

河川環境を対象とした環境経済統合勘定表の構築

SEEA matrix for the river environment

白川直樹* 有賀圭司* 玉井信行*
Naoki SHIRAKAWA*, Keiji ARIGA*, and Nobuyuki TAMAI*

ABSTRACT: In the field of river engineering, conservation and economic evaluation of natural environment is one of the hottest issues. SEEA (System of Integrated Environmental and Economic Accounting) is one possible way to give an answer to this problem. We extended the method of SEEA to natural environment in a watershed. Estimation is carried out in the upper Tone River basin. Water quality, water quantity, forests, fish, fruit trees, cows, and other natural resources are taken into account. A new concept of environmental flow potential is formulated to analyze water quantity instead of discharge. Using this new concept we can quantify the impact of recycling use of water in hydropower stations and irrigation. The SEEA table is formed in material term.

KEYWORD: SEEA, river environment, environmental flow

1. はじめに

河川には、治水、利水、水環境という三つの異なった側面がある。これら三側面を包括的に検討するには、貨幣を単位とした経済学的方法が便利である。環境経済統合勘定 (SEEA, System for Integrated Environmental and Economic Accounting) は、環境を経済と対等に取り扱うことができる。本研究ではこの長所に着目し、河川環境を資源として表現する環境経済統合勘定表の構築を試みる。

2. 環境経済統合勘定表の改変

環境経済統合勘定は、国民経済計算体系 (SNA, A System of National Accounts) のサテライト勘定と位置付けられている。SEEA は SNA 中枢体系から環境関連部門を抽出・分類変更し、概念を拡張して環境と経済を同一の枠組みで分析できるよう工夫されたものである。国連が精力的にそのマニュアルをまとめている。1998 年には経済企画庁によって日本の環境経済統合勘定 (JSEEA) が試算された。SEEA の構成をおおまかに表したのが表-1 である。

この表の行項目は生産を示し、列項目は消費を示している。行項目の「自然」、列項目の「自然変動」の欄が重要なポイントである。「自然」の中には人間活動によって産出された資産 (道路、家畜、果樹

表-1. 環境経済統合勘定表

	産 業	最終 消費	自 然	輸 出	需要 合計
期首ストック					
生産物の使用					
付加価値					
総産出高					
自然変動					
期末ストック					

*東京大学大学院工学系研究科
*Faculty of Engineering, University of Tokyo

など)と本来自然に存在する資産(野生生物、水、土地など)が含まれる。「自然変動」の部分は経済的使用による変動分とそれ以外の要因による変動分を分離する。

本論文では河川環境に焦点を絞り、地域的な環境経済統合勘定表を構築することにした。河川環境に適用するにあたって、項目の絞り込みと再分類をした。また対象領域単位として河川流域を考えた。経済企画庁が構成したものをはじめ、既往の勘定表はほとんどが全国規模であり、流域単位に着目したものは少ない。環境資源の項目の選定にあたっては経済企画庁の試算例を参考にした。河川環境に重要な役割を果たすものとして、水質汚濁と森林資源を取りあげ、大気汚染、土壌汚染、土地開発、地下資源、二酸化炭素による地球温暖化などは省いた。一方、表流水と地下水の水量を新たに加えた。これは、正常流量または生態系の保全のための水量(環境用水)を明示的に取り扱うためである。水産資源も加えた。そして、農業資源、畜産資源の代表として果樹と乳牛を取り上げて試算対象とした。

これらの資源は、量と質に分類できる。森林資源や水量などは量の問題であり、水質は質の問題である。質の問題は量の問題に換算して扱う。水質であれば水質汚濁物質をマイナスの資源(あるいは製品)と考え、下水道による水質処理は水質資源の生産、工場排水による水質汚濁は水質資源の消費とみなす。

これらの資源が表-1の「自然」の欄に入る。そして縦方向に見るとその資源を誰がどれだけ消費したかがわかり、期首ストックに期間中のフローを足し合わせることによって期末ストックが求められる。また、水質における下水処理業や森林資源における造林など、産業は資源を消費するだけでなく生産もする。そこでこれらの自然復元型産業活動を明示する。次章で資源と産業の取り扱いを説明する。

3. 資源および産業の取り扱いについて

3. 1 資源

本勘定表における資源の取り扱い方を説明する。

水産資源と森林資源は、人為的因子-自然因子の対比により分類した。ストックでは養殖と天然の魚を分け、人工林と天然林を分けた。フローでは人為的努力により増減する部分(養殖による成長、造林など)と自然因子により増減する部分(成長・繁殖・枯死など)を分けた。

農産資源には、単年で収穫されるものと複数年にわたって育成されるものがある。ここで取り上げた果樹や乳牛などは後者になる。機械などの固定資本減耗と同じ扱いをする。

水質は、汚濁量を指標とした資源とみなす。今回はBODを指標とした。ある産業が水のBODを悪化させたら水質を消費したこととし、BODを改善する産業は水質を生産したとする。水質は濃度でなく負荷量に直して計算する(濃度×水量)。

水量は、降雨によって供給される。取水されずに河道内を流れる水量は従来無視されてきた(あるいは未使用分とされてきた)部分であるが、河川内の生態系にとってはこの水量こそが大切である。水力発電などの産業では、取水した水量を減らさずに再び川や海に戻す(循環利用)ため、工夫しないとうまく分析できない。本研究では環境流量ポテンシャルという概念を定義した。これについて次に述べる。

3. 2 水量の取り扱い方-環境流量ポテンシャル

河川環境を考えるとときに最も重要な要素が河川の流水であることはいうまでもない。その流水は流量と水質の二つの要素から成る。従来水環境というと水質ばかりが注目されてきたが、流量も大切な要素である。流量がない川に魚は住めない。現実には、減水区間が多く川の川で問題とされてきた。

これまでの水資源の分析では、ある基準点における流量を各部門に配分する仕方を考えてきた。そのため、基準点と基準点の間で減水区間が生じる可能性を残してしまった。減水区間の問題を適切に扱うには、全区間を漏れなく網羅する分析法が必要である。

水使用による環境へのインパクトの大きさは、取水量ではなく取水により生じる減水区間の大きさにより

評価すべきである。そこで、「本流に生じる減水区間の長さ×本流での減水量」を環境資源としての流量の消費量と考えることにする。ちぢめていえば「水量×距離」となる。

「水量×高さ」も「水量×距離」と次元が等しくほぼ同じ内容を表している。水力発電所ではまさに「水量×高さ」をエネルギーとして消費している。勾配のきつい地域であれば「水量×高さ」が物理的意味も明確で貨幣換算もしやすいため良い指標となるが、中下流の勾配が緩やかな地域では高さの差が小さくなってしまふ。そこで本研究では「水量×距離」を採用することにする。この値は環境用水の大きさを規定する値なので「環境流量ポテンシャル」と名づけた。

仮に流量が流域面積に比例すると仮定し、河口での流域面積を A とすると、河口での流量 Q は $Q=aA$ で表される。次に底辺の長さを B 、河川の総延長を L とする三角形流域を仮定すると、 $A=BL/2$ となる。河口から距離 x の点での流域面積は $B(L-x)/2$ となり、流量は $Q=aB(L-x)/2$ である。これは図-1 のように右下がりの直線となる。環境流量ポテンシャルはこの直線の下側の面積である。距離 x の点から q の流量を取水して dx だけ下流で放流したとすると、環境流量ポテンシャルの消費量は qdx である。これは斜線の部分の面積に相当する。このとき川を流れる流量は図の太線のようになる。

たとえ少量であっても取水点と排水点が離れていると環境流量ポテンシャルの消費量は大きい。これは、長い区間に減水状態を生じさせるからである。逆に、ダム発電のように取水点の直下で放流すれば大量の水を使用しても環境流量ポテンシャル消費量は少ない。

3. 3 産業

産業の取り扱いについて説明する。林業などは既往の例に従ったので、本研究で独自の扱いをする水量などについて述べる。

自然環境は産業のひとつのごとく扱われる。これは表-1 の「自然変動」の欄に相当する。通常環境経済統合勘定では、「自然変動」として森林の成長、魚類の繁殖、水質自浄作用などを記録する。また、森林の枯死、魚類の捕食など資源を減少させる自然要因もここに入る。本研究で扱う「河川本流に（生態系のために）必要な流量（環境用水）」も概念としてはここに入るが、環境用水を自然変動と呼ぶのはふさわしくないので「自然因子」という項目を立てて資源変動量を記録する。これは自然環境による資源消費といふことができる。水量（環境流量ポテンシャル）は降雨により流域に供給されるが、自然因子による資源の生産とみなす。つまり、水量は期首に河道内に存在する分を期首ストックとし、期間中に降雨により供給される分は生産量として計上することになる。

水量の流れは図-2 のようになる。取水点—浄水場—利用地（家計・工業）—下水処理場—排水点という流れは二通りのとらえ方が可能である。ひとつは、取水点から利用地までは浄水場の消費、利用地から排水点までは下水処理場の消費として計算する方法である。もうひとつは、取水点から排水点までを利用者（家計、工業）の消費とする方法である。本研究では両方の計算をした。

水道業は地表水と地下水から取水し、家計や工業に用水を供給する。漏水量は無視した。下水処理業では流入量と処理量を等しいとした。工業では使用水量の8割ほどを再利用水が占めており、水回収部門として独立させた。

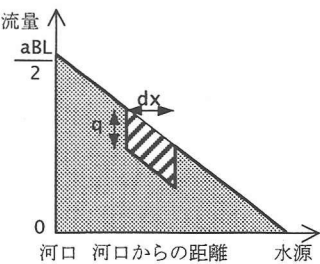


図-1 環境流量ポテンシャルの概念図

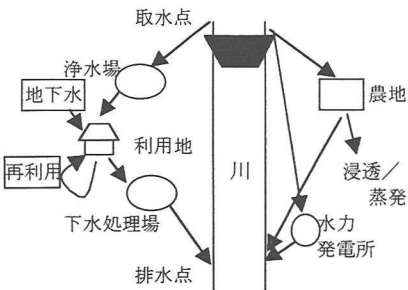


図-2 水量の流れ

農業は用水を循環利用しており、一部は蒸発散により大気中に放出され、一部は浸透により地下水に供給される。蒸発散量は 5-6mm/日、浸透量は 13-30mm/日ほどとされているが、見積もりが困難なため全量が排水口から河川に戻ることにした。

電力業のうち水力発電は発電用水を使い電力を生産する。流れ込み式水力発電所は減水区間の原因者とみなされることが多く、この分析が本研究のポイントとなる。

4. 利根川上流域での試算

4-1 対象地域の選定

前章で構築した枠組みを利根川上流域に適用した。既往の環境経済統合勘定の研究では全国単位のものが多いが、河川環境を扱うのに一番自然なのは流域単位である。とくに水量を分析する上では行政区分より流域区分の方がやりやすい。問題は経済データとの整合性である。経済活動データは都道府県など行政区ごと集計されているものがほとんどであり、流域単位でデータをそろえるのは難しい。ここでは群馬県が利根川上流域とほぼ一致していることを利用し、対象地域に選んだ。群馬県東部に渡良瀬川流域が一部入るが、可能な限り除外することとした。対象年度は平成5年である。

使用した統計は、関東農林水産統計（関東農政局）、群馬農林水産統計年報（関東農政局群馬統計情報事務所）、多目的ダム管理年報（建設省河川局）、利根川ハンドブック（建設省関東地方建設局他）、日本の水資源（国土庁長官官房水資源部）、水産物総合統計年報（食品流通情報センター）、栽培漁業種苗生産入手・放流実績（水産庁、日本栽培漁業協会）、工業統計表（通産省）、東京都中央卸売市場年報（東京都）、下水道統計（日本下水道協会）、雨量年表（日本河川協会）、日本河川水質年間（日本河川協会）、水道統計（日本水道協会）、林業統計要覧（農林水産省）、水産物流通統計年報（農林水産省統計情報部）、林業白書（農林統計協会）、前橋営林局事業統計書（前橋営林局）、水資源便覧、森林組合統計（林野庁林政部）、などである。

4-2 期首ストックおよび生産量の計算

水産資源、森林資源、乳牛、果樹については表-2 のようになった。

表-2 水産資源などの資源勘定表

		育成資産				自然資源	
		養殖魚(t)	人工林(万 m3)	乳牛(頭)	果樹(ha)	天然魚(t)	天然林(万 m3)
期首ストック		0	2,202	69,000	2,685	?	2,474
漁業	内水面養殖業	-2,300					
	内水面漁業					-380	
林業	造林		637(ha)				
	素材生産		-29				
農業	酪農			-2,800			
	果樹				6		
自然因子		2,300	61	0	0	?	70
期末ストック		0	2,234	66,200	2,691	?	2,544

水量は、家計＋工業、発電、農業に分けて述べる。まず家計＋工業の部門では、図-3 に示すような水量の流れがある。家計からの下水排出量は、1 人一日あたり排出量原単位¹⁾より推計した。減水区間の距離として一律 10km を仮定し、取水点から利用地までに 5km、利用地から排水点までに 5km と割り振った。水質については、河川水がもともと含んでいる汚濁負荷（BOD）を 0.78mg/l とした。この値は、藤原ダム、

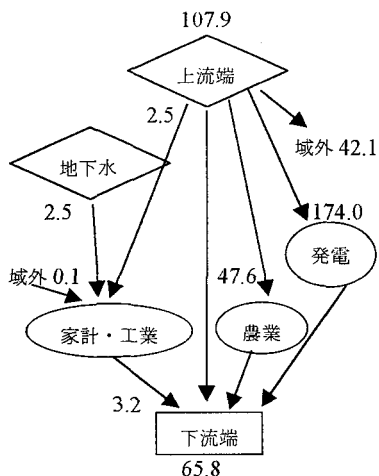


図-4 流量の流れ
(単位：億 m³)

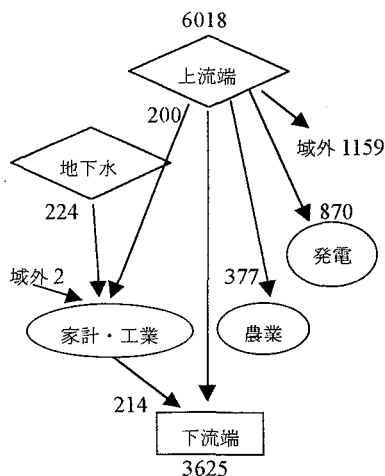


図-5 環境流量ポテンシャルの流れ
(単位：億 km³m³)

5. 水資源の分析

前章で河川環境に関わる主な項目について数値を入れた。分析の一例として、水資源の様子をみる。流量自体をみたのが図-4 である。下流端での流量よりも水使用量が多いことがわかる。これは水資源が循環利用されていることを示しており、発電用水や農業用水はこのため利用水量が大きくみえている。環境流量ポテンシャルをみたのが図-5 である。今度は域外への移出量が大きな割合を占めている。これは、移出量が利根川に戻ってこないためである。利根大堰で取水された水は荒川流域に排水されるので、基準点を河口に置くと、さらに大きな値となる（今回は基準点を栗橋にとって）。また、図-4 と比べると、発電や農業での消費量の割合が減り、家計や工業での消費量の割合が大きくなっている。単純に比率をとると、家計が1回水を使って川に戻す間に、発電用水は8回同じ水を繰り返し使用していることになる。家計は使用水量は少ないが取水口と排水口が離れているために河川の減水にかなり寄与しているといえる。

6. まとめ

治水や利水などの人間の河川利用は環境面に負担をかけながらなされることが多く、そのバランスを総合的に評価する枠組みが必要である。SEEA は経済と環境を同一の枠組みで扱うためこの目的に適合する。SEEA は国レベルでの試算が盛んに行われているが、本研究では河川流域を対象をしぼって勘定表の構築を試みた。とくに水量に関して取り扱いを工夫し、減水区間の問題を定量的に評価できるようにした。自然資源すべてについて十分な資料がそろえば、経済活動がどの程度河川環境にインパクトを与えているかチェックすることができる。例えば水量については、発電、農業、家計が減水区間にどの程度ずつ寄与しているか定量的に把握することができた。SEEA は貨幣タームでの構築が目標となるが、物量表だけでも資源の増減がわかるため定量的な状況把握に有用である。

参考文献

- 1) 松尾友矩：生活系排水処理・処分の考え方，かんぽ資金 10 月号，1993。