

北海道における排水機場の寒冷地対策と信頼性向上について

Countermeasure for Cold District-ification and Improving Reliability of Drainage Pump Station in Hokkaido

水工事業本部 水工第2部 佐藤 正規
水工事業本部 水工第2部 佐藤 博貴

排水機場は、洪水時等に自然流下が困難な低平地域において、ポンプ設備により堤防を越えて強制的に排水する重要な治水施設である。北海道等の寒冷地域では、冬期間に冷却水等が凍結してポンプ設備が破損することを防止するため、ポンプ設備の水系統配管を分解・水抜き等の対応が必要とされている。

近年では、地球温暖化等による降雨量の変動や気温の上昇に伴い、冬期間の融雪や降雨等により排水機場における内水排除運転の必要性が高まり、設備機器の冬期運用への対応が課題となっている。また、これまで浸水被害軽減の役割を果たしてきた排水機場は、設置後30年を迎える施設が増加することから、老朽化に伴う排水機場の補修・更新等の対応が喫緊の課題となっている。

本文では、排水機場における寒冷地対策と、老朽化に伴う信頼性向上にむけた対策について以下に紹介するものである。

1 はじめに

図1.1は、北海道の主要都市である札幌市の1月から3月の気温の推移を示したものである。

1月～3月（冬期）における平均気温は上昇傾向にあり、昭和51年から比べると約2℃程度上昇している。今後は、冬期の融雪出水に伴う内水氾濫リスクの高まりから、排水機場の寒冷地対策が必要とされている。

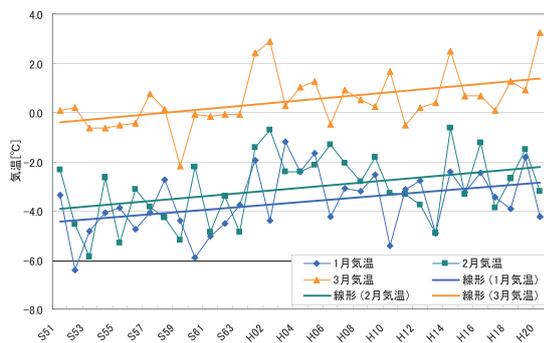


図1.1 平均気温の推移（札幌観測所）

北海道は、昭和50年代に多くの大洪水を経験し、石狩川や十勝川流域には、都市部の発展と共に多くの排水機場が建設された。今後は、これらの施設の多くが設置後30年を迎え、老朽化に伴う信頼性向上のための維持管理対策が必要とされている。

2 排水機場の構成

排水機場は、図2.1に示すように土木施設としての吸込水槽、吐出水槽、排水樋門と、ポンプ設備（機械設備）としての主ポンプ設備、主ポンプ駆動設備（主原動機、動力伝達装置）、電源設備、監視操作制御設備に加え、管理を安全かつ容易に行うための機场上屋から構成されている。

図2.2には、ポンプ設備の主な構造（例）を示す。

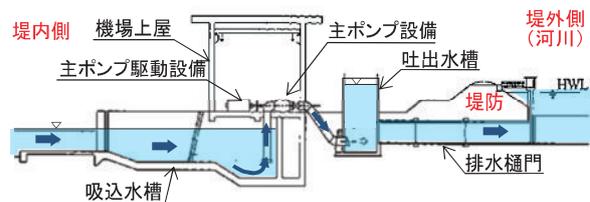


図2.1 排水機場断面図（横軸ポンプ）

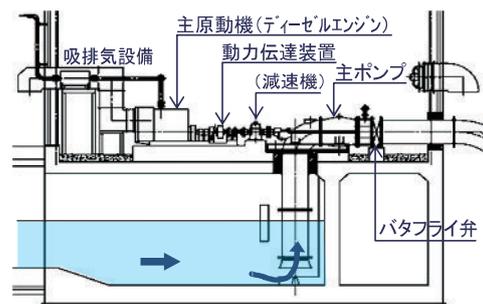


図2.2 ポンプ設備断面図(例) 横軸ポンプ

3 ポンプ設備の寒冷地対策(無水化)

3.1 無水化が必要な設備

既設排水機場における寒冷地対策技術の導入が必要な設備は、主ポンプ設備の注水型軸封装置、主ポンプ駆動設備の原動機及び動力伝達装置の水(清水・河川水)を用いた冷却設備、満水系統設備の水封式真空ポンプが主に対象となる。

主ポンプ設備の基本構成例を図3.1に示す。

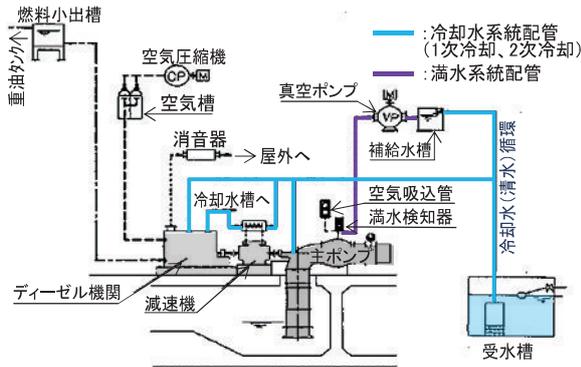


図3.1 主ポンプ設備の基本構成例(横軸斜流ポンプ)

3.2 軸封装置

軸封装置は、ポンプ軸がケーシングを貫通する箇所に設けられ、ケーシング内部(水)とケーシング外部(大気)を遮断し、内部の水の漏洩及び外部からの空気の侵入を防ぐためのものである。

既設排水機場は、注水型のグラウンドパッキンを使用しており、無注水型軸封装置へ改造が必要となる。

横軸斜流ポンプで使用されている主な3つの無注水型軸封装置の特徴を表3.1に示す。

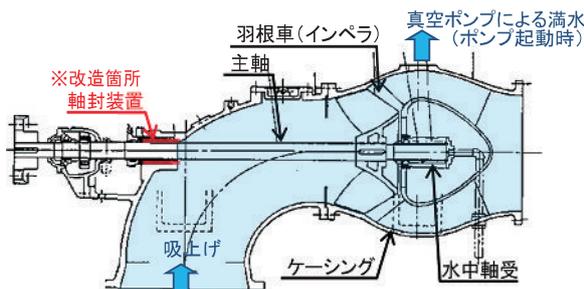
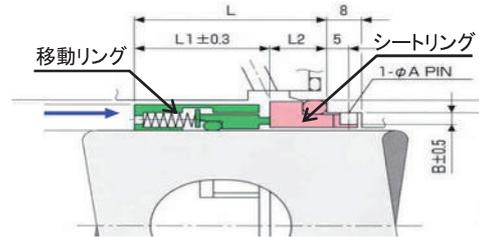


図3.2 横軸斜流ポンプ構造図

表3.1 無注水型軸封装置の概要

無注水軸封装置	概要
メカニカルシール(接触形)	・回転側と固定側の間の僅かな隙間に特殊カーボン材のシールを行う構造
フローティングシール(非接触形)	・ゴムリングで支持されたフローティングリングが回転リングを柔軟に接触する構造
ラビリンスシール(非接触形)	・多数の溝が掘られたラビリンス及びラビリンススリーブが非接触で並び、ラビリンス効果を持たせ漏洩を抑える構造

一般的に採用事例が多いメカニカルシールの無注水軸封装置を以下(図3.3)に示す。



※軸方向に移動しないシートリング(ピンク色)の端面に、軸方向に移動できる移動リング(緑色)を押し付けて密封する構造

図3.3 メカニカルシール構造図(例)

3.3 主原動機・自家発電機

(1)ラジエータ方式の採用

排水ポンプの主原動機は、外部から電源供給に頼ることなく運転できる機能を有し、排水機場のような低頻度運転に対しても有効な内燃機関(ディーゼル機関)の採用を標準としている。

このため、寒冷地対策を行う場合は、空冷方式またはラジエータ方式に更新する必要がある。図3.4には、採用事例が多いラジエータ方式のディーゼル機関の概念図を示す。

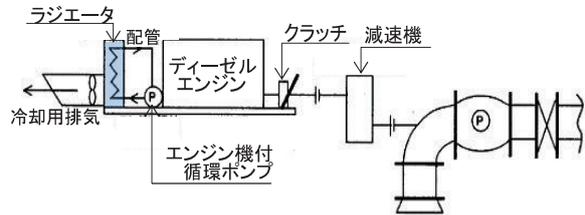


図3.4 ラジエータ方式ディーゼル機関の概念図

(2)吸排気設備の増設

ラジエータ方式は、主原動機の排熱及び燃焼に必要な吸排気の他に原動機出力の約3倍の給気量(ラジエータ冷却)が必要となるため、水冷方式からラジエータ方式に更新した場合は、機场上屋における吸排気設備の増設が必要となる。



写真3.1 ラジエータ式ディーゼル機関(例)

3.4 減速機

減速機は、主原動機の動力を主ポンプへ伝達する役割があり、主原動機（定格出力）の回転数をポンプ効率の高い主ポンプの回転数に減速させる機能を有している。

減速機の冷却方式は、主原動機と同様の冷却方式を採用している場合が多いため、主原動機の寒冷地対策に伴い、減速比の変更等を含め、減速機の更新が必要となる。無水化が可能な2方式の減速機の特徴を以下に示す。

(1) 平行軸歯車減速機

一对又は数対の平歯車をケーシング内に納めた形式で、入力軸と出力軸は同一軸芯上に無い。

冷却方式：機付ファンによる空冷式

潤滑方式：油浴潤滑方式（潤滑油ポンプ不要）

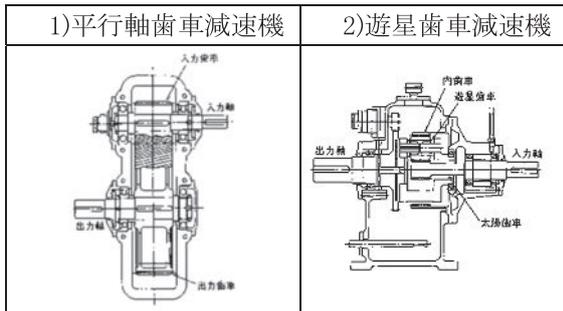
(2) 遊星歯車減速機

太陽歯車、遊星歯車及び内歯車で構成され、入力軸と出力軸は同一軸芯上である。

冷却方式：機付ファンによる空冷式

潤滑方式：強制循環方式

表 3.2 減速機の構造図（例）



3.5 満水系統設備

横軸ポンプは、インペラ部が水中に没していないため、始動時には真空ポンプにより横軸ポンプ内部を水で満たす必要がある（図 3.2 参照）。

多くの既設排水機場では、水封式真空ポンプ（湿式真空ポンプ）が用いられており、寒冷地対策（無水化）としては、以下に示すメリットから乾式真空ポンプに更新する事例が多い。

<乾式真空ポンプのメリット>

- ① 監視管により、主ポンプ・弁・配管等の気密性が健全であるか容易に確認できる。
- ② 封水を使用しないので、真空ポンプの腐食が水封式に比べ少ない。
- ③ 水封式真空ポンプと比較して騒音が小さい。
- ④ 真空度の調整が可能であり、長時間の満水待機運転が可能である。

4 排水機場の信頼性向上に向けた対策

4.1 主原動機の部品供給状況とその対策

主原動機の内燃機関は構成部品が多く、技術の進歩や改良等により製品サイクルが早い。また、設置後の経過年数が長く経っている機種は、生産中止となっている場合がある。

（社）日本陸用内燃機関協会では、原動機（エンジン）の生産中止後の部品供給を10年間と取り決められており（メーカーの自主的な供給期限は約15年）、それ以降は、各メーカーにより在庫品の供給や受注生産による対応を行っているが、需要が低下した部品については、突然に供給停止となる可能性がある。

図 4.1、図 4.2 に原動機の主要機能部品と消耗部品における一般的な経過年数と納期を示す。

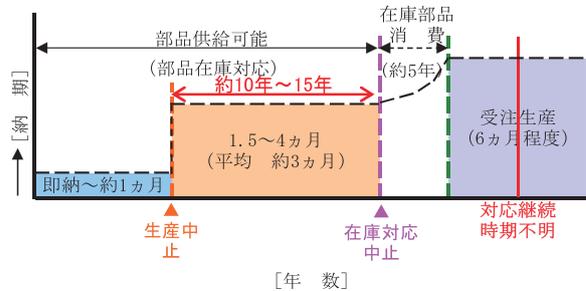


図 4.1 原動機の主要機能部品における経過年数と納期
※主要機能部品：シリンダヘッド、カム軸、ピストン、噴射ポンプ

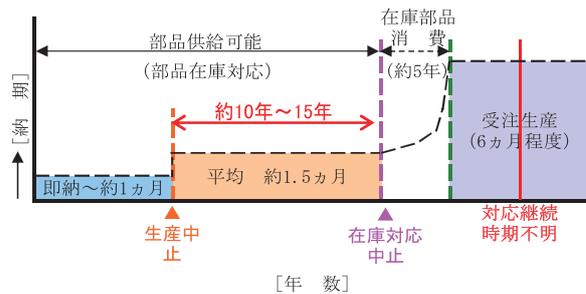


図 4.2 原動機の消耗部品類における経過年数と納期
※消耗部品：パッキン、ガスケット、ピストンリング、吸排気弁

このように既設排水機場の原動機については、生産状況と部品供給状況を把握し、信頼性向上のため、主原動機の寒冷地対策と併せて原動機の更新計画を検討することが有効である。

4.2 燃料タンク漏油対策

(1) 危険物の規制等に関する規則の一部改正への対応
排水機場には、主原動機（内燃機関）を連続して運転するための燃料貯油槽等の燃料系統設備が設置されている。

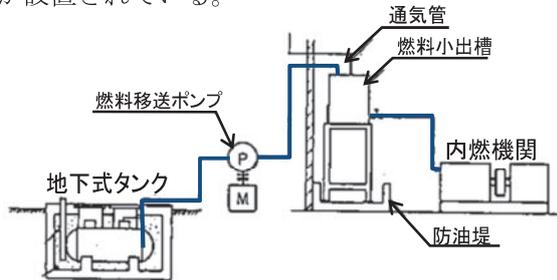


図 4.3 燃料移送系統図（地下タンク式）

近年では、危険物施設の腐食に伴う漏洩事故が増加傾向にあるため、地下貯蔵タンクの漏洩事故防止を図ることを目的に、危険物施設の規制に関する規則等の一部が平成22年6月に改正された。

改正の概要は、“地盤面下に直接埋設された鋼製一重殻の地下貯蔵タンクのうち設置年数、塗覆装の種類、設計板厚等に応じて、腐食のおそれが①「特に高いもの」、②「高いもの」を区分し、所要の流出防止対策を講ずる。”というものである。

表 4.1 地下貯蔵タンクの流出事故防止対策における区分

設置年数	塗覆装の種類	①腐食のおそれが特に高い地下貯蔵タンク	②腐食のおそれが高い地下貯蔵タンク
		設計板厚	設計板厚
50年以上	アスファルト	全ての設計板厚	
	モルタル	8.0mm 未満	8.0mm 以上
	エポキシ樹脂等	6.0mm 未満	6.0mm 以上
	強化プラスチック	4.5mm 未満	12.0mm 未満
40年以上 50年未満	アスファルト	4.5mm 未満	4.5mm 以上
	モルタル		6.0mm 未満
	エポキシ樹脂等		4.5mm 未満
30年以上 40年未満	アスファルト		6.0mm 未満
	モルタル		4.5mm 未満
20年以上 30年未満	アスファルト		4.5mm 未満

上記の表に区分される処置内容は以下となる。

区分	措置内容
①腐食のおそれが特に高い地下貯蔵タンク	【危険物の漏れを防水する措置】 ○FRP等による内面ライニング ○電気防食
②腐食のおそれが高い地下貯蔵タンク	【危険物の漏れを早期に検知する設備を設置する措置】 ○高精度液面計設置

(2) 排水機場における対策

既設排水機場では、塗覆装がアスファルトの地下式タンクとしているケースが多く、設置後40年以上で「①腐食のおそれが高い地下貯蔵タンク」に該当する。今後は、多くの排水機場でFRPによる内面ライニング等の措置が必要となる。

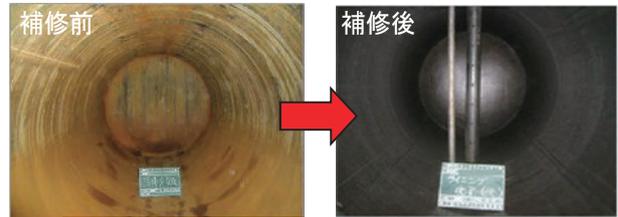


写真 4.1 FRP内面ライニングの補修例

(3) 新技術の紹介

燃料タンクは、劣化状況等により信頼性向上に向けて交換が必要となることが考えられる。

燃料タンク交換に伴う新技術として、耐久性に優れ、現場工期の短縮が図れる「コンボルト型地上タンク」について紹介する。

<コンボルト型地上タンク (NETIS : QS-100037-A) >

コンボルト型地上タンクは、鋼製タンクを非金属シートで被覆した二重構造で、さらにその外側を15cm以上の鉄筋コンクリートで保護されている構造であり、以下にその特徴を記載する。

- 二重の漏れ防止構造であり防油堤が不要
- 火災、洪水、地震等のほか外部衝撃に強い
- メンテナンスフリーである（耐用年数30年）

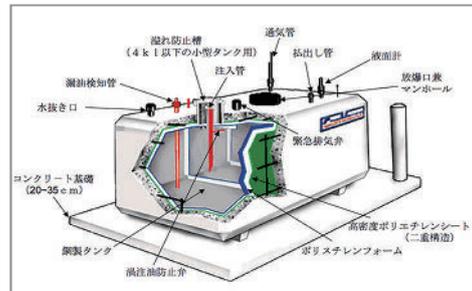


図 4.4 コンボルト型地上タンクの構造概要

5 おわりに

寒冷地対策のための無水化は、系統機器の簡素化が図られ、維持管理やランニングコストの抑制面からも有効な対策である。また、低平地に設置される排水機場は、洪水により浸水リスクが高いため、迅速な運転や操作人の安全性の確保の点からも、寒冷地対策（無水化）の促進と併行して遠隔監視操作化への期待が高まっている。

[参考文献]

- 1) 揚排水ポンプ設備設計指針（案）：（社）河川ポンプ施設技術協会
- 2) 土地改良事業計画設計及び運用・解説設計「ポンプ場」：（社）農業土木学会