

b) 圧力変動緩和装置による疲労破壊対策技術

昨年度の実証試験では、一昨年の結果に対して性能の劣化が見られた。その原因として、これまで正しく圧力の減勢した割合を評価できていなかった可能性が考えられた。機能監視では、エアーチャンバーの容量を増量して、その効果を確認した。佐賀県多良岳地区では、エアーチャンバーの容量を変更（54L ⇒ 90L）後、確認試験を行った。その結果、給水栓の開放時の圧力降下が53%軽減し、閉塞時の圧力上昇を45%軽減する効果を確認した（図49）。ただし、機能監視時に漏水事故が上花取にて1件、西花取にて1件発生した。

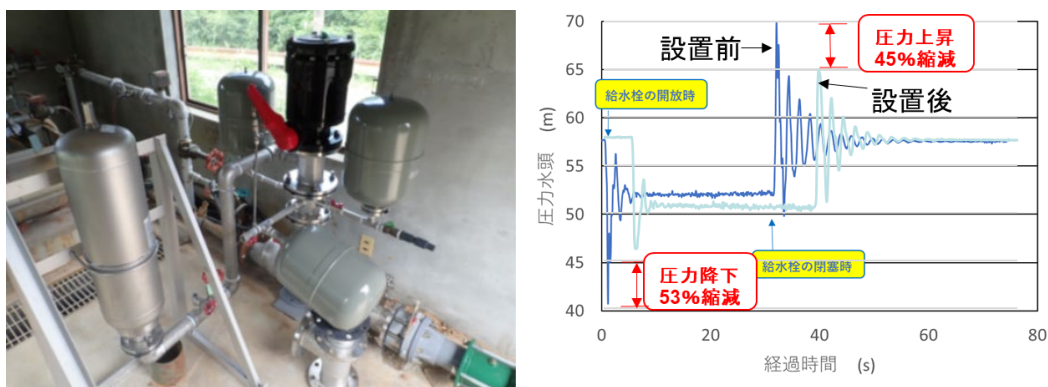


図49 佐賀県多良岳地区における圧力変動緩和装置の設置例とその効果

また、沖縄県宮古島地区においても同様に、エアーチャンバーの容量を変更（36L ⇒ 180L）後、確認試験を実施した結果、給水栓を閉めた時に減圧弁の応答が遅いことが原因で二次圧が一次圧を引き継ぐという圧力上昇についても、50%の軽減効果があることを確認した（図50）。ただし、機能監視時に漏水事故が宮古島地区にて1件発生した。

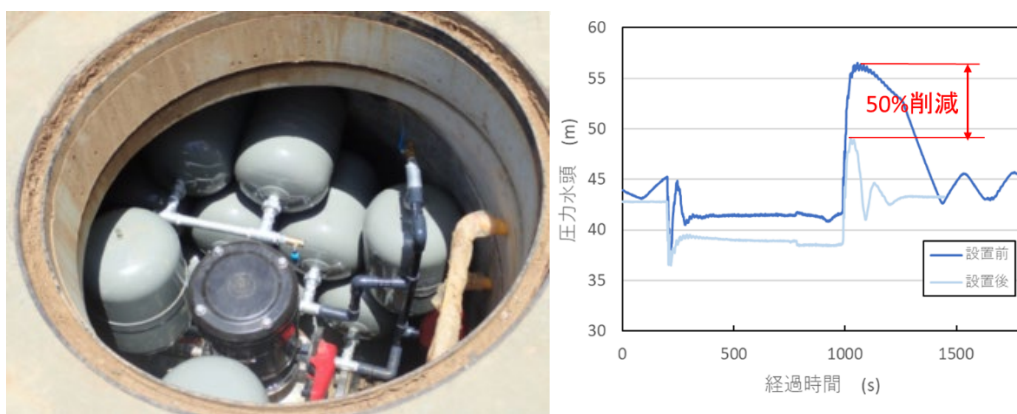


図50 沖縄県宮古島地区における圧力変動緩和装置の設置例とその効果

塩ビ管に作用する最大内水圧と破壊に至るまでの回数の関係は、Visnson の実験式に整理されている。この式を用いて、圧力の軽減率から破壊に至るまでの回数がどの程度伸びたかを評価すると、佐賀県多良岳地区は 1.43 倍、沖縄県宮古島地区では 1.96 倍であった。

2 事業の成果

2. 1 成果の内容

本事業では、表 13 に示しように 3 つの研究課題があり、それぞれに対して特許出願やマニュアル作成を実施し、普及に向けた取り組みを行った。

表 13 本事業における研究課題とその成果一覧

研究課題	研究開発項目
①管内水圧を監視する技術	①-1 ワイヤレス可搬型 CPM システム
②管と附帯施設の状態を点検し、漏水の原因を診断する技術	②-1 不断水で、空気弁からカメラカプセルを投入・回収して管内を観察する装置
	②-2 モニタリングスポットによる破損原因の診断技術
③漏水原因を解決する予防・対策技術	③-1 減圧弁のパイロット弁の自動洗浄装置による疲労破壊対策技術
	③-2 圧力変動緩和装置

2. 2 目標の達成度

(1) 成果から得られる効果

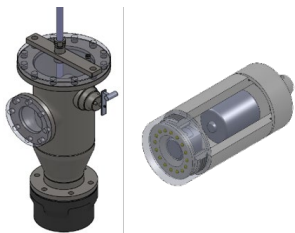
小口径管では管内を点検することが困難であるため、破損個所の位置や変状を把握することが困難であった。本事業では、①漏水事故の兆候を監視、②管と附帯施設の状態の点検、③漏水事故の可能性と原因の診断、および④漏水予防対策を行う維持管理方法を提案し、それぞれの研究課題について技術を実装することによって、この小口径管路の維持管理方法を実現でき、管理者が容易に行えるように支援することができる。

(2) 従来技術との比較

①-1 ワイヤレス可搬型 CPM システム

	新技術	比較する従来技術 (当初の工法・標準案)	比較の根拠
概要図		 図1 センサーの設置風景 図2 漏水検知監視画面	https://www.hitachi.co.jp/New/contents/month/2019/04/0425.html
工法名	ワイヤレス可搬型CPM (Computational Pipeline Monitoring) システム	水道管の漏水などを高精度で早期に検知するシステム	
経済性(直接工事費)	ワイヤレス圧力ゲージを設置することで自動でワイヤレスネットワークを構築。 センサー 15万円、ゲートウェイの設置費用 約40万円、太陽光パネル設置、クラウド構築 約150万円 ゲートウェイの通信費のみ必要で、センサー同士の通信費用は0円。(概算1500万円)	2020年度にサービス提供予定。対象は、都市部の老朽化した水道管。センサー約8~10万円 各センサーに通信費が必要。別途、監視サーバーの設置や管理費用が必要。	概算 約 1500万円 ワイヤレス圧力ゲージ 50台 15 ワイヤレスゲートウェイ 1台 40 太陽光発電システム 1式 150 データロガー、クラウド通信機器 1式
工程	1センサー30分程度で設置可能	マンホールがあれば、1センサー5分程度で設置可能	
品質	バッテリー寿命 約10年。最大5年間の保証延長が可能	バッテリー寿命5年間	
安全性	計測対象が水圧であるため安全	計測対象が振動であるため安全	
施工性	地中埋設、マンホール開閉は不要	計測ポイントにマンホールが必要	
周辺環境への影響	影響なし	影響なし	

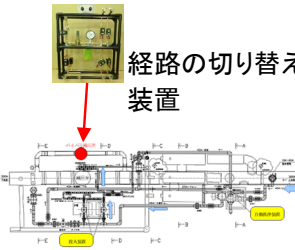
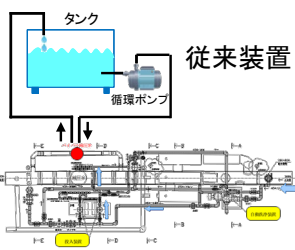
②-1 不断水で、空気弁からカメラカプセルを投入・回収して管内を観察する装置

	新技術	比較する従来技術 (当初の工法・標準案)	比較の根拠
概要図			芳賀台地と河北潟地区における調査関係者からの聞き取り
工法名	不断水で、空気弁からカメラカプセルを投入・回収して管内を観察する装置	管内ビデオ撮影ロボット	
経済性(直接工事費)	不断水で、空気弁からカメラカプセルを投入・回収できる。 △ 投入回収装置、カメラカプセル・カメラ、空気弁、補修弁一式の調査費用 50万円(ただし、宿泊・交通費、現場技術料別)	断水と排水を行った後、投入口用に開削と管路切断をして初めてカメラロボットを投入できる。 ×□ 管路の掘削、管内ビデオ撮影ロボットによる調査費用一式 150万円	
工程	空気弁の管理弁を閉めて、空気弁を外して投入・回収装置を設置し、カメラカプセルを投入・回収する。回収後に録画を確認して内部監察する。 ○	断水・排水後に、埋設管を開削・切断して、カメラロボットの投入口を作り、カメラロボットを投入する。モニターを見ながら、内部監察できる。 ×	
品質	口径:150Aから300A、距離:200m ○	口径:200Aから650A、距離:80m △	
安全性	安全である。	安全である。	
施工性	不断水で行えるので、容易である。数回繰り返す必要がある。 ○ 作業時間:約3時間(設置、調査、撤去)	断水・排水・掘削工事が必要である。 × 作業時間:3日間(掘削、調査、現況復帰)	
周辺環境への影響	道路交通量が多い場合は、警備員の確保が必要である。 ○	道路交通量が多い箇所では、掘削工事が困難である。警備員の確保が必要である。 ○	

②-2 モニタリングスポットによる破損原因の診断技術

	新技術	比較する従来技術 (当初の工法・標準案)	比較の根拠
概要図		なし	
工法名	マンホール型漏水モニタリング施設		
経済性(直接工事費)	(470万円)		
工程	漏水箇所の位置を特定することができる。また、漏水事故の原因を究明することができる。		
品質	配管はステンレス製であるため、腐食の心配がない。		
安全性	安全である。		
施工性	マンホールを設置し、カメラカプセルの納入回収口を設置する。さらに、圧力計、流量計、土圧計、ひずみゲージを設置する。		
周辺環境への影響	道路交通量が多い箇所では、施工時や使用時に警備員が必要な場合がある。		

③-1 減圧弁のパイロット弁の自動洗浄装置による疲労破壊対策技術

7. 従来技術との比較	新技術	比較する従来技術 (当初の工法・標準案)	比較の根拠
概要図	 経路の切り替え装置	 タンク 循環ポンプ 従来装置	
工法名	減圧弁のパイロット弁の自動洗浄装置	配管系の自動洗浄装置	
経済性(直接工事費)	減圧弁の上流側にあるフィルターの差圧を利用して、パイロット弁とフィルターを「0.09%酢酸」で洗浄する。この装置を2台利用して、洗浄時の制御も行える。(485万円)	本体のポンプで専用液で洗浄する。本体とパイロット弁やフィルターへの接続と洗浄時に制御するバイパスの経路が必要となる。自動で切り替えるための装置も別途必要。(約730万円)	
工程	減圧弁の1次側に自動洗浄装置を設置する。自動洗浄装置と酢酸投入装置を接続する。酢酸投入装置と経路切り替え装置を接続し、排水経路を確保する。	減圧弁の1次側に自動洗浄装置を設置する。自動洗浄装置と経路切り替え装置を接続し、排水経路を確保する。	
品質	フィルターの藻とパイロット弁のプランジヤの石灰スケールを洗浄可能	石灰スケールを洗浄可能	
安全性	安全である。	安全である。	
施工性	自動洗浄装置、酢酸投入装置、制御系の切り替え弁、排水経路は、すべて塩ビ管で配管可能である。	自動洗浄を行うためには、用水の確保、制御系の切り替え、排水経路の確保などを別途行う必要がある。	
周辺環境への影響	酢酸は0.09%であり、問題なし	専用洗浄液は自然分解性である。	

③-2 圧力変動緩和装置

	新技術	比較する従来技術 (当初の工法・標準案)	比較の根拠
概要図	 圧力変動緩和装置の構成及び設置例	なし	
工法名	圧力変動緩和装置		
経済性(直接工事費)	本体、エアチャンバー、逆止弁、空気弁で構成されるコンパクトタイプ(150万円)		
工程	塩ビ管の疲労破壊の原因が、給水栓の閉塞によって発生する水撃圧であると推測できる際に利用する。エアチャンバーの容量と圧力の大きさは現地の状況に依存する。		
品質	圧力上昇の45%縮減し、塩ビ管の疲労破壊の寿命を1.5～2倍延長する。		
安全性	安全である。		
施工性	近くに建屋(ポンプ施設、減圧弁室、液肥投入施設等)がある場合は、利用を検討する。近くに無い場合は、設置用のマンホールを新設する。		
周辺環境への影響	なし。		

3 普及活動計画

3. 1 想定される利用者

- 1) 土地改良区
- 2) 都道府県市町村の農村整備課
- 3) 土地改良事業団体連合会

3. 2 利用者への普及啓発等の方法

- 1) 地方農政局土地改良技術事務所で開催される新技術説明会へ参加を申込
- 2) 都道府県の地方振興局等で説明会を実施する
- 3) 戸別訪問
- 4) 新技術登録制度の活用

3. 3 利用者に対するサポート体制、参考資料等

- 1) 現地調査
- 2) 設置場所の検討
- 3) 図面等
- 4) 資料は報文の抜刷等

3. 4 特許・実用新案等の申請予定

研究開発項目	申請者予定者	申請予定時期
①-1 ワイヤレス可搬型 CPM システム	日本エマソン・農研機構	R2.9 月 申請予定
②-1 不断水で、空気弁からカメラカプセルを投入・回収して管内を観察する装置	旭有機材・農研機構	R1.9 月 出願済
②-2 モニタリングスポットによる破損原因の診断技術	旭有機材・農研機構	H29.7 月 出願済
③-1 減圧弁のパイロット弁の自動洗浄装置による疲労破壊対策技術	旭有機材・農研機構	R2.5 月 申請予定
③-2 圧力変動緩和装置	旭有機材・農研機構	H28.8 月 出願済

4 研究総括者による自己評価

①-1 ワイヤレス可搬型 CPM システム

審査のポイント	着眼点	申請時計画目標 ^{注1}	自己評価 ^{注2}	自己評価の理由 ^{注3}
目標の達成度	・ 効果 (従来技術に対する優位性)	・ 漏水区間の発見や附帯施設の不具合を検知する。	C : 不十分	現地実証試験地区において実際に漏水事故が無かったので評価できなかった。

	・信頼性 (品質、精度、安全性、耐久性等)	・記載なし。	B：概ね妥当	バッテリー駆動で10年稼働する。機械学習の精度は高い。
	・適用範囲・適用条件等	・見通し 200m 以内にセンサーが位置するように配置。	A：広範囲に適用	目的とする範囲を十分にカバーできる。
普及の可能性	・想定される利用者への普及啓発の方法	・戸別訪問や講習会での PR 活動。	B：概ね妥当	IoT の流行に乗っている事案である。
	・利用者に対するサポート体制 (設計・積算・施工等の参考資料、相談窓口等)	・マニュアル作成	C：改善が必要	マニュアル作成済。
総合コメント 注 4	当初目標をおおむね達成した。			

②-1 不断水で、空気弁からカメラカプセルを投入・回収して管内を観察する装置

審査のポイント	着眼点	申請時計画目標 ^{注1}	自己評価 ^{注2}	自己評価の理由 ^{注3}
目標の達成度	・効果 (従来技術に対する優位性)	・人が入ることのできない小口径管路内の漏水の位置や管内の変状を観察する。	A：優れている	数度の現地実証試験によって、管内の観察が可能となった。
	・信頼性 (品質、精度、安全性、耐久性等)	・記載なし	B：概ね妥当	現時点でも観察が出来るが、今後カメラや LED の性能向上がさらに見込まれる。

	・適用範囲・適用条件等	・小口径管路	B：概ね妥当	現地実証試験では、口径150Aから300Aにおいて適用した。
普及の可能性	・想定される利用者への普及啓発の方法	・戸別訪問や講習会でのPR活動。	B：概ね妥当	濁度10以下の平常時の農業用水であれば、実施可能である。
	・利用者に対するサポート体制 (設計・積算・施工等の参考資料、相談窓口等)	・マニュアル作成 ・部品交換費、現地出張費など有償となるが、対応。	B：概ね妥当	・マニュアル作成済。
総合コメント 注4	当初目標をおおむね達成した。			

②-2 モニタリングスポットによる破損原因の診断技術

審査のポイント	着眼点	申請時計画目標 ^{注1}	自己評価 ^{注2}	自己評価の理由 ^{注3}
目標の達成度	・効果 (従来技術に対する優位性)	・人が入ることのできない小口径管路内の漏水事故の原因を究明する。	A：優れている	現地実証試験地区の漏水事故原因を明らかにした。
	・信頼性 (品質、精度、安全性、耐久性等)	・記載なし	B：概ね妥当	。
	・適用範囲・適用条件等	・小口径管路(塩ビ管)	B：概ね妥当	現地実証試験では、口径100Aから300Aにおいて適用した。

普及の 可能性	・ 想定される利用者への普及啓発の方法	・ 戸別訪問や講習会での PR 活動。	B : 概ね妥当	。
	・ 利用者に対するサポート体制 (設計・積算・施工等の参考資料、相談窓口等)	・ マニュアル作成	B : 概ね妥当	マニュアル作成済。
総合コメント 注 4	当初目標をおおむね達成した。			

③-1 減圧弁のパイロット弁の自動洗浄装置による疲労破壊対策技術

審査のポイント	着眼点	申請時計画目標 ^{注1}	自己評価 ^{注2}	自己評価の理由 ^{注3}
目標の達成度	・ 効果 (従来技術に対する優位性)	・ 減圧弁の応答によって圧力脈動や圧力上昇が生じている場合は、パイロット弁を自動で洗浄することで解決する。	A : 優れている	沖縄県宮古島地区において、洗浄効果が発揮され、圧力変動が小さくなった。
	・ 信頼性 (品質、精度、安全性、耐久性等)	・ 記載なし。	B : 概ね妥当	制御系をよりコンパクトにしてメンテナンスしやすい。
	・ 適用範囲・適用条件等	・ 減圧弁を制御するパイロット弁とフィルターのみを洗浄する。	B : 概ね妥当	目標通りに成果を得ている。
普及の可能性	・ 想定される利用者への普及啓発の方法	・ 戸別訪問や講習会での PR 活動。	B : 概ね妥当	地下埋設の減圧弁には適している。

	・利用者に対するサポート体制 (設計・積算・施工等の参考資料、相談窓口等)	・マニュアル作成 ・部品交換費、現地出張費など有償となるが、対応。	C : 改善が必要	マニュアル作成済。
総合コメント 注 4	機能監視において、目標をおおむね達成したことを確認した。			

③-2 圧力変動緩和装置

審査のポイント	着眼点	申請時計画目標 ^{注1}	自己評価 ^{注2}	自己評価の理由 ^{注3}
目標の達成度	・効果 (従来技術に対する優位性)	・自動給水栓の急閉塞による水撃現象が生じている場合は、管内の圧力上昇を緩和する。	A : 優れている	約 1.5 倍から 2 倍の長寿命化に貢献できる減圧を達成している。
	・信頼性 (品質、精度、安全性、耐久性等)	・記載なし	B : 概ね妥当	本事業の研究機関において故障は発生しなかった。
	・適用範囲・適用条件等	・小口径管路で自動給水栓の急閉塞による水撃現象。	B : 概ね妥当	アキュムレーターの容量が計画当初よりも大幅に増加した。
普及の可能性	・想定される利用者への普及啓発の方法	・戸別訪問や講習会での PR 活動。	B : 概ね妥当	本事業の研究期間においても毎年 1 度講習会で PR した。
	・利用者に対するサポート体制 (設計・積算・施工等の参考資料、相談窓口等)	・マニュアルを作成 ・部品交換費、現地出張費など有償となるが、対応。	A : 十分に整備されている	マニュアルを作成済み。

総合コ メント 注 4	当初目標をおおむね達成した。
-------------------	----------------

5 今後の課題及び改善方針

今後の課題として、以下の 5 点を示す。

- ①小口径管の破損事故は増加傾向にあり、年間 70～100 件以上の事故が発生している宮古島や石垣島などにおいても、機能保全計画は依然として事後保全である。事故の多い地区において、予防保全の計画を策定できるように、戸別訪問、業界紙の報文・口頭の発表を通じて、開発した装置と施設の普及を提案する。さらに必要な装置があれば、開発を継続したい。
- ②ワイヤレス可搬型 CPM システムは漏水を検知するために開発したが、検知した圧力を、施設管理者のその他の日常業務（たとえば、灌水日や番水の監視など）に応用できないか検討を継続したい。
- ③漏水検知のアルゴリズムは、天候によって変化する農家の水利用の判断を利用したが、さらなる精度向上のために。土地利用や集積率などのデータも検討したい。ただし、利用しやすいデータを特徴量とする方針である。
- ④モニタリング施設によるパイプラインの機能監視は、今後の農村環境ネットワークに接続できるように LPWA の導入を検討したい。
- ⑤石垣地区の脈動現象と一ツ瀬川地区の保圧ポンプの ON・OFF 運転による圧力振動については、既存の装置や運転方法への更新によって解決可能であると判断したため装置開発は行っていないが、今後もこれらの現象に注視して、現象が改善されなかった場合は、問題解決に取り組みたい。

今後改善方針は、普及活動を通じて、現場の結果や反応を鑑みながら、個々の研究開発項目の性能向上を図っていく予定である。