

日本下水文化研究会 第26回定例研究会講演

都市水代謝デザイン

大成建設 谷口 孚幸

はじめに

広大な後背地と豊富な水資源の存在を所与のものとし、拡大開放型思想に基づき整備された我が国の近代上下水道は、都市民へ「清浄」な水を「豊富」、「低廉」に供給し、かつ「速やかに」排水を排除し衛生的な生活環境を保証して来た。

しかしながら、第二次大戦後、高度経済成長政策の推進により大都市とその周辺部へ資本と人口の流入を急速かつ過度に高らしめ、六〇年代に至り環境からの制約が増加するに依りて、水資源の量的不足と質的劣化を引き起こし、深刻な水環境問題を様々な形で発生させ、取り返しのできな

い様子を呈している。

今や近代上下水道はシステムの限界を露呈し、その普遍性を脅かされ始めている。それらの問題の解決のためには、まず行政はもとより都市民も水の使い方と新たな用排水システムのあり方を自らの生活形態の変革を含めて考え直すことを要求され、それぞれの都市・地域の持つ環境制約度に適合した新たな用排水システムへの再構築が必要であることを認識すべきである。

その際、技術的には十九世紀の緩速濾過、二十世紀の急速濾過と好気性微生物処理という生態学的水処理システムに加えて、生体・生理学的(メ

タボリックなシステムが必要とされる場合が多いと考えられる。

様々な環境制約を有する都市域に応じた新しい用排水システムの模索に先立ち、まず、従来採られて来た都市水政策のよりどころとなっていた思想と計画プロセスを社会的・風土的観点及び歴史的に把握することから、その問題点を整理し、おのおのの都市域の有する環境制約の差異により、用いられるべき計画思想と、導入すべき水政策と新たな用排水システム構築のプロセスを明らかにする手法を検討することが必要である。

厳しい環境制約を考慮した都市水政策により新たな用排水システムの構築を行うということは、水量のみに着目し評価していた計画思想を水量と水質の両面に着目し評価を行うもの（資源制約・閉鎖循環型思想）に切り換え、かつ都市・地域計画に用排水計画を連動させ、水環境問題の解決の方法を都市・地域計画に対して直接的に反映

しうる形の計画プロセスに変換させることである。

都市域の環境制約度はそれぞれの有する気象、水象、地理、地質特性からなる自然環境条件と都市の社会・経済条件による固有の都市・産業活動に伴う水代謝構造の特性によって定まる。

即ち、自然環境条件と都市水代謝構造の分析・把握の方法Ⅱ都市水代謝デザインⅡが確立されることが必須である。

ここで、環境制約の最も厳しい都市域の一つである大都市中心部を想定すると、そこにおける水代謝構造の分析は、都市水需要の構成要素たる個々の建築内部空間の水需要を把握したものであることを理解されるであろう。

なぜなら、そこでは近代上下水道が典型的な破綻を生じ、対症療法的ながら、緊急の策として自ら消費・排出した激しい時間変動を伴う排水を、再び水源として利用するという中小規模の人工

的水循環システムの整備により、かろうじて都市活動をならえさせている。

そこでの健全的な水循環の実現には個々人の利用行動の集積からなる建築内部空間の用途別かつ時刻別の水需要を捉らえたものが要求されることになる。

これらの項目の検討を終え、次に環境制約度が把握され、対象都市域に適合した用排水システム選定には、都市計画手法のシステムマスタープランニングの考え方にのっとり、まず都市域の地理的・産業構造特性の観点から用排水システムパターンを分類する。

新たな用排水システムの選定においては、環境制約の厳しさは水量のみならず水質にしわ寄せがなされることから、その分類に先立ち用排水システムを構成する要素ごとに機能分析がなされ、各種用途に用いられる用水を必要水質レベルと対応させていることが必要である。

次の段階では、それぞれの環境制約度に対応し、分類された用排水システムが実際の都市域に導入され、運用された場合の長期にわたる効果を事前に測定し評価することが要求される。

その測定される効果は水量・水質面はもとより、給水の安定性、さらには経済的観点、即ち新たな用排水システムの整備・運用の投資効果や都市財政に及ぼす影響などを含めた幅広いものであることが要求される。それゆえ都市・地域計画と都市用排水システム計画を連動させて、その効果や他分野への影響を定量的に分析しうる都市政策モデルと都市水政策モデルを構築し、政策支援システムとしての運用が必須のものとなる。

『拡大開放型思想』による都市水政策の特徴と
今日の水環境問題との関連性

(1) 拡大開放型思想による都市水政策の特徴

序に述べた我が国の従来取り続けて来た政策、

水環境条件、並びに市民意識の下での拡大開放型思想による都市水政策の特徴を以下に示し、現在、多発している水環境問題との関連性を探るものとする。

即ち、拡大開放型思想による都市水政策は第一に経済効率を優先することにその特徴を見る。費用対効果を高めることを追求するために大規模化され、広域水道^{*1}、流域下水道^{*2}が全国的に整備されるといふ傾向にある。その結果、技術的な画一化が強まることと広域的に渇水被害の平均化がなされる他、平常時においては河川流量が枯渇し、しまいには枯水路化に至る場合もある。また目的とは逆にダム開発費が水道料金に跳ね返り料金の上昇を招く自治体が多く発生している。第二の特徴として、開放型経済政策の下での地域活動を支える都市・地域計画プロセスは、用排水計画を下位計画に位置付けた上下水道整備計画とするために、経済の急成長に伴う大都市及びそ

の周辺部への産業・人口の集中、さらには用水多消費機器・設備の普及を含めた消費を美德とみなす文化の蔓延により総需要量は大幅に増加し、供給量は、ダム開発等のため、それをも二〇〇〜三〇〇年先行して予測し、その量を十分確保することが必要条件であった。それ故、きめ細かな需要予測を行うというよりは、過去の需要傾向に基づき、人口・産業出荷額等の少数の指標を代表とした時系列外挿法による予測に頼らざるを得なかった。その結果として、循環型水社会実現のために不可欠な所要水質レベルに基づく水代謝構造の把握をなすことができなかったため、節水対策が必要な時代に至っても十分な手を事前に打てず、水供給が新たな水需要を招くという悪循環に陥っている。第三に見られる特徴は、拡大開放型思想による都市水対策は、自己水系内の水資源に余力がなくなるや否や、他水系に頼りきった用排水システムを構築しがちである。そのシステムは水量面

のみを考慮した直列一過型のものゆえ、水質面や反復利用をも考慮した閉鎖循環型用排水システムの構築により、自己水系内で水需要を賄い得る場合が多いにもかかわらず省みられることは少ない。

その結果、地域に古来より存在する三日月湖、溜池をラグーン^{*3}として利用した排水処理システムや固有の地質・地層を利用した地下水の涵養及び利用システム、さらには高度排水処理水の循環利用システムや雨水利用システムなどを弾力的に組み入れ、活用したシステムによる地域水系の補強はなされず、それぞれの都市・地域の持つ環境特性の効果を放棄した脆弱なシステムとなっている。

また、他水系に水資源を依存することから他水系の住民に対して、先祖伝来の集落から立ち退きを強要し、長期に渡る紛争を生じ、水資源開発は遅延するという深刻な状況をも発生させている。

図・1に在来型用排水システムの課題と水循環問題を示す。

*1 二〇〇一年三月末現在六九の地域で計画、四四の道府県で基本構想が策定されている。

*2 二〇〇一年三月末での計画策定数は一二二である。

*3 酸化池

(2) 水環境問題発生の原因分析

我が国の水環境問題がなぜ発生したか、その原因を分析し、水行政における水環境問題の要因特性分析図に図示(図・2)する。

即ち、現在の水環境問題は、その多くを拡大開放型思想に端を発する要因が複雑に絡み、問題解決を困難にしているが、ここでは、原因を①利水の広域化による渇水危険度の増大、②水環境破壊の激化、③他水系地域との利害問題の発生及び④都市計画の下位に位置した上下水道整備計画と

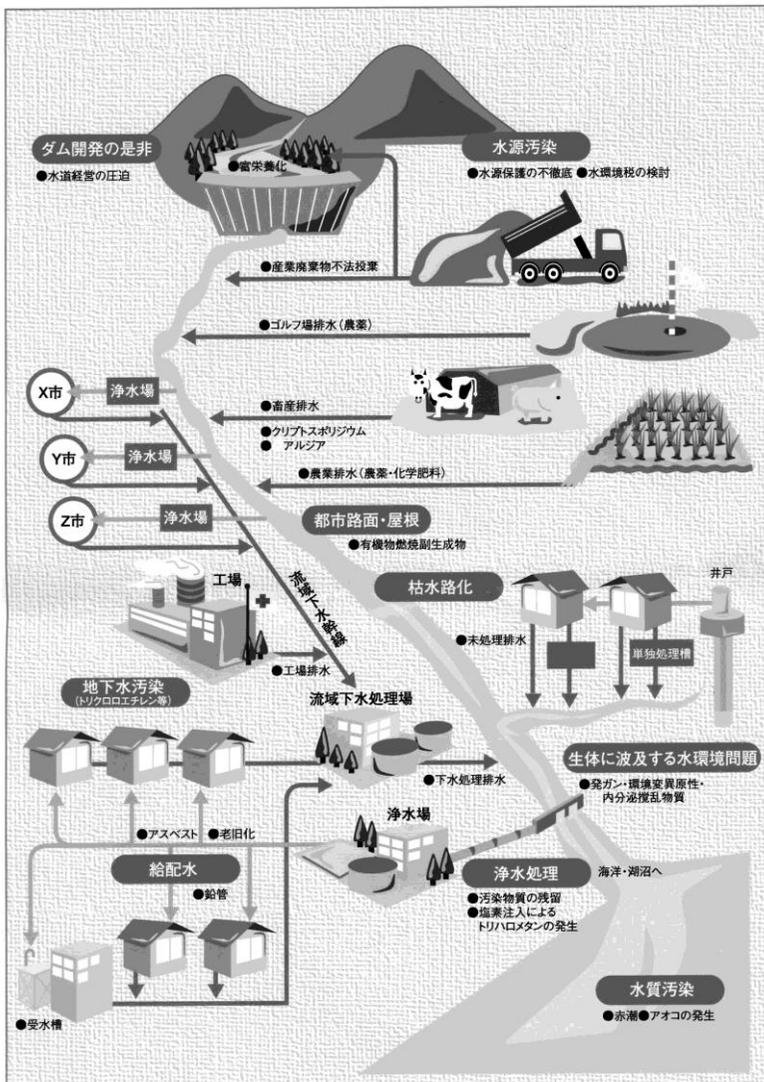
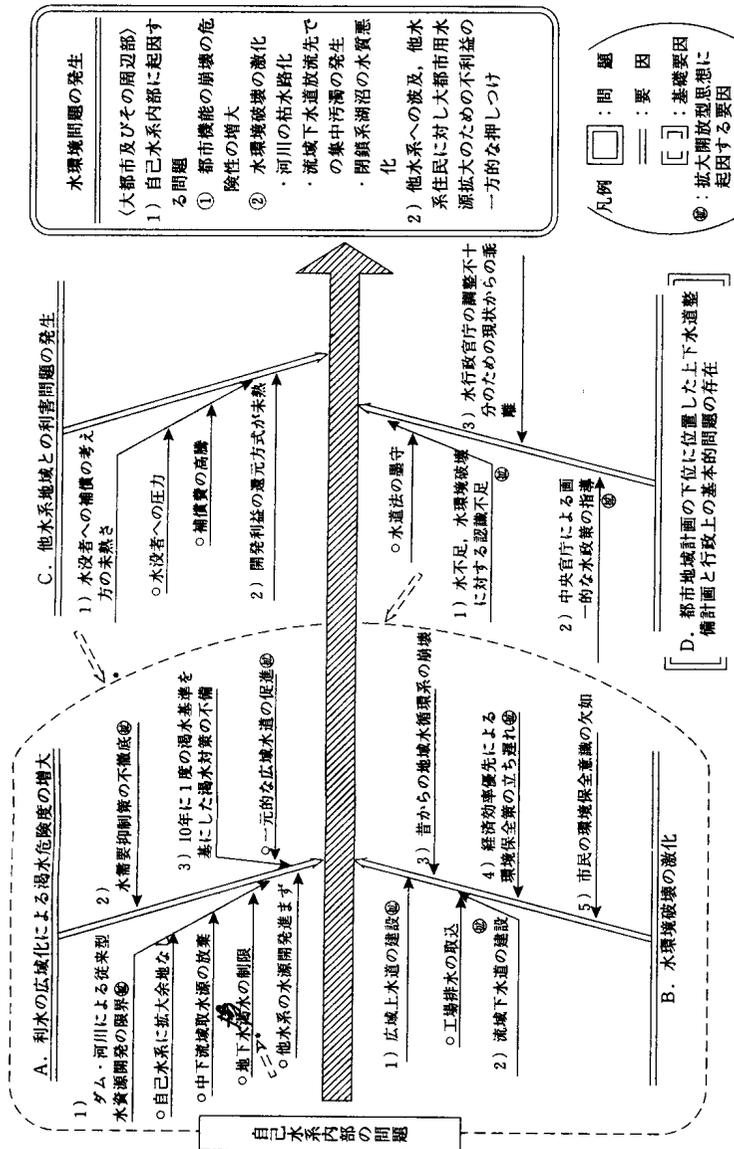


図-1 在来型用排水システムの課題と水環境問題模式図*(谷口原図)

* ただし広域水道は含まれていない



図一2 水行政における水環境問題の要因特性分析図 (谷口原因図)

行政上の基本問題に分けて、さらにその原因の遡及分析を行う。

まず①の自己水系内部の問題として生じている渇水危険度の増大の要因は、拡大開放型の思想に基づく、1) ダム・河川取水源とした従来型水資源開発の限界の発生と、2) 水需要抑制策の不徹底並びに、3) 一〇年に一度の渇水基準を基にした渇水対策の不備があげられる。

1) に関しては、都市の膨張により自己水系の開発に水量・水質ともに限界が生じ、かつ他水系においても住民との利害調整に困難を来たし、かつ水没者への補償費用に見られる環境費用の急増があり、今や水資源開発に特別の制約がなかった時代に成立したスケールメリットが必ずしも存在するとは言えなくなっていることによる。

2) に関しては、従来から都市・地域計画プロセスにおいて水資源の有限性と環境を制約条件とはしていないため、今日水資源が不足し、水

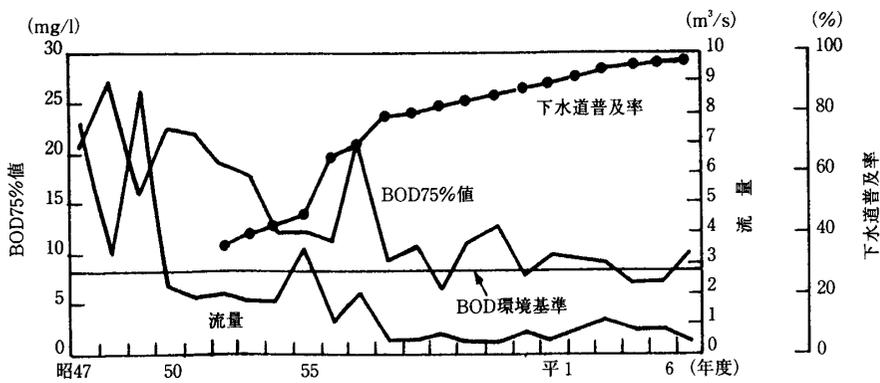
環境の悪化が現実が生じている、または、将来、生じそうな大都市及びその周辺部においてさえ、依然として人口転入増や、企業の転入や規模の大型化、あるいは水多消費産業の増大に対して有効な手段が十分にはとられていない。さらに水道法により水道料金*が他のエネルギーに比較し安く抑えられ、かつ需要に応じていくらでも供給するという基本姿勢のため、水不足が予想される時には、節水のPRや備蓄タンク等による水資源の備蓄等の水政策が実施されるが、それは一過性のもので、とかく豊富かつ低廉な水供給になじんできた市民の水使用態度は、節水型へスムーズに移行しにくい。そればかりか、豊富・低廉な水供給のサービステ体制を無節操に受け入れ、洗車業にみられる新たな水多消費設備に増加を伴うサービス業等が出現し、水需要構造そのものが変化し、かつ、水洗トイレ・シャワーレット・家庭浴室・食器洗浄機の普及等にみられる生活の高度化も

進み、ますます水需要量及び水使用原単位そのものが増加しているのも見逃せない。以上により水需給ギャップがさらに拡大され、上下水道整備計画の基準となつて一〇年に一度の渇水基準以上の確立で頻繁に渇水に陥る状態が出現している。

3) に関しては、一〇年に一度の渇水基準を設定しただけで、それ以上の異常渇水に対して備えることは結果的には、渇水基準を高めることと同じ意味になり、備蓄ダム等の建設策は採用されず、全面的に市民にがまんを強いることになっている。現状の用水供給体制では、水の供給は上質な水質を保証した上水道にのみ依存しており、一人一日当たり約六〇〜八〇リットルと言われている生活と生命維持飲料水等の必須用途さえ、渇水時には上水道の給水停止により危惧され、生命の安全保証上大きな問題があるといえよう。同じく、②の自己水系内部の問題としての水環境破壊の激化の要

因は1) 広域水道の建設、2) 流域下水道の建設、3) 昔からの地域水循環系の崩壊、4) 経済効率優先の公共工事による環境保全策の立ち遅れ、5) 市民の環境保全意識の欠如があげられる。

即ち、1)、2)、3) に関しては、巨大なダム並びに広域スケールの上水道と下水道方式の採用により河川からの大量の取水と、下流における大量の排水処理水の放流により中下流域の河川流量は枯渇し、本来の自然流量を保持し得る河川ではなくなりつつある。このため、木曾川、多摩川支流・野川の例(図1-3)に見られるように、平常時においては河川が枯水路化し、レジャー用としての価値の低下を余儀なくされたり内水面の水産業も衰退し、さらには水質も一層悪化したため中下流域での取水は困難なものとなっている。さらに高度処理施設を伴わない流域下水道の普及により放流先の河口や内湾・湖沼においては、窒素(N)、燐(P)、内分泌攪乱物質(環境ホルモ



測定地点は、多摩川本川合流地点。東京都提供のデータによる。
 BOD75%値：環境基準地点において測定されたデータの年間データのうち、75%以上のデータが基準値を満足することをもって、環境基準に適合していると見なすこととしている。

図一三 下水道普及率と河川流量の関係（東京都・野川）

尚、原出典は環境庁水質保全局、健全な水循環に関する懇談会報告「健全な水循環の確保に向けて」

ン）等を含む処理排水の増大による、富栄養化によりアオコや赤潮の発生、人体の影響等に見られる様に、水環境が悪化し破壊へと進んでいる。

4) に関しては、経済効率の追求から、大量の工場廃水を流域下水道に取り入れた計画が各地でなされ、排水中に重金属類が必然的に混入し、汚泥処分において多大な費用がかさみ、かつ農業用肥料への再利用の可能性を失わせている等の問題を生じている。

5) の市民の環境意識の欠如を水利用で示すと、水のムダ使いと合成洗剤の使用等がある。後者は深刻な生態系へ及ぼす影響の元凶となっている。

次に③の多水系地域との利害の発生における要因は、1) 水没者への補償の考え方の未熟さと、2) 開発利益の還元方式の未熟さがあげられよう。

* 一九七五年から一九九八年における一般の都市で家庭収入の〇・五〇・七％程度であり、ガス・電力の五、一〇％に比べそのウェイトは低い。

資源制約・閉鎖循環型思想による都市水環境ン ステム計画法の提案

(1) 資源制約・閉鎖循環型思想への転換の必要性

前節までに述べた如く、我が国の都市水政策は、開国以来の経済成長至上主義の国策に基づき、常に水供給量を必要条件とされる一方、第二次世界大戦以前は、都市化が現在のように進んでおらず、また年間平均一七五〇mm/年*の降水量のうち三分の二に相当する降雨の六割を陸地に受け、ダム及び中下流域の湖沼、地下水層に貯水することによって、増加する水需要量を賄い得る水資源が確保されていたために、拡大開放型思想による水政策を推進し得た。近年の都市化の急膨張により産業の発達及び人口増加の著しい大都市及びその周辺部においては、水需要量の急増により渇水が頻繁に発生し、都市排水・工場廃水の増大が原因となり、河川・湖沼・内湾が急激に汚濁し、流域下水道の普及及び大量の上水取水により河川

が枯水路化するなど著しく環境破壊が進行した。

その結果、従来前提条件とされていた豊かな水資源と十分に余裕のあった水環境容量にも限界が見え、もはや拡大開放型思想を前提とみなしえなくなってきた。また、現在、都市部の水不足及び水環境破壊の原因の多くが拡大開放型思想に基いた水政策に起因する(図12中㊸を記した要因)ことと、これらが複雑に絡み合い、連鎖的に渇水、河川の枯水路化、水環境の破壊及び大都市用水源開発による多水系地域住民への一方的な不利益の押し付け等の諸問題を発生させているので、拡大開放型思想の下に、個々の問題を取り上げ対処しようとしても、到底解決するものではないといえよう。

例えば、水不足に対処するため、官庁主導型で節水のPRをし、その効果を期待すると仮定した場合、市民への節水のPRを行う一方で、低廉な水道料金で必要なだけの水供給がなされており、

生命維持用に必須の水も散水・洗車用等への奢侈的な水利用も区別されず、全て上質の上水道でまかなわれるので、都市民の節水意識を助長する考え方と、その底流に流れている水浪費型社会に対処すべきとの考え方が矛盾し、節水のPR策は結果的に場当たりの対応策にしかなりえないといえよう。また、拡大開放型思想の下での循環型水社会の実現の要請そのものの考え方が、水需給ギャップに対して採る姿勢に矛盾があることを意味しており、もはや水資源が豊富な時にとり得た拡大開放型思想の終焉を意味し、そこから新たに資源制約・閉鎖循環型思想への転換を促していることを示すにほかならない。

* 一九七〇～一九八〇年の一〇年程度の平均値であり、昭和四五年の理科年表では一六六五mm/年とされていた。又、昭和四一年から平成七年の全国一三〇〇地点の平均値では一七一四mmである（国土交通省水資源部算定）

(2) 資源制約・閉鎖循環型思想に基づく都市環境システム計画の提案

資源制約・閉鎖循環型思想に基づく都市・地域環境システム計画のプロセスを図14に示す。即ち、当計画プロセスは、大都市及びその周辺都市で水資源の制約が厳しく、水環境容量に限界を来している都市域に適用すべきものであり、そのプロセスは、都市・地域計画の立案に際し、都市・地域特性、すなわち水資源・土地等の環境条件、及び都市の産業構造、人口の集中度等の内部構造から分析・把握による予察を行い、それから得られた情報を前提として、都市・地域計画を立案するものである。次に計画の計算値としての人口、世帯数、生活質のレベル、市民の節水意識、産業出荷額、産業構造、企業の節水努力度等を用いて水量と水質を考慮した水需要予測が行われる。即ち、用途別に市民と企業の水利用意識の変化に着目したきめ細かい予測を行うものである。

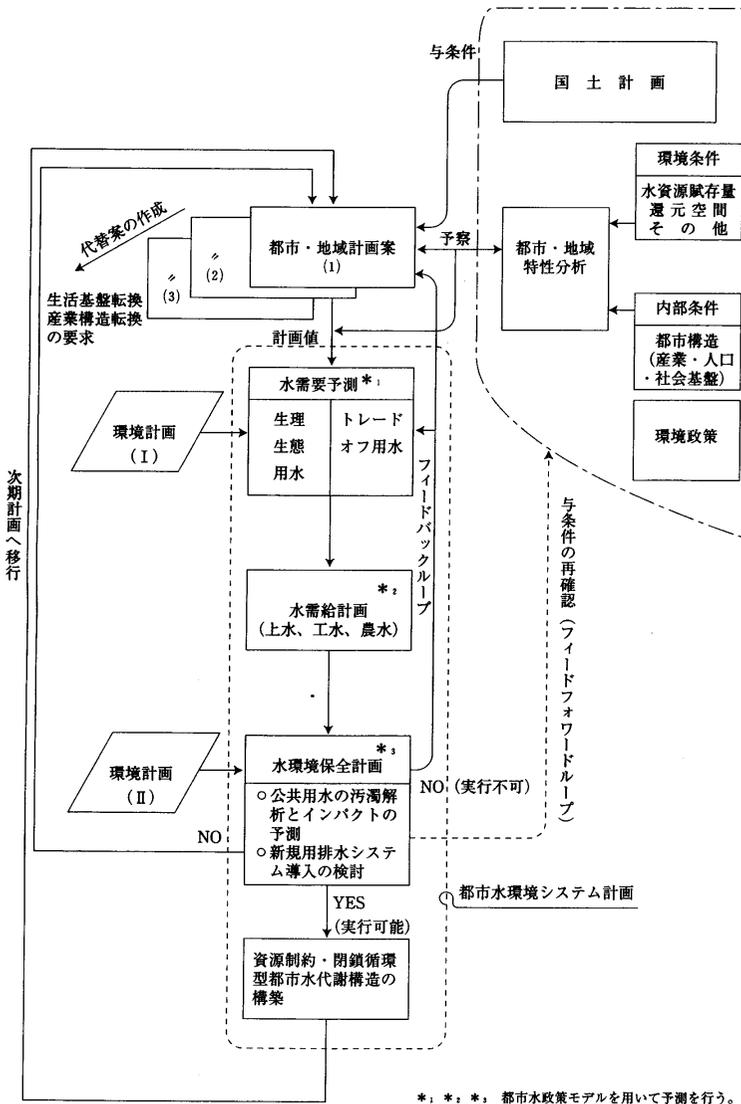


図-4 資源制約・閉鎖循環型思想による都市水循環システム計画のプロセス(谷口原図)

それに基づいて、都市・地域環境特性を考慮した都市水政策モデルを構築し、都市水政策の都市環境への影響を推定し、自己水系内の水資源の範囲内、賄えるような水需給計画を立案しつつ、環境特性を考慮し、地域に適合した用排水システムの構築を目標とした水環境保全計画を立案する。その計画立案途中に水資源不足や水環境破壊の生じる恐れが見られると、都市・地域計画にフイードバックをかけ、都市政策の内容を見直すと同時に水環境保全計画で取り得るサブ用排水システムの種類と規模が修正され、資源制約・閉鎖循環型思想による都市域の環境制約度に適合した用排水システムが構築される。以上の予察、予見を高い精度で迅速に行うには、先述の都市・地域特性を踏まえ、かつ水量と水質に着目した都市水政策モデルの構築が必須のものとなる。また、当計画プロセスが都市・地域環境計画分野において、定着し、普及されるためには地域環境情報の

整備、即ちデータバンクの構築と上記都市政策モデル構造の改良が必須である。

都市・地域特性と用排水システムパターン

(1) 都市・地域特性を考慮した用排水システムパターンの抽出

ここでは都市・地域特性に適合した用排水システムパターンを抽出するために以下の手順で分析を行った。まず都市を産業分類により区分し、それぞれを地域分類と対応させた。次に地域水環境構造と都市生活・産業環境の形態から構成される地域水環境特性の一般的傾向を示した。これにより各都市のイ) 気候・地勢特性、ロ) 流域状況並びに現行用排水システム形態、ハ) 水源種別、ニ) 市民生活と生産活動の内容、ホ) 用水使用形態から分析した水環境に関する問題点が浮き彫りにされ、その解決策として採られる地域特性を生かした用排水システムを抽出した。

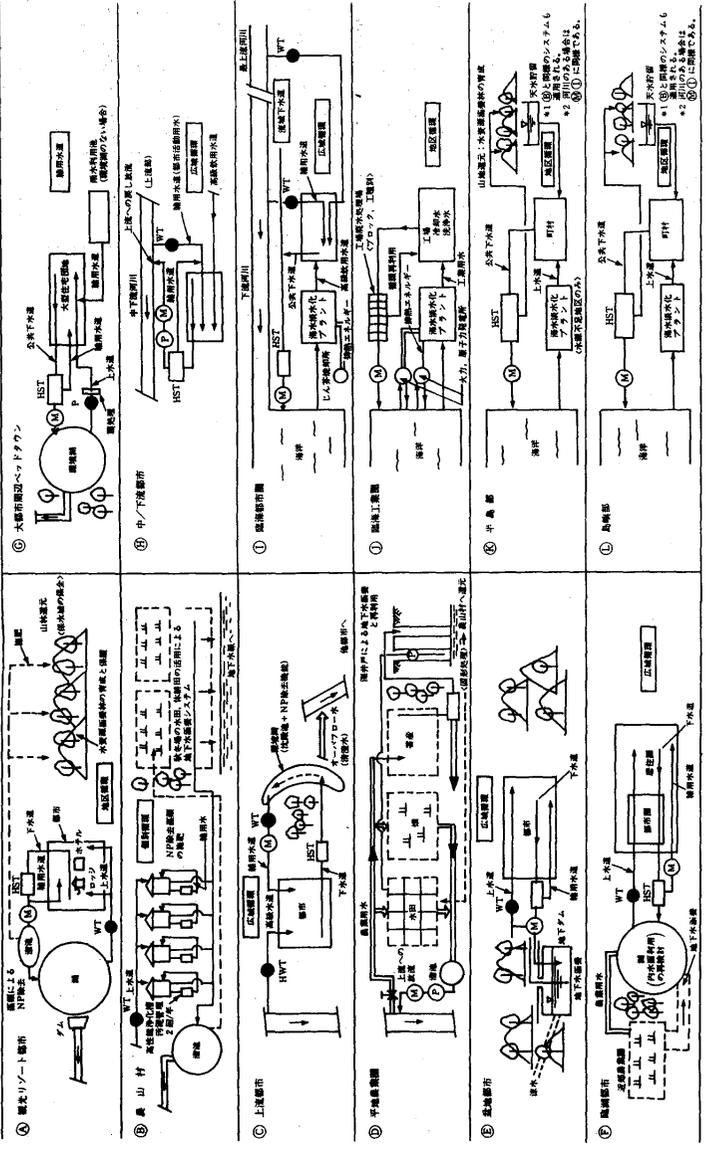
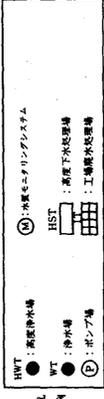
次にそれらの用排水システムを都市分類毎に適用した結果を図5に示し、以下解説を行う。

④は水源地における観光・リゾート都市域で、そこでは一般的には清澄な上水源に恵まれているので在来型の上水道が建設運用されるが生活排水の処理は中下流域の水質保全の必要性から高度処理が必要とされ、それを利用した雑用水の地区循環が行われる。そこには高度な水質計測システム^{*1}が組み込まれたモニタリングシステムが設置されている。(◎)も同様に設置)余剰水は溜池にて藻類による窒素(N)、燐(P)の吸収の後、湖に放流される。溜池に成育した藻類は定期的に刈り取られ、水資源保全水域である涵養林に施肥として活用される。

⑤の農山村部における上水道は、従来一般に小規模の簡易水道や専用水道であり、広域水道に比較して建設費並びに運用の面から優れていることから、地域環境特性を生かしつつ水質基準に合

致するように運営管理されていけばいたずらに広域化する必要はない。但し水源の汚染を極力防ぐ努力が必要である。一方、生活排水の処理も同様に、都市下水道や、流域下水道計画に参入して費用負担にあえぐことなく各戸毎の高性能合併処理浄化槽^{*2}または一定の規模からなる集落毎の高度排水処理槽や農業集落排水処理施設などの組合せにしてし尿と雑排水が高度処理され、周辺の湖沼や河川の汚濁防止を行うとともに、余剰排水は秋季・冬季に水田や休耕田に導水され地下水の涵養が行われる。

◎の上流都市における水源は一般的に良質なものがあるが、中下流域に多くの都市が存在する場合には飲用水のみを供給する高級飲料用水道と雑用水道を組み合わせたシステムを採用することにより他都市への良質な水源を確保すべきである。雑用水道源となる環境湖では都市からの排水



図一5 都市・地域特性を考慮した用排水システムパターン (谷口原図)

を貯留し、沈澱池の作用のほか、ラグーンとして機能。窒素(N)、燐(P)の除去により浄化が行われた後、簡易処理を加え雑用排水として用いられた。一方、生活排水の処理は在来型の都市下水道に環境湖などの浄化機能を有するシステムと組み合わせ、中下流部の水質保全に努めるべきである。なお産業活動の結果、重金属類が排出される産業廃水に関しては、各工場においてクローズド化した個別処理を行うことはもとより、生産プロセスを改良すべきである。

⑩の平地の農業圏では、農産に用いられた水は、古来からある溜池や酸化池を経てBOD、SS、窒素(N)、燐(P)成分を除去した後、膜処理にて農産由来の汚染物質を除去、上水の取水点直下へ放流され河川流量の増大に寄与し反復利用の可能性を増す。また用水の一部は深井戸を用いて地下水涵養として用いられる。畜産系排水は固化などとともに個別に処理を行う。

⑪の盆地においては、地下水盆地を利用した広域循環用排水システムが特徴的である。事例として神奈川県秦野市がある。

⑫の臨湖都市では上水源も排水の放流先も同一となり、霞ヶ浦や琵琶湖に近接する都市のように自己水系汚染型となりがちである。このような都市域における上水道は在来型のものであるが、排水処理システムの形態は排水の成分により各々異なる。即ち、イ)生活排水の処理に関しては高度処理を行い、ロ)産業廃水に関しては⑩で述べた如く個別処理を徹底すべきであり、ハ)農産・畜産廃水は⑩に述べた如く三日月湖、溜池を利用した排水処理方式の採用と固化による肥料化を行うべきである。以上の他に湖沼への汚染物質流入の防止を市民の生活意識改革により積極的に達成するものとして、合成洗剤の使用禁止の推進がある。以上は湖沼に流入する排水や汚染物質の制御について述べたが、湖沼の水環境の保

全には、内水面の利用形態の見直しによる効果が考えられ、例えばれんこん栽培における肥料の適正化、養殖魚への飼料の適正化や魚種の変更、さらには水質を浄化する魚類のビャクレン、ソウギョ、テイラピアなどの放流、ヨシの群落の育成などによる水環境保全策がある。これらは茨城県霞ヶ浦で採用されており、従来の下水道整備のみに頼った水環境保全のあり方を再考させるものとして注目すべきである。

㉓の大都市周辺のベッドタウンにおいては、一般に周辺の河川からの清澄な上水源には恵まれないことから、山間部ダムや上流部を主要水源とし、良質な水源の確保を考慮して高級飲用水道と雑用水道の並設タイプとする。その他やむを得ない場合には環境湖等を飲用水源とするもので、近年の膜技術の発達によりその実現性は高い。また、大型の集合住宅団地内では敷地内雨水の貯留により雑用水道の補助水源や非常用水として活用

する策が考えられる。

㉔の中下流都市においては、高級飲用水道は㉓と同様に山間ダム等からの導水とし、雑用水道の水源は汚濁の進行した河川とする。都市活動による排水は高度処理後、ポンプ圧送にて河川上流に放流され河川流量の増大や景観向上に寄与する。ここでも三日月湖、溜池などを利用した環境湖を加えた下水道システムが考えられる。

㉕の臨海都市圏に存在する巨大渇水型都市ではもはや下流部における取水は質的・量的面から不可能となり、上水は河川最上流部より飲用などの必要最小分のみを取水する。さらに非常時用のバックアップシステムとして廃熱エネルギーを利用した低コスト型海水淡水化プラントが必要とされる。他の雑用分は河川下流部又は都市活動を支える建物群から排出される排水を水源として賄われミニマム分の上水を賄う高級飲用水道と雑用水道が組合された二元水道システムとな

る。

ウォーターフロントでは海水運河ではなく淡水水路や貯水域を地区内に抱き込んだ臨海部貯水池を設置する。

①の臨海工業圏における特徴あるものは地区循環用排水システムであり、工業基地への電気エネルギー供給のための火力発電所やゴミ焼却所の廃熱を利用した低コスト型海水淡水化プラントにて工業用水を造水する。濃縮水の放流は環境の保全上支障が生じないように留意する。

②③はそれぞれ半島部や島嶼の農漁村における地区循環であり、上水源として天水を貯溜しその利用を積極的に行うが、不足水源は海水淡水化プラントの導入により賄う。

以上地域特性を生かした代表的用排水システムを示したが、近年各システムが成り立つ前提としての河川最上流部は清澄という考え方が必ずしも成立せず、取水源に畜産廃水經由の感染性原

虫が混入した結果、集団感染が発生した例^{*3}も近年出現し、その対応を求められている。

従来用いられている凝集沈澱操作↓濾過を十分留意して濁度を水質基準の1/20即ち0.1度に制御すれば病原虫は取り除かれると言われているが、その操作は実際には相当困難を極めるものであると思われる。それに対して最新の浄水技術として登場して来たものとして膜濾過技術がある。以前は脱塩にしか使えない技術だと考えられていたが、改良が進みバクテリアその他の微生物、懸濁物質、自然界の有機物など、色度・味・臭いを生じさせる物質、消毒剤と反応して消毒副生成物を生じる物質の除去に使われるようになってきた。浄水処理に使われる膜濾過技術は、膜の公称孔径とMWC0によって分けられる。

MF microfiltrration 孔径 $0.1 \sim 10$ マイクロメートル、MWC $0.1 \sim 10$ 万 dalton (dalton = 1.65×10^{-24} グラム)
 UF ultrafiltration 孔径 $0.1 \sim 10$ マイクロメートル、MWC 1 万 ~ 10 万 dalton
 NF nanofiltration 孔径 $0.1 \sim 1$ マイクロメートル、MWC $1000 \sim 1$ 万 dalton

MFがMWC 0 が最大でNFが最少である。その水中物質の相対粒径への対応はおよそ、NFで塩類、ウイルス^{*4} ($0.1 \sim 10$ マイクロメートル)、UFでウイルス、フミン類^{*5} ($0.1 \sim 1$ 前後)、MFでフミン類、粘土、バクテリアの一部 ($0.1 \sim 1$ 前後) である。即ちMFでジアルジアのシストやクリプトスポリジウムのオーシストを除去できる。膜濾過では消毒の必要性が大きく減るほかスケールメリットは無い。対応する原水水质の制限はほとんどないことなどから小規模水道に適した技術であると言える。なお、現行の上水道が老朽化しかつ水源がかなり汚濁している

都市においては、現行の上水道を雑用水道に転換し、高級飲用水道を新設する策が、雑用水道を新規に建設するよりも経済的であることが多いと考えられる。

*1 科学技術振興事業団の戦略的基礎研究推進事業の下で開発研究がなされ、実用化が期待されている。

*2 生活雑排水とし尿を処理する合併式浄化槽は、単独処理浄化槽に比べ、公共水域に放流されるBOD量は1/8である。高性能合併処理浄化槽は窒素、燐の除去機能を高めたものである。

*3 クリプトスポリジウムによる集団感染が埼玉県越生町で一九九六年に発生した。

*4 いわゆるO 157 菌
 *5 発ガン性前駆物質

おわりに

当論説は拙書「都市水代謝デザイン」(二〇〇二年六月 理工図書出版)を引用・要約したものであり、その内容の三分の一程度を報告したに過ぎない。はじめに述べた都市・地域計画と都市用排水システム計画とを連動させて、都市政策の効果

や他分野への影響を定量的に分析しうる都市政策モデルと都市水政策モデルの内容については今回紹介する時間が無く、割愛せざるを得なかった。いずれ機会を得て続報としたい。

(二〇〇二年一〇月二五日)