

「循環のみち下水道」の持続と進化

高島英二郎

1. はじめに

国土交通省下水道部及び日本下水道協会が設置する「下水道政策研究委員会」は、平成17年9月策定の「下水道ビジョン2100」における基本コンセプトとして「循環のみち」の実現を掲げた。すなわち、下水道の機能をこれまでの排除・処理から活用・再生へと転換し、健全な水循環及び資源循環を創出する新たな下水道を目指すこととした。同委員会はその後の社会経済情勢の変化を受けて、平成26年7月には「新下水道ビジョン」をとりまとめた。新下水道ビジョンにおいては、下水道の使命を「持続的発展が可能な社会の構築に貢献」とし、そのための長期ビジョンとして、「循環のみち下水道」の成熟化を図るため、『循環のみち下水道』の持続及び『循環のみち下水道』の進化を二つの柱に位置づけた。

2. 現状と課題

2.1 インフラを取り巻く社会経済情勢の変化

わが国を支えるインフラ全体を取り巻く社会経済情勢は、さまざまに変化してきているが、新下水道ビジョンでは、これらについて以下の観点で捉えている。

- (1) 人口減少・高齢化の進行
- (2) 財政・人材の制約
- (3) インフラの老朽化
- (4) 国民意識の変化（豊かな水環境、防災・減災意識の高まり）
- (5) 大規模災害の発生リスクの増大
- (6) 地球温暖化による気候変動に伴う影響
- (7) 水、資源、食料、エネルギー需給の逼迫
- (8) 成長戦略へのシフト
- (9) 技術革新の進展
- (10) 国際的な水ストレスの増大と水ビジネス市場の拡大

次に、新下水道ビジョンの記述等から、主要な課題と動向をまとめる。

2.2 主たる課題と動向

厚生労働省によると、上水道事業有収水量ベースの需要水量は、人口減少とともに、節水等による原単位の減少と合わせ、50年後には現在の4割程度減少する予測になっている（図-1）。これに従って、下水道に流入する汚水の量も大幅に減少することになる。

事業主体である地方公共団体の下水道担当職員数は、行政組織のスリム化等により、ピーク時である平成9年度の約3分の2程度まで現在は減少している。下水道の維持管理については、包括的な民間委託により、公共団体の人員から民間へとシフトが進んでいるが、今後もコスト低減が必要であるため、維持管理作業の効率化が必須である。

施設の老朽化が進み、下水道管路累計延長46万kmのうち20年後には11万kmが設置後50年を経過する。地下にあり人が立ち入れない区間が多い管路に対する劣化診断調査はTVカメラ車により行われているが、現在の年間調査延長は4300km程度に過ぎず、総延長の1%にも満たないペースと極めて少ない。図-2に、政令都市と都道府県における、下水道管路のストックピラミッド（2012年度時点）を示す。古くから下水道事業を実施した政令都市の管路平均年齢は28年であるとともに、50年以上の管路も多いことが見てとれる。

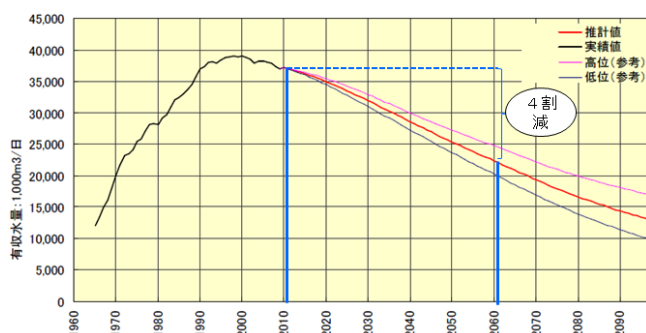
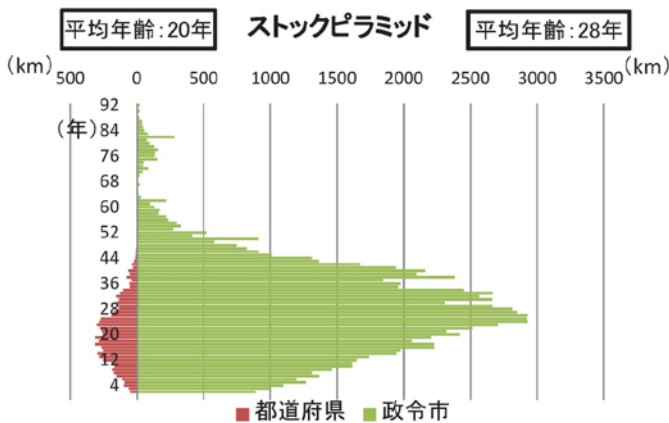


図-1 上水道の需要予測（有収水量ベース）¹⁾



注) 平均年齢は、建設年度が把握されている施設の平均

図-2 下水道管路ストックピラミッド¹⁾

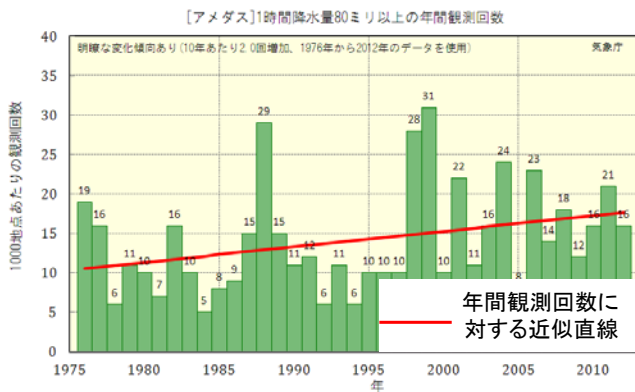


図-3 1時間降水量80mm以上の年間観測回数¹⁾

下水道は都市の雨水管理も担うが、近年、気候変動の影響から局地的集中豪雨が多発するようになっており、下水道の排水能力を超える雨水流出量が発生している。過去の実測データからは、1時間降水量50mm、80mm以上の年間観測回数(図-3)が増加傾向にあることが確認できる。

日本はエネルギー自給率、食料自給率ともに低く、リン鉱石等の資源も全量輸入しており、資源、エネルギー等の逼迫は深刻な課題となっている。下水道管理においては多くのエネルギーを消費するとともに、下水道には食料由来の排泄物が流入するため、これらと大きな関係がある。特に東日本大震災以降、電力需給がひっ迫しており、再生可能エネルギーの活用や資源のリサイクル、及びそれら技術の普及拡大が期待されている。

我が国は今後、生産年齢人口の大幅減少、社会資本の老朽化等、多くの課題に直面するが、その中で技術の担う役割は極めて大きく、高度なICT

技術に加え、ロボット技術の導入によるイノベーションが注目されている。日本再興戦略(平成25年6月14日閣議決定)においては、「安全で強靱なインフラが低コストで実現されている社会」の方向性に関するロードマップを示しており、2030年までに、点検・補修用センサー、ロボット等の世界市場の3割獲得を目指している。

3. 今後の下水道関連技術に求められること

新下水道ビジョンにおいては、今後とるべき施策展開について幅広く述べられている。ここでは、「循環のみち下水道」の「持続」と「進化」のため、下水道技術全般に求められる方向性として、筆者が重要と考える、①省エネ・省力・低コスト、②価値の創出、③適切な調査・予測と弾力的な対応、について論じる。

3.1 省エネ・省力・低コスト

下水処理や揚水等、特に下水道の維持管理においては多くのエネルギーが使用される。下水道事業における年間の電力使用量は69億kWh、日本の年間消費電力量に占める割合は0.7%となっている²⁾。地球温暖化防止、エネルギー事情のひっ迫等に対応するため、省エネルギー型施設の開発と普及を一層進める必要がある。

人口減少社会において、下水道使用料及び税金による収入の見通しは極めて厳しいこととともに、下水道事業主体である地方公共団体においては組織のスリム化が進められているため、必然的に省力・低コスト化のための技術が求められる。

施設ストックが蓄積し、多くの施設が老朽化を迎えている。新設から改築へと主流が移りつつある現在、施設改築時に省エネ・省力・低コストの建設・維持管理を達成しなければ、下水道機能の持続が危ういものとなりかねない。これらの技術開発を第一に進める必要がある。

また、メンテナンスのための、劣化状況を効率的に把握するなどの調査技術も重要である。たとえば、下水道管路は地下にあり、人が入ることのできない区間が大半であるため、その劣化診断調査は従来、TVカメラ車を人が地上から逐一監視操作し行っている(図-4)。これについては、国総研下水道研究部として、ロボット化・自動化の導入を図り、大幅な省力化・低コスト化を進めることを目指している。

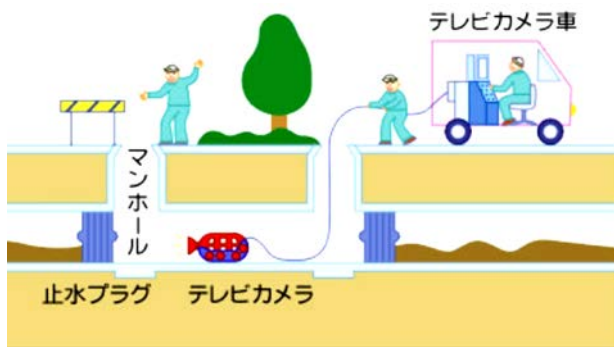


図-4 従来の下水道管路TVカメラ調査

3.2 価値の創出

3.2.1 新たな価値の創造（水・資源・エネルギーの回収・活用等）

下水中にはバイオマスエネルギー、リン等の資源や都市排熱が含まれるとともに、再生された水も、処理水質と用途に応じ利用できる。これらを回収・活用する技術が進歩してきているが更に推進する必要がある。創エネ・省エネ双方の技術開発を進展させ、下水処理場で消費するエネルギーの全てを下水中のバイオマスエネルギーで賄う、エネルギー自立が将来実現する可能性もある³⁾。

下水道が水素社会実現に貢献することも期待されている。平成26年度採択の下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）においては、下水汚泥の消化ガスから水素を製造する技術について実証実験が進められている（図-5）。

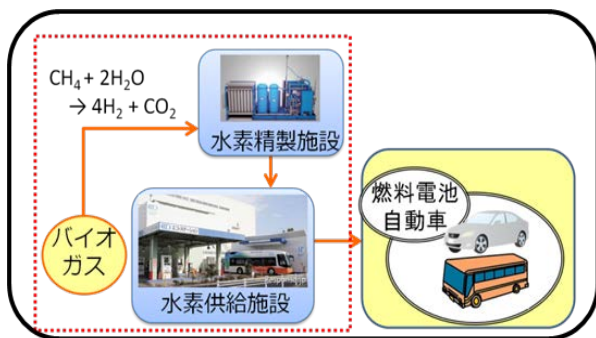


図-5 下水バイオガス原料による水素創エネ技術の実証

肥料の3大要素の1つであるリンについては、日本は化学肥料原料のほぼ全てを輸入に依存しており、また将来、リン資源の枯渇も想定される。下水中のリンの量は、2006年において日本の下水道全体で年間約6万トンであり、これは食料・飼料輸入を含むリン輸入量の1割程度を占めている⁴⁾。下水からリンを回収する技術開発の推進と

その普及拡大が、国家戦略的に重要である。

ヒートポンプ等を用いて下水熱を活用する取り組みも行われている。供給先において、下水処理水の再利用と、下水熱利用の双方を行えば複合的な効果を発揮することができる。

以上のような資源等の回収・活用については、普及拡大が大きな課題であり、人員の少ない地方公共団体にあっても着手しやすい環境作りが大切である。施設のユニット化等の技術開発により、低コスト化、導入の容易化を図ることも重要である。

3.2.2 貢献範囲の拡大（共同処理、他分野バイオマスの受入れ、その他）

今後の人口減少等を見据え、コスト、エネルギー、環境等を総合的に勘案した上で、下水道、集落排水施設、浄化槽等、汚水処理全体の効率化を図る技術が必要である。また、下水汚泥とともに、食品系廃棄物（生ごみ等）、木質系廃棄物（剪定枝、河川堤防の刈り草等）等、バイオマスを混合処理し、エネルギー回収効果を高めることも期待される。下水道管路を活用し、生ごみを効率的に収集するため、直接投入型ディスポーザーの導入についても検討すべきであるが、管路に与える長期的影響、合流式下水道雨天時越流に与える影響等について、さらに調査を行う必要がある。

下水道には人々の排泄物とともに病原微生物も流入し、その処理も行っている。感染症に関して、ウイルス等の流入を迅速にモニタリングし、その発生情報を地域に提供するシステムの構築という、新たな役割が加わることもあり得る。

3.3 適切な調査・予測と弾力的な対応

施設の当初整備が概成しつつある今、既存施設の稼働状況を踏まえ、施設及びそれと関係し合う環境の適切な調査・予測を行い、弾力的な対応を行っていくことが重要である。「適切な予測」とは、できるだけ高い精度が求められる場合もあれば、元々不確実な現象を対象にするときは、ある程度幅をもたせた予測とし、モニタリングを重視して対応を修正していくことも重要である。

3.3.1 浸水対策に関する調査・予測と対応

内水浸水が多発している問題に対しては、レーダーを含めた雨量観測データ、下水管水位データ、地上浸水深等を観測し、解析する技術開発を進めることが重要である。これらにより、既存施設や

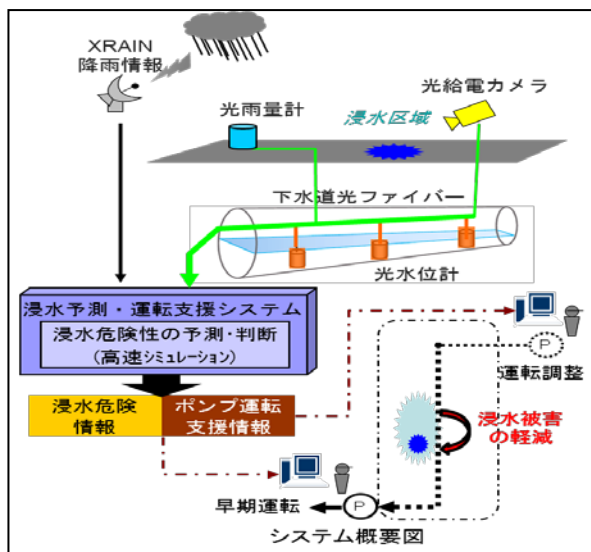


図-6 ICTを活用した浸水対策施設運用支援システム

運転方法の弱点を把握しその改良につなげる。また、特に地下街や窪地など、浸水した場合に人命に関わる危険がある場所における自助・共助対策の向上のため、リアルタイム・短時間での浸水予測・警報につなげることも大切である（図-6）。

3.3.2 人口等社会変動、アセットマネジメントに関する調査・予測と対応

人口変動に対応し、適切な下水処理を行っていくためには、処理区域の統廃合、発生下水量の变化に追従して施設の無駄を生じない下水処理方法の開発が必要である。また、災害等の施設被害時にも最低限の機能が確保できる技術が大切である。

施設のアセットマネジメントのためには、管路や処理場等の劣化予測とその対策技術の向上を図ることが重要である。これにより、改築費の平準化、ライフサイクルコストの低減、収入とのバランス保持等につながる。また、劣化影響因子と、不具合発生リスクの関係をつかむため、データベースを整備・分析し、現場調査の優先度づけ等に役立てることも求められる。

3.3.3 水質保全に関する調査・予測と対応

下水道による汚水処理整備の進展により、かつての劣悪な水質汚濁は大きく改善されてきた。しかし、東京湾などでは、窒素・リン等栄養塩による藻類増殖が引き起こす赤潮や、それらの汚濁が要因となる底層の貧酸素化、青潮発生等の問題が残っている。一方では、季節によって豊かな海

（水産価値向上）のため栄養塩の供給が求められる水域も出てきている。さらに、生物多様性の保全や、ノロウイルス等病原微生物に対する水利用の安全性向上が求められるなど、地域により多様な取り組みが求められるようになってきている。

これらに対応するためには、それぞれの知見の集積、対応技術の向上とともに、アダプティブマネジメント（適応的管理）という、不確実性を伴う対象を相手にするときに、モニタリング結果を捉えながら必要な修正を加えていく管理⁵⁾のための技術も必要であろう。

4. おわりに

「循環のみち下水道」の持続と進化を遂げていくためには、技術が極めて重要である。ニーズの抽出、シーズの発掘、産学官・多分野間の連携、技術と制度の両輪による普及展開、また、リソースが限られている中では選択と集中が必要である。我が国が培った技術や経験を活かし、世界の水・衛生問題に貢献し、それを日本の活性化につなげていくことも求められている。

参考文献

- 1) 下水道政策研究委員会：新下水道ビジョン、2014.7
- 2) 日本下水道協会：平成24年度版 下水道統計
- 3) 高島英二郎：水・資源・エネルギーマネジメントの高度化を目指して、土木技術資料、第56巻、第5号、pp.4～5、2014
- 4) 国土交通省下水道部：下水道におけるリン資源化の手引き、2010.3
- 5) 国土交通省下水道部：水環境マネジメント検討会報告書、2013.3

高島英二郎



国土交通省国土技術政策総合研究所
下水道研究部長
Eijiro TAKASHIMA