

構造に関する基準等について

1. メリハリをつけた戦略的再構築の考え方

2. リダンダンシー

2-1. リダンダンシー確保の考え方について

2-2. リダンダンシー確保の取組事例

3. メンテナビリティ

3-1. 管路の埋設深について

3-2. マンホールの間隔について

3-3. マンホールの構造や大きさについて

3-4. マンホール蓋の大きさについて

3-5. マンホール蓋の機能付加

3-6. 光ファイバーセンサーの活用

3-7. 段差の解消

3-8. その他メンテナンスしやすい仕組みについて

4. 化学・力学・地盤の3つの弱点箇所への対策

4-1. 3つの弱点箇所への対策

4-2. 化学的弱点箇所への対策について

1. メリハリをつけた戦略的再構築の考え方

2. リダンダンシー

2-1. リダンダンシー確保の考え方について

2-2. リダンダンシー確保の取組事例

3. メンテナビリティ

3-1. 管路の埋設深について

3-2. マンホールの間隔について

3-3. マンホールの構造や大きさについて

3-4. マンホール蓋の大きさについて

3-5. マンホール蓋の機能付加

3-6. 光ファイバーセンサーの活用

3-7. 段差の解消

3-8. その他メンテナンスしやすい仕組みについて

4. 化学・力学・地盤の3つの弱点箇所への対策

4-1. 3つの弱点箇所への対策

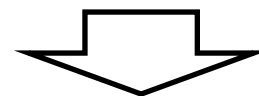
4-2. 化学的弱点箇所への対策について

1. メリハリをつけた戦略的再構築の考え方

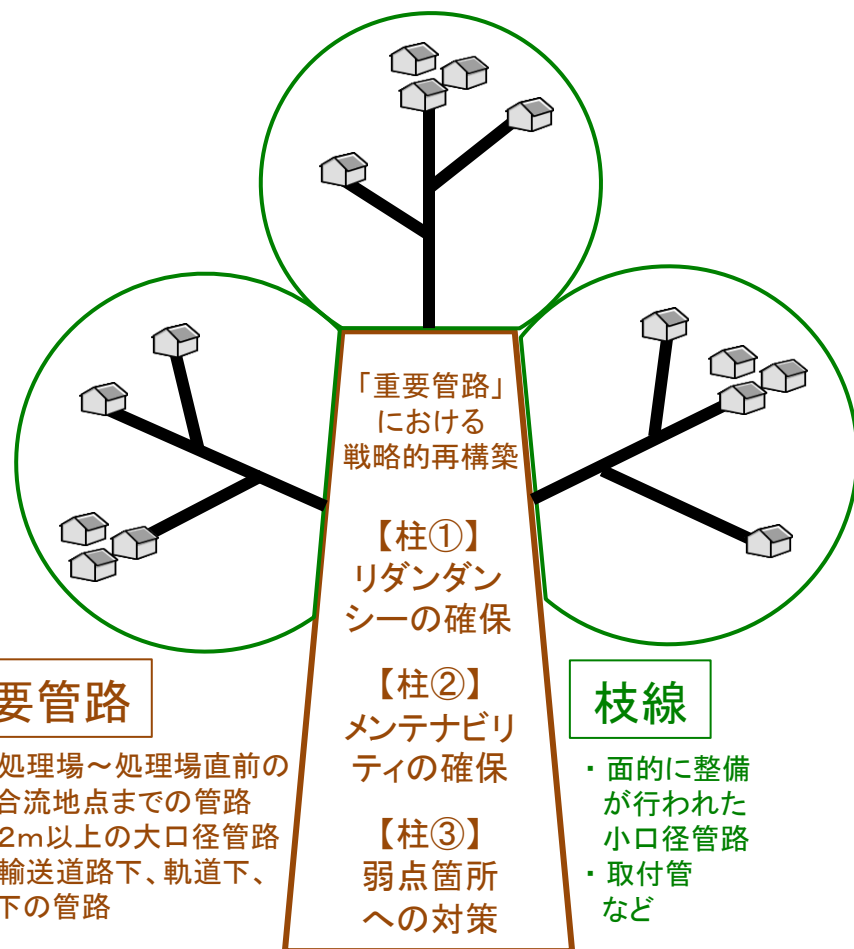
○ 限られた人員や予算の中で下水道管路を確実に管理するため、メリハリの考え方のもと、「重要管路」に重点化し、リダンダンシーやメンテナビリティの確保、弱点箇所への対策を推進する。

「重要管路」における戦略的再構築の3つの柱

- ① 災害・事故時の機能確保に加え、平時にも調査や改築等を確実・容易に行えるよう、既存の施設等を最大限活用しても水位を下げるできない箇所では、リダンダンシーを確保することを原則とする。
- ② 施設管理の確実性や容易性を向上させるため、極力無人化・省力化することを前提に、改築の機会を捉え、メンテナビリティを確保することを基本とする。
- ③ 化学・力学・地盤の3つの弱点箇所では、改築の機会を捉え、新技術の積極的な活用等により、各弱点への対策を実施することを原則とする。



本格的な維持・更新の時代を迎える中で、「重要管路」について、今後100年以上にわたり機能を維持することを目指し、強靱で持続可能な下水道システムの構築を図る



メリハリをつけた戦略的再構築のイメージ

1. メリハリをつけた戦略的再構築の考え方

2. リダンダンシー

2-1. リダンダンシー確保の考え方について

2-2. リダンダンシー確保の取組事例

3. メンテナビリティ

3-1. 管路の埋設深について

3-2. マンホールの間隔について

3-3. マンホールの構造や大きさについて

3-4. マンホール蓋の大きさについて

3-5. マンホール蓋の機能付加

3-6. 光ファイバーセンサーの活用

3-7. 段差の解消

3-8. その他メンテナンスしやすい仕組みについて

4. 化学・力学・地盤の3つの弱点箇所への対策

4-1. 3つの弱点箇所への対策

4-2. 化学的弱点箇所への対策について

2-1. (1)リダンダンシー確保の考え方について

- 「リダンダンシーの確保」とは、障害発生時の一部区間途絶等がシステム・系統全体の機能不全につながらないように対処することである。
- 下水道管路の場合、「多重化」により、災害・事故時に下水の排除を確実に進めるようにするとともに、平時においても、管内水位を低下させ、調査や改築等を確実に進めるようにすることである。
- 「重要管路」において、既存の施設等を最大限活用しても水位を下げるできない箇所では、リダンダンシーを確保することを原則とする。

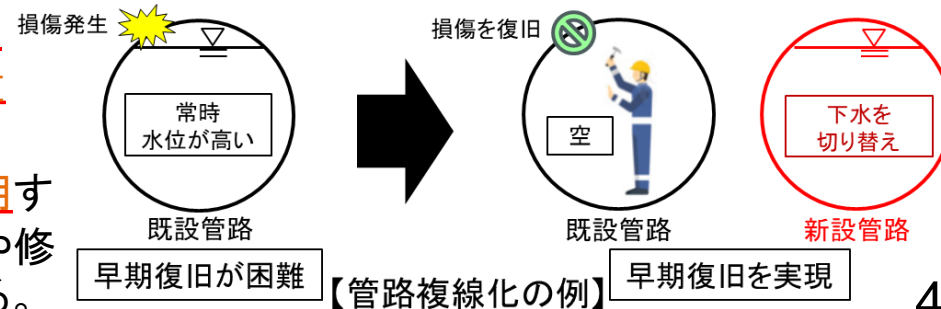
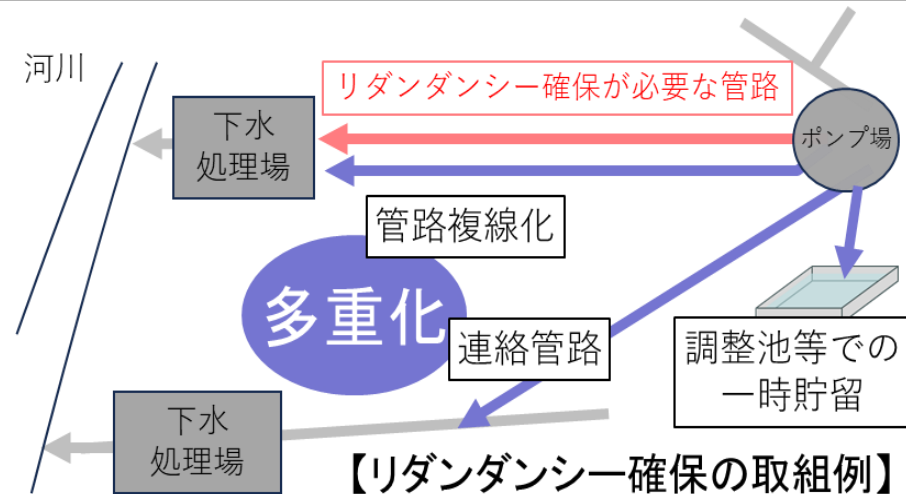
対象の考え方

- 重要管路とは、下記に該当するものとする。
 - ・ 下水処理場～処理場直前の最終合流地点までの管路
 - ・ 管径2m以上の大口径管路
 - ・ 緊急輸送道路下、軌道下、河川下の管路
- 災害・事故時の機能確保や、調査や改築等の確実な実施を可能とする水位について、更生工法が実施可能な最大水位※の60cm以下を目安とする。

※ SPR工法の基本仕様（出典）SPR工法協会HP

対策の考え方

- 個々の下水道システムの特徴や状況を踏まえて、管路複線化や連絡管整備、貯留施設の増設、ポンプ設備の配置等を適切に組み合わせ、効率的・効果的な対策とする。
- 上記に取り組む際には、既存の施設や計画を最大限活用するとともに、浸水対策施設としての活用など、点検・調査や修繕・改築、災害・事故時以外の多面的な活用にも考慮する。



2-1. (1)【参考1】雨天時の危険水位について

＜例えば身長170cmの場合＞

- ・水深50cm(ひざくらいの高さ)の際、
流速1.5m／秒程度で安全避難が困難となる。
- ・水深90cm(腰くらいの高さ)の際、
流速0.7m／秒程度で安全避難が困難となる。

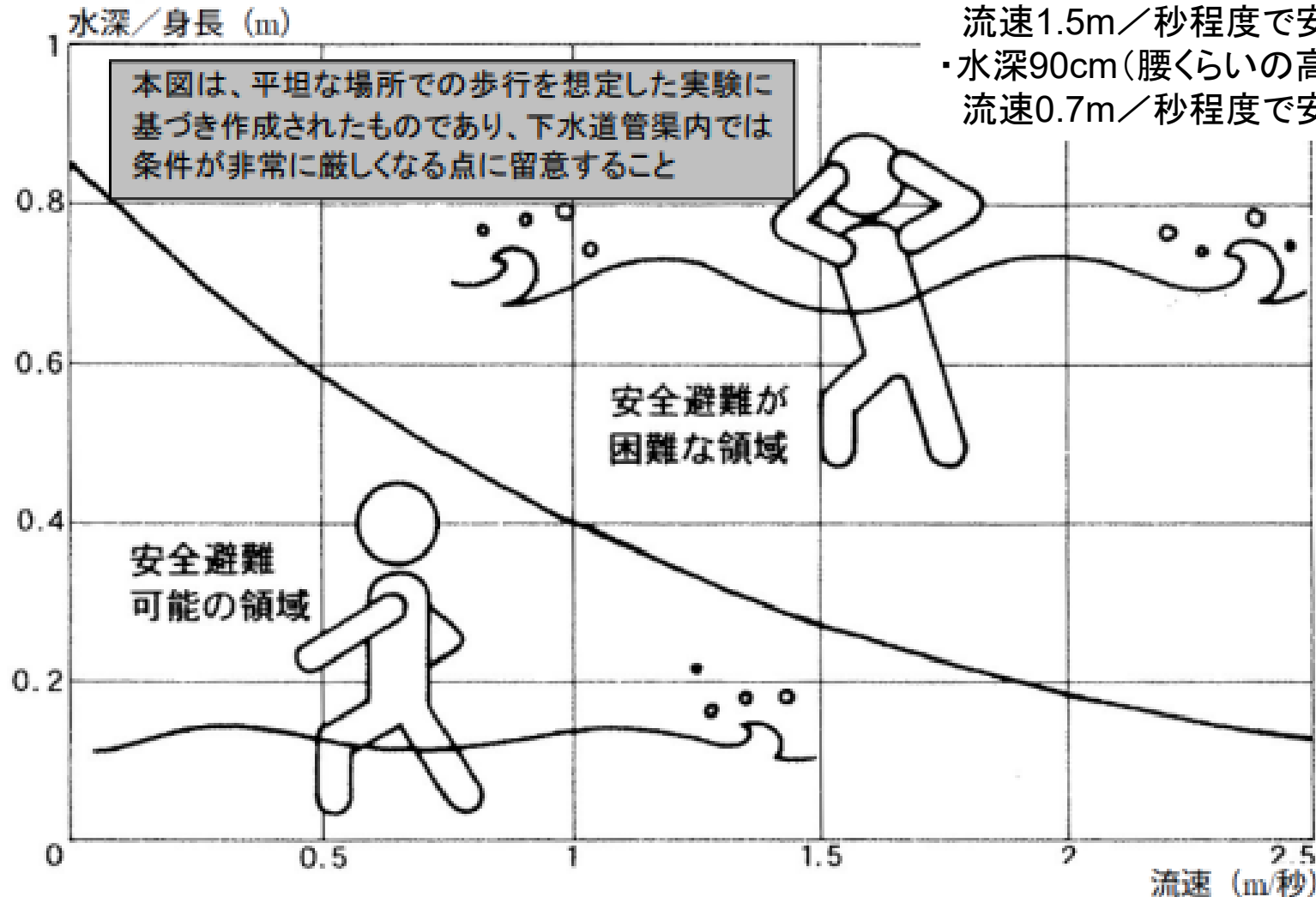


図 洪水避難時に水中歩行できる領域

2-1. (1)【参考2】現行の指針等におけるリダンダンシーに関する記述について

出典 「下水道施設計画・設計指針と解説」(日本下水道協会)

第2章 汚水処理計画, 汚泥処理・利活用計画
第5節 汚水処理施設計画, 汚泥処理・利活用施設計画
§ 2.5.2 管路施設の計画

(1)管路施設の送水方式
【解説】
なお、圧力方式は破損や閉塞による周辺環境への影響が大きいとともに、復旧が困難なケースも多い。また、点検・調査や改築時における水替えが困難となるため、**二条化**等について検討することが必要である。(p85)
(4)管路の構造
2)管きよの伏越し
【解説】
管きよの伏越しは、沈殿物の堆積による管きよの閉塞又は腐敗によるガス、悪臭の発生が生じやすく維持管理上好ましくないため、原則設置しない。地域の実情等によりやむを得ず設置する場合は、**二条化**や伏越し室、下水道クイックプロジェクトで提案されている改良型伏越しの採用等により、維持管理性を十分に考慮する。(p86)

第2章 汚水処理計画, 汚泥処理・利活用計画
第9節 小規模下水道の基本計画
§ 2.9.2 下水道計画の基本方針

(3)下水道計画に用いる諸元
【解説】
なお、長期計画や将来の土地利用の大幅な変更など汚水量の増加が見込まれる場合には、**幹線管きよの二条化**や処理場の増設等を考慮することで、下水道計画に柔軟性を持たせておくことが望ましい。(p135)

第2章 汚水処理計画, 汚泥処理・利活用計画
第7節 地震・津波対策
§ 2.7.4 耐震設計

(3)施設の重要度
2)既存の管路施設の重要度による区分(p122)

表 2.7.9 既存の管路施設の重要度による区分¹⁾

【重要な幹線等】	【特に重要な幹線等】
a)流域下水道の幹線管路 b)ポンプ場及び処理場に直結する幹線管路 c)河川・軌道等を横断する管路で地震被害によって二次災害を誘発するおそれのあるもの及び復旧が極めて困難と予想される幹線管路等 d)被災時に重要な交通機能への障害を及ぼすおそれのある緊急輸送路等に埋設されている管路 e)相当広範囲の排水区を受け持つ吐口に直結する幹線管路 f)防災拠点や避難所、又は地域防災対策上必要と定めた施設等からの排水を受け持つ流末管路 g)その他、下水を流下収集させる機能面から見てシステムとして重要な管路	・処理場と災害対策本部施設（役所等）や特に大規模な広域避難場所等^{注1}の防災拠点をつなぐ管路 ・軌道や緊急輸送路等下の埋設管路 ・既存施設を活用したネットワーク化などのシステマ的な対応管路^{注2} ・相当広範囲の排水区を受け持つ吐口に直結する幹線管路
	【その他の重要な幹線等】 重要な幹線等のうち、特に重要な幹線等以外の幹線等

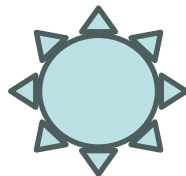
注 1. 「特に大規模な広域避難場所等」の考え方（例）
・ DID 地区内等にあり、当該地方公共団体において多数の避難者を収容する拠点
・ 地域防災計画等に位置づけられた災害時の拠点医療施設
・ 支援基地に近接する等の避難者が一時的に集中する避難場所や応急給水拠点等
2. **幹線管路の二条化や処理場間のネットワーク化等**

2-1. (2) 整備施設の多面的な活用(浸水対策の例)

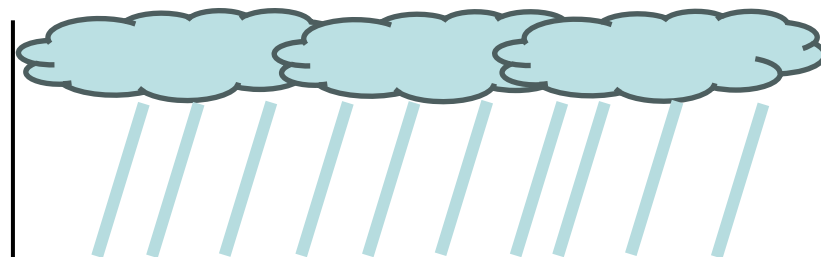
○ リダンダンシー確保のために整備した施設は、豪雨発生時の浸水対策施設等としても活用。

【管路複線化の例】

晴天時



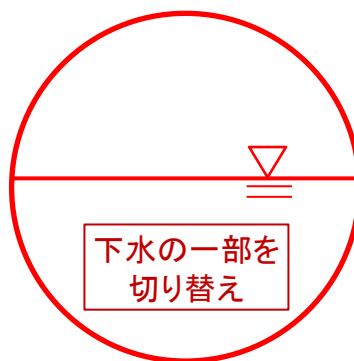
豪雨発生時



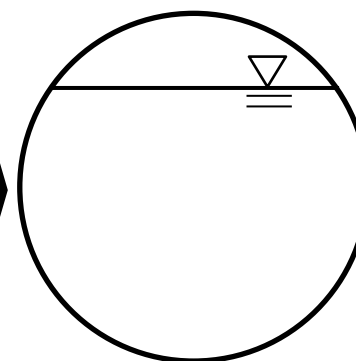
既設管路



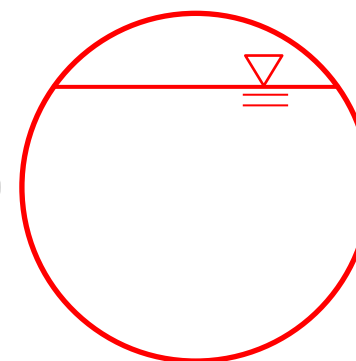
既設管路



新設管路



既設管路



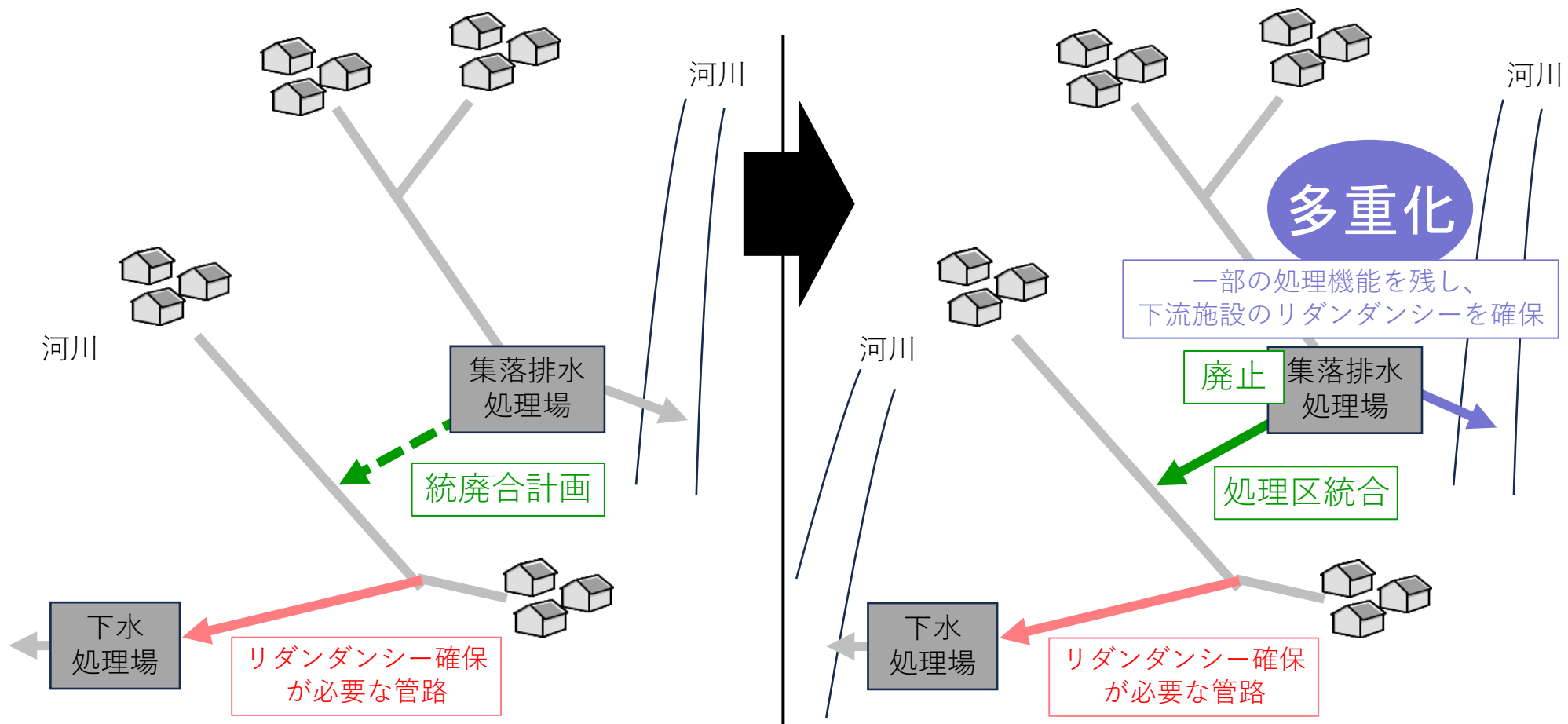
新設管路

浸水防除能力が向上

2-1. (3) 既存計画を活用した施設整備(統廃合計画の例)

- 既存の統廃合計画において、廃止予定の処理場の一部機能を残すこととし、受入側施設のリダンダンシーを確保する。

【廃止予定の処理場の一部機能を残すイメージ】



2-2. (1) リダンダンシー確保の取組事例(管路複線化と連絡管整備)

取組	自治体名 新設管路名	主目的	管路新設にあたっての考え方	多面的な活用
管路 複線化	東京都 千代田幹線 など	合流管の 改築	老朽化した管路を流れる流量を改築可能な水位まで低下させるため、必要な管径等を設定。	・ 合流改善 (水質改善)
	仙台市 第3南蒲生 幹線	合流管と 污水管の 改築	老朽化した管路を流れる流量を全量切り替えることが可能なよう、必要な管径等を設定。	・ 災害対策 ・ 雨天時浸入水対策 (詳細は今後検討予定)
連絡管 整備	神戸市 妙法寺川 污水幹線	污水管の 改築	受入先の管路や処理場の余裕量内で、老朽化した管路を流れる流量を全量切り替えることが可能なよう、必要な管径等を設定。	・ 能力不足の解消 (平時より使用) ・ 災害対策
	千葉県 印旛沼・ 江戸川左岸 連絡幹線	災害対策	各処理場の被災想定における能力不足量を踏まえ、受入先の管路や処理場の余裕量内で、送水量や管径等を設定。	・ 面整備の効率的促進 (暫定流入を実施中) ・ 管路や処理場の改築時の 汚水融通
(参考) 処理場間 の連絡管 整備	神戸市 下水道 ネットワーク システム	災害対策	各処理場の計画汚水量と計画処理能力を踏まえ、汚水融通量を設定。管径等は、管内貯留の必要量も加味して設定。 (双方向に融通可能)	・ 平時より汚水融通を実施 (処理場改築時にも使用) ・ 雨天時浸入水対策

2-2. (2) 管路複線化の事例(東京都)

主目的

東京都では、老朽化した既設管路の再構築を進める中で、常時高水位で再構築ができない幹線の下水をバイパスさせるため、管路複線化(代替幹線の整備)を実施。

設計思想

既設の合流管路において、管更生工事の実施が可能となる水位※まで流量を低下させるために、必要な管径等の条件を設定。

※東京都で主に採用している工法では、下水の水位が管径の30%かつ60cm以下、流速1.0m/s以下

多面的活用

合流改善(水質改善)に寄与。



千代田幹線の例

2-2. (3) 管路複線化の事例(仙台市)

主目的

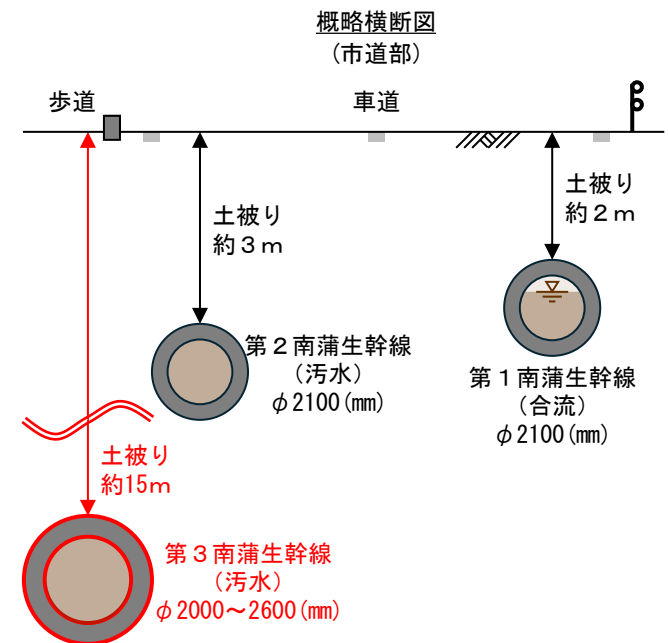
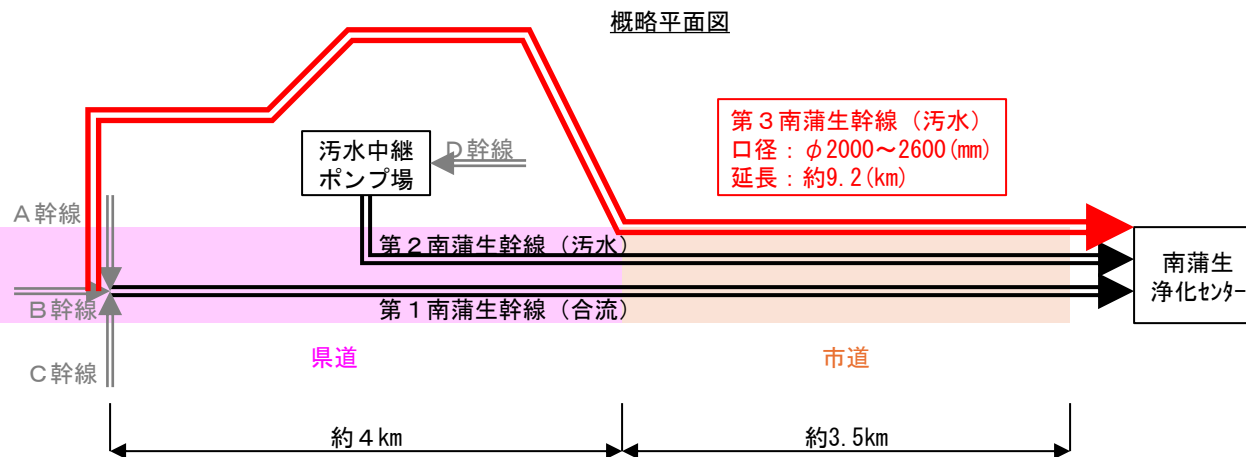
仙台市では、経過年数が古く、常時水位が高い既設管路(第1南蒲生幹線・第2南蒲生幹線)の調査や改築等を可能とするため、管路複線化(第3南蒲生幹線の整備)を実施。

設計思想

第1南蒲生幹線(合流管・大部分の区間が満管での自然流下)及び第2南蒲生幹線(污水管・圧送式)を流れるそれぞれの流量を全量切り替えるために、必要な管径等を設定。

多面的活用

既設管路が地震等で破損し機能不全となった場合に下水道機能を確保するとともに、既存管路の改築や耐震化が完了した後、雨天時浸入水対策等のため、第3南蒲生幹線を貯留管として運用することを検討予定。



※1 第1南蒲生幹線と第2南蒲生幹線は全くの別地域の污水を受け持っており、両幹線で本市の約7割の污水を受け持つ。

※2 接続部分には、制水ゲート(スルースゲート)や制水弁(バタフライ弁)を設置し、流量調整ができる構造としている。

※3 第3南蒲生幹線は地盤の固い深い層に、耐震性の高いシールド工法で布設。

2-2. (4) 連絡管整備の事例(神戸市)

主目的

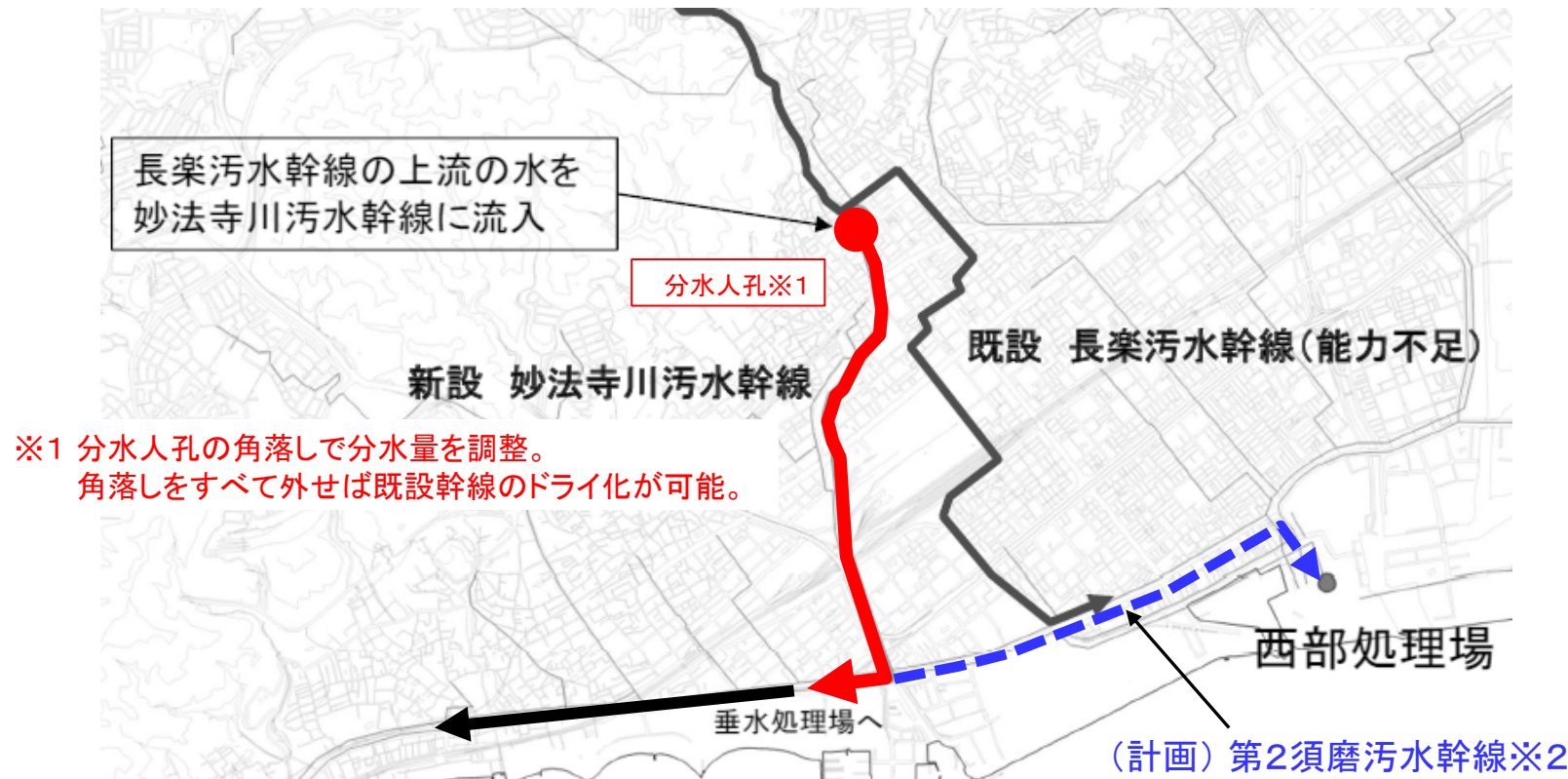
神戸市では、常時水位が高い既設管路(長楽污水幹線)の水位を下げ、老朽化対策や耐震化を実施するため、連絡管(妙法寺川污水幹線)の整備を実施。

設計思想

長楽污水幹線(污水管・自然流下)の機能不全にも対応できるよう、流れる流量を全量切り替えるために、必要な管径等を設定。

多面的活用

流量の増加に伴う既設管路の能力不足解消のため、増補管の役割を担う(平時より使用)とともに、既設管路が地震等で破損し機能不全となった場合に下水道機能を確保。



※2 現状は連絡管として垂水処理場へ流入しているが、将来的に第2須磨污水幹線の整備が完了すれば、西部処理場への流入が可能(管路複線化)となる。

2-2. (5) 連絡管整備の事例(千葉県)

主目的

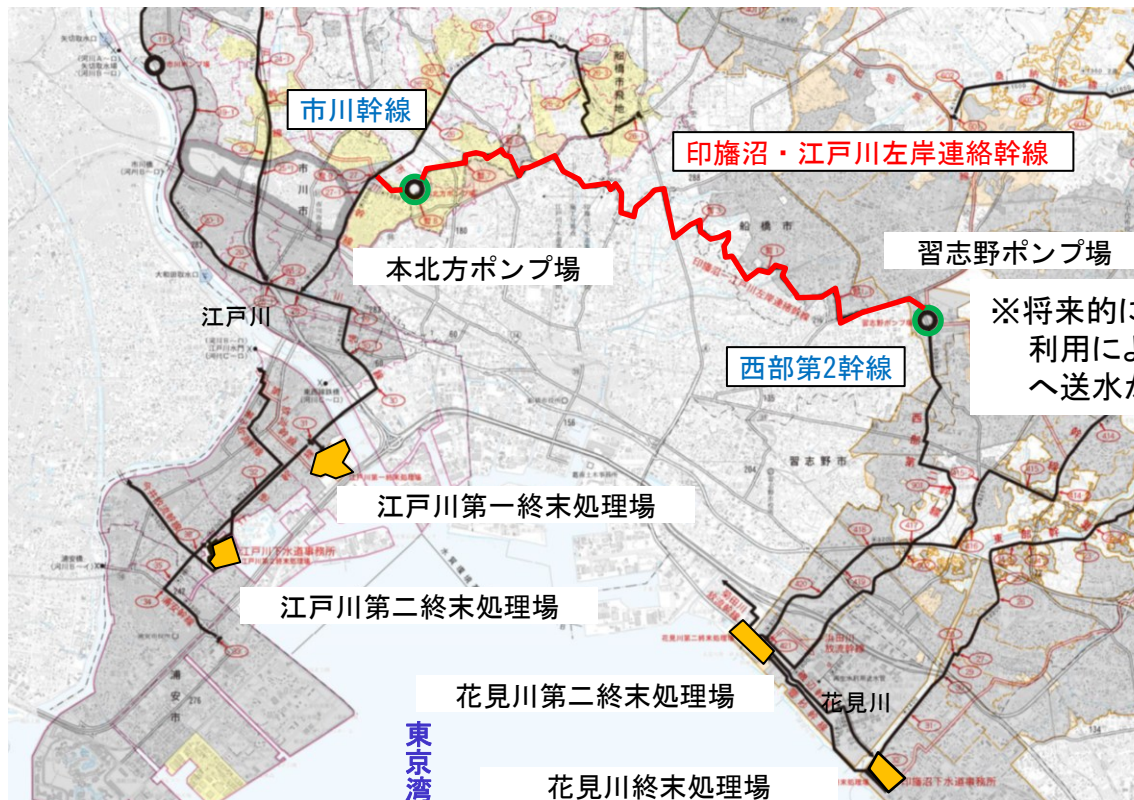
千葉県では、既設の処理場や管路が地震等で機能不全となった場合に、下水道の機能を確保するため、連絡管(印旛沼・江戸川左岸連絡幹線)の整備を実施。

設計思想

各処理場の被災想定における能力不足量を踏まえ、受入先の管路や処理場の余裕量内で、送水量や管径等を設定

多面的活用

面整備(処理区域拡大)に伴う既設管路の能力不足解消のため暫定流入を実施しており、将来的に、管路や処理場の改築時の汚水融通も可能とする予定。



※将来的には、本北方ポンプ場および習志野ポンプ場の利用により、市川幹線および西部第2幹線の双方向へ送水が可能とする。

2-2. (6)【参考】処理場間の連絡管整備の事例(神戸市)

主目的

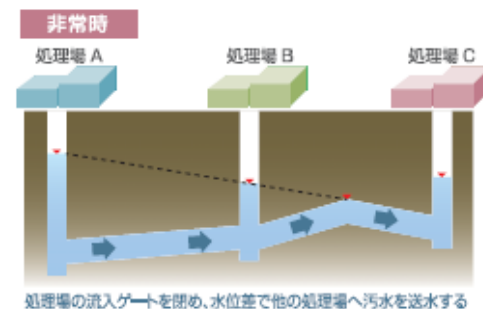
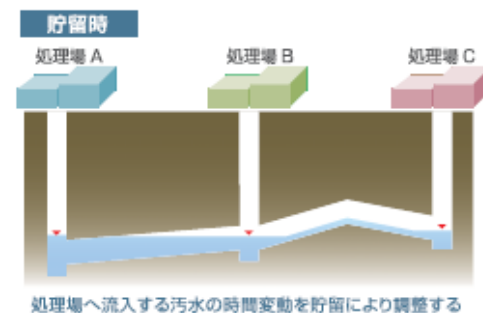
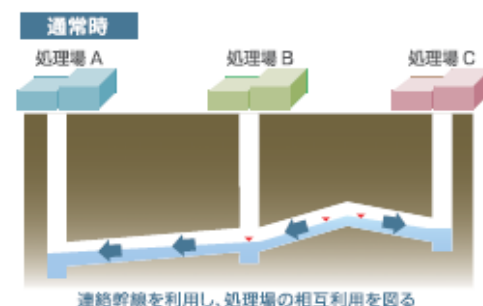
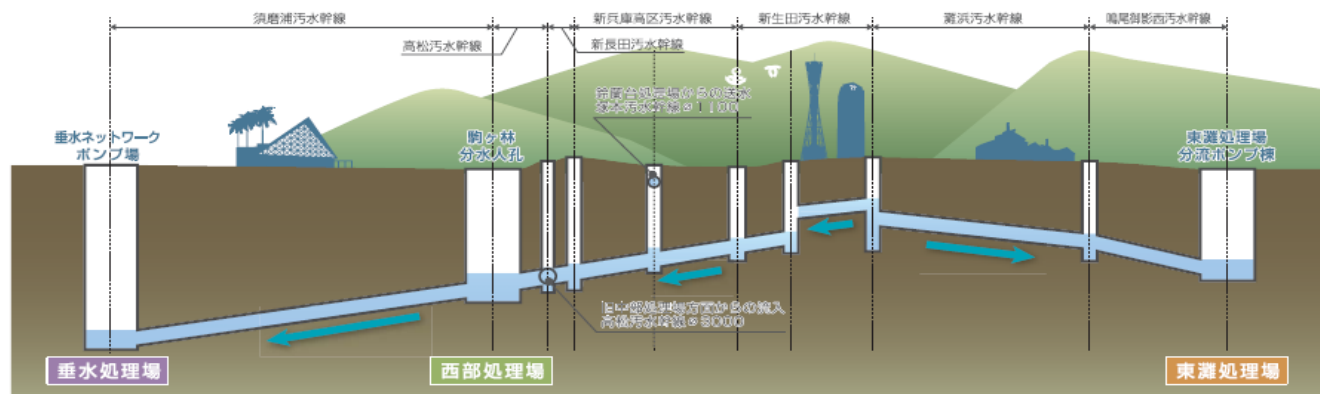
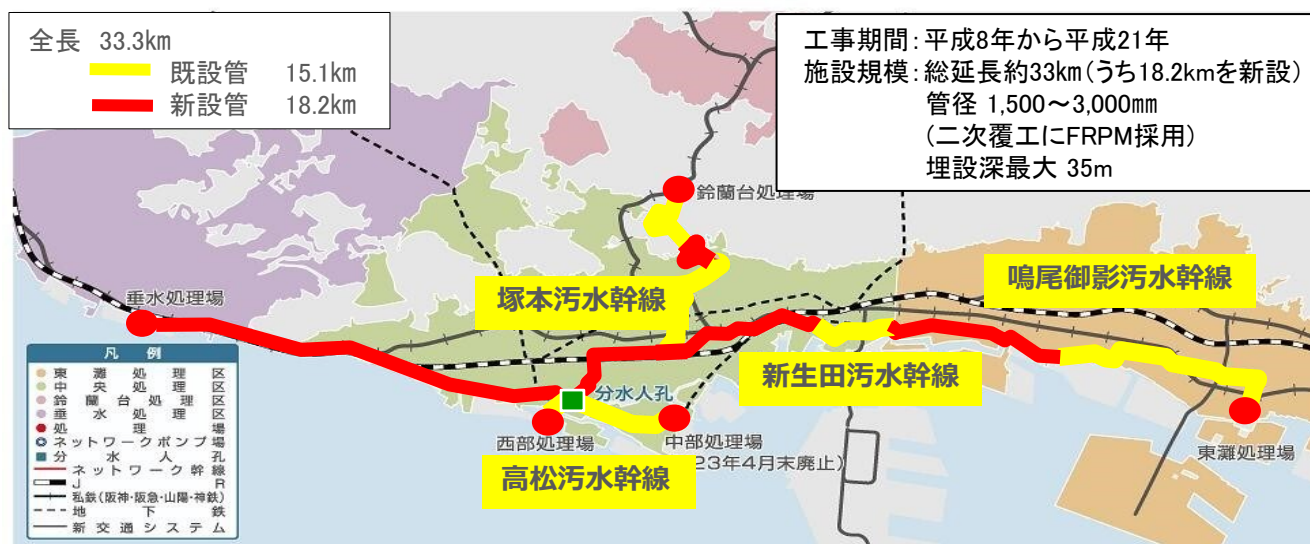
神戸市では、震災の経験から、既設の処理場が地震等で機能不全となった場合に、下水道の機能を確保するため、連絡管(下水道ネットワークシステム)の整備を実施。

設計思想

各処理場の計画汚水量と計画処理能力を踏まえ、汚水融通量を設定。管径等は、管内貯留の必要量も加味して設定。(双方向に融通可能)

多面的活用

平時より汚水融通を実施。副次的に、雨天時浸入水対策にも寄与。



1. メリハリをつけた戦略的再構築の考え方

2. リダンダンシー

2-1. リダンダンシー確保の考え方について

2-2. リダンダンシー確保の取組事例

3. メンテナビリティ

3-1. 管路の埋設深について

3-2. マンホールの間隔について

3-3. マンホールの構造や大きさについて

3-4. マンホール蓋の大きさについて

3-5. マンホール蓋の機能付加

3-6. 光ファイバーセンサーの活用

3-7. 段差の解消

3-8. その他メンテナンスしやすい仕組みについて

4. 化学・力学・地盤の3つの弱点箇所への対策

4-1. 3つの弱点箇所への対策

4-2. 化学的弱点箇所への対策について

3-1. 管路の埋設深について

現行の基準(下水道施設計画・設計指針と解説より)

- 管路の埋設深(土被り)は、道路構造に支障を与えないものとし、取付管、輪荷重、路盤厚及び他の埋設物との関係、その他道路占用条件を考慮して適切に決定する。

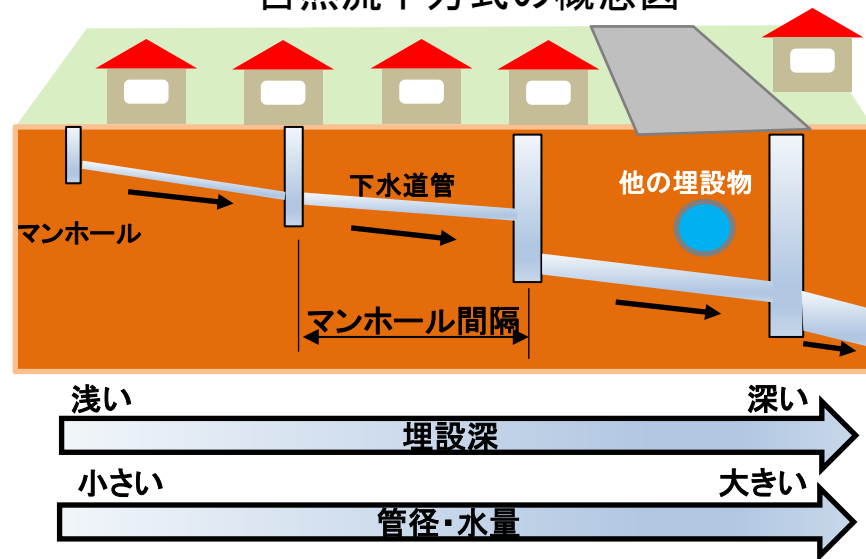
現状の課題

- 自然流下方式では、集水量が多いほど埋設深は深くなる。
- 埋設深が深いと、管路へアクセスしにくく、仮排水に高いポンプ揚程が必要となる等、修繕・改築自体が困難となる。
- 一方で、ポンプ施設・設備が増えたと、管理コストが増える。

メンテナビリティの確保に向けて

- 改築の機会を捉え、ポンプ設備の適切な配置など、上記課題も踏まえた適切な埋設深を検討する。

自然流下方式の概念図



<埋設深に応じたメリット・デメリット>

	メリット	デメリット
埋設深が浅い場合	● <u>管路へアクセスしやすい</u> ● <u>仮排水を実施しやすい等、修繕や改築が容易</u> ● 施工費用が安価に抑えられる	● <u>ポンプ施設・設備が増えることで、管理コストが増える</u> ● 車両による荷重・振動や他の埋設物の施工による影響を受けやすく、異状の要因となる ● 地震動や液状化の影響を受けやすい
埋設深が深い場合	● <u>ポンプ施設・設備を削減出来れば、管理コストが減る</u> ● 車両による荷重・振動や他の埋設物の施工による影響等を受けにくい ● 地震動や液状化の影響を受けにくい	● <u>管路へアクセスしにくい</u> ● <u>仮排水に高いポンプ揚程が必要となる等、修繕・改築自体が困難となる場合もある</u> ● 陥没発生時の被害規模が大きくなる可能性がある ● 施工費用が高価となる

3-2. マンホールの間隔について

現行の基準(下水道施設計画・設計指針と解説より)

- マンホールは、管きょ内の点検・調査・清掃・修繕・改築等を行うために必要な施設である。
- 維持管理する上で必要な箇所のほか、管きょの起点及び方向又は勾配が変化する箇所、段差が生じる箇所などに設ける。改築に際しては、維持管理情報等を踏まえ、適切な配置とすることが望ましい。

マンホールの管きょ径別最大間隔				
管きょ径 (mm)	600 以下	1,000 以下	1,500 以下	1,500 超
最大間隔 (m)	75	100	150	200

現状の課題

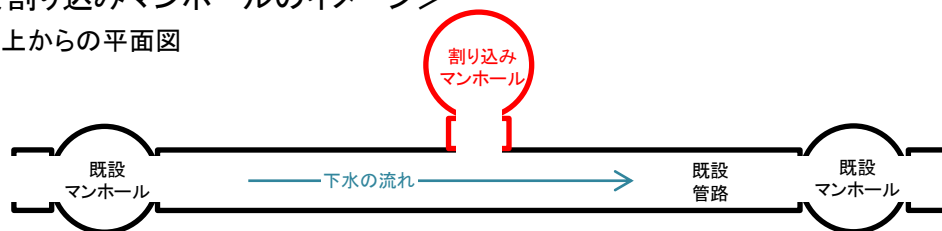
- 推進工法やシールド工法等の技術開発に伴い、立坑用地確保難の解消、施工時の交通規制や工事費の縮減等の観点から、マンホールが省略され、規定の間隔を大幅に超えて長距離スパンとなる場合も多い。
- 長距離スパンとなると、点検・調査・清掃では、TVカメラ調査等の機械化が困難となる場合が多く、潜行して作業するには作業員に過大な負担や危険性がかかる。また、修繕・改築でも施工が困難となる場合がある。

メンテナビリティの確保に向けて

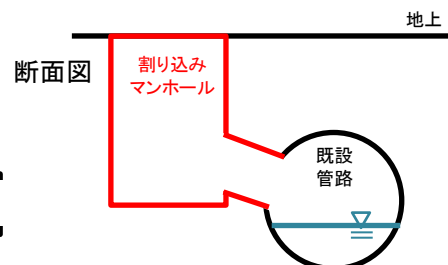
- 改築の機会を捉え、点検・調査・清掃・修繕・改築等を行う上で適切な間隔に見直すことを基本とする。
- 改築の予定が無い場合においても、割り込みマンホールの設置を検討する。
- 長距離スパンでの管内作業軽減のため、必要な資機材の搬入や酸素欠乏・硫化水素ガスの対策等を十分に可能とするよう、改築の機会を捉え、マンホールの大きさや構造を見直すことを基本とする。▶ 次頁3-3. へ

<割り込みマンホールのイメージ>

上からの平面図



断面図



<割り込みマンホールの課題>

- 設置費用が膨大となる場合がある。
- 用地の確保が困難な場合がある。
- 流量が多い場合など、設置自体が困難な場合がある。 等

3-3. マンホールの構造や大きさについて

現行の基準(下水道施設計画・設計指針と解説より)

- マンホールの標準の構造として、足掛け金物、踊り場、スラブ及び中間スラブ、副管などが示されている。改築に際しては、維持管理情報等を踏まえ、適切な構造とすることが望ましい。
- マンホールの大きさは、管きよの内径に応じた形状寸法が示されており、管きよ接続の削孔間隔は10cm以上確保が望ましい。

現状の課題

- 古いマンホールでは、規定を満たしていない場合がある。また、規定を満たしていても、点検・調査・清掃・修繕・改築等の作業内容によっては、構造や大きさが不十分な場合もある。
- 構造や大きさが不十分な場合、管内作業の機械化が困難となり、潜行して作業するには作業員に過大な負担や危険性がかかる。

メンテナビリティの確保に向けて

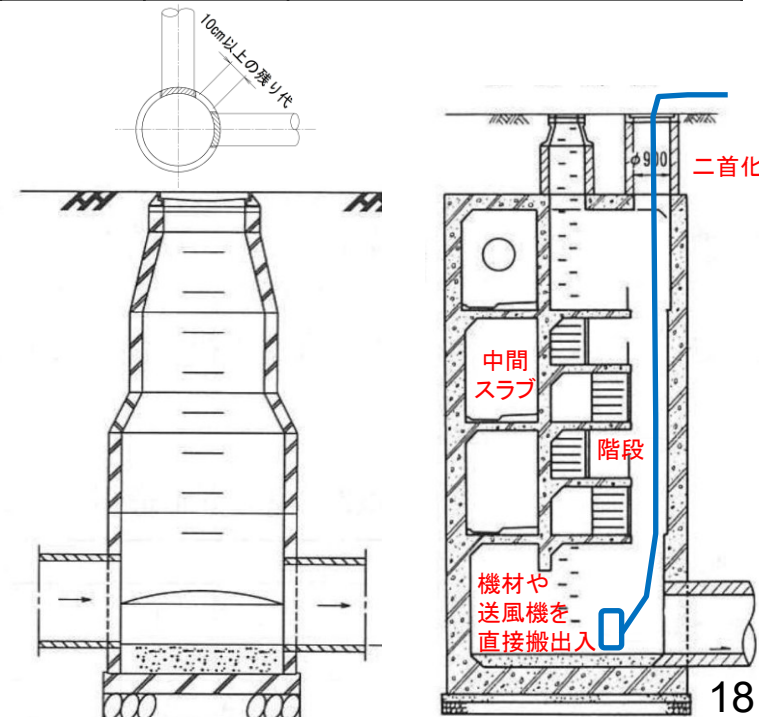
- 改築の機会を捉え、極力無人化・省力化することを前提に、資機材の搬出入や作業員の退避が容易になるよう、マンホールの構造や大きさを見直すことを基本とする。

<マンホールの構造や大きさの見直し例>

- 資機材の搬出入や作業員の入坑、送風機による風乾等を同時に行えるよう、マンホールの首を増やす(二首化等)
- 作業員の入坑や退避、資機材の搬出入等を容易にするため、中間スラブや階段を設置する
- マンホール内での資機材の組み立てが不要となるようマンホールの大きさを拡大するとともに、資機材を管きよに直接投入できるよう構造を工夫する 等

下水道用鉄筋コンクリート製組立マンホールの形状別用途

呼び径	形状寸法	用 途
円形0号マンホール	内径75cm	小規模な排水又は起点 他の埋設物の制約等から1号マンホール が設置できない場合
円形1号マンホール	内径90cm	管の起点及び内径500mm以下の管の中間 点並びに内径400mmまでの管の会合点
円形2号マンホール	内径120cm	内径800mm以下の管の中間点並びに内径 500mmまでの管の会合点
円形3号マンホール	内径150cm	内径1,100mm以下の管の中間点並びに内 径700mmまでの管の会合点
円形4号マンホール	内径180cm	内径1,200mm以下の管の中間点並びに内 径800mmまでの管の会合点
円形5号マンホール	内径200cm	内径1,500mm以下の管の中間点並びに内 径1,100mmまでの管の会合点



小口径管路のマンホール例

大口径・大深度のマンホール例

3-4. マンホール蓋の大きさについて

現行の基準(下水道施設計画・設計指針と解説より)

- マンホール蓋は、車両等による荷重を繰り返し受け、過酷な設置環境の中で強度、摩耗性、耐久性、安全性、がたつき防止等の機能を果たすことが求められ、設置場所により適切な形状及び構造とすることが望ましい。

現状の課題

- 下水道用鋳鉄製マンホール蓋(JSWAS G-4)の種類は、呼び径300、500、600、900及び900-600mmがあり、開閉や入坑のしやすさにより、φ600mmの蓋が一般的に定着している。
- φ600mmの開口部では、機材を分割して搬入し、マンホールの内部で機材を組み立てる等などの手間がかかっている。また、水替えを行うにあたって、必要なポンプを搬入できず、対応を断念する事例もみられる。

メンテナビリティの確保に向けて

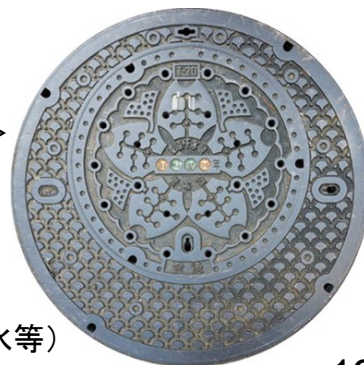
- 改築の機会を捉え、極力無人化・省力化することを前提に、資機材の搬出入や作業員の退避が容易になるよう、マンホール蓋の大きさを見直すことを基本とする。

【参考】現場事業者へのヒアリング

- 調査機器は、現行のマンホールの開口部(φ600mm)から投入することを前提に作られており、開口部の大きさがネックで調査出来なかったという事例は聞かないが、開口部が大きくなれば、機器を4分割して搬入していたものを、2分割または分解しないで搬入できる等、作業効率の改善が期待できる。
- 水中ポンプで水替えを行い、管内作業を進める計画であったが、φ600mmの開口部では、必要なポンプを管内に搬入できず、対応を断念した事例があった。
- 管更生の実施にあたっては、管内で安全に作業するために、φ900mm以上の大きさが必要な工法もある。
- 一方、φ900mmの蓋の場合、蓋が大きく重量があるため、蓋の開閉が大変である。また、入孔時には、広すぎて昇降に危険性があり、手掛けを使用しても怖さを感じる。

＜マンホール改築に伴う改良例＞

- 親子蓋の採用
日常点検：φ600を開閉
(開閉や入坑がしやすい)
改築時等：φ900を開閉
(換気・資機材搬入・仮排水等)



親子蓋(900-600)

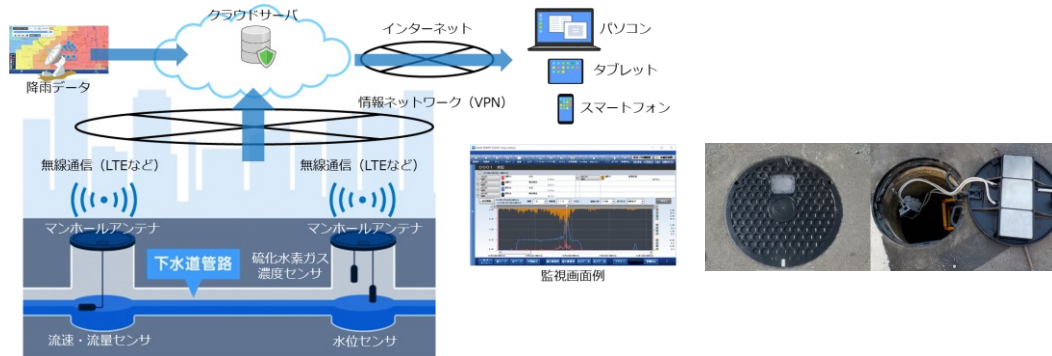
3-5. マンホール蓋の機能付加

○ 管内の硫化水素ガス濃度の測定や、通信網を利用したリアルタイムの情報発信等を可能とする技術の普及を促進する。

<マンホール蓋の機能付加(例)>

多機能型マンホール蓋 (明電舎・日水コン・日之出水道機器・TGS)

- 下水道管路内環境や流下状況を遠隔でモニタリングが可能。
- ICTを活用した管路管理の効率的調査・計測ツールとして利用のほか、他社会インフラ分野などの多用途での活用も視野。

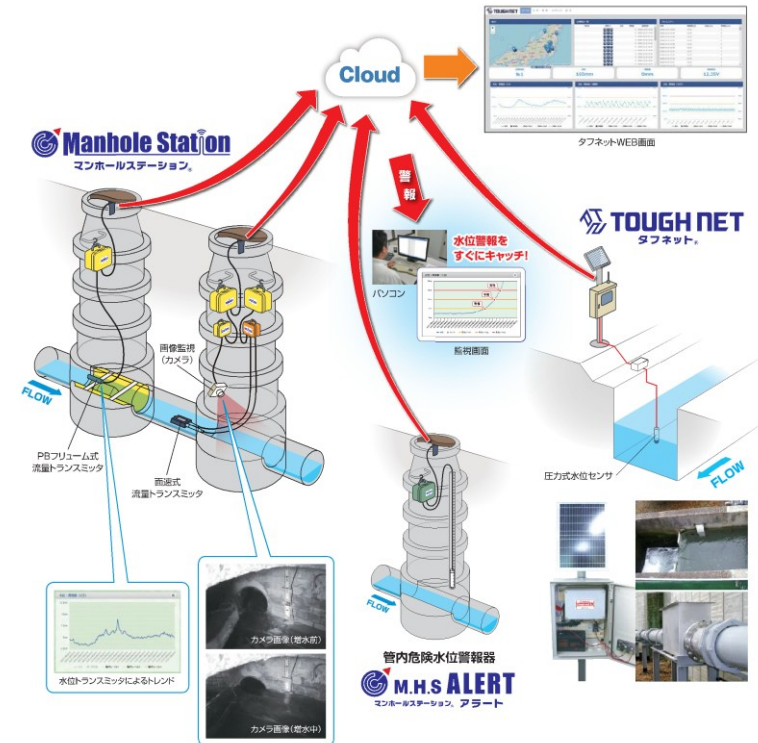


【下水道での適用例】

- ① 管路の流況測定
下水道管路の水位などによる流況を測定する。
- ② 管路の水質測定
下水道管路のpHなどの水質を測定
- ③ 管路の環境測定
下水道管路内部の硫化水素ガス濃度などの環境測定
- ④ 管路の情報発信
下水道管路内部での維持管理作業時の安全確保のための降雨情報や水位情報などを情報発信

タフネット(ペンタフ)

- 各種計測情報が、スマホやPCで簡単にみる事ができるように考えられたWEB型遠隔監視システム。



3-6. (1) 光ファイバーセンサーの活用について

○ 光ファイバーセンサーをセンサーとして活用し、管路の変位等を検知する技術について、開発や普及を促進する。

【技術の概要】

- 管路内の光ファイバを活用して、複数の計測原理を用いた高精度なひずみ分布計測システムで得られた調査結果をもとに、管路の変状の有無、変状位置、その程度を検知する。
- 定期点検だけでなく、地震後などにおいて、緊急に変状の可能性のある位置を特定可能。その結果、メンテナンスや復旧の**スピードアップ**と**低コスト化**を実現する。

PRポイント

- 管路内での新たな作業や設備設置は不要！
- 長距離の管路線上で網羅的に監視し、変状位置を即座に発見可能！
- 既設の通信用途光ファイバーケーブルも有効に活用可能！

【技術の適用条件・範囲】

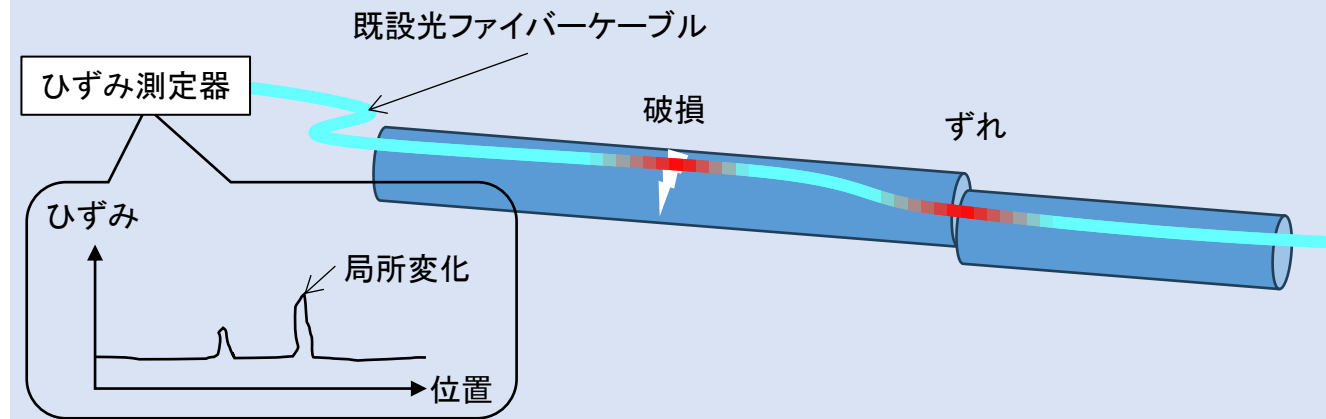
- 光ファイバーケーブルが管内もしくは管直上の地盤内に設置されている箇所が対象。
- 光ファイバーケーブルの端部を測定器に接続する必要がある。
- ひずみ測定器設置場所には、100V電源ならびに空調が必要。

【コスト】（参考値）

試算条件	管路延長：約20km
イニシャルコスト	特に不要
ランニングコスト	約350万円/月



- ※ 既設光ファイバーケーブルの空き芯とひずみ測定器を接続
- ※ 光ファイバに沿ったひずみ分布を測定
- ※ 測定結果をもとに、管路の破損やずれにともなうひずみの局所変化を検知(変状の有無・場所・程度を検知)
- ※ 独自の測定技術も併用することで、様々な種類の変状を見逃さない

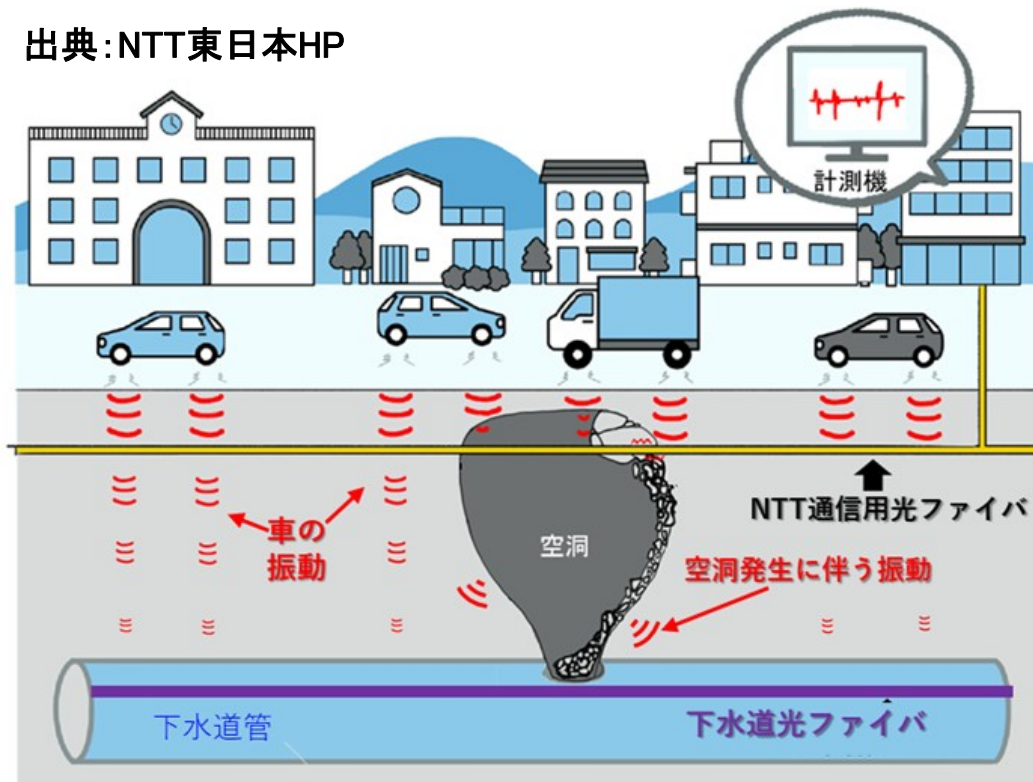


3-6. (2) 光ファイバーセンサーの活用について

○既設の光ファイバケーブルをセンサーとして活用し、空洞の発生等を検知する技術について、開発や普及を促進する。

通信用地下光ファイバケーブルおよび下水道光ファイバケーブルを活用し、それぞれ独立したセンシングにより捉える地盤振動特性の変化から異常を検知するモデルの構築・評価を行うことで、従来技術では把握が困難な深度2m以上の地中異変を早期に検知しアラートを発出する仕組みを実現

出典：NTT東日本HP



東日本電信電話株式会社は、国立大学法人東京大学生産技術研究所、鹿島建設株式会社、東京都下水道局および東京都下水道サービス株式会社と共同で、国土交通省が公募した「令和7年度 上下水道科学研究費補助金」に採択

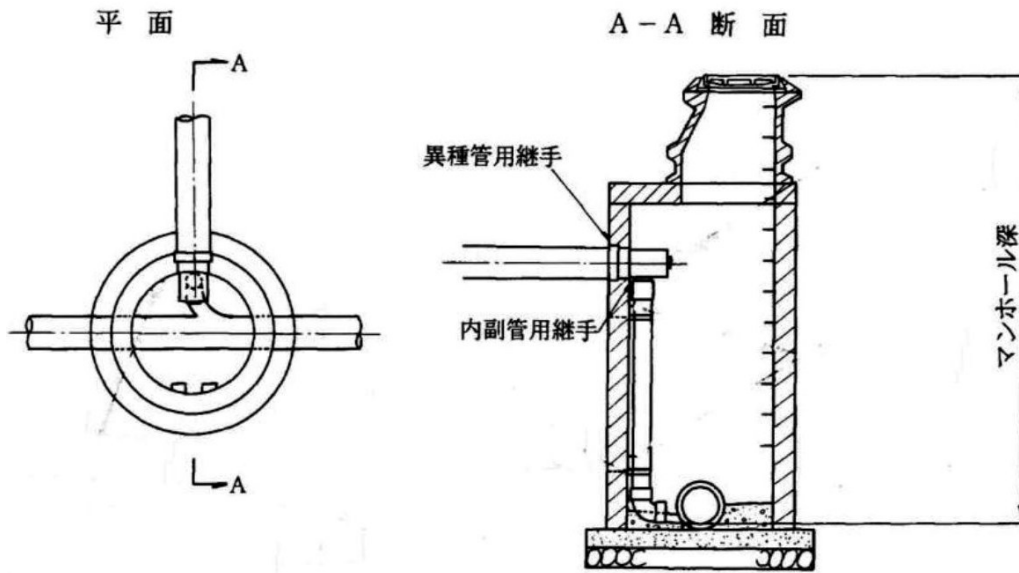
公募テーマ：「上下水道施設の破損に起因する大規模陥没の予兆検知等の技術に関する研究」

これまで NTT 東日本が実証してきた技術を応用し地中空洞検知の可能性について研究を行うものである。さらに、下水道管理者の保有する下水道光ファイバケーブルを活用することにより、下水道管の外側に発生した地中空洞検知の可能性についても研究を行う。

光ファイバを用いた地中空洞検知のイメージ

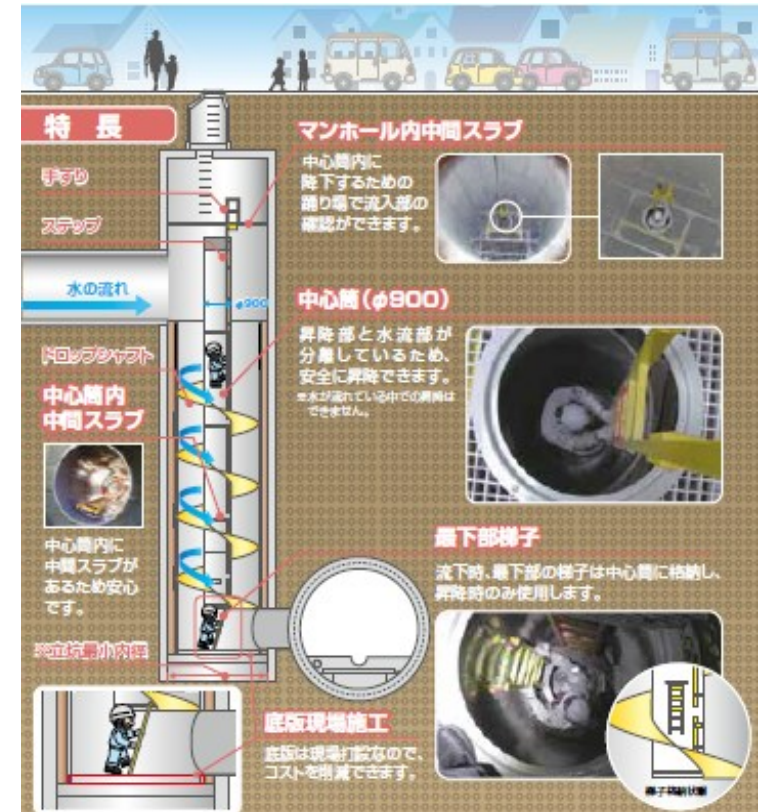
3-7. 段差の解消

○ 下水の流路の高低差が著しい箇所では、副管の設置などの工夫で改善できることは先送りせずに取り組みなど、積極的にメンテナンスしやすい構造へ改良していく。



副管による段差解消

出典：下水道施設計画・指針と解説（日本下水道協会）



ドロップシャフトによる段差解消

出典：積水化学工業株式会社

3-8. その他メンテナンスしやすい仕組みについて

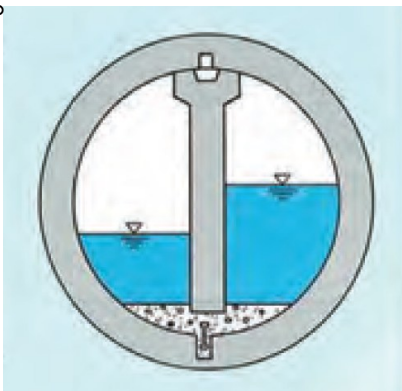
○ 下水道管路のメンテナンスしやすい仕組みについて、引き続き、検討や技術開発等を進める必要がある。

その他の取組例

背割管

出典 プレキャスト背割板工法 ジオスター(株)

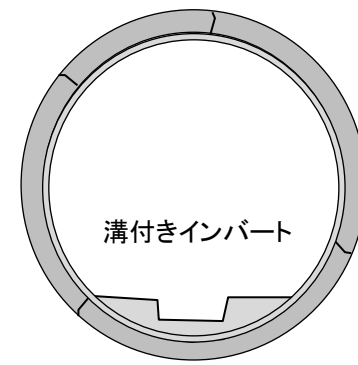
○ 背割板等を設置することで、下水を分流させ、点検・調査や修繕・改築を可能とする。



溝付きインバート

○ 溝付きインバートを設置することで、容易な管内歩行や土砂の堆積防止等を可能とする。

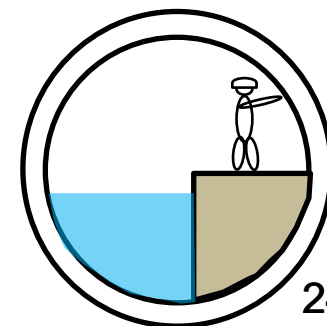
出典 東京都下水道サービス(株)



その他メンテナンスしやすい仕組みに関するアイデア例

(※今後、検討や技術開発が必要)

- 管路内面の減厚を簡単に確認できるよう、覆工内に一定の内厚間隔で目印等を埋め込んで設置する
- 管路内面の減厚を色で確認できるよう、覆工内に一定の内厚間隔でカラーコンクリートにより色分けする
- 管路内面の減厚等を検知できるよう、覆工内に光ファイバー等のセンサーを設置する
- 管路内において、点検・調査や修繕・改築を実施するための空間を確保する(例: 右図)
- 管路内において、点検・調査や修繕・改築を実施する機材用に、レール等を設置する



1. メリハリをつけた戦略的再構築の考え方

2. リダンダンシー

- 2-1. リダンダンシー確保の考え方について
- 2-2. リダンダンシー確保の取組事例

3. メンテナビリティ

- 3-1. 管路の埋設深について
- 3-2. マンホールの間隔について
- 3-3. マンホールの構造や大きさについて
- 3-4. マンホール蓋の大きさについて
- 3-5. マンホール蓋の機能付加
- 3-6. 光ファイバーセンサーの活用
- 3-7. 段差の解消
- 3-8. その他メンテナンスしやすい仕組みについて

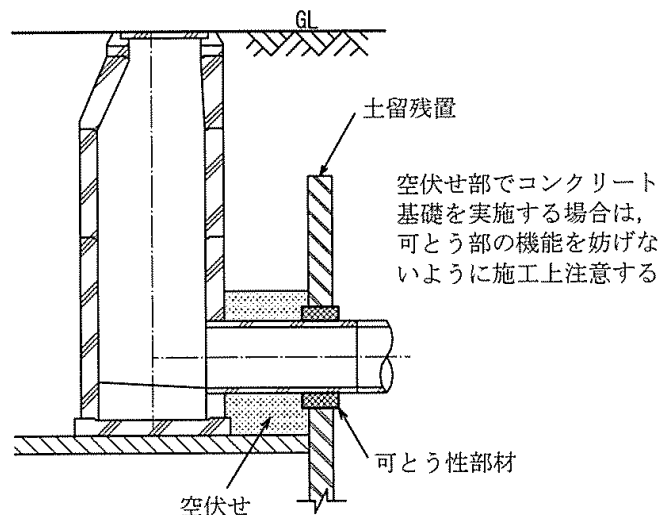
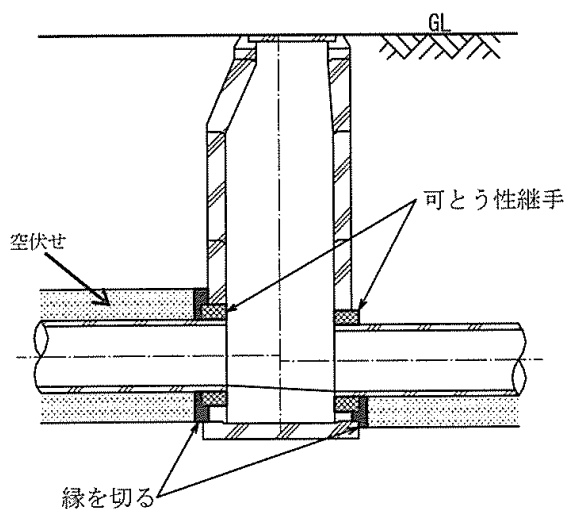
4. 化学・力学・地盤の3つの弱点箇所への対策

- 4-1. 3つの弱点箇所への対策
- 4-2. 化学的弱点箇所への対策について

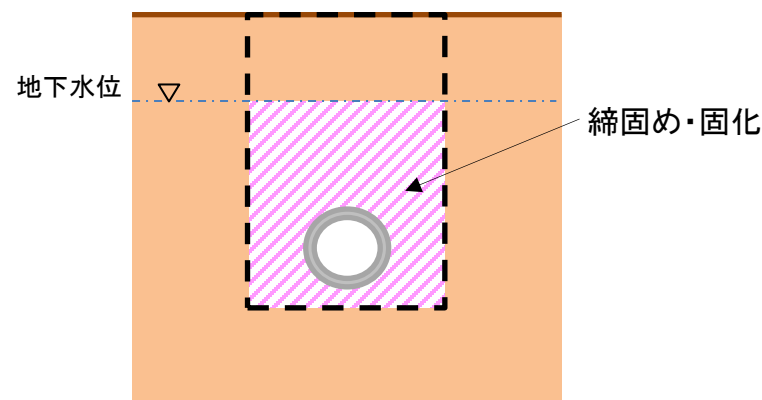
4-1. 3つの弱点要素への対策

○ 化学・力学・地盤の3つの弱点箇所に対して、改築の機会を捉えて対策を実施することを原則とし、各弱点要素を解消する。

弱点要素	定義	対 策 例
化学的弱点箇所	各要素の定義については、 資料2-1において案を提示	◆ 防食対策(塗布型ライニング工法等) ◆ 耐硫酸性管材(耐硫酸性コンクリート等)の採用 など
力学的弱点箇所		◆ 可とう化(可とう継手・可とう管) など
地盤的弱点箇所		◆ 地盤改良 ◆ 締固め・固化 など



可とう化
(下水道施設の耐震指針と解説-2014-)



軟弱地盤の締固め・固化

4-2. (1) 化学的弱点箇所への対策について

- 硫化水素による腐食のおそれ大きい箇所では、被覆材塗布等の対策により、防食性を確保する。
- また、改築時には耐硫酸性コンクリート等の耐硫酸性管材を使用することを原則とし、今後100年にわたり機能を維持することを目指し、より高い安全度の設計とする。

防食対策の分類	目 的	対 策
1 防食	<u>耐硫酸性材料の使用</u>	● <u>FRPM製品、塩化ビニル製品、内面樹脂ライニング製品等の使用</u> ● <u>耐硫酸性コンクリートの使用</u>
	<u>コンクリート表面の保護</u>	● 更生工法 ● <u>コンクリート表面の被覆(塗布型ライニング工法等)</u>
2 発生源対策	下水中の硫化イオン濃度の低下	● 工場排水、温泉排水等の抑制 ● 海水浸入の防止
	下水、汚泥中での硫化物生成の抑制、固定	● 嫌気性化の防止(圧送管への空気等の注入、伏越し管の構造変更、ビルピットの適正な維持管理、管きよ内堆積物の清掃、コンクリート表面の洗浄) ● 液相中の硫化物の酸化、固定化(塩化第二鉄、ポリ硫酸第二鉄の注入)
3 腐食抑制対策	硫化水素の気相中への放散防止	● 構造の改善(合流部の拡散防止、段差・落差の解消)
	硫酸を生成する硫黄酸化細菌の活動抑制	● 気相中の硫化水素の希釈・除去(換気・脱臭) ● コンクリートの表面の乾燥(換気) ● 硫黄酸化細菌の代謝抑制(防菌抗菌剤の混入、防菌抗菌製管材)
4 布設替・更生工法	<u>耐硫酸材料の使用</u>	● <u>FRPM、塩ビ、内面樹脂ライニング製品等の使用</u> ● <u>耐硫酸性コンクリートの使用</u>
	<u>コンクリート表面の保護</u>	● <u>更生工法</u>

4-2. (2)耐硫酸性コンクリートについて

- 耐硫酸性コンクリートについて、最も厳しい平均硫化水素ガス濃度50ppm以上の環境下では空気注入等の発生源対策と併用することとされている。一方で、硫化水素ガス濃度100ppmの環境下で100年の耐用年数を有するとされているものが開発されるなど、技術が進展している。
- このため、「重要管路」における化学的弱点箇所では、耐硫酸性コンクリートを使用することで、年間平均硫化水素ガス濃度100ppmの環境下でも、100年にわたり機能を維持する(健全度Ⅳに至らない)ことを目指す。

(参考) 埼玉県八潮市での陥没箇所の直上流(チュウ4MH)では2023年と2024年に硫化水素濃度の測定が行われており、2023年の年平均濃度は94ppm。

4. 3. 2 硫化水素濃度

出典：埼玉県「八潮市で発生した道路陥没事故に関する原因究明委員会 中間とりまとめ」

- 1) 表4.1に示すように、チュウ4MHでは年平均で81～94ppm、チュウ6MHでは15～23ppmであった。
- 2) チュウ4MHにおける濃度は、地方共同法人日本下水道事業団が示す下水道施設の腐食環境の分類(表4.2)のうち「Ⅰ類」に該当しており、2021年度の調査で著しい腐食が確認されたチュウ6MHよりも高い。(表4.1)

表4.1 硫化水素濃度 (ppm)

	測定年	年平均	分類(表4.2)
チュウ4MH	2023年	94	Ⅰ類
	2024年	81	Ⅰ類
チュウ6MH	2023年	23	Ⅱ類
	2024年	15	Ⅱ類

表4.2 腐食環境の分類

分類	腐食環境
Ⅰ類	年間平均硫化水素ガス濃度が50ppm以上で、コンクリート腐食が極度に見られる腐食環境
Ⅱ類	年間平均硫化水素ガス濃度が10ppm以上50ppm未満で、コンクリート腐食が顕著に見られる腐食環境
Ⅲ類	年間平均硫化水素ガス濃度が10ppm未満であるが、コンクリート腐食が明らかに見られる腐食環境
Ⅳ類	硫酸による腐食はほとんど生じないが、コンクリートに接する液相が酸性状態になりえる腐食環境

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(2023年3月) P47 地方共同法人日本下水道事業団より

出典：下水道管路施設ストックマネジメントの手引き(日本下水道協会)

分類	防食環境条件	摘 要	主な防食対策
Ⅰ 種	硫化水素の発生要因近傍で、硫化水素ガスの滞留が多く、腐食が著しい環境(維持管理上、発生源対策を必要とする)。	放置した場合、供用年数10年未満で劣化度Aランクに達する腐食環境を想定。 <u>平均硫化水素ガス濃度50ppm以上</u>	● 耐硫酸性管材の使用 ● 耐硫酸性を有する防食 ● 空気注入や酸素注入などの発生源対策

耐硫酸性コンクリートを使用した場合においても、技術の向上過程であることに鑑み、一定の年数を経過した以降は、劣化の抑制・進行状態を調査で把握するようにことが必要ではないか。

4-2. (2)【参考1】耐硫酸性コンクリート

出典 本検討会第1回参考資料1

種類	概要	特徴
耐硫酸性コンクリート (LLクリート、ハレーサル ルト等)	硫酸による劣化を防ぐために、特殊な材料や配合によって製造されたコンクリート。	● 硫酸による腐食に対する抵抗力が非常に高く、通常のコンクリートの10倍程度の耐性を持つものも開発されています ● 硫酸による劣化だけでなく、他の劣化要因(塩害、凍害など)に対しても高い耐久性を示すものもあります。
防菌・抗菌コンクリート (ビックリート)	下水道施設などで使用されるコンクリート製品の腐食を防ぐために、硫黄酸化細菌の活動を抑制する防菌剤を混入したコンクリート。	● 年間平均硫化水素ガス濃度 10 ppm 以下でコンクリートの標準的な耐用年数を確保できる。 ● 年間平均硫化水素ガス濃度 50 ppm 以下で従来のコンクリートに対し腐食の進行が4分の1程度になる。
合成樹脂製品 (レジンコンクリート)	セメントや水を一切使用せず、熱硬化性樹脂(液状レジン)に骨材や充填材を混ぜて作られたレジンコンクリート。	● 従来のコンクリート製に比べて、耐食性、耐摩耗性、強度、施工性、経済性、維持管理性などに優れており、特に下水道施設における腐食対策として有効



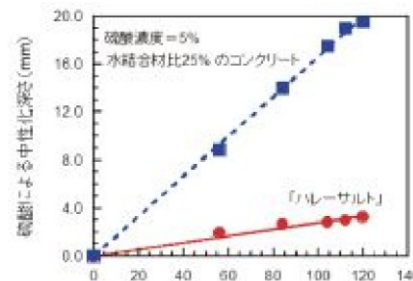
type-A



普通コンクリート

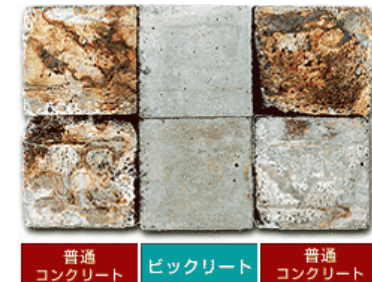
LLクリート

LLクリート type-Aと普通コンクリートの実験供試体を5%の硫酸水溶液に56日間浸漬させた実験結果(カタログより)



ハレーサル

濃度5%の硫酸による浸せき試験結果(HPより)



ビックリート

曝気槽にて2年間暴露試験を行ったテストピースの腐食状況比較(HPより)

4-2. (2)【参考2】日本下水道事業団の防食技術に関する規格

- 「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(2023年3月)」は、主に、下水処理場及びポンプ場における硫化水素に起因する硫酸によるコンクリート腐食対策技術を示したもの。
- コンクリートの腐食対策技術は、「コンクリート腐食抑制技術」と「コンクリート防食技術」からなる。
- コンクリート腐食抑制技術は、硫化水素の発生を抑制するため、汚水や汚泥の滞留または腐敗の防止、換気・脱臭施設の設置などを行うこと。
- コンクリート防食技術には、硫酸によるコンクリート腐食を防止するため、コンクリート表面に被覆層(合成樹脂等)を形成させる「**防食被覆工法**」とコンクリート材料やコンクリート自体の耐硫酸性を向上させる「**耐硫酸コンクリート**」がある。
コンクリート自体の耐硫酸性向上については、今後の研究開発が期待される、とされ、規格は設定されていない。

【防食被覆工法の規格】

- 防食被覆工法の規格は腐食環境の度合い(硫化水素濃度の発生程度)と点検・修繕・改築の難易度に応じて定められており、このうち塗布型ライニング工法等は、最も高い要求性能として、**硫化水素濃度50ppm以上の設計腐食環境(Ⅰ類)**において、**設計耐用年数(10年間)**に、**最高位の品質規格(D種)**を満足することを要求している。

＜塗布型ライニング工法の品質規格(D種)の一部抜粋※＞

要求性能	評価項目	評価内容
耐硫酸性	硫酸水溶液浸せき後の被覆の外観	10%の硫酸水溶液に60日間浸せきしても被覆にふくれ、割れ、軟化、溶出がないこと
遮断性	硫黄侵入深さ	10%の硫酸水溶液に120日間浸せきした時の硫黄侵入深さが設計厚さに対し5%以下であること、かつ、100μm以下であること
	透水性	透水量が0.15mg以下
接着安定性	コンクリートとの一体性	標準状態：1.5N/mm ² 以上 吸水状態：1.2N/mm ² 以上

(防食被覆層の品質試験は、「JIS A 7502:下水道構造物のコンクリート腐食対策技術」の5.2試験による)

※**硫化水素濃度が50ppm以上**でコンクリートの腐食が極度にみられる腐食環境下でも**設計耐用年数(10年間)**において機能が維持される規格

設計耐用年数:防食被覆工法に求められる仕様要求性能を維持する期間。別表の標準耐用年数で「内部防食」が10年とされていることから10年を標準とする。

仕様要求性能:耐用年数の間、防食被覆層としての機能が維持されること。コンクリートの劣化状態を潜伏期に維持できる設計耐用年数を確保できる性能を有する仕様を求めるもの。