

流域GISを援用した総合環境評価モデルに基づく水環境改善施策の検討

岐阜大学大学院 学生会員 ○西川薫 岐阜大学 正会員 高木朗義
 岐阜大学大学院 松田尚志 岐阜大学 正会員 篠田成郎

1. はじめに

長良川の水環境は、流域住民、産業、観光などの基盤となっている。しかし近年、環境悪化が懸念されており、将来にわたって水資源を有効活用するために水環境改善施策が検討されている。水環境改善施策の検討には、施策による環境改善効果だけでなく、費用対効果の観点から市場経済への影響も同時に評価する必要がある。筆者らは、これまでに流域GISを援用することによって流域環境評価モデルと流域経済評価モデルを統合した総合環境評価モデルを構築し¹⁾、幾つかの施策の評価を行ってきた²⁾。この総合環境評価モデルの概念を図1に示す。本研究では、これらの先行研究¹⁾²⁾に基づき地域経済への影響を考慮しながら長良川流域の水環境が改善され、流域住民の効用が最大になる水環境改善施策を検討する。

2. 総合環境評価モデルの概要

(1) 流域環境評価モデル

流域環境評価モデル³⁾は、環境状態を物質循環の連続性から評価するものである。具体的には、長良川流域の物質循環の連続性を把握するため、長良川流域39箇所全室素量の現地観測を行い、現地観測結果と人間活動のデータ(土地被覆分布、森林薄による植生分布や市町の人口、下水道整備率、農業粗生産額、牛豚頭数、工場排水量など)を基に、流域内での全室素移動量を次式により算出している。

$$\Psi_m = \Psi_{m-1} + \Phi_m - \Phi_m' \quad (1.a)$$

$$\Phi_m = \sum_i \beta_i A_i \quad (1.b)$$

$$\Phi_m' = \Phi_m e^{-kx} \quad (1.c)$$

ここで、 Ψ_m は、着目メッシュ m から流出される流域内全室素移動量、 Ψ_{m-1} は上流メッシュより流入する流域内全室素移動量、 Φ_m は着目メッシュ m から排出される物質質量、 Φ_m' は着目メッシュ m 内での変化量、 A_i は土地被覆特性量、 β_i は A_i に対する原単位、 I は土地被覆特性量の数、 k は物質質量変化係数、 x は流下距離を表わす。

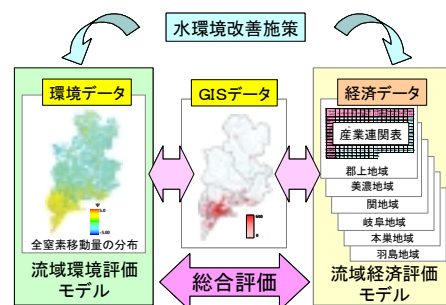


図1 総合環境評価モデルの概念

(2) 流域経済評価モデル

流域経済評価モデルは、応用一般均衡(CGE)モデルを用いる。これは、環境改善効果が最終的に帰着する消費者としての世帯の便益で評価するものである。ただし、経済主体間および上下流域間の相互関係を考慮する。これにより、例えば農業の減肥施策が世帯や内水面漁業、観光業の経済活動に直接的にもたらす環境改善効果だけでなく、農業の生産効率低下と市場を通じて波及する関連産業への費用負担が同時かつ整合的に評価できる。一方、河川流域では連続性の観点から、上流域の水環境が改善されれば、河川を通じて下流域の水環境も改善され、その経済活動にも影響をもたらす。本モデルではこの点も踏まえた評価ができる。

(3) 評価指標

総合環境評価の指標は、世帯の総合便益を用い、次式のように定義する。

$$B^m = B_M^m + B_{E \text{ near}}^m + B_{E \text{ basin}}^m \quad (2)$$

ここで、添字 m はメッシュ、 B は世帯の総合便益、 B_M は市場経済便益、 $B_{E \text{ near}}$ は身近な川の水環境改善便益、 $B_{E \text{ basin}}$ は長良川流域全体の環境改善便益を表わす。

市場経済便益は、CGEモデルを用い効用変化分を等価変分概念を適用して次式のように示される。

$$B_M^m = N^m B_M \quad (3.a)$$

$$B_M = \frac{(\Delta_1^w)^{\frac{1}{\sigma_1-1}} M^{1^w} - (\Delta_1^{wo})^{\frac{1}{\sigma_1-1}} M^{1^{wo}}}{(\Delta_1^{wo})^{\frac{1}{\sigma_1-1}}} \quad (3.b)$$

$$\Delta_1 = \beta_H p_H^{(1-\sigma_1)} + \beta_C p_C^{(1-\sigma_1)} \quad (3.c)$$

ここで、添字 w 、 wo はそれぞれ施策の有無(w :有、 wo :無)、 N は世帯数、 σ_1 は代替弾力性、 M^1 は総

所得， p_H は当該消費財価格， p_C は貯蓄価格， β_H ， β_C は分配パラメータを表す．

身近な川の環境改善便益とは，居住地周辺の川の環境が改善することで得られる便益，長良川流域全体の環境改善便益とは，長良川流域全体の環境が改善することで得られる便益である．この2つの環境改善便益は，長良川流域住民によるアンケート調査からの支払意思額に基づき算出した．それぞれの環境改善便益は，次式により示される．

$$B_{E\text{near}}^m = MWTP_{\text{near}}(\Psi_m^w - \Psi_m^{wo}) \tag{4.a}$$

$$B_{E\text{basin}}^m = MWTP_{\text{basin}}(\Psi_{\text{average}}^w - \Psi_{\text{average}}^{wo}) \tag{4.b}$$

ここで， $MWTP_{\text{near}}$ は身近な環境改善便益の限界支払意思額， $MWTP_{\text{basin}}$ は長良川流域全体の環境改善便益の限界支払意思額， Ψ_{average} は長良川流域の全窒素移動量の平均値を表す．

3．現実的な施策の評価と考察

各地域の市場が独立な長期均衡状態を仮定して，施策の種類や実施地域が異なる十数パターンの水環境改善施策の評価を行った．これらの評価結果から環境と経済のバランスのとれた現実的な施策として表2に示す施策を想定した．現実な施策の特徴として，上流の郡上地域では多くの施策を実施し，逆に下流の岐阜，羽島地域では施策が少ないことが挙げられる．

表2の施策の環境評価の結果として，全窒素移動量の変化分の分布すなわち環境改善の結果を図2に示す．また経済評価の結果として，表3に各地域の便益を，図3に総合便益の分布を示す．表3をみると，総合便益は関地域以外で正の便益を得ており，流域全体で28億円の便益を得ている．さらに図3をみると長良川本川上や下流の岐阜，羽島地域のメッシュで正の便益，その他のメッシュで負の便益が享受されていることがわかる．岐阜，羽島地域では，水環境の改善度は大きくないが，市場経済便益が大きいいため，このような分布となった．これらの結果から費用負担や施策実施に向けて上下流の連携が必要であると言える．

図4に施策による郡上地域の産業への影響を示す．図4をみると，地域市場経済への波及効果を把握することができる．施策の対象となる農業，林業，畜産系の産業，また水環境が改善することにより内水面漁業，観光業への高い影響もみられ，それらの分布が波及して全産業に影響していることがわかる．

表2 現実的な施策の想定

地域		郡上	美濃	関	岐阜	本巣	羽島
施策	森林系	間伐面積(コスト)	10%増(5%増)				
	農業系	施肥料(生産率)	30%増(5%増)	30%増(10%増)	30%増(5%増)	30%増(5%増)	
	畜産系	排水量(コスト)	20%増(5%増)				
	生活系	下水処理量			1.3倍		
家庭内対策		実施					

表3 現実的な施策を実施した場合の各地域の便益

	郡上	美濃	関	岐阜	本巣	羽島	全流域
全窒素移動量の変化量	-6	-4	-10	-31	-59	-316	-25
身近な川の環境改善便益(単位:百万円/年)	564	231	406	1,284	216	60	2,761
長良川流域全体の環境改善便益(単位:百万円/年)	75	37	107	704	117	179	1,219
市場経済便益(単位:百万円/年)	-132	-263	-749	214	-316	49	-1,198
総合便益便益(単位:百万円/年)	507	5	-236	2,201	16	288	2,781

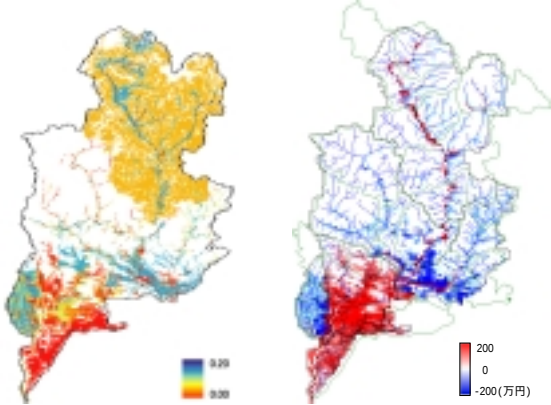


図2 全窒素移動量の変化分 図3 総合便益

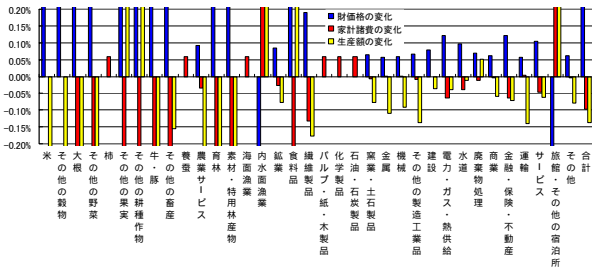


図4 郡上地域の産業への影響

4．おわりに

本研究の成果では，長良川流域の水環境改善のために，環境と経済のバランスのとれた現実的な施策の組み合わせを考えた．さらに地域毎の効果を踏まえた上で，その有効性を明らかにした．また，流域全体での評価結果から，上下流間の連携の必要性を示した．

【参考文献】

1) 西川薫，高木朗義，篠田成郎，永田貴子：流域GISを援用した水環境改善施策の総合環境評価モデルの構築，土木計画学研究・論文集，vol.23，no2，pp.281-289，2006．
2) 高木朗義，篠田成郎，西川薫，松田尚志，片桐猛，永田貴子：流域GISを援用した総合環境評価モデルによる水環境改善施策の効果分析，環境システム研究論文集，vol.34，pp.553-560，2006．
3) 篠田成郎，守利悟朗，和田祐典，山川淳平，田中雅彦，渡辺美帆，片桐猛：物質循環状態評価に基づく新しい流域環境指標の提案，第12回地球環境シンポジウム論文集，pp.213-218，2004．