

特集 インフラの維持と未来

「日本の水道インフラの維持と未来へ向けて」

上田新次郎



1. はじめに

人類は水と共に生きて来て、水との様々な関わり方の中から文明を築いてきた。水をめぐる設備はどの時代においても不可欠の社会施設であった。近代国家においては上水道と下水道が整備され、社会の基盤となるインフラになった。日本においては20世紀後半には世界に冠たる上下水道インフラシステムが装備され、社会に豊かさをもたらすものとなった。2025年1月28日に埼玉県八潮市で大規模な下水道陥没事故が発生し、周辺社会に甚大な影響を及ぼした。改めて豊かなはずの下水道インフラの現状と将来について疑念が生ずることとなった。本稿では日本の水インフラの中心である上下水道について考察し、その維持と未来について論ずる。

2. 日本の水インフラの歴史と概況

2. 1 日本の上水道

上水道は飲料水や生活用水など生活の基盤となるインフラである。日本の上水道は古来井戸水や湧き水近くの河川水に依拠していた。江戸時代、人口の増加した江戸では飲料水や生活用水の確保のために、神田上水や玉川上水など遠隔地から市中まで新鮮な水の導水路を構築した。玉川上水など先人の知恵と工夫の賜物というべき名残が武蔵野台地にみられる。明治時代以降人口の急増と共に都市部では水不足をきたし、東京、横浜、京都、大阪などでは欧米を範とする近代的水道の整備がすすめられた。河川やダムなどを水源とし、上水場で水を浄化し、市中に張り巡らせた配管ネットワークによりそれぞれの家屋すなわち消費者に水を供給するというシステムである。上水道の整備によって日本の日々の生活は格段に便利になり衛生状態は大きく向上した。例えば1921年、東京と大阪の水道で次亜塩素酸ナトリウム消毒が導入されたことで幼児の死亡率が大きく改善され平均寿命が数年延びたとも言われている。上水道の整備が大きく進展したのは1950年代の高度成長期以降で1975年には日本の上水普及率は90%を超えた。今日では全国の水道管の総延長は約74万kmに達している。日本の上水道は普及率のみならず、安心して飲める水質の良さや配管の漏水率の低さなど世界最高レベルのシステムになっている。水道料金も欧米の都市に比べ低い水準に抑えられている。上水道はまず衛生が重視されたことから管掌する役所は厚労省であったが2024年に国交省に移管された。



2. 2 日本の下水道

下水道は尿尿（トイレ排水）や諸々の生活排水を引き受ける水道である。もともと日本では尿尿（トイレの排泄物）は肥溜め、台所や洗濯や風呂の排水は河川へ流されていた。洗剤を使うこともなく尿尿は別にしていたので家庭からの排水はそのまま河川に流しても十分に自然浄化されていたのであろう。尿尿は貴重な農業用肥料として活用されていた。農村は言うに及ばず、江戸、京都などでも農民あるいは汲み取り業者が尿尿を買い取り肥料として利用していたのである。有機肥料の活用という点では先人は遥かに優れていたと言える。しかしながら明治以降、人口が急増し都市部に集中し、排泄物が増え、従来のシステムではとても機能しなくなり衛生上の問題も深刻になった。一方下水道は上水道に比べ敷設に種々困難があり、大規模なネットワークを構築するには時間がかかった。例えばトイレ排水（尿尿）と台所排水を一緒にした汚物を含む排水を処理場へ運び、汚水処理をする方法など新たな技術の開発や外国から導入することも必要であった。前の東京オリンピックが開かれた1960年代、東京の市中は尿尿をくみ取るバキュームカーが走り回っていたし、集めた尿尿の多くは船で東京湾の外に捨てていた。1960年代の高度成長以降、下水配管ネットワークの建設と下水処理場の建設が急速に進展し、全国の各都市も下水システムが普及していった。今日では大都市圏で95%、全国平均で約80%まで普及し、全国の下水道管渠の総延長は約49万kmにも及んでいる。なお人口密度の低い地域では下水道による一括処理よりも個別処理の方が適していることもあり、全国の下水道普及率80%は一つの到達点といえる。都市近郊の河川や湖沼、海辺の水質が大きく改善し、水辺が憩いの場になっているのも下水道普及のおかげである。下水道を管掌する役所は国交省である。

なお1960年代激しかった公害問題に対処して1970年に公共用水域の水質汚濁の防止に関する「水質汚濁防止法」が施行され、工場の廃水などに関する規定は下水道排水とは別に制定されている。

3 上下水道インフラの昨今の問題点

21世紀になって日本の水道インフラは施設の新設・整備から維持管理の時代へ、さらに老朽施設更新の時代へと大きく変わってきている。水道施設の耐用年数は約60年程度とされており、上水道では2020年代以降更新需要のピークを、下水道でもその10～20年後にはピークを迎えようとしている。

今日の日本の水道インフラの課題は、

- ①耐震化も含め、老朽施設の更新・リハビリ
- ②人口減少による料金収入の減収、地域ごとのアンバランス・過疎化
- ③職員の高齢化、若手技術者の不足

と言われている。水道事業の経営責任主体は市町村など地方自治体の水道局であり、基本的に料金収入と地方自治体が発行する企業債などによる独立採算で運営されている。消費者にとっては将来にわたって現状のサービスと料金レベルを維持・継続されることが要望であるが、水道事業者は上記の①～③の背景もあり多くの課題を抱えている。国内の水道施設の資産規模は上水だけで40兆円を超えると試算されており、今後順次更新して行くには毎年1兆円をはるかに超える投資が必要と見込まれる。人口減少による水需要と料金収入の減少も厳しい。2060年に人口が8,700万人まで減少すると水需要は40%減少すると見込まれる。日本の水道事業は市町村が主体の小規模のものが多く簡易水道を含め全国で約2,000ある。過疎化の影響も大きい。広域連携化を推進することが不可避と言われている。高度成長期の施設整備を支えた熟練技術者がリタイアする一方で新規採用を抑制してきたために技術者の不足も深刻で技術の伝承にも支障をきたしている。

世界に冠たる上水道、下水道インフラを築いてきた日本であるが、2000年頃からは建設からシステムの管理運営の時代へ移行するとされ、新規建設投資額は年々漸減することとなった。上水道で見ると建設投資は1998年の約2兆円をピークに2015年には約1.2兆円まで減っている。下水道の建設投資額も同じ傾向で2000年以降漸減している。施設の老朽化への対応は機器修理費や減価償却費で賄うはずであるが、老朽化はその想定を超えるものになろうとしている。

上水道ではこのところ毎年2万件前後の漏水事故が発生し、国道のような主要道路でも大規模な冠水事故が報道されるようになった。各地の水道局では耐震性も兼ねて計画的に水道管の更新を行っているが、老朽化になかなか追いついていない。全国の上水道総延長74万Kmのうち、24%の約18万Kmが法定耐用年数の40年を超える老朽管になっている。水道敷設は1950年代から継続的に増加したため、経年劣化率も今後増加の一途をたどることになる。

下水道は上水道に較べて10～15年後の1960年代半ばから建設が進んだ。上水道管は清浄な水がポンプで圧送されるのに対し、下水道管渠は汚物を含む排水を自然流下で流すので配管のサイズは格段に大きく地中の深い部分に埋設されている。また日本の都市部の下水道管は大部分が汚水と雨水を同じ下水道管で流す合流管方式となっているので配管のサイズがその分さらに大きくなっている。上水道配管が铸铁管、ステンレス鋼管、ポリエチレン管などが使われるのに対し、下水道管はコンクリート管（暗渠）を中心に塩ビ管などが使われる。下水配管の標準法廷年数は50年とされ、これを越えたものを老朽管としている。2022年時点で老朽管は約3万Km（7%）、2032年で約9万Km（18%）、2042年で約20万Km（40%）と見込まれている。下水道管の老朽化は建設の経緯から上水道より遅れて顕在化するが、いずれにしろ対応が迫られている。

4 2025年1月28日、埼玉県八潮市の下水道陥没事故

2025年1月28日、埼玉県八潮市で大規模な下水道陥没事故が発生した。陥没箇所には、処理水量約61万m³/日の下水処理場に繋がる管径4.75mの流域下水管路が埋設されており、下水道管の破損に起因する陥没としては最大級の規模であった。陥没規模は拡大するとともに、関連する12市町約120万人に風呂、洗濯など下水道の使用自粛が要請されるなど、影響は大きく拡大した。陥没現場の復旧と共に、緊急のポンプ排水や下水道のバイパス設置など様々な対策が進められている。専門家によると下水道管の完全復旧には2～3年はかかり、埼玉県は現場付近の下水道管の全面的な対策工事については5～7年を要するとの見方を明らかにしている。総費用は300億円を超えとも言われている。

今回の八潮市の事故は大規模下水道事故の影響の大きさを改めて示したと言える。上水道管の漏水事故はしばしば起こっており、例えば2025年4月30日の京都市下京区の国道1号線での漏水事故は300mmの配管の老朽化破損による大きな事故ではあるが数日で復旧されている。これらに較べて今回の下水道事故は地域社会生活にも多大な影響を及ぼし復旧までの期間についても多大な時間を要している。国交省では事故直後の2月21日に「下水道等に起因する大規模な道路陥没事故を踏まえた対策検討委員会」を設置した。同委員会は2025年11月までに3次にわたる提言を出している。3月の第1次提言では、まず下水道管路の全国特別重点調査を実施する上での優先順位、デジタル技術も活用した調査方法、判定基準の強化が示され、早速実施された。これらの提言は今後の下水道の管路マネジメントの指針となるべきものと思われるので、以下にその要点を示す。

まず基本認識として

- 下水道管路は地下空間という極めて過酷な環境に置かれたインフラであること。
- 常時排水の流入があり、点検・調査・修繕などでも止水できず、ON状態での対応が必要であること。
- ハザードとして、化学的弱点箇所、力学的弱点箇所、地盤的弱点箇所の3つの要素がある。

今回の八潮市の事故では下水排水に発生する硫化水素による管壁の腐食が特に強調されているが、他のハザード要因との複合的連関も今後解明されるであろう。

今後の方策として

- 下水道管路（地下空間）の総合的管理体制の高度化、早期確立
 - ・AI等を駆使した地下空間の高度点検・検査技術の開発と実用化
 - ・道路占有者（水道、電気、ガス、通信等）の連携による地下空間情報のデジタル化・統合化

○下水道の多重化や分散化により、リタンダンシー、メンテナビリティを確保

- ・多重化の例 — 管路の複線化、既存調整池での一時貯留
- ・分散化の例 — 下水処理区の分割、小規模分散処理場化

○AI技術をフルに導入して点検・調査を抜本的に高効率化、高精度化

- ・大量のセンサー設置、膨大なAIデータ処理による状態監視の飛躍的向上
- ・ドローンなどを活用した無人検査システムの確立
- ・光ファイバーセンサーの導入（管路の変形監視など）
- ・人工衛星監視による管路網の高精度劣化予測、寿命予測の導入

この提言は上下水道インフラのうち、下水道管路ネットワークの老朽化対策として深く掘り下げられ時機にかなった内容になっている。八潮市の下水道管路の復旧復のみならず、全国の下水道の老朽化対策に大いに活用されることが期待される。上下水道分野はこれまでデジタル技術やAI技術の取り込みが比較的遅れていた分野であると思う。今回の八潮市の下水道事故も一つのきっかけに、上下水道の老朽化対策についてはその基盤となる点検・検査・状態監視などを中心に今後デジタル・AI技術の応用を急速に進めるべきであろう。現にここ数年大手企業、専門企業、ベンチャーなどからの新しい技術の提案が活発になっている。

5. 上水下水を一体で管掌する国交省の新たな政策指針について

2024年上水事業の管掌が厚労省から国交省へ移管され、水道事業（上水道、下水道）の管掌が国交省へ一体化された。それぞれの役所の政策は受け継がれたが、国交省は2024年11月に新たに「上下水道政策の基本的なあり方検討会」を設置し、「2050年度を見据えた上で、今後10年程度の上下水道政策の基本的な方向性を提言する」ように要請した。メンバーは大学教授、自治体水道局幹部及びOBからなっている。この検討会の提言は今後国交省が一体化した上下水道の行政を進める上で重要な指針を与えるものになると思われる。その第2回が開かれた2025年1月10日のすぐ後の1月28日に八潮市の下水道事故が発生した。検討会は同事故の重大性に鑑み、老朽化対策等を早めるために必要な経営基盤強化について先行議論をすることとし、6月には中間とりまとめを提言した。さらに上下水道の将来全体について検討を進め2026年9月頃には最終取りまとめする予定である。以下にこれらの提言を参考にしながら日本の上下水道インフラの維持と未来について考察をする。

「上下水道政策の基本的あり方検討会の第1次取りまとめ（2025年6月）」の概要は次の3点にまとめられる。

1 経営広域化の国主導による加速化

- ① 経営広域化を加速させる方針・責務の明確化と意識改革
- ② 規模等についての考え方の提示 — 都道府県単位やそれ以上の広がりを見視野
- ③ 上下水道DX標準装備、資機材規格の統一
- ④ 国主導のロードマップの策定、モデル事業等による圏域形成の支援等

2 更新投資を適切に行う経営へのシフト

- ① 経営課題の見える化 — 水道カルテ、下水道カルテの公表等
- ② 収支均衡から適切な投資・経営計画へのシフト
- ③ 更新投資を先送りしない適正な料金設定等（負担を次世代に先送りしない）
- ④ 地域格差や料金等の水準に関する考え方の提示

3 官民共創による上下水道一体的な再構築

- ① 官民共創による上下水道の一体的な再構築
- ② 公費負担のあり方の検討

この提言は確かに日本の上下水道インフラが抱える課題を解決するための方策を提示している。今回の八潮市の下水道事故の事例のように、老朽施設の更新・リハビリは待ったなしである。さらに長期的人口減少による水道の需要減少と料金収入の減収および過疎化への対処も深刻である。これらを踏まえて課題解決のための主な施策として、以下に①広域連携、②官民共創及び民営化、③デジタル技術やAIなど新技術の導入について述べる。

6. 課題解決のための施策1 – 広域化

日本では小規模の水道事業体が多い。上水道事業では給水事業5,000人以上の事業体が約1,300（給水人口比で99%）、給水人口5,000人以下の簡易水道事業が約1,800（給水人口比で1%）ある。小規模な水道事業体ほど給水コストは原価割れをしており公からの補助金に依存している。サービスの低下、施設更新の停滞、技術人材の不足などをきたしている。これらを解決するには水道事業を広域化して経営基盤を強化するしかないであろう。広域化することにより、施設・水資源・情報等経営資源の共有化と有効活用、人材・技術の継承が期待できる。これらにより料金収入の安定化、サービス水準の格差是正、災害・事故など災害時の対応力も強化できる。

広域化のフェーズも様々あり、①施設の共同化・管理の一体化、②経営の一体化、③事業の統合がある。それぞれの地域の事情はあるが、事業執行に係る権限や責任等を集約することにより、事業体が経営資源（ヒト、モノ、カネ）に係るマネジメントを一元的に行い、広域での「全体最適」の視点で管理を行うことが期待される。

これまでの主な広域連携の代表事例としては、次のものがある。

- 岩手中部水道企業団（給水人口221,630人：H26）
- 秩父広域市町村圏組合（給水人口100,230人：H28）
- 群馬東部水道企業団（給水人口454,000人：H28）
- 大阪広域水道企業団（給水人口1,100,000人：R7）
- 香川県広域水道企業団（給水人口939,800人：H30）
- かずさ水道広域連合企業団（給水人口321,500人：H31）
- 佐賀西部広域水道企業団（給水人口154,600人：R2）
- 広島県水道広域連合企業団（給水人口598,000人：R5）
- 奈良県広域水道企業団（給水人口889,965人：R7）

いずれも検討開始から実現まで10年前後かかっている。

広域化は必然と思われるが全国的にみるとまだ少数である。水道施設の老朽化、人口減・過疎を考えるとさらなる加速が望ましいであろう。国主導のロードマップの策定、モデル事業等による圏域形成支援等が強く求められる。

7. 課題解決のための施策2 – 官民共創及び民営化

日本では1999年にPFI法（PPP/PFI法）が制定され、空港、文化・教育施設などで民営化が実施されている。上水道事業では2018年の改正水道法により、コンセッション方式が導入できるようになった。下水道事業でも同時期に国交省主導で官民連携、広い意味でのコンセッション方式が始められた。コンセッション方式は自治体が施設を保有したまま運営権を民間に譲渡する公設民営方式で、給水責任を従来通り自治体に残した上で水道事業の運営権を民間に譲渡するものである。自治体は民間事業者と事前に料金の枠組みや管理・運営水準等を契約し、事後には監視・モニタリングを実施して水事業の健全な継続を図る。今回の水道改正法について趣旨・総論としては賛成するが、コンセッションについては「営利目的の企業に水道を任せると安全の低下や料金値上げにつながる」という反対論がにわかに盛り上がった。水道事業の民間活用は1980年代以降、欧州を中心に様々な方式による民営化が行われてきた。成功や失敗の事例を含めその経緯と現況をよく調べ今後の官民連携の参考に資するべきである。

民間活用は経営効率の向上、新技術の導入、創意工夫の発揮などによるサービス向上やコスト低減を期待できる。また民間事業者（SPC）への出資を通じ多様な資本を導入できる。民間企業にとっては経営リスクに備えながら事業を発展させる機会となる。一方民間活用は給水責任のある公共側に適切なガバナンスやモニタリングの能力があって初めて機能する。民間に委嘱した後、技術を含めて現業部門を持たなくなる公共側にモニタリング能力を継続・維持させることは重要であり工夫が必要である。民間企業も株主資本主義でなく、例えば最近唱えられている公益資本主義をベースにした考え方で水事業に参加すべきであろう。コンセッションにも施設の投資は官が行い民間は施設・設備をリースした上で運営を行うアフォルマージュのような方式もある。これから老朽施設の更新・リハビリを抱えながらの民間連携ではその地域の特性に応じたコンセッション方式を生み出し、持続した経営につなげることが重要である。

国交省によると令和5年時点で、上下水道分野におけるPPP/PFIの取り組み状況は上水道事業では約19%、下水道事業では約20%の事業者がPPP/PFIを実施しているとのことである。さらに国交省は官民連携の裾野を拡大すべく、公共施設等の運営事業（コンセッション方式）に準ずる効果が期待できる官民連携方式をコンセッションと併せて「ウォーターPPP」として推進している。ウォーターPPPは、通常のコンセッション（公共施設等運営事業）をレベル4とし、管理・更新一体マネージメント方式をレベル3.5としている。まずレベル3.5でPPPの道筋をつけ、次いでコンセッションへ発展させる組み立てである。污水管（下水道管）の改築にあたっては令和9年以降「ウォーターPPP」の導入を要件化することである。

上下水道分野の官民連携の先行事例を以下に挙げる。

- 宮城県上工下水一体官民連携運営事業（準コンセッション方式、給水人口188万人）
- 群馬県東部水道事業団（包括業務委託＋DB）
- 浜松市公共下水道西遠処理区でコンセッション方式を導入、将来は上下水事業全体へ
- 大阪は上下水道一体のウォーターPPPを準備中
- 柏市は下水道の改築を主体とした包括委託を導入

水道分野の民営化は現在も賛否を含め様々な意見がある中で少しずつ進んでいると思われる。様々な課題を抱える日本の上下水道事業の維持と将来を見通した時、官民共創を進めながら民間の力を活用することは不可欠であろう。公共、民間、消費者の信頼のもとに日本の抱える課題を解決し、将来の水道インフラを維持・発展させてもらいたい。

8. 課題解決のための施策3

－ DX、AIなどを活用した新技術の開発と導入

第4章の八潮市の下水道事故にも関連して述べたように、上下水道施設の老朽対策・リハビリの効率的推進にはデジタル・AI技術を従来と異なるレベルで新たに積極的に活用することが未来に繋がるであろう。代表事例を次に挙げる。

- 上水道の劣化状況を、経年だけでなく配管の敷設された土壌環境や外部負荷データなどからAIによる解析により推定し、管路更新の優先順位に反映させる。
- 漏水監視として人工衛星の取得した画像データのAI解析より漏水箇所を推定する。
- 超高感度振動センサーにAIビッグデータ解析により漏水を見極めるシステム
- 狭小部に侵入可能なドローンによる水道添架管路及び水管橋の点検調査技術
- 衝撃弾性波検査法による下水道管路の劣化状態評価診断システム
- 下水道管の敷設から維持管理や工事履歴を一元化管理する情報管理システム。

これは下水道アセット情報を総合的に管理し開示するもので、下水道カルテにあたる。-

今後、上下水道配管ネットワークに装着するセンサーは飛躍的に増え、データを取得・解析しながら運転状況の監視と共に漏水や劣化状況を診断し、健全性を常時評価するようになるだろう。ドローンを使った下水道の無人点検・調査も進歩するであろう。これら従来にないDX、AI技術の応用は今後の上下水道インフラの運転管理や更新・リハビリに重要な役割を果たすようになるであろう。

9. まとめ

日本の上下水道インフラは施設更新・リハビリの時代となり、老朽施設を更新が最大の課題になりつつある。さらに中・長期的には人口減と共に減収する料金収入への対処や人材確保を含む経営体制の健全化が課題である。老朽施設更新のためには21世紀になって施設の建設から管理運営の時代になるとともに急減した建設投資を再び増加させることが必要である。独立採算制の下で、施設更新のための投資資金負担の明確化と、改めて国費の積極的投入が求められる。更新投資を先送りしない適正な料金設定も重要である。

全国で2,000を超える小規模の水道事業体からなっている現状の経営体制を広域化し、経営基盤を強化することはすることは待ったなしである。市町村単位から都道府県や圏域形成による広域化は不可欠である。国主導のロードマップ策定やモデル事業等による支援が期待される。

官民共創及び民営化も水道インフラ事業の将来にとって重要である。民営化については今日も賛否の意見があるが、日本の将来を考えれば民間の活用は必須であろう。コンセッションをベースに日本の水事業のマッチした民営化を生み出してもらい。

DX, AI技術をフルに活用した新しい点検・調査技術や老朽化診断技術が生まれつつある。これらを運営管理の抜本的効率化・高精度化や施設更新計画の高精度化に早期に生かすことが期待される。

上下水道は社会インフラの最も重要な基盤である。公共、民間、消費者の信頼のもとに日本の抱える課題を解決し、世界に冠たる水インフラを維持・発展させてもらいたい。