

# 検証テーマ『上下水道、電気、ガス、情報通信基盤施設の整備に向けた取り組み』

検証担当委員 高田 至郎

神戸大学教授

(要 約)

## 1 ライフラインの被害と復旧状況

|     | 震 災 直 後                 | 復 旧 状 況                                |
|-----|-------------------------|--|
| 上水道 | 約 127 万戸が断水             | 2 月 28 日仮復旧完了<br>4 月 17 日倒壊家屋を除き全戸通水完了 |
| 下水道 | 被害管渠延長約 164km           | 4 月 20 日仮復旧完了                          |
| ガス  | 約 84 万 5 千戸が供給停止        | 4 月 11 日倒壊家屋を除き復旧完了                    |
| 電気  | 260 万戸が停電<br>(大阪府北部を含む) | 1 月 23 日倒壊家屋を除き仮復旧完了                   |
| 通信  | 交換機系約 28 万 5 千回線        | 1 月 18 日復旧完了                           |
|     | 加入者系約 19 万 3 千回線が不通     | 1 月 31 日復旧完了                           |

## 2 震災の教訓

今回の震災により、下記の教訓を得た。

### (1) 情報把握

状況把握と対応指示のため、情報伝達手段の確保が必要である。

### (2) 応援体制

迅速な資材調達や応援隊の活動展開のためには、事前に協定等による取り決めが必要である。

### (3) システム切り替え

供給システムの切り替えは、早期復旧に有効である。

### (4) 耐震化

施設の耐震化は、被害の低減に有効である。復旧が難しい地下埋設物は、耐震化の推進が望まれる。

### (5) システム対策

供給の多重化やブロック化による被害の局所化は、早期復旧に有効である。

### (6) 相互影響

復旧時に、施設の相互利用による早期復旧といった正の影響と、作業障害といった負の影響があった。

### (7) 一元化

相互影響を制御するために、事業者毎に分かれている、被害や復旧情報の一元化が必要である。

### (8) 広報の必要性

復旧に対する住民の意見を聞くとともに、住民に対する復旧情報の提供が必要である。

### 3 復興過程の取り組みの概要

耐震化の推進と並行し、災害発生時に被害の拡大を抑え、復旧が容易となる仕組み作りを進めてきた。また、緊急時の態勢強化とともに、資材調達や応援隊の活動について、事前に協定などによる取り決めを行っている。

本稿では、復興の取り組みについて、下記の項目で概要を整理した。

#### (1) 耐震化

設備の耐震化は着実に進んでいるが、地中設備の多い上下水道やガスの進捗が遅い。しかし、上水道やガスの耐震化にあたっては、防災拠点や中核病院、液状化地区を先行するなど、優先順位をつけ効率的で効果的な整備を進めている。なお、上水道では市町によって耐震化の進捗が大きく異なっている(0~33.2%)。

また、地震に強い施設の地下化も進み、電線類の地中化は震災後約210kmが整備されている。

#### (2) ネットワークの信頼性向上

システムの冗長化(ループシステム)、バックアップシステムの構築、下位の被災ネットワークを全体システムから切り離すブロック化などによってネットワークの信頼性を向上している。

たとえば、主な取り組みとして、上水道の緊急貯留システムの導入促進(4市町(H6)→9市町(H15))、下水道の重要幹線管渠の複数系列化(六甲アイランド第2連絡管)、ガスの供給ブロックの細分化(55ブロック(H6)→126ブロック(H15))、電力の交差二重外輪(500kV)システムの完成、通信の中継伝送路のループ化・2ルート化の促進(70.4%(H6)→94.0%(H15))などがあげられる。

#### (3) システムのコントロール

被害の拡大・波及を防止するため、地震動があるレベルを超えたり、機能容量がオーバーフローする場合にシステム機能を遮断する措置(ヘルスマonitoringシステム)を取っている。

たとえば、主な取り組みとして、ガスのマイコンメーターの普及(75%(H6)→99.4%(H15))や遠隔遮断装置の設置(約40箇所(H6)→346箇所(H15))、感電遮断装置の設置(0箇所(H6)→2,806箇所(H15))、電力の漏電ブレーカーの普及(42.4%(H6)→62.2%(H15))や高度配電線自動運用システムの導入などがあげられる。

#### (4) 緊急対応の体制強化

初動体制の見直し、相互応援協定の締結(上水道、下水道)、情報伝達経路の確保、装備や備蓄の充実などに取り組んでいる。

特に、人命や防災活動に大きな影響を与える上水道の応急給水拠点の増加や、通信でも重要通信を確保するため、輻輳対策として災害用伝言ダイヤルサービスの導入や通信衛星システムの多角的利用も行っている。

#### (5) その他

消防水利への取り組みを上下水道で行っている。上水道では、飲料水兼用耐震性貯水槽の整備や、復旧が早い配水幹線に消火栓の設置を進めている。下水道では、処理水や処理場施設の防災利用(消火用水、防災拠点)、非常時のし尿対策(公共下水道利用型仮設トイレの整備)に取り組んでいる。

### 4 今後への提言

復旧、復興の取り組みを通じて得た教訓をもとに、今後提案すべき事項をここに記す。従来からの取り組みについても、より具体的に進めていく必要がある場合は、提言に含めている。

#### (1) 緊急対応の体制強化

- ・ 県によるライフライン全体(異なる組織、他府県の応援隊等)をコーディネートする

## 機能の設置

情報の一元管理、住民との双方向の情報共有システム、各機関の持つ資材や人材の共同利用、各機関による総合防災演習の開催

- ・ 災害情報管理システムの確立  
リアルタイムデータを収集し、その分析と結果を各ライフライン事業者に伝達するシステム
- ・ 災害復旧支援システムの確立  
復旧戦略の策定、復旧班の編成、復旧資機材の配分、応援部隊の配置などをシステムチックに検討できるシステム

### (2) 地震被害予測システムの確立

- ・ 地震被害予測システムの確立  
2つの目的（事前に施設の耐震化や耐震補強効果を予測、地震直後に被害箇所を想定）
- ・ リアルタイム地震動モニタリングシステムの充実  
地震発生と波動が当該地に到達するまでの時間差を利用して二次災害の発生を防止できるような目的を持つシステム

### (3) ハード整備方針の確立

#### ア 施設の重要度に応じた耐震化の推進

- ・ 広域的な被害を及ぼす施設や救命ライフライン（消防、病院、防災拠点、避難所など）への重点投資
- ・ 重要度の高い施設の電力・通信のバックアップシステムの充実

#### イ 施設の地下化の推進

- ・ 共同溝、電線共同溝、ライフラインボックス等の整備
- ・ 東南海・南海地震の津波等にも強い地下構造の検討

#### ウ ブロック化の推進

- ・ 上水道やガスのネットワークのブロック化を推進

#### エ ハード整備における危機管理意識の向上

- ・ 耐震化率の低い市町（水道）への対応
- ・ 下水道等の耐震化の推進

#### オ 急増する老朽化施設に対し設備更新工法の技術革新

### (4) ライフライン・ヘルスマニタリングシステムの充実（日常の危機管理）

- ・ 日常的にトラブルを感知し、システム停止等の対応策をとるシステムの構築

### (5) 街づくり・環境対策へのライフラインの寄与とライフライン災害対策協議会の設置

- ・ 兵庫県のリーダーシップのもとで、県下に関わるライフライン事業者で構成する「ライフライン災害対策協議会」を設置（情報共有、総合訓練等）
- ・ ライフラインの役割を多様化することによる安全性の向上

## 5 台風23号、新潟中越地震における検証

### (1) 教訓が生かされた項目

- ・ 各種相互応援協定の締結や充実などにより、迅速に応援体制を確立することができた。また、緊急貯留システム（2池配水システム）の採用が、応急給水の確保に役立った。

### (2) 提言の重要性

- ・ ライフライン相互の影響が顕著であり、情報を総合的に管理、提供するシステムが必要である。
- ・ 水道やガスで、ブロック化や自動遮断システムが必要である。

### (3) 新たな課題

- ・ 洪水による冠水被害では、復旧が長期化した。
- ・ 都市部とは異なる環境下での災害について、防災対策を新たに問う機会となった。

## (本 文)

### 1 はじめに

10年の歳月は永い。しかし、この阪神・淡路大震災については、つい先日の出来事のようにも思えるし、遠い昔の出来事のような気もする。肉親やかけがえのない友人を失った被災者には、この10年間は、あの大地震が夢の中のことであったらという想いの毎日であったに違いない。

ライフライン地震工学を研究してきた筆者にとっても重い課題を突きつけられた10年間であった。ガス漏れの臭いが立ち込める中で、壊れた地下の水道管から吹き出す水をペットボトルに汲んでいる住民の列を目にした折には、これまで自分が研究してきたライフライン地震防災とは何だったのかと、自責の念にかられ、胸にぽっかりと空洞ができた感じがした。もとより、一人の研究者が街のライフラインの耐震化に寄与できることなどほとんどない。しかし、大自然は人間の英知の隙間を見透かすかのように、人の命を奪い、財産を奪い、街を破壊した。そしてライフラインも壊滅的な被害を受けた。

阪神・淡路大震災以降は“ライフライン”という言葉が世の中に流布し、一般になじみのなかった学術用語が一気に人々の口にのぼるようになった。日頃、当たり前のように使っていた上下水道・ガス・電力・電話が使えなくなった時の被災者の苦しみは想像に絶するものがあった。ライフラインの停止は、生活不便はもちろんのこと、地震直後の緊急活動や、さらには医療活動に電気や水が使えず、また消火栓から水を取り出すことができず、人命にも及ぶ事態が発生したのである。

各ライフライン事業者は一刻も早く市民にライフラインを取り戻そうと懸命の復旧作業を続けた。そして、この10年間に亘って、2度と同じ苦しみをさせない為の復興事業・地震対策を延々と進めてきたのである。

本稿は上下水道・ガス・電力・通信の各ライフラインの被災・復旧の概要を取りまとめるとともに、震災後10年間に亘って進められてきた地震対策の内容と課題を取りまとめたものである。地震が発生した平成7年当時と現在を比較しながら、この10年間にどこまで地震対策が進んだかを明らかにすることに焦点をあてて、報告書を取りまとめた。

取りまとめについては、各ライフラインを横断する視点から地震対策の現状を検証するとともに、ライフラインの地震安全性を確保するために県行政が果たすべき役割を探ることに重点をおいている。

さらに、阪神淡路大震災から10年を迎えようとする矢先に、平成16年10月23日には、新潟県中越地震が発生して兵庫県南部地震以来、初の震度7を記録した、40人の犠牲者が発生して、中山間地域に甚大な被害をもたらした。本報告では23号台風による災害と合わせて、新潟県中越地震の際に、神戸地震の教訓が生かされたか否かについても検証を行っている。

報告書の取りまとめにあたっては、各ライフライン事業者の多大の協力を得たことを記して、衷心から感謝の意を表す次第である。

### 2 震災による被害状況

今回の大震災では、多くの県民が尊い生命を失い、身体や財産に甚大な被害を受けた。ライフラインは寸断し、初期の防災活動に支障が生じたばかりでなく、県民の生活は重大かつ深刻な影響を受けた。表2.1にライフラインの被害状況を示す。

表 2.1 ライフラインの被害状況

| 区分  | 被害状況  | 被害額        |
|-----|---|------------|
| 上水道 | 断水 : 約 127 万戸                                     | 約 558 億円   |
| 下水道 | 被害管渠延長 : 約 164 km                                 | 約 646 億円   |
| ガス  | 供給停止 : 約 84 万 5 千戸                                | 約 1.900 億円 |
| 電気  | 停電 : 約 260 万戸<br>(大阪府北部を含む)                       | 約 2,300 億円 |
| 通信  | 回線不通 : (交換機系) 約 28 万 5 千回線<br>(加入者系) 約 19 万 3 千回線 | 約 300 億円   |

ここでは、上下水道、ガス、電気、通信について被害の概要を述べる。

### (1) 上水道

地震発生と同時に、施設の破損により多量の漏水が発生し、また、停電に伴う送水停止により、広範囲の給水区域が短時間の内に断水状態となった。断水は、兵庫県下で約 126 万 6 千戸、大阪府下で約 2 万 2 千戸に及んだ。今回の兵庫県南部地震で受けた、兵庫県下と大阪府下における水道施設の被害状況を表 2.2 に示す。

西宮市のニテコ貯水池(アースダム<sup>注1)</sup>)の上堤と中堤が崩壊したのをはじめ、浄水施設や送・配水施設に被害が生じたが、もっとも被害が集中したのは埋設管路である。埋設管路は地盤の変状に大きく影響を受け、沖積層や埋め立て地、旧河川沿いや断層近辺で被害が大きい。

配水管における管種別の特徴は、被害率の高い順に、石綿セメント管(ACP)、ビニル管(VP)、铸铁管(CIP)、ネジ継手鋼管(SGP)、ダクタイト铸铁管(DIP)、溶接継手鋼管(SP)である。もっとも多く布設しているダクタイト铸铁管(DIP)について、被害のほとんどは継手の抜けによる漏水であり、折損や亀裂といった被害は少ない。溶接継手鋼管(SP)は、水管橋に多く使用しており、被害に巻き込まれて損傷したものが多く、鋼管そのものが漏水を発生するまで損傷したものは、極めて少ない。铸铁管(CIP)や硬質塩化ビニル管(VP)は、継手の抜けのほか、管体の破損があった。伸縮可とう管や耐震継手については、被害が少なく、耐震性が確認できた形となった。属具では、フランジ継手部の緩みや破損がみられたが、非ダクタイト铸铁製がほとんどである。

表 2.2 上水道のおもな被害箇所(導水施設、送・配水管路被害を除く)<sup>1)</sup>

| 構造物の種類  |         | 兵庫県下   | 大阪府下  |
|---------|---------|--|---|
| 貯水・取水施設 |         | 土堰堤の崩壊(西宮市)<br>堰堤遮水壁(リップラップ)の崩壊(西宮市)<br>河川右岸の崖崩れで埋没(芦屋市)                                   | 取水ポンプ場電源引込柱の基礎崩壊(池田市)<br>表流水の取水口の一部陥没(枚方市)<br>取水ポンプフランジ部破損(高槻市)<br>取水施設地下共同溝の継手部より漏水(大阪府) |
| 浄水施設    | ブロック形成池 | 流入渠のせり出しによる漏水(阪神水道企業団)<br>伸縮目地の損傷(阪神水道企業団)   |   |
|         | 薬品沈殿池   | 排泥弁室の漏水(阪神水道企業団)<br>集泥設備の水没(阪神水道企業団)<br>伸縮目地の損傷(阪神水道企業団、芦屋市)<br>傾斜管・傾斜坂の損傷、落下(阪神水道企業団、西宮市) | 沈殿池漏水、傾斜管の一部破損(大阪府)<br>沈殿池のひび割れ、目地の破損(枚方市)  |
|         | 急速ろ過池   | 流出渠壁に亀裂発生(阪神水道企業団)<br>洗浄排水管の損傷(阪神水道企業団)<br>表洗管の破損(阪神水道企業団)                                 | ろ過池のひび割れ、目地の破損(枚方市)   |
|         | 緩速ろ過池   | 下部集水装置の破損によるろ過材の流出、クレーター現象(神戸市)<br>壁、底版に亀裂、漏水(神戸市、芦屋市)<br>伸縮目地の損傷(神戸市、芦屋市)                 |   |

|      |        |   |   |
|------|--------|---|---|
| 浄水施設 | 排水処理設備 | 脱水機の柱に亀裂発生<br>(阪神水道企業団、神戸市)   | 脱水機の器具破損 (池田市)  |
|      | その他    | 法面崩壊に伴う建屋使用不能<br>(阪神水道企業団)<br>ポンプ室の壁に亀裂発生<br>(阪神水道企業団)<br>場内配管の沈下、蛇行、漏水<br>(神戸市ほか)<br>薬品貯留槽の破損 (西宮市)<br>電機計装設備の電線破断<br>(西宮市ほか)<br>無線鉄塔のズレ (神戸市) | 場内給水管、汚水管の破損 (池田市)<br>停電による施設稼働不能 (大阪府)<br>ろ過池洗浄用高架水槽支柱部の破損及び本体と管接続部の破損 (吹田市)<br>ろ過池洗浄用高架水槽の基礎部分が破壊、タンク部破損 (摂津市水道)<br>ろ過機基礎コンクリートの破損 (吹田市)<br>薬注管破損 (枚方市) |
| 送水施設 |        | ポンプ場柱・梁等に亀裂発生<br>(阪神水道企業団)<br>ポンプ場場内配管からの漏水<br>(阪神水道企業団)<br>ポンプ場クレーン支柱に亀裂発生 (阪神水道企業団)   | 停電による施設稼働不能 (大阪府)<br>停電による施設稼働不能 (大阪府)  |
| 配水池  |        | 池内伸縮目地部で縦亀裂発生<br>(神戸市)<br>接合井取付部の離脱、池水流出<br>(神戸市)<br>底版に亀裂発生 (西宮市)<br>コンクリートブロック積み隔壁崩壊 (西宮市)  | 高架式配水池支柱部亀裂 (箕面市)<br>配水池の法面崩壊 (箕面市)<br>配水池底版より漏水 (堺市)   |
| 建築物等 |        | 管理棟柱・梁等に亀裂発生<br>(阪神水道企業団)<br>管理棟クレーン支柱に亀裂発生 (阪神水道企業団)   | 管理棟部の壁面にクラック<br>(大阪市、枚方市、大阪府)<br>場内等道路舗装一部陥没ひび割れ<br>(枚方市、大阪府)<br>建築物周辺の地盤陥没 (大阪府)<br>外周壁面にクラック (茨木市)  |

配水管から分岐し、各家庭の蛇口に至る給水装置の被害は圧倒的に多い。その件数は、神戸市での水道局修繕受付分だけでも約9万件になった。給水管については、その約9割に硬質塩化ビニル管を使用している。平常時に補修するのは鉛管が主とのことであるが、本地震で被害を受けたのは硬質塩化ビニル管が多かった。被害を受けたのは、管体よりも継手部分、器具などへの接続部分である。管体の変位に追従できないため、これらの部分に被害が発生したと考えている。

また、神戸市水道局本庁の圧潰など、水道施設の復旧の拠点となる建物も被害を受けた。

## (2) 下水道

終末処理場では、震度の激しかった地域や、軟弱地盤地域において被害が生じ、その被害数は兵庫県下22、大阪府下17および京都府下1の計40処理場に上る。ポンプ場については、海岸線や埋立地などの軟弱地盤地域に建設した、兵庫県下50箇所および大阪府下8箇所の計58箇所で被害が生じた。処理場、ポンプ場での被害形態として共通しているものは、流入渠・放流渠・送水管の構造物への取り付け部での被害、曝気槽・沈砂池などのクラックである。

管渠の被害箇所を図2.1に示す。管渠についてその被害形態は、管体の周方向クラックと破断、管軸方向のクラック、継手のずれと引き抜け、取り付け管の突出、勾配と線形の変化、人孔の破損などである。

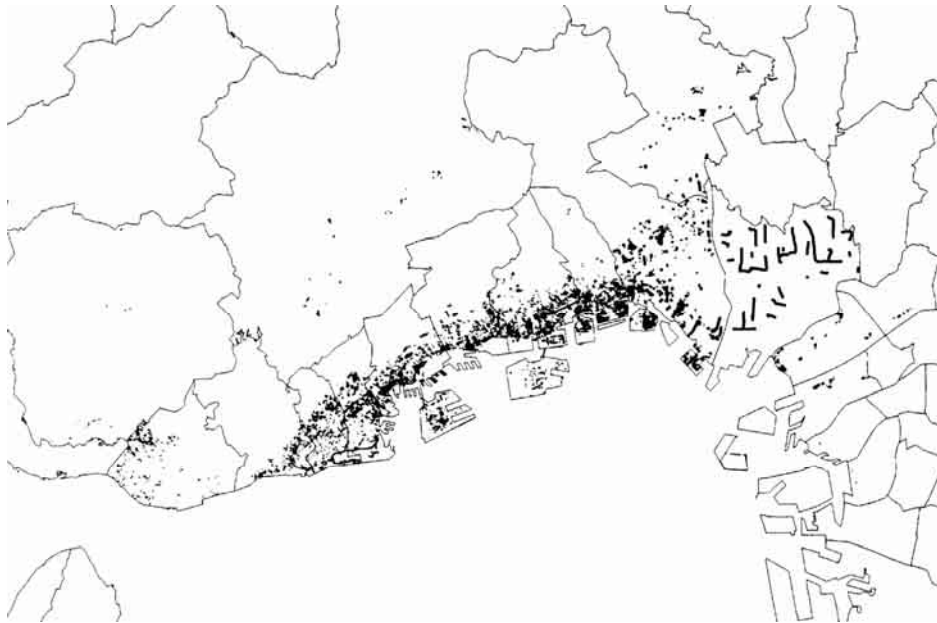


図 2.1 管渠の被害箇所<sup>1)</sup>

## ア 阪神地区の被災状況（図 2.2）

### (7) 処理場被災状況（表 2.3）

阪神地区の下水処理場の多くは、臨海部に配置されており、処理機能が低下したものが少なくない。

多くは機械設備の破損や配管の破断など一部施設の被害が、処理機能全体の低下をもたらした。また、停電、断水など外部からのエネルギー供給の断絶による機能停止も見られる。

各処理場とも、二次処理施設が機能低下している間は、簡易処理や塩素消毒など、可能な限りの処理をおこなった。

### (4) 管渠被災状況（表 2.4）

#### a 汚水系

幹線については、マンホール取り付け部のズレや管渠、マンホールの破損（クラックなど）が主な被災であり、輸送機能を停止させるようなものではなかった。一方、枝線や取り付け管などの管渠末端部の被災箇所は多く、水洗便所の使用停止や汚水漏水等の被害が生じた。

また、管渠は被災しなくとも、水道の供給停止によって水洗トイレが使えない状況が生じ、大きな問題となった。

#### b 雨水系

雨水渠では、側壁の崩壊（護岸）や倒壊（コンクリート）、スラブの破損、ボックスカルバートの損壊が生じ、一部機能が損なわれた。幸いにして、降雨の少ない時期の被災であったため、大きな浸水被害は生じなかった。

表 2.3 阪神地区の下水処理場機能低下状況<sup>13)</sup>

| 事業者名   | 処理場名         | 処理能力<br>(m <sup>3</sup> /d) | 低下機能<br>(低下能力割合) | 低下日数 | 原因                   |
|--------|--------------|-----------------------------|------------------|------|----------------------|
| 兵庫県    | 武庫川上流浄化センター  | 54,950                      | 水処理              | 2    | 最終沈殿池1/4の汚泥かき寄せ機の破損  |
|        | 武庫川下流浄化センター  | 283,000                     | なし               |      |                      |
|        | 原田処理場        | 421,000                     | なし               |      | 機能低下特になし             |
| 尼崎市    | 東部第一浄化センター   | 79,000                      | 二次処理             | 16   | 最終沈殿池1/2の汚泥かき寄せ機の損傷  |
|        | 東部第二浄化センター   | 82,400                      | 二次処理             | 8    | 水処理施設間連絡渠の破損         |
|        | 北部浄化センター     | 101,800                     | なし               |      |                      |
| 西宮市    | 枝川浄化センター     | 126,000                     | 二次処理(1/3)        | 2    | 管廊への漏水防止のため          |
|        | 鳴尾浜浄化センター    | 34,000                      | なし               |      |                      |
|        | 甲子園浜浄化センター   | 73,000                      | なし               |      |                      |
| 芦屋市    | 芦屋処理場        | 51,175                      | 水処理              | 14   | 場内ポンプ場から水処理施設への圧送管破断 |
|        | 奥山処理場        | 1,600                       | なし               |      |                      |
| 下水道事業団 | 兵庫東下水汚泥広域処理場 | —                           | 焼却炉              | 7    | 停電, 断水               |

表 2.4 阪神地区の下水管渠被災状況

| 事業<br>主体 | 管渠被害       |             |             | マンホール被害 |           |             | 取付管被害   |           |             |
|----------|------------|-------------|-------------|---------|-----------|-------------|---------|-----------|-------------|
|          | 総延長<br>(m) | 被災延長<br>(m) | 被災割合<br>(%) | 総数      | 被災<br>箇所数 | 被災割合<br>(%) | 総数      | 被災<br>箇所数 | 被災割合<br>(%) |
| 兵庫県      | 58,300     | 173         | 0.3         | 790     | 90        | 11.4        | —       | —         | —           |
| 尼崎市      | 1,019,290  | 39,008      | 3.8         | 35,523  | 300       | 0.8         | 103,025 | 200       | 0.2         |
| 西宮市      | 1,247,000  | 32,160      | 2.6         | 28,000  | 6,108     | 21.8        | 124,000 | 340       | 0.3         |
| 芦屋市      | 216,200    | 10,216      | 4.7         | 10,155  | 3,095     | 30.5        | 17,800  | 2,900     | 16.3        |
| 伊丹市      | 544,670    | 1,743       | 0.3         | 16,750  | 362       | 2.2         | 50,000  | 47        | 0.1         |
| 宝塚市      | 540,000    | 7,452       | 1.4         | 13,000  | 287       | 2.2         | 59,000  | 200       | 0.3         |

平成7年5月31日：兵庫県調べ



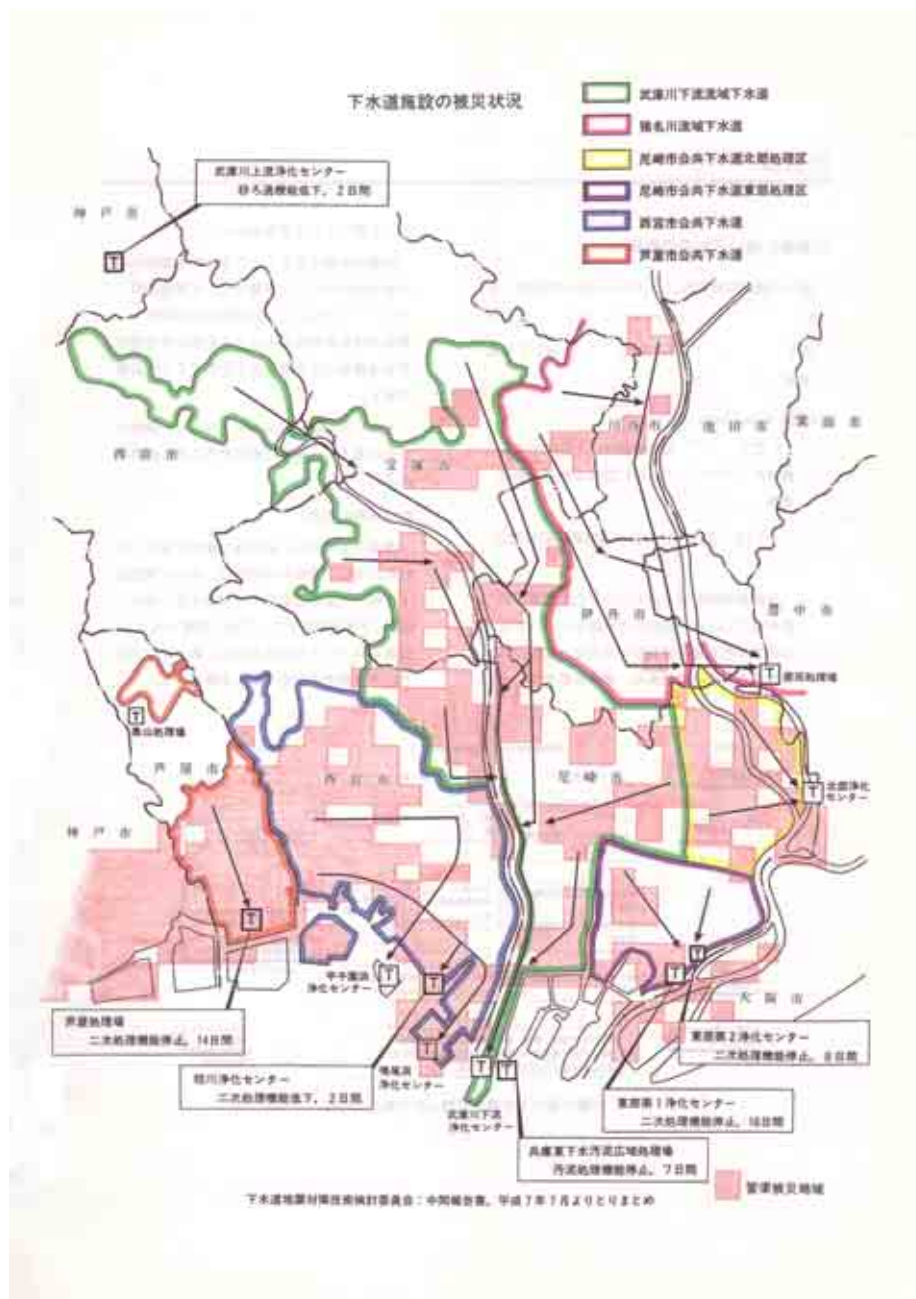


図 2.2 阪神地区の被害状況

## イ 神戸市の被災状況

神戸市の主要設備を図 2.3 に示す。

市域は 8 つの処理区に分割され、六甲山より北側の 2 つの処理区は、県が管理する武庫川上流流域下水道と、加古川上流流域下水道に接続する流域関連公共下水道となっている。その他の処理区は市単独で終末処理場を有する単独公共下水道の処理区として整備している。

地震発生時、神戸市には処理場が 7 箇所、ポンプ場は汚水中継、雨水排除をあわせて 23 箇所が稼働し、布設済の管渠は汚水、雨水を合わせて約 3,800 km の整備が完了していた。

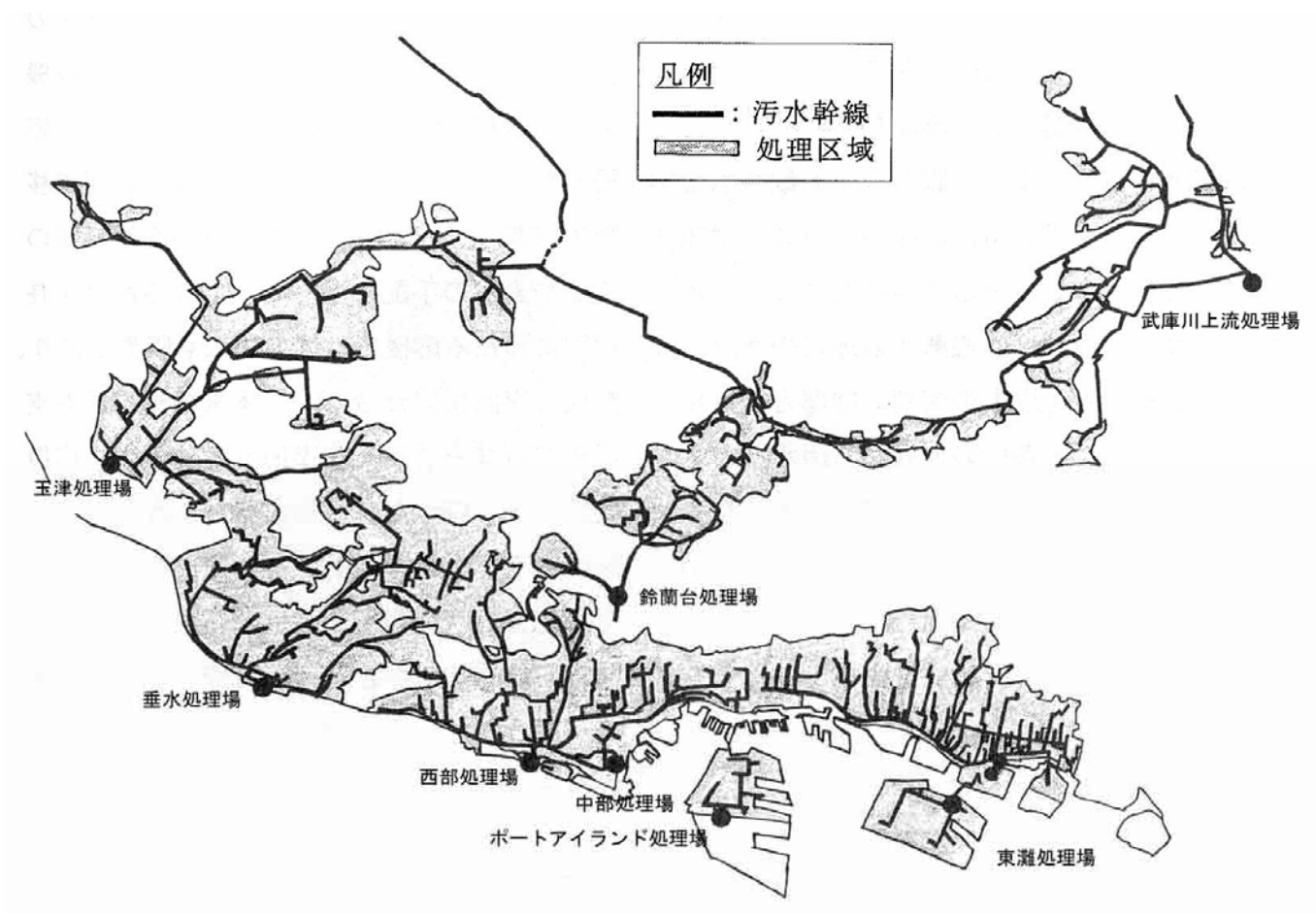


図 2.3 神戸市の下水道の主要施設とおもな汚水管渠位置<sup>2)</sup>

神戸市の処理場とポンプ場について、被害の概要を、表 2.5、表 2.6 に示す。下水処理の機能低下または停止した処理場は 3 箇所、揚水や排除に大きな影響があったポンプ場は 6 箇所である。

表 2.5 処理場の被害状況（神戸市）<sup>1)</sup>

| 処理場名            | 処理能力<br>(m <sup>3</sup> /日) | 被害状況  |
|-----------------|-----------------------------|---|
| 東 灘             | 225,000                     | 最初沈殿池流入渠の破断<br>水処理施設の目地の破断<br>管廊の漏水<br>管理棟・処理施設等の基礎坑の破損 |
| ポートアイランド        | 20,300                      | 放流渠破損、施設不等沈下  |
| 中 部             | 77,900                      | 沈砂池かき寄せ機の損傷<br>管廊の一部浸水                                  |
| 西 部             | 161,500                     | 地下ポンプ水没<br>送風機補機室の浸水<br>最終沈殿池かき寄せ機の損傷                   |
| 鈴 蘭 台           | 43,825                      | エレベーター棟ずれ   |
| 垂 水             | 133,890                     | 護岸破損、施設クラック   |
| 玉 津             | 75,000                      | 施設クラック、配管類変形  |
| 東 部<br>スラッジセンター | 汚泥<br>焼却施設                  | 東灘処理場からの送水停止により冷却水遮断<br>不等沈下による配管等破損                    |

表 2.6 ポンプ場の被害状況（神戸市）<sup>1)</sup>

| ポンプ場名              | 被害状況                                  |
|--------------------|---------------------------------------|
| 大石ポンプ場             | 停電と自家発電機冷却水槽破損による機能停止                 |
| ポートアイランド<br>第1ポンプ場 | 管きょからの泥水流入による水没での機能停止<br>(断水により流入水なし) |
| ポートアイランド<br>第2ポンプ場 | 管きょからの泥水流入による水没での機能停止<br>(断水により流入水なし) |
| ポートアイランド<br>第3ポンプ場 | 管きょからの泥水流入による水没での機能停止<br>(断水により流入水なし) |
| 湊川ポンプ場             | クレーン落下による燃料配管の損傷による機能停止               |
| 神明ポンプ場             | 吐出管破損による機能停止                          |
| 魚崎ポンプ場             | 圧送管系統の支障により送水不能                       |
| 深江大橋ポンプ場           | 圧送管系統の支障により送水不能                       |
| 向洋ポンプ場             | 圧送管系統の支障により送水不能                       |

管渠施設は汚水、雨水とも数多くの箇所被害が生じた。被害の概要を表 2.7 に示す。本地震で生じた管渠被害の特徴は、幹線管渠に被害が多く見られたこと、伏せ越し管が多く破断したこと、液状化砂が多く流入し浚渫延長が長くなったこと、管路や推進管などに管軸方向のクラックが発生したことなどである。

表 2.7 管渠施設の被害状況（神戸市）<sup>1)</sup>

| 区分   | 布設延長 (m)  | 調査延長 (m)  | 被害延長 (m) |
|------|-----------|-----------|----------|
| 汚水管渠 | 3,315,392 | 1,278,241 | 63,481   |
| 雨水管渠 | 483,722   | 377,600   | 9,524    |
| 計    | 3,799,114 | 1,655,841 | 73,005   |

注 1) 布設延長は平成 5 年度末

注 2) 被害延長は災害査定における復旧工事延長。軽微なクラック補修などは除く。

### (3) ガス

大阪ガス㈱は、近畿 2 府 4 県の約 570 万戸へ、1994 年度実績で約 55 億 m<sup>3</sup> のガスを供給している。顧客数では、家庭用が全体の 95% を占めるが、販売量では、工業用、業務用が全体の 63% を占めている。

主要設備を図 2.4 に示す。LNG(液化天然ガス)を気化して製造したガスは高圧、中圧、低圧の各導管網を経て各家庭へ供給される。大阪ガス㈱には、泉北と姫路に 2 箇所の製造所があり、両製造所から高圧導管を通じて輸送したガスは、ガバナ(整圧器)で減圧して中圧導管網へ送る。中圧導管網は中圧 A、中圧 B の 2 種類の圧力がある。病院、ホテル、工場などの大規模な顧客には、この中圧導管から直接供給されることがある。一日の需要量と供給量の差を調整するガスホルダーと、中圧導管網からガバナによってさらに減圧したガスは、低圧導管網を通じて各家庭へ供給される。



図 2.4 ガス供給エリアと製造供給施設<sup>2)</sup>

地震により、都市ガス製造所、供給所（ガスホルダー）および高圧導管への被害は全くなかったが、中圧導管の接合部や低圧管のネジ接合部に被害があった。地震当日には、二次災害防止のため、約 84 万 5 千戸へのガス供給を停止した。

製造設備およびガスホルダーについては、被害がなく、ガスの製造、送出を継続した。高圧導管についても、約 490 km 設置しているが、被害は全くなかった。

中圧導管では合計 106 箇所被害が生じた。既存活断層線周辺の複雑な地形や、液状化発生地域での管路被害が顕著である。被害の大半は、導管に設置されたバルブ継手部分からの軽微な漏れであった。溶接接合鋼管は、14 箇所ガス漏れがあったが、溶接が管の裏面まで達していない、低品位溶接部で発生している。いずれも河川、水路、池の近傍、活断層付近などで被災しており、地盤条件も一因である。なお、道路盛土崩壊や道路陥没などの大きな地盤変状の影響を受けたが、管は大きく変形するに止まり、ガス漏れには至らなかった。橋梁に添加された橋梁管についても、液状化側方流動に伴う護岸崩壊の影響を受けた事例もみられたが、管は大きく変形したもののガス漏れは発生しなかった。溶接接合鋼管が優れた耐震性を有していることが実証された。

低圧導管については、ネジ継手に被害が集中した。柔軟性に富み地震に強い材料として導入を促進しているポリエチレン管には全く被害はなかった。ガス導管耐震設計指針を満足する耐震メカニカル継手を用いた鋼管、ダクタイル鋳鉄管の被害も極めて軽微なものであった。ポートアイランドや六甲アイランドでは、大規模な液状化が発生し、地盤沈下が生じたが、ガス漏れが無かった。建物の引き込み部に用いている不等沈下用継手が、今回の地震に対し有効であった。現在新設に用いているこのような継手、管材料は、十分耐震的であることが実証された。

#### (4) 電気

関西電力㈱では、近畿 2 府 4 県および三重、岐阜、福井県の一部に供給域を持ち、その

面積は 28,668km<sup>2</sup> で、1,173 万口の需要家に、年間約 1,233 億 kWh の電力を供給している。発電設備は、1993 年度末時点で 165 箇所あり、合計 3,503 万 kW の供給能力がある。

主要電源については、関西地域の臨海部に火力発電所が立地するほか、供給区域外にも中部、北陸地方に水力発電所、若狭湾沿岸には原子力発電所が立地している。基幹系の送電線については、京阪神地域を取り囲むように形成された送電線に、主要電源および隣接会社からの送電線が接続する配置となっている。

地震により関西電力管内では、発電設備、変電設備、送電設備、配電設備などの広範囲な設備に被害を受け、兵庫県南東部、大阪府北部および淡路島を中心として、約 260 万戸で停電が発生した。被害の概要を表 2.8 に、被害を受けた設備の位置を図 2.5 に示す。なお、四国電力管内で 4,200 戸、中国電力管内で 800 戸の停電があった。

表 2.8 電力設備の被害<sup>2)</sup>

| 設備     | 被害箇所数  | 被害状況                         |
|--------|--------|------------------------------|
| 原子力発電所 | 被害なし   | —                            |
| 水力発電所  | 被害なし   | —                            |
| 火力発電所  | 10 箇所  | ボイラーチューブ損傷、機器基礎の不等沈下など       |
| 変電所    | 50 箇所  | 変圧器アンカーボルト損傷、避雷器倒壊、ブッシング破損など |
| 送電線路   | 119 線路 | 鉄塔損傷、支持がいし損傷など               |
| 配電線路   | 649 回線 | 不支持折損、地中ケーブル損傷など             |
| 通信設備   | 76 回線  | 通信ケーブル損傷など                   |

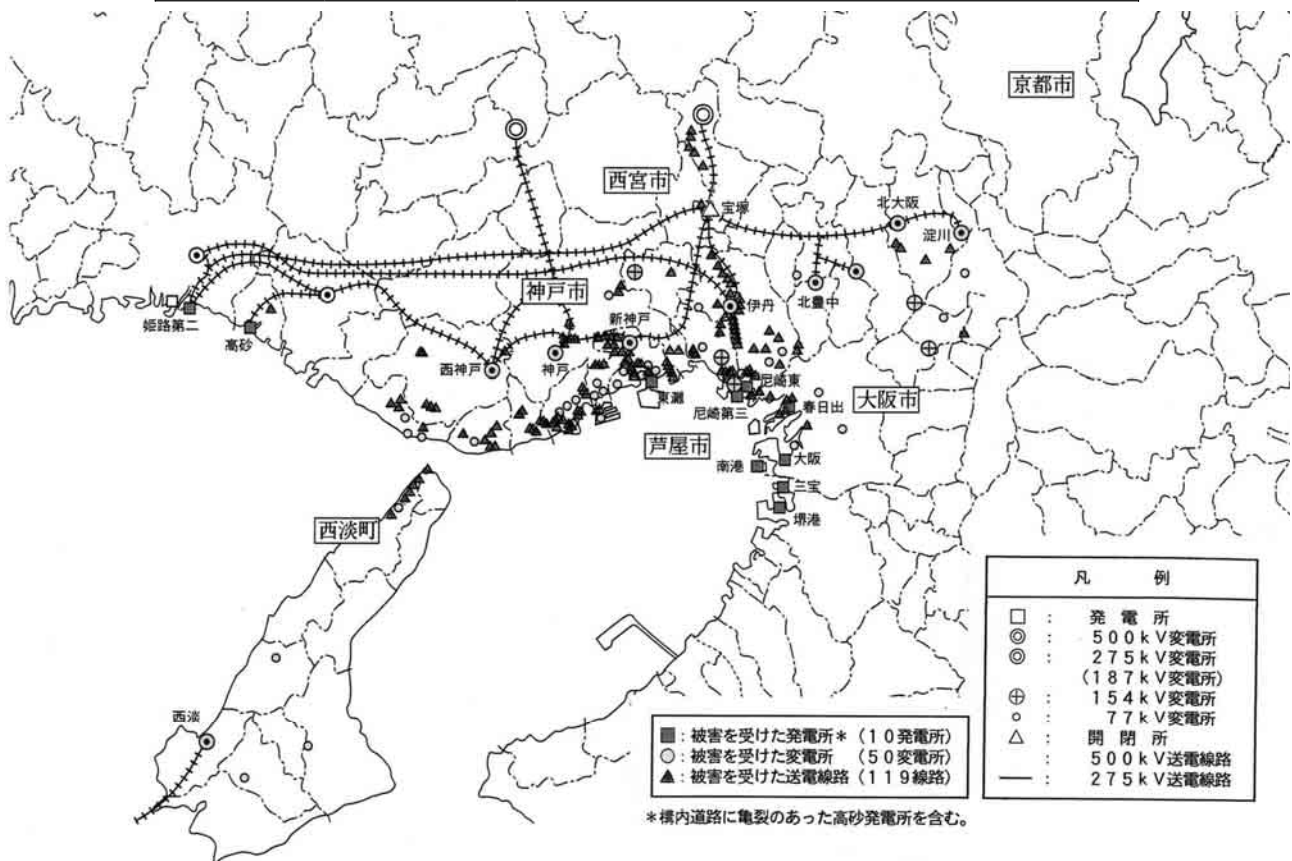


図 2.5 被害を受けた設備の位置<sup>1)</sup>

発電所については、水力発電所、原子力発電所での被害がなく、損傷を受けたのは全 21 箇所の火力発電所のうち、大阪湾に面している 10 箇所である。ボイラー本体、タービン発電機や油タンクなどの主要設備に大きな被害はなかった。地震直後には、運転および起動中である 12 基の発電機が自動停止し、176 万 kW の発電支障が生じた。

変電所については、全 861 箇所中 50 箇所が被害を受け、その多くが阪神地区に集中している。震度 7 の指定を受けた地域では、29 箇所の変電所のうち、約半数の 14 箇所が被害を受け、その全てが 1974 年以前に設備工事を行っていた。1975 年以降に建設した 7 箇所の変電所には、被害が全くない。地震直後には、189 箇所の変電所で供給支障が発生した。とくに神戸市内にある西神戸変電所、神戸変電所、新神戸変電所の 275kV 変電所は、機器類に設備被害を受けたために停電し、神戸市の電力供給に大きく支障をきたした。

送電設備について、架空送電線は 1,065 線路(10,819 km)のうち、23 線路(うち 6 線路は地中と重複)で被害を受け、11 線路で鉄塔、電線、がいしの主要電気工作物に被害を受けた。このうち、鉄塔被害は軽微なものを含めて 20 基発生したが、いずれも地崩れなどの地盤変位に伴う基礎不同変位による二次的被害であり、地震動による直接的被害はなかった。地中送電線は 1,217 線路(1,740km)のうち、沿岸部の平地を中心に、地震による液状化、道路の陥没、地割れなどにより、軽微なものを含めて 102 線路が被害を受けた。通電不能に至った主要電気工作物(ケーブル)の損傷は 3 線路であった。軽微な被害としては、地中送電線路を構成する人孔、管路、ケーブルの主要設備にクラック、段差、変形などがある。

配電設備については、高圧総回線数 12,109 のうち 649 回線(5%)に被害を受けた。神戸支店管内では総回線数 1,795 のうち 551 回線(31%)、三宮営業所管内では被害率 100%であった。架空配電設備において、支持物(電柱)の総被害数は、11,289 基(折損・倒壊 3,295 基、傾斜・沈下 5,625 基、焼失 1,239 基、ひび割れ 1,130 基)である。このうち供給支障となった 4,500 基について、焼失被害を除いた折損被害は、震度 7 地域で被害率 6.7%、震度 6 地域で被害率 0.5%であった。折損被害の原因は、建物損壊によるものが 80%であり、地震動による直接的な被害はわずかである。地中配電設備の被害については、神戸支店管内の三宮、兵庫、西宮営業所に集中し、同 3 営業所のケーブル数 12,716 条のうち、196 条に供給支障となった損傷が発生した。被害要因は、建物損壊などによるケーブル立上柱や引込線の損壊、管路・人孔の損壊などである。地域的には地中送電線の被害と同様、震度 7 地域および液状化地域で被害率が高い。

## (5) 通信

地震発生時の電源停止による交換機故障により、約 28 万 5 千回線が普通となった。加入者系通信ケーブルも、被災対象地域の全回線数 144 万 3 千回線のうち約 19 万 3 千回線が家屋倒壊などにより被害を受けた。

地震発生当日は、全国から神戸方面に対して、通常ピーク時の 50 倍程度の通話が集中し、著しく電話がつながりにくい輻輳状況となり、その後も電話のかかりにくい状況が 21 日まで続いた。また、電報は配達ができないため、受付を規制した。

通信土木設備被害の概要を表 2.9 に示す。

表 2.9 通信土木設備の被害概要<sup>2)</sup>

| 設備     | 被害状況<br>(被災率%) | 備考                  |
|--------|----------------|---------------------|
| とう道    | 7 箇所           | 本体クラック、目地ジョイントのズレなど |
| 管路     | 5.9            | ねずみ鑄鉄管、印ろう継手の被害が大きい |
| マンホール  | 10.0           |                     |
| 地下ケーブル | 0.23           | 張替えのケーブル率           |
| 電柱     | 1.5            |                     |
| 架空ケーブル | 1.7            | 張替えのケーブル率           |

神戸市の中央区から長田区にかけて各営業所間を接続する洞道<sup>注2)</sup>は、シールド工法<sup>注3)</sup>による円形洞道と、開削工法による矩形洞道(平均土被り 3m)とで構成している。円形洞道には被害がなく、矩形洞道の特殊断面部およびその近辺の接合部、あるいは側壁部などに被害を受けたが、ケーブルへの被害はまったくなかった。

管路、マンホールや地下ケーブルといった地下設備では、管路の折損・離脱、マンホー

ルのダクトの損傷により、地下ケーブルに損傷が発生した。地下ケーブルは、架空ケーブルに比べ、サービス中断に至る被害は少ない。管路、マンホールの被害は液状化地域ほど大きく、管路については古い規格ほど被害が大きい。管種別では、ジュート巻銅管、ねずみ鋳鉄管の被害率が高くなっている。

継手の種類については、1960～70年代に敷設した印ろう継手やネジ継手での破損割合が高い。ダクトスリーブや離脱防止継手を適用した現行仕様設備の被災は少なく、その耐震性を証明した。マンホールの被災は、地表面にある蓋および首部の被災が多い。地中と地表面との変位量の違いに起因するとともに、首部は本体と剛結せず、リングブロックを積み重ねて、接着剤で接合していることによる。

電柱、架空ケーブルについては、家屋の倒壊にともなう電柱の倒壊や架空線路の切断、および火災による架空線路の焼失などの被害が多発し、電話回線の不通といった機能的な被害の主因をなしている。

NTT 関連施設の建物被害は3箇所が生じており、その一つの御幸ビルでは、大きな被害を受け、使用不能となった。大開ビルと神戸港ビルでは、鉄塔基礎部が損傷し、倒壊の危険が生じた。

### 3 復旧期の取り組み（早期復旧）

地震によるライフラインの被害は甚大であった。各事業者において懸命の復旧努力をおこなった結果、架空設備の比率が高い電気、通信については1月中に、地中設備の比率が高い上下水道、ガスについても、4月中には復旧を完了した。しかし、地中設備の復旧の遅れは課題となった。復旧の推移を図3.1に、復旧に要した日数を図3.2に示す。

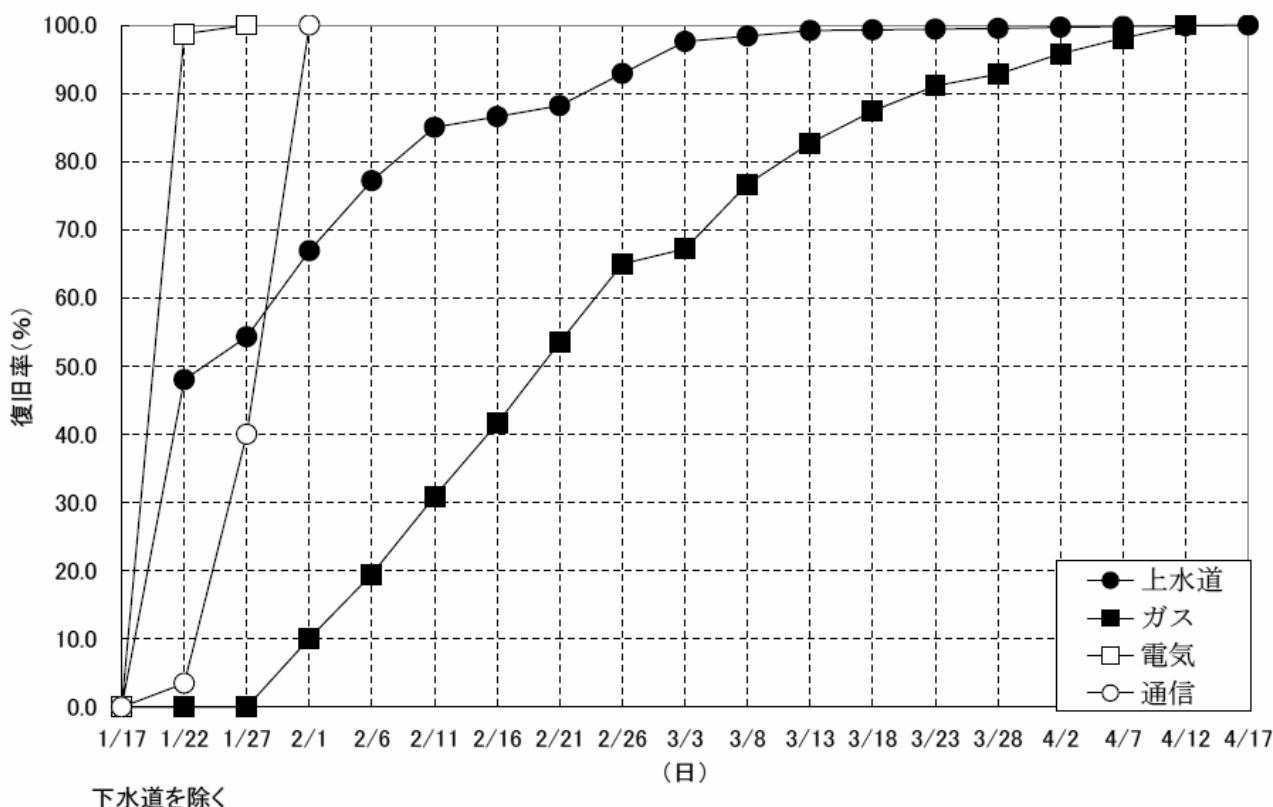


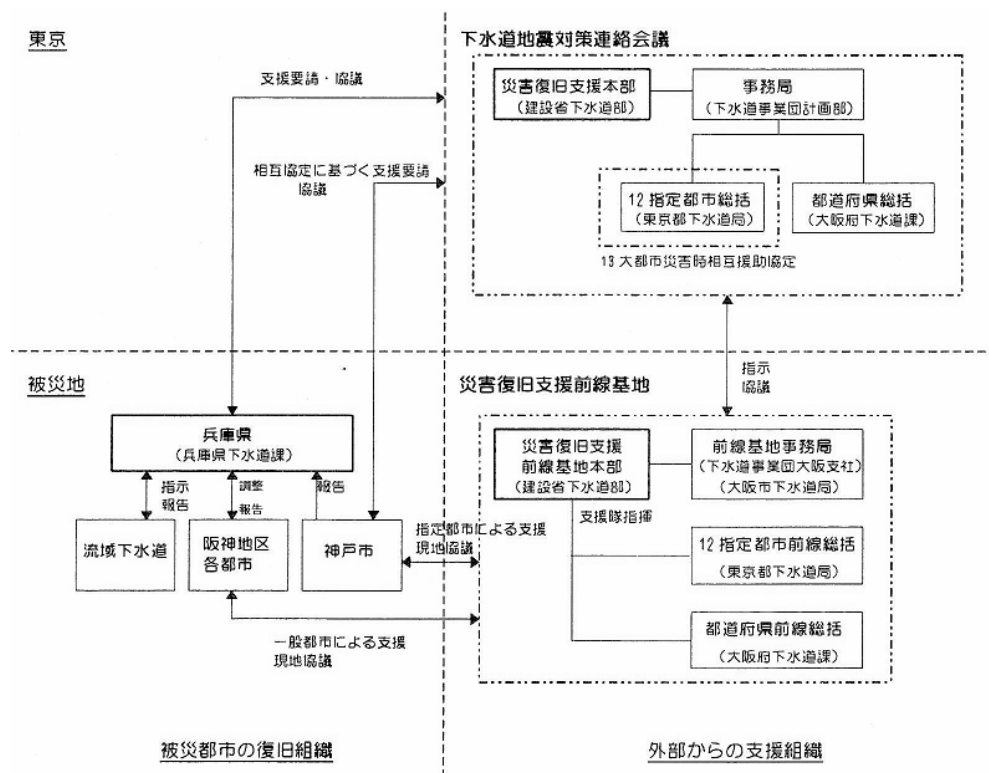
図 3.1 ライフラインの復旧（経時変化）





## (2) 下水道

被害は処理場、ポンプ場、管渠のいたるところで発生し、図 3.3 に示すような全国規模の支援体制が組織された。



### ①下水道地震対策連絡会議

支援体制の中核となったのが、建設省下水道部、下水道事業団、東京都（13 指定都市総括）、大阪府（都道府県総括）などによって組織された下水道地震対策連絡会議である。会議は 1 月 20 日（地震発生 4 日め）に東京に設置された。

### ②災害復旧支援前線基地

現地支援部隊の統括組織として災害復旧支援前線基地が設けられており、下水道事業団大阪支社、大阪市下水道局北部管理事務所、下水道事業団兵庫東および西エースセンター、原田処理場、などを拠点として、全国より参集した下水道技術者が支援活動を行った。支援活動は概ね 1 月 23 日（地震発生後 7 日目）より開始された。

図 3.3 支援体制

阪神地区においては、地震発生後概ね 1 週間から全国的な支援のもと応急復旧が進められ、下水処理場については地震後 2 週間程度、管渠については約 3 ヶ月後に応急復旧を完了した。

壊滅的な被害を受けた神戸市の東灘処理場については、平成 7 年 5 月 1 日に機能が回復した。

管渠については、目視による一時調査及びテレビカメラ等を使用した二次調査を実施して被災箇所 の把握に努め、早期に通水できるよう閉塞箇所等の解消に努めた。

復旧体制に関しては、様々な課題が見いだされた。表 3.1 に一覧する。

表 3.1 下水道の応援と課題

| 時 期  | 大 別            | 状 況  |
|--|----------------|--|
| <p>①緊急対応期</p> <p>人命安全の確保、および2次災害発生防止を第1目的とし、ついで、下水道の暫定機能や代替機能確保を図る時期。</p> <p>地震発生後から他都市の支援が開始された7日目の間が、緊急対応期に相当する。</p> | 人員の不足          | <ul style="list-style-type: none"> <li>○交通・情報の麻痺や、下水道職員が人命救助活動や被災者のケアなどにあたらなければならないことにより、対応組織の編成、下水道施設被災状況の調査、情報収集すら困難な状況にあった。</li> <li>○一般に下水道のライフラインとしての重要性が広く認識されておらず、水道など他のライフラインの復旧が重視される傾向にあった。</li> </ul> |
|  | 被災状況把握の困難さ     | ○管渠施設の被災状況を把握・推定する事が困難であった。特に小口径の汚水系については水道の復旧を待たざるを得ない状況にあった。   |
|  | 拠点や情報伝達手段の機能停止 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○市庁舎などの管理拠点が被災しており復旧のたしげに支障をきたした。</li> <li>○情報伝達手段確保が困難であり、さらに、被災程度などに関して、正確かつ客観的な情報の伝達が難しかった。</li> </ul>   |
|  | 指揮命令系統の混乱      | ○支援組織および被災地側組織の役割分担の確立に時間を要し、地震発生後しばらくの間は情報伝達系統や指揮命令系統の混乱が生じた。   |
| <p>②応急復旧期の課題</p> <p>簡易で短期間に実施可能な工事によって機能の応急的な復旧を図る時期。</p> <p>他都市の支援が開始された1/24から2月初旬までが応急復旧期に相当する。</p>                  | 下水道代替機能の確保     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○水道の供給停止と下水道機能の低下によって尿尿処理問題が生じた。仮設トイレの設置や尿尿の収集処理は主として環境・厚生部局が対応した。</li> <li>○上水道復旧と足並みをそろえて、下水道を早期に復旧させることの重要性が認識された。</li> </ul>  |
|  | 台帳など施設情報の被災    | ○市庁舎など図面の管理拠点が被災しており、応急調査・復旧に支障をきたした。  |
|  | 復旧作業の遅れ        | <ul style="list-style-type: none"> <li>○一連の調査・復旧作業の進め方・内容について、被災地自治体・支援部隊ともに不慣れであり、復旧作業のたしげに手間取った。</li> <li>○経験豊かな下水道技術者の確保が容易でなかった。</li> </ul>  |

今回の震災では、被災自治体と各応援団体との情報伝達が不十分であったり、水道などの他のライフラインとの復旧調整などに問題生じ、作業に遅滞が生じて課題を残す結果となった。

### (3) ガス

二次災害を防止するため、地震発生6時間後の午前11時半から当日の夕方までに神戸市、芦屋市、西宮市、宝塚市など5つのミドルブロックの供給を停止した。

供給再開作業は1月21日に開始した。1日でも早く多くの顧客へのサービスを復旧するため、被害の比較的軽微な地区から開始されたが、病院など公共性の高い施設は、優先的に応急復旧された。作業は、ガスの流れに従い、中圧導管、低圧導管の順でおこなわれた。性質上、ガスの復旧はとくに安全の確保が必要となる。中圧供給施設の被害は軽微であったため、早期に復旧が完了したが、低圧導管の復旧作業は、顧客を一戸一戸訪問しての作業となり、多くの労力を要した。低圧供給管の復旧手順を表3.2に示す。昼夜を問わず作業を続け、3月10日には、復旧対象となる顧客の80%が復旧した。

表 3.2 復旧作業の手順（低圧供給顧客）<sup>1)</sup>

|                       |                   |  |
|-----------------------|-------------------|--|
| 1<br>日<br>目           | 顧客のメータガス栓の閉栓      | ・ガス管の修理作業中に家屋内にガスが入らないようにする。<br>→二次災害を防止   |
| 目                     | 復旧地域のセクタ化         | ・導管を遮断して、顧客数3,000~4,000戸の地区（復旧セクター）に分割し、復旧地区と未復旧地区を分離する。   |
| 2<br>・<br>3<br>日<br>目 | ガス本支管の点検、修理       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・漏洩調査</li> <li>・漏れ箇所を特定（ガス検知器（FID）、カメラシステムを活用）</li> <li>・漏れ箇所を修理（管内の水や土砂は、修繕作業に先立って排出）</li> </ul> |
| 4<br>日<br>目           | 顧客自宅のガス管、排気筒などの点検 | ・ガス管の修理後、顧客を一戸一戸訪問し、顧客の立会いのもと、建物内のガス洩れの有無、ならびに風呂、給排気設備を検査する。   |
| 目                     | ガスの供給再開           | ・係員が設備を点検し、安全を確認した後、メータガス栓を開きガス供給を再開する。  |

復旧速度は、大都市型地震ということを考えれば、決して遅くはないが、復旧に時間を要した原因としては、①一度供給停止すると回復に時間を要するというガス供給システム

の性格、②上下水道から漏れた水や液状化した土砂の低圧導管への流入、③家屋損壊などによる地表の障害物や悪化している交通事情に起因する復旧作業能率の低下などがある。

ガスの復旧には、多くの人員が必要である。地震発生直後から大阪ガス社員ならびに関連工事会社の要員が大阪、京都、奈良、滋賀、和歌山などの各地から動員された。これに加え、北海道から沖縄に至るまで、全国 155 のガス事業者から応援隊の派遣があった。復旧に従事する作業員は、ピーク時には 9,700 名にのぼり、復旧に投入された車両も 4,800 台に達した。

#### (4) 電気

震災直後、283.6 万 kW の電力供給支障（停電変電所 189 箇所、停電配電線 649 回線）が生じ、兵庫県東南部、大阪府北部、淡路島を中心に約 260 万軒で停電が発生した。直ちに被災設備を系統から分離し、健全箇所から順次切り替え送電を行い、2 時間以内に供給支障電力は 124.5 万 kW（停電変電所 80 箇所、停電配電線 572 回線）となり、停電は 100 万件まで減少した。停電の復旧にあたっては、使用可能な架空設備を最大限に活用して応急送電することとし、高圧発電機車による応急送電や、バイパスケーブルによる応急送電などをおこなった。地震発生から 6 日後の 1 月 23 日には、送電可能な需要家への応急送電を完了し、長期間にわたる著しい供給支障には至らなかった。図 3.4 に、復旧の時間推移を示す。

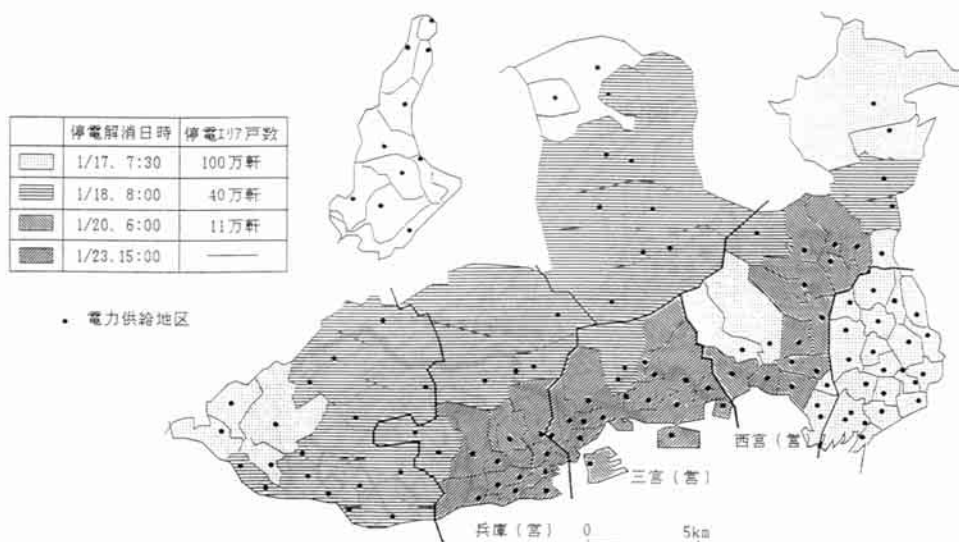


図 3.4 電力における復旧の時間推移<sup>2)</sup>

地震発生時には、交替勤務者および宿直者が合わせて全社で計 811 名が勤務しており、初動活動に当たった。地震発生後約 2 時間経過した午前 7 時 30 分には、関西電力本店内に非常災害対策本部を設置し、設備の被害状況の把握、復旧対策の樹立、全社的な応援体制の確立や物資の調達などの作業に当たった。

支店などにおける非常災害対策本部の設置は、より迅速であった（神戸電力所午前 6 時 30 分、神戸支店午前 7 時など）。関西電力が保有する電力保安用通信設備や事業所間通信設備は、一部で被害を受けたが正常に機能した。このため、供給指令業務を始め、被害情報の収集や、復旧活動における事業所管の情報連絡に支障はなかった。

復旧にあたっては全社的な応援体制をとり、地震当日から神戸支店管内事業所に復旧要員を派遣した。また、他電力や協力会社から、多大な支援を得ることができ、技術系復旧要員は 1 日最大 6,000 人以上にのぼった。

電力の早期復旧は、①被災した系統から他系統への切り替え送電、②架空線での復旧、③関西電力独自の連絡システム、④全国電力会社からの応援体制が功を奏したことによる

が、⑤事前の設備耐震対策なども有効であった。

なお、地中設備の復旧には、ほかのライフライン同様、相当な時間を要した。

#### (5) 通信

地震発生直後の17日午前8時30分に災害復旧本部員を召集、すぐに約150名からなる応急処理班を編成した。

第一次ローラー作戦により、通信ケーブルや電柱などの所外設備について、被災設備の状態の確認と、使用不可能となった電線の撤去作業をおこなった。

第二次ローラー作戦では、サービスの回復に焦点をあてた応急復旧作業に取り組んだ。道路の復旧作業や倒壊した建物の撤去作業によって、ケーブル切断が増加したこともあったが、1月31日には、家屋の倒壊などによって復旧不可能な38,000回線を除き、全域を復旧した。応急復旧のために、関西の3,000人に加え、全国から4,000人を1月末まで毎日平均的に投入した。

一方、所内設備では、バックアップ電源を使い切り、停止した交換機の機能回復が急務であった。これには、金沢、広島、高松、大阪などの各方面から移動電源車が緊急出動し、18日午前中までに全面回復した。

復旧資材の調達については、地震発生後の1週間以内に、ケーブル100km以上、引き込み線600km以上、電柱600本以上を現地に輸送した。寸断された道路および渋滞のため物資の輸送は困難をきたし、海底ケーブル敷設船およびヘリコプターを活用した。

被災者のために、特設公衆電話を設置した。1月18日朝6時に、避難者数の多い避難所から順に設置を開始、衛星無線車の配備もおこなった。最終的に聴覚障害者向け臨時ファックスなどを含め820箇所、約2,800台へと拡大した。

### 4 震災の教訓

#### (1) 情報把握

いずれのライフラインについても、地中管渠の被災状況の把握が困難であった。情報の伝達に関して、独自の指令システムを備えていた電力・通信などについては被災状況と緊急対応に関わる情報の伝達が容易であったが、一般公衆回線と一部の災害時優先電話に依存していたシステムでは混乱を招いた。緊急対策のための組織動員計画に関して、事業者職員が被災者となり、事前の想定通りの動員が困難であった。また、対策本部の設置予定場所が使用不能となるケースがあった。

#### (2) 応援体制

今回の復旧活動に関して特徴的な点は、大量の応援復旧要員や復旧資機材が他府県の同業の会社や水道局などから被災地に投入されたことにある。ライフラインの早期復旧のためには不可欠の方策であったが、これに関わる課題も多い。①復旧資材の仕様が各会社で異なるため、復旧技術も含めて多少の混乱があった。すなわち、ガスや水道における管や継手の仕様の違い、あるいは周波数の異なる発電機車の問題などがあった。②他地域からの復旧応援者が被災地の地理に不案内なため、現場移動に時間を要した。③大量の人員の宿泊場所の確保や食事の手配に多くの手を取られた。④長期間にわたる応援には体力的にも限界があり、交代で復旧に当たったが、本来の業務にも支障が出るなど、正確な復旧計画に基づく応援要請が、ある時点から必要となった。⑤大量の応援隊の工事車輛は、被災地の道路事情を著しく悪化させ、地震直後には消防車や救急車が通行不能になるなど、人命に関わる事態を招く一因ともなった。復旧基地の場所や移動手段なども含めて、綿密な相互応援協定などを設定しておくことの重要性が明らかとなった。

#### (3) システム切り替え

電力・通信については、いずれも系統切り替えが系統的に容易であり、ソフト的対応によって早期復旧を可能にしている。一方、ガス・水道では系統切り替えが容易ではなく、システム末端における膨大な設備がすべて地中に埋設されていることが、復旧に時間

を要する主因となっている。復旧曲線の立ち上がりをいかに早めるかは、市民生活の基盤施設であるライフラインシステムの重要な課題となった。

#### (4) 耐震化

地中管路・地上施設のいずれもが、最近の耐震基準を満たしていない設備について顕著な被害があった。とくに、地中管路の耐震化についてはいずれの施設においても重要な検討課題となった。また、膨大な設備量をもつライフラインシステムのすべてを構造的に耐震化するには長時間を要する。都市の人口や機能の拡大とともに、既存施設を拡充しながらシステムの膨張を続けてきたライフラインは、耐震的あるいは非耐震的設備を内包しながら、安定した機能の継続を求められている。それゆえに、たとえ構造的に被災しても、すぐに機能が回復できるような対策を検討することが必要となった。

#### (5) システム対策

ネットワークの耐震対策は、①ループシステム、②ブロックシステム、③バックアップシステムに分類される。ループシステムは、幹線ラインのループ化や多ルート化であり、今回の地震でもその有効性が示されたが、同じような箇所を通過していた幹線の2ルートとも被災した例があり、ルートの選定には注意を払うことが必要になった。次にブロックシステムは、機能停止が広範囲に及ぶのを限定して被災地域の切り離しや早期復旧を目的とするもので、日常からきめ細かいブロックの形成を検討しておくことが大切である。さらにバックアップシステムは、代替システムによって本来の機能を補おうとするものであり、緊急時には重要な役割を担うことになる。このバックアップシステムは、限定された地域内でのバックアップはもちろん大切であるが、被災が広範囲に及ぶ地震時のような場合には、たとえば関西圏全体を視野に入れた広域バックアップシステムをそれぞれのライフラインシステムで早急に検討することが必要となった。

また、このようなシステムをうまくコントロールすれば、被害の拡大や波及を防止し、早期復旧にもつながることが明らかになった。

#### (6) 相互影響

ライフライン施設相互の依存性や、同じ道路下に埋設されている施設としての復旧の相互影響の課題がある。ガス管路の復旧には周辺の上下水道管からの流入水・砂が大きな問題となり、また通信の復旧には電力応急復旧用の仮配柱が助けとなった。

#### (7) 一元化

日常より同じ道路下にあるライフライン施設の情報を一元管理し、被災箇所や復旧状況に関する情報を交換できる場を提供するシステムを準備しておくことが重要となった。

#### (8) 広報

(7)のシステムは、ライフラインに関わる市民の苦情・意見を吸い上げ、それらを復旧計画に反映し、逆に供給再開予定に関するきめ細かい情報を市民に提供するためにも必要となった。

### 5 ライフラインの地震防災対策

ライフラインネットワークシステムはピラミッド構造を構成しており、ピラミッドの上部に位置する施設は比較的耐震的であるが、下部の膨大な量の施設は、経済的な制約もあって、すべてを耐震的にすることは困難である。下部の要素には非耐震的な弱体管路や処理施設があり、地震時には極めて脆弱な施設である。しかし、これらの下部施設の破壊はシステム全体の機能を麻痺させる可能性が高い。ライフラインシステムの信頼性を把握し、地震防災対策を進める上で、上述のライフラインシステムの特性に対して十分な配慮が必要とされる。個々の要素のハード的な耐震性確保は基本的に重要であるが、それに加えて、ネットワークの連結性や機能サービス性確保などのソフト地震防災も重要である。

これらを踏まえ、ライフラインの地震防災は次のように要約される。

## (1) 耐震化

耐震化基準や耐震化施行の採用によってシステム内の個々の要素の耐震化を図る。

## (2) ネットワークの信頼性の向上

システムの冗長化（ループシステム）、バックアップシステムの構築、下位の被災ネットワークを全体システムから切り離すブロック化などによってネットワークの信頼性が向上される。

## (3) システムのコントロール

被害の拡大・波及を防止するため、地震動があるレベルを超えたり、機能容量がオーバーフローする場合にシステム機能を遮断する措置が取られる。たとえば、貯水池やガスホルダーの緊急遮断弁などが挙げられる。また、日常的なトラブルが発生した場合に、それを把握し、対応策をとれる仕組みも重要である（ヘルスマonitoringシステム）。

## (4) 緊急対応の体制強化

緊急対応にあたっては、広域に広がるシステムに対応した人員や機械の召集・割り当て・派遣さらに兵站部門が大切である。

この4つの地震対策は実際には並行して用いられ、ライフラインの特性に応じて採用される。これらの地震対策を講じることによってライフラインの脆弱性を最小限に抑えることが重要であるが、それらは制限ある防災投資の中で実行されることになる。上記の防災対策は下記の要因を配慮しながら、適切な組み合わせが選択される。・地震荷重下でのシステムの機能低下危険度、・脆弱性を最小化するためのコスト、・地震防災投資に伴う利益。かかる論点から、すべてのライフラインシステムの機能をいかなる地震に対しても十分な安全性、信頼性を与えることは必ずしも得策ではない。あるレベルの地震荷重に対して、ライフラインシステムに要求される性能さえ満足していれば、その他の性能の機能低下を許すことによって有効な防災投資を図ることが可能となる。このことは、ライフラインシステム機能にリスクを許容することを意味する、ライフラインサービスが低下した際の経済的・社会的影響を十分に配慮して許容リスクが決定されなければならない。

以下では、上記の4視点から、ライフライン毎に復興過程の取り組み概要を検証する。

## 6 復興過程の取り組みの概要

### (1) 上水道

#### ア 耐震化

【耐震化のおもな対策 対象：概ね被災全市町（H6）→（H15）】

耐震化率※：6.6%（712km）→15.4%（1,898km）

※耐震型管路（NS、SI、SⅡ型の耐震型継手を使用したダクタイル鋳鉄管  
および溶接鋼管（パイプインパイプ工法も含む））

《参考：工業用水 対象：兵庫県企業庁（H6）→（H15）》

耐震化率※：0.0%→5.9%

※耐震型管路（耐震型継手を使用したダクタイル鋳鉄管）

耐震設計は、震災後、2段階耐震設計法の考え方が全面的に取り入れられた（表6.1）。施設の重要度はそれぞれの水道事業体が決定することになっているが、重大な二次災害を起こす可能性のある施設、上流に位置する施設で代替施設のない基幹施設などの重要度の高い施設をランクA、その他の施設をランクBとし、地震動レベルと施設の重要性の組み合わせによって耐震水準を決定することとしている。レベル2の耐震計算法では、地中構造物では応答変位法を基本とし、構造物によっては塑性領域を考慮している。なお、液状化については、側方流動土圧の算定式が追加された。

表 6.1 耐震水準<sup>7)</sup>

| 地震動レベル                | L 1<br>(施設の供用期間中に1~2回<br>程度発生する確率を有する地震動) | L 2<br>(発生確率は低いが大きな地震動)                                |
|-----------------------|---|--|
| 重要度<br>ランク A          | 無被害であること。                                 | 人命に重要な影響を与えないこと。個々の施設に軽微な被害が生じても、その機能保持が可能であること。       |
| ランク B<br>(その他の<br>施設) | 個々の施設に軽微な被害が生じても、その機能保持が可能であること。          | 個々の施設には構造的損傷があっても、水道システム全体としての機能を保てること。また、早期の復旧が可能なこと。 |

(7) 管路の耐震化

被災にあった10市10町のうち復興事業計画のある9市9町(洲本市、緑町以外)、兵庫県営水道、阪神水道企業団および淡路広域水道企業団の耐震化率は6.6%(H6)から15.4%(H15)まで向上している。しかし、耐震化の進捗は市町や企業団などによって大きく異なり、県営水道の45.6%から北淡町や三原町のように未だ0%の市町もある(表6.2)。

表 6.2 耐震化率の震災前との比較(単位: %)

|     | 神戸   | 西宮   | 芦屋   | 尼崎  | 宝塚  | 川西  | 伊丹  | 明石  | 三木  | 北淡  | 淡路  |
|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| H6  | 11.3 | 6.5  | 6.3  | 1.8 | 0.5 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | 7.9 |
| H15 | 27.2 | 10.3 | 15.7 | 6.1 | 1.0 | 0.3 | 0.9 | 0.6 | 2.6 | 0.0 | 7.9 |

|     | 一宮  | 東浦  | 五色   | 津名  | 三原  | 西淡   | 南淡  | 県営水道 | 阪神企業団 | 淡路企業団 | 合計   |
|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|------|-------|-------|------|
| H6  | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 2.4 | 0.0 | 26.4 | 0.0 | 31.7 | 14.2  | —     | 6.6  |
| H15 | 9.7 | 2.0 | 20.3 | 3.5 | 0.0 | 33.2 | 0.8 | 45.6 | 45.2  | 41.5  | 15.4 |

また、耐震化については、多大な費用と長い期間が必要になる。そのため、防災投資は効率的・効果的でなければならない。たとえば、神戸市では、応急給水の考え方を定め、500m・200mメッシュの配水耐震管路網の構築や、防災拠点・中核病院などへのルートを通る耐震性の高い管路とし、通常給水の早期回復を図るとともに、とくに坂の多い神戸の地形を考慮し、運搬給水距離が短くなるように仮設給水栓などを配置している。(図6.1)。

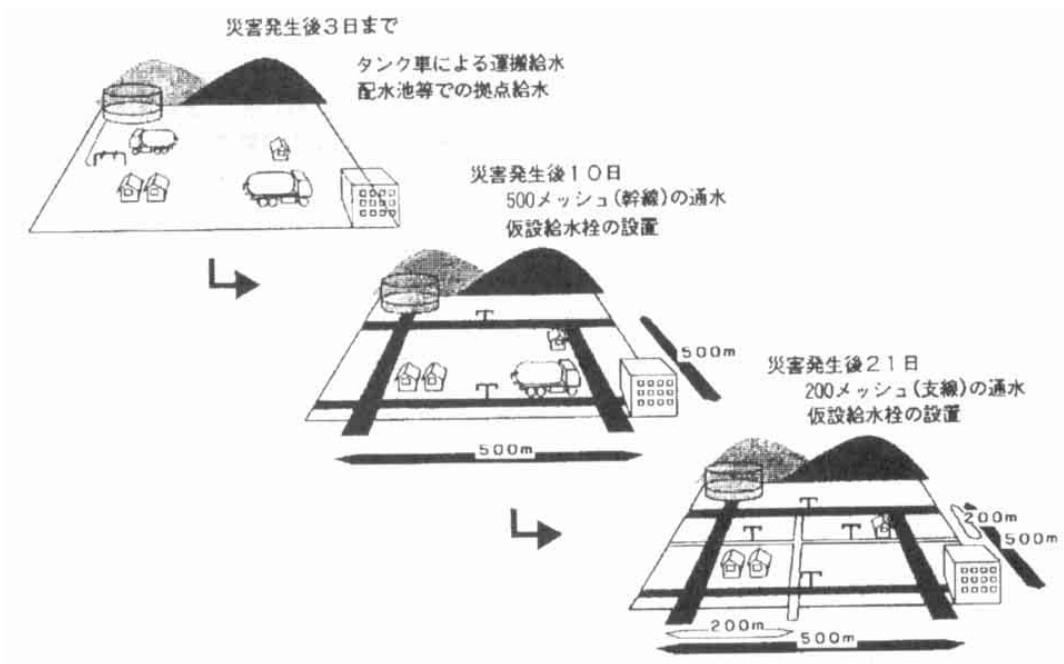


図 6.1 応急給水のイメージ図(神戸市)<sup>1)</sup>

#### (4) 給水装置の耐震化

給水装置の被害は、通水区域拡大の進捗に大きく影響するため、給水装置の耐震化を強化した。

神戸市では震災後、50mm までの口径では耐震性のあるポリエチレン管（フレキシブル管）を使用し、75mm 以上の口径では受け口に伸縮性がある耐震性の NS 管（鋳鉄管）を使用することにした。

その他市町では、ポリエチレン管の採用や、サドル付分水栓との接続に用いる伸縮可とう性継手の設置などの対策が多い。

#### イ ネットワークの信頼性向上

##### 【ネットワークの信頼性向上のおもな対策（H6）→（H15）】

|                        |                |
|------------------------|----------------|
| 緊急貯留システムの導入（おおむね被災全市町） | ： 4 市町 → 9 市町  |
| 広域連携管（ " ）             | ： 4 路線 → 19 路線 |
| 受配電設備などの耐震化（神戸市）       | ： 0 箇所 → 1 箇所  |
| 2 回線受電、配電の二系統化（ " ）    | ： 0 箇所 → 4 箇所  |
| 自家発電などの設置（ " ）         | ： 0 箇所 → 1 箇所  |

#### (7) 被害の最小化（緊急貯留システム、ブロック化）

緊急貯留システムは、緊急遮断弁などにより配水池からの漏水を防ぎ、貯留機能を確保するものである。阪神・淡路大震災では有効性が証明され、神戸市、西宮市、宝塚市、川西市などで整備が進んだ。神戸市では、奥平野管理センターより自動的に配水池の緊急遮断弁を閉鎖する指令が出され、必要最小限（市民 1 人 1 日 3 リットル×7 日分）の飲料水を確保し、ここを「運搬給水基地」として貯留した水をタンク車で周辺住民に供給する。緊急遮断弁は、2 つ以上の池をもつ配水池の一方の池に設置されており、他の池からは配水を続け消火用水などに利用できる（図 6.2）。

神戸市の場合、緊急貯留システムにより確保している水量は、震災時には約 42,000 m<sup>3</sup> であり、現在は約 53,000m<sup>3</sup> に増加している。

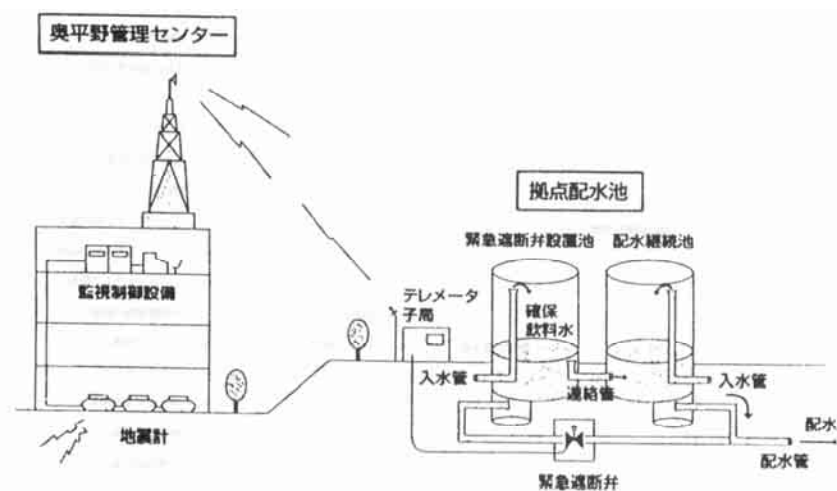


図 6.2 緊急貯留システムの導入例（神戸市）<sup>1)</sup>

ブロック化は、給水区域を分割して配水管網を組織化し（図 6.3）、下記の効果を得る。

- ① 被害状況を把握しやすい。
- ② 被害箇所の多いブロックを配水本管から切り離すことができ、配水本管の機能を維持できる。



③ 隣接ブロックからの連絡管で、バックアップできる。

神戸市の場合、震災前には 119 箇所で行っており、現在は 123 箇所である。

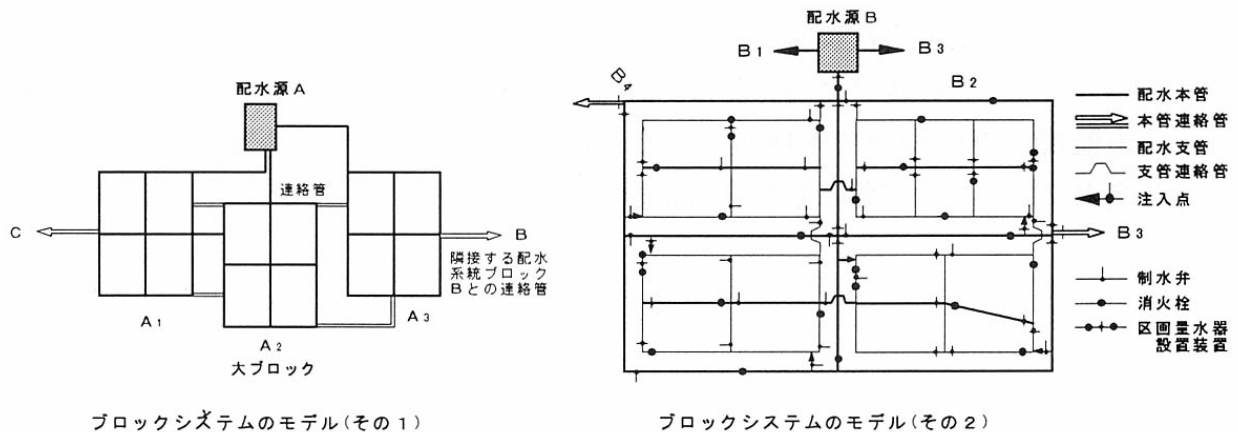


図 6.3 ブロック化のモデル<sup>6)</sup>

#### (イ) 大容量送水管

神戸市は、水源の 4 分の 3 を阪神水道企業団からの受水に頼っており、既設送水幹線の被災などにより緊急時に送水が停止すると、その影響は甚大である。大容量送水管整備事業は、新たに市街地を通る耐震性の高い送水幹線を整備するものであり、通常時の送水能力を強化するだけでなく、既設送水トンネルが被災した場合やメンテナンス工事の際のバックアップ機能を有するほか、送水停止時には貯留機能を利用して、市街地の防災拠点における応急給水にも対応することが可能である（図 6.4）。

平成 14 年度に芦屋市境～住吉川立坑（東灘区）間が完成し、2 箇所の防災拠点において緊急時の応急給水が可能となった（図 6.5）。また平成 15 年度からは、奥平野浄水場（兵庫区）までの整備に着手しており、将来的には垂水区内に位置する各谷ポンプ場までの延伸を計画している（表 6.3）。



図 6.4 大容量送水管の整備イメージ<sup>11)</sup>

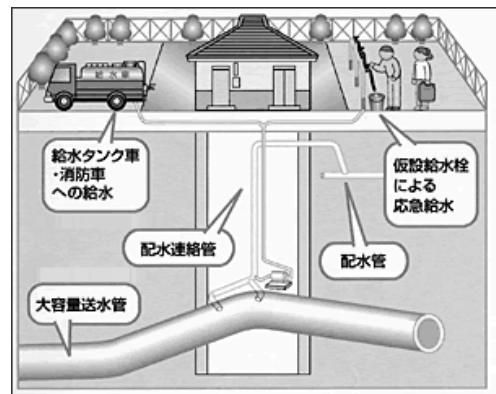


図 6.5 災害時の生活を守る給水拠点<sup>11)</sup>

表 6.3 事業進捗状況の概要<sup>1)</sup>

|           | 整備済                           | 整備中                            |
|-----------|-------------------------------|--------------------------------|
| 区 間       | 芦屋市境～住吉川立坑<br>(東灘区森南町～東灘区西岡本) | 住吉川立坑～奥平野立坑<br>(東灘区西岡本～兵庫区楠谷町) |
| 口径・延長(本線) | 直径:2.4m 延長:3.8km              | 直径:2.4m 延長:9.9km               |
| 貯留可能量     | 17,000m <sup>3</sup>          | 42,000m <sup>3</sup>           |
| 工 期       | 平成 10～14 年度                   | 平成 15～22 年度(予定)                |

#### (ウ) 広域連携管路

災害時や渇水時に広域的に水の相互融通ができるよう、管理者の異なる自治体間や兵庫県営水道の浄水場間などを結ぶ広域連携管を整備し、震災前の 4 路線から 19 路線となった(表 6.4)。

表 6.4 広域連携管路の整備状況

| 震災前(4 路線)              | 震災後(19 路線)  |
|------------------------|---|
| 西宮～宝塚(2)、<br>兵庫県営水道(2) | 神戸～三木(1)、神戸～三田(1)、神戸～西宮(1)、<br>西宮～宝塚(3)、宝塚～伊丹(2)、宝塚～川西(2)、<br>川西～伊丹(2)、川西～猪名川(1)、三原～西淡(2)、<br>兵庫県営水道(3)、淡路広域(1) |

※ ( ) 内は路線数

### ウ システムのコントロール

#### (ア) ヘルスモニタリングシステム

神戸市では、水源・水質遠隔監視機能を 1 箇所新設、配水管水質自動監視システムを震災前の 11 箇所から 17 箇所に増設し、日常監視の充実を図っている。

### エ 緊急対応の体制強化

#### (ア) 初動体制

平成 8 年 3 月に改訂された「兵庫県地域防災計画」で、今回の震災の貴重な教訓をもとに、これまでの災害対策の見直しが行われた。このなかで「水の確保業務」つまり飲料水や医療水の確保、給水車の派遣や水道復旧工事に関する派遣、調査などについては、企業庁管理局水道課が主体となって健康生活部健康局生活衛生課とも連携を図りながら取り組むこととなった。

#### (イ) 応急給水の取組み

緊急時の応急給水の確保は、人命や防災活動に影響を与える重要なテーマである。表 6.5 および表 6.6 に自治体などによる取組みを示す。

表 6.5 自治体などの応急給水の取組み(具体的取組み)

| 事業<br>体名    | 具体的な応急給水拠点の内容<br>(避難指定場所での給水車によるものは除く)                          |  |
|-------------|---|--|
|             | 震災前   | 震災後(平成15年度末)   |
| 神戸市         | 拠点配水池21箇所(計画31箇所)<br>(緊急遮断弁21箇所)<br>緊急貯水槽0箇所(施工中1箇所)            | 拠点配水池31箇所(計画37箇所)<br>(緊急遮断弁31箇所)<br>緊急貯水槽等3箇所(計画10箇所)<br>(上記の内、1箇所は大容量本山南給水拠点) |
| 西宮市         | 浄水場6箇所<br>その他配水池1箇所<br>(緊急遮断弁1箇所)<br>緊急貯水槽1箇所<br>(緊急遮断弁1箇所)     | 浄水場6箇所<br>その他配水池7箇所<br>(緊急遮断弁8箇所)<br>緊急貯水槽13箇所<br>(緊急遮断弁13箇所)                  |
| 芦屋市         | 旧市街地9箇所<br>防災拠点(市内小学校)  | 旧市街地7/9基完了<br>南芦屋浜総合公園1基完了   |
| 尼崎市         | 給水所(3浄水場、内阪水2)<br>給水拠点<br>大規模避難場所21箇所<br>防災センター2箇所<br>(緊急貯水槽2基) | 給水所(3浄水場、内阪水2)<br>給水拠点<br>大規模避難場所36箇所<br>防災センター2箇所<br>(緊急貯水槽2基)                |
| 宝塚市         | 浄水場拠点7箇所<br>配水池拠点17箇所   | 浄水場拠点7箇所<br>配水池拠点19箇所<br>(うち緊急遮断弁設置8箇所)<br>耐震貯水槽8箇所<br>消火栓利用拠点19箇所             |
| 川西市         | 拠点配水池23箇所<br>(緊急遮断弁0箇所)   | 拠点配水池23箇所<br>(緊急遮断弁6箇所)  |
| 阪神水道<br>企業団 | —   | 直接供給施設2箇所<br>応急給水拠点4箇所   |
| 明石市         | 配水場3箇所、浄水場4箇所<br>緊急貯水槽0箇所<br>消火栓の利用                             | 配水場3箇所、浄水場4箇所<br>緊急貯水槽8箇所<br>消火栓の利用  |
| 三木市         | 配水池・浄水池5箇所<br>緊急遮断弁設置無し   | 配水池・浄水池5箇所<br>配水池に地震連動型遮断弁を設置(1箇所)<br>停電時でも深井戸と発電機により応急給水(4箇所)                 |
| 兵庫県<br>営水道  | 浄水場4箇所  | 浄水場4箇所   |
| 伊丹市         | —   | 避難所、病院などへの配水管整備計画策定<br>応急給水緊急貯水槽3箇所  |
| 東浦町         | 緊急遮断弁0箇所  | 緊急遮断弁2箇所<br>応急給水対象施設の増数  |
| 西淡町         | 消火栓より給水   | 消火栓より給水  |

表 6.6 自治体などの応急給水の取組み(考え方と方法)

| 事業<br>体名 | 応急給水の考え方   | 応急給水の方法                     |                            |                                     |   |
|----------|--|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|---|
|          |  | 配水池や<br>緊急貯留<br>槽を拠点<br>に設置 | 緊急時の<br>仮設共同<br>給水栓を<br>設置 | 避難指定<br>応急給水<br>対象施設<br>に給水車<br>を配置 | その他   |
| 神戸市      | 給水拠点は、半径2kmごとに1箇所を基準とし、水量は1人1日3Lで7日間程度とする。<br>(基本は3日間だが、医療用水等を考慮し、7日間とした。)<br>配水管の復旧に合わせ、通水管路に仮設給水栓を設置することにより、4日目で降は20L/人日、11日目で降は100L/人日、21日目で降は250L/人日を確認する。応急復旧完了期間は4週間とする。 | ○                           | ○                          | ○                                   | ○<br>・緊急遮断弁により水を貯留した配水池における拠点給水<br>・給水拠点から給水タンク車等を用いた通水給水<br>・通水された配水管路の消火栓に仮設給水栓を設置              |
| 西宮市      | 初期応急給水期間3日間とし、1人1日当たりの応急給水量3L以上を給水人口に掛けて算出したものとする。4日目で降は10日目で1人1日20L、15日目で降は100L/人日、21日目で降は250L/人日と段階的に引き上げ、拠点給水のエリアを細分化していく。全戸給水までを応急復旧の完了とし、その期間は3週間とする。                     | ○                           | ○                          | ○                                   | ○<br>約20箇所の避難指定場所(小学校等)に可搬式浄水器を設置しており、プールの水をろ過して使用することが可能。  |
| 芦屋市      | 3L/人日×3日×94,000人=850,000L=850m <sup>3</sup><br>100t×9基=900m <sup>3</sup> を確保する。  | ○                           | ○                          | ○                                   | ○<br>市内の小中学校を仮設拠点とし、100tの緊急貯水槽に飲料水を確保。  |
| 尼崎市      | 第1次給水としては1人1日3Lで3日間、第2次給水の4日目で降は20L/人日、第3次給水の10日目で降は100L/人日、第4次給水の21日目で降は250L/人日を確認する。応急復旧完了期間は4週間とする。   | ○                           | ○                          | ○                                   | ○<br>・病院等、緊急に給水を要する場所には、高圧給水タンク車、給水タンク及び貯留タンク等により通水給水を行う。<br>・状況に応じて、プール等の水を簡易浄水装置により浄化し、応急給水を実施。 |
| 宝塚市      | 水量としては1人1日3Lで3日間、浄水場や配水池での拠点給水、給水車による通水停止、配水管の復旧に合わせ、通水管路に仮設給水栓を設置することにより、4日目で降は20L/人日、11日目で降は100L/人日、16日目で降は250L/人日を確認する。応急復旧完了期間は3週間とするが、宅内の給水装置破損の場合は、仮設給水栓を設置する。           | ○                           | ○                          | ○                                   |   |
| 川西市      | ※初期応急給水期間3日間とし、1人1日当たりの応急給水量3L以上を給水人口に掛けて算出したものとする。4日目で降は管路の復旧に合わせ順次250L/人日まで引き上げ、拠点給水のエリアを細分化していく。全戸給水までを応急復旧の完了とし、その期間は3週間とする。   | ○                           | ○                          | ○                                   |   |
| 明石市      | ※と同じ   | ○                           | ○                          | ○                                   |   |
| 三木市      | 地震発生から3日目までは3L/人日の飲料水を確保。4日目～10日目までは20L/人日の飲料水及び生活用水の一部を確保し、幹線付近に仮設給水栓を設置する。11日目～21日目までは100L/人日の生活用水を確保。22日目～28日目までは250L/人日を確認し、概ね被災前の給水量となる。                                  | ○                           |                            |                                     |   |
| 兵庫県営水道   | 災害発生から3日以内は1人1日3Lを目標とする。   |                             | ○                          |                                     | ○<br>4浄水場を応急給水拠点としている。  |
| 東湊町      | 初期応急給水期間3日間とし、1人1日当たりの応急給水量3L以上を給水人口に掛けて算出したものとする。4日目で降は管路の復旧に合わせ順次420L/人日まで引き上げ、拠点給水のエリアを細分化していく。全戸給水までを応急復旧の完了とし、その期間は10日前後とする。  | ○                           | ○                          | ○                                   |   |
| 津名町      | 3L/人日×3日=9L/人<br>9L×16,000人=144,000Lを確保水量とする。  |                             |                            | ○                                   |   |
| 三原町      | ※と同じ   |                             |                            | ○                                   |   |
| 西沢町      | ※と同じ   |                             |                            | ○                                   |   |

(ウ) 相互応援協定

被災水道事業者だけでは対応や、初動体制がとれないことを想定して、水道事業者間での応援協定や民間業者団体などとの応援協定により復旧体制を強化することや、水道事業者間で少しずつ異なる使用器具の規格の統一や、情報交換を進め、平成8年6月に「近畿2府4県内の工業用水事業者の震災時などの相互応援に関する覚書」、平成10年3月に兵庫県内の全市町で「兵庫県水道災害相互応援に関する協定」などが締結された。

相互応援協定の締結などの広域的な応援体制を充実させることは、施設整備レベルを補う経済的で効果的な方法である。また、水道事業者間で連絡管により広域的に水

を融通し合う広域的なバックアップも有効であり、地震時以外でも渇水時にも効果がある。その方法としては、前述の広域連携管がある。

なお、震災時に課題となった資機材の不統一についても、神戸市の仕切弁のキャップを全国的な規格に統一することや、県内市町の資機材の一覧表を整理するなどの取り組みをおこなっている。

#### (I) 災害情報管理の見直し

情報の効率的な管理を進めるため、今年度末までに10市町（上記被災9市9町のうち）でマッピングシステムを導入予定である。しかし、GISと連携を図っている市町はない。

### オ 消防水利

地震時に同時多発した火災の消火活動は困難を極めた。消火に一番効果のある初期消火に対応する消防力が絶対的に不足したことがあるが、その後の消火活動に消火栓が水压不足に陥ったり、断水して役に立たなかったといわれた。消防水利は消火栓だけではなく、防火水槽、学校プールなどが指定されているが、これらも被害を受けたり、量的に不足したことも重なった。水道は消火用水の一端を担っているが、大規模地震時には水道が断水となる前提が必要である。しかし、人命の重みを考えれば単に飲料水の確保だけの施設整備の推進で良いとは言い切れない一面がある。消防関係機関では、耐震性の防火水槽の整備、河川、井戸、雨水、海水の利用など多様な消防水利の確保が進められている。

一方、水道施設では、消防水利としても利用できる飲料水兼用耐震性貯水槽や、復旧が早い配水幹線における消火用水の取り出し口の設置などを進めている。また、水道施設の耐震性への取り組み自体が、消防水利の耐震性向上に寄与する。

## (2) 下水道

### ア 耐震化

平成9年8月に「下水道施設の耐震対策指針と解説」が出され、下水道施設の新たな耐震対策を進めるための基準が明確化された。処理場は地域特性によって重要度がランク付され、地震に対して最低限確保すべき機能が規定されている。また、管渠施設は「重要な幹線など」と「その他の管路」に区分され、設計対象地震動を区別している。

新たな施設建設にあたっては、この指針の主旨を踏まえ耐震設計を行っている。既存施設については順次耐震診断と補強などを進めることとするが、地下部など診断・補強とも困難な箇所もあり、また既に蓄積したストックが多く改造などには莫大な費用を要するため、改築・更新時期も考慮して実施している。たとえば、武庫川下流流域下水道自家発電機棟、加古川下流流域下水道管理棟および東灘処理場汚泥消化タンクなどは、改築に併せて実施した。

また、震災でダメージを受けた管渠の補修対策として非開削の管更生工法の採用を進めており、兵庫県では猪名川流域下水道右岸第1幹線および右岸第2幹線において平成9～13年度にかけて実施した。

神戸市では平成15年度末には全線補修約30km、部分補修約4,000箇所が完了する見込みである。

### イ ネットワークの信頼性向上

#### (7) 重要幹線管渠の複数系列化

神戸市では重要な幹線などは非常時の迂回ルートを確保するという観点から、二条化などを進めている。既存の重要な管渠においては、そのすべてを一度に二条化することはできないため、流下能力からみて増強が必要となるところ、震災により老朽化が進行しているところから優先的に進めている。幹線の多系統化の一例として、六甲アイランド第2連絡管（φ2,800mm、L=1.7km）、空港連絡橋汚水管（φ200mm×2条、L=1.2km）を整備した。

#### (4) 処理場間のネットワーク化の推進

神戸市では、被災時の処理場機能の相互補完を図るため、処理場間を大深度シールド幹線で結ぶ「下水道ネットワーク計画」を復興計画の一つとして位置づけた。これは今回の地震で東灘処理場などの多くの施設で多大な被害を受けたにも関わらず、大深度のシールド幹線の被害が軽微であったことから、地下連絡の発想から生れたもので、もし一つの処理場が機能停止に陥っても処理場間を耐震性能の高い連絡管で結んでおけば、緊急的に下水を隣接処理場で処理することができ、相互補完が可能となるためである。この連絡管は常時でも、震災の影響を受け、老朽化が進行する管渠の代替排水路や土地利用の高度化に伴う汚水量の増加に柔軟に対応する機能をもっている。また、処理場間の汚水の融通による処理場の改築・更新や高度処理への円滑な移行、ネットワーク幹線内空間を活用した貯留調整機能による汚水の効率的な処理ができることから、既存の幹線網なども有効に活用して処理場間ネットワークの構築を進めている。神戸市では平成15年度末までに4つの下水処理場をネットワーク化する7幹線(25.1km)を整備した(図6.6)。

兵庫県では、県の武庫川下流流域下水道および猪名川流域下水道と、尼崎市公共下水道、西宮市公共下水道、芦屋市公共下水道間などで、臨海部および内陸部の処理場間ネットワークを復興計画で位置づけているが、今後の課題となっている。



図 6.6 下水道ネットワーク計画(神戸市)

#### (4) 広域汚泥処理システムの危険分散

兵庫県では汚泥幹線の危険分散のため、汚泥送泥管の2条化や他汚泥処理場との連携、下水処理場サイドでのバックアップシステムの充実を復興計画に位置づけており、とくに汚泥送泥管の2条化については、今後検討する予定である。

#### (E) エネルギーの自立化

ポンプ場や処理場などで、十分な自家発電能力を確保することが必要であり、神戸市では、環境局の東クリーンセンターで発生する余剰電力を東灘処理場・スラッジセンターで受け入れる電力融通や、鈴蘭台処理場の高度処理水を活用した小水力発電を行っている。また、西宮市では、枝川浄化センターにおいてスポーツセンターと連携した防災利用を図るため、避難所として利用される近隣のスポーツグラウンドへ、余剰

電力を供給できる自家発電設備を設置している。

## ウ システムのコントロール

神戸市では、下水道管理の高度化、高度情報化社会の進展に寄与するため、下水道管渠内に大量かつ高速に情報を伝送できる光ファイバーケーブルの布設を進めている。平成 15 年度までに約 17km 整備が完了しているが、今後は、この光ファイバーを活用し、処理場・ポンプ場の総合監視や最適運転を支援するシステムの確立に役立てていく見込みである。

## エ 緊急対応の体制強化

### (7) 初動体制

災害対策基本法の規定に基づき、阪神・淡路大震災の実態および教訓を踏まえて策定した地域防災計画に、下水道復旧にあたっての初動対応、応急対策、関係機関への応援要請などについて定めている。

### (4) 相互応援協定

震災当時も「13 大都市災害時相互応援に関する協定」があったが、これを下水道事業に関し、その円滑かつ迅速な実施を図るため（情報連絡体制、現地指揮連絡体制など）、平成 8 年 5 月大都市間で「災害時における連絡・連携体制に関するルール」を策定している。また、平成 9 年 3 月に「下水道事業災害時近畿ブロック応援に関する申し合わせ」も制定され、自治体間や民間団体の支援方法などが盛り込まれている。また、これらの制度を活用して情報伝達訓練や資機材調達などの訓練も実施している。

### (4) 災害情報管理の見直し

今回、神戸市役所庁舎の崩壊により被害調査に必要な下水道台帳が取り出せない状態となった。幸い、台帳の電算化作業中で契約業者がデータを保有していたため、そこからデータを引出すことができた。また、名古屋市が同じ台帳システムを採用していたことから、そこでも台帳図の出力が可能となった。そのため、台帳などのデータは危険分散とバックアップの観点から、民間業者への保管委託を進めている。

また、神戸市では、震災後、各現場事務所に下水道管路台帳システムの完全配備をおこなった。

下水道台帳の電子化については、尼崎市では平成 7 年度に、兵庫県および神戸市では平成 15 年度に完了しており、明石市では、平成 15 年度から電子化を進めている。

## (E) 非常時のし尿対策

阪神・淡路大震災で経験したトイレ問題に対応するため、非常時のし尿対策を進めている。

神戸市では、管渠や処理場の構造的耐震対策とともに、災害時にもトイレが利用できるよう、仮設トイレ用埋設管のマンホールの上にパネルとポータブル形式の便器を組み立てる「公共下水道利用型仮設トイレ」の整備を進めている。平成 15 年度までに約 200 基整備している（当面の目標 300 基(100 人に 1 基)）。

芦屋市では、南芦屋浜下水処理場内にて、災害時には周囲に囲いを設け、処理水を流すことにより、簡易トイレとして使用できる施設を設置する予定である。

## オ 多目的活用

### (7) 処理水や雨水の活用

多様な消防水利の一助として、処理水や雨水の活用を進めている。

処理水の活用としては、下水処理場で消防車に処理水や高度処理水を給水できるよう施設整備を進める。また、神戸市では、鈴蘭台処理場の高度処理水を震災で壊滅的なダメージを受け、復興まちづくりを進めている兵庫区松本地区に送水しており、常時はせせらぎ用水として、非常時には防火用水としての活用が可能となっている（図 6.7）。

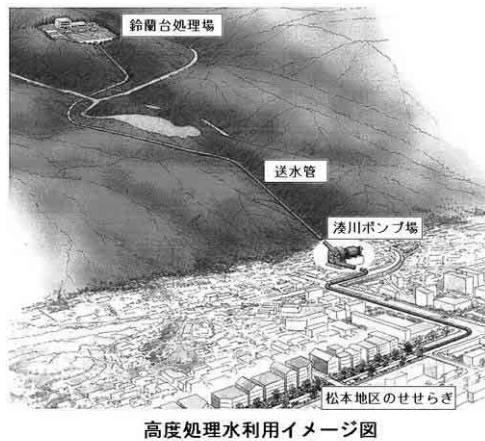


図 6.7 鈴蘭台処理場の高度処理水を活用した兵庫区松本地区のせせらぎ(神戸市)

雨水については公園など地区にスポット的に貯留することが可能であるため、地下空間を占有する下水道施設を有効活用して雨水貯留を進める。

伊丹市では、雨水対策として整備した金岡雨水貯留管の貯留雨水を金岡雨水幹線に循環させることにより、常時はせせらぎを創出し、非常時には防火用水としての活用が可能となっている。

今回の地震で被害の大きかった東灘区では、汚水幹線のシールド工事の発進立坑を利用した地下空間に雨水貯留槽を設け、消防水利などに活用する施設が完成している。また、浸水対策用の雨水貯留管に非常時には海水を導入・遡上させ、上流のマンホールでくみ出すことで海水を消防水利に利用できる施設の整備を行った。

#### (4) 処理場の防災拠点化

処理場などの防災拠点化を積極的に進めている。処理場などの広大な空間と処理水という豊富な水資源を活用し、災害時にはヘリコプターを利用した救急医療の中継や緊急輸送物資などの搬送拠点、処理水を消防水利として供給する消防活動の拠点として利用可能である。また、施設内の空間を有効活用することで消防機材や緊急資機材の備蓄などを行い、多機能な総合的防災拠点として活用可能である。

神戸市の下水道処理場は、前述に示すようなイメージの広域避難場所としての指定は受けていないが、鈴蘭台処理場と垂水処理場の上部利用施設が地域住民の避難先となる地域防災計画上の指定収容避難所となっている。

### (3) ガス

#### ア 耐震化

【耐震化のおもな対策：大阪ガス(株)全体 (H6)→(H15)】

- ・ 中圧導管：非裏波溶接鋼管改修 98%完了(23kmのうち22km完了)
- ・ 低圧導管：ポリエチレン管 3%(1,200km)→20%(7,600km)  
ネジ接合鋼管(被害が大きい)11,000km→9,600km

阪神淡路大震災後、通商産業省資源エネルギー庁(当時)において、ガス地震対策検討会が設置され、1996年3月にガス事業の地震対策の基本方針、具体的な対策を策定した「ガス地震対策検討会報告書」(以下報告書と言う)が報告された。

報告書において、中圧導管の対策としては「非裏波溶接接合部の被害は、液状化地区や活断層地区で、かつ特殊な地形・地盤条件などの複合した場所に限られて発生しているので、それらを優先して、計画的に入替えあるいは耐震補強を行っていく必要がある」と記載されている。大阪ガス(株)では報告書に基づいて、対象となる非裏波溶接鋼管23km



を抽出し、既に 22km の改修を完了した。残り 1km については、共同溝への入溝が計画されており、平成 17 年度に完了する予定である。

一方、被害が集中した低圧のねじ接合鋼管についても、報告書に基づいて、社会的に最優先の復旧が要求される緊急病院などへの供給ルート内のねじ接合鋼管 58 路線のうち、53 路線のポリエチレン管への入替えを完了させた。残り 5 路線についても平成 16 年度中に完了させる予定である。

さらに、大阪ガス㈱では、道路工事や他ライフラインの工事の機会を活用するなどねじ接合鋼管のポリエチレン管への入替えを推進している。震災当時 11,000km あったねじ接合鋼管は、平成 15 年度末時点で 9,600km に減少している。

## イ ネットワークの信頼性向上

【ネットワークの信頼性向上のおもな対策：大阪ガス㈱全体 (H6)→(H15)】

- ・供給ブロックの細分化：55 ブロック→126 ブロック
- ・供給停止判断支援システム

### (7) 供給ブロックの細分化

地震でガス導管に被害が発生した場合、二次災害を防止するために被害の大きい地区のみガス供給を停止し、被害のない地域は、継続してガスを供給する目的でブロック化を採用している。

震災後は、局所的な対応を容易にするとともに、復旧作業を安全で効率的に行うことを目的に、震災前の 55 ミドルブロックをさらに 126 のリトルブロックに細分化した(図 6.8)。

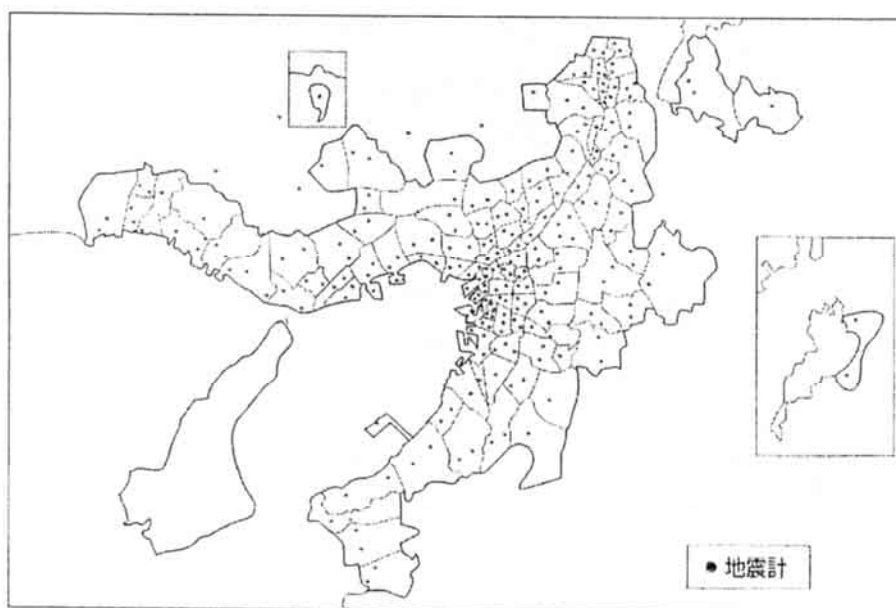


図 6.8 供給ブロックの細分

### (4) 供給停止判断支援システム

地震災害発生時に、供給停止ブロックや地震情報被害予測システム(後述ウ-(4))による建物倒壊、導管被害などの情報から予測する被害状況に対し、緊急・復旧対応の要員数、日数、作業歩掛などのパラメータを設定することにより、種々の条件下でのシミュレーションを行い、適正な緊急、復旧対策の策定を支援するシステムを導入した。

## ウ システムのコントロール

【システムのコントロールのおもな対策：大阪ガス㈱全体 (H6)→(H15)】

- ・地震計の増設：34 箇所→238 箇所…1～2 箇所/リトルブロック
- ・マイコンメーターの普及促進：75%→99.4% 家庭向けは完了

供給遮断システム：

遠隔遮断装置

(中圧 A 導管)：約 40 箇所(変更無し) …スーパーブロック

(中圧 B 導管)：18 箇所→346 箇所

感電遮断装置 (低圧導管)：0 箇所→2,806 箇所

- ・リアルタイム地震被害予測システム

### (7) 地震計の増設

地震が発生した場合、供給エリア内に設置している数多くの地震計から、瞬時に地震動情報が本社中央指令室へ自動的に送られ、コンピューターにより被害地域を把握する。そのために、地震計を震災当時の 34 箇所から 238 箇所に増設した。

地震計は、原則としてリトルブロックごとに 2 箇所設置するよう取り組んでおり、おおむね設置を完了している。リトルブロックは 126 あり、地域区分の大きさについては平均的なイメージは 25km<sup>2</sup>、顧客数 50,000 戸程度である。

### (イ) マイコンメーターの普及促進

ユーザーが安心してガスを使用できるように、ガスメーターに組み込まれたマイクロコンピュータが、ガスの使用状況を監視するマイコンメーターの普及を促進してきた。一般家庭用は設置を完了し、業務用もおおむね完了している。

マイコンメーターは、多量のガス漏れ、機器の消し忘れ、地震、ガスの圧力低下などの異常を感知すると、自動的にガスを遮断する(地震の場合、震度 5 弱に相当する 200gal でガスを遮断する)。また、ユーザーの手で簡単に復帰させることができ、さらに、このマイコンメーターは、

光と音声でガス漏れを知らせるガス漏れ警報器と連動してガスを遮断することもできる。

### (ウ) ヘルスモニタリングシステム

震災後に京都サブセンターを建設(平成 10 年 3 月稼動)し、それまでの本社中央指令室に加えて、サブセンターにおいても製造所、都市ガス導管ネットワークの状況を監視している。テレメーター装置によって、主要導管内に流れるガスの流量、圧力、ガスホルダーのガス保有量などをすべて把握し、計画通り製造・供給が行われているかを監視して、異常時には遠隔遮断することが可能である。また、中圧 A 整圧器(約 350 箇所)に都市ガスの圧力・流量を監視する装置を導入し、異常時には停止できるようにしている。

### (イ) 供給遮断システム

地震発生時、以下の場合に即時にガス供給を停止することになっている。

- ①地震計の SI 値<sup>注4)</sup>が 60 カイン<sup>注4)</sup>以上を記録した場合。
- ②製造所または供給所ガスホルダーの送出量の大変動、主要整圧器などの圧力の大変動により供給継続が困難な場合。

供給ブロック内の低圧ガス供給を SI 値 60 カイン以上の地震動で即時に停止するために、低圧導管の感震遮断システムを中圧 B ガバナ 2,806 箇所に設置した。加えて、万一の中圧導管被害に対応できるよう、中圧導管の遠隔遮断システムを 346 箇所に導入した。

これによって、供給ブロック内の地震計のいずれかひとつが SI 値 60 カイン以上を

記録すれば、そのブロックは即時供給停止ブロックとなる。この時、そのブロック内の中圧Bガバナ(20~30基)に設置されている感震遮断装置が機能し低圧導管への供給を遮断する(図6.9)。

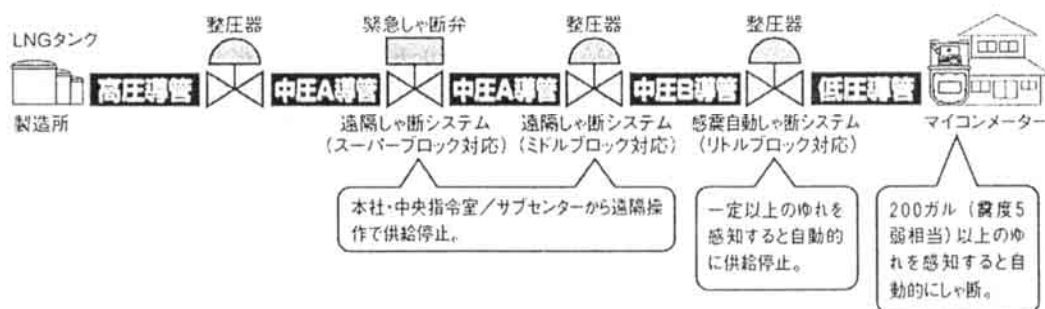


図 6.9 供給遮断システム

一方、復旧対策の大きな方策のひとつとして、復旧セクターの設定を進めている。この復旧セクターは、復旧を効率的に進めるため3,000~4,000戸程度をひとつのブロックとし、復旧に際しては、防災拠点や重要施設への供給再開を優先する。

#### (オ) リアルタイム地震被害予測システム

地震発生後、直ちに的確な判断を下し、適切に指令するために238箇所の地震計データとガス管や家屋、地盤・地形のデータベースに基づいて、ガス管や建物の被害状況を推定するリアルタイム地震被害予測システムを改良・開発した(図6.10)。

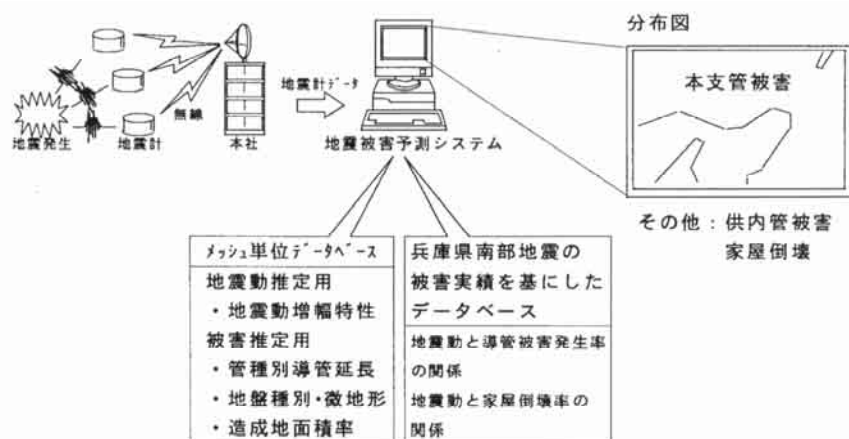


図 6.10 リアルタイム地震被害予測システム

地震発生直後は、被害の全容を把握するために必要な情報はほとんど得られないため、このリアルタイム地震被害予測システムは非常に重要な情報を提供することになる。

このシステムは地震動を予測する地震動予測システムと被災を予測する被災予測システムからなり、その予測手順は以下の通りである。

#### ① データベース

供給エリア全域の導管の管種別や、地形・地盤情報を被災予測単位である300m×400mのメッシュ時にデータベース化している。

#### ② 地震動予測システム

地震が発生すると供給エリア全域に配置された238箇所の地震計のデータが無線で本社に転送される。そして地震計ネットワークと地形・地盤情報を用いて地震動を内挿補完し、点のデータである地震計データから供給エリア全域の地震動をメッ

シュ単位に予測する。

③ 地震被災予測システム

①のデータベースに②で求めたメッシュ単位の地震動情報を与え、メッシュ単位に予測する。兵庫県南部地震の実績から、地震動とガス管とガス管被災発生率（件/km）の関係および地震動と家屋倒壊率との関係を設定している。

エ 緊急対応の体制強化

(7) 初動体制

a 災害対策組織など

震災後、ガス地震対策検討会報告書に基づき、防災業務計画、災害対策規程を改定し、緊急供給停止、即時供給停止の判断基準などの考え方を盛り込んだ。

b バックアップ体制

全社的な総合指令の役割を果たす本社・中央指令室が通年 24 時間体制をとっているが、万一被災した場合に備えて、その機能をバックアップできる中央保安指令部・京都サブセンターを設立した(H10.3)。このサブセンターは、阪神・淡路大震災クラスの地震にも耐えられる免震構造を備えており、中央指令室と同様、通年 24 時間・2 名常駐体制で稼働している。

(4) 災害情報管理の見直し

a 災害情報システム

24 時間、常に安定供給と安全を見守るため、中央指令室に ACNET (Advanced Customer Security Ensuring Network)を構築し、最先端の通信技術とコンピューターによって、中央指令室と地区保安指令センターをデジタル回線で結び、下記機能が可能となっている。これらは、阪神・淡路大震災以前より導入されており、震災時には適正かつ有効に機能した。

- ① コンピューターネットワークの接続による情報の共有化
- ② テレビ会議、高速ファックスによる迅速で的確な情報収集
- ③ 気象状況や顧客保安情報などのリアルタイム収集

また、衛星通信を利用して、地上通信回線による通信が困難な高圧ステーションの遠隔監視・制御、災害時における被災地との通信連絡および地上通信回線のバックアップを行うことができる。

b 住民からの情報収集

緊急時の住民からの救援要請に応えるため、兵庫地区で電話の一般回線を 15 回線から 52 回線に増強した。また、運用面でも 5 地区に分散していた受付センターを大阪、京都の 2 拠点に統合し、全社で同時着信数を 169 回線まで可能とした。また、電話回線のバックアップとして、ポータブル衛星局や衛星通信車を導入している。

さらに、被災時の受付センターの機能停止を避けるため、2 拠点に分散している。なお、現在、ガス漏れ回線も受付センターへ転送することで、回線数を増強する検討を進めている。

(7) 災害に備えた装備の充実

保安関係設備を充実し、平成 15 年度末で、保安基地 47 基地、無線装備車両 900 台、緊急指定車両 230 台、移動無線局 1,506 局を配備した。

(I) その他の対策

a 代替エネルギーの提供

顧客支援体制としては、ユーザーに対して生活支援サービス、代替手段による臨時供給などの支援ができるように、カセットコンロや仮設シャワーを供給できるように体制を整備した。とくに病院や防災拠点など社会的に重要な施設に対しては、より早く計画的に提供できるようにしている。

なお、臨時供給には LP ガスの利用も有効である。ガス事業者は、LP ガス事業者

など他事業者との協力を視野に入れて、防災体制を確立することが望ましい。

**b 備蓄食・備蓄物資**

緊急用資材や復旧工事用材料、作業員の飲料水・食料・医薬品を5地区事業本部(京滋、北東部、大阪、南部、兵庫)ごとに確保している。

**c 技術開発**

技術開発としては、ガス管内に入り込んだ水や土砂などを排出する強力水抜き装置やガス管の損傷個所を発見する管内テレビカメラシステムなど、震災時の復旧作業に威力を発揮した技術について、さらに改良・開発を進めている。

**(4) 電気**

**ア 耐震化**

**【耐震化のおもな対策：関西電力㈱全体】**

- ・(変電設備) 変圧器アンカーボルト：85台すべて実施済み  
遮断機ブッシングずれ止め：36台すべて実施済み  
断路器ブレース追加：25台すべて実施済み
- ・(架空送電設備) 旧構造鉄塔の補強：12基すべて実施済み
- ・(地中送電設備) 可とう継手管路の採用：軟弱地盤箇所に適用

資源エネルギー庁長官の私的検討会である電気設備防災対策検討会の耐震性小委員会において検討がなされ、その結果、今回の震災で「現行耐震基準は、各電気設備が確保すべき耐震性を規定するものとして妥当である」と評価された。ただし、現在耐震基準のない地中設備については「可とう継手、可とう性のある管路の採用に関する設計上の配慮事項を耐震基準として整備する必要がある」と指摘されたため、可とう継手などの3品目について用品規格を改め採用している(H8.8)。また旧基準に基づく設備に対しては、著しい供給支障や第三者被害が懸念されるものについては、現行基準レベルに改修した。

**イ ネットワークの信頼性向上**

**【ネットワーク信頼性向上のおもな対策：関西電力㈱全体】**

- ・交差二重外輪(500kV)システムの完成(H9.9)
- ・現状2ルートある通信回線の内、1ルートは代替業務拠点を經由(H13)

**(7) 電力システムの多重化**

従来から送電設備については複数回線構成としており、1回線事故時にも残り回線で送電が可能となっていた。500kV基幹システムについては外輪線の2重化を進めてきたが、平成9年に500kV播磨西線の完成により第二外輪が完成した(交差二重外輪システム)。原子力送電線についても、平成12年の青葉線の竣工により、関西電力の原子力発電所の送電システムがすべて2ルート化した(図6.11)。

## 系統図

2003年3月末現在

発電所から消費地へ  
電気を確実にお届けします。

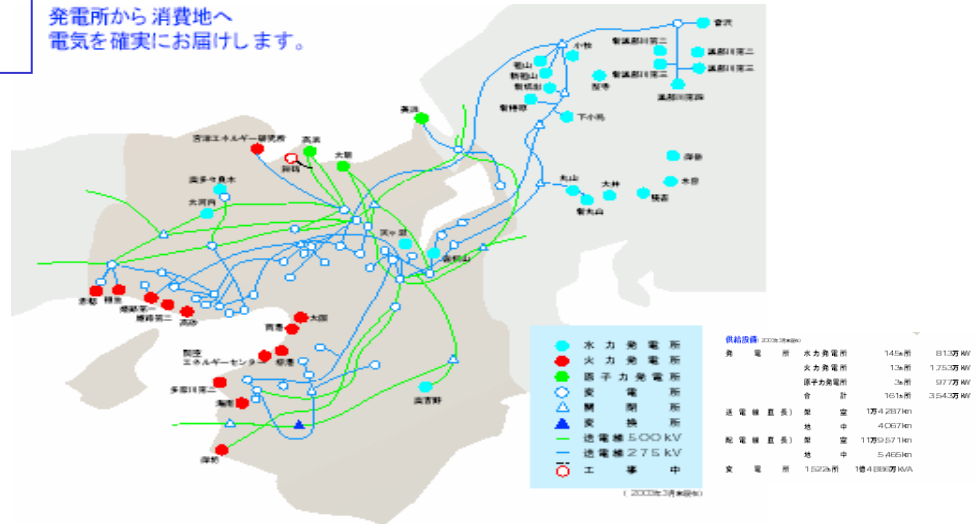


図 6.11 電力系統の自由化

### (4) 通信回線の多様化

災害により、本店、支店の業務拠点が被災すると、復旧作業に多大な影響を受けるため、本店、8支店、3支社については、平成13年度までに現状2ルートある通信回線の内の1ルートを代替業務拠点を経由する構成とした。これによって、本店、支店が被災し、業務執行が困難になっても、すぐに代替業務拠点到災害対策組織を移転し、復旧活動の指揮がとれるようになった(図6.12)。また、社内衛星システムを平成9年に導入し、連絡手段の確保および災害現場からの映像伝送を可能としている。

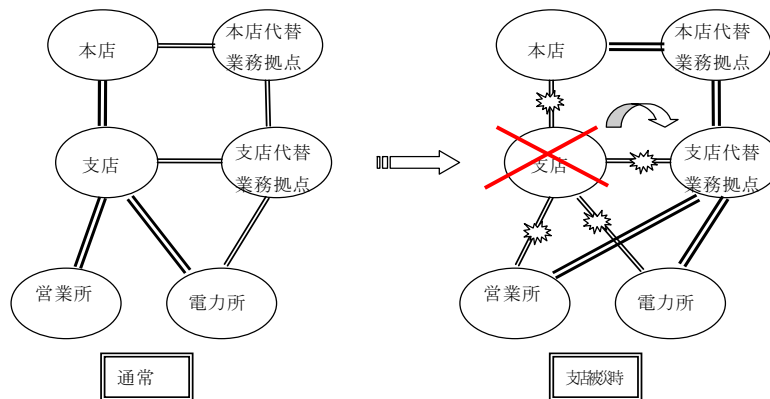


図 6.12 通信回線の多様化

### ウ システムのコントロール

【システムのコントロールのおもな対策：関西電力圏全体 (H6)→(H15)】

・緊急遮断システム

漏電ブレーカー普及率：42.4%→62.2%《東京電力 81.5%》

新築時の漏電ブレーカー取り付け状況：約 99%

### (7) 高度配電線自動運用システム

配電線自動運用システムは、配電線の状況監視に加え、配電線事故や変電所事故停電発生時には開閉器を自動切替し、停電範囲の最小化を図っている。

震災当時導入されていたシステムでは、多回線事故発生時など開閉器の状態変化情報が一度に大量に受信されるとシステムが追従できなかったが、現在導入されている

高度配電自動化システムでは、現場の開閉器状態変化情報を受け入れる能力が大幅に向上されており、多回線事故発生時でも現場の停電区間を把握している。

また、マッピングシステムにより、通常電気が送電されている場合は配電線が地図上で赤色表示され、一目で送電状況が確認できる。

#### (イ) 漏電ブレーカー

漏電ブレーカー普及率は、震災後約 20%増加したものの、東京電力管内よりも約 20% 低く、まだ住民の危機意識が浸透しているとはいえない。

#### (ウ) ヘルスモニタリングシステム

震災前から各電力設備には保護システムを設けている。分類すると電氣的故障を検出するもの、機械的故障を検出するものがある。電氣的故障の検出には電流異常、電圧異常、周波数異常などがある。機械的故障には、発電機の軸振動異常、油・水などの流速・流量の異常、油・ガス・空気などの圧力異常などがある。いずれも変化量と継続時間などにより遮断に至らない軽故障や即遮断する重故障などに区分し、さらに故障点も判別可能なよう保護範囲を協調して設けている。

事故検出後の遮断に関しては、送電線への電撃事故のような短時間の電氣的故障に対しては送電線の両端を遮断し、一定時間後に再投入する再閉路方式を採用し、電気所構内事故や機器本体故障については、永久遮断方式を採用している。また、超高圧系統や重要設備については、システムを 2 系列で構成するなどの対策も行っている。

#### (イ) 地震観測および集約体制の整備

地震発生における設備への影響を調べる方策の 1 つとして、各所の設備に地震計を設置している。今回の地震では、このうち 18 箇所について観測値(最大水平加速度および鉛直加速度)を取りまとめ、結果をプレス発表した。しかし、観測値の集約に手間取るなどの問題点が生じたことなどを踏まえ、全社的な集約体制の再整備をおこなった。

具体的には、地域にバラツキがないよう新規に設置する地震計を含め、速報体制の対象とする地震計を約 40 箇所に増やすとともに、地震発生時には社内専用回線を利用して自動的にデータの集約などができるシステムを構築した(H11)。

### エ 緊急対応の体制強化

これまでの防災体制は、主として台風による災害を前提に考えていたことから、今回の地震のような突発的大災害への対応の面で必ずしも十分でなかった。このため、電気設備防災対策検討会のオペレーション小委員会における検討結果なども踏まえ、今回の反省点を踏まえ、下記の防災体制を取った。

#### (7) 初動体制

##### a 災害対策組織の見直し

災害が発生し、または発生する恐れがある場合には、災害対策組織を社内に設置する。しかし現行の設置基準は、大規模地震のような突発的な災害への即応という点で十分でなかったことなどから、設置基準の変更や本部組織と分掌の見直しなどをおこなった。

具体には、供給エリア内で震度 6 弱以上の地震が発生した場合には、本店および関係支店などに非常災害対策本部を直ちに設置する。

##### b 従業員の出社基準の明確化

勤務時間外の大規模地震など突発的災害時の従業員の出社基準については、これまで明確なものがなかったため、以下の事象が生じた場合には、従業員はただちに出社するよう定めた。

① 本店に勤務する者にあたっては、供給エリア内で震度 6 弱以上の地震が発生した場合。

② 支店およびその管内の業務機関に所属する者にあたっては、所属支店・隣接支店

管内で震度 6 弱以上の地震が発生した場合。

**c 休日・夜間における連絡要員の確保**

休日・夜間における大規模地震発生などの際の社外対応体制を確立するための待機体制を導入した (H8.4)。

**(イ) 災害情報管理の見直し**

**a 災害情報システムの開発**

非常災害発生時の情報連絡は、主に電話・FAX を主体に行われているが、回線の輻輳や集計の手間などから多くの時間を必要とした。そこで社内 LAN を使った災害情報システムを構築した (H10.7)。

**b 自治体への災害情報の早期提供**

供給エリア内で震度 5 弱以上の地震が発生した場合、または地震のために 100 万 kW 以上の停電が発生した場合、停電発生時刻・地域・規模について、発災後 30 分程度を目標に自治体 (近畿 2 府 4 県・福井県および 3 政令指定都市) に停電状況などに関する情報を提供することとした。

**c 住民からの情報収集**

送電線、変電所などにおいては、周辺住民からの早期情報収集による設備事故や公衆災害の未然防止を図る目的でモニター制度を導入している。また防災パンフレットや災害発生時の安全広報の際には、設備損傷などを発見した場合は近くの事業所へ情報提供をお願いしている。

**(ウ) 災害に備えた装備の充実**

震災による被害が大規模で、他のライフラインも大きな被害を受けたため、復旧作業の長期化とともに、いわゆる自己完結型の復旧体制の必要性を痛感した。そこで、今回応援を受けた他電力会社の装備などを参考に、災害用の装備を充実した (表 6.7)。

表 6.7 災害に備えた装備の見直し内容

| 項目        | 見直し内容   |
|-----------|---|
| 災害対策車両の配備 | <ul style="list-style-type: none"> <li>防災用として給水車 2 台配備</li> <li>復旧現場での通信・休養機能を備えた 2 台のボートカーを各支店に配備 (8 台)</li> </ul>   |
| 高圧発電機車の増備 | <ul style="list-style-type: none"> <li>震災前の 150kVA (60Hz) 8 台に加えて、500kVA (60Hz) 4 台および 400kVA (50/60Hz 共用) 4 台を配備</li> </ul> (現状)<br>150kVA (60kHz) : 2 台、500kVA (60kHz) : 6 台<br>400kVA (50/60kHz) : 4 台、500kVA (50/60kHz) : 4 台 |

**(I) その他の対策**

**a 非常用電源の確保**

2 回線受電化されていなかった事業所については、順次 2 回線受電化を図った。受電ルート上、2 回線受電が難しい事業所については、非常用発電設備を設置している。

**b 備蓄食・備蓄物資**

備蓄食糧を現行の 2 倍程度に増やすとともに、水、生活物資、仮設トイレ、保存用寝具などを新たに備蓄した。

**c 新神戸支店ビルの建設**

震災により業務設備や建物も被害を受けたが、とくに被害の著しい神戸支店社屋は、使用不可能となったため、新しく新神戸関電ビルに建設した (H12.1)。本ビルは、電力防災拠点として、震災を踏まえた信頼性の向上や省エネルギー化 (空調用氷蓄熱用水を防火用水として利用 (600m<sup>2</sup>)) が図られている。



## (5) 通信

### ア 耐震化

【耐震化のおもな対策：NTT 西日本(株)兵庫支店全体 (H6)→(H15)】

- ・ 中口径管路：0.4km→36.7km
- ・ 電線共同溝：61km→270km
- ・ フレキシブル配管・プラスチックドレン工法  
：液状化対策地域への採用
- ・ 蓄電池の転倒防止：全ビル完了(H7)
- ・ シール蓄電池への更改：86.6%→99.7%

今回の震災においては、耐震性に優れた新しい仕様の設備は比較的被害が少なくすんだ。しかし、新たに取り組んでいかなければならないいくつかの課題が明らかになった。

建物と周辺地盤の段差により開削とう道、ビル引き込み管路設備は何らかの影響を受けており、とくに影響の大きかった液状化地域においては、ビル引き込み部分へのフレキシブル配管、マンホールへのプラスチックドレン工法を採用するとともに従来のモルタルに変えてスチールファイバコンクリートを用いたマンホールダクト部の剥離防止などの液状化対策を実施している。

各通信センタービルへの直接的な影響は少なかったものの、各種配管・基礎部分破損により予備エンジンの始動に課題を残したことを教訓として始動専用補給水槽・フレキシブル配管・開口拡大および基礎部分の強化を図った。また、揺れを吸収する最新の制震壁を採用した建築基準をはるかに超える耐震設計により、阪神淡路大震災以上の規模の地震にも耐えられる強度を持ち、さらに水防区画を設置し高潮対策も施した防災拠点として神戸中央ビルを建築した。

その他に NTT ビルの電源対策として、蓄電池の転倒防止対策を充実し、さらには液式蓄電池からシール蓄電池への更改を実施している。

今回の震災を契機として、被災地エリアの基盤設備構成を全面的に見直し、重要な幹線ルートにおいては信頼性の高い中口径管路方式を採用し基盤設備の耐震性向上もあわせて行うとともに、電線類の地中化も推進した。

### イ ネットワークの信頼性向上

【ネットワーク信頼性向上のおもな対策

：NTT 西日本(株)兵庫支店全体 (H6)→(H15)】

- ・ 通信センターの分散（中継交換機） 2箇所→3箇所(H13)
- ・ 中継伝送路のループ化・2ルート化 70.4%→94.0%

#### (7) 通信センターの分散化

中継交換機などを設置した重要な通信センターが被災した場合、そこを経由する通信がすべてつながらなくなってしまうことから、災害に強いネットワークを目指し重要な通信センターを分散することにより危険回避を図っている。

#### (4) 中継伝送路のループ化・2ルート化

中継伝送路が被災した場合、その区間の通信が途切れるだけでなく中継交換機も機能なくなってしまうため、ネットワーク全体に混乱が生じることから中継伝送路のループ化・2ルート化を図ることにより、万が一、ルートの1つが被災しても自動的に他のルートへ切り替えることによりトラブルを未然に防いでいる。

なお、離島・山間部などで中継伝送路のループ化・2ルート化が困難な地域については、孤立防止用衛星電話により救済することとしている（図 6.13）。

- ◆ 主要伝送路の多ルート化、ループ化
- ◆ 主要中継交換機の分散設置
- ◆ ネットワークの24H監視・制御強化
- ◆ 大都市のどう道網構築
- ◆ 通信ケーブルの地中化推進
- ◆ 停電対策 等

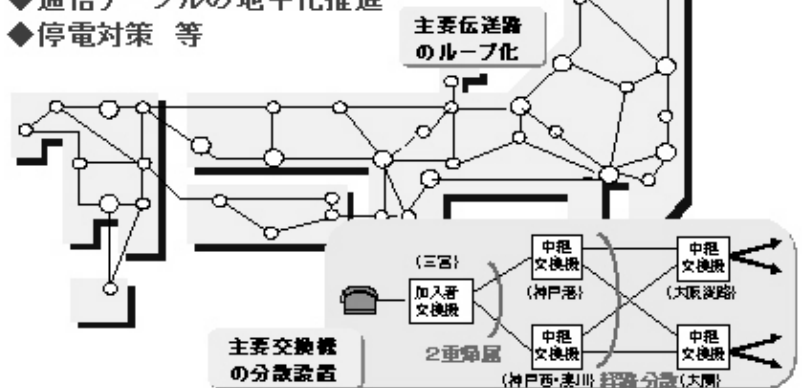


図 6.13 中継伝送路のループ化・2ルート化

## ウ システムのコントロール

### (7) ヘルスモニタリングシステム

西日本エリア全域の通信設備（交換機：7万装置・伝送装置：12万装置・通信ケーブル：15万km）および通信状況を防災拠点として建築した神戸中央ビル（西日本ITオペレーションセンタ）で365日24時間、一元的に監視することによりネットワークの信頼性向上に努めている。異常が発生した場合は、最善の措置を判断し遠隔制御や現地修理手配による迅速なサービス回復を図っている。

また、監視装置の故障に伴うネットワークコントロール機能の低下が大きい装置については、震災後、遠隔地に予備機を配置し、被災に伴い監視装置が故障しても通信設備の故障状況が把握できるように改善した。

### (4) 設備の被災把握など復旧支援ツールの開発

阪神淡路大震災において、アクセス系では架空配線設備の被災が多く、被災状況の把握に長時間を要したため適時・適切に社内外への被災・復旧状況の情報発信ができなかった。

この反省をもとに被災規模の早期把握のため「被災把握システム」などを導入してきたが、時間の経過によるシステム陳腐化が進むとともに、運用環境も変わり見直しの必要が出てきた。

そこで、新たに大規模災害時の被災規模を早期に把握するため、シミュレーションによる全貌の把握、目視などによる被災状況を地図上に表示し、被災規模の把握および災害発生時の設備情報、顧客情報を迅速に把握し、復旧支援を行うシステムの検討、開発を進めている。

## エ 緊急対応の体制強化

### (7) 初動体制の見直し

震災前の災害対策マニュアルは、旧支店単位に作成していたが、NTTの構造改革や広域的な連携の必要性から、NTT兵庫グループが一体となったマニュアルに変更している。また、具体的な見直し内容は下記の通りである。

#### a 災害発生時の駆けつけ体制

災害が発生するおそれのある場合、または災害が発生した場合に設置する災害対策本部の構成とおもな役割、本部員の指定について、NTT兵庫グループ各社で明確

化を図り、体制の発令がされた場合は、本部員は災害対策本部に駆け付けることとした。

**b 災害対策本部員の自動参集**

兵庫エリアにおいて、震度 6 以上の地震が発生した場合は、災害対策本部員全員、震度 5 以上の地震が発生した場合は、情報統括班の班員が、体制の発令の有無にかかわらず災害対策本部に自動参集することとした。

**c 広域応援体制における実施内容の充実**

広域的な支援が必要となる災害が発生した場合は、NTT グループ全体での広域応援体制を迅速に確立するためにマニュアルの充実を図った。

なお、上記 a～c などの見直しを実施してきたところであるが、今後の課題として、東南海・南海地震を想定した措置計画などの対策をとるため、地震による液状化想定地域と非液状化地域、設備の経年を加味した影響度合いのシミュレーション、中央防災会議の東南海・南海地震防災対策推進基本計画での指定地域との関連を踏まえ、被災時における重要回線などの措置計画の策定、耐震対策について取り組んでいる。

**(1) 輻輳対策**

今回の災害は、情報化社会になって初めての大都市を直撃した大災害であったことから、過去に類を見ない大規模な通信の輻輳をもたらした。これは、電話回線の故障のみならず、避難所へ移動した被災者の自宅へ繰り返し電話をかけるといった現象が輻輳を増加させたと考えられる。

そこで、このような輻輳を緩和し、被災者の安否など緊急不可欠な情報の伝言蓄積および読み出しが可能なシステムを開発し、災害用伝言ダイヤルサービスとして導入した。

このシステムは、災害時に見られる全国から被災地への電話回線は混雑するが、被災地から全国への発信および被災地外と全国間の電話回線は比較的余裕があるという特徴を利用し、被災地から全国 50 箇所を設置した伝言蓄積装置に安否情報などを登録しておけば被災地外から被災者宅へ電話することにより安否情報が再生できるボイスメールシステムとなっている。

一方で、災害時に優先すべき通話については、輻輳時での通話を確保する。電話接続に優先順位を設け、防災機関や病院などについては、輻輳時にも通話ができるようにしている。(図 6.14)

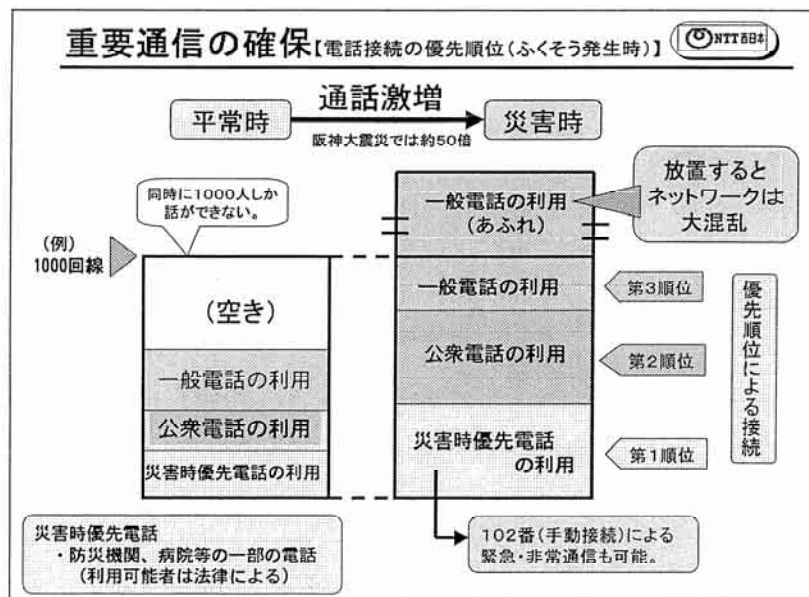


図 6.14 輻輳対策

## (ウ) 被災地の情報流通支援

NTT は、情報流通時代にあわせ、これまで災害時に提供してきた、特設公衆電話、災害用伝言ダイヤルという電話による情報媒介を実施してきたが、これに加えマルチメディア時代に対応し、被災地の方々が被災、復旧情報および安否確認をインターネットで取得できるように、「インターネットアクセスステーション」を用いたインターネット接続サービスを新たに提供し、学校、公民館といった公共的設備で、自治体とネットワークで結び、被災時に直ちに情報流通が可能となっている。

震災時にも、災害時優先電話、特設公衆電話（無料）および街頭公衆電話の利用解放は有効であったが、新たに下記のシステムを導入した。

### a 通信衛星システムの多角的利用

通信衛星システムは災害に極めて強い特質を持っており、今回の阪神・淡路大震災の復旧においても、従来から配備していた「衛星車載局」に加え、最新鋭の「ポータブル衛星通信システム」を使い特設公衆電話の設置などをおこなった。今後は小型の端末による緊急通信システムや主要有人局へのバックアップ回線の設定などが可能となる。

### b 非常・緊急通話

地震などの自然災害などにより非常事態が発生した場合に救援やライフラインの確保、秩序維持のために必要な事項に関する非常通話また前述の非常事態以外の緊急事態が発生した場合の緊急通話が必要な場合には、市外局番なしの「102 番」をダイヤルすれば他の通話に優先してつなげることが可能な非常・緊急通話を準備している。

### c 110・119 番緊急通話

通常の 110・119 番通話は NTT の専用回線を介して都道府県の警察本部・消防本部などの指令台に直接つながる仕組みになっていますが、被災に伴いこの専用回線が不通になった場合は、一般電話網に切り替えることにより 110・119 通話を確保する対策をとっている。

## 7 今後への提言

### (1) 緊急対応の体制強化

#### ア コーディネータ機能の設置

緊急対応に当たっては、広域にひろがるシステムに対応した人員や機械の召集・割り当て・派遣さらに兵站部門が大切で、これらの準備は重要なライフライン地震防災となる。

そのため、現場の輻輳や手戻りが発生しないよう、民間、県、市町など多岐にわたるライフライン事業者のコーディネータが必要である。コーディネータは、一定の広域性に対応するため、県が望ましい。現在、県は「兵庫県地域防災計画」の中で、個々のライフライン事業者との情報交換はあるものの、総合的なコーディネータ機能は不足しており、県が主体となって取り組むことが望まれる。

たとえば、1989 年ロムプリエタ地震の際には、サンフランシスコ市北部のマリーナ地区でライフラインの被害が発生して、復旧が行われたが、その折にはトレーラーコンテナが数台現場の近くに設置されて、復旧現場指揮本部の役割を果たしていた。コンテナ内には各ライフラインのその地域内における管路網図や復旧計画表が張られており、互いに復旧状況が把握できるような体制がとられていた。ライフラインは同じ道路下に埋設されて、被害把握や復旧作業が混乱するため、道路管理者がコーディネータ機能の中で果たす役割は大きい。

#### 【コーディネータに期待する役割】

① 各機関の被災状況、道路情報を一元管理し、各機関の連携を図った整備プロセスを

示す（とくに異業種間）。

- ② 情報の一元管理に際しては GIS を活用（各機関のマッピングシステムを利用）。
- ③ 住民との双方向の情報共有システムも必要。
- ④ 各機関の持つ資材・人材の共同利用（地震計、車、人（外部の応援隊も含め））を図る。
- ⑤ 各機関による総合防災演習の開催。

## イ 災害情報管理システムと災害復旧支援システムの確立

地震時にはライフラインシステムに物理的あるいは機能的損傷が生じるが、それらは適切な方法で、できるだけ早く回復を図らなければならない。しかし、大都市域では異なるライフラインが同じ道路下に埋設されることも多く、互いの損傷と回復作業の間には強い相関が存在する。すなわち、ライフラインの相互連関を配慮する必要がある。したがってライフラインの災害情報システムを確立して緊急対応と復旧に関わる機関に知らしめる必要がある。かかる災害情報システムが確立されると互いのライフライン事業者間で災害把握と復旧作業に関して連携がなされ、早期に調和のとれた回復プランが作成されることになる。

災害情報システムの確立のためにはコンピュータを駆使してリアルタイムデータを収集し、その分析と結果の伝達を図る必要がある。さらに詳細には地震直後に責任あるライフライン事業者が災害現場でデータをインプットして、災害情報システムの指令センターに伝達し、それが各ライフライン事業者知らされるシステムの構築が必要である。時々刻々に入力される災害と復旧のリアルタイムデータを各ライフライン事業者が知ることによって適切な復旧計画を時々刻々に変更することが可能である。このようなコンピュータシステムではモバイル GIS（地理情報システム）や GPS<sup>注5)</sup>が有効である。

加えて、復旧戦略の策定、復旧班の編成、復旧資機材の配分、応援部隊の配置などをシステムチックに検討できる復旧支援システムが必要である。水道やガスの復旧には長期間を要するケースが多く、一人の担当者が復旧作業を指揮するのは困難な場合が多い。専門家の知識と経験を生かせる復旧支援システムの構築が望まれる。復旧支援システムには、ブロック化や緊急停止・制御の支援システムも組み込まれるとよい。

## ウ GIS（地理情報システム）の活用

GIS の特徴は膨大なデータを視覚的に取り扱い、異なる種類のデータを重ね合わせて分析するところにある。GIS によって以下のようなことが可能となる。

ライフラインの被災と復旧に関するデータを柔軟に処理する。

高い精度を持って被災・復旧状況のデータを視覚的に表示する。

同時並行して行われる復旧作業の状況を相互に分析する。

復旧作業をライフライン相互に関連づけながら確立できる機能は復旧戦略策定に有用である。1994 年ノースリッジ地震の折には GIS を用いて効率良い復旧作業が行われた。

GIS を用いた被災や復旧に関するシミュレーションが試行的に実施されつつあり、今後ライフライン地震工学に果たす役割はますます大きくなっていくと考える。

## (2) 地震被害予測システムの確立

### ア 地震被害予測システムの確立

ライフラインが地震に対して信頼度が高いという点に関して 2 つの意味合いがある。1 つは施設的に被害を受けないことであり、他は被害をうけても早期に復旧できる点にある。被害予測システムは①事前に利用して施設の耐震化や耐震補強効果を評価する場合、②発震直後にリアルタイムに被害予測を行って点検場所などを特定する目的のものである。

大阪ガスで②が開発されるなど、一部で技術革新されつつあるが、①の技術は発展途上である。今後は、ライフライン全体が共同で①と②のシステムを確立し、ライフライン全体で効率的な投資や住民への防災に対する意識向上（防災投資に対する理解、被害

予測の把握など)に活用すべきである。

#### イ 東南海・南海地震への対応

関西地域に発生が危惧されている東南海・南海地震は、阪神・淡路大震災とは異なり、長周期地震動の発生と津波被害が予測されている。長周期地震動・津波ともライフライン被害に大きな影響を与えることが考えられる。被害予測システムの中にこれらの影響を反映できるシステムの構築が望まれる。

#### ウ リアルタイム地震動モニタリングシステムの充実

ライフラインの敷設されている全域に地震計を設置し、あるレベル以上の地震動をキャッチすれば、システムの一部または全体を二次災害の波及を防止できるように自動的に遮断できる目的で設けられるものもある。これまで、ガス・水道・鉄道のライフラインシステムでガスの漏洩や列車の転覆を防ぐために実用化されている。さらに地震計の配置の仕方によっては、波動が当該地に到達するまでの時間差を利用して二次災害の発生を防止できるような目的を持つモニタリングシステムも現存しており、CUBE<sup>注6)</sup>やUrEDAS<sup>注7)</sup>などがある。地震計の配置法・計測地震動と処理法・地震動の補間・地震動と被災の相関性などの課題が十分に解決されていく必要がある。

### (3) ハード整備方針の確立

#### ア 施設の重要度に応じた耐震化の推進

##### (7) リスク管理手法の導入

各ライフラインシステムは、その被害がシステム全体の機能麻痺につながるような重要な役割を果たす施設と、限定した地域の機能麻痺につながる施設被害に分類することができる。重要な施設については、高レベルな地震動に対しても機能を失わないような耐震化を進める必要があり、それ以外の施設に対しては、高レベル地震動に対してはある程度の被災を許容するような考え方が阪神・淡路大震災以降主流となっている。また、そのシステムの供用期間中に1~2度発生するような地震動についてはいずれの施設にも被害を発生させないことが大切である。

ライフライン防災に関しては、多くの不確定要因を考慮しつつ、社会・経済的な影響も配慮して、限られた時間内に、予算制約も踏まえ、地震防災対策を下記の項目を考慮して策定する必要がある。

- ① 直接および間接の危険度の軽減
- ② 防災投資の費用便益効果
- ③ ライフラインの信頼性向上

この10年間の防災対策をみると、各機関が上記の考え方に基づき実施しているが、より効果的に上述の項目を配慮して、ライフライン防災投資を進めていくためには、防災計画の策定・評価・選択にリスク管理手法を用いることが望ましい。その中で、今まで不足していた異業種間の連携や津波・水害に対して充実させることが必要である。

##### (4) 重要度に応じた耐震化（救命ライフラインへの重点投資）

上記の重要な施設には救命施設（消防、病院、防災拠点、避難所など）がある。今回の震災においては、救命活動によって救出された生存者は3日目から激減する（図7.1）。その原因の全てがライフラインの分断ではないが、限られた財源の中でも、救命の視点に立った救命ライフラインの整備が必要である。

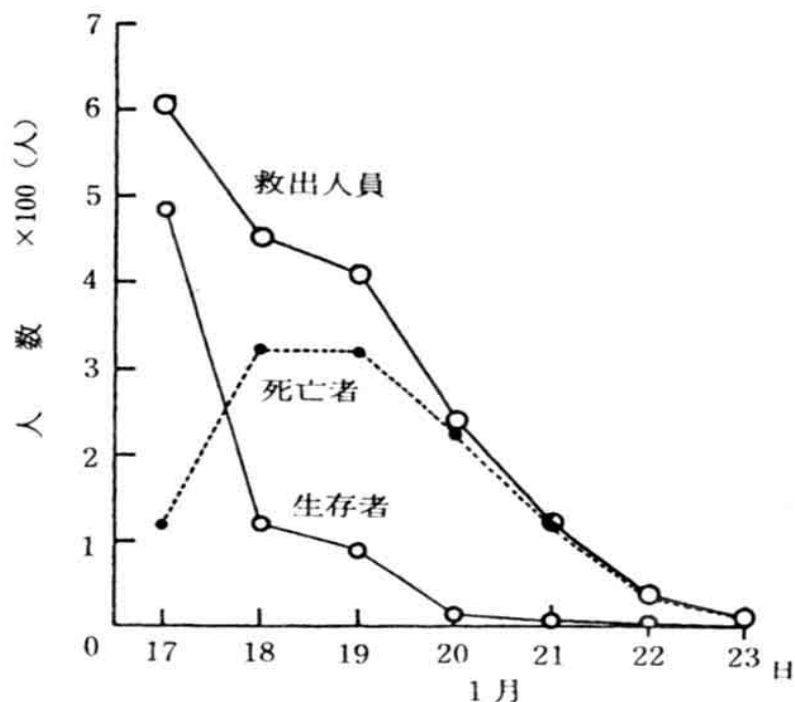


図 7.1 救命活動により救出された生存者数<sup>12)</sup>

ガスでは緊急病院などへの供給ルートの耐震化を推進し、平成 16 年度には完了する予定となっているが、水道などについても同様の取り組みが必要である。また、本論文の検証対象とはしていないが、道路や鉄道も広義のライフラインであり、整備にあたっては、緊急輸送路や避難路の耐震化や電線類の地中化を優先するなど、同様の視点で整備すべきである。

## イ 施設の地下化の推進

### (7) 共同溝、電線共同溝、ライフラインボックスの整備

重要な施設については、各ライフライン事業者のシステム整備の計画を勘案しながら、耐震的に強い共同溝などへの収納および管路新材料などの採用によって耐震化を図ることが重要である。阪神・淡路大震災時には、地下施設の被害把握と復旧が困難であり、電力などの早期の復旧に架空施設が有用であったことなどから架空設備を存続する考え方もあるが、一般に地下設備は地震にも強く、被害把握手法の進展も見られるので、都市の景観や環境整備の観点から、ライフライン設備の地下化を強力に推進していくことが望まれる。

震災直後、新たな手法として、復旧に時間を要したガス・水道の供給系施設について、被災箇所を検出が容易で迅速な復旧が可能となる L・L・B (ライフラインボックス) の整備を検討した (図 7.2)。今までに、県道尼崎池田線などの 3 路線で試験施工が行われたが、既設管の撤去および仮移設費などの費用負担や経済性、施工性、維持管理面に対応した構造型式などの課題があり、休止状況となっている。今後は、課題を検討し、導入促進に取り組むべきである。

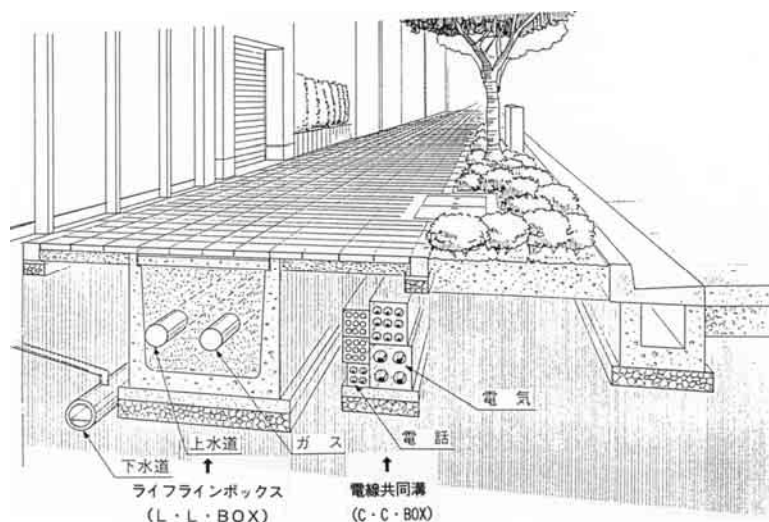


図 7.2 L・L・B のイメージ図<sup>3)</sup>

#### (イ) 東南海・南海地震を踏まえた地下化の検討

今回の検証にあるように、一定の地震対策が行われ、地震防災機能が向上した。一方で、東南海・南海地震の津波や今年の7月に発生した新潟・福島豪雨、福井豪雨のような、水に対する意識は低い。とくに、地震対策のための設備の地下化が、水防に対しても強いのかといった課題があり、引き続き検討が必要である。

#### (ウ) 電力・通信のバックアップシステムの充実

ライフラインはその機能を発揮するためには互いに連携して動作することが求められる。とくに電力は他のライフラインの機能維持に欠かすことはできない。上下水道・通信・ガス供給システムも電力なしにはその機能を十分に発揮できない。さらに、地震後の緊急対応には電力とともに、通信システムも他のライフラインの機能維持に不可欠である。幸いにも電力・通信ともに比較的早く復旧するのが通常であるが、電力・通信の途絶が他のライフラインの機能維持に影響しないように早期の復旧が図れるような配慮をするとともに、バックアップシステムを準備することが重要である。

#### ウ ブロック化の推進

地下埋設のライフラインの復旧については時間を要することから、上水道やガスのネットワークについてはブロック化し、被害を最小限にとどめることが必要であることが、中越地震及び台風 23 号においても実証された。既に、上水道については神戸市が 123 箇所ブロック化を、ガスについても 55 のミドルブロック、126 のリトルブロックの細分化を行っている。今後は、他市町等においてもブロック化を推進していくべきである。また、あわせて上水道の緊急貯留システムも推進すべきと考える。

#### エ ハード整備における危機管理意識の向上

自治体によって取り組みに大きな差がでてきている。たとえば、上水道の自治体別の耐震化率は 0～33.2%と大きな差となっている。必ずしも市町が一様に耐震化率を向上する必要はないが、施設の重要度を見極め、市町の危機管理意識を向上する取り組みが必要である。

また、下水道については耐震化やネットワークの信頼性の向上などへの取り組みが弱い。今まで、生活排水処理率を高めることが必要であり、「生活排水 99%大作戦」を推進してきたことや他のライフラインとは救命に関わる度合いなど、一概に比較することはできないことからやむを得ない面もある。しかし、生活排水処理率が 93.3% (平成 14 年度末) に向上したことや下水道が被災すると他施設にも影響することなどを踏まえ、今後は積極的に取り組むべきと考える。



## オ 設備更新工法の技術革新

都市の拡大が安定した状況にある現状では、ライフラインシステムの新規拡大事業はあまり期待されず、既存施設の維持管理が重要である。ライフライン都市インフラの整備が一段落して、30～50年を経過する設備もあり、今後ますます老朽設備が増大することが懸念される。既存設備の更生工法には新技術が導入されつつあるが、さらなる耐震性に配慮した設備更新工法の発展が望まれる。

### (4) ライフライン・ヘルスマニタリングシステムの充実

システム的なライフライン地震防災は平常時においても有用なことが望ましい。ライフラインシステムの一部に日常的なトラブルが発生した場合に、それをキャッチし、対応策をとれるような仕組みは、地震時においても活用される。日常的なライフラインシステムの健全度を監視するシステム地震防災対策として活用していくことが望まれる。電力における継電リレーシステムや通信ケーブル内に封じ込められたガス圧を遠隔監視するシステム、さらには水道やガスの流圧や流量をコントロールするシステムは地震時にも有用であった。

将来的にはライフライン要素施設の変形や応力を自動計測するセンサーの開発、異常フローをアラームするシステムなど先端技術を駆使しながら、スマートライフラインシステムの構築が望まれる。

### (5) 街づくり・環境対策へのライフラインの寄与とライフライン災害対策協議会の設置

都市インフラ整備が一段落した現状では、ユーザーの多様な要求に答えながら、街づくり・環境問題への積極的な寄与が求められている。各ライフラインシステムは個人や企業へのエネルギー・情報・水の供給と処理を行う機能とともに、都市づくり・環境問題と深く関わってきており、その役割は多様なものとなってきている。電力・ガスライフラインは地域冷暖房などエネルギー課題を積極的に展開しており、通信ライフラインシステムはモバイル通信の発展によって情報化社会を確実なものとして、街のありかたや個人の生活のスタイルを変える段階にまで来ている。上下水道などの供給処理ライフラインシステムは水の再利用などによる景観・街の環境保全にあらたな役割を果たそうとしている。地域におけるライフラインの役割が多様になればなるほど、それらの地震時などの災害に対する安全性が求められる。

一方、ライフライン事業の規制緩和に伴って、電力・ガス事業者はお互いに競合事業体となり、NTTの民営化によって通信事業体の競争も一段と厳しくなっている。さらに、上下水道の民営化や国際基準ISOの導入検討によって、質の高い水の供給・処理が求められている。

このような状況の中で、各ライフラインは互いの特性を生かしながら、均整の取れた地震対策を実施することが重要である。阪神淡路大震災10周年の検証を機会に、兵庫県のリーダーシップのもとで、県下に関わる事業者で構成するライフライン災害対策協議会の設置を提案したい。本協議会では下記の要領で、各種事項について協議を行う。さらに、「(1) ア コーディネータ機能の設置」における提案も含めた協議が望ましい。

- ① 通常時は半年に一度程度の開催
- ② 災害時・緊急時に随時開催
- ③ 国内外の災害時のライフライン被災情報を共有
- ④ 地震被害予測、地震計情報の共有化に関する検討
- ⑤ 災害対策の情報交換と推進（東南海・南海地震対策検討）
- ⑥ ライフライン緊急対応時の総合訓練
- ⑦ 共同溝化の検討 など

## 8 台風 23 号、新潟中越地震における検証

災害に備えるためには、危機意識や防災意識を継続的に持ち、取り組むことが必要である。台風 23 号や新潟中越地震による被災は、震災から約 10 年を経て弛緩が生じていた意識を再び引き締めるとともに、これまでの取り組みを検証する機会となった。

### (1) 教訓が生かされた項目

第 2 章において、阪神・淡路大震災で得た教訓について述べた。第 3 章では、具体的な取り組みについて整理し、記述している。

今回の被災では、“緊急対応の体制強化”による大きな成果があった。阪神・淡路大震災を契機とした各種相互応援協定の締結や充実、災害対応マニュアルの整備、復旧に必要な資機材の充実、平時における防災訓練の実施などにより、迅速に応援体制を確立することができた。対策本部の立ち上げや職員の招集なども速やかであった。

“ネットワークの信頼性向上への取り組み”にも成果があった。長岡市では、神戸市水道局の緊急貯留システム（2 池配水システム）を阪神・淡路大震災後に採用し、今回の地震において、応急給水の確保に役立っている。

一方で、道路の崩壊に伴う管路破断や、耐震化の未整備に起因する被害が多数発生したことから、防災に対するハード面からの取り組みに課題を残した。

### (2) 提言の重要性

阪神・淡路大震災の教訓をもとに、第 4 章で今後への提言をおこなった。この提言のいくつかは、今回の災害により、その重要性を確認することとなった。

特に必要性を感じたのが情報の一元管理と、その情報を提供するシステムの構築である。今回においても、ライフライン相互の影響が顕著に表れていた。電力の停止によって水道ポンプが稼働せず、給水機能が停止した。水道の停止によって、自家発電の冷却水が不足した。ガス管に壊れた水道管からの水が流入して、ガスの復旧作業を阻害したなど、多くの事例を確認している。相互影響を考慮し、速やかな復旧を行うためには、ライフライン事業者間で情報を共有することが不可欠であり、情報を管理、発信する機関として、自治体が重要な役割を担うことが必要である。なお、道路が冠水、崩壊などにより利用できず、復旧車両が途中で引き返すなど非効率な面があったことから、道路状況も合わせて情報管理することが望まれる。

また、水道などにおいて、提言で推奨しているブロック化や自動遮断システムを採用しておらず、復旧に時間がかかった。一方で、中央監視センターが管の破断による水位低下を感知し、迅速に対応ができた例がある。ヘルスマonitoringシステムの効果である。これらシステム面の着実な取り組みを望む。

### (3) 新たな課題

台風 23 号による被害では、復旧活動に新たな問題があった。地震の場合は揺れがおさまれば直ちに復旧作業に着手できるが、洪水による冠水被害の場合は、水が引くまでは復旧作業に着手できない。結果、復旧が長期化した。

新潟中越地震による被害は、孤立集落の発生など都市部とは異なる環境下での災害であり、同様な町村規模、地形、ライフラインの整備環境におかれた地域にとって、どのような防災対策が有効かつ効率的かを新たに問う機会となった。

国の財政支援について、検討が必要である。上水道<sup>※1</sup>場合、阪神・淡路大震災では、財政支援一括法の適用による優遇処置<sup>※2</sup>がとられた。台風 23 号では、地域としては激甚災害の指定を受けたが、他の公共土木施設とは異なり、水道施設は激甚災害法の対象外であるために補助率の嵩上げが無く、市町の負担が大きい。

※ 1 簡易水道なども含む。

※ 2 国の補助率 8/10

## 9 おわりに

上水道・下水道・ガス・電力・通信ライフラインについて、被災・復旧の概要と、この10年間における地震対策の進捗状況について検証をおこなった。検証の視点は、①耐震化、②ネットワークの信頼性、③システムのコントロール、④緊急対応の体制強化、である。その他、各ライフラインに特有の課題がある場合には、上記4点以外にも検証を行っている。各ライフラインの地震安全対策の進捗状況結果をベースに、最終章では今後への提言を取りまとめている。

平成7年の阪神・淡路大震災は、ちょうどバブル景気が崩壊して、経済低成長期と時期を同じくしていた。上記①～③は膨大な設備投資を必要とする地震対策である。各ライフライン事業者は防災投資が困難な経済状況の中でも、設備の耐震化に多大の努力をした状態が伺われる。しかし、当初目標とした耐震化対策が厳しい経済状況の中で充分には進まなかったことも事実である。一方、上記④の緊急対応の体制強化については、きめ細かい防災計画や緊急対応計画・マニュアルの作成がなされて危機管理体制は飛躍的な進展を遂げたことが知られる。しかし、この点に関しても各ライフライン事業者が独自に緊急対応体制を整えている状況にあり、今後ライフライン事業者間の連携や、行政のコーディネート機能を強化していく必要性が感じられる。

今や、関西地域は阪神・淡路大震災の震後ではなく、東南海・南海地震の震前と考えると地震防災対策を進めることが肝要である。東南海・南海地震では、阪神・淡路大震災とは違う被災が予想される。人間の知恵の間隙をねらって襲ってくるのが自然災害である。東南海・南海地震による津波災害や長周期繰り返し地震動によって、ライフラインも異なった被災形態を示すことも考えられ、また予期しない被害も危惧される。

今回の検証報告書をもとに、産官学が連携した「関西ライフライン研究会」や「神戸安全ネット会議」等を活用するなど、行政、ライフライン事業者、研究者が一体となって、地震時の安全・安心を確保するため、地震防災に取り組んでいくことを期待する次第である。

### (用語説明)

#### 第2章

##### 注1) アースダム

土を主体にしたダム。土堰堤とも言い、古くからあるかんがい用溜池などはこれに該当する。

##### 注2) 洞道

NTTの電話回線などが収納されている地下トンネルのこと。地震をはじめとする災害からケーブルを守ることができる

##### 注3) シールド工法

シールドと呼ばれる円形型の掘削機をつかって、先端のカッターを回転させてトンネルを掘る工法。掘削機に続いてセグメントと呼ばれるコンクリート製のブロックを周囲に張り付けてトンネル断面を形成する

#### 第6章

##### 注4) SI値(Spectrum Intensity)、カイン(cm/sec)

スペクトル強度値と呼ばれ、構造物が受ける地震動の強さを表す指標で被害と高い相関がある。SI値が大きいほど、構造物は強い地震エネルギーを受けることになり、震度とおおよその関係がある。

カインは、地震動の大きさを速度の単位であらわしたもの

## 第 7 章

### 注 5) GPS (Global Positioning System)

人工衛星を利用して自分が地球上のどこにいるのかを正確に割り出すシステム。高度約 2 万 km の 6 つの円軌道に 4 つずつ配された米国防総省が管理する GPS 衛星からの電波を利用し、緯度、経度、高度などを数十メートルの精度で割り出すことができる (『IT 用語事典』)

### 注 6) CUBE (Caltech and USGS Broadcast of Earthquake)

地震情報の放送を目的として、カリフォルニア工科大学 (Caltech) と米国地質調査所 (USGS) が共同で開始したプロジェクト。1990 年に始まった。発生した地震の全体像を把握し、地盤情報や住宅などの社会基盤情報と組み合わせることによって、大きな被害が生じた地域を迅速に想定することを目的としている。

### 注 7) UrEDAS (Urgent Earthquake Detection and Alarm System)

新幹線などが地震に遭遇したとき、安全を確保するために、自動停止させる、無線による地震情報早期伝達システムの名称。東海道新幹線で 1992 年に運用を開始した。「ユレダス」は、地震の初期微動 (P 波) を検知して、地震の規模や発生位置を推定し、120 ガル以上の主要動 (S 波) を予測したり、実際に 40 ガル以上の S 波を観測した場合には、地震の影響があると考えられる箇所に警報を発し、主要動 (S 波) が構造物に到達するまでに列車を停止あるいは減速させる。

### (参考文献)

- 1) 「大震災に学ぶ」 社団法人 土木学会 関西支部
- 2) 「ライフライン」 高田至郎 上野淳一、阪神・淡路大震災誌、朝日新聞 大阪本社
- 3) 「阪神・淡路大震災誌 (土木施設の地震災害記録)」 兵庫県
- 4) 「阪神・淡路大震災一兵庫県の 1 年の記録」 兵庫県
- 5) 「地震に強い電気設備のために」 資源エネルギー庁
- 6) 「水道の耐震化計画策定指針 (案) の解説」 財団法人 水道技術研究センター
- 7) 「水道施設耐震工法指針・解説 1997 年版」 社団法人 日本水道協会
- 8) 「救命ライフラインとしての水道機能」 高田至郎、水道公論 (2002/9)
- 9) 「ライフライン地震工学における研究体系と今後の展開」 高田至郎、土木学会論文 (No. 640/I-50, 1-18, 2000. 1)
- 10) 「ガス地震対策検討会報告書」 ガス事業新聞社
- 11) 「大容量送水管整備事業 (第 I 期) パンフレット」 神戸市水道局
- 12) 「都市大災害」 河田恵昭
- 13) 「中間報告書 (1995/7)」 下水道地震対策技術検討委員会