

# 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 山下 功  
 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

老朽化が進行している河川用ゲート設備、揚排水ポンプ設備は、その多くが本川に設置する重要構造物であることから、限られた予算の中で高い信頼性を確保するために、効率的かつ効果的な維持管理を行うことが求められている。

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。

また、本研究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するもので、具体的には、設備の重要度・健全度評価、機能保全のための点検・補修・更新内容や信頼性の検討、設備の評価指標・判断基準の検討を行い、「河川用ゲート設備維持管理マニュアル（仮称）」の作成や「河川ポンプ設備更新検討マニュアル」、「揚排水機場設備点検・整備指針（案）」の改訂とりまとめ等を行うものである。

特に、点検・補修手法については、従来からの、経過年数等による画一的な点検・補修から、設備各機器の振動や騒音、温度等の現況を把握し、故障等の傾向を予測・管理する「傾向管理手法」を検討・導入することにより、効率的な維持管理を実現するものである。

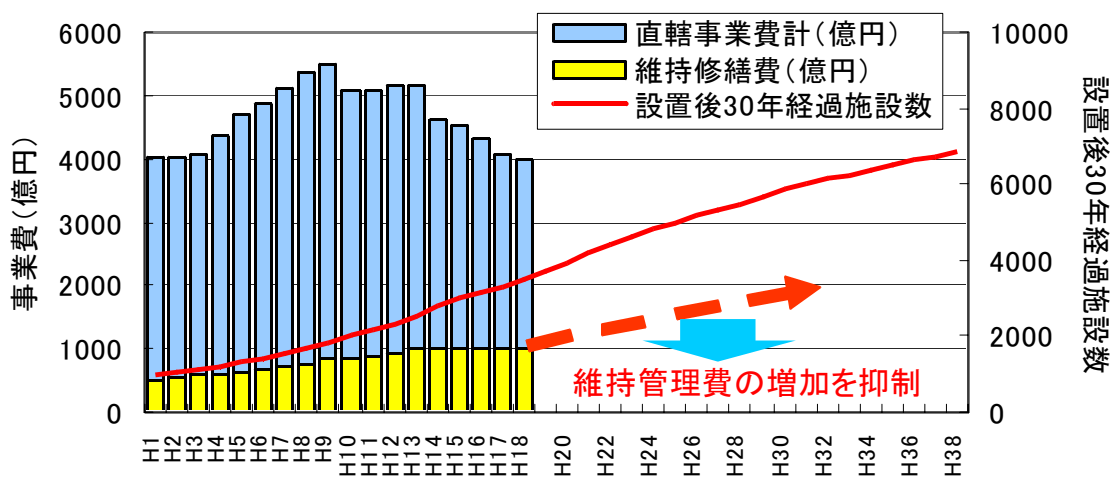


図-1 維持管理費の推移

## 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



写真－1 堰



写真－2 水門



写真－3 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。(図－2)

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。

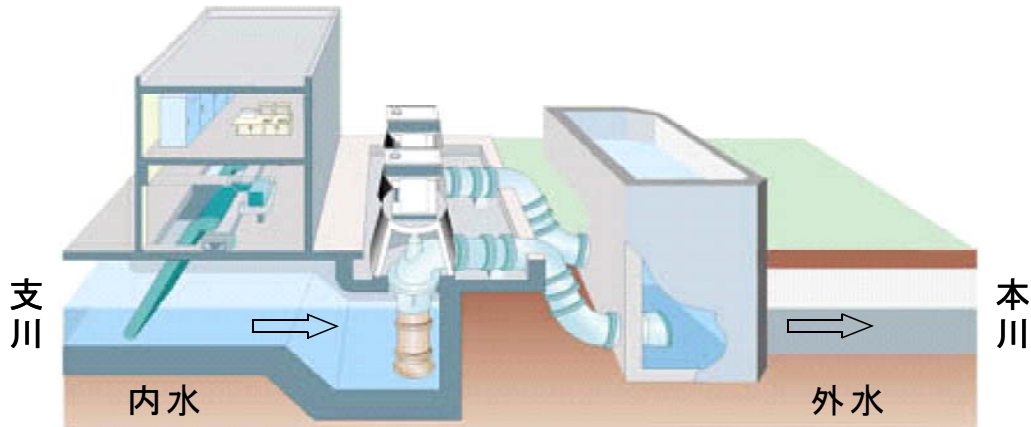


図-2 ポンプ設備の排水状況例

### 3 研究課題

#### 3. 1、設備の実態

全国に設置されている設備は、河川用ゲート設備で約8300箇所、揚排水ポンプ設備は約340箇所あり、設置後30年を経過する設備が10年後には全体の半数近くまで増加する。(図-3, 4)

今後、老朽化設備の増加に伴い、必要な維持管理・更新費用も増加していくことが予想される。

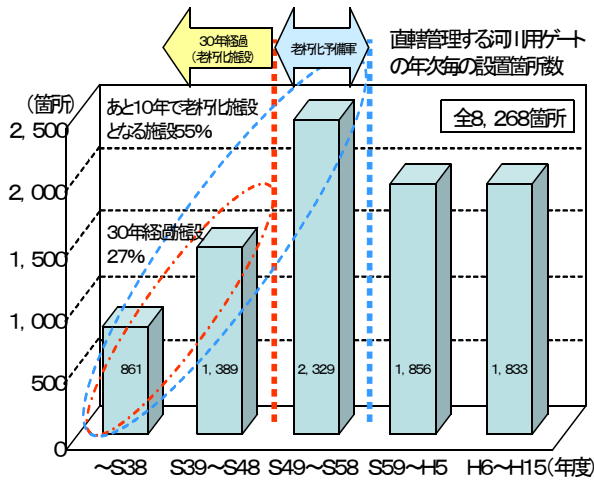


図-3 河川用ゲート設備の実態

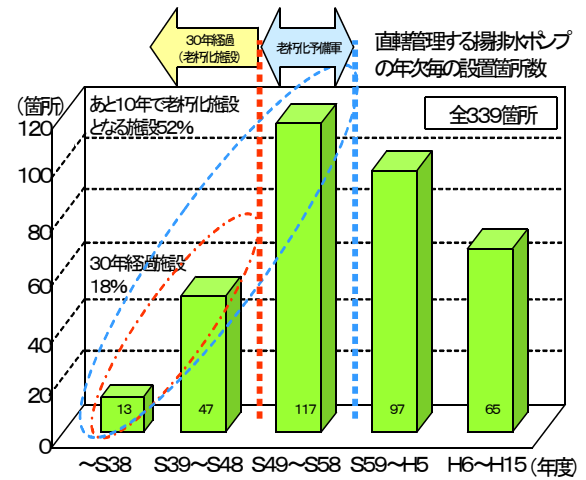


図-4 揚排水ポンプ設備の実態

#### 3. 2、研究を進める上での課題

設備の実態等から以下のような課題が挙げられる。

- これまでの維持管理は、予防保全を主体としており、場合によってはオーバーメンテナンスの可能性もあることから、より効率的な維持管理の実施が必要である。
- 設備の重要度、設置条件、健全度などの評価手法が未確定であり、一部画一的な維持管理・更新となっている場合がみられる。
- 施設管理者、施工者、保守・点検者が果たすべき役割を明確にするなど、適切な維持管理体制に関する検討が必要である。

○施設の整備年次の集中等により、予算措置が困難となる場合も考えられ、対象となる施設に全てが対応できないことが予想される。

#### 4、研究の流れ

河川用ゲート設備、揚排水ポンプ設備については、図-5に示すように設備の管理適正水準評価、機器単位の健全度評価、機能の適合性評価の3項目を柱に研究を進めた。

効率的な維持管理を行う上では、各設備に対してメリハリある対応が必要となる。

そこで、従来、設備の点検結果から整備等の対応策を立案、複数ある設備の優先順位を決定しているが、本研究では、設備の点検結果（健全度）のほかに設備毎の管理適正水準等、機能の適合性を適切に評価し、対応策や優先順位を決定するための検討を行った。

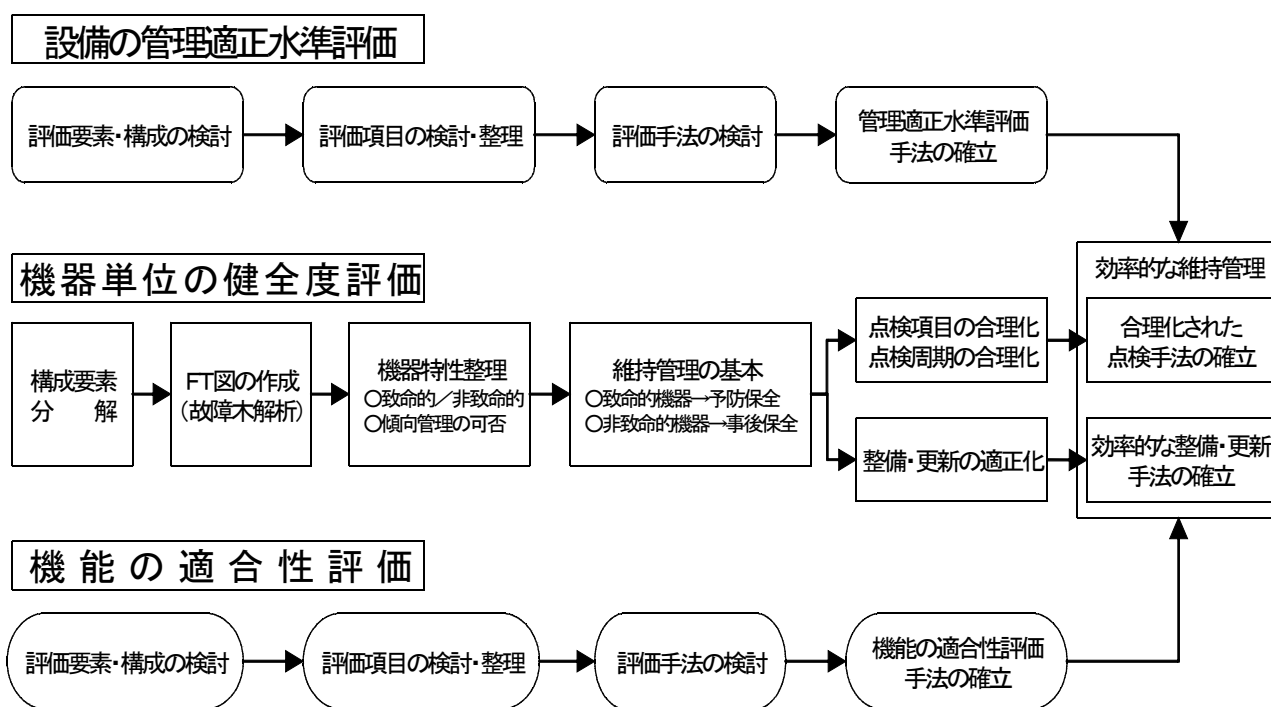


図-5 研究フロー図

#### 5、研究内容

図-5に示す研究フローに基づき具体的な研究を進めることとした。以下に設備の重要度、設置条件・環境等を研究の軸とした具体的な研究内容を紹介する。

##### 5. 1、設備に対するアプローチ（設備の管理適正水準評価）

ゲート設備、ポンプ設備については、置かれている現場の状況によって設備の重要度が異なる。重要度を適切に評価する上では、表-1～3に示すような、設置される設備の目的、現場の背後地の状況、環境条件を考慮する必要がある。

### 5. 1. 1、設置区分

設置区分については、設置されている設備の目的を評価の指標として考えたもので、表－1に示すように国民の生命・財産への影響の度合いから区分を設定した。具体例としては、治水を目的とした設備をレベルⅠとし、利水を目的とした設備をレベルⅡ、維持管理用に扱う設備をレベルⅢとして整理した。

表－1 設備区分

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・財産に影響を及ぼす恐れのある設備
レベルⅡ 中	設備が故障し機能を失った場合、水利用事業者への直接的な影響並びに社会経済活動に影響を及ぼす恐れのある設備
レベルⅢ 低	設備が故障し機能を失った場合、維持管理業務への影響が生じるものの、社会経済活動に影響を及ぼす恐れのない設備

### 5. 1. 2、社会的重要度評価

社会的重要度評価については、設置されている設備の背後地の状況について評価するもので、公共施設、公共交通機関、住宅などの状況によって重要度の考え方を整理した。ただし、地方と都市部では評価の考え方に差異が生じることから表－2に示すように抽象的な整理に留めた。

表－2 社会的重要度評価

社会的 重要度	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

### 5. 1. 3、設置条件評価

設置条件評価については、設置されている設備は環境条件によって設備の劣化進行度合いに差異があることから、対策の度合いによる考え方を整理した。

表－3 設置条件評価

設 置 条 件	内 容
レベルa 高	過酷な設置条件に対して対策を施していない施設
レベルb 中	通常の設置条件に対して対策を施していない施設
レベルc 低	設置条件に対応した対策を施している施設

## 5. 2、機器・部品に対するアプローチ（設備の健全度評価）

従来から行われている点検結果に基づき表－4を整理した。設備に支障が生じてしまっている状態を×、支障は生じていないが将来的に支障が生ずる可能性のあるものを△、異常なしの状態を○として分類、整理を行った。

ここでは、△として評価するものに早急な対応が必要なものから多少時間をおいても許容できる内容まで多岐にわたることから、設備を構成している機器等が設備全体に及ぼす影響度合いとして致命的・非致命的機器の分類をF T解析に基づき整理した。

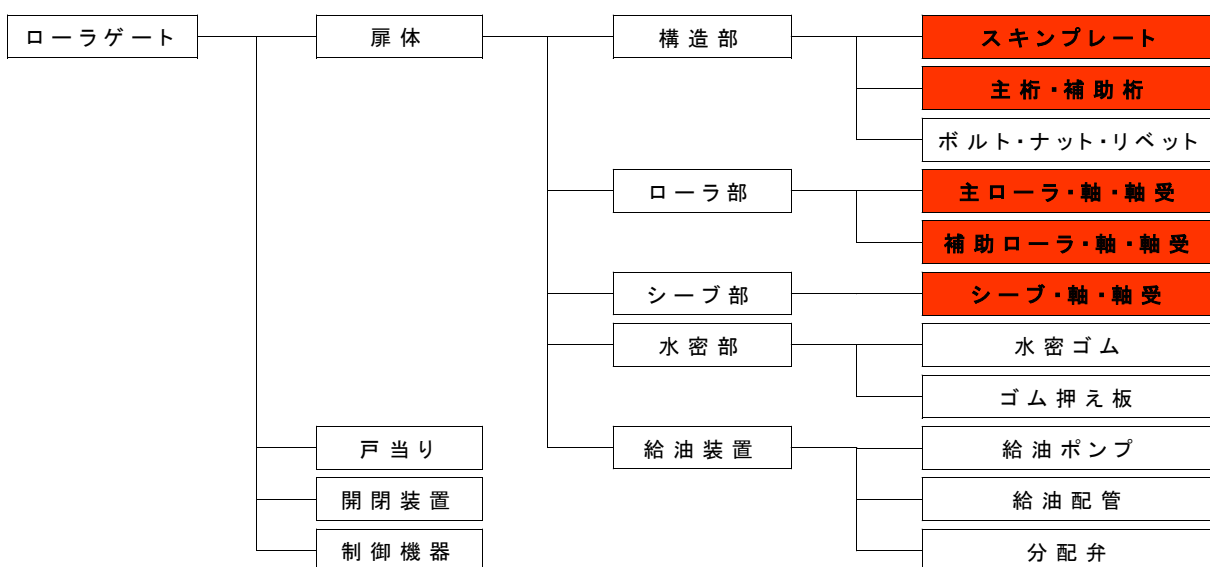
表一４ 点検結果健全度評価

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（整備・更新）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ければ数年内に支障が生じる恐れがある（調整、給油、塗装、場合によっては整備更新が必要である。）
○	異常なし。若しくは、現在は支障が生じていないが、このまま放置すると将来影響が生じる恐れがある（整備、清掃にて対応できるもの）

### 5. 2. 1、構成機器の設備機能への影響度評価（致命的機器の分類）

図一６に示すように設備の構成要素を分解し、F T解析から構成機器の設備機能への影響度評価として致命的機器・非致命的機器の分類を行った。

また、構成機器別の維持管理内容として、点検による状態監視による保全が可能である場合、可能でない場合には時間経過によって計画的に保全する考え方を整理した。特に突発的に発生した不具合や状態監視によって発見した機器等への対応は事後保全対応として整理し、時間経過によって計画的に機器の取替等の対応を行うものを予防保全として整理した。



■ : 設備機能において致命的となるもの

図一６ 構成要素と致命的機器の分類例（ゲート設備）

### 5. 2. 2、効率的な点検手法

課題としても挙げられている、オーバーメンテナンス防止の観点から、図一５に示す流れにより効率的な点検手法の研究を進めた。

研究の基本方針としては、「5. 2. 1」で整理した構成機器に基づき、点検項目の再構築を図るとともに地域特性・自然特性等の考慮、設備区分レベル別の整理、稼働状態別（常用系、待機系設備）の扱い等を整理し、点検周期の合理化検討を進めた。

### 5. 3、その他

効率的な維持管理を進める上では、設備の適合性評価として、社会的耐用限界、機能的耐用限界の評価が必要となる場合がある。

また、維持管理体制の検討については、土木機械設備の継続的な信頼性確保の観点から重要な検討課題となる。

#### 5. 3. 1、社会的耐用限界評価

流出量の増大や背後地資産の増大、水利用状況の変化等、河川領域や沿川環境が建設当初と著しく変化し、設備の目的・能力・機能の見直しが必要と見られる、社会的耐用限界の評価がある。

#### 5. 3. 2、機能的耐用限界評価

設備を構成している機器・部品と整備時に使用する予備品、交換部品などの製造停止に伴う補給困難、現行技術基準との不整合、技術革新に伴う機器等の陳腐化によって機能的に現状設備の維持管理継続が困難となる機能的耐用限界がある。

#### 5. 3. 3、適切な維持管理体制の検討

河川用ゲート設備や排水ポンプ設備は、その機能を失った場合、国民の生命・財産に影響を及ぼす恐れがあり、適切な維持管理体制が必要である。

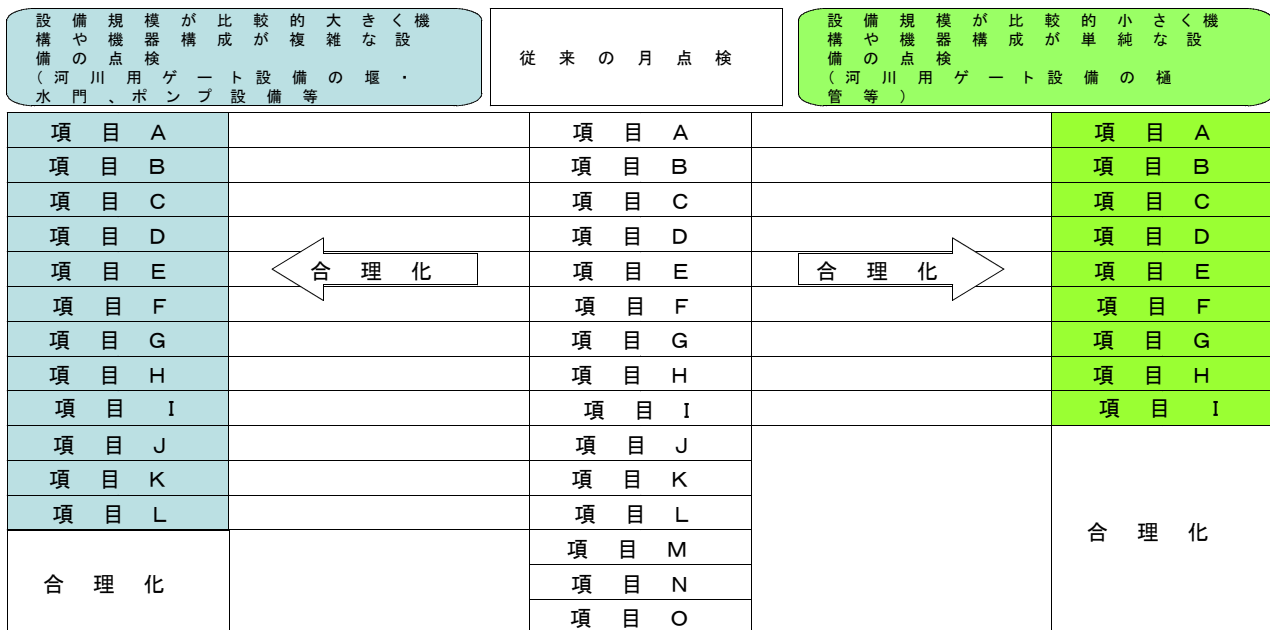
そのため、施設管理者、施工者、保守・点検者が果たすべき役割を明確にし、各々が連携を図りながら維持管理を実施していくことが必要である。また、設備の機能を長年にわたり維持し、信頼性を確保するためには、保守・点検における高度な専門知識や技術力を有することが必要である。

## 6、研究結果（効率的な維持管理）

### 6. 1、効率的な点検

#### 6. 1. 1、点検項目の合理化

点検合理化に関する研究結果として、図-7に示すイメージのように点検項目の合理化を図った。点検項目の合理化については、F T図に基づき整理した機器等の非致命的項目を事後保全対応として整理することによって点検項目から除外した。また、従来の点検項目の中で外観目視及び運転による動作・状況確認にて集約される機器等は、管理運転時における一連の作業の中で確認可能なことから、項目の再整理を行った。



図一七 点検項目合理化のイメージ

### 6. 1. 2、点検周期の合理化

点検周期合理化の基本方針を表一五に示す。年点検では、目視、触診、聴診等だけでなく各種計測による判断を行い傾向管理を実施する必要があること、かつ事後保全対応項目における不具合の確実な検知が必要なこと。さらに点検記録の分析（過去の記録をチェック）により1～3年先の対応が可能となることから、従来どおりの実施体制とした。

月点検については、管理運転による点検へ移行し、研究によって合理化された点検項目に基づき確認を行うことで従前と同様の信頼性を確保することとした。

表一五 点検周期合理化の基本方針

従来の点検		基本方針	
年点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>○年点検は毎年1回適切な時期に行う</li> <li>○一般的には毎年1回、出水期前に実施することが望ましい</li> <li>○積雪地域では、出水期前は積雪期から融雪出水時期・かんがい期へと続くため、出水期から非出水期への移行期などに実施されることが多い。</li> </ul>	年点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>○現状どおりとする(管理運転を含む)</li> <li>○年点検では、目視、触診等のみならず各種計測による判断を行い傾向管理を実施する必要があること、かつ事後保全対応項目における不具合の確実な検知が必要なことから従来どおり実施する。</li> </ul>
月点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>○出水期間中原則として月1回実施する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・施設の目的や設備の使用状況などを考慮して回数を増減する。</li> <li>・非出水期中には、設備の機能維持を目的として、2～3ヶ月に1回実施する。(ポンプ設備)</li> </ul> </li> <li>○樋門用ゲート等で非出水期に月点検を省略しても当該設備の機能確保に大きな支障を生じないもの、あるいは積雪寒冷地域の積雪期間などのように設備の直接的な点検が不可能な場合については、施設全体の巡視(見回り点検)で兼ねることができる。(ゲート設備)</li> </ul>	管理運転	<ul style="list-style-type: none"> <li>○管理運転は、出水期 1回/月、非出水期1回/2～3ヶ月が基本(ポンプ設備のみ)</li> <li>○目的・状況により回数の増減が可能。</li> </ul>



月点検（管理運転）の周期に関しては、現状の維持管理に関わる基準等では、設備の重要度に関係なく一律の点検頻度となっていることから、現状の点検周期（1ヶ月）は、治水設備の設備区分レベルⅠに適用することを基本とし、設備の目的状況による適正頻度を設定することとした。

なお、設備区分レベルⅡに要求される信頼度は、その機能・目的からレベルⅠよりは低いと考えられる。よって点検周期をレベルⅠより延長して信頼度の整合を取ることが可能であると判断した。しかし、このような試みは過去に事例が少なく、レベルⅡがレベルⅠに比してどれほど要求される信頼度が低いのか明確な根拠をもって言うことは難しい。

類似の研究事例である「機械設備保全手法合理化検討業務報告書」（水資源開発公団平成15年3月（現：独立行政法人水資源機構））によると、レベルⅠの90%の信頼度を得られる程度の暫定保全周期を設定し、設備を運用し、運用後における故障データのフィードバックにより、暫定周期・信頼度の妥当性を再度検討することとしている。本研究においてもこの考え方を参考に、レベルⅡについてはレベルⅠの2倍の点検周期を採用した。

点検の体制は、基本方針に基づき実施するが、個別具体的な現場での管理運転の周期、実施者については、設備の規模、機構、機器構成、設備区分、地域特性等を勘案し、各現場において決定するとともに不具合に対する速やかな事後保全への対応体制（専門技術者による緊急対応）を図るものとする。

表一6 目的・状況による維持管理頻度の考え方

項 目	区 分		考 え 方
設備区分レベル	レベルⅠ	治水設備、治水機能を有する利水設備	・基本方針通りとする。
	レベルⅡ	治水機能を有しない利水設備	・基本方針の2倍に延長可能なものとする。
	レベルⅢ	その他の設備	・管理運転対象外とする。
常用系設備	日常的に稼働している設備		・運転時点検の実施により対応する ただし、運転時点検項目が管理運転項目を満たしていない場合、点検周期のタイミング（1回/月）で管理運転項目の点検を実施する。

補足) 1. 実施体制として、別途、不具合に対する速やかな事後保全対応体制を確保すること。  
2. その他、使用特性として、1ヶ月単位で管理運転ができない設備については、設備毎に条件を整理し、可能な点検周期をそれぞれ設定するものとする。

## 6. 2、効率的な整備

設備の構成要素から致命的・非致命的な機器等の整理を行い、致命的機器等については予防保全、非致命的機器等については事後保全対応を基本として整理してきた。

予防保全対応とした機器等のうち傾向管理（点検時等に機器の状態確認のできるもの）が可能なものは点検時に劣化の進行状況に応じて対処するものとした。また、傾向管理が不可能なものについて定期的な整備、機器等の取替、更新に関して具体的な時間計画によって保全を行うものとする。

例えば、目視確認のできる水密ゴム、塗装の状況等は、傾向管理が可能であることが

ら進行状況に応じた対応となる。ポンプ設備の主ポンプ内のパッキンなどのように分解をしなければ確認のできない機器等については、定期的な整備間隔を設け、時間計画的な取替によって適切な維持管理が図れる。

表一七 整備・更新への対応

健全度 評価	致命的 機器	故障 予知	整備・更新等の内容
× 緊急に対応 が必要	○ 該当	○ 可能	事後保全(緊急対応)
	○ 該当	× 不可	
	× 該当せず	○ 可能	
	× 該当せず	× 不可	
△ 対応が必要	○ 該当	○ 可能	状態監視(傾向管理)を継続、状態の悪化により更新する
	○ 該当	× 不可	故障予知が不可能であるため早期に対応する必要がある。更新(取替)時期を超過している場合は即時対応する。
	× 該当せず	○ 可能	通常の管理を継続 事後保全にて対応
	× 該当せず	× 不可	
○ 異常なし 整備で対応	○ 該当	○ 可能	通常の管理を継続 状態監視(傾向管理)を継続する。
	○ 該当	× 不可	通常の管理を継続 更新(取替)時期となった場合に対応
	× 該当せず	○ 可能	通常の管理を継続 事後保全にて対応
	× 該当せず	× 不可	

### 6. 3、適切な維持管理体制

河川用ゲート設備や排水ポンプ設備は、機能を失った場合、国民の生命・財産に影響を及ぼす恐れがあり、設備の信頼性を継続的に維持し、適切な維持管理を実施するには、施設管理者、施工者、保守・点検者の連携が重要となる。

特に保守・点検者は、河川用ゲート設備や排水ポンプ設備の構成を理解すると共に、構成要素の状況を的確に察知する技術力、設備全体に照らして所要の措置を提案・遂行できる技術力を有することが求められる。また、技術力を保持するためには、過去の実績で得た経験、情報等が継承されることが必要である。

## 7、今後の課題

効率的な維持管理を進める上で、本研究結果に基づき現場での検証・評価を行う必要がある。

### 7. 1、効率的な点検手法の課題

点検については、現在、各地方整備局、北海道開発局管内の現場を対象に試行を実施しており、点検項目の検証、維持管理コスト等の検証を進めている。

### 7. 2、整備に関する課題

今後増大する維持管理費を抑制するために、計画的な整備は、重要なものとなる。そのためには、点検結果より設備の適切な診断を行うことや設備構成機器等の適切な取替時期、耐用年数を現場の実態を踏まえて具体的に整理する必要がある。

また、維持管理コスト縮減のための方策を体系化し、設備全体にかかる維持管理を平準的に低減していく事が必要となる。