

参考資料編I 実証研究の概要と検証結果

目次

1	実証研究の概要.....	I-2
1-1	実証フィールドの概要.....	I-2
1-2	実証研究の実施期間.....	I-3
2	構成技術の概要と検証・評価結果.....	I-4
2-1	机上スクリーニング（劣化予測システム）技術.....	I-4
2-2	現地スクリーニング（管きょ調査）技術.....	I-24
2-3	現地スクリーニング（不明水調査）技術.....	I-49
2-4	腐食環境調査技術（参考）.....	I-67
2-5	ICT データ入力・蓄積ツール.....	I-83
3	期間・コスト短縮効果の試算.....	I-95
3-1	都市規模によるシステム導入効果の試算（期間）.....	I-95
3-2	都市規模によるシステム導入効果の試算（コスト）.....	I-96
4	本実証研究成果を踏まえたコスト縮減効果算定例.....	I-98
4-1	コスト縮減効果試算対象となる革新的技術.....	I-98
4-2	中規模モデル都市（人口 10 万人以上）.....	I-98
4-3	小規模モデル都市（人口 10 万人未満）.....	I-99
4-4	考察.....	I-100

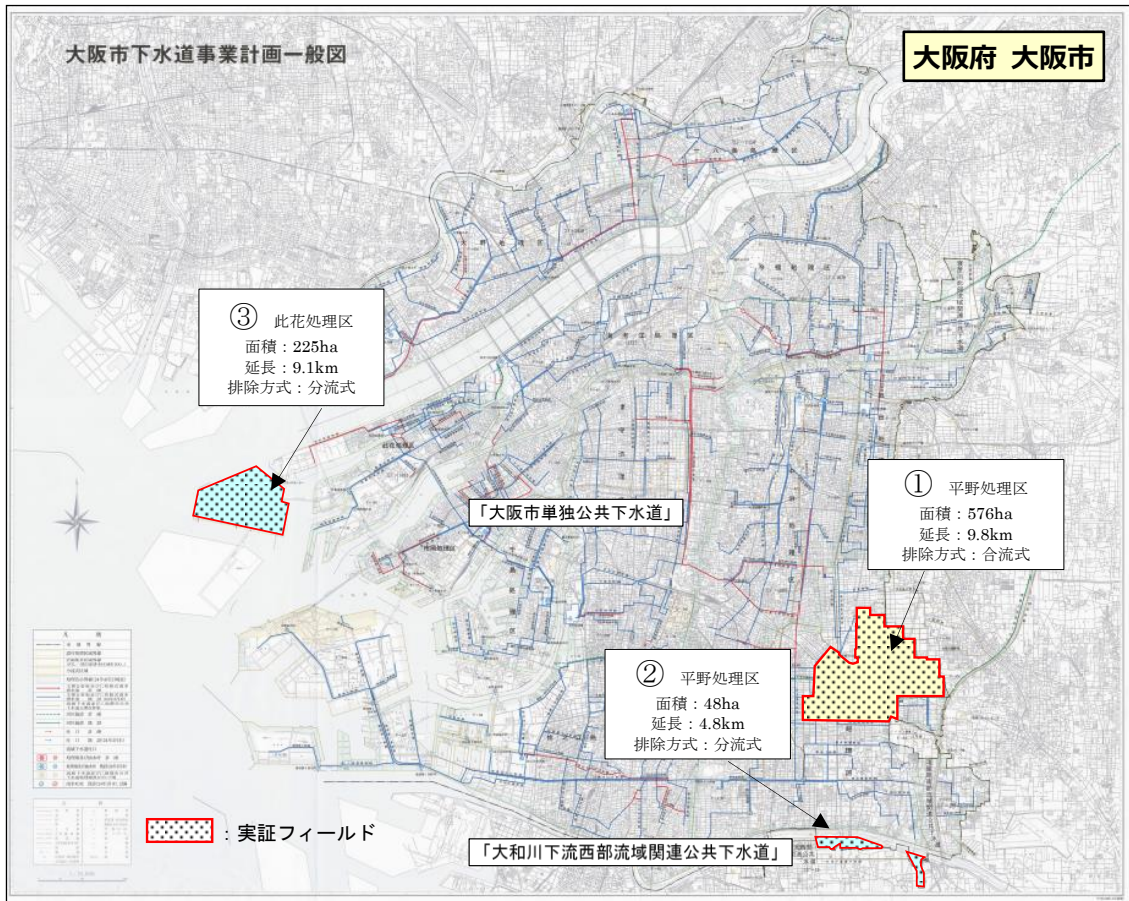
1 実証研究の概要

1-1 実証フィールドの概要

(1) 大阪市

実証フィールドは大阪市のうち「大阪市単独公共下水道」平野区（合流地区）、此花区（分流地区）および「大和川下流西部流域関連公共下水道」（分流地区）の3処理区3地区である。実証フィールドは以下に示す視点で、大阪市の公共下水道において布設後20年以上を経過し、様々な管種と経過年数の管きょが存在する地区、また、大阪市以外の都市への事業展開も念頭に分流地区を中心に平野区内および此花区内で対象管きょを選定した。位置図を図1-1に、実施対象数量を表1-1に示す。

- 劣化が懸念される布設後20年以上を経過した地区
- 普及促進を考慮し、様々な管種と経過年数の管きょが存在する地区
- 大阪市以外への展開を念頭に、分流地域がある地区



出典：国土地理院地図を加工して作成
図 1-1 実証フィールドの位置図（大阪市）

表 1-1 実証フィールドにおける対象管きょ実施延長 (m)

実証研究年度		実証ステップ 1			実証ステップ 2
地 区		硬質塩化ビニル管	陶管	コンクリート管	コンクリート管
平野区	合流地区	544	3,056	7,315	1,012 (追加) 325
	分流地区	702	—	1,659	
此花区	分流地区	10,749	—	—	
合計		11,995	3,056	8,974	

(2) モデル都市

(2-1) 地方公共団体の概要

- 下水道人口整備率 86.7%。昭和 61 年より公共下水道整備事業を開始。
- 管路延長約 240km (約 8 割が分流式)
- 雨天時における汚水管きょの雨天時浸入水が課題となっている。

実証フィールドの位置図 (モデル都市) を図 1-2 に示す。



出典：国土地理院地図を加工して作成
図 1-2 実証フィールドの位置図 (モデル都市)

(2-2) 実証フィールド

- 下水道の整備から約 30 年を経過。山間地からの湧き水が多く、管路への不明水が多い地区
- 大雨時の汚水管きょへの雨天時浸入水により、水位上昇や堆積物による閉塞などの危険性が考えられる地区

1-2 実証研究の実施期間

本実証研究の履行期間は、実証ステップ 1 (平成 30 年 7 月 7 日～平成 31 年 3 月 29 日)、実証ステップ 2 (令和元年 7 月 9 日～令和 2 年 3 月 31 日) の 2 年間で実施した。

2 構成技術の概要と検証・評価結果

2-1 机上スクリーニング（劣化予測システム）技術

(1) ICT による劣化予測システムの概要

机上スクリーニングは、地方公共団体が保有する既存データを分析し、スパン毎における劣化の発生状況を予測し、膨大な管路ストックの点検調査優先度および緊急度を評価、決定を行うものである。

劣化予測システム（以下、「本システム」という）では、既存データを使って劣化の発生可能性を多変量解析で点数化し、これを管路の劣化曲線に当てはめることで緊急度を予測する手法をとっている。

本システムにおけるシステムフローを図 2-1 に示す。

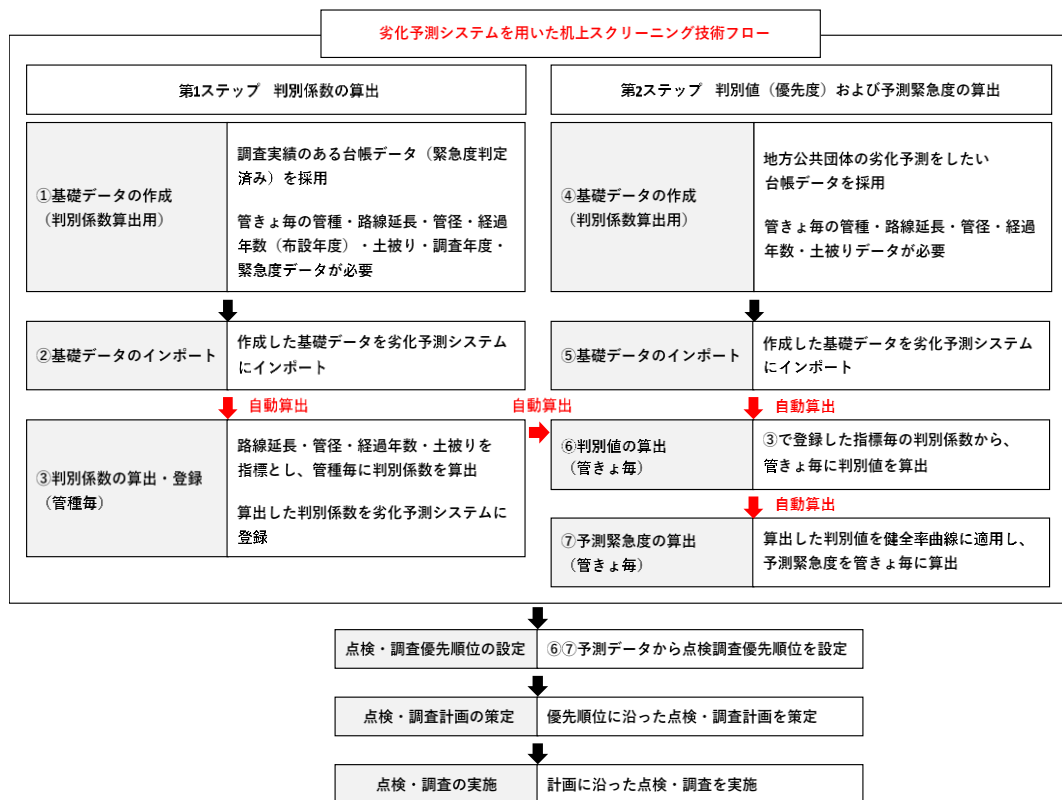


図 2-1 劣化予測システムを用いた机上スクリーニング技術フロー

本システムにおける手順は、下記のとおりである。

(1-1) 優先度予測式の導出（判別係数の算出）

スパン毎の点検調査の優先度を設定するためには、既存データから劣化の発生可能性を点数化する必要がある。これを求める数式を「優先度予測式」と呼称する。

地方公共団体が保有しているデータは限定的であることから、予測式に用いるデータ項目は、管路の劣化状態と関連性があると考えられ、データベースとして情報が整理されて

いる「管種」、「路線延長」、「管径」、「経過年数」および「平均土被り」（上流側土被りと下流側土被りの平均値を管きよの属性として適用する。以下「平均土被り」と表記する。）の5項目とする。

この5項目が劣化とどのような関係があるかについては、既存の管内調査結果を用いて、多変量解析により分析するが、この際に必要となるデータは表2-1のとおりである。これらの項目が1つでも欠如していると判別係数が算出できないため、管路データを事前にクリーニングし、全項目が網羅されているデータのみを抽出する。

なお、「優先度予測式」は、管種ごと（コンクリート管、陶管のみ、塩ビ管を除く）に作成することから、多変量解析の変数は、管種以外の4項目となる。

表 2-1 多変量解析に必要なデータ

下水道台帳データ	項目
管路諸元	「管種」、「路線延長」、「管径」、「経過年数（布設年度）」、「平均土被り」
調査データ	「調査年度」、「緊急度」

多変量解析により得られる優先度予測式の基本式は式（1）に示す通りである。

判別値＝「路線延長」× X_1 ＋「管径」× X_2 ＋「経過年数」× X_3 ＋「平均土被り」× X_4 ＋「定数項」・・・式(1)

ここに、 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 ：判別係数、定数項：切片（解析により自動算出）を示す。

国土技術政策総合研究所（以下、国総研と称す）データベースおよび実証都市の調査データを用いて算出した判別係数の計算結果例を表2-2に示す。なお、判別係数には地域性があるため、可能な限り各団体保有のデータを用いることが望ましい。

表 2-2 判別係数計算結果の例

ID	管種	X1 路線延長	X2 管径	X3 経過年数	X4 平均土被り	定数項
1	コンクリート管	0.009242	0.000717	-0.004954	-0.15678	1.432748
2	陶管	-0.02717	-0.002812	-0.04305	-0.045862	2.151094
3	塩ビ管	0.02318	-0.00634	-0.0201	-0.02644	1.537799

(1-2) 優先度評価（判別値の算出）

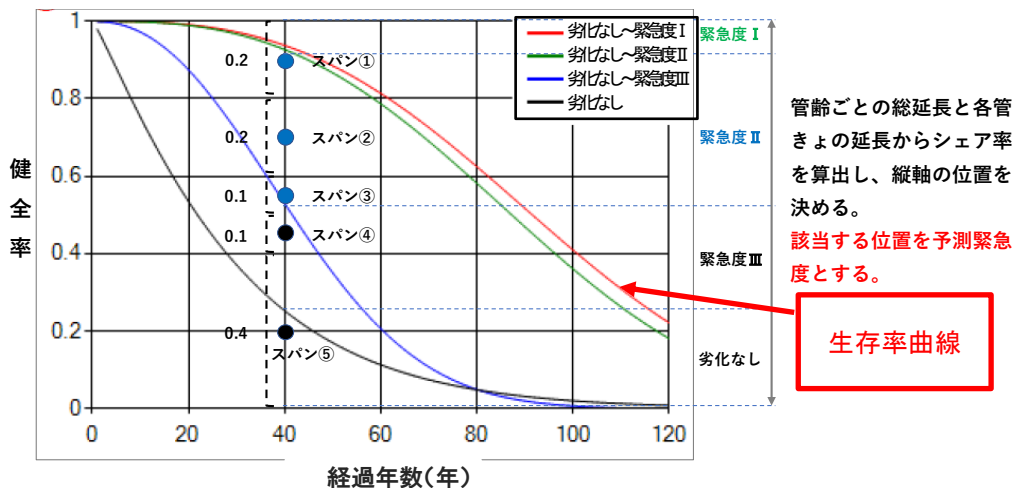
1) で導出した優先度予測式を用いて、任意の区域内における管路全スパンの優先度を評価する。評価においては、下水道台帳等より「管種」、「路線延長」、「管径」、「経過年数（布設年度）」、「平均土被り」を整理し、優先度予測式に代入し、判別値を得る。

判別値が優先度を示す点数となり、点数が低いほど劣化可能性が高く、点検調査の優先度が高いことを示す。

(1-3) 予測緊急度の算出

優先度予測式は、単に点検調査の優先順位を示すものであり、劣化の程度（緊急度）を表しているものではないため、優先度予測式で得た判別値を緊急度を読み替える必要がある。本システムでは、判別値に基づいた経過年別優先順位を健全率曲線に適用し、管路ごとの予測緊急度を算出する。緊急度の予測手順は次の通りである。緊急度の予測のイメージ図を、図 2-2 に示す。

- ① 管齢（経過年数）ごとの管路数と管路延長を算出する。
 調査済で緊急度が判明している管路の管齢＝調査年度－布設年度
 緊急度を予測したい管路の管齢＝予測時点（現在）の年度－布設年度
- ② 健全率曲線の縦軸の範囲に、管齢ごとの各管路延長を総延長で割振る。
 その時、対策すべき施設の優先順位（判別値）に従い並び替えてから割振る。
 緊急度が判明している場合は、各緊急度の縦軸の範囲内で割振る。
 管齢ごとの総延長と各管路の延長からシェア率を算出し、縦軸の位置を決める。
 この段階で各管路の状態（緊急度）を予測する（既に調査済みで緊急度が判定されている管路はその緊急度を表示する）



緊急度予測（例）

管齢40年の管きょ5スパン（ $\Sigma L=50m$ ）

スパン①	$L1=10m$, 判別値1= -0.20 , $L1/\Sigma L=$ シェア率0.2	⇒ 緊急度 II（予測）
スパン②	$L2=10m$, 判別値2= -0.19 , $L2/\Sigma L=$ シェア率0.2	⇒ 緊急度 II（予測）
スパン③	$L3= 5m$, 判別値3= -0.18 , $L3/\Sigma L=$ シェア率0.1	⇒ 緊急度 II（予測）
スパン④	$L4= 5m$, 判別値4= -0.17 , $L4/\Sigma L=$ シェア率0.1	⇒ 緊急度 III（予測）
スパン⑤	$L5=20m$, 判別値5= -0.16 , $L5/\Sigma L=$ シェア率0.4	⇒ 劣化なし（予測）

図 2-2 劣化予測のイメージ（緊急度の当てはめ）

なお、健全率曲線については、国総研が公開している健全率曲線を使用する。ただし、国総研から公表されている健全率曲線は劣化なし・緊急度Ⅲ・緊急度Ⅱの 3 本の曲線で構成されていることから、本システムを用いる場合は、これらの 3 本の曲線に、「劣化なし～緊急度Ⅰ」の曲線（赤線）を新たに追加する必要があり、その曲線（生存率曲線）は、国総研で公開されている累積残存率（図 2-3 下図）を参考に算出したものを用いている。

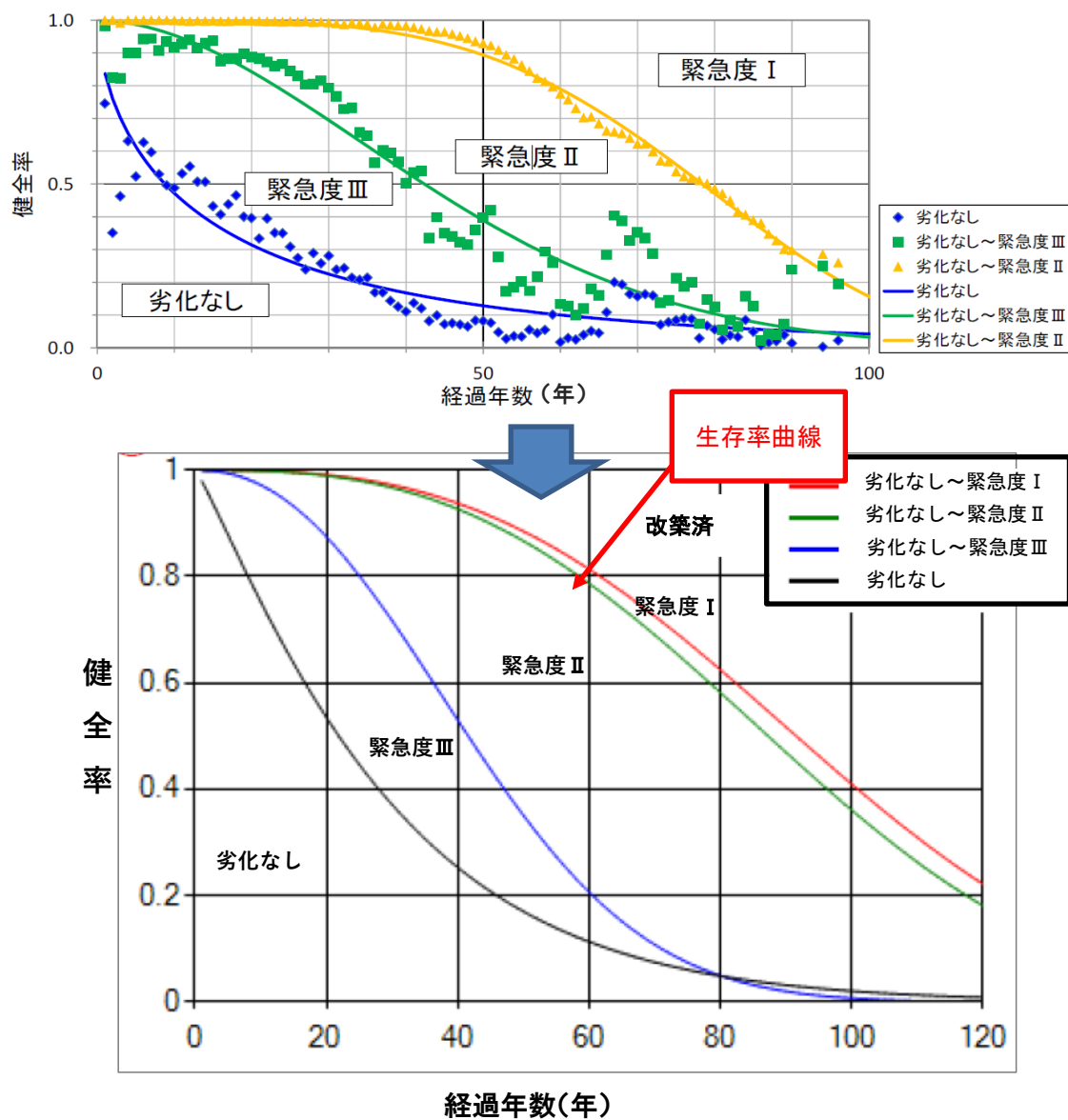


図 2-3 国総研の健全率曲線（上図）とシステム用曲線（下図）

(2) 机上スクリーニング（劣化予測システム）技術の作業手順

(2-1) 作業編成

机上スクリーニング（劣化予測システム）技術については、委託により実施することとなる。

委託の直接作業の編成は表 2-3 のとおりであり、その作業内容は、必要データを委託先に提供したのち、図 2-4 に示すフロー図の②基礎データのクリーニング作業、③基礎データを用いて判別係数の算出、④判別係数の登録（コンクリート管、陶管）、⑤劣化予測対象データの整理、⑥判別値および調査優先順位を算出、⑦管種ごとに算出された判別値を健全率曲線に当てはめ予測緊急度算出、⑧地方公共団体の管路データを取り出し、調査対象路線の抽出までの範囲である。

なお、劣化予測システム損料については、本実証研究の共同研究体の代表に問い合わせること。

表 2-3 机上スクリーニングの標準人工数量

種別	数量	単位
管路調査技師	1	人/日
管路調査助手	1	人/日
劣化予測システム損料	問い合わせ	日

(1,500m/日)

※1,500m：地方公共団体の劣化予測を行う対象データの延長を示す

(既存の管路調査の結果がある場合は台帳データ延長も含む)

(2-2) 調査手順

机上スクリーニング（劣化予測システム）技術については、図 2-4 に示すフロー図のとおりである。

図 2-4 の机上スクリーニング（劣化予測システム）のフロー図のうち、以下に留意する事項を示す。

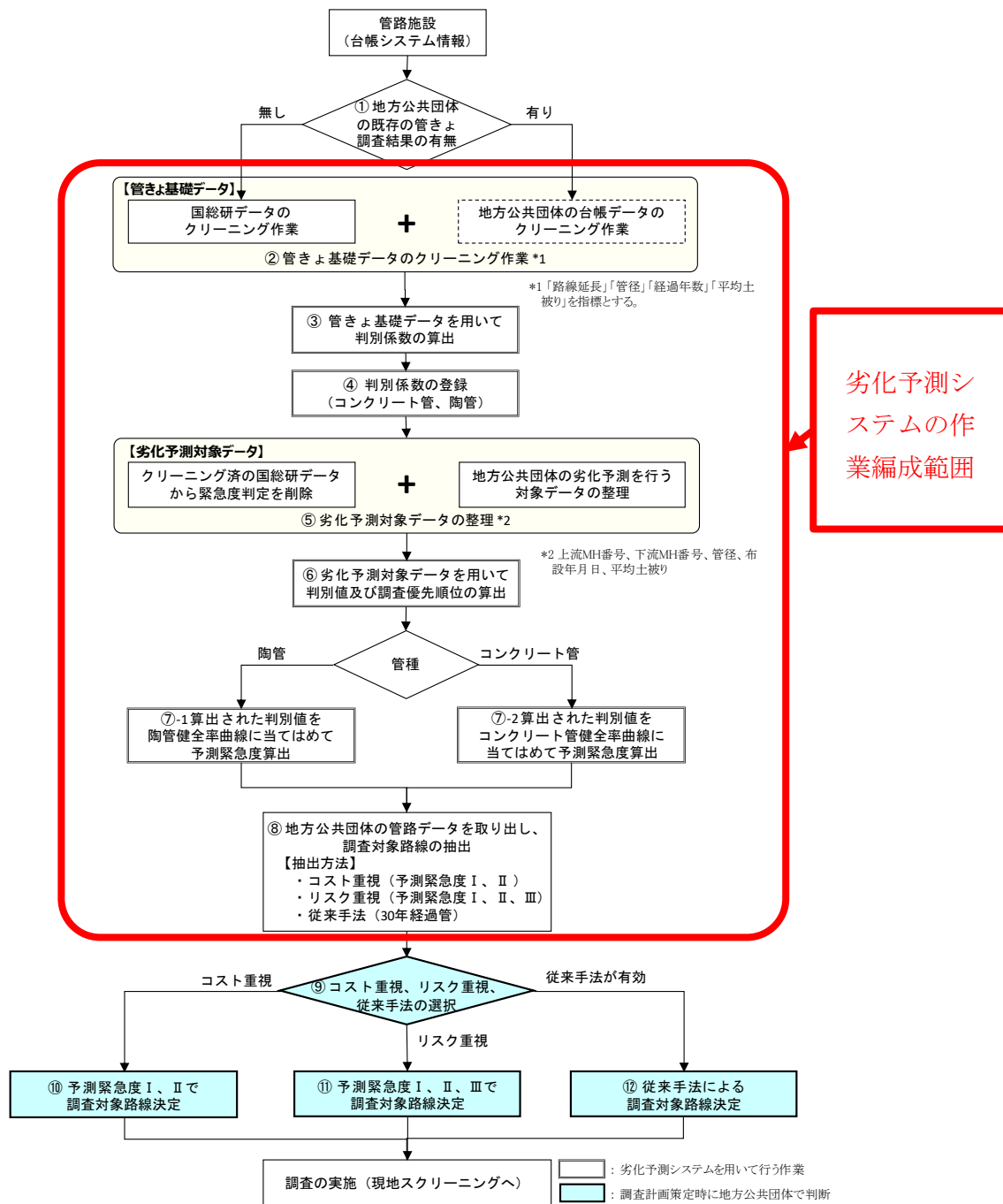


図 2-4 机上スクリーニング (劣化予測システム) のフロー図

「②管きょ基礎データクリーニング作業」

劣化予測システムの基礎データとして、必要な指標となる「管種」、「路線延長」、「管径」、「経過年数」、「平均土被り」の全てにデータ値 (数値) がない場合や整合がとれない (布設年数が調査年度よりも後など) 値であるとシステムエラーが発生するため、あらかじめ国総研データおよび地方公共団体の台帳データの各路線データに値が存在するか、整合がとれているかを確認し、その路線を基礎データから除外する作業である。

また、国総研データについては、上流側・下流側のマンホール番号が付与されていないため、番号を付与する。地方公共団体の台帳データについても上流側・下流側のマンホール番号が付与されていない場合は同様に番号を付与する。

「⑤劣化予測対象データの整理」

劣化予測対象データを用いて判別値および調査優先順位の算出にあたって、地方公共団体の劣化予測を行う対象データについて、緊急度判定の削除を行う。これは「(1-3)予測緊急度の算出(p.I-6)」において、緊急度が判明しているものは、各緊急度の縦軸の範囲内で割振るため、緊急度判定の要因が単に老朽化による影響であれば問題ないが、老朽化以外の影響（例えば、他の工事によって管きよにひび割れが発生するなど）による要因があると予測緊急度に大きく影響を及ぼし絞り込みが難しくなることから、本緊急度判定を削除するものである。またクリーニング済みの国総研データから緊急度判定の削除を行うが、これは、地方公共団体対象データと国総研データを組み合わせることによって予測緊急度判定が、地方公共団体対象データのみで劣化予測を行うよりも適切な予測データを得ることが可能となるためである。

「⑧地方公共団体の管路データを取り出し、調査対象路線の抽出」

劣化予測システムは、国総研データを活用し、地方公共団体データと組み合わせて分析することで、路線毎の劣化発生を予測し、優先順位をつけることができるものであり、コスト重視（予測緊急度Ⅰ・Ⅱ）、リスク重視（予測緊急度Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ）および従来手法（30年経過管）の3つの方法で調査対象路線を抽出する。

コスト重視は、予測緊急度Ⅰ・Ⅱを優先的に調査対象とするものである。なお、本システムは、あくまで予測であるため、実際に調査した緊急度Ⅰ・Ⅱとは異なる。本実証研究の結果では、予測緊急度Ⅰ・Ⅱと実際に調査した緊急度Ⅰ・Ⅱの緊急度適合率は概ね50%であり、従来手法（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ー2015年版ー：リスク評価における劣化のしやすさ 経過年数30年で抽出）で緊急度Ⅰ・Ⅱを発見できた路線を調査対象から除外してしまう可能性がある。ただし、本システムで抽出されていない路線については、ストックマネジメント計画の観点から、将来計画として、順次調査を行っていく必要があることにはかわりはない。

リスク重視は、従来手法と同等のリスクとなるよう、予測緊急度Ⅰ・Ⅱ・Ⅲを優先的に調査対象とするものである。本実証研究の結果では、予測緊急度Ⅰ・Ⅱ・Ⅲと実際に調査した緊急度Ⅰ・Ⅱ・Ⅲの緊急度適合率は概ね90%以上であり、従来手法と同程度のリスクである。

従来手法は、管きよの布設後、30年以上経過した年数の管きよを抽出したものである。

「⑨コスト重視、リスク重視、従来手法の選択」

コスト重視で抽出された調査対象路線数（予測緊急度Ⅰ・Ⅱ）、リスク重視で抽出された調査対象路線数（予測緊急度Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ）および従来手法を比較し、有効な手法を選択する。

コスト重視の選択は、コスト重視で抽出された調査対象路線数（予測緊急度Ⅰ・Ⅱ）と従来手法を比較し、コスト重視の調査対象路線数が少ない場合となる。

リスク重視の選択は、リスク重視で抽出された調査対象路線数（予測緊急度Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ）と従来手法を比較し、リスク重視の調査対象路線数が少ない場合となる。

また、コスト重視、リスク重視の手法で、対象施設の絞り込みが困難な場合には、従来手法（経過年数による選定）により、調査対象施設を決定する。

(2-3) 劣化予測システムの抽出結果

劣化予測システムにて算出した優先度（判別値）は、csv データにて提供することが可能である。優先度（判別値）のアウトプットイメージを表 2-4 に示す。

表 2-4 優先度（判別値）の算出

判別値の低い順に並び替え

優先順位	上流マンホールNo	下流マンホールNo	路線延長	管径	管齢	平均 土被り	判別値	管種
1	183031422	183031428	34.03	250	73		-1.04486573	コンクリート管
2	193241431	193241430	3.95	250	46	1.32	-0.902872259	コンクリート管
3	193242445	193242443	4.66	250	46	1.65	-0.887875037	コンクリート管
3	193231421	193231422	4.66	250	46	1.96	-0.887875037	コンクリート管
5	183022420	183022421	3.85	250	45	1.18	-0.876193109	コンクリート管
6	193231423	193231422	5.23	250	46	1.87	-0.875835014	コンクリート管
7	203213409	203213410	5.33	250	46	1.55	-0.873722729	コンクリート管
8	182932407	182932406	1.5	250	43	1.1	-0.868248933	コンクリート管
9	183141412	183141413	4.37	250	45	2.34	-0.865209229	コンクリート管
10	183023407	183023408	3.72	250	44	1.79	-0.850147645	コンクリート管

予測緊急度は、先の優先度（判別値）を用い、管種ごとに健全率曲線に当てはめを行い、csv データにて提供することが可能である。予測緊急度のアウトプットイメージを表 2-5 に示す。最終的に、これらのデータから対象の管路データを取り出し、調査対象路線を抽出した結果が報告書となる。

表 2-5 予測緊急度の算出

No	上流マンホールNo	下流マンホールNo	(予測)緊急度	調査日	管齢(年)	調査時管齢(年)
1	153341409	153341408	(Ⅲ)	2005/03/3	15	2
2	182844413	182844414	Ⅲ	2005/03/3	15	2
3	163232431	163232430	Ⅲ	2006/03/3	14	2
4	192912411	192912413	Ⅲ	2006/03/3	14	2
5	192712453	192712452	○	2006/03/3	14	2
6	163232429	163232440	Ⅱ	2006/03/3	14	2
7	153332444	153332443	(Ⅲ)	2005/03/3	15	2
8	173041428	173041429	Ⅱ	2005/03/3	15	2
9	163232408	163232409	Ⅰ	2005/03/3	15	2
10	153333419	153333418	(Ⅱ)	2005/03/3	15	2

※ () は予測緊急度を示し、() 無しは調査結果の緊急度を示す。

(3) 適用条件等の整理

(3-1) 適用条件

机上スクリーニングは、コンクリート管および陶管の全ての口径に適用可能である。

ただし、管路施設の情報を統計的に分析することから、必要な条件として、以下に示すような適用条件がある。

なお、塩ビ管の机上スクリーニングについては、本実証研究では、塩ビ管が整備開始されてからまだ経過年数が浅いことや、劣化データが少ないこと、全管種の健全率曲線を用いて劣化予測を行ったが判定結果にばらつきがでたことから、従来技術の方法が机上スクリーニングとしては適している結果となった。

【1】判別係数作成のための適用条件

(1) 管種：コンクリート管、陶管

判別係数作成に適用可能な管種は、コンクリート管、陶管の2種に限定される。

(2) 既存調査結果（有る場合）：「管種」、「路線延長」、「管径」、「布設年月日」、「平均土被り」、「調査年月日」および「緊急度判定結果」の属性情報。

既存調査結果がある場合、必要な属性情報は、上記の7項目が必要である。

国総研のデータと併せて、基礎データのクリーニング（7項目が全て揃っているかの確認および異常値の削除）が必要である。

既存調査結果（無い場合）：国総研のデータを適用する。

(3) データ数（スパン数）：各布設年度別で30スパン程度

統計的に有意な結果を得るためには、各布設年度別で30スパン程度のスパン数が必要である。なお、国総研のデータを用いることで、判別係数の作成は可能であるが、緊急度適合率の判定に影響するため、地方公共団体の地域性を反映するためには、各都市のデータ（100スパン程度以上）を加えることが望ましい。

【2】劣化予測をするための適用条件

(1) 管種：コンクリート管、陶管

劣化予測に適用可能な管種は、コンクリート管、陶管の2種に限定される。

(2) 特性（属性情報）：「管種」、「上流マンホール番号」、「下流マンホール番号」、「路線延長」、「管径」、「布設年月日」、「平均土被り」。

基礎データの整理（上記7項目が全て揃っているかの確認）が必要である。

また、国総研のデータについては、判別係数作成時に使用したクリーニング済みのデータから調査年月日、緊急度判定結果の削除を行い、地方公共団体の劣化予測を行うデータと合わせて、劣化予測対象データとする。

机上スクリーニング技術における管種別のデータ適用条件を、表 2-6 に整理した。

表 2-6 管種別データ、健全率曲線の適用条件

管種	判別係数算出用データ	劣化予測対象データ	緊急度算出用健全率曲線
コンクリート管	【既往調査結果が有る場合】 国総研データ＋各都市データ	国総研データ ＋各都市データ	鉄筋コンクリート
陶管	【既存調査結果が無い場合】 国総研データ		陶管
塩ビ管	従来技術による机上スクリーニング（経年による判定）		

(3-2) 日進量

劣化予測システムの日進量は、表 2-3 机上スクリーニングの標準人工数量を参照。

- 日進量

1,500 (m/日) コンクリート管・陶管

(3-3) 調査コスト

従来手法（SM 計画ガイドライン：リスク評価における劣化のしやすさ 経過年数 30 年で抽出）と比較して、机上スクリーニング単独では経済的な優位性は少ないが、現地スクリーニング、詳細調査との連携を図ることにより、相乗効果として全体的な経済性が発揮され、調査日数も縮減可能である。

革新的技術である机上スクリーニング技術を単独で、従来技術と比較すると、従来手法よりも高度な技術を適用しているため、経済的には従来手法よりも実績ベースで 3 倍程度高くなる。

なお、机上スクリーニング（劣化予測システム）の期間については、委託によるため従来手法との比較が難しいことから、本実証研究では同等の日数として見込んでいる。

(3-4) その他の諸元

その他の諸元として、机上スクリーニング技術（劣化予測システム）の有効性を評価する項目は次のとおりである。

- 緊急度適合率
- 絞込率
- 抽出不能率

劣化予測システムにより算出された優先順位、予測緊急度により現地調査を行う管路を決定する。その際、コスト重視（予測緊急度Ⅰ・Ⅱのみを調査対象とする）とする方法とリスク重視（予測緊急度Ⅰ・Ⅱ・Ⅲまでを調査対象とする）とする方法がある。

コスト重視、リスク重視におけるそれぞれの緊急度適合率、絞込率、抽出不能率については、表 2-7 のとおりである。

表 2-7 コスト重視、リスク重視の比較

項目	コスト重視	リスク重視
内容	予測緊急度Ⅰ・Ⅱまでを調査対象とする。	予測緊急度Ⅰ・Ⅱ・Ⅲまでを調査対象とする。
緊急度適合率※1	低い	高い
絞込率※2	高い 調査効率は高くなる。	低い 従来手法（経過年数で選定）よりも、絞り込みができない可能性がある。
抽出不能率※3	高い 調査対象施設を限定しているため、緊急度Ⅰ・Ⅱが抽出不能となるリスクが増える。	低い 調査対象施設を広範囲としているため、緊急度Ⅰ・Ⅱが抽出不能となるリスクが減る。
適用想定 地方公共団体	大都市 対象施設が多く、絞り込みが必要な地方公共団体	中小都市 対象施設が限定されており、劣化の見落としを避けたい地方公共団体

※1 緊急度適合率（机上スクリーニング）：机上スクリーニングにおいて予測した劣化状態（予測緊急度）と実際に調査した劣化状態（緊急度）が一致するスパン数の割合で算出する。（本編 p.10 参照）

※2 絞込率：劣化予測による、緊急性の高いスパン（緊急度Ⅰ・Ⅱ）の絞り込みの妥当性を表す指標で、従来手法による抽出スパン数（30年以上経過管のスパン数）に対する、劣化予測システムにより抽出された緊急度Ⅰ・Ⅱのスパン数の割合で算出する。（本編 p.10 参照）

※3 抽出不能率：劣化予測による緊急性の高いスパン（緊急度Ⅰ・Ⅱ）の見逃しを表す指標で、従来型 TVカメラによる調査で緊急度Ⅰ、Ⅱであったスパンを、劣化予測で正確に判定できなかったスパンの割合として表す。以下の式により求められる。（本編 p.10 参照）

コスト重視（劣化予測システムにおいて緊急度Ⅰ・Ⅱと判定された管路のみを調査対象）とした場合、緊急度Ⅰ・Ⅱである管路を見逃している割合は高くなるが、対象施設が多く、当面、調査の絞り込みを必要としている地方公共団体に適している。

リスク重視（劣化予測システムにおいて緊急度Ⅰ・Ⅱ・Ⅲまでを調査対象）とした場合、緊急度Ⅰ・Ⅱである管路を見逃している割合は低くなるため、ほとんど調査を実施していない地方公共団体に適している。しかしながら調査対象は多くなるため、現地スクリーニングを行うことでスクリーニングの有効性を図ることができる。

(4) 机上スクリーニング（劣化予測システム）技術の実証結果

(4-1) 目標値の実証結果

机上スクリーニングにおける目標値の実証結果は、表 2-8 のとおりである。

コンクリート管・陶管については、ほぼ目標を達成できたが、塩ビ管の劣化予測は困難であった。

表 2-8 机上スクリーニングの目標値の実証結果

① 机上スクリーニング		従来技術（目標値）		実証ステップ1（全管種健全率曲線）		実証ステップ2（管種別健全率曲線）		総合評価	
評価項目				革新的技術（実証結果）		革新的技術（実証結果）			
予測結果の妥当性	コンクリート管	管きよスパン毎の緊急度Ⅰ・Ⅱ	適合率：概ね100%	管きよスパン毎の緊急度Ⅰ・Ⅱ	適合率：86.7%	△	管きよスパン毎の緊急度Ⅰ・Ⅱ（リスク重視）	適合率：93.3%	○
		管きよスパン毎の緊急度Ⅰ～Ⅲ	適合率：60%以上	管きよスパン毎の緊急度Ⅰ～Ⅲ	適合率：96.3%	○	管きよスパン毎の緊急度Ⅰ～Ⅲ（リスク重視）	適合率：93.8%	○
	陶管	管きよスパン毎の緊急度Ⅰ・Ⅱ	適合率：概ね100%	検討パターンによる数値の変動が大きく、信頼性が低いと判断	×	管きよスパン毎の緊急度Ⅰ・Ⅱ（リスク重視）	適合率：91.0%	○	
		管きよスパン毎の緊急度Ⅰ～Ⅲ	適合率：60%以上	検討パターンによる数値の変動が大きく、信頼性が低いと判断	×	管きよスパン毎の緊急度Ⅰ～Ⅲ（リスク重視）	適合率：92.4%	○	
	塩ビ管	管きよスパン毎の緊急度Ⅰ・Ⅱ	適合率：概ね100%	検討パターンによる数値の変動が大きく、信頼性が低いと判断	×	対象外	—	—	
		管きよスパン毎の緊急度Ⅰ～Ⅲ	適合率：60%以上	検討パターンによる数値の変動が大きく、信頼性が低いと判断	×	対象外	—	—	
結論（机上スクリーニング）		・適用する健全率曲線曲線を全管種から管種別に変更し、さらに劣化予測による抽出スパンの範囲を緊急度Ⅰ・Ⅱから緊急度Ⅰ～Ⅲに広げる事で緊急度適合率が向上し、目標値を達成する事ができた。							

(4-2) 実証研究の総括

実証研究の結果から、以下に示すような導入検討に関する知見が得られた。

- 塩ビ管についてはデータ数が少なく、予測緊急度の算出が困難なため、従来技術である経過年数による机上スクリーニングが望ましい。
- 判別値の算出や劣化予測を行う対象データ（管きよ属性情報）については、HPから入手可能な国総研データに、対象となる地方公共団体の管きよ調査データ（管きよ劣化情報）を加えて算出する事が望ましい。
- 緊急度算出用の健全率曲線は、管種毎（鉄筋コンクリート管・陶管）のものを用いる事が望ましい。

実証研究の結果から得た知見より、管種毎の劣化予測の適用条件を表 2-9 に示す。

表 2-9 管種毎の劣化予測の適用条件

管種	・管きよ劣化情報 ・劣化予測対象データ (管きよ属性情報)	健全率曲線
コンクリート管	国総研+各都市 (地方公共団体) データ	鉄筋コンクリート管
陶管		陶管
塩ビ管	従来技術による机上スクリーニング (経年による判定)	

(4-3) 緊急度 I・II の抽出漏れにおけるリスク軽減の考え方

表 2-10 に示すように、劣化予測システムで判定した予測緊急度 I・II において、実際の緊急度 I・II であったスパンの取りこぼしリスク (抽出不能率: コンクリート管 46.7% ~ 陶管 29.9%) が発生するため、劣化予測による抽出スパンの範囲を I・II から I~III の範囲まで拡大することで、緊急度 I・II のスパン抽出漏れのリスクの軽減が図られるか検証を行った。

表 2-10 緊急度 I・II 判定結果と緊急度 I~III 判定結果

【緊急度 I・II 判定結果 (コスト重視型)】

適用した判別係数: (data4)		【緊急度 I・II 判定結果】						
管種別	健全率曲線	対象スパン数	①実際に「I、II」であったスパン数	②劣化予測と実際に「I、II」の結果が合致するスパン数	緊急度適合率 I・II ②/①	絞込率*1 (参考)	③抽出不能数*2	抽出不能率 ③/①
コンクリート管	コンクリート管	403	15	8	53.3%	63.0%	7	46.7%
陶管	陶管	123	67	47	70.1%	75.6%	20	29.9%

大幅に改善

改善

【緊急度 I~III 判定結果 (リスク重視型)】

適用した判別係数: (data4)		【緊急度 I~III 判定結果】 ●リスク重視									
管種別	④実際に「I~III」であったスパン数	⑤劣化予測と実際に「I~III」の結果が合致するスパン数	緊急度適合率 I~III ⑤/④	①実際に「I、II」であったスパン数 【再掲】	⑥劣化予測と実際に「I、II」の結果が合致するスパン数	緊急度適合率 I・II ⑥/①	⑦劣化予測「I~III」と判定されたスパン数	⑧30年経過管 絞込率*1 (参考) ⑦/⑧	⑨抽出不能数*2	抽出不能率 ⑨/①	
コンクリート管	325	305	93.8%	15	14	93.3%	374	322	116.1%	1	7%
陶管	118	109	92.4%	67	61	91.0%	114	123	92.7%	6	9%

30年経過管による緊急度 I・II の抽出不能率: 0%

*1 絞込率: 従来手法である机上スクリーニング (30年経過) に対する絞り込みの程度を表す。

*2 抽出不能数: 劣化予測で判定されたもののうち、実際 I・II であったスパンを抽出できなかったもの。

コンクリート管および陶管の両パターンにおいて、劣化予測の対象範囲を緊急度 I・II から緊急度 I~III に広げる事で、緊急度適合率および抽出不能率に大幅な改善効果が見られた。

しかし、劣化予測の対象範囲を広げる事で絞込率も増加するため、従来手法である経過年数 (30年) によるスクリーニング結果のスパン数と比較し、コスト縮減とリスク低減のバランスを鑑みて、劣化予測の結果を判断する事が望ましい。

なお、抽出不能数となった、コンクリート管 1 スパンの状況をみると、局所的に破損（破損形状が直線的で鉄筋が一部露出）しており、外的要因（地震時荷重、企業体施工時等）による影響の可能性が高いと推測される（表 2-11、図 2-5 参照）。陶管 6 スパンの状況をみると、取付管（塩ビ）付近ひび割れ、取付管（塩ビ）の新設接続の影響と推測される破損が 2 スパン、残りの 4 スパンは、マンホール管口付近のひび割れ破損、局所的に管ズレひび割れ、管のたるみが発生しており、外的要因（地震時荷重、企業体施工時等）による影響の可能性があると推測される（表 2-12、図 2-6 参照）。

表 2-11 抽出不能となったコンクリート管の状況

調査No.	延長(m)	管種	管径(mm)	土被り(m)	布設年月日	管齢(年)	破損状況
097	6.2	コンクリート管	400	1.5	1974/1/1	44	局所的に破損（破損形状が直線的で鉄筋が一部露出）しており、外的要因による影響の可能性が高い



図 2-5 抽出不能となったコンクリート管の状況写真例

表 2-12 抽出不能となった陶管の状況

調査No.	延長(m)	管種	管径(mm)	土被り(m)	布設年月日	管齢(年)	破損状況
103	5.7	陶管	380	1.022	1970/1/1	48	取付管（塩ビ）付近ひび割れ
109	10.9	陶管	380	1.027	1970/1/1	48	取付管（塩ビ）2か所とも管口付近にA,B破損
113	14.35	陶管	380	2.495	1974/1/1	44	MH管口付近にひび割れ、5本/19本が不良であり局所的
013	17.65	陶管	380	1.69	1972/1/1	46	局所的にひび割れ、全体的にたるみ
071	5.85	陶管	300	1.715	1974/1/1	44	管ズレ、破損
102	8.95	陶管	380	2.115	1970/1/1	48	管口付近破損、ズレ、たるみ

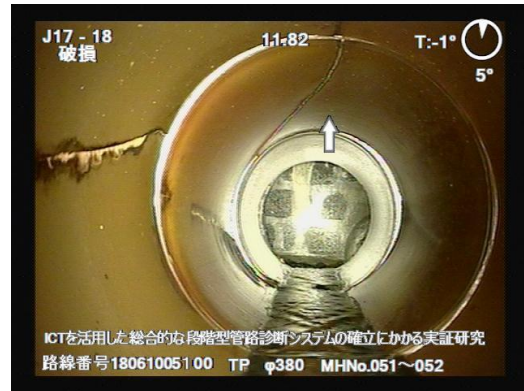
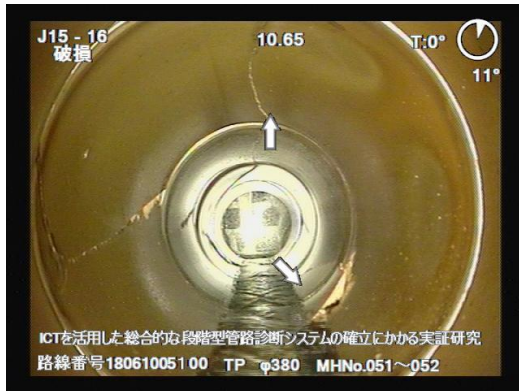


図 2-6 抽出不能となった陶管の状況写真例

(5) 机上スクリーニング（劣化予測システム）の課題と留意事項

机上スクリーニングとして、全管種用の健全率曲線を用いて劣化予測を行った結果、コンクリート管については、緊急度適合率と絞り込み率のバランスが良くなる結果となり、一定の有用性が確認できた。

しかし、陶管、塩ビ管に関しては、判定結果にばらつきが見られ、劣化予測システムによる絞り込みに課題が残る結果となった。この課題の解消、更なる効率性、高精度化に向けた検証が必要である。

そこで、コンクリート管、陶管において適用する健全率曲線の細分化および他都市の管きょデータによる劣化予測を実施し、劣化予測による絞り込みの効率化、低コスト化を目標に検証を実施した。

(5-1) 劣化予測の検証の流れ

実証ステップ 1 の結果を踏まえて、実証ステップ 2 においては次のとおり検証を行った。

【検証①-1】 健全率曲線における全管種と鉄筋コンクリート管・陶管の予測結果を比較

【検証①-2】 複数都市の管きょデータを用いた劣化予測の適合性の確認

図 2-7 に劣化予測の検証の流れを示す。

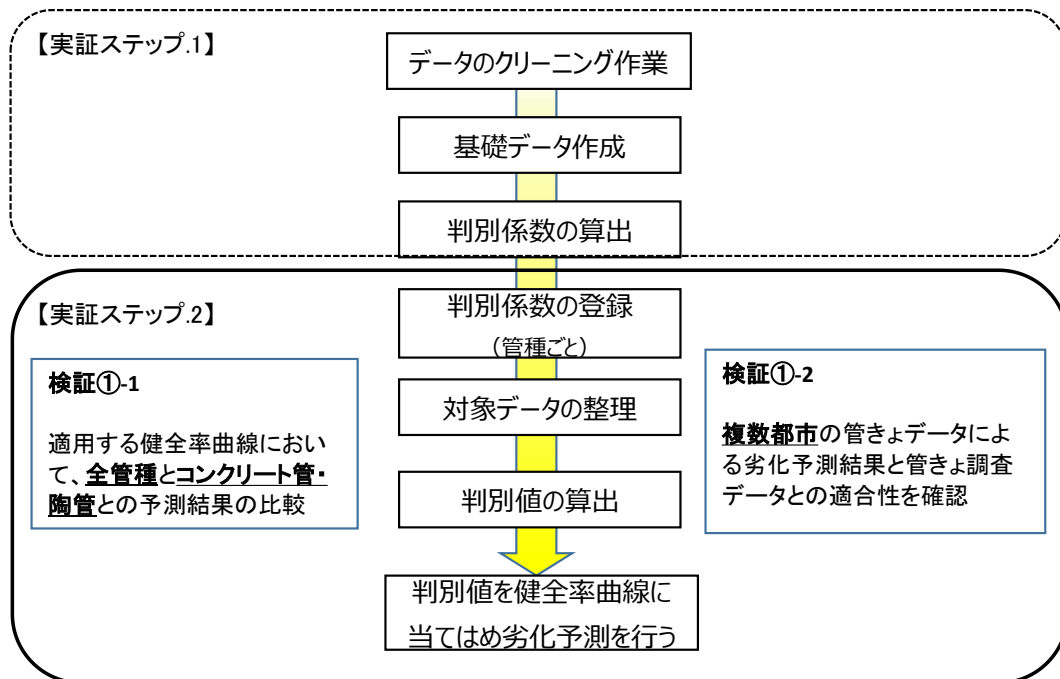
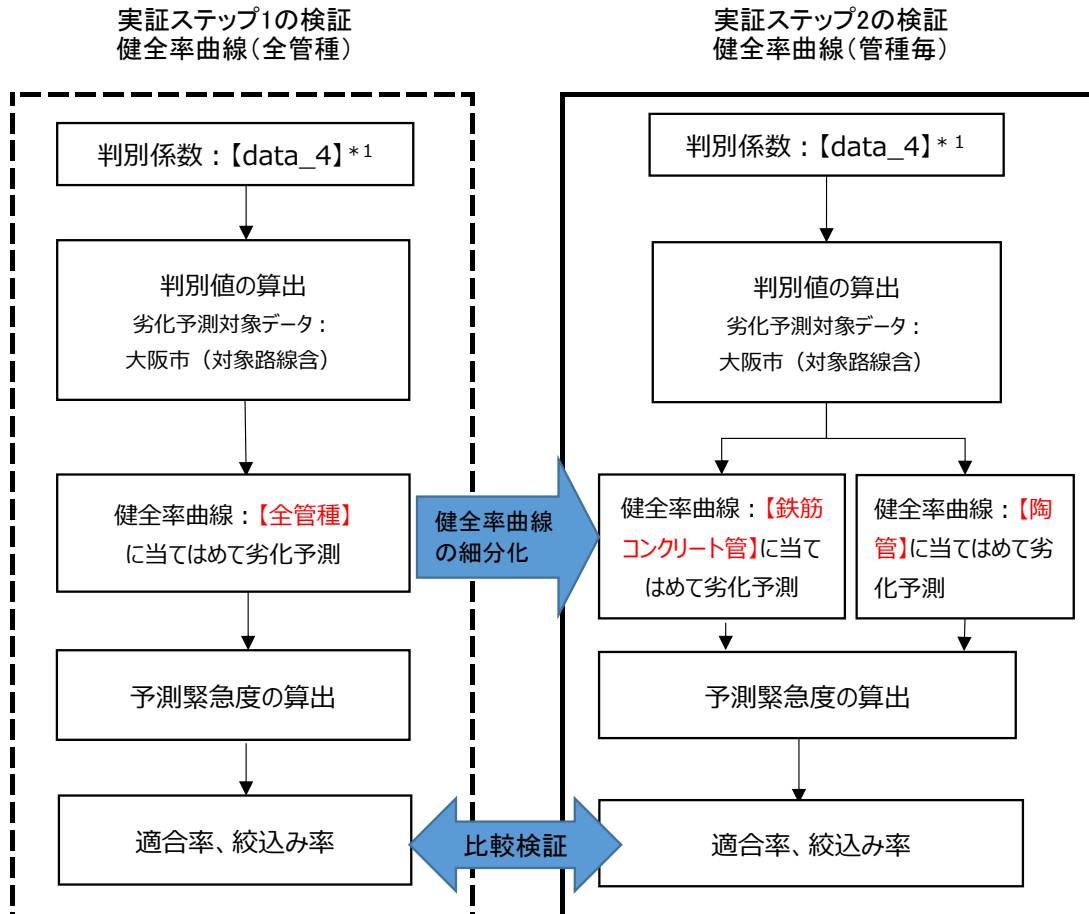


図 2-7 劣化予測の検証の流れ

(5-2) 健全率曲線における全管種とコンクリート管・陶管との予測結果の比較（検証①ー1）

鉄筋コンクリート管・陶管の健全率曲線を用いて劣化予測を行い、実証ステップ1で実施した全管種の健全率曲線の結果と比較し、緊急度の予測に最も適した健全率曲線について検証した。図2-8に検証①ー1のイメージを示す。



*1：管きよの劣化データ量が最も多く全管種の健全率曲線で最も高い適合率と絞込み率の組み合わせのデータ

図2-8 検証①ー1のイメージ

① 予測結果の実証

健全率曲線の違いによる劣化予測の結果について、表2-13に示す。

表2-13 健全率曲線の違いによる劣化予測の結果

管種別	健全率曲線	予測対象スパン数	① 実際に「I、II」であったスパン数	②劣化予測と実際に「I、II」の結果が合致するスパン数	緊急度適合率 ②/①	絞込率* (参考)	③劣化予測で「I、II」と判定されたスパン数 【参考】	②劣化予測と実際に「I、II」の結果が合致するスパン数	正答率 ②/③
コンクリート管	全管種	403	15	13	86.7%	87.9%	283	13	4.6%
	コンクリート管			8	53.3%	63.0%	203	8	3.9%
陶管	全管種	123	67	30	44.8%	48.0%	59	30	50.8%
	陶管			47	70.1%	75.6%	93	47	50.5%

① コンクリート管の劣化予測（全管種の健全率曲線と鉄筋コンクリート管の健全率曲線の比較）

全管種の緊急度適合率は約 87%、鉄筋コンクリート管の緊急度適合率は約 53% となり、管種別の健全率曲線を適用する事で適合率が下がる。

しかし、劣化予測システムによって予測した緊急度Ⅰ・Ⅱにおいて、実際に緊急度Ⅰ・Ⅱであったものの割合を表す正答率に関しては、全管種および鉄筋コンクリート管の健全率曲線の両方で約 4%前後であり、同等の予測結果となった。

② 陶管の劣化予測（全管種の健全率曲線と陶管の健全率曲線の比較）

全管種の緊急度適合率は約 45%、一方、陶管の緊急度適合率は約 70%となり、健全率曲線を変更することで適合率の大幅な向上が見られた。

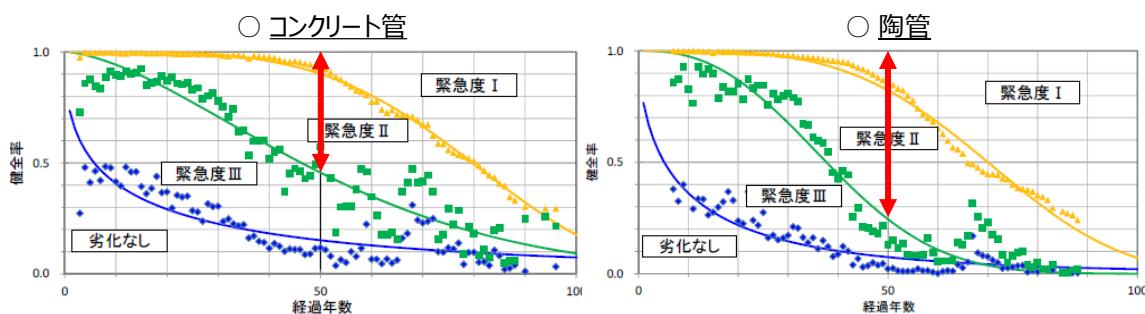
また、正答率に関しても 50%となり、コンクリート管の劣化予測と同様の結果となった。

② 劣化予測の考察

管種毎の健全率曲線による劣化予測を行った結果、健全率曲線の違いによって、予測緊急度Ⅰ・Ⅱの抽出スパン数が変化し、緊急度適合率の結果に大きく影響を与えることがわかった。

前述のとおり、コンクリート管の対象スパンにおいては、劣化予測に用いる健全率曲線を全管種にした場合に比べ、鉄筋コンクリート管を用いた場合では緊急度適合率が低くなる傾向となった。

原因としては、健全率曲線の傾きの変化により、全管種に比べ緊急度Ⅰ・Ⅱの領域が狭くなった事による影響が大きいと考えられる。また、対象となった大阪市の管きょデータにおいて、緊急度Ⅰ・Ⅱの割合が予測対象データ数に対して著しく低い（15/403=3.7%）事も原因に挙げられる。（全国のコンクリート管の緊急度Ⅰ・Ⅱの割合は約 32%（図 2-9【国総研提供データ】より）である。）



【出典：国土技術政策総合研究所（下水道管きょ健全率予測式2017）】

図 2-9 健全率曲線（鉄筋コンクリート管、陶管）

しかしながら、対象管きよには鉄筋コンクリート管の健全率曲線は緊急度適合率は合わなかったが、大阪市の劣化傾向の影響を受けて、全管種、鉄筋コンクリート管ともシステムの正答率が約 4%と低い結果になったと考えられることから、陶管と同様に、鉄筋コンクリート管の特性が反映されている健全率曲線を用いることが妥当と考えられる。

前述のとおり、陶管について、劣化予測に用いる健全率曲線を全管種にした場合に比べ、陶管を用いた場合では緊急度適合率が高くなる傾向となった。これは陶管が持つ外的要因による破損などの劣化要因の特性が、陶管の健全率曲線に反映されているためと考えられる。また、システムが予想した緊急度 I・IIのうち 50%以上が実際の緊急度 I・IIであったことから机上スクリーニング技術としては一定の効果があると考えられる。

(5-3) 複数都市の管きよデータを用いた劣化予測の適合性の検証（検証①-2）

普及展開における適用性を確認するため、国総研から提供された複数都市の管きよデータを用いて劣化予測を行い、予測緊急度と調査結果（緊急度）との適合性を確認する。図 2-10 に検証①-2 のイメージを示す。

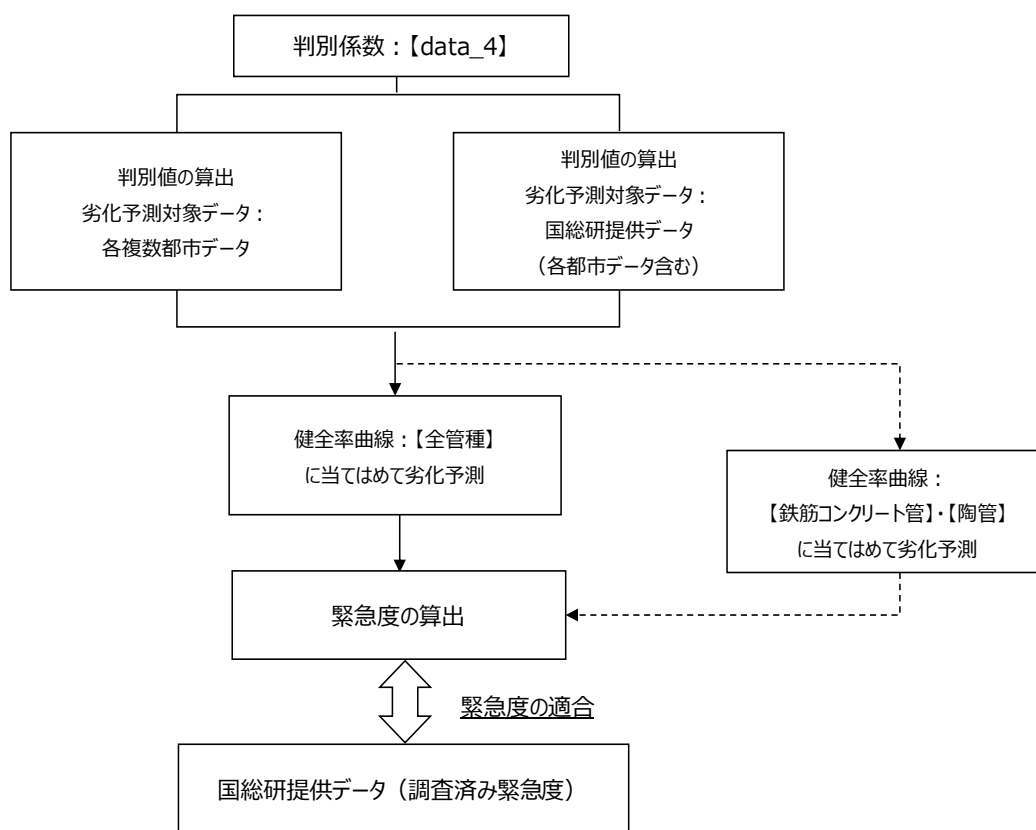


図 2-10 検証①-2 のイメージ

検証の結果、複数都市（12 都市）の管きょデータを用いて予測緊急度を算出した場合、全管種よりも管種毎の健全率曲線を適用した方が精度向上の傾向が見られるため、他都市のデータで劣化予測を行う場合、管種毎の健全率曲線を用いた方が良いと考えられる。

管きょの調査年度にバラツキがあるため、適合率の精度は劣るものの、劣化予測対象のデータについては、国総研提供データ（都市データ含む）を用いた方が、各都市のみのデータを用いた場合よりも、適合率・絞込率共に良好な結果となる傾向にある。

(5-4) 国総研データベースについて

本劣化予測システムは、管路施設の劣化に関する基礎データ（国土技術政策総合研究所下水道研究室ホームページ（<http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/rekka-db.html>）で公開されている）を活用している。

本実証研究で用いた国総研データベースは、「deterioration_db_ver2」（2017 年度公開）であり、データベースの最新版を用いる方が、予測精度の向上が見込まれる可能性があるため、最新版のデータベースであるかを確認すること。

2-2 現地スクリーニング（管きょ調査）技術

(1) 現地スクリーニング（管きょ調査）技術の概要

これまでの管きょの TV カメラ調査は、50 年を超過した管路の全てを対象に詳細調査を実施しているが、現地スクリーニング技術である点検直視型カメラを用いた管内点検や、洗浄と併せて実施可能な高圧洗浄カメラを用いることにより、詳細調査の対象を削減することが可能である。

現地スクリーニング技術は、管種毎に調査機器を選択し、コンクリート管や陶管について、点検直視型カメラまたは高圧洗浄カメラ（高圧洗浄カメラ）を活用する事で詳細調査の効率化を図る事が目的である。

本実証研究では、点検直視型カメラによるコンクリート管のスクリーニング調査の有効性および塩ビ管における詳細調査としての本カメラ機器の適用性について検証する。更に、高圧洗浄型カメラによる陶管のスクリーニング調査の有効性についても検証を行うものである。

現地スクリーニング技術の作業内容は、表 2-14 のとおりである。

表 2-14 現地スクリーニング（管きょ調査）技術の実証内容

管種	検証内容	検証方法	取得データ数
コンクリート管	点検直視型カメラによる「スクリーニング調査」の有効性を検証	<ul style="list-style-type: none"> 点検直視型カメラによる「スクリーニング調査」を実施後、従来型 TV カメラによる「詳細調査」を同一管きょにて実施 調査結果を比較することで、「スクリーニング調査」の有効性を検証 	管きょ延長 (10,335m)
陶管	高圧洗浄カメラによる「スクリーニング調査」の有効性を検証	<ul style="list-style-type: none"> 高圧洗浄カメラによる「スクリーニング調査」を実施後、従来型 TV カメラによる「詳細調査」を同一管きょにて実施 調査結果を比較することで、「スクリーニング調査」の有効性を検証 	管きょ延長 (3,056m)
塩ビ管	点検直視型カメラによる「詳細調査」としての適用性を検証	<ul style="list-style-type: none"> 点検直視型カメラと従来型 TV カメラを使用し、「詳細調査」を同一管きょにて実施 調査結果を比較することで、「詳細調査」の適用性を検証 	管きょ延長 (11,995m)

(1-1) 現地スクリーニングの流れ（管きょ調査実施フロー）

現地スクリーニングの流れを管種別に、図 2-11、図 2-12 に示す。

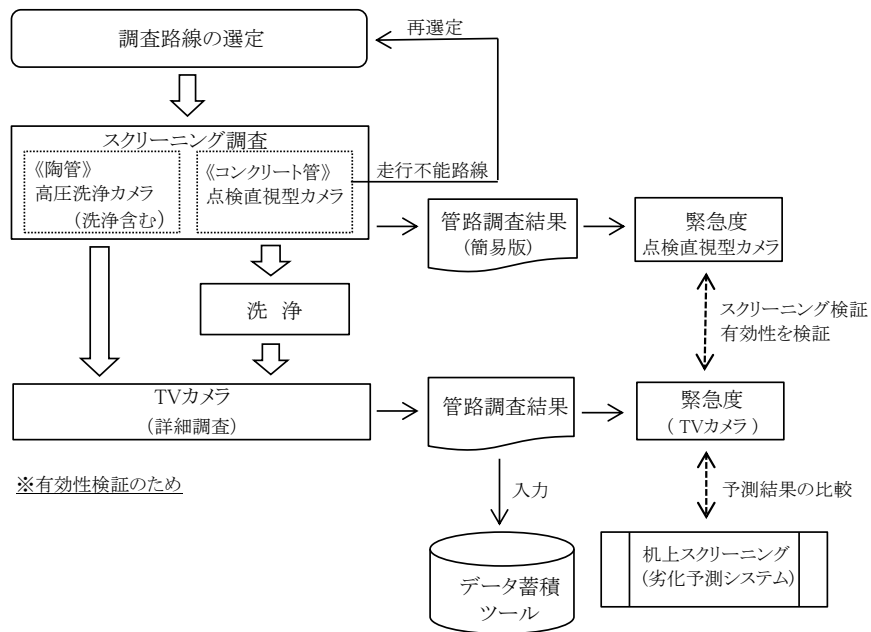


図 2-11 現地スクリーニングフロー（陶管、コンクリート管）

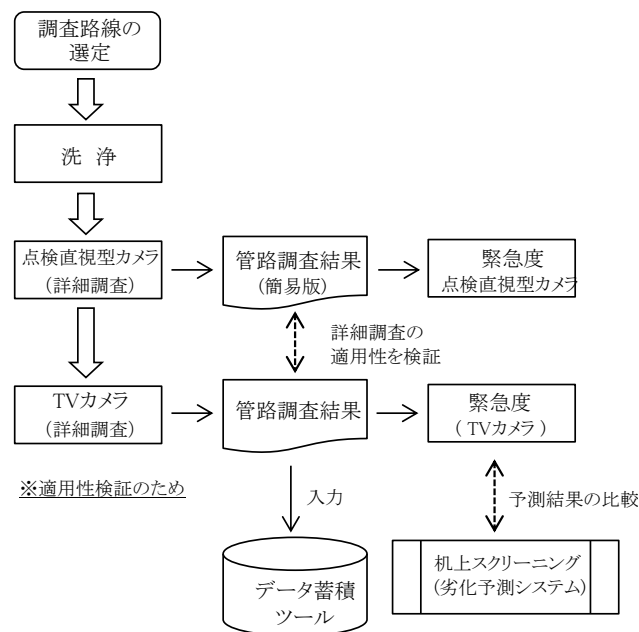


図 2-12 現地スクリーニングフロー（塩ビ管）

(1-2) 判定基準

各調査技術の検証に用いる TV カメラ調査の判断基準は、公益社団法人日本下水道協会の「下水道維持管理指針」実務編 2014 年版を使用する。

① 陶管、コンクリート管

陶管、コンクリート管の判定基準は、表 2-15 のとおりである。

表 2-15 調査項目と劣化診断基準

スパン全体で評価	ランク		A	B	C
	項目				
	1) 管の腐食		鉄筋露出状態	骨材露出状態	表面が荒れた状態
	2) 上下方向のたるみ	管きよ内径 (700 mm未満)	内径以上	内径の 1/2 以上	内径の 1/2 未満
		管きよ内径 (700 mm以上 1,650 mm未満)	内径の 1/2 以上	内径の 1/4 以上	内径の 1/4 未満
		管きよ内径 (1,650 mm以上 3,000 mm以下)	内径の 1/4 以上	内径の 1/8 以上	内径の 1/8 未満

管1本ごとに評価	ランク		a	b	c
	項目				
3) 管の破損	鉄筋コンクリート管等	陶管	欠落 軸方向のクラックで 幅 5 mm以上	軸方向のクラックで 幅 2 mm以上	軸方向のクラックで 幅 2 mm未満
		陶管	欠落 軸方向のクラックが 管長の 1/2 以上	軸方向のクラックが 管長の 1/2 未満	—
4) 管のクラック	鉄筋コンクリート管等	陶管	円周方向のクラックで 幅 5 mm以上	円周方向のクラックで 幅 2 mm以上	円周のクラックで 幅 2 mm未満
	陶管	陶管	円周方向のクラックで その長さが円周の 2/3 以上	円周方向のクラックで その長さが円周の 2/3 未満	—
5) 管の継手ズレ			脱却	鉄筋コンクリート等: 70 mm以上 陶管: 50 mm以上	鉄筋コンクリート等: 70 mm未満 陶管: 50 mm未満
6) 浸入水			噴き出ている	流れている	にじんでいる
7) 取付け管の突出し 注2			本管内径の 1/2 以上	本管内径の 1/10 以上	本管内径の 1/10 未満
8) 油脂の付着 注2			内径の 1/2 以上 閉塞	内径の 1/2 未満閉塞	—
9) 樹木根侵入 注2			内径の 1/2 以上 閉塞	内径の 1/2 未満閉塞	—
10) モルタル付着 注2			内径の 3 割以上	内径の 1 割以上	内径の 1 割未満

注 1 段差は、mm単位で測定する。また、その他の異常（木片、他の埋設物等で上記にないもの）も調査する。

注 2 7) 取付け管の突出し、8) 油脂の付着、9) 樹木根侵入、10) モルタル付着については、基本的に清掃等で除去できる項目とし、除去できない場合の調査判定基準とする。

② 塩ビ管

塩ビ管の判定基準は、表 2-16 のとおりである。

表 2-16 本管用調査判定基準（塩ビ管）

評 価 ス ケ ー ル	ランク		A	B	C
	項目	適用			
	全 体 で の 価	上下方向の たるみ	管きよ内径 800mm以下	内径以上	内径の1/2以上

管 1 本 ご と に 評 価	ランク	a	b	c	
	項目				
	管の破損及び 軸方向クラック	亀甲状に割れている	-	-	-
		軸方向のクラック			
	管の円周方向 クラック	円周方向のクラックで 幅：5mm以上	円周方向のクラックで 幅：2mm以上	円周方向のクラックで 幅：2mm未満	
	管の継手ズレ	脱却	接合長さの1/2以上	接合長さの1/2未満	
	偏 平	たわみ率15%以上の偏平	たわみ率5%以上の偏平	-	
	変 形* (内面に突出し)	本管内径の 1/10以上内面に突出し	本管内径の 1/10未満内面に突出し	-	
	浸 入 水	噴き出ている	流れている	にじんている	
	取付け管の突出し	本管内径の1/2以上	本管内径の1/10以上	本管内径の1/10未満	
	油脂の付着	内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	-	
	樹木根侵入	内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	-	
モルタル付着	内径の3割以上	内径の1割以上	内径の1割未満		

※材料の白化が伴う変形は a ランクとする。

(2) 現地スクリーニング（管きよ調査）技術の作業手順

点検直視型カメラまたは高圧洗浄カメラを用いたスクリーニング調査は、作業区分に合った適切な人員配置のもと、安全管理に努めるとともに、関連法令や地方公共団体等が定める基準を順守して適切に行うものとする。

(2-1) 作業編成

① 点検直視型カメラ

点検直視型カメラによる調査は、準備・機材設置・計測・機材回収・後片付けという作業が、現場におけるサイクルである。この調査サイクルを 1 日の作業時間の中で複数回行う。

現場作業においては、表 2-17 に示すように、調査人員として調査技師 1 名をはじめとする計 4 名、使用車両・機材として、資機材運搬車両、点検直視型カメラ、ガス検知器等が必要である。作業範囲としてはマンホール周辺 2m×3m 程度である。

表 2-17 点検直視型カメラの作業区分、作業内容（現場作業）

作業区分	作業内容			
	調査員人数 ・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
準備 (作業帯設置 ・酸欠測定等)	管路調査技師× 1 管路調査助手× 1 管路調査作業員 ×2 計4名	資機材運搬車両 点検直視型カメラ マンホール鍵 ガス検知器 送風機 チェーンブロック 作業帯 (カラーコーン ・バー等)	2m×3m程度	記憶メディア 作業用品 (ヘルメット ・ゴム手袋 ・ウエス ・チョーク等)
機材設置				
計測 (動画撮影等)				
機材回収				
後片付け				

※塩ビ管に対しては、上記カメラを詳細調査として適用するため、別途事前洗浄を必要とする。

② 高圧洗浄カメラ

高圧洗浄カメラによる調査は、準備・機材設置・計測・機材回収・後片付けという作業が、現場におけるサイクルである。この調査サイクルを1日の作業時間の中で複数回行う。

現場作業においては、表 2-18 に示すように、調査人員として管路調査技師1名をはじめとする計4名、使用車両・機材として、高圧洗浄車、高圧洗浄カメラ、ガス検知器等が必要である。作業範囲としてはマンホール周辺2.5m×6m程度である。

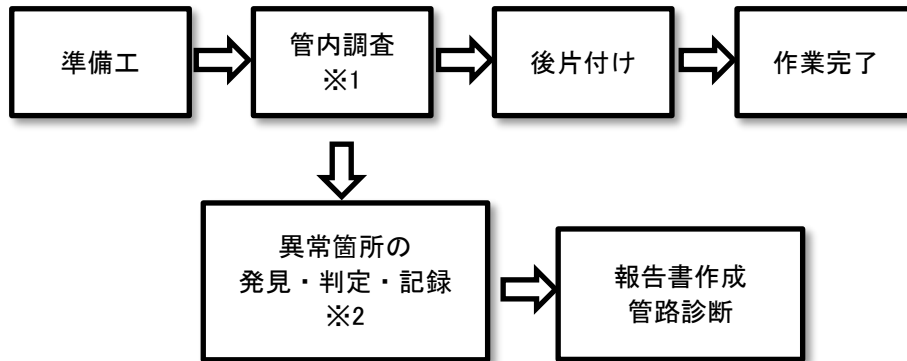
表 2-18 高圧洗浄カメラの作業区分、作業内容（現場作業）

作業区分	作業内容			
	調査員人数 ・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
準備 (作業帯設置・酸欠測定等)	管路調査技師×1 管路調査助手×1 管路調査作業員×2 計4名	高圧洗浄車 高圧洗浄カメラ マンホール鍵 ガス検知器 送風機 チェーンブロック 作業帯 (カラーコーン ・バー等)	2.5 m × 6 m程度	記憶メディア 作業用品 (ヘルメット ・ゴム手袋 ・ウエス ・チョーク等)
機材設置				
計測 (洗浄・動画撮影等)				
機材回収				
後片付け				

(2-2) 作業手順

① 点検直視型カメラ

点検直視型カメラの作業手順は、図 2-13 のとおりである。



※1 調査前の管路内高圧洗浄は実施しない（コンクリート管対象）

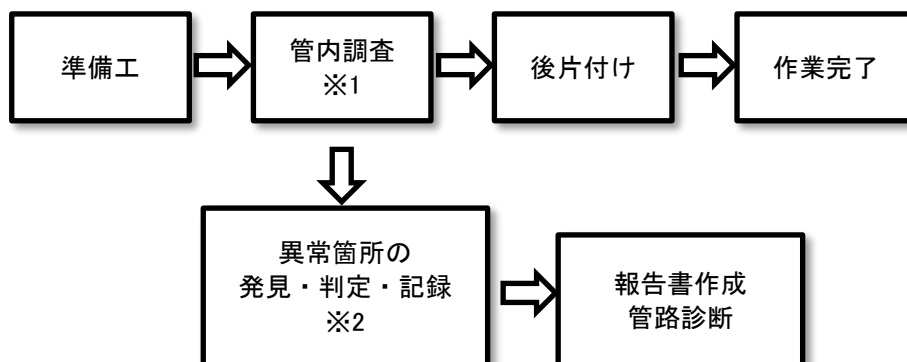
※2 事務所にて実施



図 2-13 点検直視型カメラの調査手順

② 高圧洗浄カメラ

高圧洗浄カメラの調査手順は、図 2-14 のとおりである。



※1 管路内高圧洗浄と同時実施

※2 事務所にて実施

図 2-14 高圧洗浄カメラの調査手順

(2-3) 異常診断・報告書作成

① 点検直視型カメラ

事務所作業は、異常診断、報告書作成の流れで作業を行う。従来型 TV カメラ調査では現場で異常診断していたのに対して、撮影した動画データを事務所で確認し異常診断を行うことで、現場作業の効率化が可能となる。報告書作成は表 2-19 に示すように、調査人員として管路主任技師 0.3 名をはじめとする計 3.3 名、使用機材として、パソコン等が必要となる。

表 2-19 点検直視型カメラの作業区分、作業内容（事務所作業）

作業区分	作業内容			
	調査員人数・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
報告書 作成	管路主任技師×0.3 管理技師×1 管路調査技師×1 管路調査助手×1 計 3.3 名	パソコン等	—	記憶メディア 綴込みファイル用紙 インク等

② 高圧洗浄カメラ

事務所作業は、異常診断、報告書作成の流れで作業を行う。従来型 TV カメラ調査では現場で異常診断していたのに対して、撮影した動画データを事務所で確認し異常診断を行うことで、効率化が可能となる。報告書作成は表 2-20 に示すように、調査人員として管路主任技師 0.3 名をはじめとする計 3.3 名、使用機材として、パソコン等が必要となる。

表 2-20 高圧洗浄カメラの作業区分、作業内容（事務所作業）

作業区分	作業内容			
	調査員人数・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
報告書 作成	管路主任技師×0.3 管理技師×1 管路調査技師×1 管路調査助手×1 計 3.3 名	パソコン等	—	記憶メディア 綴込みファイル用紙 インク等

点検直視型カメラまたは高圧洗浄カメラを現地スクリーニング（管きょ調査）技術として利用する場合の異常診断における判定基準表（案）を表 2-21 に示す。

スクリーニング調査の目的は、広範囲の管路の劣化状態を大まかに把握するもので、その最大の特長は、従来よりも速く、安価に、緊急な対応を要する異常などを発見することであるため、軽度の異常は判定しないことを基本とする。

表 2-21 異常診断における判定基準表（案）

鉄筋コンクリート(遠心力鉄筋コンクリート管を含む)および陶管

異常項目	ランク	A	B
腐食		鉄筋露出	骨材露出
上下方向のたるみ		内径以上	内径1/2以上
破損		欠落、亀甲状のクラック または、軸方向の明らかに開きのあるクラック	表面剥離、軸方向のクラック
クラック		円周方向のクラックが全周の1/2以上 または、クラックの幅が明らかなもの	円周方向のクラックが全周の1/2未満
継ぎ手隙間・ズレ (管口の不良を含む)		脱却	明らかな隙間 上下左右方向のズレ
浸入水		噴き出ている	流れている
取付け管の突出し		内径の50%以上	内径の20%～50%以上
油脂付着			
樹木根侵入			
モルタル付着			
土砂推積			

硬質塩化ビニル管

異常項目	ランク	A	B
上下方向のたるみ		内径以上	内径1/2以上
破損		欠落、亀甲状のクラック または、軸方向のクラック	—
クラック		円周方向のクラック	—
継ぎ手隙間・ズレ (管口の不良を含む)		脱却	明らかな隙間
浸入水		噴き出ている	流れている
偏平		偏平している	—
変形		内面へ突出している	—
取付け管の突出し		内径の50%以上	内径の20%～50%以上
油脂付着			
樹木根侵入			
モルタル付着			
土砂推積			

※基準内の「明らかな」については、クラック、破損は2～5mm、継手隙間は50～70mmを想定している

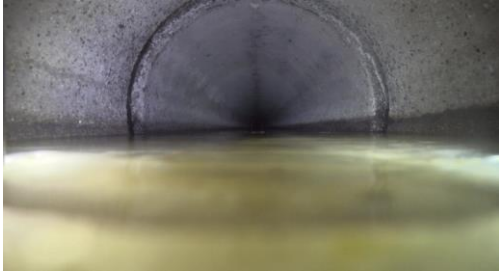
※パッキン外れや障害物等、上記以外の計上すべき異常があった場合は備考に計上する。

※上記の基準は判定基準の案であり、下水道管理者の基準や調査目的に応じて内容を変更することがある。

また、図 2-15～図 2-17 に、実証フィールドにおけるスクリーニングカメラによる異常写真の例を示す。

実証フィールドにおける異常写真例【コンクリート管】

たるみ



破損



クラック



継手ズレ



浸入水



取付管突出し



木根侵入



モルタル付着



土砂堆積



図 2-15 点検直視型カメラによる異常写真例（コンクリート管）

実証フィールドにおける異常写真例【陶管】

破損



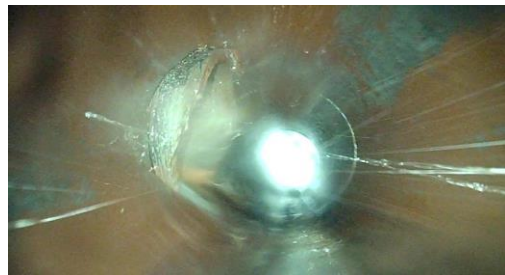
クラック



継手ズレ



取付管突出し



木根侵入



モルタル付着



図 2-16 高圧洗浄カメラによる異常写真例（陶管）

実証フィールドにおける異常写真例【塩ビ管】

たるみ



破損



クラック



継手ズレ



浸入水



変形



取付管突出し



油脂付着



木根侵入

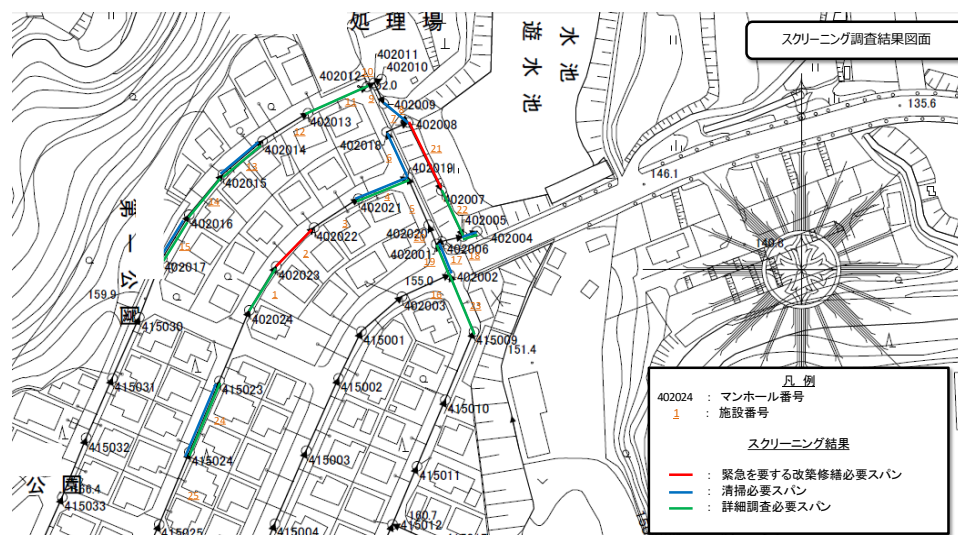


図 2-17 点検直視型カメラによる異常写真例（塩ビ管）

報告書作成は、表 2-21 の異常判定基準（案）に基づき判定したスクリーニング結果集計表（図 2-18）と、スクリーニング結果図面（図 2-19）および、スクリーニング調査写真帳（図 2-20）の 3 種類を基本とし作成する。

記録表 No.	人孔番号		管種	管径 mm	人孔間 延長 m	腐食		たるみ			破損		クラック		スレ 隙間		浸入水		取付管 突出し	油脂 付着	樹木根 侵入	E/P 付着	土砂 堆積		計				
	上流	下流				A	B	A	B	a	b	a	b	a	b	a	b	a					b	Aa	Bb	計			
	1	402024				402023	HP	250	19.70					1		1													
2	402023	402022	HP	250	20.34					1																1	1		
3	402022	402021	HP	250	20.22																								
4	402021	402019	HP	250	20.16								1						1								2	2	
5	402020	402019	HP	300	19.80																								
6	402019	402018	HP	300	19.17																			1		1	1		
7	402018	402008	VU	350	8.89																								
8	402009	402008	VU	350	11.73				1																		1	1	
9	402011	402009	VU	350	8.75																								
10	402012	402011	VU	300	3.06																								
11	402013	402012	HP	250	24.04																								
12	402014	402013	HP	250	19.99																								
13	402015	402014	HP	250	19.75										1											2		3	3
14	402016	402015	HP	250	19.86							1															1	1	
15	402017	402016	HP	250	19.82								2	1										1		2	2	4	
16	402003	402002	HP	300	20.15																								
17	402006	402005	VU	350	8.81																								
18	402002	402001	HP	300	13.72						1																2	2	
19	402001	402020	HP	300	7.00								1													1	1	2	
20	402008	402007	VU	350	29.20																								
21	415009	402002	HP	250	23.85	1																				1	2	2	
22	415024	415023	HP	250	29.45																						1	1	
23	415025	415024	HP	250	29.87																						1	1	
24	415026	415025	HP	250	30.40																						2	2	
25	415027	415026	HP	250	29.79																								
計					477.52	1		1	1	4	3	3		1	1	1		1	1	1	1	1	4	1	2	8	17	25	

図 2-18 スクリーニングカメラの調査報告書作成例（スクリーニング結果集計表）



出典：国土地理院地図を加工して作成

図 2-19 スクリーニングカメラの調査報告書作成例（スクリーニング結果図面）



記録表No.〇〇

人孔番号：〇〇～〇〇

写真番号：〇〇

浸入水b



記録表No.〇〇

人孔番号：〇〇～〇〇

写真番号：〇〇

木根侵入a

図 2-20 スクリーニングカメラの調査報告書作成例（スクリーニング調査写真帳）

(3) 機器の必要性能

現地スクリーニング（管きよ調査）に用いる点検直視型カメラまたは高圧洗浄カメラの標準仕様と、調査を実施する上で必要となる性能を整理する。

現地スクリーニング（管きよ調査）技術の標準仕様および必要性能、本フィールドにおける日進量・調査コストを整理することで、導入に際する発注方法および業者選定における指標を明確化する。

(3-1) 標準仕様

① 点検直視型カメラ

点検直視型カメラの仕様を表 2-22 に示す。

表 2-22 点検直視型カメラ 標準仕様表

項目	Sタイプ	Mタイプ	Lタイプ
適用管径	φ 150 mm～250 mm	φ 250 mm～350 mm	φ 350 mm～700 mm
管形状	円形・矩形		
走行速度	12.8m/分 (Mタイプ)		
カメラ総画素数	1,680万画素 (有効画素数 1,110万画素)		
カメラ焦点	オート		
カメラ画角	170度		
カメラ防水	IP67 (防水保護ケース)		
照明ランプ	LED		
自走車用 バッテリー電源	7.4V		14.8V
自走車用 バッテリー容量	4,000mAh		8,000mAh
カメラ用バッテリー	リチウム・イオン電池		
カメラ用 バッテリー稼働時間	約 2 時間 (連続)		

② 高圧洗浄カメラ

高圧洗浄カメラの仕様を表 2-23 に示す。

表 2-23 高圧洗浄カメラ 標準仕様表

項目	仕様
適用管径	φ 200 mm～600 mm
管形状	円形・矩形
走行速度	高圧ホースの巻き取り速度に準ずる
カメラ解像度	高密度 1,280×720 ピクセル
カメラ焦点	オート
カメラ画角	130度
カメラ防水	10m防水
照明ランプ	LED
カメラ用バッテリー	リチウム・イオン電池
カメラ用 バッテリー稼働時間	約 3 時間 (連続)

(3-2) 必要性能

① 点検直視型カメラ

標準仕様と同等以上の性能を有すること。

但し、上記と併せて本ガイドライン (案) で示す「有効性」※を満足できることが必要である。

※「有効性」：緊急度判定 (I・II) の適合率が概ね 100%であること。(コンクリート管)

：異常検出率 (異常項目が一致した割合) が 80%以上であること。(塩ビ管)

② 高圧洗浄カメラ

標準仕様と同等以上の性能を有すること。

但し、上記と併せて本ガイドライン（案）で示す「有効性」※を満足できることが必要である。

※「有効性」：緊急度判定（Ⅰ・Ⅱ）の適合率が概ね 100%であること。

(3-3) 日進量

① 点検直視型カメラ

現地調査における日進量は、従来型 TV カメラ（日進量：300m/日）に対して、3 倍（900m/日）である（表 2-24 参照）。

② 高圧洗浄カメラ

現地調査における日進量は、洗浄とカメラ調査を同時に実施する事から、350m/日となり、大幅な縮減効果が得られなかったものの、スクリーニング技術として従来型 TV カメラと比較して日進量が向上しているといえる（表 2-24 参照）。

表 2-24 スクリーニングカメラの日進量（単位：m/日）

スクリーニングカメラ	現地調査	報告書作成
点検直視型カメラ	900	800
高圧洗浄カメラ	350	800
従来型 TV カメラ（参考）	300	600

※上記数値は、本フィールドにおける実績値であり、現場条件により変動することに留意する。

(3-4) 調査コスト

現地スクリーニング（管きょ調査）は、従来型 TV カメラ調査を実施する箇所を選定するための調査であるため、単独で完結する調査ではないが、双方の調査コストを比較すると以下のとおりとなる。

① 点検直視型カメラ

調査コストは、従来型 TV カメラに比べ、点検直視型カメラは大幅なコストの縮減効果がある。また、洗浄を実施しないスクリーニング技術である事から、洗浄費のコスト縮減も見込める。

② 高圧洗浄カメラ

日進量で述べたように、洗浄とカメラ調査を同時に実施するものであるが、従来手法と比較して調査コストにおける大幅な縮減効果は得られなかった。

(4) 適用範囲

点検直視型カメラ・高圧洗浄カメラを用いた現地スクリーニング（管きょ調査）技術の適用範囲や性能が、導入しようとするフィールドに適しているかを確認する必要がある。

それぞれのスクリーニングカメラの適用範囲や適用条件、専門技術性を明示することで、導入しようとするフィールドの特性を踏まえた技術の適切な導入が可能となる。

(4-1) 適用範囲

各スクリーニングカメラの適用範囲は、表 2-25 のとおりである。

表 2-25 スクリーニングカメラの適用範囲

管路条件	点検直視型カメラ	高圧洗浄カメラ	従来型 TV カメラ
管種	問わない		
管径	φ 150mm 以上 700mm 以下	φ 200mm 以上 600mm 以下 ※本機材の性能	φ 200mm 以上 700mm 以下
土被り	問わない		
管路延長	200m以下 ※後方接続ロープ延長による	100m以下 ※高圧洗浄ホース延長による	500m以下

(4-2) 適用条件

各スクリーニングカメラの適用条件は、表 2-26 のとおりである。

表 2-26 スクリーニングカメラと従来型 TV カメラの適用条件

条件	点検直視型カメラ	高圧洗浄カメラ	従来型 TV カメラ
交通量	問わない ※通常交通量で保安設備の設置が可能であること		
マンホール位置	問わない		
作業スペース (幅員等)	2m×3m程度 ※上下流マンホール 同時開放	2.5m×6m 程度	2.5m×6m 程度
高圧洗浄の有無	問わない ※塩ビ管除く	必要 ※洗浄と同時実施	必要
水深	管径の 50%未満	※50%以上の場合は水替え工を別途適用	
土砂堆積率	20%以下 ※φ 450mm 以下を 対象	問わない ※洗浄と同時実施	問わない ※洗浄後に調査実施

(4-3) 専門技術性

各スクリーニングカメラの専門技術性は、表 2-27 のとおりである。

表 2-27 スクリーニングカメラの専門技術性

項目	点検直視型カメラ	高圧洗浄カメラ	従来型 TV カメラ
機器の初期調整項目	管径設定	管径設定	管径設定 照明類設定 管路情報表示設定 →下水道管路管理専門技士
機器の操作手順	前進 照明 ON 録画	管路内高圧洗浄 →下水道管路管理専門技士 洗浄ノズルをカメラノズルに変更、照明 ON・録画	照明 ON・録画 前進・後退 側視回転 →下水道管路管理専門技士
異常箇所の有無・判定	知識と経験が必要 →下水道管路管理 専門技士/主任技士	知識と経験が必要 →下水道管路管理 専門技士/主任技士	知識と経験が必要 →下水道管路管理 専門技士/主任技士

(5) 現地スクリーニング（管きょ調査）技術の実証結果

(5-1) スクリーニング調査としての有効性（コンクリート管）

従来型 TV カメラと点検直視型カメラとの緊急度判定の比較結果を表 2-28 に示す。

表 2-28 点検直視型カメラと従来型 TV カメラの緊急度の比較

スパン数		従来型カメラによる判定結果			
		緊急度 I	緊急度 II	緊急度 III	劣化なし
点検直視型カメラによる判定結果(スクリーニング調査)	緊急度 I				
	緊急度 II		15		
	緊急度 III			72	
	劣化なし			238	78

$$\text{緊急度適合率} = \frac{15}{15} \times 100 = 100\%$$

・点検直視型カメラの調査結果と従来型TVカメラ調査結果による緊急度適合率(緊急度 I・II) 100% 【概ね100%】

(5-2) スクリーニング調査としての有効性（陶管）

従来型 TV カメラと点検直視型カメラとの緊急度判定の比較結果を、表 2-29 に示す。

表 2-29 高圧洗浄カメラと従来型 TV カメラの緊急度の比較

スパン数		従来型カメラによる判定結果			
		緊急度Ⅰ	緊急度Ⅱ	緊急度Ⅲ	劣化なし
高圧洗浄カメラによる判定結果(スクリーニング調査)	緊急度Ⅰ				
	緊急度Ⅱ		65	1	
	緊急度Ⅲ		2	31	
	劣化なし			19	5

$$\text{緊急度適合率} = \frac{65}{67} \times 100 = 97.0\%$$

・高圧洗浄カメラの調査結果と従来型TVカメラ調査結果による緊急度適合率(緊急度Ⅰ・Ⅱ) 97% 【概ね100%】

(5-3) 詳細調査としての適用性（硬質塩ビ管）

○ 異常検出率の評価について

従来型 TV カメラ調査の異常（項目およびランク）に対して、点検直視型カメラ調査による異常の検出率^{※1}および適合率^{※2}の結果を下記に示す。

※1 検出率:TV カメラの異常に対して、点検直視型カメラで異常項目が一致した割合

※2 適合率:TV カメラの異常に対して、点検直視型カメラで異常項目およびランクが一致した割合

《異常項目全体での評価》

$$\text{検出率} = 159 \text{ 個} \div 179 \text{ 個} \times 100 = 88.8\% \text{ (目標 80\%以上)}$$






$$\text{適合率} = 152 \text{ 個} \div 179 \text{ 個} \times 100 = 84.9\%$$

(5-4) 改良型カメラのスクリーニングカメラとしての有効性の検証

土砂堆積路線の緊急度適合率Ⅰ・Ⅱは、表 2-30 に示すとおり、目標通りの結果となった。対象管径拡大路線については、調査対象範囲内で緊急度Ⅰ・Ⅱの路線が検出されなかったために評価できなかった。

なお、比較的程度の小さな浸入水については、スクリーニングカメラで発見が困難であるために、実証ステップ1と同様に緊急度Ⅲの見落としが発生した。

表 2-30 改良型カメラのスクリーニングカメラとしての有効性の検証

管種	路線	実証内容	目標値	実証値	評価
コンクリート管	調査完了	点検直視型カメラによる「スクリーニング調査」の有効性を検証 	緊急度適合率 ^{I・II} *1 概ね100% 【実施延長 8,974m】	15/15 = 100%	・目標通り見落とし等は見られなかった。 ・小さな浸入水の発見が困難であった。
			(参考)：緊急度適合率 ^{III}	72/310=23%	
	土砂堆積	改良型カメラによるスクリーニング調査の有効性を検証 	緊急度適合率 ^{I・II} *1 概ね100% 【実施延長 1,013m】	1/1 = 100%	・目標通り見落とし等は見られなかった。 ・小さな浸入水の発見が困難であった。
			(参考)：緊急度適合率 ^{III}	6/31=19%	
	対象管径拡大	改良型カメラによるスクリーニング調査の有効性を検証 	緊急度適合率 ^{I・II} *1 概ね100% 【実施延長 325m】	0/0 = —	・緊急度 I・II の調査路線は検出されなかった。 ・小さな浸入水の発見が困難であった。
			(参考)：緊急度適合率 ^{III}	2/9=22%	
陶管	調査完了	クリーンビューによる「スクリーニング調査」の有効性を検証 	緊急度適合率 ^{I・II} *1 概ね100% 【実施延長 3,056m】	65/67 = 97.0%	・概ね目標通りの結果となった。 ・洗浄水付着により、浸入水等の一部の発見が困難であった。
			(参考)：緊急度適合率 ^{III}	99/118=83%	
塩ビ管	調査完了	KPROカメラによる「詳細調査」としての適用性を検証 	管1本毎の異常検出率 概ね80%以上 【実施延長 11,995m】	159/179 = 88.8%	・概ね目標を達成した。 ・小さい浸入水の発見が困難であった。
			(参考)：緊急度適合率 ^{III}	120/126=95%	

※1 緊急度適合率 I・II はスクリーニングカメラと従来型 TV カメラの緊急度 (I・II) により算出する。

(5-5) 現地スクリーニング (管きょ調査) の有効性における検証結果

現地スクリーニング (管きょ調査) の有効性の検証結果を表 2-31 に示す。

点検直視型カメラを用いたスクリーニング調査において、コンクリート管 (φ 250mm～700mm) の緊急度適合率 I・II は 100%であった。また、高圧洗浄カメラを用いた陶管 (φ 250mm～700mm) のスクリーニング調査についても、緊急度適合率 I・II が 97%と、コンクリート管と同様に高い評価を得る事ができた。

また、塩ビ管に関しては、点検直視型カメラによる詳細調査の適用性を検証し、異常検出率が 89%となり、目標値を超える結果となった。

以上の事から、点検直視型カメラおよび高圧洗浄カメラによるスクリーニング調査、また点検直視型カメラによる塩ビ管の詳細調査に関して有効である事が確認できた。

表 2-31 現地スクリーニング (管きょ調査) の有効性の検証結果

② 現地スクリーニング (管きょ調査)		従来技術 (目標値)		実証ステップ1		実証ステップ2		総合評価
評価項目				革新的技術 (実証結果)	評価	革新的技術 (実証結果)	評価	
有効性	コンクリート管	緊急度適合率 (緊急度 I・II)	概ね100%	点検直視型カメラ調査結果と従来型 TV カメラ調査結果の緊急度適合率 (15スパン/15スパン) 100.0%	○	土砂堆積路線における点検直視型カメラ調査結果と従来型 TV カメラ調査結果の緊急度適合率 (1/1スパン) 100.0%	○	○
				土砂堆積の影響を受けない管きょの走破率 (8,974m/9,987m) 89.8%	△	対象管径拡大路線における点検直視型カメラ調査結果と従来型 TV カメラ調査結果の緊急度適合率 対象劣化管無し	—	
	陶管	緊急度適合率 (緊急度 I・II)	概ね100%	高圧洗浄カメラ調査結果と従来型 TV カメラ調査結果の緊急度適合率 (65スパン/67スパン) 97.0%	○	土砂堆積路線を含む管きょの走破率 (9,427m/9,987m) 94.4%	○	○
				点検直視型カメラ調査結果と従来型 TV カメラ調査結果の管1本毎の異常検出率 (159箇所/179箇所) 88.8%	○	対象管径拡大路線における管きょの走破率 (325m/348m) 93.3%	○	
塩ビ管	管1本毎の異常検出率	概ね80%以上						○
結論 (現地スクリーニング)		・点検直視型カメラの改良によって走破性能の向上が図られ、従来型 TV カメラの調査結果による緊急度適合率 I・II の比較についても目標値を満足する結果となった。						

(6) 現地スクリーニング（管きょ調査）技術の課題と留意点

実証ステップ 1 に実施した、点検直視型カメラによる現地スクリーニング（管きょ調査）技術において、管きょ内の土砂堆積等の影響によりカメラが走行不能となり、一部の路線において調査不能が発生する結果となった（図 2-21 参照）。

コンクリート管の本調査対象路線（11,872m）に対して、走破率は 75.6%であり、分流地区の雨水管については 49.2%と低い結果となった。



図 2-21 本フィールドにおける土砂等堆積（走行不能の一例）

(6-1) スクリーニングカメラの改良

土砂の堆積状況によってカメラの走行性能に影響が生じるため、制約を受ける範囲を最大限に拡大する事を目的とし、点検直視型カメラの改良を実施する事とした。

軟弱な堆積物の上を走行する場合、カメラのタイヤがスタックして走行不能となるため、タイヤの車軸を広げて、管きょの内側に直接タイヤが沿って回転するよう改良し、カメラの走行性能の向上性を検証する事とした。

(6-2) 点検直視型カメラの改良ポイント

前回走破できなかった路線を対象に、タイヤ軸幅を拡幅した改良後のカメラを用いて、土砂の堆積率に対する走破性の向上を目的として検証を実施した。

対象管径の拡大路線では、最大管径が $\phi 450\text{mm}$ であったものを、 $\phi 700\text{mm}$ まで拡大することを目標とし、改良後のカメラにより走破性の検証を実施した。点検直視型カメラの改良概要図を図 2-22、改良内容を表 2-32 に示す。

併せて、詳細調査カメラの結果と照合し、緊急度適合率 I・II について検証した。

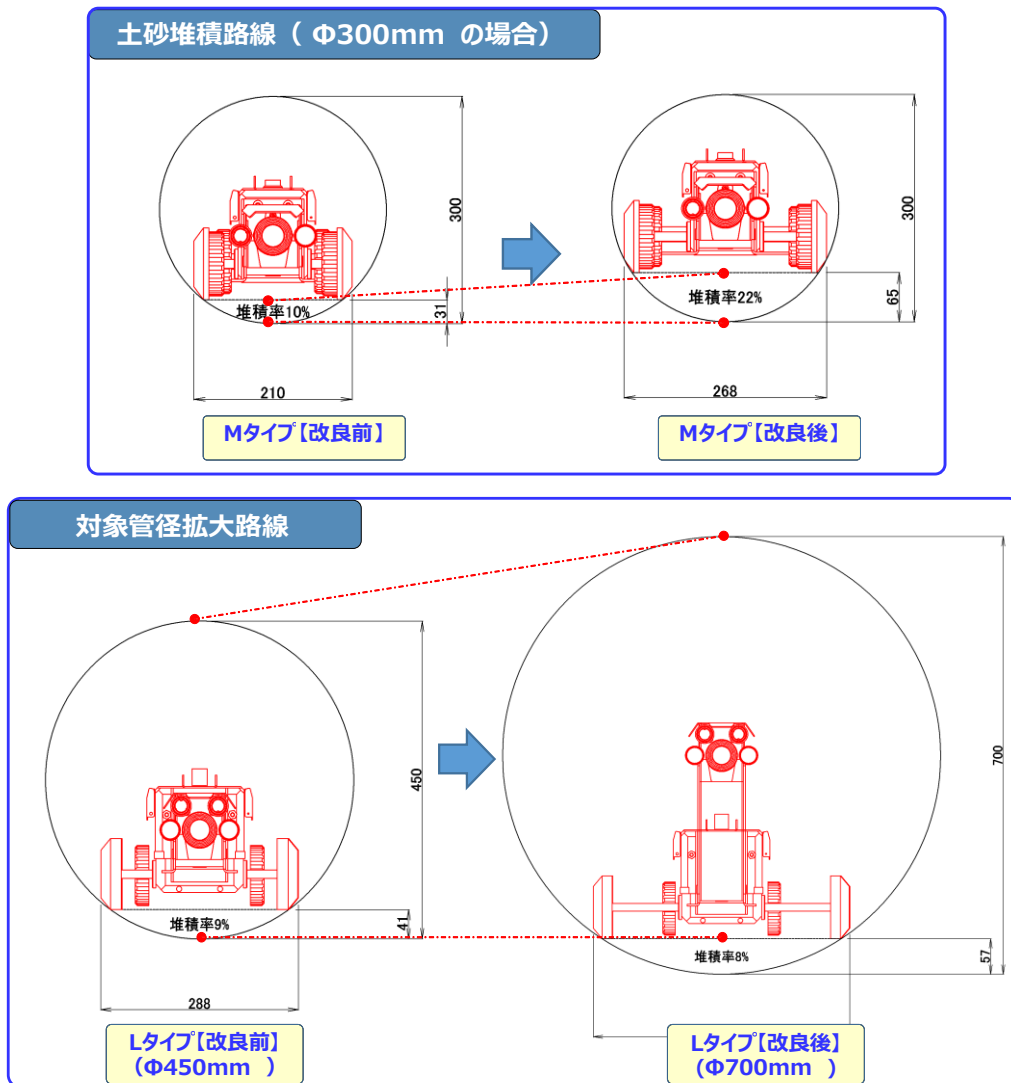


図 2-22 点検直視型カメラの改良概要図

表 2-32 点検直視型カメラの改良内容

改良箇所	改良内容
タイヤ軸幅	新たにタイヤ軸幅を拡大する部品を製作し、管きょ内の側面に押し付けるタイヤの位置を管頂方向に上げる事で走破できる土砂の堆積率の範囲を拡大させる。

(6-3) 土砂堆積路線における走破率の検証結果 【φ 300～450mm】

土砂堆積路線における走破率の検証結果を表 2-33 に示す。

本研究の調査対象範囲においては、改良型カメラの走破率が 94%となり目標を達成した。残り 560m は土砂の堆積や浸入水の影響により自走が困難な状況であるが、通線を併用した調査を行うことで 100%の調査が可能となった。

表 2-33 土砂堆積路線における走破率の検証結果

	対象フィールド	走破率
改良前カメラ (自走)	改良前調査対象範囲 (11,872m) 調査完了 8,974m 調査不能 1,013m 調査対象外 1,885m 改良前調査不能路線 (2,898m)	走破率 89% (8,974m/9,987m)
改良後カメラ (自走)	改良前調査対象範囲 (8,974m) 改良後調査対象範囲 (1,013m) 調査完了 9,427m 調査不能 560m 調査対象外 1,885m 調査対象範囲 (9,987m)	走破率 94% (9,427m/9,987m)
改良後カメラ (通線併用)※	調査完了 9,987m 調査対象外 1,885m	通線を併用による 走破率 100% (9,987m/9,987m)

※通線を併用した調査：自走ができなかった土砂堆積路線に対して、点検直視型カメラ本体をワイヤー等で人力によって牽引することにより、調査不能を解消する調査手法

なお、通線併用の調査は図 2-23 に示すように、カメラ本体にワイヤー等を接続し、人力で牽引することによって、調査不能を解消する調査手法であり、自走が困難となった路線において採用可能な手段である。ただし、通線に手間を要するため、緊急的な手段として用いることが望ましい。



図 2-23 通線によるカメラ調査の様子

(6-4) 管径拡大路線における走破率の検証結果 【φ500～700mm】

管径拡大路線における走破率の検証結果を、表 2-34 に示す。

改良型カメラによる走破率は、φ500mm および 700mm で 100%、600mm で 83% となった。全体の走破率は 93% となり目標を達成し、検証の対象スパン数は少ないが良好な結果であった。

ただし、図 2-24 に示すように、φ600mm で調査不能となった管きょ (1 スパン) については、管内の滞水が著しく、土砂の堆積 (堆積率 20%) が不均質であったため、タイヤがスタックし、自走による調査が困難な状況となった。

表 2-34 管径拡大路線における走破率の検証結果

	対象フィールド	走破率
改良後カメラ (自走)	<p>調査対象範囲 (348m)</p> <p>調査完了 325m</p> <p>調査不能 23m</p>	<p>走破率 93% (325m/348m)</p>



図 2-24 改良型点検直視型カメラと調査不能路線の管内状況写真

(7) 【参考】机上スクリーニングと現地スクリーニング（管きょ調査）を組み合わせた導入効果

実証研究において、机上スクリーニングと現地スクリーニング（管きょ調査）技術を組み合わせた結果、コスト縮減効果、期間縮減効果が実証された。

段階型管路診断システムは、劣化予測結果を基に現地スクリーニング調査を行い、その結果から詳細調査を行うため、調査延長・調査期間においてより効率的・効果的な維持管理計画を策定することが可能である。

図 2-25、表 2-35 に、コンクリート管（ ϕ 250～450mm）を対象として、机上スクリーニングと現地スクリーニング（管きょ調査）を組み合わせた場合の経済比較の結果を示す。

従来技術では、経過年数で抽出した路線すべてを、従来型カメラ（洗浄必要）で詳細調査を実施し、緊急度判定を行う場合、費用は 12.8 百万円、期間は 76 日必要となる。

それに対して、コスト重視タイプの革新的技術では、劣化予測システムで抽出した路線を、洗浄不要な点検直視型カメラで現地スクリーニングを実施し、緊急度 I・II と推計される路線に対して従来型カメラで詳細調査を実施する。その場合の費用は 2.8 百万円、期間は 22 日となり、従来技術に対してコスト縮減率 78.4%、期間縮減率 71.0%となる。

また、緊急度 I・II の抽出不能率を向上させるためのリスク重視タイプの革新的技術では、経過年数で抽出した路線を、点検直視型カメラで現地スクリーニングを実施し、緊急度 I・II と推定される路線に対して従来型カメラで詳細調査を実施する。その場合の費用は 3.5 百万円、期間は 26 日となり、従来技術に対してコスト縮減率 72.7%、期間縮減率 65.7%となる。

	○ 従来技術 (経過年数)	○ 革新的技術 【① コスト重視 (緊急度Ⅰ・Ⅱ)】	○ 革新的技術 (提案) 【② リスク重視 (緊急度Ⅰ～Ⅲ)】
机上スクリーニング 【健全率曲線： コンクリート管】	8,974m 経過年数で抽出 (30年)	8,974m 劣化予測システムで抽出	8,974m 経過年数で抽出 (30年)
現地 スクリーニング		5,654m ◎ 点検直視型カメラ * 洗浄不要	7,320m ◎ 点検直視型カメラ * 洗浄不要
詳細調査	7,320m ◎ 従来型TVカメラ * 洗浄必要	212m ◎ 従来型TVカメラ * 洗浄必要	292m ◎ 従来型TVカメラ * 洗浄必要
緊急度Ⅰ・Ⅱ	292m	212m	292m
費用	12,766千円	2,750千円	3,481千円
日数	76日	22日	26日
絞込率 (緊急度Ⅰ・Ⅱ)	100.0% 【322/322 (スパン)】	63.0% 【203/322 (スパン)】	・劣化予測の結果、30年経過管数に対する絞込みを超過するため、経過年数による机上スクリーニングを実施 100.0% 【322/322 (スパン)】
抽出不能率 (緊急度Ⅰ・Ⅱ)	0.0% 【0/15 (スパン)】	46.7% 【7/15 (スパン)】	0.0% 【0/15 (スパン)】

※費用は直接費で消費税、経費は含まない。

図 2-25 経済性の比較 (コンクリート管 (φ250~450mm) の場合)

表 2-35 経済性の比較 (コンクリート管 (φ250~450mm) の場合)

スクリーニングによる効果 【① コスト重視】	コスト縮減率	78.4%
	期間縮減率	71.0%
スクリーニングによる効果 【② リスク重視】	コスト縮減率	72.7%
	期間縮減率	65.7%

また、図 2-26、表 2-36 には、陶管 (φ300~380mm) を対象とした場合の経済比較結果を示す。

従来技術では、費用は 5.3 百万円、期間は 31 日必要となるが、コスト重視タイプの革新的技術では、3.7 百万円、期間は 19 日となり、従来技術に対してコスト縮減率 30.5%、期間縮減率 38.7%となる。

また、緊急度Ⅰ・Ⅱの抽出不能率を向上させるためのリスク重視タイプの革新的技術では、費用は 4.5 百万円、期間は 23 日となり、従来技術に対してコスト縮減率 14.8%、期間縮減率 25.8%となる。

	○ 従来技術 (経過年数)	○ 革新的技術 【① コスト重視 (緊急度Ⅰ・Ⅱ)】	○ 革新的技術 (提案) 【② リスク重視 (緊急度Ⅰ～Ⅲ)】
机上スクリーニング 【健全率曲線： 陶管】	3,056m 経過年数で抽出 (30年)	3,056m 劣化予測システムで抽出	3,056m 劣化予測システムで抽出
現地スクリーニング		2,310m ◎ 高圧洗浄カメラ * 洗浄を同時に実施	2,833m ◎ 高圧洗浄カメラ * 洗浄を同時に実施
詳細調査	3,056m ◎ 従来型TVカメラ * 洗浄必要	1,261m ◎ 従来型TVカメラ * 洗浄不要	1,570m ◎ 従来型TVカメラ * 洗浄不要
緊急度Ⅰ・Ⅱ	1,633m	1,261m	1,570m
費用	5,320千円	3,698千円	4,529千円
日数	31日	19日	23日
絞込率 (緊急度Ⅰ・Ⅱ)	100.0% 【123/123 (スパン)】	75.6% 【93/123 (スパン)】	92.7% 【114/123 (スパン)】
抽出不能率 (緊急度Ⅰ・Ⅱ)	0% 【0/67 (スパン)】	29.9% 【20/67 (スパン)】	9.0% 【6/67 (スパン)】

※費用は直接費で消費税、経費は含まない。

図 2-26 経済性の比較 (陶管 (φ300~380mm) の場合)

表 2-36 経済性の比較 (陶管 (φ300~380mm) の場合)

スクリーニングによる効果 【① コスト重視】	コスト縮減率	30.5%
	期間縮減率	38.7%
スクリーニングによる効果 【② リスク重視】	コスト縮減率	14.8%
	期間縮減率	25.8%

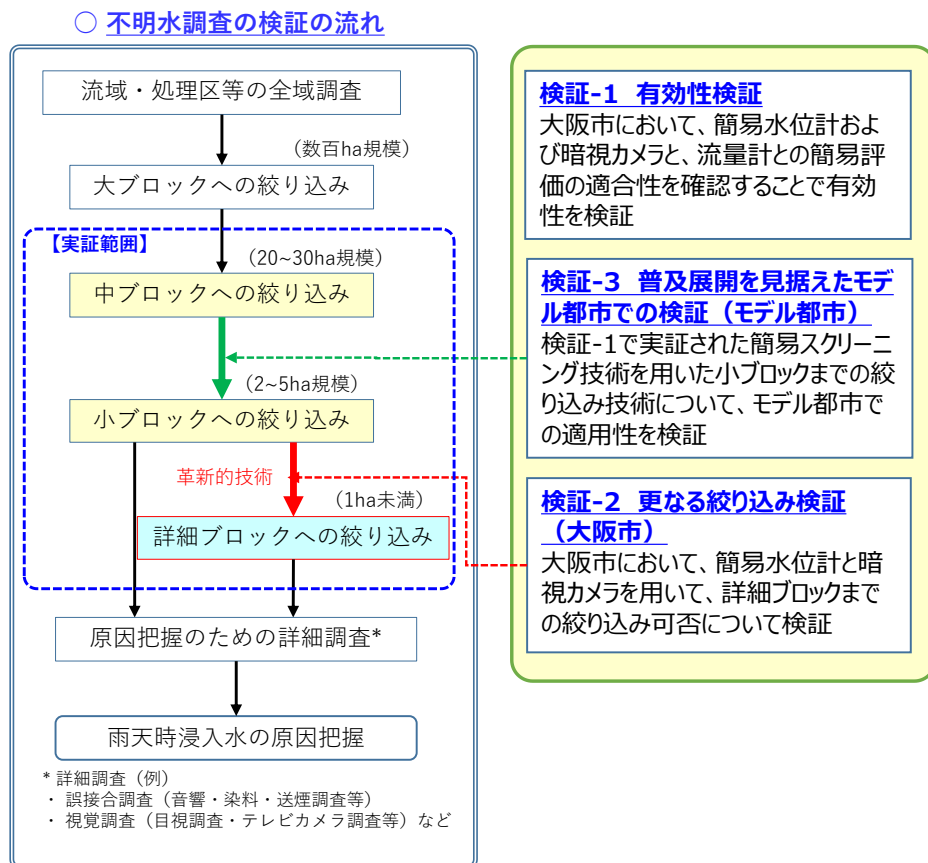
2-3 現地スクリーニング（不明水調査）技術

(1) 現地スクリーニング（不明水調査）の概要

従前の不明水調査では、流量計を多数設置する必要があったが、従来の流量計に代わる簡易水位計または暗視カメラによるスクリーニング調査を行うことで、低コストで効率的な不明水調査について検証した。

(1-1) 検証フロー

不明水調査の検証フローを図 2-27 に示す。



参考：財団法人下水道新技術推進機構「分流式下水道における雨天時浸入水対策計画策定マニュアル 2009年3月版」（一部加筆修正）

図 2-27 現地スクリーニング（不明水調査）技術の検証フローと結果概要

(2) 現地スクリーニング（不明水調査）技術の作業手順

現地スクリーニング（不明水調査）は、作業区分に応じた適切な人員配置のもと、安全管理に努めるとともに、関連法令や地方公共団体等が定める基準を順守して適切に行うものとする。

(2-1) 作業編成

現地スクリーニング（不明水調査）は、調査順序に応じて、「準備・設置・後片付け」、「準備・点検・後片付け」、「準備・撤去・後片付け」の3段階の調査サイクルで実施され、この調査サイクルを図 2-28 に示すように1日の作業時間の中で複数回行う。

現場作業においては、表 2-37 に示すように、調査人員として管路調査技師 1 名をはじめとする計 3 名、使用車両・機材として、資機材運搬車両、計測機器、ガス検知器等が必要である。作業範囲としてはマンホール周辺 2m×3m 程度である。

表 2-37 現地スクリーニング（不明水調査）の作業区分、作業内容（現場作業）

作業区分	作業内容			
	調査員人数 ・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
準備 （作業帯設 置・酸欠測定 等）	管路調査技師×1 管路調査助手×1 管路調査作業員 ×1 計 3 名	資機材運搬車両	2 m × 3 m 程度	記憶メディア
設置		計測機器		乾電池
点検（データ 採取）		（流量計（PC 含） ・簡易水位計 ・暗視カメラ）		作業用品 （ヘルメット ・ゴム手袋 ・ウエス ・チョーク等）
撤去（データ 採取）		マンホール鍵 ガス検知器 送風機 チェーンブロック		
後片付け		作業帯 （カラーコーン ・バー等）		

(2-2) 作業手順

基幹系（幹線）の下水管きょに設置した流量計の流量データと、枝線からの流入マンホールに設置した簡易水位計もしくは暗視カメラの計測水位データを基に、設置時の降雨量データと比較を行う事で、原単位方式による簡易評価を用いた不明水エリアの絞り込み（優先順位付け）を行うものである。

現地スクリーニング（不明水調査）手順を図 2-28 に示す。

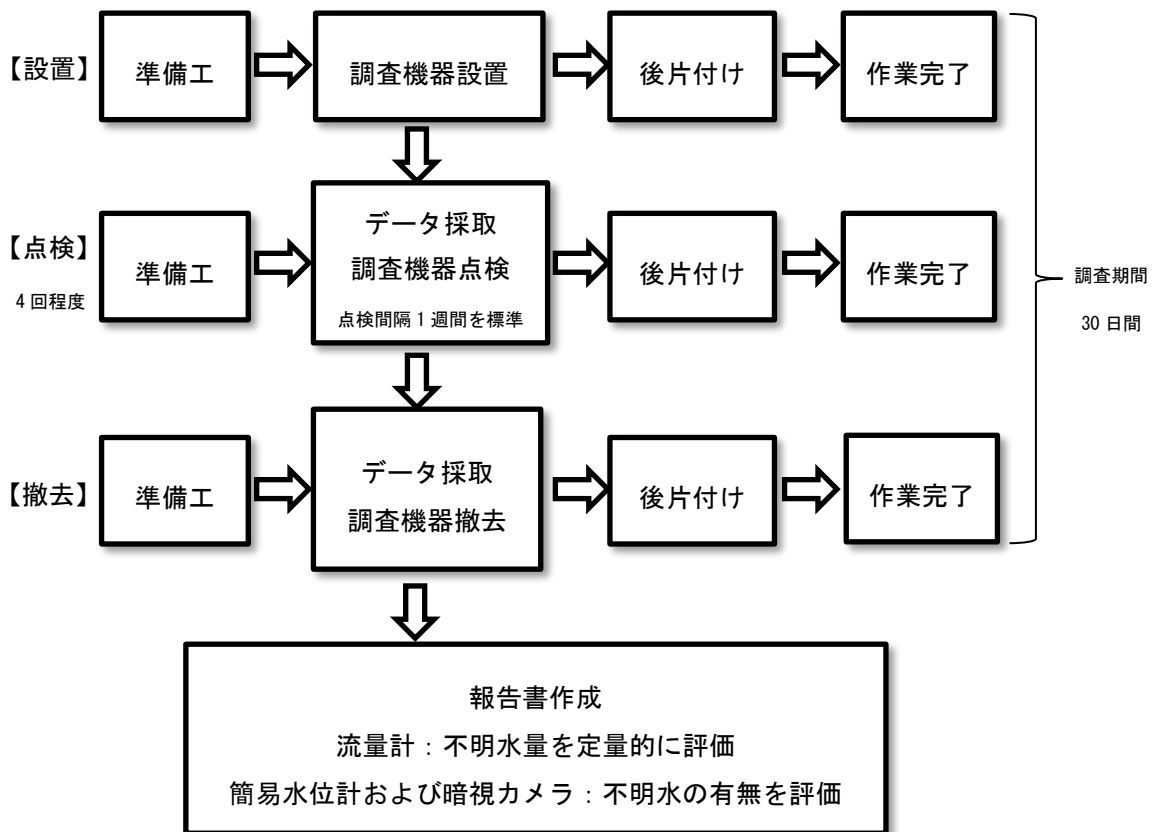


図 2-28 現地スクリーニング（不明水調査）の手順

(2-3) 報告書作成

事務所作業は、報告書作成により不明水に対する評価を行うもので、表 2-38 に示すように、調査人員として管路主任技師 0.3 名をはじめとする計 3.3 名、使用機材として、パソコン等が必要となる。

表 2-38 現地スクリーニング（不明水調査）の作業区分、作業内容（事務所作業）

作業区分	作業内容			
	調査員人数・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
報告書作成	管路主任技師×0.3 管理技師×1 管路調査技師×1 管路調査助手×1 計 3.3 名	パソコン等	—	記憶メディア 綴込みファイル用紙 インク等

(3) 機器の必要性能

(3-1) 標準仕様

① 簡易水位計

簡易水位計の仕様を表 2-39 に示す。

表 2-39 簡易水位計仕様

簡易水位計部品	仕様
チューブ	タイナノチューブ 6×8mm
硬鋼線	80C 硬鋼線 φ2.5~3.5
染色液	潤滑油用液体染料 Liquid neutral Red SST-D

② 暗視カメラ

暗視カメラの仕様を表 2-40 に示す。

表 2-40 暗視カメラ仕様

項目	仕様
サイズ	幅131×奥行99×高さ78(mm)
重量	300g
電源	単三乾電池×4本 バッテリーパックにより追加4本可能
センサー	12メガピクセル 静止画(4000×3000) 動画撮影可能
記録媒体	SDカード(32GB)
記録枚数	静止画6,400枚程度(5分間隔で3週間程度)
照明	赤外線ライト内蔵
防水機能	防水性なし(生活防水程度)
撮影インターバル	秒単位で自由に設定

③ 従来型流量計 (参考)

面速式流量計 (断面流速) および超音波式流量計におけるモジュール・センサーの仕様を表 2-41 に示す。

表 2-41 流量計仕様

2150 断面流速 2110超音波モジュール				
		2150断面流速モジュール		2110超音波モジュール
サイズ	H7.4×W28.7×D19.1cm			
2191接続時	H22.6×W28.7×D19.1cm			
重さ	0.9kg		1.08kg	
2191接続時	2.3kg		2.48kg	
防水性	NEMA.4× IP68			
電源	7-15VDC			
標準バッテリー寿命	測定時170mA	待機時0.4mA	測定時100mA	待機時1mA
2191モジュールひとつ	12VDCのとき		12VDCのとき	
15分間隔	アルカリランタンバッテリー	鉛酸ランタンバッテリー	アルカリランタンバッテリー	鉛酸ランタンバッテリー
5分間隔	15ヶ月	2.5ヶ月	6.5ヶ月	1.5ヶ月
1分間隔	8ヶ月	1.5ヶ月	2ヶ月	2週間
	2ヶ月	11日	13日	3日
モジュール接続数	4モジュールまで 現場交換可能			
モジュール間最大距離	1000m			
流量変換設定	同時に2つの流量変換式にて計算可能			
流量変換式	V字セキ、四角セキ、メタリングインサート他			
セキ	パーシャル、バーマーボウラス、トラベソイタル			
フリューム	H HS HL 他			
マンシングの式	円形管、U字管、四角水路、トラベソイタル			
データポイント	50ポイント 水位-流量			
ユーザー計算式	50ポイント 水位-断面積			
断面流速	2式			
内蔵メモリー	円形管、U字管、四角水路、トラベソイタル			
	不揮発フラッシュメモリー プログラム用とデータ用の2個			
	現場でのデータ・設定を残してのアップデート可能			
	395,000バイト 79,000データ以上(1データあたり5バイト)			
	15分間隔の水位・流速データ、24時間毎の電池電圧データで270日以上			
データタイプ	水位・流速・流量1、流量2、総流量1、総流量2、電源電圧、温度		水位・流量1、流量2、総流量1、総流量2、電源電圧、温度	
データ保存モード	設定条件による可変間隔ロールオーバー			
データ保存間隔	15.30秒、1.2.5.15.30分 1.2.4.12.24時間			
通信速度	38,400ボーレート			
操作温度	-18°C~60°C			
保管温度	-40°C~60°C			

2150 断面流速 2110超音波センサー		
	断面流速センサー(2150)	超音波センサー(2110)
サイズ	H1.9×W3.3×L15.2cm	L6.8× φ6.6cm
ケーブル	7.6m φ0.9cm	10m φ0.8cm
重さ	1.02kg	0.8kg
水位測定		
測定方式	圧トランスデューサー	超音波
周波数	-	148KHz
コーンアングル	-	±12°
スパン	-	1.22m
デッドバンド	-	3.8cm
レンジ	0.01~3.05m	0.05~1.27m
最大測定値	10.5m	-
精度	±0.003m 0.01~3.05mの時 25°Cの時 ±0.0019m/°C	±0.38cm 0.05~1.0mの時 ±0.89cm 1.0~1.27mの時 22°C 50%湿度時 ±0.005m/°C
標準長期安定性	0.007m/1年	-
流速測定		
測定方式	トッパー超音波式 500KHz 水平から20° 上方	-
標準的な最低水位	25mm	-
レンジ	-1.5~6.1m/s	-
精度	±0.003m/s -1.5~1.5m/sの時 ±2%表示値に対し、1.5~6.1m/sの時 標準流速プロファイルで水中音速1480m/sの時	-
操作温度	-10~60°C	-
補正温度	0~50°C	-
温度測定		
レンジ		-40~85°C
分解能		0.5°C
精度	±2°C	

(3-2) 必要性能

標準仕様と同等以上の性能を有すること。

但し、現地スクリーニング（不明水調査）に用いる計測機器については、上記と併せて、本ガイドライン（案）で示す「有効性」※（参考資料編 I-58）を満足できることが必要である。

※「有効性」：原単位方式による簡易評価の適合率 80%以上であること。

(3-3) 日進量

① 簡易水位計

現地作業において、流量計に比べ設置が容易であり、複数設置する事ができる（表 2-42 参照）。

② 暗視カメラ

現地調査の設置においては、簡易水位計の日進量と、ほぼ同等の設置が可能である（表 2-42 参照）。

③ 従来型流量計（参考）

流量計は、高精度な測定により正確な流量が求められる事から、補助器具の設置が必要であり設置に時間を要するため、日進量は 4 箇所／日である（表 2-42 参照）。

表 2-42 現地スクリーニング（不明水調査）における調査方法別の日進量

調査方法	日進量 (箇所／日)	評価
① 簡易水位計	現地調査：設置 10.0 箇所／日 撤去 20.0 箇所／日 報告書作成： 10 箇所／日	現地作業において、流量計に比べ設置が容易であり、複数設置する事ができる。
② 暗視カメラ	現地調査：設置 8.0 箇所／日 撤去 12.0 箇所／日 報告書作成： 1 箇所／日	現地調査の設置においては、簡易水位計の日進量と、ほぼ同等の設置が可能である。
③ 従来型流量計 (参考)	現地調査：設置 4.0 箇所／日 撤去 10.0 箇所／日 報告書作成： 1 箇所／日	流量計は、高精度な測定により正確な流量が求められる事から、補助器具の設置が必要であり設置に時間を要するため、日進量は 4 箇所／日である。

(3-4) 調査コスト

① 簡易水位計

1 箇所の設置費用は、流量計に比べ 1/6 の低コストで簡易なスクリーニング調査が可能である。

② 暗視カメラ

1 箇所の設置費用は、簡易水位計の約 4 倍であるが、流量計に比べ約 1/2 の低コストで簡易なスクリーニング調査が可能である。

③ 従来型流量計（参考）

高精度な機器のため、高コストな機器である。

(4) 適用範囲

(4-1) 適用範囲

不明水スクリーニング機器の適用範囲や適用条件、専門技術性が、導入しようとするフィールドに適しているかを確認する必要がある。

それぞれの不明水スクリーニング機器の適用範囲や適用条件、専門技術性を明示することで、導入しようとするフィールドの特性を踏まえた技術の適切な導入が可能となる。

不明水スクリーニング機器の適用範囲は、表 2-43 のとおりである。

表 2-43 機器の適用範囲

管路条件	簡易水位計	暗視カメラ	流量計（参考）
管種	問わない		
管径	φ 400mm 以下	問わない ※撮影できる範囲	問わない ※フレューム式では、φ 350mm 以下
土被り	問わない		
管路延長	問わない		
勾配	20%以下	問わない	問わない ※フレューム式では 20%以下

(4-2) 適用条件

各不明水スクリーニング機器の適用条件は、表 2-44 のとおりである。

表 2-44 機器の適用条件

条件	簡易水位計	暗視カメラ	流量計（参考）
交通量	問わない ※常識的な交通量で保安設備の設置が可能であること		
マンホール位置	問わない		
作業スペース （幅員等）	2m×3m程度	2m×3m程度	2m×3m程度
水深	水位計の底部が常に 浸かる必要がある	問わない	問わない
流速	勾配 20‰以下の流速	問わない	問わない ※フリューム式で は 20‰以下
その他	水位計の底部が常に 浸かる必要がある	湿気が多い箇所、高 温水の流れる箇所で は計測困難	条件に応じて最適 な流量計を採用

(4-3) 専門技術性

各不明水スクリーニング機器の専門技術性は、表 2-45 のとおりである。

表 2-45 機器の専門技術性

項目	簡易水位計	暗視カメラ	流量計（参考）
機器の初期調整項目	染色液注入	静止画撮影インター バル設定	PC による測定単位時 間・測定期間設定 →下水道管路管理専 門技士
機器の操作手順	最大水位および最小 水位目視確認	録画 SD カード回収	PC によるデータ回収 →下水道管路管理専 門技士
不明水の 定量化・ 判定	知識と経験が必要 →下水道管路管理専 門技士/主任技士	知識と経験が必要 →下水道管路管理専 門技士/主任技士	相当な知識と経験が 必要 →下水道管路管理主 任技士

(5) 現地スクリーニング（不明水調査）技術の実証結果

(5-1) 各機器等についての調査

① スクリーニングの有効性

現地スクリーニング（不明水調査）技術の有効性の実証結果を表 2-46 に示す。

表 2-46 現地スクリーニング（不明水調査）技術の有効性の実証結果

	簡易水位計	暗視カメラ
適合数（箇所）	15	12
不適合数（箇所）	0	3
評価（適合率）	100%	80%

（考察）

- 雨天時浸入水量の基礎汚水量比によるスクリーニング結果について流量計と比較し、有効性が確認できた。
- 簡易水位計と流量計を比較した結果全数で、不適合が生じなかった。
- 暗視カメラにおいては、安全側に判定したケースや基礎汚水量比が小さかったケースが発生し、一部で不適合が生じた。

② 調査ブロックの絞り込み結果

原単位方式による評価を行い、調査エリア別に評価した結果を、表 2-47 に示す。

一部、流量計が設置できなかった箇所やコスト等に問題が生じた箇所もあるが、調査ブロックの絞り込みについては達成できた。

表 2-47 地区別調査エリア別の評価一覧

絞り込み範囲	測定機器	設置数	評価内容	
検証1【大阪市】 (3エリア) 中ブロック→ 小ブロック	簡易水位計	15	○	中ブロックから小ブロックへの絞り込みに適用可能
	暗視カメラ	15	○	中ブロックから小ブロックへの絞り込みに適用可能
検証2【大阪市】 (3エリア) 小ブロック→ 詳細ブロック	簡易水位計	13	△	小ブロックから詳細ブロックへの絞り込みに適用可能。 但し、詳細調査に比べ、コスト・期間の縮減効果が得られない。
	暗視カメラ	0	—	マンホールの内径が小さく、暗視カメラの設置が困難なため、未計測。
検証3 【モデル都市】 (1エリア) 中ブロック→ 小ブロック	簡易水位計	22	○	中ブロックから小ブロックへの絞り込みに適用可能
	暗視カメラ	3	△	小ブロックへの絞り込みに適用可能。 但し、流量計の値と比較が出来なかったため、参考扱いとする。

○：適用可能，△：一部適用可能，—：未計測

(5-2) 目標との検証

不明水調査の主な目的であるスクリーニングの有効性については、表 2-48 に示すように、簡易水位計、暗視カメラとも確認できた。

表 2-48 目標との検証

評価項目		従来技術（目標値）	革新的技術（実証結果）		評価	総合評価
有効性	簡易水位計	原単位方式による絞り込み可否	中ブロック→小ブロック	絞り込み可能	○	○
			小ブロック→詳細ブロック	絞り込み可能 <small>(ただし縮減効果は得られない)</small>	○	
	暗視カメラ	原単位方式による絞り込み可否	中ブロック→小ブロック	絞り込み可能 <small>(流量計による補正なし)</small>	△	△
			小ブロック→詳細ブロック	スペース狭小の為、未設置	—	
結論（不明水調査）		・水位差については目標値に達しなかったが、不明水のスクリーニング調査において中ブロックから小ブロックへの絞り込みは確認できた。				

(5-3) 現地スクリーニング（不明水調査）技術の実証結果（モデル都市）

① 調査の概要

1) 検証フィールド

本実証研究の検証フィールドとして、新たにモデル都市を選定し、不明水のスクリーニング調査を実施した。対象地区としては、山間部に近く、湧き水等を原因とする下水管路への浸入水が疑われる地域で、不明水対策が必要とされる地域を対象とした。

不明水調査のスクリーニング機器として、まず基幹系の管路（幹線）に流量計を設置し、流入する枝線管路の接合点（マンホール）に簡易水位計を設置した。対象区域（76ha）が広いため、面積を二分する位置に流量計を設置することで、対象エリアを大きく二つに分けた。

さらに、幹線下流部の軌道下に伏越しがあり、幹線内の水位が高く、流量計の設置が困難であったため、時系列で水位を測定できる暗視カメラを設置し、簡易スクリーニングを実施した。

2) 調査目標と実証方法

表 2-49 に、普及展開を見据えたモデル都市での調査目標と実証方法を示す。

表 2-49 調査目標と実証方法（モデル都市）

目標	中ブロック（20～30ha 規模）から小ブロック（10ha 規模）への絞り込み技術について、モデル都市での適用性を確認
実証方法	計測された水位および降雨情報を基に、原単位方式による簡易評価により小ブロックまで絞り込み、不明水対応が求められるモデル都市での適用性を評価

② 調査手順

図 2-29 に、3 段階の手順を踏んで優先順を判定するフローと、機器配置イメージを示す。

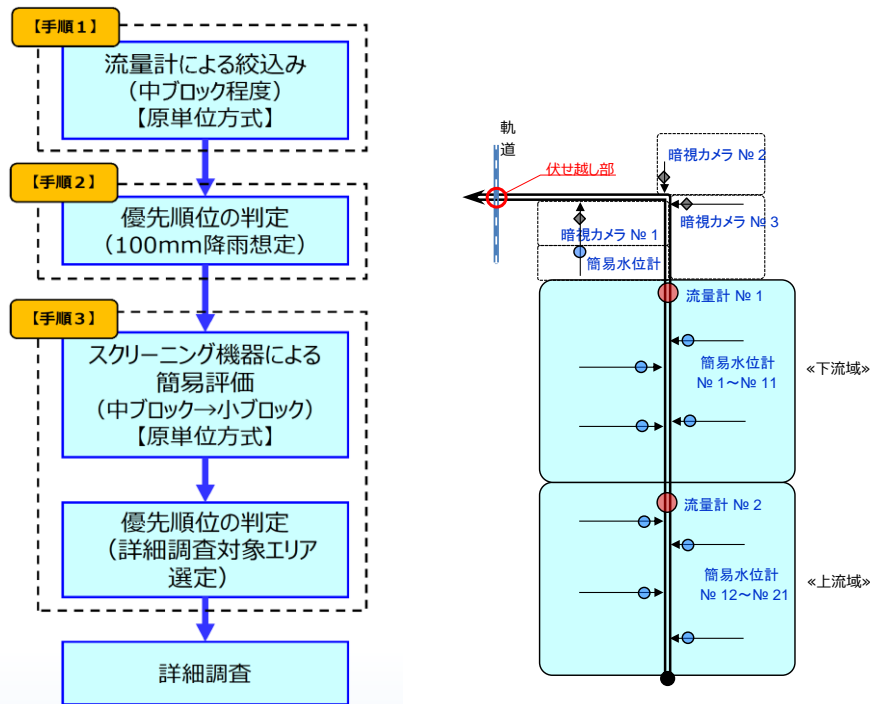


図 2-29 調査手順と機器配置イメージ

また、基幹系の管路に流量計を設置し、流入する管路の接合点に表 2-50 に示す台数の簡易水位計等を設置した。

表 2-50 機器設置箇所数

機器（箇所）	簡易水位計	暗視カメラ	流量計
モデル都市	22	3	2

③ 調査結果

1) 降雨量と水位（流量）の相関性

現地スクリーニング（不明水調査）技術に対する評価は、原単位方式による簡易評価で行った。

原単位評価は、雨天時浸入水量（100mm 降雨時）と常時（地下水）浸入水量を基礎汚水量との相対比から評価し、不明水量に対する対策実施必要性の判定基準となる。

本検証では、不明水量として影響の大きい『雨天時浸入水量（100mm 降雨時）』を対象に、調査結果から得られた雨天時浸入水量と降雨量との関係から 100mm 降雨時に想定される雨天時浸入水量を算出し、基礎汚水量（晴天日平均流量から、深夜最小流量（地下水量）を差し引いた汚水量）との相対比を基に各機器において簡易評価を行った。

簡易評価基準は、表 2-51 に示す。本研究では、一般的に対策が必要と考えられる「Bランク（要対策）」以上を「問題あり」として抽出した。

表 2-51 簡易評価基準（参考）（目標降雨規模を 100mm 降雨とした場合）

対象浸入水量の基礎汚水量比	A 緊急対応	B 要対策	C 経過観察	良好
雨天時浸入水量 (直接浸入水量+浸透浸入水量)	130%以上	65%以上	33%以上	33%未満
地下水浸入水量	40%以上	20%以上	10%以上	10%未満
	問題あり		問題なし	

「分流式下水道における雨天時浸入水対策計画策定マニュアル-2009年3月-下水道新技術推進機構より」

2) 簡易水位計

前述の調査手順にしたがって実施した調査結果を、表 2-52、表 2-53、表 2-54 に示す。

表 2-52 【手順 1】流量計による簡易評価の結果（原単位方式）

測点	晴天日 平均流量 (m3/d)	常時（地下水） 浸入水量 (m3/d)	基礎汚水量		雨天時浸入水量		ランク
			量 (m3/d)	指数 (%)	x= 100 mm/d		
					量 (m3)	指数 (%)	
【上流域・下流域】 測点1	1,459.02	277.92	1,181.10	100%	1,726.20	146.2%	A
【上流域】 測点2	512.88	50.88	462.00	100%	390.00	84.4%	B

表 2-53 【手順 2】優先順位の判定（100 mm降雨時想定）

地区	100mm降雨時の 雨天時浸入水量 (m3)	処理面積 (ha)	ha当りの雨天時浸入水量 (m3/ha)	優先順位
下流域 (測点1-測点2)	1,336.20	26.08	51.23	1
上流域 (測点2)	390.00	20.76	18.79	2

（考察）

- 流量計による簡易評価の結果、雨天時浸入水は「上流域」と「下流域」全域の評価として A ランク（緊急対応）、「上流域」のエリアで B ランク（要対策）の評価となった。
- 1ha 当たりで 100mm 降雨時の雨天時浸入水量を評価した結果においては、「下流域」で 51.23 m³/ha、「上流域」で 18.79 m³/ha となり、「下流域」のエリアが不明水の影響を最も大きく受けていると考えられ、エリアの評価として優先順位を高く評価した。

表 2-54 【手順 3】簡易水位計による簡易評価の結果（原単位方式）

地区	機器区分	簡易水位計測点	面積 (ha)	100mm降雨時雨天時浸入水量		基礎汚水量			100mm降雨時基礎汚水量比 (%)	原単位方式による簡易評価	スクリーニング結果	
				簡易水位計の値		流量計の結果へ換算	簡易水位計の結果					流量計結果へ
				(m3)	(%)	(m3)	(m3/d)	(%)				(m3/d)
	流量計	-	-	-	1,336.20	-	-	719.10	186	A	問題あり	
下流域	簡易水位計	モデル都市 No.1	1.41	54	1.6	21	122	2.6	19	114	B	問題あり
		モデル都市 No.2	1.44	40	1.2	16	293	6.3	45	35	C	-
		モデル都市 No.3	2.61	226	6.7	89	575	12.4	89	100	B	問題あり
		モデル都市 No.4	4.22	798	23.5	314	1,374	29.6	213	148	A	問題あり
		モデル都市 No.5	2.81	339	10.0	133	212	4.6	33	405	A	問題あり
		モデル都市 No.6	1.16	278	8.2	109	295	6.4	46	239	A	問題あり
		モデル都市 No.7	4.13	259	7.6	102	273	5.9	42	241	A	問題あり
		モデル都市 No.8	1.52	144	4.3	57	168	3.6	26	218	A	問題あり
		モデル都市 No.9	1.70	863	25.4	340	802	17.3	124	273	A	問題あり
		モデル都市 No.10	2.76	217	6.4	85	175	3.8	27	316	A	問題あり
		モデル都市 No.11	2.32	175	5.2	69	355	7.6	55	125	B	問題あり
	計	26.08	3,393	100	1,336.20	4,644	100	719.10	-	-	-	
上流域	簡易水位計	モデル都市 No.12	2.25	74	4.8	19	42	3.2	15	125	B	問題あり
		モデル都市 No.13	2.88	207	13.3	52	74	5.7	26	198	A	問題あり
		モデル都市 No.14	0.94	182	11.7	46	129	9.9	46	100	B	問題あり
		モデル都市 No.15	2.46	131	8.5	33	212	16.3	75	44	C	-
		モデル都市 No.16	1.23	67	4.3	17	349	26.8	124	14	良好	-
		モデル都市 No.17	1.85	130	8.4	33	31	2.4	11	293	A	問題あり
		モデル都市 No.18	2.80	576	37.1	145	249	19.2	88	163	A	問題あり
		モデル都市 No.19	1.46	48	3.1	12	58	4.5	21	59	C	-
		モデル都市 No.20	2.26	28	1.8	7	91	7.0	32	22	良好	-
		モデル都市 No.21	2.63	109	7.0	27	66	5.1	23	116	B	問題あり
			計	20.76	1,554	100	390.00	1,301	100	462.00	-	-
	合計 (面積)	46.84										

(評価)

- 流量計の結果を基に、幹線との接合点に設置した簡易水位計の結果を按分補正して簡易評価を行った。
- 結果としては、対策が必要となる「A ランク（緊急対応）」の評価が下流域に多く、流量計の簡易評価と同様の結果となった。
- 送煙調査等の詳細調査を実施する際は、基礎汚水量比の高い No.5 および No.10 のエリアから優先して行う事が望ましい

3) 暗視カメラによる計測について

暗視カメラを設置した区間に関して、当初は幹線に流量計を設置する予定であったが、下流部にある軌道の伏越しによって、管内水位が高く、流量計の設置が困難となった。

そこで、幹線と枝線の接続部に簡易水位計の代わりに、時系列で降雨の変動を確認できる暗視カメラの設置を行った。

また、暗視カメラ No.1 エリアにおいては、区域を細分化するために、上流部に簡易水位計を設置した。

暗視カメラによる簡易評価の結果と評価を、表 2-55、表 2-56 に示す。

表 2-55 【手順 1】暗視カメラによる簡易評価の結果および優先順位（原単位方式）

測点	晴天日 平均流量	常時 (地下水) 浸入水量	基礎汚水量		雨天時浸入水量		ランク	優先順位
			量	指数	x= 100 mm/d			
					量	100mm降雨時 基礎汚水量比		
(m3/d)	(m3/d)	(m3/d)	(%)	(m3)	(%)			
暗視カメラNo.1	160.19	5.95	154.24	100%	303.14	196.5%	A	2
暗視カメラNo.2	130.59	1.66	128.93	100%	236.43	183.4%	A	3
暗視カメラNo.3	425.86	1.48	424.38	100%	3,088.50	727.8%	A	1

表 2-56 【手順 2】暗視カメラ No. 1 上流部の簡易水位計の評価について

測点	晴天日 平均流量	常時 (地下水) 浸入水量	基礎汚水量		雨天時浸入水量		ランク
			量	指数	x= 100 mm/d		
					量	100mm降雨時 基礎汚水量比	
(m3/d)	(m3/d)	(m3/d)	(%)	(m3)	(%)		
簡易水位計 No.22	278.15	55.22	222.93	100%	290.75	130.4%	A

(検証結果)

- 暗視カメラによる簡易評価の結果、全ての地点において A ランク（緊急対応）の評価となった。また、暗視カメラ No.3 の地区が不明水の影響を最も大きく受けていると考えられ、エリアの評価として優先順位を高く評価した。
- 簡易水位計を設置した No.22 の地点においても、対策が必要となる A ランク（緊急対応）の評価となり、不明水の有無を確認する事ができた。
- 幹線内の水位が高く、流量計の計測が困難な場合であっても、暗視カメラを用いる事で、簡易的に不明水エリアのスクリーニングを行う事が可能と考えられる。

(5-4) 現地スクリーニング（不明水調査）技術の実証結果（大阪市）

① 調査の概要

小ブロックのエリアの 3 地区に対して、簡易スクリーニング機器を用いて、詳細ブロックのエリアまでの絞り込みが可能か検証を実施した。

1) 調査フィールド

調査フィールドの概要は、表 2-57 のとおりである。

表 2-57 実証フィールド（大阪市）

対象フィールド		面積 (ha)
大阪市 平野区	瓜破南1丁目	1.3
	瓜破南2丁目	1.1
	長吉川辺4丁目	2.1

2) 調査目標と実証方法

表 2-58 に詳細ブロックの絞り込みを目的とした調査目標と実証方法を示す。

表 2-58 調査目標（大阪市）

目 標	詳細ブロック（1ha 未満）への絞り込み技術を確立
実証方法	計測された水位および降雨情報を基に、原単位方式による簡易評価により詳細ブロックまで絞り込みを行い、詳細調査範囲の縮減について適用性を確認する

② 調査手順

図 2-30 に 3 段階の手順を踏んで優先順位を判定するフローと機器配置イメージを示す。

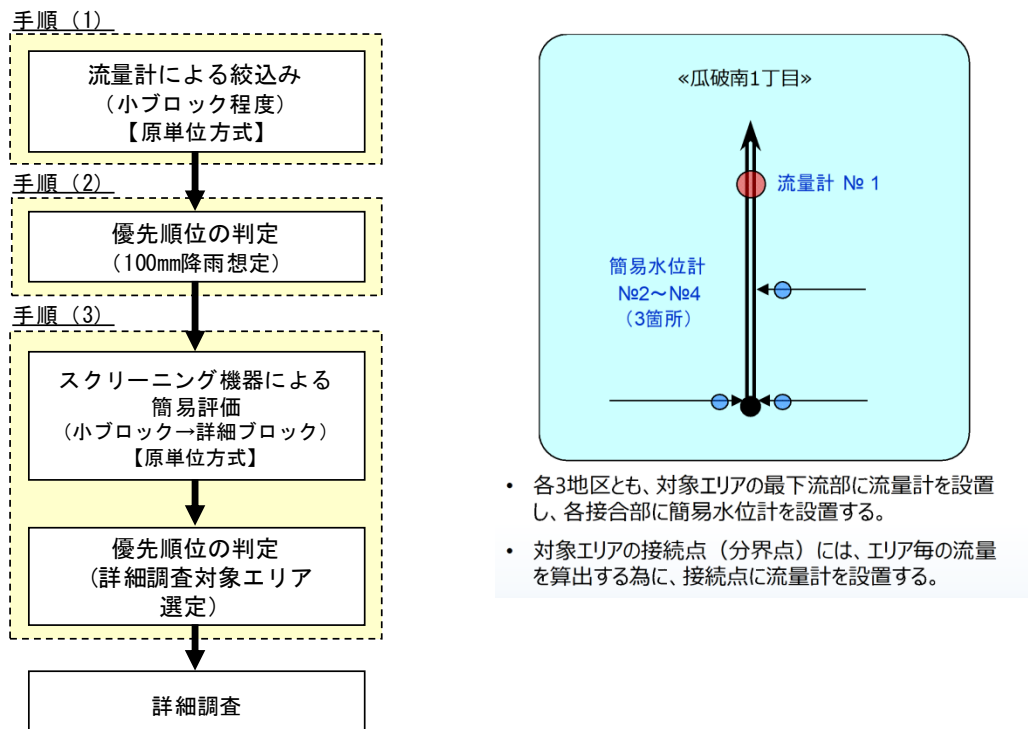


図 2-30 調査手順と不明水調査機器配置図（大阪市）一例

また、不明水調査の機器設置箇所数のリストを表 2-59 に示す。

表 2-59 不明水調査 機器設置箇所数

機器（箇所）	簡易水位計	暗視カメラ	流量計
瓜破南 1 丁目	4	0	1
瓜破南 2 丁目	4	0	2
長吉川辺 4 丁目	5	0	2
合計	13	0	5

③ 調査結果

図 2-30 に示した 3 段階の手順による調査結果を、表 2-60、表 2-61、表 2-62 に示す。

表 2-60 【手順 1】流量計による簡易評価の結果（原単位方式）

測点	晴天日 平均流量 (m3/d)	常時（地下水） 浸入水量 (m3/d)	基礎汚水量		雨天時浸入水量		ランク
			量 (m3/d)	指数 (%)	x= 100 mm/d		
					量 (m3)	指数 (%)	
測点No.1	15.53	0.48	15.05	100%	56.94	378.3%	A
測点No.2	244.74	50.40	194.34	100%	1,504.00	773.9%	A
測点No.3	102.32	7.44	94.88	100%	1,256.50	1324.3%	A
測点No.4	86.88	7.44	79.44	100%	1,114.20	1402.6%	A
測点No.5	111.58	37.44	74.14	100%	393.68	531.0%	A

表 2-61 【手順 2】優先順位の判定（100 mm降雨時想定）

地区	100mm降雨時の 雨天時浸入水量 (m3)	処理面積 (ha)	ha当りの雨天時浸入水量 (m3/ha)	優先順位
瓜破南1丁目 (測点1)	56.94	1.3	43.80	3
瓜破南2丁目 (測点2-測点3)	247.50	1.1	225.00	2
長吉川辺4丁目 (測点4-測点5)	720.52	2.1	343.10	1

（考察）

- 流量計による簡易評価の結果、雨天時浸入水は全測点で緊急ランク A の評価となった。
- そのうち、最も 1ha 当りの雨天時浸入水の影響が大きい地区は、長吉川辺 4 丁目となり、最も対策を優先すべき地区と考えられる。

表 2-62 【手順 3】簡易水位計による簡易評価の結果（原単位方式）

地区	機器区分	簡易水位計測点	面積 (ha)	100mm降雨時雨天時浸入水量			基礎汚水量			100mm降雨時 基礎汚水量比 (%) ③=①÷②×100	原単位方式 による簡易評価	スクリーニング 結果
				簡易水位計の値		流量計の結果へ 換算	簡易水位計の値		流量計の結果へ 換算			
				(m3)	(%)	(m3)	(m3/d)	(%)	(m3/d)			
	流量計	-	-	-	56.94	-	-	15.05	378	A	問題あり	
瓜破南 1丁目	簡易水位計	大阪市 No.2	0.4	20	12.5	7	3	3.0	0	1,568	A	問題あり
		大阪市 No.3	0.3	91	56.5	32	27	24.0	4	892	A	問題あり
		大阪市 No.4	0.2	50	31.0	18	82	73.0	11	160	A	問題あり
		計	0.9	160	100.0	57	113	100.0	15	-	-	-
瓜破南 2丁目	簡易水位計	流量計	-	-	-	247.50	-	-	99.46	249	A	問題あり
		大阪市 No.6	0.1	63	40.1	99	13	6.4	6	1,557	A	問題あり
		大阪市 No.7	0.2	57	36.2	90	147	74.5	74	121	B	問題あり
		大阪市 No.8	0.4	37	23.8	59	37	19.1	19	310	A	問題あり
	計	0.7	156	100.0	248	197	100.0	99	-	-	-	
長吉川辺 4丁目 【優先順位 1】	簡易水位計	流量計	-	-	-	720.52	-	-	5.30	13,595	A	問題あり
		大阪市 No.10	0.7	1,881	89.4	644	212	60.7	3	20,016	A	問題あり
		大阪市 No.11	0.8	43	2.1	15	39	11.3	1	2,477	A	問題あり
		大阪市 No.12	0.3	110	5.2	38	40	11.3	1	6,251	A	問題あり
		大阪市 No.13	0.1	70	3.3	24	58	16.7	1	2,732	A	問題あり
	計	1.9	2,104	100.0	720.52	349	100.0	5.30	-	-	-	

(評価)

- モデル都市の例と同様に、流量計の結果を基に幹線との接合点に設置した簡易水位計の結果を補正して簡易評価を行った。
- 結果としては、対策が必要となる「ランク A」の評価がほぼ全ての地域に見られ、瓜破南 1 丁目では No.2 のエリア、瓜破南 2 丁目は No.6、長吉川辺 4 丁目は No.10 のエリアにおいて顕著な結果となった。長吉川辺 4 丁目については、特に基礎汚水量比が高いため、優先して詳細調査を実施する事が望ましい。

(6) 【参考】現地スクリーニング（不明水調査）技術の導入効果

実証研究の中～小ブロックにおいて、現地スクリーニング（不明水調査）技術のコスト縮減効果、期間縮減効果が実証された。

表 2-63、図 2-31 に示すように、中～小ブロックの絞り込みにおいて、コスト縮減率は 6 割程度、期間縮減率は 5 割程度の結果となった。

また、表 2-63、図 2-32 に示すように、小～詳細ブロックの絞り込みにおいては、コスト縮減および期間縮減の効果が得られなかった。

表 2-63 現地スクリーニング（不明水調査）技術における導入効果

スクリーニング効果	コスト縮減率	期間縮減率
中～小ブロック	58.8%	51.0%
小～詳細ブロック	-201.9%	-398.7%

	○ 従来技術	○ 革新的技術
STEP 1	流量計2箇所 31日	流量計2か所 簡易水位計21箇所 38日
STEP 2	流量計11箇所 47日	
費用	6,843千円	2,814千円
日数	78日	38日

※費用は直接費で消費税、経費は含まない。

図 2-31 【モデル都市】 中ブロック→小ブロック (76ha→2~5ha 未満)

	○ 従来技術	○ 革新的技術
STEP 1	送煙調査1,165m 8日	流量計5箇所 簡易水位計10箇所 39日
STEP 2		送煙調査150m 1日
費用	1,200千円	3,625千円
日数	8日	40日

※費用は直接費で消費税、経費は含まない。

図 2-32 【大阪市】 小ブロック→詳細ブロック (1.1~2.1ha→1ha 未満)

2-4 腐食環境調査技術（参考）

(1) 腐食環境調査技術の概要

硫化水素濃度連続測定器を用いて、腐食環境下施設における濃度の変化を把握し、影響範囲にある管きよの抽出および腐食環境レベルに応じた調査頻度の設定を可能とする。

(1-1) 腐食環境調査の目的

腐食環境は、下水道法施行規則等で

- ・ 下水の流路の勾配が著しく変化する箇所又は下水の流路の高低差が著しい箇所
- ・ 伏越室の壁そのほか多量の硫化水素の発生により腐食のおそれ大きい箇所

と明記され、具体的には以下の箇所が挙げられている。

- ① 圧送管の吐出し先
- ② 落差・段差の大きい箇所
- ③ 伏越し下流部
- ④ その他腐食するおそれの大きい箇所

しかしながら、腐食の原因となる硫化水素の発生は、汚水の水質や滞留時間、施設構造等により大きく異なることから、①～④の箇所が一律の危険度とは言い切れない。

このため、革新的技術は、実際の硫化水素濃度を計測し、腐食環境条件（Ⅰ～Ⅲ種）^{*1}を把握したうえで、必要な点検・調査頻度、優先度を決定することが目的である。（表 2-64 参照）

^{*1} 下水道管路施設ストックマネジメントの手引き -2016 年版- 日本下水道協会

表 2-64 硫化水素濃度と調査頻度の設定例

腐食環境条件	平均硫化水素濃度	点検の頻度（例）	調査の頻度（例）
Ⅰ種	50ppm 以上	1 年毎	5 年毎
Ⅱ種	10ppm 以上 50ppm 未満	3 年毎	7～8 年毎
Ⅲ種	10ppm 未満	5 年毎	点検で腐食劣化が認められた場合

出典：下水道管路施設ストックマネジメントの手引き -2016 年版- 日本下水道協会より作成

(1-2) 腐食環境調査の概要

腐食環境調査は、拡散式硫化水素連続測定器を用いて、マンホール内の硫化水素濃度を計測する。腐食影響範囲は、硫化水素濃度や施設構造等の影響を受けることから、下流方向数スパンを対象に計測することが望ましい。

硫化水素濃度連続測定器を、マンホール内に紐およびフック等で吊りし連続計測を行う。計測期間において一定の間隔でデータを自動モニタリングし、保存されたデータはコンピュータ処理により時系列で変動を整理することができる。

拡散式硫化水素連続測定器の特徴は以下のとおりで、硫化水素濃度連続測定器の外観、設置方法およびデータ収集・解析の例は図 2-33 のとおりである。

- ① 小型・軽量
 - ・ 小型・軽量のため、複数台の設置が簡単に行える。
 - ・ マンホールや汚水ますなど、狭い場所でも容易に設置できる。
 - ・ 防水構造で、水に浮かぶ設計である。
- ② 乾電池内蔵
 - ・ 電池寿命は 60 日間前後。
 - ・ AC 電源不要のため、広範囲に設置できる。
- ③ 拡散式
 - ・ 採気方式は拡散式のため、吸引ポンプや通気配管は必要ない。

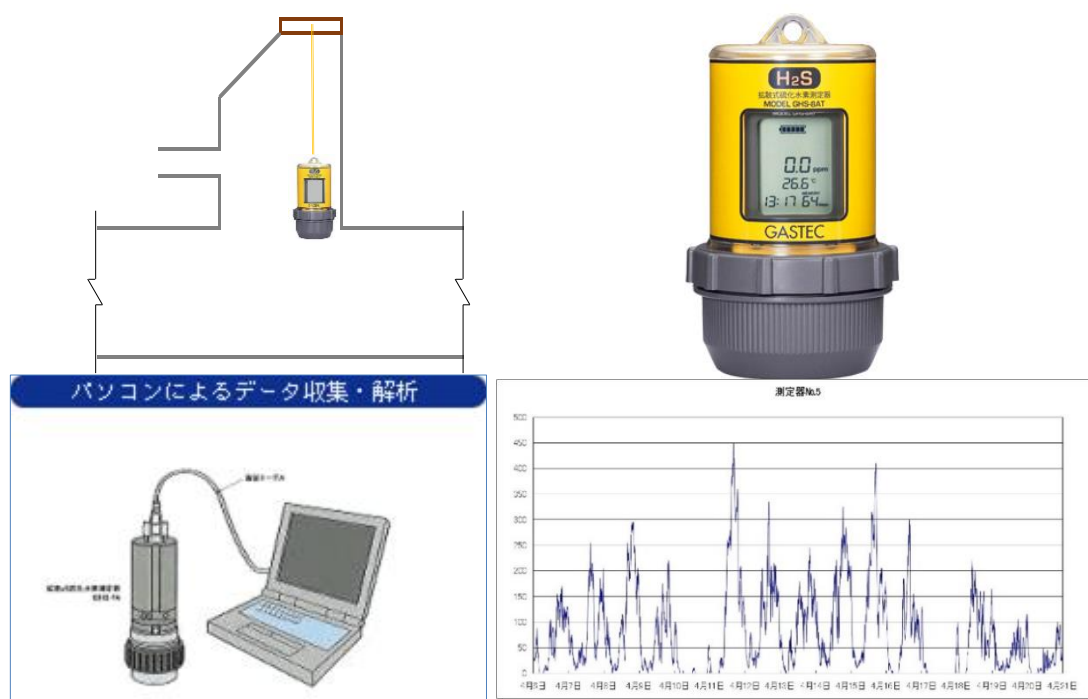


図 2-33 硫化水素濃度連続測定器の外観、設置方法およびデータ収集・解析の例

(2) 腐食環境調査技術の作業手順

硫化水素濃度連続測定器を用いた腐食環境調査は、作業区分に応じた適切な人員配置のもと、安全管理に努めるとともに、関連法規や地方公共団体等が定める基準を順守して適切に行うものとする。

(2-1) 作業編成

腐食環境調査は、調査順序に応じて、「準備・設置・後片付け」、「準備・撤去・後片付け」の 3 段階の調査サイクルで実施され、この調査サイクルを図 2-34 に示すように、1 日の作業時間の中で複数回行う。

現場作業においては、表 2-65 に示すように、調査人員として管路調査技師 1 名をはじめとする計 2 名、使用車両・機材として、資機材運搬車両、硫化水素濃度測定器、ガス検知器等が必要である。作業範囲としてはマンホール周辺 2m×3m 程度である。

表 2-65 腐食環境調査の作業区分、作業内容（現場作業）

作業区分	作業内容			
	調査員人数 ・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
準備 （作業帯 設置・酸 欠測定 等）	管路調査技師 ×1 管路調査助手 ×1 計 2 名	資機材運搬車両	2m×3m程度	作業用品 （ヘルメット ・ゴム手袋 ・ウエス ・チョーク 等）
設置		硫化水素濃度測定器		
撤去		マンホール鍵		
後片付け		ガス検知器		
		送風機		
		チェーンブロック		
		作業帯 （カラーコーン ・バー等）		

(2-2) 調査手順

硫化水素濃度連続測定手順を図 2-34 に示す。

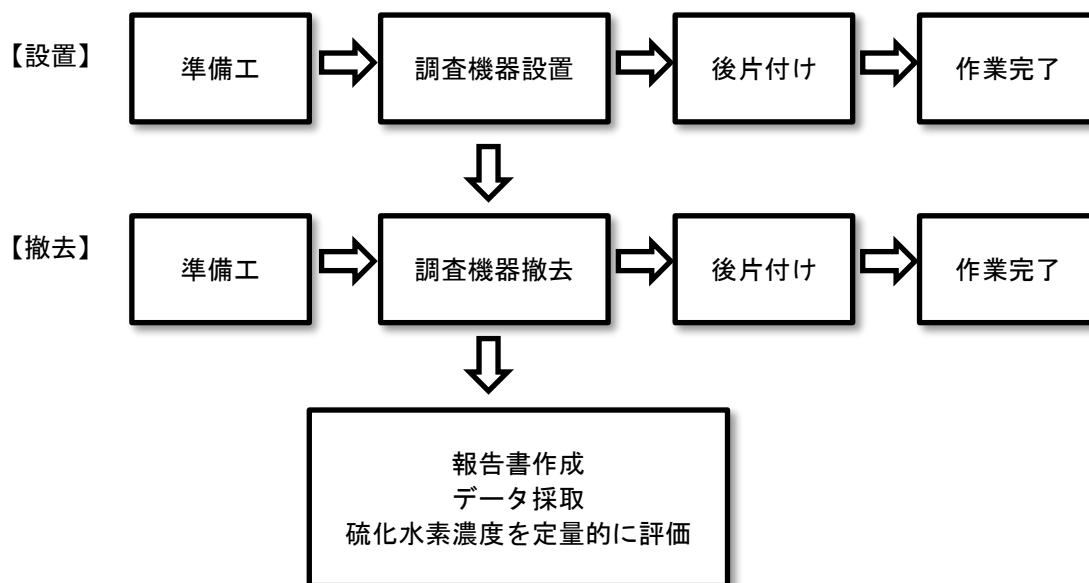


図 2-34 硫化水素濃度連続測定の手順

(2-3) 報告書作成

事務所作業は、報告書作成により硫化水素濃度に対する評価を行うもので、表 2-66 に示すように、調査人員として管路主任技師 0.3 名をはじめとする計 3.3 名、使用機材として、パソコン等が必要となる。

表 2-66 腐食環境調査の作業区分、作業内容（事務所作業）

作業区分	作業内容			
	調査員人数・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
報告書作成	管路主任技師×0.3 管理技師×1 管路調査技師×1 管路調査助手×1 計 3.3 名	パソコン等	—	記憶メディア 綴込みファイル用紙 インク等

(2-4) 安全管理

管路施設は酸素欠乏や硫化水素等の有毒ガスが発生しやすい環境であり、濃度によって人体に大きな影響を与え、マンホール外に立つ作業員が意識を失い転落する事例も報告されている。また、被災者を救助する場合にも適切な安全器具を使用しなければ二次災害発生につながる可能性がある。

このため、本作業においても圧送管路の吐出しマンホール等、硫化水素が発生する恐れのある危険な作業環境であることから、十分な安全管理対策が必要不可欠である。

具体的な安全対策を以下に示すが、詳細については下水道管路管理マニュアル・2019（公益社団法人日本下水道管路管理業協会）の 9 章 安全衛生管理を参照されたい。

① 安全教育（特別教育）の実施

作業員を危険又は有害な業務（酸素欠乏危険場所・硫化水素発生場所・その他有毒ガス発生場所における安全作業）に従事させるときは、作業員に安全衛生教育（特別教育）を実施する。教育方法は、十分な知識、技能、経験を持った者を講師として選び、テキストを使用して行う。また、繰り返し行うことにより一層効果を定着させることができることから、危険作業に就いた後も繰り返し教育を行うことが効果的である。

② 酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者の選定等

有資格者の酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者（以下、「酸欠作業主任者」）を現場に常駐させるとともに、作業員を指揮できるよう専念させる。当該作業は酸素欠乏等の危険作業に該当するため、酸欠作業主任者を選任し、以下の職務を確実に履行する必要がある。

- ・ 作業方法の決定、労働者の指揮
- ・ 酸素及び硫化水素ガスの濃度測定
- ・ 酸欠等防止の器具又は設備の点検

- ・ 空気呼吸器等の使用状況の監視

③ ガス濃度測定

作業前にガス濃度を測定し、酸素濃度が 18%以上、硫化水素濃度が 10ppm 以下であることを確認してから作業を開始する。また、図 2-33 のグラフのように、硫化水素濃度が急激に上昇することも予想されるため、濃度測定を常時行い安全を確認しながら作業を進めることが重要である。具体的な測定方法は、「下水道管路管理マニュアル-2019- 公益社団法人日本下水道管路管理業協会」の P.432 を参考にされたい。

④ 換気

当該作業はマンホール内に入孔することは無いが、酸素欠乏や硫化水素の発生が予想され、マンホール外においても意識を失い転落事故に繋がる恐れがあるため、作業中は送風機による換気を適宜実施することが望ましい。

⑤ 安全器具

- ・ 当該作業にあたっては、必要に応じて適切な安全器具及び保護具を装着し、身の安全を確保する必要がある。よって、作業に従事する職員の人数以上数を備えるとともに、常時点検し、有効に機能するようにしておくことが望ましい。安全器具及び保護具を以下に示す。
- ・ 保護帽
- ・ 安全帯
- ・ 空気呼吸器、送気マスク、避難用小型空気呼吸器
- ・ その他必要器具

(3) 機器の必要性能

(3-1) 標準仕様

硫化水素濃度連続測定器の仕様を表 2-67 に示す。

表 2-67 硫化水素濃度連続測定器の仕様

検知対象ガス	硫化水素ガス				
ガス測定原理	定電位電解式				
採気方式	拡散式				
測定範囲	0~10.0ppm	0~100ppm	0~500ppm	0~1000ppm	0~3000ppm
センサ	H2S-520E	H2S-521E	H2S-522E	H2S-523E	H2S-524E
指示精度※1	F,Sの±5%	F,Sの±5%	F,Sの±5%	F,Sの±5%	F,Sの±5%
最小分解能	0.1ppm	1ppm	1ppm	10ppm	25ppm
温度測定範囲	0°C~40°C				
表示方式	液晶表示器 (表示内容：濃度、温度、時刻、記録残日数、電池残量)				
使用環境条件	温度：0~40°C 相対湿度：30~95%RH(結露なきこと)				
電源	単三形アルカリ乾電池(2本)				
電池寿命	3ヶ月※2				
バックアップ電池寿命	リチウム電池(1個)、寿命5年間※3				
ロギングデータ数	45960個※4				
サンプリング間隔	1分、5分、10分、15分、30分、60分				
外形寸法・重量	約φ89×148mm(高さ)約390g				

※1 条件：校正後の指示精度
 ※2 条件：温度20°C以上、ロギング間隔5分、パイロットランプ消灯
 ※3 アルカリ電池を接続していない場合の寿命、実使用ではアルカリ電池が接続されていてそこから電源供給がされますのでこの値以上になります。
 ※4 1分ロギング間隔で31日間のデータが記録可能です。

(3-2) 必要性能

標準仕様と同等以上の性能を有すること。

(3-3) 日進量・調査コスト

・日進量

現地調査において、設置、撤去が容易な事から、表 2-68 に示すように 1 日に 8 箇所の設置、撤去が可能である。

表 2-68 腐食環境調査の日進量

項目	現地調査 設置	現地調査 撤去	報告書作成
日進量 (箇所/日)	8.0 箇所/日	8.0 箇所/日	10 箇所/日

・調査コスト

現地調査において、設置、撤去ともに安価である事から低コストでのスクリーニング調査が見込まれる。

(4) 腐食環境調査技術の実証結果

(4-1) 検証方法

本調査では、(1-1) 腐食環境調査の目的(p.I-67)で示した腐食するおそれ大きい箇所(腐食環境)と想定される「圧送管の吐出し先」、「ビルピット排水先」の腐食環境把握とその範囲の推定を目的として検証した。

① 硫化水素濃度と吐出し地点の落差、圧送管延長、実際の腐食範囲延長との相関性

「検証方法」：各調査路線における硫化水素濃度と吐出し地点の落差、圧送管延長、管きよ調査結果による腐食範囲延長との相関性を検証する。

② 硫化水素濃度と腐食対策範囲算定式との相関性

「検証方法」：硫化水素濃度と腐食環境範囲算定式についての調査結果の取りまとめを行った。具体的な検証方法は、図 2-35 のイメージ図と以下の方法で整理する。

流下方向に対する硫化水素濃度の測定結果と流下方向での濃度分布と日本下水道協会の腐食環境範囲算定式(図 2-36 参照)との相関関係を検証する。

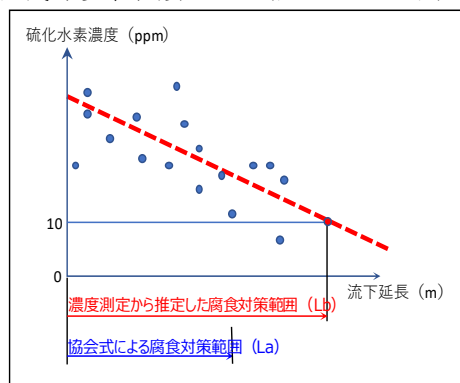


図 2-35 検証イメージ図

- (1) (濃度測定から推定した腐食対策範囲 L_b) / (協会式から算定 L_a) = α を算定
- (2) 通常の点検頻度 5 年に 1 回程度
腐食分類Ⅲ類* (平均 10ppm 未満) を影響範囲とする。
- (3) 以上より回帰式から濃度 10 から推定腐食対策範囲 L_b を算出する。

*管路施設の場合の腐食環境条件の分類(表 2-69) 参照

● 腐食環境範囲算定式

$$y = \alpha \times (25x + 100) \quad (0 < x < 0.75)$$

$$y = \alpha \times (220x - 50) \quad (x \geq 0.75)$$

y : 腐食範囲 (m) α : 安全係数

x : 段差長 (m)

出展：日本下水道協会「下水道管路施設ストックマネジメントの手引き」

図 2-36 腐食環境範囲算定式

表 2-69 腐食環境条件の分類

分類	腐食環境条件	摘要
I 類	硫化水素の発生要因近傍で、硫化水素ガスの滞留が多く、腐食が厳しい環境（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。平均硫化水素ガス濃度 50ppm 以上
II 類	硫化水素の発生要因に近傍し、硫化水素ガスの滞留があり、腐食速度が緩やかな環境（発生源対策を必要とする場合としない場合がある）。	放置した場合、供用年数 10 年未満で劣化度 B ランクに達する腐食環境を想定。平均硫化水素ガス濃度 10～50ppm
III 類	硫化水素の発生要因に近傍しているが、硫化水素ガスの滞留は少なく、腐食速度が小さい環境。	放置した場合、供用年数 10 年未満で劣化度 C ランクに達する腐食環境を想定。平均硫化水素ガス濃度 10ppm 未満

「下水道管路施設ストックマネジメントの手引き（2016 年版）」より

(4-2) 調査結果の評価

① 硫化水素濃度と吐出し地点の落差、圧送管延長、実際の腐食範囲延長との相関性

1) 圧送管

圧送管の吐出し先と管路内の硫化水素濃度とその地点の落差、下流部腐食範囲（TV カメラ、目視等から結果）圧送管延長との関係をプロットした。併せて、相関性を確認するため、一次式による回帰式の結果と相関係数を図 2-37、図 2-38、図 2-39 に示す。

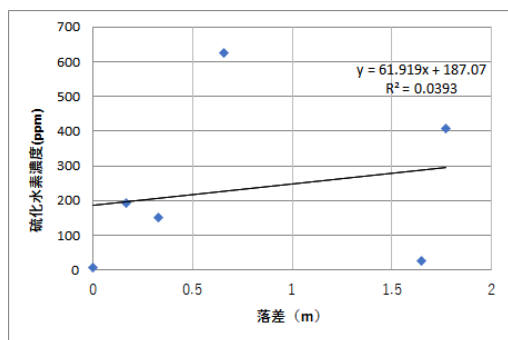


図 2-37 硫化水素濃度と落差の関係

- ・硫化水素濃度と落差の関係
- ・若干、右肩上がりの傾向を示す。落差が大きくても硫化水素の発生要因（ORP が高いなど）が小さい等の要因と推定。

相関性：**非常に低い**
($R^2=0.0393$)

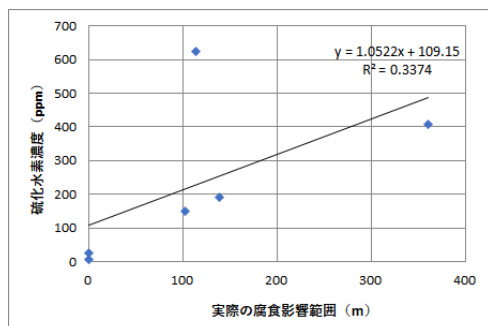
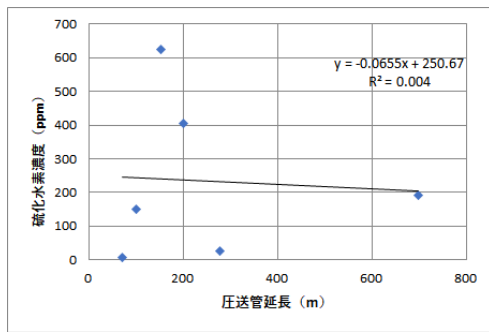


図 2-38 硫化水素濃度と下流部腐食範囲の関係

- ・硫化水素濃度と下流部腐食範囲の関係
- ・相関係数は低いものの硫化水素濃度が高い場合、腐食範囲は大きくなる傾向がみられる。

相関性：**高い**
($R^2=0.3374$)



- ・ 硫化水素濃度と圧送管延長の関係
- ・ 圧送管延長との相関は特に得られなかった。硫化物濃度など他の要因が想定される。

相関性：非常に低い
 (R²=0.004)

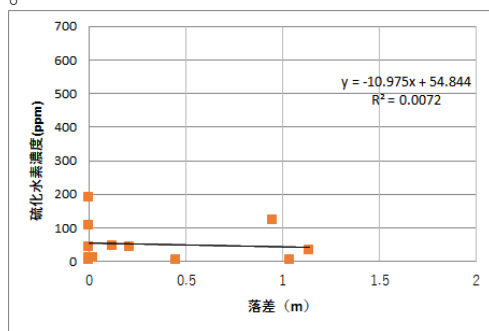
図 2-39 硫化水素濃度と圧送管延長の関係

(考察)

- 以上より、圧送管における硫化水素濃度と各緒元との相関性について、下流部腐食範囲以外は、ほとんど相関がないと判断される。

2) ビルピット

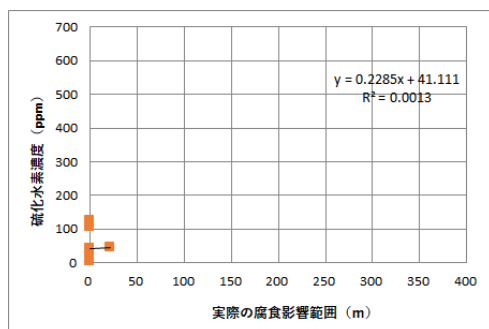
圧送管と同様に硫化水素濃度の測定結果と各緒元の相関性を、図 2-40、図 2-41 に示す。



- ・ 硫化水素濃度と落差の関係
- ・ 圧送管と同様、落差との相関はない。落差が0であっても高い濃度を示す箇所もある。

相関性：非常に低い
 (R²=0.0072)

図 2-40 硫化水素濃度と落差の関係



- ・ 硫化水素濃度と下流部腐食範囲の関係
- ・ 圧送管とは異なり、殆ど腐食環境は確認できなかったため相関はなかった

相関性：非常に低い
 (R²=0.0013)

図 2-41 硫化水素濃度と下流部腐食範囲の関係

(考察)

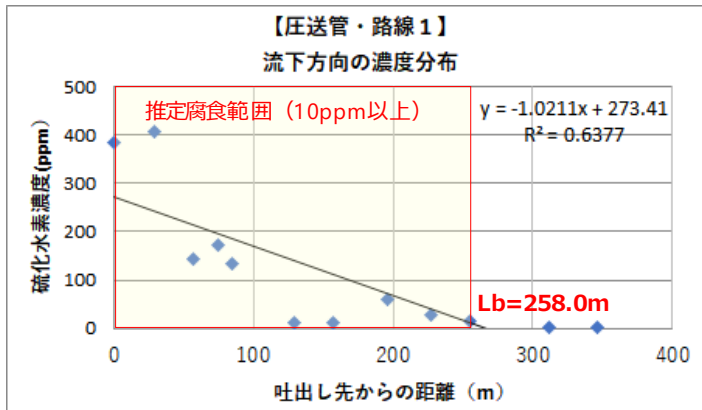
- 以上から本調査では、硫化水素濃度と一般的に相関が高いと考えられる要因（落差など）に対して、相関性を確認することはできなかった。原因としては、調査期間が短く、検討するデータ数も少ないことも関連しているものと推定される。

② 硫化水素濃度と腐食環境範囲算定式との相関性

1) 圧送管

前述の方法に従い、流下方向に対する硫化水素濃度の変化と日本下水道協会の腐食環境範囲算定式を用いた推定腐食範囲（10ppm 以上）との比率を算定した。6 路線中、3 路線は流下水素濃度が 10ppm 以下であり、相関が得られなかった。硫化水素濃度が 100ppm 以上測定された 3 路線についての結果は、図 2-42、図 2-43、図 2-44 のとおりである。

- ・ 圧送管路線 (No.1)

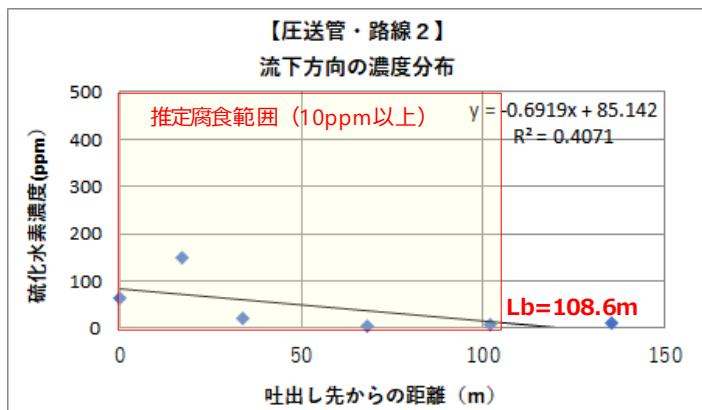


【圧送管 1】
 La=339.4m
 Lb/La=0.76

La : 協会式による推定腐食範囲 (m)
 Lb : 硫化水素濃度の測定結果から
 10ppm 以上 (腐食分類Ⅲ種) と
 推定される範囲 (m)

図 2-42 流下方向の濃度分布 (圧送管路線 No. 1)

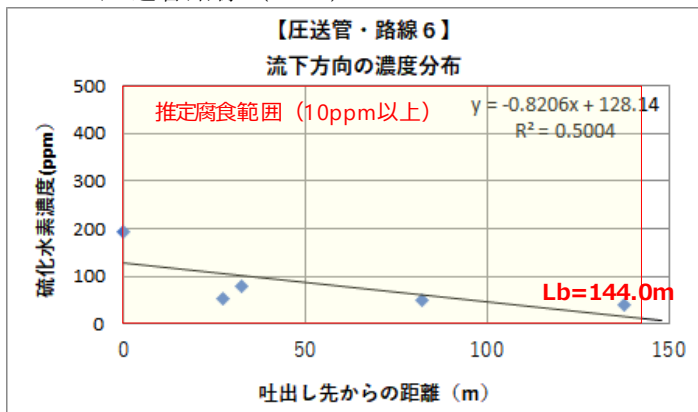
- ・ 圧送管路線 (No.2)



【圧送管 2】
 La=108.3m
 Lb/La=1.003

図 2-43 流下方向の濃度分布 (圧送管路線 No. 2)

- ・ 圧送管路線 (No.6)



【圧送管 6】
La=104.3m
Lb/La=1.38

図 2-44 流下方向の濃度分布 (圧送管路線 No. 6)

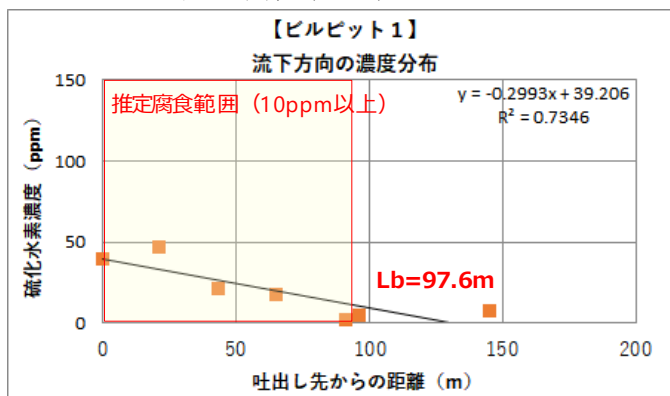
(考察)

- 硫化水素濃度は、流下方向の距離が長くなると漸減する傾向が見られる。また、相関性の範囲は比較的高く、中位の相関係数となっている。
- 日本下水道協会式との関係は、協会式の値の 0.8~1.4 倍程度となった。

2) ビルピット

圧送管同様、10 路線中 5 路線を対象に検証した結果を、図 2-45、図 2-46、図 2-47、図 2-48、図 2-49 に示す。

- ・ ビルピット路線 (No.1)



【ビルピット 1】
La=103.0m
Lb/La=0.95

図 2-45 流下方向の濃度分布 (ビルピット No. 1)

- ビルピット路線 (No.2)

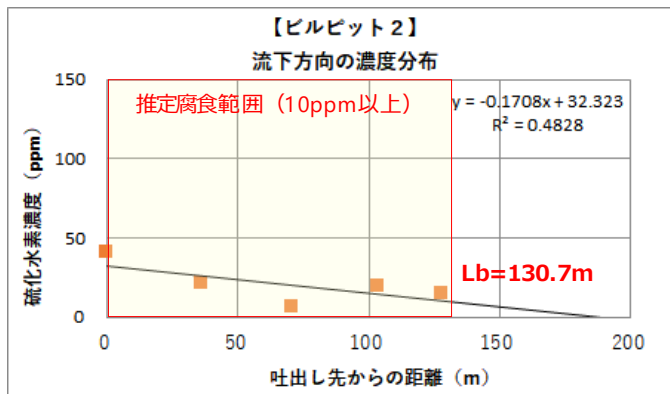


図 2-46 流下方向の濃度分布 (ビルピット No. 2)

【ビルピット2】
La=135.8m
Lb/La=0.96

- ビルピット路線 (No.4)

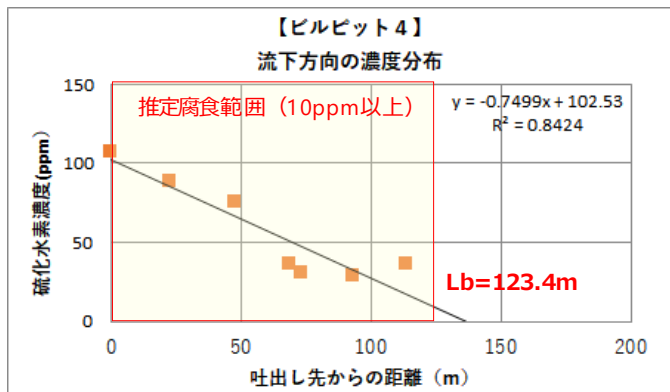


図 2-47 流下方向の濃度分布 (ビルピット No. 4)

【ビルピット4】
La=122.7m
Lb/La=1.01

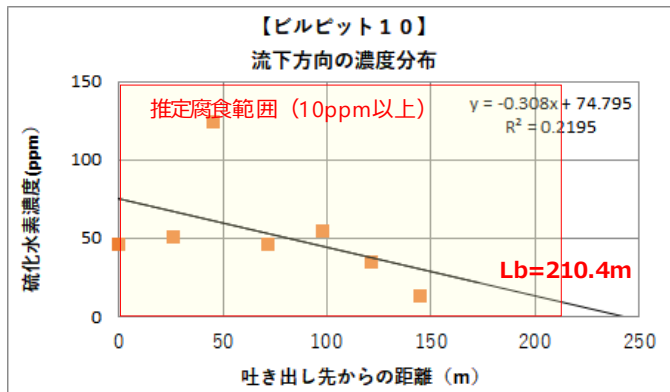
- ビルピット路線 (No.5)



図 2-48 流下方向の濃度分布 (ビルピット No. 5)

【ビルピット5】
La=116.0m
Lb/La=1.13

- ・ ビルピット路線 (No.10)



【ビルピット10】
La=178.4m
Lb/La=1.18

図 2-49 流下方向の濃度分布 (ビルピット No. 10)

(考察)

- 圧送管同様、流下方向の距離が長くなると濃度が漸減する傾向が見られる。また、相関性の範囲は比較的高く、中位の相関係数となっている。
- 日本下水道協会式との関係は、協会式の値の 0.9~1.2 倍程度となった。

以上より、

- 硫化水素濃度は、流下方向へ漸減する傾向が確認できた。
- 腐食影響範囲は協会等で提示している“腐食対策範囲”と近い値になった。

③ 評価のまとめ

1) 硫化水素濃度と吐出し地点の落差、圧送管延長、実際の腐食範囲延長との相関性

実装研究の調査では、硫化水素濃度と各緒元による相関性を得る事ができなかった。大きな要因としては、サンプル数が少ない事が原因として挙げられる。しかし、圧送管の吐出し先において硫化水素濃度が高い地点では、TV カメラ調査結果の腐食状況範囲と一定の相関性が確認できる。

2) 硫化水素濃度と腐食環境範囲算定式との相関性

圧送管の吐出し先から流下方向で硫化水素濃度が漸減する傾向を示し、推定腐食対策範囲/計算値 (協会式) は、0.8~1.4 となっており相関性が確認できる。一方、ビルピットの吐出し先からの濃度分布では、対象路線中の 5 路線で流下方向で圧送管同様に漸減する傾向を示している。推定腐食対策範囲/計算値 (協会式) は、0.9~1.2 となっており、相関性があると考えられる。

(5) 腐食環境調査技術の活用方法

(5-1) 下水道協会式による簡易的な腐食環境範囲の設定

流下方向に対する硫化水素濃度の測定結果と、流下方向での濃度分布と日本下水道協会の腐食対策範囲算定式（図 2-50 参照）との相関関係を検証した結果、次の相関性を得る事ができた。一般的に協会式を用いる場合は、 α （＝安全係数）に 1 の値を用いるが、実証フィールドにおいて圧送管およびビルピットの排出先では、 $\alpha = 0.8 \sim 1.4$ の値となった。地域条件やその他の要因で変化するものと推定されるが、腐食範囲の算定において参考とされたい。

<ul style="list-style-type: none">● 腐食対策範囲算定式 $y = \alpha \times (25x + 100) \quad (0 < x < 0.75)$ $y = \alpha \times (220x - 50) \quad (x \geq 0.75)$ <p style="text-align: center;">y : 腐食範囲 (m) 、 α : 安全係数 x : 段差長 (m)</p> <p style="text-align: center;">出典：「下水道管路施設ストックマネジメントの手引き」-2016 年版- 日本下水道協会</p>
--

図 2-50 腐食範囲算定式

(5-2) 腐食環境調査結果の活用

圧送管・ビルピット等の吐出し先の位置、下流側の管路の硫化水素濃度、調査劣化度等の情報は、管路台帳システム等に入力・蓄積する事で、調査優先度の設定や調査頻度の適正化、事業計画へのフィードバック等に役立てる。

2-5 ICT データ入力・蓄積ツールで示す ICT データ入力・蓄積ツールで整理した段差・落差情報から算定した腐食対策範囲の結果を、管路台帳システムに反映させ、CAPD（調査→計画→改築更新工事）でのデータ蓄積を実施することで、腐食環境下にある管路施設を容易に把握する事ができ、調査の見落としによる陥没リスクの低減や適正な硫化水素調査範囲の設定等が図られる。図 2-51 に関連イメージを示す。

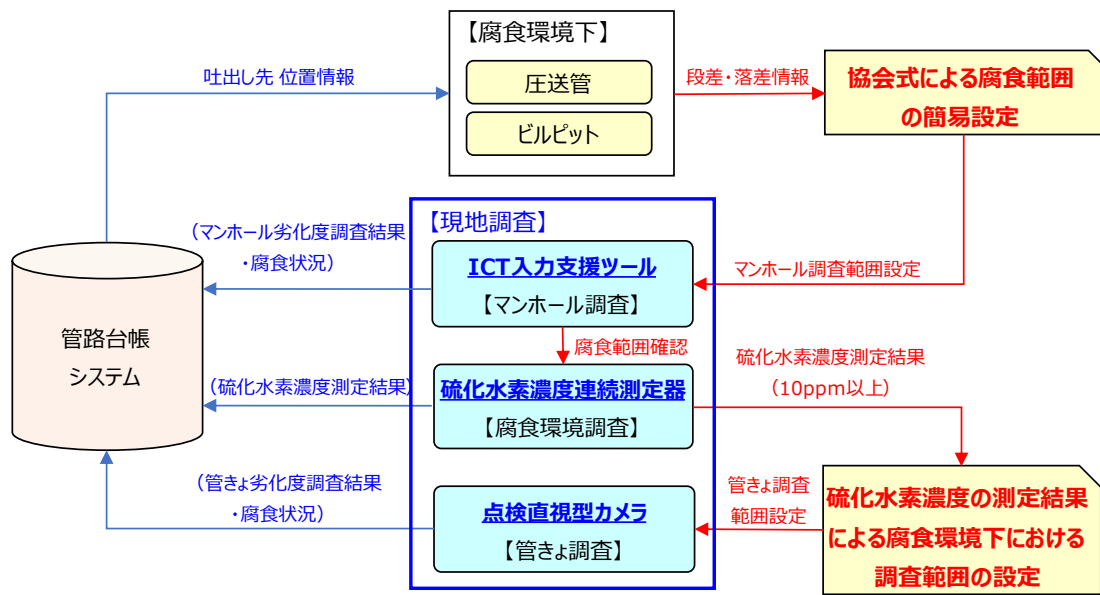


図 2-51 腐食環境調査を管路台帳システムに反映する概念図

2-5ICT データ入力・蓄積ツール

(1) ICT データ入力・蓄積ツールの概要

新技術である現地入力支援ツールについては、現地に持参可能なタブレットやスマートフォンを利用し、マンホール内やマンホール蓋の点検調査結果を現地で入力することができ、写真データを効率的に収録し、点検調査結果を管路データ（管径・管種・土被り・延長）とともにデータ蓄積ツールに蓄積する。

(1-1) 現地入力支援ツール

現地入力支援ツールの概要図を、図 2-52 に示す。

現地に持参可能なタブレットやスマートフォンを用いて、現地の点検と同時に情報の入力が可能となる事から、事務所での入力作業の省力化、誤入力やデータ入力のタイムラグなどの解消が可能である。



図 2-52 現地入力支援ツールの概要図

アプリケーションを通して現地の記録写真撮影を行うことにより、自動的に施設番号と連動した写真管理が可能となる事から、誤入力や撮影の過不足を防止し、情報処理が容易となる。

(1-2) データ蓄積ツール

データ蓄積ツールの概要図を、図 2-53 に示す。

データ蓄積ツールは、下水道管路施設の維持管理に特化した情報システムである。管路の基礎情報（管径、管種、土被り、延長、布設位置、布設年度等）に加えて、全ての下水道管路施設（管きょ、マンホール、蓋、取付管、ます）における維持管理情報（点検履歴情報、点検結果、詳細調査履歴情報、詳細調査結果、緊急度等）を関連付けてデータ蓄積することが可能である。

管きょ内の詳細調査を行った結果をデータ蓄積ツールに入力、データベース化し、調査集計表（緊急度含む）および記録表を作成する。

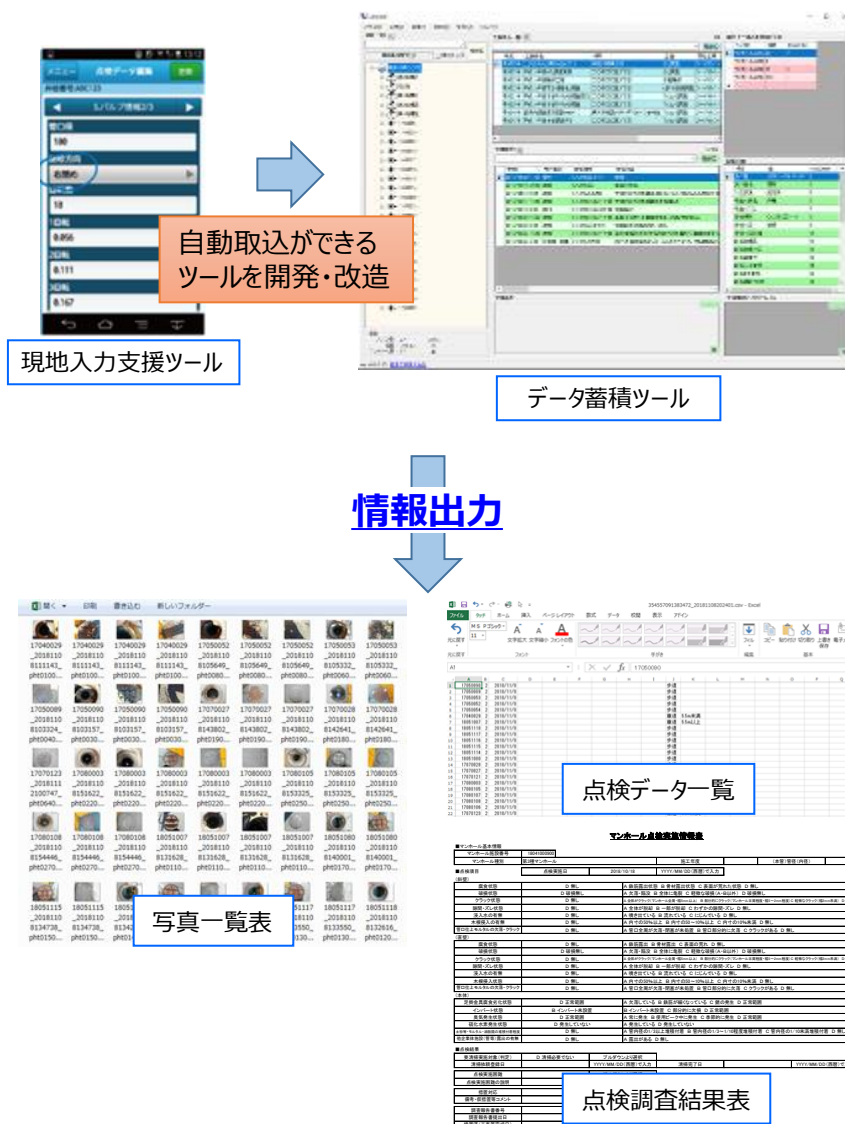


図 2-53 データ蓄積ツールの概要図

(2) ICT データ入力・蓄積ツールの作業手順

現地入力支援ツールを用いたマンホール点検は、作業区分に応じた適切な人員配置のもと、安全管理に努めるとともに、関連法令や地方公共団体等が定める基準を順守して適切に行うものとする。

(2-1) 作業編成

マンホール点検は、準備・点検・後片付けという作業が、現場におけるサイクルである。この点検サイクルを1日の作業時間の中で複数回行う。

現場作業においては、表 2-70 に示すように、調査人員として管路調査技師 1 名をはじめとする計 3 名、使用車両・機材として、資機材運搬車両、現地入力支援ツール、ガス検知器等が必要である。作業範囲としてはマンホール周辺 2m×3m 程度である。

表 2-70 マンホール点検の作業区分、作業内容（現場作業）

作業区分	作業内容			
	調査員人数 ・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
準備 (作業帯設置・酸欠測定等)	管路調査技師×1 管路調査助手×1 管路調査作業員 ×1	資機材運搬車両 現地入力支援ツール マンホール鍵 ガス検知器	2 m × 3 m 程度	作業用品 (ヘルメット ・ゴム手袋 ・ウエス ・チョーク等)
点検	計 3 名	作業帯		
後片付け		(カラーコーン ・バー等)		

(2-2) 点検手順

ICT データ入力・蓄積ツールによるマンホールの点検手順を図 2-54 に示す。

従来のマンホール点検の手法は、点検シート（紙ベース）を用いて現地点検作業の実施を行い、事務所内作業として、点検シートのデータを手入力により、維持管理情報システム（管路台帳システム）に入力している。

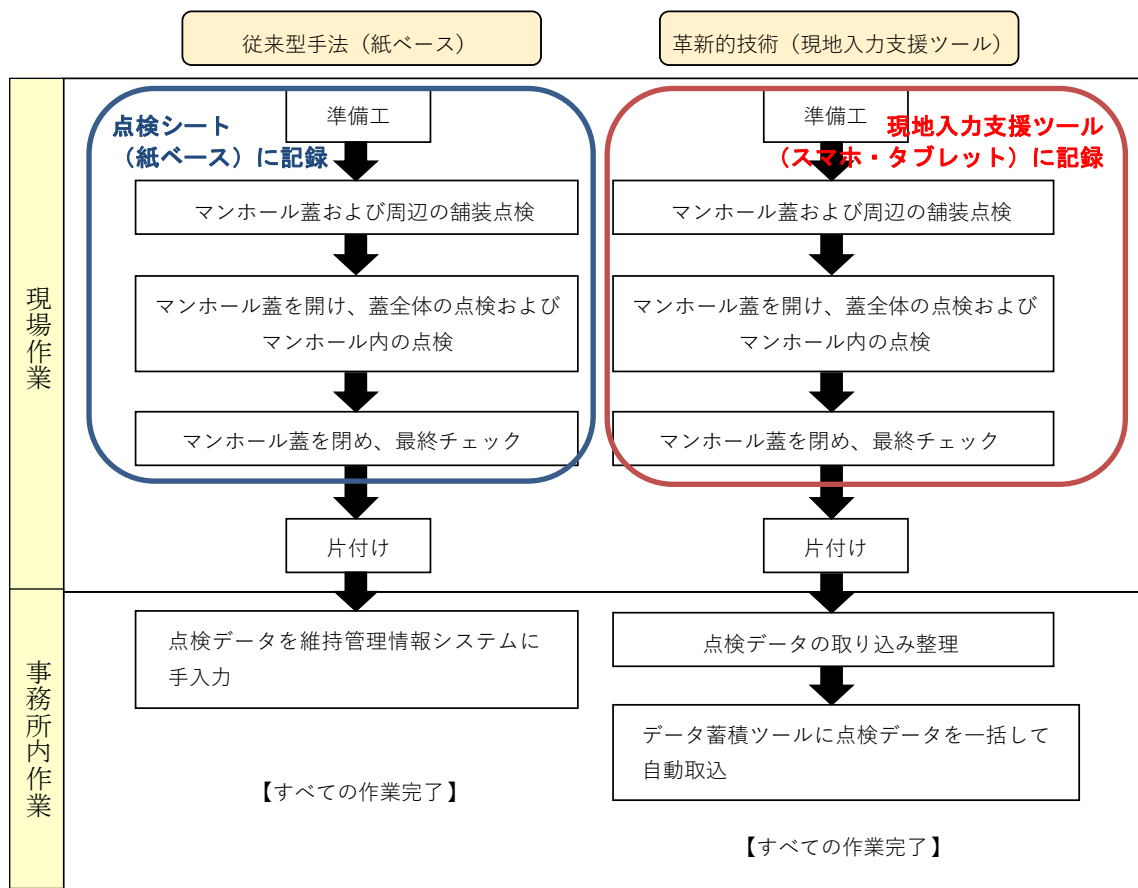


図 2-54 ICT データ入力・蓄積ツールによるマンホールの点検手順

現地入力支援ツールを用いた場合、現地で撮影した写真データおよび入力した点検データ（CSV データ）（図 2-55 参照）は、USB ケーブル等を介してデータ蓄積ツールへ自動的に取込が可能となり（図 2-56、図 2-57 参照）、事務所内での入力作業の省略化が図られる。

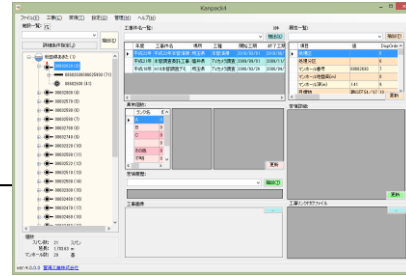
なお、スマートフォンへの入力に集中しすぎた際に、開口部等への意識が薄れる可能性があるため、スマートフォン等を用いた現場調査では、安全管理面の注意が必要である。

現地入力支援ツール

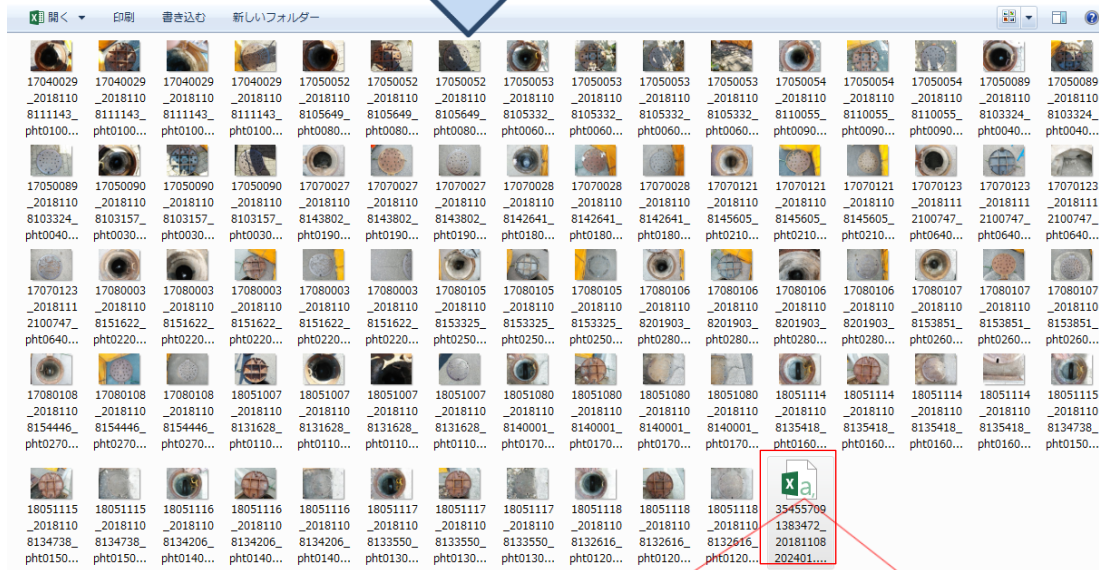


USB ケーブル

データ蓄積ツール



↓ 点検データ吐出し



354557091383472_20181108202401.csv - Excel

大阪 T ユーザー-08

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	17050090	2	2018/11/8							歩道											
2	17050089	2	2018/11/8							歩道											
3	17050088	2	2018/11/8							歩道											
4	17050082	2	2018/11/8							歩道											
5	17050054	2	2018/11/8							歩道											
6	17040029	2	2018/11/8							車道	5.5m未満										
7	18051007	2	2018/11/8							車道	5.5m以上										
8	18051118	2	2018/11/8							歩道											
9	18051117	2	2018/11/8							歩道											
10	18051116	2	2018/11/8							歩道											
11	18051115	2	2018/11/8							歩道											
12	18051114	2	2018/11/8							歩道											
13	18051080	2	2018/11/8							歩道											
14	17070028	2	2018/11/8							歩道											
15	17070121	2	2018/11/8							車道	5.5m未満										
16	17070122	2	2018/11/8							歩道											
17	17080003	2	2018/11/8							車道	5.5m以上										
18	17080105	2	2018/11/8							車道	5.5m未満										
19	17080107	2	2018/11/8							車道	5.5m未満										
20	17080108	2	2018/11/8							車道	5.5m未満										
21	17080106	2	2018/11/8							車道	5.5m未満										
22	17070128	2	2018/11/8							車道	5.5m未満										

図 2-55 現地入力支援ツールで入力した撮影写真および点検データ

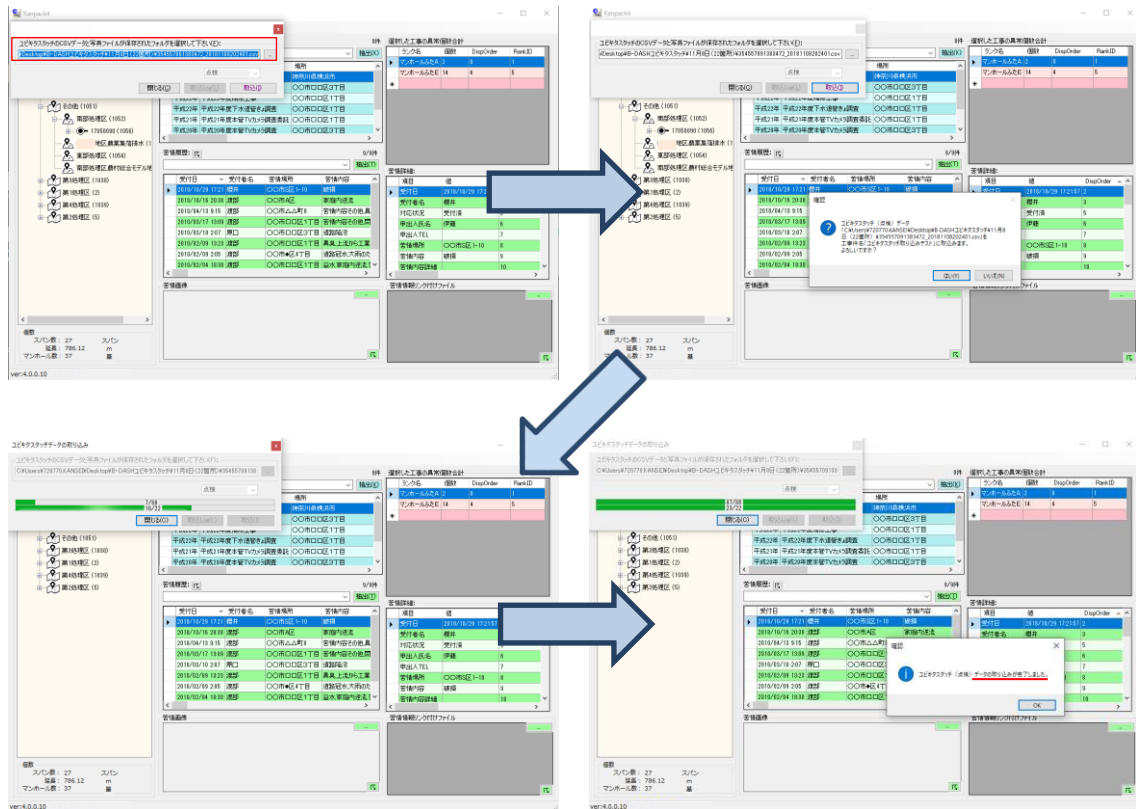


図 2-56 データ蓄積ツールによる自動取込の流れの一例

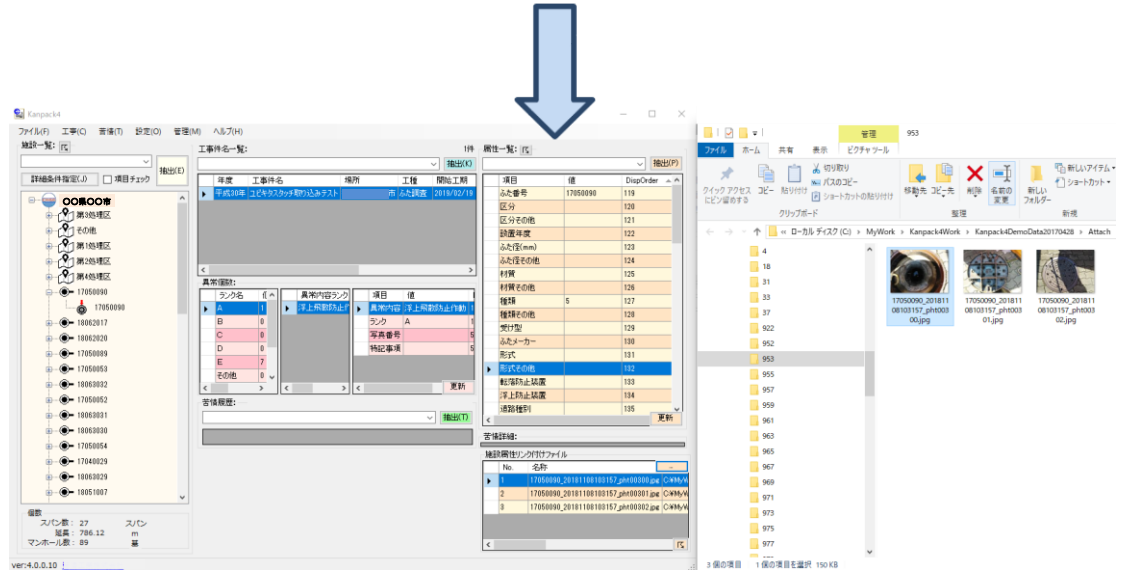


図 2-57 データ蓄積ツールに自動取込されたデータの一例

(2-3) 報告書作成

事務所作業は、報告書作成により点検結果の整理を行うもので、現場で記入した野帳をベースに手入力していた従来手法に対して、データ蓄積ツールへの自動取り込みによって入力作業の省力化が可能となる。報告書作成は表 2-71 に示すように、調査人員として管理技師 1 名をはじめとする計 3 名、使用機材として、パソコン等が必要となる。

表 2-71 マンホール点検の作業区分、作業内容（事務所作業）

作業区分	作業内容			
	調査員人数・職種	使用車両・機材	作業範囲	必要な消耗品
報告書 作成	管理技師×1 管路調査技師×1 管路調査助手×1 計3名	パソコン等	—	記憶メディア 綴込みファイル用紙 インク等

(3) 機器の必要性能

(3-1) 標準仕様

現地入力支援ツールおよびデータ蓄積ツールの標準仕様を表 2-72 に示す。

表 2-72 現地入力支援ツール、データ蓄積ツールの標準仕様

管理項目	現地入力支援ツール	データ蓄積ツール
基礎情報	<ul style="list-style-type: none"> ・ 設置場所 ・ 管の仕様 ・ 蓋の仕様 ・ マンホールの仕様 ・ 維持管理履歴 ・ 段差・落差情報 他 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 管種 ・ 布設位置 ・ 延長 ・ 土被り ・ 布設年度 ・ 管径 ・ 管底高、段差・落差 他
維持管理情報	<ul style="list-style-type: none"> ・ 道路 ・ 蓋枠 ・ マンホールの調査 ・ 管口の調査 他 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 点検履歴情報 ・ 点検結果 ・ 詳細調査履歴情報 ・ 詳細調査結果 ・ 苦情 他

※上記情報を関連付けてデータ蓄積することで情報の一元管理を可能とする。

(3-2) 必要性能

現地入力支援ツールの動作制限を表 2-73 に示す。

表 2-73 現地入力支援ツールの必要性能

スマホ、タブレット の専用アプリ	Android3.0 以降
	おサイフケータイを搭載しているもの
	カメラ機能付き
	必要ストレージ 100MB 以上を推奨

データ蓄積ツールの動作制限を表 2-74 に示す。

表 2-74 データ蓄積ツールの必要性能

ハードウェア	CPU	Core i7 以降または同等のもの
	メモリ	8GB 以上
	ディスプレイ解像度	1024×800 以上
	ハードディスク	Cドライブに 500 GB 以上の空き容量
ソフトウェア	OS	Microsoft Windows7 SP 1 以降 32bit または 64bit
	その他 カッコ内は 状況によって必要	Microsoft .Net Framework3.5 以上 (Windows7 には標準でインストールされている) Microsoft Excel 2010 以降 (2010 Office system ドライバ データ接続コンポーネン ト)

※本ツールで作成される帳票を確認するには Microsoft Excel 2010 以降が必要
データ入力においては、下水道管路の知識と経験が必要である。(下水道管路専門技士
/主任技士)

(3-3) 日進量・調査コスト

・日進量

表 2-75 に示すように、報告書の作成において、従来手法（管路台帳システムに手入力）の日進量が 74 箇所／日に対して、革新的技術手法（データ蓄積ツールに自動取込）が 960 箇所／日となり、大幅な期間短縮が見込める。

表 2-75 ICT データ入力・蓄積ツールの日進量

項目	現地調査	報告書作成
ICT データ入力・蓄積ツール	55 箇所／日	960 箇所／日
従来手法（管路台帳システムに手入力）	同上	74 箇所／日

・調査コスト

日進量で述べたように、報告書の作成で機器の損料を見込んでもコストの縮減が確認できた。

(4) 適用範囲

(4-1) 現地入力支援ツール

現地入力支援ツールの適用範囲は、表 2-76 のとおりである。

表 2-76 現地入力支援ツールの適用範囲

項目	点検箇所	点検内容
入力項目	道路の状況	占有位置
		道路の段差
		蓋枠の周囲状況
	マンホール蓋	蓋のタイプ
		蓋の浮上・飛散防止機能
		蓋外観・性能
	マンホール本体	マンホール種別
		高さ調整部
		斜壁ブロック
		直壁ブロック
	流下の状況	インバート
		土砂堆積
		悪臭発生
		異物流入
		足掛金物腐食
管口	躯体部腐食	
	下流管口	
	上流管口	

(4-2) データ蓄積ツール

データ蓄積ツールの適用範囲は、表 2-76 と同様である。

(4-3) 地方公共団体の管路台帳システムとの親和性

地方公共団体に管路台帳システムが既に導入されている場合、管路台帳システムとデータ蓄積ツールとの連携は可能である。

ただし現地入力支援ツールで得たデータは管路台帳システムに自動取込はできず、手動入力となる。自動入力を行うためには、管路台帳システムがインストールされている PC にデータ蓄積ツールをインストールし、管路台帳システムとの連携を行うことで、現地入力支援ツールのデータの自動取込が可能となる。

(5) ICT データ入力・蓄積ツールの実証結果

計測の対象となるマンホール 100 箇所の点検を行い、1 箇所当たりの平均作業時間を比較したものは、表 2-77 のとおりである。マンホール 1 箇所当たりの作業時間において、従来手法と比較して約 6 分の時間短縮が図られた。

表 2-77 従来手法と新技術手法との調査時間計測結果

	現地作業		データ入力・整理		1箇所当たりの作業時間
従来手法 [紙ベース]	・準備工 ・マンホール蓋および周辺の 舗装点検 ・マンホール蓋（裏）および マンホール内点検	6分30秒	点検結果データを台帳システムに手動で直接入力	6分30秒	約13分
革新的技術 [データ入力・蓄積ツール]		6分30秒	自動取り込み（50箇所データ事前整理25分）	30秒	約7分

(5-1) 縮減効果

次の算出条件を基に従来技術と革新的技術の作業時間を比較し、マンホール 100 箇所当たりのコスト縮減および期間縮減効果を算出した。

(算出条件)

- 作業時間実測結果
- ・ 現場作業（従来および革新的技術）：
6.5 分/箇所 ⇒ 360 分（1 日 6 時間作業）で 55 箇所
- ・ 報告書作業（従来技術）：
6.5 分/箇所 ⇒ 480 分（1 日 8 時間作業）で 74 箇所
- ・ 報告書作業（革新的技術）：
0.5 分/箇所 ⇒ 480 分（1 日 8 時間作業）で 960 箇所

(5-2) 期間比較(日進量)

期間比較結果を表 2-78 に示す。期間縮減率は 40%となった。

表 2-78 期間比較結果

	従来技術		革新的技術	
	1日当たり (箇所)	100箇所当たり (日)	1日当たり (箇所)	100箇所当たり (日)
現場作業	55	1.8	55	1.8
報告書作業	74	1.4	960	0.1
合計		3.2		1.9
期間縮減率			40%	

(5-3) コスト比較

コスト比較結果を表 2-79 に示す。

表 2-79 コスト比較結果

	従来技術		革新的技術		備考
	単価 (円)	100箇所当たり (円)	単価 (円)	100箇所当たり (円)	
現場作業	1,480	148,000	1,480	148,000	
報告書作業	1,570	157,000	303	30,300	
機器費		—		1,627	
合計		305,000		179,927	
コスト縮減率			41%		

※ その他

- ・スマートフォン及びアプリに関する費用：174,900円/年(1台分) ← 日之出水道機器(備見積)資料より
- ・新技術での日進量は55箇所/日 ⇒ 100箇所の作業に要する日数：約2日
- ・年間作業日数：365日÷1.7(不稼働係数) = 215日
- ・よって、スマートフォン及びアプリに関する費用(100箇所分)：2日÷215日×174,900円 = 1,627円

(5-4) 有効性の検証結果

ICT データ入力・蓄積ツールの有効性の検証結果を、表 2-80 に示す。

- マンホール 100 箇所当たりで試算した場合、約 40%のコスト・期間縮減効果を得る事ができた。マンホール点検作業における革新的技術の導入についての有効性が確認できたと考えられる。
- 地方公共団体で既に台帳システムが整備されており、現地入力支援ツールとのデータ連携が必要な場合は、CSV 形式等の汎用性のあるデータを収受できるよう台帳システムを改修する事で、自動入力によるデータ連携が可能となる。

表 2-80 ICT データ入力・蓄積ツールの有効性の検証結果

評価項目		従来技術 (目標値)		革新的技術 (実証結果)		評価
コスト縮減	現場作業	100箇所当たり	148,000円	100箇所当たり	148,000円	○
	報告書作業		157,000円		30,300円 1,627円 (機器費)	
	合計		計 305,000円 (コスト縮減率 40%)		計179,927円 (コスト縮減率：41%)	
期間縮減	現場作業	100箇所当たり	1.8日	100箇所当たり	1.8日	○
	報告書作業		1.4日		0.1日	
	合計		計 3.2日 (期間縮減率40%)		計 1.9日 (期間縮減率：40%)	
結論 (ICTデータ入力・蓄積ツール)		・従来技術と比較して、コスト・期間共に40%程度の縮減効果を得ることができた。				

(6) 【参考】ICT データ入力支援・蓄積ツールの導入効果

実証研究において、ICT データ入力支援・蓄積ツールのコスト縮減効果、期間縮減効果が実証された。

ICT データ入力支援・蓄積ツールの導入効果を図 2-58、表 2-81 に示す。

現地作業では、従来技術と革新的技術で同様の作業時間であったが、データ入力・整理において、革新的技術のデータ自動取り込みによって、効率的な作業が図られ、1箇所当たりで約6分間の大幅な短縮が図られた。

100箇所当たりで約41%のコスト削減、40%の期間縮減効果を確認した。

	○ 従来技術		○ 革新的技術	
現場作業	148千円	1.8日	148千円	1.8日
報告書作成	157千円	1.4日	30千円	0.1日
機器費			2千円	
費用	305千円		180千円	
日数	3.2日		1.9日	

※費用は直接費で消費税、経費は含まない。

図 2-58 ICT データ入力支援・蓄積ツールの導入効果

表 2-81 ICT データ入力支援・蓄積ツールの導入効果

コスト縮減率	41.0%
期間縮減率	40.6%

3 期間・コスト短縮効果の試算

3-1 都市規模によるシステム導入効果の試算（期間）

地方公共団体状況調査の結果から、都市規模別で保有する資産における調査対象施設の割合を算出し、革新的技術を導入した場合の期間縮減の試算結果を提示した。システムの導入検討資料として活用されたい。各都市が保有する管路施設について、30年経過管（マンホールを含む）を対象に、革新的技術を適用した場合の期間縮減効果を試算した。さらに、現地スクリーニング（不明水調査）については、モデル都市の分流地域を想定した対象エリアを基に試算を行った。その結果を表 3-1、図 3-1 に示す。

表 3-1 都市規模によるシステム導入効果の試算（期間）

単位：日

日数	①従来技術				②革新的技術				③縮減効果=①-②			
	(1) 机上スクリーニング・管きょ調査	(2) データ入力・蓄積支援ツール	(3) 不明水調査	合計	(1) 机上スクリーニング・管きょ調査	(2) データ入力・蓄積支援ツール	(3) 不明水調査	合計	(1) 机上スクリーニング・管きょ調査	(2) データ入力・蓄積支援ツール	(3) 不明水調査	合計
大都市	21,227	2457.3	2173.2	25,858	11,565	1459.1	1054	14,078	9,662	998	1,119	2,039
中都市	3,007	343.55	565	3,916	1,764	203.99	274	2,242	1,243	140	291	294
小都市	1,072	121.79	198	1,392	647	72.31	96	815	425	49	102	103

単位：年

年数	①従来技術				②革新的技術				③縮減効果=①-②			
	(1) 机上スクリーニング・管きょ調査	(2) データ入力・蓄積支援ツール	(3) 不明水調査	合計	(1) 机上スクリーニング・管きょ調査	(2) データ入力・蓄積支援ツール	(3) 不明水調査	合計	(1) 机上スクリーニング・管きょ調査	(2) データ入力・蓄積支援ツール	(3) 不明水調査	合計
大都市	58.2	6.7	6.0	70.8	31.7	4.0	2.9	38.6	26.5	2.7	3.1	32.3
中都市	8.2	0.9	1.5	10.7	4.8	0.6	0.8	6.1	3.4	0.4	0.8	4.6
小都市	2.9	0.3	0.5	3.8	1.8	0.2	0.3	2.2	1.2	0.1	0.3	1.6

注) 30年超過分を対象（全体の33%を計上）

年数 = (対象の数量) / (日当たり作業量) / 365

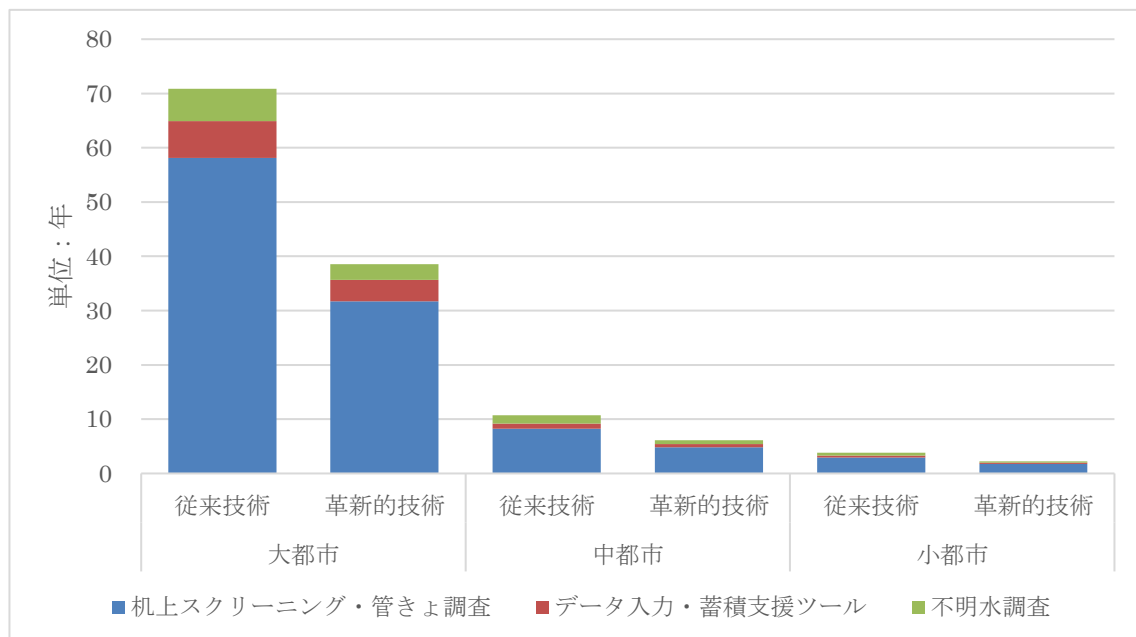


図 3-1 都市規模によるシステム導入効果の試算（期間）

3-2 都市規模によるシステム導入効果の試算（コスト）

期間の試算と同様に、革新的技術を導入した場合のコスト縮減の試算結果を提示した。システムの導入検討資料として活用されたい。

各都市が保有する管路施設について、期間の試算と同様にコスト縮減効果を試算した。さらに、現地スクリーニング（不明水調査）については、モデル都市の分流地域を想定した対象エリアを基に試算を行った。

参考として、都市規模別における管きょ施設の管種別割合を図 3-2 に示す。

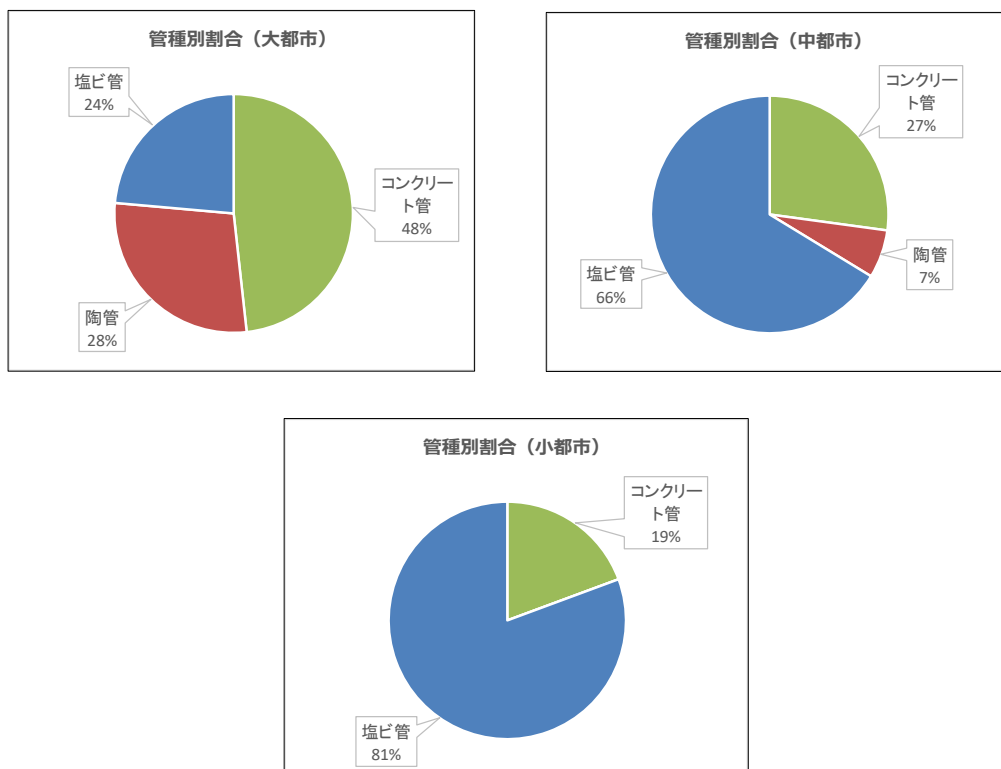


図 3-2 都市規模による管種別割合【コンクリート管・陶管・塩ビ管】

上記の条件を基に、システムの導入効果を試算した結果を図 3-3 に示す。

図 3-3 は、ヒアリングを実施した都市の 30 年経過管（マンホールを含む）を対象として、従来技術で管きょ調査、マンホール調査、不明水調査を実施した場合の費用を算出した。それに対して、革新的技術で机上スクリーニングと現地スクリーニング（管きょ調査）を組み合わせた管きょ調査、現地入力・蓄積ツールを活用したマンホール調査、現地スクリーニング（不明水調査）を実施した場合の費用との比率をグラフ化し、システム導入によるコスト縮減率を都市規模別に表した。

なお、コストの試算は、実証研究で算定した従来技術と革新的技術の単価を適用しているため、都市規模によるコスト比率の違いは少ない。

【大都市】 机上スクリーニングと点検直視型カメラを用いた現地スクリーニング（管きょ調査）でコスト削減効果が高いコンクリート管と陶管の30年以上経過した管きょが全体の7割以上を占めているため、コスト比率が最も小さい結果となった。

また、管きょ調査と併せて実施するマンホール調査に関しても、現地入力支援ツールを用いることで効果を確認する事ができた。

【中都市】 塩ビ管が7割程度を占めているが、点検直視型カメラによる詳細調査とコンクリート管のスクリーニング調査による削減効果を確認できた。

現地スクリーニング（不明水調査）についても一定の効果は確認できた。

【小都市】 保有資産が少ないためコスト削減額は低いものの、削減率は大都市、中都市と同等で、従来手法よりも効率的に、地方公共団体が抱える個別課題に対し広く対応できるものと考えられる。

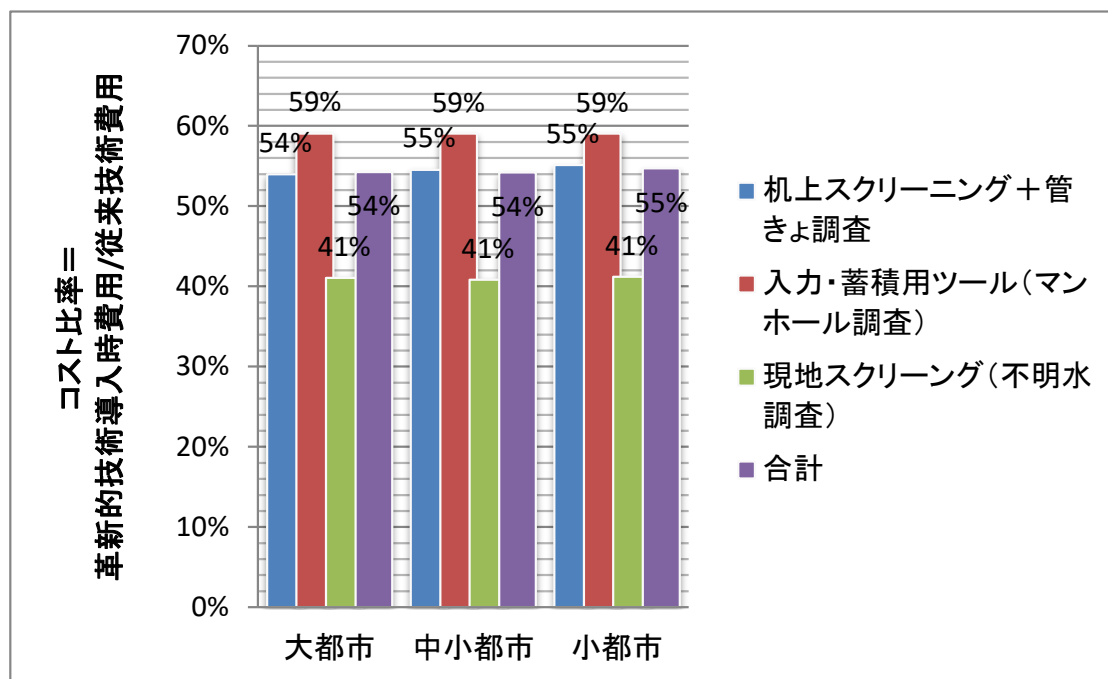


図 3-3 都市規模別の（平均）コスト比率

4 本実証研究成果を踏まえたコスト縮減効果算定例

ICT を活用した総合的な段階型管路診断システムの技術導入ガイドライン（案）に基づいて、各地方公共団体が革新的技術の導入を検討する際に参考となるよう、本実証研究で得られた成果に基づいて、モデル都市を想定したコスト縮減効果を試算した例を示す。

4-1 コスト縮減効果試算対象となる革新的技術

本試算では、表 4-1 に示す 3 項目（組み合わせを含む）の革新的技術について、実証研究で効果検証した結果を参考に、従来技術で実施した場合に対する革新的技術のコスト縮減効果の試算を行う。

表 4-1 コスト縮減効果試算対象の革新的技術

革新的技術	従来技術	調査成果	ガイドライン (案) 参照頁
① 机上スクリーニングによる対象施設の絞り込み	経過年数による調査対象施設選定	調査対象路線の効率的な絞り込み	本編 p.41
② 現地スクリーニングによる管路調査	従来型 TV カメラによる調査	詳細調査に適合した効率的な調査結果	本編 p.41
③ 簡易水位計・暗視カメラによる不明水調査	流量計を使用した不明水調査	不明水エリアの中ブロックから小ブロックへの絞り込み	本編 p.42

4-2 中規模モデル都市（人口 10 万人以上）

(1) 試算対象数量

コスト縮減効果の試算モデル都市として、中規模のモデル都市（人口 10 万人以上）を想定し、試算の対象数量として表 4-2 に示す 5 項目の数値を設定した。

表 4-2 中規模モデル都市の試算対象数量

調査対象管きょ(km)		
コンクリート管	陶管	塩ビ管
300	50	700
調査対象マンホール数		
21,000		
不明水対象エリア面積(ha)		
100		

(2) コスト縮減効果の試算結果

上記の中規模モデル都市のコスト縮減効果の試算結果は、表 4-3、図 4-1 のとおりである。

3 項目の革新的技術について、従来技術と革新的技術でのコストを試算し、その差分としてコスト削減効果を算定した。

コスト削減効果としては、机上スクリーニングと管きょ調査が最も多く、合計 1,050km の調査対象延長で 7.5 億円の削減効果があり、3 項目全体で 7.8 億円のコスト削減効果を試算できた。

表 4-3 コスト削減効果の試算結果（中規模モデル都市）

単位：千円

項目	机上スクリーニング 管きょ調査	入力・蓄積用ツール (マンホール調査)	不明水スクリーニング 調査	合計
A.従来技術	1,619,000	64,050	9,004	1,692,054
B.革新的技術	870,100	37,800	3,703	911,603
A-B.コスト削減効果	748,900	26,250	5,301	780,451

注) 本数値は、消費税、経費は含んでいない。

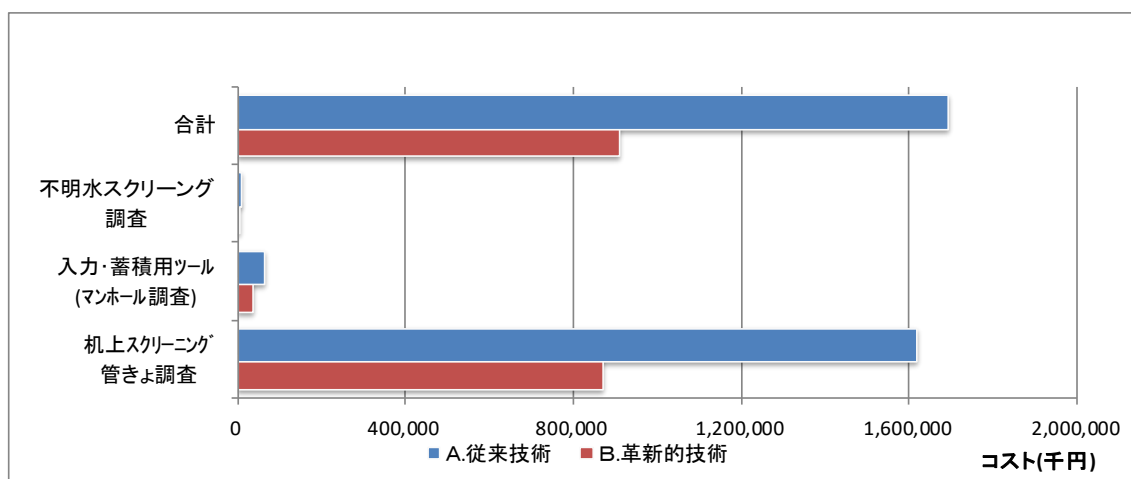


図 4-1 コスト削減効果の試算結果（中規模モデル都市）

4-3 小規模モデル都市（人口 10 万人未満）

(1) 試算対象数量

コスト削減効果の試算モデル都市として、小規模のモデル都市（人口 10 万人未満）を想定し、試算の対象数量として表 4-4 に示す 5 項目の数値を設定した。

表 4-4 小規模モデル都市の試算対象数量

調査対象管きょ(km)		
コンクリート管	陶管	塩ビ管
70	0	300
調査対象マンホール数		
7,400		
不明水対象エリア面積(ha)		
50		

(2) 効果の試算結果

上記の中規模モデル都市のコスト削減効果の試算結果は、表 4-5、図 4-2 のとおりである。

小規模モデル都市のコスト削減効果としては、合計 370km の机上スクリーニングと管きよ調査で 2.6 億円の削減効果があり、3 項目全体で 2.7 億円のコスト削減効果を試算できた。

表 4-5 コスト削減効果の試算結果（小規模モデル都市）

単位：千円

項目	机上スクリーニング 管きよ調査	入力・蓄積用ツール (マンホール調査)	不明水スクリーニング 調査	合計
A.従来技術	573,400	22,570	4,502	600,472
B.革新的技術	318,300	13,320	1,852	333,472
A-B.コスト削減効果	255,100	9,250	2,650	267,000

注) 本数値は、消費税、経費は含んでいない。

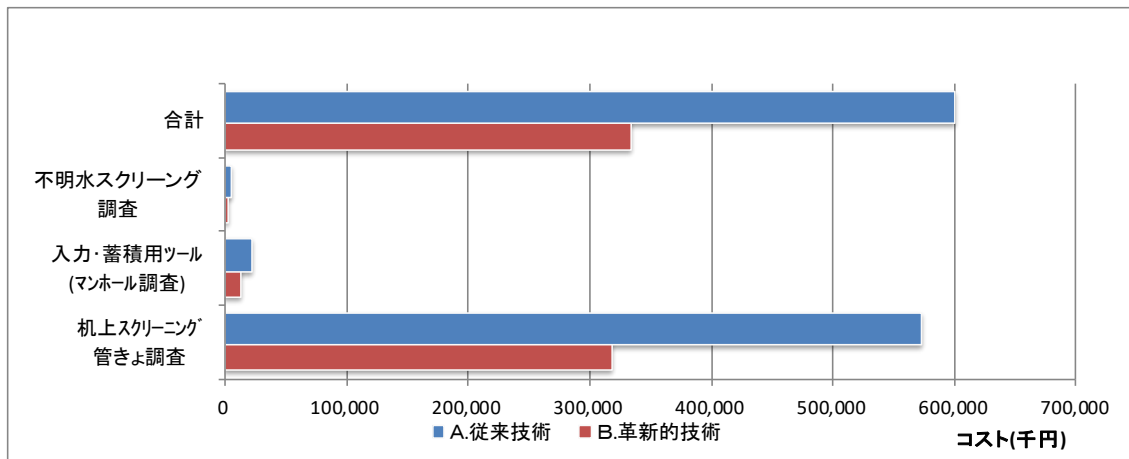


図 4-2 コスト削減効果の試算結果（小規模モデル都市）

4-4 考察

上記のように、本研究結果を用いて対象数量を適用することにより、目安となる調査費用などの概算値を算定できる。また、この概算値に地域特性などを踏まえた経費等を見込むことによって、今後導入を検討する革新的技術の概算費用を把握することが可能となる。

以上のような試算の結果、これらの概算費用と各地方公共団体の年間予算と調整し、調査等のロードマップ作成の基礎資料として活用することが可能である。

参考資料編II 発注仕様書案

目次

1	机上スクリーニング技術	II-2
1-1	劣化予測システム（対象管種：コンクリート管および陶管）	II-2
2	現地スクリーニング技術	II-3
2-1	点検直視型カメラ（コンクリート管）	II-3
2-2	点検直視型カメラ（塩ビ管）	II-5
2-3	高圧洗浄カメラ（陶管）	II-7
2-4	水位計測器（簡易水位計）	II-9
2-5	連続水位計測器（暗視カメラ）	II-10
3	ICT データ入力・蓄積ツール	II-11
3-1	ICT データ入力ツール（現地入力支援ツール）	II-11
3-2	ICT データ蓄積ツール（データ蓄積ツール）	II-12

1 机上スクリーニング技術

1-1劣化予測システム（対象管種：コンクリート管および陶管）

1. 業務目的

本業務は、机上スクリーニング技術（劣化予測システム）により、現地スクリーニングおよび詳細調査が必要なスパンを絞り込むことで点検調査の効率化を図るとともに、スパン毎の劣化発生の可能性を分析することで、点検調査の優先順位を検討し、点検調査計画やストックマネジメント計画の策定に役立てることを目的に実施する。

2. 業務内容

- (1) 業務名称 ○○業務
- (2) 業務場所 ○○地内
- (3) 作業数量※ L=○○m ※点検調査の優先順位付け作業

3. システムの概要

下水道台帳データおよび既存の調査結果を用いて、多変量解析によりスパン毎の点検調査優先度を算出したうえで、予想される緊急度を数値計算により算出するもので、これらの一連の解析を統合化した技術とする。

4. システムの仕様

本業務で用いる劣化予測システムは、以下の仕様を満たすものとする。

- ① 判別係数の算出機能
属性情報（5項目：「管種」「路線延長」「管径」「経過年数」「平均土被り」）と劣化との関係を多変量解析することにより、管路劣化の要因に関連する属性情報の重み係数と定数（判別係数）を算出する。
- ② 判別値の算出機能
①で算出した定数と管路属性に重み係数を乗じた総和（判別値＝劣化予測の優先順位付けに用いる値）を算出する。
- ③ 予測緊急度の算出機能
②で算出した判別値に基づく経過年度別の優先順位を健全率曲線に当てはめ、スパン毎の予測緊急度を算出する。

5. その他事項

多変量解析にあたっては、国土技術政策総合研究所が提供している「管きょ劣化データベース」および発注者が提供するデータを用いるものとする。

劣化予測に入力する下水道台帳のデータ形式は、Microsoft Excel 形式又は csv 形式とし、劣化予測による予測緊急度等の算出結果も同様のデータ形式にて納品するものとする。

2 現地スクリーニング技術

2-1 点検直視型カメラ（コンクリート管）

1. 業務目的

本業務は、現地スクリーニング（管きょ調査）技術（点検直視型カメラ）により、緊急度の高い路線を効率よく絞り込み、不要不急の詳細調査の対象を削減することで、かかる費用・期間の縮減を目的に実施する。

2. 業務内容

- (1) 業務名称 ○○業務
- (2) 業務場所 ○○地内
- (3) 調査数量 L=○○m

3. 使用するカメラの概要

等速前進する自走車に高精度のカメラを取り付けた直視型カメラとする。

現地にて管路内全体の状況を動画として連続的に収録し、事務所にて異常箇所の有無を確認する。

異常箇所は静止画として保存・整理する。

4. 使用するカメラの仕様

本業務で用いる点検直視型カメラは、以下の仕様を満たすものとする。

- ① 適用管径 ----- ϕ 150mm～700mm
- ② カメラ総画素数 --1,680 万画素（有効画素数 1,110 万画素）
- ③ カメラ焦点 -----オート
- ④ カメラ画角 -----170 度
- ⑤ カメラ防水 -----IP67（防水保護ケース）
- ⑥ 照明ランプ -----LED

5. 調査手順

- ① 現地にて、台帳等を用いてマンホール位置や作業範囲を確認する。
- ② 交通誘導員およびカラーコーン等の保安設備を作業マンホールに設置後、酸素濃度等測定器にて、マンホール内の酸素濃度および硫化水素濃度等有毒ガスを測定する。
- ③ 安全確認後、マンホール内に作業員が入り、点検直視型カメラをインバート上に仮置きし、点検直視型カメラ後方部に緊急時対応用ロープを取り付ける。
- ④ 点検直視型カメラを出来る限り管中心にセットした後、管内の動画撮影を開始し、自走車前進ボタンおよび照明ボタンを押して調査を開始する（管内の事前洗浄は行わない）。

- ⑤ 動画撮影は、原則は上流から下流に向かって行い、管口部から管内部までを、途中カットすることなく一定のスピードで連続撮影を行う。
- ⑥ 撮影開始にあたっては、適正かつ鮮明な映像を確保するよう、レンズに付着した汚れや水滴を拭き取る。
- ⑦ 異物の堆積等（土砂・ラード・モルタル類の堆積や、木の根の侵入、取付け管の突出）によって調査不能となった場合は、反対方向から調査を行い調査完遂に努める。
- ⑧ 調査完了後、自走車および動画撮影を停止、カメラを地上部へ回収し、後片付けを行う。
- ⑨ 現地で撮影した動画を事務所にて確認することにより異常発生状況を把握する。
- ⑩ 確認した異常を基に、緊急度判定を行い詳細調査が必要となるスパン（緊急度Ⅰ・Ⅱ）を選定する。

6. その他事項

調査にあたっては、異常箇所の有無・判定における専門技術性を考慮し、以下に示す資格者を配置するものとする。

公益社団法人日本下水道管路管理業協会による「下水道管路管理主任技士又は専門技士」

2-2 点検直視型カメラ（塩ビ管）

1. 業務目的

本業務は、現地スクリーニング（管きょ調査）技術（点検直視型カメラ）を詳細調査に適用することで、かかる費用・期間の縮減を目的に実施する。

2. 業務内容

- (1) 業務名称 ○○業務
- (2) 業務場所 ○○地内
- (3) 調査数量 L=○○m

3. 使用するカメラの概要

等速前進する自走車に高精度のカメラを取り付けた直視型カメラとする。

現地にて管路内全体の状況を動画として連続的に収録し、事務所にて異常箇所の有無を確認する。

異常箇所は静止画として保存・整理する。

4. 使用するカメラの仕様

本業務で用いる点検直視型カメラは、以下の仕様を満たすものとする。

- ① 適用管径 ----- ϕ 150mm～700mm（但し、詳細調査への適用範囲は ϕ 150mm～450mm）
- ② カメラ総画素数 --1,680 万画素（有効画素数 1,110 万画素）
- ③ カメラ焦点 -----オート
- ④ カメラ画角 -----170 度
- ⑤ カメラ防水 -----IP67（防水保護ケース）
- ⑥ 照明ランプ -----LED

5. 調査手順

- ① 現地にて、台帳等を用いてマンホール位置や作業範囲を確認する。
- ② 交通誘導員およびカラーコーン等の保安設備を作業マンホールに設置後、高圧洗浄車を配置し、高圧水による管きょ内の洗浄を下流から上流に向かって行う。
- ③ 洗浄完了後、酸素濃度等測定器にて上流側マンホール内の酸素濃度および硫化水素濃度等有毒ガスを測定する。
- ④ 安全確認後、マンホール内に作業員が入り、点検直視型カメラをインバート上に仮置きし、点検直視型カメラ後方部に緊急時対応用ロープを取り付ける。
- ⑤ 点検直視型カメラを出来る限り管中心にセットした後、管内の動画撮影を開始し、自走車前進ボタンおよび照明ボタンを押して調査を開始する。
- ⑥ 動画撮影は、原則は上流から下流に向かって行い、管口部から管内部までを、途中カットすることなく一定のスピードで連続撮影を行う。

- ⑦ 撮影開始にあたっては、適正かつ鮮明な映像を確保するよう、レンズに付着した汚れや水滴を拭き取る。
- ⑧ 異物の堆積等（土砂・ラード・モルタル類の堆積や、木の根の侵入、取付け管の突出）によって調査不能となった場合は、反対方向から調査を行い調査完遂に努める。
- ⑨ 調査完了後、自走車および動画撮影を停止、カメラを地上部へ回収し、後片付けを行う。
- ⑩ 現地で撮影した動画を事務所にて確認することにより異常発生状況を把握する。
- ⑪ 確認した異常を基に、対策の要否および改築・修繕の検討を行う。

6. その他事項

調査にあたっては、異常箇所の有無・判定における専門技術性を考慮し、以下に示す資格者を配置するものとする。

公益社団法人日本下水道管路管理業協会による「下水道管路管理主任技士又は専門技士」

2-3 高圧洗浄カメラ（陶管）

1. 業務目的

本業務は、現地スクリーニング（管きょ調査）技術（高圧洗浄カメラ）により、緊急度の高い路線を効率よく絞り込み、不要不急の詳細調査の対象を削減することで、かかる費用・期間の縮減を目的に実施する。

2. 業務内容

- (1) 業務名称 ○○業務
- (2) 業務場所 ○○地内
- (3) 調査数量 L=○○m

3. 使用するカメラの概要

高圧洗浄ホースの先端に高画質のカメラ（ハイビジョン）を接続することで、洗浄と調査が同時に行える直視型カメラとする。

現地にて管路内全体の状況を動画として連続的に収録し、事務所にて異常箇所の有無を確認する。

異常箇所は静止画として保存・整理する。

4. 使用するカメラの仕様

本業務で用いる高圧洗浄カメラは、以下の仕様を満たすものとする。

- ① 適用管径 ----- ϕ 200mm～600mm
- ② カメラ解像度 ----- 高密度 1,280×720 ピクセル
- ③ カメラ焦点 ----- オート
- ④ カメラ画角 ----- 130 度
- ⑤ カメラ防水 ----- 10m 防水
- ⑥ 照明ランプ ----- LED

5. 調査手順

- ① 現地にて、台帳等を用いてマンホール位置や作業範囲を確認する。
- ② 交通誘導員およびカラーコーン等の保安設備を作業マンホールに設置後、高圧洗浄車を配置し、高圧水による管きょ内の洗浄を下流から上流に向かって行う。
- ③ 洗浄完了後、酸素濃度等測定器にて上流側マンホール内の酸素濃度および硫化水素濃度等有毒ガスを測定する。
- ④ 安全確認後、上流側マンホール内に作業員が入り、高圧洗浄ホースの先端に接続している洗浄ノズルを高圧洗浄カメラに取り換える。
- ⑤ 高圧洗浄カメラを出来る限り管中心にセットし、管内の動画撮影ボタンを押した後、洗浄ホースを上流から下流に巻き取りながら洗浄水を噴射させることで、洗浄と調査を同時に実施する。

- ⑥ 動画撮影は、管口部から管内部までを途中カットすることなく連続撮影を行う。
- ⑦ 撮影開始にあたっては、適正かつ鮮明な映像を確保するよう、レンズに付着した汚れや水滴を拭き取る。
- ⑧ 調査完了後、動画撮影を停止、高圧洗浄カメラを地上部へ回収し、後片付けを行う。
- ⑨ 現地で撮影した動画を事務所にて確認することにより異常発生状況を把握する。
- ⑩ 確認した異常を基に、緊急度判定を行い詳細調査が必要となるスパン（緊急度Ⅰ・Ⅱ）を選定する。

6. その他事項

調査にあたっては、異常箇所の有無・判定における専門技術性を考慮し、以下に示す資格者を配置するものとする。

公益社団法人日本下水道管路管理業協会による「下水道管路管理主任技士又は専門技士」

2-4 水位計測器（簡易水位計）

1. 業務目的

本業務は、従来の不明水調査における課題の解決を図るため、安価な現地スクリーニング（不明水調査）技術（水位計測器）を用いて、不明水による影響の有無を簡易的に評価することを目的に実施する。

2. 業務内容

- (1) 業務名称 ○○業務
- (2) 業務場所 ○○地内
- (3) 調査数量 N=○○箇所

3. 使用する機器の概要

水位の変動を記録するための染色液と、それが付着するチューブ等で構成される機器とする。

4. 使用する機器の仕様

本業務で用いる水位計測器は、以下の仕様を満たすものとする。

- ① チューブ ---- タイナノチューブ 6×8mm
- ② 硬鋼線 ----- 80C 硬鋼線 φ2.5～3.5
- ③ 染色液 ----- 潤滑油用液体染料 Liquid neutral Red SST-D

5. 調査手順

- ① 水位測定を行う箇所（管口）に硬鋼線でチューブを固定し、固定したチューブ内の水面上部に染色液を注射器で注入する。
- ② 水位計測器には水位が変動した範囲に染色液が付着するため、設置期間中の最高水位、最低水位を記録する。
- ③ 確認した水位（晴天期間と雨天期間）を基に、原単位方式による簡易評価※1を行い不明水による影響評価を行う。

※1 原単位方式による簡易評価

「分流式下水道における雨天時浸入水対策計画策定マニュアルー2009年3月ー公益財団法人日本下水道新技術機構」に示されている不明水の評価法で『雨天時浸入水量（100mm降雨時）』と『常時（地下水）浸入水量』を基礎汚水量との相対比から評価するもの

6. その他事項

調査にあたっては、不明水の判定における専門技術性を考慮し、以下に示す資格者を配置するものとする。公益社団法人日本下水道管路管理業協会による「下水道管路管理主任技士又は専門技士」

2-5 連続水位計測器（暗視カメラ）

1. 業務目的

本業務は、従来の不明水調査における課題の解決を図るため、安価な現地スクリーニング（不明水調査）技術（連続水位計測器）を用いて、不明水による影響の有無を簡易的に評価することを目的に実施する。

2. 業務内容

- (1) 業務名称 ○○業務
- (2) 業務場所 ○○地内
- (3) 調査数量 N=○○箇所

3. 使用する機器の概要

水位変動を把握するための目盛バンドと、それを自動撮影する赤外線ライト搭載カメラ等で構成される機器とする。

4. 使用する機器の仕様

本業務で用いる連続水位計測器は、以下の仕様を満たすものとする。

- ① センサー ----- 12 メガピクセル 静止画（4,000×3,000）動画撮影可能
- ② 記録媒体 ----- SD カード（32GB）
- ③ 記録枚数 ----- 静止画 6,400 枚程度（5 分間隔で 3 週間程度）
- ④ 照明 ----- 赤外線ライト内蔵
- ⑤ 防水機能 ----- 生活防水程度
- ⑥ 撮影インターバル ----- 秒単位で自由に設定

5. 調査手順

- ① 水位測定を行う箇所（管口）に目盛バンドを固定し、固定した目盛バンドが撮影できる位置に連続水位計測器を設置する。
- ② 連続水位計測器により一定間隔で写真撮影を行い、撮影した写真から水位の変動を確認する。
- ③ 確認した晴天日と雨天日の水位を基に、原単位方式による簡易評価^{※1}を行い不明水による影響評価を行う。

※1 原単位方式による簡易評価

「分流式下水道における雨天時浸入水対策計画策定マニュアルー2009年3月ー公益財団法人日本下水道新技術機構」に示されている不明水の評価法で『雨天時浸入水量（100mm降雨時）』と『常時（地下水）浸入水量』を基礎汚水量との相対比から評価するもの

6. その他事項

調査にあたっては、不明水の判定における専門技術性を考慮し、以下に示す資格者を配置するものとする。公益社団法人日本下水道管路管理業協会による「下水道管路管理主任技士又は専門技士」

3 ICT データ入力・蓄積ツール

3-1 ICT データ入力ツール（現地入力支援ツール）

1. 業務目的

本業務は、ICT データ入力ツールによって現地で点検調査結果を入力することで、事務所内での入力作業の省力化を図ることを目的に実施する。

2. 業務内容

- (1) 業務名称 ○○業務
- (2) 業務場所 ○○地内
- (3) 調査数量 N=○○箇所

3. 使用するツールの概要

現地に持参可能なタブレットやスマートフォンを利用し、マンホール内やマンホール蓋の点検調査結果および写真を現地で入力・登録ができるものとする。

4. 使用するツールの仕様

本業務で用いる現地入力支援ツールは、以下の仕様①～⑦の項目について入力・登録が可能な機能を満たすものとする。

- ① 基礎情報の管理項目 ----- 設置場所、管の仕様、蓋の仕様、マンホールの仕様、維持管理履歴 他
- ② 維持管理情報の管理項目 ---- 道路、蓋枠、マンホールの調査、管口の調査 他
- ③ 道路状況の入力項目 ----- 占用位置、道路の段差、蓋枠の周囲状況
- ④ マンホール蓋の入力項目 ---- 蓋のタイプ、蓋の浮上・飛散防止機能、蓋外観・性能
- ⑤ マンホール本体の入力項目 - マンホール種別、高さ調整部、斜壁ブロック、直壁ブロック、インバート
- ⑥ 流下状況の入力項目 ----- 土砂堆積、悪臭発生、異物流入、足掛金物腐食、躯体部腐食
- ⑦ 管口の入力項目 ----- 下流管口、上流管口

5. その他事項

データ入力にあたっては、下水道管路施設に対する知識と経験が必要であることを考慮し、以下に示す資格者を配置するものとする。公益社団法人日本下水道管路管理業協会による「下水道管路管理主任技士又は専門技士」

3-2ICT データ蓄積ツール（データ蓄積ツール）

1. 業務目的

本業務は、ICT データ蓄積ツールに蓄積した点検調査結果のデータを基に、緊急度の算出や維持管理周期の設定、計画リストの作成等、計画的かつ効率的な維持管理やストックマネジメント計画を支援する情報データを提供することを目的に実施する。

2. 業務内容

- (1) 業務名称 ○○業務
- (2) 業務場所 ○○地内
- (3) 調査数量 1 式

3. 使用するツールの概要

管路施設の維持管理情報に特化したデータベースシステムで、管路の基礎情報に加えて、全ての下水道管路施設における維持管理情報を関連付けてデータ蓄積することができる（情報の一元管理が可能な）ものとする。

4. 使用するツールの仕様

本業務で用いるデータ蓄積ツールは、以下の仕様①～⑦の項目についてデータの蓄積が可能な機能を満たすものとする。

- ① 基礎情報の管理項目 ----- 管種、布設位置、延長、土被り、布設年度、管径 他
- ② 維持管理情報の管理項目 ---- 点検履歴情報、点検結果、詳細調査履歴情報、詳細調査結果、苦情 他
- ③ 道路状況の入力項目 ----- 占用位置、道路の段差、蓋枠の周囲状況
- ④ マンホール蓋の入力項目 ---- 蓋のタイプ、蓋の浮上・飛散防止機能、蓋外観・性能
- ⑤ マンホール本体の入力項目 - マンホール種別、高さ調整部、斜壁ブロック、直壁ブロック、インバート
- ⑥ 流下状況の入力項目 ----- 土砂堆積、悪臭発生、異物流入、足掛金物腐食、躯体部腐食
- ⑦ 管口の入力項目 ----- 下流管口、上流管口

5. その他事項

データ蓄積にあたっては、下水道管路施設に対する知識と経験が必要であることを考慮し、以下に示す資格者を配置するものとする。公益社団法人日本下水道管路管理業協会による「下水道管路管理主任技士又は専門技士」

参考資料編III 問い合わせ先

1. 問い合わせ先

本ガイドラインに関する問い合わせは、以下にお願いします。

国土交通省 国土技術政策総合研究所	国土交通省 国土技術政策総合研究所 下水道研究部 下水道研究室 〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 TEL 029-864-3343 FAX 029-864-2817 URL http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/index.htm
----------------------	---

本書は、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）により国土交通省国土技術政策総合研究所が、以下の企業に研究委託を行い、その成果をまとめたものです。

<実証研究者連絡先>

クリアウォーターOSAKA 株式会社	クリアウォーターOSAKA 株式会社 経営企画部 経営企画課 〒541-0055 大阪府大阪市中央区船場中央2丁目2番5-233号 TEL : 06-6121-2329 FAX : 06-6121-6034 URL https://www.clearwater-osaka.co.jp/
地方共同法人 日本下水道事業団	地方共同法人 日本下水道事業団 ソリューション推進部 技術援助課 〒113-0034 東京都文京区湯島2-31-27 湯島台ビル3F TEL : 03-6361-0866 FAX : 03-5805-1805 URL https://www.jswa.go.jp/
大阪市	大阪市 建設局 下水道部調整課（水環境担当） 〒559-0034 大阪府大阪市住之江区南港北2-1-10 ATCビルITM棟6F TEL : 06-6615-7675 FAX : 06-6615-7690 URL https://www.city.osaka.lg.jp/kensetsu/index.html