

GIS データベースに基づいた 水環境保全策の経済評価手法の開発

高木朗義¹・武藤慎一²・村松穂高³

¹正会員 博(工) 岐阜大学助教授 工学部社会基盤工学科 (〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1)

²正会員 博(工) 大阪工業大学講師 工学部都市デザイン工学科 (〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1)

³東京工業大学大学院 理工学研究科土木工学専攻 (〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1)

本研究は、河川における連続的につながった各所の水環境保全策を経済的に評価するために、一つの地域をメッシュ単位で捉えるとともに、地理情報システム (GIS) データベースを有効に活用できる地域間応用一般均衡 (Spatial Computable General Equilibrium : 略して SCGE) モデルを構築した。また同時に、既存の水環境評価モデルを組み込み、水環境の物質的な面で評価精度の向上を図っている。そして、このモデルを長良川支川の吉田川に適用し、ある水環境保全策を想定して社会経済システムへの影響を分析し、費用や便益などを試算することにより、経済評価手法としての適用性について確認した。

Key Words : economic evaluation, GIS, SCGE, spatial information, water environment

1. はじめに

公共用水域における水環境を保全するためには、保全すべき地点のみならず、その地点に対する流域を対象に対策を考えなければならない。特に、河川のように保全すべき地点が連続的につながった各所の水環境を保全するためには、各所に対する流域を対象にする必要があるため、あらかじめ流域を細かく区分して、その汚濁発生源や社会経済活動を整理しておけば、各所に対する汚濁発生原因の把握や保全策の検討および評価が行い易くなる。これに対して有効な役割を果たしてくれるのが、地理情報システム (GIS) である。近年、GIS データは地図に載っている情報にとどまらず、自然、社会、経済、文化など様々な情報も含めた「空間データ」として、データベースの整備が積極的に進められるとともに、これを活用した空間分析や空間計画の支援手法に関する研究が行われている¹⁾。例えば、秋山ら²⁾による『流域生態系の物質循環機能を生かした流域環境総合評価システム』をはじめとして、GIS データベースを水環境保全策の評価に活用した事例は多数存在する。そこで本研究では、GIS データベースを活用した水環境保全策の経済評価手法を開発することを目的とする。これにより、GIS データベースを用いた水環境保全策の物質的な評価に関する多数の研究成果を直接的に活かせるようになり、またそうすることによって地域特性 (空間特性) に合った水環境保全策の経済的評価およびそれに基づいた流域管理計

画としての水環境保全策を提案することができる。したがって、従来モデルに比べて評価精度が向上するとともに、より実現可能性が高く、かつきめの細かい水環境保全策を立案することができるようになると思われる。

一方、これまで GIS データベースを環境保全策の経済的評価にまで活用した事例は、ヘドニック・アプローチへの適用 (例えば、矢澤・金本³⁾) 以外にはあまりなく、ましてや応用一般均衡分析に適用した事例はない。そこで本研究では、地域間応用一般均衡 (SCGE) モデル⁴⁾における一地域をメッシュ単位とすることにより、GIS データベースを直接的に活用できるモデルを構築する。従来の SCGE モデルに比べて取り扱う地域のサイズが小さいだけのように思えるかも知れないが、次の点で異なる。従来の SCGE モデルでは、基本的に地域ごとに経済が閉じていると仮定して、地域間取引を財やサービスの移入出として扱っているのに対し、メッシュ単位で扱う場合には、地域内で経済が閉じていると仮定することは非現実的である。そこで本モデルでは、異なった地域特性を持った多数の経済主体がある空間的な範囲の市場に存在するものとする。具体的には、メッシュ単位、流域単位、流域外を含めた地域単位まで、地域のサイズに合わせて取り引きされる財やサービスの種類ごとに市場の取り扱いが異なってくる点を考慮したモデルに改良する。例えば、労働市場は通勤可能な範囲 (都市圏程度) で閉じているだろうし、釣りや観光などの水辺利用 (水辺消費) は水辺までの距離により利用頻度 (消費量) が

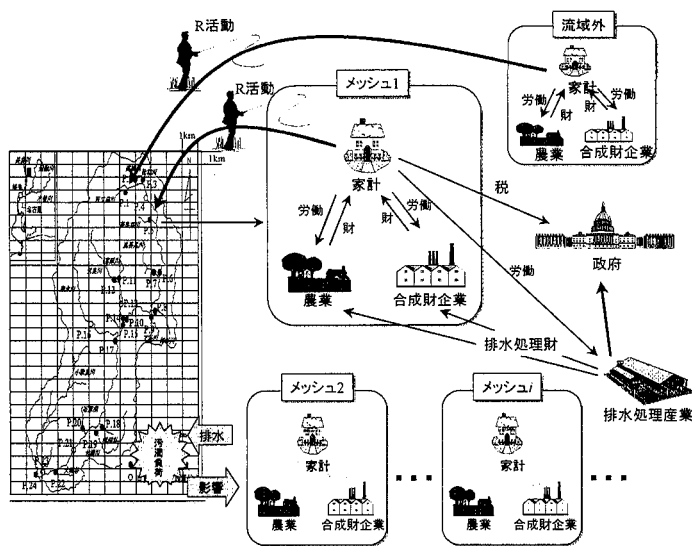


図-1 モデルの概念図（吉田川における水環境保全策の評価を具体例として）

異なるだけでなく、遠方からの利用者もあるため、流域外を含めた範囲の市場を対象とする必要があろう。本研究では、まず、この点を整理し、財やサービスの種類に応じて市場の空間的に閉じる範囲を考慮した SCGE モデルを構築する。

これまで筆者ら⁹⁾が行ってきた河川水環境保全策の経済評価において課題であったのが、流域内の汚濁物質移動過程およびその結果としての河川水環境の物質的評価に関する精度である。これに対して篠田⁶⁾は、流域内全窒素収支の最適化による流域環境評価指針の提案を目指し、長良川流域を対象として土地利用状況や人口に関する GIS データベースに基づいた水環境評価モデルを構築している。そこで本研究では、この篠田の水環境評価モデルの概念を SCGE モデルに組み込み、社会経済活動と水環境とをリンクさせた評価モデルを構築する。

最後に、このようにして構築した評価モデルを木曽川水系一級河川長良川の支川である吉田川に適用し、ある水環境保全策を想定して、それを実施した場合による社会経済システムへの影響を分析し、費用や便益などを試算することにより、経済評価手法としての適用性・妥当性について確認する。

2. GIS データベースに基づく SCGE モデル

(1) モデルの仮定

GIS データベースに基づくことを前提として、現実の社会経済システムの性質を損なわず、最も単純化した

SCGE モデルを構築するために、以下の仮定を設ける。

- ①社会は、水環境保全策を実施するメッシュ単位の地域に区分された流域（以下、対象流域）とその周辺地域（以下、流域外）から構成される。
- ②対象流域には、メッシュごとに代表的な家計と各産業セクターを代表する企業が1つずつ存在するとともに、政府と排水処理産業が対象流域内に1つだけ存在する。一方、流域外には、代表的な家計と各産業セクターを代表する企業が1つずつ存在する。
- ③家計は、水辺でのレクリエーション活動（以下、R活動）時に水環境の影響を受け、排水により水環境に影響を及ぼす。
- ④企業は、排水により水環境に影響を及ぼす。
- ⑤家計の排水処理（汚濁負荷削減）は、政府が一括して行い、企業は排水を自己処理する。排水処理は排水処理産業から財・サービスを購入して行う。
- ⑥各主体は立地を変更しない。
- ⑦企業の利潤は、対象地域内の全ての家計に資本配分として均等に配分される。
- ⑧労働市場は通勤範囲を考慮して対象流域および流域外でそれぞれ閉じており、それ以外の各産業セクターの財市場、排水処理財の市場および資本市場は各地域では閉じておらず、対象地域全体でのみ閉じている。
- ⑨水環境評価指標は、メッシュ単位での追跡が容易な全窒素を用いる⁶⁾。

以上の9つの仮定のうち①、②、⑧、⑨が先行研究⁹⁾におけるモデルと異なる仮定である。このうち①、②に示したように、異なる地域特性を持った多数の経済主体

を取り扱えることが、GIS データベースを用いる最大の利点であり、これによって従来のモデルよりも詳細な地域特性を考慮した評価が可能となる。また、⑧は GIS データベースを用いるにあたって工夫した点である。メッシュ単位で地域を考える場合、通常の SCGE モデルのように地域毎にすべての市場が開いていると仮定することは非現実的であるため、現実性を考慮してこのような仮定に変更している。⑨は篠田⁶⁾のモデルに合われるために追加した仮定であるが、従来モデルに比べてより現実的な評価ができるようになったと思われる。

図-1 に本モデルの概念図を示すとともに、以降に各主体の行動モデルを示す。なお、各行動モデルは先行研究⁹⁾におけるモデルを改良する形で定式化しているため、改良点を明確に示しながらも詳細な点は省略している部分があるので、その点については先行研究を当たっていただきたい。

(2) 家計の行動モデル

家計は、労働と資本を提供して所得を得、予算制約と時間制約の条件下で効用を最大化するように財・サービスを消費するとして定式化する。また、排水に伴って汚濁物（窒素）を排出する。水辺でのレクリエーション消費に関しては、水環境保全策を実施する河川までの距離およびその地点の水環境に基づいて、家計自らがレクリエーション消費に必要な時間（以下、R 時間）を投入することにより、レクリエーションサービス（以下、R サービス）を生産して消費するという自家生産関数⁷⁾の概念を用いて定式化する。このため、家計の行動モデルは、まず R サービスの生産行動をモデル化し、次にそれを踏まえた上での財消費行動をモデル化するという 2 段階で表現することとする。

a) R サービス生産行動モデル

家計が R 時間を投入して R サービスを生産する行動を、R サービスに関わる生産技術制約の下での費用最小化問題として定式化する。また河川（水辺）における水環境は単位流量中の全窒素負荷量で表現することとし、その流下過程は篠田⁶⁾の水環境評価モデルを用いる。

$$c_R^i \cdot u_R^i = \min_{t_R^i, x_R^i} (w^i t_R^i + p_R^i) \cdot x_R^i \quad (1a)$$

$$s.t. \quad u_R^i = \eta_R^i \cdot x_R^i \quad (1b)$$

$$x_R^i = \beta_p p_R^i + \beta_s S^m + \beta_0 \quad (1c)$$

$$S^m = \Psi^m / \Theta^m \quad (1d)$$

$$\Psi^m = \sum_{m'} \psi^{m'} \exp[-k D_m^{m'}] \quad (1e)$$

ここで、 i ：対象流域内の各メッシュおよび流域外を表す添字（0：対象流域外，1, 2, …：対象流域内メッシュ番号）， i' ：対象流域内外の区分を表す添字（0：流域外，1：流域内）， m ：居住メッシュ i から最も近い河川の地

点（水環境評価地点であり、メッシュ単位で示す）を表す添字， m' ：水環境評価地点 m より上流域に位置するメッシュを表す添字， c_R ：R サービスの単位生産費用， u_R ：R サービスの生産量， w ：賃金率， t_R ：R 時間の投入量， p_R ： $i-m$ 間のアクセス費用， x_R ：水辺の利用回数， η_R ：R サービスの生産効率を表す比率パラメータ， S ：河川水質（単位流量中の全窒素負荷量）， Ψ ：全窒素負荷量， Θ ：河川流量， ψ ：メッシュからの排出全窒素負荷量， D ：水環境評価地点 m からメッシュ m' までの距離， k ：物質質量変化係数⁶⁾， $\beta_p, \beta_s, \beta_0$ ：R 需要関数のパラメータ。

b) 財消費行動モデル

上記で定義した R サービスを含めた財の消費量を決定する行動は、所得制約と時間制約の条件下で効用を最大化するものとして定式化する。なお、効用関数はコブ・ダグラス型を用いる。

$$v^j = \max_{x_j^i, s^i, u_R^i, x_R^i} \left(\prod_j x_j^i \right) \cdot s^i \alpha_j^i \cdot u_R^i \alpha_R^i \cdot x_R^i \alpha_R^i \quad (2a)$$

$$s.t. \quad \sum_j p_j x_j^i + w^i s^i + c_R^i u_R^i + p_R^i x_R^i = w^i \Omega^i + r K_h^i - \tau \quad (2b)$$

$$\Omega^i = L_h^i + s^i + t_R^i \quad (2c)$$

ここで、 v ：効用水準， j ：産業セクターを表す添字， x_j ： j 財の消費量， s ：余暇消費， x_R^i ：排水量， p_j ： j 財の価格， p_R^i ：排水処理価格， Ω ：総利用可能時間， r ：利子率， K_h ：資本保有量， L_h ：労働時間， τ ：一括税， $\alpha^i, \alpha^s, \alpha^R, \alpha^W$ ：分配パラメータ（ $\sum_j \alpha^j + \alpha^s + \alpha^R + \alpha^W = 1$ ）。

(3) 企業の行動モデル

まず、 j 財を生産する企業は労働と資本からなる合成生産要素を投入して財の生産を行い、その際、排水処理（全窒素負荷量削減）は自ら行うものとして、この生産行動を費用最小化行動により定式化する。なお、生産関数はレオンチェフ型を用いる。

$$C_j^i = \min_{PC_j^i, x_j^i} [c_j^i PC_j^i - \delta_j^i \cdot (q_j^i - Q_j^i) x_j^i] \quad (3a)$$

$$s.t. \quad Y_j^i = \min \left[\frac{PC_j^i}{\alpha_j^i}, \frac{x_j^i}{\alpha_j^i} \right] \quad (3b)$$

ここで、 C_j ：生産費用， c_j ：合成生産要素の単位費用， PC_j ：合成生産要素投入量， δ_j ：全窒素負荷量削減の単位費用（全窒素負荷削減技術力）， q_j ：単位排水量あたりの発生全窒素負荷量， Q_j ：単位排水量あたりの全窒素負荷量基準値， x_j^i ：排水量， Y_j ：生産量， α_j^i, α_j^w ：比率パラメータ。

次に、労働と資本の投入量を、合成生産要素に関する技術制約下での生産費用最小化行動として定式化する。なお、合成生産要素関数は、コブ・ダグラス型を用いる。

$$c_j^i = \min[w^i L_j^i + r K_j^i] \quad (4a)$$

$$s.t. \quad PC_j^i = \eta_j^i L_j^{\alpha_j^L} \cdot K_j^{\alpha_j^K} = 1 \quad (4b)$$

ここで、 L_j ：労働投入量、 K_j ：資本投入量、 η_j ：生産効率を表す比率パラメータ、 α_j^L, α_j^K ：分配パラメータ（ $\alpha_j^L + \alpha_j^K = 1$ ）。

企業の自己排水処理には排水処理財が投入され、以下の財政均衡式が成り立つものとする。

$$\delta_j^i \cdot (q_j^i - Q_j^i) x_j^{di} = p_d x_j^{di} \quad (5)$$

ここで、 p_d ：排水処理財価格、 x_j^{di} ：排水処理財投入量。

(4) 排水処理産業の行動モデル

排水処理産業は、労働と資本からなる生産要素を投入し、生産技術下で費用を最小化するように、政府と企業の水環境保全に必要な財・サービスを生産するとして定式化する。なお、生産関数はコブ・ダグラス型を用いる。

$$C_d = \min_{L_d, K_d} [w^i L_d + r K_d] \quad (6a)$$

$$s.t. \quad Y_d = \eta_d \cdot L_d^{\alpha_d^L} \cdot K_d^{\alpha_d^K} \quad (6b)$$

ここで、 C_d ：排水処理産業の生産費用、 Y_d ：排水処理財の生産量、 L_d ：労働投入量、 K_d ：資本投入量、 η_d ：生産効率を表す比率パラメータ、 α_d^L, α_d^K ：分配パラメータ（ $\alpha_d^L + \alpha_d^K = 1$ ）。

(5) 政府の行動モデル

政府は、排水処理部門と水環境管理部門とから構成され、前者では家計からの排水に対して排水処理（全室素負荷削減）を行い、後者では河川の水環境を管理する。

a) 排水処理部門

政府の排水処理部門は、家計から徴収された費用をもとに排水処理を行い、それには排水処理財が投入されるものとする。その結果、以下の財政均衡式が成り立つ。

$$p_h^i x_h^i = p_d x_G^{di} \quad (7)$$

ここで、 x_G^{di} ：家計の全室素負荷削減に必要な排水処理財の投入量。

なお、排水処理費用は排水量および全室素負荷削減量に依存する。単位排水量あたりの排水処理費用は企業の場合と同様に以下のように表される。

$$p_h^i = \delta_h^i (q_h^i - Q_h^i) \quad (8)$$

ここで、 δ_h^i ：家計の全室素負荷削減の単位費用（全室素

負荷削減技術力）、 q_h^i ：家計からの単位排水量あたりの発生全室素負荷量、 Q_h^i ：家計に対する全室素負荷量基準値。

b) 水環境理部門

政府の水環境管理部門は、①全室素に対する排出基準 Q_h, Q_j を決定するとともに、②家計から徴収した一括税をもとに山林からの全室素負荷量を削減する。なお、山林からの全室素負荷量の削減には排水処理財が投入され、以下の財政均衡式が成り立つものとする。

$$\sum_i \tau^i = \sum_i p_d x_F^{di} \quad (9)$$

ここで、 x_F^{di} ：山林の全室素負荷削減に必要な排水処理財の投入量。

(6) 均衡条件

労働市場が対象流域内外に1つずつ存在するとともに、資本市場、排水処理財市場、 j 財市場が対象地域全体で1つずつ存在するため、合計 $j+4$ 個の市場が存在し、各市場では需要と供給が均衡しているものとする。これにより、各財の価格である w^i, r, p_d, p_j が決定される。

・労働市場（対象流域内）：

$$\sum_i \sum_j L_j^i + L_d = \sum_i L_h^i \quad (10a)$$

・労働市場（対象流域外）：

$$\sum_j L_j^0 = L_h^0 \quad (10b)$$

・資本市場：

$$\sum_i \sum_j K_j^i + \sum_j K_j^0 + K_d = \sum_i K_h^i + K_h^0 \quad (10c)$$

・排水処理財市場：

$$\sum_i \left(\sum_j x_j^{di} + x_G^{di} + x_F^{di} \right) = Y_d \quad (10d)$$

・ j 財市場：

$$\sum_i x_j^i + x_j^0 = \sum_i Y_j^i + Y_j^0 \quad \text{for each } j \quad (10e)$$

3. 水環境保全策評価のための諸条件設定

2章で構築したSCGEモデルの経済評価手法としての適用性を確認するため、吉田川流域を対象として、ある水環境保全策を想定し経済評価を行う。以下に、必要な諸条件について示す。なお、産業セクターは農業とその他（合成財産）の2つに区分することとし、流域外は東海3県（愛知県、岐阜県、三重県）とする。

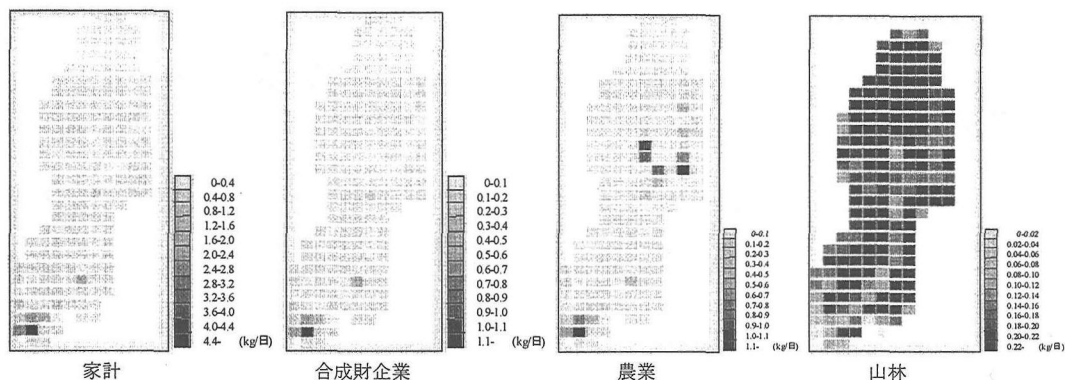


図-3 主体別の全窒素負荷削減量

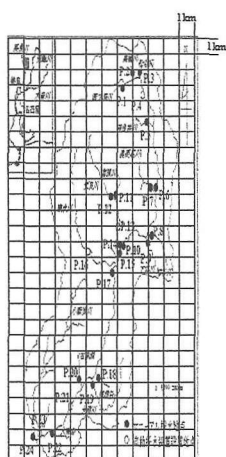


図-2 メッシュ分割図 (吉田川流域)

(1) 吉田川流域内のメッシュ分割

図-2に吉田川流域内のメッシュ分割図を示す。現状で容易に得られるデータとして整備されている事業所・企業統計調査の地域メッシュサイズが1kmであることから、本研究ではメッシュサイズを1kmとし、吉田川流域を187メッシュに区分する。なお、独自の調査などで1kmより細かいメッシュ単位のデータを入手できれば、そのメッシュ単位での解析が可能となり、より詳細な政策評価やそれに基づいた政策立案が可能になるが、本研究では評価手法の汎用性を勘案して、地域メッシュ統計のデータを活用することとし、それに合わせるためにメッシュサイズを1kmとした。

(2) 水環境保全策の想定

吉田川は長良川の支川であり、下流には長良川河口堰の湛水域が存在することから、全窒素負荷量を削減する必要があると考え、すべてのメッシュ、主体に対して現状負荷量の20%を削減する対策を、本研究における

表-1 吉田川流域の全窒素負荷削減量

発生源	現状負荷量	目標負荷量	削減量	削減率
家庭	87.7	70.1	17.5	20%
合成財企業	29.3	23.44	5.86	20%
農業	82.5	66.0	16.5	20%
山林	214.4	171.5	42.9	20%
合計	413.9	331.1	82.8	20%

(単位：負荷量はkg/日、削減率は%)

水環境保全策と想定し、これを実施した際の経済評価を行う。なお、岐阜県では2010年を目標年次とした「長良川ビジョンアクションプログラム～日本一の清流づくり～」が策定されており、ここで想定している対策はその範囲内にある。表-1に吉田川流域全体での全窒素負荷量および削減量などを、図-3にメッシュ単位での全窒素負荷削減量を示す。なお、ここでは負荷削減量をメッシュ図に示すが、本研究では削減率をメッシュ、主体ごとに変えていないため、現状負荷量も同じ分布を示す。

(3) データセットおよびパラメータの設定

SCGEモデルの生産関数および効用関数のパラメータは、応用一般均衡モデルのパラメータ設定に一般的に適用されるキャリブレーション手法⁸⁾により設定する。キャリブレーション手法とは、ある基準年において社会経済が一般均衡状態にあると想定し、その基準年データセットのみを正確に再現できるようなパラメータを、連立方程式や収束計算によって求めるという方法である。

本研究では、基準年を平成7年(1995年)とし、経済データは愛知県・岐阜県・三重県の産業連関表^{9),10),11)}および各県の統計書^{12),13),14)}より、排水量データは工業統計(用排水編)¹⁵⁾より、全窒素負荷量データおよび水環境データは篠田⁶⁾より、メッシュ単位の世帯数、従業者人数などは地域メッシュ統計^{16),17)}よりデータセットを作成した。

企業(合成財産業、農業)のデータセットを表-2、パラメータを表-3に示す。また、家計のデータセットを表

表-2 企業のデータセット

吉田川流域				
	排水量	雇用者所得	営業余剰	生産額
合成財産業	3	19,634	4,760	24,394
農業	8	133	386	558
家計	1			

東海3県

	排水量	雇用者所得	営業余剰	生産額
合成財産業	129,451	25,410,319	72,252,699	97,663,018
農業	332	61,463	707,251	768,714
家計	169,235			

(単位: 金額は百万円/年, 水はm³/年)

表-3 企業のパラメータ

吉田川流域平均の合成財産業

比率パラメータ	分配パラメータ		生産比率	
η_M	α_M^L	α_M^K	α_M^Y	α_M^W
662	0.805	0.195	0.996	0.0001

吉田川流域平均の農業

比率パラメータ	分配パラメータ		生産比率	
η_A	α_A^L	α_A^K	α_A^Y	α_A^W
12.0	0.257	0.743	0.993	0.015

排水処理産業

比率パラメータ	分配パラメータ	
η_d	α_d^L	α_d^K
662	0.805	0.195

東海3県の合成財産業

比率パラメータ	分配パラメータ		生産比率
η_M	α_M^L	α_M^K	α_M^Y
13.2	0.260	0.740	1.000

東海3県の農業

比率パラメータ	分配パラメータ		生産比率
η_A	α_A^L	α_A^K	α_A^Y
2.45	0.080	0.920	1.000

表-4 家計のデータセット

	吉田川	東海3県
合成財消費	24,187	97,663,018
農業財消費	523	768,714
R サービス消費	151	114,732
全労働人口	5,787	5,711,917
総利用可能時間	27	26,995
総労働時間	11	11,264
総余暇時間	16	15,608
総R時間	0.44	123
雇用者所得	19,767	25,471,782
営業余剰	5,146	72,959,950
総所得	52,519	134,004,291

(単位: 金額は百万円/年, 人口は人, 時間は百万時間/年)

表-5 家計のパラメータ

吉田川流域平均

α^M	α^A	α^R	α^W	α^S
0.461	0.010	0.002	0.004	0.523

東海3県

α^M	α^A	α^R	α^S
0.729	0.006	0.001	0.264

表-6 長良川の利用回数

地域	アクセス費用 (円/回)	全窒素濃度 (mg/l)	利用回数 (回/人/年)
郡上	3,557	0.4	1.8
美濃	2,284	0.4	2.7
関	2,187	2.2	3.0
岐阜	1,977	0.8	3.0
羽島	2,016	1.4	2.9
本巣	2,358	2.8	2.1

-4, パラメータを表-5に示す。なお、吉田川流域のメッシュごとのパラメータは、財市場が閉じていないため同じ値となる。

(4) R 需要関数の推定

吉田川における水環境(全窒素濃度)と利用回数の関係を把握するために、長良川のデータ(アクセス費用、水質、利用回数)で代用した重回帰分析を行い、需要関数を推定した。なお、アクセス費用は、各地域の中心地点間の平均値として算出した。データを表-6に示すとともに、推定結果を式(11)に示す。相関係数は0.903であり、統計的には良好な結果が得られた。また、各パラメータのt値は式(11)下段の()内に示すとおりであり、水質に関するt値がやや低いが、評価には不可欠であるため、この需要関数を採用した。ただし、この需要関数で吉田川流域内を評価するには、アクセス費用が大き過ぎ、逆に東海3県まで上げた流域外を評価するには、アクセス費用がやや小さいと思われる。したがって、吉田川流域内の評価においては過小評価、流域外の評価においては過大評価になる傾向がある。本来であれば、吉田川における調査を行ってデータを収集し、需要関数を推定すべきであるが、本研究では経済評価手法の開発を目的としているため、ここでは以上の点を認識しながらこの需要関数を用いることとする。

$$x_R = -0.0008 \cdot p_R - 0.16 \cdot S + 4.8 \quad (11)$$

(-3.6) (-1.2) (7.4)

この式(11)に、各メッシュから吉田川の最も近い地点(メッシュ)までのアクセス費用、およびその地点における水環境(全窒素濃度)の状況を代入することにより、メッシュごとに家計の吉田川の利用回数を求めた。

4. 水環境保全策の経済評価

(1) 吉田川流域内外の社会経済への影響

3章で示した諸条件の下、全窒素負荷削減量を各地域の各主体の排水処理行動に当てはめることにより水環境保全策を実施した場合(with ケース)と実施しない場合(without ケース)をシミュレートし、両者の比較を行う。

表-7 水環境保全策による流域内外の社会経済への影響

A:生産量(吉田川流域)

	without	with	変化率
合成財	24,200	24,183	-0.07%
排水処理財	309.7	331.1	6.93%
農業財	523.0	522.9	-0.02%

B:生産量(東海3県)

	without	With	変化率
合成財	97,735,305	97,741,773	0.01%
農業財	768,898	768,999	0.01%

C:価格

	without	with	変化率
合成財	0.9986	1.0010	0.23%
排水処理財	0.9986	1.0001	0.15%
農業財	0.9994	1.0012	0.18%
R サービス	1.0000	1.0000	0.00%
賃金率(吉田川)	1,728	1,731	0.19%
賃金率(東海3県)	2,255	2,256	0.04%
利子率	1.0000	1.0000	0.00%
排水価格	39.78	47.74	20.0%
(合成財産業)			
排水価格(農業)	0.4459	0.5351	20.0%
排水価格(家計)	212.2	254.7	20.0%

D:消費量(吉田川流域)

	without	with	変化率
合成財	24,200	24,183	-0.07%
農業財	523.0	522.9	-0.02%
R サービス	99.47	100.02	0.55%
排水量	0.9603	0.8016	-16.53%
余暇消費	15.86	15.86	-0.02%
労働時間	11.43	11.43	0.03%
所得	52,410	52,498	0.17%

E:消費量(東海3県)

	without	with	変化率
合成財	97,735,305	97,741,773	0.01%
農業財	768,898	768,999	0.01%
R サービス	121,130	121,646	0.43%
余暇消費	15,645	15,642	-0.02%
労働時間	11,296	11,299	0.03%
所得	133,835,156	133,857,013	0.02%

(単位: 財は百万円/年, 水は百万 m³/年, 時間は百万時間/年)

各財の生産量, 価格, 消費量を表-7に示す。この結果より以下のようなことが考察できる。

まずC表の「排水価格」より, 各主体の排水行動に全窒素負荷削減を課すことにより排水処理にかかる単位費用が上昇していることが確認できる。また, これにより各主体の排水量が減少していることがD表の「排水量」から確認できる。次に, D表およびE表の「R サービス」より, 全窒素負荷量を削減したことに伴い, 吉田川の水環境が向上するため, 吉田川の利用回数が増え, 結果としてR便益の増大へとつながることが確認できる。ただし, その増加率は「東海3県」の方がやや低いものの大差がないため, 1家計当たりのR便益は同程度になっており, 流域内で過小評価, 流域外で過大評価の傾向になっていると思われる。この原因は, 採用した需要関

数にあると考えられる。しかしながら, 3章(4)に示したように当初予想していた通りの結果が算出できていることから判断すれば, 評価手法として問題がないと考えてもよいのではないだろうか。さらに, C表の「合成財」, 「農業財」および「賃金率」から, 各財の価格が上昇することにより家計の負担が増大している一方で, 賃金率が上昇することにより家計の負担が軽減していることが確認できる。以上の結果から, 水環境保全策が社会経済に与える影響の正負および変化の程度については, 常識的な結果が得られており, 本評価手法の妥当性を示すことができたと思われる。

(2) 吉田川流域内外における影響の帰着先

吉田川流域内外における各主体への影響(費用と便益)の帰着先を把握するために, 便益帰着構成表を作成した。それを表-8に示す。これより以下のようなことが考察できる。

① 水環境保全策(全窒素負荷削減)費用の負担

表-8の最上段を見てみると, 全窒素負荷削減により排水処理費用が増大し, 吉田川流域内の合成財産業に約2,000万円の費用負担が生じるとともに, 家計にも政府を介して吉田川流域全体で約3,700万円の排水処理費用負担が生じることがわかる。

② 価格と賃金率変化の影響

表-8の二, 三段目を見てみると, 先にも述べたように, 吉田川流域内外の家計とも各財の価格上昇により負担が増加し, 賃金率の増加により負担が相対的に軽減しているが, 吉田川流域の家計は全体として負担が増大していることがわかる。これは前述した排水処理費用の増大に上乗せされる分であり, 費用負担が大きいことを示している。この原因は企業の排水処理費用が経済活動を通じて家計に転化されているためである。一方, 東海3県の家計は, この価格と賃金率の変化が相殺されており, 実質的な負担増加の影響はない。なお, 対象地域全体でみると, 価格変化の影響はすべてキャンセルアウトするため, 社会的純便益に影響を及ぼさない。

③ レクリエーション便益の享受

吉田川流域内外の家計は, 吉田川流域の水環境が向上したことにより, レクリエーション便益を享受している。このうち, 吉田川流域の家計は約55万円, 東海3県の家計は5.2億円の便益を受ける。これらの値を労働人口で割ってみると一人当たり, 吉田川流域では94円, 流域外では90円となり, 若干ではあるが吉田川流域内の家計の方が大きな便益を受けているため, 妥当な結果であると思われる。ただし, 先にも述べたように本来ならばもう少し差があると考えられる。

(3) 吉田川流域内における水環境保全策の経済評価

吉田川流域内におけるメッシュごとの排水処理費用,

表-8 便益帰着構成表

	吉田川流域					東海3県				計
	家計	合成財 産業	農業	排水処理 産業	政府	家計	合成財 産業	農業	政府	
排水処理費用	-37.4	-20.2	-0.001	0	0.305	0	0	0	0	-57.30
財価格変化	-57.3	56.2	0.940	0.479	-0.305	-9,145	9,122	22.1	0	0.001
賃金率変化	36.7	-36.0	-1.00	-1.00	0	9,147	-9,122	-22.1	0	1.28
税金	-0.582	0	0	0	0.582	0	0	0	0	0.000
レクリエーション便益	0.549	0	0	0	0	515	0	0	0	516
計	-58.0	0.0	-0.061	-0.522	0.582	518	0	0.0	0	460

(単位：百万円/年)

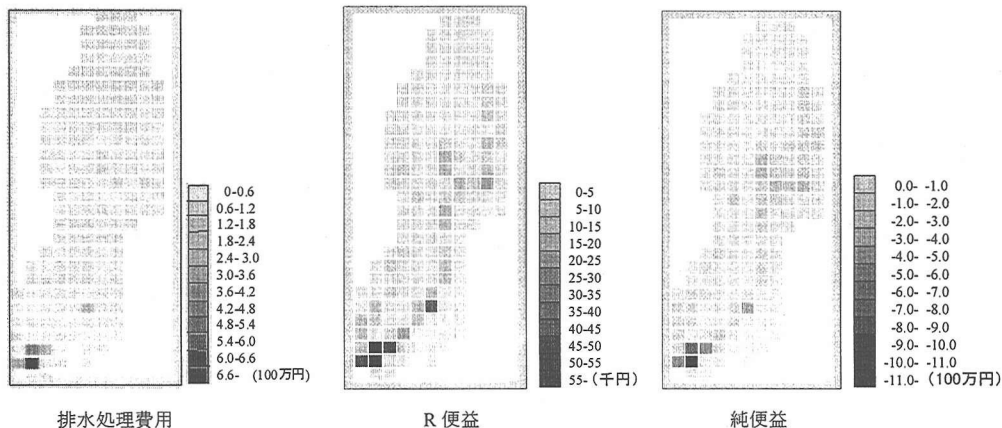


図-4 水環境保全策による費用/便益の吉田川流域内における帰着先

R 便益、純便益を図-4 に示す。

排水処理費用、R 便益は、どちらも下流域で大きくなっている。このうち排水処理費用については下流域ほど合成財企業の従業者人数、世帯数が多くなっていることが原因であるが、R 便益については、世帯数が多いことに加えて、水環境の改善程度が大きいことが起因している。このように元データの空間分布に応じた結果が得られているということは、本モデルが適正である裏付けとなり得る。なお、元々合成財企業の従業者人数と世帯数の分布が似ているため、排水処理費用の分布もこれらと似たような分布となっている。したがって、合成財企業および家計では、一主体当たりの排水処理費用が同じ程度であると解釈できる。なお、このような考察ができること自身が GIS を用いる利点の 1 つと思われる。

また、純便益についても下流域でマイナスの値が大きくなっている。これは、各メッシュにおいても排水処理費用に比べて享受する便益が小さいためである。このように費用、便益、純便益の空間的な分布の違いを瞬時に理解することも GIS を用いる利点の 1 つである。例えば、ここで示した図は、水環境保全策を実際に進めている場合において、情報公開用の資料として有用なものとなり得る。

5. おわりに

本研究では、河川における連続的につながった各所の水環境保全策を経済的に評価するために、SCGE モデルにおける一地域をメッシュ単位とするとともに、近年整備が急速に進められている GIS データベースを有効に活用できる SCGE モデルを構築した。これにより、従来よりも詳細な地域特性を考慮した経済的評価が可能となることが本研究で最も主張したいことである。

また、メッシュ単位から流域単位、流域外を含めた地域単位まで、地域のサイズに合わせて取り引きされる財やサービスの種類ごとに市場の取り扱いが異なってくることを考慮した SCGE モデルに改良している点も本研究で新たに追加した内容である。

一方、篠田⁹⁾の水環境評価モデルの概念をモデルに組み込み、社会経済活動と水環境とをリンクさせた SCGE モデルとして構築することにより、流域内の汚濁物質移動過程を現実に近いものにすることができ、またその結果として、河川水環境の物質的評価に関する精度向上が図られたと思われる。

最後に、構築したモデルを木曽川水系一級河川長良川の支川である吉田川に適用し、ある水環境保全策が実施された場合による社会経済システムへの影響を分析し、

費用や便益などを試算することにより、経済評価手法としての適用性について確認した。

今後は、レクリエーション面における経済評価にとどまらず、生態系への影響評価についても考慮したモデルへ拡張していきたい。

謝辞：本研究は GUnew プロジェクトの一貫として行われたものであり、水環境評価モデルおよび関連データの提供について、岐阜大学流域圏科学研究センターの篠田成郎助教授には多大なるご協力とアドバイスをいただいた。ここに記して感謝する。

参考文献

- 1) 岡部篤行：空間情報科学の展開，東京大学空間情報科学研究センター・ディスカッションペーパー，
<http://www.csis.u-tokyo.ac.jp/japanese/index.html>，1998.
- 2) 秋山侃：木曽三川のエコロジカル流域管理計画―流域生態系の物質循環機能を生かした流域環境管理システムの提案―，科学研究補助金（地域連携）研究成果報告書，2002.
- 3) 矢澤則彦，金本良嗣：ヘドニック・アプローチによる住環境評価，住宅土地経済 No.36，pp.10-19，2000.
- 4) 宮城俊彦：SCGE モデル，応用一般均衡モデルの適用，土木学会ワンデーセミナー・テキスト，1999.
- 5) 例えば，高木朗義，武藤慎一，上村高大：SCGE モデルによる河川の水質改善政策評価に基づいた最適汚濁負荷削減量の算定，河川技術論文集 vol.7, pp.435-440，2001.
- 6) 篠田成郎：流域内物質移動の連続性確保による最適流域環境の創造，参考文献 2)，pp.150-156，2002.
- 7) 奥野正寛・鈴木興太郎：ミクロ経済学Ⅱ，岩波書店，1985.
- 8) 武藤慎一：環境政策評価への計量厚生分析の適用，岐阜大学学位論文，1999.
- 9) 愛知県：愛知県産業連関表，1995.
- 10) 岐阜県：岐阜県産業連関表，1995.
- 11) 三重県：三重県産業連関表，1995.
- 12) 愛知県：愛知県統計年鑑，1995.
- 13) 岐阜県：岐阜県統計年鑑，1995.
- 14) 三重県：三重県統計年鑑，1995.
- 15) 工業統計（用排水編），1996.
- 16) (財)統計情報研究開発センター：平成 7 年国勢調査，地域メッシュ統計，第 1 次地域区画別 FD，2001.
- 17) (財)統計情報研究開発センター：平成 8 年事業所・企業統計調査，地域メッシュ統計，第 1 次地域区画別 FD，2001.

ECONOMIC EVALUATION METHOD OF WATER ENVIRONMENT IMPROVEMENT MEASURES BASED ON GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS DATA

Akiyoshi TAKAGI, Shinichi MUTO and Hodaka MURAMATSU

In the paper, we built the Spatial Computable General Equilibrium (SCGE) model which is based on Geographic Information Systems (GIS), makes one mesh one region and incorporates the established physical evaluation model of water environment to economic evaluate the improvement measures of the water environment in the continuous point in a river. It confirmed that this model is able to apply as an economic evaluation method by calculating the cost and benefit and analyzing the impact on the social economy system caused by a water environment improvement measure in Yoshida River which is branch river of Nagara River.