

農業水利施設の機能保全の手引き（案）

～ストックマネジメントの導入～

平成 19 年 3 月 22 日

目 次

第1章 手引きの目的と活用	
1.1 目的	1
1.2 活用方法	3
1.3 スtockマネジメントの実施のための技術上の課題	4
第2章 農業水利施設のStockマネジメントの取組	
2.1 基本的な考え方	5
2.2 Stockマネジメントの実施項目と流れ	7
2.3 主な実施項目と内容	8
第3章 Stockマネジメントの基本事項	
3.1 総論	14
3.2 性能の管理	16
3.3 施設の機能診断	21
3.4 性能の劣化予測と対策工法の検討	29
3.5 環境との調和への配慮	37
3.6 ライフサイクルコストと経済比較	40
3.7 最適な整備計画の策定と合意形成	53
3.8 情報の保存・蓄積・活用	54
第4章 鉄筋コンクリート構造物における適用	
4.1 機能診断調査	56
4.2 機能診断評価	62
4.3 性能低下予測	67
第5章 現地への適用にあたっての留意事項	
5.1 日常的な管理	73
5.2 広域の施設群を対象とした中長期的な整備計画作成	75
5.3 事業実施を前提とした調査計画	80
5.4 事業実施段階での調査計画	84
付録 用語の解説	93
引用文献・参考文献	96

【別冊】参考資料編 目次

- 1 各工種における基本的な考え方
 - 1.1 開水路
 - 1.2 トンネル
 - 1.3 パイプライン
 - 1.4 頭首工
 - 1.5 用排水機場
 - 1.6 機械・電気設備

- 2 コンクリートの主要な劣化と特徴、劣化要因の推定手法
 - 2.1 コンクリートの主要な劣化と特徴
 - 2.2 ひび割れ分類による変状・劣化要因一覧表
 - 2.3 外観変状写真

- 3 機能診断調査に係る記録様式
 - 3.1 日常点検の記録様式（工種別）
 - 3.2 機能診断調査様式（工種別）

- 4 コンクリート構造物の主要な機能診断調査方法
 - 4.1 コンクリート構造物の機能診断調査方法総括表
 - 4.2 コンクリート構造物の劣化要因別機能診断調査方法一覧表
 - 4.3 コンクリート構造物の機能診断調査方法別概要書

- 5 施設機能診断劣化に基づく施設状態評価表(工種別)

- 6 劣化要因毎の主要な対策工法
 - 6.1 コンクリート補修・補強等工法選定総括表
 - 6.2 コンクリート補修・補強工法別費用・耐用年数等一覧表
 - 6.3 補修・補強等工法別概要書

- 7 農業水利ストックマネジメントの実施検討事例

- 8 「農業水利ストック情報データベース」の概要

第1章 手引きの目的と活用

1.1 目的

「農業水利施設の機能保全の手引き」(以下「手引き」という。)は、農業水利施設の適切な機能保全とライフサイクルコスト(以下「LCC」という。)の低減を図るための実務に必要となる基本的事項を取りまとめることを通じて、ストックマネジメントの取組を推進することを目的としている。

【解説】

- ・ これまでの農業水利施設の機能を維持するための手法は、劣化の進行に伴う施設性能の著しい低下や、営農形態の変化等に伴う施設改良の必要が生じた場合に、更新整備を行うものであった。また、部分的な損傷等については維持管理の一貫として補修等の対策が行われてきた。
- ・ 近年は、施設の長寿命化を図る観点から、予防保全対策(施設の劣化が致命的な状況になる以前に適切な補修・補強等の対策を取ることで供用年数を効率的に延伸させる方法)が一部で取り入れられ始めている。
- ・ 今後は、これらの農業水利施設の保全対策を、よりの確かつ効率的に実施するため、既存施設の状態を定期的に診断調査及び評価し、これに基づく劣化予測を行い施設機能の保全対策を比較検討して、適時・的確な対策を選択実施するとともに、施設に係るデータの蓄積を図ることにより施設の継続監視に活用する、等の取組を基本とする「ストックマネジメント」を一般化していく。
- ・ この手引きは、「ストックマネジメント」についての基本的な考え方や、現場での実施方法の枠組み等を取りまとめることにより、今後、基幹的な農業水利施設において、このような取組の普及と一般化を図るとともに、施設の機能診断調査から対策の比較検討、データの蓄積等の一連の実施方法について基本的な視点を共通化することにより、取組の技術水準の確保や、今後の技術向上に資することを目的とする。

【参考】ストックマネジメントとアセットマネジメント

社会資本のひとつであるインフラ資産を対象としたマネジメントに、アセットマネジメント (Asset Management) という用語が用いられることが多い。

アセットマネジメントは、直訳すると資産管理の効率的な運用という意味であり、一般的には金融資産や不動産などを管理・運用することを指すが、近年では公共事業により造成された施設について、効率的な維持管理や補修などをどのように効率的に行うかといった技術体系及び管理手法の総称としても使われている。

この手引きにおける「ストックマネジメント」は、施設の機能診断に基づく機能保全対策の実施を通じて、既存施設の有効活用や長寿命化を図り、LCCを低減するための技術体系及び管理手法の総称としている。なおストックマネジメントの取組は緒に就いた段階であり、施設保全に係る現場での具体的な対応技術の確立を図る視点に力点を置いている。

将来的には、施設系毎のLCCを低減するだけでなく、施設劣化のリスクをコントロールしつつ、更新や維持管理に要する経費を平準化する等のアセットマネジメントとしての展開が可能となるよう、取り組む必要がある。

【参考】ライフサイクルコスト

近年、一般的な用語として「ライフサイクルコスト」という用語が使われる場合が多くなっている。例えば、電化製品を製造する際に、その製造コスト（販売価格）だけを考えるのではなく、利用する際の電気料金、廃棄する際のリサイクルコストなど、製造から廃棄（あるいはリサイクル）までの総コストを視野に置く考え方である。

しかし、ライフサイクルコストとは考え方としては明確であるものの、対象とするものが何かによって、具体的な計算は必ずしも容易ではない。特に公共事業により造成される土木構造物については、道路や水路のようにその設置目的である機能が永続することが暗に求められている場合など、どこからどこまでがライフサイクルなのか、といった問題がある。このため、これまでの公共事業の分野では、「建設コストだけではなく、維持管理や廃棄のコストも考慮に入れる」といった趣旨で用いられる場合が多く、必ずしもライフサイクルの定義がなされておらず、用法も様々であるのが実態である。

1.2 活用方法

農業水利施設の機能保全に効率的に取り組むため、施設管理者、施設造成者、及び関係する機関が、ストックマネジメントの基本事項について共通の視点を持ちながら、それぞれの業務を実施する際に、この手引きを活用する。

【解説】

- ・ 農業水利施設の機能保全は、
 - ア) 施設の利用と日常管理を行っている施設管理者、
 - イ) 中長期的に基幹施設の機能を適切に保全する責務を負っている施設造成者等の技術者が、連携・協力して取り組むことが重要である。この際、この手引きを活用し、関係者がストックマネジメントについての基本的な考え方や対策の実施方法の枠組みを共有することが必要である。
- ・ なお、農業用水の利用形態の変更やその他社会情勢の変化等により、施設に求める機能の追加や性能の向上が必要な場合の検討は、本手引きでは念頭に置いていないことに留意が必要である。

1.3 スtockマネジメントの実施のための技術上の課題

Stockマネジメントを実施するに当たっては、様々な技術的課題を解決する必要がある。しかし、発展途上の技術であることから、今後の現場での実践とデータの蓄積を踏まえて、さらに技術の向上を図っていく必要がある。

【解説】

- ・ Stockマネジメントに関係する技術は、近年、社会資本の適切な保全管理のために研究が行われてきている。しかしながら、農業水利施設をはじめ多くの分野ではデータの蓄積が十分でないことから、各地区での実施の際には、この手引きの考え方や枠組みを基本としつつ、それぞれの地区の施設構造や環境、立地条件等を十分考慮・分析して対応する必要がある。
また、この手引きの中に取り上げている事例等は参考として示したものであり、その活用に当たっては立地条件の相違等を十分留意する必要がある。
- ・ この手引きに示す基本事項を踏まえた機能診断調査・評価の結果や、対策の比較検討結果、対策（補修・補強・改修等）の実施履歴等のデータを継続的に蓄積・分析することを通じて、Stockマネジメントの実施の効率化や技術の向上に努める。

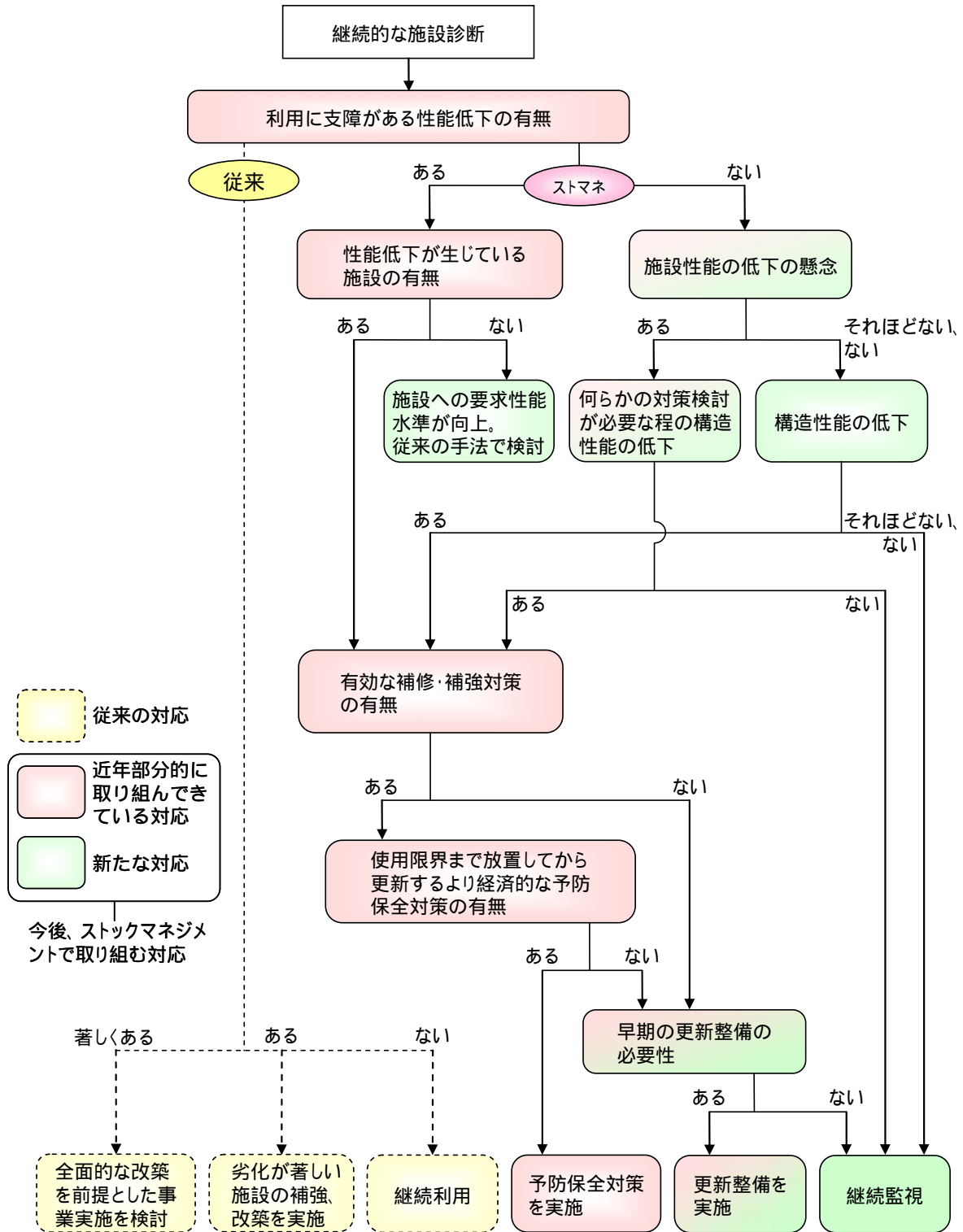
第2章 農業水利施設のストックマネジメントの取組

2.1 基本的な考え方

農業水利施設の機能を保全するための手法は、継続的に行う機能診断調査と評価を踏まえて、複数の取りうる対策工法の組合せについて比較検討することにより、適時・的確に、所要の対策を選択して実施することを基本とする。

【解説】

- ・ 農業水利施設は、新規に建設されてから時間の経過とともに劣化し使用に耐えなくなるか、又は使用のために過重な維持補修費がかかるようになり、いずれは更新することになる。
しかし、農業水利施設を構成する施設毎にみると、構造物の劣化は一様でなく、同じ構造の施設系の中でも、改築する以外に対策がない程に劣化している部分、補修や補強により対処（長寿命化）できる部分、当面経過を観察しても性能に支障がないと判断される部分が混在し、個々の施設の状態に応じた適時・的確な対策をとることが効率的である場合がある。
- ・ 従来の施設は、改築する以外に手段がない状態に至った段階、又は営農等の環境変化により施設が必要となる性能を満たさなくなった段階で一括して更新整備が行われることが多かった。今後は、継続的な施設の機能診断に基づく健全度や劣化の要因等の評価を基礎とし、実施可能な対策を施設の機能を保全する費用の面から比較検討することによって、より効率的な対策手法を選択して実施する。
また、対策の比較検討の単位も、事業地区全体や水路の路線毎などの大きくくりではなく、施設の劣化状態等によってグループ化した施設群毎に行う必要がある。
- ・ 体系的な機能診断等の取組により、施設の性能や劣化等の状態が把握され、施設崩壊に至るリスクや、より経済的で選択可能な対応策が明確にされることで、適切な対策の適時・的確な実施が促進され、施設の劣化に伴うリスクの軽減も図られる。
- ・ このように、ストックマネジメントのねらいは、水利施設の時系列的な状態の把握、想定する複数の対策シナリオについて劣化等の進行予測を通じて、適切な補修等により構造物の延命化を図るとともに、補修・更新費用の最小化・平準化を図ることにある。



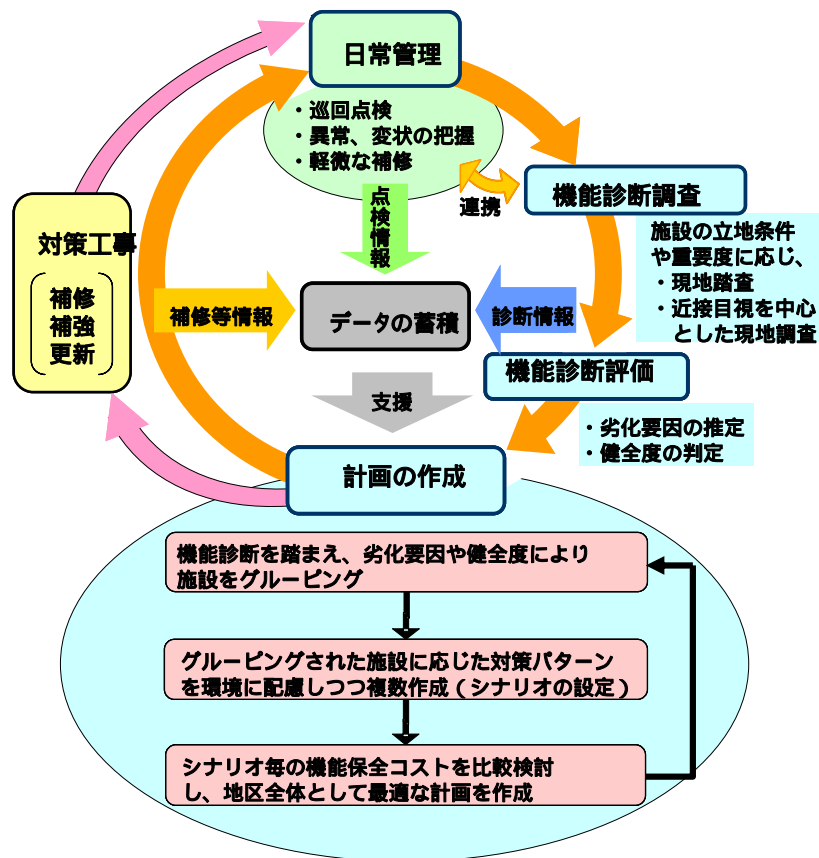
【図2-1 スtockマネジメントのイメージ】

2.2 スtockマネジメントの実施項目と流れ

ストックマネジメントでは、施設管理者による日常管理における点検、補修、施設造成者による定期的な機能診断調査と評価、調査結果に基づく施設分類と劣化予測、効率的な対策工法の比較検討、関係機関等の情報共有と役割分担による所要の対策工事の実施、調査・検討の結果や対策工事に係る情報の蓄積等を、段階的・継続的に実施する。

【解説】

ストックマネジメントによる機能保全のプロセスは、造成された農業水利施設の施設管理者による日常的な管理、施設の状態を継続的に把握するために施設造成者が定期的に行う機能診断調査、施設の機能保全のための費用を低減させるための適時・的確な対策の実施について、関係者が連携・情報共有を図りつつ継続的に実施することである。この際、電子化されたデータベースに調査結果や対策の実施内容などの情報を蓄積し、整理・分析することを通じ、より高度な機能診断等に反映させる。



【図2-2 スtockマネジメントの流れ】

2.3 主な実施項目の内容

2.3.1 施設管理者による適切な日常管理

施設管理者は、日常の適切な施設の運用と管理により、施設性能の維持に努めなければならない。また、施設の運用・管理の記録を行うとともに、大きな変状が確認された場合には、施設造成者などへ変状の状況等の連絡を行うことが必要である。

【解説】

- ・ 施設の日常的な運用や管理は、施設に本来期待されている性能の発揮とその維持のために重要な行為である。また、経年的な施設の劣化や地震等による偶発的な施設の変状を把握する上で重要な機会である。このため、適切な日常管理が行われなければならない。
- ・ 通常の保守管理の範囲で行う軽度の補修等は、施設管理者が行う。また、高度な機能診断が必要な変状を発見した場合、又は通常の管理を超える規模の対策が必要であると考えられる場合には、施設造成者に情報提供を行う等の対応が的確になされる必要がある。
- ・ 施設管理者は、施設の適切な運用手法や管理技術の向上に努めなければならない。
- ・ 施設造成者は、施設管理者と日頃から施設の管理状況等について情報交換を図るように努めなければならない。

2.3.2 定期的な機能診断調査と評価

施設の変状を発見し、最適な対策を適時に検討するため、機能診断調査とその評価を定期的に実施する。

【解説】

- ・ 定期的な機能診断調査と評価を基礎として、複数の対策工法の比較検討を行うことは、ストックマネジメントの重要な考え方である。
- ・ 機能診断調査は、施設管理者が行う日常管理からの情報や、過去の補修履歴などの基礎資料による情報を踏まえ、効率的に実施する。
- ・ 機能診断調査は、埋設されたパイプライン等の目視が困難な施設を除き、原則として技術的知見を持つ技術者が現地踏査による目視を基本として実施する。また、施設の状況によって早急な対策が必要と判断される場合には、精査を行うなど、段階的な調査等を実施する。
- ・ 初回の機能診断で早期の対策の必要がなかった場合であっても、データベースに調査結果の情報を蓄積するとともに、その後の日常管理に活かすため、施設の劣化原因や状態を踏まえた継続点検のポイントを施設管理者にわかりやすく引き継ぐことが重要である。

2.3.3 調査結果に基づく施設の分類と劣化予測、対策工法の比較検討

機能診断調査の結果に基づき、施設の劣化予測を行うとともに、取りうる対策の選択肢を明確化した上で、それぞれの対策工法についてLCCを低減する観点から比較検討を行う。

【解説】

- ・ 機能診断調査の結果に基づき、何らかの対策が必要と判断される施設がある場合には、所要の対策工法を検討するため、施設構造や立地条件を考慮しつつ、施設の劣化状況(健全度)に応じて施設の分類(グルーピング)を行う。この分類毎に、複数の対策案を比較検討し、より効率的な対策工法を選定する。
- ・ 対策工法は、施設の構造や劣化状況に応じて技術的に適用可能なものを検討の対象とするが、その際に取りうる対策の選択肢(オプション)を明確にすることが重要である。
- ・ 対策工法の比較は、一定の検討期間を定め、その期間中に発生する施設の機能を保全するための費用(建設費、補修費、維持管理費など)が最も経済的となる手法を基本とする。しかしながら、経済性のみで判断するのではなく、環境への影響や環境修復の可能性、施設管理者や地域住民の意向等も考慮し、総合的に判断する必要がある。
- ・ 劣化が比較的軽度の場合、軽度で安価な対策工事から本格的な対策工事まで、適用可能な対策工法の選択肢が広い。しかし、劣化が進んだ状態では、適用可能な対策工法の選択肢が小さくなるのが一般的である。
- ・ また、施設の劣化状況が軽度で対策を講じない施設であっても、劣化予測が困難な場合には、変状の変化について継続監視とする対応もストックマネジメントの重要な視点である。
- ・ なお、劣化予測を伴う対策工法の採用に当たっては、劣化予測に含まれる誤差についても考慮することが望ましい。

【参考】予防保全対策の考え方

本手引きにおいては、予防保全を「当該施設に求められる性能が、管理水準以下に低下する前に、機能保全コストの最小化の観点から、経済的に耐用年数の延伸を図る目的で実施する対策」と位置づけている。補修や補強といった手法による耐用年数の延伸が、供用期間を全うした後に再建設する方法よりも経済的であれば、これを選択するものである。

コンクリート標準示方書では、劣化が顕在化する以前から詳細な点検を行い、劣化が顕在化することがないように予め対策をとることを予防保全としている。しかし、農業水利施設においては、コンクリート等の部材に物理的な劣化が生じて直ちには通水性能の低下といった不具合が顕在化しない。このため、部材としては事後保全であっても農業水利施設全体の機能としては予防保全となる。

コンクリート標準示方書における予防保全の定義

予防維持管理：構造物の性能低下を引き起こさせないことを目的として実施する維持管理。予防保全とも言う。

予防維持管理について、一般的に、構造物の性能は、材料の劣化が顕在化することにより低下し始める。予防維持管理とは、劣化が顕在化する以前から詳細な点検を行い、劣化が顕在化することがないように適切な対策を講じ、構造物を維持管理する方法である。維持管理の方法としては最も望ましい。〈土木学会 コンクリート標準示方書（維持管理編）（2001年制定）〉

2.3.4 施設管理者、施設造成者等の関係者間の情報共有と対策実施の役割分担

実際の機能保全のための対策を検討・実施しようとする場合、関係する機関が情報を共有するとともに、対策の実施時期や工法の選定に当たっては適切な役割分担の基に合意形成を図ることが必要である。

【解説】

- ・ 機能診断の調査結果や機能保全のための対策工法の検討経緯については、施設管理者と施設造成者及び関係機関が情報を共有し、今後の具体的対応について検討することが重要である。
- ・ 直ちに何らかの対策が必要ではない場合であっても、施設の状態や対策が必要となる将来の見込み等についての的確な情報を共有することが重要である。

2.3.5 機能診断調査の結果や検討の経緯、対策工事の履歴に係る情報の蓄積

中長期の劣化予測や対策工法を検討するに当たり、過去の機能診断の結果や補修工事の履歴等が重要な情報となる。このため、これを電子化されたデータベースに蓄積し、常に参照できるように整備することが重要である。

【解説】

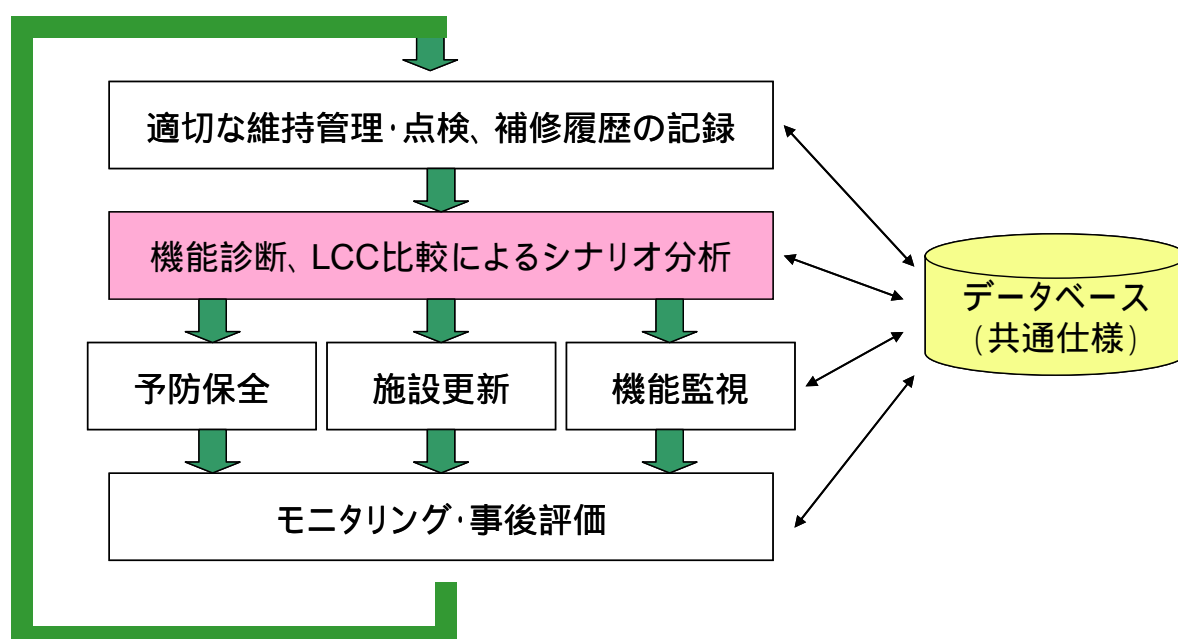
- ・ スtockマネジメントは劣化の進行を踏まえて、より効率的な対策を比較検討し選択するものであるため、施設の設計諸元や診断結果、補修等の履歴、日常的な維持管理の状況等の情報が検討に当たっての重要な情報となる。このため、これらの情報を収集・蓄積し、一元的に管理することにより、施設の経年的な情報の的確な把握が可能となる。
- ・ 様々な施設の劣化の進行に関するデータの蓄積が図られることにより、施設の劣化予測の精度を向上させることが出来るなど、ストックマネジメントの実施の効率化や技術の向上が図られる。

第3章 スtockマネジメントの基本事項

3.1 総論

Stockマネジメントは、施設の管理段階から、機能診断を踏まえた対策の検討・実施とその後の評価、モニタリングまでをデータベースの履歴情報等を活用しつつ進めることにより、LCCの低減を合理的に推進しようとする技術体系及び管理手法である。

具体的には、図3-1のようなプロセスであり、従来から施設の設計段階で行われてきた複数工法の経済比較について、機能診断の結果を踏まえた現況施設の有効利用の視点を、計画や設計などのプロセスに基本的な思想として意識的に取り込むことである。



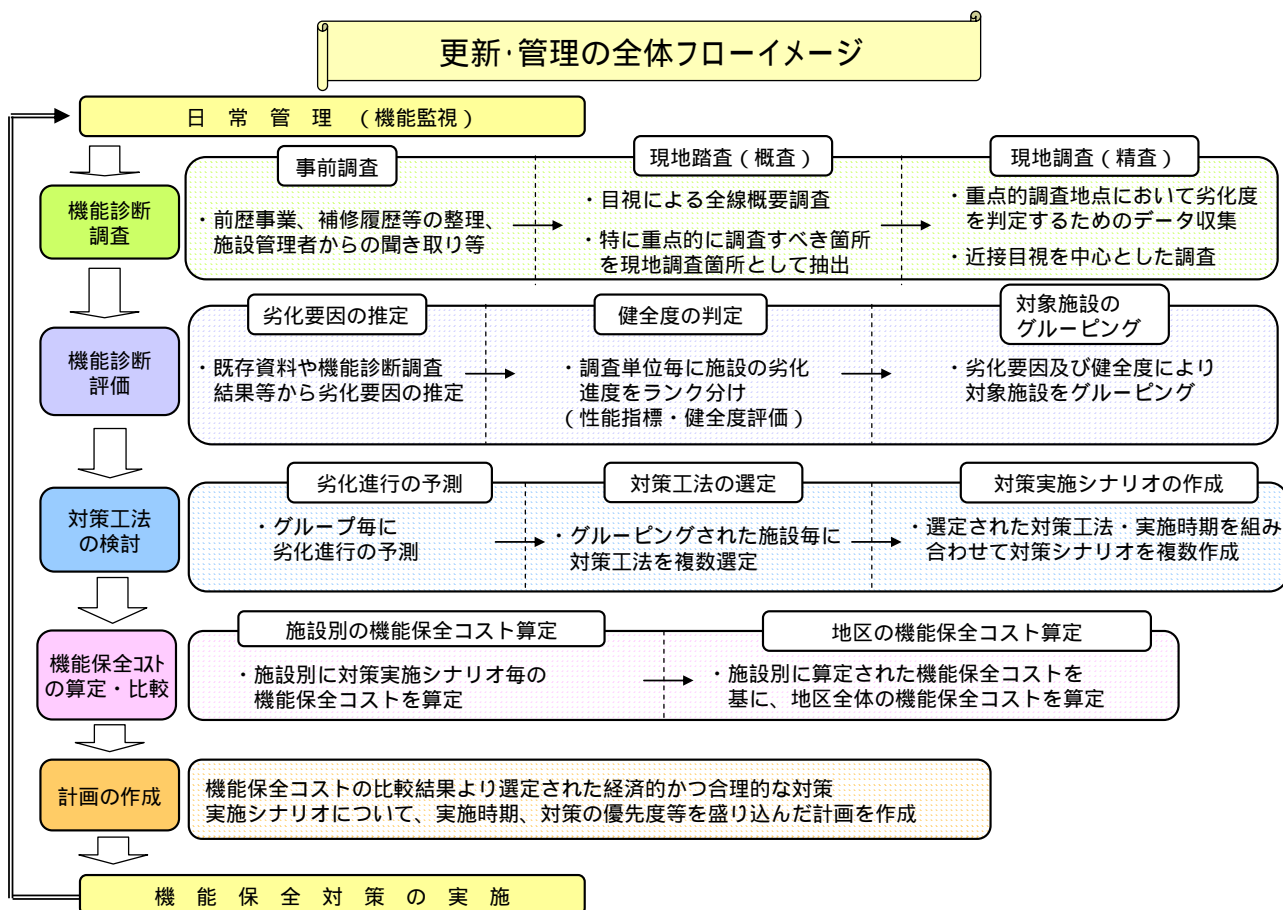
【図3-1 Stockマネジメントのプロセスの概念】

現況施設の有効利用は、対象とする施設に求められている機能に関する性能を許容範囲内に確保するための様々な手段の中から、最も合理的なものを選択することによって行う。この際、どのような機能に着目し、これに関する性能がどの程度まで低下したら許容できないのかについて、明確に意識する必要がある点が、従来とは異なる。

このように、施設の性能低下を許容しつつ、一定のレベル（管理水準）以上に施設の性能を管理するということは、対策工事等をすぐ実施するという手段だけではなく、当該施設の劣化を予測するとともに、施設の継続監視を行い、管理水準まで劣化が進行する間に改めて対策を実施するといった時間的な概念があり、適用可能な対策工法と実施時期の組合せは数多く存在することになる。

このような考え方によって対策を実施するためには、施設の劣化予測を行う技術とともに、対策工法の組合せ（シナリオ）の中から最適なものを選択するため、LCCを比較する手法が必要となる。しかし、農業水利施設の多くは、その機能を廃棄することを想定していないことからライフサイクルの設定が困難なこと、現状の施設性能を今後どのように保全するかを検討することから当該施設が造成された際の費用は必ずしも意味を持たないこと、などから、実際に「LCC」を直接比較する手法は用いない。このため、実際のシナリオ比較においては、機能診断の直後から一定期間に発生する機能保全のためのコスト（以下「機能保全コスト」という。建設工事費、補修・補強等の維持管理費など全てのコストの総額）について、最も経済的な手法を選択することを基本とする。

Stockマネジメントのプロセスは、図3-2のとおりとなる。



【図3-2 LCCを低減する機能保全計画の策定プロセス】

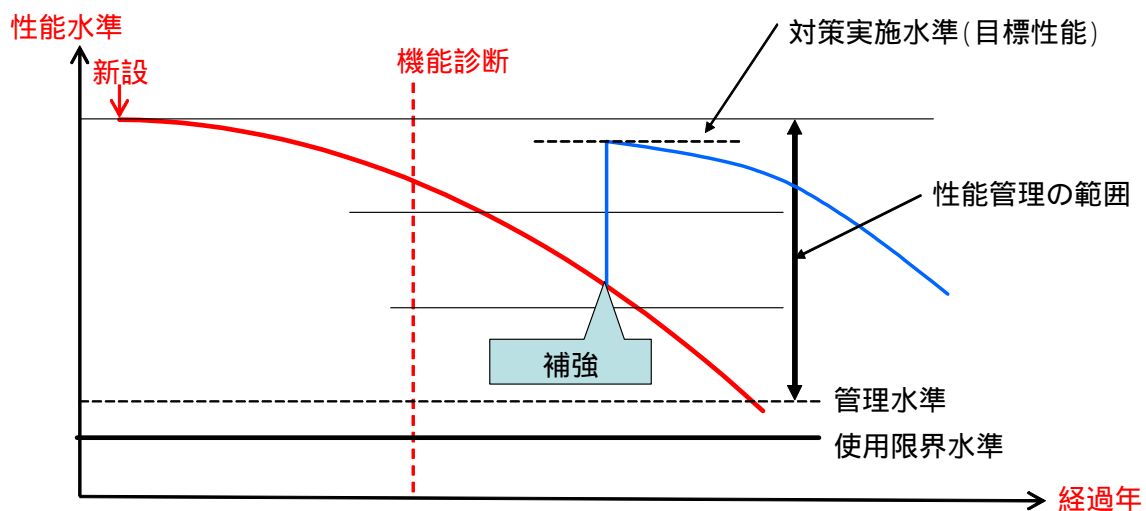
3.2 性能の管理

3.2.1 基本的考え方

Stockマネジメントの考え方は、農業水利施設の有する機能に着目し、その性能を最適な手法によって一定の範囲に維持することである。この際、どこまでの性能低下を許容するかを明確にすることが必要である。

【解説】

- ・ Stockマネジメントは、当該農業水利施設の設置目的を達成するため、着目した性能や総合的に評価した健全度指標を一定範囲に維持するために最も合理的な手段を見いだすプロセスである。
- ・ 具体的には、図3-3のように、特定の性能を、新設時の水準と、これ以上の性能低下を許容することが出来ない管理水準の間に維持するために取りうる手段のうち、対策の実施時期、対策工法などが最も経済的になる手段を選択する手法である。



【図3-3 性能劣化曲線と管理水準】

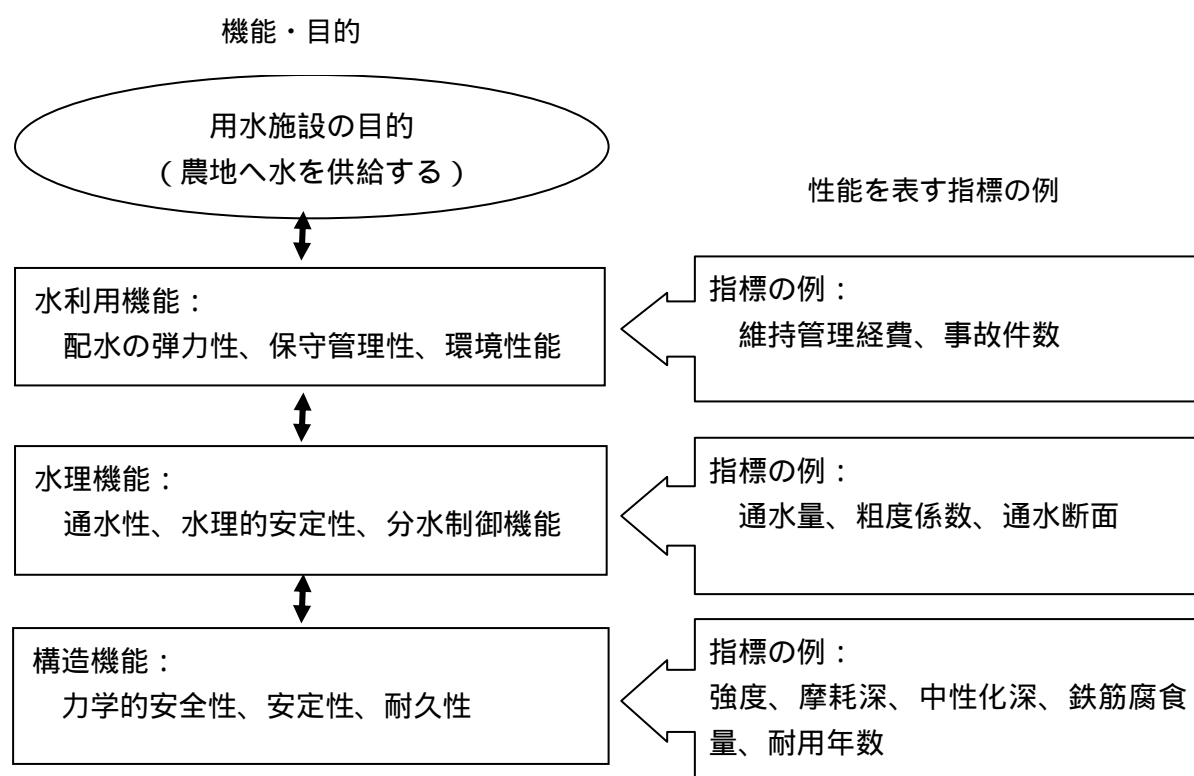
- ・ 管理水準は、性能低下を許容できる限界の性能水準であり、個々の施設における農業面の重要性や環境への影響、災害リスクなどを総合的に勘案して、これを定める必要がある。

3.2.2 農業水利施設の機能と性能

農業水利施設の有する様々な機能は、水利用機能、水理機能、構造機能等に分類され、これらは重層的に構成されている。また、機能の発揮能力が性能であり、操作性、通水性、耐摩耗性といった個別の性能指標や、総合的な健全度指標で表すことができる。

【解説】

- 農業水利施設の機能とは施設が本来的に果たす役割であり、水利用機能、水理機能、構造機能等がある。また、その役割を発揮する能力が性能であり、性能は通水等の現象や、強度等の物理的状态として具体的に表すことができる。また、これらの機能は重層的な関係にあり、構造機能が水理機能や水利用機能を下支えする関係にある。(図3-4)



【図3-4 農業水利施設の機能と性能】

- この手引きにおけるStockマネジメントでは、これらの機能の発揮能力を表す性能のうち、直接的に管理を行う性能指標を特定するか、又は主に構造性能の劣化状況の視点から定義した健全度指標による性能管理を行う。
- このように、個別の性能指標又は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中長期的な手法をとりまとめたものを、この手引きにおいては「機能保全計画」という。また、機能保全計画に基づく工事等を「機能保全対策」という。

【コラム】 機能(function)と性能(performance)

機能と性能は混同される場合が多いが、Stockマネジメントの考え方や性能設計においては、重要な概念である。

例えば、飛行機の機能と性能といった場合、

- ・飛行機には、飛ぶ機能がある。
- ・その飛行機の性能は、最高時速 1,200 km/時、航続距離は 3,000 kmである。

という違いである。

つまり、機能とは性質や役割であって、直接数値化できないもの。また、性能とは、具体的な指標として数値化できるもの、ということである。英語表記の方がわかりやすいかもしれない。

「最近、肝臓の機能が低下してきた」という言葉を日本語として使う場合があるが、厳密には、「最近、肝臓の代謝機能の一つであるアルコールの代謝性能が低下してきた」というような使われ方が正しい。

3.2.3 健全度評価

劣化予測や対策工法の検討を行うため、機能診断調査の結果明らかとなった「施設状態」に基づき、対象施設の変状がどの程度のレベルにあるかを総合的に把握し、対象施設の「健全度評価」を行う。

【解説】

- ・ 健全度は、施設に求められる様々な性能指標から評価することが必要である。しかし、水利用機能、水理機能、構造機能のいずれの機能も構造性能の低下に起因することが多いため、例えば、鉄筋コンクリート構造物についてはひび割れなどの外形的な構造状態に係る指標から、健全度を評価する。
- ・ また、水利用性能や水理性能そのものの低下が著しく、それ自体に着目すべき場合や、構造性能の劣化以外にも水利用性能や水理性能へ与える影響が大きい要因がある場合には、別途これを考慮する必要がある。
- ・ この手引きでは、施設の健全度評価は、変状の程度により、当面、以下に示すような健全度指標を定義し、機能診断調査結果から対象施設の状態がどの健全度(ランク)に該当するかを判定することにより行う。

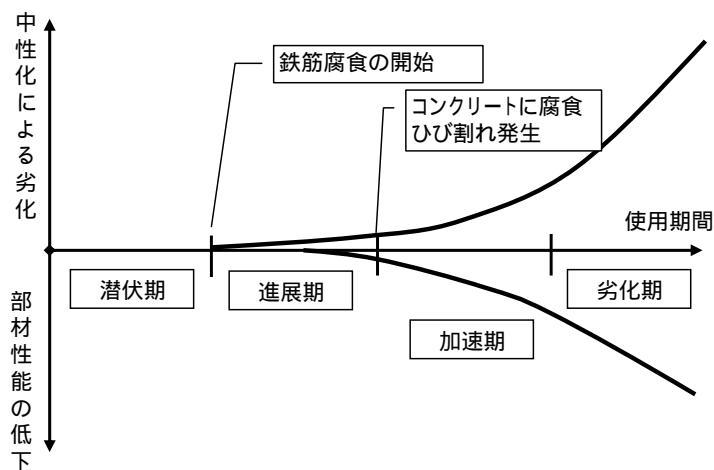
【表3 - 1 健全度指標】

健全度指標	健全度指標の定義	鉄筋コンクリート構造物における劣化現象の例	対応する対策の目安
S-5	変状がほとんど認められない状態。	新設時点とほぼ同等の状態 (劣化過程は、潜伏期)	対策不要
S-4	軽微な変状が認められる状態。	コンクリートに軽微なひび割れの発生や摩耗が生じている状態 目地や構造物周辺に軽微な変状が認められるが、通常の使用に支障がない。 (劣化過程は、進展期)	要観察
S-3	変状が顕著に認められる状態。劣化の進行を遅らせる補修工事などが適用可能な状態。	鉄筋に達するひび割れが生じている。あるいは、鉄筋腐食によるコンクリートの剥離・剥落が生じている。 摩耗により、骨材の脱落が生じている。 目地の劣化により顕著な漏水(流水や噴水)が生じている。 (劣化過程は、進展期から加速期に移行する段階)	補修 (補強)
S-2	施設の構造的安定性に影響を及ぼす変状が認められる状態。補強を伴う工事により対策が可能な状態。	コンクリートや鉄筋断面が一部で欠損している状態。 地盤変形や背面土圧の増加によりコンクリート躯体に明らかな変形が生じている状態 (劣化過程は、加速期又は劣化期に移行する段階)	補強 (補修)
S-1	施設の構造的安定性に重大な影響を及ぼす変状が複数認められる状態。近い将来に施設機能が失われる、又は著しく低下するリスクが高い状態。補強では経済的な対応が困難で、施設の改築が必要な状態。	貫通ひび割れが拡大し、鉄筋の有効断面が大幅に縮小した状態。S-2に評価される変状が更に進行した状態。 補強で対応するよりも、改築した方が経済的に有利な状態 (劣化過程は、劣化期)	改築

- ・ 施設の健全度評価は、内部要因（部材の劣化など）、外部要因（外力による変形・変位など）、その他の要因（部材同士のズレなど）それぞれについて評価を行う。
- ・ この手引きでは、健全度評価は、ひび割れなどの計測可能な変状に着目し、施設の性能に与える劣化状態を S-5 から S-1 までに区分して実施することを基本とする。なお、変状が複数ある場合は、性能に与える影響が最も大きい変状のランク（最小値）を全体の健全度とする。
- ・ 健全度を S-1 と評価する施設については、対応する対策は更新（再建設）が基本となるが、この判断を行う場合には、評価者が技術的観点から総合的に判断するものとする。

【参考】 健全度指標とコンクリート標準示方書の劣化過程との関連

健全度指標の区分は、おおむねコンクリート標準示方書の劣化過程の考え方と同様の観点に立っている。例えば、鉄筋コンクリートの中性化の場合、コンクリート標準示方書では、以下のように記述されている。



劣化過程	定義	期間を決定する要因
潜伏期	中性化深さが鋼材の腐食発生限界に達するまでの期間	中性化進行速度
進展期	鋼材の腐食開始から腐食ひび割れ発生までの期間	鋼材の腐食速度
加速期	腐食ひび割れ発生により鋼材の腐食速度が増大する期間	ひび割れを有する場合の
劣化期	鋼材の腐食量の増加により耐荷力の低下が顕著な期間	鋼材の腐食速度

出典：コンクリート標準示方書（維持管理編）

3.3 施設の機能診断

3.3.1 機能診断の目的

機能診断の目的は、対象施設の劣化の度合いを可能な限り定量的に把握するとともに、その劣化が起きている要因を特定することである。

【解説】

- 機能診断調査は、対象となる農業水利施設系の機能全般について全容を把握するとともに、施設の劣化予測や対策工法の検討に必要な事項について調査を行うものである。

3.3.2 機能診断の手順

機能診断調査は、これを効率的に進める観点から、
資料収集や施設管理者からの聴き取りによる事前調査、
遠隔目視により概況の把握を行う現地踏査、
近接目視、計測、試験等により定量的な調査を行う現地調査
の3段階を基本とし、必要に応じて追加の調査を実施する。

- 機能診断のために行う調査は、効率的に実施する観点から、以下の3つの段階で実施することを基本とする。

事前調査

設計図書や施設管理者が有する維持管理記録資料等の収集及び聴き取り調査

- 事前調査は、農業水利Stock情報データベースの参照や、設計図書、管理・事故・補修記録などの文献調査、施設管理者からの聴き取り調査等により、効率的に機能診断調査にかかる基本的情報を把握し、現地踏査や現地調査をどのように実施する必要があるか等を検討することが主な目的である。

現地踏査（概査）

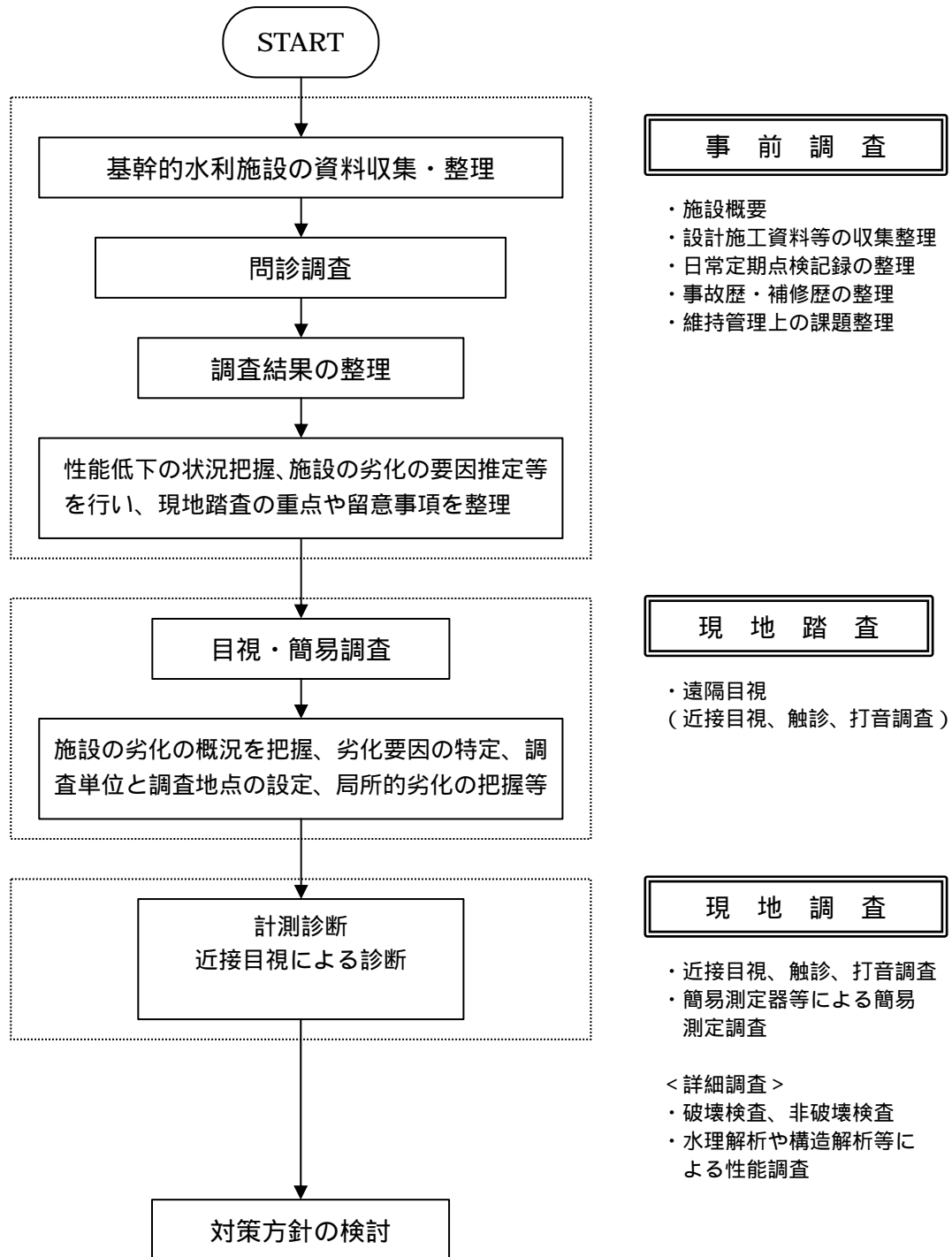
調査対象となる施設の全体について、技術的知見を持つ技術者の遠隔目視によって、施設の劣化の概況を把握する調査

- 現地踏査は、技術的知見を持つ技術者が遠隔目視により対象施設を調査することにより、施設の劣化状態やその要因を大まかに把握し、調査の単位や定量的な調査項目の決定など、現地調査の実施方法を具体的に検討することが主な目的である。

現地調査（精査）

事前調査、現地踏査の結果を踏まえ、所要の地点において、近接目視、計測、試験等により行う定量的な専門調査

- ・ 現地調査は、近接目視による調査のほか、施設の劣化予測や対策工法検討のために必要な指標について、定量的な調査を行う。
 - ・ 現地調査による調査結果だけでは判定できない特殊な状況にあるなど、特に必要がある場合には、専門家や試験研究機関などによる詳細調査を実施する。
- ・ 目視による調査が困難な埋設されたパイプラインなどの農業水利施設については、施設の劣化に伴う偶発的な漏水事故歴や補修履歴などから、開削による調査などの必要性を個々に判断することが必要である。
- ・ また、大規模な用排水機場等、故障や災害等による施設機能の停止が及ぼす社会的な影響が大きい重要構造物（例えば、盛土区間の開水路で施設下に人家や鉄道等の公共施設等がある箇所、水管橋下を高速道路・新幹線等の公共施設等がある箇所等）については、施設の健全度を評価した後、それがその後の使用によりどのように変化するかモニタリングが必要と考えられる。
- ・ 例えば、用排水機場の振動監視センサー、高耐久性のひずみゲージや変位計、変形を測定するための光ファイバーや最大ひずみ記憶型ゲージ、デプスゲージ（パイプラインの管外面の腐食深さを測定する孔食計）、センサー埋め込み型の材料など、構造物の重要度や地質等の条件に応じてセンサー類を取り付けることが考えられる。これらのデータを通信網等により管理所まで送ることにより、重大な故障・事故の予兆を検知し予防的な対策の実施や管理点検の高精度化につなげていくことを検討する必要がある。
- ・ 機能診断の際には、対象となる施設に影響を与える周辺の状況（法面や地山など）についても、併せて把握することが望ましい。



【図3-5 機能診断調査の実施フロー】

3.3.3 事前調査（既存資料の収集整理等）

施設の性能低下の状況や劣化要因の特定・評価に必要となる施設の経歴、施設の供用環境、地域特性に関する既存資料を事前に収集整理し、また、施設管理者からの聴き取りを行い、現地踏査における調査事項や留意事項など、調査の実施方法を検討する。

【解説】

- ・ 前歴事業の設計図書、補修等履歴情報等の施設の履歴情報、通水量の変動、水質等の施設が供用されている環境の情報、寒冷地、海岸からの距離等の地域特性を把握することにより、機能診断調査を効率的に実施することが重要である。
- ・ 日常の管理を行う土地改良区などの施設管理者から、施設の変状等を把握することが重要である。

3.3.4 現地踏査（遠隔目視）

事前調査で得られた情報を参考とし、遠隔目視により現地踏査を行うとともに、現地調査（近接目視、定量的な測定など）を行う調査地点、調査項目等を決定する。現地踏査には、日常管理を通じて平常時の状況を熟知する施設管理者（土地改良区等）と同行することが望ましい。

【解説】

- ・ 現地踏査では、対象施設全体の劣化状況を概括的に把握するとともに、その主な要因を推定し、調査地点と調査項目を決定する。
- ・ 現地踏査は遠隔目視を中心とした手法により実施する必要があること、また踏査結果により、その後の調査方法の基本事項（調査単位、地点、想定される劣化要因等）や調査に要するコストがおおむね決まってくることから、専門的知見を有した技術者が主体となって行うことが望ましい。
- ・ 調査単位（1つのロットとしてとらえる単位）は、広域にわたる施設群の整備構想を策定する場合、また事業実施のための計画策定を行う場合等、目的とする行為に必要な精度が得られる範囲でこれを設定する。
- ・ 調査地点は、調査単位の施設の代表となる地点を適切に選定する必要がある。この調査地点は、その後の劣化の進行を観測するための定点とする。なお、局所的に劣化の激しい部分がある場合は、これも調査に含め、局所対策の要否について検討するなどの対応を行う。
- ・ 調査項目は、性能指標を把握するために必要な項目を設定する。

3.3.5 現地調査（近接目視と定量計測）

事前調査、現地踏査による情報を踏まえ、調査の目的に応じ、調査施設の種類や重要度を勘案して、調査項目、調査単位を、調査の効率性を考慮して設定し、近接目視と定量計測による現地調査を行う。

【解説】

- ・ 調査項目は、表4-4に掲げる項目を必須とし、事前調査や現地踏査の結果を踏まえ、必要に応じて劣化状況や主要な劣化要因等を特定するために必要な指標を追加する。現地調査は調査票及び図面への記入と写真記録により行う。
- ・ 調査単位は、施設の種類や重要度、劣化の進行度合いや劣化が著しい部分の分布状況を踏まえて総合的に判断し設定する必要がある。調査単位を小さく取ると調査精度が上がる一方、調査時間やコストがかかるため、広域の施設群の機能保全計画を検討する段階では、頭首工、ポンプ場等の点的施設は施設毎とするが、水路については概ね主要な分土工の区間毎とするなど、機能診断調査に求められる精度を勘案して設定する。
- ・ 施設の機能診断調査は、個々の地区の最適な整備計画作成のために実施するという目的のほか、施設の劣化予測の精度を今後高めていくためのデータ蓄積という目的がある。このため、全国的な比較や他地区の事例の参考利用が出来るよう、調査項目は、共通する部分と独自に取り組む部分を分けて設定する必要がある。
- ・ 調査単位を代表する調査地点については、過去に施設の機能診断調査が実施されている場合には、調査の効率性を確保するとともに、経年変化を分析できるようにするため、当該調査地点を極力活用するようにする。また、新規の調査にあっては、中長期の劣化を継続的に調査することとなるため、「定点」となる調査地点を設定する。

3.3.6 調査頻度

機能診断調査を行う頻度は、施設の劣化状況と劣化に伴う著しい施設性能の低下が発生した場合の影響の大きさから、総合的に設定する必要がある。また、劣化があまり進展していない施設であっても、将来の劣化を予測するために一定期間毎の調査を行うことが必要である。

【解説】

- ・ 調査頻度は、対象施設の劣化状況と劣化に伴う偶発的な事故が発生した場合の影響の大きさから総合的に判断する必要がある。また、劣化があまり進行していない施設であっても、将来の劣化を予測するために一定期間毎に調査を行うことが必要である。
- ・ 施設の劣化に伴う著しい施設の性能低下や偶発的な事故により、農業や周辺環境へどのような影響があるのか、その影響がどの程度までなら許容できるのか、回復の難易度や所要時間といった視点で検討を行い、調査に要する経費との関連も含めて適切に調査頻度を設定する必要がある。
- ・ 劣化による偶発的な事故によるリスクが小さい場合であっても、当該施設が今後どのような劣化過程をたどるのかを観察し予測するため、定期的な機能診断を実施する必要がある。

< 参考 >

【表3 - 2 劣化状況とリスクに着目した調査頻度の設定例】

	重要度 健全度（劣化度） (注1)		大		中		小
			受益面積 1,000ha 以上	災害発生 の可能性 が大きい 施設(注2)	受益面積 200ha ~ 1,000ha	災害発生 の 可能性が ある施設 (注3)	受益面積 200ha未満
主にリ スク管 理の観 点	大 (健全度 指標S-1)	復旧や応急措 置が困難な施 設(トンネルや 特に立地条件 が悪い施設等)	1年	1年	2年	1年	3年
		その他	3年		3年		
主にL CC管 理の観 点	中(" S-2)		3年		3年		5年
	小(" S-3)		5年		5年		5年
	その他(" S-4,5)		10年		10年		10年

(注1) 健全度指標 S-5 の施設については、施設管理者から施設の変状拡大等の情報が
あった場合に、随時、現地踏査を実施する。

(注2) 万一、施設が崩壊した場合、人命に関わったり、非農業部門へ相当程度の影響
を及ぼす恐れがあるもの。

(注3) " 、非農業部門への影響を及ぼす
恐れがあるもの。

上記の年数は、標準劣化曲線から見た S-4 S-3 の期間（約20年）、S-3 S-2
の期間（約10年）、S-2 S-1 の期間（6～7年）から、その1/2程度を基本と
しつつ、S-1 に達した施設については、リスク管理の観点から頻度を上げて設定。

3.4 性能の劣化予測と対策工法の検討

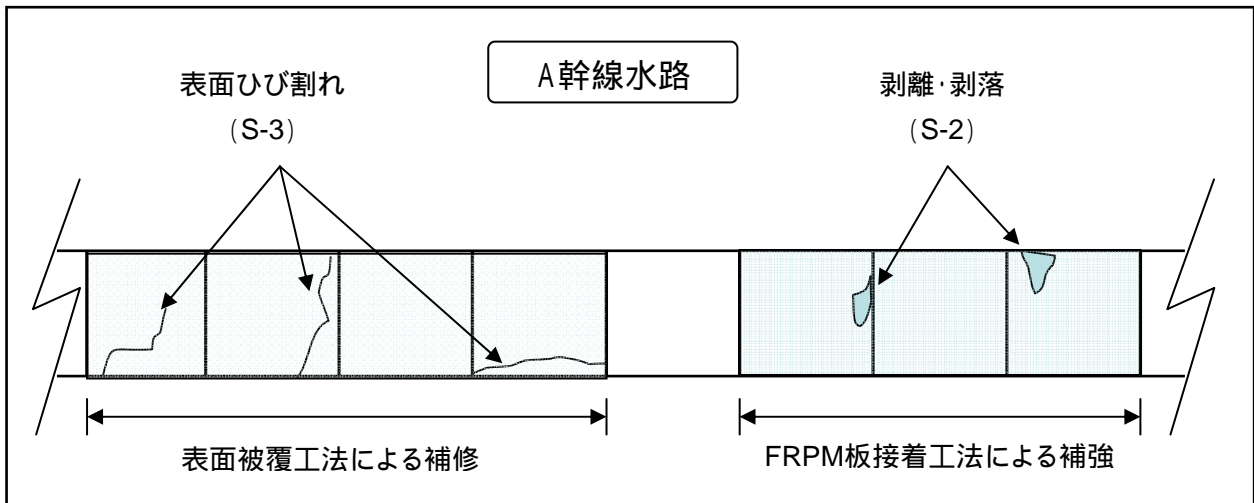
3.4.1 診断結果のグルーピング

対策の要否や対策工法の比較検討等を効率的に行うため、施設の種類、構造、主な劣化の要因、劣化の程度等により同一の検討を行うことが可能な施設群に分類し、グルーピングを行う。

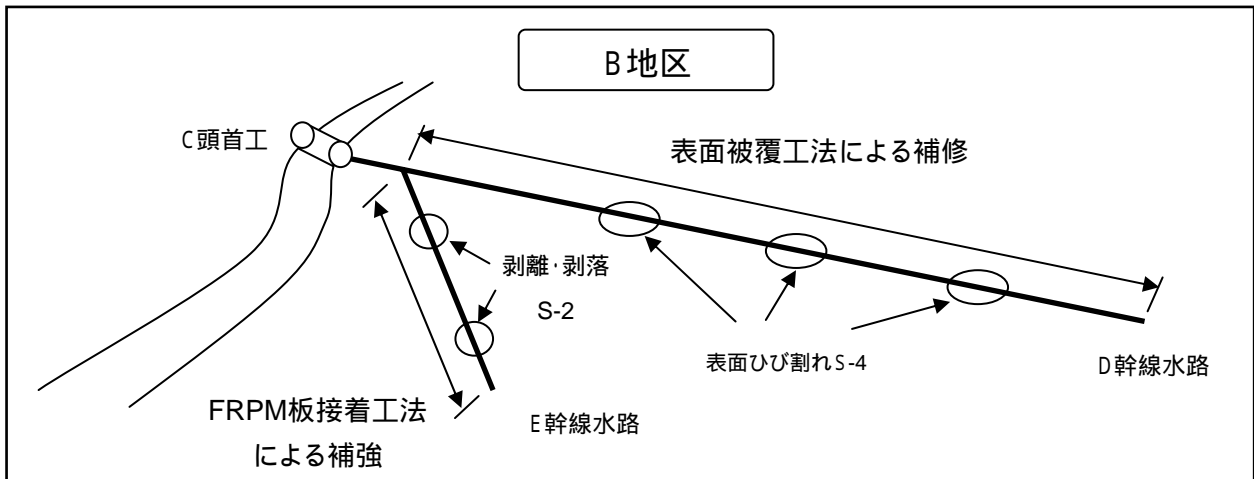
【解説】

- ・ グルーピングは、技術的に適用可能な対策工法が同様の選択肢になることを念頭に置いて行う必要があり、劣化要因やその後の劣化進行に影響すると思われる立地条件等を十分踏まえて行う必要がある。
- ・ 施設の構造や立地条件等に応じて細かなグルーピングとすれば、より精度の高い検討になる一方、検討作業の量が膨大になる。このため、広範囲の施設系を対象とした検討では、求められる検討精度と検討作業とを勘案し、施設種類、施設健全度と劣化要因を基本としつつ、その他の条件については必要に応じ考慮するなど、ある程度大きくくきなグルーピングとすることが効率的である。
- ・ なお、農業水利施設は、水利系統単位で農業用水の供給という目的を達成するものであることから、取水施設又は分水工からの水利系統を意識してグルーピングを行うことが望ましい。

(施設単位でのグルーピングの例)



(複数施設におけるグルーピングの例)



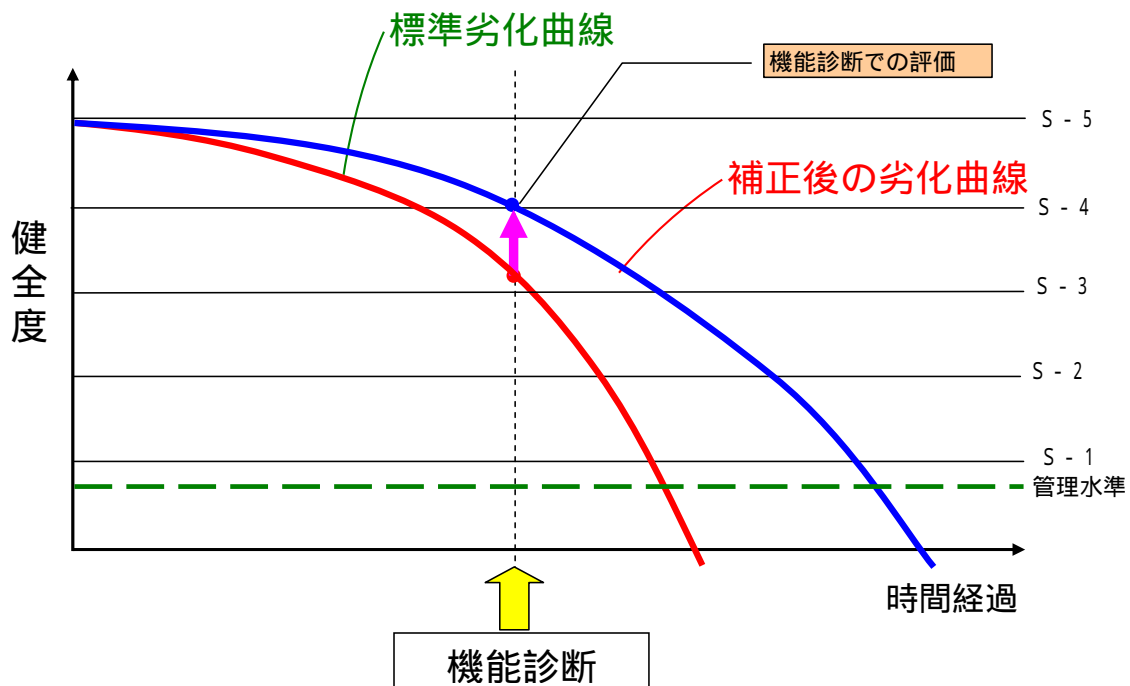
【図3-6 グルーピングの例】

3.4.2 劣化予測の手法

劣化の将来予測は、劣化の要因が明らかであり、その予測手法が確立されている場合は、経験式などの手法を用いて行う。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劣化要因が不明である場合は、標準的な劣化曲線を設定し、これを機能診断による実測で補正することにより行う。

【解説】

- ・ 鉄筋コンクリートの中酸化、塩害については、経験的な予測式が確立されており、これを用いて劣化予測を行う。（「農業水利施設のコンクリート構造物調査・評価・対策工法選定マニュアル」参照）
- ・ しかしながら、農業水利施設の劣化は、劣化要因を特定できても予測手法が未確立であったり、複合的な要因による場合が多いことから、標準的な劣化曲線を設定し、これを機能診断の実測値により補正する手法により、劣化予測を行う。（図3-7）
- ・ 標準的な劣化曲線は、今後、継続的な施設診断結果のデータ蓄積に伴い精度の高いものを設定していくことを考えている。なお、この手引きでは、広域基盤整備計画調査でのコンクリート構造物（鉄筋コンクリート開水路の例）の診断結果を用いて劣化曲線を設定している。
- ・ また、地域の環境条件や構造物の種類・重要度等を踏まえ、当該施設の劣化状況に関するこれまでの情報や、新たにフィールドデータを継続的に収集・蓄積し、物理的劣化メカニズムを考慮することにより劣化予測を行う方法等も検討する必要がある。



【図3-7 劣化予測式の補正概念】

3.4.3 対策工法の検討

グルーピングされた施設群毎に劣化予測の結果を踏まえ、対策の要否、対策工法とその実施時期の組合せ（以下「シナリオ」という。）を検討する。

個々の施設の変状に対して技術的に適用可能な対策は、対策の実施時期と対策工法の組み合わせにより様々な組み合わせが存在する。このため、機能診断結果に基づく施設の劣化予測を踏まえ、技術的・経済的に妥当であると考えられる対策の組み合わせを、検討のシナリオとして複数仮定する。

【解説】

- ・ 一般的には、劣化が進展していない時期ほど対策工法の選択肢は多い。しかし、劣化の初期段階で簡易な工法により施設の耐用期間を延長することが必ずしも経済的になるとは限らないことに留意が必要であり、これについては、LCC 比較を行って妥当性を検討する。

- ・ 劣化の進行状態と対策工法は、工法を選択肢と経費の多寡から、一般的に以下のような傾向にある。

S-4～S-3の段階

補修(例えば、水路躯体の強度は十分だが、粗度低下に対処するため表面処理を実施)などの対策工法を選択肢が多く、比較的簡易な対策が可能な段階。

S-2の段階

補強(例えば、水路の壁面が傾倒する段階ではないが、躯体強度が低下しているため補強処理を実施)などの躯体の力学的強度を改善する必要があり、比較的選択肢が少なく経費も安価でない対策が必要となる段階。

S-1の段階

性能指標が管理水準に近づき、例えば、水路壁面の倒壊等が起きるリスクが増加し、通水機能が著しく低下するなど、改築により対処するしかない段階。

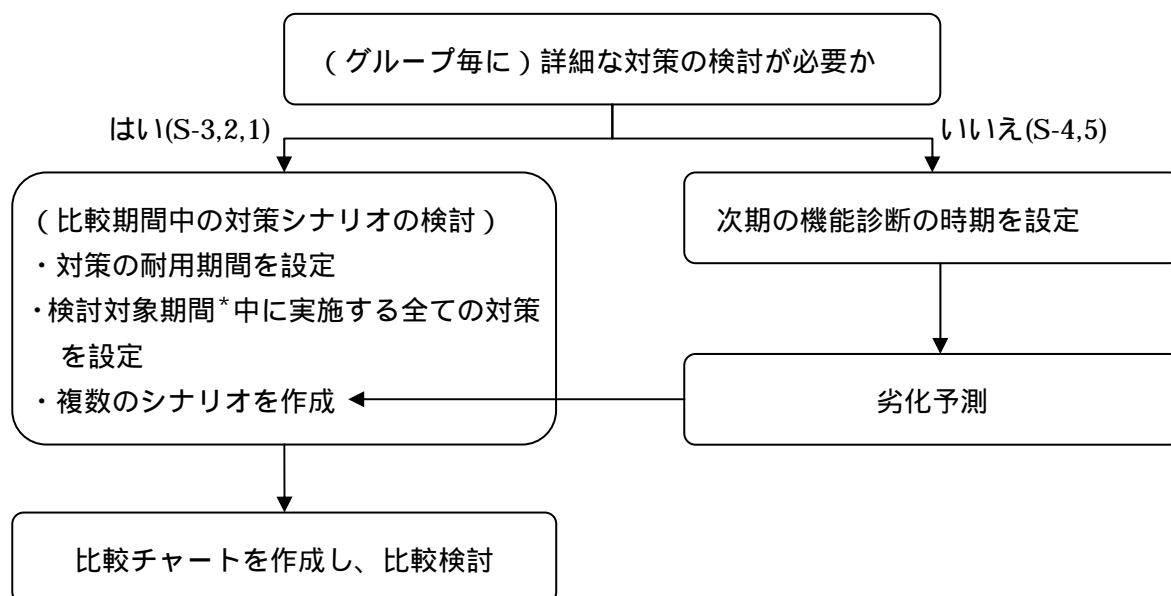
- ・ このような傾向を考慮し、グルーピングした個々のグループ毎に、それぞれの段階で技術的、経済的に妥当と思われる対策工法を仮定し、シナリオを仮定していくプロセスを踏む。

- ・ 対策工法の組み合わせを検討する場合、以下のような点に留意する必要がある。
一定期間監視を行った後に対策を実施する場合には、その間に増加する部分的な補修等に要する経費についても考慮する。

採用する工法によっては、大規模な仮設が必要な場合もあることから、単なる工法の単価のみならず、可能な限り実際の発注単価に近い経費を想定する。

耐用期間が短い補修を繰り返すようなシナリオの場合など、検討期間中に複数の対策を実施する場合には、2回目以降の対策工事が1回目に採用する工法との関係で技術的に適用できないといった問題が無いかどうか、確認を要する。

- ・ 対策工法の検討手順の概要を以下に示す。



* : 検討対象期間は、「3.6 ライフサイクルコストと経済比較 (p42) 参照」

【図3-8 対策工法検討の流れ】

詳細な検討の必要性の判断

対象とする施設グループのうち、機能診断結果が健全度 S-3 以下であるものについては、劣化予測を含む詳細な検討を行うこととし、S-4 以上であるものについては、当分の間は対策の必要がなく、既存施設を現況のまま利用するものとする。

詳細な検討が必要なグループの検討

(対策工法の検討)

ア 対策検討の単位であるグループ毎に、技術的な妥当性が見込まれる複数の対策工法とその実施時期、当該対策工法により期待される耐用期間を決定する。

イ 対策工法により期待される耐用期間は、実績がある工法の場合、参考資料編の「コンクリート補修・補強等工法別費用・耐用年数等一覧表」から引用し、新技術などの場合にはメーカーからの聴き取りを基礎としつつ、専門家の意見等も踏まえながら総合的に判断する。

(シナリオの作成)

ウ 当該工法の耐用期間が検討対象期間を下回る場合、対策を行った施設が耐用期間に到達した時に再度実施する対策も想定し、検討対象期間中に実施するすべての対策を仮定する。

当面の対策が必要でない施設グループについての検討

ア 次期の機能診断の実施時期の設定

対策検討の単位であるグループ毎に、劣化予測の結果から得られた S-3 評価までの期間から、次期の機能診断の実施時期を設定する。

イ 対策が必要となる時期の想定と対策方法等の検討

：S-3 評価までの期間（補修などの選択肢が多く、安価な対策が有効な期間）

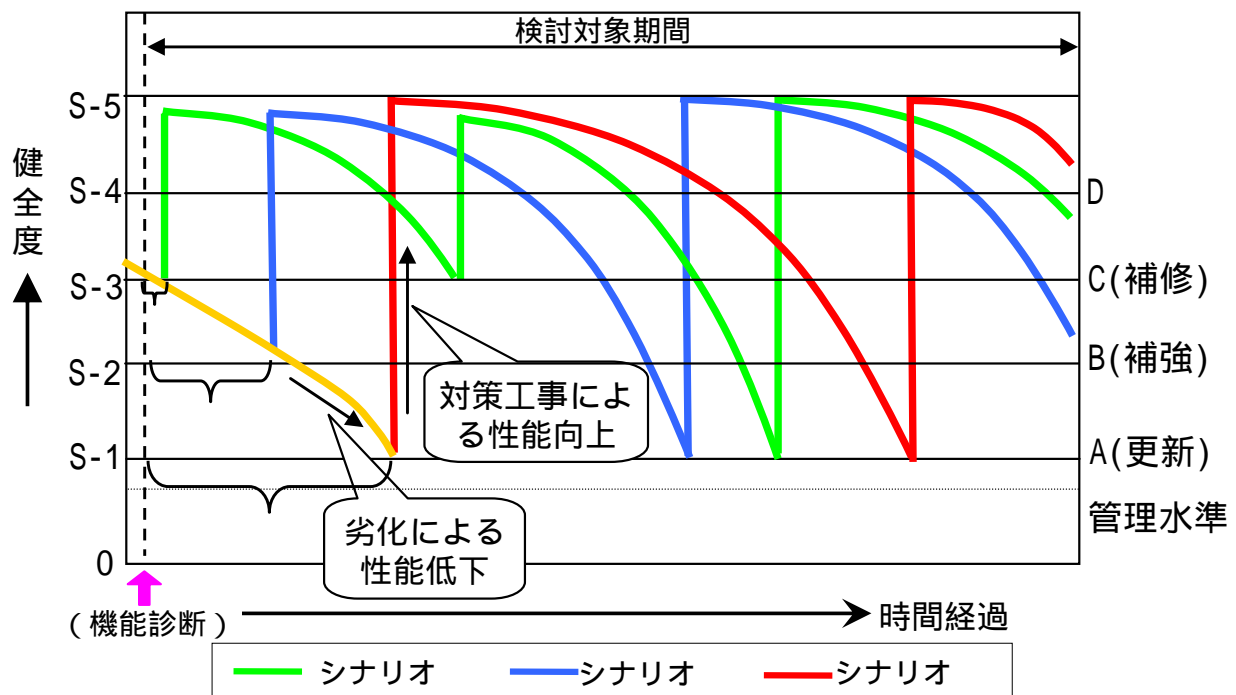
：S-2 評価までの期間（補強を伴う対策が有効な期間）

：S-1 評価までの期間（更新が必要となるまでの期間）

のそれぞれのケースについて、上記 のイ、ウと同様に、どのような対策工法を実施するかを検討する。

なお、広域にわたる施設群の整備構想を策定する概略的な調査計画の段階では、当面の対策が必要でない施設群についての対策工法等の検討は、参考情報となる。

早期対策が必要な施設群について事業実施に向けた詳細調査を行う段階では、当面の対策が必要でない施設群についても、次期の機能診断等においてより精度の高い検討を行う必要がある。

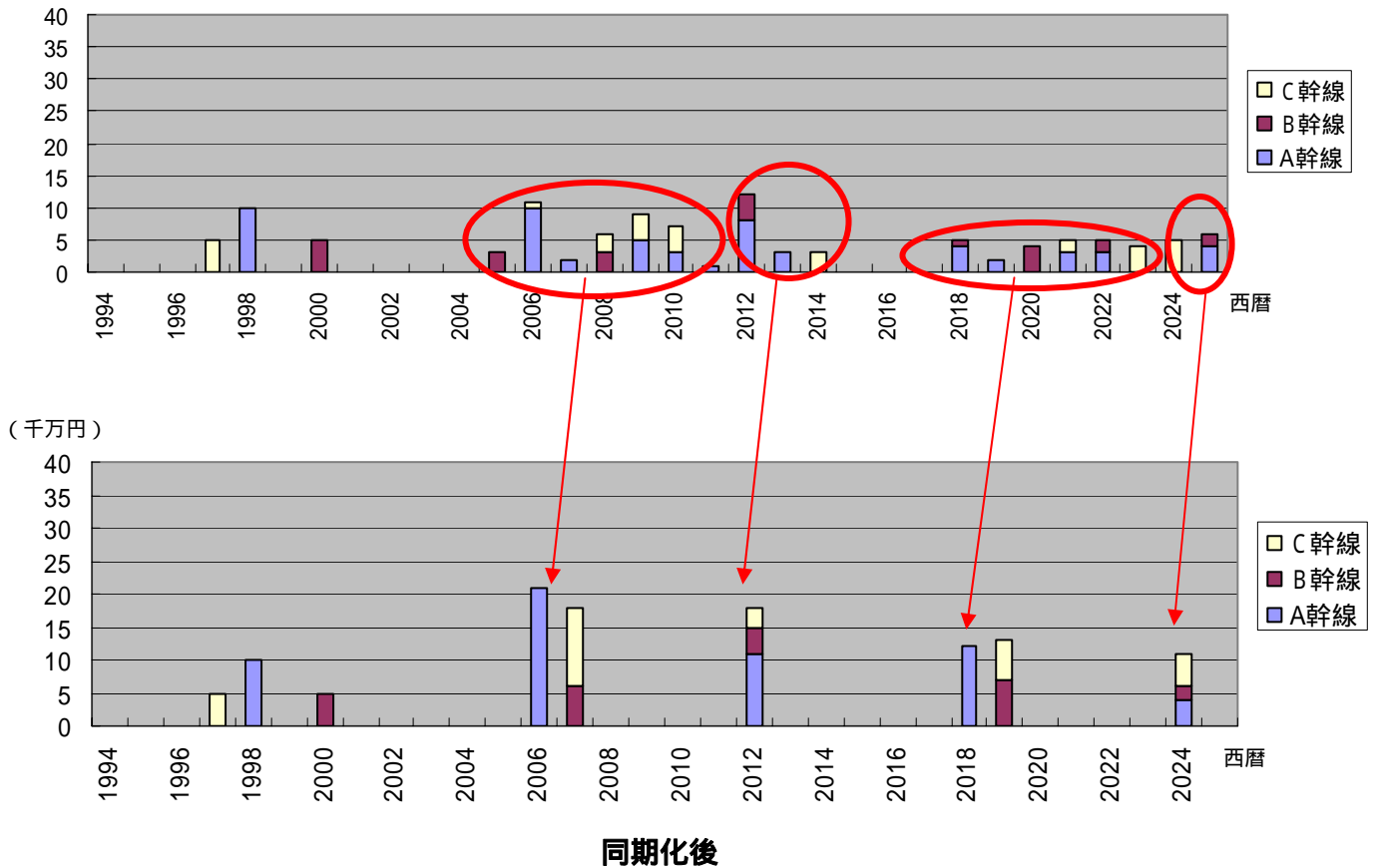


【図3-9 複数シナリオによる性能管理の比較】

対策工事の同期化

上記までの検討では、対策工事を実施すべき時期が分散する場合があるため、実際の事業化や工事の発注の実態を考慮し、個々の対策実施時期をずらす同期化について検討する。

同期化の検討に当たっては、対策の実施効率やリスク管理等の観点から、対策の緊急性や工期、対策実施箇所のまとめ、施設管理者の意向等を勘案する。また、この同期化により、仮定した対策シナリオに問題が生じないか、確認する必要がある。



【図3 - 10 対策工事の同期化の例】

3.4.4 対策工法の現地適応性の検証

対策工法の立案と選定に当たっては、施工性、周辺環境への影響、対策後の維持管理等を考慮し、現地での適応性について十分検証しておく必要がある。

【解説】

- ・ 現地の状況と対策工法の組合せによっては、通水断面が確保できないなどの問題が生じる場合があるので、留意が必要である。
- ・ 対策工法の立案と選定に当たっては、劣化要因や変状に対応した工法を選定した上で、現地での施工性、対策工事施工中及び対策後の周辺環境への影響、対策後の維持管理のしやすさ等を考慮し、事前に現地での適応性について十分検証しておく必要がある。
 - 施工性・・・工事中の通水条件、地下水位条件、用地上の制約、実施時期（寒中施工、暑中施工）や工期の制約など
 - 周辺環境への影響・・・工事施工中の粉塵・騒音や廃棄物の発生、対策後の生態系への影響や周辺景観との調和など
 - 維持管理・・・維持管理作業の頻度、難易度、費用など

3.5 環境との調和への配慮

3.5.1 環境との調和への配慮の考え方

農業水利施設の機能保全のための対策工法の立案と選択は、通水、配水等の本来機能を保全するための対策費用を比較するだけでなく、施設が生み出している生態系等の環境に対する、工事や選択する工法による影響、対策工法で生じる環境負荷の程度等についても総合的に勘案することが必要である。

【解説】

- ・ 農業水利施設の機能保全対策を比較検討する際、通水、配水等の本来の機能の保全に係る機能保全コストのみで評価すると、施設が生み出している多面的機能である生態系等の環境性能の低下を生じる恐れがある。
環境に対する影響を経済比較に取り入れることは困難な場合が多いことから、機能保全対策の比較検討・選択を行う際には、少なくとも対策の実施や対策工法の選択によって生態系等の環境や景観に対して、どのような影響があるかについての考慮が必要である。
また、選択した対策工法によっては、工事時又は次期の対策実施時に環境負荷の大きい建設廃材等の発生量が大幅に異なる場合もあるため、これについての考慮も重要である。
- ・ 機能保全対策の実施によって新たな環境の創出を行う場合には、それに要する追加的費用や維持管理負担が生じることがある。このため、保全対策の選択に当たっては、農業生産面、維持管理面、経済性、景観面等から十分な比較検討を行い、農業生産と環境保全が両立するようにするよう配慮することが必要である。

3.5.2 現況調査と影響評価に基づく対策の検討

機能保全計画を策定するに当たっては、通常の事業実施の場合と同様に、「環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針」(H18.3.6)に則して、施設に関わる環境の現況調査、対策工事の影響の予測、環境配慮のための対策の検討等を実施する必要がある。

【解説】

- ・ 農業農村整備事業の実施に当たっては、環境との調和への配慮を行うことが原則となっており、このための調査、影響評価、対策検討や計画、設計を適切に行うため、「環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の技術指針」(H18.3.6)が制定されている。

農業水利施設の機能保全対策を実施するに当たっても、この指針に基づいた対応を取る必要があり、専門家の意見を聞きながら適切な対応について検討することが必要である。
- ・ 機能保全対策が必要となる施設は、造成後数十年を経過しているものが多く、その施設の環境に応じた生態系や景観が定着しているのが一般的である。このため、保全対策に係る工事によって環境が攪乱され、現状の環境に大きな影響が生じる恐れがある。
- ・ 例えば、コンクリート3面張りの水路であっても、経年的に土砂の堆積や植生の定着があり、一定の生息環境や移動ネットワークを構成してそれに応じた生態系が形成されている場合がある。このような施設に対して、水路の粗度を改善するための最も経済的な対策としてコーティング工事を相当区間にわたって行う場合、環境に著しい影響が生じることがあるので留意が必要である。
- ・ また、施設の劣化に応じた保全対策は部分的な工事となることも多く、全面的な工事と比べて環境への影響が軽減される場合もある。施設機能保全の観点からの部分工事と、生態系のネットワークの視点からみた順次工事のあり方とは全く異なるため、環境への影響の面から対策の実施方法を検討することが重要である。
- ・ 例えば、部分的な補修工事であっても、工事実施のために全線にわたって相当期間、通水を遮断すれば、水生生物の生態系に決定的な影響があり、その後、当該工事部分だけでなく生態系ネットワークの範囲にわたって大きな影響が及ぶ場合がある。特に、冬期間も一定の通水がある区間においては、これに応じた生態系が形成されている場合があり、注意が必要である。

工事によって部分的な影響が及ぶことは不可避であるが、決定的な影響とならず、工事完了後の回復が見込めるような対応について配慮することが重要である。

3.5.3 環境の修復、改善の視点

機能保全対策の計画策定に当たっては、かつて行われた現況施設の整備の際に、生態系への影響や景観の質の低下等が生じていたことが考えられるため、予め現況の施設構造を前提とするのではなく、環境の修復、改善の可能性についても考慮することが重要である。

【解説】

- ・ かつて現況の農業水利施設の整備が行われた際、環境への調和についての検討がなされず、生物のネットワークが消失する等の生態系への影響が生じていたことも考えられる。また、景観への配慮も十分行われなかったことも想定される。
一方、近年では、農業水利施設の持つ環境、景観等の多面的機能への関心が高まってきており、施設周辺の混住化も進展していることから、農業水利施設についてより良い環境形成への配慮の要請が高まってきている地域も少なくない。
このため、既存施設の機能保全対策の検討に際しては、予め現況施設の構造を前提とするのではなく、保全対策の中で生態系ネットワークの回復や生息環境の改善、より良い景観の形成などの可能性についても、地域住民や施設管理者の意見を十分に聞いて考慮することが重要である。
- ・ 環境改善を図る場合には、単に新たな生態系等の環境を創造しようとするのではなく、地域の基本的な環境に応じたものとなるよう、かつて存在した生態系や周辺の生態系の現況を十分調査した上で、その修復を図るようにすることも考慮することが必要である。
- ・ このような環境修復や改善の取組を行うには、地域住民の意向を十分把握し、地域に根付いたものとすることが重要である。新たに環境創出や改善を行う場合には、これに伴う維持管理活動を地域主体で安定的に行っていくことができるよう、環境保全活動グループとの連携や一般住民を巻き込んだワークショップ等の活用も有効である。

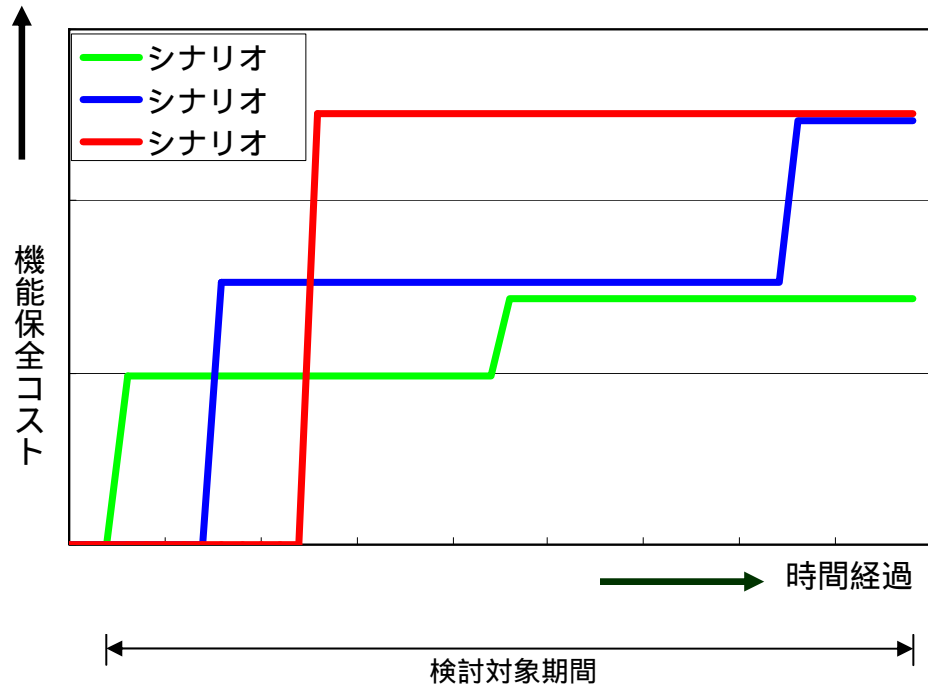
3.6 ライフサイクルコストと経済比較

3.6.1 ライフサイクルコストと機能保全コスト

Stockマネジメントは、施設の建設に要する経費のみならず、供用期間中の維持保全コストや、廃棄にかかる経費に至るまでのすべての経費の総額（ライフサイクルコスト）を低減することを目指している。この手引きにおいては、既存の施設があることを念頭に置いているため、施設の保全対策等の事業の着手時から一定期間において、施設機能を保全するために要するすべての経費（以下「機能保全コスト」という。）について、比較検討を行う。

【解説】

- ・ 農業水利施設の場合、通常、その機能を永続的に確保することを前提としていることから、ライフサイクルをいつからいつまでとするべきか判断が難しい。また、この手引きで対象とするのは、現存する施設であることから、当該施設の建設等に要した過年度のコストは、今後の対策工法の検討について大きな意味を持たない。
- ・ このため、建設から廃棄までのコストという厳密な意味でのLCCを算定し比較することは必ずしも合理的ではないことから、一定の期間を定めて、その間に施設機能を一定の範囲に管理するためのコストである「機能保全コスト」を比較検討することとする。
- ・ 換言すれば、LCCのうち、検討対象期間以前に発生している建設コストや補修・補強対策コスト、検討対象期間終了後に発生するコストなどを控除したものが、検討対象期間に係る「機能保全コスト」となる。
- ・ 機能保全コストは、対策工法の検討により作成されたシナリオについて算定し、経済比較を行う。具体的には、以下の通りである。
 - ア シナリオ毎に、支出年度毎のそれぞれの対策工法に要する経費を社会的割引率により現在価値に換算し、当該価格を整理する。
 - イ 通常必要となる維持管理経費（オペレーションのための人件費や管理の範疇の軽微な補修経費、電気料金、油脂料金等）について、当該費用を整理する。なお、すべてのシナリオにおいて維持管理経費に大きな差が生じない場合には、これを省略しても差し支えない。
 - ウ 検討対象期間の最終年度における既存施設の残存価値を減価償却の考え方により算定し、これを控除することにより、機能保全コストを求める。



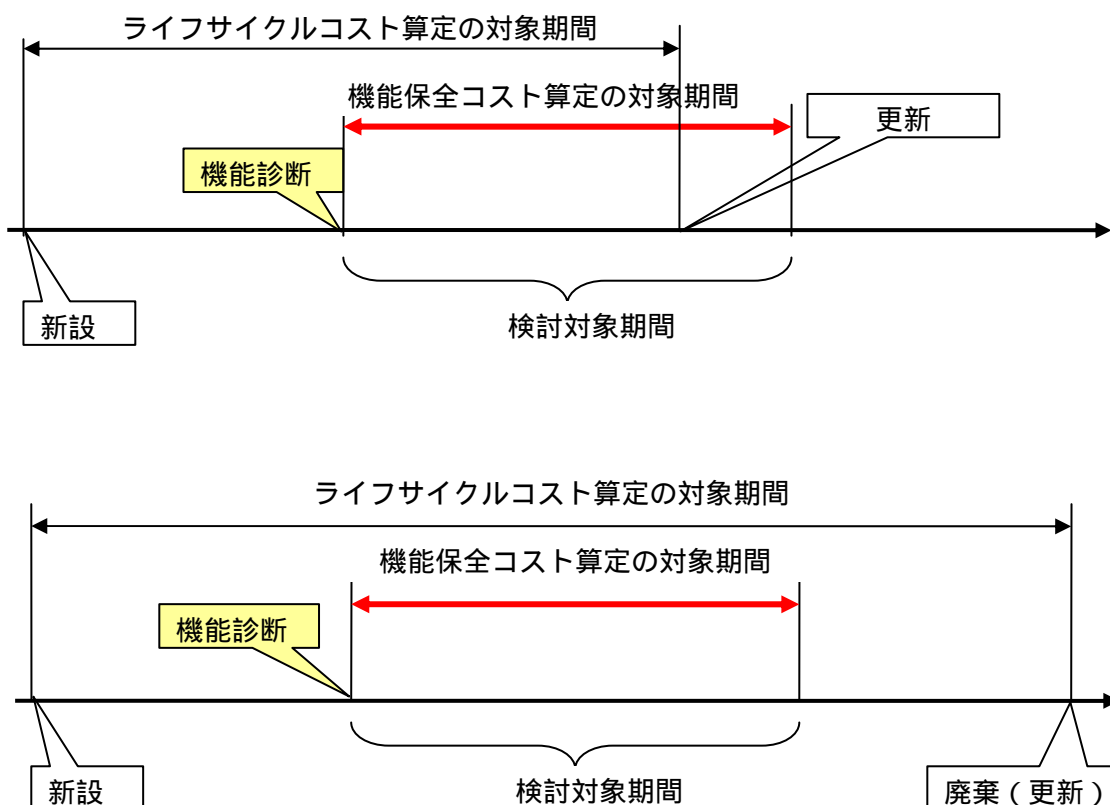
【図3 - 1 1 機能保全コストの比較】

3.6.2 検討の対象期間

機能保全コストの検討対象期間は、調査計画の目的により任意に定めることとし、国営土地改良事業や国庫補助事業として実施する事業計画を策定する場合には、検討の対象とする期間は、着工予定年から40年間とすることを原則とする。

【解説】

- 機能保全コストがより小さくなる対策工法の組合せを検討するための期間については、長期とすると不確定の要素による影響が支配的となり、かつ社会的割引率により対策の選択肢の相違による結果が与える影響は小さくなる。このため、公共事業の多くで40～60年の期間を用いていること、土地改良事業の経済効果算定が「建設期間+40年」とされていることを踏まえ、検討の対象期間は40年を基本とする。なお、建設期間が明らかな場合には、40年に建設期間を加えた年数とする。
- また、適切な補修・補強等の実施により既存施設の有効活用を図りつつ、機能の継続的な確保を図ろうとするものであるため、「新設～廃棄」までの概念が必ずしも明確でなくなることから、評価の対象とする期間を一定に決めることが必要となる。



【図3-12 機能保全計画の検討対象期間】

3.6.3 機能保全コストの対象となる経費

機能保全コストは、検討の目的に応じて定めた対象期間について、その間に発生するコストの総額から、期間終了時の残存価値を控除し、現在価値に換算して算定する。

【解説】

- ・ 機能保全コストは、機能診断調査以降に発生する以下の経費について計上する。
 - (当面要する経費)
 - 調査、計画、設計に要する費用(調査費)
 - 工事の実施に要する費用(事業費)
 - (将来的に必要となる経費)
 - 維持管理費(運転経費、維持管理の範疇の補修経費)
 - 更新整備や予防保全対策に要する経費
 - (検討対象期間終了時)
 - 当該施設の残存価値
- ・ 比較対象となるそれぞれのシナリオにおいて、維持管理に要する経費に大きな差が見込まれない場合には、機能保全コストにこれを含めないで検討することは差し支えない。
- ・ なお、総費用総効果方式による費用対効果分析においては、維持管理経費について「維持管理費節減効果」として、費用ではなく効果の項目に計上することとなっているため、「総費用」に含まないこととしていることに留意が必要である。

3.6.4 将来に発生する経費の現在価値化（社会的割引率の適用）

将来の費用については、これを現在価値に換算し、算定に用いる社会的割引率は、特別の事情がない限り年4%を適用する。

【解説】

- 社会的割引率はLCCや機能保全コストの算定に大きく影響する。特段の事情がない場合には、4%を適用する。

<参考>

費用対効果分析の前提となる社会的割引率等の指標等の前提条件については、関係行政機関においてその妥当性について検証し、各事業間で整合性を確保することとなっている。このため、公共事業の分野ではすべて4%が適用されている。(H19.3現在)

現在価値 = t 年の実際の費用 × t 年次の割引係数

t 年次の割引係数 = $1 / (1 + \text{社会的割引率})^t$

【表3 - 3 割引率4.0%における割引係数(discount factor)】

年数	割引係数	年数	割引係数	年数	割引係数	年数	割引係数
0	1.00000	20	0.45639	40	0.20829	60	0.09506
1	0.96154	21	0.43883	41	0.20028	61	0.09140
2	0.92456	22	0.42196	42	0.19257	62	0.08789
3	0.88900	23	0.40573	43	0.18517	63	0.08451
4	0.85480	24	0.39012	44	0.17805	64	0.08126
5	0.82193	25	0.37512	45	0.17120	65	0.07813
6	0.79031	26	0.36069	46	0.16461	66	0.07513
7	0.75992	27	0.34682	47	0.15828	67	0.07224
8	0.73069	28	0.33348	48	0.15219	68	0.06946
9	0.70259	29	0.32065	49	0.14634	69	0.06679
10	0.67556	30	0.30832	50	0.14071	70	0.06422
11	0.64958	31	0.29646	51	0.13530	71	0.06175
12	0.62460	32	0.28506	52	0.13010	72	0.05937
13	0.60057	33	0.27409	53	0.12509	73	0.05709
14	0.57748	34	0.26355	54	0.12028	74	0.05490
15	0.55526	35	0.25342	55	0.11566	75	0.05278
16	0.53391	36	0.24367	56	0.11121	76	0.05075
17	0.51337	37	0.23430	57	0.10693	77	0.04880
18	0.49363	38	0.22529	58	0.10282	78	0.04692
19	0.47464	39	0.21662	59	0.09886	79	0.04512

3.6.5 残存価値

検討対象期間に係る機能保全コストを比較する場合、検討期間終了時点において当該施設に残存価値が存在する場合には、これを控除して比較を行う。

【解説】

- 比較対象とする機能保全コストは、検討対象期間にかかる総費用（建設費、維持管理費、中間の補修・補強等すべての経費）に、40年後の残存価値を控除して求める。

新設事業残存価値

- 標準耐用年数 > 供用年数の場合

$$\text{新設事業残存価値} = \text{新設事業費} - \text{新設事業費} \times \text{供用年数} / \text{標準耐用年数}$$
- 標準耐用年数 ≤ 供用年数の場合

$$\text{新設事業残存価値} = 0$$

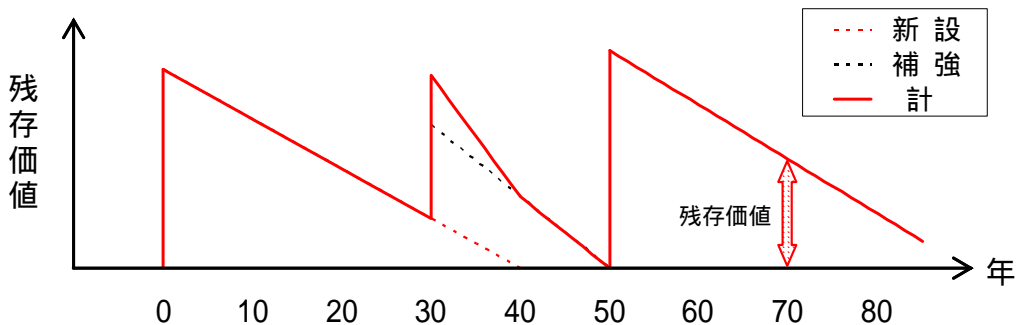
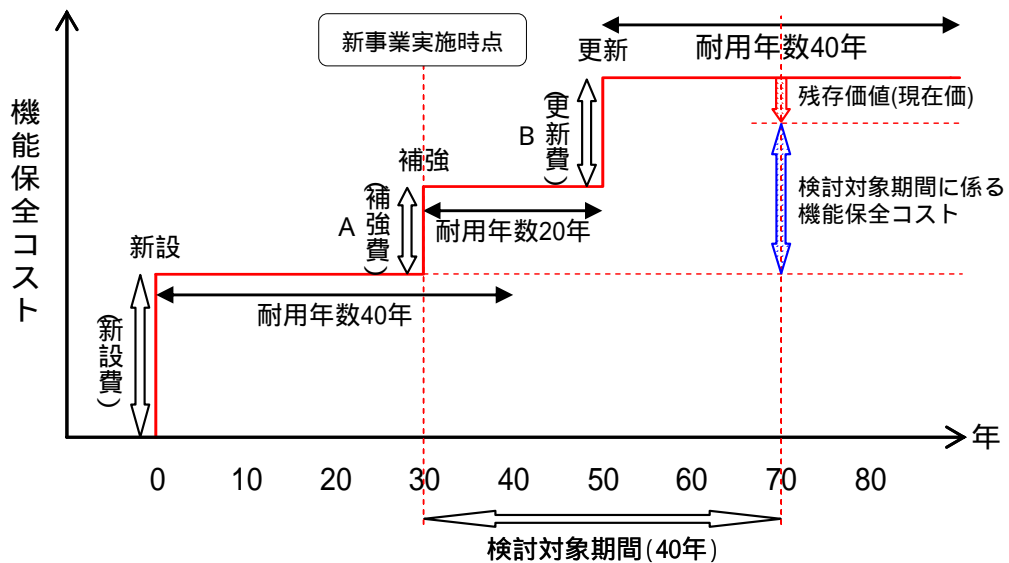
補修・補強対策残存価値（補修・補強により供用年数が延伸されるものに限る）

- 耐用年数 > 供用年数の場合

$$\text{補修・補強対策残存価値} = \text{補修・補強対策費} - \text{補修・補強対策費} \times \text{供用年数} / \text{標準耐用年数}$$
- 耐用年数 ≤ 供用年数の場合

$$\text{補修・補強対策残存価値} = 0$$

全体残存価値 = 新設事業残存価値 + 補修・補強対策残存価値



$$\text{全体残存価値} = B - B \times 20 / 40$$

【図3 - 13 残存価値の算定】

例) 標準耐用年数40年のコンクリート水路で、建設時点から30年が経過した時点の残存価値は、

$$\text{建設費} \times (1 - 30\text{年} / 40\text{年})$$

となり、これを社会的割引率で現在価に換算する。

～ シナリオ設定と機能保全コスト比較の検討例 ～

- ・ 主に摩耗と風化による劣化が進行している用水路について、機能診断に基づく劣化予測をしたところ、
 - (補修が可能な期間) = 0年
 - (補強が可能な期間) = 5年
 - (更新が必要な期間) = 10年
 との結果が得られたとする。

(対策工法の検討とシナリオ作成)

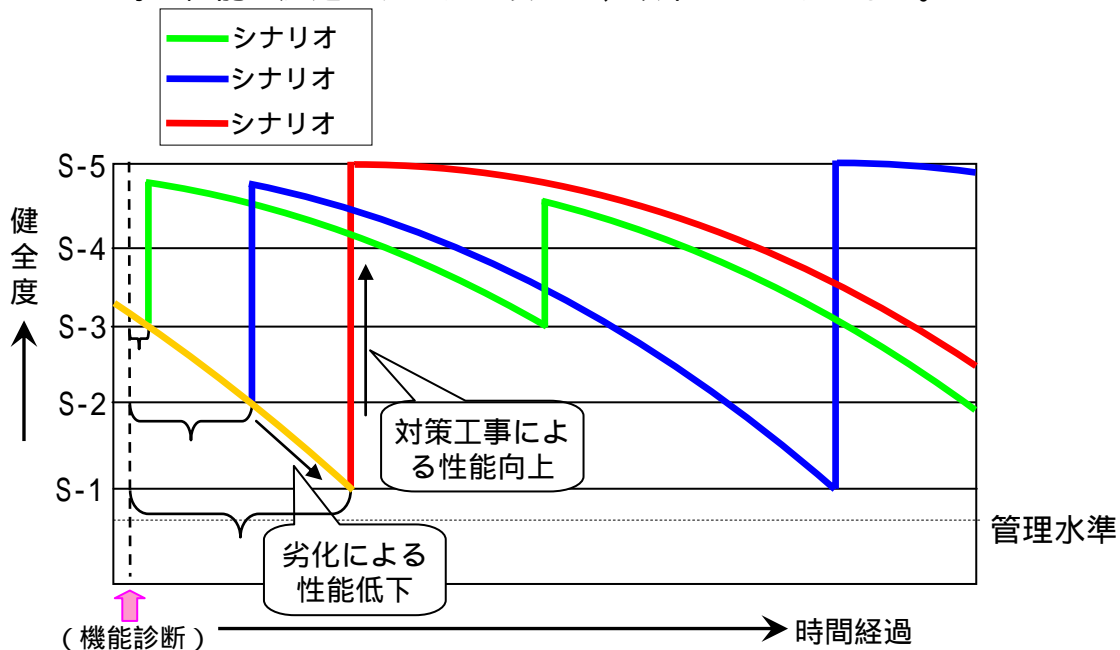
技術的な視点から検討した当該水路に適用可能な対策工法の耐用期間とコストは、それぞれ以下のとおり。

対策工法	単 価	耐用期間
補修 (表面被覆) コンクリートの構造強度は問題ないので、風化と摩耗の進行を抑制するために、表面樹脂塗装を行う	98 千円 / m	20 年
補強 (接着工法) 5年以上経過するとコンクリートの構造強度に影響が生じるため、FRPパネルの貼り付けによる補強工事を行う。	186 千円 / m	30 年
更新 10年以上経過すると、コンクリートの構造強度が極端に低下することから、補強対策は困難になるため、全面的な更新を行う。	372 千円 / m	40 年

これらの条件から、検討のシナリオとして、以下の3つのケースを検討。

- ・ シナリオ : 補修を行い、その20年後に補修を行うケース
 - 2008 補修 (耐用期間20年)
 - 2028 補修 (耐用期間20年)
- ・ シナリオ : 5年後に補強を行い、その30年後に全面更新するケース
 - 2013 補強 (耐用期間30年)
 - 2043 更新 (耐用期間40年)
- ・ シナリオ : 10年後に全面更新を行うケース
 - 2018 更新 (耐用期間40年)

このシナリオ毎の性能の経過をグラフに表せば、以下のとおりとなる。



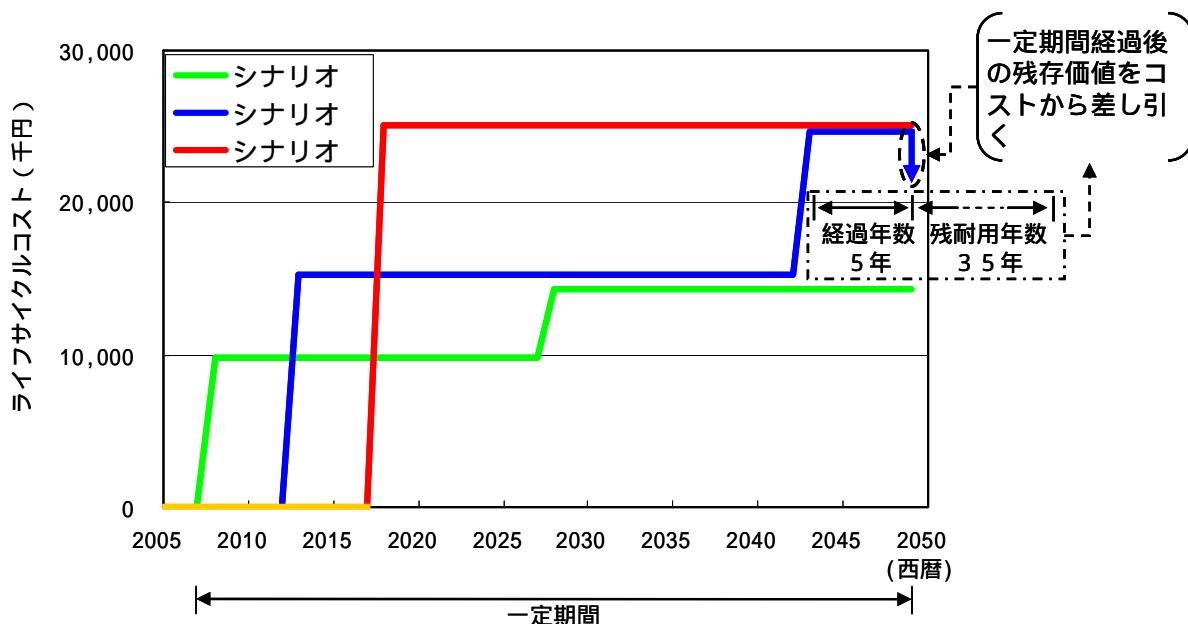
(比較チャートの作成)

上記までの検討経過を比較チャートに整理する。

シナリオ毎に、支出年度ごとのそれぞれの対策工法に要する経費を社会的割引率(4%)により現在価値に換算する。

検討対象期間の最終年度における施設の残存価値を減価償却の考え方により算定する。

上記 から を控除し、検討対象期間の機能保全コストとする。



単位:千円

		シナリオ			シナリオ			シナリオ		
		対策工法	単価	現在価値	対策工法	単価	現在価値	対策工法	単価	現在価値
コスト累計	西暦(年)									
	⋮									
	2008	補修	9,800	9,800						
	⋮									
	2013				補強	18,600	15,300			
	⋮									
	2018							更新	37,200	25,100
⋮										
2028	補修	9,800	4,500							
⋮										
2043				更新	37,200	9,400				
⋮										
	計		14,300			24,700			25,100	
残存価値 (2048年時点)			0			6,800			1,900	
LCC(-) (2048年時点)			14,300			17,900			23,200	

水路100m当たりのコストを計算

- 1 実際に事業を実施する場合、事業を効率的に行うため、一定のまとまりを持った工事を一度に扱う必要があるが、グループ毎に異なる劣化曲線に補正されること、また対策工法の組み合わせによっては、それぞれのシナリオ毎に対策を取るべき時期がまちまちとなり、実態にそぐわないシナリオとなる場合がある。この場合は、対策実施時期をある程度束ねる操作(同期化)を行う必要が生じる。
- 2 初回の対策工法の耐用期間が経過した時点での2回目の対策工法を仮定するに当たっては、当該対策が技術的に可能であるかどうかを十分に検討しておく必要がある。

【参考】LCC 比較（機能保全コスト比較）におけるリスクの考慮

（1）リスクとは

- ・ スtockマネジメントにおいて、施設のリスクを加味すべきプロセスとしては、劣化の進行により発生する偶発的な事故を未然に防止しつつ、効率的な調査を実施する観点から、施設毎の調査頻度（調査の間隔）を設定するとき、対策工法の妥当性と経済性を判断する観点から、対策工法のシナリオと機能保全コストの比較を行うとき、対策実施の優先順位を判断する観点から、対策実施の緊急度の評価を行うとき、の3つの場面がある。
- ・ このうち、については、地震に対する施設の安全性を設計に考慮する場合、その経費についてLCC分析の中に位置づけて、比較検討を行うことが望ましい。

（2）性能設計におけるリスク評価の手法

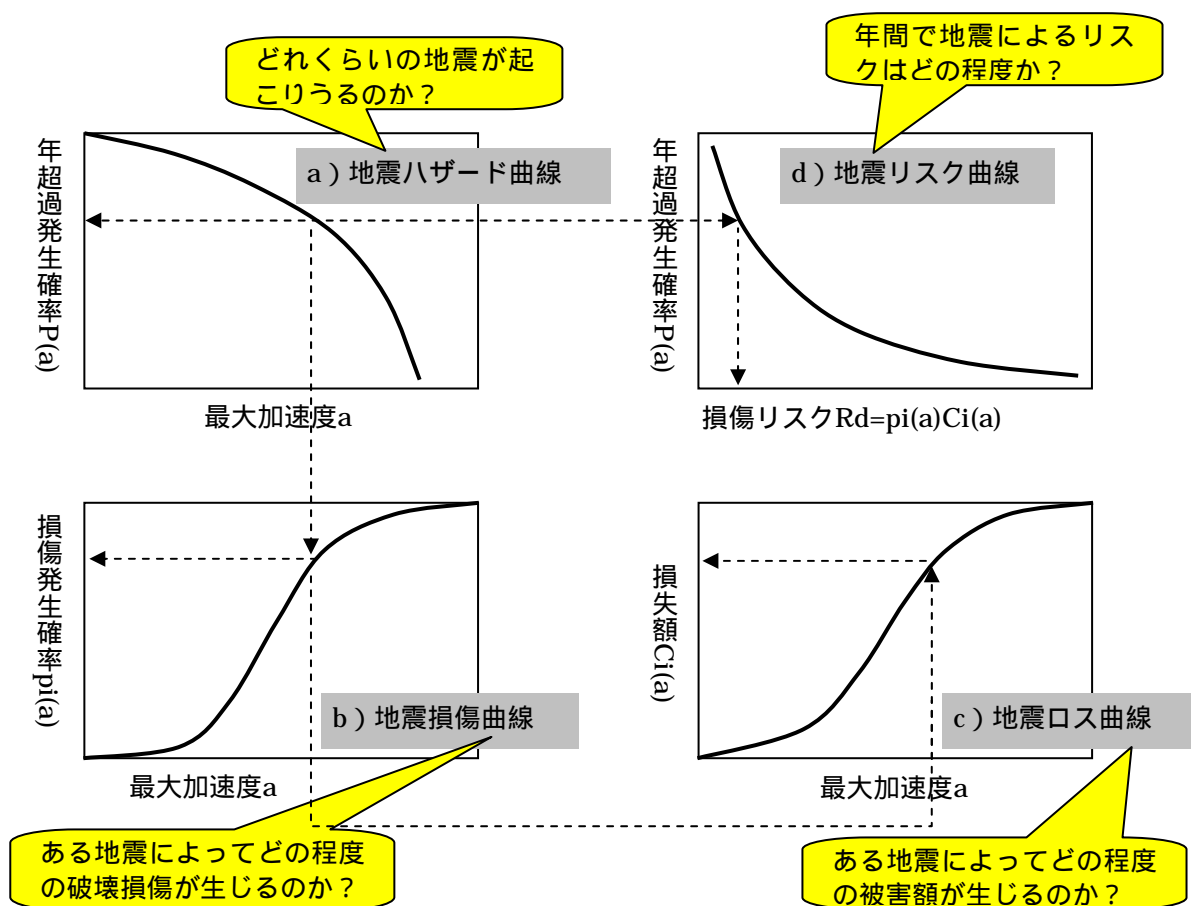
- ・ リスクについては様々な定義があるが、JISQ2001では「リスクは、事態の発生確率とその結果の組み合わせ」と定義される。工学的には、リスクの大きさは発生確率（事故率）と施設の重要度（損失額）で評価される。

$$\text{リスク} R (\text{期待損失}) = [P \text{発生確率} (\text{事故率}) \times C \text{施設の重要度} (\text{損失額})]$$

- ・ 農業水利施設の場合、施設の重要度は、農業面では、支配面積、農業への影響度、復旧の難易性、代替策の有無及びその難易性等であり、直接的な農業以外の面では、主に災害発生時に想定される被害の大きさ、すなわち集落や公共交通機関等との位置関係等の立地条件、地域排水に関わる施設かどうかといった要素が重要となる。
- ・ リスク（期待損失）は、地震や洪水などの災害の発生確率とそれがもたらす被害額（施設の機能が発揮されず農業生産が停滞することによる被害額、施設が破損することで周辺環境に与える不利益額、復旧に要する費用など）を検討することで評価する。
- ・ 前述のとおり、リスクは期待損失という金額で表現できることから、リスクを考慮した場合のLCCは以下のとおりに表現できる。

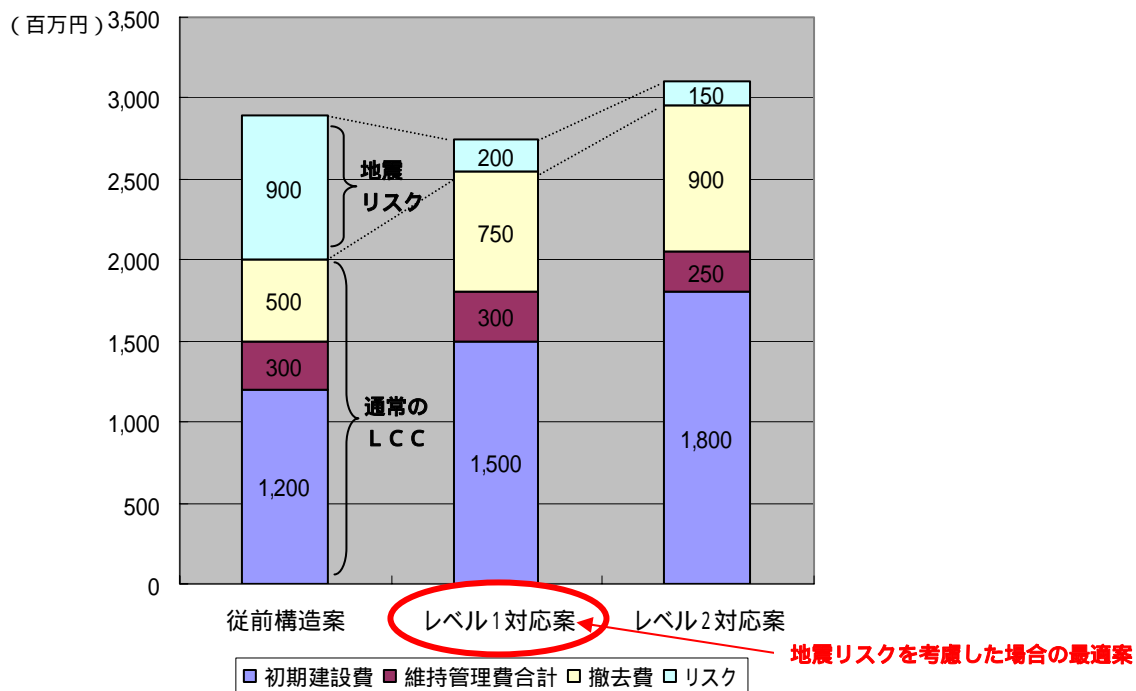
$$LCC = C_i + C_m + C_r + Risk$$

C_i :	初期建設コスト
C_m :	毎年の維持管理コストの総和
C_r :	更新コスト（撤去費用、建替費用）
Risk :	災害等による期待損失



【図3 - 1 4 地震の加速度と被害等の関係】

- 一般に、初期建設費や維持管理費の異なる複数案があった場合に、リスク損失額と対策費用には、トレードオフの関係が成立する。例えば、地震リスクを考えた場合、耐震性能を向上させると対策費用を要するが、地震による期待損失額が小さくなる。地震リスクを考慮した場合のLCC比較のイメージを図3 - 1 5 に示す。レベル1対応案は、従前構造案に比較して通常のLCCは高いが、地震リスクが軽減していることで、地震リスクを考慮した場合のLCCが最安価となっている。



【図3 - 15 地震リスクを考慮したLCC】

(3) Stockマネジメントにおける高度なリスクマネジメント

上記(1)で掲げたリスクの他に、Stockマネジメントには、劣化予測の精度や対策工法の耐用期間の誤差など、未来の不確実性に対するリスクも存在する。本来であれば、将来の予測を行った結論に至る可能性や、予測が誤っていた場合の次善策などについても数値化し、仮に予測がはずれても大きな損失とならないようなリスク管理が求められる。

しかしながら、現状においてこれを的確に評価し、多数の選択肢(オプション)の中から最適なものを選択するプロセスを確立することは困難なため、現地での実践やデータの蓄積を待って、改めて検討する将来の課題と現状では整理する。

3.7 最適な整備計画の策定と合意形成

機能保全コストの比較により算定された最適なシナリオを基本としながら、関係者（土地改良区、関係行政機関等）の意向や意見を踏まえるプロセスを経て、整備計画を策定する必要がある。

【解説】

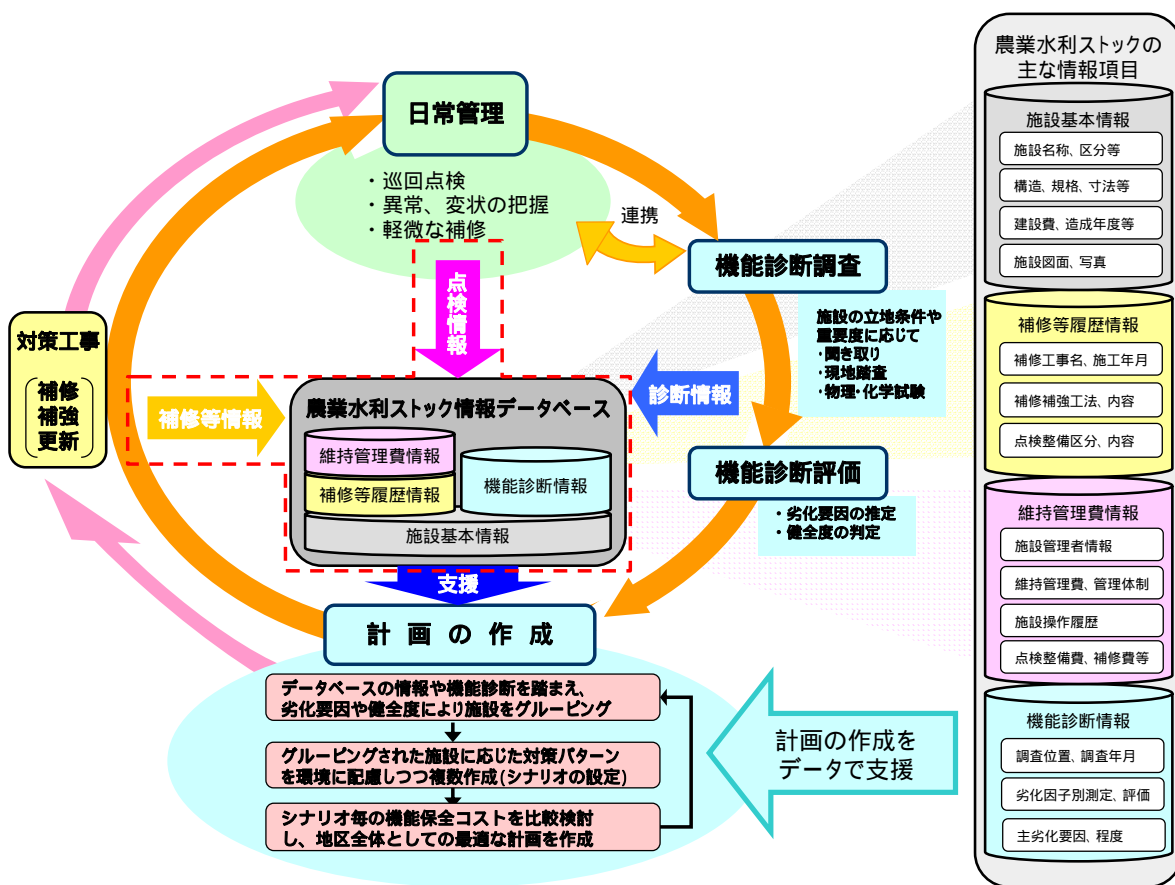
- ・ 対策を実施するための複数の工法について、機能保全コスト比較に基づく経済性評価に加え、工法の適用条件、技術的信頼性、施設管理者の意見等を総合的に勘案し、最適工法を選定する。
- ・ 関係機関等との調整プロセスにおいて、想定してきたシナリオ以外の手法の検討が必要と判断される場合には、シナリオ設定の段階からのプロセスを再度行う。

3.8 情報の保存・蓄積・活用

施設の劣化予測の高度化など、適切な対策工法を検討するためには、過去の機能診断調査や補修の履歴情報が必要となる。このため、施設毎に履歴を整備するデータベースの構築を図ることが重要である。

【解説】

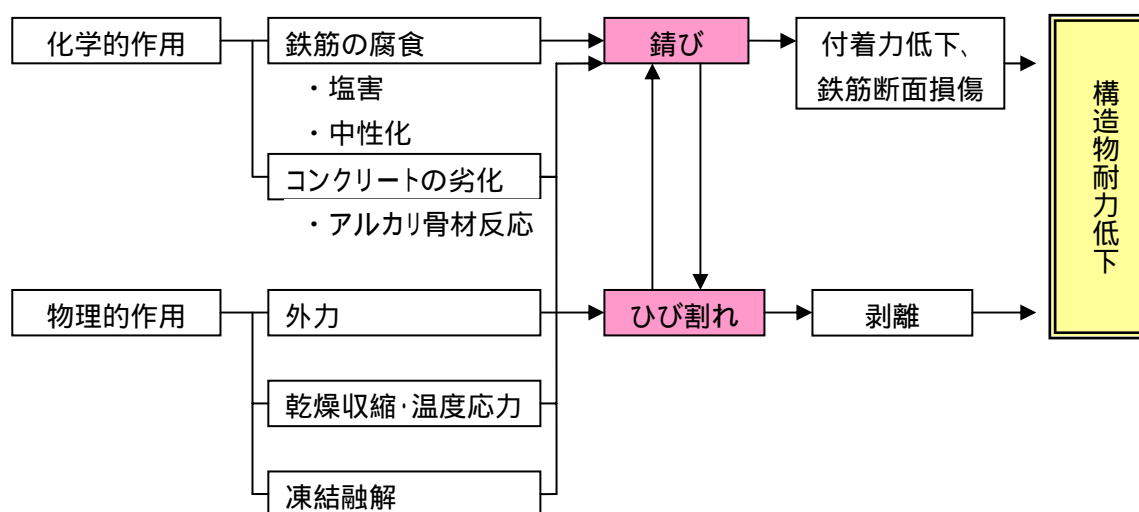
- ・ スtockマネジメントの導入に当たっては、点検結果やモニタリング結果等の随時参照可能なフィールドデータが不可欠な情報となる。点検においては、目視や非破壊検査によって構造物の変状や性能の変化をよく観察し、継続的かつ客観的に把握しておくことが必要であり、このことが適切な機能診断の基礎データとなる。しかしながら、これらの基盤情報は十分に整備されていない場合や、データが紙媒体で保存されていることも多く、情報の引出し・加工・分析に時間を要し、情報の紛失や死蔵化されている事例もみられる。
- ・ このため、構造物諸元、日常・定期・臨時等の経年的な点検・検査結果、劣化予測結果、補修履歴等に関するデータベースを整備するとともに、これらを随時容易に更新、検索、編集できる支援システムの構築が重要である。



【図3 - 16 スtockマネジメントの流れとデータベース】

第4章 鉄筋コンクリート構造物における適用

構造材料としての鉄筋コンクリートは、農業水利施設の中で最も多用されている材料である。鉄筋コンクリートの劣化は様々な要因があり、劣化の進行も施設毎に異なる。しかし、いずれの場合も鉄筋の腐食により劣化が急速に進展する共通の性質を持っていること、鉄筋の腐食とひび割れには相互に因果関係があることから、調査・評価、劣化予測、対策工法の検討においては、これらの特質に着目することが重要である。



【図4 - 1 鉄筋コンクリート構造物の劣化メカニズム】

鉄筋コンクリートの主要な劣化プロセスは、図4 - 1のとおりである。農業水利施設の特徴は、乾燥収縮・温度応力によるひび割れと、寒冷地における凍結融解が主要な劣化要因となっていることである。塩害やアルカリ骨材反応が発生しているものは、一部の地域に限られている。また、中性化に伴う鉄筋の腐食が問題となる事例はほとんど無い。

この章では、鉄筋コンクリート構造物、特に3面張りのコンクリート用水路を念頭に、ストックマネジメントの実際に即して解説する。

4.1 機能診断調査

鉄筋コンクリートの機能診断は、その劣化の特性を踏まえて合理的に行う必要がある。

【解説】

- ・ 施設の劣化の状態や要因は様々であるが、施設の設計段階の情報や補修履歴、施設管理者による日常管理から得られる情報、海岸からの距離や冬季の気温などから、劣化要因がある程度想定できる。(表4-1)
- ・ 劣化に影響を与える環境の地域特性や過去の補修履歴、施設管理者からの情報などにに基づき、調査の重点や留意すべき事項を整理して効果的・効率的な現地踏査の計画を策定するとともに、調査事項に漏れが生じたりしないよう留意する。表4-3に開水路における日常点検の問診票を例示する。また、鉄筋コンクリート構造物に関する共通の調査事項を表4-4に示す。
- ・ 定期診断の間隔を合理的に定めるためには、施設毎の劣化要因を想定し、その劣化の進行速度から定めることが必要となる。しかし、主要な劣化要因を特定することは困難な場合が多く、また調査体制や調査費用の制約もあることから、鉄筋コンクリート構造物の場合、一般的には3～5年間隔で行うことが望ましい。
- ・ 鉄筋コンクリートの場合、鉄筋の腐食段階から劣化が急速に進展するなど、一定期間を経過した後に劣化が加速するものが多い。このため、一般的には劣化が進展しているものほど、機能診断調査の間隔は短くする必要がある。

【表4-1 施設が置かれた環境と劣化要因との関連性（劣化要因判定表）】

劣化要因		中性化	塩害	ASR	凍害	化学的腐食	疲労	磨耗風化	構造外力
使用・劣化環境									
供用年数	供用年数40年以上	2	2	2	2	2	2	2	2
	供用年数20～40年	1	1	1	1	1	1	1	1
施工年	1986年以前		1	1					
	1978年以前	1							
鉄筋被り	t < 30mm	3	3						
地域	塩害を起しやすい（起きた）地域	4	4						
	ASRを起しやすい（起きた）地域		1	2	1				
	凍害を起しやすい（起きた）環境		1	1	2				
	ASR、塩害複合劣化地域		2	2					
	塩害、凍害複合劣化地域		2		2				
供用環境	南向き面の部材	1			2				
	融雪・凍結防止剤の使用 接水時間が長い（常時）		1		1			1	
材料	水セメント比50%以上	2	2						
	海砂の使用		5						
	反応性材料使用			4					
水質	硫黄分水質（温泉）					2			
	化学工場・食品加工場等の廃液流入					2			
	硬度が小さい							2	
土壌・地盤	腐食性土壌（酸性土壌）	1		1		1			
	地下水位（高い）			1	1	1			1
	軟弱地盤								1
地圧	繰返荷重	自動車荷重（直接）					3		
		自動車以外の荷重					1		
	設計荷重を大きく上回る荷重の負荷								3
	極端な偏荷重が作用								
	水路トンネルの場合は地山特性から判断 過去に地震被害を受けた								1
磨耗条件	流速がv 7.0m/sまたはキャピテーションが発生しやすい構造物							3	
	砂礫・転石の流下							3	
評価点合計									
総合評価		1978年以降施工の場合は評価点を1/2にする	1986年以降施工の場合は評価点を1/2にする	1986年以降施工の場合は劣化要因とせず					

評価 5点以上；可能性が高いもの
2～4点；可能性が否定できないもの
1点以下；可能性が低いもの

1978年に鉄筋被りと設計基準強度について規定、1986年に塩分総量規制施行・ASR対策について規定

【参考】既存資料の収集整理方法

(1) 設計、施工内容に関する既存資料の収集整理

設計、施工内容に関する調査では、構造物の設計図書（設計図、業務報告書）、完成図書（竣工図、施工記録等）、地形・地質データや当時の設計基準、施工方法・技術、施工材料、施工年月及び事業誌、工事誌、用地関係の資料を可能な限り収集するとともに、必要に応じて、構造物の設計者、使用者や管理者、施工者に対して聴き取り調査を行う。主な調査項目は次のとおり。

a. 構造物の名称、所在地、設計者及び施工者

この項目は調査対象の構造物の基本事項であり、必要に応じて設計者や施工者への聴き取り調査を行う。

b. 竣工年月

設計図書、竣工図面などから竣工年月（施工時期）を調査する必要がある。コンクリートの劣化現象は経年的に進行することから、竣工後の経過時間を把握することにより、劣化現象の原因の把握、今後の予測などを行う基礎的資料となる。また、施工当時の各種基準、材料特性などを把握することができ、それにより劣化要因を推定することが可能となる場合もある。

c. 設計内容

設計図、業務報告書、完成図書等の設計図書から構造物の用途・規模・構造等、当初の設計条件、荷重条件、地盤条件、部材諸元等を調査し、設計内容の妥当性の確認を行うとともに、必要に応じて現在の設計基準等により安全性の確認を行う。また、目視調査結果と比較することにより、これら条件の変更状況が明らかになり、それにより劣化要因を推定することが可能となる。

d. 施工内容

コンクリート使用材料・配合、施工記録等を分析することにより、材料、施工に起因した劣化要因の推定が行える。

(a) コンクリート使用材料・配合

コンクリートの低品質は、数多くの変状に繋がるものであり、コンクリートの配合報告書等を収集し、使用材料、配合を調査する。コンクリートの使用材料の調査内容としては、下表のとおりまとめられている。

【表4-2 コンクリート使用材料の調査項目例】

材料	調査項目例
セメント	種類、銘柄、品質（物性、化学成分）
骨材	種類、岩種、最大寸法、品質（物性、不純物、耐久性）
混和剤	種類（区分）、銘柄、使用量、品質（コンクリートによる品質試験結果、化学成分）
混和材	種類、使用量、品質（物性、化学成分）
水	種類、品質（懸濁物質の量、溶解性蒸発残留物の量、塩化物イオン量など）

（コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2003- P.13 より抜粋）

(b) 施工記録

施工記録については、調査可能な範囲においてコンクリートの練混ぜ時間、運搬時間、待ち時間、打込み時間、打込み量、打込み方法、打込み方向、打込み順序、締固め方法、仕上げ方法、養生方法などを調査する。

(c) 各種試験記録

試験記録については、調査可能な範囲において、スランプ、空気量、1週・4週圧縮強度、塩分濃度などを調査する。

(2) 事故歴、補修歴の収集整理

事故歴、補修歴の調査は、施設管理者から資料を収集し、破損の状態、補修・補強の方法、場所等を平面図、縦断図に記入する等して整理し、範囲毎の変状の特徴等分析を行う。

事故歴、補修歴を調査することにより、現在発生している変状が、過去の変状と類似の原因によるものかどうか、補修による効果がどの程度あるのかを推定することが可能となる。

(3) 地域特性に係る資料の収集整理

地域特性がある劣化要因としては、塩害、アルカリ骨材反応、凍害があげられる。対象施設の位置する地域の気象データや使用骨材の試験成績書等を収集したうえで、これらの劣化要因が該当する可能性の高い地域区分を示す図表（別冊の参考資料編を参照）と照らし合わせることで、地域特性による劣化要因を推定することが可能となる。

対象施設を日常的に利用し、管理している土地改良区等は、対象施設に関する多くの情報を保有している。このため、様々な劣化の状態、要因を推定するに当たり、日常の不具合などの情報を聴き取り、これから想定される情報を参考とする必要がある。

【実務におけるポイント】

施設管理者に対する問診事項及びとりまとめ方法

施設管理者に対する問診事項としては、施設のどの位置に、どのような変状が発生しているかを基本とするが、可能な限り変状の程度まで確認することが望ましい。通常は、表4-3に示すような日常点検票（問診票）に施設管理者が定期的（施設の劣化状態等に応じて設定）に記入し、それらの調査票を機能診断調査の実施者が収集する。収集した点検票については、施設単位で平面図に異常箇所やその内容等を書き込むなどして現地踏査における予備知識として活用できるように整理する。

鉄筋コンクリートの特徴

鉄筋コンクリートは、鉄筋の腐食により劣化が進行するという特徴がある。このため、鉄筋に沿ったひび割れなどの変状は大きなポイントとなることから、事前調査においては鉄筋の配置に関する情報の収集に努める必要がある。

【表4 3 開水路の日常点検票（問診票）の例】

整理番号	調査年月日	年 月 日	記入者
地区名			
路線名			
項目	異常の有無、内容 ¹		異常箇所 ²
構造上の 変状	構造物	1.異常有り 崩壊規模が大きく、水路機能の低下が著しい箇所がある 鉄筋の露出箇所がある 明らかな構造物の傾斜、変形、沈下、蛇行が見られる コンクリートの欠損、剥落が見られる 目視で簡単に見分けられるひび割れや変色、磨耗などがある その他の異常が見られる（ ） 2.異常無し 【特記】	
	目地部	1.異常有り 目地部の欠損、開き、ずれ、段差が著しく、漏水痕跡がある 目地部のずれ、段差がみられるが漏水の痕跡は認められない その他の異常が見られる（ ） 2.異常無し 【特記】	
	周辺地盤	1.異常有り 地すべり、地盤の崩壊が発生している 地盤のゆるみが見られる その他の異常が見られる（ ） 2.異常無し 【特記】	
水利用・ 水理上の 異常	通水性	1.異常有り 所定の通水量が確保できない 通水量が安定しない（管理が難しい） 漏水が発生している その他の異常が見られる（ ） 2.異常無し 【特記】	
	水位の維持	1.異常有り 水位の異常上昇、溢水がみられる 水位の異常低下がみられる 水位が安定しない その他の異常が見られる（ ） 2.異常無し 【特記】	
環境 （騒音・振動等、施設 の変状・劣化と因果関 係のあると思われる もの）	1.異常有り 騒音・振動が認められる、苦情、改善要請がある その他の環境に関わる苦情、改善要請がある （ ） 2.異常無し 【特記】		

1：異常の有無、内容は、該当する番号に 印をつける。

2：異常箇所は、測点、もしくは大まかな位置を記入する。（例 橋近傍の左岸側壁）

【表4-4 鉄筋コンクリート構造物に関する共通調査事項】

区分	調査項目	調査手法	記録手法
ひび割れ	ひび割れ最大幅	定量計測	定量記録、写真記録
	ひび割れ延長	定量計測	〃
	ひび割れタイプ	タイプ判別	〃
材料劣化	浮き	目視による有無	写真記録
	剥離・剥落・スケールン	〃	〃
	ポップアウト	〃	〃
	エフロレッセンス	〃	〃
	ゲルの滲出	〃	〃
	錆汁	〃	〃
	変色	〃	〃
	摩耗・風化	〃	〃
	漏水(痕跡)	〃	〃
	鉄筋露出	〃	〃
変形・歪み		目視による有無	
圧縮強度	反発硬度	サンプルを定量評価	
中性化	中性化深さ	〃	
	鉄筋被り	〃	
	中性化残り	〃	
目地の劣化	目地の開き	目視による有無	
	段差	〃	
	止水板の破断	〃	
	漏水痕跡	〃	
	周縁コンクリートの欠損等	〃	
地盤変形	背面土の空洞化	目視による有無	
	不同沈下	〃	

- 1 印は、必須の定量調査項目。
- 2 有無を目視で調査する項目で、変状が「有」の場合は、定量的な調査を行う。
- 3 ひび割れの記録を行う場合、クラックスケールを当てて近接撮影を行う。

4.2 機能診断評価

4.2.1 機能診断評価の視点

鉄筋コンクリートで造成された用水路等の農業水利施設が持っている水利用性能や水理性能は、構造性能の状態に支えられている。また、構造性能の低下は、構造物そのものの内部要因、構造物に対して外力等を与える外部要因、その他の要因により生じることから、機能診断調査の結果から、これらの劣化要因の有無と劣化状態を適切に評価することにより、施設の健全度を評価する。

【解説】

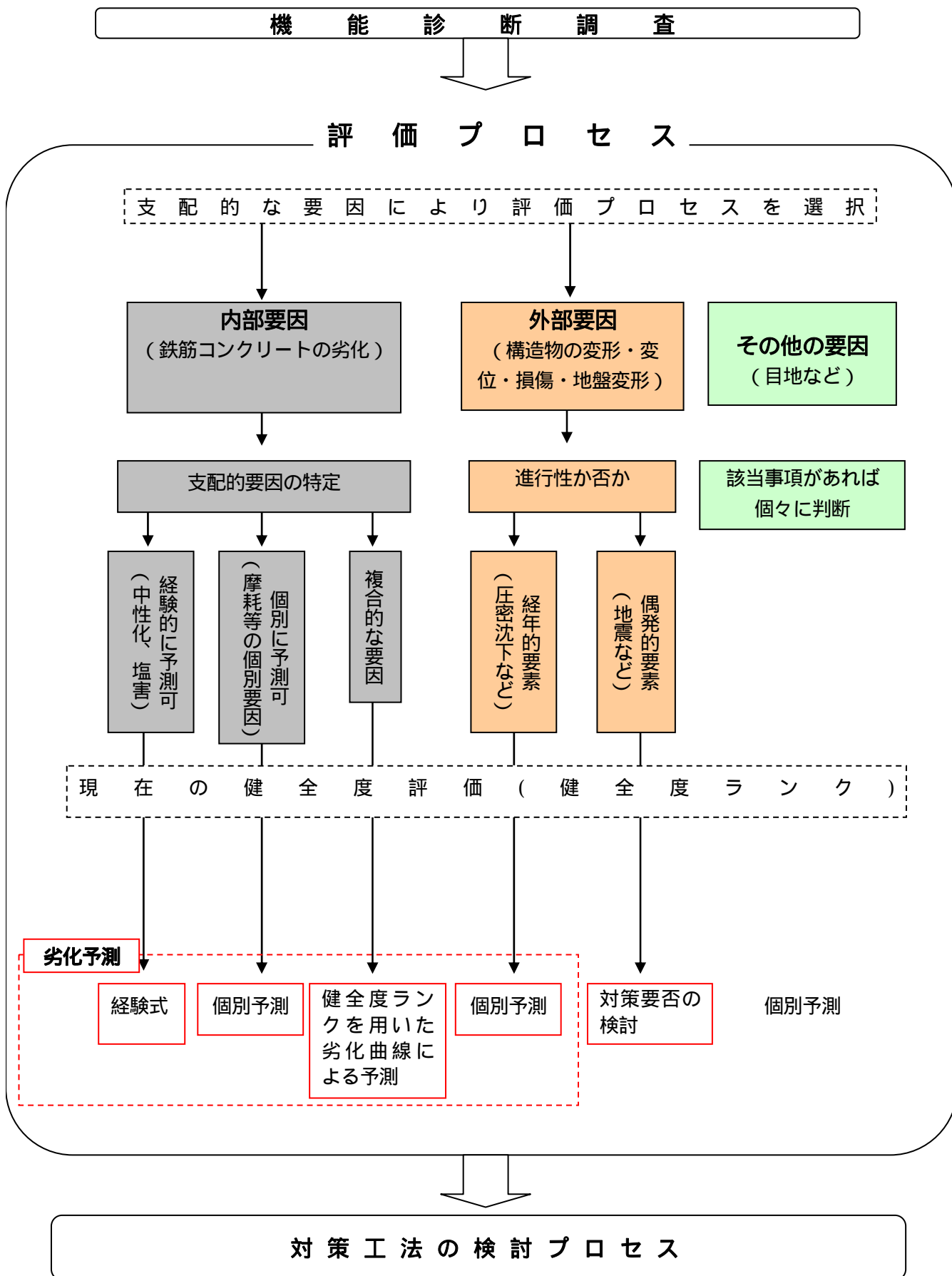
- ・ 鉄筋コンクリートで造成された用水路（開水路）の水利用性能（所要量を送水する性能等）や水理性能（通水性能等）の程度と安定性は、構造性能（力学的安全性、安定性、耐久性等）に支えられている。既に、水利用性能に顕著な低下が生じている場合には、構造物に相当程度の損傷が生じるなど構造性能が低下しているし、現時点では、水利用性能の低下がない場合であっても、構造性能の低下があれば、将来、水利用性能の低下につながる可能性が高い。また、鉄筋コンクリート構造物の構造性能の程度は、ひび割れや鉄筋の腐食による錆汁の発生等の躯体の状態や基礎地盤の状態など外形的状態から相当程度把握できる。

このため、施設の健全度（保持されている性能の程度）の評価は、構造物の外形的状態から行うことが基本となる。

- ・ 構造性能の低下は、過年度に生じた様々な要因によって進行しているため、施設の健全度を適切に評価するためには、現在の施設状態だけでなく、構造物の内部要因、外部要因、その他の要因について、進行性であるか否かを含めて把握することが重要である。

< 性能低下の要因 >

- 1 内部要因（鉄筋コンクリート構造物本体の劣化）
コンクリートの摩耗、中性化や凍害や複合要因によるひび割れや鉄筋腐食の進行等による強度低下 等
(構造物本体の劣化は、過年度に生じた外部要因も複合的に働いている場合が多い。)
- 2 外部要因（構造物に対し外力を発生させるもの）
地盤の不同沈下、地震、基礎地盤の浸食空洞化等による外力の発生、変形、損傷 等
- 3 その他の要因（水路の目地や鋼製構造物との接合部等）



【図4-2 機能診断評価のプロセス】

4.2.2 評価の方法

施設の健全度の評価は、施設種類、構造等を踏まえて、施設の性能低下に関係する内部要因、外部要因、その他の要因（接合部等）についての評価区分を設定した施設状態評価表を用い、施設機能診断の結果により行う。複数の要因が影響している場合には、性能劣化を進行させるより支配的な要因に重点を置いて評価する。

【解説】

- 施設の健全度の評価を行うため、施設種類や構造のほか施設の立地条件等を踏まえて、施設の性能低下に関係する要因とその評価区分を設定した施設状態評価表を作成する。

施設状態の適切な評価のためには、各施設や地域の条件等を加味することが必要となる。ストックマネジメントに係る基礎的なデータ蓄積のため、基本的な評価項目と評価区分を共通化することとし、鉄筋コンクリート構造物の基本例として、開水路の施設状態評価表を表4-5に示す。（その他の構造物については、別冊の参考資料編に施設状態評価表の例を掲げている。）。

この基本例のほか、必要に応じて評価項目の追加や評価区分の設定を行う。

なお、この施設状態評価表の基本例は、現場での実践と基礎的なデータ蓄積を踏まえた更なる検討を踏まえて、必要となれば一定期間の後、見直しを行う。

- 健全度の評価は、内部要因、外部要因、その他の要因毎に、それぞれを構成する評価項目のうち評価区分が異なる場合には、最も厳しい評価（S-4とS-3があれば、S-3）を採用する。また、施設の性能低下に関わる要因が複数ある場合（例えば、内部要因も進行が見込まれるが、地盤変形の継続の影響も大きいと見込まれる場合）には、今後の性能低下により影響すると思われる支配的要因を検討し、その評価区分を採用する（劣化予測（性能低下予測）は、ここで採用した支配的要因を中心に行う。）。

第4章 鉄筋コンクリート構造物における適用

【表4 - 5 鉄筋コンクリート開水路の施設状態評価表】

地区名						評価年月日				
施設名称						評価者				
定点調査番号						調査地点				
						(測点等)				
施設の状態		: S-5;変状なし S-4;変状兆候(監視強化) S-3;変状あり(補修) S-2;顕著な変状あり(補強) S-1;重大な変状あり(更新検討)								
評価項目		評価区分				評価の流れ				
健全度ランク		S-5	S-4	S-3	S-2	変状別評価	主要因別評価			
内部要因	構造物自体の変状	ひび割れ 形状と幅	タイプ:初期ひび割れ 形状:目地間中央や部材解放部の垂直ひび割れ 原因:乾燥収縮・温度応力	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2~0.6mm] 0.2~1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するものが全体的			
			タイプ:劣化因子不特定のひび割れ 形状:特徴的な形状を示さないひび割れ 原因:症状が複合的であり劣化因子を特定できないもの	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2~0.6mm] 0.2~1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するものが全体的			
			タイプ:ひび割れ先行型ひび割れ 形状:格子状・亀甲状などのひび割れ 原因:ASRや凍害などの劣化原因	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2~0.6mm] 0.2~1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するものが全体的			
			タイプ:外力によるひび割れ 形状:側壁を横切るような水平もしくは斜めのひび割れ 原因:構造物に作用する曲げ・せん断力	最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 [0.2~0.6mm] 0.2~1.0mm	最大ひび割れ幅 [0.6mm以上] 1.0mm以上	S-3に該当するものが全体的			
			タイプ:鉄筋腐食先行型ひび割れ 形状:鉄筋に沿ったひび割れ 原因:中性化・塩害	無		有	S-3に該当するものが全体的			
		進行性(ASRや凍害などの場合)		有りの場合1ランクダウン						
		ひび割れ規模 注)6	/			ひび割れ密度 (ひび割れ幅 0.2mm以上) 50cm/m ² 以上	S-3に該当するものが全体的 又は			
	ひび割れ付随物 (析出物、錆汁、浮き)	無			有					
	ひび割れからの漏水	無			滲出、漏水跡、滴水	流水、噴水				
	ひび割れ段差	無			有					
	ひび割れ以外の劣化	浮き	無	部分的	全体的	/				
		剝離・剝落	無	部分的	全体的	/				
		析出物(フロレンス・ケルなど) (ひび割れを含むものを除く)	部分的(S-4の場合以外)	全面的又は鉄筋に沿った部分的	/					
		錆汁 (ひび割れを含むものを除く)	無	有	/					
		磨耗・すりへり	細骨材露出	粗骨材露出	粗骨材剥落	/				
鉄筋露出の程度		無		部分的	全体的	/				
圧縮強度	反発強度法 (圧縮強度換算)	21N/mm ² 以上	15~21N/mm ²	15N/mm ² 未満						
中性化	ドリル法 (中性化残り)	残り10mm以上		残り10mm未満						
外部要因	変形・歪み	変形・歪みの有無		無	局所的	全体的				
	欠損・損傷	欠損・損傷の有無		無	局所的	全体的				
	不同沈下	構造物の沈下、蛇行		無	局所的	全体的				
	構造物周辺の 変状	地盤変形	背面土の空洞化		無	局所的	全体的	/		
			周辺地盤の陥没・ひび割れ		無	局所的	全体的	/		
		抜け上がり(目視)		無	20cm未満	20~50cm	50cm以上			
その他の要因	構造物付随物の 変状	目地の開き	無	局所的	全体的	/				
		段差	無	局所的	全体的	/				
		止水板の破断	無			有	/			
		漏水の状況	無	漏水跡、滲出し、滴水	流水、噴水	/				
		周縁コンクリートの欠損等	無	局所的	全体的	/				

注1) 「部分的」とは概ね全体の50%未満を示し、「全体的」とは全体の50%以上を示す。
 注2) 「変形・歪み」、「地盤変形」などにおける「局所的」とは施設の一部で当該変状が生じている状態を指し、「全体的」とはそれが構造物全体に及んでいる状態を指す。
 注3) 「1ランクダウン」については、1変状項目あたり1回のみ有効であり、複数の「1ランクダウン」があってもランクダウンは1階級のみとする。
 注4) 変状別評価から主要因別評価を行う場合は、最も健全度が低い評価を代表値とする。
 注5) S-1の評価は、この評価表に依らず評価者が技術的観点から個別に判定する。
 注6) 圧縮強度及び中性化の調査は、必要に応じて実施する。
 注7) ひび割れの規模に係る評価区分S-3は、+ 又は + を満たす場合に該当する。
 注8) ひび割れ幅における[0.6mm]は、厳しい腐食環境の場合適用する。

【表4 - 6 ひび割れのタイプ及び幅に基づく健全度評価】

健全度 ランク	ひび割れによる状態評価				
	部分的な対策が可能		全体的な対策が必要		
ひび割れの特徴	初期ひび割れ	劣化要因不特定	外力によるひび割れ	ひび割れ先行型 (ASR、凍害等)	鉄筋腐食先行型 (中性化・塩害)
		コンクリートの乾燥収縮や温度応力が主要因で発生するひび割れで、水路側壁では目地間中央や部材解放部に鉛直に発生する	様々な劣化因子によるひび割れが複合的に発生し、ひび割れタイプが特定できないもの	曲げひび割れ*)：曲げ引張り応力の発生部位に部材に直角にひび割れ せん断ひびわれ：せん断応力の発生部位に斜めにひび割れ	格子状・亀甲状などその他の形状のひび割れ
S - 5	有害なひび割れは発生していない(幅0.2mm未満)				-
S - 4	ひび割れが発生しているが、鉄筋腐食の進行が緩やかな状態(幅0.2~1.0mm[0.6mm])				鉄筋に沿ったひび割れは発生していないが、鉄筋に沿った錆汁や析出物が見られる
S - 3	部分的(調査対象面積の50%未満)に幅0.2mm以上のひび割れ密度が50cm/m ² 以上であり、ひび割れに錆汁又は析出物又は漏水が付随し、鉄筋腐食が急激に進行するおそれがある ひび割れが発生し、鉄筋腐食が急激に進行するおそれがある(幅1.0mm [0.6mm]以上) ASRや凍害などによる進行性のひび割れがある(幅0.2~1.0mm [0.6mm])				鉄筋に沿ったひび割れが発生している
S - 2	S-3に該当するひび割れが全体的(調査対象面積の50%以上)に発生している ひび割れから流水・噴水状の漏水がある、又は段差を伴っている				S-3に該当するひび割れが全体的(調査対象面積の50%以上)に発生している ひび割れから流水・噴水状の漏水がある、又は段差を伴っている

0.2mm：対岸から目視により確認が可能であり、鉄筋腐食が生じていても鉄筋の断面欠損が軽微である幅(コンクリート工学協会：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針)

1.0mm：鉄筋腐食から見た場合の許容ひび割れ幅(コンクリート工学協会：1.0mm(緩やかな劣化環境で、ひび割れ等の程度が小。))

50cm/m²：補修の要否を判定するひび割れ密度(日本道路公団：道路トンネルの補強・補修)

*)曲げひび割れの場合には、ひび割れ幅が過大に評価されるため、必要に応じて鉄筋位置のひび割れ幅に補正して評価する。

4.3 性能低下予測

4.3.1 対象施設のグルーピング

劣化予測と対策工法の検討を行うため、施設の種類、材料、構造、建設時からの経過年数、劣化の要因や劣化の進行状況等が類似する施設群毎に、対象施設を分類しグルーピングする。

【解説】

- 劣化予測や対策工法の検討を効率的に行うため、調査単位毎の施設を類似するもの毎に分類しグルーピングする。

同一の施設グループは、同一の劣化予測や対策工法の検討を行うこととなるため、これらに影響する施設の種類、材料、構造のほか、劣化要因や健全度評価結果に着目して分類することが重要となる。

- 施設のグルーピングは、調査計画が求める精度に応じて適切に設定することが重要である。グループを細分化すると精緻な検討が可能となる一方、検討作業が多くなる。また、分類の視点のうち、施設構造、健全度、劣化要因の3つは必要最小限の要素となる。

<参考>

【表4-7 グルーピングの具体例】

対象施設 (構造)	区間	健全度評価	劣化要因	グループ番号
幹線水路	No 1 ~ 9	S-4		1
(RC三面張)	10 ~ 17	S-3		2
	18 ~ 21	S-4		1
	22 ~ 30	S-3		2
	31 ~ 34	S-2	不同沈下	3
	35 ~ 40	S-5		4
幹線水路	No 1 ~ 5	S-4		10
(RC三面張)	6 ~ 20	S-3		11
	21 ~ 26	S-4		10
	27 ~ 33	S-3		11
	34 ~ 39	S-4		10
	40 ~ 49	S-3	塩害	12
	50 ~ 55	S-4		10

4.3.2 性能低下予測

対策が必要となる時期や対策工法の比較検討のため、各施設グループの性能低下予測が必要となる。性能低下は、施設の内部要因、外部要因、その他の要因に影響されて進行するため、これらのうちの支配的な要因を判定し、これに基づく性能低下予測を行う。

性能低下予測は、中性化、塩害については経験式の利用が可能である。その他の要因については、統計データから設定した標準曲線の利用や経年的データに基づく推定等によって行う。

【解説】

- ・ 各施設グループに、対策が必要となる時期や対策工法の組合せによる機能保全コストの比較検討等のため、性能低下の予測が必要となる。
- ・ 性能低下のうち、中性化、塩害によるものは経験式が作成されているため、これを活用する。その他の要因や複合的な要因によるものは、ア)地盤沈下や施設の変形など立地環境毎に条件が大きく異なる場合には、過年度の状況変化についての情報をもとに推定する方法、イ)条件不足のため推計が困難な場合には、経過観察によって状況変化を把握した上で推定する方法等、それぞれの条件に適した方法を選定することが必要である。

< 鉄筋コンクリート構造物の要因別の性能低下予測の例 >

(1) 内部要因

- 1 中性化、塩害 ルート規則や拡散方程式などの経験式で予測
- 2 恒常的な摩耗 年間摩耗量等から、今後を個別に予測
- 3 複合的で支配的要因を特定できない場合
健全度指標により判定し、標準劣化曲線により予測

(2) 外部要因

- 1 地震など偶発的な外力による変形・変位・損傷
個別に対策の要否を判定
- 2 地盤の不同沈下、荷重などによる変形・変位・損傷
これまでの変位量などから、水利用性能に支障を来すまでの期間を個別に予測

(3) その他の要因

鉄筋コンクリート水路の目地が構造本体と同時に劣化する性質でない場合等はこれを本体と分離して評価・分析する必要がある。なお、目地の劣化であっても、これが外部要因の場合には上記(2)の外部要因の場合へ含めて検討する。

(1) 内部要因

ア) 性能低下過程の経験式が存在するもの(コンクリートの中性化、塩害)

- ・ 主要な劣化要因が中性化や塩害に特定される場合には、性能低下過程が経験的に判明しており経験式が得られているため、これを用いて性能低下予測を行う。具体的な手法については、コンクリート標準示方書(維持管理編)を参照すること。

< 中性化の潜伏期における進行予測式 >

$$y = b\sqrt{t}$$

y: 中性化深さ (mm)、t: 中性化期間 (年)、b: 中性化速度係数 (mm/年)

出典: コンクリート標準示方書(維持管理編)

< 塩害の潜伏期における塩化物イオンの拡散予測式 >

$$C(x, t) = C_0 \times \left(1 - \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{D \cdot t}} \right) + C_i$$

C(x, t): 深さx(cm)、時刻t(年)における塩化物イオン濃度(kg/m³)

C_i: 初期混入塩化物イオン濃度(kg/m³)

C₀: 表面における塩化物イオン濃度(kg/m³)

D: 塩化物イオンのみかけの拡散係数(cm²/年)

erf: 誤差関数

出典: コンクリート標準示方書(維持管理編)

イ) 個々の変状から個別に劣化の進行を推定するもの

- ・ 施設構造や立地条件等の個別条件により施設躯体の性能低下の進行が大きく異なる場合には、過去の調査履歴や施設建設当初からの変化の状況、施設管理者からの時系列情報等をもとに、個別に性能低下を予測する必要がある。

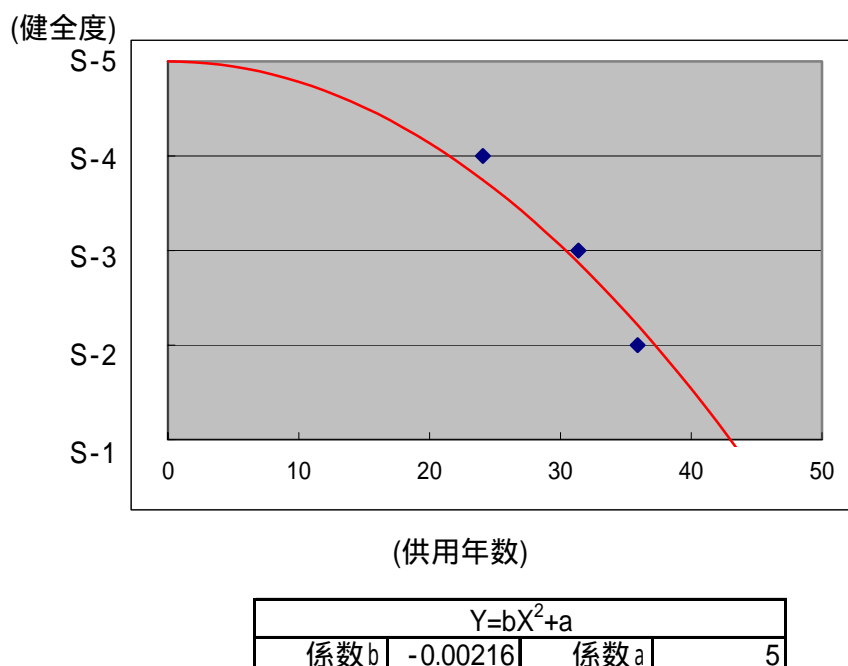
ウ) 複合的な要因で劣化が進行しているもの

- ・ 鉄筋コンクリート構造物の性能低下は、材料、施工時の状況、立地条件(地盤強度、地下水位等)、環境条件(温度、湿度、塩分等)等の要因が複合的に働いて進行するのが一般的であり、特定の要因に着目した性能低下予測は現状においては困難なことが多い。

- ・ このため、複合的な要因の劣化予測は性能低下の履歴から統計的に予測するなどの手法を用いる。

【参考】

- ・ 機能診断の履歴が無く、性能低下を予測する手段がない場合には、全国的な過去の施設診断の結果を統計処理し、標準的な性能低下曲線を策定し、個々の施設機能診断の結果でこれを補正して推定する方法を用いる。
- ・ 具体的には、これまでに相当数のデータが蓄積されている広域基盤整備計画調査での施設診断結果を用い、最もデータ量の多い鉄筋コンクリート開水路について標準曲線を設定する。現時点では、データの制約から開水路以外の設定は困難であるため、施設の特質や立地条件等を踏まえて、鉄筋コンクリート開水路の標準曲線の平均耐用年数を修正する補正を行う等により、所要の標準曲線を設定する。
 なお、標準曲線の設定については、今後のストックマネジメントの実践とデータの蓄積を踏まえて、改善を行うこととしている。



【図4 - 3 2次関数による回帰計算の劣化曲線：鉄筋コンクリート開水路】

(参考) 広域基盤整備計画調査のデータ分散と標準曲線の考え方

広域基盤整備計画調査での施設診断結果(劣化が進行しているものからA~Cで評価)では、経過年数に応じて劣化の進んだ施設が増加しているのは当然だが、各判定レベル毎に見ても経過年数に大きな分散があり、同様の構造の施設でも、立地条件や施工条件等によってその後の性能低下が大きく異なることを示している。また、年数を経るに従って診断結果が分散しており、あるグループの施設については一定の期間内に比較的早く劣化が進んでいる一方、良好な条件にある施設は安定的長期的に性能を保持している状況が伺われる。いずれにしても、施設毎の性能低下評価は、個々の機能診断結果で補正して用いるため、施設の立地条件等の特性を踏まえた曲線としての性格を持つことになり、継続的な機能診断によってその精度は順次高まることになる。

(2) 外部要因

ア) 地震など偶発的な外力による変形・変位・損傷等

- ・ 地震などによる偶発的な要因による変形・変位・損傷等については、当該変状が施設性能に及ぼす影響を個別に判断するとともに、今後の時間経過により進行する可能性があるかを判断する必要がある。
- ・ また、鉄筋コンクリート構造物については、ひび割れが大きい場合、鉄筋の腐食を誘発することがあるため、このような懸念がある場合には、内部要因の検討方法により性能低下予測を行う必要がある。

イ) 地盤の不同沈下、圧密沈下、荷重などによる変形・変位・損傷等

- ・ 施設の立地条件等の個別条件により鉄筋コンクリート構造物の性能低下の進行が大きく異なるため、過去の調査履歴や施設建設当初からの変化の状況、施設管理者からの時系列情報等をもとに、変形量等と経過時間との相関関係を推定する等によって個別に性能低下への影響を予測する必要がある。
- ・ 例えば、地盤の不同沈下によるコンクリート躯体の変位は、既に落ち着いている状態にあるのか進行性であるのかが重要であるため、建設当初との比較だけでなく、調査履歴や施設管理者からの聴き取り等でその状態を把握する必要がある。また、十分な情報が得られない場合には、数年をおいて継続的に調査を行うことで状態の変化を把握することが必要となる。

(3) その他の要因

- ・ その他の要因としては、例えば、鉄筋コンクリート開水路の場合、目地の劣化があげられる。目地は、劣化による漏水や漏水による地盤浸食等が、施設としての性能低下に大きく影響する可能性があることから、コンクリートと区分して性能低下予測を行う必要がある。
- ・ このほか、性能低下の要因が特定できない場合には、内部要因の複合的・性能低下による標準曲線を利用した予測を行う。

第5章 現地への適用にあたっての留意事項

5.1 日常的な管理

5.1.1 基本事項

施設管理者が行う日常的な維持管理（点検、整備）を通じて、常に施設を良好な状態に保つことを心がける必要がある。その際、運転記録、事故や点検・整備などの履歴は、これを適切に整理、保存する必要がある。

また、定期的に機能診断を実施し、専門的な知見を持つ者から日常点検の中で留意すべき事項について指摘を受けておくことが望ましい。

【解説】

（日常管理の重要性）

- ・ 構造物や周辺状態の巡回目視、設備の運転操作時等における点検と、日常的な範囲で処置できる軽微な整備が適切に行われることが、施設の信頼性や安全性の確保だけでなく、施設寿命に直結する。このため、施設管理者は施設の良好な状態を維持できるよう日常的な維持管理を適切に行う必要がある。
- ・ 特に、電気機械設備は土木構造物と異なり、構成部品の一部に異常が発生した段階で設備全体の機能停止に至る場合があるので、施設の種類や特性に応じて、適切な点検、整備を行う必要がある。

（機能診断と日常管理）

- ・ 施設の機能診断を行った場合、調査に当たった専門的知見を有する者は、日常管理の中での点検のポイントなどを、施設管理者に対して示しておくことが必要である。また、日常管理において施設管理者が該当する変状を発見した場合には、直ちに施設造成者に通報する。
- ・ 施設管理者が行う日常的な維持管理において、高度な技術的判断や日常的な維持管理を超える規模の対策が必要と思われる変状を発見した場合には、随時、施設造成者に情報提供を行い、施設造成者は必要に応じて緊急の機能診断や、これを踏まえた対策を検討する必要がある。

（日常管理情報の適切な保存）

- ・ 水路の水位や流量、ポンプの稼働状況などの運転記録、日常的な点検、整備のデータは、変状の発見や次回以降の点検・整備に役立つばかりでなく、主に造成者が定期的に行う機能診断時の基礎的な情報として重要であり、適切に整理、保存する必要がある。
- ・ 大規模な地震の発生など、偶発的な事象があった際には、定期的な点検や機能診断とは別に、施設の変状を把握するとともに、その結果を適切に記録する必要がある。

5.1.2 日常管理の留意点

日常的な点検、整備については、土地改良施設管理基準等に基づき行うものとする。また、機能診断の結果、特に留意すべき点検項目が示された場合は、これを踏まえ適切に対応する。

【解説】

- ・ 日常的な維持管理においては、通常時の状況と異なる現象が生じていないかを常に意識しつつ、運転操作や点検に臨む必要がある。具体的には、
施設の構造の変状（変形、沈下、変色、異音、異臭）
通水性などの施設機能に異常はないか、
周辺環境に影響は生じていないか、
利用者や周辺住民等からの苦情等はないか
等を意識する必要がある。
- ・ 施設の点検項目、頻度、整備等については「土地改良施設管理基準（ダム編、頭首工編、用水機場編、排水機場編）」を踏まえ、また、「農業用施設機械設備更新及び保全の手引き」や全国水土里ネットの「わかりやすい土地改良施設管理入門」（揚水ポンプ編、排水ポンプ編、頭首工 ゲート設備 編、水管理制御整備編、内燃機関編、分水工編）等を参考に、地区の状況に応じて適切に対応するものとする。
- ・ コンクリート開水路や水路トンネル等、対応する管理基準やマニュアルがない工種については、地区の状況に応じて適切に対応する必要がある。

【参考】

- ・ コンクリート構造物について日常点検のポイントは、異常の有無と異常箇所を把握することであり、具体的な点検項目は以下のとおりである。

利水に影響のある構造物の崩壊
構造物の傾斜、変形、沈下、蛇行
鉄筋の露出
コンクリートの欠損、剥落
ひび割れや変色、摩耗
目地の欠損、開き、ずれ、段差とこれによる漏水の痕跡

- ・ コンクリート構造物について、発見された場合、造成者への通報が必要な特に留意すべきひび割れ等は以下のとおりである。

鉄筋に沿って発生するひび割れ
崩壊等の場合、第三者に大きな被害が発生する施設の大きな変状

5.2 広域の施設群を対象とした中長期的な機能保全計画の作成

5.2.1 基本事項

水系等の広域にわたる施設群を対象として中長期にわたる基幹的農業水利施設の機能を維持するための計画を策定する場合には、水利システム系としての機能保全コストに着目した検討を行う。

【解説】

- 水系や沖積平野など、広域な農業地域を対象とし、基幹的な農業水利施設の中長期の整備計画を策定する場合は、個々の施設の機能保全コストを精緻に検証するのではなく、広域における農業水利施設の機能を保全し、かつコストや実施体制の平準化を行うことを念頭に、機能診断調査の調査項目、調査単位、調査間隔を適切に決める必要がある。
- 施設の中長期における年次整備計画（以下「更新整備計画」という。）は、水利施設のライフサイクルを考慮して、40年以上の計画期間とすることが望ましい。また、比較的新しい施設に関する更新整備計画を策定する必然性が乏しい場合、問題点の整理や対処方針のみを示し、次回の計画改定の際に再度検討するといった計画の策定手法も活用すべきである。
- 更新整備計画は、土地改良区や関係機関と十分に協議・調整を行ってとりまとめる必要がある。

5.2.2 更新整備計画

更新整備計画は、施設別の改修方式やその実施時期など、ライフサイクルコストの低減の観点から、機能保全コストを考慮した手法により策定する。

【解説】

- ・ 更新整備計画は対象地域内の基幹的農業水利施設の機能を維持するためのマスタープランとなることから、既存施設の有効利用とライフサイクルコストの低減の観点から、機能診断調査に基づいた比較検討の手順を踏んで策定することが必要である。
- ・ 更新整備計画において、施設別の改修経費、改修予定年度、施設群の改修スケジュールや改修事業の実施方式を概定する。なお、中期以降（おおむね10年以上先）の事項については、現在の機能診断結果からかならずしも高い精度で合理的な対処方法が判定できない場合もあることから、当該部分については一般的な見通し程度にとどめ、実際には次回の計画改定の際により精度を高めて検討するといった段階的な計画策定の手法を取ることが合理的である。

【参考】更新整備計画に定める事項の例

(1) 農業水利施設概要 施設名・施設規模・完成年度・耐用年数・残存耐用年数等
(2) 施設機能診断 ア. 電気管理施設、ゲート等の金物等で部分的に改修を要する施設 イ. 耐用年数以外の要因による施設機能の低下 ウ. 管理・操作上の課題解決
(3) 施設別改修経費の概定 施設別の改修経費及び改修予定年度の概定
(4) 整備年次計画策定 施設の改修スケジュール及び施設群の改修事業実施方式の概定
(5) 事業効用概定 事業別効果項目の検討

5.2.3 段階的な調査

更新整備計画の中で、保全対策の優先実施が必要な施設については、その規模に応じて、事業計画策定のプロセスへの移行や、部分的な予防保全対策工事の実施などを検討する。

【解説】

- ・ 更新整備計画は、施設の種類や健全度等に応じ、ある程度まとまりのある施設単位で、継続使用や更新整備、予防保全対策が組み合わされたものとなる。
- ・ 同計画で抽出された優先的に予防保全対策の実施が必要となる施設が一定規模以上のまとまりを持つ場合は、土地改良事業による対応を念頭に置いた事業計画の策定に向けて、水利システム系としてのより詳細な調査を実施する。
- ・ 部分的な予防保全対策のみ実施すれば足りる場合は、詳細な追加調査の実施や対策実施の緊急性等について施設管理者、事業実施主体予定者と調整の上、予防保全対策工事を実施する。機能診断調査の段階で緊急的な対策の必要が判明した場合も同様の対応とする。

5.2.4 調査に当たっての留意すべき事項

更新整備計画は、ある程度のまとまりを持った施設単位を基本に策定されることに留意して、調査単位、調査項目等を適切に設定する。また、対象施設の重要度やリスク、供用環境等を勘案するとともに、調査の経済性についても十分に考慮する。

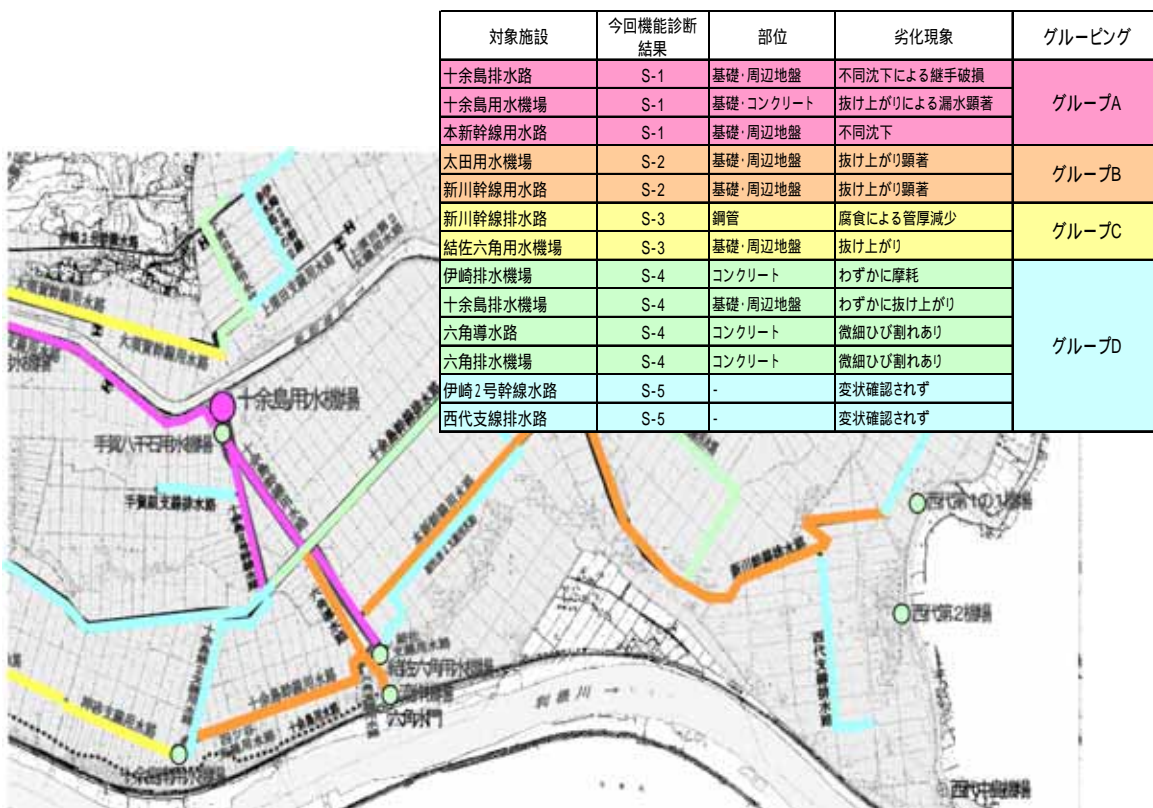
また、ストックマネジメントとしての調査は段階的な手順を踏むこととなるので、調査プロセス全体を俯瞰し、計画的・効率的に実施することが重要である。

【解説】

調査単位

- 調査単位については、広域的な地域を対象とするため、様々な要因により健全度の異なる施設が混在していることから、設置後の経過年数で一律の調査密度とするのではなく、劣化要因や劣化進行状況に応じて柔軟に設定する必要がある。
- また、必ずしも一定区間で調査単位を区切る必要はなく、施設断面の変更点や、劣化進行速度の相違など、合理的な調査単位の設定を行うことが重要である。
- 健全度や劣化要因が類似の施設をグルーピングし、後の対策工法等を検討する際の基礎単位とする。また、実際の事業実施を想定したグルーピングとするように留意する。

<< 広域にわたる調査におけるグルーピングの例 >>



: S-1 (機能障害大)
 : S-2 (機能障害小)
 : S-3 (機能障害兆候あり)

: S-4 (機能障害ほとんどなし)
 : S-5 (機能障害認められず)

調査項目

- ・ 調査項目は、全国的に共通する性能指標を基本とし、適宜、当該地区の実情に応じた指標を追加して実施する。
- ・ 機能診断調査の段階で緊急的な対策の必要が判明し、要因の特定や対策工法の検討に必要な詳細な調査が必要となる場合は、現場状況に応じて適切な項目を追加する。

その他

- ・ 機能保全計画の策定プロセスでは、前段階の調査結果が後段階での調査内容を方向付けるなど、相互に関連した手順となっている。また、実際の調査は、外業が現場条件に大きく影響され、さらには、広域的な地域を対象とするため単一年度での全域調査が困難となる場合も想定される。
このため、調査着手に当たり、全体プロセスを俯瞰し、各段階での調査計画作業の内容、体制、予算等の条件を十分検討・調整の上、地域内を既実施事業地区や水利システム単位に分割するなど効率的な実施に努める。
- ・ 調査時期については、通年で調査可能なもの、非かんがい期に限定されるものがあり、計画的に実施する必要がある。また、機能診断評価以降は内業作業が中心となるため、その実施時期との調整を図るなど効率的な作業計画とすることが重要である。
- ・ 現地踏査の際には、事前調査で把握した内容との照合や施設の変状の発生時期などを把握するため、日常管理を行っている者が同行することが望ましい。

5.3 事業実施を前提とした調査計画

5.3.1 基本事項

土地改良事業の事業計画書を作成する段階での機能診断は、事業計画を作成するために必要な精度で実施する。対象となる施設の主要工事計画は、広域の施設群を対象とした調査の成果を踏まえて選定された工法を基本とする。

【解説】

- ・ 更新整備計画で抽出された優先的な予防保全対策が必要な施設が、土地改良法に基づく事業として行うことが適当と見込まれる場合は、事業計画書を取りまとめるために必要な調査を行うこととなる。
- ・ 事業計画を作成する段階での調査では、事業化の対象施設について、概定された機能保全対策が技術的に可能であるか検討し、主要工事計画（工事の計画とその施工方法の概要）をとりまとめる。また、事業対象外の施設についても、当該事業の受益の範囲内にある基幹的な施設については、いつの時点でどのような工事を行う見込みとなるのか、とりまとめておくことが必要である。
従って、事業計画を策定する調査では、当該計画の受益に係る全ての基幹的施設を対象に、ストックマネジメントの機能保全計画の策定プロセス(図3-2)に沿って、一定期間の機能保全計画の検証、とりまとめを行うこととなる。
- ・ 事業対象施設の主要工事計画は、事業着手後に具体的な調査設計作業が進められるよう、保全対策工法を概定し、構造計算、仮設計画の作成、数量計算、概算工事費を算定し、とりまとめる。
- ・ このような手順を経るため、当該地区の農業水利施設に対する機能保全対策は、継続使用、部分的な更新整備及び補修・補強の予防保全対策工事が、各々固有の実施時期に併せて、組み合わせさせたものとなる。

5.3.2 機能診断

機能診断に当たっては、地区の実情に応じた調査単位、調査項目を適切に設定する。また、事業計画を策定するための調査の段階では、広域の調査で既設利用とした施設についても、必要に応じて機能診断の補足調査を実施し、その妥当性を検証する。

【解説】

事業計画を策定するために行う機能診断等で留意する事項は次のとおりである。

- ・ 機能診断調査は、施設の構成単位（1つのロットととらえる単位）で実施することを基本とする。また、適切な対策工法の選定ができるよう劣化要因を特定することが重要であり、調査方法については、目視調査等の簡易調査のほか、必要に応じて専門的な調査（ボーリングによるコア抜き、強度試験等）を実施する。
- ・ また、調査は、施設の可視部分全てを対象とする。可視部分であっても、近視目視が困難であるような箇所にあつては、調査機材を活用する等工夫する。
- ・ なお、調査単位は、施設の構成単位を基本とするものの、地理地形、流水等の現場条件によりやむを得ず調査が不可能な場合は、地区内の類似した使用環境下にある同種施設の調査結果等を活用する。
- ・ 調査項目は、過去の調査項目を踏襲しつつ、劣化要因が特定できない項目、簡易調査ではデータの信頼性が確保できないおそれがある項目について、反発硬度を利用する方法や、必要に応じてコア抜き等により強度等の物性値把握を行う専門的な調査を実施する。
- ・ グルーピングについては、健全度や劣化要因が類似の施設で括り、対策工法を検討する際の基礎単位とする。グループの構成要素は、最小施工単位（例えば、コンクリート水路では1打設区間）が最小単位となることに留意する必要がある。
- ・ 事業化対象施設の対策工法は、工法の特徴、施工条件、単価等の詳細情報を収集し、比較検討のうえ選定する。今回、事業化対象以外の施設については、いずれ将来対策が必要となるため、概略的な対策工法をとりまとめる。

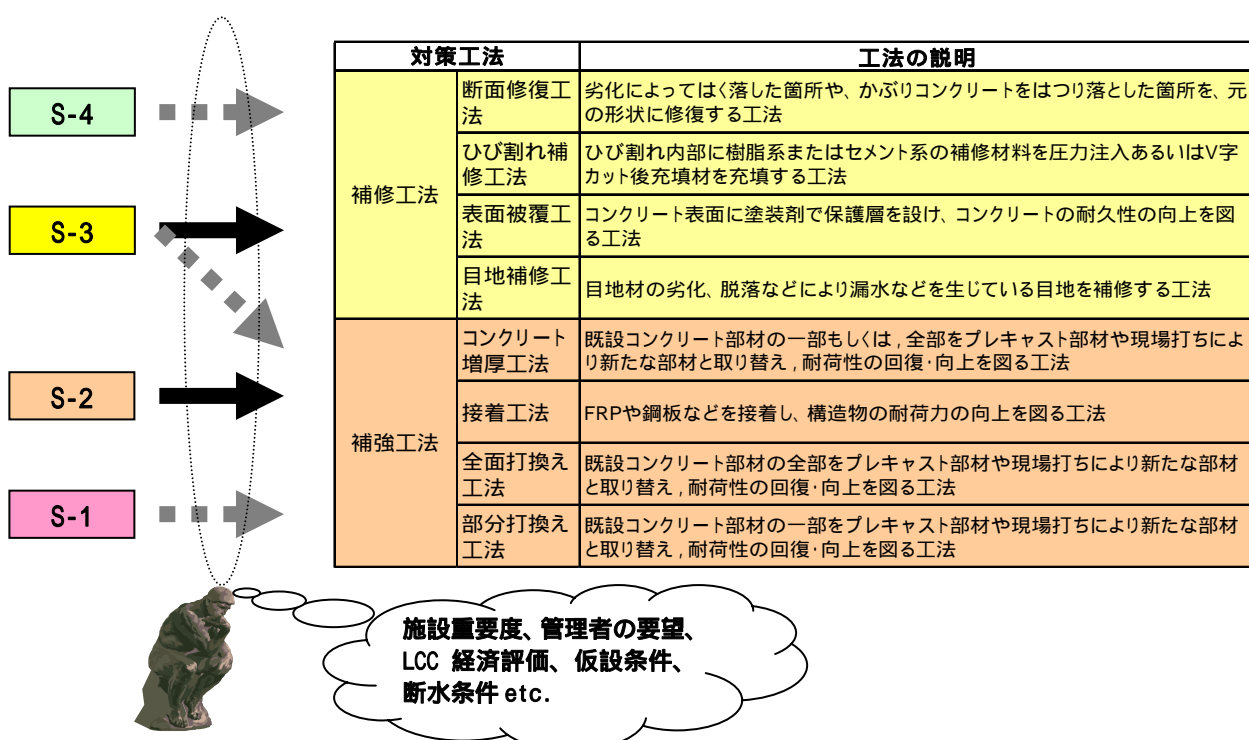
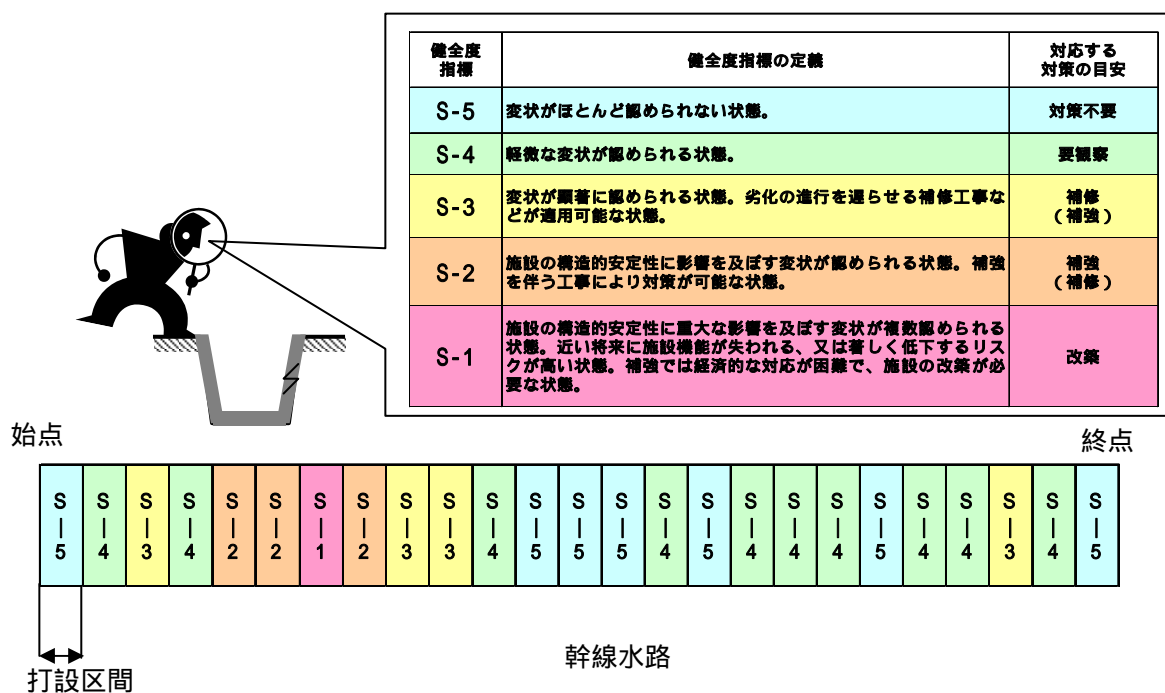
事業計画における主要工事計画に係る詳細な設計を行うための機能診断等で留意する事項は次のとおりである。

- ・ 対策が必要となる施設の箇所、範囲、対策工法を決定し、主要工事計画に係る事業費を算定する必要がある。このため、機能診断は、例えば、コンクリート水路では調査単位は1打設区間等に細分化して行うことを基本とする。
- ・ 対策工法の決定、それによる構造計算等に必要となる物性値を得るため、適宜、事業計画作成のための専門的な調査数量を増やす等、調査の精度を向上させる。

- 事業計画を策定するための調査で事業対象外施設として判定した施設についても、現地調査時の目視等により新たな損傷が確認された場合、その対策について検討を行う必要がある。

場合によっては、事業対象施設として組み入れることを検討する必要がある。

<< 調査単位の例 >>



5.3.3 技術検討委員会

個々の現地状況に適応した機能診断や劣化予測、対策工法の検討等を行うため、必要に応じて専門家の意見を聞く技術検討委員会の活用を検討する。

【解説】

- ・ 事業計画を策定する調査の段階では、より詳細な機能診断や対策工法の検討が必要となることから、性能指標などについて全国共通の考え方が適用し難い場合も多いと考えられる。このため、地区の状況に応じた機能診断項目の追加・選定や、劣化予測方法の工夫などにより対応する必要がある。しかし、技術的な知見が十分でない現状の中では困難な点が多い。
- ・ この様な状況を踏まえれば、これまでの様々な技術的な経験の蓄積を動員して対応することが必要となる。このため、技術検討委員会を設け、専門家の意見を聞いて対処することが有効と考えられる。
- ・ 具体的には、地区の特性を踏まえた性能指標や劣化予測について当該地区に適用する考え方を定めて、中長期的な機能保全計画を作成する際に同委員会の助言を得る等の活用が考えられる。
また、更新整備計画の策定や、事業実施段階の工法選定等においても活用することが望ましい。

5.4 事業実施段階での調査計画

5.4.1 基本事項

事業実施段階においては、調査計画段階における機能診断の検討経緯を踏まえ、必要な詳細な補足調査を行い、対策工法を確定する。その際には、周辺環境への影響、工期の制約などを総合的に検討する。

【解説】

詳細な補足調査に基づく対策工事の検討

- ・ 事業実施段階においては、事業計画書に基づいて工事を執行していくこととなる。具体的な工事発注単位が明確になった段階で、施設の劣化状態、仮設も含めた現場条件を詳細な補足調査により確認し、工期、周辺環境への影響、経済性、維持管理のしやすさなどを考慮し、対策工法を確定する。
- ・ 補足調査の結果を受けて事業計画の内容を修正する必要がある場合には、設計条件、事業費への影響等を十分に検討する。
- ・ 補足調査において、劣化の進行に伴う施設の損傷・崩壊、性能低下等があった場合、農業上又は周辺環境へ与える影響が大きい施設については、事故の際のリスクも考慮し、応急対策や工事期間内の着工の優先順位について検討する。

技術検討委員会の活用

- ・ 補足調査や対策工法の検討を行う際には、事業地区の特性を踏まえた施工や整備水準に関する基準を策定しておくことが必要である。この基準は、専門的な知見を有する者による技術検討委員会を組織するなどにより、合理的かつ客観的なものとなるよう努める必要がある。

対策記録の保存

- ・ 既存施設の補修・補強を行う場合は、施工後の施設の適切な維持管理を行うために、機能診断の結果も含めて実施した対策の内容を電子的な記録として保存し、必要事項は農業水利ストック情報データベースに入力する。
- ・ また、施工に伴う初期欠陥等を把握するため、工事完成後の初期点検が重要である。このため、工事完成後1年以内に機能診断を行い、初期ひび割れや施工不良が無いか、確認しておくことを原則とする。

5.4.2 工事計画の策定

工事を発注するための実施設計の段階において、計画されている対策工法の妥当性を検証するための補足調査を実施する。この場合、各段階の機能診断結果を踏まえるとともに、経済性や仮設も含めた施工条件等を十分考慮し、適切な工事計画を策定する。

また、調査計画段階で既存のまま対策工事を行わないとしている施設についても、必要に応じて補足的な機能診断を実施し、対策工事の要否を確認しておく。

【解説】

補足調査の実施

- 事業実施段階における機能診断調査は、調査段階で検討されたグルーピングの単位を基本に実施することが望ましい。しかし、工事の発注単位は、現地の施工条件等から必ずしもグルーピング単位とならない。

補足調査は、前回の機能診断の実施以降に生じた新たな変状、又は変状の進行の有無等に留意しながら行う。

- また、既存の調査結果を踏まえ、必要に応じ追加調査等の実施を検討する。例えば、構造性能については、調査計画時と同様に外観の変状とともに、必要に応じてコア抜きによる物性値の把握や調査数量を増やすなどにより、性能低下の程度を判定する。
- さらに、水利用性能、水理性能、また地震などの偶発的な要因による人命や財産など第三者へ与える影響（社会的安全性）についても、この段階で施設の重要度区分等を考慮し、必要に応じ不等流計算、不定流シミュレーション等を行い、必要な性能が確保されているか判定を行う。

なお、社会的安全性の評価を行う対象は、施設の重要性、社会的要請などを考慮して定める。

機能保全対策の確定

- 各段階で行われた調査の結果から、劣化進行の特徴を把握し、劣化原因や劣化の程度を確定する。これに基づき、補修・補強、改築の妥当性について検討する。

また、必要に応じ、既存施設をそのまま利用しているものについて、対策工事の要否を確認する。

検討に当たっては、劣化の程度のほか、社会的条件について考慮するなど、総合的に判断する。

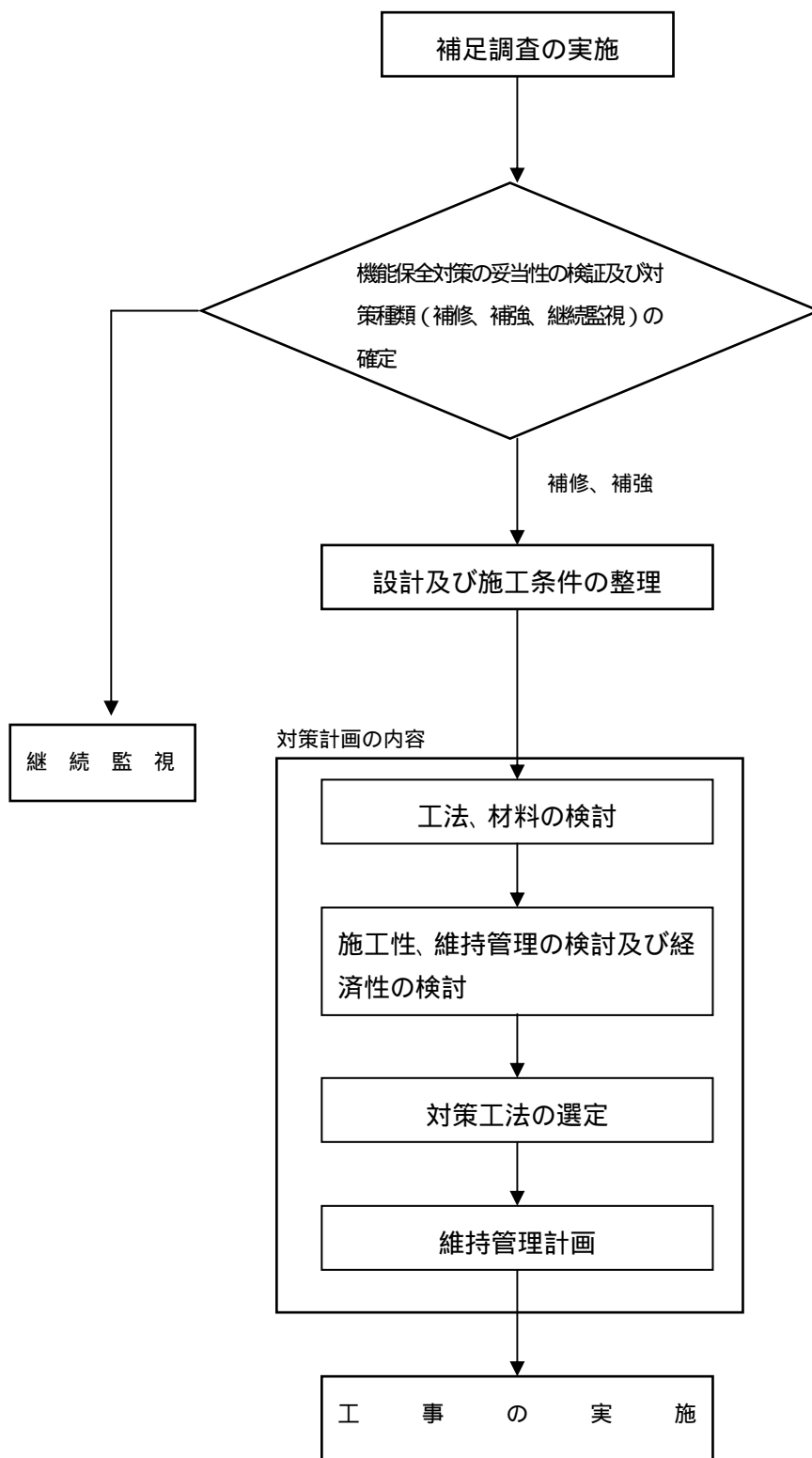
- なお、調査結果から事業計画の内容を修正する必要がある場合には、全体事業費への影響程度を十分に踏まえた判断を行う必要がある。

工事計画の策定

- 工事計画の策定においては、対策の水準を設定し、周辺環境への影響性や施工性、維持管理のしやすさ、経済性の評価を行い、工法や材料の選定を含む具体的な対策工法、さらには施工の順序を検討する。

調査計画段階では、個別工事単位の仮設等について、調査期間等の制約から一般的な基本設計にとどまっている場合がある。このため、事業実施段階では、実施設計や用地交渉等を踏まえ、仮設計画まで含めた工法を選定する必要がある。

- 補足調査によって施設の損傷、崩壊等の著しい性能低下が確認された場合には、施設の重要性（水管理上重要な施設、破損した場合第三者に対する影響の大きい施設）、事故が発生した場合のリスク等を考慮し、当該箇所の応急措置の検討や工事期間内の施工の優先順位について検討を行う。
- 補修又は補強の予防保全対策については、工法毎の耐用年数を考慮した経済性の検討を行う。
対策工法は、劣化要因や劣化の機構に適切に対応できるものを選定する。この際、変状や劣化の機構が異なれば、性能を回復させる方法も異なるので注意が必要である。
また、適用可能な工法や材料が多く存在する対策工事については、劣化や性能低下の程度を十分考慮して、適切な工法及び材料を選定することが重要となる。
- 工事計画は、設計及び施工条件の整理を行った後、性能低下、変状の程度、劣化の機構に適合した工法及び材料の検討、施工性、維持管理のしやすさ、経済性の検討、対策工法の選定、維持管理計画の検討を行い策定する。



【図 5 - 1 対策計画策定の流れ】

5.4.3 工法選定上の留意事項

実績が少ない新工法の適用に当たっては、その性能を確認するため、類似工法の実績や学識経験者等の意見を踏まえて検討し、その採用を決定することが必要である。

採用する新工法の性能については、経済性、耐用年数、仮設も含めた施工性、維持管理のしやすさなどを十分吟味して適切に評価する。

【解説】

対策工法の性能確認

- ・ 対策工法を選定する際は、対策工事に要求する性能（耐用年数やひび割れ追従性など）だけではなく、当該工法の劣化の特性、施工性、経済性、維持管理の容易さなど、総合的な判断を行うことが必要である。
- ・ 新材料や新工法を適用する場合は、当該技術を開発したメーカーが提示する性能（耐用年数、強度など）について、その客観的な根拠（促進加速試験の結果等）の提示を求め、信頼性を確認する必要がある。特に耐用年数の検証は、施工から長期の監視を要することから実証は困難である。このため、類似工法の事例調査や学識経験者等の意見を求めることが望ましい。
- ・ 新工法を大規模に適用する場合には、適用する構造物の立地環境や施工状況に応じた試験施工を行い、施工性や対策工法の効果・信頼性を確認することが必要である。

開水路の場合

- ・ 開水路は線の構造物であり、延長が長いこと、建設の時期、施工者、材料、荷重条件、地盤条件等が場所により異なっていることが多い。変状の原因も材料や施工の不良、流水や荷重の影響、地盤条件、温度変化、腐食物質の流入等多様で、さらにこれらが複合していることもあり、変状の種類や程度が場所により異なる可能性がある。
- ・ 同一路線で場所により変状の種類や程度が異なる場合は、基本的には個々の変状に応じた対策を行う。ただし、対策の内容が類似している場合には、施工性、維持管理の点から対策工法の種類を少なくする方が良い場合もあるので、維持管理のしやすさを含む総合的な観点で工法選定を行うことが望ましい。
- ・ 特に通年取水を実施している地区については、断水による影響やその期間について、施設管理者と十分調整し、対策工法を決定する必要がある。
- ・ 変状の要因として複合的な劣化が想定される場合は、各劣化機構に共通した対策工を実施する、複数の工法を併用するなどの対応がある。

【参考】代表的な対策工法の例

- 代表的な対策工の工法・材料選定時の留意点について、対策工法の目的、要求性能、材料の劣化特性等から概略内容を整理すると以下ようになる。（詳細は農業水利施設のコンクリート構造物調査・評価・対策工法選定マニュアルを参照）

なお、新技術の中には、他の分野で開発され実用化されたものがあるが、対象とする工種の特性の相違から、そのまま援用できない場合があるので注意が必要である。（例えば、下水道の分野で開発されたものは紫外線による劣化や流砂による摩耗の影響が検証されていない場合があるなど）

表面処理工法（表面被覆工法、含浸工法）

ポリマーセメント系の材料には、コンクリートよりも透水性が高いものもあることから、凍害の表面被覆工法には適さない場合がある。

表面被覆材は、付着性（表面被覆材に求められる付着強さ、必要に応じ所定の付着強さが得られる深さまで母材をはつる等も実施）、ひび割れ追従性、耐摩耗性によって評価分類される。

付着性、施工性を確保するために工法材料に応じた母材表面付近の含水比、乾燥又は湿潤状態を保つ必要がある。

ひび割れ補修工法（表面塗布工法、注入工法、充填工法）

ひび割れ幅、ひび割れの進行性に応じて工法、材料を選定する。

落水後暫くの期間はひび割れ内に水分が残留するので、落水後すぐに施工する場合には、接着性を確保する観点から材料を選定する。

施工性確保において、外気温により材料の硬化性が異なるので施工条件に合致した材料を選定する必要がある。

一般にひび割れ幅 0.5mm 未満であれば注入工法、0.5mm 以上であれば充填工法を採用している事例が多い。なお、Vカット充填工法は端部から水が浸透しやすく充填材が剥離などを起こしやすいので近年はUカットを採用する場合も多い。

断面修復工法（左官工法、吹付工法、充填工法）

施工法により最小厚さが異なること、補修面積、施工の方向を考慮して工法を選定する。内部に空隙を残さないことに留意する。また、損傷部分を除去する際健全な部分に損傷を与えないよう工法を選定することが必要である。

現状では水中で断面修復する工法は開発されていないため、施工は気中で行うことが基本となる。

目地補修工法

現状では水中で施工する工法は開発されていないため、施工は気中で行うことが基本となる。

接着工法（鋼板接着工法、パネル接着工法、連続繊維シート接着工法）

工法によってひび割れ補修の必要が生じる（パネル接着工法においてひび割れを伴う部材）。

鋼板接着工法、パネル接着工法では、水路断面は縮小するが粗度係数が小となる材料が多いため通水量は一般に確保されることとなる。しかし、流速が増加することにより分水性能等が低下する場合もあるので、採用の際には水利用性能、水理性能の確認が必要である。

打換え工法（打換え工法、増厚工法）

過度に配筋すると打換え部に隣接する元の部材が構造的な弱部となり元の部材に損傷が発生するおそれが生じる。

打継面の処理が不完全であると漏水等が生じ再損傷に至るおそれが生じる。

既設の部材が取り壊し可能か否かを判断することが重要となる。

5.4.4 技術検討委員会の活用

個々の地区の状況に適応して、機能診断の手順、対策工法の選定基準、設計・施工基準等を作成するにあたっては、専門家の意見を聴く技術検討委員会を設置し検討するなど、客観性の確保に努めなければならない。

【解説】

- ・ 設計・施工基準等は、着工後早期に作成することとなるが、工事の進捗や施工実績の蓄積等に応じて、事業期間中に適宜見直すことも必要となる。
- ・ また、当該地区における機能診断や対策工事の施工実績等が少ない段階では、類似した工種、対象施設を持つ他地区の知見を活用することや、新工法の適用にあたっての性能の評価も必要となる。
- ・ これら事業地区の抱える技術的課題の検討について合理性及び客観性の確保を図る観点から、調査計画段階から継続して技術検討委員会を活用することが望ましい。

5.4.5 対策工事データの記録・保存

施設の適切な機能保全を効率的に行うため、設計、施工等の対策の実施内容、補修・補強等の対策実施後の初期点検結果などを記録し、保存する。

事業実施期間中は必要に応じ定期的に点検を行い、類似工事の設計、施工に活用する。

【解説】

対策工事に関する情報の記録・保存

- ・ 今後の機能診断調査を円滑に実施するため、水路の位置を表示するプレートなどを施工と併せて設置しておくことが望ましい。
- ・ 施工後の施設の適切な機能保全を行うために、実施した対策の内容を参照しやすい形で記録し、保存する。特に、既存施設の補強や補修を行った場合は、対策のために行った調査結果（過程）の記録も重要となる。
- ・ 補修・補強等の対策実施の際の設計の考え方、採用した設計値や工法選定根拠、工事記録、対策実施後の初期点検の結果、関連する設計図書等は、事業完了後の機能診断や管理の際に利用することとなるため、閲覧・加工しやすい形で整理し、確実に記録、保存する。
- ・ 特に、施工の際の設計強度や水セメント比などは、事業が完了した後の機能診断に当たって重要な情報となることから、これらの設計条件、施工条件、施設完成後の試験結果等を確実に記録として保存することが必要である。
- ・ 記録・保存する媒体、形式、整理内容については事業実施中から予定管理者とも調整を図る。また、必要事項は、農業水利ストック情報データベースに入力する。

初期点検

- ・ 初期点検は、施設の諸性能に関する初期状態を把握することが主たる目的である。初期状態の把握は、初期欠陥（ひび割れ、コールドジョイントなど）損傷の有無の確認、劣化予測の初期データの明確化という観点から重要である。このため、当該区間の工事完成後1年以内に初期点検として機能診断を行うことを原則とする。
- ・ 事業実施中の点検方法は、目視、写真、ビデオ撮影等による点検を主体とし、異常等が発見された場合には原因の特定を行うとともに、その程度を評価する。また、点検結果により、必要に応じて詳細点検を実施する。
- ・ 確認された損傷等は、適切に処置を行うとともに、その結果を記録・保存する。

用語の解説

用語	説明	解説
アセットマネジメント	ストックマネジメントは、個々の水利施設系単位で、効率的な機能保全対策を講じるための技術手法である。機能診断結果などのデータ蓄積等により、将来的には、全国の水利施設全体を資産(アセット)ととらえ、限られた財源での施設の機能低下に伴うリスクの最小化や財政負担の平準化にも取り組むことを想定している。	アセットマネジメントとは、一般的には金融資産や不動産などを管理・運用すること(広義のアセットマネジメント)を指す。近年では公共事業により造成された施設について、維持管理や補修などをどのように効率的に行うかといった技術体系及び経営管理手法の総称(狭義のアセットマネジメント)として使われている。
ストックマネジメント	施設の機能診断に基づく機能保全対策の実施を通じて、既存施設の有効活用や長寿命化を図り、ライフサイクルコストを低減するための技術体系及び管理手法の総称。	狭義のアセットマネジメントと同義である。農業農村整備事業における固有の用語として新たに定義したもの。 また、ライフサイクルコストを低減するだけでなく、更新や維持管理に要する経費を平準化することもねらいの一つである。
ライフサイクルコスト(LCC)	施設の建設に要する経費に、供用期間中の運転、補修等の管理に要する経費及び廃棄に要する経費を合計した金額。	一般的に、過去の投資は支出済み費用換算係数により、将来に発生する経費は社会的割引率により現在価値に換算して算定する。 農業水利施設の場合、その機能が永続的に確保される前提が暗にあることから、ライフサイクルをいつからいつまでとするべきか判断が難しい場合があるが、新設又は大規模な更新事業が行われてから、新設と同等以上の耐用年数が期待される更新事業の開始直前までと考えることが通常である。
機能保全コスト	施設を供用し、機能を要求する性能水準以上に保全するために必要となる経費の総額。	本手引きの意図は、経済性の検討を行う一定期間に要するコストの総額を比較対照することが目的である。そのため、ライフサイクルコストのうち、支出済みの経費と一定期間以降に発生する経費を控除した経費について比較分析を行うこととなる。なお、一定期間中に大規模な更新が発生する場合には、これを含めて検討の対象とするとともに、検討期間終了時に残存価値がある場合には、これを控除する。
耐用年数(耐用期間)	施設の性能が低下することなどにより、必要とされる機能が果たせなくなり、当該施設が供用できなくなるまでの期間として期待できる期間。	施設管理者が通常行う標準的な施設管理や軽微な補修等を行うことによって、実現される耐用期間の平均的な年数。標準耐用年数とは直接つながらない。日常的な維持管理費の増加などによる経済的不利の発生、営農形態の高度化等による施設に要求される機能・性能の向上などで施設の陳腐化が急速に進めば標準耐用年数よりも短い場合もあり、進まなければ長くなる場合もある。 なお、上記の耐用期間はコンクリート標準示方書維持管理編の耐用期間と同様の意味。
供用年数	施設を供用する期間。	必ずしも使用に耐えうる耐用期間と同じではないことに留意が必要。コンクリート標準示方書維持管理編の供用期間と同様の意味。

用語の解説

用語	説明	解説
標準耐用年数	「土地改良事業における経済効果の測定に必要な諸係数について(昭和61年7月1日60構改C第690号)」で示されている施設の区分、構造区分毎の設計時に規定した供用目標期間。	左記の通知は、所得税法及び法人税法の減価償却資産の償却期間を定めるため財務省令で定められたものを基礎として、農林水産省が定めたもの。税法上の減価償却期間を規定するものであることから、耐用年数の検討の目安として活用できる。しかしながら、必ずしも供用できなくなるまでの標準的期間でないことに留意が必要。 本来であれば、施設の重要度等に応じて、要求性能と設計耐用年数(設計時において施設がその目的とする機能を十分果たさなければならないと想定した期間)を設定して設計を実施すべきである。設計耐用年数を設定するためには、劣化メカニズムの解析や調査データなどから劣化予測を行い、施設の劣化期間を把握する必要がある。しかしながら、現時点では劣化期間を把握することは難しいことから、当面設計耐用年数は標準耐用年数を準用して設定するものとする。ただし、個別に設定できる場合はこの限りではない。
機能診断調査	施設の機能の状態、劣化の過程及びその原因を把握するための調査。	機能の状態には、性能低下を調べることに、不足する機能を調べることの両方を含む。
機能診断評価	機能診断調査の結果を評価すること。	機能診断調査の結果から劣化要因及び性能低下を判定し、機能保全対策を検討するための根拠とする行為。
機能診断	機能診断調査と機能診断評価を合わせた概念。	
予防保全	当該施設に求められる性能が、これ以上の性能低下を許容することが出来ない管理水準以下に低下する前に、機能保全コストの最小化の観点から、経済的に耐用年数の延伸を図る目的で実施する対策。	コンクリート標準示方書では、劣化が顕在化する以前から詳細な点検を行い、劣化が顕在化することがないように対策を講じる方法とされている。農業水利施設の場合、通常、施設を構成する部分毎には劣化が顕在化しているものの、施設系としての機能障害が顕在化していない段階での対策であることが通常。また、農業水利施設は様々な施設群で構成されるが、個々の施設としては機能障害が発生し事後保全であっても、施設群全体の水利システムとしては予防保全であると表現する場合もある。
事後保全	当該施設に求められる性能が、劣化等により管理水準以下に低下した後に実施する対策。	当該施設の機能に支障が生じた後に対策を講じること。
機能保全	施設又は施設系の機能が失われたり性能が低下することを抑制又は回復すること。	
長寿命化	施設の機能診断に基づく機能保全対策により残存の耐用年数を延長する行為。	
補修	主に施設の耐久性を回復又は向上させること。	劣化の進行を抑制したり、部分的な施設の欠損等を実用上支障のない程度として、施設の寿命を長くすること。 目地の回復、塗装等がこれにあたる。施設の一部に対する行為に関する概念。修繕と同義。 耐久性(構造物の性能低下の経時変化に対する抵抗性)を回復もしくは向上させることで、耐力(力学的性能)の向上を必ずしも伴うものではない。 言い換えれば、主たる目的が耐力向上でなければ補修、耐力向上であれば補強。

用語の解説

用語	説明	解説
		<p>なお、補修・補強については、性能を回復する行為を補修、性能を向上させる行為を補強と定義する考え方もあるが、本手引きでは現行のコンクリート標準示方書維持管理編の記述も参考に左記の通りとした。</p>
補強	主に施設の構造的耐力を回復又は向上させること。	<p>コンクリート増厚、強化繊維素材の貼り付け等がこれにあたる。施設の一部に対する行為に関する概念。</p> <p>主たる目的が耐力向上でなければ補修、耐力向上であれば補強。</p>
改修	失われた機能を補い、又は新たな機能を追加すること。	<p>改築は既存の施設を撤去し新しいものを建設することを念頭に置いているが、改修は必ずしも既存施設が撤去されることを前提としていない点が異なる。</p>
改築	従前の機能又は新たな機能を確保することを目的として既存の施設を新しい施設で置き換えること。	<p>個々の施設に対する行為に着目した概念。</p>
更新	施設全体又は設備全体を新しい施設で置き換えること。なお、施設系全体を対象とした場合は、施設系を構成する施設の改築だけでなく、補修、補強、改修、改築を包括して行うことも更新という。	
初期欠陥	施設の計画・設計・施工に起因する欠陥。	<p>コンクリートでは、構造計算のミスによる鉄筋量の不足や施工不良を含み、供用前又は供用後に発生する乾燥収縮によるひび割れ、豆板、コールドジョイントなど。</p>
損傷	偶発的な外力に起因する欠陥。	<p>時間の経過とともに施設の性能低下が起きたものでないもの。衝突や地震に起因する欠陥。</p>
劣化	時間の経過とともに施設の性能低下をもたらす部材・構造の変化。	
変状	初期欠陥、損傷、劣化を合わせたもの。	<p>施設が健全な状態で本来期待されている機能や状況と比較して、異なっている状況。具体的には、ひび割れ、剥離、欠損などの状態。</p> <p>「異状」に近い概念であるが、施設に求められる性能が低下しているか否かという評価を必ずしも含まない。</p>
施設の機能	目的又は要求に応じて施設が果たすべき役割、働き、行為のこと。	<p>農業水利施設では、水利用機能、水理機能、構造機能など。</p> <p>機能は、水利施設系全体、これを構成する個々の水利施設、水利施設を構成する部材など、様々な段階で個別に設定する。</p>
施設の性能	施設が果たす役割（施設の機能）を遂行する能力のこと。	<p>性能は、その能力を数値で示すことが出来る。</p> <p>水利施設の水理機能でいえば、通水性、水理的安定性など。</p> <p>性能は、水利施設系全体、これを構成する個々の水利施設、水利施設を構成する部材など、様々な段階で個別に設定する。</p>

引用文献・参考文献

【引用文献】

- ・社団法人土木学会(2001) 『コンクリート標準示方書[維持管理編]』
- ・社団法人農業土木事業協会 「農業用施設機械設備更新及び保全技術の手引き」 平成18年6月全面改訂版
- ・社団法人日本コンクリート工学協会 「コンクリート診断技術、'04」
- ・社団法人日本コンクリート工学協会 「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針(2003)」
- ・日本道路公団試験研究所 「トンネル補強補修研修—事例紹介—道路トンネル」平成10年

【参考文献】

- ・土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」基準書、技術書 平成13年3月
- ・社団法人土木学会 『アセットマネジメントへの挑戦』
- ・岩村和平 「ストックマネジメント時代の制度作りに向けて」 農業土木学会誌73(11)
- ・中達雄、田中良和、向井章恵 「施設更新に対応する水路システムの性能設計」 農業土木学会誌71(5)
- ・渡嘉敷勝、長束勇、森充広、石村英明 「農業水利施設の性能管理へ向けた一考察」 農業土木学会誌72(3)
- ・大串和紀、大泉勝利 性能設計と予防保全対策 農業土木学会誌 73(10)
- ・National Asset Management Steering Group “International Infrastructure Management MANUAL 2006 Edition”
- ・星谷勝、中村孝明 「構造物の地震リスクマネジメント」2002年4月 山海堂