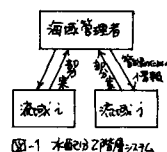


(株) 日本水道コンサルタント 正員 渡辺晴彦
同 上 正員 萩原良巳
同 上 正員 中川芽一

1. はじめに

地域水配分計画の策定においては、公用水域の水質保全という目標ととらねる必要性がある。とくに海域へ注ぐ“河川”複数個存在し、各流域が独自の水利利用を行うような状況では、各流域はそれぞれの河川水質の保全をほかる責任と課せられると併に、他流域の水配分計画を考慮し、海域の水質保全を行う責任とも課せられていることになる。すなわち、各流域が単独で水配分をするのではなく、全流域の間で案の調整というプロセスをへて計画案の決定を行うべきであろう。

本研究では、この状況に関して、海域の水質保全と管理しつつ全流域の経済活動の活性化をはかる主体を仮定し、この主体(海域管理者の部)を上位レベル、各流域を下位レベルとした2階層システムの機能について考察する。すなわち、水配分案の決定がこの上位・下位レベル間の情報交換をもとに図-1に示す形で機能することについて述べる。以下、2.では水質保全が基準の遵守という制約条件で規定される水配分モデルについて定式化し、3.では、分解原理による解法をとり、2階層システムとしての意思決定プロセスについて考察する。さらに4.では、具体的にY地域に適用したケーススタディにおける分析結果について述べる。



2. 水配分モデルの定式化

対象とする地域にN本の河川が流れ、各流域j(j=1...N)の水利利用が海域の水質基準点i(i=1...M)へ汚濁負荷インパクトを与え、汚染状況を示す。各流域にはL_j個の地区l(l=1...L_j)があり、上・農・工の3用途への水配分による地域経済の効率化も考慮しているものとする。ここで、各流域は、各河川のダム開発などに伴い独自の水利配分を行うものとし、流域間の水のやりとりは無いものとして仮定式化後、以下のような形になる。

$$(I) \begin{cases} \max & \sum_{j=1}^N C_j x_j & \dots (1) & x_j: j \text{流域の水配分量ベクトル} \\ \text{subject to} & \sum_{j=1}^N A_j x_j \leq b & \dots (2) & C_j: j \text{流域の水配分に相対する評価ベクトル} \\ & B_j x_j \leq b_j & \dots (3) & b: \text{海域基準点での水質基準値ベクトル} \\ & x_j \geq 0 & \dots (4) & A_j: j \text{流域の水配分による負荷インパクトマトリクス} \end{cases} \quad (j=1 \sim N)$$

すなわち、各流域jのみにかかる制約条件(3)式と、全流域にかかる海域水質制約条件(2)式のもとで、地域活動量を最大化しLPによりモデル化可能。(3)式の具体的な制約条件としては、次の6つをとりあげる。

- ① 河川水質制約 ② 河川維持流量制約 ③ 利水可能量上限制約
- ④ 現水の利水量に下限制約 ⑤ 利用可能土地面積制約 ⑥ 工業のエネルギー制約

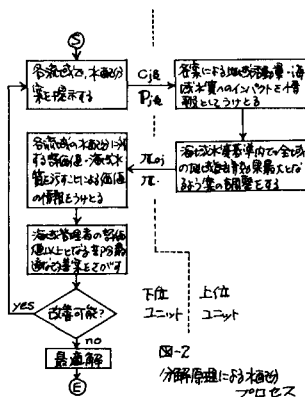
また、目的関数については、上・農・工それぞれについて利水人口・かんがい面積・工業出荷額の最大化をはかるものとし、重みづけにより、単一目的問題とする。

3. 分解原理による2階層システムの意思決定プロセス

ここでは、先に2.で示した水配分問題について、分解原理にもとづく海域水質保全のための案決定プロセスについて述べる。(図-2参照)

i) まず、流域jは、部分最適案も含めた代替案群(L_j個)を海域管理者に提示する。海域管理者は、その代替案群の調整をとおして全体の地域活動の最大化をはかる。これは流域jの提示した案x_jに対する目的関数値C_jx_jと海域への負荷インパクトベクトルP_jx_j=A_jx_jをもとに次の最適化を行うことになる。(S_jは調整変数)

$$(II) \begin{cases} \max & \sum_{j=1}^N C_j x_j - S_j & \dots (5) & \dots (6) & \dots (7) \\ \text{subject to} & \sum_{j=1}^N S_j \leq 1 \quad (j=1 \sim N) & \dots (6) & \sum_{j=1}^N P_{j\alpha} S_j \leq b_\alpha & S_j \geq 0 \end{cases}$$



この問題の最適解において2種類のシナプス乗数を得る。すなわち、非制約式(6)に関しては、 i 流域が水配分を行うことに關する海城管理者の評価が与えられ、非制約式(7)については、各海城基準点 i の本質を1単位に汚染することに於いてどれだけの地域汚染を増加させるかという本質の価値を与える。これをそれぞれ $\pi_{0i} = (\pi_{0i1} \dots \pi_{0in})$, $\pi_{1i} = (\pi_{1i1} \dots \pi_{1in})$ とする。

1) 各流域 i はこのシナプス乗数に於いて、 π_{1i} という水配分案に対し海城管理者が $\pi_{0i} + \pi_{1i} x_i$ として評価することを情報として受け、それ以上の価値をもつ代替案を捜す。これは次の部分最適化を行うこととなる。

$$(II) \begin{cases} \max & c_{ij} x_{ij} - (\pi_{0i} + \pi_{1i} A_{ij}) x_{ij} = z \quad \dots (9) \\ \text{Subject to} & B_{ij} x_{ij} \leq b_{ij} \quad \dots (10), \quad x_{ij} \geq 0 \quad \dots (11) \quad (j=1 \dots N) \end{cases}$$

この最大値が正ならば改善可能であることになる。この案は新しく i 流域の提案案となり、 i に於いて、すべての流域で改善不可能であればすでに全体最適の水配分案が得られていることになる。

このようなプロセスでは、海城管理者が流域に対し、海城本質保全をほめるため部分案の調整をとおして地域経済の効率化をほめる機能が備わっている。

4. i 流域におけるケーススタディ

対象とする i 流域には4本の河川が存し、海城での水質基準点は6ヶ所設けられている。本研究では、下水処理場がまだ存在していない水質点の4ヶ所の流域の水配分を考へる。なお、ここでは海城本質保全のための案件作成プロセスがどのようにに効くに着目し、各流域内の水利用については考察を省くとする。

図-3には、分解原理による解の優化プロセスを示す。ここでステップ0は、各流域の部分最適案であり、その場合には海城水質は基準点1,2で基準値を超えぬために以下の調整が必要となる。最終的には3ステップで全体最適案を得るが、各ステップの概要は次のとおり。

ステップ1; 部分最適案から、流域3・4が後退し、まず基準点1・2を基準値内にする代替案に調整する。

ステップ2; 流域3・4の間での調整により、全体の経済効率化をほめる。結果として流域3は水配分増、流域4は逆に減となる。

ステップ3; 流域3内部の改善案探索に於いて経済効率化がほめられる。

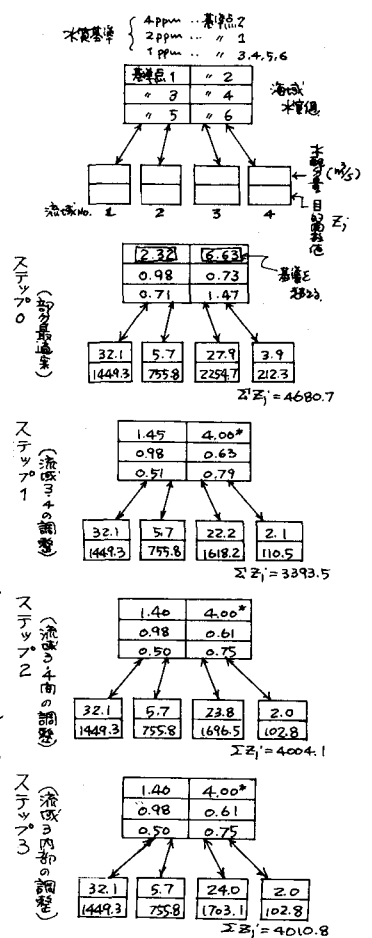
つまり、海城管理者としては、ステップ1で、流域1・2が流域3・4に比べ水配分の効果が高いことを、ステップ2で、流域3・4のうち前者の優位性を示し、ステップ3では流域3の内部改善を指示していることになる。この意味では、2階層システムとしては、各流域の部分最適案から、流域の水配分効果に応じて案の調整を行っていることになる。

5. おわりに

本研究では、分解原理を用いて水配分モデル(I)を解くプロセスが、海城管理者と各流域の間で形成される2階層システムの意思決定プロセスを記述することによって例示した。しかし、ここで用いた分解原理は、案の決定権が上位システムに集中しており、各流域の独自性は制限されている側面がある。また、本来、流域間導水など意図した、流域間の協議の存在は無視していることから、さらなる発展が望まれる。

特に下位レベルの横の関連についてトレードオフを考慮したモデル分析を行うこと。また、流域間の水のやりとりを決定した分析を行うこと。

図-3 i 流域におけるケーススタディ



[参考文献] 1) 森原他; 水質保全と汚染に地域水配分, 水回環境シンポジウム講演集, 1977

2) 森原他; 沿岸流域へのインパクトを考慮した地域水配分計画, 地域学研究第7巻