

# ストックマネジメント技術高度化事業の 調査手法について — 剣和幹線用水路長大サイホンにおける 機能診断について —

旭川開発建設部 農業開発第2課 ○梶 雅之  
福山 正弘  
酒井 美樹

国営造成水利施設保全対策指導事業では、農業水利施設の機能診断を行っている。国営かんがい排水事業天塩川上流地区（昭和61年度完了）剣和幹線用水路のサイホン部の機能診断を行うにあたり、直接目視が困難なことから、これに代わる調査手法として、自走式カメラ及び水中テレビロボットを活用した調査を、ストックマネジメント技術高度化事業で実施した。本稿ではこれらの調査手法の特徴と課題について紹介するものである。

キーワード：長寿命化、維持管理、調査・計画

## 1. はじめに

我が国では各種土地改良事業によって数多くの農業水利施設が造成された。

平成14年度時点で、国営、都道府県営等で造成された末端支配面積が100ha以上ある基幹的な農業水利施設は、点的施設で約7,000箇所、線の施設延長では約45,000kmに達し、再建設費ベースで約14兆円にも及ぶとされている。<sup>1)</sup>

これらの施設の効率的な更新整備を図るため、これまでの施設全体を一括して更新する手法から、施設の老朽化の度合いに応じ、機能保全と必要な更新整備を組み合わせ、施設全体のライフサイクルコスト（以下「LCC」という）を低減するストックマネジメントの取り組みが重要となってきた。

ストックマネジメントを本格的に進める観点から、国営事業によって造成された農業水利施設については、平成15年度に国営造成水利施設保全対策指導事業が創設され、平成19年度から平成23年度までに当建設部管内の農業水利施設全ての劣化状況等を調べる機能診断を行い、その結果に基づき施設の機能を保全するために必要な対策方法を定めた計画（機能保全計画）を策定することとしている。

LCCの低減をより効率的に進めるためには、機能保全計画が精度の高いものとなる必要がある。

このため、機能の診断、劣化予測、評価手法の確立及び対策工法の有効性や耐久性の検証など、機能保全計画を作成するに当たって必要となる技術を現地での実践を

通して確立し、ストックマネジメント技術の高度化を図ることを目的として、平成20年度にストックマネジメント技術高度化事業が創設された。

## 2. 長大サイホンの機能診断調査手法について

### (1) 対象施設

ストックマネジメント技術高度化事業の対象施設は、天塩川上流地区の剣和幹線用水路である。

国営かんがい排水事業「天塩川上流地区」（図-2.1）は、昭和42年度から昭和61年度に実施され、15,800haの受益面積をもつ、士別市、名寄市、剣淵町、和寒町の2市2町にまたがる天塩川を水源とした水田地帯である。

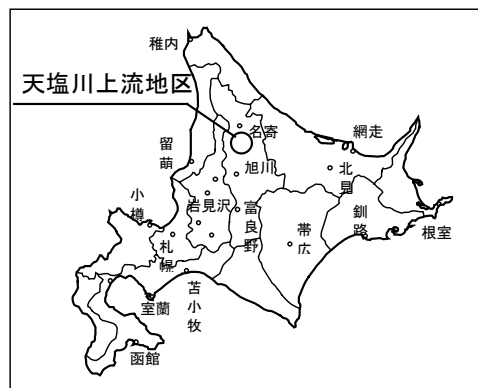


図-2.1 位置図

剣和幹線水路は、昭和43年度から昭和56年度に建設され、剣和頭首工を起点に開水路、トンネル、暗渠、サイホンで構成された延長41.7km、最大通水量14.1m<sup>3</sup>/sの本地区で最も長大な水路である。サイホンが21箇所あり全水路延長の31%を占め、その大部分は口径2400mm以上かつ延長100mを超える長大サイホンであることが、本用水路の特徴として挙げられる。

## (2) 機能診断調査における課題

従来の機能診断調査は、基本的に仮設を伴わない直接目視が可能な範囲を対象としている。

本用水路の機能診断調査を行う場合、トンネル・暗渠にあつては、一般的に酸欠や有毒ガス対策に留意する必要がある、これらの対策を講じることによって任意地点での直接目視が可能となる。

しかしながら、サイホンにあつては、構造上水抜きが完全にできないことから、直接目視のためにはポンプなどによる強制排水が必要である。また、縦断形状や堆泥(砂)の問題から傾斜部での安全対策が必要であり、調査費用が大きく嵩むこととなる。

このように直接目視では仮設及び安全対策が必要な範囲を、如何に安全かつ、効率的に調査を行うことができるかが、今後のより精度の高い機能保全計画の策定上の課題となる。そのため、ストックマネジメント技術高度化事業として、本用水路のサイホン管路内の目視状況調査に代わる調査(以下「管水路無人調査」という)をサイホン6箇所で開催する。

## (3) 管水路無人調査手法の選定

管水路無人調査は、旧来より直接目視が不可能な口径800mm未満の小口径管路において、テレビカメラを搭載した自走ロボットによって行われているが、本用水路のサイホン管路内の無人調査手法を選定するにあたっては、調査対象サイホンの特質を踏まえる必要がある。

### a) 大口径かつ長大サイホン

サイホンの断面は円形φ2400~2700mm(コンクリート管)、箱形□2500~2700mm(現場打ち鉄筋コンクリート)、延長はL≒0.2~1.3kmと長大であり、旧来からの小口径管路用の自走ロボットでは調査可能延長が200m程度であることから、調査が困難である。

### b) 残水部

サイホン内の水抜きは、土砂吐による自然排水のみでは残水が生じ、管路内の断水を原則とする旧来からの自走ロボットでは、防水構造でないため、残水有区間の調査は困難である。

### c) 堆泥(砂)部

サイホンの構造上、吞吐口部から最深部にかけては傾斜面が存在し、管路内は堆泥(砂)していることも予測され、登坂・制動能力に懸念がある。



写真-2.1 自走ロボット



写真-2.2 水中ロボット

## d) 選定結果

サイホンの特質を踏まえた結果、無人調査は近年開発されている口径800mm以上の大口径管路用、かつ防水構造の自走ロボット(写真-2.1参照)による調査とする。

自走ロボットによる調査では、基本的に管体のひび割れ、たるみ状況及び継手間隔、また、鋼製異形管にあつては塗装・腐食、錆状況といった直接目視と同様の調査項目を網羅することができる。

しかし、自走ロボットによる水中調査の実績は乏しく、最深部での堆泥(砂)が予測され、場合により自走不能となるなどの不確定要素があることから、残水有区間においては別途、テレビカメラを搭載した水中航行型ロボット(以下「水中ロボット」という、写真-2.2参照)による調査をあわせて実施する。

水中ロボットは、旧来より電力事業の取水路や放水路の内部点検、ダム貯水池内の設備点検に供されてきた。近年では下水道事業による管路内の点検にも使用されており、口径1000mm以上の管路内を自在に航行することができ、その搬出入も600mm以上のマンホールと本サイホンの土砂吐点検孔から可能なため、残水有区間の調査は可能であり、農業水利施設への活用も可能と考えられる。

残水有区間の調査を自走ロボットと併せて実施することで、調査結果の対比により、ストックマネジメント技術の高度化に資する有効な基礎資料となる利点もある。

また自走ロボットにおいては、登坂・制動能力に懸念があることから、サイホン吞吐口部にポータブルウィンチを設置して、自走ロボットとワイヤロープで連結するなどの対策を講じることで調査は可能である。

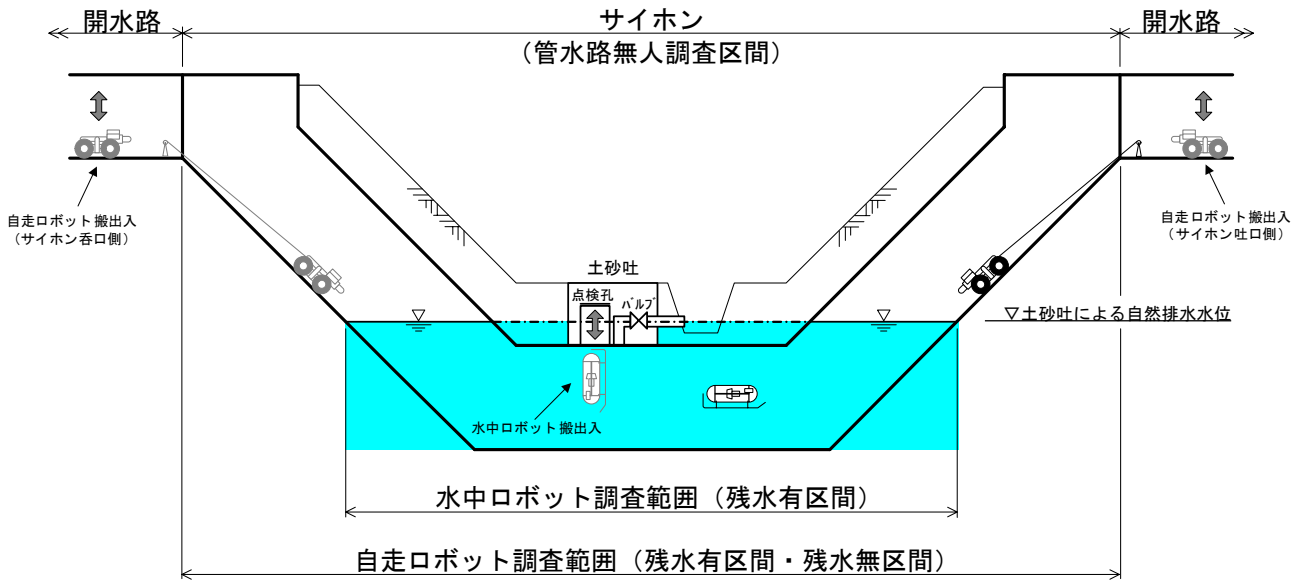


図-2.2 管水路無人調査の概念図

以上に基づく、本サイホン管路内の無人調査の概念図を図-2.2に示す。

#### (4) 管水路無人調査手法の適用

サイホン管路内の無人調査を実施するにあたっては、ロボットによる調査を安全かつ効率的に遂行するため、その機種選定や機材の搬出入方法など、調査手法の適用に関する事前確認をサイホンの土砂吐による自然排水後に速やかに行うが、表-2.1に示す項目についても併せて実施する。

表-2.1 調査手法の事前確認項目とその内容

項目	事前確認の内容
水位低下量	サイホン内の水位低下量を土砂吐点検孔から確認し、漏水量及び水位低下範囲を把握することで調査時の基礎資料とする。
濁り状況	サイホン内残水の濁り状況を土砂吐点検孔から確認し、テレビカメラによるロボット調査の適否の判断を行う。
堆泥(砂)状況	サイホン最深部の堆泥(砂)状況を土砂吐点検孔から確認し、サイホン残水部における自走ロボットの走行時ならびに水中ロボットの航行時の必要空間が確保されているかを把握し、ロボットによる調査の適否を判断する。

#### (5) 管水路無人調査手法の評価

サイホン管路内の無人調査は、自走ロボットと水中ロボットを併用して実施するが、これら調査手法の有効性等に関する評価が、ストックマネジメント技術の高度化に資する上では極めて重要となるため、表-2.2に示す

項目についても併せて実施する。

表-2.2 調査手法の評価項目とその実施方針

評価項目	評価を行うにあたっての実施方針
調査精度の確認	両ロボットによる調査精度の確認のため、調査対象となるサイホンの中から実地検証用のサイホンを抽出し、サイホン内残水の強制排水を行った上で管路内の直接目視による調査を実施し、その対比を行う。
調査精度に及ぼす因子	両ロボットによる調査では、テレビカメラにより撮影した画像を解析し、ひび割れ、たるみ、塗装・腐食、錆状況及び継手間隔を把握するが、特に、残水部にあつては濁度が調査精度に大きく影響を及ぼすため、サイホン内残水の透視度及び濁度を計測し、画像の明瞭度など解析結果の指標とする。
調査ロボットの性能	自走ロボットによる調査では、管路内での走破性能が重要となるが、サイホンはその構造上、特に最深部では堆泥(砂)が予測され、走破性能に大きく影響を及ぼすことから、最深部での堆泥高の測定及びその土質分析を実施し、自走ロボットの走破性能の指標とする。

### 3. 管水路無人調査結果

本用水路における、事前確認、自走ロボット及び水中ロボットの調査結果については、表-3.1 のとおりである。



表-3.1 管水路無人調査結果

		Aサイホン	Bサイホン	Cサイホン	Dサイホン	Eサイホン	Fサイホン	
サイホン延長		179m	1,318m	251m	827m	571m	1,348m	
事前確認	実施日	平成20年9月25日～10月9日						
	点検孔からの確認	否	否	否	否	否	可	
	水位低下量	測定方法	サイホン内進入	サイホン内進入	サイホン内進入	サイホン内進入	サイホン内進入	点検孔
		残水有区間の漏水	無	無	無	無	無	無
	濁り状況	測定方法	—	サイホン内進入	サイホン内進入	サイホン内進入	サイホン内進入	点検孔
		ロボット調査の可否	—	可	可	可	可	可
堆泥(砂)状況	測定方法	サイホン内進入	否	否	否	否	点検孔	
	ロボット調査の可否	可	—	—	—	—	可	
自走ロボット	実施日	平成20年10月10日～10月18日						
	走行性	○	△ (障害物が有り全線調査ができなかった)	○	○	○	△ (堆泥のため全線調査ができなかった)	
	残水無区間	○	○	○ (写真-3.1参照)	○	○	○	
	残水有区間	—	△ (タイヤ走行による堆泥の巻き上げ等からカメラの視認距離は50cm程度となり、管底部の調査に限定された)	△ (タイヤ走行による堆泥の巻き上げ等からカメラの視認距離は50cm程度となり、管底部の調査に限定された) (写真-3.2参照)	△ (タイヤ走行による堆泥の巻き上げ等からカメラの視認距離は50cm程度となり、管底部の調査に限定された)	△ (タイヤ走行による堆泥の巻き上げ等からカメラの視認距離は50cm程度となり、管底部の調査に限定された)	△ (タイヤ走行による堆泥の巻き上げ等からカメラの視認距離は50cm程度となり、管底部の調査に限定された)	
水中ロボット	実施日	平成20年11月1日～11月5日						
	航行性	—	○	○	○	○	○	
	残水有区間	— (水深17cmで水深不足により調査不可のため)	○ (ただし、管内全体を視認できなかったため、たるみの調査項目は確認できなかった)	○ (ただし、管内全体を視認できなかったため、たるみの調査項目は確認できなかった)	○ (ただし、管内全体を視認できなかったため、たるみの調査項目は確認できなかった)	○ (ただし、管内全体を視認できなかったため、たるみの調査項目は確認できなかった)	○ (ただし、管内全体を視認できなかったため、たるみの調査項目は確認できなかった) (写真-3.3参照)	



写真-3.1 自走ロボット残水無区間の調査状況 (Cサイホン内を直視した状況)



写真-3.2 自走ロボット残水有区間の管底部 (Cサイホン) の調査状況 (写真右上は自走ロボットのタイヤ)



写真-3.3 水中ロボット管頂部の調査状況  
(Fサイホン)

水中ロボット調査で残水の濁り状況の変化はほとんどみられなかったが、自走ロボット調査での濁度は、タイヤ走行による堆泥の巻き上げにより4程度が10程度に上昇した。

#### 4. 考察

今回の管水路無人調査結果から、自走ロボットおよび水中ロボット調査の特質は表-4.1のとおりである。

表-4.1 自走及び水中ロボット調査の特質

項目	特質
自走ロボット	<p>残水無区間においては、直接目視と同様の調査項目を確認できた。</p> <p>残水有区間では、管底部を自走することによる堆泥の巻き上げにより、残水の濁度を上昇させたため、カメラによる管路内の視認は極めて困難であった。</p> <p>更に、管路内の堆泥は自走に支障を来したほか、自走ロボットと操作盤を結ぶケーブルにも泥が付着したことから、自走能力を低下させる要因となった。</p> <p>今後の課題として、特に堆泥上の走破性向上のため、タイヤのトレッドパターンやタイヤ式をクローラ式に変更するなどの対策は考えられるが、今回の調査のように堆泥の進行したサイホン管路内での水中調査では、走行時の濁度上昇を回避することができないため、自走ロボットによる調査は適用困難と考えられる。</p>
水中ロボット	<p>残水有区間では、直接目視とほぼ同様の調査項目を確認できた。</p> <p>ただし、管路内全体を視認することが困難であったため、たるみ状況などは確認できなかった。</p>

また、両ロボットによる調査精度の確認のため、Cサイホン内の直接目視による調査を実施し、両ロボット調査との対比を行った。(表-4.2 参照)

表-4.2 自走及び水中ロボットの調査精度

区間	直接目視結果 (現況の変状)	管水路無人調査結果	
		自走ロボット	水中ロボット
残水無	目地の 体の欠	○ (確認可)	—
	目地の漏水	○ (確認可)	—
残水有	目地の漏水	(確認否)	(確認否)
	目地の	(確認否)	○ (確認可)

今回の調査で、残水無区間では自走ロボットによる変状の有無、漏水状況、残水有区間では水中ロボットによる変状の有無は確認できたが、残水内での漏水状況の把握は困難であった。

#### 5. おわりに

今回の自走および水中ロボットによる調査では、体の欠 等の変状の有無といった定性的評価において、その有効性が確認できた。

今回の調査箇所のように、施設供用後で管路内の目視点検が困難な場合、残水無区間では自走ロボット、残水有区間では水中ロボットを活用することによって、なくとも変状の有無を確認できたことは有意であったと考えている。

今後、効果的かつ効率的なストックマネジメントを実施する上では、直接目視による調査のようなひび割れやひび割れ長さなどの定量的評価が行えるロボットの改良や、定性的評価からも施設の全度評価を行える手法の検も必要と考えられ、本調査事 がその一 となれいである。

#### 参考文献

- 1) 関 農 保全対策 ンター：農業水利施設ストックマネジメントマ ル