

環境・経済統合勘定を適用した流域水環境 の実態把握と将来型管理計画への一考察

木山 正一¹

¹正会員 京都大学助手 農学研究科地域環境科学専攻 (〒606-8502 京都市左京区北白川追分町)
E-mail:skiyama@hotmail.co.jp

「持続可能な開発」を目的とした水環境保全政策のあり方について考察するために、流域単位の水環境・経済統合勘定と富栄養化ポテンシャルを定量した。環境効率改善指標を用いて水質汚濁防止に係る現状システムを評価し、環境効率を支配する地域構造や産業形態を明らかにした。また経済成長ベースの水環境政策への環境効率改善指標の有効性を検討すると共に、地域分析によって顕在化した社会問題について述べ、特に地域格差問題に対する適切な環境政策の必要性を提案する。

Key Words : *sustainable development, waste water management, system of integrated environment and economic accounting (SEEA), eco-efficiency improvement index*

1. はじめに

現代社会においては我々の生活・経済活動において自然資源の枯渇や副産物である廃棄物・汚染物質の自然空間への排出といった自然環境の悪化が懸念される環境問題が無視できない。過去には高度成長期に大気汚染や水質汚濁のような公害問題が経済事後的に急増深刻化したことが、被害者の補償制度や環境汚染を規制する法律の整備によって環境保全の社会的インセンティブが高まりつつある。

こうした経験を真摯に受け止め、環境保全と両立した経済成長のあり方が模索されるようになり、次世代の環境・経済基盤を保障するためのマクロ社会政策の理論的試行がわが国でも最近 10 年来進められている^{1), 2)}。つまり国民総生産に環境資産の減耗を積極的に取り入れる勘定体系をつくり、経済政策に役立てる画期的な試みである。これは地球サミット (1992 年) が採択したアジェンダ 21 内「持続可能な開発」を実現するため、国連が提唱した「環境・経済統合勘定」(SEEA, 1993 年)を受けたものである³⁾。そこでは非生産物資産 (大気、水、土壌、土地、地下資源) の悪化を防止・軽減するために要する社会費用を帰属環境費用として経済勘定に統合し環境調整済総生産あるいは純生産として経済動態をモニタリングすることを可能にしている。

現状環境・経済統合勘定は国家レベルで試算されているが、実際環境管理を進めていく現場は地域である。各地の土地利用や産業構造は多様であり、それらを勘案した政策管理システムづくりが次のステップとして重要と考えられる。そのため経済ベース環境管理の実現のためには適切な有効単位 (領域) を定義し、領域内の自然空間構成や産業社会構造を正確に定量する必要がある。さらに現状の水質汚濁に係る環境・経済統合勘定は点源のみを対象としており、生産基盤であり面源負荷が無視できない農業が考慮されていない問題が残る。

本研究はまず環境・経済統合勘定が有する流域水環境の持続可能な開発管理問題への適応性を調査することを目的とする。つまり流域を構成する市町村レベルの環境・経済統合勘定と現行排水処理システムにおける富栄養化ポテンシャルを推計し、産業経済構造と排水管理システムの地域特性を定量化する。また持続的な開発に要求される社会整備条件や現排水システムの環境・経済性能について分析する。生活・経済活動によって排出される家庭・業務・工場・農業・家畜排水を対象とする。

2. 環境・経済統合勘定 (SEEA)

(1) 環境問題の経済勘定

環境と開発に関する世界委員会 (1987 年) を契機に、持

持続可能な開発を行なうインセンティブを高めるには関連する政策決定問題の情報源を整備する必要がある。国連は国民経済計算体系SNAを見直し(1993年)、最終的に環境・経済統合勘定がSNAのサテライト体系として提示された(SEEA)³。つまり市場原則に基づくSNAのフロー・ストック内(コア体系)では環境問題を扱うことができないため(外部不経済問題)、SNAと関連する環境要素に帰属環境費用の概念を適用させ、環境劣化と自然資産の減耗(廃物の排出、土地森林の使用、資源の枯渇、自然資源の復元あるいは自然資産別: 大気、水、土壌、土地、地下資源)を勘定するのがSEEAである。

この勘定は経済と環境の相互作用を定量し、わが国でも試算されている。環境・経済統合勘定の推計に関する研究報告書²によれば、1990年の帰属環境費用は4.19兆円で国民総生産(GDP=430.04兆円)の0.97%を占める。また環境調整済国内総生産動態は1995年に460.4兆円と1970年の2.56倍で、GDPの伸び(2.51倍)を上回り帰属環境費用のGDPに占める割合が減少している。

(2) 水環境問題への適用

水質汚濁防止に関する基準やPRTR法によって対象事業主体が排出する化学物質に関する情報が詳細に公開されるようになり、物質総量としての排水に関する規制管理は強化されている。水質の量的規制は不可欠であるが、一方で持続可能な開発を保障する地域政策方法を確立する体制づくりも重要である。

社会基盤整備に関する水環境問題の利害関係は水系、流域単位で顕在化される。そこで経済活動を保障する水環境改善政策は流域単位で扱うのが本質的だろう。そこで環境・経済統合勘定を流域に適用し、現状の水質汚濁に関する環境保全の経済評価への適用性を考える。先行研究²では国の環境・経済統合勘定では畜産を除き第1次産業の環境負荷が含まれていない。しかし特に農業は第1次産業においても主要な生産基盤であり、それによる環境負荷は考慮されるべきである。経済生産と環境影響の評価では農業、畜産業、鉱工業、鉱工業以外の2次産業と3次産業(以下3次産業他と称する)を考慮する。

3. 水質汚濁に係る勘定

排水問題ではその発生源が点源(家庭排水、家畜排水、工場排水)・面源(農地等)に区分される^{4,5)}。

図-1に典型的な生活産業から汚濁水が排出する経路を示す。地域によっては水洗化率、下水処理形態が大きく異なる。非水洗ではし尿処理ないし雑排水の未処理排出がある。公営下水処理では公共下水道施設(公共下水道・

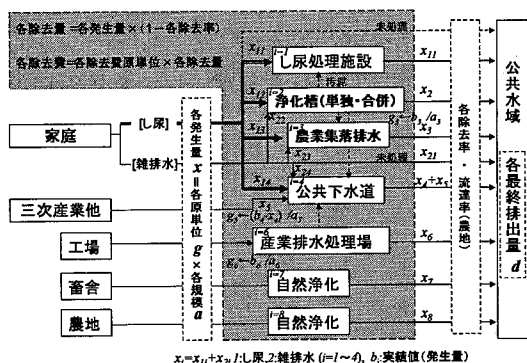


図-1 汚濁物質の排出経路と諸量算出

表-1 環境・経済勘定のための使用データ

対象	データ源	適用
公共下水道	下水道統計(日本下水道協会)	行政・財政
	地方公営企業年鑑(地方財務協会)	行政・財政・水質
農業集落排水	地方公営企業年鑑(地方財務協会)	行政・財政
	市町村ヒアリング	行政・財政・水質
し尿・浄化槽	一般廃棄物処理実態調査結果(環境省)	行政・財政
	河川汚濁のモデル解析(国松ら)	水質(除去率)
	流域別下水道整備総合計画調査(日本下水道協会)	水質
	環境・経済統合勘定の水系に関する研究報告書(日本総合研究所)	
工場排水	工業統計調査(経済産業省)	排水量
	環境装置生産実績(日本産業機械工業会)	維持管理費
	主要産業の設備投資計画(経済産業省)	
	水質汚濁物質排出量総合調査(環境省)	水質
農業・畜産	都道府県統計書	行政
	流域別下水道整備総合計画調査(日本下水道協会)	水質(除去率・流出率)
	河川汚濁のモデル解析(国松ら)	

表-2 排水処理方法別対象人口

市町村	下水道						計
	公共下水道 (単独)	流域下水道 (内数)	特定環境 保全公共 下水道	農業集落 排水施設	浄化槽	し尿(非 水洗)	
A	1,389,400	(191630)	0	0	5,873	30,836	1,426,109
B	57,578		1,142	1,597	8,600	26,531	95,448
C	50,991	(50991)	0	0	1,795	800	53,586
D	63,372	(63372)	0	0	12,891	1,586	77,849
E	15,263	(15263)	0	0	120	139	15,522
F	0		900	143	1,692	4,177	6,912
G	5,225	(5225)	1,989	2,144	3,198	3,814	16,370
H	2,211	(2211)	192	192	1,377	5,025	8,997
I	0		1,971	1,207	2,083	1,010	6,271

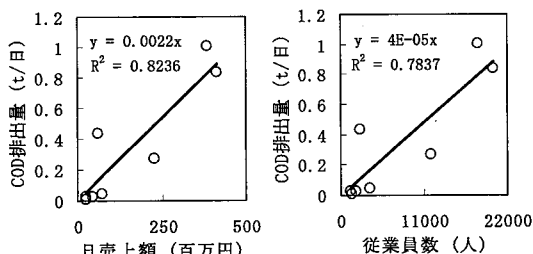


図-2 三次産業他によるCOD排出量の説明変数比較

特定環境保全下水道・流域下水道), 農業集落排水施設, 浄化槽施設と処理法によって排出経路は細分されそれぞれ環境・経済統合勘定に考慮されるべきである。

畜産業による污水排出は一般に処理施設の把握が困難で、農地においては特に排水処理はない。これらは既往の研究に習い公共水域に達するまでに自然浄化がある程度行なわれると考えた²⁾。環境・経済統合勘定や富栄養化の推定には表-1の行政データ他を用いた。

一級河川をもつ対象流域は9つの市町村(A-I)からなる。以下2002年度の統計値を用いる。当流域の污水処理法別人口構成を表-2に示す。表-3は市町村の経済統計他である。下流A市は経済生産が最大で、水洗化率も非常に高い。一方でI市は総生産が最小、最大の農業人口比を有し非水洗化率は大きめである。C-E市は下流中堅都市である。このように流域全体からは多様な経済構造と下水道普及状況が理解できる。

(1) 汚濁物質排出量の推定

a) 下水道、浄化槽およびし尿処理施設

公共下水道には家庭排水、三次産業他および工場排水の一部が投入される。下水道統計⁹⁾で公開される下水処

理量や投入汚濁量が平均的な家庭下水量や汚濁物質発生量を上回るため、差分を三次産業他からの排水量とした。工場排水の下水道投入量が当該地域ではゼロのため工場排水処理水と公共下水処理水は互いに独立と考えた。ここで使用した家庭下水量原単位は250 l/人・日×対象人口、家庭発生負荷原単位(g/人・日)はCODで15(雑排水)、9(し尿)、窒素で1.45(雑排水)、7.15(し尿)、リンで0.54(雑排水)、0.68(し尿)である⁴⁾。

三次産業から排出される汚濁源は事業活動に伴う污水(雑排水・し尿)であり発生負荷原単位には通常従業員数を用いる。しかし産業活動の成果である売上額とその副産物である汚濁物質発生量との関係を理解するのは、持続的な開発を分析する上で大切である。図-2に市町村別三次産業他によるCOD排出量と日売上額、従業員数の相関性を比較する。COD排出量と両説明変数は高い相関性を示した。日売上額と従業員数間にも十分高い相関関係($R^2=0.9968$)が見られ、三次産業他の汚濁発生原単位は売上額ベースで与えられる。窒素、リンも同様である。

表-3 流域市町村の経済統計および諸量

市町村	総生産	総生産に占める構成比率				面積	農業人口	工業従業員	商業従業員	非水洗化率
		産業			その他*					
		農林水産業	鉱工業	その他産業						
	百万円	%	%	%	%	km ²	人	人	人	%
A	5,796,172	0.18	16.60	76.95	6.27	610.22	18,624	76,017	172,990	0.024
B	239,876	1.58	24.88	62.88	10.66	224.90	15,543	5,746	6,627	0.275
C	111,310	0.53	11.96	74.59	12.91	7.67	1,577	1,294	3,402	0.017
D	263,469	0.26	40.40	53.44	5.90	19.18	2,067	10,295	4,479	0.045
E	131,002	0.08	78.48	17.27	4.17	5.97	393	2,676	458	0.010
F	16,282	8.64	10.61	53.84	26.92	217.68	3,701	214	359	0.739
G	55,123	1.88	25.80	48.65	23.68	102.78	5,133	1,244	897	0.484
H	37,265	2.83	37.96	46.36	12.85	49.56	4,391	1,151	508	0.792
I	15,624	7.15	10.51	59.67	22.67	123.50	2,733	255	210	0.372

*: その他=政府サービス生産者+対家計民間非営利サービス生産者-関税-消費税-帰属利子

表-4 鉱工業の排水量原単位・水質・排水量推定値

業種名(中分類)	排水量原単位		処理施設投入平均濃度			市町村別排水量							
	単位	地域平均 m ³ /日・100万円	標準偏差	COD mg/l	窒素 mg/l	リン mg/l	A	B	C	D	E	G	H
食料・たばこ・飼料	品	0.1231	0.0684	117.40	34.39	11.13	9,018	273	50	1,377	0	782	5,444
飲料	品	0.2214	0.1230	95.34	23.81	6.38	39,310	33	0	0	0	0	0
繊維	品	0.1006	0.0559	86.56	19.76	1.28	6,108	55	0	84	0	17	0
衣類	品	0.0146	0.0081	263.86	24.67	5.69	227	5	4	0	0	0	4
木材・木製品	品	0.0049	0.0027	118.46	25.68	3.45	30	21	0	0	0	9	0
家具・装飾品	品	0.0021	0.0012	31.25	15.34	2.60	16	1	0	0	0	0	0
パルプ・紙	品	0.0300	0.0167	230.45	10.92	1.30	508	59	0	221	0	0	0
印刷	品	0.0290	0.0161	100.47	23.25	9.63	3,129	23	0	0	40	43	13
化学	品	0.1419	0.0788	72.64	131.95	3.20	4,991	300	534	4,590	0	0	0
窯業・土石	品	0.2736	0.1519	51.47	11.74	1.48	8,388	652	0	0	0	0	0
鉄鋼	品	0.3547	0.1970	73.20	41.59	8.27	796	0	0	0	0	0	0
非金属製品	品	0.0611	0.0340	42.45	277.46	1.55	1,086	0	0	0	0	0	0
機械	品	0.0325	0.0181	72.64	41.65	8.46	1,055	259	15	101	0	0	0
一般機械	品	0.0174	0.0097	59.19	36.74	7.14	1,260	74	48	768	0	0	0
電気機械	品	0.1512	0.0840	59.19	36.74	7.14	14,665	960	90	21,131	24,065	0	0
情報通信	品	0.0010	0.0006	59.19	36.74	7.14	6	5	0	0	0	0	0
電子部品・デバイス	品	0.2007	0.1115	59.19	36.74	7.14	17,503	557	0	0	0	0	0
輸送用機械	品	0.4168	0.2315	59.19	36.74	7.14	42,460	848	0	16,823	0	0	0
精密機械	品	0.0070	0.0039	59.19	36.74	7.14	701	7	0	0	0	0	0

農業集落排水施設からの汚濁物質排出は家庭起因とし、処理量および投入時平均水質濃度から物質別発生量を得た。また対象人口から市町村別発生原単位を求めた(COD=19.74(平均), 5.248(標準偏差); 窒素=7.022(平均), 1.867(標準偏差); リン=0.934(平均), 0.247(標準偏差))。算出値は平均的な家庭排水による原単位(COD=25, 窒素=8.6, リン=1.22)より若干小さめであるが妥当と考えられる。し尿・浄化槽汚泥においては汲取りされ、し尿処理が行なわれる。一般廃棄物処理実態調査結果(環境省)からは市町村単位で処理量が得られるが、汚水水質や汚泥含水率が不明のため発生量は家庭排水の平均的発生原単位に対象人口を乗じて推定した。

除去率は公共下水道施設・農業集落排水施設においては施設投入・放流時の汚濁物質平均濃度差から推定した。浄化槽についてはCOD, 窒素, リン除去率を順に0.84, 0.51, 0.36とした⁴⁾。同様に文献4よりし尿処理施設の除去率にはCOD, 窒素, リン除去率を順に0.87, 0.42, 0.49を与えた。

b) 産業排水処理施設

工場からの汚濁物質排出量は以下のように推定した。工業統計として工場排水量は直接得られないため、用水量から原料水および回収水を減じた量を最終排水量とした。ところで流域別下水道整備総合計画調査指針と解説⁹⁾(以下流総指針と呼ぶ)に記されているように、工場排水に含まれる汚濁物質と濃度は業種に依存して異なる。

水質汚濁防止環境装置の耐用年数は7年で、環境効率の経年変化を考えると最新の設備や製造プロセス下での諸量を得ることが望ましい。しかし市町村別業種別の排水量データは直接得られないため、市町村別業種別出荷額, 市町村別用水量, 都道府県業種別用水量データを用いて推定を試みた⁷⁾。市町村別中分類による業種別排水量は、市町村別業種別出荷額と都道府県業種別排水推定量の積に関する重み係数を市町村別全業種排水推定量に乗じて次式で推定した。

$$x(i, j) = \frac{q(i, j)r(i)}{\sum_i \{q(i, j)r(i)\}} p(j) \quad (1)$$

ここで $x(i, j)$ は j 市の i 業種の排水量, $q(i, j)$ は j 市の i 業種の出荷額, $r(i)$ は都道府県 i 業種の排水量, $p(j)$ は j 市の全業種排水量である。また $x(i, j)/q(i, j)$ は排水量原単位を表す。業種別処理施設の水質には水質汚濁物質排出量総合調査⁸⁾の回答平均値を用い、中分類別に再構成した。推定された工場排水の各原単位を表-4にまとめる。これらは流総指針と概ね一致してい

る。除去率には同統計から得られる平均値を用いた(COD=0.84, 窒素=0.66, リン=0.77)。

c) 家畜排水

畜産の汚濁発生は牛と豚を対象とし、各汚濁物質発生負荷原単位は流総指針に従う。つまりCOD = 530(g/牛一頭・日), 130(g/豚一頭・日), 窒素 = 378(g/牛一頭・日), 40(g/豚一頭・日), リン = 56(g/牛一頭・日), 25(g/豚一頭・日)とする。これらに市町村別家畜頭数を乗じて家畜排水による汚濁発生量を推定した。

家畜は屋外で排泄する場合が考えられ特定の排水処理装置の想定が困難である。流総指針の「流達率を10%以下にする」記述に従い除去率を0.9とする。

d) 農業排水

農地からの汚濁負荷は作物種によって異なり、また同一負荷源でもその原単位は大きく幅をもつことが知られている。ここでは流総指針および湖沼等の水質汚濁に関する非特定汚染源負荷対策ガイドライン報告書⁹⁾を参考に負荷流出原単位を与えた。COD = 47.1(kg/水田1ha・年), 24.4(kg/畑1ha・年), 窒素 = 9.3(kg/水田1ha・年), 24.8(kg/畑1ha・年), リン = 0.69(kg/水田1ha・年), 0.34(kg/畑1ha・年)とする。

(2) 帰属環境費用の推定

水質汚濁に係る帰属環境費用を維持費用評価法により推定する。つまり生活・産業活動によって実際に生じた水質汚濁の量的変化を、ある水準に維持するため要する対策的費用である。水質汚濁物質の発生源毎に除去費用原単位を定義し、排出量に乗じて帰属環境費用が求まる。この費用は人間活動の結果発生する汚染物質の終末排水処理に係る装置の減価償却と維持管理費の合計、即ち除去費を表す。

a) 下水道・浄化槽およびし尿処理施設

公共下水道、農業集落排水事業においては下水道統計や地方公営年鑑¹⁰⁾に公開されている污水处理に係る維持管理費用と設備の減価償却費を用いる。これら費用の和を処理水量または各汚濁物質除去量で除せば、処理水費用原単位、各除去費用原単位が求まる。

浄化槽とし尿処理に係る費用については廃棄物処理経費として公開される市町村、事務組合および組合分担金のうち処理・維持管理費分を用いた¹¹⁾。ただし浄化槽汚泥処理とし尿処理の合算値として公開され明確に区分できないため、各経費は同値とした。減価償却費用については適切なデータが得られず考慮していない。

b) 産業排水処理施設

当該市町村における企業が設備投資する環境改善処理施設の減価償却費および維持管理費は直接得られない。既往研究²⁾では公害防止設備投資調査に回答された資本金1億円以上の企業のうち回答を得たデータ分(主要企業の設備投資計画¹²⁾)を基に経費の推定を行なっている。しかし推計された処理費用原単位が下水道処理施設に比べて著しく小さく($<10^3$)、一原因として公害防止設備投資調査では捉えられない設備投資の存在を指摘している。これは一部企業のデータを全国相当とした結果と考え、本研究で以下の修正を加える。

環境装置の生産実績¹³⁾には各種水質汚濁防止関連装置の生産実績値が示される。このうち産業排水処理装置分の生産実績値は主要企業の設備投資計画調査による同装置への設備投資費より例年大きく、平均2.13倍である。設備投資費は有形固定資産取得額に建設仮勘定の年間増減額を加えたもので必ずしも生産実績値とは一致しないが、生産実績値は前述の過小設備投資費改善のため有効と考えられる。

そこで生産実績額が全国企業の設備投資額に等しいと仮定する。減価償却費の推定には定額法を適用、残存価格を取得価格の10%、所得税法に定められる汚水装置の耐用年数7年を用いて算出する。

環境装置の生産実績データから過去7年間(1995-2001年度)に国内全企業が産業排水処理装置に投資した累積設備費は推定される(5,520億円)。これを2002年度の排水処理施設の取得金額とみなし減価償却費を710億円と推定する。

次に維持管理費を推定する。主要企業の設備投資額に対する維持管理比(1995-1999年度分のみ公表、2000年以降は不明)は平均値3.44(標準偏差0.218)である。また下水道処理装置を除く水質汚濁防止装置の国内生産累積生産額(24,645億円)と主要企業の累積水質汚濁防止設備投資額(2,791億円)の比は8.83、水質汚濁防止装置に占める産業排水処理装置の累積生産額(5,520億円)の比は0.224である。これら3つの比を2002年度の設備投資額(264億円)に乗じて国内全企業の産業排水処理装置の維持管理費を1,796億円と推定した。

以上から産業排水処理装置の全国維持管理費は2,506億円となり、市町村別維持管理費は鉱工業の出荷額の全国比を全国維持管理費に乗じて推定した。汚濁物質除去費原単位の算出では回収水が排水処理に関わるとした。平均的な処理水費用原単位は33(円/㎡)である。

c) 家畜および農業排水

家畜、農業排水では明確な排水処理施設を確定ないし保有していないためここでは除去費用をゼロとした。

表-5 処理水費用原単位

市町村	下水道				浄化槽、し尿処理
	公共下水道	特定環境保全公共下水道	農業集落排水施設	浄化槽、し尿処理	
	(流域下水道含む)	下水道			
A	93	X	X	35,535	
B	208	579	634	11,165	
C	223	X	X	37,128	
D	177	X	X	36,237	
E	129	X	X	29,681	
F	X	710	2,285	3,531	
G	349	511	512	10,863	
H	735	2,138	662	3,121	
I	X	330	366	3,385	

表中のX は該施設なしのため推定していないことを表す

表-6 COD除去費用原単位

市町村	下水道処理					浄化槽処理	し尿処理
	家庭・3次産業他	鉱工業	家庭	家庭	家庭		
	家庭・3次産業他	鉱工業	家庭	家庭	家庭		
A	1.73	0.34	X	13.51	9.71		
B	2.38	0.31	9.36	2.84	2.90		
C	2.83	0.21	X	2.30	22.51		
D	2.25	0.42	X	1.07	17.96		
E	1.64	0.48	X	7.53	22.19		
F	7.56	X	34.99	0.38	0.83		
G	4.43	0.30	7.84	1.40	3.23		
H	8.53	0.30	10.14	0.39	0.86		
I	3.77	X	5.60	0.41	1.47		

表-7 窒素除去費用原単位

市町村	下水道処理					浄化槽処理	し尿処理
	家庭・3次産業他	鉱工業	家庭	家庭	家庭		
	家庭・3次産業他	鉱工業	家庭	家庭	家庭		
A	10.82	0.74	X	62.08	25.33		
B	17.83	0.69	44.30	13.05	7.57		
C	13.11	0.19	X	10.56	58.68		
D	10.40	0.59	X	4.93	46.84		
E	7.57	0.78	X	34.61	57.86		
F	34.97	X	165.58	1.77	2.15		
G	19.11	1.34	37.09	6.45	8.43		
H	39.77	1.17	47.99	1.79	2.24		
I	16.28	X	26.50	1.87	3.82		

表-8 リン除去費用原単位

市町村	下水道処理					浄化槽処理	し尿処理
	家庭・3次産業他	鉱工業	家庭	家庭	家庭		
	家庭・3次産業他	鉱工業	家庭	家庭	家庭		
A	54.71	3.96	X	619.93	228.26		
B	73.79	3.61	265.82	130.35	68.46		
C	93.23	3.77	X	105.42	528.90		
D	73.95	3.91	X	49.24	422.13		
E	53.84	3.98	X	345.62	521.47		
F	182.05	X	993.45	17.64	19.42		
G	99.47	3.50	222.54	64.40	75.98		
H	182.07	3.32	287.93	17.88	20.21		
I	84.73	X	159.00	18.66	34.42		

d) 各費用原単位

処理水費用原単位を表-5、各汚濁物質除去費用を表-6-8に示す。処理水費用は下水道普及率の高い下流市町村(A, C, D, E)で低コストな反面、残存する浄化槽・し尿処理対象地分の処理費用原単位は上流市町村(F, H, I)に比べて相当高額である。特定環境保全公共下水道や農業集落排水処理コストは公共下水道に比べ割高である。

表9 各種源の規模

市町村	下水道施設		工場排水処理施設	畜産		農産作付面積		農業集落排水処理施設	浄化槽処理 +汲取り	し尿処理	
	生活	三次産業他		牛	豚	田	畑			雑排水	し尿
	人	日売上額 (百万円)		頭	頭	ha	ha			人	人
A	1,389,400	12,220	4,408	248	937	939	1,031	0	5,873	30,836	30,836
B	58,720	413	261	2,446	2,110	1,880	117	1,597	8,600	26,531	26,531
C	50,991	227	71	0	0	70	55	0	1,795	800	800
D	63,372	386	949	0	0	85	86	0	12,891	1,586	1,586
E	15,263	62	674	0	0	15	7	0	120	139	139
F	900	24	0	0	0	334	22	143	1,692	4,177	4,177
G	7,214	73	58	698	440	575	29	2,144	3,198	3,814	3,814
H	2,403	47	101	1,323	680	484	20	192	1,377	5,025	5,025
I	1,971	26	0	380	4,247	254	19	1,207	2,083	1,010	1,010

各汚濁物質除去費用原単位は全般に産業排水処理において低コストである。また各汚濁物質の除去費用原単位は市町村の処理方法により異なるが、その傾向は処理水費用原単位と同様の傾向にある。

ここでの帰属環境費用はCOD、窒素、リンいずれの汚濁物質除去費用原単位を用いても等しい。以下経済成長と環境効率を分析するためには負荷源の規模（対象人口、生産額等）に対して最大の帰属環境費用変化を示したCODを用いる。

(3) 環境効率改善指標

経済的効用に対して環境負荷がどれだけ改善したかを表す指標として環境効率改善指標がある¹⁾。これは21世紀初頭10年間のOECD環境戦略のための1指標である。

$$\text{環境効率改善指標} = 100 \left\{ 1 - \frac{(EP/DP)_{\text{期末}}}{(EP/DP)_{\text{期首}}} \right\} \quad (2)$$

ここでDPは経済的駆動力で市町村別総生産から帰属環境費用を控除した環境調整済総生産として与えられる。

$$DP = \text{総生産} - \sum_k \text{除去費用原単位}_k \times \text{排出量}_k$$

$k = \text{下水道処理, 産業排水処理, 農業集落排水処理, 浄化槽処理, し尿処理の各施設}$ (3)

EPは富栄養化ポテンシャルを表し次式で与えられる。

$$EP = \sum_k NP_k D_k \quad k = \text{COD, 窒素, リン} \quad (4)$$

NP_k は物質 k の富栄養化への寄与（バイオマス形成能力、 PO_4^{3-} 比）を示す定量化ファクターで、 $NP_{\text{COD}} = 0.022$, $NP_{\text{窒素}} = 0.42$, $NP_{\text{リン}} = 3.06$ である。 D_k は物質 k の最終排出量で各種源の発生負荷原単位に規模と除去率を乗じて求まる。各種源の規模は表9に示す通りである。

4. 経済ベースで見た流域内の水環境効率

我々の生活・経済生産活動によって発生する富栄養化強度を試算し、流域における分布や産業構造と試算値の関係について考察する。また経済発展に求められる地域の環境効率改善問題に触れ、環境効率改善指標の有効性を検討するとともに環境経済システムの最適化をする上で留意されるべき課題について述べる。

(1) 環境効率の流域分布

式(2)に含まれるEP/DPは環境調整済総生産によって発生した富栄養化強度すなわち環境効率を表し、値が大きいほど環境効率が思わしくないことを意味する。また環境効率値は経済基盤と地域を構成する排水終末処理システムに依存するため、国土に均一でない。

表10に対象市町村のEP/DPと関連量をまとめる。総生産に対する水質汚濁防止の帰属環境費の平均構成率EC/GDP'は0.85%程度で市町村間の格差も少ない(標準偏差0.260)。この値は国の試算値(全帰属環境費用の占有率は2%²⁾)と比べても妥当と考えられる。

富栄養化強度EP自体は経済活動が活発で総生産の大きい下流都市Aで最大である。しかし富栄養化の環境効率は市町村間で7.8倍の差が見られ、総生産の大きなA市で最小、上流域山村市町村(H, I)で大きな値と二極化傾向が見られる。これは山村地域において環境保全コストの割りに環境負荷が大きいことを意味する。このように経済ベースの環境効率問題を議論する場合、汚染源排出量ベースの環境影響評価とは対照的な結論が見出される。また流域全体の環境効率は0.318と経済生産量の大きなA市の値に近い。これは環境改善効率指標自体が帰属環境費用、環境調整済総生産ともに大きな都市部の評価値を流域全体の環境効率として支配する特徴を持つためである。同指標を用いて流域単位での環境効率改善プログラムに取組んだ場合、山村地域の環境改善効率の変化量は都市域に比べて十分小さ

く改善効果として現われにくいことが分かる。その結果、環境問題を経済効率面から評価・計画するシステム体系づくりにおいては経済生産力の大きな都市部の環境効率を改善する傾向が強くなることが予想される。今後地域間環境効率のシステムバランスモデルを提案する上で重要な知見である。

(2) 環境効率に与える産業構造因子

水環境問題において持続的な開発を進めるためには、一つ流域を母集団として環境効率の支配因子を明らかにすることが重要と考えられる。環境効率は主に発生源別に与えられる規模（経済活動別生産額、人口）と総生産の関数である。ただし流域内市町村では污水处理方法や汚濁水発生源となる経済活動構成比は大きく異なるため発生源要因全てが環境効率と相関関係を有するとは限らないだろう。そこで環境効率 EP/DP を目的変数とした重回帰分析を行なう。説明変数には人口（表-2）、行政区面積、農業人口、工業従業員、商業従業員、総生産構成比（農林水産業、鉱工業、その他産業）、非水洗化率（以上表-3）の対数値を選んだ。その結果、総生産構成比（農林水産業）を説明変数とする回帰式が有意な結果を得た；F値=12.6348（総生産構成比：農林水産業）、49.6189（定数項）、決定係数=0.6435。例えば非水洗化率の常用対数値に対する回帰式の決定係数は0.4656で有意でなかった。

図-3は環境効率と農林水産業の総生産構成比の関係で正の相関を示している。つまり農林水産業生産比の増加が環境効率 EP/DP を増加させてしまい、思わしくない環境負荷を加速させることを示している。

(3) 現行排水処理システムの環境効率評価

仮定の動態分析（GDP変化による環境効率改善指標の挙動分析）を行い現行排水処理システムの有効性を考察する。

先に農業生産拡大が環境効率を低減する可能性を述べた。動態分析結果として、流域市町村において均一に農業生産量を現在値から-4、-2、-1、1、2、4、6、8、10%と変化させた場合の環境効率改善指標と市町村総生産成長率の関係を図-4に示す。ここで農業生産量の変化は作付面積に比例するとした。図中の実線は総生産成長率と環境効率改善指標が勾配1をもつ正の相関を表す。実際に農業生産のみが変化した場合のGDP成長率と環境効率改善指標の間には全市町村において負の相関が現れ、農業による比較的小さな経済成長下で大きな環境効率低下が観測された。特に総生産量が小さな山村地Iでは環境効率悪化は深刻で、基幹産業自体の環境経済効率の改善が問題となる。一方都市部の環境効率改善指標

表-10 環境効率改善指標に関する諸量

市町村	富栄養化	汚濁環境費用	総生産	環境調整済総生産	EC/GDP	EP/DP
	EP	EC	GDP	DP=GDP-EC	%	±十億円
t	百万円	百万円	百万円	百万円		
A	1,506.3	29,888	5,796,200	5,766,300	0.52	0.26
B	218.7	2,246	239,680	237,430	0.94	0.92
C	62.0	1,487	111,310	109,820	1.34	0.56
D	143.9	2,516	263,470	260,960	0.95	0.55
E	36.7	694	131,000	130,310	0.53	0.28
F	14.4	101	16,282	16,181	0.62	0.89
G	41.7	499	55,123	54,624	0.91	0.76
H	53.4	342	37,265	36,923	0.92	1.45
I	31.5	149	15,624	15,475	0.95	2.03

表-11 重回帰分析結果（変数増減法による）

変数名	決定係数	重回帰係数	F 値	T 値	P 値	判定	標準誤差
	偏回帰係数	標準偏回帰係数					
農林水産業生産	0.6401	0.8022	12.6348	3.5545	0.0093	**	0.1801
定数項	0.8563		49.6189	7.0441	0.0002	**	0.1216

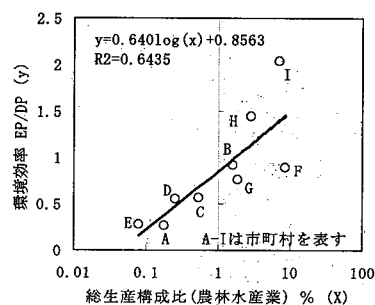


図-3 経済活動下環境効率と農林水産業生産の相関性

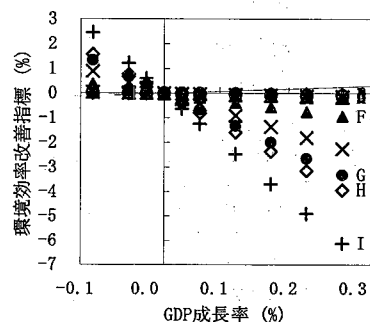


図-4 農業生産量のみ変化させた場合

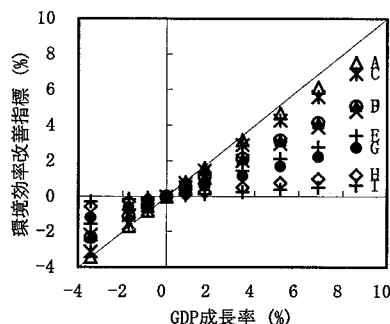


図-5 全産業生産量を同率変化させた場合

は農業生産成長にほとんど影響を受けない。これは鉱工業や第3次産業他による総生産寄与が十分大きいためである。このように農業生産は経済ベースの環境効率を悪化しうることが確認された。

次に農林水産業、鉱工業、三次産業他の全産業について同率で生産量を変化させた(-4~10%)ときの環境効率改善指標の挙動を図-5に示す。産業全般の生産力増強は経済成長率を大きく伸ばし、全市において環境効率が改善され特に都市部 A で顕著である。山村地域 G-I では都市部と同率の経済成長下でも環境効率改善率は微増である。また環境改善効率を0%以上に維持しながら経済成長する条件を求めると、例えば鉱工業と第3次産業などによる生産量を1%増加させた場合、流域全体の農業生産増加率を2%以内に抑えなくてはならない(流域内総生産成長率は1.15%)。以上から現排水処理システムは産業間のバランスの取れた経済成長下では環境効率が改善することを保障することが明らかとなった。ただしいずれの市町村も環境効率改善がGDP成長率を上回るまでに達していないことにも注意するべきである。つまり環境効率改善率と経済成長率の配分比の決定も持続可能な開発のための重要な課題であり、今後の検討が期待される。

5. まとめ

水環境に係る環境・経済統合勘定を流域市町村レベルで行い、流域内環境効率分布や環境効率改善指標の地域挙動について分析した。ところで山村地域には人の手によってつくられた里山や田園があり自然豊かな環境が備わっているように思われる。こうした汚濁物質排出量の地域分布性に対する我々の認識とは異なり、現代の生産性の高い社会経済システムを追求する前提で環境効率と向き合うとき、都市部での環境改善、山村部で環境負荷の深刻化が明らかとなった。将来生産性の高い工業・商業基盤がさらに充実され、農林水産

業が低迷する可能性を示唆するもので、都市と山村の社会的格差の広がりが懸念される。

これは新たな環境社会問題とも考えられ、経済ベースの環境効率問題を進める上で留意しなくてはならない。確かに環境効率改善指標は市町村個々に独立した環境効率改善問題を検討するには有効である。しかし流域、国といった集合体としての環境効率政策を最適化するには地域の生産基盤特性に配慮しつつ、環境効率改善と経済成長の配分比ならびに地域経済の2極化をどう克服するか、そしてそのための環境社会政策モデルをいかに構築するかが重要なことを提起したい。

参考文献

- 1) 内閣府経済社会研究所：新しい環境・経済統合勘定について(経済活動と環境負荷のハイブリッド型統合勘定の試算)，2004。
- 2) 日本総合研究所：環境・経済統合勘定の推計に関する研究 報告書，1999。
- 3) 経済企画庁経済研究所：国際連合「国民経済計算ハンドブック 環境・経済統合勘定」，1995。
- 4) 國松孝男，村岡浩爾 編著：河川汚濁のモデル解析，技報堂出版，1989。
- 5) 日本下水道協会：下水道統計 行政編，財政編，平成14年度，2002。
- 6) 日本下水道協会：流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説，1999。
- 7) 経済産業省：工業統計調査平成14年度，2002。
- 8) 環境省：水質汚濁物質排出量総合調査平成14年度，2002。
- 9) 環境省：湖沼等の水質汚濁に関する非特定汚染源負荷対策ガイドライン報告書，2000。
- 10) 地方財務協会：地方公営企業年鑑平成14年度，2002。
- 11) 環境省：一般廃棄物処理実態調査結果平成14年度，2002。
- 12) 経済産業省：主要産業の設備投資計画 平成7年度~14年度，1995-2002。
- 13) 日本産業機械工業会：環境装置生産実績平成14年度，2002。

ENVIRONMENTAL ECONOMIC ASSESSMENT OF CURRENT WATER ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM BASED ON *SEEA* AND ITS APPLICABILITY TO THE FORWARD PLANNING

Shoichi KIYAMA

We quantify the watershed based integrated environment and economic accounting and eutrophication potential to point the way to the sustainable water environmental development politics. Applying the eco-efficiency improvement index, the current waste water management system is assessed in its economical and environmental efficiency and the cause of the environmental loading is identified from the view point of regional and industrial structures. Finally we describe some effectiveness of eco-efficiency improvement index but the further widening regional gaps problem and propose the necessity to establish the ideals to perform the sustainable development based water environmental politics.