

# 低温積雪時に発生する出水災害の影響分析と 対策技術の検討について —排水ポンプ設置支援装置の開発—

(独)土木研究所 寒地土木研究所 寒地機械技術チーム ○堀田 歩  
高松 茂  
小出 涼平

近年、北海道では冬期における降雨があり、周囲の雪を融かすため、雨量以上の洪水被害となる場合があり、特に低温積雪条件下では凍結により、排水ポンプなどの施設の運用に支障をきたす事がある。

この様に、多様化する現場の状況を踏まえて、北海道開発局保有の排水ポンプ車に最も多く搭載されている7.5m<sup>3</sup>/min排水ポンプを利用し、汎用性を持たせた排水ポンプ設置支援装置を開発することで、柔軟な現場対応と共に、排水ポンプの安全且つ効率的な設置・回収を図ることを目的とする。

キーワード：災害対策、排水作業、自走装置、排水ポンプ

## 1. まえがき

近年、北海道では冬期における降雨があり、周囲の雪を融かすため、雨量以上の洪水被害となる場合があり、特に低温積雪条件下では凍結により、排水ポンプなどの施設の運用に支障をきたす事がある。

更に通常、堤防やその周辺は冬期間、除雪されていないことから、災害対策用機械の迅速な搬入が困難である。



写真-1 平成19年浦幌町十勝太での内水排除

また、北海道は広域分散型社会であるため、それぞれの地域で着実に災害対策を行わなければならない。

本検討は、平成19年1月の爆弾低気圧の影響による浦幌町十勝太での内水排除等、多様化する現場の状況（写真-1参照）を踏まえて、既存の排水ポンプを利用

する汎用性を持たせた設置支援装置を開発することで、柔軟な現場対応と共に、排水ポンプの安全且つ効率的な設置・回収を図ることを目的とする。

## 2. 検討概要

排水ポンプ設置支援装置の開発については、北海道開発局保有の排水ポンプ車に搭載している排水ポンプ116基中68基と、全体数の約6割となり、現状最も保有台数の多い7.5m<sup>3</sup>/min排水ポンプを対象とした装置を開発することとした。（図-1参照）

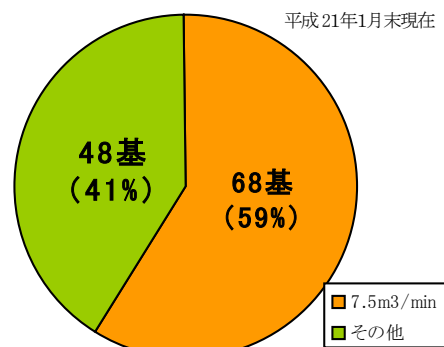


図-1 排水ポンプ保有台数

それにより、ポンプ本体の開発、改造を新たに必要とせず、装置に汎用性を持たせることにより、広域的且つ効率的な運用を図り、購入台数の低減、開発コストの縮

減を図ることを目標とする。

なお、本検討は、北海道開発局より移管されたものであり、過年度は下記の項目について検討した。

(1) 施工実態調査、基本性能及び基本設計方針の検討

開発機械を災害現場で使用する形態を想定した上で、技術動向調査を行い、開発機械に必要な基本性能開発目標を設定し、基本設計方針を検討した。

(2) 基本仕様の作成及び詳細設計

基本性能開発目標・基本設計方針の検討結果に基づき、製作仕様書及び技術関連資料を作成した。

(3) 導入効果及び運用方法の検討

開発機械を導入及び運用した場合の経済効果を、購入費、維持管理費、導入効果等の観点から定量化し、既存機械との比較検討を行った。

### 3. 排水ポンプの仕様

設置支援装置に搭載する排水ポンプの仕様について下記に示す。(写真-2、表-1参照)

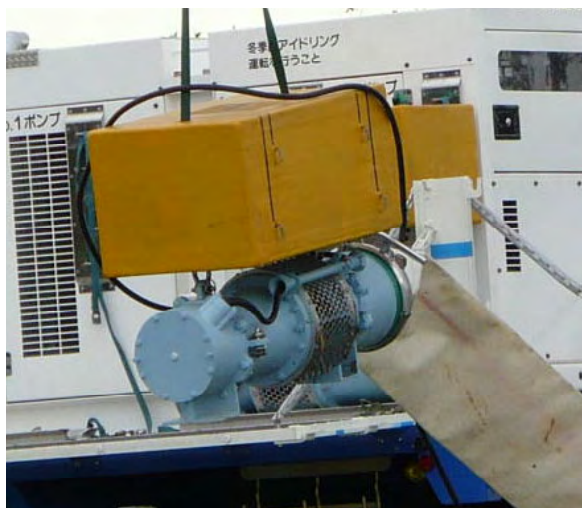


写真-2 既存排水ポンプ

表-1 既存排水ポンプ仕様

型 式	水中モーター駆動ポンプ
口 径	250mm
排水量	7.5m <sup>3</sup> /min
電動機	
形 式	乾式水中三相誘導電動機
出 力	15kW
電 圧	440V
周波数	60Hz
軸封装置	ダブルメカニカルシール
キャブタイヤケーブル (防水コネクタ付)	50m/台
質量 (ポンプ及びフロート重量)	120kg/台
主要材料	
ケーシング、モーターフレーム	アルミニウム合金鋳物
主軸、羽根車	ステンレス鋼

### 4. 設置支援装置の検討

排水ポンプ車の過去の災害出動実績、排水作業訓練視察及び聞き取り調査より、排水ポンプ車の運用における現状を調査した。

それらを踏まえて、排水ポンプ設置支援装置の検討を行った。

(1) 自走装置による排水ポンプ設置の検討

現在の排水ポンプ車運用実態を調査した結果から、クレーン装置の届く範囲内であれば、排水ポンプの設置・回収は比較的スムーズに行われている。

そのため、検討するのはクレーンの届かない範囲、もしくは不整地や積雪時に排水ポンプ車が作業場所まで入っていけない現場などの状況を対象とする。

現状、災害時に排水ポンプ車が進入出来ない場所は少ないが、新潟県中越地震に代表される大規模災害の発生時や冬期間の未除雪区間など、悪条件下でも排水作業を可能とするにはポンプ設置支援装置が必要である。

よって、悪条件下で排水ポンプを設置地点まで搬送し、設置する手段として、自走装置は有効な装置である。

(2) 基本条件

災害現場では迅速且つ確実な作業が求められるため、設置に時間をかけることはできない。また、故障等による時間のロスを減らすため、複雑な機構などを用いないシンプルな構造が望ましい。

現在、北海道開発局では15m<sup>3</sup>/min排水ポンプ用のポンプ自走装置(写真-3、表-2参照)を所有しているが、本体が大型であるため使用状況が限られている。走行性能が同等で、排水ポンプの着脱が容易且つ小型な構造にすることにより、各地に配置されている排水ポンプ車に転用ができ、より多くの状況で災害支援を可能とするための検討を行う。

(3) 基本性能・開発目標の設定

自走装置の仕様については、既存のポンプ自走装置と同等程度の能力を発揮すること、また新たな排水ポンプの開発を行わないこと、コストを抑えることを踏まえ、北海道開発局が保有する排水ポンプを使用する事を前提とし、検討を行った。

- a) 北海道開発局が保有する排水ポンプ (7.5m<sup>3</sup>/min) を搭載して使用する装置であること。
- b) 車載クレーンを使用せずに排水ポンプを設置・回収出来る装置であること。
- c) 設置支援装置へのポンプの搭載は現地での作業性を考慮して、単純且つ簡潔な構造とすること。
- d) 設置支援装置は車両に積載して運搬し、現場で車両から降ろして使用することを前提としているた

- め、積み降ろし、運搬が容易な構造であること。
- e) 夏期、冬期を問わず可能な限り走破性を高めること。
- f) 装置寸法は可能な限り、小型・軽量化を考慮すること。

表-2 既存ポンプ自走装置仕様

排水量	15m <sup>3</sup> /min
最大登坂角度	30° (tan θ = 0.58)
接地圧	0.2kgf/cm <sup>2</sup> (19.6kPa)
全長	3,500mm
全幅	1,800mm
全高	2,400mm
総質量	3,200kg(水中ポンプ含む)



写真-3 既存ポンプ自走装置外観

(4) 概略構想によるイメージ

自走装置の各構成の概略構想を以下にまとめる。

- a) 走行装置はクローラ駆動とし、可能な限り汎用品を使用する。
- b) 排水ポンプは特殊な工具を必要としない構造で着脱可能とする。
- c) 排水ポンプは2台搭載とし、自走装置の中央に設置する。
- d) 自走装置の最低地上高は悪路走破性を考慮し、150mm程度確保する。
- e) 駆動部は可能な限り自走装置全体がコンパクトな形状にまとまるよう配慮する。
- f) フロートは前後分割式とし、現場での脱着を容易な構造とする。
- g) スライドベースの底面は網状の部材を使用し、排水時の抵抗とならない構造とする。

上記をまとめた概略構想のイメージを図-2に、スライドベースの概略イメージを図-3に示す。

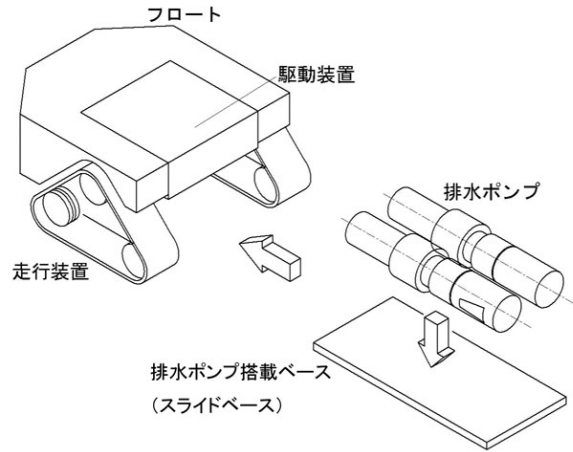


図-2 自走装置概略イメージ図

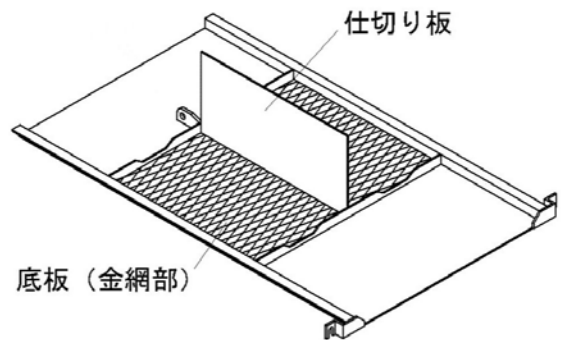


図-3 スライドベースイメージ図

(5) 開発機械の仕様作成

検討結果をもとに開発機械の製作仕様、外観図等を作成した。

主要諸数値については概略値であり、試作機を製作する際には、変更される予定である。

自走装置の3面図を図-4に、仕様を表-3に、完成イメージ図を図-5、6に示す。

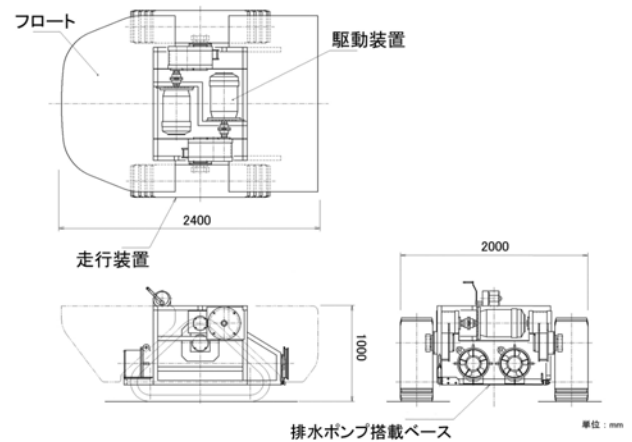


図-4 自走装置3面図

表-3 自走装置諸元表

基本性能		駆動装置(駆動用モーター)	
(1) 走行速度	0~6km/h	(1) 定格出力	7.5kw
(2) 最大登坂角度	30° (tan θ=0.58)	(2) 電圧	440V
(3) 接地圧	0.20kgf/cm <sup>2</sup> (19.6kPa)	(3) 周波数	60Hz
主要諸元(装置全体)		(4) 回転数	1,500rpm
(1) 全長	2,400mm	(5) 相数・極数	3相・4P
(2) 全幅	2,000mm	プロット部	
(3) 全高	1,000mm	(1) 構造	前後2分割式
(4) 総質量(排水ポンプ搭載時)	1,120kg	(2) 材質	内部/発泡スチロール 外面/FRP
(5) 総質量(排水ポンプ含まず)	920kg	装置制御盤	
走行装置(クローラ部)		(1) 制御盤寸法	1,000×700×400mm
(1) 全長	1,280mm	(2) 入力電圧	AC440V
(2) 全高	770mm	(3) 操作装置寸法	300×200×200mm
(3) 幅	300mm	(4) 遠隔操作	専用ケーブルによる
(4) 材質	ゴム(NBR)	(5) 配線長さ	50m
(5) 駆動輪	φ370mm		
(6) 転輪	4個 φ220mm		

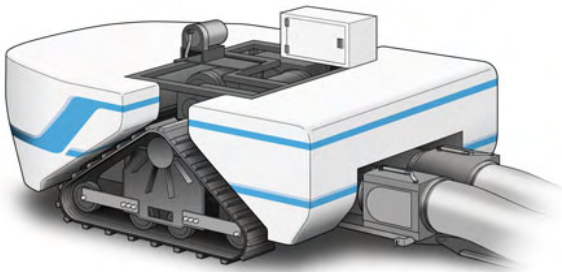


図-5 完成イメージ図

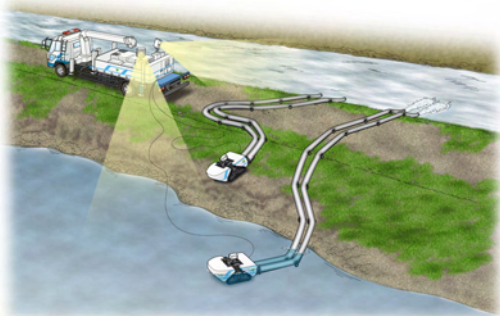


図-6 自走装置作業イメージ

## 5. 導入効果の検討

開発機械を導入運用した場合の経済効果を下記の項目について、既存の排水ポンプ設置方法との比較検討を行った。

- ① 開発機械の購入費
- ② 開発機械の維持管理費(点検費等の固定的な管理費、及び変動的な修理費等)
- ③ 開発機械の組み合わせによる出動経費(機械経費、及びオペレータ人件費等)

### (1) 購入費・維持管理費

開発機械導入における効果を、購入費・維持管理費について比較した。購入費については、今年度購入する試作機の価格であり、実用機として導入する際には、詳細な市場調査による実勢価格について、再度検討する必要がある。購入費、維持管理費について耐用年数(10年)で総合的に比較した結果を、図-7に示す。

なお、管理費は[購入費×3%×耐用年数(10年)]と仮定し、修理費は[購入費×10%]と仮定して算出した。今回の比較では購入費の面でコストが下がるため、関連して維持管理費についても若干ではあるがコスト縮減が見込まれる。

この結果、耐用年数期間内においては約21%の縮減効果が期待できる。(既存機械の購入費は排水ポンプの価格を除いたものとする。)

なお、現状の使用年数である15年以上を想定すると更なる縮減効果が見込まれる。

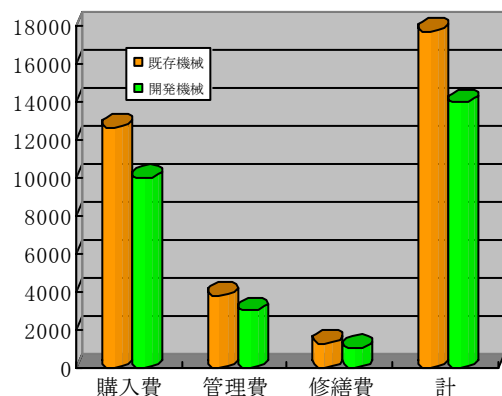


図-7 購入費・10年間の維持管理費 (単位:千円)

### (2) 出動経費

出動経費について、出動を年1回、現場までの距離を

片道50km程度と仮定して、既存機械はラフタークレーンを貸借して排水ポンプを設置する場合の輸送時の運転経費、開発機械はクレーン付トラックで自走装置を輸送する場合と比較した。既存機械の出動経費はラフタークレーンの貸借費（人件費込み）が大きな割合を占めているが、開発機械はその経費が削減されることから、大幅なコスト削減が期待できる。

また、今回はクレーン付トラックで自走装置を輸送する事を想定したが、排水ポンプ車搭載のクレーンを使用できる場合、輸送は普通トラックで可能となり、コスト削減率も増加する。出動経費を図-8に示す。

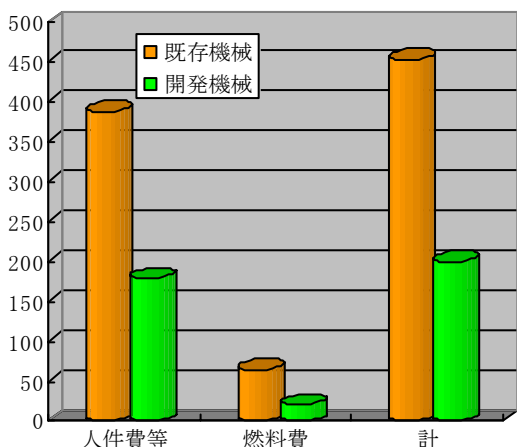


図-8 出動経費 (単位: 千円)

## 6. まとめ

排水ポンプ設置支援装置の今後の普及に向けて、重要と思われる点を以下に示す。

### (1) 排水ポンプ自走装置

本検討では、既存車両である30m<sup>3</sup>/min級の排水ポンプ車に装備されている排水ポンプ(7.5m<sup>3</sup>/min、120kg/台)を対象としているが、平成19年度より新たに導入された超軽量型排水ポンプ(7.5m<sup>3</sup>/min、35kg/台)(写真-4参照)が主要規格となった場合には、更なる小型、軽量化、または自走装置以外の装置が想定される可能性もある。超軽量型排水ポンプの仕様を表-4に示す。

表-4 超軽量型排水ポンプ仕様

項目	超軽量型排水ポンプ
(1) 型式	水中モータ駆動ポンプ
(2) 口径	φ200mm
(3) 排水量	7.5m <sup>3</sup> /min
(4) 全揚程	10m以上
(5) 電圧	440V
(6) ケーブル長	50m
(7) 質量	35kg

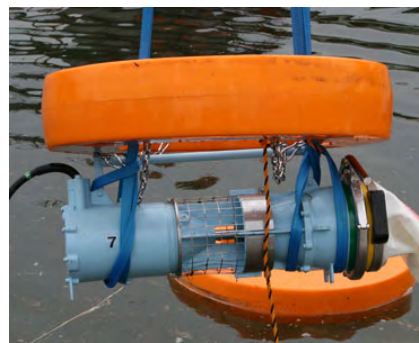


写真-4 超軽量型排水ポンプ

### (2) その他の設置支援装置

本検討では、自走装置のような動力付きで外部電源を必要とする装置について検討しているが、現場状況(カマ場や樋門の取付水路など、自走装置や人力では設置が困難な現場)や使用する排水ポンプによっては、動力を必要としない手押し車やソリ、テコの原理を利用した人力クレーンの様な、人力を主体とした装置の検討も有効であると思われる。自走装置で排水ポンプを設置箇所の手前まで運搬し、設置する際にこれらの装置を併用すれば効率的で安全な作業が可能となる。

## 7. あとがき

今年度は、平成19年度に作成した仕様に基づき、試作機を製作した。これを用いて定置試験(主要寸法測定)、冬期、夏期における走行試験(走行速度試験、登坂能力試験)、夏期の作業試験(排水試験)等を行い評価、改良を行う。

また、今年度製作したのは試作機であり、基本構造及び基本性能の試験を実施する為、これらの課題を整理し、次年度以降は、課題等の改良、試験、評価を行い、実機として使用出来るレベルまで改良、調整を行うものとする。また、開発機械の効果的な配置・運用方法の提案、既存機械とのライフサイクルコスト比較による導入効果の試算を行う。今後のスケジュールを表-5に示す。

表-5 今後のスケジュール

年度	実施項目
平成20年度～平成22年度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工実態調査及び技術動向調査</li> <li>・付加機能の整理検討</li> <li>・付加機能の基本仕様検討・作成</li> <li>・効率的な運用方法等の検討</li> <li>・現地試験及び評価・試作機改良</li> </ul>