

自然環境の経済的評価に関する研究

(平成28年度研究報告書)

平成29年2月

公益財団法人 日本環境教育機構

はじめに

本研究は平成28年度において、自然環境の保全のために、その保全の経済的価値を分析し、その事業の公共的経済的根拠を明らかにし、広く公共の理解を求めるために行ったものである。

既に農業および森林などの経済的効果に関する定量的評価は、主として代替法などによって行われてきたが、その研究は、行政の一部として行われているのみで、今回更めて新たな視点で専門家の協力を得て評価・検討を行ったものである。

平成29年2月

公益財団法人 日本環境教育機構

環境に与える負荷を、環境勘定を利用して評価する場合の基礎的推計法

農業および森林の多面的機能と評価対象機能については、様々な機能分類とそのための評価方法の対応があるが、環境勘定のような経済評価として客観性が保て、かつ、連関する勘定基準と斉合性をもちうるものを選択する必要がある。以下、この意味で対応可能な計測方法について整理する。

- (1) 現実に発生している公害・汚染をなくし、自然環境を事前の正常状態に修復するための費用を以て負荷を推計する(負荷修復費用法)。
 - (2) 現実に発生している公害・汚染などの環境負荷によって生じた被害に対して支払われるべき補償金(公害訴訟費、被害住民などの移転費など事後的費用を含めることができる)を推定して負荷を把握する。
- (1)(2)は環境負荷発生の実態にもとづいて客観的に事後的測定を行い評価する方法
- (3) 現実に発生が予想され、(1)(2)に相当する被害が明らかに予知される場合、事前に対応する予防的な対応のための費用を以て環境負荷を推計する(負荷防止費用法)。
 - (4) 現実に発生が予想される負荷に対して、これを予知・予防し対策を行うための措置などについての研究開発費、環境の状態を正常に維持改善する費用などを以て、環境負荷を推計する(負荷改善費用法)。
- (3)(4)は環境負荷の発生を予め予想して客観的事前に負荷の測定を行い評価する方法である。

環境勘定の利用として、(1)～(4)の評価方法の選択により帰属環境負荷を把握する。

また、この過程では、農林業による環境負荷である環境への流出物、汚水、汚染物質の大気中排出、廃棄物の排出などの発生は、その具体的量と質によって評価できるが、他方、それらの排出の削減、排除、浄化などによって周辺環境への負荷の減少の評価、水、土壌、土地などに対する損傷の減少などサイトを含めた環境監査の結果を反映できるものでなくてはならない。

(1)～(4)の評価手法によって、農林業においても、多面的便益のみならず、負荷についても適正に評価し、環境勘定を利用して外部経済対外部不経済の対応によって多面的機能についての社会への適正な情報の提供を行う必要がある。

環境の負荷計算においては、その負荷の推計処理にあたって、当然、負荷の発生は、農林業の生産活動などによって認識されなくてはならない。

既に示した推計方法のうち、発生した環境負荷を発生後直ちに補償すると考えれば、この環境費用は、各年次などの計算期間では、農林業の生産に投入された資本・労働などの要素投入とそのための費用要素と変わることはないので、原則的に発生年度などの投入産出計算に配分帰属せしむべきものである。

しかし、将来の負荷に対して投入された事前的な環境費用は将来の農林業の生産活動に賦課されるべき性質上、環境資産として資産化処理されるべきであろう。

また、年度にわたって環境負荷による被害が及んだ場合、その再生のための費用などの処理については、年度にわたることがあるから、将来にわたって配分が必要となろう。事前の評価から資本化される環境費用などの扱いは、将来にわたって償却などの方法を用いることになろう。

期間の環境便益を計上するならば、当期の対応として環境費用を計上するのが、環境勘定を利用する上での原則であろう。

なお、通常生じうる環境負荷のほかに、自然条件に左右される農林業においては、偶発的に生じる環境負荷が予想される。偶発的環境負荷としては、確率上、

- (a) 発生の可能性が高い場合
- (b) 発生の可能性は高くはないが、将来発生しないとはいえない場合
- (c) 発生の可能性が低い場合

などがある。

(a)については偶発的環境負荷推定額を考慮算入する必要があると考えられる。しかし、(b)、(c)などについては予め考慮算入の必要はなく、その懸念のあることを特記することにとどまると考えられる。

将来におくられる農林業環境負荷はその環境資産とし、他の勘定区分として処理すべきである。

農業および森林の多面的環境負荷について

(1) 農業および森林など、農林業は農林産物などの生産・供給と、そのための費用負担のほか、結合して「環境便益」と「環境負荷」を発生している。

従来「環境便益」として包括されている機能について更めて検討すると、その便益にはその様々な性格の差があると考えられる（ストックにかかわるもの、フローにかかわるものが混在している）。そのため、「環境負荷」についても性格の差を明らかにする必要がある。

(2) 国土保全への負荷については、例えば、農林業における農薬の過剰投入、化学肥料の多投入は土地の劣化や塩分化をもたらし、環境負荷を生ずる。農薬の毒性と暴露量などによって、生物被害を客観的に評価することができる。このような場合はマイナスのフローとして現実の発生もしくは、その確率によって「環境負荷」として事後的環境費用の考え方で処理する方法が考えられる。

(3) 水源涵養機能については、地下水の涵養、洪水の防止などは、農地・森林のストック機能であるが、河川流況の安定、水質の浄化などは、カレントな水の供給と水質の浄化であり、フローにかかわる機能である。

農林業が特に環境影響をもつものに水質の汚濁がある。流水域における汚濁負荷源として窒素・リンの負荷など、多量の施肥、排水、廃棄物の負荷がある。このように水質の汚濁（排出物、農薬など）要因によって生じた水質の悪化は、農・林業を原因とする限り、環境負荷とすべきである。しかし、簡便な水質の予測・評価の方法は必ずしも確立されておらず、実態分析に対応した発生負荷量の慎重な把握が求められる。

(4) 自然環境・保健休養の負荷項目についても、大気浄化については、酸素の供給はプラスフローとして、カレントに供給され利用されているが、二酸化炭素については、フローとして吸収されているとしても、成長量としてストック増につながっている。

これを成長価（ストック価）として森林の市場価評価に加えれば、二酸化炭素としての吸収効果はダブル計上となる。しかし、成長価として認識せずに、単に大気中から二酸化炭素を吸収浄化しているフローの機能の評価とすれば、代替法で評価しても支障はない。

定常状態の農地・森林から、このような機能を望めるとしても、定常状態を失った場合には、その失ったことによるフローの減価が評価されなくてはならない。便益の減価が必要となる。

大気その他自然環境に対する農林業によるマイナスのフローのインパクトについても便益のプラスに対して環境負荷としなくてはならない。

以上の検討から、環境負荷の項目、内容、考えられうる評価方法は、以下のようにまとめられる。

環境負荷	負荷の内容	評価方法
<p>国土保全への負荷</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 土壌浸食と劣化 ● 土砂崩壊の発生 	<p>(便益を相殺する内容)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 農地・森林などの減少に伴う国土保全にかかわる環境便益の減少. ● 化学肥料・農薬の不適切な使用による土壌の劣化等. 	<ul style="list-style-type: none"> ● 洪水域に存在する人畜や有形固定資産，自然資産に与える被害額 ● 土壌浸食による直接的生産額被害，修復のための再生費用額. 塩分化，過投入の是正費用額 ● 河川その他事前の正常状態へ修復する土砂排除費用，土砂崩壊に伴う被災地被害額. <p>農地，防風林，防雪林などの整備不良またはその能力を超える被害に対しては，偶発的要因が働くが，予見しうる範囲の被災も危険箇所等で推定しうる. 被害額と，この環境的修復費用は被災危険地についての環境費用.</p>
<p>水源涵養などへの負荷</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 汚染 水質の悪化，汚濁，汚染 	<p>(便益を相殺する内容)</p> <p>畜産・養鶏農業などの排出物の不適切な処理による水質汚濁などがある.</p> <p>負荷発生源の特定と汚濁物質の客観的な計測，分析が必要である.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 発生源として既に特定されている事例が多く，公害紛争ないし公害苦情の対象となっている事例が多い. <p>汚染者負担の原則に従い，補償責任額で評価. または予防・防除費用.</p>

環境負荷	負荷の内容	評価方法
<p>自然環境の保全機能などへの負荷</p> <ul style="list-style-type: none"> ●大気に対する汚染物質の拡散 ●野生生物，生態系へのリスク拡大 ●農林業の複合型公害の発生 ●非分解性などの廃棄物の処理 	<ul style="list-style-type: none"> ●農耕に関わるワラなど資材の同時多発的燃焼による煙害，木材などの加工後処理での燃焼処理，畜産，養鶏など廃棄物による悪臭。 ●耕作などの生産活動での外来種の使用などによる自生種に対する影響，在来種との交雑による影響，遺伝子資源の減少。 ●農林業で使用する農機具，器材，その他容器などの資材，ビニールハウスなどの不適切な処理による不法投棄，廃棄物の不適正処理による被害。 	<ul style="list-style-type: none"> ●適正処理のための事前的環境費用，事前的規制費用など。悪臭，花粉などによる人体被害と医療費用負担回避額による評価。住民，地方自治体との協約による補償額。 ●生物多様性を損なうことや，野生生物とくに渡り鳥などの湿地の安全性の保障，外来種の過侵入への対応のための研究開発費用，防止費用。 ●騒音，振動などを含め，農林業による複合型の公害による苦情に対応する補償額。 ●農業による非分解性物質，環境ホルモンなど，不適資処理事件などの廃棄物処理費用，補償額など。

農林業の環境勘定を利用した環境便益と環境負荷の分析・推計方法

環境・経済統合勘定(SEEA)の概要

SEEAの特徴

表1は、経済企画庁によって試算されたわが国の環境・経済統合勘定(以下、SEEAと呼ぶ)を簡略化したものである((財)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』(1998),表4.1-1,p.164)。表1の表側及び表頭に付されている括弧付きの行番号及び列番号は、上掲書、日本総研(1998),表4.1-1の行番号及び列番号に対応している。また、表中、「-」は概念的に存在しないセルを、「・・・」は推計できないため数値を計上しないセルをそれぞれ表す。

まず、SEEAの特徴は下記のように整理することができる。

- ① 産業分類(財・サービス分類)が環境関連活動を明示できるよう組替えられている
- ② 資産境界が経済資産だけでなくあらゆる資産を含むよう拡張され、かつ環境関連資産が明示されるよう組換えられている。
- ③ ①と②を受けて、SNAデータをもとに、実際環境費用(実際に支出された環境関連支出)と環境関連資産が推計されている。
- ④ 維持費用評価法等の手法で帰属環境費用(実際には支払われなかった環境費用)を推計している。ここで維持費用評価法とは、実際に生じた環境負荷を、環境を一定水準に維持したとしたらかかったであろう費用によって評価する手法である。

③の実際環境費用は、表1の(3)行(5)列と(3)行(15)列に記録されている。また、環境関連資産は、「期首ストック」を表す第(1)行の(22)列と「期末ストック」を表す第(41)行の(22)列にそれぞれ記録されるが、表1では人工資産の名目で集計されているので、それらのデータを明示的に読み取ることは出来ない。

帰属環境費用

上記④の帰属環境費用については、若干の説明が必要である。表1の(17)行から(21)行には5つの環境負荷要因が掲げられ、他方、(32)列から(39)列にはそれらの負荷要因によって影響を受ける環境媒体が並べられている。まず生産活動による環境負荷は(5)列の(17)行から(21)行に、また消費活動による環境負荷は(15)列の(17)行から(21)行に記録される。

ここで、「廃物の排出」を記録する(17)行に注目しよう。生産活動による廃物の排出(1,355.3)と消費活動による廃物の排出(1,693.3)の合計は3,048.6となるが、(17)行の(32)列と(33)列には、この3,048.6のうち大気への負荷が2,398.3で、水への負荷が650.3であったことが負値で示されている。この記帳方法は(18)~(21)行についても同様である。

表2は、SEEAの推計対象と推計方法をまとめたものである。

(22)行の「自然資産の復元」の行は、浚渫・導水事業による水環境の復元や土地改良事業による土壌の復元を記帳している。ただし、復元は環境負荷とは逆の効果をもつので、記帳は環境媒体の欄((22)行(33)列と(34)列)に正值で、環境費用の欄((22)行(15)列)に

表1 日本の環境・経済統合勘定 (JSEEA) : 1990年 (縮約版)

(単位: 10億円)

	生産活動 (産業分類)	最終消費 支出 (新門別)	非金融資産 の蓄積と ストック	生産され る資産										輸出	輸入			
				生成され ない資産			生成され る資産			環境領域								
				生成され ない資産			生成され る資産			環境領域								
				生成され ない資産			生成され る資産			環境領域								
(5)	(15)	(20)	(21)	(22)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)	(38)	(39)		
期首ストック	(1)	-	3,152,070.6	1,003,752.7	962,022.1	41,730.6	38,660.6	*****	2,148,317.9	..	..	..	2,147,536.9	1,815,713.7	326,882.9	4,940.3	781.0	
生産物の使用	(2)	413,498.2	284,977.2	138,896.6	135,544.7	135,424.3	120.4	..	3,351.9	..	..	3,261.5	1,281.7	1,925.0	54.8	90.4	46,908.6	
環境負荷要因	(3)	3932.6	2152.3	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
環境負荷要因	(7)	449,565.4	282,824.9	138,896.6	135,544.7	135,424.3	120.4	..	3,351.9	..	..	3,261.5	1,281.7	1,925.0	54.8	90.4	46,908.6	
環境負荷要因	(13)	62,987.1	-	-62,987.1	-62,987.1	-62,987.4	0.0	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
環境負荷要因	(16)	2,503.7	1,653.3	-4,197.0	0.0	..	0.0	0.0	-4,197.0	-2,398.3	-650.3	..	-1,140.7	-1,026.4	-120.3	0.0	-7.7	..
環境負荷要因	(17)	1,355.3	1,653.3	-3,048.6	..	..	..	..	-3,048.6	-2,398.3	-650.3	..	..	..	..	..	..	..
環境負荷要因	(18)	1,140.7	..	-1,140.7	0.0	..	0.0	0.0	-1,140.7	..	..	..	-1,140.7	-1,026.4	-120.3	0.0	..	..
環境負荷要因	(19)	7.7	..	-7.7	..	..	..	..	-7.7	..	..	..	..	..	..	..	-7.7	..
環境負荷要因	(20)	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
環境負荷要因	(21)	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
環境負荷要因	(22)	..	-10.6	10.6	..	..	..	..	10.6	..	..	..	4.557	..	..	..	..	..
環境負荷要因	(23)	-79.2	79.2	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
環境負荷要因	(33)	-2,424.5	-1,761.9	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
環境負荷要因	(26)	388,950.5	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
環境負荷要因	(34)	865,435.8	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
環境負荷要因	(35)	..	..	4,835.2	818.8	..	818.8	113.3	705.5	4,016.4	2,398.3	645.4	-5.7	1,140.7	25,174.2	-24,024.1	-9.4	-162.3
環境負荷要因	(38)	..	..	244,538.1	19,755.9	17,614.4	2,141.5	2,141.5	224,782.2	..	..	..	..	224,782.2	168,783.2	54,571.4	427.6	..
環境負荷要因	(41)	..	..	3,473,167.0	1,096,865.0	1,052,073.8	44,811.3	40,915.4	2,376,282.0	..	..	..	..	2,010,932.4	359,234.8	5,413.4	701.4	..

資料) (財)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), 表4, 1-1, p.154, および経済企画庁『国民経済計算年報(平成9年版)』大蔵省印刷局(1997), 付表1, pp.156-157および付表2, pp.162-163より作成。

注1) 表中、「-」は概念的に存在しないセルを、「..」は推計できないセルを示す。表側及び表頭に付されている行番号及び列番号は、上掲書、日本総研(1998)、表4, 1-1の行番号及び列番号に対応している。

注2) 国内純生産(NDP)は、さらに帰属利子その他の調整(-2207.2)を行うと、366,873.3となる。

表2 SEEAの推計対象と推計方法

推計値のタイプ	推計対象	推計方法
実際環境費用 (環境関連の経済活動に関連して実際に支出された費用)	<ul style="list-style-type: none"> 産業の公害防止, 廃棄物処理, リサイクル等の活動 政府の下水処理, 廃棄物処理, 環境行政, およびその他の環境関連活動 	左記活動の投入・産出・費用構造を推計 SNAの既存の推計値から分離して把握
環境関連資産	<ul style="list-style-type: none"> 産業の公害防止施設や廃棄物処理施設 政府の下水処理施設や廃棄物処理施設 森林, 利用形態別の土地, 地下資源等 	期首・期末のストック額および年間の資産形成額を推計 SNAの既存の推計値から分離して把握
帰属環境費用 (環境負荷の貨幣評価額) *帰属計算 国民経済計算特有の考え方で, 実際には取引が行われていないにも関わらず, あたかも取引が行われたかのようにして擬制的に計算すること.	(17)行: 廃物の排出 <ul style="list-style-type: none"> 大気汚染 (SO_x, NO_x) 水質汚濁 (BOD, COD, N, P) 	維持費用評価法 ((排出削減費用/排出削減量) × 排出総量)
	(18)行: 土地・森林等の使用 <ul style="list-style-type: none"> 土地開発 開発地... 農地, 林地, 埋立地から住宅地や工業用地等への変更. 都市開発に係る帰属環境費用. 農林地等... 林地, 埋立地から農地への変更. 農地開発に係る帰属環境費用. 保全地域... 自然保全地域・自然公園の減少. 森林伐採 	維持費用評価法 <ul style="list-style-type: none"> 土地開発 土地開発を断念した場合の逸失利益 森林伐採 樹木成長量を上回る伐採を断念した場合の逸失利益
	(19)行: 資源の枯渇 <ul style="list-style-type: none"> 地下資源の枯渇 (石炭, 石灰, 亜鉛) 	ユーザーコスト法
	(20)行: 地球環境への影響 <ul style="list-style-type: none"> CO₂ 	維持費用評価法(技術対策費用の推計等) 未公表
	(21)行: 自然資産のその他の使用 <ul style="list-style-type: none"> 自然景観 騒音, 振動 	推計せず
	(22)行: 自然資産の復元 (負の費用) <ul style="list-style-type: none"> 汚濁河川等の浚渫, 導水事業 農用地土壌汚染改良事業 	復元事業に要した費用(負の費用)

負値で行われる。なお、(22)行(15)列の復元の-10.6が消費支出の列((22)行(15)列)に記帳されているのは、復元事業が政府支出によって行われているからである。

(23)行の「帰属環境費用の移項」の行は、たとえば、政府によるし尿処理等の環境保護活動から排出された廃物をその原因行為を為した家計等へ移項するために設けられた行である。

環境調整済国内純生産（EDP）

さて、(33)行(5)列と(33)行(15)列には、(17)～(23)行の合計がエコマージンとして負値で示されている。エコマージンは、生産活動および消費活動による最終的な環境負荷額を表しており、これを国内純生産(NDP)から控除することによって環境調整済国内純生産(EDP: Environmentally adjusted Domestic Product)が得られる。

EDPはグリーンGDPの代表例であるが、EDPの大きさや時系列的な変化を見ても環境悪化の状況はわからないので、国際的な議論の中でもEDPの導出には疑問の声が大きい。NDPと環境負荷額(エコマージン)を併置したり、環境負荷額をNDPで除したりすることによって、より明解な環境・経済指標が得られると思われる。

SEEAの問題点

農林業のためのSEEAの開発という観点から、現行のSEEAについては次のような問題点を挙げることができる。

- ① 「土地・森林等の使用」の行(表1の(18)行)における土地開発の推計において、たとえば、他の用途からの農地や林地への転用が、農地開発や林地開発に伴う環境の悪化という解釈で農林地等の列((18)行(37)列)に負値で記録されるしくみになっている。これらについては、農地面積や林地面積の増加が記録されるとともに、それに伴って生じる公益的機能の増大についても考慮されることが望ましいと考えられる。
- ② SO_x、NO_xなどの廃物の排出を維持費用評価法で推計する際、ゼロエミッション基準、すなわち排出量を全量抑制するとしたらいくら費用がかかるかという手法で推計を行っており、森林や農地のもつ浄化機能が考慮されていない。また、CO₂の推計においては森林による自然吸収量が考慮されているが、CO₂排出の推計そのものが未公表となっている。

農林業の公益的機能と環境負荷を考慮した環境・経済統合勘定の提案

評価手法の選択

SEEAでは、帰属環境費用の評価手法として次の3つの手法が考慮されている。

- ① 市場評価法
- ② 直接的非市場評価法・・・仮想的市場評価法(CVM)
- ③ 間接的非市場評価法・・・維持費用評価法

市場評価法は SNA が採用する最も明解な評価手法であるが、環境費用の推計においては適用範囲が限定されるため、②か③の手法の援用が必要となる。このうち CVM は、回答の信頼性やマクロ集計の困難さから、必ずしも適切な評価手法とはいえない。それに対して、維持費用評価法は、間接的とはいえ市場評価額を利用する点で SNA の評価手法と整合的であり、また持続可能性概念とも整合的であることから積極的に利用されている。

農林業の公益的機能を評価するにあたっては、代替法、ヘドニック法、および CVM の手法があるが、下記の理由から代替法による評価が適切であると考えられる。

- ① 間接的にはあるが市場価格を用いており SNA の評価手法と整合的である。
- ② 幅広く適用が可能。
- ③ 具体的な代替を想定するため直感的にわかり易い。

農林業の公益的機能をストックとみなした場合の勘定構造

ストックとしての公益的機能

そこで、本提案では、代替法による公益的機能評価を試みた下記 2 編の労作で取り上げられた公益的機能をそのまま採用することとしたい。

・農地の公益的機能（8 機能）

洪水防止機能，水資源涵養機能，土壌浸食防止機能，土砂崩壊防止機能，

有機性廃棄物処理機能，大気浄化機能，気候緩和機能，保健休養・やすらぎ機能

・森林の公益的機能（6 機能）

水源涵養機能，土砂流出防止機能，土砂崩壊防止機能，保健休養機能，

野生鳥獣保護機能，大気保全機能，

出所) 農業総合研究所・農業・農村の公益的機能の評価検討チーム「代替法による農業・農村の公益的機能評価」『農業総合研究』第 52 巻第 4 号(第 2 回委員会報告資料)，および林野庁計画課「森林の公益的機能評価について」(第 2 回委員会報告資料)

ところで、これらの公益的機能は、いずれも農地や森林が常時備えている固有の機能である。したがって、これらの公益的機能は、フロー機能として捉えることが可能であると同時に、ストック機能として把握することも可能である。そこで本提案では、公益的機能をフロー機能とみなした場合の勘定構造については、2.3 節で示すことにし、以下ではまず、これらの機能を環境資産とみなし、代替法による評価額をストック額として記録する方法について言及することとしたい。

勘定体系の基本構造

表 3 に、農地・森林の公益的機能を組み込んだ環境・経済統合勘定の基本枠組み(案)を示したものである。勘定枠組みは表 1 の SEEA を若干修正したものになっている。修正されている部分は下記の通りである。

表3 農地・森林の公益的機能をストックとみなした場合の環境・経済統合勘定の基本枠組み

生産活動 (産業分類)	最終消費 支出 (部門別)	非金融資産 の蓄積と ストック	生産される資産				環境媒体・環境機能				輸出	輸入												
			人工資産	育成資産	その他	ない資産	大気	水	土壌	土地			農地	林地	その他	農地の公益的機能	森林の公益的機能	地下資源						
(5)	(15)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)	(38)	(39)	(40)		
貯蓄ストック	-	3,152,070.6	1,033,752.7	962,022.1	41,730.6	36,660.6	2,148,319.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
生産物の使用	413,489.2	284,977.2	135,544.7	135,424.3	120.4	120.4	3,351.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
環境調達の財貨・サービス	392.6	2152.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
その他の財貨・サービス	409,585.4	282,824.9	135,544.7	135,424.3	120.4	120.4	3,351.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
生産される資産の使用 (固定資本減耗)	62,987.1	-	-62,987.1	-62,987.4	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
自然資産の使用 (備置環境費用)	2,503.7	1,693.3	-4,197.0	-	0.0	0.0	-4,197.0	-650.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
廃物の排出 (SOx, NOx, 水質汚濁)	1,555.3	1,653.3	-3,148.6	-	-	-	-1,648.6	-650.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
土地開採による農地・林地等の増減、森林の植込み等	(a)																							
農薬による環境負荷	(b)																							
林業による環境負荷	(c)																							
資源の採掘 (石灰、石灰石、亜鉛)	(19)	7.7	-7.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
地球環境への影響 (CO2)	(20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
自然資産のその他の使用 (自然資産、騒音、振動)	(21)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
備置環境費用の移項	(22)	-	-10.6	10.6	-	-	10.6	-4.6	5.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
備置環境費用の移項	(23)	-79.2	79.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
環境調整 (国内総生産)	(33)	-1,283.8	-1,161.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
国内総生産 (GDP)	(25)	398,950.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
国内総生産 (NDP)	(34)	865,435.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
自然資産の蓄積に関する調整項目	(35)	-	4,835.2	818.8	818.8	113.3	705.5	4,016.4	2,398.3	645.4	-5.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
その他の調整項目	(38)	-	244,338.1	19,755.9	17,614.4	2,141.5	234,782.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
期末ストック	(41)	-	3,473,167.0	1,096,865.0	1,092,072.6	44,811.3	2,376,282.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

資料) 記入されている数字は1990年の推計値で、(財)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)、表4.1-1, p.164、及び経済企画庁『国民経済計算年報(平成9年版)』(1997)、付表1, pp.156-157および付表2, pp.162-163より作成。
 注1) 表中、「-」は概念的に存在しないセルを、「...」は推計できないため数値を計上しないセルをそれぞれ表す。表側及び裏面に付されている行番号及び列番号は、上掲書、日本総研(1998)、表4.1-1の行番号及び列番号に対応している。
 注2) 国内総生産(GDP)は、さらに備置料子その他の調整(-2207.2)を行うと、366,873.3となる。

- ① 表1の「土地・森林等の使用」を表す(18)行を、「土地開発による農地・林地等の増減／森林の超過伐採」として(a)行とし、さらに、農業および林業による環境負荷を記録する2つの行(b)および(c)を加えた。
- ② 表1の土地を表す(35)～(38)までの4つの列を、(a)から(t)までの20個の列に置き換えた。表3では紙面の都合でこの部分が簡略化して示されている。表3右上の吹き出しからわかるように、(e)を農地の公益的機能の集計値として、(f)～(m)の8つの列が農地の公益的機能を、そして(n)を森林の公益的機能の集計値として(o)～(t)の6つの列が森林の公益的機能をそれぞれ記録する。

記帳方法

表3への記帳においては、代替法による公益的機能を期首・期末のストック額として記帳すること、および、ストックとしての公益的機能は、当該期間中の農地・林地等の増減や森林の超過伐採、さらには農業や林業の諸活動によって影響を受けるという点に特に留意が必要である。農林業関連データの記帳箇所は下記の通りである。

<土地>

- ①土地（農地，林地，その他）の期首ストック …………… (1)行(b)～(d)列
- ②土地（農地，林地，その他）の資本形成 …………… (7)行(b)～(d)列
- ③土地（農地，林地，その他）の再評価 …………… (38)行(b)～(d)列
- ④土地（農地，林地，その他）の期末ストック …………… (41)行(b)～(d)列

<公益的機能>

- ⑤農地および森林の公益的機能：期首ストック（代替法による評価額）
…………… (1)行(e)～(m)列および(n)～(t)列
- ⑥農地・林地の増減および森林超過伐採による農地および森林の公益的機能の変化
…………… (a)行(e)～(m)列および(n)～(t)列
(同時に、原因となった活動((a)行の(5)列または(15)列)に符号を逆転させて記帳)
- ⑦農業に起因する農地および森林の公益的機能の変化
…………… (b)行(e)～(m)列および(n)～(t)列
(同時に、原因となった活動((b)行の(5)列または(15)列)に符号を逆転させて記帳)
- ⑧林業に起因する農地および森林の公益的機能の変化
…………… (c)行(e)～(m)列および(n)～(t)列
(同時に、原因となった活動((c)行の(5)列または(15)列)に符号を逆転させて記帳)
- ⑨農地および森林の公益的機能：再評価 …………… (38)行(e)～(m)列および(n)～(t)列
- ⑩農地および森林の公益的機能：期末ストック …………… (41)行(e)～(m)列および(n)～(t)列

<農業・林業による環境負荷>

- ⑪農業に起因する物的環境への負荷 …………… (b)行の関連セル
(同時に、原因となった活動((b)行の(5)列または(15)列)に符号を逆転させて記帳)
- ⑫林業に起因する物的環境への負荷 …………… (c)行の関連セル

(同時に、原因となった活動 ((c)行の(5)列または(15)列) に符号を逆転させて記帳)

<その他>

⑬ (17)行に記帳されている「廃物の排出」は、農地の大気浄化機能および森林の大気保全機能によって吸収される分だけ減少する。

農林業の公益的機能をフローとみなした場合の勘定構造

農林業の公益的機能を農地や森林が常時備えている固有の機能とみなし、ストック機能として記録する方法について述べてきた。本節では、農地や林地がもたらす公益的機能をフロー機能として捉えた場合の勘定構造と記帳方法を示すことにしよう。

具体的には、農地や林地が各種の公益的機能を生産し、それらの便益が農業・林業を含む各種産業および家計に帰着するというように考える。表4は、こうした考え方で作成された環境・経済統合勘定である。

表4では、生産活動の列に、(A)列および(B)列が設けられ、農地と森林による各種環境機能の生産が記帳されるようになっている。実際の記帳は、(A)列と(B)列の(34)行および(C)行に、農地と森林が中間投入なしで、それぞれ4,540.6と49,950.0の産出とそれに等しい付加価値を生み出したとして記帳される。これらの産出は、産業と家計によって中間投入および消費として享受されるが、この様子は、(A)行および(B)行の(5)列と(15)列にそれぞれ記帳されている。ただし、これらの数値は、実際に支出されたものではなく、帰属的な推計値であることに留意が必要である。

ここで、産業による生産活動の列である(5)列に注目しよう。産業は、農地・森林の環境機能(3,427.3と36,079.1)に対して実際に支出は行っていないが、しかし明らかにそうした機能を享受しており、したがって、それによる付加価値も発生しているはずである。(5)列の(C)行には、その場合の付加価値が、農地・森林の環境機能(3,427.3と36,079.1)の合計として、負値(-39,506.5)で記帳されている。この数値が負値で記録されているのは、(26)行(5)列に示されている産業の付加価値388,950.5のうち、39,506.5は、産業が農地・森林の公益的機能を無償で享受することによって得たもので、対価を支払うことによって獲得されたものではないことを示すためである。この値はまた、農地・森林が生み出した環境機能生産の付加価値(4,540.6と49,950.0の合計54,490.6)のうち、産業部門に無償で転嫁された部分と言い換えることも出来るであろう。

同様に、最終消費支出の列である(15)列に注目すると、(A)行と(B)行に記録されている環境機能の帰属消費額(1,113.3と13,870.9)の合計が同列の(C)行に負値で-14,984.1と記帳されている。これも、先の産業の場合と同様に、農地・森林が生み出した環境機能生産の付加価値(合計54,490.6)のうち、家計部門に無償で転嫁され消費された部分と言い換えることが出来るであろう。

表4 農地・森林の公益的機能(環境機能)をフローとみなした場合の環境・経済統合勘定の基本枠組み

(単位:10億円)

生産物の使用	生産活動		非金融資産の蓄積とストック		環境機能(環境機能)										輸出入							
	生産	農地(機能分類)	森林(機能分類)	農地(機能分類)	森林(機能分類)	生産される資産					生産されない資産											
						人工資産	育成資産	その他	大気	水	土壌	農林地帯	休耕地	農地のストック機能		森林のストック機能	地下資源					
(5)	(A)	(B)	(15)	(10)	(7)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)	(38)	(39)	(40)	(7)		
生産物の使用	(1)	-	-	3,152,070.6	1,833,151	962,022.1	41,730.6	36,664.1	3,070.0	2,146,370.5	-	-	-	-	-	2,146,370.5	1,833,151	326,882.5	4,546.3	-	-	-
環境費の削減・サービス	(2)	413,458.2	-	264,977.2	18,896.6	135,544.7	120.4	120.4	120.4	3,351.9	-	-	-	-	3,261.5	1,281.7	1,925.0	54.8	54.8	50.4	4,564.6	
その他の削減・サービス	(3)	393.6	-	215.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
その他の削減・サービス	(4)	408,565.4	-	282,824.9	18,896.6	135,544.7	135,424.3	170.4	120.4	3,351.9	-	-	-	-	3,261.5	1,281.7	1,925.0	54.8	54.8	90.4	4,800.6	
環境機能の削減(環境機能)	(A)	3,423.3	-	1,113.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
環境機能の削減(環境機能)	(B)	36,079.1	-	13,876.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
環境機能の削減(環境機能)	(13)	42,887.1	-	1,893.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
自然資産の使用(備置費用)	(16)	2,563.7	-	1,893.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
環境費の削減(備置費用)	(17)	1,355.3	-	1,893.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
土壌・森林等の使用(土壌・森林等の使用)	(18)	1,140.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
資源の枯渇(石炭、石灰石、亜鉛)	(19)	7.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
地球温暖化への影響(CO2)	(20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
自然資産のその他の使用(自然資産、気管、騒音)	(21)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
自然資産の減価(備置費用)	(22)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
備置費用の削減	(23)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
エコ・モーザン(備置費用)	(33)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
環境機能の削減(環境機能)	(C)	3,815.0	-	4,540.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
環境機能の削減(環境機能)	(4)	388,950.5	-	4,540.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
自然資産の蓄積に関する別項	(35)	865,435.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
その他の環境項目	(36)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
期末ストック	(41)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

資料 (社)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」(1998)、表4-1-1、p.164、および経済企画庁編『国民経済計算年報(平成9年版)』大蔵省印刷局(1997)、付表1、pp.156-157および付表2、pp.162-163より作成。
 注1) 表中、「-」は概念的に存在しないセルを、「...」は推計できないため数値を計上しないセルをそれぞれ表す。業種及び業種に付されている行番号及び列番号は、上掲書、日本総研(1998)、表4-1-1の行番号及び列番号に対応している。
 注2) 国内生産(NDP)は、さらに備置料子その他の調整(-2207.7)を行うと、365,873.3となる。

農地の公益的機能(環境機能) (10億円)

機能	フロー機能		ストック機能
	家計消費	産業消費	
洪水防止	813.8	2,265.1	2,878.9
水質汚濁	482.6	744.2	1,207.0
土砂災害防止	285.1	285.1	84.4
土砂崩壊防止	30.4	112.4	142.8
有機性廃棄物処理	0.6	5.8	6.4
大気浄化	2.7	7.2	9.9
気候緩和	2.9	7.6	10.5
保水効果・やすらぎ	-	-	2,256.5
合計	1,113.3	3,427.3	4,540.6

森林の公益的機能(環境機能) (10億円)

機能	フロー機能		ストック機能
	家計消費	産業消費	
流域貯留	1,187.5	4,382.5	5,570.0
水質浄化	6,024.9	22,235.1	28,260.0
土砂崩壊防止	1,799.4	6,640.6	8,440.0
保水効果	3,780.0	2,250.0	6,030.0
野生生物保護	1,079.1	2,820.9	3,900.0
大気浄化	13,870.9	36,079.1	49,950.0
合計	13,870.9	36,079.1	49,950.0

出所)本報告書Vより転記。

環境勘定の利用による農林業の環境便益・環境負荷を含めた成果分析／方式

1. はじめに

国連(United Nations, 1997)によってその概念が提示された環境・経済統合勘定は、環境水準を含めた一国の真の経済的豊かさを表す統計概念として、世界中に着実に普及しつつある。特に日本では実際にその推計が行われ(経済企画庁, 1996)、この方面の先進国として位置付けられる。

環境・経済統合勘定については、現在その推計方法に力点が置かれているように思われるが、例えば生産および消費に伴う環境悪化の推計には、概念的にも曖昧な部分が散見される。環境悪化の評価は、その悪化水準を元に戻す費用、もしくは悪化させない回避費用をもって、計測するとされている。しかし人工的にも自然的にも再生不可能な環境財については、これらの2種類による計測結果は異なるのは明らかである。

したがって、理論的側面からの環境・経済統合勘定の推計方法や、その経済学的含意を明確にしておく必要がある。この方面の研究としてはHartwick(1990)およびMälar(1992)による研究が特筆される。特にMälarの研究は経済を動学的に捉え、その社会的最適化問題から理論的に環境・経済統合勘定を導き出している。すなわち動学的最適化問題に現れるHamiltonianを国民純福祉指標と見なし、環境経済統合勘定をごく自然に導出するという考え方である。

Mälarに触発され、その後いくつかの研究が発展しているが、このような考えはより古くWeitzman(1974)によって提示され、その後Solow(1974, 1986)やHartwick(1977)による枯渇性資源の最適消費に関する研究につながっている。

本節では基本的にはMälarのアプローチを踏襲するが、農業と森林の多面的な機能を考察するために、いくつかの改良を行っている。第1に産業を農業、林業、その他産業の3区分とし、それぞれの財・サービスが中間財として用いられるように定式化している。第2に農業では農地の機能をより詳細に考察するため、農地を水田とその他農地に分け、それぞれが生産要素として投入されるように定式化している。第3に林業では森林ストックを林地を含む人工林と自然林に分け、それぞれが生態学的な成長に従うものとしている。

2. モデルの構造

ここでは一つの閉じた経済を考え、そこには同質な多数の家計と企業の存在を仮定する。家計数は時間を通じて変化しないものとし、企業群は3つの産業に分類される。すなわち農業、林業、その他産業であり、それぞれの財を生産する。特にその他産業の財は中間財、消費財のほか、唯一の投資財としても用いられる。家計と産業のほか、この経済には5種類の環境が存在する。1つは環境フロー財であり、自然界には蓄積しない環境財である。例えば大気や水が考えられる。本研究ではこれをスカラー変数とするが、多様な環境を考慮して容易にベクトル変数に拡張できる。

第2、第3の環境は農地であり、水田とその他農地(畑地、草地など)にわかれる。農地は農業生産要素でもあるが、その量的変化はモデルの単純化のため外生的とする。第4、第5の環境は林地を含む人工林と自然林であり、これらは生態学的な成長に従う。

家計は人口が時間的に変化しないことから、集計化された効用関数を共有すると定式化

し、財消費、余暇、環境から効用を得る。また消費に伴い廃物（廃棄物、大気汚染、水質汚濁など）を発生させる。産業活動は集計化された生産関数によって表現され、中間財、労働、資本を投入し財を生産する。ただし林業は人工林を伐採し、それを中間投入として用いる。

環境フロー財、人工林、自然林の水準は家計、産業活動に正の技術的外部効果を与える。農地は直接的には家計、産業に外部性を与えないが、環境フロー財の水準に影響を与えることにより、間接的な効果を及ぼす。産業も生産活動に伴い廃物を排出するが、家計廃物と合わせて環境保全活動によって処理される。廃物処理費用は家計と産業の負担となる。

環境保全活動は中間財、労働、資本を投入して廃棄を処理するが、中間処理・最終処分段階で環境に負荷を与える。環境フロー財は自然界から供給されるが、その水準は農地、人工林、自然林の量に依存する。また環境保全活動による環境負荷は、農地、人工林、自然林によって一部は自然浄化される。このモデルでは以上の経済が一元的に管理されるものとして、家計効用現在価値総和を最大化するような経済成長を考察する。

$$\max \int_0^{\infty} u(c_1, c_2, c_3, l_F; n_0, n_3, n_4) e^{-\delta t} dt \quad (1)$$

subject to

$$X_1 = f_1(x_{11}, x_{21}, x_{31}, l_1, k_1, n_1, n_2; n_0, n_3, n_4) \quad (2)$$

$$X_2 = f_2(x_{12}, x_{22}, x_{32}, y, l_2, k_2) \quad (3)$$

$$X_3 = f_3(x_{13}, x_{23}, x_{33}, l_3, k_3; n_0, n_3, n_4) \quad (4)$$

$$s = \sum_{i=1}^3 \alpha_i X_i + \sum_{i=1}^3 \beta_i c_i \quad (5)$$

$$z_0 = g(s, x_{1z}, x_{2z}, x_{3z}, l_z, k_z) \quad (6)$$

$$\dot{n}_0 = \bar{n}_0(n_1, n_2, n_3, n_4) - \eta(z_0, n_1, n_2, n_3, n_4) \quad (7)$$

$$\dot{n}_3 = (\varepsilon_3 - \theta_3 n_3) n_3 - y - z_3(z_0) \quad (8)$$

$$\dot{n}_4 = (\varepsilon_4 - \theta_4 n_4) n_4 - z_4(z_0) \quad (9)$$

$$X_1 = \sum_{j=1}^3 x_{1j} + x_{1z} + c_1 \quad (10)$$

$$X_2 = \sum_{j=1}^3 x_{2j} + x_{2z} + c_2 \quad (11)$$

$$X_3 = \sum_{j=1}^3 x_{3j} + x_{3z} + c_3 + \sum_{j=1}^3 I_j + I_z \quad (12)$$

$$\bar{l} = l_1 + l_2 + l_3 + l_z + l_F \quad (13)$$

$$\dot{k}_j = I_j - \delta_j k_j \quad (j=1, 2, 3) \dots\dots\dots (14)$$

$$\dot{k}_z = I_z - \delta_z k_z \dots\dots\dots (15)$$

ここで

u : 効用関数

c : 家計の第 i 財消費 (1 : 農産物, 2 : 林業財, 3 : その他合成財)

l_F : 家計の余暇需要

n_0 : 環境フロー財 (大気, 水など)

n_3 : 林地を含む人工林の存在量

n_4 : 林地を含む自然林の存在量

ξ : 主観的割引率

X_1 : 農産物

f_1 : 農業生産関数

n_1 : 水田面積 (外生変数)

n_2 : その他農地面積 (外生変数)

X_2 : 林産物

f_2 : 林業生産関数

X_3 : その他合成財

f_3 : 合成財生産関数

x_{ij} : 第 j 産業における第 i 財中間投入量

y : 人工林伐採量

l_j : 第 j 産業における労働投入量

k_j : 第 j 産業における資本投入量

s : 生産および消費に伴う廃物 (廃棄物, 大気汚染, 水質汚染など)

α_i, β_i : 廃物発生係数

$\bar{n}_0(n_1, n_2, n_3, n_4)$: 自然から供給される毎期の環境フロー財

z_0 : 廃物 s の処理に伴う環境負荷

g : 環境保全活動の生産関数

x_{iz} : 環境保全活動における第 i 財中間投入量

l_z : 環境保全活動の労働投入量

k_z : 環境保全活動の資本投入量

n_0 : 環境フロー財の水準

$\eta(z_0, n_1, n_2, n_3, n_4)$: 農地 n_1, n_2 および森林 n_3, n_4 による自然浄化力

ε_i, θ_i : 人工林, 自然林の自然成長パラメータ

z_3 : 環境汚染に伴う人工林の減少量

z_4 : 環境汚染に伴う自然林の減少量

\bar{l} : 家計の労働時間保有量 (定数)

I_j : 産業 j の投資

I_z : 環境保全活動投資

δ_j : 産業 j の資本ストック減耗率

δ_z : 環境保全活動資本ストックの減耗率

3. モデルの最適化条件

以上の最適化問題を解くために current value *Hamiltonian* を導入するが、以下では単に *Hamiltonian* と呼ぶ。

$$\begin{aligned}
 H \equiv & u(c_1, c_2, c_3, l_f, n_0, n_3, n_4) \\
 & + p_1(f_1(x_{11}, x_{21}, x_{31}, l_1, k_1, n_1, n_2; n_0, n_3, n_4) - \sum_{j=1}^3 x_{1j} - x_{1z} - c_1) \\
 & + p_2(f_2(x_{12}, x_{22}, x_{32}, y, l_2, k_2) - \sum_{j=1}^3 x_{2j} - x_{2z} - c_2) \\
 & + p_3(f_3(x_{13}, x_{23}, x_{33}, l_3, k_3; n_0, n_3, n_4) - \sum_{j=1}^3 x_{3j} - x_{3z} - c_3 - \sum_{j=1}^3 I_j - I_z) \\
 & + q(s - \sum_{j=1}^3 \alpha_j X_j - \sum_{i=1}^3 \beta_i c_i) \\
 & + v(\bar{n}_0(n_1, n_2, n_3, n_4) - \eta(z_0, n_1, n_2, n_3, n_4) - n_0) \\
 & + \zeta(g(s, x_{1z}, x_{2z}, x_{3z}, l_z, k_z) - z_0) \dots\dots\dots (16)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + w(\bar{l} - l_1 - l_2 - l_3 - l_z - l_f) \\
 & + \mu_1(I_1 - \delta_1 k_1) + \mu_2(I_2 - \delta_2 k_2) + \mu_3(I_3 - \delta_3 k_3) + \mu_z(I_z - \delta_z k_z) \\
 & + \lambda_3[(\varepsilon_3 - \theta_3 n_3)n_3 - y - z_3(z_0)] + \lambda_4[(\varepsilon_4 - \theta_4 n_4)n_4 - z_4(z_0)]
 \end{aligned}$$

最適化問題(1)~(15)の必要条件は以下のようにまとめられる。

$$\frac{\partial H}{\partial c_j} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial u}{\partial c_j} - p_j - q\beta_j = 0 \quad (j=1, 2, 3) \dots\dots\dots (17)$$

$$\frac{\partial H}{\partial x_{ij}} = 0 \quad \Rightarrow \quad p_j \frac{\partial f_j}{\partial x_{ij}} - p_i - q\alpha_j \frac{\partial f_j}{\partial x_{ij}} = 0 \quad (i, j=1, 2, 3) \dots\dots\dots (18)$$

$$\frac{\partial H}{\partial y} = 0 \quad \Rightarrow \quad (p_2 - q\alpha_2) \frac{\partial f_2}{\partial y} - \lambda_3 = 0 \dots\dots\dots (19)$$

$$\frac{\partial H}{\partial x_{iz}} = 0 \quad \Rightarrow \quad -p_i + \zeta \frac{\partial g}{\partial x_{iz}} = 0 \quad (i=1, 2, 3) \dots\dots\dots (20)$$

$$\frac{\partial H}{\partial l_j} = 0 \quad \Rightarrow \quad -p_3 + \mu_j = 0 \quad (j=1, 2, 3) \dots\dots\dots (21)$$

$$\frac{\partial H}{\partial I_z} = 0 \quad \Rightarrow \quad -p_3 + \mu_z = 0 \dots\dots\dots (22)$$

$$\frac{\partial H}{\partial l_j} = 0 \quad \Rightarrow \quad p_j \frac{\partial f_j}{\partial l_j} - w - q\alpha_j \frac{\partial f_j}{\partial l_j} = 0 \quad (j=1, 2, 3) \dots\dots\dots (23)$$

$$\frac{\partial H}{\partial l_z} = 0 \quad \Rightarrow \quad \zeta \frac{\partial g}{\partial l_z} - w = 0 \dots\dots\dots (24)$$

$$\frac{\partial H}{\partial l_F} = 0 \Rightarrow \frac{\partial u}{\partial l_F} - w = 0 \quad \dots\dots\dots (25)$$

$$\frac{\partial H}{\partial s} = 0 \Rightarrow q + \xi \frac{\partial g}{\partial s} = 0 \quad \dots\dots\dots (26)$$

$$\frac{\partial H}{\partial z_0} = 0 \Rightarrow -v \frac{\partial \eta}{\partial z_0} - \zeta - \lambda_3 \frac{dz_3}{dz_0} - \lambda_4 \frac{dz_4}{dz_0} = 0 \quad \dots\dots\dots (27)$$

$$\frac{\partial H}{\partial n_0} = 0 \Rightarrow \frac{\partial u}{\partial n_0} + (p_1 - q\alpha_1) \frac{\partial f_1}{\partial n_0} + (p_3 - q\alpha_3) \frac{\partial f_3}{\partial n_0} - v = 0 \quad \dots\dots\dots (28)$$

$$\dot{\mu}_j = -\frac{\partial H}{\partial k_j} + \xi \mu_j \Rightarrow \dot{\mu}_j = -(p_j - q\alpha_j) \frac{\partial f_j}{\partial k_j} + \delta_j \mu_j + \xi \mu_j \quad (j=1, 2, 3) \quad \dots\dots\dots (29)$$

$$\dot{\mu}_2 = -\frac{\partial H}{\partial k_2} + \xi \mu_2 \Rightarrow \dot{\mu}_2 = -\zeta \frac{\partial g}{\partial k_2} + \delta_2 \mu_2 + \xi \mu_2 \quad \dots\dots\dots (30)$$

$$\dot{\lambda}_3 = -\frac{\partial H}{\partial n_3} + \xi \lambda_3 \Rightarrow \dot{\lambda}_3 = -\frac{\partial u}{\partial n_3} - \sum_{j=1}^3 (p_j - q\alpha_j) \frac{\partial f_j}{\partial n_3} - v \left(\frac{\partial \bar{n}_0}{\partial n_3} - \frac{\partial \eta}{\partial n_3} \right) - (\epsilon_3 - 2\theta_3 n_3) \lambda_3 + \xi \lambda_3 \quad \dots\dots\dots (31)$$

$$\dot{\lambda}_4 = -\frac{\partial H}{\partial n_4} + \xi \lambda_4 \Rightarrow \dot{\lambda}_4 = -\frac{\partial u}{\partial n_4} - \sum_{j=1}^3 (p_j - q\alpha_j) \frac{\partial f_j}{\partial n_4} - v \left(\frac{\partial \bar{n}_0}{\partial n_4} - \frac{\partial \eta}{\partial n_4} \right) - (\epsilon_4 - 2\theta_4 n_4) \lambda_4 + \xi \lambda_4 \quad \dots\dots\dots (32)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \mu_j k_j e^{-\xi t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \mu_2 k_2 e^{-\xi t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \lambda_3 n_3 e^{-\xi t} = \lim_{t \rightarrow \infty} \lambda_4 n_4 e^{-\xi t} = 0 \quad \dots\dots\dots (33)$$

以上において、式(29)と式(30)の随伴変数は資本ストックの価値を表し、式(31)と式(32)の随伴変数は森林の価値を表す。また式(33)は横断性条件である。必要条件を整理すると、以下の関係式が導き出される。

$$p_1 = \frac{\partial u}{\partial c_1} - q\beta_1 = (p_j - q\alpha_j) \frac{\partial f_j}{\partial x_{1j}} = \zeta \frac{\partial g}{\partial x_{1z}} \quad (j=1, 2, 3) \quad \dots\dots\dots (34)$$

$$p_2 = \frac{\partial u}{\partial c_2} - q\beta_2 = (p_j - q\alpha_j) \frac{\partial f_j}{\partial x_{2j}} = \zeta \frac{\partial g}{\partial x_{2z}} \quad (j=1, 2, 3) \quad \dots\dots\dots (35)$$

$$p_3 = \frac{\partial u}{\partial c_3} - q\beta_3 = (p_j - q\alpha_j) \frac{\partial f_j}{\partial x_{3j}} = \zeta \frac{\partial g}{\partial x_{3z}} = \mu_j = \mu_z \quad (j=1, 2, 3) \quad \dots\dots\dots (36)$$

$$w = (p_j - q\alpha_j) \frac{\partial f_j}{\partial l_j} = \zeta \frac{\partial g}{\partial l_z} = \frac{\partial u}{\partial l_F} \quad (j=1, 2, 3) \quad \dots\dots\dots (37)$$

$$q = -\zeta \frac{\partial g}{\partial s} \quad \dots\dots\dots (38)$$

$$\zeta = v \frac{\partial \eta}{\partial z_0} + \lambda_3 \frac{dz_3}{dz_0} + \lambda_4 \frac{dz_4}{dz_0} \dots \dots \dots (39)$$

$$v = \frac{\partial u}{\partial n_0} + (p_1 - q\alpha_1) \frac{\partial f_1}{\partial n_0} + (p_3 - q\alpha_3) \frac{\partial f_3}{\partial n_0} \dots \dots \dots (40)$$

$$\lambda_3 = (p_2 - q\alpha_2) \frac{\partial f_2}{\partial y} \dots \dots \dots (41)$$

$$\mu_j = \int_t^\infty (p - q\alpha_j) \frac{\partial f_j}{\partial k_j} e^{-(\xi+\delta, \chi\tau-t)} d\tau \quad (j=1, 2, 3) \dots \dots \dots (42)$$

$$\mu_z = \int_t^\infty -\xi \frac{\partial g}{\partial k_z} e^{-(\xi+\delta, \chi\tau-t)} d\tau \dots \dots \dots (43)$$

ここで式(42)の μ_j は各産業における資本の限界生産物価値を、主観的割引率と固定資本減耗率によって割り引いた現在価値額総和であり、資本1単位の限界の価値を表している。同様に、式(43)の μ_z は環境保全活動における資本1単位の限界的価値と解釈される。 λ_3 と λ_4 はそれらの挙動を表す微分方程式が変数係数であるため、解析的な解を求めることは困難であるが、式(31)と式(32)から森林による家計効用、生産活動、環境フロー財への限界的なプラス効果を表しているものと解釈され、やはり森林の総合的な限界価値を表しているものと言えよう。なお本モデルでは大域的な内点解が存在するものと仮定する。

4. エコ国民純生産

効用関数に1次同次を仮定すると、Eulerの恒等式から以下が成立する。

$$\begin{aligned} u &= \sum_{i=1}^3 \frac{\partial u}{\partial c_i} c_i + \frac{\partial u}{\partial l_F} l_F + \frac{\partial u}{\partial n_0} \left(\sum_{j=1}^4 \frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 \right) + \frac{\partial u}{\partial n_3} n_3 + \frac{\partial u}{\partial n_4} n_4 \\ &= \sum_{i=1}^3 p_i c_i + q \sum_{i=1}^3 \beta_i c_i + w l_F + \frac{\partial u}{\partial n_0} \left(\sum_{j=1}^4 \frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 \right) + \frac{\partial u}{\partial n_3} n_3 + \frac{\partial u}{\partial n_4} n_4 \dots \dots \dots (44) \end{aligned}$$

式(43)と最適化1階条件を用いると、最適軌道上のHamiltonianは以下のように表現される。

$$\begin{aligned} H^* &= \sum_{i=1}^3 p_i c_i + q \sum_{i=1}^3 \beta_i c_i + w l_F + \frac{\partial u}{\partial n_0} \left(\sum_{j=1}^4 \frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 \right) + \frac{\partial u}{\partial n_3} n_3 + \frac{\partial u}{\partial n_4} n_4 \\ &\quad + \sum_{i=1}^3 \mu_i \dot{k}_i + \mu_z \dot{k}_z + \lambda_3 \dot{n}_3 + \lambda_4 \dot{n}_4 \\ &= \sum_{i=1}^2 p_i c_i + p_3 (c_3 + \sum_{i=1}^3 \dot{k}_i + \dot{k}_z) + w l_F + q \sum_{i=1}^3 \beta_i c_i \\ &\quad + \frac{\partial u}{\partial n_0} \left(\sum_{j=1}^4 \frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 \right) + \frac{\partial u}{\partial n_3} n_3 + \frac{\partial u}{\partial n_4} n_4 + \lambda_3 \dot{n}_3 + \lambda_4 \dot{n}_4 \dots \dots \dots (45) \end{aligned}$$

この H^* について簡単にその経済学的含意をまとめておこう。第2等式の右辺第1項、第2項は家計消費支出額と産業および環境保全活動による純投資額であり、通常の国内純支出を表し、それは同時に国内純生産でもある。第3項は家計の余暇価値額を表している。第4項は家計廃物の処理費用を表している。

第5項は環境フロー財の効用評価を表すが、農地と森林がもたらす水資源涵養効果や大

気保全効果、および廃物による環境フロー財の水準低下評価が含まれている。第6項と第7項は森林の存在そのものの価値を表し、景観や精神的安らぎの効果を表す。第8項と第9項は人工林、自然林純成長の価値を表す。以上をまとめて命題1を得る。

命題1

「最適軌道上の *Hamiltonian* H^* は国内純生産をベースに、環境価値の調整を入れたエコ国内純生産を表す。」

さらに *Hamiltonian* H の経済的含意を考察しよう。最適軌道上では全ての変数がストック変数およびその随伴変数による関数として表される。これより最適軌道上の *Hamiltonian* の値 H^* の時間微分は以下のように計算される。

$$\begin{aligned} \frac{dH^*}{dt} &= \sum_{j=1}^3 \frac{\partial H^*}{\partial k_j} \frac{dk_j}{dt} + \frac{\partial H^*}{\partial k_2} \frac{dk_2}{dt} + \frac{\partial H^*}{\partial n_3} \frac{dn_3}{dt} + \frac{\partial H^*}{\partial n_4} \frac{dn_4}{dt} \\ &\quad + \sum_{j=1}^3 \frac{\partial H^*}{\partial \mu_j} \frac{d\mu_j}{dt} + \frac{\partial H^*}{\partial \mu_2} \frac{d\mu_2}{dt} + \frac{\partial H^*}{\partial \lambda_3} \frac{d\lambda_3}{dt} + \frac{\partial H^*}{\partial \lambda_4} \frac{d\lambda_4}{dt} \\ &= \sum_{j=1}^3 (\xi \mu_j - \frac{d\mu_j}{dt}) \frac{dk_j}{dt} + (\xi \mu_2 - \frac{d\mu_2}{dt}) \frac{dk_2}{dt} + (\xi \lambda_3 - \frac{d\lambda_3}{dt}) \frac{dn_3}{dt} + (\xi \lambda_4 - \frac{d\lambda_4}{dt}) \frac{dn_4}{dt} \\ &\quad + \sum_{j=1}^3 \frac{dk_j}{dt} \frac{d\mu_j}{dt} + \frac{dk_2}{dt} \frac{d\mu_2}{dt} + \frac{dn_3}{dt} \frac{d\lambda_3}{dt} + \frac{dn_4}{dt} \frac{d\lambda_4}{dt} \tag{46} \\ &= \xi \left(\sum_{j=1}^3 \mu_j \frac{dk_j}{dt} + \mu_2 \frac{dk_2}{dt} + \lambda_3 \frac{dn_3}{dt} + \lambda_4 \frac{dn_4}{dt} \right) \\ &= \xi (H^* - u^*) \end{aligned}$$

この微分方程式を解くと、*Hamiltonian* は以下のようにも表現される。

$$H^*(t) = \xi \int_t^\infty u^*(\tau) e^{-\xi(\tau-t)} d\tau \tag{47}$$

すなわち t 時点での *Hamiltonian* の値 $H^*(t)$ は、間接効用値の現在価値総和に主観的割引率 ξ を乗じたものとなる。さらに $H^*(t)$ を計算すると、

$$\int_t^\infty H^*(t) e^{-\xi(\tau-t)} d\tau = \int_t^\infty u^*(\tau) e^{-\xi(\tau-t)} d\tau \tag{48}$$

式(48)は社会が t 時点から無限の将来までに毎期一定の $H^*(t)$ が得られるとした場合に、その現在価値総和が家計効用の現在価値総和に等しくなっていることを示している。この結果を命題2としてまとめておこう。

命題2

「 $H^*(t)$ は社会的厚生指標と見なされ、将来効用に関する静的等価を与える。」

5. 環境・経済統合勘定

(1) 環境・経済統合勘定の導出

最適解が内点解であることを仮定すれば、モデルの制約条件(2)~(15)では全て等号が成立する。これに shadow price を乗じて価値ベースの等式として、制約条件式を全て合計する。各制約条件式がゼロであるため、その合計値もゼロとなる。さらに互いに相殺される

いくつかの価値ベースの項を加え，経済主体ごとに整理して式(49)～式(55)の会計等式を得る．本研究のモデルは社会的最適化問題であるため，分権的な予算制約という概念は存在しないが，以下の会計等式はあたかも各経済主体の所得支出勘定を表すものとなる

家計勘定

$$\begin{aligned}
& w\bar{l} + \sum_{j=1}^3 r_j k_j + r_z k_z + (p_1 - q\alpha_1) \sum_{j=1}^2 \frac{\partial f_1}{\partial n_j} n_j \\
& + (p_1 - q\alpha_1) \frac{\partial f_1}{\partial n_0} \left(\sum_{j=1}^4 \frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 \right) + (p_1 - q\alpha_1) \sum_{j=3}^4 \frac{\partial f_1}{\partial n_j} n_j \\
& + (p_3 - q\alpha_3) \frac{\partial f_3}{\partial n_0} \left(\sum_{j=1}^4 \frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 \right) + (p_3 - q\alpha_3) \sum_{j=3}^4 \frac{\partial f_3}{\partial n_j} n_j \\
& + \lambda_1 y + \left(v \frac{\partial \eta}{\partial z_0} + \lambda_1 \frac{dz_1}{dz_0} + \lambda_2 \frac{dz_2}{dz_0} \right) z_0 + \frac{\partial u}{\partial n_0} \left(\sum_{j=1}^4 \frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 \right) + \frac{\partial u}{\partial n_3} n_3 + \frac{\partial u}{\partial n_4} n_4 \\
& - w l_F - \sum_{i=1}^3 p_i c_i - q \sum_{i=1}^3 \beta_i c_i - \sum_{j=1}^3 \mu_j \dot{k}_j - \mu_z \dot{k}_z - \frac{\partial u}{\partial n_0} \left(\sum_{j=1}^4 \frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 \right) - \frac{\partial u}{\partial n_1} n_1 - \frac{\partial u}{\partial n_2} n_2 \quad (49)
\end{aligned}$$

農業勘定

$$\begin{aligned}
& + p_1 X_1 - \sum_{i=1}^3 p_i x_{i1} - w l_1 - r_1 k_1 - (p_1 - q\alpha_1) \sum_{j=1}^2 \frac{\partial f_1}{\partial n_j} n_j - q\alpha_1 X_1 - p_3 \delta_1 k_1 \\
& - (p_1 - q\alpha_1) \frac{\partial f_1}{\partial n_0} \left(\sum_{j=1}^4 \frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 \right) - (p_1 - q\alpha_1) \sum_{j=3}^4 \frac{\partial f_1}{\partial n_j} n_j \quad \dots \dots \dots (50)
\end{aligned}$$

林業勘定

$$\begin{aligned}
& + p_2 X_2 - \sum_{i=1}^3 p_i x_{i2} - \lambda_3 y - w l_2 - r_2 k_2 - q\alpha_2 X_2 - p_3 \delta_2 k_2 \quad \dots \dots \dots (51)
\end{aligned}$$

その他産業勘定

$$\begin{aligned}
& + p_3 X_3 - \sum_{i=1}^3 p_i x_{i3} - w l_3 - r_3 k_3 - q\alpha_3 X_3 - p_3 \delta_3 k_3 \\
& - (p_3 - q\alpha_3) \frac{\partial f_3}{\partial n_0} \left(\sum_{j=1}^4 \frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 \right) - (p_3 - q\alpha_3) \sum_{j=3}^4 \frac{\partial f_3}{\partial n_j} n_j \quad \dots \dots \dots (52)
\end{aligned}$$

環境保全勘定

$$\begin{aligned}
& + q \cdot s - w l_z - r_z k_z - p_3 \delta_z k_z - v \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 - \lambda_3 \frac{dz_3}{dz_0} z_0 - \lambda_4 \frac{dz_4}{dz_0} z_0 \quad \dots \dots \dots (53)
\end{aligned}$$

投資・貯蓄バランス

$$\begin{aligned}
& + p_3 \sum_{j=1}^3 \dot{k}_j + p_3 \sum_{j=1}^3 \delta_j k_j + p_3 \dot{k}_z + p_3 \delta_z k_z - p_3 \sum_{j=1}^3 I_j - p_3 I_z \quad \dots \dots \dots (54)
\end{aligned}$$

環境勘定

$$\begin{aligned}
& + \frac{\partial u}{\partial n_0} \left(\sum_{j=1}^4 \frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 \right) + \frac{\partial u}{\partial n_3} n_3 + \frac{\partial u}{\partial n_4} n_4 \\
& + (p_1 - q\alpha_1) \frac{\partial f}{\partial n_0} \left(\sum_{j=1}^4 \frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 \right) + (p_1 - q\alpha_1) \sum_{j=3}^4 \frac{\partial f_1}{\partial n_j} n_j \\
& + (p_3 - q\alpha_3) \frac{\partial f_3}{\partial n_0} \left(\sum_{j=1}^4 \frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 \right) + (p_3 - q\alpha_3) \sum_{j=3}^4 \frac{\partial f_3}{\partial n_j} n_j \\
& + \lambda_3 y + \left(v \frac{\partial \eta}{\partial z_0} + \lambda_3 \frac{dz_3}{dz_0} + \lambda_4 \frac{dz_4}{dz_0} \right) z_0 \\
& - \frac{\partial u}{\partial n_0} \left(\sum_{j=1}^4 \frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 \right) - \frac{\partial u}{\partial n_3} n_3 - \frac{\partial u}{\partial n_4} n_4 \\
& - (p_1 - q\alpha_1) \frac{\partial f}{\partial n_0} \left(\sum_{j=1}^4 \frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 \right) - (p_1 - q\alpha_1) \sum_{j=3}^4 \frac{\partial f_1}{\partial n_j} n_j \\
& - (p_3 - q\alpha_3) \frac{\partial f_3}{\partial n_0} \left(\sum_{j=1}^4 \frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 \right) - (p_3 - q\alpha_3) \sum_{j=3}^4 \frac{\partial f_3}{\partial n_j} n_j \\
& - \lambda_3 y - \left(v \frac{\partial \eta}{\partial z_0} + \lambda_3 \frac{dz_3}{dz_0} + \lambda_4 \frac{dz_4}{dz_0} \right) z_0 \\
& = 0 \dots \dots \dots (55)
\end{aligned}$$

以上から最適軌道上での経済主体間、および環境との相互作用をまとめ命題3を得る。

命題3

「最適軌道上での経済、環境間の相互作用は、表1の環境経済統合勘定として表現される。」

なお表1では以下の記号を用いている。

家計貯蓄

$$S_H \equiv p_3 \sum_{j=1}^3 \dot{k}_j + p_3 \dot{k}_z \dots \dots \dots (56)$$

環境所得

$$\begin{aligned}
Y_E \equiv & \frac{\partial u}{\partial n_0} \left(\sum_{j=1}^4 \frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 \right) + \frac{\partial u}{\partial n_3} n_3 + \frac{\partial u}{\partial n_4} n_4 \\
& + (p_1 - q\alpha_1) \frac{\partial f}{\partial n_0} \left(\sum_{j=1}^4 \frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 \right) + (p_1 - q\alpha_1) \sum_{j=3}^4 \frac{\partial f_1}{\partial n_j} n_j \\
& + (p_3 - q\alpha_3) \frac{\partial f_3}{\partial n_0} \left(\sum_{j=1}^4 \frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 \right) + (p_3 - q\alpha_3) \sum_{j=3}^4 \frac{\partial f_3}{\partial n_j} n_j \\
& + \lambda_3 y + \left(v \frac{\partial \eta}{\partial z_0} + \lambda_3 \frac{dz_3}{dz_0} + \lambda_4 \frac{dz_4}{dz_0} \right) z_0 \dots \dots \dots (57)
\end{aligned}$$

農業の環境調整純資本収益率

$$\begin{aligned}
r_1 \equiv & [p_1 X_1 - \sum_{i=1}^3 p_i x_{i1} - w l_1 - (p_1 - q\alpha_1) \sum_{j=1}^2 \frac{\partial f_1}{\partial n_j} n_j - q\alpha_1 X_1 - p_3 \delta_1 k_1 \\
& - (p_1 - q\alpha_1) \sum_{j=1}^4 \frac{\partial f_1}{\partial n_0} \left(\frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0 \right) - (p_1 - q\alpha_1) \sum_{j=3}^4 \frac{\partial f_1}{\partial n_j} n_j] / k_1 \dots \dots \dots (58)
\end{aligned}$$

林業の環境調整純資本収益率

$$r_2 = [p_2 X_2 - \sum_{i=1}^3 p_i x_{i2} - \lambda_1 y - w l_2 - q \alpha_2 X_2 - p_3 \delta_2 k_2] / k_2 \quad (59)$$

その他産業の環境調整純資本収益率

$$r_3 = [p_3 X_3 - \sum_{i=1}^3 p_i x_{i3} - w l_3 - q \alpha_3 X_3 - p_3 \delta_3 k_3 - (p_3 - q \alpha_3) \sum_{j=1}^4 \frac{\partial f_3}{\partial n_0} (\frac{\partial n_0}{\partial n_j} n_j - \frac{\partial \eta}{\partial z_0} z_0) - (p_3 - q \alpha_3) \sum_{j=3}^4 \frac{\partial f_3}{\partial n_j} n_j] / k_3 \quad (60)$$

環境保全活動の環境調整純資本収益率

$$r_z = [q \cdot s - w l_z - p_3 \delta_z k_z - (v \frac{\partial \eta}{\partial z_0} + \lambda_1 \frac{dz_1}{dz_0} + \lambda_2 \frac{dz_2}{dz_0}) z_0] / k_z \quad (61)$$

さて表1の環境・経済統合勘定について、簡単にその説明をしておこう。まず家計支出の合計は *Hamiltonian* から導出されるエコ国内純生産から、森林自然成長の価値を控除したものである。

家計から環境部門への支出は環境便益に対する支払い意志額を表すが、それは帰属評価であり、実際には支払われてはいない。

労働部門は家計の総労働供給の対価が計上されている。資本部門は以下に述べる産業と環境保全活動の環境調整純資本収益率が計上されている。

農業を見ると、資本収益率は資本の限界生産物で評価するのではなく、生産価値額から中間投入額、労働への支払い、農地へのレント、廃物処理への支払い、固定資本減耗、環境水準が農業の生産に与える影響を控除した環境調整純資本収益率として定義される。農地のレントは家計に分配され、環境部門への支払額は擬制的にいったん環境部門の所得を形成し、そのまま家計への移転所得として定式化される。農業が発生する廃物は環境保全活動によって処理され、その費用 $q \alpha_1 X_1$ は農業自身によって負担される。

林業では環境要素が直接的には生産に影響を与えないため、外部経済に対応する環境部門への支払いはないが、人工林を y だけ伐採するため、その帰属費用 $\lambda_3 y$ が環境部門の所得となる。

その他産業では土地の投入を考慮していないため、農業における土地へのレントを除けば、農業とはほぼ同じ勘定となる。

環境保全活動は家計と産業の廃物総量 s を処理するが、最終処分等で環境負荷 z_0 が生じる。この環境負荷は環境フローの水準低下と、森林の減少を引き起こす。これを環境保全活動の環境消費と解釈し、擬制的に環境部門への支払いとする。したがって資本収益率も環境消費額を控除した環境調整純資本収益率の概念で捉えられる。環境消費額は環境部門への支払いとした後、そのまま家計への移転所得となる。

資本勘定では家計貯蓄、および産業と環境保全活動の固定資本減耗によって、実物投資がファイナンスされる。

6. 環境・経済統合勘定の試算

以上では理論的に環境・経済統合勘定を導くことに重点を置き、その経済学的含意を考察した。この節では理論的に導かれた環境・経済統合勘定を、実際のデータに基づきなが

ら簡単な推計を試みる。ただしここで留意しなければならないのは、第1に本節のモデルは社会的最適化モデルであり、現実にはそのような経済成長がなされていないことが挙げられる。第2に本節のモデルは極めて簡略化されており、現実経済で大きな役割を負っている政府や輸出入が考慮されていないことである。

より現実的に多数の経済主体を考慮することは今後の課題として、ここでは現実の経済成長が社会的最適成長にかなり近いという前提のもとで、モデルの shadow price と現実の市場価格を同一視することにより試算を行う。また本モデルでは林業という経済統計上かなり細かい産業分類を対象としていることと、産業間の中間取引を考慮していることから、試算のベースとなるデータは1995年の全国産業連関表とする。またストックデータを補完するため、国民経済計算も用いている。

(1) 試算の前提条件

①価格

理論的には価格は全て社会的最適化問題を実際に解くことによって得られる shadow price を用いるべきであるが、モデルの数値計算が極めて大規模となるため、ここでは経済主体間で実際に取引される価値額は市場価格によって評価する。ただし実際に取り引きされない環境所得などは、他の方法により擬制的評価を行う。

②産業区分

農業、林業は標準的な統計分類に従い、環境保全活動は下水道と廃棄物処理とする。従ってその他産業は2次産業と3次産業に漁業を加え、下水道と廃棄物処理を控除したものとなる。

③家計

家計は経済統計上の家計とするが、家計消費には家計外消費も含めている。また家計が所有する前労働時間は、NHKの国民生活調査に基づき、24時間から睡眠時間等を除き、労働時間6時間、余暇6.5時間(余暇5時間、食事1.5時間)の計12.5時間とする。

④投資

投資はモデルに従い民間粗投資とし、公的投資および在庫増加は考慮しない。

⑤粗付加価値

粗付加価値は産業連関表の粗付加価値を用いるが、家計外消費、間接税、補助金は営業余剰に含めている。

⑥農地および森林

農地はモデル上水田およびその他農地に分かれているが、データ収集の困難性から農地ストックの評価は農地一種類とし、国民経済計算の耕地データを用いている。同様に森林ストック評価は国民経済計算の林地及び立木を用いている。

⑦利子率

経済統計上の資産評価額をレントに換算するためには利子率が必要となるが、ここでは1995年の全国銀行長期貸出金利の平均値3%を用いている。

(2) 試算結果

以上の前提条件に基づき、1995年の環境・経済統合勘定を推計した結果は表2のようで

ある。なお環境部門については、現在数値の確定が困難なため E_1 としている。

①家計

家計は 605 兆 6,838 億円 + E_1 の（潜在）所得を得て、それと同額の支出を行っている。1995 年の GDP は産業連関ベースで 505 兆 2,460 億円であり、本節の理論フレームでは家計所得だけで実際の GDP を上回っている。これは家計所得が労働供給可能時間をベースに定義されているためである。さらに環境所得 E_1 が加われば、家計所得はより大きなものとなる。

支出面で見ると余暇の評価は 295 兆 9,239 億円で、家計消費支出よりも大きなものとなっている。環境保全への支出は 8,100 億円である。

②労働

労働部門では労働供給可能時間をベースに労働所得が計算されるため、その金額は 569 兆 844 億円と GDP を上回るものとなっている。

③資本

資本部門は通常の営業余剰に間接税 - 補助金を加え、産業および環境保全活動の環境所得を控除したものが受け取り所得となっている。ただし環境所得が未定のため、営業余剰 + 間接税 - 補助金で見ると 147 兆 4,261 億円である。

④農地

農地は水田とその他農地を分離することが難しいため、推計値は農地合計でなされている。農地の資産評価額は 128 兆 6,219 億円で、これに利子率 3% として農地へのレントは 3 兆 8,559 億円と推定した。

⑤農業

農業の産出額は 12 兆 681 億円で、環境保全活動への支出は 8.32 億円である。

⑥林業

林業の産出額は 1 兆 4,523 億円で、環境保全活動への支出は統計上計上されていない。また森林資産評価額は 70 兆 6,690 億円であるが、どの程度が森林へのレントとなるかは不明である。

⑦その他産業

その他産業の産出額は 918 兆 8,271 億円で、環境保全活動への支出は 2 兆 3,118 億円と推計された。

⑧環境保全活動

環境保全活動の産出額は 4 兆 7,531 億円と推計される。

⑨資本蓄積

家計貯蓄および産業等の固定資本減耗を減資として、99 兆 3,455 億円の粗資本蓄積がなされている。

⑩調整項目

ここでの試算は政府や輸出入を考慮していないため、財の需給均衡は取られていない。そのため需要サイド（列和）と供給サイド（行和）を一致させるため、調整項目を設定している。

表3 環境・経済統合勘定の試算結果

(単位：百万円)

	家計	労働	資本	水田	その他農地	農業	林業	その他産業	環境保全活動	資本蓄積	環境部門	調整項目	計
家計	-	569,084,379	107,869,225-E ₃ -E ₅	3,858,657	-	-	-	-	-	-	54,572,300+E ₃ +E ₅	-114,685,282	620,699,279
労働	295,923,877	-	-	-	-	585,741	486,007	270,235,378	1,853,376	-	-	0	569,084,379
資本	-	-	-	-	-	657,756	237,456-E ₃	106,514,429	459,584-E ₅	-	-	0	107,869,225-E ₃ -E ₅
水田	-	-	-	-	-	3,858,657	-	-	-	-	-	0	3,858,657
その他農地	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
農業	3,314,209	-	-	-	-	1,441,702	3,979	8,474,194	0	-	-	-1,165,936	12,068,148
林業	222,672	-	-	-	-	1,694	344,226	1,075,674	0	-	-	-191,989	1,452,277
その他産業	286,868,280	-	-	-	-	3,834,321	311,317	412,589,207	1,465,711	99,345,510	-	114,412,745	918,827,091
環境保全活動	810,000	-	-	-	-	832	0	2,311,821	0	-	-	1,630,462	4,753,115
資本調達	18,544,791	-	-	-	-	1,402,345	69,292	78,354,638	974,444	-	-	0	99,345,510
環境部門	15,015,450	-	-	-	-	285,100	E ₃	39,271,750	E ₅	-	-	0	54,572,300+E ₃ +E ₅
計	620,699,279	569,084,379	107,869,225-E ₃ -E ₅	3,858,657	3,858,657	12,068,148	1,452,277	918,827,091	4,753,115	99,345,510	54,572,300+E ₃ +E ₅	0	620,699,279