

第二章 漏水調査作業

1 漏水探知技術

漏水探知の技術としては、漏水か所から発生する音を利用する方法、レーダー波（指向性電磁波）を利用した方法、水道管内に水質上問題のないガスを注入し、漏水孔より流出するガスを採取分析する方法等があるが、現在実用化されている技術としては、音を探知する方法が最も一般的である。

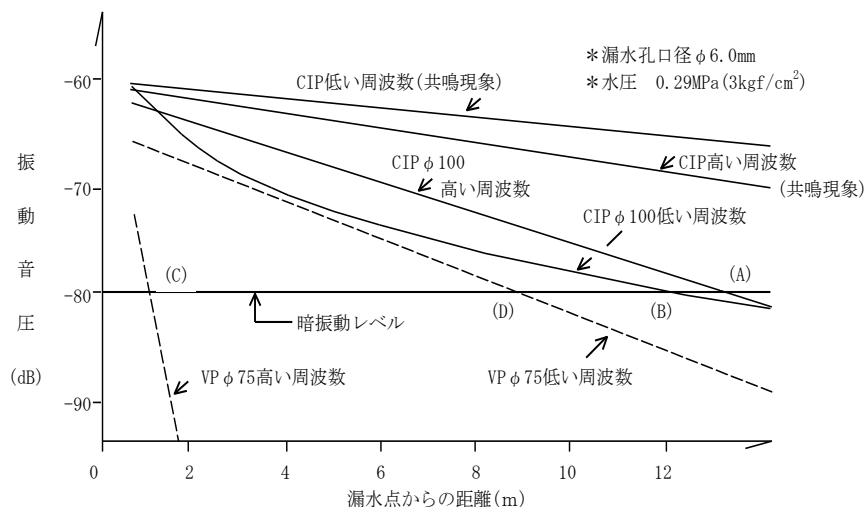
2 漏水音の利用

漏水音は漏水孔から管外に噴出するとき連続した振動音が発生している。この振動音は水道水の噴出時に液体エネルギーの一部が、音響エネルギーまたは機械振動エネルギーに変化して発生していると考えられる。その発生点の状態（漏水孔・管材質・水圧・周囲の状態等）により異なり、さらに伝播経路（土・コンクリート・管材質等）や伝播距離によって変化する。つまり、漏水音は発生点から伝播するにつれて減衰を生じるため、この減衰特性を把握しておくことが重要である。

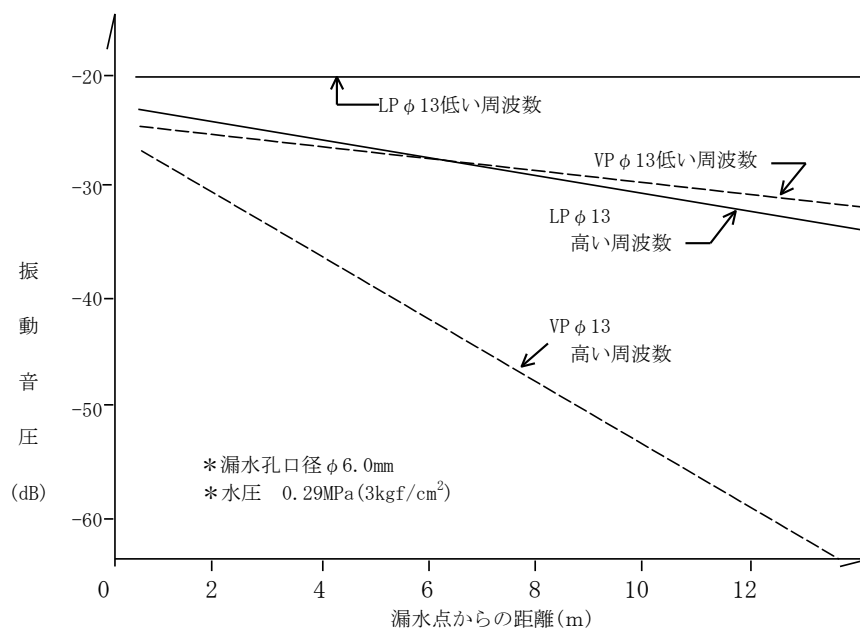
発生する漏水音は低音から高音まで広い範囲の周波数の音が発生している。減衰の程度は周波数によって異なり、高い周波数ほど大きい。また、塩化ビニル管（V P）は铸铁管（C I P）や鉛管（L P）と比較して、距離による減衰度が大きい。以下にその例を示す。

（1）管内水中音の減衰

下図は、V P $\phi 75$ と C I P $\phi 100$ の配水管上漏水における漏水音の距離による減衰状態を示すグラフである。



次に、以下の示すグラフは、VPφ13とLPφ13の給水管上漏水を同様に比較したものである。



これらのグラフから、VPがCIPとLPに比べ、大きな減衰特性を有していることがわかる。

下表に、漏水か所から10m離れるとその漏水音がどの程度まで小さくなってしまふのかを示す。

管種別減衰率（10m地点）

	管 種	漏 水 音	減 衰 率
配水管	CIP φ100	低い周波数の音	約1／10
		高い周波数の音	約1／6
	VP φ75	低い周波数の音	約1／8
		高い周波数の音	2mの地点で約1／28
給水管	LP φ13	低い周波数の音	ほとんど減衰しない
		高い周波数の音	約1／3
	VP φ13	低い周波数の音	約1／2
		高い周波数の音	約1／44

(2) 漏水孔・水圧等による漏水音の変化

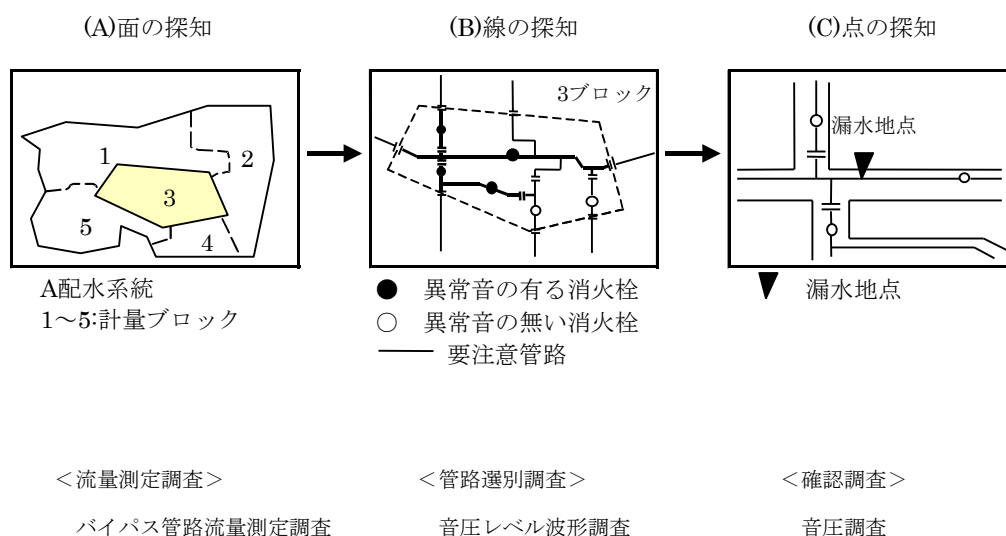
漏水孔形状や水圧が変化すると漏水音の減衰特性は多少変化するが、一般的に水圧が高くなると漏水音は大きくなる。また、水中音と管外壁音のレベルを比較すると漏水地点より10m離れたところで、管外壁音は水中波の約5分の1から10分の1となる。路面直下での漏水音を探知する場合は諸条件下での影響を下表にまとめる。

漏水音と調査条件

条 件	調査への影響	備 考
埋設深度	浅	良 い
	深	悪 い
土の密度	粗	悪 い
	密	良 い
管 材 質	軟	注 意
	硬	影響小
管 口 径	小	影響無
	大	影響有
漏 水 量	少	困 難
	多	容 易
水 圧	低	悪 い
	高	良 い

3 漏水探知のプロセス

漏水探知のプロセスは、面・線・点の順序で絞り込んでいくことを基本とする。



この図は漏水調査を段階的にとらえたものである。発生している漏水をある区域（面）で把握する調査、管路の区間単位（線）での調査、個々の漏水か所（点）の調査となる。これは、現在実施している調査工法の基本となるもので施設や漏水の発生状況によって、それぞれに適した段階を採用する手法となっている。

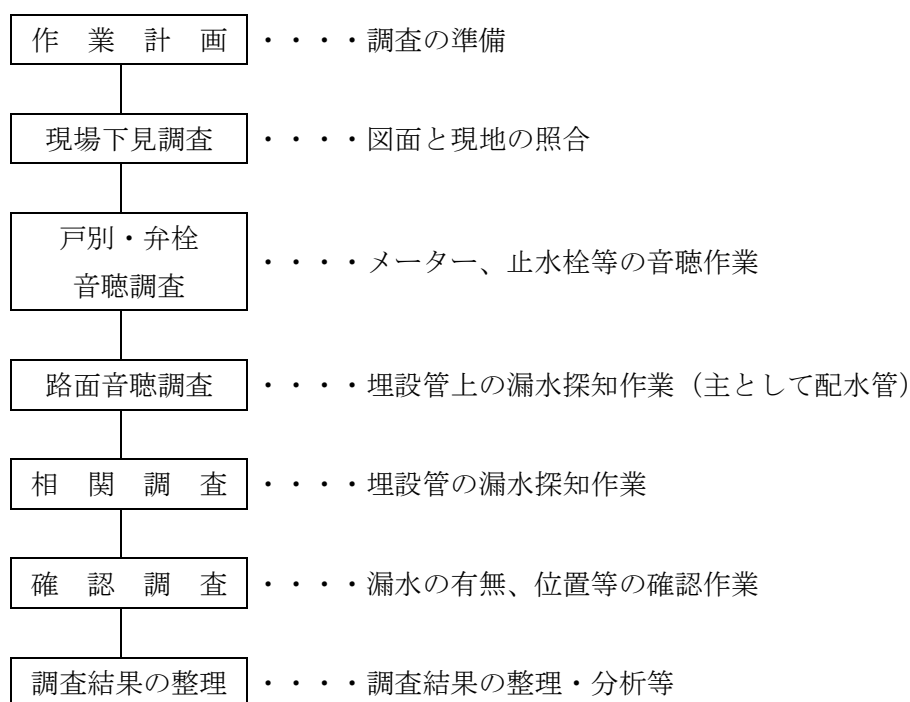
漏水調査は最終的に個々の漏水か所を発見するために行われる作業であり、その発見作業における段階や用途により各種調査方法がある。それらを施設や漏水の状況に応じて、段階的・複合的に組み合わせたものが漏水調査工法である。

広島市では漏水量の減少に伴い、主に点の探知の調査を主体とした調査内容となっている。

4 漏水調査内容

（１）漏水調査フロー

下図に漏水調査作業のフローを示す。なお、これは漏水発見調査の基本的な作業手順を示している。



（２）作業計画

（ア）作業内容

調査作業の円滑及び効率化を図るため、委託業務実施計画書の作成や、図面複写等を行う。委託業務実施計画書には、下記事項を記載する。

- ・ 業務概要
- ・ 実施方針

- ・業務工程
- ・成果物の内容、部数
- ・班編成と各責任者
- ・連絡体制（緊急時含む）
- ・使用する主な機械・機器
- ・その他

また、毎週、具体的な工程を把握するため、週の工程表を作成する。

（イ）作業方法

委託業務実施計画書等の作成の準備や、現場責任者と着工前の打ち合わせを行う。

（ウ）注意事項

警察や消防署等に対する提出書類の確認を行い、使用する図面類のチェック（情報変更及び欠落等）や施設において、操作に注意を要する弁栓類の確認をする。

（３）現場下見調査

（ア）作業内容

調査地区の配管図と現地を照合し、調査範囲や地域の特性を確認する作業である。作業でのチェック事項は、

- ・配水管の埋設位置の確認
- ・弁栓類の位置確認（必要に応じて機能点検を行う）
- ・切り廻し管、横断管、残存管、移設・新設管の確認
- ・住宅、商工業地域、給水密度、交通量、騒音等の有無、地形や他工事等の現地状況把握
- ・電力、ガス、通信施設等の埋設状況の確認
- ・必要に応じて位置不明管路、弁栓類の探知

等である。また、下見調査の結果は図面などに記入する。

（イ）作業方法

車両で調査地区の調査を行い、必要に応じて直接現場踏査を行う。

（ウ）使用機材

調査の対象となる管路や弁栓類の位置の確認を行う。また、使用する機器としては以下のものがある。

- ・金属管探知器
- ・非金属管探知器
- ・金属探知器
- ・音聴棒

（エ）注意事項

図面と照合し、不明な点の確認は十分に行う。

(4) 戸別・弁栓音聴調査

(ア) 作業内容

- ・給水装置や配水管の漏水音（疑似漏水音を含む。）を発見する作業。
- ・宅地内作業が主体となるため、昼間作業とする。

(イ) 作業方法

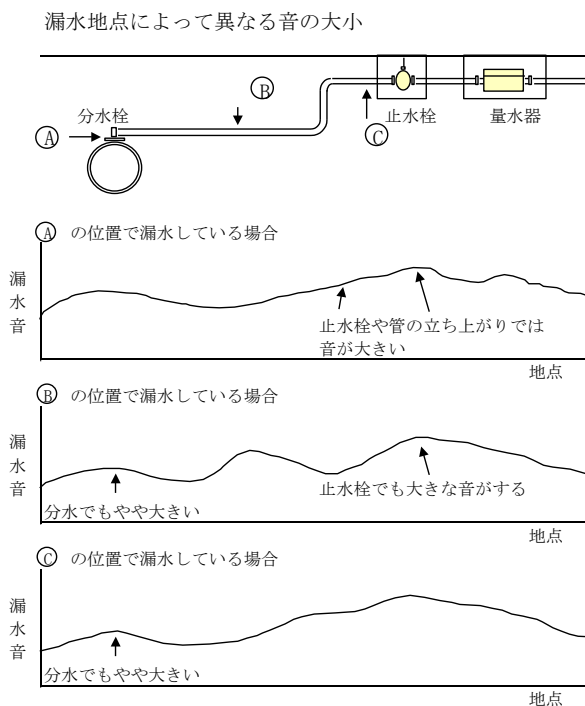
- ・各戸毎の止水栓、メーター並びに道路上の止水栓を音聴棒等により調査し、漏水音（疑似漏水音を含む。）を発見する。
- ・口径300mm未満の配水管の仕切弁及び消火栓等を音聴棒により調査し、漏水音（疑似漏水音を含む。）を発見する。

(ウ) 使用機器

- ・音聴棒
- ・弁栓類の蓋開け器具等

(エ) 注意事項

- ・メーターや止水栓で確認される漏水音（疑似漏水音を含む。）は、漏水の発生している地点によって聞こえる音の大小が異なる（下図参照）ため、注意が必要である。
- ・戸別音聴調査は宅地内での作業となるため、住民とのトラブルには十分注意する。



（５）路面音聴調査

（ア）作業内容

本局が指定する重要・重点管路（導水管・送水管・口径３００mm以上の配水管）について、交通量の少ない夜間に漏水音（疑似漏水音を含む。）を発見するものである。

（イ）作業方法

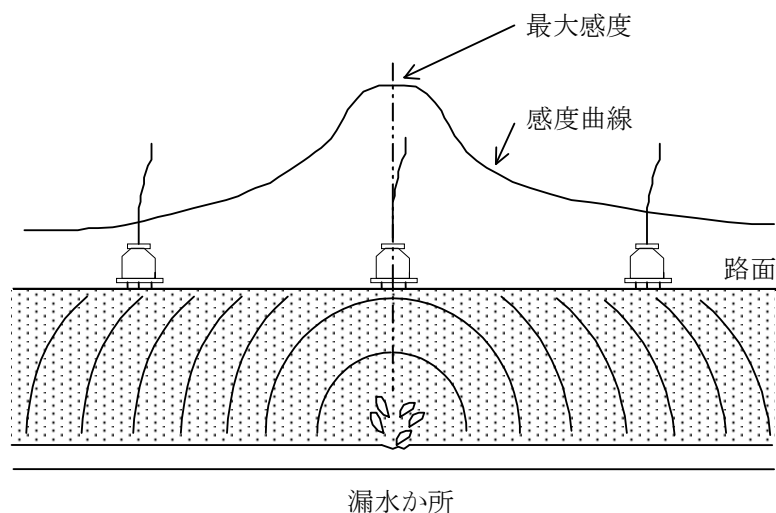
- ・管路上の路面を漏水探知器により調査する。
- ・音聴作業は埋設管上を０．５ｍ～１．０ｍ間隔で行う。
- ・補助的作業として音聴棒で弁栓類（止水栓・仕切弁・消火栓等）の調査を行う。

（ウ）使用機材

- ・漏水探知器
- ・音聴棒等

（エ）注意事項

- ・路面音聴による漏水探知の原理は、下図に示すように漏水か所の真上に最大感度が現れることを基本とするが、管の埋設深度の変化や曲がり部及び口径の変更点などにより影響されるため、注意が必要である。
- ・調査は風雨等の気象状況や交通車両の影響を受けやすいので、十分注意が必要である。



（６）相関調査

（ア）作業内容

軌道横断部、国道横断部及び法面等に布設されている水道管（導・送・配水管）について、ログ型多点相関式漏水探知器を用いて異常音のデータ収集を行う。

(イ) 作業方法

- ・仕切弁等へのセンサーの取り付けは、最低2か所以上とし、原則昼間に行う。
- ・測定時間帯は深夜とし、1時間程度の間隔で最低3回以上測定することとする。
また、1回当たりの測定時間は最低1分以上の連続測定とする。

(ウ) 注意事項

- ・添架管等露出管の測定は、風雨等の気象状況の影響を受けやすいので、十分注意が必要である。
- ・消火栓にセンサーを取り付ける場合は、事前に消防署への連絡が必要となる。

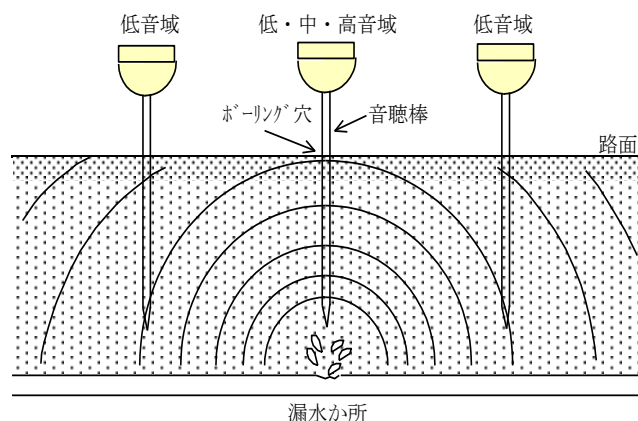
(7) 漏水確認調査

(ア) 作業内容

各種漏水調査によって発見された漏水音（疑似漏水音を含む。）について、漏水の有無を判別する。また、漏水と判別された場合は、正確な位置の割り出しを行う。

(イ) 作業方法

- ・漏水音（疑似漏水音を含む。）発生付近の側溝やマンホールを調べ、流入水がある場合は残留塩素反応により水の判別を行う。
- ・漏水の位置はボーリング工法により、路面に径20mm程度の穴をあけ音聴棒を差し込み、管付近の地下漏水による漏れ状況や噴射音を確認する。（下図参照）
また、状況を把握するため、管路や弁栓類の位置調査も行う。
- ・止水栓付近に漏水音（疑似漏水音を含む。）がある場合は止水栓の開閉操作により確認する。
- ・その他の確認方法として相関調査がある。



(ウ) 使用機材

- ・ボーリング機材（ハンマードリル・ボーリングバー・発電機）
- ・音聴棒
- ・漏水探知器
- ・埋設管探知機器
- ・相関式漏水探知器
- ・残留塩素確認用試薬

(エ) 注意事項

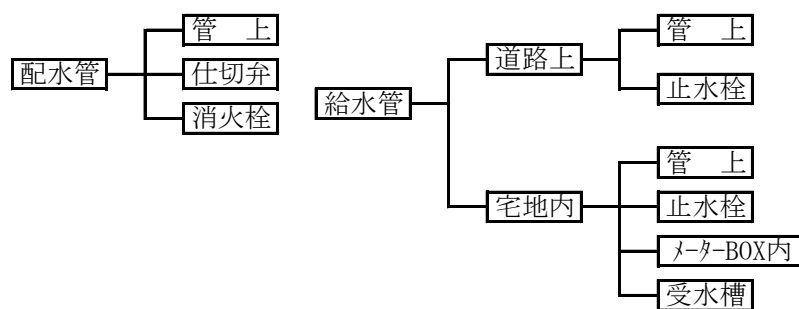
公道での作業が主体となるため安全対策を行い、埋設管や他企業施設（電力・ガス・通信施設等）に損傷を与えないよう十分注意して行う。また、必要に応じて関係者の立会を要請する。

(8) 調査結果の整理

(ア) 漏水報告書の作成

発見した漏水か所を速やかに修理するために、漏水か所の住所・目標、漏水の区分（下図参照）、地上漏水・地下漏水の別、付近見取図などを記載した漏水報告書（次ページに記載例）を作成する。

〔漏水の区分〕



(イ) 調査結果の記録

1年間の調査結果は、調査会社ごとに「委託業務実施報告書」により報告され、これらを総括した「漏水防止調査業務報告書」を作成・保存する。

また、水道施設情報管理システム（マッピングシステム）へ漏水情報を入力する。

整理番号 1

漏水報告書

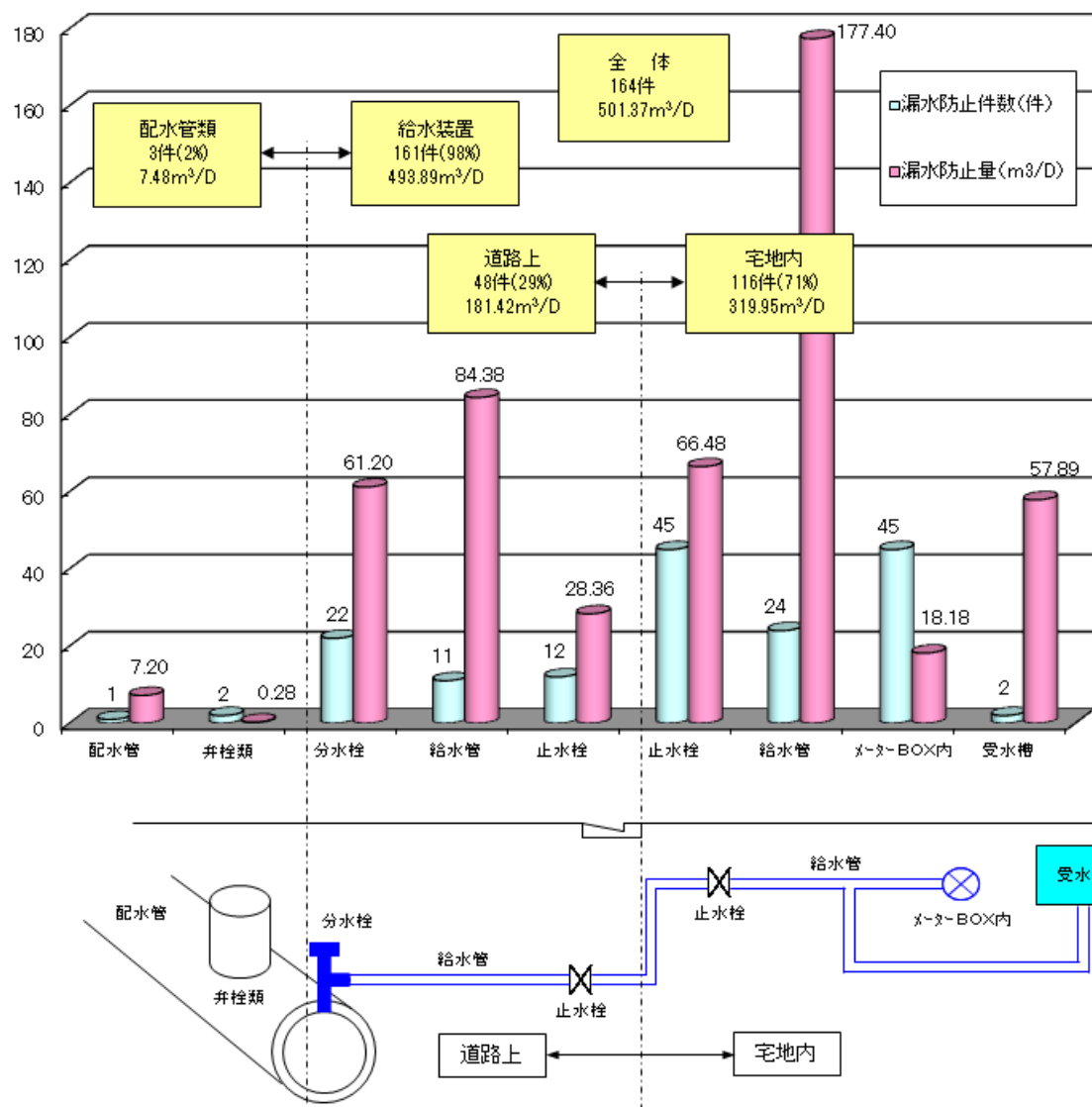
戸坂地区

発見	平成 〇〇 年 〇〇 月 〇〇 日		漏水番号	道 (宅) メ 受 ト レ ッ No. 1	
漏水場所	住所	東 区 区 戸坂新 町 〇 丁目 〇 番 〇 号			
	氏名(目標)	漏防 太郎			
所有者及び連絡先		000-000-000			
漏水形態	地上・地下	確認責任者	口漏 水夫		推定漏水量 5.0 l/min
路面状況	アスファルト・コンクリート・砂利道・土・タイル (その他 石張り)				
漏水か所					
本管 仕切弁 消火栓 その他() メーターBOX内 管種 口径 mm 検満年月 / 種別-番号 -					
地図	P 165 - B - 2		路線名	種工	道路幅員 m
現地確認			〇〇/〇〇	公社担当者	〇〇
備 考 漏防宅奥様に、漏水が有ることについて話をしています。					
「車の出し入れがあるので修理日の日程を教えてください。」との要望あり。					

漏水防止調査結果（所管別作成例）

件数：件 防止量：m3/D

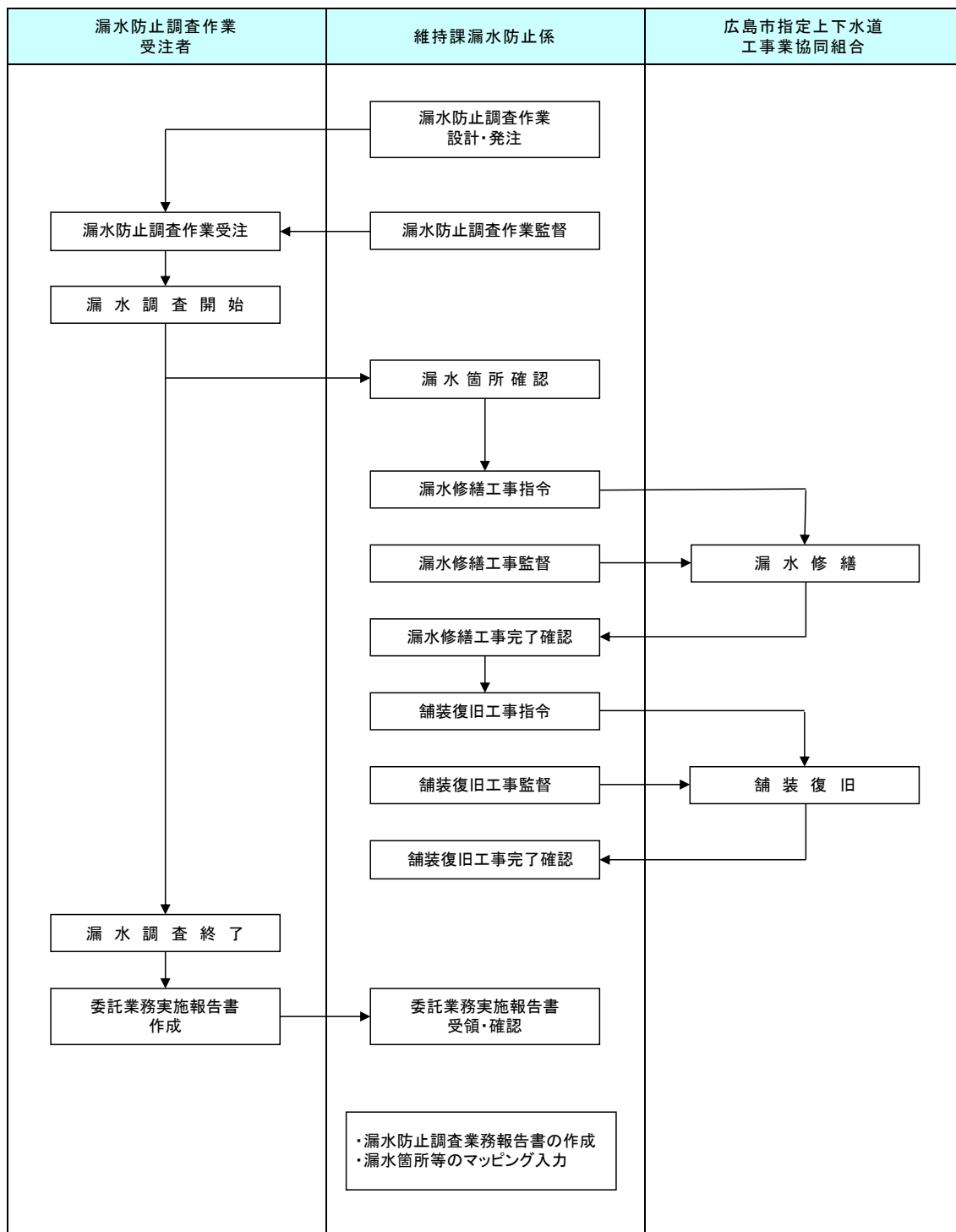
所 管	単位	道路上			宅地内			計	
		配水管類		給水管		メ-タ-BOX内	受水槽		
		管路	弁栓類	道路上	宅地内				
中工	件 数	1	0	20	29	9	0	59	
	防止量	7.20	0.00	43.92	86.07	6.03	0.00	143.22	
	中区	件 数	0	0	8	10	3	0	21
		防止量	0.00	0.00	15.84	63.50	4.46	0.00	83.80
	西区	件 数	1	0	12	19	6	0	38
防止量		7.20	0.00	28.08	22.57	1.57	0.00	59.42	
東工	件 数	0	0	9	13	13	2	37	
	防止量	0.00	0.00	67.24	95.18	6.17	57.89	226.48	
	東区	件 数	0	0	6	7	7	0	20
		防止量	0.00	0.00	19.72	45.93	4.75	0.00	70.40
	南区	件 数	0	0	3	6	6	2	17
		防止量	0.00	0.00	47.52	49.25	1.42	57.89	156.08
安佐南工 (安佐南区)	件 数	0	1	7	12	13	0	33	
	防止量	0.00	0.14	28.94	25.91	3.56	0.00	58.55	
安佐北工 (安佐北区)	件 数	0	1	4	2	0	0	7	
	防止量	0.00	0.14	12.24	0.58	0.00	0.00	12.96	
安芸工	件 数	0	0	1	9	6	0	16	
	防止量	0.00	0.00	7.20	31.39	1.57	0.00	40.16	
	安芸区	件 数	0	0	1	6	5	0	12
		防止量	0.00	0.00	7.20	30.67	1.14	0.00	39.01
	府中町	件 数	0	0	0	3	1	0	4
		防止量	0.00	0.00	0.00	0.72	0.43	0.00	1.15
	坂町	件 数	0	0	0	0	0	0	0
		防止量	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
佐伯工 (佐伯区)	件 数	0	0	4	4	4	0	12	
	防止量	0.00	0.00	14.40	4.75	0.85	0.00	20.00	
計	件 数	1	2	45	69	45	2	164	
	防止量	7.20	0.28	173.94	243.88	18.18	57.89	501.37	
1件あたり防止量		7.20	0.14	3.87	3.53	0.40	28.95	3.06	



漏水防止調査結果（施設別作成例）

広島市における漏水防止調査作業の発注から漏水調査及び修理完了までのフローを示す。

広島市の漏水防止調査作業フロー



5 漏水調査機器

漏水調査機器一覧を下表に示す。

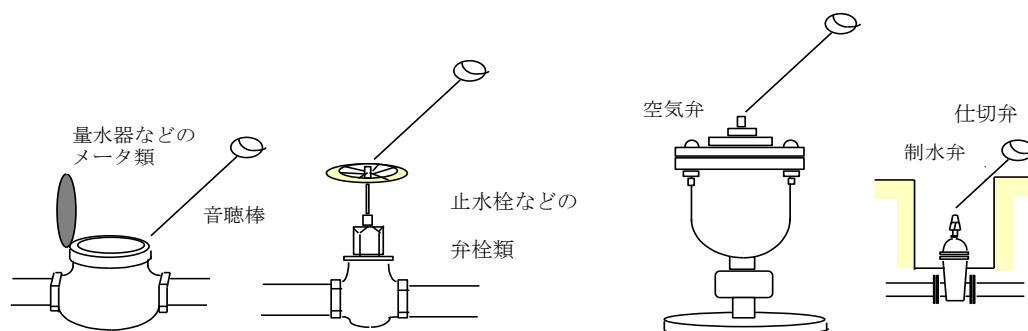
漏水調査機器一覧

調査機器名	対象となる調査	特 長	留 意 事 項
音聴棒	戸別音聴調査 弁栓音聴調査 漏水確認調査	・漏水調査全般において使用され、最も手軽で な漏水調査機器。	・人の聴力に左右され、個人差が生 じる。（感覚的）
電子音聴棒	戸別音聴調査 弁栓音聴調査	・音聴棒を電子式にしたもので、より低レベル の音が捕捉しやすい。	・電氣的増幅により音質変化もある。 ・作業性は音聴棒より劣る。 （感覚的）
漏水探知器	弁栓音聴調査 路面音聴調査 漏水確認調査	・ピックアップ（センサー）とヘッドホンによ り漏水音を捕捉。 ・“漏探”の呼び名で知られ、音聴棒と共に代 表される漏水調査機器。	・型式により音質に相違。 ・雑音等に影響されるため、多少熟 練を要する。 ・ピックアップへの衝撃に注意。 （感覚的）
相関式 漏水探知器	波形調査 相関調査 漏水確認調査	・機器に管路のデータを入力することによって 漏水位置を算出する。 ・音聴調査が不適の条件下にも有効。	・入力するデータによって結果が左 右されるため、正確な管路把握が 必要。（理論的）
リークゾーン テスト	管路選別調査 水圧調査※ ※選別調査時に付随	・音の水中伝播特性を利用した漏水音捕捉機 器。消火栓を利用。 ・測定値により一定のランク分けが可能。	・測定する消火栓間隔に注意。 ・戸別音聴調査との併用が有効。 （感覚的＋理論的）
音圧 データロガ	管路選別調査	・管路・弁栓・給水装置すべてに設置可能。 ・連続測定が可能でデータはパソコン処理。	・設置する環境（雑音や連続使用水等 の条件）を事前に調査し、十分考慮 する。（事前調査＋理論的）

（1）音聴棒

漏水音を捕らえる（音聴する）簡単な機器として、音聴棒が広く使われている。これは漏水のポイントを発見するものではないが、管路を伝播してくるレベルの良い漏水音の振動を人間の耳に伝えるものである。

棒の先端を管路の付属物に直接当て、耳当てに耳を当てる事により近辺に漏水があれば、漏水音を捕らえる事ができる。（次ページ参照）



音聴棒の使用方法

(2) 電子式音聴棒

音聴棒では捕らえられないようなレベルの低い漏水音を電子回路で数十倍に増幅して、聴きやすくしたものである。

機種によっては漏水音のレベル表示器等を備えたものもある。

(3) 漏水探知器（聴音式）

この探知器は路面にピックアップ（センサー）を置き、漏水音を捕らえるものであるが、その性能はピックアップの感度と周波数特性、増幅器の増幅度とノイズフィルターにより決定される。

一般的にピックアップの感度は0.2～1.0V/G程度であり、増幅度は70dbである。センサー及び増幅器の周波数特性により、音聴する漏水音の音色が左右される。

ほとんどの漏水探知器には漏水音以外の不要なノイズをカットし、効率よく漏水音を捕らえるために200Hz～1.5KHzの帯域フィルターが組み込まれている。

次ページの表は、路面より漏水音探知を行う場合の適性フィルターレンジを示したものであるが、これらのフィルターを使用してもフィルター帯域内に存在するノイズはカットできない。

したがって、漏水音とその他のノイズ（自動車走行音・自動販売機モーター音・風切の音・都市騒音等）の聞き分けが必要であるが、機器を使いこなすためには多少の訓練と経験が必要である。

適性フィルターレンジ

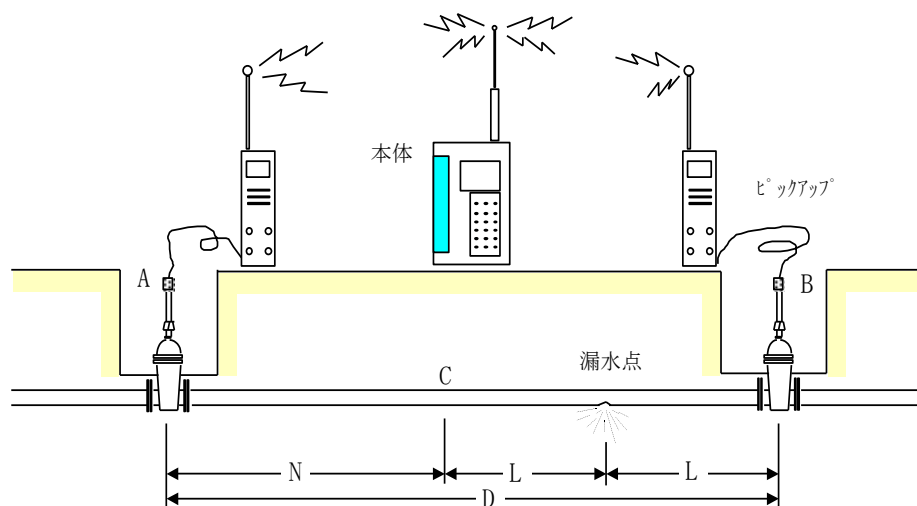
管 種	埋 設 深 度	
	深 い	浅 い
铸铁管	200Hz～1.2KHz	200Hz～1.0KHz
硬質塩化ビニル管	200Hz～800Hz	
石綿セメント管	200Hz～1.0KHz	
ステンレス管		400Hz～1.2KHz

(4) 相関式漏水探知器

この装置は管路を伝播してくる漏水音を二つのセンサーで捕らえ、漏水点から各センサーまで伝播する漏水音の時間差から漏水点を算出するものである。

下図に示すように、漏水管上に二つのセンサーA・Bが取り付けられたとき、漏水点で発生している漏水音は、伝播速度（V）で両方向へ伝播していく。右に進んだ音がB点に到達したときには、反対方向に進んだ同じ音はB点までと同じ距離のC点まで達していることになる。

したがって、左側のA点にB点と同じ音が到達するには、距離（N）を伝播するのに要する時間だけ遅延して到達することになる。



相関式漏水探知器の原理

この遅延時間を漏水音のA・B点間の相関関数の計算から次式により漏水点を求める。

$$N = T_d \times V$$

$$L = \frac{D - N}{2}$$

T_d : 遅延時間 (ms) — (1 ms = 1 / 1,000 秒)

V : 漏水音の伝播速度 (m/ms)

L : センサーBから漏水点までの距離 (m)

D : A・B間の距離 (m)

(ア) 探知に必要な条件及びデータ

相関式漏水探知装置を使い漏水点を正確に探知するには、次の条件及びデータが必要である。

- ③ 漏水点を挟んだ管路の二点に漏水音が伝播していて、センサーの取り付けが可能。
- ④ 管種・口径（これの入力により、伝播する漏水音の音速が決まる）。
- ⑤ 二つのセンサー間の管路延長。

(イ) 探知性能

漏水点の探知精度に影響する要因としては次の三つがある。

① 二つのセンサー間の管路延長

探知精度は管路延長の入力誤差の2分の1に比例する。

② 漏水音の伝播速度

入力値（管種・口径）により、決定された音速と漏水音が実際に管路を伝播する速度との違いが探知精度に影響する。（下表参照）

音速の違いは遅延時間に比例するため、遅延時間が大きい場合は注意が必要である。

③ 機器の分解能

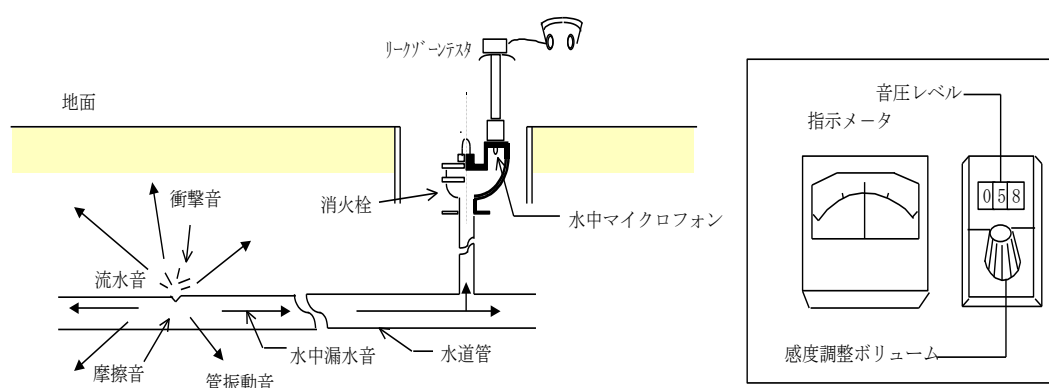
機器の精度としては0.1 msの時間的分解能があり、換算すると铸铁管系で最大±13 cm、硬質塩化ビニル管系で±5 cmの位置探知性能となる。

管種による音速の違い

管 種	口径 (mm)	音速 (m/ms)
铸铁管	75～1,500	1.34～1.01
石綿セメント管	75～500	1.11～1.03
塩化ビニル管	13～150	0.62～0.41
鉛管	10～50	1.13～1.00

(5) リークゾーンテスト

リークゾーンテストは水が音を伝えやすい性質を利用したものである。漏水音は管内の水と管を媒体として伝播し、消火栓に伝わる。この音の振動エネルギーを圧電素子で構成された水中センサーで捕らえ、電気エネルギーに変換・増幅して音圧レベル（V値）を測定し、ヘッドホンで聴音する。V値は指示メーターを一定の基準値に合うように感度を調整した時の音圧レベル数値である。（下図参照）また水圧センサーにより、測定時水圧も計測される。

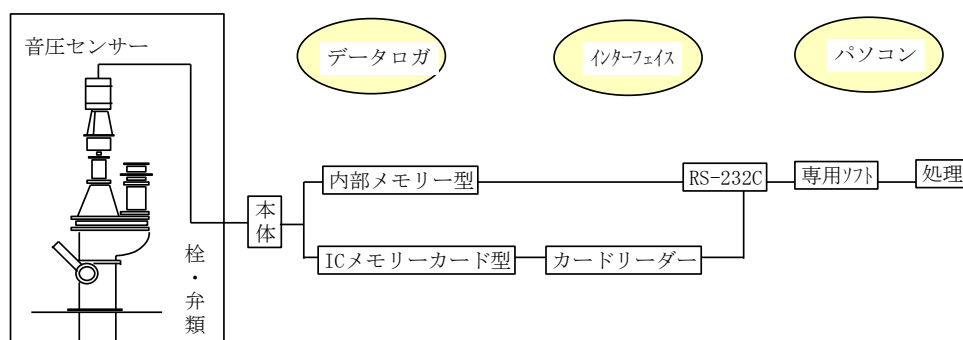


リークゾーンテストと原理

(6) 音圧データロガ

データロガとは測定されたデータをデジタル化して、電子メモリー回路（内蔵メモリーやカード式）に蓄積する機能を持つものである。蓄積されたデータはカード読みとり装置や直接RS-232Cコネクタ（データ通信用インターフェイスのJIS規格コネクタ）を利用して、パソコンに取り込み、データ処理が行える。

音圧データロガは消火栓や仕切弁等にセンサーを設置し、そこに伝播してくるさまざまな音（漏水音等）を捕らえ、音圧データとして一定時間、メモリーに記録する機器である。記録は機器や設定条件により、1～60秒程度の間隔で行える。



音圧データロガ概要図

漏水音を捕らえやすい深夜時間帯の計測が内蔵のタイマー機能や連続24時間以上の記録（メモリーカード）により、昼間の設置時間で行える。メモリーカードに記録された音圧データは、パソコンに取り込み、専用ソフトによって処理され、音圧の大小・連続性・音圧帯の分布等から漏水音の可能性を判断する。

（参考文献）

- 1 漏水防止対策指針 S 5 2 . 1 1 日本水道協会
- 2 水道維持管理指針 2 0 0 6 日本水道協会
- 3 漏水防止講座テキスト 2 0 0 6 日本水道協会
- 4 実務者のための漏水調査－計画から実施まで－ H 7 . 3 水道管路技術センター