

千葉市における下水道管路の老朽化対策

千葉市の下水道事業概要と管路の老朽化対策等についてレポートする。Part I では、鎗田篤治 建設局下水道建設部長にインタビューを行い、下水道事業の経緯や特徴、重点施策の現況や今後の事業展開等について伺った。Part II では、下水道管路の老朽化対策や管路更生の考え方等について下水道計画課、下水道整備課、下水道維持課に取材した。

Part I

下水道事業の取り組み

建設局下水道建設部長 鎗田 篤治 氏

下水道事業の経緯、特徴

本市は、大正10年1月に市制を施行してから、令和3年1月に100周年を迎えました。平成4年には政令指定都市となり、施行時には約3万4000人だった人口は約98万人になりました。

下水道事業は昭和10年に雨水整備から着手しました。汚水整備は政令指定都市移行を契機に本格的整備を推進しました。その結果、普及率は、平成4年度末は69.4%でしたが、令和2年度末には97.4%まで向上し、汚水整備は概成したところです。

本市の汚水整備の特徴は、行政面積2万7209haの約50%を占める1万4327haが市街化調整区域であり、これらの地域をすべて下水道事業で整備するのは困難であることから、平成8年度に「千葉市全市域汚水処理基本構想」を策定し、公共下水道と農業集落排水事業、合併処理浄化槽の3事業で100%の水洗化をめざす計画としています。なお、農業集落排水施設は整備概成に伴い、下水道部局に組織を統合し、汚水事業関係は下水道建設部が担うことになりました。

下水道事業の課題、重点施策と取り組み状況

「千葉市下水道事業中長期経営計画」を策定

本市では、平成22年3月に、「下水道事業中長期経営計画」を、平成30年3月に「下水道ストックマネジメント計画」を策定し、ヒト・モノ・カネのバランスを図りながら事業運営にあたってきましたが、人口減少等による使用料の減収、大規模地震や地球温暖化による大雨の災害リスクの上昇など、下水道事業を取り巻く環境は厳しさを増しています。

こうした状況を踏まえ、社会経済情勢の変化を反映させ、現在直面している様々な課題への取り組みを整理し、事業の選択と平準化による持続可能な下水道事業の実現をめざすとともに、将来にわたって、安定した事業を継続させていくための経営基盤を確保するため、令和3年度から令和14年度までを期間とする「千葉市下水道事業中長期経営計画」（図1参照）を新たに策定しました。本計画では、「安全・安心で快適な生活を支える下水道」「環境の保全と循環型社会を目指す下水道」「健全な経営に基づいた持続可能な下水道」と3つの柱をコンセプトとして、今後の下水道事業の運営に努めていくこととしています。

安全・安心で快適な生活を支える下水道

（1）浸水対策

「安全・安心で快適な生活を支える下水道」としては、浸水対策、下水道施設の耐震化、ストックマネジメントなどに取り組んでいます。



図1 千葉市下水道事業中長期経営計画(2021(令和3)年度～2032(令和14)年度)

浸水対策については、これまで1時間あたり53.4mmの降雨に対する施設整備を進めてきましたが、異常気象による局地的集中豪雨等により、一度整備した地区においても再び浸水被害が発生するようになったことから、計画の見直しを進め、浸水リスクが高く被害が発生した場合に経済的損失が大きい都市機能が集積している地区を重点地区として位置づけ、整備水準を1時間あたり65.1mmの降雨に引き上げた「雨水対策重点地区整備基本方針」を平成29年度に策定しました。この計画に基づき、優先順位の高いJR千葉駅、蘇我駅といったターミナル駅周辺と市街地など4地区の整備を行っているところです。

また、近年、地球温暖化による異常気象で、低気圧の停滞や大型台風により、短時間に大量の雨水が流出し、河川や内水氾濫の被害リスクが増大しています。本市でも令和元年10月25日に房総地区を襲った豪雨(写真1参照)で、大規模な浸水被害が発生するなど、さらなる雨水対策の強化が必要ですが、ハード対策には多額の費用と時間が必要であることから、ソフト対策にも積極的に取り組んでいく必要があると考えています。

一つ目は、内水ハザードマップの拡充です。これまで、市内中心部を流れる2級河川について、河川氾濫と合わせた内水ハザードマップを策定し公表しておりましたが、流域治水関連法の改正に伴い、想定しうる最大降雨として1時間あたり153mmの計画降雨を用いて、令和4年度末には、市内すべての流域について策定、公表できる見込みです。ちなみに



写真1 令和元年10月25日に房総地区を襲った豪雨での大規模な浸水被害状況

この降雨量は千葉県香取市で実際に記録されたものです。

二つ目は、水位データの観測・公表です。現在、一部の河川や調整池などの水位データをホームページで公表していますが、市街地の主要な下水道管の水位データを観測・公表することで、効率的なポンプ場の運転管理や、住民への避難の目安になるほか、防水板設置などの自助対策への活用が期待されることから、水位等の観測計画を含めた「雨水管理総合計画」の策定を進めています。

三つ目は、下水道BCP(水害編)の策定です。本市は東日本大震災で被災した経験を踏まえ、地震に対するBCPを職員自らの手で策定し、以降、毎年防災訓練を重ねておりますが、近年、異常気象による大規模な浸水被害が頻発していることから、水害時における下水道施設の適正な維持管理の継続に向け、令和3年に「千葉市下水道BCP(水害編)」を新たに策定しました。今後は、計画に基づき、訓練等を重ね対応力の強化を図って参ります。

(2) 下水道施設の耐震化

下水道施設の耐震化については、本市では東日本大震災で、幕張メッセなどの埋め立て地区において、液状化現象によるマンホールの浮上や、浄化センターの掻き寄せ機のチェーンフライトが破断するなどの被害が発生しました。抜本的な耐震化は、改築・更新に合わせて進めていく計画としていますが、管きょについては、緊急輸送道路下や軌道横断などの重要幹線の耐震化を進めており、令和2年度末では、64%が完了しています。また、この耐震化において管路更生工法を広く採用しています。一方、処理場・ポ

ンプ場については、安全性と最低限の機能確保のための耐震補強を進めており、これまでに地上建築物の耐震化は完了し、現在、土木構造物等の耐震補強を進めています。

また、避難所の衛生的なトイレ機能の確保に向け、「千葉市地域防災計画」に位置づけられた、市内の市立小中学校等166校すべてに、令和5年度末までの完了をめざし、令和2年度末までに67%、111校の整備が完了しています。

(3) スtockマネジメントの推進【管路更生工法への期待】

次にstockマネジメントについてですが、下水道は公共用水域の水質改善や浸水被害の防止といった身近な生活環境の改善を図るうえで必要不可欠な施設であり、この施設を適切に維持管理していくためには老朽化対策が必要です。本市では、政令指定都市に移行して以降、積極的に整備した膨大なstockが、今後急速に老朽化が進んでいくことから、施設が保有するリスクを評価・分析し、効率的かつ効果的な維持管理を行うため、平成30年3月に「千葉市下水道stockマネジメント計画」を策定しました。現在、計画に基づき、リスクが高く評価された施設を計画的に点検・調査及び改築・修繕等を実施し、道路陥没や雨天時浸入水などの未然防止に努めています。事業の推進にあたっては、増大する事業量を見据え、平成13年に、管路の改築更新や耐震化事業を専門に行う、下水道再整備課（現下水道整備課）を立ち上げるなど、組織づくりから取り組んできました。

私は、発足時のメンバーであり、本格的な事業の推進に向け、効率的な事業手法の検討を担当しました。まず、老朽化が進んでいる市街地は、地下埋設物が輻輳し、交通量も多く、開削工事が困難な状況です。そこで、効率的かつ効果的な工事が可能な管路更生工法を本格的に採用しました。しかしながら、当時は統一された歩掛もなく他の政令市のメンバーと歩掛の検討から始めたのを覚えています。このように、歴史も浅い工法ですが、現在では多くの自治体で採用されています。今は主に改築をすることに目が向けられており、更生管の耐用年数や補修方法までは、我々自治体も含めてまだ視点が行き届いていないのではないかと感じています。次世代に向けて、行政とともにこれらの検証をお願いします。

また、取付管に起因する陥没事故が多く発生して



鎗田 篤治（やりた とくじ）

昭和56年4月入庁（動物公園建設室配属）、平成3年4月下水道局建設部下水道計画課、平成13年4月同下水道再整備課、平成23年4月建設局下水道建設部下水道計画課長補佐、平成27年4月同下水道計画課雨水企画室長、平成28年4月同下水道計画課長、平成31年4月建設局土木部若葉土木事務所長、令和3年4月建設局下水道建設部長。

います。特に汚水本管の取り付け部分と、街渠ますの雨水の取付管から砂を引き込むという事象が多いようです。現在、本管を更生した際、取付管部分は穿孔してそのままのケースが多いのが現状です。取付管自体はそれほど劣化していなくても、ヒューム管に穴をあけてモルタルで接合しているような状態のところは、その周辺が劣化してそこから砂や水を引き込む事例も多く見られます。こうしたことから、取付管と本管を一体的に捉えた更生工法の技術開発



写真2 （参考）あすみが丘で起きた道路陥没（下水道管に起因）

を期待しています。

実は私は下水道再整備課時代、本管と取付管を一体的に更生するというのを始めたのですが、取付管の一方が宅地内にあるため、施工に制限がかかることがありました。例えば、玄関の土間に蓋があって、玄関内で更生工事をせざるを得ないような、なかなか受け入れられないようなこともありました。こうしたことから本管と取付管を一体的に施工するという観点が薄れていってしまったのですが、道路陥没や浸入水の防止等の観点からするとやはり本管と取付管を一体的に更生ということが重要であり、ぜひとも今後の技術開発をお願いしたいと思っています。

環境の保全と循環型社会を目指す下水道

「環境の保全と循環型社会を目指す下水道」としては、東京湾の水質改善のため、都県及び他政令市と連携して高度処理を推進しており、管理する2処理場のうち、南部浄化センターはすべて高度処理化が完了し、中央浄化センターでは、3系列のうち1系列が完了し、今後、残る2系列の高度処理化を進めていきます。

また、地球温暖化対策の推進として、省エネルギー機器類の導入や消化ガス発電に加え、新たに、焼却炉の更新に合わせ、PPP／PFI手法による官民連携事業として、2026年度の運転開始をめざし、汚泥の固形燃料化施設の事業導入を進めていますが、2050年の温室効果ガスの実質排出ゼロに向けて、引き続き様々な取り組みを進めていかなければならないと考えています。

健全経営に基づいた持続可能な下水道 【管路包括の導入】

「健全経営に基づいた持続可能な下水道」については、管路の分野で包括委託の導入を検討していきます。

人口減少社会の到来による下水道使用料収入の減少、老朽化施設の増加など、下水道事業を取り巻く経営環境はますます厳しくなっていくと見込まれています。このため、今後も良質で持続可能な下水道サービスを提供するため、引き続きコスト削減に努めるほか、ICT技術などの先端技術の導入による管理の効率化を図ることや、民間活力を利用し、効率的な施設管理を行うため、現在実施している浄化セ

ンターの包括的民間委託の見直しを図ることに加え、今後は管路施設への導入について検討を進めていきます。

管路の包括委託は、全国的にもまだ導入事例が少ないことから、本市ではまず、突発的な修繕を含めた維持管理業務を対象として試験的に導入していく計画であり、管路の計画的な改築工事は従来通り市発注とする予定です。

おわりに

最後に、本市は、今年で市制100周年を迎えました。そこで、下水道事業の紹介を兼ねた記念事業として、5種類の「市制100周年記念デザインマンホール蓋」(写真3参照)を設置いたしました。また、そのうちの一つである、「初音ミク」のデザインマンホールについては、千葉市のマンホールカード第2弾として、11月21日より、海浜幕張駅の観光情報センターにて配布しています(写真4参照)。

今後も、下水道が果たしてきた役割や価値を見つめ直し、未来のまちづくりに向けて、下水道事業を将来の世代へ継承していけるよう、引き続き努めて参ります。また、これからは、「日本管路更生工法品質確保協会」の皆様方を始めとする、様々な民間団体等との連携強化が必要と考えておりますので、よろしくお願い申し上げます。



写真3 5種類のデザインマンホール
(市政100周年記念マンホール)



写真4 マンホールカード

Part II

千葉市 下水道管路の老朽化対策と 管路更生の考え方

下水道事業概要と管路ストックの状況

◆下水道事業概要

千葉市では、行政面積の約48%にあたる1万3191haを公共下水道で整備すべき区域として全体計画を定め、単独公共下水道（中央処理区、南部処理区）および印旛沼流域関連公共下水道（印旛処理区）により整備を進めている。

令和2年度末整備状況は、整備済み面積1万2291ha、処理人口95万0267人、下水道普及率は97.4%となっている。

◆管路ストックの状況

年度別下水道管路整備延長を図1に示した。令和2年度末の下水道管路総延長は3747kmとなってい

る。主な管種はヒューム管（1769km）と塩ビ管（1763km）。

経過年別内訳は、50年以上経過管は268km（7.1%）、40年以上経過管は686km（18.3%）、30年以上経過管は1295km（34.6%）と老朽管は今後急速に増加する見通し。現在50年以上経過管の多くは中央区、稲毛区、若葉区に集中している。

◆道路陥没の発生状況

下水道に起因する道路陥没は、平成30年度が66件、令和元年度が65件、2年度が112件。さらに5年前まで遡ると、概ね年間平均50件前後で推移している。主な原因箇所としては、特にヒューム管の取付管周辺部（本管と取付管の接続部等）が多く、陥没事故の規模としては比較的小さい事例が多い。ただ、令和元年に緑区あすみが丘で発生した陥没事故

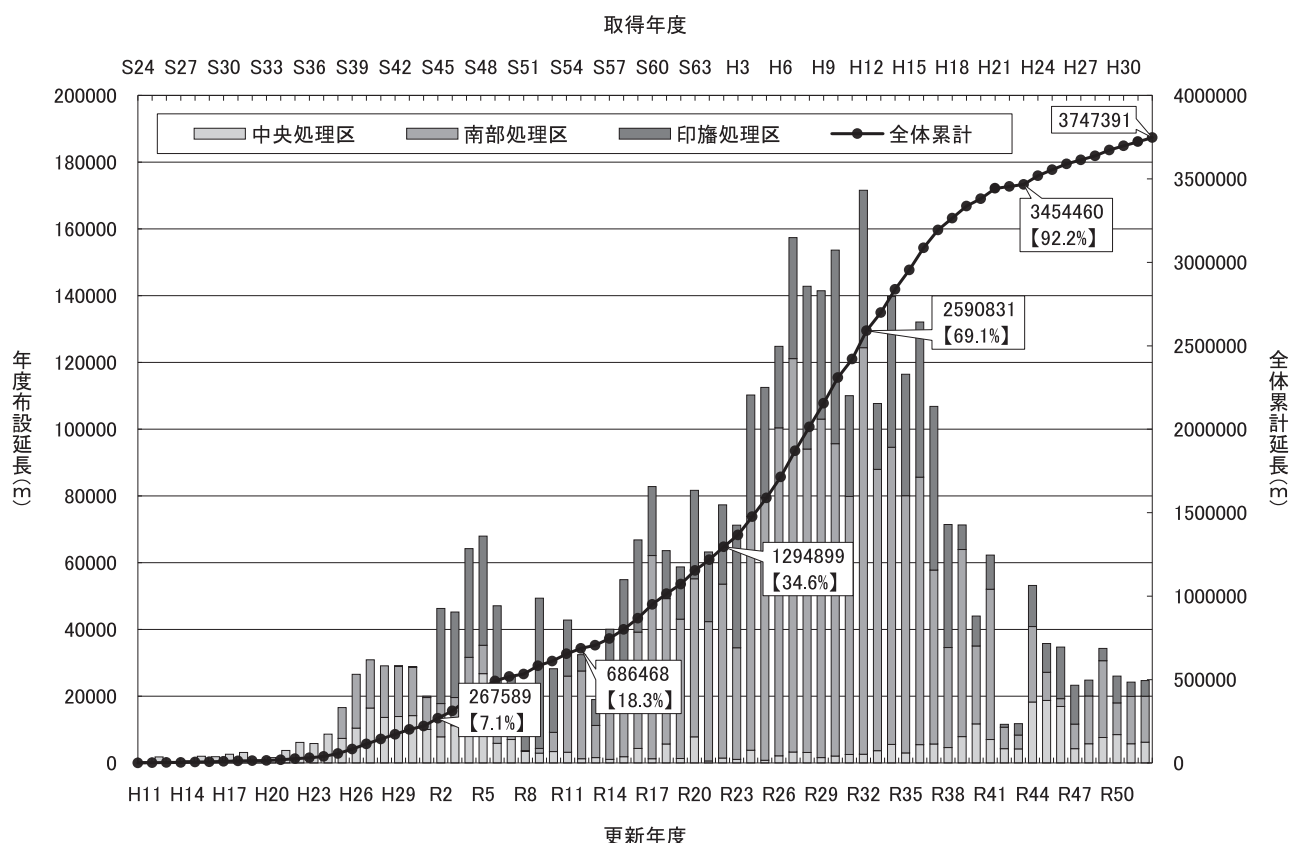


図1 年度別下水道管路整備延長

は比較的大きな事故となった（part I 写真2 参照）。同箇所は圧送管の吐口という腐食環境下にあったため、市が点検を実施しようとしていた矢先だった。

なお、道路陥没事故は、前記のとおり取付管周辺部に起因する事例が多いが、取付管の更生工法による改築は、施工時間やコスト等に課題があることや、本管のほうが重大事故につながりやすいことから、市は本管の改築を優先して進めている。ただ、取付管の老朽化対策も重要課題として認識しており、今後、次期ストックマネジメント計画の策定に向け対応を検討する。

管路の維持管理と改築事業

千葉市は平成30年度から令和4年度までを計画期間とするストックマネジメント計画を策定しており、同計画に基づき、下水道管路の維持管理や改築事業を行っている。

◆管路の維持管理

維持管理のうち点検については、マンホールの地上部から管口カメラを用いて可視範囲を点検する、あるいは作業員が人孔内で可視範囲を目視で確認する方法をとっている。また、点検路線の地上部の異常有無等を巡視により確認している。

清掃は、主に小口径管を対象に、テレビカメラ調査等に併せて、調査精度向上も兼ねて実施している。

巡視・点検の頻度は、施設を最重要施設、重要施設、一般施設の3つに区分して設定。平成27年に下水道法の改正により、腐食環境下施設の5年に1回以上の点検が義務づけられたことから、これを最重要施設として位置づけ、対象となる114ヵ所（L=15.2km）を5年に1回以上の点検としている。重要施設（緊急輸送路、河川下、軌道下に埋設される管路や、相当広範囲の排水区を持つ幹線管きよ等）は15年に1回、一般施設（最重要、重要施設以外の施設）は20年に1回としている。

年間事業量は、巡視、点検併せて年間約50km。

◆管路調査の基本方針、実績等

管路調査については、施設区分を2つに分け、最重要施設は30年に1回、それ以外は40年に1回の頻度で調査を行う。最重要施設を最優先とし、そのほか重要施設のうち経過年数が20年以上のものを優先

して調査している。調査単位は、管は1本ごと、マンホールは1ヵ所ごと、マンホール蓋はふた・受枠1組ごと。調査項目は、管、蓋、マンホール本体とも「下水道維持管理指針（実務編）」を参考に設定している。

第一期調査は平成30年度から令和4年度の5年間を計画期間とし、調査延長は約700km、調査点検に係る事業費は3条予算で約13.5億円、4条予算で3.2億円を見込む。

調査対象エリアは市内6行政区で、中央区が200km、他の5行政区が100km前後を予定。

調査方法は、小口径管は自走式テレビカメラ、中大口径管は管内潜行目視により詳細調査を実施。また、マンホールについては蓋および躯体の目視調査を実施している。

調査予定および令和2年度末時点の実施状況を表1に記した。下水道維持課によると、平成30年度から令和2年度に調査した約440kmのうち緊急度Ⅰ・Ⅱと判定されたのは約60km（約14%）で、計画策定当初に想定していた約28%よりも低い値になっている。

◆調査結果の整理方法

劣化・損傷度に応じた判定については、主に管の腐食、たるみ、破損およびクラック、ズレ、浸入水、について、各々3段階（a,b,c）の評価基準を設け判定している。

腐食、たるみほか異常項目の不良発生率から緊急度Ⅰ～Ⅲまたは異常無しの4区分の判定を実施している。「緊急度Ⅰ」は速やかな措置を要するもの、「緊急度Ⅱ」は簡易な対応と5年未満で対応するものの、「緊急度Ⅲ」は簡易な対応と5年以上に対応が延長できるもの、「異常無し」は監視措置による対応とする。改築工事の実施にあたっては、緊急度Ⅰ、Ⅱを優先して実施する。

緊急度Ⅰと診断されたものや緊急度Ⅱのうち改築が修繕より経済的な場合、スパン対応で改築更新を行う。また、陶管、A型継手のヒューム管、経過年数が60年以上の施設は無条件で改築対象としている。また、緊急度Ⅲは異常の程度を確認し、必要に応じて修繕対応としている。

更生工法と開削工法の選定に関しては、原則として、地下埋設物の状況や開削による影響（地元自治会、交通量、仮設関係等）を踏まえ、更生工法としており、著しいたるみや逆勾配路線については管理

表1 スtockマネジメント計画（調査計画）の実施状況（令和2年度末時点）

種別	行政区	計画延長 (km)	実績 (km)						
			H30	R1	R2	R3	R4	計	進捗率
点検	中央区	42	0.8	0	17.5			18.3	44%
	花見川区	37	0	0	0			0	0%
	稲毛区	27	4	0	2.3			6.3	23%
	若葉区	51	2	0	23.4			25.4	50%
	緑区	21	0.8	0	9.2			10	48%
	美浜区	57	24.1	15.4	0			39.5	69%
	計	235	31.7	15.4	52.4			99.5	42%
調査	中央区	205	34.1	86	76.1			196.2	96%
	花見川区	100	0	0	22.8			22.8	23%
	稲毛区	87	30.8	16.4	6.5			53.7	62%
	若葉区	94	44.7	22	4.9			71.6	76%
	緑区	98	22	26.5	39.7			88.2	90%
	美浜区	101	8	0	2.3			10.3	10%
	計	685	139.6	150.9	152.3			442.8	65%

表2 改築計画と実績

年度	H30		R1		R2		R3		R4		計
	単年度	累計	単年度	累計	単年度	累計	単年度	累計	単年度	累計	
計画延長	13.9	(13.9)	13.0	(26.9)	12.8	(39.7)	11.7	(51.4)	9.5	(60.9)	60.9
実施延長	8.6	(8.6)	8.9	(17.5)	9.3	(26.8)					26.8
進捗率	62%		65%		68%						44%

者と協議のうえ、開削工法による布設替えとしている。

◆管路の改築事業

改築事業では、下水道施設が保有するリスクを評価し、リスクの高い施設から順に調査を実施し、改築が必要と判断された箇所について改築を実施している。

当面の対象エリアは若葉区千城台地区、小倉台地区、大宮台地区の昭和40年代前後に民間開発により宅地造成されたエリアが中心。平成30年度から令和4年度の改築工事予定延長は61km、改築事業費は86億5200万円を見込んでいる。

令和2年度までの改築実績は、工事延長27km（44%）（表2参照）、事業費43億2300万円（決算額）。改築工事の工法別延長は、管路更生工法が25.4km（小口径24.6km、中大口径0.8km）、布設替

えが1.2kmとなっている。

■管路更生の考え方

改築工事では、道路交通状況や周辺環境の影響を踏まえ、更生工法を多く採用している。

更生工法を採用する主なメリットとしては、「移設などがないため費用が安い」「工期が短い」「周囲への影響が少ない（騒音、振動等）」が挙げられる。

更生工法の採用にあたり求める技術基準は下記のとおり。

- （公財）日本下水道新技術機構の「建設技術審査証明（下水道技術）報告書」の「審査証明の詳細」に記されている内容と同等以上とすること。
- L1地震動に対して「設計流下能力を確保すること」
- 新管と同等以上の耐荷能力および耐久性を有する自立管となること。

- ϕ 800mm 以上のスパンについては、既設管渠と更生材が一体となって外力に抵抗できる複合管を可能とする。
- 採用工法については、「管きょ更生工法における設計・施工管理ガイドライン」に基づき算出された部材厚以上で、耐震計算において耐震性の条件を満たすかあるいは耐震実験により同等の耐震性能を確認できる工法とする。
- 更生後の流下能力が向上するものであること。
- 止水性に優れているものであること。
- 耐薬品性、耐摩耗性及び耐久性に優れているものであること。
- 本書に特に定めのない事項は、「管きょ更生工法における設計・施工管理ガイドライン」による。

■更生工法に対する期待、要望

管路更生工法に対する期待・要望については、「保有する下水道ストックが膨大な規模であるため、今後、耐用年数を迎える施設は増加の一途をたどり、順次、計画的に改築しているが、突発的な破損、不具合などが発生している状況であり、施設の老朽化に改築事業が追いついていないという課題を抱えている。現在の更生工法の施工性向上や、低廉で高耐久、高寿命などの高品質化が図られれば、施設の更新サイクルが延長され、課題解決に寄与できると考える。例えば、形成工法に使用される更生管材の軽量化などが図られれば、直接的に施工性の向上につながり、工期、工事費へのメリットも大きいと考える。業界内での技術革新、新工法の開発など、更なる調査研究をお願いしたい」（下水道整備課）。

ストックマネジメント計画と地震対策計画

■ストックマネジメント計画

市は「千葉市 ストックマネジメント計画」を平成30年3月に策定（令和3年3月に変更。変更は設備のみ）。計画期間は平成30年度から令和4年度。

管きょ施設はマンホール、マンホール蓋を含めすべて「状態監視保全」としている。管きょの想定改築工事量は前記のとおり61kmで、令和2年度末実績は27km、進捗率は44%となっている。

令和4年度で現行の計画期間が満了となるため、来年度に新たな計画を策定する予定。

現行計画の策定にあたり、管路施設の潜在するリ

スクを特定するため、定量的なリスク評価を実施している。職員の経験を基にリスク評価項目を設定したが、第一期ストックマネジメントの運用により、調査ストックが積みあがってきたため、次期計画策定にあたっては、これを活用してリスク評価する方針として検討を進めている。

このほか、ストックマネジメントを実際に運用する中で、改築優先度が高いと想定した管路が調査を行うと想定より劣化していないことや、逆に想定していない管路の劣化が進行していることがあり、改築優先度が高い箇所を事前に高い精度で把握できるかが大きな課題であると認識している。そのため、近年開発が進められているスクリーニング調査技術等の活用を検討する。

さらに、下水道台帳システムについて、集積した管路データを活用して劣化予測や最適な調査、改築の時期等を導き出せるシステムにバージョンアップすることも目指している。

■下水道総合地震対策計画

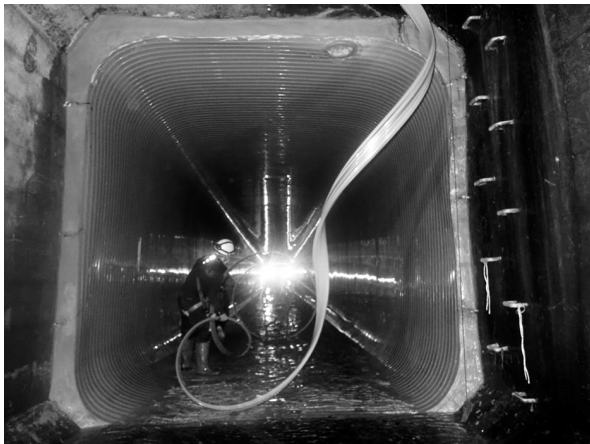
「千葉市下水道総合地震対策」は、平成29年3月に策定（令和元年11月に変更）。計画期間は平成29年度から令和3年度までの5ヵ年。市の地震対策計画は平成19年度に最初の計画がスタートし、現行計画が3期目となる。

これまでの耐震化の進捗状況（令和2年度末時点）は、重要な管きょ延長809kmのうち、耐震化が完了あるいは確認された管きょが520km、耐震化率は64%。また、マンホールトイレ設置予定数166ヵ所のうち111ヵ所が完了している。

これまで、東京湾北部地震（マグニチュード7.3）を想定し、地震による影響が起きやすい沿岸部の液状化地区を中心に対策を講じてきたが、地域防災計画が見直され、想定地震が千葉市直下地震（マグニチュード7.3）になり、内陸部まで強い震度が想定されることになったことから、現在実施中の沿岸部の耐震化に続き内陸部の耐震化も注力する。

また、管路施設の耐震化は令和10年度完了を目標に進める。現行計画は今年度で計画期間が満了となるため、今年度中に令和4年度以降の新たな計画（5～10年間）を策定する予定。

マンホールトイレの整備については、廃校予定となっている学校などを除いた全市立学校への整備を令和5年度までに完了する予定。



【参考】更生工事の施工状況（矩形きょ）



【参考】更生工事の施工状況（円形管、施工前（左）、後（右））

今後の事業展開

今後は「下水道事業中長期経営計画（令和3年度～14年度）」に基づき、各種事業を進め、持続可能な下水道事業運営の実現をめざしていく。

管路の改築事業に関しては、令和10年度までに地震対策事業を完了させた後は、緊急度Ⅰに対応するため、事業量の平準化を図り、年間約29kmを改築して事業を進めていく。

また、令和5年度からの新たなストックマネジメント計画の策定に向け、関係職員で構成されたワーキンググループを設置して検討しており、管きょに

ついては以下の項目の検討を深める。

- i. 既存の調査手法ではすべての路線を調査するまでに多くの期間を要するため、スクリーニング調査や下水道台帳のバージョンアップなど、より効率的な調査手法を検討
- ii. 陥没の原因となることが多い取付管の管理区分や不具合の対処方法を検討
- iii. 流量が多い、流速が速いなどの理由から調査が困難な場所があり、施設の状態が把握できていないため、不具合に応じた調査手法を検討
- iv. 管路のカメラ調査結果により改築判定とならなかった路線について、次に調査する時期の設定方法を検討

横須賀市における下水道管路の老朽化対策

横須賀市の下水道事業概要と管路の老朽化対策等についてレポートする。Part I では、河西勉上下水道局技術部長にインタビューを行い、下水道事業の経緯や特徴、重点施策の現況や今後の事業展開等について伺った。Part II では、下水道管路の老朽化対策や管路更生の考え方等について計画課、下水道管渠課に取材した。

Part I

下水道事業の取り組み

上下水道局技術部長 河西 勉 氏

横須賀市の概要

横須賀市は、神奈川県南東の三浦半島の中心部に位置し、東は東京湾、西は相模湾に面した自然豊かなまちで、人口約39万人、市域面積約100km²の中核市です。東京からは50km圏内にあり、ベッドタウンとして発展してきましたが、人口は平成4年の43.5万人をピークに減少傾向が続いています。

本市は、半島特有の地形から、起伏の激しい丘陵地や山地が多く、広い平地が少ないため、谷戸が多いことが特徴です。また、丘陵地にもかなり多くの方が住まわれていますが、そこにも下水道が整備されているのも特徴です。

気候は、比較的温暖な気候で、海洋性を有し、暖冬涼夏です。コロナ禍以前は、休日には、「ヨコスカネイビーバーガー」や「よこすか海軍カレー」などのご当地グルメ、東京湾に浮かぶ唯一の無人島の「猿島」、四季を通じて自然や海釣りなどを楽しむ多くの人で賑わっており、早期の終息を願っているところ です。

下水道事業の経緯、特徴

本市の下水道事業は、単独公共下水道事業として昭和19年に下水道事業創設認可を受けたのが始まり

です。当時は資材難や財政難からなかなか整備が進みませんでした。昭和38年から本格的な整備に着手しました。

現在、下水道施設は、市街化区域を中心とした事業計画区域約61km²（市域面積100km²の約61%）において、管きょ延長約1600km、ポンプ場19カ所、マンホールポンプ16カ所、浄化センター3カ所を有しており、地形的な条件から下水道施設の数が他都市と比較して多いという特徴があります。

浄化センターは、東京湾側に下町浄化センター（昭和44年供用開始）と追浜浄化センター（昭和59年供用開始）の2カ所、相模湾側に西浄化センター（平成10年供用開始）があります。

市内で発生する汚泥は、施設規模が大きい下町浄化センターに集約して焼却処理を行っています。

令和2年度末の下水道処理人口普及率は97.9%で、汚水整備事業は平成17年度に概ね完了しており、整備した下水道施設の維持管理及び改築事業とともに、浸水対策事業、地震対策事業及び再構築事業等を進めているところです。

一方、事業の執行体制は、平成16年度に水道局と下水道部を統合して上下水道局になり、同年に下水道事業に地方公営企業法を全部適用としました。現在、経営部に4課、技術部に8課が配置され、職員数は305人で、うち下水道職員は131人です。

下水道事業の課題、 重点施策と取り組み状況

カーボンニュートラルやダウンサイジングなどに 取り組む

下水道は人が生きていく上で止めることができない施設ですので、これをきちんとした状態で後世に引き継いでいくことが重要だと認識しています。それに向け、カーボンニュートラルや施設のダウンサイジングなどの課題に取り組んでいきます。今後十年くらいが大切な期間だと考えています。

カーボンニュートラルについては、令和3年1月に本市ではゼロカーボンシティ宣言をし、9月には「地球を守れ 横須賀ゼロカーボン推進条例」を制定し、全市を挙げて取り組んでいきますが、特に下水処理は電気を多く使用するので、省エネ、創エネにしっかりと取り組んでいかなければいけないと考えています。

これに関連して、下町浄化センターの焼却炉の更新工事を実施しています。炉はCO₂やN₂Oの削減効果が高く、狭い用地にも設置できる過給式流動焼却炉を選定しました。先日、1基の工事を終え、現在2基目の工事を行っています（写真1参照）。

ダウンサイジングに関しては、市内で最も古い上町浄化センター（昭和41年供用開始）の老朽化が進むとともに、耐震性能も十分ではなく、安定した水処理を継続するには大規模な改築が必要な時期を迎えていました。また、閉鎖性水域である東京湾流域に位置するため、東京湾流域別下水道整備総合計画において高度処理が定められていますが、河川や鉄道に囲まれ、拡張が困難な狭小な敷地であるため、現位置での高度処理対応の改築は多額の費用を要すると想定されました。そこで、上町浄化センターの改築検討を契機とし、市内全施設の処理能力の適正化、維持管理の効率化および水処理の高度処理化を考慮した下水道施設の再構築を中長期的な視点で総合的に検討した結果、上町浄化センターを廃止し、下町浄化センターに統合することになりました。その後、統廃合に必要な「上町・下町バイパス管」等の整備を行い、上町ポンプ場は令和3年8月より供用を開始しています（写真2、図1参照）。なお、統廃合により期待される効果は、上町浄化センターを更新する場合と比較して、建設費で約32億円、維持管理費で年間約0.9億円の費用が縮減できるものと想定しています。



写真1 下町浄化センターの過給式流動焼却炉



写真2 上町・下町バイパス管

一方、下町浄化センターでは、第4系列3池目に「NADH風量制御を用いた嫌気無酸素好気法」による高度処理施設を整備し、今後1年間、実証実験を行います。

「水道事業・下水道事業マスタープラン」

本市では上下水道事業を取り巻く環境の変化に適時かつ適切に対応していくための基本的計画として

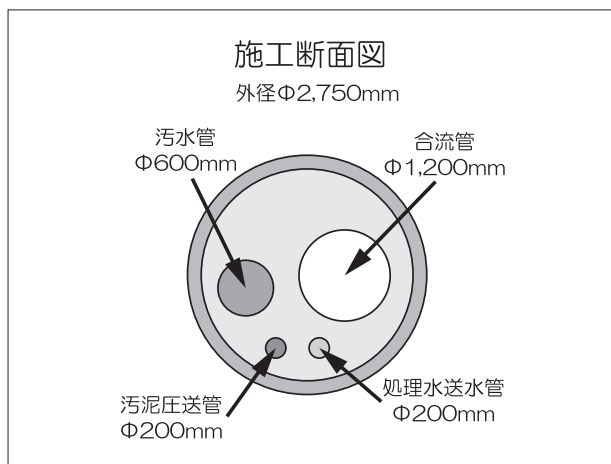
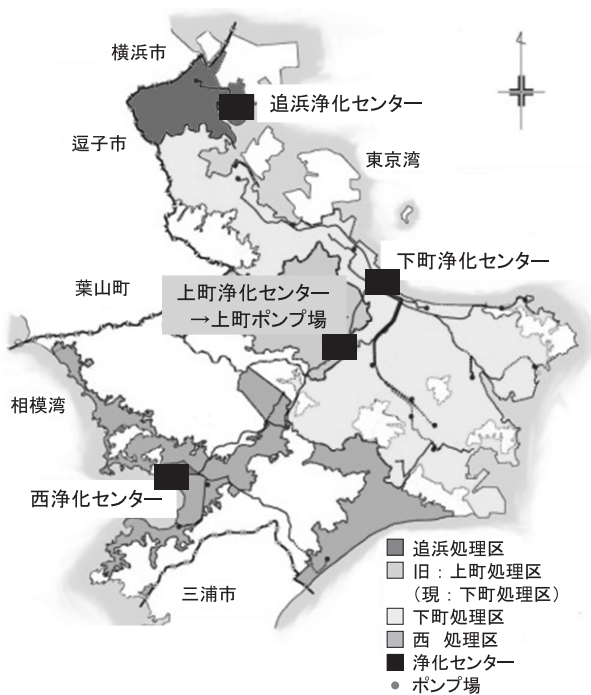


図1 下水道事業計画区域と浄化センター（上）および上町・下町バイパス管（施工断面図）

「水道事業・下水道事業マスタープラン（2011～2021）」を策定し、事業展開しています。この中で、「お客さまの快適で安心できる暮らしと良好な水環境づくりに貢献します」という経営理念のもと、「いつでも安心して使える止まらない水道・下水道」を経営目標として上下水道事業に取り組んでいます。同計画は本年度が最終年度であることから現在、「水道事業及び公共下水道事業経営審議会」を設置して、次期マスタープラン（2022～2033）を策定中です。

以下、主要事業の取り組みについてご説明します。

浸水対策事業

本市の雨水施設は、10年確率降雨（降雨強度60mm/h）に対応できる下水道施設の整備を進めて

おり、令和2年度末の雨水整備面積率は約63%です。昭和49年に未曾有の浸水被害を経験したことを契機に、雨水ポンプ場の建設、雨水幹線の整備等、浸水区域の整備を重点的に進めてきたことから、被害が多発していたところの浸水はほぼ解消されてきています。しかし、半島特有の地形から、急峻な丘陵地が多いため、雨水は瞬時に平坦地へ流出する傾向があり、一部の地域では局地的に浸水を起こしているところがあります。また、都市化の進展により雨水流出量が増加してきており、さらに、近年、降雨形態に変化が見られ、全国各地で集中豪雨等による浸水被害が頻発化・激甚化していることから、浸水対策はますます重要になってきています。

現在、雨水管理総合計画を策定しており、ハード対策と内水ハザードマップ等のソフト対策の両面から浸水対策を効率的・効果的に推進していきます。

地震対策事業

地震対策事業は、「横須賀市下水道総合地震対策計画」に基づき実施しています。令和2年度末の下水道管きょの耐震化率は3.9%、ポンプ場・処理場施設の22施設のうち、最低限の耐震化が図られている施設は18施設で、最低限の耐震化率は約82%です。本市の下水道施設は、昭和19年から整備しており、そのほとんどが耐震指針発刊の平成9年以前に施工されているため、多くの施設が所定の耐震性能を保持するための措置が講じられていません。

本市に直接的な影響を与える可能性のある対象地震動は、三浦半島断層群地震（ $M=7.0$ ）、大正型関東地震（ $M=8.2$ ）、南海トラフ巨大地震（ $M=9.0$ ）があります。さらに、本市の東西は東京湾および相模湾に面しており、処理場・ポンプ場の多くが臨海部に位置しているため、津波による甚大な被害も想定されます。

現在、「横須賀市下水道総合地震対策計画」に基づき、短期・中期・長期の段階的な耐震化による防災対策および下水道BCPによる減災対策により、地震対策事業を進めています。

下水道施設改築事業

改築事業は、「横須賀市下水道ストックマネジメント計画」に基づき実施しています。本市は、昭和38年に本格的な整備に着手して以来、短期間で急速に施設を整備しており、今後、標準耐用年数50年を越える下水道管きょが急激に増加するため、老朽化対

策が課題です。また、ポンプ場や浄化センターでは、使用環境が厳しい中で十分な施設能力を発揮するために、標準耐用年数が短く、設備点数が多い機械・電気設備を計画的に短い間隔で改築していく必要があります。一方で、人口減少や節水意識の高まり、節水機器の普及等により、水需要の落ち込み及び下水道使用料の減収が想定されるため、効率的で効果的な老朽化対策が求められているところです。

ストックマネジメント計画では、施設の管理区分の設定を、「状態監視保全」、「時間計画保全」、「事後保全」に分け、ライフサイクルコストの縮減を目指し、下水道施設の長寿化を図りながら、効率的で効果的な改築事業を進めています。

更生工法への期待

本市は、狭隘道路が多く、また古くから都市化が進んだ地区においては他企業の埋設管が輻輳した地区があります。そのため、下水道総合地震対策計画に基づく管きよの耐震化対策やストックマネジメント計画に基づく管きよの老朽化対策にあたっては、ますます更生工法の需要が増えていくと考えられます。

私は、公園建設課から下水道部に異動してきて初めて手掛けたのが管路更生工事で、まさに画期的な工法だと衝撃を受けたことを覚えています。

本市は谷戸が多く、幅1メートルほどの狭い階段下に布設されている管などもあります。また、取付管にZパイプを採用しているところも多く残っています。こうした現場でも施工できるような管路更生工法が開発されることを期待しています。

今後の事業展開

今後の事業展開ですが、改築事業に関しては、ス

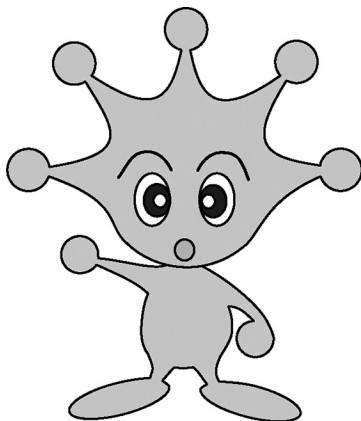


河西 勉（かわにし つとむ）

平成4年4月市役所入庁（環境保全部公園建設課）。平成10年下水道部下水処理センター、平成11年下水道部下水河川維持課、平成14年下水管理課、平成15年緑政部傾斜地保全課、平成20年土木みどり部道路維持課、平成25年土木部傾斜地保全課係長、平成28年土木部交通計画課、平成30年上下水道局技術部水道施設課長などを経て、令和3年4月より現職。

トックの状態監視をしっかりと行い延命できるものは延命化し、事故につながる恐れのある箇所等には管路更生工事を中心に対策を講じていくことにより健全度を保っていきたいと考えています。

下水道事業を進めていく上では、人口減少、水需要の減少といった課題がある中で「いつでも安心して使える止まらない水道・下水道」を持続し、良い状態で後世に引き継ぐことが我々の責務だと思っていますので、それに向け、先述したような様々な取り組みを進めていきたいと考えています。



参考 横須賀上下水道イメージキャラクター 「アクアン」

Part II

横須賀市 下水道管路の老朽化対策と 管路更生の考え方

下水道の整備状況

横須賀市の下水道の整備状況は下記のとおり。

事業着手	昭和19（1944）年
全体計画面積	6566ha
事業計画面積（認可面積）	6168ha
処理面積	5887ha
処理人口	37万8624人
汚水量	5299万0182m ³ /年

下水道管きょストックと維持管理状況

◆下水道管きょストックの特徴

令和2年度末の下水道管きょ総延長は約1600km。標準耐用年数50年を超過している管きょ延長は128kmであり、5年後には420km、10年後には600kmに増加する。下水道整備を早期から行っている上町地区、下町地区に老朽管が集中している（図1参照）。

下水道管に起因する道路陥没件数の推移は（平成20年から令和2年度）は図2のとおり。約6割が取

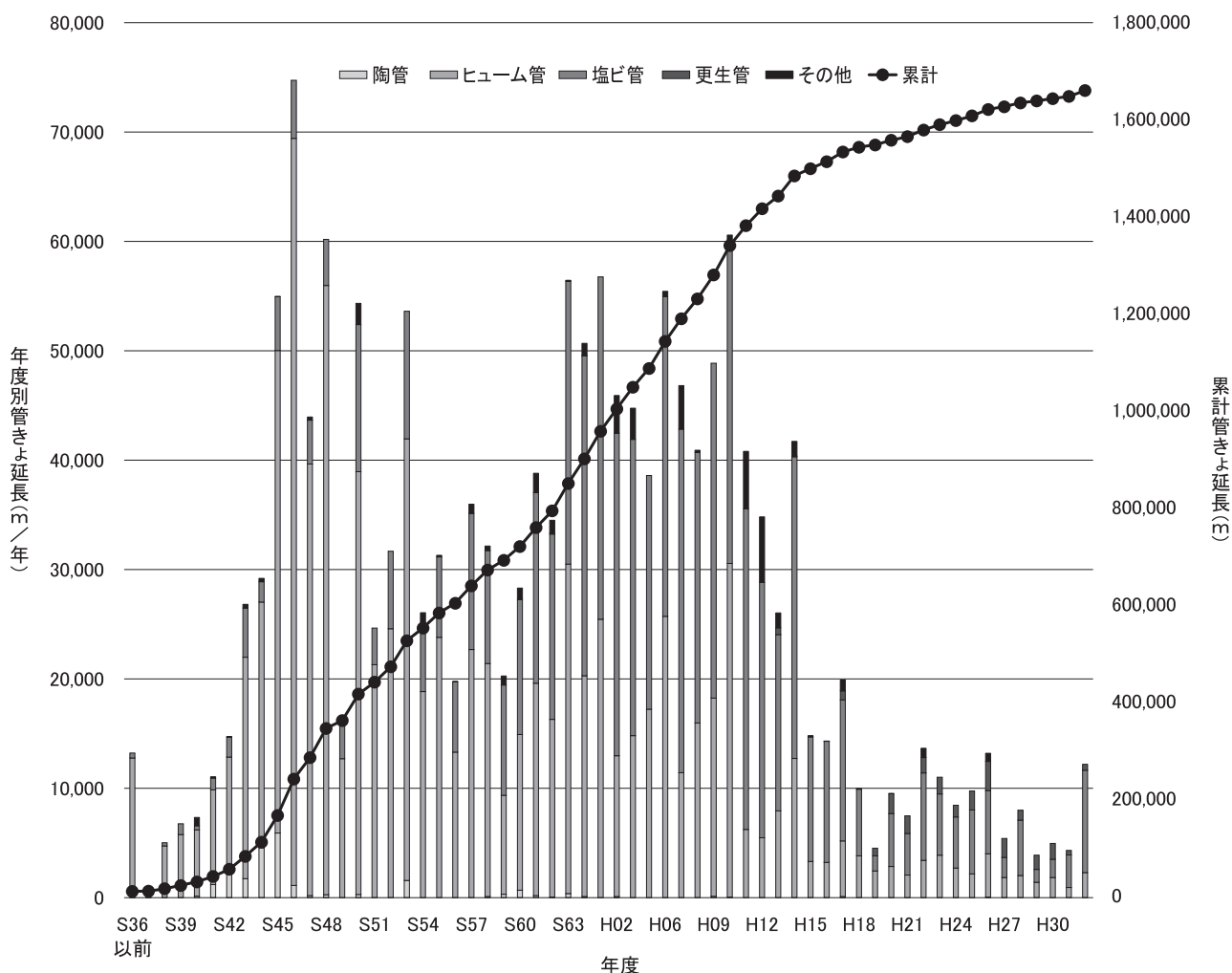


図1 年度別下水道管きょ整備延長

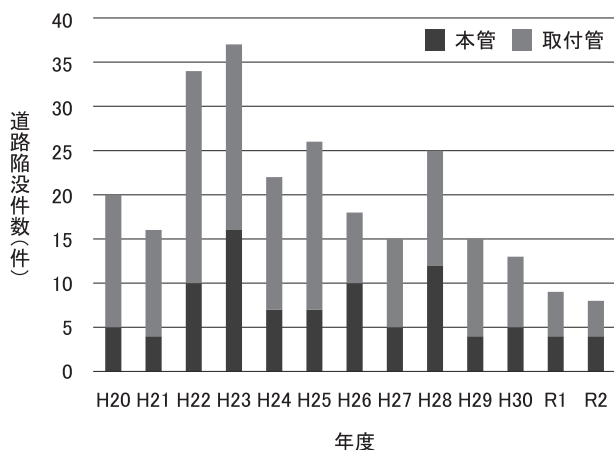


図2 下水道に起因する道路陥没件数の推移

付管に起因していることが特徴のひとつ。また、平成25年度に長寿命化計画に基づく改築事業を開始し、平成28年に空洞化調査を開始しており、件数自体は平成23年を最大に減少傾向にある。

◆管きょの維持管理状況

管きょの維持管理のうち、巡視・点検については、施設ごとに点検頻度を変えており、雨水吐き室（55カ所）および指定箇所（70カ所）が月2回、調整池、吐き口等（36カ所）が月1回、遊水池等（4カ所）が週1回などとなっている（管きょ本管については後記）。

雨水ますについては、原則として4年に1回、詰まりやすい箇所等は1年に1回の頻度で清掃している。

このほか、横須賀市の維持管理の特徴として、管きょはストックマネジメント計画において重要な施設として状態監視保全手法を取っているが、市内に数多く残っている平受け構造のマンホール蓋（写真



写真1 平受け構造のマンホール蓋



写真2 老朽化したZパイプ

1参照）やZパイプ（写真2参照）、陶管の取付管は、設置年代が古く、性能も現在の基準を満たしていないため、状態監視保全ではなく、時間計画保全に位置づけて順次取り替えを行っている。

また、道路陥没事故を減らすため自走式地中レーダー探査車による道路の空洞化調査を行っている。

管きょの老朽化対策

◆管きょ調査の方法、事業量等

横須賀市では現在、「横須賀市下水道ストックマネジメント計画」（平成30年2月策定）に基づき、管きょの老朽化対策を進めている。計画期間は平成30年度から令和4年度の5カ年。

管きょについては、下水道計画区域を10ブロックに分け、優先順位の高いブロックから順に調査している。調査方法は、まず、管口カメラ（写真3参照）によるスクリーニング調査を行い、異常があった管きょについてテレビカメラや潜行目視による詳細調査を行う。その調査結果から緊急度を判定し、改築

または修繕での対応を図る。

本計画期間の5年間における調査予定量は約92kmで、平成30年度から令和2年度までの実績は調査延長約30km、調査費約3300万円となっている。

また、横須賀市は全国に先駆けて、平成20年度から管口カメラを使用したスクリーニング調査を実施していることも特徴。管口カメラによる点検・調査は、「人がマンホールの中に入らず、地上から操作ができ、日進量が大きいことなどが大きなメリット」だ。

◆調査結果の整理、判定方法等

判定方法

調査結果の判定・評価は「下水道維持管理指針」（日本下水道協会）に基づいて行っている。具体的には、腐食やたるみはスパン全体で、破損やクラックは管1本ごとに評価し、不良発生率を出してランク付けを行い、その数に応じて緊急度（Ⅰ～Ⅲ）に分類。緊急度Ⅰ、Ⅱのスパンおよび緊急度Ⅲでも腐食があるスパンを改築工事の対象としている。また、管きよの破損等に伴う影響度や発生確率をリスクマトリクスにより点数化し、管・スパン毎に評価し、地区別に優先順位を決めている。

改築か修繕かの判定

改築更新か修繕かの判定は、管きよの耐用年数を50年として改築費用と修繕費用の年あたり減価償却額が安価な方を選択するのを基本としている。ただし、設置後50年以上経過している管や硫化水素によ

る腐食がある管などは、部分的な補修による延命効果がそれほど期待できないため、スパン単位で改築することとしている。

開削か更生かの判定

開削工法か更生工法かの判定については、継手のズレが大きいものなど管路更生での対応が難しい箇所は布設替えを選択し、それ以外は基本的には経済性と現場条件によって判断している。過去の実績から、布設替えよりも管路更生のほうが安価になる傾向があり、特に問題のない現場であれば管路更生工法を採用することが多い。

管路更生工法の施工実績と今後への期待

◆管路更生工法の施工実績

横須賀市は平成25年度から「下水道長寿命化計画」に基づいて改築事業を行っている。令和2年度までの施工延長は約6600mで、内訳は更生工法約6040m、布設替約560mと、約9割を更生工法で実施している。改築工事年度別内訳は表1のとおり。

表1 改築工事年度別延長

年度	発注件数	改築延長（m）		改築延長計（m）
		管路更生	布設替え	
H25	5	693.5	175.8	869.3
H26	10	1789.5	27.9	1817.4
H27	3	569.3	33.1	602.4
H28	4	527.4	0	527.4
H29	5	410.2	204.7	614.9
H30	10	1239.2	17	1256.2
R1	9	405.2	62.1	467.3
R2	7	413.1	47.1	460.2
計	53	6047.4	567.7	6615.1

◆管路更生工法を採用する理由と採用基準

更生工法を採用する理由（メリット）としては、「布設替えと比べ経済的に優位で、作業時間を短縮できる。また、現場の交通規制が最小限で済む」を挙げている。

更生工法の採用にあたり求める技術基準としては、特記仕様書に、「公的機関の審査証明を得られた工法



写真3 管口カメラ

であること」および『「管きょ」更生工法における設計・施工管理ガイドライン』（日本下水道協会）で求められる要求性能を満たす工法であること」を記載している。

◆管路更生工法に対する評価と期待

横須賀市は管路更生工法について「道路を掘削することなく、新管に等しい機能を確保することができる素晴らしい工法」と評価しており、今後も管路の改築は管路更生工法を中心に進めていきたい考え。管路更生工法への期待として、主に以下の5点を挙げている。

- ①谷戸地区が多く、1メートル未満の狭い道路下に埋設されている管きょも少なくないため、車両が入れない場所での詳細調査や管路更生工法の開発
- ②内径900mm未満の人が入れないマンホールでも施工できる管路更生工法の開発
- ③下水本管に支管が直接接合している箇所があり、片側のマンホールから施工できる管路更生工法の開発
- ④管にたるみやズレがあっても施工できる管路更生工法の開発
- ⑤取付管や矩形きょの老朽化対策が必要となっており、管路更生工法での対応を図りたいが、「管きょ」更生工法における設計・施工管理ガイドライン2017年版」では対象外となっているため、技術的な基準が早期に整備されること

下水道ストックマネジメント計画

横須賀市では、平成25年度に「下水道長寿命化計画」に基づく長寿命化事業を開始し、第1期は平成25年度から27年度、第2期は平成28年度から31年度で進めた。これらに続き、平成30年に「横須賀市下水道ストックマネジメント計画」を策定し、ストックマネジメントに移行した。同計画の計画期間は平成30年度から令和4年度。事業量は、管きょの改築延長約12km、事業費約31億円（国からの交付金と単費の合計）を見込んでいる。

なお、この事業計画中にボックスカルバートの改

築が含まれており、交付金を得て管路更生で対策を講じたい意向がある。しかし、前記の「ガイドライン」において、矩形きょの耐震性能の照査基準は明確ではなく、自治体ごとに判断することになっている。ただ、「市独自で基準を作るには、民間企業に照査に必要な装置を開発してもらわなければならないなど、ハードルが高く、改築実施の道筋が見えていない状況にある」という。

また、現行計画の期間は令和4年度までのため、同年度中に令和5年度からの次期計画を策定する。

下水道総合地震対策計画

下水道施設の地震対策は、平成20年度から下水道地震対策緊急整備計画（計画期間：平成20～24年度）、25年度から下水道総合地震対策計画（第1期：平成25～29年度、第2期：平成30～令和4年度）に基づき実施している。

第1期計画の耐震化実績延長は11.3km。第2期計画の事業予定は、①緊急輸送路下の合流地区の小口径管（対象管きょ延長：約9.6km）、②応急二次病院や災害対策本部から排水を受ける小口径管（同約3.5km）、③緊急輸送路下の分流地区の小口径管（同約18.8km）、④防災拠点から排水を受ける小口径管（同約5.2km）、計37.1kmが対象となっている。事業費は約5億3000万円。第1期、第2期を合わせた事業量48.4kmに対する施工済み延長は12.8kmで進捗率は26%となっている。

これまでの耐震化工事では主に、本管の更生とマンホールと管きょの接続部の可とう化を行ってきたが、今後はマンホールの浮上防止やマンホールの耐震対策についても準備を進めていく。

今後の事業展開

横須賀市は現在、下水道事業マスタープランの次期計画を策定中。来年度以降、同計画に基づき改築事業を進めていく。管きょの改築事業については、開削と比較してメリットが大きい管路更生工法を中心に進めていく。