

# 上・下水道施設被害

北海道大学工学部 渡辺 義公  
小林 三樹

## 1 調査対象と被害の概要

2月1日午後にJR京都駅からJR大阪駅を経由して、阪神梅田駅から青木駅までを電車、青木から三宮までのシャトルバスを利用して神戸市役所に到着した。水道局と下水道局が入っていた市役所第二庁舎は水道局があった六階が完全に潰れて、下水道局があった五階も危険で出入り不能となっていた（写真-1）。水道局と下水道局は被害が無かった第一庁舎に移転していたが、いわば着の身着のまま資料も何もない状態であった。そんな状況ではあったが、関係者から上・下水道施設の被害状況を聞き、現場調査カ所を決めた。表-1は1月28日現在の神戸市の下水道処理場とポンプ場の被害状況である。表-1を参考にして、2月2日には最も被害の大きかった東灘下水処理場と殆ど被害を受けなかったポートアイランド下水処理場を中心に下水道施設を調査することとした。表-2は神戸市の水道施設の被害状況である。1月26日に厚生省水道環境部が発表した水道施設の被害状況によれば、神戸市の650,000戸のうち359,600戸で断水していた。同日までに、全国41都道府県の424水道事業体から応急給水の緊急支援として、給水車その他の車両521台、ポリタンク約7万個、人員約1,410人、水運搬用ポリ袋約18万枚の派遣・提供があった。このような状況を考慮して、水道施設についての直接的被害調査を行わず、2月3日に緊急給水の実態と水道被害が市民生活に及ぼす影響を被災地を歩いて調査した。

## 2 東灘下水処理場とポートアイランド下水処理場

図-1が東灘下水処理場の平面図と被害ヶ所の概要である。埋立地運河擁壁が側方流動（滑動）して、対岸の魚崎ポンプ場から処理場へ下水を送る流入管が写真-2、3、4、5に示すように破損した。運河南側の擁壁が2m程せり出して、処理場北側の施設群が滑動+沈下し（写真-6は階段の基礎部分が2m程運河南側に滑動したとを示している）、最初沈殿池流入渠（1.5m x 3m）がExpansion joint面で50 cm程ずれていた。このためポンプ場は稼働可能であったが、下水処理は全く行えない状態となった。そのために、運河を閉め切って仮設沈殿池とし塩素消毒して放流することとした。写真-7は閉め切り工事の様子である。処理施設は杭基礎で、大阪海成基層部にPC, CC, ベノート杭で指示されていた。運河に近い施設ほどExpansion jointが変位を受けきれず破断している箇所が多い。下水処理施設も水槽壁面のJointが写真-8のように破断しそこから水が抜けた。写真-9は最初沈殿池の汚泥かき寄せ機で翼部がずり落ちている。運河の反対側（南側）は上部を交通局バスターミナルとしたmassiveな構造物（写真-10）であったため、全く無損傷であった。

一方、埋立地に建設されたポートアイランド処理場は十分な液状化対策を施し

ていたため全く無損傷であった。ここでは、地盤改良（置換、サンドドレーン、1年間載荷盛土）を行い、荷重条件の異なる施設群（機械棟、管理棟、処理棟）を独立施設とし、浮基礎とした。写真-11は機械棟と管理棟をつなぐ渡り廊下、写真-12は処理棟の上屋であるが、いずれも無損傷である。同処理場隣接地はいたる所で液状化していた。例えば、旧堤防脇の道路は写真-13のようであった。平常時に日量1万トン进行处理していた同処理場には地震後にも日量4千トンの下水が流入していた。市内とポートアイランドを結ぶ橋梁の基礎が地震でずれてそこに設置してあった水道管も破損したため、ポートアイランドには水道水の供給は止まっていた。給水車による緊急給水はあったものの、日量4千トンもの下水が処理場に流入した理由は処理場流入下水管が破損して塩分濃度の高い地下水が混入したと考えられる。処理された日量4千トンの下水の一部を砂ろ過した水はタンク車輸送により、市内避難施設の水洗トイレ用水や、液状化粘土でほこりが立つアイランド内路面の散水用水として利用されていた。写真-14、15がタンク車による輸送風景である。

### 3 下水管渠

神戸市の平成5年度末の下水管渠の総延長は、汚水管：3315 Km、雨水管：484 Kmである。神戸市が1月17日から22日にかけて行った調査によると、下水管路施設の被災状況は表-3のようである。下水管の被災調査は先ず溜まり水を抜いて（写真-16）マンホールから中を見る（写真-17、18）方法、管内にTVカメラ（写真-19）を入れて調査する方法がある。しかし、水道が復旧して家庭や工場からの下水が出てこない間は、下水管渠の被災状況の詳細はつかめない。建物との取り付け管のような末端枝管のほとんどは破損していると考えられる。写真-20は東灘区のアパートで取り付け管の勾配が逆になり下水を排除できなくなったので、住人が修理している様子である。近くの福池小学校のプールの水（写真-21）を水洗トイレに使っているが、敷地内から下水を排除できないため、修理中の取り付け管の水洗トイレ洗浄水（希釈し尿）を敷地内に穴を掘って貯めている（青いビニールシートの場所）。冬季であったが、福池小学校のプールには水があり、消火用水として使用されたため、この地区には火災の被害は最小限でくい止められた。その後、プールは雑用水の貯留スペースとなっている。

### 4 水道の断水による市民生活への影響

神戸市の水道水の5/6は淀川の河川水を阪神水道企業庁の所有する浄水場で処理したものである。淀川から各浄水場への導水管に一部が破損してものの、神戸市にある119の配水池への浄水場からの一部送水は行われていた。25の主な配水池には震災時に配水池から水道水が漏水しないように、緊急遮断弁が設置されていた。地震時に25の遮断弁は中央からの無線により作動し、給水車への水源として機能した。写真-22、23は神戸市水道局東灘低層配水場における給水車への積み込みの様子である。給水場となっている小学校では、大型給水車からポリタンク

へ分水後（写真－２４）または小型給水車から直接（写真－２５）、市民が受水している（写真－２６、２７）。また、東灘低層配水場では配水池からポンプで直接給水していた（写真－２８、２９）。給水車による緊急給水活動は、積み込み－運搬－給水の過程で多くの人力が必要で、しかも交通渋滞による行動の鈍さから、市民に必要最低限の飲み水を配給できる程度であった。市民は突然湧き出した地下水（写真－３０、３１、３２）や漏出した水道管の溜まり水（写真－３３、３４）、近くの都市河川水（写真－３５）を雑用水として利用していた。

## 5 むすび

今回は２つの基本的視点から調査した。（１）土木構造物としての上・下水道施設の耐震性、（２）都市ライフラインとしての上・下水道システムの在り方。

浄水場、配水池、下水処理場といった上・下水道基幹施設は、立地条件が悪かった東灘下水処理場が極めて大きな被害を受けた以外はおおむね健全であった。特に、地盤の液状化を予想して万全の耐震設計を施したポートアイランド下水処理場と岩盤上に建設された垂水処理場が軽微の損傷であったことから考えて、良好な地盤に処理場用地を確保したり、不良地盤の改良を行うことにより、土木構造物としての上・下水道基幹施設の地震時の安全性は保ちうると推論した。しかし、基幹施設の一部の損傷や、建築物との取り付け管等の末端枝管の破損は避けられないことと、地下部分の破損箇所の発見と修理にかなりの時間を要し、市民生活に重大な影響が出ることから、現行のフロー型の都市ライフラインとしての上・下水道システムの在り方を、ストック機能を組み込んだシステムに再構築すべきと考える。神戸市の場合、山側の上水道配水池に水が確保されており、海側の下水処理場にも大量の水があるにもかかわらず、中間部も市街地に水のストックが無く、フローを受け持つ管路の破損により輸送機能を失ったことが、地震時の火災や神戸市民の水不足をもたらした。

神戸市民の不幸な経験を生かして、地震にも強い都市水代謝システム（広義の上・下水道システム）の在り方として以下のような提案をしてむすびとする。

（１）めり張りのある施設整備：最重要施設（浄水場、導水管、配水池、幹線配水管、下水処理場、幹線下水管渠、等）は高度の耐震設計を行い、万一の破損に備えて、複数の配水池をつなぐ連絡管や、複数の下水処理場へ下水を輸送できる遮水管をつける。その他の施設（末端取り付管、等）は破損箇所の発見と修理を迅速に行える設計とする。

（２）破損箇所の修理の期間、市民が身近に水源を確保できるストック型の機能を持つシステムの構築：小学校等に地下水を水源とする緊急用井戸を常備する。そのためには、質・量両面からの地下水の保全が必要である。

（３）消火用水、トイレ用水、洗濯用水等の雑用水源としての”水のストック”を都市内に高密度に配置するシステムの構築：幹線下水管渠から再利用のための下水を必要量だけ取り出し、高度処理水を公園や学校のグラウンドの地下に貯留するための、小規模で高度な下水処理場（Scalping plants）を都市内に配置する。

東灘 処理場 平面図

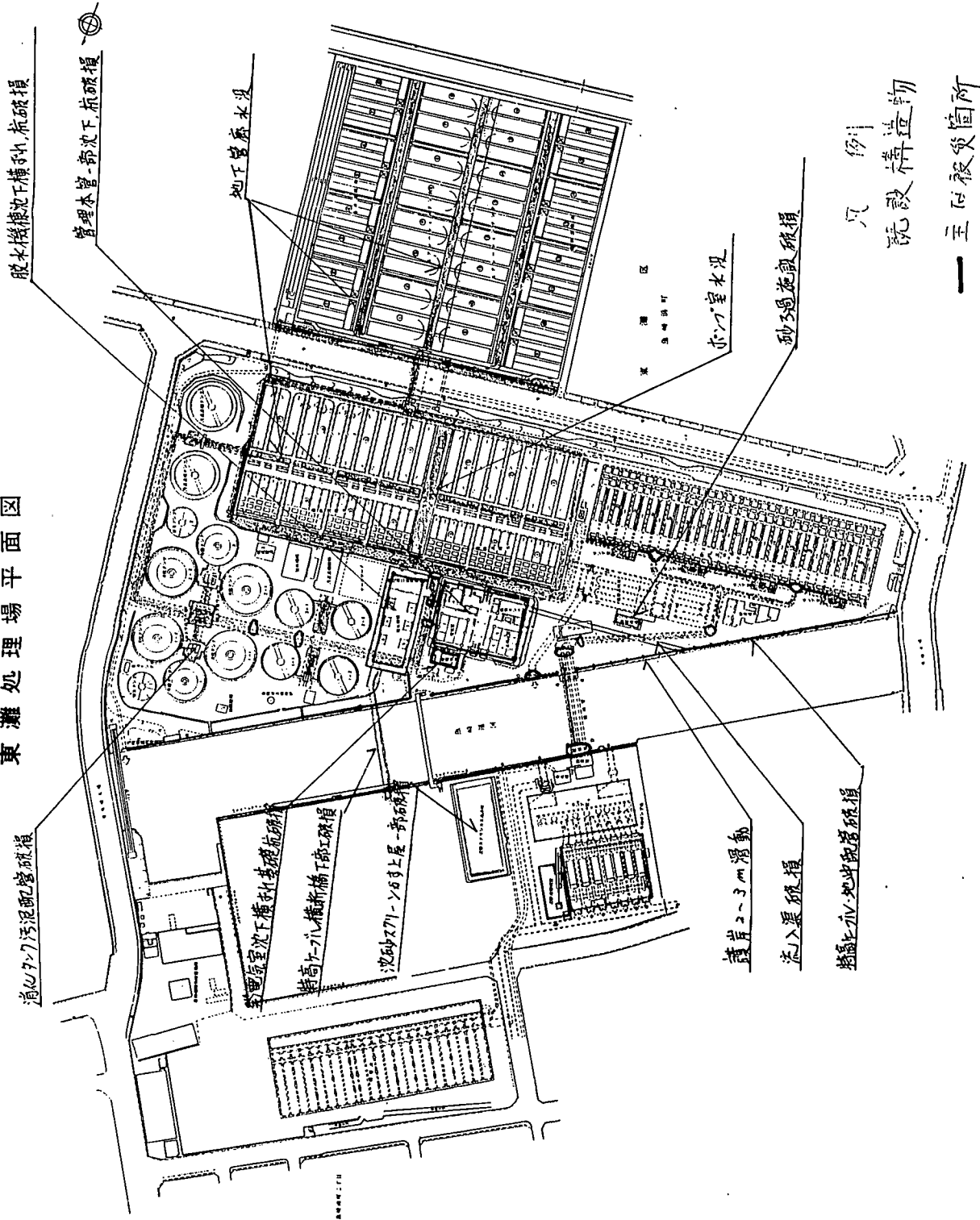


図 - 1 東灘下水処理場平面図と主な破損箇所

表 - 1 神戸市下水道施設の被災状況

兵庫県南部地震被災状況調査（処理場・ポンプ場）

処理場名・ポンプ場名 （能力）	主な被害状況または復旧工事内容
東灘処理場 （225,000m <sup>3</sup> /日）	流入水路破損、エタケ堰き手部漏水、管理棟・配水機庫の傾斜、運河護岸崩壊、場内舗装大破、通達地留料 水処理ポンプ稼働停止、汚泥かき寄せ機補修、砂選選機取り替え、配水機庫形取・再据え付け、盤類取り替え・補修
ポートアイランド処理場 （20,300m <sup>3</sup> /日）	場内舗装破損・破損、エキスパンション部目詰まり・脱落、壁面クラック、換気ダクト破損
鈴蘭台処理場 （43,825m <sup>3</sup> /日）	エレベーター棟のずれ・クラック、場内舗装
中部処理場 （77,900m <sup>3</sup> /日）	場内舗装破損、エタケ堰置スラブ破損、終沈槽クラック、終沈槽等沈下、連絡通路破損、地下管線大量漏水 脱臭ダクト補修
西部処理場 （161,500m <sup>3</sup> /日）	エタケ流入路・エタケンエキスパンション部・沈沈槽破損、場内舗装大破、次連室壁料 汚泥かき寄せ機・ポンプ類・配管補修、脱臭タンク汚泥かき寄せ機・汚泥ポンプ・電動機補修
垂水処理場 （133,890m <sup>3</sup> /日）	護岸ケーソン滑動・越波水路破壊、エキスパンション部クラック、積載・開閉 汚泥配管補修
玉津処理場 （75,000m <sup>3</sup> /日）	場内舗装破損・沈下・クラック、目地破損 汚泥脱水機・配管補修
東部スラッジセンター （600t/日）	場内舗装破損 海水取水設備設置
小計	

兵庫県南部地震被災状況調査（処理場・ポンプ場）

処理場名・ポンプ場名 （能力：m <sup>3</sup> /分）	主な被害状況
本庄ポンプ場 （汚水29.0, 雨水644.6）	発電室クラック、エキスパンション部クラック 発電設備移設・再据え付け
深江大橋ポンプ場 （汚水15.4）	場内道路破損
魚崎ポンプ場 （汚水338.7, 雨水1,763.3）	運河水筒壁半壊、吐出口継ぎ手部破砕、し流路溝壁傾斜、 スクリーンホースコンパ7・汚泥ポンプ・雨水ポンプ補修、制御盤取り替え
大石ポンプ場 （汚水81.6）	地下室クラック、門扉・外壁破損 発電設備移設・再据え付け
向洋ポンプ場 （汚水50.0）	場内舗装破損
P I 第一ポンプ場 （汚水13.0）	場内舗装破損、北側門扉破損 高圧引き込みレール補修
P I 第二ポンプ場 （汚水1.0）	場内舗装破損 水位計取り替え
P I 第三ポンプ場 （汚水1.0）	建物傾斜、場内舗装・コンクリート擁壁破損 発電機補修
宇治川ポンプ場 （雨水116.9, 雨水313.2）	場内舗装（インクローキング）破損
湊川ポンプ場 （雨水417.0）	擁壁破損 ポンプ室天井クレーン補修

表 - 2 神戸市水道施設の被災状況

水道施設（浄水場・配水池等）の主な被害状況及び現在の状況

	被害の状況	現 状
1.貯水池		
(1)布引貯水池	堤体天端歩廊の手すり部にクラック。 管理橋橋脚部に被害、本格的な修理が必要。	被害箇所を含めた貯水池の安全性調査を予定
(2)烏原貯水池	堤体端部表面に微小な縦クラック1ヵ所 管理道路の石積みが崩れる	被害箇所を含めた貯水池の安全性調査を予定
2.浄水場		
(1)上ヶ原浄水場	緩速ろ過地 — 軀体にクラックが数カ所発生 急速ろ過地 — 伸縮ジョイント部損傷、漏水あり。 急速ろ過地洗淨水槽 — 配管部から漏水あり。 排水処理施設 — 軀体、配管、機械類等に多数の被害あり。応急修理中。 場内各種配管、各所法面、電気・機械施設等で被害あり。	浄水場全体として修理方法を調査予定
(2)本山浄水場	洗淨水槽への入水管が破損、洗淨水槽（RC）にクラック発生	修理方法を調査中
3.配水池	全市で119カ所ある配水池の被害は殆どなかったが、会下山低層配水池で接合井への接合部が損傷し漏水するとともに、池内伸縮ジョイント部で縦クラックがあった。なお、場内舗装・石積み等の被害は10カ所程度になる。	会下山低層配水池の応急的な修理を完了し、供用を開始。
4.その他の施設		
(1)送水管	上ヶ原浄水場内送水管（φ1200×100m）、会下山中層送水管（φ500×10m）等10数カ所で漏水が確認された。送水管の他、烏原トンネル坑内送水ポンプが水に漬かりストップする等の被害があった。 なお、主要な送水施設である六甲山を貫く2本の送水トンネル（40km×2本）には大きな漏水がなく被害は軽微であると思われる。	会下山中層送水管修理完了 烏原送水ポンプ修理完了
(2)給水管	全市給水戸数約65万戸に対し、給水管漏水は宅内宅外を含め数万カ所以上に上がるものと推定される	応急修繕工事を進めている。
(3)庁舎	水道局本庁舎（市役所2号館6階）が圧潰、東部営業所（1、2階）の上部（3階）が圧潰したため避難。西部センター庁舎一部類焼、垂水センター増築部破壊、その他数カ所庁舎で修繕工事が必要。	修理方法を調査中

表 - 3 神戸市下水管路施設の被災状況

下水道管路施設の被災状況 (1次調査 1/22現在)

被害の内容	汚水管			雨水幹線			合計
	23日まで	24日	計	23日まで	24日	計	
A:マンホールの異常(浮上・溢・汚物の丸など)	672	0	672	138	0	138	810
B:路面の異常	289	25	314	57	1	58	372
C:管渠の破損・閉塞	76	0	76	57	0	57	133
D:溢水	0	0	0	0	0	0	0
E:土砂の流入・堆積	41	0	41	4	0	4	45
F:その他	44	0	44	10	0	0	54
計 (単位:件)	1,122	25	1,147	266	1	267	1,414



写真 - 1 被害を受けた神戸市第二庁舎



写真 - 2 東灘下水処理場の被災現場



写真 - 3 東灘下水処理場の被災現場



写真 - 4 東灘下水処理場の被災現場



写真 - 5 東灘下水処理場の被災現場



写真 - 6 東灘下水処理場の被災現場





写真-7 運河の閉め切り工事

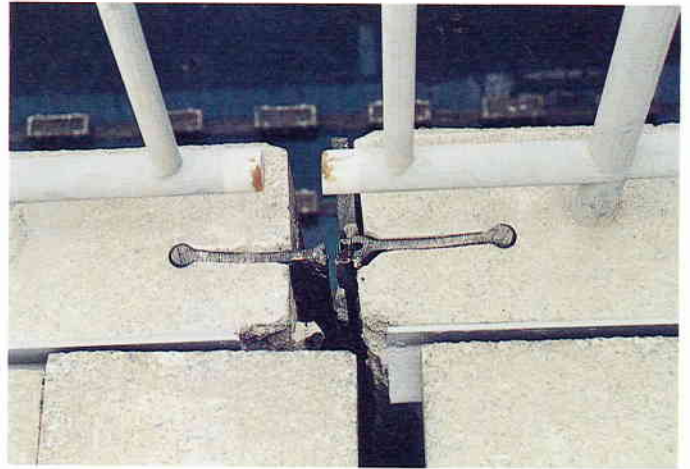


写真-8 水槽壁面のJointの破損

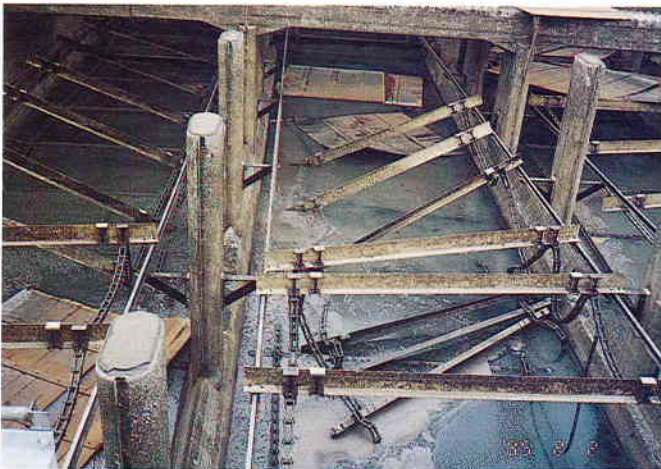


写真-9 最初沈殿池の汚泥かき寄せ機



写真-10 健全な南側処理施設



写真-11 ポートアイランド下水処理場



写真-12 ポートアイランド下水処理場



写真-13 ポートアイランドの液状化



写真-14 下水処理水の搬出



写真-15 下水処理水の搬出



写真-16 下水管の調査



写真-17 下水管の調査



写真-18 下水管の調査



写真-19 下水管調査用TVシステム運搬車



写真-20 アパートの下水管工事風景



写真-21 小学校のプール

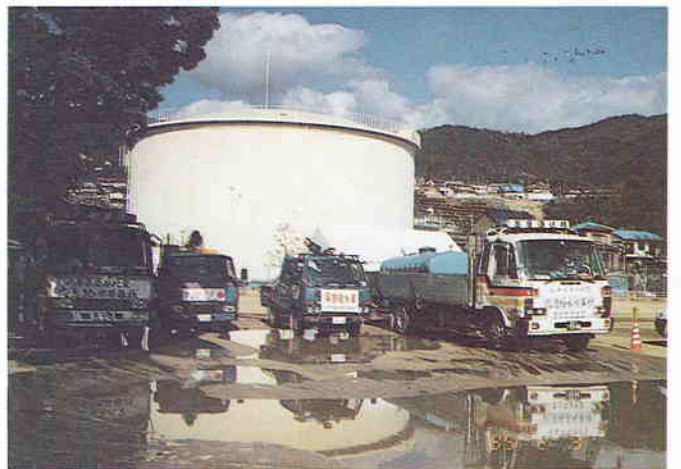


写真-22 配水場での給水車への水の搬入



写真-23 配水場での給水車への水の搬入



写真-24 給水場の風景



写真 - 2 5 給水場の風景



写真 - 2 6 給水場の風景



写真 - 2 7 給水場の風景



写真 - 2 8 配水場での給水



写真 - 2 9 配水場での給水



写真 - 3 0 地下水を汲む市民



写真 - 3 1 地下水を汲む市民



写真 - 3 2 地下水を汲む市民



写真 - 3 3 水道管からの漏水を汲む市民



写真 - 3 4 水道管からの漏水を汲む市民



写真 - 3 5 住吉川の風景