

(2) 正方向への弁差圧が発生した場合、正常時では最低作動弁差圧が確保できるまでは通水を開始しないが、針金噛み時には直ちに通水を開始すること。(正圧下での実験は行っていないが、針金径が異なってもそれに応じた通水量が発生すると考えられる)

さらに補足として平成 18 年度に行った研究結果から、次の点が明らかになった。

(3) 逆圧時に逆流を伴わないような微小なキズあるいはバネの劣化等の不具合があっても、停水時での最低作動弁差圧以下で通水を開始する。即ち、逆圧時に逆流を伴わないような微小な異常でも停水時の弁差圧が最低作動弁差圧より小さければ、供試器具の異常として検知できる。

以上の結果から、単式バネ式逆止弁に関しては正圧条件で最低作動弁差圧を利用した異常検知、逆圧(負圧)条件で逆流の有無により、いずれの場合でも弁異常検知が可能である。弁差圧及び流量による単式バネ式逆止弁の弁異常検知方法の概念図を図 51 に示す。さらにこれを基にした警報システムを表 3 に示す。

表 3 単式バネ式逆止弁の弁異常警報設定例

弁差圧 流量	-	0~ 最低作動弁差圧-α	最低作動弁差圧-α~ 最低作動弁差圧+α	最低作動弁差圧+α~
~-β	逆流発生 逆圧発生 弁異常	逆流発生 センサ異常	逆流発生 センサ異常	逆流発生 センサ異常
-β~+β	逆圧発生 弁正常	弁正常 給水圧低下	正常	通水不良
+β~	逆圧発生 センサ異常	弁異常	正常	正常

α、β: センサーによる弁差圧の計測誤差  
■ 重警報、■ 軽警報

## D.2 二重式逆止弁の弁差圧と流量による異常検知方法

平成 18 年度の研究結果から以下のことが明らかとなった。

(1) 弁正常時では一次側弁、二次側弁及び供試器具にはそれぞれ固有の最低作動弁差圧が存在している。これに対し、一次側弁、二次側弁、両側弁での針金噛み時では、針金を噛み込んでいる側の弁で、最低作動弁差圧以下で通水を開始する。

(2) 逆圧を加えた時は、正常時、一次側弁あるいは二次側弁針金噛み時では、逆流は発生しないが、両側とも針金噛み時では、逆流が発生していた。このことから、二重式逆止弁では、停水時における弁差圧と最低作動弁差圧との比較が異常検知に有効である。

(3) 今回の実験では、一次側、二次側に加えて中間室にも圧力センサを設けているため、一次側弁差圧と二次側弁差圧の比較も可能となっているが、中間室圧力の検知を必要としない弁差圧だけを検知してもどちらかの弁に異常があるかどうかまで、全ての場合に確定はできないが、いずれかの弁体異常を検出できる。

以上の結果から、二重式逆止弁の場合、逆圧条件では両側弁異常を除く、一次側弁のみまたは二次側弁のみの異常は検知できないが、正圧条件では弁異常の場所の特定までは困難であるが、単式バネ式逆止弁と同様に最低作動弁差圧を利用した異常検知が可能である。

## D.3 減圧式逆流防止器の弁差圧及び流量による異常検知方法

平成 19 年度の研究結果から弁差圧と一次側流量による一次側弁異常時の異常検知条件を模式化した図を図 52 に示す。正常時の場合、正圧下では最低作動弁差圧以下で流量は 0 であり、それ以後正方向に上昇する。逆圧及び負圧による陰圧下では、それぞれ挙動は微妙に異なるものの最終的に 0 となる。一方、一次側に弁異常がある場合、正圧下では領域 1 に位置し、常に正流量が発生する。陰圧下では、逆圧時と負圧時で挙動が異なり、逆圧時には領域 2 に位置し、負圧時には主に領域 4 に位置する。なお、弁差圧と二次側流量における挙動は図 53 の弁正常時と同様の挙動であった。

次に弁差圧と二次側流量による二次側弁異常時の異常検知条件を模式化した図を図 53 に示す。正常時の場合、図 52 の一次側流量の場合と同じく、正圧下では最低作動弁差圧以下で流量は 0 であり、それ以後正方向に上昇する。逆圧及び負圧による陰圧下では、そ

それぞれ挙動は微妙に異なるものの最終的に0となる。二次側に弁異常がある場合、正圧下では領域1に位置し、最低作動弁差圧以下で正流量が発生する。陰圧下では、逆圧時と負圧時で挙動が異なり、逆圧時には領域4に位置し、負圧時にも最終的に領域4に位置する。また、正圧下ではあるが、逆圧過程においては、領域3に位置する。なお、弁差圧と一次側流量の挙動は、図35の弁正常時の場合と同様であった。

両側弁異常時では、弁差圧と一次側流量の挙動は、一次側弁異常時とほぼ同様の傾向となるが、逆圧状態において領域4に位置する場合があります。この場合は二次側から一次側に対して逆流が発生している。弁差圧と二次側流量の挙動では、二次側弁異常時と同様の傾向を示している。

これらのそれぞれの異常検知条件をまとめると表4のとおりである。このように図の領域のいずれに位置しているかを判別することで異常検知が可能である。しかし、どちらかの流量のみでは異常の発生場所の特定までは出来ないため、それぞれの判定図を作成し、組み合わせて判断することで、一次側弁異常、二次側弁異常等の異常原因を特定することが可能となる。

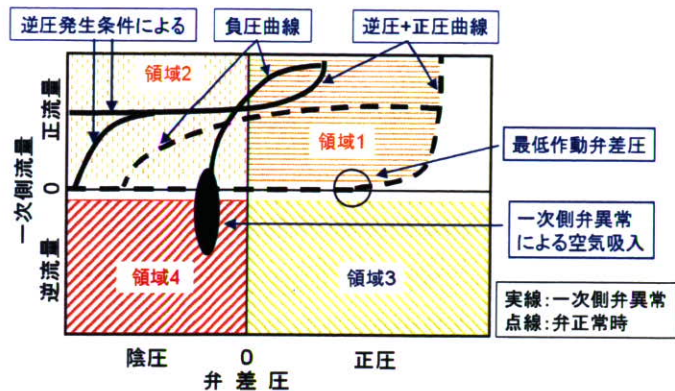


図52 弁差圧と一次側流量による一次側弁異常の異常検知条件

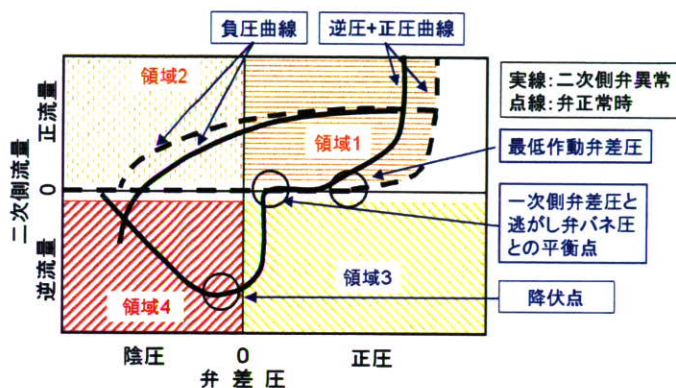


図53 弁差圧と二次側流量による二次側弁異常の異常検知条件

表4 各弁異常条件における異常検知条件の比較

	正常	一次側弁異常	二次側弁異常	両側弁異常
<b>正圧状態</b>				
弁差圧	正	正	正	正
一次側流量	0~正 (最低作動弁差圧)	常に正	0~正 (最低作動弁差圧以下)	常に正
二次側流量	0~正 (最低作動弁差圧)	0~正 (最低作動弁差圧以下)	0~正 (最低作動弁差圧以下)	0~正 (最低作動弁差圧以下)
<b>逆圧状態</b>				
弁差圧	負	負	負(一部正)	負
一次側流量	0	正~0	0	正~負
二次側流量	0	0	負	負
<b>負圧状態</b>				
弁差圧	負	負	負	負
一次側流量	0 <sup>*1</sup>	負(空気)	0 <sup>*1</sup>	負(空気と逆流水)
二次側流量	0	0	負	負

#### D.4 弁変位検知による単式パネ式逆止弁異常検知方法

平成18年度の研究結果から弁変位と弁差圧あるいは弁変位と流量による異物噛みの場合の異常検知方法は表5のとおりである。したがって、異物噛みによる異常検知に関しては

表5 弁変位検知方法を組合せた異常検知方法(異物噛み)

組合せ	異常検知方法
弁変位と弁差圧による方法	弁差圧が負~最低作動弁差圧の範囲において弁変位が負である場合、弁異常となる。
弁変位と流量による方法	流量が負~0の範囲において弁変位が負である場合、弁異常となる。

はいずれの組合せでも有効な手法であると考えられる。しかし、今回実験は行っていないが、仮に弁異常状態が

異物噛みではなく、逆止弁に傷がついている場合を想定すると弁変位が発生しない状態で逆圧等による逆流が発生することが考えられる。この場合の異常検知方法は、弁差圧のみに

表 6 弁変位量検知方法を組合せた弁異常検知方法の長所と短所  
(弁に傷がある場合)

組 合 せ	長 所	短 所
弁変位と弁差圧による方法 (弁差圧のみ)	・弁異常時には静水状態で逆止弁一次側と二次側の弁差圧が0になるため、これを異常として検知することで通常の使用状態において異常検知が可能である。	・陰圧状態となった場合に、逆流が発生しているかどうかの区別ができない。 ・通常の使用状態において水撃作用等により、弁正常時であっても一次側と二次側の弁差圧が0付近になる可能性がある。
弁変位と流量による方法 (流量のみ)	・確実な逆流の検知が可能である。	・通常の使用状態（正圧）においての異常検知ができない。

よる方法または流量のみによる方法となり、それぞれの異常検知方法の長所と短所を整理すると表 6 のようになる。この結果から弁変位と弁差圧の組合せによる方法は、不確実的な要素が大きいですが、早期発見の観点からは優れた方法であるといえ、弁変位と流量による異常検知方法では早期発見はできないが、確実な異常検知が期待できると考えられる。

#### D.5 現実に即した実験条件における圧力及び流量データ取得方法の検討

平成 19 年度の研究結果から正圧状態における最低作動弁差圧を用いた異常検知の判定は、緩やかな吐水過程では可能だが、急激な吐水過程では非常に困難である。この問題を解決するには、現在使用している圧力計及び流量計の応答速度を改善するか、吐水側水栓の開閉を緩やかにするかである。今回の実験で使用した圧力計については 0.1 秒間隔、流量計についてはダンピング時定数で 0.5 秒と非常に高速でのデータ収集を行っており、これをさらに改善することは現段階でコスト面等を考えても実用化に向けて不利である。したがって、より現実的な方法は開栓速度を緩やかにする方法を活用することが有効であるものと考えられる。しかし現在、給水装置には様々な水栓が開発され、電磁弁、シングルレバー水栓等の開栓速度が非常に速いものが多い。したがって、このような通常使用される水栓による異常検知については判定不能として処理し、異常点検用の操作方法を設定した、特定の水栓を用いて日常的な弁異常検知を可能とする方法が有効であると考えられる。

また、逆圧または負圧状態における弁差圧及び流量による異常検知に関しては、最低作動弁差圧のような数値的な判定ではなく、領域的な判定となるため、急激な水圧状態の変化にもデータのバラツキはあるものの判定は可能である。

#### E. 結論

現在、一部の都市では  $\phi 75\text{mm}$  の増圧ポンプが使用開始されるなど直結給水方式はますます拡大している中で、循環式の風呂釜のような給水用具からの逆流事故も各地で数例起きており、逆流に対しては様々な対策を講じる必要に迫られている。特に、増圧直結給水方式では増圧ポンプの保守点検時、また受水槽を用いた給水方式でも受水槽やポンプの清掃・点検時に、立て管内で負圧が発生する可能性があり、直結している給水用具から水質的に変化した水を引き込む恐れもある。

そのため、クロスコネクションや逆圧あるいは負圧の発生を未然に防止することが肝要となってくるが、完全な予防法が確立されていないのが現状である。このような状況では、適切な逆流防止装置を適正に設置することがより重要となるが、やはり異物噛み等の異常による逆流の恐れを完全に払拭することは困難である。

本研究では、逆流防止装置の日常的な異常監視を可能にすることでこのような弁異常の早期発見と事故の未然防止の効果が期待できる逆流防止装置の異常検知方法の開発を行い、以下の成果を得ることができた。

- (1) 単式逆止弁については弁差圧と一次側または二次側流量の関係をモニタすることにより、弁体に発生している異常状態を検知できる。
- (2) 二重式逆止弁についても、単式バネ式逆止弁の弁差圧と流量の関係を応用することで異常検知が可能である。
- (3) 減圧式逆流防止器では、これまでの単式バネ式、二重式逆止弁と異なり、各種条件によって中間室からの排水が発生するため、厳密な異常検知のためには流量計測が少なくとも2点必要となる。
- (4) 弁変位と流量または弁差圧の組合せによる異常検知も単式バネ式逆止弁において有効な手法である。
- (5) 急激な吐水状態における弁異常の検知は困難であるが、異常点検用の操作方法を設定した水栓を用いることで対応が可能になること、逆圧、負圧状態においては急激な水圧変化があっても特に支障がないことを明らかにし、弁差圧と流量を連続的に計測することにより実際に使用している状況での異常検知が可能である。
- (6) 異常検知装置の実用化のために、低コスト化、維持管理方法の確立等の課題がある。

これらのことから、未だいくつかの課題は残るものの異常検知装置付逆流防止装置の実用化に向けた成果が得られた。現段階では、逆流防止装置における異常監視は、定期的点検に頼っているのが現状だが、即時的な対応は困難である。この異常検知装置付逆流防止装置が実用化されれば、弁異常に伴う逆流の危険性を大幅に軽減することが期待できる。今後も残る課題の解決に向け検討を重ね、これまでの研究結果等とあわせ、更なる逆流防止システムの構築に向けた研究を進め、安全、安心な水道行政に寄与することとしたい。

## F. 研究発表

### F.1 学会発表

- 1) 馬場崇, 伊藤雅喜, 帆莉洋, 鈴木宏幸. 単式バネ式逆止弁の作動状況の可視化と異常検知に関する研究. 第57回全国水道研究発表会講演集. p.464-465. (2006年5月)
- 2) 馬場崇, 伊藤雅喜. 流量・弁差圧の連続監視によるバネ式逆止弁の異常検出手法の開発. 第58回全国水道研究発表会講演集. p.474-475. (2007年5月)

## G. 知的所有権の取得状況

### G.1 特許出願

- 1) 馬場崇, 伊藤雅喜. バネ式逆流防止弁の異常検知システム: 出願番号 2006-287500, 2006
- 2) 岡田大輔. 弁体変位検出機能付弁及び同機能付逆止弁: 出願番号 2006-260769, 2006

## 資料－7 給水末端システムの管理方法に関する研究

主任・分担研究者 中村 文雄 給水工事技術振興財団  
研究協力者 若松 亨二 (株) 日水コン 東京水道事業部

### 研究要旨

給水末端システムの管理方法について、①給水末端データによる異常判定や異常予測への活用方法、②異常と判定された情報に基づく対応方法や維持管理組織の体制等の検討、③投資効果や利用者の費用負担から維持管理システムの実現可能性の検討を行なった。

### A. 目的

本研究は、給水末端での水質や水圧・流量の異常、給水装置の異常等に対応するために、給水末端で取得可能なデータの整理と管理システムのあり方の検討、取得データに基づく異常判定や異常予測への活用方法の検討、給水末端システムの維持管理・リスク管理に関する体制整備等の検討を行うことを目的とする。

### B. 研究方法

給水末端システムの現状について、文献等の資料に基づき把握する。給水末端の維持管理システムの検討は、現行の事故対応フローについて考察する。投資効果や経済性の検討は、類似システムを参考に費用対効果の手法を用いて検討を行う。

### C. 研究結果

#### C.1 平成17年度の研究結果の概要

平成17年度は、給水末端で得られるデータとその活用方法について以下の成果を得た。

- ① データの流れと異常情報への対応パターンの整理・分類
  - ② 取得データの解析による活用を「異常判定」と「異常予測」に分類
  - ③ 上記情報の給水末端及び水道システムでのリスク管理や維持管理での活用の可能性
- なお、本研究における「給水末端システム」と「給水末端システムの管理」は以下のとおりとする。

「給水末端システム」とは、設備としては水道法の「給水装置」と同義とし、これに供給される水道水（所定の水質・水圧）を含めたものとする。また、「給水末端システムの管理」とは、これらの設備および水道水を適正な状態に管理することとする。

#### C.1.1 データの流れと異常情報への対応パターンの整理・分類

##### 1) 取得可能なデータ

「給水装置の異常監視及び管理に関する研究」の分担研究では、水質の異常、水撃作用、給水装置の異常（逆流）、水量の異常（漏水）等、給水末端システムにおける様々な異常に対する監視・管理方法の研究を行っている。

これらの研究から取得可能なデータについて、データの種類の他、取得したデータの処理やその特性などについて整理を行う。表1は、それぞれの研究で得られるデータについて整理したものであるが、データの特性の面から整理すると、異常検知後の対応の緊急性、考えられる対応や対策等に違いがある。これらの特性は、維持管理やリスク管理の場面での実際の活用時に考慮すべきものである。

表1 取得可能データ

種類	項目	検知する現象	位置	データ	データの処理	計測範囲・精度	緊急性	対応	個別対策	システムとしての対応
水質	濁度	管内錆等の混入	給水栓	濁度	異常判定	突発的な異常濁度	高	水道使用停止・影響範囲・原因	給水装置の取替	配水管内の洗浄
	電気伝導度		給水栓							
	残留塩素	残留塩素濃度	給水栓	残留塩素濃度						
水量・水圧	音	水撃作用	給水装置	音の特性*	判定プログラム		中	機器への影響・原因特定	機器のメンテナンス	配水圧改善・配水管整備
	振動	水撃作用	給水装置	振動の特性*	判定プログラム	~H16研究	中	機器への影響・原因特定	機器のメンテナンス	
水量	流量	漏水・漏水位置	貯水槽水道	流量・圧力	摩擦損失統計処理	~H17:単一の蛇口 H18:複数の蛇口	中	漏水量・漏水位置特定	漏水箇所の補修	-
	圧力									
機器異常	流量	逆流防止装置の異常	給水装置	流量・圧力	統計処理等		高	水道使用停止・影響範囲	装置の取替	配水圧改善・配水管整備
	圧力									

\*スペクトルのピーク値・卓越周波数・減衰乗数・波動継続時間・位相差スペクトル

2) データの流れと異常情報への対応パターン

取得したデータは、給水末端システムでの異常判定・異常予測に利用し、その後の維持管理やリスク管理の情報として活用することになる。ここでは、活用方法の概略的なイメージを整理するため、給水末端システムの管理におけるデータの流れと異常時の対応パターンを整理することとする。

なお、本研究では、取得したデータの解析や蓄積を行う機能を「センター」で行うことを前提として考えることとする。「センター」の具体的なイメージは今後の検討課題とし、本研究ではデータ蓄積・解析を行う機能をあらわすこととする。

(1) データの流れ

データ取得から異常情報として変換されるまでの流れは、以下のように考えることができる。

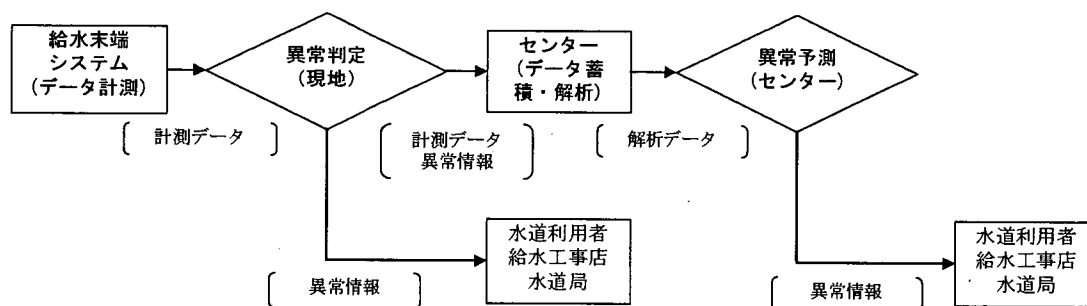


図1 データ取得から異常情報への変換の流れ

- ① データ計測：各戸給水装置で計測（濁度計・ORP計・EC計・流量計・圧力計・振動計・マイクロホン・変位計など）⇒異常判定、センターへ伝送
- ② 異常判定：データ計測場所での異常判定⇒異常情報として水道利用者、給水工事店、水道局へ伝達
- ③ データ蓄積・解析：センターで集中処理・管理（解析；時系列、一定期間の最大値・平均値・最小値、分布・標準偏差、季節変動・地域特性など）⇒異常予測
- ④ 異常予測：測定値のデータ解析結果で判定⇒異常情報として水道利用者、給水工事店、水道局へ伝達（保守点検や修繕の指導など）

(2) 異常情報の対応パターン（原因の特定と対応）

計測データが異常情報に変換された後の対応は、原因の特定と異常への対応が必要となる。また、水質異常等の場合には、給水停止など緊急的な対応が必要な場合もある。

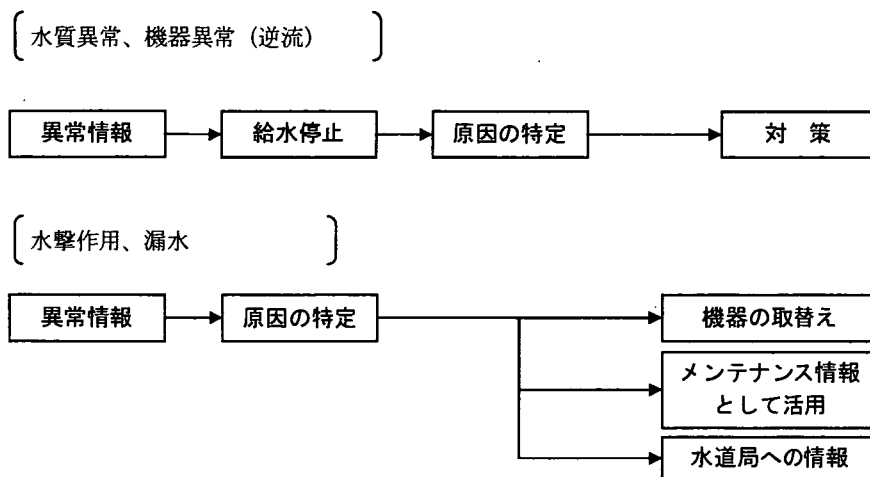


図2 異常情報への対応パターン

対応のパターンとしては、水道水質や他の利用者への影響が生じる場合（水質異常や逆流等）と、影響が特定の利用者限定される場合（水撃作用や漏水等）に分類することができる。

- ① 水質異常・・・給水停止（緊急的な対応必要）⇒原因の特定⇒対策
- ② 水撃作用・・・原因の特定（配水圧の高圧化、給水装置・機器等の急閉止など）⇒メンテナンス情報として活用
- ③ 漏水・・・原因の特定（漏水箇所）⇒メンテナンス情報として活用
- ④ 機器異常・・・機器使用停止・給水停止（影響範囲）⇒原因の特定⇒対策

### 3) データ計測、データ伝送・蓄積方法

#### (1) データの計測

給水末端システムでのデータの計測は、濁度計・ORP計・EC計・流量計・圧力計・振動計・マイクロホン・変位計などの計測機器を利用する。計測データのうち計測地点で異常判定を行うことが可能な項目については、計測地点で異常情報を利用者等に発信する。

データの計測は、連続計測、一定間隔計測、発生時計測（音や振動等）などが考えられ、また蓄積データは、異常に対する対応の緊急度等により設定することが必要であり、一定間隔の瞬時値、一定期間の平均値・最大値・最小値等が考えられる。

#### (2) データの伝送・蓄積方法

給水末端システムで計測したデータは、データ量を考慮して電話回線網、インターネット網、無線等を利用してセンターに伝送する。また、データの蓄積は、センターでの異常予測の方法に必要なデータとして、対象地点や期間等を定めることが必要である。

#### C.1.2 取得データの解析による活用

計測したデータは、計測地点またはセンターで異常判定を行うための解析、蓄積データと計測データの対比による異常予測を行うための解析に用いる。

データの解析は、逐次計測データの異常を監視する異常判定と、蓄積したデータと計測データとの比較による異常予測が考えられる。

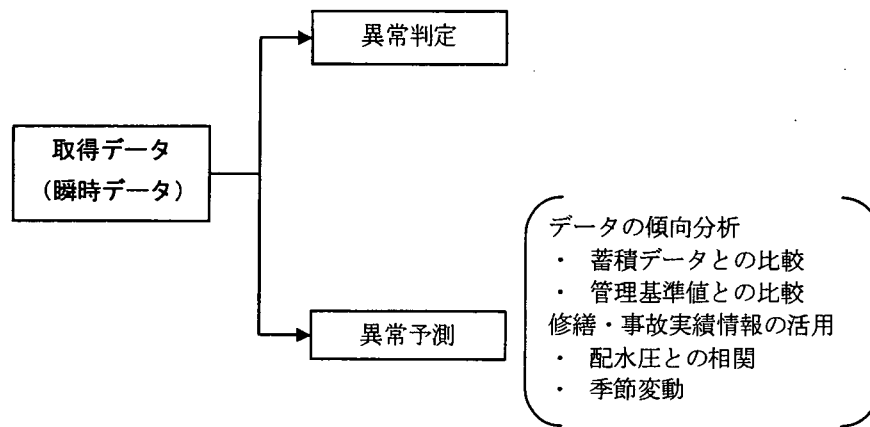


図3 取得データの解析

各分担研究は異常判定システムと考えることができ、それぞれの研究の異常判定の考え方の概要を整理すると表2のとおりである。基本的には、あらかじめ定めた正常状態と計測時を比較して異常を判定するものである。これらは、リアルタイムに比較を行うことが可能であれば、異常発生と同時に異常判定を行うことができる。

表2 各分担研究の異常判定方法

研究	監視対象項目	異常判定
トレンド出力型濁度モニターを用いた水質異常検出システム	濁度	一定時間の最大値と最小値の差とあらかじめ測定した懸濁質の1分間の濁度変化率
水撃作用発生時の音に関する特性についての把握および、ファジイ判定システムへの組み込み	水撃作用（音・振動）	振動・音の継続時間や減衰性状、スペクトル解析による卓越周波数等の値について、ファジイ演算により水撃作用発生を判定
逆流防止装置異常検知方法の開発と応用に関する研究	逆流装置の異常	正常時の弁差圧と流量との比較
貯水槽水道における給水管ネットワークの水量異常の検出方法に関する基礎的研究	漏水	流量と圧力から損失水頭係数を計算しその頻度分布を正常時の分布と比較

もう一つデータ解析である異常予測は、時系列的な傾向分析、蓄積データの統計的な処理と計測データとの比較、異常発生の実績を加味した予測などが考えられる。

### C.1.3 情報の給水末端及び水道システムでのリスク管理や維持管理での活用の可能性

#### 1) 給水末端システムでの情報の活用

給水末端システムでの情報は、異常判定や異常予測に基づくリスク管理への活用と、異常予測に基づく維持管理への活用が考えられる。

- ・ リスク管理情報：水質データ傾向より水質異常を予測し事前対応、逆流防止装置の故障・劣化に伴う逆流の発生及び発生予測
- ・ 維持管理情報：機器・水量等の異常に対する保守点検、修繕等の指導

このとき、センターの役割、水道局の関与のあり方、利用者への認知の方法などの課題が考えられる。

#### 2) 水道システムでの情報の活用

給水末端システムでの情報は、給水末端システムを含めた水道システム全体への活用が考えられる。



(水道システム全体での活用例)

- ⑤ 末端給水システム異常の影響範囲の推定
- ⑥ 水道システムの改善 (高・低水圧改善、輻輳配水管の整備、老朽管の更新、残留塩素の管理など)
- ⑦ 同上 (取水～給水栓までの一貫した管理システムの構築)

(個別技術への活用例)

- ⑧ 給水装置 (仕様・性能) の改善

例えば、図4に示すように「給水末端の情報⇒センター⇒対策・メンテナンス」の給水末端システム管理に対して、配水管網のGISやマッピングシステムと連動させて、水道システム全体で情報を活用することが考えられる。給水末端で得られた異常情報とGISやマッピングシステムの情報や機能を組み合わせて、異常情報発生位置の予測や影響範囲の予測を行うこと、異常予測と水道施設・給水装置の更新計画などの資産管理を組み合わせたアセットマネジメントシステムの構築などが考えられる。

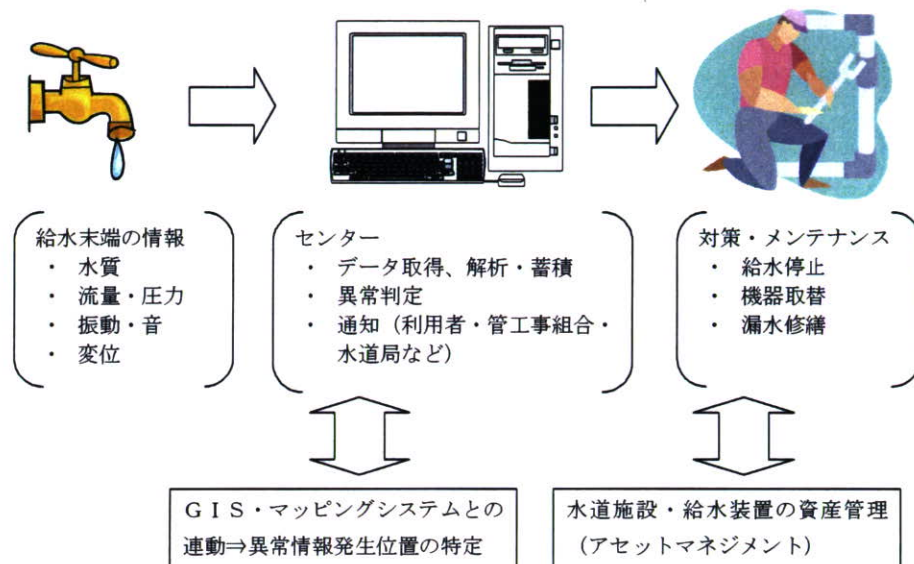


図4 末端給水システムの管理情報の水道システム全体への活用

このように給水末端で取得した情報の活用方法は、リスク管理情報・維持管理情報・その他の利用方法が考えられる。

## C.2 平成18年度の研究結果の概要

平成18年度は、現状における給水末端の管理状況より問題点を抽出し、それらの問題点に対処可能な維持管理システムを提案した。

- ① 給水末端の管理における現状の問題点：(ア)給水末端管理に関する認識不足 (需要者)、(イ)情報共有などの連携が不十分 (関係機関)、(ウ)水道施設と給水装置に管理境界が存在 (水道システム) 等
- ② 異常情報に対する対応：(ア)原因の特定、(イ)水道水の安全性確保に対する遅れ、(ウ)水道事業者の関与、(エ)給水末端での異常に対する対応に必要な機能主体の明確化等

### C.2.1 維持管理の場面での対応・応急処置・修繕のながれ

維持管理の場面では、得られた異常情報に基づく具体的な判断が必要となる。給水末端の管理における関係者は、水道事業者、管工事組合、需要者等が考えられるが、「給水用具の維持管理指針」(日本水道協会)、「水有効利用のための給水システム構築に関する研究」(給水工事技術振興財団)を参考に現状を整理する。

表3 給水装置の管理に関する関係者の現状と役割

関係者	現 状	役割・責任
製造者	<ul style="list-style-type: none"> <li>顧客情報の不足</li> <li>経年逆流防止装置の試験の未実施</li> <li>維持管理が利益に結びつきにくいという意識</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>認証品の製造</li> <li>給水用具の情報提供（構造・基準・点検・条件・制度・保証期間等）</li> <li>故障表示・点検の容易化</li> <li>顧客台帳の作成・製造品番号による管理</li> </ul>
第三者認証機関	<ul style="list-style-type: none"> <li>維持管理の視点による認証がなされていない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>認証品の証明</li> <li>認証要件の開示</li> <li>認証品の経年変化の調査研究</li> <li>情報提供等（製造者・水道事業者、需要者・国）</li> </ul>
工事事業者	<ul style="list-style-type: none"> <li>維持管理の主体という認識不足</li> <li>設置者責任の希薄</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水道事業者への工事申し込み</li> <li>認証品の確認</li> <li>設置条件の把握・適正工事の実施</li> <li>需要者への説明</li> <li>顧客台帳の作成</li> <li>技術向上</li> </ul>
水道事業者	<ul style="list-style-type: none"> <li>認証品の使用の範囲で関与</li> <li>私有財産である給水装置の維持管理に関与する意識希薄</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>給水装置工事の検査</li> <li>情報提供の指導</li> <li>逆流防止装置の設置の指定</li> <li>需要者からの給水用具に関する相談への対応</li> </ul>
需要者	<ul style="list-style-type: none"> <li>水道水は安全という意識</li> <li>維持管理の意識希薄</li> <li>維持管理に関する情報不足（方法・構造・費用・義務・責任等）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>給水装置工事の届出</li> <li>給水用具の維持管理の遵守</li> <li>その他</li> </ul>
国		<ul style="list-style-type: none"> <li>給水用具の維持管理指針遵守を関係者へ徹底</li> <li>維持管理の必要性の広報</li> <li>第三者認証機関との情報連携の徹底</li> </ul>

※「給水用具の維持管理指針」を参考に作成

表4 給水装置の管理に関する問題点と対応主体

問題点	製造者	第三者 認証機 関	水道工 事業者	水道事 業者	需要者	国
給水装置の漏水等の調査・修理の実施割合が低い			○	○	○	
給水装置維持管理に対する需要者への指導・広報の実効性が低い				○		
給水装置の配管図面の管理が不十分			○	○	○	
需要者からの問合せ・依頼・要望等への対応のさらなる効率化・迅速化	○		○	○		
機器に対する研究・開発の必要性	○	○	○	○		
指定工事業者との連携及び指導の強化	○		○	○	○	
給水末端システムの維持管理のための法整備						○

※「水有効利用のための給水システム構築に関する研究」を参考に作成

## 1) 給水末端管理に関わる関係者の現状

### (1) 水道事業者の給水末端管理に関する取組状況

水道事業者の給水装置の維持管理に要する関与・負担の状況を把握する。

平成16年度水道統計1918事業のうち、給水費用を計上（配水費用に代わる費用区分としている事業を除く）している事業は176事業(9.2%)である。費用構成割合は、図5に示すように、維持管理費全体に対して12.5%である。

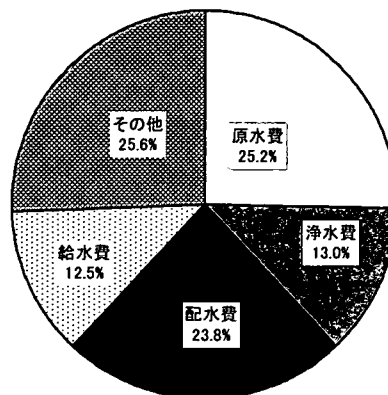


図5 「給水費」を計上している事業体の費用構成率

また、水道事業者の規模との関係(図6)を見ると、規模が小さくなるにしたがい「給水費」を計上している事業者の割合は少なくなっている。このように名目的な視点からであるが、水道事業者は、小規模な事業者ほど給水に関する維持管理業務が明確になっていない傾向にある。

次に、水道事業者の「給水末端」に関する取組を見ると、需要者に直接関わる機能として「お客様サービスセンター」や「水道修繕センター」等を構築している大規模事業者があるが、概ね窓口的な業務である。その他は、貯水槽水道への関与、鉛給水管への対応と助成制度、指定管工事業者の紹介、アンケート調査等の実施などである。

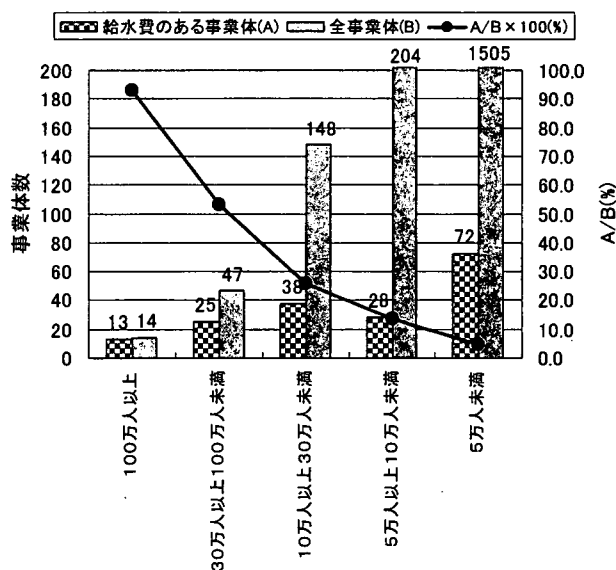


図6 「給水費」を計上している事業者の割合

### (2) 管工事組合

管工事組合の取組では、24時間対応のメンテナンスセンターの設置、修繕工事待機業務を水道事業者から委託している例がある。

### (3) 現状における需要者の意見や要望

需要者については、水道事業者の実施するアンケート調査や水道モニター制度等の公表データに、給水末端管理に関する意見や要望等が示されている。大規模事業者を中心にアンケートが実施されているが、水道事業に関わる内容にとどまっており、給水装置に関しては、水質以外は所有・責任の範囲を超えない内容となっている。

以上の内容と文献等で指摘されている問題点を併せて給水末端管理に関する現状を整理すると、以下のとおりである。

- ・ 需要者：給水末端管理に関する認識不足
- ・ 関係機関と連携：給水末端管理の必要性の認識はあるが、法制度的に主体的な立場になく、情報の共有などの連携が不足している
- ・ 水道システム：水道施設と給水装置に管理境界が存在する

## 2) 応急処置・修繕等の流れ

異常情報に基づく実際の維持管理として、利用者への通知・承諾、応急処置、修繕、復旧、安全確認などが必要である。具体的な流れは、「給水用具の維持管理指針」(2004 水道協会)の『給水用具が原因の水質汚染事故の連絡フロー』を参考として作成した図7に基づいて、問題点を抽出す

る。

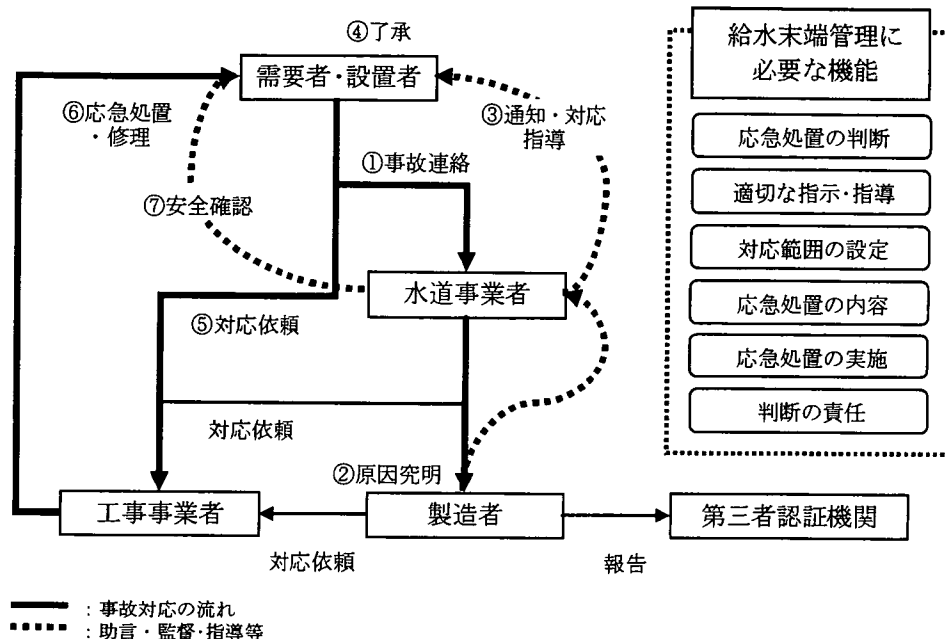


図7 給水末端での事故対応フロー

(問題点)

- ・ 需要者が水質異常を認識した時点では、原因の特定ができない場合がある。
- ・ 現状のフローでは、応急処置等の対応に遅れが発生する危険性がある。
- ・ 水道事業者は、給水末端の維持管理に対する関与に法制度面での限界がある。
- ・ 給水末端での異常に対する対応には、応急処置の判断、適切な指示・指導、応急処置の検討・実施、判断に対する責任等の機能が必要となるが、現状では不明確である。
- ・ 給水末端での異常の原因は、給水装置も含めた水道システム全体、すなわち「給水末端システムの管理」として考えるべきである。

特に水質異常の場合には、原因が水道事業者側にある場合と給水装置にある場合が考えられる。

前者は異常情報が面的に現れ、後者は点として現れると考えられる。原因が水道事業者側にある場合には、給水停止等の判断は水道事業者の責任になると考えられるが、これも「給水末端システムの管理」に含めて考えるべきである。

また、給水末端での異常に対する対応は、異常情報（事故連絡）に基づく応急処置の判断、そのタイミング、対応範囲の設定、応急処置の検討、応急処置の実施、判断に対する責任等の機能が必要となるが、これらの機能をどこに置くかが問題である。

3) 給水末端管理に関する課題と対策

(1) 関係機関の役割

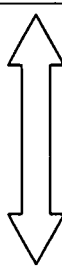
水道事業者、製造者、管工事業者、設置者・需要者について、現状における給水末端管理に対する責任と役割を整理する。表3で整理した役割について認証、開発・研修、管理・点検、情報、工事の面で整理すると、表5となるが、これらをさらに責任と役割で要約すると表6のように整理できると考える。

表5 関係機関の役割

	製造者	第三者機関	工事事業者	水道事業者	需要者	国
認証	認証品の製造	認証品の証明 認証要件 認証に疑義が生じた場合の対応	認証品の確認			認証に疑義が生じたとの報告を受けた場合  認証に疑義が生じた場合の対応
開発・研修	点検が容易な給水用具の開発 逆流防止装置の故障表示	安全な給水用具の開発の促進 認証品の経年変化等の調査研究	技術向上及び情報伝達のための研修			
管理・点検	製造番号による管理 給水用具の点検			維持管理不適切による汚染等のおそれのある場合の維持管理等の念書要求(需要者に対して) 逆流防止装置の設置の指導	維持管理等の念書の提出 給水用具の維持管理の遵守 メンテナンス契約	給水用具の維持管理指針の周知徹底
情報	給水用具の情報提供 顧客台帳の作成 給水用具の保証期間の表示 給水用具本体への定期点検時期の表示	情報提供・情報の収集 認証要件の記載	技術向上及び情報伝達のための研修 需要者への説明 給水装置工事の記録簿での給水用具の把握(顧客台帳の作成) 設置条件の把握	情報提供の指導 給水用具の相談	製造者への設置届けの送付	維持管理の必要性についての広報
工事			水道事業者への申込み 適正工事の実施		給水装置工事の届け出	

※「維持管理指針」を参考に作成

表6 給水末端管理に関わる関係者の責任と役割

関係者	責任	役割	備考
水道事業者	供給責任・水道水質	蛇口から出る水の安全性確保	 連携・情報の共有
製造者	給水装置の安全性	維持管理性の高い給水装置の提供	
管工事業者	給水装置の設置工事	給水工事設置工事技術の向上	
設置者・需要者	給水装置の維持管理	日常の管理	

現状を踏まえて想定される課題（技術面、組織体制や人員、法制度面、費用等）を抽出する。

- ・ 技術：給水装置の管理技術（経年の給水装置の安全性確認の技術、需要者が管理を容易に行える給水装置の開発等）
- ・ 管理体制：水道システム、給水末端システムの一体的な管理体制、給水末端に関わる関係者の連携・情報の共有の仕組み・体制の構築
- ・ 法制度：給水装置の所有・管理責任と水道水供給責任の整合性
- ・ 費用負担：水道水の安全性確保の観点から、公平性等を考慮した費用負担のあり方

(2) 改善フローの提案

対策としては、水質異常等の給水装置に起因する異常に対する判断や対応を支援するシステムが必要である。情報の流れ、適切な応急処置、迅速な対応を行うために、需要者と水道事業者の間に「給水システム管理組織」を設置する仕組みを提案する。

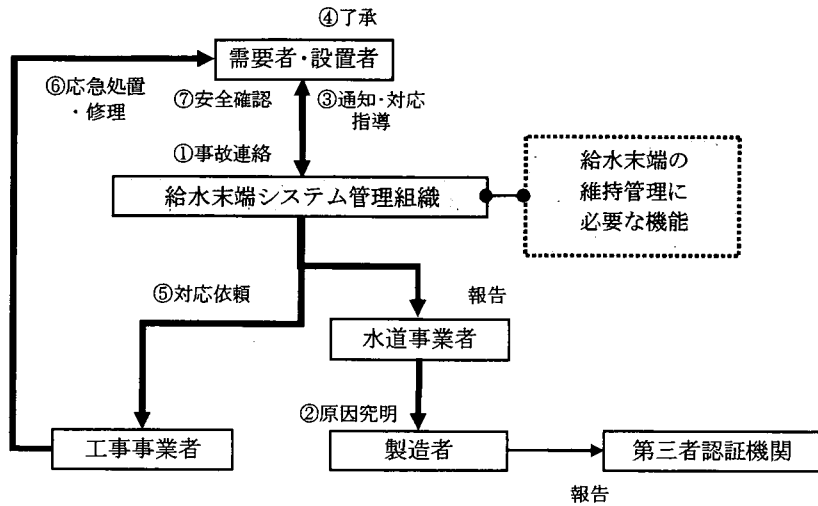


図8 提案するフロー

C.2.2 維持管理組織について

給水末端システムの管理に必要な「維持管理組織」の構築が必要である。C.2.1の検討に基づき、具体的な組織体制のイメージおよび、そのために必要な条件の設定を行う。また、併せて維持管理組織構築のための課題の整理を行う。

なお、給水末端システムの管理は、広義には平成17で示した定義—『給水末端システム』とは、設備としては水道法の『給水装置』と同義とし、これに供給される水道水（所定の水質・水圧）を含めたものとする。また、『給水末端システムの管理』とは、これらの設備および水道水を適正な状態に管理すること—と考えるが、実行可能性の面から管理対象範囲を限定することも必要である。

1) 給水末端管理の組織体制イメージ

給水末端管理の組織体制は、給水末端システムを水道システムに組み込み、日常点検・維持管理・異常情報への対応・事故対応の判断支援を行うことが必要である。そのためには、水道施設の維持管理組織と給水末端の維持管理組織が連携できるような体制の構築が必要である。

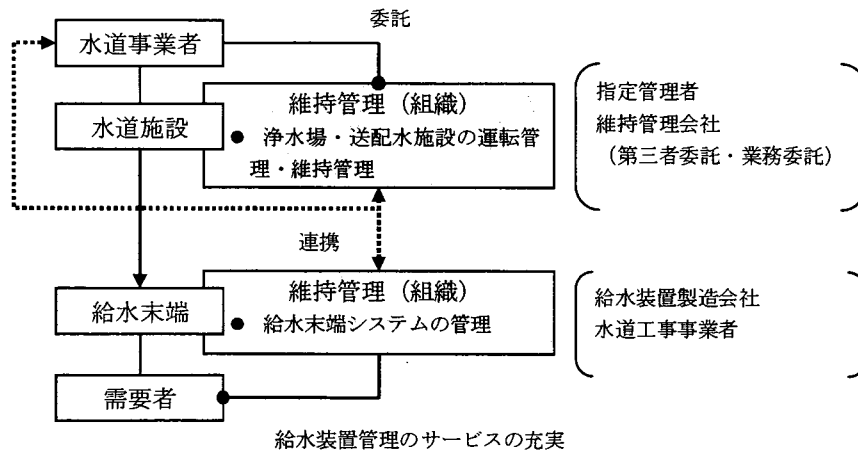


図9 水道システムと給水末端システムの連携

さらに、維持管理組織を一体的にすることにより、維持管理の効率性、事故対応の迅速性を高めることができると考えられる。ただし、その場合には、供給責任や管理責任の明確化、法制度との整合性を図る必要がある。

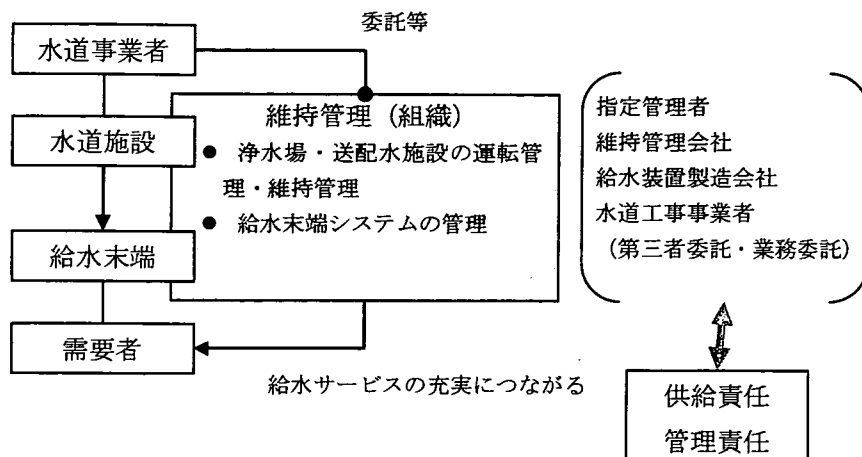


図10 水道システムと給水末端システムの一体的な管理

2) 給水末端管理の組織構築に対する課題

(1) 給水末端管理の組織構築に対する課題の抽出

表7には、関係者の給水末端管理に関する法的根拠を整理した。これによると、水道事業者は、水道水の供給責任があり、そのために必要な管理を行うことが必要である。また、給水装置の管理責任については、それぞれの立場で管理に関する責任があるため、主体となる管理責任者の明確化、関係者相互の情報の連携などが必要と考えられる。管理に伴う費用負担については、水道水の安全に係るとともに給水装置所有者としての管理責任を確保すべきものであるから、給水サービスの一環として位置づけたサービスの対価とする考え方も必要である

表7 給水末端管理に関する法的根拠

項目	水道事業者	製造者	管工事業者	需要者・設置者
水道水の供給責任	法15条「給水義務」			
給水装置の管理責任	法16条「給水装置の構造及び材質」の適合性確認	法施行令第5条 給水装置の構造及び材質の基準に基づく認証(自己・第三者)	法25条の2「指定給水装置工事事業者」として「給水装置工事主任技術者」の選任	給水装置検査の請求供給規定に基づく需要者の責任
管理に伴う費用負担	法14条「供給規定」			供給規定に基づく費用負担

<課題>

- ・ 「給水義務」に応じた維持管理の方法
- ・ 給水装置の管理責任を主導する立場の明確化
- ・ サービスの対価としての費用負担の明確化

(2) 給水末端管理の組織構築に対する課題への対応案

給水末端管理の組織構築に対する課題への対応として、「水道システムと給水末端システムの連携」段階と「水道システムと給水末端システムの一体的な管理」段階の2つの段階について考察する。

<水道システムと給水末端システムの連携段階>

①給水義務に応じた維持管理

- ・ 第三者委託制度・指定管理者制度を活用(業務範囲の設定)して、関係機関の一体化を促す。

- ・ 供給規定の見直し（法第 14 条「供給規程」第 2 項の技術的細目）

### ②給水装置の管理主体

- ・ 給水装置の管理主体は、あくまでも需要者
- ・ 水道事業者等の関係機関は、それぞれの責任において、給水装置の管理を支援
- ・ 管理組織は、サービスに対する対価により給水装置の管理を支援

### ③サービスの対価としての費用負担

- ・ 需要者はサービス水準を選択し、サービス水準に応じた費用を負担
- ・ 関係機関は、サービス水準の向上、費用負担の軽減を目指す。

### <水道システムと給水末端システムの一体的な管理段階>

水道システムと給水末端システムの一体的な管理を行うためには、給水末端管理組織構築の柔軟性、給水装置の管理義務の厳格化等の法制度面の改善、需要者を含む関係者の給水末端管理に対する重要性認識の醸成等、段階的な向上を図ることが必要である。

### C.3 平成 19 年度の研究結果の概要

平成 19 年度は、モデルケースの検討として、利用者や水道事業者の費用負担の想定、維持管理システムの構築により回避されるリスクの設定等により、費用便益比の試算を試みた。

- ① 費用便益比（費用：維持管理システムの初期投資額、人件費等の維持管理費等、便益：水質異常に気が付かずに水道水を使用し続けることによる健康被害⇒一定割合の利用者が被害回避のために飲料水にボトルドウォーター使用を想定）を試算した。
- ② 試算の結果より、一定規模の確保（図 2）、末端のモニター設備に対する利用者の支払可能額の想定等ができた。

#### C.3.1 維持管理システムの設定

維持管理体制は、次に 3 つの方法を考えることとする。

図 11 は、給水装置が私有財産であることから、基本的に給水末端の管理を独立した維持管理組織により行い、必要に応じて水道事業者との連携を行う方法とする。この場合、利用者は、給水末端の維持管理に対するサービスの対価を直接維持管理組織に支払うこととなる。

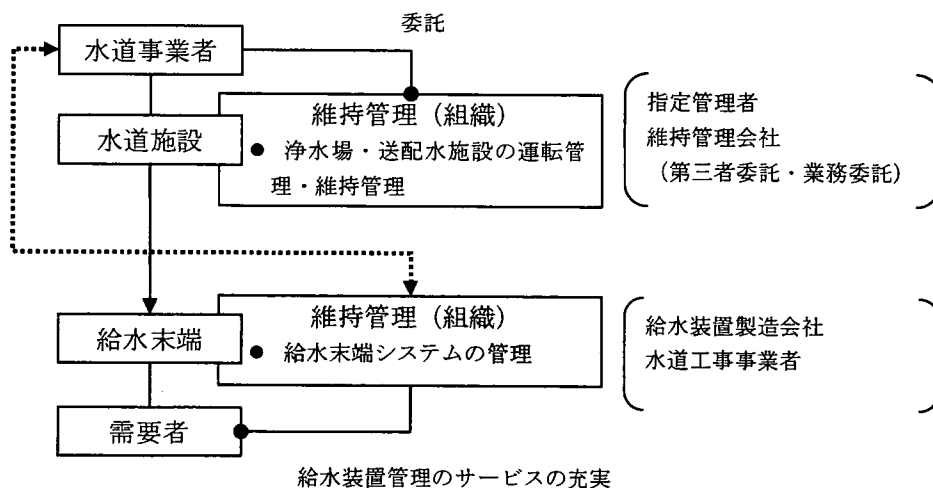


図 11 維持管理の方法（ケース 1 A）

図 12 は、ケース 1 A を基本とした上で、給水末端の維持管理組織と水道事業者（水道施設の維持管理組織を含む）との情報共有等の連携を図る方法である。この連携は、組織間での協定等が必要と考えられるが、強制力や責任の所在等に曖昧さが残る可能性がある。この場合もケース 1 A と同様に、利用者は、給水末端の維持管理に対するサービスの対価を直接維持管理組織に支払うこととなる。



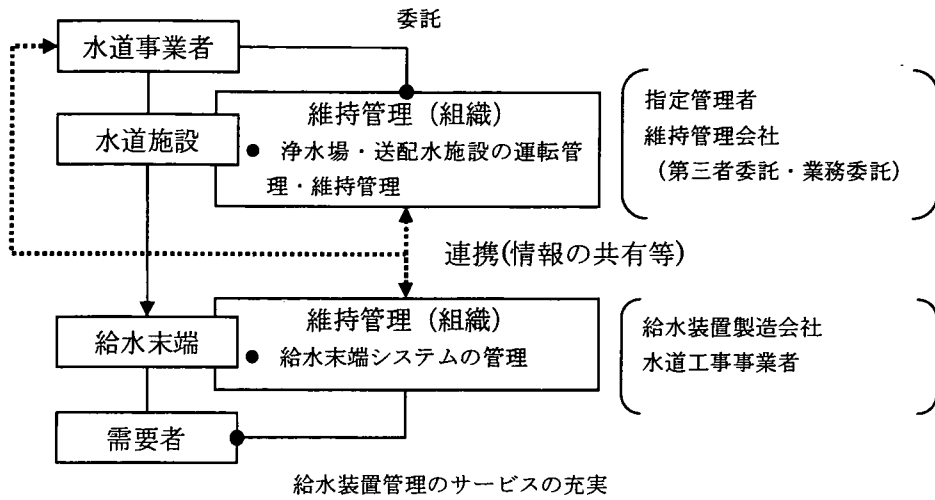


図12 維持管理の方法 (ケース1 B)

図13は、ケース1 Bの連携をさらに進めて、給水末端も含めた水道システムとしての連携を行う方法である。この水道システムとしての連携は、維持管理組織との契約に基づくことが必要であり、また、水道水の供給責任を有する水道事業者が主体的な立場になる必要がある。そのため、給水末端の維持管理サービスの対価は、水道料金と併せて水道事業者が徴収する方法が適していると考えられる。

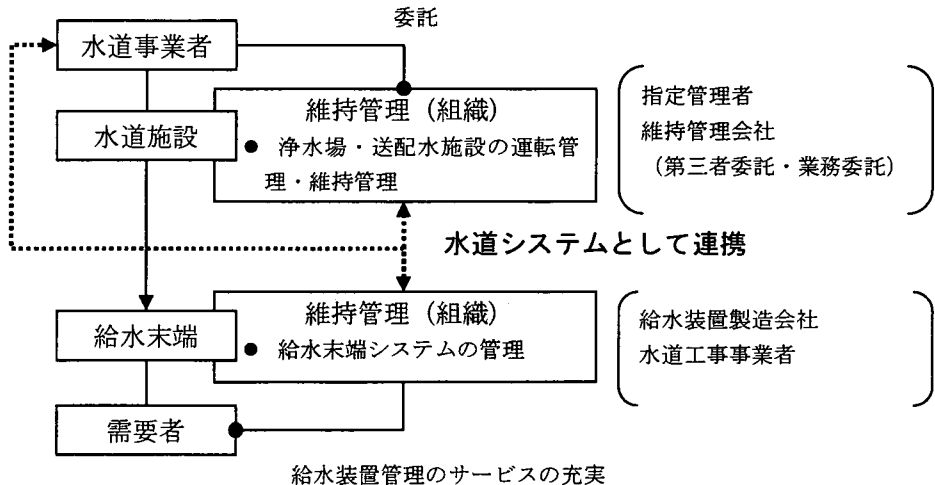


図13 維持管理の方法 (ケース2)

これらのうち、ケース1 Aとケース1 Bについては、給水末端の維持管理組織の位置づけが、水道事業者から独立した組織であるため、以下の比較検討ではケース1として扱い、水道事業者との連携は、給水末端側の情報を対価をもって水道事業者に提供することに限定することとする。

ケース1とケース2について、長所・短所等の比較を行うと表8となる。

ケース1は、現行法制度内で対応可能な方法であるが、水道事業者の関与できる範囲が限定されるため、水道水の安全性確保のために水道システムとしての対応が難しい。ケース2は、水道システムとして水源～給水末端までの一貫した維持管理システムの実現につながるものとなり得るが、私有財産である給水装置に対する関与の面で現行法制度での対応が難しい部分が残る。

また、いずれの組織体制においても、水道利用者が給水末端の維持管理の必要性を認識して、そのサービスを受ける(対価を払う)ことが、このシステムを成立させる前提となる。このためには、利用者や水道事業者をはじめとする関係者の認識を高めること、給水末端の維持管理サービス内容

の充実を図ること、さらには、法制度面の整備が必要である。

表 8 維持管理体制 2 ケースの比較表

項 目		ケース 1	ケース 2
概要	組織体制	<ul style="list-style-type: none"> <li>給水装置の維持管理のノウハウを有する会社等（給水装置製造会社や水道工事事業者等）により構成する維持管理組織（会社、事業組合等）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>同左</li> <li>水道事業者、または管理受託事業者との連携（一体的な組織、委託等）</li> </ul>
	業務内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>水道利用者（需要者）に対するサービスとして行う業務</li> <li>給水装置での水質連続モニタリング</li> <li>水質異常に対する対応（給水装置部分のみ）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>同左</li> <li>異常対応において、水道事業者との連携（情報共有等）</li> <li>水道事業者が行う給水装置に関する業務の全部または一部</li> </ul>
	必要設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>中央監視設備</li> <li>末端モニタリング設備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>同左</li> <li>水道事業者との情報共有・連携に必要な設備</li> </ul>
関係者	水道事業者	<ul style="list-style-type: none"> <li>基本的には、給水装置（私有財産部分）のみ業務対象とし、利用者の要望がある場合、水道事業者への仲介（問合せ、報告、指導要請等）を行う</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>同左</li> <li>給水末端の維持管理システム事業者は、水道事業者と委託</li> <li>給水原価に組入れて、利用者から水道料金として徴収する</li> </ul>
	利用者	<ul style="list-style-type: none"> <li>利用者は、水質監視・異常対応のサービスの対価として、料金を支払う</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>利用者は、水質監視・異常対応のサービスを水道サービスの一つとして選択し、水道料金の徴収と併せて支払う。</li> </ul>
特徴	長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>現行法制度内で対応可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水源～給水末端までの一貫した維持管理システム（につながる）</li> </ul>
	短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>水道事業者の関与できる範囲が限定されるため、給水末端システムの独立した維持管理システムとなる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現行法制度で対応できにくい部分がある</li> </ul>
実現可能性における課題		<ul style="list-style-type: none"> <li>関係者（水道事業者、利用者を含む）の意識</li> <li>利用者が維持管理サービスの価値（対価を払う意義）を認識</li> <li>水道システムとして蛇口からの水の水質に対する安全性確保</li> <li>維持管理サービスの内容の充実を図ること</li> <li>法制度面の見直し</li> </ul>	

### C.3.2 モデルケースの検討（経済性の検討）

経済性の面から実現可能性を検討するために、費用対効果の検討を行う。費用対効果の検討は、水道水の安全性確保（リスク管理）の面から、リスク発生に伴う損失を便益として見込み、費用便益比の算定を試みる。

#### 1) リスク管理面からの費用便益比算定の考え方

費用便益比の算定は、表9に示すモデル地域を設定し、損益上利益（粗利）が見込める設備投資や料金設定が可能であると仮定する。なお、実際の事業として成立するには、一般管理費等も考慮した費用が必要であり、事業としての採算性までは考慮していない。

表9 モデル地域の条件及び収益・費用の概算

項目		単位	費用・数量	備 考
条件	人口	人	50,000	
	戸数	戸	16,667	世帯人数3.0人
	各戸のモニター設備	円	30,000	耐用年数5年
年間収益	サービス料金	円/月・戸	500	
	料金収入	千円	100,002	サービス料×12カ月×戸数
	情報提供・その他	千円	5,000	水道事業者等への情報提供の対価
	計		105,002	
年間費用	人件費	千円	8,000	管理要員として1人を見込む
	設備(中央)	千円	2,813	初期投資額50,000千円、耐用年数16年(残存価額10%)
	設備(各戸)	千円	90,002	(各戸モニター設備費用×戸数) / 耐用年数5年
	計	千円	100,814	

費用と便益の考え方は、次のとおりとして表10のように費用便益比を算定した。（「費用対効果マニュアル」（平成19年 厚生労働省）を参考資料とした。）

- ・ 費用 (C) : システム (中央・末端) の初期投資額、維持管理費 (人件費等)
- ・ 便益 (B) : 水質異常に気が付かずに水道水を使用し続けることによる被害 (健康被害など)  
⇒ 1割の人がそのことを回避するために飲料水 (1ℓ/人日) としてボトルドウォーターを使用すると想定
- ・ 現在価値への換算係数 : 割引率を4%として耐用年数に応じて算出
- ・ 費用便益費 (B/C) : 計測期間を50年間として費用と便益を計算

#### 2) 試算結果と考察

前項で示した条件により、費用便益比を算出すると表3のとおりとなる。費用便益比は1.46となり、費用対効果はある程度期待できる結果となった。

表 10 費用便益比の試算

項目		単位	費用/便益	換算係数	総費用/総便益	備考
費用 (C)	人件費	千円	8,000	21.48	171,840	1人
	設備(中央)	千円	50,000	1.85	92,500	耐用年数16年
	設備(各戸)	千円	500,010	4.83	2,415,048	耐用年数5年
	計	千円			2,679,388	
便益 (B)	影響戸数	戸	1,667			全世帯
	リスク回避する割合	%	10			仮定
	ボトルドウォーター	円/人	36,500			100円/1??、 1??/人日使用
	便益		182,537	21.48	3,920,884	
費用便益比	B/C				1.463	

この試算結果には、いくつかの仮定条件が含まれているため、それらの仮定条件の変化に対する結果への影響（感度分析）を検討する。

- ・ 事業規模：給水人口 50,000 人（全戸がサービスを受けるものと仮定）
- ・ 各戸のモニター設備の単価及び料金設定：モニター設備 30,000 円/戸⇒使用料金として、500 円/戸月※と設定）  
※維持管理システムのサービス料金として、利用者が支払い可能な金額の想定（東京ガスのガス漏れ等の異常検知・通報サービス（493 円/月）等を参考）
- ・ 給水末端の水質異常による事故の頻度とリスクとしての認識：10%の仮定の妥当性

(1) 事業規模について

他の条件を固定（初期条件）して、給水人口を 2,500～100,000 人まで変化させた場合の費用便益を計算すると図 14 となり、利用者が 1 万人を超えると費用便益比は 1 を超え、利用者が 6.5 万人を超えると費用便益比は 1.5 を超える。

このことから、事業規模としては、1 万人以上を確保することが最低条件であると考えられる。

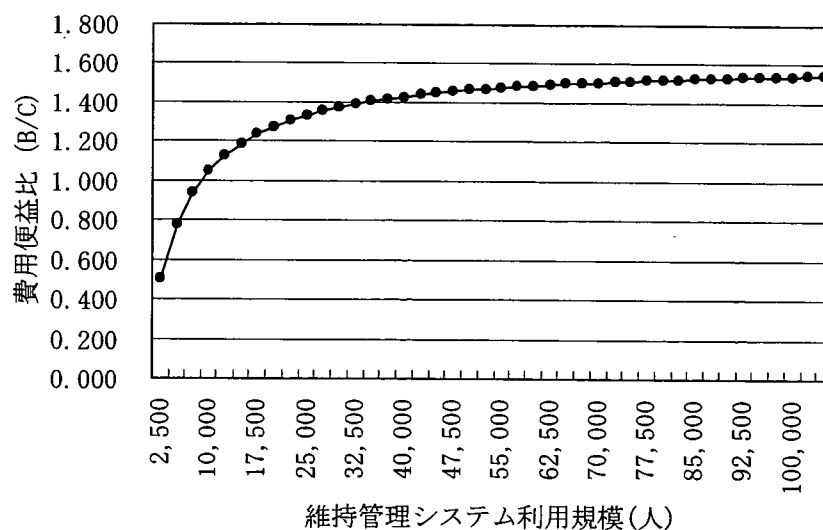


図 14 事業規模と費用便益比