

参考資料Ⅳ

処理場・ポンプ場施設のストックマネジメント

参考資料Ⅳ 処理場・ポンプ場施設のストックマネジメント

目 次

第1章 点検・調査及び改築・修繕の基本事項	1
第1節 基本的な考え方	1
1.1 スtockマネジメントの基本的考え方と実施フロー	1
第2節 導入準備	4
1.2 導入スケジュール及び導入体制の検討	4
第3節 施設情報の収集・整理	5
1.3 施設情報の収集・整理	5
第4節 施設管理の目標設定	8
1.4 施設管理の目標設定	8
第5節 リスクの検討	10
1.5.1 基本的な考え方	10
1.5.2 リスクの特定	11
1.5.3 被害規模（影響度）の検討	12
1.5.4 発生確率（不具合の起こりやすさ）の検討	17
1.5.5 リスクの評価	26
第2章 点検・調査計画の策定	32
第1節 管理方法の選定	32
2.1 管理方法の選定	32
第2節 長期点検・調査計画の検討	35
2.2 長期点検・調査計画の検討	35
第3節 短期点検・調査計画の検討	37
2.3.1 基本的な考え方と実施フロー	37
2.3.2 点検・調査単位の検討	40
2.3.3 点検・調査方法の検討	41
2.3.4 点検・調査項目の検討	42
2.3.5 点検・調査基準の検討	45
2.3.6 点検・調査時期の検討	52
2.3.7 短期点検・調査計画のとりまとめ	54
第3章 点検・調査の実行	55
第1節 点検・調査の実行	55
3.1 点検・調査の実行	55

第4章 改築・修繕計画の策定	56
第1節 長期改築・修繕計画の策定	56
4.1 長期改築・修繕計画の策定	56
第2節 短期改築・修繕計画の策定	66
4.2.1 基本的な考え方と検討フロー	66
4.2.2 改築対象設備の選定	68
4.2.3 長寿命化対策検討対象設備の選定	69
4.2.4 対策の検討	70
4.2.5 短期改築・修繕計画のとりまとめ	82
第5章 改築・修繕計画の実行	82
第1節 改築・修繕計画の実行	82
5.1 改築・修繕計画の実行	82
第6章 評価と見直し	83
第1節 評価と見直し	83
6.1 評価と見直し	83
第7章 施設情報システムの構築と活用	84
第1節 施設情報システムの蓄積・活用	84
7.1 施設情報システムの蓄積・活用	84

第1章 点検・調査及び改築・修繕の基本事項

第1節 基本的な考え方

1.1 スtockマネジメントの基本的考え方と実施フロー

ストックマネジメントに基づく予防保全型の施設管理を実現するため、明確かつ具体的な施設管理の目標を設定し、リスク検討に基づく点検・調査計画及び改築・修繕計画を策定する。また、これらの計画を実行し、評価、見直しを行うとともに、施設情報を蓄積し、ストックマネジメントの精度向上を図る。

【解 説】

ストックマネジメントに基づく予防保全型の施設管理を実現するため、明確かつ具体的な施設管理の目標を設定し、リスク検討に基づく点検・調査計画及び改築・修繕計画を策定する。また、これらの計画を実行し、評価、見直しを行うとともに、施設情報を蓄積し、ストックマネジメントの精度向上を図る。

ストックマネジメントの実施フローを図 1.1 に示す。

①導入準備

ストックマネジメントの導入の前段階として、導入スケジュール及び導入体制の検討を行う。

②施設情報の収集・整理

施設管理の目標設定、点検・調査及び改築・修繕計画の策定に必要な情報を収集・整理する。

③施設管理の目標設定

各施設の点検・調査及び改築・修繕に関する事業の目標（アウトカム）及び事業量の目標（アウトプット）を設定する。

④リスクの検討

点検・調査及び改築・修繕の優先順位等を設定するために、リスクを特定し、被害規模（影響度）及び発生確率（不具合の起こりやすさ）を検討し、リスク評価を行う。

⑤点検・調査計画の策定

施設の状態を適切に把握し、施設の機能維持及び使用年数の延伸（ライフサイクルコストの縮減）などに寄与する計画を策定・実行する。策定にあたっては、以下の事項を検討する。

・管理方法の選定

各施設の特性及び影響度等に基づき、管理方法（状態監視保全、時間計画保全、事後保全）を選定する。

・点検・調査計画の策定

リスク評価、管理方法、施設の特性に基づき、長期的な点検・調査工程（対象施設・実施時期）及び概算費用をとりまとめた「長期点検・調査計画」と点検・調査単位・方法、点検・調査項目・基準、点検・調査時期及び概算費用をとりまとめた「短期点検・調査計画」を策定する。

⑥点検・調査計画の実行

点検・調査計画に基づいて、施設の点検・調査を実施するとともに、点検・調査の実施に伴い、新たに得られた情報を蓄積し、その後の施設管理に活用する。

⑦改築・修繕計画の策定

リスク評価に基づき、長期的な改築・修繕工程（対象施設・実施時期）及び概算費用をとりまとめた「長期改築・修繕計画」と短期改築・修繕対象施設に対して、ライフサイクルコストの最小化の観点から、改築・修繕の具体的な対策方法を選定し、リスク評価に基づく改築・修繕の優先順位を設定し、「短期改築・修繕計画」を策定する。

⑧改築・修繕計画の実行

改築・修繕計画に基づいて、施設の改築・修繕工事を実施するとともに、改築・修繕工事の実施に伴い、新たに得られた情報を蓄積し、その後の施設管理に活用する。

⑨評価と見直し

施設の点検・調査及び改築・修繕工事等の事業実施により新たに得られた実績値と、目標や計画値を比較し、両者の乖離が見られた場合には、必要に応じて計画或いは目標の見直しを行う。

⑩施設情報システムの構築・活用

ストックマネジメントの精度向上を図るためには、点検・調査や改築・修繕等で新たに得られた情報を継続的に蓄積・活用することが重要であり、この情報を効率的に活用するために、施設情報システム（データベース）を構築することが有効である。

なお、下水道事業開始後、相当の年数が経過し、経年劣化による改築・修繕の必要性が高い施設が多い地方公共団体においては、リスクと改築事業量のバランスを考慮して、優先的に改築・修繕すべき範囲を検討して、まずはその範囲から点検・調査及び改築・修繕計画の策定・実行を行うこともできる。

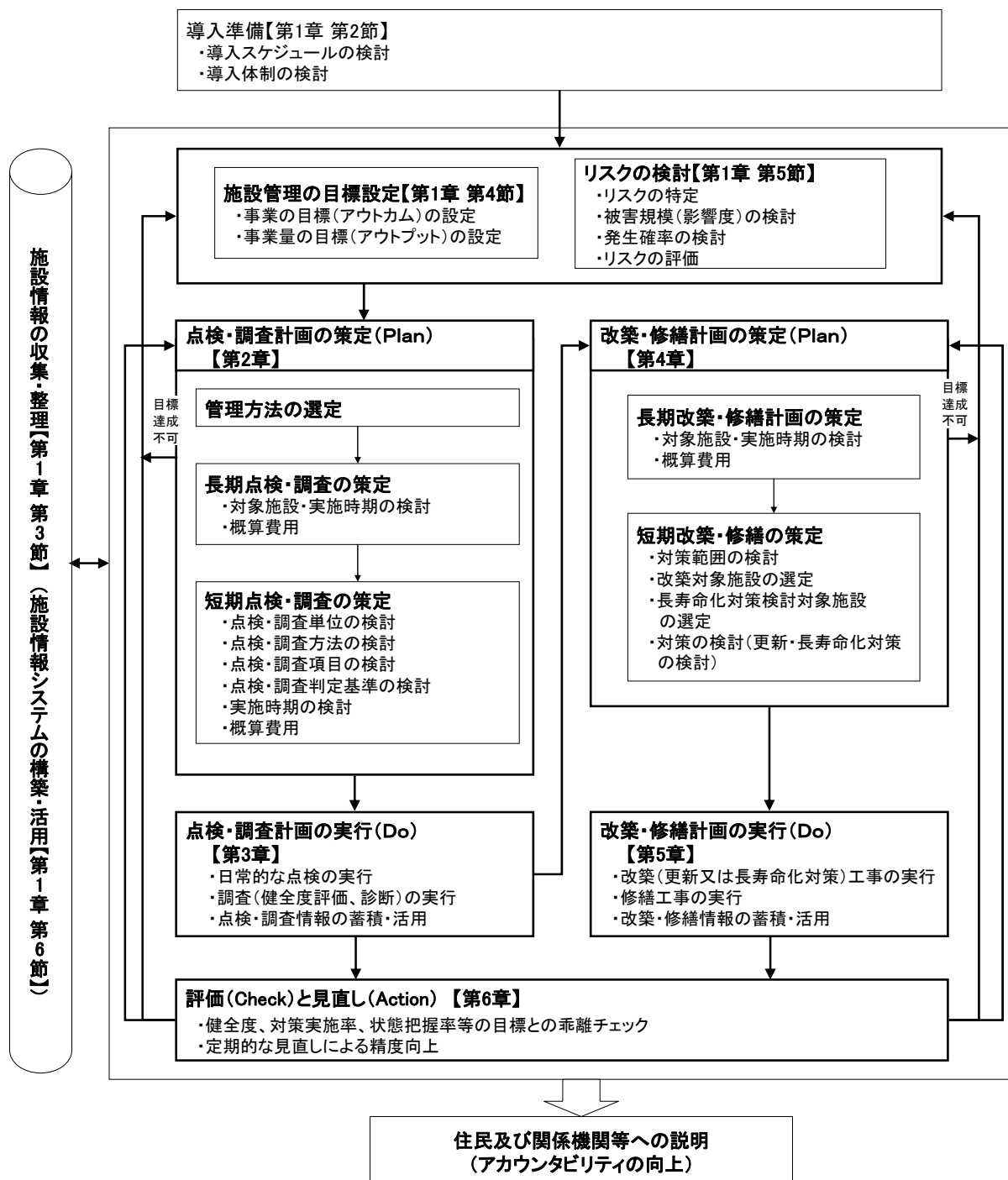


図 1.1 スtockマネジメントの実施フロー

第2節 導入準備

1.2 導入スケジュール及び導入体制の検討

ストックマネジメントの導入の前段階として、導入スケジュール及び導入体制を検討する。

【解 説】

(1) 導入スケジュールの検討

導入に向けて必要な検討項目の内容、情報の整備のための時間等を考慮し、現実的なスケジュールを検討する。具体的な導入スケジュールの例を表 1.1 に示す。

なお、導入スケジュールの検討にあたっては、各地方公共団体の状況を踏まえて、導入期間や作業の優先順位等を検討することが有効である。

表 1.1 スtockマネジメント導入までに必要な検討事項とスケジュールの例

	ストックマネジメント導入のための主な取組	スケジュールのイメージ		
	導入準備			
1.	導入スケジュール及び導入体制の検討	■		
	導入準備後（計画策定）			
2.	基本情報の収集・整理	■		
3.	点検・調査及び改築・修繕に関する目標の設定		■	
4.	点検・調査計画の策定		■	■
5.	改築・修繕計画の策定		■	■
	参考：その他			
	（設備・下水道台帳・資産台帳の整備）	■		
	（企業会計移行）			

(2) 導入体制の検討

ストックマネジメントを導入するにあたり、検討項目の難易度に応じた技術者、検討量・情報量に応じた人員を確保し、誰が、いつまでに、何を、どのように実施するかが明確となるように、役割分担を決めるなどして、導入体制を構築する必要がある。導入体制の構築に際しては、急な組織変更は難しいので、現状の組織に基づくことを基本とする。その際、各地方公共団体の人員体制を加味し、外部からの調達も含めて検討することが有効である。

また、効率的に導入を進めるためにも、実務担当者レベルにまで役割分担を明確にしておくことが望ましい。

第3節 施設情報の収集・整理

1.3 施設情報の収集・整理

施設管理の目標設定、点検・調査計画及び改築・修繕計画の検討に必要な施設情報を収集・整理する。

【解 説】

(1) 施設情報の収集・整理

施設管理の目標設定、点検・調査計画及び改築・修繕計画の検討に必要な「上位計画」、「関連計画」、「諸元」、「リスク」、「点検・調査」、「改築・修繕」に関する施設情報を収集・整理する。

【上位計画及び関連計画に関する情報】：施設管理の方向性を決めるための情報

- ・ 地方公共団体のビジョン、地域の将来計画等
- ・ 下水道ビジョンや中期経営計画等
- ・ 全体計画、事業計画（計画流入水量等の各諸元、計画能力の確認）
- ・ 各処理場・ポンプ場施設の流入水量予測資料（中期必要能力の確認）
- ・ 地震・津波対策計画（耐震補強計画の確認）
- ・ 浸水対策計画（必要能力の確認）
- ・ 地球温暖化対策計画（温室効果ガス削減対策の確認）
- ・ 合流式下水道改善計画（合流改善対策の確認）
- ・ 高度処理計画（処理場の高度処理計画の確認）

【諸元に関する情報】：全ての情報の基礎となる情報

処理場・ポンプ場施設は、設備¹が多種多様で、かつ、膨大に存在する。これらの施設情報を効率的・効果的に整理するためには、表 1.2 に示すような機能、系列、種類等で分類・階層化して整理することが有効である。分類・階層化にあたっては、改築通知の別表が参考となる。

- ・ 名称
- ・ 設置場所（汚泥処理棟-地下1階）
- ・ 取得年度
- ・ 構造・仕様
- ・ 規模・能力
- ・ 部品構成・主要部品（必要に応じて）

¹設備：機械設備、電気設備、土木・建築施設を含む。

表 1.2 分類・階層（例）

分類・階層			
大分類	中分類	系列・号機	小分類
沈砂池設備	スクリーンかす設備	1 系 スクリーンかす設備	スクリーン 自動除塵機 現場盤
		2 系 スクリーンかす設備	スクリーン 自動除塵機 現場盤
		共通	コンベヤ ホッパ
	汚水沈砂設備	1 系 汚水沈砂設備	沈砂かき揚げ機 現場盤
		2 系 汚水沈砂設備	沈砂かき揚げ機 現場盤
		共通	コンベヤ ホッパ
	土木施設	1 系沈砂水路	鉄筋コンクリート 内部防食
		2 系沈砂水路	鉄筋コンクリート 内部防食

【リスクに関する情報】：被害規模と発生確率を把握・評価するための情報

- ・ 発生確率（不具合の起こりやすさ）の検討に必要な情報（経過年数、健全度等）
- ・ 被害規模（影響度）の検討に必要な情報（処理機能・能力、コスト等）

【点検・調査に関する情報】：劣化状況を把握・評価するための情報

- ・ 故障履歴（故障日、故障内容、対策方法等）
- ・ 修繕履歴（修繕日、修繕内容等）
- ・ 点検履歴（点検日、点検内容、点検結果等）
- ・ 調査履歴（調査日、調査内容、調査方法、調査結果等）
- ・ 調査費用

【改築・修繕に関する情報】：対策費用の把握及び性能把握・評価のための情報

- ・ 更新履歴（更新年数、更新費用、更新方法、更新理由等）
- ・ 修繕費用（主要部品の取替費用含む）
- ・ 耐用年数（標準耐用年数、処分制限期間²等）
- ・ 設備の運転履歴（運転時間、運転性能等）
- ・ 水質履歴（流入水量、各水質項目情報等）
- ・ 廃棄物処分情報
- ・ ユーティリティ情報（電気、水道、薬品等）

² 「補助金等に係る予算の執行の適正化に関する法律施行令」（昭和 30 年政令第 255 号。以下「適化法」という）第 14 条の規定に基づき国土交通大臣が定める期間

(2) 段階的な情報の整理

ストックマネジメントは、PDCA（Plan-Do-Check-Action）サイクルを実施して、精度向上を図るものである。そのため、上述のデータを全て整理してから実施するのではなく、例えば、諸元に関する情報と上位計画及び関連計画に関する情報等の限られた情報を整理することから始め、PDCAサイクルの実践により、段階的に情報の蓄積・整理を図っていくことが有効である。

不足するデータについては、他都市の事例やメーカーヒアリング等外部情報を活用して点検・調査計画及び改築・修繕計画を策定する方法が考えられるが、対象設備の維持管理状態や設置環境等を把握し、参考とする他都市事例等との類似性など適用条件について留意する必要がある。

第4節 施設管理の目標設定

1.4 施設管理の目標設定

下水道施設の点検・調査及び改築・修繕に関する事業の効果目標（アウトカム）及び事業量の目標（アウトプット）を設定する。

アウトカムとは、下水道施設の点検・調査及び改築修繕に関する事業の実施によって得られる効果を定量化した目標を指す。

アウトプットとは、アウトカムを達成するための具体的な事業量の目標を指す。

【解 説】

施設管理に関する目標を設定する意義は以下のとおりである。

- 1) 目標を設定することにより、管理者から現場の職員に至るまで、施設管理の方向性（目的）を共有することができる。
- 2) 目標の達成状況を評価することにより、今後の施設管理の方向性を改善することや、アカウンタビリティが向上し住民との相互理解に役立つ。

施設管理に関する目標としては、長期的な視点に立って目指すべき方向性及びその効果の目標値（アウトカム）とアウトカムを実現するための具体的な事業量の目標値（アウトプット）を設定する必要がある。

アウトカムは、以下の項目を勘案して設定する。

- 1) 法令や行政目標、上位計画、関連計画等との整合

法令の遵守や、当該地方公共団体の行政目標や上位計画（地方公共団体全体のビジョン、地域の将来計画等）及び関連計画（全体計画、事業計画、浸水対策計画、地震・津波対策計画等）等を踏まえて、設定することが重要である。

- 2) 当該地方公共団体の下水道事業の特徴

他の地方公共団体の状況等を参考にしつつ、事業の進捗状況や主要施策等各地方公共団体の特徴を十分に勘案して設定する。

- 3) 目標達成期間

計画策定及び進捗状況評価のために、目標達成期間を設定する。

アウトプットは、アウトカムを実現するために下水道管理者が施設を管理するうえで利用しやすい事業量の目標とする。点検・調査計画及び改築修繕計画について検討しなければ定めることが困難な場合は、仮定的な前提条件として設定し、各計画の検討後に再検証し、精度向上を図る。

表 1.3 点検・調査及び改築・修繕に関する目標(アウトカム及びアウトプット)の設定(例)

点検・調査及び改築・修繕に関する目標 (アウトカム)				設備の事業量の目標 (アウトプット)		
項目		目標値	達成 期間	項目	目標値	達成期間 (中間年)
安全の確保	床上浸水被害発生 の削減	床上浸水被害発生件 数 0 件/年	20 年	雨水整備率	雨水ポンプの設置・更新 4 台/5 年	20 年
サービスレベ ルの確保	安定的な下 水処理 の持続	施設の健全度 健全 度 2 以下の設備 20%以下	20 年	主要設備の改築	改築設備数 5 件/年	20 年
	環境にやさし い下水道	地球温暖化ガスの削 減 20%相当以上	20 年	高効率設備の導入	消費電力 20%以上削減	20 年
ライフサイクル コストの低減	ライフサイク ルコスト の低減	状態監視保全設備の 目標耐用年数を現在 の 1.2 倍とする	20 年	定期的な点検・調査・による 劣化の早期発見・早期対応 による延命化	調査間隔の見直し 10 年→5 年間隔	20 年

第5節 リスクの検討

1.5.1 基本的な考え方

効率的・効果的なストックマネジメントを実践していくためには、「リスクマネジメント」の視点を持って計画を策定・実行する必要がある。

リスクの検討は、点検・調査及び改築・修繕の優先順位等を設定するために行う。リスクの検討にあたっては必ずしも厳密な数値の算定による必要はなく、現実的で理解しやすい指標を立てて、関係者の合意を得て決定することが重要である。

【解 説】

処理場・ポンプ場施設のストック量は膨大である。そのため、全ての設備を平等に点検・調査することは、労力的にも、時間的にも、費用的にも困難である。そのため、限られた条件のもとで、効率的・効果的にストックマネジメントを実践するためには、リスク評価による優先順位付けを行いつつ、制約条件（予算、組織体制等）を勘案し、適切な対策手法を組み合わせ全体最適化を図り、点検・調査及び改築・修繕計画を策定・実行することが合理的である。

リスクは、「その事象が顕在化すると、好ましくない影響が発生する」と「その事象がいつ顕在化するかが明らかではない」という性質を持っている。（JIS Q 31000 リスクマネジメントー原則及び指針より）

従って、どのような事象が、どのような被害（影響）を与えるか、その可能性はどれくらいかを評価し、コントロール（点検・調査及び改築・修繕の優先度等への活用）する必要がある。

以上のことから、リスクの大きさは、「好ましくない事象の被害規模」と「好ましくない事象の発生確率」の積とし、その検討手順は、以下のとおりである。

①リスクの特定

処理場・ポンプ場施設にとって好ましくない事象を洗い出し、特定する

②被害規模（影響度）の検討

リスクの被害規模或いは影響度合を算定する

③発生確率（不具合の起こりやすさ）の検討

リスクの発生確率を算定する

④リスクの評価

リスクの重要性を評価する

1.5.2 リスクの特定

リスクの発見・特定は、組織、関係者又は組織活動に損害を与えると懸念される、組織にとって好ましくない事象、又はそれらをもたらす原因事象などを組織的、日常的、網羅的に洗い出し、特定する作業である。

【解 説】

下水道施設におけるリスクとしては、地震、風水害あるいは経済状況等、下水道事業者の自己の意思によらない受動的なリスクと、設備の劣化に起因する事故や、機能低下・停止による下水道使用者への使用制限・中止、設備の誤操作による公共用水域の水質汚染等、下水道事業者側に起因して発生するリスクがある。

下水道事業者側に起因して発生するリスクの例を表 1.4 に示す。この内、点検・調査及び改築・修繕で主に対応するリスクは、設備の劣化に起因する設備の事故・故障による被害とする。

表 1.4 下水道における環境へのリスク（例）

項目	事象	リスク(事象発生による環境影響)
ポンプ場施設	停電・施設故障による機能停止	・ <u>下水のいつ水</u>
	燃料貯留槽の破損	・ 燃料流出による火災 ・ 土壌、地下水の汚染 ・ 水域の水質汚染
処理場施設	有害物質の流入による活性汚泥等の死滅	・ 放流水による公共用水域の水質汚染 ・ 下水道利用者への使用中止
	薬品等の散逸、流出	・ 放流水による公共用水域の水質汚染 ・ 人への健康障害 ・ 動植物への影響
	焼却設備等からのダイオキシン類等有害物質の排出	・ 大気汚染、水質汚染 ・ 人への健康障害 ・ 動植物への影響
	停電・施設故障による機能停止	・ <u>放流水による公共用水域の水質汚染</u> ・ <u>下水道使用者への使用中止</u>

出典：下水道維持管理指針（前編）2003年版、（社）日本下水道協会、P.6

網掛け：点検・調査及び改築・修繕で主に対応するリスク

1.5.3 被害規模（影響度）の検討

被害規模は、事故や設備の機能低下・故障停止に対する影響の度合いや被害量を定量的に評価する方法を検討する。

【解 説】

故障や劣化により、各設備に機能低下・停止等の不具合が発生した場合の影響としては、表 1.5 に示すように、自然環境や生活・労働環境等、環境への影響と下水道利用者への影響が考えられる。

表 1.5 影響を受ける事象と影響度評価項目・考え方（案）

影響を受ける事象		影響度評価の項目と考え方
項目	内容	
公共用水域への影響	水質汚染	【機能面】：設備の各機能の役割を評価する 設備の各機能において、不具合が発生した場合、事象に与える影響の大きい土木・建築・設備
生活環境への影響	大気汚染 下水のいっ水	
生活環境及び施設内労働環境への影響	騒音・悪臭の発生	
使用者への影響	下水道施設の使用制限・中止	【能力】：設備の各系列の能力を評価する 全体の処理能力に対する 1 系列の処理能力が占める割合
	ライフサイクルコストの増加に伴う下水道使用料金の値上げ	【コスト】：取得価格が高い土木・建築・設備

被害規模（影響度）の評価にあたっては、各設備に対して、「機能面」、「能力面」、「コスト面」を検討する。

被害規模の設定は、以下に示す方法が考えられ、対象設備の情報蓄積状況等から選択する。

- ① 【機能面の評価】：災害復旧時に、段階的に求められる処理機能より影響度を評価する方法
- ② 【コスト面の評価】：各設備の改築費用より影響度を評価する方法
- ③ 【機能面・能力面・コスト面の総合評価】：機能面、能力面、コスト面を総合的・定量的に影響度を評価する方法

$$\text{影響度} = a \times \text{「機能面」} + b \times \text{「能力面」} + c \times \text{「コスト面」}$$

※ a、b、c は、各評価項目の重み係数（簡易的に全て 1 とすることも可能である）

(1) 【機能面の評価】（災害復旧時に、段階的に求められる処理機能より影響度を評価する方法）

機能面の評価は、“安全性への影響度”の側面から、各設備の機能的役割（沈砂池設備、ポンプ設備、最初沈殿池設備等）を比較し、どの機能が重要かを評価する。機能面については、図 1.2 に示すようにまとめた機能で評価する。

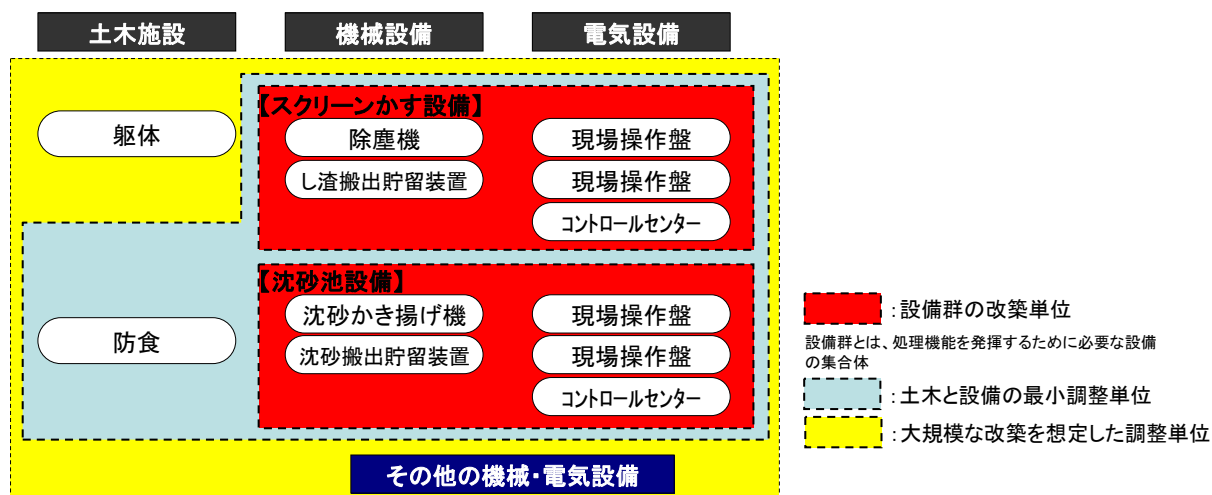


図 1.2 評価ユニット設定（例）

1) 災害時の段階的復旧機能レベルを利用した評価方法

「第 2 次提言 段階的応急復旧のあり方（平成 23 年 6 月）」では、下水道施設の復旧時の基本的な考え方が整理されており、表 1.6 に示す地震発生直後から対応する緊急措置→応急復旧→本復旧に求められる処理機能より、機能上の優先順位を評価する。

表 1.6 復旧時に求められる処理機能（例）

項目	緊急措置	応急措置	本復旧
水処理	溢水防止を最優先するための揚水と放流するための消毒機能を復旧する	【被災が軽微で早期に本復旧できる場合】 段階的に処理機能を復旧する 【沈殿＋消毒】	全処理機能を復旧する
		【本復旧まで比較的短期の場合】 段階的に処理機能を復旧する 【沈殿＋消毒→沈殿＋簡易な生物処理＋消毒】	
		【本復旧まで比較的短期の場合】 段階的に処理機能を復旧する 【沈殿＋消毒→生物処理＋沈殿＋消毒】	
		脱水処理及び場外搬出を行う	
汚泥処理	—	脱水処理及び場外搬出を行う	

（参考：「段階的な応急復旧のあり方」一部加筆、下水道地震・津波対策技術委員会）

復旧時に求められる処理機能機能を考慮した影響度評価(例)を、表 1.7 に示す。

表 1.7 処理機能の影響度評価（例）

下水道機能	処理場設備	復旧順位	影響度判定
揚水機能	ポンプ設備	①	4
水処理機能	最初沈殿池設備	②	3
	反応タンク設備	③	2
	最終沈殿池設備	③	2
消毒機能	消毒設備	①	4
汚泥処理機能	汚泥処理設備	④	1

(2) 【コスト面の評価】（各設備の改築費用より影響度を評価する方法）

コスト面の評価は、設備の改築費用を算出し、全体事業費に対する各設備の改築費用が占める割合等により評価する。

表 1.8 設備ごとのコスト面の評価表（例）

番号	大分類	中分類	小分類	機器名称	改築費用	コスト面評価
1	沈砂池設備	スクリーンかす設備	自動除塵機	No.○自動除塵機	●	●／★
2	ポンプ設備	汚水ポンプ設備	ポンプ本体	No.○汚水ポンプ	▲	▲／★
3	水処理設備	最初沈殿池設備	汚泥かき寄せ機	No.○汚泥掻寄機	■	■／★
4	水処理設備	反応タンク設備	散気装置	No.○1散気装置	◆	◆／★
5	水処理設備	最終沈殿池設備	汚泥かき寄せ機	No.○汚泥掻寄機	○	○／★
6	汚泥処理設備	汚泥濃縮設備	汚泥かき寄せ機	No.○濃縮タンク汚泥掻寄機	△	△／★
7	汚泥処理設備	汚泥脱水設備	汚泥脱水機	No.○汚泥脱水機	□	□／★
		⋮				
合計					★	

(3) 【機能面・能力面・コスト面の総合評価】

1) 機能的影響度の検討例（AHP による評価方法）

(1)で示した方法は、災害時の復旧レベルにより簡易的に評価する方法を示したが、それ以外の定量的評価方法としては、AHP（Analytic Hierarchy Process：階層分析法）等がある。

AHP は、1971 年に米国ピッツバーグ大学の T. L. Saaty 博士により提唱された意思決定手法のひとつである。

この手法は、ある問題に対して複数の解決策（代替案）が考えられるとき、「直感」や「フィーリング」といった人間の主観を取り入れつつ、数学モデルを用いて合理的な決定を下すことを可能にするもので、「主観的判断」と「システム・アプローチ」をミックスした意思決定法と言われている。

具体的には、表 1.9 に示すように主観的・定性的な評価を数値に置き換えて、表 1.10 に示す

ように評価対象を1対1のペア比較及びペア比較のマトリクス集計を行い、集計結果を幾何平均し、評価対象の影響度を算出する手法である。

例えば、「沈砂池設備」と「汚水ポンプ設備」のペアを比較する場合、「沈砂池設備」に対して、「汚水ポンプ設備」が、“かなり重要”な場合は5と評価する。逆に、「汚水ポンプ設備」に対して「沈砂池設備」は“あまり重要でない”1/5となる。

表 1.9 重要性の尺度とその定義（例）

重要性の尺度	定 義
1	同じくらい重要
3	少し重要
5	かなり重要
7	非常に重要
9	極めて重要

※2、4、6、8は中間のときに用い、重要でないときは逆数を用いる。

表 1.10 AHPによる機能面の影響度評価表（例）

	沈砂池設備	汚水ポンプ設備	最初沈殿池設備		幾何平均	重み付け
沈砂池設備		1/a	1/b	1/b	A	A/(A+B+C..)
汚水ポンプ設備	a		1/c	1/c	B	B/(A+B+C..)
最初沈殿池設備	b	c			C	C/(A+B+C..)
⋮					⋮	⋮
⋮					⋮	⋮
ペア比較					A+B+C....	1

2) 能力的影響度の検討例

能力面の評価では、全体の処理能力に対して、各設備・各系列の処理能力が占める割合の大きさにより評価する。

【実施例】

図 1.3 に示すような水処理フローを想定し、各設備の各系列の処理能力は同じ能力とすると、

- ・沈砂池設備の影響度：1/2 ・主ポンプ設備の影響度：1/5
- ・最初沈殿池設備の影響度：1/3 ・反応槽設備：1/3
- ・最終沈殿池設備：1/6 ・消毒設備：1/2

となる。

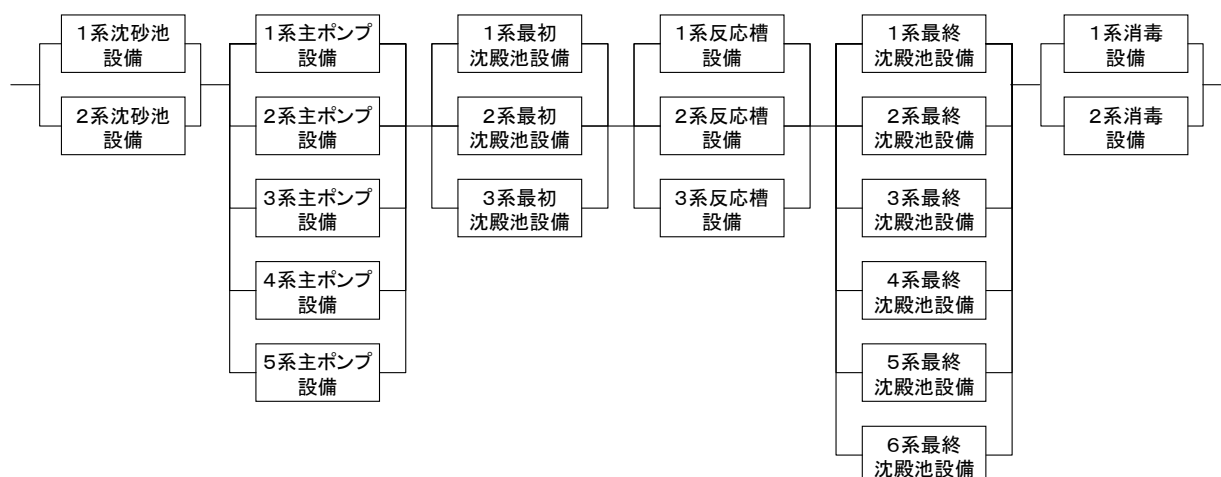


図 1.3 水処理フロー図（例）

3) 総合評価の検討例

「機能面」、「能力面」及び「コスト面」について、定量的な評価結果を基に、下式により、各設備の影響度を評価する。

$$\text{「設備の影響度」} = a \times \text{「機能面」} + b \times \text{「能力面」} + c \times \text{「コスト面」}$$

表 1.11 設備の影響度評価（総合評価）（例）

番号	大分類	中分類	小分類	機器名称	a	b	c	影響度
					0.50	0.30	0.20	
1	沈砂池設備	スクリーンかす設備	自動除塵機	No.○自動除塵機	0.05	0.25	0.05	0.11
		■ 影響度 = $a \times \text{機能面} + b \times \text{能力面} + c \times \text{コスト面}$ $= 0.5 \times 0.05 + 0.3 \times 0.25 + 0.2 \times 0.05$ $= 0.11$						
2	ポンプ設備	汚水ポンプ設備	ポンプ本体	No.○汚水ポンプ	0.25	0.30	0.10	0.24
3	水処理設備	最初沈殿池設備	汚泥かき寄せ機	NO.○汚泥掻寄機	0.15	0.25	0.10	0.17
4	水処理設備	反応タンク設備	散気装置	No.○散気装置	0.10	0.25	0.05	0.14
5	水処理設備	最終沈殿池設備	汚泥かき寄せ機	NO.○汚泥掻寄機	0.10	0.25	0.10	0.15
6	水処理設備	消毒設備	薬品注入機	No.○次亜塩注入ポンプ	0.20	0.50	0.03	0.26
6	汚泥処理設備	汚泥濃縮設備	汚泥かき寄せ機	No.○濃縮タンク汚泥掻寄機	0.05	0.50	0.10	0.20
7	汚泥処理設備	汚泥脱水設備	汚泥脱水機	No.○汚泥脱水機	0.10	0.25	0.20	0.17

1.5.4 発生確率（不具合の起こりやすさ）の検討

発生確率は、検討単位の設定と発生確率（機能低下・停止するまでの期間）を検討する。

【解 説】

各設備の検討単位は、設備単位（改築通知の別表の小分類）と主要部品・部位単位があり、管理方法と費用対効果から選択する。

発生確率の設定は、以下に示す方法が考えられ、対象設備の情報蓄積状況や特性等から選択する。

- ①【耐用年数超過率】：経過年数／標準耐用年数を算出し、その傾向で整理する方法
- ②【維持管理情報の活用】：維持管理情報より対象設備の劣化状況を定性的に評価する方法
- ③【目標耐用年数】：過去の改築実績等から期待される耐用年数を設定する方法
- ④【健全度予測】：劣化の度合を定期的に診断・評価し、その傾向で予測する方法
- ⑤【平均故障発生頻度】：過去の故障情報から平均故障間隔を算出する方法

(1) 管理方法、検討単位の設定

各設備の管理方法を、状態監視保全、時間計画保全、事後保全に分類する（「第2章第1節 2.1 管理方法の選定」参照）。

検討単位は、長寿命化対策検討対象設備に該当する設備は主要部品単位とし、長寿命化対策検討対象外設備に該当する設備は設備単位とする。

長寿命化対策検討対象設備とは、基本的に状態監視保全に該当する設備で、部品単位で状態を管理・取替することにより、耐用年数の延伸化が図れ、ライフサイクルコストが安価になる可能性がある設備である。（例：かき寄せ機、主ポンプ、送風機、焼却炉など）

長寿命化対策検討対象外設備とは、基本的に時間計画保全及び事後保全に該当する設備である。

(2) 設備の発生確率の設定

①【耐用年数超過率による発生確率の設定】

耐用年数超過率は、以下に示すように、各設備の経過年数から標準耐用年数を除して算出するものであり、超過率が大きい設備ほど、不具合が発生する確率が高いものとして整理する方法である。

$$\text{耐用年数超過率} = \text{設備の経過年数} / \text{標準耐用年数}$$

②【維持管理情報を活用し、故障・不具合の発生確率を推定】

点検情報や維持管理者へのヒアリングにより、設備の劣化状況を確認し、故障・不具合の発生確率を定性評価する。

表 1.12 に、維持管理情報による発生確率の評価基準（例）を示す。

表 1.12 維持管理情報による発生確率の評価例

発生確率	維持管理情報等より評価
大	設備に劣化や異常が確認されており、速やかに措置が必要な状況
中	設備に劣化や異常が一部確認されているが、計画的な措置が必要な状況
小	設備に劣化や異常がほとんど認められない状況

③【目標耐用年数による発生確率の設定】

1) 目標耐用年数の設定

目標耐用年数は、改築履歴や修繕履歴等のデータがある地方公共団体においては、実績に基づいて経験的に機能停止・低下する期間を設定する。改築履歴や修繕履歴等のデータが不十分な地方公共団体においては、表 1.13、表 1.14 や他都市の事例及びメーカーヒアリング等を参考に設定する。

なお、表 1.13、表 1.14 は、政令指定都市等の自治体を中心の目標耐用年数であり、他都市の事例を用いる場合は、維持管理状況、稼働状態、地域特性などを考慮する。

表 1.13 目標耐用年数の設定例

機械設備	標準 耐用年数	目標 耐用年数	標準との 比	電気設備	標準 耐用年数	目標 耐用年数	標準との 比
除塵機	15	15～25	1.0～1.7	受変電設備	20	30	1.5
汚水ポンプ	15	15～50	1.0～3.3	自家発電設備	15	22	1.5
雨水ポンプ	20	20～40	1.0～2.0	制御電源及び計 装用電源設備	7～15	10～22	1.5
送風機	20	20～35	1.0～1.8	負荷設備	15	22	1.5
散気装置	10	10～25	1.0～2.5	計測設備	10	22	1.5
脱水機	15	15～25	1.0～1.7	監視制御設備	7～15	10～22	1.5
機械濃縮機	15	15～23	1.0～1.5				
焼却炉	10	10～35	1.0～3.5				

出典：「効率的な改築事業計画策定後術資料 【下水道主要設備機能診断】」2005年8月、(財)下水道
新技術推進機構 P12、188

表 1.14 Y市の目標耐用年数

設備機器名		標準耐用年数	目標耐用年数	目標倍率
自動除塵機		15	23	1.5
沈砂掻揚機		15	23	1.5
主ポンプ	汚水	15	30	2.0
	雨水	20	40	2.0
汚泥掻寄機		15	23	1.5
送風機		20	40	2.0
散気装置		10	15	1.5
汚泥ポンプ		15	30	2.0
脱臭設備		10	20	2.0
汚泥焼却炉		10	30	3.0
受変電設備		20	30	1.5
負荷設備		15	25	1.7
無停電電源装置		10	20	2.0
自家発電装置		15	30	2.0
中央監視装置		15	23	1.5

(下水道協会誌 VOL.47 NO.568 2010/2)

2) 目標耐用年数による発生確率の評価

目標耐用年数による発生確率（リスクの起こりやすさ）の評価は、図 1.4 に示すように、目標耐用年数に到達する時期が改築を行う時期とし、経過年数を健全度に置き換えて評価する。

なお、図 1.4 の場合のリスクの起こりやすさは、3.3（5－1.7）となる。

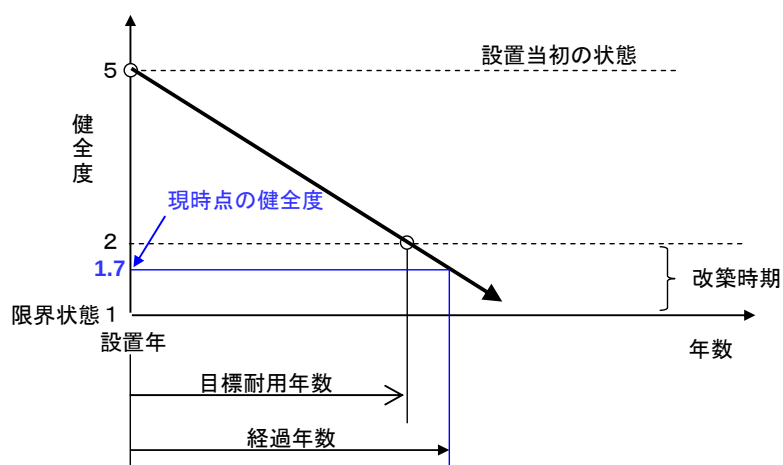


図 1.4 目標耐用年数による現時点の健全度評価（例）

④【健全度予測による発生確率の設定】

健全度予測とは、時間の経過と健全度（劣化した状態）の関係式であり、図 1.5 に示すように調査対象の設置年、調査結果から機能低下・停止する期間を予測する方法である。なお、調査方法及び健全度評価基準については、「2.3.4 点検・調査項目の検討」に詳述する。

健全度によるリスクの起こりやすさの評価は、図 1.5 に示すように、過年度の健全度評価結果から傾向を予測し、現時点の健全度を算出する。

なお、図 1.5 の場合のリスクの起こりやすさは、3.3（5－1.7）となる。

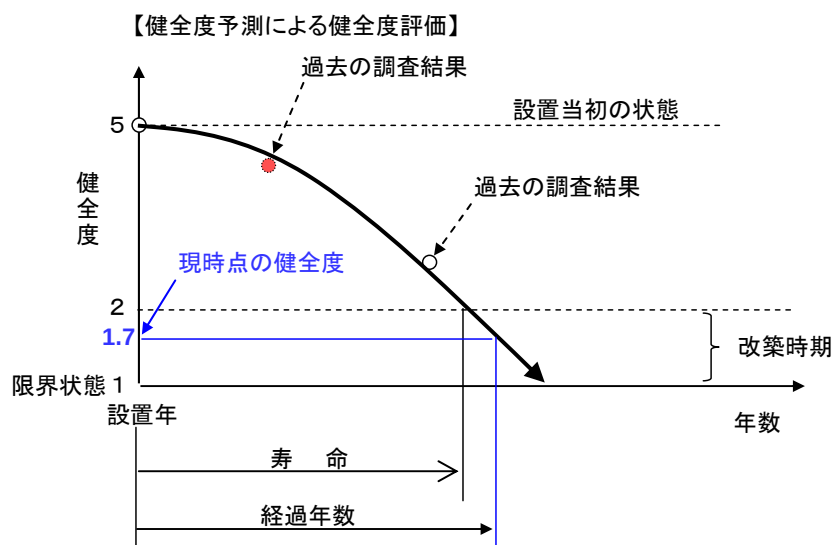


図 1.5 健全度予測式による発生確率の設定 (例)

⑤【平均故障発生頻度による発生確率の設定】

1) 平均故障発生頻度の設定

故障率とは、ある期間中の総故障数を、その期間中の総動作時間で除した時間当たりの故障数を表したものであり、「故障率＝総故障数/総動作時間」で求める。

平均故障間隔は、ある期間中の総動作時間を、その期間中の総故障数で除した故障間隔を表したものであり、「平均故障間隔＝総動作時間/総故障数」で求める。

以上のことから、故障率と平均故障間隔との関係は下式で表される。

$$\text{平均故障間隔} = 1 / \text{故障率}$$

一般的に設備の故障率は、図 1.6 に示すように初期故障期間、偶発故障期間、摩耗故障期間の 3 つに大別され、バスタブ曲線を描くと言われている。

初期故障期間とは、使用開始後の比較的早い時期に、設計・製造上の欠陥もしくは使用環境との不適合により生じる故障の発生期間のことであり、偶発故障期間とは、初期故障期間を過ぎ、摩耗故障期間に至る以前の時期に偶発的に故障が発生する期間のことであり、摩耗故障期間とは、

疲労・摩耗・劣化現象などによって、時間と共に故障率が高くなる期間のことである。

各設備の故障状況を的確に把握して、平均故障発生率を算出する必要がある。

なお、平均故障発生率により、発生確率を設定する場合は、故障情報が網羅的に蓄積されていることが前提である。

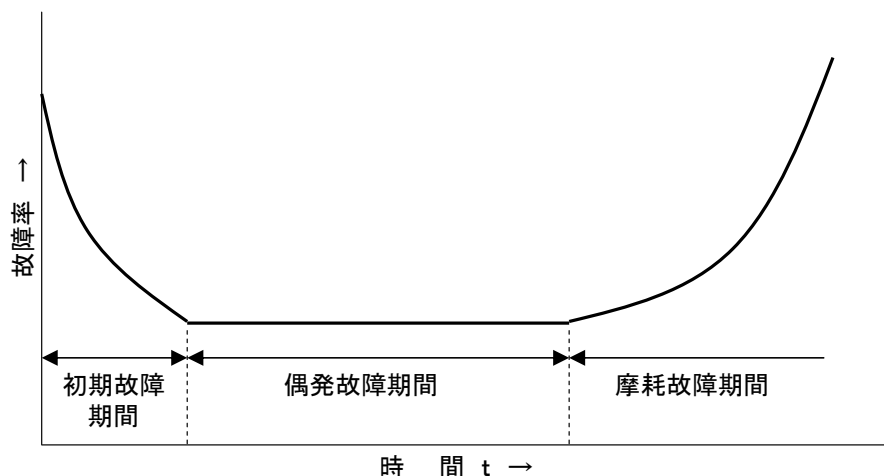


図 1.6 寿命特性曲線（バスタブ曲線）

2) 平均故障発生頻度による発生確率の設定

表 1.15 に示すように、平均故障発生頻度をランク付け又は点数化して評価する。

表 1.15 平均故障発生頻度の評価（例）

頻	高	中	低
3 年未満に 1 回以上発生する	3 年以上 7 年未満に 1 回発生する	7 年以上 15 年未満に 1 回発生する	15 年以上に 1 回発生する
4	3	2	1

(3) 土木・建築躯体の発生確率の設定

土木躯体は、設備に比べ長寿命であり、標準的な耐用年数である 50 年を迎えた土木・建築躯体もほとんどなく、寿命に関する知見は少ない。また、設備の部品のように材料の供給年限がなく、自然災害等の影響で大きな損傷を受けない限りは、部分的な補修や修繕による劣化対策を施すことで超長期的に供用が可能と考えられる。そして、水処理のような大きな施設の対策期間中には、既往施設でのバックアップや代替施設が不可欠となるが、大きな課題（大量の汚水処理のバックアップが可能か、まとまった大きな敷地の確保、長期間にわたる大掛かりな工事、設置済み設備や上屋の取扱など）があり、更新や大規模な改築そのものが非常に困難である。したがって寿命そのものを考えることが難しく、大規模な対策を考える場合には、劣化による寿命よりも、他の要素（耐震化、高度処理化、処理方式の抜本的な変更、設備更新など）と併せて対策時期を検討するのが合理的である。

土木躯体を長期的に供用していくには、処理施設の根幹であるコンクリート躯体とコンクリート躯体の延命化対策として施されている防食被覆を適切に補修・修繕・改築していく必要があり、これを寿命設定の対象とする。

①コンクリート躯体

健全度予測式により設定する方法と腐食が鉄筋に達するまでの期間（年数）を寿命として予測する方法がある。

【健全度予測式により設定する方法】

ひび割れ、浮き、漏水、コンクリートの劣化（腐食、中性化）、鉄筋腐食などの状態を評価して健全度を判定し、その傾向から寿命を予測する。ひび割れ、浮き、漏水に関しては、施工不良や設計段階では想定できなかった外力による劣化で経年的な変化がほとんど無い場合や構造的な影響はほとんど無い場合もあるので、状態の評価には注意が必要である。

【腐食が鉄筋に達するまでの期間（年数）を発生確率として予測する方法】

処理場・ポンプ場の土木の劣化において、劣化速度が速く施設の寿命決定に際して支配的な要因は、硫化水素に起因するコンクリートの腐食であり、また、それゆえに防食被覆を施して劣化を遅らせ延命化しているのが現状である。しかしながら、一般的には設備のような予備が無く、通水を止めて空水にして点検・調査や補修することが困難な場合が多く、結果的に防食被覆だけでなくコンクリート躯体や鉄筋にまで劣化が進行している事例も散見する。このようなやむを得ぬ事情から点検・調査ができなかった場合に寿命を推定するには、腐食が鉄筋に達するまでの期間（年数）を寿命として予測する方法も有効である。

この場合には、硫酸イオンが土木のコンクリート内部にある鉄筋の深さにまで達した場合、土木躯体の不具合が発生すると仮定し、腐食深度が鉄筋に達するまでの時間を求める。腐食深度は

下記の予測式に従うものとし、定数 k については「下水道管路施設腐食対策の手引き（案）」、2002 年、日本下水道協会」に基づき 1.33 を初期設定値として計算する。ただし、定数 k は今後、腐食深度、平均硫化水素ガス濃度、供給年数のデータを蓄積して精度を高める取組みが必須である。

$$d = k \times \sqrt{C \times T}$$

ここで、 d ：腐食深度（mm）

C ：平均硫化水素ガス濃度（ppm）

T ：供用年数（年）

k ：定数（腐食に関する情報が無い場合は初期値として 1.33 を用いる）

注：表層コンクリートが剥離している場合にはこの式は適用できない。またそのような場合にこの式を適用すると過大に寿命を見積もることとなり危険であるため、少なくともカメラなどを用いて視覚的に表層コンクリートが剥離しているかどうかの確認は必要である。

点検・調査による情報が無い場合に参考となる硫化水素ガス濃度による腐食環境分類（表 1.16）と処理場の土木の腐食環境の分類例（表 1.17）を以下に示す。

表 1.16 腐食環境分類

分類	腐食環境
I 種	年間平均 H_2S ガス濃度が 50ppm 以上で、硫酸によるコンクリート腐食が極度に見られる腐食環境
II 種	年間平均 H_2S ガス濃度が 10～50ppm で、硫酸によるコンクリート腐食が顕著に見られる腐食環境
III 種	年間平均 H_2S ガス濃度が 10ppm 未満で、硫酸によるコンクリート腐食が明らかに見られる腐食環境
IV 種	硫酸による腐食がほとんど生じないが、コンクリートにつかる液層が酸性状態になりえる腐食環境

出典：「下水道コンクリート構造物の腐食抑制及び防食被覆技術マニュアル（平成 19 年 7 月）日本下水道事業団」

表 1.17 処理場における腐食環境の分類例

施 設 の 種 類	腐食環境
1. ポンプ施設	
(1) 流入マンホール	Ⅱ 類
(2) ゲート室	Ⅱ 類
(3) 沈砂池・スクリーン水路	Ⅱ 類
(4) ポンプ井	Ⅱ 類
(5) 汚水調整槽	Ⅱ 類
(6) 分配槽	Ⅱ 類
(7) 着水井・吐出井	Ⅱ 類
2. 水処理施設	
(1) 導水きょ（吐出井～初沈流入水路の開水路区間）	Ⅱ 類
(2) プリエアレーションタンク	Ⅱ 類
(3) 最初沈殿池流入水路	Ⅱ 類
(4) 最初沈殿池	Ⅱ 類
(5) 返送汚泥水路	Ⅱ 類
(6) 最初沈殿池流出水路、反応タンク流入水路	Ⅱ 類
(7) 付帯する施設	
1) 初沈流出トラフ	Ⅱ 類
2) 初沈スカムピット及びスカム水路	Ⅰ 類
3) 終沈スカムピット及びスカム水路	Ⅰ 類
3. 汚泥処理施設	
(1) 汚泥濃縮槽	Ⅰ 類
(2) 汚泥消化槽（気相部）	Ⅰ 類
(3) 汚泥消化槽（液相部）	Ⅳ 類
(4) 汚泥洗浄タンク	Ⅰ 類
(5) 汚泥貯留槽	Ⅰ 類
(6) 脱離液、分離液ピット	Ⅰ 類
(7) 受泥槽	Ⅰ 類
(8) 返流水槽、返流水管マンホール	Ⅰ 類
(9) 脱水汚泥ピット	Ⅲ 類
(10) コンポスト発酵槽	Ⅱ 類

注 1) ここに示した腐食環境条件の分類例は標準的なものであり、換気や脱臭が十分行われている施設や薬品処理が行われている場合は、改善された腐食環境について別途検討する。

注 2) ここに示した施設以外の施設についても、腐食が予測される場合には、硫化水素の発生状況や腐食状況、流入下水の特性を検討の上、腐食条件を設定する。

注 3) 初期対応等のより施設を暫定的に他の目的で使用する場合には、暫定目的にも対応できるように腐食環境条件を設定する。

注 4) ※酸素が無い状態では腐食しない。

出典：「下水道コンクリート構造物の腐食抑制及び防食被覆技術マニュアル（平成 19 年 7 月）日本下水道事業団」

②防食被覆

点食、膨化、剥離の状態監視より、健全度を予測することが可能である。また硫化水素ガス濃度と劣化の進行の関係が明らかになれば、硫化水素ガス濃度から健全度を予測することも可能となる。点検・調査による劣化に関する情報が十分でない場合には、一般的な保証期間である 10 年を初期値として用いて、将来的に劣化に関する情報を蓄積して健全度予測に切り替えていくことも有効である。

寿命設定単位は部位（床、壁、底版、梁、柱等）単位とする。また、一般に防食被覆は気相部（気相部＋LWL-30cm）にしか施されないので、施設の運転水位に応じて設定する。

なお、土木躯体は設備に比べると緩やかに劣化するので、多少対策時期を変更しても大きな問題とはなりにくいこと、設備と併せて施工すると、水抜き・清掃や仮設などの工程が 1 本化でき効率的・経済的であるため、相当程度劣化が進んで危険な状態で無い限りは、設備の対策時期に合わせるのが望ましい。

また、硫化水素ガス（硫酸）腐食による劣化以外では、反応槽において、エアレーションの二酸化炭素による中性化の促進、処理過程に伴う下水の酸性化等によるカルシウム分の溶出が生じるという報告³がある。

建築躯体は、土木躯体に準じて実施する。

(4)段階的な発生確率の設定

ストックマネジメントは、PDCA（Plan-Do-Check-Action）サイクルを実施して、精度向上を図るものであるため、施設情報の整理状況に応じて、段階的に発生確率の精度向上を図ることが有効である。

従って、まずは、耐用年数超過率による方法や目標耐用年数による方法で行い、調査結果情報や故障情報の蓄積に伴い、段階的に健全度予測或いは平均故障発生率による方法で行うことを検討する。

³ 下水道施設（土木構造物等）点検調査プロジェクト 報告書（概要版）、平成 21 年 3 月、横浜市環境創造局

1.5.5 リスクの評価

リスクの大きさは、「被害規模（影響度）」と「発生確率（不具合の起こりやすさ）」により評価する。

【解 説】

リスク評価にあたっては、「1.5.3 被害規模（影響度）の検討」と「1.5.4 発生確率（不具合の起こりやすさ）の検討」に基づき、図 1.7 に示すように、リスクが発生した場合の被害規模と発生確率をそれぞれランク化して評価する方法と、下式のように被害規模と発生確率の積で評価する方法が考えられる。

リスクの大きさ＝被害規模（影響度）×発生確率（不具合の起こりやすさ）

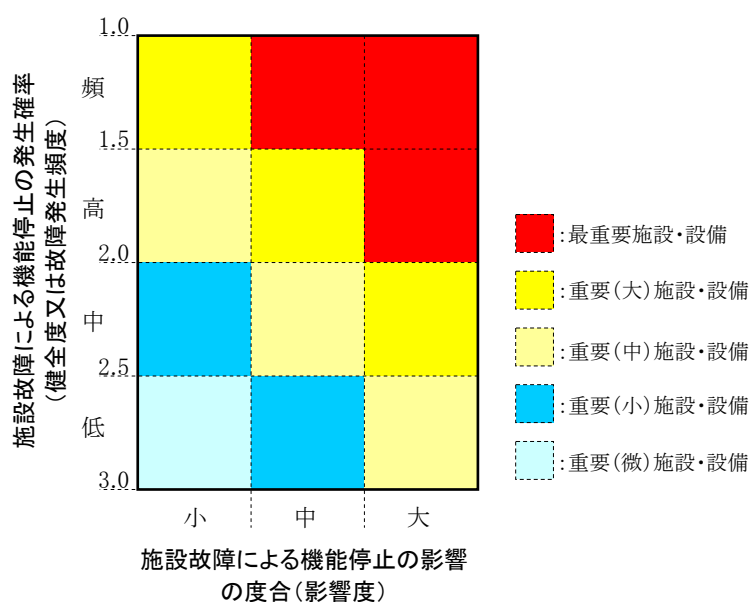


図 1.7 リスクのランキング評価図（例）

【リスクマトリクスによる評価例：参考例1】

①被害規模（影響度）の評価（災害時の復旧レベルで評価）

被害規模の評価は、災害時に、処理場・ポンプ場に求められる処理機能の優先度で行う。

（表 1.7 参照）

②発生確率（不具合の起こりやすさ）の評価（耐用年数超過率で評価）

発生確率の評価は、設備の耐用年数超過率で行う。

1：耐用年数超過率 1.0 未満

2：耐用年数超過率 1.0 以上 1.5 未満

3：耐用年数超過率 1.5 以上 2.0 未満

4：耐用年数超過率 2.0 以上

③リスクの大きさ（リスクマトリクスで評価）

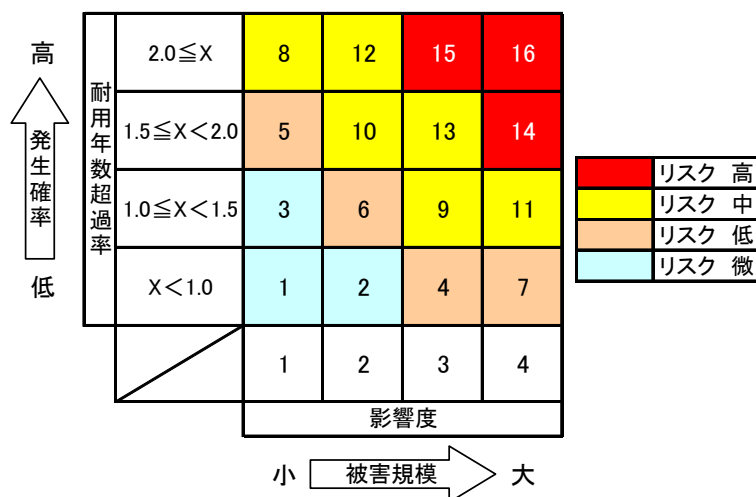


図1 4×4のリスクマトリクスの例

④リスク評価による優先順位の検討例

リスク評価による優先順位の検討例を以下に示す。

表1 リスク評価による優先順位の検討（例）

番号	中分類	機器名称	被害規模 (影響度) 評価	発生確率 (耐用年数超過率) 評価	リスク評価 (マトリクス)	優先 順位
1	汚水ポンプ設備	No.○汚水ポンプ	4	0.8	7 リスク 低	6
2	最初沈殿池設備	NO.○汚泥掻寄機	3	2.1	15 リスク 高	1
3	反応タンク設備	No.○散気装置	2	1.8	10 リスク 中	3
4	最終沈殿池設備	NO.○汚泥掻寄機	2	1.8	10 リスク 中	3
5	消毒設備	No.○次亜塩注入ポンプ	4	1.3	11 リスク 中	2
6	汚泥濃縮設備	No.○濃縮タンク汚泥掻寄機	1	2.5	8 リスク 中	5
7	汚泥脱水設備	No.○汚泥脱水機	1	1.4	3 リスク 微	7

【リスクマトリクスによる評価例：参考例２（Ａ市の事例）】

①被害規模（影響度）の評価（機能面、能力面、コスト面の定性評価）

処理機能への影響、能力、コスト等の評価ランクを設定し、評価ランクの大小より影響度を判定した事例である。

影響度の判定基準として、表２に示すように、機能面（処理機能・人災公害・二次災害）、能力面、コスト面を定性的に３段階評価で行い、総合判定結果を影響度として、Ａ～Ｅの５段階で評価する。影響度の判定結果例を表３に示す。

表２ 影響度の判定基準例

評価項目		◎	○	△	評価基準	影響度
①処理機能への影響		影響が大きい	影響が多少ある	影響がほとんどない	◎が3個以上	A
②人災公害への影響					◎が1個以上かつ△より○が多い	B
③二次災害への影響					他に該当しない	C
④予備機・予備能力	機械	予備機、予備能力の割合が1/3未満	予備機、予備能力の割合が1/3以上～2/3未満	予備機、予備能力の割合が2/3以上	△が4個以上	D
	電気	予備機がなく長期停止ができない	予備機がないが仮措置により運用が可能	予備機があり切替により運用が可能	整備費用が非常に安価(△:100万円未満)	E
⑤整備期間		3ヶ月以上	1ヶ月～3ヶ月	1ヶ月未満		
⑥整備費用		1,000万円以上	100万円以上 ～1,000万円未満	100万円未満		

表３ 影響度の判定例

番号	中分類	機器名称	①	②	③	④	⑤	⑥	影響度
1	スクリーンかす設備	No.○自動除塵機	○	△	△	○	◎	○	B
2	汚水ポンプ設備	No.○汚水ポンプ	◎	△	○	○	◎	◎	A
3	最初沈殿池設備	NO.○汚泥掻寄機	◎	△	△	○	◎	◎	A
4	反応タンク設備	No.○散気装置	○	△	△	○	○	◎	B
5	最終沈殿池設備	NO.○汚泥掻寄機	◎	△	△	○	◎	◎	A
6	消毒設備	No.○次亜塩注入ポンプ	◎	◎	◎	△	△	○	A
7	汚泥濃縮設備	No.○濃縮タンク汚泥掻寄機	○	△	△	△	○	◎	C
8	汚泥脱水設備	No.○汚泥脱水機	○	△	△	△	○	◎	C

②発生確率（不具合の起こりやすさ）の評価（耐用年数超過率で評価）

発生確率の評価は、設備の耐用年数超過率（経過年数／標準耐用年数）で行う。

- １：耐用年数超過率 １.０ 未満
- ２：耐用年数超過率 １.０ 以上 １.５ 未満
- ３：耐用年数超過率 １.５ 以上 ２.０ 未満
- ４：耐用年数超過率 ２.０ 以上

③リスクの大きさ（リスクマトリクスで評価）

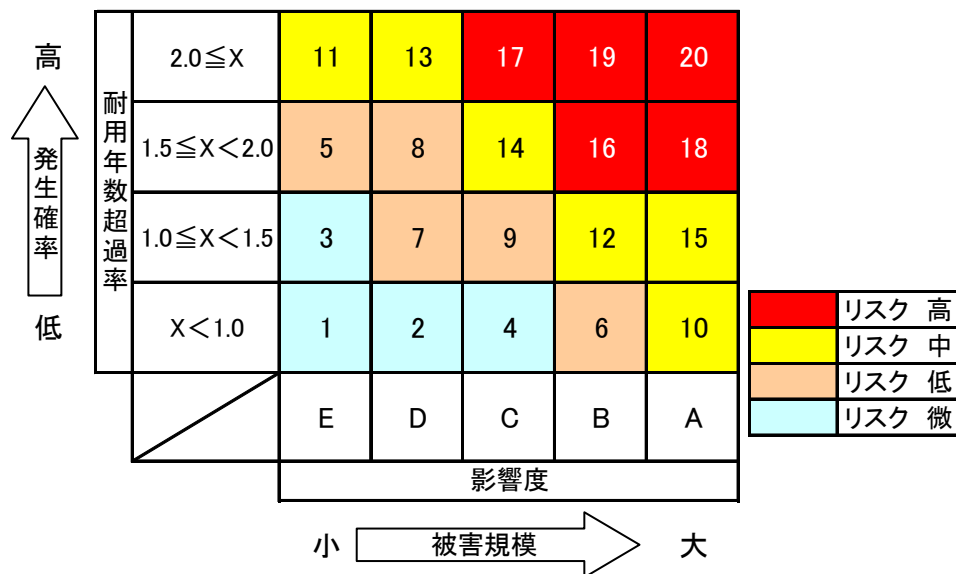


図2 4×5のリスクマトリクスの例

④リスク評価による優先順位の検討例

リスク評価による優先順位の検討例を以下に示す。

表4 リスク評価による優先順位の検討（例）

番号	中分類	機器名称	被害規模 (影響度) 評価	発生確率 (耐用年数超過率) 評価	リスク評価 (マトリクス)	優先 順位
1	スクリーンかす設備	No.○自動除塵機	B	1.6	16 リスク 高	4
2	汚水ポンプ設備	No.○汚水ポンプ	A	0.8	10 リスク 中	7
3	最初沈殿池設備	NO.○汚泥掻寄機	A	2.1	20 リスク 高	1
4	反応タンク設備	No.○散気装置	B	1.8	16 リスク 高	4
5	最終沈殿池設備	NO.○汚泥掻寄機	A	1.8	18 リスク 高	2
6	消毒設備	No.○次亜塩注入ポンプ	A	1.3	15 リスク 中	6
7	汚泥濃縮設備	No.○濃縮タンク汚泥掻寄機	C	2.5	17 リスク 高	3
8	汚泥脱水設備	No.○汚泥脱水機	C	1.2	9 リスク 低	8

【リスクマトリクスによる評価例：参考例３（Ｂ市の事例）】

①被害規模（影響度）の評価（機能面、能力面、コスト面の定量評価）

機能面、能力面、コスト面を定量的に評価し、式１により影響度を算出し、３段階で評価する。

- ・機能面：AHPにより、対象設備群（中分類）の処理機能の重み付けを行った。
- ・能力面：処理場全体に対する対象設備群の系列が占める能力評価を行い重み付けを行った。
- ・コスト面：対象設備群の改築費用により重み付けを行った。

【影響度＝ $a \times$ 「機能面」＋ $b \times$ 「能力面」＋ $c \times$ 「コスト面」】・・・式１

（ a 、 b 、 c は、AHPにより機能面、能力面、コスト面の重み付けを行った）

表５ 影響度の判定例

中分類	0.54	0.30	0.16	影響度	
	機能面	能力面	コスト面		
スクリーンかす設備	0.013	0.130	0.019	0.049	小
汚水沈砂設備	0.021	0.130	0.019	0.053	小
汚水ポンプ設備	0.248	0.088	0.274	0.204	大
最初沈殿池設備	0.072	0.087	0.132	0.086	中
反応タンク設備	0.173	0.087	0.160	0.145	中
最終沈殿池設備	0.109	0.087	0.132	0.106	中
消毒設備	0.283	0.131	0.132	0.214	大
汚泥濃縮設備	0.034	0.130	0.066	0.068	小
汚泥脱水設備	0.047	0.130	0.066	0.075	小
計	1.000	1.000	1.000	1.000	

②発生確率（不具合の起こりやすさ）の評価（耐用年数超過率で評価）

点検情報や維持管理者へのヒアリングにより、設備の劣化状況を確認し、３段階で定性評価する。

表６ 維持管理情報による発生確率の評価例

発生確率	維持管理情報等より評価
大	設備に劣化や異常が確認されており、速やかに措置が必要な状況
中	設備に劣化や異常が一部確認されているが、計画的な措置が必要な状況
小	設備に劣化や異常がほとんど認められない状況

③リスクの大きさ（リスクマトリクスで評価）

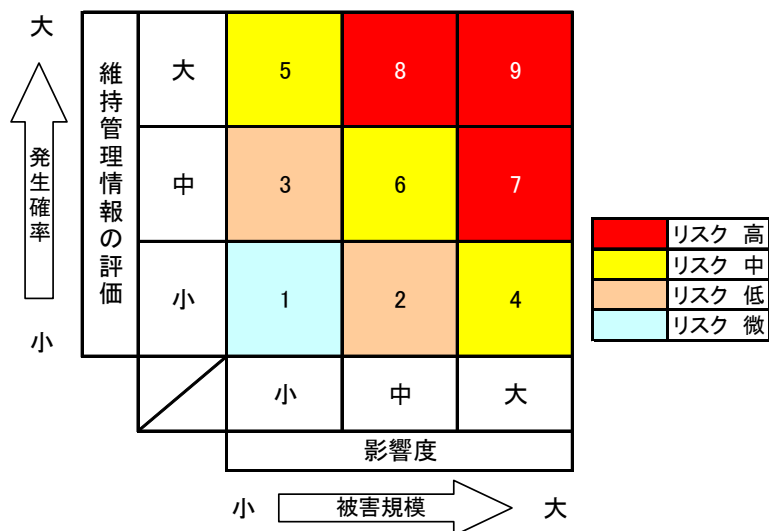


図3 3×3のリスクマトリクスの例

④リスク評価による優先順位の検討例

リスク評価による優先順位の検討例を以下に示す。

表7 リスク評価による優先順位の検討（例）

中分類	被害規模 (影響度) 評価	発生確率 (維持管理情報) 評価	リスク評価 (マトリクス)	優先 順位
スクリーンかす設備	小	大	5 リスク 中	4
汚水沈砂設備	小	大	5 リスク 中	4
汚水ポンプ設備	大	中	7 リスク 高	2
最初沈殿池設備	中	大	8 リスク 高	1
反応タンク設備	中	小	2 リスク 低	9
最終沈殿池設備	中	中	6 リスク 中	3
消毒設備	大	小	4 リスク 中	7
汚泥濃縮設備	小	大	5 リスク 中	4
汚泥脱水設備	小	中	3 リスク 低	8

第2章 点検・調査計画の策定

第1節 管理方法の選定

2.1 管理方法の選定

処理場・ポンプ場の各設備について情報の収集・整理を行い、各設備の特性等を把握した上で、管理方法（状態監視保全、時間計画保全、事後保全）の選定を行う。

【解 説】

(1) 管理方法の選定方法

処理場・ポンプ場施設の管理方法には、大きく予防保全と事後保全がある。

予防保全は、寿命を推定し異常や故障に至る前に対策を実施する管理方法であり、状態監視保全と時間計画保全に分類される。また、事後保全は、異常の兆候や故障の発生後に、対策を行う管理方法である。

今後、限られた人員や予算の中で効果的に予防保全型の施設管理を行っていくためには、各設備の特性等から、処理機能や予算への影響度等を考慮し、影響が大きい設備に対し、予防保全を実践していく必要がある。

図 2.1 に管理方法の選定フロー（例）を示し、表 2.1 に管理方法の考え方（例）を示す。

1) 状態監視保全

状態監視保全は、設備の劣化状況や動作状況の確認を行い、その状態に応じて対策を行う管理方法である。状態監視保全は、処理機能への影響度等が高く、劣化状況の把握・不具合発生時期の予測が可能な設備に適用する。

状態監視保全では、劣化状況を把握するために調査を実施していく必要があるが、その情報を蓄積・分析することにより、長寿命化対策及び更新時期の最適化や、調査周期・項目等の見直しによる調査の効率化・省力化を図ることが可能となる（4.2.4 対策の検討 算定例3 参照）。

2) 時間計画保全

時間計画保全は、各設備の特性に応じて予め定めた周期（目標耐用年数等）により、対策を行う管理方法である。時間計画保全は、処理機能への影響度等が高く、劣化状況の把握が困難な設備に適用する。

3) 事後保全

事後保全は、異常の兆候（機能低下等）や故障の発生後に対策を行う管理方法である。事後保全は、処理機能への影響度等が低い設備に適用する。

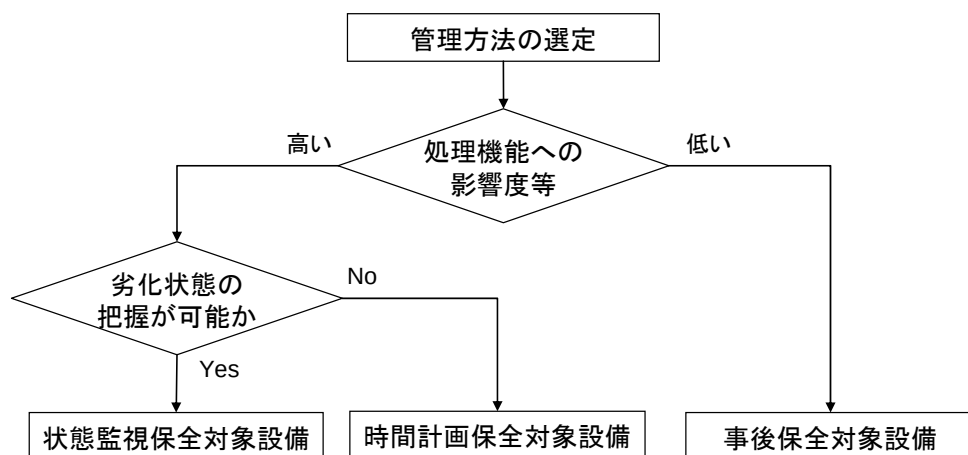


図 2.1 管理方法の選定フロー（例）

表 2.1 管理方法の考え方（例）

	予防保全		事後保全
	状態監視保全	時間計画保全	
管理方法	設備の状態に応じて対策を行う	一定周期（目標耐用年数等）ごとに対策を行う	異常の兆候（機能低下等）や故障の発生後に対策を行う
適用の考え方	・処理機能への影響が大きいもの（応急措置が困難）に適用 ・予算への影響が大きいものに適用 ・安全性の確保が必要なものに適用		・処理機能への影響が小さいもの（応急措置可能）に適用 ・予算への影響が小さいものに適用
	劣化の予兆が測れるものに適用	劣化の予兆が測れないものに適用	
留意点	設備の劣化の予兆を把握するために調査を実施し、情報の蓄積を行う必要がある	設備の劣化の予兆が測れないため、対策周期（目標耐用年数）を設定する必要がある	異常等の発生後に対策を行うため、点検作業が少なくすむ

【段階的な管理方法の設定】

これからストックマネジメント手法を導入し、予防保全型の施設管理に移行する自治体で、予算等の影響から、処理場等施設全体に予防保全型の施設管理を実施することが困難な場合においては、段階的に予防保全型の施設管理体制を構築していくことも検討する。

段階的に予防保全型の施設管理を実施する場合には、「1.5.3 被害規模（影響度）の検討」で検討した影響度評価を利用し、予防保全を行う設備を選定する。

表 2.2 影響度に応じた段階的な管理方法の選定（例）

管理方法	第1段階	第2段階	第3段階	第4段階
予防保全の 段階的導入 ※1、※2	揚水設備 消毒設備	沈砂池設備 揚水設備 最初沈殿池設備 消毒設備	沈砂池設備 揚水設備 最初沈殿池設備 反応タンク設備 最終沈殿池設備 消毒設備	沈砂池設備 揚水設備 最初沈殿池設備 反応タンク設備 最終沈殿池設備 消毒設備 污泥処理設備

※1：予防保全型の施設管理を導入し、点検・調査を実施する。

※2：予防保全を行う中分類の中で、機能の重要性を考慮し、予防保全を行う小分類を判断する。

段階的な予防保全型の施設管理へ移行する考え方の例を以下に示す。

- ① 表 2.2 の例に示すように、中分類単位で設定した影響度判定により、段階的に予防保全型の施設管理へ移行する中分類を選定する。
- ② 選定された中分類の設備に対し、処理機能や予算への影響度等を考慮し、予防保全を実施する小分類を選定する。

(2) 管理方法の選定例

表 2.3 に、主な設備に関する管理方法の区分例を示す。

なお、表 2.3 は区分例であるため、自治体の維持管理の実態を考慮し、管理方法を選定する必要がある。

表 2.3 管理方法の区分（例）

	予防保全		事後保全
	状態監視保全	時間計画保全	
分類例 (機械)	自動除塵機、沈砂掻き揚げ機、ポンプ 本体、污泥掻寄機、送風機本体、散 気装置、濃縮機、脱水機、焼却炉、脱 臭装置 など		堰、弁 など
分類例 (電気)	制御電源及び計装用電源設備 など	受変電設備、自家発電設備、監 視制御設備、負荷設備 など	計測設備 など
分類例 (土木 建築)	躯体、外装仕上げ、屋根仕上げ、 防食 など		内装、建具、金物、 付帯設備 など

第2節 長期点検・調査計画の検討

2.2 長期点検・調査計画の検討

長期点検・調査計画は、長期的な点検・調査の全体量を見通すために、対象設備、実施時期等を検討する。長期とは20年程度とする。

検討事項は、次のとおりとする。

- (1) 対象設備と実施時期
- (2) 概算費用
- (3) 長期点検・調査計画のとりまとめ

【解 説】

点検は、機能保持のため、定期的に目視や聴覚等により異常の有無などの状態を確認する活動（日常点検）である。調査は、健全度の評価や予測のため、目視・聴覚等や測定装置により定量的に劣化の実態や動向を明確にする活動（劣化診断、健全度評価）である。

長期的な見通しは、どの設備を（対象設備）、いつ（実施時期）、どの程度の費用をかけて（概算費用）、点検・調査を行うのかについて、定めるものである。

(1) 対象設備と実施時期について

対象設備は、原則として下水道管理者が所有する処理場・ポンプ場の全設備とする。

点検の実施時期は、設備の特性を踏まえて、定期的に実施するもの及び必要に応じて実施するものそれぞれについて定める。

調査の実施時期は、リスク評価による優先順位付けに基づいて定める。

<実施時期の検討例（処理場の場合）>

- ・目標：調査数 10 年サイクルで調査/処理場全体
- ・実施時期の検討：目標（アウトプット）とリスク評価に基づき、優先順位の高い（リスクの大きな）順に、実施時期を定める。

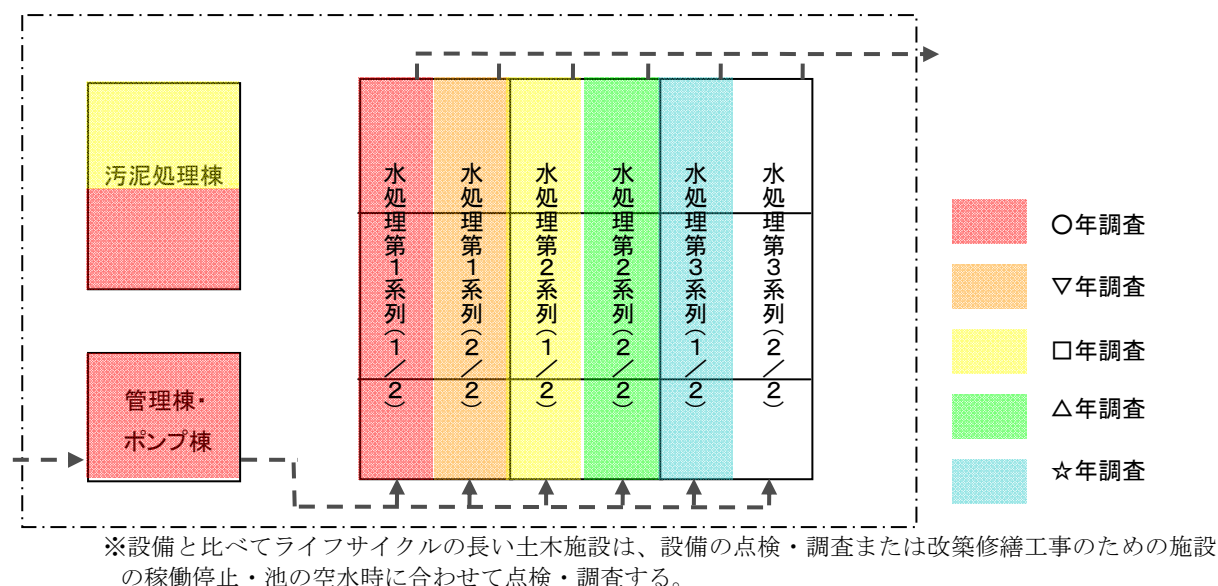


図 2.2 処理場・ポンプ場の点検・調査計画のイメージ^注

注：上記図は、状態（健全度）を把握するために行う、水抜き等の施設の稼働停止を伴う点検・調査のイメージであり、日常的な点検とは異なる。

(2) 概算費用

概算費用を算定するために概略の点検・調査方法を設定する。点検・調査方法は、目視調査や分解点検等がある。

上記設定に基づき、点検・調査の実績等を参考に、必要な概算費用を算定し、予算制約との調整を図り、必要に応じて対象設備、実施時期及び目標（アウトプット）の見直しを行う。

(3) 長期点検・調査計画のとりまとめ

長期点検・調査計画では、20 年程度を対象期間とし、対象設備、実施時期及び概算費用をとりまとめる。

第3節 短期点検・調査計画の検討

2.3.1 基本的な考え方と実施フロー

短期点検・調査計画は、長期点検・調査計画に基づき、対象設備に対する点検・調査方法・基準等を検討する。短期とは5年程度の期間とする。

【解 説】

点検計画の検討にあたっては、ストックマネジメントの観点から、調査を補完するために、従来の点検のあり方を再検討する。調査計画の検討にあたっては、点検や修繕・オーバーホール等の結果を極力活用し、調査項目、調査方法、調査時期を決定する。

以上のことから、点検と調査はそれぞれ連携し、相互に補完しあう関係であり、PDCA サイクルにより効率的な実施に努める。

点検は、図 2.3 に示すように、点検項目・方法、点検周期等をまとめた点検計画を策定し、点検技術者の感覚、各種計器の指示値、簡易な工具・測定器を用いて日常的に巡回点検を実施し、運転状態の日常的傾向や異常の有無を確認し、異常がある場合は、その原因を検討し、調整や軽微な修理・取替等日常的な管理での対応が困難な場合は、調査或いは対策方法の検討を行う。

点検計画の策定にあたっては、「下水道維持管理指針（2003 年版）後編 P.686 第2節 日常点検管理 日本下水道協会」が参考となる。また、設備の点検と留意事項については、表 2.4 に示す内容が参考となる。

なお、日常的な管理及び調査・短期事業計画の精度向上のために、点検結果を継続的に記録することが重要である。

調査は、水抜きや分解等を伴う場合があり、時間とコストが掛かることから、処理機能や予算等への影響が大きく、劣化の兆候がわかる状態監視保全に該当する設備を対象とする。調査単位、調査項目・方法、調査周期等をまとめた調査計画を策定し、図 2.3 に示すように、設定された調査時期或いは、点検で異常が確認された場合に、調査単位ごとに劣化診断・健全度評価を行い、早急に対策が必要な場合は対策方法を検討する。

なお、健全度予測による寿命の設定及び中期事業計画の精度向上のために、調査結果を継続的に記録することが重要である。

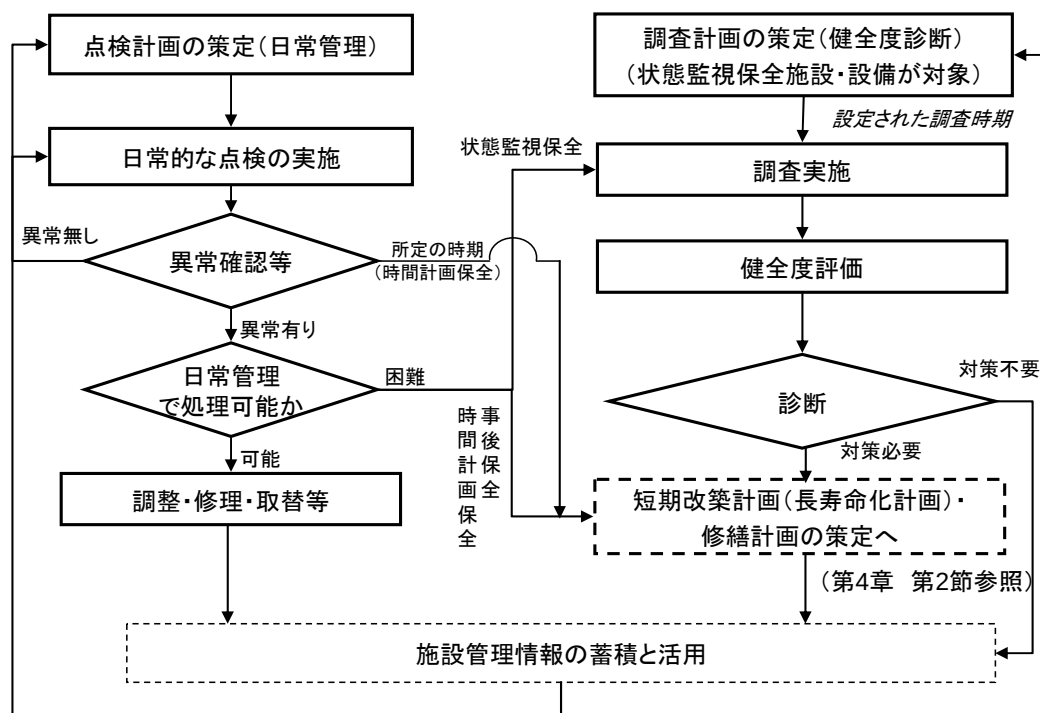


図 2.3 点検・調査の実施と関係フロー（例）

調査対象の選定にあたっては、「第 1 章第 5 節 リスクの検討」を活用し、優先度が高く、劣化状況の把握・不具合時期の予測が可能な設備（状態監視保全対象）を選定する。なお、点検・調査体制及び費用等を勘案して、段階的に点検・調査の対象範囲を拡大してもよい。

調査単位には、設備単位（改築通知の小分類単位）又は主要部品・部位単位があり、各設備の特性や費用対効果等を考慮して設定する。調査方法・項目・基準の検討にあたっては、調査単位や設備の構造及び特性等を考慮して検討する。調査時期は、リスク或いはリスクランクを考慮し、機能低下が発生する前に実施できるように設定する。

調査計画の検討フローを図 2.4 に示す。

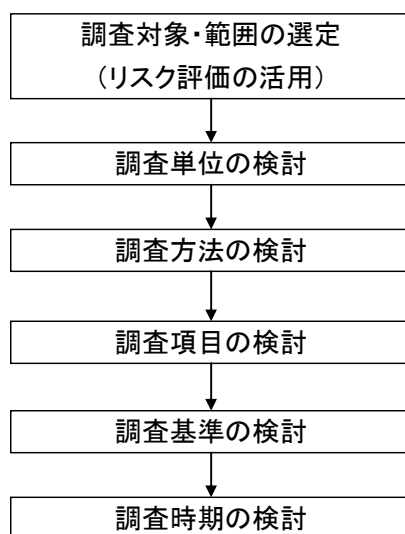


図 2.4 調査計画の検討フロー（例）

表 2.4 硫酸によるコンクリート腐食に対する各種点検と留意事項（ポンプ場・処理場の例）

点検分類	点検記録項目		点検時期／頻度	備考
(1)初期点検	新設時	①コンクリートの水セメント比、混和材の使用の有無・種類・量、被り厚、初期欠陥の有無とその対応 ②コンクリート防食被覆等の有無とその種類	施工完了時、供用開始初期	施工記録の保存
	既存施設に対して点検を開始する場合	①コンクリート表面状況 ②コンクリート防食被覆層の状況 ③コンクリート腐食環境	点検開始段階	当初建設時、補修時の施工記録の整理
(2)日常点検	①コンクリート躯体の表面状況 硫黄の析出・付着、コンクリート腐食生成物の付着による変色、ざらつきの有無 ②コンクリート防食被覆層の状況 硫黄の析出・付着、硫酸による変色、浮き、膨れ、はく離の有無 ③開口部蓋周辺の状況 硫黄の析出・付着、コンクリート腐食生成物の付着の有無		日常の機器点検などの覆蓋の開閉時に目視、指触等の簡易点検 月1～2回程度	コンクリート腐食のほか、予兆の有無の確認
	①コンクリートの腐食環境 硫化水素臭等の有無、槽内気層部躯体表面の湿乾状況			
(3)定期点検	①コンクリート躯体の表面状況 硫黄の析出・付着、コンクリート腐食生成物の付着等による変色、ざらつきの有無、付着物表面及び付着物除去後のコンクリート躯体表面pH ②コンクリート防食被覆層の状況 硫黄の析出・付着の有無、付着物除去後の硫酸による変色、浮き、膨れ、はく離の有無、付着物表面及び付着物除去後の表面pH		季節変動を考慮して、四季毎に1回程度（年4回） 施設の運転状況が安定している場合には、定期点検の回数を年2回程度に減らすことも可能	コンクリート腐食のほか、予兆の有無の確認
	①コンクリート腐食環境 水温、気層部温度、H2Sガス濃度の簡易測定（検知管）、連続測定			

出典：「下水道コンクリート構造物腐食抑制技術及び防食被覆技術マニュアル 日本下水道事業団 平成19年7月」

2.3.2 点検・調査単位の検討

点検単位は、劣化状況の有無の確認のため、設備単位とする。調査単位は、健全度の評価・予測する単位及び改築の最小単位であり、各設備の特性や費用対効果等を考慮して決定する。

【解 説】

点検の単位は、劣化状況の有無の確認のため、設備単位とする。

調査の単位は、設備単位（改築通知の小分類単位）又は主要部品・部位単位とする。主要部品単位で調査する設備は、部品単位で状態を管理・取替することにより、耐用年数の延伸化が図れ、ライフサイクルコストが安価になる可能性がある設備とする。（例：かき寄せ機、主ポンプ、送風機、焼却炉など）

土木・建築の調査単位は、施設単位とする。防食被覆については部位（床、壁、底版、梁、柱、等）単位※とすることもある。

※ 気相部と液相部を区別することが多い。

2.3.3 点検・調査方法の検討

点検・調査方法は、調査単位や各設備の構造等を考慮して、誰が、どのような点検・調査を行うか検討する。

【解 説】

点検・調査方法には、現場で目視・聴覚等や測定装置等の非破壊診断で行う方法、コア抜き等微破壊試験で行う方法及び分解して調査する方法がある。

非破壊試験とは、“物を壊さずに”その内部のきずや表面のきずあるいは劣化の状況を調べる方法のことで、五感診断、振動診断及び潤滑油診断等が該当する。

微破壊試験とは、構造物のコア抜き等、物の一部を破壊して劣化の状況を調べる方法のことで、中性化試験等が該当する。

分解調査とは、部品単位で劣化の状況を調べるために、部品をばらして調査する方法である。

点検・調査方法は、点検・調査体制や各設備の調査単位及び構造等を考慮して選定する必要がある。

【調査方法設定例】

- ・かき寄せ機：水抜きすることにより現場で主要部品の調査が可能なので、非破壊調査を行う。
- ・主ポンプ：外観からは主要部品の状況が分からないので、設備単位で非破壊調査を実施し、その状況により、必要に応じて分解調査を実施する。
- ・躯体：目視等の点検状況により、コア抜き等微破壊試験を実施し、コンクリートの圧縮強度、中性化の状況等の調査を行う。

状態監視保全の調査は、維持管理情報（点検履歴、調査履歴、主要部品の取替履歴等）が蓄積されている場合は、それらの情報を分析・活用し、対象設備の健全度を判定する。

維持管理情報が不足している場合には、現地調査を実施し、健全度判定に必要な情報を把握する必要がある。

2.3.4 点検・調査項目の検討

各設備の特性等に応じて、点検・調査判定項目を検討する。

【解 説】

(1) 点検項目

点検項目基準は、設備単位で劣化状況の有無を確認するために設定する項目である。詳細は、「下水道維持管理指針（2003 年版）日本下水道協会」が参考となる。

(2) 調査項目

1) 設備の調査項目

調査項目は、設備単位或いは主要部品単位の劣化状態を調査し、その健全度を評価するために設定する項目である。

劣化はストレスによって生じる対象物の物理的・化学的属性の変化である。図 2.5 に示すように、劣化には、力学的ストレスによる劣化、化学的ストレスによる劣化及び両方の複合による劣化の 3 つに大別できる。力学的ストレスは、変形、破壊、摩耗に大別でき、化学的ストレスは腐食である。

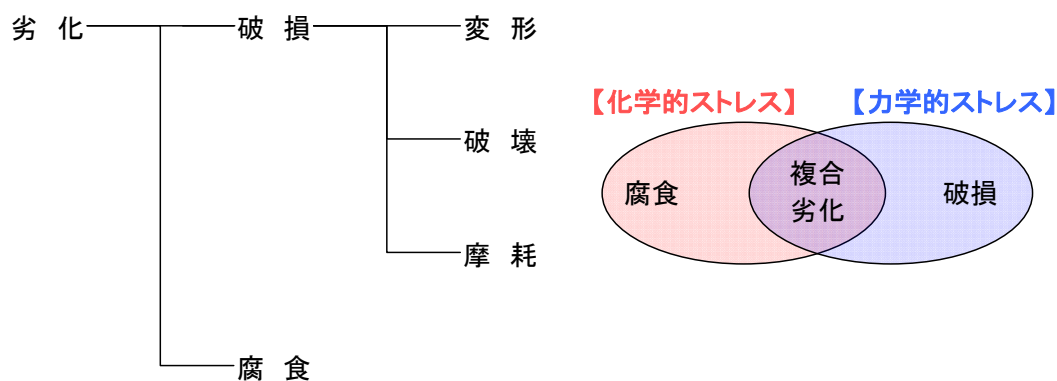


図 2.5 劣化の分類（例）

個々の劣化事象はさまざまな要因により発生するものであるが、疲労、摩耗、腐食、クリープが主要因といわれている。以下に劣化主要因の概要を示す。

【疲労】繰り返し応力により材料表面や内部の亀裂が徐々に大きくなり、破壊に至る現象

【摩耗】摩擦によって摩擦面から材料が少しずつ除去される現象

【クリープ】一定の応力のもとで、時間とともに塑性変形が進行する現象

【腐食】金属原子が金属イオンに酸化される反応と、酸化剤が還元される反応が同時に過不足

なく進行する電気化学反応である。

腐食には湿食と乾食があり、前者は水分が存在するなかで陽極反応（酸化反応）と陰極反応（還元反応）の組合せによる腐食電池作用によって金属が溶出する現象であり、後者は高温気体環境下で金属が酸化、硫化、炭化、ハロゲン化する現象である。

上述の劣化現状を把握するための調査項目については、表 2.5 の参考文献等を参考に設定する。

表 2.6 は、機械・電気設備における主な調査項目を示したものである。

表 2.5 調査項目の設定、評価のための主な参考文献例

区 分	文献名	出版元
機 械	日本工業規格（J I S） 設備管理技術事典 下水道維持管理指針 効率的な改築事業計画策定技術資料 【下水道主要設備機能診断】	(株)産業技術サービスセンター(2003 年版) (社)日本下水道協会(2003 年版) (財)下水道新技術推進機構（2005 年 8 月）
電 気	受変電設備保守点検の要点(改訂版) 非常用発電設備保全マニュアル 下水道維持管理指針 効率的な改築事業計画策定技術資料 【下水道主要設備機能診断】	(社)日本電気工業会(平成 19 年 6 月) (社)日本内熱力発電設備協会(平成 14 年 10 月) (社)日本下水道協会(2003 年版) (財)下水道新技術推進機構（2005 年 8 月）

表 2.6 機械・電気設備調査判定項目（例）

	判定項目(例)	劣化分類との関係
調 査 判 定 項 目	・ 振動	変形、破壊、摩耗
	・ 温度	変形、破壊、摩耗
	・ 摩耗	摩耗
	・ 異音	変形、破壊、摩耗
	・ 電流値	変形、破壊、摩耗
	・ 圧力	変形、破壊、摩耗
	・ 絶縁抵抗値	腐食
	・ 発錆、腐食	腐食
	・ 変形、亀裂、損傷	変形
	・ 漏れ	変形、破壊、摩耗
	・ 目詰まり	—
	・ 動作状態（単独、連携）	変形、破壊、摩耗、腐食
	・ 経過年数、運転時間 など	変形、破壊、摩耗、腐食

2) 土木・建築の調査項目

土木・建築の劣化現状を把握するための調査項目については、表 2.7 の参考文献を参考に設定するとよい。

土木・建築の主要な経年劣化は、硫化水素に起因するコンクリート腐食であるが、この他にも状態等を把握する主な調査項目（点検項目含む）がある（表 2.8 参照）。調査は調査計画に定めた時期あるいは、日常点検、定期点検において異常が観察された部位について行う。

表 2.7 調査項目の設定、評価のための主な参考文献例

区 分	文献名	出版元
土木	・コンクリート標準示方書 維持管理編 ・非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル ・下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食被覆技術マニュアル ・下水道施設長期保全更新計画の策定手法の確立に向けた研究	(社) 土木学会 (独) 土木研究所・日本構造物診断技術協会発行 日本下水道事業団 下水道技術開発会議

表 2.8 土木調査項目例

対 象	内 容	項 目	方 法	点 検	調 査
軀 体	軀体の表面状況	ひび割れ、浮き、漏水、鉄筋腐食、表面劣化、骨材の露出の有無	目視、打音ハンマー	◎	○
	コンクリートの腐食	表面pH	pH試験紙	◎	○
	中性化深さ	呈色の有無	フェノールフタレイン法	—	◎
	硫黄侵入深さ	硫酸イオン濃度の分布	硫酸イオン指示薬、EPMA(電子線マイクロアナライザー)、EDS(X線分析装置)	—	○
	コンクリート部材強度	圧縮強度	コアー抜き、シュミットハンマー、衝撃弾性波試験	—	○
防 食	被覆の状況	点食、膨化、剥離	目視	◎	○
	腐食環境	硫化水素濃度(H ₂ S)	検知管、ガス濃度連続測定計	◎	○
		溶存酸素(DO)、酸化還元電位(ORP)	水質計測機器	◎	○

◎:実施

○:必要に応じて実施

2.3.5 点検・調査基準の検討

各設備の特性等に応じて、点検・調査基準を検討する。

【解 説】

(1) 点検基準

点検基準は、設備単位で劣化状況の有無を確認するために設定する基準である。詳細は、「下水道維持管理指針（2003 年版）日本下水道協会」が参考となる。

(2) 調査基準

1) 設備の調査基準

調査基準は、調査項目ごとに判定基準を設定し、感覚や測定装置により判定基準との比較・検討を行うことにより、現在の健全度を評価し、改築の必要性を判断する。

健全度の評価にあたっては、その方法や基準を明確にし、判定者による差異が無いようにする。

また、判定基準は、同種の対象物であっても、能力、材質、形式、環境等により異なる場合があるため、個別の調査判定項目ごとに、判定基準を設定する必要がある。

① 目視調査の例

目視等の感覚による調査（設備対象）は、劣化の度合と範囲を総合的に判断し、表 2.9 に示すように主観的・定性的な評価を数値化する。

表 2.9 目視等による判定基準（例）（設備対象）

健全度	運転状態
5	問題なし
4	劣化の度合・範囲が小さい (劣化の兆候はあるが、機能上の問題はない)
3	劣化の度合・範囲が中程度 (劣化進行しているが、設備機能は確保可)
2	劣化の度合・範囲が大きい (劣化が進行し、設備機能の発揮が困難な状態またはいつ機能が停止してもおかしくない状態で、修繕では回復困難)
1	著しく劣化しており、機能停止

②測定装置による調査例

測定装置による調査は、主観的要素を排除して定量的に評価することが可能であり、振動診断等がある。

【振動測定の場合】

主ポンプ、送風機等の回転機械に対し、振動を測定・解析し、異常の有無や劣化状況を診断する。

振動診断方法の一つとして絶対値判定法がある。本方法は、JIS B0906、ISO 10816-1（図 2.6 参照）で示される速度等の絶対的基準値と比較して判定するものである。

振動速度 のrms値 (mm/s)	Class1	Class2	Class3	Class4
0.71mm/s	A	A	A	A
1.12mm/s	B			
1.8mm/s	C	B	B	B
2.8mm/s		C		
4.5mm/s	D	D	C	C
7.1mm/s			D	D
11.2mm/s				
18mm/s			D	D

Class 1	全体の構成要素の一部として組み込まれたエンジンや機械 (15kW以下の汎用電動機等)
Class 2	特別な基礎を持たない中型機械(15kW～75kWの電動機等)、 及び堅固な基礎に据え付けられたエンジン又は機械(300kW以下)
Class 3	大型原動機又は、大型回転機で剛基礎上に据え付けられたもの
Class 4	大型原動機又は、大型回転機で比較的柔らかい 剛性をもつ基礎上に据え付けられたもの (出力10MW以上のターボ発電機セット及びガスタービン等)
ゾーンA	新設された機械の振動値が含まれるゾーン(→ 優)
ゾーンB	何の制限もなく長期運転が可能なゾーン(→ 良)
ゾーンC	長期の連続運転は期待できないゾーン(→ 可)
ゾーンD	損傷を起こすのに十分なほど厳しいゾーン(→ 不可)

図 2.6 絶対値振動データ判定基準（JIS・ISO 規格）

対象設備の振動診断を実施し、表 2.10 に示すような判定基準を設定し、設備の劣化状況を判断する。

表 2.10 振動診断（絶対値判定法）による判定基準（例）（設備対象）

健全度	運転状態
5	振動速度が「良い (A)」状態
4	振動速度が「やや良い (B)」状態
3	振動速度が「やや悪い (C)」状態
2	振動速度が「悪い (D)」状態

設備単位あるいは主要部品単位の健全度評価は、設定した調査項目と判定内容から、目視等により現在の状態を調査判定区分に従い評価する。このとき、調査判定項目別に評価された判定結果を用いて、設備単位あるいは主要部品単位における劣化状況を総合的に評価し、健全度を算出する。(表 2.11、表 2.12 参照) 次に、得られた健全度から措置方法を決定する。(表 2.13、表 2.14 参照)。

表 2.11 設備単位の健全度 (例)

健全度	運転状態	措置方法
5 (5.0～4.1)	設置当初の状態、運転上、機能上問題ない	措置は不要
4 (4.0～3.1)	設備として安定運転ができ、機能上問題ないが、劣化の兆候が現れ始めた状態	措置は不要 消耗部品交換等
3 (3.0～2.1)	設備として劣化が進行しているが、機能は確保できる状態 機能回復が可能	長寿命化対策や修繕により 機能回復する
2 (2.0～1.1)	設備として機能が発揮できない状態、または、いつ機能停止してもおかしくない状態等 機能回復が困難	精密調査や設備の更新等、 大きな措置が必要
1	動かない 機能停止	ただちに設備更新が必要

表 2.12 主要部品単位の健全度 (例)

健全度	運転状態	措置方法
5 (5.0～4.1)	部品として設置当初の状態、運転上、機能上問題ない	措置は不要
4 (4.0～3.1)	部品の機能上問題ないが、劣化の兆候が現れ始めた状態	措置は不要 要観察
3 (3.0～2.1)	部品として劣化が進行しているが、部品の機能は確保できる状態 機能回復が可能	修繕により機能回復する
2 (2.0～1.1)	部品として機能が発揮できない状態で、設備としての機能への影響がでている。または、いつ機能停止してもおかしくない状態等 機能回復が困難	交換が必要
1	著しい劣化 設備の機能停止	ただちに交換が必要

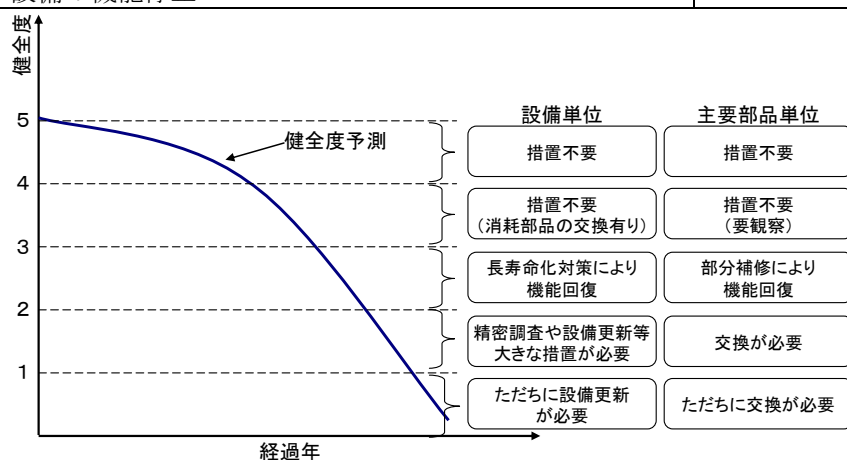


図 2.7 健全度と措置区分の関係図

表 2.13 健全度評価方法と判定結果（例）（調査単位：設備） 【手動ゲート】

調査対象	調査判定項目	判定内容	判定結果	健全度
設備全体	動作状態	運転又は動作状態を確認し、機能面への影響を判定	4	3.5
	塗装、グリス状況	塗装の浮き、グリスの飛び等の状況・範囲を確認し、機能面への影響を判定	3	
	発錆・腐食	錆、腐食の状況・範囲を確認し、機能面への影響を判定	3	
	変形、亀裂、損傷	変形、亀裂、損傷の状況・範囲を確認し、機能面への影響を判定	4	
	各部摩耗	可動部各所の摩耗の状況・範囲を確認し、機能面への影響を判定	4	
	振動、異音	振動・異音の大きさ等を確認し、機能面への影響を判定	3	
調査判定区分	5：問題なし。 3：劣化進行しているが、機能は確保可。 1：運転できない。機能停止。 4：機能上の問題はないが、劣化の兆候あり。 2：機能発揮困難で修繕では機能回復困難。			

表 2.14 健全度評価方法と判定結果（例）（調査単位：主要部品） 【汚泥かき寄せ機】

調査対象	調査判定項目	判定内容	判定結果	健全度
本体チェーン	伸び	以下のような状態が生じ、機能低下に至る状況にあるもの ・チェーンが伸びて弛み、スプロケットとの噛み合い不良や、チェーンの引きずりが生じている（一般的には例えば伸び2%以上など）	3	3
	摩耗状況	・磨耗（一般的には例えばプレートの磨耗が新品の1/3以上など）により、円滑な動力の伝動に支障が出ている場合や、チェーンのプレートに傷や変形が生じるようになった状態 ・チェーンの硬直化、ピンの回転に関する変形が見られる状況 等	4	
本体スプロケット	摩耗状況	以下のような状態が生じ、機能低下に至る状況にあるもの ・不規則な磨耗により、チェーン離れが悪化し、振動が起きたり、噛み合いに不具合が発生（一般的には、例えば最大磨耗箇所が8～10mmに達したときなど）	4	4
軸	摩耗状況	以下のような状態が生じ、機能低下に至る状況にあるもの ・再塗装などでも回復不能な程度の腐食・発錆による減肉作用を受けている又は、変形するなどにより、偏心している	3	3
軸受	摩耗状況	以下のような状態が生じ、機能低下に至る状況にあるもの ・適切な給油脂を行っても、異音・発熱・異常振動が起こる場合や、給油脂分析により取替え以外の対応が無いと判断される場合	4	4
フライト	稼動状況	以下のような状態が生じ、機能低下に至る状況にあるもの フライトに著しい割れやバンドの欠損があり、機能低下を生じさせる状況にある。	2	2
	損傷		3	
駆動用チェーン	伸び	以下のような状態が生じ、機能低下に至る状況にあるもの ・チェーンが伸びて弛み、スプロケットとの噛み合い不良や、チェーンの引きずりが生じている（一般的には例えば伸び1.5%以上など）	3	2
	摩耗状況	・磨耗により、円滑な動力の伝動に支障が出ている場合や、チェーンのプレートやローラーに傷や変形が生じるようになった状態 ・チェーンの硬直化、ピンの回転に関する変形が見られる状況 等	2	
駆動用スプロケット	摩耗状況	以下のような状態が生じ、機能低下に至る状況にあるもの ・刃先が一様に磨耗し丸くなっている、あるいは、尖るなどの状態となっている ・当たり部分やローラの磨耗により、チェーン離れが悪化した状態となっている	4	4
電動機	稼動状況	以下のような状態が生じ、機能低下に至る状況にあるもの ・異常な音・発熱・振動・騒音があり、修正調整が出来ない状態	4	4
減速機	稼動状況	以下のような状態が生じ、機能低下に至る状況にあるもの ・異常な音・発熱・振動・騒音があり、修正調整が出来ない状態	3	3
調査判定区分	5：問題なし 4：劣化の兆候はあるが、機能上の問題はない（劣化の度合・範囲→小） 3：劣化進行しているが、設備機能は確保可。（劣化の度合・範囲→中） 2：劣化が進行し、設備機能発揮困難で修繕では回復困難（劣化の度合・範囲→大） 1：著しく劣化しており、機能停止			

表 2.13、表 2.14 は評価例であるため、各地方公共団体の状況に応じて実際の点検等の維持管理情報を考慮し、各設備の健全度評価方法を定める必要がある。

2) 土木・建築の調査基準

土木・建築の健全度評価は、設定した調査項目と判定内容から、目視等により現在の状態を調査判定区分に従い評価する。このとき、調査判定項目別に評価された判定結果を用いて、設備単位における劣化状況を総合的に評価し、健全度を算出する。

次に、得られた健全度から措置方法を決定する。(表 2.15 参照)。

また、表 2.16 に土木・建築の健全度判定例を示す。

表 2.15 土木・建築の健全度 (例)

健全度	運転状態	措置方法
5	設置当初の状態、機能上問題ない	措置は不要
4	機能上問題ないが、劣化の兆候が現れ始めた状態	措置は不要 (維持管理で対応)
3	劣化が進行しているが、機能は確保できる状態。機能回復が可能	修繕により機能回復する
2	機能しているが、劣化の進行度合いが大きい状態 (所定の機能不足等)	改築更新または、大規模修繕が必要
1	機能が果たせない状態	ただちに更新が必要

出典：「下水道事業におけるストックマネジメントの基本的な考え方 (案) (平成 20 年 3 月) 下水道事業におけるストックマネジメント検討委員会、P. 31」

表 2.16 健全度判定 (例) (土木・建築・躯体)

確認項目	劣化現象		劣化範囲		判定		総合判定
					劣化現象	劣化範囲	
ひび割れ	甲	ヘアクラック	イ	全体の10%未満			
	乙	～0.2mm	ロ	全体の10～50%未満			
	丙	～0.2mmオーバー	ハ	全体の50%以上			
浮き	甲	打診で確認できる	イ	全体の10%未満			
	乙	目視で確認できる	ロ	全体の10～50%未満			
	丙	剥離	ハ	全体の50%以上			
漏水	甲	滲み程度	イ	視野範囲0～1			
	乙	滴下	ロ	視野範囲2～4			
	丙	噴出	ハ	視野範囲5～			
鉄筋腐食	甲	点錆、一部錆汁あり	イ	断片的			
	乙	腐食有り、断面欠損無し、錆汁多し	ロ	連続性を持つ			
	丙	腐食顕著、断面欠損有り、錆汁顕著					

出典：「下水道事業におけるストックマネジメントの基本的な考え方 (案) (平成 20 年 3 月) 下水道事業におけるストックマネジメント検討委員会、P. 31」

劣化グレードの設定例として、7段階に分けた例を示す。なお、外観のグレードとして状態をⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳの4段階に分けることは、コンクリート標準仕様書（維持管理編）：土木学会による。

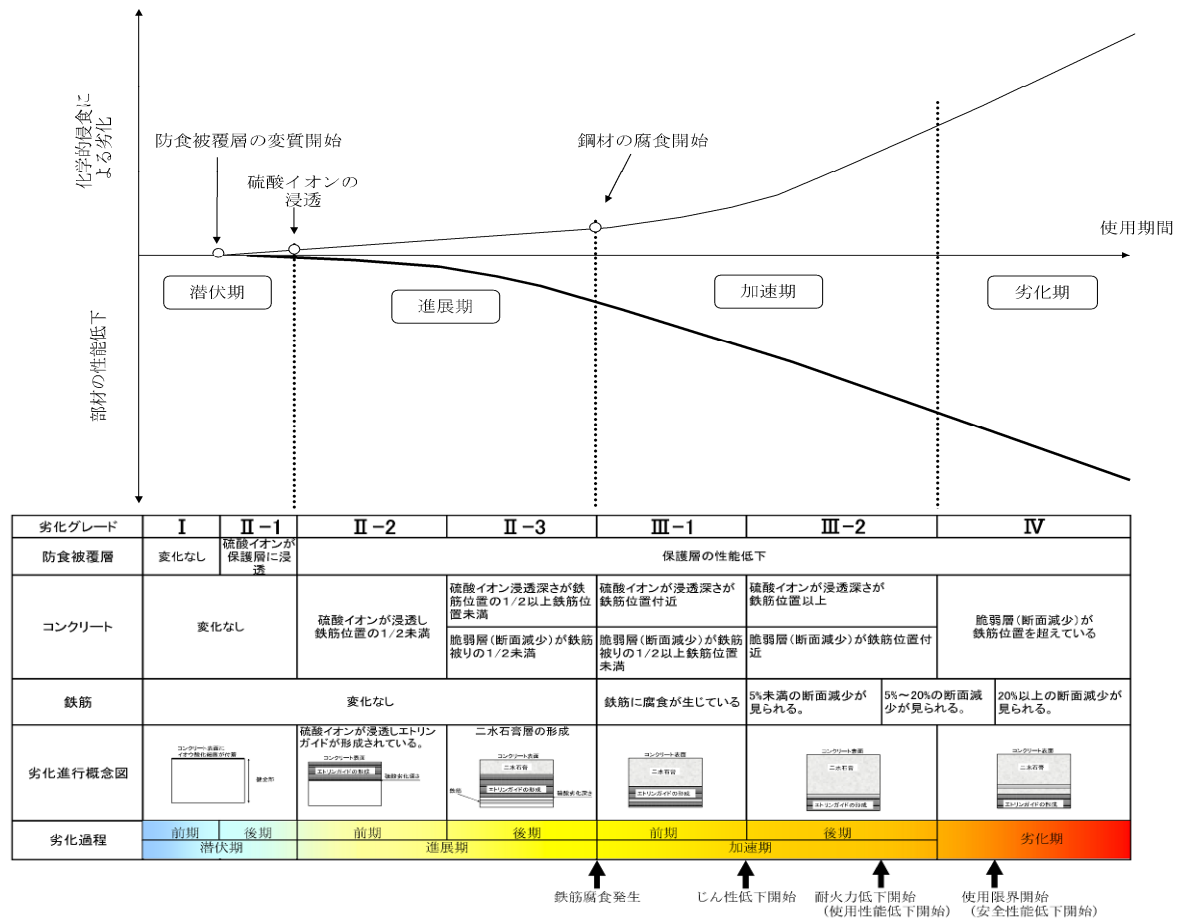


図 2.8 劣化グレードの設定（例）

表 2.17 目視調査による劣化グレードの判定（例）

ランク		鉄筋			
		← 軽微		→ 重度	
軽微 ↑ コンクリート ↓ 重度	S: 変化なし	I	II-3		
	E: ザラザラして、砂利が見えている	II-2			
	D: ゴツゴツして砂利が落ちている	II-3	III-1	III-2	IV
	C: へこんでいる、または、プヨプヨしている				
	B: 大きくえぐれている				
	A: やせほそって壊れそう				

図 2.8、表 2.17 の出典：平成 19 年度 下水道施設長期保全更新計画の策定手法の確立に向けた調査研究 報告書（平成 20 年 3 月）下水道技術開発連絡会議

健全度と劣化グレードの関係は概ね次のようになる。

また図 2.8 によれば、劣化グレードは腐食深度（硫酸イオンの侵入深度）と関係づけられるようになる。

表 2.18 健全度と劣化グレードの関係(例)

劣化グレード	劣化グレードの区分		健全度	運転状態	措置方法
I	潜伏期前期		5	設置当初の状態で、機能上問題ない	措置は不要
Ⅱ-1	潜伏期後期	→	4	機能上問題ないが、劣化の兆候が現れ始めた状態	措置は不要(維持管理で対応)
Ⅱ-2	進展期前期	→	3	劣化が進行しているが、機能は確保できる状態。機能回復が可能	修繕により機能回復する
Ⅱ-3	進展期後期	→	2	機能しているが、劣化の進行度合いが大きい状態(所定の機能不足等)	改築更新または、大規模修繕が必要
Ⅲ-1	加速期前期	→	1	機能が果たせない状態	ただちに対策(改築・更新・代替)が必要
Ⅲ-2	加速期後期	→			
Ⅳ	劣化期	→			

2.3.6 点検・調査時期の検討

各設備の特性等に応じて、点検・調査時期を検討する。

各設備の調査時期は、リスクの検討を考慮して決定する。なお、土木・建築躯体の調査時期は、設備の調査と調整して設定する。

【解 説】

点検の実施時期は、設備の特性を踏まえて、定期的の実施するもの及び必要に応じて実施するものそれぞれについて定める。詳細は、「下水道維持管理指針（2003 年版）日本下水道協会」が参考となる。

調査の実施時期は、予防的な対策が検討できる時期とする必要があり、下図に示すようなリスク評価に応じて、調査時期、頻度を決定して、効率的・効果的に実施する。リスク評価の方法については、「第1章第5節リスクの検討」を参照のこと。

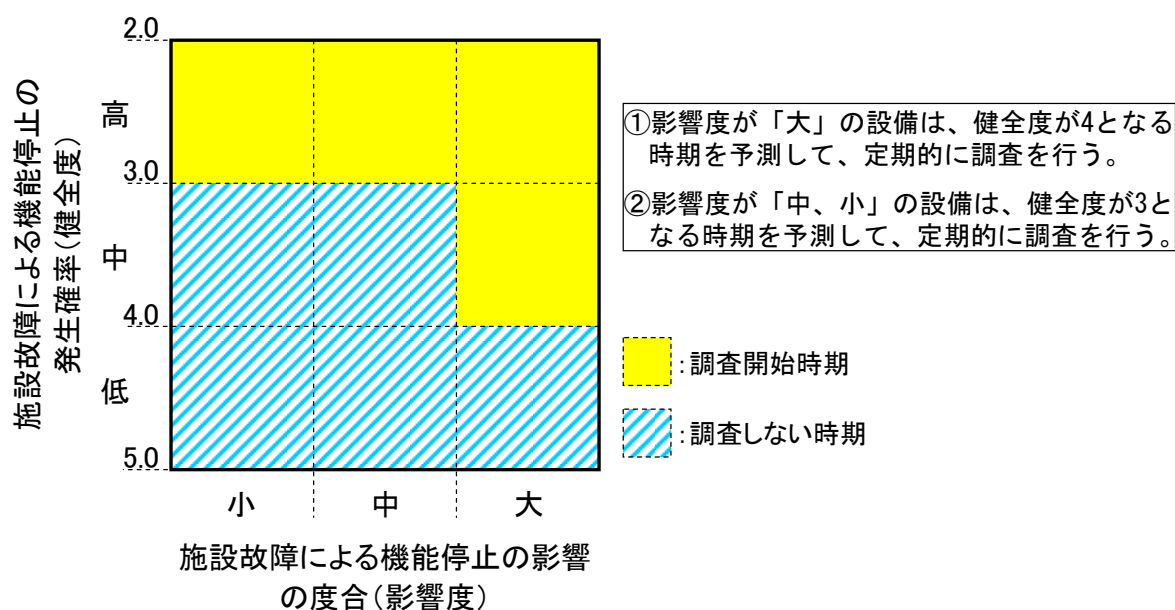


図 2.9 リスクマトリクスによる調査時期の設定（例）

【影響度の大きい設備の場合の調査時期の設定（例）】

①まず、初期段階に調査データがないため、部品交換履歴情報やメーカーヒアリングから設定した主要部品の期待される使用年数で健全度予測を行い、1回目の調査時期を設定する。

→図 2.10 の黒線で健全度が4になる時期が1回目の調査時期

②調査1回目の健全度評価結果を反映した健全度予測式を作成し、2回目の調査時期を設定する。（必要に応じて）

→図 2.10 の青一点鎖線で健全度が3になる時期が2回目の調査時期

③調査1回目・2回目の健全度評価結果を反映した健全度予測式を作成し、長寿命化計画時期

を設定する。

→図 2.10 の赤線で健全度が 2 になる時期

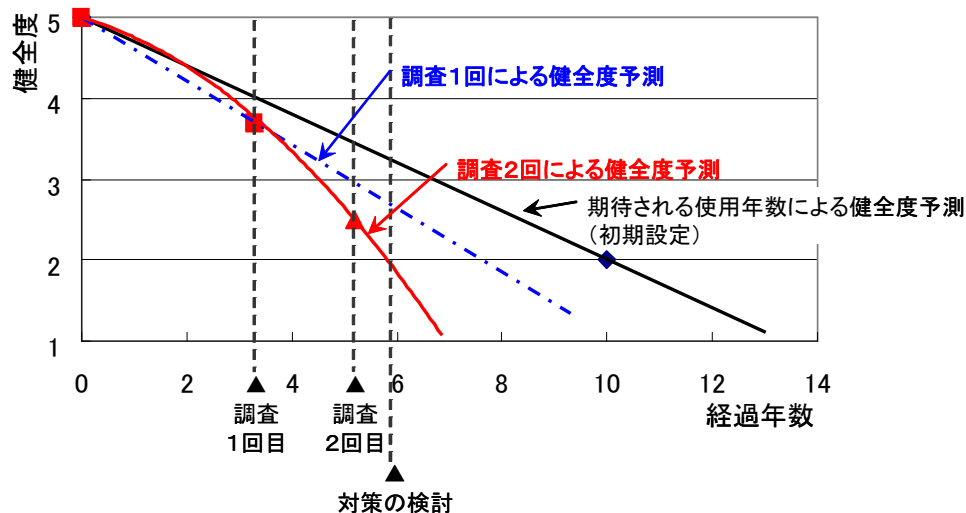


図 2.10 影響度が大きい設備の調査時期設定（例）

【影響度の小さい設備の場合の調査時期の設定（例）】

①まず、初期段階に調査データがないため、部品交換履歴情報やメーカーヒアリングから設定した主要部品の期待される使用年数で健全度予測を行い、1回目の調査時期を設定する。

→図 2.11 の黒線で健全度が 3 になる時期

②健全度評価結果を反映した健全度予測式を作成し、長寿命化計画時期を設定する。

→図 2.11 の赤線で健全度が 2 になる時期

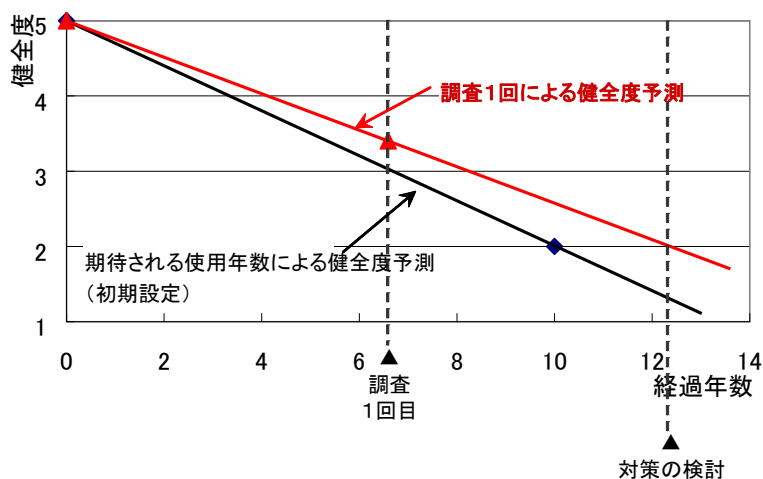


図 2.11 影響度が小さい設備の調査時期設定（例）

なお、設備の調査時期の設定にあたっては、運転管理に支障が発生しないように設定する必要がある。（例えば、各系列の最初沈殿池の水を空にする時期・サイクルの調査） また、土木・建築躯体等の調査は、設備の調査時期に合わせ、効率的に実施するように調整する必要がある。

2.3.7 短期点検・調査計画のとりまとめ

短期点検・調査計画では、5 年程度を対象期間とし、点検・調査計画の検討結果をとりまとめる。

【解 説】

短期計画では、点検項目、点検周期、点検基準等日常的な作業計画をとりまとめると共に、長期計画を踏まえて、詳細な調査対象・実施スケジュール及び調査方法、調査項目、調査基準等をとりまとめる必要がある。また、実施予算を決定し、実際に実施するために、概算事業費と組織体制・責務・権限をとりまとめる必要がある。

なお、点検だけでなく調査も含めて維持管理の中で運用することにより、効率的・効果的に健全度の情報を蓄積することが可能となる。

第3章 点検・調査の実行

第1節 点検・調査の実行

3.1 点検・調査の実行

点検・調査計画に基づき、点検・調査を実行し、その情報をもとに診断を行い、改築の必要性を判断する。

【解 説】

点検・調査計画に基づき、点検・調査を実行し、その情報をもとに診断（健全度評価等）を行い、改築の必要性を判断する。

(1) 状態監視保全設備の診断（健全度の将来予測）

状態監視保全の設備では、調査の実施による現在の健全度結果等の情報から、健全度予測を行い、改築の必要性を判断する。

健全度予測にあたっては、最適な改築時期を把握するために健全度データを蓄積し、健全度の近似曲線等を作成し、健全度予測の精度を高めることを検討する。

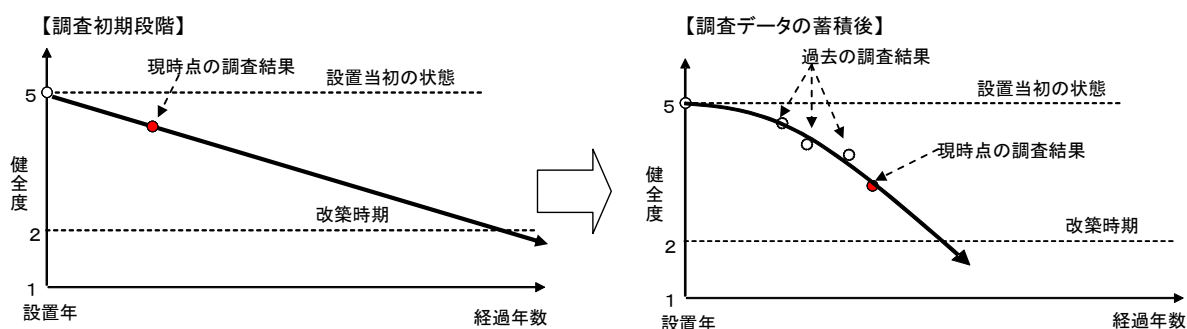


図 3.1 健全度の将来予測（例）

(2) 時間計画保全の設備の診断

時間計画保全の設備は、基本的に設定した目標耐用年数と経過年数の比較を行い、改築の必要性を判断する。また、目標耐用年数に到達しない設備においても、異常の兆候や故障の状況を確認し、改築の必要性を判断する必要がある。

(3) 事後保全の診断

事後保全の設備は、異常の兆候（機能低下等）や故障の発生状況を確認し、改築の必要性を判断する。

点検・調査の実行によって得られた情報は、施設管理の目標及び点検・調査計画及び改築・修繕計画の評価と見直しのために必要であるため、これらの情報を継続的に施設情報システムに蓄積して活用する。

第4章 改築・修繕計画の策定

第1節 長期改築・修繕計画の策定

4.1 長期改築・修繕計画の策定

長期改築・修繕計画は、長期的な改築・修繕の全体量を見通すとともに、対象設備、実施時期及び概算費用をとりまとめる。長期計画の対象期間は、将来 50 年～100 年程度の事業量を踏まえ、20 年程度とする。

【解 説】

長期改築・修繕計画は、改築条件の設定や改築シナリオの選定を行い、長期的な改築・修繕の全体量を見通すとともに、対象設備、実施時期及び概算費用をとりまとめる。検討事項は、以下のとおりである。

ストックマネジメントは、PDCA（Plan-Do-Check-Action）サイクルを実施して、精度向上を図るものであるため、情報の蓄積状況に応じて、段階的に改築需要見通しの精度向上を図ることが有効である。

なお、施設情報の蓄積状況により、「**本編 第1編 第2章 スtockマネジメントの導入効果の検討**」で算出した長期的な改築需要見通しを代用することが可能である。

(1) 改築条件の設定（改築パターンの設定）

処理場・ポンプ場施設の改築シナリオを検討するために、目標耐用年数による各設備の管理方法を考慮した改築時期や、改築費用を設定する。

1) 状態監視保全

状態監視保全で、主要部品単位で改築時期を設定する設備は、部品単位の健全度予測（或いは目標耐用年数）により長寿命化対策時期の設定を行い、ライフサイクルコスト計算により更新時期の設定を行う。

状態監視保全で、設備単位で改築時期を設定する設備は、健全度予測式（或いは目標耐用年数）により更新時期を設定する。

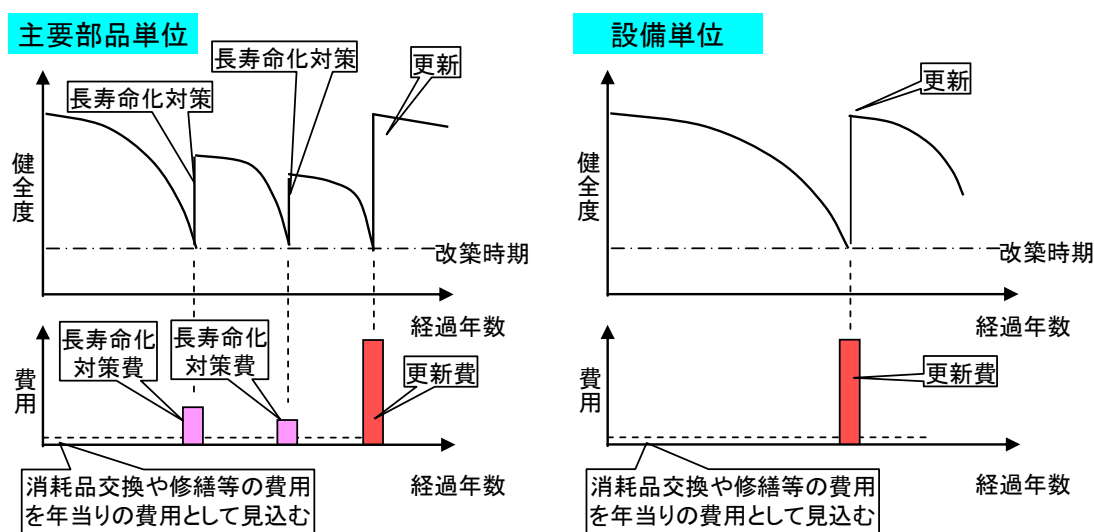


図 4.1 状態監視保全設備の改築パターンイメージ図

2) 時間計画保全及び事後保全

時間計画保全及び事後保全の設備は、目標耐用年数により更新時期を設定する。

なお、整備費用（長寿命化対策費、更新費）について、改築履歴や修繕履歴等のデータがある地方公共団体は、実績に基づいて整備費用を検討し、改築履歴や修繕履歴等のデータが不十分な地方公共団体は、メーカーヒアリング等を参考に検討する。

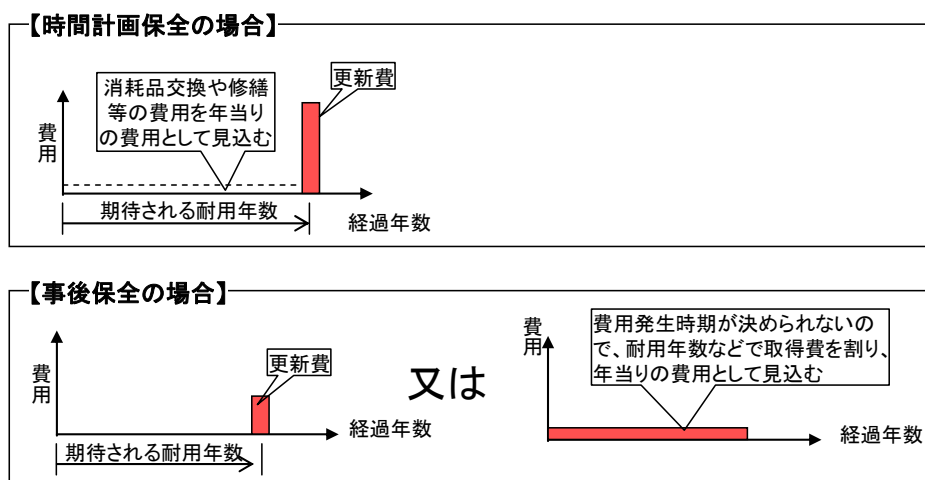
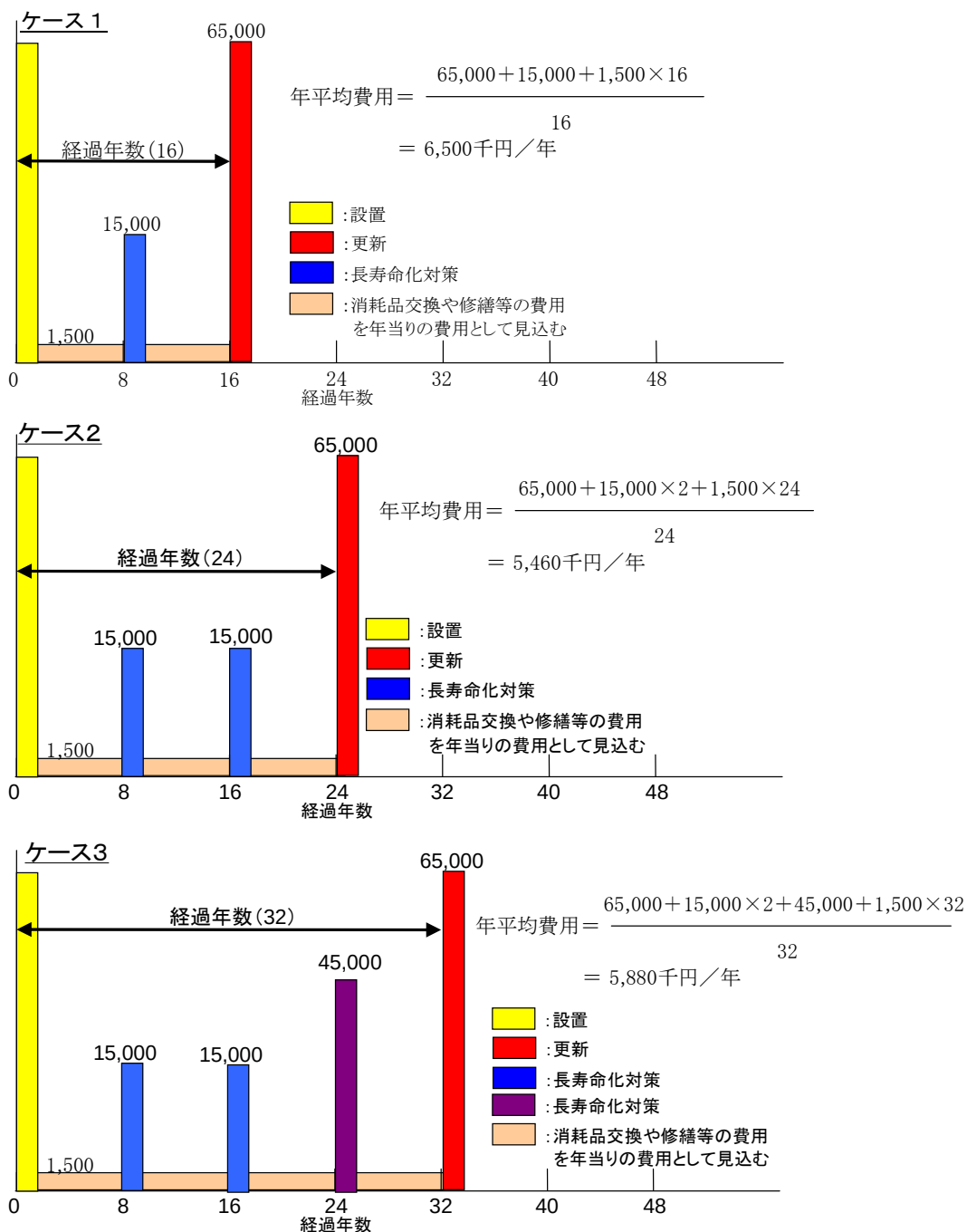


図 4.2 時間計画保全・事後保全設備の改築パターンイメージ図

【ＬＣＣ計算による改築パターン検討例】

本検討例は、管理方法が状態監視保全で、主要部品単位で寿命を設定する設備のライフサイクルコスト計算による改築パターンの検討を行う例である。

健全度予測式或いは期待される寿命（耐用年数）より、対策のサイクルと費用を検討し、下図のように、長寿命化対策により更新時期を延伸化するケースを複数設定し、各ケースの更新までのトータルコストを経過年数で除して年価を算出し、最も年価が安価なケースをＬＣＣ計算による最適な改築パターンとする。



(2) 改築シナリオの選定

改築シナリオの選定にあたっては、50 年～100 年を対象に、設定した複数のシナリオに対し、「費用」と「リスク」のバランスを評価し、最適な平準化シナリオを選定する。なお、事業費の平準化にあたっては、関連計画（地震・津波対策、高度処理等）の実施時期・投資額を考慮する。

1) 改築シナリオの設定

シナリオは、予算制約なしのシナリオ（単純改築）、複数の予算制約シナリオ及びリスク低減シナリオ等数多くのシナリオを設定する必要がある。

図 4.3 に示すように、単純改築シナリオの改築時期は、健全度が 2 になる時期（機能が低下する前）であり、予算制約シナリオの改築時期は、健全度 2～1 の間となる。

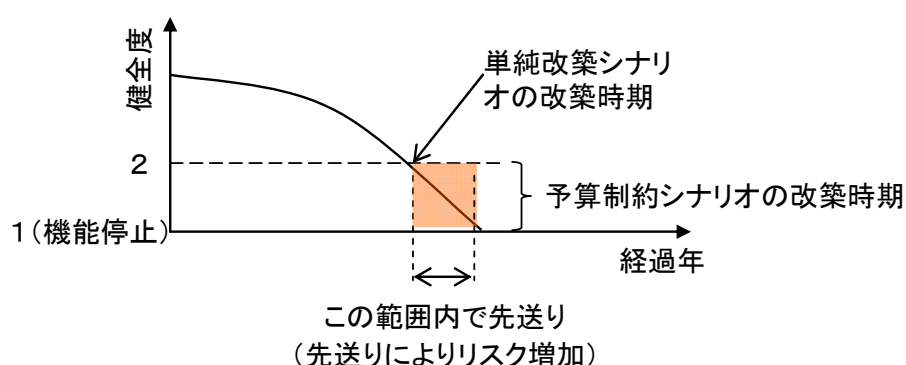


図 4.3 各シナリオの改築時期イメージ図

リスクの大きさは、健全度が 1 に近い時期に改築を実施するほど増加する。

リスクの大きさは、次式で算出する。

$$\begin{aligned}
 \text{リスクの大きさ} &= \text{設備故障による機能停止の発生確率（健全度で代用）} \\
 &\quad \times \text{設備故障による機能停止の被害規模（影響度で代用）} \\
 &= (5 - \text{健全度}) \times \text{影響度}
 \end{aligned}$$

① 改築優先順位の検討

処理場・ポンプ場の各設備は、機能停止しない健全度 2～1 の範囲内で、リスク値が大きいものを優先的に改築する。

なお、設備は単独で改築することは少なく、設備の改築時期と調整して実施する。

改築優先順位に基づき、投資の平準化を行う場合は、以下の手順で実施する。

- ① 健全度が 2 となる年度に改築費用を積み上げる。
- ② 投資限度額を超える場合、リスクが相対的に小さいものを翌年度以降に先送りする。
- ③ 先送りされた年度において、投資限度額を超える場合は、リスクが大きいものを優先し、リスクが等しい場合は健全度が低いものを優先する。

なお、投資の平準化とは、必ずしも単年度投資額を均一にするものではない。また、翌年に先送りすると、健全度が1以下になる設備は、機能停止する可能性が高いので、優先して改築を行うこととする。

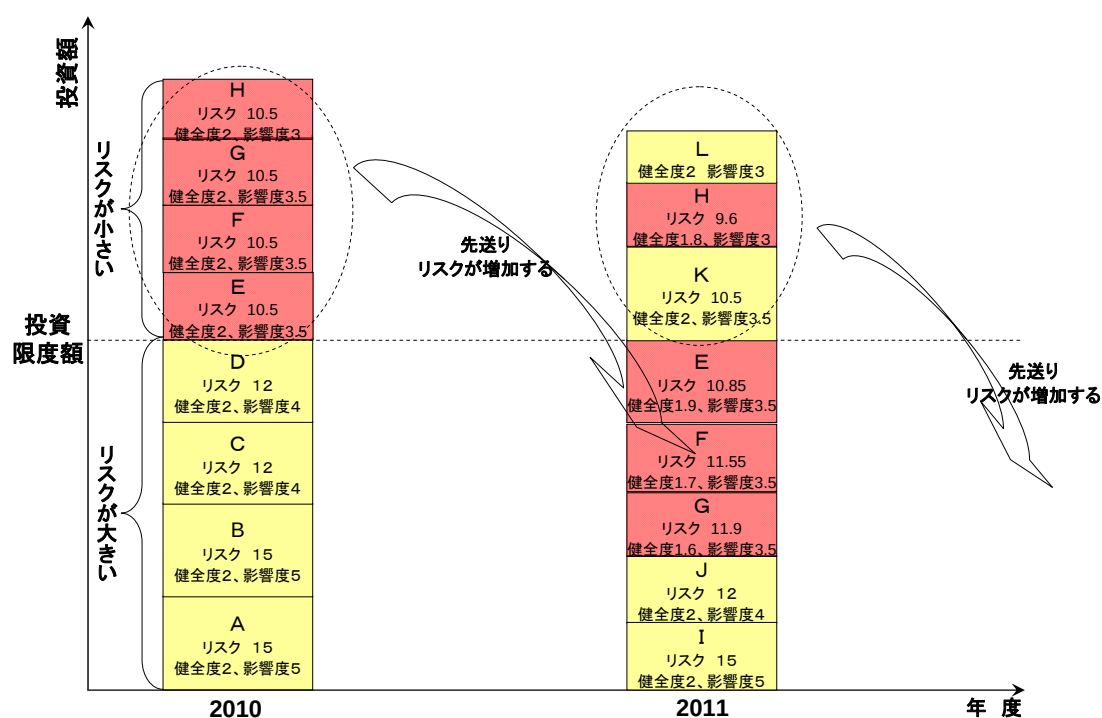


図 4.4 事業の平準化イメージ図

②シナリオの検討

シナリオは、「投資額」、「健全度」、「リスク」の項目を検討する。

表 4.1 投資シナリオの検討項目と内容

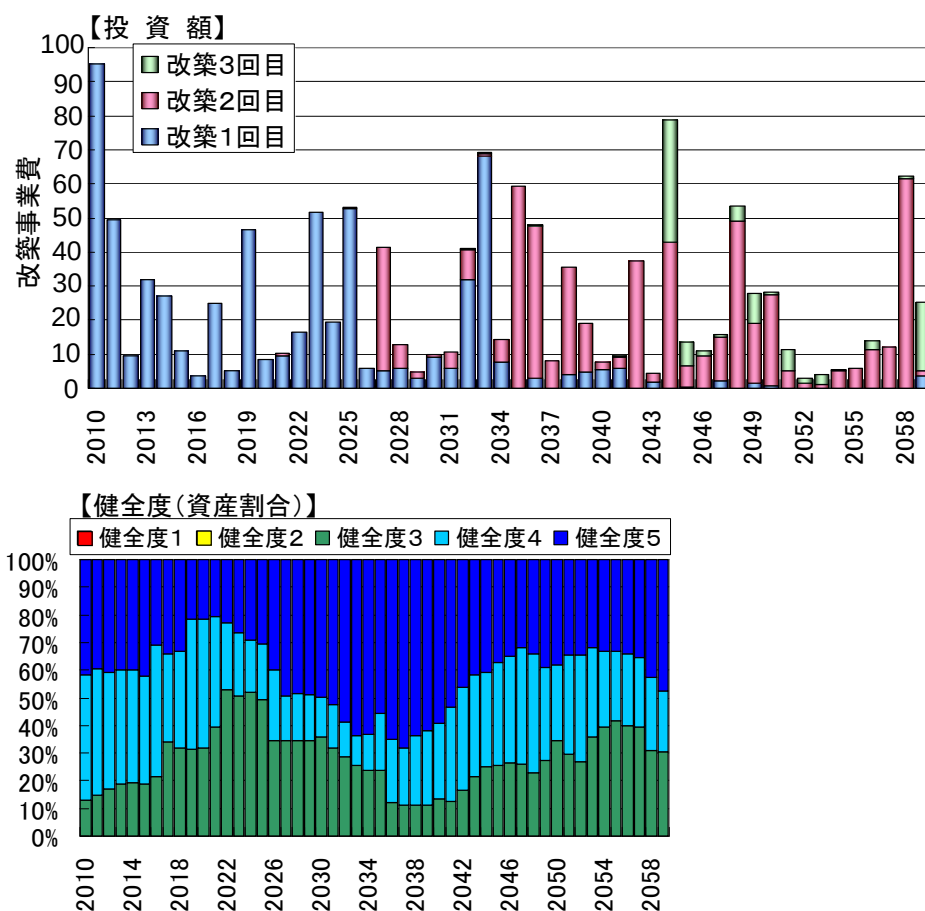
項目	視点	内容
投資額	年当たりの額や総額での可能／不可能／変動	投資額が少なく、変動幅の小さいシナリオが望ましい
健全度	最低健全度	健全度 1 となる設備を発生させない
リスク	リスク／変動	リスクが小さく、かつその変動幅の小さいシナリオが望ましい

シナリオ1：単純改築シナリオ

投資額：単年度で極めて大きなピークがある。検討期間の総投資額も大きい。変動幅が大きく平準化されていない。

健全度：健全度4、5の割合が大きい。平均健全度も3以上であり、非常に良い状態。

リスク：健全度2以下の資産はない。

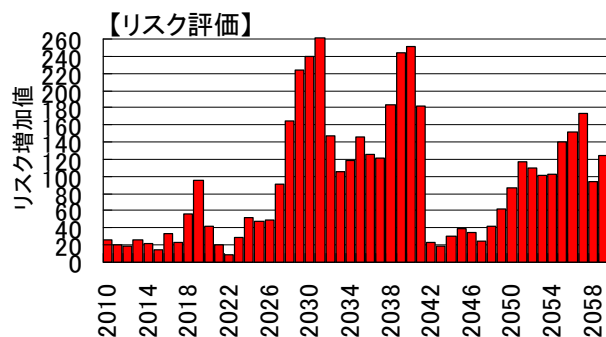
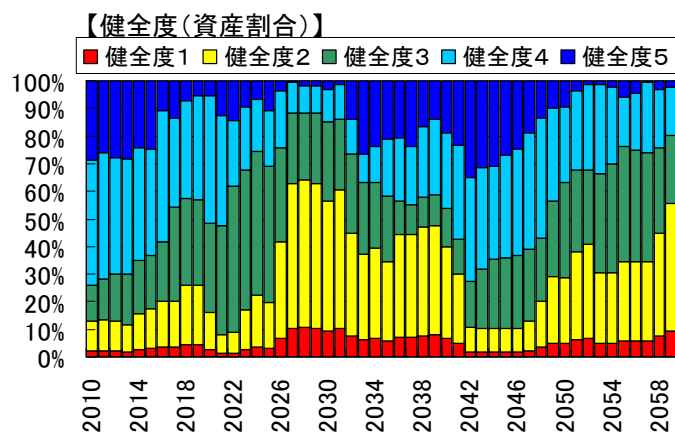
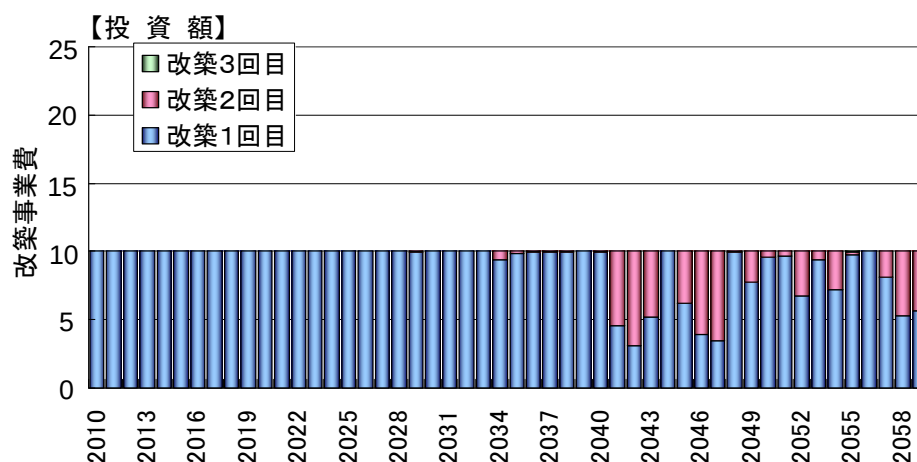


シナリオ2：過年度の年当たりの投資額で改築するシナリオ

投資額：検討期間の総投資額が最も小さい。平準化されているため年当たりの額のピークはない。

健全度：健全度2以下の割合が大きい。健全度1になる場合がある。

リスク：リスク度合及び変動ともに大きい。

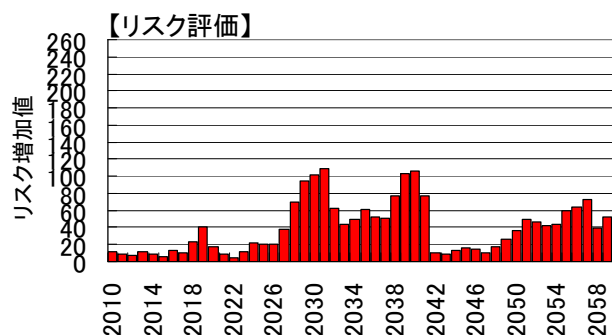
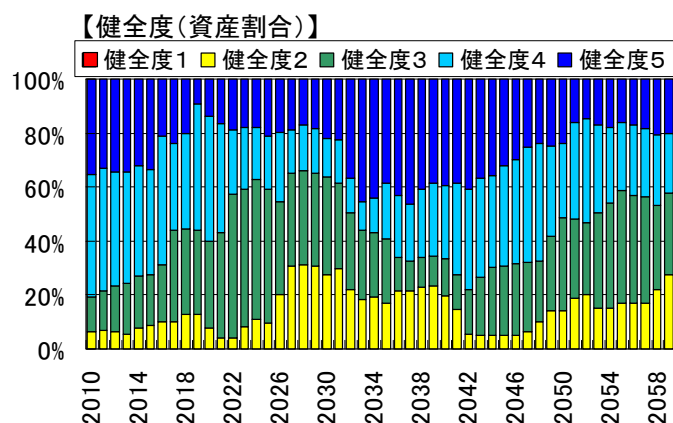
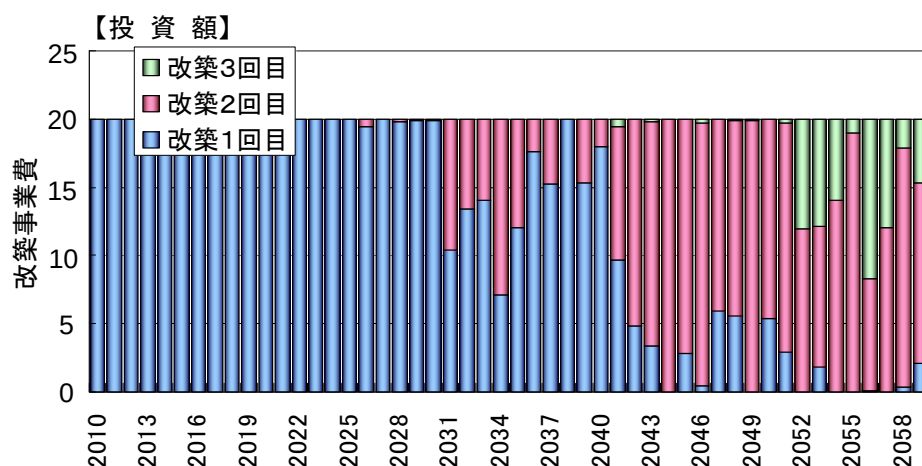


シナリオ3：健全度1の設備が発生しないように、健全度2以下で改築するシナリオ

投資額：シナリオ1に比べ検討期間の総投資額は小さい。平準化されているため年当たりの額のピークはない。

健全度：シナリオ2に比べ健全度2以下の割合が小さい。健全度1の設備は発生しない。

リスク：シナリオ2に比べリスク度合及び変動ともに小さい。

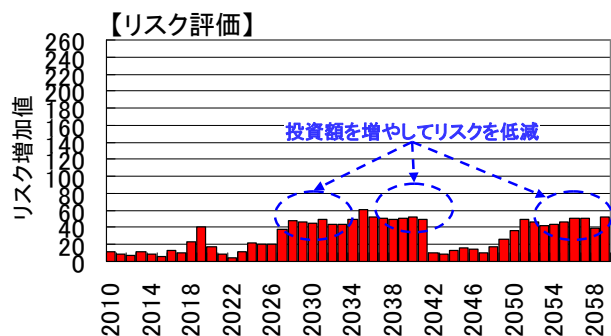
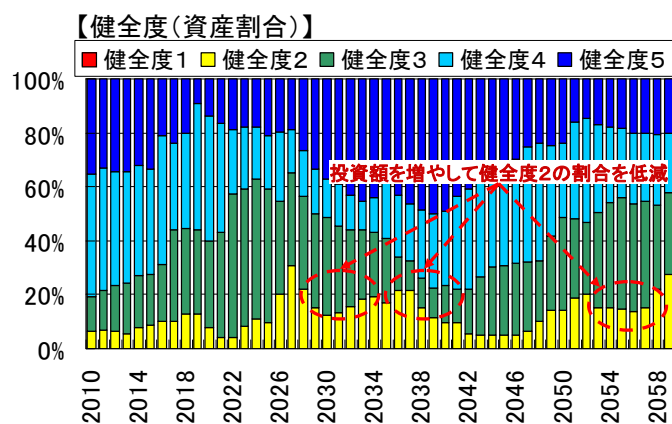
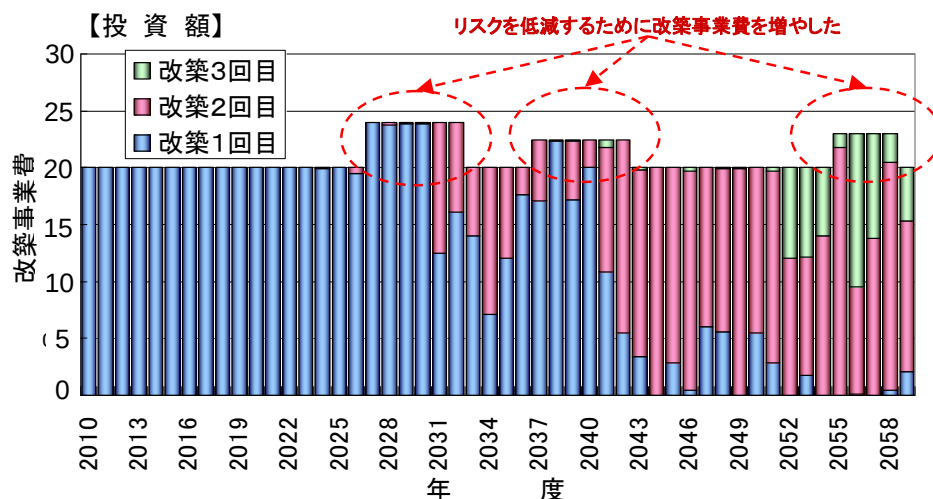


シナリオ4：投資額を増やしてシナリオ3のリスク値をさらに低減し、健全度2以下で改築するシナリオ

投資額：シナリオ3に比べ検討期間の総投資額が若干大きい。年当たりの額のピークが若干ある。

健全度：シナリオ3に比べ健全度2以下の割合が小さい。健全度1の設備は発生しない。

リスク：シナリオ3に比べリスク度合及び変動ともに小さい。

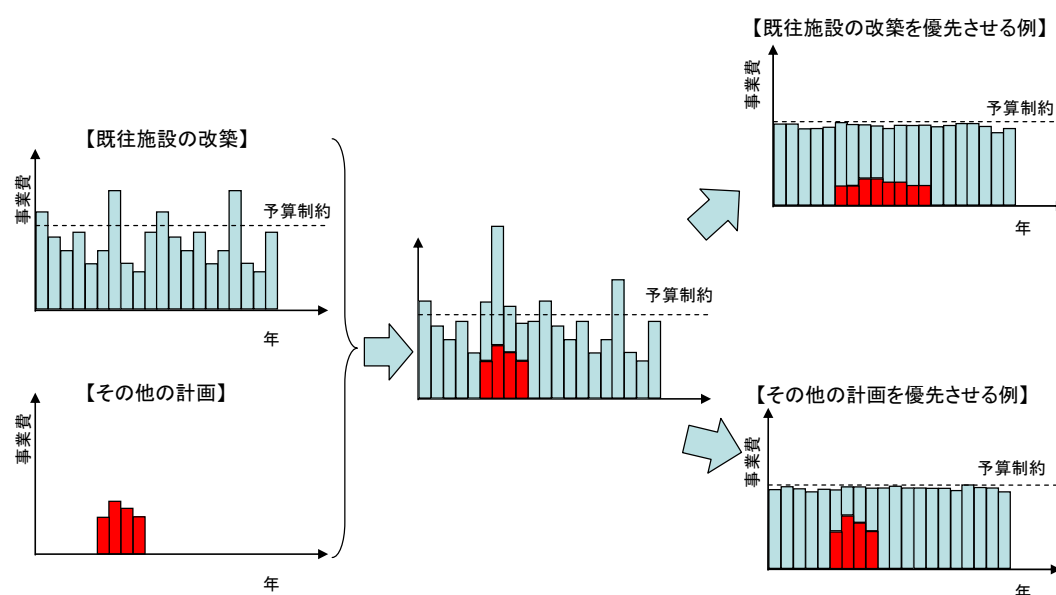


シナリオ5：その他の計画（耐震化、高度処理化等）を見込む場合（参考）

予算制約超過した既往設備の改築費の平準化やその他の計画の整備費を抑える（整備期間を延ばして単年度あたりの事業費を抑える等）

どちらを優先させるかは当該地方公共団体の判断による（機能・コスト・健全度を勘案して決める）

土木・建築と設備を同時に改築することを考慮する。



3) 最適シナリオの選定

最適シナリオとは、最低健全度が1以下（機能停止）となる設備を発生させず、投資限度額以内で最もリスクが小さいシナリオである。

表 4.2 シナリオの評価（例）

シナリオ	評価視点①（投資額）				評価視点②（健全度）				評価視点③（リスク）				…	他計画に基づく機能向上の早期実現	…	評価
	投資額（単年度）		投資額（総額）		健全度割合		最低健全度		度合		変動					
1	不可能	×	不可能	×	良好	○	良好	○	良好	○	良好	○	…	—	…	×
2	可能	○	可能	○	悪い	×	悪い	×	悪い	×	悪い	×	…	—	…	×
3	可能	○	可能	○	問題ない	○	問題ない	○	やや悪い	△	やや悪い	△				△
4	可能	○	可能	○	問題ない	○	問題ない	○	問題ない	○	問題ない	○	…	—	…	○
…	…	…	…	…					…	…	…	…	…	…	…	…

なお、戦略的目標が達成できない場合は、シナリオ又は戦略的目標の見直しを行う。戦略的目標が達成できる場合は、目標の設定を行う。

(3) 長期改築・修繕計画のとりまとめ

長期改築・修繕計画では、最適な改築シナリオの20年程度を対象に、リスク評価に基づく優先順位を検討し、対象設備、実施時期及び概算費用をとりまとめる。

第2節 短期改築・修繕計画の策定

4.2.1 基本的な考え方と検討フロー

短期改築・修繕計画は、長期改築・修繕計画を踏まえ、5年程度の期間で策定する。

【解 説】

短期改築計画では、長期改築・修繕計画で位置づけた対象設備について、点検・調査結果を踏まえ、改築対象設備を選定し、対策の検討後、5ヵ年程度の改築計画（長寿命化計画）を策定する。なお、計画策定にあたっては、実施計画（地震・津波対策、高度処理等）と整合を図る。

また、修繕が必要な設備に対し、5ヵ年程度の短期修繕計画を策定する。

改築・修繕計画の策定フローを図 4.5 に示す。

①改築対象設備の選定

長期改築・修繕計画で位置づけた対象設備について、点検・調査結果を踏まえ、改築対象設備を選定する。点検・調査結果より、改築が必要な設備が多数ある場合には、リスク評価による改築優先順位を踏まえ、対象設備の絞り込みを行う。

改築対象設備は、原則として、処理機能を確保するための一体的な範囲を対象とする。

②長寿命化対策検討対象設備の選定

改築対象設備に対し、設備の特性等を把握した上で長寿命化対策検討対象設備を選定する。基本的に、状態監視保全の設備を長寿命化対策検討対象設備とし、時間計画保全及び事後保全の設備を長寿命化対策検討対象外設備とする。

③対策の検討

長寿命化対策検討対象設備については、ライフサイクルコストの比較を行い、設備単位の対策（更新）を行うか、主要部品単位の対策（長寿命化対策）を行うかを決定する。また、設備単位の対策検討に加え、設備群の対策検討を行い、経済性のみならず、省エネルギー、省資源化、効率化等求められる機能を総合的に勘案し決定する。

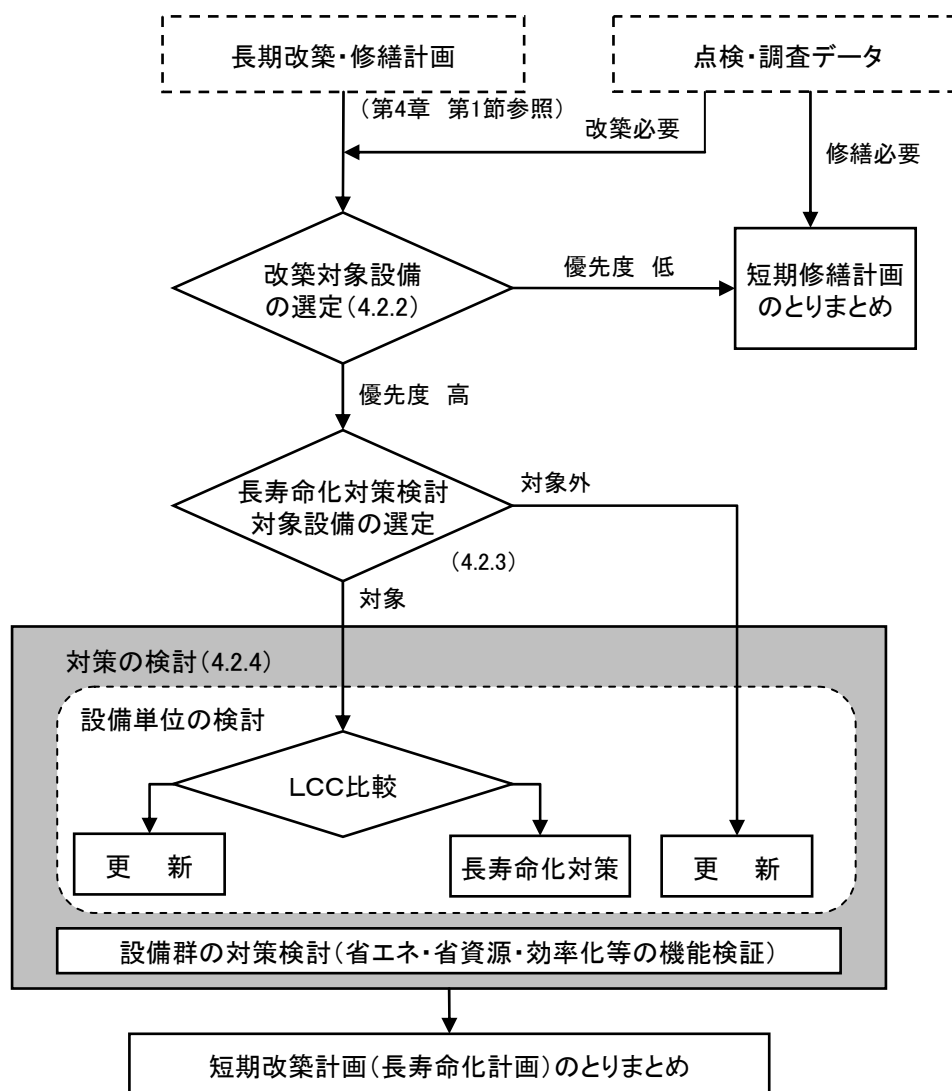


図 4.5 短期改築・修繕計画の策定フロー（例）

4.2.2 改築対象設備の選定

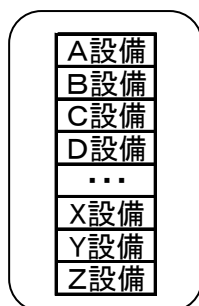
改築対象設備は、中長期的な視点で改築の優先度が高い設備を選定する。

【解 説】

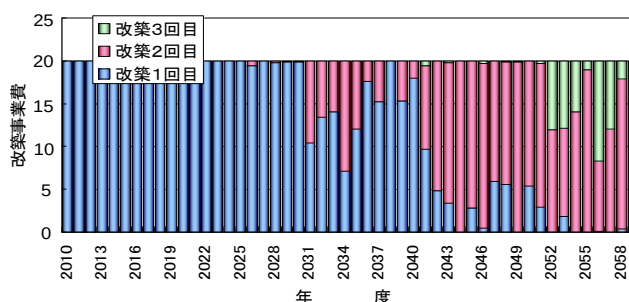
長期改築・修繕計画で位置づけた対象設備について、点検・調査結果を踏まえ、改築対象設備選定する。点検・調査結果より、改築が必要な設備が多数ある場合には、「第1章第5節 リスクの検討」で示されるリスク評価による改築優先順位を踏まえ、対象設備の絞込みを行う。

改築対象設備は、原則として、図 1.2 で示すような処理機能を確認するための一体的な範囲を対象とする。

①改築が必要な施設



②長期改築・修繕計画の検討



③改築計画

リスク	設備	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31	H32	...
高	A設備									
	B設備									
	C設備									
	D設備									
	...									
	X設備									
	Y設備									
低	Z設備									

④短期改築計画の抽出 (改築対象設備の選定)

図 4.6 改築対象設備の選定（例）

4.2.3 長寿命化対策検討対象設備の選定

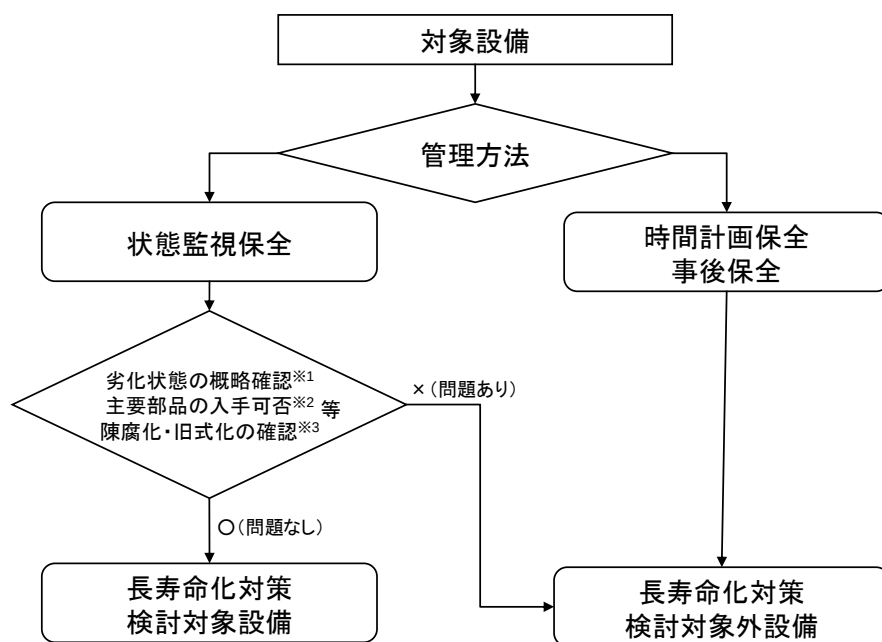
基本的に、状態監視保全の設備は、長寿命化対策検討対象設備とし、時間計画保全及び事後保全の設備は、長寿命化対策検討対象外設備とする。

【解 説】

状態監視保全の設備は、基本的に、長寿命化対策検討対象設備とする。ただし、設置からの年数が著しく経過し明らかに状態が悪く機能回復が困難な場合、主要部品の入手ができない場合、陳腐化や旧式化によりこれ以上長寿命化を図っても著しく非効率である場合には、長寿命化対策検討対象外設備とする。

時間計画保全及び事後保全の設備は、基本的に、長寿命化対策検討対象外設備であるが、時間計画保全の設備であっても、長寿命化対策により耐用年数の延伸化が図れ、ライフサイクルコストが安価になる可能性がある場合は長寿命化対策検討設備とすることができる。

図 4.7 に、長寿命化対策検討対象設備の選定フロー（例）を示す。



※1: 設置からの年数が著しく経過し、明らかに劣化が激しい場合

※2: 現在又は計画期間内に主要部品の入手ができない場合、当該設備に主要部品がない場合

※3: 設置からの年数が著しく経過し、同機種の設備と比較し陳腐化や旧式化により非効率な設備の場合

図 4.7 長寿命化対策検討対象設備の選定フロー（例）

4.2.4 対策の検討

診断結果を踏まえ、対策を検討する。対策が必要とされた長寿命化対策検討対象設備は、ライフサイクルコストの比較を行い、更新あるいは長寿命化対策を選定する。また必要に応じ、省エネルギー、省資源化、効率化等を踏まえ、設備群の対策検討を行う。

【解 説】

診断結果を踏まえ、長寿命化計画期間に改築が必要な設備に対し、対策を検討する。

対策が必要とされた長寿命化対策検討対象設備は、ライフサイクルコストの比較を行い、更新あるいは長寿命化対策を選定する。また必要に応じ、省エネルギー、省資源化、効率化等を踏まえ、設備群の対策検討を行う。

【設備単位の対策検討】

対策が必要とされた長寿命化対策検討対象設備は、更新あるいは長寿命化対策について、それぞれの対策により期待される使用年数を考慮し、ライフサイクルコスト比較を行う。長寿命化対策の対象とする部品の範囲については、主要部品の健全度のみならず、対象設備の機能を維持するために必要となる一体的な範囲を考慮し決定する。

ライフサイクルコスト比較は、下記に示すように、基本的に、主要部品単位で劣化予測を行う方法（算定例 1）の他、データの蓄積状況に応じて合理的な範囲で比較手法（算定例 2～4）を検討することもできる。

- 1) 主要部品単位で健全度予測を行い、対策範囲及び対策により期待される使用年数を設定する方法（算定例 1 参照）。
- 2) 設備単位での調査を行った場合、当該設備や同種類・同環境の設備の部品交換履歴等により、対策範囲及び対策により期待される使用年数を設定する方法（算定例 2 参照）。
- 3) 維持管理情報（点検履歴、調査履歴、主要部品の取替履歴等）が蓄積された場合に、その情報から部品ごとの期待される使用年数を分析し、ライフサイクルコストが最小化となる更新時期を設定する方法（算定例 3 参照）
- 4) 現在稼動している設備から高効率の設備への更新を考慮する場合、全体及び認可計画水量の減少による設備の能力変更（能力減少）を考慮する場合等には、消耗品費だけでなく、運転管理費を考慮して、ライフサイクルコストの比較を行う方法（算定例 4 参照）。

【設備群の対策検討】

機械・電気設備が一般的に技術開発の著しい分野であることを踏まえ、個々の設備の対策検討に加え、必要に応じ設備群として、省エネルギー、省資源化、効率化等求められる機能等を勘案し、総合的な検討を行うこととする。

その際、設備単位対策との整合性を図り、必要に応じて設備単位対策の見直しを行う場合もある。

特に、電気設備については、目標耐用年数到達前に、関連する機械設備の更新に伴い一体的に更新が必要な場合や、逆に目標耐用年数に到達しても機械設備を更新せず電気設備単独の更新の必要性が低い場合は、更新を見送ることも考えられるため、関連設備の改築計画と調整を図る必要がある。

【対策の検討及びコスト改善額の算定例：算定例1】 【曝気攪拌機】

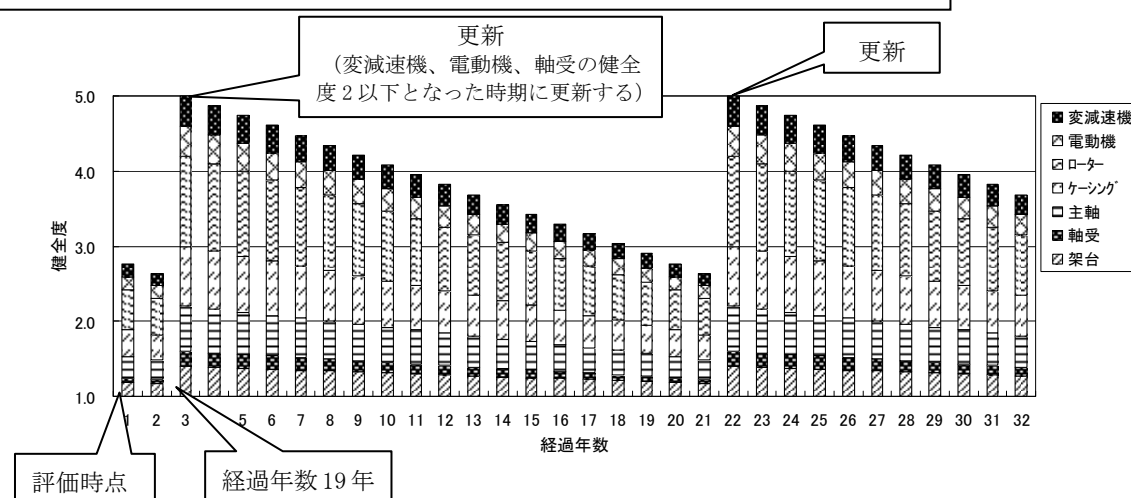
本検討例は、主要部品の健全度予測をもとに、対策範囲及び対策により期待される使用年数を設定して、コスト改善額の算出を行う例である。

対策範囲及び対策により期待される使用年数の設定は、図1に示すように、健全度予測により設定する。図1の上図は、対象設備の各部品のうち、どれか1つの健全度が2以下になった時点で更新を行う例である。下図は、対象設備の各部品について、部品交換を行うことで長寿命化を行い、設備単位の更新が必要な時期[※]を想定し更新を行う例である。

費用の比較結果を表1に、費用の比較イメージを図2に示す。

シナリオ1：更新シナリオ

(各主要部品のうち、どれか1つの健全度が2以下になった時点で更新)



シナリオ2：長寿命化シナリオ

(各主要部品のうち、どれか1つの健全度が2以下になった時点で部品交換を行って健全度を回復させ、設備の根幹を構成する部品(根幹部品)の健全度が2以下となる時期に更新する)
(根幹部品：主要部品のうち、その部品単独では交換することができない部品)

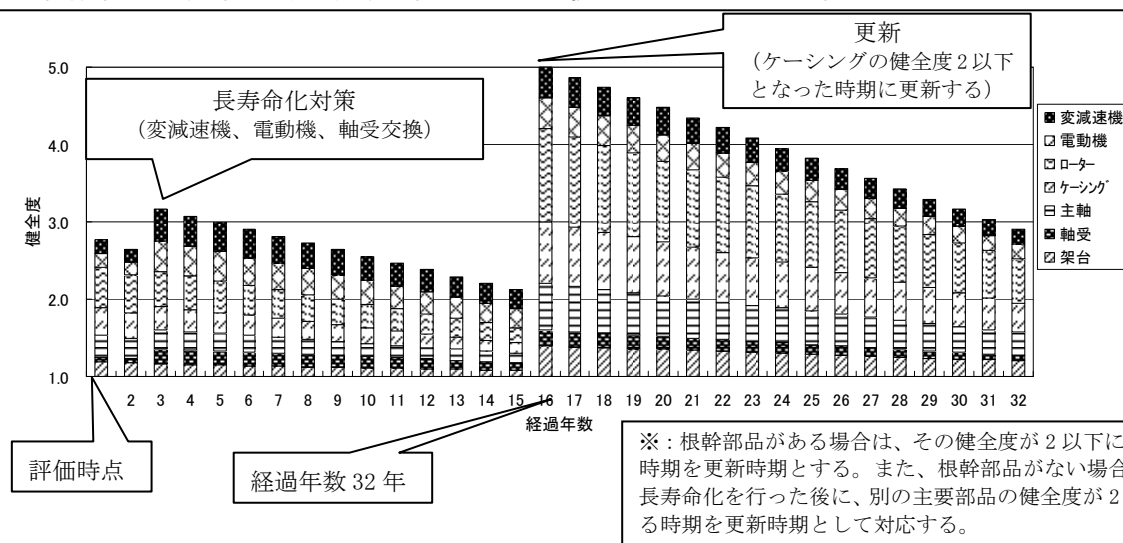


図1 劣化予測による対策範囲、評価期間設定(例)

表 1 費用の比較（例）

項目		シナリオ 1 (更新シナリオ)	シナリオ 2 (長寿命化シナリオ)	備考
使用年数 (年)	①	19	32	
消耗品取替 年平均費用 (千円/年)	②	400	400	
長寿命化費用 (千円)	③	—	8,000	健全度 2 以下の 部品交換
更新費用 (千円)	④	22,000	22,000	
累積費用 (千円)	⑤=①×② +③+④	29,600	42,800	
年価 (千円)	⑥= ⑤/①	1,560	1,340	(端数四捨五入)

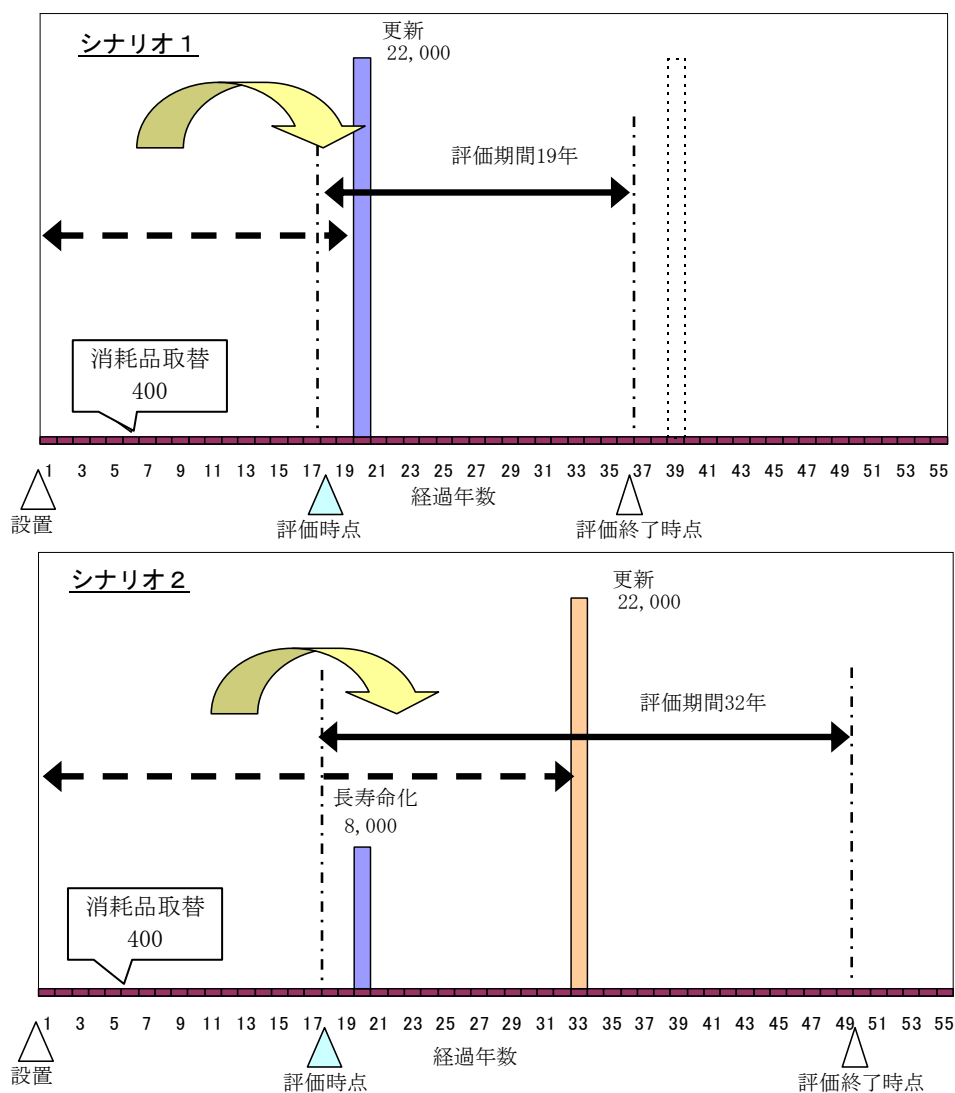


図 2 費用比較のイメージ

表 1 に示すように、シナリオ 1 の年価に対し、シナリオ 2 の年価の方が安価となるため、長寿命化対策を行う。

○長寿命化対策によるライフサイクルコスト改善額の算定

- 毎年度の改善額：1,560-1,340=220 千円/年
- 社会的割引率 4%で割り戻したライフサイクルコスト改善額
 $220 + 220/(1.04)^1 + \dots + 220/(1.04)^{31} \approx 4,000$ 千円

○下水道長寿命化支援制度の要件への合致について

- 長寿命化対策実施時点における設備の使用年数 19 年 $\geq$ 処分制限期間 7 年；OK
- 長寿命化対策実施後の設備の使用年数 13 年 $\geq$ 処分制限期間 7 年；OK
- 設置から更新までの設備の使用年数 32 年 $\geq$ 標準耐用年数 15 年；OK

【長寿命化対策検討対象設備を設備単位で評価し、LCC 比較を行う例：算定例 2】

(1) 設備単位の健全度評価方法

長寿命化対策対象設備は、基本的に主要部品単位の調査が必要であるが、本計画で分解調査の実施が困難な場合等においては、設備単位の評価を行う。設備単位の評価にあたっては、図 1 に示すように、機能面、物理診断の確認を行う。

①機能面の診断

機能面の評価基準は、設備の能力低下等を確認し、問題がある場合に改築の必要性を判断する。

②物理診断

物理診断では、設備の腐食、破損、振動・異音、がたつき、運転時間等を確認する。

物理診断は、現地確認、日常点検結果の確認（運転時間等）、維持管理者へのヒアリング、振動診断の実施等により、劣化状態を把握する（評価項目としては、「2.3.4 点検・調査項目の検討」を参照）。

物理診断により、異常が測定された場合には、長寿命化対策として交換する主要部品を特定する必要がある、過去の交換履歴、メーカーヒアリング等により判定する。

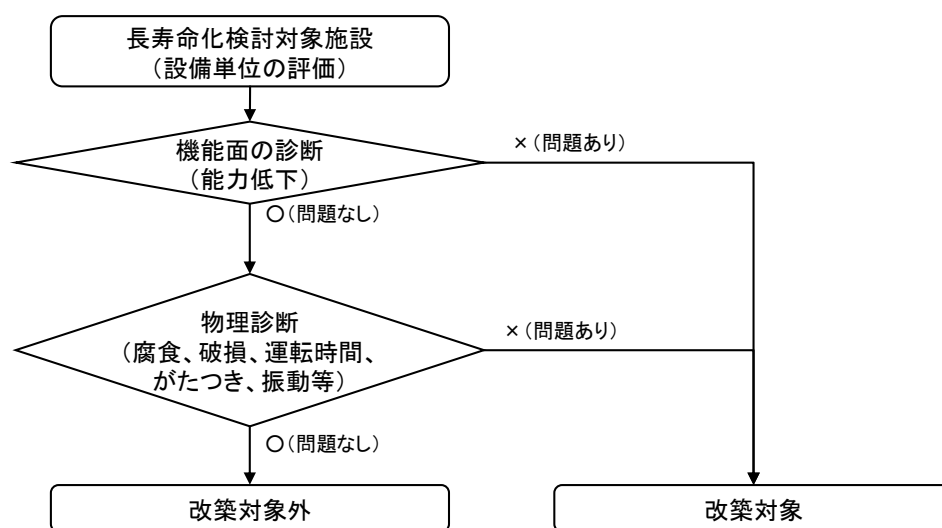


図 3 健全度評価フロー例（長寿命化検討対象設備を設備単位で評価する場合）

(2) 対策の検討及びコスト改善額の算定

本検討例は、設備単位の健全度評価から対策が必要と判断された設備について、類似の環境下にある同種類の設備の部品交換履歴を基に、部品レベルでの対策範囲及び対策により期待される使用年数を設定して、コスト改善額の算出を行う例である。

対策範囲及び対策により期待される使用年数の設定は、過去の部品交換履歴を整理して設定するが、当該設備において部品交換履歴情報がない場合は、表 2 に示すように、同じ種類、同じ環境にある設備の部品交換履歴情報を活用して設定する。

費用の比較結果を表 4 に、費用の比較イメージを図 4 に示す。

表 2 同種類、同環境にある部品交換履歴による対策範囲特定（例）

主要部品	交換履歴				期待される 使用年数	本計画 における 交換部品
	設置年度	1 回目の 交換年度	2 回目の 交換年度	3 回目の 交換年度		
ケーシング	1985	2010			25年	—
羽根車	1985	2005			20年	—
主軸	1985	2005			20年	—
軸受	1985	1992	1999	2006	7年	○

評価時点である 2012 年において、経過年数が 14 年であり、表 2 に示す期待される使用年数を考慮し、対象部品を軸受とする。

表 3 各シナリオの使用年数の設定（例）

シナリオ	使用年数の設定
シナリオ1 (更新シナリオ)	2013年に更新する 使用年数=2013-1998=15年
シナリオ2 (長寿命化シナリオ)	2013年に長寿命化（軸受）を行い、次に部品交換する時期 （軸受7年）を更新時期とする 使用年数=（2013-1998）+7年=15+7年=22年

表 4 費用の比較結果（例）

項目		シナリオ1 (更新シナリオ)	シナリオ2 (長寿命化シナリオ)	備考
使用年数 (年)	①	15	22	
消耗品取替 年平均費用 (千円/年)	②	1,000	1,000	
長寿命化費用 (千円)	③	—	5,000	耐用年数 7年
更新費用 (千円)	④	40,000	40,000	
累積費用 (千円)	⑤=①×② +③+④	55,000	67,000	
年価 (千円)	⑥= ⑤/①	3,667	3,045	

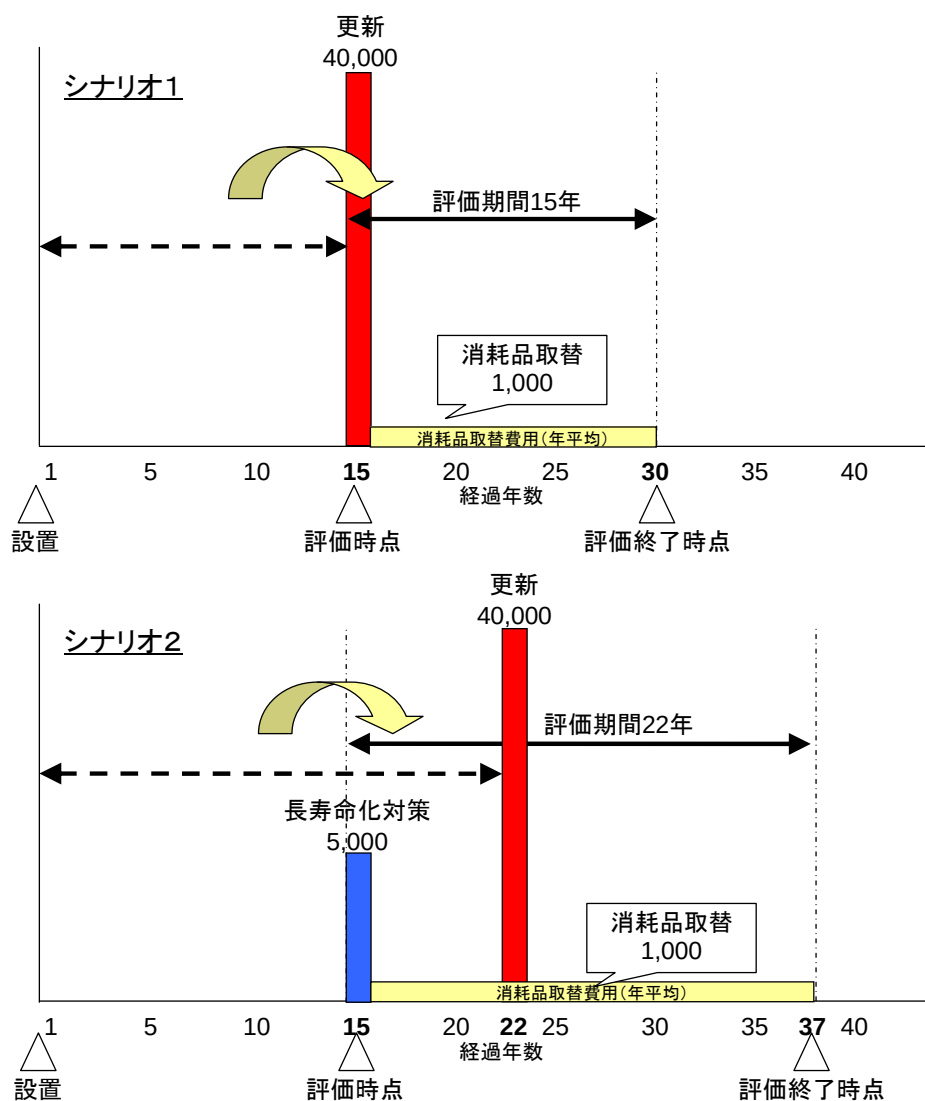


図 4 費用比較のイメージ

表 4 に示すように、シナリオ 1 の年価に対し、シナリオ 2 の年価の方が安価となるため、長寿命化対策を行う。

○長寿命化対策によるライフサイクルコスト改善額の算定

- 毎年度の改善額： $3,667 - 3,045 = 622$ 千円/年
- 社会的割引率 4% で割り戻したライフサイクルコスト改善額
 $622 + 622 / (1.04)^1 + \dots + 622 / (1.04)^{21} \approx 9,347$ 千円

○下水道長寿命化支援制度の要件への合致について

- 長寿命化対策実施時点における設備の使用年数 14 年 $\geq$ 処分制限期間 7 年；OK
- 長寿命化対策実施後の設備の使用年数 7 年 $\geq$ 処分制限期間 7 年；OK
- 設置から更新までの設備の使用年数 22 年 $\geq$ 標準耐用年数 15 年；OK

【維持管理情報の蓄積・分析により、最適な対策時期を検討する例：算定例 3】

本検討例は、維持管理情報（点検履歴、調査履歴、主要部品の取替履歴等）を蓄積された場合に、その情報から部品ごとの期待される使用年数を分析し、ライフサイクルコストが最小化となる更新時期を設定する方法である。

1) 期待される使用年数の設定

- ・ 図 1 に示すように、蓄積された健全度データより、同機種・同環境下の設備のグルーピングを行い、経過年数と健全度との関係を整理し、部品ごとの交換周期を分析する。
- ・ 表 1 に示すように、部品ごとの交換履歴を整理する。

健全度の予測結果と交換履歴等より、部品ごとの期待される使用年数を設定する。

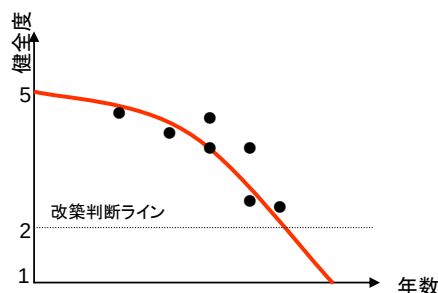


図 1 同機種・同環境下の設備の健全度予測（例）

表 1 交換履歴の整理（例）

主要部品	交換履歴				期待される使用年数
	設置年度	1 回目の交換年度	2 回目の交換年度	3 回目の交換年度	
A	〇〇	●●			〇年
B	〇〇	●●			●年
C	〇〇	●●	△△	■	■年

2) 最適な改築時期の検討

表 2 に示すように、主要部品の期待される使用年数から長寿命化対策サイクルを設定し、そのサイクルから更新時期を延伸化するケースを複数案比較し、最も年価が安価となるケースを最適な改築シナリオとする。最適シナリオを決めることで、調査周期・項目等の見直しによる調査の効率化・省力化を図ることができる（2.1 管理方法の選定参照）。

表 2 最適な対策時期の検討（例）

LCC	対策時期の検討	年平均費用の比較
ケース 1	設置 0年 評価期間16年 更新 16年 65,000 長寿命化対策 8年 15,000 消耗品取替 16年 1,500	$\frac{65000 + 15000 + 1500 \times 16}{16}$ =6,500 千円/年
ケース 2	設置 0年 評価期間24年 更新 24年 65,000 長寿命化対策 8年 15,000 消耗品取替 24年 1,500	$\frac{65000 + 15000 \times 2 + 1500 \times 24}{24}$ =5,460 千円/年・・・最適案
ケース 3	設置 0年 評価期間32年 更新 32年 65,000 長寿命化対策 8年 15,000 消耗品取替 32年 1,500	$\frac{65000 + 15000 \times 2 + 45000 + 1500 \times 32}{32}$ =5,880 千円/年

【対策の検討及びコスト改善額の算定例：算定例 4】

算定例 1 では、現設備への単純更新を考慮した LCC 比較例であるが、本算定例では、現設備から高効率の設備へ更新する場合や、全体及び認可計画水量の減少変更等により現設備能力から小規模設備への更新を考慮した計算例である。

現設備から別仕様の設備に更新する場合には、電動力出力や薬品使用量の減少による運転管理費の削減が図れるため、維持管理費としては、消耗品交換費だけでなく運転管理費も考慮し、LCC 比較を行う。費用の比較結果を表 1 に、費用の比較イメージを図 1 に示す。

表 1 費用の比較結果（例）

項目		シナリオ 1 (更新シナリオ)	シナリオ 2 (長寿命化シナリオ)	備考
使用年数 (年)	①	15	23	
消耗品取替 年平均費用 (千円/年)	②	1,000	1,200 (8年)	更新まで
			1,000 (15年)	更新後
運転管理 年平均費用 (千円/年)	③	1,500	3,000 (8年)	更新まで
			1,500 (15年)	更新後
長寿命化費用 (千円)	④	—	12,000	耐用年数 8年
更新費用 (千円)	⑤	30,000	30,000	能力減少 考慮
累積費用 (千円)	⑥=①×(②+ ③)+④+⑤	67,500	113,100	
年価 (千円)	⑦= ⑥/①	4,500	4,917	

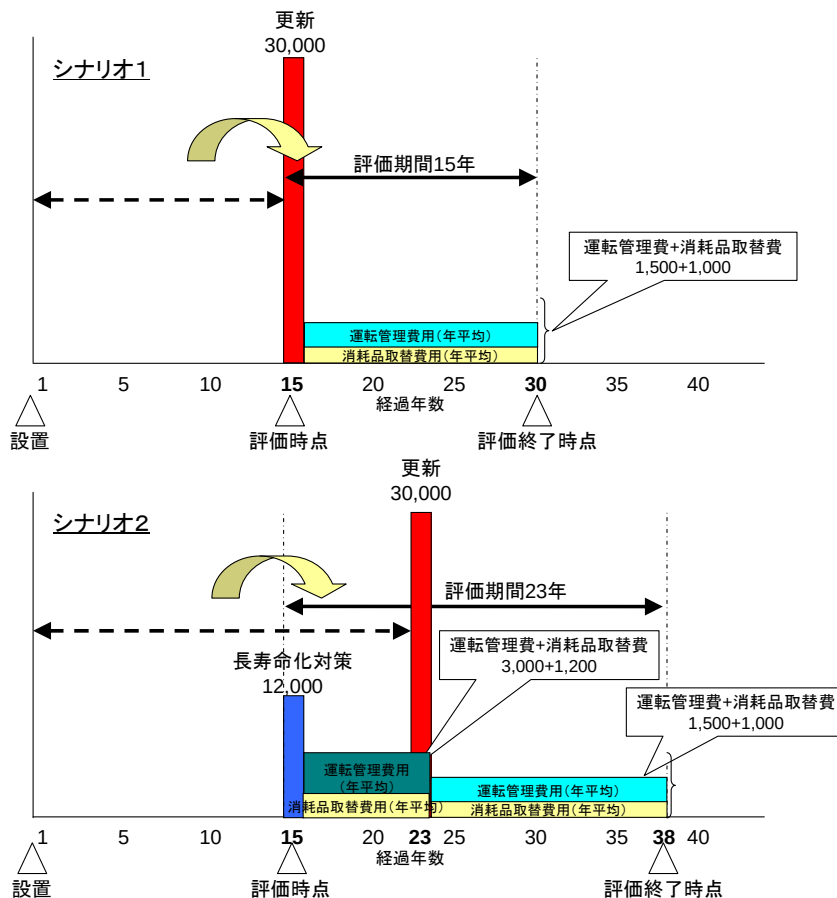


図 1 費用比較のイメージ

表 1 に示すように、シナリオ 2 の年価に対し、シナリオ 1 の年価の方が安価となるため、更新を行う。

○更新によるライフサイクルコスト改善額の算定

- 毎年度の改善額：4,917-4,500=417 千円/年
- 社会的割引率 4%で割り戻したライフサイクルコスト改善額
 $417 + 417 / (1.04)^1 + \dots + 417 / (1.04)^{22} \approx 6,400$ 千円

○下水道長寿命化支援制度の要件への合致について

- 設置から更新までの設備の使用年数 15 年 $\geq$ 標準耐用年数 15 年 ; OK

4.2.5 短期改築・修繕計画のとりまとめ

短期改築・修繕計画では、5年程度を対象期間とし検討結果をとりまとめる。

【解 説】

処理場・ポンプ場施設の短期改築・修繕計画では、長期改築・修繕計画を踏まえて、改築計画（長寿命化計画）及び修繕計画をとりまとめる。

第5章 改築・修繕計画の実行

第1節 改築・修繕計画の実行

5.1 改築・修繕計画の実行

改築・修繕計画に基づき、改築・修繕を行う。改築・修繕によって得られる情報を整理し、継続的に施設情報システム（データベース）に蓄積して活用する。

【解 説】

改築・修繕の実行によって得られた情報は、施設管理の目標、点検・調査計画及び改築・修繕計画の評価と見直しのために必要であるため、これらの情報を継続的に施設情報システム（データベース）に蓄積して活用する。

第6章 評価と見直し

第1節 評価と見直し

6.1 評価と見直し

目標の達成度合いや点検・調査計画および改築・修繕計画を定期的に評価し、必要に応じて目標や計画の見直しを行う。

ただし、下水道事業を取り巻く情勢に大きな変化がある場合には、その都度目標や計画の評価と見直しを行う。

【解 説】

処理場・ポンプ場施設の長期及び短期改築・修繕計画は、点検・調査及び改築・修繕工事等の事業実施に伴って新たに得られた点検・調査情報（健全度結果等）や改築・修繕情報（対策実施量等）を蓄積・活用することで精度の向上が見込まれる。

一方で、実際の予算や事業執行上の制約による実績と計画との乖離も想定される。事業の実施に伴い得られる対策実施量や点検・調査量等をもとに、現行計画において設定されたアウトプットとの乖離をチェックする。

（見直しに関する考え方）

評価と見直しの期間的な目安は、短期計画の計画期間である 5 年程度を目安に評価を実施し、見直しの必要があれば目標や計画を見直す。

（見直しの条件）

目標値と新たに入手した情報をもとに推定する指標値を比較し、著しく乖離していないかをチェックする。目標値との乖離が著しい場合には、計画あるいは目標の見直しを検討する。

（見直し事項）

計画と実績との乖離や社会情勢の変化を踏まえて、点検・調査及び改築・修繕に関する目標、点検・調査計画（点検・調査量、優先順位）及び改築・修繕計画（改築・修繕量、優先順位）等を見直す。

点検・調査計画及び改築・修繕計画を策定・実行することによるストックマネジメントの実施効果は、以下のとおりである。

- ・ 効率的・効果的な点検・調査を実施し、設備の劣化状態（健全度等）を把握する予防保全管理を行うことにより、設備の安全性の確保が可能となる。
- ・ 長期的な改築需要見通しを踏まえ、効果的な改築・修繕を実施することにより、施設全体のライフサイクルコストの低減が可能となる。

第7章 施設情報システムの構築と活用

第1節 施設情報システムの蓄積・活用

7.1 施設情報システムの蓄積・活用

ストックマネジメント運用の効率化と精度向上を図るためには、点検・調査や改築・修繕等で新たに得られた施設情報を継続的に蓄積・活用することが重要であり、この情報を効率的に活用するために、施設情報システムを構築することが有効である。

【解 説】

ストックマネジメントを効率的・効果的に実施するためには、点検・調査や改築・修繕の実行によって得られる施設情報を継続的に蓄積することが重要であり、この情報を一元的に管理し、効率的に活用するために、施設情報システム（データベース）を構築することが有効である。

施設情報システムを活用することで、健全度の予測及び改築・修繕事業費の予測を効率的に行うことが可能となる。また、情報の継続的な蓄積によって徐々に予測精度を向上させていくことも可能となる。さらに、予測結果を用いて最適な点検・調査及び改築・修繕計画の策定を支援することができるシステムへと発展させていくことが望ましい。

なお、システム構築にあたっては、利用目的や管理実態より、蓄積する施設情報を選定し、導入効果や利用効率の高いシステムになるように検討することが重要である。

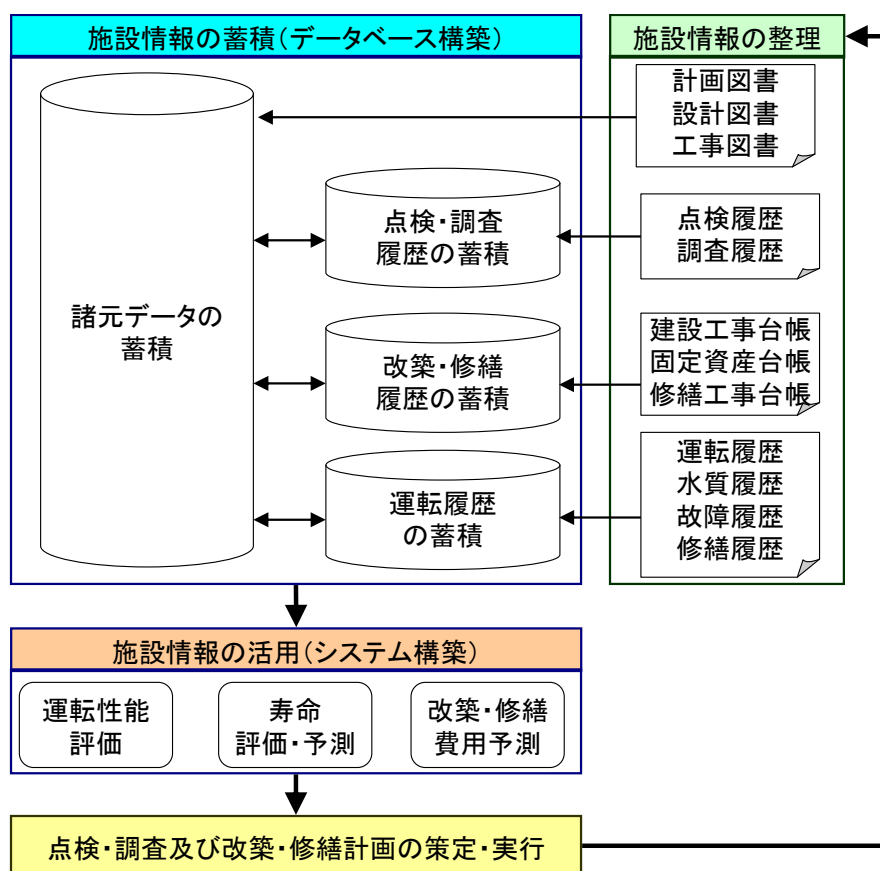


図 7.1 処理場・ポンプ場施設情報システムの構築・活用（例）

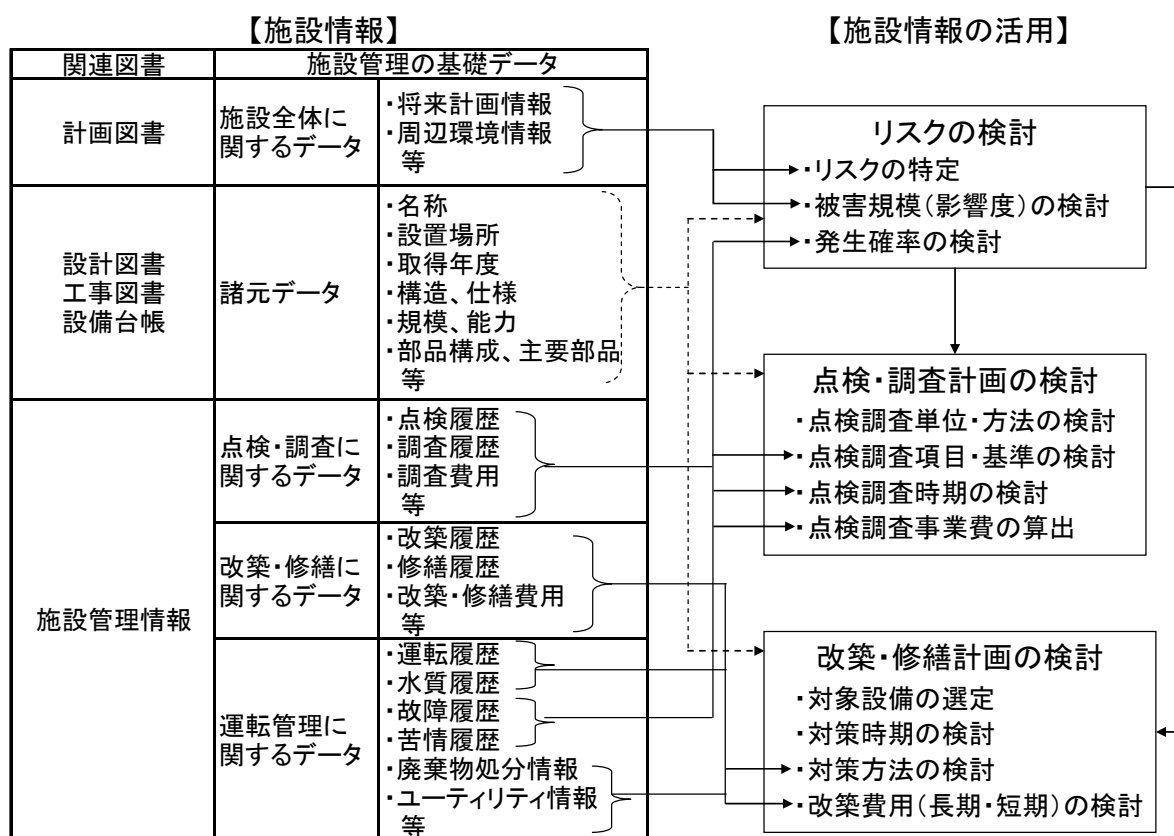


図 7.2 施設情報の活用（例）

施設情報を効率的に蓄積かつ一元管理する方法としては、クラウドコンピューティングの活用や携帯端末機の活用が有効である。

クラウドの導入効果としては、複数拠点でデータを共有することが可能となるため、担当部所毎に、維持管理情報（点検・調査情報等）、改築情報を入力、管理することで、情報の蓄積を継続的に行っていくことができる。また、維持管理情報のデータベース化は、下水道担当者がリアルタイムで運転管理、保全管理の実施状況を把握することが可能となるため、維持管理業者に対する履行監視の効率化へ発展していくことになる。

維持管理情報をシステムへ登録する場合、各設備の劣化状況を現場で確認し、システムへ登録していく作業が発生するが、携帯端末機を利用し、現場で劣化情報を入力し、システムに取り込めば作業の効率化へつながり、かつ情報の蓄積を効果的に行っていくことが可能となる。

【付録資料－1：信頼性中心保全（RCM）】

参考文献：「設備管理技術事典：（株）産業技術サービスセンター」

「平成 20 年度 設備管理技術の新展開に関する調査報告書：（社）日本機械工業連合会、（株）日鉄技術情報センター」

「グローバルスタンダード時代における実録 FMEA 手法：小野寺勝重著

RCM とは、「Reliability Centered Maintenance」の略号で、1960 年代初期に連邦航空局（FAA）と、航空機メーカーの代表であるボーイング社、旅客航空会社であるユナイテッド航空の 3 社で開発した技術である。今日では、航空機の保全性作業計画だけでなく、原子力発電所や火力発電所及び石油精製プラント等幅広い分野で活用されている。

従来の保全方式は、事後保全に限らず、予防保全でも、予知保全でも、基本的には経験に基づいてその方法論が構築されており、保全方式の選択あるいは保全効果の評価に関しては、ほとんどその根拠をもっていなかった。RCM ではその点を合理化するために、故障メカニズムの追究、故障の影響度評価、保全効果の評価を設定する。

RCM の実施手順は以下のとおりである。

【手順 1】稼働率や経済性などの改善を目的に解析対象システムを決定する。

【手順 2】システム機能解析とブロック化（FTA）

故障モード・影響解析（FMEA）のためにシステムの信頼性ブロック図を作成する。

【手順 3】故障モードの抽出（FMEA）

機器ごとの故障モードを抽出する。

【手順 4】故障解析：重要機器の抽出

①FMEA 解析として、機器の故障モードごとに上位システムへの影響を評価し、影響が大きい重要機器を抽出する。

②RCM ロジックツリーにより、各重要機器の故障時の「影響」について解析する。

【手順 5】保全管理方法の選択

状態監視保全、時間計画保全、事後保全等の保全管理方法を選択する。

【手順 6】生涯保全性プログラム

①機器ごとの保全管理方法と周期を設定する。

②保全の周期は、事故時の影響、経験データ、製造者の取扱説明書、法規などを基に決定される。

【手順 7】最新保全性プログラム

設計改善及び運用開始後の運転経験などを基に、保全管理方法と保全周期を定期的に見直しする。

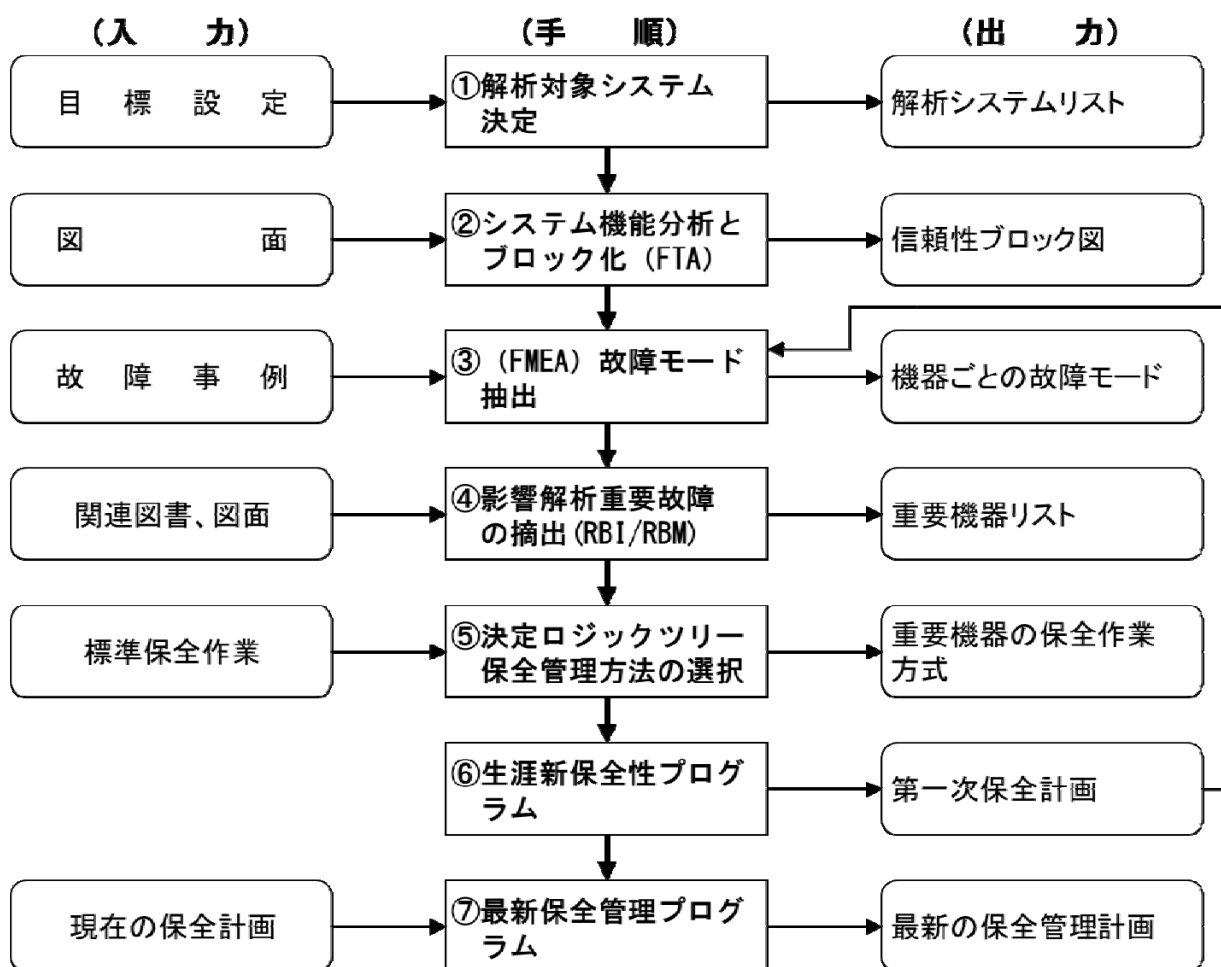


図 機能故障防止のための RCM 実施手順

【付録資料－2：RBI（Risk Based Inspection）／RBM（Risk Based Maintenance）】

参考文献：「設備管理技術事典：（株）産業技術サービスセンター」

「平成 20 年度 設備管理技術の新展開に関する調査報告書：（社）日本機械工業連合会、（株）日鉄技術情報センター」

アメリカ石油協会（API）が、1996 年に石油産業設備を対象とした最初のリスク基準メンテナンス検査計画方法（RBI）を提案し、それ以降、欧州でも規格化の動きがあり、リスク基準メンテナンス（RBM）活動が盛んになっている。

RBI／RBM のガイドラインとしては、米国機械学会（ASME）及び米国石油学会（API）でガイドラインを作成している。

RBI／RBM は、リスクを基準に検査及びメンテナンスの範囲、優先順位を決定する手法であり、リスクを破損の起こりやすさと被害の大きさの積と定義されている。

すなわち、故障、事故など安全度のある境界を設けて「安全」と「危険」とに絶対的に区分するのではなく、リスクという量的な概念で捕らえ、安全と危険の大きさを連続的した量として扱い、リスクの大きさによって危険度を評価するものである。

API によれば、リスクの評価方法には、「定性評価」、「半定量評価」、「定量評価」の 3 つの方法がある。

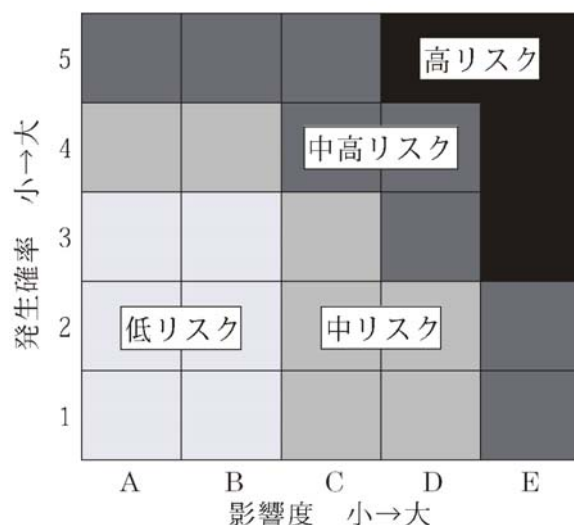


図 API 定性評価、半定量評価で使用するリスクマトリクス例

【付録資料－3：故障モード影響解析（FMEA）／故障の木解析（FTA）】

参考文献：「平成 20 年度 設備管理技術の新展開に関する調査報告書：（社）日本機械工業連合会、（株）日鉄技術情報センター」

「グローバルスタンダード時代における実録 FMEA 手法：小野寺勝重著

故障モード影響解析（FMEA）

FMEA とは、「Failure Mode and Effects Analysis」の略号で、1960 年代中期に航空産業において公式適用された信頼性予測技術の一つである。

FMEA 手法は、システムを構成する最下位の部品や機器に故障が発生した場合に、上位のサブシステムやシステムがどのような影響を受けるかを表を使って解析することができる手法である。

FMEA 解析は、システムをいくつかのサブシステムに分け、そのサブシステムにある故障モードを生起した場合、上位のシステムにどのような影響が現れるか、考えられる全ての初期事象を列挙し、その単一故障を想定して系統的に評価するものであり、品質管理上の改善や信頼性、保全性、安全性などへの影響を解析することによって、重大な故障となる部品や機器を摘出することができるため、設計、製造、建設あるいは維持管理の段階で使用される。

参考文献：「平成 20 年度 設備管理技術の新展開に関する調査報告書：（社）日本機械工業連合会、（株）日鉄技術情報センター」

「国際標準化時代の実録 FTA 手法：小野寺勝重著

故障の木解析（FTA）

FTA とは、「Fault Tree Analysis」の略号で、1960 年代にベル電話研究所の H. A. Watson によって開発された信頼性解析技術の一つである。

システムや機器などでは、発生しては困る事象があり、この困る事象の原因となる要因を摘出する手法が FTA 手法である。

FT は、図に示すように、頂上事象と呼ばれる特定の故障あるいは事故から始めて、その原因を、順により下位の事象に展開して、基本事象と呼ばれる基本原因まで下って示したものであり、下位の事象を AND または OR の論理回路で結んでいくが、ひとつの事象を引き起こすのが単一の原因なのか（OR）、下位の複数原因が必要十分条件なのか（AND）を吟味しながら解析する。

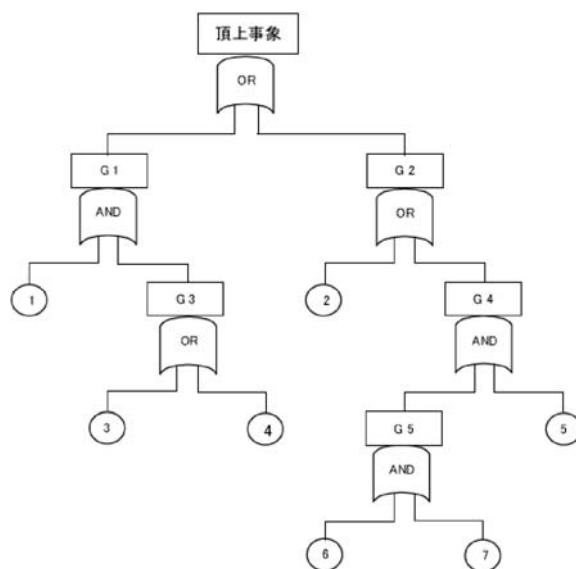


図 F T 図

【付録資料－４：振動診断】

参考文献：「実践 振動法による設備診断：日本プラントメンテナンス協会」

回転機械に異常が生じるとたいていの場合、振動の大きさや性質が変化する。近年、機械を停止・分解することなく、振動を測定・解析し、異常の有無や異常内容を診断する技術が確立されてきた。

振動の測定モードと異常振動源は、表に示すとおりである。

表 振動の測定モードと異常振動源

測定モード	振動の種類	周波数領域	異常振動源の種類例
変位 (振幅)	低周波	数百 Hz まで	アンバランス、ミスアライメント、オイルウィップ、軸の曲がり、ゆるみなど
速度	中周波	1kHz 以下	歯車の振動、回転軸ミスアライメント、曲がり、流体力による振動、アンバランスなど
加速度	高周波	1kHz 以上	ころがり軸受のきずによる衝撃波、音響振動、摩擦(音)振動、歯車損傷など

診断方法には大きく、簡易診断と精密診断がある。また、簡易診断には、相対判定法、相互判定法、絶対値判定法の 3 種類がある。簡易診断と詳細診断の概要について以下に示す。

【簡易診断】

- ・相対判定法：対象設備の同一個所を定期的に測定し、初期値或いは正常値の何倍になったかで判定する。傾向管理方式ともいう。
- ・絶対値判定法：絶対的な基準値と比較して判定するもので、JIS B0906、ISO 10816-1（右図参照）及び振動器メーカーの判定基準などがある。
ただし、メーカーの判定基準を使用する場合、メーカー独自の信号処理を行っている場合があるので、適用に際しては注意が必要である。
- ・相互判定法：同一・同種類の他設備の振動値と比較して判定する。

振動速度 のrms値 (mm/s)	Class1	Class2	Class3	Class4
0.71mm/s	A	A	A	A
1.12mm/s	B	B	B	B
1.8mm/s	C	C	C	C
2.8mm/s	D	D	D	D
4.5mm/s				
7.1mm/s				
11.2mm/s				
18mm/s				

Class 1	全体の構成要素の一部として組み込まれたエンジンや機械(15kW以下の汎用電動機等)
Class 2	特別な基礎を持たない中型機械(15kW～75kWの電動機等)、及び堅固な基礎に据え付けられたエンジン又は機械(300kW以下)
Class 3	大型原動機又は、大型回転機で剛基礎上に据え付けられたもの
Class 4	大型原動機又は、大型回転機で比較的柔らかい剛性をもつ基礎上に据え付けられたもの(出力10MW以上のターボ発電機セット及びガスタービン等)

ゾーンA	新設された機械の振動値が含まれるゾーン(→ 優)
ゾーンB	何の制限もなく長期運転が可能なゾーン(→ 良)
ゾーンC	長期の連続運転は期待できないゾーン(→ 可)
ゾーンD	損傷を起こすのに十分なほど厳しいゾーン(→ 不可)

図 絶対値振動データ判定基準（JIS B 0906, ISO 10816-1 規格）

【精密診断】

精密診断では、加速度データを用いて周波数解析を行い、ころがり軸受のきずによる衝撃波、音響振動、摩擦（音）振動、歯車損傷などを診断する。

周波数解析とは、高速フーリエ変換（略称 FFT : Fast Fourier Transform）により時間軸の振動波形を周波数領域に変換し、周波数成分や位相を観察し、周波数が発生する原因を調査・検討・考察するものである。

【付録資料－5：潤滑診断（トライボロジー）】

参考文献：「トライボロジーを活用した設備診断に関する技術マニュアル（潤滑診断による状態監視保全） 2009
年 12 月：（財）下水道新技術推進機構」

潤滑診断は、回転機器等の潤滑油中の磨耗粒子等が、軸受等の表面損傷と表裏の関係にあることに着目して、潤滑油を詳細に分析することにより機械設備の健全性を評価する技術である。右図に潤滑診断の分析要素を示す。

潤滑診断は、これら 3 つの要素を総合的に評価して診断することが必要で、診断を行うためには、下図に示す複数の試験を組み合わせる。

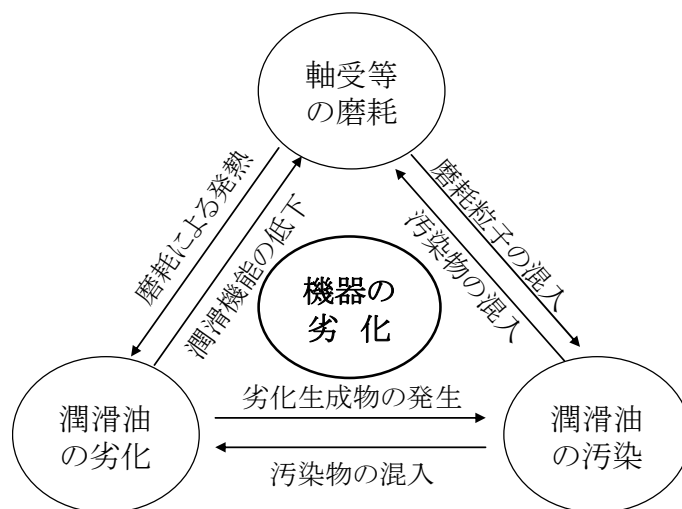


図 潤滑診断の三要素

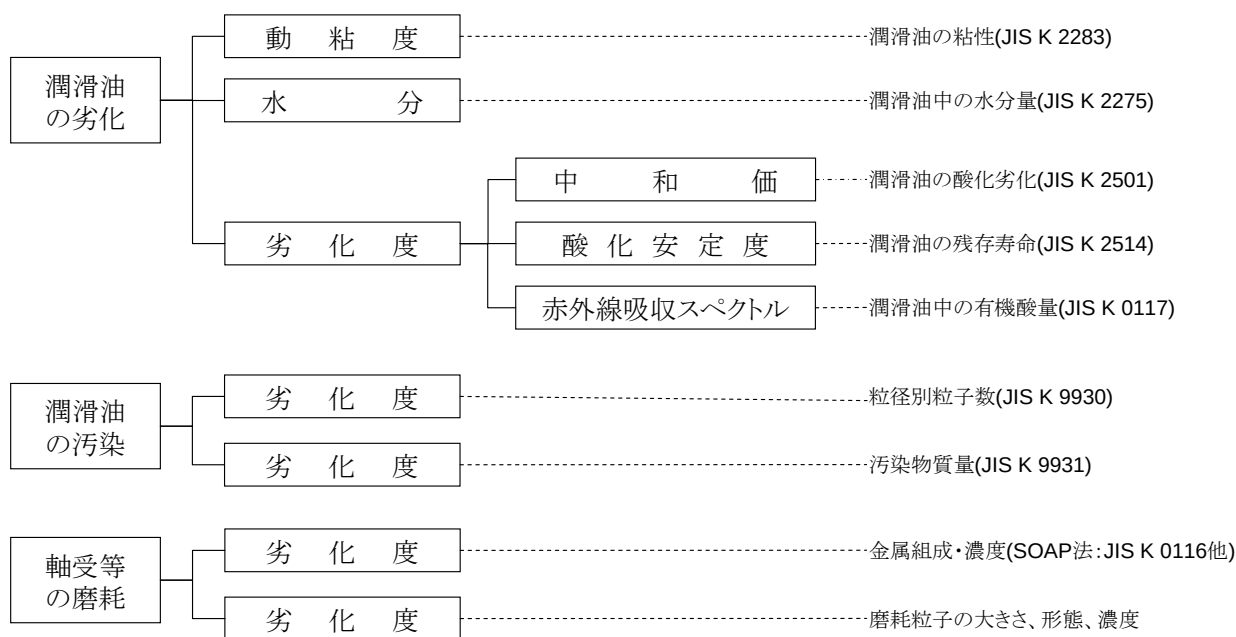


図 潤滑診断の分析項目

(1) 潤滑油の劣化

潤滑油は、使用中に絶えず熱的影響を受け、さらに酸素、金属、水等との接触によって、次第に性状が変化し初期に有していた潤滑油の機能を失う。これが潤滑油の劣化であり、酸化劣化や潤滑油の添加剤の消耗等によって引き起こされる。この劣化を測定する方法で、よく用いられる

ものとしては、動粘度、水分、中和価、酸化安定度、赤外線吸収スペクトルといったものがあり、いずれも JIS によって試験方法が定められている。

(2) 潤滑油の汚染

潤滑油の汚染は、磨耗粒子等によって生じる内部からの汚染と砂等の混入による外部からの汚染がある。汚染が進行すると適正な油膜の保持が困難になるほか、潤滑油の劣化を加速させる。汚染の測定には、計数汚染度と質量汚染度といった 2 種類の方法があるが、いずれの方法も JIS により試験方法が定められている。

(3) 軸受等の磨耗

磨耗は摩擦によって引き起こされる。その原因は、油膜厚さの不足や汚染物の介在といったものがあり、潤滑油の劣化および汚染と深い因果関係がある。磨耗粒子の測定は、潤滑油中の金属濃度を測定する油中金属分析と磨耗粒子の大きさ、形態、濃度等を測定ならびに観察するフェログラフィーとがある。