

閉鎖性水域の水質改善政策の経済分析

岐阜大学 ○橋本 直也 岐阜大学 正会員 上田 孝行
中日本建設コンサルタント(株) 正会員 高木 朗義 岐阜大学 学生員 武藤 慎一

1. 背景・目的

近年、公共用水域において、カドミウムなどの健康項目に関わる有害物質についてはほぼ全国的に水質環境基準を達成している反面、それ以外の生活環境項目物質などによる水質汚濁が問題となっている。BOD で見ると以前と比較して大幅に改善されているものの、まだ水質汚濁の著しい河川は多く存在する。また、内湾、内海、湖沼などの閉鎖性水域においては、依然として水質汚濁の程度は高い。閉鎖性水域では流入する汚濁負荷が大きいと同時に汚濁物質がたまりやすく、特に、窒素、リンなどは富栄養化を発生させるという問題がある。そこで閉鎖性水域の水質改善政策としていくつかの方策(CODの水質総量規制など)が提案され、実際に実行されている。しかし、閉鎖性水域の水質改善政策は費用の負担先と便益の帰着先が一致しない場合が多いため、政策の評価に対して困難な点が多く、また、同時にその効果についてまで明確に提示している研究は見られない。

そこで本研究では、閉鎖性水域のうち、内湾、内海の水質改善政策を行うことによる効果とその費用負担・便益の帰着先を明確にし、両者を同時に分析できる空間経済モデルを提案することで、政策の有効性を検討することを目的とする。

2. 空間経済モデルの概要

2.1 空間経済モデルの仮定条件

実際の経済システムを以下の仮定に基づきモデル化する。

- ① 海岸部まで含めた一流域を対象とした空間経済モデルを考える。
- ② 河川部都市(都市1)と海岸部都市(都市2)の2都市からなるモデルを想定する。
- ③ 都市1には、農業、工業やサービス業などの企業および家計が存在し、また、都市2には、漁業、レクリエーション企業および家計が存在する。
- ④ 政府は、各都市への水の供給および排水処理を行う。

2.2 都市1の企業の行動モデル

都市1の各企業は、労働・土地・資本からなる生産要素と政府より供給される水を投入して、一般財を生産する。それを本モデルの経済システムよりさらに大きな経済システム全体で取引が行われる市場へ供給する。なお、水については、使用した後に排水し、その際には排水費用を支払うとし、排水量に応じて水質汚濁物質を排出する。その生産活動は利潤最大化行動として、以下のように定式化される。

$$\pi_i(w, r, R_i, p, s, E, e)$$

$$= \max_{L, K, H} (p_i Y_i - w L_i - r K_i - R_i H_i - p_i^* x_i^* - E_i - s_i^* z_i^* - e_i)$$

$$s.t. Y_i = F_i(L_i, K_i, H_i, x_i, z_i)$$

$$E_i = \sigma_i x_i^* + \psi_i$$

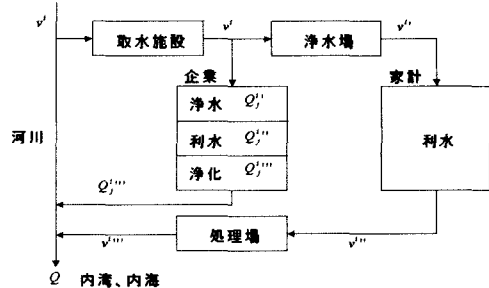
$$e_i = \phi_i z_i^* + \phi_i$$

ここで、 L : 労働、 H : 土地、 K : 資本、 Y : 一般財、 R : 地代、 p : 一般財の価格、 w : 賃金率、 r : 資本率、 p^* : 水の価格、 x^* : 水の需要量、 s^* : 排水価格、 z^* : 排水量、 E : 自己浄水費用、 e : 自己浄化費用、 $F(\cdot)$: 生産関数、 σ : 1単位あたりの浄水費用、 ϕ : 1単位あたりの浄化費用、 ψ, ϕ : 固定費用である。

なお、水質汚濁が著しいほど水1単位あたりの浄水・浄化費用は高くなることとする。

2.3 水質に関する水循環モデル

水質変化を以下のようにモデル化する。



- ① 都市政府 i は河川より水質 v' の水を取水し、浄水場にて水質 v'' に改善し、家計に供給する。
- ② 家計は水を使用し、その水質は v''' に変化する。
- ③ 都市政府 i は処理場にて水質 v''' に処理し、河川に排水する。
- ④ 企業は河川より水質 v' の水を取水し、自らが望む水質 Q_j' に浄水を行う。
- ⑤ 企業は水を使用し、その水質は Q_j'' に変化する。
- ⑥ 企業は使用した水を自ら浄化し、水質 Q_j''' にして河川に排水する。
- ⑦ 各河川は最終的に閉鎖性水域(内湾、内海)に流入する。そこでの水質は、汚濁物質の流入・底泥とのやり取り・外洋とのやり取り・自然浄化により Q に変化する。

ここで、 i : 都市のラベル、 j : 各企業のラベルである。

2.4 都市2の企業の行動モデル

都市2の各企業も基本的に都市1の各企業と同様の行動を行う。ただし、この企業は海岸域環境質(水質)に

より生産に影響が与えられると想定し、また、この企業は水を購入しないとす。よって、以下のように定式化される。

$$\pi_2(w, r, R_2, Q) = \max_{L_2, K_2, H_2} (p_2 Y_2 - w L_2 - r K_2 - R_2 H_2) \\ \text{s.t. } Y_2 = F_2(L_2, K_2, H_2, Q)$$

ここで、 Q : 環境質である。

2.5 家計の行動モデル

家計は各都市にそれぞれ存在し、生産要素を供給することにより収入を得る。それと利用可能時間 (Ω) の制約のもとに以下の財・サービスと時間を消費する。

- 1) 沿岸域へ出かける際の交通トリップ数 (n') とその所要時間 (t')
- 2) 沿岸域へ出かけた際のそこでのレクリエーション時間 (t'_R) とレクリエーション用消費財 (Y'_R)
- 3) 一般財 (Y') と一般的余暇時間 (t'_g)
- 4) 居住のための土地消費量 (H'_a)
- 5) 水の消費量 (x'_a)
- 6) 排水量 (z'_a)

また、家計は沿岸域で行うレクリエーションとは別に、沿岸域の環境に対して (概念的) 存在価値を有しているとする。以上の考え方を家計の効用最大化行動として次のように定式化する。ただし、沿岸域でのレクリエーションは、そこへ 1 回ずつ出かけた際に、家計が自ら生産して自らが消費しているサービス (u_R) であると解釈して、家計生産関数の概念を用いて定式化する。定式化にあたり 2 段階に分ける。第 1 段階では、家計のレクリエーション生産量を決定する。次に、第 1 段階で決定したレクリエーション供給量を含め、これらの財を消費する行動を効用最大化行動として定式化する。

[Step1]

$$c(p_R, w, Q) \cdot u_R = \min_{Y_R, t_R} (p_R Y_R + w t_R) \\ \text{s.t. } u_R = f_R(Y_R, t_R, Q)$$

[Step2]

$$U(w, p_h + w t, c(p_R, w, Q), R_h, w \Omega + \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_L, p_h^v, s_h^v Q) \\ = \max_{Y, t_y, g, u_R, n} U(Y, t_y, H_h, u_R n, Q, x_h^v, z_h^v) \\ \text{s.t. } \sum_j p_j Y_j + \{p_h + w t + c(p_R, w, Q) \cdot u_R\} n + w t_y + R_h g \\ = w \Omega + \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_L - \tau$$

ここで、 l : 労働時間、 w : 賃金収入、 ε : 配当収入、 τ : 税金、 f_R : 生産関数、 p_R : レクリエーション財の価格、 R_h : 居住者用土地の地代、 p_h : 交通費である。

2.6 政府の行動モデル

政府は各都市への水の供給と排水の処理を行う。

[取水・浄水費用]

$$C' = \sum_j \left[\omega_j' (q_j' + q_h') + \sum_j \gamma_i' (v_i' - v_i'') q_h' + C f_j' (B_j') \right] \\ C f_j' = a B_j'^b \quad b < 1$$

ここで、 C' : 取水・浄水費用、 ω_j' : 1 単位あたりの水の生産費用、 γ_i' : 水質項目 i に対する技術的パラメータ、 q_j' : 企業 j への供給量、 q_h' : 家計への供給量、 $C f_j'$: 固定費用、 B_j' : 浄水処理の施設規模、 a, b : パラメータである。

[排水処理費用]

$$P' = \sum_j \left[\lambda_h' + \sum_i \delta_i' (v_i^{(1)} - v_i^{(2)}) \right] z_h' + P f' (G') \\ P f' = a G'^b \quad b < 1$$

ここで、 P' : 下水処理費用、 λ_h' : 1 単位あたりの水処理費用、 δ_i' : 水質項目 i に対する技術的パラメータ、 $P f'$: 固定費用、 G' : 下水処理の施設規模、 a, b : パラメータである。

政府は以上のような行動を行うにあたり、水需要者からの利用料収入とともに家計より徴収される税金を用いて各種政策を行う。また、水質改善政策として、下水道整備による排水処理能力の向上、閉鎖性水域におけるヘドロ浚渫事業を行う。

2.7 土地所有者の行動モデル

土地所有者は所有している土地を家計、各企業に対し提供し、地代収入を得る。

$$\pi_L = R_h \overline{H}_h + R_1 \overline{H}_1 + R_2 \overline{H}_2$$

ここで、 $\overline{H}$: 各用途の利用可能土地面積である。

2.8 均衡条件

資本市場・一般財市場はオープンであり、それらの価格は環境整備によって変化しないとする。対象とする空間経済システムで閉じている市場は以下の通りである。

労働市場 $L_1 + L_2 = Nl$

土地市場 $NH_h = \overline{H}_h \quad H_1 = \overline{H}_1 \quad H_2 = \overline{H}_2$

レクリエーション財市場 $Nu_R n = Y_R$

ここで、家計の労働時間については次式が成立している。

$$l = \Omega - t_y - n t - n u_R t_R$$

3. おわりに

本研究では、閉鎖性水域の水質汚濁の現状を把握し、それに基づいて水質改善政策を行うことでの効果とその費用負担・便益の帰着先を明確にし、両者を同時に分析できる空間経済モデルを構築した。

今後の課題としては、モデルの信頼性を高めていきたいと考える。特に、今回は簡略化した閉鎖性水域における水質変化について具体化していきたい。

なお、数値シミュレーションの結果については発表時に報告する。

[参考文献]

- 1) 近藤浩治、上田孝行、山田貴久：水資源政策の空間的分析の試み、土木学会第 52 回年次学術講演会、pp120-121