

リスク管理を取り入れた機能保全対策検討のアプローチ

独立行政法人水資源機構 岩村 和平

これまで3回にわたり、水資源機構が行っているストックマネジメントの概要を担当部から紹介させて頂いた。当機構は、ダム、頭首工、用水機場、幹線水路等の利水施設の建設・管理運用・改修等を一貫して行っている。施設は新設から20～50年程を経過しているため、老朽化に対応した機能保全対策を既に長期間実施しており、多くの実務技術を蓄積している。私は、平成17～19年の間、農林水産省の水利整備課(現・水資源課)に在籍し、ストックマネジメントの本格実施のための関連制度や「手引き」等の創設、作成に携わった。新分野のため、当初のものは創生期のそれであったが、制度は年々改善されデータ蓄積や技術開発も進んできている。同時に、私自身もその後の職務の中で機会ある毎に本件について考えて来たのだが、今回、水資源機構に在籍する好機を得て、頭の整理が少し進んだのではと感じている。この機会にご紹介し、皆様の議論に供したい。

1 スtockマネジメント制度創設時の整理と課題

平成期に入り、営農や地域環境の変化による水利用性能要求水準の変化が相対的に落ち着くと、財政や農家経済の厳しさも加わり、施設の老朽化にいかん効率的に対処するかが課題となった。施設の耐用年数の違いに着目し最適な更新整備計画を作ろうとする「広域基盤整備計画調査(H11)」の創設などを経て、ストックマネジメントの本格実施に至るのだが、制度フレームや「手引き」を作った当時、どのような経過と整理があったのか触れておきたい。残された課題は多い。

①最も上位の水利用機能に着目しなくて良いの

かという議論があったが、これは地区調査で従来から用いられている基本的視点であって、今回の主題ではないとした。つまり、ストマネの手引きは、「水利用性能の不足が顕在化しない状態で構造性能の低下が進む事態にどう体系的に対処するか」という特殊解を出す手法として整理をした。現場では、今でも必要な水利用性能が変化している場合も少なくないだろうし、要求水準が変化していなくても管理運用の中で使い勝手の悪い部分が見つかる場合もあるので、施設の補修改修計画を検討する際は、構造性能からの特殊解だけでなく、地区調査手法と併せた複眼的検討が必要となる。

②他分野の先行事例として首都高速道路や橋梁等の勉強をしたが、農業水利施設と条件が相当程度違い、極めて一般的な事項しか利用することができなかった。詳細は下記2.に述べる。

③劣化予測については、広域基盤整備計画調査で行った3段階評価のデータ等があり、これらを用いた標準劣化曲線で近似することとした。個別施設毎に劣化進行が相当程度異なるため、それぞれの状態に応じた対策を適時に取ることで効率化するというストマネ思想でありながら、将来予測は平均的に行うという矛盾があったが、継続監視によって次第に個別施設の特性が把握されることになるため、時間が解決するとした。比較的健全度の高い施設の将来予測にはかなり幅があること、継続監視を待たなければ確度は上がらないことを認識しておく必要がある。

④リスク評価の方法も検討したが課題として残った。手引きでは、複数の対策シナリオのライフサイクルコストの比較を行う形になっているが、

対策着手が遅くなるとその間のリスクが伴う。しかし、損壊事故の発生確率に関わるデータ不足等からリスク評価には及ばず、健全度が低く損壊事故の影響が大きい施設について施設診断の頻度を上げるといった対応を盛り込むにとどまった。

⑤資産会計は次のステップと考えた。現在、他の公共部門では殆どアセットマネジメントと称している。各分野がアセットと称することに明確な意味を持たせているのか承知しないが、総資産としての品質水準管理や減価償却分の内部留保、財政制約を踏まえてリスクを管理しつつ対策実施時期を調整するといった領域も含意するのだろう。我々としては、まず足下を固めてからという意識だったが、マクロの検討を平行して行うことは有意義だろう。

2 他のインフラと異なる農業水利施設のストックマネジメントの特質

①施設構造

ダム、頭首工、機場等は他分野でも同様のものが多数あり、施設診断や機能保全対策に係る技術知見を活用することも出来るが、水路施設については、管路は上下水道がある程度参考となるものの、開水路では独自の技術開発・蓄積が必要となる。

②リスクの許容

例えば、首都高速道路では、劣化によってコンクリート塊が落下し死亡事故を起こすなど絶対にあってはならないことであり、ゼロリスクが基本となっている。標識の損傷など偶発的で影響が軽微なものは事後対応もあるが、基幹的な部分では、コストとリスクのバランスで対処方法を決めているものを私は承知していない。そうすると、十分な安全対策ができる予算枠を確保し、施設診断による対策優先順位に沿って順次実施するということになる。一方、農業水利施設は相対的に許容できるリスクが大きく、施設によってはかなりのリスクが取れるため、コストとのトレードオフをより明確に意識する必要がある。

③施設管理者

国営造成施設であっても直轄管理は限られた施

設（全国で6地区）であり、殆どが土地改良区等に管理委託されている。施設の管理・保全整備についての国の関わりは制度改善によってかなり強化されたものの、間接的な対応となっている。なお、水資源機構は基幹施設について直轄管理を行っている。

④機能保全整備の判断の主体性

直轄管理を行う国道や河川はもとより、企業局等が行う上下水道事業、民間企業が行う高速道路事業など、いずれも自ら施設を管理運用しサービスを提供している。機能保全対策の実施には、予算や事業計画の承認など議会等での審議が必要だが、受益者の申請や同意取得は要さず、主体的な判断で動くことができる。一方、農業水利施設の場合にご承知のとおりであり、仮に国等が施設診断で早期対策が必要と判断しても、申請なしでは着手することが出来ない。このため、関係者に老朽化施設の状態を的確に伝えるリスク・コミュニケーションを行い、情報共有を踏まえたインフォームド・コンセントが醸成されるよう万全を期すことが重要だ。また、事業実施に伴う費用負担は申請の判断に大きな影響を持つことから、複数の対策シナリオによる保全コストの比較考量・縮減は重要となる。

3 リスク管理のアプローチ

リスク管理の方法を考える参考として、リスクと保険の理論について基礎的な勉強をしてみたのだが、リスクは、損失期待値と分散（不確実性）であるとのこと。損失期待値は、発生確率×損失額であるので、まず、発生確率を抑制するため、①-ア) 確率が高いと思われる健全度の低い施設を確実に発見し対処（施設診断の徹底、診断技術の高度化）、①-イ) 確率が上昇する前に早めに対処（リスク回避のための予防保全）などということになるが、いずれもコストとの関係となる。次に、損壊事故が発生してしまった場合の損失額を抑制するため、②ロス・コントロールを行う。これには事前と事後の対策があり、一般的に行われているのは防災訓練や非常時に備えた建設会社等との協定等（事前）、事故発生後の応急復旧や

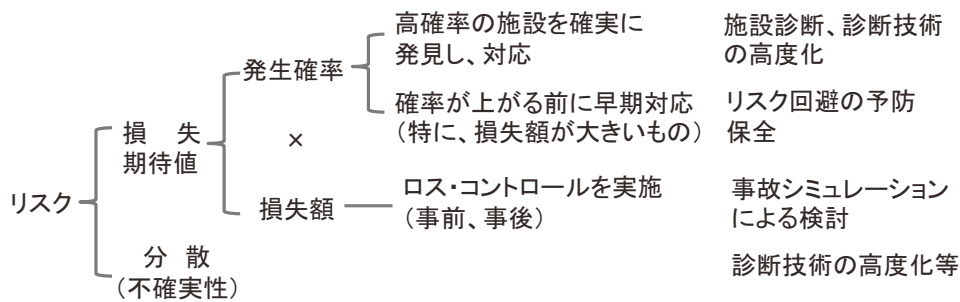


図-1 リスクの構成

利水者への情報提供等(事後)だろう。

分散(不確実性)は、施設の損壊を予測出来なかったため本来回避すべきだった甚大な被害を生じさせたり、損壊を回避しようと早期対策を行ったものの実は過剰対応であって実質はコスト高となった等の事態を引き起こす。③分散を減らすには診断技術の高度化等が必要となる(図-1)。

①-ア), ③は実施中であり、これを促進することが重要だが、①-イ), ②についてはなお追加して取り組む余地がある。①-イ)(リスク回避のための予防保全)については、コストとのバランスはあるが、少なくとも損壊の危険性が一定程度以上であって損壊の影響が高い施設は、施設の保安全管理に責任を持つ立場として、リスク回避型の予防保全策を取ることを原則とすべきなのではないか。また、②(ロス・コントロール)については、事前に講じることで効果を上げられる対応が相当程度残されている。その基本は、事故シミュレーションによる影響評価と緩和策の丹念な検討にある。以下、4. で、水資源機構の経験を紹介し、この点を具体的に述べる。

<余談>保険によるリスク対応の可能性

損壊等の事故リスクを保険でカバーできないかという議論があるが、私見としては否定的だ。一般に、事故の発生確率のデータが存在し、その平均的な損失期待値と予想最大損失(相当程度発生確率が低い場合の損失額で保険補償額に当たる)との差が大きければ、保険会社の得意分野となる。例えば、交通事故の損害補償などだ。しかし、農業水利施設の場合、損壊発生確率のデータ蓄積は乏しい。また、万一、損壊事故が発生すると施設

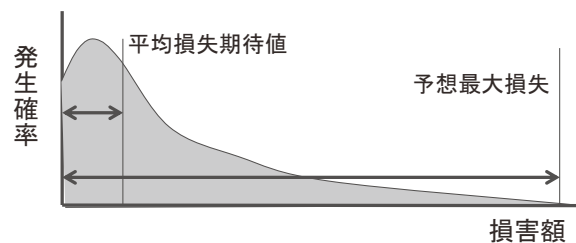


図-2 損害の発生分布

を管理している土地改良区等自らが被害を受けるため、少なくとも重大事故は発生しないように管理努力がなされるから、上記の平均と最大との差はそれ程大きくはないだろう。保険対象となり得るのは、既に各所で行われているように施設での第三者事故への賠償や落雷被害の損害補償などに限られるだろう(図-2)。

4 水資源機構の経験

(1) 阪神淡路大震災後の対応

平成7年1月に発生した阪神淡路大震災は都市部を中心に甚大な被害を出した。この震災で水資源機構の施設は被害を受けなかったが、同様の地震が施設の所在地域で発生した場合を想定し、直ちに対応策が検討された。まず、発災直後の対応だが、当時の防災業務計画は概念的なものであったため、学識者のほか、実際に被災地の応援に参加された愛知県防災部局、水道部局、JR東海、自衛隊、建設会社等の協力を得て、具体的な対応マニュアルが作成された。国、地方自治体、ユーザー等の防災担当者との特定と連絡手段の決定並びにこのことについての相手方との情報共有から、自衛隊への協力要請方法にまで及んでいる。震度6弱以上の地震が発生した場合は直ちに取水を停

止し、長大な施設の被害状況を迅速に点検して、状態に応じ順次通水を再開するまでの手順等も分かり易く作成されている。

続いて、ハード対策の検討のため委員会を設置し、平成13年には水資源機構の水路工設計指針に震災対策設計編を定めている。

(2) 大規模地震アクションプログラム

上記のソフト、ハードの検討成果を踏まえ、平成15～19年にかけて全ての水路系事業所で大規模地震対策アクションプログラムを策定した。以降、これに基づく対策を順次取って来ている(図-3)。

1 防災意識の高揚
2 防災体制の強化(初動の強化、関係機関との連携等)
3 防災情報通信体制の強化(通信機器、モニター制度等)
4 耐震化の推進
5 災害を最小限にする施設の整備(補助機能の整備)
6 迅速な復旧を可能とするシステム整備
7 応急復旧体制の整備
8 機構の施設、人材を用いた社会貢献

図-3 大規模地震対策アクションプログラム

耐震化の推進は、特に危険度が高いとされる首都圏、中部圏での耐震照査を先行し、豊川用水二期地区で平成19年に大規模地震対策を追加、本年度からは利根導水路大規模地震対策に着手することとしている。

このプログラムのうち「迅速な復旧を可能とするシステム整備」はポイントとなるものであるもので、以下に紹介する。

①代替水源の緊急確保システムの検討

施設が損壊し通常の取水・送水が出来なくなった場合に、可能な限りその影響を緩和するため代替水源の緊急確保の可能性と方法について検討している。地区内のため池や近傍の別水源等を把握するとともに、幾つかの損壊事故を想定しどのような切り回しが可能か検討する、いわゆる事故シミュレーションを行っている。例えば、通常は幹線水路から注水している地区内ため池からポンプ車を利用して幹線に逆送させるとか、幹線途中の調整池容量を先使いして時間を稼ぐ等だ。上工水を供給しているA用水の幹線管水路が劣化で漏水

を起こした際には、別のB用水系統との接近地点で連絡管を設置していたため、これに水源を切り替え、断水することなく補修を完了させたという実績もある。

上工水は断水の影響が特に大きいため、各浄水場の調整容量は重要な要素となる。また、上工水の浄水場以下の配水系統では相互に連絡管がある場合も多いので、どの程度の融通が利くか把握しておくことも許容限界を計る上で重要だ。

このようなシミュレーションを行っておくことで、非常時の対応方法がイメージされ、可能な準備は予め行うことが出来る。また、主要カ所毎の許容限界時間を検討することで、早期復旧が難しく影響が甚大なものが明らかになれば、連絡水路の追加や複線化などリダンダンシー確保の方策を検討するきっかけともなる。

水利システムの構造と利水条件並びに劣化状況等を踏まえ、様々な事故を想定した検討を行っておく意義は大きい。実は、水資源機構のこの対応を知るより前に、国営造成施設で同様の事故シミュレーションを行ってみるべきと提案したことがあるのだが、管理している土地改良区等に余計な不安を与えることになるなどの意見があり、当時は実現に至らなかった。

②応急復旧対策の事前検討

事故シミュレーションでは、応急復旧対策についても工法、施工方法、資機材の調達など具体的な検討を行っている。これによって、一定時間内にどの程度まで用水供給量を復帰させることが出来るかがイメージできる。また、これらの検討結果を踏まえて、ポンプ車のほか、大口径の管材や特殊継ぎ手など迅速な調達が困難な資材はエリア毎の拠点に備蓄する体制が取られている。東日本大震災の際は、水資源機構の施設である霞ヶ浦用水等も被災したのだが、利根大堰の事務所に備蓄していた資材を活用し早期復旧につながった。なお、これらの備蓄資機材については、関東農政局等と相互融通の協定を結んでいる。

紹介した上記①、②は、3. でとりあげたロス・コントロールの事前対策である。

(3) 現場事務所での対応

ここでは電気情報設備を取り上げる。当機構の技術職員は約1000名、うち電気系は約150名いる。当機構でも、電気情報設備の整備更新はかつて時間管理保全であり、メーカーの設計期待寿命を越えると程なく更新するのが基本だったが、長寿命化を図るため、平成18年から状態監視保全を導入した。しかし、実際の対応は容易ではない。比較的構成部品が少ない受変電設備などはある程度機能診断による劣化予測が可能だが、演算装置など多くの設備・装置では困難なのが実情だ。しかし、故障すると殆どのものが完全に機能を失う。そのような実情で状態監視保全に挑むということは、どのリスクを取るのか峻別することを意味する。実際、管理を行っている現場事務所では、電気情報設備についても事故シミュレーションを行っている。残念ながら、統一のマニュアルとはなっておらず不文律の技術の部分が多いので、そのやり方は現場条件や職員にもよるところがある。しかし、過去30年以上に及ぶ故障履歴のデータや実務経験などから、故障の心配が増している設備は概定できるため、それぞれの水利システムの構造や条件（例えば、利水内容、送水系の延長、調整池の有無、ポンプの配置等々）に照らし、どの設備や装置の故障でどの程度の影響が生じ、復旧までの時間を短縮する各種の工夫をしてもなお残る影響が、利水者にとって許容可能なものであるか否かを検討する手筋を取っている。復旧までの時間を短縮する工夫はロス・コントロールであり、例えば、日常点検による異常の早期発見、故障しやすい基板等の備蓄・データベース化、機器の規格統一化、故障箇所の早期特定や自家復旧等のための技術向上等々がある。

5 ISO55000 シリーズの考え方

アセットマネジメントの分野にも、ISOが入って来た。ISO55000～2のシリーズだが、2011年に国際規格案の作成委員会が設置され、13年5月に最終案文が決定、本年1月に発効している。日本からは下水道部門の専門家が当初から参加し、先行的な国内適用として仙台市の下水道部局

が取り組んで来た。ISOのシステムは日本人の発想法とはやや異なる（私見）ので馴染みにくいところがあるが、極めて概括的に述べれば、①組織の状態とニーズの把握・理解、②リーダーシップによる方針の決定、③アセットマネジメントの目標の設定、④計画の策定、－途中省略－⑤評価、⑥改善と、お馴染みのPDCAサイクルとなっている。要求事項を読むと難解に感じるが、実は、かなりの部分は極めて当然のことであったり、「手引き」に即して作成している機能保全計画でカバーできるものだ。一方、我々の現状ではなお不足していると思える部分もある。結局、このISO55000シリーズのコアは、リスクの評価、対策を取る判断基準の設定、これに基づく適切な対処なのだろう。これがエンジンだ。この要素を欠いてはISOに対応しているとは言い難い。我々が行っている農業水利施設の機能保全は、2.で述べた通り、関係自治体の理解や受益者の申請があって初めて動くものであり、また、直接的に受益者負担が発生するものであるため、判断基準の設定やこれに基づく対処には課題が多いのは確かだ。しかし、施設の機能保全に責任を持つ立場にあるのであれば、リスクの評価を行い、自らの基準に基づく判断を示し、関係者とのリスク・コミュニケーションを通じて合意形成を図る努力をするのが基本だろう。

6 リスク管理を取り入れた機能保全対策検討のイメージ

これまで述べてきた通り、水資源機構においては不文律の技術としてリスク管理型のストックマネジメントに取り組んでおり、その重要な手段として事故シミュレーションとロス・コントロールを用いている。現場毎に施設構造や利水条件が異なるため、それぞれの対応は統一されているか一見判然としないのだが、施設管理技術者としての長年の実績に培われた思想が統一軸としてある。その統一軸を体系的に示す指針の必要は感じており、現在作成に取り組んでいるところだが、基本的な流れは、図-4のようなものだろう。このうち、リスク検討施設の選定については、当機構に

においても必ずしも明確な目安がない。恐らく、S-1, 2 及び進行性がある S-3 であって、重要度が中位以上というのが妥当なところではないだろうか。更に、許容の可否の判断（つまり、ISO という判断基準の設定）については統一軸としては明確でなく、地区毎に判断されているのが実情だ。地区毎の条件を踏まえることは当然のことだが、基本形を持つ必要はあると感じている。

最後に、リスク管理を取り入れた機能保全対策検討の流れ（私案）を、大変粗いもので恐縮だが議論の素材として掲載しておきたい（図-5）。

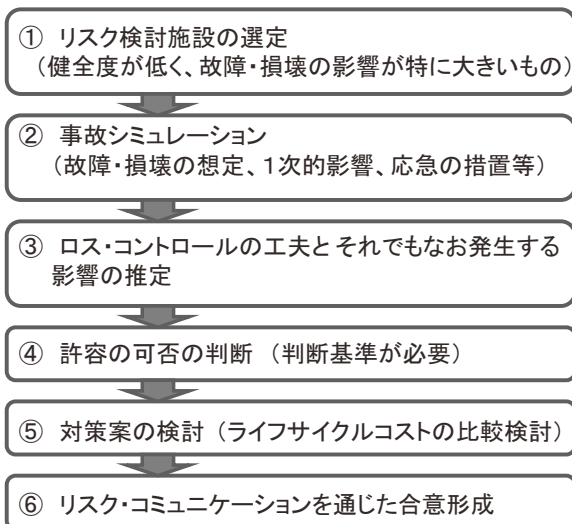


図-4 リスク管理に視点を置いた検討の流れ

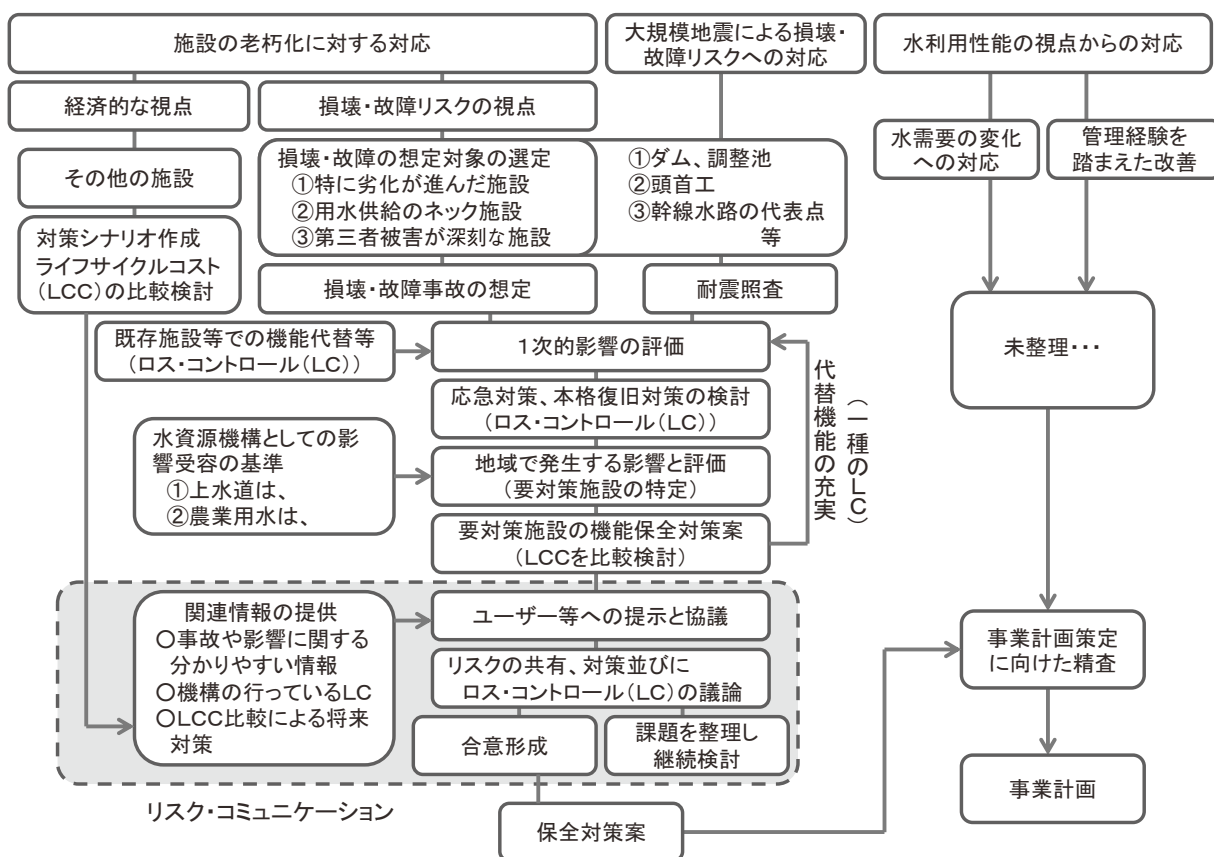


図-5 リスク管理を取り入れた機能保全対策検討の流れ（私案）

代替機能の充実（一種のロス・コントロール）とあるのは、機能保全対策を検討する際、単に構造性能を回復させるだけでなく、地区内調整池の設置や近接地区施設との連絡水路の設置、複線化等によってリダンダンシーを確保することも視

野に入れることで、よりダイナミックなストックマネジメントが出来ること、リスク・コミュニケーションが極めて重要であることを付け加えておく。