

(20) 広域的水道整備計画方法論

(株)日本水道コンサルタント

萩原 良巳 辻本 善博

//

○与田 博恭 釣 慎一

//

小泉 明 大野 信厚

1. はじめに

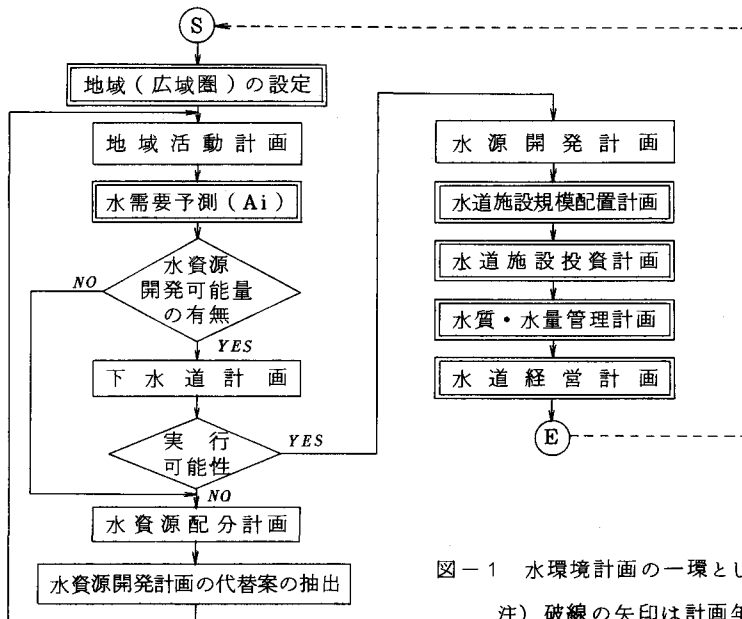
近年、水質源の枯渇、水需給のひっ迫化、建設費・維持管理費の高騰等の水道をとりまく諸環境の変化が生じている。この変化に適応するため水道の広域化が提案され具体化されつつある。広域的水道整備計画を策定するに際して、この計画とその他の水環境を構成する計画とのつながり、位置づけを明確にしたうえで総合的な観点からの把握・分析が必要となることはいうまでもない。水道の広域化にはメリット・デメリットが存在する。これらについては種々の議論があるが、ここでは重複をさけるため言及をさしひかえる。本研究の目的はメリット面に注目した広域的水道整備計画の方法論を提案するものである。

計画の策定にあたっては、計画の動機・目的を明確化する必要がある。また、計画主体の立場および諸々の地域活動計画、その他の利水計画等との関連を考慮することによって、計画を作成しなければならないことはいうまでもない。

このため 2. では、広域的水道整備計画の水環境における位置づけおよび諸々の計画との関連について言及し、その問題点を指摘する。そして 3. では、その具体的アプローチ法を提案する。

2. 広域的水道整備計画の位置づけとその問題点

参考文献 4) で提案した地域における水環境計画プロセスは水環境を閉鎖型と認識し、利水計画と地域活動計画との関連を示したものであった。この計画プロセスの特徴は常識的ではあるが大きく次の五点にある。



図一 水環境計画の一環とした水道計画プロセス

注) 破線の矢印は計画年度の推移を示す。

- 1)水環境を閉鎖型として認識すること。
- 2)水環境と地域活動計画とを相補的關係にしていること。
- 3)水資源配分計画に、公共用水域の容量、および汚濁インパクト最小化の概念が加味されるべきこと。
- 4)諸々の計画が、地域住民の意志によるチェックを必要とすること。
- 5)利水計画においては、水の再利用をも考慮されるべきこと。

水需給がひっ迫化し、水資源の枯渇が著しい現在、上述の諸点をも考慮した広域的水道整備計画を作成する必要がある。このため、図-1に示すような水環境計画における水道計画プロセスを提案することとする。各サブシステムについては、3.で述べることとし、ここでは特に重要と思われる広域的水道整備計画にあたっての問題点を以下に指摘する。

計画策定の基本的立場の相異から二つの計画主体のレベルが考えられる。すなわち、一つにはナショナルミニマムの言葉で代表される利害の平均化を目的とする上位行政体である。他方、この上位行政体に対し、地域住民により密着した下位行政体が存在する。この下位行政体は地域住民に還元される利益が大であればあるほど広域的水道整備計画への参画に対し意欲的になると思われる。逆に、損失が想定される場合には計画への参画に対し消極的になり、場合によっては拒絶することも考えられる。このように、目的意識の相異から各レベルでの結論が必ずしも一致するとは限らない。従って、この問題をレベル間の競合問題として認識し、この解決のためゲーム論的アプローチが必要と思われる。しかし、この問題の解決は非常に困難であり今後の重要な研究課題である。ここではとりあえず計画プロセスにおける目的・立場の公表を前提として、住民意志による目的、制約条件等の検討が必要であることを指摘するとともに広域化の是非の総合評価システムの構造化の必要性を示唆するにとどめることとする。ここでは、広域的水道整備計画を行うという実際の立場に立ってより詳細な研究の方法論を示せば図-2のようになる。以下においては、この図-2にもとづいてサブシステムの説明を行うこととする。

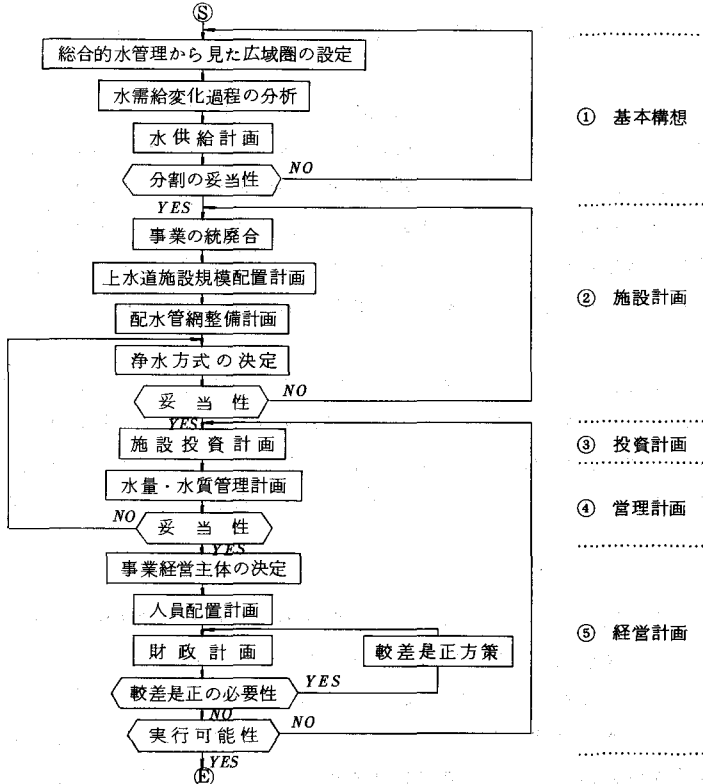


図-2. 広域的水道整備計画プロセス

3. 計画過程構成要素

図－2で示した計画プロセスは、大きく五つに分けられる。すなわち、基本構想、施設規模配置計画、投資計画、管理計画、および経営計画の各サブシステムである。フィードバックを含む各サブシステムは相互の関連のもとに情報が交換される。まず、基本構想においては地理的、社会経済的条件をふまえた総合的水管理の観点から圏域設定が行なわれる。つづいて、各圏域について将来水需給の変化過程を分析し、さらにその他の利水計画、地域計画等との関連のなかで水需給の均衡化方策を提案する。この方策の実行可能性の検討により、実行可能であれば、当初の圏域設定案を選択する。もし、実行可能でなければ圏域設定の再検討が必要となる。つぎに、施設規模配置計画では、事業の統廃合を加味した施設の配置および規模の決定を行う。これらの計画が目標時点を対象としていることから次ステップである投資計画では、上述の施設計画に対して時間軸上での検討を加える必要がある。さらに、上記計画にもとづき、圏域における維持管理の在り方を検討する。また、経営計画においては、財政計画、人員配置計画および料金較差は正方策等について考察する。

つぎに、これらサブシステムについて概説することとする。

① 基本構想

1) 広域圏の設定；水道の広域圏の設定に際しては、本来、地理的、社会経済的条件をふまえた総合的水管理の立場で検討を行う必要がある。この結果、広域圏がたとえば河川流域単位で区分されることとなり、現実には行政的問題や圏域の整合性の問題を生ずる地域もある。これらの地域においては、単に総合的水管理の立場で圏域を設定することができない。このため、ここでは最小行政単位（地区）が有する社会経済的要因並びにその地理的關係を同時に考慮した圏域の設定を行う。すなわち、各地区における人口、産業別就業者数、出荷額等の社会経済的要因と地区間の時間距離を同時に考慮した統計解析（主成分分析、あるいは判別関数）により圏域の設定を行うものである。しかしながら、この段階では圏域における水需給のバランスの問題からのフィードバックによる広域圏の再設定を考慮していないため、つぎの水需給の変化過程の分析においてこの検討を行う必要がある。

2) 水需給変化過程の分析；広域圏が設定されると圏域内の水需給状況を、現在から、将来にわたって社会・経済の変動の中で分析することが重要となる。このため、圏域での水資源量の不足および水質の悪化を利水行政にフィードバックさせ、かつ水需給を社会・経済活動との関連のうちにダイナミックに把握し、水配分計画および公共投資配分計画を組み入れたシステムモデルを作成する。なお、モデル作成にあたっては、統計解析・SDが有力な手法と考えられる。そして、このモデルによるシミュレーション分析結果から将来の計画策定に際し必要となるいくつかの指針をうる。この結果、各圏域における水需給の均衡化方策が可能となる。

3) 水供給計画；水需給変化過程分析において適用されたモデルは、圏域を単位として水供給量が算定されているため、水供給量を地区別に配分する必要がある。地区別用途別水供給量の配分は、水量・生産活動等の制約条件のなかで、生活の向上、環境汚染防止および水の有効利用等を目的として決定されるべきである。この決定の方法として、ここでは、たとえばLPモデルあるいはGPモデル（目標計画法）の適用を提案する。

② 施設計画

1) 事業の統廃合；現在ある水道事業を対象として、老朽度・給水水質・経営状況等の統廃合にかかわる評価項目をまず抽出し、これらの諸観点から総合的な診断を行う。この診断の方法としてたとえば、判別関連による方法および評価システムによる方法が考えられ、この結果により統廃合の決定を行うこととする。

2) 施設規模配置計画；広域的水道整備計画において、浄水場・パイプ等の位置および規模の決定は重要な計画課題である。施設規模配置計画に対する評価は種々考えられるが、ここではまず、経済的評価を行った上で、総合的な評価を加えることとする。すなわち、浄水場の立地可能点をあらかじめ仮定した上で地区

別将来水供給量を制約条件とし、圏域全体でのトータルコストが最小となるような施設規模配置計画¹⁷⁾のモデル化を行い、この数理モデル（非線形計画モデルあるいは非線形混合整数計画モデル）により複数個の代替案¹⁸⁾を抽出することとする。つぎに、自然・社会・技術等のカテゴリーを含む総合評価システムを構築した上で、抽出した代替案について総合的な観点から計画案の選定をおこなう。上述の総合評価システムの援用により、従来、経験的な観点から一義的に行われた浄水処理方式の決定も可能となる。

③ 施設投資計画

施設計画は長期の目標年次を対象としてなされるため、ここではこれらの施設に対してどの時点で投資をすべきかを検討する必要がある。このため、水需給のバランス、事業の統合過程を制約として、各施設の効用の総和を最大化するようなたとえばDPモデルとして施設投資計画の定式化²⁶⁾を行うこととする。

④ 管理計画

ここでは、取水、導水、浄水、送水、配水等をトータルシステム^{20) 21) 22) 23)}としてとらえ、水量、水質の維持管理を目的として、運転・施設の制御ファクターを組み入れたSD等による制御システムモデルを作成する。そして、このモデルを用いたシミュレーションの結果、より好ましい維持管理の方法の発見が可能となる。

⑤ 経営計画

1) 財政計画・④の2)の施設規模配置計画により得られるプラント建設費・パイプ布設費・維持管理費の概算値を用いて、各年次における給水原価を推定する。この結果から、統合過程における各事業体の給水原価の変動・事業体間料金較差等を把握することが可能となる。なお、著しい料金較差を生じる事業体については、さらに、3)において料金較差は正方策を検討する必要がある。

2) 人員配置計画；一般に維持管理費における人件費の占める比率は小さいといふものの、人員の合目的配置は計画如何によって広域的水道整備計画の基盤をゆるがすと考えられる。ここでは、現在就労中の技術員のみを対象として、機能性・効率性に注目した人員配置LPモデル²⁴⁾による最適配置計画を行う。しかしながら、労働問題・人権等の社会的問題が残り、実行には困難性がともなうことはいうまでもない。

3) 料金較差は正方策；現在、水道事業体間には著しい料金較差を生じているところが少なくない。とくにこの問題は広域的水道整備計画を策定する上で大きな問題となる。料金較差は正方策は種々考えられるが、このとき、水に対する住民意識を数量化理論（Ⅱ類、Ⅲ類）等により分析することは可能であるが、2.で述べたような計画主体の二つのレベル差により一意的に解決することは困難である。この問題は本質的にはポリディカルエンジニアリングの問題である。しかし、経済学的観点にすればこの問題は水価格形成問題²⁵⁾に帰着する。

4. おわりに

本研究においては、広域的水道整備計画方法論としてその位置づけ並びに具体的な方法について述べた。ここで提案した計画プロセスは計画を行うという実際的な立場から提案されたものであり図-1に示した水環境計画における本来の広域的水道整備計画プロセスの作成が今後の研究課題となる。このため水道・下水道とかのせまい枠ではなく学際的なアプローチが必要になる。なお、具体例を通したケーススタディについては、紙面の都合上割愛した。

最後に、本研究のため御助言をたまわった㈸日本水道コンサルタント夏期集中ゼミナール・水量管理研究プロジェクトの各位に対し謝意を表する。

<参考文献>

- 1) たとえば 吉江恵昭；広域水道圏のあり方、水道協会雑誌№500、1976
- 2) 長尾義三；土木計画序論、共立出版、1976
- 3) 萩原良巳；水環境計画に関するシステム論的研究、京都大学博士論文、1976
- 4) 萩原良巳・小泉明・辻本善博 他7名；下水道整備計画におけるシステム論的研究X、土木学会第13回衛生工学研究討論会講演論文集、1977
- 5) Okada N. and K. Yoshikawa: *System Dynamics Approach to the Water Resource Management Related to the Regional Development, Pacific Regional Conference, 1975*
- 6) 萩原良巳・辻本善博；システム・ダイナミックス手法による水需給変化過程の分析、NSC研究年報Vol.5、№1、日水C、1977
- 7) Hamilton, H.R. and others: *Systems Simulation for Regional Analysis, An Application to River Basin Planning, The MIT Press, 1969*
- 8) 萩原良巳・小泉明・釣慎一 他；広域市町村群を対象とした水需要予測と計画給水量決定に関する研究、NSC研究年報Vol.5、№1、日水C、1977
- 9) 高棹琢馬・池淵周一；水の需給構造に関するシステム・ダイナミックス論的研究、土木学会論文報告集№259、1977
- 10) 萩原良巳・与田博恭・小泉明・辻本善博・釣慎一・大野信厚；広域的水道整備計画に関するシステム論的一考察（I）、NSC研究年報Vol.5、№1、日水C、1977
- 11) 金子敬生他；地域経済の計量分析、勁草書房、1973
- 12) たとえば、奥野忠一他；多変量解析法、日科技連、1971
- 13) 萩原良巳・小泉明・辻本善博；SDによる上水需給の変化過程の分析、土木学会年講、1977
- 14) 萩原良巳・中川芳一・辻本善博・堀雅文・西沢常彦；水需給の統計解析とそのシミュレーション、NSC研究年報Vol.5、№1、1977
- 15) 辻本善博；NSC第5回夏期集中ゼミナール（未発表）、1977
- 16) 小泉明・与田博恭； " " " "
- 17) 堤武・萩原良巳；下水道整備計画に関する方法論的研究、NSC研究年報Vol.2、№2、1974
- 18) 梶文宏・萩原良巳・植村稔・沼田篤男・徳田裕平；事業計画案選定のための総合評価システムに関する一考察—KPI地区における事例—NSC研究年報Vol.5、№1、日水C、1977
- 19) 大野信厚・釣慎一；NSC夏期集中ゼミナール（未発表）、1977
- 20) 小玉陽一他；システム・ダイナミックス、日本経営出版会、1973
- 21) Forrester, J.W.；ワールド・ダイナミックス、日本経営出版会、1972
- 22) 渡辺一司他；インダストリアル・ダイナミックス、東洋経済、1965
- 23) 深尾穀；システムの数理、築摩書房、1975
- 24) 小泉明；NSC第5回夏期集中ゼミナール（未発表）、1977
- 25) 萩原清子；水価格形成に関する基礎的研究、理論・計量経済学会、1977
- 26) 萩原良巳・中村正久；施設規模決定のための数学モデルに関する一考察、土木学会第26回年講、1971