

## 5.12 供給・処理施設の応急復旧 (Recovery of supply and disposal systems)

### Abstract

The damage and recovery of supply and disposal lifeline systems in the Great Hanshin-Awaji Earthquake Disaster is outlined with emphasis on physical and functional failure and various types of emergency operations. Essential functions of electric power supply, gas supply, water supply, and sewage disposal systems were lost due to severe and extensive damage to network facilities. Immediately after the earthquake, electric power supply to 2.6 million customers was disrupted. Taking advantage of network redundancy, power outage was reduced to one million customers within two hours after the earthquake. Functional restoration of power supply was completed within a week after the earthquake, which was supported by nationwide assistance of electric power suppliers. Gas supply system suffered severe damage to low-pressure gas pipelines. Five middle blocks were isolated and gas supply to 85.7 customers was disrupted. It required three months and 9 700 repair personnel to complete functional restoration. Water supply system in Hanshin area was characterized by its hierarchical networks composed of water transmission system of Hanshin Water Supply Authority and water distribution systems in four cities. Damage to both trunk and peripheral pipelines caused not only water supply failure to over 1.2 million customers but also delay in detection of water leakage. Though sewage disposal system also suffered severe damage, significant effect could be avoided because of water supply failure and little rainfall after the earthquake.

#### 5.12.1 はじめに (Introduction)

兵庫県南部地震は高度に都市化の進んだ阪神地域を直撃し、上下水道、ガス、電気の供給・処理系のライフライン系に大規模な機能障害が発生した。その被害は被災直後からの災害対応を大きく妨げるとともに市民を生活困窮に陥れ、その影響が図 5.12.1 に示すように長期化し

たためひととき高い関心が寄せられ、テレビや新聞においては「生活関連」として毎日のように被害復旧状況や復旧見込みが報道された。

ここでは、供給処理系のライフライン系の被害と応急復旧についてまとめることとする。ライフライン施設の復旧方法には、一時的な緊急措置としての仮復旧と本復旧があるが、ここでいう応急復旧とは、仮復旧を意味するものではなく、一応の機能を回復するまでの期間になされた復旧作業と災害対応のことを指すものとする。以下、電力供給施設、ガス供給施設、上水道施設、下水道施設の順に、施設被害の概要、地震後の災害対応、機能的な復旧過程、問題点と供給などについて記述する。

#### 5.12.2 電力供給施設 (Electric power supply system)

##### (1) 関西電力(株)の施設被害の概要<sup>2)-4)</sup>

関西電力は、近畿一円の約 1 043 の需要家 (約 2 000 万人) に電力供給を行っており、約 3 万 MW の供給力を備えている。兵庫県南部地震に伴う電力施設の復旧費用は 2 260 億円にのぼる。その内訳は配電設備が最も大きく 960 億円、発電設備 420 億円、送電設備 383 億円、変電設備 167 億円、通信設備 40 億円、その他 290 億円となっている。以下にそれぞれの被害の概要を示す (表

図 5.12.1 阪神・淡路大震災による停電・ガス停止・断水の解消過程<sup>1)</sup> (Number of households without electric power, gas, and water supply)

5.12.1).

(a) 発電所

水力発電所と原子力発電所に被害はなかった。火力発電所には21箇所(計64ユニット)のうち10箇所(計20ユニット)に被害が発生した。地震時に運転中であ

った24ユニットのうち12ユニットが自動停止し、1760 MWの発電支障が生じた。このうち、姫路第二発電所1、3、5号機など4ユニットについては主要設備に被害はなく、当日中に運転を再開することができた。主要電気工作物に被害があったのは、大阪発電所、境港発電所、三宝発電所、姫路第二発電所2号機など8ユニットであり、ボイラー関係の配管や安全弁が損傷した。東灘ガスタービン発電所では地震動と液状化のため、燃料タンクや機器の基礎に不等沈下などの被害が発生している。尼崎東発電所では、工業用水系統の損傷による断水のため発電用水が確保できなくなり、脱硫装置の停止と燃料の切り替えを余儀なくされた。

表 5.12.1 電力供給施設の主な被害<sup>4)</sup>

(Damage to electric power supply facilities)

(b) 変電所

図 5.12.2 に示す 275 kV 変電所 4 箇所(伊丹・西神戸・神戸・新神戸)、77 kV 変電所 13 箇所(葺合など)において、変圧器 23 台、遮断機 9 台などの変電設備および所内土木設備に被害が発生した。変電設備の被害の内容は、基礎アンカーボルトの破断および本体の滑動、ブッシングの破損・漏油、電力用コンデンサーの架台支持がいし破損、分路リアクトルのラジエーター配管損傷などである。275 kV 系統では、上記 4 箇所と淀川および北大

図 5.12.2 主な変電所の位置と地震直後の停電範囲<sup>2)</sup>

(Location of major substations and area without power supply immediately after the earthquake)

阪変電所において、保護継電器の作動によりしゃ断器が開放し、全停となった。伊丹変電所と魚崎変電所では送電線保護リレー装置に被害があった。この他、軽微なものも含めると、861 箇所の変電所のうち 50 箇所が影響を受けた。

(c) 送電施設

架空送電線路には 1 065 線路のうち 23 線路に被害が発生した。主要電気工作物に被害があったのはこのうち 11 線路で、鉄塔損傷 11 基、電線断線 3 径間、ジャンパー支持がいし 3 基などに被害が発生した。また地中送電線路は 1 217 線路のうち 102 線路に被害が確認されており、このうち神鋼灘浜線など 3 線路においてケーブルの損傷により送電不能となった。

(d) 配電施設

配電設備の被害は、総回線数 12 109 (うち神戸支店管内 1 795 回線) の配電線のうち 649 回線 (同 551 回線) が被害を受け、被害率は 5 % (同 31 %) であった。また総回線数 256 の特高配電線については 11 回線に被害があった。

架空配電設備については、支持物の折損・倒壊・焼失・傾斜・沈下などあわせて 11 289 基 (うち供給支障につながるもの 4 534 基)、電線の断線・混線・焼失、あわせて 7 760 径間 (同 2 686 径間)、変圧器のブッシング破損・傾斜・焼失・破損あわせて 5 346 台 (同 1 207 台) など、多大な被害が発生した。これらは神戸支店管内に集中しており、管内でそれぞれ 2.9 %、1.9 %、1.9 % の被害率で震度 7 の地域を中心に広く分布している。支持物の被害は、a)倒壊家屋が電柱に接触したもの、b)倒壊家屋の引込線に電柱が引っ張られたもの、c)電線や共架物に家屋や煙突が接触し電柱が損傷したもの、d)液化化や地震動により電柱が直接被害を受けたもの、に分類される。震度 7 の地域における調査結果では、折損・倒壊した支持物 1 298 基のうち 982 基は上記 a)によるものであった。

地中配電設備の被害は、神戸支店管内の三宮・兵庫・西宮営業所に集中した .12 716 条のケーブルのうち 1 913 条、1 856 径間の管路のうち 437 径間、2 683 箇所のマンホール・ハンドホールのうち 294 箇所に被害が確認されている。ケーブル損傷は、家屋倒壊による電柱の損傷や需要家設備の損壊に起因するものがほとんどであった。また幹線ケーブル被害の約 50 %については架空系統切り替えで対処が可能であった。

(2) 地震発生後の災害対応<sup>2)-4)</sup>

(a)災害対応の時系列

図 5.12.3 停電戸数の時間的推移<sup>2)</sup>(Number of households without power supply)

災害対応の時系列の概要は、次のとおりである (図 5.12.3)。

1月17日	5:46	地震により約 260 万軒で停電
1月17日	7:00	神戸支店に非常災害対策本部を設置
1月17日	7:30	本店に非常災害対策本部を設置，系統復旧により停電軒数が約 100 万軒に減少
1月18日	8:00	変電所復旧 (変圧器二次側母線の充電) 完了，停電軒数 40 万軒
1月21日	2:00	送電線復旧，9:00 には停電軒数 5 万軒
1月23日	15:00	家屋倒壊などにより復旧できない一部を除き応急送電完了

(b) 職員の参集状況

地震当日には、職員自身の被災や鉄道・道路マヒのため、地震直後の職員の参集は悪く、17日9時、13時、および最終の時点での出勤率は神戸支店 2 389 人のうち 37 %、59 %、69 %、本店 2 363 人のうち 9 %、36 %、46 % にとどまった。ネットワーク技術関係要員に関してみると、通常の通勤ルートで出社できた割合は、神戸支店 466 人のうち 10 %、全社 3 077 人のうち 34 % となっており、マイカー・バイクの活用や徒歩が多数を占めた。

(c) 復旧応援体制

このような混乱があったものの、即座に全社的な応援体制が敷かれるとともに、他電力会社や協力会社からの復旧要員が神戸支店管内に送り込まれた。応急送電が完了した 1月23日までの技術系復旧要員数の推移を図 5.12.4 に示す。復旧要員数のピークは、ネットワーク技術関係においては 1月21日の 4 701 人 (社員 794 人、

図 5.12.4 技術系復旧要員数の推移<sup>3)</sup>  
(Number of repair personnel)

電力各社 291 人，協会社 3 616 人)，発電・送電・変電・通信設備関係では，1 月 18 日の 2 529 人（社員 947 人，協会社 1 582 人），全体では 1 月 21 日の 6 148 人であった。東北・東京・中部・北陸・中国の電力各社からは，人員 326 人の他にも高压発電機 52 台，高所作業車 43 台などの応援を得た。

(d) 後方支援活動

神戸支店管内における復旧活動を支える後方支援として，200 品目におよぶ生活物資が主として大阪・姫路方面から輸送された。道路の著しい渋滞のため，これらの物資輸送が本格化したのは海上輸送の開始後(大阪 1 月 19 日，姫路 1 月 17 日)であった。数量の面で最も多かったのは，弁当とお茶で，1 月 17 日～3 月 3 日の間に約 25 万食分であり，そのピークは復旧要員数と同じく 1 月 21 日で 18 130 食であった。

(3) 送電機能の復旧過程<sup>2)-4)</sup>

災害復旧に関しては，当面の機能回復のため 5 日以内に全域で応急送電完了，2 ヶ月程度で仮復旧，半年から 1 年で本復旧，数年で本格復興が目標とされた。

(a) 系統復旧

地震により，図 5.12.2 に示すように明石市から京都府南部にかけての広い範囲で停電が生じた。最大停電戸数は 260 万軒，供給支障電力は 2 836 MW にのぼり，初期被害は水道・ガスよりも大規模であったが，系統復旧が即座に開始され，被害規模は急激に縮小した。当初，275 kV の上位変電所から復旧を進める方針であったが，巡視結果から 275 kV 変電所の被害が大きいために，77 kV 系統の健全系統より復旧する方針に変更された。西宮変電所からの 77 kV 連絡線を経由した系統復旧の措置によって，2 時間後の停電戸数は神戸市や西

図 5.12.5 1 月 18 日 8 時現在の停電範囲<sup>2)</sup> (Area without power supply as of January 18, 8am)

宮市など 100 万軒にまで減少した。需要の少ない時間帯であったため，送電可能なところから順次復旧することができたことや，負荷自体が被害により減少していたこと，一時停止した火力発電所 4 ユニットが当日中に運転を再開できたことも，系統復旧に有利な要因であった。

(b) 変電所・送電線の復旧

供給支障のあった 18 変電所に対しては，隣接変圧器または他系統への切り替えによる復旧を行ったが，葺合変電所については移動用変圧器による応急復旧を要した。破損した変電機器の修理の際は，予備のストックや他電力会社の資材応援を活用した。18 日 8 時には一応，全変電所において変圧器二次側母線の充電が完了し，電気の供給が可能になったことにより，停電戸数は 40 万軒に減少した(図 5.12.5)。

送電鉄塔が損壊した有馬線では，系統切り離し作業や仮鉄柱の設置，系統切り替えによる復旧作業を行い，19 日 18 時に完了した。ケーブル収納の鋼管に被害があった神鋼灘浜線の 77 kV 地中送電線路については，需要家の神戸製鋼灘浜工場の自家発電機が故障しており早期復旧が望まれたため，21 日 2 時に葺合変電所から 33 kV で仮送電を開始した。これにより送電線の仮復旧は終了した(図 5.12.3)。

(c) 応急送電と地域支援

応急送電にあたっては，重要負荷への緊急送電と被災者を優先すること，工事量を最小限にとどめると同時に最大限の工事力を投入すること，「作業安全・設備安全・電気安全」の徹底により二次災害の防止に努めることが重視された。また膨大な人員に対する指揮命令系統を明確にするため，営業所内に変電所単位を基本とする適正規模のブロックを構成し，各ブロックの責任者の指揮のもとに独立して作業が進められた。

図 5.12.6 高圧系統の仮復旧方法<sup>2)</sup> (Temporary recovery operations of high-voltage power distribution lines)

家屋損壊の著しい区域では、高圧線の切り離しや変圧器一次開閉器の開放によって、被害が大きい地域を除外するとともに、健全区間に対しては、バイパスケーブルや仮架線によって仮系統が構成された(図 5.12.6)。重要負荷への配慮としては、他電力会社の協力を得て、防災拠点 5 箇所、病院 9 箇所、避難所 42 箇所の計 56 箇所に発電機車を配置し、応急送電を行った。上位設備の機能的復旧が迅速だったこともあって、地震から一週間後の 23 日 15 時には配電可能な需要家への通電が完了した(図 5.12.3)。

この他、停電で困窮する被災地域への支援の一環として、避難所周辺における被災者者の安全通行確保のために、街路灯の設置を行う「ライトアップ作戦」に全面協力し、1 000 灯以上を設置した。さらに、病院や避難所など衛生確保の必要性が高い施設で断水が生じていたため、水の不要な電気焼却式トイレを 20 台設置した。

#### (4) 問題点と教訓<sup>4)</sup>

電力の回復は水道やガスとは比較にならないほど迅速であった。これは宮城県沖地震の教訓などにより設備耐震化が進んでいたこと、地下埋設設備が少なく被害発見と修繕が容易であったこと、仮配電線の架設による応急配電が可能であったことなどによる。NTT の単独柱の倒壊や、その他の通信・放送・鉄道事業者の通信ルート

が確保できない事態が生じたため、通信ケーブルの共架申請を受け入れ、他ライフラインの応急復旧にも貢献した。

その一方で、今回の停電の及ぼした影響は、むしろ都市機能を完全に喪失させるに十分な被害であった。重要施設の停電対策である蓄電池や自家発電機は、長時間停電には耐えられず、装置そのものが破損したケースも多い。例えば神戸市内の 8 局の NTT 交換所では、施設被害は軽微であったものの商用電源の途絶とバッテリーの倒壊や過放電が重なり、28.5 万の加入回線が被災した。移動電源車による応急的な電源供給が確立されるまで、最長約 30 時間の通信機能マヒの原因となった。また被災地域の病院では、自家発電機を設置していたにもかかわらず、断水のため潤滑油の冷却水が得られず、有効に作動しなかった例が多く報告されている。高層マンションでは、停電により受水層から高架水槽へのポンプアップが不能となった結果断水し、なおかつエレベータが使えないために重いポリタンクの水を持って階段の昇り降りをする必要が生じた。このように停電は、あらゆる場面で複合的な影響を及ぼすため、ハード面/ソフト面での対策強化によって地震時機能性をさらに改善することが望まれる。

表 5.12.2 ガス供給施設の主な被害<sup>4)</sup>  
(Damage to gas supply system)

図 5.12.7 ガス供給エリアの大ブロック分割と中ブロック分割<sup>5)</sup> (Large and middle blocks of gas service area)

### 5.12.3 ガス供給施設 (Gas supply system)

#### (1) 大阪ガス(株)の施設被害の概要<sup>4)-7)</sup>

兵庫県南部地震により被害を受けた大阪ガス(株)は、近畿2府4県に570万戸の需要家にガス供給を行っている。供給エリアは図5.12.7に示すように、8つの大ブロック(西部・神戸・大阪北・大阪市内・大阪東・大阪南・奈良・京都)、さらに細かい55の中ブロックに分割されている。地震時には被害の大きいブロックへの供給を遮断し、他ブロックへの供給を継続できるようになっている。大ブロックは遠隔操作による遮断ができるが、中ブロックは手動操作を必要とする。さらに各戸レベルでの安全装置として感震遮断装置(マイコンメータ)が需要家の約72%に設置されていた。

地震による被害の復旧費用は、導管網約1750億円など1900億円にのぼる。各施設の被害の概要を示す。

#### (a) 製造設備・貯蔵設備・基幹施設

姫路・泉北・北港の各製造所および中圧のガスホルダーには被害はなかった。中央指令室、コンピュータセンターなど制御系の基幹施設にも異常はなかった。

#### (b) 高圧幹線

総延長416kmの高圧導管には全く被害は発生していない。またバルブステーションにも異常はなかった。

#### (c) 中圧設備

中圧設備には、導管部分に17箇所、バルブ継手部に89箇所、計106件の被害が発生している(表5.12.2)。供給停止地区における被害率は導管部分で0.03件/km(延長569kmで17件)、バルブ継手部で0.04件/基(1

982基のうち78件)である。中圧導管は2月24日に復旧を完了した。

#### (d) 低圧導管・内管

低圧導管・内管にはあわせて26459件の被害が発生し、深刻な供給支障の原因となった(表5.12.2)。被害の内訳は、低圧本支管5190件、供給管6184件、内管15085件であり、供給停止地区における被害率は本支管で0.92件/km(延長4953kmで4440件)、供給管で135件/万本(計391000本で5309件)、内管で1.7%(復旧対象の69万戸のうち11898件)であった。被害の多くはネジ接合部に発生しており、PE(ポリエチレン)管の被害は発生していない。低圧導管は4月11日に復旧を完了した。

#### (2) 地震発生後の災害対応<sup>4)-7)</sup>

##### (a) 災害対応の時系列

災害対応の時系列の概要は、次のとおりである。

1月17日	5:50	供給エリア内での震度5以上確認
1月17日	5:52	本社・各地区に対策本部を設置
1月17日	11:30	神戸2・3ブロック(長田区、東灘区等神戸市の一部、芦屋市)の供給停止(386300戸)
1月17日	16:15	大阪北7ブロック(川西市、伊丹市、宝塚市、西宮市の一部、猪名川町、豊能町)の供給停止(103300戸)
1月17日	19:10	神戸1ブロック(芦屋市、西宮市の残り全域、宝塚市の一部)の供給停止(220400戸)

- 1月17日 21:00 神戸4ブロック（神戸市の残りの一部、明石市の一部）の供給停止（124 000戸）
- 1月18日 日本ガス協会に対して全国ガス事業者の応援を要請、中圧導管の復旧作業開始
- 1月21日 低圧導管の復旧作業開始（西宮市の一部地区）
- 1月23日 差し水等のため新たな供給停止を加えて供給停止戸数が最大の857 400戸に達する
- 2月24日 中圧導管の復旧作業完了
- 2月25日 復旧率が50%を超える
- 2月28日 家屋の倒壊や焼失により152 000戸を除く705 000戸が復旧の対象とされる
- 4月11日 瓦礫による道路封鎖等のため復旧にとりかかれぬ一部を除きガス供給停止地域の復旧作業完了
- 4月17日 本社・各地区に対策本部解散、兵庫復興本部・震災復興推進室を設置

(b) 職員の参集状況

先に述べた関西電力と同様、地震当日の職員参集状況は悪く、17日9時、13時、17時の時点でのマニュアル動員人員数に対する出社率は、本社で1 457人のうち26%、80%、95%である一方、兵庫地区では998人のうち9%、33%、33%にとどまった。兵庫地区では平常時、975人が公共交通機関を利用してしたが、地震当日の利用実績は0であった。

(c) 被害情報の収集と供給遮断

地震発生後、様々な手段によって被害情報の収集が開始された。主な情報源は、テレメータ監視による地震加速度、製造設備稼働状況、ガス送出量およびガバナ圧力と、設備の巡回点検、電話によるガス漏洩情報、テレビによる被害情報、ヘリコプターによる目視などである。

地震によって中圧・低圧導管網に被害が生じ、漏洩ガスへの引火による二次災害の危険性があることが判明し、特に兵庫地区では午前10時以降、ガス漏洩通報が急増したため、順次供給遮断が決定された。図5.12.8に示すように、結果的に2つの大ブロック（神戸・大阪北）にまたがる5つの中ブロック（神戸1~4、大阪北7）で供給遮断の措置がとられ、834 000戸への供給が遮断された。このほか、大阪市、豊中市、尼崎市、伊丹市の一部などにおける局所的な供給停止23 400戸をあわせて857 400万戸でガスが停止した。

(d) 復旧応援体制

復旧にあたってはまず、大阪ガス社員と関連会社から約6 000人が動員された。さらに地震翌日の1月18日には日本ガス協会と全国ガス事業者に対して応援要請が出され、以下のような形で応援体制が順次増強された。

1月19・20日	21事業者1団体	1 827人
2月1日	62事業者1団体	497人
3月1日	69事業者1団体	1 388人
合計	155事業者1団体	3 712人

最終的にはあわせて9 700人という規模で復旧作業が進められた。なお全国の一般ガス事業者が約250社で、メータ数5 000以上は150社程度である。復旧作業は本社対策本部と兵庫地区対策本部（今津）の指揮のもと、後述のように復旧人員・資機材の基地16箇所を拠点にして進められた。

(3) ガス供給機能の復旧過程<sup>4)-7)</sup>

中圧ガス導管の復旧作業は地震翌日の1月18日から開始され、被災状況下で特に公共性・緊急性の高い施設が優先的に供給再開された。また地震から4日を経た1月21日には、低圧ガス管の復旧作業が西宮市の一部地区で開始された。低圧導管網の復旧作業は安全のため、

- (a) 需要家のメータガス栓の閉栓、
  - (b) 復旧地域の導管の遮断・ブロック化、
  - (c) ガス漏れ検知や管内TVカメラによる漏洩調査、
  - (d) 漏洩箇所の特定と道路掘削、破損部分の修理、
  - (e) 需要家ごとの内管等の点検・修理、
  - (f) 需要家のメータガス栓の開栓、
- という工程をたどる必要があり、膨大な人員と時間

図 5.12.8 ガス供給が停止した地区<sup>6)</sup> (Area without gas supply after the earthquake)

を要する。まず供給停止区域を需要家 3 000～4 000 戸を単位として導管を遮断してセクター化が進められた。当初は、これまでの震災事例での復旧効率を勘案して、1 セクターを 4～5 日程度で復旧を完了、1 日約 2 万戸のペースで作業を進める方針で、約 1 ヶ月半で全戸復旧という目標がたてられた。ところが図 5.12.1 に示したよう

に、1 ヶ月半を経た時点での復旧率は 70%にも達しておらず復旧作業は難航した。

図 5.12.9 は復旧戸数・復旧班数・復旧歩掛りの推移を図示したものであり、当初の作業効率の目安である 1 日 2 万戸のペースが達成されたのはわずか 1 日であったことがわかる。復旧困難な地域の作業が増加した 3 月以降

図 5.12.9 ガスの復旧戸数・復旧班数・復旧歩掛りの推移<sup>7)</sup> (Daily number of households recovering gas supply, daily number of gas pipe repair teams, and their capability of daily progress)

表 5.12.3 作業状況によるガス復旧の歩掛りの比較<sup>7)</sup>  
(Comparison of recovery capability of gas pipe repair teams in various conditions)



表 5.12.4 ガス供給施設の地震被害と復旧の比較<sup>4)</sup> (Comparison of damage and restoration of gas supply systems)

図 5.12.10 大阪ガスの復旧基地<sup>5)</sup>  
(Base of gas pipe repair teams)

には、特に復旧効率が落ちている。最終的には復旧用ブロックとしてのセクター数は 222 に及び、70.4 万戸の完全復旧に 85 日を要して、復旧効率は平均約 8 300 戸/日にとどまった。平均的には、1 セクターの修理完了に 7~8 日を要した計算となる。

このように復旧作業の進捗状況が悪かったのは、以下のような復旧支障があったことによるものである。

(a) 漏水や地下水のガス修理箇所への浸水やガス管への差し水が生じた。管内カメラ班による差し水調査の後、抽水班や管内土砂排除専門班などの特別隊の作業を必要とするなど、作業性が極端に低下した。表 5.12.3 に復旧歩掛りのまとめを示す。被害が甚大か否か、差し水の多少、液状化の有無によって復旧歩掛りは大きく異なる。特に、被害甚大で差し水が多かった地域と、被害が甚大ではなく差し水も少なかった地域では、4~5 倍もの開きが生じていることがわかる。

(b) 道路上の家屋倒壊の瓦礫や放置車両などの障害物により、バルブ操作や道路開削・修繕の作業が不能となった。本来の復旧手順を変更し、全半壊家屋や解体家屋の引き込み線の切断のみを行う「復旧先行隊」と、復旧困難な地区の修繕工事や復旧完了後の再漏洩調査と漏洩箇所の修繕を専門に行う「復旧フォロー隊」を編成し、復旧作業工程を短縮する工夫がされた。

(c) 激しい交通渋滞に阻まれ、復旧班の移動に支障をきたした。移動時間を短縮するため、本社対策本部と兵庫地区対策本部（今津）以外に 16 箇所の「前進基地」や「車両基地」を設けたり（図 5.12.10）、早朝移動により渋滞を避けるなどの工夫をした。また復旧作業要員や資機材の輸送のため、海路・空路の輸送ルートを確保した。初期の 3 日間は天保山岸壁を拠点としたが、1 月 20 日からは物資集配の保管場所や交通アクセスの便がより優れた西島製造所を集積中継拠点とした。

病院・斎場・ゴミ焼却場など公共性の高い重要施設に対しては、優先的に復旧を進める方針がとられ、2 月 15 日までに中圧供給で 15 件、代替燃料で 105 件の優先復旧が行われた。一般市民に対しても、ガスが途絶している間の代替熱源供給として、LP ガス器具やカセットコンロ 17 万台、カセットボンベ 113 万本の貸与がなされたり、簡易入浴設備の設置が行われ、生活困窮を緩和する方策がとられた。

本社では需要家からの問い合わせ専用電話を設置して対応にあたり、ガス漏れ通報 25 000 件、マイコンメータ遮断に関する問い合わせ約 29 000 件を処理した。

#### (4) 問題点と教訓<sup>4)</sup>

これまでの地震災害では、供給エリアのブロック分割が行き届いておらず、被災地域が局限化されなかったケースが多かった。1978年宮城県沖地震では仙台市ガス局など4事業者、1983年日本海中部地震では男鹿市企業局など3事業者で全戸停止となった(表5.12.4)。一方、1993年釧路沖地震で被害を受けた釧路ガスでは、ブロック遮断により地震から2時間40分の時点で全需要家の14.2%に被害を局限できた。今回もブロック遮断によって供給遮断率は15%にとどまり、その区域は被害集中区域とほぼ一致していることから、概ね正しい判断が下されたとみることができる。

一方、遮断開始までに6時間、完了までに15時間以上を要し、やや遅れがあったこと、供給遮断後も管内の残留ガスの漏出が続いたことなど、問題点も明らかになった。電気が通電した際のスパークが着火源となって火災原因となったケースが報告されており、今後の復旧作業の進め方に課題を残した。

施設の耐震化方策に関しては、溶接鋼管、GMII、SGMなどのメカニカル継手を有するダクタイル鋳鉄管、融着接合のポリエチレン管などの配管方式は、可とう性が高く地盤の変位に追随でき、今回の地震でもその効果が再確認された。内管においてはフレキ管の耐震性能が確認されている。

釧路沖地震における低圧ガス導管の復旧作業は凍土に阻まれて作業性が悪かったが、今回は、システム間の相互連関の問題が顕著であり、道路・水道・建物など他システムの被害の影響による復旧支障が生じた。従来の耐震化方策に加えて、収容方法の改善や組織間の連携による解決策を見いだす必要がある。

#### 5.12.4 上水道施設 (Water supply system)

##### (1) 上水道施設の被害の概要<sup>8)-14)</sup>

阪神・淡路大震災では、様々な事業規模・システム特性・地形的条件をそなえた多数の事業者が被害を受け、兵庫県下だけでも約126万戸に及ぶ未曾有の規模の断水が発生し、都市機能に長期にわたる影響を及ぼした。阪神地域は水源に恵まれず、神戸(給水人口129.0万人)・尼崎(同49.3万人)・西宮(同42.4万人)・芦屋(同8.7万人)の4市の配水機能は、共同出資の阪神水道企業団による淀川からの導・送・配水に依存する。給水能力ベースの自己水源率は神戸24%、尼崎25%、西宮42%、芦屋21%と極めて低く、阪神水道企業団の幹線網から受水し、市内配水管網から各戸への水供給を行っている。上水道システムの被害の特徴は、こうした階層的な水供給システムに、広く被害が発生したことである。ここでは阪神水道企業団と、各事業者の管路網被害の概要を記す。

図 5.12.11 阪神水道企業団のネットワーク施設と被害の位置<sup>14)</sup>

(Pipeline network of Hanshin Water Supply Authority and location of damage)

表 5.12.5 阪神水道企業団の管路網の被害<sup>14)</sup> (Damage to pipelines of Hanshin Water Supply Authority)

(a) 阪神水道企業団の被害<sup>8),9),12)</sup>

阪神水道企業団の施設概要を図 5.12.11 に示す。管路網は 1936 年の事業開始以来、5 期にわたって整備が進められ、延長は取水管 3.9 km、導水管 64.8 km、送水管 46.4 km、配水管 57.9 km となっている。淀川系統は、淀川ポンプ場から淀川導水路で導水され、尼崎事業所(浄水場・ポンプ場)、尼崎送水路、西宮ポンプ場、西宮送水路を経由する第 1 期系統と、甲東ポンプ場、甲山浄水場、甲山送水路を経由する第 2 期系統に分かれるが、越木岩受水池で合流し越木岩送水路を経て最後に神戸市に至る。3 期・4 期・5 期に整備された大道系統は、大道ポンプ場、大道導水路、猪名川浄水場、甲東ポンプ場、甲東送水路、芦部谷送水路を経由して神戸市に至る。一部で多重化されたネットワーク形状となっているほか、10 区間 472.6 m の系統連絡管により冗長化が図られている。

兵庫県南部地震によって生じた管路網被害の概要は表 5.12.5 に示すとおりである。導・送水路については、第 1 期淀川導水路が最も長期化したほか、第 3 期猪名川

送水路、第 3 期甲東送水路、第 4 期西宮送水路、第 3 期芦部谷送水路に被害が生じた。

また 1937～1971 年の間に布設された配水管路網は、尼崎市へ配水する第 2 期東部配水管、西宮市へ配水する第 1・2・4 期中部配水管と第 2 期西部配水管、芦屋市に配水する第 2・4 期西部配水管のあわせて計 6 系統に、铸铁管 77 箇所、ダクタイル铸铁管 9 箇所などの被害が発生した。

基幹施設では 2 系統受電を行っていたが、その上位変電所が地震直後に送電停止したため、甲山浄水場、西宮・甲東・大道・淀川ポンプ場などで停電となった。ほとんどが 1 時間以内に復電したが、甲山浄水場のみ 3 時間を超えた。

(b) 各事業体の配水管被害<sup>10)</sup>

日本水道協会のまとめによる配水管被害の概要について述べる。配水管および属具(仕切弁、空気弁、消火栓、分水栓ほか)の被害箇所数を事業体別にまとめたものが表 5.12.6 である。被災した事業体をすべてあわせると被害件数は約 4 000 件にのぼったが、ここに記載されてい

表 5.12.6 各事業体の配水管被害件数と平均被害率

(Number of damage to water distribution pipelines and average damage rate in seven cities)

るのはその一部であり、これら7事業体をあわせた被害件数の総数は3,630件である。被害件数では神戸市、西宮市、芦屋市、大阪市の順に多い。一方、属具を除く被害の単位布設長あたりの平均被害率では、芦屋市、西宮市、北淡町、神戸市の順となっている。被害部位については、平均的には、継手部が52%、管体部が26%、属具が21%を占めている。7事業体の合計3,630件の管種別内訳と、各管種の布設延長および単位布設長あたりの平均被害率は、表5.12.7に示すとおりである。被害が最も多かったダクタイル管(DIP)では管体部の被害はわずか11件で、継手に被害が多発したが、耐震継手(S, SII形)には被害が無く、一般継手(A, K, T形)に集中した。鋳鉄管(CIP)では管体破損が多いほか、印ろう形継手やA形継手の緩みと抜けが多かった。硬質塩化ビニル管(VP)や石綿セメント管(ACP)においては、平均被害率は1(箇所/km)を超えた大被害となっているが、前者では継手部破損、後者では管体部破損が多い。また管径別にまとめた表5.12.8をみると、布設延長が長い小口径の配水管に被害が多発している。口径が大きくなるに従って、属具被害の割合が高くなっている。

#### (c) 神戸市における給配水管の被害<sup>11)</sup>

表5.12.9は、神戸市における各事業所ごとの給配水管被害の修繕件数をまとめたものである。一箇所につき複数回の修繕を行った場合があるので、ここでは配水管の被害総数は2,283件となっており、表5.12.6の被害件数および被害率とは値が異なる。神戸市では配水管の材質および継手の改善によって耐震化が進められ、全体の90%近くが耐震管路と称されるタイプとなっていた。被害が集中したのは東部・中部・西部の各センターであり、特に東灘区・灘区・中央区・兵庫区・長田区の被害が甚大であった。これらは震度7の地域と概ね一致していると同時に、耐震化率の低い行政区でもあった。給水管の修繕件数は、道路上で14,561件、宅地内で75,023件、合計89,584件に及んだ。神戸市の給水管の約9割は塩化ビニル管であるが、平常時の漏水修繕は鉛管(LP)が多数を占める。しかし地震での被害は、塩化ビニル管のエルボ、チーズなどの継手に被害が多発した。なお芦屋市と西宮市の道路上の給水管被害はそれぞれ約380件であった。

#### (2) 地震発生後の災害対応<sup>11)</sup>

個別の被災都市における災害対応については、紙面の都合上、神戸市を中心として記述する。

##### (a) 職員の参集状況

地震当日の職員参集状況を神戸市水道局についてみる

図5.12.12 神戸市における他都市修繕応援人数の推移<sup>11)</sup>  
(Number of recovery technicians from other cities in Kobe City)

図5.12.13 神戸市における給水車数の推移<sup>11)</sup> (Number of water tank trucks in Kobe City)

と、17日9時、12時、最終の時点での出勤率は、本庁で197人のうち19%、38%、52%であり、当日中に出勤できた103人のうち53%は、本来の勤務公署ではない他部署への出勤であった。また事業所では、当日中の出勤率は837人中の70%で585人と本庁よりもやや高く、そのうちの勤務公署への出勤率は62%で、これも本庁よりやや高い割合であった。

##### (b) 復旧応援体制

広域に多発した水道管の被災を修繕するため、配水管修繕に関しては日本水道協会を窓口として他都市への応援要請が出され、給水装置の修繕に関しては、他水道事業体などを通じて公認業者である指定工事店に応援要請が出された。宅地内の被害は本来、市民が個別に修繕す

表 5.12.10 神戸市水道局への市民・企業からの問い合わせ<sup>11)</sup>

(Query to Kobe Waterworks Bureau from citizens and private companies)

ることになっているが、被災者の状況や漏水止水と給水栓確保などの必要性を鑑みて水道局が対応した。図 5.12.12 は、神戸市における他都市修繕応援人数の推移を示す。道路上修繕は 14 000 件を超えた道路上の給水管被害の修繕に携わった人数である。

(c) 応急給水活動

断水による生活困窮を救済するため、大がかりな応急給水活動が行われた。応急給水の方法は、給水タンク車や携行缶による運搬給水が主であったが、交通渋滞に阻まれて効率が悪かった。このため通水区域の拡大にあわせて、消火栓からの給水車への注水、消火栓を用いた仮設給水栓の設置、仮設配水管の布設、宅地内給水栓の確保などの手段がとられ、応急給水の効率向上と市民の水運搬距離の減少が図られた。応急給水は、他都市、自衛隊、民間などの協力のもとに行われた。図 5.12.13 は、神戸市における給水車数の推移を示す。応援のピークは 1 月 25 日で、83 都市、民間 20 団体ならびに自衛隊から 804 人の人員と 432 台の給水車によって応援給水が行われた。また給水船からの応急給水も行われ、海上自衛隊から 6 隻、海上保安庁から 2 隻、民間から 3 隻が用いられた。消火栓等からの臨時給水栓の設置数は、7 週間目にピークとなり約 900 箇所が設置された。

(d) 広報活動

被災した水道事業者は、広報紙、新聞などの報道機関、パソコン通信などを通じて、復旧状況や給水拠点などに関して市民への情報提供を行った。しかし復旧が予定通り進まなかったことや、情報内容が十分に市民に伝わらなかったことから、通水見込み、応急給水状況、漏水などに関する電話問い合わせが殺到した。表 5.12.10 は、

図 5.12.14 阪神水道企業団から各市への送配水量<sup>12)</sup>  
(Amount of water delivered to four cities from Hanshin Water Supply Authority)

神戸市水道局への市民・企業からの問い合わせの内容を集約したものであり、時間経過とともに苦情の色彩が強くなっている。経過日数とともに件数は減少したが、通水率の向上と比較すると断水戸数あたりの問い合わせ件数はかえって増加した。

(e) 後方支援活動

神戸市では、災害復旧用資材の購入金額は、配水管用資材 4.7 億円、給水管用資材 1.9 億円などあわせて 6.6 億円にのぼり、例年の平均年間購入金額約 10 億円の約 70 %に達した。資材の調達にあたって、資材事務所から業者に直接発注し、資材の搬出・入庫を 24 時間可能とする体制がとられた。

応援受け入れ体制として、食事と宿泊施設の確保が重要課題となる。神戸市ではピーク時(1 月 28 日)5 688 食、

図 5.12.15 市内送配水量の地震前後比（1/10～1/16の平均値を1とする）<sup>12)</sup>  
(Amount of water supply in seven cities; normalized to pre-quake weekly level)

図 5.12.16 断水戸数の解消プロセス<sup>12)</sup> (Number of households without water supply)

合計 278 843 食の食事が確保され、宿泊施設の利用は、ピーク時(2月6日)1 271 人、合計 57 394 人に及んだ。

### (3) 配水機能の復旧過程<sup>12)</sup>

#### (a) 阪神水道企業団の施設被害の影響

阪神水道企業団の幹線被害に伴って、関連4市における水供給に大きな支障がでた。阪神水道企業団から各市への送配水量は図 5.12.14 に示すように、平常時との比で神戸 32 %、尼崎 57 %、西宮 32 %、芦屋 16 %まで低下した。尼崎市と神戸市の回復は比較的早い。尼崎市では、第3期系統の猪名川事業所から配水が可能であったこと、第2期淀川導水路が連絡管により尼崎事業所と連結していたこと、水源に比較的近く基幹施設被害の影響を受けにくかったこと等による。また神戸市内へは、ほぼ健全であった第5期系統が第1期越木岩送水路に分水可能であったこと、両者が神戸市中心部で相互連絡していたこと、などによる冗長性が初期の機能回復に有効であり、その後も芦部谷送水路と西宮配水路・甲東送水路

の復旧に伴って配水量が増加した。これに対して西宮市と芦屋市では、西宮ポンプ場の10日間におよぶ機能マヒなどの影響を直接受けたことと、両市へ配水する西部配水管と中部配水管の損傷が大きかったことから配水量の低下が長期化した。西宮市では、西宮送水路の通水時(10日後)には配水量が回復しているが、断水解消に結びつくまでにはさらに数日を要している。芦屋市では甲山送水路から分岐する第2・4期西部配水管の被災し、1月28日(11日後)に第4期西部配水管が復旧するまでは配水量の増加はほとんど見られなかった。下流側の施設は上流側の施設被害の影響を直接受けることとなった西宮・芦屋両市では、漏水発見のための試験通水さえ行えない事態に陥った。

#### (b) 各市の総配水量の変動と断水解消過程

図 5.12.15 は、各市における一日総配水量(神戸市・芦屋市は阪神水道企業団からの送配水量のみ)の変動を、地震前1週間の平均値に対する比で表したものである。配水量は様々な変動パターンを示している。配水量減少

の要因としては、1)緊急遮断や幹線被害による配水停止、2)阪神水道企業団からの送配水量の減少、3)漏水による配水池枯渇などが挙げられる。配水量増加の要因としては、1)十分な配水池容量により漏水を覚悟した配水継続、2)通水完了後にも残存する管路被害による漏水などが挙げられる。各市における断水解消過程を図 5.12.16 に示す。特に大きな被害を受けた神戸市・西宮市・芦屋市では復旧が難航した様子が見られる。神戸市・西宮市・芦屋市の最大断水戸数はそれぞれ 65.0 万戸、15.7 万戸、3.3 万戸であり、一応の通水完了日はそれぞれ、4 月 17 日、2 月 28 日、2 月 28 日である。以下、これら 3 市における配水機能の復旧過程について述べる。

#### (c) 神戸市<sup>11)</sup>

市内では配水管の水圧が急速に低下したため、漏水発見が困難な状況に陥った。阪神水道企業団からの送水回復にあわせて、配水池への貯留、試験通水および漏水箇所探知、配水管および給水管の修繕、という順序で復旧作業が進められた。通水順序は、当初、1)被災地や医療機関を多く含む給水人口が多い配水区域、2)配水管の破裂・漏水が少ない配水区域、3)地滑り・土砂崩れの危険性の少ない地域、の順で優先する方針で試験通水を面的に開始したが、被災箇所が極めて多数であることが判明したため、1)配水幹線の通水・修繕、2)小ブロックごとの修繕、の順に改められた。漏水が特に多かった東部・中部・西部管内では、漏水探知機により漏水調査を専門に行う民間業者が投入された。漏水箇所が多数であったため水圧が低下し、漏水音が小さく効率は悪化したが、1 月下旬から約 3 ヶ月の間に、延べ 4 310 人の人員により、約 3 700 件の漏水が発見・修理された。4 月下旬に

は有効率が 80 %にまで回復し、日量約 10 万 m<sup>3</sup>の漏水が減少されたと推定されている。

図 5.12.17 は、神戸市内の 5 事業所ごとの復旧率を示す。北区に比して垂水区・西区がやや遅れ、被害が集中した長田・須磨・中央・兵庫・東灘・灘の六区の復旧が遅れたことがわかる。10 日後(1 月 27 日)以降には、芦谷谷送水路と西宮送水路の通水を受けて通水率が上昇したが、25 日後(2 月 11 日)以降あたりからは送配水量不足の影響が再び現れ、第一期淀川導水路の復旧まで停滞した。さらに 2 月下旬頃からは道路を覆った倒壊家屋のガレキ処理待ちのため、断水解消が難航した。2 月末には、倒壊・焼失家屋の多い地域、地滑り・道路崩壊等の地域、液状化や陥没のある臨海部の一部等、復旧条件の整わない地域を除いて仮復旧が終了、3 月末には陥没のひどい一部臨海部を除く住宅地全域で仮復旧終了、4 月 17 日に神戸市全域での応急復旧を終了した。

#### (d) 西宮市<sup>13)</sup>

西宮市は関連 4 市の中では阪神水道企業団への依存率が最も低い。配水系統は北部・南部地区に分かれている。配水機能に大きな支障があった南部地区は、複数の配水系統が連結する多点注入系の形態となっている。前述のように阪神水道企業団の中部・西部配水管の被害により受水量が低下した。自己水源系は、自然流下の越水・丸山浄水場と 3 箇所の配水槽、ポンプ圧送の鯨池・鳴尾・武庫川浄水場などの施設よりなる。地震前には各施設の貯水量はほぼ満水であったが、自然流下系においては漏水により数時間で貯水がなくなり、供給再開までに 30 ~ 76 時間を要した。ポンプ圧送系では、鯨池浄水場が配水管の被災状況からしばらく供給を見合わせた。鳴尾・武庫川浄水場では、停電が解消した 2 時間半後には供給を再開している。

復旧は主に市北東部より開始されたが、断水解消プロセス(図 5.12.16)を見ると、2 月 1 日時点での通水率はわずか 20 %であり、復旧の初動体制が最も遅れたといえる。市南西部は阪神水道企業団からの給水区域であり長期断水となった。図 5.12.16 で 32 日後(2 月 19 日)以降に断水が解消しているのはこの地域であり、2 月末によろやく通水が完了した。

#### (e) 芦屋市

阪神水道企業団からの受水地点および奥山浄水場から、高区・中区・低区の配水池を経て、自然流下方式で市内に配水される。阪神水道企業団からの受水は、第 2・4 期西部配水管およびその上位施設の被害により激減した(図 5.12.14)。芦屋市では、湯水のため地震前から阪神水道企業団からの受水率が 95 %前後まで上がっていた

図 5.12.17 神戸市の事業所別の復旧率<sup>12)</sup>(Restoration ratio in each division of Kobe City)

うえ、自己水源の芦屋川取水口の堤防崩壊のため、浄水場への取水ができなくなった。配水支線には多数の被害が発生したが、自然流下方式のため配水幹線（200～700）は山手側に埋設されており、被害は22箇所と比較的軽微であった。市内9箇所の配水池は地震前には貯水率100%近かったが、2時間あまりで空になり、その後も配水管からの漏水が続いて全面的な断水となった。

復旧作業は1月23日には奥池地区が完了したが、本格的な断水解消は市街地の高区の通水が開始された1月25日以降である。1月末には高区のとんと中区北部の断水が解消したが、通水率は25%に過ぎなかった（図5.12.16）。復旧が遅れたのは、中区西部、第1低区西部、第2低区南部であり、家屋倒壊が集中した国道2号線付近の津知町や川西町では、被害調査すらできない状況が続き、2月末になってようやく通水が完了した。

#### (4) 問題点と教訓<sup>12)</sup>

階層的に上位に位置するシステムである阪神水道企業団の導水路および送水幹線の被害は、関連4市における漏水修理作業や断水解消過程を大きく支配した。その一方で、阪神水道企業団の導・送・配水幹線がなす多重化された構造や系統間連絡管は、ネットワークの冗長性を高める効果を発揮し、一部地域への供給継続に貢献しており、この地域の送配水形態の特殊性を考えると有効な対策であった。冗長性に乏しいシステムでは、系統間連絡などにより信頼性の高いネットワーク構築を推進するべきであると考えられる。

上水道システムの被害対応においては、職員自身の被災、本庁や事業所の被害、大量の家屋倒壊、交通渋滞といった悪条件の中で、職員参集、広域支援要請、被害情報収集、重要施設への配慮、資材調達、漏水探査、破損管の修繕、運搬給水、拠点給水、広報活動、市民の問い合わせ対応、水質管理、後方支援活動など、多様かつ大量の業務を遂行せねばならなかった。想像を絶する事態に見舞われたこの経験は、極めて条件の悪いシナリオを描いておくことの必要性和、その妥当性を示したといえる。

各被災都市においては、今回の水道施設被害の教訓や被災市民の苦情を踏まえて、多岐にわたる耐震化対策が打ち出されている。構造的な強化や施設の危険分散、貯水能力の向上などの対策とともに、以下のような新たな方針も盛り込まれている<sup>14)</sup>。

- (a) 大容量送水管による近隣都市との系統連絡強化と広域ネットワークによるバックアップ実現化。
- (b) ユーザーのニーズや困窮度にあわせた復旧目標の立

案。

- (c) 断水日数・運搬水量・運搬距離を勘案した応急給水対策の立案と、その実現に向けての配水ネットワーク構成、および階層的重要度を考慮した強化戦略の立案。

この地震を契機に、上水道システムの地震防災対策に求められる「品質の高さ」に応えるような目標が掲げられているといえる。

#### 5.12.5 下水道施設 (Sewage disposal system)

兵庫県南部地震は阪神地域を中心とする広い範囲において、処理場・管渠などの下水道処理施設に多大な被害をもたらした。下水道被害は、電力・ガス・上水道のような供給系ライフラインとは異なり、管渠に多少の被害があっても下水が流下可能であったり、断水のために流入水が減少していたり、あるいは処理場で処理を行わずに放流することができるので、直ちに機能障害が顕在化することが少ない。しかし、上水道の復旧と都市活動の活性化とともに排水量の増大が予想されたため、地震直後から様々な応急措置がとられ、下水処理機能の早期回復が図られた。

被災地方公共団体の数は14に及んだが、ここでは紙面の都合上、神戸市下水道を中心として、被害と災害対応をまとめる。

##### (1) 処理施設およびポンプ場の被害と災害対応<sup>15)-19)</sup>

下水処理場については、兵庫県・大阪府・京都府の102処理場のうち43処理場が被災した。特に表5.12.11に示す兵庫県の8処理場の被害が大きく、処理能力に影響が出た。

最も大きな被害を受けたのは、神戸市の最大の施設で埋め立て地に建設された東灘処理場であり、処理能力225,000(m<sup>3</sup>/日)、現況流入水量70,000～80,000(m<sup>3</sup>/日)、処理人口は34.6万人である。ばっき槽や電気・機器設備の被害は比較的軽微であったものの、管路や付帯構造物に被害が集中し、地震被害によって下水処理場が長期間機能停止する初めてのケースとなった。処理場内では、地盤沈下によるとみられる被害が集中的に発生した。処理場に面した魚崎運河の護岸が2～3m滑動して1m前後の沈下が至る所に生じ、導水管の伏せ越し部破損など、場内管路に被害が多発した。最初沈澱池の流入水路の継手部4箇所破断、水処理施設躯体の継手部からの湧水、汚泥濃縮槽・消化槽周り配管折損など、施設や管路の取り合い部分での被害が多くみられた。これらに加え、最初沈澱池の流入管の開口、最終沈澱池の汚泥掻き寄せ機のチェーンはずれなどが発生し、東灘処理場は完全に機



表 5.12.11 処理能力に影響の出た下水処理場<sup>19)</sup> (Damage to sewage treatment plants)

能を停止した。当初は滅菌処理のみを行って放流していたが、水道の復旧による生活用水の流入増大が予想されたため、幅約 30 m の魚崎運河を H 型鋼矢板で仕切って長さ 160 m にわたり仮設沈澱池に改造し、沈澱処理を行う方針がとられた。仮締切工事は 1 月 21 日に開始され 2 月 7 日に完了し、簡易沈澱処理が開始された。さらに 3 月 20 日には凝集沈澱処理が、3 月 27 日には運河の浚渫と污泥脱水が開始された。5 月 1 日からは高級処理が開始された。この措置については、汚水量増大と今後の気温の上昇に伴って悪臭や海面汚染の原因となる恐れがあるため、できるだけ早い撤収が望まれ、9 月 7 日に仮締め切りが撤去された。東灘処理場では管理本館も基礎杭が破断し数十センチ移動するなどの被害を受け、建て替えが検討されており、全復旧は平成 10 年度末の見込みである。

この他の兵庫県下の処理施設では、以下のような被害があったが、2 月末までにすべて仮復旧が終了している。神戸市中部処理場では水処理設備損傷のため能力の 50 % で運転、西部処理場では地下ポンプ室浸水のため能力の 20 % で運転された。ポートアイランド処理場は、許容変位 2 m のジョイントを採用していたためほぼ無被害であり、耐震化策の有効性が確認されている。西宮市では下水道を管轄する建物が被災したため、枝川浄化

センター(処理能力：126 000(m<sup>3</sup>/日))に対策本部が設けられた。西宮市内ほぼ全域で断水状態であったにも関わらず 90 000(m<sup>3</sup>/日)の不明水が流入していた枝川浄化センターでは、最終沈澱池の流出管渠の破損などのため能力の 50 % で運転された。芦屋市では場内ポンプ場から水処理施設に至る送水管の破損をはじめ、導水管・放流管に被害が多発し、処理機能を一時停止した。尼崎市では東部第一・第二浄化センターが、それぞれ污泥掻き寄せ機損傷・送水管破損によって、簡易処理による放流を行った。神戸市・西宮市・三田市が関連する流域下水道武庫川上流処理場では、污泥掻き寄せ機の損傷により能力の 50 % の運転が行われた。武庫川下流処理場および加古川下流浄化センターなどでも管渠やダクトの被害があった。

ポンプ場の被害については、神戸市の 20 箇所のポンプ場で、停電、冷却水槽の破壊、汚水管渠の破断、吐出管の破損などの被害が確認されているが、いずれも流入区域がほとんど断水していたため、機能停止に結びつくような大きな影響は回避された。西宮市においては 10 ポンプ場のうち 6 ポンプ場に、受電設備の破損、浸水、冷却水システムの故障などの被害により機能障害があった。芦屋市では雨水ポンプ場 2 箇所で沈下が生じている。

表 5.12.12 神戸市の汚水枝線の被害状況と応急復旧(1995年5月31日現在)<sup>17)</sup>  
(Damage to sewer branch lines and number of repair in Kobe City; as of end of May, 1995)

(2) 下水管渠およびマンホールの被害と災害対応<sup>17)</sup>

神戸市は汚水管 3 315 km, 雨水管 483 km の下水道管路施設を有し, 処理区域は 16 029 ha である。汚水幹枝線と雨水幹線の一次調査は, 1月18日から22日までの5日間, ほぼ全域を対象として地表面, マンホール内および管内の目視によって行われた。二次調査の対象となったのは, 汚水枝線については面積 5 390 ha, 延長 1 179.6 km, 汚水幹線については 32 幹線, 延長 83.9 km, 雨水幹線については面積 6 000 ha, 延長 378 km である。汚水枝線のうち 58km については, 1995年5月末の時点でも家屋倒壊等による瓦礫のため調査不能となった。

汚水枝線の二次調査にあたっては, 予備調査として管内目視による全スパン調査が行われた。「1%以下の勾配の路線においては, 管内に水が停留し, 水深が 5 cm 程度以上あるもの」もしくは「マンホール間で管が管径の2分の1以上変位(水平・縦断)しているもの」がTVカメラ調査対象と判定され, 1月23日から3月10日までの間, 調査が行われた。汚水枝線の被災状況と応急復旧の状況を表 5.12.12 に示す。被害延長は 48.5 km, 被害件数は 9 326 件であり, 中央区, 東灘区, 兵庫区での被害が多い。応急処置件数では, 取付管が 59% を占め, 次いで管の閉塞 20%, マンホール 18%, 管渠 3% となっている。

汚水幹線は埋設深度が深く, 能力に支障をきたすような被害は概して少なかったが, 調査対象の 32 幹線 83.9 km のうち 27 幹線 4.5 km に被害があった。神戸高速鉄道大

開駅の崩壊により被災した浜崎汚水幹線と管路が落下した深江大橋水管橋では, 陥没箇所を迂回するバイパスルートが設置された。また土砂閉塞した生田低区幹線では工事中の共同溝に仮排水し, 破壊の程度が大きかった葺合灘汚水幹線ではライナープレートで補強が行われた。

雨水幹線については, 管渠損傷の延長が 6.3 km で, 改築が必要なものを大被害, モルタル補修等軽微な補修が必要なものを小被害とした場合, 管渠が大被害 562 箇所, 小被害 451 箇所, マンホール損傷が大被害 194 箇所, 小被害 938 箇所となっている。1995年5月末までにおこなわれた応急復旧は, 閉塞 50 件, 損傷 354 件, 土砂堆積 13 件, 計 417 件である。なお下水道管渠の工事は都市交通機能の阻害要因となるので, 東灘処理区では被災復旧にあわせて分流式化を推進することとし, 合流管を雨水管として使用する方針が決められた。

この他の都市における管渠被害の延長は, 西宮市で汚水および合流式の枝線 25.2 km, 合流幹線 1.9 km, 尼崎市で合流幹線 26.9 km, 合流枝線 20.1 km, 芦屋市で 14.5 km などである。

(3) 排水設備の被害と災害対応<sup>17)</sup>

神戸市では被害が集中した東灘区から垂水区の 5 270 ha 内に設置してあるすべての取付管と接続ますの被害調査が行われた。1 班あたり調査隊 3~4 名, 作業隊 5~6 名の編成で, 30 班が 2月1日から3月10日まで 120 000 箇所を対象として調査を行った。倒壊物などのため

表 5.12.13 神戸市の排水設備修理内容(神戸市管工事業組合受付分, 1995年5月31日現在)<sup>17)</sup>

(Number of repair applications of household drainage and toilet in Kobe City; as of end of May, 1995)

表 5.12.14 神戸市の汚水枝線被害調査の支援状況<sup>18)</sup>

(Number of personnel for damage survey of sewer branch lines from other cities in Kobe City)

に接続する位置不明があったものの、2分の1が調査され、4,298箇所では応急復旧が行われた。

排水設備は本来、個人で修繕されるものであるが、市民からの問い合わせが殺到したため、神戸市管工事業協同組合に業者紹介や相談の窓口が設置され、1995年5月末までに5,032件の修理受付がされた。神戸市管工事業協同組合、下水道局、業者の直接受付分をあわせると、計14,464件であり、その月別内訳は、1月1,392件、2月7,293件、3月3,347件、4月1,426件、5月1,006件となっている。神戸市管工事業協同組合の受付分の修理内容を表5.12.13に示す。排水管の破損とトイレのつまりが多い。また神戸市管工事業協同組合で

は、上水道給水装置の応急復旧の際に、同時に排水設備の点検を行った。24業者で1,639戸の点検を行い、取付管55箇所、接続ます121箇所の応急復旧を行った。

(4) 災害対応への支援状況<sup>17)-19)</sup>

地震当日の人員参集状況を、神戸市下水道局の場合についてみると、事前に予定されていた447名(管理事務所244名、管路施設緊急対策班108名など)のうち55%で245名であった。

被災自治体に対する支援状況としては、建設省、日本下水道事業団および地方公共団体の職員が派遣された。被災処理場の調査と応急対策は、主に日本下水道事業団が担当した。管渠損傷調査が本格化したのは1月24日以降であり、1月24日から28日までは、被災対応経験のある北海道・札幌市・釧路市より6名が復旧手法の現地技術指導のために派遣されている。神戸市の損傷調査には東京、政令指定都市、岡山市、倉敷市などから、西宮市・芦屋市については大阪府下から人員があてられた。表5.12.14は、神戸市において汚水枝線の被害調査および査定設計に携わった応援人員数延べ4,416人の内訳をまとめたものである。

今回の下水道施設被害復旧においては、経費に関わる配慮や制度的な見直しも行われた。激甚災害指定により災害復旧事業費の国庫補助負担率がかさ上げされたのをはじめ、これまで自治体負担であった管渠のTVカメラ調査の費用についても、補助対象に含まれることとなった。

神戸市下水道局のマッピングシステムは崩壊した神戸市役所の旧館6階に設置されており、被害によって使用できなくなった。これにより災害対応に大きな支障が出たが、同じシステムを有していた名古屋市下水道局と神

戸市のデータを保存していた業者と協力し、2 500 分の 1 の図面約 140 枚を 10 部ずつ製作して 25 日に神戸へ送った。施設管理データベースの危険分散が効を奏した。

#### (5) 問題点と教訓<sup>19)</sup>

種々の都市施設が大被害を被った今回の地震では、都市施設相互の被害波及も深刻な事態であり、下水道施設被害に関するケースも多数みられた。池田市では管渠に都市ガスの漏洩ガスが充満し一時危険な状態に陥った。脱水ケーキを処理する東部スラッジ・センターは、東灘処理場の処理水を冷却水として再利用しているため機能停止を余儀なくされた。また至る所で倒壊家屋のため道路が閉塞し、マンホールの蓋が開けられず、調査・復旧活動の支障となった。

下水道の機能障害においては、市民が直接的な影響を受けることが比較的少なく、被害が認知されにくい傾向にある。しかし、上・下水道を都市の水循環を担う一貫システムとして理解すれば、施設整備や災害復旧時などの諸段階で、種々の連携を推し進める必要性があることは明らかである。

また緊急対応の拠点となる建物の被災に備えて、下水道台帳のような基本データは、マイクロ・フィルムや光磁気ディスクなど保管が容易かつ可搬なメディアにバックアップして保管するなどの対策が重要である。

#### 参考文献

- 1) 能島暢呂, 亀田弘行: ライフラインの相互連関, 京都大学防災研究所「阪神・淡路大震災-防災研究への取り組み-」, 1996年1月, pp.360-369.
- 2) 関西電力(株): 阪神・淡路大震災復旧記録, 1995年6月, 394pp.
- 3) 資源エネルギー庁編: 地震に強い電気設備のために, 1996年3月, 278pp.
- 4) 能島暢呂: 阪神・淡路大震災における電力・ガス施設の被害と復旧, 安全工学, Vol.35, No.1, 1996年, pp.50-56.
- 5) 大阪ガス(株)広報部: がす燈震災特別号「阪神大震災 ガス復旧の軌跡」, 1995年7月, 98pp.
- 6) 大阪ガス(株): 阪神・淡路大震災被害・復旧記録, 1996年3月, 197pp.
- 7) 資源エネルギー庁監修, ガス地震対策検討会編: ガス地震対策検討会報告書, 1996年3月, 255pp.
- 8) 阪神水道企業団: 施設概要, 1994年4月, 36pp.
- 9) 阪神水道企業団水道施設耐震化計画検討委員会: 阪神水道企業団施設耐震化提言書, 1995年6月.
- 10) 日本水道協会: 1995年兵庫県南部地震による水道管路の被害と分析, 1996年5月, 189pp.
- 11) 神戸市水道局: 阪神・淡路大震災 水道復旧の記録, 1996年2月, 163pp.
- 12) 能島暢呂, 野田茂, 細井由彦, 上月康則: 兵庫県南部地震における上水道システム被害の復旧プロセスの分析, 第23回地震工学研究発表会講演概要集, 1995年7月, pp.635-638.
- 13) 西宮市水道局: 阪神・淡路大震災(水道復旧の記録), 1995年4月.
- 14) 神戸市水道復興計画検討委員会: 神戸市水道耐震化指針, 1995年6月.
- 15) 建設省都市局: 下水道の被災状況と復旧への取組, 1995年2月20日.
- 16) 神戸市下水道局: 兵庫県南部地震下水道被害報告, 1995年2月24日.
- 17) 神戸市下水道局: 阪神・淡路大震災における下水道復旧の記録, 1995年7月, 37pp.
- 18) 神戸市: 阪神・淡路大震災 -神戸市の記録-, 1996年1月.
- 19) 能島暢呂, 亀田弘行: 下水道, 平成6年度文部省科学研究費(総合研究A)研究成果報告書(No.06306022, 代表: 藤原悌三), 1996年3月, pp.145-154.

表 5.12.7 管種ごとの配水管被害件数と平均被害率

(Number of damage to water distribution pipelines of several types of pipe material and average damage rate)

表 5.12.8 管径ごとの配水管被害件数と平均被害率

(Number of damage to water distribution pipelines of several diameters and average damage rate)

表 5.12.9 神戸市における給配水管の修繕件数

(Number of repair of water distribution and service pipelines in Kobe City)