

農業用管水路の現状と劣化要因

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 水利基盤チーム ○池上 大地
南雲 人
萩原 大生

道内では、老朽化した農業用管水路の多くが更新整備の時期を迎えている。農業用管水路は農業水利施設のうち突発的事故の発生件数が最も多く、潜在的な劣化のリスクを評価することは、今後の計画的な施設管理のために必要な条件である。

そのため、本報では、これまでの研究成果や現在観測中のデータ、及び農業水利ストック情報DBをもとに、農業用管水路の現状と劣化要因を整理し、農業用管水路のリスク評価について検討した。

キーワード：農業用管水路、劣化要因、リスク評価

1. はじめに

農業用管水路（以下、「管水路」という。）は、主に既製管を埋設し圧力管路によって農業用水を送配水する水路組織である。北海道開発局では、概ね1980年代から、主に道南と道央地域で水田用の管水路を、主に道東と道北地域で畑地用の管水路を造成してきた。これらの管水路の一部は耐用年数を迎えており、今後の更新整備が必要とされている。

管水路の特徴として、大部分が地中に埋設され、傾斜地や軟弱地盤地域にも多く造成されているため、開水路と異なり施設の劣化状況や状態監視が困難な場合が多いことが挙げられる¹⁾。そのため、管水路の性能低下は、管体材料の劣化に加え、埋設環境や地上部の土地利用などの外部環境の影響により漏水事故として顕在化する。これらのことから、管水路は農業水利施設のうち突発事故の発生件数が最も多く²⁾、今後、計画的に管水路を更新し管理していくためには、劣化要因や事故のリスクを評価し、適正な規模と構造に変えていく必要がある。

そのため、本報では、農林水産省が管理している農業水利ストック情報データベース（以下、「DB」という。）をもとに管水路の現状と劣化要因を把握するとともに、管水路に関するこれまでの研究成果や当チームにおいて進めている研究内容をもとに研究レビューを行い、管水路のリスク評価について検討した。

2. 調査内容

(1) 管水路の整備状況

2022年9月時点でDBに登録されている国営事業で造成した各管水路の情報を利用し、整備状況や劣化要因を地域別に整理し比較した。なお、本報では、上流側が開水路の複合形式の用水路は、検討の対象外とした。

まず、管水路の整備延長と事業費について、地域別（DBに登録されている開発建設部の管内別）に集計したところ、整備延長、事業費ともに大きい値を示したのは帯広や網走であった（図-1）。一方、札幌は、整備延長は短いが事業費は大きいという特徴を示した。

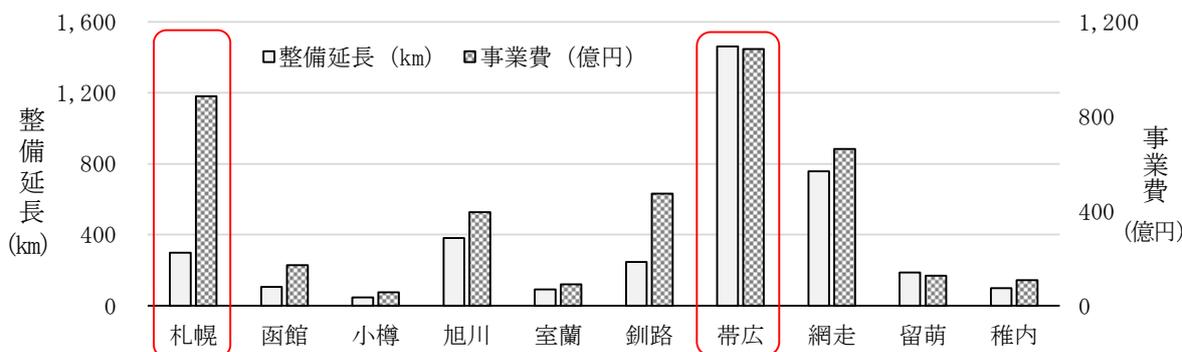


図-1 地域別の管水路の整備状況

帯広については、平地が広く取水源が遠いこと、また、一部の地区では配管方式が管網配管であることから、事業費と整備延長が大きいと考えられる。札幌については、水田が中心であり、取水源近くから多量の水を配水するため大型の管水路が多いことが、事業費を大きくしている理由の一つと考えられる。

次に、経年劣化の状況を把握するため、管水路造成後の経過年数別に整理したところ、函館と小樽では、21年以上経過している管水路が8割程度、そのうち31年以上経過している管水路が2割程度であった（図-2）。函館と小樽における整備延長はそれほど大きくないものの、管水路の整備時期が早かったことが反映されていると考えられる。

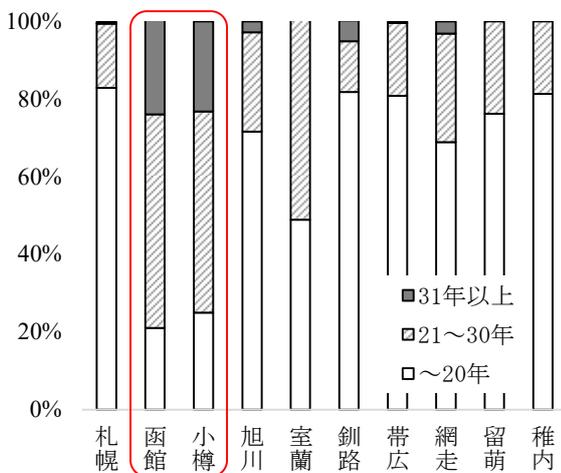


図-2 経過年数別の管水路の割合

(2) 劣化要因の傾向

次に、札幌、函館、小樽、帯広の管水路を対象に、管水路の劣化要因を比較した（図-3~5）。機能診断が実施された管水路では、20の劣化要因³⁾（表-1）がDBに登録されている。なお、管水路によっては、複数の定点、複数の年度の機能診断結果が登録されている場合がある。図中の数値は、登録されている劣化要因別の件数の合計値である。函館と小樽は、対象路線が少ないこと、また劣化要因の傾向が似ていたことから、1つの図にまとめた。

図-3に示すように、札幌では⑩支持力不足（沈下）が最も多く、これは泥炭地に敷設される管水路が多く該当していた。また、⑳その他は、空気弁や仕切弁からの漏水、杭基礎部のひび割れであった。

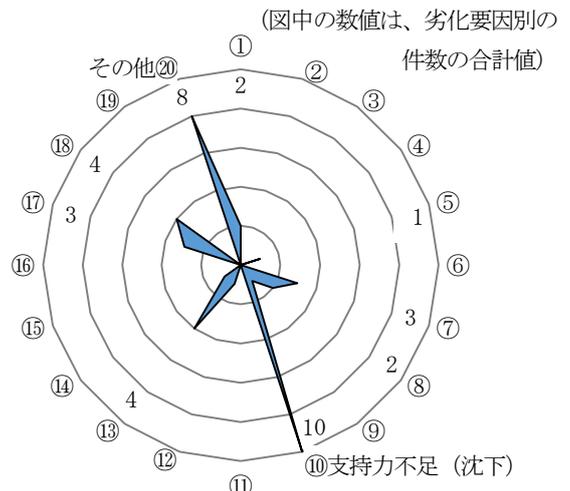
次に函館・小樽では、⑧構造外力（地震を含む）、⑪過剰水圧、⑱管内劣化（発錆等）が主な劣化要因であった（図-4）。機能診断調査では、漏水が発生した区間または発生の可能性がある区間を対象としている場合があり、DBには管継手部からの漏水を含む漏水事

象が複数の路線で記載されていた。ただし、⑪過剰水圧と漏水の関係は、DBからは読み取れなかったため、別途確認する必要がある。また、⑱管内劣化（発錆等）はダクタイル鋳鉄管で生じていた。

帯広では、①初期欠陥（管材・施工）、⑧構造外力（地震を含む）が多かった（図-5）。十勝沖を震源とする地震など、十勝川流域市町村では1952年から2003年まで震度5以上の地震が6回発生しており、DBには地震による管継手部の緩みの可能性が多数記載されていた。

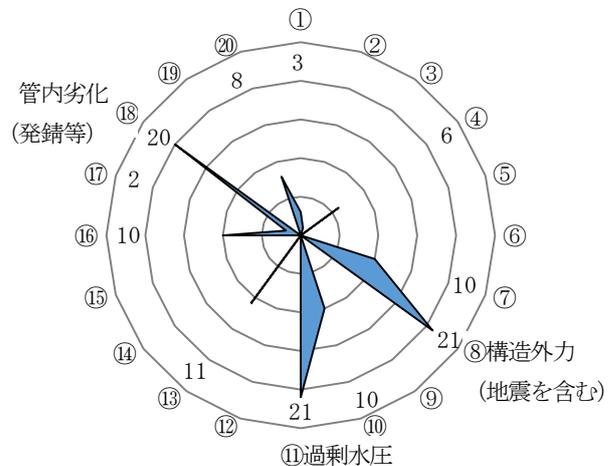
表-1 想定される主な劣化要因

①初期欠陥（管材・施工）	②中性化
③アルカリ骨材反応	④凍害
⑤化学的腐食	⑥疲労
⑦摩耗・風化	⑧構造外力（地震を含む）
⑨近接施工	⑩支持力不足（沈下）
⑪過剰水圧	⑫マイクロセル腐食
⑬C/Sマクロセル腐食	⑭電食
⑮腐食性土壌	⑯水質
⑰その他マクロセル	⑱管内劣化（発錆等）
⑲カバーコート腐食	⑳その他



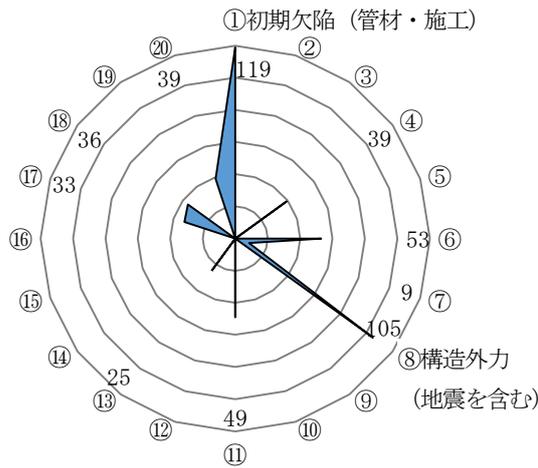
※対象路線は22路線、集計した機能診断結果は47回分

図-3 管水路の劣化要因（札幌）



※対象路線は39路線、集計した機能診断結果は50回分

図-4 管水路の劣化要因（函館・小樽）



※対象路線は200路線、機能診断結果は214回分

図-5 管水路の劣化要因（帯広）

(3) これまでの研究成果と現在の研究内容

上記のように地域別に劣化要因の特徴が見られたが、このうち⑩支持力不足（沈下）は泥炭性軟弱地盤が多い北海道特有の要因である。泥炭地での管水路の試験施工は1980年代に始まり、並行して、泥炭地盤の物理性や地下水位との関係性の解析、管水路の沈下や変形挙動の解析、さらに埋戻し材としての泥炭の利用方法など、道内では主に泥炭に関する研究が進められてきた（図-6）。

2000年代になると、全国的に老朽化管水路の漏水事故が目立ち、管水路の機能評価方法について研究が行われており、当チームでは泥炭地における管水路の沈下に関する研究を進めている。泥炭地に埋設された管水路の事故では、不同沈下に伴う管継手部からの漏水が非常に多く、また事故の発生箇所としては、道路横断や施設との接続箇所など、管軸方向で荷重条件や支持条件が変化する地点で多く確認されており、管軸方向の沈下量の把握と推定が重要である¹³⁾。先行研究では、現地観測から管水路の沈下の実態を明らかにして、改修・更新時における留意点を指摘している。

また、近年では地震時における水撃圧による管水路の損壊が報告されており、主に道東や道央の管水路を対象に、地震動の加速度と動水圧に関する常時観測を2013年から行っている。大久保ら¹²⁾による地震時動水圧の研究報告は、地震動による空気弁の損壊のメカニズムを推定する一助となった。

このように、劣化要因の⑩支持力不足（沈下）と⑧構造外力（地震を含む）についての研究成果は蓄積されつつある。しかし、劣化要因は多く研究はまだ不足しており、管水路の劣化の進行を正確に予測し、漏水事故を防ぐような管理技術の確立には至っていない。

現場からの事例報告	主な研究*	主な研究成果
1980s 試験施工 ⁴⁾ ↓ 施工	【泥炭】 地下水位変動と地盤沈下 管路の沈下・変形挙動 埋戻し材の改良	<ul style="list-style-type: none"> ・泥炭地の沈下機構を解明するために、泥炭層の排水・荷重履歴を考慮する必要性を指摘⁵⁾ ・試験施工により、継手の可撓特性で管路の不同沈下を吸収（許容）する工法を考案⁶⁾ ・試験施工により、セメント系固化剤による泥炭土の改良法を考案⁷⁾
2000s 管水路の老朽化や漏水 ↓ 火山灰埋戻し材の改良方法	老朽化管路の機能評価方法 火山灰埋戻し材の改良方法	<ul style="list-style-type: none"> ・非破壊検査手法を機能評価に応用することを考案⁸⁾ ・室内試験により、管内の圧力波の伝播特性を利用した漏水検知手法を考案⁹⁾ ・室内試験により、埋戻し土の液状化抵抗を改善する方法として粒度改良工法を考案¹⁰⁾
2020s 管水路の更新	泥炭沈下や地震動に伴う管水路の挙動分析	<ul style="list-style-type: none"> ・泥炭地の縦断的な変状の実態把握と不同沈下の定量的な評価を行い、管水路の継続的な状態監視の必要性を指摘¹¹⁾ ・常時観測から得られた地震動のデータを分析し、地震時に管水路内で生じる動水圧を推定する理論式を適用¹²⁾

*農業農村工学会論文集、土木学会論文集、農業農村工学会誌に掲載された研究を記載

図-6 管水路に関する主な先行研究

3. リスク評価

特定の環境下で生じる泥炭地の沈下や地震動に対する研究が蓄積されることにより、漏水の被害を軽減することができると考えられる。一方で、管水路の老朽化の割合は年々増加しており、老朽化した管水路が改修されない限り、リスクは増大する。そのため、リスクの面から管水路の管理について検討した。

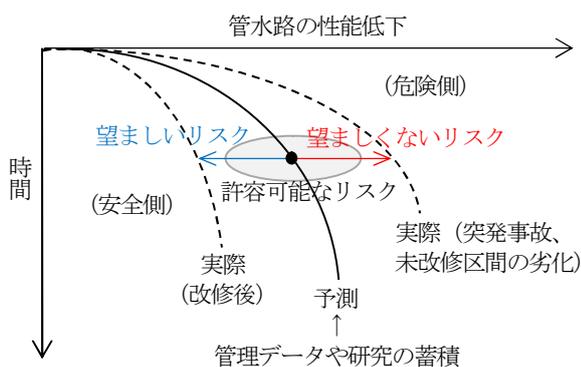
管水路のリスク管理の基本は、リスクを特定した上で、そのリスクを施設造成者、施設管理者双方の視点で分析・評価し、施設監視、機能保全対策の実施等の手段によってリスク対応を図ることである¹⁴⁾。すべての管水路で機能診断が行われているわけではないが、管水路の機能診断は少しずつ蓄積され、劣化要因は把握されており、リスクは概ね特定されていると見なすことができる。

次にリスクの分析・評価であるが、管水路のリスクに関する研究は、漏水事故が増加してきた2000年代に始まっている。中¹⁵⁾は、将来のリスクを予測し評価するために、全国的にデータを収集分析し、管水路の故障パターンを類型化する必要性和、管水路のリスク管理の基本として、長年供用された管水路の管理データを収集する必要性を指摘している。また、山口¹⁶⁾¹⁷⁾は、全国の管水路の整備状況と事故要因を整理し、管種別、対策項目別にリスク管理対策の視点や更新整備におけ

る留意点を洗い出した上で、施設監視の一環として、管種別の事故の傾向や事故履歴などを適切に把握・評価する重要性を指摘している。つまり、管水路のリスク評価においては、管種別に劣化要因を長期的に把握し、劣化の予測精度を高めることが構造面でのリスクを低減させることにつながる。

一方で、稲垣¹⁸⁾は、部分的な機能保全対策は一時的に事故率を低下させるが、大部分の未改修区間の機能劣化が顕在化すると高頻度の事故発生が懸念されることを指摘している。構造的な管体の劣化が確認されている場合であっても、実際には地域の状況によって早急に管水路を更新することができない場合もある。その場合は、施設の継続監視に加え、地上部の土地利用などの外部環境の影響や地域の水利用を踏まえ、リスクの高い管水路については縮小や路線変更も含めて、施設の規模を見直す検討も不可欠である。

さらに、水田¹⁹⁾は、劣化構造物のリスクを検討する際、点検方法や劣化予測モデルによるばらつきなどの不確実性が生じるため、診断による判定結果と実際の性能低下の差をリスクとして捉えることを提案している(図-7)。その上で、予測値からある幅を持った部分(網掛け部)を許容可能なリスク(リスク低減策の費用を考慮しながら受け入れることのできるリスク)として設定し、改修の必要性を判断することを提案している。管水路の場合、管水路の管理データや劣化要因に関する研究の蓄積により劣化の予測精度を高め、また施設造成者、施設管理者双方の視点で、未改修区間の許容可能なリスクを評価することが必要である。



「リスクを考慮した劣化構造物の維持管理方法の提案」(水田, 2014) をもとに作成

図-7 管水路のリスク

4. おわりに

本報では、管水路の現状整理を行い地域別の整備状況と劣化要因の特徴を把握した。また、研究レビューからは、劣化要因である泥炭地の沈下や地震動に対する研究の蓄積が進んでいるものの、管理技術の確立のためには、他の劣化要因も含めてさらなる研究の蓄積

が必要であることが示された。

管水路の突発事故の背景には、事故の要因になりうる複数の劣化要因が存在する。このリスクを評価せずに、計画的に施設管理を行うことは困難である。そのため、複数の路線を対象に長期的な観測を行い、機能劣化の予測精度を高めること、また地域の状況を踏まえて施設の最適な規模を検討することが必要である。

参考文献

- 1) 農林水産省 (2016) : 農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」, 12.
- 2) 室本隆司 (2011) : 農業水利施設ストックの老朽化の現状と将来動向について, JAGREE, 82, 30-33.
- 3) 前掲 1), 48.
- 4) 新保義剛 (1982) : 泥炭地帯における強化プラスチック複合管の試験施工について, 農業土木学会誌, 51(10), 917-925.
- 5) 梅田安治 (1992) : 泥炭地の地盤変動と地下水位変動-泥炭地の地盤沈下に関する研究 (I) -, 農業土木学会論文集, 160, 27-33.
- 6) 秀島好昭, 数矢憲一, 石岡浩一, 西川裕司 (1995) : 泥炭性軟弱地盤における管路の沈下・変形挙動, 農業土木学会誌, 63(12), 1249-1254.
- 7) 秀島好昭, 津田進, 秋元浩樹, 西川裕司 (1999) : 固化材を用いた泥炭性軟弱地盤の改良による管路施工, 農業土木学会誌, 67(5), 511-516.
- 8) 鈴木哲也, 中達雄, 樽屋啓之, 久保成隆, 飯田俊彰 (2012) : モデルパイプラインに発生させた圧力波の非破壊検出に関する研究, 土木学会論文集 A2, 68(2), I_727-I_734.
- 9) 浅田洋平, 木村匡臣, 安瀬地一作, 飯田俊彰 (2020) : 多点漏水や管固有の構造を有する管水路における圧力波形を利用した漏水検知法, 土木学会論文集 B1, 76(2), I_937-I_942.
- 10) 小野寺康浩, 秀島好昭, 辻修 (2014) : 粒度改良によるパイプライン埋戻し土の液状化抵抗の改善, 農業農村工学会誌, 82(12), 959-962.
- 11) 横地穰, 関本幸一, 井上京 (2022) : 泥炭地に敷設された農業用管水路の不同沈下の実態, 農業農村工学会論文集, 314, I_45-I_52.
- 12) 大久保天, 中村和正, 今泉祐治, 寺田健司, 川口清美 (2020) : 農業用管水路で生じる地震時動水圧, 農業農村工学会論文集, 310, I_135-I_144.
- 13) 南雲人, 寺田健司, 大久保天 (2021) : 泥炭性軟弱地域等におけるパイプラインの更新技術に関する研究, 第 65 回 (2021 年度) 北海道開発技術研究発表会, 597-602.
- 14) 前掲 1), 19.
- 15) 中達雄, 田中良和, 樽屋啓之 (2004) : 農業用パイプラインの性能とリスク管理, 農業土木学会誌, 72(5), 373-376.
- 16) 山口康晴 (2017) : 農業用管水路の事故要因と対策に関する事例分析, 農業農村工学会誌, 85(8), 767-770.
- 17) 山口康晴 (2017) : 農業用管水路の整備状況とリスク管理に関する考察, 農業農村工学会誌, 85(10), 945-948.
- 18) 稲垣仁根 (2019) : 経年パイプラインにおける突発事故の爆発的発生の可能性-管体の機能劣化予測式に基づく評価と推定-, Journal of Rainwater Catchment Systems, 24(2), 53-59.
- 19) 水田真紀, 野々村佳哲, 島多昭典, 太田哲司 (2014) : リスクを考慮した劣化構造物の維持管理方法の提案, コンクリート工学年次論文集, 36(2), 1375-1380.