

# 水中ロボットを用いた水中音検知による漏水位置特定手法の検討 Water Leak Detection by ROV with Sonic Sensor

○藤原鉄朗<sup>※1</sup> 齊藤 豊<sup>※2</sup> 森 丈久<sup>※3</sup> 森 充広<sup>※3</sup> 渡嘉敷勝<sup>※3</sup> 中矢 哲郎<sup>※3</sup>  
T.Fujiwara, Y.Saito, T.Mori, M.Mori, and M.Tokashiki T.Nakaya

## 1. はじめに

農業水利施設の長寿命化を図り、ライフサイクルコストを低減するストックマネジメントを実践していくためには、施設の定期的な機能診断が重要である。しかし、上水、工業用水と兼用されている農業用水路や、畑地かんがい、地域用水などのために通年通水されている農業用水路の中には、短時間の断水も困難で機能診断そのものが難しい施設があり、施設管理上の大きな課題となっている。

水中ロボットカメラは、これらの断水もしくは空水にすることが難しいサイホン・水路トンネル・パイプラインを、充水状態で点検する技術として期待されている。今回は、AE センサを搭載した水中ロボットカメラによって目視調査だけでなく、目地部からの漏水音を検知する試みを行った事例を報告する。

## 2. 水中ロボットカメラによる農業水利施設の機能診断適用上の課題

サイホンやパイプラインの漏水は、管体のひび割れや目地(継手)で発生し、微少であっても放置すれば、管体の破損や周辺の土砂の流亡による地表陥没など大規模な漏水事故に繋がる可能性がある。これらの微少な漏水については、水張試験などによって一定区間の中の全漏水量を評価することはできても、ピンポイントで漏水位置を特定することは難しい。また、抜水して管内調査しても、地下水条件によっては漏水位置を特定できないケースもある。

水中ロボットカメラは、管内内部から、これらの漏水の可能性がある箇所をカメラで撮影することができる。しかし、カメラでこれらの漏水箇所を撮影しても、漏水量が微量な場合は、粒子の吸い込みなどを捉えることができず、漏水位置として決定できないことが多い。

一方、パイプラインの漏水位置を特定する手法としては、音聴法、相関法やAE法といった漏水音や漏水に伴う弾性波を地表や空気弁室から捉えて評価する技術が提案されている<sup>1)</sup>。これらの技術は、必ずしも漏水位置近辺にセンサを設置することができないため、低圧で漏水量が少ない場合は、漏水位置を特定できないことも多い。

本検討では、両者の問題を解決するために、水中ロボットカメラに漏水音を検知するセンサ(AEセンサ)を実装し、管体内部から漏水を検出する方法を検討した。

## 3. モデル試験による漏水音検出の可能性検討

まず、漏水音について、基本的な事項を確認する目的で図-2 に示す基礎実験を実施した。基礎実験では、管体下部に設置したバルブを開閉することで、模擬的に漏水を発生させ、充水した管体内部のAEセンサ(フジタ・AE-2000ER, 広帯域・共振周波数 15kHz)で漏水音を検出させている。

実験では、漏水音に特徴的な周波数帯および検出可能な漏水距離を把握するために、バルブ開度を一定として約 2.60/分の漏水を発生させ、漏水位置とAEセンサの位置を4段階(0,1,2,3m)に設定して、それぞれで計測した漏水音をFFT解析した。この結果を図-3 に示す。漏水を発生させた場合、「漏水無」に比較して、0.5~2.0kHz 帯および 5.0~6.0kHz 帯に、特徴的な漏水音が検出できており、3.0mまで離してもこれを検出している。

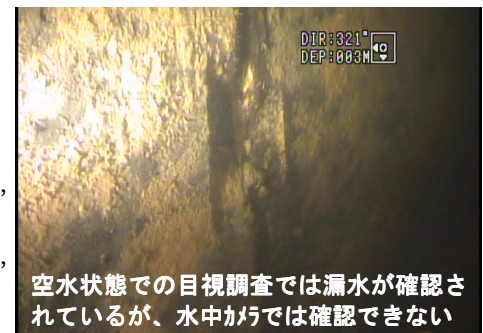


図-1 水中ロボットカメラにより充水状態で撮影したサイホン目地

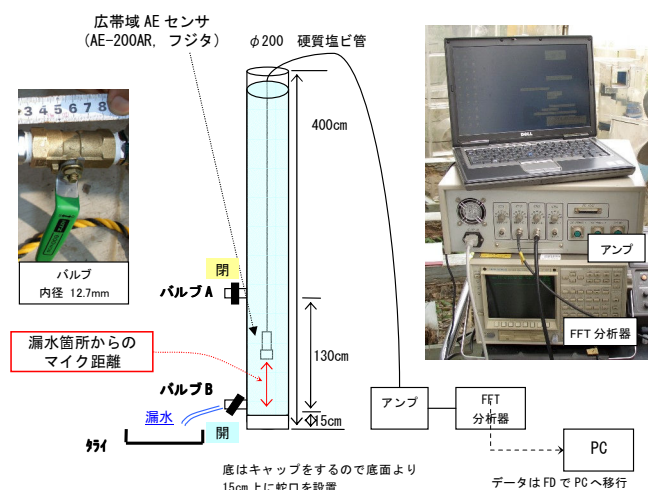


図-2 漏水音の検出に関する基礎実験状況

※1 日本工営(株)社会環境エンジニアリング事業部 LCM 部 NIPPON KOEI Co.,LTD 水中ロボットカメラ,漏水音,AE センサ

※2 (株)ウォールナット WALNUT Co.,LTD

※3 (独)農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究所・施設資源部 水利施設機能研究室 National Institute for Rural Engineering

次に、AE センサの位置を漏水位置から 1.0m に固定し、漏水量を徐々に増加させ、検出できる漏水量を検討した。漏水なしのバックグラウンドノイズが-75dBV であったことから、これ以上の音の強さが観測された場合、漏水によるものと判断した。結果を図-4 に示す。この結果、1.5~2l/分を超えると容易に検出できることが確認される。ただし、漏水量が 15l/分を超えて大きくなると漏水音として検出されにくくなることも明らかになった。これは、漏水音は、一定圧力下にある水が異なる圧力下に急激に開放される際に発生する衝撃音であり、漏水量が大きくなると、そうした急激な圧力の変化が生じないことが原因と考えられる。

なお、これらの漏水音実験は、φ200 の塩ビ管で実施しているため、水中ロボットカメラを挿入するような管径の大きな(φ600mm 以上)のサイホンやパイプラインとは状況が異なると考えられる。しかし、本実験により、着目する周波数帯や管路内部から漏水音として検出できる可能性等が確認されたことから、水中ロボットカメラに同 AE センサを実装して農業水利施設(サイホン)で適用を試行した。

#### 4. 実構造物(サイホン)への適用性実証実験

適用したサイホン(延長:約 60m,断面:BOX 1.25×1.25m)は、空水状態での機能診断調査で、図-5 に示す漏水(最大 48l/分)が確認されているほか、水張試験では約 11l/分の漏水があることがわかってい。なお、水中ロボットカメラは、小型(一辺の最大が 600mm)・軽量(本体 20kg)のタイプ(キューアイ社・DELTA-150)を使用し、AE センサはモデル試験と同様の AE-2000ER(フジタ)を使用した(図-6)。

図-7 に水中ロボットカメラが目地付近に接近した際の AE センサで取得した音響データを示す。

空水時に漏水があった目地付近では、漏水が無かった目地に比較して、1~2.0kHzの音響成分が増加しており、漏水音を検出していると考えられる。

#### 5. 今後の課題と方向性

今回の実験では、水中ロボットカメラのスクリー音の影響を避けるため、図-6 に示すとおり、水中ロボットカメラから AE センサを 1.0m 離して実装した。このため、漏水している可能性がある目地直近での水中音を取得することができていない。今後は、水中ロボットカメラにおける AE センサの設置方法やノイズの除去方法を検討し、漏水箇所の特異性を向上させる必要がある。

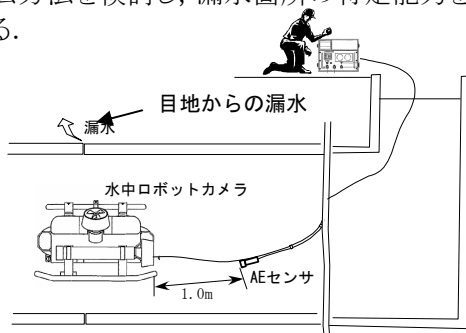


図 - 6 水中ロボットカメラ+漏水音調査

【参考文献】 による漏水調査状況

- 1) 五味慎太郎他, 農業用管路(パイプライン)の機能診断手法に関する検討—相関式漏水探査法の適応の検証—, 第 52 回 平成 20 年度北海道開発技術研究発表会, 2009. 2 など

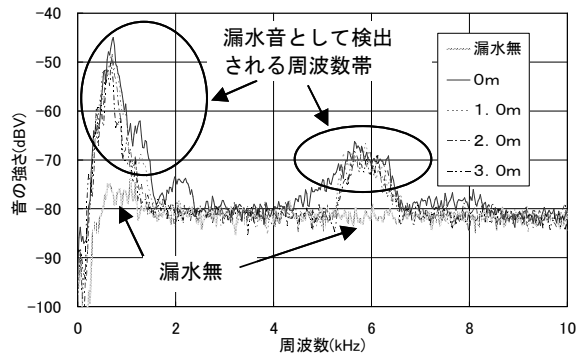


図 - 3 基礎実験による漏水音周波数帯の評価

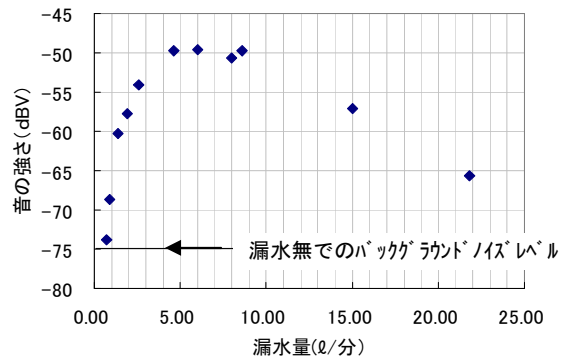


図 - 4 漏水量と漏水音の強さの関係



図 - 5 空水状態で目視調査した目地からの漏水状況(漏水量・大)

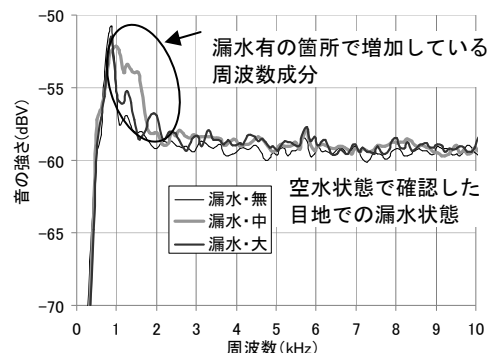


図 - 7 水中ロボットカメラに実装した AE センサで取得した漏水音