

3-2-7 ポンプゲートの健全性を診断する装置の導入について

建設部 設備設計課 野村 周平

1. はじめに

ポンプゲートは、河川と水路との間に設置する、ポンプとゲートを一体化させた設備である。ポンプゲートの一般的な構成¹を図1に示す。ポンプゲート本体は、モータと逆止弁を内蔵したポンプがゲートの扉体部分に埋め込まれた形状をしており、その前段にはポンプを異物から保護するための除じん設備（スクリーン）が設置されている。また、ポンプゲートの操作・制御を行うための電気設備及びその土木基礎も設置される。

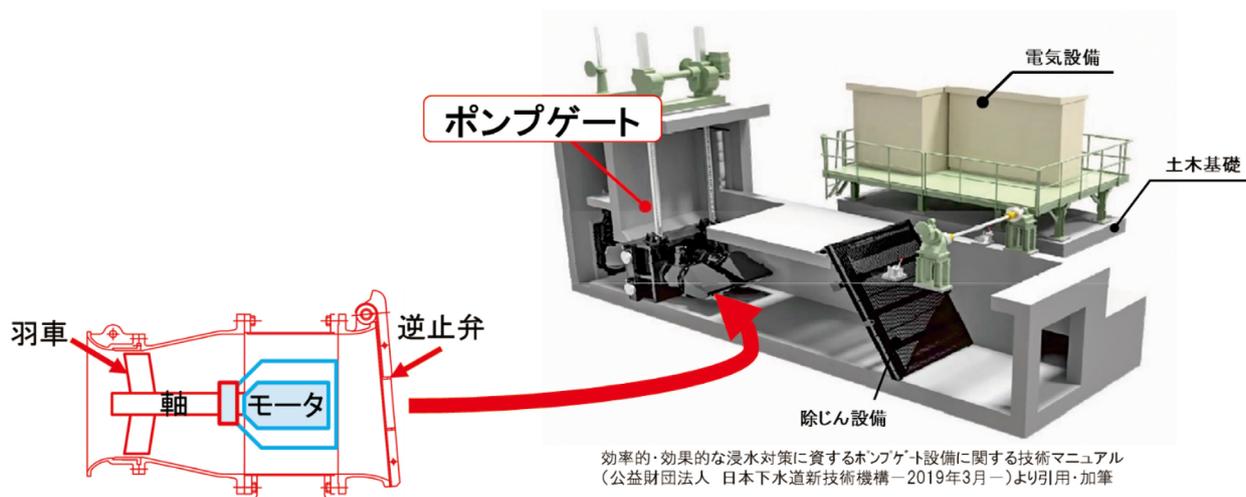


図1 ポンプゲート 構成図¹

ポンプゲートの運用イメージを図2に示す。通常時はゲートを開けて自然流下で水路内の雨水を排水するのに対し、豪雨により放流先の河川水位が高くなった際は、ゲートを閉めて河川の水が水路内に逆流することを防ぐと同時に、ポンプで水路内の雨水を強制的に河川へ排水することで、内水氾濫を防止する。

本稿では、多摩川排水樋門のポンプゲートのポンプ更新にあわせて、従来は困難であったポンプゲートの健全性の診断を可能とする診断装置を導入したため、報告する。

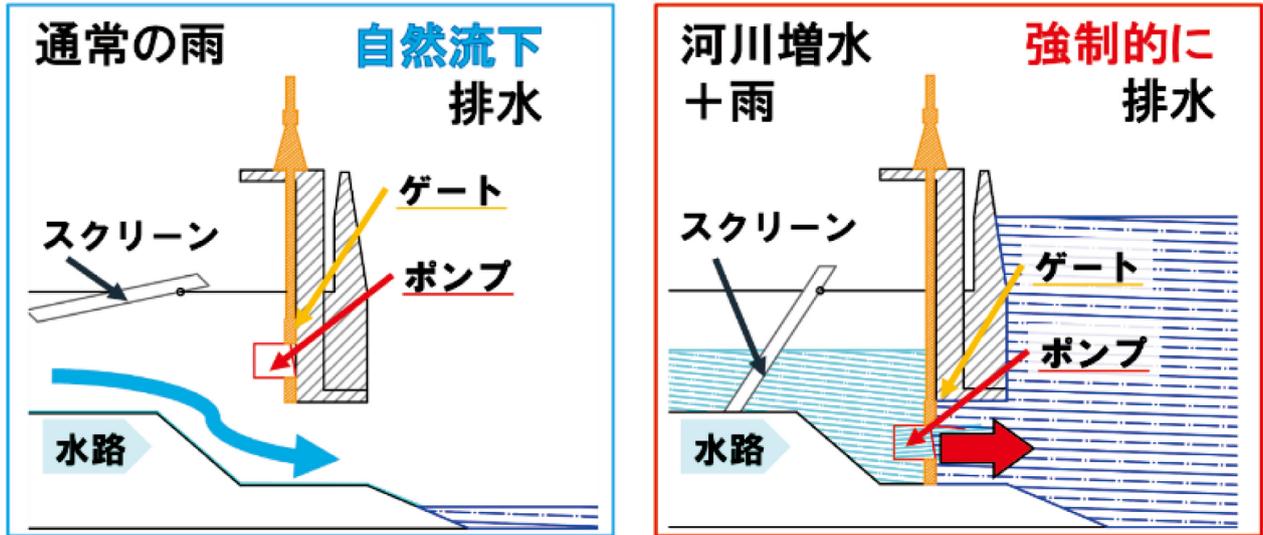


図2 ポンプゲート動作 模式図

2. 多摩川排水樋門機械設備更新工事の概要

今回更新したポンプゲートは、上沼部雨水幹線から多摩川へ接続する設備として、多摩川排水樋門の一つである上沼部排水樋門に設置されたものである。上沼部排水樋門に設置されているポンプゲートの外観及び模式図を図3、図4に示す。このポンプゲートは、平成17年度に堤内地に設置したもので、数年おきの大きな台風時にポンプによる排水を行い、内水氾濫を防いでいた。しかし、令和元年の台風19号を受けて、多摩川の水位がポンプゲートの排水能力を上回るレベルまで上昇したことから、図5に示す範囲で浸水被害が発生した²。この状況を受け、ポンプゲートの排水能力の増強が求められたため、本工事でポンプ部分のみを更新し、排水能力を増強することとなった。

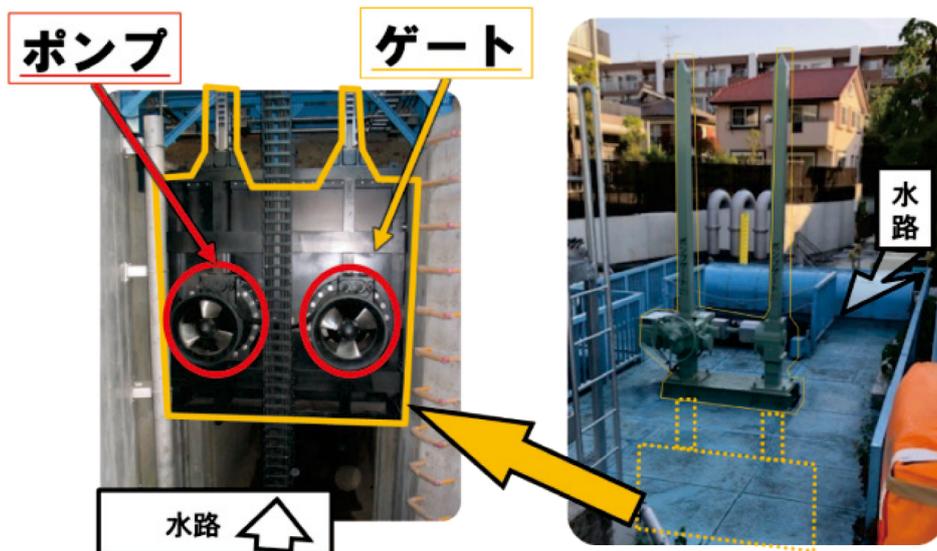


図3 上沼部排水扉門ポンプゲートの外観

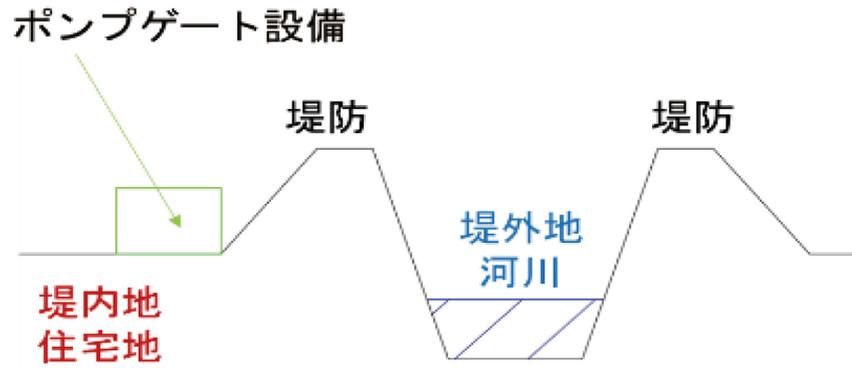


図4 上沼部排水樋門 模式図



図5 令和元年台風19号に伴う浸水状況²

3. ポンプゲートの健全性確保における課題

ポンプゲートは、緊急時に確実に運転することが求められる設備であることから、日常点検で健全性を確認しておくことが重要である。通常、ポンプの日常点検では、ポンプを試運転して各部の温度や電流値等のデータを測定し、異常な値の有無を確認する。

しかし、ポンプゲートの日常点検には、以下の2つの課題がある。

第一に、実負荷（水を汲み上げる運転）での試運転ができない。ポンプゲートの特徴として、平常時は河川の水位が低く、水路内に水がないため、水を汲み上げることができない。

第二に、無負荷運転（水を汲み上げない、空状態での運転）を行うとポンプが故障するリスクがある。ポンプを運転し、羽根を回す軸が回転すると、軸と固定部との間に摩擦熱が発生する。ポンプは、自身が汲み上げた水により摩擦部を冷却する構造となっているため、水路内に水がない状態で運転した場合、摩擦部が焼き付いてポンプが故障する。この2つの課題から、健全性を確認するための試運転ができないだけでなく、試運転をするとポンプが故障するリスクがあり、従来は目視点検のみを行っていた。

4. 課題に対する解決策

前述した課題を解決するため、ポンプの健全性の診断が可能となる診断装置を導入した。具体的には、ポンプゲート設備に以下の3つの機能を追加することで、普段、水路内に水がない状態でも、試運転による健全性の確認が可能となった。

1つ目は、無負荷運転が可能なポンプの導入である。図6に示すように、回転する軸と固定部との接触部にあたるメカニカルシールという部品を、熱に強いセラミック製のものに変えることで、汲み上げた水により冷却しなくても、10分間程度ならば焼付きを起こさずに運転可能となった。これにより、短い時間であるが、水路内に水のない状態でもポンプの試運転ができるようになった。しかし、それでも運転できる時間は短く、人力で、刻々と変化する複数のデータを記録するには不十分である。

そこで2つ目として、ポンプの運転データを自動で記録できるセンサを導入した。センサをポンプに組み込むことで、短時間の試運転でも、図7に示すような形でポンプの温度、振動、電流等の複数のデータを自動で記録できる。これにより、人力でデータを読み取る

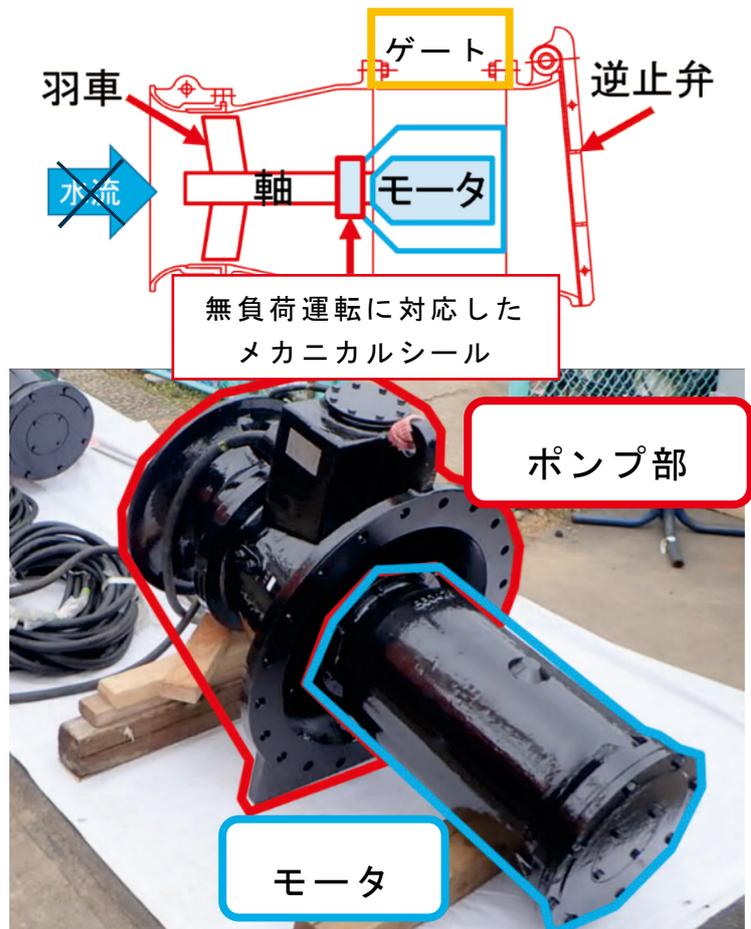


図6 無負荷運転が可能なポンプ

必要がなくなり、短時間の試運転でも十分なデータを取得できるようになった。

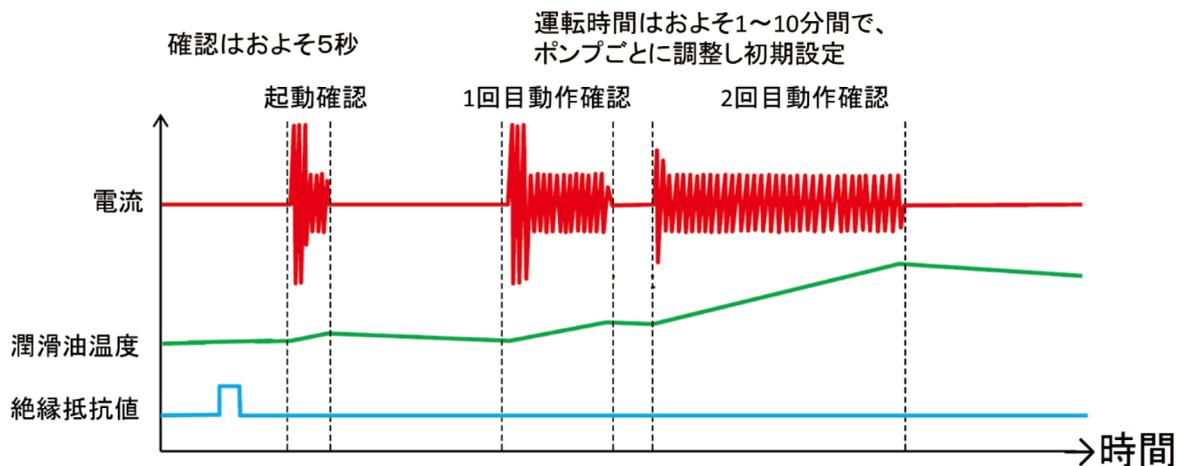


図 7 取得する各種データと条件

3つ目は、取得した運転データを解析し、ポンプの劣化状況や故障の予兆を診断する診断装置の導入である。診断装置は、図 8 に示すようにデータをクラウドサーバに送信すると、インターネット上で解析を行い、

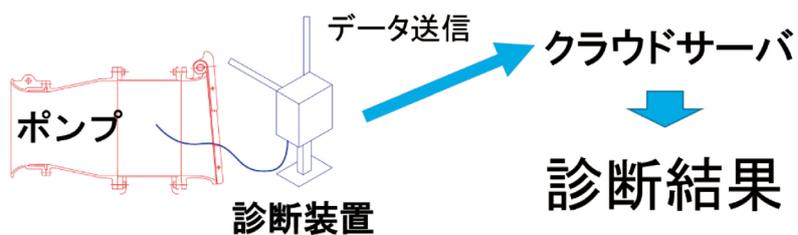


図 8 診断装置 模式図

その診断結果を確認できるものである。送信した運転データを設置当初のデータと比較することで、図 9 に示すように、5 項目（潤滑油、摺動トルク、アンバランス、羽根干渉、絶縁低下）について、3 段階（正常（A 判定）、要経過観察（B 判定）、要整備（C 判定））で解析結果を確認できる。

この診断結果を参考に、B 又は C 判定となった該当部分に対して重点的な点検や補修を行うことで、故障を未然に防ぐことができる。

これらの対策により、従来は困難であったポンプゲートの健全性確保が実現できるようになった。

	正常 = A判定	要経過観察 = B判定	要整備 = C判定
① 潤滑油	潤滑油量は正常と推定されます。	潤滑油量がやや減少していると推定されます。直ちに運転に支障がでる可能性は低いですが、今後の減少傾向を注視してください。	潤滑油量が減少していると推定されます。適正量の潤滑油を補給してください。急激に減少している場合はメカニカルシールの状態確認が必要です。
② 摺動トルク	摺動トルクは正常と推定されます。	隙間部、メカニカルシール、ベアリングなど摺動部の抵抗がやや増加していると推定されます。潤滑油、アンバランスと合わせて経過を観察してください。	摺動抵抗が増加していると推定されます。まずは隙間部に異物が詰まっていないかを確認し、問題ない場合は分解してメカニカルシール、ベアリングの状態確認が必要です。
③ アンバランス	ローターの釣り合いは正常範囲と推定されます。	アンバランスがやや大きい状態と推定されます。振動、騒音に注視して経過を観察してください。	アンバランスが大きい状態と推定されます。振動・騒音が大きくなり、締結部のゆるみや部品の疲労にもつながります。羽根車、ローターの状態を確認してください。
④ 羽根干渉	羽根先端での異物の干渉は無いと推定されます。	軽度ながら羽根先端で異物がライニングと干渉しながら運れまわっている状態が疑われます。振動、騒音と電流値に注視して経過を観察してください。	羽根先端で異物がライニングと干渉しながら運れまわっている状態が疑われます。まずは異物がないか確認してください。
⑤ 絶縁低下	絶縁抵抗値は正常範囲です。	絶縁抵抗値がやや低下しています。経過を観察してください。	絶縁抵抗値が運転可能な範囲を下回っています。

図 9 診断結果の例

5. 導入にあたって工夫した点

診断装置の導入にあたっては、更なる課題があった。診断装置でデータを分析するためには、外部インターネット上のクラウドサーバにデータを送る必要があるが、セキュリティ上の観点から、その送信経路に工夫を要した。本来、この分析システムは、センサにより記録したデータを直接クラウドサーバに送信し、解析結果をインターネット

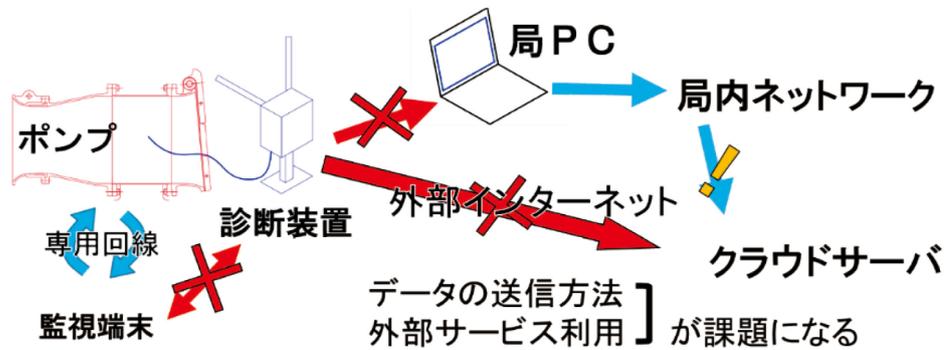


図 10 検討により不可となった送信経路

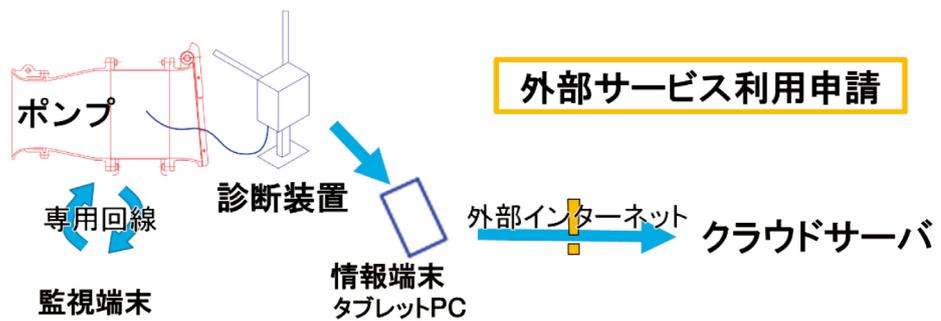


図 11 採用した送信経路

上で閲覧できるものであった。しかし、このデータの送信経路と、インターネット上の外部サービス利用に対して、東京都サイバーセキュリティポリシーにより制限がかけられている。具体的に不可となった送信経路を図 10 に示す。まず、診断装置を直接外部インターネットに接続することは、外部から診断装置に不正アクセスされるリスクがあるため、不可となった。また、データを診断装置から Wi-Fi 接続で当局の PC に送り、局内ネットワークを通じてクラウドサーバに送信することは、診断装置にウイルス等を仕込まれた場合に、局 PC のセキュリティに穴ができるため不可となった。なお、ポンプゲートを遠方か

ら監視操作するために専用回線を使用しているが、外部インターネットとは独立しているので、目的のクラウドサーバに接続できず、データを送ることはできなかった。

解決策として、図 11 に示すとおり、データを一度、専用端末として用意した情報端末（図 12）に保存し、外部インターネット経由でサーバに送信する方法を採用した。この方法を採用した理由は、以下の3つである。

- ①外部インターネットや局内ネットワークから診断装置が完全に独立しているため、診断装置に不正アクセスされるリスクが無い。
- ②局 PC を経由しないため、局 PC のセキュリティが確保される。
- ③専用の情報端末にデータは残さず、さらにログイン ID とパスワードを設定することで、情報端末からのデータ流出を防止できる。

なお、送信するデータは数字の羅列であり、単体では意味が分からない秘匿性の高いデータであるため、万が一にも重要な情報は流出しない。

この方法で、セキュリティの問題をクリアすることができた。

ただし、情報端末を外部インターネットに接続し解析結果を閲覧するためには、外部サービス利用申請を行う必要がある。

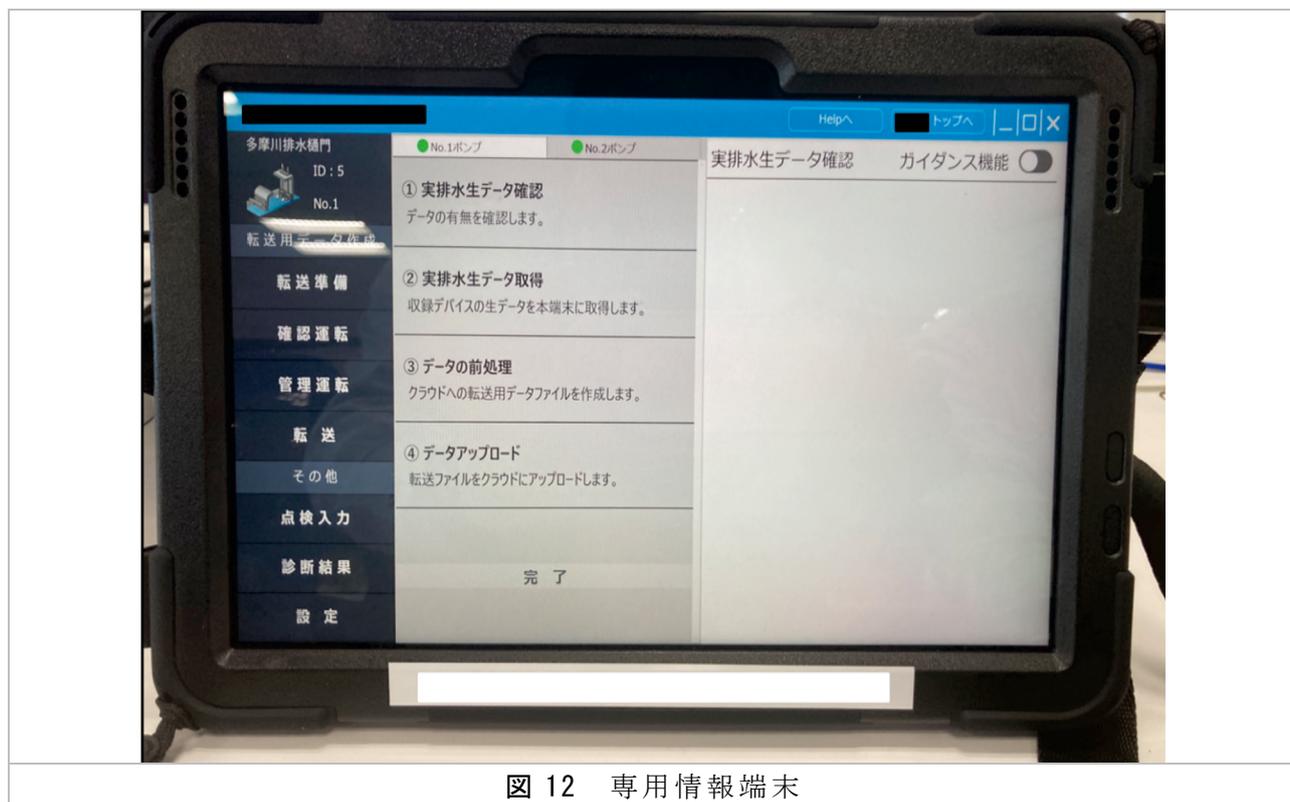


図 12 専用情報端末

6. おわりに

ポンプゲートの健全性確認は、台風などの豪雨災害への対応の事前準備として重要である。

本診断装置の導入によって、従来は困難であったポンプゲートの健全性確認に加え、診断に基づいた予防保全を実施することも可能となり、緊急時に使用する設備の信頼性の向上及び危機管理対応の強化を実現できた。

今後も重要設備の安定稼働と確実な予防保全の実施を目指し、さらなる新技術の導入を図っていく。

・参考文献

1.効率的・効果的な浸水対策に資するポンプゲート設備に関する技術マニュアル
(公益財団法人 日本下水道新技術機構－2019年3月－)

2.大田区「令和元年台風19号における田園調布地区内水解析検討について」
https://www.city.ota.tokyo.jp/seikatsu/chiiki/bousai/suigai/2019t19_denen-chofu_kensyo-kekka.html