

都市の水道供給における危機管理に関する情報システムについて

萩原良巳・森 正幸*・西澤常彦*・小棚木修*

*(株)日水コン

要旨

本稿は、都市の水道供給において危機発生に際して、被害を軽減するための情報システムのあり方を検討する。はじめに、水道供給における「リスク」を分類し、その特性に応じた対策の考え方を明らかにする。次に、過去の渇水災害と地震災害を例に各々について市民生活の被害、水道供給者と市民における対策、被害軽減のための情報システムの実状を明らかにした上で、地震災害の例にして同システムが実際に具備すべき条件を検討する。

キーワード：水道、危機管理、地震、渇水、情報システム

1. はじめに

わが国における水道の高普及および水の大量使用の形態は、都市部のみならず農村部などにおいても、水道を住民の生活・社会活動に要する殆ど唯一の用水確保手段に限定した。このような状況において、近年多発している地震や渇水などの災害時をも考慮した、水道サービスの在り方が問われるようになってきた。

しかしながら、これまでの水道における防災計画は、地震や渇水の個々の災害を想定し、個々の対策を検討するというようなものであった。もちろん、それぞれ想定した災害事象に対しては、これでも有効であると考えられるが、「それぞれの対策の効果が、多くの不確実性のもとで、評価できない」などの問題を抱えている。しかも、地震災害などのような極低頻度災害に対しては、財源に余裕のある水道事業しか防災計画を実施に移せないという状況である。このため、まず水道供給における「リスク」を分類し、その特性に応じた考え方を明らかにしなければならない。

つぎに、渇水災害と地震災害の各々について、実際の市民生活の被害、水道の対策そして被害軽減のための情報システムがどのようであったかを明らかにする。渇水と地震は市民生活にとって、いわばボクシングという、ボディブローとアッパーカットのようなものである。渇水は長期化すれば、じわじわと市民生活

を脅かし、地震は、一瞬にして市民生活を覆す。渇水は、水道システムの枯渇が原因であるから、降雨があればおさまる。問題は、いつ雨が降るかである。そして、その間、市民はどうすればよいかということである。地震は、復旧にどれだけの単位時間あたりのエネルギーを、「どこに・どれだけ・いつ・どのようにして」投入するかというORの問題である。そして、その間、どうすればよいかということである。この2つに共通するものは「被害軽減のための情報システム」である。したがって、実際の災害時における情報システムがどのようになっていたかを明らかにする必要がある。そして、その情報システムが実際に具備すべき条件を考えることにしよう。

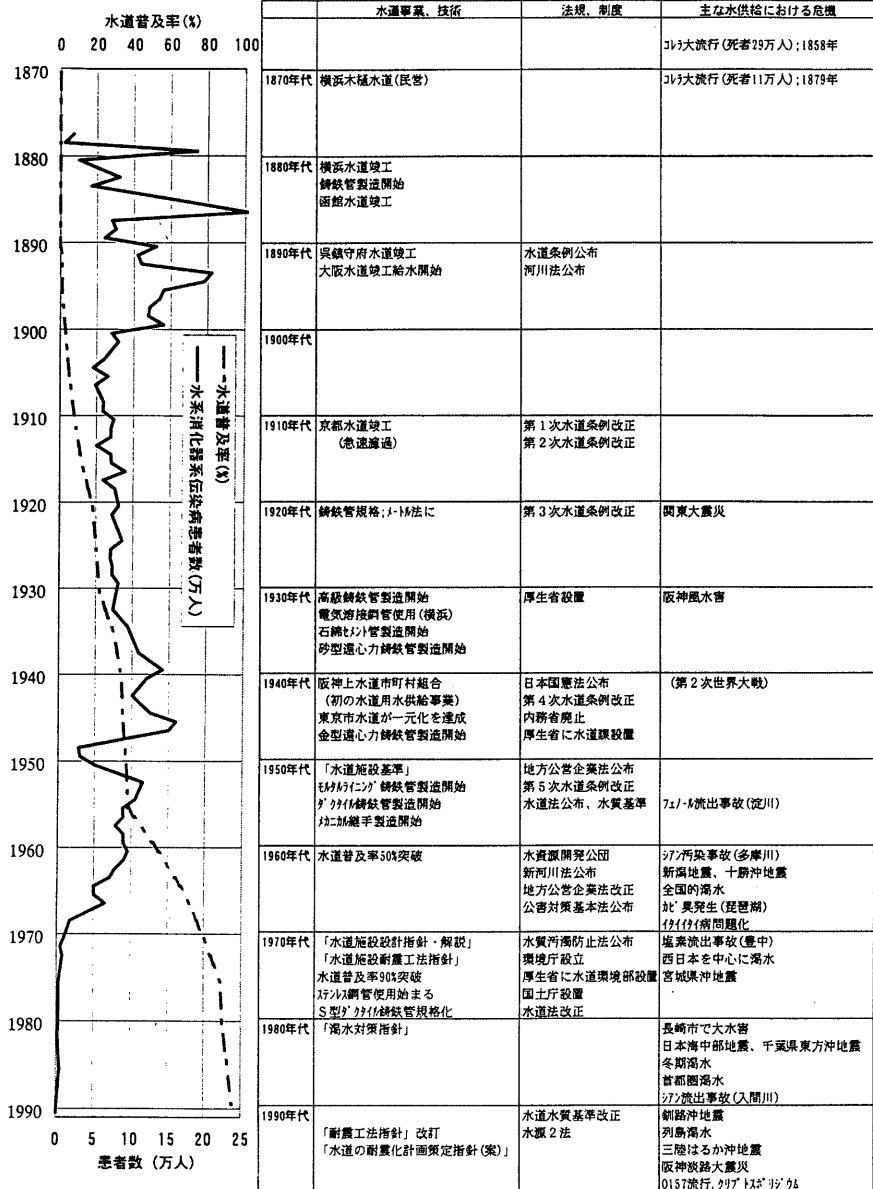
2. 水道のリスクの歴史と現在のリスク(小棚木ほか,1997)

2.1 水道供給のリスクの変遷

明治以降の水道事業、水道技術ならびに法規・制度、社会情勢の変遷をTable 1に示す。

日本の近代水道の供給は、1887年(明治20年)の横浜に始まる。当時は再三にわたり飲料水の汚染を原因とするコレラが流行しており、数万~数十万人の死者が発生していた。このため、飲料水の衛生確保を図るためには、鉄管による水供給が不可欠であるとの見地

Table 1 The progress of water supply, and change of technical renovation and risks in water works



から、当時首都に隣接する開港場であった横浜市が第一号となった。この後、函館、長崎、大阪、東京といった順で、給水が開始されていくことになる。各都市における一人当りの計画給水量は 70～140ℓ/人・日程度であり、現在と比べると 2～4 割程度であった。

その後、給水量の増加、用地の不足等により浄水方式が緩速ろ過から急速ろ過が中心となり、管材も鋳鉄管から高級鋳鉄管、ダクタイル管に移行していった。

Table 1 に添付した水道普及率と水系消化器系伝染病患者数のグラフに示されるように、1930 年代後半から 1940 年代は戦争により伝染病患者数はいったん増大するが、水道普及率が 80% を超えた 1970 年以降は毎年数千人程度に収まっている。

一方、水道の普及が進むにつれて、住民の生活・社会活動に要する水は水道以外から得られにくい状況になってきた。Table 1 に、いくつかの代表的な事故・災害を併記しているが、これらの水質事故や濁水、地震などは多くの住民に多大な被害を与えている。たとえば、1994(平成 6)年の全国的な濁水では、約 1640 万人が減断水の影響を受けた。この平成 6 年度に、全上水道事業約 2000 のうち、水質汚染事故 72、異臭被害を受けたのは 120 事業となっている。また、1995(平成 7)年の阪神・淡路大震災では、水道施設も甚大な被害を受け、復旧までに 8～10 週間を要し、この期間水道未復旧地区の住民は多大の不便を強いられた。一方、トリハロメタンを始めとする消毒副生成物による水質問題は 1980 年代から社会的に認知され、さらに、1996(平成 8)年には、病原性大腸菌 O-157 ならびにクリプトスポリジウムによる被害が発生し、全国的に水道水の水質の安全性に対する不信任が高まった。

このように、時代の推移に伴い、水道供給の意義と水道供給に危機も変遷しているが、いったん危機に見舞われると、その影響は非常に大きくなる傾向が増加している。便利の鎖が被害を極大化させるのである。

2.2 水道のリスク・マネジメントの現状

水道システムは、Fig. 1 に示すように、水源システムと水供給システムにより構成されている。

水源システムでは、ダムなどの貯水池の構造物や山林・地下などの自然環境を利用して水の貯留・備蓄を行い、降雨の時間変動を調整している。水供給システムでは、水源システムから必要量の原水を取り出し、これを浄水場で水質変換して浄水とし、配水池による需給時間変動の調整を経て、管路により浄水を需要者まで輸送する。さらに、下水処理水の循環利用などが考案されているが、現在のところ、まだ一般的ではない。このような水道システムにおいて、水源システム

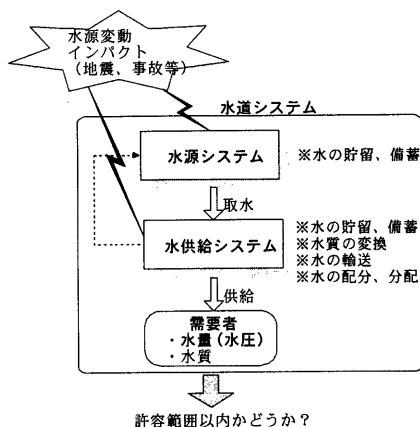


Fig. 1 Water supply system

は濁水・水源水質事故・富栄養化・濁水などによる水量・水質問題を常に抱え、水供給システムでは、地震などによる施設破損の問題を(いつ地震が起こるかわからないという意味で)常に抱えている。

ここでは、「水道の危機」を需要者へ供給する水の水質・水量がある許容範囲のなかに収まらない状態と考えることにする。すると、水道の危機(risk)は、Fig. 2 に示すように、危機発生の直接的原因となる災害などの危険事象(peril)と、環境条件・要因などの危険事情(hazard)により構成されることになる(岡田, 1985)。

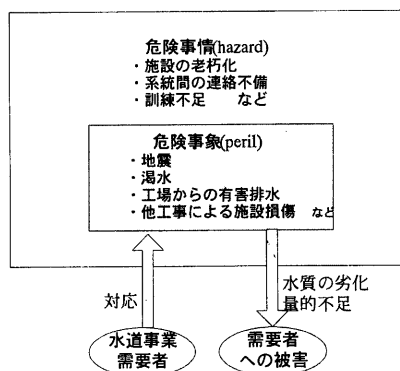


Fig. 2 Relation between hazards and perils in water supply

つぎに、ペリルを分類すれば、Table 2 を得る。たとえば、水源システムのペリルは水供給システムにおいて所要の水量の取水ができないことに結びつくが、異常小雨などによる水量不足と、毒物混入などによる

Table 2 Perils in water supply

	水源	質変換	貯留	輸送
自然系	渇水			
	富栄養化			
	地下水枯渇			
	風水害	風水害	風水害	風水害
	地震	地震	地震	地震
人間系	0157			
	カブトバグリア			
	毒物混入	誤操作	誤操作	誤操作
	テロ	テロ	テロ	テロ
人工系		事故	事故	事故
		停電	停電	停電

水質異常に大別される。そして、水道システムの機能分類に着眼して危機を整理すれば Table 3 を得る。この表の右欄に供給者が需要者に与える被害を示してあるが、それらは断水・水压不足などによる量の不足、質の劣化による水質障害といった状況となる。

Table 3 Risks and damages in water supply

危機の分類		被害状況
水源の危機	量的危機	水量不足（断水等）
	質的危機	水質障害
浄水処理機能の危機		水質障害
輸送機能の危機		水量不足
貯留機能の危機		（断水、出水不良等）

これら被害によるダメージの大きさは、ペリルの程度とハザードの状態に依存するが、供給者サイドからみた需要者の被害は、多くの場合、1) 期間、2) 規模、3) 頻度などの指標を用いて表現される。たとえば、規模は被害の面的な広がりや水量不足率、それに水質劣化率などで記述される。地震災害による被害は頻度は低いが、断水の規模・期間は比較的長期に及ぶし、渇水災害の場合は、断水はまれではあるが、頻度は高く規模・期間は長期にわたる場合が多い。水源の富栄養化は、長期にわたってカビ臭などをともない、直接的被害というより日常生活における不快感をつのらせる心理的な被害をもたらす。

水道の危機による被害は、供給者サイドから見れば、「需要者への供給水量・水質の障害」ととらえることができるが、需要者サイドから見れば、需要者はまた「生産者」や「生活者」などであるから、「水が使えない」、「水の使い方に制約を受ける、あるいは変更

を余儀なくされる」が、その被害となり、多岐にわたる。したがって、この被害は簡単に指標化できないことは自明である。

生活者の場合、地震災害などにおける完全断水の場合の被害は、給水車などから自宅までの運搬可能水量とこの水の使用制約によって記述される(奥村・吉田,1996)。これは、極限状態で、たとえば高層マンションに住む高齢者や身障者にとっては大変なことである。そして、その用途の殆どは、洗顔や炊事とトイレに限定される。そして、応急給水や復旧が行われるようになったとき、生活者へのその情報伝達が、不安を除く場合もあるし、不安を増幅させる場合があることに注意しなければならない。さらに水配分の地域間格差や高齢者や身障者などの社会的弱者の差別化が進行すれば、『心の傷』という「社会的被害」を発生させる。この意味でも、地震災害時の情報の流れが、いかに重要であるかがわかる。

渇水災害の場合は水の使用制約や変更によって被害が記述される。たとえば、後者の場合、「機器の買い換え(節水型機器の購入)」、「定常的工夫(シャワーを出しっぱなしにしない、家族で浴びる)」、「一時的工夫(風呂水を繰り返し使う)」、「代替(ベットボトルを買う、トイレに風呂・洗濯の残り水を使う)」、そして「中止・削減(洗車や庭への散水を止める)」というような生活者の行動によって記述される(萩原,1995)。この場合も、水配分の問題が生じ、地震災害時と同様であるが、ダムなどの貯水池の状況が心理的被害を増長する(萩原ほか,1979)ということに注意しなければならない。

2.3 水道のリスク・マネジメントの制度的情報システム

水道の危機管理を計画するためには、危機の特性(期間・規模・頻度)に応じた生活者などの行動を明らかにして、それに対する手段を、すなわち、被害を最小にするような代替案を用意しておく必要がある。このためには、まず地震災害時と渇水災害時の「情報の流れ」を「需要者→水道事業→市町村→(広域水道)→国」というような階層システムに着目して整理する必要がある。

まず、地震時においては、市町村・都道府県にそれぞれ災害対策本部が設置され、市町村レベルの水道事業は市町村の災害対策本部の一組織として位置づけられることになる。市町村災害対策本部は水道事業の属する給水班のほか交通・土木・医務などの班が組織され、給水班は主に保険・衛生の維持、消防水利の確保の責務を負うこととなる。水道事業は、給水班よ

り上記の内容に関する指示を受け、その状況を報告する。水道施設の被害が甚大であり、自水道事業職員のみでは応急給水、復旧に十分な対応が取れない場合は、都道府県の(生活環境部などの)所管部署に被害状況の報告とともに、応援作業の依頼、不足資機材の調達依頼を行う。これを受けて都道府県所轄部署は、国・日本水道協会・自都道府県内の非被災市町村、他都道府県に応援依頼を行う。また、応援依頼は水道事業単独に、相互応援協定を締結している市町村、指定水道工事店などに行う。さらに、応援給水や復旧作業用水に要する用水を確保するために、都道府県を通じて河川管理者との水利調整を行う必要も生じる。広域水道から受水している場合は、広域水道へ供給水量確保・増加の依頼を行うことになる。

このような一連の報告・要請の流れを踏まえて、人員・資機材の派遣・受け入れが行われ、応急給水作業・復旧作業が進捗することになるが、これらの状況を需要者に報告するとともに、需要者からの要望・苦情に対応していかなければならない。この広報に関しては、阪神・淡路大震災におけるように、各レベルからの情報が集中するマスコミが重要な役割を担う場合も多い。

このような地震災害時の情報の流れに対し、渇水災害時の水道関連の情報の流れも基本的には同様の階層システムで記述される。異なる点に注目すれば、まず、渇水時の水利調整が河川管理者を中心とする渇水対策本部が主体となることが挙げられる。このため、応援依頼は、市町村→都道府県、市町村→広域水道のレベルまでで、国レベル(厚生省)に関しては報告にとどまる。また、市町村内の渇水対策本部は地震時のように広範な組織とはならず、渇水対策本部は消防などの他部局との間の利水量の調整を行うことになる。そして、地震時と同様に応急給水状況や復旧見通しさらに節水協力を広報するとともに、苦情への対応を行う。

とくに、需要者への情報伝達に着目し、地震災害時と渇水災害時の広報の相違点をまとめれば、Table 4を得る。地震時には、水道以外の災害情報もあわせて有効な情報伝達手段が重要である。

以上のように、地震災害時と渇水災害時の情報の流れを制度的な階層システムとして眺めてきたが、基本的なところで似たところも多い。これらと事故時や日常時の情報の流れを組み合わせ、水道供給の危機管理に関する「情報システム」はいかにあるべきかを論じなければならない。(しかしながら、水道供給も含んだ「水利用」の危機管理の視点にたち、水利用主体の「多様性と統合」という相矛盾した「情報システム」を構築することは至難の業である。とくにわが国のように、「水」を管理する主体が、切り刻まれている場合、

Table 4 Publicity under earthquake disaster and drought disaster

	メディア	情報の頻度
地震	・避難や物資調達で留守が多く、広報車やビラでは確実に伝わらない場合が多い。 ・家屋、家具の破損によりテレビ、ラジオが使えない場合がある。	・日々更新される情報は少ないため、掲示板への貼り出し等でも対応可能。
渇水	・通常のメディアは使用可能。	・通水時間、断水時間を的確に伝えることが重要。

利用主体間の「おもしろい」がなければ、構築された情報システムは「絵に描いた餅」になる。)

3. 地震災害における情報システム(森ほか,1997)

1995年の阪神・淡路大震災によって、被災都市の水道施設は甚大な被害を受けたが、とくに配水管・給水管で継手の離脱や管体の折損などの被害が広域にかつ壊滅的に起こったため、多くの地域で断水状態となった。被災したこれらの水道施設などの復旧がほぼ完了するのに8~10週間を要したが、時間が経つにつれ水道未復旧地区の住民からの苦情はより深刻な内容へ変化した。苦情は生活者の水道未利用にまつわる生活被害、取り残された焦り、冷遇感などによるストレスなどであった。

ここでは、水道施設被害や断水による生活被害の特徴を明らかにしたうえで、「水道施設の整備・運用」、「水道事業者の応急対応」、「生活者の水利用行動」の3つの要素を念頭において、断水被害を軽減するための方策を検討する。

3.1 大規模地震災害による水道施設被害と断水時の市民生活被害

(1) 水道施設被害の特徴

今回の阪神・淡路大震災の被災事例をみると、浄水施設や貯水施設などのコンクリート造構造物の被害は、新耐震設計法(案)発表以前の古い施設や盛土などで地盤状況の悪い場合に発生している。伸縮目地の拡大による漏水事故が特徴である。しかし、一般に水道施設は地盤状況の良いことを立地条件としているため、コンクリート造構造物は一部の例を除くと壊滅的な被害は受けていない。また、地上構造物の場合、目視などでの被害発見が比較的容易であった。

一方、導送配水管渠等の線状構造物は、機能上、地盤状況の悪い地区を完全には避け得ないことや今回

のような地震動を想定した継手構造にはなっていないことなどから、多大な被害を受けた。また、これらの線状構造物は通常地下に埋設されているため、被害発見が容易ではない。とくに配水管網では、継手抜け出し、管体折損などの被害箇所が多くなると漏水多発により水圧が低下し、地上に漏水が出にくくなり、被害箇所を特定することが困難になる。また、漏水量に見合うだけの水源水量が確保できない場合や漏水箇所を修繕しない限り十分な水圧が維持できない場合、当該システムを一時断水状態にして復旧作業を開始することが必要である。

今回の阪神・淡路大震災においても、配水管被害箇所数が膨大で、復旧作業に当たっては被災都市以外の他都市等からの応援が全国規模で展開されたが、断水期間は長期間にわたった。

(2) 断水による市民生活被害

(a) 消火用水

地震当日で断水による最も大きな影響は消火栓から消火用水が確保できなかったことである。神戸の市街地は六甲山を背に海まで続く坂の街であることから、このような地形を利用した自然流下方式の配水を行っている。この方式では水圧のコントロールができないことなどから、漏水事故が多発したシステムでは短時間で配水池が底を着いてしまうこととなった。

(b) 断水被害と水汲み労働

断水が短期から長期にわたる場合、市民は生命維持や生活に必要な水を、段階的に 1) 買置きボトル水、家庭内の貯留水(風呂残り湯)、2) ボトル水の購入、3) 避難所等応急給水拠点での容器への受水、などの手段で取得するなどの外的対応をとる必要がある。一方、通常時であれば不意の断水には相当に怒る生活者も「被災者は皆このような状況におかれているのだから仕方がない」、「我慢しなければならない」と内的対応をとる。

断水時には通常の給水サービスのような利便性や快適性を享受できないばかりか、水の運搬や行列待ちなどの労働が必要となり、時間的制約を受ける。生活者はこの両面による被害の和を最小にするように行動しているものと考えられる。Fig. 3は、運搬距離が短くなる(1000m→100m)と被害の和が小さくなり、より多くの水を自宅まで運ぶほうを選択することをイメージ的に描いたものである。

神戸市ではタンク車による未通水人口一人一日当たりの平均的な応急給水量は、Fig. 4に示すように、復旧期間を通じて概ね 20 l を超えていなかったものと推計される。これは地形条件(坂の街)と応急給水拠点の設置密度(1~2 点/km² のオーダー)に影響を受けているものと考えられる。この程度の水であれば、飲

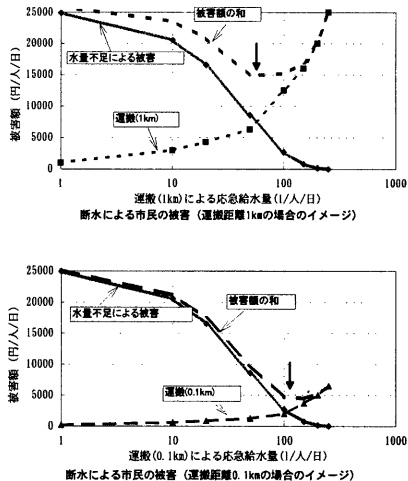


Fig. 3 Damage caused by water suspension (関西水道事業研究会, 1996a)

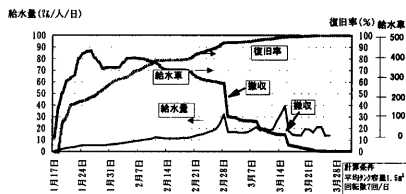


Fig. 4 Estimation of emergency water supply by tank truck (関西水道事業研究会, 1996a)

料水・洗面・炊事・トイレなどの用途に優先的に使用したものと考えられる。これらの用途についても外食・紙食器の利用、水洗トイレのまとめ流しなどの工夫が必要になる。いままでの話は平均的なものであるが、乳幼児や高齢者、さらには身障者を抱える家庭での困窮度にははかりがたいものがある。

(c) 時間経過による被害の拡大

時間の経過とともに断水地区では、電気・ガス等のライフラインが復旧してくると、いつまでも復旧しない水道に対し、苛立ち、怒りの情動が発生する。また、近隣地区での通水を見聞きすると、未通水の生活者は取り残された焦りや不公平感が増す。これらはストレスとなって蓄積され、復旧見通しが延期されるなどのきっかけで爆発し、電話による苦情という外的対応に現れる。神戸市における水道局災害対策本部への電話問い合わせの時系列を示すと Fig. 5 を得る。地震発生から 1 ヶ月を過ぎると断水状態のために自宅

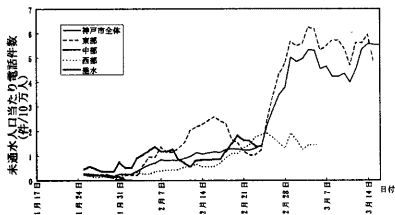


Fig. 5 Telephone calls per water suspended person in 7 days moving average(関西水道事業研究会,1996a)

で元の生活を営むことのできない生活者は我慢も限界に達していることが明らかである。この経験を踏まえ、この大震災後に策定された水道の耐震化指針や耐震化計画では復旧目標を4週間以内と設定しているものが多い。

つぎに、被災者を自宅生活者と避難所生活者に分類して生活ペースの違いによる断水被害の影響をイメージしたものを Fig. 6 に示す。この図では、自宅生活

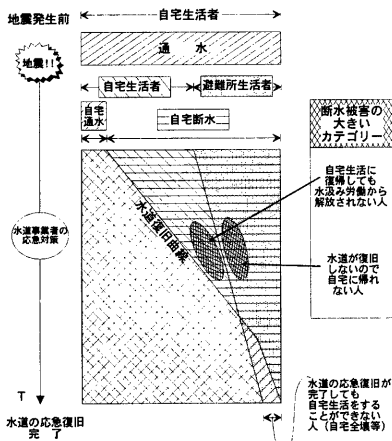


Fig. 6 Difference in water suspension damage between residence and refugee

に復帰しても水汲み労働から解放されない場合と水道が復旧しないので自宅生活を営めない場合に断水被害が大きくなることを示している。なお、高齢者や身障者などの災害弱者、さらには乳幼児を抱えた家庭など被災者の属性によっても断水被害の影響は大いに異なるものであることをよく認識しておくことが重要である。

(d) 震災被害強度

異常渇水による被害の程度を表す渇水強度指標と

同様の考え方で震災による被害を次式で定義することができる(関西水道事業研究会,1996a)。

震災被害強度(%・日)

$$= \sum_{\text{日}} (\text{復旧過程において平常使用量に対して不足する水量の割合})$$

ただし、 Σ の範囲は不足する日数である。今回の神戸市の場合の震災被害強度は、2700%・日(1/17～3/31)と試算される。この指標は、給水量の不足という一面から見た被害を表すものであり、市民の対応行動に起因する影響の緩和などは無視している。むしろ、水道事業者の給水収益の減少による経営へのダメージ度合いを表すものであるといえるが、算定が容易であるので、地震別の被害比較や計画の効果を評価する場合に利用できる。なお、地震発生から1000日余りを経過した時点に至っても被災地の復興は完了しておらず、この間の給水収益の減収分をこの指標で表すと、トータルでは概ね数千～1万%・日になるものと見込まれる。なお、これに対して、水道使用者における断水の影響を損失機会費用の考え方で定量化した例がある(関西水道事業研究会,1996b)。

3.2 水道における地震対策

(1) 地震対策の体系

地震による断水被害を軽減するには、施設の耐震化とともに被災した施設の早期復旧、断水期間中の応急給水などの対策を組み合わせる必要がある。Fig. 7 はこれらの対策を体系図として示したものである。

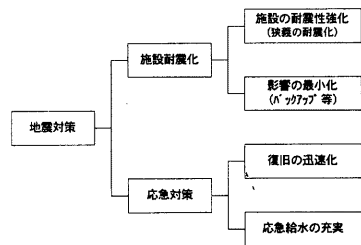


Fig. 7 Mitigation method system for water supply damaged by earthquake disaster

(a) 施設耐震化

施設の耐震化は、個別施設の耐震性強化のみならず、危険分散やフェール・セーフ(fail-safe)の視点から水道システムとしての耐震性強化を図る必要がある。すなわち、地震に対し壊れない施設の整備は不可能であると考えて、いくつかの施設が被災して機能を低下あ

るいは停止しても水道システムとしての機能低下を緩和(影響を最小化)するように施設・設備の多重化やバックアップシステムを整備するものである。これらは、すべて地震発生に備えて行う、事前対策に位置づけられる。

(b) 応急対策

応急対策は、Fig. 9 に示したように被災後の断水地域に対して行う給水タンク車などを利用した応急給水と被災した施設の応急復旧に分けられる。応急対策を円滑にまた十分に行うためには事前対策として緊急貯留システムを構成する配水施設や貯水槽などハード面の整備ならびに施設情報や他都市との応援協定などソフト面の整備が必要である。

地震後の応急給水は、市町村の防災対策の一環として行うことが原則となっているが、水道施設を利用すること、都市部においては水道がほとんど唯一の生活用水確保手段であり、市民の間では水は水道局が面倒を見てくれるものと認識されていることから水道事業者は相当の役割を果たす必要がある。

応急復旧は、被災箇所の修繕などにより、水道をもとどおりに機能させることであるが、市民の生活被害を軽減するにはなるべく迅速に行う必要があり、また不公平とならないような配慮が必要である。

このように応急対策においては、混乱状態のなかで物量、スピードならびにきめ細かさが必要とされる。したがって、被災都市の水道事業者が中心的役割を果たす必要があるが、他都市等からの人的・物的・精神的応援なしには阪神・淡路大震災級の大規模な都市災害には対応できない。

(2) 対策間の関連の検討

対策の組合せや優先順序を検討するには対策実施の前提条件や対策による効果の波及程度を検討しておかなければならない。

(a) 事例 1 (施設能力の余裕と復旧作業)

復旧作業や通水区域の拡大には平常時以上の配水

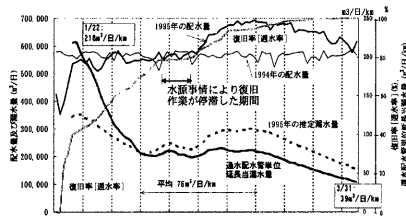


Fig. 8 Distributed amount and estimated water leakage(関西水道事業研究会,1996a)

量(水源水量)が必要となる。Fig. 8は神戸市での復旧過程における配水量と漏水量の推移(関西水道事業研究会,1996a)であるが、水源水量に余裕がないことが配水管復旧作業に大きな制約となっていたことがわかる。復旧作業が更に効率的に実施できていたとしても復旧率 80%の段階に達した時点から水源水量(水源の 3/4 を依存する阪神水道企業団から受水量)が増加するまでは、復旧作業は停滞していたであろう。一方、施設能力に余裕のある状態で、水源の制約が無く復旧作業が進めらると仮定した場合、復旧日数は 9~13 日短縮でき、震災被害強度(1/17~3/31)は 200%・日低減し、2500%・日になったもの考えられる。

(b) 事例 2 (復旧戦略と応急給水作業)

配水管の復旧作業は、水理特性により「上流側から」、また、「幹線など重要度の高い管路から」行う必要がある。実際には、状況に応じてこれらを組合せて実施することになるが、典型的な復旧戦略として次の 2 つの戦略を想定し、被害軽減の過程を検討する。

戦略 1 : 上流から下流へ(幹線が復旧したら引き続いてこれから分岐している支管網の復旧にとりかかる)

戦略 2 : 幹線の復旧を優先する(幹線が復旧するまでは支管網の復旧に取りかからない)

これら 2 つの戦略の相違点をイメージ図に示すと Fig. 9 のようになる。

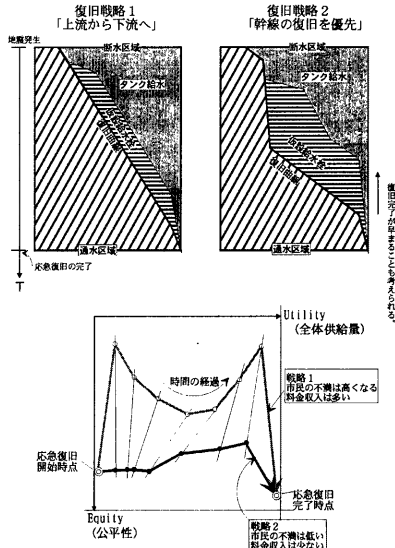


Fig. 9 Difference in relation between utility and equity by restoration strategies

戦略1の長所は、比較的早い段階から各戸通水の復旧が進み、広報により復旧が開始され順調に進んでいることを市民に伝えることにより期待を抱かせる。しかし、復旧が容易な地区から作業に取りかかるので、難工事地区に当たると復旧が進まなくなり、未通水地区の住民に不公平感が生じやすい。

戦略2は、幹線の復旧を優先するので比較的早い段階には各戸通水の復旧は進まない。しかし、

- ア) 復旧した幹線の近傍にある消火栓に仮設給水栓を設置することなどにより、応急給水の充実(水量制約と時間制約の緩和)を図ることができる。
- イ) 幹線の復旧が完了するとどの地区でも(特定の箇所であるが)蛇口から水が出るようになっているので、火事が起きても消火できるという安心感を与えることができる。
- ウ) 漏水量の大幅な低減化を図ることで復旧作業進捗の制約を小さくできる。
- エ) 幹線復旧が完了してからの支線復旧は進捗見通しが立てやすい。

などの長所がある。

以上のことと前項の検討結果を合わせて考えると、戦略1は、配水管の被害が比較的軽微でかつ供給能力に余裕のある場合に優先すべき戦略であるといえる。また、配水幹線の耐震化(耐震幹線網の構築)や配水ブロック化は、管路被害の軽減にとどまらず、戦略2を円滑に実施し、復旧の迅速化や応急給水の充実化、公平性維持に相当の効果を上げるものと考えられる。

3.3 被害軽減のための情報システム

(1) 事前対策のための情報システム

事前対策として実施する水道施設耐震化事業には、多目的で平常時にも効果を発揮するものもあれば、相当の費用を要するが給水収益増につながらなければ、平常時にはほとんど効果を発揮しないものもある。したがって、事業計画に当たっては、

- ① 水道施設の被害想定(市民断水被害含む)
- ② 耐震化の目標設定(応急復旧・応急給水等)
- ③ 個別の耐震化対策の検討
- ④ 耐震化計画案の作成(複数案)
- ⑤ 耐震化計画の策定

の手順を踏み、⑤の段階で現状での被害想定と耐震化による効果(被害軽減)ならびにこれに要する費用を市民に提示し、事業実施や財源などに関して市民参加型の意思決定を行うことが望ましい。なお、①の被害想定や④の耐震化計画の代替案の作成には地理情報システム(GIS)が有効である。

(2) 事後対策のための情報システム

2.3で述べた制度的情報システムの考え方に基づけば、水道事業者ならびに水道使用者は、Fig. 10に示すような行動により被害軽減を図っているものと考えられる。水道事業者(供給者)と水道使用者(消費者)はそれぞれの置かれている状況やニーズなどの相互情報提供によって断水による影響を軽減することが可能となる。これらを実現するには広報・公聴を含む平常時から情報システム整備とその運用が不可欠

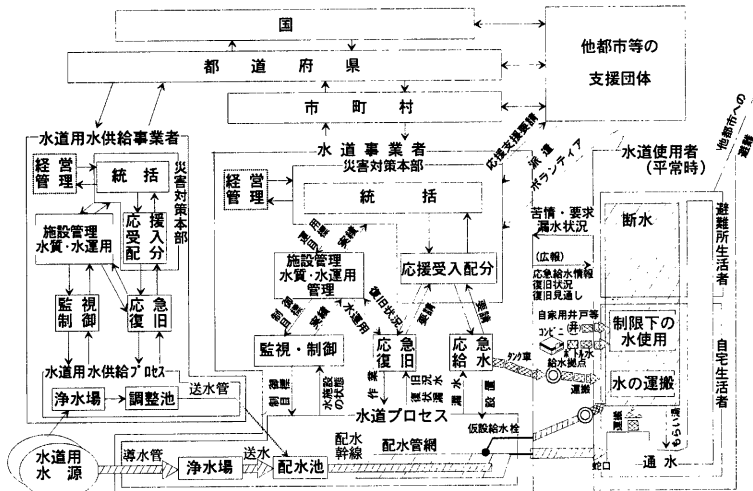


Fig. 10 Activities and information flows between authorities concerned et al. in restoration process from earthquake damage

である。

4. 渇水災害における情報システム(萩原,1995)

4.1 大規模渇水災害における市民生活被害

ここでは、まず渇水災害の議論にはいる前に、とくに供給者と消費者という視点からいまだ一度利水安全度とは何かを考察する。現在の我々の生活は、意識的にも無意識的にも、安全な水供給を前提として成り立っている。渇水は我々の生活を脅かす現象であり、これを避けることは不可能である。

渇水の定義は種々考えられるが、ここでは次のように定義する。すなわち、「渇水とは降水が少ないために河川の流量が常時利用可能な流量(広い意味の需要量)を下回る現象」とする。制度的には常時利用可能な流量とは既得利水量、維持用水量、新規開発水量により構成され、いわゆる確保流量と呼ばれるものである。当然のことながら、渇水の属性、つまりその規模(不足水量)、生起頻度、そして期待継続時間によって地域に与えるダメージに差異がでる。勿論、需要量が0であれば渇水現象はない。涸れることのない大河のほとりに住む地域住民にとっても渇水はない。渇水とは自然の恵みである雨と、この雨をとことん利用して生活の質を維持し、向上させようという人間の欲望とのせめぎあいの結果である。

さて、現行の制度では10年に1位相当の渇水流量に対して対応できるように利水計画を立案することとなっている。この中身は以下に示すようなものである。すなわち、当該河川における計画基準年を定め、計画基準年において目標とする確保流量が確保できるよう計画することとし、安全度評価を行っている。計画基準年としては、既往の水文資料からできるだけ長期間(20年~30年、止むを得ない場合でも最近10年)の資料を収集し、10ヶ年第1位相当の渇水年を採用することを原則として、利水安全度評価を渇水年をもとにした再現期間で行っている。

この渇水年の順位を定める指標は、水資源開発手段の変化に伴い、渇水流量から貯水池必要利水容量へと変更され、現在慣行的には、資料期間の計画地点自然流量をもとに利水基準地点における確保流量に対する貯水池よりの補給運用計算、いわゆる利水計算を試行し、各年の必要補給容量(年最大必要渇水補給量)を求め、これをその年の必要利水容量としている。

しかしながらこの10年に1回程度の渇水に対応する施設整備は慣例であって、取水の安定性をそれより小さくすることによって生ずる水利秩序の混乱と、逆に大きくすることによって生ずる河川水の未利用の機会損失を考慮して、その調整点として樹立された行

政慣習であることを忘れてはならない。そして、計画時点において10年に1回程度の渇水が想定されながら、実際はそれより発生頻度が高い地域が沢山見受けられる。これは、主として以下の4つの理由による⁹⁾。

- ア) 計画基準年がマクロ的に見て比較的豊水年である1950年代とされていることが多い。
- イ) ダム貯水量をゼロとすることがないように、実運用では貯水量に応じて取水制限(節水運用)を行う(見かけの渇水が生じる)。
- ウ) ダム地点と基準点とのタイムラグ(1日程度)による、計画時点では考慮されない実運用における無効放流の発生。
- エ) 利用率が高い河川では暫定水利権といった、開発されることを前提として施設完成前に水利使用を認められた水利権があり、これが渇水期においても通常の水利権と同様に扱われることによって安定性が低下する。

これらの4つの問題に加えて、さらに問題となるのは、流況の再現性、必要補給容量の安全度指標としての妥当性、そして安全度レベル1/10年の妥当性である。これらの問題に関して多くの研究がなされているが、結論的には研究対象である利水安全度の内容が安全度評価に依存しているため、利水安全度の概念が明確ではない。

以上のことから、利水安全度の指標やその分類も研究されるようになってきた。Fig.11 にその1例を示す(建設省河川局・土木研究所,1986)。ここで問題にな

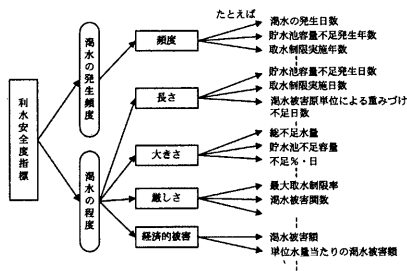


Fig. 11 Risk indexes of water utilization

るのは指標間の相関であるが、この図ではその議論が十分ではない。この図の指標は供給サイドを主とした視点から作成されたものであり、実際のところ、2.3で述べた制度的情報システムの考え方に基けば、渇水時に供給者はFig. 12のような行動を行っている。この図からも明らかなように、消費者は、苦情と被害という形でしか政策に参加していない。ところで、渇水時には消費者も種々のリスク回避行動を行なう。こ

従って、Fig. 11の渇水の「厳しさ」や「経済的被害」を図に示されるような簡単な指標でもって表現し、ただちにハードな施設の計画につなげることは極めて危険である。つまりそれほど必要でない水利用施設を、ただ大きく、沢山計画することの根拠を与えるためだけの指標に化けないとも限らないことに注意する必要がある。繰り返すが、実被害がたいして大きくないのに貯水池の水位の低下が社会的パニックをもたらす可能性があることが新聞記事を分析することにより明らかになっている(萩原ほか, 1979)。また、大きな社会問題となった福岡大渇水でも本質的な問題は地域内における給水のハードならびにソフト面の不平等にあったと思われる。つまり、みんなが同じ程度に困っているなら自分も我慢できるがそうでないから問題が大きくなってしまったとも言えるのである。このことは、地震災害でも指摘したことである。これらのパニックや我慢の程度は学習によって変動するものであるから、渇水による被害現象の社会心理学的研究が待たれる。

4.2 水道における渇水対策

さて、前述したように、現行の制度では利水計画の立案に際して10ヶ年1位相当の渇水年を採用することを原則としており、利水安全度は渇水の再現年によって規定されている。換言すれば、現行の制度下での利水安全度の定義は「常時利用可能な水量(確保流量)が確保できる確率」と解することができる。これを「計画安全度」と呼ぶことにしよう。この場合には常時利用可能な水量は所与であり、渇水時に水利用事業体による対応行動は考慮されない。このため、「常時利用可能な水量が確保されない」という事象には、水利用事業体が渇水時に代替水源から水を供給する等の対応をとることにより、実際には消費者に被害が及ばない場合も含まれる。

いま、「供給量が平常時の水需要を上回る状態の生起確率」を「管理安全度」として定義しよう。供給量が平常時の水需要を下回る場合には、消費者はなんらかの対応行動をとる。この結果、被害が生じる。すなわち、「管理安全度」は渇水によって「消費者に被害が生じない確率」と言い換えることもできる。現行の制度では、利水計画の作成に際して「管理安全度」は考慮されていないが、消費者の視点に立てば、安全度としては「管理安全度」の方が重要であろう。

一般に「管理安全度」は「計画安全度」を上回る。代替水源や配水池等、水供給システムには冗長性があるからである。言い換えれば、このような水供給システムの冗長性を増す努力を積み重ねて行けば、消費者サイドから見た利水安全度である「管理安全度」を高

めることができる(萩原ほか, 1982; 萩原ほか, 1985)。

以上の議論からも明らかのように、利水安全度を高める理論を供給サイドの視点(「計画安全度」)のみで議論するのではなく、消費者サイドの視点(「管理安全度」)も考慮することが重要となる。この場合、供給サイドは、当然のこととして、水供給システムの冗長性や渇水時の水消費の構造を無視して計画することは許されない。そして新しい貯水池、配水池、不平等を解消するための水供給ネットワークの形成、下水処理水等のリサイクルを含む行政間の縄張りを越えた地域水利用ネットワークを創造する(Watanabe and Okada, 1993)必要がある。当然のことながら、地域間でも困った時には水の相互融通を考えたおかなければならない(坂本ほか, 1983)。こうすれば利水安全度(管理安全度)は高まるはずである。電力でできて、何故水ではできないのか、不思議に思わなければならない。また消費者は、水の料金として、渇水時価格あるいは夏期料金や深夜料金を受け入れ、Fig. 15で示した対応行動のうち習慣として可能な行動は日常取り入れることにより利水安全度を高めることができる。

さらに消費者は飲料水として何%の水道水を一日当たり使用しているのだろうか。地域によっては水道局がミネラルウォーター等を販売して、水洗便所や洗濯用水の水質を飲料水のそれと同じにするための膨大な投資と無駄を再考しなければならない局面も生じてくることも想定しておかなければならない。

4.3 被害軽減のための情報システム

事後対策のための情報システムは地震災害時の断水に比べ、その深刻度はゆるやかでかつ地震災害時の情報システムに包含されると考えられるから、ここでは事前対策としての情報システムの根幹をなす利水安全度の決定について論じることとする。

いま一度、利水安全度を構成するものに注目すれば、これは自然の水(水量・水質)の状態、社会の需要量(水量・水質)、そして水利用システムより構成されている。自然の水は水文統計などによりその特性が明らかにされ、需要量はこれまで計量経済や社会統計でその特性が明らかにされている。ここで水不足で水利用システムを考えるか、あるいは水不足の被害で水利用システムを考えるかによって議論は変わってくる。

なぜなら水不足であっても被害がない場合もあるからである。たとえば地域住民の対応行動を実被害を伴うものとそうでないものに分けて詳細に分析してみる必要が生じる。地域住民の対応行動の中には少々の不便は伴うが習慣化可能なものもあり、これが習慣化すれば、年最大必要渇水補給量は小さくなり、過大な水資源開発投資は必要でなくなる。また、水道部門

で、前述の水の総合融通の制度を確立すれば、被害を伴う水不足を軽減することができる。そして、下水処理水の再利用水を被害を伴う水不足の時の予備水資源と考えれば、より安全な水利用システムを考案できるようになる。ある特定の計画主体だけが利水安全度の確保の責任を負う時代ではない。さらに、渴水料金を設定することによって、節水協力が相対的により少ない負担で水利用ができるようになる。ここで言いたいことは地域の利水安全度を新規水資源の開発のみで確保するという従来のパラダイムから、既存の目的別あるいは監督官庁別水利用システムを再編成することによって、地域住民が多様な代替案の中から、自らの水利用システムの利水安全度を決定するという住民参加型の意思決定を取り組んだパラダイムへシフトしなければならない時代になってきたということである。

それでは、事前対策のための情報システムとして、どのようにして利水安全度を決定すればよいかを考察してみよう。今までの考察から少なくとも、

- (1) 新規水資源の開発にとどまらず、水道部門や消費者の対応を考慮した代替案を作成すること。
 - (2) これらの代替案を供給者の視点のみならず、消費者の視点をも考慮した評価指標群を採用すること。
 - (3) 住民参加型の意思決定を行ない、代替案を選択し、利水安全度を決定すること。
- が求められよう。

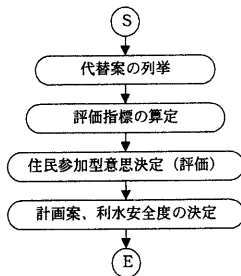


Fig. 14 Decision process of water utilization risk level with inhabitants participation

この問題に関しては、未だ決定的な方法はない。しかし、素直に考えてみれば Fig. 14 のような論理プロセスが考えられる。すなわち、代替案を列挙し、評価指標群の値を算定した後、これらを地域住民の参加型の意思決定により、代替案を選択し、利水安全度を決定するのである。なお、例を挙げての説明は紙面の都合上省略する。

5. 防災・減災のための情報システム

—地震災害を例にして— (西澤ほか, 1997)

大都市における極低頻度大災害が地震災害であり、高頻度災害が渇水災害である。もし、地震災害と渇水災害が独立であるとするならば、地震災害は水供給システムの破壊による断水現象をもたらす、その復旧過程において時間給水をもたらす。また、渇水災害は時間給水がまずはいじまり、最悪の場合断水になるが、施設の破壊はない。このため、これらの防災・減災の情報支援システムは、地震災害に対応することを必要とし、渇水災害に対応することを十分としなければならない。つまり、地震災害を前提とした情報支援システムを構築し、モードを切り替えれば、そのサブ支援システムが渇水災害に対応できるように考慮しておくことが肝要である。さらに、事故その他にも、モードを切り替えれば対応できるようなシステムを考える必要がある。つまり、日常にも非日常にも使えるような多目的な支援システムを構成することが重要である。なお、災害の事前ならびに事後の総合的な支援システムの構築はまだ緒についたところである。このため、ここではまず地震災害時における災害復旧のための情報支援システムを取り上げ考察する。

5.1 地震災害時の被災事業体の行動と情報処理

情報支援システムは、災害対策として事前に整備しておく情報や事後の災害復旧時における被害情報および復旧情報の収集・流通に関するシステムのことである。例えば、応援事業体に対する受入れ条件情報を提供することや進捗状況を広報すること等が含まれる。しかし阪神・淡路大震災においては被害情報および復旧情報の収集・流通における様々な団体の役割が明確でなく、また災害復旧対策を実施する上での情報の流れも明確でなかった。例えば復旧応援に駆けつけた事業体では、作業条件情報が不足し、誤作業を招いたといわれている。

危機管理のためには、災害の発生を中心に事前対策、発生直後の対応、事後の対応が必要となる。阪神・淡路大震災の事例では、多くの行政関係の職員も被災したため、災害対応にあたる職員の数が十分確保できず、避難誘導、被害状況、救援状況に関する地域単位の正確な情報(安心情報)を迅速に収集し、被災者に伝えることができなかった。このため避難所に避難した多くの被災者は、情報の空白状態に置かれ、不安や日々を余儀なくされた。水道の復旧作業においては、管理庁舎が被災した水道事業体では必要な施設現況情報や配水系統等の図面情報が入手できず、職員の記憶を頼りに断水系統の確認や復旧順序の検討を行っていた。

また、復旧対応のために駆けつけた水道事業者では、復旧作業のリーダーシップや作業方法に関する情報が不足していたため、誤作業等の混乱もあり、当初は迅速な作業ができなかったともいわれている。地震発生を挟んで必要となる被災事業体の対策行動の対象は Table 5 となる。被災事業体に設けられた水道の災

Table 5 The object of activity by damaged water supplier

場面	対象
平常時	事前対策
初動対応	・地震発生直後の対策 ・現状把握 ・被害想定 ・関係部署への連絡 ・緊急時組織の編成・運用
復旧対応	事後対策 ・対策行動 ・応急給水 ・応急復旧

害対策本部では、被災復旧を行なう上で被災住民への対応、応援事業体への対応、関連部局への対応、厚生省等国等上位機関への対応等々、災害復旧に向けて活動する様々な団体や個人（市民）との交渉や情報交換が必要となっている。ところで、災害復旧に関わる団体や個人が被災事業体（対策本部）からの情報を必要とする目的は、自己の災害復旧を図るため（自己対応）あるいは被災事業体の復旧を支援するため（支援）である。また、その時の復旧活動の進め方（活動の制御の方法）は、独自の判断で行なうが、対策本部と連携して行なうかのいずれかである。そこで被災事業体の対策本部からみた情報処理の類型を整理すれば Table 6 なり、自己対応型、独自・支援型、協働・支援型の3つに分類できる。

5.2 情報支援センターの機能

災害直後では被災事業体自身の十分な管理下でなくとも関連する各種の団体・個人が自主的に行動できるように情報提供が求められる。ここでは、このよう

Table 6 The types of information processing by disaster mitigation headquarters

類型	目的	活動の制御	対象の例
I 自己対応	自己対応	独自	ガス、電気、消防、住民
II 独自・支援	支援	独自	ボランティア、自衛隊
III 協働・支援	支援	協働	応援事業体、関連団体

な情報提供を情報支援と呼ぶ。

すなわち、ここでの情報支援は災害復旧のための情報や市民への安心情報の提供を行なうことで被害の軽減あるいは最小化を図ろうとする行為である。そこで、Table 5 の事前対策としての情報支援の内容について詳しく見てみることにする。すなわち、まず Table 6 に示した3つの情報処理の類型についてみると、自己対応型や独自・支援型では災害時に被災事業体から情報（主に復旧状況を入力する方法が分かっている）があればよく、協働・支援型のみが被災事業体と協働して復旧作業を行なうための情報が必要となる。すなわち、Table 7 のように整理できる。

水道事業者が被災側の立場となった場合に提供すべき情報は、被災した場合の指揮命令系統、応援事業体の宿泊場所等の受入体制に関する情報、交通渋滞対策や防火用水の確保、通信手段の確保といった都市防災に対する考え方に関する情報、被災住民向けの応急給水場所や広報拠点等の応急給水に関する情報、さらに水道施設の特徴や整備状況などに関する情報が必要になる。また、応援側の立場になった場合には、どの程度の応援が可能かを示す応援隊構成、応援期間、応援装備等の応援体制に関する情報を提供しておく必要がある。これらの事業体から提供される事前情報は、平時に準備されるものであるが、災害時にはその情報内容または所在が明らかになっている必要がある。すなわち、被災事業体と復旧応援に関わる関係団体間での情報収集および流通の仕組みが課題となる。この仕組みは平時において用意され災害時に機能することから、被災事業体自身が構築・運用することは不可能（被災事業体を事前に特定できない）であるた

Table 7 Information supporting activities for earthquake preparedness by water supplier

情報処理の類型	行動主体の例	提供情報の種類	情報の例
I 自己対応型	ガス、電気、消防、住民	・復旧状況の入手方法	災害復旧状況
II 独自・支援型	ボランティア 自衛隊	・復旧状況の入手方法	災害復旧状況
III 協働・支援型	応援事業体 関連団体	・協働作業のための情報	受入体制 作業条件 応援体制

め、何らかのすべての事業体が参加できる共通の基盤が必要となる。ここでは、この基盤を情報支援センターと呼ぶ。ところで情報支援センターは、個々の事業体が被災時の復旧応援を期待して、事前に情報を提供しておく場所であることから、情報を担保に保険をかけているともいえる。このため、情報支援センターは、いわゆる情報提供を目的とした情報センターではなく、災害時の応援を期待して情報を預ける所であるといえる。

そこで、被災事業体と応援事業体の関係を情報支援センターを中心にして考えれば、三者の概略的な関係

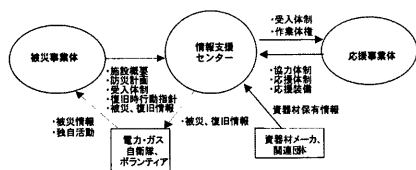


Fig. 15 Relation between information support center, supported water authorities and supporting ones

は、Fig. 15 となる。なお、情報提供型の情報センターについては、事業体、関係団体等の水道界の各主体が共通に必要とする情報あるいは個別にみれば利用頻度が小さいが水道界全体としては利用頻度が大きい情報を系統立てて蓄積するデータベースとして共同利用型データベースが考えられる(国包, 1990)。また、情報提供者と利用者の関係が固定的なセンター集中型ではなく、利用者も情報提供者として独自のデータベースを運営し、相互のデータベースを共有する形態、すなわち水道界の各主体が独自に整備した情報をネットワーク上で公開することにより水道界共通の仮想的なデータベースの構築に参加する形態を考えることもできる。この形態をセンター集中型に対して参加型データベースと呼んでいる(西澤ほか, 1997)。これらの形態は情報利用者が自己の利益のために情報を収集することを前提としているが、ここで提案している情報支援センターは、それぞれの主体が災害時の相互協力を担保するために「情報を預ける」ことを想定している。情報を提供することが自己の利益になるという考え方である。

5.3 災害復旧時の情報支援の構成(西澤ほか, 1997)

Fig. 16 は災害を受けて復旧する段階に必要と考えられる情報を整理したものである。復旧段階において、先の大震災では被害が広域的にどのような起こって

いるのかを把握する手段がなかったことが、混乱を大きくしたともいわれている。また、復旧過程においても、対策の実施状況や進捗状況が十分把握できなかったといわれている。前者は地震被害をリアルタイムに把握するシステムであり、後者は、対策情報の共有システムの問題である。このため、被災事業体からは被災から現時点までの被害および復旧状況の情報発信が重要となる。つまり、通路や家屋の被災状況、断水世帯数や断水率等による水道の被災状況、給水車の稼働状況や仮設給水栓設置状況等の応急給水状況、浄水場稼働状況や給水率等の復旧状況、等々に関する情報が必要である。これらは応援事業体に対してだけでなく地元住民に対する安心情報として重要であるが、時々刻々変化する情報であるため、リアルタイムに情報が提供されなければならない。

リアルタイムな情報の他、文書情報として復旧方法を記述した災害時対策マニュアル、行動指針や施設および設備の規格書や仕様書の全文等の情報も必要となる。また、応援事業体からは提供可能な資材保有状況、応援隊の構成・装備等の応援体制に関する情報の提供が必要である。これらの情報は災害時の非常に混乱した状況の中で伝達する必要があり、情報の所在が明らかで信頼性の高いものでなければならない。

災害時の混乱状況においては、特別な管理装置が機能しなくても自主的な協調関係の中での復旧の迅速化が図れるような情報支援の仕組みが不可欠である。さらに、災害時には行政と被災者との情報断絶が予想されるため、この間をつなぐボランティアの役割も考慮して、平時からこのような団体と情報共有を行えるようにしておくことも重要となる。また、災害時において広域的な被害の発生状況を的確に把握することは、復旧対策の進捗を把握する上で不可欠なものである。このためには地理情報システム(GIS)と組み合わせた防災情報システムの構築が考えられる。しかし、基盤となる共通のデジタル地図情報が完備されていないため都市のインフラとしてデジタル地図情報の整備とその共有の仕組みの確立が課題となる。

以上のことから、情報支援センターは、このような情報を確実に収集し、共有可能とする中核的な役割を果たすべきであると考えられる。機能としては、事前情報を扱う場合と同様に必要(または提供可能)資機材の一覧提示や災害時対策マニュアルなどの全文表示の他、デジタル地図情報とともに被害状況や復旧状況に関する情報をリアルタイムに中継し、応援事業体や関係団体さらには前述の情報支援を行うボランティアに伝達する機能が必要と考えられる。なお、ボランティアによる被災地内の情報伝達は別途その広報手段の確保方法を検討しておく必要がある。

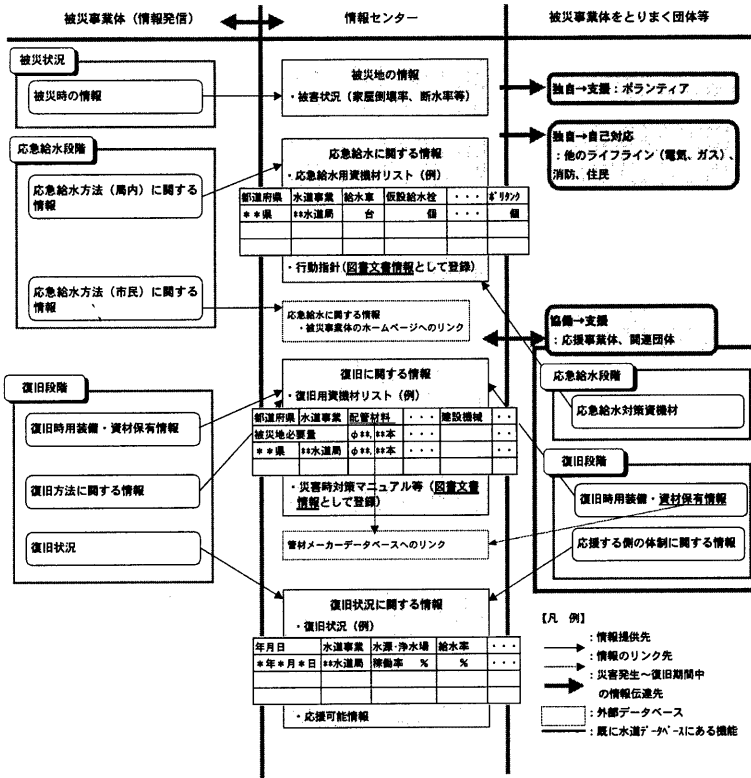


Fig. 16 Activities and information management for water supply restoration process by damaged water suppliers et al.

なお、今後の課題としては、情報を預けることが被害軽減の保険であるとの考え方をもとに、情報支援センターの運用費の算定根拠を保険費用の観点から計量化する必要がある。また、事前情報および復旧時の情報の具体的な収集および更新方法とその関係団体の役割・責任の明確化さらには防災システムとして災害時に迅速かつ確実な情報伝達方法について検討する必要がある。さらに、情報流通に関して、特に知的所有権、プライバシー保護、情報公開等の制度面の検討も必要となる。

参考文献

- 岡田憲夫 (1985) : 災害のリスク分析の見方, 土と構造物委員会「土と防災」講習会テキスト, 土木学会.
 岡田憲夫・萩原良己・細見 隆・渡辺晴彦・多々納裕一 (1993) : 創造的な地域水利用システムの計画に関

するディスカッション資料, プロジェクト研究・ワークショップ (京大防災研究所水資源研究センター).

奥村誠・吉田英雄 (1996) : 震災時の水運搬能力と水利利用, 土木計画学研究委員会阪神・淡路大震災調査研究論文集, pp. 137-142.

小棚木修・森 正幸・今田俊彦・萩原良己 (1997) : 水道供給における危機と管理に関する一考察, 日本リスク研究学会論文集第 10 巻, pp. 98-105.

関西水道事業研究会 (1996a) : 市民の視点に立った水道地震被害予測及び震災時連絡官整備に関する一考察.

関西水道事業研究会 (1996b) : 21 世紀の関西に信頼ある水道を伝えるために.

国包章一 (1990) : 水道における共同利用型データベースシステムに関する検討, 水道協会雑誌, Vol. 1. 59, No. 5, pp. 25-34.

- 建設省河川局・土木研究所(1986): 渇水時における水供給施設の最適運転手法に関する研究, 第40回建設技術研究会報告, pp. 544-593.
- 坂本弘道・萩原良巳・山村尊房(1983): 広域的水道計画手法に関する考察(Ⅰ)(Ⅱ), 水道協会雑誌, No. 586, pp. 2-13, No. 587, pp. 2-17.
- 西澤常彦・若松亨二・萩原良巳(1997): 水道事業体における災害復旧のための情報支援システムに関する考察, 日本リスク研究会論文集第10巻, pp. 118-123.
- 西澤常彦・若松亨二・国包章一(1997): 危機管理のための参加型データベースの活用について, 第4回水道管路国際シンポジウム講演集, pp. 123-131.
- 萩原良巳(1995): 水資源と環境, 京都大学防災研究所水資源研究センター研究報告, pp. 51-71.
- 萩原良巳・今田俊彦(1985): 水道広域化の効果の評価に関する方法論的研究, 衛生工学研究論文集, Vol. 21, pp. 1-10.
- 萩原良巳・今田俊彦・森野彰夫(1982): 配水ブロック化評価プロセスに関する一考察, 土木学会第18回衛生工学研究討論会講演論文集, pp. 215-220.
- 萩原良巳・中川芳一・辻本善弘(1979): 渇水被害の計量化と貯水池群運用について, 土木学会第15回衛生工学研究討論会講演論文集, pp. 181-186.
- 萩原良巳・渡辺晴彦(1980): アンケート調査をもとにした家庭用水節水構造分析, NSC研究年報, Vol. 8, pp. 159-174.
- 森 正幸・萩原良巳・小棚木修・今田俊彦(1997): 地震による水道被害と生活被害軽減化対策の総合化について, 日本リスク研究会論文集第10巻, pp. 106-111.
- Watanabe, H. and Okada, N.(1993): Game-theoretic Analysis of Integrated Environmental Management with Reuse of Wastewater Combined, Proceedings of Stochastic and Statistical Methods in Hydrology and Environmental Engineering; An International Conference in Honour and Memory of Prof. T.E.Unny.

Information System for Risk Management on Urban Water Supply

Yoshimi HAGIHARA, Masayuki MORI*, Tsunehiko NISHIZAWA*, Osamu ODANAGI*

*Nihon Suido Consultants CO.,Ltd.

Synopsis

In this paper, we describes information system for risk management on urban water supply. We classify risks in water supply, and propose countermeasures and damage mitigation activities with regard to their characteristics. Necessary items for information system are discussed after a summary of inhabitants' damage, activities by resident, water suppliers and authorities concerned et al., and information flows about real earthquake disaster and drought disaster.

Keywords: water supply; risk management; earthquake; drought; information system