

## はじめに

日本の下水道事業は、明治時代以降の都市化の進展に伴って大雨による浸水被害や停滞した汚水に起因するコレラ等の伝染病が流行したことから、横浜市で1881(明治14)年に初めてレンガ製の下水道管きょ整備に着手した。なお、1970(昭和45)年の「下水道法」の改正以降、下水道は都市を清潔に保つことを目的とするだけでなく、河川、湖沼、港湾といった公共用水域の水質保全という重要な役割を担うこととなり、2015(平成27)年3月31日時点の下水道処理人口普及率は77.6%に達している。

一方、高度経済成長期等に建設された下水道を含む社会資本ストックは、今後、急速に老朽化することが見込まれている。国内の社会資本整備は、既に整備された道路、河川、下水道等の公共インフラストラクチャが保有する機能を持続するために、建設から維持管理・再構築の時代に移行しつつあると言える。さらに、近年では、膨大なストックのメンテナンスが課題となっており、限られたヒト・モノ・カネを効率的に活用しながら下水道経営の健全化を図るべき時代を迎えている。

本書は、建設後の多様な供用環境を考慮しながら、法令や技術基準類等の時の変遷を踏まえ、下水道管路施設に求められる社会的ニーズに応えた既存する同施設の再構築論を提唱するものである。

現在、下水道事業に携われる技術者、これからの下水道事業を支えるべく建設業界へ入門される学生諸君の一助になれば幸いである。

2015(平成27)年12月

一般社団法人 管路診断コンサルタント協会  
(前)会長 村岡 基  
会長 角田五郎

# 目 次

## はじめに

<b>第 1 章 社会インフラを支えるライフラインの諸問題</b> .....	1
<b>1.1 時が抱える問題</b> .....	1
1.1.1 ライフラインの歴史 .....	1
1.1.2 時代の変遷がもたらすライフラインへの影響 .....	3
1.1.3 ライフラインに求められる機能 .....	9
<b>1.2 維持管理の重要性</b> .....	11
1.2.1 老朽化に起因する事故 .....	11
1.2.2 維持管理のあり方 .....	12
1.2.3 維持管理の課題 .....	13
1.2.4 これからの維持管理 .....	13
1.2.5 維持管理の最新事例 .....	14
<b>1.3 ライフラインの耐用年数</b> .....	17
1.3.1 ライフラインの寿命 .....	17
1.3.2 耐用年数を迎えるライフラインへの対策 .....	17
1.3.3 ライフラインの劣化予測 .....	17
<b>第 2 章 下水道管路施設の再構築概論</b> .....	21
<b>2.1 再構築とは</b> .....	21
2.1.1 下水道管路施設の再構築概念 .....	21
2.1.2 下水道管路施設のアセットマネジメント .....	22
2.1.3 下水道の未普及解消とストックの再構築 .....	24
<b>2.2 既存管路施設の点検・調査手法と計画的な維持管理</b> .....	29
2.2.1 点検・調査手法の分類 .....	29
2.2.2 計画的な維持管理 .....	33
2.2.3 効率的な点検・調査計画 .....	36
<b>2.3 再構築にかかる建設コンサルタントの役割</b> .....	37
2.3.1 長期的視点を有した計画策定 .....	37
2.3.2 再構築工事に向けた設計 .....	37
2.3.3 計画・設計上の留意事項 .....	38

<b>第3章 下水道管路施設の改築</b> .....	39
3.1 再構築手法とその分類 .....	39
3.2 既存管路施設の延命化 .....	39
3.2.1 既存管路施設延命化の考え方 .....	39
3.2.2 点検・調査の優先順位 .....	42
3.2.3 管きよの健全度診断 .....	47
3.2.4 下水道管路施設の長寿命化 .....	52
3.2.5 下水道管路施設の改築工法 .....	55
3.3 既存管路施設の耐震化 .....	62
3.3.1 既存管路施設耐震化の考え方 .....	62
3.3.2 地震による下水道管路施設の被災事例 .....	62
3.3.3 下水道管路施設に求められる耐震性能 .....	63
3.3.4 耐震対策の優先順位 .....	65
3.3.5 管きよの耐震診断 .....	68
3.3.6 既存管路施設の耐震化手法 .....	71
3.3.7 総合的な地震対策 .....	72
<b>第4章 下水道機能の高度化</b> .....	75
4.1 雨水排除能力の増強 .....	75
4.1.1 下水道管路施設の排除能力不足の要因 .....	75
4.1.2 排除能力の増強手法 .....	78
4.2 主要施設の統廃合による効率化 .....	81
4.2.1 分流化による合流式下水道の改善 .....	81
4.2.2 管路施設、処理場・ポンプ場間のネットワーク化 .....	83
<b>第5章 施工の留意点</b> .....	87
5.1 供用施設の改築・修繕に伴う留意点 .....	87
5.2 安全衛生や周辺環境への配慮 .....	89
5.3 痛ましい事故の教訓 .....	90
<b>第6章 次期再構築の時代へのアプローチ</b> .....	93
6.1 再構築に伴う新たな視点 .....	93
6.2 次期再構築に向けた課題 .....	94
<b>監修を終えて</b> .....	97

# 第1章 社会インフラを支えるライフラインの諸問題

## 1.1 時が抱える問題

### 1.1.1 ライフラインの歴史

ライフラインとは、生活の基盤となる生命線を意味している。交通分野では道路、鉄道等を指しており、上下水道は、快適で安心できる都市生活に必要な社会インフラストラクチャ<sup>\*1</sup>(以下、「社会インフラ」と略称)と言える。これらの機能は、社会、経済、生活、文化活動の基盤であり、大規模な地震や風水害の発生時に、私たちの生活に及ぼす影響を予測する技術が整備される中で、その対応が急務となっている。

日本のライフライン整備の歴史は長く、様々な変遷を経て現代の社会インフラは構築されている。古くは、「七道駅路」と呼ばれた7本の幹線道路(東海道、東山道、北陸道、山陰道、山陽道、南海道、西海道)の本格的な整備が天智・天武期(西暦668～686年)に進められた。治水事業はさらに古く、仁徳期(西暦320年頃)より進められてきたと言われている。

日本の社会資本整備事業は、産業革命により先行して近代化が進んでいた欧米諸国の技術を導入することで、明治以降、飛躍的な発展を遂げた。特に、交通分野において、鉄道事業では1872(明治5)年に最初の鉄道が新橋～横浜間(約29km)で開通し、道路事業では1885(明治18)年までに40路線の国道が認定された。さらに、河川事業では、淀川、利根川、木曾川等の大河川で洪水被害が頻発していたことから、抜本的な治水対策が進んだ。また、人口増加と伝染病予防に対応するため、横浜をはじめとする都市部において上水道の整備が進み、工業化や都市化の進展に伴う電力需要の増大を受けて、水力発電事業が大きく発展することとなった。

この頃、都市化の進展に伴い、大雨による浸水被害や、低地で流れずに滞留した汚水等が原因とされる伝染病が流行したことから、日本の下水道事業では1881(明治14)年に初めてレンガ製の下水道(写真1.1)が横浜市で着工され、汚水排除を含めた本格的な下水道として1884(明治17)年に東京都の神田下水を整備し、1922(大正11)年に日本で最初の下水処理施設となる三河島処理場(東京都荒川区)(写真1.2)が完成した。

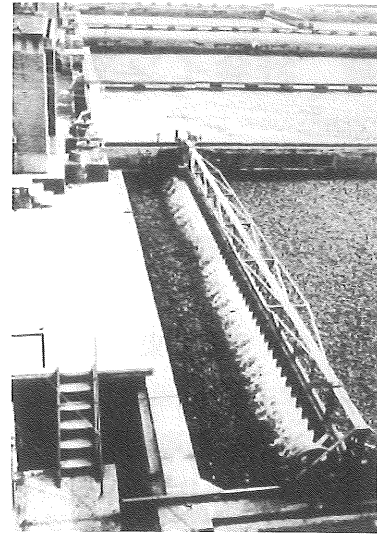
その後、本格的に下水道の整備が進められたのは、第二次世界大戦後の産業の急速な発展と共に、都市部への人口集中が進んでからである。なお、工場排水が増加するにつれ、1955(昭和30)年頃から河川や湖沼等の公共用水域の水質汚濁が顕著となり、1970(昭和45)年の「下

\*1 社会インフラストラクチャ：人間の活動の基盤となる施設(インフラストラクチャ：infrastructure)、中でも特に生活や福祉に関するもの



[出典：国土交通省 HP、下水道 旧下水道法成立から現行下水道法制定まで、<http://www.mlit.go.jp/crd/seweraqe/rekishi/02.html>、2015.7.10 アクセス]

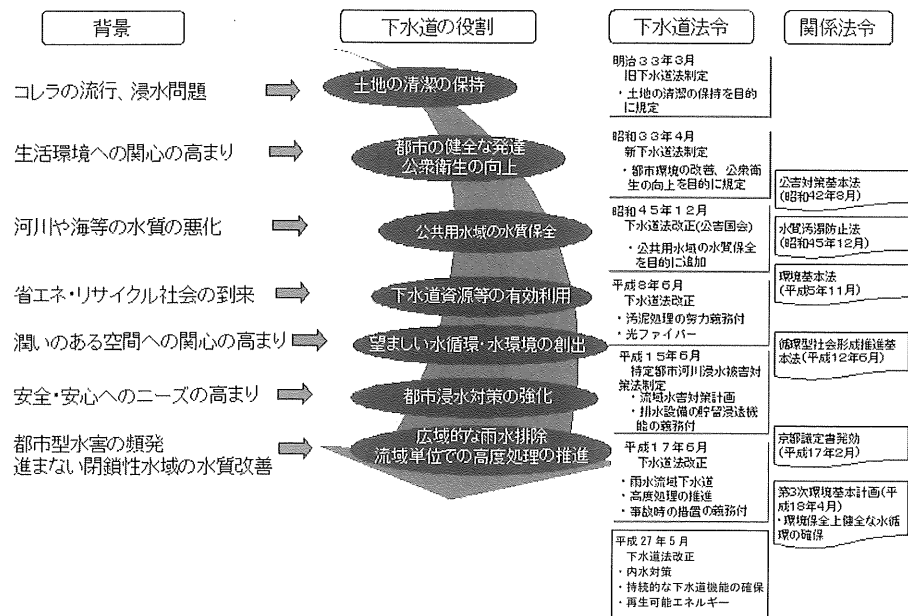
写真 1.1 横浜市のレンガ製下水道



[出典：国土交通省 HP、下水道 旧下水道法成立から現行下水道法制定まで、<http://www.mlit.go.jp/crd/seweraqe/rekishi/02.html>、2015.7.10 アクセス]

写真 1.2 三河島処理場

下水道法<sup>\*2</sup>改正において、下水道は都市を清潔にするだけでなく、図 1.1 に示すように公共用水域の水質を保全する重要な役割を担うようになった。なお、2015(平成 27)年 5 月 13 日に



[出典：国土交通省 HP、下水道 現行下水道法制定以降、<http://www.mlit.go.jp/crd/seweraqe/rekishi/03.html>、2015.7.10 アクセス] (平成 27 年 5 月下水道法改正部に加筆)

図 1.1 下水道の役割の変遷

\* 2 下水道法：下水道の整備を図り、都市の健全な発達、公衆衛生の向上および公共用水域の水質保全を図ることを目的とした法律

「下水道法」の改正が成立し、同年5月20日に公布された。この「下水道法」の改正では、内水対策ならびに持続的な下水道機能の確保、再生可能エネルギーを対象としている。

2015(平成27)年3月31日時点では、「はじめに」で述べたとおり下水道処理人口普及率<sup>\*3</sup>が77.6%に達し、そのストックは管路延長で約46万km、下水処理場数で約2,200箇所と膨大なものとなっている。現在、日本では、社会資本ストックのメンテナンスが課題となっており、限られた資源をもって、インフラのメンテナンスをいかに最適化していくのかが問われる時代を迎えている。

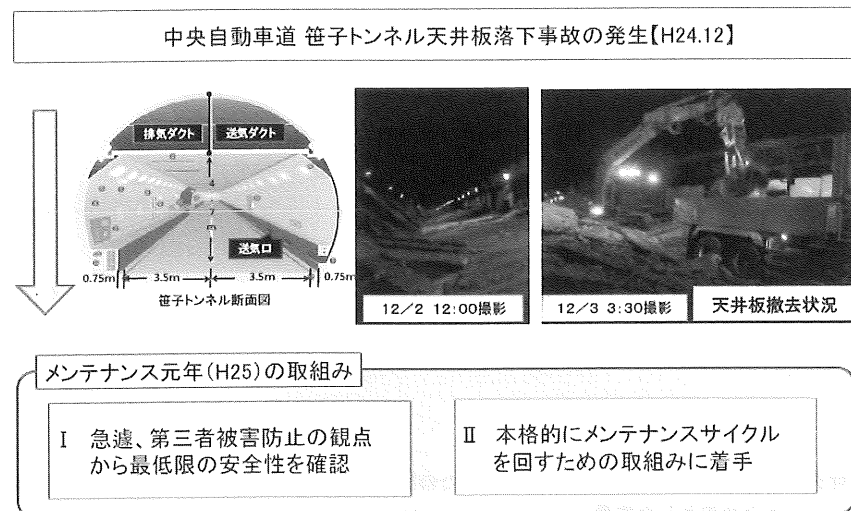
## 1.1.2 時代の変遷がもたらすライフラインへの影響

### (1) 老朽化による構造強度の低下

社会インフラを資産と捉えれば、取得単位ごとの情報を台帳等で管理しておかなければ、計画的なメンテナンスはできない。

現状では、建設年度や構造形式、取得価格等の施設諸元や劣化・損傷あるいは修繕履歴といった老朽化の度合い等、維持管理に必要な情報が不明な施設も多く存在している。また、2012(平成24)年12月には中央自動車道笹子トンネルの上り線で天井板落下事故により、9名の尊い命が奪われ、社会インフラの老朽化対策が急務であることを告げている(図1.2参照)。

これを機に、国土交通省は2014(平成26)年4月14日、道路の老朽化対策の本格実施について、「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」(平成26年4月14日、社会資本整備審議会道路分科会)において警鐘を鳴らしている。



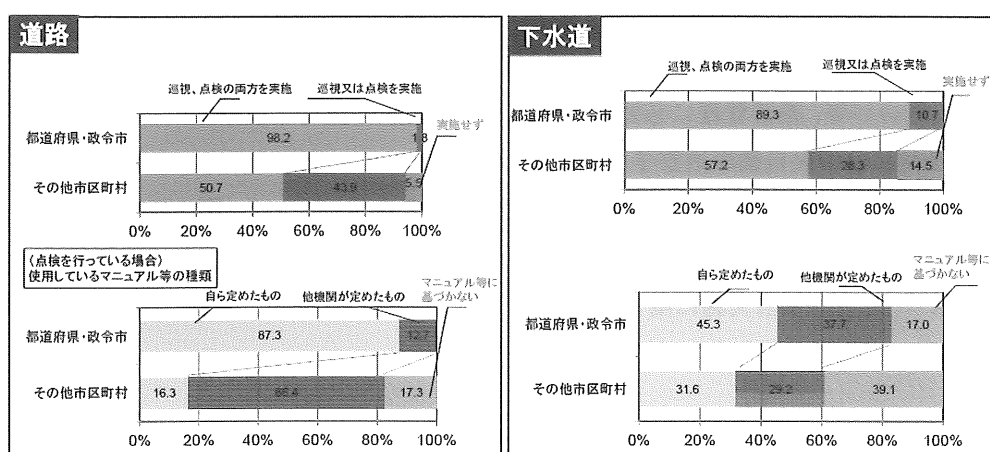
[出典：国土交通省、資料5 老朽化対策の本格実施について、p.19]

図1.2 メンテナンス元年(平成25年)の取組み

\*3 下水道処理人口普及率：下水道を利用できる人口を総人口で除して算定した下水道施設の普及状況の指標

- ① 削減が続く国家予算と技術者の減少が限界点を超えた後に、一斉に危機が表面化すれば、もはや対応は不可能となる。
- ② 日本社会が置かれている状況は、1980（昭和55～平成元）年代の米国同様、危機が危険に、危険が崩壊に発展しかねないレベルにまで達している。
- ③ 「荒廃するニッポン」が始まる前に、一刻も早く本格的なメンテナンス体制を構築しなければならない。
- ④ 道路管理者に対して厳しく点検を義務化する。
- ⑤ 産学官の予算、人材、技術のリソースをすべて投入する総力戦の体制を構築する。
- ⑥ 政治、報道機関、世論の理解と支持を得る努力を実行する。

一方、人員面、技術面、財政面等が脆弱な地方公共団体では、メンテナンスを行うために状態を監視する巡視<sup>\*4</sup>・点検<sup>\*5</sup>ですら、実施できていない実態もある(図1.3参照)。



[出典：国土交通省社会資本整備審議会・交通政策審議会技術分科会技術部会、市町村における持続的な社会資本メンテナンス体制の確立を目指して、参考資料 p.4、平成27年2月]

図1.3 巡視・点検の実施状況

## (2) 地震に対する耐震性能の高度化

日本の社会インフラに関する国土強靱化基本計画<sup>\*6</sup>では、南海トラフ地震や首都直下型地震等の大規模地震に対し、引き続きソフト・ハード対策の両面を着実に進めることが定められている。

- \*4 巡視：維持管理の基本作業として、マンホールふたの開閉は行わず、管路施設の地上部やマンホールふたの状態を把握することを目的とした作業
- \*5 点検：マンホールふたを開閉して、マンホールふたの不具合を確認するほか、地上から管路施設内部の状況を把握し、清掃・浚渫および調査の必要性を判断する情報を収集することと、不具合を早期に発見するための作業。なお、調査とは、巡視・点検等により確認された不具合およびその原因ならびに確認されなかった不具合の有無を詳細に把握することを目的とした作業
- \*6 国土強靱化基本計画：2014（平成26）年6月3日に閣議決定された国土強靱化に係る国のほかの計画等の指針となる計画

下水道施設においては、公共下水道事業に関する法令あるいは制度等の制定や技術的支援の役割を担う国土交通省より、特に、1997（平成9）年度以前に建設された施設の耐震性能を速やかに診断するよう、地方公共団体へ要請している。

この背景には、公共施設設計および建設に係る法令や技術基準類の改定により、過去の被災状況を踏まえた診断方法と要求性能が高度化されてきた経緯がある。

建築構造物を例にとると、1981（昭和56）年に「建築基準法」が改定され、新耐震設計法が導入されている。現行の新耐震設計法による建築構造物では、それまでも設計段階で計算していた許容応力度<sup>\*7</sup>の評価を一次設計として行い、二次設計として保有水平耐力<sup>\*8</sup>が評価項目に加えられている。

下水道施設設計においても過去の大規模地震による被災経験を教訓に、準拠すべき法令および指針類が表1.1に示すように改定されてきた。このことから、その時代に適切な設計と施工がなされた施設であっても、現時点で想定する大規模地震に対する耐震性能評価では、補強する必要がある施設も潜在しており、公共インフラ機能を持続させるために、適正な計画を持って施設機能の高度化を図りながらの再構築が求められる時にあると言える。

### （3）降雨量の増加に伴う排除能力の増強

日本の国土は、環太平洋造山帯を構成する列島であることから、河川は山から海に向けて急な傾斜があり、降った雨が山から海へと一気に流下する。そのため、洪水の危険性が高く、土砂災害が発生しやすい特徴を持っている。さらに近年では、気象変動がもたらす集中豪雨等が頻発し、各地で水害や土砂災害が起こっており、港湾、河川、下水道といったそれぞれの都市基盤に対し、その機能の高度化を図る再構築が求められている。

安心かつ安全な都市生活を持続するために、地球温暖化に伴う海水面の上昇や高潮対策、降雨量の増加による排除能力の増強等にも取り組まなければならない。

図1.4に2014（平成26）年の各地の土砂災害発生件数を表した図を、図1.5に2013（平成25）年の都道府県別水害被害額を示す。

### （4）人口の増減による必要容量の変化と財源不足

日本の社会情勢としては、人口減少、少子化、高齢化、首都圏一極集中等の課題に直面しており、特に地方では都市部に先んじて人口減少が深刻な問題となっている。日本の総人口は、戦後の第1次ベビーブーム[1947～1949（昭和22～24）年]や第2次ベビーブーム[1971～1974（昭和46～49）年]等を経て、一貫して人口増加傾向にあったが、2008（平成20）年の1億2,806万人をピークに減少傾向へ転じた。また、国立社会保障・人口問題研究所が公表した「日本の将来推計人口」によれば、合計特殊出生率<sup>\*9</sup>が1.35程度で推移することを想定し

\*7 許容応力度：構造体の各部材に生じる抵抗する力（応力）の限界点

\*8 保有水平耐力：地震力や風圧力等の水平力に対して、住宅等の構造材が耐えることができる力（抵抗力）

\*9 合計特殊出生率：その年次の15～49歳まで女性の年齢別出生率を合計したもので、1人の女性が仮にその年次の年齢別出生率で一生の間に子供を生むと仮定した時の子供の数に相当する



表 1.1 過去の地震発生歴と主な耐震設計基準等の変遷

年代	主な地震	法令・指針類の変遷	備考
1981年 (昭和56年)		下水道施設地震対策指針と解説	2段階の地震規模
1990年 (平成2年)		道路橋示方書・耐震設計編(日本道路協会)改訂	震度法・地盤種別4→3区分
		下水道施設の耐震対策マニュアル(日本下水道協会)制定	
1995年 (平成7年)	兵庫県南部地震 M7.2 [7]*		
1996年 (平成8年)		コンクリート標準示方書・設計編 H8 (土木学会)改訂	地震動レベルと耐震性能目標
		コンクリート標準示方書・耐震設計編 H8 (土木学会)	
1997年 (平成9年)		道路橋示方書・耐震設計編(日本道路協会)H8改訂	地震動レベルと耐震性能目標
		下水道施設の耐震対策指針と解説 1997(日本下水道協会)改定	
1997年 (平成9年)		下水道施設の耐震対策指針と解説 1997(日本下水道協会)改定	管きよの耐震設計に 応答変位法を導入、液状 化判定および側方流動 対策
		下水道施設の耐震対策マニュアル 1997(日本下水道協会)改定	
2003年 (平成15年)	十勝沖地震 M8.0 [6弱]*		
2004年 (平成16年)	新潟県中越地震 M6.8 [7]*		
2006年 (平成18年)		下水道法施行令一部改正	構造の技術上の基準 の追加 「重要な幹線等」の見 直し、埋戻し土の液状 化等
		下水道施設の耐震対策指針と解説 2006(日本下水道協会)改定	
		下水道施設の耐震対策マニュアル 2006(日本下水道協会)改定	
2009年 (平成21年)		下水道 BCP 策定マニュアル～第1版～(地震編) (国土交通省)	
2011年 (平成23年)	東日本大地震 (東北地方太平洋沖地震) M8.4 [7]*	津波防災地域づくりに関する法律制定	史上最大 MW 9.0 を 観測。太平洋沿岸で 最大クラスの津波観測 2段階の津波規模(頻 度の高い津波・最大ク ラスの津波)
2012年 (平成24年)		下水道 BCP 策定マニュアル～第2版～(地震・津波編) (国土交通省)	
		道路橋示方書・同解説(日本道路協会)改訂	
2014年 (平成26年)		下水道施設の耐震対策指針と解説 2014(日本下水道協会)改定	
		下水道施設の耐震対策マニュアル 2014(日本下水道協会)改定	

※[ ]: 当該地震で観測した最大震度を表す。マグニチュードを M で記し、MW はモーメントマグニチュードを表す。

■: 大規模地震発生

た推計においては、2050年の人口は1億人を割り込み、2100年にはその半分の約5千万人にまで減少すると言われている。

人口減少がもたらす問題は多岐にわたり、上水道や下水道等のライフラインでは水の浄化施設や揚水施設の必要能力が減り、場合によっては不要施設の管理あるいは処分が生じる。また、水の供給や下水を集水する管路施設もダウンサイジングで機能を満足することもあり、根本的に上水道および下水道の各システムを再構築するような最適化も検討する視点を持たなければ