

# 自律型管内漏水検知システムによる、下水道圧送管の漏水調査報告

施設整備グループ 岩越 弘直

## 1. はじめに

福井県下水道公社は、福井県北部の坂井平野に位置し、昭和57年の設立以降30年余り、坂井市、あわら市、福井市の一部の九頭竜川流域下水道施設の維持管理を行っている。

その内管路施設については、管渠総延長74.0kmの内約6割の45.6kmが圧送管である。これまで、圧送管の維持管理として、露出部分の点検、および超音波による非破壊管厚測定等を行っている。この点検や調査は、部分的な状態確認であるため、圧送管全体の劣化調査方法を模索していたところ、音響を利用した「自律型管内漏水検知システム」の農業用パイプラインで調査実績があることがわかった。調査委託業者と協議・検討を重ね、平成27年に汚水圧送管渠に対して調査を実施した。その結果について報告する。

## 2. 調査方法

### 2-1 自律型管内漏水検知システムについて

このシステムは、挿入口から管内に挿入した検知器に、管内の流れによってころがりながら音響データ（音量、周波数、音質）を収集・記録させ、回収口から検知器を回収し、収集した音響データの解析を行い、漏水や空気だまりの有無を判定するものである。図-1にその概要を示す。

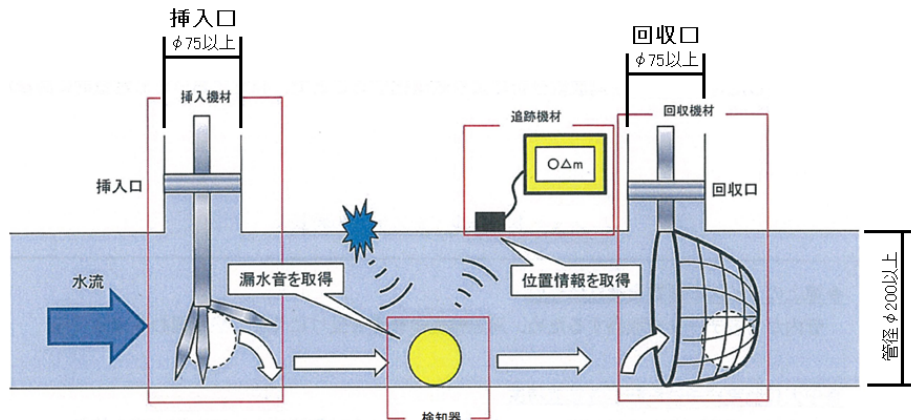


図-1 自律型管内漏水検知システム概要



図-2 検知器

### （1）適用条件

システムの適用条件は表-1のとおりである。④の管内圧力について、事前に圧送管の管内圧力を計測したところ0.12~0.02Mpaであり適用条件から外れる。しかし、総合的な解析を行うことによって検知可能であると考え調査することにした。

| 項目             | 条件                 | 調査箇所                       |     |
|----------------|--------------------|----------------------------|-----|
| ① 管径           | φ200mm以上           | φ400mm                     | OK  |
| ② 検出器挿入、回収口の管径 | φ75mm以上            | φ75mm                      | OK  |
| ③ 管内流速         | 0.15~2.0m/秒        | 0.8m/秒                     | OK  |
| ④ 管内圧力         | 0.3~2.0Mpa         | 挿入箇所0.12Mpa<br>回収箇所0.02Mpa | OUT |
| ⑤ その他          | 管内に、漂流物及び堆積物が無いこと。 | 細目スクリーンで除去                 | OK  |

表-1 適用条件

### （2）検知器

図-2に検知器を示す。φ66mmの検知器本体を、軟質ウレタンフォーム（外径φ125mm）で包み、防護や推進力の向上、ノイズの低減を図っている。なお、検知器本体には、音響センサー、超音波発信機、加速度計およびデータ記録用SDカードを内蔵している。

### (3) 漏水の判定

検知器には、圧送管内で発生する漏水音や水流音、雑音等のあらゆる音が時間とともに記録される。

異常箇所的位置の特定は、検知器の1回転当りの移動距離から算出する。さらに、空気弁、仕切弁等に取り付けた追跡機材により補正し精度を上げている。

図-3に典型的な漏水パターン

の例を示す。音量波形(図-3の折線)は漏水位置に近づくにつれ大きくなり、離れていくと小さくなる山型の波形を示す。さらに、周波数(図4の白色部分)も漏水箇所

に近づくほど白く浮き出て、音エネルギーが集まる状態を確認できる。音質は、「シュー」と抜けるような音として聞くことができ、異常箇所

に近づくにつれ大きくなり、漏水箇所

で最大、その後は小さくなっていくことから漏水箇所を特定することができる。

## 2-2 現地調査

### (1) 調査区間

調査区間を図-4に示す。より広い処理面積を有し、送水距離が最も長いこの南部圧送幹線は、兵庫川ポンプ場(22,500 m<sup>3</sup>/日 平均 H26実績)から浄化センターまで汚水を送水するもので、圧送管径φ400、L=6,020mである。

### (2) 検知器の挿入および回収箇所

検知器を挿入および回収するために、立上り管はφ75mm以上が必要である。このため挿入箇所はポンプ場のバルブ室内とし、回収箇所は浄化センター内の空気弁とした。

### (3) 総合的な解析

このシステムの解析手法については、通常は【音量>周波数>音質】の優先度で異常を判断するが、今回の調査では管内圧力が低いことを考慮し、【音量=周波数=音質】として総合的に解析を行うことにした。

漏水と判断する場合には、通常は過去の漏水検知パターンと比較して行うが、現場条件によっては新たなパターンになる例もある。このため、表-2に示すとおりランク分けして、音量、周波数および音質の項目ごとにそれぞれ判定する。その結果を集約して表-3に示すようにレベル判定を行った。

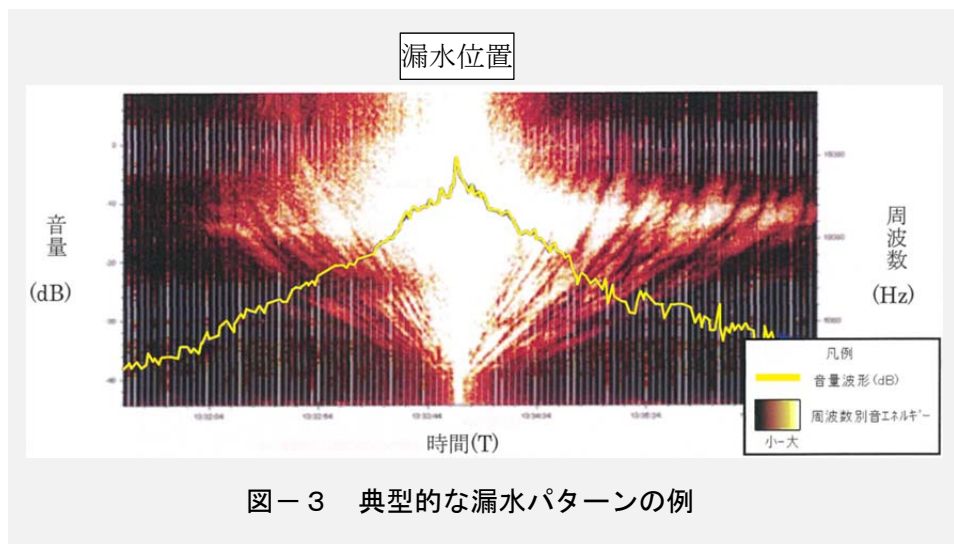


図-3 典型的な漏水パターンの例



図-4 調査区間

| ランク           | 音量                    | 周波数                        | 音質              |
|---------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|
| ○: 異常箇所パターン一致 | ・山形波形あり<br>・底上げ(台形)あり | ・ひし形状に分布<br>・帯状、塊状の分布      | ・ピーク確認可能な音の変化あり |
| △: 局所的な変化がある  | ・局所的なピークあり            | ・低周波成分の塊状分布<br>・局所的な線形上の分布 | ・局所的な音の変化あり     |
| ×: 変化なし       | ・変化なし                 | ・変化なし                      | ・変化なし           |

表-2 ランク判定表

| レベル | 音量 | 周波数 | 音質 | 判定            |
|-----|----|-----|----|---------------|
| 1   | ○  | ○   | ○  | 漏水【判定】        |
| 2   | ○  | ○   | △  | 漏水【可能性あり】     |
| 3   | ○  | △   | △  | 漏水【可能性あり】     |
| 4   | △  | △   | △  | 漏水が疑われる       |
| 5   | △  | ×   | ×  | 異常音あり(漏水ではない) |
| -   | -  | -   | -  | 異常なし          |

表-3 レベル判定表

3. 調査結果および考察

3-1 調査結果

表-4に示すように、検知器の挿入箇所から121m付近に空気溜まり推定箇所が1箇所あった。また、挿入箇所から5,700m以降に漏水が疑われる箇所が4箇所あった。その他の箇所では漏水と判定できる異常はなかった。

空気溜まり推定箇所として判断した調査データを図-5に示す。周波数分布に変化はなかったが、音量は3つの山形波形を示すとともに、録音された音の中には、空気溜まりと思われる泡が湧き出るような「ポコポコ」という異音を確認できた。

3-2 考察

調査実施前の検討段階では、清水に近い農業用パイプラインでの調査実績はあったものの、下水道の污水での使用事例がなかったことから、調査結果を心配したが、事前現地調査や判定方法等の検討を行って実施した結果、一定の成果を得ることができた。

調査では、圧送管が約4mの深さに埋設してあるため、検知器の超音波発信機からの信号を追跡できなかった。移動速度を管内流速と同じ約80cm/秒とし、6.0kmを約2時間で到達すると仮定した結果、おおむね計画通りに回収箇所に到達したことから、污水圧送管の異常箇所の位置特定を行うことができた。

4. 結論

このシステムは、長距離区間を非破壊および非開削工法による調査が可能であり、污水の場合にも十分適用することがわかった。

本調査により以下の結論を得た。

- ・内径φ400mmの圧送管を対象として、管延長約6km区間の漏水の有無を確認したところ、重大な漏水はなかった。

当公社では、通常目視による点検作業を行っているが、今後は、異常と思われる箇所が特定できたことにより、その付近を重点的に点検することにした。

また、他の污水圧送管においても、軌道下や幹線道路等の重要な区間を優先的に順次調査を進め、管路の状態を把握して、陥没事故等の重大な事態を未然に防ぐよう努めていきたい。

| No. | 経過時間<br>時:分:秒       | 距離<br>m             | ランク |     |    | レベル | 備考      |
|-----|---------------------|---------------------|-----|-----|----|-----|---------|
|     |                     |                     | 音量  | 周波数 | 音質 |     |         |
| 1   | 0:02:22<br>~0:02:38 | 121.160<br>~134.350 | △   | ×   | ○  | 3   | 空気溜まり   |
| 2   | 2:00:11             | 5,702.32            | △   | ×   | △  | 4   | 漏水が疑われる |
| 3   | 2:02:35             | 5,814.22            | △   | ×   | △  | 4   | 漏水が疑われる |
| 4   | 2:03:03             | 5,837.11            | △   | ×   | △  | 4   | 漏水が疑われる |
| 5   | 2:03:20             | 5,850.56            | △   | ×   | △  | 4   | 漏水が疑われる |

表-4 異常箇所

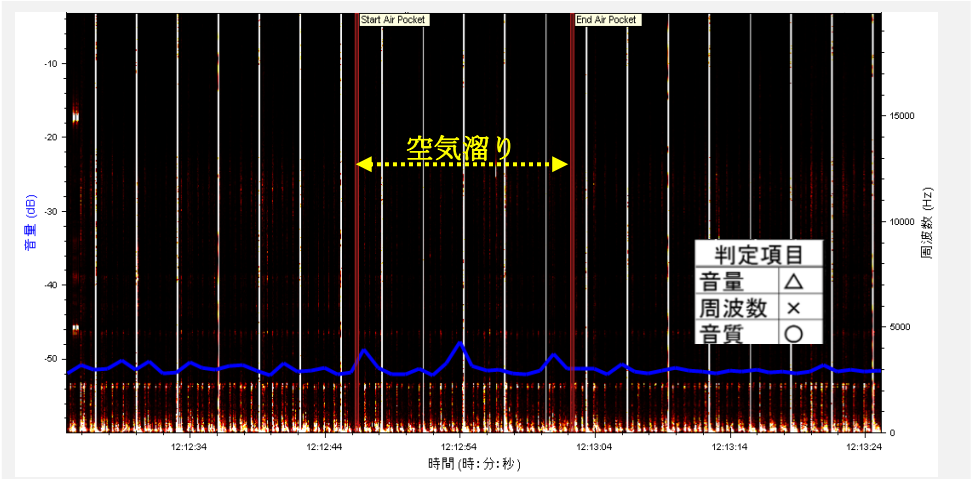


図-5 調査データ