

## AE 計測に基づく送配水パイプラインの非破壊モニタリング法の開発

Development of Non-Destructive Inspection Method for Water Pipeline Monitoring by Acoustic Emission

○鈴木哲也\* 島本由麻\*\*

Tetsuya Suzuki and Yuma Shimamoto

### 1. はじめに

近年、農業水利施設の性能規定化の流れの中でパイプライン施設の水利・水利用機能に関する定量的評価法の開発が急務な課題となっている。パイプライン施設の安全性は、水密性能と密接に関連しており、その評価は漏水現象の有無で議論されることが多い。筆者らは、AE法を用いた非破壊水密性能照査法を開発しており、今日までにパイプラインから発生する通水シグナル（弾性波）を検出し、その発生挙動と水密性能との関連を明らかにしている<sup>2),3)</sup>。

本研究では、その際示唆された漏水現象の同定精度へ及ぼす内水圧の影響について、既存施設で発生する漏水現象を対象に内水圧を調整した条件下での漏水起源弾性波の特性を評価した結果について報告する。検出波の同定は、弾性波を受動的に検出する非破壊検査法の一つであるアコースティック・エミッション（Acoustic Emission; AE）法を用いて評価した。加えて、機械学習法の一つであるランダムフォレストを用いて水頭と漏水起源弾性波特性の関係を検討した。

### 2. 計測施設・方法

計測施設は、揚水機場より高低差 83 m のファームポンドでまで送水する漏水現象が顕在化したパイプライン（延長約 740 m）である。管種・管径は鋼管φ250 mm である。計測は漏水点（直径φ3 mm 孔食）から下流 3.0 m に位置する揚水機場内および漏水点近傍で行った。水頭 78 m より約 10 m ごとに 13 秒間 AE を計



図-1 AE 法による漏水波検出

Detection of water-leak waves by AE method

測した。実験ケースは漏水点をプラスチックカバーで覆ったときと覆わないときの 2 ケースとして、それぞれ 2 回ずつ行った（図-1）。

### 3. 解析方法

本研究では、ランダムフォレストを用いて判定アルゴリズムを構築し、各水頭における検出波の識別を試みた。ランダムフォレストは決定木を弱学習器とするアンサンブル学習アルゴリズムである。本研究では、木の分岐の基準は CART 法によるジニ係数を用い、木の数を 200、木の深さを 3 とした。訓練用データには 1 回目の実験で各水頭において検出された波形データ、評価用データには 2 回目の検出波を用い

\*新潟大学農学部農学科 Faculty of Agriculture, Niigata University

\*\*北里大学獣医学部生物環境科学科 School of Veterinary Medicine, Kitasato University

キーワード：パイプライン、漏水現象、非破壊検査、Acoustic Emission、ランダムフォレスト

た. 説明変数は①最大振幅値, ②平均周波数, ③RMS, ④重心周波数, ⑤ピーク周波数, ⑥AE エネルギーの6つを用いた.

#### 4. 結果および考察

##### 4.1 説明変数の重要度評価

ジニ係数の減少量を用いて説明変数の重要度を算出した. 図-2 にカバーなしにおける重要度を示す. 重要度はRMSが66.3%と最も高く, 次いで重心周波数が12.8%を占めた. 以上より, 主にこの2つの変数で水頭差における検出波の特性を説明できる可能性が示された.

このことから各水頭におけるRMSと重心周波数との関係を検討した(図-3). 水頭が高いほどRMSが大きく, 重心周波数が低い傾向が認められた. 水頭1mにおいては2つの集合が確認された(図-3 破線部). 同様に2回目の実験においても20m以下の低水頭で2つの集合が確認されたことから, 低水頭では発生起源が異なる2種類のAEが検出されたものと推察される.

##### 4.2 評価用データによる識別精度の検討

ランダムフォレストを評価用データに適用し, モデルの精度を検討した(図-4). 再現率は30mと20mで0.9以上だった. これは30m以上の水頭において, ほぼすべてのAEを30mであると識別し, 20m以下のAEでは20mとして波形を識別したためである. 水頭20mと30mでは, 検出波の特性が変化しと考えられる.

#### 5. まとめ

本報では, ランダムフォレストを用いて, パイプラインにおける水頭と漏水起源弾性波特性との関係を検討した. 検討の結果, RMSと重心周波数が説明変数として有効であることが示された. 水頭20mと30mで検出波特性を比較した結果, 検出されるAEが変化することが示唆された.

#### 引用文献

1) 中達雄, 樽屋啓之(2008): 用水路系に対する水利学的

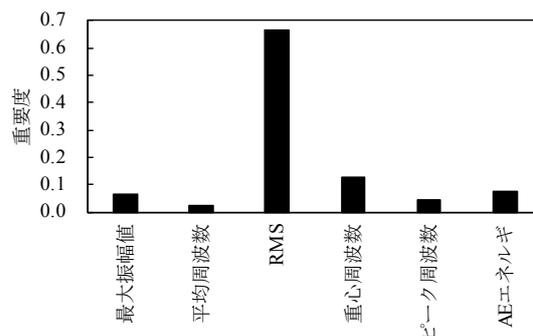


図-2 説明変数の重要度 (カバーなし)

Importance of explanatory variable.

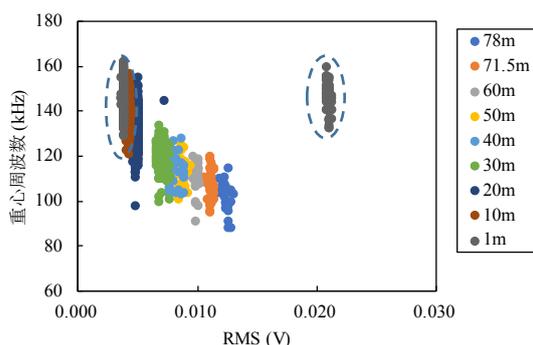


図-3 各水頭のRMSと重心周波数の関係 (カバーなし・1回目)

Relationship between RMS and centroid frequency.

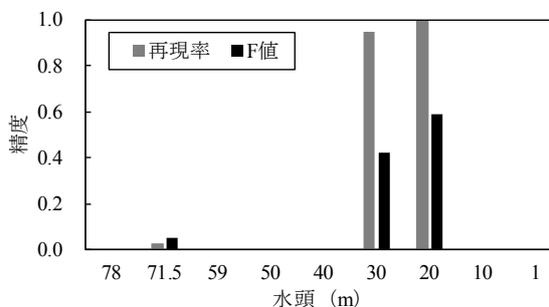


図-4 各水頭における検出波の識別精度の比較 (カバーなし)

Comparison of accuracy of detected waves in each water head.

性能の基本的考え方, 農業農村工学会論文集, No.256, 9-16.

- 2) 鈴木哲也, 齋藤真歩, 小峯悠汰, 浅田洋平, 木村匡臣, 安瀬地一作(2019): 3次元画像計測による圧力波に起因する管材変形の非破壊・非接触同定に関する研究, 農業農村工学会応用水理研究部会講演要旨集, 23-24.
- 3) 鈴木哲也, 塩谷智基(2018): AE計測に基づく送配水パイプラインの非破壊モニタリング法の開発, 農業農村工学会誌, 86(4), 277-280.