

農業環境政策と環境評価手法

出 村 克 彦*

(北海道大学大学院農学研究科教授)

1. はじめに一課題

農業の主要な役割は食料生産であり、農業者の雇用、所得の確保である。この役割はこれからも変わることは無い。これに加えて、新たなというよりは、従来当然のこととして特段の注意を払わずにきた農業の根源的な役割・機能があり、これが見直されている。農業と環境の関係である。農業（第1次産業）はその生産過程において、農業がもつ自然の循環機能を活かした産業である。農業は生態系、あるいは社会環境に対して良い環境効果、つまり多面的機能を発揮する。しかし一方では、家畜糞尿、化学肥料、農薬等々の投入物資による自然環境に対する環境汚染、負荷を与えるのも農業である。日本が目指す今後の経済社会のあり方として、循環型社会が志向されている。農業環境政策の理念は自然循環機能を活かし、さらに自然環境の負荷を積極的に軽減していく持続性を志向することである。

本稿の課題は、農業由来の環境問題を詳しい解説することや農業環境政策を系統だてて紹介することではなく、日本における農業環境政策の具体的施策を概観し、その環境評価のための実証的方法論を解説し、その実証的分析事例を示すことである。環境評価の文献は多く出版されている。我々は『農業環境の経済評価—多面的機能・環境勘定・エコロジー—』¹⁾ という本を上梓したので、本稿ではこの本（以下『農業環境』と略記）で利用されている環境評価の方法論を解説し、分析事例から農業環境政策への含意を示すものである。

**1945年生まれ。北海道大学大学院農学研究科農業経済学専攻博士課程修了。農学博士。帯広畜産大学畜産学部畜産経営学科助手、助教授、北海道大学農学部農業経済学科助教授を経て94年4月より北海道大学農学部農業経済学科教授。組織替えにより現職。80年度日本農業経済学会賞。日本農業経済学会副会長、北海道農業経済学会会長。北海道農業農村振興審議会会長、北海道中山間地域等総合対策検討委員会委員長等。主な著書は『農村アメニティの創造に向けて』（大明堂、1999年共編著）、『農業経済学への招待』（日本経済評論社、1999年共編著）、『中国山岳地帯の森林環境と伝統社会』（北大出版会、2000共編著）、『農業環境の経済評価—多面的機能・環境勘定・エコロジー—』（北大出版会、2008共編著）他。

¹⁾ 出村克彦・山本康貴・吉田謙太郎編著『農業環境の経済評価—多面的機能・環境勘定・エコロジー—』北海道大学出版会、平成20年3月31日。環境問題、環境評価を論じた文献は多いが、本論では紙幅の関係上、特に引用しない。仔細は本書を参照されたい。

2. 日本の農業環境政策

(1) これまでの農業環境政策

平成11年制定の食料農業農村基本法では4つの目的（食料の安定供給の確保，多面的機能の発揮，農業の持続的発展，農村の振興）があげられ，農業の多面的機能，農業の自然循環機能の発揮・増進が推奨されている。農業と環境の調和のある関係を図るための政策，施策，支援策がとられ，農業環境政策が形成されている²⁾。代表的には次のような政策があげられる。

- ① 有機農業：有機農業は，それを推進する法では，「化学的に合成された肥料及び農薬を使用しないこと並びに遺伝子組み換え技術を利用しないことを基本として，農業生産に由来する環境への負荷を出来る限り低減した農業生産の方法を用いて行われる農業」と定義されている。農業生産活動に伴う環境負荷を大幅に低減し，農業の持つ自然循環機能を増進するやり方であり，環境保全型農業の一形態である。
- ② 環境保全型農業：農業の持続的発展を図るために，農業の持つ「自然循環機能の維持増進」が不可欠である。農業は食料供給の役割の他に，国土や環境の保全といった多面的機能を持っており，この機能を将来にわたって発揮する必要がある。このために，化学肥料，農薬による環境への負荷を軽減すること，家畜排泄物を有効利用するなど，新たな農業生産方式の導入が図られ，環境と調和した持続的農業生産の推進が支援され，平成11年「持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する法律」が制定された。
- ③ 中山間等直接支払制度：日本における最初の直接支払制度であり，地域振興立法5法（特定農山村法，山村振興法，過疎地域自立促進特別措置法，半島振興法，離島振興法）が対象とする地域と，その他の特定地域における地理的，気候的条件不利地域に対する助成制度である。平成12-16年の前期対策と平成17年以降の後期対策が実施されている。ここでは直接支払の対象として多面的機能の増進，発揮が活動要件とされている。
- ④ 平成19年「農地・水・環境保全向上対策」：地域ぐるみで農地，農業用水等の資源の保全向上対策を図る対策である。持続性の高い農業生産方式の導入を図り，化学肥料や化学合成農薬を大幅に低減（原則50%以上の削減）させる営農支援策を含んでいる。地域でまとまった取り組みをすることで，環境負荷を低減する先進的な営農活動に対して支援する制度である。

(2) 環境政策の展開方向

農林水産省が取り組んでいる環境政策は，バイオマスの利用の加速化，地球温暖化対策の強化，生物多様性保全の推進が中心となって展開されている。これらは国が掲げた環境戦略である21世紀環境立国戦略（平成19年），生物多様性国家戦略（平成19年），京都議定書目標達成計画（平成20年）に沿ったものである。特にバイオマス利用に関しては，バイオ燃料が重点課題となっているが，バイオ燃料製造に当たっては，LCA分析によるCO₂排出やエネルギー効率の把握が不可欠となっている。

農業環境問題とそれに対応する環境政策は，農業の持つ良い環境効果である多面的機能，アメニティ機能の発揮を高めることと，悪い環境負荷を軽減し，削減することが目的となる。いずれの環境効果であっても，その効果を把握するためには，その効果を評価することが基本となる。本論は、『農業環境』に基づ

²⁾ 取り上げた政策等は農林水産省資料，ホームページによる。

いて、環境評価手法の理論と適用事例を紹介する。ここでいう評価とは、経済学の観点に立つ経済的価値評価が中心となる。農業環境評価の特質に応じた4分野の評価手法（CVM、トラベルコスト法、LCA、環境勘定およびエコロジカル経済学）を紹介する。

3. 環境評価の理論と方法, その実証分析

3.1 顕示選好法と表明選好法

農業農村が持つ多面的機能のうちアメニティ機能（保健休養・安らぎ機能等）の経済的価値評価手法とその実証例を述べる。農業農村環境が整備され、美しい農村景観、自然景観が形成され、人々はそこでリクレーションを楽しみ、安らぎを得ることが出来る。この楽しみに対価（支払い）は支払われない。野外のリクレーションには取引市場が無く、したがって価格が付かない。しかし人々はこのアメニティに価値を認めている。この価値をどのようにして貨幣評価として表明してもらうのか。代表的な評価手法として、代替法、ヘドニック法、トラベルコスト法、CVM（Contingent Valuation Method：仮想市場評価法）、そしてコンジョイント法がある。代替法は以前から利用された方法であり、今も国土保全機能の評価に用いられている。

環境評価手法は顕示選好法と表明選好法に分けられる。顕示選好法にはヘドニック法やトラベルコスト法がある。ヘドニック法は環境の良さが地価や賃金率などの市場データに反映されて発揮されるというキャピタリゼーション仮説に基づく理論である。トラベルコスト法は旅行費用の市場データを利用するという点では顕示選好法であるが、インタビューやアンケート調査による旅行者の意志を表明してもらう点では表明選好法の要因を含んでいる。表明選考法の代表がCVMであり、アメニティ機能の評価する場合、多くはこの方法論が利用される。各評価法には一長一短がある。ヘドニック法は客観的な市場データが利用できる点で評価者の主観的バイアスを回避できるが、適切な市場データが完備しているかという点では、データ確保の可能性は低い。トラベルコスト法は（日本人の）旅行形態が多様であり、また余暇（旅行）に対する心理面での評価のバイアスが大きく、研究例は多くは無い。

代表的な表明選好法であるCVMは、評価対象からもたらされる便益の水準が異なる2つの状況を提示し、その格差を補うために受益者から表明される支払意志額（Willingness-to-Pay）から便益の評価額を推定する手法である。そのため、機能間で複雑な階層構造をなしている農業・農村の多面的機能を一括して評価するのであればCVMは有効だが、複数の機能項目を個別評価することや、複数の便益水準を比較検討することに用いるのは難しい。一方で選択型コンジョイント分析は、評価対象を「複数の属性の集合体」として捉える。そのため、各属性の水準が異なる選択肢間（複数の支払意志額のほか異なる選択シナリオの組み合わせをセットで選択する）での選択結果をもとにして、複数の機能項目の個別評価や、属性同士の関係の分析などを行うことが可能である。これらの性質は、農業・農村の多面的機能評価においても有効だと考えられる。『農業環境』から分析事例を紹介する。

(1) 農業集落排水事業のCVM分析

この事業目的は、農業用排水の水質改善、用排水施設の機能保持、また農村の生活環境の改善、併せて公共用水域の水質保全を図るために、農業集落におけるし尿、生活雑排水などの汚水、汚泥また雨水を処理する施設の整備また改築を行い、これにより生産性の高い農業の実現と農村社会の形成を図ることで

ある。農業農村集落排水事業は汚水処理のために施設を整備するという点では下水道と同様の機能を有するが、排水施設の整備による水質浄化を通して、構造政策の推進のために不可欠な条件整備に寄与している。対象事業地域は北海道蘭越町・厚沢部町で、1993-1997年の事業で、完了後5カ年が経過しており、事後評価という点に分析の特徴がある。

農業集落排水事業によって発現が見込まれる6効果のうち、「水洗化による生活快適性向上効果」、「水周り利便性向上効果」、「農村空間快適性向上効果」、「公共用水域水質保全効果」の4効果を取り上げた。分析では、トイレの水洗化による農村生活環境や公共用水域の水質保全などの効果を、市場データの存在しない非利用価値と捉え、CVM分析をするものである。支払い形態には、負担金方式、税金方式、寄付金方式、基金方式などがあるが、ここでは負担金方式を採用した。分析の仔細は割愛するが、結果を表1に示す(表は『農業環境』からの引用で、以下の図表、数式も同様である)。

表1 支払意志額の推計結果

	蘭越・蘭越東地区	厚沢部地区
水洗化効果	3,196,381 円 [2,847,972 – 3,575,834]	3,390,840 円 [2,788,500 – 4,174,920]
宅内水周り改善効果	1,008,415 円 [872,024 – 1,161,996]	873,347 円 [709,399 – 1,103,106]
集落内水環境改善効果	34,982 円/年 [30,261 – 40,667]	32,562 円/年 [24,968 – 43,731]
公共域水環境改善効果	28,606 円/年 [24,415 – 33,313]	35,125 円/年 [26,956 – 47,541]

注) []内はモンテカルロ法により推定した90%信頼区間である。

さらに分析では、便益移転可能性について論じている。CVM調査には多くの時間と経費がかかる。従って類似の条件の下にある同種の事業の経済効果を求める時、他地域で実施して求めたCVMによる経済価値を利用するという便益移転の可能性とその検証である。便益移転が可能であれば、調査費用ならびに調査員の負担の大幅な削減が可能となり、事後評価の実務者の期待に応えることが出来る。結果は表2に示す。

表2 便益移転可能性の検証結果

	便益関数	便益評価額
水洗化効果	LR=1.7338	可能
宅内水周り改善効果	LR=0.8958	可能
集落内水環境改善効果	LR=3.0462	可能
公共域水環境改善効果	LR=5.3208	不可能

注) 便益関数欄の数値は χ^2 値(自由度2)。

(2) コンジョイント分析による政策代替

多面的機能の経済評価にはCVMを採用するが、CVMは一つの質問につき単一の機能とその評価水準の組み合わせしか質問できない。多面的機能に含まれる景観保全機能や国土保全機能などの様々な機能を分類して、CVMによって各機能の個別評価額を算出することは困難である。コンジョイント分析には個別機能の評価額を限界支払意志額として得られる利点がある。棚田の機能評価の分析例を示す。

農村アメニティ機能と国土保全機能の組み合わせを政策代替案として評価する。つまり、棚田の機能として、「棚田の景観や水生昆虫、トンボ、蛭などの生き物が棲む環境を守る役割（田園風景や生物環境の保全）」、また「洪水余や土砂崩れなどの災害を防ぐ役割（防災や国土保全）」がある。他方、政策のマイナス効果として環境負荷については水質汚染を取り上げ、「農薬や肥料などが河川や地下水を汚染し、市民生活への影響や生き物の生息環境を悪化させる影響（河川、地下水の水質汚染）」を負のシナリオとする。さらに、基金への寄付金額のレベルを組み合わせるシナリオを作成し、選択実験を行う。表3がシナリオのプロファイルである。分析結果は割愛するが、多面的機能の個別機能評価と政策代替案の評価の定量分析が可能となる。

表3 プロファイル例

	対策1	対策2	対策3	対策4
水質汚染	30%悪化	10%悪化	30%悪化	現状
防災や国土保全	60%向上	60%向上	現状	30%悪化
田園風景や生物環境の保全	30%向上	現状	現状	30%悪化
基金への寄付金額	5,000円	1,000円	500円	0円

(3) 地域トラベルコスト法と個人トラベルコスト法

トラベルコスト法(TCM)は旅行に費やされた費用を用いて、河川、湖沼、森林公園などのレクリエーションサイトや農業農村が生み出す保健休養機能、レクリエーション機能の「利用価値」を評価する方法である。TCMは1947年にH.ホテリングが提案したアメリカの国立公園を評価するアイデアに由来する。評価するレクリエーション地を中心点として、レクリエーション地への訪問費用が等しくなる同心円状の地域を区分し、それぞれの地域からの訪問者数(地域の人口に占める訪問者の割合)と旅行費用の関係を調べれば、反比例する右下がりの関係が求まるとした。これに旅行行動に影響する社会経済的特性を組み込めば、旅行者は旅行費用である「価格」を支払ってレクリエーション地におけるレクリエーション体験という財を「購入する」という関係を示すレクリエーション需要関数(訪問頻度関数)が求められる。図1に示す需要関数 D において、地域 i からの旅行費用 C_i とした時、この地域からの旅行者は、需要曲線 D と旅行費用 C_i と縦軸で囲まれる消費者余剰 A を享受することになる。このアイデアによる方法は、地域ごとに集計されたデータを利用することから、地域トラベルコスト法(Zonal TCM: ZTCM)と称し、後述する個人の非集計データを利用する個人トラベルコスト法(Individual TCM: ITCM)と区別される。

図に示す消費者余剰は視覚的には理解しやすいが、貨幣的測度として消費者余剰を利用することは理論上根拠が乏しい。消費者(旅行者)の厚生変化の貨幣的測度を与えるのは、ヒックスの補償需要関数に基づいて算出される補償変分や等価変分である。この論理に基づいて補償変分、等価変分の近似値として消

消費者余剰が利用できる。

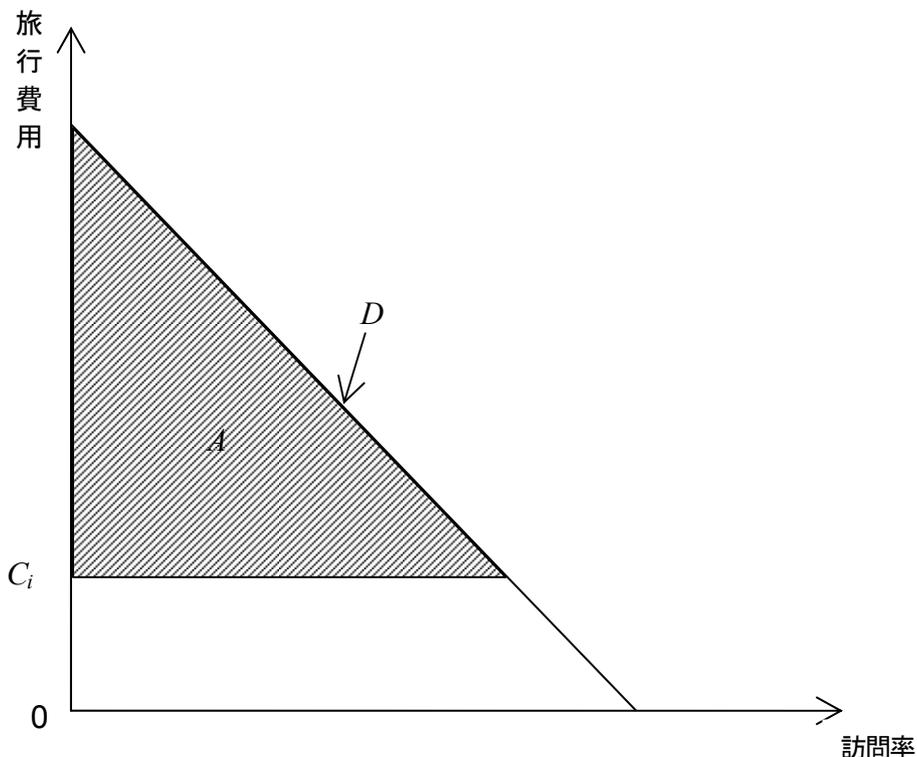


図1 訪問頻度関数と消費者余剰

ZTCM では、訪問頻度関数を(1)式のように定式化する。

$$X_i = \beta_0 + \beta_1 TC_i + \beta_2 Y_i \quad (1)$$

ここで、地域*i*からの訪問者数を V_i 、地域*i*の人口を P_i とすると、訪問率は、 $X_i = V_i / P_i$ となる。これを従属変数として、地域*i*からの平均的訪問費用 TC_i と地域の特性の Y_i を独立変数とする回帰式(1)が定式化される。この地域ごとに集計されたデータによって各地域からの訪問率を説明するものである。これに対して、地域ごとのデータを集計しないで、個人*j*の訪問回数 V_j を従属変数として、個人が支払う旅行費用 TC_j と個人特性 Y_j によって訪問頻度関数を推計するのが ITCM である。

$$V_j = a_0 + a_1 TC_j + a_2 Y_j \quad (2)$$

これまでは、ZTCM が多く採用されてきたが、近年では ITCM による実証研究が増えている。『農業環境』では、ITCM による日本在来馬（野間馬）と「野間馬ハイランド」の評価が分析されている。ITCM の利用は、現実訪問者が訪れている観光地・観光資源（ここでは野間馬とそのハイランド公園）の便益を、

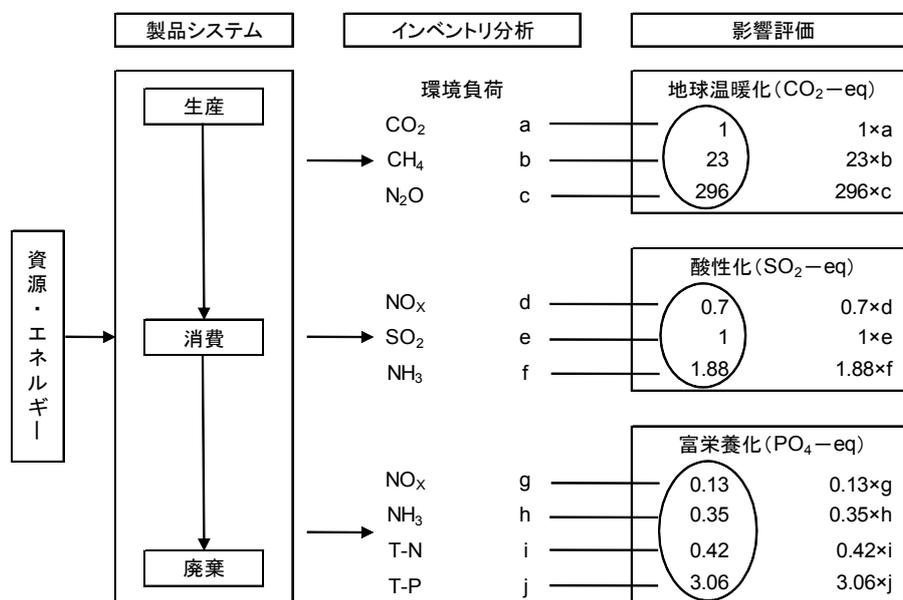
訪問者の調査によって比較的高い信頼性で分析できる利点を持っている。「野間馬ハイランド」のように入場料が無いか、比較的安価である観光施設が、数多く存在している。入場料だけの「目に見える収入」で観光施設の経営状況を評価すると、多くの場合赤字経営となる。しかし、TCM で評価された便益を含めることで、多面的機能を発揮する観光施設の社会的厚生 の在り方を検討することが可能となる。

3-2 LCA (Life Cycle Assessment)

LCA (ライフ・サイクル・アセスメント) とは、製品の原料採取から生産、流通、消費、廃棄にいたるライフステージ (サイクル) 全体を通しての環境影響 (環境負荷) を評価する手法である。製品のライフサイクル全体にわたる評価は、どのステージにおいて環境負荷が多く排出しているかという環境情報を明らかにする。この環境情報の提示は次のような利点がある。まず、環境負荷排出が多いステージに対して、環境対策を重点的に実施する科学的根拠を示す。次に、同質の製品間の比較において環境面での優越性を主張することが出来る。さらに、LCA の結果を環境政策に活用することが出来る。例えば、環境負荷削減に資する製品にエコラベルを認定する制度において LCA の結果を採用するのである。

LCA 手法は ISO (国際標準化機構) によって国際規格化が行われている。国際規格では、①目的・調査範囲の設定、②LCA インベントリ分析、③LCA 影響評価、および④ライフサイクル解釈の 4 つの段階で構成される。図 2 は LCA の計算手順のフローである。すなわち、環境負荷を計測する段階がインベントリ分析、環境負荷を環境問題として識別する段階が影響評価である。LCA の具体的分析方法を解説する。

図 2 LCA における計算手順の流れ



資料) 荻野暁史(2004)「畜産における環境影響評価手法に関する現状-ライフサイクルアセスメント(LCA)を中心として」『研究調査室論集』Vol.5, p.33 を加筆修正して引用。

注) 影響評価における各環境影響カテゴリー中の円内の数値は特性分析係数であり、CML [1] による。

図 2 で見ると、①LCA の目的となる製品システム、機能単位、配分基準を定める。製品システムは、生産、消費、廃棄の 3 ステージである。機能単位は生産物 1 単位のもので、各ステージのフローで示される。1 つの製品が複数の機能を有する場合は、評価結果が異なる可能性がある。製品システムが複数の生産物を生産する場合、どの生産物に資源、エネルギーおよび環境負荷や廃棄物のフローをどれだけ帰属させるかという配分問題が生じる。次に、②インベントリ分析では、製品システムに投入される資源、エネルギーおよび製品システムから排出される環境負荷や廃棄物を定量化するデータ収集と計算を行う。インベントリ分析の計算方法は、積み上げ方式と産業連関表による方式がある。③影響評価では、環境負荷を各環境カテゴリーに振り分けること（分類化）と各環境影響カテゴリー内で環境負荷を環境問題として定量化すること（特性化）、可能な場合は特性化の結果を統合すること（重み付け）を行う。図 2 で、分類化と特性化とは、インベントリ分析で計測された 8 種の環境負荷物質を、地球温暖化、酸性化、富栄養化の各環境カテゴリーに分類する。分類された環境負荷に特性分析係数を乗じて各環境問題として定量化する。例えば、CO₂、CH₄、N₂O の温室効果ガスを地球温暖化の環境問題と定量化するならば、これら環境負荷に特性分析係数を用いて、CO₂ 等量に換算する。そして、④解釈では、感度分析などを用いて、目的、分析、評価からの結果が妥当であるか、吟味、修正する段階である。

農林水産省の環境政策の展開方向としては、目下、バイオマスの利用の加速化、地球温暖化対策の強化、生物多様性保全の推進が示されている。バイオマス利用の施策や地球温暖化対策の評価として LCA の手法は重要である。「バイオ燃料の製造にあたって、原料作物生産時、バイオ燃料製造時に外部からエネルギーを利用するため、ライフサイクルで CO₂ 排出やエネルギー効率を把握することが重要」とする（農林水産省「農業分野における地球環境問題への取り組みについて」平成 19 年 10 月資料）。同省の農業政策研究所では、平成 19 年度より 3 ヶ年計画で、「新たな農林水産環境政策の社会経済的影響評価に関する研究」を進めており、具体的には「バイオエタノール生産における環境負荷削減効果と地域経済効果の計測」において LCA 分析を行っている。

『農業環境』では、稲作と酪農における LCA 分析を行っているので、その分析を紹介する。

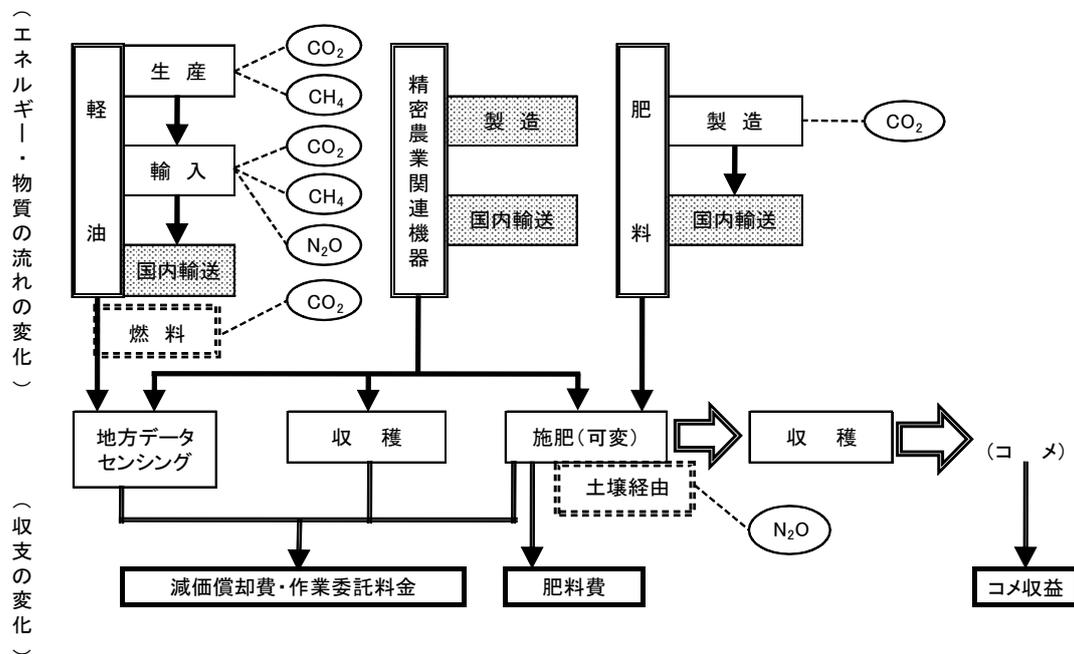
(1) 精密農業の環境影響評価：稲作施肥管理技術

精密農業とは一連の技術を活用し、生産性や収益性の向上と環境負荷の軽減を同時に達成することを目標とする。精密農業の登場は、持続的農業（または代替農業）は生産性が低下する 경우가多く、農業者の支持が必ずしも得られなかった状況に呼応したものである。この目的のために、精密農業は圃場を小さなセルに区分して細かく管理することから始まった。局所施肥管理技術はまさにこの謂いである。

局所施肥管理技術の導入が温室効果ガスの排出に及ぼす影響の評価において、単に施肥に伴い土壌から発生する亜酸化窒素の発生量の変化を捉えるだけでは不十分である。この技術による施肥に伴うエネルギーや物質の生産、輸送まで含めた広範囲のエネルギー消費や環境負荷物質についても把握する必要がある。その評価が LCA である。図 3 において、製造、輸送段階に遡及して、局所施肥管理技術の導入により温室効果ガスの排出を含むエネルギー、物質の出入りとその量の変化を整理する。圃場地点ごとの地力に応じた可変施肥により窒素施肥量が変化するために、土壌から排出される亜酸化窒素量 (N₂O) が変化する。次に、施肥量の変化に伴い、肥料の製造段階におけるエネルギー投入量も変化する。この他に、この技術導入による地力データのセンシングなど新たな作業が発生する。センシングのための軽油燃料の消費は CO₂ を発生させ、燃料の生産時の CO₂ とメタンを発生させる。さらに、輸入に伴う船舶や輸送車両の温暖化ガスの発生などが伴ってくる。最後に、システム内から排出される各種の温室効果ガスを CO₂ 等量に換

算する。

図3 局所施肥管理技術の導入によるエネルギー・物質の流れと収支の変化



註) ただし、 は計測における省略事項である。

計算結果の仔細は割愛するが、局所施肥管理技術を導入した結果では、まず、単に収益向上を目的とした導入は、収益的には成立が困難だけでなく、環境負荷の増大につながる可能性が示唆された。施肥量の制約を加えたシミュレーションからは、温室効果ガスの排出量削減に大きなインパクトがある一方、経営収支にも影響があることが明らかになった。すなわち、施肥窒素量の制御とそれによる米作の経営収支の変化に限定した評価だけでは、普及の観点からこの技術を導入する誘因に乏しいことが示唆された。LCAによる評価では、情報の価値（負荷削減、経営収支など）の比較考量が必要である。

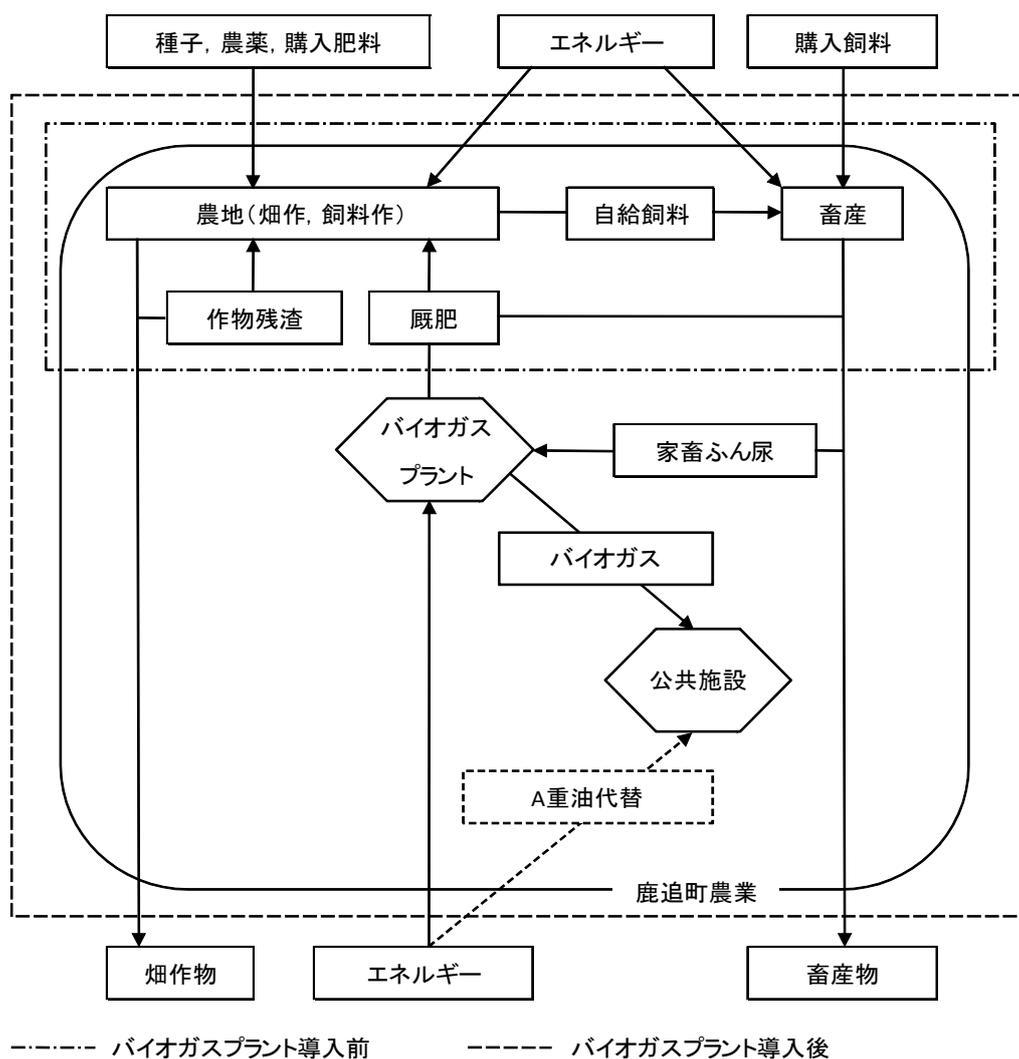
(2) バイオガスプラント導入による地域循環システムの環境評価

地域全体の環境評価として、家畜糞尿のほか作物残滓を含めた有機質資源の処理、利用に対する、地域循環システムの総合的な環境影響評価がある。北海道十勝地方の鹿追町では家畜糞尿のバイオガス化によるエネルギー資源化事業が計画された。乳牛 1,800 頭（町全体の飼養頭数の 11%）分の糞尿処理を行う集中処理型バイオガスプラントを建設することで、町内の公共施設に対してボイラー用 A 重油の代替エネルギーを供給する事業である。ボイラー用 A 重油をバイオガスで代替した場合の環境負荷削減効果に対して LCA 分析を行う。

図4はバイオガスプラント導入前後のライフサイクルフローの変化を示す。町の農業システムは畜産物生産の畜産ステージと畑作物、自給飼料生産の農地ステージからなる。糞尿処理はこれまでは個別に酪農家で処理されてきた。バイオガスプラント導入前は、畜産ステージでは農地で生産された自給飼料、エネ

ルギーが投入され、畜産物と厩肥が生産される。農地ステージでは種子、農薬、購入肥料、エネルギーが投入され、さらに畜産ステージで生産された厩肥および畑作、飼料作の副産物である作物残渣が投入され、畑作物と自給飼料が生産される。これが、プラント導入後では、まずバイオガスプラントステージで、畜産ステージから排出される家畜糞尿の一部とプラント操業に必要なエネルギーを用いてバイオガスが生産され、さらに結合生産物としての液肥、堆肥が生産される。生産されたバイオガスは、公共施設においてボイラー用A重油の代替エネルギーとなる。

図4 鹿追町農業のライフサイクルフロー



環境影響カテゴリーは、地球温暖化、酸性化、富栄養化である。分析の仔細は割愛するが、興味ある結果が計測された。地域にバイオマスプラントが導入した場合、地球温暖化では-1.6%の環境負荷削減効果があるが、酸性化では5.6%、富栄養化では0.13%の環境負荷増加の可能性が明らかになった。バイオガスプラント導入は、地球温暖化における環境負荷削減効果を見込むことが出来るが、消化液の貯留・施用に伴って排出されるNH₃を抑制しない場合に、酸性化と富栄養化はむしろ悪化する場合があります。

た。このように、ある環境問題（ここでは地球温暖化）への対応が、他の環境問題（ここでは酸性化と富栄養化）を誘発してしまうことになる。これをプロブレム・シフティング（Problem Shifting）という。地球温暖化対策だけに問題を集中することでCO₂の環境問題を分析するなら、バイオプラントの導入は評価されるが、LCAを用いて複数の環境影響カテゴリーを総合的に評価することで新たな環境問題が浮かび上がってきた。これはLCA分析の優れた有効性を示すものである。LCA分析の結果から、総合的な対策を講じることにより、エネルギー代替と家畜糞尿処理による地域における有機性資源の地域循環を効率的にする可能性およびその限界が示された。

3.3 環境会計・勘定

環境会計は経済活動による環境への影響を総合的に評価する方法である。経済活動、すなわち生産と消費は自然生態系から資源を採取し、財を生産し、それを消費するが、他方廃棄物も同時に排出し、生態系へ戻し、環境負荷を与える。経済は環境を包含し、環境が経済の制約条件となる。経済による環境負荷を評価するには、全体システムである環境とそれに包含される経済システムにおける物質循環に関する物量情報と貨幣情報を、経済データとして適切に把握、評価しなければならない。環境会計とは会計単位（主体）の経済活動が環境に与える影響を定量的な会計情報として計測・評価し、さらに会計単位（主体）とその利害関係者（Stakeholder）における経済活動と環境の相互関係を明らかにして、環境問題を発生させない経済活動、あるいは環境負荷を改善する経済活動などのあり方を分析する方法である。

「会計」と「勘定」が併用されるが、会計（Accounting）を体系的な計算プロセスにより問題の探求を行うことと定義し、勘定（Accounts）は「会計」に包含される構成要素としての計算書や計算プロセスと定義する。既往の環境会計との違いは、『農業環境』では、環境と農業の関係を見ることが主眼であり、したがって自然資源勘定など物量情報のみの環境会計も包含して考えるために、物量情報および貨幣情報を会計情報とする点にある。幾つかの環境会計がある。その特長を述べる。

環境会計における会計単位は、国家、地域、企業や家計などがある。国家はマクロ的視点により、企業や家計はミクロ的視点によって把握される。地域はマクロ的視点で捉えることが出来るが、地域の産業構造や環境特性は地域の多様性を形成し、そのことが地域環境政策を、国の政策とは性質を異にする特色ある政策としている。ここでは、国家の部分地域を集計範囲とした環境会計を設定して、マクロとミクロの中間規模のメゾ（環境会計）とする。環境会計は以下の3区分となる。

- ① マクロ環境会計：国家全体を会計単位として環境情報を集計し、国家全体との経済と環境の相互作用を明らかにする環境体系である。代表的には、国連のSEEA（System for integrated Environmental and Economic Accounting；環境経済統合体系）、オランダのNAMEA（National Accounting Matrix including Environmental Accounts；環境勘定を含む国民会計行列）、EUのSERIEE（Systeme Europeen pour le Rassemblement des l'Informations Economiques sur l'Environment；環境にかかわる経済データの収集に関する欧州体系）などがある。
- ② メゾ環境会計：国土の部分地域を会計単位として環境情報を集計し、地域の経済と環境の相互作用を明らかにしようとする環境会計である。部分地域の定義は、州、都道府県などの行政境界による形式的地域区分や、都市圏などの経済活動に即した実質的地域区分によるなど、多様な地域区分によって集計範囲が異なる。メゾ環境会計の実証例として、93SEERのフレームワークによる富山県、北海道、東京都における試算がある。

③ ミクロ環境会計：企業や地方自治体、家計などの個別的経済主体を会計単位として、その活動に係る環境情報を集計し、個々の経済主体が環境に及ぼす影響を明らかにする環境会計である。

(1) マクロ環境会計の理論的枠組み

① SNAのサテライト勘定

SNA (System of National Accounts ; 国民勘定体系, 国際連合により公刊されたマクロ会計の国際基準で1993に改定され新SAN) の改訂版93SANは, 中核体系とサテライト勘定 (Satellite Accounts) から構成されている。中核体系はなじみの深い国民所得勘定である。経済と環境の相互作用を考えた場合, SNAが資産と取り扱っていない自然資源の影響を組み込むことが出来ないために, SANの中核体系では環境問題を適切に対処できないことになる。93SNAでは「サテライト分析とサテライト勘定」が設定された。サテライト勘定は機能指向型と拡張型に大別される。前者の対象とする分野としては, 教育, 社会保護, 保険・医療, 研究開発, 環境保護などが挙げられる。後者では, SNA中核体系の概念を拡張し, あるいは代替的な概念を導入することで, 特定の問題領域に焦点を当てた分析を可能とする。特に, 環境と経済の相互関係を分析するSEEAでは, 自然資源を自然資産として扱い, その資産の消耗や復元を経済的価値で計測・評価することで, 相互関係の分析を可能にするものである。会計勘定の模式図と分析例を紹介する。表4は拡張したSEEAの表示形式である。解説は割愛する。

表4 拡張の異なる段階のSEEA行列 (貨幣情報)

番号		1. 国内生産			2. 最終消費	3. 非金融資産 (資産の使用と資産ストック)			4. 輸出	5. 総用途
		1.1 産業	1.2 そのほか の家計行動	1.3 環境 サービス		3.1 生産資産		3.2 非生産 自然資産		
						3.1.1 産業	3.1.2 耐久消費財			
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	1. 期首ストック									
2	2.1 産業の生産物の使用	■			■					
3	3.3.1 産業の生産固定資産の使用	■			■					
4	2.2 そのほかの家計産出の使用		■							■
5	3.3.2 耐久消費財の使用		■							■
6	2.3 環境サービスの使用			■						■
7	3.1 非生産自然資産の使用	▨			▨			▨	▨	▨
8	3.2 廃物の経済的処理	▨			▨			▨	▨	▨
9	4.1 市場評価に直すための調整	▨			▨			▨	▨	▨
10	4.2.1 エコ・マージン	▨			▨			▨	▨	▨
11	4.2.2 純付加価値/NDP	■								
12	5. 総産出	■								
13	6. そのほかのボリューム変化					■		■		
14	7. 市場価格変動による再評価					■		■		
15	8. 期末ストック									

注) ■ : SNAの分解(Ⅱ版), ▨ : 帰属環境費用(Ⅳ版), ◻ : 生産境界の拡張(Ⅴ版)

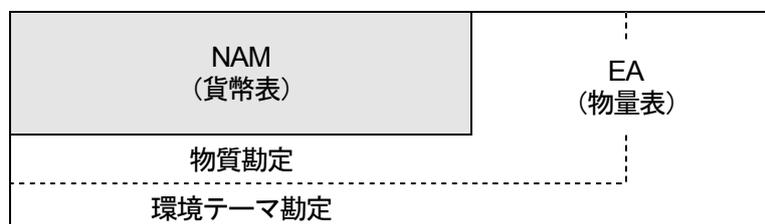
出典 : United Nations (1993) Handbook of National Accounting : Integrated Environmental and Economic Accounting.
(経済企画庁経済研究所 (現内閣府経済社会総合研究所) 訳(1995) 『国際経済計算ハンドブック 環境・経済統合勘定』)

② NAMEAのフレームワーク

NAMEAはオランダで1993年に開発され, EUで広く適用されている。NAMEAは国民会計と環境勘定を一つの行列形式にまとめた統計情報システムである(図5)。NAMEAは貨幣勘定と物量勘定に大別される。陰影の部分が貨幣勘定で, SNAに基づく国民会計行列(National Accounting Matrix ; NAM)であり, その外側に物量勘定である環境勘定(Environmental Accounts ; EA)が配置されている。NAMEAはNAM

との関連で、経済活動による汚染要因の排出を関係付け、さらに経済活動がどのような環境問題に影響を及ぼすかを示すように設計された勘定表というのが特長である。

図5 NAMEA の概念図



(2) 事例分析

『農業環境』では、環境勘定による3分野の事例分析を扱っている。農林業における多面的機能の評価に関するマクロ環境会計分析（SEEA による分析）である。次に、課題特化型マクロ環境会計の事例分析として、廃棄物勘定表を用いた国産稲わらによる輸入稲わら代替の環境負荷低減効果の計測事例である。さらに、地域を対象にしたメゾ環境会計の事例として、北海道の統合型メゾ環境会計、北海道の廃棄物処理を扱った特化型メゾ環境会計、北海道の農林業を対象とした特化型メゾ環境会計、そして宮崎県国富町と対象としたバイオマスに着目した特化型メゾ環境会計の分析事例である。これらの分析事例は、対象とする地域の経済、産業の持続可能性を評価するものである。

最後に、農業におけるマイクロ環境会計の事例を紹介する。他の産業・企業でのマイクロ会計分析の適用例はあるが、わが国の農林業において農業経営体を対象としたマイクロ環境会計を導入した分析は今までは皆無である。仔細な紹介は割愛するが、環境会計・勘定の事例分析において、この方法論の優れた点と限界点が具体的に明らかになった。またメゾ環境会計と LCA など他の評価法との関連が明らかになり、そして両方の方法論を活用することで、評価の精度を高めることが可能なことが示唆された。

3.4 エコロジカル経済学

環境・生態系と経済・人間活動の関係を表す現代のキー・ワードは持続可能性（Sustainability）である。Sustainable という言葉は、「環境にやさしい」と意識されることが多い。持続可能性のキーワードは、環境経済学およびエコロジカル経済学に共通した重要な概念である。エコロジカル経済学は日本ではまだ認知度が低いですが、農業と環境の関連性を考えるならば Ecology の考え方は重要である。食料・農業・農村基本法において、農業が有する自然循環機能を活かした環境にやさしい農業のあり方が政策理念として謳われている。多面的機能の発揮はまさに自然循環機能の現れである。農業と環境・自然生態系の関係を明示的に取り込んだエコロジカル経済学の観点からの環境評価法について解説する。

まず持続可能性の定義であるが、この用語は18世紀後半から資源管理の観点で使用されてきた。環境問題との関連でより明確になったのは、1987年のブルントラント・レポートにおいてであり、「将来の世代が自らのニーズを充足する能力を損なうことなく、今日の世代の欲求をみたすこと」と定義されている。ニーズの内容や自然資源の管理・利用の仕方の違いによって、定義に多様性があるが、いずれにしろ、持続性が意味するところは、資源の利用のあり方と世代間の経済的厚生水準の平衡性を含む概念である。

持続性を環境評価と結びつけ、実証性を持たせるには、より明確な定式化が必要となる。この概念は、自然生態系の持つ自然資源供給量と廃棄物浄化量の再生産速度の限界量を示している。具体的には、『農業環境』において、環境収容力 (Carrying Capacity) 概念を採用している。この概念は農学分野では昔から使用されており、人間活動と所与の土地賦存量との均衡ある関連性を示す概念である。環境収容力は現代的な概念として、「一定人口の経済活動による環境負荷を無理なく、かつ継続的に負わせるためにはどれだけの面積の土地・水域が必要になるか」ということである。

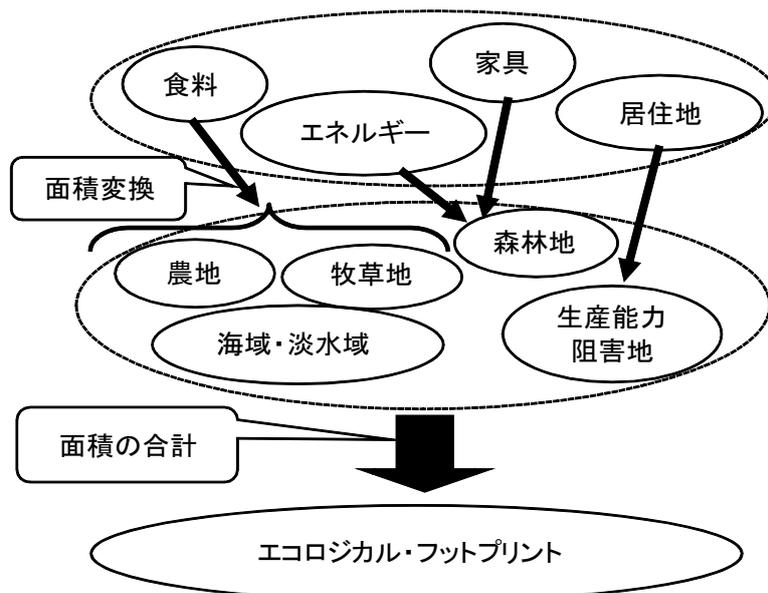
(1) エコロジカル・フットプリント (Ecological Footprint; EF)

エコロジカル経済学の基本は環境収容力概念によって規定されており、EFはこの概念を実証化するための方法論である。自然資源を単位とする生物物理学的アプローチをとり、LCA分析のやり方に近い方法論である。EFはカナダBritish Columbia大学の研究グループが開発した理論である。EFは「ある特定の地域の経済活動、または、その住む人々が一定水準の物質消費レベルで生活を維持するために必要とされる生産可能な土地および水域面積」と定義される。古典的な環境収容力では、一定の土地面積(水域面積)にいくらの家畜(人間)が生存できるか、という定義であった。この関係を逆数的に転換し、「(一定の生活水準を維持する)人間の生存を可能にするには、どの程度の土地面積(水域面積)が必要なのか」という関係にする。そこで一定の消費水準を維持するためには、所与の陸域水域面積の制限に規定されず、交易によってそれが達成可能になるという現代の経済活動を反映した関係とする。すなわち、人間と自然生態系の関係を指標化することを可能にしたのがEFの特長である。EFによって、自然生態系と人間活動の関係が持続可能性を有しているのか否かを評価することが出来るのである。つまり、EFによって得られた面積(資源消費量)と地球(地域)の面積(環境収容力)の関係を、持続可能性の評価基準に置き換えることが出来るのである。EFは面積という具体的物理量で表現できるので、人間が生活するうえで必要な面積要求量と、実際に利用可能な領域面積供給量のギャップを定量的に表すのである。

『農業環境』では、中国山岳地帯の少数民族の集落と北海道の農林業を対象にして、EFを求め持続可能性の評価を行っている。図6はEFの概念を示し、生活に必要な財を面積に変換し、それを合計してEFを求めるものである。

中国の山岳集落は500年の長きに渡り、閉鎖系社会として集落外との交流交易が無い中で、集落系内の自然資源の制約の下で生活をしてきた。このことは、消費生活の低位な状態の下で、自然環境と調和した持続性を維持してきたことである。近代になり、集落外との交流が進み、開放系社会になると、生活水準の向上を図るために、系内の自然生態系への過度の負荷、すなわち過放牧、過伐採、そして農産物生産拡大のための化学肥料の過剰施肥等が起こり、自然環境への負荷問題が発生してきた。貨幣経済の浸透により、所得獲得のために人口の流出が起こるなど、現代の経済社会問題が、伝統社会においても発生してきた。EFは自然生態系と人間活動の調和がどの様に崩れているのかを定量的に示している。

図6 エコロジカル・フットプリントの分析方法



北海道の農林業の EF 分析では、農林業の生産活動によって発生する環境負荷と生産活動によって発揮される農地・林地の持つ環境便益を対象に評価した。環境負荷と環境便益の項目は、地球温暖化ガス排出(ガスの吸収)、大気汚物質の排出(汚染物質の吸収)、水質汚染(水質浄化)、廃棄物の排出(廃棄物の処理)、森林資源の消費(森林資源の貯蓄)、そして水資源の消費(水資源の涵養)の6カテゴリーである。そして、EF を先に紹介した環境会計のNAMEA のフレームワークに取り入れて、農林業の持続可能性を評価した。結論だけを示すと、1995 年度と 2000 年度を比較すると、両年度とも北海道の農林業は持続可能な状態にあったこと、また、1995 年度の比べ 2000 年度の農林業の方が環境負荷を低減させており、環境にやさしい生産活動を行っていることが示された。

環境負荷の影響力と環境便益の機能はそれぞれ個々の単位で計算され、総合的に判断することが難しい。EF と NAMEA を用いることで包括的な持続可能性の指標として表すことを可能にするのである。EF の実証分析において、評価には限界性が多々あることが明らかになった点は、環境問題の分析にはより厳密で、慎重であることの必要性を示している。評価することによって問題がよりクリアになるのである。

(2) 動学シミュレーション分析

本稿では紹介できないが、エメルギー・フロー分析 (Emergy Flow Model: [注; エネルギーではない!]) が『農業環境』では取り上げられ、分析されている。EF は一時点ないしは期間分析の静学 (Static) 分析である。生態系の状態は通時的な動学 (Dynamic) で考えなければならない。ローマクラブの『成長の限界』では、System Dynamics の動学的シミュレーションが用いられ、多くの警鐘と刺激を与えた。エメルギーフローモデルによる動学分析は EF の動学化を可能にした分析である。生態系の活動を計る時間単位、あるいは次世代を視野に入れて考えるならば、その時間のスパンは Generation (30 年) では不足で、Century (100 年) でも短く、Millennium (1000 年) 単位で評価する必要があることが示される。

4. おわりに

環境研究、あるいは環境学は、学際的研究領域である。文理融合という研究スタイルは環境研究においてこそ必要な方法である。『農業環境』をまとめるにあたり、農学分野からの研究協力が無ければ、まとめることは出来なかった。社会科学からの環境研究へのアプローチは、問題の指摘や評価の計量化を図ることが目的ではなく、問題解決へ方策を目指すことが最終目的である。環境負荷を軽減し、環境便益を高めていくには、制度の変更や従来の慣行を改めていく必要が伴い、またその費用を誰が負担するのかといった財政問題が生じるのである。そこには必ず利害関係が発生する。利害関係を調整し、合意形成にいたる道すじを模索することも社会科学が担う学の領域である。環境問題が他の社会的な対立問題と異なる点は、環境悪化の事実に対して誰もが問題として認め、改善の必要を求める点である。現実には、環境改善に至る手段や費用負担のあり方に利害損得が様々に絡み合い、思惑が錯綜し、先へ進まないものである。合意形成が複雑であればあるほど、環境の評価という客観的事実が重要となってくる。論より証拠というよりは、論には証拠ということが必要となる。評価の方法論は文理融合により洗練され、精確になっていくであろう。本稿ではその一端を紹介した。