

第16期出展技術発表会

洪水から人々の暮らしを守る揚排水ポンプの紹介

～～流域治水対策に貢献するポンプ設備～～

令和5年7月

一般社団法人 河川ポンプ施設技術協会

目次

1. 河川ポンプ施設とは
2. 河川ポンプ施設の設置状況
3. 河川ポンプ設備の故障
4. 河川ポンプ設備の保全方式
5. 状態監視のための新技術紹介

5-1 「EGウォッチャー」(株)石垣

5-2 「楽々点検ポンプ」(株)荏原製作所

5-3 「GENSO」クボタ機工(株)

5-4 「非破壊検査を利用したディーゼル機関の予防保全と健全度評価」ダイハツディーゼル(株)

5-5 「羽根厚み&ギャップ計測システム」(株)電業社機械製作所

5-6 「ベアドクター」(株)西島製作所

6. 流域治水対策に貢献する新技術紹介

6-1 「フラッドバスター」(株)石垣

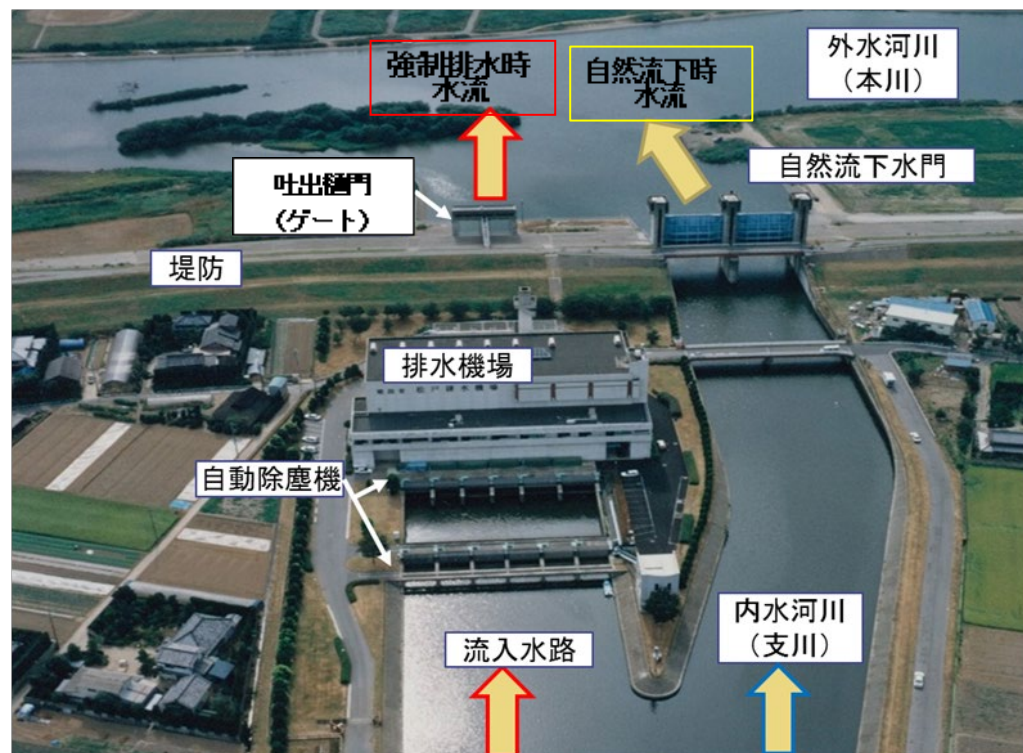
6-2 「ポンプラス」(株)荏原製作所

6-3 「渦対策リング」「二重ラッパカン」(株)西島製作所

1. 河川ポンプ施設とは

(1) 河川ポンプ施設の役割

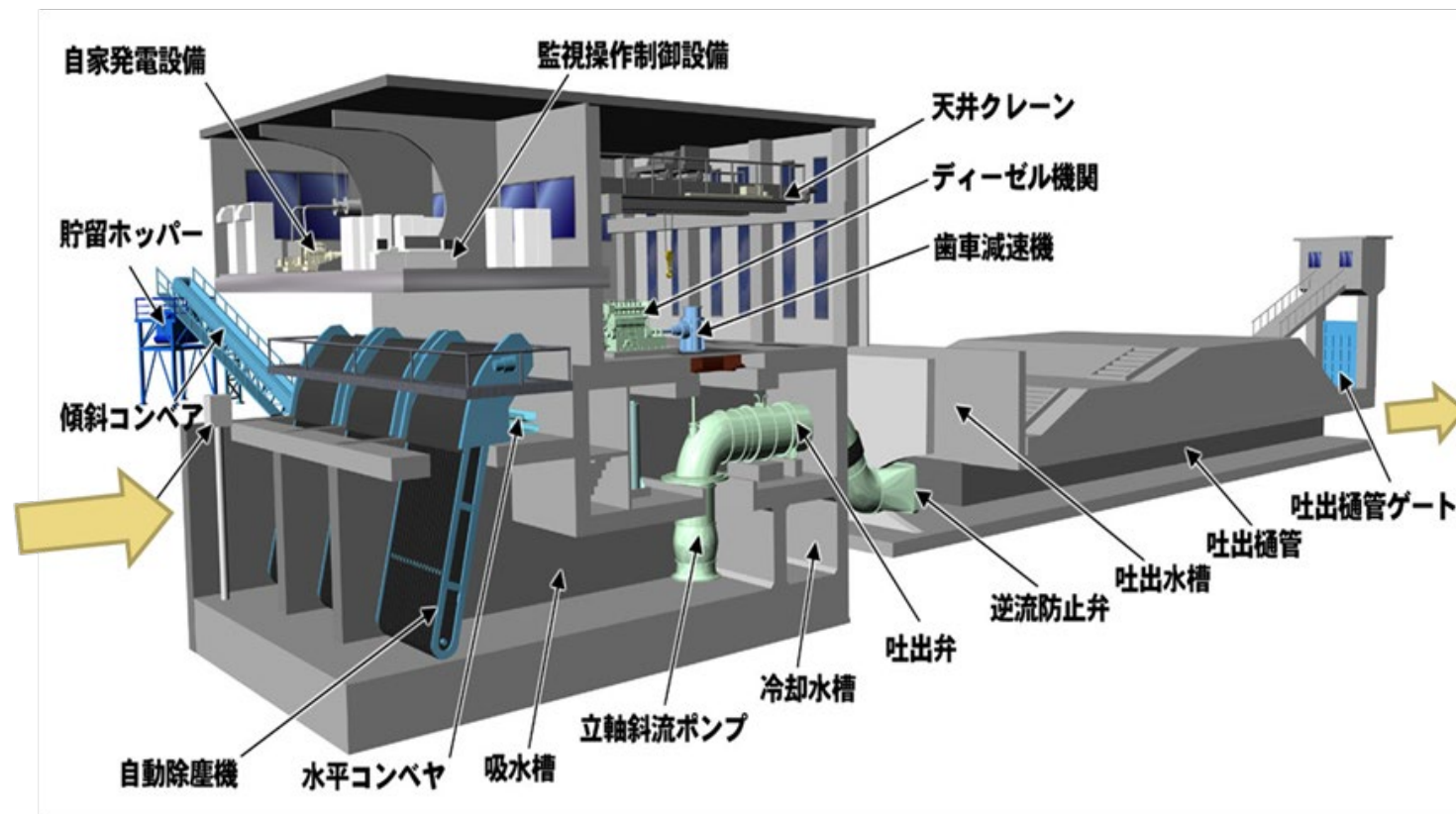
- 台風等の大雨のとき、**内水をポンプにより強制排水する施設**で、堤内地の浸水被害を軽減するために設置
- 平常時は自然流下で排水し、**本川水位の上昇により自然流下排水が出来なくなった場合**に水門・樋門を閉鎖し、ポンプを運転して強制排水
- 排水機場の**運転頻度**は梅雨や台風等の出水時に限定され**低頻度**
- 一旦運転が必要となった際には、**確実に始動**し、排水運転できることが使命であり、特に高い信頼性と操作性が必要



1. 河川ポンプ施設とは

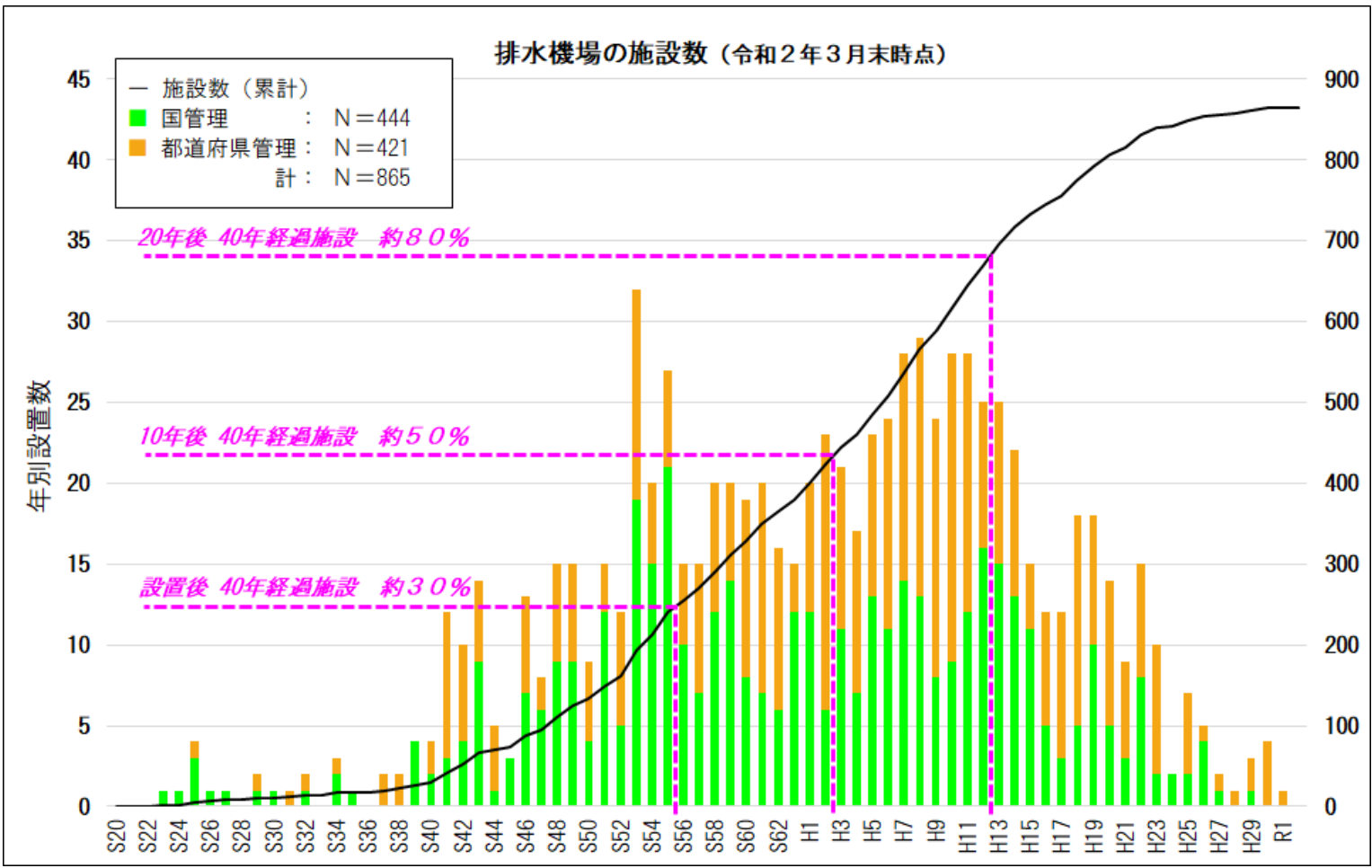
(2) ポンプ設備の構成

ポンプ設備は、
主ポンプ設備、主ポンプ駆動設備、系統機器設備、監視操作制御設備、
電源設備、除塵設備及び付属設備から構成される。



2. 河川ポンプ施設の設置状況

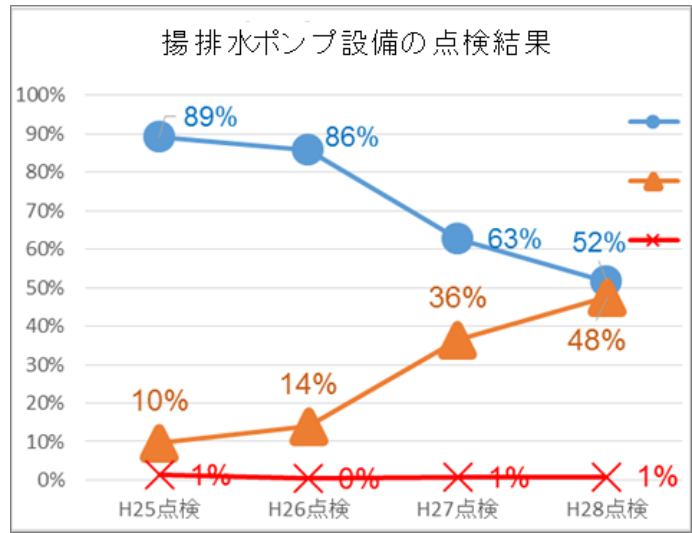
○高度経済成長に伴い、昭和40年代から全国規模で排水機場の整備が促進。
 ○現在、国が管理する排水機場は444施設、総排水量が約5700m³/s、都道府県が管理する排水機場は421施設、総排水量が約4300m³/sとなっており、**合計で865施設で10000m³/sを超える総排水量を有している。**



3. 河川ポンプ設備の故障

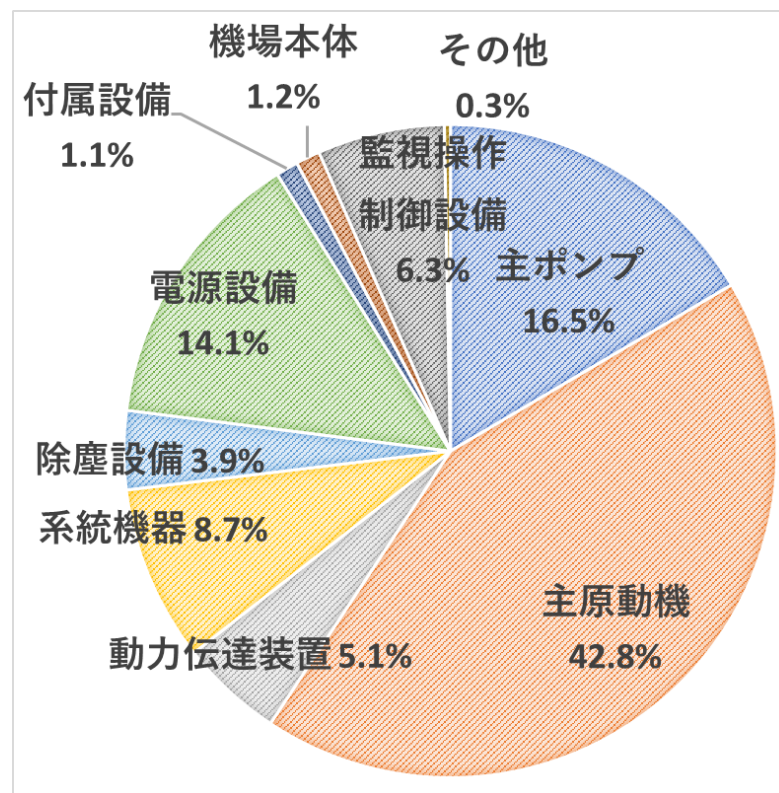
○河川ポンプ設備は、近年の点検結果において、「○（正常）」評価の施設は減少し、「△（要整備）」評価の施設が増加傾向。
 ○河川ポンプ工事件数の約9割が修繕と機器取替。
 ○河川ポンプについて部品単位で故障割合を整理すると、エンジンと主ポンプで約6割。

河川機械設備は毎年点検を実施(原動機、電機、ポンプなどの専門技術者が手間をかけて状態把握)し、ゲート、河川ポンプ設備ともに時間の経過とともに「○(正常)」評価は減少し、「△(要整備)」評価は増加傾向。



点検結果について
 ●：正常
 ▲：要整備
 （機能に支障は生じていないが、対策を講じないと支障が生じる恐れがある）
 ×：機能に支障あり

装置別故障割合



3. 河川ポンプ設備 近年の故障事例

○近年の故障の特徴としては、**致命的機器（部品）の損傷**が多く、部品調達等で出水期間中に**数十日機能損失**する事例がある。

A排水機場 完成後19年経過
20m³/s (10m³/s × 1, 5m³/s × 2)

9月月点検にて管理運転を実施
3号主原動機過給器温度上昇により非常停止

過給器内部タービンノズルの変形を確認
交換部品手配、交換



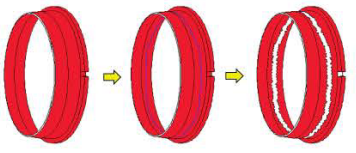
主原動機
(ディーゼルエンジン 846kw)



過給器取外作業



タービンノズル亀裂



正常状態 → 硫酸腐食による 先端部脱落
亀裂(青線)

【原因】
主原動機の燃料であるA重油に含まれる硫黄分により、過給機内部のノズルカバーが硫酸腐食し、タービンノズルが脱落

【機能喪失10m³/sの代替】
故障復旧まで17日間(交換部品を海外から調達)
・運転開始水位を1m下げる運用
・排水ポンプ車3台の配備

B排水機場 完成後34年経過
15m³/s (5m³/s × 3)

8月月点検にて管理運転を実施
2号主原動機より白煙発生し非常停止

緊急分解を実施
経年劣化によるシリンダー油膜切れを確認
部品交換、清掃、研磨



主原動機
(ディーゼルエンジン 308kw)



白煙発生状況



シリンダーライナ損傷



ピストン損傷

【原因】
経年劣化によりシリンダーライナーとピストンロッド間の油膜保持ができなくなったため焼き付き白煙

【機能喪失5m³/sの代替】
故障復旧まで19日間
・排水ポンプ車4台の配備

C排水機場 完成後18年経過
4m³/s (2m³/s × 2)

8月月点検にて管理運転を実施
2号主ポンプより異音発生し非常停止

緊急分解を実施
ポンプ軸受の異常摩耗、インペラとケーシングライナの接触痕を確認

ポンプ分解整備(軸受の交換等)を実施



ポンプ軸受内径側に摩耗痕



ポンプ軸受内径側に溝状傷



ケーシングライナ
(羽根車先端とケーシングライナの接触痕)



羽根車側面に摺動痕

【原因】
異物噛み込みによるポンプ軸受の異常摩耗により、羽根車とケーシングライナが接触し、異音発生

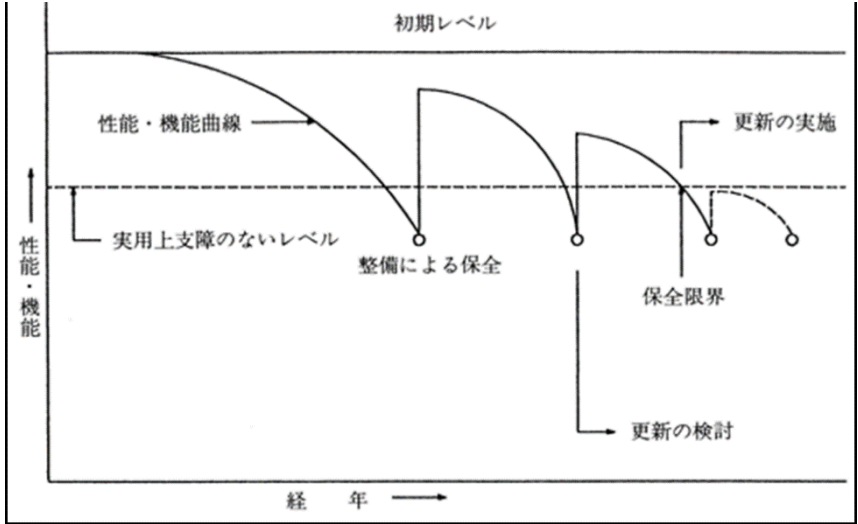
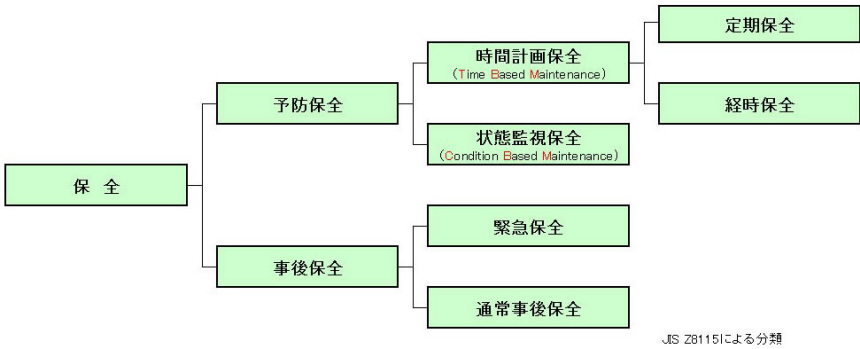
【機能喪失2m³/sの代替】
故障復旧まで約8ヶ月間(交換部品の製作・工場持ち帰り整備)
・排水ポンプ車3台の配備



4. 河川ポンプ設備の保全方式

○保全方式は、**予防保全**（定期的な整備および劣化兆候を監視する等）と**事後保全**（緊急保全および通常事後保全）の中での**的確に使い分けを実施**。

保全方式の分類



保全による経年と性能・機能の関係

予防保全

故障の発生を未然に防止するために実施する保全をいう。

事後保全

故障した設備、装置、機器、部品の機能を復旧するための保全をいう。

5. 状態監視のための新技術紹介

5-1 水中軸受診断システム「EGウォッチャー」

水中軸受部近傍で水中軸受と軸スリーブの間隙で発生するポンプ運転中の半径方向の変位量を、センサと軸スリーブ表面の距離で計測し、その値から軸受部の摩耗量を計測するシステム。

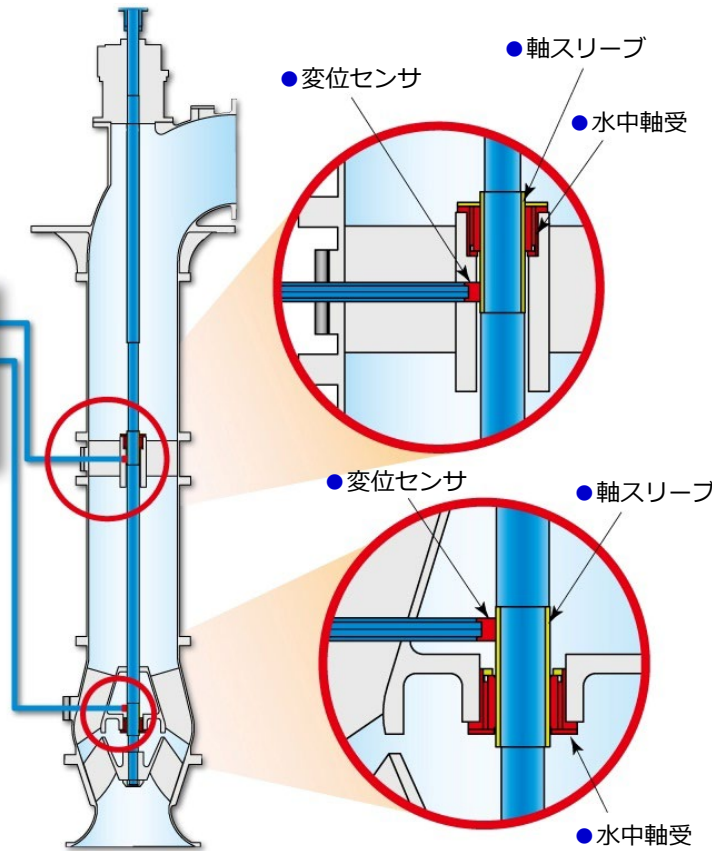
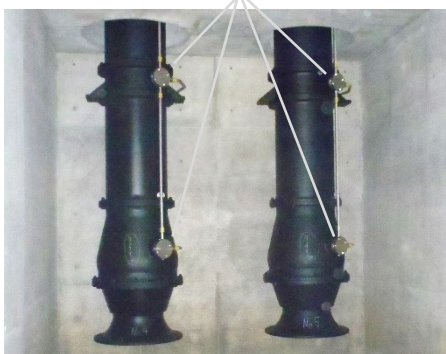


軸受診断システム盤

● 軸受診断システム盤



センサユニット



特長

- 警報機能
初期に設定した摩耗上限値を基準として、操作盤のランプが点灯することで、交換時期を把握。
- 容易に設置
ポンプ外部からの設置、取外しが容易。
- 偏摩耗確認
軸芯の軌跡を確認することで、偏摩耗の診断が可能。

5. 状態監視のための新技術紹介

5-2 「楽々点検ポンプ」

水中軸受の点検・交換作業が容易なポンプ

従来の立軸ポンプは、水中部にある軸受の点検や交換を行うため、期間と費用をかけてポンプを引き上げ、分解する必要がありました。楽々点検ポンプは、ポンプを据え付けたまま水中軸受の点検・交換を可能とし、作業期間の大幅な短縮と維持管理費用の縮減を実現しました。

水中軸受点検・交換の工程比較

従来ポンプ

- ① 現場準備
- ② 減速機、架台撤去
- ③ ポンプ撤去
- ④ 工場持ち込み
- ⑤ 軸受点検・交換
- ⑥ 出荷
- ⑦ 組立、据付、芯出し
- ⑧ 調整・試運転

楽々点検ポンプ

- ① 現場準備
- ② 軸受点検・交換
- ③ 調整・試運転

以下はイメージです

作業期間

20日間

工期短縮

2日間

交換費用

多額の費用

低コスト

従来の1/5~1/4

適用効果

分解費用の経費縮減額

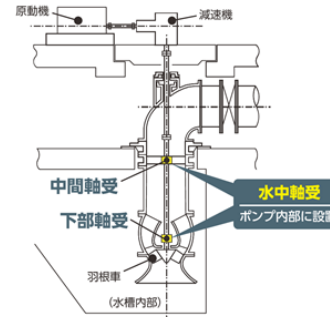
約2,000万円/回

作業期間の短縮日数

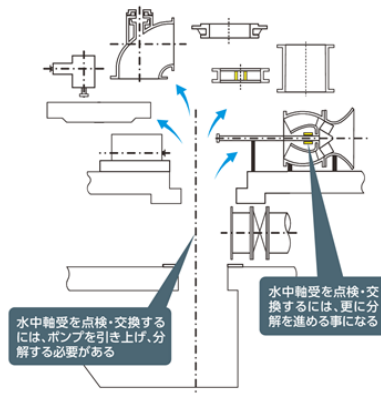
約20日⇒2日

(※口径1500mm立軸ポンプ(天井クレーン無し)の場合における概略参考値)

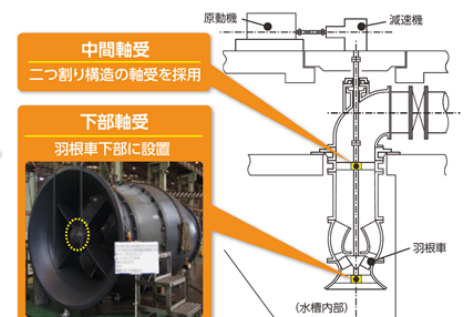
通常の立軸ポンプ



課題

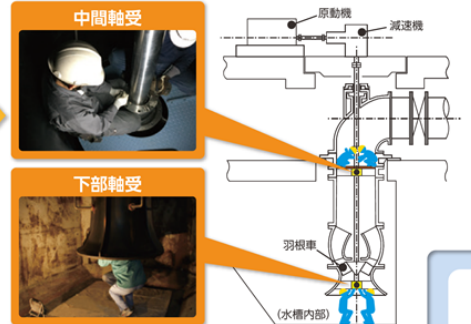


楽々点検ポンプ



効果

ポンプを据え付けたまま、水中軸受の点検及び交換作業が可能!!



※標準仕様では、水中軸受は下部軸受のみとなります。上図は、ポンプが長い場合(中間軸受がある場合)のオプション例です。

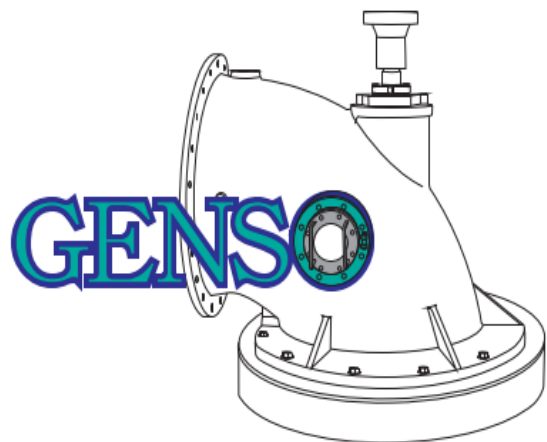
5. 状態監視のための新技術紹介

5-3 ポンプ点検窓「GENSO」

For Earth, For Life
Kubota

外観の点検から内部状況を確認する診断いわゆる時間経過保全から状態監視保全へ

ポンプにも内視鏡カメラを使った診断が必要になってきています。



「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の開閉作業が容易である。
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。



既存ポンプ設置点検窓



内部診断用窓



内視鏡カメラ診断状況



既設ポンプの点検窓枠



GENSO装着時



閉状態



開状態
(回転無)



開状態
(回転有)



点検中

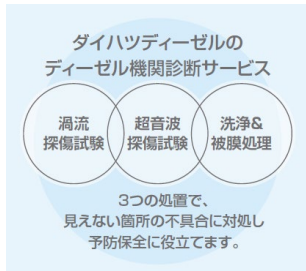


ガイドによるサポート機能

5-4 非破壊検査を利用したディーゼル機関の予防保全と健全度評価

通常検査を行っても発見できない突発的な不具合が発生する機器がある。対策は腐食の進行を数値化することです

- ・見えない部分の腐食進行を非破壊検査で計測し、劣化を数値化
- ・劣化予測により、計画的な長寿命化対策を実施



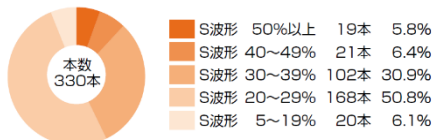
非破壊検査／処置内容	機関損傷	検査方法（全数検査を実施）	結果
オイルクーラ管腐食の減肉量を計測	潤滑油へ水混が入し、ピストン、軸受けの焼損	複合解析式過流探傷	数値化
空気冷却器の微細な孔食穴を発見	シリンダー内に水が入りウォーターハンマー事故	過流探傷+回転コイルで高精度探傷	数値化
シリンダーライナーの水室側からの減肉計測	ライナー減肉による強度不足、エンジン内へ水漏れ	超音波探傷	数値化
腐食生成物の洗浄と被膜形成	非破壊検査と合わせて実施することを推奨	薬品洗浄+安定被膜処理	寿命延長

オイルクーラーの検査

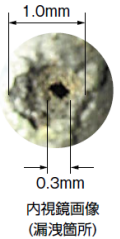
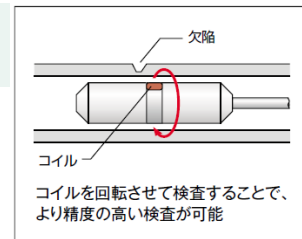
オイルクーラーの穴あき

チューブの腐食状況(内視鏡画像)

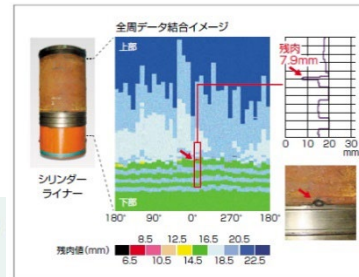
シリンダーライナーの検査



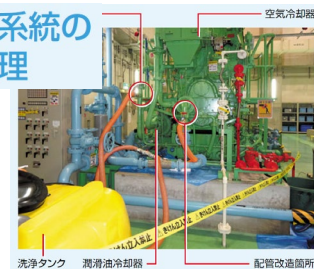
空気冷却器の検査



※シリンダーヘッド開放整備時検査



冷却水システムの基礎処理



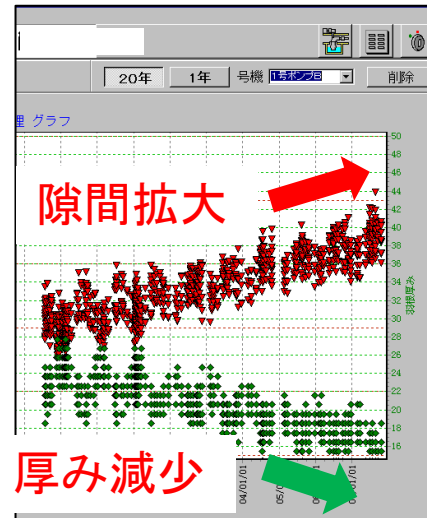
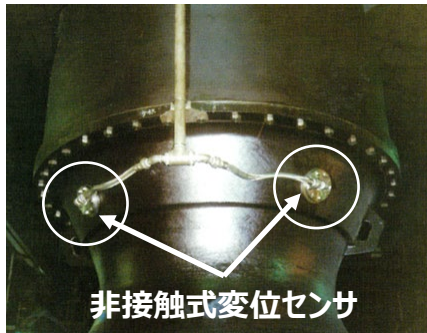
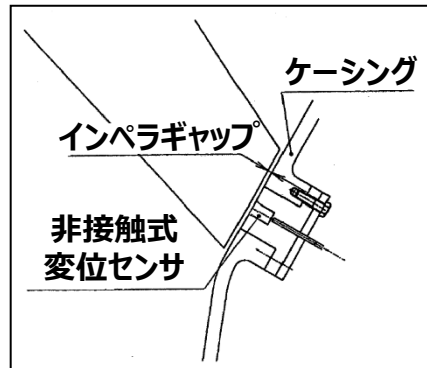
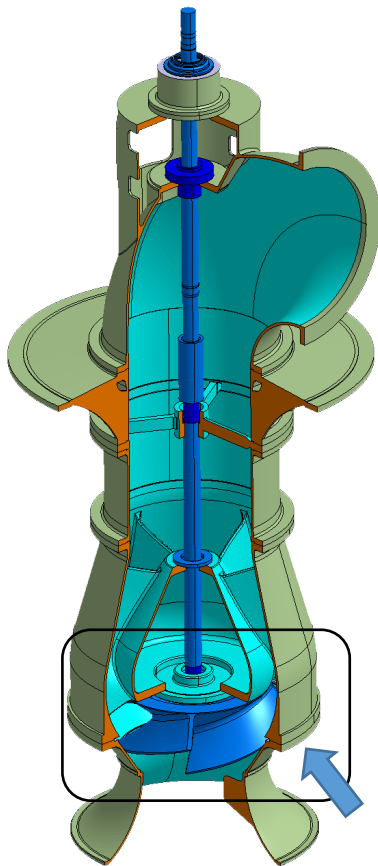
5. 状態監視のための新技術紹介

5-5 「羽根厚み&ギャップ計測システム」 (NETIS:CB-190008-A)

立軸ポンプの回転体監視システム

ポンプケーシング部に設けた変位センサで、ポンプを分解することなく

- ①ポンプの性能に影響を与えるインペラギャップ及びチップ面の厚み
- ②水中軸受の摩耗量 を傾向管理できます。



傾向管理グラフ
(異常を検知した事例)



点検の結果、羽根車が摩耗していることがわかりました。

5. 状態監視のための新技術紹介

5-6 水中軸受外部診断装置(ベアドクター) NETIS番号:KK100003-A(掲載終了)

水中軸受の異常や摩耗状態をポンプを引き上げずに診断

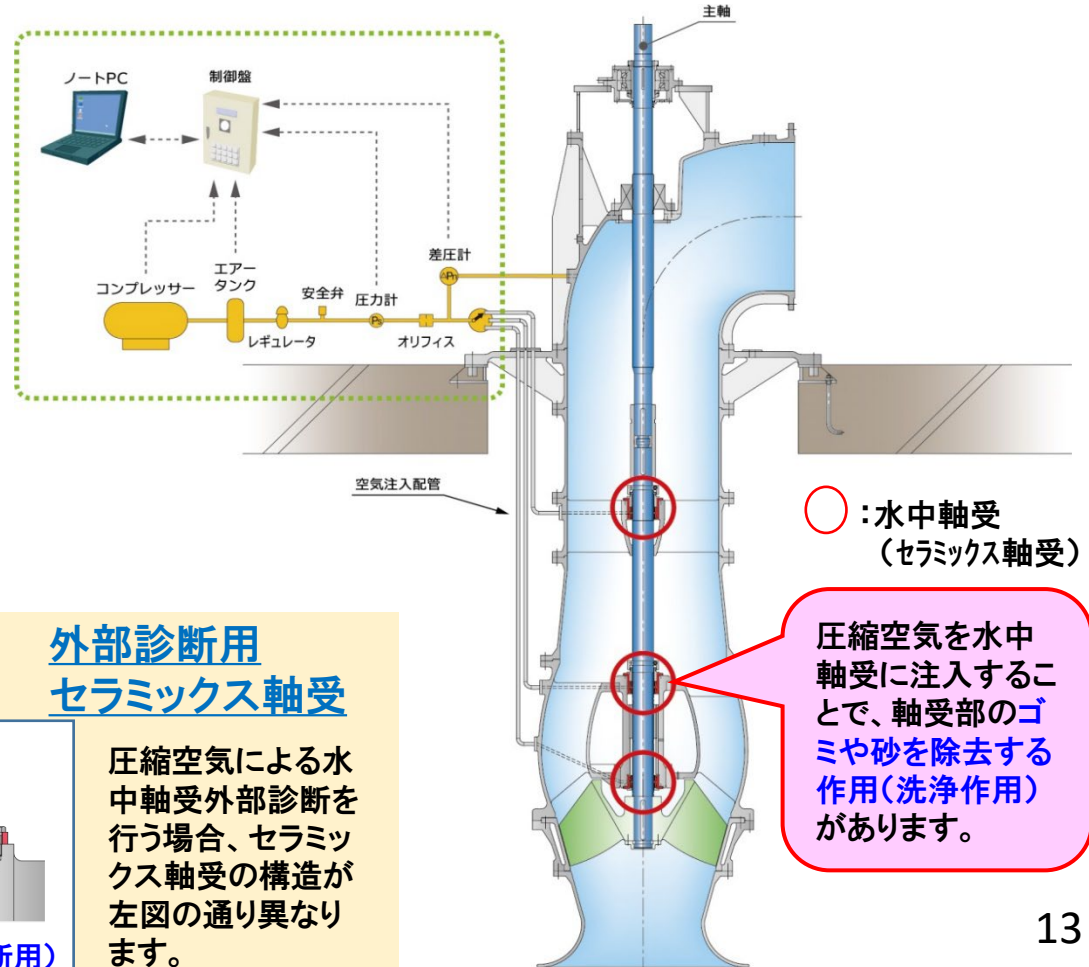
立軸ポンプの水中軸受の点検は、定期点検時にポンプを引き上げて分解し、摩耗状態を測定しなければなりませんでした。

水中軸受外部診断装置「ベアドクター」は、ポンプを引き上げずに摩耗測定やキズや割れの有無を外部から診断できます。

【空気注入方式による水中軸受の診断】

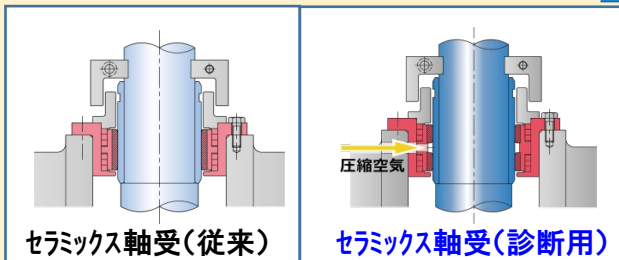
ポンプの主軸と水中軸受(セラミックス軸受)との隙間に、外部コンプレッサー等により圧縮空気を送り込み、供給圧力と吐出圧力との差圧および空気流量を検出します。

測定結果を納入当初のデータと比較することで、水中軸受の異常や摩耗状態を外部から判定できます。



外部診断用セラミックス軸受

圧縮空気による水中軸受外部診断を行う場合、セラミックス軸受の構造が左図の通り異なります。

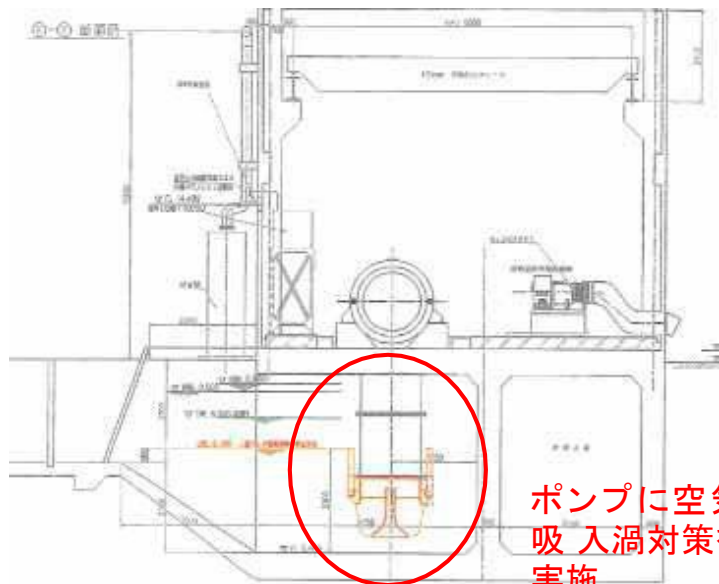


圧縮空気を水中軸受に注入することで、軸受部のゴミや砂を除去する作用(洗浄作用)があります。

排水機場の改良による雨水貯留浸透対策の強化【自治体における取組事例:岡山県倉敷市(小田川)】

対策内容(イメージ)

農業用排水機場のポンプ施設に空気吸入渦を抑制する吸込み管等を増設し、運転可能水位を下げる



※農業用排水機場は、水路から溢水し水田に貯留した水を、24時間かけて排水する計画のため、治水対策の排水機場に比べて水位設定が高い傾向にある

ポンプ改良事例

倉敷市の農業用排水機場(5m³/s)において、ポンプを改良し、運転可能水位を従前から0.8m低下させることにより、9,100m³の事前排水が可能と想定

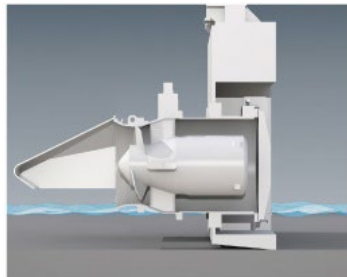


6. 低水位運転のための新技術紹介

6-1 全速全水位型横軸水中ポンプ「フラッドバスター」

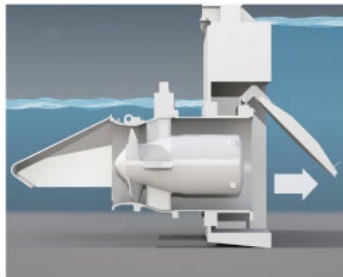
低水位からの先行待機運転が可能な横軸水中ポンプ。

水位によらない安定運転が可能なので、低水位時からの排水開始により急激な流入増への対応性が向上。



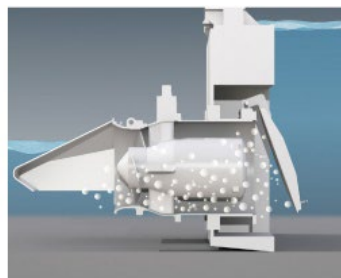
【気中運転】

水の流入を待ちながら先行運転をしている状態



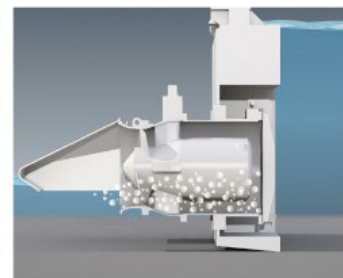
【全量排水運転】

従来ポンプと同様の排水状態



【気水混合排水運転】

吸い込んだ空気と水を混合排水する状態

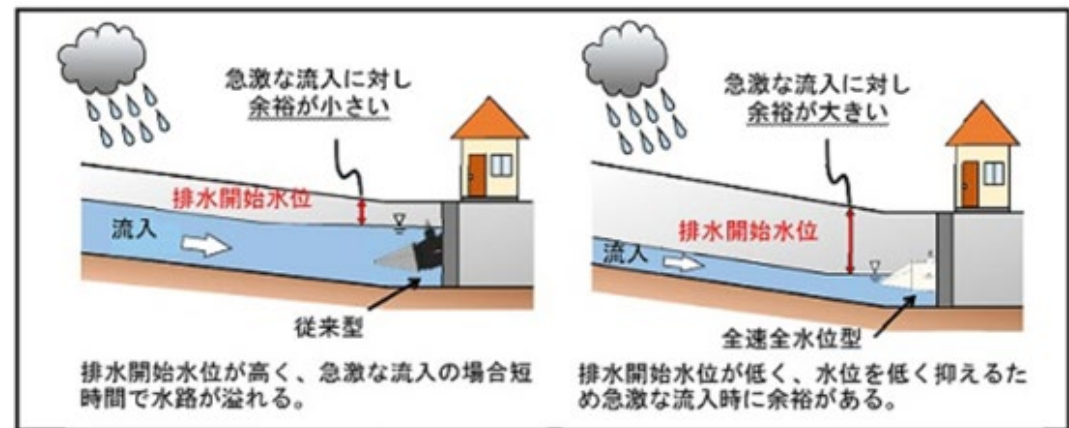


【排水待機運転】

排水せず水位再上昇に備え待機運転している状態

特長

- 吸水位に応じてポンプ本体で「気中運転」「全量排水運転」「気水混合排水運転」「排水待機運転」へと運転状態を切り替えることができる。
- インバータ不要で建設コスト・LCCの縮減が可能。
- 従来のポンプゲートに特有の課題である起動停止が頻発する問題が発生しない。



低水位運転による溢水リスク軽減イメージ

6. 低水位運転のための新技術紹介

6-2 「ポンプラス」

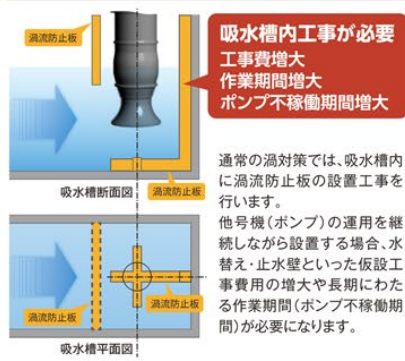
近年、特に都市部の雨水ポンプ設備ではゲリラ豪雨等への対策として、従来よりも更に「**運転水位を下げたい**」「**排水量を増やしたい**」といったニーズが増加しています。
 既設吸水槽のまま低水位化や排水量アップを行う場合、従来は土木構造物による渦対策が必要でしたが、エバラのポンプラスは**ポンプ本体の設置**だけで渦対策が可能です。

低水位化や排水量アップの課題

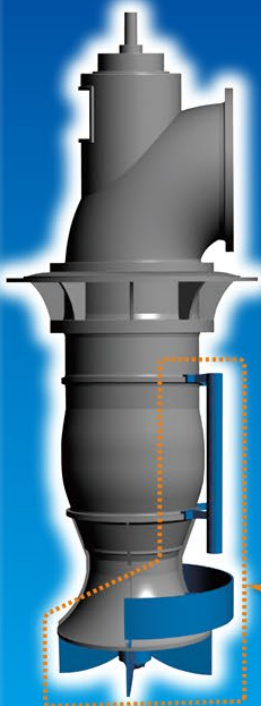
既設吸水槽のまま従来よりも更に低水位化や排水量アップを行うと、吸水槽内の流速が速くなりポンプに有害な空気吸込渦や水中渦が発生します。
 これらの有害な渦は、異常振動・騒音・性能低下などポンプの故障原因となるため、渦対策が必要です。



従来技術 (渦流防止板)



新技術 **ポンプラス** PUMPlus



ポンプラスの特長



吸水槽内工事が不要
工事費減少
作業期間減少
ポンプ不稼働期間減少

エバラ独自の 新形状

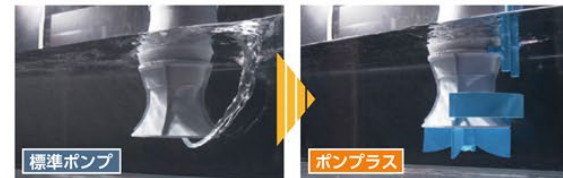
【特許出願中】

ポンプ本体の設置だけで渦対策が可能!!!

渦抑制効果の検証

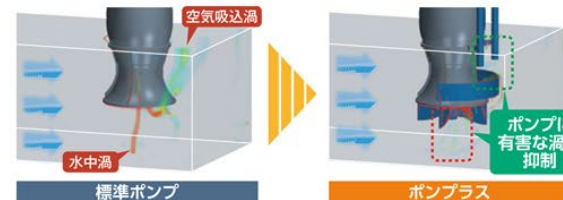
■ 水槽模型試験による検証

ポンプラスによる渦の抑制効果は、水槽模型試験により検証済みです。

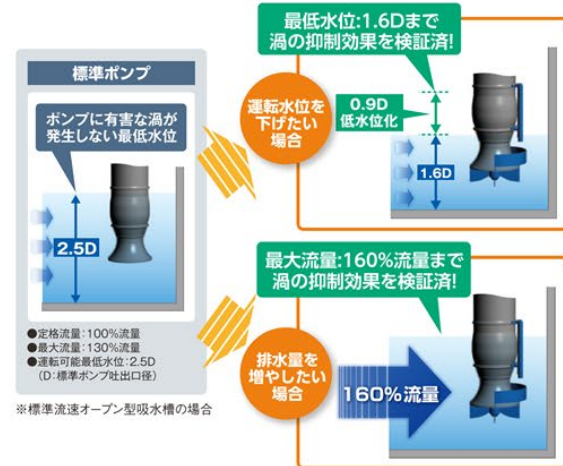


■ 流れ解析 (CFD) による検証

実機適用時には、CFD解析により渦の抑制効果を検証します。



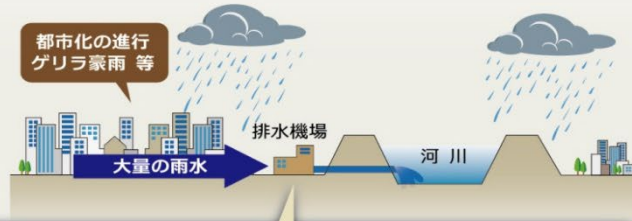
ポンプラスの適用効果



6. 低水位運転のための新技術紹介

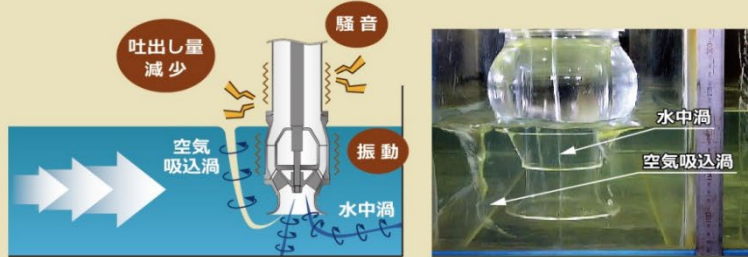
6-3 「渦対策リング」「二重ラップカン」

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。

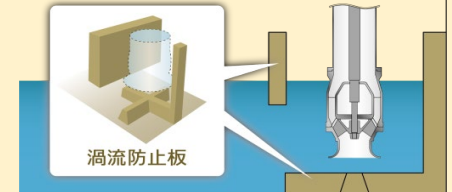


ところが・・・

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。



従来の渦防止対策



コンクリート製の渦流防止板を設置するために、水替えや仮設止水壁が必要で、大掛かりな水槽内工事を要します。



ポンプ本体による渦対策



渦流防止板が不要となり、水槽内工事が省略できます

ポンプ本体による渦対策

水中渦を抑制
二重ラップカン

空気吸込渦を抑制
渦対策リング



吸入口周りの流速分布と旋回流を変化させて水中渦を抑制



水面の旋回を抑制し、空気吸込渦への成長をリングが防止

NETIS番号: QS110037-A (掲載終了)

NETIS番号: QS-210012-A

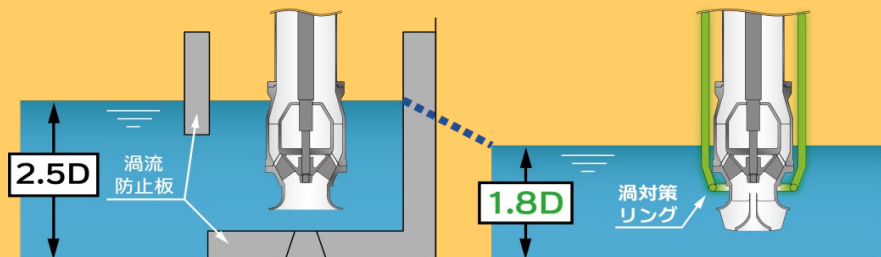
渦抑制の効果

【水中渦】

130%流量 → 160%流量まで抑制

【空気吸込渦】

水位2.5D → 1.8Dまで抑制



ご清聴ありがとうございました。

一般社団法人 河川ポンプ施設技術協会