

新技術開発探訪

排水ポンプ車の 状態監視システムの検討開発

国土交通省 中部地方整備局 中部技術事務所 防災・技術課長

防災・技術課 専門職

技術・計画係長

あいば まなぶ
相羽 学
おおや そうじ
大矢 宗司
まつもと ひろき
松本 博樹

1. はじめに

近年、地球温暖化が原因と言われる集中豪雨や地震による自然災害が数多く発生している。

国土交通省は、復旧作業を1日でも早く完了し、国民の生活基盤の再建及び社会基盤の復興を円滑かつ着実に進めるために、全国各地に災害対策用機械を配備し、災害対策支援活動を行っている（写真—1）。

中部技術事務所では、中部地震津波対策技術センターとして、南海トラフ地震を想定した災害に有用なシステムの検討・開発を行っている。



写真—1 東日本大震災の内水排除作業状況

2. 検討目的

本検討は、排水ポンプ車による災害対策支援活動で、排水作業の安全性及び確実性の向上、現地作業員の負担軽減に貢献するシステムの検討・開発を目的としている。

3. 検討内容及び流れ

検討の流れについては、図—1に示すとおりであり、平成26年度の最終成果としては「製作仕様書（第2次案）」の策定を行うものである。

(1) システム構成（第1次案）の検討

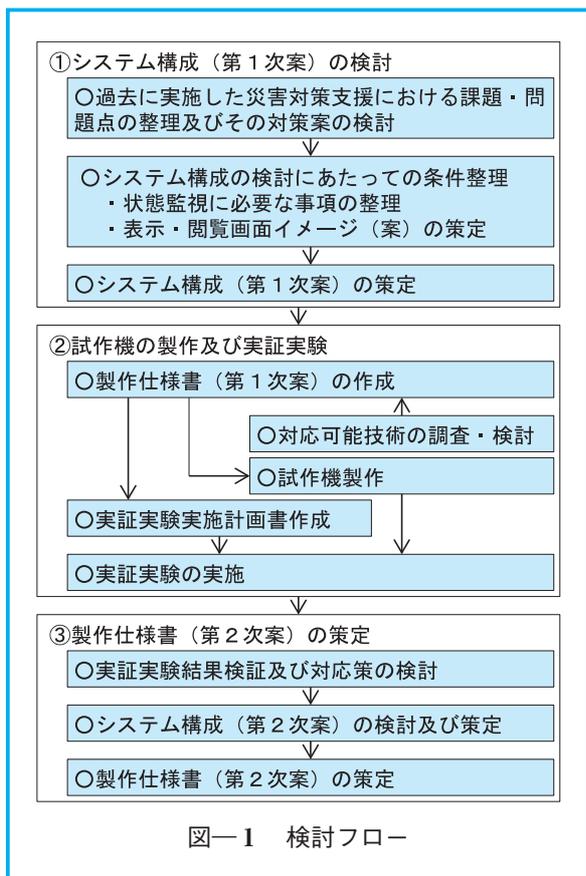
1) 災害対策支援活動における課題・問題点

過去に実施した災害対策支援活動における課題・問題点は以下のとおりである。

- ① 現地作業員の二次災害への防止
- ② メンテナンス体制の拡充・強化
- ③ データ通信の確実性
- ④ 稼働記録の合理化

2) 課題・問題点への対応策

災害対策支援活動時における課題・問題点への対応策は、遠隔地にて排水ポンプ車の稼働状況を



図一 1 検討フロー

監視することにより、排水作業の現場から作業員が避難することができれば解決することができる。そのためには、故障情報を迅速に受け取れ、メンテナンスに必要な情報を共有化する必要がある。

① 状態監視するうえで必要となる事項

排水ポンプ車の状態を監視するため必要となる事項は、下記のとおりである。

- ・排水ポンプ車の位置情報
- ・車両の識別（建設機械番号）
- ・排水ポンプ車の運転・停止（稼働時間）
- ・発動発電機の運転・停止（稼働時間）
- ・排水ポンプの運転・停止（稼働時間）
- ・排水ポンプの稼働台数
- ・発動発電機の故障
- ・燃料の残量
- ・整備履歴

② 排水ポンプ車より取得できる事項

実証実験を行う排水ポンプ車から取得可能な信号（状態）は、下記のとおりである。

- ・排水ポンプ車の運転・停止信号

- ・燃料の残量（車両用タンクの燃料低下）
- ・排水ポンプの運転停止信号（個別）
- ・排水ポンプの稼働台数
- ・排水ポンプの接続状況（直列，並列）
- ・排水ポンプの故障信号（個別）
- ・排水ポンプの運転状態（電流，回転数）
- ・発動発電機の運転・停止信号
- ・発動発電機の故障信号
- ・発動発電機の運転状態（電圧，周波数）

なお、排水ポンプ車の位置情報については、別途、排水ポンプ車にGPS装置を搭載し、位置情報を得ることとした。

③ システム検討にあたっての基本概念

排水ポンプ車の状態を監視するうえで必要となる事項のうち、緊急的に情報を共有化し対応する必要がある事項と、必要なときに情報が得られればよい事項に分けられる（図一 2）。

分類分けにあたっては、情報の緊急度（事象により与える影響度）及び関係する者の数に応じて整理を行い、その結果を基に、『リアルタイムで情報共有が必要な事項』と『端末等から閲覧し情報を得ればよい事項』について整理を行った。

『リアルタイムで情報共有が必要な事項』は、緊急度も高く、関係する者も多いことから、関係する者へ発生時刻と車両識別を入れて一斉メール送信することとし、『端末等から情報を得ればよい事項』については、ウェブ画面を閲覧し把握できるシステムとした。

【リアルタイムで情報共有が必要な事項】

- ・発動発電機の故障
- ・排水ポンプの故障

緊急度 ↑	高	II	ポンプ・発動発電機故障 燃料関係
	低	III	II
		少	多
		関係	する者

図一 2 緊急度・関係する者別項目一覧

- ・燃料の残量（車両用タンクの燃料低下）
- 【端末から閲覧し情報を得ればよい事項】
- ・排水ポンプ車の位置情報
 - ・排水ポンプ車の運転・停止（稼働時間）
 - ・発動発電機の運転・停止（稼働時間）
 - ・排水ポンプの運転・停止（稼働時間）
 - ・排水ポンプの稼働台数
 - ・整備履歴

3) 表示・閲覧画面イメージ（案）

図-3は『リアルタイムで情報共有が必要な事項』について、携帯端末等のメール受信時の表示画面の例である。

図-4は『端末等を閲覧し情報を得ればよい事

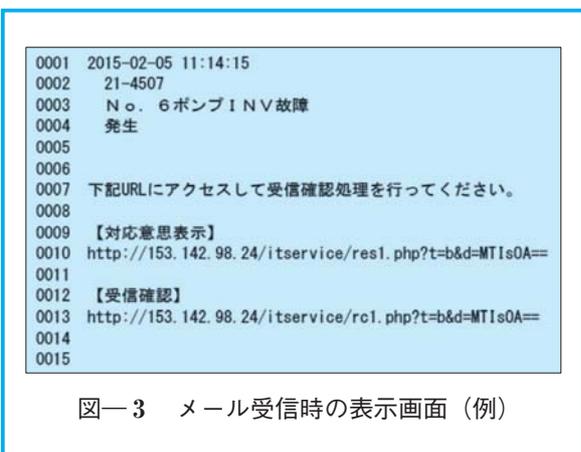


図-3 メール受信時の表示画面（例）

項』として閲覧するウェブ画面のイメージ（案）として検討を行った例である。

4) システム構成（第1次案）の策定

システム検討にあたり整理した条件を基に、遠隔地で排水ポンプ車の状態を監視できるシステムの構成（第1次案）を検討した結果の全体イメージは、図-5のとおりである。

(2) 試作機の製作

1) 製作仕様書（第1次案）の作成

① 要素技術の市場調査

システムの構築にあたり、遠隔監視が可能な市場に流通している技術を調査した結果、固定式の排水ポンプの状態を監視するシステムが有用と判明したため、製作仕様書（第1次案）の

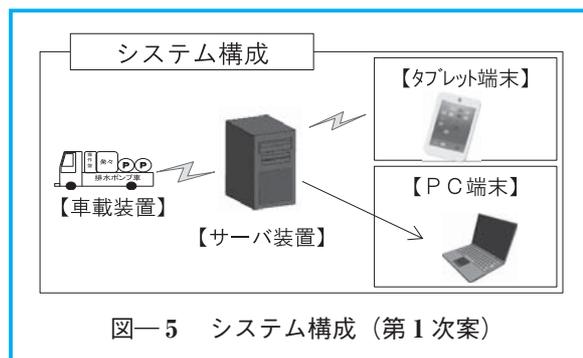


図-5 システム構成（第1次案）

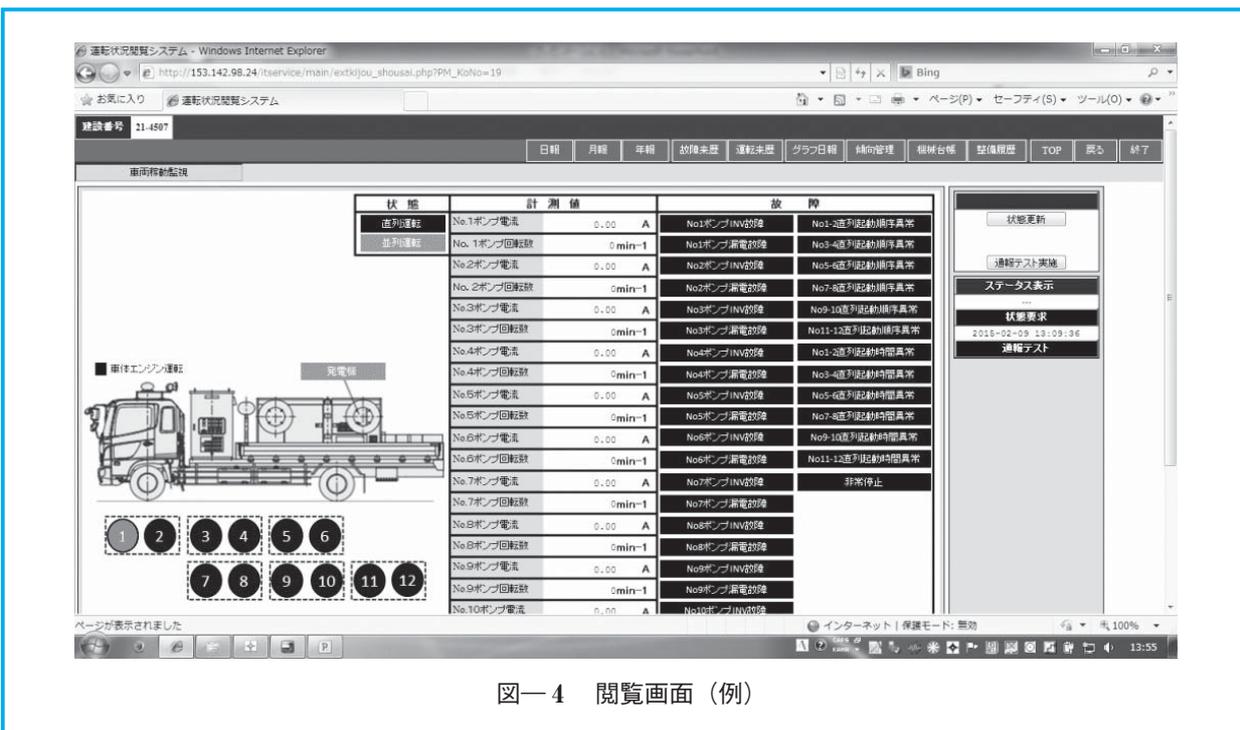


図-4 閲覧画面（例）

検討において参考とすることとした。

通信技術については、山間地等の携帯エリア外や災害時の通信混雑、基地局の機能喪失等を考慮して衛星回線とした。

② 製作仕様書（第1次案）の作成

遠隔監視する項目とそれらを監視する人員を考慮したシステム構成（第1次案）と市場調査により有用性が判明した要素技術を基に、製作仕様書（第1次案）を作成した。

2) 試作機の製作

作成した製作仕様書（第1次案）に基づいて試作機を製作し、中部技術事務所で保管している高揚程型の排水ポンプ車に設置した（写真—2）。

試作機を設置した車両は、排水ポンプを12台搭載して2台直列運転と並列運転を現場状況に合わせて選択（揚程20m、排水量30m³/minと揚程10m、排水量60m³/min）できる機械となっている。

排水ポンプの数が中部地方整備局で保有している排水ポンプ車の中で一番多いため、この車両を処理できれば他の車両も問題ないと判断して選定した。

今回製作した車載装置の取付状況は、写真—3のとおりで、操作盤背面扉の内側に設置した。

今回は実証実験のみのため、衛星通信回線については仮設とし、中部技術事務所で契約している可搬式の衛星携帯電話を接続して使用した。

(3) 実証実験

1) 実証実験の目的及び内容

① 位置情報の確認

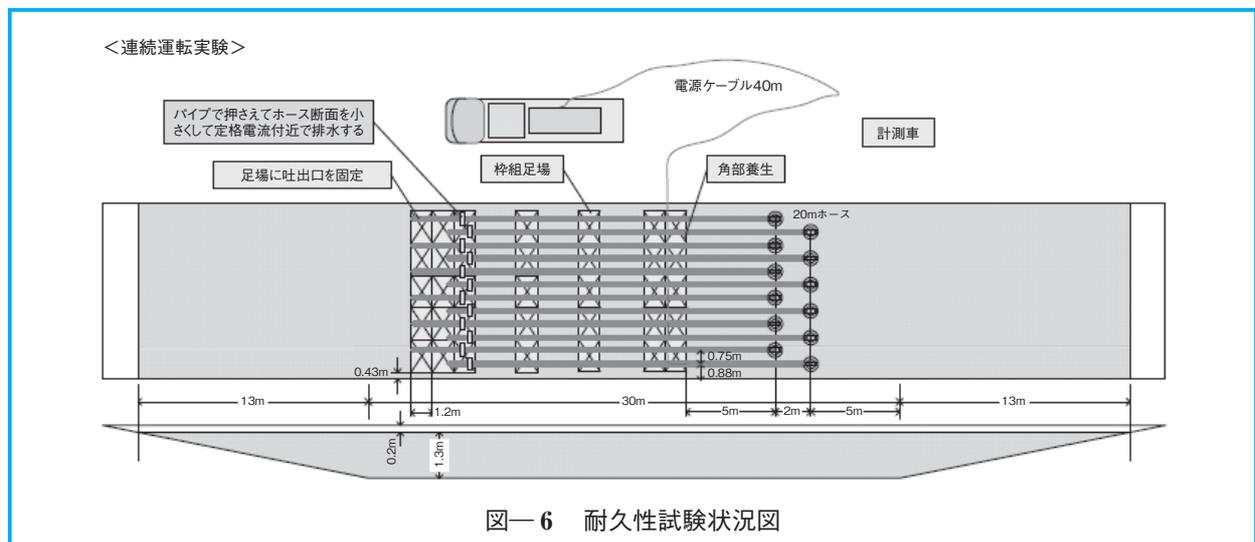
実証実験を実施するために運搬する途中で、停止している排水ポンプ車の位置情報が車載装置からサーバ装置に送信され、閲覧画面に正確



写真—2 排水ポンプ車全景



写真—3 車載装置取付状況



図—6 耐久性試験状況図

に表示されるかについて確認を行った。

② 移動及び運転時における耐久性試験

位置情報の確認とあわせ、車両の移動時に車載装置に不具合が生じないかについて確認を行った。

全台数の排水ポンプを6時間連続の実負荷運転し、車載装置に不具合が生じないか耐久性の試験を実施した(図-6)。

③ 閲覧画面の確認

排水ポンプ及び発動発電機の稼働データが車載装置からサーバ装置に送信され、また、閲覧画面に表示されるかの確認を行った。

④ 故障情報の確認

排水ポンプ及び発動発電機故障、燃料低下時にメールが自動で携帯端末等に送信されるかの確認及び閲覧画面に的確に表示されるかについて確認を行った。

⑤ 装置の適応性拡大への検証

イ) 排水ホースが折れ曲がった場合、ロ) 吸い込み口にゴミが詰まった場合、今回検討中の「排水ポンプ車の状態監視システム」にて、それらの兆候が把握でき、注意情報としてメール送信等ができるか確認するため、試験及び検証を行った。

試験イメージは図-7、8に示すとおりである。

折れ曲がる箇所を作るため一部を土のうで固定し、ベルトで引っ張って折り曲げて角度を変えながら実験した。

排水ポンプの吸い込み口に鋼板を設置して、上下させることにより吸い込み口の面積を変化させる実験を行った。

⑥ 個々の実証実験の結果とともに、全体の機能が組み合わさった状態や、使いやすさ、見やすさ等を含めたシステム全体としての検証を行った。

2) 実証実験場所及び日時(写真-4)

【実証実験場所】

静岡県富士市大淵3154
 施工技術総合研究所内の水槽

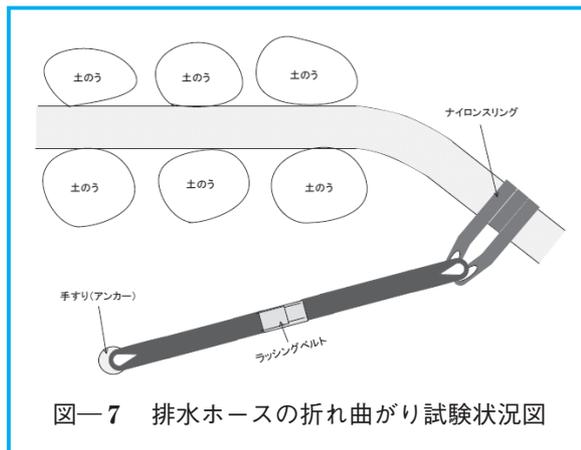


図-7 排水ホースの折れ曲がり試験状況図

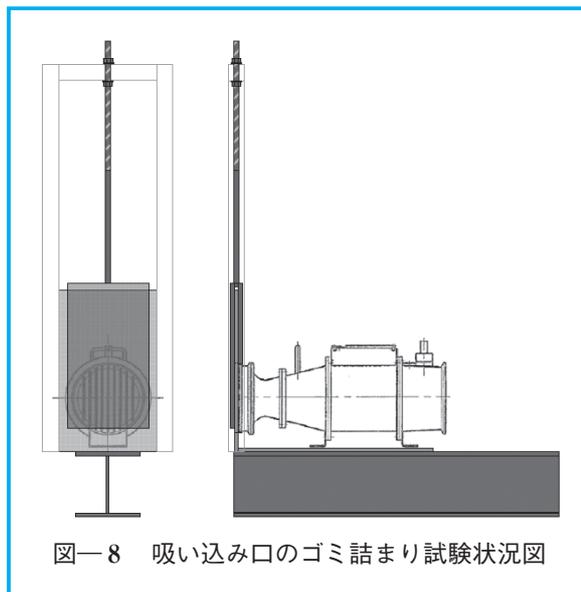


図-8 吸い込み口のゴミ詰まり試験状況図



写真-4 実証実験実施状況

【実験日時】

平成27年2月2日～2月10日

4. 検討結果

(1) 実証実験結果と検証

1) 位置情報の確認

排水ポンプ車の位置情報が車載装置からサーバ装置に送信され、なおかつ、閲覧画面に表示された。

2) 車両移動時における耐久性試験

車両の移動に伴う振動により、車載装置に不具合が生じることなく、機能を満足した。

3) 排水ポンプ運転時における耐久性試験

排水ポンプの連続運転に伴う振動により、装置に不具合が生じることなく、また、連続運転に伴う熱等により障害が発生することなく、機能を満足した。

4) 閲覧画面の確認

排水ポンプ及び発動発電機の稼働等のデータが車載装置からサーバ装置に送信され、また、閲覧

画面に表示がされ、良好な結果が得られた。

また、故障情報についても適切に表示がされるなど、良好な結果が得られた。

5) 故障情報の確認

① 故障情報

模擬的に発生させた、排水ポンプ及び発動発電機の故障情報は、事象の発生から約3分程度で携帯端末等にメール送信され、また、閲覧画面にも表示がされ、良好な結果が得られた。

② 燃料関係

車両の燃料低下時の異常情報についても発生から約3分程度で携帯端末等に発信され、また、閲覧画面にも適切に表示がされ、良好な結果が得られた。

6) 装置の適応性拡大への検証

排水ポンプ等の故障の前兆となる事象を把握できるか試験した結果は、下記に示すとおりである(図-9, 10)。

排水ホースの折れ曲がりや吸い込み口のゴミ詰まりの進行により、電流値が上昇する一様な傾向

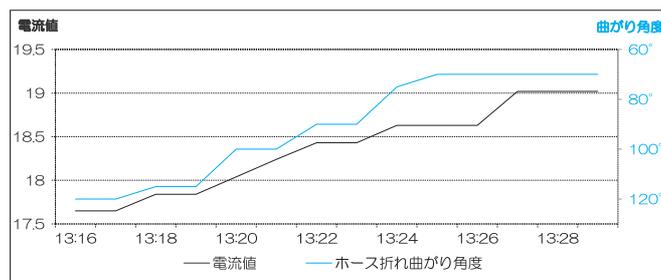


図-9 ホースの折れ曲がりによる電流値の変化

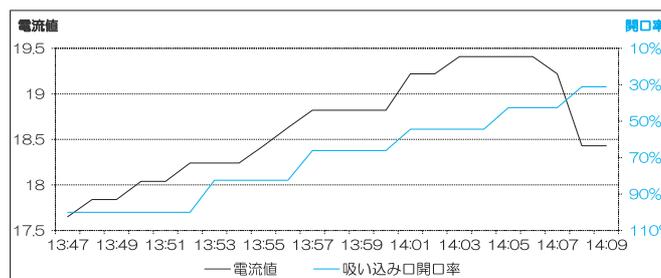


図-10 吸い込み口の詰まりによる電流値の変化

が見られた。

今後は、故障の原因となる事象が発生した場合、排水ポンプ車の状態監視システムを活用し、注意情報としてメール送信することが可能か、また、可能な場合どのタイミングで注意情報としてメール送信するかを含め、さらなる実証実験と検証が必要である。

(2) システム構成（第2次案）の策定

実証実験の検証結果を踏まえ、システム構成（第2次案）の検討を行った。

実証実験を行った結果、不具合も生じることなく良好な結果が得られたため、第2次案においても図-11に示すとおり、第1次案と同様のシステム構成とした。

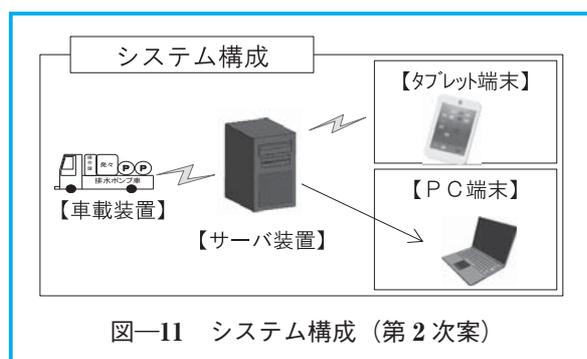


図-11 システム構成（第2次案）

(3) 製作仕様書（第2次案）の作成

システム構成（第2次案）の検討結果を踏まえ製作仕様書（第2次案）を策定した。

なお、試作機の改善点は、下記のとおりである。

1) ハードの改善点

① 衛星携帯の変更

実証実験に使用した衛星携帯電話は、可搬式のタイプであるため、使用するときにはアンテナの向きを調整する必要があり、一定間隔で位置情報を自動的に取得することができなかったため、車の移動とともに位置情報の表示が更新されるかの検証ができなかった。

そのため、車両・船舶用の衛星携帯に変更す

るとともに、実証実験と検証が必要である。

② 複数台対応への変更

平成26年度の実証実験は、車載装置1台を製作して行った。

実証実験の結果は、概ね良好な結果が得られたが、複数台の車載装置を製作し、同時に運用ができるかの検証が必要である。

2) ソフトの改善点

試作機は、固定設備用をベースにしたものであり、移動が伴う排水ポンプ車用ではない。また、基地に待機中の車両と被災地へ派遣中の車両があるため、地図画面への表示、災害対策支援活動中の排水ポンプ車の稼働状況把握及び稼働時間の集計、使い勝手の向上のため、ソフトの改善が必要である。

5. おわりに

平成26年度に実施した内容は、実証実験等を行い、改善点や不具合箇所の洗い出し、システムの適用性拡大の可能性について検証及び検討を行った。

試作機による実証実験を行った結果、PC端末からウェブ画面を閲覧して稼働状況等の確認ができることと、故障情報が携帯端末に送信されることを確認し、遠隔地にて排水ポンプ車の状態を監視するシステムとして適用可能であるとの結果が得られた。

平成27年度は、実証実験で得られた結果を基に排水ポンプ車の現地作業員の安全性の向上、信頼性向上、作業性向上となるシステムを構築するため、試作機の改善及び複数台への設置及び実証実験を行い、平成28年度には本格導入できるように開発を進めていく予定である。

本検討にあたり、ご尽力頂いた方々に書面を借りてお礼を申し上げます。