日本の下水道技術の動向と国際展開

下水道研究部長

堀江　信之

日本の下水道技術の動向と国際展開

下水道研究部長　堀江信之

はじめに

目覚ましい勢いで下水道を普及させ、社会の新たなニーズに次々応えてきた我が国の下水道新技術は、官民連携で開発され、省エネ、省スペース等に優れた特徴を有している。これらの技術を適切に導入することにより、都市人口の急増や著しい経済発展で深刻化するアジア等諸都市の水環境問題の解決に、大きく貢献することが期待されている。

本講演では、我が国の下水道技術の動向と国際展開について、国総研下水道研究部の調査研究成果を交えながら報告する。

１．　役割が次々拡大した下水道

日本の近代下水道は明治 17 年の東京都神田下水の建設に始まると云われている。当時の下水道は、コレラ等の「伝染病」の蔓延を防ぐという公衆衛生の観点と「浸水防除」という観点をあわせもち、経済性から雨水と汚水を同一の管で排除する合流式を採用し、これらを市街地から適切に排除することが目的であった。

大正 11 年には東京の三河島処理場が供用開始され、初めて下水処理が行われた。

第２次世界大戦後、産業の発展と都市域への人口集中がすすむ中、工場排水や生活排水に起因する水質汚濁問題が各地で顕在化してきた。特に昭和 45 年の下水道法改正で公共用水域の「水質保全」が下水道法の目的として加えられて以来、下水道は水質汚濁問題の解決の切り札として、その役割に大きな期待がよせられた。

その後、閉鎖性水域における富栄養化の防止を目的とした、窒素、りん等の栄養塩類を除去する高度処理の導入、下水処理水の有効利用、汚泥のリサイクル等、下水道の目的・役割は多様化していった。また下水道が全国に展開するなかで、大都市だけでなく中小規模の都市も下水道に着手していった。

これらの動きにあわせて、下水道の技術もさまざまに発展していった。

以上述べた下水道の役割の変遷については**図１**のようにまとめられる。

２．我が国の下水道技術の特徴

都市化が進んだ我が国の下水道の特徴として、大都市の下水道や流域下水道に代表されるように、管路･処理施設ともに大規模で集約的なものが多く存在すること、それらの施設が、特に機械設備や電気設備による高度な制御により、流入量や質の変動に対応すべく設計・運転されている点が挙げられる。

このことに関連し、我が国の下水道で採用されている技術をあらわすキーワードとしては、省面積・省スペース（地下空間利用、土地の高度利用）、省エネルギー、省力

化、自動化、騒音対策や臭気対策等の環境対策、脱水・焼却等の汚泥の減量化、地震対策が挙げられる。最近はさらに、施設の更新や機能の高度化といった「再生」、水や汚泥の「循環」、エネルギー等の「資源」に対応した技術が求められている。

省エネルギーの一例として、散気装置の改良による水処理工程の電力消費量の削減が挙げられる。これはメンブランフィルタ等を用いて散気の際に発生する気泡の径をより超微細化することにより、酸素の水中への移動効率を高めるものである。日量５万立方メートル規模の下水処理場を対象とした試算では、電力消費量の５％が削減可能となる（**図２**）。

３．代表的な下水道の役割とこれからの技術

３－1　普及拡大

公共下水道の普及人口は 9,360 万人 (平成 21 年度末) を数え、総人口 12,706 万人に対する下水道普及率は全国平均値で 73.7%で、これに合併処理浄化槽など下水道以外の汚水処理方式を加えた汚水処理人口整備率は 85.7% (平成 21 年度末) である。

一方で、9 割弱とされる下水道普及率の最終目標に対しては、約 1,800 万人の未普及人口が存在することとなる。

この未普及人口の多くは、すでに下水道に着手した市町村の周辺部に分布しており、最近の市町村合併に伴い、下水道に未着手の市町村や普及の遅れている市町村が新たに加わった場合も多く存在する。このような地域は、人口が減少傾向にあり、市町村財政も逼迫していることが多い。

これまでも中小市町村等に向けて、小口径の管きょやオキシデーションディッチ処理法などの技術が開発改良されてきたが、残る未普及人口の解消のために、国土交通省は「下水道クイックプロジェクト」を平成 18 年度から開始しており、全国 13 市町において**表１**に示す 8 手法の社会実験を実施中である。国総研下水道研究部も社会実験の実施やとりまとめにあたり、様々な技術的支援をしているところであり、代表的な技術として、地中埋設せず地上設置などを行う「クイック配管」が挙げられる。その概要を**図３**に示す。

3－2　浸水対策

浸水対策の進捗を表す指標として、計画で設定した雨の強さ（たとえば時間あたり 50㎜）に対応できる雨水排水施設の設置済み面積が、計画の何割であるかという都市浸水対策達成率をみると、全国平均で 50%（平成 20 年度末）と低く、各都市においては、雨水排水施設の建設をすすめている。

一方、最近多くの都市において、設計降雨強度を超える局所的な豪雨が頻繁にみられるようになり、これによる浸水被害もたびたび生じている。このような超過降雨に対して、大規模な地下型の貯留管や貯留池の建設といったいわゆるハード施設としての対応は財政的にも時間的にも限界があり、これをカバーすべく降雨情報の的確な伝

達等のソフト対策や防水扉の設置等の自助対策を充実すべきとされている。

ソフト対策の１つにレーダ雨量計による降雨情報の提供がある。東京都下水道局によるアメッシュ東京をはじめ幾つかの都市において降雨情報の提供を実施中である。これらの情報をもとに下水管内の水位、流量を予測することにより、浸水被害量および浸水面積を推定し、情報提供することも期待される。

また自助の例として、各戸浸透施設がある。各戸浸透施設については、目詰まりによる能力低下や施設の永続性の担保の点で強制力がないことなどから、従来雨水排水の計画外の施設と扱われてきた。これに対して国総研等の調査成果をもとに、目詰まり等による能力低下を考慮した計画手法も提案され、平成２２年４月には「雨水浸透施設の整備促進に関する手引き－浸透能力の低減を見込んだ効果把握及び維持管理の考え方について」として発表されたところである（**図 4**)。手引きの活用により各市町村において計画内の施設としての位置づけが期待される。

3－3　高度処理、再生水利用

高度処理が実施されている下水処理場の処理水量を人口に換算してあらわした高度処理人口普及率は全国平均で 16.9%（平成 20 年度末)、再生水の利用率は全処理水量の 1.4%といずれも低い状況にある。

高度処理を進める上での課題の 1 つとして、高度処理の導入に伴う処理コスト増大の費用負担が挙げられる。また、再生水利用についても、新たな処理施設の導入コストの問題が、安全性の確保とともに解決すべき課題である。

高度処理に関しては、現在までに砂ろ過や凝集剤添加法などの物理化学的方法やステップ流入式多段硝化脱窒法などの生物学的方法が採用されてきたが、現在最も注目されているのが、膜分離活性汚泥法である。これについては新設･増設処理場での適用の他、大都市などでの老朽施設の改築更新事業や水の需要地でのサテライト処理への適用が期待される。これら用途への採用を促進するために**図 5** に示すように国が主導して実証を行う「日本版次世代 MBR 技術展開プロジェクト（A-JUMP)」を、地方公共団体や企業と平成 21 年度から実施しているところである。国総研下水道研究部では A-JUMP の事務局として、刻々得られる新たな知見を集約し、現行マニュアルの改訂等に取り組んでいるところである。

3－4　汚泥資源・エネルギー利用

我が国の下水汚泥発生量は、平成 19 年度の発生時現物量ベースで約 7,800 万トンであり、全産業廃棄物量４億 1900 万トンに占める割合は 19%と大きい。

その 20%は、脱水、乾燥、焼却を経て埋立処分されるが、残りはコンポスト化等を経て緑農地利用される他、セメント原料や、インターロッキングブロックなどの建設資材として再利用されている。再利用されている汚泥の割合である下水汚泥リサイクル率は、現在は 78%（平成 20 年度末）まで高まっており、循環型社会の構築に大きく寄与している。

一方、低炭素社会の形成の観点では、発生したバイオマス利用の促進が必要である。総有機物量に対し、エネルギー利用（バイオガス発電、汚泥燃料）および緑農地利用の実施割合を下水汚泥バイオマス利用率と定義している。平成 20 年度末時点の値は全国平均で 23％となっている。

バイオマス活用のエネルギー活用を促進するため、国土交通省では下水道革新的技術実証事業（B-DASH）を予算要求しているところである（**図 6**）。この事業は既存の技術に比べて 40％、2300 億円という大幅な建設コストの縮減を実現し、また省エネルギー・新エネルギー対策にも貢献する革新的な技術について、全国に展開・普及することを目的とする。これによりコスト縮減とともに、温室効果ガスの排出量削減（年間約 100 万トン）も見込まれている。

４．組織体制と新しい制度

下水道の技術開発に関与している組織は、大学・国などの研究機関、地方自治体、コンサルタントやメーカ等の民間企業まで多数存在する。この中で国等の研究機関として、公的な役割を担っている 4 つの研究機関の役割を政策と実務、ニーズとシーズの観点から整理すると、**図 7** のように表すことができる。

技術開発にあたっては、各関係者間の連携が重要であることは言うまでもないところであり、国と地方自治体などとの連携としては、下水道技術開発連絡会議（座長：国総研下水道研究部長）などを通じて、最先端の技術開発および普及に努めてきている。

国が主導した民間企業との技術開発プロジェクトとしては、初めて性能目標を示して様々なタイプの技術を評価した SPIRIT21「合流式下水道の改善に関する技術開発」（平成 14-16 年度）および初めてコスト目標を提示してシステム評価を行った「下水汚泥資源化・先端技術誘導プロジェクト（LOTUS プロジェクト）」(平成 16-19 年度)が上げられる。現在では前述の A-Jump を実施中であり、合わせて下水道革新技術開発(B-Dash)を予算要求しているところである。これら２つのプロジェクトについては、国費を投入して実証試験のための施設を建設するところが大きな特徴となっている。

５.世界の中で

グローバル時代となった現在、世界の中でどう動くかを考える際、2 つの視点がある。

一つ目は、世界の共通大課題のひとつである「発展途上国の衛生問題」解決の視点である。2000 年にヨハネスブルグで合意されたミレニアム開発目標 MDG の一つとして、2015 年までに世界で「安全な水にアクセスできない人」(2 割)と、「衛生的なトイレのない人」(4 割）の割合を夫々半減するという目標が合意された。地域的に見るとアジアが大きなシェアを占める。

日本は近年、水の分野では世界トップのドナー（援助国）であり、下水道の分野でも早くから政府開発援助 ODA を行ってきた。技術協力では 1976 年のタイ、マレーシア

への調査団やエチオピアへの専門家派遣に始まり、徐々に対象と規模を拡大し、途上国から受け入れる本邦研修のｺｰｽも下水道技術に加えて、浸水対策、維持管理と増えた。他のインフラ分野に比べると下水道分野は、一定の経済レベルに達すると都市の人口爆発と工業等の発展から爆発的に投資が増える特色があり、1995 年には下水道分野で初めてのプロジェクト技術協力として、「タイ国下水道研修センター」が開始され、5 人の長期専門家はじめ関係者の努力で、5 年間に計画、建設から経営、水質分析まで様々な分野にわたって沢山の教材が整備され、のべ約 1000 人の国･地方公務員などに各分野の研修が行われた。現在、長期専門家は、中国、ベトナム、インドネシア、インド、シリアに派遣されている。

これとは別に、1997 年から始まった民間ベースの「世界水フォーラム」についても、2003 年から参加し、京都では日本下水道水フォーラム委員会主催のセッションで、地域の発展段階に応じた衛生施設の整備を提案し、600 人の聴衆を集める盛況であった。2006 年のメキシコでもセッション主催と日本の技術展示を行い、2009 年イスタンブールではフランス他のセッションへメンバー参加などをしている。さらに、シンガポールで始まった水週間にも展示などを初めたほか、日本で毎年下水道協会主催のアジアセッションを開催して各国との交流を進め、3 年ごとには欧州･米国の関係協会との特別会議も開催されており、次回は来年 11 月に日本での開催が予定されている。

こうした様々な主体による世界各地での活動の一方で、日本としての一体性や国毎への戦略の必要性が強く感じられるようになった。

もう一つの視点は、「日本の技術･企業の海外展開」である。公共事業縮減が続き、関係企業の収益悪化、ベテラン技術者の退職もあって、これまで次々新たな技術で下水道事業の展開を可能としてきた関係業界・各企業も、明日へ向けての技術開発が難しくなるところが多くなった。資源･エネルギーや食料の多くを輸入に頼る日本では、様々なインフラ分野での日本企業の海外展開がホットな話題であるが、特に水の分野では、元々フランスはじめ世界の巨大水メジャーが新興国などの上下水道事業運営全体を次々受託しており、更に新興各国の企業が猛烈なスピードで力をつけて追い抜こうとする中、明日の日本企業、日本そのものの動きが求められる。

６.下水道グローバルセンター（GCUS）と様々な国際活動

こうした中で、昨年 4 月、念願の「下水道グローバルセンターGCUS 」が発足した。1,世界の水衛生問題等の解決に向けた貢献、2,下水道関連企業のビジネス展開支援、3,国内下水道施策への還元の３つを目的に、日本下水道協会が事務局となって、国土技術政策総合研究所、土木研究所、日本下水道事業団、下水道新技術推進機構、下水道業務管理センターが連携体としたできた組織である（**図 8**）。具体的には、中国、ベトナムなどの国毎と、国際基準化、バラスト水輸出などのテーマ別のグループが活動し、各国幹部への日本の技術紹介、各種技術指導、国際会議出席など様々な活動を JICA などと連携して行っている。

近年、国際基準 ISO の重要性が認識されてきているが、下水道分野では、下水道サ

ービス TC224 の議論がフランスなどの主導のもとにここ数年で進んだ。これに対して日本では、専属事務局をつくり、新たな提案も行って各国から賛同を得た。現在、見直し作業として、資産マネジメント等の議論が進められているほか、管路更生工法、再生水利用などの関連について、検討が進んでいる。多くの国を一体化した欧州が CEN など共通規格を次々まとめて世界標準に進めようとする中、日本も中国はじめアジアの国々とどう連携するかも、重要課題の一つとして大きく浮上している。

特に期待される日本の技術としては、これまで述べた各種技術の中でも、膜処理、汚泥処理･資源化、管路更生工法などが上げられる。

世界を見れば、例えば中国が処理水全量再利用の方針を打ち出すなど、水資源の大幅な不足に苦しむ国が多い中、複雑なプロセスを経ずに高度な処理水が得られる膜処理技術は、更に大きく伸びる可能性が高いと言える。素材としての膜のシェアが高い日本企業が、システム、更に事業運営にも乗り出せば、百兆円規模のマーケットが待っていると言われる中、日本の制度の下で、公的事業主体と個別業界毎に発展してきた関係者が、一体化して水メジャー、新興国企業などと競合するスピードが、鍵となっている。

国総研下水道研究部でも、GCUS 中国グループなどで主力メンバーを務め、短期専門家派遣や先方関係者の受入れ、ベトナムほか現地派遣専門家へのバックアップなどを行っているほか、7 月には、日中韓の北東アジア標準協力フォーラムで、下水道分野で新たな協力を日本から提案した（下水道分野では合計 2 件提案)。大学と共同で、アフリカへの新たな衛生システムの提案研究なども始めている。

世界が激動する状況下、内外で今後更なる活動を進めていきたいと考える。

（参考資料等）

・平成 21 年日本の下水道　その現状と課題、日本下水道協会、2010 年
・下水道ビジョン研究会、未来を拓く「下水道ビジョン 2100」下水道から循環のみちへ百年の計、水道産業新聞社、2006 年
・国土交通省下水道部 HP
http://www.mlit.go.jp/crd/sewerage/index.html
・下水道クイックプロジェクト HP
http://www.mlit.go.jp/crd/sewerage/mifukyu/index.htm
・下水道グローバルセンターHP
http://gcus.jp/

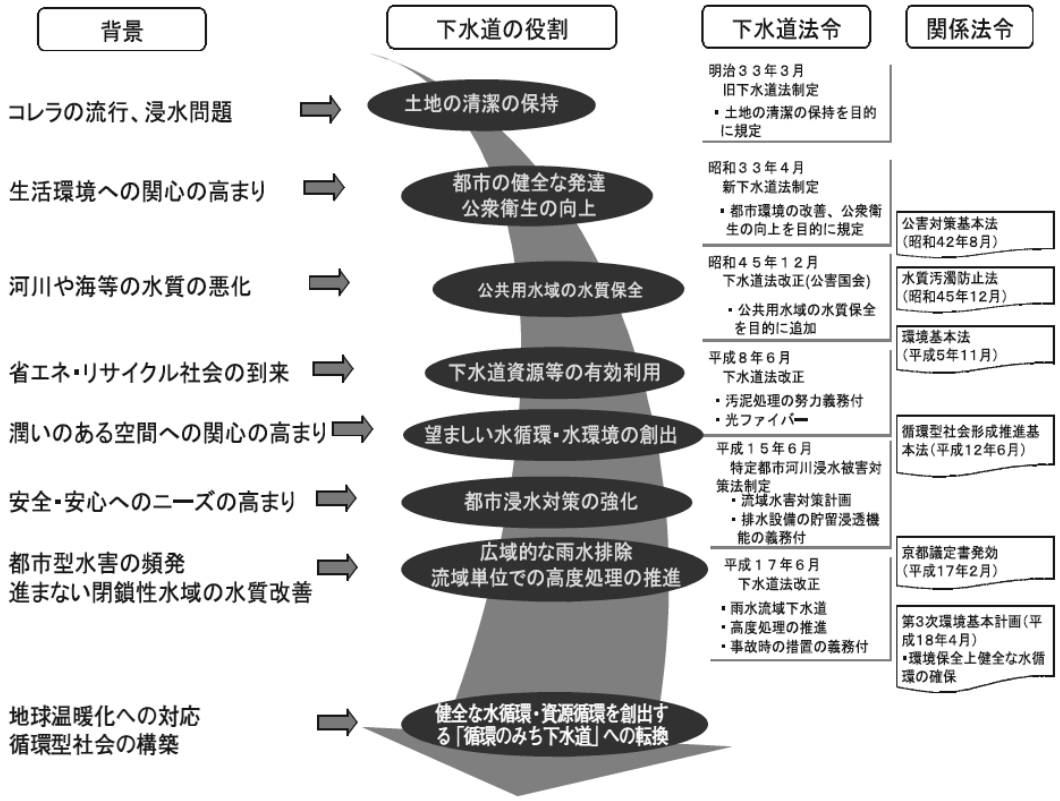

図１　下水道の役割の変遷

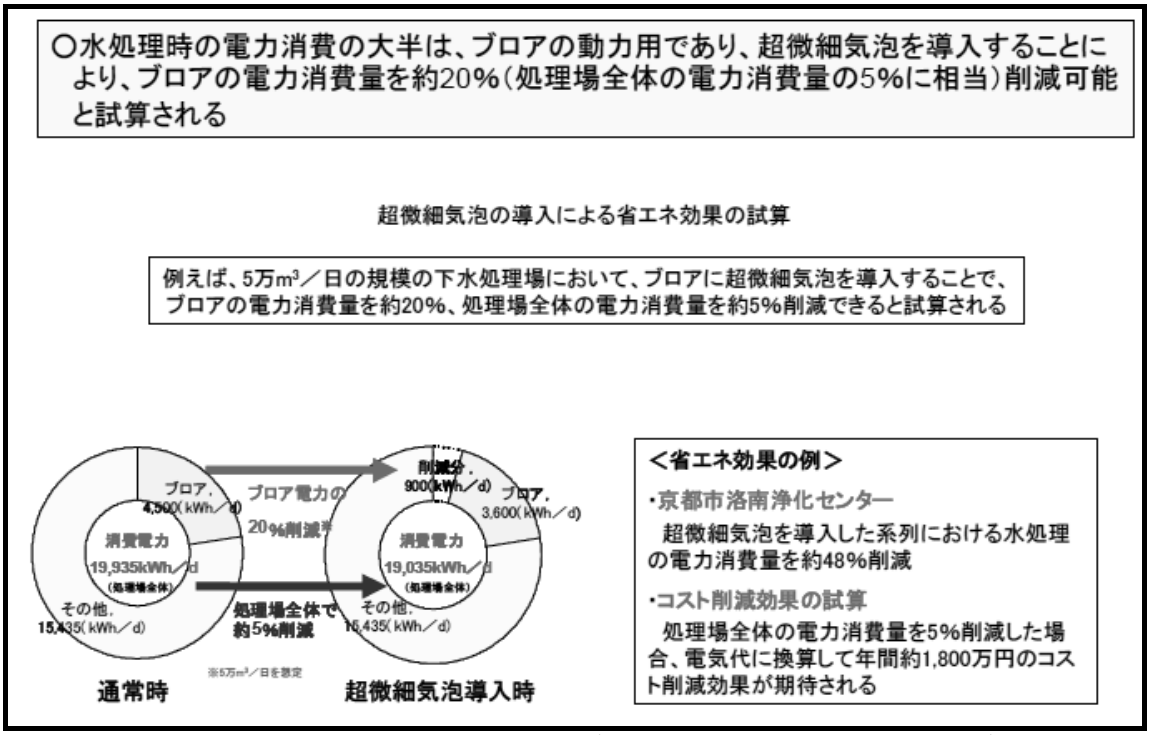

図２　省エネの事例：散気装置の改良（出典：資源のみち委員会資料）

表１　下水道クイックプロジェクト　社会実験で採用した整備手法

クイック配管（露出配管、簡易被覆）
クイック配管（側溝活用）
改良型伏越しの連続的採用
道路線形に合わせた施工
発生土の管きょ基礎への利用
流動化処理土の管きょ施工への利用
工場製作型極小規模処理施設（膜分離型（PMBR)）
工場製作型極小規模処理施設（接触酸化型、膜分離型）

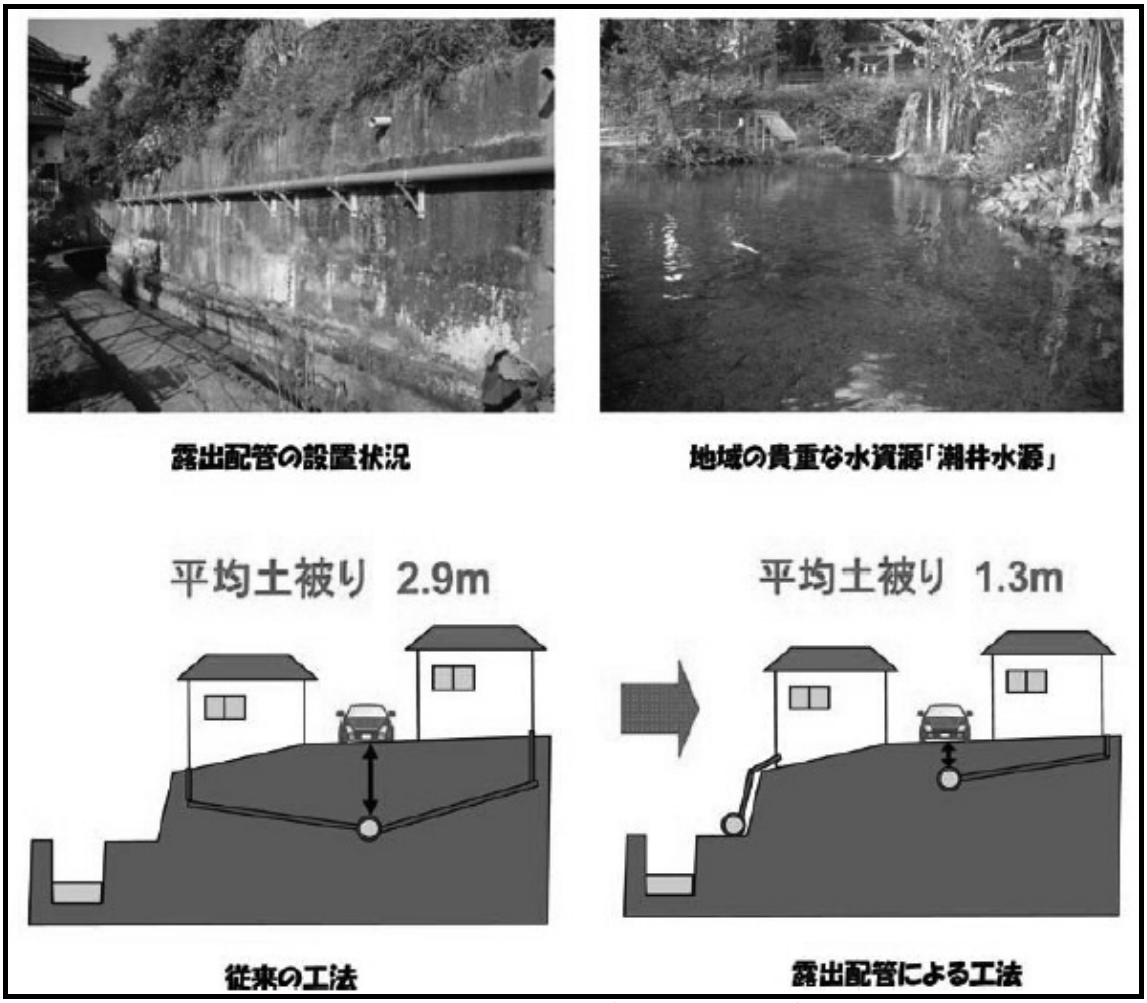

図３　クイック配管の例（熊本県益城町）

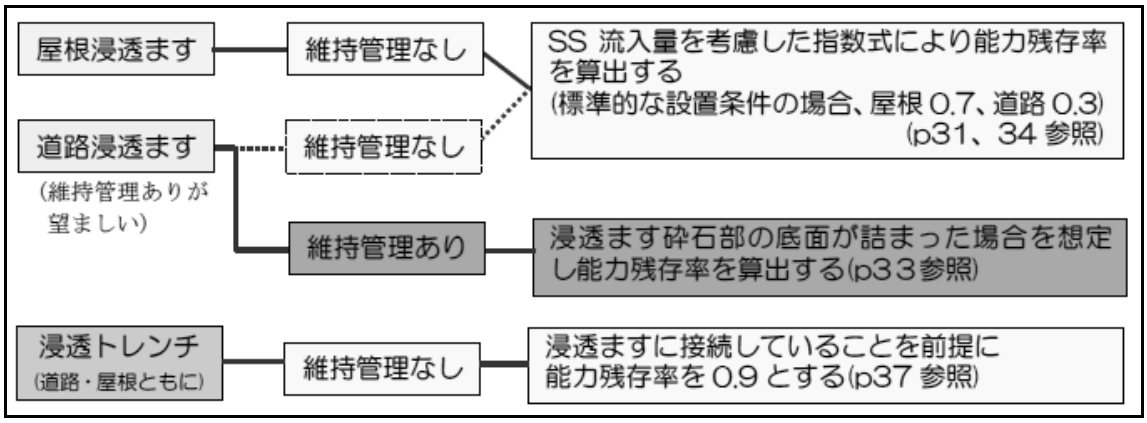

図４　雨水浸透施設における能力残存率の考えかた

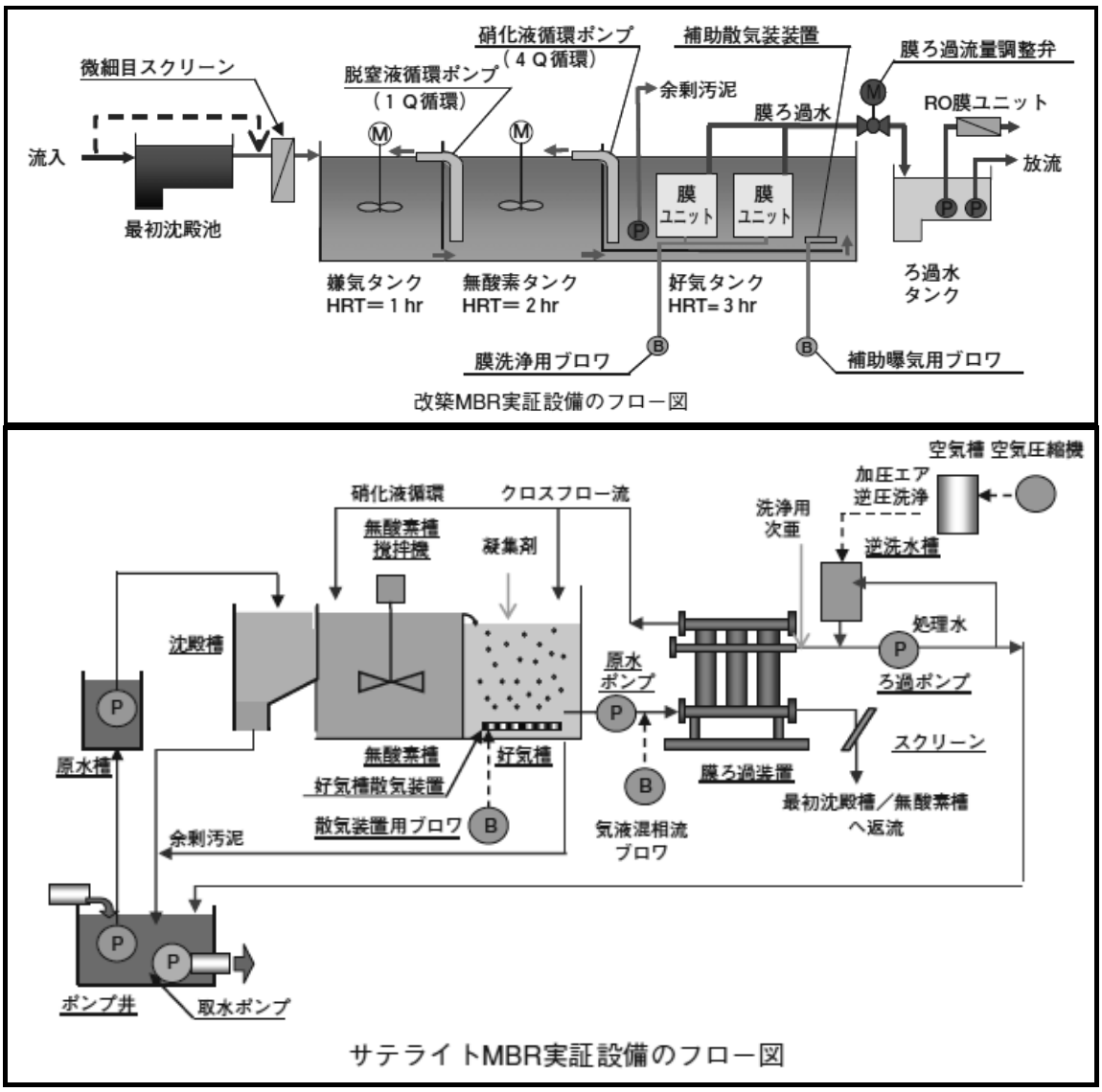

図５　日本版次世代 MBR 技術展開プロジェクト（A-JUMP）の概要

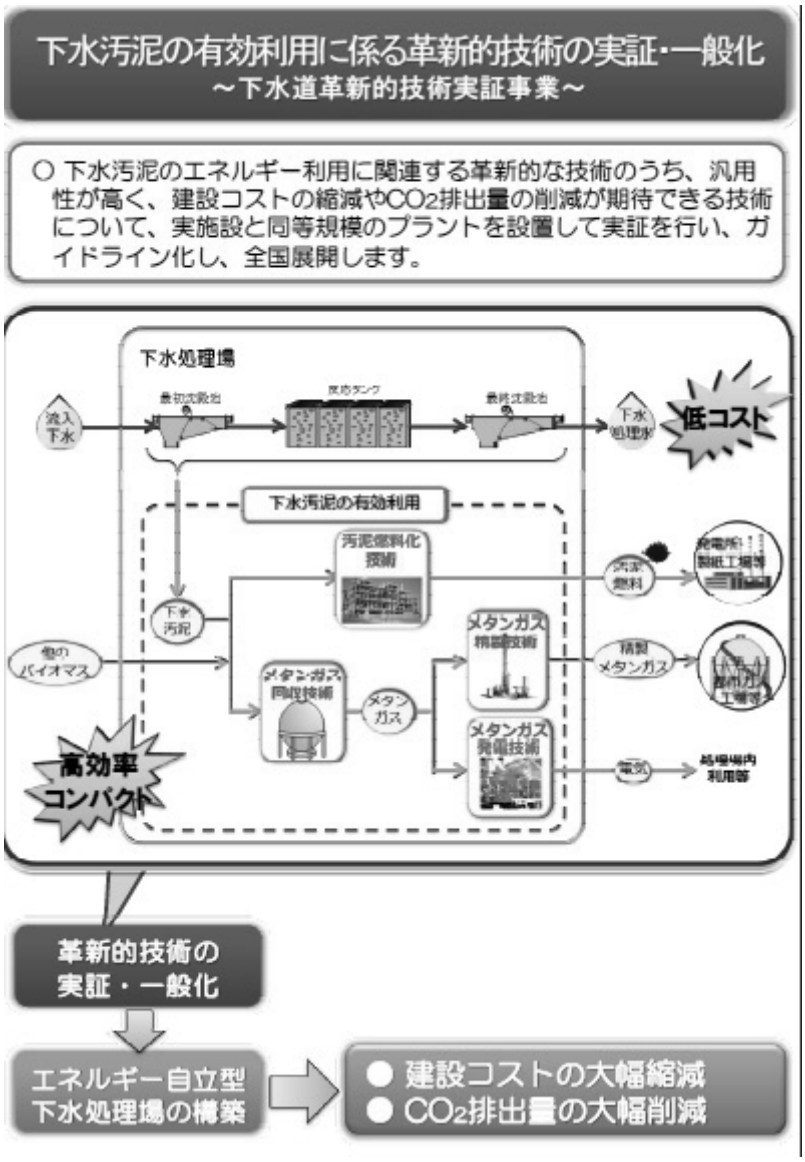

図６　下水道革新的技術実証事業（B-DASH）の概要

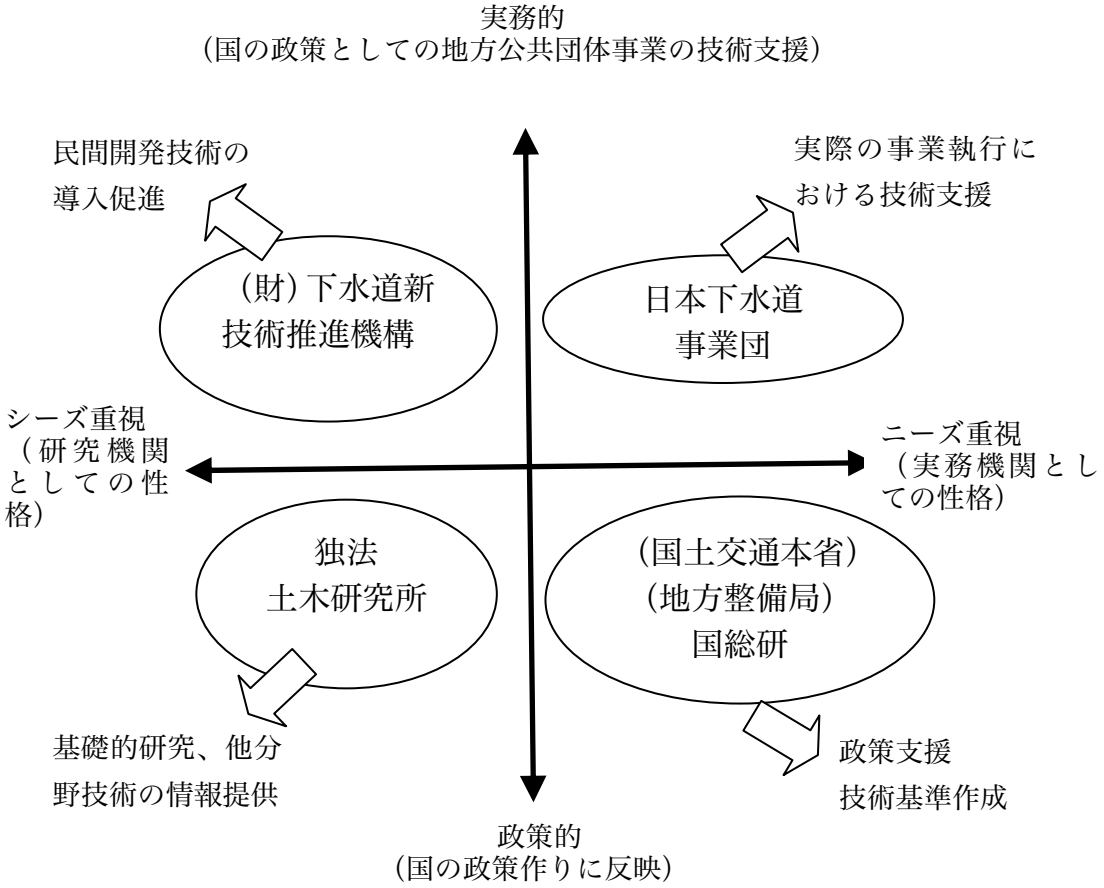

図７　下水道に関する研究実施４機関とその役割

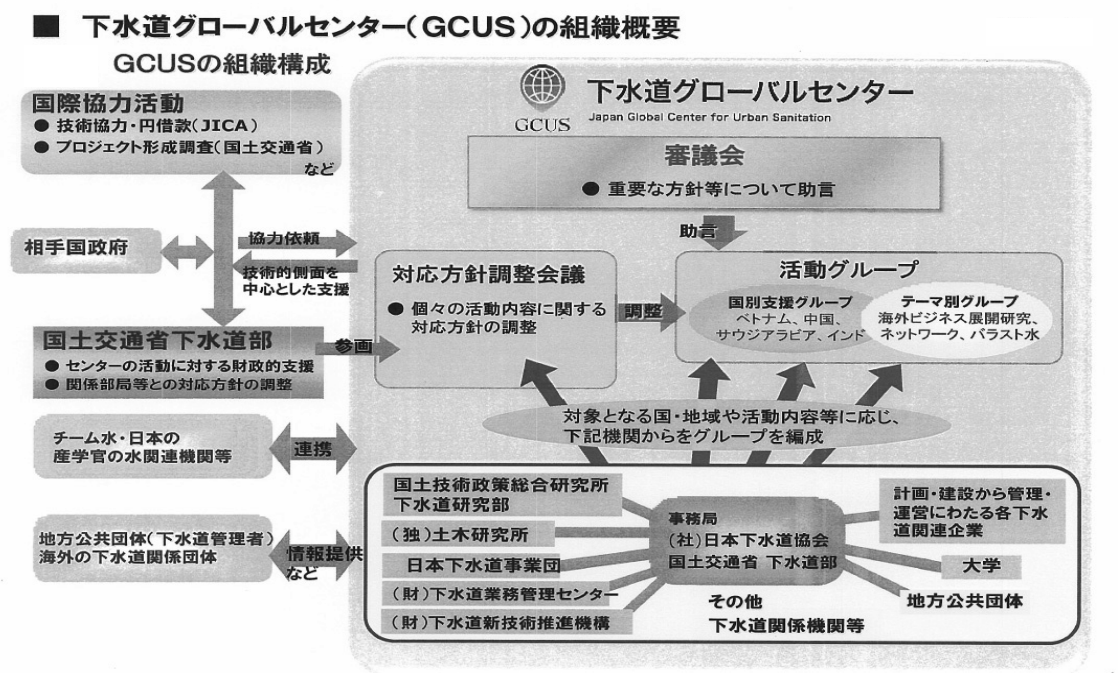

図８　下水道グローバルセンターの組織概要