

低温積雪時に発生する出水災害の影響分析と対策技術に関する検討

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 20～平 22

担当チーム：寒地機械技術チーム

研究担当者：片野浩司、牧野正敏、上野仁士、
今滝茂樹、平伴斉

【要旨】

近年、北海道では冬期でも降雨があり、これにより河川周辺の雪が融け出すため、雨量以上の洪水被害となる場合がある。また、低温積雪条件下での災害対応は、除雪の必要性や現場状況の悪化等、作業を遅延させる要因が増える。さらに、北海道は広域分散型の地域構造であるため、各地域による着実な災害対策が求められる。

そこで、本検討では、冬期気象状況の影響による出水災害対応を検討し、このような冬期間の融雪など多様化する現場状況に対応可能な排水ポンプ設置支援装置を試作して、試験運用を行い、その有効性を見出した。また、広域的な災害復旧支援体制を確保するため、災害対策用機械の位置情報を蓄積、管理する運行管理システムの構築を行った。

キーワード：災害対策、排水作業、自走装置、可搬装置、排水ポンプ、運行管理

1. はじめに

近年、北海道では冬期でも降雨があり、河川周辺の雪を融かすため、雨量以上の洪水被害となる場合がある。

特に低温積雪条件下では、凍結により排水機場などの施設が使用できない場合は、排水ポンプ車による対応に頼らざるを得ないが、冬期間は除雪の必要性や現場状況の悪化等、作業を遅延させる要因が増える。

本検討は、平成19年1月の爆弾低気圧の影響による十勝太での内水排除等、多様化する現場の状況(写真-1)を踏まえ、冬期気象状況の影響による出水災害対応を検討し、多様化する現場状況に対応でき、既存の排水ポンプが利用可能な汎用性を持たせた設置支援装置を開発するものである。



写真-1 平成19年1月十勝太での排水作業

これにより、柔軟な現場対応と共に水際での人力作業等を減少させ、排水ポンプの安全かつ効率的な設置・回収を図ることが可能となる。

また、北海道特有の広域分散型地域において、迅速かつ効率的な災害復旧支援を行うためには、各種防災情報の共有化を図る必要がある。

そのため、本検討においては、災害対策用機械の位置情報を蓄積、管理する運行管理システムを構築する。

2. 低温積雪時における排水作業の迅速化及び信頼性向上

2.1 低温積雪時の災害発生における影響分析

2.1.1 分析方法

(1) 冬期気象状況の影響

北海道において冬期積雪時に降雨がある場合、積雪・融雪水量等の影響により、降水量以上の洪水被害となる可能性がある。そこで、過去の気象データ等を調査し、近年の気象変動が出水災害に与える影響について分析を行った。

(2) 冬期出水災害対応の検討

冬期に発生する出水災害について、積雪の有無が災害対応の遅延、融雪水量の増減等に与えている影響を、現場状況及び気象データから検証を行った。

具体的には、過去に災害実績のあった現場について、北海道開発局帯広開発建設部4箇所、網走開発

建設部 12 箇所、釧路開発建設部 1 箇所の合計 17 箇所を対象に、出勤経費等の災害対応をシミュレーションし、その平均値を算出した。

出勤経費等は、対応基地から災害現場までの距離を算出し、夏期と冬期での移動時間の差異から検証した。その際、対応基地から災害現場までのルートは、主要幹線道路を優先とし、災害時の通行止めを考慮して最大で 3 ルートを設定した。また、冬期の走行速度は、吹雪等による視程障害や滑りやすい雪氷路面等を考慮し、一般道路においては夏期 30km/h、冬期 20km/h と設定した。

災害対策用機械は、排水ポンプ車、照明車、ホイールクレーン等の要請があった場合を想定し、編成人員は開発建設部の防災訓練等を参考に 17 名体制と仮定した。

除雪時間の算定にあたっては、プラウ系除雪車である 8 t 級の除雪ドーザの除雪能力を設定条件とした。

2. 1. 2 分析結果

(1) 冬期気象状況の影響

冬期気象状況の影響として、次のことがわかった。

- 冬期出水災害事例では、冬期における気温上昇が融雪を促し、流量が増大する事例が見られる。
- 低気圧の接近による水面の上昇や吹き寄せによっても、河川水位が上昇する。
- 中長期的な気象情報の分析では、年平均気温は上昇傾向、年間降水日数は増加傾向が見られる。

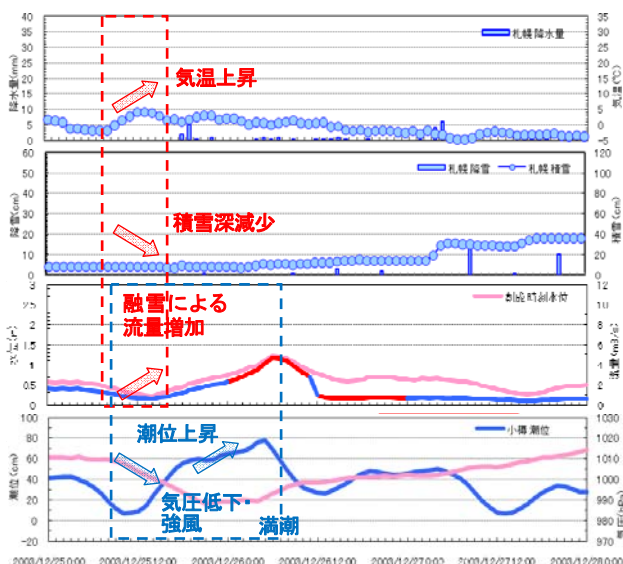


図-1 冬期出水発生時の気象及び水文データ

平成 15 年 12 月 26 日 茨戸川（創成排水機場）

よって、近年は夏期のみではなく冬期においても河川水位が上昇し、出水災害が発生する可能性が高

くなってきていると言える。

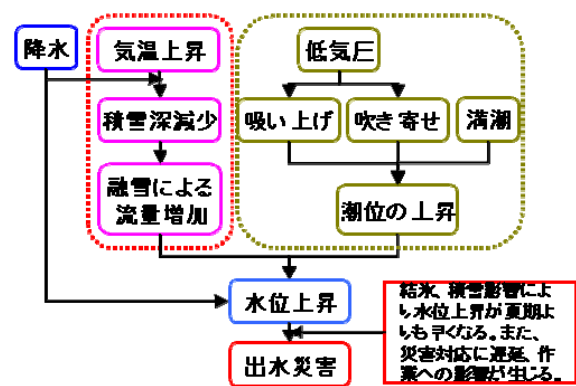


図-2 冬期出水災害発生の原因

(2) 冬期出水災害対応の検討

シミュレーションより次の結果を得た。

- 対応基地から災害現場までの移動時間は、夏期に比べ約 1.51 倍の 36 分程度遅れる。
- 出勤要請から排水ポンプ稼働までの時間は、夏期に比べ、約 1.32 倍の 1 時間 30 分程度遅れる。
- 遅れの背景として、雪道による移動時間の遅れ、積雪による作業ヤードの除雪時間などが考えられる。
- 夏期と冬期の所要人工数では、対象 17 樋門の平均で夏期 97.68 人、冬期 115.11 人となり、冬期は夏期に比べて約 1.18 倍となる 17.44 人(142 時間)のコスト増となった。

冬期の場合は、基地内及び現地での除雪対応や吹雪等による視程障害による安全の確保及び作業効率の低下等がある。また、積雪による初動の遅れが被害やコストに影響を及ぼすことが考えられる。

2. 1. 3 影響分析のまとめ

冬期出水は、過去の気象データや水文データなどから、今後も増加する可能性がある。夏期出水は降水量が支配的であるのに対して、冬期出水の背景には融雪出水があり、融雪を引き起こす原因として、気温の上昇、風向風速（特に南風によるフェーン現象の発生）、降水量などが想定される。

このことから、冬期出水災害防止にはこれらの気象因子をいち早く入手し、情報分析する必要がある。また、冬期作業では雪道による走行速度の低下や作業ヤードの除雪時間など、夏期出水では想定されない時間を要するため、早期の出勤指示を出す必要がある。

排水ポンプ車の架装クレーンで排水ポンプを設置する際、積雪が 20cm 以上あると排水ポンプ車が走行困難となるので除雪を行う必要が出てくるが、その

場合でも雪上等を走行可能な設置支援装置があれば迅速な災害対応が可能となる。

2. 2 排水ポンプ設置支援装置の開発

2. 2. 1 排水ポンプ保有台数調査

排水ポンプ設置支援装置の適応性を検討するため、北海道で最も多く排水ポンプ車を保有している北海道開発局における保有台数調査を行った。

その結果、排水ポンプ車に搭載されている排水ポンプの規格は、7.5m³/minが一番多く、平成22年4月現在では、124基中80基と全体数の65%を占めていた(図-1)。

このことから、最も多く導入されている7.5m³/min排水ポンプが使用可能な汎用装置を開発することにより、広域かつ効率的な運用を実現できる。また、これらの排水ポンプを適宜搭載して使用できる設置支援装置があれば、装置自体の購入台数を低減させることで導入コストの縮減を図ることが可能である。

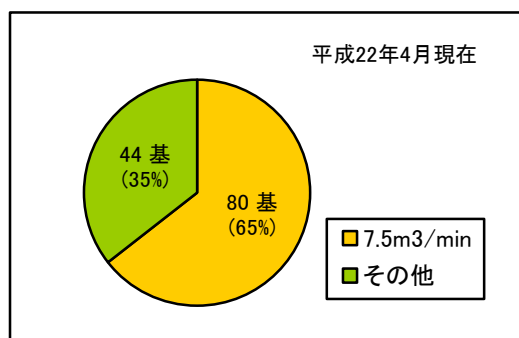


図-3 排水ポンプ保有台数

2. 2. 2 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実態を把握し、それらを踏まえ、排水ポンプ設置支援装置の検討を行った。

(1) 排水ポンプ設置手法の検討

現状、災害時に排水ポンプ車が進入できない状況は限られるが、新潟県中越地震に代表される大規模災害の発生時や積雪時における未除雪現場では、被災地への移動、作業ヤードの確保等が困難な場合がある。

そこで、排水ポンプ車の運用実態を調査した結果、排水ポンプ車による排水作業の効率を高める上で排水ピットとそれに伴う作業ヤードが必要とされていること、及びクレーン装置の届く範囲内では排水ポンプの設置、回収は比較的円滑に行われていることがわかった。そのため、検討範囲は、クレーンの届

かない箇所での作業及び不整地や積雪で排水ポンプ車が作業場所まで入ることができない状況などを対象とすることとした。

現在、北海道開発局では15m³/min級のポンプ自走装置を所有しているが、装置本体が大型であるため使用できる現場が限られている状況である(写真-2、表-1)。



写真-2 既存ポンプ自走装置

表-1 既存ポンプ自走装置諸元

排水量	15m ³ /min
最大登坂角度	30度 (tan θ=0.58)
全長	3,500mm
全幅	1,800mm
全高	2,400mm
総質量	3,200kg (排水ポンプ含む)
電源電圧	200V

悪条件下でも排水作業が可能となるよう、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式の設置支援装置は有効である。

したがって、検討にあたっては可能な限り小型構造としたうえで、排水能力及び走行性能を既存ポンプ自走装置と同程度に保ち、さらに、排水ポンプの着脱を容易にすることによって、より多くの状況で災害対応支援ができる装置構造とすることを基本条件とした。

(2) 基本性能・開発目標の設定

自走式の設置支援装置(以下「自走装置」という)の仕様は、既存のポンプ自走装置と同程度の能力を発揮し、イニシャルコストを抑えることを踏まえ、前述の排水ポンプを使用することを前提に検討を行った。

開発目標は次のとおりである。

- ① 排水ポンプ（7.5m³/min）を搭載可能な装置とする。
- ② 車載クレーンを使用せず、7.5m³/min 排水ポンプを設置し、排水作業が行える装置とする。
- ③ 排水能力を既存装置と同等とするため、7.5m³/min 排水ポンプを2台搭載可能な構造とする。
- ④ 自走装置へのポンプ搭載は現地での作業性を考慮して、単純かつ簡潔な構造とする。
- ⑤ 作業現場までは運搬車両による移動を前提とするため、積み降ろしが容易な構造とする。
- ⑥ 夏期、冬期及び路面状況を問わず可能な限り走破性を高める。
- ⑦ 装置本体は可能な限り、小型・軽量化を図る。

2. 2. 3 試作機の仕様及び特徴

これまでの検討結果をもとに自走装置を試作した。試作機の全景、諸元及び概略図を以下に示す（写真－3、4、表－2、図－4）。



写真－3 自走装置（試作機）

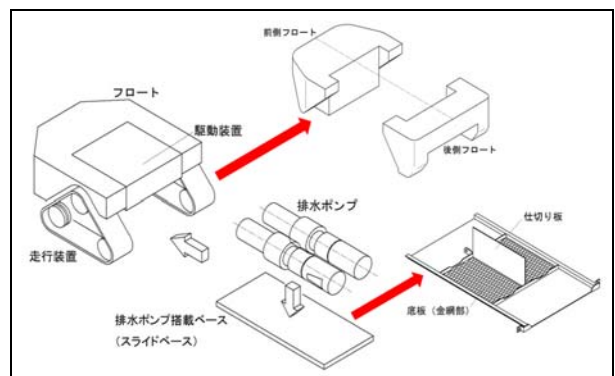


写真－4 操作盤及びコントローラ

表－2 自走装置（試作機）主要諸元

基本性能	
走行速度	6.5km/h
最大登坂角	30度 (tan θ=0.58)
接地圧	19.6kPa (0.2kgf/cm ²)
最低排水深	70cm
主要諸元	
全長	2,400mm

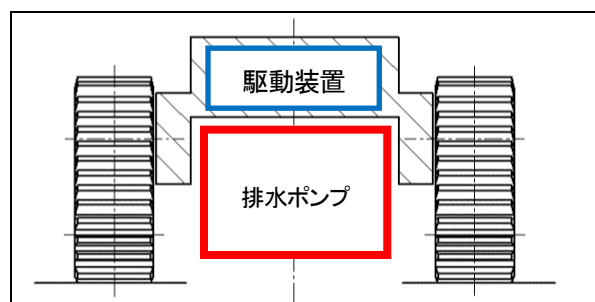
全幅	1,800mm
全高	1,000mm
総質量（ポンプ搭載時）	1,320kg（排水ポンプ120kg×2台搭載時）
総質量（ポンプ未搭載）	1,080kg
フロート部	
構造	前後2分割
材質	内部/発泡スチロール 外面/FRP
駆動装置（電動機）	
定格出力	3.7kW×2基
電圧	440V
周波数	60Hz
回転数	1,800rpm
相数・極数	3極・4相
走行装置（クローラ部）	
全長	1,265mm
全高	760mm
履帯幅	300mm
材質	ニトリルゴム（NBR）
駆動輪	φ370mm
転輪	4個 φ220mm



図－4 自走装置概略図

(1) 本体構造

作業現場までは運搬車両による移動を前提とするが、既設ポンプ自走装置は全長 3,500mm、質量 3,200kg あり、その一方で一般的な運搬車両の車載クレーンは定格荷重 3 t 未満がほとんどなため、3 t 以上の質量では、積み降ろし作業に大型クレーンが必要となる。



図－3 駆動装置及び排水ポンプ配置

そこで、より小型・軽量化するために、各装置の配置を干渉しない構造とし、駆動装置を本体上部、排水ポンプを本体下部に配置することとした（図-3）。

(2) 駆動形式

自走可能な装置として、駆動形式は一般的にタイヤ駆動又はクローラ駆動が考えられるが、タイヤ駆動では、サスペンション、減速機、ドライブシャフトなどがポンプ搭載スペースと干渉する可能性が高く、それを避けるために装置全体の大型化を招くことになる。

一方で、クローラ駆動は左右独立駆動とすることで舵取りが行えるため、構造を簡素化することができ、不整地での走破性も高い。このことから、駆動形式はクローラ駆動とした（写真-5）。



写真-5 駆動形式

(3) 半没水構造

自走装置は、排水ポンプの搭載、設置、排水、回収を一連の作業とするが、没水構造では水中のゴミ、草、土砂等を吸い込む可能性が高く、排水ポンプの目詰まりが考えられる。また、自走装置の状況を目視で確認することが困難となる。このことから、自走装置は半没水構造を採用した（写真-6）。



写真-6 半没水構造

但し、水面の漂流物の影響も懸念されるため、本体フレームの隙間に吸い込み防護網を設置した。

(4) フロート

自走装置を半没水構造とするために装置本体にフロートを設置しているが、排水ポンプの搭載、ホースの接続時には後部のフロートを外す必要がある。そのため、フロートは左右2本のロングピンで固定する構造とすることで現場での脱着作業を容易に行えるものとした（写真-7）。



写真-7 フロート脱着作業状況

(5) 排水ポンプ部

排水ポンプは縦 660mm×横 1,000mm のスライドベースに搭載し、ポンプの種類に合わせたスライドベースに取り替えることにより多様なポンプへの対応を可能とした。また、スライドベースの中央部には仕切り板を設けて、排水時に2台のポンプが干渉しない構造とした。さらに、スライドベースの底面は網状の部材を使用し、吸水の支障とならない構造とした。（写真-8）。



写真-8 排水ポンプ搭載状況

なお、本体下部のポンプ搭載スペース（図-3）は幅約 950mm、高さ約 400mm であり、この寸法に収

まる排水ポンプであれば搭載が可能である。

(6) 駆動装置

自走装置の汎用性を考慮し、動力源は既存排水ポンプ車に搭載されている発電機（AC400V）を活用可能な、電動モータを採用した（写真－9）。



写真－9 駆動装置

駆動装置は、クラッチ機構等を設けず駆動用モータ1基に対して減速機を1基とし、それを左右に1組ずつという簡素な構造を採用した。

また、走行操作時の安全性を考慮し、傾斜地等での停止を可能とするため、電気式のブレーキ装置を採用し、操作レバーオフの状態では常にブレーキが掛かる構造とした。さらに、各ブレーキ機構を一括制御方式にすることにより、制御用の心線数を減らし、ケーブルを1本にまとめることでケーブル取り回し作業の効率を向上させた。

2. 2. 4 性能試験

試作機の性能を検証するため、災害時に想定される実環境下において性能試験を行った。

(1) 走行試験

自走装置の走行速度、制動距離及び登坂能力等を計測し、走行性能について検証した。走行路面は、アスファルト、草地、積雪深30cm程度の新雪及び凍結路面とした。



写真－10 夏期走行試験状況

その結果、どの路面においても、安定した走行が可能であり、良好な走行性能を発揮した（写真－10、11）。



写真－11 冬期走行試験状況

登坂試験は、河川堤防において一般的な勾配である30度を基準とし実施した。

排水ポンプを搭載しない状態では重心位置が高く不安定な場面が見られたが、排水ポンプを搭載した状態では重心位置も下がり、接地圧も向上するため、概ね25～30度の勾配であれば乾燥した草地、濡れた状態の草地のどちらも問題なく登坂、降坂ができることを確認した（写真－12）。

積雪条件下においては、約30度の勾配では、法面に対して垂直に進入すると、自走装置の重量バランスによりクローラの接地圧が減少し、登坂不能な場合が見受けられた。しかし、進入角度を垂直から30度傾けて斜めに進入すれば登坂可能であり、積雪条件下においても走行可能であると判断した。



写真－12 登坂試験状況

(2) 排水試験

自走装置は半没水構造であり、水深約100cm以上では本体が完全に浮いた状態となる。推進能力が備わっていないことから、排水作業により水深が下がり、自走装置のクローラが接地することで、再度深い水深へと移動して排水が可能となる（写真－13）。



写真-13 進水状況

排水が可能な最低水深の検証にあたり、水深100cm程度から排水を開始し、70cm程度の水深まで排水可能であることを確認した。既存ポンプ自走装置の排水可能な最低水深は140cm程度のため、より低水深な災害現場への対応が可能である。



写真-14 草の吸い込み状況

また、草などの漂流物の吸い込みについては、フレームの隙間に防護網を設置することで大方の異物は防ぐことができたが、わずかではあるがフレーム等に引っかかるケースを確認した。しかし、排水性能を妨げる程ではなく問題はないと考えられる(写真-14)。

2. 2. 5 試験運用

北海道開発局旭川開発建設部及び網走開発建設部に協力依頼し、両建設部で行われている防災訓練にて自走装置の試験運用を行ってもらい、実際に災害対応を行っている業者7社を対象に、現場適応性、操作性、問題点等についてアンケートを実施した。

(1) 操作盤及び電源接続

自走装置用に製作した操作盤について、既存排水ポンプ車との適応性の検証にあたり、開発建設部が所有する排水ポンプ車に操作盤及び電源接続を行った(写真-15)。

接続作業に関する問題等は特に見受けられなく、

良好な結果であったが、接続ケーブル等の延長について余裕が欲しいとの意見があった。



写真-15 操作盤接続作業状況

(2) 自走装置への排水ポンプ搭載作業

排水ポンプ搭載作業を行い、作業の迅速性及び簡易性について検証した(写真-16)。

排水ポンプ搭載に関する問題等は特になく、短時間での搭載、取外しが可能だった。



写真-16 排水ポンプ搭載作業状況

(3) 走行性能及び操作性

作業ヤード内において、自走装置の走行性及び操作性について検証を行った(写真-17)。

その結果、走行性能に関する問題等は見受けられなかったが、操作には熟練が必要であるとの意見があった。



写真-17 走行操作状況

今後、実運用に向け、自走装置の試験運用を行い、

運用手順及び操作方法等の周知を行っていく。

2. 3 可搬型排水ポンプ設置支援装置の開発

2. 3. 1 設置支援装置の検討

自走装置を使用するには、進入箇所が斜路状である必要がある。そのため、排水ポンプを投入できないカマ場や樋門の水路などは自走装置が使用できないことから、そのような災害現場（写真-17）を対象にした排水ポンプの設置（投入及び回収）を支援する可搬型排水ポンプ設置支援装置（以下、「可搬装置」という）を開発した。



写真-17 自走装置で排水ポンプを投入できない現場の例（旭川開発建設部名寄河川事務所管内）

この可搬装置は、人力で分解、運搬、組立が可能な可搬型の設置支援装置であり、排水ポンプ設置の際も電動機等の動力源を必要とせず、人力で設置するものである。

フレーム上の回転自在なマストに起伏可能なジブを取り付け、排水ポンプの吊り上げ及びジブの起伏は手動のウインチで行う。また、転倒防止のためにアウトリガーを取り付け、マストを垂直にするためのジャッキを備えている（表-3、写真-18、19）。

可搬装置の主な組立順序を次に示す。

- ① フレームを組む。
- ② アウトリガーを取り付ける。
- ③ フレームにベースを取り付ける。
- ④ フレームにジョイントを取り付ける。
- ⑤ ベースにベアリングケースを取り付ける。
- ⑥ テーブルを取り付ける。
- ⑦ テーブルを固定する。
- ⑧ マストを取り付ける。
- ⑨ マストを垂直にする。
- ⑩ マストにジブを取り付ける。
- ⑪ ジブにシーブブラケットを取り付ける。
- ⑫ マストに巻き上げ用ウインチを取り付ける。
- ⑬ テーブルにバランスウェイトを載せる。
- ⑭ ジブを固定する。

表-3 可搬装置（試作機）主要諸元

装置質量	395kg（分解後の単体質量は50kg以下）
最大吊り上げ荷重	150kg
ジブ起伏角度	0（水平）～45度
揚程	5.0m
全高	ジブ水平時 2,500mm ジブ45度時 3,600mm
全幅	2,500mm
組立時間	4人で行った場合約20分



写真-18 可搬装置（試作機）組立前

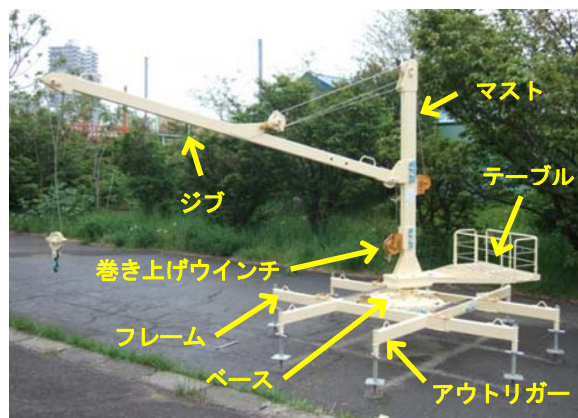


写真-19 可搬装置（試作機）組立後

2. 3. 2 組立解体試験

夏期における組立解体試験の結果は、作業員4人で組立時間約20分、解体時間は約15分だった（写真-20）。また、照明車及び投光器の照明下での夜間組立解体試験も行ったが作業時間に大きな差は見られなかった。

試験を通じて可搬装置の運用条件（作業範囲等）をとりまとめた。

- ① 組立前
保管面積：約2m×約3m＝約6m²（重ね置き）
作業面積：約10m²（仮置きスペース含む）
- ② 組立後
全幅：2.5m
作業半径（中心から）：3.01m

作業半径（アウトリガーから）：1.76m
組立後面積：2.5m×2.5m=6.25m²



写真-20 可搬装置組立後

2. 3. 3 試験運用

自走装置と同様に、北海道開発局旭川開発建設部及び網走開発建設部に協力依頼し、両建設部で行われている防災訓練において、この可搬装置の試験運用を行ってもらった。

その結果、現場条件が合致すれば、可搬装置は有効な手段であることが確認できた（写真-21）。



写真-21 可搬装置による排水ポンプ設置状況
（旭川開発建設部名寄河川事務所での訓練）

3 広域的な災害復旧支援体制の確保

3. 1 災害対策車運行管理システムの構築

除雪機械等情報管理システムは、北海道開発局が保有する除雪機械の移動型車載端末から発信する各種リアルタイム情報を民間の通信インフラを介して、蓄積・管理するものである。

今回、この除雪機械等情報管理システムをベース（基本的な構成、動作は同じ）に、広域的な災害復旧支援体制を確保するため、災害対策用機械から発信する位置・作業情報を民間の通信インフラを介し

て集約的に蓄積・管理する機能を追加した（写真-22、図-6）。

また、車載機における作業情報を自動取得化する機能の追加を行なった。従来は、作業員が「回送中」「待機中」「作業中」の動態情報を車内に設置したスイッチで切り替えていたが、作業員の切替忘れ、切替タイミングの遅れがあった。



写真-22 車載機設置状況



図-6 車両位置表示画面

3. 2 試験運用

北海道開発局網走開発建設部保有の排水ポンプ車（30m³/min 級）及び照明車（ポール式）、帯広開発建設部保有の衛星通信車に車載機を取り付け、試験運用を実施した。

その結果、不具合等は発生せず実運用に耐え得ると判断したため、北海道開発局へ車載機の製作仕様書を提案した。

北海道開発局では、全道の排水ポンプ車、照明車、衛星通信車、情報収集車への導入を検討し、平成 21 年度から配置を開始している（平成 21 年度から 23 年度までに 42 台を配置予定）（図-7）。

今後、製作仕様のフォローアップとして車載機の

故障、異常等のデータ取得を継続していく。



図ー7 システム全体イメージ（北海道開発局事業振興部機械課）

4. まとめ

4.1 低温積雪時における排水作業の迅速化及び信頼性向上

低温積雪時の災害発生における影響分析として、冬期気象状況の影響分析、冬期出水災害対応の検討を行った。冬期出水の対応には、気温、風向風速、潮位変動に留意し、雪道による移動時間の遅れや積雪による作業ヤードの除雪時間が発生することなどから、夏期よりも早い出動要請による対応が必要であることがわかった。

今後とも冬期の出水災害の事例を収集し、データを蓄積していく必要はあるが、これらのことから排水ポンプ設置支援装置の有効性を見出すことができた。

そこで冬期間の融雪など多様化する現場状況に対応でき、既存の排水ポンプが利用可能な汎用性を持たせた設置支援装置（自走装置、可搬装置）を開発し、排水作業の迅速化及び信頼性向上を図った。

自走装置は、試作後、夏期、冬期の試験運用を通して改良を行った。試験運用の結果は良好であり、実運用に耐え得る構造であると判断した。

また、進入箇所が斜路状でないカマ場や樋門の水路など自走装置では排水ポンプを投入できない箇所に対応するため、人力で分解、運搬、組立が可能な可搬装置を開発した。同様に試験運用を通して、実運用に耐え得ると判断した。

今後は実際の災害現場での運用及びデータ収集を通じて適応性及び改良点を調査するとともに成果の普及を図っていく。

4.2 広域的な災害復旧支援体制の確保

広域的な災害復旧支援体制を確保するため、災害対策用機械から発信する位置、作業情報を民間の通信インフラを介して蓄積・管理する機能を除雪機械等情報管理システムに追加した。

この災害対策車運行管理システムについて、北海道開発局保有の排水ポンプ車、照明車、衛星通信車に車載機を取り付け、試験運用を行った。

試験運用の結果、不具合等は発生せず実運用に耐え得る仕様であると判断したため、北海道開発局へ車載機の製作仕様書の提案を行った。

今後は製作仕様のフォローアップとして継続してデータの取得を実施していく。

参考文献

- 1) 堀田歩、高松茂、小出涼平：積雪寒冷地における出水災害の影響分析と対策技術の検討について、第52回（平成20年度）北海道開発技術研究発表会、2009年2月
- 2) 牧野正敏、堀田歩、高松茂：排水ポンプ設置支援装置の開発、平成21年度建設施工と建設機械シンポジウム、2009年11月
- 3) 今滝茂樹、堀田歩、牧野正敏：排水ポンプ設置支援装置の開発、月刊「建設機械」2010年8月号
- 4) 今滝茂樹：排水ポンプ設置支援装置の開発、寒地土木研究所月報2010年8月号
- 5) 今滝茂樹、片野浩司、上野仁士：排水ポンプ設置支援装置の開発について、第54回（平成22年度）北海道開発技術研究発表会、2011年2月