

平成28年6月23日

衝撃弾性波法のアセットマネジメントへの展開例

PQEST協会

(1) 最近の下水道に関する国の動向

① 下水道法の改定

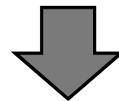
・主な内容

1) 浸水対策(ハード)

2) 戦略的な維持管理更新

3) 下水汚泥と下水熱の活用促進

等



「下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン」を策定(平成27年11月)

(2) 下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン

<ガイドラインの概要>

・点検・調査、修繕・改築等の計画策定から対策実施に係る一連のプロセスを現している。

<目的>

・下水道事業全体を俯瞰した最適な維持管理・改築(＝ストックマネジメント)を支援。

<内容>

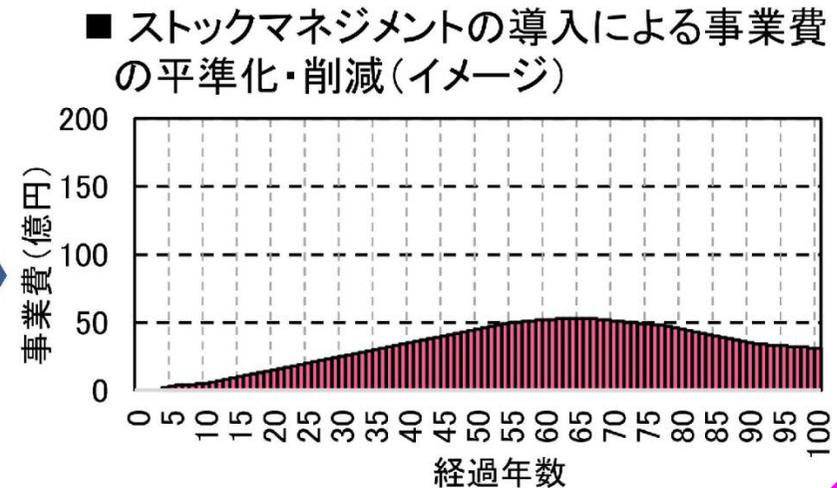
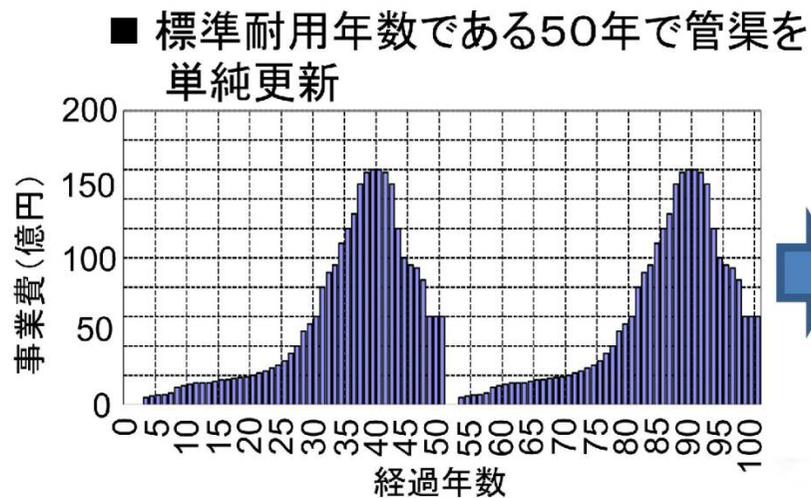
・各地方公共団体が、個々に維持管理・改築に関する計画を策定、実行するにあたり、必要に応じて参照が可能なように、ストックマネジメントの考え方の一例を示している。

・事業計画の記載事項として、「腐食環境にある排水施設の点検の方法・頻度」を追加。

・下水道ストックマネジメント支援制度の創設

<目的>

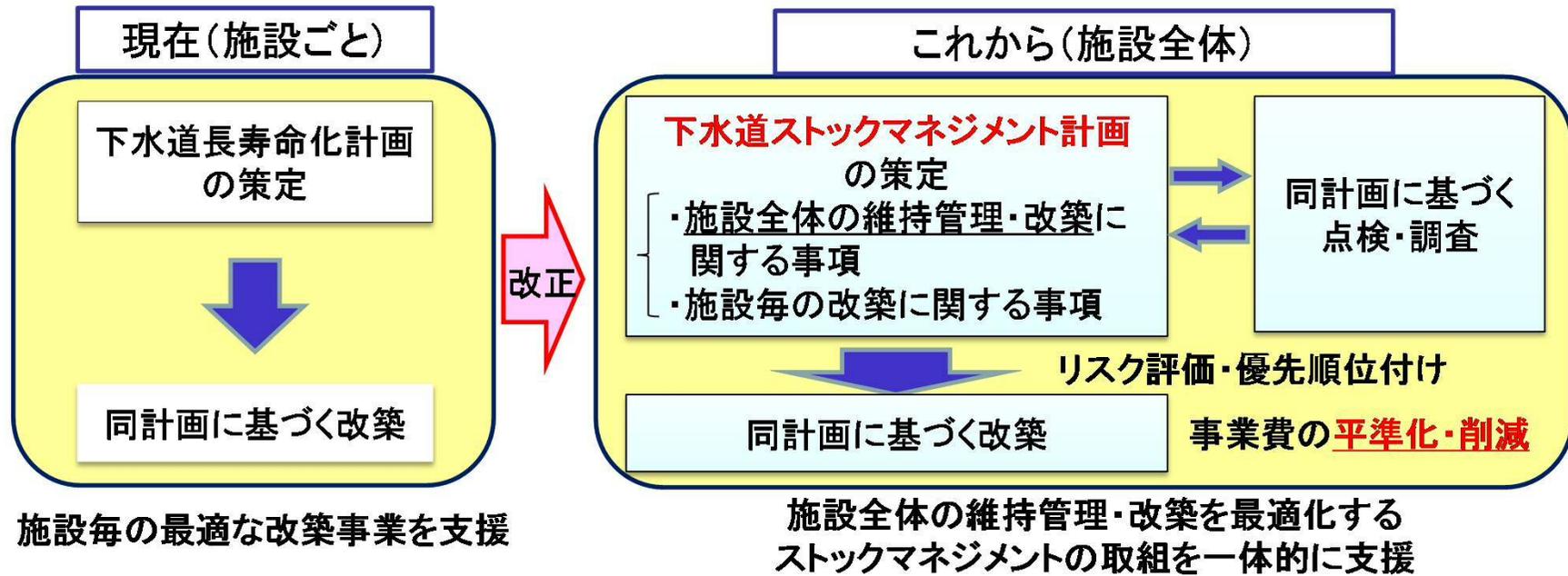
下水道施設全体を一体的に捉えたストックマネジメント計画を策定することで、計画に応じた点検・調査、改築を支援し機能の持続的な確保とライフサイクルコストの低減を図る。



国土交通省HP資料より

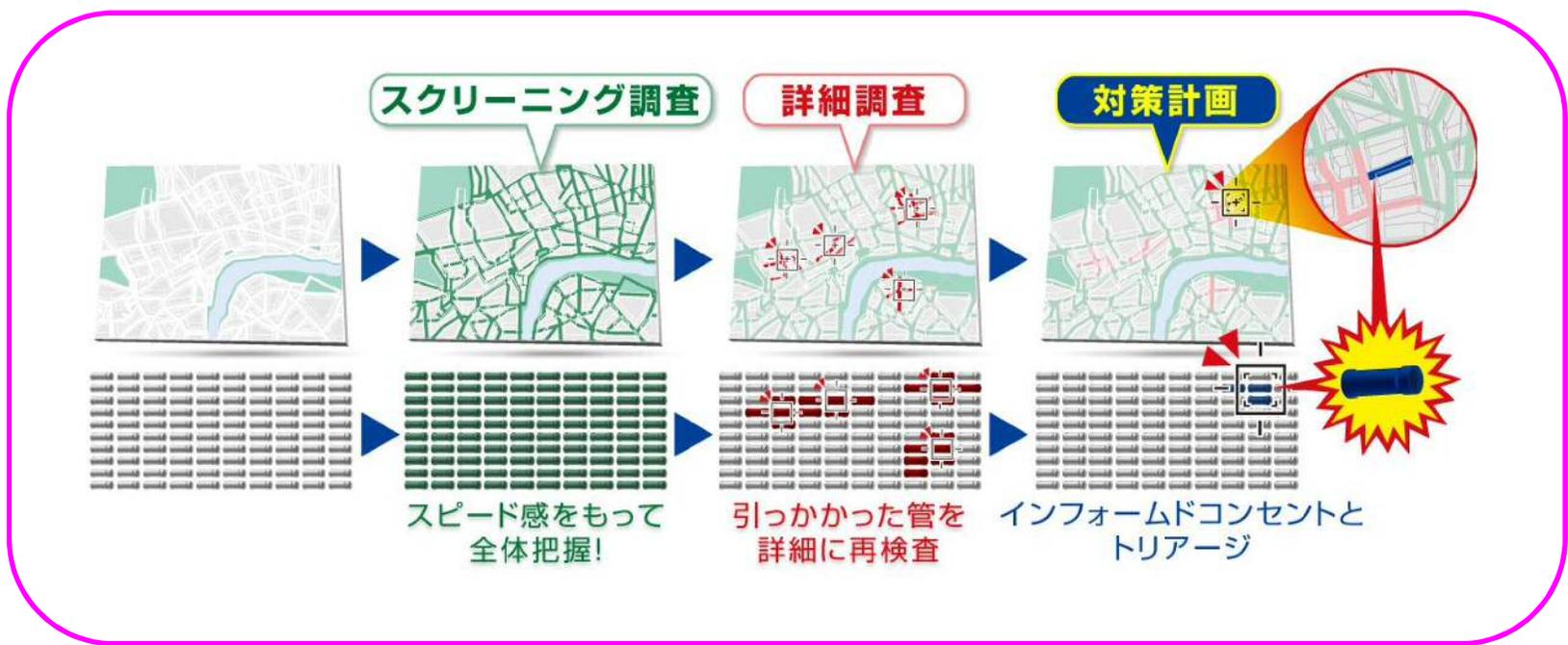
各自治体が自ら検討し、ストックマネジメント計画を策定する。
(リスク評価・優先順位付けを行い、事業費の平準化・低減を明確に示す必要がある。)

<具体的な動き>



(3)ピケスト協会下水道ヘルスケアのすすめ

- ①スクリーニング
 - ②ストックマネジメント計画
 - ③調査・更新(実施設計)
- 対象流域の状況を把握して全体診断を行う(流域状態の把握)。
流域の健全・不健全を定量的に把握して、最適な**ストックマネジメント計画**を立案する。
管渠の状態を定量的に把握して、経済的で最適な**調査・更新**を実施する。



「ピケスト協会HP」より

(4) 具体的な衝撃弾性波法の展開

衝撃弾性波法の利用

○調査、改築・更新

実施設計に利用し、自立管や複合管、布設替え検討などに使用

(設計重視, 調査範囲は比較的小さい)

従来は改築する施設に絞って長寿命化計画を策定

○ストックマネジメント計画の策定

流域全体を定量的に把握して、資産状況を把握したうえで、ストックマネジメント計画を立案

(広範囲な調査が必要)

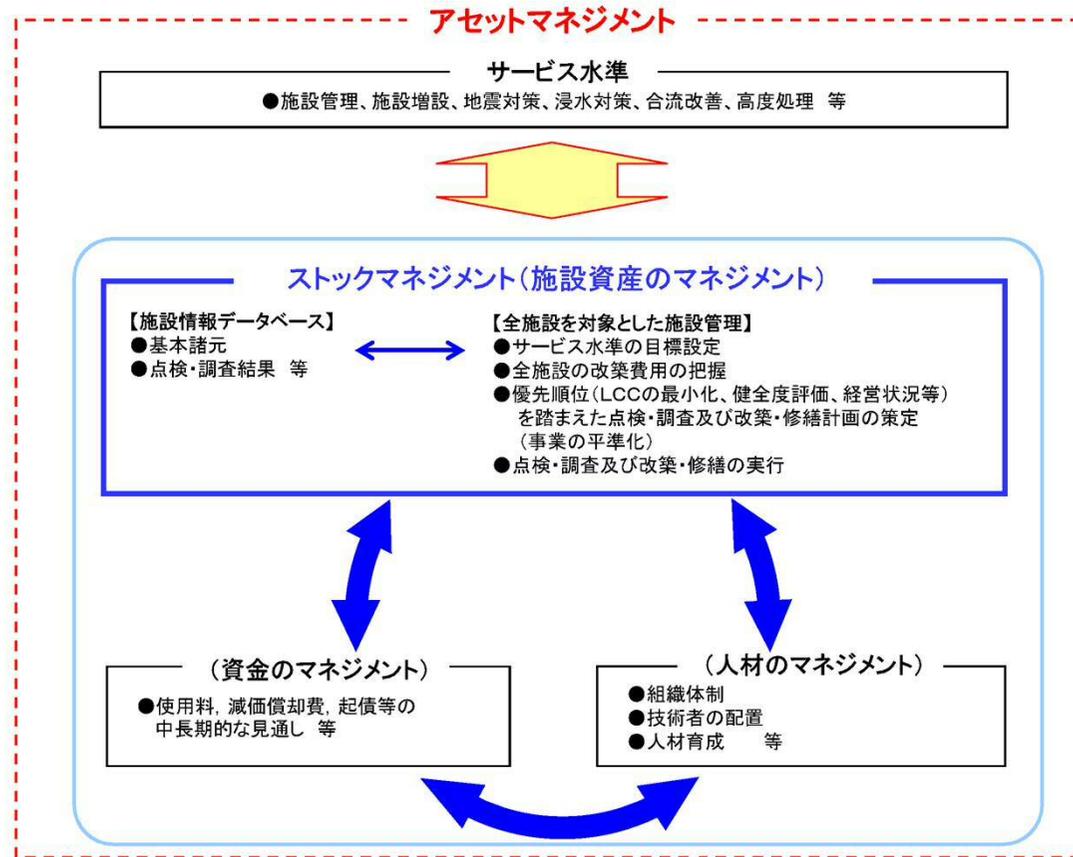
今後は処理区全体を俯瞰した事業計画を立案

当面はストックマネジメント計画の策定に利用。

(将来はアセットマネジメントの展開へ利用可能な手法を提案する必要がある)

◎ストックマネジメントからアセットマネジメントへ

下水道事業における アセットマネジメントとストックマネジメントのイメージ



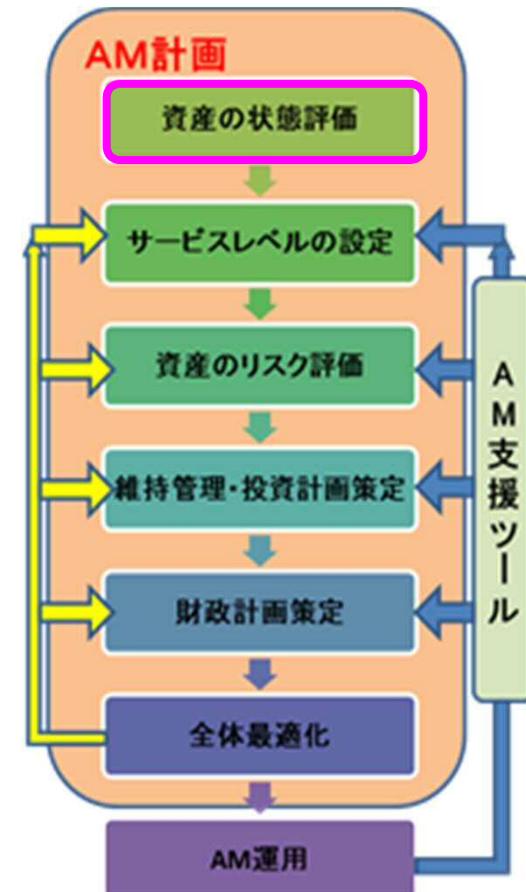
引用文献:「下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドラインp2」(平成27年11月, 国土交通省水管理・国土保全局下水道部)

(5) 効果的な衝撃弾性波の利用方法

・重要な着目点

アセットマネジメント(AM)計画を立案するうえで、最も大切なことは、資産状況の評価です。

資産を正確に評価できない状態でアセットマネジメントを計画することは、全てが事後対応型の運用となり、安全を加味した長期の資産運用を行うことは困難です。



① 正確な耐用年数の把握

- ◎ 下水道管の耐用年数は、財務省令「減価償却資産の耐用年数等に関する省令」により、50年と設定されております。
では、実際に供用可能な構造的耐用年数はどうでしょう？



定量的な調査を行わないと答えはでない

- ◎ 人が管内に入ることのできない800mm未満の小口径管では定量的な調査が困難であることから、正確な劣化診断(強度低下状況判断)ができていないのが現状です。



下水管網の主体である小口径の鉄筋コンクリート管においては、テレビカメラによる定性的な評価が実施され、管更生や布設替えの設計が行われています。また、最近では、これらの調査に基づいて長寿命化計画やアセットマネジメントシステムの構築が展開されております。



明確な指標がないまま、将来計画が立案されている。

- ・ 少子・高齢化による人口の減少に伴い財政事情が悪化するが、維持管理・更新費用は増加する。
- ⇒ 適正に資産状況を把握して、妥協のない資産管理を実現

・アセットマネジメントを考慮した衝撃弾性波法の運用

下水道管きよの耐用年数を50年と設定して、長期的な運用を考えた場合に全ての管きよ施設が適切で効果的な下水道の健全運用が可能でしょうか？

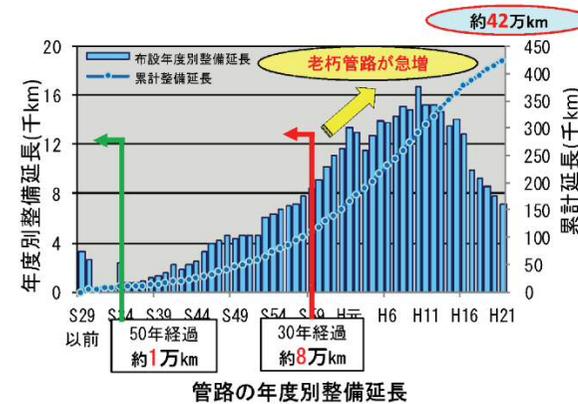
右図は、下水道の普及と我が国の人口曲線を示したものです。

今後は下水道の老朽管の増加と我が国の生産年齢人口は相反関係にあり、維持管理、更新費用と財政(事業費)のバランスが不均等となる傾向にあります。

このため、適切(定量的)に管きよの耐用年数(残存強度)を把握し、維持管理・更新の平準化を図り、新たなバランスラインを構築する必要があります。



- ・ 労働人口の減少と維持管理費の増加は相反関係にあり、新たなマネジメント手法が必要となる。



- ・ 社会資本において更新できないストックが15%~20%と予測されている。
- ⇒ 対策手法の最適化により、取りこぼしのない維持・更新を実施



○ 国交省所管の社会資本(道路、港湾、空港、下水道等8分野)を対象に今後の維持管理・更新費を推計
 ○ 今後の投資可能総額の伸びを2010年度以降対前年度比±0%とした場合、維持管理・更新費は2037年度に投資可能総額を上回る見込み
 ○ 2011年度から2060年度までの50年間に必要な更新費は約190兆円、そのうち更新できないストックは約30兆円

・衝撃弾性波を利用した定量的アセットマネジメントシステムの構築
(下水道ヘルスケア)

Step-1は定量的アセットマネジメントシステムを構築するための初期診断業務であり、当該システムの導入の有効性は、ここで判定される。

Step-1は、過去のテレビカメラ調査結果やスクリーニング結果を用いた初期診断を利用

Step-1：エリア分けと方針策定
(概略調査による初期診断)

Step-2：傾向分析①
(1次点検エリア：詳細診断)

Step-3：傾向分析②
(2次点検エリア：詳細診断)

Step-4：整合分析
(複数エリアの傾向分析による余寿命予測)

定量的調査を実施設計に利用

【Step-1: エリア分け及び定量的アセットマネジメントの方針策定】

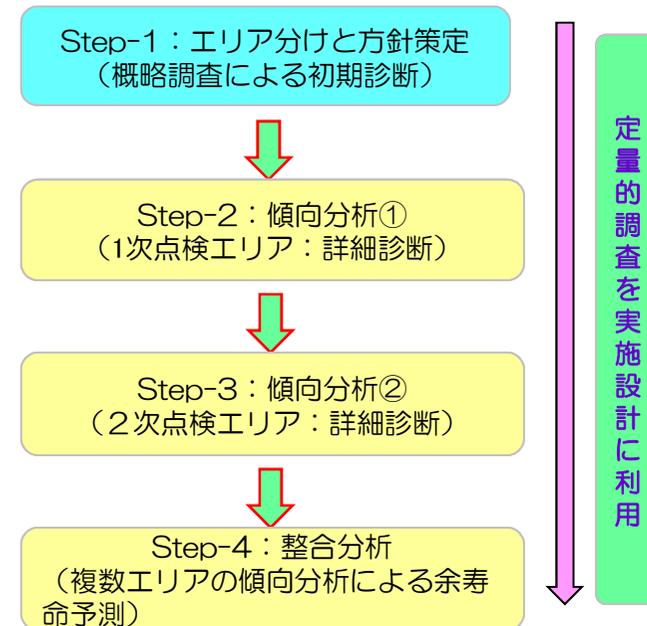
・定量的アセットマネジメントを開始するための準備業務です。

【劣化特性調査(初期診断業務)】

◎過去のテレビカメラ調査結果やスクリーニング結果をもとに代表処理区における着目箇所を選定する。

◎選定箇所は、各自治体特有の着目すべき箇所(不明水、交通量、土被りの大小等)であり、スクリーニング等により、概略特性を把握します。

◎この際、実際に衝撃弾性波法を使用した調査を行い、自治体特有の劣化特性を概略診断します。(定量的な概略診断)

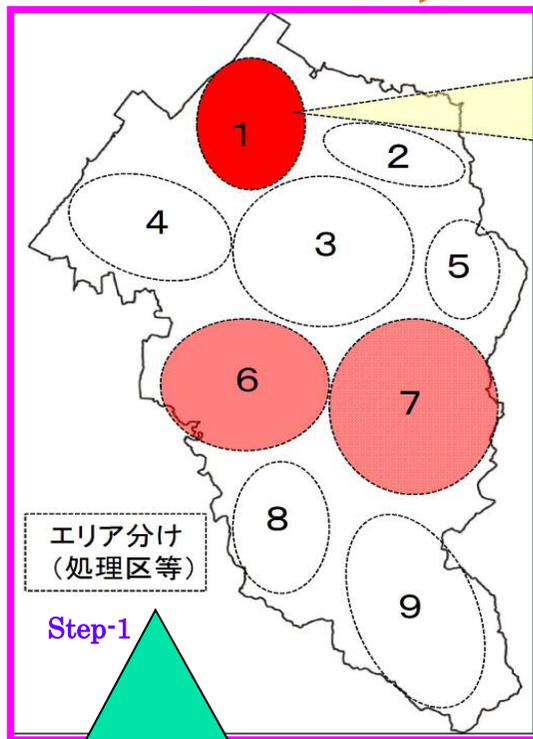


【エリア分け】

これまで整理された台帳データやスクリーニング結果等と衝撃弾性波法による概略診断により、エリア分けを行う。この際、衝撃弾性波法による定量的データ分析により、着目すべきエリア特性を具体的に設定する。

【エリア分け】

(1) エリア分け



Step-1

(2) 傾向分析



【周辺環境と合わせ類似エリアを区分け】

〈使用条件によるエリア分け〉
・腐食環境に対するエリア
・一般環境に対するエリア

Step-2

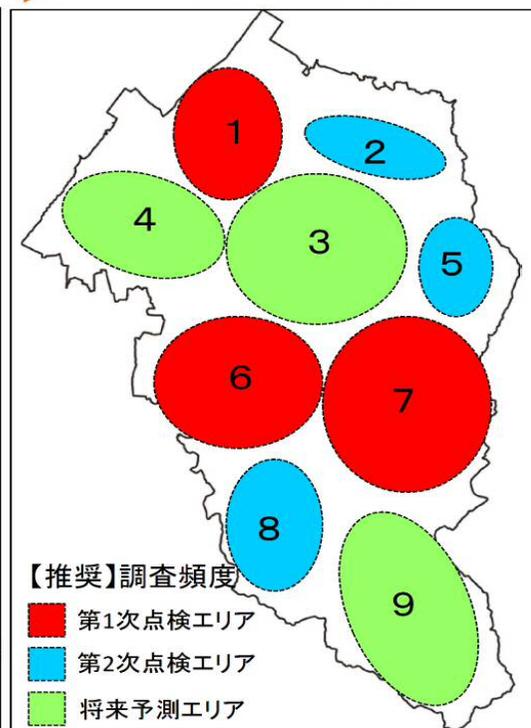
〈周辺環境によるエリア分け〉
・地盤の高低差(土被り等によるエリア分け)
・道路使用状況によるエリア分け(交通量等)



【傾向分析からエリア分析へ】 Step-3

・エリア分析により、類似地区を抽出し点検優先度を決定する。
・点検データの蓄積から将来の劣化を予測

(3) 将来予測分析



【推奨】調査頻度

■ 第1次点検エリア

■ 第2次点検エリア

■ 将来予測エリア

エリア分けを目的としたスクリーニングは、質より量(スピード感を持って広範囲を調査)

【Step-2: 傾向分析①】

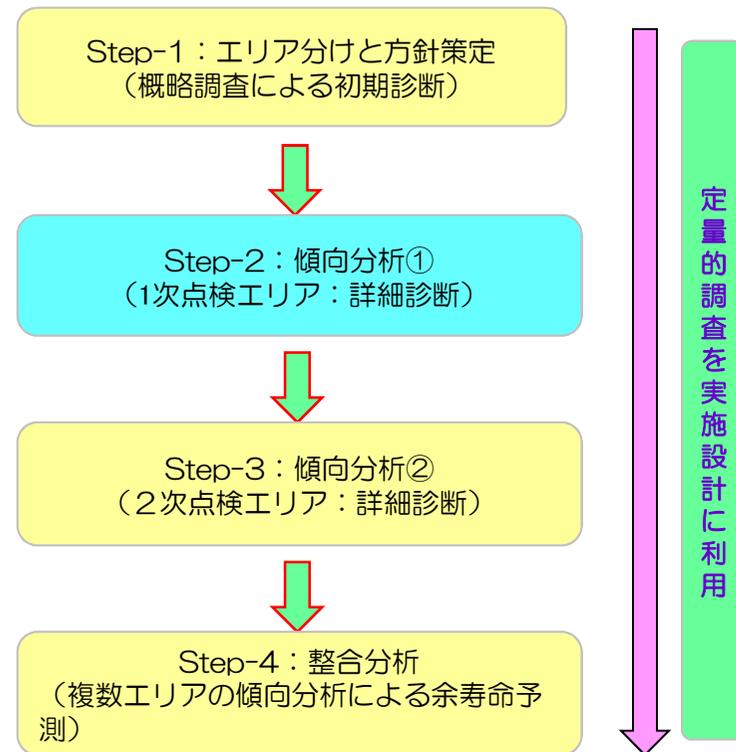
エリア分けが行われた処理区において、特徴のある代表箇所を選定して衝撃弾性波による詳細調査を実施し、劣化傾向を定量的に分析する。

・特徴のある代表箇所

- ①土被りが著しく小さい箇所
- ②交通量の多い幹線道路
- ③工場密集地 等

種々の布設特性を包含する箇所であることが望ましい。

Step-2(傾向分析①)により調査の必要範囲を再確認する。(Step-1の概略調査結果を再確認)



【傾向分析①】

SteP-2のエリア分けは自治体の整備規模により決定

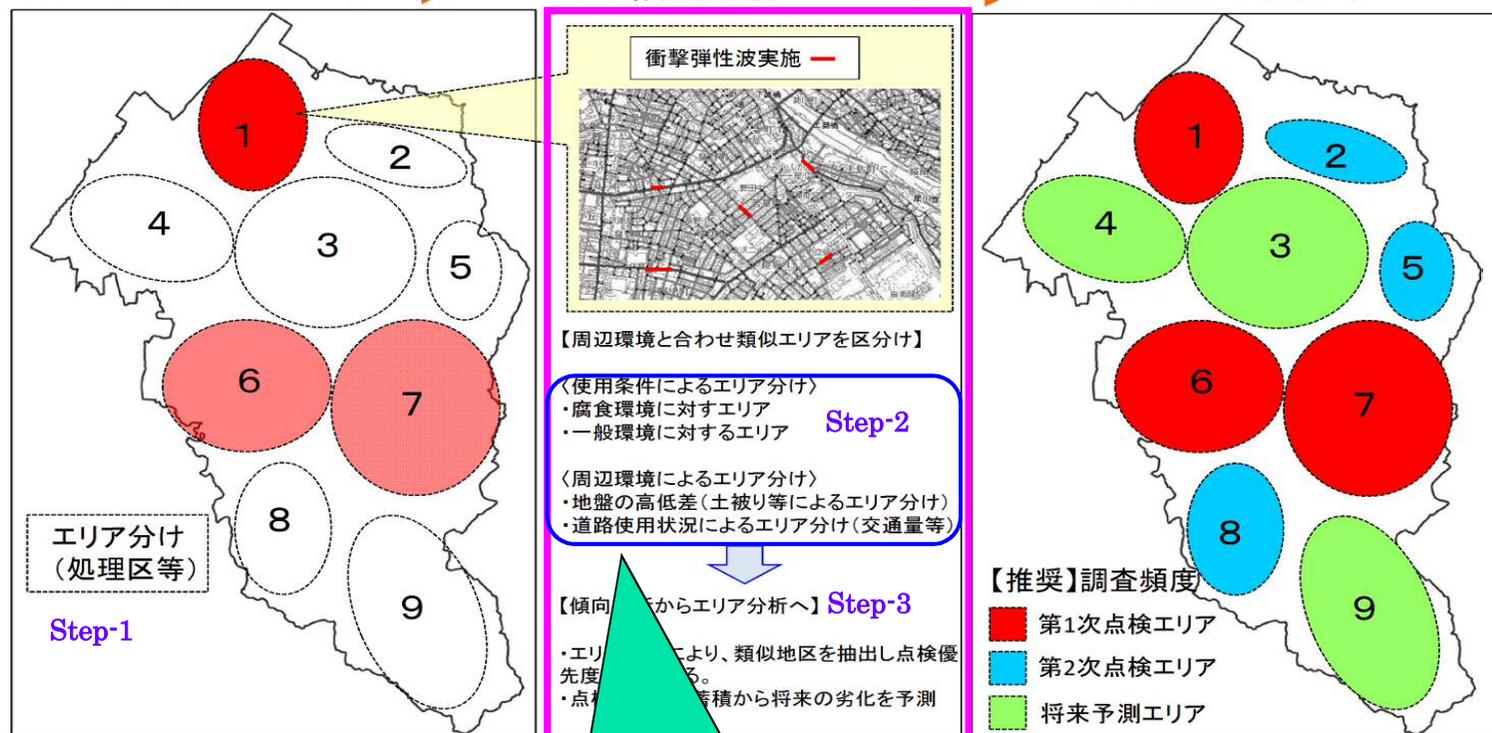
(1) エリア分け



(2) 傾向分析



(3) 将来予測分析



Step-1の調査結果を再確認し、各自治体の事業計画を考慮した調査の必要範囲などを決定する。

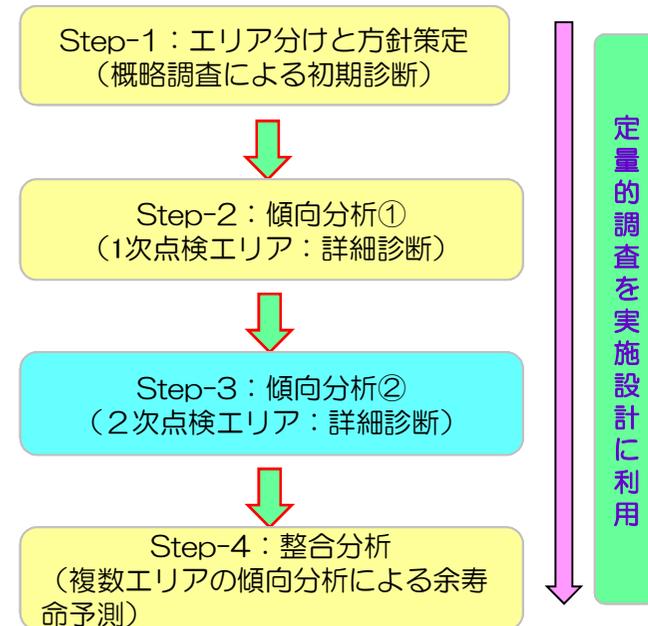
【Step-3: 傾向分析②】

◎第1次点検エリアの分析結果をもとに、第2次点検エリアを設定して調査を行う。

◎第1次点検エリアの調査結果と第2次点検エリアの調査結果の整合分析を行い、対象地区全体の管渠劣化状況を定量的に把握する。

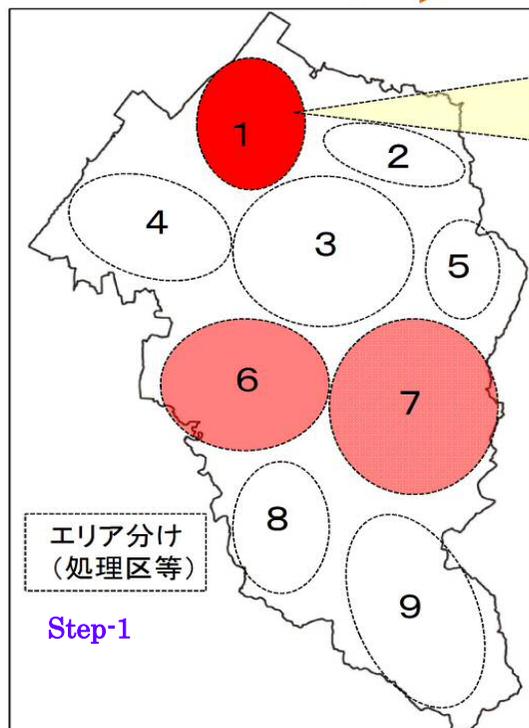
◎この際、第2次点検エリアの調査箇所は第1次点検エリアの特性と類似箇所を選定する。

※整合分析:類似特性のある管きよに関しての調査結果を対比することにより、評価誤差を確認するとともに、同一特性箇所への定量的評価を展開する。



【傾向分析②】

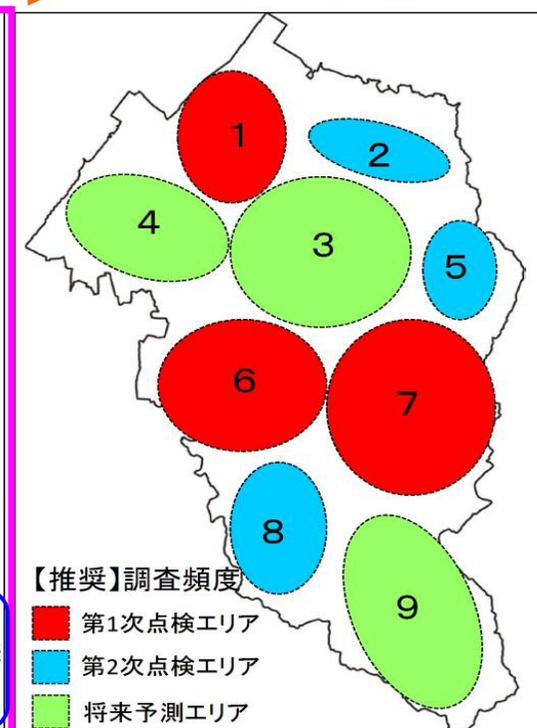
(1) エリア分け



(2) 傾向分析



(3) 将来予測分析



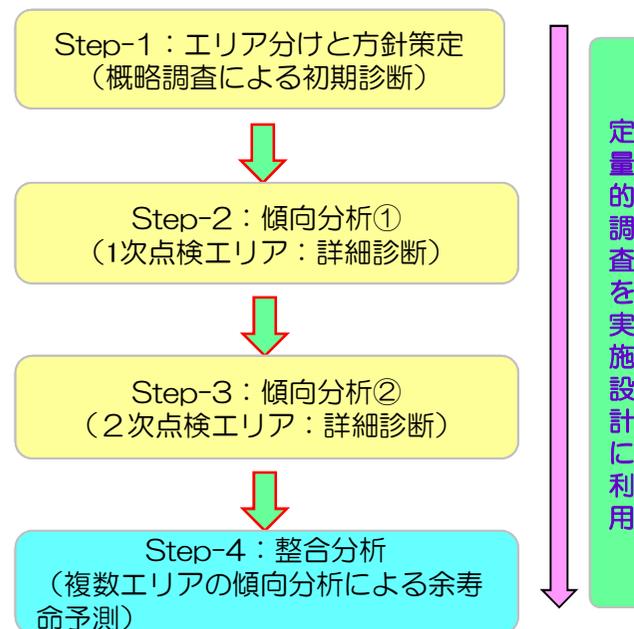
整合分析により、類似エリアの傾向分析・取りまとめを行う。

【Step-4: 整合分析結果のまとめ】

⇒将来予測エリアへ反映

Step-1～Step3までの調査を分析することにより、類似特性箇所の管きよ劣化の将来予測を行う。

・将来予測: 将来予測は余寿命を予測することが主体となり、余寿命把握と財政状況とのバランスにより、長期的な資産運用を計画する。



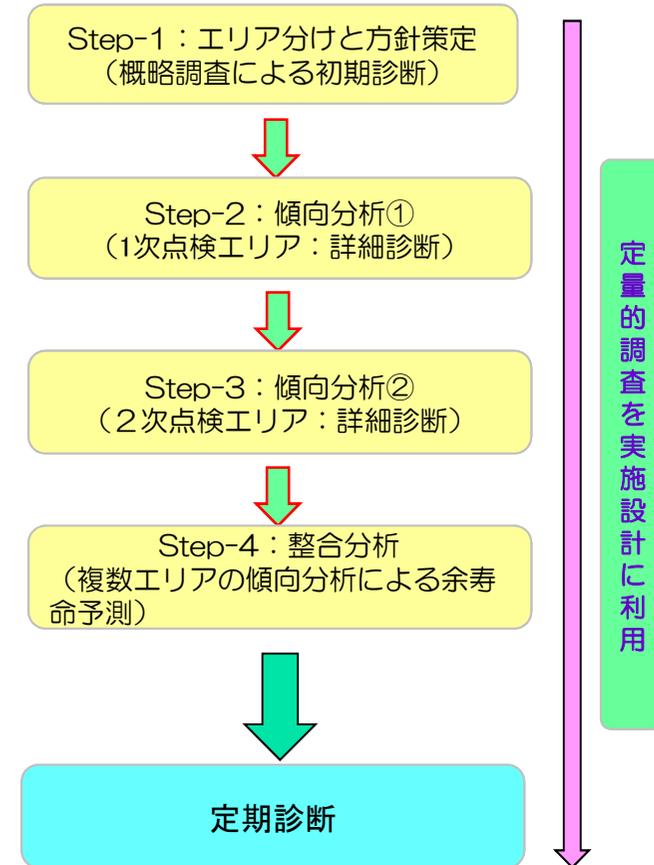
【定期診断】

傾向分析に関しては、定期的な時系列調査を行い劣化の進行状況を定量的に調査して、評価精度の向上、確認を行うとともに、財政状況との調整を図る（時勢に整合したデータベースの構築）。

【定量的な評価によるアセットマネジメント計画を立案】

下水道管きよの構造的耐用年数を把握することで、自治体全体の最適な資産運用計画を立案する。

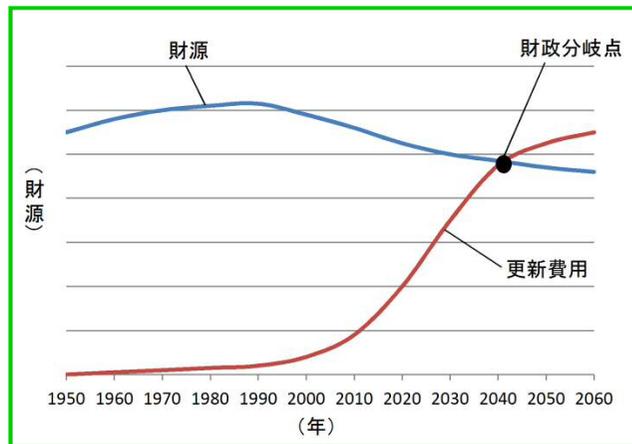
また、調査過程で定量的な計測により残存強度が把握できているため、複合管の使用を視野に入れた改築・更新が可能となる。（経済性重視）



・定性的評価による資産管理計画から定量的評価による資産管理計画への移行

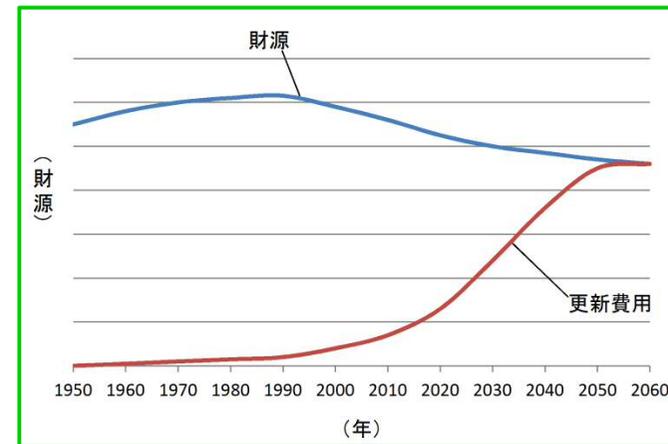
定性的な維持管理では、劣化による危険個所が的確に予測できない。このため、不測の更新事業の発生や陥没事故の対策費用などが発生し、規則性のある継続的な資産管理計画を立案することができない。

<定性的手法による資産管理>



定性的な評価では、人為的誤差や希望的な観測が評価に取り込まれることになり、正確な更新事業の平準化は困難となる。このため、長期的な資産管理計画を立案しても、財源(事業費)との整合がとれなくなる可能性がある。

<定量的手法による資産管理>



衝撃弾性波法により、定量的にコンクリートの余寿命を把握し、的確な事業の優先順位付けを行うことで、安全性を加味した更新事業の最適化が可能となるだけでなく、財源(事業費)と整合のとれた長期計画の立案が可能となる。

【自治体への具体的営業展開】

・衝撃弾性波の実績のある自治体(例)

劣化特性分析(初期診断業務)

初期診断結果を報告し、将来像を示すことが大切

調査結果より、福岡市の管きょ資産状況は一般環境下において、概ね 50 年以上の耐用年数と評価されている。また、腐食環境下での耐用年数は 50 年以下と診断されており、定量的評価により選択と集中による維持管理・更新の平準化（定量的アセットマネジメントの構築）が可能となる。

○管きょの健全度と経過年度の関係より劣化特性を分析する。

○管きょの布設特性により、劣化傾向が異なるため、置かれた条件によってエリア分けを行い、定量的アセットマネジメントの方針策定が可能となる。

健全度曲線	ランクC	ランクB	ランクA
早期に劣化が顕在化する場合	23年	41年	58年
極めて緩やかに劣化する場合	122年	147年	168年
上2ケースの中間	70年	87年	101年
腐食環境	11年	19年	26年

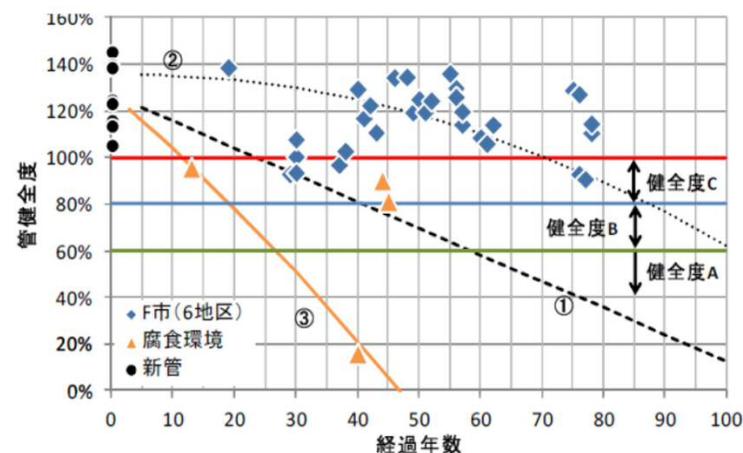


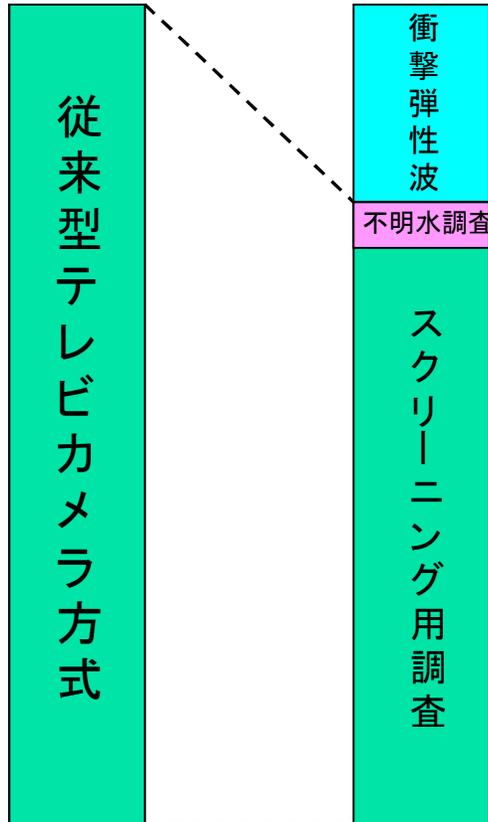
図 健全度と経過年数の関係

【売り込みのポイント】

調査費用

・現状の調査

・ヘルスケア方式



調査方法の見直し
スクリーニング用調査への移行
⇒調査のスピードアップ
必要情報の付加



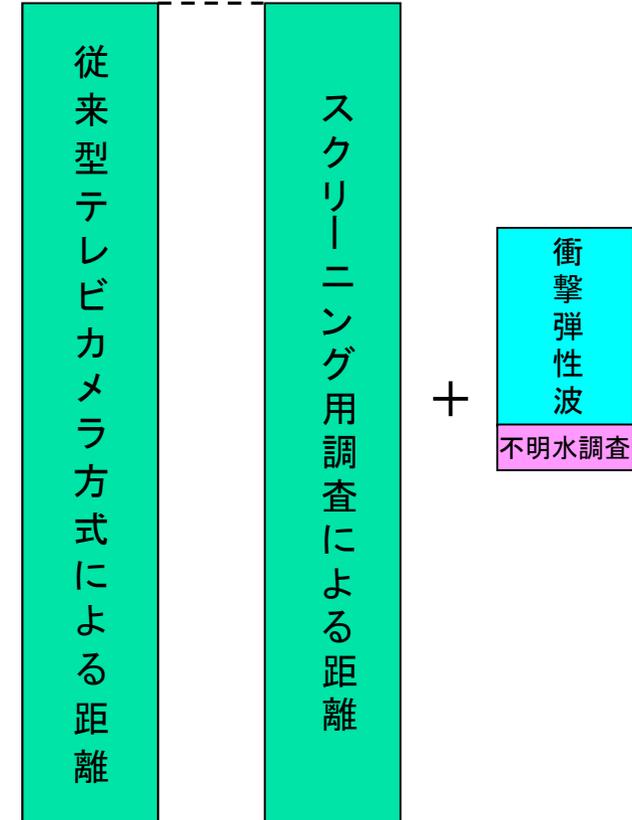
- ・スクリーニング調査(例)
 - ①テレビカメラ調査の簡略化(情報量の低減)
 - ②展開広角カメラ
 - ③管口カメラ+簡易調査
 - ④画像認識システム 等

・追加情報
不明水に関するスクリーニング(圧力チップ)
⇒**オプションの売込み**

調査距離

・現状の調査

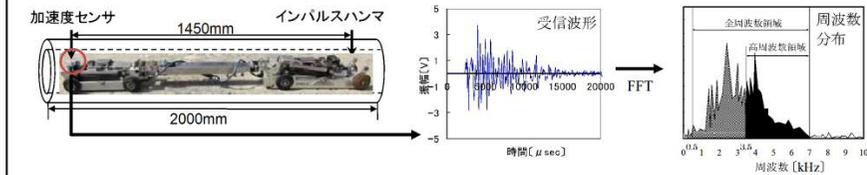
・ヘルスケア方式



【衝撃弾性波法の診断技術】

1. 衝撃弾性波検査法による管路診断の概要

衝撃弾性波検査法は、構造物の非破壊検査法を既設管の調査・診断に適用したものである。管に軽い衝撃を与えることにより発生する振動を、加速度センサ等により計測する手法であるため、非破壊で既設管の構造的に重要な劣化現象の検査を実施できる。

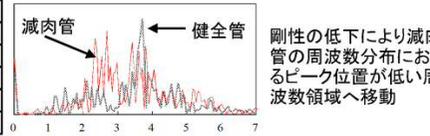


下記の式により周波数分布の数値化を行う。
 高周波成分比(%) = 3.5~7.0kHzまでの面積 / 0.5~7.0kHzまでの面積 × 100

2. 適用範囲

項目	内容
口径	φ200~φ700
管種	鉄筋コンクリート管(1種管)
管長	規格長さ(2000mm, 2430mm)

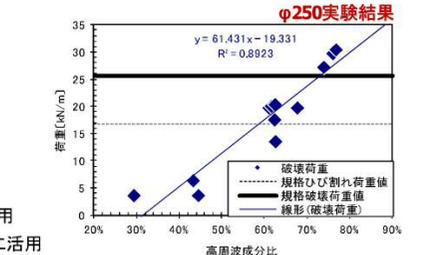
評価可能劣化現象 腐食等による減肉(管内面・外面)
軸方向クラック(管内面・外面)



3. 衝撃弾性波検査法の解析および評価方法

●高周波成分比(%)
 ●仮想破壊荷重値(kN/m)

$$S = c \cdot F + d$$
 ここに、
 S: 仮想破壊荷重の推計値(kN/m)
 F: 高周波成分比



●管の耐荷力 ⇒ 更生管の工法選定等に活用
 ●仮想管厚(mm) ⇒ 更生管の構造計算等に活用

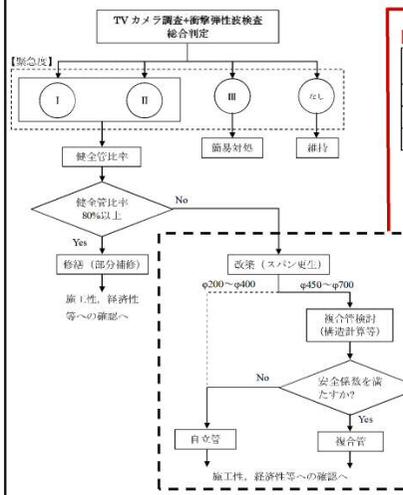
管健全度(%)	仮想破壊荷重値 / 破壊荷重規格値 × 100 管1本ごとの評価
管安全度	埋設管破壊耐荷力 / 作用荷重 スパン全体の評価 管の破壊耐荷力: 仮想破壊荷重および仮想管厚から算定, 作用荷重: 鉛直土圧+交通荷重

4. 評価指標

衝撃弾性波検査とTVカメラの緊急度を考慮した総合判定を実施。

衝撃弾性波検査緊急度	健全				領域	説明	緊急度区分	説明
	I	II	III	健全				
III	I	II	III	III	長期化対策ゾーン (更生工法選定によるコスト低減) 事故の未然防止ゾーン (異常の早期発見早期対策可能)	I	衝撃弾性波検査、展開カメラ調査の何れかが緊急度I相当の異常を認め、速やかに措置の必要な場合	
II	I	II	II	II				
I	I	I	I	I	維持管理ゾーン (定期的調査実施) 施設継続利用可能ゾーン (新設管と同等の性能)	II	簡易な対応により必要な措置を5年未満まで延長できる場合	
	I	II	III	健全				III
						健全	衝撃弾性波検査、展開カメラ調査ともに異常が認められず、健全管として5年以上そのまま使用できる場合	

5. 長寿命化検討のフローと工法選定



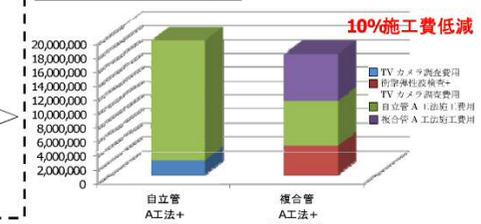
●複合管構造計算: 衝撃弾性波検査結果を利用
 ■コンクリートの強度等を計算 ⇒ 構造計算へ適用

No.	管径	高周波成分比	等価弾性係数 [kN/mm ²]	単位体積 [kN/m ³]	規定圧縮強度 [N/mm ²]	引張強度 [N/mm ²]
19	φ450	61.8%	30,504	23.0	45.30	2.82
12	φ500	57.9%	27,798	24.5	38.90	2.64
75	φ500	49.6%	22,670	24.0	24.00	1.91

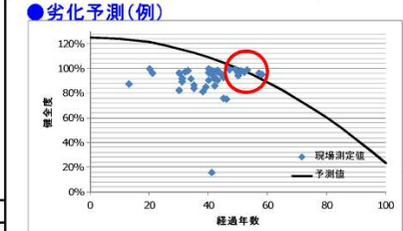
■計算結果

自立管	複合管	適用可能
2.70 > 1.00	4.48 > 2.5	○
1.80 > 1.00	3.15 > 2.5	○
1.40 > 1.00	2.38 < 2.5	×

3スパン中2スパンで複合管が適用可能 ⇒ 数値根拠に基づく更生管選定が可能

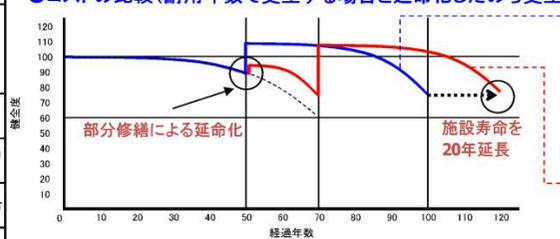


6. 施設延命化および長寿命化への適用



耐用年数50年を超えても健全度の高い管が存在する
 → 少なくとも構造的な緊急の対策を実施する必要はない
 更生が必要となるまで延命させるような対策を実施し、施設を継続利用する
 衝撃弾性波検査法による管の強度評価が有効活用できる (劣化予測による定量評価)

●コストの比較(耐用年数で更生する場合と延命化したのち更生する場合の比較)



発生年次	50年で更生する場合				単位
	更生工事費用	延長年数	スパン長	総工事費	
50年	94,000	50	50	4,700,000	円/m
				94,000	円/箇所
				10	円
				1,000,000	円
				94,000	円/m
				4,700,000	円
				8,800,000	円
				82,857	円/m

修繕工法が延命化対策と成り得れば、既存施設をより長く使用することができる。この場合、コストが約12%程度低減できるため、ライフサイクルコスト上有利になると考えられる。

※修繕費用および更生費用は直接工事費とした