

3) 総合化指標

2)では、各シミュレーション結果毎の出力方法について検討したが、ここでは、問題箇所をより明確にするための各シミュレーション結果の総合化に用いる指標について整理する。

1) 施策とシナリオでも整理したように、施策の効果としては「被害(被害個所数、断水人口など)」、「復旧日数」、「水量」の3項目で表現できることから、総合化における指標としては、断水人口、復旧日数、不足水量の3つを指標とする。

ここで、これら指標の算出方法(案)を表2.3.21に整理する。断水人口は復旧完了までの総断水人口で判断し、復旧日数は各水道事業体で設定した目標復旧日数との比較で判断し、水量は通常時の平均給水量との差で判断する。

表2.3.21 総合化指標と算出方法(案)

総合化指標	算出方法
断水人口:N	$\text{総断水人口} = \sum (N_t)$ $t = 1 \dots n, n = \text{復旧完了日数}$
復旧日数:T	$T = \text{各事業体の目標復旧日数} - \text{復旧完了日数}$
不足水量:Q	$Q = \sum (Q_A - Q_t)$ $Q_A : \text{日平均給水量(震災前)}$ $Q_t : \text{給水量(震災時使用水量 + 応急給水量)}$

現況分析におけるこれらの総合化指標の意味を考えると、例えば「断水人口指標が大きければ被害が大きかったという事であり、耐震化を実施する必要がある」、「復旧日数の指標が負の値となれば復旧が遅かったという事であり、効率的な応急復旧を実施する必要がある」、「不足水量の指標が大きければ住民に対して十分な給水が行えなかつたという事であり、効率的な応急給水を実施する必要がある」という判断が行える。

4) 震災施策の決定支援

ここでは、シナリオ間の比較検討、つまり震災施策の決定支援方法について検討する。

震災による様々な影響(大別すれば「市民が受ける影響」と「水道事業体が受ける影響」の二つ)について、総合化指標(断水人口、復旧日数、不足水量など)を用いて表す事とした。しかし、各シナリオを比較するとき、各震災施策やシナリオによって得られる効果が異なるため、総合化指標だけでは比較検討することはできない(例えば、断水人口が20%減少することと応急給水量が20%増加することに優劣は付けられない)。

そこで、総合化指標を統合した「影響度」という指標が必要となる。総合化指標を影響度という指標に変換するためには、以下に示すような方法が考えられる。

- ・ 各評価指標を点数化し、それらの合計点を影響度とする。
- ・ 各評価指標を軸としてレーダーチャートで表して、その面積を影響度とする。
- ・ 各評価指標を統一の指標(例えば金額:費用便益分析)で表現して、その合計値などを影響度とする。
など

ただし、総合化指標をどの様な方法で影響度に変換するかについては、今後の課題

である。

また、水道事業体が震災施策(シナリオ)を比較検討し、具体化(事業の実施)するためには、影響度だけでなく、経済性、施工容易性などの指標も必要となってくる。

例えば、影響度と経済性を比較する(つまり、費用対効果分析)と、図2.3.21に示す様な比較検討結果が得られ、震災施策(シナリオ)の決定支援が行える。

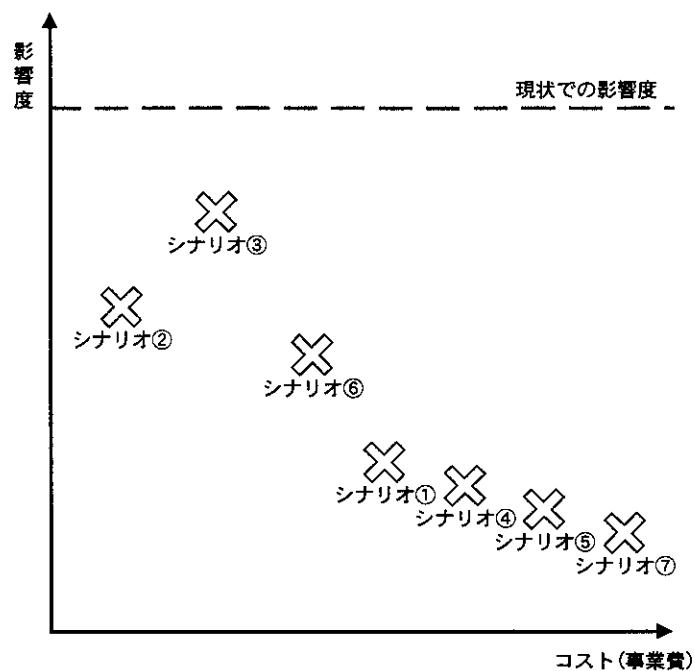


図2.3.21 施策決定支援のイメージ(影響度と経済性)

ただし、シナリオ毎の事業費の算出方法、施工容易性の比較方法などについては、今後の課題である。

2.4 シミュレーションモデルの機能整理

2.4.1 各シミュレーションの関連項目

ここでは、各シミュレーション及び総合化の関係を整理する。図 2.4.1 には、影響度予測システムの各項目の関連フローを示す。

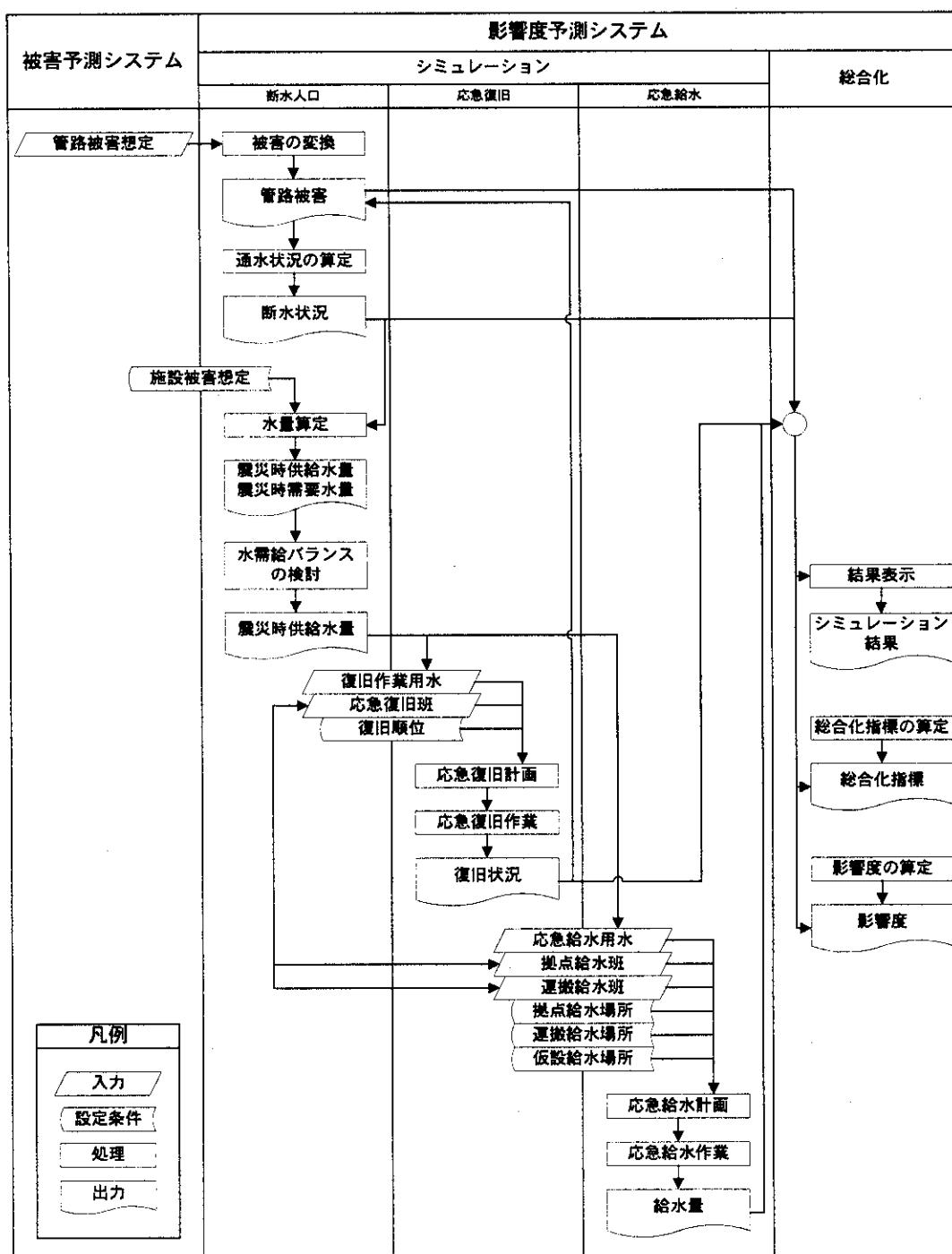


図 2.4.1 影響度予測システムの各項目の関連フロー

2.4.2 入出力項目の機能整理

影響度予測システムでは、各シミュレーションにおいて、表 2.4.1 に示す入出力項目機能を整備するものとする。

表 2.4.1 各シミュレーションの入出力項目の整理

大項目	小項目	情報の種類	基本単位	シミュレーション		
				断水人口	応急復旧	応急給水
入力	1) 基礎情報	給水人口	入力	メッシュ	○	
		給水戸数	入力	メッシュ	○	
		用途別有収水量	入力	メッシュ	○	
		重要施設	入力	メッシュ	○	
		管種・管径ランク別延長	入力	メッシュ	○	
		配水系統	入力	配水系統	○	
		基幹施設	入力	配水系統	○	
		配水幹線	入力	ネットワーク	○	
	2) 地震被害情報	倒壊・家屋焼失数	入力	メッシュ	○	
		道路被害率	入力	給水区域		○
3) 応急対策	家屋被害率	入力	給水区域		○	○
	基幹施設(取水場～配水池まで)	データ変換	配水系統	○		
	配水幹線被害	データ変換	ネットワーク・ブロック	○		
	配水支線被害	データ変換	メッシュ	○		
	給水装置被害	データ変換	メッシュ	○		
	需要水量(通常給水、応急給水など)	条件	配水系統	○		
	供給可能水量	条件	配水系統	○		
	探査速度	条件	給水区域		○	
	復旧速度	条件	給水区域		○	
	復旧作業用水量	条件	給水区域		○	
4) その他	消火用水量	条件	給水区域			○
	仮設給水栓の設置速度	条件	給水区域			○
	運搬距離	条件	給水区域			○
	タンク車容量	条件	給水区域			○
	緊急貯水槽(場所、容量)	条件	配水系統			○
	復旧資機材	一	一	一	一	一
	管路(他事業体資機材等も含む)	条件	給水区域		○	
	応急資機材	一	一	一	一	一
	タンク車台数(他事業体タンク車等も含む)	条件	給水区域			○
	ボンベ数(他事業体ボンベ等も含む)	条件	給水区域			○
出力	仮設給水栓数(他事業体仮設給水栓も含む)	条件	給水区域			○
	作業人員(他事業体職員も含む)	条件	配水系統		○	○
	優先順路(順位)	条件	路線		○	○
	漏水率	入力	配水系統	○		
	用途別制限率	入力	配水系統	○		
	5) 断水情報	幹線断水率	計算	ブロック	○	
		支線断水率	計算	メッシュ	○	
		給水装置断水率	計算	メッシュ	○	
		断水人口	計算	メッシュ	○	
	6) 応急対策	重要施設の断水・給水	計算	メッシュ	○	
		給水人口(震災時)	計算	メッシュ	○	
	1日当たりの配水幹線の復旧箇所	計算	路線		○	
	1日当たりの重要路線の復旧箇所	計算	メッシュ		○	
	1日当たりの配水支線の復旧箇所	計算	メッシュ		○	
	1日当たりの給水装置の復旧箇所	計算	メッシュ		○	
	管路復旧日数	計算	メッシュ		○	
	重要施設復旧日数	計算	メッシュ		○	
	応急給水量	計算	メッシュ			○

注 1) ○は、入出力項目の該当シミュレーションを示す

注 2) 条件は、2.2 の影響度予測システムの定義で設定をしている

2.4.3 評価項目の機能整理

影響度予測システムでは、各シミュレーションにおいて、表 2.4.2 に示す評価項目の算定機能を整備するものとする。

表 2.4.2 評価項目の整理

評価項目	input		項目	output	
	項目	t0		計算式	
断水人口	基幹施設(取水場～配水池まで) 需要水量(通常給水、応急給水など) 供給可能水量 メッシュ別被害箇所 町丁別人口、用途別有収水量 重要施設 配水系統 配水幹線(ネットワーク)	条件 条件 条件 被害予測 入力 入力 入力 入力	幹線被害率P ₁ 支線被害率P ₂ 給水装置被害率P ₃ 断水率 p 断水人口N	P=1-(1-P ₁)×(1-P ₂)×(1-P ₃) N=平常時給水人口×断水率P P、Nは、メッシュ単位で算出する	
復旧日数	復旧速度 復旧資機材(管路、属具) 道路・家屋被害 作業人員(水道事業体職員など) 優先順路(順位)	条件 条件 入力 条件 条件	幹線復旧日数T ₁ 支線復旧日数T ₂ 給水装置復旧日数T ₃ 復旧日数T	復旧日数T= 被害箇所数÷復旧速度÷班数 T=T ₁ +T ₂ +T ₃	
応急給水量 (1人1日当たり)	緊急時水槽(場所、容量) 応急資機材(タンク車など) 仮設給水栓の設置速度 運搬距離 道路・家屋被害 作業人員(水道事業体職員など) 優先順路(順位)	条件 条件 条件 条件 入力 条件 条件	応急給水量Q (1人1日当たり)	応急給水量Q =メッシュ単位の応急給水量 ÷メッシュ内断水人口	

注1) 条件は、2.2の影響度予測システムの定義で設定をしている

2.4.4 出力結果の機能整理

影響度予測システムでは、図2.4.2(例)に示すような出力機能を整備するものとする。例えば、給水人口と復旧日数の関係、給水レベルと復旧日数の関係など

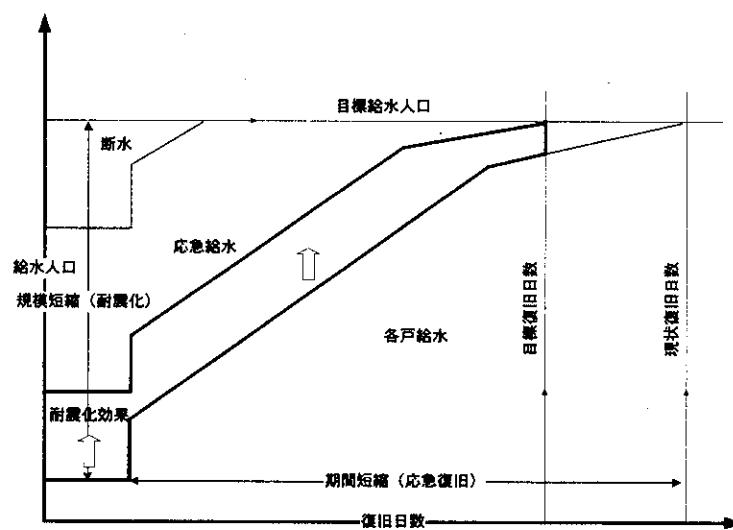


図2.4.2 (例) 出力結果

(参考) 事業体へのヒアリング調査結果（1/6）

東京都水道局	千葉県営水道	横浜市水道局	大阪府営水道	名古屋市市水道局	神戸市市水道局
図 1-1 上位計画における水道事業の資料					
○ 製造時における飲料水の確保 ○ 生活用水の確保 ○ 二次災害の防止 ○ 早期復旧を図り、1 日も早く機能による平 常給水を回復 ○ 市町村の応急給水活動への積極的な協力	○ 水道事業と行政の役割分担を明確化 水道事業：復旧直後、応急給水は技術調査 など最重要施設の点検を柱として実施 行政：応急給水と並び、市町村からの応急給 水に関する状況の把握	○ 製造時における水の確保 点検結果点での水の確保 ○ 総給水点の整備 ○ 油火栓の信頼性	○ 運搬船や搬入点検による生活用水の確 保と同時に、迅速な応急復旧活動を行なう ための施設整備の推進 ○ 消防水利は独自確保が基本であるが、水 道事業としてもその一部を担う ○ 救援対応などから施設に変に対応	○ 飲料水や瓶・点検による生活用水の確 保 ○ 飲料水の確保 ○ 消防水利は独自確保が基本であるが、水 道事業としてもその一部を担う ○ 救援対応などから施設に変に対応	○ 飲料水区段への海水の確保 ○ 飲料水の確保 ○ 消防水利は独自確保が基本であるが、水 道事業としてもその一部を担う ○ 救援対応などから施設に変に対応
図 1-2 ライフラインとしての水道水の確保					
○ 製造時の飲料水の海水基準→3 泡ノ目 ○ 応急給水活動一全体の概要などを必要 な情報を迅速に収集し、直ちに応急給水計 画を策定し、段階的応急給水を実施 ○ 市町村の応急給水活動への積極的な協力	○ 最低限の目標として、未通水人口を対象に 3 泡ノ目を確保→後にじて取扱的増 加 ○ 市町村は独自に緊急用水源(地下水などを) 確保	○ 3 泡ノ目を 1 週間分確保 ○ 余裕分として貯留施設での確保	○ 地震発生～3 日：3 泡ノ目/日 4 日～7 日：20 泡ノ目/日 8 日～14 日：100 泡ノ目/日 15 日～28 日：250 泡ノ目/日 市町村レベル	○ 地震発生～3 日：3 泡ノ目/日 4 日～10 日：20 泡ノ目/日 11 日～21 日：100 泡ノ目/日 22 日～28 日：被災前給水量	○ 地震発生～3 日：3 泡ノ目/日 4 日～10 日：20 泡ノ目/日 11 日～21 日：100 泡ノ目/日 22 日～28 日：被災前給水量
図 1-3 水道事業が提供するべき情報					
○ 広域的な広報は、都災害対策本部を通じ、 報道関係機関の協力を得て実施する。広報 活動は、地震発生直後に行なうとともに、応 急対策の進捗に合わせて実施 ○ 事業者は、必要に応じて、所属区域内外を対 象とする広報を事業所の長の指示に従い 実施	○ 市町村との連絡調整 損失点給水関係、運搬船水関係、仮設給水注 入力項目は断水戸数など緊急情報のみ ○ 上記は、配水プロック単位などで地図上に 表現。	○ 防災情報システムに被害情報を入力	○ 緊急状況、損失点給水場所状況、復旧計画 →通水状況、断水状況及び個数、赤水発生 状況 ○ その他 復旧計画、職員数、他都市応援、応急給水 施設	○ 水道施設の被害状況 ○ 定期的・頻繁な巡回点検による監視 ○ 交通情報、津波情報など	○ 防災直後被害状況 水道施設、管理施設、断水区域、戸数、道 路等がどの程度、電気・通信障害に 関する情報、復旧情報をなど ○ 応急給水開始時水道施設の被害状況、そ の復旧の見込み、応急給水地点の位置案内及び応急給水 情報など
図 1-4 自治体の防災部門などの事前検討から、水道以外の被害想定情報としてどの様なものが入手できるか					
○ 関東地震の再来を想定した被害想定、東京 直下型地震の被害想定 →被災想定項目、地表震度分布図、 区市町別地表最大加速度別面積率表、区 市町別被災化可変性判定表(面積率) ○ 調査研究 被災想定、地域危険度調査研究、震災対策 調査研究	○ 供給事業体の被害想定 ○ 家庭樹権、道路樹権、出水状況、死亡者数、 避難者数、他のライフライン ○ 交通情報、津波情報など	○ シュレーディング結果、 現象の予測、物的被害、機械障害、人的被 害	○ 家庭樹権、道路樹権、出水状況、死亡者数、 避難者数、他のライフライン ○ 交通情報、津波情報など	○ 目標震度 震度 5 強～7 強下型及び巨大海洋型 ○ 目標震度 震度 5 強～7 強と同レベルの規模 阪神・淡路大震災と同レベルの規模	○ 目標震度 阪神・淡路大震災と同レベルの規模
図 2-1 目標震度					
○ 海灘型地震 震度 6 ○ 東京地下地震 震度 6 強 ○ 直下型地震の方が想定震度は大き い	○ 直下型 1 パターン、海灘型 3 パターンの合 計 7 パターン ○ 海灘型の方が想定震度は大 き	○ 新設構造物 関東大震災と同規模の損傷東地区級を想 定し耐震設計目標震度(G-7)	○ 目標震度 震度 7 直下型 ○ 目標震度 震度 5 強～7 強下型及び巨大海洋型	○ 目標震度 震度 5 強～7 強と同レベルの規模 ○ 目標震度 阪神・淡路大震災と同レベルの規模	○ 目標震度 阪神・淡路大震災と同レベルの規模
図 2-2 地震が構としての施策(計画も含めて)					
○ 施設の耐震化強化 施設の整備強化(貯水、貯水、海水、送配 水施設、給水装置)、システムの強化(送配 水施設) ○ 飲料水の確保 給水機点の整備(応急給水槽など)	○ 平成 12 年度までの計画 主要施設耐震化強化、配水管耐震化、耐震 配管、φ 400 以上の耐震管施工及びロッ ク管相互遮断管の充設、他自治体との連絡管 布設、自家発電設備、無停電源設備の充設、 災害対策地点の整備 ○ 計画 災害情報把握システムの構築、他事業体と の相互融通施設の充設、緊急連絡会の設置 ○ 住町村との連絡体制の整備	○ 実施済み 応急給水機点整備、構造物の耐震化、耐震 補強、φ 400 以上の耐震管施工及びロッ ク管相互遮断管の充設、他自治体との連絡管 布設、自家発電設備、無停電源設備の充設、 災害対策地点の整備 ○ 計画 緊急連絡会の整備 ○ 計画 緊急連絡会の整備	○ 耐震化計画 耐震対策(計画中) ○ 老朽管更新事業、水管構造手順(実施中) ○ バックアップシステムの構築 ○ 地点新水設備の整備 ○ 計画 緊急連絡会の整備 ○ 計画 緊急連絡会の整備	○ 耐震化計画 基幹施設の耐震化、送配水管の耐震化、小 口径配水管及び給水管の耐震化 ○ 固定等の整備 ○ 「個々の耐震性強化」システムとしての耐 震化計画 ○ 各路の耐震化	○ 耐震化計画 基幹施設の耐震化、緊急給留システムの整 備、配水管の耐震化、市街地大容量送水管 の整備、燃焼物管の耐震化、電気・計装設 備の耐震化と管理体制システムの整 備、給水管装置の耐震化 ○ 「個々の耐震性強化」システムとしての耐 震化計画

(参考) 事業体へのヒアリング調査結果 (2/6)

東京都水道局	千葉県営水道	横浜市水道局	大阪府管水道	名古屋市水道局	神戸市市水道局
問 2-3 災害時の配備体制や勤員体制と相互応援協定について					
<p>○ 東京都水道局の職員は既に在籍が平成11年3月 31日現在総数 5,479 人(専務係 2,147 人、技術係 2,639 人、長崎・長治・業務係 693 人) ○ 協力要請団体・関係会社あり 12 大阪市水道局相互応援に関する覚書・覚書代替書相互応援に関する覚書・東京都水道局と千葉県水道局の工業用木造災害対応協定、大阪府水道災害対応協定、大阪府水道と大阪市水道の相互援助に関する協定、初動体制:都田川河川事務所と各市町村との協定、災害時地域における工芸木造災害対応協定・災害対応協定、多摩地区都管水道の災害時等の相互応援協定</p>	<p>○ 配備体制(役割分担)、勤員体制は震災対策で明確化 ○ 応援協定(他事業体、業者)あり</p>	<p>○ 勤務時間内 離島 5 時以上 5 号配備体制 (水道部体制) ○ 勤務時間外 離島 5 時以上 5 号配備体制 (水道部体制) →配備合意を持つことなく勤員届入業先 ○ 初動体制を経て水道体制へ →初動体制:勤務時間外に離島 5 時以上の地盤が発生し、水道体制に移行するまでの体制 ○ 平成 13 年度に見直し予定</p>	<p>○ 離島 5 時以上 5 号配備体制 (水道部体制) ○ 応援協定 全国都道府県において災害時の相互応援協定、近畿 2 府 7 州(難波駅等)の相互応援協定に関する協定、大阪府水道災害対応協定、大阪府水道と大阪市水道の相互援助に関する協定、大阪府水道と大阪市水道の相互援助に関する協定 ○ 勤員数の半分を応急給水班</p>	<p>○ 相互応援協定(他都市との協定) 水道災害相互応援に関する覚書(千葉市水道局災害相互応援に関する覚書(千葉市を除く東京府、東海 4 州及び名古屋市との工業用木造災害対応相互応援に関する協定)する協定各古屋市、愛知県、岐阜県、三重県、静岡県) ○ 市内業者との協定</p>	<p>○ 離島 5 時以上 5 号配備 ○ 応援協定 12 大阪市水道局災害相互応援に関する覚書、隣接 7 市 2 町との相互応援協定 ○ 配水池流量データ及び現地調査結果等から配水区画を分類 ○ 応急復旧の復旧順序 ①幹線への通水を行ない、約 3 ヶ月単位のブロックを構成、②大規模建築物、総合病院への給水、③他の主要公共施設給水地点への通水、④沿岸の小さい区域へローラー通水、⑤灌水作業の困難な区域へライン通水、⑥通水に日時を要する区域は仮設配管・仮設給水管で通水</p>
問 2-4 応急復旧や応急給水における取組と作業手順					
<p>○ 復旧活動:復旧手順、活動内容 ○ 応急給水活動:役割分担、作業手順 ○ 多摩地区的応急対策:役割分担、活動内容 ○ 段階的応援復旧目標 <災災～3 日目>緊急被災状況調査、必要に応じた断水・系統変更作業等の実施、効率的な復旧計画策定 <4 日以降～第一次重要路線～>第一次重要路線～小容量重要路線～一般路線の復旧 ○ 復旧作業 本管(400mm)～復旧～局(10m) 2 人・作業員 16 人×13 班 復旧箇所: 6.5 箇所/日 小管(～350mm)復旧～1 機員 2 人・作業員 8 人×96 班 復旧箇所: 10.5 箍所/日 ○ 被害想定に対する復旧が目標</p>	<p>○ 復旧作業の目標日数は、明確にせず ○ 応急復旧の作業手順は下記の通り ①指定管路、②口径 600mm 以上の主要配水管路、③医療、福祉及び都市機能を維持するための重要な管路、④指定避難場所に至る管路、⑤緊急輸送道路に埋設されている施設に至る管路、⑥配水管路 ○ 応急復旧体制(管路及び管水装置) 復旧作業実績～局+工事業者=439 人 要員数～局=294 人、工事業者～1,723 人 ○ 応急給水については、原則市町村長が実施</p>	<p>○ 復旧目標 府営水道: 7 日間 市町村 : 4 週間 ○ 作業手順 配水幹線から配水支管の順序で整備</p>	<p>○ 上流施設から下流施設へ順次復旧 水源確保～送配水幹線復旧～端末地域復旧 ○ 応急復旧の復旧順序 ○ 応急復旧作業と応急給水作業のバランスが重要</p>	<p>○ 上流施設から下流施設へ順次復旧 水源確保～送配水幹線復旧～端末地域復旧 ○ 応急復旧の復旧順序 ○ 応急復旧作業と応急給水作業のバランスが重要</p>	<p>○ 上流施設から下流施設へ順次復旧 水源確保～送配水幹線復旧～端末地域復旧 ○ 応急復旧の復旧順序 ○ 応急復旧作業と応急給水作業のバランスが重要</p>
問 2-5 応急給水量の目標値、給水方法など					
<p>○ 震災時ににおける飲料水給水基準:3m³/人/日 ○ 応急給水活動 →震災が発生した場合、全体の被災状況など、必要な救援を迅速に収集し、これに基づき、直ちに応急給水計画を策定し、既存の応急給水を実施</p>	<p>○ 3 日目まで 3m³/人/日 震災 1～2km 以内 運搬給水 ○ 10 日目まで 20m³/人/日 震災 250m 以内 運搬給水 ○ 14 日目まで 100m³/人/日 震災 250m 以内 運搬給水、仮設給水全般化 ○ 完全復旧まで 250m³/人/日 仮設給水終了中心</p>	<p>○ 3 日目まで 3m³/人/日 震災 1～2km 以内 運搬給水 ○ 10 日目まで 20m³/人/日 震災 250m 以内 運搬給水 ○ 14 日目まで 100m³/人/日 震災 250m 以内 運搬給水、仮設給水全般化 ○ 14 日以降 100m³/人/日 震災 100km 以内 仮設給水 終了中心</p>	<p>○ 1-2 参考 ○ 地点給水(小学校など、約 1km 単位) 引出し地点給水の規模は、現行、検討中</p>	<p>○ 1-2 参考 ○ 地点給水(小学校など、約 1km 単位) 引出し地点給水の規模は、現行、検討中</p>	<p>○ 1-2 参考 ○ 主な資機材の備蓄状況 平成 11 年度災害時応援可能人員及び資機材等調査結果～毎年実施 ○ 保有している市町村から借用 ○ 入手しにくいもの(人口保管など)は 1 セット程度を備蓄→経済性との関係 ○ 資機材は保管に限度があるため、不足分は調達</p>
問 2-6 資機材の備蓄方法と調達方法					
<p>○ 給水資源一覧表 ・給水タンク(1m³, 0.3m³, 20m³, 10m³)・ホース(50m, 20m, 5m, 1m)・給水栓・エンジンポンプ ○ 不足する場合は協力要請 ○ 備蓄量は物理的な制約条件により決定 ○ 满充容数としておく必要あり</p>	<p>○ 震災の難易度を考慮して、分散蓄積 →送配水管の直管のみ、給水栓は合まず ○ 不足の場合は協力要請</p>	<p>○ 敷津判定にあわせて分散備蓄 -通常工事にも利用して、ローテーション ○ 本堤の場合は協力要請</p>	<p>○ 主な資機材の備蓄状況 平成 11 年度災害時応援可能人員及び資機材等調査結果～毎年実施 ○ 資機材における管渠等の備蓄状況 ○ 資機材における管渠等の備蓄状況 ○ 22 館所の倉庫に分散貯蔵 ○ 300m 以下の管路を保管</p>	<p>○ 主な資機材の備蓄状況 平成 11 年度災害時応援可能人員及び資機材等調査結果～毎年実施 ○ 保有している市町村から借用 ○ 入手しにくいもの(人口保管など)は 1 セット程度を備蓄→経済性との関係 ○ 資機材は保管に限度があるため、不足分は調達</p>	<p>○ 主な資機材の備蓄状況 平成 11 年度災害時応援可能人員及び資機材等調査結果～毎年実施 ○ 保有している市町村から借用 ○ 入手しにくいもの(人口保管など)は 1 セット程度を備蓄→経済性との関係 ○ 資機材は保管に限度があるため、不足分は調達</p>

(参考) 事業体へのヒアリング調査結果(3/6)

東京都水道局	千葉県営水道	横浜市水道局	大阪府営水道	名古屋市水道局	神戸市水道局
問 2-7 重要施設					
○後方医療施設となる病院及び介護施設、制度心身障害児者の施設等の運営者が中心	○病院、避難所などの運営者が中心	○地域防災拠点、救急告知医療機関(病院)、地域区警放送拠点(小・中学校)、他の施設	○医療施設、社会福祉施設、避難所(学校等)	○本流終点(広域避難所、区役所、支所、都市公園、局施設)	○大阪府営運送所、総合病院、人工透析病院、社会福祉施設、クリーンセンター、県庁、市役所、区役所、警察署、消防署、保健所、福祉センター、その他主要な公共施設
問 2-8 重要施設への給水方法					
○管路の整備方法 →平成10年後より、管路更新・新設にあたり耐震強化の全面採用(配水ルート) ○震災時の給水方法 優先的にタンク車による給水	○配水ルートを削減化 →小・中学校に設置された循環式地下貯水槽、緊急給水栓による連絡給水(耐震性の高い管路にて整備) ○救急告知医療機関(病院) 一配水池等から連絡給水(配水管ルートではなく、復旧優先順)	○地域医療救護拠点(小・中学校) ○既存の管路にて、病院、福祉施設、避難所(学校等)に最も近い既存の空き井戸を給水栓付き空気弁に変更	○既存の管路にて、病院、福祉施設、避難所(学校等)へ優先的に本流給水を実施、地城的つなぎや災害時にも配慮 在宅要援護者に対する配慮	○耐震管の整備 重要施設への管路は、耐震管路での配水リートを取次整備 ○応急給水施設整備 応急給水センター、耐震性給水栓、応急給水用消火栓等から応急給水	○防災施設へ至る管路の耐震化を進め、早期に常設給水地点を確保 ○耐震性給水栓やタンク車による連絡給水により水を確保
問 2-9 災時ににおける給水対象					
○生活用水、医療施設等への応急給水を優先	○生活用水が对象 →業務・営業・工場用は対象外	○地域防災拠点(緊急告知医療機関、地域医療拠点等)に整備している被災者及び在宅要援護者に対する配慮	○重要施設等へ優先的に本流給水を実施、地城的なつなぎや災害時にも配慮 ○生活用以外は設定していく	○生活用水を優先するが具体的な給水対象は定めず ○生活用以外は設定していく	○消防栓が早期に利用できるように消火栓が早期に利用できるよう →震災時に消防栓、クリーンセンター、福祉施設などの港湾の防災施設等への水を早期に確保
問 3-1 断水(人口)の定義					
○地域により配水管、給水管が断管を受けたことにより自家給水栓での給水不可 ○(水圧低下による断水など外的要因によるものはないます)	○水道施設の管路による断水皆人口 ・家庭倒壊による断水など外的要因によるものはないます ○宅地内に1給水栓を確保した時点での復旧に合わせた断水(地区の復旧に合わせた断水)の復旧を実施	○通水人口：自家給水栓での給水不可 ○断水人口：自家給水栓での給水不可	○管路給水管の破損により給水できない ○断水(人口)という尺度は調査しない	○断水(人口)という尺度は調査しない →震災時には断水(戸数)を用いた	○断水(人口)という尺度は調査しない
問 3-2 ① 断水人口シミュレーションに求めるもの					
○断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で示すり給水区域全体的な時系列情報の把握等に努めたため ○断水人口を水道事業体が設定する区域単位に色分けなどで出力 ○水道事業体が設定する区域単位イメージ→給水区域内の自治体ごとに集計表示、配水系統、配水ブロック別の集計表示、管理事務所単位毎の集計表示 →予防計画策定にあたって施設の優先順位を付けるのに有用 →給水区域内の自治体への水道被害情報提供にあたって有用 →実際の管理部所単位での情報提供が実用的 ○シミュレーション結果を水道事業体が任意に客観的に評定した区域別に断水人口結果が表示できることが有利					○出力項目 漏水区域の時系列変化的図示 地域別および全漏水区域の漏水率の時系列変化 ○利用 応急給水、広報のための動員・配備体制の検討資料 被害後の水運用計画作成の資料 復旧目標を達成できるかどうかの判断材料

(参考) 事業体へのヒアリング調査結果 (4/6)

東京都都水道局	千葉県営水道	横浜市水道局	大阪府営水道	名古屋市市水道局	神戸市市水道局
問 3-2 ② 断水人口シミュレーションの入力や手順					
○ 基本的には、例示されたシミュレーションの入力や手順 手順の流れによるものと考える				○ 入力：管路の被害率 ○ シミュレーション手順：阪神・淡路大震災の実績より求めた管路の大震災時の被害率と既田開始時断水率の関連曲線に当該地区的管路被害率を入力して断水率を算定	○ 震災後、速やかに被災した実績データを入力し、応急緩和・応急復旧に反映できるようなシステム
問 3-2 ③ 断水人口シミュレーションにおける入力値の設定や算出手法					○ 「管路被害予測モデル・システム」による管路被害予測値
○ 管路データ：管種、管径、布設年度、空気室・仕切栓、配水弁情報、位置情報 ○ 地盤条件データ(液状化データ含む) ○ 地盤条件データ(振入加速度、速度を含む) ○ 町丁目データ・世帯数、配水量 ○ 道難場所データ ○ 未急給水機点・車両データ			○ 阪神・淡路大震災の管路被害データより、管路被害推定式を設定して、当該地区的データに基づき管路の被害率を算定		○ 「管路被害予測モデル・システム」による管路被害予測値
問 3-2 ④ 断水人口シミュレーション概要と問題					
○ 東京都地盤防災計画における水道被災想定を算出した際の考え方とは、質問部の例示と大筋同じ ○ 平成 10 年 11 月に創立した日本水道協会が取りまとめた「地盤による水道管路の被害予測」に基づくものではないが、シミュレーションの基本的な考え方とは同様 ○ これらの指針を基に、東京(水道)の特性(地盤条件等)を踏まえたが被害シミュレーションプログラムの策定を検討中				○ 管路被害予測を 500m メッシュ単位で実施	
問 3-3 ① 応急復旧シミュレーションに求めるもの					
○ 経過日数と断水人口(又は面水率) ○ 断水人口数と断水人口又は面水率を、水道事業体が設定する区営水道単位に出力 ○ 水道事業体が設定する区営水道単位イメージ →給水区域内の自治体ごとに面積の算出表示、配水系統・配水ブロック別の算出表示、理事事務所単位毎の集計表示 →予防治画策定に当たって施設の優先順位を付け、給水区域内の自治体への水道被害情報提供に有効 →管理部所単位での情報提供が実用的 →シミュレーション結果を水道事業体が任意日づき別に設定した区域毎に断水人口結果が表示できることが有利 ○ 復旧作業の推移をどここの復旧を先行させることで、注目する区域の断水率の削減に有効かが判断できるようなアラート →予防治画策定に当たって施設の優先順位を付けるのに有利 →実際の震災時における応急復旧の優先順位を短時間に確定するため			○ 必要と想われる出力項目は、経過日数と復旧箇所数及び断水人口の関係、メッシュ化した復旧範囲内の復旧優先順位を考慮した復旧作業の推移 →上記のシミュレーション結果より、震災対策計画の見直し、震災時における実働マニュアルの策定に反映		

(参考) 事業体へのヒアリング調査結果 (5/6)

	東京都水道局	千葉県管水道	横浜市水道局	大阪府管水道	名古屋市水道局	神戸市市水道局
問 3-② 応急復旧シミュレーションの入力や手順						
○基本的には、例示されたシミュレーション 手順の流れによるものと考える	○入力項目 日報復旧日数・障害箇所数・緊急搬送箇所数・緊急搬送場所及び医療施設等重要施設・緊急輸送道路の被災状況 ○手順 ①復旧作業隊の構成及び配分、②復旧順序の設定、③復旧による断水入口の推移、④応急給水との調整による復旧順序の見直し作業隊の再配分					
問 3-③ 応急復旧シミュレーションにおける入力値の設定や算出手法						
○問④参照	○当局では平成 7 年度に「直下型地震等水道施設被害想定調査」を実施しており、その結果を反映させたい					
問 3-④ 応急復旧シミュレーション概要と課題						
○復旧作業の実施では、自社体制の実績、ボランティア等について考慮しない限りシミュレーションした結果を得ているが、これらの条件も随時付加できるシミュレーションプログラム	○実験的に「直下型地震等水道施設被害想定調査」を実施した結果、各メッシュ毎に想定された配水管線敷設等に対し、目標復旧日数を設定し、復旧優先順位を考慮して、経過日数毎の断水入口推移及び復旧作業の推移をシミュレート					
○応急給水の確保レベルを確保するために必要な仮設給水栓や仮設配管等が算出されるシミュレーション(予防対策として資源コストを推定するため)	○課題としては緊急輸送道路の状況や倒壊建物の状況を以後どのように反映させていくか					
問 3-⑤ 応急給水シミュレーションによるもの						
○応急給水栓や給水所別の応急給水の推移、構造や地盤の耐震性が時系列的に出力	○基本的には、例示されたシミュレーション手順の流れによるものと考える					
○応急給水目標レベルを考慮した場合の上記出力						
○管路復旧に伴う断水区域も表示される状況での出力						
○応急給水が必要な区域を緊急度レベル毎に表示できる出力						
問 3-⑥ 応急給水シミュレーションの入力や手順						
○基本的には、例示されたシミュレーション 手順の流れによるものと考える	○入力項目 断水戸数(人口)、復旧状況、水深水景、資機材の量(タンク車、仮設給水台など) ○但し、「住民に対する目標応急給水量」と「水を運搬する距離の目標」を水道事業体が個別設定できる形式が必要					
問 3-⑦ 応急給水シミュレーションにおける入力値の設定や算出手法						
○給水班数、タンク容量(容積制)、タンク車台数については、水道事業体が実状に合わせて入り可能なプログラムが望まれる ○タンク車の頻度についてはは標準的な数値を与えるものの、水道事業体が特性に応じて別途設定できる形が望まれる	○当局では平成 7 年度に「直下型地震等水道施設被害想定調査」を実施しており、その結果を反映					

(参考) 事業体へのヒアリング調査結果 (6/6)

東京都水道局	千葉県水道 局	横浜市水道局	大阪府水道 局	名古屋市水道局	神戸市水道局
問 3-4 ④ 応急給水システム運用要と課題					
<p>○確立したシステムプログラム</p> <p>○開②に示されたイメージに近い形式で以下の項目等を考慮したが、従前に於ける事項を検討中</p> <p>→既存計画関係条件：行政面積、人口、開水井数、管路延長、総貯留容量、既存計画、初期時刻修正基準等、被災船員数等</p> <p>→応急給水計画関係条件：応急給水水量、同時給水箇所(給水地点、仮設消防栓利用給水台)、応急給水活動時間等</p> <p>→片道運搬船運搬条件：片道運搬船航跡、平均走行速度、応急給水口、仮設消防栓利用給水栓埋山水量、車両台数等</p>	<p>○現時点では給水装置整備を考慮できていない</p>				
問 3-5 ロジックの妥当性や評価方法				<p>○シミュレーションに高い精度は必要なく、発生後に利用する場合は高い精度が必要な場合</p>	<p>○パラメータの設定には、ある程度の自由度が必要→事業体毎に状況が異なる</p>
問 4 要望など					
<p>○実用的で、カスタマイズやすいシステムの開発</p> <p>○「断水入口システム」と「断水流入システム」の構築</p> <p>○各事業体の震災に対する現状レベルを踏まえただけのシステムではなく、要求レベルを達成するための必要な機能・事業を具体的にピックアップできるような実用的なシステムとする必要</p> <p>○評価指標として想定されるものは、復旧日数、断水件数、応急給水可能量、応急給水にあたって住生活水を運搬する距離等</p>	<p>○実用性が高く、カスタマイズやすいシステムの開発</p> <p>○「断水入口システム」と「断水流入システム」の構築</p> <p>○各事業体の震災に対する現状レベルを踏まえただけのシステムではなく、要求レベルを達成するための必要な機能・事業を具体的にピックアップできるような実用的なシステムとする必要</p> <p>○評価指標として想定されるものは、復旧日数、断水件数、応急給水可能量、応急給水にあたって住生活水を運搬する距離等</p>				

3. 被害探查技術研究

3 被害探査技術研究

3. 1 被害探査技術研究の概説

平成 8～10 年度の研究では、地震災害時の水道施設の早期復旧に必要不可欠な、効率的かつ経済的な管路被害探査・探知技術の開発を目的として、空管における管路の損傷状態を探査できる技術の開発を行い、4つの手法の探査技術（気体注入探査・地中レーダー探査・音響探査・管内走行車探査）について、その適応性が確認された。

平成 11 年度の研究は、これまでの開発成果を踏まえて、満水時にも適用可能な技術開発内容を検討するために、次の検討を行った。

(1) 平常時の漏水探査手法と震災時への適用性検討

既往技術である平常時の漏水探査手法について、その特徴・限界を明確にした。さらに、探査技術の動向等についても調査した。

震災時の被害探査について、一般的な震災復旧プロセスと被害探査の関連や、ヒアリング調査による実際の震災時被害探査手法などの整理を行い、既往技術で震災時の被害探査に対応する際の課題・問題点を抽出した。

これらを総合して、震災時の管路被害探査に求められる技術の性能と、探査対象となる管路の種別や応急復旧段階に応じた技術の適用性について検討を行った。

(2) 効率的被害探査技術の検討

技術の適用性の評価により、実用化の可能性が高い音響法・音圧法について、翌年度以降の実験研究計画を策定した。

音響法は、スピーカーとマイクを破損箇所を挟むように離間配置して管内に挿入し、破損箇所での局所的な流速変化による反射波到達時間の相違により破損位置を推定するものである。今年度は、パソコンによる音響解析ツールでの破損箇所予測シミュレーションと、満水管路に見立てたアクリル水槽による簡易水中実験を行った。前者にて本手法の有効性が確認され、後者にて主に水中スピーカー・水中マイクの特性の確認を行った。

音圧法は、水中の音圧・水圧を測定するセンサーを破損箇所を挟むように離間配置して、データロガーにてデータを蓄積し、正常時（漏水発生前）と異常時（漏水発生後）のデータ比較や、漏水による圧力波発生有無の検証で管路破損を判定するものである。なお、破損位置の特定は、センサーで得られたデータより相関法による探査実験を行う。

なお、これらの実験は、平成 8～10 年度の研究のために横浜市川井浄水場内に設けた設備を今回も利用するが、満水での実験を行うための設備の改造計画も実施した。

平成 12 年度では、11 年度の実験計画に基づいた音響法・音圧法の実験研究を行うとともに、新たな探査技術の実用化による管路被害探査への効果を定量的に把握する手法を検討する。平成 13 年度では、12 年度の実験研究による新技術のセンサーの実用化イメージを明確にし、その応用としてリアルタイム情報に基づく効率的な探査戦略立案を支援する、震災時復旧支援システムのシステムイメージを構築し、さらに広域センシング導入の可能性の検討も行う。

3.2 平常時の漏水探査方法と震災時への適用性検討

本節では、はじめに平常時に用いられている漏水探査技術の特徴・実態・動向を整理した後、それらの震災時への適用性について検討する。

尚、平成8～10年度の研究では、水道管路の地震被災時における探査技術について空管を対象としていたが、今年度より開始された本研究では満水の場合についても検討対象とする。

3.2.1 平常時の漏水探査技術

1) 漏水探査技術の特徴・限界

ここでは既往技術を含む平常時の漏水探査方法および探査機器について、その探査原理・概要、探査技術毎の検知範囲、特徴、及び管種・口径等の条件別適用性について示す。

また、表3.2.1に各探査技術および探査機器の適応性を一覧する。

(1) 漏水音による探査法

現在実用化されている漏水探査技術で最も一般的なのが漏水音による探査法である。この探査法は、漏水箇所で発生する漏水音を捕捉することで、漏水発生の有無の判断や漏水位置を探査する手法である。

漏水音は、水が漏水孔から管外に噴出する時の摩擦音と、噴出した水が周囲に衝突する衝撃音とされている。また、漏水音はその発生点の状態（漏水孔、管材質、水圧、周囲の状態等）によって異なる。さらに、伝播経路（土、コンクリート、管材質）や伝播距離により変化（減衰）する。

この探査法で用いられる探査機器は、漏水音の特性と周囲の状況によって適応性が異なってくる。以下に、各探査機器別に概要・適用条件等を示す。

① 音聴棒・電子音聴棒

音聴棒は、棒の先端を管路やその付属物に直接当て、伝播してくる漏水音の振動を人間の耳に伝えるものであり、近辺に漏水があれば漏水音を捕らえることができる。

この機器は取り扱いが手軽なため、あらゆる条件下においても初期調査時に適用される。また、人の感覚に近いことから適用性の可否を判断しやすく、最も広く普及している探査機器である。

電子音聴棒は、音聴棒では捕らえられない様なレベルの低い漏水音を、電気的に数十倍に増幅して聞き易くしたものである。機種によっては、漏水音のレベル表示機能を備えたものもある。

音聴棒による探査の目的は、探査箇所付近での漏水音の有無確認が主であり、位置の探査までは困難である。しかし、直接的に管や付属物を聴音するため、漏水箇所付近での聴音を行うことにより位置確認にも適用される。

② 漏水探知器

漏水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。この性能は主に、ピックアップの感度と周波数特性および増幅度とノイズフィルターにより決定され、その特性により聴音する漏水音の音色が左右される。

漏水探知器のノイズフィルターは漏水音の帯域外をカットする機能であるが、一般に200Hz～1.5KHz帯域となっている。また、探査する管の材質やその埋設深度によりこの帯

域内できさらにフィルタリングすることが可能である。しかし、フィルター帯域内のノイズのカットは困難なため、漏水音とその他のノイズとの聞き分けが必要となる。したがって、機器を使いこなすためには訓練が必要となる。

漏水探知器による探査目的は、探査箇所付近の漏水の有無とその位置の探査である。位置の探査精度は機器を使用する者の聴音能力によるところが大であるが、探査する管路の材質、埋設深度、周囲の状況等を考慮する必要がある。

③相関式漏水探知器

相関式漏水探知器は漏水箇所を挟む管路上の2箇所に設置したセンサーにより、漏水音を捕捉し、相関法により漏水箇所の位置を求めるものである。

この機器で漏水箇所の位置を正確に探査するには、次のような条件および情報が必要となる。

- a.漏水点を挟んだ管路の2点に漏水音が伝播していて、センサーが設置可能。
- b.2点の区間の管種、管口径（伝播する漏水音の音速の決定）。
- c.2点の区間の管路延長（管種、管口径別）。

管種・管口径の誤入力は、2点への遅延時間が大きい場合は特に探査誤差が大きくなる。区間延長による誤差は延長の $1/2$ に比例する。また、機器の時間的分解能により10cm程度の機械誤差が生じる。

④時間積分式漏水探知器

水使用音や車両の通過音等は断続的な音であるのに対し、漏水音は連続音であるという性質を利用し、時間積分率（単位時間における漏水音の占有率）を求め漏水の有無を判断する機器である。センサーを管体または付属物、メータ類に設置する。

使用にあたっては、連続に発生しているノイズ（トランス音、連続的な使用水、自動販売機等）が無いことを確認する必要がある。

⑤リーケゾーンテスター

リーケゾーンテスターは水が音を伝えやすい性質を利用して、水中センサーを消火栓に設置し、漏水音等の音圧レベルを測定する。なを、測定と同時にヘッドホンにより聴音する。聴音による判断と、音圧レベルにより探査対象路線における漏水発生の判定をランク分けで行う。

⑥音圧データロガ

音圧データロガは消火栓や仕切弁などにセンサーを設置し、そこに伝播してくる音を捕らえ、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。メモリーに記録された音圧データはロガ内やパソコン等での専用ソフトにより処理され、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定する。

使用にあたっては、連続に発生しているノイズ（トランス音、連続的な使用水、自動販売機等）が無いことを確認する必要がある。

(3)地中レーダによる探査法

地中に向けて発した電波は、地層の境界面または空洞、管など、物質の誘電率が異なる面で反射する。この反射された電波を回収し、画像解析する装置が地中レーダである。

地中で漏水が発生すると、高含水率の地質、空洞の発生、管路の離脱等が生じる。地中レーダでの探査は主にこれらの現象を捕らえようとするものである。

また、地下における水の動きを探査するドップラー式のレーダもある。

表 3.2.1 既往の探査手法と特徴一覧

項目、指標等	分類 手法等	音	電子音聽棒	漏水探知棒	漏水探知器	漏水探知器	漏水探知式	時間積分式	リーグー万能	音圧	データローラー	レーダー			その他			
												漏水音	漏水探知式	音、音圧	音、音圧	音、音圧	音、音圧	
計測原理、概要	音																	
得られる情報、内容	漏具等に伝播する漏水音	音	音、音圧	音、音圧	音、音圧	音、音圧	音、音圧	音、音圧	音、音圧	音、音圧	音、音圧	漏水音	漏水音	漏水音	漏水音	漏水音		
探査対象	漏水（範囲）	X																
	線（区間）	○																
	点（検出ポイント）	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
適用口径	SP	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	DCIP	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	ACP	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	VP	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	PEP	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
適用管種	有圧	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	低水圧	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	空管	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	流速	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	埋設深さ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
適用環境	分岐、曲管の存在	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	周辺の騒音、振動	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	舗装、土質	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	地下水位	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	天候	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
複数の漏水探査対象管路の区画	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し		
水質への影響	区間、ピボット	区間	区間	区間	区間	区間	区間	区間	区間	区間	区間	区間	区間	区間	区間	区間		
探査の精度	閑値、精度																	
探査速度、時間	1回当たり探査長																	
	1回当たり探査時間																	
機器設置	機器設置方法の制約																	
	機動性、アクセサリー	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	探査結果解析の難易	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	現在の管材及大きさ	広く普及	広く普及	広く普及	広く普及	広く普及	広く普及	広く普及	広く普及	広く普及	広く普及	広く普及	広く普及	広く普及	広く普及	広く普及		
	使用機器の価格（万円）	1.5～2.5	1.5～2.5	7.8～10	7.8～10	20～50	250～750	250～750	250～750	250～750	250～750	250～750	250～1000	250～1000	250～1000	250～1000	250～1000	
	注釈											2～5台迄	2～5台迄	2～5台迄	2～5台迄	2～5台迄	2～5台迄	
	●：適用可、制約なし																	
	○：概ね適用可、一部制約あり																	
	×：不適																	

2) 技術動向と最新技術

平常時の漏水探査に関する最近の動向を整理する。

①漏水探査の技術動向

今回研究の一環として事業体へのヒアリングを行い、現在実施している漏水探査・監視についての調査を行った。その結果を集約すると、水道事業体における現状の漏水探査・監視に関する動向は概ね表3.2.2のとおりである。

表3.2.2 ヒアリングを行った事業体における漏水探査方法の現状

漏水探査	<ul style="list-style-type: none">○漏水探査方法は戸別音聴・管路音聴の音聴調査とブロック計量が主体である。○漏水探知手法については全ての事業体で音聴確認と相関調査を行っており、それ以外の手法は試験的な使用にとどまっている。○震災時については現状の漏水探査を適用することで対応可能と考えている一方で次の問題が挙げられた。<ul style="list-style-type: none">・有圧時には従来手法が適用可能だが、空管には適用が困難である。・水圧が低い場合、従来手法では漏水箇所の探知が困難で、水圧の回復とともに二次・三次の漏水探査を行わざるを得ないことがあった。
漏水監視	<ul style="list-style-type: none">○流量（配水池等の流出部）・水圧（配水系統末端）を常時監視し、その異常検知で漏水を監視している事業体が多い。○震災時への適用性は、流量・水圧の監視範囲を細分化したり、監視対象を増やすことで対応しようとの考えが主流である。

②漏水探査の新技術

近年公表された漏水探査に有効と思われる新技術や現段階で実用化には至っていないものの今後の開発成果が期待されるものについて表3.2.3に整理した。

これらは探査原理により、大きく次のように分類される。

- ・カメラにより破損箇所を直接目視するもの
- ・既存技術である相関法を応用したもの
- ・平常時より流量・圧力等を監視しておき、平常時データとの比較により漏水発生時の異常値を検知し漏水発生の可能性を探ろうとするもの

表3.2.3 漏水探査の最新技術 (1)

名 称	原理、概要、特徴等
ミクロの決死隊（小口径配管作業ロボット）	直径 23mm、長さ 110mm の小型カメラ、ハンドを搭載したロボットで小口径、曲管の場合でも適用できる。
小型水中点検ロボット	テレビカメラと照明を搭載した遊泳式の点検・監視用ロボット（自由水面がある場合に使用可）。
ALEC SECURITY SYSTEM 21	メーターボックス、弁・栓きょを利用して配管に設置し、自動的に漏水音を検知する装置。
トップアイ	消火栓を利用して不断水で設置できる挿入棒型管路内視鏡であり、TV、VTR、写真撮影が可能。
小口径曲管調査用カラ－TV装置	照明を搭載したφ70 テレビカメラをハードケーブルで挿入し内部状況を検査する装置。

表3.2.3 漏水探査の最新技術（2）

名 称	原理、概要、特徴等
管内状況調査機器	消火栓、空気弁から挿入、回収できるテレビカメラであり、最近ではプロペラにより自航可能なものもある。
H & B工法	小型の音響式センサーを空気弁、消火栓に設置し、音響を解析して漏水箇所と漏水量を推定する装置。 大口径管や埋設深さが大きい場合にも適用できる。
水理・水質測定解析サービス	常時の面的な配水圧監視システムを利用して、漏水発生による異常を察知するもの。
内面設置型流量計	消火栓、空気弁を利用して不断水で管内に挿入できる流量計であり、羽根車（回転数）、超音波式がある。

注) 名称は商品名で表示した。

3.2.2 震災時の被害探査

1) 一般的な震災復旧プロセスと被害探査の関連

ここでは震災時被害探査を現在一般的に採られる震災復旧プロセスとの関連において説明する。

地震対策は施設自体の耐震化やバックアップ施設整備等の施設耐震化方策と応急対策に大別され、応急対策は応急給水対策と復旧対策に分類される。

復旧対策は被害を受けた施設の修復や二次災害防止のための対策をいい、緊急措置、応急復旧に分けられる^{注)}。

地震による被災時の応急復旧対策の基本方針は以下のとおりである。

- (i) 被害の有無を把握するとともに、緊急措置を講じて被害の拡大および二次災害の防止を図る。
- (ii) 施設の被害状況を的確かつ速やかに把握して応急復旧体制及び応急復旧計画を確立して、一日も早く平常給水を回復するために施設の機能回復に努める。
- (iii) 円滑な応急復旧の推進を図るため資機材の備蓄等を図る。

主要な事業体では地震対策の一環として応急対策の期間と給水目標を定めているが、事業体によって応急復旧の期間、給水目標は異なったものとなっている。

事例としてY市及び兵庫県南部地震を経験したK市、O市の復旧過程と給水目標、また、本研究で念頭におく復旧過程・手順を図3.2.1に掲げた。

震災時の被害探査は緊急措置並びに応急復旧作業を効率的なものとするために側面から支援することが主な目的となる。

尚、本研究で念頭におく復旧過程・手順は平成8～10年度研究から引用したものである。

注) 「水道の地震対策マニュアル（平成5年11月水道技術研究センター）」では恒久対策も復旧対策に含まれているが、恒久復旧に付随する漏水探査は平常時と同義と考えられるので、本研究の検討対象から除外することとした。

地震発生

経過日数	3	7	10	14	21	28
	混乱期 応急復旧期					
本研究で 念頭にお く応急復 旧手順	3	3~20	20~100	100~通常給水量		
		導・送水管の復旧				
		配水幹線の復旧				
		重要施設への配水支線の復旧				
			その他の配水支線の復旧			
			給水管（宅地内）の復旧			
事例	Y市	混乱期 一次復旧期		二次復旧期／復興期		
		3	7	20/100		
	K市	混乱期 応急復旧期				
		3	20	100	250	
	O市	混乱期 応急復旧期				
		3	3~20	20~100	100~250	

*表中下段数値は給水目標 (%/人/日)

図 3.2.1 復旧過程と給水目標

管の復旧順序は重要度、影響度に応じて、一般には導・送水管を最優先とし、これに次いで配水幹線、重要施設への配水支線、その他の配水支線の順番となる。

前図に掲げた復旧過程を例に震災時の復旧手順と探査の関連を示すと、図3.2.2のようになる。

通常とられる復旧プロセスは、重要度・影響度より水供給の上流側から下流側、即ち導水管⇒送水管⇒配水管の順番となり、配水管の中でも配水幹線⇒配水支線の順番である。