

# 包括的民間委託による下水道管路の維持管理

山中明彦

下水道管路は地方自治体が所管する重点事業として整備され、国内総延長は約 47 万 km にも及び、その多くは地下埋設物である。近年、下水道管路の老朽化に起因した道路陥没や汚水の流出が社会問題となっており早急に対策を講じる必要があるが、地下埋設物であるがゆえに調査や更新改築事業等の維持管理対策は事業費の確保から人員の確保まで今後ますます対応が厳しい状況が予想され、事業の最適化を踏まえた自治体ごとの事業戦略の策定が必要となる。本稿では静岡県富士市にて、「下水道管路維持管理包括的民間委託」という全国的にも実例が少ない民間事業者による新たな事業スキームによる下水道管路の維持管理を建設コンサルタントが実施しているものであり、その事例を取りまとめた結果を報告する。

キーワード：下水道管路, 包括的民間委託, ストックマネジメント, 管口カメラ, ガイドライン策定

## 1. はじめに

静岡県富士市は、人口約 25 万人の中核都市で、下水道事業は昭和 33 年に着手し、下水道管路の総延長は約 891 km（平成 30 年度末）と膨大な施設を保有している。現在、処分制限期間（20 年）を経過した管路施設が約 553 km（図一 1 参照）、布設後 30 年を経過している管路施設は約 210 km（約 24%）に達しており 50 年経過管も存在していることから今後の老朽管路の増加に伴う様々な事故等の発生が懸念され、その対応の遅れから住民サービスの低下を招くリスク要因としてその対策を早急に検討していく必要がある。

図一 1 に示す管路の大部分は地下埋設物が占めており、今後の維持管理に際し、以下のような課題がある。

- ・道路、橋梁等の他のインフラ施設と比較すると一般市民の目に触れることが極めて少ないため老朽化への

認識がほとんどされていないことで財源の確保のための説明力が弱いこと。

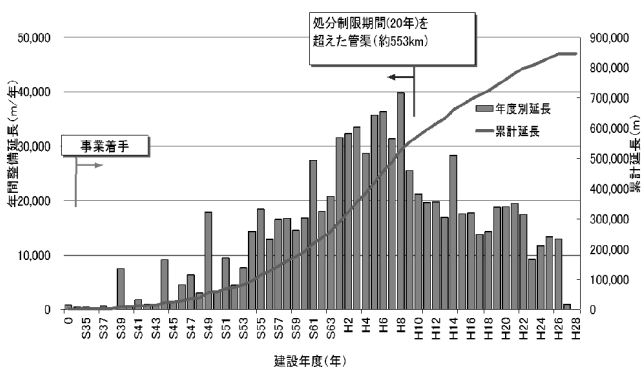
- ・老朽箇所の特定が困難なため、道路陥没や管路の詰まりといった突発的な事故が突然発生するといった危険性があり、その防止策についても多額の調査費用を必要とする。
- ・管路の埋設箇所が車両交通の激しい道路や幅員の狭い道路、他の地下埋設物が輻輳する道路内等に多数存在するため、更新改築等の対策も非常に困難となること。

以上のことから、今後の下水道管路の維持管理は、予防保全を前提とした点検や修繕を積極的に実施し施設の延命化を進めていくことが重要であると考えられる。

しかしながら、多くの自治体では、今後、少子高齢化による財源の確保や自治体職員の確保等も困難となる等、事業を継続的に運営することが困難な状況となることも想定される。そのため、今後は、施設の維持管理にかかるリソース「人」「もの」「金」の最適化を踏まえた事業スキームの再構築が必要となり、新たなリソースの確保の施策として「包括的民間委託」による事業スキームの構築を視野に入れた施策への転換も有効な手段であると考えられる。

## 2. 包括的民間委託における事業スキームの構築

富士市では、これまでも下水処理場の包括的民間委



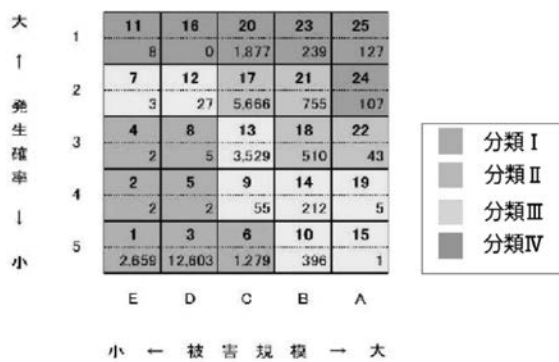
図一 1 富士市における年度別布設延長

託を継続して実施してきているが、今回新たな取り組みとして、処理場と管路を一体的に管理する包括的民間委託の事業に着手した。この様な下水道管路を含む包括的民間委託事業において、特に管路については全国でも事例が少なく、事業スキームが確立されていないため、業務の発注方式は幅広く民間の創意工夫の提案を取り込めるプロポーザル方式を採用し、実施した。

(1) 業務の背景と要求水準

今回の富士市における包括的民間委託による下水道管路の維持管理事業（以下：本業務）は、平成27年～令和2年の5か年の実施期間において、まず施設の現状把握（老朽化等）を目的として事業に着手した。

本業務の発注時における要求水準書では、管路の総延長の約800kmのうち約520kmの巡視・点検を5か年で実施するという内容であった。これは、事業に先駆けて策定された富士市のストックマネジメントの基本方針として、発生確率（管きょ口径）×被害規模（経過年数等）、により設定されたリスクマトリクスによる選定基準によって管路の1スパンごとにリスク評価基準（Ⅰ～Ⅳ分類）に対して、調査頻度を設定して調査の総延長（約520km）を決定したものである（図一2参照）。



発生確率	管きょ口径	経過年数	被害規模	管きょ口径
1	HP管	30年以上	A	800mm以上
2		20年以上	B	300mm以上800mm未満
3		10年以上	C	250mm以上300mm未満
4		10年未満	D	200mm以上250mm未満
5	HP管以外 発生管含む	—	E	200mm未満

図一2 リスクマトリクスによる施設分類

今回のプロポーザルにおいては、その要求水準に対し、受託者である民間事業者の創意工夫として、巡視・点検データをストックマネジメントに有効に活用できるようなデータの構築を目指すことを目的とし、以下に示す事業スキームの提案を行った上で業務を受託した。

(2) スtockマネジメントデータ構築の着目点

巡視・点検データをストックマネジメントに有効活

用するための着目点は、それが単なる日常点検ではなく、ストックマネジメント構築のためのモニタリングの手段として有効に機能させる必要があるという点である。そのためには取得したデータのストックマネジメントへの反映についてそのアウトプットを規定する必要がある、その知見を有した受託者のスキルが求められる。

ストックマネジメントを構築するうえで検討する項目としては、

- ・リスク評価
- ・事業の優先度評価
- ・劣化メカニズムの分析と劣化予測
- ・事業シミュレーション

等となり、各検討項目に対する有効なデータ構築が求められるものである。また、ストックマネジメントはPDCAサイクルにより、ある一定期間で見直されるものと定義付けられ、最終到達点の定義は明確ではないが、「見直し」を行うためには、出発点としての「初期」の設定を行うという概念が必要である。例えば上記の検討項目に対し、すべてのデータは反映されていないが一定期間で取得したデータによって分析した結果を示し、さらにデータを蓄積して再分析し分析精度を高めるといった作業である。そのような観点より、本業務では、委託期間の5か年でストックマネジメントの「初期」の段階と規定してデータの取りまとめを行った。また、各種検討結果は、維持管理上の初期の基準値（BM:平均値）として示すこととして、そのデータ構築のプロセスや、分析手法等を「富士市包括委託ガイドライン」として取りまとめた。

本業務にて作成されるガイドラインが、5か年の包括的民間委託完了後の次期の委託以降にも引き継がれることにより継続的なストックマネジメントを展開することに資することが可能となる。このことにより、データ構築のモチベーションの形成や将来の事業投資、資金調達等の重要なエビデンス構築にも寄与することが可能となると考えている。

3. 巡視・点検における具体的な提案

(1) 巡視・点検計画の立案

本業務の業務説明書に示す要求水準は、前項(1)にも示す通り、5か年の巡視点検についてリスク評価基準の4段階（Ⅰ～Ⅳ）ごとの管路延長のみを設定しており、対象施設を特定しているものではなかった。

そのため、受託者としてさらに単年度ごとの巡視・点検計画を作成する必要がある。これまで多くの自治

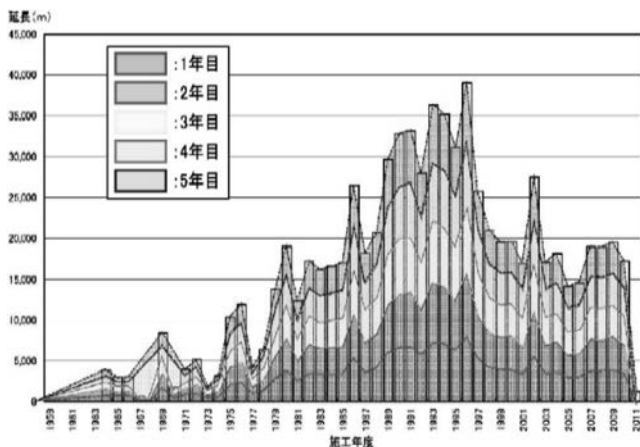
体の更新改築事業は、布設年度の古い管路を対象として調査が行われ、緊急性の高い管路についてその対策を進められてきたことから、自治体の保有している劣化状況等の情報は限定的であった。そのため、本業務ではストックマネジメント構築の観点から、マクロな視点で市全域の劣化進行を把握することを目指し以下の提案を行った。

- ・巡視・点検対象管路は5か年で約520 km、単年度では約100 km（下水道マンホール3000箇所）であり、市ではこれまで劣化データがほとんど構築されていない状況もある。そのため、陥没等の発生する可能性の高い地区の特定等、マクロな視点での劣化環境分析がなされていないことから、市内全域におけるリスク評価のためのデータ構築を目的として、市全体の網羅的な調査の提案を行った。
- ・要求水準書に示す巡視・点検の対象施設の重要度の決定におけるエビデンスであるリスクマトリクス（図一2参照）は、すべての管路の劣化状態が経過年数に依存しているとの観点より経過年数の長い管路のリスク評価点が高く設定されている。

この評価の知見として、コンクリート管路では、硫化水素による硫酸腐食は経時的な劣化進行との見解は多くの文献でそのメカニズムが示されている。

しかしながら、すべての管路の劣化が必ずしも経時的なものとは限らない。例えば、管路の劣化は、埋設条件（地盤、地下水位等）や、地震、施工不良等による突発的な損傷も要因のひとつであると想定できる。

それらを考慮して、本業務の巡視・点検は、布設年数と劣化進行の相関についての精査を行うことを考慮して、布設年数について5か年にわたって網羅的に（古い管路から新しい管路）対象施設を抽出することを提案した（図一3参照）。



図一3 5か年の調査対象施設の選定イメージ

(2) 健全度評価基準の設定

本業務の巡視・点検の主たる業務は、下水道管路における以下の調査である。

- ・マンホール蓋
- ・マンホール躯体
- ・管渠（マンホール内管口部）

これまでの巡視・点検は、調査の結果不具合が見つかれば何らかの対策を講じることを目的としたスクリーニング的な要素が高いものであった。

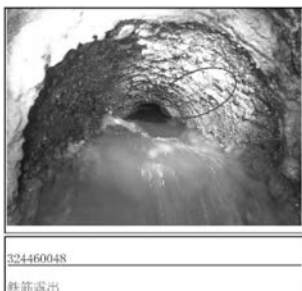
本業務がストックマネジメントに資するデータの構築を目的とし、市全域のマクロな劣化状態の把握とその原因（劣化環境）を検討するためのモニタリング調査を実施することであるため、劣化状態を客観的に評価できる基準の構築が必要となる。そのような観点より、本業務では、これまで下水道の施設を管理してきた企業団体等により公表されている基準や文献等を参考にして、以下の方針に基づき富士市独自の健全度の評価基準を提案した。

- ・マンホール内の各部位の評価は健全度の推移を細かく表現するため5段階とし、管路施設の部位（蓋、躯体、管渠）ごとに、各点検項目別（腐食、破損、目地ズレ、侵入水等）に定性的な評価基準を設定した（図一4参照）。

点検項目	ランク	評価点	評価基準
腐食	A	5	鉄筋露出
	B	4	全体的に骨材露出
	C	3	複数箇所の部分的な骨材露出の点在
	D	2	1・2箇所の部分的な骨材露出の点在 又は表面が荒れた状態
	E	1	なし
破損	A	5	欠落・陥没
	B	4	全体的にクラック又は破損
	C	3	複数箇所の部分的なクラック又は破損
	D	2	1・2箇所の部分的なクラック又は破損
	E	1	なし
目地ズレ	A	5	重大なズレ
	B	4	—
	C	3	軽微なズレ
	D	2	—
	E	1	なし
浸入水	A	5	噴き出している状態
	B	4	流れている状態 又は、全体的に浸入水あり
	C	3	複数箇所の部分的な浸入水
	D	2	1・2箇所の部分的な浸入水
	E	1	なし

図一4 健全度評価基準（管口カメラ調査）

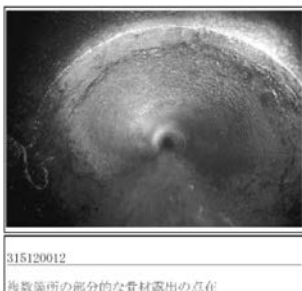
- ・但し上記の基準は、あくまでも定性的な表現が多く調査担当者によりばらつきが生じることが懸念されるため、点検項目（管渠であれば、腐食、目地ズレ等）の健全度評価ランク（A～E）ごとに複数の調査写真を割付けて視覚的な評価も可能とした（写真一1～4）。



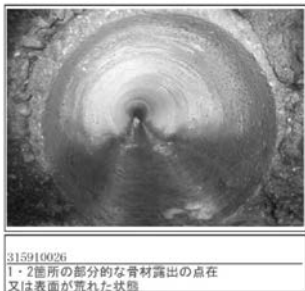
写真一1 項目：腐食  
ランクA  
鉄筋露出



写真一2 項目：腐食  
ランクB  
骨材露出(全体)



写真一3 項目：腐食  
ランクC  
鉄筋露出(点在)



写真一4 項目：腐食  
ランクD  
骨材露出(1部分)

(3) 管口カメラ等点検機材の検討

本業務の巡視・点検では、管口カメラによる管路内の点検を実施した。管口カメラの機材については市販の機材が販売、供給されているが、本業務については、管口にて管渠の健全度評価を行うことを前提として、高解像度のカメラを採用し、また面的な移動や操作性、作業性等を考慮し、GISシステムを搭載したタブレットによる遠隔操作が可能な機材を開発した(写真一5参照)。

タブレットシステムの特徴として、GPSによるマンホールの位置情報の確認機能や劣化データ、写真撮影等の入力ミスのチェック機能を搭載し富士市の健全度評価基準を反映した専用機材とした。



写真一5 現地作業状況

4. スtockマネジメントに資するデータ分析

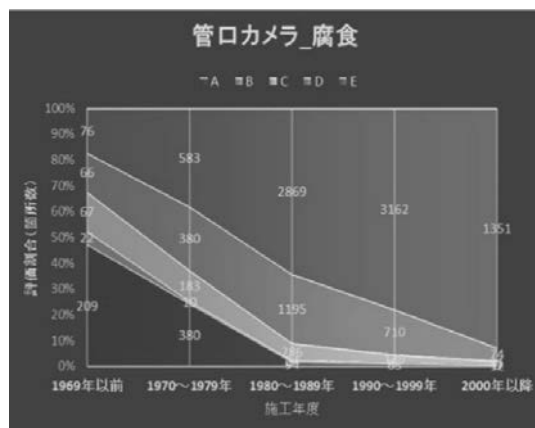
本業務は平成27年から着手し、5か年で約1万9千カ所の巡視・点検を実施した。本業務によって取得した管路の調査データをもとに以下の分析を実施した。

・マンホール蓋、躯体、管渠それぞれの劣化の評価割合と経過年数との相関性の確認(経年劣化)を行うため、管路各部位の点検項目(腐食、目地ずれ、破損、等)と健全度評価基準(A~E)との相関を示すグラフを作成した。

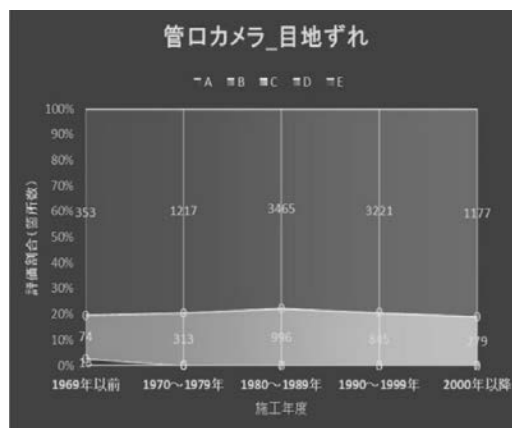
その結果、図一5に示す管渠の腐食(管口カメラ)については、経過年数が増えるごとに劣化の割合が増えることが確認でき、腐食が経年的な劣化であると判断できる。

しかしながら、目地ずれについては、図一6に示す通り、経過年数に依存することなく、比較的新しい管路にも不具合が一定割合で確認されており、経過年数との相関が確認できない。

このことは、例えば、施工時の初期不良や地震等突発的なアクシデントによる劣化と考えることもでき



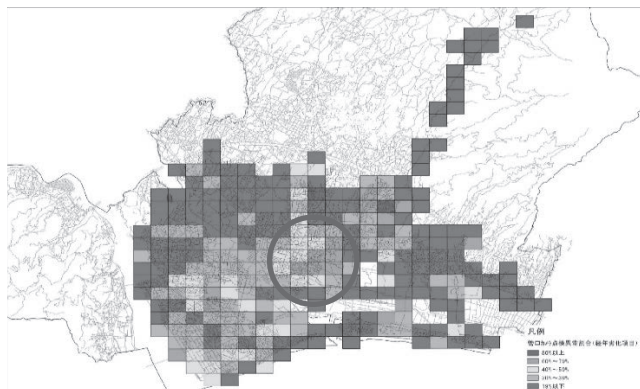
図一5 施工年度と評価割合のグラフ  
管渠の腐食(管口カメラ)



図一6 施工年度と評価割合のグラフ  
管渠の目地ずれ(管口カメラ)

る。この結果を踏まえれば、腐食が支配的な環境に埋設されている管渠の老朽化対策は、更生工法等の材質変更や布設替え等、腐食環境そのものに対応する抜本的な対策を講じることが必須であると判断できる。しかしながら管路の劣化が突発的な損傷としてとらえられ、以後そのような状況が起こる可能性が低い環境に埋設されていると考えれば、そのまま放置し定期的な点検のみを実施することや、多額の費用をかけるのではなく部分的な修繕対策を講じること考えられる。それらの結果を踏まえて、施設全体における更新改築事業のアクションプランの策定をより精密にとらえ、施設全体のライフサイクルコストの低減を目指して多くの点検データを構築してデータの精度を向上させ発生事象のメカニズムを分析することは、今後の下水道事業の継続的な運営の観点からも重要な調査、分析手法であるとする。

- ・次に、取得した調査データ（劣化特性）と地域環境との関連性に着目し、富士市全域の下水道事業計画区域を対象に管路施設の劣化ハザードマップ（500 m × 500 m）を作成した（図一7参照）。



図一7 富士市全域を対象としたハザードマップ

図一7に示すハザードマップは、経年劣化項目（前項で分析、評価した経年劣化項目：腐食、侵入水等）の評価割合の高い順にメッシュごとに着色表示した。その結果、市内中心部や駅周辺部の繁華街（図の中心部付近：丸表示）において経年劣化による劣化の評価割合が高いことが判明した。当該地区の劣化割合が高い原因としてデータの細部を確認すると、繁華街であるが故の管内水質（油分固結）の影響や勾配不良による滞水、降雨時の侵入水等が確認され、管路の劣化項目と地域環境との相関が明確となった。今後はさらに巡視・点検データを蓄積し分析の精度を向上させることにより、分析結果と劣化環境との相関を確認し、精

密な劣化環境を特定していけば、リスク評価や事業の優先順位の設定等のストックマネジメント構築における有効な資料の提供が可能となる。

## 5. おわりに

以上、富士市における下水道管路の維持管理包括的民間委託における巡視・点検の調査手法から分析手法について、ストックマネジメント構築の視点で取りまとめた。今回の業務を建設コンサルタントが包括的民間委託として実施したことによって得られた今後の管路の維持管理における新たな着目点について以下にとりまとめる。

- ・従来、ストックマネジメント計画と日常の巡視・点検等の維持管理業務は単年度で分離発注され、現地データのスムーズな移行が様々な制約によりなされにくいことが課題となっている。包括的民間委託の利点を生かし、計画、巡視・点検、分析業務等を5か年の長期契約の中で一体的に実行することができたため、現地の劣化データを反映した合理的なストックマネジメント構築が可能となった。
- ・データ分析を継続的に実施しPDCAサイクルにより精密に劣化環境を特定する事ができれば、そのエビデンスをもとにしたリスク管理を効果的に実施することや、本来必要となる最適な改築手法の導入が可能となり今後の施設にかかるライフサイクルコストの低減に大きく寄与される可能性がある。
- ・これまで、個別発注されていた維持管理業務における成果、とりわけ劣化データの経年的な一元管理は自治体にとっても課題であったが、民間事業者として維持管理の専用システムを保有し、業務の一部としてデータの一元管理を実施すれば、ストックマネジメントの継続的な運用に資する有効なツールとなる。

JICMA

### 《参考文献》

- 1) 下水道管路施設の維持管理における官民連携スキームの構築  
土木施工 2020.8 VOL.61 NO.8

### 【筆者紹介】

山中 明彦（やまなか あきひこ）  
パシフィックコンサルタンツ㈱  
プロジェクトイノベーション事業本部  
シニアテクニカルディレクター

