

水資源システムの土木計画学的研究

北海道大学大学院環境科学研究科 正員 加賀屋 誠 一

北海道大学工学部 正員 五十嵐 日出夫

北海道大学大学院環境科学研究科 正員 山 村 悦 夫

1. はじめに

近年、都市計画、および地域計画策定の際、地域の適正規模決定要素として環境条件、資源条件を導入し、検討を行なう方法が一般的となってきた。水資源に係わる諸要素は、それらの中で最も不可欠で、重要な位置づけにあると言つてよい。例えば、最近水供給の困難さが顕著になるにつれ、首都圏などでは、市街化区域の線引き凍結宣言を行なっている県も出たり、また同様の理由で、将来計画人口目標を設定している市町村も全国的に数多く現われている。一方、開発に伴う流出現象の変化より、水害危険区域も都市化の急速な低地帯を中心に拡がり始め、建設省では総合治水対策事業を昭和58年度より充足させ、浸水予想区域の公表等も含め、流域管理のあり方について検討を行なっている。これらは、水資源管理計画が、流域あるいは、流域の諸計画と一体化されたものでなければならないこと、すなわち水資源システムは、流域の社会構造や諸機能を取り込む広汎な社会システムとして位置づけられなければならないことを示している。本研究では、以上の観点から、水資源システムの計画、管理問題をシステム論的にとらえるために、空間的には、水系単位の地域計画の位置づけを確立すること、対象主体としては、水資源管理を地域の諸活動と整合させるためのプロセスを確立すること、また時間的には、目標達成期間、あるいは、計画のライフサイクルを確立することに終局的目標をおいている。その第一段階として、本報告は、水資源管理のもつ複雑な問題について、定性的、定量的に整理し、それらを解決するために考えられた目標達成度を動的的に把握する方法について検討したものである。

2. 水資源総合的管理の検討方法と手順

総合的流域管理計画を考える場合の手順としては、D. C. Major 等の方法¹⁾(MIT methodology)にみられるように、3種類のモデル、すなわちスクリーニングモデル(Screening Model)、シミュレーションモデル(Simulation Model)およびシークエンシヤルモデル(Sequential Model)を用いて検討する方法がある。本研究では、基本フレームとして、これらの概念に基づいてシステムモデルを構築することとする。上述の各モデルについて略述すると、スクリーニング段階は、主に静的最適化問題(例えば多目的線形計画モデル)として、プロジェクト方式の適正規模等を決定するものである。そして、スクリーニングモデルで得られた諸情報を入力として、シミュレーション段階は、より詳細でかつ動的なモデルを構築、代替案による、システムの信頼度を考慮した計画立案をはかるものである。さらにシークエンシヤル段階は、純便益、予算、人口などの制約と、事業計画の相互関係による制約などを考慮して計画の期間内に最適な規模の計画を見い出していくものである。ここでは、基本的には、これら三段階法を採用し、図-1のような具体的手順を考えた。水資源管理問題は、本質的に複雑な問題複合体(Problematic)の典型ともいうべきものである。しかも、水資源の大規模な輸送あるいは、降水制御が困難な今日では、地域性が極めて強いことは、言うまでもない。したがって水資源管理目的のためのシステムモデルも、一般的な形、あるいは統一した形に構築するよりは、地域に密着した問題意識と、管理目的、およびそれらを達成すべく様々な代替案の動的信頼性の評価が必要となる。以下に、図-1に示される手順の概要を説明する。

i) 水資源管理目的の抽出と、目的の相対的構造の把握

ここでは、水資源管理のための複数目的について選択し、それらの目的の重要性について対象地域——ここでは水系単位すなわち河川流域を考える——での相対的位置づけを行なう。複数目的の選択は、あらかじめブレ-

ンストーミングによつて行ない、また目的の重要性に基づく階層構造把握のための構造モデリングは、対象地域の行政を携る各分野の人々を抽出し、行なつた意識調査結果を用いることとする。また構造化の方法として、F S M法 (Fuzzy Structural Modeling)を用いた。²⁾

ⅱ) 対象地域の自然環境、および社会環境の情報、統計データの収集

次に流域での水資源管理目的達成過程把握のためのシミュレーションモデルで用いる社会、生活、産業など社会環境に係わる情報や、水文統計、土地の地形地質特性などの自然環境に係わる情報収集を行なう。

ⅲ) 可制御要因と支援システム

次に、水資源管理問題において地域の諸情報の制御が直接影響を与えるものとして、a) 新規水供給量の配分、b) 土地利用、市街化区域の規制、c) 水資源目的達成のための施設整備、すなわち公共投資量などである。この中で、今回のスクリーニングモデルとして考えられたのが、新規水供給量の配分問題であり、土地利用管理はシミュレーションモデルの中でまた、投資については現状追従で非可制御的に取扱うこととする。

ⅳ) 水資源管理の施策代替案の選択支援システム

一般的に、動学的シミュレーション分析を行なう際の代替案選定のために、シナリオライティングの方法を用いるが、その支援システムとして、上述したF S M法を用い、施策の重要度の構造化を行なう。ここまでの、M I T方式のスクリーニング段階に対応している。

ⅳ) 水資源のための流域ダイナミックモデル

以上の情報を用いて、動学的予測モデルー流域ダイナミックモデルーを、システムダイナミック手法 (S D手法)を用いて構築し、様々な代替案による対象地域の将来の社会的挙動について分析する。

ⅳ) 水資源管理目的達成度の評価基準

ここでの評価基準として、生活用水達成度、工業用水達成度、環境基準達成度および、治水水準達成度を考える。各々達成度は、次式によつて表わされ、それぞれの代替案ごとに評価される。

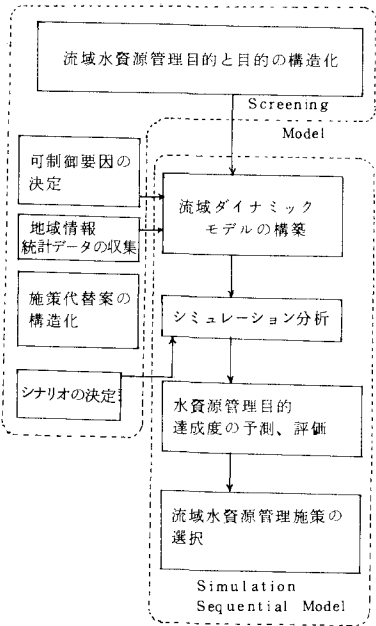
- a) 生活用水達成度 $W_{i1} = W_s^i / W_d^i \cdots \cdots (1)$ W_s^i : 生活用水供給量、 W_d^i : 生活用水需要量
 - b) 工業用水達成度 $W_{i2} = W_{ins}^i / W_{ind}^i \cdots \cdots (2)$ W_{ins}^i : 工業用水供給量、 W_{ind}^i : 工業用水需要量
 - c) 環境基準達成度 $W_{i3} = Q_s^i / Q_r^i \cdots \cdots (3)$ Q_s^i : BOD 環境基準規制量、 Q_r^i : BOD 環境汚濁負荷量
 - d) 治水水準達成度 $W_{i4} = F_p^i / (F_o^i + F_p^i) \cdots \cdots (4)$ F_p^i : 年平均軽減被害額、 F_o^i : 年平均想定被害額
- i; 水系内の行政単位 (流域内市町村)

以上が、シミュレーション段階および、シークエンシャル段階に対応する部分である。

3. 使用手法とモデルの概要

i) 水資源システムの構造化モデリング

水資源管理の目的を考えると、河川流域の機能の多様化と対応して、多目的志向が強まりつつある。一般的に流域の機能として、利水 (Water Utilization)、治水 (Flood Control)および水質保持 (Water Quality Control)があげられる。これは、水の側面から大別された場合であるが、方向を変えて、人間の生活環境面から考えると、必需性、安全性、快適性および充実性の4属性に集約される。本研究で選択された生活環境向上のための水資源管理目的は、以上の4属性で位置づけされる。また、水資源管理のための施策をみると最近では、技術的側面から社会的側面へとその比重が増し、相互の施策結合による統合的水資源管理施策



図一 流域水資源管理計画の検討方法と手順

へ移行すべきであるという傾向が強まっている。したがってそれら多様多岐にわたる施策相互間重要度評価による構造把握を行なうことは、現況の流域の特性および将来採るべき施策を理解するためには有効である。こうした複雑な問題複合体の構造把握の手法として、数種の方法が開発されているが、よく用いられるのは、ISM法やDEMATEL法などである。本研究で用いたFSM法は、2項関係をあいまい代数として捉え、演算を行なうものである。したがって2項関係決定の際に、厳しい条件が緩和され、利用がより弾力性を増す特徴がある。しかしながら構造化手法そのものは、J. N. Warfield⁴⁾等によつて開発されたISM法と類似のプロセスによつて分析される。FSM法による構造化の手順についてその概要を田崎らの手順によつて表わすと以下になる。

いま対象システム $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ として、抽出された要素間の従属関係（ここでは、重要度の優位関係）をあいまい従属行列 A で表わす。

$$A = [a_{ij}] \quad \dots\dots\dots (5)$$

行列 A は、 $n \times n$ 行列であり、その要素 a_{ij} は、あいまい2項関係(6)式で与えられる。

$$a_{ij} = fr(S_i, S_j) \quad 0 \leq a_{ij} < 1 \quad \dots\dots (6)$$

a_{ij} は、要因 S_i が要因 S_j に従属する可能性（ S_i が S_j より重要である可能性）を示すものである。これらの2項関係の性質に関して次の定義をする。 p を与えられた実数（閾値）（ $0 < p \leq 1$ ）とすると、

- I) $a_{ij} \leq p \rightarrow$ あいまい非反射的 $\forall (S_i, S_j) \in S \times S$
- II) $a_{ij} < p$ あるいは、 $a_{ji} < p$ の少なくともどちらか一方が成り立つ $\rightarrow$ あいまい非対称的、 $\forall (S_i, S_j) \in S \times S (i \neq j)$
- III) $M = \max_{1 \leq i < n} \{ \min(a_{ij}, a_{jk}) \} \geq p$ のとき $a_{ik} \geq M \rightarrow$ あいまい半推移的 $\forall (S_i, S_j), (S_j, S_k), (S_i, S_k) \in S \times S (i \neq j, j \neq k, k \neq i)$

また S の要素がどの階層に属するか、階層間の結合関係を与えるレベル集合は、次に定義される。

IV) 最上レベル、中間レベル、最下層レベル、および独立レベルの各集合を $L_t(S)$ 、 $L_i(S)$ 、 $L_b(S)$ および、 $L_{id}(S)$ とするとそれぞれ次のように定められる。

$$\begin{aligned} L_t(S) &= \{S_k | \max_{1 \leq j \leq n} \{a_{kj}\} < p \leq \max_{1 \leq j \leq n} \{a_{ek}\}\}, L_i(S) = \{S_k | p \leq \max_{1 \leq j \leq n} \{a_{ek}\}, p \leq \max_{1 \leq j \leq n} \{a_{kj}\}\} \\ L_b(S) &= \{S_k | \max_{1 \leq j \leq n} \{a_{ek}\} < p \leq \max_{1 \leq j \leq n} \{a_{kj}\}\}, L_{id}(S) = \{S_k | \max_{1 \leq j \leq n} \{a_{ek}\} < p, \max_{1 \leq j \leq n} \{a_{kj}\} < p\} \end{aligned} \quad (7)$$

またシステムの構造同定のためのアルゴリズムは、以下のように与えられる。

step 1 あいまい非反射律、あいまい非対称律を満足するようにあいまい従属列 $A = [a_{ij}]$ を設定、あいまい半推移律が満たされるよう A を修正、Step 2各レベル集合 $L_t(S)$ 、 $L_b(S)$ 、 $L_{id}(S)$ を求め、単一階層を決定するためのブロック Q_j を決定、Step 3 $L_t(S)$ 、 $L_b(S)$ および $L_{id}(S)$ に属する要素に関して、 $L_t(S)$ の要素については、行消去、 $L_b(S)$ の要素については、列消去、 $L_{id}(S)$ については、行、列消去、得られた行列を A' とする。Step 4、 A' を各ブロックに対応して分割を行ない、単一階層行列 $A^{(1)}$ を作る。Step 5、あいまい構造パラメータ λ の値（メンバーシップ関数によつて特性づけられるあいまい補集合決定のためのパラメータ）を設定し、それぞれの単一階層行列 $A^{(1)}$ に関して、レギュラー行、レギュラー列消去を行ないながら、すべての行を消去するまでくり返す。要素間の従属関係および方向は、それぞれグラフ理論のノードとブランチに相当する。

ii) 水資源新規開発量配分問題

水資源新規開発可能量が一水系あるいは、一流域で所与のとき、一般的には、利用する地域（この場合は、流域に含まれる市町村）への配分決定を行ない開発投資の負担等が決定される。ここでは、新規開発量が与えられた時の供給量の配分問題を、各地域における各目的達成度の目標年の評価によつて求める方法について検討する。各目的達成度は、配分量 x_i を決定変数とする目的関数 W_{ij} で表わされる。（ i : 配分対象地域、 j : 水資源管理目的）したがって多目的計画問題として考えられるが、ここでは、多目的問題の解法の中で、P. Nijkampらによつて考案されたMin-Maxモデル⁵⁾によつて解くこととする。

Min-Max モデルは、多目的問題の持つ最適化コンフリクトと、ゲーム理論的戦略の持つコンフリクトの間の類似性に着目し考え出された方法で、目的間のペイオフマトリクスを次のようにして作成する。第 1 ステップは、個別的な目的関数を分離して最適化する。すなわち (8) 式の計画問題を解く。

$$\max W_{ij}(x_1, \dots, x_i), \quad j, \text{ 制約条件 } q_k(x_1, \dots, x_i) \leq \bar{g}_k, \forall k, \dots (8)$$

これらの最適値を W_{ij}^0 、その時の決定変数集合 $(x_1^j, \dots, x_i^j)$ とし、 $j' \neq j$ のすべての j' について、 W_j を計算する。この時の $W_{ij'}$ は一般的に $W_{ij'} \leq W_{ij}$ を満たす。これを基にして、次の (9) 式のペイオフマトリクスを作成する。

$$P = \begin{array}{c|cccc} & W_1 & W_2 & \dots & W_{ij} & \dots & W_{IJ} \\ \hline x_1^1, \dots, x_i^1 & W_{11}^0(x^1) & W_{12}^0(x^1) & & & & \\ x_1^2, \dots, x_i^2 & W_{21}^0(x^2) & W_{22}^0(x^2) & & & & \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \\ x_1^j, \dots, x_i^j & & & & W_{IJ}^0(x^j) & & \end{array} \quad (9)$$

第 2 ステップとして、理想状態最適値 W_{ij}^0 と、実際値 W_{ij} との間の偏差を最小にする問題 (10) 式を解く。

$$\min \gamma, \quad \text{制約式 } \beta_j \{ W_{ij}^0(x^j) - W_{ij}(x) \} \leq \gamma, \forall j, \gamma \geq 0, g_k(x) \leq \bar{g}_k, \forall k \dots (10)$$

β_j は、目的 j の優位性を表わす重みである。

iii) 流域ダイナミクスモデルの構築

流域の諸活動と水資源の拘りあいを検討するための SD モデルは、図-2 に示されるシステム構造を持つ。

本モデルは、利水、治水、水質保持サブシステムから成り、それらを取りまく人口、産業、土地利用、水分、および投資コストと各セクターからなる水資源の総合的評価を行なう SD モデルである。各サブシステムの概要を示すと次のようになる。

a) 利水システム…水文セクターより湧水量、降水量などの情報および新規開発可能量を得て、水供給量を設定する。また、水需要量は、人口、産業、土地利用セクターとの関連でフローを計測する。水需給均衡は、技術的施策 (Structural Measures)、および社会的施策 (Nonstructural Measures)、さらにそれらを組み合わせた総合的施策 (Comprehensive measures) によって達成される。

治水システムとの関連では、土地利用セクターを介在して、結合しており、また水質保持システムとは、制御間トレードオフ関係を持つている。利水システムからの情報は、土地利用管理の可制御部分 (市街化区域抑制、工業団地開発抑制など) にフィードバックされる。

b) 治水システム…水文セクターで得られた降雨強度、高水量、洪水速度等の情報によって被害想定を行なう。被害規模は、流域の人口動態、資産、生産量などによって定められる。また土地利用の変化は、水量的変化を起こさせ、土地利用の高度化抑制は、逆に想定される被害に対して正のフィードバック情報を与える。さらに、水質保持システムとは、洪水氾濫時の河川汚濁増加が考えられるが、ここでは特別な関連は考えていない。また水質保持のための土地利用規制による想定被害の減少が間接的に把握される。

c) 水質保持システム…汚濁負荷量は、一般的に処理施設を通り河川に排出される。汚濁負荷は、現状処理方法によって完全に除去できない。したがって技術的施策と社会的施策を取り込んだ総合的施策によって環境基準達成度を改善していく。

4 モデル適用例

i) 対象流域…研究対象流域は、石狩川水系千歳川である。流域面積は、1,244.3 km²、流路延長は、72.5 km である。この流域には、3 市 3 町の行政区域が存在し、下流市町は、大規模住宅団地の整備等が行なわれ、中流

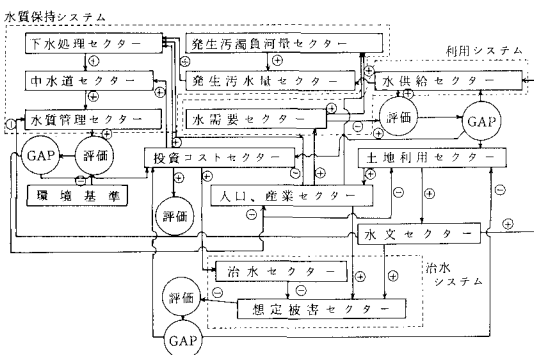


図-2 流域ダイナミクスモデルの基本構造と関連図

地域は、水田を中心とする農業地帯、上流地域は、軽工業地帯が整備され、人口も急増の地域である。対象河川は、河道勾配が極端にゆるく(1/3000 以下)、流域は、低湿地軟弱地盤地帯が多い。利水現況としては、発電用水が55%を占め、以下農業用水42%、工業用水17%、生活用水は、わずかに0.9%に過ぎない。またサケマス湖上河川となっており、環境基準、維持流量の確保などにも厳しい条件が与えられている。

iii) 目的、および整備施策の構造化

対象把握における水資源管理の長期的整備目的

具体的整備施策についての重要度比較による構

造化を行なう。地域の情報は、各市町村の様々

な計画部門(水資源、都市、農村計画、産業対

策、企画など)に携る人々66名を対象としての一対

比較アンケートに基づくものである。地域別構

造化による各目的の階層についてまとめると表

－2のようになる。これによると、下流地域で

は、水質汚濁防止対策を最上位にあげているが、

上流地域では、中位にランクされている。また

下流地域では、水辺有効利用対策が、中位レ

ベルにあるが上流・中流地域では、最下位レ

ベルにランクされている。あまり顕著な違いはない

が、上流地域と下流地域の違いが、施策の優位

性にもいくつかみられる。流域全体でまとめて

みたのが、図－8に示す有向グラフである。こ

れによると、各地域でも重要性の高かった、水需

給管理、治水対策、河川汚濁防止対策が最上位、

また電力対策、維持流量管理が中位、さらに水

辺有効利用対策が、最大ランクされている。施

策の重要性では、全体的な傾向として、従来か

ら中心的施策であった、公共事業主体の施策に

対して依存性が高い。しかしながら、新しい社

会的施策に対しても、積極的に評価する傾向も

みられる。これに対して、行政主導の施策、例

えば料金改正、水害保険制度普及、環境基準強

化などが、極めて評価の低い位置づけがなされて

いる。

v) 水配分量の代替案評価

表－3は、配分モデルによる、目標年を昭和

70年とした時の、流域の各市町村への配分量を

配分比として算定したものである。新規開発量

は、現状で想定される値を用いている。A－1

は、水需給目的のみの場合、A－2は、水需給

および水質保持目的を考えた場合の算定値である。

これによると、水需給目的のみの場合には、水需

表－1 水資源管理の目的と施策

	No.	施策の方向	具体的施策
1. 必要性 1－1 水需給管理	1	自主的節水	節水型機器導入、シャワー普及、洗たく時の節水などのPR作戦 など
	2	行政主導型節水	料金改正、水圧コントロール など
	3	地域水循環システム	中水道など用途別給水システム など
	4	個別水循環システム	冷却水循環、工業用水再利用 など
	5	新水資源開発	河口堰、海水淡水化、ダム開発 など
	6	既存水資源見直し	各戸貯水槽、地下ダム、多目的遊水池整備、水資源調査林育成 など
	7	新水利政策	水利権転用、調整 など
	8	人口、産業政策	人口集中の制限、生産の制限、非用水型産業の育成 など
1－2 電力資源対策	1	水力発電新規開発	
2. 安定性 2－1 治水対策	1	国または市町村の防災事業	防災ダム、築堤、排水機場事業 など
	2	国または市町村の防災事業以外の事業	下水道整備、多目的遊水池(常時は公園等で使用) など
	3	自主的治水対策の普及	各戸貯水槽、上流の住民が下流への流出を防ぐため池等を整備する など
	4	農林業の灌漑力維持	水田確保の政策、森林確保の政策 など
	5	水害保険制度の普及	被害負担のための保険に加入推進することなど
	6	建築物の改善	床高式建物を普及し、シャワールームの設置 など
	7	土地利用の規制	危険地区の宅地化等の高度利用を防止すること など
2－2 維持流量管理	1	サケマス湖上対策	河川の清浄化、流量確保 など
	2	水生動物保護	上記に同じ など
	3	景観保持	流量確保、流速確保 など
	4	地下水涵養	涵養林保護、流量確保 など
	5	舟 運	舟の吃水確保 など
3. 快 適 性 3－1 河川汚濁防止対策	1	河川の自浄作用の強化	流路変更による流下時間の延伸、汚濁物質除去、水深の確保、生物群集の状態の検討 など
	2	自主的汚濁防止対策	工場内汚染物処理、家庭内使用水再利用、閉鎖型水循環システムの検討 など
	3	行政主導型	総量規制制当て、環境基準の強化、汚濁物に対する説明 など
	4	下水道、処理施設の普及	下水道普及、二次処理、三次処理施設の建設 など
	5	都市計画的規制	河川汚濁からみた地域の人口容量、産業規模設定、土地利用規制 など
4. 充 実 性 4－1 水辺有効利用対策	1	水辺レクリエーション	魚釣り施設、河川水泳、水上遊園地、キャンプ施設、遊び場の設置 など
	2	自然、環境、修景緑化	自然水生動植物保護、景観緑化、土砂採掘の防止 など
	3	スポーツ施設	ゴルフ場、テニスコート、自動車道路、マラソンコースの設置 など
	4	散策型公園	公園施設整備、人工池、日本庭園、浮橋、可動橋の設置 など

給達成度は、均衡するが、環境基準達成度の不均衡が目立つ。水需給および、水質保持目的を採用した場合、いずれの達成度も不均衡であるが、環境基準達成度の不均衡が多少緩和されている。

Ⅳ) 流域ダイナミクスモデルの分析結果

対象流域においては、昭和70年までに新規開発量として予測できる量は、全流域で77,000 m³である。したがって本分析では、この値を所与のものとし、表一4にあげた、18のシナリオについてシミュレーション分析を行なった。表一5は、現状推移の場合(case-1)の各地域における達成度についてまとめたものである。各地域への配分量も、対象流域の具体的な計画案を用いている。これによると、治水水準達成度を除けば、他の達成度は、低下が予想され、特に水需給達成度は、需要が供給を上回る傾向が強まることがわかる。現状では、将来最も厳しい条件にあるR-5の場合の各代替案について分析を行ない、その結果を、現状追従型(TYPE I)、技術的施策推進型(TYPE II)、社会的施策推進型(TYPE III)の代表的な案について表わしたものが図一4である。これから理解できる点は、生活用水水準達成度は、技術的施策を推進すればかなり上昇する。その反面工業用水達成度は、社会的施策を実施しなければ、かなり厳しい条件となることがわかる。また、環境基準達成度の場合も社会的施策が、重要となることが示された。

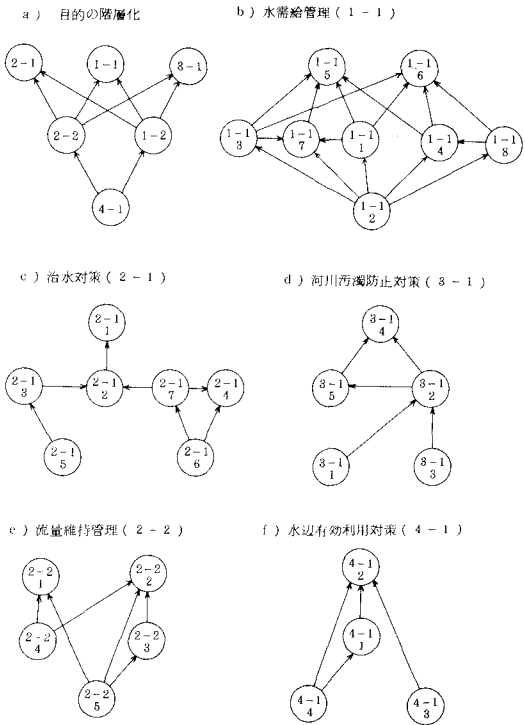
5. 結 果

以上は、分析結果の一部であるが、結果の要点をまとめると、次のようなことがいえる。

ⅰ) 地域の水資源に対する意識構造は、一般に従来の施策重視の傾向が強い。これに対して、実際の定量的な予測では、技術的施策に社会的施策を加えた総合的施策の推進によって、水資源管理の効果が表われることが検証された。例えば水需給管理では、水利権調整、土地利用の適正な管理等実際には、いくつかの問題を含むが、水資源管理施策としては、有効である。また今回の対象地域では、洪水による被害ポテンシャルは絶対的には大きくないが、地域的不均衡が表われている。特に上流地域の開発が進んでおり、事業整備の進捗方法が重要となる。さらに、環境基準対策では、対象地域では、汚濁負荷量の年々の増加量が、処理能力を上回ることが予想さ

表一2 構造化モデリング分析結果

	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6
Level-t	1-1, 2-1 3-1	3-1	3-1	2-1	1-1, 3-1 1-2	1-1, 2-1
Level-i	2-2, 4-1	1-1, 2-1 1-2, 4-1	1-1, 2-1 1-2	1-1, 3-1 1-2	2-1, 2-2	1-2, 3-1
Level-b	1-2	2-2	2-2, 4-1	2-2, 4-1	4-1	2-2, 4-1



図一3 目的および施策における意識構造分析結果

表一3 流域内各地域への配分結果と達成度

地域	結果	A-1		A-2	
		水配分比	達成度	水配分比	達成度
R-1	1	0.214	0.89	0.072	0.92
R-2	2	0.086	0.86	0.189	1.48
R-3	3	0.201	0.88	0.242	0.92
R-4	4	0.091	0.86	0.202	1.70
R-5	5	0.204	0.88	0.230	0.92
R-6	6	0.204	0.88	0.065	0.92

達成度 上段 水需給水準
下段 環境基準

表一4 シミュレーションに取られたシナリオ

TYPE	Case	下水道の整備	工業用水の再利用	三次元水質汚濁の抑制	生活用水の節水	農薬使用の削減	工業用水の再利用	工業用水の節水	工業用水の節水	工業用水の節水
I	Case 1	A	A							
II	Case 3	A	B	×	×	×				
	4	A	B	×	×	×				
	5	A	B	×	×	×				
	6	A	B	×	×	×				
	7	A	B	×	×	×				
	8	A	B	×	×	×				
III	Case 9	A	A	×	×	×	×	×	×	×
	10	A	A	×	×	×	×	×	×	×
	11	A	A	×	×	×	×	×	×	×
	12	A	A	×	×	×	×	×	×	×
	13	B	A	×	×	×	×	×	×	×
	14	B	A	×	×	×	×	×	×	×
	15	B	A	×	×	×	×	×	×	×
	16	A	B	×	×	×	×	×	×	×
	17	A	B	×	×	×	×	×	×	×
	18	A	B	×	×	×	×	×	×	×

○: 採用 ×: 不採用 A: 現状推移 B: 促進

れる。また家畜などによる農業汚濁による影響も大きいことから、下水処理対策を進めていくと同時に、共同管理方式の農業汚濁処理あるいは、再利用システムによる農業汚濁負荷低減の方法がトータルの環境水準向上に有効であることが明らかとなった。

Ⅱ) 水辺有効利用に対する意識は、対象流域ではかなり低い。しかしながら実際利用率あるいは、河川敷整備率が低いこともあり、積極的利用は敬遠するが、環境保護、修景緑化、風致保存等に対する反応が強く、この流域の特性を表わしている。これは、流量維持の目的として、サケマス溯上対策、景観保持を高く望んでいることから理解できる。

6. まとめ

以上、流域単位の水質管理総合評価システムへのアプローチを行なったが、本手法についてまとめると次のような点が明らかになった。

1) 水資源管理の広汎でかつ複雑な目的および施策の混在しているような問題に、より具体的、問題志向的、さらに地域性を重視した考え方の適用が可能になったこと。

2) 水資源管理施策において、技術的および社会的施策をいくつか抽出し、それらの組合せによる望ましい方法を探索する、多様性のある事業計画を評価することができたこと。

3) 大規模SDモデルのシミュレーションが、いくつかの支援システムによってより少ないシナリオで分析ができるようになったこと。しかしながら、システムの挙動把握のための情報、あるいはデータ等モデル同定においていくつかの問題も残されている。また、アンケート方法などにも冗長的あるいは、非汎用的な問題もある。これら問題点を改善するとともにより精緻な地域情報データの調査を行ない、システムへの導入を図っていきたい。

7. 参考文献

- 1) D. C. Major, R. L. Lenton: Applied Water Resource Systems Planning, Prentice-Hall, 1979
- 2) E. Tazaki, M. Amagasa: Structural Modeling in a Class of Systems Using Fuzzy Sets Theory, Fuzzy Sets and System 2, 87/103, 1979
- 3) 加賀屋誠一; 地域水資源システムの構造把握と目標達成過程評価に関する研究, 第16回地域学会国内大会予稿, 昭和54年11月。
- 4) J. N. Warfield; On Arranging Elements of a Hierarchy in Graphic Form, IEEE Trans. on System, Man and Cybernetics SMC-3 NO. 2 121/132, March 1973
- 5) P. Nijkamp; Theory and Application of Environmental Economics, North-Holland, 1977

表一5 流域ダイナミクスモデルの分析結果(現状推移型)

地域		R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6
達成度							
生活用水達	s50	1.14	0.82	1.96	0.89	0.93	1.56
成度	s60	0.96	0.79	1.63	0.79	0.98	1.13
工業用水達	s50	0.58	—	1.03	2.50	0.38	0.78
成度	s60	0.51	—	0.91	1.11	0.38	0.54
環境基準達	s50	2.00	2.00	1.52	1.77	1.41	1.04
成度	s60	1.44	1.44	1.41	1.67	2.40	1.16
治水水準達	s50	0.65	0.65	0.72	0.70	0.83	0.95
成度	s60	0.95	0.93	0.95	0.84	0.95	0.98

