

新

・事業計画の エッセンス

<事例編>

平成29 年3月改訂

国土交通省
水管理・国土保全局下水道部

目次

【事例①】施設設置のコツ[未普及対策を進める桑名市]	...	1
【事例②】機能維持のコツ[戦略的に管渠点検・調査、長期的にも 事業の最適化を図る豊中市]	...	19
【事例③】機能維持のコツ[更新時期から逆算する戦略的な処理 施設の点検・調査を実施する横浜市]	...	35
【事例④】機能維持のコツ[管渠の改築判断をコスト評価で実施 する横須賀市]	...	47
【事例⑤】機能維持のコツ[処理施設の改築判断をコスト評価で 実施する埼玉県]	...	61
【事例⑥】機能維持のコツ[効率的・効果的な施設管理(改築・ 維持)を実践する大阪市]	...	75
【事例⑦】経営のコツ(今般、公営企業会計移行と使用料改定を 検討・実施する柏市)	...	91
【事例⑧】経営のコツ(各種整備計画の財政見通しを融合させた アセットマネジメントシステムを活用する豊中市)	...	105
【事例⑨】経営のコツ(経営分析から中長期の経営戦略の策定を 通じて経営健全化を進める松山市)	...	125
【事例⑩】広域化のコツ(あらゆる広域化を進める秋田県)	...	147
【事例⑪】官民連携のコツ(PFIによるエネルギー活用を行う 愛知県)	...	159
【事例⑫】危機管理のコツ(危機管理力の強化を図る堺市)	...	171

【事例 ①】施設設置のコツ(未普及対策を進める桑名市)

・汚泥処理手法間のコスト分析により最適な汚泥処理手法を検討

1. はじめに

桑名市は、平成 16 年 12 月に旧桑名市、旧多度町、旧長島町の 1 市 2 町が合併し、桑名市になった。人口は約 14 万人、面積は 136.68km²である。三重県の最北部で、名古屋から電車で約 20 分の所に位置する。

桑名市の公共下水道は、旧桑名地区、多度地区は三重県北勢沿岸流域下水道(北部処理区)関連公共下水道として整備を図っている。長島地区においては、単独公共下水道(長島処理区)として概ね整備が完了しており、現在、普及促進を図っている。

桑名市の下水道処理人口普及率は、平成 26 年度末で 74.7%、全国平均の 77.6%よりやや下回っている状況である。この下水道処理人口普及率を 90%以上に向上させることを目標としている。



図 1-1 桑名市航空写真

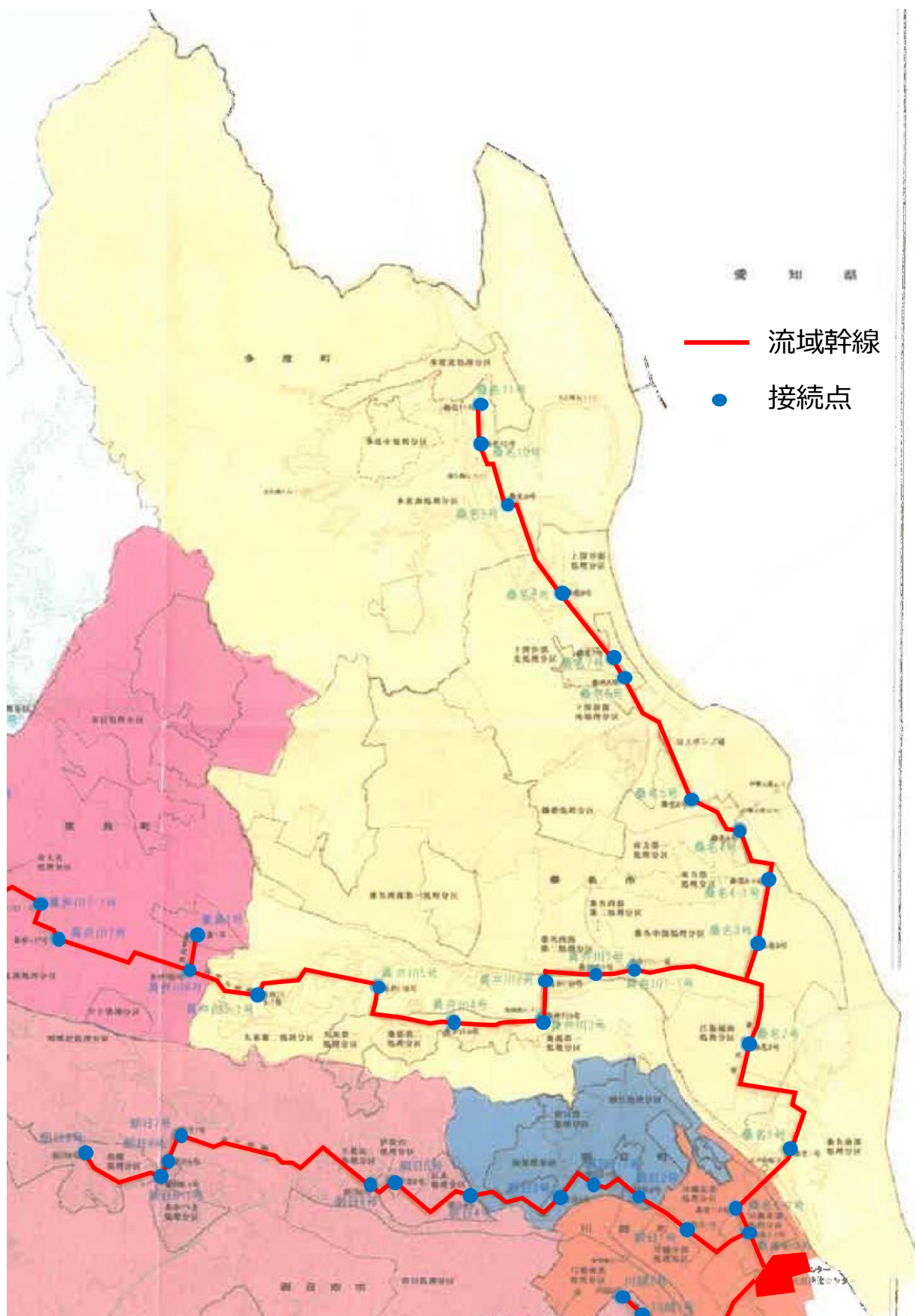


図 1-2 流域幹線網

(三重県北勢沿岸流域下水道(北部処理区)一般平面図より)

2. 桑名市の下水道整備の現状と課題

2.1 現状

桑名市の人口推移は、現在、微増傾向で推移しているが、これは名古屋圏の通勤圏としての宅地開発が進み、流入人口が維持されていることによる。将来的には、微減傾向が予測される。（平成 36 年度見込み 138,000 人:コーホート要因法）

下水道の整備状況であるが、最近 5 年間の污水管渠整備への投資額は、約 1 億円から 3 億円程度となっており、普及率も 1 年間に 0.2%から 0.5%程度しか伸びていない状況である。

（表 2-1）

表 2-1 污水管渠整備費の決算額及び整備状況

	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度
投資額（千円） （決算額）	171,226	274,725	115,408	306,666	194,807
管渠延長（m）	3,269	2,118	2,979	2,592	1,782
普及率（%）	72.9	73.4	74.0	74.5	74.7
※管渠延長および普及率は開発の移管を含む					

2.2 課題

課題としては、財政の逼迫により投資額が縛られていることはもとより、下水道建設技術職員の不足も大きな課題となっている。（図 2-1）

これは、桑名市の定員適正化に関連し、削減されていることもあるが、熟練の技術職員の退職等も影響している。

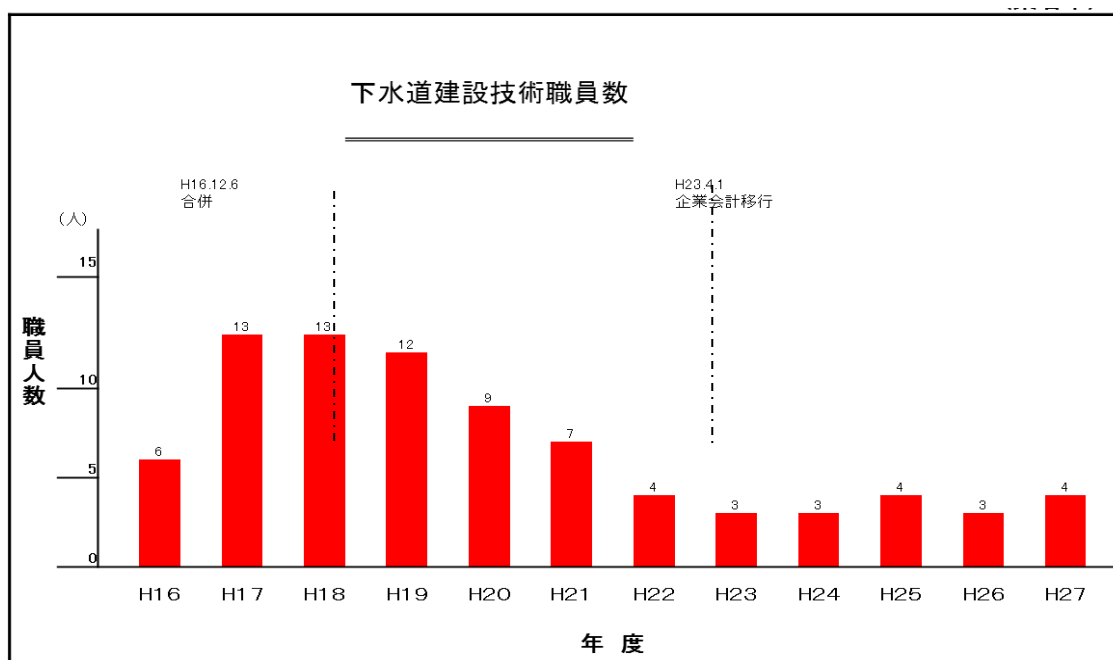


図 2-1 下水道建設技術職員の推移

3. 未普及対策の取り組み状況

3.1 桑名市のコストキャップ型下水道

桑名市は未普及対策として、コストキャップ型下水道のモデル都市としての取り組みを行っている。

【目的】

未普及地域の早期の解消に向けて、モデルエリアにおいて、スピード・コストに優れた新技術の導入と効率的な発注及び施工手法を検討・実施する。

【スキーム】

- ・対象エリア： 未整備区域の内、施工条件に課題のある地域を抽出する。
(例:地下水が高い平坦地、地下埋設物が輻輳し道路幅員が狭い等)
- ・目標： コスト縮減、市の体制の補完、事業範囲(発注方式や排水設備を対象とするか等)の決定
- ・実施方法： 国(国土交通省・国総研)・三重県・桑名市間で共同研究方式により実施。

3.2 コストキャップ型下水道の検討

(1) 対象エリア

整備効果(人口密集地区、市街化区域、地域防災等)や地域の要望などを考慮し、図 3-1 に示す 3 地区(A,B,C)を決定した。

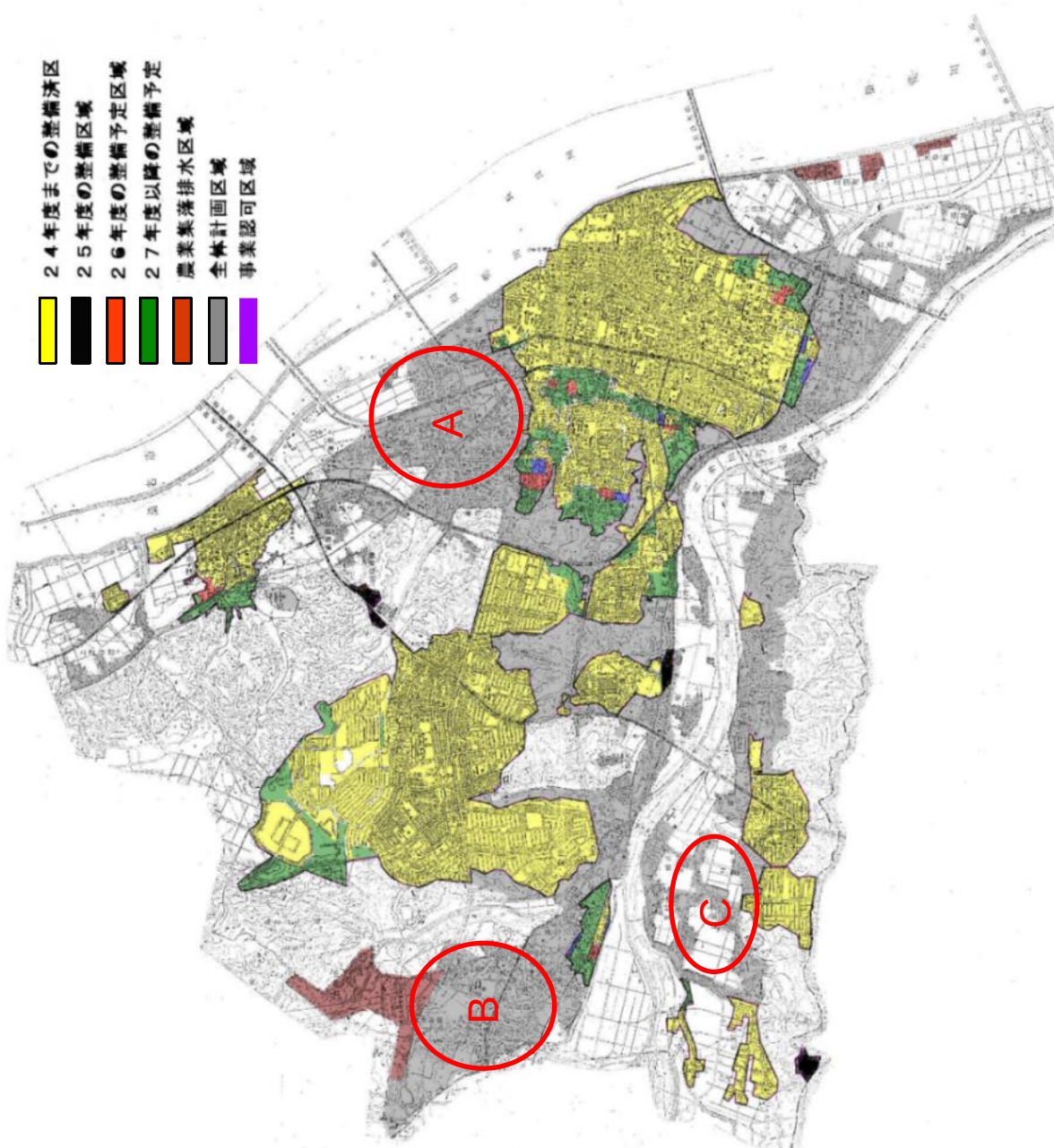


図 3-1 検討対象エリア

(2) 対象エリアの検討

各地区のアクションプランを検討するにあたり、地区特性により検討すべき内容が異なることから、課題毎の検討を行なった。

1) A地区の検討

A. 検討方針

候補地Aは、精密機器製造工場、宅地開発・マンションがあり、人口密集地であることに加え、近鉄桑名駅・JR 西桑名駅を核とした中心市街地に隣接する地区である。

この地区に対し、市としては早期に污水管渠の普及を目指すこととしているが、下水道技術職員の不足などの主要課題があるのに加え、効率的な整備（スピード感をもった整備）に対しても課題を抱えている。

パターン1: 組織体制の観点

未普及解消事業を担当する職員の不足、熟練職員の退職・異動による技術対応が困難など、年間の委託・工事発注件数に制約が生じている状況への対応策を検討

これら課題に対して既存の状況から定量的な課題を抽出・整理し、対応策として、新たな発注方式を導入した場合の効果について検討する。

検討フローを図 3-2 に示す。

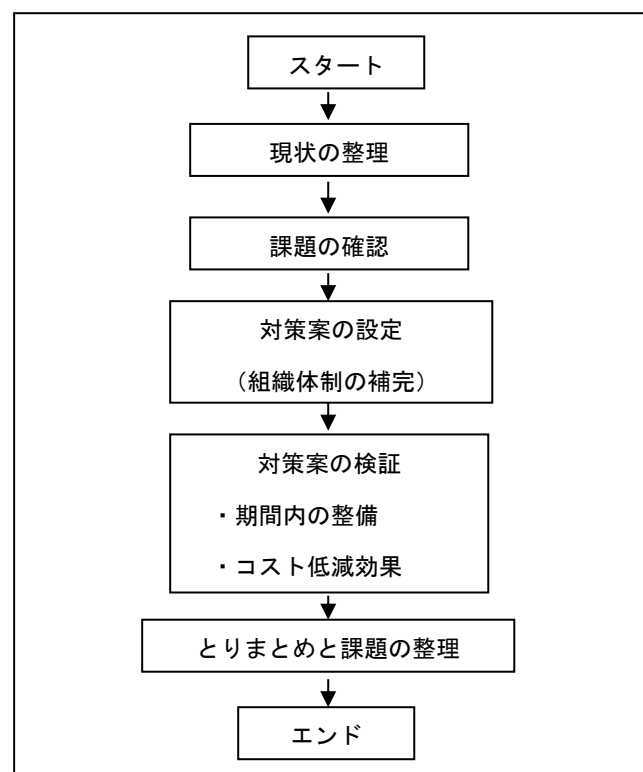


図 3-2 検討フロー

B. 基本条件の整理

a. A地区の管渠建設の概算事業費

A地区の地形要因等を考慮し、3ブロックに分割。

表 3-1 A地区の各ブロックの概算事業費

【A地区】							
ブロック No	計画人口 (人)	計画面積 (ha)	人口密度 (人/ha)	建設単価 (千円/ha)	事業費 (千円)	ブロックの特徴 (区割り理由)	【参考】 建設単価 (円/人)
1	1,325	95	14	14,400	1,368,000	播磨処理分区 (桑名5号接続点)	1,032,453
2	2,577	93	28	20,000	1,860,000	東方第一処理分区 (桑名4号接続点)	721,769
3	2,484	63	39	24,000	1,512,000	東方第二処理分区 (桑名4-1号接続点)	608,696
計	6,386	251	25	19,467	4,740,000	—	765,132

※ブロックNo1は精密機械工場が大きな面積を占めるため、相対的に人口密度が低い。

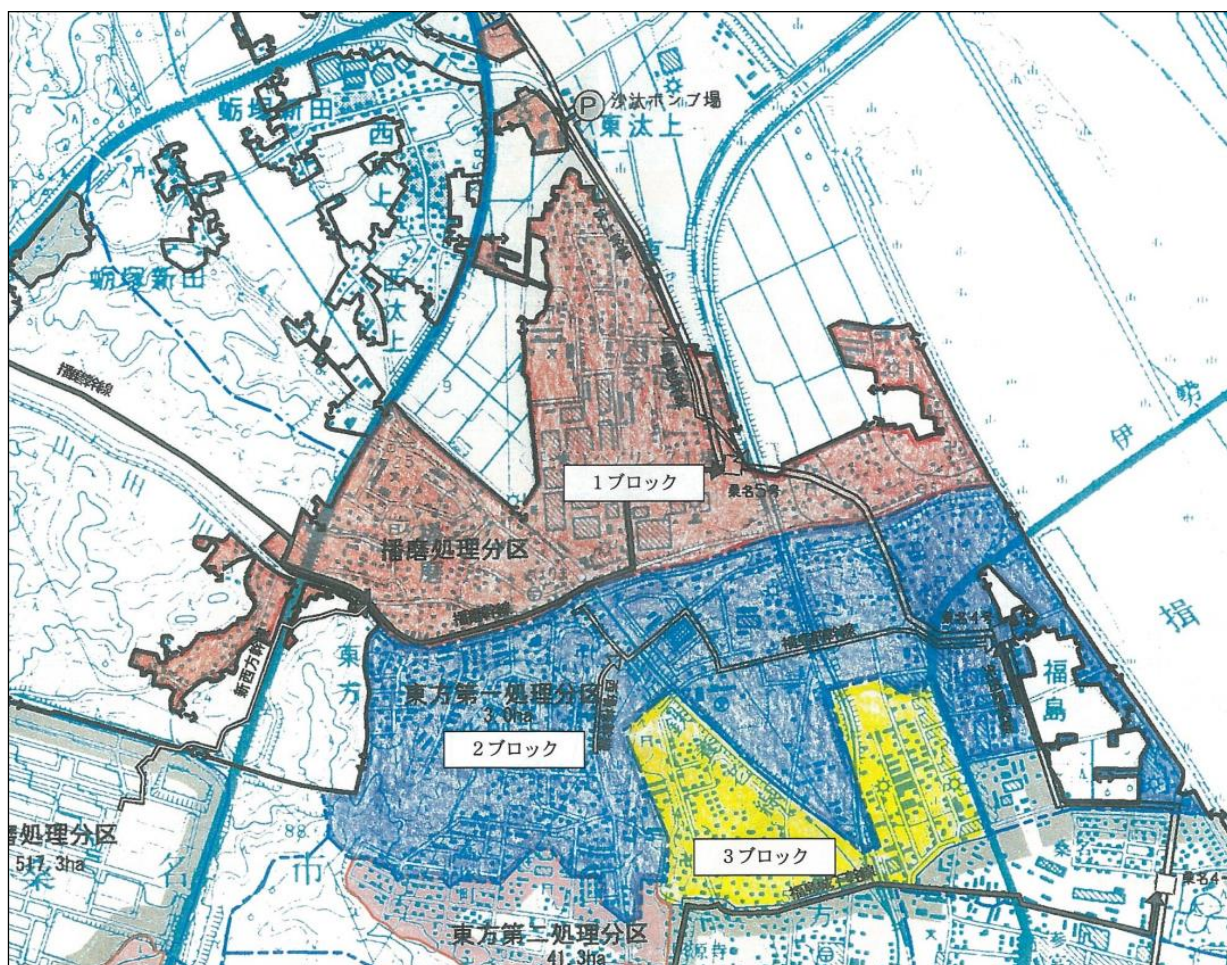


図 3-3 A地区の各ブロック図

表 3-1 より各ブロックの事業費は 14～19 億円程度となっており、地形的要因等で分割したが、結果的に金額がほぼ均等配分されている状況にある。

b. 桑名市の過去 3 か年分の発注ロットの状況

表 3-2 過去 3 か年の工事発注状況

年度	工事件数 (件)	整備延長 (m)	設計金額 (千円)	契約金額 (千円)	請負率 (%)	1件あたりの 契約金額 (千円)
平成25	10	2,490	353,000	297,000	84	29,700
平成24	5	1,772	148,000	119,000	80	23,800
平成23	9	3,530	280,000	224,000	80	24,889

※表1の決算額および整備状況との相違は、繰越事業があったため

表 3-2 より平成 24 年度は管渠工事費を大幅に落ちているが、これは処理場等の施設整備とのバランスで変動される。また、1 件あたりの契約金額は 30,000 千円程度である。

c. 従来の計画から施工までの流れ

表 3-3 に従来の管渠工事を発注するまでの流れを示す。

事業計画策定から最終の工事までの一連のながれは 3 か年かかることとなる。

一方、対象規模は、各フェーズが進むにつれて絞り込むこととなり、工事は事業計画で位置づけたものを複数年かけて完成することになることから、3 年目以降は詳細設計と工事が繰り返し行われることとなる。

表 3-3 従来の管渠工事を発注するながれ

	平成〇〇年度(1年目)												平成〇〇年度(2年目)												平成〇〇年度(3年目)											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
【基本設計・事業認可(下水道法、都市計画法)】																																				
交付金交付申請																																				
設計書作成(積算)																																				
入札・契約手続き																																				
事業計画(変更)図書作成業務委託																																				
【測量・調査・詳細設計】																																				
交付金交付申請																																				
設計書作成(積算)																																				
入札・契約手続き																																				
測量、地質調査、詳細設計業務委託																																				
【工事】																																				
交付金交付申請																																				
設計書作成(積算)																																				
入札・契約手続き																																				
地元調整																																				
〇〇幹線〇〇枝線污水管路施設工事																																				

d. 建設技術職員数の推移

図 2-1 に示したように下水道建設技術職員数は、近年の減少傾向は顕著で、現在（H27 年度）は 4 名で運営している。近年の委託業務は、積算業務委託も発注しており、これらを補完している。

【基本条件の整理】

- ・ A地区は 3 ブロックに分かれており、事業規模としては各地区 14～19 億円程度と想定され、合計 47.4 億円となっている。
- ・ H25 年度の工事件数は 10 件、工事費は約 3 億円で、1 件あたりの平均工事金額は 3 千万円以下となっている。
- ・ 詳細設計から工事までの流れとして 2 年かかるが、その繰り返しで工事を運営している。
- ・ 近年の下水道建設技術職員は 3～4 名で推移しており、上記工事をこの人数で担当している。

上記に示す条件から、A地区に集中的に投資した場合を想定し、管渠施設以外の整備も考えると、整備完了までおおよそ 20 年（47.4 億円 ÷ 3 億円 / 年 = 16 年）は必要と考えられる。

この地区の管渠整備を約 10 年で完成させるための方策を以下で検討する。

C. 検討内容

a. 検討方法

本検討では、A地区を仮に 10 年で整備完了するため、大規模一括発注方式（DB 方式）を前提に、技術職員不足の解消と諸経費の低減効果を確認する。

b. 技術職員不足の解消効果の検証

大規模一括発注方式（DB 方式）を採用することによって、設計書作成・工事発注手続き、地元調整、施工監理の手間を概ね省くことができる一方、こうした方式で発注する場合には、業者選定に伴うアドバイザリー業務を管理・指導する手間が必要となる。

10 年間の工事発注におけるプロセスの違いを表 3-4 に示す。

ここでのポイントは以下のとおりである。

- ・ 平均工事金額の 3 千万円と仮定すると工事件数は年間約 18 本の工事（47.4 億円 ÷ 0.3 億円 / 件 ÷ 9 年 = 18 件 / 年）となり、職員を現状の倍の 6 人体制の必要がある。
- ・ 毎年の手続きをある程度 1 括りにして発注が可能となる。
- ・ 設計施工一体発注のため、工事ごとに設計書を組む必要がない。
- ・ 詳細設計範囲を個別に分割して発注する手間が省略できる。
- ・ 発注する段階でアドバイザリー業務として別途手間が増える。
- ・ 上記（アドバイザリー業務）を相殺してもなお、一括発注によって手間を省くことが出来る。

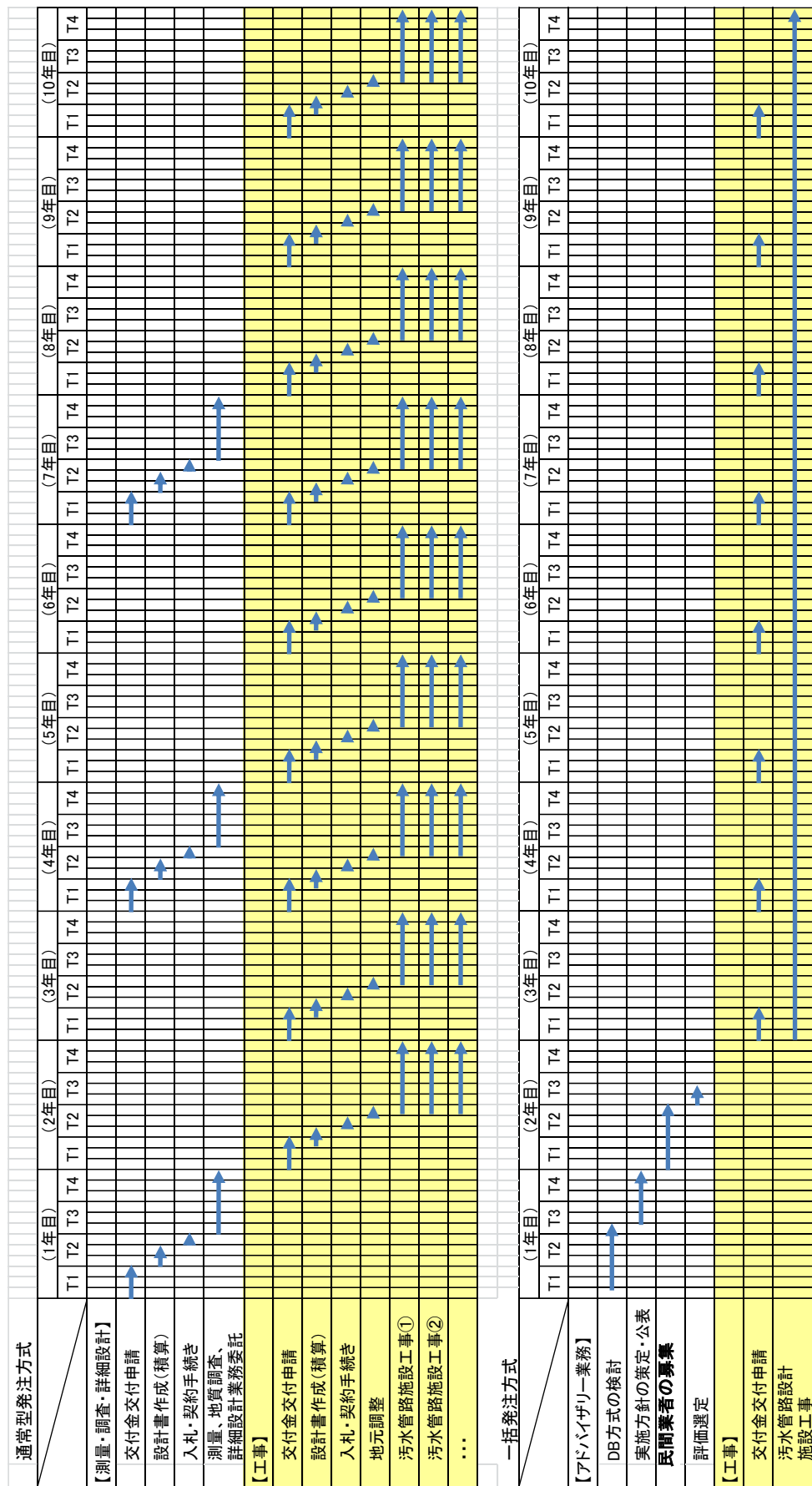


表 3-4 工事発注におけるプロセスの違い

c. 発注規模の拡大による諸経費の低減効果の検証

大規模一括発注方式(DB方式)を選択することによって、1工事あたりの工事費を大きくすることが可能なため、発注時の工事原価(図3-4参照)のうち、間接工事費を低下させることができる。

一般的に間接工事費は直接工事費に従って率で設定することとなる。

工事原価のうち間接工事費の占める割合を算定したものを図3-5に示す。

これによると、工事費が2億5千万円程度までは急激に工事費低減効果が見られるものの、それ以降は約2%程度の低減効果しかない。

したがって、少なくとも工事費を2億5千万円以上にすると、現状の発注形態よりも7~8%以上の効果が見込まれる。

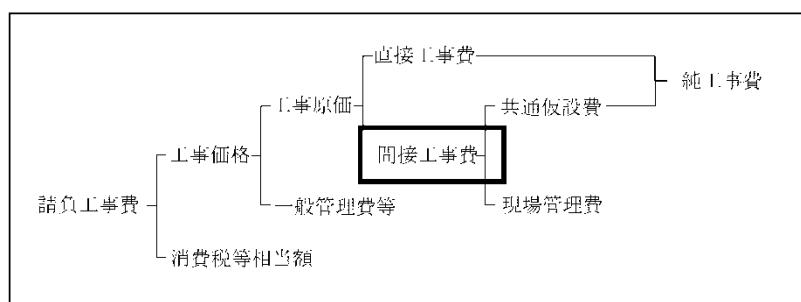


図3-4 請負工事費の内訳

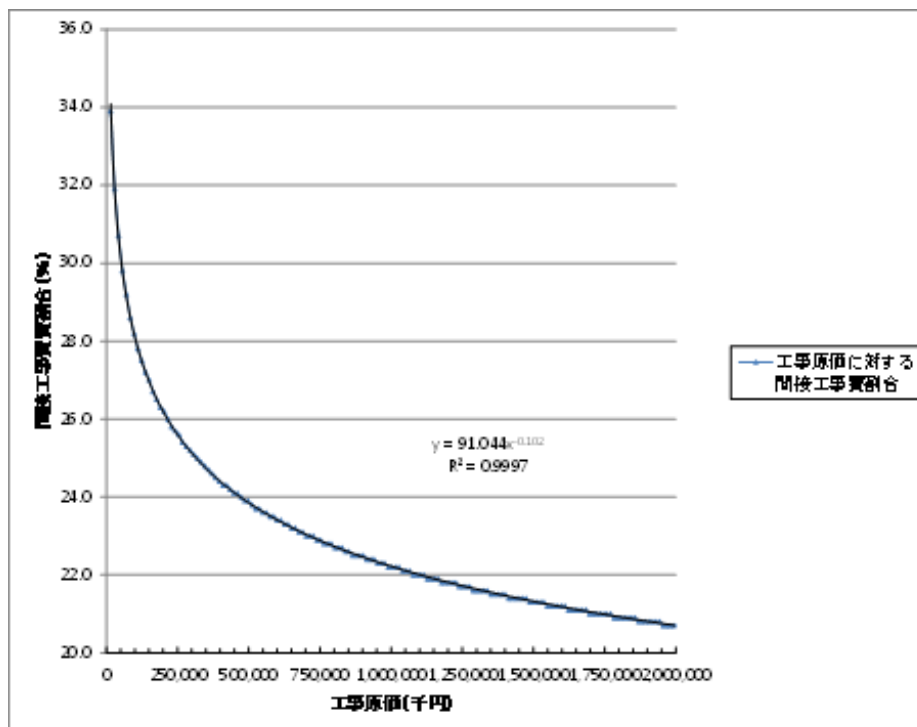


図3-5 工事原価に対する間接工事費割合

A地区を各ブロックで一括発注する場合の工事費の低減効果を試算した結果を表 3-5 に示す。ここでは、各ブロックの事業費を一括発注する場合と 1 件あたり 3 千万円で分割して発注した場合の間接工事費の低減効果が直接工事費に与える影響を検討した。

算定方式の前提として、各ブロックの事業費を通常発注時の想定事業費であると想定し、直接工事費は変わらないものとして間接工事費を分割発注する場合と一括発注する場合とで算定し、全体事業費を比較した。

それによると分割発注方式よりも約 13%の低減効果が見られることがわかる。

表 3-5 一括発注における工事費低減効果

項 目		分割発注時 (3千万/1件)			一括発注時			直接工事費 低減効果
ブロック No	①	②	③=①×②	④=①-③	⑤=④	⑥	⑦=⑤+⑥	⑧=⑦/①
	通常発注時 想定事業費 (千円)	間接工事費率 $y=91.044x^{-0.120}$	間接工事費 (千円)	直接工事費 (千円)	直接工事費 (千円)	間接工事費 (千円)	一括発注時 算定事業費 (千円)	
1	1,368,000	31.8	435,024	932,976	932,976	260,088	1,193,064	0.87
2	1,860,000	31.8	591,480	1,268,520	1,268,520	341,277	1,609,797	0.87
3	1,512,000	31.8	480,816	1,031,184	1,031,184	284,102	1,315,286	0.87
合計	4,740,000		1,507,320	3,232,680	3,232,680	885,467	4,118,147	0.87

D. 検討結果と今後の課題

以上の検討結果及び今後の課題をまとめると以下のとおりとなる。

- 現状の人員体制でA地区を施工した場合、少なくとも 16 年以上はかかる。
- 一括発注方式であると、毎年の発注業務が省略されるため、現状の人員体制でも可能と考えられる。
- 一括発注によるコスト低減効果は約 13%、当初想定事業費に比べ、87%程度の事業費で施工可能となる。

2) B地区の検討

候補地Bは、候補地Aとほぼ同条件のため、ここでは検討内容を省略する。

3) C地区の検討

A. 検討方針

候補地Cは、農業地区であり、集落が点在している地区である。

この地区に対し、市としては早期に污水管渠の普及を目指すこととしているが、効率的な整備(集合処理区域としての妥当性)に対しての検証を行う。

パターン2: 効率性の観点

未普及家屋(地区)が散在しているなど、整備の効率性を確認する(整備区域の精査)

検討フローを示す。

【検討範囲】

ア) 集合処理(下水道)と個別処理の経済比較を、従来からの社会経済性指標(年当たり費用)に加え、新たな定量的指標(指標②～③、詳細は後述)を用いて行い、下水道と判定される区域の特性を把握する。

イ) 下水道と判定された区域について、事業経営の観点を盛り込んだ定量的指標(指標④、詳細は後述)による評価を行い、アクションプラン期間内(概ね 10 年間)に整備できる下水道区域の絞り込み等を検討する。

ウ) ア)～イ)の評価結果から、定量的評価により判定される下水道区域の特性を整理する。

【これ以降は、地域事情等を考慮しつつ検討を進める範囲】

エ) 定量的評価により下水道区域と判定された区域について、地域の要望や実情等を反映することで、ウ)で判定された下水道区域を精査する。

オ)～カ) 本市の可能投資額などの制約条件などを確認した上で、早期かつ効率的な技術や事業実施方法を検討し、公共下水道のアクションプランをとりまとめる。

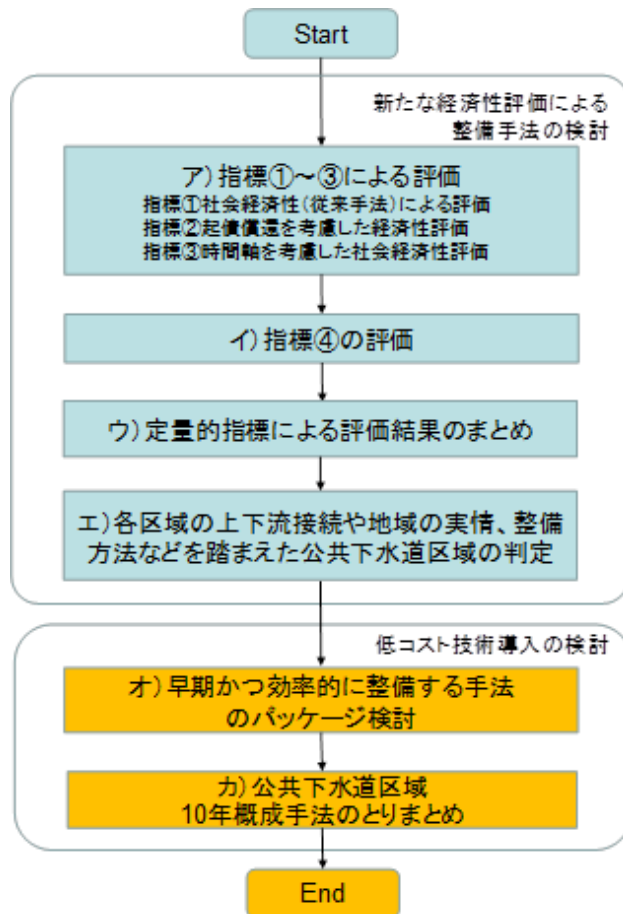


図 3-6 検討フロー

整備手法(個別処理又は集合処理)の判定においては、下記の視点を考慮した場合における個別処理と集合処理の費用比較を行い、集合処理(下水道)が有利となる区域の判定結果を指標別に比較する(指標①～指標③)。

次に、下水道が有利と判定される区域における事業経営の優劣を評価する(指標④)。

指標①： 社会経済性(『従来手法(都道府県構想策定マニュアルに基づく)』)

- ・ 下水道又は浄化槽の整備・維持管理に要する費用を耐用年数により年当りに換算して比較する。

指標②： 起債償還を考慮した経済性評価

- ・ 現行マニュアルでは、経済性比較における建設費については建設費総額を耐用年数で除して年当たり費用としている。実際は、起債を発行して事業運営を行っていることから支払利子を別途要することとなる。したがって、下水道事業に関してのみ起債償還利子を事業費増分として見込んだ場合のシミュレーションを行う。

指標③： 時間軸を考慮した社会経済性評価

- ・ 下水道又は浄化槽の耐用年数や年当たり維持管理費に着目し、各々の整備

手法の経年費用を算出し、時間軸の観点から評価する。

指標④： 事業の経営性評価

- ・ 指標①～③により、「下水道」と判定された地区について、各ブロックの接続に要する費用における汚水処理原価（＝（資本費（当該ブロックを接続する場合に要する管渠整備及び処理場増設に係る起債償還費）＋維持管理費（接続による増となる維持管理費））／各ブロックの有収水量）を算出し、相対的に比較することで、事業経営の観点からみた地区毎の優劣を評価する。

B. 検討内容

区域判定にあたっての検討単位については、以下の4区域(①～④)とした。

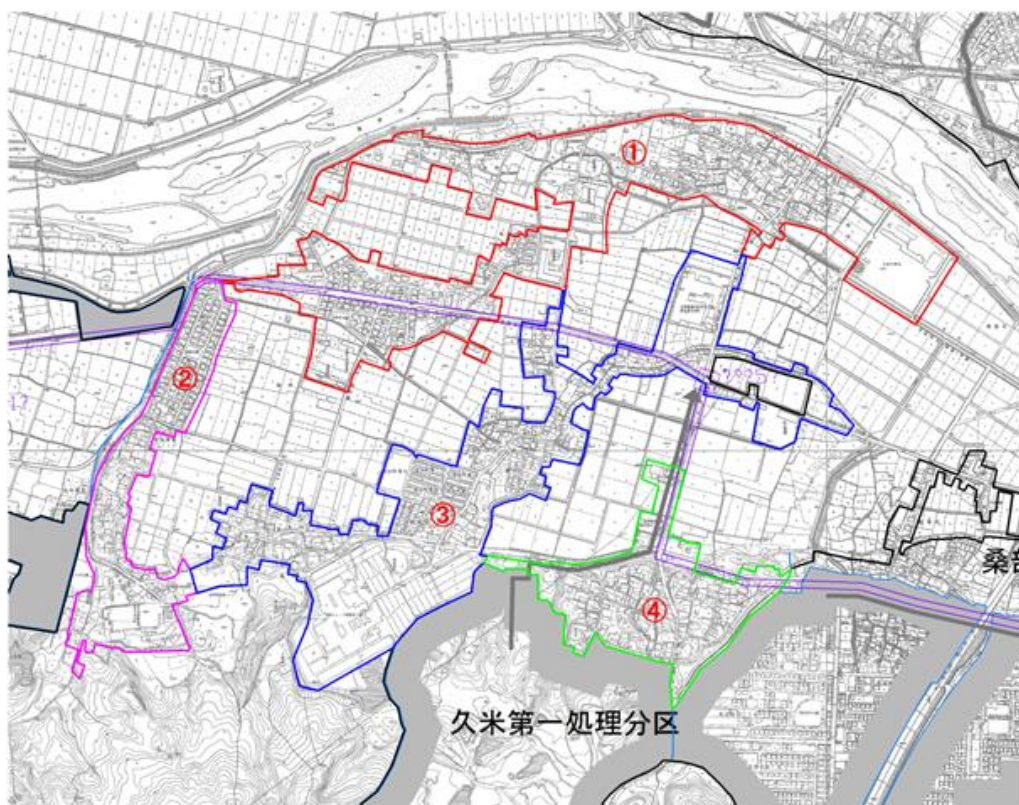


図 3-7 検討単位区域

C. 検討結果

各指標(指標①～③)における費用比較結果を次ページ以降に示す。

検討の結果、指標①及び指標②については、全ての区域で下水道への接続が有利となった。

指標③においては、評価期間を10年間とすると、区域③及び区域④が個別有利となり、全体での判定においても個別が有利となる結果となる。評価期間25年間では、区域③が個別有利となるが、全体では下水道への接続が有利となる結果であった。評価期間50年間では、全ての区域で下水道への接続が有利となる。

なお、この場合、区域③を個別とし、区域①及び区域②を接続することとした場合、区域③内を通過する接続管渠を要することになることから、別途接続管渠を想定した費用比較が必要となる(単価6.5万円/mで想定すると、10年間評価の場合、区域①については約2750m、区域②については約1360mまで、25年間評価の場合、区域①については約9520m、区域②については約3810mまでの接続管渠を計上しても下水道接続が有利という結果となる)。

また、指標④の接続に要する汚水処理原価については、73.6～111.7 円/ m³となり、同等都市規模(人口 10 万人以上 30 万人未満の市町村)における平均値 147 円/ m³(平成 24 年度実績:下水道経営ハンドブック(平成 26 年))を下回る結果となった。

表 3-6 結果のまとめ

区域番号	計画面積 (ha)	指標①	指標②	指標③			指標④ 汚水処理 原価 (円/m ³)
				評価期間 10年	評価期間 25年	評価期間 50年	
1	32.4	接続	接続	接続	接続	接続	88.8
2	10.3	接続	接続	接続	接続	接続	73.6
3	30.0	接続	接続	個別	個別	接続	98.2
4	11.1	接続	接続	個別	接続	接続	111.7
全体	83.8	接続	接続	個別	接続	接続	92.3

D. 今後の方針

- 各区域の整備接続に対する意向把握等、地域実情を踏まえた整備区域の判断を行う。
- 低コスト手法等の導入検討(発注方式含む)を行う。
- 経営(財政シミュレーション)を考慮した実施可能性評価を行い、検討する。

3.3 財政検討

経営計画において 10 ヶ年で 3 地区の事業が可能かどうか投資計画のシミュレーションを行った。(事業費は設計額とした。)

3 地区(A、B、C)を実施した場合、2 年後に資金不足比率が 10%となり、企業債発行に制約が生じてしまう。また、5 年後以降、翌年度繰越額(内部留保資金)が枯渇し、予算が成立しないという状況になることより、3 地区すべてを実施することは難しいという結果になった。

次に 2 地区(A、B)を実施した場合は、概ね予算執行が可能という結果となった。

4. 今後の進め方および課題

今後は、10 年概成にむけて、A、B地区の大規模一括発注を行うため、発注方式、発注ロット等の検討を行うとともに、低コスト手法(クイックプロジェクト等)の採用を検討する。また、下水道整備に伴う水道等の移設対応等が大きな課題と考えている。

【事例 ②】機能維持のコツ(戦略的に管渠点検・調査、長期的にも事業の最適化を図る豊中市)

- ・市独自に戦略的な管渠の点検・調査を実施
- ・長期推計により、将来を見据えた事業マネジメントサイクルの最適化を図る

1. 背景

豊中市では昭和26年度の事業認可以来、公共下水道事業を展開しているが、経年等による劣化が一部の下水道管において見られる。また短期間の人口急増に対応するため、昭和40年代に大量に布設された下水道管についても順次耐用年数を迎えていくこととなる。本市における年度別布設延長の推移を図1-1に示す。

今後も効率的な下水道システムを維持していくためには、下水道劣化状況の把握を行った上で、適切な下水道管渠の維持、管理、更には改築に取り組む必要がある。

このような状況のもと、道路陥没後に老朽管路の改築といった従来の事後的な対応では、下水道機能に支障が出るばかりでなく、市民生活・周辺環境に大きな影響を与え、その被害と対応には多大な費用を要することとなる。

このため日常生活や社会活動に重大な影響を及ぼす事故の発生、機能の停止を未然に防止する必要性から、限られた財源の中でライフサイクルコスト最小化の観点を踏まえ、耐震化等の機能向上も考慮した「長寿命化対策」を含めた計画的改築更新を推進するための事業制度として、平成20年度に下水道長寿命化支援制度が創設された。これは下水道施設の健全度に関する点検・調査結果に基づき「長寿命化対策」に係る計画を策定し、計画に基づき長寿命化を含めた計画的な改築を行うものである。

本市では、今後も安定した下水道サービスを提供し、また陥没等による市民生活への悪影響を避けるため、下水道長寿命化支援制度を活用して管路施設の長寿命化計画を策定し、計画的に下水道施設の継続的な維持管理と改築更新を行う。

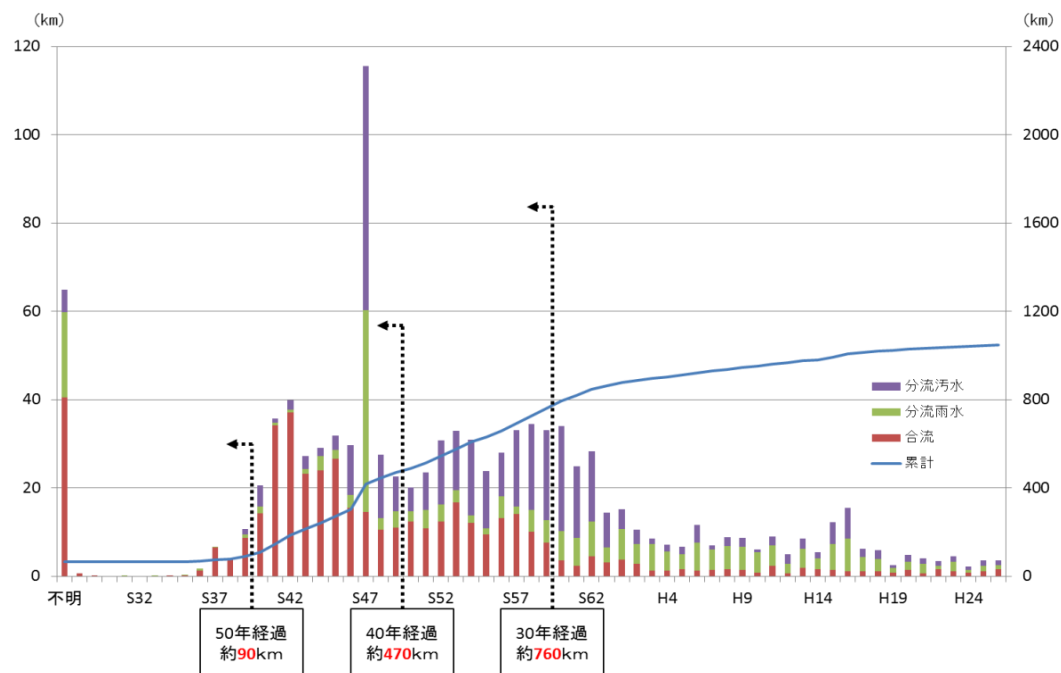


図 1-1 年度別布設延長の推移

2. 長寿命化計画における対象施設の選定

2.1 はじめに

現状で膨大な施設ストックを有する管路施設について、長寿命化計画の対象施設を選定するためには、管路施設に係わる評価項目を定める必要がある。

「下水道長寿命化支援制度に関する手引き(案)」(以下「長寿命化計画手引き(案)」という。)では、長寿命化計画の対象施設の選定における評価項目として、布設後の経過年数、硫化水素の発生状況、過去の維持管理状況、あるいは流下能力、下水を排除する施設の重要度、管路が埋設されている道路の重要度等を挙げている。

具体的な対象施設の選定は、長寿命化計画手引き(案)を参考とし、豊中市における地域特性も考慮した上でを行っている。評価項目について表 2-1 に示す。

表 2-1 対象施設の選定での評価項目

項 目	内 容
管路の布設・供用開始年度	基本的機能の低下等
管路の構造	管種・管路の継手構造等
管路の埋設環境	地盤条件、重車輛の交通量の増加、土被りの変化等
管路の重要度	流下能力の規模、下水を排除する施設、布設されている道路の重要度
腐食環境	圧送管吐き出し先部、ビルピット、伏越し、段差・落差等
異状・苦情等の発生件数	機能の低下等
清掃対応件数等	機能の低下等
点検・調査等の維持管理履歴	過去の点検・調査で確認された異常、修繕等の維持管理履歴

【長寿命化計画手引き(案)P.8】

2.2 基本方針

本市の第 1 期長寿命化計画(平成 25 年度～平成 29 年度)は、合流式及び分流式污水管路を対象とする。しかし、その延長は約 808km と膨大なものであるため、以下に示す基本方針に基づいて長寿命化計画における対象施設を選定する。

- (1) 第 1 期長寿命化計画は経年劣化を想定し、長寿命化計画の初年度である平成 25 年度に経過年数が 40 年以上(昭和 48 年以前布設)となる管渠について、簡易調査(管口カメラ調査または目視調査)を平成 22 年度及び平成 23 年度に実施する。
- (2) 簡易調査結果から劣化状況を概略的に把握した上で、詳細調査を実施する上での点検優先度を定める。
- (3) 長寿命化計画手引き(案)に示される管路施設の重要度評価項目を参考に、管路施設の重要度評価を行う。この重要度評価と点検優先度から、現状で機能低下が見られ、かつ、重要度評価が高い管路を抽出し、長寿命化計画における対象施設を選定し、平成 23 年度及び平成 24 年度にかけて詳細調査を実施する。

2.3 簡易調査の実施

本市における簡易調査は、詳細調査の前段と位置づけ、調査費用が高い詳細調査の実施を如何に効率よく実施するかを基本としている。

すなわち、異常が生じている可能性がある管路を安価な方法で抽出し、高価な詳細調査を極力少なくすることにある。

簡易調査における本管の調査項目を表 2-2 に示す。

表 2-2 簡易調査における調査項目

調 査 項 目
・管の破損 ・管のクラック ・継手部ズレ ・管の腐食 ・浸入水の有無 ・ゴム輪の異常 ・取付管異常 ・たるみ・蛇行 ・下水の滞留 ・土砂ガラの有無 ・異物の有無 ・モルタルの有無 ・油堆積 ・木根侵入

調査項目は、「管の破損」から「木根侵入」までの 14 項目とした。

これら個別の調査項目について、劣化が存在した場合の道路陥没の発生や他の地下埋設物への影響などの社会的な影響の大きさ、さらには流下機能への影響を考慮して、詳細調査の必要性を整理した。調査項目による詳細調査の必要性を表 2-3 に示す。

表 2-3 調査項目による詳細調査の必要性

調査項目	管の劣化	流下能力	詳細調査の必要性
管の腐食	◎	—	高
木根侵入	◎	○	高
管の破損	○	—	中
管のクラック	○	—	中
管の継手ズレ	○	—	中
浸入水	○	○	中
土砂ガラ有無	○	○	中
たるみ・蛇行	—	○	低
下水の滞留	—	○	低
ゴム輪の異常	△	—	低
取付管異常	—	○	低
異物の有無	—	○	低
モルタルの有無	—	○	低
油堆積	—	○	低

各項目について、詳細調査の必要性が高い、中程度、又は低いと判断した理由は、以下に示すとおりである。

■ 詳細調査の必要性が高い調査項目

・ 管の腐食

管の腐食は、鉄筋と主材の健全性が損なわれた状態（例えば鉄筋が全面的に腐食している場合等）で管渠の耐荷能力が不足し、管体に変形または破損し、その箇所から地下水や土砂の流入を招き道路陥没の発生を引き起こすことも考えられる。また、腐食による劣化の進行は早いものと想定されることから、詳細調査の必要性は高いと判断する。

- **木根侵入**

木根の侵入は、管のクラック部や継ぎ手の箇所から進行し、閉塞による流下機能の障害と、管の劣化の両方に該当する項目である。また、木根の侵入の対策を放置した場合、管のクラック部や継ぎ手の箇所の劣化の範囲が拡大し、その箇所から地下水や土砂の流入を招き、道路陥没の発生を引き起こすことも考えられる。

さらに、本市においては木根侵入箇所について、従前から除去工事や部分修繕による対応を実施しているが、再侵入するケースも多く見られることから、詳細調査の必要性は高いと判断する。

■ **詳細調査の必要性が中程度の調査項目**

- **管の破損**

管の破損は、欠落箇所からの地下水や土砂の流入要因となり、放置することで地山に空隙ができ、この空隙部へ新たに地下水や土砂が流れ込む。地山を乱した結果、他の施設に悪影響を与えるおそれが生じ、また道路陥没のような社会的に影響が大きく人命にかかわる事故を招きかねないことから、詳細調査を実施することが望ましい。

- **管のクラック**

管のクラックは、クラック幅と長さが大きくなれば管渠の耐荷能力が不足し、管体に変形または破損し、その箇所から地下水や土砂の流入を招き、破損と同様な事故を招きかねないことから、詳細調査を実施することが望ましい。

- **管の継手ズレ**

管の継手ズレは、継手が脱却している場合にずれた箇所から地下水や土砂の流入を招き、破損と同様な事故を招きかねないことから、詳細調査を実施することが望ましい。

- **浸入水**

浸入水は、欠落箇所から土砂の流入を招き、地山を乱すこととなる。その結果、他の施設に悪影響を与えるおそれが生じ、また道路陥没のような社会的に影響が大きな事故を招きかねない。また、本来の計画下水量では想定しきれない水量を排除することとなるため、流下能力への影響もあることから、詳細調査を実施することが望ましい。

- **土砂ガラ**

土砂ガラは、欠落した箇所から流入してきたものと想定され、周辺の地山を乱すこととなる。その結果、他の施設に悪影響を与えるおそれが生じ、また道路陥没のような社会的に影響が大きな事故を招きかねない。また、閉塞により流下能力に影響を与えることから、詳細調査を実施することが望ましい。

■ **詳細調査の必要性が低い調査項目**

- **たるみ・蛇行**

たるみ・蛇行は、不等沈下等の原因により管渠の不陸が生じている状態にあり、流下能力への影響が考えられる。しかし、周辺の地山の乱れや土砂の流入は考えにくく、早期に道路陥没が発生するような劣化では無いことから、詳細調査の必要性は低いと判断する。

- **下水の滞留**

下水の滞留は、管のたるみや閉塞などが原因と考えられ、流下能力への影響が考えられる。しかし、たるみ・蛇行と同様に、早期に道路陥没が発生するような劣化では無いことから、詳細調査の必要性は低いと判断する。

- **ゴム輪の異常**

ゴム輪の異常により、継ぎ手部からの浸入水が考えられるが、部分的な対策が可能である。また、早期に道路陥没が発生するような劣化では無いことから、詳細調査の必要性は低いと判断する。

- **取付管の異常**

取付管の異常としては、突き出しによる流下能力への影響が考えられるが、部分的な対策が可能である。また、早期に道路陥没が発生するような劣化では無いことから、詳細調査の必要性は低いと判断する。

- **異物の有無**

異物が存在した場合、閉塞による流下能力への影響が考えられるが、清掃等による対策が可能であり、道路陥没が発生するような劣化では無いことから、詳細調査の必要性は低いと判断する。

- **モルタルの有無**

モルタルが存在した場合、閉塞による流下能力への影響が考えられるが、異物と同様に清掃等による対策が可能であり、道路陥没が発生するような劣化では無いことから、詳細調査の必要性は低いと判断する。

- **油堆積**

油の堆積が存在した場合、閉塞による流下能力への影響が考えられるが、異物やモルタルと同様に清掃等による対策が可能であり、道路陥没が発生するような劣化では無いことから、詳細調査の必要性は低いと判断する。

前段に整理した調査項目による詳細調査の必要性を考慮して、簡易調査結果より、スパン単位で詳細調査実施の優先度を設定する。スパン単位の優先度の設定フローを図 2-1 に示す。

詳細調査の優先度は、スパン単位で整理した本管調査結果を基に、何らかの異常が見られるスパンについては優先度Ⅰ～優先度Ⅳの 4 ランクを設定する。また、異常が見られなかったスパンは維持と判定する。

優先度Ⅰ： 詳細調査の必要性が高いと判断した「腐食」、「木根侵入」のいずれかの劣化が見られ、かつ、詳細調査の必要性が中程度とした「破損」、「クラック」、「継ぎ手ズレ」、「浸入水」及び「土砂ガラ」のいずれかの劣化があるスパン

優先度Ⅱ： 詳細調査の必要性が高いと判断した「腐食」、「木根侵入」のいずれかの劣化が見られるスパン

優先度Ⅲ： 詳細調査の必要性が高いと判断した「腐食」、「木根侵入」の劣化は無いが、詳細調査の必要性が中程度とした「破損」、「クラック」、「継ぎ手ズレ」、「浸入水」及び「土砂ガラ」のいずれかの劣化があるスパン

優先度Ⅳ： 詳細調査の必要性が低いと判断した「たるみ・蛇行」、「下水の滞留」、「ゴム輪の異常」、「取付管異常」、「異物」、「モルタル」及び「油堆積」のいずれかの劣化が見られるスパン

維持： 簡易調査で異常が見られなかったスパン

平成 22 年度及び平成 23 年度における簡易調査結果による点検優先度の集計表を表 2-4 に示す。またその位置図を次ページ図 2-2 に示す。

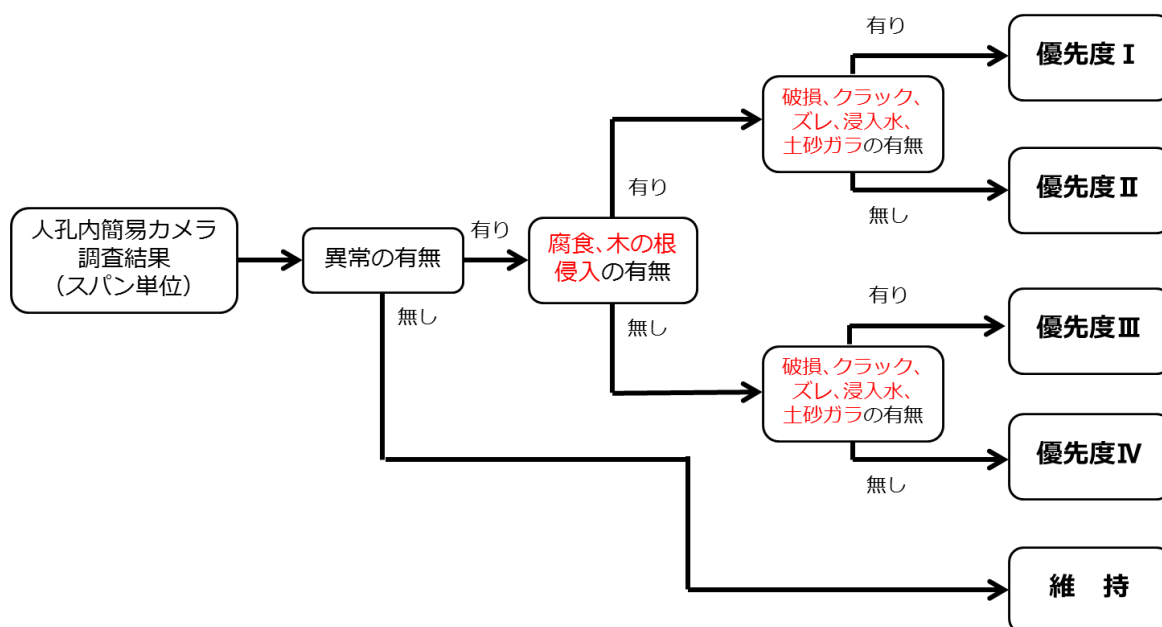


図 2-1 簡易調査項目による点検優先度の判定フロー

表 2-4 簡易調査項目による点検優先度の集計

項目	延長(m)	割合	スパン数	割合
優先度Ⅰ	15,332	5.5%	554	4.5%
優先度Ⅱ	13,577	4.9%	500	4.1%
優先度Ⅲ	161,856	58.5%	7,267	59.4%
優先度Ⅳ	24,808	9.0%	1,130	9.2%
維持	61,222	22.1%	2,792	22.8%
小計	276,795	100.0%	12,243	100.0%

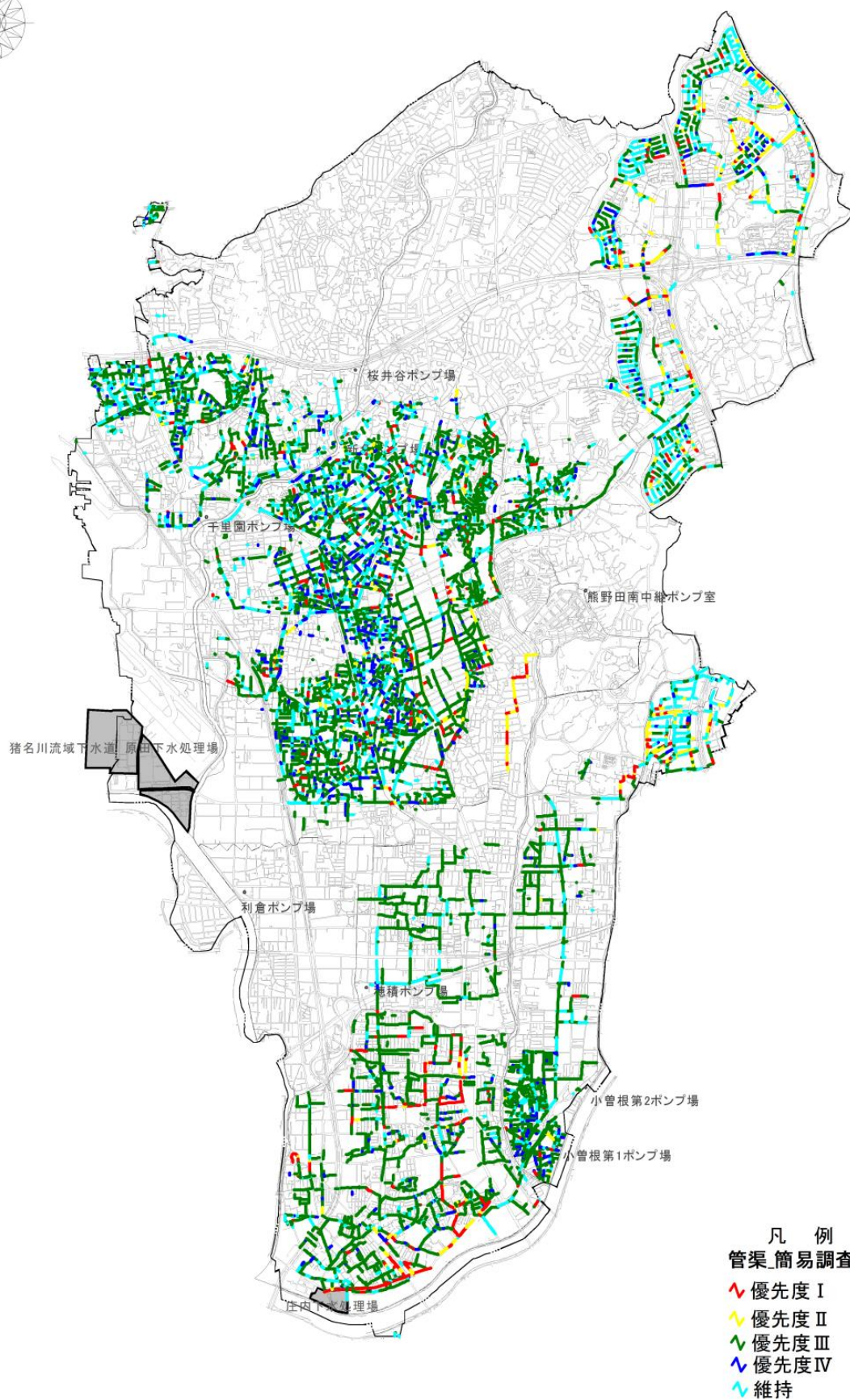


図 2-2 簡易調査項目による点検優先度の位置図

2.4 管路施設の重要度評価

前段で整理した簡易調査項目による点検優先度の考え方を基に、現状で機能低下が見られる管路施設であり、かつ点検優先度が高いランクから詳細調査を実施していくことになる。

しかし点検優先度評価は調査結果からの判断だけであり、管路施設の流下機能の大きさや、埋設環境等から定まる管路施設の重要度を反映したものではない。

そこで本市では、表 2-1 の長寿命化計画手引き(案)に示される管路施設の評価項目を参考に、以下に示す考え方により管路施設の重要度評価を行っている。重要度の評価項目について表 2-5 に示す。

表 2-5 管路施設の重要度評価項目

管路施設の重要度評価項目		内 容
①腐食環境管路		硫化水素の発生に伴う腐食により劣化の進行が早い腐食環境管路の機能確保
②幹線／支線		流下能力の規模が大きい施設の機能確保
③経過年数		機能低下の可能性が高い施設の機能確保
④管径(断面積)		流下機能が高い施設の機能確保
⑤埋設位置	河川埋設	復旧難易度が極めて高い施設
	緊急輸送路	交通機能への影響
	軌道埋設	交通機能への影響
⑥土被り		復旧費用及び復旧難易度
⑦スパン延長		復旧費用

① 腐食環境管路

管路施設は埋設環境により劣化の進行速度が異なるが、特に硫化水素発生に伴う腐食環境下にある管路は、それ以外の環境にある管路に比べて劣化の進行が早い。このため機能が低下している可能性が高い腐食環境管路の保全を最優先と考える。

本市ではビルピット排水槽を設置している商業施設が存在しており、ビルピット排水を受ける管路施設は腐食環境にあることが想定される。また汚水中継ポンプ場の圧送管吐出し先の下流側の管路施設は、腐食環境にあることが想定される。

このため、圧送管の吐出し先及びビルピット排水を受ける管路施設について、「下水道管路施設腐食対策の手引き(案) 平成 14 年 3 月 (社)日本下水道協会」を基に、腐食環境管路を設定した。

② 幹線/支線

管路施設は下水道サービスを提供する住民に対して必要不可欠な生活基盤であり、機能が停止した場合、直ぐに代替施設が準備出来ない施設である。幹線は大きなエリアを受け持って

いるため、機能障害が発生した場合多くの下水道利用者に影響を及ぼす。このため機能的
重要性の高い幹線の保全を優先と考える。

③ 経過年数

経年劣化による機能低下の可能性を考慮し、経過年数を重要度評価の指標とする。

④ 管径(断面積)

管径は排水面積の大きさに応じて大きくなり、幹線/支線の区分と同様に流下機能の大きさを表す指標であることから、管径(断面積)が大きいほど優先度を高くする。

⑤ 埋設位置(河川埋設・緊急輸送路・軌道埋設)

管路施設の機能が停止した場合、社会活動への影響の大きさは管路施設が埋設されている位置によって大きく異なる。なかでも河川埋設、緊急輸送路、軌道埋設下は、機能停止した場合のリスクが大きいので、社会的重要性の高い管路施設として捉え重要度を高くする。

⑥ 土被り

道路陥没時の復旧を想定した場合、土被りが大きいほど復旧費用及び復旧の難易度に違いが生じることから、土被りが大きいほど重要度を高くする。

⑦ スパン延長

土被りと同様に、道路陥没時の復旧費用の違いを示すスパン延長が長い管渠の重要度評価を高くする。

設定した管路施設の重要度評価項目に基づき、スパン単位での重要度評価の判定フローを図 2-3 に示す。

重要度評価は、「①腐食環境管路」から「⑦スパン延長」までの評価を順次判断して、最終的にスパン単位で重要度を設定する。

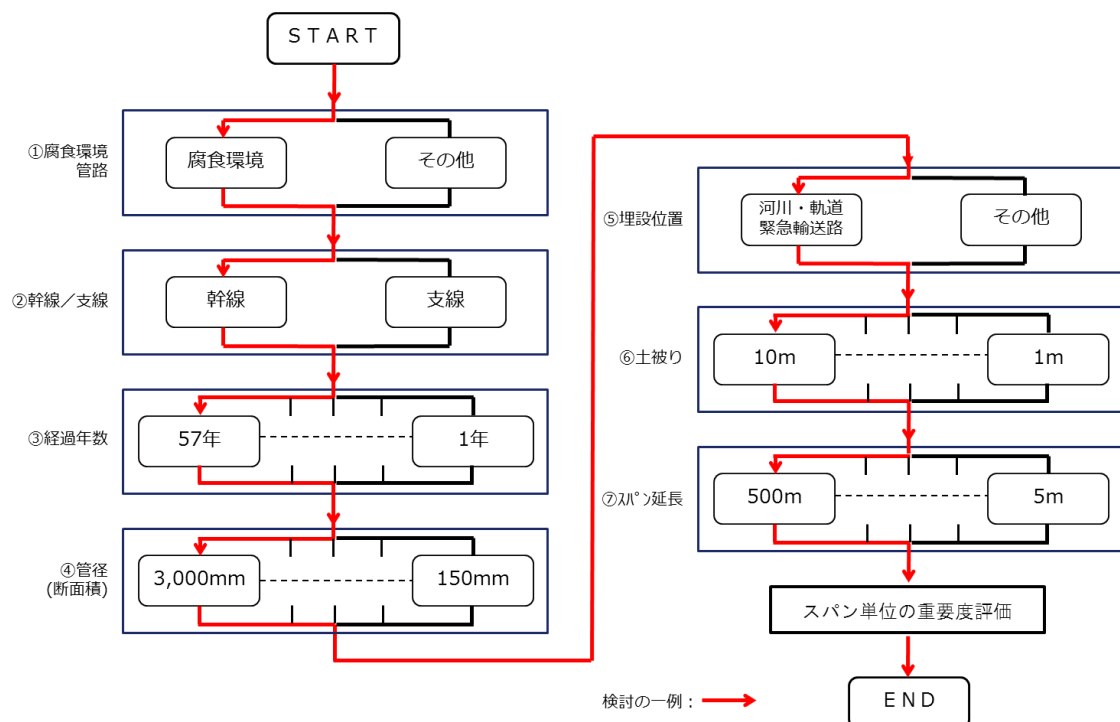


図 2-3 スパン単位の重要度評価の判定フロー

2.5 詳細調査路線の選定

長寿命化計画の対象施設（詳細調査路線）は、簡易調査項目による点検優先度が高いスパンから優先的に実施していくことを基本とする。

しかし点検優先度評価が同一な場合でも、詳細調査の投資可能額から同じ年度に調査を実施することが不可能であり、詳細調査を先送りすることも想定される。

また詳細調査の投資可能額は、市の財政状況や他の住民サービスへの事業費との関連から、将来変動することもあり、詳細調査路線の選定は柔軟に対応できるように努めなければならない。

これらのことを考慮し、詳細調査路線の選定は点検優先度評価のカテゴリー（Ⅰ～Ⅳ）毎に、管路施設の重要度評価で序列化を行う。これにより点検優先度評価及び重要度評価の高い方からスパン延長の累計を求め、詳細調査予定延長に達するスパンまでについて、長寿命化計画の対象施設として詳細調査を実施する。詳細調査路線の選定イメージを表 2-6 に示す。

表 2-6 長寿命化計画の対象施設（詳細調査路線）の選定イメージ

点検優先度評価	管路施設の重要度	延長(m)	累計延長(m)	詳細調査路線※
優先度Ⅰ	10	30	30	
優先度Ⅰ	20	50	80	
優先度Ⅰ	30	40	120	
・	・	・	・	
・	・	・	・	
・	・	・	・	
・	・	・	・	
・	・	・	・	
・	・	・	・	
優先度Ⅱ	50	60	10,300	
優先度Ⅱ	100	40	10,340	
優先度Ⅱ	200	20	10,360	
・	・	・	・	
・	・	・	・	
・	・	・	・	
・	・	・	・	
・	・	・	・	
・	・	・	・	
優先度Ⅲ	150	50	18,350	
優先度Ⅲ	250	60	18,410	
・	・	・	・	
・	・	・	・	
・	・	・	・	
・	・	・	・	
・	・	・	・	
・	・	・	・	
優先度Ⅲ	800	50	50,000	↑ 詳細調査
優先度Ⅲ	850	60	50,060	

※詳細調査予定延長を 50km とした場合

前述した点検優先度評価及び重要度評価に基づき、長寿命化計画の対象施設として、詳細調査を実施する路線を整理した。

長寿命化計画の対象施設は、簡易調査で点検優先度Ⅰ、点検優先度Ⅱの全ての管路と、点検優先度Ⅲのうち、長寿命化計画の初年度である平成 25 年度(2013 年)に経過年数が標準的耐用年数である 50 年を迎える管路までとした。これらについては、平成 23 年度～平成 24 年度にかけて約 49km の詳細調査を実施した。

またこれまでの維持管理の結果から、管路の不良が想定され、平成 22 年度から平成 23 年度に詳細調査を実施した約 14km についても、併せて第 1 期の長寿命化計画対象施設として選定した。

長寿命化計画対象施設の年度別詳細調査実施数量を表 2-7 に示す。またその位置図を次ページ図 2-4 に示す。

表 2-7 長寿命化計画対象施設の詳細調査実施状況

区 分	延長(m)	スパン数
H22 詳細調査（不良想定管路）	6,406	278
H23 詳細調査（不良想定管路）	7,899	374
H23 詳細調査（簡易調査→詳細調査）	27,474	902
H24 詳細調査（簡易調査→詳細調査）	21,316	777
合 計	63,095	2,331

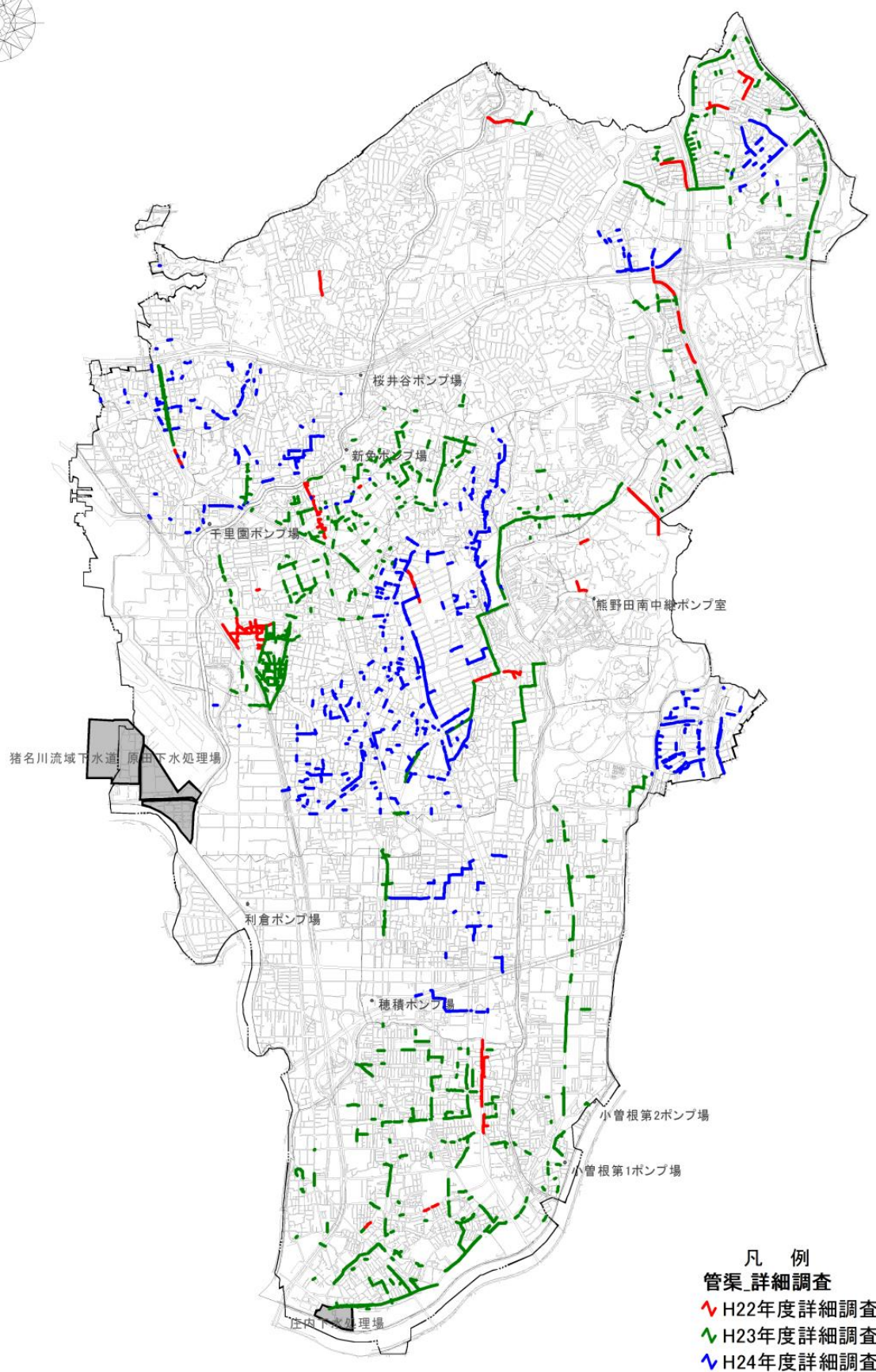


図 2-4 長寿命化計画対象施設の位置図

3. 中長期的なストックマネジメントの取り組み

長寿命化計画は短期の計画であるが、市のライフラインとして重要な下水道について機能を維持していくためには、膨大な管路について中長期的な期間にわたり計画的な維持管理を実施していく必要がある。このため将来的な管路の劣化状況を予測した上で、計画的な維持管理の方針を定めたストックマネジメントへの取り組みを推進する。

3.1 緊急度の予測

個々の管路の緊急度は詳細調査を実施して初めて明らかになるが、全ての管路について詳細調査を実施するには多くの時間と費用を要する。このため長寿命化計画において実施した詳細調査結果を基に、「下水道施設のストックマネジメント手法に関する手引き(案)」に示される統計的モデルにより、中長期における緊急度を予測した。この結果、管路について今後適切な維持管理を実施しない場合、100年後には約7割の管路は改築が必要となる緊急度Ⅱ以下になると予想された。統計的モデルによる将来の緊急度予測を図3-1に示す。

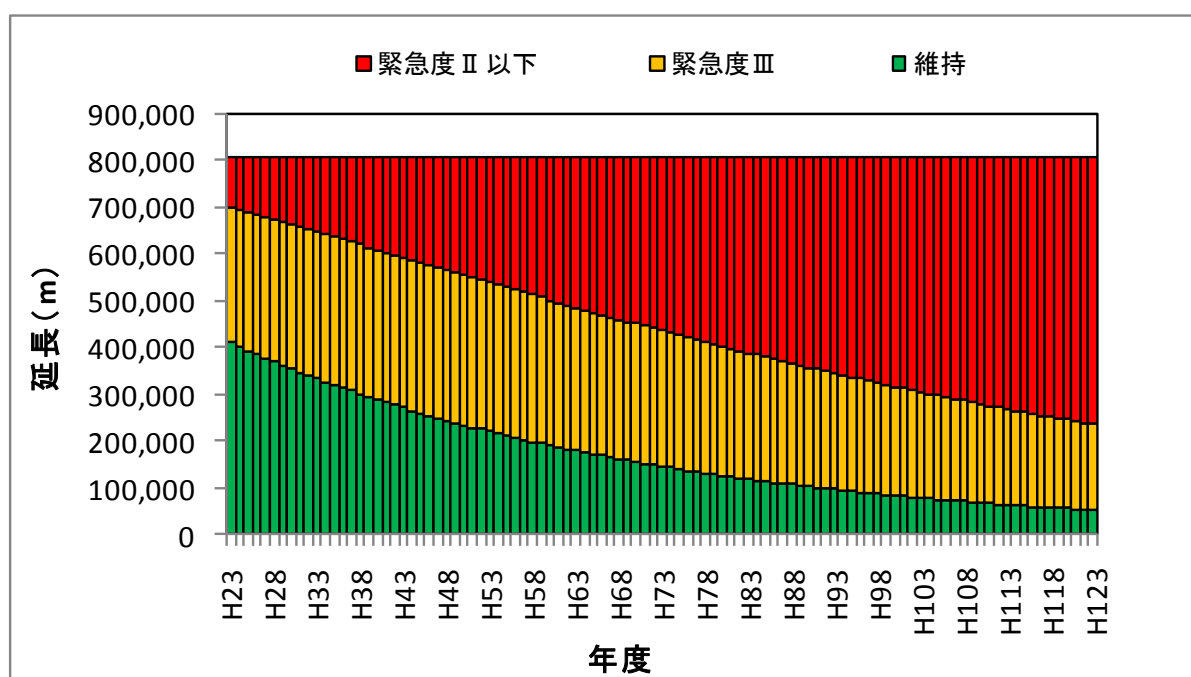


図 3-1 統計的モデルによる将来の緊急度予測

3.2 計画的な維持管理の実施

将来における緊急度の予測結果を踏まえ、「調査」「改築」「修繕」の一連の流れについて将来的な維持管理の事業量を予測した。中長期的な維持事業量の予測を図 3-2 に示す。

「点検・調査」は今後の経年的な劣化を想定し、経過年数が概ね 40 年程度となる管路について簡易調査を実施し、優先度の判定をしたのち詳細調査を行う。

「改築」「修繕」は詳細調査における緊急度の判定結果から、緊急度Ⅱ以下については「改築」、緊急度Ⅲについては基本的にランク a、b の不良箇所において「修繕」を実施していく方針である。

点検・調査から判定したのち対策にかかるサイクルフローを図 3-3 に示す。

これらのストックマネジメントの取り組みは一過性のものでなく、継続的に実施することで新たに蓄積されていく知見(調査結果等)を基に、常に事業の最適化を図るために、PDCA サイクルを実施し、期間を定めて適宜見直しを行っていく方針である。

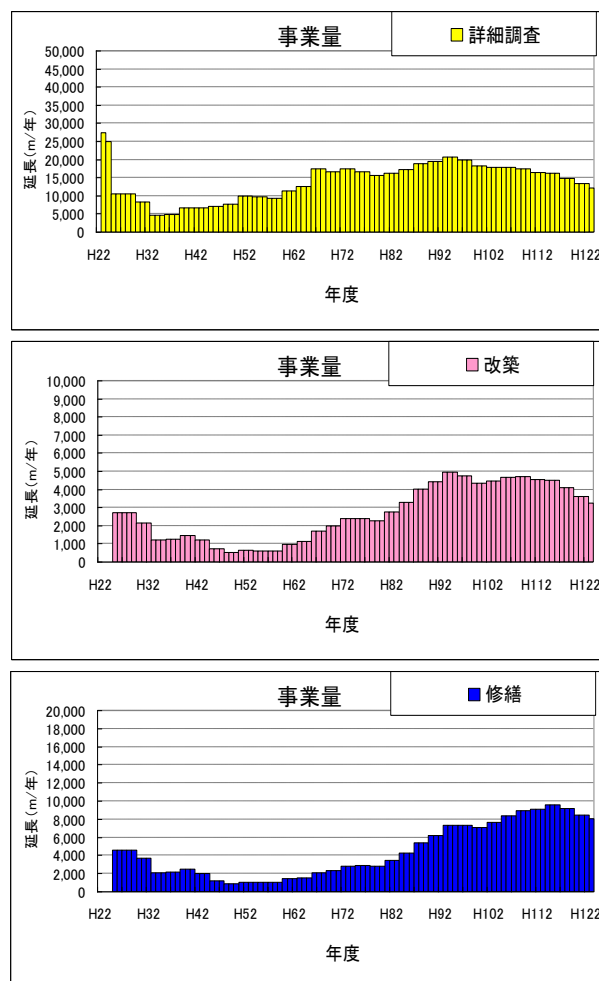


図 3-2 中長期的な維持事業量の予測

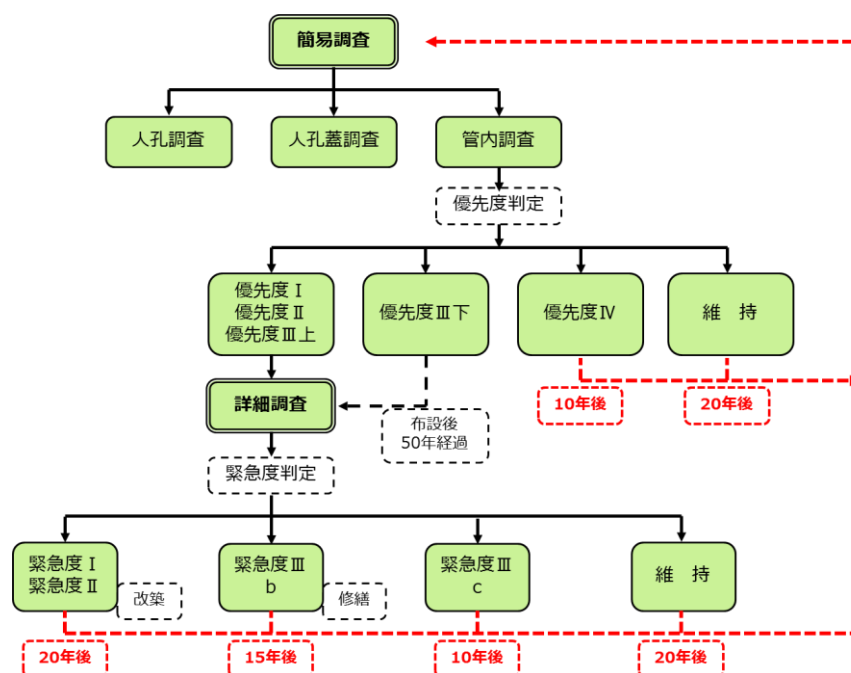


図 3-3 点検・調査から対策にかかるサイクルフロー

【事例 ③】機能維持のコツ(更新時期から逆算する戦略的な処理施設の点検・調査を実施する横浜市)

- ・ 設備更新のタイミングに併せた効率的な改築、そのための点検時期を逆算して計画
- ・ 施設情報をデータベースに活用、職員の経験値にも応用

1. 計画的・効率的な改築

1.1 はじめに

横浜市は、11 か所の水再生センター、2 か所の汚泥資源化センター及び 26 か所のポンプ場を有している。水再生センターは、図 1-1 に示す通り、いずれも供用開始から 30 年以上、最も古いもので 52 年経過しており、これまでの点検調査により、コンクリート構造物の劣化が確認されている。これらの施設における事故や機能停止を未然に防止し、可能な限り延命化を図るためには計画的な改築(点検調査を含む)が重要となる。

本章では、①水処理、汚泥処理施設等の防食・簡易覆蓋などの土木施設、②管理棟等の仕上、防水、建具などの建築施設を主な対象とした長期的な改築計画(建設後 80 年程度を目安)及びこれに基づく施設情報データベースの作成など、計画的な改築に向けた取り組みについて述べる。

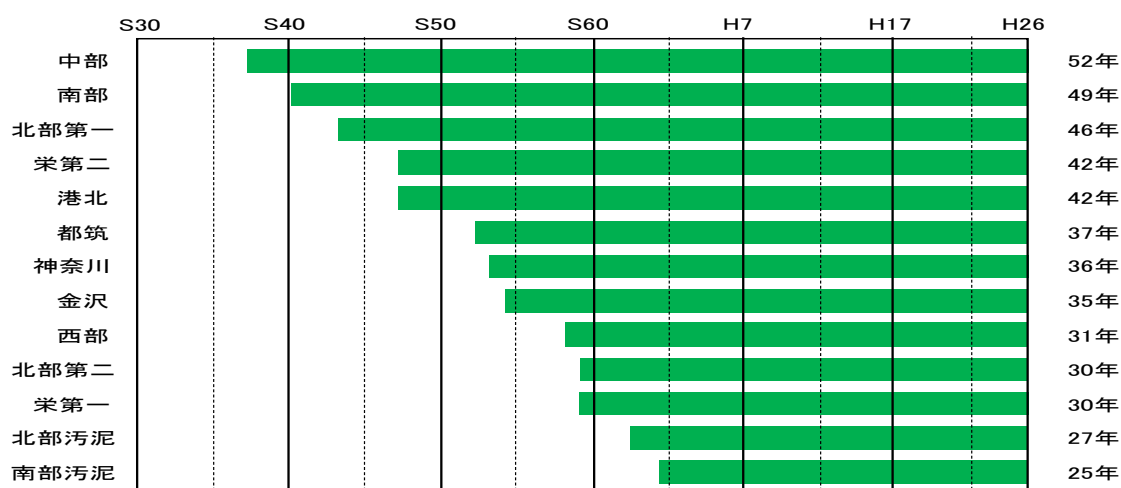


図 1-1 水再生センター等の経過年数

1.2 計画的・効率的な改築の基本的な考え方

改築は設備更新等と合わせて施工すると、水抜き・清掃や仮設などの工程が一本化でき効率的・経済的であるとともに、施設の運転管理に与える影響・負荷を抑制することができるため、設備更新等との同時施工を基本とする(図 1-2、1-3 参照)。

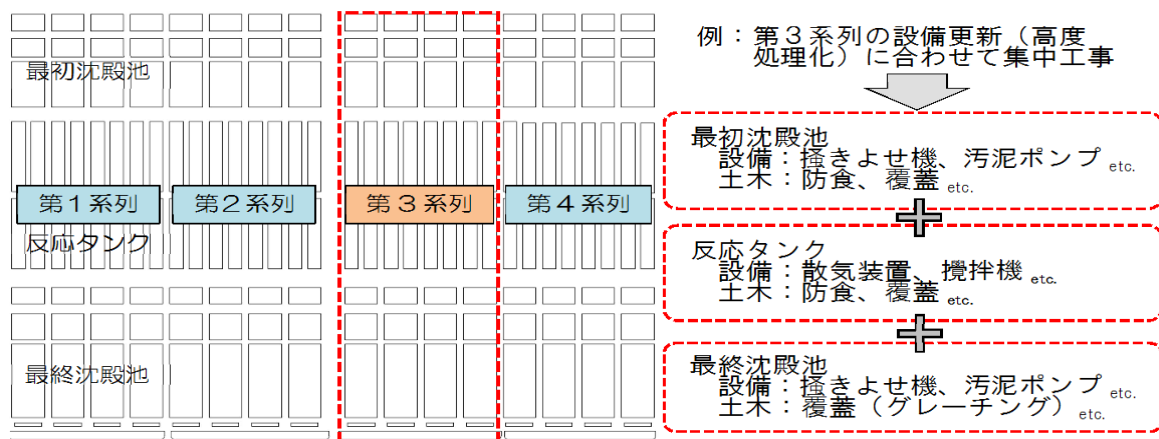


図 1-2 計画的・効率的な改築(例)

最初沈殿池			経過年数																													
項 目	耐用年数	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53										
覆 蓋	18年	14	15	16	17	18	19	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15										
防 食	10年	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9										
設 備	23年※	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	1	2	3										

※設備の耐用年数は目標耐用年数

点検調査

詳細設計

最初沈殿池			経過年数																													
項 目	耐用年数	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53										
覆 蓋	18年	14	15	16	17	18	19	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15										
防 食	10年	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15										
設 備	23年※	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	1	2										

反応タンク			経過年数																													
項 目	耐用年数	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53										
覆 蓋	18年	14	15	16	17	18	19	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15										
防 食	10年	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15										
設 備	23年※	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	1	2										

図 1-3 計画的・効率的な改築スケジュール(例)

また、エキスパンションジョイントの耐震化や高度処理化に伴う隔壁の設置など、機能向上に係る改築についても、できる限り、同じタイミングで実施する(図 1-4、1-5 参照)。



図 1-4 後付け式伸縮可とう継手の設置

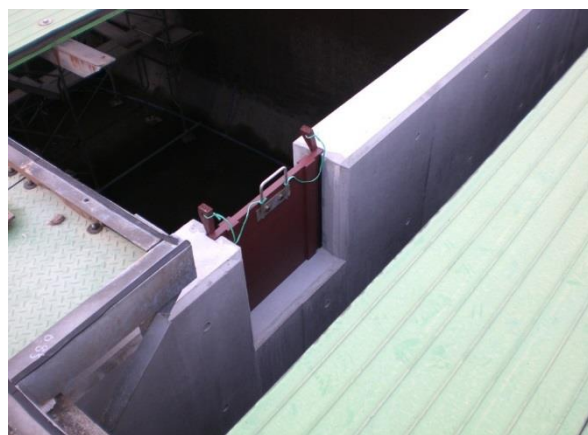


図 1-5 隔壁の設置(高度処理化)

1.3 施設情報データベースの活用

施設の基本情報や点検調査結果及び対策内容等に関するデータを蓄積し、これをデータベース化することを検討する。このデータベースの活用により膨大な施設情報の一元管理や劣化予測が可能となり、PDCA サイクルを通じて、より効率的・計画的な改築計画の立案等が期待できる。

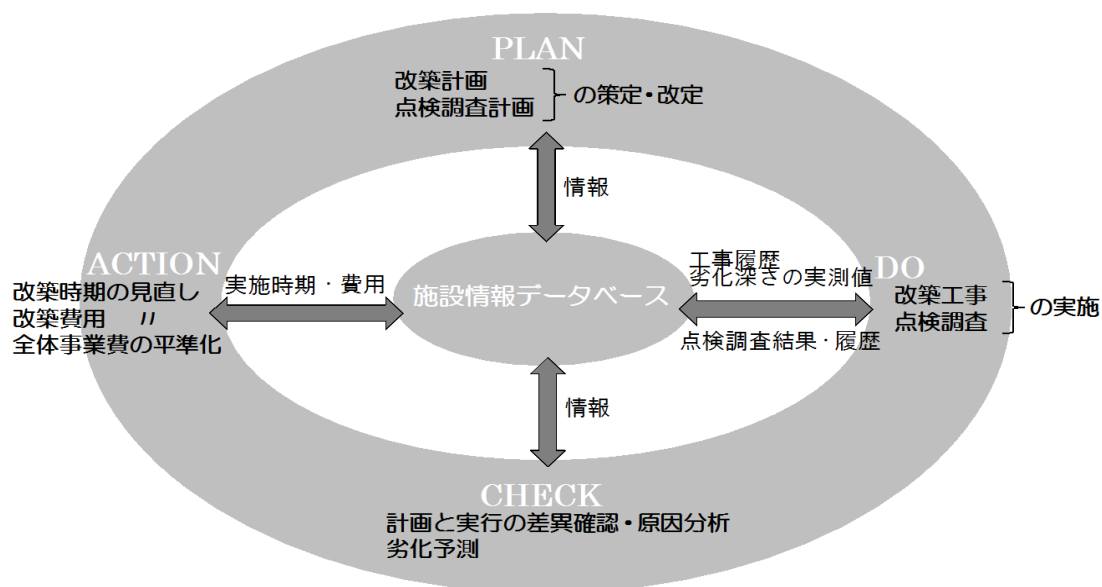


図 1-6 施設情報データベースの概念図

2. 点検調査及び改築の具体事例

2.1 点検調査の重要性

まずは、点検調査の実施により、現状を把握することが重要である。特に汚泥処理施設においては、コンクリートが欠損し、鉄筋の腐食にまで至るような著しい劣化が確認される場合がある。事前の点検調査を行わずに精度の高い改築計画を立てることや詳細な設計を行うことは困難であるため、事前の点検調査が非常に重要になる。そこで、更新工事の2年前に点検調査を実施し、その結果に基づき、前年に詳細設計を行うことを基本とする。また、計画的に点検調査を実施することで、データを蓄積することができ、劣化予測等にも役立てることができる。

2.2 点検調査の具体事例

下水道施設で特徴的に見られるコンクリートの劣化は、硫化水素に起因する硫酸による化学的侵食である。進行度合いの大きい箇所では、表面が脆弱化して容易に剥離したり、鉄筋の腐食による体積膨張により、かぶり部分が剥落したりする現象が見られる(図 2-1、2-2 参照)。



図 2-1 化学的侵食事例(返流水槽)



図 2-2 化学的侵食事例(濃縮汚泥受槽)

点検調査は、このような硫化水素に起因する劣化が生じやすい施設に限定せず、二酸化炭素が高濃度に存在する反応タンク等についても実施している。

複数の反応タンクにおいて、気相部の二酸化炭素濃度が 10,000～20,000ppm と一般居室(350～1,000ppm)と比べ非常に大きく、中性化の進行が著しいことが確認されている。図 2-3 は中性化範囲が鉄筋位置まで達して鉄筋が腐食(体積膨張)したことによるひび割れの様子であり、図 2-4 はコア抜きによる中性化深さ測定結果である。中性化深さが 100mm 前後に及ぶ(当然に鉄筋位置に到達)施設が複数あり、旋回流深槽式反応タンクの散気装置設置側で特に顕著であることが確認されている。二酸化炭素による中性化は、硫酸による化学的侵食とは異なり、コンクリート自体が脆弱化することはないが、鉄筋位置に達することによる鉄筋腐食は、鉄筋の断面減少やかぶりコンクリートの剥落、ひいては耐荷力の低下につながる。このため、高濃度の二酸化炭素を遮断しうる防食を施し、定期的・継続的な点検調査を行うことが重要と考えている。



図 2-3 中性化事例(反応タンク)

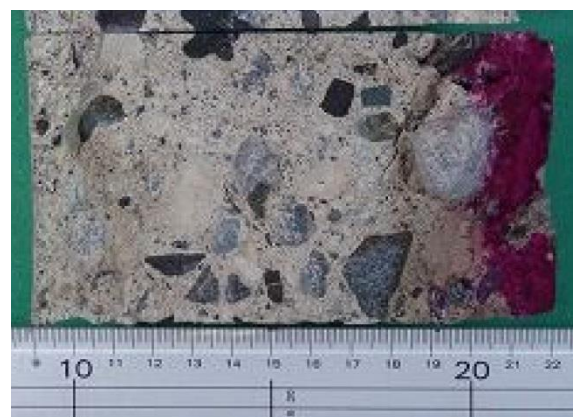


図 2-4 中性化深さ測定(反応タンク)

ちなみに、横浜市環境創造局で土木施設の点検調査に本格的に取り組み始めた平成 20、21 年度は、人材育成も兼ねて目視及び打音調査を局職員直営で実施した(コア抜きを伴う試験等

は専門業者に委託)。「下水道施設(土木構造物等)点検調査プロジェクト」と銘打ったこの取り組みは、局を横断して複数班編制し、年間十数件の施設に乗り込むというものであり、データ蓄積だけでなく、職員の経験値の蓄積にも大きく寄与した(図 2-5、2-6 参照)。



図 2-5 局職員等による目視・打音



図 2-6 専門業者によるコア抜き

また、建築施設についても下の写真のような経年劣化が確認されている。



図 2-7 屋上防水の劣化事例



図 2-8 外壁仕上の劣化事例

2.3 改築の具体事例

(1) 躯体補修

設備更新や防食工事等で池が空(から)になるタイミングに合わせて躯体補修を実施している。下の写真は、漏水箇所の止水(ひび割れ補修)及びかぶりコンクリートが剥落している梁の断面修復(ポリマーセメントモルタル吹付け)の事例である。

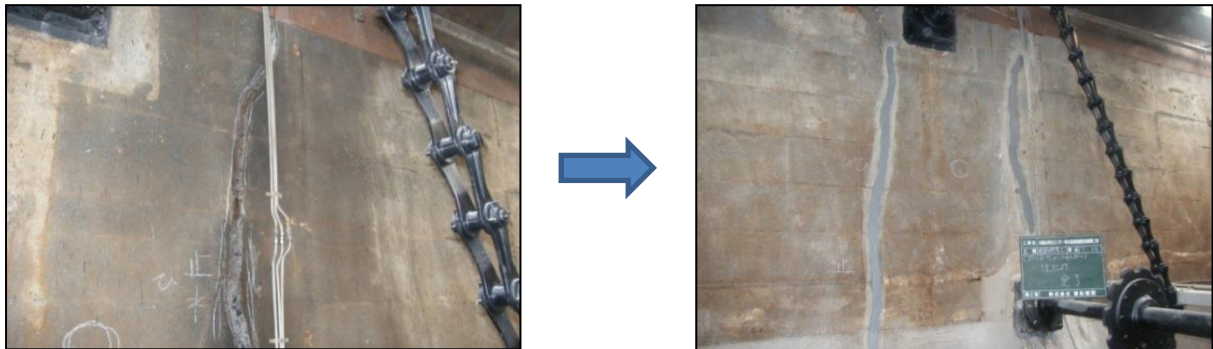


図 2-9 止水(ひび割れ補修)事例



図 2-10 断面修復(ポリマーセメントモルタル吹付け)事例

(2) 硫酸による化学的侵食に対する対策

防食を実施する。下の写真は、既設防食がはがれ、躯体への侵食が進んでいる状況に対し、劣化部除去後、耐震補強(増打ち)を施したうえで、防食被覆を施した事例である。



図 2-11 耐震補強と合わせた防食事例

(3) 二酸化炭素による中性化に対する対策

中性化の著しい反応タンク気相部に対し、次の手順で防食を実施する。

なお、反応タンクにおいては、硫酸対策ではなく、二酸化炭素による中性化対策であることに鑑み、「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル 平成 24 年 4 月」(編著 日本下水道事業団)(以下、「JS マニュアル」という。)に規定されている工法規格のうち、最も要求性能の低いA種を採用している。

・ 中性化深さの測定

中性化深さをフェノールフタレイン法により測定する。下の写真の事例では、中性化深さが 100mm を超えている。



図 2-12 中性化深さの測定

・ 劣化部除去工及び除去後のコンクリート表面強度試験

二酸化炭素による中性化では、中性化範囲内にあるコンクリート強度の低下は一般には見られない。また、表面被覆等により中性化の原因となる二酸化炭素の浸透が遮断された場合は、その後の中性化の進行はない(コンクリート標準示方書[維持管理編]2007 年より)と考えられるため、中性化範囲を全て除去するということはせず、表面の 5mm 程度を超高圧水処理(200MPa 以上)にて除去する(図 2-13 参照)。その後、鋼製引張用ジグを装着した引張試験機を用いてコンクリート表面強度試験を行い、基準値 1.5N/mm^2 以上であることを確認する(図 2-14 参照)。下の写真の事例では、表面強度が 5.7N/mm^2 であり、基準値を大きく上回ることを確認している。

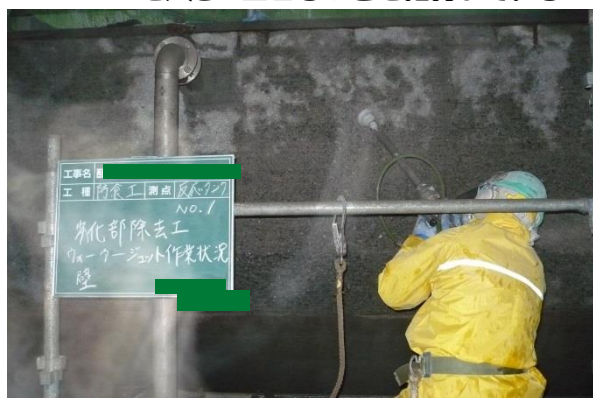


図 2-13 劣化部除去工(超高圧水処理)



図 2-14 表面強度試験(5.7N/mm^2)

- ・ 鉄筋処理工

かぶり最薄部分で、超高圧水処理によって露出した鉄筋の浮き錆を除去(ケレン)し、防錆剤塗布を行う。下の写真の事例では、鉄筋に若干の浮き錆が生じているものの断面欠損はなく、鉄筋の健全性が保たれていることを確認している。

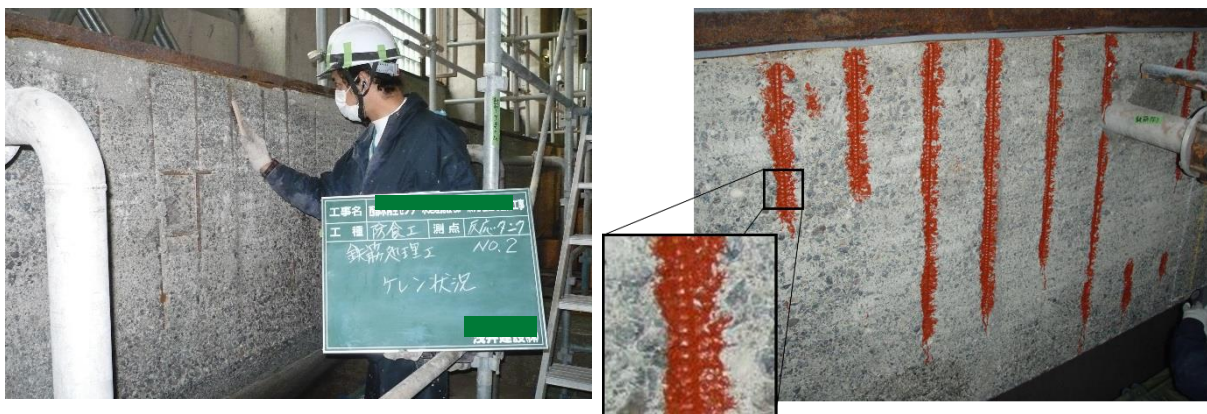


図 2-15 鉄筋処理工(ケレン及び防錆剤塗布)

- ・ 断面修復工

JS マニュアルに規定される品質規格を満足する断面修復用モルタルを用いて 5mm 以上の厚さで断面修復を行う(図 2-16 参照)。上の写真のように、かぶり最薄部分は、断面修復厚さをさらに 10mm 程度追加することも有効と考えられる。

- ・ 防食被覆工

JS マニュアルに規定される最も耐酸性能の低い A 種の防食被覆を施す(図 2-17 参照)。これにより、二酸化炭素や水分の浸入が遮断されるため、その後の中性化の進行を抑えることが可能となる。



図 2-16 断面修復工



図 2-17 防食被覆工(A種)

3. 既存施設の津波対策(新たな取り組み)

3.1 津波対策の基本的な考え方

最大クラスの津波に対しても、トイレ使用の継続や汚水溢水の防止等が図れるよう、簡易処理を継続することを目指す。この目標の達成のため、津波被災時でも有すべき機能とリスク対応レベルを整理し、リスク回避すべき機能を揚水機能と定めて、津波対策の対象施設・設備を抽出した(図 3-1 参照)。

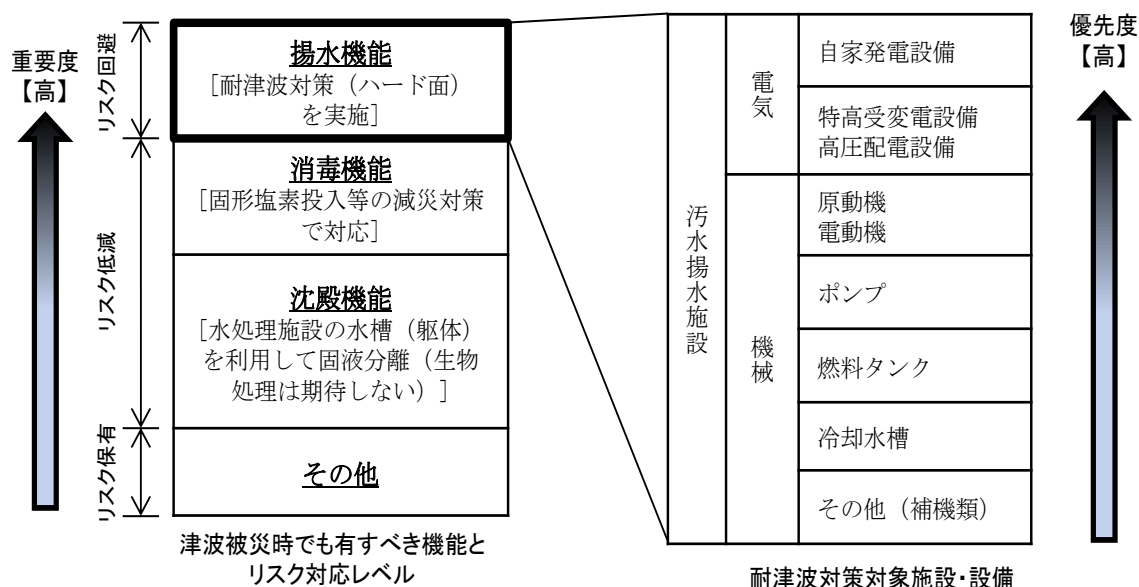


図 3-1 津波対策対象施設の抽出

抽出した対策対象施設・設備について、施設特性や現場条件等に応じて、次のような対策手法を適切に選択または組み合わせて、合理的・効率的な対策を講じる。

	1 設備機器の高所移設 (建屋を新設)	2 設備機器の高所移設 (既存建屋内)	3 開口部の防水化 防護壁設置 等
概要	対策水位以上の床高をもつ建屋を新設し、既存老朽設備の更新に合わせ、新設建屋内に移設	既存老朽設備の更新に合わせ、同一建屋内の対策水位以上の部屋に移設	・対策水位以下の開口部の防水化 ・防護壁（擁壁）で建屋を囲うなどして建物内の浸水を防止
概要図			

図 3-2 津波対策手法の例

3.2 津波対策の具体事例

想定津波浸水深より低い位置にある水処理施設開口部から浸水し、地下管廊を伝って揚水施設に到達する可能性があるため、管廊内の建具を防水扉に更新し、浸水防止を図った。



図 3-3 防水扉への更新

その他、津波に浸水しない床高を持ち津波波圧にも耐えうる建屋を新設し、標準的耐用年数を大幅に超過している自家発電設備、特高受変電設備及び高圧配電設備を、更新に合わせて当該新設建屋内に移設することを検討している。

【事例 ④】機能維持のコツ(管渠の改築判断をコスト評価で実施する横須賀市)

・ 管渠についてコスト評価で改築・修繕を判断

1. はじめに

1.1 横須賀市の整備状況

本市の下水道事業は、昭和 19 年創設の後、昭和 38 年から本格的に事業着手し、下水道法の目的にある「公衆衛生の向上」のため汚水施設整備を優先してきた。この間、人口増加に合わせて区域を拡大しながら 47 年をかけて事業計画区域の汚水管路整備が概ね完了し、平成 26 年度末処理人口普及率は 97.7%になった。現在の事業計画区域面積は 6,136.43ha、管路台帳延長は約 1,600km となっている。

耐用年数 50 年を経過した管渠は約 28.3 km であるが、今後 10 年間で耐用年数の 50 年を超過する管渠は約 406km 増加するため、さらに改築を進める必要がある。

表 1-1 経過年数別の管路施設台帳延長 (単位m)

経過年数	追浜処理区	下町処理区	上町処理区	西処理区	計
50年以上	2,499	16,243	6,810	2,753	28,305
40年以上	10,921	254,264	109,702	31,682	406,569
30年以上	49,507	193,337	42,700	31,681	317,225
20年以上	36,656	307,108	45,735	83,745	473,244
10年以上	5,980	83,715	32,005	211,785	333,485
9年以下	7,803	35,950	13,697	15,869	73,319
計	113,366	890,617	250,649	377,515	1,632,147

※経過年数は、平成 28 年 3 月 31 日を基準。

1.2 下水道管渠施設の劣化状況

① 手詰コンクリート管

手詰コンクリート管は、無筋コンクリートで製造されており、強度不足から扁平し欠落している。表面も腐食し、骨材露出が見受けられる。手詰コンクリート管は、昭和 37 年頃まで使用されていたが、所在地の特定が困難な状況にある。

② 陶管

陶管は、耐酸、耐アルカリ性に優れ摩耗にも強い半面、衝撃に弱いことからクラックの発生率が高く、布設替が必要となっている。陶管は、昭和 40 年代に多く使用された。なお、陶管の主な破損原因の一つとして、他企業等による近接工事の際に破損したと考えられる。

③ 現場打ボックスカルバート

現場打ボックスカルバートは、中性化試験結果からも中性化の進行が早く、鉄筋の腐食による膨れからコンクリートの爆裂が発生して鉄筋が露出している。現場打ボックスカルバートの多くは、主に昭和 40 年代以前に施工されている。

④ 遠心力鉄筋コンクリート管

高速回転による大きな遠心力を利用してコンクリートを締め固めた鉄筋コンクリート管で汚水圧送管の吐出部等の硫化水素が発生する箇所で腐食による鉄筋の露出が見られる。

⑤ 現場打マンホール(特殊マンホール)

現場打マンホールは、中性化試験結果からも中性化の進行が早く、鉄筋の腐食による膨れからコンクリートの爆裂が発生して鉄筋が露出している。このような現場打マンホールの設置数等については、定期的な点検・調査で特定する必要がある。

⑥ マンホール蓋

下水道整備初期に使用され、設置後 30 年以上経過した平受構造の蓋は、ガタツキや段差による騒音の発生原因となっている。また、表面も滑りやすく、強度にも問題がある。

⑦ Zパイプ(主に取付管)

Zパイプは、コンクリート構造物の壁や床に円形の開口部を設けるときに型枠代わりに使われるボイドにタールを積層して作られたパイプで、タールと紙との粘着力により強度を保持させる管である。汚水を排水し続けると、管内面に水膨れが発生し、その結果、管体の強度がほとんどなくなり閉塞や破損に至る。また、道路陥没の一つの要因になっている。

1.3 道路陥没の発生状況

経過年数 30 年を超えた管路は、老朽化した下水道管路破損に起因する道路陥没が増加すると言われ、平成 12 年～平成 26 年までの 15 年間で 325 件発生しており、平均すると年 22 件の割合で発生している。そのうち約 7 割が取付管破損によるものである。

表 1-2 管路施設別の道路陥没発生状況

管路施設		本管	取付管	施設・管種別割合
管渠・取付管	ヒューム管	24	3	8.3%
	陶管	18	72	27.7%
	塩ビ管	10	21	9.5%
	Zパイプ	0	47	14.5%
	ボックス	5	0	1.5%
	コルゲート管	1	0	0.3%
	U型側溝	1	0	0.3%
	不明	1	3	1.2%
計		60	146	63.4%
マンホール	躯体(目地等)	14	0	4.3%
	管口・底部	23	0	7.1%
	計	37	0	11.4%
ます	躯体(目地等)	1	15	4.9%
	管口・底部	0	66	20.3%
	計	1	81	25.2%
合 計		98	227	325
本管・取付管別割合		30.2%	69.8%	

2. 下水道長寿命化計画策定

2.1 概要

本市では、平成 24 年度に「横須賀市下水道長寿命化計画」を策定している。

- (1) 対象施設 管渠 L=781m、マンホール蓋 990 箇所、取付管 600 箇所
最も早くから中心市街地として都市機能が発達した上町地区と下町第1地区を対象(図 2-2 点検調査の区域と周期参照)
- (2) 計画期間 平成 25 年度～平成 27 年度(3 ヵ年)

2.2 管渠施設の長寿命化対策

(1) ワークフロー

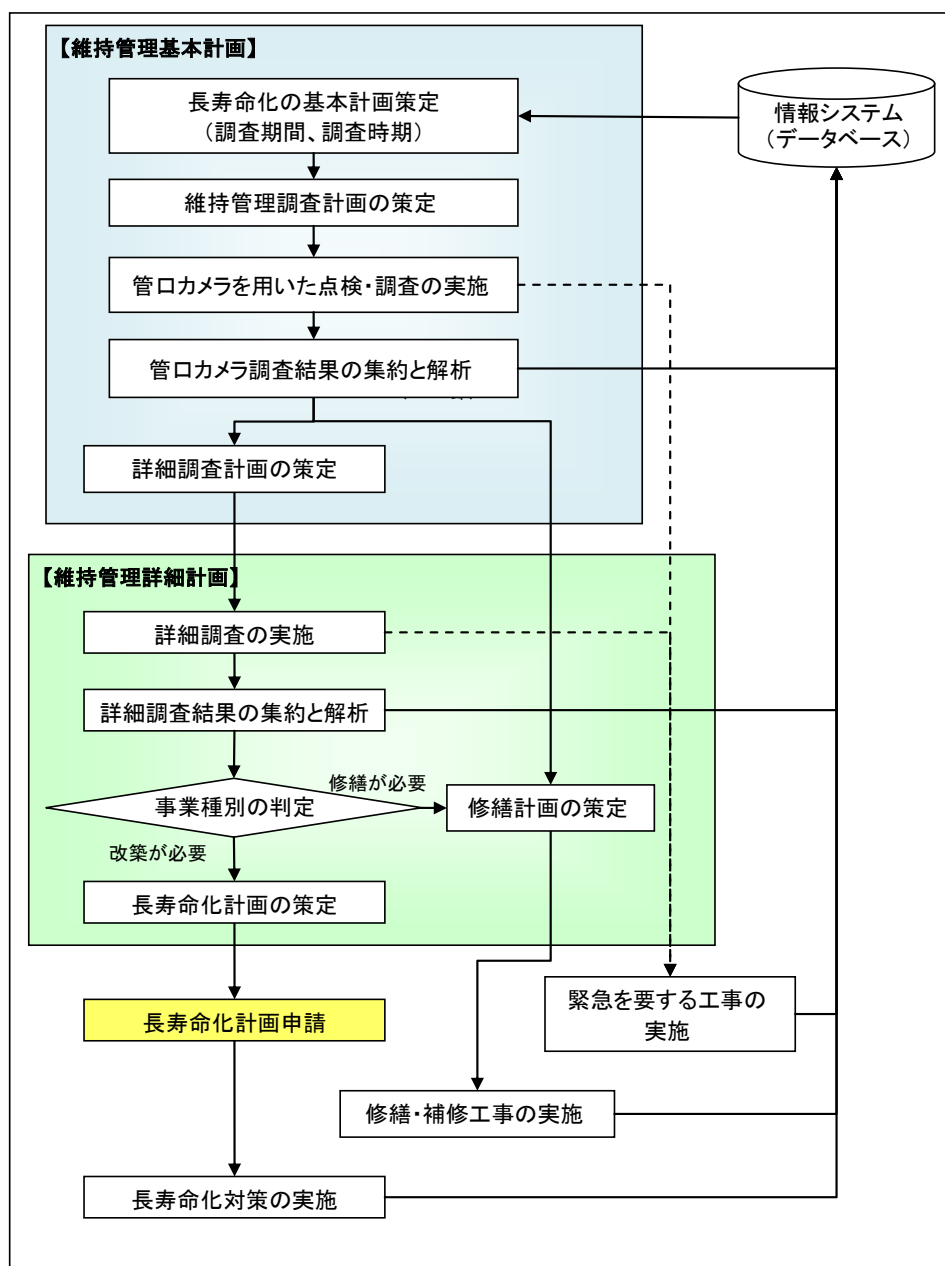


図 2-1 長寿命化計画策定フロー

(2) 維持管理計画の基本方針

- ① 市内全域を 10 ブロックに分割し、10 年 1 サイクル型の維持管理計画とする。
- ② 管口テレビカメラを用いた調査を先行し、段階的に必要最小限の詳細調査を行ない、状態の悪い管路を抽出する。
- ③ 詳細調査結果から、長寿命化計画を策定する。
- ④ 調査対象は、開渠及び布設後 20 年未満の管路を除く。
- ⑤ 全ての調査履歴、工事履歴等をデータベース化して情報システムで管理する。

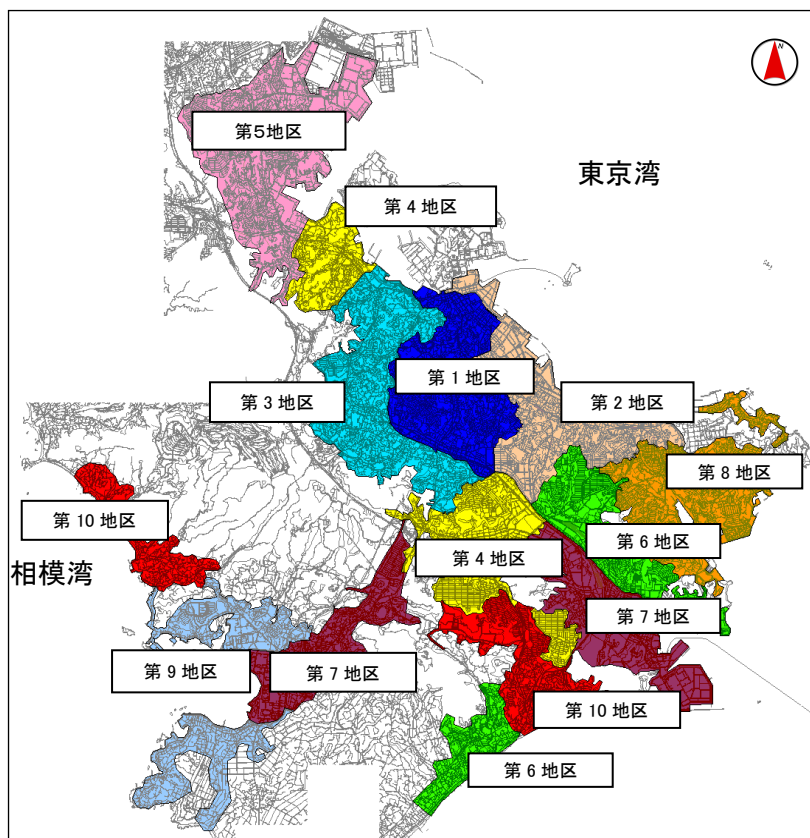


図 2-2 点検調査の区域と周期 (市内全域)

(3) 点検

管渠の点検は、マンホール内部からの目視や、地上からマンホール内に管口カメラを挿入する方法等により、異常の有無を確認することである。

・ 管口テレビカメラ

伸縮可能な操作棒の先にカメラとライトを取付けたものであり、これを地上からマンホールに挿入し、地上にいる調査員が手元のモニターを見ながら管内を点検する。

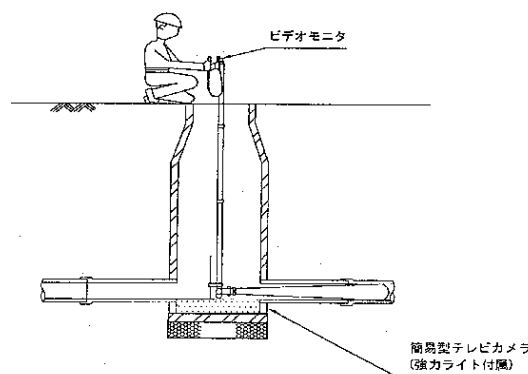


図 2-3 管口テレビカメラによる点検概要図

(4) 調査

点検等により調査が必要と判定された箇所及び一定の周期により計画された箇所等について視覚調査(目視調査、テレビカメラ調査)を実施する。

視覚調査では、本管の破損、クラック、継手ズレ、腐食等の劣化度や流下能力に影響を与える上下方向のたるみ、取付管の突出し、油脂の付着、樹木根侵入、モルタル付着、地下水の浸入並びに土砂の堆積状態等の性状を潜行目視及びテレビカメラにより視認し、本管の状態を把握する。

1) テレビカメラ調査

テレビカメラ調査を行う本管は、内径 150～800mm とする。内径 800mm 以上の本管については、流量が多い場合や危険ガスが予想される場合等、調査員が管路内に入ることができない場合に用いる。内径 800mm 未満では、調査前に高圧洗浄車で管壁の汚れを洗浄する。

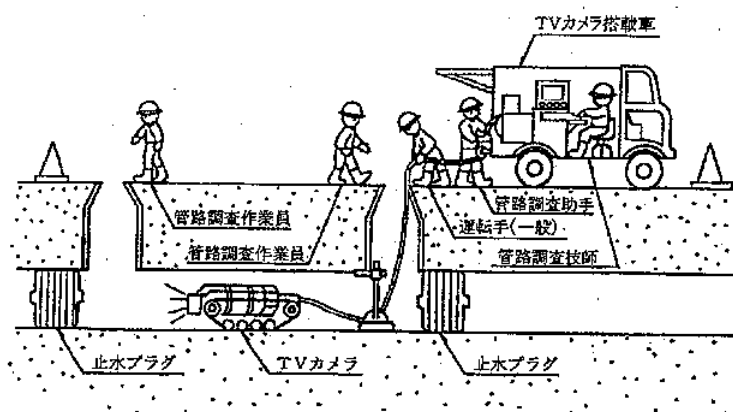
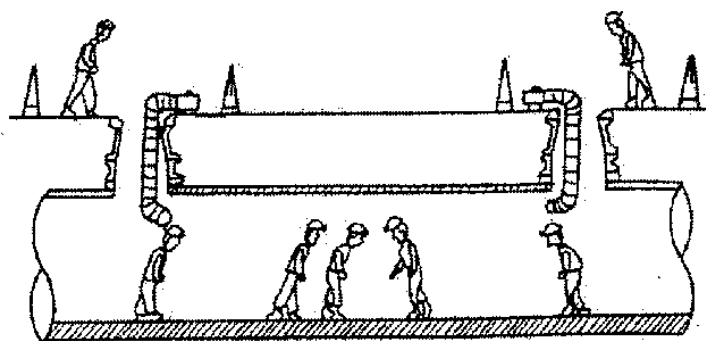


図 2-4 テレビカメラ調査概要図

2) 潜行目視調査

潜行目視調査は、内径 800mm 以上の歩行可能な管路において、原則としてマンホールおよび管路内に調査員が入り、マンホール内面および管路内の目視点検を行い、直接、管路施設の状況を把握する。

地上から行う高圧洗浄車に適用範囲は内径 800mm 未満のため、一般的には内径 800mm 以上では管内洗浄は行わない。



内径 800mm 以上で潜行可能な場合の詳細調査

図 2-5 潜行目視調査概要図

診断及び評価では、潜行目視調査又はテレビカメラ調査から得られた本管の不具合、異常等の程度を診断し、緊急度の判定を行う。ここで、緊急度は、下水道維持管理指針を参考に行っている。平成 22～23 年度に長寿命化対策対象施設 48,763mの調査を行った。

表 2-1 緊急度判定結果

緊急度	スパン数	延長 (m)
I	6	180
II	478	12,562
III	693	18,330
—	840	17,691
合計	2,017	48,763

※既に改築・修繕済みのスパンも含む。

緊急度 I は 6 スパン 180m で、全調査延長の 0.4%と非常に少なく、おおむね 5 年以内に措置すべき緊急度 II を合わせると 484 スパン 12,742m で、全調査延長の 26.1%となる。さらに緊急度 III を含むものは 1,177 スパン 31,072m であり、全調査延長の 63.7%と、約 2/3 のスパンで何らかの不良があることが判明した。長寿命化計画を策定する管渠は、上記の表を基に次の条件に合うものとした。

- ① 緊急度が I・II のスパン。
- ② 緊急度が III でも、腐食のあるスパン。
- ③ 改築や修繕等の対策を行っていないスパン。
- ④ 総合地震対策計画等、他の計画がないスパン。

表 2-2 長寿命化計画策定スパン

緊急度	スパン数	延長 (m)
I	3	72
II	257	6,536
III	1	14
合計	260	6,622

(5) 対策範囲の検討(改築か修繕か)

1) 改築と修繕の検討

工事時点で投資する改築費用と修繕費用の年あたり減価償却額の大小により判定する。ただし、修繕した場合は 50 年経過までの残存期間で修繕費用を評価するものとし、改築では 50 年で全額償却するものとした。改築と修繕の比較で次の式の不等号が成立する場合には、改築工事が有利であると判断する。

$$\frac{\text{改築工事にかかる費用}}{\text{新たな耐用年数}} \leq \frac{\text{修繕工事にかかる費用}}{\text{残りの耐用年数}}$$

表 2-3 経済比較例

スパン延長 20m 経過年数 30 年の場合(ヒューム管 φ300mm)				
条件	修繕箇所 3 箇所の場合		修繕箇所 8 箇所の場合	
	改築の場合	修繕の場合	改築の場合	修繕の場合
更生工法による工事	20m×7.6 万円/m =152 万円	—	20m×7.6 万円/m =152 万円	—
修繕工事	—	3 箇所×11.6 円/箇所 =35 万円	—	8 箇所×11.6 万円/箇所 =93 万円
残存耐用年数	50 年とする。	50 年－30 年＝20 年	50 年とする。	50 年－30 年＝20 年
残存耐用年数 1 年あたりの費用	152 万円/50 年 ＝3.0 万円/年	36 万円/20 年 ＝1.8 万円/年	152 万円/50 年 ＝3.0 万円/年	93 万円/20 年 ＝4.7 万円/年
判定	改築 3.0 万円/年 ≥ 修繕 1.8 万円/年 修繕とする		改築 3.0 万円/年 ≤ 修繕 4.7 万円/年 改築とする	

ただし以下の場合には経済比較ではなく例外として判定としている。

- ① たるみ・ズレが大きいスパンは、修繕・スパン更生では流下機能の回復が見込めないため「改築 布設替え」とする。
- ② 緊急度がⅢであっても腐食がある場合は「改築 スパン更生」または「改築 布設替え」とする。
- ③ 布設後 50 年を超えたスパンは、標準耐用年数を超過しているので、修繕での延命化より改築が適しているため「改築 スパン更生」または「改築 布設替え」とする。
- ④ 陶管は、陶管は材質上衝撃に弱く、横須賀市内では道路陥没も多く発生している。1 本の長さも短く、修繕では危険回避の効果が期待できないため「改築 スパン更生」または「改築 布設替え」とする。

2) 更新(布設替え)と長寿命化(管更生)の検討

改築が必要となった管路のうち「上下方向のたるみ」「継手ズレ」の大きなものは布設替えとし、それ以外のものは経済性(ライフサイクルコスト)・現場条件を考慮して判定している。

ライフサイクルコストの比較は更生工法と判定された 28 スパンについて下記のとおり行った。維持管理費については、経過年数によって維持管理の度合いを区分していないため、同額と考え比較からは除外している。

表 2-4 ライフサイクルコスト比較

地区の名称	延長(m)	スパン数	管径(mm)	更生工法費用(円)	布設替費用(円)
上町地区、下町第1地区	716	28	◎250~□1700×1800	78,222,000	100,390,000

更生工法年価 (更生+布設替え)／100 = 1,786 千円/年

布設替え年価 (布設替え)／ 50 = 2,008 千円/年

毎年度の改善額 2,008 — 1,786 = 222 千円/年:X

社会的割引率 4.0%で割り戻したライフサイクルコスト改善額 5,436 千円

表 2-5 改築か修繕かの判定結果

緊急度	改築				修繕		合計延長 m ()は補助路線
	布設替え		更生		スパン 数	延長 (m)	
	スパン 数	延長(m)	スパン数	延長(m)			
I	2	49	1	24	-	-	
II	24	700	225	5,564	8	271	
III	-	-	1	14	-	-	
計	26	749	227	5,602	8	271	6,622 (781)

(6) 改築工法について

改築工法の分類は、更生工法と布設替え工法に分類され、更生工法は更生管の構造等の違い等から、自立管、複合管及び二層構造管に分類される。

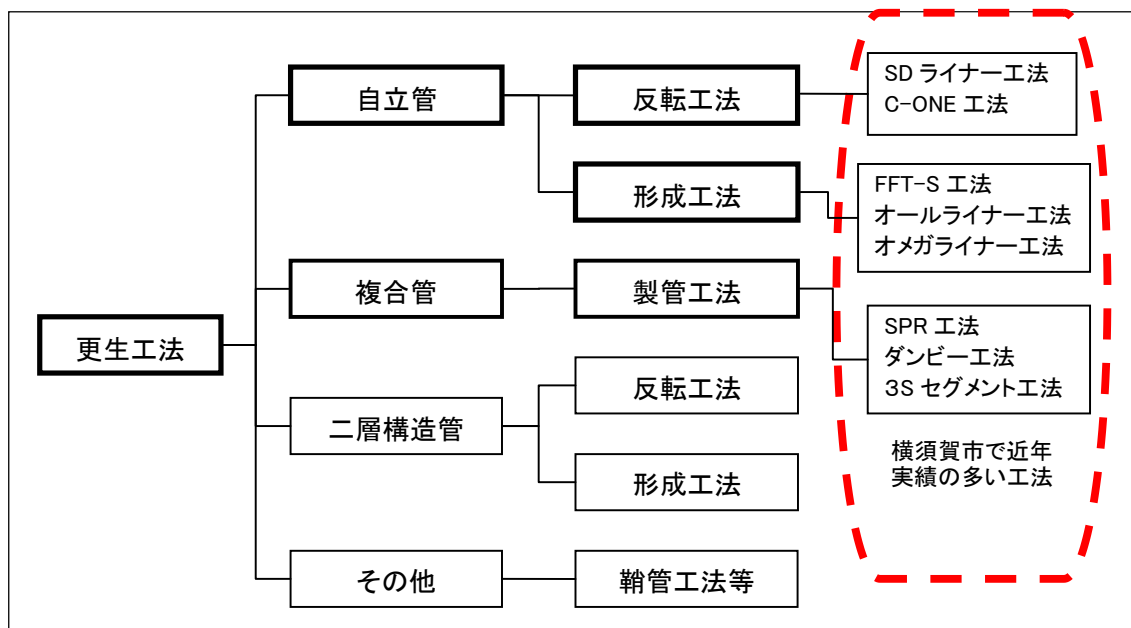


図 2-6 改築工法の分類

3. マンホール蓋の長寿命化計画

(1) 対象地区の概要

台帳上の管路延長は約 1,600km で、マンホールは約 76,000 枚ある。そのうち、東地区に 60,200 枚あり、布設年度の古い上町地区と下町第1地区に約 9,400 枚ある。標準耐用年数(車道 15 年、その他 30 年)を超えた蓋は約 7,000 枚あり、老朽化が進行していることから、この地区を対象施設とした。

(2) 対象施設の選定理由

上町地区と下町第1地区には標準耐用年数を超えた蓋が約 7,000 枚あり、その中でも初期に整備した「平受構造」の蓋が、未だ約 3,900 枚存在している。平受構造の蓋は、強度的にも今の基準に不適合の上、ガタツキが発生する。また、車道にも多く設置され、磨耗など損傷劣化が進むとスリップ・転倒・飛散事故につながる危険性があり、早急に対策が必要である。

表 2-6 東地区のマンホール蓋の内訳

地区名	マンホール蓋 枚数	標準耐用年数 を超えた枚数	平受構造の蓋 枚数	整備着手年度
上町地区	6,800	5,300	3,300	昭和 22 年度
下町第 1 地区	2,600	1,700	600	昭和 38 年度
下町第 2 地区	50,800	31,100	6,800	昭和 43 年度以降
合 計	60,200	38,100	10,700	

(3) 点検調査結果の概要

平成 19 年度より 4 力年で東地区 60,200 枚の内、56,000 枚を対象に調査を業務委託により実施した。

調査内容は、①蓋の設置環境、②蓋の仕様、③蓋の損傷や劣化、④その他である。下水道整備の古い地区から順次実施し、調査結果はデータベース化し、蓋の種別や年代、構造や材質などを分類する。さらに、現状把握に加え、腐食や磨耗など劣化損傷による判定を行ない、蓋の取替えに優先順位を付けて計画的に改築する事を目的とした。

表 2-7 平受構造の蓋と勾配受構造の蓋の不良箇所比較(東地区対象)

	平受構造		勾配受構造						計	
			30年以上		15～30年		15年以下			
対象数*	10, 682		6, 963		25, 658		8, 675		51, 978	
不良項目	箇所数	割合	箇所数	割合	箇所数	割合	箇所数	割合	箇所数	割合
外観（破損・クラック）	243	2. 3%	23	0. 3%	238	0. 9%	11	0. 1%	515	1. 0%
がたつき	109	1. 0%	16	0. 2%	58	0. 2%	2	0. 0%	185	0. 4%
摩耗	1, 787	16. 7%	58	0. 8%	313	1. 2%	132	1. 5%	2, 290	4. 4%
蓋裏腐食	1, 511	14. 1%	42	0. 6%	167	0. 7%	25	0. 3%	1, 745	3. 4%
蓋枠間段差	184	1. 7%	284	4. 1%	1, 061	4. 1%	17	0. 2%	1, 546	3. 0%
計	3, 834	35. 9%	423	6. 1%	1, 837	7. 2%	187	2. 2%	6, 281	12. 1%
長寿命化対象数	10, 682		2, 447						13, 129	

※対象数は、全調査数(56,000 枚)から塩ビ製蓋、グレーチング蓋及び判別不能のものを除いた数(51,978 枚)とした。

(4) 蓋の改築方針

当面は、上町地区と下町第1地区の「平受構造の蓋」及び「不良が判明した蓋」を最優先し、その後、苦情履歴・交通量・道路舗装工事予定などを考慮し、対象区域を広げながら長寿命化対象となる蓋をすべて改築する。

表 2-8 平受構造の蓋の判定結果

	平受 1		平受 2		平受 3		平受 4	
写 真								
経過年数	45年以上(推定) (30年越)		43～41年 (30年越)		39年以上(推定) (30年越)		39～36年 (30年越)	
材 質 (耐荷重)	コンクリート	A	FCD/FC	A	蓋FCD450 枠FC200	A	蓋FCD450 枠FC200	A
構 造 (ガタツキ、浮上等)	平受 蝶番なし	A	平受 蝶番なし	A	平受 外蝶番	A	平受 外蝶番	A
残存模様高 ※1 (滑 り)	材質該当しない	—	76% ($H \leq 3\text{mm}$)	A	97% ($H \leq 3\text{mm}$)	A	19% ($H \leq 3\text{mm}$)	B
蓋裏の錆 ※2 (強度、開閉機能)	材質該当しない	—	86% ($\geq 1/2$)	A	97% ($\geq 1/2$)	A	90% ($\geq 1/2$)	A
判定結果	改築最優先		改築最優先		改築最優先		改築最優先	

(5) 蓋の長寿命化計画

長寿命化対象となる蓋は、東京湾側に位置する東地区全体で約 13,000 枚ある。

調査の結果より、上町地区と下町第1地区の平受構造及び異常が発見された 2,460 枚を最優先とした。

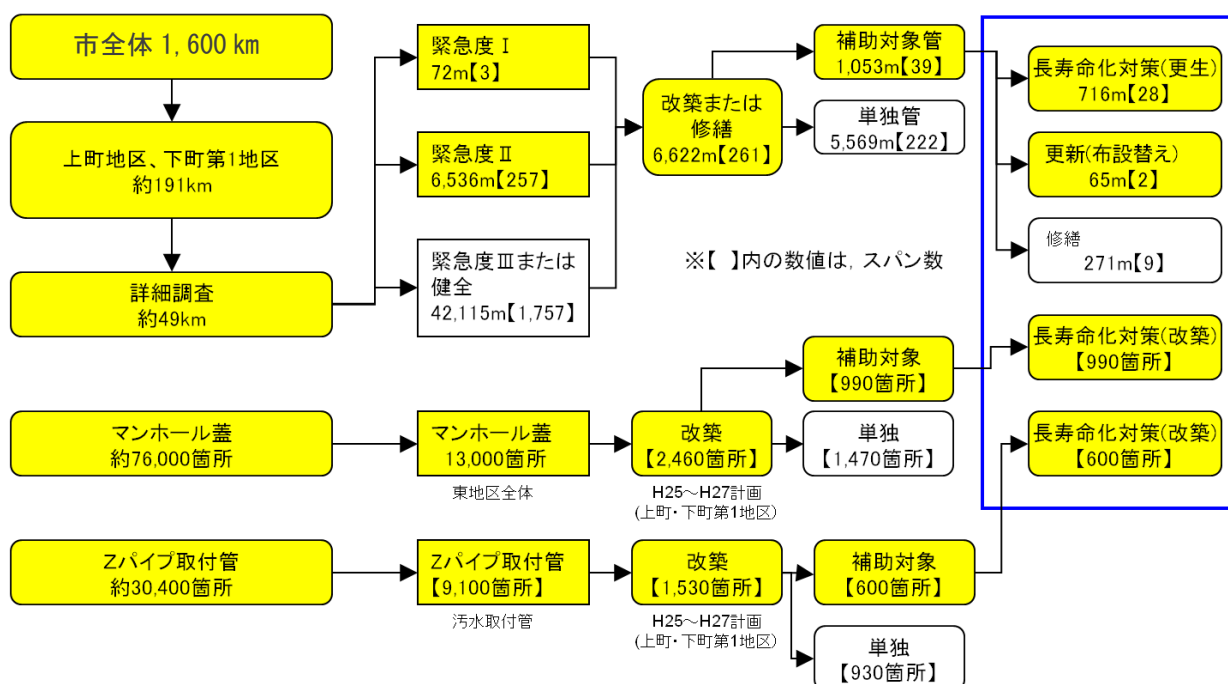


図 2-7 長寿命化計画の概要

4. おわりに

今後は、下水道施設全体を対象に、点検・調査等によって客観的に把握、評価し、長期的な施設の状態を予測しながら、点検・調査、修繕、改築を一体的に捉えて下水道施設を計画的かつ効率的に管理していく考えである。そのため、計画策定に必要な施設情報を収集・整理するとともに、既存の維持修繕履歴等のデータを蓄積していき、リスク管理に基づく優先順位の見直し等を行っていく予定である。

