

農業分野のパイプラインの現状と課題

—老朽化とストックマネジメント—

毛利 栄征

MOHRI Yoshiyuki

農業食品産業技術総合研究機構
農村工学研究所 施設資源部 土質研究室室長



1. はじめに

我が国の農業の発展は水利用の変遷とともに今日に至っているといっても過言ではありません。二千年に及ぶ水田稲作を中心とした農業の発展の中で、農業用の水利施設を整備し適切な管理を行っていくことでその持続的な営農を可能としてきました。すなわち、我が国の自然条件や地形条件によって引き起こされる洪水と渇水が繰り返される中で、年間を通じた灌漑用水の持続的な確保に向けた様々な取り組みは、安全な生活や農業生産の場を生み出す治水の場でもあり、治水と利水が相互に結びついた活動であったともいえます。

今日の農業用水の維持管理は、基幹的な施設としての公的な管理組織と末端の圃場への配水管理を各農家を実施するという重畳的な管理をおこなっており、上水道等が実施している送水から分水、配水までを一体的に管理する方法と大きく異なります。この基幹的な水利施設、すなわち受益面積が100ha以上の用排水路は、全国で13,890カ所、45,000kmに達し、中小の農業用排水路を含めると約40万km、地球10周分に相当します。

2. 農業用水路の現状

2-1 基幹的施設の老朽状況

農林水産省が構築している基幹的な水利施設は、図-1に示すように平成14年3月の時点で7.5兆円です。このうち、用排水路の標準的な耐用年数を40年とした場合、耐用年数を経過している施設が既に1兆円に達しています。更新を迎える農業用排水路の見込み数は、図-2に示すように1980年以来増加し続け2010年にピークに達し、2025年ごろまでは大規模な更新事業の需要が続くことがわかります。このような基幹

施設の更新に伴って、支線や圃場近くの末端の水利施設の改修が計画され、灌漑システムの更新事業が展開されることになるので、全体の更新としてはさらに小規模の広範な施設が対象となります。施設の規模で見れば、基幹的な施設である大規模水路が先行的に更新され、引き続いて小口径のパイプの更新へと継続されるのが一般的です。

このため、適切な更新を進めるためには、それぞれの施設規模と特性に応じた調査・診断手法と更新・改修技術が要求されることは自明ですが、残念ながらまだまだ多くの技術開発が必要な状況にあります。

2-2 農業用パイプラインの立地条件と特徴

地中に埋設されるパイプラインは、用地の効率的な利用と都市・農村の混住地域の拡大などの社会環境の変化に伴い、開水路による自然流下式の水路に代って送配水施設として重要な役割を果たすようになって来ています。幹線のパイプラインでは、口径が2,000mmを超える長大なものも数多く見られ、構造的な面から地盤、地形、などの影響を受けやすい大規模線状施設となっています。さらに、近年では老朽化の進んだ開水路の改修が進んできており、開水路からパイプラインへの変更に伴う新たな問題も発生しています。

このような状況の中で、農業用のパイプラインは、水源地である中山間地から平地の沖積低地の圃場に至る様々な地質や地形条件の地区に布設され、安定的に用水を供給することが最大の目的です。しかしながら、このような、周辺地盤や水の使用方法が大きく異なる地区を数多く下流に持つパイプライン全体にわたって安全性を均一に確保することは極めて困難であるとともに、特に地震時の安全性確保なども含めて技術的には多くの課題が残されています。

3. 農業用パイプラインの老朽化

パイプラインは食糧増産の社会的要求に伴う農地開発が進むにつれて、水源の開発からこれを配水するための水路や分水施設など広範な施設の建設が全国的な規模で実施されました。これらの施設の多くは、布設から40年以上を経過してまもなく耐用年数を迎えるようとしています。

農業水利施設は、基幹的な水源施設から末端の用排水路までを一連の系として運用されることによってその安定的に用水を給水するという機能を発揮するものですが、大規模な水利施設の場合には、完成を見るまでに多年に亘る建設を要することとなります。このため、地区によっては施設の建設年次が異なり、施設の余寿命も大きく異なります。このため、施設全体が平均的に老朽化しているわけではなく、局部的な劣化が一部のパイプライン等で進行して、漏水事故につながる例が増えてきております。

基幹的な水利施設全体で見ると図-3に示すように事故件数は増加傾向にあり年間500件近くに上っていることが分かります。また、その半数以上がパイプラインで発生しています。これらの事故は、さまざまな要因が複合的に作用して発生するため単一の原因によって分類することは、必ずしも正確ではありませんが、大まかな傾向をつかむ意味で整理すると、施設の経年的な劣化（41％）と電食・腐食などの局部的な劣化（18％）が、事故原因の59％に達します。地盤の不同沈下を原因とする漏水事故（18％）などを含めると、実に77％になります。

経年劣化が進む中で材料や構造的な不均一性、あるいは、地下水や地盤の環境条件の影響などが選択的に作用して、局部的な劣化が突出して進行して、突発的な漏水や破壊に至るものと考えられますが、このような傾向は、今後ますます顕在化してくるものと思われます。最近では、まもなく耐用年数を迎える昭和20年から40年代に建設された施設、特にコンクリート水路やPC管類に写真-1に示すような劣化に伴う著しい機能障害が発生してきています。このようなコンクリート管類の外面の局部的な劣化を受けたパイプラインの更生工法の開発は、極めて重要な課題です。また、長期的な耐久性についての指標が曖昧なまま構造設計がなされているために、管材の長期耐久性と余寿命を評価できないことは、今後の施設更新の判断に大きな障害となると思われます。たとえば、地盤の剛性を管の構造設計に導入している可とう管（鋼管や強化

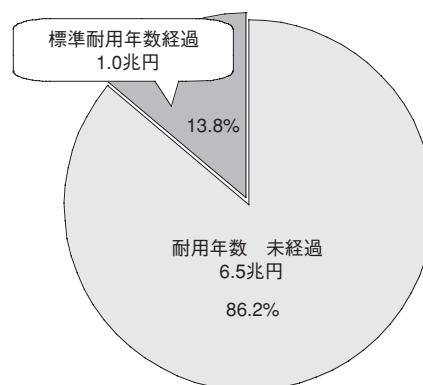


図-1 基幹的な農業水利施設の老朽化の状況

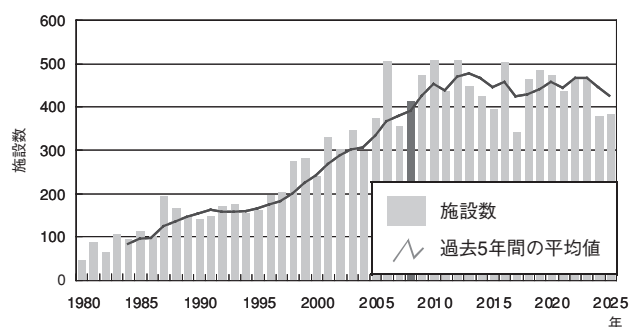


図-2 今後更新を迎える施設の見込み数



写真-1 老朽管表面の劣化とPC鋼線の破断



写真-2 FRPM管の破損事例

プラスチック複合管など）は、施工完了後の地盤の変状や地表面荷重の繰り返しなどによって変形が進むことが知られていますが、このような長年月に亘って進行するパイプラインの変形が、その管材料の劣化によ

るものなのか周辺環境の変化に起因するものなのか、簡単には判断できないことも問題です。管の長期的な耐久性が十分解明されていないことから、写真－2に示すような、管底部に入る亀裂の原因を施工の不備が主原因であるとして捉えるべきなのか、管材料の長期耐久性の不足として捉えるのか、あるいは、地盤の変状に起因して荷重条件が変化したことによって当然の帰結として起こった現象と捉えるのか、事故という現象からだけでは十分な解明ができず、適切な更生方法の選択が進まないという課題が残されています。

4. パイプラインの維持管理更新

用水を適切に配水するためには、パイプライン本体の機能が確保されていることが前提です。機能の低下、すなわち劣化（老朽化）は経過年数とともに進みますが、適切な時期に適切な機能回復を施すことによって施設の寿命を延ばすことが可能となり施設の更新に要する全体のコストを低減することが可能となります。水利施設全体の老朽度を把握することによって、余寿命と引き起こされる機能低下を予測して、いつの時点でどのような更生・更新を実施するのが経済的に適しているのかを決めていくことが重要です。

パイプラインに要求される基本的な機能を回復するために、いろいろな補修工法や補強工法が開発されていますが、構造的機能の回復・補修工法としては、(1) 非開削改築工法、(2) 布設替え工法、(3) 補修工法に分類することができ、それぞれの分野で多くの技術開発が進められてきています。

5. 具体的な更新技術

老朽化の進んだパイプラインの更新方法については、老朽管内部に新管を挿入、あるいは、設置する管渠更生工法が下水道管路などを対象として施工実績を上げています。農業用のパイプラインの分野でも、農村地域と市街地との接近によって十分な施工用地を確保できないなどの問題から、非開削で短期間に更新できる技術はきわめて重要です。

農業用のパイプラインの多くは、圧力管路としての機能を有しているため、更生管に要求する性能も耐水圧性能が重要な項目となっています。

5-1 老朽管の更生試験の例

パイプラインに生じる代表的な損傷状況を再現した

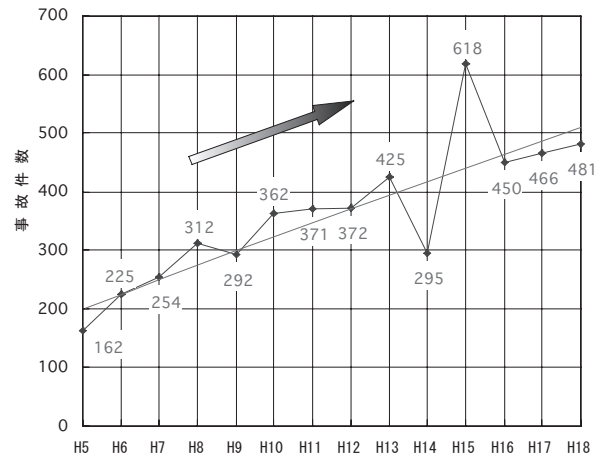


図-3 突発的事故件数の増加状況
(農村振興局整備部水利整備施設管理室調べ)

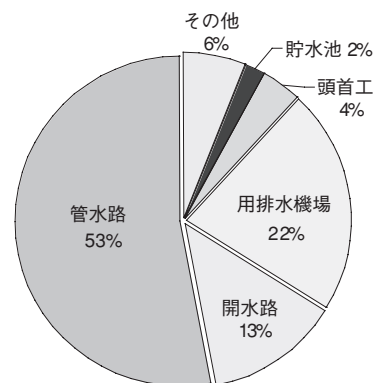


図-4 施設別の突発事故の割合
(農村振興局整備部水利整備施設管理室調べ)

模擬管路を用いて、管渠更生技術による更生状況とその性能を確認した事例を紹介します。

(1) 試験条件

標準の模擬管路は図-5に示すように8項目の損傷部分を設けて内部に挿入された更生管の状況を詳細に確認し、更生能力を検証するものです。

①漏水部、②湛水部（水深5cm）、③横ずれ部、④段差部（段差30mm）、⑤枝管（直径150mm）、⑥曲管部、⑦隙間部（間隔120mm）、⑧割れ部（圧壊部）

(2) 試験結果

漏水部や段差部などの損傷部分については、更生管の挿入と拡張段階によって適切に施工できることが分かりましたが、一方で硬化過程での温度管理が十分でない場合などには注水箇所を中心に硬化不良や、内面には管軸方向のシワが見られるなどの課題が確認されています。また、内面の不透過性フィルムにピンホールが残る場合には、樹脂に水みちが発生して漏水に至ること、また、施工時の外周部フィルムの大きな損傷は、拡張時に樹脂が漏出し、円形の管を更生できず適切な管厚を確保できなくなり、低い水圧で漏水が発生していることなどを確認しています。

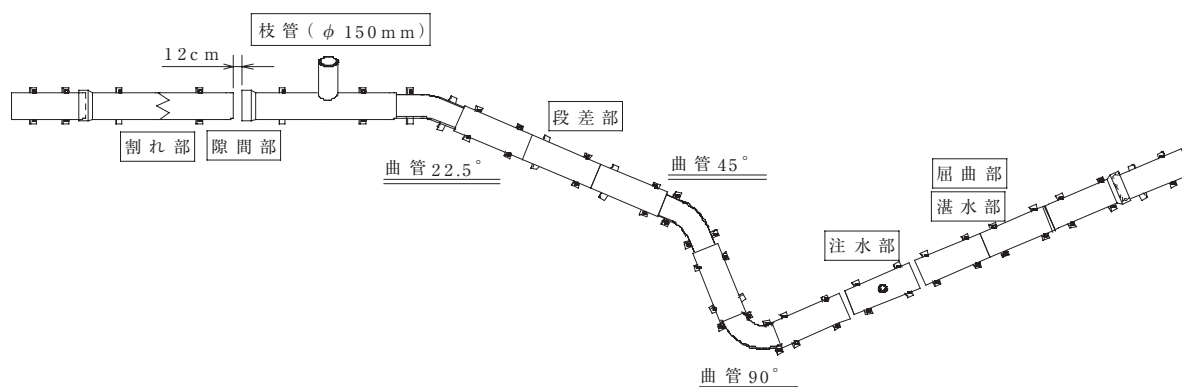
5-2 管更生における今後の課題と展開方向

直線部分においては更生管の設置段階での大きな傷などの損傷は発生しないものの、段差や既設管に角がある部分では更生管の外面のフィルムに傷が付きやすく漏水の原因になる場合があります。既設管からの漏水が多い場合には更生管の樹脂の硬化不良が発生するなど、管としての強度不足や漏水の原因になることも懸念されます。実証試験で設定した損傷モデルは、通常のパイプラインに比較して厳しい条件で、確認された漏水やその痕跡はわずかなものではありますが、短期間の内水圧負荷実験で出現した状況であることや模擬管路の内面状況は新管そのものであることを考えると外面フィルムの特性や硬化管理に改善の余地があると思われます。

6. 今後の展開

農業用水の安定的な供給を維持するために、まず、パイプラインの構造的な安全性を確保することが重要です。このためには、地震に対する安全性確保が技術開発のターゲットとなります。また、現状のパイプラインの機能低下（老朽度）を判断するための調査診断から更新技術までの一体的なシステムの開発は重要な課題です。

農業用のパイプラインは、土地改良事業計画設計基準「パイプライン」によって設計手法が規定されていますが、更新技術に対する設計手法については、未整備で大きな課題として残されています。地盤や既設管などの条件を適正に反映した論理的で合理的な構造設計手法によって更新されたパイプの安全性を評価できることが必要です。このため、設計手法の開発とともにその適正を厳密に評価判断するために、具体的な更新パイプラインの挙動やその安全性を定量的に予測するなどの多くの検証事例の蓄積が必要不可欠な取り組みになってきています。



図一五 模擬管路の配置図（参考文献2）

7. まとめ

内水圧が作用するパイプラインの更新については、軸方向の伸縮量など多くの問題を抱えたままですが、農・下水道で100万kmに及ぶパイプラインを効率的、かつ合理的に機能を保全するためには、非開削工法の技術は必要不可欠です。同時に、埋設管の老朽度の評価から更新設計・施工、さらには更生管の品質評価手法までの総合的な技術開発が急務です。管渠更生方法は、農水や上水分野のように高い内水圧が作用する管路の場合には実証的な蓄積が不足しています。特に、耐震性を確保した更新技術の開発と実証的な検証は、避けて通れない重大な課題です。曲管部分や構造物周辺の地震時挙動などに着目した高耐久性更新技術の開発に向けて関係者の一層の取り組みを期待いたします。

【参考文献】

- (1) 土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」, 2009.3, 農業農村工学会発行（農林水産省農村振興局整備部設計課監修）
- (2) 老朽管の更生工法に関する模型管路実験報告書, 2006.9, 農研機構農村工学研究所, 神戸大学土地環境学研究室



写真一三 段差部の更生状況（参考文献2）