

# オープン型パイプラインに発生する気液二相流の非破壊特性評価 Evaluation of Two-Phase Flow in Open Type Pipeline by Non-Destructive Inspection

○ 鈴木哲也\* 中達雄\*\* 樽屋啓之\*\* 田中良和\*\* 三春浩一\*\* 青木正雄\*

Tetsuya SUZUKI, Tatsuo NAKA, Hiroyuki TARUYA, Yoshikazu TANAKA, Koichi MIHARU and Masao AOKI

## 1. はじめに

パイプラインシステムにおける空気混入現象は、気液二相流の発生に伴う脈動や通水断面の減少に留まらず、空気塊のブローバックなどによる維持管理や送水操作への影響が問題となっている。オープン型パイプラインの場合、流入部のシール不足やオープンスタンドの水槽容量不足により空気混入が発生し、現象を放置した場合、漏水事故の誘因となる。筆者らは、配管内から発生する弾性波を受動的に検出し、その特性から管内流況の評価法を開発している<sup>1), 2)</sup>。

本研究では、空気混入による気液二相流が発生している既設オープン型パイプラインを対象に検出波特性の解析的検討から、空気混入範囲の特定とその特性解析を試みた結果を報告する。

## 2. 計測対象・方法

計測対象は、PC 管、RC 管および DCIP で構成されている総延長  $L=23.4\text{km}$  のオープン型パイプラインである。管径は、 $\phi 1,350\sim 1,200\text{mm}$  であり、当初計画時の最大通水量は  $5.82\text{m}^3/\text{s}$  である。

本研究では、配管内から発生する弾性波を AE 法を用いて検出した。気液二相流特性の抽出・評価は、検出波の周波数応答と AE パラメータを用いた。計測は、特性の異なる 4 種類のセンサを用いて、しきい値  $40\sim 45\text{dB}$  で行なった。供試センサの選定には、管径  $\phi 100\text{mm}$  (条件：水圧  $7.8\text{kPa}$ 、空気混入圧  $98.1\sim 685.5\text{kPa}$ ) のモデル試験結果を反映させた。実構造物での計測部位は、付帯工および直管部である。計測時間

は  $30$  (秒/計測) であり、1 箇所当り 3 回計測した。

## 3. 結果および考察

### 3.1 検出波特性

内水圧作用下におけるパイプラインで検出される弾性波は、**図 1** に示す振幅値の小さな正弦波である。気液二相流が発生しているパイプラインでは、気泡の管内面への衝突や破裂により、検出波特性が変化する。**図 1** に示す安定した流況下では、 $10\text{kHz}$  以下にピーク値が検出されるが、気液二相流発生下では周波数応答値の上昇が確認された。検出波の一例を**図 2** に示す。気液二相流発生下での空気混入圧と AE 発生頻度の関係を**図 3** に示す。空気混入の無い状態では、 $30\text{kHz}$  共振型センサでの反応が顕著になる。空気混入圧の増加に伴い、高周波数対応型センサでの AE の検出数の増加が顕

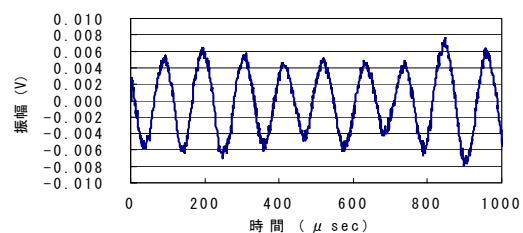


図 1 定常流下で検出された AE

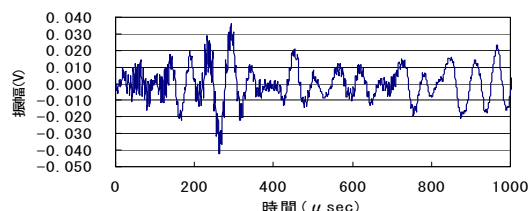


図 2 気液二相流状態の既設構造物で検出された AE

\* 日本大学生物資源科学部生物環境工学科 Nihon Univ. College of Bioresource Sciences, Dept. of Bioenvironmental and Agricultural Engineering

\*\* (独) 農研機構 農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering

キーワード オープン型パイプライン, 気液二相流, AE, 非破壊計測, 弾性波

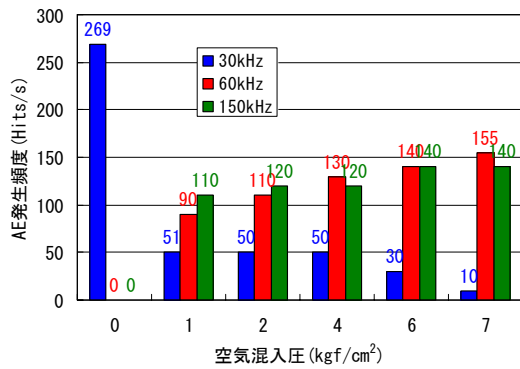


図 3 AE 発生頻度と空気混入圧の関係

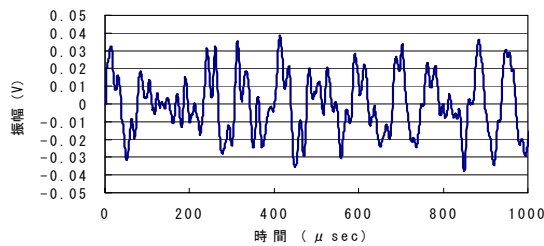


図 4 漏水波（漏水点より 0.3m で検出）

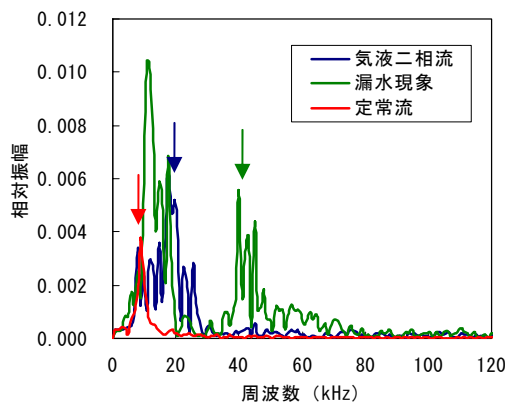


図 5 周波数スペクトル特性

著になった。これは、図 1 および図 2 に示すとおり、空気混入に伴い受信波の周波数特性が高周波数領域に変化することに起因していると考えられる。

### 3.2 漏水現象と気液二相流との相違

漏水が発生している配管で検出される波動は、流水起源の周波数応答値に加えて、20kHz 以上の範囲に 2 次ピークが検出される<sup>3)</sup>。検出波の一例を図 4 に示す。計測位置と漏水点が近傍であるほど、ピーク周波数と振幅値が増加する傾向にある。

配管内の気液二相流範囲を特定するには、漏水現象との区別が不可欠である。検出波スペクトルを図 5 に示す。漏水現象では、定常流況においては確認できない 40kHz 以上の範囲で二次ピークが検出されるのに対して、気液二相流では 17~22 kHz、定常流では 9kHz と配管内流況により検出波の周波数特性が異なることが明らかになった。配管内流況を評価するには、弾性波を検出するのみではなく、検出波の周波数特性に着目した検討が必要である。既往の研究<sup>1),2)</sup>より、その際には AE パラメータを用いることが有効である。

### 3.3 既設構造物での気液二相流の検出

以上の結果を踏まえて、気液二相流が発生しているオープン型パイプラインにおいて検出波特性から気液二相流範囲の特定を試みた。計測時の流量は 1.5m<sup>3</sup>/s である。

その結果、混入空気の一部が空気弁工より放出されていた（検出波：図-2）。計測範囲の 17.6%にあたる L=183m 区間での空気混入が推察された。

## 4. 結論

本研究では、既設オープン型パイプラインを対象に配管内から発生する弾性波の検出に基づく気液二相流現象の定量的評価を試みた。その結果、検出波の周波数応答や AE パラメータ特性の相違から通水現象と漏水または気液二相流との区別が可能であることが明らかになった。

## 引用文献

- 1) 鈴木哲也 他：配管施設の通水シグナルの検出による補修効果の定量的評価，農業農村工学会誌，75 巻 10 号，pp.907-910，2007.
- 2) 鈴木哲也 他：老朽化 PC 管路の非破壊モニタリングに基づく漏水現象評価，構造工学論文集，53 巻 A 号，pp.766-773，2007.
- 3) 鈴木哲也 他：弾性波計測に基づく補修後配管施設の水密性能評価装置，特許申請中，2008.