

処理場・ポンプ場施設編

－ 目 次 －

第1章	点検・調査及び改築修繕の基本的考え方	
第1節	施設管理の基本的考え方	1
1.1	基本的考え方及び検討フロー	1
第2節	点検・調査及び改築修繕に関する目標の設定	3
1.2	事業量の目標の設定	3
第2章	点検・調査計画の策定	
第1節	計画的点検・調査の目的	4
2.1	計画的点検・調査の目的	4
第2節	基礎情報の収集・整理	6
2.2.1	基礎情報の収集・整理	6
2.2.2	基礎情報の蓄積・活用	8
第3節	リスクの検討	10
2.3.1	基本的な考え方と検討方法	10
2.3.2	リスクの特定	11
2.3.3	被害規模（影響度）の検討	12
2.3.4	発生確率の検討	15
2.3.5	リスクの評価	22
第4節	点検・調査計画の検討	24
2.4.1	基本的な考え方と実施フロー	24
2.4.2	調査単位の検討	28
2.4.3	調査方法の検討	29
2.4.4	調査項目・基準の検討	30
2.4.5	調査時期の検討	39
第5節	点検・調査計画のとりまとめ	41
2.5.1	点検・調査計画のとりまとめ	41
2.5.2	点検・調査計画の活用	41
第3章	点検・調査計画の実行	
第1節	点検・調査計画の実行	42
3.1	点検・調査計画の実行	42

第4章	改築修繕計画の策定	
第1節	計画的改築修繕の目的	43
4.1	計画的改築修繕の目的	43
第2節	改築修繕計画の検討	44
4.2.1	基本的な考え方と検討フロー	44
4.2.2	長期的な見通しの検討	45
第3節	改築修繕計画のとりまとめ	56
4.3.1	改築修繕計画のとりまとめ	56
4.3.2	改築修繕計画の活用	56
第5章	改築修繕計画の実行	
第1節	改築修繕計画の実行	57
5.1	改築修繕計画の実行	57
第6章	評価と見直し	
第1節	評価と見直し	58
6.1	評価と見直し	58
付録資料-1	信頼性中心保全（RCM）	59
付録資料-2	RBI（Risk Based Inspection）／RBM（Risk Based Maintenance）	61
付録資料-3	故障モード影響解析（FMEA）／故障の木解析（FTA）	62
付録資料-4	振動診断	63
付録資料-5	潤滑油診断（トライポロジー）	64

第1章 点検・調査及び改築修繕の基本的考え方

第1節 基本的な考え方

1.1 基本的考え方および検討フロー

処理場・ポンプ場施設の管理は、排水・処理機能の停止・低下を発生させることなく、一定のサービスレベルを維持することを前提に、ライフサイクルコストの最小化を図るために、効率的・効果的な点検・調査及び改築修繕を実施する必要がある。

【解説】

処理場・ポンプ場施設管理計画の策定・実行フロー（案）を図Ⅲ.1に示す。

施設管理では、下水道事業の目標のうち、ストックマネジメントに関する目標（目標 A）に基づき、事業量の目標（目標 B）を設定し、目標 B を達成するために「点検・調査計画」と「改築修繕計画」を策定する。「点検・調査計画」と「改築修繕計画」を策定するためには、土木・建築・設備の資産ごとに「基礎情報の収集・整理」、「リスクの検討」を行う必要がある。

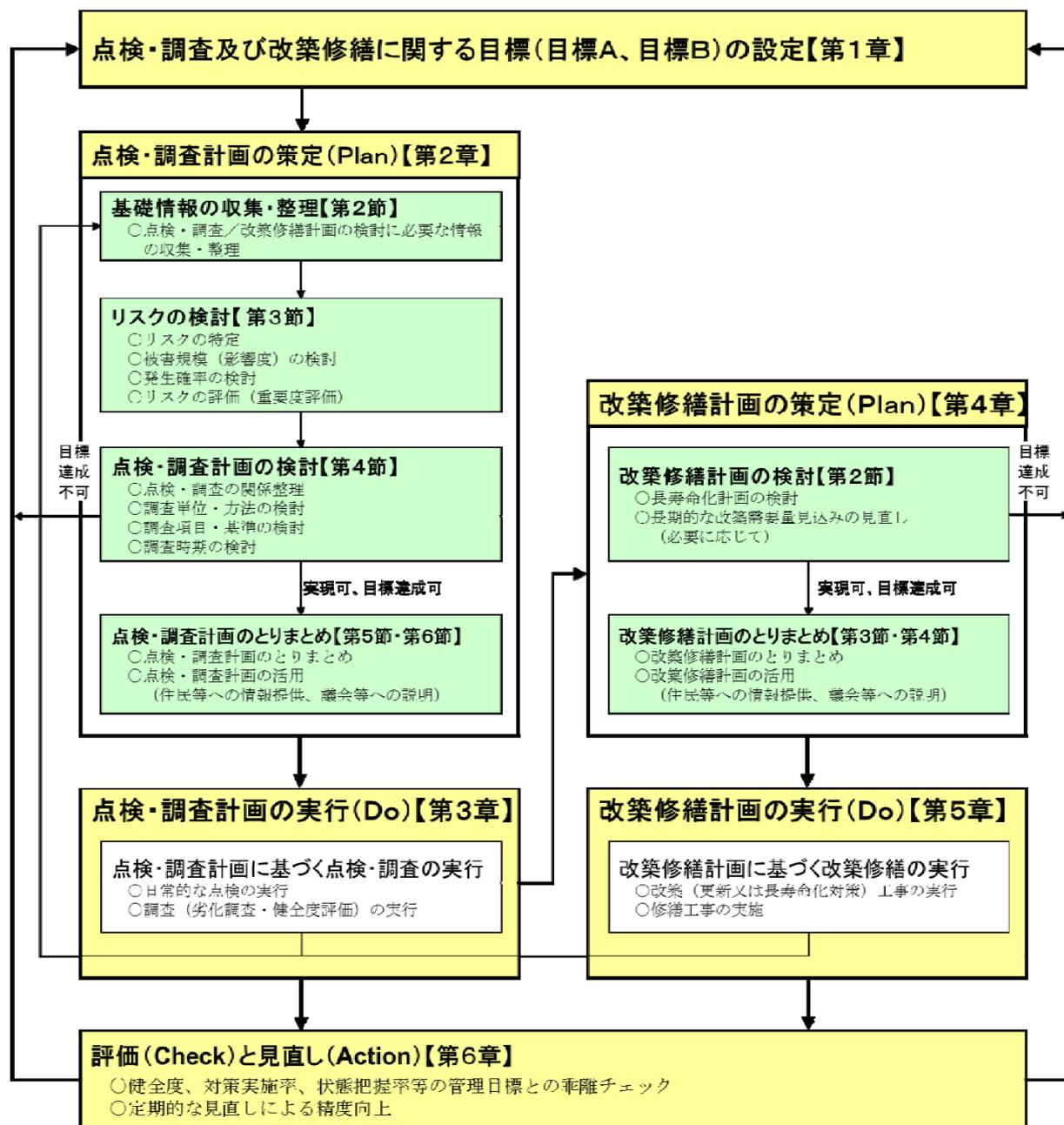
基礎情報の収集・整理においては、以降の検討に必要な諸元、点検・調査、リスク及び改築修繕に関する情報を収集・整理する。

リスクの検討においては、調査の優先順位や改築修繕の優先順位を設定するために、収集・整理した情報から、リスクを特定し、被害規模（影響度評価）及び発生確率を検討し、リスクの評価を行う。

点検・調査計画は、点検計画と調査計画を策定する。点検計画は、現在実施している日常的な点検のあり方を、ストックマネジメントの観点から再検討を行う。調査計画は、健全度の評価や予測のために、管理方法、各資産の特性及び影響度に基づき、調査対象資産、調査項目・方法、調査時期を検討する。

改築修繕計画は、リスク評価及び点検・調査結果から対象の土木・建築・設備を選定し、健全度予測による対策時期の検討と、ライフサイクルコストの比較及び設備群の機能検証（機能向上の検討）に基づく対策方法の検討を行う。また、必要に応じて長期的な改築需要見込みの見直しを行う。

なお、下水道事業開始が早く、経年劣化による改築修繕の必要性が高い土木・建築・設備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・実行を行ってもよい。



図Ⅲ.1 処理場・ポンプ場施設管理計画の策定・実行フロー(案)

第2節 点検・調査及び改築修繕に関する目標の設定

1.2 事業量の目標の設定

ストックマネジメントを導入するにあたり、土木・建築・設備の点検・調査及び改築修繕に関する事業の目標（目標A）及び事業量の目標（目標B）を示す。

目標Aとは、土木・建築・設備の点検・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。

目標Bとは、目標Aを達成するための具体的な事業量の目標を指す。

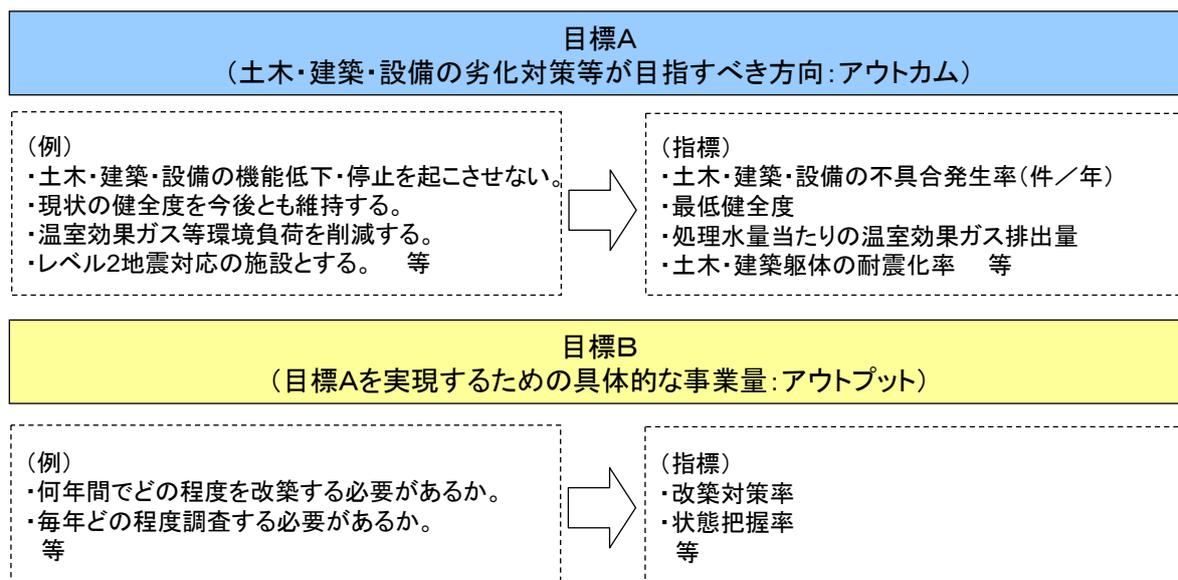
【解説】

処理場・ポンプ場施設の目標は、長期的な視点に立って、劣化対策等が目指すべき方向性及びその目標値（目標A：アウトカム）と目標Aを実現するための具体的な事業量の目標値（目標B：アウトプット）を設定する必要がある。

目標Aの設定にあたっては、処理場・ポンプ場施設管理に関連する法令の遵守や当該地方公共団体の行政目標や上位計画及び他の対策（耐震化、高度処理化、省エネルギー化等）との優先順位等を勘案して設定する。なお、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。

目標Aは、利用者や住民、議会等の関係者に向けて、処理場・ポンプ場施設に係るストックマネジメントの方向性について情報提供する際の指標となるため、その設定にあたっては、分かりやすい指標（PI、アウトカム指標）で示す。

目標Bの設定にあたって、点検・調査計画及び改築修繕計画を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、これらの計画検討後に検証し、再設定する。なお、計画の実行及び進捗状況評価のために、中間的な目標達成期間を設定する。



図Ⅲ.2 処理場・ポンプ場施設の目標（例）

第2章 点検・調査計画の策定

第1節 計画的点検・調査の目的

2.1 計画的点検・調査の目的

計画的点検・調査の目的は、施設を効率的に運用し、機能を十分に発揮できるように適正（計画的・経済的）に管理することであり、この管理を通して施設の長寿命化や、費用の低減化・平準化を図る。

【解説】

点検・調査の目的は、処理場・ポンプ場施設を効率的・計画的に管理し、施設の機能低下及び故障停止並びに事故を未然に防止し、処理システムを完全に機能させることである。

処理場・ポンプ場施設の維持管理は、表Ⅲ.1に示すように、広範囲な内容を有している。施設の状態を的確に把握するためには、点検・調査情報だけでなく、運転情報等も含めて総合的に判断する必要がある。

本章では、主に劣化対策に関係する点検・調査に主眼をおいて記述する。

表Ⅲ.1 処理場・ポンプ場施設の維持管理業務内容

業務分類	主な業務内容
運転に関する業務	<ul style="list-style-type: none"> ・水・汚泥処理計画の策定 ・設備機器の運転計画の策定 ・運転管理業務の計画の作成、設計・監督・実施 ・沈砂・スクリーンかす・汚泥・焼却灰の処分計画、運搬作業・処分作業の設計・監督・実施 ・建物・植栽等の清掃作業・管理の設計・監督・実施 ・運転管理状況の記録・整理（各種日誌、月報、年報） ・異常時、緊急時の指示、運転操作の実施
水質管理に関する業務	<ul style="list-style-type: none"> ・水質試験、調査、研究等の計画の作成 ・水質試験、汚泥試験の実施 ・活性汚泥試験の実施 ・データの整理、解析及び報告書の作成 ・運転管理指針の作成 ・異常時の対応
保守・点検・調査に関する業務	<ul style="list-style-type: none"> ・保守・点検・調査計画の策定 ・保守・点検・調査業務の設計・監督及び計画の作成・実施
台帳管理に関する業務	<ul style="list-style-type: none"> ・台帳の調整・保管 ・台帳の修正・閲覧 ・図面、図書類の管理

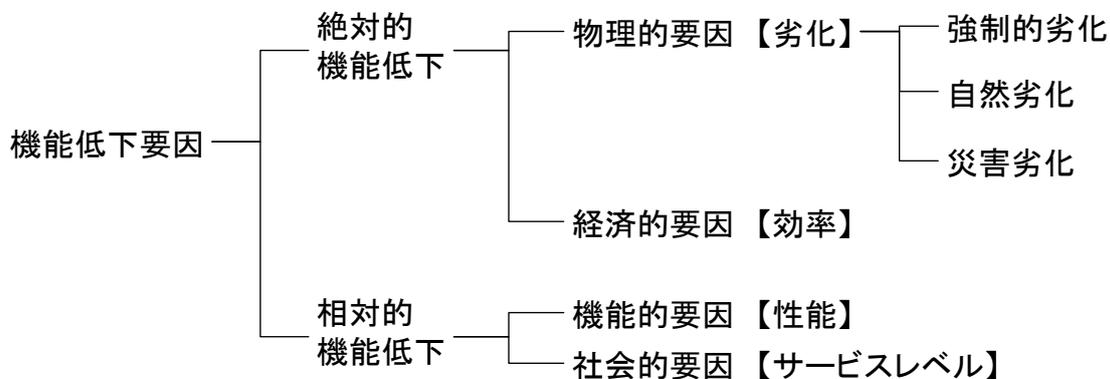
出典：下水道維持管理指針（前編）2003年版、（社）日本下水道協会、P.25 加筆修正

施設の機能低下は、図Ⅲ.3に示すように大きくは絶対的機能低下と相対的機能低下に分けられる。

絶対的機能低下とは、建設時の機能・性能に対して、摩耗などのように運転に起因する強制的な劣化や運転とは無関係に起こる自然劣化及び地震・風水害等による災害劣化などの物理的要因やランニングコストの増加など経済的要因等が該当する。

相対的機能低下は、建設時の機能・性能に対して、現在又は将来の社会情勢変化、計画変更などから生じる新たな要求及び技術革新に伴う陳腐化など、主に時代的背景に起因する要因であり、効率的な運用の実現などの機能的要因及び法規制・基準の見直しなどの社会的要因等が該当する。

これらの要因の内、機能低下の最大要因である強制的劣化と自然劣化を予防するために効率的・計画的に点検・調査を実施する。



図Ⅲ.3 主な機能低下要因の構成

第2節 基礎情報の収集・整理

2.2.1 基礎情報の収集・整理

点検・調査計画及び改築修繕計画の検討に必要な基礎情報を収集・整理する。

【解説】

(1) 基礎データの整理

処理場・ポンプ場施設は、土木・建築・設備が多種多様で、かつ、膨大に存在する。これらの基礎情報を効率的・効果的に整理するためには、表Ⅲ.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。

表Ⅲ.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
	汚水沈砂設備	共通	コンベヤ
			ホッパ
			1系 汚水沈砂設備
		現場盤	
		2系 汚水沈砂設備	
			現場盤
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	

基礎情報としては、各土木・建築・設備の諸元、点検・調査、リスク及び改築修繕に関する情報を収集・整理する必要がある。主な情報は以下に示す。

【諸元データ】：全ての情報の基礎となる情報

- ・ 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）

【リスクに関するデータ】：機能停止による被害規模と発生確率を把握・評価するための情報

- ・ 点検調査結果（健全度、健全度予測等）
- ・ 施設の周辺環境条件等
- ・ 機能停止時の影響予測資料

【点検・調査に関するデータ】：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

【改築修繕に関するデータ】：対策費用の把握及び性能把握・評価のための情報

- ・ 更新費用
- ・ 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、処分制限期間等）

※処分制限期間：「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

- ・ 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) 段階的データ整理

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、データの保有状況と照らし合わせて、段階的に実施することが有効である。

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、対象施設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。

2.2.2 基礎情報の蓄積・活用

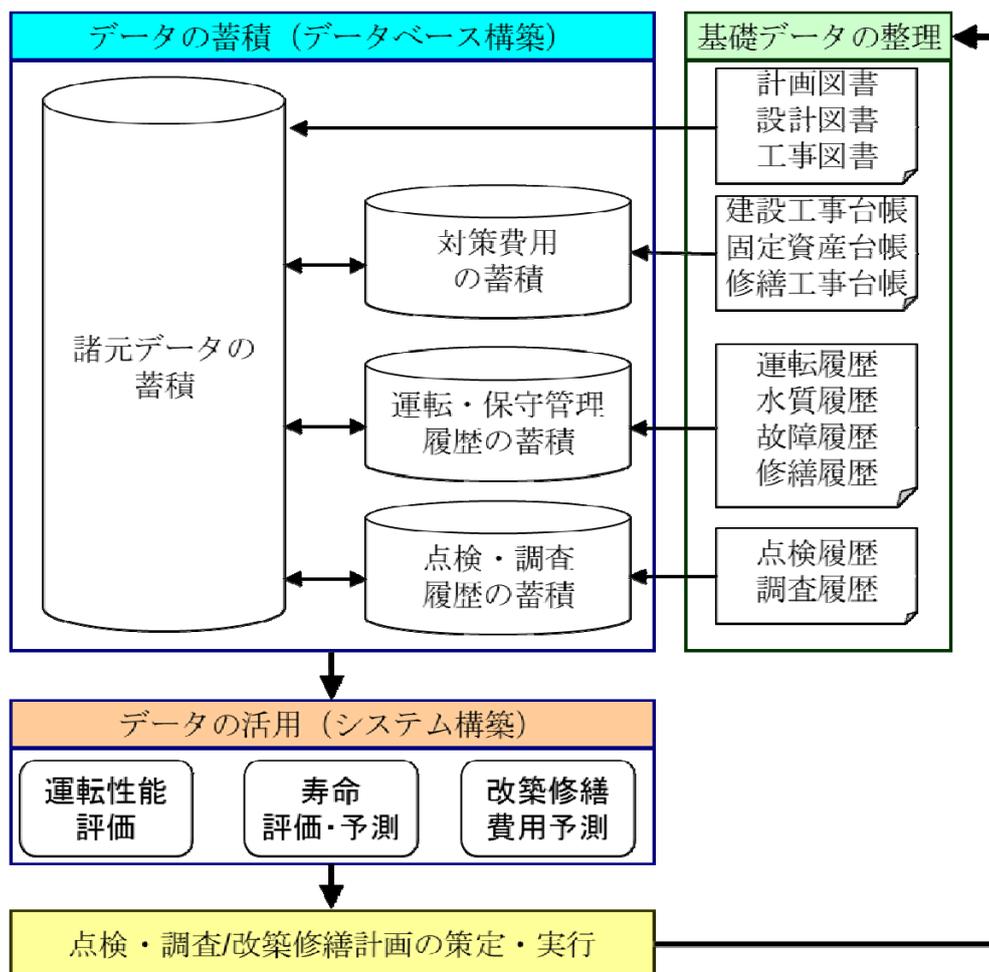
ストックマネジメントの精度向上を図るためには、点検・調査や改築修繕等で新たに得られた情報を継続的に蓄積することが重要であり、この情報を効率的に活用するために、情報システム（データベース）を構築することが有効である。

【解説】

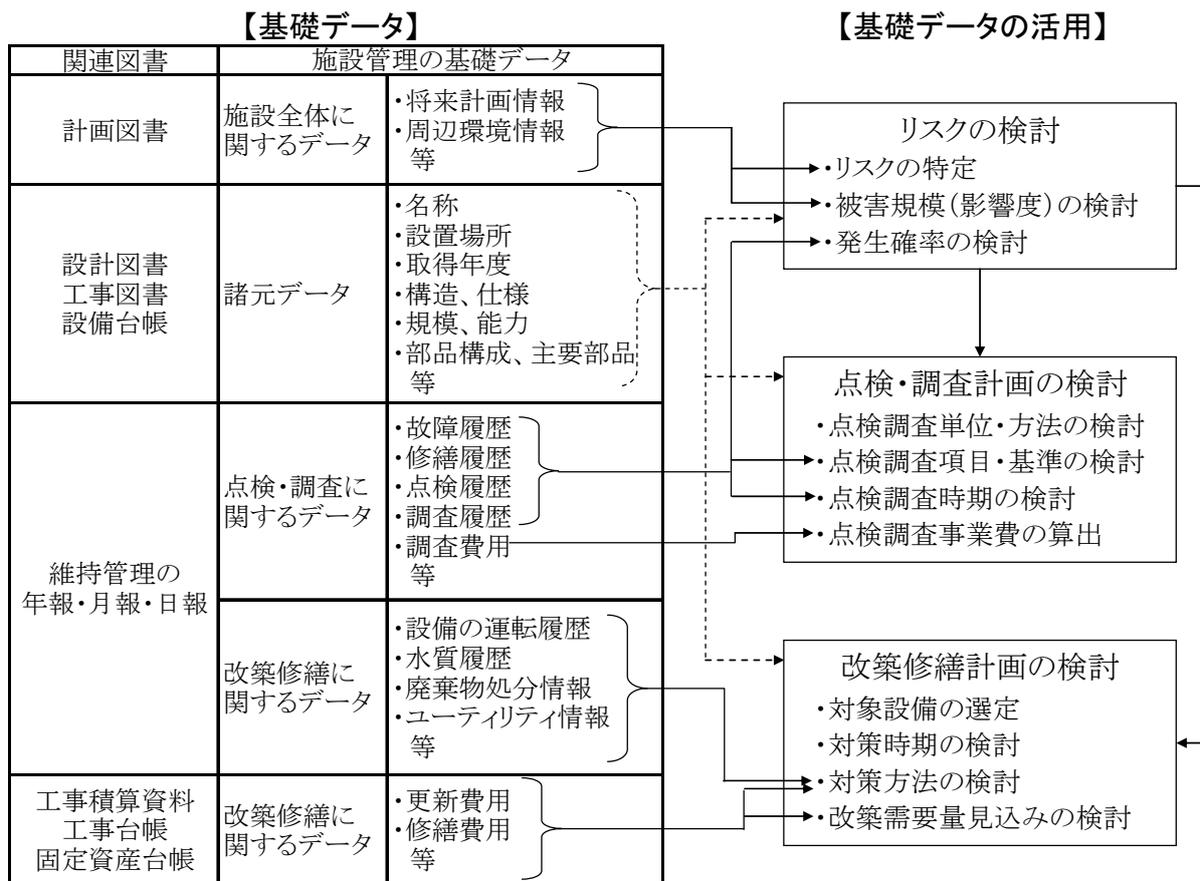
施設管理を効率的、効果的に実施するためには、点検・調査や改築修繕等で新たに得られた情報を継続的に蓄積し、活用する必要がある。

基礎情報の蓄積・活用にあたっては、どのようなことに活用するために、どのような情報を蓄積する必要があるかという視点が重要である。

なお、効率的に基礎情報を蓄積・活用するためには、情報システム（データベース）を構築し、一元的に管理することが有効である。



図Ⅲ.4 処理場・ポンプ場施設情報システムの構築・活用



図Ⅲ.5 基礎情報の活用例

第3節 リスクの検討

2.3.1 基本的な考え方と検討方法

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。

【解説】

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 2001 リスクマネジメントシステム構築のための指針より)

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、特定する作業

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作業

③発生確率の検討

リスクの発生確率を算定する作業

④リスクの評価

リスクの重要性を評価する作業

2.3.2 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、施設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の多種多様なリスクがある。

下水道事業者側に起因して発生するリスクの例を表Ⅲ.3に示す。この内、点検・調査及び改築修繕で対応可能なリスクは、施設の劣化に起因する施設の事故・故障による被害とする。

表Ⅲ.3 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	・下水の <u>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> ・下水道利用者への使用中止

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

2.3.3 被害規模（影響度）の検討

点検・調査及び改築修繕の優先順位を検討するために、処理場・ポンプ場施設の故障による機能低下・停止で影響を受ける事象を抽出し、客観的・定量的に評価できる方法を検討する必要がある。

【解説】

故障や劣化により、土木・建築・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Ⅲ.4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。

これらの影響を最小化するためには、安全な処理機能と処理能力の確保、復旧・改善費用等を抑え、ライフサイクルコストを低減することが必要である。

以上のことから、影響度の評価にあたっては、各土木・建築・設備に対して、「機能面」、「能力面」、「コスト面」を総合的・定量的に検討する。（なお、簡易的に、コスト面のみで影響度を評価することも可能である。）

なお、総合評価方法の1例として、下式に示すように、「機能面」、「能力面」、「コスト面」の総和とする方法がある。

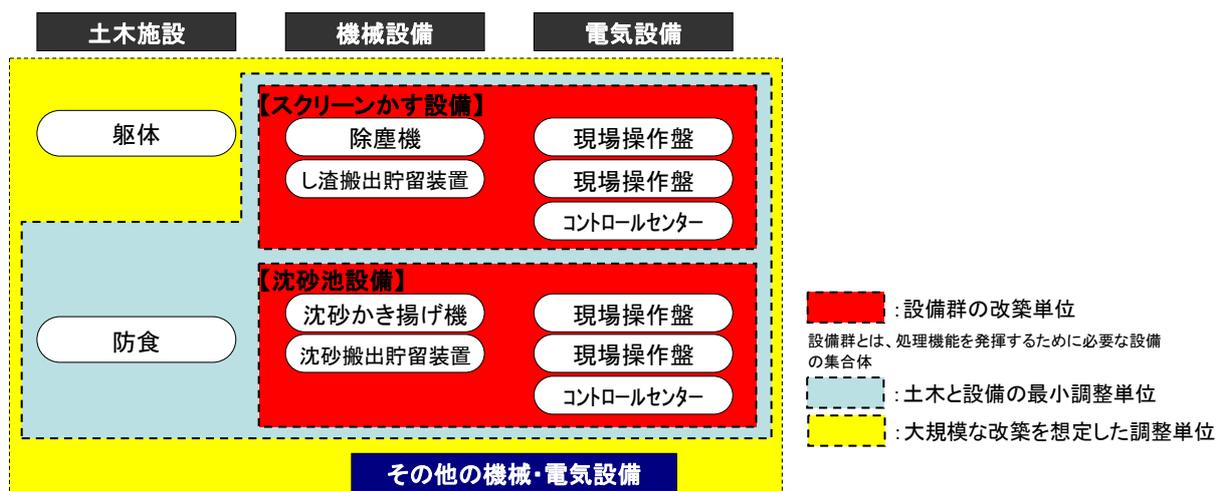
$$\text{影響度} = a \times \text{「機能面」} + b \times \text{「能力面」} + c \times \text{「コスト面」}$$

※ 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）

機能面については、図Ⅲ.6に示すようにまとまった機能で評価する。

表Ⅲ.4 影響を受ける事象と影響度評価項目・考え方（例）

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】：施設の各機能の役割を評価する 施設の各機能において、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】：施設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



図Ⅲ.6 評価ユニット設定 (例)

(1) 機能的影響度の検討方法例

機能面の評価は、“安全性への影響度”の側面から、各土木・建築・設備（沈砂池設備、ポンプ設備、最初沈殿池設備等）の機能的役割を比較し、どの機能が重要かを評価する。

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Ⅲ.5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Ⅲ.6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ックス集計を行い、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Ⅲ.6参照)。

表Ⅲ.5 重要性の尺度とその定義

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Ⅲ.6 AHPによる機能面の影響度評価表

	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..)
⋮					⋮	⋮
					A+B+C....	1

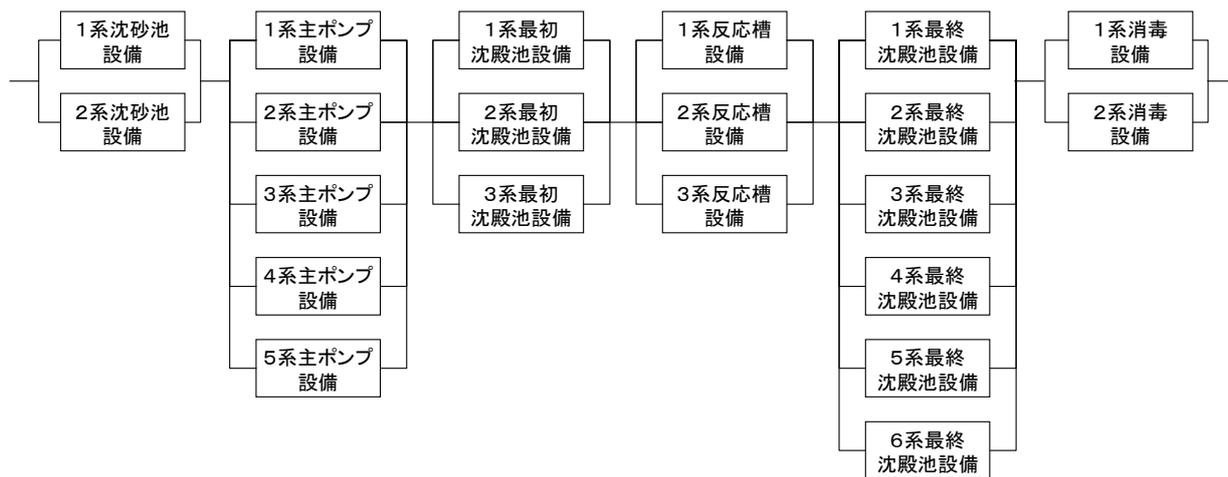
(2) 能力的影響度の検討例

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Ⅲ.7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：1/2Q
 - ・主ポンプ設備の影響度：1/5Q
 - ・最初沈殿池設備の影響度：1/3Q
 - ・反応槽設備：1/3Q
 - ・最終沈殿池設備：1/6Q
 - ・消毒設備：1/2Q
- となる。(※Q→処理場全体の能力)



図Ⅲ.7 水処理フロー図(例)

2.3.4 発生確率の検討

点検・調査及び改築修繕の優先順位を検討するために、各土木・建築・設備が機能低下・停止するまでの期間を客観的・定量的に評価できる方法を検討する必要がある。

【解説】

発生確率の検討では、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）の設定を行う必要がある。

各土木・建築・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、以下の3つの方法が考えられ、対象設備の情報蓄積状況や特性等から選択する。

- ①【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
- ②【目標耐用年数】：過去の改築実績から期待される耐用年数を設定する方法
- ③【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) 管理方法の設定

各土木・建築・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。

状態監視保全は、影響度が高く、劣化状況の把握・不具合時期の予測が可能な土木・建築・設備とし、時間計画保全は、影響度は高いが、劣化状況の把握が困難なため、経験的に知られる不具合時期や部品供給可能年限をもって更新する土木・建築・設備とし、事後保全は、影響度が低く、不具合が発生してから対応しても処理機能・能力等への影響が小さい土木・建築・設備である。表Ⅲ.7に管理方法の考え方と区分（例）をまとめている。

表Ⅲ.7 管理方法の考え方と区分（例）

	予防保全		事後保全
	状態監視保全	時間計画保全	
保全方法	施設・設備の状態に応じて保全	施設・設備の状態を問わず、一定期間ごとに保全	故障・異常の発生後に更新
適用の考え方	<p>影響度が大きいものに適用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・処理機能への影響が大（応急措置が困難） ・予算への影響が大 ・安全性の確保が必要 <p>劣化の予兆が測れるものに適用</p>	<p>劣化の予兆が測れないものに適用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・法で定期保全が義務付けられているものに適用 	<p>影響度が小さいものに適用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・処理機能への影響小（応急措置可能） ・予算への影響小
特徴	・予兆把握のために多くの情報必要	・費用が高くなる可能性がある	・点検作業が少なくすむ
分類例（機械）	自動除塵機、沈砂掻き揚げ機、ポンプ本体、汚泥掻寄機、送風機本体、散気装置、濃縮機、脱水機、焼却炉など		堰、弁、脱臭装置 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

(2) 検討単位の設定

検討単位は、基本的に「下水道長寿命化支援制度に関する手引き（案）平成21年度版」に準拠し、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）

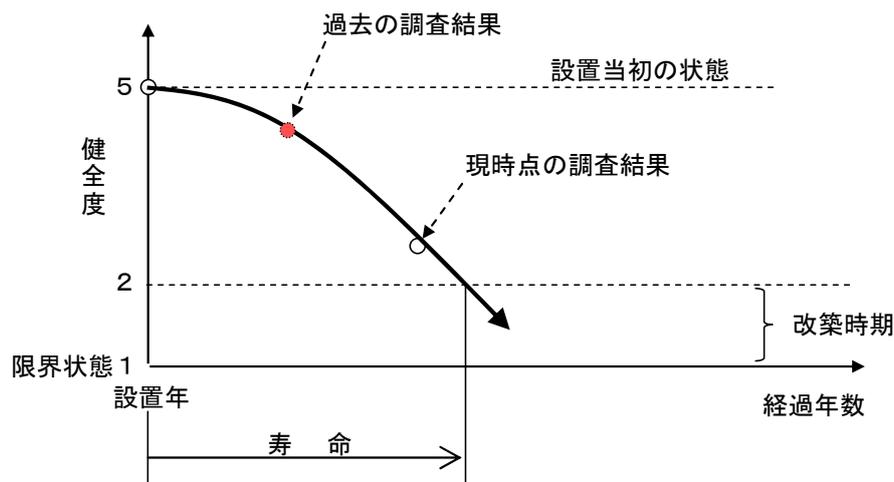
長寿命化対策検討対象外設備とは、基本的に時間計画保全及び事後保全に該当する設備である。

(3) 設備の発生確率の設定

【健全度予測による設定】

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Ⅲ.8**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、「2.4.4 調査項目・基準」に詳述する。



図Ⅲ.8 健全度予測式による発生確率の設定

【目標耐用年数】

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Ⅲ.8**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、他都市の事例を用いる場合は、施設規模、処理方法、稼働状態、地域特性、管理の状況などを考慮する。

表Ⅲ.8 耐用年数の設定（例）

	標準 耐用年数	耐用年数	標準との 比		標準 耐用年数	耐用年数	標準との 比
除塵機	15	15～25	1.0～1.7	散気装置	10	10～25	1.0～2.5
汚水ポンプ	15	15～50	1.0～3.3	脱水機	15	15～25	1.0～1.7
雨水ポンプ	20	20～40	1.0～2.0	機械濃縮機	15	15～23	1.0～1.5
送風機	20	20～35	1.0～1.8	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、P188

【平均故障発生頻度】

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。

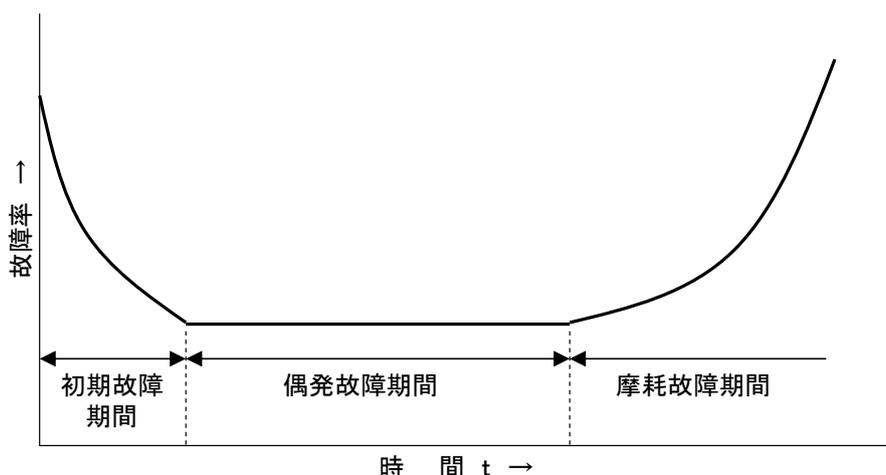
$$\text{平均故障間隔} = 1 / \text{故障率}$$

一般的に設備の故障率は、図Ⅲ.9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Ⅲ.9 寿命特性曲線（バスタブ曲線）

(4) 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Ⅲ.9）と処理場の土木の腐食環境の分類例（表Ⅲ.10）を以下に示す。

表Ⅲ.9 腐食環境分類

分類	腐食環境
I種	年間平均 H ₂ S 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 ₂ S 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 ₂ S 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 日本下水道事業団 平成 19 年 7 月」

表Ⅲ.10 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) 導水きよ（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 日本下水道事業団 平成19年7月」

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¹がある。

建築躯体は、土木躯体に準じて実施する。

(5) 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、基礎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、各土木・建築・設備の検討単位ごとの目標耐用年数を寿命とし、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り設定する。

¹ 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

2.3.5 リスクの評価

リスクの評価は、特定したリスクの重要性を客観的・定量的に評価できる方法を検討する必要がある。

【解説】

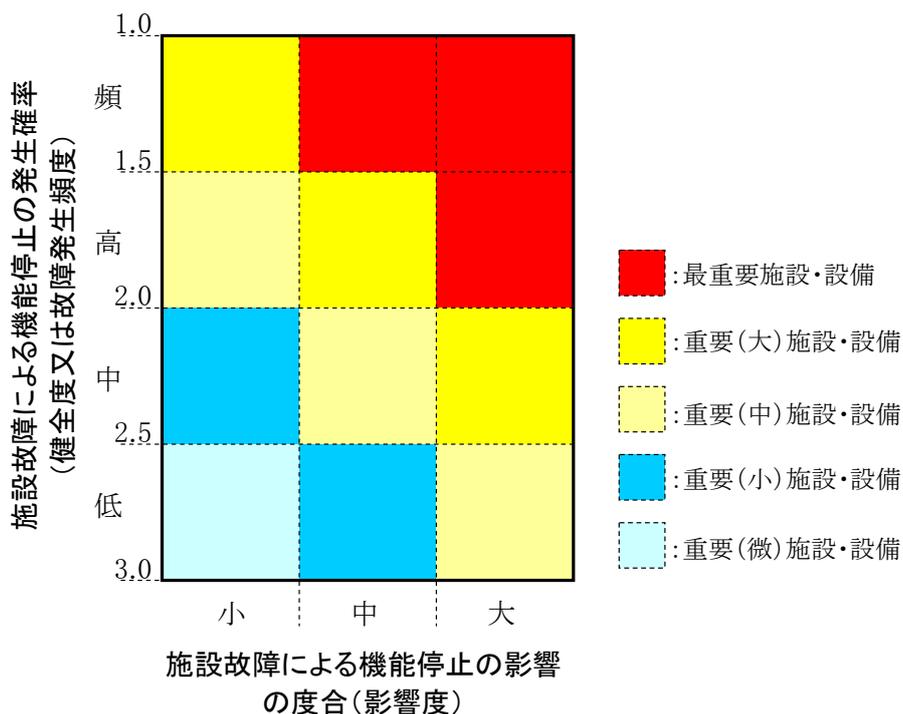
リスクの評価は、点検・調査の頻度・優先順位と改築修繕の優先順位の検討に活用するために、特定したリスク（施設故障による機能停止）の重要性を客観的・定量的に評価する。

評価にあたっては、「2.3.3 被害規模（影響度）の検討」と「2.3.4 発生確率の検討」に基づき、**図Ⅲ.10**に示すように、リスクが発生した場合の影響の度合と発生確率をそれぞれランク化して評価する方法と、下式のように影響の度合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＝リスクの影響の大きさ（影響度）

× リスクの起こりやすさ（健全度又は故障発生頻度）

※5～1で評価した健全度を使用する場合は、「5－健全度」を施設故障による機能停止の起こりやすさとする。



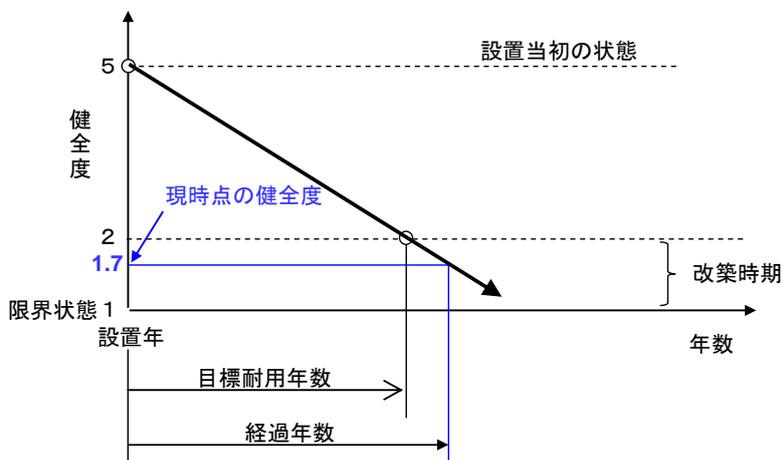
図Ⅲ.10 リスクのランキング評価図（例）

【健全度による施設故障による機能停止の発生確率の評価】

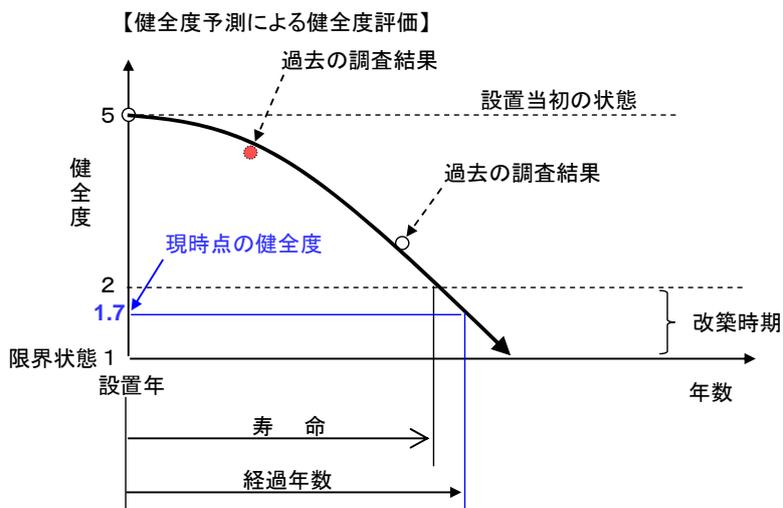
健全度によるリスクの起こりやすさの評価は、**図Ⅲ.12**に示すように、過年度の健全度評価結果から傾向を予測し、現時点の健全度を算出する。

過年度の健全度結果データがない場合は、図Ⅲ.11 に示すように、目標耐用年数を活用し、現時点の健全度を算出する。

なお、図Ⅲ.11、Ⅲ.12 の場合のリスクの起こりやすさは、3.3 (5-1.7) となる。



図Ⅲ.11 目標耐用年数による現時点の健全度評価 (例)



図Ⅲ.12 健全度予測による現時点の健全度評価 (例)

【平均故障発生頻度によるリスクの発生確率の評価】

表Ⅲ.11 に示すように、平均故障頻度をランク付け又は点数化して評価する。

表Ⅲ.11 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

第4節 点検・調査計画の検討

2.4.1 基本的な考え方と実施フロー

管理目標を達成し、リスクを最適化するために、効率的・効果的な点検計画と調査計画を検討する必要がある。

【解説】

点検は、機能保持のため、定期的に見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である。（日常点検）

調査は、健全度の評価や予測のため、見視・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である。（劣化診断、健全度評価）

調査には、運転しながら劣化状態を把握する簡易調査と、運転を停止し、水抜きや分解して劣化状態を把握する詳細調査がある。

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。

設備や防食被覆等のライフサイクルを考慮し、調査計画は5年程度とする。（点検計画は、日常管理計画に該当する。）

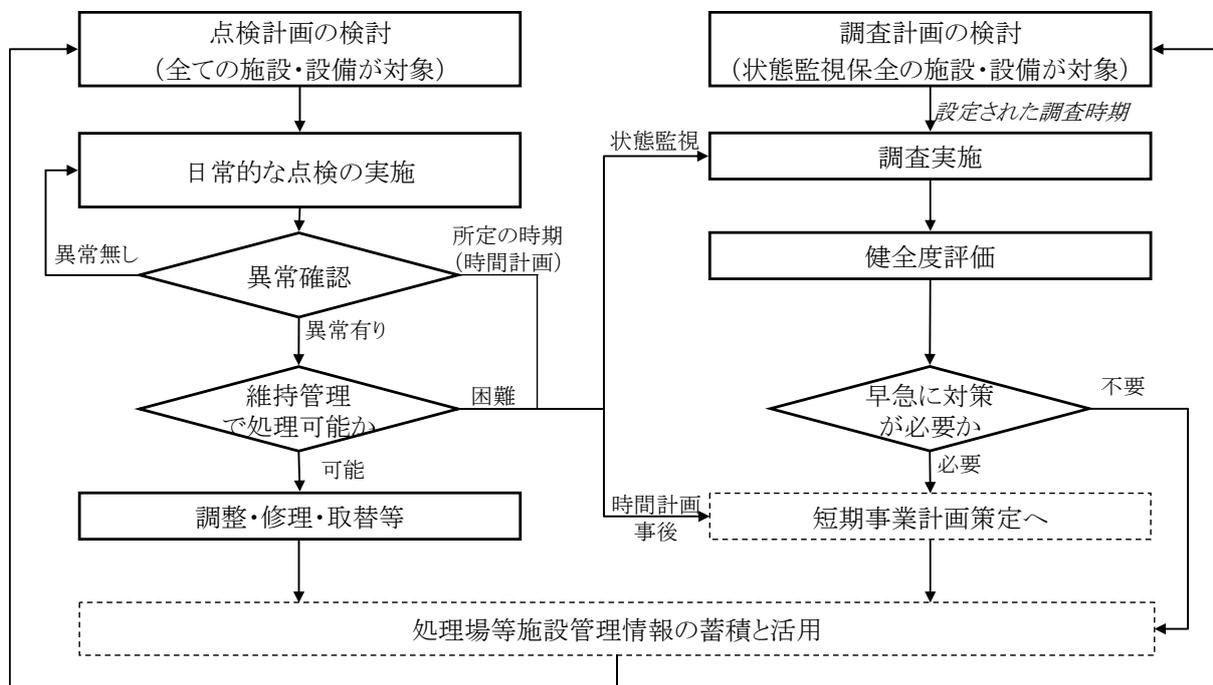
点検は、主要な土木・建築・設備を対象とし、**図Ⅲ.13**に示すように、点検項目・方法、点検周期等をまとめた点検計画を策定し、点検技術者の感覚、各種計器の指示値、簡易な工具・測定器を用いて日常的に巡回点検を実施し、運転状態の日常的傾向や異常の有無を確認し、異常がある場合は、その原因を検討し、調整や軽微な修理・取替等日常的な管理での対応が困難な場合は、調査或いは短期事業計画において対策方法の検討を行う。

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（社）日本下水道協会」が参考となる。また、施設の点検と留意事項については、**表Ⅲ.12**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、水抜きや分解等が伴う場合があり、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土木・建築・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Ⅲ.13**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短期事業計画において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Ⅲ.13 点検・調査の実施と関係フロー

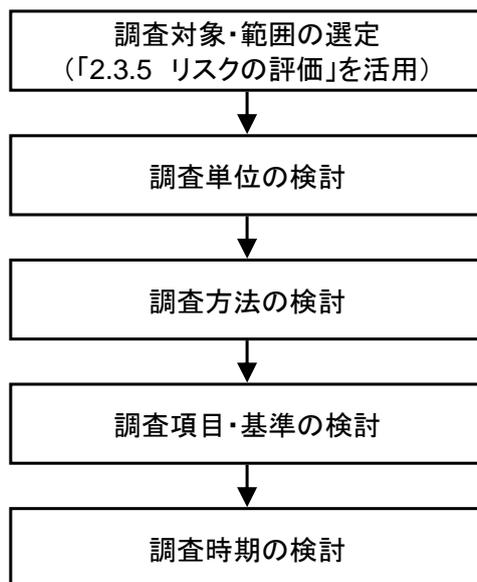
調査計画の検討フローを図Ⅲ.14に示す。

調査対象の選定にあたっては、「2.3.5 リスクの評価」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土木・建築・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、土木・建築・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。



図Ⅲ.14 調査計画の検討フロー

表Ⅲ.12 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口時に目視、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）	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、H ₂ Sガス濃度の簡易測定（検知管）、連続測定		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	

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」

2.4.2 調査単位の検討

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、土木・建築・設備の特性や費用対効果等を考慮して決定する。

【解説】

設備の調査単位は、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。

2.4.3 調査方法の検討

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

【解 説】

調査方法には、現場で目視・聴覚等や測定装置等非破壊で調査する方法、コア抜き等微破壊で調査する方法及び分解して調査する方法がある。

非破壊調査とは、“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。

微破壊調査とは、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。

調査方法は、点検・調査体制や土木・建築・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、分解調査を実施する。
- ・躯体：目視等の点検状況により、コア抜き等微破壊調査を行う。

2.4.4 調査項目・基準の検討

個々の土木・建築・設備について、その特性等に応じて、調査項目・基準を検討する。

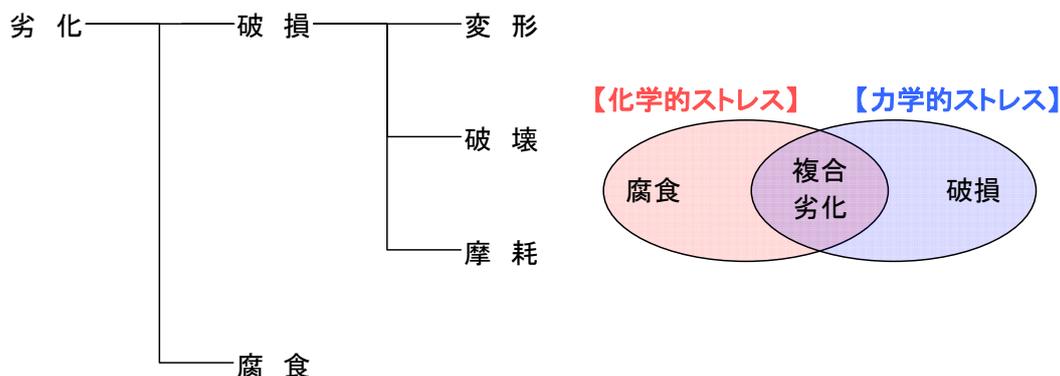
【解説】

(1) 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Ⅲ.15 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Ⅲ.15 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。

参考資料Ⅲ：処理場・ポンプ場施設編

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Ⅲ.13の参考文献及び「下水道長寿命化支援制度に関する手引き（案）平成21年度版」の参考資料-1等を参考に設定する。表Ⅲ.14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Ⅲ.13 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（JIS） 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Ⅲ.14 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	変形、破壊、摩耗、腐食	
	など	

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Ⅲ.15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Ⅲ.16参照）。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Ⅲ.15 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	<ul style="list-style-type: none"> ・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Ⅲ.16 土木調査項目例

対象	内容	項目	方法	点検	調査
躯体	躯体の表面状況	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) 調査基準

1) 設備の調査基準

調査は、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。

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Ⅲ.17に示すように主観的・定性的な評価を数値化する。

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、振動診断や潤滑油診断(トライボロジー)等がある。(巻末の付録資料-4、5)

表Ⅲ.17 目視等による判定基準（例）（設備対象）

判定区分	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、設備機能発揮困難で修繕では回復困難。）
1	著しく劣化しており、機能停止。

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Ⅲ.20、Ⅲ.21参照）次に、得られた健全度から措置方法を決定する。（表Ⅲ.18、Ⅲ.19参照）。

表Ⅲ.18 設備単位の健全度の例

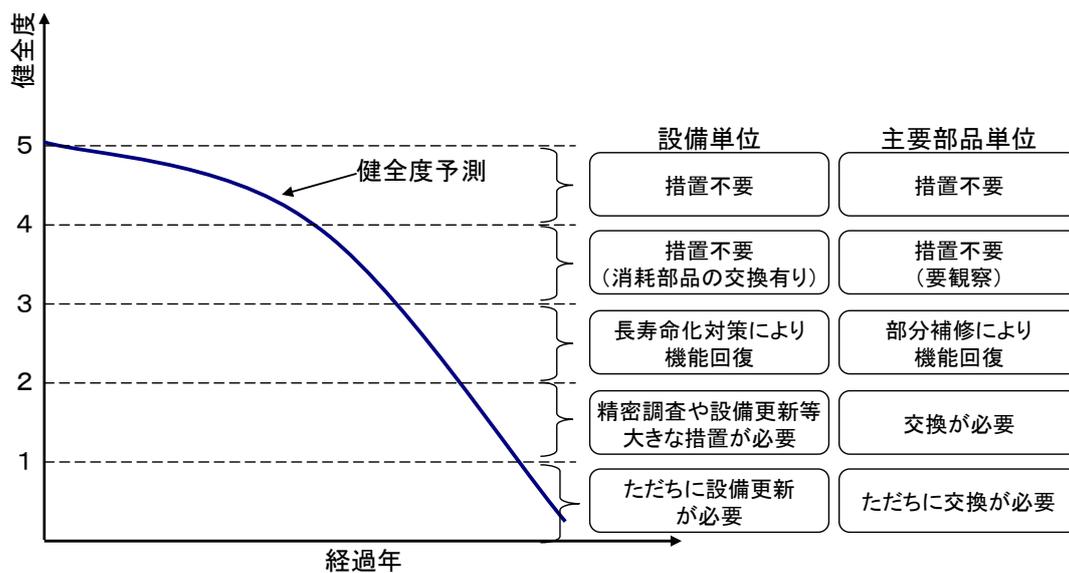
判定区分	運転状態	措置方法
5	設置当初の状態、運転上、機能上問題ない。	措置は不要。
4	設備として安定運転ができ、機能上問題ないが、劣化の兆候が現れ始めた状態。	措置は不要。消耗部品交換等
3	設備として劣化が進行しているが、機能は確保できる状態。機能回復が可能。	長寿命化対策により機能回復する。
2	設備として機能が発揮できない状態、または、いつ機能停止してもおかしくない状態等 機能回復が困難。	精密調査や設備の更新等、大きな措置が必要。
1	動かない。機能停止。	ただちに設備更新が必要。

出典：下水道長寿命化支援制度に関する手引き（案）平成21年度版、平成21年6月、国土交通省都市・地域整備局下水道部、P.34 加筆・修正

表Ⅲ.19 主要部品単位の健全度の例

判定区分	運転状態	措置方法
5	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	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	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。	部分補修により機能回復する。
2	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。

出典：下水道長寿命化支援制度に関する手引き（案）平成21年度版、平成21年6月、国土交通省都市・地域整備局下水道部、P.34 加筆・修正



図Ⅲ.16 健全度と措置区分の関係図

表Ⅲ.20 健全度評価方法と判定結果の例（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。 4：機能上の問題はないが、劣化の兆候あり。 3：劣化進行しているが、機能は確保可。 2：機能発揮困難で修繕では機能回復困難。 1：運転できない。機能停止。			

出典：下水道長寿命化支援制度に関する手引き(案)平成21年度版、平成21年6月、国土交通省都市・地域整備局下水道部、P.35

表Ⅲ.21 健全度評価方法と判定結果の例（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、例えば最大摩耗箇所が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。 ・刃先が一樣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。			

出典：下水道長寿命化支援制度に関する手引き(案)平成21年度版、平成21年6月、国土交通省都市・地域整備局下水道部、P.35

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、施設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Ⅲ.22 参照)。

また表Ⅲ.23 に土木・建築の健全度判定例を示す。

表Ⅲ.22 土木・建築の健全度

判定区分	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。

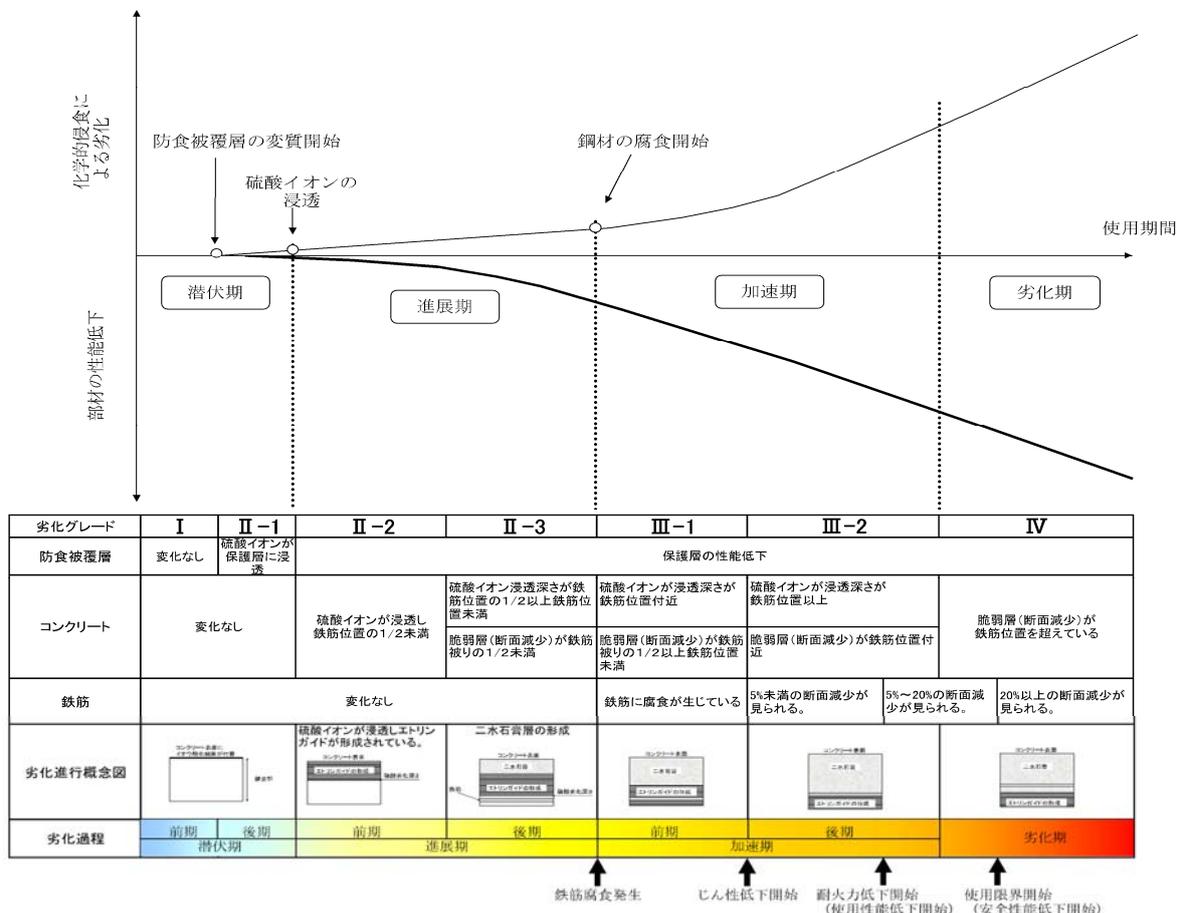
出典：下水道事業におけるストックマネジメントの基本的な考え方(案)、平成20年3月、下水道事業におけるストックマネジメント検討委員会、P.31

表Ⅲ.23 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Ⅲ.17 劣化グレードの設定

表Ⅲ.24 目視調査による劣化グレードの判定

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

軽微 ↑ コンクリート ↓ 重度
 S: 変化なし D: 錆汁が出ている。 C: 部分的に露出している B: 連続的に露出している A: コンクリートから浮いている、または、切れている

図Ⅲ.16、表Ⅲ.24 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Ⅲ.17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Ⅲ.25 健全度と劣化グレードの関係

劣化グレード	劣化グレードの区分	健全度区分	運転状態	措置方法
I	潜伏期前期	5	設置当初の状態、機能上問題ない。	措置は不要。
II-1	潜伏期後期			
II-2	進展期前期	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-3	進展期後期			
III-1	加速期前期	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。
III-2	加速期後期			
IV	劣化期	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
		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。

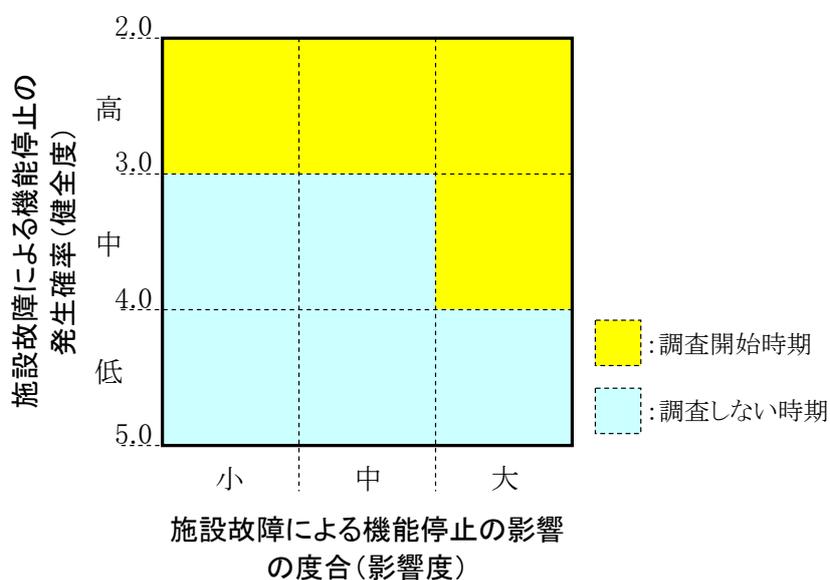
2.4.5 調査時期の検討

調査時期は、リスクの検討を考慮して決定する。なお、施設は、設備の調査時期と調整して設定する。

【解説】

調査時期は、予防的な対策が検討できる時期とする必要がある。従って、機能の回復が困難な健全度2になる前に実施することを基本とする。

調査には、多くの時間と費用を要することから、下図に示すように影響度に応じて、調査時期、頻度を決定して、効率的・効果的に実施する。



図Ⅲ.18 影響度と健全度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ので、期待される寿命(耐用年数)で健全度予測を行い、1回目の調査時期を設定する。

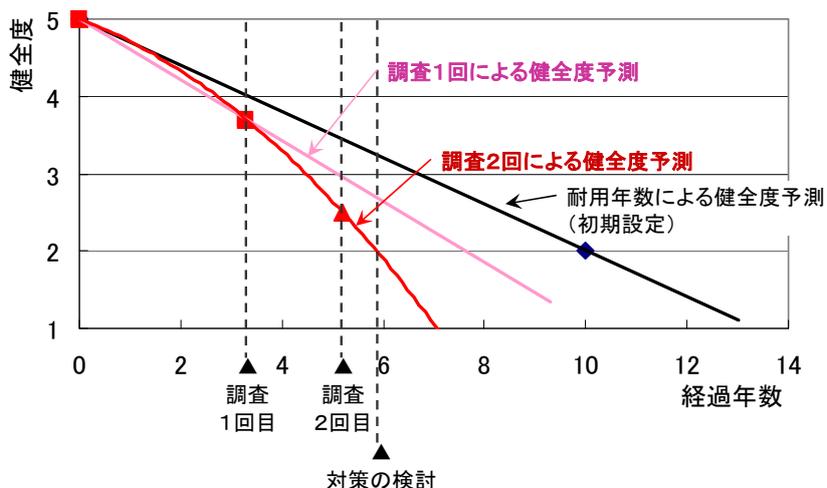
→図Ⅲ.19の黒線で健全度が4になる時期が1回目の調査時期

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Ⅲ.19のピンク線で健全度が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Ⅲ.19の赤線で健全度が2にかかる時期



図Ⅲ.19 影響度が大きい設備の調査時期設定 (例)

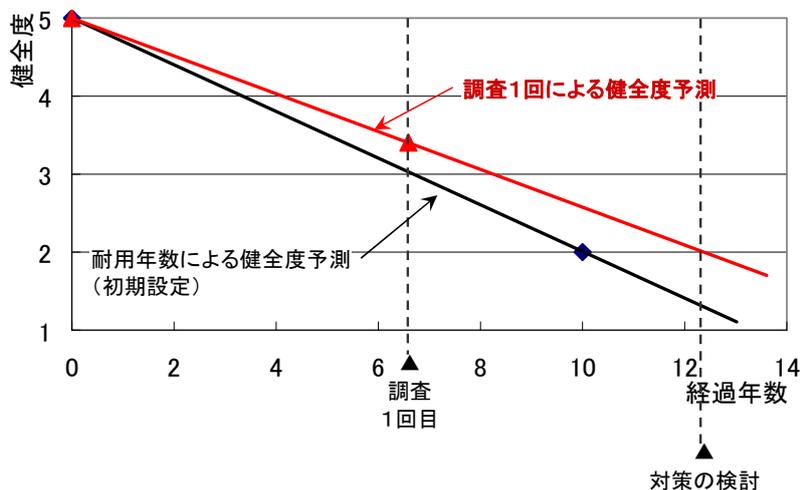
【影響度の小さい設備の場合の調査時期の設定 (例)】

①まず、初期段階に調査データがないので、期待される寿命（耐用年数）で健全度予測を行い、1回目の調査時期を設定する。

→下図の黒線で健全度が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。

→下図の赤線で健全度が2になる時期



図Ⅲ.20 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、施設の調査は、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。

第5節 点検・調査計画のとりまとめ

2.5.1 点検・調査計画のとりまとめ

処理場・ポンプ場施設の点検・調査計画では、以下の事項についてとりまとめるとともに、わかりやすい形で整理し関係者等へ情報提供する。

(掲載事項)

- ・計画期間：長期（20年程度以上） 短期（5～10年程度）
- ・処理場・ポンプ場施設の点検・調査計画の内容

【長期】対象施設と実施時期（概略）

【短期】対象施設と実施時期（詳細）

点検・調査の単位 点検・調査の方法 点検・調査項目と評価基準
組織体制・責務・権限 概算事業費とその算定方法

【解 説】

処理場・ポンプ場施設の点検・調査計画では、長期計画と短期計画をとりまとめる。

長期計画では、20年程度以上の調査スケジュール（どの施設のどの系列を、いつ調査するか）をとりまとめる必要がある。

短期計画、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。

2.5.2 点検・調査計画の活用

処理場・ポンプ場施設の点検・調査計画は、わかりやすい形で整理し、関係者等へ情報提供する。

(活用方法)

- ・住民等への情報提供 → パンフレット等
- ・関係機関への説明資料 → 点検・調査の必要性、効果、点検・調査計画 等

【解 説】

処理場・ポンプ場施設の点検・調査計画は、今後の処理場・ポンプ場施設の点検・調査のあり方を示したものであるため、わかりやすい形で整理することにより、利用者、住民や関係機関等への情報提供資料として活用する。住民等へは、パンフレット等を作成し、処理場・ポンプ場施設の点検・調査に関する情報提供を通じて事業への理解と協力を得るために活用する。財務部局等関係機関へは、点検・調査の必要性、点検・調査の効果等の説明資料を作成し、点検・調査（計画）への理解を得るために活用する。

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

短期の点検・調査計画に基づき、点検・調査を実行する。実行によって得られる情報は、基礎情報として整理し、継続的に蓄積して活用する。

【解説】

点検・調査（計画）の実行によって得られる情報は、目標や点検・調査計画の評価と見直しのために必須であるとともに、改築修繕に繋がる情報でもある。また、それらは、予測や管理（マネジメント）の精度を高めるとともに、効率的・効果的に施設を維持していくためにも、基礎データとして整理し、継続的に蓄積して活用する。

第4章 改築修繕計画の策定

第1節 計画的改築修繕の目的

4.1 計画的改築修繕の目的

計画的改築修繕の目的は、事故・故障の未然防止、ライフサイクルコストの最適化及び処理機能の維持・向上等を実現することであり、長期的な見通しを踏まえて最適な計画を策定・実行する。

【解説】

処理場・ポンプ場施設の具体的な事業量目標（目標 B）の達成を通じて、最終的な目標（目標 A）を達成するため、必要な改築や修繕の計画を策定し、計画的かつ効率的に実行する。

改築修繕計画は、点検・調査によって把握した施設の状態を踏まえて、どの施設を（対象施設）、いつ（実施時期）、どのように（方法等）、どの程度の費用（概算費用）をかけて、改築・修繕を行うかについて、長期的な見通しを踏まえて計画を定めるものである。

改築修繕計画の策定にあたっては、リスク評価及び点検・調査結果から対象の土木・建築・設備を選定し、健全度予測による対策時期の検討と、ライフサイクルコストの比較及び設備群の機能検証（機能向上の検討）に基づく対策方法の検討を行う。また、必要に応じて長期的な改築需要見込みの見直しを行う。

第2節 改築修繕計画の検討

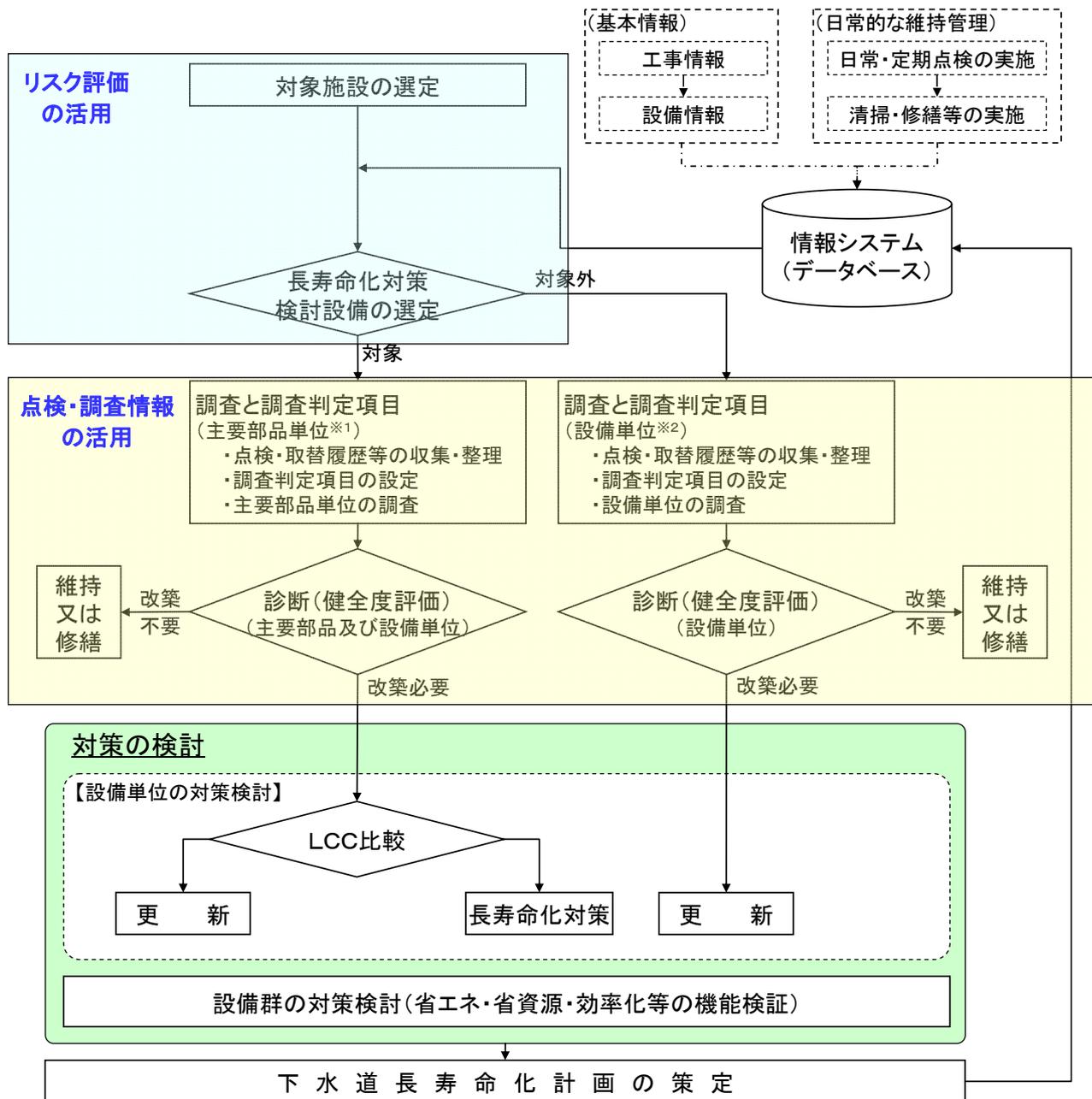
4.2.1 基本的な考え方と検討フロー

改築修繕計画は、リスク評価及び点検・調査結果から対象の土木・建築・設備を選定し、健全度予測による対策時期の検討と、ライフサイクルコストの比較及び設備群の機能検証（機能向上の検討）に基づく対策方法の検討を行う。また、必要に応じて長期的な改築需要見込みの見直しを行う。

【解説】

改築修繕計画に関する事項では、長期的見通しを踏まえて、リスク評価を活用して対象の土木・建築・設備を選定し、5年程度の具体的な改築修繕実施計画を定める。計画として定める事項は、「社会資本整備総合交付金交付要領（下水道事業）の運用について」（平成22.4.1国都下企第65号、国都下事第536号、国都下流第50号）IV.1.(2)に定める、①対象施設及びその選定理由、②点検調査結果の概要及び維持管理の実施状況、③計画期間、④長寿命化対策を含めた計画的な改築及び維持管理の概要、⑤長寿命化対策の実施効果（ライフサイクルコストの縮減額）を含むものとする。検討手法に関しては、対象施設が国庫補助対象であるかどうかを問わず、「下水道長寿命化支援制度に関する手引き（案）平成21年度版、平成21年6月、国土交通省都市・地域整備局」に示す手法に準じて、改築修繕に係る計画を検討する。図Ⅲ.21に検討フローを示す。ただし、「下水道長寿命化支援制度に関する手引き（案）」で示す手法や基準案は、事例として一例を示しているものであり、当該地方公共団体に参考すべき実績・事例が無い場合に、初期設定として参考にするのは良いが、必ずPDCAの実践によって、この設定そのものを当該地方公共団体の特性に即したものに見直していく必要がある。

また、長期的な見通し（長期的な改築需要見込み）については、必要に応じて見直しを行う。



図Ⅲ. 21 下水道長寿命化計画の検討フロー（処理場等設備）

出典：下水道長寿命化支援制度に関する手引き（案） 平成 21 年度版 平成 21 年 6 月、国土交通省都市・地域整備局下水道部、P.27 加筆

4.2.2 長期的な見通しの検討

長期的な見通しは、今後の事業の全体量を見通すために、長期的な改築修繕需要について検討するものである。なお、当該地方公共団体の状況に応じて、導入準備段階で検討した今後の改築需要量見込みを必要に応じて見直しを行う。

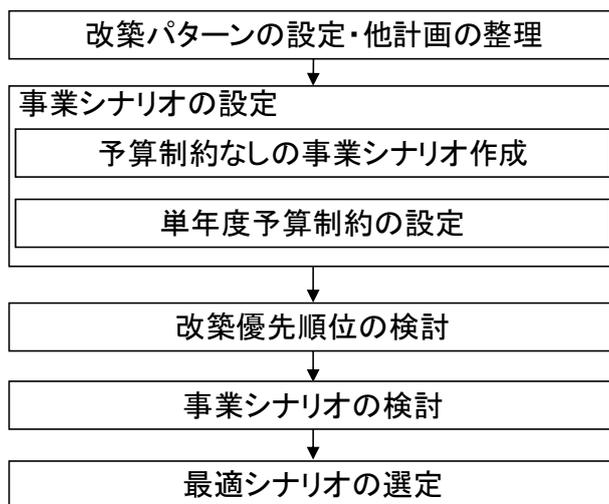
【解説】

長期的な見通しの検討フローを図Ⅲ.22に示す。

まず、寿命の検討結果に基づく各土木・建築・設備の改築パターンの設定と他計画（耐震化、高度処理化等）の実施時期・投資額を整理し、予算制約なし（単純改築）シナリオと複数の予算制約シナリオを設定し、各土木・建築・設備の改築優先順位を検討し、事業シナリオごとに投資の平準化とリスク評価を行い、投資額とリスクを勘案して最適なシナリオを選定する。

なお、ここでいう「リスク」は、経年的な劣化が原因で下水道施設が機能停止となるリスクであり、その他のリスクは対象外としている。

土木・建築（防食被覆）の改築時期は、設備の改築時期に合わせて実施することを基本とする。



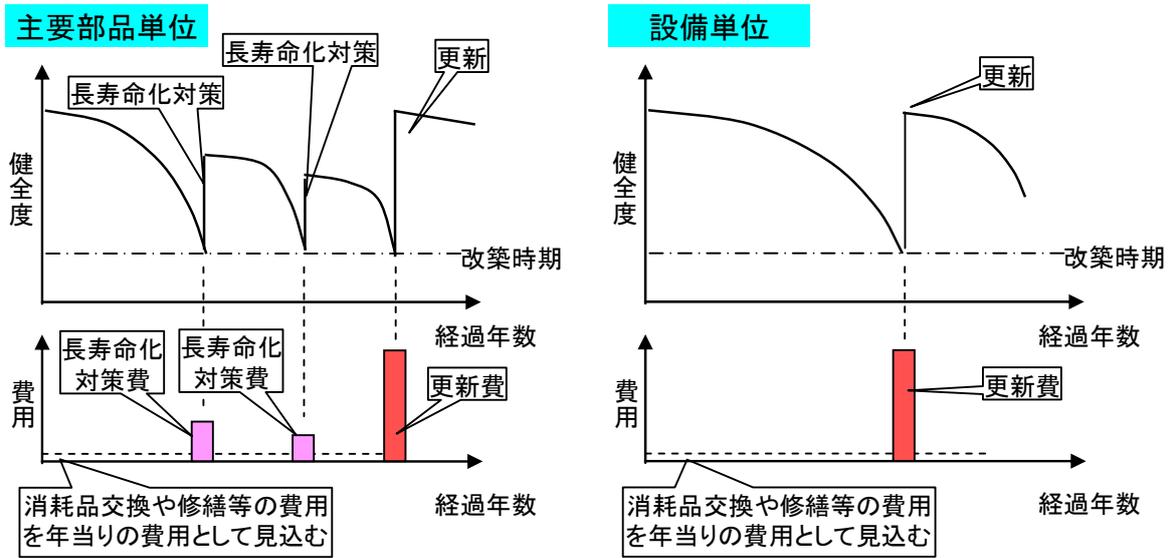
図Ⅲ.22 長期的な見通し検討フロー（案）

【改築パターンの設定】

改築パターンは、管理方法と寿命の検討方法によって設定方法が異なる。

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は、部品単位の健全度予測（或いは期待される寿命（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。

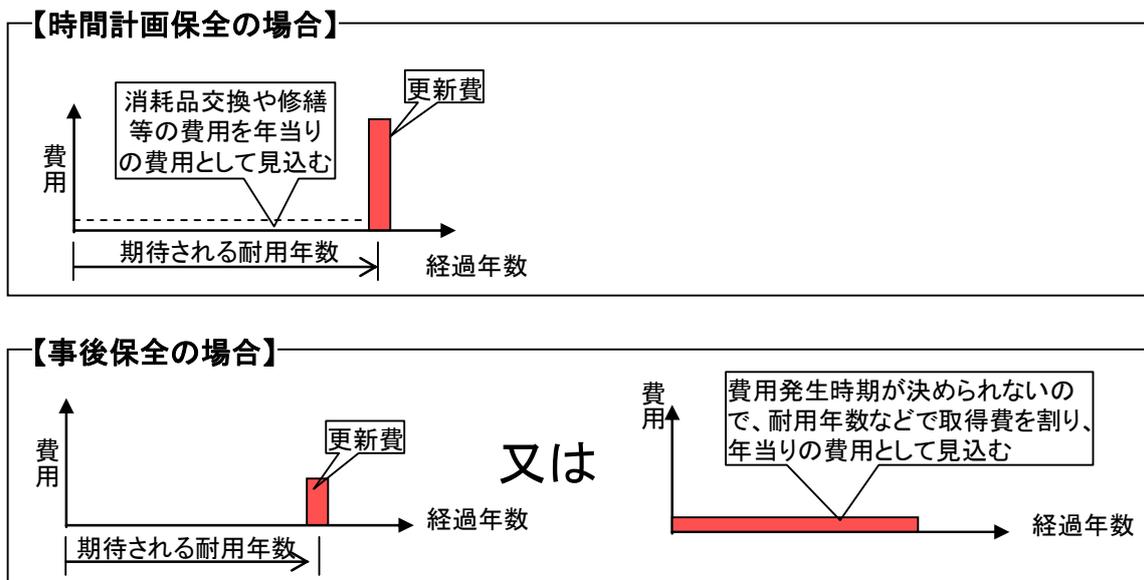
管理方法が状態監視保全で、設備単位で寿命を設定する設備は、健全度予測式（或いは期待される寿命（目標耐用年数））により更新時期を設定する。



図Ⅲ. 23 状態監視保全設備の改築パターンイメージ図

管理方法が時間計画保全及び事後保全の土木・建築・設備は、期待される寿命（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。

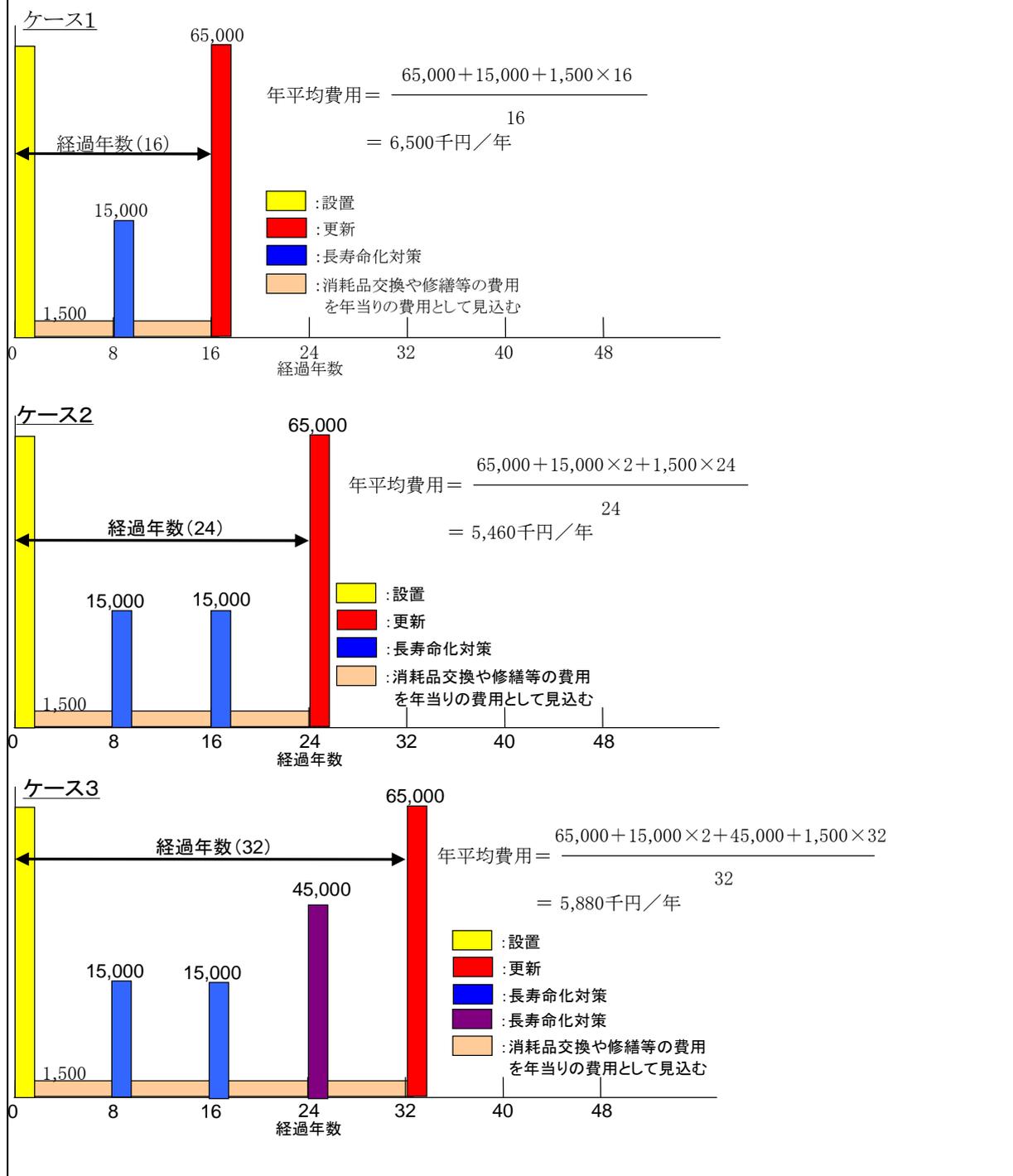


図Ⅲ. 24 時間計画保全・事後保全設備の改築パターンイメージ図

【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。

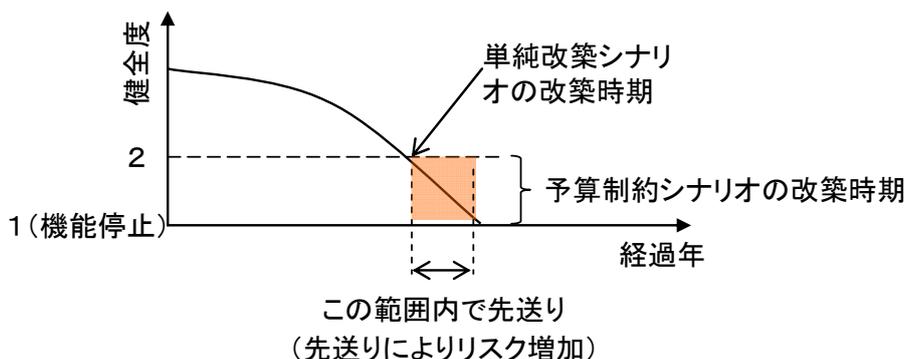
健全度予測式或いは期待される寿命（耐用年数）より、対策のサイクルと費用を検討し、下図のように、長寿命化対策により更新時期を延伸化するケースを複数設定し、各ケースの更新までのトータルコストを経過年数で除して年価を算出し、最も年価が安価なケースをLCC計算による最適な改築パターンとする。



【事業シナリオの設定】

事業シナリオは、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Ⅲ. 25 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Ⅲ. 25 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。

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

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、情報の蓄積情報に応じて、段階的に長期事業計画の精度向上を図ることが有効である。

【改築優先順位の検討】

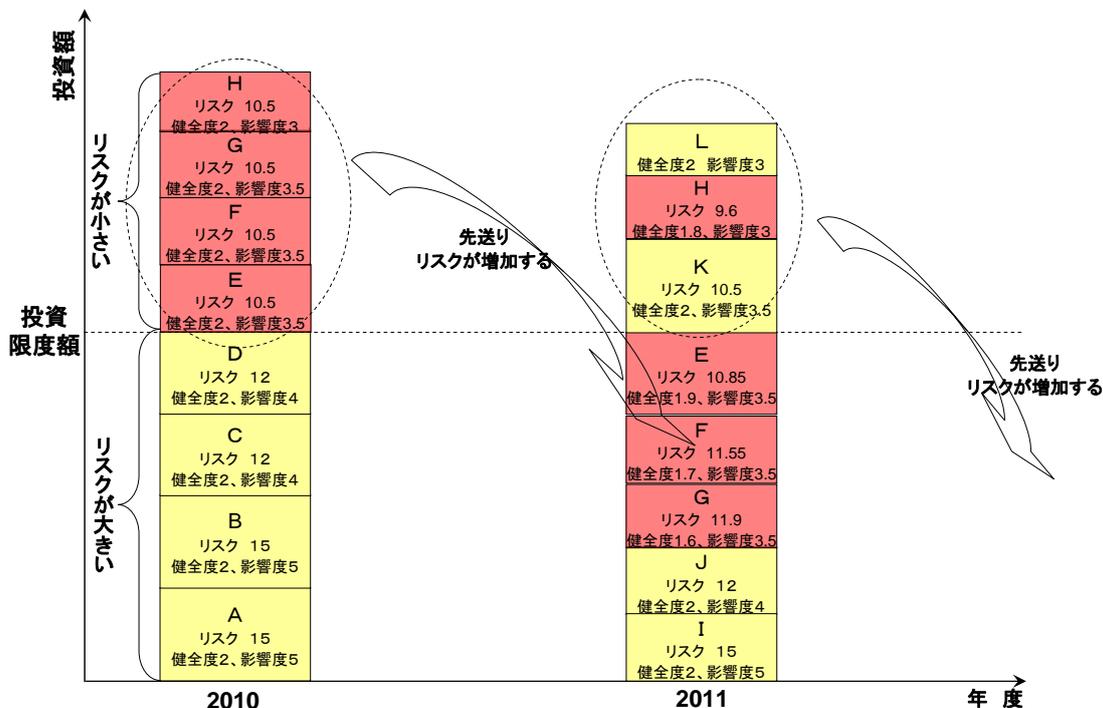
処理場・ポンプ場の土木・建築・設備は、機能停止しない健全度 2～1 の範囲内で、リスク値が大きいものを優先的に改築する。

なお、施設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Ⅲ.26 事業の平準化イメージ図

【事業シナリオの検討】

事業シナリオは、「投資額」、「健全度」、「リスク」の項目を検討する。

表Ⅲ.26 投資シナリオの検討項目と内容

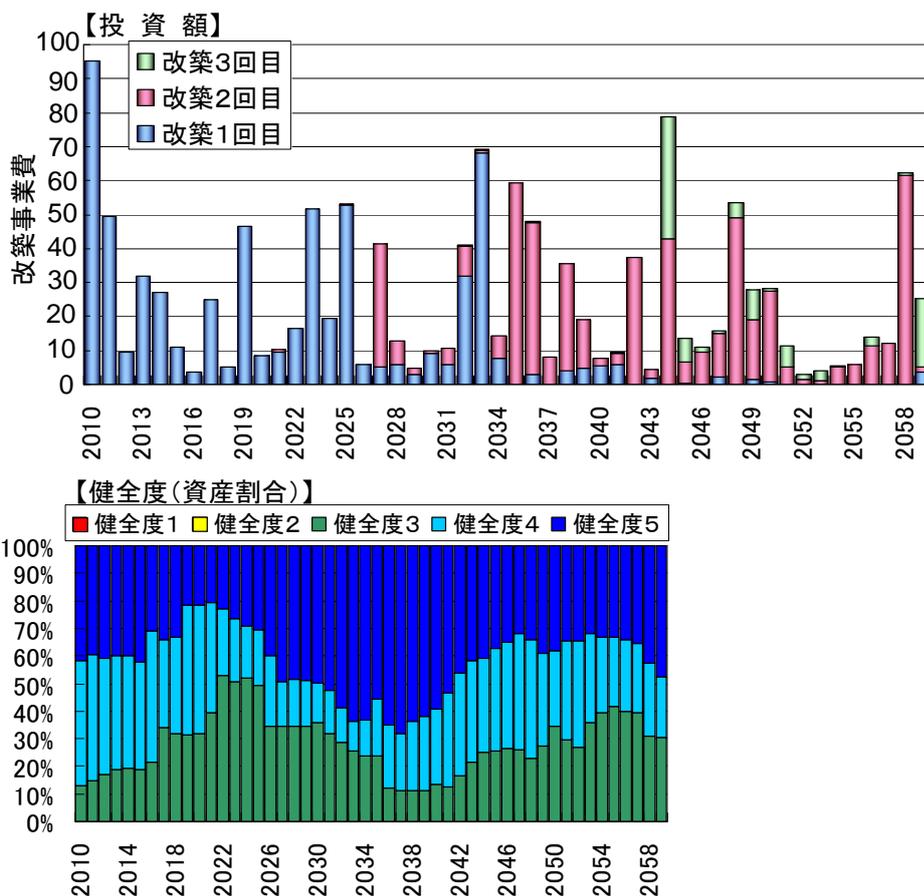
項目	視点	内容
投資額	年当たりの額や総額での可能／不可能／変動	投資額が少なく、変動幅の小さいシナリオが望ましい。
健全度	最低健全度	健全度1となる土木・建築・設備を発生させない。
リスク	リスク／変動	リスクが小さく、かつその変動幅の小さいシナリオが望ましい。

(1) 事業シナリオ 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。

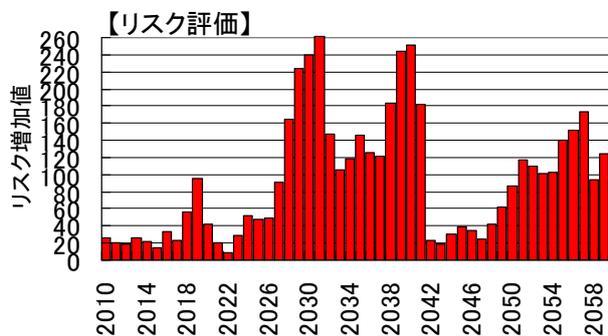
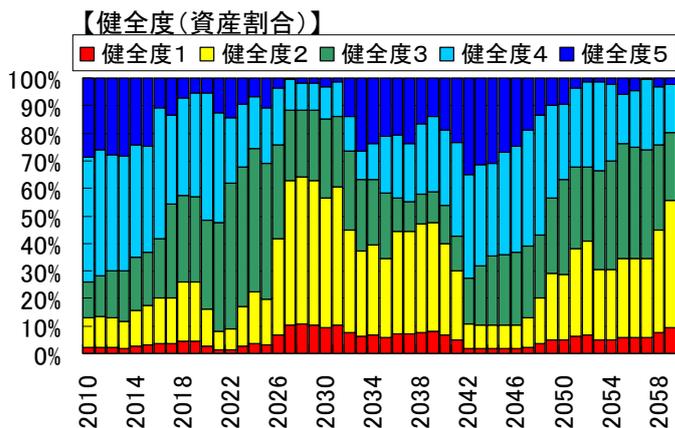
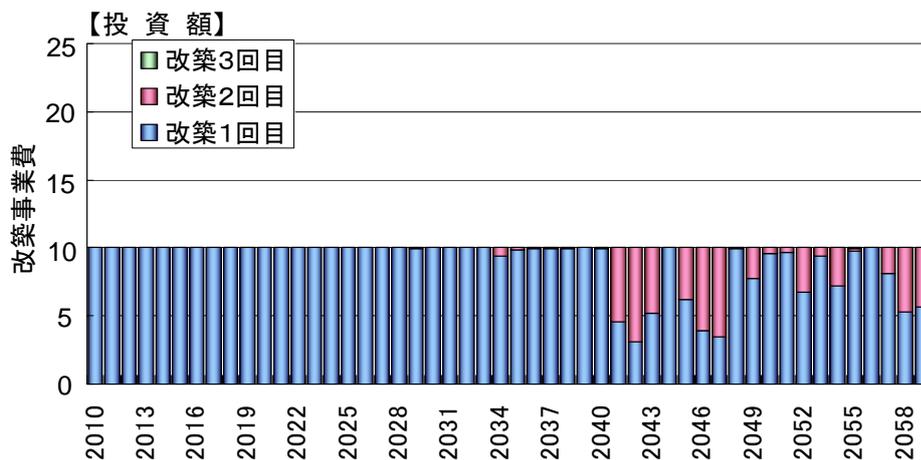


(2) 事業シナリオ 2：過年度の年当たりの投資額で改築するシナリオ

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。

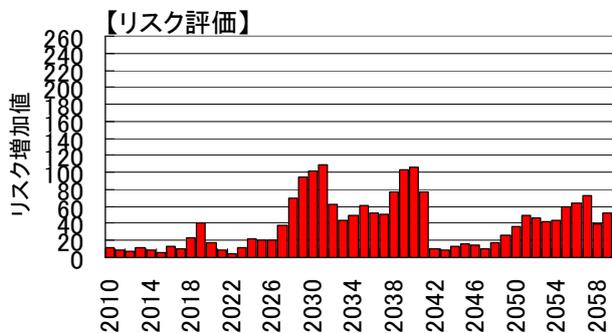
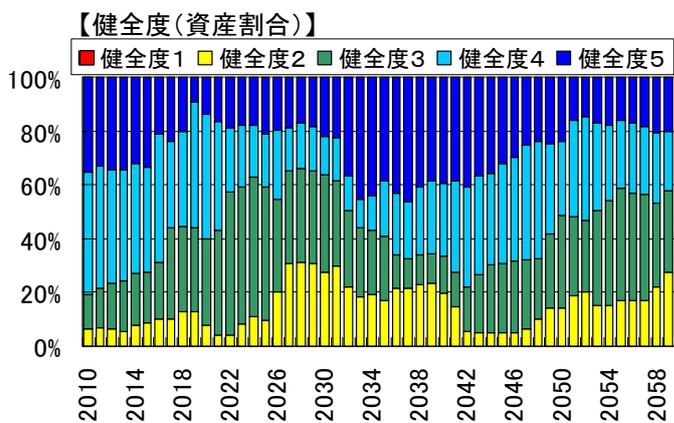
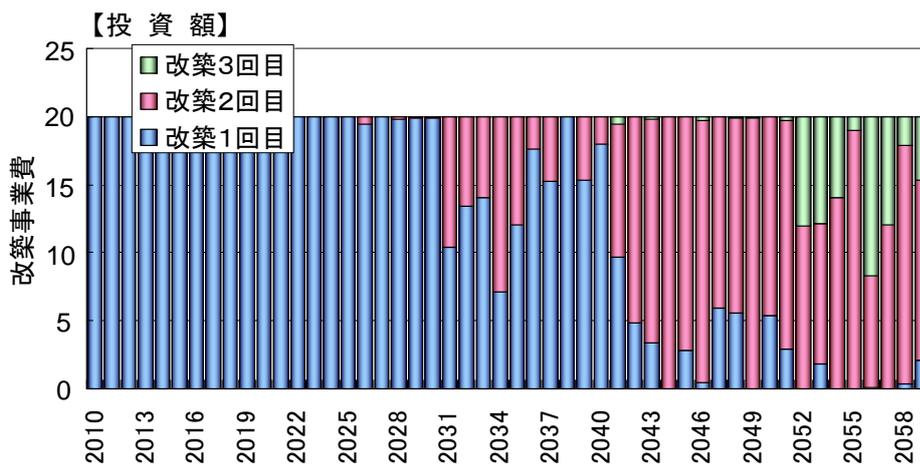


(3) 事業シナリオ 3：健全度 1 の設備が発生しないように、健全度 2 以下で改築するシナリオ

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 の土木・建築・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。

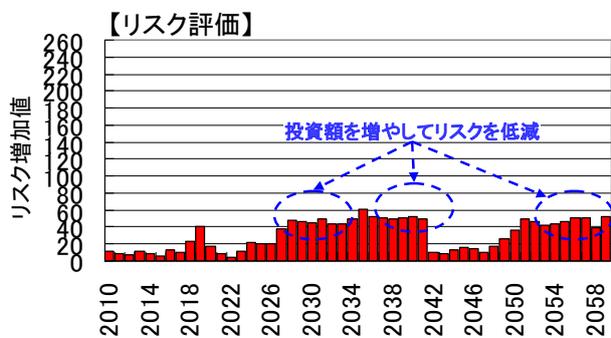
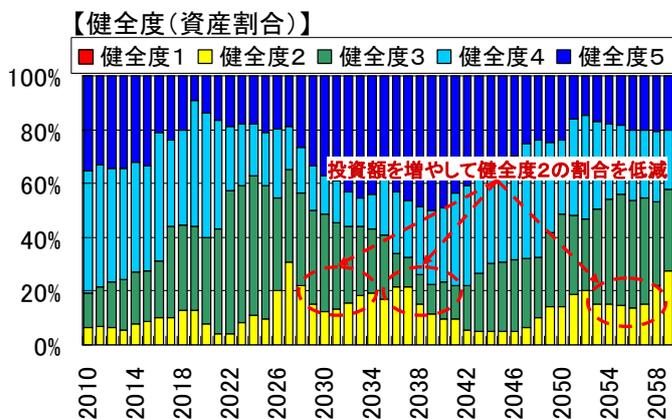
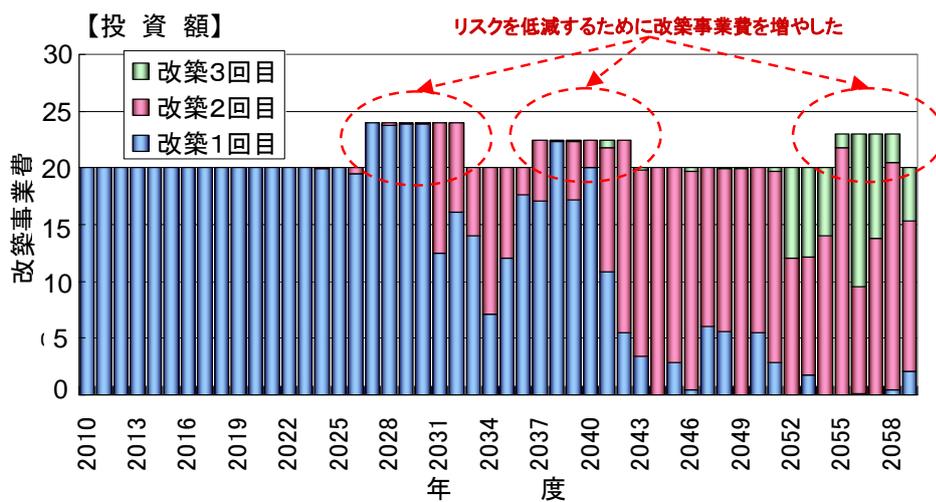


(4) 事業シナリオ 4：投資額を増やしてシナリオ 3 のリスク値をさらに低減し、健全度 2 以下で改築するシナリオ

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 の土木・建築・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。

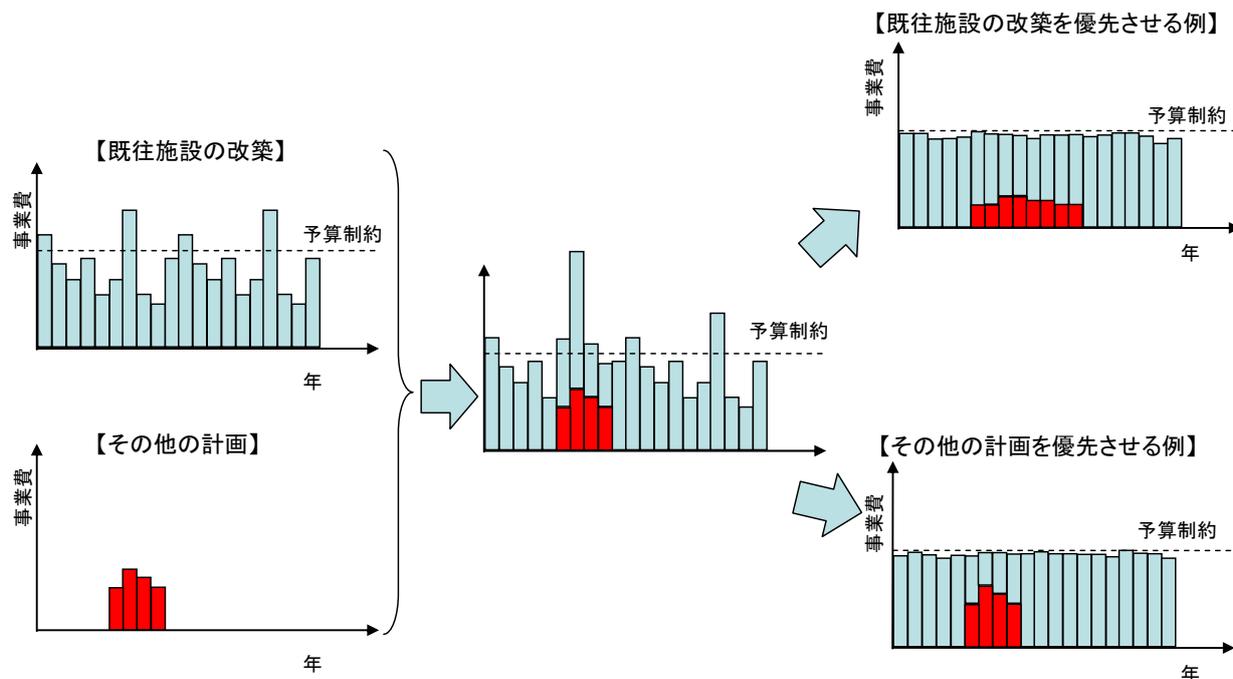


(5) 事業シナリオ 5：その他の計画（耐震化、高度処理化等）を見込む場合（参考）

予算制約超過した既往施設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。



【最適事業シナリオの選定】

最適なシナリオとは、最低健全度が1以下（機能停止）となる土木・建築・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Ⅲ.27 事業シナリオの評価（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、事業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、管理目標の設定を行う。

第3節 改築修繕計画のとりまとめ

4.3.1 改築修繕計画のとりまとめ

処理場・ポンプ場施設の改築修繕計画では、以下の事項についてとりまとめるとともに、わかりやすい形で整理し関係者等へ情報提供する。

(掲載事項)

- ・計画期間 : 5年程度(長寿命化計画)
必要に応じて、長期的な見通しの見直し(20年程度)
- ・処理場・ポンプ場施設の改築修繕計画の内容
事業量目標
長寿命化計画(対策時期、対策方法、年度別改築修繕計画等)
必要に応じて、長期的な見通し(必要改築量及び必要費用、リスクの改善効果等)

【解説】

処理場・ポンプ場施設の改築修繕計画では、長期的な見通しを踏まえて、事業量目標と長寿命化計画をとりまとめる。

4.3.2 改築修繕計画の活用

処理場・ポンプ場施設の改築修繕計画は、わかりやすい形で整理し、関係者等へ情報提供する。

(活用方法)

- ・住民等への情報提供 → パンフレット等
- ・関係機関への説明資料 → 投資の必要性、効果、改築事業計画等

【解説】

処理場・ポンプ場施設の改築修繕計画は、今後の処理場・ポンプ場施設の改築修繕のあり方を示したものであるため、わかりやすい形で整理することにより、利用者、住民や関係機関等への情報提供資料として活用する。住民等へは、パンフレット等を作成し、処理場・ポンプ場施設の改築修繕に関する情報提供を通じて事業への理解と協力を得るために活用する。財務部局等関係機関へは、事業の必要性、改築修繕の効果等の説明資料を作成し、改築修繕計画への理解を得るために活用する。

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、改築修繕を実行する。実行によって得られる情報は、基礎データとして整理し、継続的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る情報は、目標や点検・調査計画および改築修繕計画の評価と見直しのために必須である。また、それらは、予測や管理（マネジメント）の精度を高めるとともに、効率的・効果的に施設を維持していくためにも、基礎データとして整理し継続的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

下水道管理者は、定期的または社会情勢等の変化に応じて適宜、目標、点検・調査計画および改築修繕計画の評価と見直しを行う。

【解説】

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。評価・見直しの際には、予測値と実施結果の乖離や目標の未達成の原因について分析し、適切な改善を図る。なお、改善量は、目標や計画の値と実績値との差によって具体的な値として定量化される。

ストックマネジメントは、途について間もないため未成熟な技術や知見も多く、多くの仮定条件に基づいて検討していることから、PDCAの実践によって継続的にねばりづよく改善・向上に努めていく必要がある。

【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。

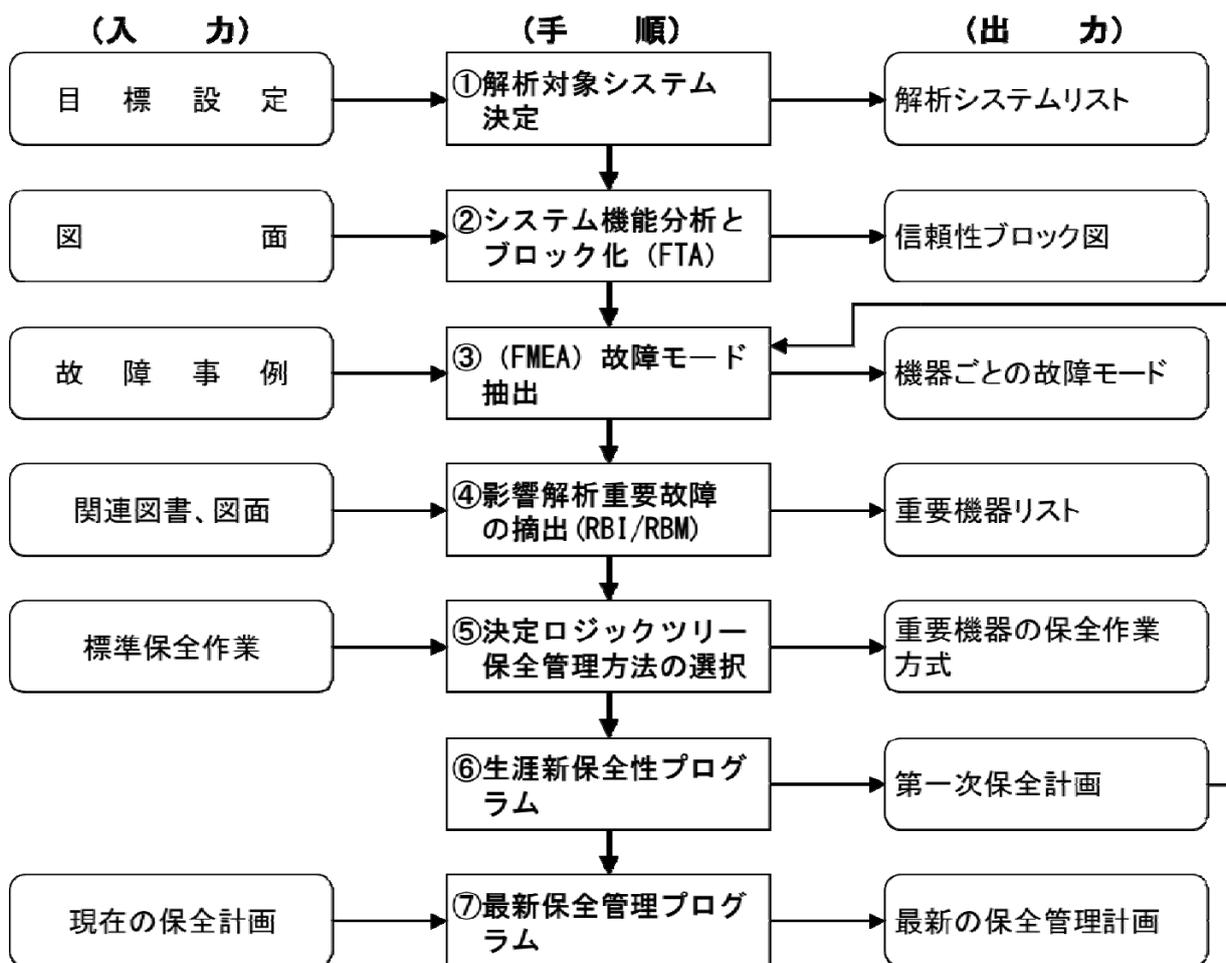
【手順6】生涯保全性プログラム

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Ⅲ.27 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」

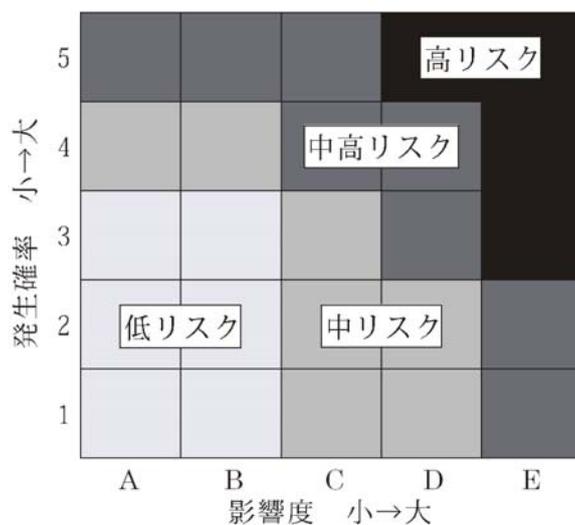
アメリカ石油協会（API）が、1996年に石油産業設備を対象とした最初のリスク基準メンテナンス検査計画方法（RBI）を提案し、それ以降、欧州でも規格化の動きがあり、リスク基準メンテナンス（RBM）活動が盛んになっている。

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Ⅲ.28 API 定性評価、半定量評価で使用され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」

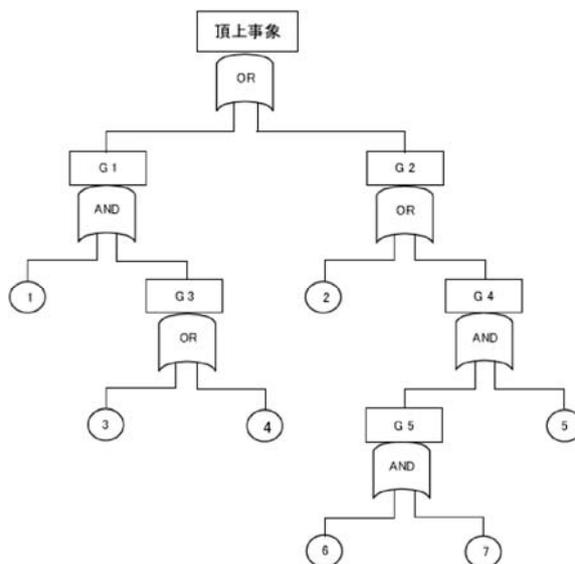
「国際標準化時代の実録 FTA 手法：小野寺勝重著

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Ⅲ. 29**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Ⅲ. 29 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Ⅲ. 28 に示すとおりである。

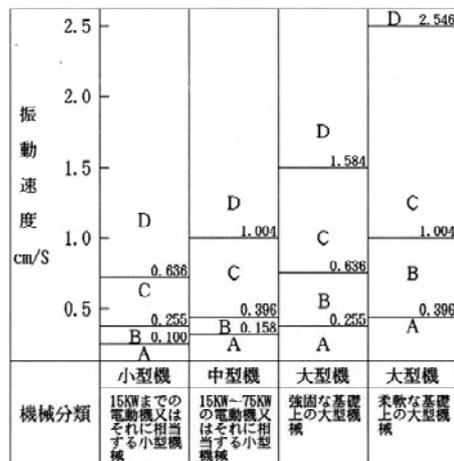
表Ⅲ. 28 振動の測定モードと異常振動源

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。



A：良い B：やや良い C：やや悪い D：悪い

図Ⅲ. 30 絶対値振動データ判定基準 (JIS・ISO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。

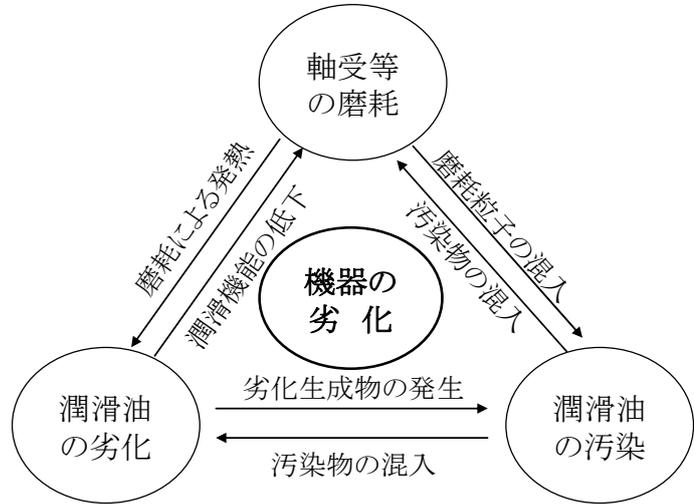
周波数解析とは、高速フーリエ変換(略称FFT: Fast Fourier Transform)により時間軸の振動波形を周波数領域に変換し、周波数成分や位相を観察し、周波数が発生する原因を調査・検討・考察するものである。

【付録資料－5：潤滑診断（トライボロジー）】

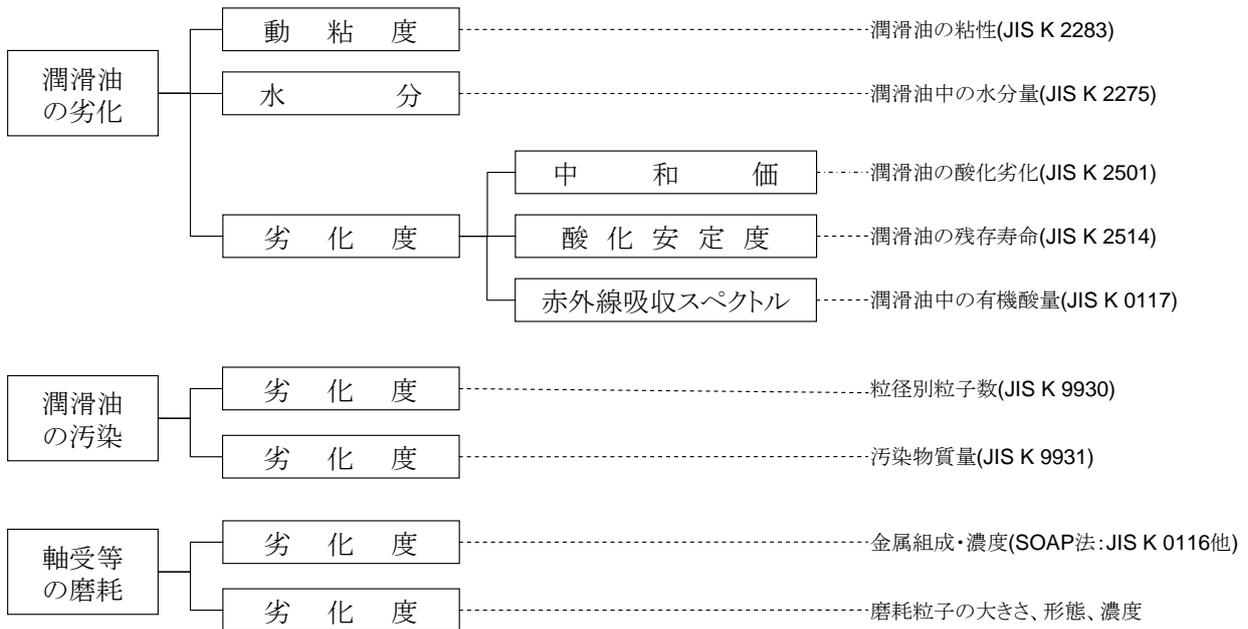
参考文献：「トライボロジーを活用した設備診断に関する技術マニュアル（潤滑診断による状態監視保全） 2009年12月：（財）下水道新技術推進機構」

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て実施する。



図Ⅲ. 31 潤滑診断の三要素



図Ⅲ. 32 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。