

環境経済統合勘定の河川計画における意義について

SIGNIFICANCE OF SEEA IN RIVER PLANNING

玉井信行¹・白川直樹²

Nobuyuki TAMAI and Naoki SHIRAKAWA

¹正会員 工博 東京大学大学院教授 工学系研究科社会基盤工学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

²正会員 工修 東京大学大学院助手 工学系研究科社会基盤工学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

SEEA (System of Integrated Environmental and Economic Accounting) is considered to be a powerful tool to evaluate natural environment in economic system. We compared it with cost-benefit analysis and general equilibrium analysis. Our conclusion is that SEEA is the most promising tool to analyze river environment. We tried to apply the concept of SEEA to river environment planning. A new concept of environmental flow potential is proposed to analyze discharge as one component of river environment. Using this concept, we can evaluate impact of water quantity on river ecosystem, and further analysis becomes possible based on SEEA. Two important difficulty remains: one is lack of data, and another is evaluation in monetary term. But once concept of economic evaluation is established statistics will be systematized under a new idea.

Key Words : River environment, SEEA, environment economics, discharge

1. はじめに

改正河川法の第一条に治水・利水に加えて水環境が明記されるなど、河川事業には環境への配慮という新たな制約条件が課せられている。水環境への配慮は犠牲なしに実現できるものではなく、多くの場合痛みをともなう。痛みを許容できるかどうかは、それとひきかえに得られる効用の大きさによって判断される。河川事業でいえば環境改善の効果を定量的に見積もることに相当する。しかし環境改善の効果は貨幣で表現するのが困難である。これまで水質や生態系などの水環境は外部経済（あるいは外部不経済）として扱われ、商品の価格に組み込まれてこなかった。河川事業では、治水事業や利水事業による水環境悪化が費用増大として計上されることもマイナスの便益として計算されることもなかった。平成6年に建設省は「環境政策大綱」の中で環境を内部目的化することをうたっているが、具体策には至っていない。

環境を外部効果として無償で利用してきた結果、環境の過大消費（悪化）が問題となり、配慮が求められることとなった。そこで、環境を内部化して計画に取り入れることが必要であると考えられる。本論文では河川環境を内部化して他の効果と同様に扱う方法を検討する。

2. 経済分析手法の比較

(1) 費用便益分析

公共事業の有効性を判断する代表的手法に費用便益分析がある。費用便益分析を用いるには、費用と便益がともに貨幣価値で表現されていなくてはならない。環境を扱うについては、環境価値が貨幣換算できるときに有効である。図-1にその試算例¹⁾を示す。この例では費用側に環境配慮施策による費用の増加分をとり、便益側にはCVM（仮想市場評価法）によって推定された便益増加分をとっている。

費用便益分析は直感的にわかりやすい手法であるが、一般的に費用に比べて便益の推定精度がよくない。その理由は、便益のおよぶ範囲（空間的、時間的）の不明確さ、将来予測に伴う不確定性などである。環境を対象とすると、環境価値の貨幣換算という課題が加わる。

費用便益分析に類似したものとして費用効果分析がある。効果を貨幣換算せずに定量的に扱う手法である。これなら効果の推定精度は向上するが、費用と同一尺度で比較できない。それでも代替案の比較検討や感度分析は可能なので有用な方法である。

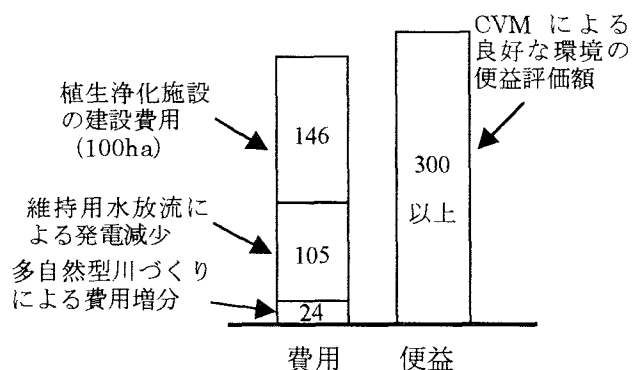


図-1 利根川流域における費用と便益
(文献1より, 単位: 億円)

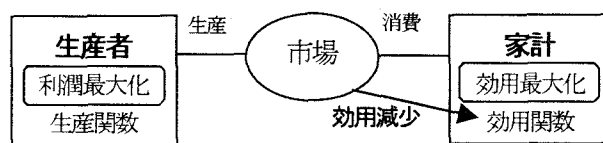
(2) 応用一般均衡分析

マーシャルの部分均衡理論では解析対象部分以外の条件を不変と仮定するのに対し、ワルラスの一般均衡理論では経済の相互依存関係をそのまま扱う。具体的には、生産者や消費者の行動をモデル化し、パラメータを推定して連立方程式をたてて政策の効果や社会状況変化の影響をみることになる。生産者の行動と消費者の行動は財の価格をなかだちとして結びつく。所与の条件のもとで、生産者は利潤最大化を、消費者は効用最大化を目指す。その間をとりもつのが財であり、市場での価格に基づいて生産量・消費量が決定される。

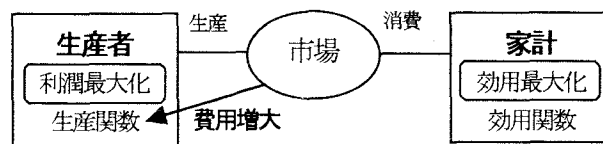
自然環境は人間に外部経済として無償で利用されてきた。人間が小規模な利用をしている限り、すなわち自然環境の生産力(回復力)の範囲内で利用している限り、自然資源は枯渇することがなかった。つまり、常に無限の資源をもっているとみなして差し支えなかった。しかし、大規模な改変や採取に対してはそうはいかない。これは、環境が市場を有せず、価格決定については生産量決定に何ら関わりをもたなかったためである。この問題点を解決するには、市場での価格決定のプロセスに自然環境を取り込むことが必要となる。

環境を市場に取り込むには、消費者に結びつけるか、生産者に結びつけるか、独立させて扱うか、三つの方法が考えられる。一つめは環境悪化を消費者の効用水準低下とする方法である。大気汚染や騒音には有効だが、生態系や減水区間のように人間に直接影響が及ばない問題では効用低下の定量化が難しい。二つめは環境破壊を生産コストに含める方法である。これは現実性に乏しい。三つめは「自然環境」を主体として独立させる方法である。自然破壊は自然環境の環境水準低下と表現され、意味が明確になる。しかし自然環境が自ら(環境水準最大化をめざして)行動するわけではないし、自然環境の効用関数を決めるのも困難である。

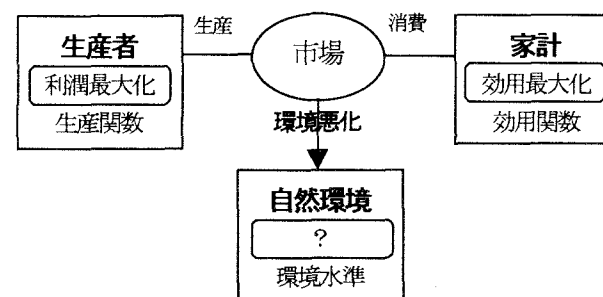
これら三つの方法は、図-2のように表される。河川環境は人間の存在と関わりなくそれだけで価値のあるものだと考えるならば、第三の方法が適している。そのと



a) 消費者の効用水準と関係付ける方法



b) 生産者の費用と関係付ける方法



c) 自然環境主体を独立させる方法

図-2 応用一般均衡分析で環境を扱う三つの方法

き、自然環境は自ら利害を主張しないので、誰かが利害を代弁する。これは圧力団体と考えてもよいし政府と考えるとよい。そこで環境水準を一定レベルに保つことを制約条件として加えれば、市場均衡の解析を行うことができる。

応用一般均衡分析の難点は、理論的に多くの仮定に基づくこと、モデル構築の過程で大量のデータを要することである。仮定が多いのは、複雑な現実を簡単なモデルで扱おうとするためしかたがないことであるが、現実への適用性に疑問が残る。モデル構築上の問題としては、効用関数形の決定、パラメータの同定、モデルの検証などの困難さがあげられる。いずれも統計的に決めていくよりない。

(3) 環境経済統合勘定

経済成長率や GNP といったマクロ経済指標は経済活動の重要な目安とされる。ところがこれらの指標には経済活動に伴う自然資源の枯渇や環境悪化といった項目は含まれていない。自然資源や環境を項目として計算過程にとりこむことにより、環境へのインパクトを経済活動と同時に把握できるようになる。

この目的で構成された環境経済統合勘定表の主要部分を図式的に示したのが図-3である。環境経済統合勘定に

		期首 ストック	産 業				自 然	期末 ストック
			林業	漁業	水道業	・ ・ ・		
産 業	林業							
	漁業							
	上水道							
	...							
自 然	水資源							
	森林資源							
	水質							
	...							

図-3 河川環境（流域単位）の環境経済統合勘定表

は、①経済活動の中から環境関連のものを分離して記録する、②ストックとしての自然環境の変動をとらえる、③自然環境を考慮した持続可能な経済成長をチェックする、の三つのねらいがある⁴。図-3は、河川環境を念頭において国連の提示している SEEA のフレームワークを改造したものである。河川流域を統計単位とし、河川環境に関わる要素のみを詳述するようにしている。縦軸の項目は産業および自然資源を表す。産業は環境関連のもの（下水処理業なども）を他と区別し、自然資源では河川環境に関わる資源（鉱物資源、森林資源、水資源、水産資源など）を明示的に含んでいる。自然資源は自然環境により生産される（森林の成長、降雨による水資源の供給など）が、産業により生産される部分もある（植林、下水処理など）。横軸はその財や資源の消費主体を示している。産業が他の産業で生産された財を使用する部分が A にあたる。産業が自然資源を消費する部分が B にあたる。植林など産業が資源を生産する場合、符号を反転して B に入る。C および D は自然が消費する部分である。自然が消費するとは、森林が枯死したり、環境用水として生態系のために水が流されたりすることが含まれる。また、D には自然が自然を生産する（森林の成長など）部分が符号を反転して入る。

この表は、縦軸が「何を」、横軸が「誰が」を表しており、産業連関表の U 表（商品×産業表）に相当する。横方向の和はその財の消費量にあたり、産業の生産物では生産量に等しい。資源では消費量と生産量の差になる。和がプラスになれば資源を使いすぎていることになり、マイナスになれば期末ストックが期首ストックを上回っていることになる。縦方向の和はその産業が自然資源を含めてどれだけ消費しているかを表す。

この表は貨幣タームで記述するのを基本とする。そうでなくては和をとれないからである。しかし、いきなり環境資源を貨幣タームで表すことは不可能である。よっ

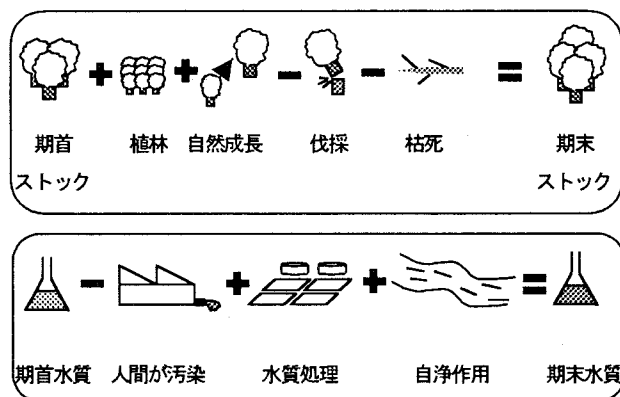


図-4 森林資源と水質の取り扱い

て、まず物量タームで表をつくり、しかるのちに貨幣換算することとなる。物量表自体も有用な解析道具となる。

そこで貨幣換算法が問題となる。森林資源であれば、木材としての価値（市場価格）に森林の環境効果（二酸化炭素吸収や水源涵養など）を加えたものが単価となる。しかし一般に自然資源の価値を貨幣で表現するのは難しい。これを代替費用で評価することがあるが、たとえば森林資源の価値を植林費用あるいは造林費用で代替すると過小評価となる。水質を処理費用で代替するのも同様である。なぜなら、現実の世界で植林や水質処理が行われている以上、その費用は便益より小さいとみなさざるをえないからである。

河川環境を対象とするとき、環境経済統合勘定は有用な分析手段である。第一に、流域単位を包括して対象とできる。第二に、物量表をつくり貨幣換算するというステップに無理がない。これらは費用便益分析や応用一般均衡分析にまさる点である。そこでここでは環境経済統合勘定を本命の手段とし、次章で河川環境を対象とした環境経済統合勘定表の作成にともなう技術的な点について論じる。

3. 環境経済統合勘定表の物量による構成

(1) 環境の量と質

自然環境（資源）には量の側面と質の側面がある。量の側面とは森林面積や河川流量や生物生息数などであり、質の側面とは水質や種の単一化や悪臭などである。環境経済統合勘定ではこれらを分けて扱う。図-4に、量の問題として森林資源の取り扱い例を、質の問題として水質の取り扱い例を示す。

量で表される環境資源は比較的取り扱いやすいが、各統計における単位の相違に気をつけなくてはならない。森林資源でいえば、造林量は面積で記述されるのに対して木材生産量は体積で記述される。造林面積を体積に計算しなおす手順が必要となる。

質で表される環境資源は、なんらかの方法で量に変換

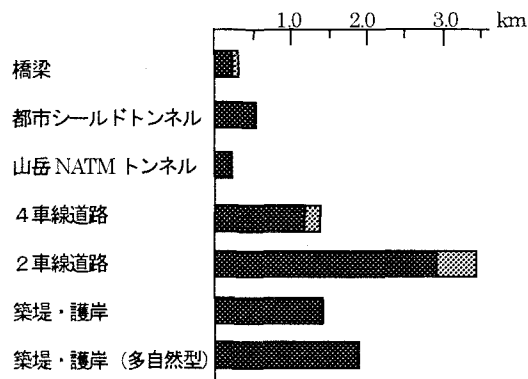


図-5 二酸化炭素排出量1,000トンあたりの土木構造物建設可能延長（橋梁の淡色はPC桁を鋼桁にした場合、道路の淡色は再生材利用の場合）

して扱う。水質であれば、BOD や DO などの水質指標をもちいる。重金属のような負荷の場合、濃度でなく絶対量で記述して物質の流れを把握する必要がある。

このために以下の新しい概念を提案する。

(2) 制限因子の下での建設活動

二酸化炭素のような環境負荷は観測値や統計値からフローを把握するのが困難である。よって、製品生産量や活動量から間接的に推計するよりない。そのような環境負荷量の評価手法としてライフサイクルアセスメントが有力とされている。土木学会でも二酸化炭素排出量の計算手法をマニュアル化し、土木構造物を対象にモデル計算をしている²⁾。筆者らは河川堤防にこの手法を適用した³⁾。そこでは、従来型の設計と、緩勾配でコンクリートの使用量を抑えた（以下「多自然型」と呼ぶ）設計を比較した。

土木構造物では建設時の排出量がライフサイクル中の大部分を占める。土木学会の試算値と河川堤防の値を排出量あたりのスケールにして比較したのが図-5である。橋梁・トンネル・道路・堤防と一次元的な構造物なので、排出量 1,000 トンあたりの延長を示している。この図をみると、河川堤防は決して排出量の少ない構造物ではないこと、設計変更により排出量を大きく削減できることがわかる。

(3) 環境流量ポテンシャル

水量は河川環境を構成する重要な要素であるが、循環資源であるため取り扱いが難しい。単純に流量を計算すると全体の整合性がとれなくなる。たとえば水路式発電では減水区間という形で環境に悪影響を及ぼしているにも関わらず水量の上では何も消費していない。これは、水量は点での値なのに対して減水区間は線状に現れる現象だからである。よって、減水区間を考慮できるようにするには水量も線で考えればよい。

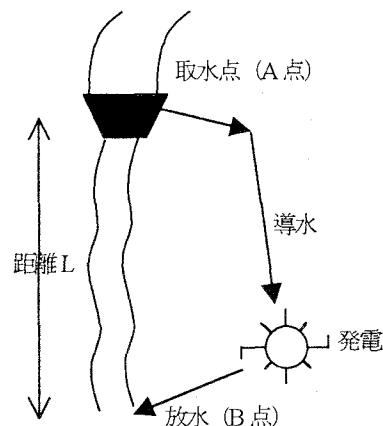


図-6 水力発電による減水区間の発生

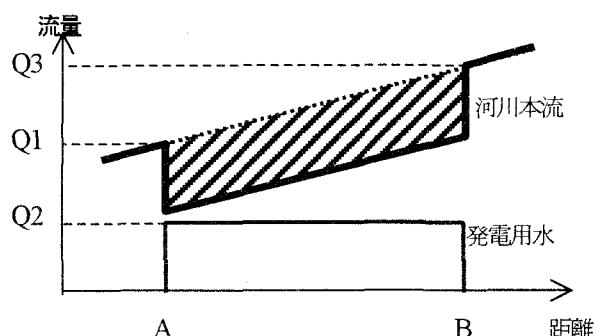


図-7 発電用水による河川流量の減少

この目的を達するには、流量×距離、流量×高さ（落差）の二つの方法がある。前者は減水区間の問題によく適合する。後者は減電量を介して貨幣価値に換算するのに便利である。ここでは流量×距離を採用し、環境流量ポテンシャルと呼ぶことにする。

図-6のような状況を考える。A点（発電所の取水口）での流量が Q_1 、そのうち発電所で Q_2 だけ取ると残りは $Q_1 - Q_2$ となる。発電用水は L だけ下流で放流され、それを合わせて（B点）流量が Q_3 だとすると、発電により消費された環境流量ポテンシャルは $Q_2 \times L$ となる。A点とB点の間で自然流量が直線的に増加していくとすると、流量は図-7のように変化し、発電所により消費された環境流量ポテンシャルは図中の斜線部分になる。こうして減水区間を定量的に表現することができる。

4. 金額表への課題

最終的にわれわれが得たいのは環境経済統合勘定表の金額表である。そうでないと経済活動の部分と比較できないからである。比較するには貨幣尺度である必要はないのだが、ほかに共通する尺度が見当たらない以上、物量を貨幣換算するのが最も手早い方法である。

	期首 ストック	林業	漁業	水力 発電		森林 資源	水産 資源	地表水	自然環境		移入 移出	期末 ストック	単位
林業						637 ha							万 m ³
漁業													t
水力発電			0.4								2		億 KWH
森林資源	4,746	29				102			1			4,850	万 m ³
水産資源		0	2,664										t
地表水	0			870					-2,828		1,157	0	億 km ³ m ³

 : 概念上存在せず
  : 資料未入手

(a) 物量表

	期首 ストック	林業	漁業	水力 発電		森林 資源	水産 資源	地表水	自然環境		移入 移出	期末 ストック	単位
林業						637 ha							億円
漁業													億円
水力発電			8								40		億円
森林資源	4,746	29				102			1			4,850	万 m ³
水産資源		0	34										億円
地表水	0			870					-2,828		1,157	0	億 km ³ m ³

 : 概念上存在せず
  : 資料未入手
  : 金額換算できず

(b) 金額表

図-8 利根川上流域での環境経済統合勘定表の試算例

図-8に、利根川上流域を対象に試算した環境経済統合勘定表の一部を示す。上側が物量表で、下側が金額表である。河川環境に関連するうちの一部分を取り出して表示した。この表からいくつかの課題が浮かび上がる。

第1は資料の制約である。図-8の表には空欄が目につく。この中には概念的に存在しないもの（林業から水産資源への投入など）もあるし、概念の割りきりで計上しないものもある。しかし、データが取られていなかったり公表されていなかったりして計上できないものも多い。また、日本全国で集計された値はあっても対象区域で集計されたデータはない、という場合もある。

第2に、貨幣換算の困難さが挙げられる。図-8の中では森林資源や地表水の貨幣換算が難しい。環境価値の貨幣換算には、直接的手法と間接的手法がある。直接的手法には、CVM、旅行費用法、ヘドニック価格法などが考えられているが、いずれも問題点が多い。ヘドニック

価格法は、大気汚染や道路整備などには適しているが河川環境のような広く薄く影響を及ぼすものにはそぐわない。CVMは問いの与え方により答えが偏る（バイアス）ことがわかっているし、そもそも対象物をよく知らない一般人の評価値を足し合わせたものが本当の価値を表しているとは思えない。CVMはむしろ住民投票形式であることを生かして合意形成の手段とみなすべきである。

環境価値を適正に推計するには間接的手法が有効である。間接的手法とは、環境変動量とその影響（dose-response）を定量的に把握し、しかるのちに貨幣換算する手法である。こうすることによって環境変動量の大小を評価することができる。CVMでは環境変動の質の評価になり、量を適切に評価できないおそれがある。

環境変動量とその影響を把握するには、IFIMのような手法も有効である。

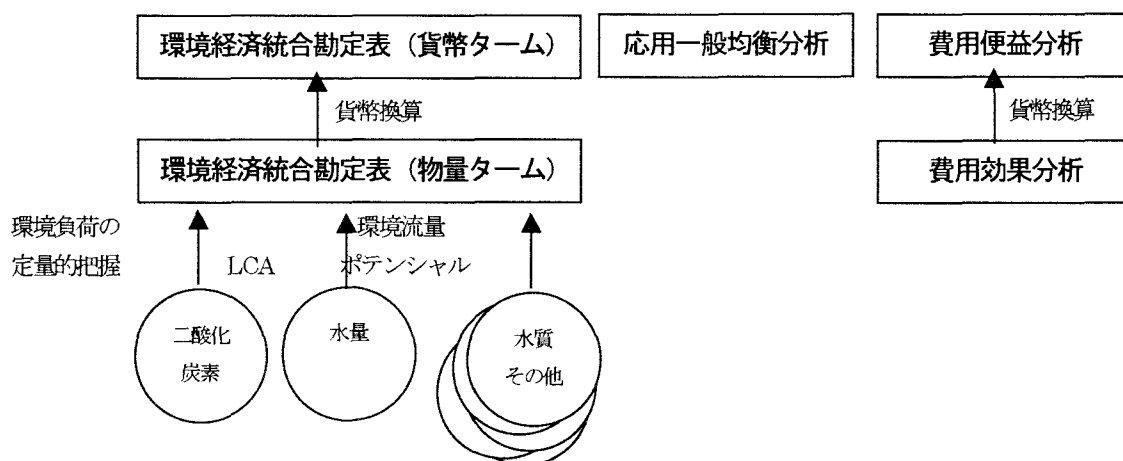


図-9 環境経済統合勘定表の構成

5. まとめ

これまで述べてきたことを図-9にまとめた。経済評価の枠組みとしては環境経済統合勘定が最も有用である。河川流域を包括的に取り扱うことができ、全体で環境資源を持続可能な形で使っているかチェックできるとともに、多くの理論仮定や貨幣換算を必要とせず、最終的な金額表を導く途中の物量表も有効な解析に使える。たとえば森林資源や水資源が期首と期末で増加しているのか減少しているのか、減少しているとしたらその要因はどの産業なのか、といったことがわかる。また、特定の産業が自然資源を大量に消費しているかどうかチェックできる。

物量表を構築するには各環境負荷の定量的把握が必要となる。定量的把握ができるように、新しい概念の提案と適用例を示した。二酸化炭素のような負荷にはライフサイクルアセスメントが有効である。水量は循環資源なのでそのまま扱えないが、環境流量ポテンシャルの考えで評価可能となる。その他、水質や森林資源なども必要に応じて統一された量に直して表を構成することができる。

最終的な目標である金額表を構成する過程には課題が多々残されている。資料不足はいかんともしがたいが、できるだけ誤差の少ない推計をする必要がある。貨幣換算においてはできるだけ仮想的な手法を用いずに価値そのものを評価するよう努めなくてはならない。

参考文献

- 1) 玉井信行, 白川直樹, 松崎浩憲: 自然復元を目指す河川計画における費用・便益分析について, 水工学論文集, 第42巻, pp.271-276, 1998.
- 2) 土木学会地球環境委員会環境負荷評価(LCA)研究小委員会: 土木建設業における環境負荷評価(LCA)研究小委員会平成8年度調査研究報告書, 1997.
- 3) 白川直樹, 玉井信行, 松崎浩憲: 多自然型川づくりへのLCAの適用, 第6回地球環境シンポジウム講演論文集, 293-298, 1998.
- 4) 白川一郎, 井野靖久: SNA 統計 見方・使い方, 東洋経済新報社, 1994.

(1999. 4. 26 受付)