

## 神戸市における下水道管路の老朽化対策

地域特集は神戸市の下水道事業概要と管路の老朽化対策を中心にレポートする。Part Iでは、石原茂下水道部長にインタビューを行い、下水道事業の現在の取り組みや、今後の事業展開について伺った。Part IIでは、管路の改築更新事業の現況、更生工事の実績や工法採用の考え方等を担当課に取材した。

### Part I インタビュー

## 下水道事業の取り組み

建設局下水道部長 石原 茂 氏

### 下水道事業の経緯、特徴

#### 分流式を採用、最盛期は昭和45年度から

本市は昭和26年4月に下水道事業に本格的に着手しましたが、当時から分流式下水道を採用したことが最大の特徴です。市域東側の沿岸部343ha、全体の約2%が合流式ですが、その他はすべて分流式です。

昭和45年の公害国会の際、当時の市長の号令のもと、六甲山の南側、旧市街地6639haの下水道整備を推進し、昭和51年に完了しました。その時の普及率が77%でした。その後、六甲山北側、西側の住宅地等の整備を進めていきました。その結果、現在、下水道普及率は98.7%と概成しています。

下水道整備の最盛期となった昭和45年から50年にかけて、毎年平均200kmの管きよを整備しましたが、それらがもうすぐ50年経過しますので、その改築をどうするかが大きな課題です。

污水管同様、雨水管の改築も必要となりますが、在来の水路を利用したものも多く、污水管のように管路更生で対応できないことが課題です。

#### 資源の活用やネットワーク化など多彩な取り組み

本市下水道事業の特徴のひとつが資源の有効活用で、特に消化ガスの有効活用は全国的にも有名です。

東灘、西部、垂水の3つの基幹処理場でそれぞれの特徴に合わせた取り組みをしています。

東灘では消化ガスを精製して天然ガスとほぼ同じ成分にし、宅配便等の事業用自動車の燃料として供給するとともに、もう一段純度を高め大阪ガスの導管に直接注入するという取り組みをしています。垂水では太陽光発電と消化ガス発電を組み合わせたダブルエコ発電を行い、FIT制度を活用して売電するという日本初の取り組みを行っています。西部では消化ガス発電を行って場内利用しています。

また、東灘では脱水汚泥からリンを抽出して肥料化もしています。JA兵庫六甲とタイアップし、地元農家さんにもご協力いただき、流通ルートを確認しました。現在、学校給食用の野菜や神戸ワイン用のぶどうなどの試験栽培を行っています。

もう一つ、処理場間のネットワーク化も大きな特徴です。処理場間を幹線で結び、相互でバックアップできるようにしています。もともと阪神淡路大震災の教訓から生まれた構想でしたが、震災時のバックアップだけでなく処理場の改築更新事業にも活用できるよう計画を見直して事業化しました。平成23年度に供用開始しましたが、その大きな運用成果が中部処理場の垂水処理場への統合です。中部は昭和33年に供用開始し、老朽化が課題でしたが、改築に必要な用地がありませんでした。そこでネットワー

ク幹線を利用して中部の処理機能をすべて垂水に移したのです。移管後、中部は下水処理場としては廃止し、その跡地には浸水対策用の雨水貯留槽を設置し、その上部を民間企業に貸してスポーツレクリエーション施設等として活用していただいています。

また現在、西部で高度処理化のための工事を行っています。期間中、処理能力がダウンするため、ネットワーク幹線を使って一部を垂水に送って処理するという運用も可能となります。

## 下水道事業の課題、重点施策と取り組み

### 「こうべアクアプラン2020」に基づき事業展開

本市では現在、「こうべアクアプラン2020」（平成28年4月策定）に則って事業を進めています。計画期間は2016～2020年度、事業費は約1000億円です。基本方針として、「安心して快適な市民生活と社会活動を支えます」「浸水に強いまちづくりを進めます」「健全な水環境と循環型社会の実現に貢献します」「市民に見える下水道を目指します」「持続可能な下水道サービスを提供します」を掲げ、膨大なストックの改築更新、施設の耐震化、浸水対策、高度処理の導入、資源・エネルギーの有効活用、CO<sub>2</sub>の削減、広報の充実、水インフラの国際貢献、経営基盤の強化、人材育成、公民連携による技術開発等に取り組んでいます。

この中で最も事業費をかけて取り組んでいるのが改築更新です。前述の通り、管きょについては昭和45～51年頃にかけて整備した管きょが一斉に老朽化するため、平成23年度に「汚水管きょ改更新基本計画」を策定し事業の平準化を図りました。ただ、平準化しても平成23～27年度は年間25km、28年度以降は45kmにペースアップしてやっていかなければならないということで、非常に大きな事業となっています。一方、処理場については、西部処理場の改築に合わせた高度処理化に取り組んでいるところです。

また、浸水対策では浸水が起きやすいエリアを中心に、ポンプ施設的能力アップを図っています。資源・エネルギーの有効活用ではバイオガスや肥料の有効活用をさらに推進したいと考えています。

市民への広報については、マンホールカードの人気もあり、市民の皆様がマンホール蓋にたいへん興味を持たれていますので、平成30年度以降、市に9つある行政区でそれぞれ一つずつ、シンボルとなるようなマンホール蓋のデザインを市民から公募しまし



市のマンホールカード

た。各区で新しいデザインマンホールを決定してもらい、これをPRに活用していきたいと考えています。

### マンホール管口の止水工法を民間と共同研究

公民連携による新技術開発では現在、管路更生関連技術の開発に取り組んでいます。

きっかけは、管路更生工事後のモニタリング調査で、マンホールと更生管の接続部から不明水が発生している箇所があることが判明したことでした。そこでマンホール管口の止水工法について、民間企業4社と共同研究を行いました。平成27年度から約3年の研究で概ね成果が確認できましたので、今年度の下水道研究発表会で発表するとともに、現場への導入について検討していきたいと考えています。管路更生工事後に不明水が発生している箇所だけでなく、新たに管路更生工事を行う箇所にも適用できないか検討します。管路更生工事の成果をしっかりと発現させるため、この止水工法に期待しています。

なお、本市では従来から不明水削減のための様々な対策を講じてきました。不明水の原因を調査したところ、家庭の排水設備が45%、公共下水が55%と排水設備の影響も多かったことから、市が排水設備の無料点検を行い、補修が必要な場合は費用を一部補助するかたちで修繕を促す取り組みを行い、成果を上げました。また近年、家屋の新築および改築に合わせ、排水設備指定工事者に取付管および接続ますを調査してもらい、不具合があれば市の負担で補修するという制度も運用しています。不明水は経営に直結する問題ですので、重視して対策をとっています。

## 管きょの改築更新と管路更生

管きょの老朽化対策については、まず実態を知る



石原 茂 (いしはら しげる)

平成元年4月神戸市入庁。平成12年4月建設局下水道河川部経営管理課主査、平成16年4月建設局東水環境センター保全係長、平成17年4月建設局下水道河川部工務課主査、平成19年4月建設局下水道河川部計画課計画係長、平成22年4月建設局西建設事務所主幹、平成24年4月建設局下水道河川部担当課長（指導担当）、平成26年2月建設局下水道河川部計画課長、平成28年4月建設局東水環境センター長、平成29年10月より現職。

ことが大切です。本市では阪神淡路大震災後、旧市街地の調査を行いました。この時の調査は災害復旧事業のための調査で、時間や人の制約もあり十分とは言えませんでした。そこで、平成8年度以降、震災時に被害が大きかった地区を重点化して調査を始めました。その調査がひと段落した平成22年度以降、その他のエリアにも手を広げ、老朽化の実態把握を行っています。

その調査結果を踏まえ、平成23年に「污水管きよの改築更新基本計画」を策定し、市街地をブロック割りし、面的な改築事業に着手しました。事業量は平成27年度までは年間約25km、28年度からは約45kmにペースアップして取り組んでいます。この事業では、被害の大きかった管径250mm以下の枝線管きよを優先して実施しています。

管きよの改築手法は管路更生が中心です。現場は商店街や駅前、細い道や坂道など施工条件の厳しいところが多いですが、受注者さんには住民対応を含めよくやっていただいております。そのため年間事業量も概ね目標を達成できています。

また、管路更生工事では入札不調もほとんどありません。これは、事業量の増加を見据え、受注者の要望をヒアリングし、工事発注の平準化や工事ロッ

ドの大型化等の対策を講じたことが要因ではないかと考えています。管路更生による老朽化対策を着実に進めることは市民の安全、安心を守ることにつながります。これが当局の大きな使命ですので、民間企業の方とは今後も意見交換を行い、協力しながらやっていきたいと考えています。

管路更生の関係者への要望としては、現在の更生工事はスパン長にかかわらず1日1スパンとなる場合が多く、現場を早く開放するため、例えば2スパン同時施工などができないかご検討をお願いします。また、工事に使用する車両や設備のコンパクト化も期待しています。狭い道路で施工する場合は通行止めをしますが、設備等をコンパクト化できれば片側通行にでき、市民の負担が緩和されます。こうしたことにより市民や近隣住民の方から下水道工事に対するご理解をいただきやすくなると思います。

## 今後の事業展開

事業展開の基本方針として、「持続可能な下水道サービスを提供する」を掲げていますが、収支の見通しが非常に厳しいのが現状です。節水型社会、人口減少などで使用料収入の伸びは期待できない中で下水道事業をどう運営していくかが問われています。総務省からは経費回収率100%以上、と言われていますが、本市は100%を切っています。令和2年度までに提出することになっている経営計画においても経費回収率100%が大きな指標になります。

そうした状況を踏まえ、現在、上下水道審議会に今後の経営のあり方を議論していただいているところです。その答申をいただいた後、具体的な対策を検討していきたいと思っています。

管きよの改築事業については当面、年間45kmを目標に実施していきますが、これまでのところ順調に進んでいますので、引き続きこのペースでやっていければと思います。これまでは枝線中心でしたが、幹線の改築の必要性も十分認識しています。水量が多い幹線の対策をどうするかという課題があり、対策工法をご提案いただければありがたいです。

一方、本市の大きな事業として、震災以降取り組めていなかったまちづくり、例えば三宮の再開発等に取り組もうとしています。こうした新しいまちづくりに際し、下水道も都市基盤を支えるインフラとして積極的に貢献していければと思っています。

## Part II

# 神戸市 下水道管路の老朽化対策と 管路更生の考え方

### 下水道事業の経緯、特徴

神戸市が近代下水道に着手したのは昭和26年度で、当初から分流式を採用したことが大きな特徴だ。これは、六甲山脈の傾斜地を背景に短い河川が多く、その扇状地形を中心に市街地が形成されており、地形・地質的に水はけが良いこと、また六甲山は土砂災害が多かったため、合流式では災害時に閉塞し機能が果たせなくなるおそれがあり、雨水系は開渠で受け持つべきという考え方があったという。

下水道事業の最盛期は昭和45年度から50年度、当時の市長の号令の下、最重要施策の一つとして取り組み、毎年150～250km超を布設していった。その結果、昭和51年度末には既成市街地の水洗化率100%を達成した。

平成29年度末現在、人口普及率は98.7%、処理面積は約1万7000ha。処理区は8処理区で、市が運営する下水処理場は東灘、西部、垂水、鈴蘭台、玉津、ポートアイランドの6処理場、このほかに流域下水道関連処理区が2処理区ある。(図1参照)

### 下水道管路ストックの状況と道路陥没

#### 管路ストックの割合

平成29年度末の管きょ延長は污水管が約4100km、雨水管が約650kmに上る。管種別内訳は、污水管はヒューム管が64%、塩ビ管が36%、雨水管はコンクリート管が95%となっている。

標準耐用年数50年を超える管きょは現在、全体の12%にあたる約500km。しかし、下水道整備の最盛期に整備した膨大な管きょが数年後から一斉に標準耐用年数を迎えるため、10年後には49%の約2040km、20年後には68%の約2850kmと急増する。(図2参照)

#### 道路陥没件数は少ない

下水道に起因する道路陥没件数は、直近5年間は平均25件/年程度で、そのほとんどが取付管やますに起因する小規模なものだ。

神戸市では以前から道路陥没が少ないのが特徴だが、その理由として、①阪神淡路大震災以降、既成市街地の全路線対象にテレビカメラ調査を実施し、破損した箇所を補修に努めてきた、②不明水対策として宅内排水設備の改修、本管と取付管の接続部対策(一体型)に努めてきた、③急峻な地形に対応するため、摩耗対策としてヒューム管の内径150～300mmで、JIS規格ヒューム管より4mm厚い特厚管を使用した、などが考えられる。

### 下水道管路点検・調査と改築更新事業

#### 管きょの点検・調査の状況

管きょ内調査については、阪神淡路大震災以降継続して取り組んできた。平成9年度から震災で大きな被害を受けた旧市街地約1300kmの管きょを対象にテレビカメラ調査を実施し、平成21年度に終了。続いて平成22年度から、前記以外のエリアの2060kmを対象に10年間の目標で調査を行い、それも本年度で終了する見通しとなっている。

なお、この調査では枝線の小口径管はすべて自走式テレビカメラによる調査を行っている。一方、管内水量が多い幹線については、自走式カメラが使えないところも多いため、比較的水量が少ないところは浮流式カメラを使って調査しているが、この手法では自走式カメラや側視撮影のような詳細な撮影や水面下の撮影はできない。また満管に近いところは調査手法がなく、未調査のまま残っている。これらは今後の課題となっている。

#### 污水管きょの改築更新事業

管きょの改築更新事業は旧市街地を対象にテレビカメラ調査の結果を踏まえ進めてきた。震災直後は、



図1 神戸市の下水道

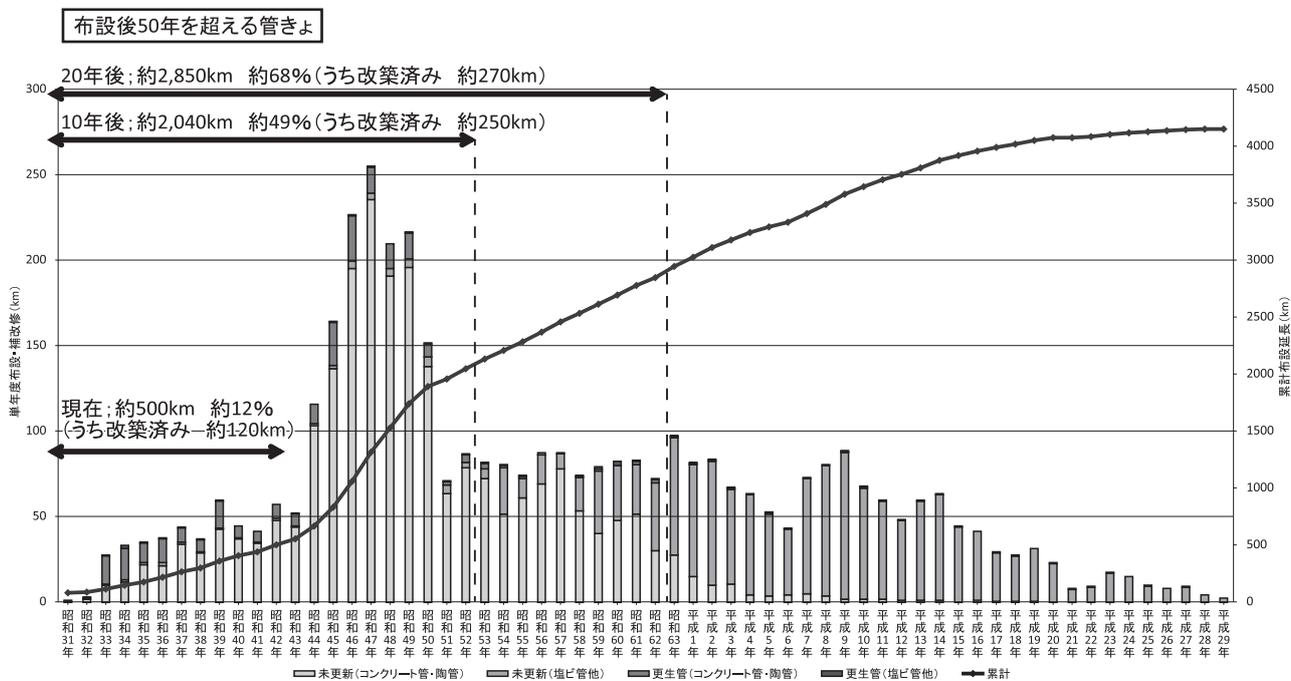


図2 年度別汚水管施工延長

「震災で損傷した管きょをできるだけ安く元の状態に戻す」ことを主眼として対策を講じてきた。そのため、工法選択にあたっては、設計対象スパン1本ごと、要改善箇所数等で費用比較を行いスパン間の改築だけでなく部分補修も積極的に採用していた。

一方、震災復旧がひと段落すると、将来急増が見込まれる老朽管の改築更新をいかに効率的、効果的に行うかが課題となった。そこで、「污水管きょ改築更新基本計画」を平成23年度に策定し、事業の平準化と面的な改築に取り組むこととなった。また、その後、同計画の考え方を踏まえつつ延命化も取り入れた「長寿命化計画」も併用して改築更新を進めてきた。

これまでに管きょの改築更新工事を計333km実施。近年も表1のとおり、管きょの改築工事はほとんどを管路更生工法で行われている。

現在、改築更新事業の対象となっているのは高度成長期に布設した污水管約2500kmで、そのほぼすべてがヒューム管である。市はヒューム管の使用限界を80年と設定して平準化。平成27年までは年間約25kmのペースで、平成28年度から48年度は年間約45kmに加速して取り組んでいる。管きょの改善率は、平成29年度で1.14%となっており、概ね計画通りとなっている。

なお、平成28年度以降、管路更生工事の事業量がほぼ倍増したが、それに伴う入札不調がほとんど発生していないことは特筆すべき事項だ。これは、事業者の要望を踏まえ、年間を通じた発注の平準化や工事ロットの大型化などの対策を講じたことによる。平準化については多少のばらつきはあるが、概ね年間を通じてコンスタントに発注するようにしている。ロットの大型化については、事業量の増加に比例して発注本数を増やすのではなく、従来にはなかった施工延長1km以上の大型工事も発注するようにしているという。

## 管路更生の考え方

### 改築更新の主役は管路更生、採用基準等に特徴も

神戸市ではこれまで旧市街地の繁華街、商店街、道路交通量の多い施工箇所を対象に改築更新工事を行ってきた。そのため、改築手法は、勾配不良や流下能力不足等があれば開削工法による布設替えを採用するが、それ以外は管路更生工法を採用している。

表1 改築更新工事における更生工法と開削工法の施工実績

年度	延長 (km)		
	更生	開削	計
H25	26	3	29
H26	14	2	16
H27	17	2	19
H28	23	1	24
H29	43	2	45
H30	40	2	42

また、管路更生工事の目的として不明水対策（木根侵入防止等）があったため、かつては二層構造管も積極的に採用していた。しかし近年は改築更新事業の本格化や地震対策の必要性の高まりに伴い、強度や耐震性の評価が確立している自立管を採用している。また、雨水管においても流下能力や構造に問題がなければ効率的に活用していきたいと考えている。

このほか、不明水を削減するため、管路更生工事の発注にあたり、本管と取付管口の接続部の管口補強工（一体型部材の採用）を必須条件としていることが特徴だ。

### 不明水対策技術を民間企業と共同開発

さらに、過去に管路更生工事施工後のモニタリング調査を実施したところ、マンホール管口から地下水が漏れ出す事例があったため、平成27年度から、民間企業4社と共同で新たな管口補強工法の開発を行っている。現在、効果検証を行っており、今後その評価を行って、実際の工事への導入方法等を検討することにしている。

### 管路更生に対する評価と期待

神戸市の改築更新工事は管路更生が中心であり、管路更生の技術に対する期待も大きい。

担当課の管路更生に対する評価は、①交通への障害、騒音、工事期間、掘削に伴う家屋損傷等に関して住民側に与える影響が開削に比べ少ない、②他企業埋設管に係る調整が不要なため、早期に着手できる、など。

管路更生への期待については、施工時間の短縮によるコスト縮減や、常に流量が多い幹線等の簡易な改築手法の確立を挙げている。

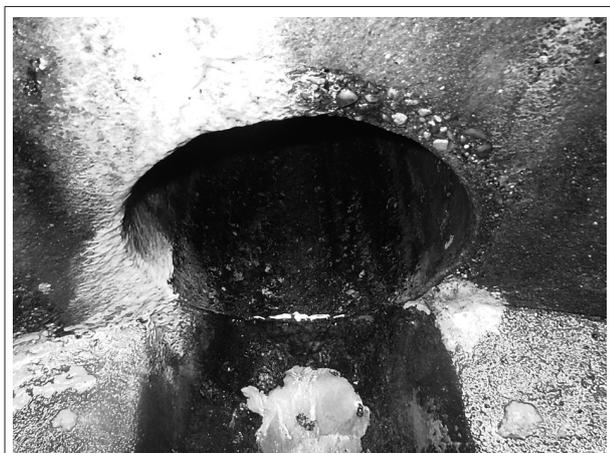
また近年、人手不足の影響により契約後に着工が



本管（施工前）



本管（施工後）



管口（施工前）



管口（施工後）

参考 管路更生工事の状況

遅れるケースもあり、人手の確保も課題としている。

### 下水道地震対策緊急整備事業も推進

神戸市は管きよの改築更新事業に単費だけでなく国庫補助を活用している。国庫補助は長寿命化事業や下水道総合地震対策事業を活用してきたが、長寿命化については平成29年度に事業期間が終了しており、現在は下水道総合地震対策事業のみ実施している。

下水道総合地震対策事業は、平成18年度に「神戸市下水道地震対策緊急整備計画」（計画期間：平成18～22年度）を策定し、現在は平成23年度に策定された「神戸市下水道総合地震対策計画」（計画期間：平成23年～32年度）に基づき地震対策を実施している。計画で重要な幹線に位置づけられた、汚水管

870km、雨水管250kmに対し、耐震化、耐震診断を実施しており、耐震化率は汚水で約40%、雨水で約15%となっている。

### 今後の事業展開

#### 管きよのストックマネを令和2年度から実施予定

市は管きよのストックマネジメント計画の検討を進めており、令和元年度に計画書を策定し、2年度以降同計画に則った対策を進めていく考えだ。

今後は流量が多い幹線や入孔できる人孔が無いなど、調査が困難な箇所での調査手法や、幹線の改築手法を確立し、ストックマネジメント計画を評価・改善しながら、継続して事業を実施していく方針。