

利根調・保全技術センター通信（第17回） 「農業水利施設の機能保全の手引き」の改定について

東海農政局農村振興部水利整備課長

（前：関東農政局利根川水系土地改良調査管理事務所技術調整官） 近江 晶

1. はじめに

「農業水利施設の機能保全の手引き（以下「手引き」という。）」は、2007（平成19）年3月に策定され、2015（平成27）年5月に1回目の改定を行い、2021（令和3）年度後半より、第2回目の改定作業を進めてきました。保全技術センター通信第17回の今回は、2回目の手引き改定の概要について紹介するとともに、関東農政局利根川水系土地改良調査管理事務所保全技術センターが、特に携わった「農業水利施設の劣化予測」について、個人的な見解も含め記述したいと思います。

2. 手引き改定の背景と検討の方向

今回の手引きは、2020（令和2）年3月31日に閣議決定された食料・農業・農村基本計画、2021（令和3）年3月23日に閣議決定された土地改良長期計画を踏まえ「農業者の減少や高齢化、農業水利施設の老朽化等が進行する中、基幹から末端に至る一連の農業水利施設の機能を安定的に発揮させ、次世代に継承していくために、適切なリスク管理の下で、施設を長寿化しライフサイクルコストを低減する戦略的な保全管理を推進する」、「施設の補修・更新等に当たっては、地域の農業の現状及び今後の展開方向等を十分勘案しつつ、将来の保全管理コストの最小化と平準化を図っていくとともに、施設の集約や再編、統廃合等の農業水利ストックの適正化によって維持管理費の節減を図っていく」及び、「施設の点検や機能診断等の更なる省力化・高度化を図るため、ドローン等のロボッ

トやAI等の利用及び状態監視技術に関する研究開発、実証調査を推進する」の観点から、次の6つの視点で改定を行いました。

（1）農業水利システムの観点から「機能保全」を実践

農業水利システムの一要素として機能している農業水利施設の機能保全とは、施設の機能の維持又は回復のための全ての取組を指すが、農業構造と社会情勢に対応するため、必要に応じて、向上、又は、施設の集約や再編、統廃合等を図る取組も含む。なお、事業化（国営）に当たっては、営農計画と用水計画を策定して地域の合意を得ることを原則とする。

（2）水利用機能の診断をストックマネジメントのサイクルに位置付け

機能診断について、個別施設の視点として、施設の構造機能や水理機能の診断、農業水利シ

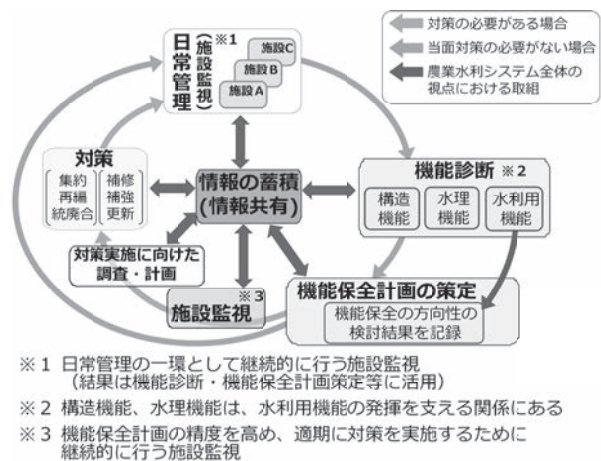


図-1 新たなストックマネジメントのサイクル

システム全体の視点として、施設管理者からの聞き取りや現地調査等による水利用機能の診断をサイクルに明示する。

「機能保全計画」は、これら機能診断の結果に基づき作成し、必要に応じて農業水利システムの機能保全の方向性を簡潔に整理して、次期事業化につなげていく。

(3) 農業水利システムの機能停止を招かないリスク管理

増加傾向にある突発事故の事例を踏まえ、施設が機能停止した場合の農業と農業以外の面（施設周辺環境等）に及ぼす影響を評価し、施設の管理水準を設定する。

このとき、施設造作者と施設管理者は、リスク・コミュニケーション（対話）を通じて、現実的な管理水準を設定して、機能保全計画の策定に反映する。

(4) 標準的な劣化曲線（統計処理した施設健全度の経年変化）の適切な活用

機能保全に必要な対策工法と対策時期を計画するためには、劣化の要因や機構を把握した上で適切な予測が必要である。

経験式などの手法が確立されていない場合や複合的な要因で特定の変状要因が不明である場合に、「標準的な劣化曲線」等を活用しつつ、機能診断による実測で補正する。

なお、本手引きで示す「標準的な劣化曲線」は、コンクリート構造物の機能診断結果より求めたもので、今回、2007（平成19）～2020（令和2）年度に実施した12,286件のデータで更新した。

(5) 状態監視保全の適用を広げる新技術の導入

ドローンや点検ロボットを活用した施設点検や機械設備に対する状態監視技術の適用など、従来の調査手法では点検・診断できない現場条件での診断技術について、国営造成施設での試行検証も踏まえて新技術導入の方向性や技術の

適用性を整理する。

(6) 情報の保存・蓄積・活用と幅広い関係者への公開

施設管理者、研究者、民間事業者、国民一般に対し、機能診断、施設監視等の施設情報を適切に共有・公開することで、有用な管理手法や対策の横展開、新たな知見の獲得、新技術の開発、国民理解の醸成等を図っていく。

3. 農業水利施設の劣化予測について

(1) 農業水利施設の劣化予測

ストックマネジメントの実施に当たっては、40年間を計画期間とした「機能保全計画」を策定することとしており、機能保全計画は、性能指標や健全度指標について管理水準を定め、それを維持するための手法を取りまとめるものであり、農業水利施設の劣化予測が重要な役割となります。

劣化予測は、経験式などの予測手法が確立されている場合は、その手法を用いることが第一となりますが、経験式等が確立されていない場合や、変状要因が複合的な場合、

- ①過年度の状況変化についての情報を基に将来の劣化を推定する方法
- ②情報不足のため推定が困難な場合には、経過観察によって劣化状態の変化を把握した上で将来の劣化を推定する方法
- ③当該施設以外も含めた過去事例に基づく AI/ML（人工知能／機械学習）等を用いた将来予測（シミュレーション）による方法等、それぞれの条件に適した方法を検討することになり、さらに、予測が困難な場合は、「単一劣化曲線」や「標準的な劣化曲線」を活用して劣化予測を行うこととなります。

(2) 単一劣化曲線による劣化予測

単一劣化曲線モデルは、対象施設の機能診断結果より、経年的に健全度が低下する傾向を二次曲線で近似するモデルであり、直感的でわか

りやすいモデルになります。また、それぞれの健全度に到達する年次を予測することができるため、対策実施時期を設定しやすい利点があります。

しかし、実際の施設においては、健全度評価が同じであっても劣化状態には幅があることに加え、気象条件や使用条件などにより将来の劣化状態に差が生じます。また、農業水利施設の劣化傾向は大きなバラツキを有するものであるため、広範囲の施設群の将来予測においては、実際と乖離する場合があります。(図-2)

こうした背景を踏まえ、劣化が初期段階のもので、早期の機能保全対策の必要がない施設については、現時点での劣化予測を踏まえつつ、その後に蓄積される継続的な機能診断の結果による劣化予測の更新、さらに、継続して施設監視を行い、実際の施設の劣化進行状況をきめ細かく見極めた上で、適期に適切な対策を実施することが重要になります。

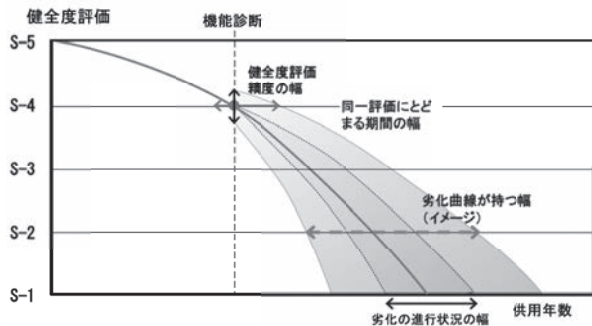


図-2 劣化予測精度のイメージ

同一施設の同じ定点で複数回の機能診断を実施した場合の単一劣化曲線による劣化予測の方法について、これまで「最新の健全度評価をもとに作成することが適当」としていましたが、今回の手引きにおいては、複数回、若しくは最新の健全度評価で求めるそれぞれのケースを示すまでとしたところです。

まず、複数回の機能診断結果を全て使用する場合として2ケースを示し、ケース1 (図-3) は複数回の健全度評価をもとに健全度評価が下がった場合のケース。ケース2 (図-4) は健

全度評価が維持された場合のケースになります。

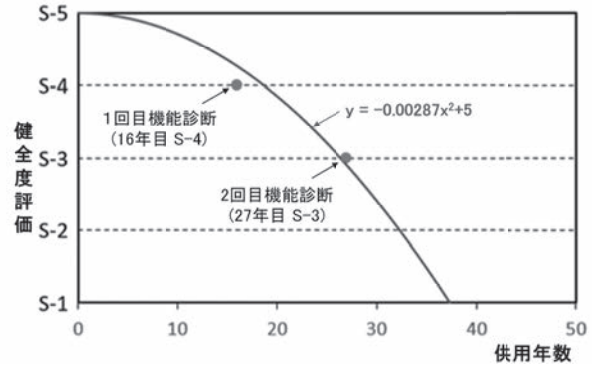


図-3 ケース1

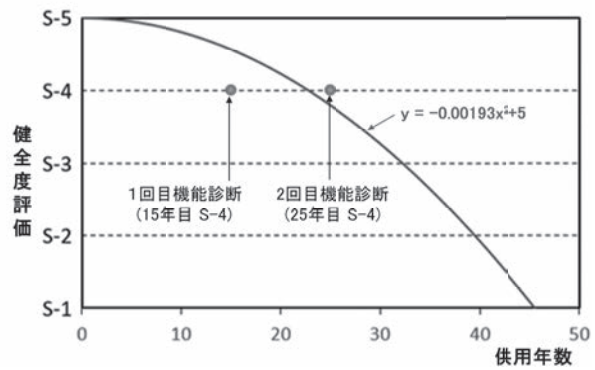


図-4 ケース2

次に、ケース3 (図-5) は最新の機能診断結果を使用する場合で、初期の機能診断結果が、非進行性の初期欠陥や損傷が主体であったケースになります。

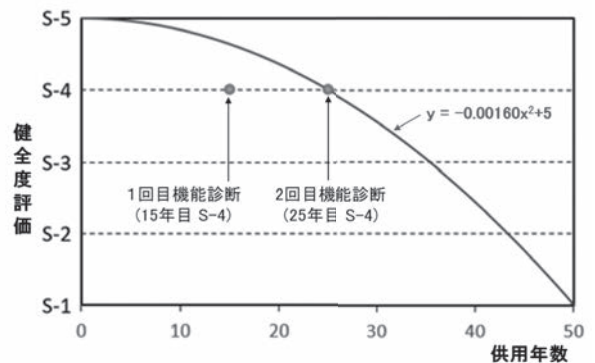


図-5 ケース3

今回示す各ケースにつきまして、ケース1は、劣化予測の線形が健全度評価の低下する傾向を

なぞるような形であり、さらにS-1到達年数が鉄筋コンクリート水路の標準耐用年数40年付近であるとすれば、劣化予測として、理解しやすいものであると思われま

しかし、ケース2の場合、健全度評価が維持されている中、S-5を始点に、二次曲線で劣化曲線を表現するとのルールから、劣化曲線と過年度の健全度評価が離れてしまうこと、施設の現状を適切に表している最新の健全度評価を下回ることになります。一方、ケース3は、劣化曲線が最新の健全度評価を通過することとなり、最も現状を踏まえた予測であるといえるかと思ひます。このことから、特に、健全度評価が同じだった場合のケース2とケース3の使い分けの判断を難しくさせてしまったとの思ひもありますが、その判断に際しては、非進行性の損傷か否かを診断することや過去の機能診断を異なる者が行っていた場合に、過去の結果を再度検証する。また、日頃の施設監視の結果を精査する必要もあるなど、これまでより施設の状態に寄り添った診断や、施設管理者や一定の経験を有する調査技術者など複数者による判断など、高度な技術と関係者間での情報共有を求め

(3) 標準的な劣化曲線の活用

今回、手引きで示す「標準的な劣化曲線（コンクリート構造物）」は、全国の調査管理事務所等で、2007（平成19）～2020（令和2）年度に実施した国営造成施設（農業水利施設のうちコンクリート構造物）の機能診断調査結果のうち、12,286件※のデータ（1回目手引き改定時のデータは、6,237件（H19～H23））を使用し、1）劣化曲線の描画方法で見直しました。

1) 劣化曲線の描画方法

- ①劣化を二次曲線 (y=ax² + 5) で表す。
- ② y: 健全度評価 x: 供用年数
- ③ aは、S-3とS-4の結果（健全度評価と供用年数）により次式で求める。

$$a = \frac{(\bar{X}_{S3}^2 \times 3 + \bar{X}_{S4}^2 \times 4) - 5 \times (\bar{X}_{S3}^2 + \bar{X}_{S4}^2)}{\bar{X}_{S3}^4 + \bar{X}_{S4}^4}$$

\bar{X}_{S3} : S-3の供用年数 単純平均
 \bar{X}_{S4} : S-4の供用年数 単純平均

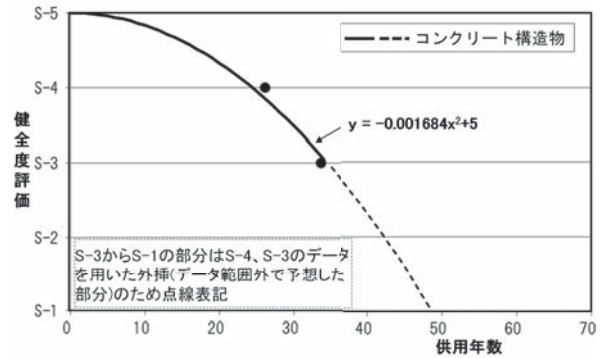


図-6 農業水利施設における標準的な劣化曲線（コンクリート構造物）

表1 標準的な劣化曲線（コンクリート構造物）に用いたデータの概要（H19年～R2年データ）

種別	データ数	単純平均	標準偏差
S-4	5,711	26.15	13.62
S-3	6,575	33.67	13.63

※抽出、除外条件

【抽出条件】

- ・機能診断調査・評価の根拠資料がある。
- ・供用年数が明確である。

【除外条件】

- ・コンクリート構造物以外、特殊な事例。
- ・想定される変状要因が不明。
- ・想定される変状要因が「初期欠陥、外力、疲労」。
- ・健全度評価がS-5（想定される変状要因が無い又は不明）。
- ・健全度評価がS-2、S-1（評価の施設は既に更新等の対策済）。

2) 標準的な劣化曲線の元データ分布

今般設定した、標準的な劣化曲線の基礎となった元データは、バラツキが大きいことから、その使用にあたっては十分留意する必要があります。具体的には、図-7に示すように、S-4、S-3におけるデータの分布が正規分布しておらず、同様な構造の施設であっても、立地条件や施工条件等により、造成後の劣化状況が

大きく異なることもあり、標準的な劣化曲線をそのまま使用出来る場合は、初回の機能診断においてS-5評価とされた施設の劣化予測を行う場合に限定されることになります。

以上のことを踏まえ、施設の立地条件や施工条件等によって必ずしも予測どおりに劣化が進行するとは限らないことを十分意識し、日常点検や施設監視結果等の情報を踏まえつつ、継続的に施設状態を把握することが重要となります。

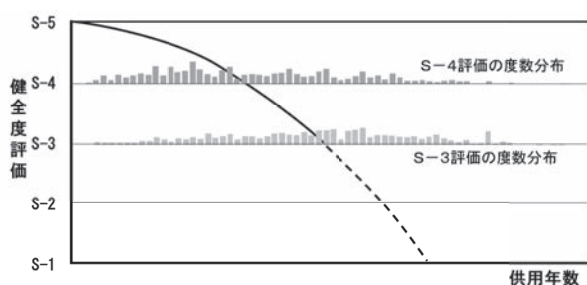


図-7 標準的な劣化曲線と元データの分布

(4) シナリオ作成に当たっての留意点

機能保全コストを求めるに当たって、劣化予測を踏まえ、対策の適否、対策工法とその実施時期を組合せる複数のシナリオを作成します。このシナリオ作成に関し、実際、施設の性能は、補修・補強しても新設時まで回復する可能性は低く、かつ工法によって回復水準が異なることも想像できますが、現時点では十分な実績データがなく、対策後の性能回復や劣化速度についても不明な点が多いことから、便宜上、補修などの対策工事を行うとS-5まで性能(健全度)が回復するとして計画を策定するということになりました。

このため、対策後の劣化予測について、対策を実施した地区のモニタリングを行い、工法別の性能回復水準と劣化速度を仮定するなどにより、精度向上を図る必要があると考えたところです。

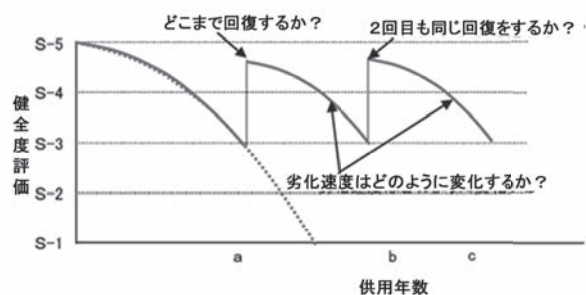


図-8 対策後の劣化予測

4. おわりに

今回の手引きの改定において、大きくシフトした点としては、本来、施設の補修、補強を主眼としていた「農業水利施設の機能保全」に、社会情勢と農業構造の変化を踏まえ、「必要があれば」との前提で、農業水利システム全体の見直しも行えるとしたところです。このことは、施設が健全に維持されていたとしても、営農計画、用水計画等が変化していく中、施設が過大、若しくは過小等とならないよう、逐次、施設以外の周辺環境もチェックするという一方で、時代に応じた「需要に応じた機能保全」が必要であると考えております。

また、施設単位での視点でいえば、現時点では、まだまだ劣化予測手法が十分とはいええず、本取組における手法は、あくまで農業水利施設の将来の維持管理のための目安でしかありません。このことから、今後ともデータの蓄積や解析手法の検討等を進め、精度の高い予測を追求する必要があると考えておりますが、施設管理者の日頃から施設を見つめる眼差し、診断技術者の経験、それらを踏まえ、施設造成者・所有者が主体となって施設に寄り添った関係者間での意思疎通が最も重要であると感じたところです。

(引用文献)

- 1) 「農業水利施設の機能保全の手引き」(平成27年5月食料・農業・農村政策審議会 農業農村振興整備部会技術小委員会)
- 2) 令和4年度 第3回 食料・農業・農村政策審議会 農業農村振興整備部会技術小委員会 (令和5年2月14日) 資料3-1、3-2