

水資源の計画・管理問題とその研究動向

池 淵 周 一

1. はじめに

昭和53年度より全国科学者の共同利用の性格をもつ水資源研究センターが防災研究所の付置研究センターとして発足した。当センターは当初、防災研究所の改組による振替4名を含めて教授2、助教授2、助手1、事務官1の計6名の定員で出発し、その後、昭和54年度に2名の客員教員の定員（教授、助教授各1名）を加え、現在に至っている。さらに共同研究の実を挙げるために、学外、学内の委員から構成される運営協議会によって運営されるとともに、運営協議会委員を通じて推せんされた共同研究協力者（たとえば58年度でいえば41大学126名）を主たるメンバーとして年1回の研究集会、年平均5回の研究会が開催されている。当センターの研究活動、研究会などの内容は、毎年1回発行している水資源研究センター研究報告に掲載されているので、詳細は研究報告を参照されたい。

2. 社会システムとしてみた水資源問題

広辞苑をひもとくと、水資源とは「農業、工業、発電等の資源としての水。工業用水、都市用水と農業用水とが競合するようになり、配分の調整、新水源の開発の必要から生じた概念」。また、資源とは「技術の発展に伴って生産に役立つようになるもの」とされている。つまり、水資源問題はその時代における水の資源工学的な特性と、水に対する価値観の相互関係の中から発生するものである。とりわけ、戦後の農業から重化学工業中心主義へと移っていった産業構造の変化は、都市への人口および施設さらにはサービスの集中をもたらし、都市構造の変化を引き起こした。そして都市は水の大量消費型に変質し、上水や工業用水の使用量が増加し、それが大量の都市排水を生み、水質汚濁を引き起こすこととなった。これら上水や工業用水の使用量増加は地盤沈下に伴う地下水規制、環境問題、過疎問題とも関連した水源対策に伴う水源開発の遅れ、開発コストの高騰などと相まって、水不足という量的問題を、また大量の都市排水は下水道整備の遅れ、排出規制の不明確さに助長され、水質汚濁という質的問題を顕在化させた。しかも公共用水域の水質汚濁は水源機能を低下させ、浄化処理コストを高騰させるとともに、水不足の要因にもなっている。

こうした事実は、もはや水資源問題は需要・供給・排水汚濁を個々独立にとらえることはできず、それらの有機的な関連構造を少なくとも量・質・コストの3側面を包含した形で総合的にとらえなければならないことを意味している。さらに、われわれ人間生活・産業活動にとって現況の水需給は量・質・コストの面で決して満足のいくものではなく、そのギャップを改善・緩和させるために講じた対策手段が、あるものは遅れを伴って、あるものはひずみをもって再びわれわれの生活・産業構造にはねかえっていき、時間の経過とともにこのプロセスが繰り返されているとみななければならない。

このように考えると、われわれは水需給構造、ひいては水資源問題を一つの社会システムとして体系的にとらえるべきであり、しかもそれらシステムの階層的フィードバック構造を正しく認識しなければならないことに気づくであろう。Fig. 1はこうした考えのもとで、主に需要・供給・排水汚濁の相互関係をフローチャートで示したものである。もちろん、水は人間生活のみならず自然の構成要因として重要な役割を担っているため、人間生活中心の考え方は水にとって危険側といわねばならないし、また社会・経済・技術の変容に水環境は鋭敏に反応し、それにより変化した環境が人間の生活や産業活動に影響を与えるということも注意しておかねばならない。このことを図中では環境基準という要素で概念的に表現している¹⁾。

ちなみに昨今はわが国経済も低成長あるいは安定成長へと転換を余儀なくされており、水使用の合理化と

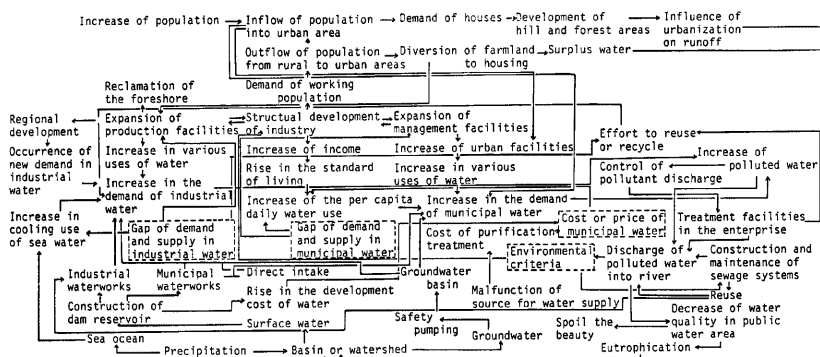


Fig. 1 Relationships among demand, supply and pollution of water

もあいまって大都市地域ではその都市用水需要の増加はスローダウンしているものの、増加基調には変わらず、豊水水利権といった不安定水利に依存する体質の解消までには至っていない。一方、周辺都市や中小都市さらには地方都市にあっては、給水区域内の人口増、水道普及率や水使用原単位の増大ともあいまって、生活用水を中心とした需要は増加の傾向にある。こうした水需要構造をうけて水資源開発も積極的にはかられているが、河川の利用率の上昇に伴う開発効率の低下、良好なダム適地の減少による貯水効率の低下に加え、水没補償をはじめとする水源対策、環境保全などの問題に対処せねばならず、従前以上に多大の時間および費用を必要とするようになってきている。さらに排水問題においては工場や事業所からの排水規制、下水道整備の促進がなされ、その改善の傾向は見られるものの、昭和55年における環境基準の達成率は河川67%、湖沼42%、海域80%と未だ十分とはいえない状況にある。

このように水資源問題は汎汎・多岐かつ複雑化の様相を呈してきており、そのことが問題の解決を一層困難にしているともいえる。

3. 総合的な水資源対策の推進方策

こうした水資源問題をとりまく最近の諸情勢を踏まえて昭和56年末に、河川審議会の中間答申という形で、今後の総合的な水資源対策の進め方に対する国の考え方が示された。Table 1はその中間答申の骨子であり²⁾、その柱は大きく、水資源の適正開発、水資源の適正利用、水資源からみた地域の適正構造、その他となっている。そしてそれぞれの内容が、緊急に措置すべき事項および引き続き調査研究すべき事項に整理されている。

これらはいずれも水資源行政サイドとしては、総合的にかつ合目的整合性をもって推進していくべきであろう。以下では、こうした答申をバックにしつつも、これらを具体化していく研究レベルでの動向を踏まえ著者の考え方を述べてみたい。

4. 水資源開発計画問題の推移とシステム論的アプローチ

水資源開発の計画問題を議論するうえで、まず認識しておかなければならないのは、現在の水資源開発がどのような開発段階に位置しているかということである。すなわち、現在の水資源開発は自由な開発段階と、終局的にいきつくであろう開発限界段階の中間にある、いわば制限つき開発段階にあり、そこでは水資源開発に必要な努力と、水利用の高度化・合理化に伴う努力・不便さを同時に考慮して、秤にかけるといった形で展開されるやに思われる³⁾。このことは計画手法の枠組みがよりあいまいになっているともいえるが、システム論的にながめれば問題が大規模化、多目的化し、複雑化の様相を呈してきているともいえる、それに対

Table 1 Comprehensive policy and research for development and utilization of water resources systems

課 題		緊急に措置すべき事項	引き続き調査研究すべき事項	
総合的な水資源対策	水資源の適正開発	(地域特性に適合した水資源開発) ・大都市地域等 ①不安定利水の早期解消のためダム建設の推進 ②水利用の安全度の向上 ③新たな技術を利用した水資源開発 ・中小都市地域及び町村地域 水資源開発施設の計画的な建設 ・地盤沈下地域等 地盤沈下対策等として代替水源の確保 (ダム貯水池の包蔵エネルギー) ・ダム貯水池の包蔵エネルギーの開発 ①ダム等への発電参加の推進 ②ダム管理用発電の推進 ・ダム貯水池の包蔵エネルギーを活用した水資源開発	①ダム等の再開発・再編成 ②水量及び水質の安全度の向上 ③省エネルギー型水資源開発 ④河川環境との整合した水資源開発	
	適正利用の	①貯水池機能の保全 ②節水社会の形成 ③効率的な水運用 ④漏水対応策の確立 ⑤環境面からみた適正水利用	貯水池機能の保全 ①ダム貯水池の水質保全 ②ダム貯水池の堆砂対策	①漏水対応策の確立 ②効率的な水運用 ③地下水の適正利用
	地域資源の適正に見た	①水源地域のあり方 ②水需要地域のあり方 ③洪水防禦地域のあり方	・生活再建等の拡充等として代替地造成の積極的対処 ・水源地域の特性に適合した水源地域整備 ①地域特性に適合した水源地域整備 ②既存の施設の運用等ソフトな施策 ・上下流連帯の場の設置 ・水源地域対策としての貯水池の周辺環境整備	①森林の機能の検討 ②上下流連帯意識の育成等
	その他		ダム事業執行体制の合理化	財源確保等

処する方法として、この分野へのシステム論的アプローチが鋭意研究されているのである。

すなわち、研究者、技術者あるいは解析者は、水資源開発に関して多くの代替案を考え、その中で社会から課せられた制約条件を少なくとも満足する許容解 (feasible solution) を選択し、その feasible solution の中でさらに社会から設定された目的を満足する最適解 (optimal solution) を選択するプロセスにシステム

論的アプローチを大いに活用しようとしているわけである。もちろん、この optimal solution は必ずしも best solution とはならないわけで、best solution は意志決定プロセスで十分検討を経た上で実施可能なものとして決定されていこう。

5. システム構成の時間軸・空間軸・目的軸

さらに水資源の計画・管理問題をシステム論的にとらえていくためにはシステム構成要素間の階層構造はもとより、システムが多目的、多空間、多段階、多意志決定者からなる多次元階層構造をしているとの認識も必要である。いま簡単のため、Fig. 2 に示すように時間軸、空間軸、目的・機能軸の三次元空間をとりあげると、3つの軸のそれぞれの要素を組み合わせることによって多くの水資源システムが構成され、それに応じたシステム論的アプローチが可能である。たとえば、時間軸としては大きく静的（平均値あるいは代表年での平均パターン）、動的（時系列的あるいは多段階的）の考察が、空間軸では個々

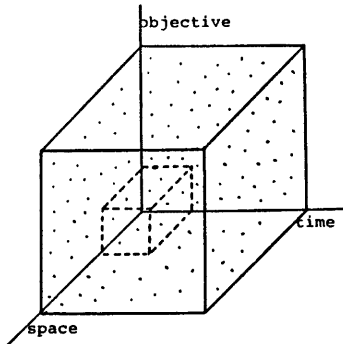


Fig. 2 Three-dimensional representation in time, space and objective of system

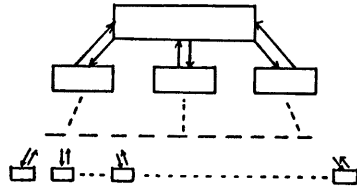


Fig. 3 Hierarchical structure of system

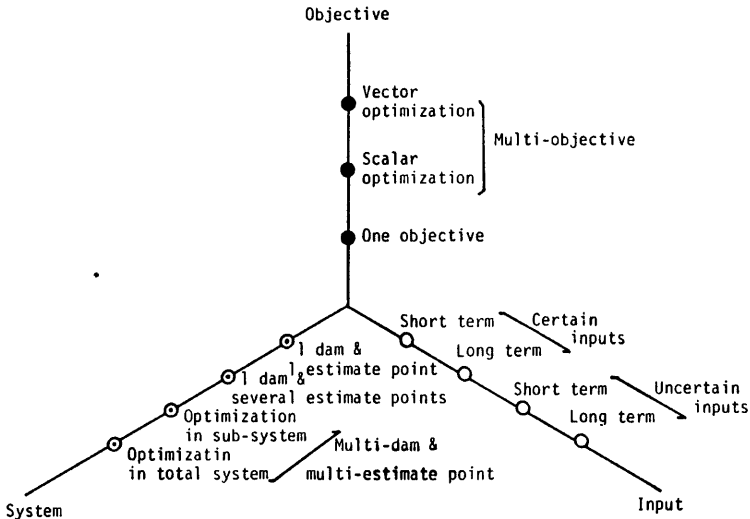


Fig. 4 Three-dimensional representation in time, space and objective on operational system of dam reservoirs

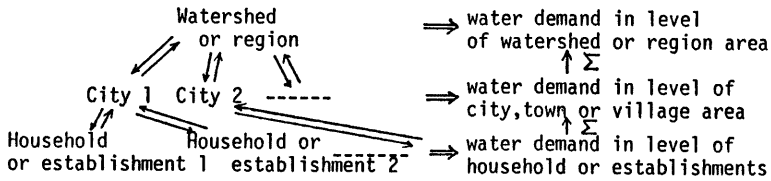


Fig. 5 Hierarchical structure of water demand system

人，市町村・都市，地域，流域，圏域，国といったスペースを考えることができる。目的・機能軸も国民の福祉といった抽象的なものから具体的なものまで広範に分布しているが，たとえば土木的発想からみたものとして水量，水質の供給あるいはコントロール，土地利用のコントロールなどが考えられる。なお図中の破線は one-objective, local space, static system を，実線は multi-objective, basin space, dynamic system を表現しているが，図の線上部分のみからなる表現は各座標軸上の対応する要素のみから構成されるシステムを，容積的表現はそれが含むすべての要素を考慮することを意味する。したがって，線の表現よりも容積的表現からなるシステムを取り扱う問題は，各構成要素内および要素間の相互干渉・調整機構を考慮しなければならないわけ（Fig. 3），その解の導出にはおのずと困難さがともなう。Fig. 4 はダム貯水池操作問題を三次元的に表示したものであり，Fig. 5 はたとえば，水需要構造の空間スペースの階層性を示したものである。

6. 水資源システムの計画・管理策定プロセス

さて，われわれが目指す水資源開発計画はトータルな水資源システムの計画・管理策定プロセスにおいて，どのように位置づけられるか，そして水資源開発計画はシステム論的アプローチを駆使して大略どのような手順でなされるか，といった問題を考えておこう。

いま，いくつかの地域の現在および将来にわたっての生活・産業活動に必要な水需要を満たすのに，対象とする空間スケールとして流域をとりあげ，その計画・管理問題を考えよう。なお，ここで流域をとりあげたのは，空間スケールとしてはそれを管理するという意味で処理することができるぐらいの大きさが望ましいこと，また後述するが，水資源あるいは水利用システムは水循環あるいは水文の循環といった水の実態・存在を前提としたシステムでなければならないと考えたからである。また，管理（management）とは計画（planning）も包含した広義の解釈とも考えられるが，ここでの取扱いは両者をフィードバック構造をもつ直列結合と考え，水資源システムの規模，配置，目標量などの基本フレームを決める段階を計画，その計画が実施された後の操作，運用機能高める段階を管理と考えている。とくに管理のウェイトが近年高まっているが，これにも計画管理と計画以上の異常事態に対処する実時間管理があろう。後者にいわゆる治水調整が含まれよう。

Fig. 6 はこうした計画・管理問題の策定プロセスをトータルな形で描いた一つの考え方である。すなわち，安全度あるいは信頼度を一応の目安として設定された計画あるいは基準治水に相応する施設・管理計画が水資源開発計画の主たる内容であり，基準治水を越えて水が異常に少ない異常治水を対象として，治水コントロールあるいは治水調整が企てられるとの考えである。ちなみに最近の治水事例としては Table 2 のように頻繁に生起している。53年以降も沖縄，四国などで厳しい治水を経験している。ただ，従来，基準治水を対象とした水資源開発と，異常治水を対象とする治水コントロールは互いに独立した形で展開されており，前者を運用計画まで含めて計画したとしても，水資源開発を実施する場合，治水時の対策をおこまずに事業を進めてきたきらいがある。なるほど，施設建設が水不足問題を解消し，異常治水の頻度を少なくする大きな柱であるが，今後はその建設の困難さともあいまって，ますます既施設群の有機的・合理的運用，

さらには統合管理といった側面が強調されてくるすう勢にある。その意味で、計画と管理のギャップ、それを埋めることの必要性を図中……の関係で導入したい。

その他、図中には多くのフィードバック構造が組入れられている。地域の活動計画へのフィードバックは軽々しく導入すべきでないが、水、土地、人間一体となった開発をめざす必要性の高まりとともに、地域によってはとり込む必要性がでてくるのではなかろうか。

つぎに、□で示した水資源開発計画をもう少し具体的に概観しておこう。すなわち、長期的な水資源開発計画の立案にあたって、運用計画までも包含した詳細かつ信頼度評価を組み入れた計画立案をはからなければならないということである。その一つのアプローチとして Fig. 7 に示す3段階を踏えた計画モデルの構成を考えたい。Fig. 7 のスクリーニング段階 (screening model) においてはシステムの規模や配置、操作ルールなどの基本フレームを水文システムとしては平均値情報 (時系列としても平均パターンあるいは代表年の流況)、極値情報を基礎に最適化手法 (linear programming, dynamic programming, nonlinear programming さらに multi-objective, multi-level optimization techniques, stochastic optimization technique など) を駆使して (モデルの単純化が不可欠) 多くの代替案の中からいくつかの代替案にしぼる。つぎに、この選択された代替案およびその近傍の改善方向の代替案をシミュレーション段階 (simulation model) にかける。すなわち、シミュレーションモデルは、1) stochastic なインプットに対するシステムの物理的挙動を評価し、2) 与えられたシステム形態の経済的応答 (目標達成度合と過不足に伴う) を評価し、3) それら物理的、経済的評価を改善する方向を示唆する、機能をもっているから、より詳細かつ信頼度評価を組み入れた出力応答面を構成することになる。そしてこのシミュレーションモデルが示唆した改善方向に決定変数の値を変化させ、その改善がもはや得られないとき、それが optimal solution になると考え、つぎの段階に移る。このシミュレーション段階での optimal solution 探索には search optimization technique が有効である。最後に、この立案された水資源開発計画は、計画最終年あるいは平衡・定常状態での姿であり、実現までの時間内で予算の制約下、需給ギャップの不満度などを最小ならしめる形で、どういう順序でシステムを建設していくかというシーケンシャル段階 (sequential model) のモデル展開をはかるのである。もちろん、こうしたモデル構成においても各段階間でフィードバックがあったり、2つの段階を同時に組み入れた形で展開されることもある。

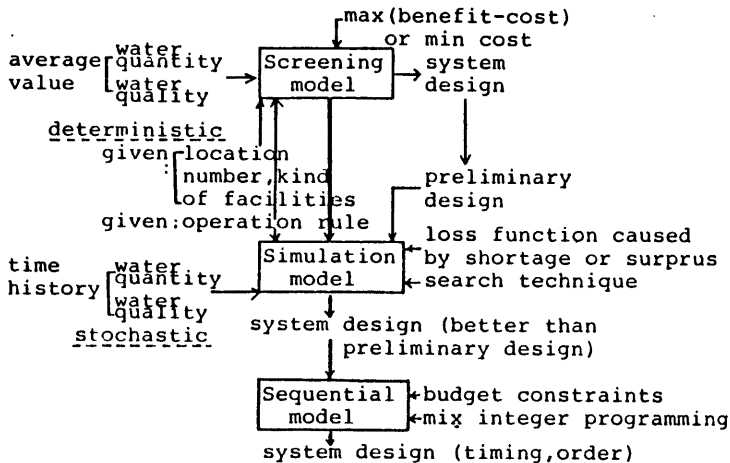


Fig. 7 Screening, simulation and sequential stages in model making of water resources systems

以上、水資源をとりまく環境の広汎・多岐かつ複雑化の様相を踏まえ、それに対処する方法としてシステム論的アプローチの必要性および計画・管理問題の策定プロセスなどについて概括的に述べてきた。以下では、こうした全体的な流れを踏まえ、総合的な水資源開発をめざす上で議論しておかなければならない課題をいくつかとりあげておきたい。

7. 水循環プロセスに根差した水利用システム

Fig. 8 は水循環システム、いわゆる水文システムに焦点をあてて、水資源システムの諸側面を描いたものである¹⁾。水循環システムに焦点をあてたのは水は元来、水文の循環のもとにあり、水の利用システムも水文的循環という水の实態・存在を前提とした社会システムであると考えたいからである。また、現実にもわが国の水資源は量的にもコスト的にもまだまだ河川表流水に依存しており、こうした立場でのシステム構成が重要であること、水資源システムの入力情報が不確定性に満ちているが、そのかなりの部分が水文現象の確率的変動に支配されていること、などもこうした位置づけをした背景になっている。

ダム、堰、浄水場、灌漑施設、下水道、終末処理場など多くの利水施設が流域に張りめぐらされてくるにつれて、自然水循環モデル（長期あるいは低水流出解析モデル、地下水変動解析モデルなど）に加え、用・排水循環モデル（とくに河川表流水に占める農水の割合を考えると、農業用水の取・排水あるいは還元モデルが、また種々の排水プロセスを考えると水質システムモデルが今後とも重要）の構成が不可欠であることはいうまでもない。

われわれはこうしたモデル構成を踏まえ、水循環システムが水需要や汚濁負荷の発生にともなう種々の擾乱や利害対立を吸収し、いつまでも利水システムが安定なシステムとして機能するように計画し、管理しなければならない。

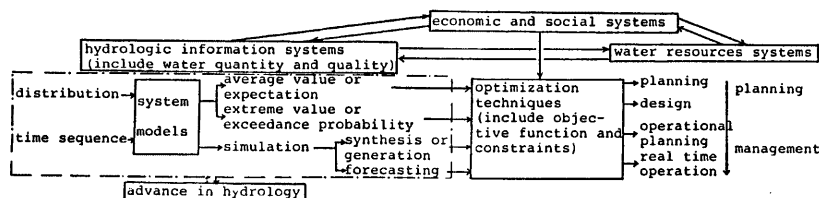


Fig. 8 Interrelation of hydrological system and water resources system

8. 長い視点にたって水資源開発を

昭和58年3月国土庁水資源局は、近年における経済社会情勢の変化ならびに水資源開発適地の減少、水資源開発期間の長期化などの傾向を踏まえ、21世紀へ向けて計画的な水資源開発の当面の指針となるよう、関係各機関の長期的な経済社会展望をもとに、21世紀（西暦2000年および2010年）における水需要の検討結果を公表した⁴⁾。それによるまでもなく、水需要は一時に比べるとその増加率がスローダウンしている傾向もあるが、確実に増加の基調はくずしていないし、今後とも人口の増加がある以上、生活水準の向上を望む以上、さらに産業の停滞ない発展をはかる以上、水需要は増加するものである。ここにも長期的な視点が必要である。もちろん、水需要予測の長期化にあつては、不確実さの増加に伴ってその予測結果の信頼度は低下しよう。現在、われわれは外生変数やシナリオをその不確実さに応じて多数組み合わせる方向で対処しようとしているが、可能な限り、マスタープランや地域計画のなかに基本フレームを内生化していく努力が必要であり、内生化しながらフィードバックをかけて調整していく必要があろう⁵⁾。

こうした水需要予測の長期化に加えて、水資源開発施設の建設の長期化や、長期的水文データに基づく安全度評価の必要性などの側面からも長い視点にたって水資源開発を考えたい。

9. 安定した水供給をめざして

昭和46年代は急増する水需要に対処すべく、ダム等の水資源開発・供給施設が先行的に、またあるものは後追的に建設されたが、大都市地域などの都市用水急増地域では需要に追いつかず、豊水水利権といった不安定取水でまかなわざるをえない状況も生み出されている（昭和50年時点で全国で年間33.2億トンが不安定取水であり、不安定取水への依存度は関東地方で約1/3、近畿地方で約1/2といわれている）。このことはひとたび渇水に見舞われると深刻な社会・経済的負のインパクトをもたらすに違いない。さらに、オイルショックなどを契機に、経済は低成長、安定成長へ移行するとともに、水利用にあっても合理化が叫ばれ、現に工業用水などはかなりの回収率の向上をはかってきている。最近では大工場では回収率は平均90%を越えている状況であり、使用水量はのびているものの補給水量は減っている。こうした回収率の向上は、単位の水を10倍近く使っていることになるから、それだけ水が貴重になってきており、逆に安定供給がより厳しく要求されてきていることにもなる。

また、最近はいずれの河川も大なり小なり河川利用率が増加してきている。このことは渇水との関連で言えば、1)河川利用率が増加するにつれて渇水の終了時期（貯水池必要容量が最大になる時期）は遅れる傾向にあり、渇水の回数は減少するが、期間は長期化する、2)従来は、主たる渇水は、灌漑用水取水の増大する夏期に集中していたが、年間を通じてほぼ一定の取水量となる都市用水需要の増大とともに冬期にも渇水が発生する可能性が大きくなってきている、3)河川利用率がさらに増大すると、貯水量変化は経年型となり、前年の少降雨が次の年における渇水の要因となる恐れもある、といった問題を生み出しつつある⁶⁾。

さらに渇水の評価指標として、現行の渇水発生頻度の他に、ある貯水池容量を設定した場合の水不足の度を示す不足%・日、あるいは渇水の厳しさを考慮した渇水被害関数や、渇水被害額の累積値を計画総水利用量で除した渇水被害可能額などが考えられているが、Fig. 9 はあるダムにおける約30年間の流況を用いて、これら各渇水指標が河川利用率とどのような関係にあるかを示したものである⁶⁾。この図から、1)発生頻度を指標にして利用率を向上させていった場合、不足%・日、被害関数あるいは渇水被害可能額は相対的に増大していく、2)開発効率（年間利用可能水量/貯水池容量）は利用率の上昇とともに急激に低下している。今後の水資源管理の方向づけを考察するに当たって、渇水被害の増大傾向のみならず、開発効率の低

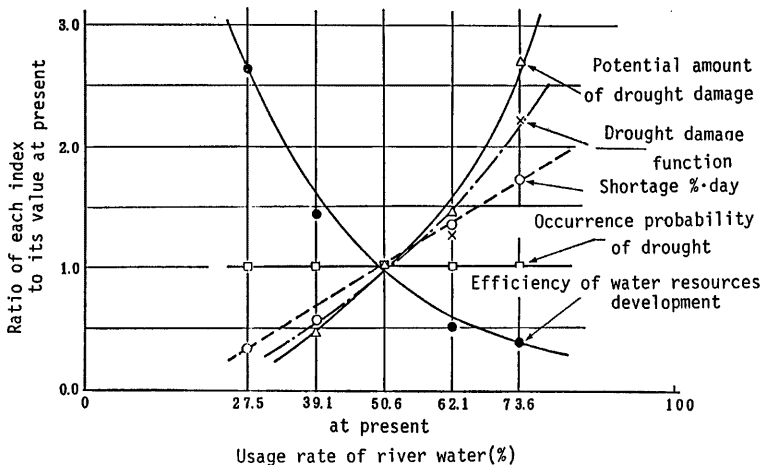


Fig. 9 Interrelation among drought indices and usage rate of river water

下というもう一方からの水コスト上昇要因を考慮しなければならないことを示している。

このようにみえてくると、大都市地域での渇水頻発はもちろん気象条件に負うところも大きい、都市用水のかなりの部分が不安定利水に依存していること、河川利用率の上昇による貯水池貯水量の回復の長期化などに負うところもあり、ひとたび渇水に見舞われると水利用合理化にともなう水使用弾力性の低下などともあいまって、深刻な渇水被害をもたらす、その社会・経済的インパクトを大きくしているという構図を描くことができよう。

このことは安定した水供給を目指す必要性を訴えており、効率性よりもとり、安全度・確実度を目指す施策、渇水に対する安定性を確保する施策をコストを勘案しながら、あるいは考え方によって一見高価になっても水を一日たりとも欠かすことなく供給するためには重視していくべきであろう。

われわれは当然、節水意識を高揚し、節水に努めなければならない。節水可能量の算定は、水供給の弾力性、あるいは安全弁としての評価をはかる上で今後とも議論していく必要があるが、それがいきすぎると、いざ渇水に遭遇した場合、水使用の弾力性低下に伴う被害インパクト増大に結びつく可能性もある。ここでは河川の維持流量の確保（ときには過大確保）をとくに強く訴えておきたい。

10. 一体的な水資源開発・管理を

前述の Fig. 2 では、水を取りまく環境を流域での自己完結型で描いており、最大限の努力を払って水資源開発、水環境保全をはかるものの、量的、質的あるいはコスト的にバランスしない場合あるいはバランスしない時期においては流域の活動計画にもフィードバックしてトータルでバランスするように働きかけることをもめているものである。もちろん、水資源だけが流域での経済・社会活動の源泉でなく、土地、労働力、エネルギー、資本など多くの条件が社会活動には必要である。だが、流域には人間、経済活動が満足いく形で収容しうる容量なるものがあるやに思われる。3. の総合的な水資源対策の推進方策のところでも指摘されている地域の適正構造にも関連しているが、流域容量と人間の活動の調和をはかる意味での流域管理あるいは流域経営といったイメージの登場である。すなわち、流域管理とは、水循環を軸として流域の土地利用を総合的にとらえ、今後とも増大する人間の諸活動に対応した流域容量を総合的、創造的に拡大するとともに、その容量の範囲内に人間の諸活動がおさまるよう両者の調和をはかり、安全で快適な環境の維持・増進をはかろうとするものである⁷⁾。

もちろん、こうした流域管理を実効あるものに高めるには少なくとも水管理にあっては統一的水管理の方向性が浮かび上がってこよう。その一つとしてダムと森林を一体とした流域管理、およびダム群の統合管理があげられよう。前者にあってはダムと森林がもつ諸機能を定性的から定量的な議論へ、また個々のテーマはもちろん総合的なとりまとめについての議論へ高めるために、少なくとも研究面において、森林水文学と河川水文学の何らかのドッキングが必要である。後者にあっては、降雨やダム流入量の予測技術や最適化問題としてのダム貯水池群操作などに関する研究に鋭意取り組んでいる⁸⁾。

その他、一体的な開発・管理問題にあっては、水資源開発施設、水供給施設、下水道施設および環境保全施設などの整合ある建設計画をたて実行していくことも重要である。

11. 渇水時の対応策

河川表流水の高度開発、利用をめざして、ダム貯水池の計画、管理問題を検討してきたが、自然現象の不確定さのもとではある設定された安全度で計画運用面も含めた形で施設計画が立案される。一方、Fig. 2にも示したように、基準渇水を越えて水が異常に少ない異常渇水に対してもわれわれは何らかの対応策を考えておかなければならない。その基本は、被害が最小限となるような供給方法と利用方法を目指すことになろう。もちろん、渇水時であってもダム貯水池による節水運用および需要側での水利調整が効率的な対応策であろう。そして効率的な貯水池操作・運用のためには渇水被害の適確な把握・計量が必要であり、それらを駆使した形で水需要者に不公平感を与えないトータルで被害最小の運用方策をさぐる必要があろう。

渇水時の対応策としてまず、河川表流水と地下水の有機利用が考えられる。昭和53年の全国的な渇水について、渇水の厳しさや渇水が生起するか、しないかといった内容について分析すると、渇水時において安定した地下水取水ができるか否かが一つの重要な要因であることがいえる⁹⁾。従来、河川表流水と地下水の利用はそれぞれ別個に単独におこなわれる場合が多く、地下水のもつ貯留機能を十分に活かしていないのではなかろうか。地下水の積極利用は、地下水障害はもちろん避けねばならないが、地下水は河川表流水の開発の補完機能や渇水時の安定供給機能などをあわせもっているものであり、こうした側面からも河川表流水と地下水の有機利用・運用問題を積極的に考えていく必要がある。

つぎに、渇水対策ダム（あるいは緊急水備蓄ダム、経年貯留ダム）の建設がある。こうしたダムは大都市圏周辺の水利用の高度化した河川において、異常渇水時に通常の新規水資源開発を目的に建設された施設の貯留水が使われてしまい、水源施設による対応が不可能となった後も最低限の生活と都市機能とを維持するために必要な水を確保するために必要な渇水対策容量と下流の治水対策のための洪水調節容量の確保を目的とした施設である。

研究面においても、こうした渇水対策ダムの規模決定問題¹⁰⁾や、計画運用手法の検討¹¹⁾がなされており、渇水対策ダムが利水安全度の向上にどの程度寄与するかが評価されている。今後、渇水対策容量の建設に要する費用負担の問題など法制度を含めて検討されていく。平常時において維持流量を高めておくことの必要性、異常時における渇水対策ダムの必要性、これらは今後、大いに議論していく必要がある。

12. 望ましい水用システムの構成

すでに述べてきたことも含めていえば、ダム貯水池の建設に加え、水源かん養、水道配管の漏水対策、ダム堆砂の除去、表流水と地下水の有機運用、水利権の調整、ダム貯水池群の統合管理、価格政策、節水、排水再利用、都市計画と上下水道計画の整合など、どちらかというソフトな施策との一体化によって、総合的な水資源開発と水利用体系が確立されていくことになる。

水は元来、水文の循環のもとにあり、水利用システムもその水文の循環という水の実態・実在を前提として考えなければならないことはすでに繰り返し述べてきた。今日の水利用システムは、とくに都市においては水を観念化しており、実在化した取扱いに欠けているきらいがあるのではなかろうか。その原因はいろいろ考えられようが、たとえばシステムのみにれば集中型（lumped）の取扱いに奔走し、システム内の水循

Table 3 Comparison between lumped-open system and distributed-closed system

Lumped-open system	Distributed-closed system
Cheaper in cost	Comparatively high in cost
Easiness of maintenance and management	Complexity of maintenance and management
Promote the irresponsible attitude	Establish the responsible attitude
Construct the large-scale facilities and enter into the heart of mountain in order to gain the source of water	Good enough in small-scale facilities and near oneself
Damage is amplified at the failure of system	Damage is dispersed or weakened
Unconcern for the realities of water	Strong concern for the realities of water
Not easy to exhibit the control action	Easy to exhibit the control action
Make the characteristics of water usage system uniformly	Easy response to the variability in the characteristics of water usage system

環境プロセスをあまり考慮してこなかったことに結びつかないであろうか。水文学の発展が lumped system から distributed system model に向っている今日、水利用システムにおいても水循環の distributed system に呼応したシステム構成を考える段階にきているのではなからうか。その意味で、概念的に集中型オープンシステムと分散型クローズドシステムをとりあげ、Table 3 のような形でその利害特質を列挙してみた¹²⁾。方向性としては水利用システムは分散型クローズドシステムへ転移していくことが、少なくとも大都市域の経済的水不足にとまらぬ渇水問題を解決していく技術的、精神的方法論ではなからうか。あくまで水の立場、水使用量の側面を強調した形であるので、まだまだ経済的効率にウエイトをおくならば、その移行には問題があるわけであるが、今後、こうした両システムの詳細な比較分析が待たれよう¹³⁾¹⁴⁾。

以上、水資源の計画・管理問題とその研究動向と題して述べてきたが、もとより内容がシステム論的に構成されていなかったり、研究不足・不備な点が多々あったり、研究レベル、行政レベルでの絶え間ない努力をかえりみなかったり、きわめて不十分な展開になっているが、日頃考えていることを発表させていただいた次第である。御静聴ありがとうございました。

参 考 文 献

- 1) 池淵周一：水資源開発と渇水コントロール，土木学会水理委員会水工学シリーズ80-A-5，1980，pp. 1-6。
- 2) 河川審議会：総合的な水資源対策の推進方策について，（中間答申）1981，解説については下記等の文献がある。
廣瀬利雄・竹林征三：総合的な水資源対策について，水経済年報1982年版，（財）水利科学研究所，1982，pp. 3-48。
- 3) 江藤剛治：利水施設の計画手法，土木学会関西支部講習会テキスト「水資源システムの分析・計画・管理および保全に関する最近の技術」第3編，1983，pp. 72-73。
- 4) 国土庁水資源局編：21世紀の水需要—地域経済社会の変化に備えて，1983。
- 5) 池淵周一：水需要の構造分析と予測，土木学会関西支部講習会テキスト「水資源システムの分析・計画・管理および保全に関する最近の技術」第2編，1983，pp. 66-68。
- 6) 大内忠臣・佐々木元・松下越夫：利水安全度問題に関する2，3の分析と考察，建設省土木技術資料24-1，1982，pp. 21-26。
- 7) 建設省河川局・林野庁：流域管理計画調査報告書，1983，pp. 38-39。
- 8) S. Ikebuchi, T. Takasao and T. Kojiri: Real-Time Operation of Reservoir Systems Including Flood, Low Flow and Turbidity Controls, Proc. of International Symposium on Real-Time Operation of Hydrosystems, 1981, pp.25-46。
- 9) 池淵周一・嶋田善多：渇水的地域的特性とその要因構造分析，京大防災研究所年報第25号B-2，1982，pp. 297-315。
- 10) 石原安雄・友杉邦雄他：貯水池系による水供給の不安定性の保障基準について，土木学会第38回年次学術講演会概要Ⅱ-77，1983。
- 11) 佐藤幸甫・森元英司・三木洋一・福田信行：利水安全度と緊急水備蓄ダムの一考察，第2回水資源に関するシンポジウム，1982，pp. 509-514。
- 12) 池淵周一：水資源開発計画の最近の諸問題—総合的な水資源開発を目指して，ダム技術vol.2, No.1，1984，pp. 5-21。
- 13) 山口高志・吉川勝秀：流域の取排水システムに関する2，3の考察，建設省土木技術資料21-9，1979。
- 14) 池淵周一・小尻利治・飯島健：利水システムの安全度評価とその最適計画への適用，土木学会第38回年次学術講演会概要Ⅱ-78，1983。

PLANNING AND MANAGEMENT PROBLEMS OF WATER RESOURCES SYSTEMS AND THEIR RECENT RESEARCH

By *Shuichi* IKEBUCHI

Synopsis

Most water systems in the urban areas are already developed. At the same time they are highly complex. This is true with respect to physical configuration, planning, management, environmental interactions, etc. The large-scale and multi-objective systems make increase the level of complexity. The methods of system analysis or systems approach have played an important role with an increase of complexity. This paper proposes the systems approach to planning and management of this complex water resources sytems. The main procedures of systems approach bring to focus on hydrological, long term in future, reliable or resilient and comprehensive aspects of water resources systems.