

# 農業用パイプラインに対する 相関式漏水探査法の適用性について

網走開発建設部 農業開発第1課

横木 淳一

齊藤 修一

中川 靖起

近年、国営造成水利施設保全対策指導事業による農業水利施設の機能診断が進められており、農業用パイプラインについても、機能診断手法の確立に向けた検討がなされている。

昨年度調査を行った「相関式漏水探査法」による漏水状況の調査に対する検証において、樹脂製管では探査可能距離が短いこと、ロガー設置が既存の施設位置に縛られる等の課題が明らかになった。そこで、これらの課題について検証を行い、機能診断手法としての適用性について評価を行った。

キーワード：機能診断、漏水探査、パイプライン

## 1. はじめに

農業用パイプラインは、農業用水を搬送するために欠くことのできない施設である。そのため、漏水事故などで農業用水の通水が停止されると地域の営農に重大な損害が生じることとなる。また、大規模な漏水事故では、社会的な影響も懸念される。よって、漏水事故を未然に防止するために、施設機能が損なわれる前に漏水箇所の特定を行い対策を講じることが求められている。

しかし、農業用管路は、土中に埋設されているため、漏水量の少ない段階では場所を特定するのが困難である。よって、初期段階での漏水箇所を特定できる手法の確立が求められている。

## 2. 目的

H20年度の調査では、阻害要因による影響、排泥施設からの排水を疑似漏水としたことによる漏水音のバラツキなどにより、管種毎の漏水探査法の適用性を確認するに至らなかった。よって、今回は疑似漏水施設の改良や観測条件を変えることにより相関式漏水探査法の適用可能性を検証し、機能診断手法としての適用性について考察を行う。

## 3. 試験について

### (1) 相関式漏水探査法の原理について

相関式漏水探査法に用いる探査機器は、漏水音を記録するロガーと、それを解析する機器（パソコン）で構成されている（写真-1）。

漏水地点で発生した低周波は管路を伝わって、異なる2地点に設置されたロガーに記録される。そのデータをパソコンに取り込み、波形を照合し伝達時間の差を計算する。これは、低周波の減衰が起こりにくく遠くまで伝わる性質を利用したものである。原理の概要を図-1に示す。漏水が発生する低周波は継続的に発生し、途切れることがない。2ヶ所の観測点で得られた波形の相関（類似）性は高速フーリエ変換で解析する。漏水音の伝播速度は管種・管径ごとに固有の値を持つため、ロガーから漏水地点までの距離は（式-1）で表すことができる。漏水の有無を判断する基準値は相関率68%以上とした<sup>1)</sup>。



写真-1 探査機器

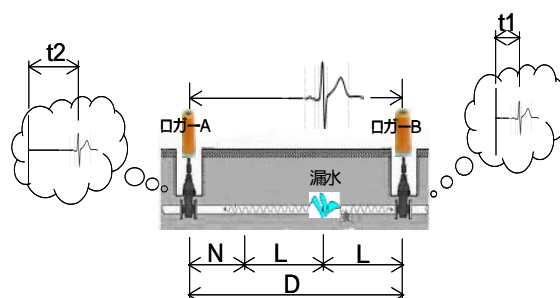


図-1 相関式漏水探査法概念図

$$L = \frac{D - N}{2} = \frac{D - (V \times Td)}{2} \quad (\text{式-1})$$

ここで、V：伝播速度、Td：遅れ時間（到達時間t1とt2の差）

### (2) 疑似漏水施設について

今回の調査では、仮定の漏水として疑似漏水施設を設置した。疑似漏水施設は、空気弁のゲートバルブを利用し、その先に流量計と水が漏れる程度に緩めたフランジを設置し砂利で埋め戻す（図-2）。この方法により大規模な仮設を必要とせず実際に近い漏水音を再現することができる。また、漏水量を調整できるよう流量計を設置し許容漏水量との関係も調査した。

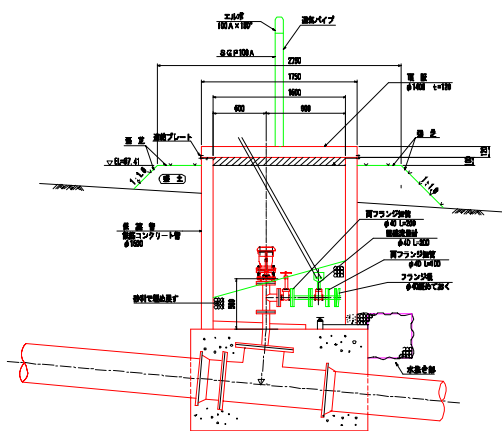


図-2 疑似漏水施設

### (3) 観測方法

相關式漏水探査機のロガーは、加速度計、タイマー、メモリで構成されており操作はパソコンで行う。観測時には各ロガーのメモリをリセットしタイマーをシンクロさせて所定の位置に設置し観測を行う。通常ロガーの設置は、管路に直接設置できる空気弁等の施設に行うが、

直接ロガーを設置できる空気弁等の施設が農業用のパイプラインでは少なく、起伏の少ない管路においては400m~500mに1箇所<sup>2)</sup>となっている。そのため、疑似漏水施設を設置した空気弁から一定の距離を離れた管路上に鉄棒を設置し、ロガーを取り付けた。鉄棒は、長さ2.5mのものを使用し、出来型図より管の埋設深を計測し、先端をできるだけ管に近づくよう設置した。設置状況を写真-2に示す。



写真-2 ロガー設置状況

観測回数は、昼と夜の2回行い、漏水量をそれぞれ許容漏水量より多い場合（約6.0m<sup>3</sup>/h）、同じ場合（約3.7m<sup>3</sup>/h）、少ない場合（約1.7m<sup>3</sup>/h）と3通り計6回実施した。また、比較のため漏水を行わない場合も測定した。観測時には周辺の音も収集し周波数の計測を行った。

## 4. 調査結果

試験結果を整理したものを表-1に示す。反応個数は、相関率68%以上、かつ反応誤差（仮想漏水箇所と反応箇所との距離の誤差）が10%未満を満たした個数とした。

### (1) 距離と反応個数について

全体的にDCIP管では全ての調査距離において反応が得られた。

FRPM管に関しては、DCIP管と比べると反応数が1/6

表1 漏水試験反応個数

管種・管径	静水圧 Mpa	土被り m	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	計
			調査距離 (m)						
			100	150	150	200	200	250	
			漏水反応確認個数						
1 DCIP 400	0.34	2.1	3	1	1	1	2	0	8
2 DCIP 350	0.26	2.4	3	0	0	1	0	0	4
3 DCIP 350	0.24	1.8	3	1	4	2	2	2	14
4 DCIP 400	0.22	2.3	1	1	2	1	0	0	5
5 DCIP 600	0.17	3.2	0	0	0	0	0	0	0
合計			10	3	7	5	4	2	31
6 DCIP FRPM 500	0.32	1.8	0	0	0	0	0	0	0
7 FRPM 500	0.27	1.6	1	0	0	0	1	0	2
8 FRPM 700	0.25	3.0	0	0	0	0	0	0	0
9 FRPM 800	0.19	2.8	0	0	0	0	0	0	0
10 FRPM 600	0.17	2.6	2	0	0	0	0	0	2
11 FRPM 600	0.13	3.0	0	0	0	1	0	0	1
合計			3	0	0	1	1	0	5

表-2 周波数帯を固定した場合の漏水試験反応個数

	管種・管径		静水圧 Mpa	土被り m	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	計
					調査距離 (m)						
					100	150	150	200	200	250	
					漏水反応確認個数						
1	DCIP	400	0.34	2.1	3	1	1	1	2	0	8
2	DCIP	350	0.26	2.4	4	0	0	1	0	0	5
3	DCIP	350	0.24	1.8	3	1	4	3	2	2	15
4	DCIP	400	0.22	2.3	1	1	2	2	0	0	6
5	DCIP	600	0.17	3.2	0	0	0	1	0	0	1
					11	3	7	8	4	2	35
6	DCIP,FRPM	500	0.32	1.8	1	1	1	0	0	0	3
7	FRPM	500	0.27	1.6	1	0	0	0	1	0	2
8	FRPM	700	0.25	3.0	0	1	0	1	0	0	2
9	FRPM	800	0.19	2.8	0	0	0	2	0	0	2
10	FRPM	600	0.17	2.6	2	1	0	2	0	0	5
11	FRPM	600	0.13	3.0	1	0	0	2	1	0	4
					5	3	1	7	2	0	18

程度となっており、調査距離も100m以上になるとほぼ反応数は0に近い値となった。

また、表-2に明確な反応が得られた周波数帯に絞って反応個数を算出したものを示す。先ほどの表-1と違い、FRPM管の反応個数が5個から18個と大きく増加し、100m以上の調査距離においても反応がみられた。これは、漏水の反応が顕著に表れた周波数帯にバンドを調節したため雑音等による影響を排除でき、反応個数が増加したと推察される。このように、周波数帯をある程度絞ることにより精度が向上することから、より多くのデータを集積し漏水音の周波数帯を特定することで精度の向上が望まれる。

また、表-3に漏水量と反応個数について示す。今回の調査では漏水量を許容量以下、同程度、許容量以上に設定したが、漏水量による反応個数の差はみられなかった。夜間についても同様で反応個数が増加することはなかった。これは、漏水探査機が漏水音ではなく低周波を感知しているため少量の漏水でも低周波の発生具合によっては漏水を感知できることが示唆される。

表-3 漏水量と反応個数について

管種		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	計
		調査距離 (m)						
		100	150	150	200	200	250	
		漏水反応確認個数						
DCIP	許容漏水量以下	3	1	2	3	1	0	10
	許容漏水量程度	2	0	1	1	1	2	7
	許容漏水量以上	4	1	1	2	2	1	11
	夜	2	0	3	2	0	0	7
		11	2	7	8	4	3	35
FRPM	許容漏水量以下	3	0	1	1	0	0	5
	許容漏水量程度	2	1	0	1	1	0	5
	許容漏水量以上	0	2	0	4	0	0	6
	夜	0	0	0	1	1	0	2
		5	3	1	7	2	0	18

(2) 調査区間の静水圧について

図-3に、DCIP管における静水圧と反応個数の関係について示す。

今回の調査区間は、静水圧が0.17Mpa～0.34Mpaであり全体的に静水圧が低い状況での調査であった。反応個数に多少のパラツキはあるが、静水圧が大きくなると反応個数も増加する傾向がみられた。特に、静水圧が0.17Mpaでは、DCIPでも反応個数が0という結果となった。これは、静水圧が低いために疑似漏水施設から発生する低周波が弱くなった影響が大きいとみられる。また、FRPM管においては反応個数が1から2個程度であり静水圧との相関性はみられなかった。

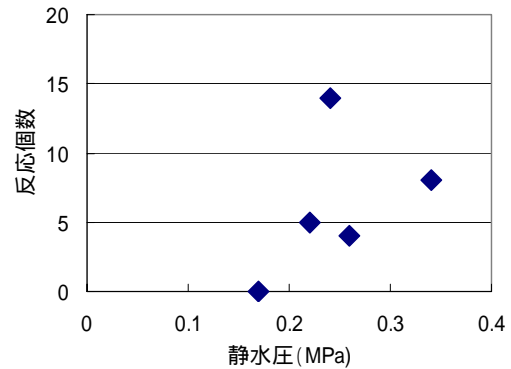


図-3 DCIP管における静水圧と反応個数

図-4に静水圧と平均反応誤差率の関係を示す。平均反応誤差率は基準値（相関率68%以上、反応誤差率10%未満）を満たさず、反応個数に含まれなかったものも含む全データの反応誤差率を静水圧ごとに平均したものである。DCIP管、FRPM管ともに静水圧が増加すると反応誤差率が低下する傾向がみられた。このように、静水圧が低い場合は低周波が弱くなり、漏水箇所の特定が困難になる傾向がみられた。

今回の調査では、相関率68%以上、反応誤差率10%未満を基準値として反応個数をカウントしており、DCIP管においても0.2Mpa以下の静水圧では反応誤差率が15%程

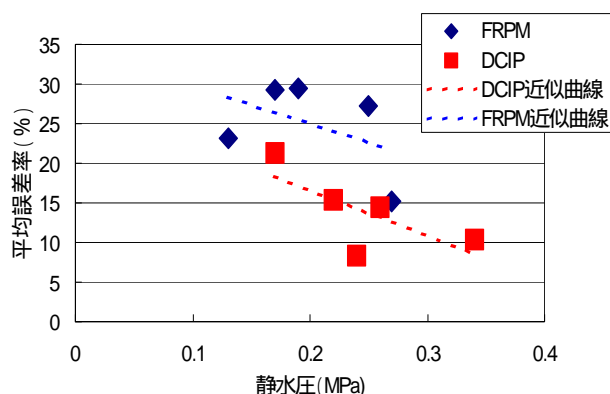


図-4 静水圧と誤差率

度となって反応個数としてはカウントされない結果となった。また、FRPM管においては0.27Mpaの静水圧時にも反応誤差率が10%を上回る結果となり静水圧が増加すると反応誤差も低下する傾向はみられるものの、高い誤差率で推移しており今回調査した低圧な管路には適さない結果となった。

相関式漏水探査機は、通常の水道管路における漏水探査では静水圧が0.2Mpa程度と低圧で使用する。ただし、口径が小口径であることと、施設が多く存在するためロガーの設置間隔を短く設定できることから農業用パイプラインとは大きく使用環境が異なる。これらの要因が反応個数の低下に繋がったのではないかと推察される。

## 5. まとめ

農業用パイプラインでは、通水期間中における漏水箇所特定が重要となることから、相関式漏水探査法による漏水状況調査の精度向上に向けた調査を行った。今年度は、疑似漏水施設を改良し、昨年と条件を変更させた。結果を以下に示す。

(1) 調査距離と反応個数については、DCIP管は良好な結果を得られた。FRPM管については調査距離100m以上になると反応個数が大きく減少する結果となったことから、調査距離100m未満について現在調査中である。また、夜間についても反応個数の増加はなく影響はほとんど無い状況であった。

(2) 漏水量と反応個数については、漏水量が多くなっても反応個数が増加することはなく漏水量と反応個数に相関性はみられなかった。

(3) 反応個数と静水圧については、DCIP管では静水圧が高い方が反応個数が増加する傾向がみられた。FRPM管については反応個数が少なく静水圧との関係はみられなかった。

(4) 静水圧と反応誤差の関係については、DCIP管、FRPM管共に静水圧が増加するほど反応誤差が低下する傾向がみられた。

## 6. おわりに

H20年度より相関式漏水探査法についての調査を行ってきた。H20年度調査では、疑似漏水施設による漏水音が実際の漏水と大きく違ったことや、周囲の雑音の影響により適用性を評価するまで至らなかった。今回の調査では、疑似漏水施設の改良、ロガーを管路上の鉄棒に設置し適用性の評価を行った。

今回の結果より、静水圧が低い管路においては漏水音が小さく低周波を出しにくいことから相関式漏水探査法では探査が困難であるという結果となった。特にFRPM管では、低周波が伝わりにくい材質であることから今回の調査では反応個数が少なく適用性は低い結果となった。

また、許容漏水量以下の漏水量においても反応している結果が得られたことから、今後は大規模な漏水の起こる前の微少な漏水を探査し予防保全を行うことも考えられる。

障害要因（雑音）も今後精査し、事例を重ねることで精度の向上が望まれる。

## 参考文献

- 1) 五味慎太郎・齊藤修一・荒川潤：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回北海道開発技術研究発表会
- 2) 農林水産省農村振興局整備部設計課：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説「パイプライン」、p468