

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者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	$\text{総断水人口} = \sum (N_t)$ $t = 1 \cdots n, n = \text{復旧完了日数}$
復旧日数: T	$T = \text{各事業者の目標復旧日数} - \text{復旧完了日数}$
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ったという事であり、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「水道事業者が受ける影響」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。

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、水道事業者が震災施策(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。

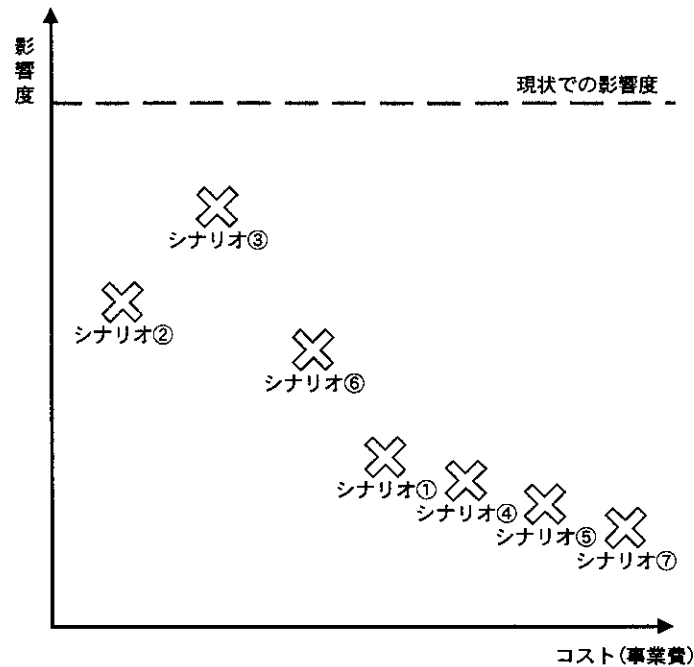


図 2.3.21 施策決定支援のイメージ(影響度と経済性)

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。

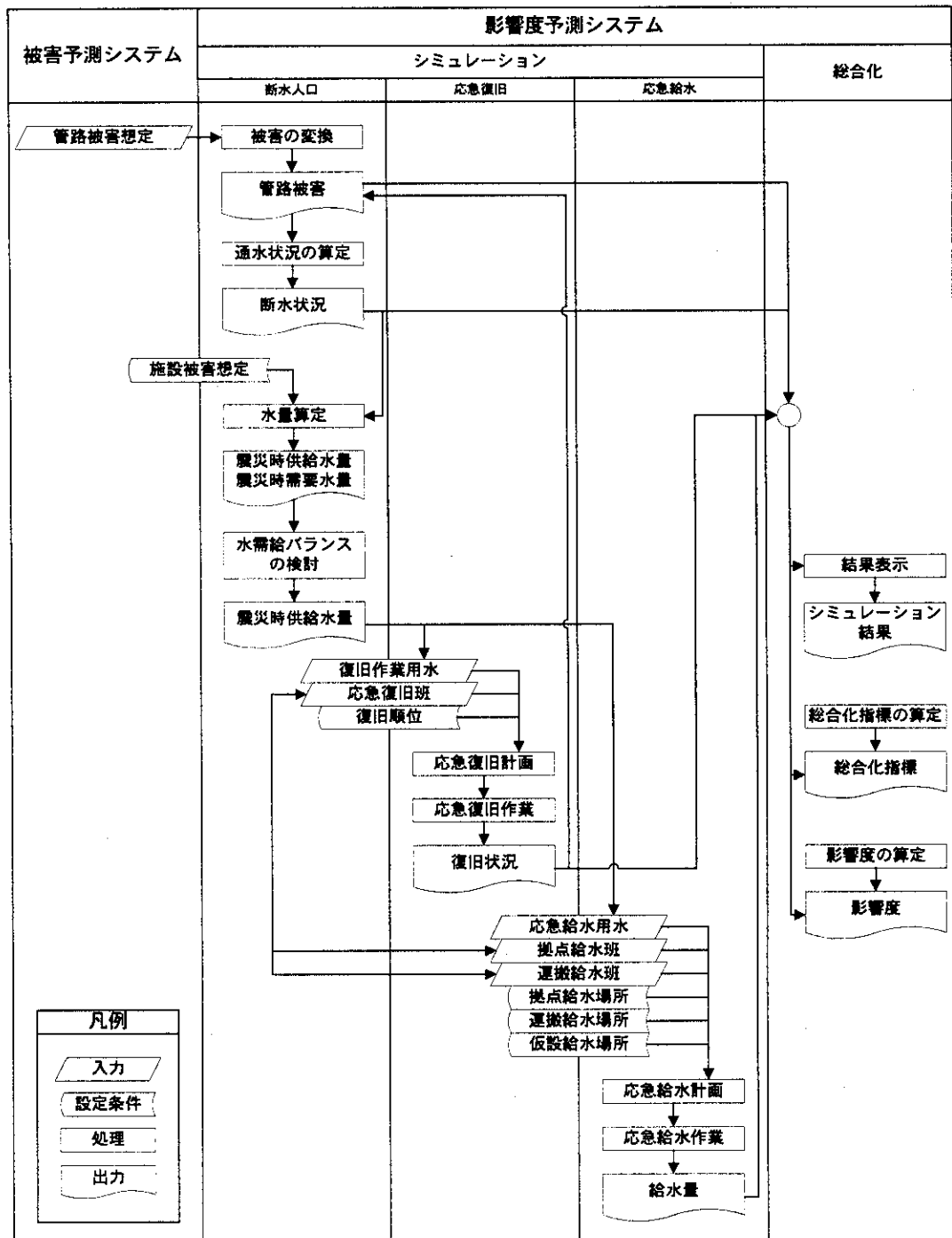


図 2.4.1 影響度予測システムの各項目の関連フロー

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		○	○
		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	○		
		3) 応急対策	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		○	
	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		-	-	-	-	-
	管路(他事業体資機材等も含む)		条件	給水区域		○	
	応急資機材		-	-	-	-	-
	タンク車台数(他事業体タンク車等も含む)		条件	給水区域			○
	ポンプ台数(他事業体ポンプ等も含む)		条件	給水区域			○
	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		○	○
	優先順序(順位)	条件	路線		○	○	
4) その他	漏水率	入力	配水系統	○			
	用途別制限率	入力	配水系統	○			
出力	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	○		
		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	○		
	6) 応急対策	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		output	
	項目	to	項目	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	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	$P=1-(1-P_1) \times (1-P_2) \times (1-P_3)$ $N=\text{平常時給水人口} \times \text{断水率} P$ 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、器具) 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	$\text{復旧日数} T = \frac{\text{被害箇所数}}{\text{復旧速度} \div \text{班数}}$ $T=T_1+T_2+T_3$
応急給水量 (1人1日当たり)	緊急貯水槽(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)	$\text{応急給水量} Q = \frac{\text{メッシュ単位の応急給水量}}{\text{メッシュ内断水人口}}$

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

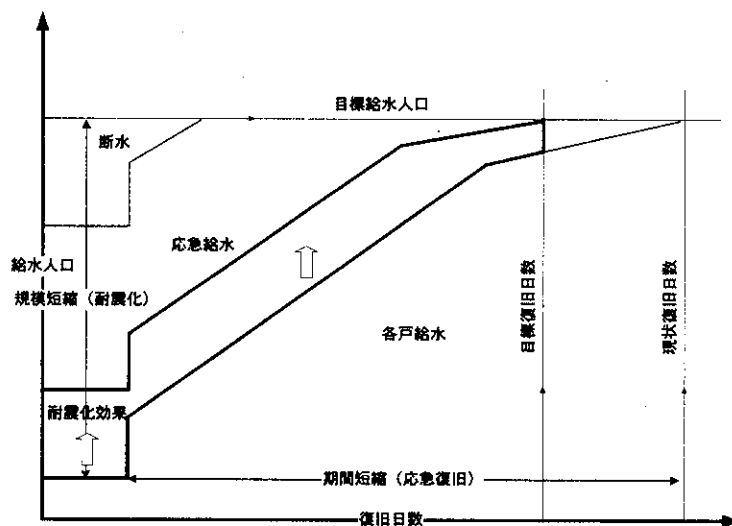


図 2.4.2 (例) 出力結果

(参考) 専業体へのヒアリング調査結果 (2/6)

東京都水道局	横浜水道局	大阪府営水道	名古屋水道局	神戸市水道局
<p>間2-3 震災時の配管体制や動員体制と相互応援協定について</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 東京都水道局の職員は配管状況(復旧分)と、動員体制は震災対策で明確化 ○ 配管体制(復旧分)と、動員体制(震災対策)は、業務系 2,147人、技系系 2,639人、技能・業務系 693人 ○ 協力要請済団体・関係会社あり ○ 12 大都市水道局相互応援に関する覚書・覚書実施計画、東京都水道局と千葉水道局との災害相互応援に関する協定、社団法人日本水道協会関東地方支部災害時相互応援に関する協定、茨城県、関東地域における工業水道災害相互応援に関する協定、多摩地区都営水道の災害時等の相互応援協定 	<p>間2-3 震災時の配管体制や動員体制と相互応援協定について</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 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指定管線、②口径 500mm 以上の主要配水管線、③区間、補給及び都市機能を維持するための重要施設に至る管線、④指定避難場所に至る管線、⑤緊急輸送道路に埋設された管線、⑥公共機関等災害復旧に要する施設に至る管線、⑦一般配水管線 ○ 応急復旧体制(管線及び給水装置) ○ 復旧作業 ○ 本管(600mm)→復旧→(職員 2 人+作業員 16 人)×13 班 復旧箇所: 6.5 箇所/日 ○ 小管(350mm)復旧→(職員 2 人+作業員 8 人)×96 班 復旧箇所: 10.0 箇所/日 	<p>間2-4 応急復旧や応急給水における管線や作業手順</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 復旧活動: 復旧分組、活動内容 ○ 応急給水活動: 役割分組、活動内容 ○ 多摩地区の応急対策: 役割分組、活動内容 ○ 段階的管線復旧目標 ○ 震災→3 日→管線被害状況調査、必要に応じた断水、系統変更作業等の実施、効率向上に向けた計画策定 ○ <4 日目以降→第一次重要管線→第二次重要管線→小管重要管線→一般管線の復旧 ○ 復旧作業 ○ 本管(600mm)→職員 2 人+作業員 16 人)×13 班 復旧箇所: 6.5 箇所/日 ○ 小管(350mm)復旧→(職員 2 人+作業員 8 人)×96 班 復旧箇所: 10.0 箇所/日 	<p>間2-3 震災時の配管体制や動員体制と相互応援協定について</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 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指定管線、②口径 500mm 以上の主要配水管線、③区間、補給及び都市機能を維持するための重要施設に至る管線、④指定避難場所に至る管線、⑤緊急輸送道路に埋設された管線、⑥公共機関等災害復旧に要する施設に至る管線、⑦一般配水管線 ○ 応急復旧体制(管線及び給水装置) ○ 復旧作業 ○ 本管(600mm)→職員 2 人+作業員 16 人)×13 班 復旧箇所: 6.5 箇所/日 ○ 小管(350mm)復旧→(職員 2 人+作業員 8 人)×96 班 復旧箇所: 10.0 箇所/日 	<p>間2-3 震災時の配管体制や動員体制と相互応援協定について</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 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指定管線、②口径 500mm 以上の主要配水管線、③区間、補給及び都市機能を維持するための重要施設に至る管線、④指定避難場所に至る管線、⑤緊急輸送道路に埋設された管線、⑥公共機関等災害復旧に要する施設に至る管線、⑦一般配水管線 ○ 応急復旧体制(管線及び給水装置) ○ 復旧作業 ○ 本管(600mm)→職員 2 人+作業員 16 人)×13 班 復旧箇所: 6.5 箇所/日 ○ 小管(350mm)復旧→(職員 2 人+作業員 8 人)×96 班 復旧箇所: 10.0 箇所/日
<p>間2-4 応急復旧や応急給水における管線や作業手順</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 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指定管線、②口径 500mm 以上の主要配水管線、③区間、補給及び都市機能を維持するための重要施設に至る管線、④指定避難場所に至る管線、⑤緊急輸送道路に埋設された管線、⑥公共機関等災害復旧に要する施設に至る管線、⑦一般配水管線 ○ 応急復旧体制(管線及び給水装置) ○ 復旧作業 ○ 本管(600mm)→職員 2 人+作業員 16 人)×13 班 復旧箇所: 6.5 箇所/日 ○ 小管(350mm)復旧→(職員 2 人+作業員 8 人)×96 班 復旧箇所: 10.0 箇所/日 	<p>間2-4 応急復旧や応急給水における管線や作業手順</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 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指定管線、②口径 500mm 以上の主要配水管線、③区間、補給及び都市機能を維持するための重要施設に至る管線、④指定避難場所に至る管線、⑤緊急輸送道路に埋設された管線、⑥公共機関等災害復旧に要する施設に至る管線、⑦一般配水管線 ○ 応急復旧体制(管線及び給水装置) ○ 復旧作業 ○ 本管(600mm)→職員 2 人+作業員 16 人)×13 班 復旧箇所: 6.5 箇所/日 ○ 小管(350mm)復旧→(職員 2 人+作業員 8 人)×96 班 復旧箇所: 10.0 箇所/日 	<p>間2-4 応急復旧や応急給水における管線や作業手順</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 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指定管線、②口径 500mm 以上の主要配水管線、③区間、補給及び都市機能を維持するための重要施設に至る管線、④指定避難場所に至る管線、⑤緊急輸送道路に埋設された管線、⑥公共機関等災害復旧に要する施設に至る管線、⑦一般配水管線 ○ 応急復旧体制(管線及び給水装置) ○ 復旧作業 ○ 本管(600mm)→職員 2 人+作業員 16 人)×13 班 復旧箇所: 6.5 箇所/日 ○ 小管(350mm)復旧→(職員 2 人+作業員 8 人)×96 班 復旧箇所: 10.0 箇所/日 	<p>間2-4 応急復旧や応急給水における管線や作業手順</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 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指定管線、②口径 500mm 以上の主要配水管線、③区間、補給及び都市機能を維持するための重要施設に至る管線、④指定避難場所に至る管線、⑤緊急輸送道路に埋設された管線、⑥公共機関等災害復旧に要する施設に至る管線、⑦一般配水管線 ○ 応急復旧体制(管線及び給水装置) ○ 復旧作業 ○ 本管(600mm)→職員 2 人+作業員 16 人)×13 班 復旧箇所: 6.5 箇所/日 ○ 小管(350mm)復旧→(職員 2 人+作業員 8 人)×96 班 復旧箇所: 10.0 箇所/日 	<p>間2-4 応急復旧や応急給水における管線や作業手順</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 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指定管線、②口径 500mm 以上の主要配水管線、③区間、補給及び都市機能を維持するための重要施設に至る管線、④指定避難場所に至る管線、⑤緊急輸送道路に埋設された管線、⑥公共機関等災害復旧に要する施設に至る管線、⑦一般配水管線 ○ 応急復旧体制(管線及び給水装置) ○ 復旧作業 ○ 本管(600mm)→職員 2 人+作業員 16 人)×13 班 復旧箇所: 6.5 箇所/日 ○ 小管(350mm)復旧→(職員 2 人+作業員 8 人)×96 班 復旧箇所: 10.0 箇所/日
<p>間2-5 応急給水量の目標値、給水方法など</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 震災時における飲料水給水基準→3M/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、必要な情報を迅速に把握し、これに基づき、直ちに応急給水計画を策定し、段階的応急給水を実施 	<p>間2-5 応急給水量の目標値、給水方法など</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 3 日目まで ○ 3M/人/日 運搬給水中心 ○ 10 日目まで ○ 20M/人/日 運搬給水、仮設給水栓設置 ○ 21 日目まで ○ 100M/人/日 運搬給水、仮設給水栓設置 ○ 完全復旧まで ○ 250M/人/日 仮設給水栓中心 	<p>間2-5 応急給水量の目標値、給水方法など</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 3 日目まで ○ 3M/人/日 運搬給水中心 ○ 10 日目まで ○ 20M/人/日 運搬給水、仮設給水栓設置 ○ 21 日目まで ○ 100M/人/日 運搬給水、仮設給水栓設置 ○ 完全復旧まで ○ 250M/人/日 仮設給水栓中心 	<p>間2-5 応急給水量の目標値、給水方法など</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 3 日目まで ○ 3M/人/日 運搬給水中心 ○ 10 日目まで ○ 20M/人/日 運搬給水、仮設給水栓設置 ○ 21 日目まで ○ 100M/人/日 運搬給水、仮設給水栓設置 ○ 完全復旧まで ○ 250M/人/日 仮設給水栓中心 	<p>間2-5 応急給水量の目標値、給水方法など</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 3 日目まで ○ 3M/人/日 運搬給水中心 ○ 10 日目まで ○ 20M/人/日 運搬給水、仮設給水栓設置 ○ 21 日目まで ○ 100M/人/日 運搬給水、仮設給水栓設置 ○ 完全復旧まで ○ 250M/人/日 仮設給水栓中心
<p>間2-6 資機材の備蓄方法と調達方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 給水資機材一覧表 ○ 給水タンク(1m³×0.3m³×20 台、10 台)、ホース(50m、20m、5m、1m)、給水栓・エンジンポンプ、車両搬送用エンジンポンプ ○ 不足する場合は調達方法→協力要請 ○ 備蓄量は物理的な制約条件により決定 ○ 設定変数としておく必要あり 	<p>間2-6 資機材の備蓄方法と調達方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 調達の見易度を考慮して、分散備蓄 ○ 送配水管の直管のみ、給水装置は必ず ○ 不足の場合は協力要請 	<p>間2-6 資機材の備蓄方法と調達方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 調達の見易度を考慮して、分散備蓄 ○ 送配水管の直管のみ、給水装置は必ず ○ 不足の場合は協力要請 	<p>間2-6 資機材の備蓄方法と調達方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 調達の見易度を考慮して、分散備蓄 ○ 送配水管の直管のみ、給水装置は必ず ○ 不足の場合は協力要請 	<p>間2-6 資機材の備蓄方法と調達方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 調達の見易度を考慮して、分散備蓄 ○ 送配水管の直管のみ、給水装置は必ず ○ 不足の場合は協力要請

(参考) 事業体へのヒアリング調査結果 (3/6)

東京都市水道局		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	
<p>問 2-7 重要施設</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 後方医療施設となる病院及び軍医、県庁、保健所、消防署、警察署、消防署、保健所、市役所、区役所、警察署、消防署、保健所、福祉センター、その他重要な公共施設 ○ 避難場所 	<p>○ 病院、避難所などの震災弱者が中心</p> <p>○ 地域防災拠点、緊急告知医療機関(病院)、地域医療連携拠点(小・中学校、他)</p>	<p>○ 医療施設、社会福祉施設、避難所(学校等)</p>	<p>○ 防災拠点(広域避難所、区役所、支所、都市公園、同施設)</p> <p>○ その他(地域防災拠点、防災拠点)</p>	<p>○ 大規模避難所、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、その他重要な公共施設</p>	<p>○ 大規模避難所、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、その他重要な公共施設</p>	<p>○ 地域防災拠点(緊急告知医療機関、地域医療連携拠点(小・中学校、他))</p> <p>○ 地域医療連携拠点(小・中学校) → 小・中学校に設置された暗渠式地下貯水槽。緊急給水栓にて直接給水(耐震性の高い管路にて整備)</p> <p>○ 緊急告知医療機関(病院) → 配水塔等から運搬給水(耐震管ルートではなく、復旧優先路線)</p>	<p>○ 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気井を給水栓付き空気井に変更</p> <p>○ 耐震管の整備 重要施設への管路は、耐震管での配水ルートを実施 ○ 応急給水施設整備 応急給水センター、耐震性貯水槽、応急給水用消火栓等から応急給水</p>	<p>○ 防災拠点へ至る管路の耐震化を進め、早期に常設給水拠点を確保</p> <p>○ 耐震性貯水槽やタンク車による運搬給水により水を確保</p>	<p>○ 防災拠点へ至る管路の耐震化を進め、早期に常設給水拠点を確保</p> <p>○ 耐震性貯水槽やタンク車による運搬給水により水を確保</p>	<p>○ 消防栓が早期に利用できるように</p> <p>○ 地域中核病院、クリーンセンター、福祉施設などの港湾の防災拠点等への水を早期に確保</p>	<p>○ 消防栓が早期に利用できるように</p> <p>○ 地域中核病院、クリーンセンター、福祉施設などの港湾の防災拠点等への水を早期に確保</p>
<p>問 2-8 重要施設への給水方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 管路の整備方法 → 平成 10 年度より、管路更新・新設にあたり耐震管の全面採用(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 	<p>○ 配水ルートに耐震化</p>	<p>○ 生活用水が対象 → 業務・営業・工場用は対象外</p>	<p>○ 生活用水を確保するが具体的な給水対策は定まらず</p> <p>○ 生活用以外は設定しにくい</p>	<p>○ 耐震管の整備 重要施設への管路は、耐震管での配水ルートを実施 ○ 応急給水施設整備 応急給水センター、耐震性貯水槽、応急給水用消火栓等から応急給水</p>	<p>○ 消防栓が早期に利用できるように</p> <p>○ 地域中核病院、クリーンセンター、福祉施設などの港湾の防災拠点等への水を早期に確保</p>	<p>○ 重要施設等へ優先的に応急給水を実施、地域的な格差や災害弱者にも配慮</p> <p>○ 通水人口：自宅給水栓での給水可能 ○ 断水人口：自宅給水栓での給水不可</p>	<p>○ 生活用水を確保するが具体的な給水対策は定まらず</p> <p>○ 生活用以外は設定しにくい</p>	<p>○ 消防栓が早期に利用できるように</p> <p>○ 地域中核病院、クリーンセンター、福祉施設などの港湾の防災拠点等への水を早期に確保</p>	<p>○ 消防栓が早期に利用できるように</p> <p>○ 地域中核病院、クリーンセンター、福祉施設などの港湾の防災拠点等への水を早期に確保</p>	<p>○ 消防栓が早期に利用できるように</p> <p>○ 地域中核病院、クリーンセンター、福祉施設などの港湾の防災拠点等への水を早期に確保</p>	<p>○ 消防栓が早期に利用できるように</p> <p>○ 地域中核病院、クリーンセンター、福祉施設などの港湾の防災拠点等への水を早期に確保</p>
<p>問 2-9 震災時における給水対策</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 住居(生活用)、医療施設等への応急給水を優先 	<p>○ 水源地の被害による給水阻害人口 ・ 家庭倒壊による避難など外的要因によるものは含まず</p>	<p>○ 水源地の被害による給水阻害人口 ・ 家庭倒壊による避難など外的要因によるものは含まず</p>	<p>○ 水源地の被害による給水阻害人口 ・ 家庭倒壊による避難など外的要因によるものは含まず</p>	<p>○ 水源地の被害による給水阻害人口 ・ 家庭倒壊による避難など外的要因によるものは含まず</p>	<p>○ 水源地の被害による給水阻害人口 ・ 家庭倒壊による避難など外的要因によるものは含まず</p>	<p>○ 水源地の被害による給水阻害人口 ・ 家庭倒壊による避難など外的要因によるものは含まず</p>	<p>○ 水源地の被害による給水阻害人口 ・ 家庭倒壊による避難など外的要因によるものは含まず</p>	<p>○ 水源地の被害による給水阻害人口 ・ 家庭倒壊による避難など外的要因によるものは含まず</p>	<p>○ 水源地の被害による給水阻害人口 ・ 家庭倒壊による避難など外的要因によるものは含まず</p>	<p>○ 水源地の被害による給水阻害人口 ・ 家庭倒壊による避難など外的要因によるものは含まず</p>	<p>○ 水源地の被害による給水阻害人口 ・ 家庭倒壊による避難など外的要因によるものは含まず</p>
<p>問 3-1 断水(人口)の定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 地理により送配水管、給水管が被害を受けたり断水したことで給水を受けられない状態の給水件数 ○ 「水圧低下」は断水とはしない ○ 宅地内に1給水栓を確保した時点で通水 ○ 延焼地区については市街地の復旧に合わせ応急復旧作業を実施し、非延焼区域を優先し応急復旧を実施 	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p> <p>○ シミュレーション結果を水道事業者が任意且つ容易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効</p>	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p> <p>○ シミュレーション結果を水道事業者が任意且つ容易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効</p>	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p> <p>○ シミュレーション結果を水道事業者が任意且つ容易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効</p>	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p> <p>○ シミュレーション結果を水道事業者が任意且つ容易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効</p>	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p> <p>○ シミュレーション結果を水道事業者が任意且つ容易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効</p>	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p> <p>○ シミュレーション結果を水道事業者が任意且つ容易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効</p>	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p> <p>○ シミュレーション結果を水道事業者が任意且つ容易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効</p>	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p> <p>○ シミュレーション結果を水道事業者が任意且つ容易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効</p>	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p> <p>○ シミュレーション結果を水道事業者が任意且つ容易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効</p>	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p> <p>○ シミュレーション結果を水道事業者が任意且つ容易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効</p>	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p> <p>○ シミュレーション結果を水道事業者が任意且つ容易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効</p>
<p>問 3-2 断水人口シミュレーションに求めるもの</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的 	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p>	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p>	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p>	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p>	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p>	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p>	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p>	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p>	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p>	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p>	<p>○ 断水人口をメッシュ単位に時系列的に色分け等で出力 → 給水区域全体の集計表示、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優先度の優先順位を付けるのに有効 → 給水区域内の自治体への水運搬情報提供にあたって有効 → 水運搬の管理事務所単位での情報提供が実用的</p>

(参考) 事業者へのヒアリング調査結果 (4/6)

東京都市水道局	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	神戸市市水道局
<p>問 3-2 ② 断水人口シミュレーションの入力や手順</p> <p>○ 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</p>	<p>問 3-2 ③ 断水人口シミュレーションの入力値の勘定や算出手法</p> <p>○ 管路データ→管種、管径、延長、布設年度、空気が、仕切弁・配水弁情報、位相情報</p> <p>○ 地盤条件データ(液状化データ含む)</p> <p>○ 地震条件データ(最大加速度、速度を含む)</p> <p>○ 町丁目データ→世帯数、配水量</p> <p>○ 避難場所データ</p> <p>○ 応急給水拠点場所データ</p>	<p>○ 入力：管路の被害率</p> <p>○ 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被害率と復旧開始時断水率の関連曲線に当該地区の管路被害率を入力して断水率を算定</p>	<p>○ 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、当該地区のデータに基づき管路の被害(率)を算定</p>	<p>○ 管路被害予測モデル・システム」による</p>	<p>○ 震災後、速やかに被災した実績データを入力し、応急給水・応急復旧に反映できるようなシステム</p>
<p>問 3-2 ④ 断水人口シミュレーション概要と課題</p> <p>○ 東京都地域防災計画における水道被害想定を算出した際の考え方は、質問票の例示と大筋同様</p> <p>○ 平成10年11月に(財)日本水道協会が取りまとめた「地震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考え方は同様</p> <p>○ これらの施策の効果を図る一つのツールとして、東京(水道)の特性(地盤条件等)を踏まえた被害予測シミュレーションプログラムの算定を検討中</p>	<p>○ 必要と思われる出力項目は、経過日数と復旧箇所数及び断水人口の関係、メッシュ単位と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</p> <p>→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</p>	<p>○ 管路被害予測を 500m メッシュ単位で実施</p>			
<p>問 3-3 ① 応急復旧シミュレーションに求めるもの</p> <p>○ 経過日数と断水人口又は通水率</p> <p>○ 経過日数と断水人口又は通水率を、水道事業者が設定する区域単位に出力</p> <p>○ 水道事業者が設定する区域単位イメージ</p> <p>→給水区域内の自治体区域別の集計表示、理配水系統・配水ブロック別の集計表示、理事務所単位毎の集計表示</p> <p>→予防計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</p> <p>→管理箇所単位での情報提供が実用的</p> <p>→シミュレーション結果を水道事業者が任意日かつ容易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効</p> <p>○ 復旧作業の推移をどこの復旧を先行させることが、注目する区域の断水率の軽減に有効かが判断できるようなアウトプット</p> <p>→予防計画策定に当たって施策の優先順位を付けるのに有効</p> <p>→大震災の震災時における応急復旧の優先順位を短時間に推定するため</p>					

(参考) 事業者へのヒアリング調査結果 (6/6)

東京都市水道局	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	神戸市市水道局
<p>問 3-4 ④ 応急給水シミュレーション概要と課題</p>					
<p>○ 確立したシミュレーションプログラム</p>					
<p>○ 問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応急復旧に関する事項を検討中</p>					
<p>→ 復旧計画関係条件：行政面積、人口、備用水弁数、管線延長、総復旧棟数、復旧効率、初期時復旧率、管線敷設率、管線敷設率、延焼面積等</p>					
<p>→ 応急給水計画関係条件：応急給水水量、同時給水口数(給水拠点、仮設消火栓利用給水栓)、応急給水活動時間等</p>					
<p>→ 車両運搬需要関係条件：片道運搬距離、平均走行速度、応急給水口・仮設消火栓利用給水栓設置台数、車両台数等</p>					
<p>問 3-5 ロジックの妥当性や評価方法</p>					
<p>○ 基本的なロジックは妥当</p>					
<p>○ 平常時の対応(準備)に有効活用できる実用的なシステムとすることが重要</p>					
<p>○ 各事業者の現状に対する現状レベルを因るためだけのシステムでなく、要求レベルを達成するために必要となる施策・事業を具体的にヒックアップできるような実用的なシステムとすることが必要</p>					
<p>○ 評価指標として設定されるものは、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民が水を運搬する距離等</p>					
<p>問 4 要望など</p>					
<p>○ 実用的なシミュレーションプログラムとするため、「断水人口シミュレーションプログラム」、「応急復旧シミュレーションプログラム」、「応急給水シミュレーションプログラム」をそれぞれ独立して稼働させることができるようにすること</p>					
<p>→ 事業者の特性を考慮した「断水人口シミュレーション」が既に構築されているような場合、その結果を用いて他の二つのシミュレーションを活用するような場合も想定することが現実的である</p>					
<p>○ 消防用水利の取り扱いは必要に応じ付加できるようなプログラム</p>					
<p>→ 防災初期における消化活動についても考慮することが求められる</p>					
<p>○ 汎用性が高く、カスタマイズしやすいシステムの開発</p>					
<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</p>					
<p>○ バラメータの設定には、ある程度の自由度が必要→事業者毎に状況が異なる</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な不可欠な、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、電氣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リークゾーンテスタ

リークゾーンテスタは水が音を伝えやすい性質を利用したもので、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。

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者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、水道事業者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者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者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、従来手法では漏水個所の探知が困難で、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者が多い。 ○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・栓きよ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ー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	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	
本研究で 念頭にお く応急復 旧手順	混乱期	応急復旧期						
	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（ℓ/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。