

KIER DISCUSSION PAPER SERIES

KYOTO INSTITUTE OF ECONOMIC RESEARCH

Discussion Paper No.1310

“国連環境・経済統合勘定（SEEA）における生態系勘定の動向と課題”

佐藤 正弘・和氣 未奈

2013 年 6 月



KYOTO UNIVERSITY
KYOTO, JAPAN

国連環境・経済統合勘定（SEEA）における生態系勘定の動向と課題*

Trends and challenges of ecosystem accounts in United Nations System of Environmental-Economic Accounting (SEEA)

佐藤 正弘† 和氣 未奈‡

Masahiro Sato, Mina Waki

2013 年 6 月

要旨

Abstract

国連の定める国民勘定体系(System of National Accounts: SNA)のサテライト勘定の一つである環境・経済統合勘定（System of Environmental-Economic Accounting: SEEA）は、2007 年から 2 度目の改訂の検討が行われ、2012 年から 2013 年にかけていくつかの重要な文書が国連統計委員会において合意・報告された。本稿では、このうち実験的生態系勘定（Experimental Ecosystem Accounts）を取り上げ、SNA や SEEA における位置付け、環境経済会計として初めて国際統計基準化された SEEA 中核枠組み（Central Framework: SEEA-CF）との関係、勘定を構成する重要な諸概念等について概説する。また、特に生態系資産勘定の重要概念である生態系サービスの期待フローの評価方法に関する課題について論じ、生物資源を例にとって試論的な方法を提示する。

The UN Statistical Commission agreed on a series of important documents in 2012 and 2013 as a part of the second revision of System of Environmental-Economic Accounting (SEEA), a satellite account of the United Nations System of National Accounts (SNA). Of these, this paper focuses on the Experimental Ecosystem Accounts and explains its conceptual relationships with SNA and SEEA, especially with the SEEA Central Framework, which was approved as an international statistical standard in 2012. Also, it discusses potential methodological challenges in the estimation of expected flows of ecosystem services and proposes a possible estimation method for biological resources.

* 本稿は、平成 24 年度内閣府経済社会総合研究所委託調査「幸福度指標の持続可能性面での指標の在り方に関する調査研究」の研究成果に基づくものである。本稿の内容は著者の所属する組織の見解を示すものではない。

† 京都大学経済研究所准教授（先端政策分析研究センター所属）

‡ 京都大学大学院地球環境学舎環境マネジメント専攻（2013 年 3 月研究参加当時）

JEL classification: E01, Q56, Q57

Keywords: 国民会計, 環境・経済統合勘定, 生態系勘定, 生態系サービス, national accounts, System of Environmental-Economic Accounting (SEEA), ecosystem accounts, ecosystem service

1. はじめに

国民会計ないし国民経済計算は、一国の国民経済における経済活動の状況を体系的に表示する会計の方式であり、通常は、国連の定める国民勘定体系(System of National Accounts: SNA)に準拠しながら各国において作成される。この国民会計に、それまで反映されてこなかった環境的側面を統合することについての議論が、1970年代から盛んに行われてきた。特に1980年後半になると、気候変動などの地球規模の環境問題の深刻化や、持続可能な発展の概念についての議論の進展を踏まえ、持続可能な社会に向けた政策転換を支える新たな会計枠組みについての提案が、国際機関や学術の世界で行われるようになった(Ahmad et al. (1989)など)。

こうした背景のもと、1992年に「環境と開発のための国連会議」(地球サミット)で採択されたアジェンダ21では、持続可能性を意思決定に統合する上で、自然資本の供給源および廃棄物の吸収源としての環境の機能を適確に測ることが必要であるとの認識から、統合的な環境経済会計の体系の確立が謳われた。環境・経済統合勘定(System of Environmental-Economic Accounting: SEEA)は、アジェンダ21の合意事項を踏まえ、1993年に国連が導入したSNAのサテライト勘定の一つであり、各国におけるその後の環境経済会計の導入・発展に大きく貢献してきた。

SEEAは、2003年に大規模な改訂が行われた後(SEEA-2003)、さらに2007年から2度目の改訂の検討が行われ、2012年から2013年にかけて、いくつかの重要な文書が国連統計委員会において合意・報告された。とりわけ、環境経済会計として初めて国際統計基準化された中核枠組み(Central Framework: SEEA-CF)と、生態系の働きと経済との相互関係を記述した実験的生態系勘定(Experimental Ecosystem Accounts)は、SEEAの歴史の中でも重要な一歩であると言える。

本稿では、このうち実験的生態系勘定を取り上げ、SNAやSEEAにおける位置付けや、勘定を構成する重要な諸概念等について概説するとともに、考え得る課題について論じる。

第2節では、生態系勘定についての検討の前提として、SEEA-CFを中心にSEEA全体の最新の改訂動向について概説する。第3節では、実験的生態系勘定における諸概念や勘定表のモデルについて論じる。第4節では、これらを踏まえ、特に生態系資産勘定の重要概念である生態系サービスの期待フローの評価方法に関する課題について論じ、試論的な方法を提示する。

2. 環境・経済統合勘定-中核枠組み(SEEA-CF)

今回のSEEA改訂作業は、第38回国連統計委員会の要請を踏まえ、2007年より、環境経済勘定に関する国連専門家委員会(UNCREEA)を中心に進められた。作業は、i) 中核枠組み(SEEA-CF)、ii) 実験的生態系勘定(Experimental Ecosystem

Accounts)、iii) 拡張と応用 (Extensions and Applications) の 3つの部分に分けられ、別個のスケジュールで進行した。このうち、SEEA-CF については、2012 年 2 月に開催された第 43 回国連統計委員会において、環境経済会計に関する初の国際基準として採択された。

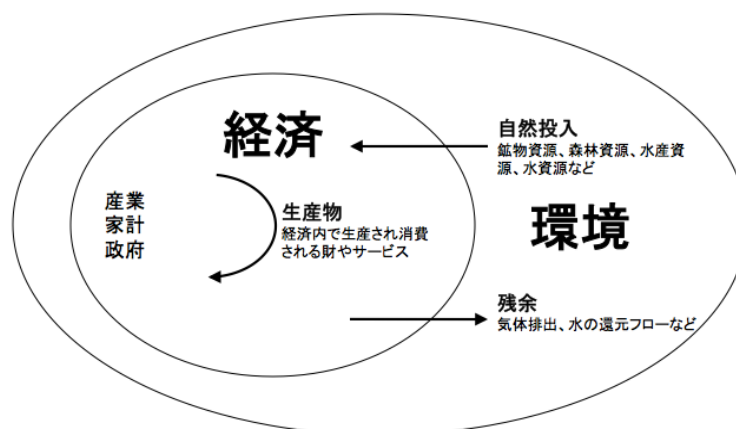
2.1 SEEA-CF の基本的な構造

SEEA-CF は、大きく分けて、a) 経済内および経済と環境の間における物質とエネルギーの物量フロー、b) 環境資産のストックとその変化、c) 環境に関連した経済活動および取引の 3つの領域を計測するものである。

経済内部の物質とエネルギーのフロー、そして、環境から経済へ、あるいは経済から環境へと出入りする物質とエネルギーのフローの全体像は、図 2-1 のように捉えられる。これらの物量フローのうち、環境から経済への投入を自然投入 (natural inputs)、経済内でのフローを生産物フロー (product flows)、経済から環境へのフローを残余 (residuals) と呼ぶ。自然投入の類型は、表 2-1 のように整理される。

具体的な勘定表としては、(i) 自然投入、生産物、残余のフローを示す物量および貨幣単位の供給使用表、(ii) 期首・期末における個々の環境資産の物量および貨幣単位のストックおよびその変化を示す資産勘定、(iii) 資源枯渇を調整した経済的集計値に焦点を当てた一連の経済勘定、(iv) 環境目的で行われた経済活動の取引その他の情報を記録する機能勘定がある。

図 2-1 自然投入、生産物、残余の物量フロー



(出典) United Nations, 2012

2.2 SEEA-CF における環境資産

SEEA の体系では、環境資産（environmental assets）を相互に補完的な二つの視点から捉えている。第一の側面は、個々の環境の構成要素に着目したもので、SEEA-CF に記述される。ここでの環境資産は、上記の自然投入を生み出すストックとして位置付けられる。環境資産の類型は表 2-2 の通りで、このうち育成生物資源と土地を除いたものを自然資源（natural resources）という。これらの環境資産は、生態系による水の浄化、炭素貯蔵、洪水緩和など、環境資産の間接利用による便益に着目したものではない。また、土壌栄養分など、自然資源の中に体化されている個々の要素は含まれない。

環境資産の第二の側面は、個別の要素ではなく、それらが構成する生態系に着目したもので、実験的生態系勘定に記述される生態系資産（ecosystem assets）に該当する。これについては後述する。

表 2-1 SEEA-CF における自然投入の類型

自然資源投入	生産において利用される採取物 鉱物・エネルギー資源 石油資源 天然ガス資源 石炭・ピート資源 非金属鉱物資源（石炭・ピート資源除く） 金属鉱物資源 土壌資源（採掘されたもの） 自然木材資源 自然水産資源 その他の生物資源（木材・水産資源除く） 水資源 表流水 地下水 土壌水 自然資源残余
再生可能資源からのエネルギー投入	太陽 水力 風力 波力・潮力 地熱 その他の電力および熱
その他の自然投入	土壌からの投入 土壌栄養分 土壌炭素 その他の土壌からの投入 大気からの投入 窒素 酸素 二酸化炭素 その他の大気からの投入 その他の自然投入 n.e.c.

（出典）United Nations, 2012

表 2-2 SEEA-CF における環境資産の類型

鉱物・エネルギー資源	石油資源 天然ガス資源 石炭・PEAT資源 非金属鉱物資源（石炭・PEAT資源除く） 金属鉱物資源
土地	
土壌資源	
木材資源	育成木材資源 自然木材資源
水産資源	育成水産資源 自然水産資源
その他の生物資源（木材・水産資源除く）	
水資源	表流水 地下水 土壌水

（出典）United Nations, 2012

2.3 SEEA-CF の意義

SEEA の顕著な意義は、第一に、環境と経済社会との相互関係を、国民会計、とりわけ SNA の原理を用いて体系化した点にある。このことにより、SNA との対応関係が明確化するとともに、環境と経済社会との相互関係を、ストックやフロー、経済主体別の関与や貢献などの観点から包括的に捉えることができる。具体的には、どの経済主体が自然資産の保有や管理に関わり、どの経済主体がそこからの便益を受けているか；特定の経済活動の結果として、環境にどのような変化が生じ、それがどの経済主体にどのような影響を与えるのか；現在の消費や生産のパターンは持続可能なのか；政策の導入や変更が、環境と経済にどのような影響を与えるか、どのようなトレードオフが想定されるか、などの分析が可能となる。

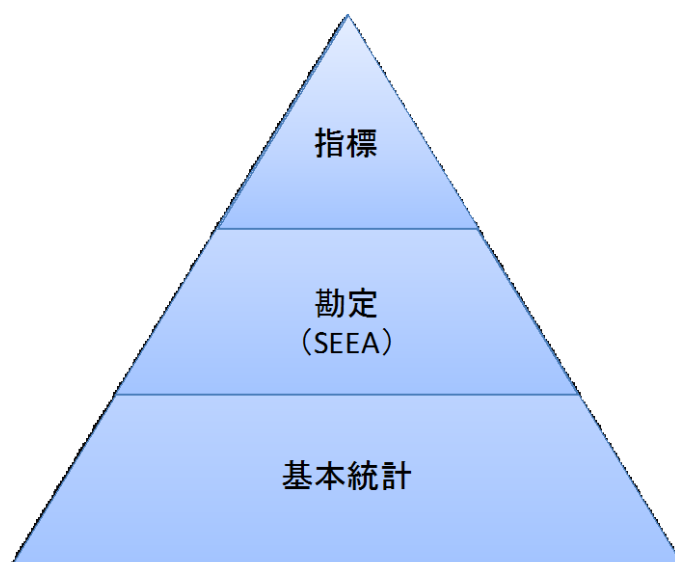
第二に、図 2-2 に示すように、SEEA は、分野や目的、所管機関ごとに分断された統計情報を体系的に整理し、政策決定者による持続可能性に関する統合的な意思決定を可能にする。また、そのために必要な統計情報の整備・蓄積や指標の開発を促す。

また、SEEA-CF が国際基準に昇格したことの意義として、以降、各国の統計当局は、SEEA-CF に基づく環境経済会計の定期的な公表が強く期待されることとなる。このことで、各国における環境経済会計の経験の蓄積や、必要な統計情報の整備・拡充が急速に進むとともに、統計情報から作成される各種の指標に、一貫性と国際的な比較可能性を与える。

さらに、国際統計基準の採択に至るまでの過程には、各国の広範な専門家や政策担当者が参加し、コンセンサスを積み重ねながら検討が行われてきたことから、SEEA-CF に掲げられた様々な分類や定義は、環境経済会計や持続可能性指標の世界でのスタンダードとして多用されていくことが予想され、これらの分野における今後の国際的な議論にも大きな影

響を与えるものと考えられる。

図 2-2 統計システムにおける情報のピラミッド



(出典) SEEA-CF パンフレットをもとに作成

3. 実験的生態系勘定の諸概念と勘定表

3.1 経緯と位置付け

3.1.1 経緯

生態系勘定とは、国民会計の枠組みを用いて、生態系のストックと、生態系から経済活動その他の人間活動にもたらされるサービスのフローを記述する勘定体系である。SEEA の今次改訂では生態系勘定についての検討も進められたが、国際統計基準として合意するには未成熟であることから、SEEA-CF に統合することは見送られた。一方で、近年、人間活動による生態系の破壊や劣化によって生態系サービスを供給する生態系の能力が著しく低下しており、生態系の体系的な把握と管理体制の整備が急務であるとの認識から、SEEA-CF の枠組みに立脚した別個の勘定体系として実験的生態系勘定が議論されることになった。実験的生態系勘定は、2012 年 6 月の第 7 回 UNCEEA（リオデジャネイロ）を経て、同年 10 月にオタワで開催されたロンドングループ会合において草稿が検討され、2013 年 2 月の第 44 回国連統計委員会にて最終版の報告がなされた。

3.1.2 位置付け

実験的生態系勘定は、国際統計基準となった **SEEA-CF** とは異なり、異分野研究のための勘定枠組みを提供するものであるとされている。すなわち、生態学、エコロジー経済学、国民会計、環境経済会計などの各分野の蓄積に基づき、生態系勘定に関する知識や概念の現状を統合的に説明するとともに、生態系勘定に関する取り組みを支援し、経験の交換を促進するための枠組みを提供する。

また、実験的生態系勘定は、**SEEA-CF** で提供された環境資産のストックとフローの勘定を補完するものである。先述の通り、**SEEA-CF** は個々の環境資産に着目しているのに対し、実験的生態系勘定は生態系の視点を採っている。すなわち、一定の空間エリアの中で、個々の環境資産が自然プロセスの一部として相互に作用し、経済活動その他の人間活動にサービスを提供する様態を評価する。

加えて、実験的生態系勘定は、市場を介した生態系と経済活動との関係だけでなく、市場を介さない関係、さらには、経済活動以外の人間活動との関係も射程に置いていることに留意が必要である。食料や繊維や素材などの財の供給はもちろん、土壌循環や害虫・疾病の制御、花粉媒介などの間接的に経済活動を支える生態系サービス、汚染物質の希釈・濾過・隔離、気候の安定化、景観の形成・維持など、経済活動以外も含む広範な人間活動の基盤となる生態系サービスも勘定の対象に含まれる。このように広範な人間活動への便益の提供を射程にすることで、生態系勘定は、生態系の異なる用途の間のトレードオフ関係を包括的に捉えることができる。

なお、実験的生態系勘定は、**SEEA-CF** と同じく物量・貨幣両面での勘定構築を念頭に置いているものの、現状では物量勘定の構築が主眼であり、貨幣勘定は必須ではない。このため、実験的生態系勘定では、貨幣評価の方法論や課題の整理や、物量・貨幣勘定の統合の方向性について触れてはいるが、提言の形はとっていない。

実験的生態系勘定の構成は表 4 の通りである。第 2～4 章において物量単位の勘定を扱い、第 5、6 章において貨幣単位の勘定に関する議論を整理している。

表 3-1 SEEA 実験的生態系勘定の目次構成

第1章 導入	第2章 生態系勘定の原則	第3章 物量単位の生態系サービス勘定	第4章 物量単位の生態系資産勘定	第5章 生態系勘定における評価アプローチ	第6章 貨幣単位の生態系勘定
1. SEEA 実験的生態系勘定とは何か 2. 政策的関連性 3. 目的と課題 4. 国家統計局の役割 5. 生態系勘定における重要な学問領域 6. SEEA 実験的生態系勘定の構造 7. 調査計画	1. 生態系と生物多様性の概説 2. 生態系勘定における重要な概念的関係性 3. 生態系勘定の単位 4. 生態系勘定表 5. 生態系勘定における一般的測定課題 6. SEEA-CF との関係	1. 導入 2. 生態系サービスの測定境界と特徴 3. 生態系サービスの分類 4. 生態系サービスの勘定 5. 生態系サービスの測定	1. 導入 2. 生態系資産測定のための一般的アプローチ 3. 生態系資産勘定の作成 4. 炭素勘定 5. 生物多様性勘定	1. 導入 2. 貨幣評価の動機 2. 評価の概念 3. SEEA と SNA における評価の原則 4. 生態系サービスの評価 5. 評価における主要な測定課題	1. 導入 2. 生態系勘定の統合表示 3. 貨幣単位での生態系資産勘定 4. 貨幣単位での生態系勘定と経済勘定の統合

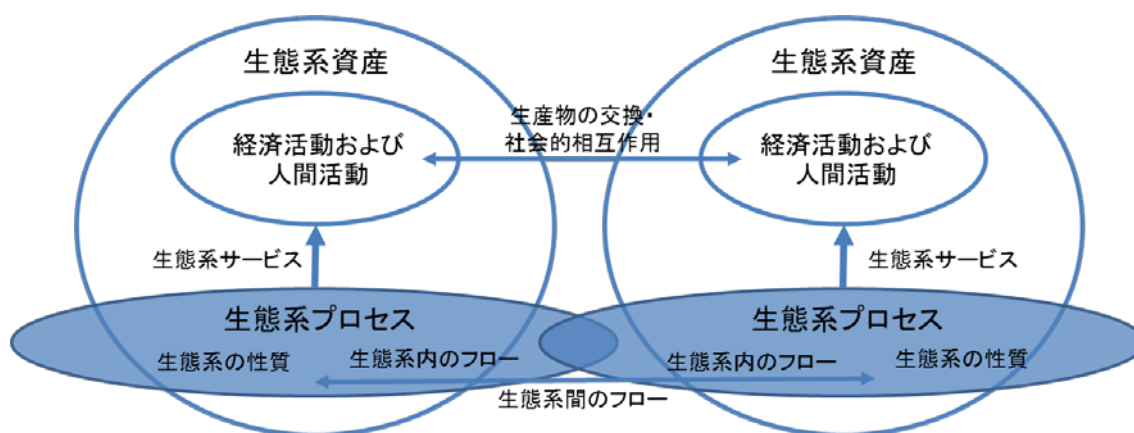
	係性				
--	----	--	--	--	--

3.2 生態系勘定における重要な概念

一般的な勘定体系と同様に、生態系勘定もストック・フローの関係に基づいて作成される。ストックは、生態系資産（ecosystem assets）を構成する空間エリアによって表現される。各生態系資産は、土地被覆・生物多様性・土壌タイプ・標高・勾配等の一連の生態系特性（ecosystem characteristics）を有する。

フローは、2種類に分けられる。第一は、生態系プロセスを反映した、生態系資産内のフローと生態系資産間におけるフローで、それぞれ生態系内フロー（intra-ecosystem flows）と生態系間フロー（inter-ecosystem flows）と呼ばれる。生態系間のフローは、異なる生態系資産間の相互依存を強調する（例えば、湿地は上流域からの水フローに依存）。第二は、人間が生態系資産から生み出される資源・プロセスを利用していることを反映したフロー、すなわち生態系サービス（ecosystem services）である。生態系勘定の主眼は、a) 生態系サービスのフローと、b) 生態系資産のストックとその変化に置かれる。生態系内・生態系間フローには直接の焦点は当てないが、その変化は a と b の測定の中で間接的に捉えられる（図 3-1）。

図 3-1 生態系勘定における各種のフロー



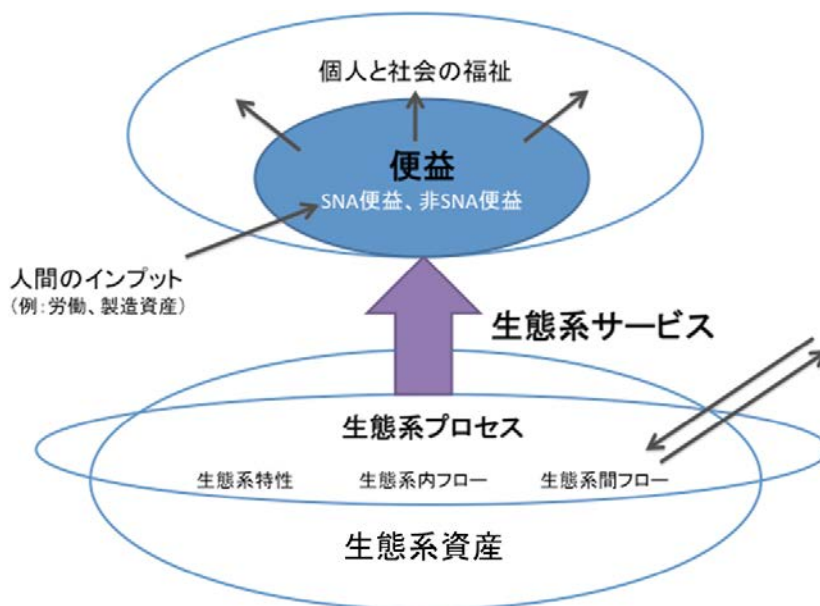
（出典）United Nations, 2013

3.2.1 生態系サービス

生態系サービスは、「経済活動その他の人間活動において利用される便益に対する生態系の寄与分」と定義される。生態系サービスは、生態系と人間の福祉（well-being）とを結びつける一連のフローであり、福祉は生態系サービスが寄与する便益（benefits）によって影響を受ける（図 3-2）。便益は、勘定の観点から SNA 便益と非 SNA 便益に区別される。前者は、生態系サービスをインプットの一つとした、経済主体による生産活動によって生みだされるものであり、したがって、SNA の生産境界内のプロセスで発生する（自家消費の生産物も含まれる）。一方、後者は、SNA の生産境界外のプロセスにより生じるものである。一般には、非 SNA 便益は市場で売買されない。

生態系サービスが便益に対する“寄与分”と定義されているのは、SNA 便益については、生態系サービスは便益を生み出す上での様々な投入物の一つに過ぎないことを強調するためである（例えば、きれいな飲料水は、生態系からの水の供給に加え、水道管・浄化装置のような生産資産や労働力の投入が必要）。一方、非 SNA 便益については、人間活動の外部性による意図せざる影響などを除き、基本的に人間側からの投入は想定されない（例えば、森林の空気浄化機能によってもたらされるきれいな空気の便益）。したがってこの場合、生態系サービスと便益は等しくなる。

図 3-2 生態系サービスの基本イメージ



(出典) United Nations, 2013

3.2.2 生態系資産

生態系資産は「相互に機能し合う生物・無生物要素とその他の性質の組み合わせを含んだ空間エリア」と定義される。生態系資産の測定は、第一に、生態系の状態 (ecosystem condition) と生態系の規模 (ecosystem extent)、第二に、生態系サービスの期待フロー (expected ecosystem service flows) という2つの観点から行われる。

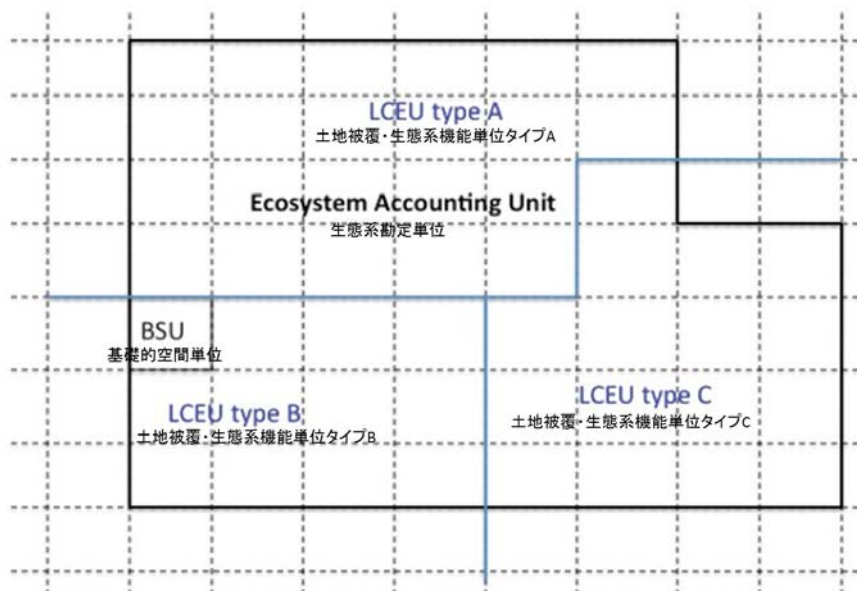
生態系の状態とは生態系資産の全体的な質を表し、生態系の規模は生態系資産の面積を表す。生態系サービスの期待フローは「所与の生態系サービス群についての、生態系資産からの将来の全生態系サービスフローの物量単位の集計的測度」である。

一般に、生態系資産が生態系サービスをもたらす能力は、生態系の状態と規模の関数であると考えられる。しかし、これら2つの観点には単純な関係は存在せず、むしろ非線形で経時的に変化すると考えられる。

3.2.3 生態系勘定の統計単位

実験的生態系勘定では、空間エリアに関する以下の3種類のモデル単位を用いる。ただし生態系は多面的であるため、分析目的に応じて異なる単位区分を用いる。それぞれの単位の相互関係は、図3-3の通りである。

図3-3 EAU・BSU・LCEUの相互関係



(出典) United Nations, 2013

- ・基礎的空間単位 (Basic spatial units: BSU)

BSU は、1km 四方といった形で区切られる小規模な空間エリアである。BSU には位置や土地被覆など基本的な情報を割り当てた上で、目的に応じて関連情報（土壌・地下水・植生・気候等）を追加する。

- ・土地被覆・生態系機能単位 (Land cover/ ecosystem functional units: LCEU)

LCEU は、あらかじめ設定された生態系の性質・機能に関する条件（土地被覆や水資源、土壌タイプ等）を満たす、連続的な BSU の集合と定義される。LCEU を構成する BSU の集合は、隣接する LCEU とは独立して、比較的一体的に機能するという特徴があり、一般的には生態系やバイオームに近いものと理解される。LCEU のサイズや種類は国の状況によって異なる。国家レベルで生態系勘定を作成するためには、限られた範囲での LCEU 分類を設定することが適切である。

表 3-2 LCEU の暫定的分類

(1) 都市および関連する開発地
(2) 中～大規模の天水草本農地
(3) 中～大規模の灌漑草本農地
(4) 永久的な耕地・農業プランテーション
(5) 農業関連地・モザイク
(6) 牧草地・天然草原
(7) 森林被覆
(8) 灌木・低木・ヒース
(9) まばらな植生地域
(10) 天然植生関連地・モザイク
(11) 不毛地
(12) 万年氷雪地・氷河
(13) 開放された湿地
(14) 内陸水域
(15) 沿岸水域
(16) 海

(出典) United Nations, 2013

- ・生態系勘定単位 (Ecosystem accounting units: EAU)

EAU は、行政区分・環境管理上の区分・大規模な自然条件（例えば河川流域）等、調査・分析の目的に応じて定義される。EAU は経時的な変化を理解・管理する必要のある比較的大規模なエリアであり、変動が少なく安定的である必要がある。EAU 区分として有用な概念の一つは、社会・生態学的システム (socio-ecological systems) である。社会・生態学的システムは、生態系の機能や力学と人間活動、それらの要素間の相互作用を統合するものとして定義されるエリアである。

3.3 生態系サービス勘定（物量単位）

3.3.1 生態系サービスの分類

実験的生態系勘定における生態系サービスは、①供給サービス、②調節サービス、③文化的サービスの3種類に大別される。①は生態系から収穫される原料に関するサービス（森林からの木材供給等）、②は自然プロセスに関するサービス（環境中で浄化されたきれいな空気の供給等）、③は人間が自然と触れ合うことで得られるサービス（レクリエーションの便益等）を指す。

詳細な分類は、生態系サービスの国際共通分類（Common International Classification of Ecosystem Services: CICES）に準拠する。CICESは、国連ミレニアム生態系評価以降、様々な分類が乱立していることを受け、これらの整合性を図り、生態系サービスに関する国際標準となる分類を確立することを目的に検討が開始された。SEEA改訂作業の一環として2009年に欧州環境機関（European Environment Agency: EEA）が提唱し、様々な専門家が参加したe-Forumを経て、現在も継続して議論・改訂が行われている（CICESの具体的な分類については、表3-3参照）。

3.3.2 生態系サービスの測定範囲

生態系サービスがもたらす便益は、先述のようにSNA便益と非SNA便益に分けて考える必要がある。生態系勘定では非SNA便益が測定の主眼となるが、中でも私有経済資産から意図せず供給される非SNA便益（例：私有林による二酸化炭素の吸収）の測定が大きな課題である。特に、後に述べる富の会計などのための生態系資産の貨幣評価では、標準的な国民会計に含まれる私的価値に、公的便益分を追加して評価する必要がある。

また、実験的生態系勘定では、重複計上を避けるため、2種類の生態系サービスが測定範囲から除外されている。第一に、これまで国連ミレニアム生態系評価（MA(2005)）などで一分類として扱われていた基盤的サービス（supporting services）が除外される。生態系サービスが生成され便益が享受されるまでには、多くの場合、生態系内・生態系間での一連の複層的相互作用が存在する。しかしこのプロセスは、最終的アウトプットとして人間に便益をもたらす生態系サービス（final ecosystem services）への中間投入と捉えられ、生態系サービス勘定では扱われない（このプロセスは上述の生態系内・生態系間フローに等しい）。第二に、無生物サービス（abiotic services）が除外される。測定対象は、生物物理学的・地球化学的なプロセス・相互作用の結果として生み出される生態系サービスに限定されるため、鉱物・エネルギー資源の採取や太陽光・風力等の再生可能エネルギーの吸収等のフローは除外される。これらは、SEEA-CF第3章の物量フロー勘定で扱われている。

表 3-3 CICES の生態系サービス分類

区分	部門	グループ	生態系サービスの例	便益の例
供給	水	水	作物・動物の育成のための取水、農業用・鉱業用・工業用・家庭用・etc.	飲料水、作物・家畜飼育用の水、発電用水、etc.
	物質	食用のための非育成陸生動植物	食用のための非育成陸生動植物（例：狩猟動物、森のベリーやキノコ類）	人間の消費用の食物
		食用のための非育成淡水動植物	食用のための非育成淡水動植物（例：カレイ、スズキ、サケマス）	人間の消費用の食物
		食用のための非育成海洋動植物	食用のための非育成海洋動植物（例：海藻、カニ・ロブスター・ザリガニなどの甲殻類）	人間の消費用の食物
		育成生物資源のための栄養提供	作物が吸収する栄養資源；家畜の飼料；養殖の餌	作物・野菜製品；育成木材・繊維；食肉・乳製品用の畜牛；養殖産品
		動植物の繊維・構造	工業・家庭用に採取される動植物の繊維・構造（例：天然材木、藁、糸、皮、骨、藻類）	製造業での再処理（例：肥料と化学物質）や最終消費のための、伐採材木、藁、糸、藻類、天然鳥糞石、珊瑚、貝殻、皮、骨
		動植物からとれる化学物質	医療用・工業用・家庭内生産用に生物から採取される素材や生化学物質（例：ゴム、酵素、ガム、油、ワックス、薬草類）	化粧品・医療用ないし製造業での再処理のための、ゴム、酵素、ガム、油、ワックス、薬草などの素材や生化学物質
		遺伝素材	繁殖計画に用いられる遺伝素材（例：作物用植物、家畜、漁業資源、養殖などに用いる）	繁殖計画に用いられる遺伝素材（例：作物用植物、家畜、漁業資源、養殖などに用いる）
	エネルギー	バイオマスのエネルギー	燃料用木材；バイオ燃料用に採取される非育成燃料植物・藻類；エネルギー用に天然動物から採取される糞・脂肪・油	暖房、照明、燃料、etc.
	その他の供給サービス	その他の供給サービス（他のどこにも分類されないもの）	外来動物や乗り物用に訓練された動物の供給など、本区分の他のどこにも分類されない、その他の供給サービス	労働用・ペット用の動物
調節	生物物理学的環境の修復・調節	生物修復	植物・藻類・微生物・動物による汚染物質の解毒・分解	土壌や地下水中の汚染物質の水準の低下
		汚染物質の希釈・濾過・隔離	河川への都市廃水の希釈、生物地球化学的過程による廃水からの有機物や栄養の除去；微粒子やエアロゾルの濾過；有機沈殿物中の栄養や汚染物質の隔離、臭気の除去	きれいな空気・水・土壌
	フロー調節	空気フロー調節	防風林として機能する天然・栽培植生、換気サービス	砂塵緩和、防風林、都市部の換気改善と熱緩和
		水フロー調節	流水の時期・規模の調節、洪水、涵養	洪水損害の防止；表流水と地下水への水補充；高潮被害の減少
		質量フロー調節	土壌・泥流の安定化	土壌浸食・雪崩・泥流の防止
	物理化学的環境の調節	大気調節	二酸化炭素の捕捉；気候調節；都市気候の維持（温度・湿度など）と地域的降水パターン	大気中の温室効果ガスの削減；気候変動の影響の減少；気候条件の改善
		水循環調節	水の酸素処理、水中の栄養の保持と移転	水質の改善
		土壌生成と土壌循環の調節	耕作システムにおける土壌の肥沃度と構造の維持	耕作システムにおける土壌の肥沃度と生産性の改善
		騒音調節	天然の緩衝とスクリーニング	騒音レベルの減少
	生物環境の調節	ライフサイクルの維持、生息域と遺伝子プールの保護	花粉媒介、種子の拡散、生育個体数・生息域の維持	作物の生産性の改善、生息域の保全
		害虫・疾病の制御（外来種を含む）	病原体の制御	作物・人間の健康・環境への危険水準の低下
文化	生態系（環境設定）の物理的または経験的利用	非抽出的レクリエーション	ハイキングやバード・レクリエーションのための景観・海景の特徴と生物多様性	ハイキング、バードウォッチング、ホエールウォッチングなどの楽しみ；健康水準の増加；観光産業における観光客数の増加
		情報と知識	科学的調査や教育のための景観の特徴と生物多様性	科学発展（例：花粉記録、年輪記録、遺伝子パターン）；知識の増加（例：野生生物に関する番組や本の主題）etc.
	生態系（環境設定）の知的表象	精神的・象徴的	文化遺産価値や個人的・集団的アイデンティティの感覚（場所の感覚）のための景観の特徴と生物多様性、精神的・宗教的機能、etc.	個人的・集団的アイデンティティの感覚の向上、国の象徴、精神的・宗教的機能的作用
		非利用	将来世代のための生態系サービスの生態系資本	将来世代が利用可能な生物多様性と生態系サービス

（出典）United Nations, 2013

3.3.3 生態系サービス勘定表

生態系サービス勘定の目的は、生態系サービスのフローに関する情報を、生態系サービスの種類や統計単位、生態系サービスの生産・利用者ごとに整理・体系化することにある。統計単位としては、多くの生態系サービスが生成される基盤となる LCEU が有効である。LCEU が完全に EAU の範囲内に納まる場合には、BSU に物量フローを割り当てる必要はないが、特定の生態系サービスが LCEU・EAU 境界を越えて生成される場合は、そのサービスについて EAU での帰属を可能にするため、BSU への情報の割り当てが求められる。

記録する単位は生態系サービスの種類により大きく異なる。供給・調節サービスにはトンや立方メートル、文化的サービスにはある場所への訪問者の人数や滞在時間を用いることが想定される。

表 3-4 は、生態系サービス勘定の基本形を示している。本表では、国全体での勘定表の構築を可能にするため、異なる地域における同一 LCEU の値が集計可能であると仮定されている。また、すべての生態系サービスが特定の種類の LCEU に起因していると仮定しているが、これは一部の調節サービス（例えば水フロー調節）には適合しない場合もある。

表 3-4 EAU における生態系サービスの物量フロー

	土地被覆・生態系機能単位 (LCEU) の種類							
	農地	都市	森林	湿地	...			
生態系サービスの種類 (CICES)								
供給サービス								
調節サービス								
文化的サービス								

(出典) United Nations, 2013

EAU 内における所有・管理の性質に関していくつかの仮定を置けば、表 3-5 のように、生態系サービスの生産・利用を経済主体ごとに記録することもできる。このような主体別のフローの測定は、生態系の劣化の勘定において特に重要である。

表 3-5 EAU における生態系サービスの生産と利用

	生態系サービスの生産			生態系サービスの利用				
	企業	政府	合計	企業	家計	政府	非居住者	合計
生態系サービスの種類 (CICES)								
供給サービス								
調節サービス								
文化的サービス								

(出典) United Nations, 2013

3.4 生態系資産勘定（物量単位）

上述のように、生態系資産は「相互に機能しあう生物・無生物要素とその他の性質の組み合わせを含んだ空間エリア」と定義され、生態系の状態と規模と、生態系サービスの期待フローという 2 つの観点から物量単位での勘定が行われる。

3.4.1 生態系の状態と規模

生態系の規模の測定は、基本的に面積によって行う。様々な LCEU の面積の大きさとその変化を測定することが焦点となる。

生態系の状態の測定は 2 段階からなる。第一に主要な特性（水・土壌・植生等）を選択し、それを表すための複数の指標を設定する。指標の変動が、生態系全体としての回復力や活力、構造の変化に対応するよう、科学的根拠に基づき特性・指標を設定する。第二に各指標を共通の時点で標準化する。この共通時点が、基準状態（reference condition）となる。表 3-6 に勘定表の基本形を示す。

表 3-6 会計期末における生態系の状態と規模の測定

	生態系の 規模	生態系の状態の特性				
		植生	生物多様性	土壌	水	炭素
	面積	指標例 ・葉面積指数 ・バイオマス ・年平均増分	指標例 ・種の多様性 ・相対存在量	指標例 ・土壌有機物 ・土壌中炭素 ・地下水面	指標例 ・河川フロー ・水質 ・魚種	指標例 ・純炭素収支 ・一次生産性
土地被覆・生態系機能 単位の種類 (LCEU)						

森林						
農地						
都市圏						
内陸水域						

(出典) United Nations, 2013

生態系の状態の変化に関する資産勘定表は、SEEA-CFの資産勘定構造に準拠し、表3-7のように構想される。表では、すべてのLCEUについて、期間中に規模の変化はないものと仮定されている。また表3-4と同様、各項目で用いられる指標は異なる単位をとる。

表 3-7 EAU における生態系の状態の変化

		生態系の状態の特性				
		植生	生物多様性	土壌	水	炭素
期首の状態						
状態の改善						
	自然再生による改善（通常の自然損失とのネット）					
	人間活動による改善の					
状態の後退						
	採取・収穫によるもの					
	継続的な人間活動によるもの					
	人間活動による壊滅的損失					
	自然イベントによる壊滅的損失					
期末の状態						

(出典) United Nations, 2013

3.4.2 生態系サービスの期待フロー

生態系サービスの期待フローの測定は、生態系資産が将来にわたって一連のサービスを生み出すための能力に焦点を当てる。一部の生態系サービスは資源の採取・収穫を含むこと、また生態系は再生されうることから、将来の採取量と再生量に関する予測を行うことが必要になる。また、生態系サービスの期待フローは、将来の使用パターンに関する仮定に依存する。勘定の目的に照らせば、まずは、現在の使用パターンに基づく特

定の生態系サービス群を考える必要がある。ただし、最適シナリオを含む代替シナリオに基づく推計も可能である。

表 3-8 は、ある時点における生態系サービスの期待フローの推計値を記録するための基本表である。サービス間の集計は想定されておらず、行・列は必要に応じて追加する。

表 3-8 会計期末における生態系サービスの期待フロー

	LCEU における生態系サービスの期待フロー			
	森林	農地	内陸水域	…
生態系サービスの種類 (CICES)				
供給サービス				
調節サービス				
文化的サービス				

(出典) United Nations, 2013

3.4.3 生態系資産の変化の測定

以上の 2 点に加えて、生態系の劣化や改善といった生態系資産の変化も重要な勘定課題とされる。生態系資産の変化は、「劣化・改変」(ecosystem degradation and ecosystem conversions)、「改善・その他の変化」(ecosystem enhancement and other changes)、「再生」(regeneration) 等に分けて測定する。

3.5 生態系勘定における貨幣評価

生態系サービスと生態系資産の多くは市場では取引されず、価格付けが行われないことから、貨幣価値の評価に当たっては手法上乗り越えるべき課題が多い。また、生態系の利用と利用者に関する詳細なデータを要する。実験的生態系勘定では、第 5 章で評価のための考え得るアプローチや課題を概説し、第 6 章では物量・貨幣単位の勘定の統合に関する議論を展開している。ただし、勘定の統合については問題が多いため、あえて提言という形は採っていない。

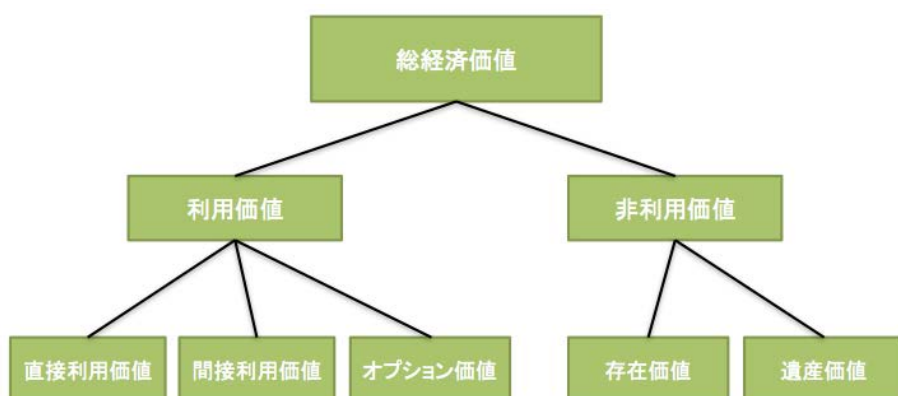
3.5.1 SNA における評価原則と厚生経済学

評価にあたっては、国民会計と厚生経済学の価値概念の差異に留意しなければならない。国民会計では、取引量×市場価格によって評価が行われるため、生産者余剰と生産

コストの合計が価値の範囲となる。一方厚生経済学では、消費者余剰（消費者の支払意思額（willingness to pay: WTP）と市場価格の差額の総計）も価値に含める。国民会計との整合性を確保するためには、生態系サービス・生態系資産も、前者に準拠して取引額と市場価格で評価すべきである。しかし実際の生態系サービスの評価では、市場価格を反映しない WTP 測度が適用されている場合がある。その場合は、評価結果に消費者余剰がどの程度含まれているかを考慮する必要がある。

また価値には、①直接的利用価値、②間接的利用価値、③オプション価値、④非利用価値の 4 種類が存在し、理論的には全ての価値を集計することで総経済価値（Total Economic Value: TEV）を得ることが望ましい（図 3.4）。しかし実際には、③のオプション価値に関する研究蓄積は少なく、④の非利用価値の定量化・価格付けには多くの論争がある状態となっている。そこで SEEA では、④の非利用価値については、個人の効用にのみ基づくものであるため国民会計の対象からは除外し、①～③の価値については国民会計の価値概念に基づきケースバイケースで特定することを提案している。

図 3.4 総経済価値（Total Economic Value: TEV）評価の体系



（出典）United Nations, 2013

3.5.2 生態系サービスの貨幣評価法

生態系サービスの貨幣評価については、現在、環境経済学の諸領域で様々な手法が開発されている。その主なものを表 3.9 に挙げる。このほか、実験的生態系勘定では、交換価値シミュレーション法（Simulated Exchange Value approach）が提案されている。生態系サービスの種類によって、適用すべき手法は異なる。また、SNA の生産境界内の生産過程との関わりがある場合には、生態系サービス自体を直接評価するのではなく、その便益を評価した上で生態系の寄与分を特定することが望ましい。

表 3.9 生態系サービスの評価手法

分類		評価手法	概要	評価適用例
市場評価法		単位資源レントによる価格付け	資源の市場取引価格から生産コストを引いた額で評価する。	主に供給サービス（木材、水産物等）。
		生態系サービス支払い・取引スキーム	近年発達している生態系サービスの自発的市場における価格で評価する。	主に調節サービス（森林による炭素固定や水量調整等）。
非市場評価法	顕示選好法	代替法	評価対象に相当する私的財に置き換える費用によって評価する。	森林の水質改善や土砂流出防止の機能等。
		回避行動法	環境悪化・被害の影響回避のために費やされた費用によって評価する。	水質汚染、騒音等。
		トラベルコスト法	対象地までの旅行費用によって評価する。	レクリエーションや景観等訪問に関わるもの。
		ヘドニック価格法	環境質の差異や変化が地代や賃金に与える影響によって評価する。	地域アメニティ、水質汚染、騒音、死亡リスク等。
	表明選好法	CVM（Contingent Valuation Method）	環境変化に対する支払意思額（WTP）や受入補償額（WTA）を直接たずねることで評価する。	レクリエーション、景観、希少動植物、生物多様性等。
		コンジョイント分析	複数の環境対策を提示し、その選好をたずねることで評価する。	レクリエーション、景観、希少動植物、生物多様性等。

なお、一部を除き、生態系サービスと生態系資産の多くは市場で取引されず、価格付けが行われない。このため、生態系の貨幣評価には、環境経済学の諸領域で蓄積されつつある様々な評価手法を用いるとともに、生態系の利用と利用者に関する詳細なデータの整備を要する。

なお、貨幣評価にあたっては、国民会計と厚生経済学の価値概念の差異に留意する必要がある。国民会計では、取引量×市場価格によって評価が行われるため、生産者余剰と生産コストの合計が価値の範囲となる。一方厚生経済学では、消費者余剰（消費者の支払意思額（willingness to pay: WTP）と市場価格の差額の総計）も価値に含める。国民会計との整合性を確保するためには、前者に準拠して取引量と市場価格で評価することが望ましい。しかし実際の貨幣評価手法には WTP が用いられることが多いため、評価結果に消費者余剰がどの程度含まれているかを考慮する必要がある。

4. 生態系勘定の課題 ～生態系サービスの期待フローの評価～

実験的生態系勘定の特徴の一つは、生態系資産の評価を、生態系の状態と規模という観点に加え、生態系サービスの期待フローという観点から行うこととしていることである。

先述のように、生態系サービスの期待フローは「所与の生態系サービス群についての、生態系資産からの将来の全生態系サービスフローの物量単位の集計的測度」と定義されるが、この定義だけでは、比較可能な形で勘定の値を推計することは困難である。例えば、以下のような点が明らかでない。1) 将来とはどの程度の期間を指すのか、2) 各期に供給される生態系サービスを全期間にわたって集計する際には、割引率などを使用すべきなのか、3) 割引率を使用するとしたら具体的にどの程度に設定すべきか、異なる生態系サービスで同じ割引率を使うべきなのか。

また、これらの点が明らかになったとしても、先述のように、生態系サービスの期待フローの計測には、4) 将来の使用パターンについての仮定と、5) 生態系の再生量（増殖過程）の把握が必要となる。前者は、例えば現状の使用パターンが続いた場合というように、勘定の用途に応じて適切な過程を置けばよいが、後者については、生態系資産の状態と規模に応じた増殖過程を実証的に把握し、モデル化することが必要となる。しかし、生態系の構造を構成する個々の要素の増殖過程は、他の要素との相互関係を含む極めて複雑な要因によって左右されるため、一般に正確な把握は極めて困難である。単一の生物種の増殖過程についてさえも、種によっては十分な研究蓄積がなく、ほとんど実態が明らかになっていないことがある。

以下では、自らの個体数のみに増殖過程を依存する単一種の生物資源の供給サービスの場合を例にとって、生態系サービスの期待フローの計測方法についての試論的な考え方を提示する。期待フローは、無期の将来にわたる各期の便益の集計値で評価し、各期の便益は割引率 δ で割り引かれるとする。

単純化のため、 t 期における当該種のある個体群における収穫量がストックに対して線形の関係にあると仮定し、以下のように置く。

$$h(E(t), N(t)) = qE(t)N(t) \quad (1)$$

ここで $E(t)$ は収穫努力量、 $N(t)$ は個体群の個体数、 q は収穫能率を表す。このとき、当該生物種の供給サービスの期待フロー F は以下のように表すことができる。

$$F = \int_{t=0}^{\infty} e^{-\delta t} [p(t) \cdot qE(t)N(t) - c(E(t))] dt$$

ただし、 $p(t)$ は個体あたりの便益を表し、 $c(E(t))$ は収穫コストを表す費用関数であるとする。

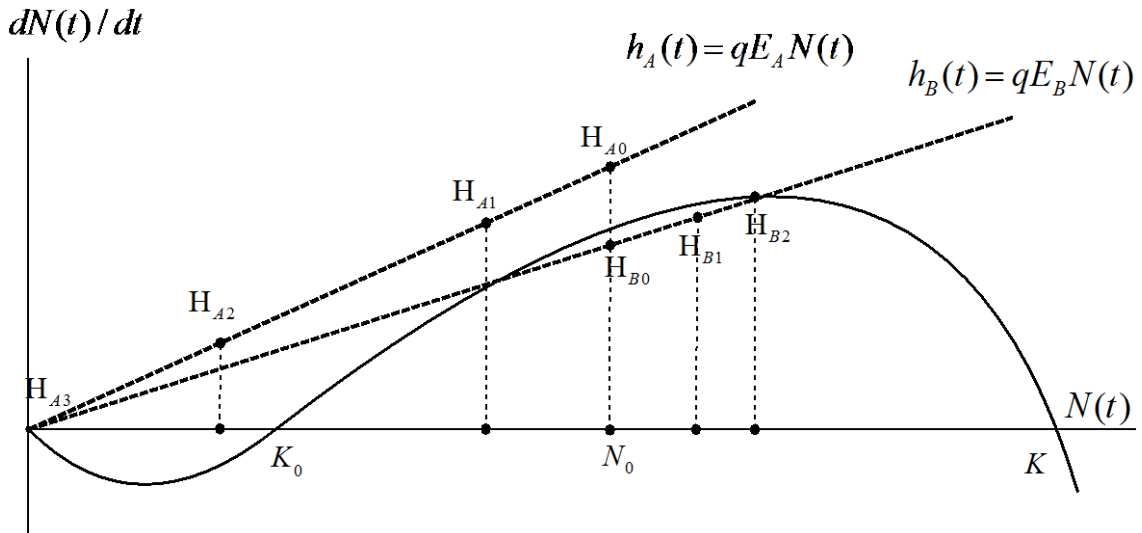
たとえば、当該魚種の自然増殖過程がアリー効果内包型のロジスティック増殖に従うと仮定すると、個体群の増殖過程は(1)を用いて以下のように表される。

$$\frac{dN(t)}{dt} = r \left(\frac{N(t)}{K_0} - 1 \right) \left(1 - \frac{N(t)}{K} \right) N(t) - h(E(t), N(t)) \quad (2)$$

ただし、 K は環境容量、 $K_0 \in (0, K)$ は最大存続可能個体数、 r は正の定数であるとする。

ここでは、収穫努力が現在のまま一定の現状シナリオを考える ($E(t) = E$)。現在の個体数を $N(0) = N_0$ とすると、(2)より、収穫努力の違いに応じた毎期の収穫量は、たとえば図 3-3 のように表される。収穫努力が E_A の場合、3 期で個体群が絶滅するため、生態系サービスの期待フローは今年を含め 3 年分の収穫の純便益の流列の現在価値となる。一方、 E_B の場合、2 年目で収穫量＝増殖量となり、以降は永久にこの捕獲量が続くことになり、生態系サービスの期待フローは、純便益の無期の流列の現在価値の合計で表される。

図 4-1 捕獲行為と増殖過程



参考文献

- Ahmad, Y.J., S.R. Serafy, and E. Lutz (eds.), 1989, *Environmental Accounting for Sustainable Development: selected papers from joint UNEP/World Bank workshops*, Washington, DC: The World Bank.
- United Nations, 2012. *System of Environmental-Economic Accounting (SEEA): Central Framework*.
- United Nations, 2013, *System of Environmental-Economic Accounting (SEEA): Experimental Ecosystem Accounting*, Background documents for the 44th session of the Statistical Commission.