

パイプラインにおける技術の進歩と事故リスク低減の関係

Technological advancement and reduction of risk of accidents in pipeline systems

稲垣 仁根

Hitone Inagaki

1. はじめに

農業用水のパイプラインは、昭和30年代の後半から畑地かんがい導入され、現在では幹線、支線の農業用水路に広範囲に用いられている。パイプラインの設計思想は、これまで“単価を安く”、“耐用年数を長く”、“維持管理を少なく”を軸とする[低コスト]と、“流速係数を小さく”、“耐圧強度を大きく”を軸とする[省エネルギー]を基調としてきた。さらに、管材やポンプ、バルブなどの機材が進歩したため、これらを効果的に組み合わせることにより、位置エネルギーを極限まで活用する方向で進んできている。

一方、パイプラインの進展と事故の発生は無縁ではなく、事故が発生する毎に原因が究明され、有効な対策が講じられてきた。本報告において、パイプラインの導入開始後、約40年間の技術の進歩と発生した事故について振り返り、今後の技術課題への取り組みについて、我々が経験を通して獲得した知識としての“経験知”を引き出すことを目的とする。

2. 検討対象地区の概要と事故原因

検証の対象とする地区として、パイプライン化の黎明期（K 県 K 地区）、その後、水利の便が悪かった台地へ、大容量・高揚程のポンプを用いて展開する最盛期（F 県 B 地区）、地下ダムに水源を求めて、高位のファームポンドから供給する現在（O 県 M 地区）に至る3つの地区を取り上げた。対象とするパイプラインは、ファームポンドや加圧揚水機場から末端圃場までの範囲とした。

各地区の事業時期と送水方式、管種、内圧、延長などの概要（表 1）とパイプラインの事故原因（表 2）について管種別に整理して示す。

表 1 対象地区の概要  
Outline of water conveyance system

地区	事業期間	送水方式	管種	最大設計内圧		延長 km
				Mpa		
K県K地区	1959(S34)~1969(S44)	ファームポンド 経由自然流下	ACP	試験水圧	0.18	16.0
			RC	4K	0.26	6.7
			PC	3種	0.80	23.8
			SP	試験水圧	2.50	3.4
F県B地区	1967(S42)~1994(H6)	加圧タンク式 ポンプ送水	PVC	VU	0.60	57.4
O県M地区	1987(S62)~2001(H13)	ファームポンド &減圧弁経由 自然流下		VP	1.00	10.5
			FRPM	3種	0.70	11.7
			DCIP	T&K型継手	3.00	104.5

表 2 管路事故の原因と対応策  
Accident cause and countermeasure technique

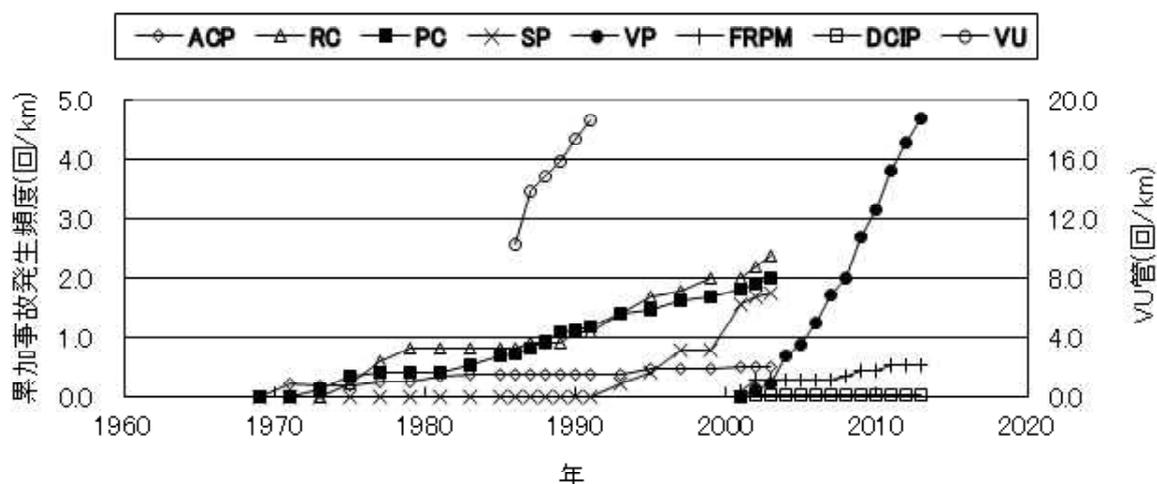
管種	事故原因			対応策
	1	2	3	
ACP	耐圧強度不足、中性化			他管種へ敷設替え
RC	中性化による耐圧性低下	継ぎ手ゴム輪のバクテリアによる浸食	PC鋼線の腐食	合成ゴム輪へ交換
PC				既設管の更新
VU	タンク機能不全時のポンプ起動停止による圧力変動	TS継手剥離	ピンホール発生	RR継手管に交換 インバータ式回転数制御の導入
VP	散水施設の稼働に起因する圧力変動による疲労破壊	減圧弁の作動不良	外荷重など複合要因	安全弁の設置など検討中

3. 累加事故発生頻度

3地区について、管種毎の事故発生回数を初回から年単位で累計し、累計事故回数を単位長さ km 当たりの事故発生回数に換算し、これを累加事故発生頻度とした。1969（昭和 44）年から 2013（平成 25 年）までの累加事故発生頻度を図 1 に示す。

宮崎大学農学部 Faculty of Agriculture, University of Miyazaki ,キーワード：パイプライン 事故 管種 事故発生頻度

図 1 累加事故発生頻度の推移  
Trend of cumulative accident frequency rate



管種毎の事故発生の原因，対応策，発生頻度の傾向は，以下のように整理できる。

- ・石綿セメント管（ACP）は，耐圧強度が低いため，供用開始直後から事故が発生している．事故の急激な増加はないが，経年的な中性化の進行による耐圧低下は避けられない．
- ・RC 管は，中性化とゴム継手（天然ゴム）の劣化が，PC 管は，さらに PC 鋼線の切断が事故の主な原因であり，時間の経過とともに中性化と管厚の減少が進行するので，供用開始後から一定の頻度で事故の発生が継続している．抜本的な対策として，新設管への置換工法，また既設管へのライニング工法や反転・形成工法などの対策が必要である．
- ・DCIP と SP 管は，他管種と比べて高価であるが，適切に施工されていれば，事故の発生頻度は低いと考えられる．図 1 のデータでは，1990 年以降に SP 管の事故頻度が増加しているが，これは事故発生件数は少ないが，管路延長が短いことが影響している．
- ・VU 管は，加圧タンクの空気が抜けて，ポンプの起動停止が 1 分程度で繰り返され，0.2MPa 程度の圧力変動が管路全体に作用したものである．その結果，TS 継手の接着部の剥離やピンホールなど総計 1100 件の事故が発生した．対策としては，インバータによるポンプ吐出圧一定の回転数制御を導入することにより，事故の発生が収束した．
- ・VP 管は，減圧弁の作動不良やスプリンクラーなどの起動停止が発生する場合，設計内圧以下であっても，圧力変動の繰り返しによる疲労破壊を生じることがある．繰り返し荷重が作用する場合，管材の疲労が進行するので，DCIP 管に置き換える以外に，事故の発生を完全に防止するための有効な対策が無いのが現状である．

#### 4. まとめ

パイプラインの技術と事故の関連は，【技術の高度化は，さらに技術者の意図せぬ管路事故を繰り返して招くことがある】と換言できる．今後，許容設計内圧 1.25MPa の VH 管の導入が想定されるが，より厳しい条件で運用することになるので，静水圧＋水撃圧の概念だけではなく，疲労破壊の原因となる動的な荷重に対する設計技術の導入が必要である．

参考文献

岩崎和己 (1990): 昭和最後の 10 年間における水路技術の総括と展望, 水と土, NO.80, pp.31-38.

田中良和 (2014): 小口径塩ビ管の破損事故歴の調査, 平成 25 年度 農業農村工学会大会要旨集, pp.110-111.