

大震災を教訓とした神戸市の下水道計画*

Sewerage Plan of Kobe City following lessons learned from the Great Earthquake

畑 恵介**

Keisuke HATA

On January 17, 1995, an earthquake with a magnitude of 7.2 and whose epicenter was very near Kobe occurred. The earthquake devastated the urban infrastructure and caused considerable damage to the sewerage system. We established an emergency organization and emergency repair measures were conducted. As a result, we were able to protect the city from flooding and epidemics.

The earthquake has given us a lot of lessons for our sewerage planning. This report briefly explains two project plans among many projects following lessons learned from the earthquake.

First, we are constructing a sewerage network system in which Kobe's three treatment plants would be connected with each other. Second, we have a reuse plan of treated water for fighting fires.

Keywords: Sewerage Planning, Sewerage Network, Advanced Wastewater Treatment
Reuse of Treated Water, Great Hanshin-Awaji earthquake

1. はじめに

神戸市は人口約 150万人の港湾都市であり、下水道の人口普及率は97%に達している。排除方式は分流式を採用し、汚水は日平均水量約50万 m^3 を市内7カ所の下水処理場で処理し、大阪湾に放流している。

神戸市の下水道においては、その第1段階とも言うべき人口普及率 100%を達成しつつあるなか、21世紀に向けて推進すべき膨大な下水道施設の改築や既存施設の高度化など、下水道事業が進むべき第2段階の方向を明らかにすることが必要であった。

このため、平成6年9月には2025年を目標年次とする「神戸市下水道長期計画基本構想（こうべ下水道みらい2025）」を策定した。

しかしながら、平成7年1月に発生した阪神淡路大震災は、ライフラインを一瞬にして寸断し、都市機能を完全に麻痺させてしまった。我々は、都市が災害に対していかに弱いものであるかということに改めて思い知らされた。

このため、震災で得た教訓をもとに、『災害に強い下水道』、『災害時にも活用できる下水道』という2つの概念を盛り込み、平成8年1月に基本構想を改定した。

ここでは、いくつかの事業計画のうち、処理場間ネットワーク化計画、下水処理水の活用に関する計画について紹介する。

2. 大震災で学んだ教訓

(1) 震災後の下水の流入状況

水道が断水した状態であったにもかかわらず、ほとんどの処理場においてかなりの下水流入が認められた(図-1)。これは、水道以外の水源(井戸、

* キーワード：下水道計画・ネットワーク・高度処理
処理水利用・阪神淡路大震災

**正員 工修 神戸市建設局下水道河川部計画課
神戸市中央区加納町 6-5-1

Tel 078-322-5449 Fax 078-322-6088

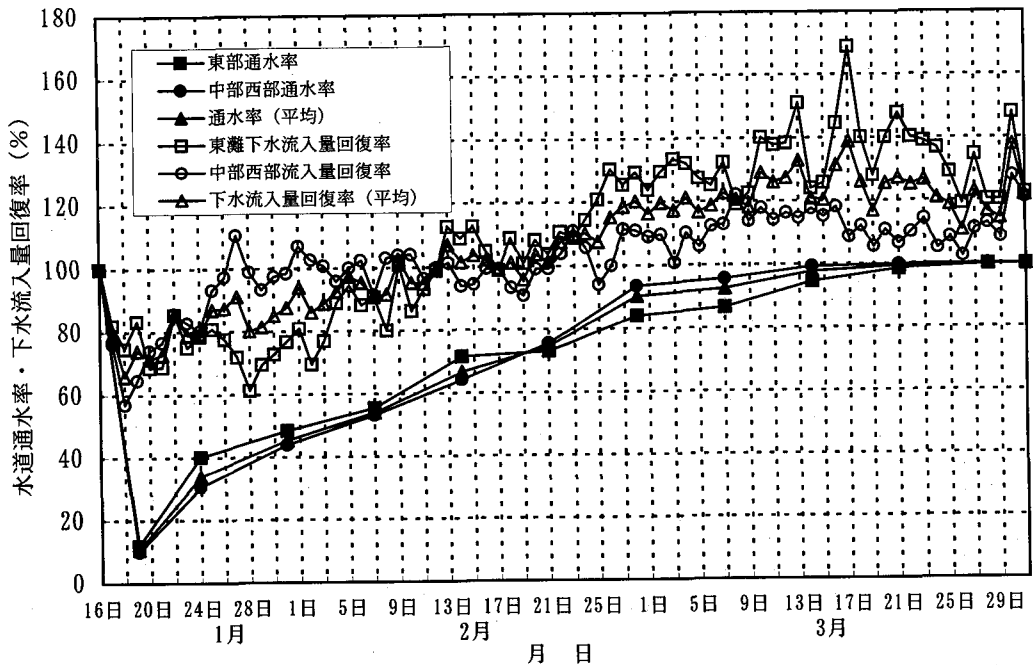


図-1 震災後の水道通水率と下水流入量回復率との関係

河川水等)の利用や下水道管の破損に伴う地下水の流入によるものと推察される。

このことは、下水道が受容系のライフラインであることと、下水道は非常時にも比較的安定した水量の確保が可能であることを意味している。

同時に、下水道の基本的な機能である排除機能と処理機能のうち、前者が機能停止すると都市の浸水や伝染病の発生など、2次災害につながることをものごとっている。

(2) 下水道施設の被害と耐震性

神戸市の下水道施設は今回の地震でかなりの被害を受けた。

汚水管路施設は全市域管路延長約3300kmのうち延長約1300kmに対して被害調査を行った。調査の結果では、管継ぎ手の離脱や管体のクラックがもっとも多く、調査延長に対する被災率は約5%であった。処理場施設は、市内7カ所全ての処理場で被害を受けたが、処理機能停止となった1カ所を除き、おおむね通常の処理を継続することができた。東灘処

理場では、埋立て地の流動化と地盤の側方流動により、汚水送水管と処理施設の破壊などの大きな被害を受け、約100日間通常の処理機能が停止した。

これらの被害から、我々は以下のことを学ぶことができた。

- ①埋設深度が大きい大幹線の被害は軽微である。
- ②枝線管渠も、流下能力が完全に失われるような被害は比較的少ない。
- ③分流式の汚水管渠は口径が小さく、被害調査に膨大な時間を要する。また、幹線管渠には常に大量の汚水が流れているため、調査が極めて困難である。
- ④処理場は、大規模、大深度の地盤変状がなければ耐震性に優れている。特に、耐震設計されている新しい処理場の被害は軽微である。
- ⑤自家発電設備、処理水の機械用水利用などの非常時の自衛手段が重要である。

(3) 水と市民生活との係わり

今回の地震は、下水道にとっても『水と市民生活との係わり』について、以下のとおり非常に多くの

教訓を残した。

①水道の断水で水洗トイレが使用できないことは、高度に都市化している地域では非常に大きな問題となる。水洗トイレ用水の運搬は非常に重労働であることから、トイレに少量の水しか流さずに使用すれば、宅地内排水設備の閉そくを起す。

②震災直後に市内約40カ所で火災が発生したが、断水のため消火活動に支障をきたした。市内に都市小河川が多数あったが、冬場の渇水期でほとんど流量がなかった。一方、下水処理水が放流されている河川は比較的流量があったため、処理水が消防活動に利用された。

③下水処理場は比較的不便な所に立地していることや、処理水の取水方法その他ハード面での課題があったことなどで、震災時には一部の処理水しか活用されなかった。

3. 処理場間ネットワーク化計画

(1) 計画策定の背景

処理場間ネットワーク化は、市内数カ所の処理場を大規模な幹線管渠で連絡し、処理場相互で流入水を融通しあえるようなシステムである(図-2)。

この計画は、震災を教訓に非常時の下水相互融通を目指して立案されたものであるが、事業実施には膨大な経費を必要とすることから、平常時にいかに活用できるかが最大の課題であった。

そこで、神戸市の下水道がかかえる課題を、処理処理場ネットワークにより解決することを検討し、平常時にも有効に機能させる計画とした。これによって、その事業効果が飛躍的に高まり、事業実施が可能となった。

(2) 神戸市の下水道の課題

(a) 都市における汚水発生量の予測

課題の一つに、発生汚水量の計画値と実態とのかい離があげられる。これは、急速な発展と変ぼうを遂げている大都市においては、いずれもかかえている課題であろう。このかい離は、次の2つの原因によって生じている。

①発生汚水量原単位の予測

人口一人当たりの使用水量については、社会的、経済的背景により予測のスタンスが異なっている。

すなわち、高度経済成長、オイルショック、バブル崩壊などの要因による影響が大きく、長期にわた

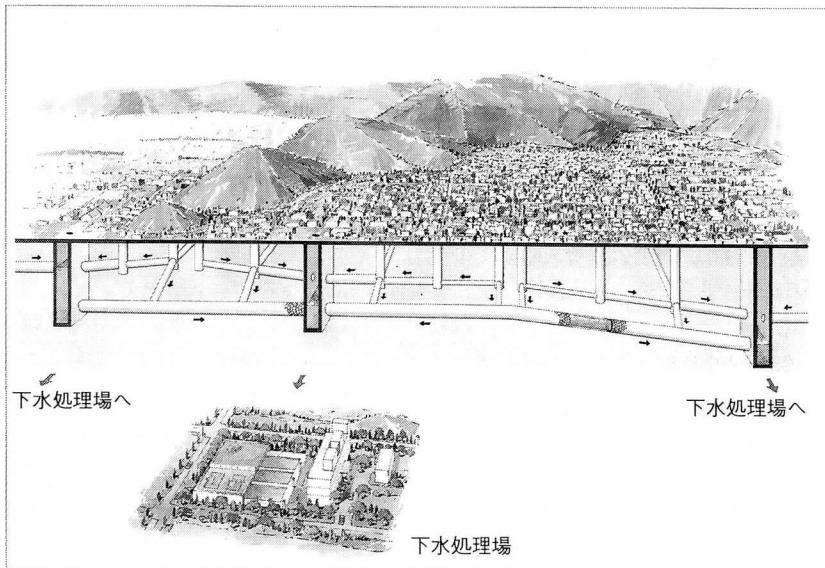


図-2 処理場間ネットワーク化計画のイメージ図

る予測には限界がある（図-3）。

②土地利用計画

土地利用計画は、時代とともに変化し、都市の姿は計画策定時点では想定しがたい変ぼうを遂げている。特に、市街地中央部での高度土地利用やその周辺地域での土地利用計画の変更などがその一例である。

(b) 分流式下水道の課題

汚水のみを排除する分流式下水道の汚水管は、合流式と比べて、非常に小断面である。施設設計指針では計画下水量と実流量の間はかなり差があることを想定して、25~100%の余裕を見込むこととしている。合流管渠の場合では、多少の余裕を見込むこととしている。

通常、合流管における汚水分のシェアは極めて小さいため、実流量が2倍、3倍になっても、雨水分シェアを食いつぶすことによって、問題が表面化しにくい面がある。一方、分流式の汚水管では、計画画値と実流量の差により直接的に問題が顕在化する傾向にある。

また、管渠断面の小さな分流式の汚水管では管内貯留能力がほとんどないため、流入汚水量の時間変変が大きく、これを緩和するための流量調整池が別途必要となる。

(c) 高度処理導入の課題

計画立案が古い処理場では、2次処理のみを想定した計画となっており、高度処理導入時点での能力不足を補う対策が必要となる。

しかし、市街地に建設されている処理場では、周辺に処理場増設用地を確保することが極めて困難な状況にあり、その対策が高度処理導入での大きな課題となっている。

(d) 改築更新の必要性

大都市では、下水道施設の老朽化が進んでおり、今後の改築更新が大きな課題となる。下水道は停止することが極めて困難な施設であり、スムーズに改

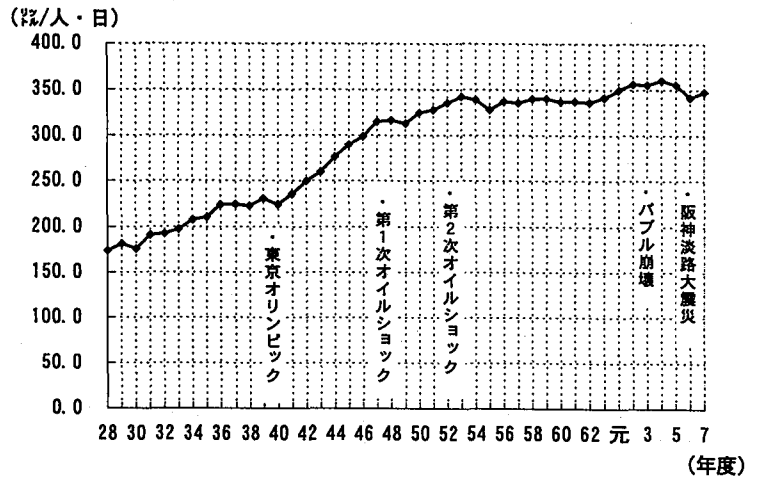


図-3 一人一日あたり給水量の推移（日平均）

築更新を行えるシステムを構築することが急務となっている。

(3) ネットワークの構成

ネットワークを構成する処理場、幹線管渠の概要を図-4に示す。ここでの、ネットワーク化の基本的な考え方は、次のとおりである。

①市内7カ所の処理場のうち、規模の大きい3つの処理場（東灘処理場、西部処理場、垂水処理場）は相互に汚水の融通ができるようにする。その他の処理場は、3つの処理場に汚水を融通できるようにする。

②ネットワーク化にはシールド工法で施工した深度の大きい既存幹線を極力利用するとともに、それらを連絡する新たな幹線を建設することで対応する。

(a) 既設のネットワーク

中部処理場は、昭和33年に供用を開始した神戸市で最も古い処理場で、神戸市の中心部である三宮地区等を処理区として、昭和26年に計画されたものである。その後、土地の高度利用化が進むにつれて計画値を越える下水の流入が発生してきたため、処理区域の一部を、隣の西部処理場に編入させるなどの対策を講じていた。

しかし、昭和50年台に入ると、施設の能力不足が顕著となってきたため、抜本的な対策を必要とし

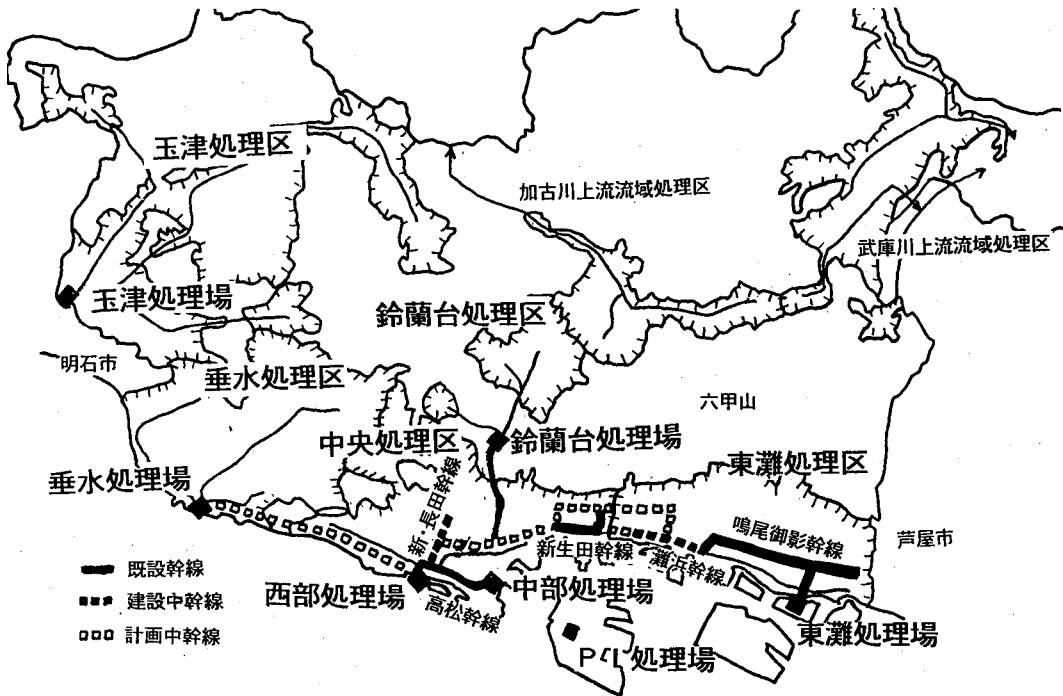


図-4 処理場間ネットワーク化の計画平面図

た。

そこで、中部処理場と西部処理場を連絡する幹線管渠（内径3000mm）を建設することにより、2つの処理区を統合して中央処理区とした。中部処理場へ流入する汚水の一部を西部処理場へ送水して西部処理場で処理することとし、昭和63年より供用を開始している。

また、この連絡幹線は、西部処理場の流量調整池としても利用されている。

(b) ネットワークを構成する幹線

既設の幹線としては、分流域の汚水の進集幹線として建設された鳴尾御影汚水幹線（内径1500～2400mm）や、三宮地区の汚水流量調整のため建設された新生田汚水幹線（内径1500～3000mm）などを利用する。

また、現在、市街地の高度利用や幹線道路の建設などに関係して建設中の灘浜汚水幹線（内径1500～2000mm）や新・長田汚水幹線（内径2600mm）もネットワーク幹線の一部とする計画である。

この結果、ネットワーク幹線としては、既設もしくは他の理由で建設中の幹線の延長が約21km、新たに建設する必要のある幹線の延長が約22kmとなる。

(4) ネットワークのしくみ

(a) 平常時の活用

全処理場で高度処理を導入する全体計画を考慮すると、現行の処理区域内発生汚水量と各処理場の高度処理能力に不整合を生じる。したがって、平面概念図（図-5）に示すとおり、現行の処理区域の一部の区域の発生汚水を処理能力の増強が可能な処理場へネットワーク幹線を利用して融通することで対応しようとする計画である。

この場合は、図-6に示すとおり自然流下を原則とする。

過渡的には、各処理区での発生汚水量の伸びや各処理場の高度処理導入の優先順位、処理場増設の時間的制約など、計画時点の想定に差異が生じてきた場合にも、ネットワーク幹線と既設の別幹線をうまく

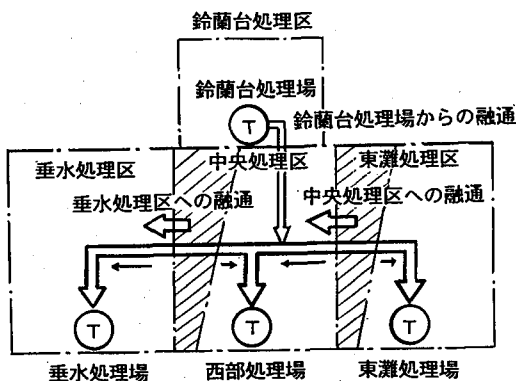
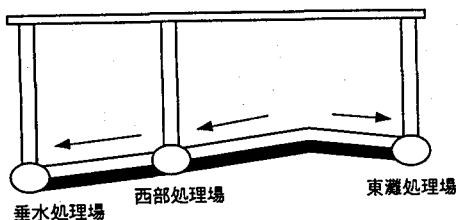


図-5 ネットワーク化による処理区再編計画概念図

平常時の汚水融通



非常時の汚水融通

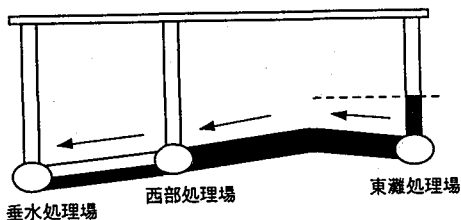


図-6 ネットワーク幹線の水の流れ

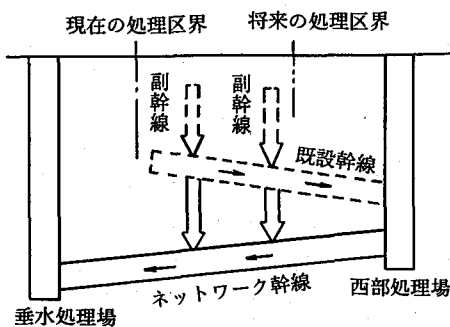


図-7 ネットワーク幹線を利用した処理区再編

く利用すれば、柔軟な処理区域の再編が可能となる。すなわち、水量の伸びや各処理場の処理能力の状況に応じて副幹線をいずれかの幹線に接続することで、柔軟に対応できるシステムを構築できる。

(b) 非常時

災害時に、いずれかの処理場で処理機能に支障を来した場合には、処理場の流入ゲートを閉じて水位を上昇させ、その水頭差で他の処理場へ汚水を融通し、処理することが可能となる。

図-6では、東灘処理場が機能停止した場合を想定した概念を示す。

(5) 今後の検討課題

これまでの検討で、ネットワーク化に関する基本的な考え方をおおむね決定された。

今後は、以下の検討を行い、ネットワーク化導入に伴う課題を解決するとともに、効果、便益をさらに高めていく必要がある。

- ①能力不足幹線の補完と主要幹線の2条化
- ②管渠内貯留に伴う沈殿物、腐食対策
- ③動水位監視制御システム

4. 下水処理水の活用

(1) 松本地区震災復興土地区画整理事業

神戸市兵庫区の松本地区は震災により壊滅的な被害を受けた地区であるが、これは地震による直接的な被害より、その後発生した火災による被害がほとんどであった。震災復興土地区画整理事業によるまちづくりが指定された約8.9haの松本地区は、その約70%の家屋が消失した区域である。

『あのとき、少しでも水があれば。』

これは、地域の住民だれしもが持つ無念の思いである。

地域の人たちは、復興のまちづくり協議会を結成し、「まちづくり提案」を神戸市に示した。

その主なものは、以下のとおりである。

- ①安心して快適に住めるまちづくり
- ②安全で便利な道路の整備

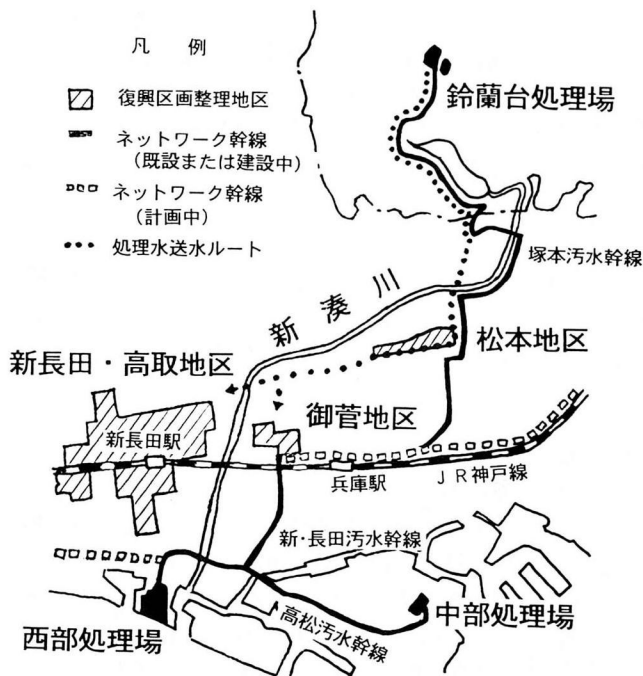


図-8 復興区画整理地区への処理水供給平面図

③公園やせせらぎの整備

このなかでも、『水』に対する地域の人々のこだわりは強く、事業を実施する神戸市に対し「水が確保されないといかなる交渉にも応じられない。」という強い態度であった。

(2) 鈴蘭台処理場の高度処理と処理水送水

このような状況において、神戸市は松本地区の上流に位置する鈴蘭台処理場の下水処理水を利用することを検討した(図-9)。

鈴蘭台処理場は、神戸市北区の鈴蘭台地区を処理区とする処理場で、山間部に建設されているためその標高約140mと市街地に比べかなり高い位置にある。

(a) 鈴蘭台処理場の高度処理

せせらぎ用水に処理水を供給する場合は、美観上や藻類の発生などの課題から、高度処理の導入が必要であった。

これに関しては、放流先の新湊川で親水河川化の事業があることや、窒素系のBODで河川水質が良くないことなど、一般行政目的でも水質の高度化が要求されていたことで、事業が加速され実現可能となった。

また、高度処理を導入した場合には、処理能力が48,000m³/日から16,000m³/日に減少するが、余剰汚水をネットワーク幹線を経由し下流の処理場へ流下させることで解決されることとなった。

(b) 処理水送水管

鈴蘭台処理場の処理水は、現在、既設放流管(内径800mm~1500mm)を利用して、新湊川に放流されている。既設放流管は、ネットワーク幹線として利用される計画となっている

ため、新たに放流管を布設する必要がある。鈴蘭台処理場ではほぼ一定量の汚水を処理する計画であるため、放流管は日最大処理水量で設計することとし、この放流管を延伸して処理水を供給する計画と

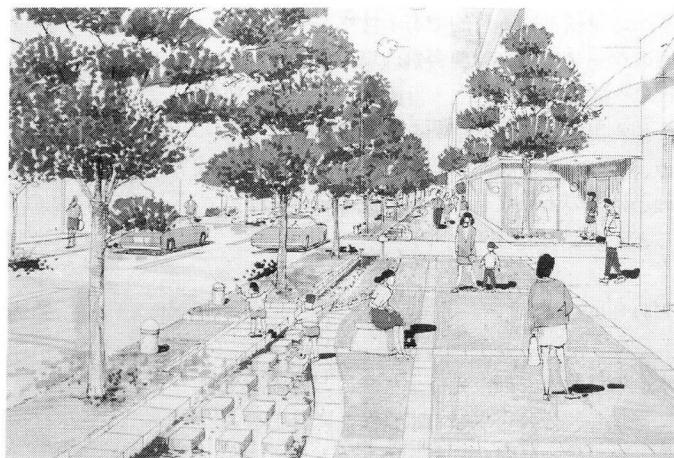


図-9 せせらぎのある松本地区のイメージ図

した。また、処理水の利用先で圧力を一定量保持しておく必要性から圧力管渠として計画し、管径を小さく設定した。

松本地区のせせらぎでは日量約2000m³が利用されるが、他の区画整理地区やその他の公園等での利用も考慮し、計画送水量は一日当たり10,000m³/日としている。

(3) 松本地区のせせらぎ

せせらぎは、平常時は地域にうるおいを与え、地域コミュニティ形成の核としても期待されている(図-10)。また、せせらぎを流れる『水』は植栽の灌水などに利用されるとともに、非常時は初期消化用水としても利用されるなど、水資源としても大いに注目されている。

(4) 今後の課題

高度処理と一言で表現しても、導入目的や利用の用途によって処理の程度が異なる。現在では、技術の発達により、下水から飲料水をつくることも十分に可能となっている。

しかし、高度処理も程度が上がるほど処理経費もかさみ、「その負担を一体だれが行うのか」と言う問題が解決されていない。

今回紹介した事例では、一般行政目的として事業を進めているが、ここでも高度処理の受益者という面で考えると、それがかなり広範囲であろう河川の水質改善という目的と、比較的受益範囲が小さいせせらぎへの供給という目的で若干性格を異にする。

今回のケースでは、鈴蘭台処理場の汚泥処理を西部処理場へ統合するリストラ計画により、高度処理、経費をねん出することで事業を進めている。

今後、このような課題を解決していくうえで、高度処理とはどのようなものか、市民の理解を深めていくことが重要である。

5. おわりに

下水道の目的は、都市の健全な発達と公衆衛生の向上に寄与し、公共用水域の水質保全に資することである。この目的は同じであっても、下水道に要求されるレベルは時代とともに変遷しつつある。下水

道の普及促進という目標が達成されつつあるなかにおいて、変ぼうする都市、生活様式の多様化、環境意識の高まりなど、現在社会の下水道への要請はさらに高度なものへと変わりつつある。

今回紹介した事例は、『災害に強い下水道』、『災害時にも活用できる下水道』という視点での下水道計画の一例である。

このような新しい視点で多くの市民と接することにより、下水道に関する市民の理解をさらに深めていきたい。

今後、21世紀に向けて、『下水道がいかにあるべきか』、十分な議論を行っていく必要があると考える。

参考文献

- 1) 坂尻好朗、災害時にも活用できる高度処理水、月刊下水道、Vol. 19 No. 7、1996
- 2) 坂尻好朗、都市機能の高度化と下水道の役割、月刊下水道、Vol. 20 No. 1、1997
- 3) 畑 恵介、こうべ下水道みらい2025、下水道協会紙、Vol. 34 No. 411、1997
- 4) 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