

河川用ゲート・ポンプ設備の効率的な維持管理に関する研究

○総合政策局建設施工企画課 課長補佐 川野 晃
河川局治水課 課長補佐 野口 哲秋
土木研究所技術推進本部先端技術チーム 主席 山元 弘
各地方整備局企画部施工企画課 課長
各地方整備局河川部河川管理課 課長
北海道開発局事業振興部機械課 課長補佐
北海道開発局建設部河川管理課 課長補佐

1、はじめに

河川用ゲート設備やポンプ設備は、洪水や高潮による堤内地への氾濫浸水を防止するとともに利水取水における流水を制御し、国民の生命・財産を守りかつ快適な生活を享受する上で欠かすことのできない重要な設備である。

現在、高度経済成長期に建設された国土交通省直轄の河川用ゲート設備やポンプ設備の多くが、建設後30年から40年を迎えつつあり、老朽化への対応が課題となっている設備も年々増加している。今後は老朽化とともに維持管理費用も増加していくと予想され、設備の信頼性を確保しつつ効率的かつ効果的な維持管理の実現、引いては維持管理コストの平準化が急務となっている。

本研究は、「豪雨災害対策総合政策委員会」において提言された緊急提言「総合的な豪雨災害対策の推進について」に基づき、河川用ゲート設備、揚排水ポンプ設備における効率的な維持管理を行うべく、研究を行うものである。

このような現状を踏まえ、平成18年度までの研究では、点検・補修手法について従来からの、経過年数等による画一的な点検・補修から、効率的な維持管理の実現とコストの平準化を目的に、従来の点検項目・方法および周期等の合理化や故障等の傾向を予測・管理する「傾向管理手法」を検討・導入により、効率的な維持管理に向けた検討を進めてきた。

最終年度である本研究では、今後の河川用ゲート設備、揚排水ポンプ設備に関する点検・補修・更新手法について適切な評価手法を導き出すことを目的とし、設備の社会への影響度・健全度評価、機能保全のための点検・診断・補修等の整備の方針（具体的な修繕・取替時期などの検討）、設備の評価指標・判断基準の検討を行い、「河川用ゲート設備点検・整備・更新検討マニュアル（案）」「河川用ポンプ設備点検・整備・更新検討マニュアル（案）」を取りまとめたものである。

2、研究対象設備

2. 1、河川用ゲート設備

本川を横断する構造物———本川を横断する堰、放水路、分派水門
堤防の一部を構成する構造物———水門、樋門・樋管

2. 2、揚排水ポンプ設備

排水ポンプ設備———洪水時において内水をポンプにより強制排水することを目的とした非常用系のポンプ設備である。内外水位の状態下で運転が行われるもので、堤内水域の浸水被害を軽減するための設備である。

揚水ポンプ設備———年間を通じて揚水を目的とした常用系のポンプ設備である。排水ポンプの機能を有する設備もある。

3 河川用ゲート・ポンプ設備の機能と維持管理

3. 1、維持管理の基本

河川用ゲート設備やポンプ設備を常に良好な状態に維持し、機能を確保するため適切かつ効率的な維持管理を行うために、河川用ゲート設備やポンプ設備の設置目的、構成されている機器の特性・設置条件・稼働条件等を考慮し、効率的で効果的な維持管理のための最適化に努める必要がある。図-1に維持管理の流れを示す。

通常実施されている河川用ゲート設備やポンプ設備の維持管理については、実操作→点検→整備→実操作のサイクルを繰り返しているが、経年劣化が進行している場合や機器の適合性（組合せ）に問題が生じた場合には、診断を実施し、必要に応じた機器等の整備や取替などを実施する。

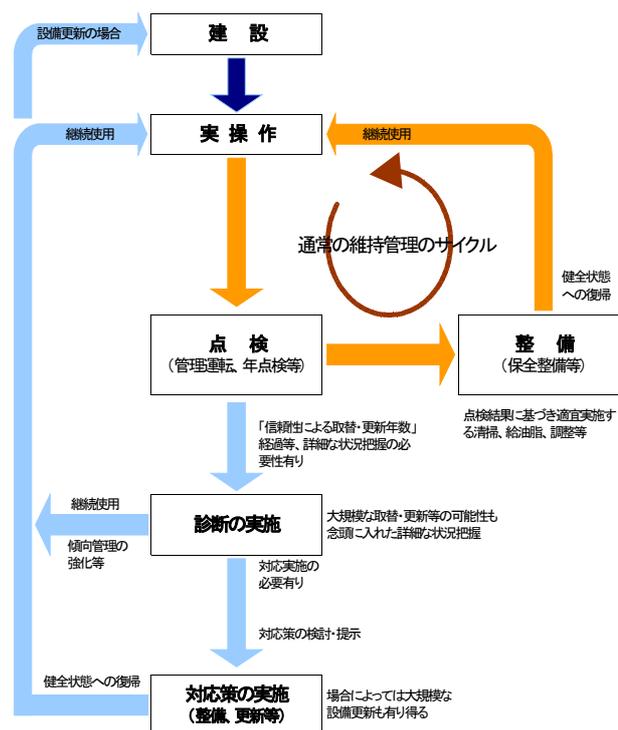


図-1 河川ゲート・ポンプ設備の維持管理の流れ

3. 2、設備の構成要素の把握

維持管理を適切に実施するうえでは、個々の河川用ゲート設備やポンプ設備の構成要素を把握する必要がある。河川用ゲート設備については、扉体・戸当り・開閉装置・操作するための操作制御装置から構成され、河川用ポンプ設備では主ポンプ・ポンプを動かすための駆動設備・冷却水や燃料を供給するための系統機器設備・操作するための監視操作制御設備から構成されている。

構成要素の把握は、例えば河川用ポンプ設備で説明すると駆動設備であるディーゼルやガスタービンエンジン等、設備毎によって差異があり、各々の設備構成を整理すると共に、構成されている機器等が故障した場合に、排水または揚水機能を確保できなくなる致命的な機器の抽出が必要となることから、設備の構成要素を把握したうえで図-2に示すような構成要素における致命・非致命の整理が必要となる。

河川ポンプ設備の構成要素分解図 致命的機器の抽出（主ポンプの例）

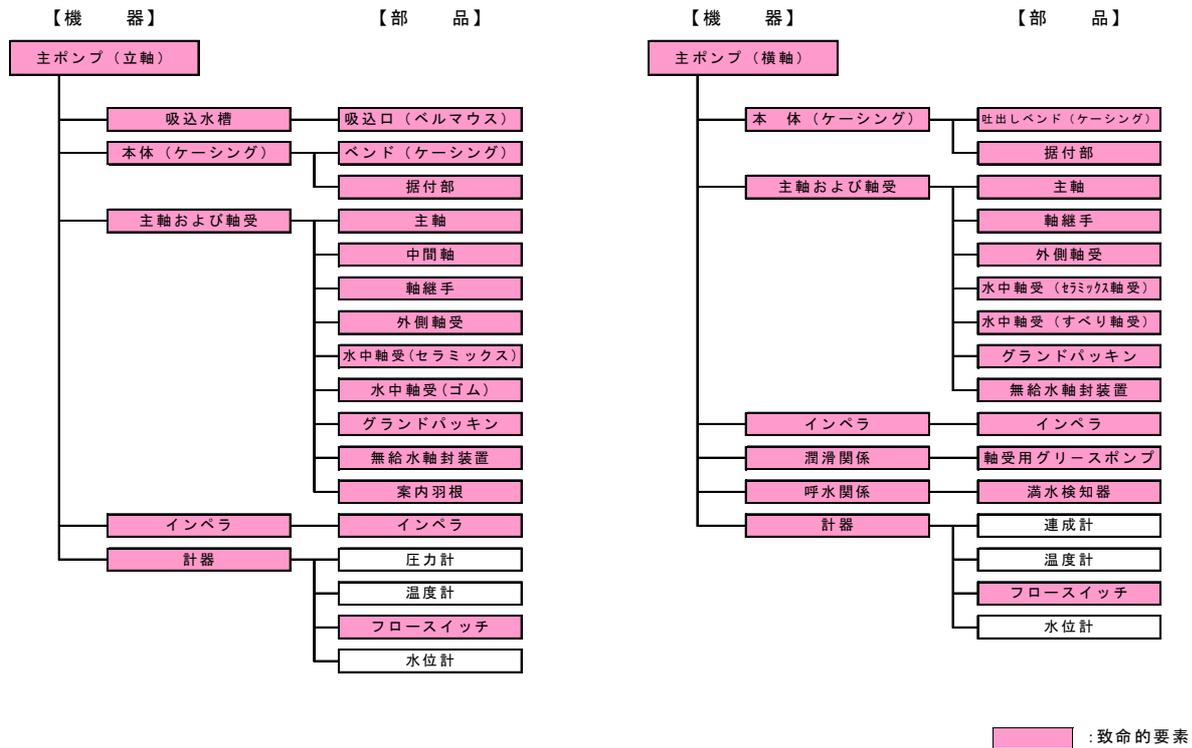


図-2 河川ポンプ設備の構成要素例（主ポンプ）

3. 3、設備区分による評価

設備区分とは、設備の機能・目的による区分を表す。当該河川用ゲート設備やポンプ設備が何らかの故障によりその機能・目的を失った場合を想定し、その影響が及ぶカテゴリーによる区分とする。設備区分は表-1のとおりレベル分けされる。この区分により、設備をその機能・目的別に大きく分類し、レベルⅠおよびレベルⅡは予防保全を主体とするが、レベルⅢは事後保全対応を基本とし、個々の維持管理対応の設定により合理化を図った。

表-1 設備区分の例（ポンプ設備）

設備区分	内 容	
レベルⅠ 高	設備が故障し機能を失った場合、国民の生命・財産ならびに社会経済活動に重大な影響を及ぼす恐れのある設備	治水設備及び治水要素のある利水設備
レベルⅡ 中	設備が故障し機能を失った場合、国民の財産ならびに社会経済活動に重大な影響を及ぼす恐れのある設備	利水設備
レベルⅢ 低	設備が故障し機能を失った場合、社会経済活動には影響を及ぼす恐れのない設備	水質保全設備

表-1に示すように設備区分における維持管理の考え方としては、設備区分レベルⅠ→Ⅱ→Ⅲの順で保全方式にメリハリを設けることとしている。

設備区分：	レベルⅠ	>	レベルⅡ	>	レベルⅢ
維持管理：	予防保全		予防保全		事後保全

なお、複数の設備間の整備・更新の優先度を検討する際、設備区分レベルを最優先の判断項目とし（レベルⅠ・Ⅱ・Ⅲの順で優先）、さらに個別の優先度を整理する場合は、同一レベルの設備同士で評価・検討を行うものとした。

3. 4、機器等の修繕取替年数の考え方

維持管理を適切に進めるうえでは、機器毎の修繕・取替の目安となるべき標準年数の設定は不可欠のものである。特に機能確保ができなくなる致命的な機器で点検等による状態監視が出来ないような機器においては、河川用ゲート設備やポンプ設備の信頼性を維持するためにも時間計画的な保全（定期的な取替や更新）が必要となる。

今回、過去の修繕・取替データを収集し、セーフライフ設計の考え方（民間航空機の構造や設計を司る基本思想）を参考にし、図-3に示すような修繕・取替の実施率が当初稼働していた数の10%を超えた時点を機器毎の修繕・取替の標準年数として整理した。

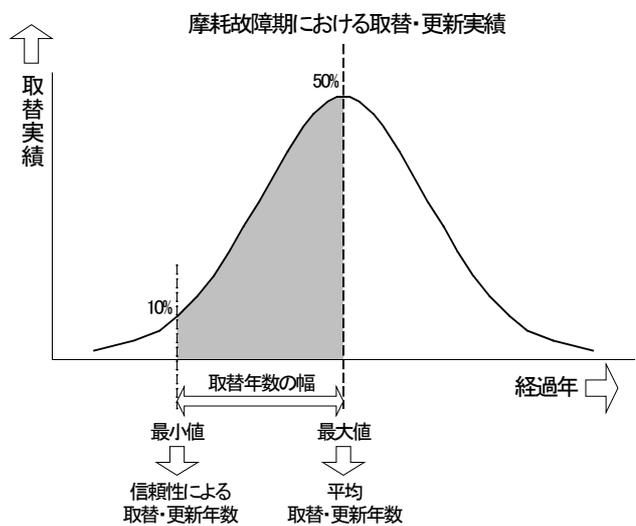


図-3 修繕・取替の標準年数

表-2 標準年数の考え方

修繕・取替の標準年数	内 容
信頼性による修繕・取替の標準年数	使用開始年から修繕・取替年までの期間であり、信頼性確保の観点から、耐用寿命近くで故障率の増加が顕著になる前に取替を実施するための年数。
平均の修繕・取替の標準年数	使用開始年から修繕・取替年までの期間であり、耐用寿命により機器の修繕・取替を実施している年数の平均値（もしくはピーク値）。

表-3に河川用ゲート設備とポンプ設備の代表例とした機器毎の修繕・取替の標準年数を示す。

表-3 修繕・取替の標準年数例
河川用ゲート設備（例） 河川用ポンプ設備（例）

装置・機器	保全方式	整備 手法	信頼性 による 修繕・ 取替 年数	平均 修繕・ 取替 年数	装置・機器	保全方式	整備 手法	信頼性 による 修繕・ 取替 年数	平均 修繕・ 取替 年数
扉体構造部	状態監視	取替	32年	56年	ケーシング	時間計画	修繕	32年	—
ローラ	状態監視	取替	24年	50年	主軸	時間計画	修繕	18年	35年
ローラ軸	状態監視	取替	27年	53年	外部軸受	状態監視	修繕	15年	33年
軸受	状態監視	取替	23年	49年	水中軸受	時間計画	取替	18年	—
主電動機	状態監視	取替	23年	38年	グラウンドバックン	状態監視	取替	12年	30年
ワイヤロープ	状態監視	取替	14年	35年	インペラ	時間計画	修繕	18年	35年

4、維持管理の流れ

4. 1、効率的な点検手法について

平成18年度での研究において、効率的な維持管理を推進するうえで、従来取り組まれている点検手法の信頼性を維持しつつ合理化を図った。

点検には大きく分けて定期点検と臨時点検があるが、効率的な維持管理を推進するうえで、定期点検について合理化を図った。

従来、定期点検は毎月1回（非出水期は2～3ヶ月に1度）の装置・機器等の目視を中心とした点検を行っており、従来月点検時に実施している管理運転（試運転）は、システムとしての致命的な異常や損傷の発見が管理運転の流れの中で確認できることから、信頼性を低下させずに維持管理が図れる手法として採用することとし、従来の月点検項目の見直しを行った。管理運転の周期は、従来の月点検と同様に毎月1回を基本としているが、河川用ゲート設備やポンプ設備の目的・設備の使用状況・地域特性・自然条件等を考慮し、回数の増減が可能なものとした。

4. 2、点検による健全度の評価

点検については、従来の点検記録表（チェックシート）における点検結果を総合的に判断し、点検結果総括表を作成し、不良・不具合に対する処置として表-4に示す点検結果を報告することとしている。

表-4 機器毎の評価・判定内容

点検結果 健全度評価	評価・判定内容
×	現在、機器・部品の機能に支障が生じており、緊急に対応（取替、更新、整備）が必要である。
△	現在、機器・部品の機能に支障は生じていないが、早急に対策を講じないと数年のうちに支障が生じる恐れがある（調整、給油、塗装、場合によっては取替、更新、整備が必要である）。
○	正常であり現在支障は生じていない。もしくは清掃にて対応できるもの。

具体的には点検時において、健全度が×評価となった場合、現実的にはその場もしくは早急に対応策が取られるのが通常の維持管理の在り方である。よって、重要な評価、経過観察が必要となる△評価であり、劣化の傾向が見えている場合である。

△評価となった場合、当該機器が設備機能に対して致命的もしくは非致命的により、対策として予防保全もしくは事後保全が図られることとなる。(図-4)

また、予防保全となった場合においても、設備が置かれている設置条件（使用条件や環境条件等）によって劣化の進行状況が異なりかつ対処方法も異なる。よって健全度評価「△」に、設置条件を用いた“重み付け”を考慮しなければならない。

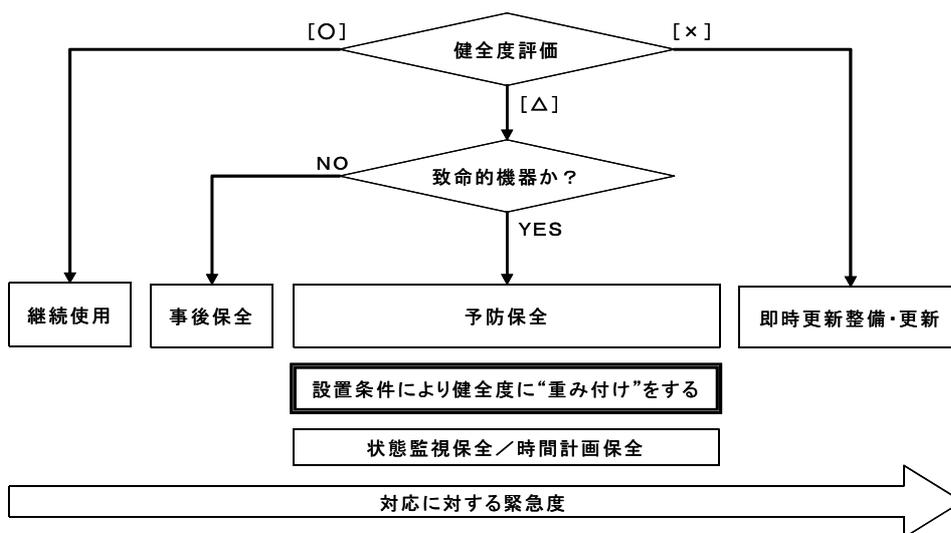


図-4 設置条件を加味した健全度の流れ

設置条件による区分とは、表-5に示すように河川用ゲート設備やポンプ設備の使用条件・環境条件等を評価し、設置条件別に分類し、健全度に“重み”を与えるものである。

この設置条件を加味して機器毎の健全度を評価するが、設置条件の分類を行ううえでは、主ポンプなどのような常時接水している機器では、図-5に見られるような設置条件マトリクスが評価例として考えられる。また、駆動機などの接水していない機器に対しては、図-6に示すように劣化影響の要素として、整備後の経過年数を評価例とすることが考えられる。

ただし、それぞれの考え方については、評価する者が状況に応じてカスタマイズする必要がある。

表-5 設置条件の区分

区分	内容
レベルa 高(悪い)	使用条件、環境条件がともに悪いもの
レベルb 中	使用条件もしくは環境条件のどちらかが悪いもの
レベルc 低(良い)	使用条件、環境条件ともに良いもの

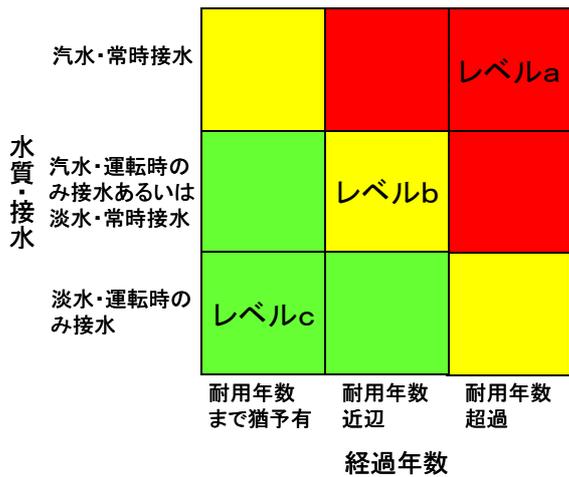


図-5 設置条件評価例（接水する機器）

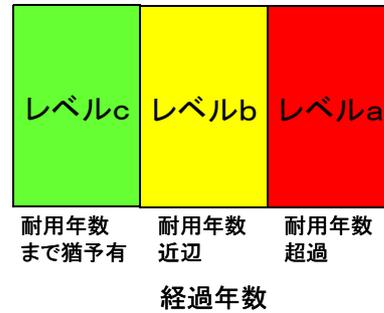


図-6 設置条件評価例（接水しない機器）

4. 3、装置・機器の診断

装置・機器の診断は、図-7に示す流れに基づき、点検の結果として河川用ゲート設備やポンプ設備を構成している装置・機器に機能低下の傾向が見られたり、詳細な状況把握が必要な場合に、今後の対策としての計画立案や必要な整備・更新等の検討・提案を目的に実施する必要がある。

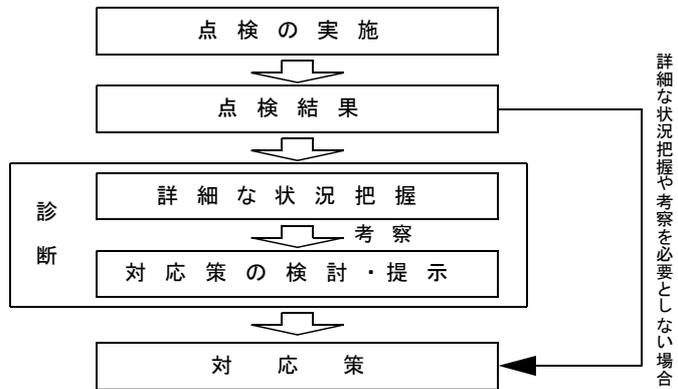


図-7 点検から診断の流れ

健全度評価での図-4で示すような予防保全措置については、緊急性を設置条件により評価しているが、具体的な診断は、対象となる装置・機器の設置環境や使用条件等を考慮した方法・時期に行うことが適切と考えられる。診断に関しては、専門技術者もしくは専門技術者と同等な技術力を有する評価者によって実施することが適切と考えられる。

4. 4、社会への影響度評価

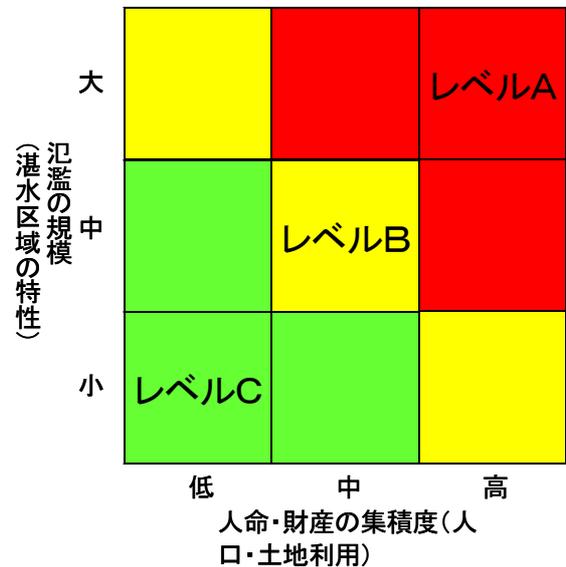
社会への影響度とは、河川用ゲート設備やポンプ設備の故障に起因する周辺への影響度合を示すもので、設備・機器が何らかの故障によりその目的・機能を失った場合を想定し、国民の生命・財産ならびに社会経済活動に影響を及ぼす被害規模の大きさによる評価をするもので、社会への影響度レベルが高いほど、方策の実施が優先されることが考えられる。

表一六 社会への影響度

区 分	内 容
レベル A 高	国土保全上、または国民経済上、特に重要な施設
レベル B 中	国土保全上、または国民経済上、公共の利害に重要な関係のある施設
レベル C 低	その他の施設

また、社会的への影響度を評価する場合、表一六に示す設備区分を例に整理すると、レベルⅠである治水設備では「人命・財産に関わる要素」と「氾濫の規模による要素」に集約され、レベルⅡの利水設備では「財産に関わる要素」と「利用頻度（利水需要）」となり、レベルⅢである保全設備については、直接的な影響がないことから事後保全で対応が可能であるため評価対象外となるといった整理が必要となる。

具体的な評価手法としては、図一八に示すようなマトリクスを例に挙げ説明すると、先に述べた設備区分のレベルⅠの要素である「人命・財産に関わる要素」と「氾濫の規模による要素」をそれぞれ評価軸として表一六に挙げるような区分による評価を行うものである。ただし、本説明に挙げたマトリクスは、あくまでも例であり、例えば同じく湛水した場合でも高齢者等の多少や土地内の施設の種類等について評価者が現場の状況に合わせてカスタマイズすることが考えられる。



図一八 社会への影響度評価

5. まとめ

本研究の成果として、従来、維持管理に携わる技術者がそれぞれ独自に勘案していた維持管理の優先度を論理的に構築したこと、さらに河川用ゲート設備やポンプ設備の構成装置・機器の更新・取替年数について、設備区分の主要構成要素毎に更新・取替実績データを統計解析し、根拠のある更新・取替年数を提案し、維持更新における目安とした。

河川用ゲート設備やポンプ設備の標準的な構成要素を明確にし、その構成要素毎に、設備機能への影響（致命的／非致命的）を評価し、最適な維持管理方針（予防保全／事後保全）を定めた。また、点検項目を最適化し、点検周期、点検手法の合理化を実現した（点検の合理化については、既に平成18年8月より全国の直轄河川ゲート設備やポンプ設備において試行中）。

図-9の整備実施優先度評価の組立と手順に示すように設備区分、社会への影響度、健全度、設置条件を勘案した論理的な維持管理の優先度検討手法を提案し、具体的な整備実施に際しての手法を整理した。

図-10では、整備に関する方針（予防保全、事後保全の考え方等）に基づき、具体的にマトリクス等によって設備の優先度評価を実施するための組立と手順を示したものである。

以上の研究成果として、「河川用ゲート設備点検・整備・更新検討マニュアル(案)」「河川用ポンプ設備点検・整備・更新検討マニュアル(案)」を整理作成し、平成19年6月以降、全国の国土交通省直轄河川用ゲート設備やポンプ設備を対象に試行している。

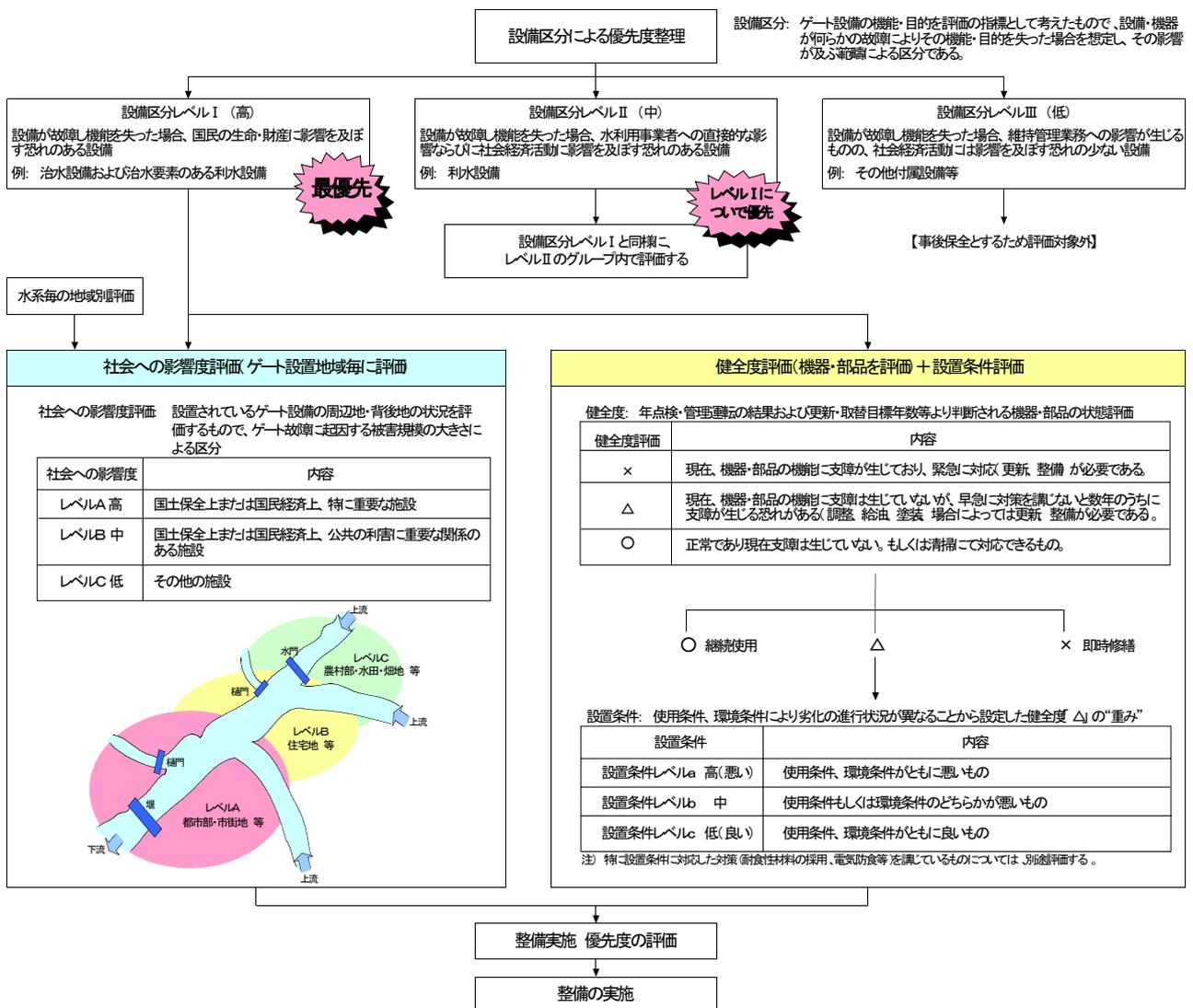


図-9 整備実施優先度の整理・評価 (イメージ図)

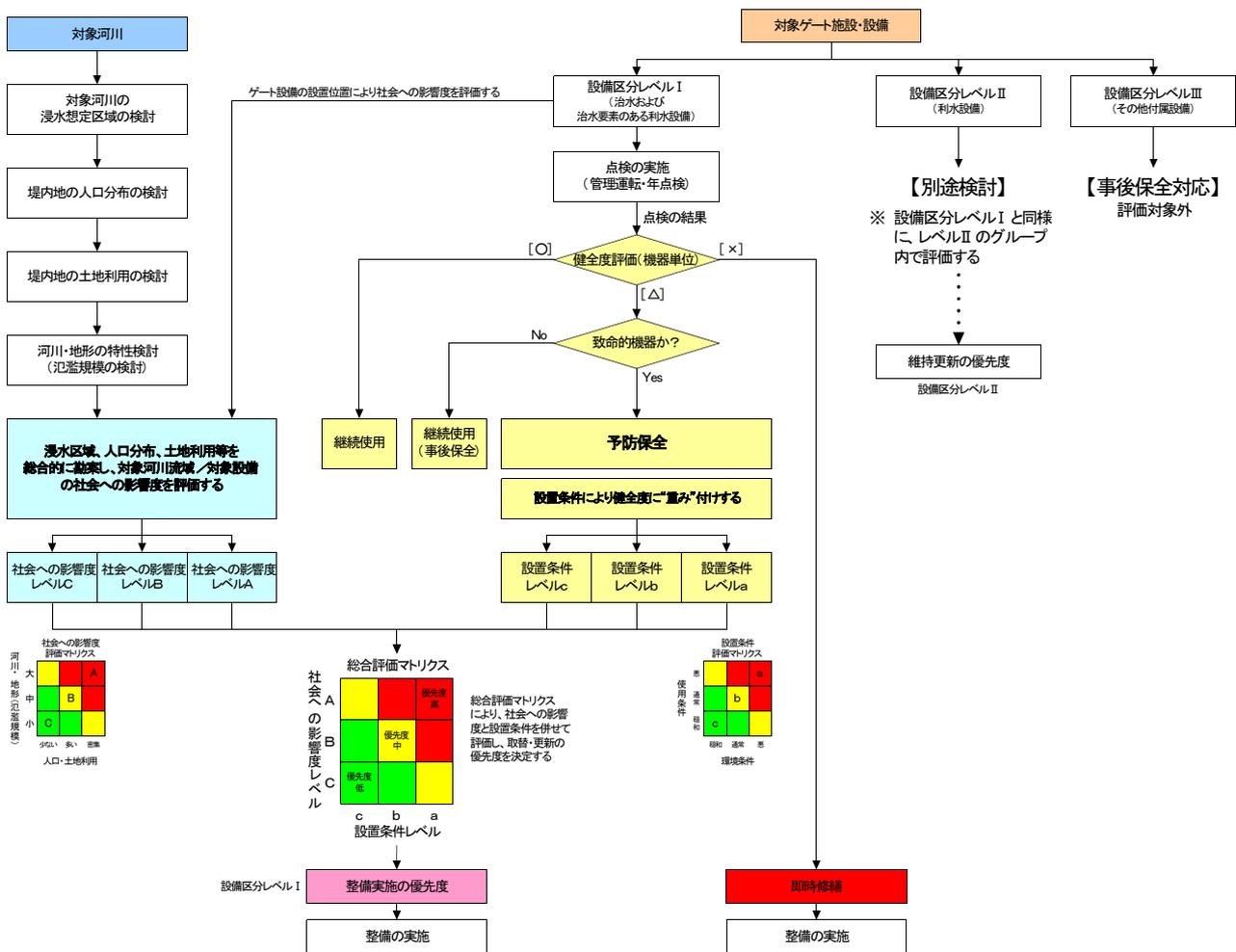


図-10 整備実施優先度評価の組立と手順例

6. おわりに

平成19年度に、全国の直轄河川用ゲート設備やポンプ設備においてマニュアル案を試行しているが、整理されたマニュアルの有効性を検証するとともに試行の結果を受け、より使い易いもの、より実態に即したものとブラッシュアップが必要と考えている。

また、今回提案している標準的な更新・取替年数は、実績データを統計解析して得られた結果であるが、精度の向上のため今後もデータの収集・蓄積を行って行く予定である。