建設に携わり、極東開発工業リサイクル施設の破砕選別技術を応用して、食品廃棄物のバイオガスプラント建設まで至った。

今後もバイオガスプラントを軸に、新たな事業の展開に繋げ、温室効果ガスの削減に寄与することで、持続可能な社会に貢献していきたいと考える。

最後に技術導入からプラント建設及び現在に至るまで、ご協力頂きました関係者各位に心より感謝を申し上げます。

参考文献

1）環境省HP『脱炭素ポータル』
2）経済産業省資源エネルギー庁HP
『再生可能エネルギーとは』
3）野池達也編著（2009）『メタン発酵』

ピストンクリートPY140-36A

コンクリートポンプ車はミキサトラックから供給された生コンクリートを高所、遠方へ圧送するためのブームと圧送ポンプを備えた作業車両です。

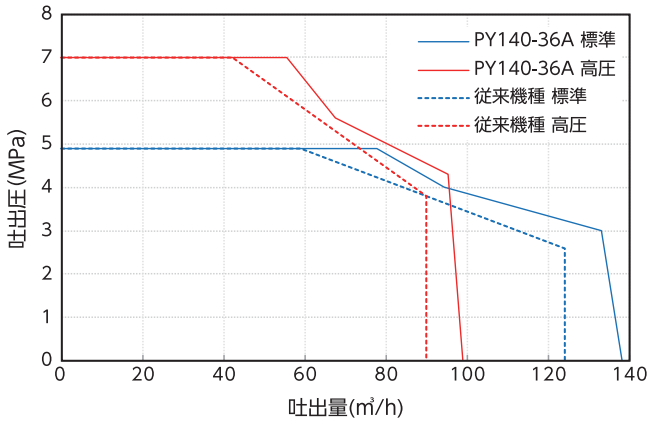
この度開発した「PY140-36A」は、36m級ブーム搭載の大型ピストンクリートで、従来機種(注1)に比べて最大吐出量と実用域の圧送性能を向上させました。

ピストンクリートPY140-36A

特長

①圧送性能の向上

エンジン出力を最大限に使用するため、油圧ポンプの制御方式を従来のレバー制御式から吐出圧力とエンジン回転数に応じて油圧ポンプ出力を自動調整する電気制御式に変更しました。その結果、最大吐出量および最大出力は従来機に比べて11%向上しました。この最大出力の向上は実用域(吐出量60～80m³/h)における圧送性能を向上させ、最大吐出量の向上と合わせてコンクリート打設の生産性向上に貢献します。



②水タンク容量の拡大

架装レイアウトを見直すことで重量バランスの最適化を図り、洗浄用水タンク容量を従来機の300Lから490Lへ増量し、洗浄作業の利便性を高めました。

③車両管理支援システムに対応

特装車の稼働状況を記録・蓄積するIoTを利用した車両管理支援システム「K-DaSS(注2)」サービスツールシステムに対応しました。これにより、サービス員が車両の状態をデジタルデータで正確に把握でき、メンテナンスの合理化や万一のトラブル発生時の対応迅速化を実現し、車両管理の効率化に寄与します。

主要諸元

架装形式	PY140-36A	
仕様	8B仕様	9B仕様
最大吐出量 標準/高圧	114/82m³/h	138/99m³/h
最大吐出圧力 標準/高圧	6.0/8.5MPa	4.9/7.0MPa
コンクリートシリンダ径	φ205mm	φ225mm
シリンダストローク	2,100mm	
水ポンプ 吐出圧力	6.6MPa	
ホッパ容積	0.5m³	
ブーム形式	全油圧4段屈折式	
ブーム最大長さ	32.1m	
ブーム最大地上高	35.6m	
ブーム旋回角度	370°(限定旋回)	
コンクリート輸送管径	125A	
アウトリガ張出スパン フロント/リヤ	7,600mm/7,800mm	
車両 全長×全幅×全高	11,940×2,490×3,600mm	
車両総質量	約24,990kg	

(注1)従来機種：ピストンクリートPY125-36A
(注2)K-DaSS：極東開発工業独自の特装車製品における稼働状況を記録・蓄積・共有するシステム

スクイーズクリート PH50C-15･PH50C-17

コンクリートポンプ車は、ミキサトラックから生コンクリートを受けて、コンクリート輸送管を通じて打ち込み場所まで輸送する機械です。

PH50C-15･PH50C-17は、従来機種(注1)のコンクリート圧送装置（以下、ポンプASSY）を改良し、圧送性能を向上させた小型スクイーズ式コンクリートポンプ車です。

特長

①ポンプASSYの改良

スクイーズ式コンクリートポンプはポンプケース内にU字状に埋設されたポンピングチューブをゴムローラが押し潰しながら絞ることで生コンクリートを押し出します。従来の4.5B(注2)ポンピングチューブを使用するポンプASSYは、生コンクリートを押し出す角度（押圧角度）が175°となっており、ポンピングチューブ内部のシール性が低い領域が最上部にあるため、ポンピングチューブの内面摩耗が進行した際に生コンクリートの逆流現象が発生していました（図1）。

本改良ではポンプASSYの構造変更により、すべての領域で内部のシール性を維持できるよう押圧角度を180°に拡大することで生コンクリートの逆流現象を低減し、作業効率および安全性を向上しました（図2）。

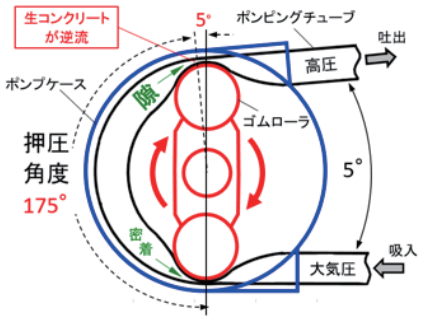


図1　押圧角度175°ポンプASSY概要図

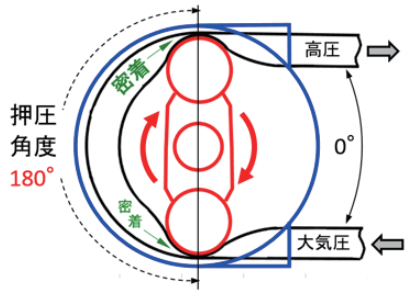


図2　押圧角度180°ポンプASSY概要図

②部品の共通化

ポンプASSYの改良に伴い、各部品の変更が必要となりましたが、主要な消耗品であるゴムパッドおよびコンクリート輸送管の曲がり管については従来機種で使用している部品と共通化を図り、メンテナンス時に必要な補用部品の種類の増加を最小限に抑えました。

③最大吐出量アップ（PH50C-15）

従来機種PH45A-15の最大吐出量は45m³/hでしたが、1クラス上のPH50C-17と同一の圧送性能（最大吐出量50m³/h）に高めることで作業効率を向上しました。

PH50C-15

PH50C-17

諸元

【表1　PH50C-15･PH50C-17の主要諸元】

架装形式	PH50C-15	PH50C-17
架装シャシ	2.75t級	3.5t級
最大吐出量 高速/低速	50/36m³/h	
最大吐出圧力 高速/低速	1.8/2.5MPa	
ポンピング チューブ径	4.5B(注2) (φ108 mm)	
ホッパ容積	0.28m³	
ブーム形式	全油圧3段屈折+先端伸縮式	
ブーム最大長さ	11.9m	14.3m
ブーム最大地上高	14.6m	17.0m
ブーム旋回角度	360°度全旋回	
コンクリート輸送管径	100A	
フロントアウトリガ 張出スパン	標準 3,612mm ワイド 4,106mm	標準 3,600mm ワイド 4,695mm
リヤアウトリガ 張出スパン	2,500mm	2,680mm
車両 全長×全幅×全高	5,600×1,890 ×2,680mm	6,740×2,060 ×2,790mm
車両総質量	7,000kg	7,700kg

(注1)従来機種：PH45A-15、PH50B-17
(注2)ポンピングチューブサイズの呼径で、インチ表記したもの。

「パワーゲートGⅡ/GⅢ1000･CG1000」荷役作業時の安全性向上

「セーフティパッケージ」オプション新設定

テールゲートリフタ（当社商品名:パワーゲート）は、トラック後部に取り付けられたテールゲートが油圧の力で地面と荷台の間を昇降し、荷物の積み降し作業の効率化･省力化を図る装置です。

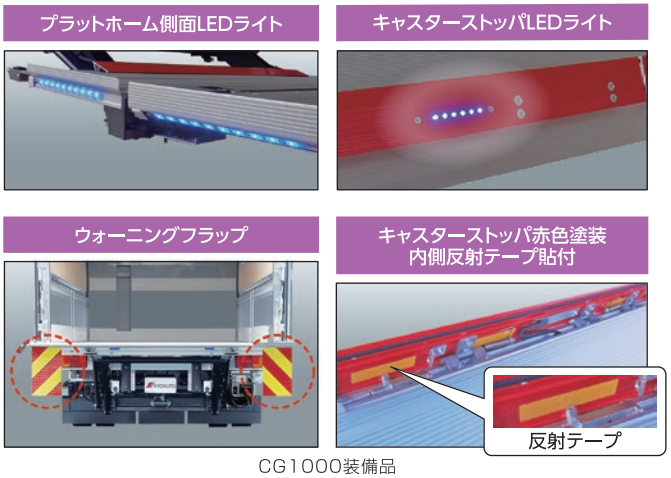
近年、テールゲートリフタにおける荷役作業時の安全性向上が求められており、それに伴い、早朝･夜間作業時の作業者と歩行者の安全性を向上させるために、「セーフティパッケージ」（G型･CG型向け）を新たにオプション設定し、2021年10月より発売しました。

CG1000　プラットホーム
（セーフティパッケージ装着仕様）

特長

①プラットホームの視認性向上

プラットホーム側面とキャスターストッパにLEDライトを取付け、さらに、ウォーニングフラップを装着することにより、夜間作業時のプラットホームの視認性を高め、自転車や歩行者との接触を未然に防ぐことができます。また、キャスターストッパを赤色にし、さらに、内側に反射テープを貼付けることで、作業者が庫内からキャスターストッパの開閉状態を確認しやすくなり、開閉忘れを防ぐことができます。



CG1000装備品
（GⅡ/GⅢ1000も同様の位置に装着）

②台車の落下防止

側面落下防止アングルを取付けることにより、プラットホーム上にある台車の落下を防ぐことができます。

CG1000　プラットホーム
（GⅡ/GⅢ1000も同様の位置に装着）

③メインスイッチの切り忘れ防止

メインスイッチ切り忘れ防止ブザーにより走行中の誤作動や余分な電力消費を抑制します。

（切り忘れ防止ランプは標準装備）

セーフティパッケージ装備品一覧

1	プラットホーム側面･キャスターストッパLEDライト
2	キャスターストッパ赤色塗装
3	キャスターストッパ内側反射テープ貼付け（黄色）
4	ウォーニングフラップ
5	側面落下防止コーナカバー(アルミ製)
6	メインスイッチ切り忘れ防止ブザー
7	大型後部反射器(注1)

（注1）大型後部反射器はCG1000のみ装着

3.5tシャフト式スケールパッカー

ごみ収集車は、家庭や事業所などから出る廃棄物を、車両後部の積込み装置により荷箱の中で効率よく圧縮して、処分施設まで運搬する作業車両です。

近年、廃棄物排出事業者への回収費請求やごみ減量化の促進、過積載防止などを目的に計量装置付きのごみ収集車の需要が増えています。

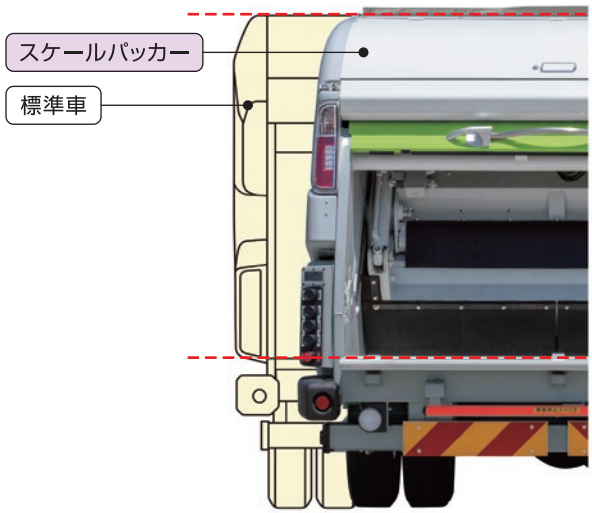
極東開発工業ではごみ収集車に計量器を搭載し、ボデー全体を計量できる「スケールパッカー」を1988年より販売してまいりました。現在、ごみ収集車の生産台数の約10%をこのスケールパッカーが占めています。

この度、ラインナップを拡大するため、新型のロードセルを用いた3.5tシャフト式スケールパッカーを2022年7月に発売しました。

特長

①低地上高化･低重心化

新規開発した小型のシャフト式ロードセルを採用し、専用フレームを最適化しました。これにより非計量装置付きと同等の車両全高と投入口高さを実現し、収集時の作業性が向上しました。

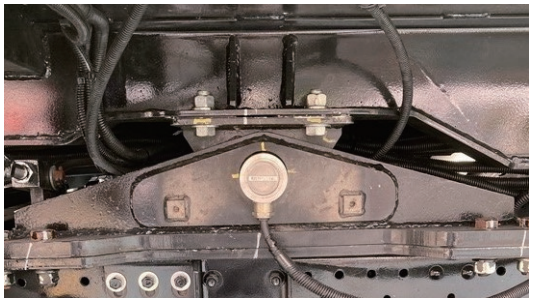


標準車とスケールパッカーの高さ比較

また低重心化も達成し、従来対応できなかった高容積型ユニットの架装も可能になりました。

②計量精度の向上

市場での評価を繰り返し、ボデーとサポートフレームの強度を最適化し、ビーム式ロードセルを採用したスケールパッカー同等の重量増加に抑えました。またロードセルの保持構造や搭載方法の見直しにより、シャフト式の課題であった計量精度を改善し、ビーム式同等の計量精度を確保することができました。



また傾斜地においても、標準採用の傾斜センサを用いて自動的に重量値が補正されます。

③部品共通化

従来からラインナップしているビーム式スケールパッカーと部品を共通化することで、計量装置の操作方法やオプション対応の違いをなくしました。

諸元

架装シャシ	3.5t	
積込 / 排出方法	プレス式 / 強制排出式	
架装形式	GB71-230	GB83-230H
ボデー容積	7.1m³	8.3m³
全高	約2,300mm	約2,500mm
投入口高さ	約800mm	約800mm
秤量	4,000kg	
目量	1kg	

日本トレクス

トレーラブレーキ温度監視システム（TBTMS）

トレーラブレーキ温度監視システムは、トレーラ火災事故の原因の大半を占めるドラムブレーキの引き摺り現象を、ブレーキシューの温度変化からいち早く検知し、火災など危険なトラブルが発生する前にドライバーへ警告します。

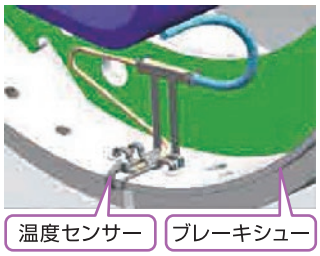
2021年10月より順次発売した本システム標準採用（一部対象外）のトレーラをユーザーに提供することにより、ドライバーの安全確保、社会インフラ維持に貢献します。

特長

①火災の原因となるブレーキ温度を直接測定

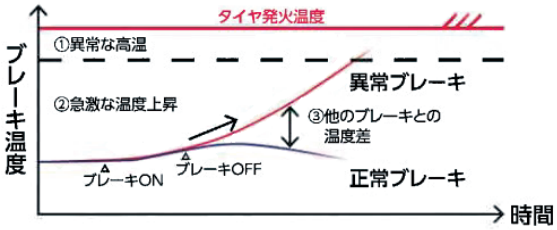
トレーラの車両火災の大半を占めるドラムブレーキ火災は、エア配管の不具合、スプリングチャンバの不具合、カムシャフトの不具合など様々な原因で発生します。しかし、各部位に警報装置を備えて不具合をすべてカバーすることは困難です。

トレーラブレーキ温度監視システムは、ブレーキシュー温度を直接測定することで、様々な要因で発生するブレーキの温度異常を検知し警報を出します。



②早い段階での異常の検知

各車輪のブレーキに設置した温度センサで3種類の異常な温度変化を検知することで、異常な加熱を早い段階で検知しドライバーに知らせることができます。



製品仕様

警告インジケータの点灯色について

緑色

ブレーキ温度監視中です。
通常走行ができます。

橙色

ブレーキが異常な温度上昇を検知。
ブレーキ引き摺りが発生している
可能性があります。

青色

ブレーキの異常な温度上昇が
進み大変危険な状態です。

消灯

ブレーキ温度監視システムの故障
すみやかに点検をして下さい。

K-DaSS IoT運用開始

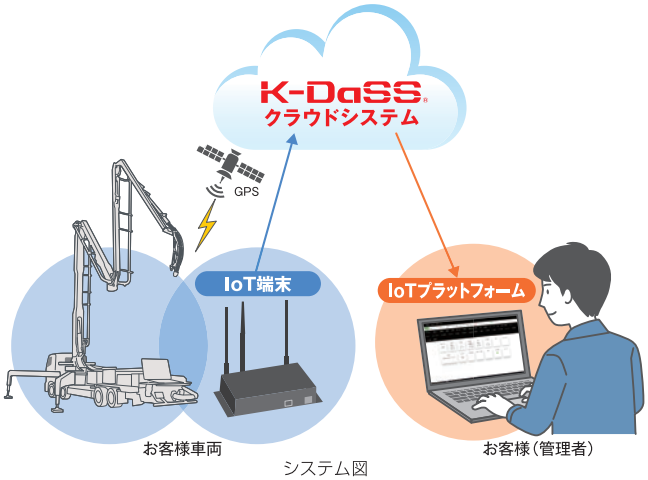
近年、急速にIoTの実用化が進んでおり、あらゆるデータが活用され、様々な場面で自動化、効率化、遠隔監視等によって先進的なサービスが実現されています。そこで極東開発工業も有益なサービスの実現を目指して、2022年4月生産分より大型ピストンクリートを対象に稼働情報を収集するシステム「K-DaSS IoT(注1)」の運用を開始しました。

(注1)K-DaSS　：極東開発工業独自の特装車製品における稼働状況を記録・蓄積・共有するシステム
K-DaSS IoT：K-DaSSのひとつで、IoT(様々なモノをネットワークでサーバーやクラウドサービスに接続して相互に状況交換する仕組み)化したシステム

特長

①IoT端末搭載

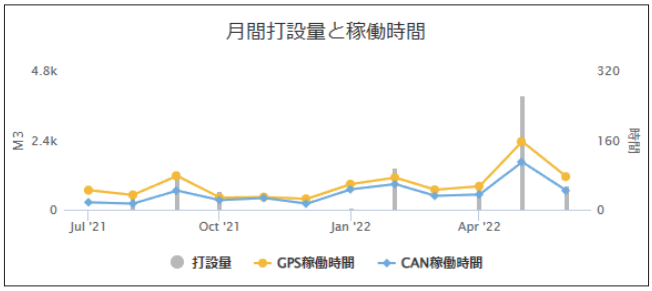
IoT端末を搭載することで吐出量や油圧データ、位置情報等、コンクリートポンプ車のさまざまなデータが取得可能になりました。データは専用のクラウドサーバーに蓄積されK-DaSS　IoTプラットフォーム(WEBページ)をご利用いただくことによって、データの閲覧が可能になります。



システム図

②稼働データの見える化

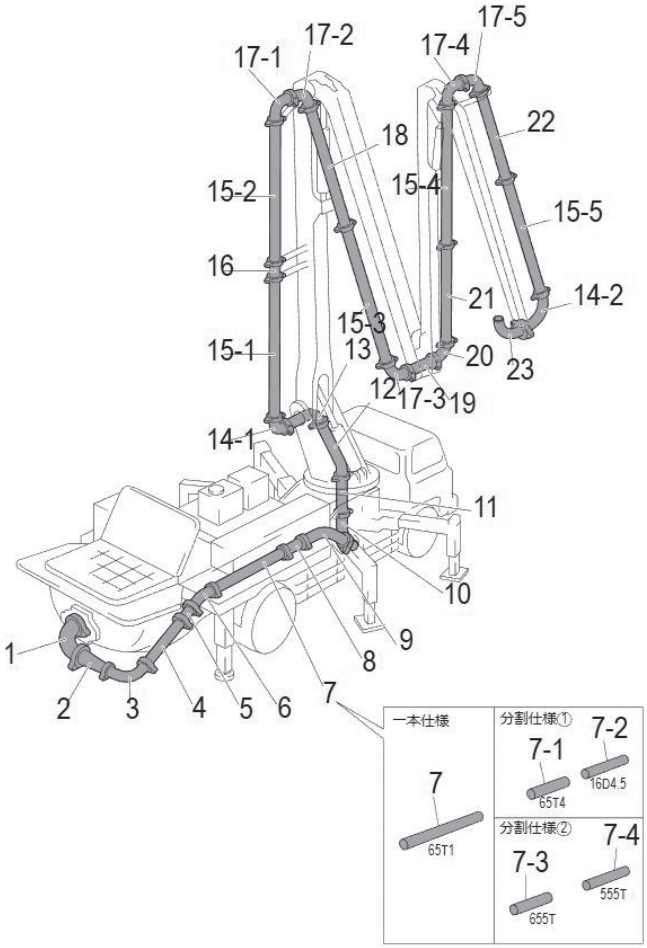
お客様の日々の建設現場での稼働データを蓄積することで、K-DaSS　IoTプラットフォーム上で整理された統計グラフとして確認することができます。稼働データの見える化により作業効率の改善や建設計画を立てる上での支援機能として活用いただけます。



月間打設量と稼働時間

③遠隔監視によるサービス対応の迅速化

メンテナンスが必要になった場合、車両状態を遠隔で確認し、迅速に適切な対処を実施することで、お客様の作業のダウンタイム削減に貢献します。また、ブーム配管の交換日を記録することで想定寿命を算出する消耗品管理機能も備えています。



配管管理機能

対象機種と機能

対象機種	PY165-39 PY140-36A PY120-33C PY135-28-H PY120B-26D
WEB機能	•統計表示 •移動履歴表示 •PQ線図表示 •配管管理
WEB統計表示項目	•油圧 •吐出量 •ポンプ回転数 •センサ情報 •基板入出力制御情報 •ガバナ電圧 •エラー •操作情報

10t大型リヤダンプトラック耐摩耗鋼板（HARDOX）仕様とごみ収集車安全支援システム「KIES（キース）」が「2021年度グッドデザイン賞」を受賞さらに、大型リヤダンプトラック耐摩耗鋼板仕様は「グッドデザイン・ベスト100」に選出

10t 大型リヤダンプトラック耐摩耗鋼板（HARDOX）仕様

2020年12月より発売している「10t大型リヤダンプトラック耐摩耗鋼板（HARDOX）仕様」は、ボデーに高い硬度と靭性を誇るスウェーデン鋼「HARDOX」を採用したことや、ホイストメカとボデー主桁の改良などにより強度の向上と軽量化を両立させ、最大積載量10,000kg以上を確保し、輸送効率の向上を実現した製品です。また、2018年2月に発売した4トン車および2019年5月に発売した7トン車と共通のデザインコンセプトである“剛から柔へ”の設計思想を深化させ、サイドパネルおよびテールゲートをスチフナ（補強柱）レスとすることで、すっきりとしたシンプルなデザインとしています。さらに、車両軽量化を実現したことで空荷状態における燃費向上にも貢献しており、環境性能も向上させた、新発想のダンプトラックです。

今回、審査委員会より、常識にとらわれない柔軟な設計思想で積載量を増やす解決策を見出した点や、高強度耐摩耗鋼板の採用によりスチフナの削減と曲面を用いたボデーの一体化構造がデザイン性だけでなく工学的な点で高く評価されたことにより、本受賞に至りました。

10t 大型リヤダンプトラック耐摩耗鋼板（HARDOX）仕様
（オプション装着車）

KIES（キース）

ごみ収集車による収集作業には、積込装置に人が巻き込まれるリスクが伴い、重傷・死亡事故につながる可能性があることから、その安全対策は重要な課題となっていました。

2020年8月より発売しているごみ収集車安全支援システム「KIES」は、その課題に応えるべく開発した新しい安全支援システムであり、高性能専用カメラ（バックアイカメラ兼用）と、独自のAI画像認識技術により「人」を高精度で検知します。

これにより、収集作業時の危険を察知して積込装置を自動停止させることで、より高度な安全性を、収集時の作業性を損ねることなく確保することを可能としました。

今回、審査委員会より、「AIによって人そのものの形を検知し、誤検知の防止、効率性の良さ、また確実性を実現した」点や「途切れることのない、毎日の作業を支え、市民のインフラと安全を、優れた技術と発想で守る、優れたデザインである」点などが高く評価されたことにより、本受賞に至りました。

北陸重機工業

北陸重機工業　新工場竣工

極東開発工業グループの北陸重機工業は新潟県新潟市に所在しており、工場構内で牽引用に使われる機関車や国内外で使用される保線用鉄道車両等の設計～製作及び保守作業を行っています。

北陸重機工業 新第一工場及び新事務所

敷地面積は7780㎡／延床面積4597㎡で従業員56名の体制で生産を行っております。製作する車両は鉄道車両、製鉄所関係、特殊装備車、荷役産業機械など使用目的やサイズが様々でほぼオーダーメイドとなっており納期は1年ほどです。

我々の経営理念は「わたしたちは製造サービス業を目指す。ただ品質の確かな製品を、納期通りに作るのではない。どうしたらお客様に喜んでいただけるか、それを真剣に考え実行することこそが、私たちの進化だ!」であり、これを念頭にモノづくりに励んでいます。品質管理は特に重視しており、2008年8月にISO9001を取得し、更に現在は国際規格である鉄道RAMS（ラムズ）の対応に取組んでおり、海外案件の品質と安全性の確保に努めています。

コンゴ民主共和国向け72t機関車

この度、国内外で高まる保線用鉄道車両等の需要に対応すべく、2021年11月、北陸重機工業の新第一工場及び新事務所が竣工しました。（敷地面積3948㎡／延床面積3483㎡）

新第一工場は生産能力を旧第一工場比で約50%増強することを目指して建て替えを行い、組立スペース及び塗装ブースの拡張を行ったほか、両エリア間にレールを施設することにより作業効率が大幅に向上しました。

また、場内に30tクレーン2基を設置することにより、さらに幅広い製品ラインナップと安全な生産が可能となりました。

本社 新第一工場

新第一工場内組立スペース

今回、本社事務所棟も合わせて建て替えを行い、従業員の業務環境の向上を図りました。

新事務所

製品紹介

北陸重機工業で製作した車両の一部を紹介致します。

HPではここで紹介した以外の製品や走行動画、納入実績等の情報を展開しておりますので、ぜひご確認ください。

URL:https://www.hokuju.com

貨物向け25t機関車

新幹線向け架線作業車

在来線向け起動モーターカー

リチウムイオン電池搬送台車

車両のエンジン点検･オーバーホール

地域活動

本社工場のある新潟県新潟市東区は、信濃川と阿賀野川の豊かな水資源や新潟西港や新潟空港などの物流拠点があり、それらを活かした工場が多く立ち並ぶ第二次産業が盛んな街となっております。また、東区主催で工場や産業施設を対象にした夜景バスツアーや見学会など地域への取組も行われており、北陸重機工業も参加し工場見学、体験走行など行っています。

新潟市東区主催バスツアー･工場見学の様子

最後に

北陸重機工業では今後、更なる増産と業績の拡大を目指すほか、国内はもとより、近年、新興国における鉄道網の展開と経済発展の一助となるよう、生産活動を進めてまいります。

カーボンニュートラルに向けたバイオマス利活用や廃棄物資源循環の推進

日本政府は、「2050年脱炭素社会の実現」を宣言し、各分野では化石燃料からの脱却が急務になっています。この環境課題を解決するには、代替となる燃料の開発、実用化が鍵となります。

環境事業部では、これまで培ってきた廃棄物処理技術を活かし、バイオマス及び廃棄物の再資源化、エネルギー化により、化石燃料の代替燃料を生みだす新たなプラントの建設に取り組んでいます。以下に、導入事例を紹介します。

バイオガスプラント竣工

2021年3月にDOWAグループのバイオディーゼル岡山(株)様へバイオガスプラントを納入しました。
(本誌技術解説にて詳解しています。)

「食品リサイクル工場」と名付けられた本施設は、食品関連事業者から排出される食品廃棄物を原料に、メタン発酵でバイオガスを生成しガス発電を行う施設で、包装容器等を取り除く前処理設備を設けることで、飼料や肥料へのリサイクルが難しい食品廃棄物を有効利用することができます。

年間約16,000トンの食品廃棄物を受け入れ、メタン発酵を用いたバイオガス発電により約1,600世帯分に相当する発電と売電が行われます。

施設規模

処理能力	45トン/日
発電容量	910kW

バイオガスプラント(食品リサイクル工場)全景

使用済み紙おむつ燃料化施設竣工

使用済み紙おむつ燃料化施設である「西天北サーマルリサイクルファクトリー」は、これまで地域で廃棄、埋め立て処分されていた使用済み紙おむつと剪定枝等の木質バイオマスから燃料を製造する施設で、太陽熱で乾燥した剪定枝等の木質バイオマスと、滅菌した使用済み紙おむつを破砕、混合し、ペレット状に固形化することで混合燃料を作ります。

製造された混合燃料は、地域の老人ホームに整備された専用ボイラで燃焼し、給湯熱源に利用されます。

施設規模

処理能力	使用済み紙おむつ	170トン/年
	剪定枝など	58トン/年
混合燃料製造量		0.36トン/日

使用済み紙おむつ燃料化施設全景

極東開発パーキング

インドネシア大規模立体駐車装置竣工

インドネシアの首都ジャカルタ中心部スディルマンにおいて大規模立体駐車装置を受注し、竣工しましたので紹介します。

受注の経緯

2017年5月のインドモービル社ビル駐車場（3段式4基、46台収容）の初号機竣工に続き約1年後の2018年4月に今回紹介するインドセメント社ビル駐車場（4段式4基、76台収容）を受注しました。インドセメント様は2013年にインドモービル様に続きプレゼンを実施した会社で、駐車場不足の解決策を検討されていました。

特長

インドネシア仕様として制御盤内機器は、可能な限り熱帯仕様としています。また、洪水の多い土地なので、制御盤設置高さを日本よりも200mm高くしました。さらに、制御に関して日本では安全性を確保するために必要な機能を一体的に認定を行う新大臣認定の方式に切り替わりましたが、現地の使用環境を鑑み長年実績のある従来型としました。

部品の発送

受注後、40フィートコンテナ15本に分けて梱包した部品は、出港前日の2018年9月4日に来た台風により、水深約1.5mの高潮被害に遭いました。関西国際空港の連絡橋にタンカーが衝突した台風です。扉を開けて無事を確認できたのは3週間後の26日でした。積荷の確認後、台風から1.5か月後の船便の再予約を行い、無事発送することができました。

設置工事

駐車装置配置状況

基礎工事は開始されましたが、市内の中心部であったためか、装置の設置工事の許可が下りたのは、部品到着から1年以上経過した2020年3月で、しかも夜間搬入に限る条件付でした。新型コロナウイルスの影響により、指導員が渡航できずにテレビ電話を用いたリモートでの設置指導となり不安が有りましたが、インドモービル社ビルの設置時にも担当したインドネシアの現地法人 PT. Kyokuto Indomobil Manufacturing Indonesia の技術者と極東開発パーキングの技術者との連携で無事設置及び完成検査が完了しました。

イレギュラーなことが多い案件でしたが、お客様には大変喜んでいただき、ご利用いただいています。

諸元

型 式		HS4041-5243N	HS4051-5243N	HS4061-5243N	HS4071-5243N
連棟数		4連棟	5連棟	6連棟	7連棟
方 式		多段方式（昇降･横行式）			
分類記号		MA525N			
収容可能車諸元	全 長	5,050mm			
	全 幅	1,900mm			
	全 高	2,100mm			
	重 量	2,300mm			
	最低地上高	120mm			
連棟ピッチ		2,450mm			
ピット寸法	奥 行	5,250mm			
	間 口	10,150mm	12,600mm	15,050mm	17,500mm
	深 さ	80mm（水上）			
装置有効高さ		8,860mm以上			
装置主要寸法	全長	6,330mm			
	全幅	10,350mm	12,800mm	15,250mm	17,700mm
	全高（車両含む）	8,810mm			
収容台数		13台	17台	21台	25台
速度	昇降	積載時:4.6m/min、空車時:6.9m/min 4F:90sec、3F:62sec、2F:33sec			
	横行	11.7m/min 17sec			
モーター		AC200/220V（50/60Hz）			
	昇降	2.2kW ブレーキ付（インバータ制御）			
	横行、ゲート	0.2kW ブレーキ付（インバータ制御）			
入庫方式		後進入庫			
防錆仕様		亜鉛メッキ			

立体駐車装置

日本トレクス

コンセプトモデル

スワップ冷凍フラットパネルバンボディ

2024年問題(※1)対応策として、国土交通省が提唱する中間輸送には、「①トレーラ・トラクタ方式」「②ドライバー交代方式」「③貨物積み替え方式」があります。

その中でも①案にあたるスワップボディ方式が注目されており、日本トレクスではスワップボディのバリエーションを追加する目的で冷凍フラットパネルバン仕様を試作しました。

ボディ部は外板・断熱材・内板で構成される複合パネル(PANECT)を使用し、ボディ単体で冷凍機を稼働させることができるようにサブエンジン式冷凍機を採用しているため、予冷時間短縮にも有効です。

フラットで美しい外観は、広告・宣伝に最適で企業イメージの向上に貢献します。

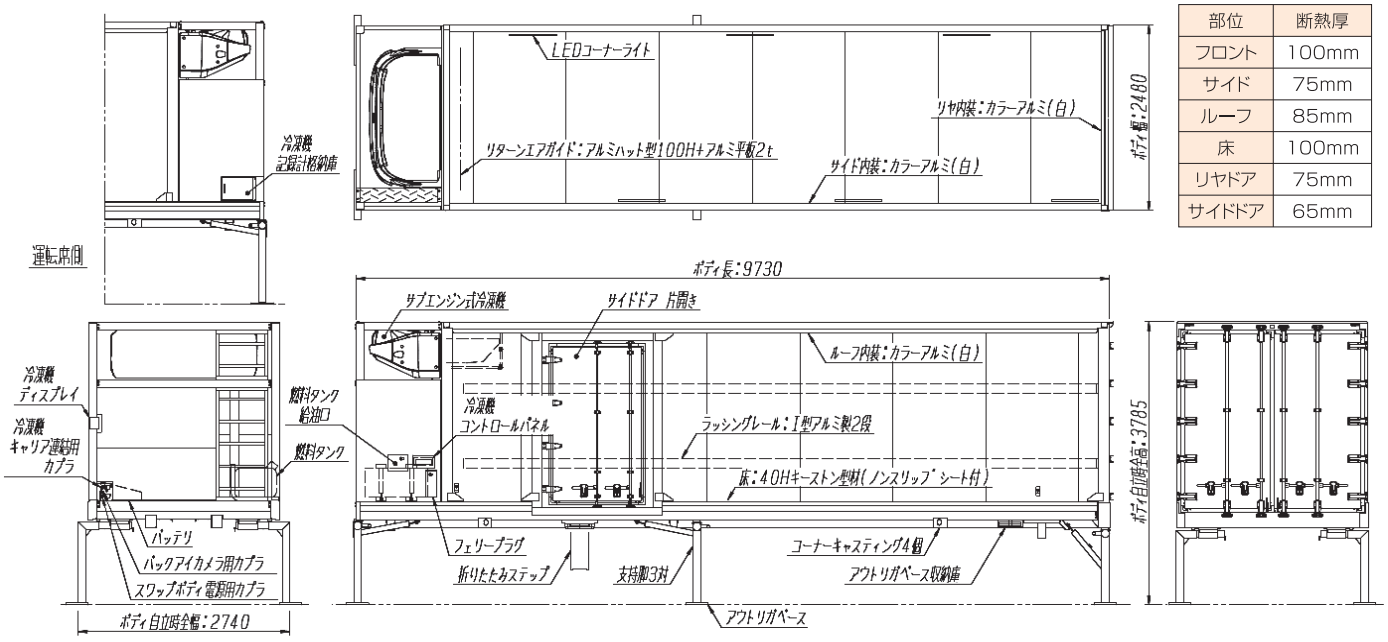
(※1)物流業界の働き方改革による時間外労働の制限などで生じる問題の総称

特長

①国内初のスワップ冷凍バンボディ
②ボディを除いた車両部分(=キャリア)を切り離しても、ボディ単体で冷凍機運転が可能
③スワップボディコンテナ車両製作基準:一般社団法人　日本自動車車体工業会(JABIA)規格に適合し、各メーカーキャリアとの互換性があります

主要諸元・寸法

最大積載量:10,800kg
注:使用キャリアにより積載量異なります



部位	断熱厚
フロント	100mm
サイド	75mm
ルーフ	85mm
床	100mm
リヤドア	75mm
サイドドア	65mm

松本　典浩

特装車用ワイヤレスリモコン　パルコンの歩み

特装車におけるワイヤレスリモコンの利用

特装車を利用する現場には機械を操作しながら作業者が動き回る必要のある場面が多く存在し、このような作業には車両から離れて操作できるワイヤレスリモコンが広く利用されている。

産業用のワイヤレスリモコンは無線機器の専門メーカから様々な機種が販売されているが、特装車は車種毎に作業環境・使用方法・価格帯が大きく異なり、これらの要求をバランスよく満たす製品はなかなか見当たらないのが実情である。

そこで極東開発工業は、コンクリートポンプ車用、一台積車両運搬車用（写真1）、テールゲートリフタ用（写真2）にそれぞれ専用開発したワイヤレスリモコンを用意している。

このうち比較的低価格帯にあたる後者2つの機種には、かつては専ら有線タイプのリモコンが使用されていた。極東開発工業は、これらのカテゴリにワイヤレスリモコンを普及させるため、最適なハードウェアを求めて自社で設計するところから始動し、改良を重ねた末、現在は有線リモコンをほぼ置き換えるに至っている。

本稿では、このパルコンシリーズの歩みを振り返る。

写真1　一台積車載車

写真2　テールゲートリフタ

パルコン（初代）

極東開発工業がワイヤレスリモコンの開発に着手した1990年頃、機械類の遠隔操作に利用できる市販の機器は、ガレージの電動シャッタ開閉用の製品がいくつかある程度で選択の幅は小さかった。なかでも特装車の過酷な使用環境に耐える強度・耐候性を備えたものはごく限られ、高価であった。

極東開発工業はそれまでもオプション扱いでそのような市販ワイヤレスリモコンを取り付けていたが、装着率は低く、遠隔操作の要望が比較的高い一台積車両運搬車においても数％であった。テールゲートリフタに至っては約10,000台あたり数台と、ほとんど利用されていない状況であった。

しかし、ワイヤレスリモコンの利便性の高さは明らかであったため、価格の問題が解消すれば普及が大きく進んで極東開発工業製品の競争力向上につながると予測し、特装車専用品の開発を開始した。

ワイヤレスリモコンは送信機と受信機から成るが、それらの内部回路と筐体の全てを社内設計とした。当時、極東開発工業には高周波回路の開発実績がなかったため、基礎技術の調査からのスタートであった。

当時、ワイヤレスリモコン向けに最も多く用いられていた規格は微弱無線局であり、極東開発工業もこれを採用した。微弱無線局は、発射する電波の強さ（電界強度）が規定を満たせば、免許無しで使用でき無線局（送信機）の規格適合証明も免除されるものである（図1）。

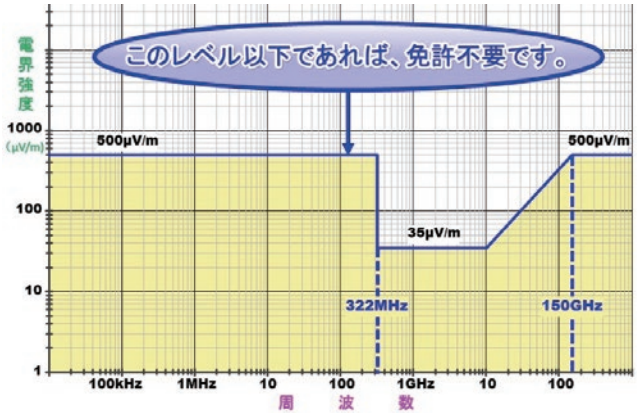


図1　微弱無線の距離3mにおける電界強度許容値[1)]

通信方式はデジタル式とし、送受信機のセット毎に割り当てたIDを信号に組み込むことで、混信による誤作動を防ぐ設計とした。また、これを制御する内部回路は汎用のIC[注1]のみで構成しコストダウンを図った。

送信機の筐体はABS製の防水構造とし、軽い握力でしっかりと保持できるよう、手のひらに収まるサイズにまとめたうえ中央を緩やかに絞り込んだ曲線的な形状とした。

約2年の開発期間を経て、1993年にテールゲートリフタ及び一台積車両運搬車のオプション部品としての発売にこぎ着けた。

この時に採用した商品名パルコンは、その後、極東開発工業のワイヤレスリモコン製品全般を指す愛称として定着した。

写真3　パルコン(初代)

注1　IC : Integrated Circuit集積回路

特小パルコン

微弱無線局の限界

電子機器が放出する電磁妨害波を規制する国際規格にCISPR32[2]があり、その許容値は機器からの距離3mにて50dBuV/m(CLASS A、30～238MHz)となっている。これに対し、微弱無線局に許される電波の強度は、同じく距離3mにおいて54dBuV/m(322MHz以下)と大きな差がないため、微弱無線局は周辺の電磁環境に影響を受けやすいことがわかる。

微弱無線局のワイヤレスリモコンの電波通達距離はカタログの上では数10mと記載されることが多く、パルコン(初代)も20mとしていたが、実際の使用環境で安定して操作できる距離は数mに限定されるのが実情であった。

パルコン(初代)は受信機アンテナをキャビンの外側に取り付ける形であったため、特に一台積車両運搬車で使用する場合は送信機と受信機の距離が大きくなる。さらに荷降ろし･荷積みの過程で荷台が電波の障害物となる範囲があるため(図2)作動の途切れが多く発生した。

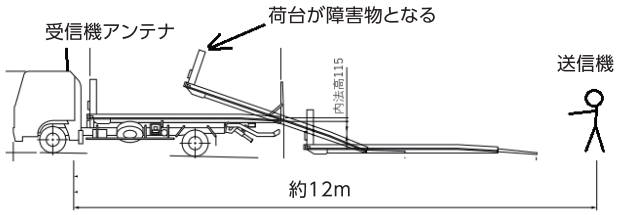


図2　一台積車載車 遠隔操作中の状態

そこで、一台積車載車用を専門メーカ製の市販品に切り替えて性能向上を図ったが、これも微弱無線局であったため抜本的解決には至らず、より通達距離の大きい規格への移行が望まれた(後に、テールゲートリフタ用にも別の社外品を適用した時期があるが、これについては「パルコンⅢ」の章で触れる)。

特定小電力無線局の採用

特定小電力無線局は、送信機の技術基準適合証明が必要であるが使用にあたっては微弱無線局と同様に免許が求められない無線局である。

特定小電力無線局の最大送信出力10mWで送信したときの電波の強さを送信機からの距離3mにおける電界強度に換算すると107dBuV/mとなる[3]。これは微弱無線局の54dBuV/mに対して+53dB(447倍)の強さ(図3)であり、特定小電力無線局への置き換えによって通達性能の大幅な改善が見込める。

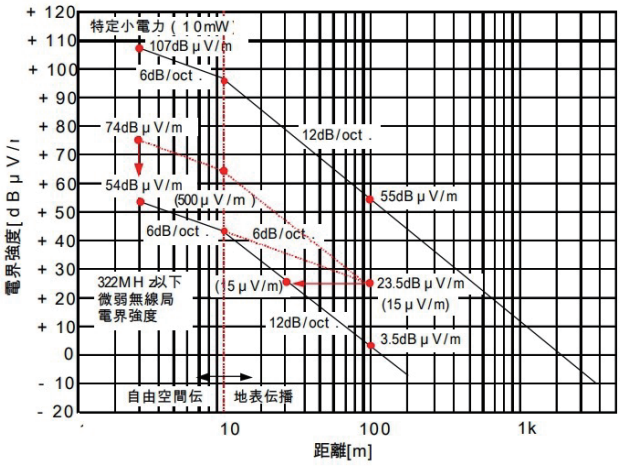


図3　電波規格の電界強度と通信距離の関係[3]

送信周波数429MHz帯の特定小電力無線局は1989年に制度化され、これを適用した製品が多く出回るようになったが、一台積車載車のオプション部品とするには高価なものばかりであった。

1990年代中盤になると、この規格に対応した無線送受信回路をひとつのパッケージに収めた製品「RFモジュール」が安価に入手できるようになり、これと制御用の周辺回路を組み合わせることで比較的容易に社内設計できる状況となった。

そこで1996年に、特定小電力無線局の規格を適用した一台積車両運搬車用ワイヤレスリモコン、特小パルコンの開発を開始した。

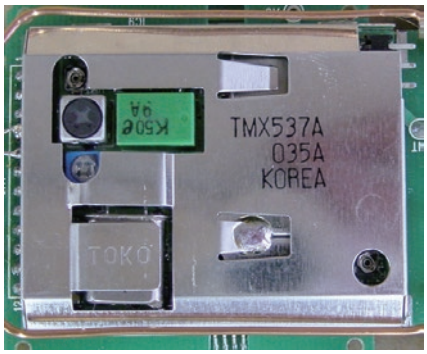


写真4　RFユニット

ハードウェアのみで構成したパルコン（初代）に対し、特小パルコンではマイクロコンピュータのシステムを1つのチップに収めたワンチップマイコンを採用し、通信信号の生成・解読やRFユニットの制御をソフトウェアで行うことにした。

これを利用し、パルコン（初代）では対応が難しかった問題を解決するため以下のような機能を導入した。

電源ボタンとオートパワーオフ機能

パルコン（初代）の送信機はスイッチを操作したときのみ送信回路に電源を供給する仕組みで、操作中以外は電波を発射していなかった[注2]。これにより送信していない期間の消費電力をゼロにできていたが、受信電波が途切れた際に、操作を止めたのか外乱による途切れなのかを受信機で区別ができないという欠点があった。

テールゲートリフタや一台積車載車を無線操作している際、周囲の電磁環境の影響などで受信電波の途切れ・復帰が繰り返し発生することがある。受信機がこれに即座に反応すると、荷台の意図しない急停止・急始動が発生して積荷が大きく揺れ、場合によっては危険な状態となる可能性がある。

そこで、受信途切れから機械操作出力の停止までに若干の遅れをもたせ、ごく短時間の受信途切れであれば機械を停止させないようにする対策が考えられる。しかし特装車を運用する現場では、機械の停止位置を微調整するために操作スイッチのオン・オフを断続的に繰り返すインチングという操作が行われることがあり、前述の対策を施すとこのインチングができなってしまう。

そこで特小パルコンでは送信機に電源スイッチを設け、これを操作すると即時に電波の送出を開始し、各操作スイッチの操作の無い期間は明示的に停止を指示する停止信号を送信する仕組みとした。

これにより、外乱による電波途切れと意図した停止指令を明確に区別できるようになり、荷台の動きの安定化とインチング操作への対応の両立が可能となった。また、操作がなくなってから一定時間が経過すると自動的に電源が切れるオートパワーオフ式とすることで電池持続時間の低下を抑えた。

注2　写真3のパルコンには「ON」スイッチがあるが、送信機の電源を入り切りするものではなく操作スイッチのひとつである（受信機内リレーのひとつを操作するもの）。

送信周波数の自動選択

特定小電力無線局には、送信を開始する前に他の無線局が使用中の電波を確認することが義務付けられており、この手続をキャリアセンスと呼ぶ。

キャリアセンスの結果、自局が送信しようとするものと同じ周波数の搬送波（キャリア）を規程以上の強さで検出した場合は電波を送出できないが、特小パルコンでは自動的に別の周波数に切り替えて送信を開始する方式とした。

429MHz帯の特定小電力無線局には、12.5kHzの間隔で40波（チャンネル）の周波数が割り当てられている。この全てを切り替わり対象とすると、受信機側は40波の全てを順に受信して自らのペアの送信機の信号を探索する必要があり、場合によっては応答遅れが大きくなってしまう。これを避けるため、40波をそれぞれ5波の8グループに分け、送受信機のセット1つごとに1グループを割り当てることにした。

これにより、受信機の応答時間の増大を抑えながら、同じグループが割り当てられた送受信機であっても、手動による周波数切り替えなしで5台まで同時使用が可能となった。

さらに、IDをパルコン（初代）の243通りから65,536通りまで拡大し、大量生産・流通に対応した。

以上のコンセプトを反映した特小パルコンは1998年に一台積車載車のオプション部品として販売を開始した。

写真5　特小パルコン

パルコンG

特小パルコンは累計約1,300台を出荷したが、市場での実績を重ねるにつれ次第に弱点が明らかになりオプション装着率が伸び悩むこととなった。

そこで、特小パルコンと通信方式の互換性をもたせながら大幅な改良を施した新型無線リモコンの開発を計画した。

送信機の操作性・耐久性向上

送信機の形状を見直すことで、操作性と耐久性の向上を図った。

特小パルコンの筐体はシンプルな直方体形状で、片手で保持しながらの操作がし難いことが指摘されていた。そこでまず筐体のスリム化を検討した。特小パルコンよりも小型のRFユニットを採用して筐体全体の幅を狭くし、さらに中央付近に絞りを持たせた。これにより、より小さい握力で安定して保持・操作できる形状となった。

さらに、操作スイッチの構造の見直しを行った。

特小パルコンの送信機の操作スイッチの構造は、プリント基板に実装したタクタイルスイッチ[注3]を、筐体表面に貼り付けたPET樹脂性のスイッチシートの上から指で押すものであった。

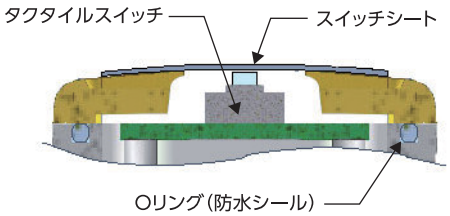


図4　パルコン（初代）～特小パルコンの構造

これは民生用・産業用を問わず広く用いられている方法で、防水構造の操作スイッチを低コストで構成でき、スイッチシートに印刷を施すことで様々なデザインを簡単に実現できるという特徴を持つ。一方で、パネル面とスイッチ部の高さに差がないため指の感覚ではスイッチの位置を認識しづらく、また、スイッチを押し込んだ際の操作感覚が乏しいという欠点がある。

特装車両の使用現場では軍手などの厚手の手袋をしての作業が多いため、上記の特性が使いづらさにつながっていた。また、耐久性も不足しており、スイッチシートのスイッチに当たる部分が破れ筐体内部に水が侵入してしまうトラブルも発生した。

そこでパルコンGはゴム製のドームでタクタイルスイッチを覆う構造とした。このドームにより操作部を明確な凸形状とし、ゴムの弾性によって操作量を大きくすることで、手袋をしていてもスイッチの位置がわかりやすく安定して押し続けることができるようになった。

さらに、このスイッチシートが防水シールを兼ねる構造として部品点数の削減を図った。

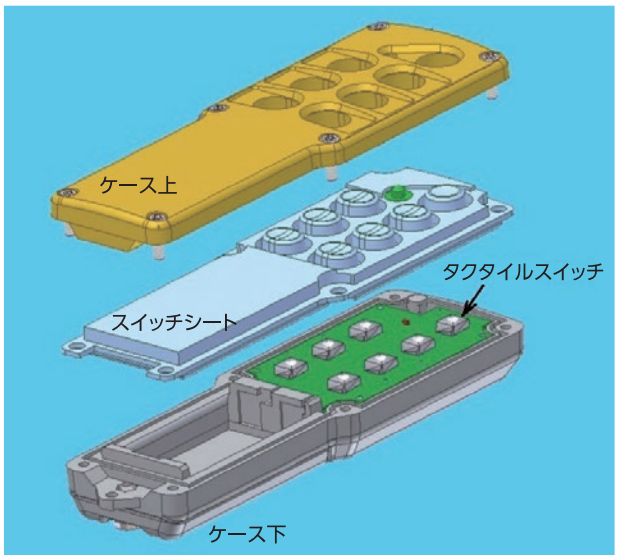


図5　パルコンG送信機の構造

注3　プリント基板上に設置される小形のスイッチ。

アンテナ内蔵・防水構造（受信機）

特小パルコンの受信機はキャビン内取り付けを前提とした非防水構造であった。キャビン内は風雨に晒されることがなく走行時の振動が比較的に小さい等、電子機器にとってキャビン外よりも負担が小さいが、アンテナや油圧電磁バルブ等、接続する機器はキャビン外にあるため、これらと受信機をつなぐ電気ケーブルをキャビン内から外へ配線する必要がある。

特装車のベースとなるトラックシャシは、エンジンの上にキャビンが配置されるキャブオーバー型であり、エンジン等の整備のためにバンパー付近のヒンジを軸にしてキャビンを回転させて持ち上げられるようになっている（キャブチルトと呼ぶ）。そのため、キャビン内から外へ電気ケーブルを引き出すには、このヒンジ付近を経由してシャシ側の装備と干渉しないように配線する必要があるが、トラックシャシの電子化が進むにつれシャシ側の電気ケーブルが増加し、架装側のケーブルを通すスペースは次第に圧迫されるようになっていた。

そこで、受信機を防水構造とし、さらにシャシフレームへの取り付けに対応する耐振性をもたせてキャビン外取り付けができるようにした。同時に、受信機の筐体材料を樹脂にすることで電波透過性をもたせてアンテナ内蔵とし、取り付け作業の負担を低減させた。

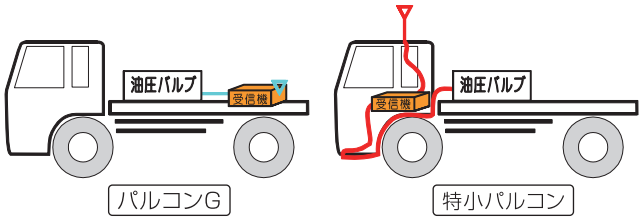


図6　受信機取り付け位置の比較

出力回路の安全性向上

特小パルコンの受信機は出力をリレーで行っていた。

ワイヤレスリモコンを特装車制御に用いる場合、油圧電磁バルブのソレノイドを直接駆動することも多く、リレー接点の切り離し時にソレノイドの逆起電力によって発生するアーク熱がリレー接点溶着の原因となる。

これを防ぐため、ソレノイド等の誘導性負荷を想定した十分な接点容量のリレーを選定し、さらに逆起電力を吸収する部品（バリスタ）で対策しているが、一旦溶着が発生すると架装物の作動を止められない状況を引き起こすため、その重篤度の高さを考慮するとリスク低減が十分でないと考えられた。

そこでパルコンGでは出力リレーのコモン線にリレーを追加し、各出力リレーと連動するようにした。これで出力リレーが溶着した際にも操作を止めれば機械の作動を停止できるようになった。

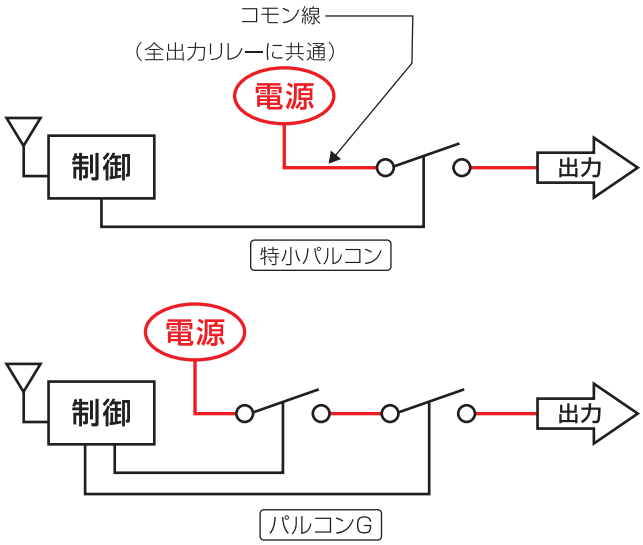


図7　出力回路の比較

消費電力の低減

新型RFユニットの採用や周辺回路の見直しによって消費電力を低減したことで、特小パルコンでは単3乾電池4本にて16時間であった電池持続時間が、パルコンGは単3乾電池2本で30時間に伸長した。また、電池本数が減少したことで筐体のスリム化にも寄与した。

これらの工夫を施したパルコンGは2003年に販売を開始し、極東開発工業製一台積車載車への標準搭載された。

2009年にはモデルチェンジにて操作点数を8点に拡大し一台積車載車の高機能化に対応、それまでの荷台上げ／降ろし・ウィンチ巻き上げ／下げ・テールゲート開／閉に加え、作動速度の上／下を遠隔操作できるようになった。

また、このモデルチェンジから送・受信機の内部回路の設計を専門メーカへの委託に切り替え、品質の安定化を図った。

さらに2019年のマイナーチェンジで、IDの拡張（65,536通り→262,144通り）、出力の無接点化（リレー出力→トランジスタ（パワーMOSFET出力）の外、特装車の電子制御の高度化に対応するためCAN通信機能の搭載を実施した。

このように改良を重ねて機能と信頼性を高めた結果、一台積車載車に加えて脱着ボデー車への標準搭載も実現した。

パルコンGの現在までの累計出荷数は約44,000台となっている。

写真6　パルコンG

パルコンⅢ

パルコン（初代）の後、比較的に低価格で性能の良い社外品が登場したため、テールゲートリフタ用としてこれのOEM供給を受けパルコンⅡとして販売していたが、パルコン（初代）と同様に微弱無線局であったため絶対的な性能が不足しており、時代とともに変化する市場のニーズにマッチしなくなっていた。

テールゲートリフタはかつてS型（アーム式）・V型（垂直式）が主流で、ガスボンベや家具、タイヤや工事現場用資材等の積み降ろしに使われることが多かったが、コンビニエンスストアの隆盛等に伴い、食品や日用品を運搬するバン型トラックを主なターゲットとしたG型（後部格納式）・CG型（床下格納式）（写真7）の出荷割合が増大した。

写真7　テールゲートリフタの種類

バン型トラックではテールゲートリフタを庫内（荷室内）から操作する必要があるため、有線の庫内リモコンが多く利用されていた（写真8）。特に、リモコンを使用しないときに邪魔にならないカールコードタイプの利用率が高かったが、庫内を移動しながらの作業で強く引っ張られることが多く、これが原因となってコネクタ付近で断線するトラブルが絶えなかった。

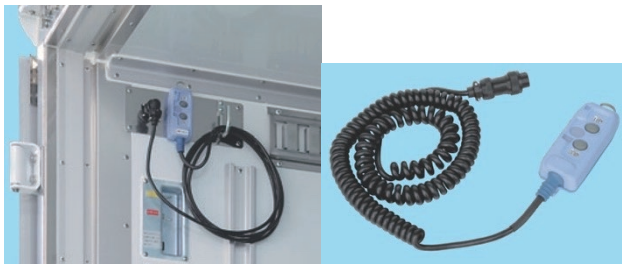


写真8　庫内リモコン

そのため、この用途にはワイヤレスリモコンが好適と言えるが、庫内からの操作では荷室の壁が電波の遮蔽物となるため、送信出力の小さいパルコンⅡでは安定した操作を維持するのが難しかった。

また、この分野では荷物を大型の物流センターで積み込む機会が多く、多数の車両がいっせいに作業することになるが、パルコンⅡは送信周波数が固定であったため同じ現場で複数台を同時に使うことができなかった。

このように、G型・CG型の使用状況はパルコンⅡにとって不利な要素が多く装着率は伸び悩んでいたが、ワイヤレスリモコンの潜在的な需要は大きいと考えられた。

そこで、厳しい条件下でも安定して操作できるテールゲートリフタ用ワイヤレスリモコン、パルコンⅢの開発に着手した。

パルコンⅢにはパルコンGと同様の特定小電力無線局の規格を適用したが、一台積車載車用と異なる性能及びコスト要求を満たすため、下記のようなアイデアを組み込んだ。

コストダウン…RF-ICの採用

パルコンGでは無線送受信回路をひとつのパッケージに収めたRFモジュールを利用していたが、この頃になるとその機能の大部分を1つの半導体チップに集積したRF-ICが比較的安価に入手できるようになっていた。

RF-ICを使うにはその周辺に小規模ではあるが高周波回路の追加が必要であり、RFモジュールを利用する場合よりも技術的ハードルが高くなる。しかし、テールゲートリフタ向けは一台積車載車用と比較して低価格であることが求められるため、パルコンⅢではこのRF-ICを採用し周辺回路を社内設計することでコストダウンを図った。

小型化…操作点数・電池サイズの低減

テールゲートリフタの利用現場ではワイヤレスリモコンを保持したまま荷役作業を行うことが多いため、送信機には小型であることが求められる。

そのため、まず操作スイッチ点数を削減した。

パルコンGは操作点数6点まで対応でき、電源スイッチを含めて7点のスイッチを備えていたが、パルコンⅢはテールゲートリフタの有線リモコンに合わせて3点（上・下・昇降/開閉切り替え）に絞り込み、電源オン/オフの機能は昇降/開閉切り替えスイッチに兼ねさせた。

次に電池サイズの縮小を行った。

電池サイズを小さくすれば筐体の小型化に有効であるが電池の持続時間の減少につながるため、合わせて

消費電力を低減させる必要がある。

特定小電力無線局には10mWまでの送信出力が認められ、100mを超える通達距離を公称している製品が多いが、テールゲートリフタ用には過剰性能と言える。そこで、この送信出力を適切な値に下げることを検討した。

最終的に送信出力を1.5mWとし、電池持続時間の短縮を抑えながら電池の小型化を実現した。

（パルコンG 単3×2本 → パルコンⅢ 単4×2本）

堅牢化…二色成形の導入

テールゲートリフタ用ワイヤレスリモコンは、庫内床面やコンクリート舗装の地面等に落下させられることが多く、送信機に高い堅牢性が求められる。

そこで、筐体の外周をエラストマの緩衝材が囲うデザインとし、2つの異なる材料を一体で成形する二色成形[4)]の技術を使ってこれを成立させた。また、タクタイルスイッチをドーム形状のゴム質カバーで覆うコンセプトはパルコンGから引き継いだが、そのカバー部分も緩衝材と同様に本体と一体化させた。

このように、二色成形の採用によって堅牢性を高めながら組み立て工数の削減を図った。

出力回路の耐久性向上…トランジスタ出力の採用

大型のバン型トラックに架装されたテールゲートリフタは1日につき100回以上の昇降操作をされる場合があり、製品寿命を10年と仮定すれば累計操作回数は約30万回に達すると想定される。さらに、実際にはインチング操作が行われることが多いため、受信機出力のオン/オフ回数はその数倍になることがあると考えられる。

パルコン（初代）からパルコンGまで、受信機の出力には一貫してリレー（パワーリレー）を使っていたが、パワーリレーの接点の電気的寿命は定格負荷にて数万回程度であるため、テールゲートリフタに適用すると使用状況によっては数年でリレーが故障する可能性がある。

そこで、パルコンⅢの受信機にはパワーMOSFETによるトランジスタ出力を採用した。

パワーMOSFET等のトランジスタは、適切な負荷条件で使用すれば半永久的な耐久性が期待できるが、反面、リレー等の機械的スイッチと比較して過負荷への耐性が低く、配線のショート等で過電流が発生した場合には保護ヒューズが溶断する前にトランジスタが破壊してしまうおそれがある。

パルコンⅢでは出力回路に過電流保護機能を備えることでこのリスクに対応した。

ID数の拡大と設定の容易化

バン型トラックは複数のドライバーが交代で運用することも多く、その中でワイヤレスリモコンの送信機を紛失してしまう事例が少なからずある。

その際は送信機のみを購入できるが、車両に取り付けられた受信機のIDを新しい送信機に合わせて変更する必要がある。パルコン（初代）からパルコンGの受信機は、工具で受信機のカバーを開け内部のディップスイッチ[注4]を使って設定する仕組みで、設定作業は専らサービス担当員が行っていた。

パルコンⅢではこれをユーザが容易に行えるよう、ID書き換えコマンドを導入した。これは、受信機の電源投入と送信機の操作を一定の手順で行うことで、送信機が自動的にIDを更新して受信機に合わせる仕組みである。

これにより、ID設定の手順が簡略化されると同時に受信機内部を操作する必要がなくなったため、受信機の筐体は出荷後に開くことのできない構造として防水性も向上できた。

以上のように、テールゲートリフタ専用品として工夫を凝らしたパルコンⅢは、2007年に販売を開始し現行型のパルコンⅣに切り替わる2013年までに累計約10,000台を出荷した。

送信機

受信機

写真9　パルコンⅢ

注4　電子回路のプリント基板に実装され、電子機器の各種設定に用いられる小形のスイッチ。

パルコンⅣ

パルコンⅢで特定小電力無線局を採用したことでテールゲートリフタの操作中に通信が途切れるという報告は大幅に減少したが解消には至らなかった。また、厳しい使用環境のなかで筐体や内部の電子部品が破損する

というトラブルも少なからず発生したため、パルコンを装備してもバックアップのために有線リモコンを併設せざるをえない状況は続いていた。

そこで、ワイヤレスリモコンで有線リモコンを置き換えるという目標に向けてトラブルを根絶すべく、パルコンⅣの開発を開始した。

パルコンⅣに導入した諸技術については極東開発工業技報Vol.2[5]に詳解したので、本稿ではその概略を述べる。

周波数ホッピングの採用

前述のように特定小電力無線局にはキャリアセンスが義務付けられている。

パルコンシリーズは、キャリアセンスで競合する電波を検出したら自動的に別の周波数に切り替えて送信する機能を持っているが、複数の送信機の位置関係等の条件によってこの仕組みが狙い通りに働かない可能性があり（図8）、多くの特定小電力無線局が利用される物流センター等の現場ではこのような状況が実際に発生していると想定した。

そこで、これを回避するために周波数ホッピング方式を採用した。これは、搬送波の周波数をあらかじめ決めた順に一定周期で切替えながら通信するもので、競合が発生しても別の周波数で通信が継続されるため、通信途切れを防ぐことができる。

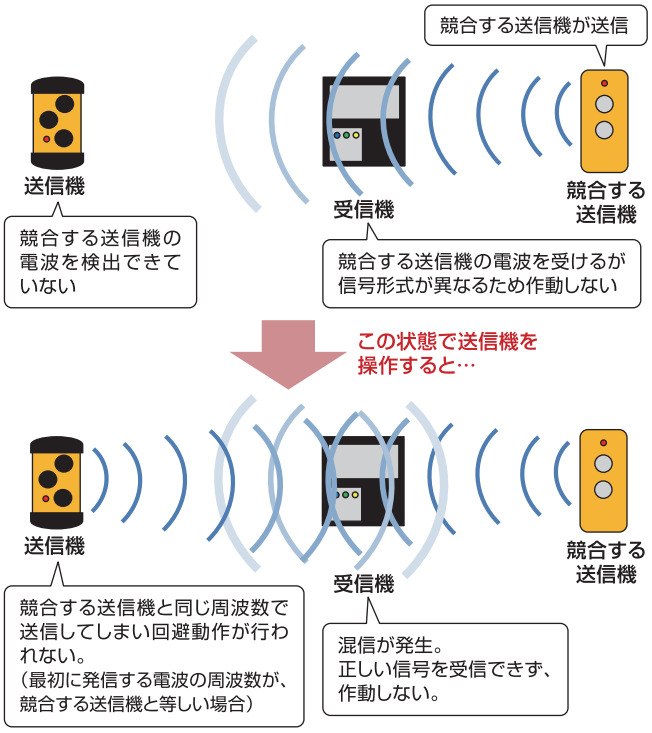


図8　キャリアセンスが役立たない状況

操作スイッチの負担を軽減する構造

パルコンⅢの操作スイッチは操作力が全てスイッチ接点に加わる構造であり、これが接点損傷の原因となっていると考えられた。そこで、タクタイルスイッチとその周辺部を再検討し、過剰な入力はタクタイルスイッチの筐体で受ける構造とした（図9）。

同時に、操作する指の負担を軽減するためスイッチを覆うゴム質カバーの材質を見直した。

パルコンⅢで採用した二色成形は高い防水性と組立工数の低減を両立できたが、使用する材料の組み合わせに制限があった。ゴム質カバーの硬さは操作力・操作感に大きな影響を与えるため、これを自由に設定できるよう、パルコンⅣではパルコンGと同じく筐体本体と別体のスイッチシートを用いた。

スイッチシートの硬度を上げると操作感が、下げると耐久性が低下する傾向があるため、厳しい使われ方を再現する新たなテスト装置を開発して評価を繰り返しながら、双方をバランスよく実現する硬度と形状を特定していった。

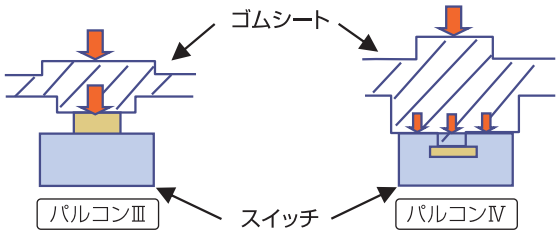


図9　スイッチ部構造と操作力の関係

ゴム製カバーの採用

パルコンⅢは本体そのものにゴム質の緩衝構造を持たせていたが、実際には想定を上回る使用状況があることがわかった。そのため、全体を覆うシリコンゴム製カバーを装備して耐衝撃性の向上を図ったが、このカバーが破れて外されてしまうことが多く十分に効果を発揮できていなかった。

そこでパルコンⅣでは引裂強度の高いゴム製のカバーを採用した。スイッチシートと同様に本体とは別体とし、硬度を綿密に検討することで耐衝撃性と把持の安定性の両立を図った。

さらに、送信機が不要の際にトラックボデー内に貼付けておける等の理由で要望の高かったマグネットをカバーに仕込んだ。その際、2つのマグネットの間を絞り込んだデザインとすることでホールド感も向上した。

消費電力の低減

パルコンⅢの利用現場からは電池交換の管理の煩わしさが報告されており、充電式の導入を求める声も多かった。

しかし充電式を採用するには、非接触充電など防水構造を損なわない充電方式の導入や、それに対応した充電器の標準装備が必要となり、価格上昇が避けられない。そこで、消費電力を徹底して下げることで電池の持続時間を伸ばす方向の改良を行った。

まず、周波数ホッピングの周波数切替えのタイミングを利用して操作に影響しない範囲で電波を送出しない時間を設けた。さらにLEDの点灯方法なども含め回路全体を細かく検討し、不要な電力消費を削った。

その結果、電池の持続時間をパルコンⅢの23時間に対して2倍以上の56時間まで伸長できた。

以上の外、ストラップ取り付け部の形状など細部にわたる改良を施したパルコンⅣは、2013年に販売を開始し、現在までに累計60,000台強を出荷している。

パルコンⅣによって不具合率が大きく低減した結果、極東開発工業テールゲートリフタのG型には標準搭載、CG型についてはオプション扱いであるが、装着率の増加に伴って有線リモコンの標準搭載が廃止されバックアップ目的の固定スイッチに変更されるに至った。

写真10　パルコンⅣ

おわりに

パルコンシリーズの開発を始めた1990年頃は、携帯電話のサービスは始まっていたものの本格的な普及はまだこれからという時代であった。

およそ30年を経た現在ではスマートフォンの保有世帯割合が90%近くまで伸び[6]、長距離用から短距離用まで複数のデジタル通信機を集約した高機能端末を、ほとんどの個人が所有し持ち歩く状況となっている。

今や、スマートフォンのBluetooth機能を利用してテールゲートリフタを操作することも信頼性を度外視すれば可能である。しかし、過酷な使用環境に耐え、災害時も含めいかなる状況でも、タイムラグなく確実・安全に動かし止めることのできる専用ワイヤレスリモコンの価値は減じていないと考える。

極東開発工業は今後も、変わりゆく市場や関連法規を睨みながら、機能性・耐久性・安全性をさらに高めたワイヤレスリモコンを提供していく所存である。

参考文献

1) 総務省「微弱無線局の規定」
https://www.tele.soumu.go.jp/j/ref/material/rule/

2) 総務省「マルチメディア機器の電磁両立性 - エミッション要求事項 -」
https://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/inter/cispr/hyousi/c32.pdf

3) 株式会社サーキットデザイン「たくさん使われている微弱無線機器」
https://web.archive.org/web/20041231061416/http://www.circuitdesign.jp/jp/technical/technical_pdf/bijaku.pdf.PDF

4) 山下電気 2色成形
https://www.yamashita-denki.co.jp/value/double_mold.html

5) 極東技報 Vol.2 2014年6月版 技術解説
「テールゲートリフタ用新型無線リモコンの開発」

6) 総務省「令和3年通信利用動向調査の結果」
https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/220527_1.pdf

極東開発工業グループ技報 Vol.10

編集委員長	千々岩　伸佐久	（技術本部）
編集委員	秋山　優二	（技術本部　開発部）
	堀川　克弘	（技術本部　開発部）
	小西　拓	（技術本部　開発部）
	足立　大志	（技術本部　開発部）
	岡野　啓一	（三木工場　第一設計課）
	大井　俊幸	（三木工場　第二設計課）
	井上　幹也	（三木工場　第三設計課）
	池田　洋平	（横浜工場　第一設計課）
	三ッ井　実	（横浜工場　第二設計課）
	中山　宗紀	（名古屋工場　設計課）
	安部　慎二	（名古屋工場 パワーゲートセンター 設計課）
	山岸　信人	（福岡工場　製造管理課）
	新居健次郎	（環境事業部　環境ソリューション部）
	瀧下　耕介	（管理本部　経営企画部　経営企画課）
日本トレクス編集委員	大植　淳也	（生産本部　開発部）
北陸重機工業編集委員	阪口　洋	（技術部）
事務局	淀川　宏之	（技術本部　技術管理課）

発行日　2022年10月1日
発行　極東開発工業株式会社
編集協力・印刷　株式会社アイプラネット

掲載内容の一部または全てを無断で複製・引用・転載することを禁じます。

KYOKUTO

http://www.kyokuto.com/