

参考資料編Ⅲ 管渠マネジメントシステムの関連技術

目次

1. 電気伝導度計	299
1.1. 電気伝導度計による追加調査の特徴.....	299
1.2. 電気伝導度計による調査方法.....	300
1.3. 機器の必要性能	305
1.4. 性能諸元と現場諸元	306
1.5. 留意事項	313
2. データ管理技術	314
2.1. データ管理の概要	314
2.2. データ管理技術 A.....	315
2.3. データ管理技術 B.....	320
2.4. データ管理技術 C.....	325

1. 電気伝導度計

1.1. 電気伝導度計による追加調査の特徴

電気伝導度計とは、マンホールのインバート部に設置し、一定期間の連続測定により下水中の電気伝導度（物質の電気伝導のしやすさを表す物性値（単位 $\mu\text{S/cm}$ ））を計測する機器である。電気伝導度計による追加調査の特徴は以下のようにまとめられる。

電気伝導度計の外観を図 1-1 に示す。



図 1-1 電気伝導度計の外観

(1) 区域スクリーニング

表 1-1 に一般的な電気伝導度の値を示す。下水に比べ、地下水の電気伝導率は低い
ため、地下水が常時浸入水として下水中に流入する区域では、当該処理区全体と比べて電気伝導度の値が低下する。電気伝導度計による調査はこの特性を利用し、マンホール内における電気伝導度測定結果をもとに、一定値以上の常時浸入水量が確認されている区域（＝常時浸入水リスクが高い区域）を絞り込むことで、その後の詳細調査の優先箇所の判定を行うものである。

表 1-1 一般的な電気伝導度の値

下水 ¹⁾	雨水 ²⁾	一般的な河川水 ³⁾	地下水 ⁴⁾
413 ($\mu\text{S/cm}$)	1～100 ($\mu\text{S/cm}$)	100 ($\mu\text{S/cm}$) 以下	143 ($\mu\text{S/cm}$)

1) A 町における水質調査結果の平均値

2) 環境センターニュース 1998 Vol.1 (福島県環境センター)

3) 公害防止の技術と法規 (丸善)

4) 東京都の主要自然水データ一覧/2006年4月より調布市の井戸水の値を記載

(2) 現場の制約を受けにくい

センサーはマンホールのインバート部に設置するため、既存の浸入水調査技術である流量計測計と比べて曲がり、会合、段差等のマンホール特性による制約を受けにくい。また、センサーは小型であるためマンホール内への設置が容易である。

1.2. 電気伝導度計による調査方法

電気伝導度計を用いた調査は、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。

(1) 作業編成

1) 現地調査における作業編成

電気伝導度計を用いた調査は、調査機器の設置、回収においては、表 1-2 に示すように、調査人員として計 3 名、使用機材として、電気伝導度計の他、送風機、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囲 2m×3m 程度である。

表 1-2 電気伝導度計の作業区分と必要機材等（現地調査）

作業区分	作業内容			
	調査員人数・職種	使用機材	作業範囲	必要な消耗品
設置	3 人（うち技師 B 相当 1 名以上）	電気伝導度計 マンホール鍵 送風機 ガス検知器	2m×3m 程度	作業用品 （ウエス、ゴム手袋、チョーク、ビニールテープ等）
データ回収、撤去				

2) 異常診断・報告書作成における作業編成

室内作業は、表 1-3 に示すように、調査人員として、計 3.5 人（うち浸入水調査の知識経験を有する技師 A 相当 1 名以上）、使用機材として、異常診断を行うための専用ソフトウェアを搭載したパソコン等が必要となる。

表 1-3 電気伝導度計の作業区分と必要機材等（異常診断・報告書作成）

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
異常診断	3.5 人（うち浸入水調査の知識経験を有する技師 A 相当 1 名以上）	専用ソフトウェア パソコン等	-	記憶メディア （DVD, HDD, SD カード等） 綴込みファイル用紙等
報告書作成				

(2) 調査手順

電気伝導度計の調査手順を示す。

1) 浸入水調査の必要性の判定

下水道統計等で公表されている当該処理区における浸入水率をもとに浸入水調査の必要性の判定を行う（例えば、下水道施設計画・設計指針と解説にて地下水量として汚水量の10～20%を見込むことが示されていることから、これを超過する場合、すなわち下水道統計等に記載されている処理区全体の浸入水率^{*}が20%を超える場合等）。また、過去のTVカメラ調査等から、経験的に浸入水の発生が予見される地区において使用を検討することもできる。

※：浸入水率＝無収水量／年間処理水量・・・(式.1)

2) 電気伝導度計設置箇所の選定

図1-2に示すように調査区域内を面積5ha程度の区域に分割し、各区域の流末のマンホールに電気伝導度計を設置する。また、処理区全体の流末に位置する処理場内の流入水の電気伝導度を計測し、当該処理区における電気伝導度のベンチマーク値とする。ベンチマーク値は各区域の常時浸入水リスクを評価するために用いる指標である。

ただし、流域関連処理区の地方公共団体の様に、調査区域と処理場の管理者が異なる等、処理場で電気伝導度を計測することが難しい場合等は、処理場のマンホールの値を計測するか、調査区域の全測定点の平均値をベンチマーク値として代用することも可能である。

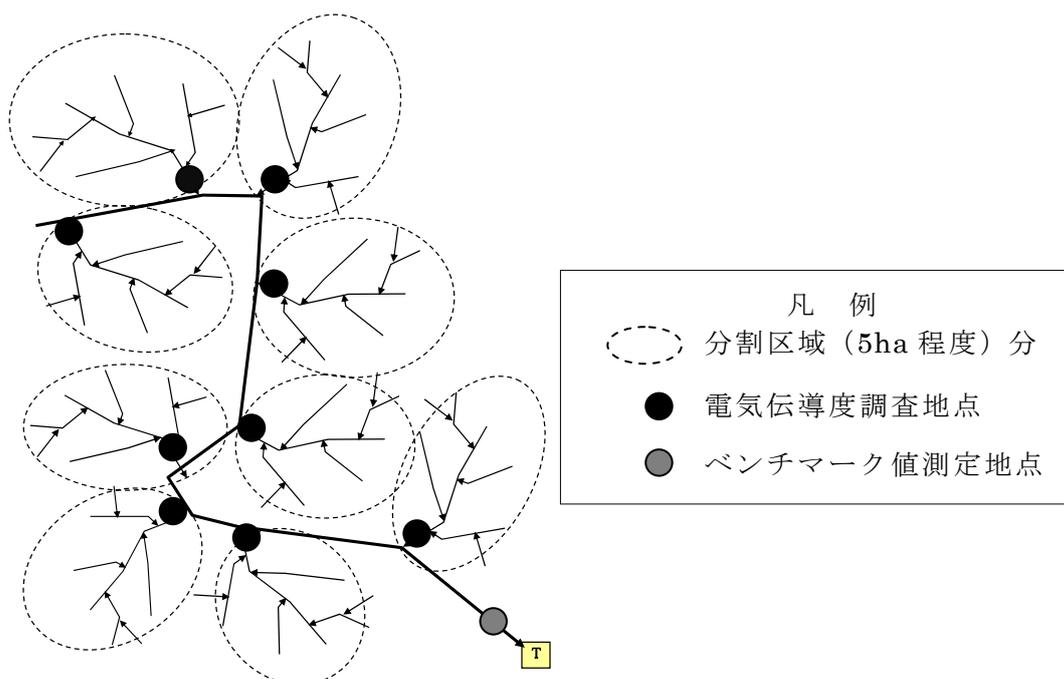


図 1-2 対象区域の設定と電気伝導度調査設置地点の概念

3) 設置及び測定

電気伝導度計はマンホールのインバート内部に設置する。現地への設置状況を図 1-3 に示す。常時浸入水量の判定にあたっては、降雨の影響（雨天時直接浸入水、浸透浸入水）を受けない晴天日の 24 時間計測が必要であることから、7 日間の連続測定を基本とし、10 分間隔で計測する。計測間隔を長く（1 時間等）すると水質の変化を十分に把握することが出来ない可能性があるため、10 分間隔で計測することを基本とする。なお、計測間隔の長短が調査コストに与える影響はほとんどない。

また、常時浸入水調査の時期は、地下水位が高い時期（5 月から 10 月頃）を選定することが望ましい。



図 1-3 電気伝導度計の設置状況

(3) 分析・評価手法方法

室内作業においては回収した測定データを基に、電気伝導度の測定結果を比較し、浸入水が一定以上発生している区域を浸入水リスクが高く、詳細調査の優先度の高い区域であると判定する。測定データの分析・評価手法について以下に記す。

1) 詳細調査優先箇所の判定基準値の算定

表 1-4 は各処理場における浸入水率（式.1 参照）の調査結果をもとに、浸入水率ごとの処理場（箇所）の累積比率を整理したものである。累積比率の超過率 97%（非超過率 3%）を目安として、電気伝導度計による調査結果において、浸入水率が 40% を超える区域を浸入水リスクの高い詳細調査優先箇所として判定する。具体的には、浸入水率が 40% の時の下水中の電気伝導度 C' を判定基準値として用い、これより低い電気伝導度が観測された区域を浸入水リスクの高い詳細調査優先箇所として判定する。

判定基準値 C' は当該処理区の処理場における浸入水率 X 及びベンチマーク値 C 、地下水の電気伝導度 C_2 をもとに算出する。下記①、②に判定基準値 C' の算定の流れを示す。

表 1-4 各処理場における浸入水率

浸入水率	処理場 (箇所)	構成比率	
		単独	累計
0～10%	864	45.6%	45.6%
10～15%	304	16.1%	61.7%
15～20%	258	13.6%	75.3%
20～25%	173	9.1%	84.5%
25～30%	103	5.4%	89.9%
30～35%	74	3.9%	93.8%
35～40%	53	2.8%	96.6%
40～45%	25	1.3%	97.9%
45～50%	19	1.0%	98.9%
50%以上	20	1.1%	100.0%
合計	1983	100.0%	-

資料：下水道統計（H23）

① 基準電気伝導度（浸入水ゼロの場合の電気伝導度）の算定

まず、以下の式により基準電気伝導度 C1（浸入水ゼロの場合の電気伝導度）を算定する。

$$C = \frac{C1 \times Q1 + C2 \times Q2}{Q1 + Q2} \quad \text{より}$$

$$C1 = \frac{C \times (Q1 + Q2) - C2 \times Q2}{Q1}$$

$$= C \times (1 + X) - C2 \times X$$

X：当該処理区の浸入水率（%）
 C：ベンチマーク値（ μ S/cm）
 C1：基準電気伝導度（ μ S/cm）
 C2：地下水の電気伝導度（ μ S/cm）
 Q1：汚水量（ m^3 ）
 Q2：浸入水量（= $X \times Q1$ ）（ m^3 ）

地下水の電気伝導度 C2 は、付近の地下水における電気伝導度が既知の場合にはその値を適用し、未知の場合には、表 1-5 に示す既往調査における地下水（湧水）の電気伝導度の平均値を参考に設定する。また降雨の影響の強い降雨直後の調査結果をもとに設定することもできる。浸入水率 X は、下水道統計に記載されている地方公共団体ごとの浸入水率を参考に設定する。

表 1-5 地下水の電気伝導度 C2 (既往調査)

所在地	地下水・湧水名	湧水状態	電気伝導度	
			2005/12	2006/4
奥多摩町	一石山神社神明水	落下水	36(μ S/cm)	121(μ S/cm)
奥多摩町	獅子口湧水	落下水	98(μ S/cm)	81(μ S/cm)
武蔵村山市	滝の入不動尊	落下水	73(μ S/cm)	57(μ S/cm)
国分寺市	真姿の池湧水群	落下水	158(μ S/cm)	162(μ S/cm)
小金井市	貫井神社	落下水	192(μ S/cm)	187(μ S/cm)
調布市	深大寺	井戸	165(μ S/cm)	143(μ S/cm)
渋谷区	明治神宮御苑清正の井	地表水	108(μ S/cm)	112(μ S/cm)
和光市	白子湧水群	落下水	181(μ S/cm)	230(μ S/cm)
中野区	新井薬師白瀧権現水	井戸	280(μ S/cm)	275(μ S/cm)
		最大		280(μ S/cm)
		平均		148(μ S/cm)
		最小		36(μ S/cm)

「東京の主要自然水データ一覧/06年4月」より
 (http://www.kenyukan.biz/tokyo/tokyo.htm)

② 浸入水リスク判定のための判定基準値算定

① で算出した基準電気伝導度 C1 を用いて以下に示す基礎式から、浸入水リスク判定のための判定基準値 C' を算出する。

$$C' = \frac{C1 \times Q1 + C2 \times Q2}{Q1 + Q2} \dots \dots \dots (式. 2)$$

$$= (C1 + C2 \times 0.4) / (1 + 0.4)$$

- C' : 判定基準値 (μ S/cm)
- X' : 基準浸入水率 (=0.4)
- C1 : 基準電気伝導度 (μ S/cm)
- C2 : 地下水の電気伝導度 (μ S/cm)
- Q1 : 汚水量 (m³)
- Q2 : 浸入水量 (=X' × Q1)

表 1-5 の結果を上記の式に代入し、詳細調査優先箇所 の判定基準値 C' (μ S/cm) を求める。

2) 調査結果の評価

上記で求めた判定基準値 C' ($\mu\text{S}/\text{cm}$) と各区域で計測した電気伝導度の測定結果を比較し、判定基準値よりも低い値となっている区域を浸入水リスクが高く、詳細調査の優先度の高い区域であると判定する。

1.3. 機器の必要性能

電気伝導度計の標準仕様と、調査実施上で必要となる性能は下記の通りである。

(1) 標準仕様

実証研究に用いた電気伝導度計の標準仕様は表 1-6 の通りである。

表 1-6 電気伝導度計の標準仕様

項目	仕様
機種	B社 型式番号
寸法	全長 193mm × 直径(太さ) 40 mm
重量	空中 350 g
機器構成	電気伝導度センサ, 電源(リチウム電池), 2M バイトフラッシュメモリ, 耐圧ケース
耐水圧	200m 水深
連続稼働時間	10分ピッチで約2年

(2) 必要性能

現在、国内では数種類の電気伝導度計が販売されているが、浸入水調査を行う場合には表 1-7 に示す性能を満足し、下水環境下で安定した測定ができる機器を選定する必要がある。

表 1-7 電気伝導度計に必要な機器性能

必要性能	尺度	性能値
測定性能	測定範囲	60mS/cm 以上
	分解能	0.001mS/cm 以上
	精度	±0.05mS/cm 以上
	連続測定可能日数	10分ピッチで7日以上

1.4. 性能諸元と現場諸元

電気伝導度計の性能を、実証研究の結果に基づき、性能諸元、現場諸元に分類したうえで整理すると下記の通りとなる。

(1) 性能諸元

実証研究の結果に基づき、電気伝導度計の性能諸元を評価した。評価にあたっては、他の評価と異なりマンホール内に機器を設置しての自動計測となることから日進量(1日あたりの調査可能延長)ではなく作業量(1日あたり設置可能な箇所数)を用いた。

①作業量(箇所/日)、②調査コスト(円/m)、③確認可能な異常項目とランク、④異常確認精度(検出率・適合率)の4項目の評価結果は、表 1-13 に示す通りとなった。

①作業量(箇所/日)

1日あたり設置可能な箇所数は9箇所/日であり既存技術である流量計測計が6箇所/日であることを踏まえると、作業量が1.5倍に向上している。これは、機器が既存技術に比べて小さく、マンホール内に簡易に設置することが可能なためである。

②調査コスト(円/箇所)

調査コストは既存技術である流量計測計の約0.8倍である。理由を以下に示す。

- ・流量計測計に比べて電気伝導度計は、設置・撤去にかかる時間が短いため設置・撤去費が安価
- ・機械器具損料が安価

③確認可能な異常項目とランク

電気伝導度計で確認可能な異常項目は、浸入水である。なお、異常ランクの判定は行えない。

④異常確認精度

従来型 TV カメラとの比較結果および流量計測計との比較結果について以下に記す。

④-1 従来型 TV カメラとの比較

前述した分析・評価手法方法に従い、測定した伝導度データを分析・評価した結果について以下に示す。

(a)詳細調査優先箇所の判定基準値の算定

実証研究におけるベンチマーク値 C の調査結果の平均値 $C=511(\mu\text{ S/cm})$ 、下水道統計に記載の数値に基づく当該処理区の浸入水率 $X=10.8(\%)$ を適用して、基準電気伝導度を算出した結果を表 1-8 に示す。

表 1-8 基準電気伝導度の算定 (例)

項目	数値	備考
ベンチマーク値 C	$511\mu\text{ S/cm}$	調査区域の平均値
当該処理区の浸入水率 X	10.8%	下水道統計による
地下水の電気伝導度 C2	$148\mu\text{ S/cm}$	表 1-5 の平均値による
基準電気伝導度 C1	$550\mu\text{ S/cm}$	(式.2) による

算出した基準電気伝導度 C1 を用いて以下に示す基礎式から、詳細調査優先箇所の判定基準値 C' ($=435(\mu\text{ S/cm})$) を算出した。

$$C' = \frac{C1 \times Q1 + C2 \times Q2}{Q1 + Q2}$$

$$= (C1 + C2 \times 0.4) / (1 + 0.4)$$

$$= (550 + 148 \times 0.4) / (1 + 0.4) = 435 \mu\text{ S/cm}$$

C' : 判定基準値 ($\mu\text{ S/cm}$)
 X' : 基準浸入水率 (=0.4)
 $C1$: 基準電気伝導度 ($\mu\text{ S/cm}$)
 $C2$: 地下水の電気伝導度 ($\mu\text{ S/cm}$)
 $Q1$: 汚水量 (m^3)
 $Q2$: 浸入水量 ($=X' \times Q1$)

(b)調査結果の評価

上記で求めた詳細調査優先箇所の判定基準値 ($C'=435\mu\text{ S/cm}$) と電気伝導度の測定結果を比較し、詳細調査優先箇所の判定基準値よりも低い値となっている区域を浸入水リスクが高く、詳細調査の優先度の高い区域であると判定した。

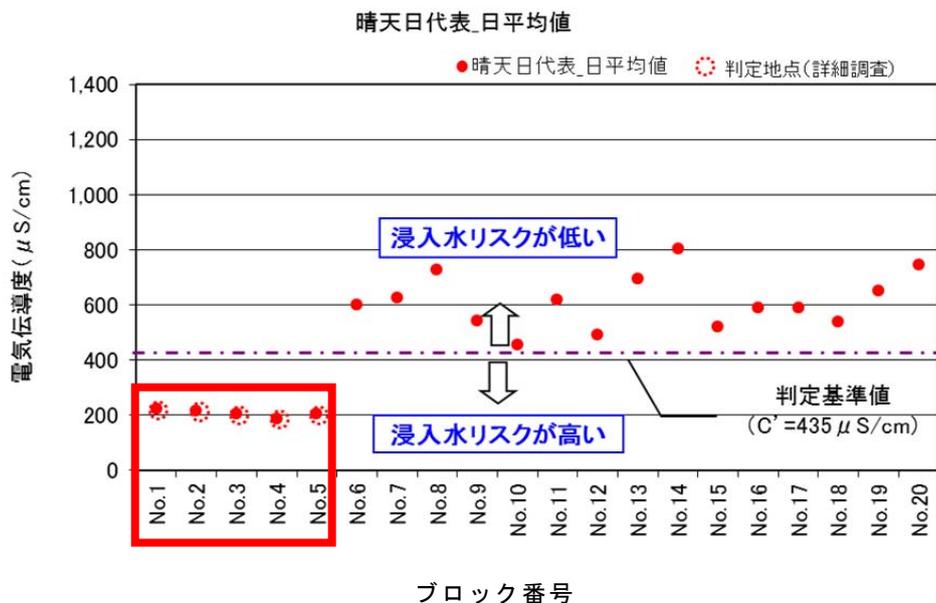
今回の実証では、表 1-10 に示すように No. 1~No. 5 のブロックにおいて電気伝導度の測定結果が詳細調査優先箇所の判定基準値 ($C'=435\mu\text{ S/cm}$) を下回っており、浸入水リスクが高いと判定する。別途、従来型 TV カメラによる調査を実施した結果との比較を表 1-11 に示す。

表 1-11 の右列のスコアとは、従来型 TV カメラによって確認された a, b, c ランクの異常を重み付けして (ランク a : 3 点, ランク b : 2 点, ランク c : 1 点) 合計した値である。No. 1~5 と No. 6~15 でスコアに有意な差が生じており、電気伝導度計による調査で、浸入水リスクの優先順位付けが適切に行われているといえる。

表 1-9 浸入水リスクの判定結果

地点	電気伝導度	地点	電気伝導度
No. 1	223 (μ S/cm)	No. 11	619 (μ S/cm)
No. 2	215 (μ S/cm)	No. 12	490 (μ S/cm)
No. 3	206 (μ S/cm)	No. 13	695 (μ S/cm)
No. 4	187 (μ S/cm)	No. 14	803 (μ S/cm)
No. 5	203 (μ S/cm)	No. 15	521 (μ S/cm)
No. 6	599 (μ S/cm)	No. 16	588 (μ S/cm)
No. 7	627 (μ S/cm)	No. 17	589 (μ S/cm)
No. 8	727 (μ S/cm)	No. 18	538 (μ S/cm)
No. 9	541 (μ S/cm)	No. 19	652 (μ S/cm)
No. 10	454 (μ S/cm)	No. 20	743 (μ S/cm)

項目	電気伝導度
最大	803 (μ S/cm)
最小	187 (μ S/cm)
平均	511 (μ S/cm)
中央	565 (μ S/cm)



- 晴天日における電気伝導度の中央値を示す。
- 平均的な地区に対して、常時浸入水が40%以上ある地域 (= 電気伝導度が 435μ S/cm より低い地点) を詳細調査優先箇所とする

図 1-4 浸入水リスクの判定結果

表 1-10 浸入水リスク判定結果とTVカメラ調査結果の比較

浸入水リスク 判定結果	No.	浸入水発生箇所数(箇所)				平均	スコア (点)
		a	b	c	計		
浸入水 リスク高	No.1	1	25	17	43	46	70
	No.2	11	39	7	57		118
	No.3	4	34	6	44		86
	No.4	14	16	33	63		107
	No.5	10	12	1	23		55
浸入水 リスク低	No.6	0	0	0	0	5.1	0
	No.7	0	1	0	1		2
	No.8	0	0	0	0		0
	No.9	0	2	2	4		6
	No.10	1	8	5	14		24
	No.11	4	5	13	22		35
	No.12	0	0	0	0		0
	No.13	0	0	0	0		0
	No.14	0	1	0	1		2
	No.15	0	3	3	6		9
	No.16	7	6	12	25		45
	No.17	0	0	2	2		2
	No.18	0	0	2	2		2
	No.19	0	0	0	0		0
	No.20	0	0	0	0		0

スコア：ランク a は 3 点，ランク b は 2 点，ランク c は 1 点で重み付け

④-2 流量計測計との比較

実証現場で測定した地点における降雨前後の電気伝導度と流量計測計の比較結果を表 1-11 及び図 1-5 に示す。

無降雨時 (9/14) の電気伝導度の値は、 $595 \mu\text{S}/\text{cm}$ であるのに対して、降雨翌日 (9/17) の値は $196 \mu\text{S}/\text{cm}$ と低い値となっており、浸入水の流入により電気伝導度が大幅に低下していることが判る。検証のため実施した流量測定結果からも、無降雨時の流量に比べて降雨翌日の流量は 15 倍に増加していることがあきらかになっている。また、降雨の影響を受けていない晴天日 (晴天日が連続した 4 日目 (9/29)) においても、降雨日前 (9/14) と比べ、電気伝導度は $206 \mu\text{S}/\text{cm}$ と低い値を示し、流量は $122\text{m}^3/\text{hr}$ と高い値を示しており、同様の変動傾向を示していることが分かる。

続いて電気伝導度計の計測結果をもとに算出した浸入水量 ($Q_{2\alpha}$) と流量計測計の計測値をもとに浸入水量 ($Q_{2\beta}$) とを比較した結果を表 1-13 に示す。降雨直後は地下水が希釈され水質が一定でないため、降雨翌日の 9 月 17 日では $Q_{2\alpha}$ と $Q_{2\beta}$ とに乖離が見られるものの、降雨の影響の少ない 9 月 29 日、10 月 14 日は高い適合性を有しているといえる。この結果からも常時浸入水調査においては電気伝導度計が従来技術である流量計測計と同程度の精度で浸入水計測が可能であることが示されている。

表 1-11 電気伝導度と流量の変動

地点	項目	基準	降雨日		降雨翌日	晴天日代表	最終晴天日
		9/14	9/15	9/16	9/17	9/29	10/14
元本郷 No. 3 (合流)	流量 (m^3/hr)	14.0	2,845.9	1,281.6	208.6	122.1	104.3
	流量比	—	204.0	91.9	15.0	8.8	7.5
	電気伝導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	595	193	167	196	206	215
	電気伝導度比	—	0.32	0.28	0.33	0.35	0.36

9/15・16降雨の前日 (9/14) を比較の基準日とした。

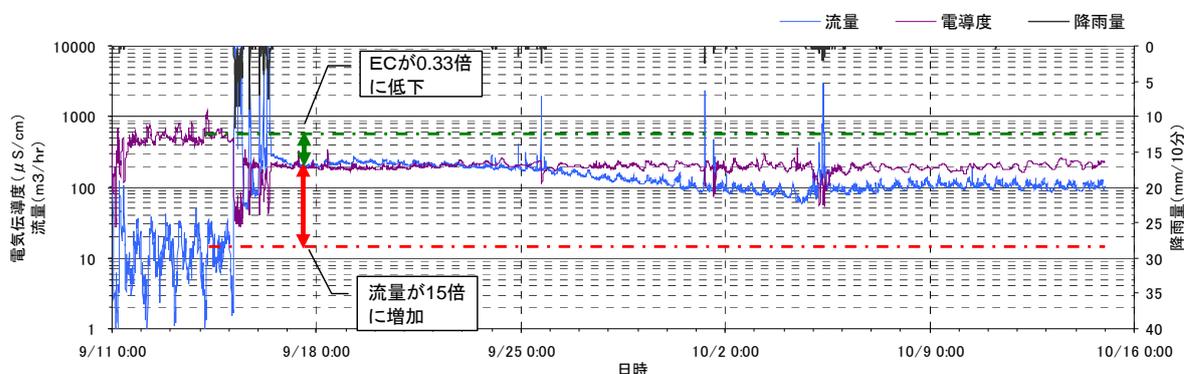


図 1-5 電気伝導度と流量の変動

表 1-12 浸入水量の比較

	9月17日 (降雨翌日)	9月29日 (晴天日代表)	10月14日 (最終晴天日)
浸入水量 $Q_{2\alpha}$ (m ³ /hr) ※電気伝導度計の計測結果より算出	130.4	107.9	93.4
浸入水量 $Q_{2\beta}$ (m ³ /hr) ※流量計測計の計測結果より算出	194.6	108.1	90.3

表 1-13 電気伝導度計の性能諸元

評価項目	性能諸元
① 一日あたり 作業量 (箇所/日)	電気伝導度計：9箇所/日 報告書作成業務：1～2箇所/日
② 調査コスト (円/箇所)	235千円/箇所 (うち浸入水現地調査費 142千円, 分析・評価費 93千円) (参考) 流量計測計 289千円/箇所 (うち浸入水現地調査費 195千円, 分析・評価費 93千円)
③ 確認可能な異常項目とランク	浸入水 (ランク判定は不可)
④ 異常確認精度	浸入水リスクの優先順位付けが可能

(2) 現場諸元

実証事象をもとに整理した、区域スクリーニング調査として用いる電気伝導度計の現場諸元を以下に記す。各項目に関する評価結果は表 1-14 に示す通りである。

①適用範囲

センサーはマンホールのインバート部に設置するため、既存技術である流量計測計と比べて曲がり、会合、段差等のマンホール特性による制約を受けにくい。また、センサーは小型であるためマンホール内への設置が容易である。

②適用条件

電気伝導度計による調査においては、センサー部が常時水中に浸かっている必要がある。そのため、急傾斜地で水深の浅い地点や流量が少ないところは、水位嵩上げ対策を実施する等、センサーが常時水中に浸かっているための対策が必要である。

③専門技術性

計測器設置、データ回収、計測器撤去の際には、技師 B 程度の技術者で対応する。計測データをもとに異常箇所を判定する際には、流量計測計による浸入水調査に関

する知識と経験を有する技師 A 程度の技術者で対応する。

表 1-14 電気伝導度計の現場諸元

評価項目	現場諸元
① 適用範囲 (管きよ属性)	TV カメラ調査の現場諸元との比較 管種：問わない 管径：問わない 土被り：問わない マンホールサイズ：問わない 流量計測計の現場諸元との比較 管の曲がり：問わない マンホールにおける会合：問わない マンホールにおける段差：問わない ※流量計測計による調査は、一定長さの直線区間、マンホールで会合及び段差なしが適用範囲である。
② 適用条件 (制約条件)	水深：センサーの直径（40mm）以上 ※センサーが常時水中に浸かる必要あり ※水深が確保できない場合は、嵩上げ対策等により水深を確保する 流速：センサー部における水跳ねでセンサーが水中から露出しない程度の流速まで 交通量：問わない 道路幅員：作業帯範囲を確保できる幅員
③ 専門技術性	流量計測計による浸入水調査技術と同程度 機器設置箇所の選定：技師 B 相当 機器設置：技師 B 相当 調査結果の判定・分析：浸入水調査の知識経験を有する技師 A 相当

1.5. 留意事項

電気伝導度計による調査を行う場合には、以下の項目に留意する必要がある。

(1) 区域スクリーニングの特性

電気伝導度計による区域スクリーニングは、機器をマンホール内に設置した自動観測である。本調査は、区域単位での浸入水リスク評価であり、異常があるスパンの特定は困難なことから、浸入水リスクの高い区域を対象とした別途詳細調査が必要である。しかし、区域単位の特定のため、異常のないスパンまでを詳細調査の対象とすることになり、コスト増になる可能性がある。

(2) 調査時期の制約

常時浸入水の発生量は地下水位の高さにより大きく変動する。浸入水が多く発生している箇所を絞り込むためにも電気伝導度計による調査の実施時期は、地下水位が高い時期（5月から10月頃）を選定することが望ましい。

(3) 水位嵩上げ対策の実施

電気伝導度計はセンサーが水に浸かるよう設置する必要がある。このため急傾斜地で水深の浅い地点や流量が少ないところは、水位嵩上げ対策を実施する等、センサーが常時水中に浸かる状態にするための対策が必要である。水位嵩上げ対策を行う際は、マンホール内の流下阻害の原因とならないよう注意しなければならない。

2. データ管理技術

2.1. データ管理の概要

下水道管きょにおけるストックマネジメントの実施に向けては、「調査計画の策定→巡視・点検→スクリーニング調査→詳細調査→改築（長寿命化）・修繕計画策定→対策実施→調査計画の見直し」に沿った管渠マネジメントシステムの PDCA サイクルが重要である。

PDCA サイクルを効率的に回すには、得られた点検・調査データを蓄積・管理しつつ、異常の傾向を分析し、調査計画の見直しに利活用（フィードバック）する必要がある。また、蓄積データは、現場調査における各種の確認・判断の軽減にも有用である。

データ管理技術には、情報の蓄積・管理技術、情報分析技術、現場調査支援技術等があり、本ガイドラインでは、実証研究に参画した共同研究体より提案のあったデータ管理技術（表 2-1 参照）を紹介する。ただし、実証研究においては、データ管理技術の効果検証を実施していないため、ここでは【参考】として紹介するものとする。

表 2-1 データ管理技術一覧表

名称	技術分類	技術名称	技術概要
データ管理技術 A ※積水化学工業(株)・(一財)都市技術センター・河内長野市・大阪狭山市共同研究体	情報管理 情報分析	管路情報管理システム	<ul style="list-style-type: none"> ・展開広角カメラおよび衝撃弾性波検査法の判定結果を一元管理 ・検索機能により、施設状況を容易に把握 ・帳票の様式を固定し、入力作業を省力化 ・改築等のシミュレーションを容易に実施 ・検索機能や追跡機能により、緊急時の路線検索が容易
データ管理技術 B ※管清工業(株)・(株)日水コン・八王子市共同研究体	情報管理	維持管理履歴管理システム	<ul style="list-style-type: none"> ・清掃、点検、調査、修繕、改築の管理情報を DB で一元管理 ・調査履歴の充実により容易に優先順位付け
	情報管理 現場調査支援	クラウド型管路情報管理システム	<ul style="list-style-type: none"> ・パソコンやモバイル端末等インターネットに接続された端末で利用可能 ・管路施設の詳細情報が現地で確認可能 ・発注者・委託業者等関係間でリアルタイムに情報を共有化
データ管理技術 C ※船橋市・日本下水道事業団・日本電気(株)共同研究体	情報管理	管路台帳データベース	<ul style="list-style-type: none"> ・スクリーニング調査によって得られた情報を管路の基本情報と一元的に DB 化
	情報分析	異常分析データベース	<ul style="list-style-type: none"> ・異常予測、事業量予測等を行う上で有効な情報を収集・DB 化し分析 ・将来予測、中長期的な事業量等予測時の基礎データとして有効活用

2.2. データ管理技術 A

データ管理技術 A（管路情報管理システム）は、データ管理の効率化と調査計画・長寿命化計画策定時に必要な緊急度判定を簡易に行い、対策の実施時期や改築対象範囲の選定等を支援するシステムである。

（1）管路情報管理システム概要

スクリーニング調査（展開広角カメラ）および追加調査（衝撃弾性波検査法）の判定結果をデータベースとして情報管理システムに取り込むことで、データ管理の効率化と調査計画・長寿命化計画策定に用いる緊急度判定を簡易に行い、維持管理の実施時期や改築対象範囲の選定等を支援するシステムである。管路情報管理システムに搭載したGISにより地図上から欲しい情報を取り出すことができ、LCC（ライフサイクルコスト）の算定や平準化に活用できる。

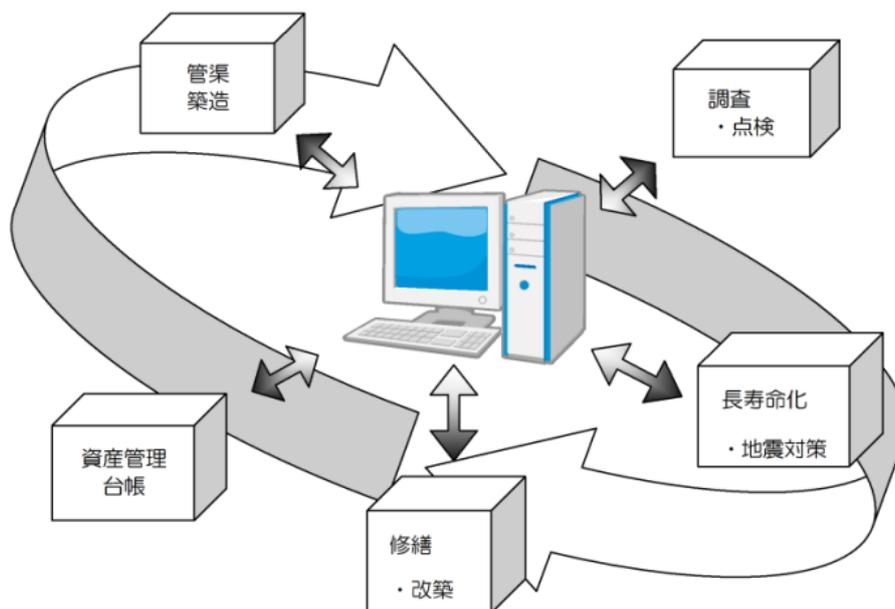


図 2-1 管路情報管理システムのイメージ

(2) 管路情報管理システムの特徴

従来下水道管理台帳では、管路情報として管径、勾配、延長、管底高、取付管の管径、延長等施設築造時の情報のみが表示されている。これに対して、GISを搭載した管路情報管理システムは以下のような特徴を有する。

- ・過去の調査履歴および調査周期から年度予算に合わせた調査計画を策定
- ・管きよの不良箇所から自動的に緊急度判定
- ・布設替えならびに更生工法等の対策方法の自動選定
- ・対策工法を考慮した改築・修繕費等の事業費を自動算出
- ・年度予算に合わせて改築・修繕費等の事業費を自動的に平準化
- ・検索機能が簡易であり、緊急時の路線検索が容易

(3) 管路情報管理システム導入の効果

1) 維持管理業務の支援

日常業務における各種の維持管理状況を管路管理情報管理システムに記録することで、計画的な維持管理を実施するため情報を容易に取得することができる。

管路情報管理システムの維持管理業務の支援に対する主要な導入効果は、以下のようにまとめられる。

①作業の効率化

- ・維持管理情報の入力作業省力化

展開広角カメラや衝撃弾性波検査法等の調査データを標準フォーマット化することで、管路情報管理システムへ一括取り込みすることが可能であり、入力作業が省力化される。

- ・維持管理情報の保管場所の省スペース化

膨大な紙媒体の維持管理情報を管路情報管理システムで電子化しファイリングすることにより、データが整理されかつ保管場所の省スペース化を図ることができる。

- ・路線検索の簡易化

路線名、スパン名、住所等による検索機能を活用することにより、目的の対象スパンの検索が容易になる。

②管きよ情報の一元管理

- ・老朽化状況の可視化

調査結果等が電子データ化された状態で一元管理されていることにより（図 2-1）、スパンごとに管路情報だけでなく、老朽化状況を調査結果の数値解析データならび映像データで確認できる。老朽化状況を可視化した例を図 2-2 に示す。



図 2-2 老朽化状況の可視化

・老朽箇所の位置確認

GIS 機能により、管きよの異常種類、緊急度、管種、管径、布設年度等に色分けし老朽箇所を地図上で確認できる。

③維持管理履歴の蓄積

点検・調査・清掃の履歴を蓄積し、浸水・陥没・堆積・苦情等の状況や対策内容を蓄積することにより、計画的な維持管理が可能となる。その他に、改築・修繕の履歴を更新することにより、布設時と改築・修繕後の状態を確認することが可能となる。

2) 長寿命化計画の支援

老朽化施設が急速に増加していくなか、一定の予算制約の範囲内で改築事業を実施するにあたり、効率的な長寿命化計画を立てる必要がある。

管路情報管理システムの長寿命化計画の支援に対する主要な導入効果は、以下のようにまとめられる。

①自動的な緊急度の判定および分析

- ・スクリーニング調査と詳細調査の結果からの総合的な緊急度判定

展開広角カメラによるスクリーニング調査および衝撃弾性波検査の結果を入力することにより、緊急度をシステム上で自動判定が可能となる。

- ・緊急度判定の分析

展開広角カメラ調査および衝撃弾性波検査の結果を電子データ化することにより、「ストックマネジメント手法を踏まえた下水道長寿命化計画策定に関する手引き（案）」に基づく考え方で、緊急度を容易に分析できる。

②長寿命化計画の策定

- ・対策工法の検討

管路管理情報システムを用いて緊急度判定を分析することにより、容易に劣化箇所 の範囲や規模を見極め、経済性の観点も含めて自動的に部分補修、布設替え、更生工法等の対策工法を選定できる。

- ・改築計画のLCC比較

スパン単位の対策が必要と判定された管路に対し、長寿命化対策（更正工法）あるいは更新（布設替え）を総合的に判定し、LCC改善額を自動算定できる。

- ・事業費の平準化

長寿命化計画の策定において、衝撃弾性波検査法を活用した改築対象路線の優先順位付けや年度予算に合わせて、改築事業費をシミュレーションにより平準化することができる。



図 2-3 事業費の平準化

2.3. データ管理技術 B

データ管理技術 B は、維持管理履歴情報システム及びクラウド型管路情報管理システムを用いたシステム効率化技術である。

(1) システム概要

1) 維持管理履歴管理システム

本システムは、下水道管路施設の維持管理に特化した情報管理システムである。管理できる施設は、マンホール、本管、取付管、柵、蓋、マンホールポンプである。また、これら各施設の清掃、点検、調査、修繕、改築の管理情報をデータベースに登録することで一元管理が可能である。

特に、調査履歴は重要で過去の調査情報をもとに施設の状態を把握し、優先順位を付けることで、発生対応型の管理から重大事故を未然に防ぐ予防保全型の管理をすることができる。

2) クラウド型管路情報管理システム

クラウド型管路情報管理システム（以下、クラウド GIS）は、パソコンやモバイル端末等インターネットに接続された端末で利用できる管路台帳システムである。現地において、管路施設の詳細情報の確認が行えることに加え、関係者全員がリアルタイムに情報を共有することで、調査業務の効率化を図ることができる。

(2) システムの特徴

1) 維持管理履歴管理システム

下水道施設の管理体制が問われている中、アセットマネジメントや長寿命化計画の根拠となる情報を提供することが可能なシステムであり、**図 2-4**～**図 2-7** に示すような情報整理が可能である。

①緊急度の算出（異常のランクや数から緊急度を判定する）



図 2-4 緊急度の算出

②異常箇所一覧（ランク，調査年度，件名等から絞り込みが可能）



* A・B ランクのみ抽出して出力したリスト

図 2-5 異常箇所の一覧

③維持管理履歴（いつ何をどのような管理をしたか、実施時期の新しい順に表示）



図 2-6 維持管理履歴

④管理周期リスト（巡視，点検，清掃等施設の経過年数や布設環境を加味した周期を設定することが可能）



図 2-7 維持管理履歴

* ①～④すべての画面から記録表や地図（オプション）の出力が可能。

2) クラウド型管路情報管理システム

一般に管渠マネジメントシステムにおける、スクリーニング調査、詳細調査の実施にあたっては、地方公共団体は調査会社に対し、調査路線情報、管路諸元を提供することになる。管路情報を GIS（地理情報システム）やマッピングシステムにより電子化されている地方公共団体では、これらの情報をクラウド GIS により、現場においても活用することができる。

(3) システム導入による期待される効果

1) 維持管理履歴管理システム

システムに調査データを登録した後、これらのデータを活用して、以下に示すような設計業務や住民対応業務等通常業務の効率化を期待できる。

■設計業務

- ・補修箇所の選定及び概算工事費算出
- ・決められた管理周期の計画的かつ確実な履行
 施設の経過年数が増すにつれ、管理周期の短縮化
 面的管理からスパンごとの管理

■住民対応業務

- ・住民からの苦情に対する進捗管理
- ・苦情の履歴管理を行い傾向から予防保全の実施

■その他一元管理（データベース化）の効果

- ・報告書電子化により保管場所の小スペース化
- ・管理情報一元化により重複手配の防止
- ・データベース化により検索時間の短縮

2) クラウド型管路情報管理システム

システムを導入することにより以下のような効果が期待できる。

①現地における容易な施設特定と調査業務の効率的な引き継ぎ

管きよが輻輳している場所やマンホールが密集している場所において、台帳図を基にして目標とする施設を特定することは困難な場合がある。モバイル端末を現地で使用することで GPS による位置特定、管網の把握、管きよやマンホールの属性を確認できることから、施設の特定が容易である。また、日ごとに調査員が変わる場合においても、調査が完了したマンホールと未完了のマンホールをシステム上で整理することで、業務の引き継ぎが効率的となる。

② 確実な指示の伝達と内容の共有及び再確認

地方公共団体及び調査会社における連絡事項や指示内容等を電話連絡することに加え、該当施設に対して指示事項等を直接クラウドGISに登録することで、確実な情報共有が行える。また、庁舎内と現場で同じ画面を見ながら確認することで確実な問い合わせ内容等の周知やスムーズな調査に繋げることができる。

③ 進捗管理

現場において、調査状況を登録することで、庁舎や事務所において調査の進捗状況を確認できる。

④ 手戻り防止

クラウドGISの効果としては、該当施設をGPSの位置情報からも確認できることから、施設番号や図面による確認に比べ転記ミスや調査対象の間違いによる手戻り防止等の効果が期待できる。

2.4. データ管理技術 C

データ管理技術 C は、管路台帳データベース、異常分析データベースを用いたシステム効率化技術である。

(1) システム概要

従来の管路台帳システムは、「下水道台帳管理システム標準仕様(案)・導入の手引き Ver. 4」(日本下水道協会)において、標準的な仕様が規定されているが、管内調査の結果に係る情報の DB 化については、ほぼその対象としておらず、管内調査のデータと、資産としての管路データの関連付けが十分にはなされていないのが実態であった。

今回、実証を行ったスクリーニング調査においては、管内を新型ロボットが走行することにより、管路の基本情報に加えて、管内の状況を画像認識技術及び視認によって、評価することとしており、その結果は、専用のソフトウェアを使用することで、自動的に、電子データとして一覧化することが可能である。また、その際、あらかじめ管路台帳が電子化された台帳システムとして整備されている場合にはそれらのデータとのひも付けを行い、また、管路台帳の電子化された情報が無い場合においては、それらの情報を電子データ化した上で、新型ロボットの調査を行うことで、管路の情報及びその異常等を DB 内へ一括格納が可能となる。



図 2-8 台帳システムのイメージ

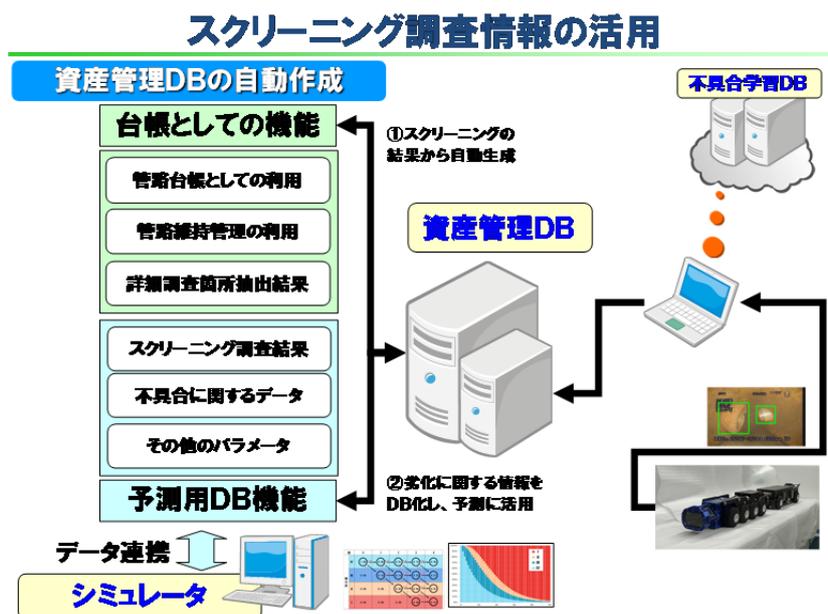
(2) 異常分析データベース

管路の異常予測のパラメータには、布設からの経過年数、管路の材質や地盤条件、その他の各種条件があるが、それらの情報を集約化し、将来予測等に使用する取り組みはまだ十分になされてきていない。

本技術は、そうした異常予測、事業量予測等を行う上で有効な情報を収集・DB化し、その情報を分析することで、今後の将来予測、あるいは、中長期的な事業ボリューム等を予測時の基礎データとして有効活用を図ることを目指すものである。

スクリーニング調査によって得られる情報には、不具合の種類、程度、経過年数その他の豊富な情報が含まれており、これまでは、それらのデータが一元的に蓄積されてきておらず、その分析も十分になされてきていない。すなわち、調査が散発的に行われているものの、それらの結果を有機的に分析することは全く行われていない。

従来の詳細調査に比べ、広いエリアを対象に行われ、かつ、精度については、やや低いという特徴を有するスクリーニング調査技術は、短期的なマイクロマネジメントに対する情報収集としての役割よりも、中長期的な視点に立ったマクロマネジメントへの活用が有効な情報を多く得られるという特徴がある。



(3) システム導入による期待される効果

スクリーニング調査により得られる情報には、管路の資産情報に加えて、管路の劣化等の状態に関する情報が含まれる。これらのデータを活用し、従来の管路に係る台帳システムが対象としていた管路に関する基本情報に加えて、管路の健全性、詳細調査を実施する優先性等の情報も網羅したDBの構築を可能とすることで、効率的な管路マネジメントに寄与できると考えられる。

1) 管路台帳データベースの効果

本マネジメント技術においては、スクリーニング調査によって得られた情報を利用し、管路の基本情報と一元的にDB化することで、管路の戦略的なマネジメントの推進を図ることを目指している。

2) 異常分析データベースの効果

処理場やポンプ場と異なり、エリアマネジメントの概念が有効な管路については、スクリーニング調査技術を核として、こうした概念を普及していくことが、今後の効率的な管路マネジメントのために不可欠かつ極めて有効な手法であると考えられる。