

ぽんぷ

No.67

2022 MAR.

APS (一社) 河川ポンプ施設技術協会



筑後川昇開橋（福岡県）

巻頭言

気候変動下における河川・ダム管理の高度化

技術講話会報告

河川ポンプ設備の諸課題について

技術報文

機械設備における BIM/CIM を活用した業務改善（中間報告）
排水機場の AI 診断技術の取り組み

機場めぐり

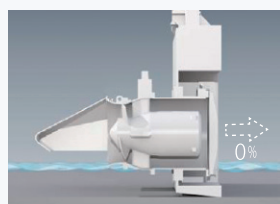
市田川排水機場～河川用排水ポンプ設備の状態監視の取り組み～

FLOOD BUSTER



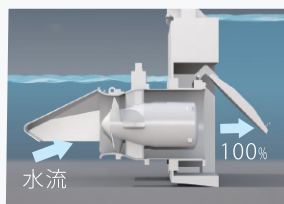
全速全水位運転が豪雨から街を守る

MODE
01



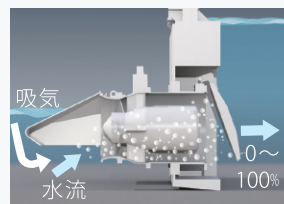
気中運転

MODE
02



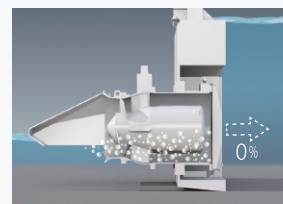
全量排水運転

MODE
03



気水混合排水運転

MODE
04



排水待機運転

Story of Tambasayama City



ISHIGAKI

<http://www.ishigaki.co.jp/>

株式会社 石 垣 東京都千代田区丸の内 1-6-5

TEL : 03-6848-7831 FAX : 03-6848-7902

目次

■巻頭言 気候変動下における河川・ダム管理の高度化	2
内藤 正彦	
■技術講話会報告 河川ポンプ設備の諸課題について	4
■技術報文	
機械設備におけるBIM/CIMを活用した業務改善（中間報告）	10
農添 允之・荻原 勇人	
排水機場のAI診断技術の取り組み	14
上野 仁士・黒田 浩章	
■新製品・新技術 紹介	
傾向管理で異常の早期発見・原因推定「回転機械モニタリングシステム“TR-COM”」	20
（株）西島製作所	
■工事施工レポート 江栗排水機場	22
（株）石垣 馬場 浩行	
■機場めぐり 市田川排水機場～河川用排水ポンプ設備の状態監視の取り組み～	26
谷口 尚典	
■会員の広場 TIME TO MORE【タメトモ】	30
（株）ミゾタ 柴田 陽二郎	
■ニュース&トピックス	
河川機械設備小委員会が開催される	31
社会資本整備審議会河川機械設備小委員会報告 事務局	
■委員会等活動報告	
令和3年度 ポンプ操作技術向上検討会報告	33
（一社）河川ポンプ施設技術協会 維持管理委員会	
■資格制度 令和3年度ポンプ施設管理技術者資格試験結果と令和4年度実施概要	34
（一社）河川ポンプ施設技術協会 試験事務局	
■編集後記	35
■会員会社一覧	表3

広告掲載会社

（株）石垣

（株）西島製作所

（株）電業社機械製作所

（株）日立インダストリアルプロダクツ

（株）鶴見製作所

（株）荏原製作所

クボタ機工(株)

（株）日立テクノロジーアンドサービス

気候変動下における河川・ダム管理の高度化

内藤 正彦 ないとう まさひこ

国土交通省水管理・国土保全局 河川環境課長

近年の水災害の激甚化・頻発化は、気候変動の影響が大きいと考えますが、これらによる水災害リスクの増大に備えるために、これまでの河川管理者等の取組だけでなく、「流域治水」として、上流から下流、本川・支川という流域全体を俯瞰し、国、都道府県、市町村、企業、地域住民の方々など、あらゆる関係者が協働してハード・ソフト一体の治水対策を進めています。このため、流域治水関連法（特定都市河川浸水被害対策法等の一部を改正する法律）が成立し令和3年5月に公布されたところです。

ダムは、運用の変更や施設の改良によって、気候変動による水災害の外力の増大に対応するとともに、効果的な水力発電などによりカーボンニュートラル、気候変動の緩和にも貢献する可能性を有する施設といえます。ダムの管理・運用についても、流域治水に対応した取組として、令和2年度より、最新の気象・降雨予測を活用することで、利水ダムや治水等多目的ダムの利水容量を有効利用する「事前放流」の新たな運用を開始したところです。

1) 令和3年の事前放流の実績

令和3年出水期における事前放流の実績としては、全国の一級水系及び二級水系の計94ダムにおいて、合計約1億140万 m^3 の容量（東京ドームに換算すると82個分）を事前放流し、ダムの水位を低下させて大雨や台風などによる洪水に備えました。

特に、令和3年8月の前線停滞に伴う大雨の際には、木曽川水系において、牧尾ダム（水資源機構管理）、木曽ダム、常盤ダム、三浦ダム（関西電力管理）で事前放流を行い、王滝川ダム（関西電力管理）と合わせて5つの利水ダムで合計約5,350万 m^3 の容量を確保し、洪水を貯留しました。その結果、下流の長野県木曽郡上松町の桃山地点において、洪水流量を約2割減らし、水位を約0.7m減らす効果があったものと推定されます。これにより、沿川の町道及び住宅の冠水を回避したと推定されます。また、信濃川水系においては、奈川渡ダム等3ダム（東京電力管理）で、利水運用と事前放流により、合計約2,460万 m^3 の容量を確保し、洪水を貯留しました。その結果、下流の長野県安曇野市の熊倉地点において、洪水流量を約3割減らす効果があったものと推定されます。これにより、ダム直下の犀川急流部で発生した河岸侵食を抑制し、甚大な堤防欠損を回避。出水期の復旧を短期間（発生より約4日）で完了することができました（図-1）。

2) 「事前放流」をより確実なものとするために

事前放流の取組には、気象・降雨予測などの最新の技術の導入とともに、新たなダム運用に対する関係者の相互理解が欠かせません。このため、河川管理者とダム管理者、関係利水者との間で、治水協定の締結を進め、国が管理する一級水系では、令和2年5月までにダムのあ

る99水系全てで治水協定を締結。道府県が管理する二級水系でも、令和3年4月までに321水系において治水協定の締結に合意して事前放流の運用を開始しました。

さらに、この取組を継続的、効果的なものとするため、河川管理者、利水者、地元関係者等で構成される法定の協議会の創設を進めています。これは、流域のあらゆる関係者が協働して取り組む「流域治水」の実効性を高めるため、流域治水関連法の改正の一環で、河川法に設けられたダ



図-1 信濃川上流ダムにおける事前放流等による効果



ム洪水調節機能協議会の規定に基づき進めているものです。令和3年11月末までにダムのある全ての1級水系において、法定の協議会を設置したところであり、2級水系についても、法定の協議会の設置を進めています。

3) さらなるダム管理の高度化

現在の「事前放流」の取組は既存のダム施設の操作可能な範囲での有効利用といえるものですが、ダムの放流機能を増大する施設改良などにより、より大きな治水効果を発揮することが可能となります。

また、気候変動の緩和につながるカーボンニュートラルに貢献することも国際的な最重要政策であり、水力発電を配備できるダムはその中核となり得るインフラといえます。現時点では、洪水が収まった後のいわゆる後期放流を効果的な水力発電等に有効活用できるよう、最新の気象・降雨予測を活用した既存施設の運用改善から始めていますが、より確実にダムの治水・利水機能を発揮するための施設改良を組み込んだダム管理の高度化も目指してゆく予定です。さらに、インフラ分野のDX（デジタルトランスフォーメーション）は、ダム管理を効率化・高度化するには欠かせないものであり、AIをはじめとする最新技術を効果的に活用していくこととしています。

4) 気候変動下における河川の施設管理の高度化

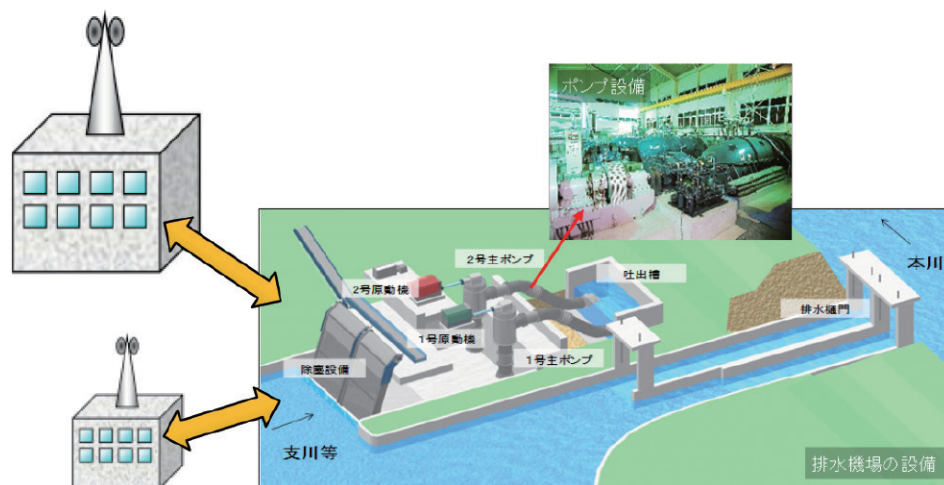
気候変動下では、水災害の激甚化・頻発化により、河川の排水機場、樋門等の運用・操作についてもその頻度が増加し、対応が長期間に及ぶほか、経験のない大雨により緊急の対応が求められるなど、大きな影響を受けることになります。特に、排水機場の操作については、堤防決壊が発生するような洪水が頻発する中、操作員の退避が必要となる事象も発生しており、緊急時には遠隔で施設の監視・操作ができるような施設管理の高度化が求められています。

河川整備の進展に伴って既に整備された施設は、国が管理する施設で約1万施設、都道府県等が管理する施設で約3万施設ありますが、大雨に伴って操作

が必要な施設に限っても約1万を超えます。このうち、小規模な樋門・樋管約3,800施設は、水位上昇の作用で自動でゲートが閉鎖するフラップゲート化（無動力化）を視野に入れるとともに、444の排水機場を含む規模の大きな水門、樋門等約3千超の施設については、遠隔監視・操作を視野に入れて取組を進めています（図-2）。

具体的には、令和2年12月に閣議決定された「防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策」において、国が管理する河川管理施設について、『予防保全型インフラメンテナンスへの転換に向けた老朽化対策（予防保全段階にある河川管理施設の解消や樋門等の無動力化）』『国土強靱化に関する施策を効率的に進めるためのデジタル化等の推進（排水機場等の遠隔化）』の各分野で更なる加速化・深化を図ることとし、令和7年度までの5か年で重点的・集中的に対策を講ずることとされています。

インフラ分野のDXに関する取組は、河川管理に必要な情報の高度利用にも大きな変革をもたらすことが期待されます。令和元年6月には国管理河川において、点群による河川定期縦横断測量を原則化しましたが、これにより、国管理の全河川で堤防や河道等の三次元データを活用できるようになりました。これらの情報を、設計・施工段階のBIM/CIMとも統合し、維持管理の段階等でも容易に活用できるものとするすることで、次世代の河川管理に係わる官民の技術者の業務の効率化や高度化、生産性の向上に取り組んで参ります。



遠隔監視・操作化により、緊急時においても排水作業が可能

図-2 排水機場の遠隔化イメージ

河川ポンプ設備の諸課題について

令和3年11月に開催された当協会の技術講話会において、講師として国土交通省総合政策局公共事業企画調整課長の岩見吉輝様をお迎えし、「河川ポンプ設備の諸課題について」と題してご講演をいただきました。

本報告は、講演内容を関係各位にご紹介させていただくため、講演で話された内容とパワーポイントを中心に協会事務局の責任において整理したものです。



岩見講師による講演の様様



写-1 千曲川の決壊 (R元年10月)



写-2 深水橋の流出 (R2年7月球磨川)

【ますます強まる排水施設需要】

本日は、社会資本整備審議会河川分科会河川機械設備小委員会（以後「小委員会」という）のお話をいたしますが、最初に申し上げたいのは「排水施設の需要はますます強まる」ということです。昨今の気候変動の影響により、雨の降り方が大きく変わってきて洪水被害が多く発生する状況になっています。気象の専門家の話では、平成30年7月豪雨のように線状の広い範囲に大量の雨が降る特徴があるといわれています。令和元年東日本台風による水害では、長野県内で駐機していた新幹線が水に浸かるなど千曲川流域で甚大な被害が発生しました。(写-1)

また、令和2年7月の豪雨でも九州の球磨川の水位が想定以上に上昇し、何本もの橋が流されてしまいました。(写-2)

このような状況になりますと、復旧にも長い時間を要し、非常に深刻な事態となります。令和3年8月にも九州に大きな水害が発生しましたが、今このような状況で治水上の施策が「流域治水」という考え方に転換されております。(図-1)

流域治水では、川だけの対策ではなく、周辺の流域

全体の関係者が一体となってハードとソフト両面の対応が進められます。一方で、気候変動の影響を踏まえて整備水準の見直しと長期的な投資体制も重要であるといわれております。

最近10年と40年前を比較してみますと時間50mmの豪雨は約1.4倍、時間80mmの豪雨は約1.6倍に増加しています。さらに今後も豪雨日数、降水量とも増加すると予測されています。(図-2)

図-2に示されるように、北海道・東北エリアは2080年から2099年平均で現在の降雨量の1.2倍、その他の黄色い地域では1.1～1.2倍になると予測されています。気候変動と降雨パターンの変化も指摘されており、21世紀末までに世界平均気温が0.3～4.8℃上昇すると予測（気候変動に関する政府間パネル「第5次評価報告書」）されていますが、そうなる場合時間50mm以上の強雨の発生回数が2倍以上に増加する（気象庁「地球温暖化予測情報第9巻2017」）といわれています。現在40年前の1.4倍になっており、将来さらにその2倍以上の回数になるという深刻な状況ということです。ま

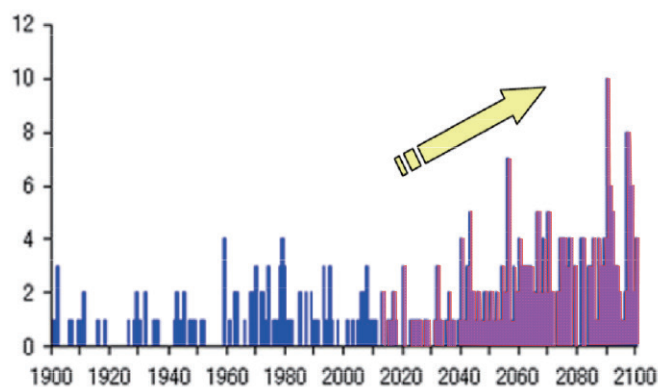
「流域治水」の施策のイメージ

- 気候変動の影響や社会状況の変化などを踏まえ、河川の流域のあらゆる関係者が協働して流域全体で行う治水対策、「流域治水」へ転換。
- 治水計画を「気候変動による降雨量の増加などを考慮したもの」に見直し、集水域と河川区域のみならず、氾濫域も含めて一つの流域として捉え、地域の特性に応じ、①氾濫をできるだけ防ぐ、減らす対策、②被害対象を減少させるための対策、③被害の軽減、早期復旧・復興のための対策をハード・ソフト一体で多層的に進める。



図－１ 流域治水のイメージ

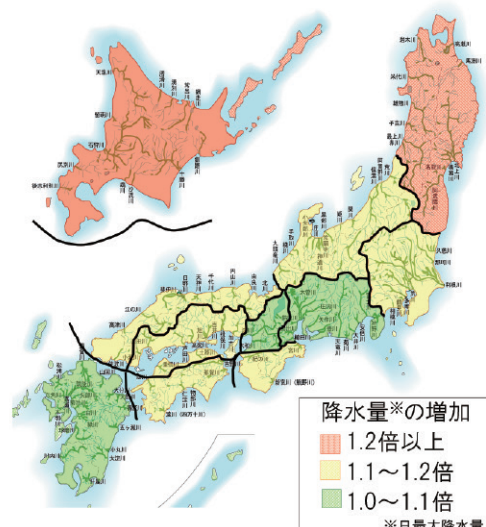
夏季の豪雨日数が今後急増



夏季の豪雨日数の経年予測(日降水量100mm以上)

(出典)異常気象レポート2005(気象庁)を元に作成

将来の降水量が増加 (2080-2099平均)



図－２ 今後の長期的な降雨予測

た、20世紀末に対して21世紀末に平均気温が2度上昇する気候変動シナリオでは、降雨量は約1.1倍、河川流量（一級水系）は約1.2倍、洪水発生頻度は約2倍になるとの試算があります。

社整審河川分科会の気候変動を踏まえた水害対策検討小委員会では、このような気候変動による外力増大を前提とした抜本的な水害対策への転換が大事ということで、流域治水として「外力を制御するための対策」「被害対象を減少させるための対策」「被害軽減・回復力を向上させるための対策」という3つの柱が議論されました。

「外力を制御するための対策」として「施設整備の考え方の見直し」が、3つめの「被害軽減・回復力向上」については、最上位に「氾濫水を早急に排除する対策の推進」として排水の強化が明示されています。これを何でやるかといえば「河川ポンプ整備」です。また、氾濫水を早く排除するための施策として、国・県・市等が「排水門等の整備」と「排水強化」を行うことも令和2年7月の答申に位置づけられました。（図－3）

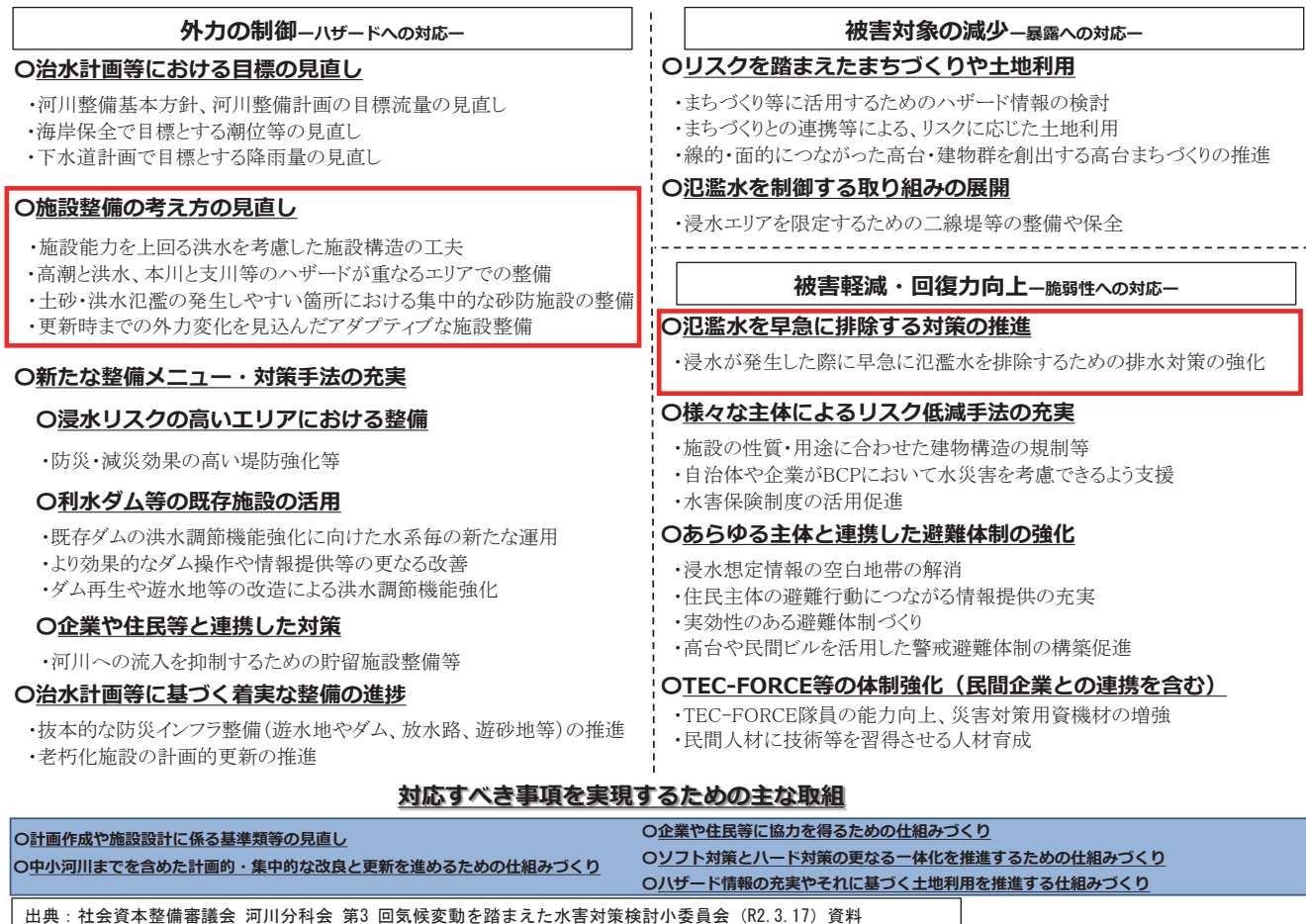
「21世紀末には平均気温が2度上昇しその場合の降雨変化倍率は1.1倍、洪水発生頻度は2倍となる試算」により、抜本的な水害対策への転換が求められ、その施策

として河川ポンプ設備による排水強化も図られることとなります。河川ポンプ設備は、昭和50年代をピークに整備されたものが多いため、現時点で設置後40年経過している設備は約35%あり、2040年には約80%に及び、大更新時代の到来と言われています。更新の際には、気候変動を考慮した排水能力増強が必要です。さらに「外力の増大」に伴ってこれまでポンプ設備が必要でなかった場所への新設が必要になります。

老朽化による大更新時代の到来と、激甚化頻発化する水害により、内水排除のポンプをはじめ河川機械設備の新設・増設の要請が高まっている。これは、小委員会の中間とりまとめ（令和3年8月）に明記されており、1つの大きなポイントであると言えます。地方公共団体においても、排水ポンプ設備増強の要請については年々高まっております。

【河川機械設備小委員会の論点】^(注)

小委員会は、令和3年3月から始まり11月2日に第5回目が開かれましたが、後半は河川用ゲート設備を加えて論点を再整理しております。最終的には令和4年夏頃に答申を作成するスケジュールで進めています。当初



図－3 気候変動及び社会情勢の変化を踏まえた今後の方向性

7名の委員で発足しましたが、11月より2名が参画され9名の体制になっています。

ここで、中間とりまとめ時における問題意識についてご説明します。先に申し上げた「大更新時代の到来」及び「気候変動の影響を考慮した施設整備」と、「点検や運転操作員の減少・担い手不足の深刻化」、さらに「機器故障が発生した際の部品調達の長期化による施設機能喪失の長期化」という大きく4つの問題意識があります。

これらへの対応として、個々の機械設備の信頼性確保だけでなく、排水機場システム全体として信頼性を確保するという「総合信頼性」が導入されており、主ポンプの必要台数に1台追加して設置する「N+1」の考え方が小委員会でもオーソライズされております。平均気温が2度上昇することによる排水量の増大に対しては、施設更新時の増量と新設で対応します。そして「マスプロダクツ化、規格化」ですが、この言葉だけが先行しがちですが、「規格・仕様の統一」によって生産ロットを拡大するというところに意味があります。

そして「N+1」の主ポンプ台数により1台が故障しても時間的余裕が生まれ、さらに1台分のサブシステムをストックして迅速に交換することによる「冗長化保全」

という考え方を導入しています。これまで排水機場のポンプは「故障させない」管理をしていたのですが、「N+1」ではポンプを小口化してリスク分散し、故障することも想定してサブシステムを用意しておき交換する考え方で。エンジンなどの構成機器は量産品を使用しますので、部品を海外から輸入する時間も必要なく、復旧時間の短縮が図れます。(図-4)

機械設備の設置時においては、性能規定を導入し民間企業の技術開発を促進できる環境を導入します。仕様を満足すれば自由に設計できる環境により、新技術を加速的に開発する余地が生まれることを期待するものです。また、国によるニーズ主導型による技術開発と社会実装を推進していく新たな手法の導入も推進されます。

そしてとても大事なことが「機械設備の遠隔操作の導入」です。本格的な導入に向け、対象機場の規模、不稼働時の影響の程度、サイバーセキュリティの確保を前提に検討すべきですが、運転操作員が確保できないという状況においては避けて通れない道です。遠隔操作を行う場合の権限と責任の明確化を図るため、対応する操作規則を定めることが必要となることも中間とりまとめには明記されています。

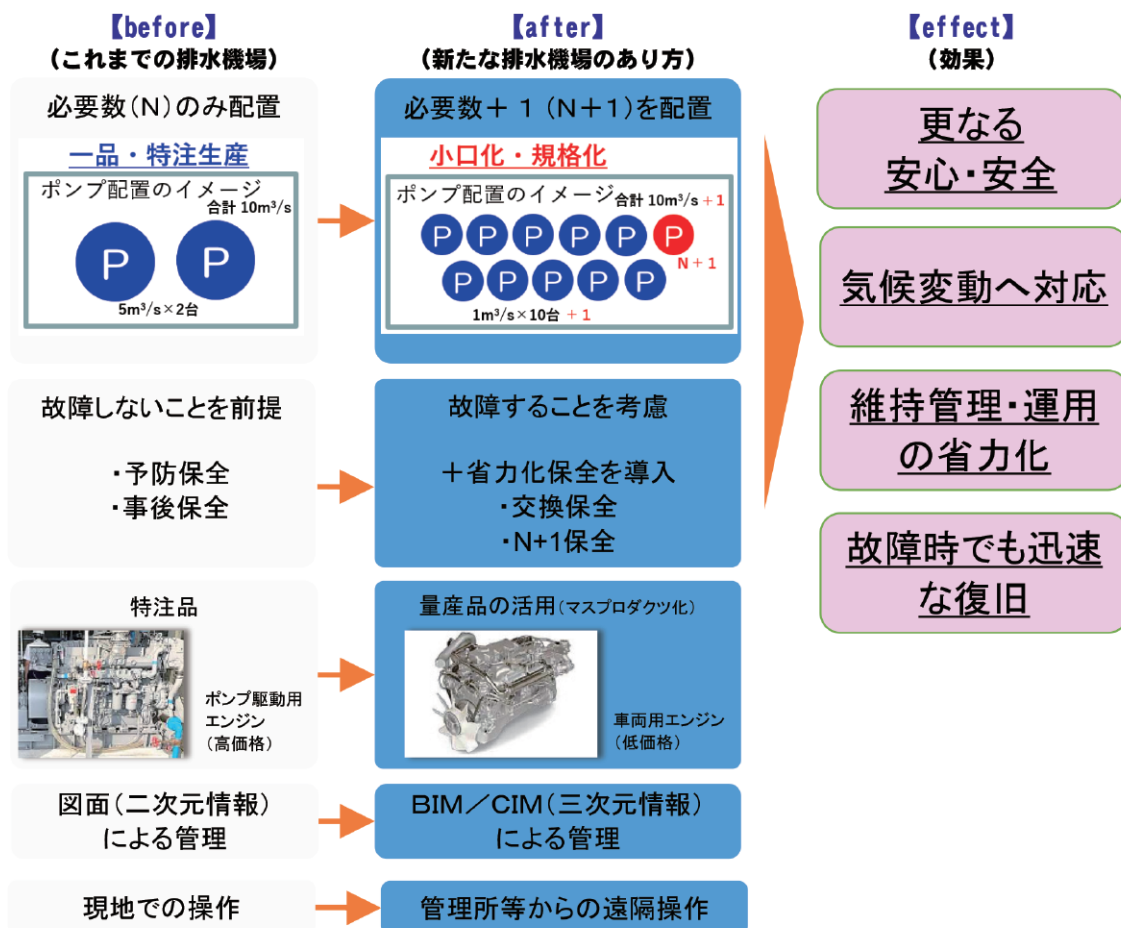
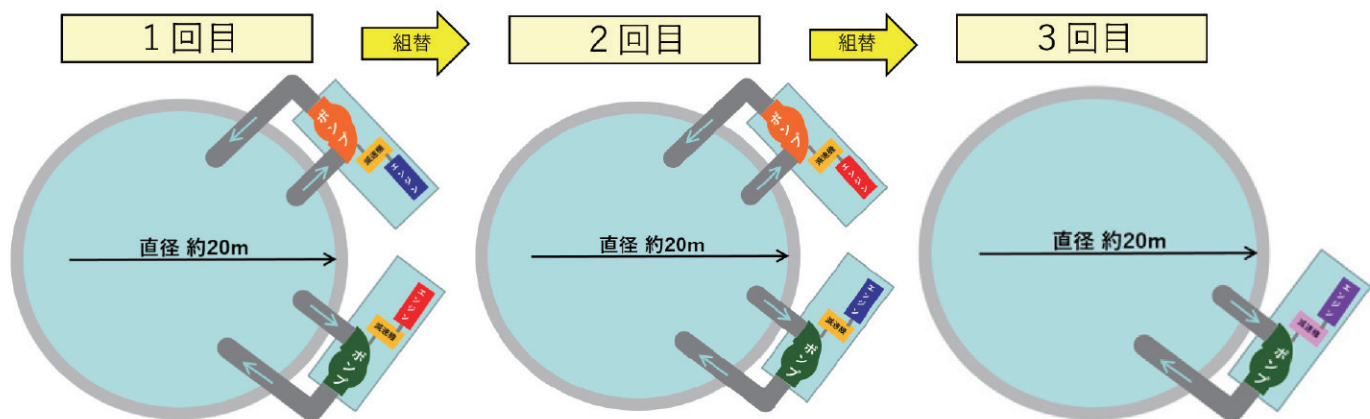
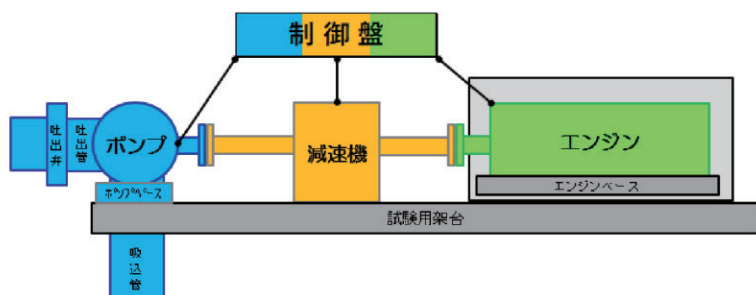


図-4 河川ポンプ設備のマスプロダクツ化



【マスプロダクト型排水ポンプ機器構成】



図ー5 マスプロダクト型排水ポンプ実証試験イメージ

【マスプロダクト型排水ポンプ】

マスプロダクト型排水ポンプですが、ターゲットは1～30m³/s未満の小・中型排水機場になります。今実証実験を進めていますが、開発メーカは公募のうえ令和3年4月にポンプメーカ2社（荏原製作所・電業社機械製作所）、エンジンメーカ3社（豊田自動織機、三菱自動車工業、三菱ふそうトラック・バス）と基本協定を締結しました。実証実験は令和4年2月から、つくば市にある国立研究開発法人土木研究所の実験施設（屋外の水槽施設）で行われる予定ですが、エンジン3種と2社のポンプを組み合わせる実験計画を立てているところです。

【今後の河川機械設備小委員会】

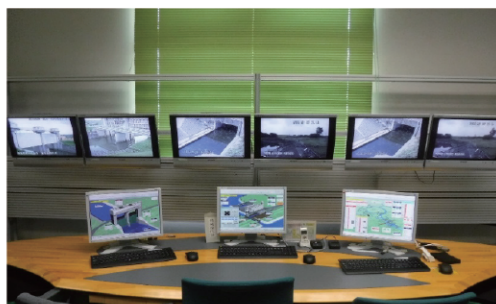
再整理された小委員会の論点は7つあります。まず論点1ですが、「ゲートの自動化・遠隔化」です。ゲートとなっていますが、ポンプも含めた議論と理解していただいて結構です。将来的な完全な遠隔操作化、一元管理する体制の構築、自動化したゲートの開閉状況の確認方法、不完全閉鎖時の対処法などが議論されますが、そのなかで追加すべき事項も出てこようかと思います。

論点2は、「老朽化が進行する設備の故障リスク低減」

です。故障部品の劣化状況、故障要因の分析を行い、点検整備や更新に反映させる取り組みや、堰などの常時没水している扉体の点検困難な部位については周期的に部品を交換する考え方などが議論のポイントになります。

論点3は、「危機管理対策」ですね。長期間の燃料供給途絶や大規模な停電下での最小限の機能確保が議論されます。令和2年の球磨川の水害時、人吉観測所で水防団待機水位から約2時間で避難判断水位に到達してしまったのですが、このような急激な状況変化に対する確実な運用のあり方が論点として取り上げられています。

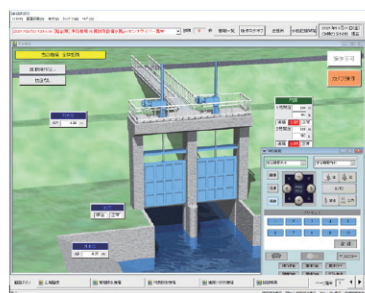
論点4は、「新たな技術の導入」です。技術開発は常に求められており大事なことです。新技術を用いたゲート設計時の評価方法、検証に長期間を要する評価方法、ゲートの軽量化が可能となる新素材の検討が論点となっています。従来の鋼製扉体の場合、その重量に対応したコンクリート構造物の強度や開閉装置の容量が必要となりますが、最近より軽量のFRP製ゲートが注目されており、農業用では導入が始まっています。河川における使用環境では土砂の流れによる摩耗対策が必要かもしれませんが、軽量化というのは技術開発の余地があると考えています。



機械設備の遠隔監視・操作装置



広域監視画面



樋管監視画面



CCTVによる安全確認



樋管操作画面（運転操作画面）

図ー6 機械設備の自動化・遠隔化イメージ

論点5は、「地方自治体への支援」です。自治体が抱えるニーズを踏まえた技術支援や維持管理更新のための簡素化した点検手法などが論点です。施設の数は一国よりも自治体が多いうえ、技術者も少ない。流域治水という考え方ではいろいろな設備管理者が関係しますが、全体のバランスが重要になります。例えば、ある沿岸地域で管理者が異なる防潮ゲートが複数ある場合、いずれか1門だけ閉まらなくても高潮を防ぐことはできません。そういった意味でも支援が非常に重要になります。

論点6は、「企業の技術力の維持・向上」です。現状をみますとポンプとゲート設備関係の従事者は、40歳以上の方が多い。設計・製造・施工・保全に対する技術力を維持し、向上させる方策はとても重要です。例えば、伊勢神宮は20年に1回正殿・社殿を建て替えますが、それによって必要となる技術力が伝承され、保持・向上に役立っています。機械設備も、システム全体を俯瞰したエンジニアリングとその技術力が大事だと考えておりますので、論点6に関する方策については、企業の皆様

の積極的なご提案をお待ちしております。

最後に論点7ですが、「河川機械設備の情報収集・分析体制の構築」です。過去に発生したトラブル事例の分析結果を設計・施工に反映させるというのは当たり前のことですが、実は「良くはできていない」と感じています。維持管理情報データベースも作りましたが、「これが十分に機能しているのか」という反省も踏まえ、効果的に情報収集・分析する体制を築いていくには、これまで共有されていないような情報を開示していくというような業界全体の技術力向上に寄与するための関係者皆様のご協力が必要と考えております。

河川ポンプ設備の諸課題について、河川機械設備小委員会の動向に沿ってお話しましたが、今後とるべき方策を検討していくにあたっては皆様のご意見を伺いながら進めて参りたいと考えますのでよろしくお願いいたします。

(注) 河川機械設備小委員会の開催経緯等については、本誌「ニュース・トピックス」に関連記事が掲載されています。

機械設備における BIM/CIM を活用した業務改善（中間報告）

農添 允之 のうぞえ まさゆき

国土交通省 国土技術政策総合研究所
社会資本マネジメント研究センター
社会資本施工高度化研究室 研究官

荻原 勇人 おぎはら はやと

国土交通省 国土技術政策総合研究所
社会資本マネジメント研究センター
社会資本施工高度化研究室 主任研究官

1. はじめに

河川ポンプ設備をはじめとする国土交通省が管理する機械設備では、図－1に示すとおり高度経済成長期から急速に新設が進められたため、近年老朽化が問題になっている。これに対し国土交通省は、第5次社会資本整備重点計画において予防保全の考え方に基づく内水排除施設等の長寿命化対策の実施を掲げ、この対策の実施に地方整備局及び河川事務所が鋭意取り組んでいるところである。

他方、機械設備の維持管理を担当する職員（以下「機械設備担当者」）の人数は減少しているため、機械設備担当者1人当たりの業務量は以前に比べ増えている。そこで、機械設備担当者の健康と安全を守るため、機械設備に関する業務全般について改善が求められている。

国土技術政策総合研究所（以下「国総研」）では、機械設備を適切に維持しつつ、地方整備局及び河川事務所の業務改善に資するBIM/CIMの適用方法について検討を進めているところであり、本報文ではこの検討状況について中間報告を行うものである。

2. 維持管理に関する業務の問題

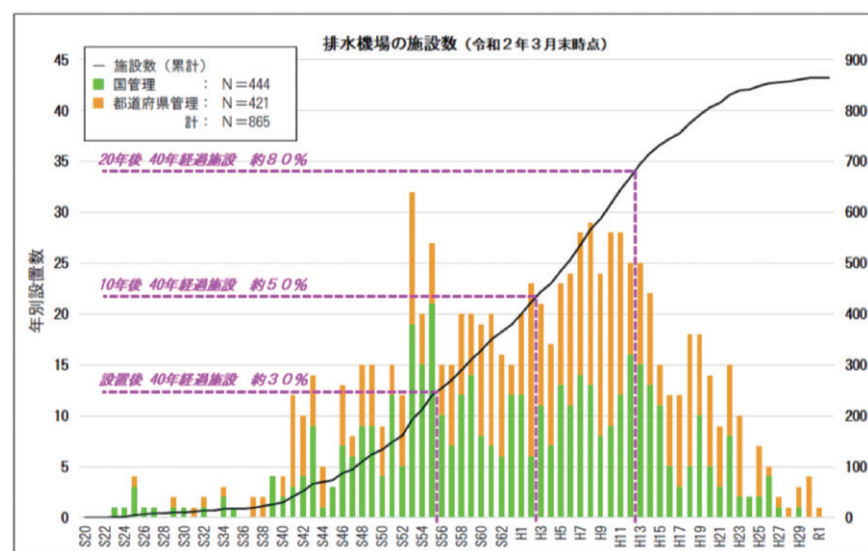
現在、機械設備担当者が担う業務の主体は機械設備の新設から維持管理に移行しており、国土交通省が発注する機械設備工事の内訳も予防保全が多くを占めている。予防保全を行う工事は、地域の生命や財産の安全性を低下させないために実施するものであり、多額の予算を必要とする。よって、機械設備担当者にとって最も重要な業務は予算要求といえる。

地方整備局における予算要求作業の流れは、事業を進める河川事務所において必要な資料を作成し、地方整備局（本局）がこの資料をとりまとめ国土交通本省へ提出する。

機械設備の予防保全に関する予算要求では、点検結果等を踏まえ選定した機械設備の予防保全の必要性和実施に必要な予算を説明する資料（以下「予算要求資料」）を河川事務所の機械設備担当者が作成する。そして、各河川事務所において作成した予算要求資料に基づき、地方整備局（本局）の予算を担当する職員（以下「予算担当者」）が予防保全の優先順位を整理する。

予算担当者が予防保全に優先順位を付けることは、厳しい予算状況において地方整備局管内の機械設備の信頼性を効果的に回復・維持するために必要な作業である。予算担当者は、この優先順位の整理に必要な情報が予算要求資料から確認できない場合は、機械設備担当者から補足資料を受け取り確認している。この結果、予算担当者がこの補足資料を依頼するための時間と、機械設備担当者における補足資料の作成に要する時間を余計に費やしている。

予算担当者が補足資料を必要とするのは、予算要求資料における情報の不足が原因である。国土交通省内では、予防保全の予算要求に用いる様式を統一してい



る。現在の様式は、予防保全の必要性などをわかりやすく伝えつつ、資料の作成労力を抑えるよう配慮されている。しかし、様式の記載スペースを制限することになり、情報の不足が生じているものと考えられる。よって、予算要求における機械設備担当者と予算担当者の作業改善には、予算要求資料の様式を見直すことが必要である。

本来、予防保全の予算要求では、予防保全を予定する機械設備の構造等がわかる情報と、予防保全が必要な理由に当たる情報、そして、必要な予算を裏付ける情報の全てを網羅すべきである。網羅していれば予算担当者は補足資料を必要としないが、機械設備担当者には大きな負担となる。点検報告書等の根拠となる資料から予算要求資料へ整理し直す作業が生じるためである。

これら問題に対し、機械設備の構造等を3次元モデルで理解できるようにし、予防保全の必要性和予算の裏付けとなる資料をそのまま3次元モデルの参照情報にできる「BIM/CIMモデル」であれば、機械設備担当者と予算担当者の作業を改善できるものと思われる。そこで、BIM/CIMモデルの予算要求資料を試作し、この結果を考察することとした。

3. 予算要求資料の試作

(1) BIM/CIM モデルの課題

国土交通省が公表しているBIM/CIM活用ガイドライン(案)では、BIM/CIMモデルについて、「対象とする構造物等の形状を3次元で表現した「3次元モデル」と「属性情報」「参照資料」を組合せたもの」としている。

BIM/CIMモデルを構成する3次元モデルを取り扱うためには、高性能なパソコンが必要である。これに対し、機械設備担当者や予算担当者が業務に使うパソコン(以下「業務用パソコン」)の能力では3次元モデルを利用することが難しい。このためBIM/CIMモデルを扱える環境の確保が課題である。

また、機械設備担当者及び予算担当者の多くは3次元CADソフトウェアの操作に慣れていないと推測するが、この操作を学ぶための時間確保は、現在の業務量から難しい。よって、職員の現在のスキルでソフトウェアを操作することも課題である。

これらの課題に対応できそうなソフトウェア製品を調査したところ、製造業を中心に利用されているデジタル・モックアップツール(DMU)の中に、適合すると思われる製品を見つけることができた。この製品は、業務用パソコンにおいても使えるソフトウェアであり、独自技術によりファイルサイズを圧縮した3次元モデルをMicrosoft Excel(以下「Excel」)(Microsoft社)のワークシートへ貼り付けることができる。貼り付けた3次元モデルは、Excel上において回転や各パーツの表示・非表示を選択できる。また、この製品はExcelのアドオンであるため、操作はExcelそのものである。

この結果を踏まえ、予算要求資料の試作では、この製品を使うこととした。

(2) 予算要求に必要な情報の整理

次に、予算担当者は予算要求する機械設備を知らないことを前提として、試作する予算要求資料の内容を検討した。

現在、統一して使われている予算要求資料の様式は、記載する情報を具体的に決めていない。本試作の目的は、完全な予算要求資料の作成ではなく、予算要求資料をBIM/CIMモデルにしたときの効果や問題の把握である。よって、本試作では、「機械設備の構造の理解」と「予防保全の必要性」に重点を置き、BIM/CIMモデルの参照情報とする資料を選定した。

予防保全の優先順位に大きく影響するのは、現在の劣化状況や機械設備の故障リスクの大きさである。よって、機械設備の概要や仕組みを把握するための設備諸元、予防保全の必要性を裏付ける不具合状況と機器の精密診断結果をBIM/CIMモデルの参照情報に選定した。なお、設備諸元と不具合状況は、今後の実用性を考慮して、国土交通省が保有する機械設備専用のデータベース「機械設備維持管理システム」からダウンロードしたファイルを使うこととした。

(3) 試作の実施

試作では、国総研が過年度に作成した詳細度400の排水機場3次元モデルを使用し、図-2に示す当該施設の全容を説明できるExcelファイル(以下「施設Excel」)と、図-3に示す予防保全を行う機器に特化したExcelファイル(以下「機器Excel」)の2つのファイルを作成した。試作の手順は次のとおりである。

- ① 3次元モデルを、3次元CADのファイル形式からデジタルモックアップツール用のファイル形式へ変換する。(3次元CADによる作業)
- ② Excelの新規ファイルを開き、①の3次元モデルをワークシートへ貼り付ける。
- ③ ②のワークシートのセルに、機械設備を構成する機器名称や参照資料名称を入力する。
- ④ ワークシートの機器名称と3次元モデルの該当箇所

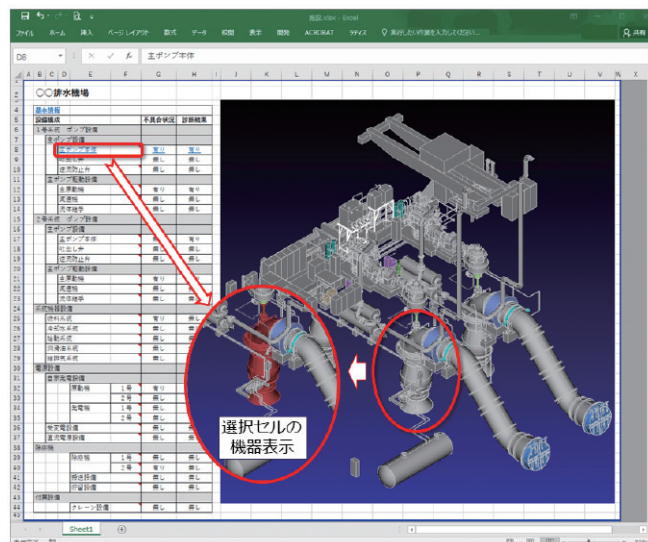
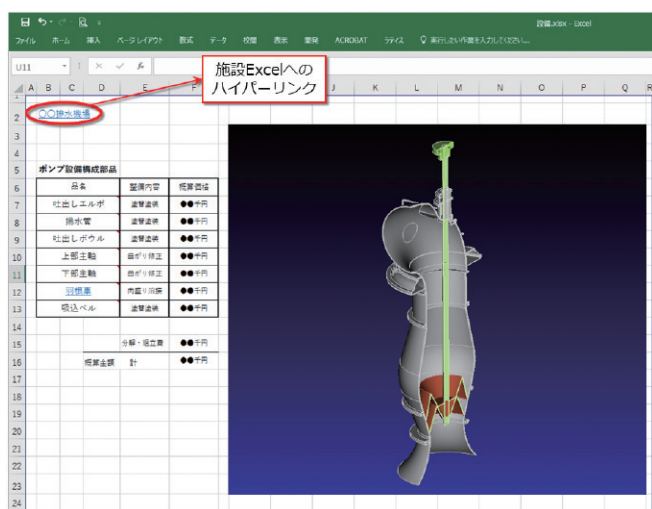


図-2 試作したBIM/CIMモデル(施設Excel)



図－3 試作した BIM/CIM モデル（機器 Excel）

は、ソフトウェアにより自動的にリンクされる。これにより機器名称のセルを選択すると、3次元モデルの該当箇所の表示色が変わる。

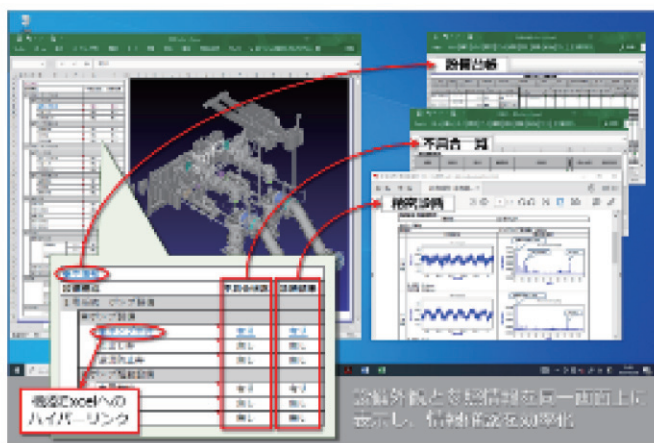
- ⑤ セルに入力されている参照資料の項目から、参照資料ファイルへハイパーリンクを設定する。

なお、上記のうち、②から⑤はExcelの操作による作業である。

施設Excelでは、機械設備を構成する機器の名称を表にまとめてあり、この名称のセルを選択すると3次元モデルの該当箇所の表示色が変わる。また、当該機械設備の概要と各機器の不具合の詳細を確認できるように設備台帳、当該機械設備の当該機器の不具合一覧及び精密診断結果の各ファイルを用意し、このファイルへのハイパーリンクを設定した。さらに、機器の名称には、当該機器の機器Excelファイルへのハイパーリンクも設定した。

機器Excelは、予防保全を実施する機器の部品・部位の名称を表にまとめ、施設Excelと同様にこの名称のセルを選択すると3次元モデルの該当箇所の表示色が変わる。また、ファイル間の移動に配慮し、機器Excelから施設Excelへ戻るためのハイパーリンクも設定した。

施設Excelとこの参照情報を表示した画面イメージを図－4に示す。



図－4 試作した BIM/CIM モデルの表示

（4）考察

1）資料の使い勝手

施設Excelにおいて、不具合がある「主ポンプ本体」のセルを選択すると、該当箇所の表示は赤色に変化することにより、主ポンプ本体がどこかすぐに認識できた。

また、施設Excelからのハイパーリンクにより、不具合の詳細や精密診断状況の資料から予防保全の必要性の裏付けの確認も容易であり、さらに各種資料を探す必要が無いため作業時間が短縮すると考えられる。

よって、BIM/CIMモデルを使った予算要求資料による予算担当者の業務の効率化は十分期待できる。

2）作成作業

Excelのワークシートへ3次元モデルを貼り付ける作業と、3次元モデルとワークシートの項目のリンク設定は非常に容易であった。また、ワークシートの項目と外部ファイル等へのハイパーリンクの設定もExcelの操作であるため容易であった。しかし、1項目ずつ設定しなければならないため、ハイパーリンクを設定する項目が多いほど手間がかかることになる。

また、3（3）①の3次元モデルのファイル形式の変換では、3次元CADソフトウェアと高性能パソコンが必要である。ただし、本試作における変換作業は約6分であったため、地方整備局において共用する高性能パソコン1台で対応が可能と考える。

3）予算要求資料の有効活用

今回、予算要求資料として試作したが、特に目的の機器や不具合の箇所をすぐに認識することができた点に着目すると、機械設備の構造説明や点検の結果報告など、予算要求以外でも活用できる場面があると思われる。

例えば、点検整備業務受注者が3次元モデルを使うことで、点検の報告を受ける機械設備担当者などは報告内容の理解が早くなり、報告を行う受注者の負担も軽減されると期待される。

さらに、点検は通年で実施されるのが一般的であるため、予算要求資料になるBIM/CIMモデルの参照情報を通年で更新すれば、機械設備担当者における予算要求の作業量を平準化できる。

4. 今後の取り組み

BIM/CIMモデルによる予算要求資料を試作した結果、次に示す新たな問題に気づくことができた。

- ① Excelのセルと3次元モデルの連携では、3次元CADにおいて3次元モデルを作成した時のパーツファイルとアセンブリファイルの階層設定が影響するため、3Dモデルの作成方法により連携の設定手間も大きく異なる恐れがある。
- ② 詳細度400の3次元モデルは実物に対して省略箇所があるため、3次元モデルのみで機器の分解整備等の施工方法等を検討すると、誤った内容の予算要求になる恐れがある。

今回使用した3次元モデルの主ポンプ断面を図-5に示す。このモデルでは、内部構造が簡略化されているため、主ポンプの上部ケーシングを開放すれば、羽根車を取り出すことができるように誤解される恐れがある。そのため3次元モデルは、目的に応じた細部の構築が必要と考える。

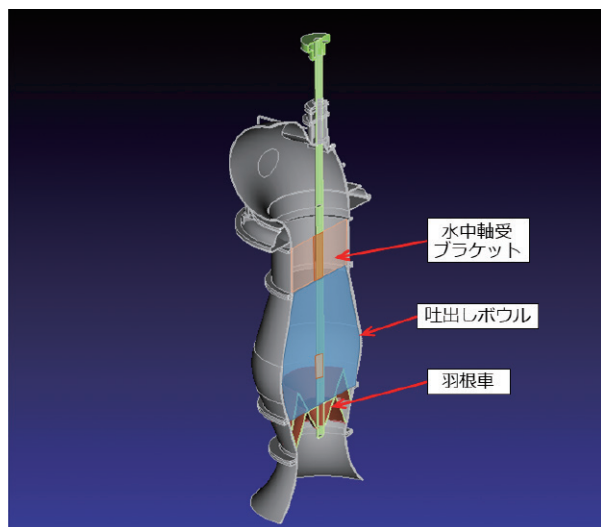


図-5 主ポンプモデルの断面表示

③ Excelワークシートのハイパーリンクを使い、機械設備維持管理システムの各施設等画面及びデータへアクセスできなかった。

このため、本試作では機械設備維持管理システムからデータのファイルをダウンロードし、このファイルへハイパーリンクを設定する方法を採った。しかし、機械設備担当者の作業を効率化する観点では、データのダウンロードなどの手間に対する機械設備維持管理システムの改善も必要と考える。

これらの新たな問題に対して、関係者と連携しながら、引き続き解決方法を検討していく。

また、BIM/CIMモデルによる予算要求を実現するための最重要課題は、3次元モデルの確保である。3次元モデルの構築時間とコストの低減のみならず、点群データの活用や、点群データからの自動モデリング等にも取り組む予定である。

5. おわりに

国総研では、国土交通省発注工事・業務のBIM/CIMデータを一元管理・分析するため「DX（デジタル・トランス・フォーメーション）データセンター」（図-6）の整備を進めている。機械設備においてもこのDXデータセンターとBIM/CIMを活用しながら、機械設備における諸問題の解決に取り組んでいく所存である。

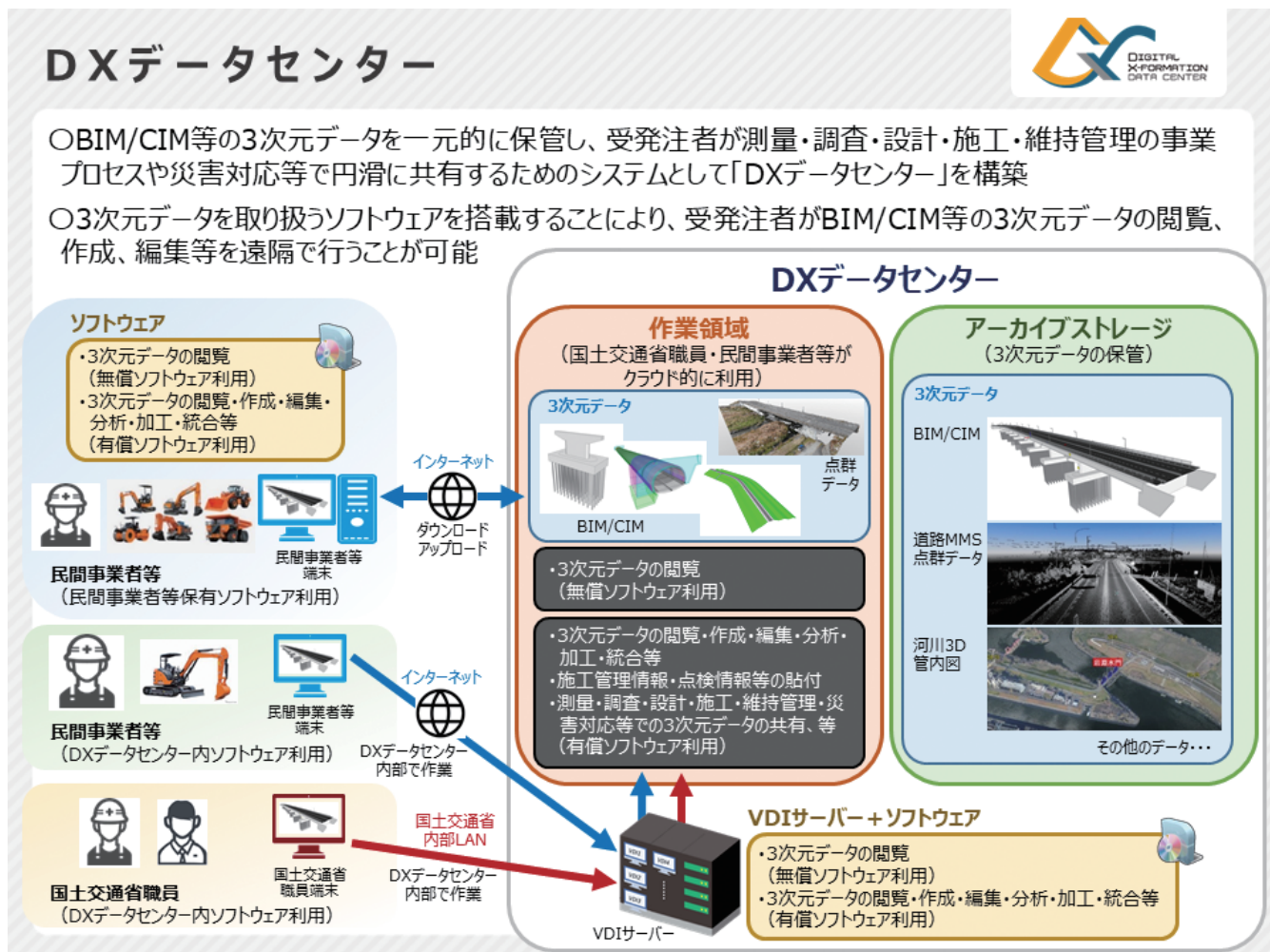


図-6 国総研 DX データセンター

排水機場の AI 診断技術の取り組み

上野 仁士 うえの ひとし

国立研究開発法人土木研究所 技術推進本部
先端技術チーム 主任研究員

黒田 浩章 くろだ ひろあき

国土交通省 総合政策局
公共事業企画調整課 課長補佐

1. はじめに

土木研究所では、平成22年度より、排水機場ポンプ設備に対して、状態監視技術により異常部位の特定とその程度を診断する手法について研究しており、延べ台数で約260台のポンプの振動測定・診断実績がある。平成30年度からは、診断の省力化ならびに診断精度向上を目的に、AIによる異常検知の研究に取り組んでいる。この研究により故障診断技術が向上し、意図しない運転不能や停止を未然に防ぎ、老朽化する設備の長寿命化に寄与することを期待している。

この取り組みについては「ぼんぷNo.62（2019.SEP）」で報告（以降「前稿」と記載）したところであるが、本稿はその後の進捗について報告するものである。

なお、特にAIアルゴリズム等については、分かりやすさを重視して記述したため、学術的表現ではない箇所があることを申し添える。

2. モニタリングシステム

設備の故障検知、予兆検知にあたって、異常検知対象のセンサ測定データをAIモデルに入力するモニタリングシステムが必要であり、実際の排水機場に設置したことは前稿で記したとおりである。

前稿の時点から今日まで、センサの増設やセンサ設置機場の追加を行ったので、改めて対象ポンプ設備概要を表－1に、設置センサー一覧を表－2に記す。

3. AI 診断手法の整理

・異常有無の検知

異常有無の検知についての試行事例については前稿でも紹介したが、その手法について改めて説明する。

AIによる異常判定アルゴリズムは様々なものがあり、その中から排水機場ポンプ設備に適したアルゴリズムの選定を行っていることは前稿で説明したとおりである。

各アルゴリズムについては理論的に完成されており、python等のプログラミング言語でもオープンソースとして公開されているものが多数ある。的確な診断を行うためには、診断したい対象に適した適切なアルゴリズムの選定も重要だが、それ以上に、的確な診断ができるようデータを前処理することが極めて重要となる。前処理とは、計測した生データを、AIが学習、診断しやすいように、ノイズ等の除去や特徴量の強調、データ形式の変換等の作業を行うことである。

この検証のため、モニタリングシステム設置機場ではないが、意図的に異常を発生させることが可能であったK排水機場のディーゼル機関（6気筒）の振動加速度計測結果を基に検証した。特定の1気筒または過給機に異常を発生させ、その時の振動加速度を、異常気筒側と正常気筒側の2カ所で、軸方向（x）、横方向（y）、鉛直方向（z）の3方向、計6チャンネルのデータとして診断を行った。

計測箇所等を写－1に示す。

表－1 対象ポンプ設備

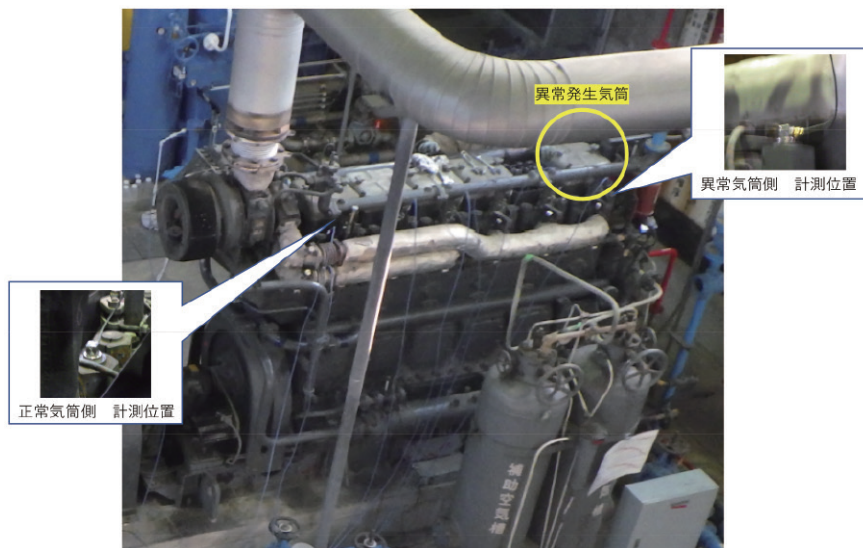
機場名	T 機場	S 機場	R 機場	Y 機場	E 機場
対象号機	2, 3 号機	1, 2 号機	1, 2 号機	1, 2 号機	1, 2 号機
口径	1,500mm	2,000mm	1,500mm	1,350mm	1,350mm
全揚程	3.3m	5.3m	5.4m	6.3m	4.4m
排水量	5m ³ /s/台	10m ³ /s/台	5m ³ /s/台	5m ³ /s/台	3.5m ³ /s/台
原動機形式	ディーゼル	ディーゼル	ディーゼル	ガスタービン	ディーゼル
定格出力	320ps/台	1,100ps/台	518ps/台	302ps/台	320ps/台
ポンプ形式	横軸斜流	立軸斜流	立軸斜流	立軸軸流	立軸斜流
備考					R 2 追加

表－２ 設置センサー一覧

	センサ名	計測項目	T 機場		S 機場		R 機場		Y 機場		E 機場		計測により期待される効果
			2号	3号	1号	2号	1号	2号	1号	2号	1号	2号	
原動機 DE	A E センサ	弾性波			○	○	○	○					弾性波発生有無と頻度による内部損傷の早期把握
	排気ガス組成計	排気ガス組成	○	○			○						燃焼状態による機関状態の把握
	3 方向加速度計	DE本体振動加速度	○	○	○	○	○	○			○	○	振動増加による設備異常兆候の把握
	熱電対	排気ガス温度 (各気筒、過給器出入口)	○	○	○	○	○				○	○	燃焼状態による機関状態の把握
	回転計	エンジン回転数			○	○	○				○	○	計測開始トリガ用
	オンライン鉄粉濃度計	潤滑油中铁粉濃度			○								内部摩擦兆候の早期把握
原動機 GT	3 方向加速度計	GT燃焼器振動加速度							○	○			ガスタービンエンジンの異常兆候と状態の把握
	3 方向加速度計	GT減速機振動加速度							○	○			
減速機	3 方向加速度計	減速機本体振動加速度	○	○									歯車、軸受異常兆候と状態の把握
軸受	3 方向加速度計	振動加速度	○	○									軸受異常兆候と状態の把握
主ポンプ	A E センサ	弾性波			○	○	○	○	○	○			弾性波発生有無と頻度による内部損傷の早期把握
	3 方向加速度計	ポンプ本体振動加速度	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	振動増加による設備異常兆候の把握
	回転計	ポンプ回転数	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	計測開始トリガ用
	圧力計	吐出圧力			○	○	○	○	○	○			主ポンプの異常兆候（軸曲がり、インペラ摩耗等）の発見と状態の把握
	渦電流変位計	主軸振動変位	○	○	○	○	注	注	○	○	○	○	

注: R 機場の主軸振動変位は、本モニタリングシステムとは別に設備管理者が常設している。

黄色セルは、前稿時点より増設したセンサ



写－１ 振動加速度計測箇所

発生させた異常は以下の通りである。

- ・バルブクリアランス異常（軽微／重度）
- ・燃料噴射ポンプ異常
- ・燃料噴射ノズル異常（軽微／重度）
- ・過給機異常（軽微／重度）

計測値に対して、以下の通り前処理を行い、異常データ

検知AI支援ツールの最適な設定を検討した。

①前処理FFT（基本データ長）

学習、診断に用いるデータ形式には、生データである時刻歴波形や、高速フーリエ変換した周波数スペクトルが考えられたが、各周波数の振幅を特徴量にすることで性能の向上が期待できる周波数スペクトルとした。

データ量を考えると、より小さな領域を対象とする方がデータ量が少なくなり、データ処理時間や通信容量等で有利となるため、異常発生時の発生周波数に応じた検討を行う必要があるが、本研究では1秒を基本長さ（秒）として設定した。

②重複

少ない観測時間のデータを基に分析するためのデータを増やす手法として、データを基本長さに分割する際にデータを重複させることがあげられる。イメージ図を図-1に示す。

連続データを対象とした場合は、重複領域を0.6や0.8と設定しても、前後の因果律が守られるため、結果への影響はないが、断続した非連続データを結合したデータを重複させると、データの連続性がないので因果律が守られず、ノイズが混入する。

この取り組みでは、重複を考慮しない（重複領域0）ものとして検討を行うこととしている。

③Pooling

AI診断を行うデータ量を少なくするとともに、特徴的な情報の抽出を行う処理である。今回の取り組みでは、①に記したように高速フーリエ変換した周波数分布を対象にこの処理を行っている。イメージを図-2に示す。

この処理により、情報（特徴）を際立たせている一方で、有用な情報をカットしている可能性がある。そのため1Hz（無処理）と10Hzでの検討を行う事とした。

以上の前処理パラメータを組み合わせで6パターンで診断結果を検証し、最適なパラメータを選定した。

組み合わせパターンを表-3、図-3に示す。

また、AIアルゴリズムは、過年度の研究で成績のよかったLOF、MT、OCSVMの他、文献調査で好成績が期待されるiFOREST、KDEの5通りで検証を行った。

AIアルゴリズムの特徴を表-4に示す。

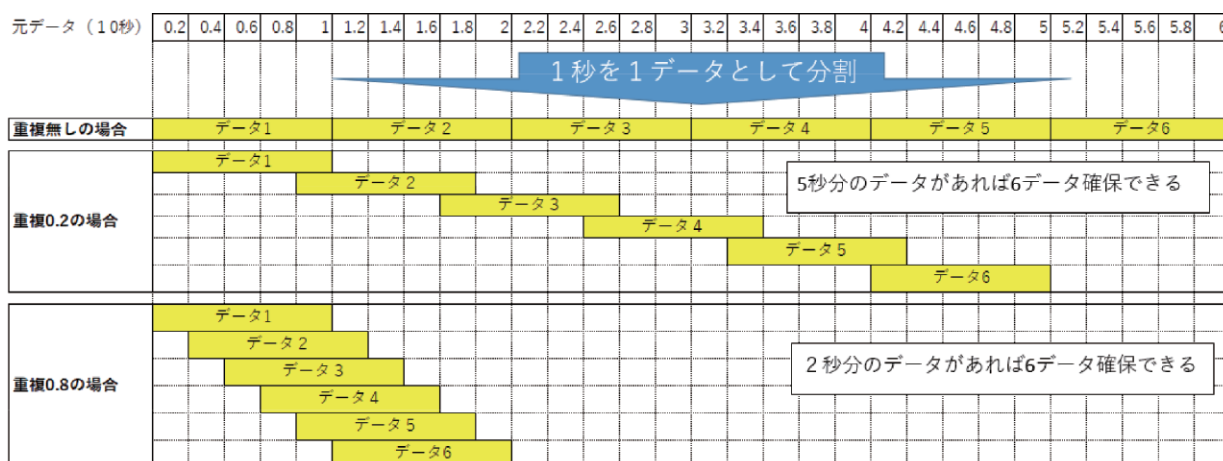


図-1 重複イメージ

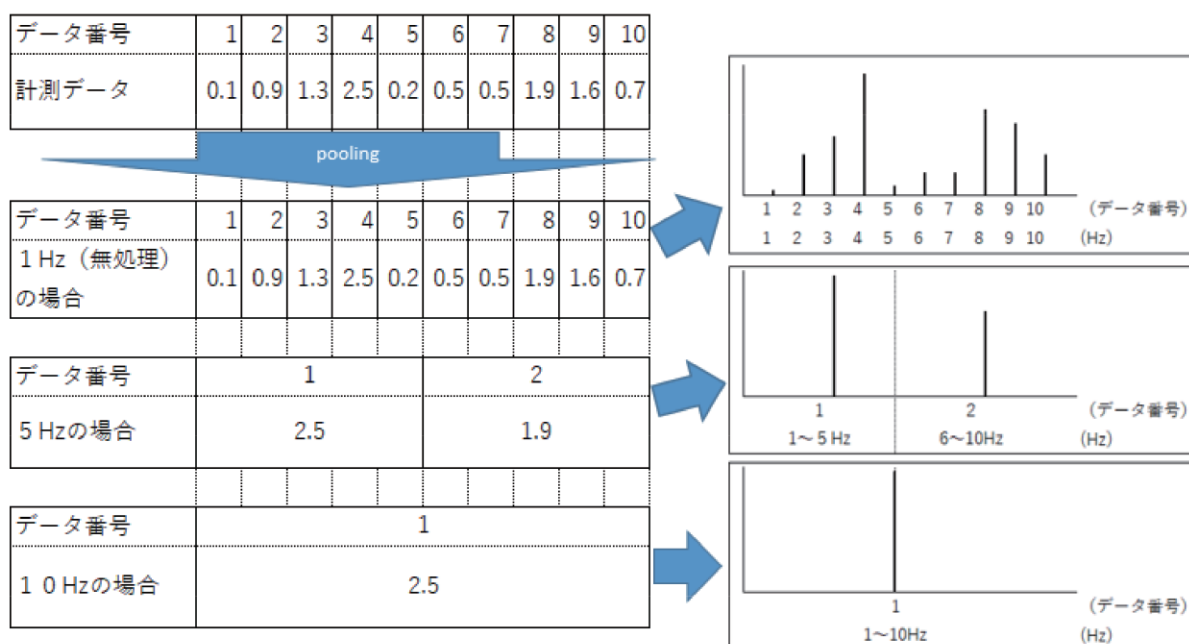


図-2 Pooling イメージ

検証結果は、F値で診断の優劣を評価した。これは、実際に設備異常があるものに対して取りこぼしなく異常と診断できたかの率（再現率）と、異常と診断した設備が実際に異常であったかの率（適合率）との調和平均値で、値が1に近いほど好成績である。F値の概要を表－5に示す。

検証結果例（一部を抜粋）を表－6に示す。表－6では、F値に対して以下の着色をしている。

青：1～0.9 黄：0.9～0.5 赤：0.5～0

つまり、各caseにおいて、青のセルが多いものほど好成績であったと言える。

各アルゴリズム、各前処理case毎に、着色セル数を集計した結果を表－7に示す。

この結果より、以下の知見が得られた。

- 前処理のパラメータについては、case3、case6が成績がよ

い。この両者ではcase6の方が成績がよいが差はわずかであること、処理速度はデータ次元数が小さいcase3が有利であることから、この両者については引き続き検証を行うこととしている。

AIアルゴリズムについては、モニタリングシステムで収集したデータに対し、上記前処理を施し、主ポンプの診断を行い検証した。その結果、次のことが明らかとなった。

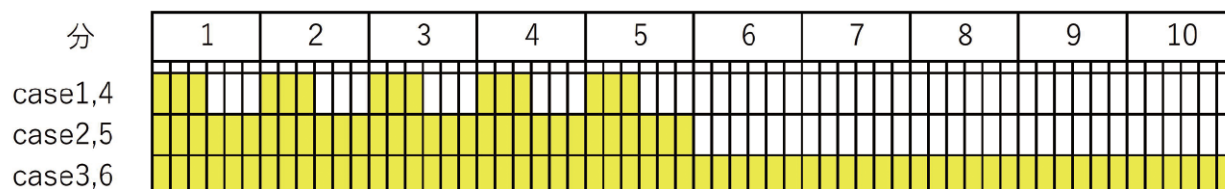
- 過年度から適用しているアルゴリズム（OCSVM、LOF、MT）と、今回検証したKDEの異常検知性能は、いずれの排水機場においても高い異常検知判定精度を示し、期待された結果となった。対してiFORESTは成績がよくなった。
- LOFを除いて、OCSVM、MT、KDEの各アルゴリズムの判定精度は概ね同等で高いことが分かった。

表－3 前処理設定パターン

	前処理FFT		Pooling	学習データ (詳細は図-3 参照)	データ数	データ次元数
	秒	重複				
case01	1	あり(0.5)	10Hz	5分間のデータのうち、1分ごとに先頭30秒データを抽出して結合	299	60
case02		無し		5分間のデータ	300	60
case03		無し		10分間のデータ	600	60
case04		あり(0.5)	1Hz	5分間のデータのうち、1分ごとに先頭30秒データを抽出して結合	299	600
case05		無し		5分間のデータ	300	600
case06		無し		10分間のデータ	600	600

データ数は、前処理FFTと学習データの設定から決められる。

データ次元数は、Poolingの設定により決められる。



case1,4は、5分間データのうち1分毎の先頭30秒のデータを使用(重複0.5)

case2,5は、5分間データの全数データを使用(重複無し)

case3,5は、10分間データの全数を使用(重複無し)

図－3 学習データ イメージ

表－4 AI アルゴリズム

手法	概要	異常検知手法
OCSVM (ワンクラスサポートベクターマシン)	サポートベクターマシンを応用した手法。 正常データを学習させ、識別境界を決定することで、それを基準に外れ値を検出する手法。	境界推定
MT (マハラノビス・タグチ法)	正常データの平均値を出して、平均値からの距離 (変数間の相関を考慮したマハラノビス距離)の 大小で異常検知する手法。	データ間距離
LOF (Local Outlier Factor)	データの密度を計算して、密度が非常に低い所に 現れたデータを外れ値 と判断する手法。	データ間距離
iFOREST	決定木を各データが孤立するまで分割を繰り返 し、データが孤立するまでの深さから異常値を推 定する手法。	データ間距離
KDE (カーネル密度推定)	各データ点にカーネルを重ねることで確率変数の 確率密度関数を推定する手法。確率が低い事象を 異常と見なす。	確率分布

表－5 F 値

	実際に陽性 (Positive)	実際に陰性 (Negative)
診断が陽性 (Positive)	TP(真陽性) True Positive	FP(偽陽性) False Positive
診断が陰性 (Negative)	FN(偽陰性) False Negative	TN(真陰性) True Negative

設備診断の場合、「陽性」は「異常あり」、「陰性」は「異常なし」を示す。

青い着色は正解、赤い着色は不正解を示す。

$F\text{値} = 2 \text{ Recall} \cdot \text{Precision} / (\text{Recall} + \text{Precision})$

$\text{Recall} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FN})$

再現率：実際に陽性のものを、正しく陽性と診断できたかの割合

$\text{Precision} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FP})$

適合率：陽性と診断したもののが、実際に陽性であった割合

4. 異常箇所と程度の特定

現状のAI診断では、「異常兆候の有無」については判別可能だが、異常箇所と程度の特定は難しい状況にある。

そこで、AI診断を補い、異常箇所と程度の特定を行う手法として、状態監視技術の振動解析理論を用いた診断プログラムについて検討を進めている。

「ぼんぷ No.66 (2020.6)」に掲載いただいた拙稿「排水機場ポンプ設備における振動解析の基礎」で、振動時刻歴波形と高速フーリエ変換による発生振動周波数に基づいた主ポンプの異常診断（軸のアンバランス、ミスアライメント（芯ずれ）、インペラ摩耗）について概説したが、その理論を用いたプログラム上で主ポンプの診断を行うものである。

これについては、現在検証を進めているところである。

表－6 AI アルゴリズム検証結果（抜粋）

応答種別の組合せ	手法	case1					
		加速度1（異常気筒側端部）			加速度2（正常気筒側端部）		
		X方向	Y方向	Z方向	X方向	Y方向	Z方向
01 無負荷正常運転(開始) - 02 バルブクリアランス異常(軽微)	iForest	0.985	0.964	0.131	0.241	0.986	0.052
01 無負荷正常運転(開始) - 03 バルブクリアランス異常(重度)	iForest	0.969	0.884	0.226	0.131	0.936	0.046
01 無負荷正常運転(開始) - 04 燃料噴射ポンプ異常	iForest	0.934	0.919	0.613	0.149	0.993	0.013
01 無負荷正常運転(開始) - 05 燃料噴射ノズル異常(軽微)	iForest	0.986	0.809	0.330	0.131	0.942	0.058
01 無負荷正常運転(開始) - 06 燃料噴射ノズル異常(重度)	iForest	0.921	1.000	0.193	0.119	0.893	0.096
01 無負荷正常運転(開始) - 07 過給機異常(重度)	iForest	0.746	0.985	0.065	0.839	0.251	0.058
01 無負荷正常運転(開始) - 08 過給機異常(軽度)	iForest	0.486	0.958	0.102	0.058	0.257	0.149
01 無負荷正常運転(開始) - 09 負荷正常運転	iForest	0.971	0.997	0.137	0.000	0.220	0.143
01 無負荷正常運転(開始) - 10 無負荷正常運転(終了)	iForest	0.992	0.691	0.131	0.007	0.282	0.556

表-7 AI アルゴリズム検証 集計結果

		case1	case2	case3	case4	case5	case6	計
iFOREST	1~0.9	17	22	18	9	8	5	79
	0.9~0.5	8	5	6	12	11	14	56
	0.5~0	29	27	30	33	35	35	189
KDE	1~0.9	27	27	53	26	26	54	213
	0.9~0.5	7	7	0	5	6	0	25
	0.5~0	20	20	1	23	22	0	86
LOF	1~0.9	31	27	27	26	27	25	163
	0.9~0.5	11	10	6	8	7	6	48
	0.5~0	12	17	21	20	20	23	113
MT	1~0.9	25	25	27	23	24	54	178
	0.9~0.5	12	7	13	5	3	0	40
	0.5~0	17	22	14	26	27	0	106
OCSVM	1~0.9	33	31	44	26	26	41	201
	0.9~0.5	10	10	8	8	7	10	53
	0.5~0	11	13	2	20	21	3	70
計	1~0.9	133	132	169	110	111	179	
	0.9~0.5	48	39	33	38	34	30	
	0.5~0	89	99	68	122	125	61	

5. 実装化への取り組み

AI診断システムがいくら有益であっても、コストが高ければ現場実装は困難となる。特に現在のモニタリングシステムは、研究用途のため様々なデータを多数収録する目的なので高価であり、コストダウンの検討も重要である。

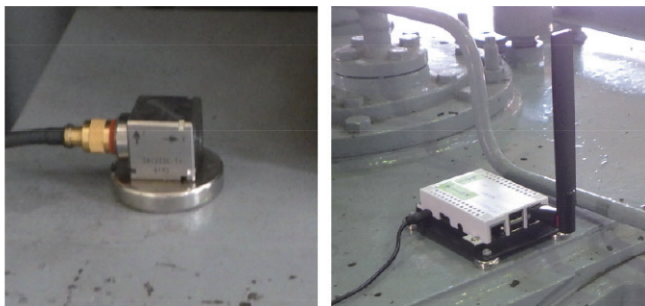
コストダウンの手法として以下が考えられる。

- ①機器類の低価格化
- ②設置費用の低価格化

①については、近年はスマートフォンなどで安価な振動センサが普及している。計測精度との兼ね合いがあるが、診断に十分資するものであれば、高価高精度の計測用センサからこのような安価なセンサに変えていくことが考えられる。

②については、配線を省略できる無線式センサの活用が考えられる。

以上に関して、市販の安価なシングルボードコンピュータを用いた無線式振動センサを作成し、計測診断に関して試行しているところである。使用しているセンサを写-2に示す。



写-2 振動加速度センサ

写真左が従来の有線式のセンサで、10数万円程度の単価に加え、配線費用も大幅に要する。対して写真右が無線式センサで、汎用のシングルボードコンピュータを利用したもので数万円であるうえ配線費用はほとんど不要である。

以上は一例ではあるが、今後も、性能を担保しつつコストダウンする手法について引き続き検討を進める。

6. さいごに

本稿では、前稿に引き続き、AIアルゴリズムによる試行結果を、データ前処理手法の検証とともに紹介した。今後は、前処理手法、的確なアルゴリズム、実装しやすい安価なモニタリングシステムについて引き続き検討を進め、導入ガイドラインとしてとりまとめる予定である。

AIによる設備異常診断は、将来的にはAIによる異常兆候把握と異常箇所と程度の特定ならびに予寿命の推定を理想としているが、一足飛びにそのレベルに到達するのは難しい。自動車の自動運転を例にすると、最終目標はレベル5の完全自動化だが、人間が運転主体のレベル1から始まっている。同様に設備診断も、当面はAIは点検診断技術者の補助ツールとして活用し、その中で診断の信頼性を向上させて理想に近づけるのが望ましいと考える。

さいごに、本研究は内閣府の官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）の予算支援を受け、機械設備の早期予兆検知・措置に取り組んでおります。また、対象設備の施設管理者にも多大なご協力をいただきました。この場を借りて、厚く御礼申し上げます。

傾向管理で異常の早期発見・原因推定 「回転機械モニタリングシステム “TR-COM”」

(株) 西島製作所

1. はじめに

機器の故障予測やメンテナンス費用・作業時間削減を目的として、さまざまな設備のDX（デジタルトランスフォーメーション）により、ポンプの製造およびメンテナンスに関するノウハウを活かした新事業を展開するため、回転機械モニタリングシステム “TR-COM” を開発し、2018年から販売を開始した。

TR-COMはポンプに限らず、振動測定が必要な回転機械全般に適用可能で、概要を以下に示す。

詳細は <https://www.tr-com.cloud/> による。

2. TR-COM の特徴

2.1 システム構成およびセンサ仕様

センサはバッテリー駆動で、測定結果（振動加速度・速度、温度）を無線（bluetooth low energy）でスマホアプリに送信する。「配管・配線が不要」、「取り付けるだけで誰でも測定可能」という低コストなシステムで、無線機能により測定時に回転機械に触れる必要もなく、点検作業の安全性も向上した。

スマホで取得したデータはその場で確認できるが、自動でクラウドサーバに送信され、事務所のPCでも確認できる。使用するスマホアプリは無料配布で、PCはWebブラウザ（Google Chrome推奨）を使用するため特別なソフトウェア導入は不要である。



図-1 システム構成図

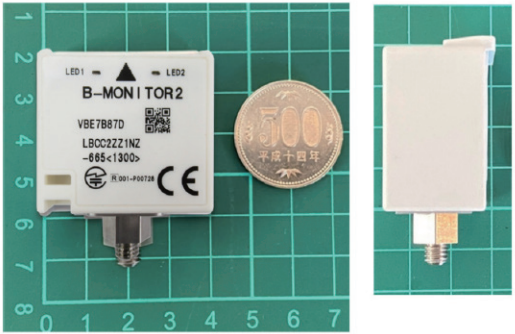


図-2 センサ (b-Monitor2) 外観

表-1 センサ (b-Monitor2) 仕様

振動測定方向	1方向
電池	交換式（標準2年、最大3年）
動作	温度、加速度RMS、速度RMS、FFTを定期保存
周波数範囲	8～10,000 Hz
適用温度	周囲温度 - 20～60℃ 設置面温度 - 20～85℃



図-3 センサ取付例

2.2 PCによる監視画面

機器一覧画面ではプラント内の機器状態が一目瞭然で、機器ごとに振動・温度のトレンドグラフ、FFTも表示される。

異常検知のためには、FFTの形状や各測定データの継続的な傾向管理によって、普段とは異なる現象を把握することが必要である。またFFT分析による異常原因推定も、正常時とは異なる卓越周波数成分を判断することが必要であるが、TR-COMのWeb画面には図-4および図-5のような監視機能が実装済みである。

3. 導入効果

異常の早期発見による機器の緊急停止防止、異常原因推定による早期復旧に貢献する。また、時間基準メンテナンス（TBM）から状態基準（CBM）へ転換するためのツールとしても期待される。

4. 発売年度

2018年発売開始以来、7,000台以上出荷済み。

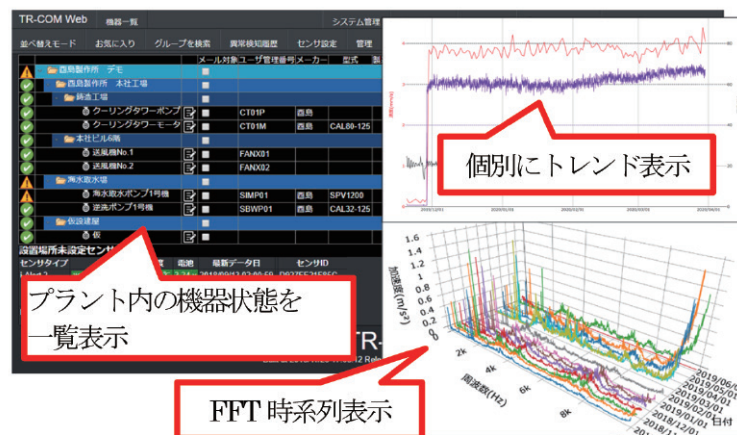


図-4 Web画面(例)

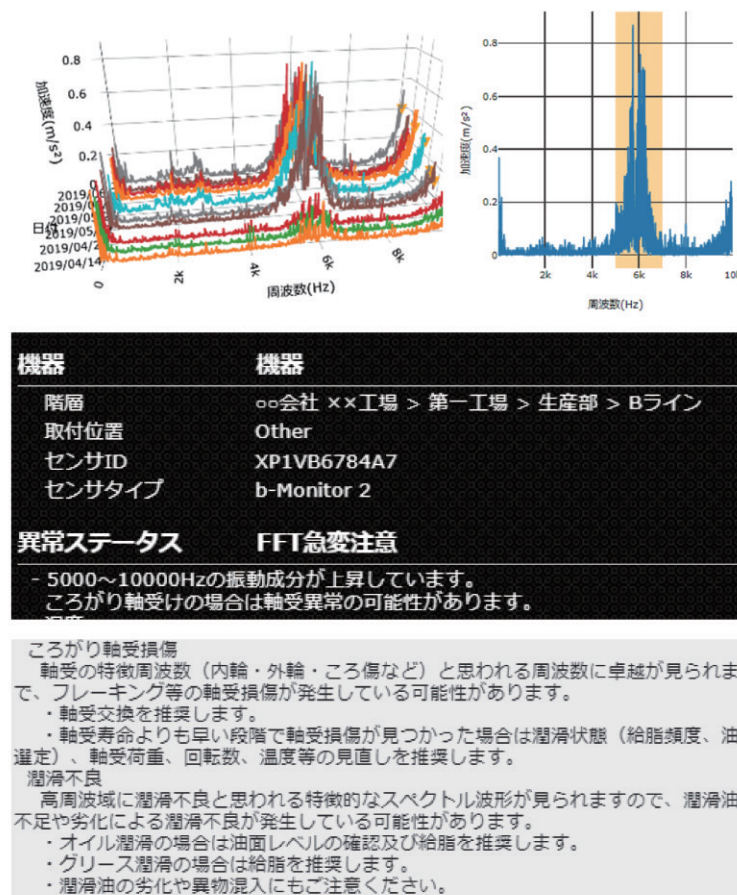


図-5 FFTによる異常検知、原因推定機能(例)

江栗排水機場

(工事名：令和2年度 江栗排水機場ポンプ設備修繕工事)

馬場 浩行 ばば ひろゆき (株)石垣

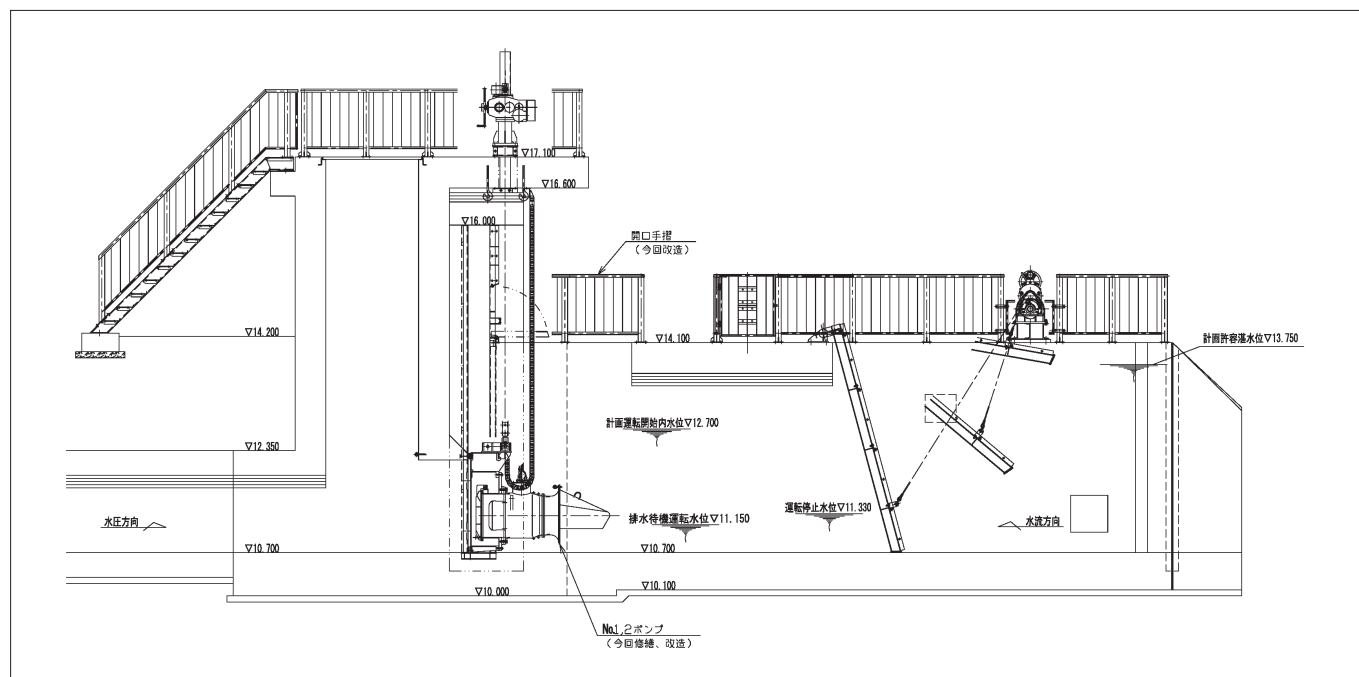
1. はじめに

江栗排水機場は、熊本県北部を流れる菊池川に面する排水機場（ $0.75\text{m}^3/\text{s} \times 2$ 台）です。（機場概要は、表－1 参照）平成23年に完成し、地域の内水排除に活躍してきましたが、経年劣化による機能低下の兆候がみられたため、機能を回復するための修繕工事を行いました。合わせて、ポンプ設備の改造を実施しました。

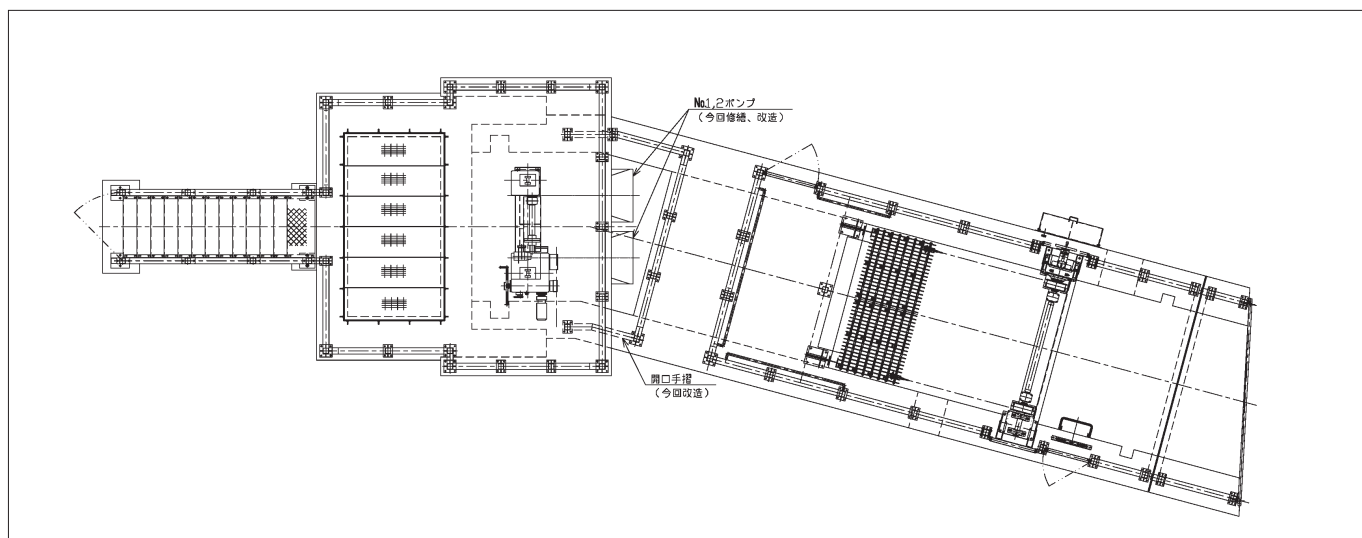
2. 機場概要

表－1 機場概要

位 置	熊本県玉名郡和水町江栗地先
機 場 名	江栗排水機場
計 画 排 水 量	$1.5\text{m}^3/\text{s}$
主 ポ ン プ	$\phi 600$ 横軸水中ポンプ×2台 (ポンプゲート形、全速全水位型)
駆 動 方 式	$45\text{kW} \times 10\text{P}$ 乾式かご形水中電動機
機 場 構 造	RC 構造



図－1 機場断面図



図－２ 機場平面図

3. 工事概要

本工事では、表－２に示す設備の工場持ち帰り修繕・改造及び、現地設備の改造・移設を行い、最終確認として現地試運転を実施しました。

表－２ 工事概要

機 器 名	仕 様	数 量
No.1, 2ポンプ	φ 600横軸水中ポンプ (ポンプゲート形、 全速全水位型へ改造)	2台 (工場持ち帰り 修繕・改造)
No.1, 2ポンプ盤	監視操作制御設備	2面 (現地改造)
ポンプゲート盤	監視操作制御設備	1面 (現地改造)
吸水槽水位計	浮子転倒式水位計	1式 (現地移設)



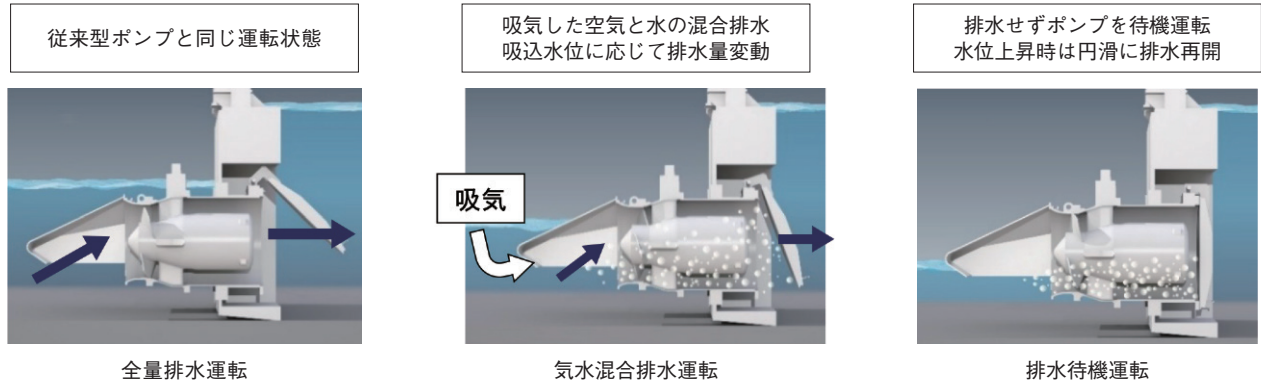
写－１ 工場持ち帰り状況（搬出写真）



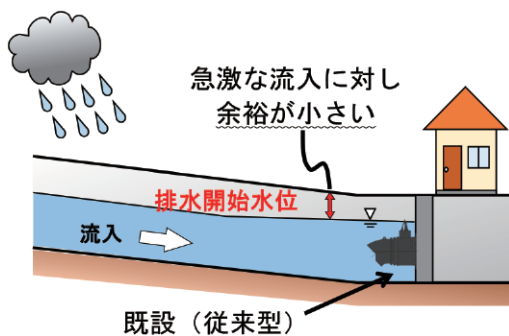
写－２ 現地据付状況（改造前後写真）

【全速全水位型とは】

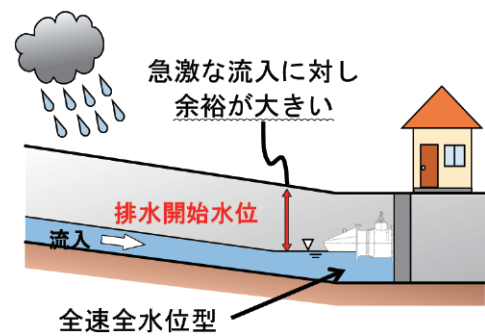
水位が低下した場合でも吸気しながら安定した連続運転が可能な横軸水中ポンプです。これにより、全速（回転数を変更せず）かつ、全水位で連続運転（排水待機状態で最大 60 分）することが可能です。運転中は下記のいずれかの運転状態となり、異常低水位でも停止することなく、起動／停止頻度は低減されます。



また、低い水位からポンプを運転・継続し、水路水位を低く抑えることが可能なため、局所的な集中豪雨の急激な流入に対して水路の持つ貯留能力が有効に使え、溢水リスクを減らすことができます。



排水開始水位が高く、急激な流入の場合短時間で水路が溢れる。



排水開始水位が低く、水位を低く抑えるため急激な流入時に余裕がある。

4. 工事の特徴

本工事には全速全水位運転が可能となる改造が含まれており、このためポンプの吸込ケーシングなどを変更するとともに、ポンプ機側操作盤を改造しました。

今回の工事では、新技術情報提供システム『NETIS』に登録されている技術を活用しました。

気水混合運転、排水待機運転など、現地での操作説明時には運転員の皆様に改造前との違いを体験して頂きたかったのですが、普段は流入水がないため、工場試験時の状況を動画で見て頂き、運転状態の違いをご理解して頂きました。

動画で運転状態確認



写－3 動画再生（工場試験動画）

現地施工中は、ポンプを工場に持ち帰るため、その期間中の排水機能の確保を考慮する必要がありました。

そこで、菊池川河川事務所の監督員と協議を行った結果、持ち帰り期間中は仮設水中ポンプを水路に設置し、排水機能を確保することにしました。幸い仮設水中ポンプが運転することはありませんでしたが、近年の突発的な降雨発生を考えると備えは必須であると再認識しました。

5. おわりに

本工事は、令和3年2月に竣工しました。近年は集中豪雨や線状降水帯の発生により、局所的に大雨が降ることが多くなっています。排水ポンプ場の安定した運転は今まで以上に安全のための重要な要素であり、今後も江栗排水機場の設備が地域の安全に貢献できるように、尽力していく所存です。

最後になりますが、本工事の施工にあたり、多大なご指導・ご協力を頂きました九州地方整備局菊池川河川事務所の監督員をはじめ、江栗排水機場の運転員の皆様、工事関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。



写－4 江栗排水機場

市田川排水機場

～河川用排水ポンプ設備の状態監視の取り組み～

谷口 尚典

たにぐち ひさのり

近畿地方整備局
紀南河川国道事務所 建設専門官

1. はじめに

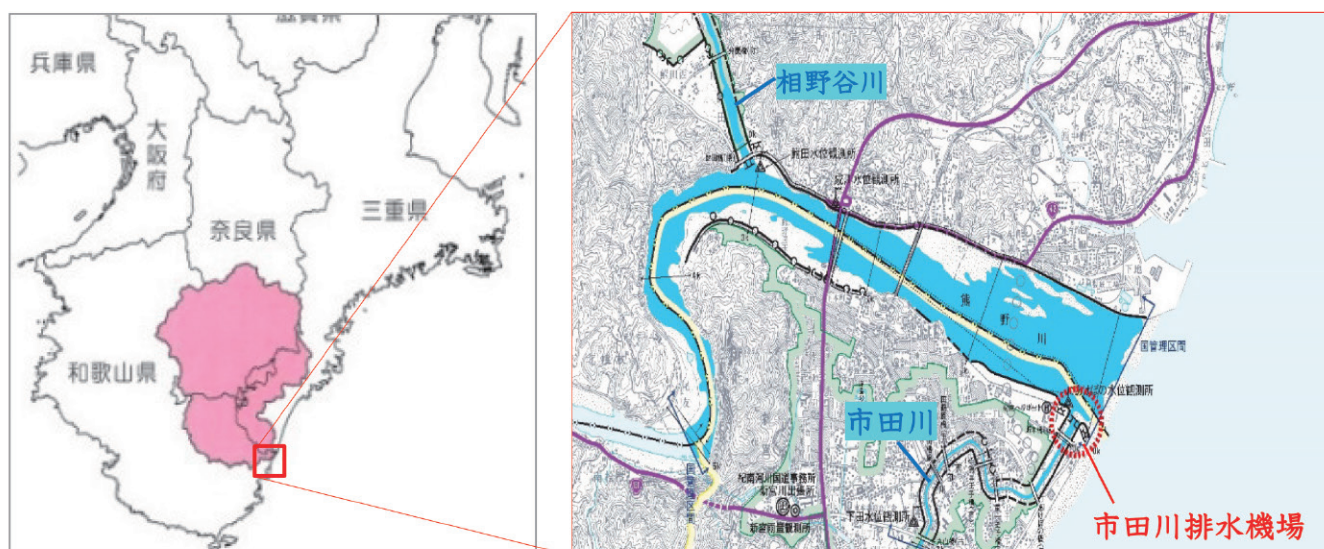
熊野川（水系名：新宮川、河川名：熊野川）は、その源を奈良県吉野郡天川村の山上ヶ岳（標高1,719m）に発し、大小の支線を合わせながら十津川溪谷を南流し、和歌山県新宮市と三重県熊野市の境界で大台ヶ原を水源とする北山川を合わせ熊野灘に注ぐ一級河川である。その熊野川の支川である市田川は、千穂ヶ峰より、途中、浮島川と合流して、熊野川の合流部に流入する流域面積5.36km²、流路延4.8kmの河川である。

本報では、市田川の浸水被害軽減対策として建設中の市田川排水機場ポンプ増強（図－1）と合わせ実施する状態監視の取り組みについて紹介する。

2. 市田川流域の被害と対応

市田川流域においては、昭和57年8月洪水により甚大な浸水被害が発生し、激甚災害特別緊急事業の採択を受け、市田川水門閉鎖中の市田川流域の内水排除を目的として、横軸排水ポンプ10.0m³/s（ディーゼルエンジン5.0m³/s×2基）を、和歌山県新宮市最東部、熊野川と市田川が合流する左岸に設置された。

その後、平成9年7月洪水において新宮市内にて再び浸水被害が発生したため、更なる内水被害の軽減を目的として、計画排水量7.1m³/s（ガスタービンエンジン5.1m³/s（右岸）、コラム形水中ポンプ1.0m³×2基（左岸））の増設を計画し、平成12年に完成した（図－2）。



図－1 市田川排水機場 位置図

3. 市田川排水機場の増強

平成29年10月の台風21号において、新宮地域気象観測所では観測史上1位となる累積雨量893.5mmを記録し、時間最大雨量は約66mmに達した。新宮市内の市田川では計画高水位を超え、対象区域では広範囲で浸水被害が発生。新宮市全域では1,124戸の浸水被害が発生した(図-3)。

これまでに経験したことがない大雨に対し、被害を

最小化するための対策を国土交通省、和歌山県、新宮市の三者が連携し、市田川大規模内水対策部会を設置し、「市田川流域大規模浸水対策計画」を平成31年3月に策定した。

その計画のうち、市田川の水位低下を期待するものとして既設の市田川排水機場(17.1m³/s)に10.9m³/sの増強を行い、28.2m³/s(9.4m³/s×3台)の排水能力を持つ機場を新設することとなった。



図-2 市田川排水機場 既設全景



図-3 平成29年台風21号の被害概要

4. 工事の概要

2020年度より2カ年で実施している新設排水機場(機械部分)の主たる工事内容は以下の機器の製作・設置である(図-4)。

■主ポンプ

型式：立軸斜流ポンプ(二床式)

機器荷重及び振動を分散させるため、主ポンプは二床式としている。

口径：1,800mm

排水量：9.4m³/s

計画全揚程：4.9m

台数：3台

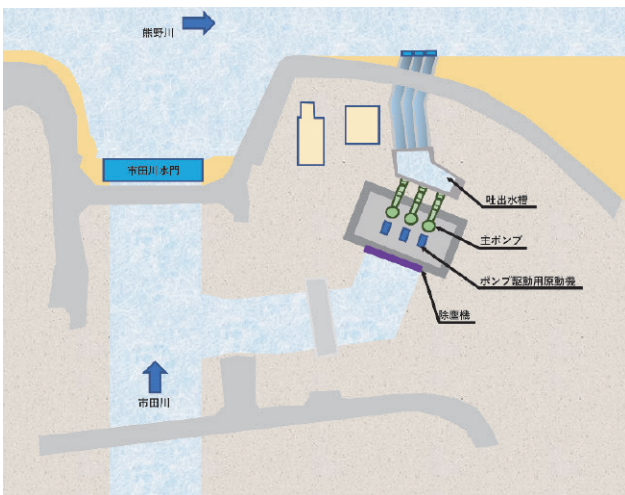


図-4 機場平面・断面図(新設)

■主原動機

型式：ディーゼル機関(油圧クラッチによる制御により、無負荷単独運転が可能)

出力：720kW以上

台数：3台

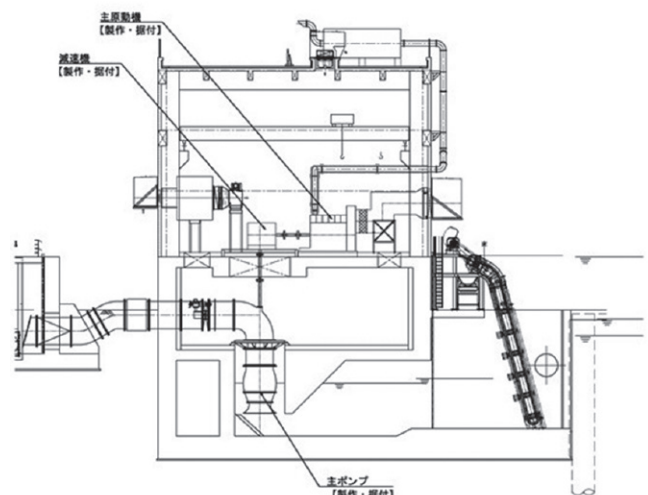
■動力伝達装置

減速機

直交軸傘歯車減速機(油圧クラッチ内蔵)

台数：3台

市田川排水機場は汽水域に位置し、塩害を防止するため、常時着水する羽根車についてはステンレス鍍鋼材を使用。



5. 状態監視の取り組み

排水機場は待機系設備であり、運転頻度が低い反面、万一その機能が損なわれた場合の周辺地域に与える社会的影響が大きいため、機能を正常に維持するための保全措置を適切に行うことが重要であり、良好な状態に保つように維持する必要がある。

一般的に保全とは、信頼性用語として「常に使用及び運用可能状態に維持し、又は故障、欠点などを回復するための全ての処置及び活動」と定義され、保全方式として、「予防保全」と「事後保全」に大別される。更に予防保全は、「時間計画保全」と「状態監視保全」に分類される(図-5)。

従来、主な予防保全方法として、時間計画保全と管理運転点検時の状態監視保全により、排水機場の機械

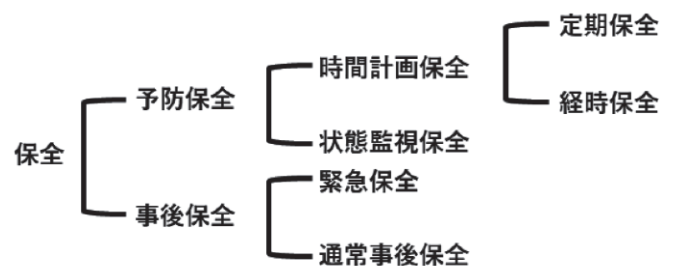


図-5 保全の分類(JIS Z 8115:2000「デペンダビリティ(信頼性)用語」)

設備をはじめ設備の信頼性を維持してきた。

今回新設する市田川排水機場では、設置の当初から排水ポンプ設備を構成する主ポンプ・減速機・主原動機等に計測機器を取付け状態監視保全を実施する。振動計測技術を設置段階で導入することにより点検のた

めの管理運転時および実排水運転時の状態監視が可能となる。それにより得られるメリットとしては下記が挙げられる。

①排水機場の信頼性向上

点検時など限られたケースだけでなく、実排水運転時などを含めた運転状態を常時監視、運転データを蓄積することで排水ポンプ設備の異変や変状の傾向把握が行え、不具合をより早期に発見し、排水機場としての信頼性の向上につながる。

②点検の合理化とコスト縮減

データ収集、分析をシステム化することにより、少ない時間で不具合箇所アクセスできる。また、採取データを基にした診断等の実施により、分解整備や大規模修繕の時期を設備の実情に合わせて設定することが可能となり、点検の省力化や設備の長寿命化が期待できるとともにトータルコストの縮減につながる。

6. おわりに

多くの排水機場等の河川管理施設は、高度経済成長期の昭和40年代から昭和50年代に建設され、現在では建設40年以上を迎える施設が多く、今後は老朽化によ

り整備・更新が必要となる施設が増加するものと予想される。これに伴い施設の維持管理に要する費用も年々増加すると考えられることから、施設の信頼性を確保しつつ効率的・効果的な維持管理の実現が急務となっている。

インフラ老朽化への対応の必要性は増加しているのに対し、維持管理に関する知識と経験を保有する人材が減少し、このままでは不足する懸念がある。その対処として、排水機場と事務所でデータの共有を行い、直接現場に行く頻度を下げても状態を把握することや、今後の技術革新により、点検と異常検知の自動化による維持管理従事者の負担軽減、コンピュータを用いた知識の蓄積・進化が維持管理技術力の維持向上に有効であると考ええる。

新設排水機場完成時や分解整備時は計測機器の当初時点から設置による、各データ初期計測値や今後の変動値の蓄積を行うことになるが、異常傾向の検知、診断、その対策等、それらデータを扱う従事者の技術力向上も必須である。今後、計測や解析技術等機器の進化と併せてそれを扱う者として、知識の蓄積や技術の研鑽に励みたい。



写一 建設の進む市田川排水機場（2022年1月撮影）

TIME TO MORE [タメトモ]

(株)ミゾタ ^{しばた ようじろう} 柴田 陽二郎

刃で鬼を滅ぼすような“おとぎばなし”が世間をにぎわしている昨今、全国規模で地域に伝わる鬼退治などの伝説やそれらに関する史跡などが脚光を浴びているようです。このにぎわいのなか、私どもの本社がある佐賀県でもこれまであまり知られていなかった人物に注目が集まっています。

——源為朝（みなもとのためとも） 平安時代における人物で、伝説としては宮崎県新富町上富田 鬼付女（きづくめ）にある観音山の集落で悪さする雄と雌の鬼を為朝が退治したというものがあります。船で鬼退治に向かった為朝が遠く離れた海の上から得意とする剛弓で矢を放ち、みごとに雌の鬼に命中して驚いた鬼たちが一目散に逃げ出したといえます。「鬼付女」という地名もこれが由来とされています。

……宮崎の伝説では？……いやいや佐賀の黒髪山でも七つの角を持った大蛇を為朝が退治したという豪快な伝説がありましたが、ここは鬼退治のはなしを優先してみました。

史実では、為朝は、源為義の八男で、頼朝、義経の叔父にあたります。幼少期はかなりの乱暴者で傍若無人な性格であったため、父為義から13歳の時、九州に追放されたといわれています。身の丈七尺（2m10cm）ほどもある大男にして卓越した弓の使い手といわれた為朝は、九州では鎮西八郎（ちんぜいはちろう）と名乗り、ここでも大暴れして菊池氏や原田氏などの豪族と戦い、たった3年で九州を平定したといわれています。九州平定の際に拠点とした場

所こそが佐賀県上峰町にある城山、その名も「鎮西山」だったそうです。余談ですが九州には鎮西という名称がよく見受けられます。鎮西とは「西を鎮める」もつとえば「西海道（ほぼ九州のこと）を平定する」という意味であり、その時々統治者が名付けたといわれています。為朝の九州平定後は、崇徳上皇のもとで保元の乱に参加し、その後も数多くの武勇伝を残しています。

そして現在、佐賀県上峰町が企画・製作を協力しているアニメ「鎮西八郎為朝」がWebで放映されています。ナレーションは女優の松雪泰子さん（佐賀県出身）が担当し、主題歌「TIME-TO-MORE」はユニコーン（有名ロックバンド）が手掛けるほどの力の入れようです。実は私もほんの数か月前に為朝のことを知ったしで、「こんな状況になっているとは！」と驚いています。皆様も興味をお持ちいただきましたら是非ご覧になってみてください。



写-1
鎮西山の頂上からは佐賀平野が一望でき、城山としては最適な場所だったようです。



写-2
上峰町役場入口では、「鎮西」や「八郎」と描かれた旗が出迎えてくれます。

河川機械設備小委員会が開催される

社会資本整備審議会河川機械設備小委員会報告 事務局

国土交通省では、令和3年3月、社会資本整備審議会河川分科会に「河川機械設備小委員会」（以下、小委員会という。）が設置され、精力的に審議が進められた結果、令和3年8月に河川ポンプのあり方等に関する中間とりまとめが公表されています。

河川ポンプ等の河川機械設備のあり方に焦点を当てた審議がなされるのは初めての機会であり、その審議結果は河川ポンプ関連事業の今後を占う上で、大変注目されるところです。

以下、小委員会の設置及び検討経緯、中間とりまとめの概要等について紹介します。

○河川機械設備小委員会の設置

令和3年2月に、国土交通大臣より社会資本整備審議会に対して「河川機械設備のあり方」について諮問があり、同河川分科会に、河川ポンプ、水門ゲート等の河川機械設備に関して審議を行う「河川機械設備小委員会」が設置された。

(1) 河川機械設備小委員会の設置趣旨

河川機械設備においては、老朽化した施設が急増し「大更新時代」の到来が必然となるとともに、水害が激甚化、頻発化するなど気候変動の影響を考慮した機能向上が求められている。

そのためには、機能喪失時のリダンダンシー確保、緊急時対応等のメンテナンス性確保、効率的・効果的な更新手法の開発等が課題となっており、これらに対処するため、河川機械設備小委員会を設置して、河川機械設備のあり方について審議することとされた。

(2) 河川機械設備小委員会 委員名簿

伊賀 由佳*	東北大学流体科学研究所 教授
池内 幸司	東京大学大学院工学系研究科 教授
有働 恵子	東北大学災害科学国際研究所 准教授
喜田 明裕	一般社団法人 河川ポンプ施設技術協会 会長
首藤 祐司*	一般社団法人 ダム・堰施設技術協会 企画委員長
戸田 祐嗣	名古屋大学大学院工学科研究科 教授
野口貴公美	一橋大学大学院法学研究科 教授
平山 朋子	京都大学大学院工学研究科 教授
◎松井 純	横浜国立大学大学院工学研究院 教授

(敬称略、◎：委員長、※：第5回から参画)

○小委員会の検討経緯^(注)

(1) 小委員会の検討の流れ

小委員会の審議においては、まず、「河川機械設備における現状と課題」について把握、意見交換がなされた上で、「河川機械設備のあり方に関する論点」について検討、意見交換がなされ、中間とりまとめに向けて議論が尽くされた。論点の検討においては、国土交通省で並行して課題解決に向け進められている「マスプロダクツ型排水ポンプの開発」の進捗状況や進め方についても報告があり、具体的な取組として参考とされた。

	委員会	日程	検討内容
開催経緯	第1回	R3. 3. 22	河川機械設備における現状と課題
	第2回	R3. 5. 21	マスプロダクツ型排水ポンプの開発の進捗状況
	第3回	R3. 6. 29	中間報告（案）、主要論点の検討 等
	第4回	R3. 7. 30	中間報告取りまとめ 主要論点の再整理
	—	R3. 8. 30	中間取りまとめ 公表
	第5回	R3. 11. 2	河川用ゲート設備の現状 河川用ゲート設備を含めた論点再整理
	第6回	R4. 3. 3	論点に対する対応方針 答申（案）に盛り込むべき内容 等
	予定	R4年夏頃	答申予定

(2) 河川機械設備のあり方にかかる論点の審議

小委員会では、河川機械設備の現状と課題を踏まえた論点が整理され、それらの審議が行われた。

第1回～第4回小委員会では、主に河川排水ポンプを対象に、表－1に示す論点について審議された。

○河川機械設備のあり方について（中間とりまとめ）

中間とりまとめでは、河川機械設備を取り巻く状況として、①老朽化の加速、②水害の激甚化、頻発化、③従事技術者、運転操作員の減少・高齢化、④部品調達の高価格化などによる課題が整理された上で、前述の河川機械設備のあり方についての論点について対応方針の考え方がとりまとめられている。

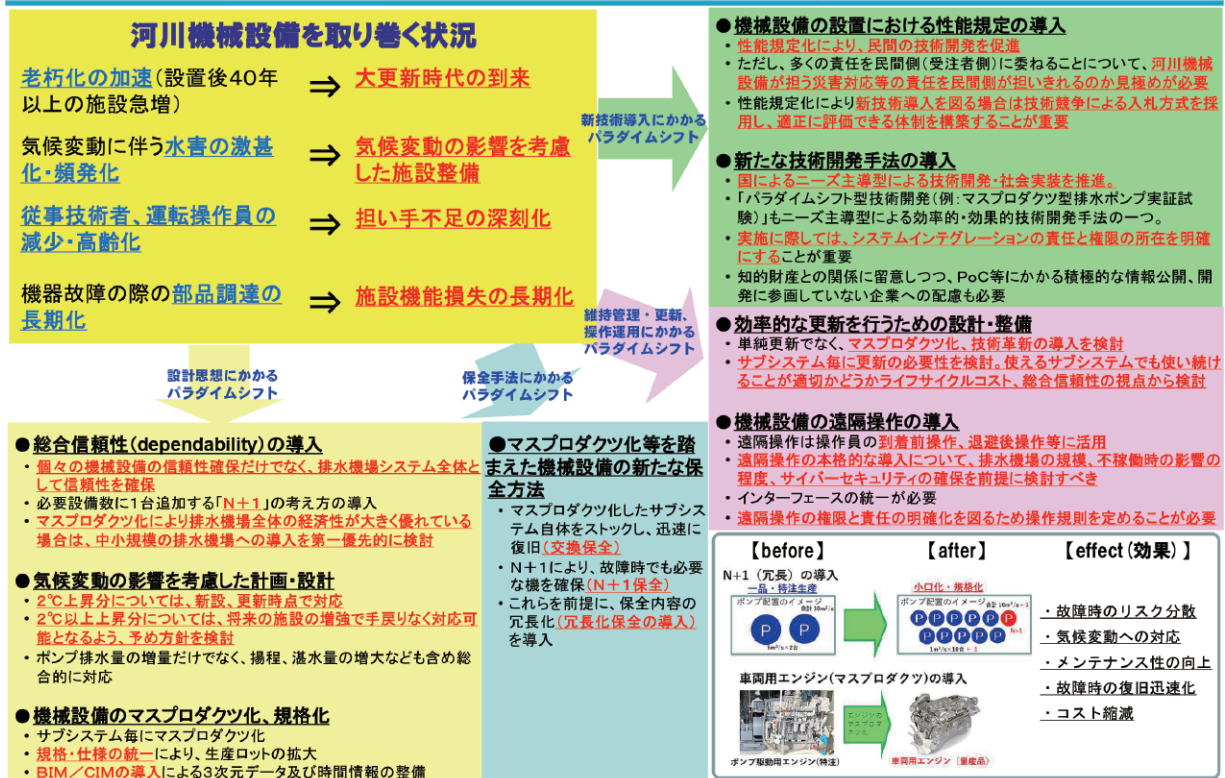
図－1に、中間とりまとめの概要を示す。

表－1 河川機械設備のあり方に関する論点（第1回～第4回小委員会）

論 点	論点の概要（第3回小委員会 資料5より抜粋・要約）
1. 総合信頼性（Dependability）の導入により信頼性を向上	・ 機械設備の老朽化、人材確保難等を鑑み、「余裕」の採用によりリダンダンシー（冗長性）を確保し信頼性を高めることを検討すべきではないか。 ・ 施設全体の能力に対しどのような設備規模（ロット）と設備数が適切か、経済性、信頼性、リダンダンシー、操作性、メンテナンス性等を考慮し決定することを検討すべきではないか。
2. 気候変動の影響を考慮した計画・設計	・ 気候変動により目標とする外力が増加した場合の対応方策をどう考えるのか等地球温暖化に対応した機械設備の計画・設計手法を検討すべきではないか。
3. 効率的な更新を行うための設計・整備	・ 大更新時代の到来が想定される中、効率的に更新を行うための計画・設計・整備手法を検討すべきではないか。
4. 機械設備のマスプロダクツ化、規格化	・ 機械設備の多くは、特注・受注生産であったが、できるだけマスプロダクツ化の採用や規格化を推し進め、部品の共通化等を図ることを検討すべきではないか。
5. マスプロダクツ化等を踏まえた機械設備の新たな保全方法	・ マスプロダクツ化等により、あらかじめ予備パーツを保持し、壊れてから迅速に交換することを前提とする新たな事後保全手法の導入を検討すべきではないか。
6. 機械設備の設置における性能規定の導入	・ 仕様規定の果たしている役割を踏まえつつ、新技術導入を促進するため性能規定の導入について検討すべきではないか。
7. 新たな技術開発手法の導入	・ 機械設備はこれまでトータルシステムとして発注・契約を行っているが、各サブシステムも含め、技術開発・導入を促進する方策・制度について検討すべきではないか。
8. 機械設備の自動化・遠隔操作の導入	・ 操作員の高齢化、確保難、緊急時の安全確保に対応するため、自動化・遠隔化の導入のための技術的な基準及び操作権限・責任の所在のあり方などの制度面を検討すべきではないか。

中間とりまとめの概要

～河川機械設備のあり方にかかるパラダイムシフト～



図－1 河川機械設備のあり方について（中間とりまとめ）の概要

第5回小委員会以降、河川用ゲート設備を含め次のとおり論点が再整理され、審議が進められている。

河川用ゲート設備を含めた再整理後の論点	
1. ゲート操作の自動化・遠隔化	5. 地方自治体への支援
2. 老朽化が進行する設備の故障リスク低減	6. 企業の技術力の維持・向上
3. 危機管理対策	7. 河川機械設備の情報収集・分析体制の構築
4. 新たな技術の導入	

（第5回小委員会 資料2より）

（注）河川機械設備小委員会については、本誌「技術講話会報告」に関連記事が掲載されています。

令和3年度 ポンプ操作技術向上検討会報告

(一社) 河川ポンプ施設技術協会 維持管理委員会

1. はじめに

(一社) 河川ポンプ施設技術協会では、排水機場の運転操作技術の向上を目的として操作技術検討会を設置し、緊急時操作の対応等について、操作技術の向上策を検討しています。

この活動の一環として、各地の施設管理者や操作員の方と運転操作における課題についての検討会を平成16年から実施しています。令和3年度は、12月に(公財)兵庫県まちづくり技術センターのご協力を得て、兵庫県及び県内市町を対象とした「土木機械設備(河川・海岸)研修」への参画しましたので、その概要を報告します。

2. (公財) 兵庫県まちづくり技術センター 土木機械設備(河川・海岸)研修 実施概要

- (1) 開催日：令和3年12月10日(金)
- (2) 場所：兵庫県民会館 パルテホール
- (3) 参加者

兵庫県関係職員	14名
県内市町職員	21名
(尼崎市 西宮市 芦屋市 伊丹市 加古川市 加東市 たつの市 赤穂市 豊岡市 養父市 淡路市 姫路市)	
河川ポンプ施設技術協会	3名

講習内容

(公財)兵庫県まちづくり技術センターが主催する「老朽化が進む土木機械設備(排水機場等)の点検・整備に関する基準、要領等を知り、排水機場の構造としくみを踏まえて維持管理のための点検方法を学び、土木機械設備の知識と実務能力の向上を図る」ことを目的とした「土木機械設備(河川・海岸)研修」に参画しました。兵庫県関係職員と県内市町職員を対象とした研修で、ポンプ設備の計画と設計、ポンプ設備の点検方法及び維持管理、ポンプ設備の故障対応について担当しました。研修は、兵庫県による「土木機械設備(河川・海岸)の概要と基準・要領等について」からはじまり、

以下のとおり実施しました。

【講座】

- ・土木機械設備(河川・海岸)の概要と基準・要領等について (兵庫県)
- ・ディーゼルエンジン概論 (兵庫県)
- ・ポンプ設備の計画と設計
- ・ポンプ設備の点検方法及び維持管理
- ・ポンプ設備の故障対応



写2-1 ポンプ設備の計画と設計講座



写2-2 ポンプ設備の点検方法及び維持管理講座

3. おわりに

当協会では、今後も検討会を通じて操作技術の向上を図るとともに現場での運転操作の実態を把握し、河川ポンプ施設の運転操作技術の向上、維持管理技術の改善に努めてまいります。

最後に、検討会開催のご協力と貴重なご意見をいただいた関係各位に感謝申し上げます。

資格 制度

令和3年度ポンプ施設管理技術者 資格試験結果と 令和4年度実施概要

(一社) 河川ポンプ施設技術協会 試験事務局

1. 令和3年度ポンプ施設管理技術者資格試験結果について

「ポンプ施設管理技術者」は、ポンプ設備の工事や維持管理における経験と能力が評価された資格者として、多くの方が活躍されています。

第23回目となる1、2級ポンプ施設管理技術者資格試験は、新型コロナウイルス感染症対策に留意し令和3年10月31日(日)に全国6会場で開催され、1級92名、2級96名が受験し、1級53名、2級61名、合計114名が合格されました。

平成11年度からの合格者は1級5,930名、2級2,765名、合計8,695名となりました。

なお、資格登録の申請者には1級又は2級の「ポ

ンプ施設管理技術者」の資格が与えられ、資格者証が交付されました。



試験会場

2. 令和4年度実施概要

令和4年度の資格制度関係の年間の実施予定は以下のとおりです。

(1) 令和4年度ポンプ施設管理技術者講習

*資格者登録の更新に必要な講習です。

講習の実施日

札幌	令和4年5月17日(火)
仙台	令和4年5月24日(火)
東京	令和4年5月27日(金)
新潟	令和4年5月18日(水)
名古屋	令和4年5月25日(水)
大阪	令和4年5月13日(金)
広島	令和4年5月19日(木)
高松	令和4年5月20日(金)
福岡	令和4年5月26日(木)

(2) 令和4年度ポンプ施設管理技術者資格試験

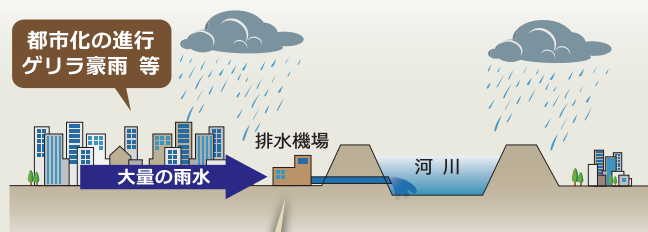
- ①ご案内の時期：令和4年6月下旬
- ②受験の申込期間：令和4年7月4日(月)
～8月31日(水)
- ③試験の実施日：令和4年10月30日(日)
- ④試験会場：下記6会場
札幌、東京、名古屋
大阪、高松、福岡
- ⑤合格者の発表：令和5年1月13日(金)
- ⑥資格登録受付期間：令和5年1月13日(金)
～1月31日(火)
- ⑦資格者証の交付：令和5年3月15日(水)

*資格試験の詳細については実施時期が近くなりましたら当協会ホームページに掲載いたします。

ポンプ本体による渦の抑制技術

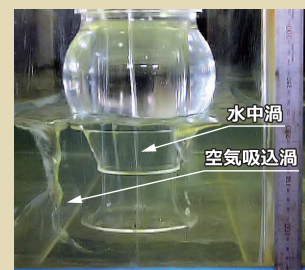
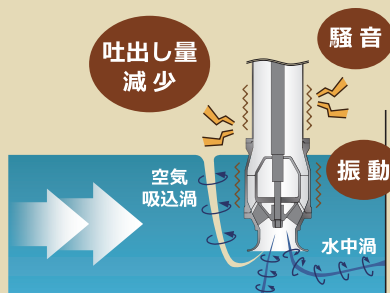
土木工事費削減と工期短縮を実現！

近年、人口の集中による都市化の進行やゲリラ豪雨の発生などにより、排水機場には大量の雨水が短時間で流れ込んでくる傾向があります。そのため、排水機場では従来のポンプよりもさらに多くの排水を行うため、大容量ポンプへの取替えや増設が行われるようになりました。



ところが・・・

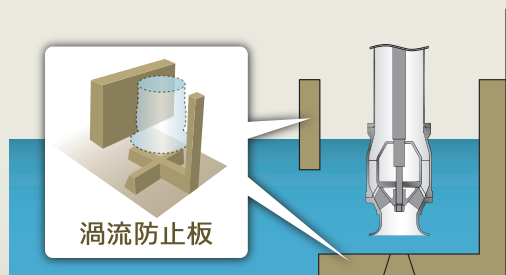
排水機場の既存水槽の形状や寸法がそのままポンプ容量をアップ、または運転可能水位を下げると、水槽内の流速が速くなり、水中渦や空気吸込渦が発生します。これらの渦は、吐出し量の減少や振動、騒音などポンプに悪影響を及ぼす原因になります。



■ 水中渦、空気吸込渦の防止対策

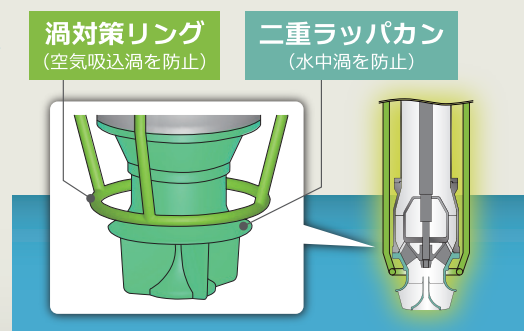
従来の渦対策

水中渦や空気吸込渦の発生を防止するためには、渦流防止板を必要としていましたが、稼働中の水槽に設置するには、水替えや大がかりな仮設止水壁が必要で、多額の工事費と日数がかかります。また、工事は危険が伴います。



ポンプ本体による渦対策

水中渦や空気吸込渦をポンプ本体で抑制するため、渦流防止板が不要となり、水槽内作業が省略され、工事費の削減と工期短縮が図れます。また、工事の安全性も向上します。



減速機搭載型立軸一床式ポンプ (Lambda-21)

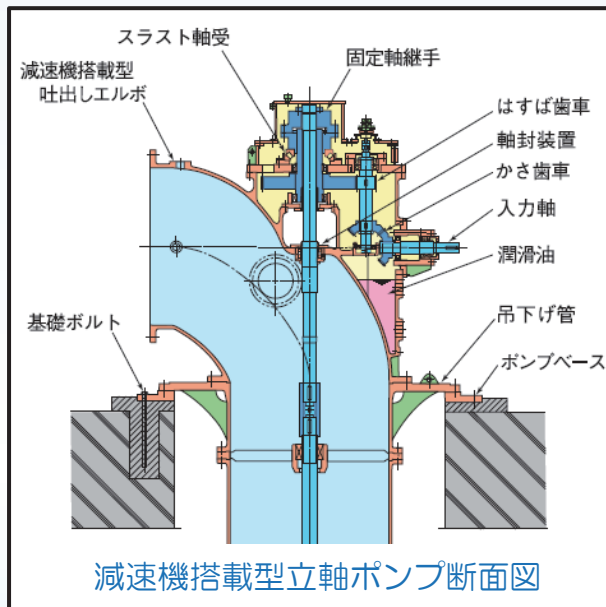
横軸ポンプを立軸ポンプに更新したいというご要望に最適なポンプです。

用途

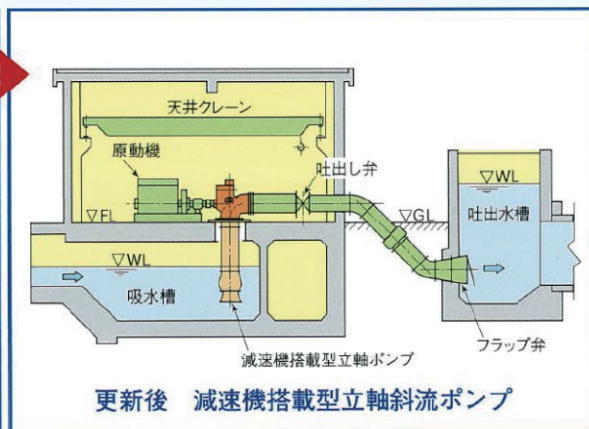
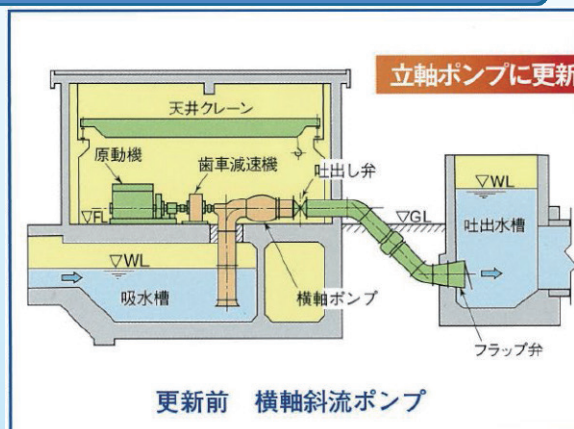
- ◆ 下水道用：雨水排水、汚水送水
- ◆ 上水道用：取水、配水
- ◆ 農業用：湛水防除、かんがい揚水
- ◆ 工業用：排水、取水、配水

特長

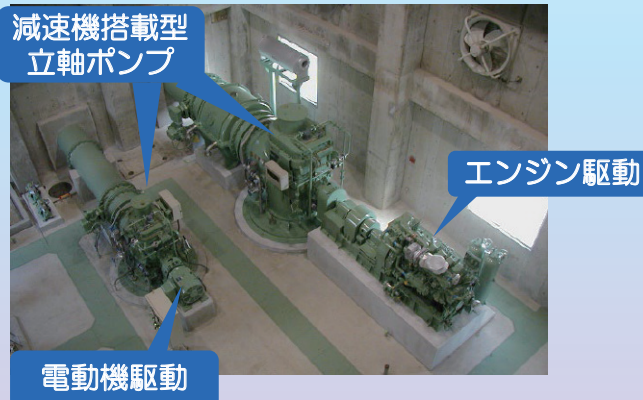
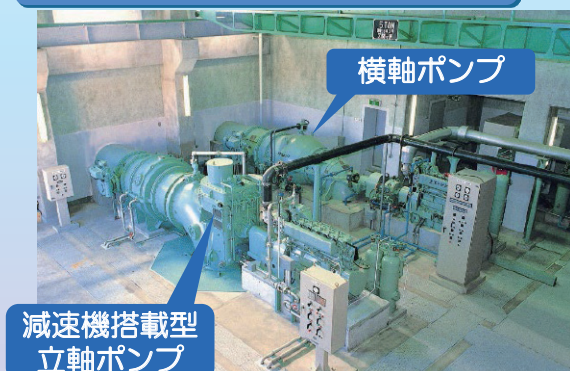
- ◆ 建屋構造は全て一床式で対応
- ◆ 横軸から立軸への更新が容易
- ◆ 減速機の潤滑油は揚水による自己冷却
- ◆ 保守点検作業の負担軽減



横軸ポンプを立軸ポンプに更新する例



減速機搭載型立軸ポンプの施工例



株式会社 電業社機械製作所

<http://www.dmw.co.jp>

本社／〒143-8558 東京都大田区大森北1丁目5番1号

TEL：03-3298-5111 FAX：03-3298-5146

支店／北海道・東北・関東・静岡・名古屋・大阪・中国・四国・九州

営業所／横浜・沖縄 事務所／新潟・山口・徳島・熊本 事業所／三島

二相ステンレス鋼板製 立軸斜流ポンプ

HITACHI
Inspire the Next

ポンプ羽根車を含む主要部品を二相ステンレス鋼板製とし、軽量化と耐久性保守性の向上を実現しました

特徴

標準的な立軸斜流ポンプ
(ケーシングFC250、羽根車SCS13)
と比較して

軽量化 が可能です

耐食性 に優れています

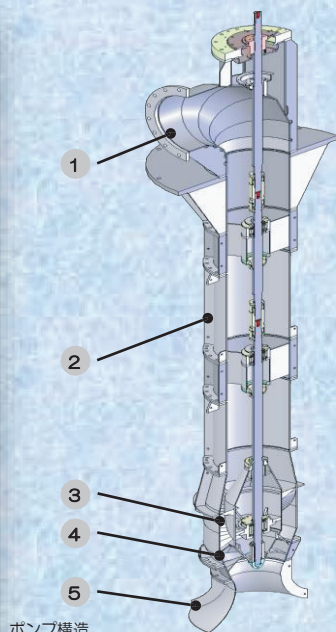
耐摩耗性 に優れています

保守性 に優れています

以下のようなご要望にお応えします！

- ・ポンプ更新時に容量アップしたいが、質量、荷重は既設以下に抑えたい
- ・ポンプ更新時に先行待機型を採用したいが、質量、荷重は既設以下に抑えたい
- ・取扱液に腐食性があるため、耐腐食性に優れるポンプを採用したい
- ・取扱液に砂の混入もあるため、耐摩耗性に優れるポンプを採用したい
- ・メンテナンス費用を低減したい

ポンプ構成

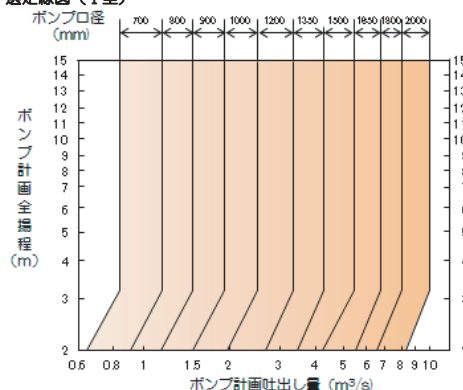


ポンプ構造

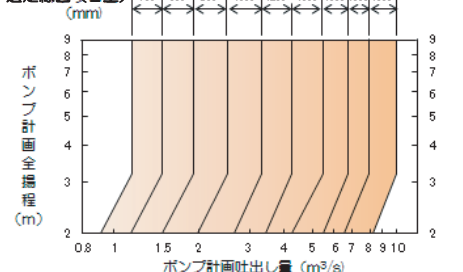
部 品 名	材 質	
	鋳物仕様	鋼板仕様
1 吐出しエルボ	FC250	二相ステンレス鋼板
2 揚水管	FC250	二相ステンレス鋼板
3 吐出しボウル	FC250	二相ステンレス鋼板
4 羽根車	SCS13	二相ステンレス鋼板
5 吸込ベル	FC250	二相ステンレス鋼板

標準適用範囲

選定線図 (I 型)



選定線図 (II 型)



※上記適用範囲外の仕様については
当社へお問合せください。

◎ 株式会社 日立インダストリアルプロダクツ

お問い合わせ先

営業統括本部 公共営業本部

〒101-0021 東京都千代田区外神田一丁目5番1号 電話: 03-6271-7071

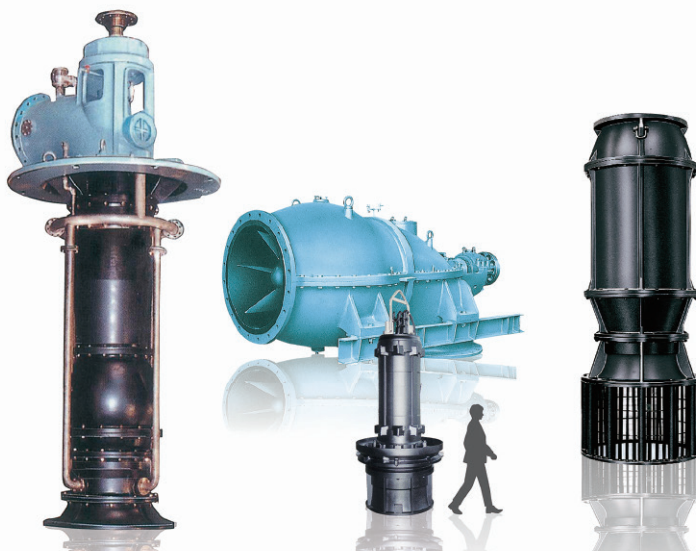
機械システム事業部

〒300-0013 茨城県土浦市神立町603 電話: 029-833-1541



＜あらゆる規模のポンプ機場・浸水対策に＞

多彩な製品バリエーション・
ストックマネジメント技術の提供。



設備診断技術(ストックマネジメント技術)

病院検査で例えると**心電図検査**

振動解析
異常が波形から分かるんだ！

病院検査で例えると**血液検査**

油分析
異常を早期に油から発見できるんだ！

病院検査で例えると**胃カメラ**

内部点検
小型カメラで見えるんだ！

耐水型立軸うず巻斜流ポンプ(PCH-VS型)

冷却水注入口

加熱検知器

オイル注入口

オイルドレン口

プリアウト構造

＜設備診断技術について＞

周波数解析を利用した
振動診断

劣化傾向を診断し、異常部位の
特定が可能

油分析を利用した
トライボ診断

機器の潤滑磨耗状態から
異常状態の早期発見が可能

小型カメラを利用した
内部状態監視

画像診断により、特定箇所の
腐食・劣化具合の把握が可能

株式会社 鶴見製作所

大阪本店：〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40 TEL.(06)6911-2351(代) FAX.(06)6911-1800
東京本社：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8 TEL.(03)3833-9765(代) FAX.(03)3835-8429

北海道支店：TEL.(011)787-8385 東京支店：TEL.(03)3833-0331 中部支店：TEL.(052)481-8181 近畿支店：TEL.(06)6911-2311 四国支店：TEL.(087)815-3535
東北支店：TEL.(022)284-4107 北関東支店：TEL.(027)310-1122 北陸支店：TEL.(076)268-2761 中国支店：TEL.(082)923-5171 九州支店：TEL.(092)452-5001
東京ポンプシステム：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8 TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429 近畿ポンプシステム：〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40 TEL.(06)6911-3210 FAX.(06)6911-3090

www.tsurumipump.co.jp

止まらない。 それが、最大の使命だ。

荏原製作所は、世界の心臓だ。

私たちはつくる。水を届けるポンプを。

半導体の製造環境を。エネルギーを活かすプラントを。

ここから、世の中に必要な流れを生みだし続ける。

心臓は止まることを許されない。

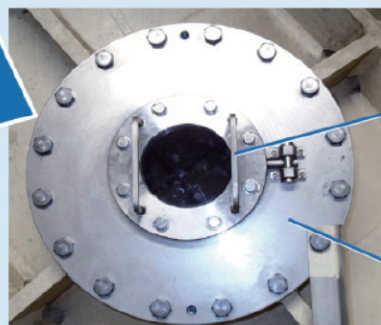
100年以上磨いてきた技術と熱意で。

荏原にしかできない。荏原ならば、できる。

流れをあやつり、
世界をまわせ。



ポンプへ新たな窓「GENSO」をご提案！



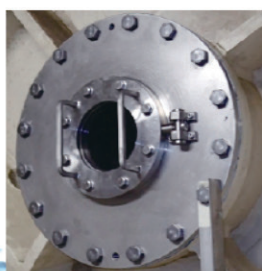
小窓

窓枠体

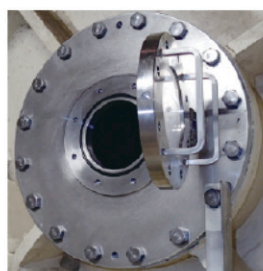
第2回「インフラメンテナンス大賞」で国土交通省の特別賞を受賞しました!!

スマートな点検作業を実現

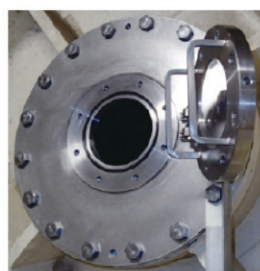
閉状態



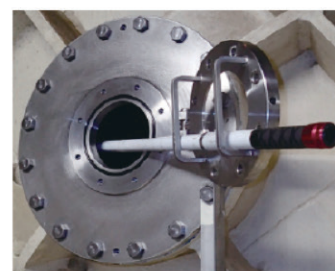
開状態
(回転無)



開状態
(回転有)



点検中



「GENSO」の特長

1. 既設ポンプの点検窓枠を流用できるため、導入費用が安価である。
2. 従来の点検窓を外す作業に比べ、GENSOの開閉作業が安易である。
3. 内視鏡カメラ作業もガイドを使うことで、所定の位置を狙える。
4. 透明な窓を採用する事で、水位が確認でき安全な開閉の実現。
5. 新たな計測機器やセンサーの導入へもスマートに対応。

クボタ機工株式会社

■ 本社	〒573-0004 大阪府枚方市中宮大池一丁目1番1号	TEL 072(840)5727
■ 東京支店	〒103-0021 東京都中央区日本橋本石町三丁目3番10号	TEL 03(3245)3141
■ 大阪支店	〒661-8567 尼崎市浜一丁目1番1号	TEL 06(6470)5900
■ 北海道営業所	〒060-0003 札幌市中央区北三条西三丁目1番44号	TEL 011(214)8166
■ 東北営業所	〒980-0811 仙台市青葉区一番町四丁目6番1号	TEL 022(267)8962
■ 中部営業所	〒450-0002 名古屋市中村区名駅三丁目22番8号	TEL 052(564)5046
■ 中国営業所	〒730-0036 広島市中区袋町4番25号	TEL 082(546)0479
■ 四国営業所	〒760-0050 高松市亀井町2番地1号	TEL 087(836)3913
■ 九州営業所	〒812-0011 福岡市博多区博多駅前三丁目2番8号	TEL 092(473)2485

信頼される技術とサービスで守る
河川ポンプ施設



揚排水機場及び排水施設等の点検保守、
運転・維持管理

株式会社 日立テクノロジーアンドサービス

〒300-0013 茨城県土浦市神立町603番地
TEL 029-831-4158 <http://www.hitachi-ts.co.jp>

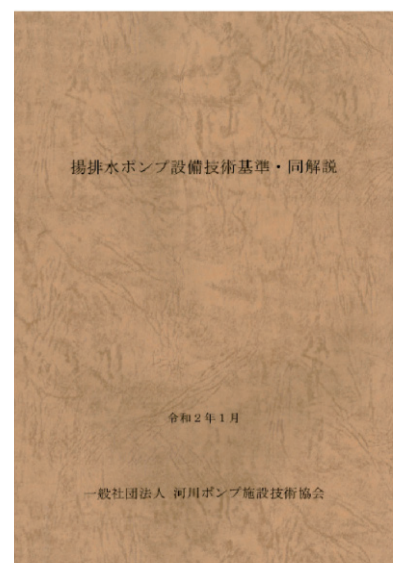
揚排水ポンプ設備技術基準・同解説

2020年1月刊
(一社)河川ポンプ施設技術協会

本書は、国土交通省の「揚排水ポンプ設備技術基準」(平成26年3月)の解説書として当協会が平成27年2月に刊行した「揚排水ポンプ設備技術基準(案)同解説」を、その後の状況の変化を反映して必要な改訂を行ったものです。

主な改訂箇所

区分	項目	区分	項目
第1章 総則	関係諸法令及び基準等	第4章 主ポンプ設備	軸封装置
第2章 基本事項	新技術の導入	第6章 系統機器設備	冷却水系統設備
第3章 ポンプ設備 の設計	管理運転	参考資料	水中軸受及び軸封装置
	吐出し管貫通部寸法		ディーゼル機関の仕様
	遠心クラッチの設置寸法		別置ラジエータ
第4章 主ポンプ設 備	無注水軸受	索引	運転操作フロー図
	ゴム軸受の潤滑		用語



A4版 約570頁
定価 12,000円(消費税込み、送料別)

会員会社一覧

(50音順)

株式会社 石垣

〒100-0005 東京都千代田区丸の内1-6-5

☎03-6848-7900

日本工営 株式会社

〒102-0083 東京都千代田区麹町5-4

☎03-3238-8030

いであ 株式会社

〒154-8585 東京都世田谷区駒沢3-15-1

☎03-4544-7600

阪神動力機械 株式会社

〒105-0011 東京都港区芝公園2-3-1

☎03-5776-1401

株式会社 荏原製作所

〒144-8510 東京都大田区羽田旭町11-1

☎050-3416-2283

株式会社 日立インダストリアルプロダクツ

〒101-0021 東京都千代田区外神田1丁目5番1号

☎03-6271-7071

株式会社 荏原電産

〒144-0042 東京都大田区羽田旭町11-1

☎03-6275-6532

株式会社 日立テクノロジーアンドサービス

〒300-0013 茨城県土浦市神立町603

☎029-831-4158

クボタ機工 株式会社

〒573-0004 大阪府枚方市中宮大池1-1-1

☎072-840-5727

株式会社 日立ニコトランスミッション

〒331-0811 埼玉県さいたま市北区吉野町1-405-3

☎048-652-7979

住友重機械ギヤボックス 株式会社

〒530-0005 大阪府大阪市北区中之島2-3-33

☎06-7635-3660

豊国工業 株式会社

〒104-0033 東京都中央区新川1-17-25

☎03-6280-2801

ダイハツディーゼル 株式会社

〒103-0023 東京都中央区日本橋本町2-2-10

☎03-3279-0828

北越工業 株式会社

〒160-0023 東京都新宿区西新宿1-22-2

☎03-3348-8565

株式会社 鶴見製作所

〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8

☎03-3833-9765

株式会社 ミゾタ

〒105-0013 東京都港区浜松町2-1-18

☎03-6403-4171

株式会社 電業社機械製作所

〒143-8558 東京都大田区大森北1-5-1

☎03-3298-5115

八千代エンジニアリング 株式会社

〒111-8648 東京都台東区浅草橋5-20-8 CSタワー14F

☎03-5822-2484

株式会社 東京建設コンサルタント

〒170-0004 東京都豊島区北大塚1-15-6

☎03-5980-2633

ヤンマーエネルギーシステム 株式会社

〒101-0021 東京都千代田区外神田4-14-1 秋葉原UDX北ウィング18F

☎03-6733-4222

株式会社 西島製作所

〒141-0032 東京都品川区大崎1-6-1

☎03-5437-0821

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5-8 機械振興会館2F

☎03-3433-1501



一般社団法人 河川ポンプ施設技術協会
Association for Pump System Engineering (APS)

〒107-0052 東京都港区赤坂2-22-15 赤坂加藤ビル
TEL 03-5562-0621 FAX 03-5562-0622
ホームページ <http://www.pump.or.jp>