

# 老朽化排水機場の信頼性向上（無水化）に向けた取り組み

徳島河川国道事務所 防災課 後藤田 慎一

徳島河川国道事務所が直轄管理する排水機場は、1965～1984年の間に設置されたものが多く、施設の老朽化が著しい状況にあり、その対策が急務となっている。

本稿では、設置後50年が経過した正法寺川排水機場で現在実施しているリニューアル工事における「立軸化・無水化等」の技術を用いた信頼性向上に向けた取り組みについて報告する。

キーワード 維持管理、老朽化対策、無水化、信頼性向上

## 1. はじめに

吉野川は、その源を高知県吾川郡の瓶ヶ森に発し、四国山地に沿って東に流れ、岩津を経て徳島平野に出て、大小の支川を合わせながら、第十地点で旧吉野川を分派し紀伊水道に注ぐ、幹川流路延長194km、流域面積3,750km<sup>2</sup>の一級河川である。

吉野川の上流域は年間平均降水量3,000mmを記録する日本有数の多雨地帯であり、普段は平穏な吉野川も一度雨が降ると荒々しい表情を見せ、利根川（坂東太郎）、筑後川（筑紫次郎）と合わせ吉野川（四国三郎）の異名を持ち、日本三大暴れ川の一つに数えられる。

## 2. 直轄管理の排水機場施設

吉野川には徳島河川国道事務所が直轄管理する排水機場が17箇所あり、その総排水量は180.5m<sup>3</sup>/sに及び吉野川流域の内水被害軽減に効果を発揮してきた。

これらの排水機場は1960年代～1980年代にかけて設置されたものが多く、古いもので設置後50年以上を経過

するなど施設の老朽化が著しく（図-1）、その対策が急務であり、これまで川島排水機場（1964年設置、2009年更新）と学島排水機場（1966年設置、2017年更新）について排水機場施設の無水化を行い、ポンプ設備を更新してきた。（表-1）

排水機場は洪水時のみ稼働する施設であり、年間の排水運転回数は1～5回と極端に少ないが、確実な始動と連続して稼働する耐久性等、高度な信頼性が求められる。

表-1 排水機場施設一覧

	施設名	ポンプ形式	排水量 (m <sup>3</sup> /s)	設置年	経過年数
1	角ノ瀬排水機場	立軸軸流	20×1	2008	13
2	神宮入江川排水機場	横軸斜流	2.5×2	1974	47
3	新神宮入江川排水機場	横軸斜流	5×1	1978	43
4	飯尾川排水機場	横軸斜流	5×4	1969	52
5	新飯尾川排水機場	立軸斜流	10×2	1983	38
6	江川排水機場	横軸斜流	5×2	1974	47
7	川島排水機場	立軸斜流	9×2	2009	12
8	学島排水機場	立軸斜流	4.25×2	2017	4
9	学島川排水機場	横軸斜流	7×2	1978	43
10	ほたる川排水機場	立軸斜流	5×2	2014	7
11	正法寺川排水機場	横軸斜流	3×2, 2×1	1968	53
12	前川救急排水機場	立軸斜流	1×2	1994	27
13	蛇池川排水機場	立軸斜流	5×2	1981	40
14	熊谷川排水機場	横軸斜流	5×2	1979	42
15	指谷川排水機場	立軸斜流	4×2	1986	35
16	柿ノ木谷川排水機場	横軸斜流	4×2	1969	52
17	城の谷排水機場	立軸斜流	2×2	2001	20

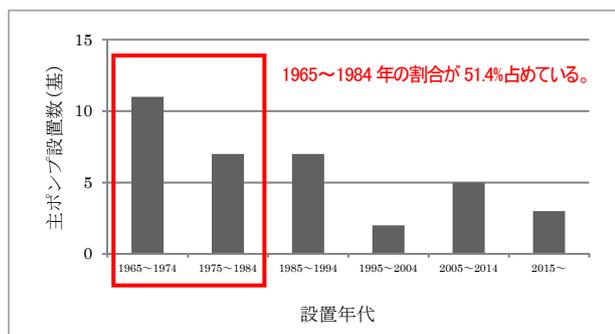


図-1 主ポンプ設置年数

### 3. 正法寺川排水機場の施設概要

正法寺川排水機場は吉野川左岸 9k2（徳島県徳島市応神町西貞方字前須地先）に位置し、吉野川と支川正法寺川の合流点に位置し、正法寺川流域の内水排除を目的として 1968 年に設置（3m<sup>3</sup>/s×2 台）、1995 年に増設（2m<sup>3</sup>/s×1 台）された排水機場であり、主原動機等、設置当初に納入された設備が現在も使用されている。（図-2）



図-2 位置図



図-3 排水ポンプ設備の全景（既設）

既設排水機場は横軸斜流ポンプであり、始動空気系統（エアーマータ）、満水系統（水封式ナッシュポンプ）、冷却水系統（清水循環）等を用いている。（図-3）1992 年に主原動機の過冷却対策として管内クーラ・膨張タンクを設置した。また、真空ポンプ、空気圧縮機、始動空気槽、冷却水取水ポンプ、燃料移送ポンプ等の補機類も全面的にリフレッシュしているが、その改良工事から 29 年経過し、近年それらの補機類の故障が頻発する傾向にあった。信頼性を向上させる為には故障の発生頻度が高い補機類を減らすことが重要であり、この度、立軸ポンプ化、主原動機のラジエータ冷却方式・セルモータ起動を採用し、ポンプ設備全体を無水化することとした。

### 4. 信頼性向上に向けた取り組み

排水機場施設の故障リスクを減らす為、故障要因となる補機類等の機器点数の削減及び品質の確保を行なった。

#### (1) 主ポンプ台数の統合

従来は横軸斜流ポンプであったが、主ポンプを立軸化し高流速ポンプを採用することにより主ポンプ 1 台当りの吐出量を増加させ、主ポンプ台数を 3 台（3.0m<sup>3</sup>/s×2 台、2.0m<sup>3</sup>/s×1 台）から 2 台（4.0m<sup>3</sup>/s×2 台）に統合した。

危険分散を確保した最低限の主ポンプ台数とすることにより、構成する機器点数の削減を図った。

#### (2) 主ポンプの無水化

主ポンプの封水装置は 1992 年の改良工事に無給水のメカニカルシールに変更し無水化されており、今回も無給水型のメカニカルシールを採用することにより、給水機器の削減を図った。

水中軸受は従来ホワイトメタル（WJ4）を使用していたが、耐熱性・耐摩耗性が低い為グリスによる潤滑が必要であった。今回使用材料を見直し、耐熱性の高いセラミック軸受を採用することにより、潤滑機器の削減を図った。（表-2）

表-2 更新前後の設備比較

設備名称		更新前	更新後
主ポンプ設備	主ポンプ	形式	横軸斜流ポンプ
		口径	φ1,200 mm×2 台 φ1,000 mm×1 台
		吐出量	3.0 m <sup>3</sup> /s×2 台 2.0 m <sup>3</sup> /s×1 台
		全揚程	3.5 m×2 台 3.7 m×1 台
		軸封装置	メカニカルシール
		水中軸受	グリス潤滑
主ポンプ駆動設備	主原動機	形式	水冷式 ディーゼル機関
		出力	162 kW×2 台 110 kW×1 台
		冷却方式	清水循環 (管内クーラ・膨張タンク)
	減速機	形式	水冷式 遊星歯車減速機
			立軸斜流ポンプ (II型減速機搭載型)
			φ1,200 mm×2 台
			4.0 m <sup>3</sup> /s×2 台
			4.6 m×2 台
			無給水 (メカニカルシール)
			セラミック軸受
			水冷式 ディーゼル機関
			320 kW×2 台
			機付ラジエータ
			自然放熱式 直交軸傘歯車減速機 ポンプ搭載型

#### (3) 主原動機、減速機の無水化

主原動機については、1992 年に過冷却対策として、清水循環式（管内クーラ・膨張タンク）を採用している。その為、管内クーラ、膨張タンクその他、冷却水取水ポンプ、冷却水ポンプ、また冷却水の流れを制御する電磁弁、フロースイッチ等数多くの機器が必要であった。

今回「機付ラジエータ方式」を採用することによって、必要換気容量は従来に比べ増加し、給気ファン、排気ファンの機器が増えるが、これまでであったおおよそ全ての冷却水系統機器の削減が可能となった。（図-4、-5）

#### (4) 始動空気系統機器の削減

1968年の設置当初は主原動機始動用のセルモータが高額であり、特に機関出力が大きい排水機場についてはエアモータが主流であった。当該機場でもエアモータによる始動方式を採用している。その為、空気圧縮機、始動空気槽の他、空気を制御する始動弁、停止弁、圧力スイッチ等、数多くの機器が必要であった。今回「セルモータ」を採用することにより、これまでであった全ての始動空気系統機器の削減が可能となった。(図-4、-5)

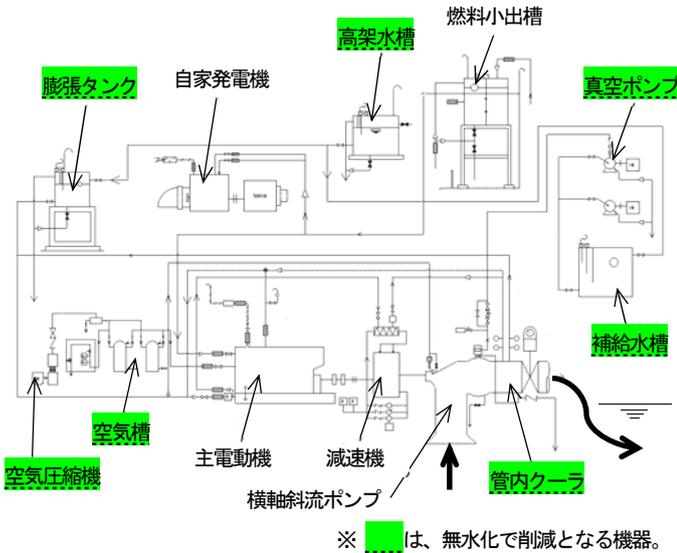


図-4 小配管系統図(既設)

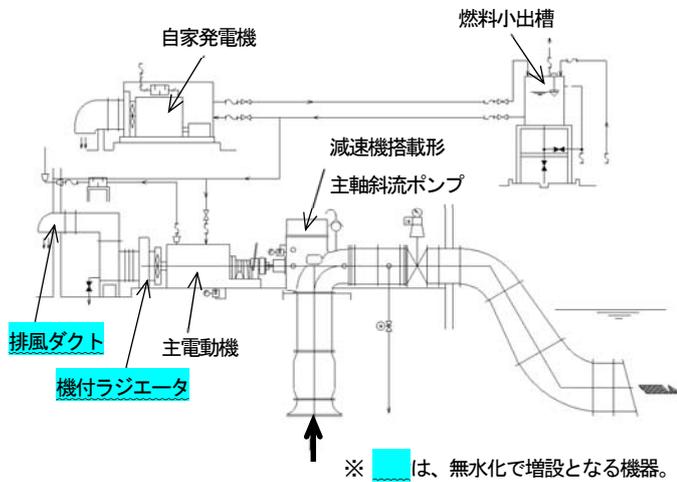


図-5 小配管系統図(新設)

#### (5) 満水系統機器の削減

従来は横軸斜流ポンプであった為、ポンプ運転の際はまず真空ポンプを運転し、ポンプ内の羽根車の位置まで水を充填させ、羽根車を没水させる必要があった。今回立軸斜流ポンプを採用することにより、真空ポンプ等の満水系統機器の削減が可能となった。また、従来必要であった真空ポンプ運転が不要となる為、急激な内水上昇時にも迅速な排水操作が可能となる等、排水作業の始動性を向上させることができた。

#### (6) 渦を抑制する新形立軸ポンプの採用

既存の吸入水槽のまま吐出量の増量を行なうため、流入水のポンプ接近流速が速くなり、ポンプに有害な空気吸込渦や水中渦が発生しやすくなる。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を行なった。(図-6)

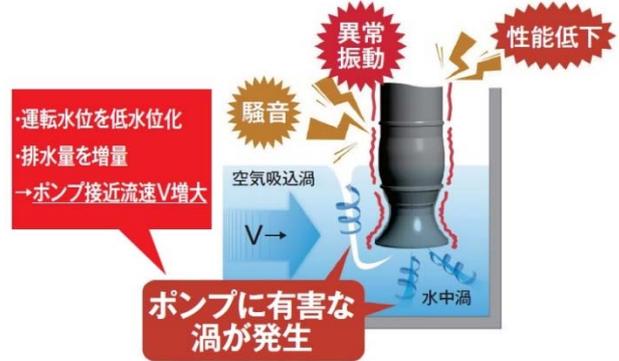


図-6 有害な渦によるポンプへの悪影響

今回設置した新形立軸ポンプは、吸入水槽内に設置する渦流防止板を不要とし、ポンプ本体の渦抑制部材によって渦対策を可能とした。

渦抑制部材は立軸ポンプの外側に設置されるが、吸入ベルマウス及び吐出しボウルに設置される空気吸込渦抑制部材と、吸入ベルマウス下端に設置される水中渦抑制部材で構成され、立軸ポンプを設置するためのポンプ据付開口内に収まる設計となっている。(図-7)

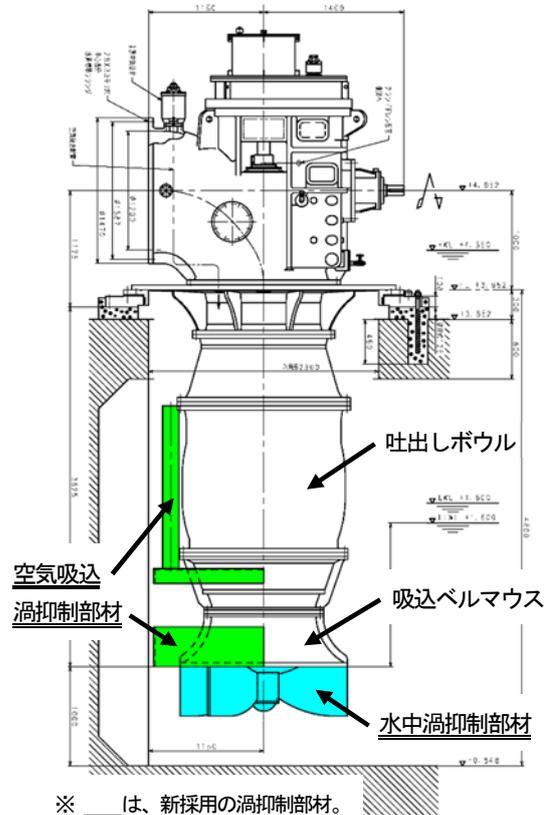


図-7 主ポンプ組立図(新設)

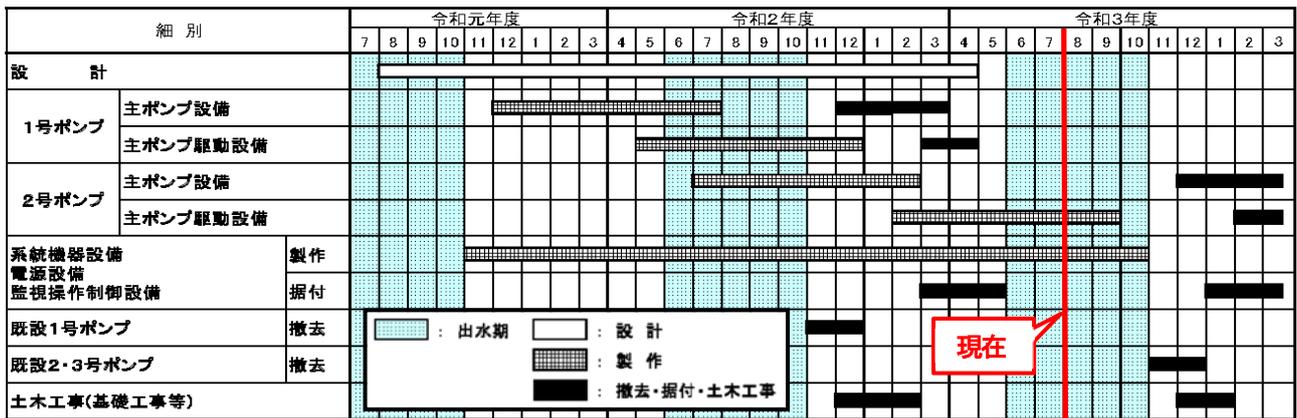


図-8 計画工程

これにより、従来は既設吸入水槽内に渦対策を施す場合に必要であった土木工事（水替えや止水壁を設ける仮設工事、渦流防止板の設置工事）が不要となり、工事費の削減が可能となった。

## 6. 将来を見据えたコスト削減

既設設備と各形式による無水化ポンプ設備のFT図（故障木）より、機場全体の故障率の変化を定量的に評価した結果を（表-3）に示す。

表-3 FT図による故障率の評価

形式	給水型横軸ポンプ (既設設備)	無水化 横軸ポンプ	無給水型 立軸ポンプ
故障率 (E <sup>-5</sup> 回/h)	<b>1.3099</b>	<b>1.1799</b>	<b>1.1682</b>
故障頻度	<b>8.71年に1回</b>	<b>9.67年に1回</b>	<b>9.77年に1回</b>
削減機器	—	・冷却水系統機器	・冷却水系統機器 ・満水系統機器 ・始動系統機器
評価	△	○	◎
備考			セルモータ始動

今回信頼性向上に向けた取り組みとして無給水型立軸ポンプを採用することにより、主ポンプ台数の統合（構成機器点数の削減）、主ポンプの無水化（給水機器の削減）、主原動機・減速機の無水化（潤滑機器の削減）、始動空気系統機器の削減、満水系統機器の削減を行なった結果、故障頻度は（表-3）のとおり既設設備よりも約10%程度低下することが分かっている。

将来的な故障による周辺地域への被害額及び修理費を定量的に算出することは困難であるが、故障事象を未然に防止することができ、社会的コストを含めたランニングコスト全体を削減することができた。



図-9 新設1号立軸斜流ポンプ

## 7. まとめ

現在、新設1号ポンプの据付が完了し先行的に稼働している。今年度の出水期については、既設吐出能力8m<sup>3</sup>/s以上を確保する為、新設1号ポンプ及び既設2号・3号ポンプを活かしながら対応している。また新設2号ポンプの現地据付は今年度の非出水期から行う予定であり、令和3年度末に完工する予定である。（図-8、-9）

本工事では、主ポンプ、主原動機、減速機の機器に対して「無水化」の技術を採用することで、補機類の削減が可能となり、故障リスクの低下及び維持管理負担の低減など信頼性の高い排水機場にリニューアルできるものと考えている。

徳島河川国道事務所が直轄管理する「無水化」未対応・「リニューアル」未対応の排水機場施設も数多くあり、今後適切な更新計画が非常に重要となる。

現在「新型コロナ禍」であるが、国民の「安全・安心」への期待に応えるべく、業務に邁進していく所存である。

## 参考文献

- 1) 国土交通省土木研究所 材料施工部機械研究室：機械設備の信頼性評価に関する調査研究（第二報）2001年2月
- 2) エバラ時報 No.257