

### 3. ライフライン部門の復旧活動と今後の取組み

#### 3.1 復旧活動

##### 3.1.1 電力（関西電力）<sup>1) 2)</sup>

###### (1) 設備の被害と応急復旧

地震により複数の火力発電所が停止したが、原子力発電所が健全であったこと、揚水式発電所を運転したこと、停止した火力発電所のうち4機が運転を再開したこと、地震により当日の需要が減少したことから他電力からの応援融通受電には至らなかった。

地震発生による送変電・配電設備の被害により、兵庫県南東部、大阪府北部、淡路島を中心に約260万軒で停電が発生した。直ちに健全な設備を最大限に活用して順次切り替え送電を行い、当日の午前7時30分には神戸市、西宮市などの100万軒にまで停電軒数を減少させた。これらの切り替え操作と並行して、被害設備の復旧に努めた結果、翌18日8時には、すべての変電所において電力の供給が可能となった。地震発生6日後の1月23日15時には全域で応急送電を完了した。停

電軒数の時間推移を図-3.1.1に示す。また、被害を受けた発電所・変電所・送電線路の位置図を図-3.1.2に示す。防災の拠点である警察や消防署、病院、避難所となっている学校や公民館等の重要負荷へは、応急復旧に先立ち、電力各社の応援も得て発電機車による応急送電を実施した。主要な電力設備の被害を表-3.1.1に示し、写真-3.1.1に火力発電所の被害例を示す。なお、水力発電設備、原子力発電設備には被害は発生していない。

表-3.1.1 主要電力設備の被害

設 備		単 位	被害設備数	
発 電 設 備	火力発電所	箇所	10	
変 電 設 備	変電機器	設備	181	
送電設備	架 空	支持物	基	20
	地 中	ケーブル	条	405
配電設備	架 空	支持物	基	11,289
	地 中	ケーブル	条	2,110
通 信 設 備	通信線回線	径間	171	

###### (2) 復旧活動

###### i) 復旧体制

関電では、地震発生に伴い平成7年1月17日午前7時に神戸支店、7時30分に本店、その後京都支店、大阪北支店において順次、非常災害対策本部を設置した。

本店の非常災害対策本部は、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、物資の調達ならびに官公庁、報道機関への報告および連絡にあたった。しかし、今回の大地震により、被災地域の支店や業務設備も被害を受けたことにより、非常災害対策本部の運営方法、情報提供のあり方や集約方法等に多くの課題を残した。

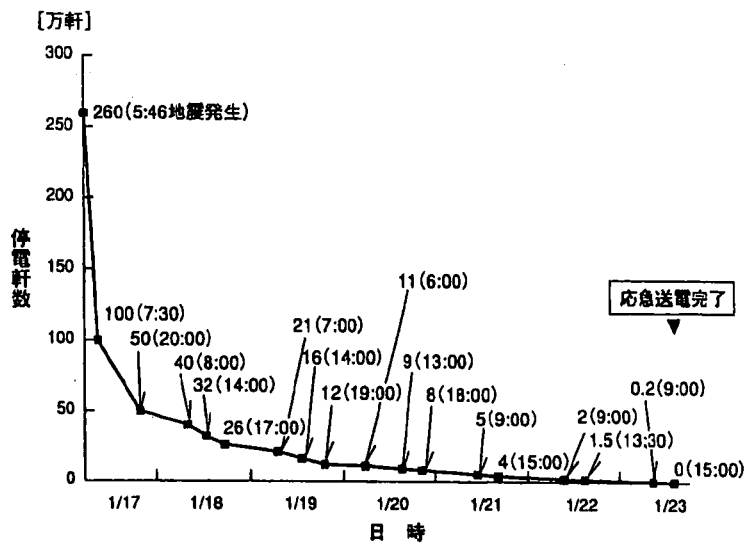


図-3.1.1 停電軒数の時間推移

## ii) 初動体制

関電では給電所、変電所および発電所等で3交代勤務により電力システムを24時間監視しており、営業所等には宿直者を置き、夜間の事故等に備えていた。地震発生時には、交代勤務者および当直勤務者合わせて全社で811名が勤務しており、システムの切り替え、お客様等からの対応や被害状況の確認などの初動対応にあたるなど、その効果が発揮された。

## iii) 情報連絡

神戸支店社屋内の通信機器が正常に機能したため、給電指令業務をはじめ被害情報の収集や復旧活動のための事業所間の情報連絡には支障がなかった。緊急時の情報連絡手段として、一斉連絡装置やポケットベル、携帯電話等を保有していたが、地震発生直後から公衆電話回線が輻輳したことから、災害発生直後の情報連絡手段としては十分効果を発揮することができなかった。

## iv) 復旧要員の確保

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送り込んだ。また、他電力会社や協力会社からも多大な支援を得て、技術系復旧要員は、1日最大6,000人以上にのぼった。

## v) 設備の復旧

応急復旧と被害調査の進捗に合わせて設備毎に復旧方針を策定した。復旧方針の基本的な考え方としては

- ①早期復旧が必要な設備は現行基準に基づいて復旧する。
- ②耐震面での補強が後日生じた場合には、その時点で必要な補強を行う。
- ③将来、拡充計画がある設備は、計画の前倒しを含めて検討する。
- ④地域の復興計画との協調を図る。

復旧工事は一部の設備を除き、平成8年3月末にほぼ完了している。残りの一部は道路等の復旧および街の整備計画等に合わせて復旧して行くことにしている。

## vi) 事業者間の協力

他のライフライン復旧への協力については、NTT通信事業者や道路公団、鉄道事業者等の通信設

備にも多大な被害が発生した。そのため、各事業者から電柱への通信線の共架の申し入れがあり、  
関電では約 2,000 本以上の共架に迅速に対応処理するとともに、安全上等から必要な箇所へは、電  
柱建柱等の積極的な支援を実施した。

#### vii) 被災地域への支援活動

夜間の被災者の方の安全通行確保のため、行政が中心となって街路灯の設置を行う「ライトアッ  
プ作戦」に、関電では全面的に協力し、約 1 千灯を超える街路灯を被災地に設置した。水道未復旧  
地域ではトイレの確保が問題となり、関電では病院や避難所へ水の不要な電気焼却式トイレを約  
20 台設置した

### (3) 火災発生と電気火災

#### i) 電気火災の発生概要

神戸市消防局によれば、全火災 175 件中 44 件（全体の 25%）が電気火災とされている。  
火災発生時刻と、当該地域の送電時刻を関電  
で比較調査した結果、44 件中 14 件は未送電  
時刻での出火であった。また、送電後 1 日以  
上経過してから出火したものなど、中には電  
気火災とする根拠が明確でないものが相当数  
含まれている。電気火災による被害はボヤが  
過半数を占めており、その原因としては、健  
全なマンション等の中で転倒した電気ストー  
ブや、熱帯魚用水槽から放り出されたヒー  
ターがカーペットや床を焦がす等、家電機器  
によるものが多い。



写真-3.1.1 火力発電所（油タンク基礎）の被害例

#### ii) 電気火災防止に関する対応

電気火災防止のため、避難時のブレーカ開放など、地震時の対応については、関電では日常的  
にはパンフレットを配付していたが、さらに震災時にはラジオやテレビを通じて注意喚起を行  
った。また、被害の大きい地域への送電再開に当たっては、在宅を確認し、不在の場合には送電を保留す  
る対応をとった。

### 3.1.2 ガス（大阪ガス）<sup>7) 8)</sup>

#### (1) 設備の被害と緊急対策

製造所は設備が十分な耐震性を有していたことと、震源から離れていたこともあり、主要設備に  
は被害はなく、操業を継続することができた。また 490km 設置されている高圧導管についても被害  
はなかった。

ガスホルダーでは、葺合供給所で地表面の最大加速度 833gal を記録したが、2 基のホルダーに  
被害はなかった。

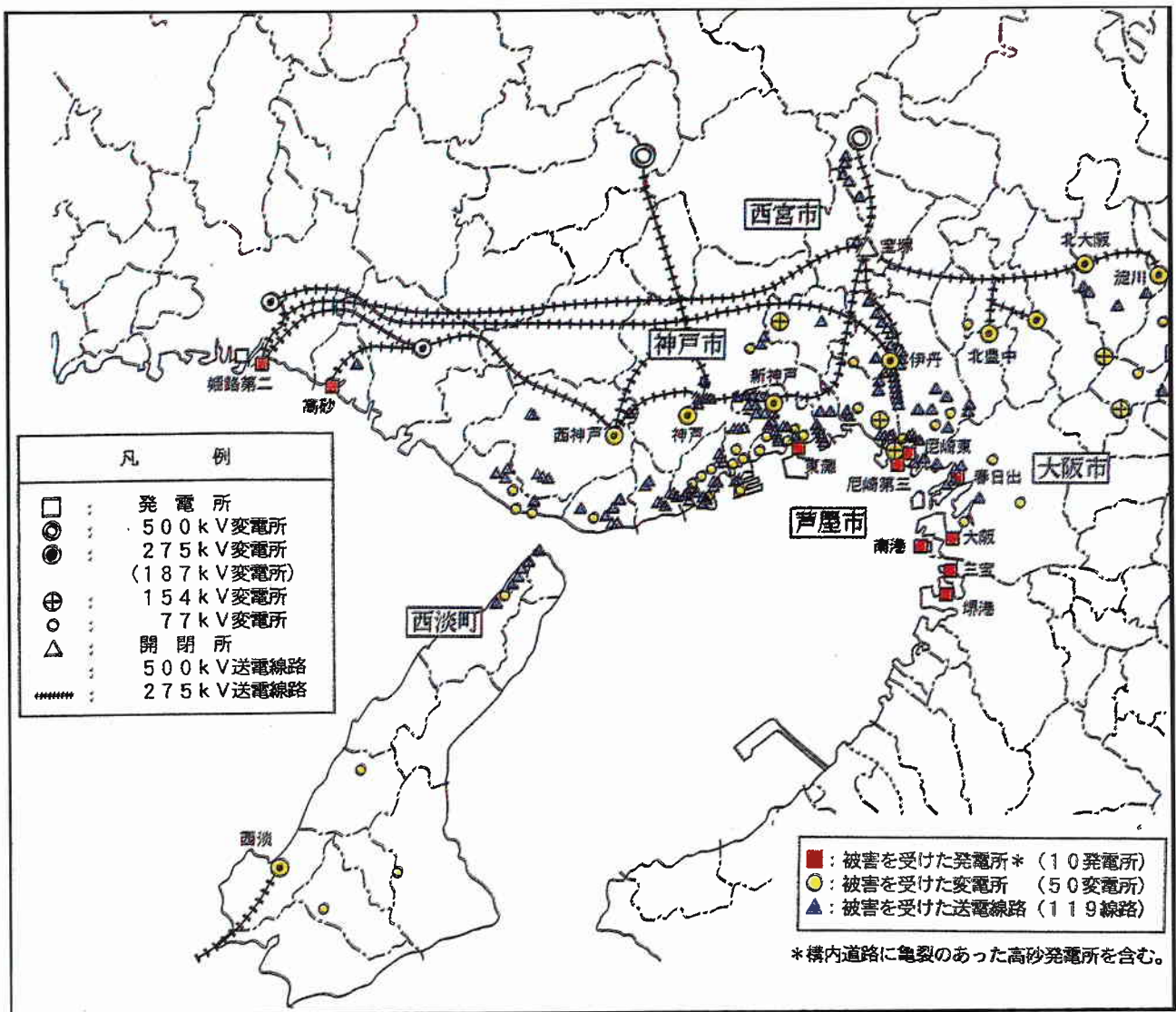


図-3.1.2 被害を受けた発電所・変電所・送電線路の位置図

ガスを高い圧力から低い圧力に整圧する際に利用するガバナーについても大きな被害はなく、点検と調整の後、通常どおり運用することができた。

中圧導管では、道路が陥没した区間に埋設されているガス管や一部の橋梁に添架しているガス管で露出、変形などが発生した（いずれもガス漏れはなく溶接鋼管の高い耐震性が確認された）この他、中圧導管網ではバルブ設置個所の接続部分などから漏れが発生したが、早期に復旧することができた。

低圧導管網では継手部分にネジを利用した導管を中心に被害が発生した。ネジ継手は、過去の地震でも被害が報告されているが、大阪ガスでは20数年前に本支管の導管材料として使用をとりやめ、現在は使用していない。

低圧導管でも、柔軟性に富み地震に強い材料として現在導入を進めているポリエチレン管には被害が全くなかった。また、大規模な液状化現象が発生し地盤が沈下したポートアイランドや六甲アイランドでは、建物への引き込み部分に設置した耐震性のある伸縮継手が有効に機能し、ガス漏れを防止した。図-3.1.3にガス製造供給設備の被害概要を示す。

大阪ガスでは地震対策として供給区域を地域別に8つのスーパーブロックに分割し、さらに55のミドルブロックに分割して、地震発生時に被害の大きいブロックを分離、独立させ、そのブロックへの供給を停止できるようにしている。今回の地震では、被害の状況と大規模な供給停止による顧客への影響度合いや復旧の困難さなどを比較勘案し、二次災害の防止の観点から優先し1月17日のうちに5つのミドルブロックの供給を停止した。最終的には、総供給戸数約570万戸のうち、約86万戸の都市ガス供給を停止した。これは過去最高である昭和53年6月の宮城県沖地震における約15万戸の供給停止を大きく上回り、日本のガス事業者として初めて経験する大規模な供給停止となった。また、供給停止判断と並行して、地震計情報、導管被害状況、過去の地震による被害と復旧実績などを参考にして、全体の被害予測およびそれに基づく復旧期間の予測を行い、1月18日に(社)日本ガス協会に応援隊の派遣を要請した。図-3.1.4に供給を停止した地域を示す。

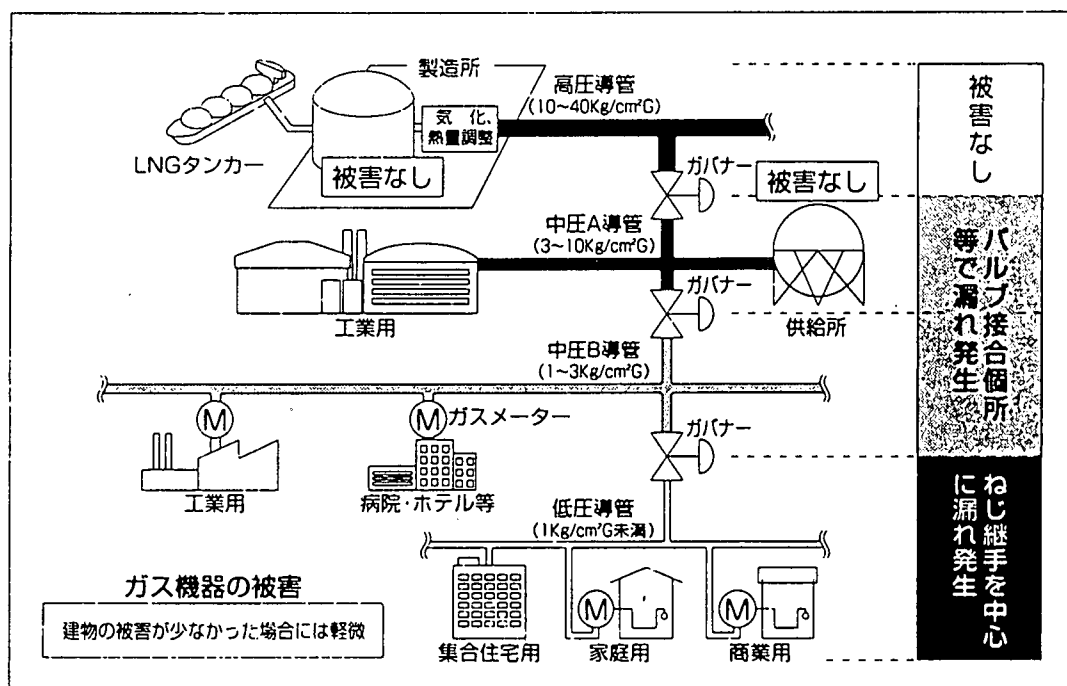


図-3.1.3 ガス製造供給設備の被害概要

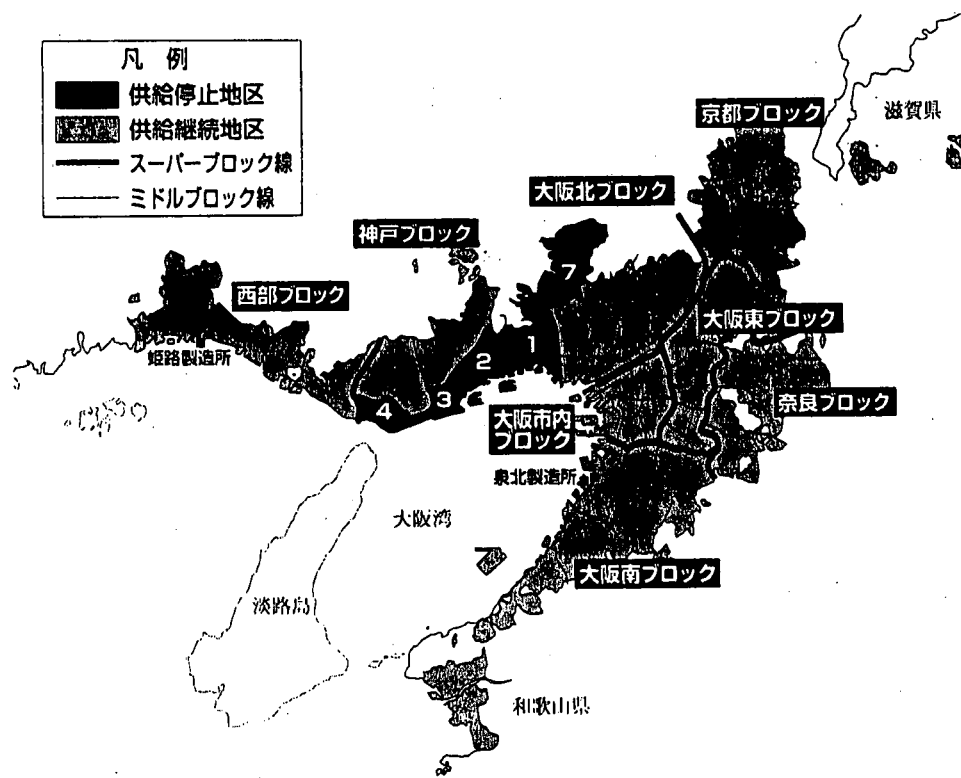


図-3.1.4 供給を停止した地域

## (2) 復旧活動

### i) 復旧体制

午前5時52分には供給区域内で震度5以上の地震が発生したことを確認した。そして「地震・災害等の対策要綱」に基づき本社対策本部を設置し、復旧活動に取り掛かった。

本社対策本部では、復旧作業の本格化に伴い、従来個々の担当者で行っていた業務のうち重要なものを独立した隊・班に昇格させ組織の強化をはかった。すなわち、本社での受付対応を迅速化するための本社受付隊、社外からの訪問者に対応する対外対応隊、本部付きスタッフが行っていた記録を系統だて取りまとめる記録班などである。復旧力増強・作業効率の向上、顧客・外部機関への対応強化のために、兵庫対策本部でも組織の強化をはかった。供給継続地区の修繕作業を進めていた修繕隊も1月26日から順次、兵庫の現地対策本部に合流し、2月3日には復旧フォロー隊2隊を含む12隊の体制が整った。この頃になると組織がフルに活動し、1日あたり1万5千戸以上復旧できる日も多くなった。3月に入ると(社)日本ガス協会の第4次応援隊が到着し、復旧隊、復旧フォロー隊あわせて修繕隊15隊の体制が整った。図-3.1.5に復旧作業の手順を示す。

### ii) 復旧作業の進捗

復旧にあたっては、まず病院、火葬場、ゴミ焼却場などの社会的に重要な施設へ早期にガスを供給再開するため、ならびに低圧供給顧客の復旧を進める際に必要となるガス供給源を早期に確保するため、中圧導管の復旧を24時間体制で実施した。2月11日には一部の路線を除き供給源を確保することができた。

低圧で供給している顧客の復旧にあたっては、「1日でも早く1戸でも多くの顧客を復旧する」という観点から、被害の軽微な供給継続地域の周辺部分から開始した。

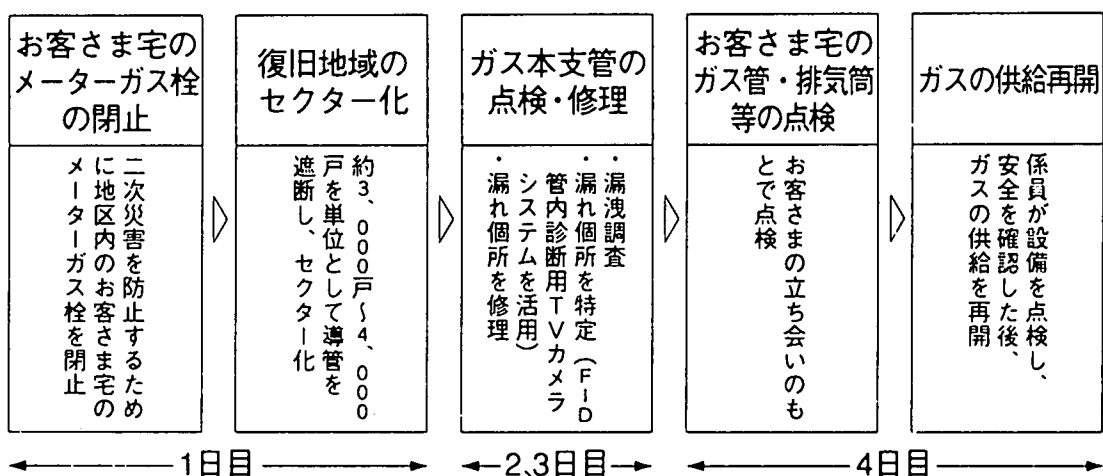


図-3.1.5 復旧作業の手順

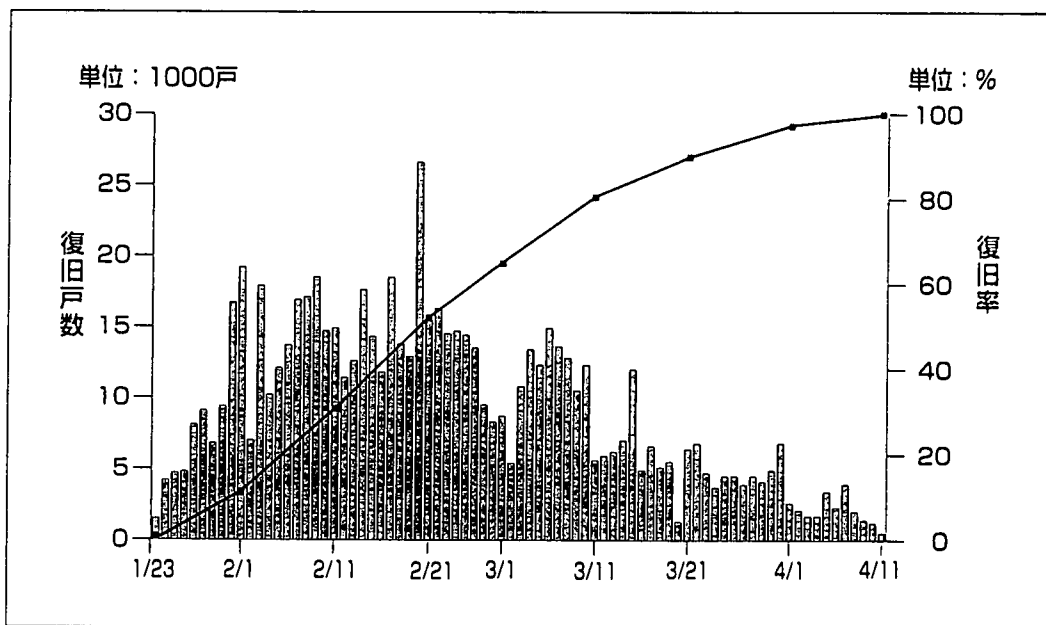


図-3.1.6 復旧作業進捗状況

復旧作業を最も困難にしたのが、水の流入である。阪神間では六甲山と海にはさまれた坂の多い街並みが続き、高台で入った水がガス管内を流れ低い所にたまる。このため、顧客のガスメーターを外すと水が勢いよく出てくる現場や1トン以上の水を抜いてもまだ水が出続ける現場もあった。水の流入があまりにも多いため、急きょ、吸引式の水抜き機を導入し、現場で利用した。また、液状化現象の発生している現場では、管内に土砂が流入しガス管をふさいでいる場合もあった。このような現場では、下水道の洗浄に利用する高圧洗浄車とバキュームカーが威力を発揮した。

3月10日には復旧対象となる顧客の80%を復旧することができ、震度7の激震地区を残すのみとなった。前進基地もこの帯状の復旧地区の周辺に集中させた。この激震地区では、ガス管内の水、土砂に加え、倒壊家屋が大幅に増え、各戸への引き込み管を本支管から切り離す作業などで復旧効率は大幅に低下した。このため、作業効率を向上させるため、復旧先行隊とよばれる引き込み管切り離しの専門部隊を編成した。地震発生から85日目の4月11日に、がれきの堆積による道路封鎖などのため導管の復旧作業に取りかかれぬ一部の地域を除き導管による復旧作業が完了した。図

-3.1.6 に復旧作業進捗状況を示す。

### iii) 顧客支援および広報活動

大規模な供給停止に伴ない、病院など特に社会的に重要な施設へは直ちに代替エネルギーを供給した。病院の消毒用熱源を確保するため、まずカセットコンロを配布するとともに、代替燃料としてLPGなどを供給した。また、学校、保育所、幼稚園、老人福祉施設にも、LPGの他、LNG、CNG（圧縮天然ガス）を利用した代替燃料を提供した。社会的に重要な施設への代替燃料の提供は、合計200件余りにのぼった。また、ガスの復旧が遅れている地域では、避難所へ車載式のシャワーを巡回させるとともに、仮設風呂を設置した。最終的に準備した風呂、シャワーの利用者は延べ9万人に達した。また、復旧作業の終盤には瓦礫の堆積が障害となり作業に着手できない顧客に対して、風呂・厨房用熱源の提供ならびに仮設住宅へのLPGガス供給を行った。

地震発生直後からガス漏れ時の注意喚起やマイコンメーター復帰説明などの緊急時のマス広報、PR活動を行うとともに、復旧の進捗にあわせて作業状況や今後の復旧見通しを記者会見、定時のプレス発表などを通じて積極的に情報を開示した。

## 3.1.3 通信(NTT)

### (1) 設備の被害

#### i) 被害の概要

交換機において商用電源の停止や予備電源の損壊等により約30万回線の交換機能が停止したが、半日から1日半で復旧を行った。加入者ケーブルの損傷により約20万回線のサービスが中断したが、1日7,000人規模の復旧体制により加入者ケーブルの復旧に当たり、1月31日までに約10万回線のサービス回復を完了した。図-3.1.7にこれらの復旧過程を示す。

管路・マンホール等の被害概要は図-3.1.8に示すとおりである。今回の震災では、ダクトスリーブや離脱防止継手を適用した地下設備の被災は少なく、その耐震性を証明することとなった。液状化地域と非液状化地域における設備の被災形態については、液状化に伴う地盤変状が原因と見られる継手の離脱、硬質塩化ビニール管の破損等が非液状化地域に比べると多いようである。マンホール、ハンドホールは地表面にある蓋及び首部の被災が多かった。このことは地中と地表面との変位量の違いに起因する。また、構造的には首部はマンホール本体と剛結されてなく接着剤で接合している。

震災で震度6以上を記録した地域において、橋梁添架設備・専用橋は264橋であり、この内、添架管路や橋台部・橋台裏管路等に地震による被災がみられたのは72橋、橋台部のみの被災33橋、ケーブルに被害を受けたものは、落橋3橋以外では2橋であった。

架空設備も大きな被害を受けることとなったが、その根本的な原因は地震動そのものの被害でなく、二次的な災害（家屋倒壊巻き込まれや建柱地盤の崩壊等）が殆どであった。

地下ケーブルについては、架空系に比べ被害は少なかったものの、液状化地盤地域等一部で管路、マンホールの被災に伴うケーブルの損傷等、被害が見られた。



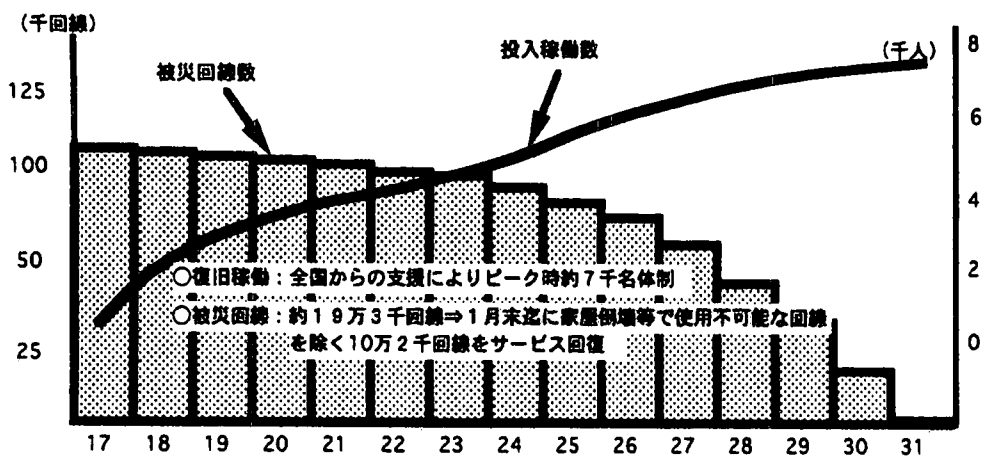


図-3.1.7 災害回線復旧状況と復旧稼働

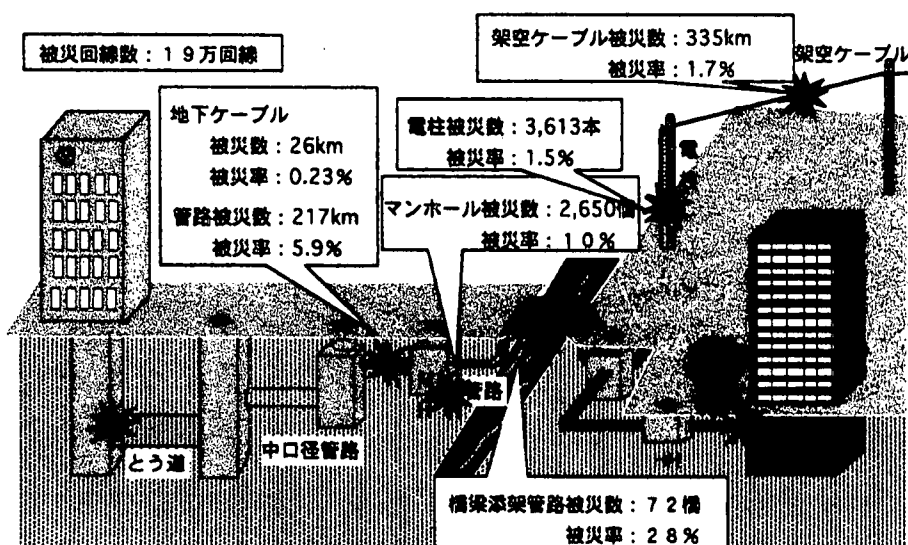


図-3.1.8 管路・マンホール等の被害概要

ii) 機能的被害と波及

地震発生からの通話発進状況は、すばやく地震に反応し発生後約 10 分後には、急激な一斉発信となって現われている。その後は、全国からの安否確認や緊急通信のための、被災地への通話が集中し、兵庫エリアへは1日の着信回数で、ピーク時通常約 50 倍ものコールがあったと推定される。発生当日においては全国から安否確認の呼が集中していたが1週間後には、関西圏内での通話が大部分を占めていた。これらの混乱通話は3日～4日続いたが、兵庫エリアへの5,000回線の緊急増設と、トラヒックの減少により21日頃には、ほぼ平常に戻った。(図-3.1.9 参照)

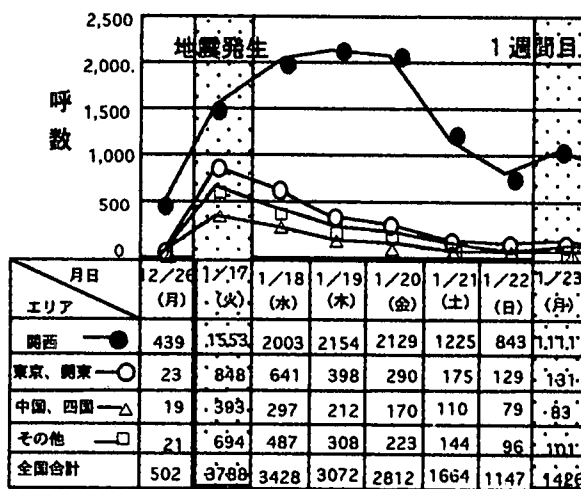


図-3.1.9 全国から兵庫県への発着呼数の推移

被災地域内に設置していた公衆電話の大部分の約 3,500 台が使用不能となった。家屋倒壊、消失地域や立ち入り禁止区域を除き2月初めまでに

設置可能な 1,800 台を復旧した。また、停電発生のためテレホンカードが使用できないという状態になった。このため、公衆電話からの通話は硬貨でしか使えなくなり、回線的には使用可能であっても金庫充満により使用できない状態が発生した。

## (2) 復旧活動<sup>4)</sup>

### i) 初動状況

地震発生後、9時に「関西支社災害対策本部」を開設し、情報の把握と復旧体制作りに取りかかった。一方、地震発生直後からの輻輳アラーム等により、各地域の監視センターと電話会議を設定、被災状況の把握に努めるとともに管内一斉連絡、通話規制ならびに、警察・消防回線等の重要な回線確保を指示し、以降トラヒック状況にあわせた手動規制等により、被災地域以外とのそ通確保に努めた。

地震発生から4時間経過した10時頃より報道機関への第一報、非常用移動電源車の出動要請、防災無線車の出動要請等、次々と対策指示が本部より出され災害対策本部が機能し始めた。翌18日の午前中には、交換機の停止によるサービスの中断が全ユニットにおいてサービスを回復した。19日からは、関西支社災害対策本部の総括班内の実行部隊から戦略グループを独立させて別組織として設置し、情勢の判断、対処方針の検討・立案・実施の指示、さらに実施した対処案の効果分析等を行い、対策の実施は戦略グループの指示を受け、実行部隊が行うこととした。

### ii) 応急復旧状況

予備電源（バッテリー）は長時間の停電によって途絶した。最優先すべき急務は被災した交換機の機能回復である。そこで、移動電源車を各方面から緊急出動させたが、道路の寸断でなかなか被災地に入れなかったという困難もつきまとったが、18日午前中までに交換機は全面回復した。

被災者のための特設公衆電話の設置も早急に実施した。18日に神戸市内に衛星無線車4台および1995年夏に開発されたポータブル衛星地球局2台を配備。17日から設置を始めた特設公衆電話を避難所41箇所、496台設置した。この特設公衆電話は最終的に聴覚障害者向け臨時ファックス等も含め820箇所、約2,800台へと拡大した。

地震当日、すぐに約150名からなる応急処理班が編成され、通信ケーブル、電柱などの所外設備についての調査を実施した。復旧資材の調達も急を要し、地震発生後、1週間以内にケーブル100km以上、引き込み線600km以上、電柱600本以上が船舶やヘリで現地に輸送された。寸断された道路及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及びヘリコプターを活用した。総力をあげての復旧作業は、1月31日までに電話回線をおおむね回復させるに至った。

応急復旧のために、1月末までに現地の3,000人に加え、全国から4,000人を毎日平均的に投入した。2月から3月末にかけては、本格的な設備復旧に向け、現地の3,000人に加え全国から2万人を動員した。

### iii) 復旧支援活動

阪神地域の被害が甚大であることから以下のような被災地支援サービスを実施した。

- ①基本料金無料化
- ②被災者への物資提供
- ③死亡者リスト照会電話
- ④被災地への生活必需品を空輸
- ⑤キャプテンに「震災情報」
- ⑥災害対策用テレビ会議システムの設置
- ⑦ダイヤルQ2「義援金募集番組」の手数料無料化
- ⑧「NTT・避難場所おことづけサービス」
- ⑨「ライフライン電話帳」の発行
- ⑩インターネットで震災情報を提供

### 3.1.4 水道

#### (1)被害と緊急体制

##### i) 被害の概要

水道施設の被害は、西宮市のニテコ池土堰堤の崩壊、芦屋市の奥山系、芦屋川からの取水施設が岩石崩壊により全壊したものを除き、貯水、取水、導水、浄水施設にあつては比較的軽微で全面的にその機能を停止した。しかし、大きな地震動が記録された地域の水道事業体の送・配水施設については、管路の被害が大きく給水管の被害とも相まって、長期間の断水を余儀なくされるところとなった。送・配水管と給水管の被害について、兵庫県下7市4町の被害件数および断水状況を表-3.1.3に示す。

##### ii) 緊急体制と支援<sup>9)</sup>

各被災事業体にあつては発災直後から非常配備体制を確立し応急対策に当たった。日本水道協会は17日午後24時間体制の「兵庫県南部地震緊急対策本部」を設置し、被災都市の被害状況の把握と応急復旧の支援計画調整等に当たり、支援作業は全国の事業体および関係団体により行われた。

#### (2) 応急活動

##### i) 応急給水活動<sup>10) 11)</sup>

応急給水活動を22事業体（神戸市・明石市・芦屋市・尼崎市・伊丹市・川西市・宝塚市・西宮市・三木市・淡路町・一宮町・津名町・東浦町・北淡町・兵庫県企業庁・阪神水道企業団、大阪市・豊中市・池田市・堺市・吹田市・高槻市）について見ると、

①池田市と高槻市は地震発生の日1月17日中に断水は解消されている。

②阪神水道企業団は、基幹施設を給水拠点として構成4都市の給水車への充水と付近住民への水提供を、1月17日から3月3日までの46日間行った。

表-3.1.3 水道管と給水管の被害状況および断水期間、断水戸数等

市 町	送・配水管 (件)	給水管 (件)	断水期間 (日)	給水戸数 (戸)	断水戸数 (戸)	断水率 (%)
神戸市	1,962	62,651	91	650,000	650,000	100
西宮市	824	41,237	71	163,800	154,100	94
芦屋市	362	3,228	42	33,400	33,400	100
尼崎市	130	6,108	15	193,337	193,000	100
伊丹市	57	4,896	17	66,000	66,000	100
宝塚市	225	10,870	39	74,000	50,000	68
明石市	85	12,922	15	109,656	78,000	71
津名町	64	128	15	5,603	5,603	100
北淡町	97	50	35	3,420	3,150	92
淡路町	9	48	9	2,831	930	33
一宮町	22	1,059	15	3,000	2,165	72
合計	3,837	143,197		1,305,047	1,236,348	

③発災日の1月17日に応急給水を実施できなかったものは2事業体である。

④3月10日までの間、応急給水の状況を見ると1月25日がピークで、774班、2,148人に達し、

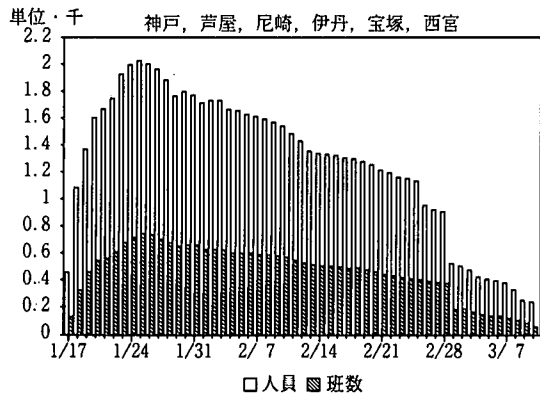


図-3.1.10 応急給水体制（6事業体）

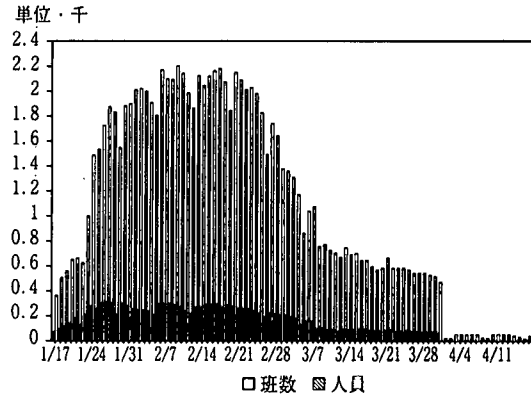


図-3.1.11 応急復旧体制（6事業体）

総数では 26,195 班、71,622 人となっている。

⑤最も長期間実施したのは神戸市の 91 日であった。

班・人員の多かった神戸市・芦屋市・尼崎市・伊丹市・宝塚市・西宮市の 6 事業体の体制の推移を図-3.1.10 に示す。1 班当たりの人員はおよそ 2 人である。

管路の応急復旧が完了したあとも、なお車両による応急給水を必要としたものがある。これは給水装置の被害が大きくその復旧が遅れたことや、井戸枯れ等のためである。

#### ii) 応急復旧活動<sup>10) 11)</sup>

発災後の応急復旧（被害調査を含む）着手状況を見ると、22 事業体のうち 20 事業体は 17 日に、1 事業体は 19 日からで、最も遅かった芦屋市は 22 日となっている。

応急復旧の推移について、前述の 6 事業体のそれを図-3.1.11 に示す。

実施状況を見ると、1 月 27 日頃がピークで 445 班、2,426 人となっており、総数では 15,237 班、109,126 人に達している。1 班当たりおよそ 8 人である。応急復旧に要した期間が最も長かったのは神戸市の 4 月 17 日までの 91 日間（13 週間）であった。

### 3.1.5 下水道<sup>13) 14)</sup>

#### (1) 被害の概要

今回の地震では、マスコミの報道は少なかったものの、下水道施設においても、特に神戸市や阪神間で多大な被害を受けた。被害額の内訳は表-3.1.4 に示すとおりである。表-3.1.5 に管路の被害の形態と内訳を示すが、ほとんどの場合、土被りの浅い小口径の破損、たるみ、あるいは継手のはずれであった。（土被りが大きく、シールド工法等で布設された大口径管は、ほとんど被害はなかった。）このほか、地盤の液状化により、マンホールが地盤より浮き上がったり、破損箇所から土砂が流入して、管渠を閉鎖している箇所も見られた。

また、下水処理場やポンプ場では、土木建築構造物の亀裂や場内道路の陥没のほか、機械・電気設備機器の破損や配管類の破損が多く発生した。

(2) 被害調査および応急復旧支援

発生当夜に、神戸市下水道局から日頃から大都市における計画上の課題を検討する場として設けてあった大都市下水道計画研究会の担当部署へ被害状況の第一報が入り、東灘処理場が壊滅的な被害を受けて処理機能停止、また、西部、中部処理場は処理機能が低下、ポンプ場、管渠については調査中であった。

下水道施設に対する被害状況を調査するため、翌18日より20日まで、建設省、日本下水道事業団、大阪府、大阪市、東京都による第一次調査団が現地に派遣された。

第一次調査団の報告を受け、下水道施設の被害の大きさや、専門技術者および緊急用資機材の不足が明らかになり、大都市による支援が必要な状況と判断された。また、日本下水道事業団は東灘処理場に対応し、大都市支援は管渠の被害調査および応急復旧を対象とする事になった。

表-3.1.4 被害額の内訳

(単位：千円)

	管きよ	処理場	ポンプ場	合計	
兵庫県	決定額	110,958	31,327	49,682	191,967
	査定数	6	4	3	13
尼崎市	決定額	1,134,348	85,121	24,789	1,244,258
	査定数	44	12	7	63
明石市	決定額	154,492	74,980	1,094	230,566
	査定数	15	3	2	20
西宮市	決定額	7,533,785	2,533,019	754,091	10,820,895
	査定数	220	19	13	252
芦屋市	決定額	4,587,521	441,941	272,928	5,302,390
	査定数	76	5	3	84
伊丹市	決定額	66,605		5,665	72,270
	査定数	11		1	12
宝塚市	決定額	1,080,296			1,080,296
	査定数	27			27
加西市	決定額	53,058			53,058
	査定数	6			6
合計	決定額	14,721,063	3,166,388	1,108,249	18,995,700
	査定数	405	43	29	477

\*表中の上段は決定額。下段は査定本数。  
\*神戸市については、被害額約430億円であり、そのうち約409億円の査定が完了している。(10月11日現在)

表-3.1.5 管路の被害の形態と内訳

管路種別	被害対象個数	被害箇所数	被害の形態と内訳		
汚水・合流	管きよ	8,805本	30,697箇所	本管部48%	マンホールから1本目の本管約4割 (主に円周方向クラック)
				継手部52%	その他の本管 約6割(円周方向クラックが約5割、管軸方向クラック・破損が約3割)
	内1,976本(22%)でたるみ、蛇行が生じている。				ズレ約7割、破損約2割、その他約1割
	マンホール	3,373個	4,412箇所	直壁部42% 調整部19%	横方向ズレ、破損が多い
シールドトンネル	マンホール躯体部のヘアークラック 二次覆工コンクリートのクラック RCセグメント端部の一部欠損			軽微な被害	
取付管	3,908本	3,999箇所	破損 45%		
			管突出し 16%		
			浸入水・ズレ等 39%		
雨水	管きよ	714本	1,831箇所	継手ズレ 約4割	
				その他 約6割	
	矩形きよ	730本	1,212箇所	本管部クラック・破損 約7割	
				その他 約3割	
開きよ	-	748箇所	破損 54%		
			クラック 23%		
			その他 23%		
雨水管きよ合計	-	3,791箇所	-		

### i) 大都市の支援体制

大都市の緊急支援隊を神戸市を境として、東西のグループに分け、東グループは大阪市下水道局北部管理事務所を、また、西グループはJ S兵庫西エースセンター（後神戸市太山寺保養センター）を集積基地とし、それぞれのグループの連絡責任者を東京都と広島市とした。札幌市には釧路沖地震で経験のある災害査定事務支援をお願いし、庁舎の損壊で取り出し不可能となった神戸市の下水道台帳は、同一システムを持つ名古屋市の申し出により打ち出し調査支援を受けることにした。

### ii) 大都市臨時下水道局長会議

1月30日に東京において「大都市臨時下水道局長会議」が開催され、神戸市への管渠調査および応急復旧の支援継続と、それに伴う災害査定事務支援を決定するとともに、今後に向けた、災害時における各都市の連絡、連携体制について大都市下水道計画研究会を窓口として検討、整理することになった。

## 3.1.6 鉄道<sup>19) 20)</sup>

### (1) 鉄道施設の被害状況

今回の震災は死亡者6,300人余を超える悲惨な災害であったが、幸いにも鉄道利用者（乗客および旅客）の死亡者は1人もいなかった。表-3.1.6に死傷者の状況を示す。

今回の地震で最も被害を受けた構造物は橋梁で、山陽新幹線で8か所、在来線鉄道および新交通システム24か所、合計32か所で損壊したほか、鉄筋コンクリート製高架柱が多数損傷した。また、鋼製橋脚が1か所水平方向に破断したほか、多数の桁式橋梁で支承部が破損した。被害が大きかった高架橋は、鉄筋コンクリートラーメン構造のものであり、被災状況から、損壊した高架柱は柱の上部または下部に斜めにひび割れが生じ、これが貫通してせん断破壊に至ったと推定されるものが多い。また、桁を支持するラーメン橋台の柱が破壊したものが多く見られた。

開削トンネルでは、神戸高速東西線西代駅～高速神戸駅間、神戸市交西神線・山手線新長田駅～三宮駅間および山陽電鉄本線西代駅～板宿駅間が被害を受けた。被災箇所は主にボックスラーメンの中柱および側壁の上下端部に集中している。なお、神戸高速東西線大開駅の破壊は、激しい地震動による大きな地盤変位が側壁に大きな変形を与え、中柱にせん断破壊を生じさせた結果と推定されている。また、山岳トンネルでは、神鉄有馬線の東山トンネル、会下山（えげやま）トンネル、有馬トンネル、山陽新幹線の六甲トンネル、北神急行の北神トンネルが被害を受けた。主な被害は覆工のひび割れや剥落で、土被りの浅いところを除き、総じて他の構造物と比較して被害の程度は軽微であった。

神戸周辺の鉄道はほとんどが明治、大正時代に建設され、盛土や土留擁壁といった土構造物が多く、これらにも大きな被害が生じた。しかし、比較的最近施工された補強盛土では軽微な変状程度のものが多く見られた。

表-3.1.6 死傷者の状況

事業者名	線名	場所又は区間	死傷原因	乗客			旅客			鉄道係員			公衆			合計					
				死	重	軽	死	重	軽	死	重	軽	死	重	軽	死	重	軽			
JR西日本	東海道線	大阪駅構内	停車場構内の工作物・看板の落下																		
		三ノ宮駅構内	ホームの放送アンテナが落下						1									1			
		神戸駅構内	ケーブルの落下				1				1							1	1		
		東灘信号所	ロッカーの倒壊および避難時に壁に衝突									2							2		
	山陽線	元町駅構内	ロッカーの倒壊								1							1			
阪急	今津線	宝塚南口～宝塚	列車動揺			11				1	1							1	12		
		神戸線	三宮～春日野道	列車動揺		1	1					2							1	3	
		宝塚線	豊中～蛍池	列車動揺			1													1	
		伊丹線	伊丹駅構内	駅舎倒壊により駅構内の派出所が破壊									3	1	1				1	1	3
		高速神戸内	東西線	高速神戸駅	列車動揺								2								2
阪神電鉄	本線	魚崎～青木	列車動揺			5														5	
		新在家～大石	高架橋の損壊		7	18				1										8	18
		新在家～大石	高架橋の損壊による高架下の住居倒壊											2						2	
		春日野道駅	列車が駅付近の損壊した側壁に接触			4															4
山陽電鉄	本線	西新町駅構内	券売機の転倒							1										1	
		板宿駅構内	停車場工作物、駅舎の損壊										1								1
神戸新交通	六甲アイランド線	魚崎～南魚崎	列車動揺		1	6					1									1	8
		住吉駅1番線	橋りょう・桁落下による住居の破壊								1										1
合計						9	46		2	2		4	14	3	1				3	16	62

- ・乗客とは、列車に乗りしていた者をいう。
- ・旅客とは、乗降のため駅構内にいた者をいう。
- ・公衆とは、乗客および旅客以外の者で鉄道施設により死傷した者をいう。
- ・「死」とは死者、「重」とは重傷者、「軽」とは軽傷者をいう。

9か所の駅で駅舎の破壊、損傷の激しい被害があったほか、多数の駅でホームの破壊、損傷等の被害を受けた。特に被害が大きかったのは、JR西日本東海道線六甲道駅、同山陽線新長田駅、神戸高速東西線大開駅および阪急伊丹線伊丹駅である。六甲道駅は駅付近の高架橋が約2.2kmにわたって損壊し、それに伴い駅も全壊した。また、新長田駅は盛土崩壊により東口駅舎が全壊した。大開駅はホーム階の中間柱の大半が圧壊し、上床版が崩壊し、断面がM字型に破壊され軌道階を閉鎖、真上の国道28号が幅約30m長さ90mにわたり陥没する大きな被害を受けた。さらに、伊丹駅においては、駅付近の高架橋(RCラーメン構造)が約440mにわたって被災を受け、高架橋の柱135本が損傷し、そのうち84本は倒壊した。

## (2) 運休状況及び復旧の足どり

鉄道の不通区間は、地震発生時に約640kmに及んだが2日後には約半分が復旧した。1週間後の23日には、JR西日本福知山線～神鉄～北神急行のルートで大阪から神戸市中心部へ入るルートが開け、30日には西からもJR西日本山陽線が神戸市中心部まで開通した。2月16日には神戸市地下鉄が全線で運転を再開し、神戸市内の交通事情が大きく向上した。

一方、大阪～神戸間の鉄道は、地震発生から9日後の1月26日に阪神電鉄本線が神戸市東端まで達する等、東西から徐々に復旧したが、乗換えながらもこの間が鉄道で往来できるようになったのは、2月20日のことであった。その後、JR西日本東海道線が、4月1日に全線で運転を再開し、また、山陽新幹線もほぼ同時期の4月8日に開通し、東西の交通事情は飛躍的に向上した。残る阪急神戸線、阪神電鉄本線も6月中に全通し、大阪～神戸間の鉄道は、地震後5か月で震災前の状況に戻った。山陽電鉄、神戸電鉄も6月中に全線開通し、神戸高速と神戸新交通ポートアイランド線



も7月から8月にかけて全通、8月23日には同六甲アイランド線住吉駅から魚崎駅間が開通し、被災地の鉄道はほぼ震災前の姿に回復した。今回の震災で大阪～神戸間の交通機能は完全に麻痺した。このため、震災直後から両都市間の輸送確保が必須の課題となり、他の鉄道やバスによる代替輸送が検討・実施された。特に、JR西日本、阪急、阪神電鉄が実施した阪神間の代替バスは累計で1,453万人を輸送し、震災復旧、市民生活維持に大きな役割を果たした。図-3.1.12に平成7年2月20日現在の鉄道の復旧状況と代替バス・連絡バスの実施状況を示す。



図-3.1.12 に平成7年2月20日現在の鉄道の復旧状況と代替バス・連絡バスの実施状況

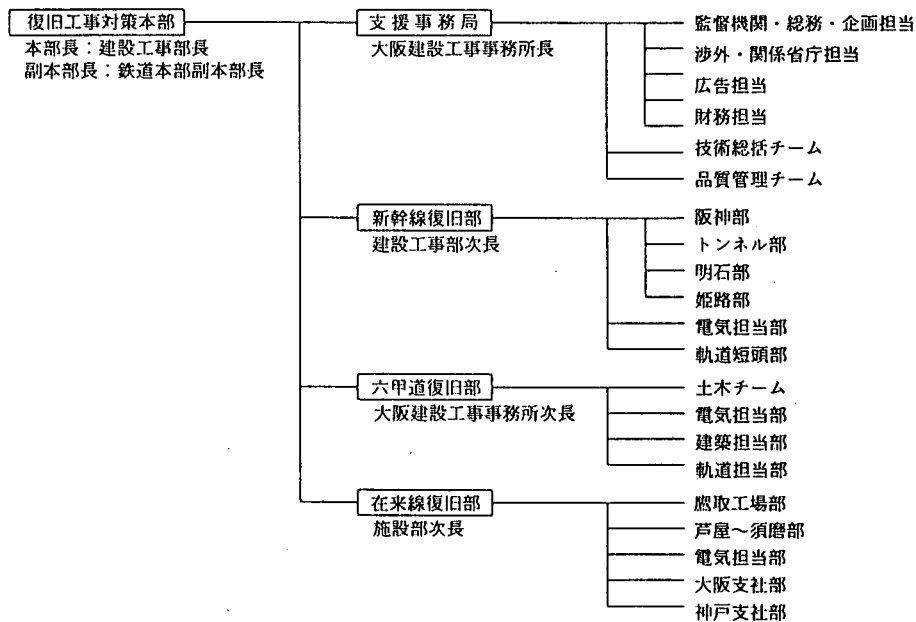


図-3.1.13 復旧工事対策本部の組織図

### (3) 復旧活動

復旧活動は各鉄道事業者毎に、緊急の組織等により対処したようであるが、今回は最も被害の大きかった JR 西日本を例として述べることにする。

#### i) 復旧工事体制（初動体制）

震災直後の 1 月 18 日、社長を本部長とする「復旧対策本部」が設置され、その下に「輸送対策本部」ならびに「復旧工事対策本部」が設置され、本社機能を全面的に震災復旧体制に切替えた。輸送対策本部は当面の輸送計画の策定、実施を担当し、復旧工事対策本部は応急復旧工事の具体的な計画の策定を実施を担当した。

#### ii) 復旧工事対策本部体制

復旧工事対策本部の体制は、当初は本部付と現地工事班という形であったが、被害調査の進捗や関係機関との調整に伴い、随時円滑な復旧ができるよう必要なチームを編成していった。（図-3.1.13 参照）

##### ① 支援事務局：

復旧工事に必要な人材・資材・機材の初期手配、技術的支援、関係省庁等との協議・折衝、マスコミ対応等々に加え、復旧工事担当社員に対する物資等の補給を行った。広報は全社的に広報室で対応したが、復旧工事に係わる技術的照会が多く想定されたことから、技術系社員による広報担当を復旧工事対策本部内に設け、これが非常に有効であった。

- ・技術総括チーム：運輸省および鉄道施設耐震構造検討委員会の確認を得た復旧方法を現地に合致するよう具体的に設計したり、細目に関し技術的な検討を加えて施工図を作成するなどの専門技術的な業務を円滑に処理するため、「技術総括チーム」を編成した。技術的アドバイスは、JR 各社に勤務する旧国鉄の技術研究所や構造物設計事務所の在籍者を中心に分析が進められ、宮城県沖地震や北海道南西沖地震での実績や分析が復旧工事計画を検討する上で貴重な資料となった。改めて鉄道土木技術の継承が再認識された。

- ・品質管理チーム：特に被害が甚大であった新幹線および在来線六甲道付近の復旧工事では、JR 監督者と施工会社が一体となって品質管理を行いつつも、錯綜する状況の中で現場監督者のみでは十分な管理を実施しきれない恐れもある。このため、復旧工事担当者とは別に独立して品質管理専門の品質管理チームを設置し、一元的に検査・指導を行った。また、品質管理の徹底とともに、その保管記録を目的とした品質管理マニュアル、記録写真撮影マニュアルを制定し、監督員および施工会社を指導した。
- ・広報活動：日々変わる復旧状況、代替輸送、列車ダイヤ等について復旧対策本部会議終了後速やかに情報提供を行うこととし、震災当日から2月上旬まではほぼ毎日、それ以降在来線・新幹線開通に至までは1週間に1回程度の割合でプレス発表した。
- ・JR 他社等の支援：鉄道総研、JR 各社から技術的、人的、物的な支援を受けた。特に復旧工法の検討・策定、品質管理等における技術的、人的支援ならびに架線延線車等の重機類の支援など、早期復旧に大いに貢献した。(表-3.1.7 参照)

②新幹線復旧部：

通常時では指揮命令系統が異なる組織を新幹線復旧部長の指揮下に統合し、一元管理体制をとり、技術系各部からの人材を配置させた。

③六甲道復旧部：

在来線のうち、高架橋が潰滅的被害を受けた住吉駅～灘駅間を六甲道復旧部の担当として集中的に工事にあたることとし、新幹線復旧部と同じく、土木、電気、軌道の各部門を六甲道復旧部長の指揮下に統合し一元管理体制をとった。

③在来線復旧部：

在来線のうち、六甲道復旧部の担当範囲を除く部分を在来線復旧部とし、車両部、施設部、電気部、大阪支社、神戸支社が担当することとし、運行可能となった区間から順次運行再開させることに取り組んだ。

表-3.1.7 JR 他社などの支援

	人 的 支 援			物 的 支 援
	被害状況調査 (1月17日～22日)	技術支援 (1月23日～3月31日)	代替バス	
鉄道総研	総数22名延 78人・日	総数 56名 延230人・日		
JR 東日本	総数14名延 40人・日	総数 46名 延266人・日		ジャッキ 約70台の手配 ペント 約810mの手配
JR 東海	総数 4名延 8人・日	総数 15名 延 77人・日		
JR 北海道		総数 3名 延 18人・日		
JR 九州		総数 5名 延 20人・日		
清算事業団				古マクラギ約1万9千本の購入 優先割付け、手配の協力
JR東海バス JR四国バス JR九州バス 中国JRバス 西日本JRバス			32名 19名 71名 106名 464名	
合 計	総数40名延126人・日	総数125名 延611人・日	692名	

(注) 総数とは当該期間中に受けた支援者数の合計を示す。

### iii) 施工体制

#### ①土木関係：

次に示すような即応が可能な会社を優先して即時施工を依頼した。

ア) 被害箇所の近隣区域で鉄道工事施工中の会社

イ) 鉄道工事施工経験があつて鉄道工事以外の工事施工中の会社

ロ) 工事従事の作業員や復旧仕様の資機材の搬入が緊急に対応できる鉄道工事経験 会社。

今回の選定の特徴は、

ア) 初期の段階で施工範囲を明確にしなかつたこと。

イ) 各社の施工能力の許す限り工事エリアを拡大することなどを依頼した。

また、着手後も施工環境等が次第に明確になる過程で、施工能力の平準化を狙った再配置の指示を行う場面もあつた。

#### ②軌道関係：

軌道関係工事は、鉄道工事を受注している軌道請負会社の支援を要請すると共に、関係協力会社の支援を要請した。

#### ③建築関係：

被災建物が数多く広範囲に散在し、工事内容・規模も多岐にわたることから、当該建物の保守工事の施工経験がある請負会社、当該建物の施工経験がある請負会社、作業員・資機材の調達能力があり鉄道工事の経験のある請負会社の中から口頭で工事を依頼していった。今回の特徴は、多くの工事現場で短期間にハイレベルな成果をあげる必要があつたため、請負会社の選定に当たり円滑な意思疎通についても配慮したことである。

## 3.2 今後の取組み

### 3.2.1 電力（関西電力）<sup>1) 2)</sup>

#### (1) 電力供給システム構築の考え方と信頼性の評価

電力供給設備の建設にあたっては、多重化（複数化）によって雷などによる事故での停電の減少を図るとともに、地震時、災害時の信頼性を確保するため、次の対策をとってきた。

- ①電力供給設備の耐震性確保
- ②電力供給拠点の分散化
- ③電力供給設備の多系統化

今回の震災においても事故系統から健全系統への切替等を行うことにより、早期に応急送電が完了した。このことから電力供給システムは、高レベルの地震動に際しても、総合的な機能が確保されていたものと考えている。

#### (2) 今後の電力供給システムのあり方

##### i) 災害に強い都市に対応した電力供給システム

###### ①電力供給拠点分散化の推進：

電力需要の増加と電力供給信頼度の維持向上を目指して、電力需要の中心地である都心部に直接、基幹変電所を導入し既存の基幹変電所と役割を分担することにより、一層の安定供給の確保を目指す。

###### ②電力供給システムの多系統化の拡大：

配電用変電所のうち、単独系統により構成されている箇所については、その重要性を勘案の上、他の系統と関係することにより信頼性の向上を図る。

###### ③電力供給システムの地域単位での自立化の導入：

都市部へは遠隔地の大規模発電所から電力を供給しているため、大規模な災害が発生した場合、広範囲な停電発生が想定される。このため、都市型発電所を建設することにより都市部でも電源を持ち、地域単位での電力供給の自立化を目指す。

##### ii) 防災拠点への電力供給システムの信頼性確保

###### ①電力供給システムの多系統化、多重化：

防災拠点周辺地域の変電所間を連系した送電ネットワークを構成して、信頼性を確保する。また、防災拠点に対して異電源受電を推奨する。

###### ②電力システムの自立化：

外部電源が途絶えた場合でも防災拠点としての機能を確保するために、太陽光発電システム等の非常用電源の設置を関係箇所に推奨する。

### (3) 災害に強い情報通信ネットワークの整備

#### i) 情報通信ネットワーク拠点の分散化とルートの分散化

##### ① 今回の震災時における事業所間の通信確保の実態と反省点：

今回の震災により神戸支店社屋は一部損壊したが、通信設備は宮城県沖地震を踏まえ耐震対策を行っていたため、被害が及ばず神戸支店での必要な通信が確保できた。しかしながら、倒壊していれば神戸支店管内の全通信が停止し、給電指令業務、被害情報の収集、災害復旧活動のための連絡に支障をきたすことが想定されるため、業務の代替え拠点の選定、これに伴う情報通信ネットワーク拠点の分散化と伝送ルートの分散化が課題となった。

##### ② 情報通信拠点の分散化：

通信の停止が全支店に及ぶ拠点、支店管内全域に及ぶ拠点について対策を実施するよう検討を進める。

#### ii) 通信手段の強化と多様化

##### ① 現場作業員との通信手段の強化：

営業所と現場作業員間の通信手段には自営移動無線を利用しており、災害当初通話ニーズが激増したため、緊急に移動無線機、携帯電話の台数を増やしたが、回線数の不足により輻輳した。従って、移動無線の方式には、現状方式に比べて多回線型で高機能サービスの提供が可能なデジタル MCA 方式を導入し、現場作業員との通信手段の強化を図るよう検討を進める。

##### ② 社員および協力会社との通信手段の多様化：

社員の初動連絡手段および協力会社との通信手段には N T T 加入電話を利用しているが、震災発生時には N T T 回線が輻輳し、初動連絡、緊急連絡が遅れたため、災害状況の把握や復旧要員の確保が遅れ、復旧活動業務の一部に支障が生じた。従って、緊急連絡が必要となる役員、社員への通信手段には事業用電話の活用、携帯電話等の配備および衛星通信の活用等による通信手段の多様化を図る方向で今後検討を進める。

### (4) 非常災害発生に備えた社内体制の整備

#### i) 災害情報の収集等

##### ① 災害情報システムの開発：

社内 L A N を使った災害情報システムを構築し、災害情報の迅速、的確な収集、配信を行うこととした。

##### ② 自治体への情報の早期提供：

震度 5 以上の地震が発生し、または地震により 100 万 k w 以上の停電があった場合、停電発生時刻・地域・規模について、停電発生後 30 分程度を目標に自治体（近畿 2 府 4 県、福井県ならびに 3 政令指定都市）に情報提供することとした。

#### ii) 災害対策車両の配備

復旧現場での通信、休養機能を有するサポートカーや、高圧発電機車、給水車などの災害対策車両の充実を図っていくこととした。

### 3.2.2 ガス（大阪ガス）

#### (1) 設備の耐震性・安全性の向上への取組み

災害に強いガス事業を目指して、従来から設備被害予防、緊急対応、復旧対策の3つの視点から対策を推進してきたが、さらに今回の震災の経験を踏まえて、今後の地震対策のあり方について検討を進め地震対策の基本計画を策定した。

今後の地震対策としては、今回の被害の態様（大都市直下型地震での中圧および低圧力導管網への被害集中のパターン）をベースとして、以下のような対策を今後も進めていく。

##### i) マイコンメーターの普及促進

各家庭でガス利用時の安全性をより一層向上させるマイコンメーターの計画的な設置を進めていく。

##### ii) 耐震管・継手の普及促進

腐食しない、不等沈下・地震に強い、道路埋設物として十分な強度を有する、融着による接合でガス漏れの心配がない等の特長を有するポリエチレン管の一層の普及促進をはかっていく。また、耐震性のあるメカニカル継手の導入も、継手全体の約70%まで進んでおり、引き続き計画的に普及を促進させる。

##### iii) 早期復旧対策

###### ① ガス漏れ検知、排水技術などの技術開発の促進：

今回の震災の復旧作業では、特殊なファイバースコープを用いた管内テレビカメラシステムを活用した。今後は、ガス漏れ個所をピンポイントで正確に特定する技術の開発等、復旧作業の効率を高める技術の開発に努める。また、今回問題となった水や土砂を排出する技術や狭い場所での作業技術の向上に努める。

###### ② 復旧作業を支援する情報システムの充実：

今回の震災の中で開発されたコンピュータシステムを基に、既存の顧客管理システムや地図情報システムを組み合わせる新しい顧客情報システムをつくるなど、蓄積されたデータの有効利用を目指す。

### 3.2.3 通信（NTT）

#### (1) 早期復旧に向けた課題

##### i) 設備の被災把握等復旧支援ツールの開発

今回のように都市部における大規模で、影響が広範囲に及んだ場合、面的に広がった地下通信設備では設備点検にかなりの時間を要し、復旧期間の増大につながる。設備点検の早期完了を可能とするような被災予測、設備点検ツールについて検討を進めている。

基盤設備、ケーブル設備の被災予測については、即応性、経済性を図るためコンピュータを活用した被災予測アプリケーションを開発する。これは地震後の震源、マグニチュードの情報もしくは地震観測データを基に設備エリア内の地表面加速度を推定し、事前にデータベース化された地盤情報を利用した液状化等の地盤評価を行うことにより、アクセス系設備の被災予測を行う。

ケーブル回線の故障については、打ち合わせ回線を利用したメタルアクセス設備被災把握システム、及び光ケーブル保守支援システム（既存システム）を利用したパイロット回線による光アクセス設備被災把握システムの開発を進めている。携帯端末を利用して被災地の状況を収集することに加え、現地への誘導も行う。また、災害対策本部では、現地からの被災情報（音声、画像等）が地図上にマッピングされた結果を総合的に状況把握して現地への指示を行う。

#### (2) 通信サービスの災害復旧の提供課題

##### i) 全社的な今後の防災対策の取り組み

ネットワーク系については電力故障等によるサービスの中断、アクセス系については被災状況の把握に長時間を要した等の課題を残すものの、通信建物が堅牢であったこと、装置の固定等これまでの地震対策が機能したこと、中継伝送路のループ化等の冗長設計が機能したこと、設備の遠隔オペレーションが機能を発揮したことにより、今回の震災は広範囲で激しかったが、ネットワーク全体として機能を確保することができたと考えられる。

##### ii) 大都市激甚災害対策委員会での検討<sup>3)</sup>

基本的には以下の4点に分けて幅広く検討を進めている。

##### ①通信リソースの確保とコントロール：

通信設備の損壊の防止、高信頼化による通信リソースの確保とネットワークコントロール機能の強化、ネットワークの損壊の防止とコントロール機能の強化等

##### ②通信リソースの投入と配分：

損壊及び輻輳時における通信リソースの投入とその配分、並びにその運用

##### ③被災地情報ネットワーク：

被災地における情報流通について、ISDN 回線・パソコン・LAN 機能を活用した新たな情報流通の仕組みを構築

##### ④危機管理、復旧体制：

首都圏被災を視野に入れた危機管理体制の整備、早期のアクセス網の被災範囲把握



iii) 具体的な対策 <sup>5)</sup>

特に重要視されている4施策について以下に述べる。

①輻輳対策：

地震当日、電話の輻輳により電話サービスの低下を来した反省にたつて、輻輳を緩和し、被災者の安否等緊急不可欠な情報の伝言蓄積、及び読み出しが可能なボイスメールシステムを開発し9年度末に導入することとしている。他にも中断後の空きを待って接続を確保する待時通話や通話時間を制限する時間制限通話といった対策も考えられており、これらを組み合わせることで検討していくこととしている。（図-3.2.1 参照）

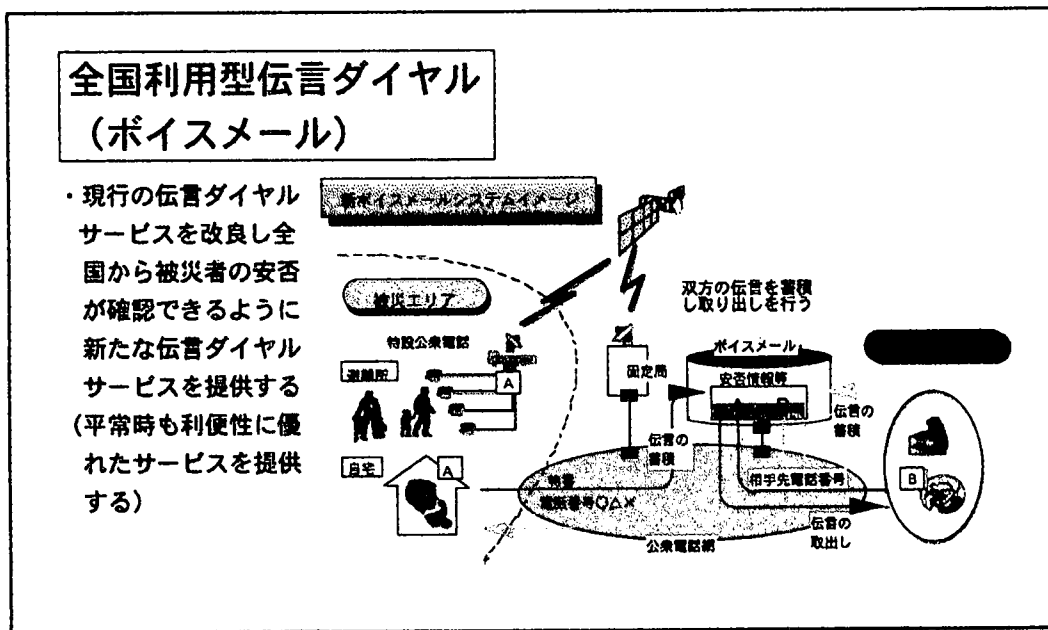


図-3.2.1 輻輳の回避と安否確認

②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、今回の震災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等を行った。（図-3.2.2 参照）

③公衆電話の利用解放：

停電時にカードが使えなくなることや、コインの充満により公衆電話が稼動しなくなる反省から、被災地域において停電が発生した場合には、交換機からコマンド投入により通話の無料化を行うこととした。（図-3.2.3 参照）

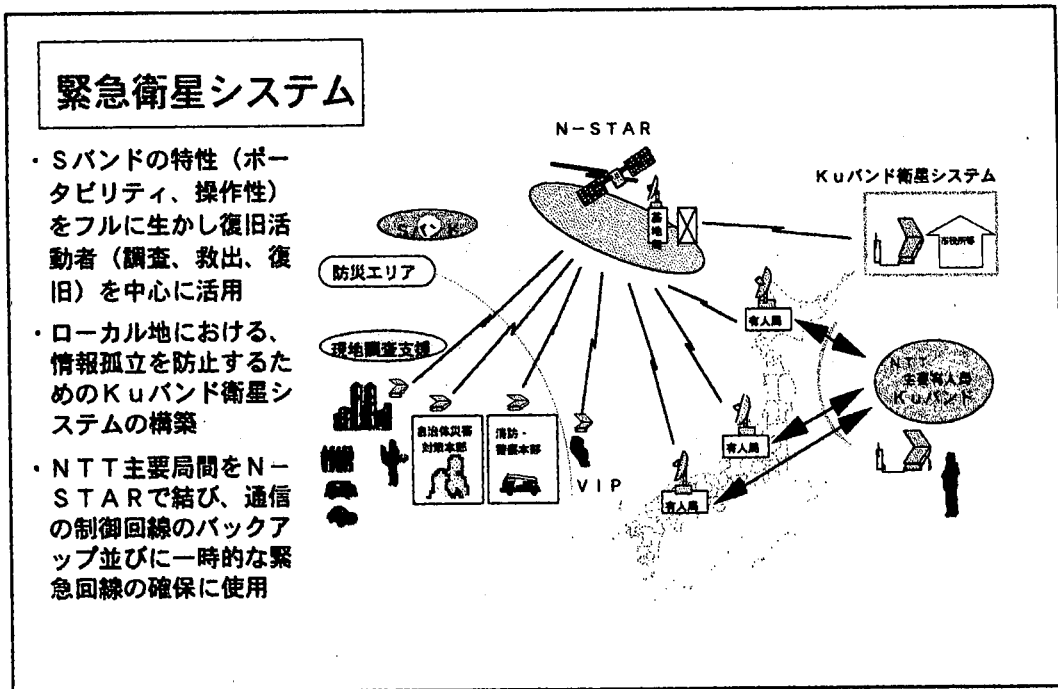


図-3.2.2 通信衛星の多角的利用

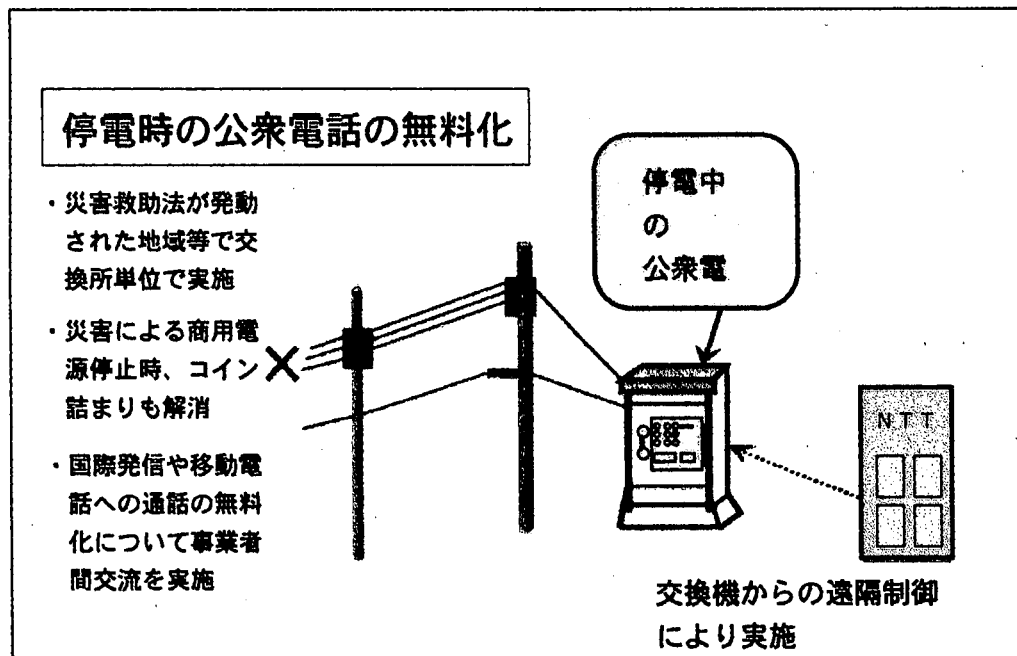


図-3.2.3 ライフライン公衆電話の利用開放

①被災地の情報流通支援：

被災地での情報流通は、被災者の必要とする情報の集積・流通という面で大きな課題を残した。NTTは情報流通支援技能者を派遣し、Nifty-Serve、インターネットといった電子掲示板を活用し、自治体及び避難されている方々との情報流通支援を行った。学校、公民館といった公共的設備で、日常からそれらと自治体とをネットワークで結び、端末を用意しておくことにより、被災時に直ちに情報流通が可能と考える。（図-3.2.4参照）

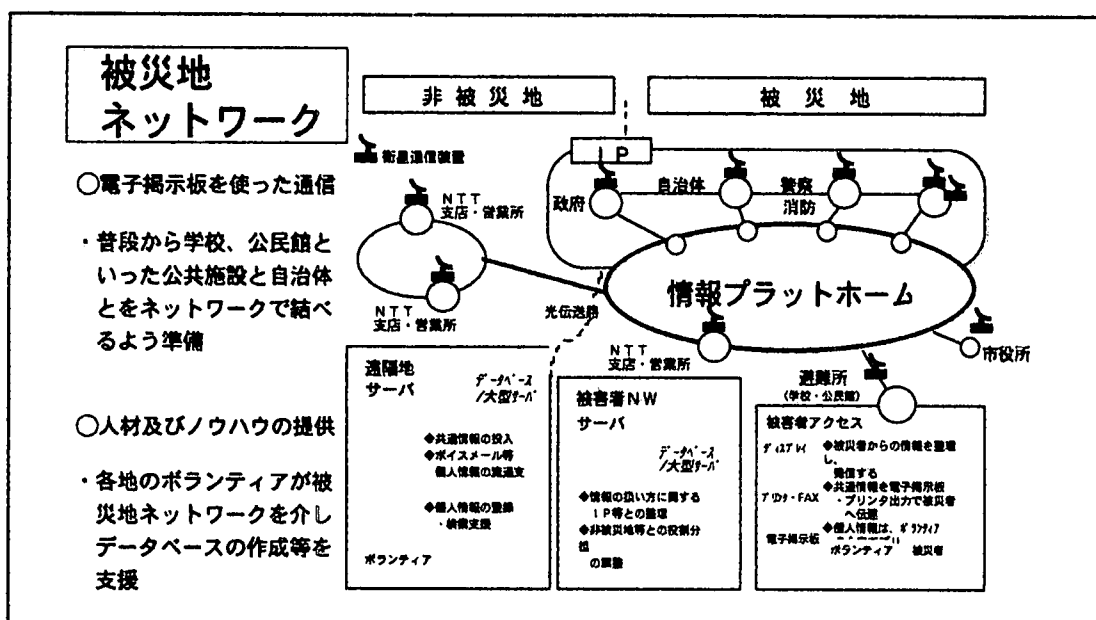


図-3.2.4 被災地の情報流通を支援

### 3.2.4 水道（日本水道協会）

#### (1) 施設の耐震性強化

長期間断水の原因となった管路の被害状況について、管種、埋設箇所の表層地質、地震動強さ、地盤の液状化の程度などとの関係を調査分析し新しい知見を得た。そこでこれらを踏まえ、耐震工法指針を改訂し個々の施設が被害を受けた場合でも、水道施設としての機能の確保を図る事を目的に、施設の重要度を考慮して耐震性強化を進める事になっている。

#### (2) 応急体制の整備<sup>12)</sup>

日本水道協会は、この地震に伴う諸活動を省みて水道事業者間の相互応援体制の確立を図る事や、事業体個々も事前に調整しておくべき事について、特別調査委員会を設けて検討し、実践的な内容としてとりまとめ具体的に取組んでいる。図-3.2.5 に応援要請の連絡体制を示す。

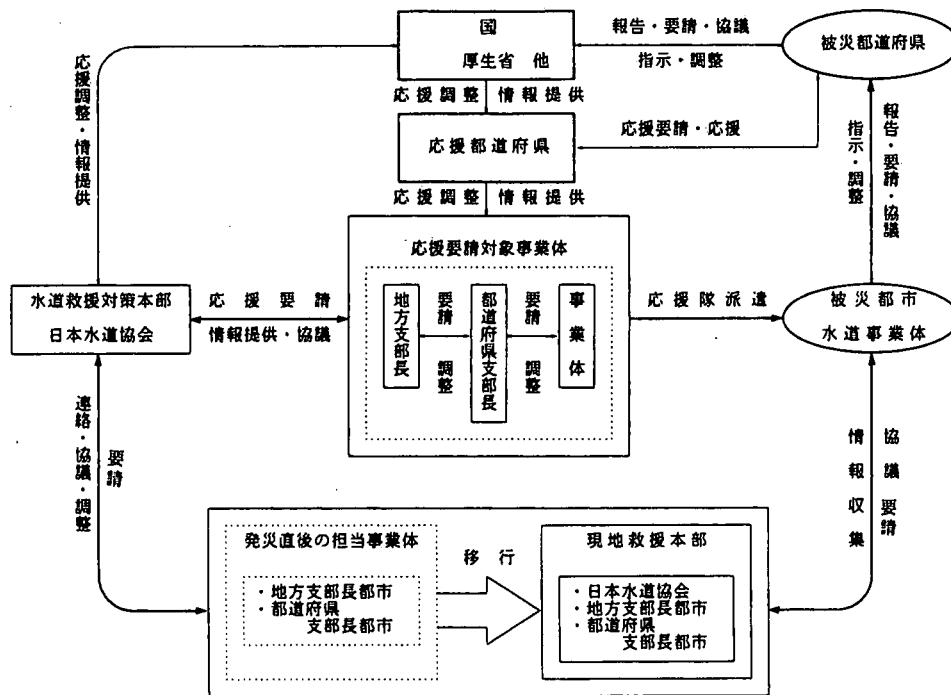


図-3.2.5 応援要請の連絡体制

### 3.2.5 下水道（下水道地震対策技術調査検討委員会）<sup>15)</sup>

#### (1) 地震対策の基本的考え方

これまでの下水道施設の耐震設計においては、現行指針に基づき、施設の供用期間と同等の再現期間を有する地震動を基に設計が行われてきたが、今回はこれらの設計における想定をはるかに越える地振動が観測されるとともに、広範囲に渡って液状化やそれに伴う側方流動が生じ、これらのことが施設に大きな被害をもたらした主要原因であった。今後はこのような、1000年オーダーに及ぶとされている長い再現期間を有する直下型地震等に起因する地震動や、液状化およびそれに伴う側方流動に対しても、設計における考慮が必要である。

#### (2) 管路の地震対策

レベル1の地震動に対しては、全施設に対して耐震性が施されていなければならない。新設では幹線・枝線全ての管渠を対象とし、機能に支障を与えない程度の部分的なクラック等の被害は許容するが、設計流下能力を確保する必要がある。

レベル2の地震動に対しては、全ての施設の耐震性をこのレベルで確保することは費用効果の観点から現実的でない。従って重要性の高い施設に対して、その機能が失われない程度の耐震性を確保する。もし、被害を受けたとしてもシステムとして機能できるよう、重要な幹線等のネットワーク化を検討する。

その他の管渠は、幹線に比較して一般に復旧が用意であること、布設延長が膨大であることから、それら全てに対して高い耐震性を確保することは現実的でない。従って、当面、レベル1地震動に対して対策を施すものとする。表-3.2.1に管路の耐震対策の考え方を示す。

表-3.2.1 に管路の耐震対策の考え方

対象管きよ		設計対象地震動		要求される耐震性能	
		レベル1	レベル2	レベル1	レベル2
既設	重要な幹線等	○*	○	設計流下能力の確保	流下機能の確保
	その他の管きよ	—	—	—	—
新設	重要な幹線等	○*	○	設計流下能力の確保	流下機能の確保
	その他の管きよ	○	—	設計流下能力の確保	—

〔備考〕

- ① 重要な幹線等とは、次に掲げるものをいう。
  - a. ポンプ場及び処理場に直結する幹線管きよ
  - b. 河川・軌道等を横断する管きよで、震害によって二次災害を誘発する恐れのあるもの、及び復旧が極めて困難と予想される幹線管きよ
  - c. 相当広範囲の排水区を受け持つ吐口に直結する幹線管きよ
  - d. 下水を流下収集させる機能面から見てシステムとして重要なもの
  - e. 防災拠点や避難所等からの排水をうけるもの
- ② \*印は、レベル2地震動での対策を施すことで、レベル1地震動での耐震性能は満足されることを示す。
- ③ 設計流下能力とは、流量計算書に記載された当該管きよの流下能力をいう。
- ④ 流下機能の確保とは、流下能力が多少低下しても、管きよとしては下水を上流から下流に流せる状態をいう。

### (3) 処理場・ポンプ場の地震対策の基本的考え方

レベル1地震動に対しては、構造物に損傷を生じさせないものとし、処理場・ポンプ場における本来の機能を確保する。

レベル2地震動に対しては、ある程度の構造的損傷は許容するが、構造物全体としての破壊は防ぐとともに、一時的な停止はあっても復旧には時間を要しないものとする。

耐震診断を行って既存施設の耐震性を明らかにするとともに、適切な補強を行う必要がある。また、構造物の耐震性能の向上を図るとともに、可とう性継手を採用していた場合や、仮設土留めを存置していた場合に被害を軽減できた事例もあり、建設時の工夫、補強を行っておくことも重要である。

### (4) 地震対策を考慮した下水道計画

#### i) 下水処理場・ポンプ場における地域特性等から見た重要度ランキング

放流先の状況や処理区の計画処理水量等から地域特性を考慮し、下水処理場・ポンプ場のランク分けをした例を表-3.2.2に示す。

今後、地域特性等からみた重要度ランク分けの計画水量を、利水等の影響を加味して設定する必要がある。なお、同じ重要度ランクにおける緊急度は、施設の老朽度を考慮して設定する。

表-3.2.2 地域特性からみた下水処理場・ポンプ場の重要度ランク

下水処理場の放流先の条件		計画処理水量 (m <sup>3</sup> /d)			
		Q1 以上	Q2 以上 Q1 未満	Q3 以上 Q2 未満	Q2 未満
海 域	閉鎖性海域	A	B	C	D
河 川	①閉鎖性海域につながる河川で下流側で上水取水のない河川	A	B	C	D
	②下流側で上水取水のある河川	A		B	C
湖 沼	全てを対象とする	A			B

ii) 下水道システムとしての信頼性の向上

下水道施設が万が一被害を受けた場合でも機能を確保できるよう、システム的な対応により耐震性を高めることが施設全体の信頼性の向上につながる。下水道システムの向上のために補完機能を確保することが重要である。

処理場・ポンプ場施設では、予備施設の設置や施設の複数化、非常用電力・用水源の確保、処理場・ポンプ場間の連絡幹線によるネットワーク化等によって、システム全体の信頼性を向上することができる。

また、管路施設については複数ルートの確保、管路施設間のネットワーク化等が挙げられる。システム的な対応のための施設については、平常時・災害時の利用形態を明確にした上で、それぞれの利用場面での効用を経済性を含め検討しておく事が重要である。

iii) 体制面での対策

①訓練の強化等：

被害を最小限に食い止めるためには、優先度を考慮した防災・復旧訓練を日頃から重ねておくことが重要である。特に、住民の安全確保のため、降雨による二次災害の防止対策を検討しておく。さらに、緊急時における水質検査体制の確保について考慮する必要がある。

②データベースの地震対策：

下水道台帳のような施設復旧に不可欠な情報については、収納・データ管理のための施設の耐震化を図るとともに、遠隔地にバックアップを設けることにより安全度の向上を図る。各種図面をイメージデータとして保管したり、下水道台帳の電子化を行う場合には、他都市との相互支援が可能となるようできるだけ標準フォーマットとする。

iv) 災害時のし尿対策

水道の被災による断水時においても住民が水洗トイレが使用できるよう、トイレ用水の確保について地域毎に検討しておく必要がある。特に学校や公共施設等の避難所においては給水・排水施設の耐震化等の対策が必要である。また、トイレ用水が確保できない場合に備え、消毒薬の配備など衛生面に留意しながら、公園などへのトイレマンホールの設置、仮設トイレの備蓄などの代替策を準備するとともに、し尿の固形化等について検討しておく必要がある。

v) 下水道施設の防災施設としての活用

下水道は下水処理場、ポンプ場、雨水管渠等まとまった空間を有しており、これらを防災避難所、避難路、防火帯として活用することを検討する必要がある。また、高度処理水や雨水貯留施設の貯

留水の消火用水、雑用水等としての利用が求められる。さらに、河川水等を下水道に引き込み、防火用水として利用する等の方策について検討する必要がある。以下に示すような利用が考えられるが具体化するためには、施設的・構造的条件を満たしているとともに、下水道施設であることから衛生面での配慮も必要である。

- ①水処理施設上屋を広域避難場所、一次避難場所、ヘリポートとして利用する
- ②管理棟を避難場所として利用する
- ③雨水排水路などの開水路沿いを避難路として活用する
- ④管路を災害時の情報通信網として活用する
- ⑤塩素混和池や雨水ポンプ場のポンプ井を消防水利施設として活用
- ⑥深い雨水幹線などを消防水利施設として活用する

### 3.2.6 鉄道（JR西日本）<sup>16) 17) 18)</sup>

#### (1) 耐震補強対策

既存の鉄道構造物の耐震補強等に関して全鉄道事業者共通として、新たな耐震設計手法が確立されるまでの当面の処置として緊急耐震補強計画を取りまとめた。これらの計画を実施していく上での補強方法は次の通りである。（表-3.2.3 参照）

##### i) 高架橋柱じん性対策

鋼板巻立て、コンクリート巻立て、耐震壁等があるが、どの方法を採用するかは補強の目的、補強効果、実績、経済性、施工性、空間上の制約の有無、安全性等を総合的に勘案するとともに、これらの耐震補強の際、経年した構造物の機能向上にも効果があることを配慮し、工法を選定する。

表-3.2.3 緊急耐震補強の全体像

区分		緊急耐震補強の実施期間	緊急耐震補強の対象構造物		
			ラーメン高架橋・橋台の鉄筋コンクリート柱	開削トンネルの鉄筋コンクリート中柱	落橋防止工
JR	新幹線	概ね3年	約 25千本	—	約 2千連
	在来線	概ね5年	約 8千本	約 0千本	約 5千連
民鉄・地下鉄等		概ね5年	約 13千本	約 5千本	約 4千連
合計		—	約 46千本	約 5千本	約 11千連

注 1) 対象線区：地震による影響の大きさを考慮し、新幹線及びピーク時1時間片道列車本数10本以上の在来線等の輸送量の多い線区について、仙台地域、南関東地域、東海地域、名古屋地域、京阪神地域について優先的に対処。

なお、新幹線については、上記以外の地域についても活断層の規模等に配慮し、対処。

2) 鉄道事業者：JR 3事業者、民鉄 21事業者、公営地下鉄・営団 7事業者、合計 31事業者

3) 四捨五入の関係で計が合わない場合がある。

4) 「0」は500本（連）未満を意味する。

また、技術開発は日進月歩であり、特に補強工法技術については大きく前進すると考えられるため技術開発の動向を見極めて対処する。

## ii) 落橋防止対策

既存構造物における落橋防止工としては、桁座拡幅や桁同士を結ぶ連結工、ずれ止め工が代表的であるが、これらを組み合わせて用いるなど、目的に合った施工方法を選択する。

## (2) 山陽新幹線への「ユレダス(UrEDAS)」の導入

### i) ユレダスの概要

ユレダスとは、早期地震検知警報システム (Urgent Earthquake Detection and Alarm System : UrEDAS) の英文の頭文字をとって名付けられたもので、東海道新幹線 (JR 東海) に 14 か所、青函トンネル (JR 北海道) に 4 か所、首都圏 (鉄道総研) に 5 か所設置されている。これは、地震計の設置されている検知点で初期微動 (P 波) を検知し、約 4 秒で地震の規模 (マグニチュード) や発生位置を推定して、鉄道に被害を及ぼす可能性のある地震に対してのみ警報を発するシステムである。一般的に P 波の速度は秒速 8 km、S 波は秒速 4 km であることから、この速度差を利用して余裕時間 (ユレダスが P 波を検知後、警報を発し、き電停止してから S 波が線路に到達するまでの時間) を確保するものである。図-3.2.6 にユレダスの概要を示す。

### ii) 山陽新幹線への導入

マグニチュード 8 クラスの巨大地震は海域に存在するプレートの沈み込みによって発生し、周期性をもって繰り返し発生することが多いことや、過去に発生した地震の分布及び地震歴等を考慮して、ユレダス用の地震計を設置するための検知点を山陽新幹線を取り囲むような形で 5 か所 (鳥取、浜田、高知、福岡、延岡) 新たに設置した。また、東方の 3 か所 (舞鶴、金剛山、新宮) については、JR 東海の検知点を借用することとした。よって、山陽新幹線におけるユレダスはこの 8 検知点で地震を検知し、運転規制を行う。なお、検知点については、地震計の精度が非常に高いことから、安定した岩盤のある箇所には横坑を掘削し、設置している。図-3.2.7 に検知点の配置図を示す。

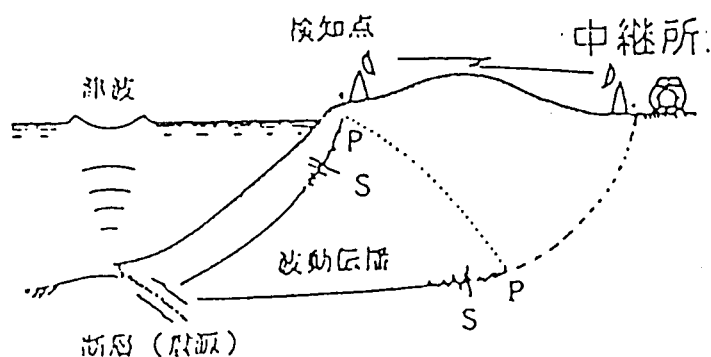
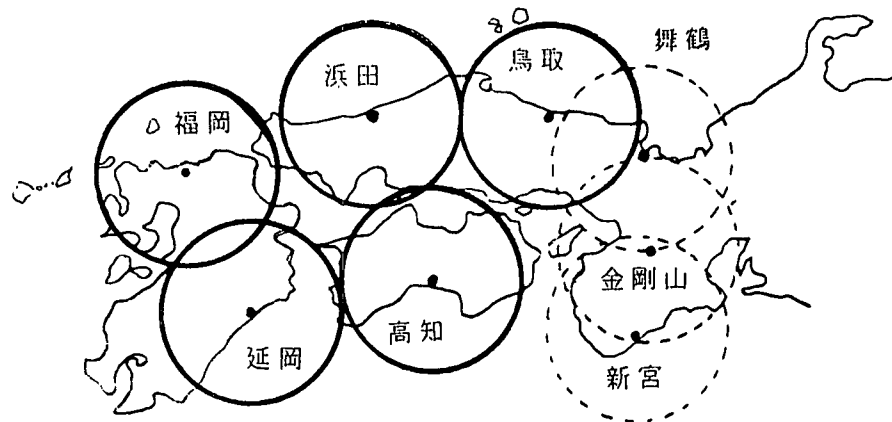


図-3.2.6 ユレダスの概要





\* 舞鶴、金剛山、新宮は J R 東海 所有の 検知点

図-3.2.7 検知点の配置図

### 3.3 まとめ

都市直下型の阪神・淡路大震災によってライフライン関連の被った被害は、そのライフライン部門の特徴によって多少の差違はあるが、過去に経験したことの無い大災害であったことに疑念の余地はない。一方、我が国が地震国であるため過去の経験から、各ライフライン部門が努力してきた防災対策によって、都市直下型の大地震に対してもその被害を大きく低減することができたことも事実である。

#### (1) 復旧活動の流れ

各ライフライン部門は、施設の復旧が被災者の救援活動に直結するため、施設の機能回復を最優先に応急的な復旧に努めた。各部門の受けた被害と復旧状況（施設の応急的な機能回復）を利用者側から見れば、大まかには表-3.3.1 のようであった。部門によって被害の評価基準や復旧方法が異なるため、これらの復旧状況を画一的に比較することはできないが、電力と通信の応急復旧が比較的素早く実施され、鉄道の復旧が最も長期間を要した。各ライフライン部門は早期の復旧に努めるとともに、緊急的な対応として何らかの代替え施設やサービスの提供を行っていることがわかる。

表-3.3.1 ライフライン部門における復旧活動の推移

	1/17	2月	3月	4月	5月	6月
電力	約260万戸の停電	100万戸に減少(7:30)	応急送電完了(1/23)			復旧完了(H8.3末)
		重要施設、防災拠点に発電機車による応急送電				復興を伴う復旧
ガス	約86万戸の供給停止		80%の復旧(3/10)	復旧完了(4/11)		
		重要施設、防災拠点に代替エネルギーの供給				復興を伴う復旧
通信	約30万回線の中断	全交換機の回復(1/18am)	応急復旧完了(1/31)			
		特設公衆電話、臨時FAXの設置				復興を伴う復旧
上水道	約140万戸の断水			応急復旧完了(4/17)		
		給水車等による応急給水				本復旧
鉄道	約640kmの区間不通		乗換による交通回復(2/20)			復旧完了(8月末)
		代替バスの運行				復興を伴う復旧

## (2) 復旧に向けて

地震発生の直後に、全ての部門で災害対策本部が設置され、復旧に向けた体制作りが素早く行われた。このような体制作りの中で、多くの主要な施設は、過去の経験から耐震性が重視されていたため、大きな被害を受けることはなく、応急復旧に際して重要な役割を果たした。

地震直後の緊急的な対応について施設面の状況を見ると、電力については、地震直後に数力所の火力発電所が停止したにもかかわらず、従来から電力供給設備の多様化・多重化等を図ってきたことが早期の応急送電を可能にし、他電力からの応援融通受電には至らなかった。ガスについては、低圧導管に被害が集中したものの、中圧導管には被害が小さく主要設備にはとくに被害が発生しなかった。低圧導管の復旧には困難が見られたが、中圧導管や主要設備に大きな被害がなかったことが災害を小さくしたと考えられる。通信については、古い管路や架空ケーブルに多くの被害が発生したが、主要施設や鉄塔が受けた被害は比較的軽微であったため、短期間でのサービス回復を可能にした。ただし、地震当日には通常ピーク時の約50倍、翌日でも約20倍という利用の集中が生じ、交換機による自動規制が頻繁にかかる状態となった。このように災害時に利用が極端に増加するのは通信サービスの特徴であろう。上水道については、2、3の貯水施設と取水施設が大きな被害を受けたが、その他の主要施設の被害は軽微であった。しかし、管路の被害が大きく、応急給水によるサービス提供に頼らざるを得なかった。下水道については、ほとんどの被害が土被りの小さい小口径の管路の破損や継手のはずれであったが、処理場やポンプ場の構造物や設備にも被害が発生し、処理機能の停止や低下が生じた。鉄道については、ライフラインの中でも重厚長大な構造物であり、地震による被害は甚大であった。とくに東西につながる主要な鉄道が寸断された影響は大きく復旧は困難を極めた。しかし、復旧に至るまでは不通区間で代替バスを運行することによって交通機関としての重要な役割を果たした。

また、復旧活動の中で他組織から受けた応援も有効に機能した。電力については、応援融通受電には至らなかったが、復旧作業にあたり、他電力や協力会社から多大な応援を得ているし、応急復旧に先立って実施した重要施設や防災拠点に対する発電機車による応急送電に際して、他電力の発電機車の応援を得ている。ガスについては、1月18日には日本ガス協会に応援要請を行い、第1次から第4次までの応援隊の支援を受け、復旧隊と復旧フォロー隊合わせて修繕隊15隊の体制を

整えた。通信の場合は、ほとんどが社内の体制作りであったが、1月には現地の要員3,000人に加え全国から1日に4,000人平均の動員を行い、2～3月の本復旧においては協力会社も含め約2万人を動員している。上水道については、他の部門とは異なり支援体制が確立されていなかったが、日本水道協会の協力もあり、他府県の水道事業者からの支援が特段の支障もなく効果的に機能したようである。下水道では、建設省や日本下水道事業団らの調査団の報告を受け、日本下水道事業団と大都市による支援が実施された。なかでも、庁舎の損壊で取り出し不能となった神戸市の下水道台帳を同一システムを持つ名古屋市のシステムで取り出す支援を受けた。鉄道の場合、JR西日本については、鉄道総研やJR各社から1,000名近い支援を受け、代替えバスの提供も受けた。復旧工事に当たっては、施工業者の協力により施工範囲を可能な限り拡大させることで迅速な施工が図られた。

### (3) 災害の教訓と今後の取り組み

これまでも各ライフライン部門は、過去の震災の経験から、災害時の体制作りや技術的な改善に向けて取り組みを進めてきた所であるが、今回のような都市直下型の大震災に対しては、従来の取り組みに新たな課題が示された。

情報伝達について、課題をあげている部門に通信等があるが、通信は地震直後に施設が被災した上に利用が集中した状況では、情報伝達に問題が生じたことは避け難いと考えられる。通信部門（NTT）では、今回の教訓をもとに通信の輻輳対策としてボイスメールシステムの開発、緊急時の通信衛星の多角的利用等による対策が進められており、期待される所である。情報伝達については、その他の部門でも、情報伝達が通信の一般回線に大きく依存していたため、初期の情報伝達や被害の把握等に支障をきたした。これらの事業者は、一般回線以外にも営業所や事業所間には独自の通信設備を設置していたが、必ずしも十分ではなかったようである。今後の取り組みとして、各事業者が独自の通信設備を増設することも考えられるが、社員全員との連絡には限界があり、通信部門における取り組みが最も重要であろう。

設備や建築物に対する技術的な改善点についても各部門で検討が行われている。電力については、電力供給設備の耐震性確保や多系統化、電力供給拠点の分散化を今後もさらに進めて行こうとしている。ガスや通信、上水道については、主要施設の被害が大きくなかったにもかかわらず広範囲に供給不能となったが、その原因が管路や継ぎ手部の被害にあったことから、管路及び継ぎ手部の耐震性確保や被災部の検知方法の開発を課題としている。下水道では、現実的な経済性から施設の重要性和地震動のレベルを考慮して設計流下能力の確保する対策の考え方を示し、施設全体の機能を確保するために予備施設の設置や施設の複数化、連絡幹線のネットワーク化を検討している。さらに、下水道施設の目的外利用として、避難場所や消防施設等の防災施設としての利用も検討している。鉄道については、高架橋を中心に各建築物の復旧工法や耐震補強が検討され速やかに実施されている。

ライフライン部門や事業者の相互の連携については課題を残した問題もある。例えば、被災地における復旧工事が輻輳したために工事の進捗に支障をきたしたことや、復旧工事も一因となつたであろう交通渋滞が復旧や救援活動を滞らせたことがあげられる。また、各部門ともに重要施設や防

災拠点あるいは復旧の容易な地域の復旧工事が優先される傾向が見られ、自ずとライフライン施設の復旧に地域ごとのばらつきが発生した。被災者から見れば、いずれかのライフライン施設だけでも早急に復旧されることが望まれたと考えられる。今回の震災においても、設備や施設の他部門との共用や貸与といった相互の連携もあったが、必ずしも十分ではなかったようである。各部門や事業者間の調整によって独自の活動に制限が生じ、逆に復旧の遅れが生じるという懸念もあるが、今後は有効な相互の連携について研究がなされるべきと考えられる。

今後の耐震対策については、地質情報を基にした被災度の情報収集や予測に新たなシステムの導入の計画があるが、このような技術は1部門だけの課題ではないと考えられる。現状では、建築物の復旧工法や今後の設計基準に対しては、土木、建築学会を含め全国的なレベルで検討が行われているが、その他の様々な方面でもこのような取り組みが必要と考えられる。

非常災害時に備えた社内体制の整備、復旧体制については、全ての部門で見直しが行われた。都市直下型の震災に対応可能な対策本部のあり方や社員の召集方法や基準等が検討されている。協力会社による支援体制や他部門への支援活動についても検討されているが、この点については、特に連絡協議会のようなものは設置されていない。今後の検討課題と考えられる。

## 《参考文献》

- 1) 関西電力(株)：阪神淡路大震災復旧記録、1995年6月
- 2) 関西電力(株)：災害に強い電力供給をめざして、1996年3月
- 3) NTT：大都市激甚災害対策委員報告書、1995年7月
- 4) NTT：ふらざ「阪神大震災レポート」、1995年2月
- 5) NTT：技術ジャーナル「阪神淡路大震災を教訓にした激甚災害対策」、1995年10月
- 6) 電気学会：電気学会誌「通信設備の被害と今後の耐震対策」、1996年2月
- 7) ガス地震対策検討会編：資源エネルギー庁監修、発行 株式会社ガス事業新聞社  
「ガス地震対策検討会報告書」、1996年3月
- 8) 大阪ガス株式会社：「阪神・淡路大震災 被害・復旧記録」、1996年3月
- 9) 水道協会雑誌：平成7年10月第64巻10号(第733号)
- 10) 水道協会雑誌：平成8年3月第65巻3号(第738号)
- 11) 水道協会雑誌：平成8年4月第65巻4号(第739号)
- 12) 日本水道協会：「地震等緊急対応に関する特別調査委員会報告」、平成8年2月
- 13) 藤田俊彦：「阪神・淡路大震災における兵庫県の被害状況と復興計画」、下水道協会誌、  
Vol. 32, No. 391 1995/11、p14～p19
- 14) 平 照行：「下水道事業における大都市の支援体制」、下水道協会誌 Vol. 32,  
No. 391 1995/11、p34～p37
- 15) 下水道地震対策技術調査検討委員会：「下水道の地震対策についての最終提言」下水道協会誌、  
Vol. 33, No. 404 1996/10
- 16) JR西日本：「鉄道構造物の耐震補強工事の概要」、JR西日本、1996年5月号
- 17) 神野嘉希、金澤芳信：「山陽新幹線耐震補強対策」新線路、1996年11月号
- 18) 神野嘉希、金澤芳信、藤井昌隆：「JR西日本における山陽新幹線地震対策」、JREA、  
1997年1月号
- 19) 運輸省、鉄道局：「よみがえる鉄路」1996年3月
- 20) 西日本旅客鉄道株式会社：「阪神・淡路大震災鉄道復旧記録誌」、1996年1月