

第一章 漏水防止計画

1 基本的な考え方

漏水防止対策の策定にあたっては、総合的観点から漏水防止の目標値の設定を行い、経済性や効率性も加味して計画を設定する必要がある。

広島市の漏水防止対策

対策	項目	施策
基礎的対策	準備	<ul style="list-style-type: none"> 漏水防止業務体制の確立 図書類の整備 水道本管：マッピングシステムによる管理（配管図、完成図、漏水修理情報、水圧・残留塩素情報等） 給水管：給水装置台帳電子ファイリングシステムによる管理（給水カード）
	基礎調査	<ul style="list-style-type: none"> 配水量、漏水量等の把握（『有効率向上対策委員会』） 水圧、流量の監視 漏水原因、修理履歴のデータ管理
	技術開発	管材料の審査・承認（『水道用資材等審査委員会』）
対症療法的対策	機動的作業 地上漏水の修理 ※管路パトロールや通報により発見	道路上：水道局から広島市指定上下水道工事業協同組合（以下「組合」という。）へ指令 宅地内：メーターまでの漏水は、所有者からの依頼により水道局から組合へ指令（平成9年度から修理費用の一部を水道局が負担） ※給配水管等の緊急破裂修理は、組合へ委託
	計画的作業 地下漏水の修理 ※漏水防止調査作業により発見	道路上：漏水調査によって発見した漏水は、水道局職員が確認し、組合へ指令 宅地内：漏水調査によって発見したメーターまでの漏水は、水道局職員が確認後、所有者へ通知し、所有者からの依頼で水道局から組合へ指令（平成9年度から修理費用の一部を水道局が負担） ※給配水管等の緊急破裂修理は、組合へ委託
予防的対策	管路巡視	パトロール
	他工事立会	他工事（通信・電気・ガス・下水道等）の立会
	配水管の改良	<ul style="list-style-type: none"> 老朽管更新（配水施設整備事業 昭和40年度～） 材質改善 管種選定基準（平成13年制定）により使用材料を決定 <ul style="list-style-type: none"> 腐食防止対策 ポリスリーブ被覆（昭和52年～）
	給水管の改良	<ul style="list-style-type: none"> 給水管の整備 配水管を布設替えする場合、分水栓から止水栓（官民境界から1m未満）まで水道局費で取付替えを行っている。（昭和45年～） また、道路上に輻輳した給水管の整理統合を行っている。 <ul style="list-style-type: none"> 旧式パッキンの取替え 昭和49年2月まで分水栓や止水栓に天然ゴム製のパッキンを使用していたが、漏水が多いため、平成9年度から先行的に取替えている。（集中的に取替え可能な団地で取替えを行っている。） <ul style="list-style-type: none"> 材質改善 給水装置等の設計施工事務取扱要綱（昭和57年制定）により使用材料を指定
	水圧調整	減圧弁や調圧水槽により適正水圧を確保
	受水槽の点検	有効容量10m ³ 以下の受水槽の管理について巡回指導（無料）

漏水防止対策は、1 ページの表に示すように、基礎的対策、対症療法的対策及び予防的対策の三つに分けられる。これらを一体的に推進する必要があるが、将来にわたって抜本的に漏水を減少させるためには、予防的対策に比重を置くことが望ましい。

(1) 基礎的対策

基礎調査は漏水防止計画の策定だけでなく、漏水防止対策効果の判定を行い、計画の進行状況を把握するためにも必要である。基礎調査で特に重要なのは配水量分析と漏水分析である。

(ア) 配水量分析

配水量分析とは水量がどのように使用されているかを内容別に分類したもので、水の利用実態や漏水状況を把握するための指標としては非常に重要である。

(イ) 漏水分析

有効率が高くなってきている中、より効果的な漏水防止対策を進めるには漏水の実態を把握する必要がある。そのためには、漏水の形態別・施設別・原因別・地域別に情報の記録や整理を行う。

また、将来の方向性を決定する上で非常に重要であり、正確な管体情報及び管路の周辺環境情報の収集・整理とそれを用いた科学的分析が必要である。

(2) 対症療法的対策

漏水防止作業は漏水か所を早期に発見・修理するものであり、その作業には機動的作業と計画的作業がある。

(ア) 機動的作業

機動的作業とは地上漏水を早期に発見し、漏水状況から給・配水管の分別を行い修理する作業をいう。地上漏水の多くは市民の通報による発見が多いが、一方、パトロール巡視や他企業工事現場内など様々な場所で発見することもある。

(イ) 計画的作業

計画的作業とは地下漏水の発見と修理を目的としたもので、漏水防止の中心的な作業である。この作業は調査対象地域を作業効率上適切な区域に分割し、一定の周期で順次計画的に地下漏水の発見・修理を行うものである。

また、周期を設定する場合は水需要・水資源開発・有効率・経済性を考慮して決定する必要がある。

(3) 予防的対策

予防的対策とは管路の質的向上を行うことで漏水の原因を取り除き、水道施設の機能を改善することである。今後、有効率の向上を図るためには、この対策を積極的に推進

していくことが重要である。

予防的対策を効果的に実施するには、基礎調査により漏水多発地区や老朽管路などの選定を行い、その中でも特に早期に対策しなければならない管路の優先順位を決めなければならない。また、給・配水管の改良、水圧調整、腐食防止及び給水装置の構造・材質の改善などがあり、これらの対策を複合的に行うことが望ましい。

漏水防止対策の効果が有効率に対して、どのように影響するかを定量的に表すことは難しい。したがって、計画に基づいて各種の漏水防止対策を実施しても期待した成果が挙げられない場合があるので、各漏水防止対策の実施結果をできる限り詳細に調査・分析し、この結果を計画に反映させて修正を図りながら作業を継続していく必要がある。

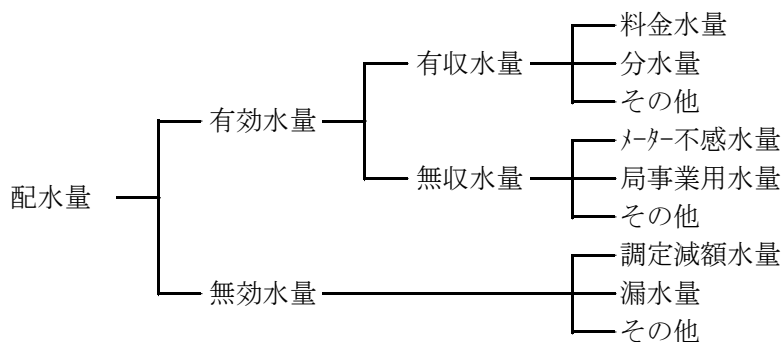
漏水防止計画の策定にあたっては、水の需給計画や水資源の実態・規模等を配慮し、さらに経済性や効率性の検討も十分行う必要がある。また、漏水防止計画を立て、これを実施後はその結果が次の計画にフィードバックされるようなシステムにすることが重要である。

2 配水量の分析

配水量分析とは浄水された水の使用実態分類（分析）をいう。この水量は配水本管の始点に流量計を設置することにより、計測・記録することができ、記録は種々の水量管理の基本となるものである。また、無効水量（無効率）が目標値より多い場合は配水量を詳細に分析・検討して、漏水防止強化の施策を計画的に行い、有効率の向上を図る必要がある。

したがって、配水量の分析結果は漏水防止計画にとって重要な指標であるため、常にその実態を把握しておく必要がある。

漏水防止対策の推進にあたっては、下図により配水量の分析を行い、正確な有効率の把握に努めること。（昭和51年9月4日付環水第70号厚生省通達文「水道の漏水防止対策の強化について」より抜粋）



(用語の定義)

図における用語の定義はそれぞれ次に掲げるところによるものとする。

- (1) 配水量
配水管の始点における流量（通過量）の合計
- (2) 有効水量：
使用上有効と見られる水量
- (3) 無効水量
使用上無効と見られる水量
 - (ア) 調定減額水量
赤水等のため料金徴収の際の調定により減額の対象となった水量
 - (イ) 漏水量
配水本支管、メーター上流給水管からの漏水量
 - (ウ) その他
他に起因する水道施設の損傷等により無効となった水量及び不明水量
- (4) 有収水量
当該水量について、料金としてあるいは他会計からの収入のあるもの
 - (ア) 料金水量
料金徴収の基礎となった水量で、計量栓についてはメーターにより計量した実使用水量をいい、定額栓については基礎水量に使用人員及び栓数を乗じて得た水量をいう。また、臨時給水であっても料金を徴収するものはここに含める。
 - (イ) 分水量
他の水道事業に対して分水する量
 - (ウ) その他
公園用水、公衆便所用水、消防用水等であって、料金としては徴収しないが、他会計から維持管理費等としての収入がある水量
- (5) 無収水量
当該水量について、収入のないもの
 - (ア) メーター不感水量
有効に使用された量のうち、メーターに不感のため、料金徴収の対象とはならない水量
 - (イ) 局事業用水量
管洗浄用水、漏水防止業務用水等配水施設に係る局内事業に使用した水量
 - (ウ) その他
公園用水、公衆便所用水、消防用水等であって、料金その他の収入が全くない水量

また、配水量に対する各種水量の割合を百分率で表せば次のとおりである。

有効率	：有効水量	÷ 配水量	× 100
無効率	：無効水量	÷ 配水量	× 100
有収率	：有収水量	÷ 配水量	× 100
有効無収率	：有効無収水量	÷ 配水量	× 100
漏水率	：漏水量	÷ 配水量	× 100

3 漏水の分析

漏水防止対策の基礎的調査事項として、漏水量の把握がある。漏水量を正確に把握することにより、配水量に占める無効水量のうち真の漏水量と不明水量が解明されると共に、その分析・検討により適切かつ有効的な漏水防止対策の設定が期待できる。漏水量は環境により複雑に変化するものであり、正確な漏水量の計測・算定には相当の労力と時間及び経費を要する。各水道事業者は実情に応じた技法を検討・実施し、できる限り有効な資料を収集して漏水原因の調査を行い、漏水の実態を把握する必要がある。

(1) 地上漏水の発見

地上漏水が発見される場合は、以下のようなケースが考えられる。

- ・道路が濡れている、へこんでいる
- ・河川や土手から綺麗な水がでている
- ・工事中の穴に水が出てきた
- ・橋から水が落ちてきた
- ・管路パトロール
- ・マンホール内に綺麗な水がでている
- ・使わないのにメーターが回っている

(2) 漏水の発生要因

漏水の発生要因は、下表のように、内的要因と外的要因に分けられる。

内的要因	外的要因
管材質に起因するもの ・管、継ぎ手、付属設備の材質・構造が当初から不備であるもの ・腐食による強度低下 ・材料の経年劣化 設計・施工技術に起因するもの ・設計の不備 ・継ぎ手等の接合不良 ・不適切な埋め戻し ・他の構造物と接触（防護の不足） ・防食工法の不備 ・異種金属による電位差等の腐食 管内要因に起因するもの ・水質（内部腐食） ・水圧（ウォーターハンマーを含む） ・温度変化	埋設環境に起因するもの ・交通車両荷重 ・漏水放置による管周辺の空洞化 ・地盤の移動 ・凍結による破裂 ・設計と現場の条件差 ・外部応力 ・廃液等による土壌汚染 他工事・災害に起因するもの ・他企業工事による外傷 ・他企業工事による埋設環境の変化 ・地震等による地盤変動

(3) 漏水分類

漏水は配水管漏水と給水管漏水の二つに分けることができる。また、給水管漏水は、メーターまでの漏水とメーターから給水栓までの漏水に分類できる。水資源の損失という点では、どちらの漏水も同様であり、漏水防止の必要性も同等であるが、水道事業経営上からは給水管漏水においては、全く異なる意味をなす。例えば、メーターまでの漏水は水道事業にとっての損失であるが、メーターを通過した水は実使用水量及び漏水量を問わず計量されるため、経営上の損失はない。

4 経済的循環年数

漏水防止作業の実施量の決定に当たっては、対象とする作業地域の平均循環年数をどの程度とするかを定めることが必要である。この循環年数と経費との関連は「一般的に循環年数が長くなると1年間当たりの作業延長は短くなって経費は減少するが漏水量は増加する。逆に、循環年数を短くすると経費は増加するが漏水量は減少する」といった関係にある。したがって、経済的な観点からは次に示す漏水防止費(X_n)と漏水損失費(Q_n)の合計が最小となる循環年数とするのがよい。

(1) 循環年数の算出

$$X_n = A \cdot L / n$$

$$A = A_1 + A_2$$

$$A_2 = n \cdot a$$

X_n : n 年循環時の1年間の漏水防止費 (円)

A : 作業延長1km当たりの漏水防止費 (円/km)

A_1 : A のうち漏水の有無にかかわらず要する費用 (円/km)

A_2 : A のうち漏水か所を修理するのに要する費用 (円/km)

a : 全作業延長を1年間で循環する場合の漏水か所を修理するのに要する費用 (円/km)

n : 循環年数 (年)

L : 漏水防止作業の対象となる配水管延長 (km)

(2) 循環年数と漏水損失費の関係

$$Q_n = 365 \cdot S \cdot L (q_0 + r \cdot n / 2)$$

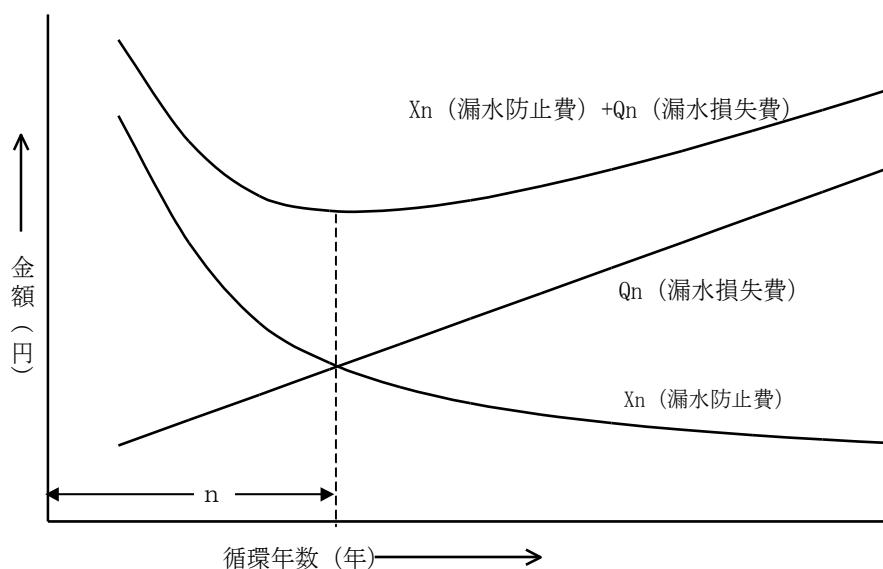
Q_n : n 年循環時の1年間の漏水損失費 (円)

S : 漏水の単価 (円/m³)

q_0 : 漏水防止作業後の残存漏水量 (m³/日/km)

r : 1年間の発生漏水量 (m³/日/km)

(3) 経済的循環年数の算出



X_n と Q_n の関係をグラフに表すと上図のようになり、 $X_n + Q_n$ が最小となるときの n が経済的循環年数である。つまり、 $X_n + Q_n$ のグラフの傾きがゼロになるときの n であり、これは次式によって求められる。

$$\frac{d (X_n + Q_n)}{d n} = 0 \text{ から}$$

$$\frac{d \{A \cdot L/n + 365 \cdot S \cdot L (q_0 + r \cdot n/2)\}}{d n} = 0$$

$$\frac{d \{(A_1 + A_2) \cdot L/n + 365 \cdot S \cdot L \cdot q_0 + 182.5 \cdot S \cdot L \cdot r \cdot n\}}{d n} = 0$$

$$\frac{d \{A_1 \cdot L/n + a \cdot L + 365 \cdot S \cdot L \cdot q_0 + 182.5 \cdot S \cdot L \cdot r \cdot n\}}{d n} = 0$$

となり、微分公式により展開すると

$$-A_1 \cdot L \cdot n^{-2} + 182.5 \cdot S \cdot L \cdot r = 0$$

$$n^{-2} = \frac{1}{n^2} = \frac{182.5 \cdot S \cdot r}{A_1}$$

であるから、

$$n = \sqrt{\frac{A_1}{182.5 \cdot S \cdot r}}$$

となる。

この計算結果で得られた循環年数で順次給水区域内を一巡することとなるが、漏水の及ぼす障害を考えれば、漏水防止作業経費は経済的観点から算出された値よりも高くなっても止むを得ないと言える。

(4) 広島市における考え方

まず、毎年給水区域全域を戸別音聴調査することは時間的・経済的に難しいため、給水区域を細分化し、細分化された地区毎に循環年数を決めて行っている。

循環年数の決定方法としては、長年に渡り上述の経済的循環年数の算出式に基づいて決定してきた。しかし、漏水箇所の99%が給水装置で発生していることから、平成13年度からは「配水管延長に対する漏水量」ではなく、「給水引込み件数に対する漏水発生件数」に着目した循環年数としている。

また、二次災害防止の観点から循環年数を1回/1年～最長3年としていたが、減少傾向にある漏水の発生状況を踏まえ、平成18年度から1回/1年～最長5年の循環年数として更なる効率化を図っている。

この方法は、従来の地区毎の最も経済的な循環年数を算出するのに対し、1年間の防止効果をプラスに維持できる地区毎の最短循環年数を算出するものである。つまり、調査費≒防止金額となる基準漏水率（1,000戸の調査に対する漏水件数の割合）を求め、これと各地区の漏水率を比較することによって循環年数を決定するものである。

なお、その手順は下記のとおりである。

【循環年数算出手順】

1年間の調査費を α （円）、給水原価を β （円/ m^3 ）とすると、経済効果をプラスに維持するための防止量 γ は、

$$\gamma = \alpha / \beta \text{ (} m^3 / \text{年)} = \alpha / 365 \beta \text{ (} m^3 / \text{日)}$$

である。これを防止件数に置き換えるため、漏水1件当りの漏水量 e ($\text{m}^3/\text{日}\cdot\text{件}$) を設定する。すると1年間に必要な防止件数 A は、

$$A = \gamma / e \text{ (件)}$$

となる。ここで全調査戸数を X とすると、1,000戸当りに換算した基準漏水率 A' は、

$$A' = 1,000A / X \text{ (件/1,000戸)}$$

である。よって、1000戸当り A' 件以上の漏水を防止できれば経済効果を得たこととなる。

次に、 A' を基準とし各地区の調査周期を求め。任意の地区 j の調査戸数を χ 、防止件数を a とすると、実績に基づく漏水率 A_j' は、

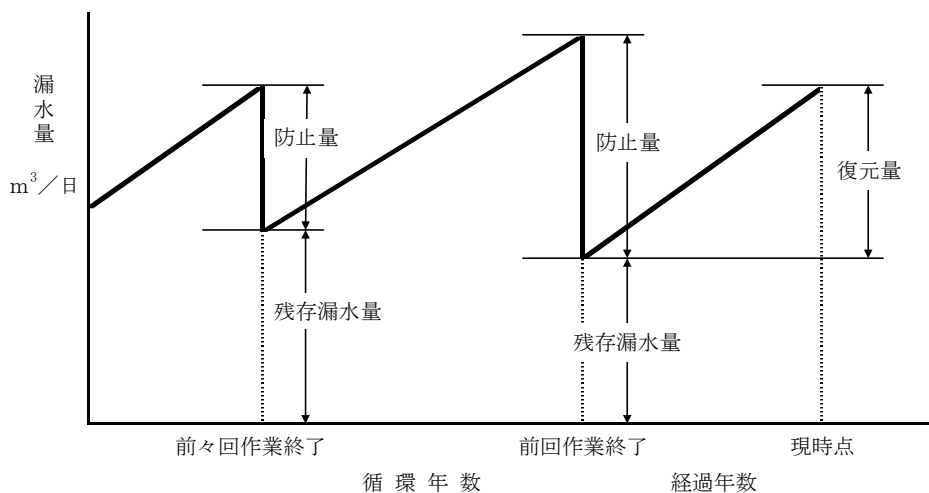
$$A_j' = 1,000a / \chi \text{ (件/1,000戸)}$$

であるから、循環年数 T_j は次式で求められる。

$$T_j = A' / A_j' \text{ (年)} \quad \text{※ただし、最長周期は5年とする。}$$

5 漏水の復元

漏水は絶えず発生していて、しかも時間の経過とともに成長し続けるものである。漏水の復元量は、残存している漏水量に対して、一定期間（通常は1年間）で増加した漏水量、復元率は配水管1km当たり1年間の増加漏水量率をいい、単位は一般的に ($\text{m}^3/\text{日}/\text{km}/\text{年}$) で表す。



6 調査地域の選定

調査地域の選定にあたっては、地域別の過去の漏水修理件数、漏水防止量、管路の経年度等を考慮し、優先的に調査すべき地域を選定する必要がある。

7 作業能率と漏水密度

漏水防止作業は経済的・効率的に行う必要がある。事前に各地域の配水管 1 km 当たりの漏水量（以下「漏水密度」という）を把握すれば、漏水密度の高い区域から優先的に作業をすることにより、効率的に行うことができる。また、漏水密度の低い地域を省略すれば、全体の作業能率を高め経済的にもよい。

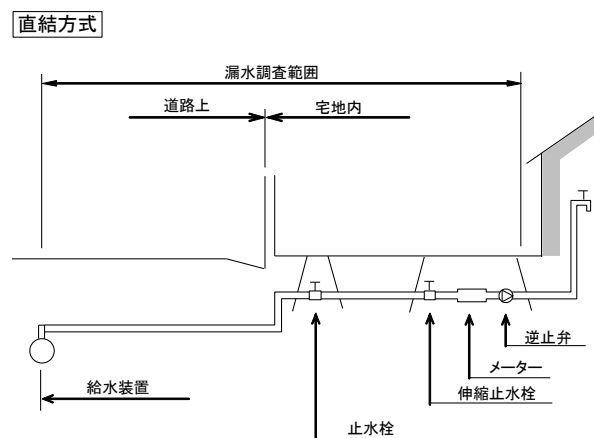
8 広島市の漏水防止計画

現行の漏水防止計画は、前述した考えに基づき、平成 23 年度から平成 27 年度の 5 か年計画として策定されており、調査内容は戸別・弁栓音聴調査、路面音聴調査及びロガ型多点相関調査となっている。

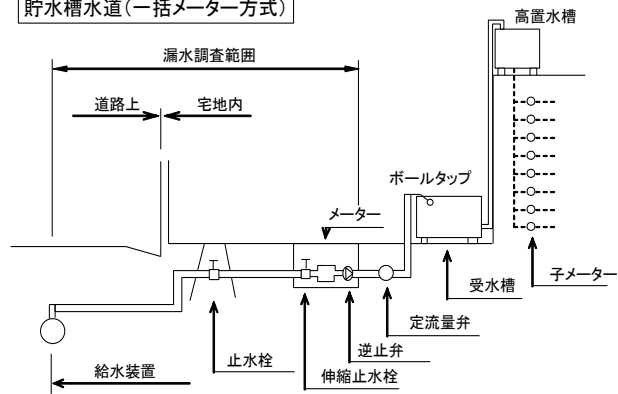
(1) 戸別・弁栓音聴調査

給水区域を 186 地区に分け、各地区の循環年数を算出して計画を策定した。本調査では、各戸毎の止水栓、メーター（メーター代用管含む）及び道路上の止水栓並びに口径 250 mm 以下の配水管の仕切弁・消火栓等を音聴棒等により調査する。更に、貯水槽水道における各戸メーター方式の受水槽については、越流管や定水位弁等を調査する。漏水調査範囲は下図のとおりである。調査概要を 13 ページに示す。

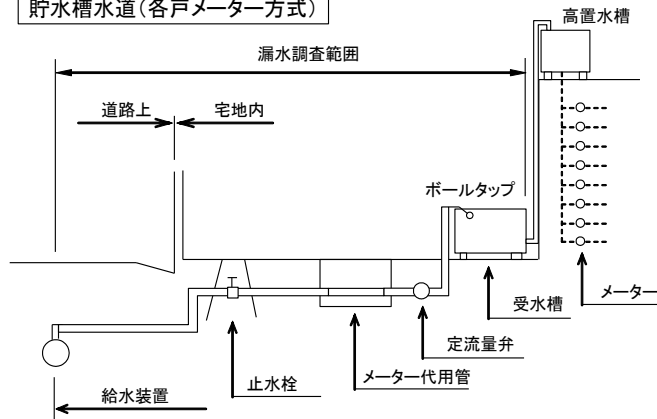
漏水調査範囲図



貯水槽水道(一括メーター方式)



貯水槽水道(各戸メーター方式)



(2) 路面音聴調査

漏水による二次災害等の社会的影響が大きい中・大口径の配水管等については、交通量の少ない夜間に下記の管路上の路面を漏水探知器等で調査する。本調査では管路を重要管路と一般管路に分類し、調査を行うこととする。

重要管路：口径300mm以上の配水管、導水管及び送水管とし、このうち布設から40年を越える経年管は重点管路とする

一般管路：口径250mm以下の配水管で以下に該当するもの

- ① 埋立地の非耐震管路
- ② 旧式パッキンが集中し、漏水の多い団地内

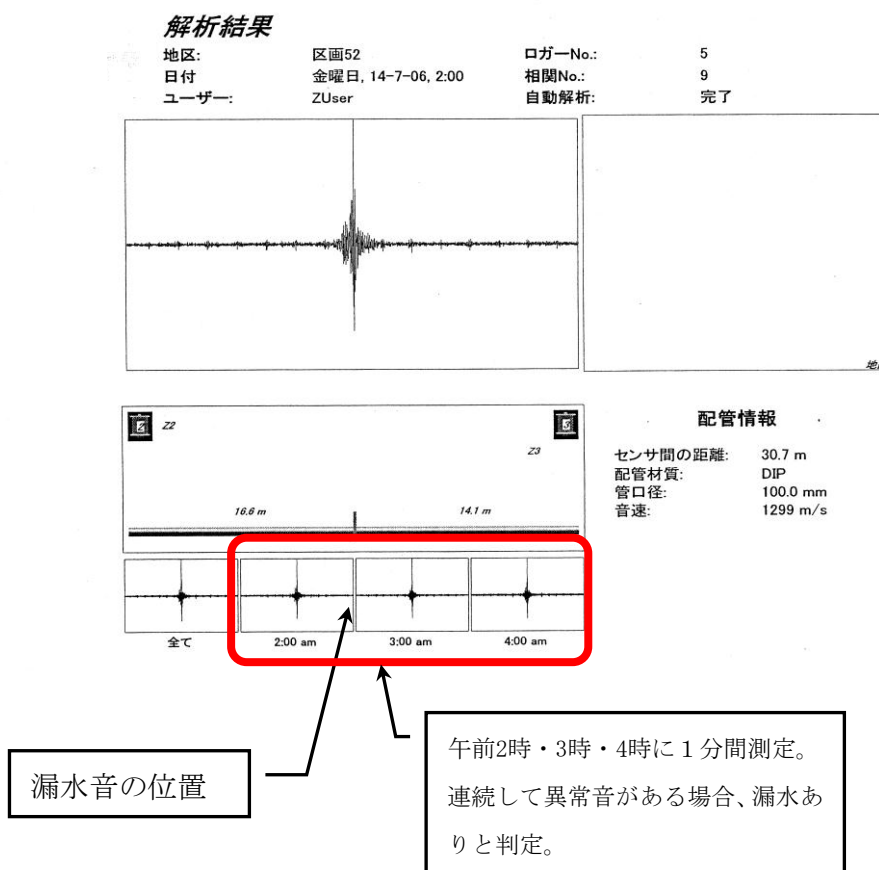
なお、重要管路、一般管路は年に1回、重点管路は年に2回調査を行う。

(3) ログ型多点相関調査

軌道横断部や国道横断部及び法面等、路面音聴調査が実施できない路線については、ログ型多点相関式漏水探知器を用いて、年に1回調査する。

ログ型多点相関調査は平成18年度から実施している。音聴調査（音聴棒・漏水探知器）は、漏水音とその他のノイズ（自動車走行音や都市騒音等）の聞き分けが必要なことから、漏水地点を特定するには熟練した技術を要すが、相関調査（相関式漏水探知器）は、管内を伝播する振動音をセンサーが捉え、その時間差で漏水地点を特定するため、技術力を問わない。

ただし、測定間距離が長い場合は、伝播する振動音が減退し、漏水を特定できないことがある。



戸別・弁栓音聴調査の概要（5か年計画）

上段：調査地区数
中段：調査延長
下段：調査戸数

区・郡	H 2 3	H 2 4	H 2 5	H 2 6	H 2 7
中区	7地区	7地区	6地区	8地区	6地区
	154.75km	122.61km	149.79km	127.57km	149.79km
	15,662戸	11,243戸	15,495戸	11,410戸	15,495戸
東区	5地区	4地区	4地区	5地区	4地区
	129.62km	120.58km	129.38km	147.48km	128.60km
	12,550戸	11,858戸	12,990戸	14,336戸	12,313戸
南区	9地区	7地区	9地区	7地区	7地区
	143.63km	137.75km	131.29km	147.97km	122.84km
	13,266戸	14,265戸	13,748戸	14,745戸	12,685戸
西区	9地区	9地区	9地区	9地区	10地区
	300.67km	296.98km	300.67km	294.82km	320.46km
	24,704戸	24,050戸	24,704戸	23,303戸	25,952戸
安佐南区	8地区	10地区	11地区	8地区	11地区
	179.47km	296.18km	275.82km	175.77km	280.66km
	17,048戸	23,867戸	25,717戸	13,272戸	27,016戸
安佐北区	14地区	11地区	10地区	13地区	10地区
	220.42km	230.56km	223.09km	229.34km	224.66km
	10,367戸	16,543戸	11,030戸	14,528戸	14,834戸
安芸区 安芸郡	10地区	10地区	11地区	9地区	10地区
	186.03km	229.32km	209.21km	189.81km	180.15km
	13,924戸	20,337戸	18,567戸	15,372戸	16,393戸
佐伯区	7地区	6地区	8地区	7地区	7地区
	150.68km	138.80km	174.56km	162.73km	152.10km
	10,625戸	13,031戸	13,159戸	15,351戸	9,789戸
合 計	69地区	64地区	68地区	66地区	65地区
	1,465.27km	1,572.78km	1,593.81km	1,475.49km	1,559.26km
	118,146戸	135,194戸	135,410戸	122,317戸	134,477戸