

平成 27 年度 環境経済の政策研究  
生態系サービスの定量的評価及び生態勘定フレームワーク 構築  
に向けた研究  
研究報告書

平成 28 年 3 月

神戸大学  
京都大学  
九州大学  
長崎大学  
農林水産政策研究所  
公益財団法人 地球環境戦略研究機関



## 目次

<b>研究計画・成果の概要等</b> . . . . .	1
1. 研究の背景と目的	1
2. 3年間の研究計画及び実施方法	1
3. 3年間の研究実施体制	3
4. 本研究で目指す成果	4
5. 研究成果による環境政策への貢献	4
<b>平成27年度の研究計画および進捗状況と成果</b> . . . . .	5
1. 平成27年度の研究計画	6
2. 平成27年度の進捗状況および成果(概要)	9
3. 对外発表等の実施状況	14
4. 英文サマリー	16
5. 平成27年度の進捗状況と成果(詳細)	18
<b>第1章 生態系勘定の世界的動向</b>	19
1.1 実験的生態系勘定(SEEA-EEA)	19
1.2 諸外国における生態系サービス勘定の作成動向	29
1.3 我が国における生態系勘定の作成にかかる課題	40
<b>第2章 第2章 生態系の量的データ収集</b>	42
2.1 森林面積・蓄積データベースの整備について	42
2.2 森林面積・蓄積データの地理的分布と経年変化について	45
2.3 今年度研究成果のまとめ	54
<b>第3章 環境の経済評価手法の応用による生態系サービス評価に関する研究</b>	55
3.1 環境の経済評価手法	55
3.2 生態系サービス勘定に応用可能な環境の経済評価手法	59
3.3 評価値の妥当性	61
3.4 環境の経済評価事例	61
3.5 生態勘定への応用可能性を考慮したサーベイ調査	65
3.6 まとめと今後の課題	68
<b>第4章 生態系サービス源としての森林資源価値のメタ分析</b>	70
4.1 はじめに	70
4.2 評価データの利用	71
4.3 メタ関数の変数設定	72
4.4 メタ関数の推定	73
4.5 生態系サービス源としての森林資源価値評価	76

4.6 まとめと今後の課題	79
第5章 まとめと環境政策への貢献	80
今後の研究方針（課題含む）・・・・・・・・・・・・・・・・	83
添付資料・・・・・・・・・・・・・・・・	86

## 研究計画・成果の概要等

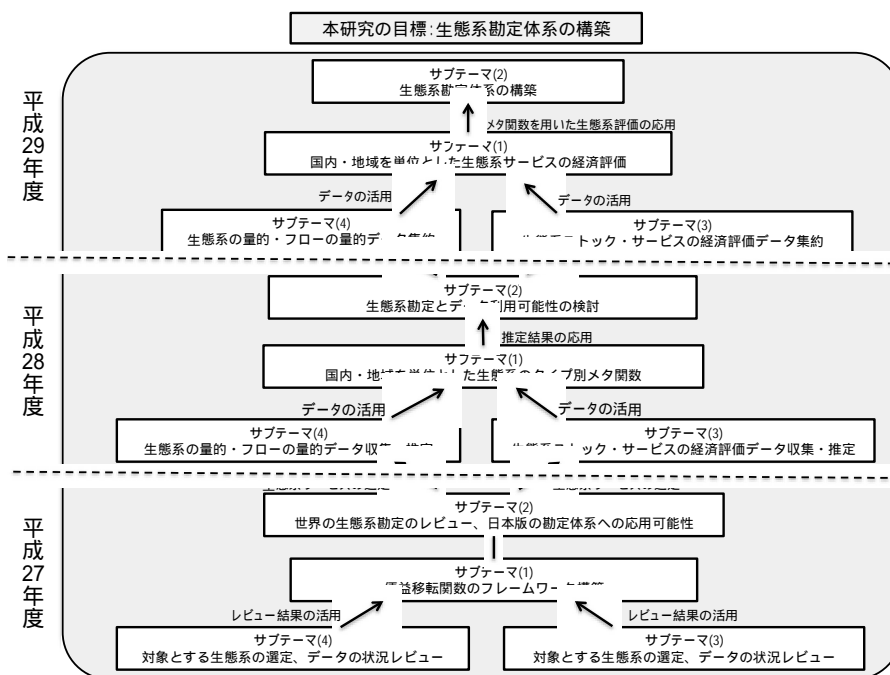
# 1. 研究の背景と目的

ミレニアム生態系評価や TEEB 報告書に見られるように、生態系サービス評価の重要性は共通認識となっており、我が国においても愛知目標に向けた政策立案が進んでいる。一方で、持続可能な発展の達成にむけても様々な研究や政策論が展開されており、そこでは政策立案・評価に関わる持続可能性指標の開発において生態系サービスを位置づけることが急務とされている。こうした背景を踏まえて、生態系サービスの評価手法の発展および実践と、持続性指標の精緻化を結びつけるための生態系勘定フレームワークの開発を行うことが求められている。そのためには、実験的生態系勘定 (SEEA-EEA) などの世界的なフレームワーク構築の動きを踏まえながら、国内における愛知目標に向けた政策立案および国家勘定・報告制度の確立が求められている。

本研究は、生態系サービスの経済評価に基づく自然資本ストックの評価と勘定体系の構築ならびに持続可能性指標等のマクロ指標への応用を目的とする。生態系サービス評価は、これまでのところ事例ベースでの研究が進んでいる一方で、そうした事例の勘定体系への集約に向けた研究が不十分である。そこで本研究では、事例ベースで蓄積している生態系サービス評価を集約し、拡充しつつある環境・経済統合勘定などへ反映していくことを通じて、我が国の森林賦存量や水産資源データといった自然生態系ストックデータ、ならびに経済評価研究に基づいた包括的な生態系サービス評価を検討する。これにより、生態系ストック量の把握と生態系サービスフローの把握およびそれらの保全施策の立案に活用されると同時に、生態系保全に関わる各経済主体の意思決定においても利用されうる情報として勘定体系が参照されることが期待され、我が国の生態系保全政策に大きく貢献することが期待される。

# 2. 3年間の研究計画及び実施方法

研究全体の構成は以下のフローチャートに集約される。



### (1)便益移転関数の推定による生態系サービス評価に関する研究

[研究体制：神戸大学]

自然資本の指標化における経済学的課題は、量的把握だけでなくその価値評価を含めた可視化である。特に生態系ストックや生態系サービスは多面的機能と多様な価値をもつため、その経済学的評価は大きな課題となっている。今日では様々な環境評価手法を生態系評価に適用する試みが進んでおり、事例に基づく評価結果も蓄積しつつある。本サブテーマでは、(3)の研究成果に連動しながら最新の環境評価手法とその妥当性を精査し、日本における生態系サービス評価の事例研究を収集し、必要に応じて(4)の研究成果から得られる生態系サービス評価データを集約することで、既存データのメタ分析を可能とし、未評価の対象値を推測的に評価する手法である便益移転を用いて生態系サービス評価を行う。この手法の概略は、既存の事例ベースの評価結果を被説明変数とし、その評価値を規定する要因を説明変数として回帰分析を行うことによって、各要因の評価値への寄与を推定し、まだ評価されていない生態系サービスの価値を推測するというものである。こうした推測が可能になれば、日本における生態系サービスを統一的な方法によって評価することができるため、その結果を(2)の研究成果から得られる勘定体系のフレームワークに当てはめることが検討できるようになるのと同時に、持続可能性指標その他自然資本の評価を必要とする諸指標への応用可能性も考えられるようになる。本サブテーマは、環境経済評価と指標に研究業績のある神戸大学の佐藤（研究代表者）が担当する。

本サブテーマは、平成 27 年度に利用可能な生態系データの概況を踏まえた上で便益移転関数のフレームワーク構築、具体的には既存の事例研究に対するメタ関数の回帰モデルを構築し、主要な生態系として森林資源から推定を行う。平成 28 年において、サブテーマ(3)および(4)のデータ提供を受けてその他の生態系について推定を行う。平成 29 年にサブテーマ(2)で提案された生態系勘定に当てはめる数値を提供する。

### (2)環境・生態系統合勘定の応用による生態系サービス評価に関する研究

[研究体制：農林水産政策研究所・地球環境戦略研究機関]

国連統計局では生態系サービスの評価のための環境経済統合勘定である実験的生態勘定( SEEA-EEA )を公表しており、オランダなど欧州諸国を中心に SEEA-EEA による生態系サービスのマクロ評価が行われている。このように環境経済統合勘定を用いた環境情報の整理及び評価は世界的な潮流となっており、我が国においても愛知目標の達成に向けた取組の成果を世界標準ツールである環境経済統合勘定によりマクロ評価することが求められる。そこで本課題では、国連における環境・経済統合勘定( SEEA )開発動向を把握し、特にそのうち実験的生態系勘定( SEEA-EEA )の内容について、その評価項目・評価方法及び必要データを精査する。また、生態系勘定の開発に係る様々な課題として、対象とする生態系資産・生態系サービスの選定や空間的統計単位の設定、生態系サービスの供給者と受益者の特定などについても十分な検討を行う。その上で、日本における SEEA-EEA の構築に向け、我が国のデータ利用可能性を考慮しつつ生態系評価のためのフレームワークを構築する。さらに、サブテーマ(1)、(4)の成果をもとに、フレームワークに具体的データを計上し、日本版 SEEA-EEA として数値を入れていく。本サブテーマは、環境経済統合勘定および実験的生態勘定に関する多くの研究成果をもつ農林水産政策研究所の林と地球環境戦略研究機関の蒲谷が適任であり、分担する。

本サブテーマは、平成 27 年に各国の生態系勘定のレビューを行い、我が国の生態系の特徴を踏まえて応用可能性を検討する。平成 28 年に、データの入手可能性を踏まえた日本版の生態系勘定が持つ特徴を定め、サブテーマ(1)の成果を受けて森林資源、水産資源、陸水生態系など可能なものから数値化していく。平成 29 年に、日本版生態系勘定体系として、各サブテーマの成果を反映した指標の推計作業を行う。

### (3)環境の経済評価手法の応用による生態系サービス評価に関する研究

[京都大学]

生態系の経済価値評価は、これまでの研究蓄積によって妥当な調査手順が明確になってきている表明選好法や顕示選好法などの環境経済評価手法を適切に応用することで可能になる。実際に世界的には急速に研究が発展している分野であり、手法の洗練とともに評価結果の信頼性や妥当性も高まってきており、政策利用も可能なレベルになっている。現時点において、日本の生態系勘定に採用されるべき生態系サービス評価への適用も十分に可能であるレベルに到達していると考えられ、本サブテーマは最新の経済評価手法を踏まえた生態系サービス評価を行う。生態系の多面的な価値は土地固有であるものも含まれ、また評価主体が置かれる社会経済的条件にも依存することを考慮し、日本版生態系勘定で評価すべき生態系サービスの特定、その価値推定に最適な評価手法の選定、および実際の評価研究、ならびに利用可能なこれまでの評価結果の収集と選定を行い、サブテーマ(1)に提供する。生態系サービスの経済評価の高度な研究蓄積を有する京都大学の栗山が適任であり、分担する。

本サブテーマは、平成 27 年に日本版生態系勘定に取り入れるべき生態系の特徴の研究と評価可能性を検討し、現時点における評価研究を総覧してサブテーマ(1)に提供する。平成 28 年に、サブテーマ(4)に対応する生態系についての経済評価研究を行う。平成 29 年にサブテーマ(2)で構築される生態系勘定フレームワークに必要な評価結果を集約するとともに、その後の指標更新のための手順を確立する。

#### (4)データ欠損補完手法と生産性分析による生態系データ収集に関する研究

[九州大学・長崎大学]

自然資本ストックの統計的データを整備するために、多様な統計書及び日本政府のオープンデータより生態系資産・生態系サービスの量的データを取得する。加えて、入手が難しいデータについては、Multiple Imputation Method と呼ばれる統計的欠損補完手法を適用することで、包括的で利用しやすいデータベースの構築を行う。データ整備及び欠損値の推計は九州大学の馬奈木が多くの実績を有しており、適任と言える。

これらデータベース構築後に、生産関数アプローチを活用し自然資本ストックのシャドウプライスを推計する。この際に、自然資本ストックは我が国の生産活動における投入要素の一つであると想定することによって、労働や生産設備資本と同様に生産関数に組み込むことが可能となる。その上で、自然資本ストックを考慮した生産関数を推定することで、自然資本ストックの価値を推計することが可能となる。このアプローチからのシャドウプライスの推計については、長崎大学の藤井が多くの研究成果を有していることから、適任であると考え分担する。

本サブテーマは、平成 27 年に日本版生態系勘定体系を構築するにあたって測定すべき生態系のタイプを選定し、現時点におけるデータ入手可能性の状況を把握すると同時に、データ収集と推定を行いサブテーマ(1)に提供する。平成 28 年に、その他の生態系データの収集・推定を行い、サブテーマ(1)で推定できる生態系タイプを増やす。平成 29 年に、サブテーマ(2)で構築される生態系勘定フレームワークに必要な生態系データを集約し、研究期間終了後もデータ更新可能な体制を整備する。

### 3. 3年間の研究実施体制

[研究代表者]

佐藤真行 神戸大学大学院 人間発達環境学研究科 准教授

[研究参画者]

栗山浩一 京都大学大学院 農学研究科 教授

馬奈木俊介 九州大学大学院 工学研究院 教授



池田真也 九州大学大学院 工学研究院 研究員

藤井秀道 長崎大学大学院 水産・環境科学総合研究科 准教授

林 岳 農林水産政策研究所 主任研究官

蒲谷景 公益財団法人地球環境戦略研究機関 グリーン経済領域 研究員

#### 4. 本研究で目指す成果

本研究によって、森林資源や水産資源など我が国において重要と考えられる生態系ストックの量とその分布、およびその評価が行われる。個別に実施されてきた様々な種類の生態系サービスの経済評価を集約しメタ分析を行うことによって、生態系サービスの経済的評価値の類型化・特徴付けを分析することができる。これは、我が国においてどのような性質の生態系がどのような価値評価に至るのかを明らかにするものである。このことは、いまだ評価されていない生態系の価値を推測する際に有用であり、これによって持続可能性指標等の計測でも必要となる生態系ストックの社会的価値の推定へと応用することが可能となる。生態系ストックの社会的価値は、生態系勘定に必要な情報を直接的に提供するだけでなく、他の資本とのトレードオフを論じることができるため政策の総合的な評価も可能とする。

#### 5. 研究成果による環境政策への貢献

愛知目標の達成に向けて、現在の政策評価および今後の課題についての議論に貢献する。特に、本研究で検討された生態系勘定は、愛知目標に掲げられている生態系サービスの国家勘定へ組み込むという政策ニーズに応えるための基礎資料を提供するものである。また、国連大学を始めとする諸機関から持続可能性指標としての新国富報告書が 2016 年に公刊される予定であるが、統計データの量・質ともに充実している我が国において詳細な生態系資本の評価を行いとマクロ指標への応用の枠組みへ連携させることは、世界的に進む指標づくりにも寄与するものであると同時に、この勘定体系と指標を利用することで、生態系保全と持続可能性の統合的な政策的議論を世界に先駆けて行うことができる。具体的には我が国において重要と考えられる自然資本、例えば農林水産資源などの生態系に関する資源ストックの管理について、社会的価値の観点からの政策評価材料を提供する。

## 研究の実施内容

## 1. 平成 27 年度の研究計画

### サブテーマ(1)便益移転関数の推定による生態系サービス評価に関する研究

本サブテーマは神戸大学の佐藤（研究代表者）が担当し、初年度として生態系サービス評価の対象として森林を取り上げ、サブテーマ(3)との連携しながら日本における森林生態系価値評価のデータ収集と森林資源を対象とした便益移転関数の推定に向けたデータセットの構築を行う。そして利用可能なデータと、導入すべき変数としての重要性の観点から便益移転関数に導入する変数の選定を行う。そのために、森林を始めとする我が国の生態系サービスに対する重要性に関する評価を評価するための社会調査を行う。それを踏まえて、既存の事例ベースの森林生態系価値評価結果を被説明変数とし、その評価値を規定する要因を説明変数として回帰分析を行うことによって、各要因の評価値への寄与を推定し、まだ評価されていない生態系サービスの価値を推測することによって、我が国に賦存する森林資源評価につなげていく。また、適宜(4)の研究成果から得られる生態系サービス評価データと結合して、生態系勘定に投入する評価値を試算していく。

### サブテーマ(2)環境・生態系統合勘定の応用による生態系サービス評価に関する研究

本サブテーマは農林水産政策研究所の林と地球環境戦略研究機関の蒲谷が担当し、国連統計局から公表されている生態系サービスの評価のための環境経済統合勘定である実験的生態勘定（SEEA-EEA）の日本への適用の観点から精査すると同時に、オランダなど欧州諸国を中心に SEEA-EEA による生態系サービスのマクロ評価の現状を把握するためのレビューを行う。さらに欧州における動向を詳細に把握するためのインタビュー調査を行う。また、生態系勘定の開発に係る様々な課題として、対象とする生態系資産・生態系サービスの選定や空間的統計単位の設定、生態系サービスの供給者と受益者の特定などについても十分な検討を行うことを通じて、我が国の生態系の特徴を踏まえた応用可能性を検討する。こうした検討を踏まえて、本研究の最終的な目標としての生態系勘定フレームワークの開発を進める。

### サブテーマ(3)環境の経済評価手法の応用による生態系サービス評価に関する研究

本サブテーマは京都大学の栗山が担当し、これまでに表明選好法や顕示選好法などの環境経済評価手法によって評価された我が国の生態系の経済価値評価研究を収集・精査する。その際には、これまでの研究蓄積によって明確にされた評価過程の妥当性の観点から、便益移転に利用可能な事例研究を抽出する。同時に、現在開発が進んでいる実験的手法の可能性を精査し、生態系勘定に提供する生態系サービス評価として実験的手法が利用可能かどうかを検討する。以上はサブテーマ(1)における便益移転関数の推定に用いるデータセットに導入することが目的となることから、サブテーマ(1)と密に連携するとともに、分担者が研究代表を務める「我が国における自然環境施策の社会経済への影響評価分析に関する研究」とも連携して、生態系評価の事例研究を進める。また、過去の事例研究でフォローしきれない生態系評価に関するデータは、サブテーマ(1)で実施する社会調査を通じて入手する。

### サブテーマ(4)データ欠損補完手法と生産性分析による生態系データ収集に関する研究

本サブテーマは九州大学の馬奈木俊介・池田真也、長崎大学の藤井秀道が担当し、様々な統計書及びオープンデータを用いて自然資本ストックの統計的データを収集することで生態系資産・生態系サ

ービスの量的データを整備する。本年は森林生態系についてデータの収集を行い、森林資源ストックに関する量的データを整理する。また、おそらくデータの入手可能性の観点からデータセットに欠損値が発生することが予想されるため、その対応として統計的欠損補間手法を用いたデータ推定を行う。これらは生態系勘定における量的データを構成するが、サブテーマ(1)と(3)による価値的データと合わせることで経済的評価データとして勘定フレームワークに導入することができる。そのための試算として、本年は森林生態系評価から着手する。

平成 27 年度年は、以上 4 つのサブテーマ、ならびにその他の研究課題との連携が機能するよう、研究代表者と分担者の間で随時確認しあうとともに、環境省担当者と政策ニーズのすり合わせを行う。また、本年度の研究成果を取りまとめて環境政策への反映を行う。

平成 27 年度の工程は、次のようにまとめられる。

平成 27 年度 工程表

	平成27年(2015)			
	1Qt	2Qt	3Qt	4Qt
(1)便益移転関数の推定による生態系サービス評価に関する研究				
(1)-1: 森林生態系サービス評価の事例データ収集, データセット構築				
(1)-2: 森林生態系サービス評価の便益移転関数の特定・推定			↓	
(1)-3: 沿岸・陸水生態系サービス評価の事例データ収集, データセット構築			↑	
(1)-4: 沿岸・陸水生態系サービス評価の便益移転関数の特定・推定				
(1)-5: その他生態系サービスについての検討				
(1)-6: 便益移転による生態系サービスの数値化とフレームワークへの導入				
(2)環境・経済統合勘定の応用による生態系サービス評価に関する研究				
(2)-1: SEEA, SEEA-EEAの動向の検討				
(2)-2: 日本における生態系勘定の構成要素の検討				
(2)-3: 日本版生態系勘定のフレームワーク開発				
(2)-4: 日本版生態系勘定の数値化				
(2)-5: 生態系保全に関する政策的含意の提供				
(3)環境の経済評価手法の応用による生態系サービス評価に関する研究				
(3)-1: 森林生態系サービスに対する環境評価研究の事例整理				
(3)-2: 森林生態系サービス評価のデータセットに関する信頼性検証				
(3)-3: 沿岸・陸水生態系サービスに対する環境評価研究の事例整理				
(3)-4: 沿岸・陸水生態系サービス評価のデータセットに関する信頼性検証				
(3)-5: その他生態系サービスについての検討とデータ更新手順の確立				
(4) 統計的データ欠損補完手法による生態系データ収集に関する研究				
(4)-1: 森林生態系サービスに対する物量データの整理				
(4)-2: 森林生態系サービスに対する物量データの欠損値補完				
(4)-3: 沿岸・陸水生態系サービスに対する物量データの整理				
(4)-4: 沿岸・陸水生態系サービスに対する物量データの欠損値補完				
(4)-5: 生態系勘定を使った社会経済分析				

は結果のインプット(アウトプット)の流れを示す。

## 2. 平成 27 年度の進捗状況および成果（概要）

平成 27 年度は各サブテーマにおいて以下のような研究を実施した。研究成果をより体系だてるために、生態勘定体系の構築（サブテーマ 2）、量的データの収集（サブテーマ 4）、価値評価データならびにメタ分析（サブテーマ 3、サブテーマ 1）の順に記載する。

### 2.1 環境・生態系統合勘定の応用による生態系サービス評価に関する研究（サブテーマ 2）

サブテーマ 2 では、実験的生態系勘定（SEEA-EEA）のレビューおよびイギリスとオランダにおける生態系勘定動向の調査を実施した。実験的生態系勘定（SEEA-EEA）のレビューでは、各章について詳細にレビューを行い、その技術的な課題など我が国で生態系勘定を作成する上で重要な事項を整理し、「生態系勘定の概念枠組と基本単位」、「生態系資産」、「生態系サービス」、「生態系勘定の作成に関する課題」としてまとめた。とりわけ我が国における生態系勘定作成への示唆として注目した点は、

国連の生態系勘定では、ストックとしての生態系資産とフローとしての生態系サービスを区別し、前者から後者が生成されるという関係性を明確化するとともに（図 1）後者の期待フローに基づいて前者を評価するというような動的なアプローチを採用していること、空間的統計単位として地理情報システム（GIS）の活用を前提とした枠組みを提示しており、従来の国民経済計算（SNA）とは大きく異なる考え方を導入していること、金銭価値評価において交換価値アプローチを採用するか厚生価値アプローチを採用するかという問題や、生態系サービスの供給者・受益者をどのように特定・制度化するかなど、SNA と接合する上で極めて重要かつ難しい課題があることである。これらの諸点については来年度以降、十分検討していく必要があると考えられる。

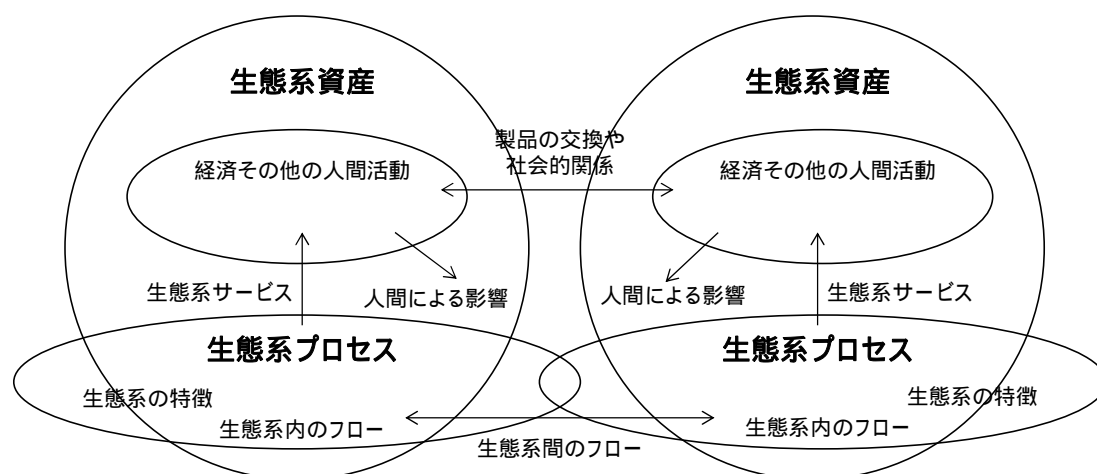


図 1 生態系ストックとフローの基本モデル

イギリスとオランダにおける生態系勘定動向の調査について、まずオランダでは、現在生態系価値を SNA に組み込む取組が行われている。オランダ政府は 2020 年までに全ての生態系サービスをマッピングし、経済・ビジネスおよび政策決定過程の一部とすることを提案している。2013 年のオランダの環境勘定には、生態系勘定を試作したものが組み込まれた。この作業においては、Roardalen と Limburg の 2 地域で試行的適用を行い、生態系勘定作成の可能性を調査している。調査の大部分は生

生態系サービス評価の基礎となる詳細な土地利用図の作成に充てられている。しかしながら、本調査では空間データの把握が中心であり、貨幣評価は実施されていない。

一方、イギリスでは、2009年から2011年にかけて、UK National Ecosystem Assessment (UK NEA) と称するプロジェクトが行われ、国内の生態系の賦存状況およびそこから供給される生態系サービスの状況を全国規模で詳細に分析している。このプロジェクトでは、イギリス内に賦存する生態系が地図上にまとめられており、さらにこれらの生態系サービスの貨幣評価も行われている。UK NEAの結果を受け、イギリスでは、2011年の『自然環境白書(NEWP)』の中でSNAに生態系サービスを導入することを明記しており、作業ロードマップでは、全ての生態系勘定策定の作業は2020年までに完了させる予定になっている。なお、生態系勘定にはSEEAフレームワークを援用している。

これら海外での生態系サービス勘定作成事例では、オランダ、イギリスの両国とも作業プロセスはほぼ同じと言って良い。すなわち、(1)土地利用勘定の作成、(2)土地利用ごとの自然資本ストック賦存量の推定、(3)そこから発生する各種生態系サービス量の推定、(4)生態系サービスごとの金銭評価という流れである。また、両国ともこれらの一連の生態系サービス評価およびSNAへの導入作業は2010年代前半から始まり、2020年までに完了するという長期的な作業スケジュールが組まれているのが特徴である。

## 2.2 データ欠損補完手法と生産性分析による生態系データ収集に関する研究(サブテーマ4)

サブテーマ4では、平成27年度において、生態系サービスの量的計測を目的とした森林資源の量的データ取得作業を実施した。サブグループ1において森林資源に関する生態系サービスの質的調査が進められていることから、量的調査においても主に森林資源をデータ収集対象としている。具体的なデータ変数としては、森林面積(ha)、森林蓄積(m<sup>3</sup>)について、樹種別(針葉樹 or 広葉樹)、成立過程別(人口林 or 天然林)に分類を行い、データ収集を行った。加えて、本研究の最終目標でもある新国富指標を地域別に推計するために、都道府県別でのデータ収集を実施している。

上記データ変数に加えて、本年度調査では森林の育成期間(年)及び密度(m<sup>3</sup>/ha)データの経年変化についても、取得データより推計を行った。育成期間及び密度データは森林資源の質的指標として活用が期待できるとともに、生態系サービスの向上に向けた効率的な伐採計画や植林計画を策定する際に、重要な指標になると言える。また、森林の生態系サービスを評価する上で重要となる公益的機能についても本調査では着目した。特に、水土保持、資源循環、人との共生の3つの側面に焦点を当て、森林の公益的機能の利用形態が地域間でどのように異なるかについて考察を行った。

データ取得対象となる森林は、計画対象森林(5条森林及び7条の2森林)である。5条森林とは「森林法第5条第1項に基づく地域森林計画の対象となっている森林」を指し、「計画対象民有林」と同意である。また、7条の2森林は「森林法第7条の2第1項に基づく国有林の地域別の森林計画の対象となっている森林」を指すものであり、「計画対象国有林」と同意である。データの出典として「2000年世界農林業センサス」及び平成19年4月1日現在と平成24年3月31日現在の「森林資源の現況」を利用した。これらのデータソースを利用することで2000年度、2006年度、2011年度の3時点における森林資源の変化を都道府県別に明らかにすることが可能となる。

来年度では、本年度に構築したデータセットに対して、サブグループ1で推計した「森林資源量当たりの生態系サービス」の数値を乗じることで、森林資源による生態系サービスの推計を実施する。加えて、生態系サービスの変化がどのような要因によって引き起こされているかを明らかにするため

に、要因分解分析を実施する。

要因分析の研究フレームワークについて下記に記す。森林資源による生態系サービスが立木地から得られると仮定した場合に、生態系サービスの総計は式(1)で表される。

$$\begin{aligned} \text{生態系サービス} &= \text{人工林針葉樹のサービス} + \text{人工林広葉樹のサービス} \\ &+ \text{天然林針葉樹のサービス} + \text{天然林広葉樹のサービス} \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、人工林針葉樹の森林資源から得られる生態系サービスに着目し、要因分解の計算式を記載する。人工林針葉樹から得られる生態系サービスの量は、式(2)のように分解することが出来る。

$$\begin{aligned} \text{人工林針葉樹のサービス} &= (\text{人工林針葉樹のサービス} / \text{人工林針葉樹の面積}) \\ &\times (\text{人工林針葉樹の面積} / \text{立木地面積}) \\ &\times (\text{立木地面積} / \text{森林面積}) \\ &\times (\text{森林面積}) \end{aligned} \quad (2)$$

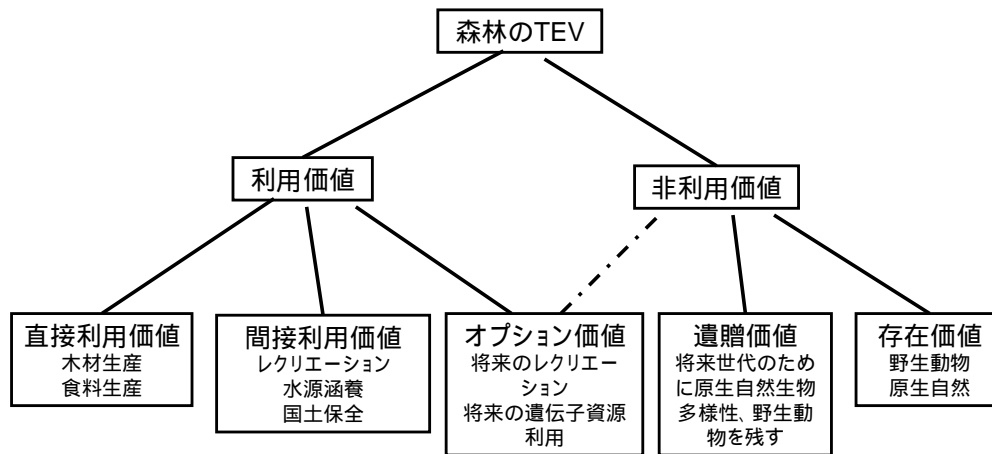
ここで、右辺の第一項は生態系サービスの原単位(生態系サービス/面積)を表し、各分類の森林資源から期待できる生態系サービスの大きさを反映している。第二項は立木地面積に占める人工林針葉樹の割合を示しており、樹種別・成立過程別の森林資源の分布を反映している。第三項では、森林面積に占める立木地面積の割合を示している。この要因は、立木地以外の森林面積がどれほど含まれているかを示しており、特に無立木地の面積が高いほど、この割合は低くなる。従って、森林管理の適正度を反映した要因として解釈できる。最後の第四項は森林面積であり、森林の規模を反映した要因となっている。

以上をまとめると、各樹種・成立過程別の生態系サービスの変化は、生態系サービス原単位の変化、樹種別面積の構造変化、森林管理適正度の変化、森林の規模の変化の4つの要因に分解することが可能となる。来年度では、本要因分解分析フレームワークを用いることで、各都道府県の森林資源による生態系サービスの変化が、上述した四要因のどれによって引き起こされているのかを明らかにする。

### 2.3 環境の経済評価手法の応用による生態系サービス評価に関する研究(サブテーマ3)

サブテーマ3では、生態勘定に取り入れられる価値データの収集に向けて、生態系サービスの経済学的評価手法について、環境の経済評価論の観点から精査した。最初に、生態系サービスの価値づけにおける効用理論的枠組を整理したうえで、理論的背景をもつ経済価値評価手法について概観した。特に、生態勘定については、商業的な利用価値だけでなく、非利用価値を評価することが重要であることが指摘されており、我が国の生態勘定においても非利用価値を含める必要がある。





( Bateman 2002 をもとに作成 )

図 2 生態系サービス源としての森林の価値

次に、こうした生態系サービス源に対するマクロ的な評価に適する手法として CVM を含めた表明先行法の利用可能性を検討した。ミクロ的な評価でなく、マクロ的な生態勘定としての応用可能性を探るため、本章では次の 4 つの基準を求めた。

- (1) 評価手法：対象の評価手法として適切か。非利用価値を含めた評価となっているか。
- (2) 評価の主体：評価主体（個人、世帯、公共部門全体）が適切に定義されているか。
- (3) 評価の時間的単位：評価の時間的単位（ワンショット、毎月、毎年）が適切に定義されているか。
- (4) 評価の空間的単位：評価対象の空間的定義（広さなど）が適切に定義されているか。

これらの条件は、生態勘定として「量×価値」として評価していくにあたっての、適切な価値データの収集という観点から求められるものである。評価の主体や時間的空間的単位は、価値データを量に乗じるプロセスにおいて非常に重要である。

次に、こうした理論的整理にもとづいて、日本における既存の先行研究について、今年度は森林資源を対象として収集した。日本においても顕示選好法や表明先行法の適用事例が増えつつあることが確認されたが、生態勘定に応用可能な事例研究はそれほど多くないことが分かった。

この問題に対して、本年度はサーベイ調査を実施して、上記の 4 つの基準を満たすかたちで支払カード型 CVM を実施し、森林 1ha に対する世帯あたり年間価値を推定した。ここでは、森林に対する非利用価値を含む評価値として、支払意思額が利用されている。その結果、評価値の分布が得られた。平均的には、森林 1ha あたり世帯あたり年間約 2,170 円の価値が見出されたが、全体的に東日本のほうが高い評価値となっている傾向が見られる。こうした傾向について、社会経済特性ならびに森林特性の観点から要因分析を行っていくことが第 4 章（サブテーマ 1）の課題となる。

## 2.4 便益移転関数の推定による生態系サービス評価に関する研究（サブテーマ 1）

本章では、生態系勘定として導入すべきデータとしての価値データについて、メタ分析の先行研究を参照しながら、第 3 章で得られた森林 1ha に対する世帯あたり年間価値の決定要因をメタ分析によって定量的に明らかにした。説明変数には、先行研究で採用されている社会経済的属性として世帯所

得と、人口構造として性別と年齢を導入し、森林属性として人工率、天然林率、加重平均樹齢を導入した。その結果、いずれも有意な影響を原単位評価に与えていることが示された。

そして推定された回帰式を使って、各県別に原単位を推定し、それに第3章で提供される森林の量的データを乗じることによって、県別の生態系サービスストック源として森林価値が評価された。その結果は図3のように示される。単純な比較は出来ないが、Costanza et al. (1997) では世界の生態系サービスは世界 GDP のおよそ 0.9 倍～3 倍であるとしている。本研究結果では、もっとも大きな増加を示した北海道で GDP の 2.4 倍、沖縄県で 1.16 倍、長野県で 0.72 倍、もっとも大きな減少を示した岩手県で -3.23 倍、岐阜県で -1.86 倍、千葉県で -0.86 倍であった。こうしたことから日本において生態系サービス源としての森林は極めて重要であると考えられる。このように持続可能性指標におけるシャドウ・プライスについて、地域差や森林の質を考えながら見てみると、県によっては無視できないほど森林変化の影響が大きいことがわかる。

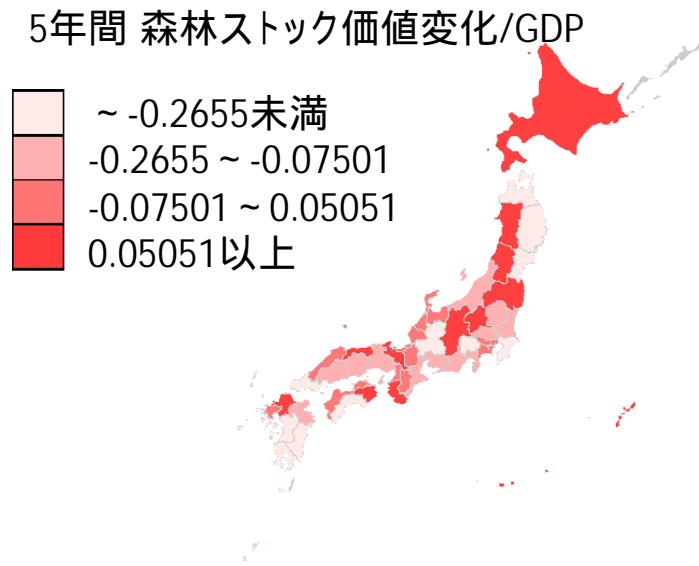


図3 県内 GDP 比の森林価値変化

こうした評価値は、持続可能性指標などへの応用が可能である。世界銀行の調整順貯蓄( Adjusted net savings ) や国連大学の新国富指標( Inclusive Wealth Index ) は、GNI 比の森林価値減耗を指標に取り入れている。その際には、日本の森林変化に 1ha あたりの森林レントを乗じることによって評価しているが、そこでは日本の森林ストック量が安定しているためにほぼゼロと査定されている。本研究ではこうした点について、地域別のストック量変化を測定しただけでなく、森林レントではなく非利用価値を含めたシャドウ・プライスを推定した点においてより精度の高い評価となっていると考えられ、これを新国富指標をはじめとする日本版持続可能性指標の構築に利用することが考えられる。また、こうした生態勘定を、政府による森林保護政策や、企業による CSR 活動などの評価にも用いることができる。

### 3. 対外発表等の実施状況

#### <ミーティング>

- 平成 27 年 7 月 16 日 (木) サブテーマ 1、4 打ち合わせ 於：福岡 (九州大学)
- 平成 27 年 7 月 27 日 (月) サブテーマ 3 打ち合わせ 於：東京 (環境省)
- 平成 27 年 8 月 24 日 (月) サブテーマ 3 打ち合わせ 於：東京 (早稲田大学)
- 平成 27 年 9 月 1 日 (火) サブテーマ 2 打ち合わせ 於：東京 (農林水産政策研究所)
- 平成 27 年 9 月 18 日 (金) サブテーマ 1、3 打ち合わせ 於：京都 (京都大学)
- 平成 27 年 9 月 19 日 (土) サブテーマ 1、4 打ち合わせ 於：京都 (京都大学)
- 平成 27 年 11 月 19 日 (木) サブテーマ 1、4 打ち合わせ 於：福岡 (九州大学)
- 平成 28 年 1 月 6 日 (水) サブテーマ 2 打ち合わせ 於：東京 (農林水産政策研究所)
- 平成 28 年 1 月 25 日 (月) サブテーマ 1、4 打ち合わせ 於：福岡 (九州大学)
- 平成 28 年 1 月 29 日 (金) サブテーマ 2 打ち合わせ 於：東京 (農林水産政策研究所)
- 平成 28 年 2 月 4 日 (木) サブテーマ 1、3 打ち合わせ 於：京都 (京都大学)
- 平成 28 年 2 月 24 日 (水) サブテーマ 2 打ち合わせ 於：神戸 (神戸大学)

#### <書籍>

- 亀山康子、馬奈木俊介 (編著) 『資源を未来につなぐ』岩波書店、2015 年
- 馬奈木俊介 (編著) 『農林水産の経済学』中央経済社、2015 年

#### <論文発表>

- 山口臨太郎、佐藤真行、籠橋一輝、大久保和宣、馬奈木俊介 (2016) 「新しい富の指標計測：持続可能性計測研究の過去と未来」、『環境経済・政策研究』、近刊
- Masayuki Sato, Runsinarith Phim and Shunsuke Managi (2015), "Sustainability indicators and the shadow price of natural capital", MPRA papers, No.62612, pp.1-23, Munich University. (査読付き雑誌に投稿中)
- Rintaro Yamaguchi, Masayuki Sato and Kazuhiro Ueta (2016) "Measuring regional wealth and assessing sustainable development: a case study of a disaster-torn region in Japan", Social Indicators Research, forthcoming, DOI: /10.1007/s11205-015-1106-3
- Dasgupta, P., A. Duraiappah, S. Managi, E. Barbier, R. Collins, B. Fraumeni, H. Gundimeda, G. Liu, and K. J. Mumford. 2015. "How to Measure Sustainable Progress", Science 35 (35): 748.
- 玉置哲也、中村寛樹、馬奈木俊介 2015. 環境資源制約下における SDGs のあり方と持続可能性, OECC、2015 年

#### <学会発表等>

- Masayuki Sato, Runsinarith Phim and Shunsuke Managi, "Sustainability indicator and the shadow price of natural capital," East Asian Association of Environmental and Resource Economists, Academia Sinica, Taipei, August 6, 2015.

- 佐藤真行「新国富の実証研究」、環境経済・政策学会、於 京都大学、2015年9月19日
- 佐藤真行「日本における都市生態系サービス評価」、日本生態学会、於 仙台国際センター、2016年3月24日
- 池田真也、馬奈木俊介、「新国富」指標で測る地域の豊かさと持続可能性の評価：企業と地域への応用、九大発産・学・官 交流促進シーズ発表会、2016年2月

< 新聞記事・取材協力 >

- 朝日新聞地方版に取材協力し、「水俣市と九大、地域振興協定」と題する記事が2016年1月27日に掲載された。
- 産経新聞地方版に取材協力し、「九大が水俣市と連携協定」と題する記事が2016年1月26日に掲載された。

#### 4. 英文サマリー

This research has two objectives namely a construction of the ecosystem accounting framework and a provision of its contents both quantitative and value data.

From reviewing the SEEA Experimental Ecosystem Accounting (SEEA-EEA), we captured the following three key issues to develop a national ecosystem account in Japan for the first objective: i) the SEEA-EEA distinguishes between ecosystem assets as stocks and ecosystem services as flows and conceptualizes their interlinked relations as the former generates the latter and the latter is used to evaluate the former, ii) the SEEA-EEA introduces new statistical units based on the Geographical Information System (GIS), that is totally different from the conventional System of National Accounts (SNA), iii) there are several important and difficult issues to integrate ecosystem accounts into the SNA, for instances, which approach is more appropriate for monetary valuation, welfare or exchange values, and how to specify and institutionalize ecosystem services providers and beneficiaries.

Review of ecosystem accounting in UK and the Netherlands shows that both governments have plans to incorporate ecosystem accounting into the national accounts by 2020 and they are currently undertaking steps to get there. The steps for both countries are almost same: i) elaboration of land use accounting, ii) estimation of natural capital stock in every land use type, iii) measuring ecosystem services provided by each natural capital iv) monetary valuation of the ecosystem services. Although these cases apply quite different approaches from our project, most researches done in both countries provide a good fundamental basis to for this process because the purposes are common: to incorporate value of ecosystem services into national accounting.

For the second objective, we collected quantitative data on forest as a source of ecosystem services. We built the quantitative forest resource database to estimate the amount of ecosystem service in Japan. We use two statistical dataset called “REPORT ON RESULTS OF 2000 WORLD CENSUS OF AGRICULTURE AND FORESTRY IN JAPAN 2000” and “Shinrin Sigen no Genkyo”.

Data variable includes forest area (ha), forest stock (m<sup>3</sup>), forest density (m<sup>3</sup>/ha), and growing period of forest (year). Above data variables are available by prefecture in year 2000, 2006, and 2011. Therefore, comparative study considering regional characteristics and change of forest resource situation can be conducted.

The growing period and forest density data reflect the quality of forest resource. Therefore, regional disparity of growing period and forest density data is useful for government and policy maker to set the effective tree trimming strategy and ecosystem service improvement policy considering regional characteristics. Furthermore, this study analyze the public capability of forest resources focusing on the i) water and soil conservation function, ii) resource circulation function, and iii) human and nature coexistent function. Regional public capability data give us the information for public needs and demands to forest resource use.

Additionally, tree species (softwood or broad-leaf tree) and process of planting (artificial forest of natural tree) are important factor to estimate ecosystem service because expected benefit from forest resources are diverse among them. Thus, we collect the forest resource data by four pattern which are i) artificial forest & softwood, ii) artificial forest & broad-leaf tree, iii) natural forest & softwood, and iv) natural forest & broad-leaf tree.

We plan to estimate the amount of ecosystem service and determinants factor using decomposition analysis framework. Determinants factors include i) intensity of ecosystem service per forest resource, ii) forest resource structure by species, iii) the coverage of forest management, and iv) scale of forest resources. This research framework allows us to understand why ecosystem service is changed by regions.

The value data is scrutinized from a viewpoint of an environmental economics theory regarding the economic valuation method of ecosystem services. First, in addition to an organized theoretical framework of utility used for valuing ecosystem services, we give an over view of theoretical background for valuation method. In particular, we show that not only traded value but also non-use value is important to construct an ecosystem accounting and that the non-use value must be included in Japan's ecosystem accounting. Next we examined the possibility of using stated preference such as CVM as an appropriate technique for macro-evaluation of ecosystem services. To explore the applicability of macro ecosystem accounting rather than micro evaluation, we require criteria/conditions. These conditions are crucial from viewpoint of data collection in order to estimate ecosystem service which is evaluated by "quantity x value". Evaluation subject and temporal unit-spatial unit are critically important in the process of multiplying quantity with a value data.

Next, we collect data on forestry resources this year from existing studies in Japan on the basis of these theoretical background. We confirm that while case studies which adopted revealed preference and stated preference are on an increasing trend, case studies which can be applicable for ecosystem accounting remain few.

To address this problem, this year we conducted research survey applying a payment card type CVM to estimate the value per-hectare per-year per-household of forest. We utilized

willingness to pay to obtain value which includes non-use value of forest. As a result we obtained a distribution of the evaluated value. On average, we found that the evaluated value is around 2,170 yen per hectare per year per household but there is a tendency that the evaluated value is higher in the East Japan as a whole. With these trend issues, we conducted a meta-analysis in order to perform factor analysis from viewpoint of socio-economic characteristics and forest characteristics. We followed existing studies by using household income as socio-economic characteristics, gender and age as population structure, as weighted average of artificial and natural forest ratio as forest characteristics, as explanatory variables. As a result we found that all factors have significant impact on evaluation unit. Then we estimate original unit value of each prefecture based on the estimated regression equation, by multiplying quantitative data of forest to obtain forest value of ecosystem service stock of each prefecture.

和訳：

本研究は、日本版生態勘定を構築するために、勘定フレームワークの構築とそのコンテンツの推定を行うことを目指している。フレームワークの構築をサブテーマ(2)が担当し、コンテンツの推定のうち量的データについてをサブテーマ(4)、価値データについてをサブテーマ(3)と(1)が担当する。

サブテーマ(2)として実験的生態系勘定(SEEA-EEA)のレビューからは、我が国における生態系勘定作成においてさらなる検討を要する点として、国連の生態系勘定では、ストックとしての生態系資産とフローとしての生態系サービスを区別し、前者から後者が生成されるという関係性を明確化するとともに、後者の期待フローに基づいて前者を評価するというような動的なアプローチを採用していること、空間的統計単位として地理情報システム(GIS)の活用を前提とした枠組みを提示しており、従来の国民経済計算(SNA)とは大きく異なる考え方を導入していること、金銭価値評価において交換価値アプローチを採用するか厚生価値アプローチを採用するかという問題や、生態系サービスの供給者・受益者をどのように特定・制度化するかなど、SNAと接合する上で極めて重要かつ難しい課題があることが挙げられた。

イギリスとオランダにおける生態系勘定動向の調査では、両国政府とも2020年までに生態系勘定をSNAに組み込む計画を立てており、それに向けた具体的作業を実施中である。両国とも作業ステップはほぼ同じであり、まず(1)土地利用勘定の作成、(2)土地利用ごとの自然資本ストック賦存量の推定、(3)そこから発生する各種生態系サービス量の推定、(4)生態系サービスごとの金銭評価という流れである。本研究プロジェクトとオランダ及びイギリスでの取組の間には、作業プロセスに大きな相違がある。しかしながら、どれも生態系サービスの価値を貨幣評価し、SNAに導入するという目的は全て同じであり、本研究プロジェクトでも2つの海外事例を参考にできる部分は多分にあることがわかった。

生態系勘定のフレームワークに導入すべき量的データおよび価値データについては、今年度は日本において重要な生態系サービス源である森林に着目してデータ収集を行った。「2000年世界農林業センサス」および「森林資源の概要」に基づいて、森林面積(ha)、森林蓄積(m<sup>3</sup>)、森林密度(m<sup>3</sup>/ha)および樹齢(year)のデータセットを構築した。これらは2000年、2006年、2011年のデータが県別で利用可能であり、県別の変化に関する分析が可能である。樹齢と森林密度が森林の質的要因にかかわるデータであり、地域特性を配慮した最適な森林管理政策や生態系サービス保全政策に関して政府や政

策立案者にとって有用な情報を提供するものとなる。さらに、本研究は水土保全、資源循環、人との共生の3つの側面に焦点を当て、森林の公益的機能の利用形態が地域間でどのように異なるかについて考察を行った。これらは森林資源利用に関する公共ニーズの情報を提供するものである。

さらに、樹種（針葉樹か広葉樹）と森林形成（人工林か天然林）が生態系サービス推定における重要な要因であると考えられるため、(1)人工林針葉樹、(2)人工林広葉樹、(3)天然林針葉樹、(4)天然林広葉樹の4パターンのデータに分け、要因分解を行う準備をしている。決定要因としては、生態系サービス原単位の変化、樹種別面積の構造変化、森林管理適正度の変化、森林の規模の変化が考えられ、それぞれについて地域ごとの分析を行うことができる。

価値データについては、生態系サービスの経済学的評価手法について、環境の経済評価論の観点から精査した。最初に、生態系サービスの価値づけにおける効用理論的枠組を整理したうえで、理論的背景をもつ経済価値評価手法について概観した。特に、生態勘定については、商業的な利用価値だけでなく、非利用価値を評価することが重要であることが指摘されており、我が国の生態勘定においても非利用価値を含める必要がある。次に、こうした生態系サービス源に対するマクロ的な評価に適する手法としてCVMを含めた表明先行法の利用可能性を検討した。ミクロ的な評価でなく、マクロ的な生態勘定としての応用可能性を探るため、本章では次の4つの条件を定めた。これは、生態勘定として「量×価値」として評価していくにあたっての、適切な価値データの収集という観点から求められるものである。評価の主体や時間的空間的単位は、価値データを量に乗じるプロセスにおいて非常に重要である。

次に、こうした理論的整理にもとづいて、日本における既存の先行研究について、今年度は森林資源を対象として収集した。日本においても顕示選好法や表明先行法の適用事例が増えつつあることが確認されたが、生態勘定に応用可能な事例研究はそれほど多くないことが分かった。

この問題に対して、本年度はサーベイ調査を実施して、上記の4つの基準を満たすかたちで支払カード型CVMを実施し、森林1haに対する世帯あたり年間価値を推定した。ここでは、森林に対する非利用価値を含む評価値として、支払意思額が利用されている。その結果、評価値の分布が得られた。平均的には、森林1haあたり世帯あたり年間約2,170円の価値が見出されたが、全体的に東日本のほうが高い評価値となっている傾向が見られる。こうした傾向について、社会経済特性ならびに森林特性の観点から要因分析を行っていくためにメタ分析を行った。説明変数には、先行研究で採用されている社会経済的属性として世帯所得と、人口構造として性別と年齢を導入し、森林属性として人工率、天然林率、加重平均樹齢を導入した。その結果、いずれも有意な影響を原単位評価に与えていることが示された。そして推定された回帰式を使って、各県別に原単位を推定し、森林の量的データを乗じることによって、県別の生態系サービスストック源として森林価値が評価された。

## 5. 平成27年度の進捗状況と成果（詳細）

次ページより詳細を記す。

# 第 1 章 生態系勘定の世界的動向

## 1.1 実験的生態系勘定 (SEEA-EEA)

### 1.1.1 はじめに

欧州委員会 (EC)、経済協力開発機構 (OECD)、国連 (UN)、世界銀行が 2013 年に共同で作成した『System of Environmental-Economic Accounting 2012 - Experimental Ecosystem Accounting』(『環境経済統合勘定 (SEEA) 2012 - 実験的生態系勘定』、以下、生態系勘定と呼ぶ) は、生態系資産および生態系サービスの体系的な勘定に関する世界初の報告書である。本編は以下の 6 章から構成されている。

1. はじめに
2. 生態系勘定の原則
3. 物量単位での生態系サービスの勘定
4. 物量単位での生態系資産の勘定
5. 生態系サービスと生態系資産の価値評価に関するアプローチ
6. 金銭単位での生態系の勘定

生態系勘定では、「生態系資産」と「生態系サービス」について「物量」と「金銭」の双方で勘定を作成していくことが目指されている。ここでは、同文書の第 1 章を除く各章について詳細にレビューを行い、その技術的な課題など、我が国で生態系勘定を作成する上で重要な事項を整理していく。以下、「生態系勘定の概念枠組と基本単位」、「生態系資産」、「生態系サービス」、「生態系勘定の作成に関する課題」としてまとめる。

なお、生態系勘定は 2012 年に国連で採択された SEEA 中核的枠組 (SEEA-CF) と密接な関係を持つ。SEEA-CF は、環境と経済の間の物理的フロー、環境資産のストックとその変化、環境に関連する経済活動と取引の 3 つの測定領域から構成されるが、生態系勘定はさらに以下のような新たな視点を追加する。

- 物理的・金銭的に測定するフローの種類を拡大させる。SEEA-CF の焦点は環境から経済への投入と経済から環境への残差のフローであり、これらの多くは生態系勘定においても物理的フローの一部として含まれているが、さらに調整サービスや文化サービスの測定にまで対象を拡大する。
- 環境資産を SEEA-CF とは異なる視点で捉える。SEEA-CF で注目する環境資産は個別の資源 (木材、水、鉱物、土地など) であるが、生態系勘定では環境資産を生態系の観点から捉え、個別の資源も含む種々の要素が機能単位として働いている状態を考える。SEEA-CF の観点からは、海水の量や大気量などは意味をなさないため、海洋や大気圏を測定対象から除外するが、生態系勘定ではこれを含む。
- 生態系サービス市場の創設など、生態系の管理に関する近年の経済手法を扱うための適切な勘定についても議論する。ただし、SEEA-CF は生態系の保護や復元を含むすべての環境に関する



る経済活動をスコープとして持つため、基本的には生態系勘定において追加的なスコープの対象となる取引はない。

### 1.1.2 生態系勘定の概念枠組と基本単位

#### (1) 生態系勘定の概念枠組

生態系勘定の概念枠組で重要な視点は、ストックとフローとの関係である(図 1-1)。まず、生態系勘定はストックとして「生態系資産」を定義する。これは、土地被覆や生物多様性、土壌、標高、気候など、生態系の働きや場所を表す空間領域であるとされる。生態系資産には、生態系内および生態系間で物質等を移動・交換させる生態学的なプロセスが内在している。このような生態系の特徴と生態系プロセスから生じるフローのうち、経済活動やその他の活動を通して人々が利用するものが「生態系サービス」と定義される。生態系サービスには、木材資源など環境から経済への投入のフローや、排出や廃棄物など経済活動からの環境へのフローが含まれる。

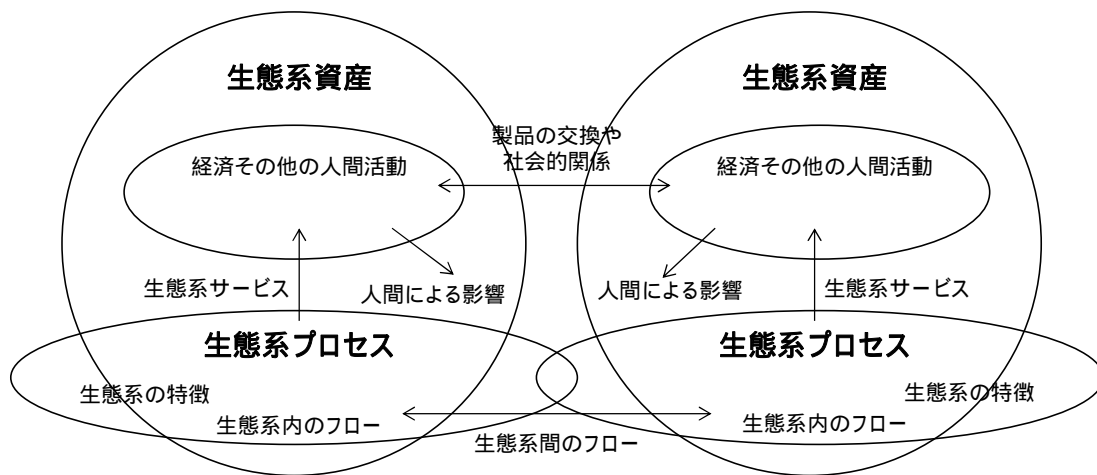


図 1-1 生態系ストックとフローの基本モデル

ここで、生態系勘定のスコープが述べられており、生態系勘定では以下の2つに注目するとされる。

1. 生態系と人間活動との関係の理解を深めるための生態系サービスのフロー
2. 将来的に生態系サービスを生み出す能力の変化の理解を深めるための生態系資産のストックと  
その変化

これはすなわち、生態系プロセス自体や生態系内および生態系間でのフローの変化については明示的には扱わないということの意味する。それは、これらが直接的には人々の便益とならないからであるが、一方でこのような生態系プロセスは生態系サービスを生成するための機能やレジリエンスを支えるものであるため、生態系資産において考慮することが必要となる。

## (2) 生態系勘定の統計単位

統計単位とは、どのような情報が模索され、どのような統計が最終的にまとめられるかということの基準である。生態系勘定の統計単位は空間領域であり、これらについて情報が収集され、統計が作成される。データを収集、統合、分析するために用いられる異なるスケールと手法を調整するため、生態系勘定では以下の3つの単位を提案する(図1-2)。

- 基本的空間単位(BSU): 小さな空間領域。たとえば1km<sup>2</sup>のメッシュや土地台帳に示された土地の一区画など。設定されたBSUには、土地被覆に関する情報に加え、土壌や標高、気候、生息種とその豊富さなど生態系の特徴を追加する。土地所有者など経済単位に関する情報も、可能であれば各BSUに帰属されるべきである。
- 土地被覆・生態系機能単位(LCEU): 土地被覆、水資源、気候、標高、土壌などに基づいて分類されるいわゆる生態系。LCEUはBSUに分解され得るし、またBSUはLCEUを形成するように集約され得る。
- 生態系勘定単位(EAU): 将来に亘り変化を理解し、管理していきたい比較的大きな領域。その設定範囲は分析目的に拠るため、行政界や環境管理領域、流域などの自然特性を考慮するべきである。

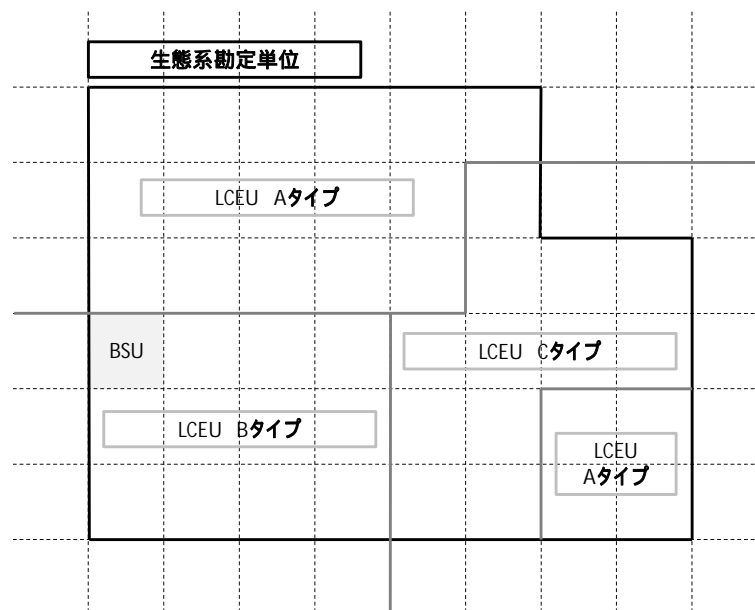


図1-2 生態系勘定の統計単位

空間単位と経済単位と連携は重要な課題となる。理想的には、単にBSUに経済情報を追加するだけでなく、むしろBSUやLCEUの設定プロセスにおいて、土地利用や土地所有権などの経済情報を活用すべきである。このような空間経済情報を付加することで、生態系サービスの供給者や受益者に関する空間的關係を理解することの一助となる。

国家レベルで生態系の勘定を作成する際には、地理的なスコープを明確にすることが必要である。海域までスコープを広げる場合には、排他的経済水域(EEZ)まで拡大することが妥当であろう。ま

た、大気圏の境界は、生態系勘定で用いられる陸域と海域の境界に一致すべきである。

### 1.1.3 生態系資産

#### (1) 生態系資産の概要

生態系資産は生態系の「状態」と「規模」という視点から考えられる。生態系の状態は生態系資産の特徴の量的・質的側面に関連するものであり、たとえば水、土、炭素、植生、生物多様性などがその指標として考えられる。一方、生態系の規模は一般的に地表面積で測定されるものであり、生態系資産の中に異なる土地被覆がある場合には生態系の範囲は異なるタイプの土地被覆の割合を反映したものとなる。

また、生態系資産は生態系サービスを生み出す「能力」という視点からも捉えられる。すなわち、生態系資産は将来的な生態系サービスの期待フローを示唆する。たとえば、現在の森林蓄積はそれ自体が将来的な木材資源となり得るし、さらに成長により新たな木材資源を生み出すことができる。ここで重要な視点は資源採取と再生産の速度であり、将来の期待フローを考える際には現在の利用パターンが将来も続くなどの仮定が必要となる。

総じて、生態系の状態と規模、そして能力の間関係は非線形であり、さらに時間とともに変化する。たとえば、生態系は現在の状態を保つように一定の回復力を内在しているが、攪乱がある閾値を超えた場合にはレジームシフトを起こし、異なる状態へと移行するということがある。この複雑性のために、生態系の状態および範囲と将来の生態系サービスの期待フローの間関係の理解は未だ不完全であり、生態系勘定において片方の観点だけで生態系資産の包括的な評価ができると言えない以上、これら2つの視点を統合するように研究を進めていくことが必要となる。

#### (2) 生態系資産の物量勘定

生態系資産表では、生態系の状態と規模(表 1-1)そして将来的な「生態系サービスの期待フロー」について扱う(表 1-2)。生態系の状態の測定については、まず、植生や生物多様性、土壌、水、炭素などの主要な特徴と、それを表す指標を選ぶ必要がある<sup>1</sup>。具体的な測定項目としては、葉面積指数(LAI)、種の豊富さ、土壌肥沃度、河川流量、一次生産量などが考えられるが、ひとつの特徴や指標を以て生態系資産だとすることはできない。生態系の範囲については、LCEU 毎の面積とともに、その生態系の位置や連続性についても測定できることが望ましい。

---

<sup>1</sup> これは飽くまでも一例であり、理想的には生態系の機能やレジリエンス、統合性に影響を与えるような要素についても含めるとよい。

表 1-1 生態系の状態と範囲の測定

	生態系の範囲	生態系の状態の特徴				
		植生	生物多様性	土	水	炭素
	面積 (割合)	指標 (LAI、バイオマス指数)	指標 (種の豊富さ、相対的豊富度)	指標 (土壌の肥沃度、土壌炭素、土壌水分)	指標 (河川流量、水質、魚種)	指標 (純炭素バランス、一次生産)
森林被覆						
農地						
都市						
開放湿地						

表 1-2 生態系サービスの期待フロー

生態系サービスのタイプ	LCEU タイプ				
	森林被覆	農地*	都市	開放湿地	...
供給サービス					
調整サービス					
文化サービス					

将来的な生態系サービスの期待フローについても構造は同様であり、LCEU 毎にそれぞれのサービスを測定することが求められる。上述のように期待フローについては現在の利用パターンが重要な役割を果たし、現在の利用が生態系の持続的な生産能力を上回る場合には、完全に利用し切るまでの年数を想定して期待フローを算定する必要がある。一方、持続的な利用がなされている場合には、将来の期待フローが無限大となるため、標準的な資産の耐用年数（たとえば 25 年間など）を用いて算定するか、または、年間あたりの期待フローとして算定することとなる<sup>2</sup>。

生態系勘定のひとつの目的は変化を把握することであり、生態系の状態や規模の変化を捉えるために参照点を設定する必要がある。設定方法には 2 つのアプローチがあり、ひとつは勘定期間の期首を用いること（表 1-3）、もうひとつは人間の介入以前の状態や規模を用いることである。このような参照点を設定することで、多様性の高低に関わらず、その生態系の状態を評価できる<sup>3</sup>。ただし、生態系には崩壊をもたらす閾値があり、とりわけ人為的な影響が強い地域では、このような変化ではなく現在の状態のほうが重要であることもある。

<sup>2</sup> このように将来の利用パターンを用いることで、生態系勘定をシナリオ分析に応用することもできる。

<sup>3</sup> たとえば、熱帯林とツンドラを比較し、多様性が高い熱帯林のほうが状態がよいという評価にならないようにしようとするものである。

表 1-3 生態系の状態の変化

	生態系の状態の特徴				
	植生	生物多様性	土	水	炭素
	指標 (LAI、バイオマス指数)	指標 (種の豊富さ、相対的豊富度)	指標 (土壌の肥沃度、土壌炭素、土壌水分)	指標 (河川流量、水質、魚種)	指標 (純炭素バランス、一次生産)
期首の状態					
状態の向上					
自然再生による向上					
人間活動による向上					
状態の劣化					
資源採取による劣化					
人間活動による劣化					
人間活動による壊滅的損失					
自然災害による壊滅的損失					
期末の状態					

生態系の多様性や不均一性を考えると、生態系資産勘定は GIS ベースで作成する必要がある。これには、SEEA-CF の基礎資源勘定としての土地勘定や炭素勘定、水資源勘定、土壌・栄養勘定、森林勘定、生物多様性勘定が有用な役割を果たす。これらは期首と期末のストックとその変化に関する情報を有している。ただし、これらの基礎資源勘定は飽くまで生態系の特徴を評価するための一部として考えられるべきである。

### (3) 生態系資産の金銭勘定

多様なサービスを提供し、自己復元機能を持つ生態系に対し、建築物や機械などの資産評価のために開発された手法は適切ではないであろう。このような観測可能な資産価格がない場合には、次のどちらかのアプローチを用いて価格の推定を行う。ひとつは既存の資産価値が新たな資産の入手価格と同等とみなす再調達原価アプローチであり、もうひとつは将来の資産から得られる便益を評価に用いる現在価値アプローチである。現在価値アプローチでは、将来の生態系サービスの期待フローを価値評価し、割り引いたものを合算することで生態系資産の価値を評価する。ここでの課題としては、将来の利用パターンの想定や生態系資産と生態系サービスとの関係の明確化、割引率の設定などが挙げられる。

### 1.1.4 生態系サービス

#### (1) 生態系サービスの概要

上述のように、生態系勘定では生態系サービスは経済その他の人間活動で使用される便益に対する生態系の貢献と定義され、生態系プロセスに関連する生態系内および生態系間でのフローは除外される。便益については、SNAにおける測定との一貫性を保つために、以下のような「SNA便益」と「非SNA便益」に区別して考えられる。

- SNA便益：食糧や水、住居、レクリエーションなど経済主体により生産された製品やサービスから得られる便益。自家作物や水汲みなどの自家消費のために生産された財も含まれるが、食事の準備や子供の養育など自家消費のためのサービスについては除外される。また、生態系サービスが「貢献」として定義されることは、生態系サービスが便益の提供のために投入されたものの一部であることを示している。たとえば、作物という便益は、生態系による花粉媒介や土壌からの栄養供給と労働力やインフラなどの人的投入の組合せによる共同生産であると考えられ、SNA便益に含まれる<sup>4</sup>(図1-3)。この点で、生産方法の変化は生態系勘定のひとつの重要な視点である。

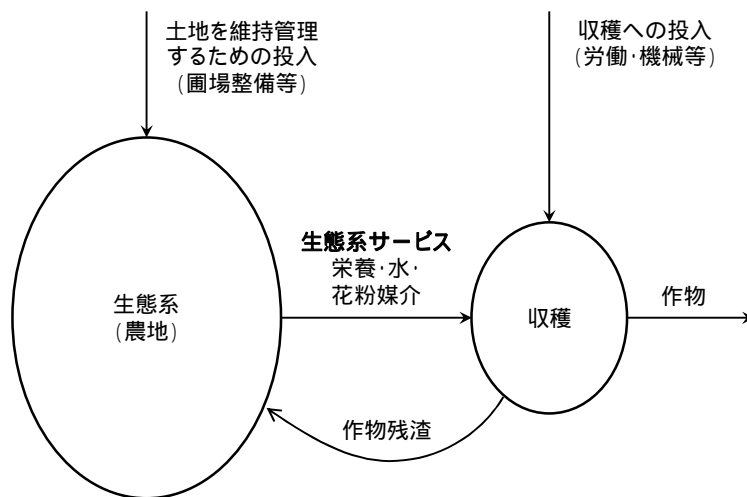


図 1-3 作物生産の模式図

- 非 SNA 便益：経済主体により生産されていないが、きれいな空気など個人に帰属する便益。その生産に人的投入がなされることはあまりなく、それゆえ生態系サービスとそれに関連する便益は、事実上、等しくなる(たとえば樹木やその他の植物による空気の浄化という生態系サービスが提供するきれいな空気の便益など)(図1-4)。慣例により、生態系勘定の目的に対する非 SNA 便益の測定対象は、人間の福利に直接的に関係のある生態系サービスのフローに限られる。

<sup>4</sup> このアプローチは、従来のミレニアム生態系評価(MA)や生物多様性と生態系サービスの経済学(TEEB)で採用されてきたような生産物そのものを生態系サービスと捉えるアプローチとは異なる。

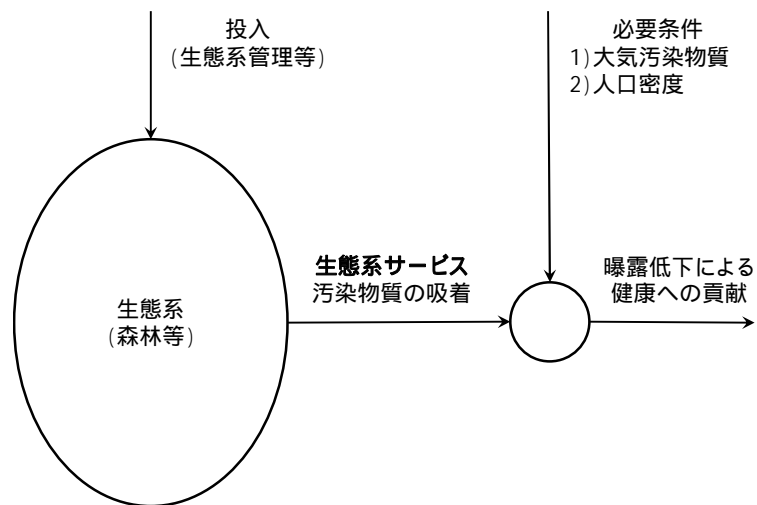


図 1-4 大気浄化の模式図

生態系サービスは環境からの完全なフロー群を表すものではない。生態系サービスに含まれない環境フローは「非生物的サービス」として捉えられ、太陽エネルギーや鉱物資源、風や波の動き、さらに空間などがこれに含まれる（図 1-5）。また、生態系サービスには害虫や病気などのいわゆるディスサービスは明示的には含まれない<sup>5</sup>。これらは供給サービスのフローの減少などとしてある程度は反映されるであろう。

<sup>5</sup> これらのディスサービスにより恩恵を受けている産業があることも忘れてはならない（たとえば殺虫剤の生産者など）。

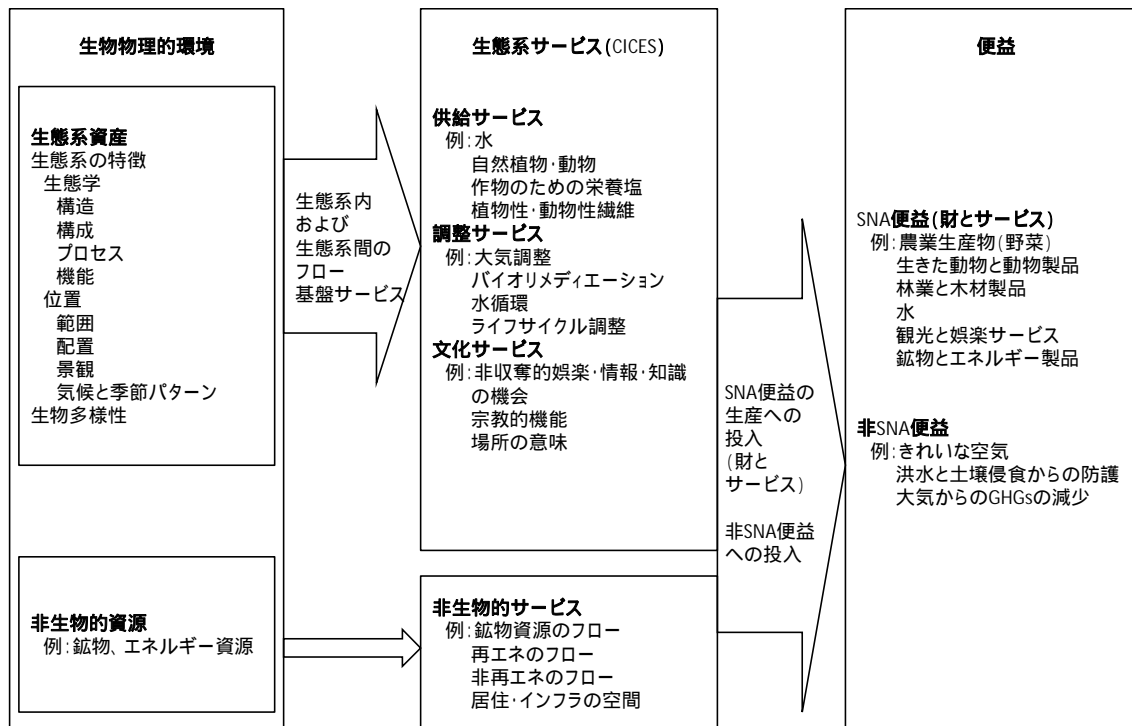


図 1-5 生態系サービスと環境フロー

定義上、受益者のいない生態系サービスというものはありません。そのため、受益者の位置を把握するように努める必要があります。これは、人口の増加が生態系サービスの量に与える影響を測定するためにも欠かせないものである。ただし、生態系サービスの受益者は必ずしも生産地と同じ場所にいるとは限らないため（たとえば上流域の生態系サービスの恩恵を受ける下流域の都市住民）、生態系勘定では生態系サービスの生産地と利用地を区別し、異なる地域での交換については輸出入として記録しておくことが有用であると考えられる。

生態系サービスは相互に関連していることも言及しておく必要がある。生態系サービスは並行して生み出され、他の生態系サービスにより高められる可能性がある一方、他のサービスと競合する可能性もある。たとえば、木材の供給サービスと空気の浄化の調整サービスは森林生態系内で競合する一方、空気の浄化と炭素の固定は並行して行われる。

## (2) 生態系サービスの物量勘定

生態系サービスの物量勘定の目的は、サービスのタイプ毎、生態系資産毎、経済主体毎に生態系サービスのフローの情報を整理することである。その第一段階として、LCEU 毎に情報を整理することが最も有用であろう（表 1-4）。これは生態系サービスがひとつの BSU より大きな空間領域においても生み出される傾向があるためである。なお、生態系サービスは LCEU やその利用パターンに応じて異なり、同一の物量単位を用いて測定されているわけではないため、生態系サービスの合計は示されない。



表 1-4 生態系サービスの物理的フロー

生態系サービスのタイプ	LCEU タイプ				
	森林被覆	農地	都市	開放湿地	...
供給サービス	木材 (t)	小麦 (t)			
調整サービス	CO2 固定量/排出量 (t-CO2)	CO2 固定量/排出量 (t-CO2)	CO2 固定量/排出量 (t-CO2)	全リン吸収量 (t)	
文化サービス	観光者数/ハイカー数		公園面積 (ha)	カモの生息面積 (ha)	

上述のようにひとつの生態系サービスの総生産量は総利用量と同一であるが、この生産と利用が必ずしも同一の EAU で行われるとは限らない（たとえば海外との輸出入）。そのため、EAU 内で利用されたものと EAU 外で利用されたものを区別して記録しておくことが望ましい。また、生産や利用の経済主体についても、土地所有権や管理権などを基に区別して記録しておくべきである（表 1-5）。このような経済主体別の表は、標準的な経済勘定と直接的に比較することが可能であり、企業による生態系サービスの利用と中間投入や最終生産物との比較や、家計による生態系サービスの利用と家計の最終消費支出との比較などができるであろう。

表 1-5 生態系サービスの生産と利用の経済主体

	生態系サービスの生産					生態系サービスの利用				
	企業	家計	政府	海外	合計	企業	家計	政府	海外	合計
供給サービス										
調整サービス										
文化サービス										

国レベルで生態系勘定を試行する場合には、評価する生態系サービスの優先順位を検討すべきである。その観点としては、環境的な問題の大きさや政策の状況、データや手法の利用可能性などが挙げられるであろう。一般に、最も測定が容易なものは供給サービスであるが、これまで測定されていない調整サービスや文化サービスにまで対象を広げて情報を整理することに生態系勘定の意義があることを念頭に置く必要がある。以下に、それぞれの生態系サービスの測定の課題を述べる。

- 供給サービス：生態系の貢献分を評価するためには様々な追加情報が必要。
- 調整サービス：調整されるべきものとそれにより便益を受ける人がいることが条件（たとえば大気汚染物質と近隣住民の存在）。
- 文化サービス：レクリエーションのように直接的でない精神的・文化的なサービスについては、その生態系と関わる人数とその生態系の質の関数として評価する必要。

### （3）生態系サービスの金銭勘定

価値評価のアプローチとしては、厚生経済的価値と交換価値の2つがある。前者は社会全体の費用

便益の変化を評価するものであり、後者は市場が存在した場合に交換から得られる価値を評価するものである。政策の効果に関心がある費用便益分析では主に厚生経済アプローチが用いられるが、標準的な国家勘定（SNA）との整合性を重視する生態系勘定では交換価値アプローチを用いることが妥当であると考えられる。

生態系サービスの価値評価を実施するためには、サービスがどのように便益に繋がるか、これらの便益が経済活動とどのような関係を持つかを理解する必要がある。供給サービスのように SNA に計上されている生産物の価値に繋がるような場合には、生態系サービスを直接評価するよりも、市場価格における生態系の貢献分に注目することがよいであろう。一方で、調整サービスのように市場価格が観測されない場合には、消費者や特定の生産者の限界支払意思額を明らかにする必要がある。しかし、これらに適した方法は主に厚生経済アプローチであり、交換価値アプローチの SNA と必ずしも整合的でない。この点、代替費用法が検討に値するであろう<sup>6</sup>。他方、精神的価値や情報・知識のような文化サービスについては交換価値の評価は極めて困難である。

### 1.1.5 生態系勘定の作成に関する課題

生態系勘定では、作成に際して生じるであろう数々の課題について言及しており、ここでは、空間情報の補完、勘定期間、グロスとネットでの記録、データの質について整理する。

まず、生態系勘定の作成の目的を広範囲での政策立案やモニタリングへの活用とするならば、広範な空間情報を整理する必要がある。そのためには、異なる空間スケールや限られた場所で得られた情報を、他のサイトやより大きな領域に情報を移転するための以下のような手法が必要となる。

- 数値移転：特定の研究サイトからの情報を用いて目標地や政策サイトでの推計を行うもの
- スケールアップ：特定の研究サイトからの情報を用いて同様の特徴を持つより大きな領域での推計を行うもの
- メタ分析：多様な研究サイトの大規模な情報を評価し、統合することで、生態系の特徴を踏まえつつ、目標地の情報を推計するために活用できる要素を抽出するもの

続いて、勘定期間である。経済勘定では、取引や他のフローが記録されるべき時点や期間に関する明確な標準がある。標準的な勘定期間は1年であり、この長さは多くの分析の必要条件に適合し、ビジネス会計を通じてデータの取得可能性と一致している。しかし、生態系の分析では、検討するプロセスに応じて異なる長さの時間の情報が必要となる。生態系のプロセスが年単位で分析される場合でも、経済分析において用いられる1年とは期首や期末が異なる可能性がある。このような相違がありながら、しかし、社会経済データの一般的な分析枠組との一致性を考えれば、生態系勘定では標準的経済勘定の期間の長さである1年を採用することが最も好ましいであろう。そのためには、適切な係数や仮定を用いて、得られた生態系情報を一般的な年単位へと変換・補正する必要がある。

グロスとネットという用語は様々な勘定の状況で用いられる。SNA ではネットは勘定の合計が固定資本の減耗で補正されているかどうかを示すが、他の場合では、ネットは単純に2つの勘定項目の差

<sup>6</sup> 代替材が確かに同じサービスを提供し、それが最も安価なものであり、そしてもし生態系サービスが失われたならば社会がそれを選択するであろうと考えられる場合に用いることができるとされる。

を言及するために用いられることもある。生態系サービスの測定におけるネットは、領域間でのオーバーラップや異なる手法の利用によるオーバーラップ、最終生態系サービスとそれを支えるプロセスやフローを区別しないことによるオーバーラップなどの二重計上が生じていないことを示すものである。ただし、用語の使用の混乱の可能性を減らすため、生態系勘定では可能な限りグロスとネットという用語を避けている。

最後に、データの質である。公的統計におけるデータの質は、関連性や時間軸、精度、一貫性、解釈可能性、アクセス性、そしてデータが集約される制度環境の質など、幅広い概念を含むものである。生態系勘定ではこのようなデータの質の要素が考慮されることが求められる。特に、生態系勘定において不可欠な科学的情報は、共通の測定基準を持たないことが多いため、相対的な質の評価は大きな課題となる。そこで、査読や認定のプロセスを経ることが重要であり、指標選択の妥当性や情報の精度、生態系サービスとの関連性などを判断する必要がある。

## 1.2. 諸外国における生態系サービス勘定の作成動向<sup>7</sup>

### 1.2.1 はじめに

生態系勘定の分野はここ 10 年で大きな進展があった分野である。「生態系と生物多様性の経済学 (TEEB)」による国民経済計算体系 (SNA) への生態系サービス価値の導入の勧告 (TEEB 勧告) により、その流れはより加速された。TEEB 勧告を受け、EU では「生態系と生態系サービスのマッピングと評価 (Mapping and Assessment of Ecosystem and their Services (MAES))」というプロジェクトが進められており、特に EU 各国ではこの MAES をもとに自国の生態系資源の賦存量およびその価値評価が行われている。

そこで本節では、はじめに生態系勘定および生態系サービス評価に関する文献レビューを行い、生態系勘定及び生態系サービス評価に密接に関連する用語の定義、評価手法、SNA への統合方法、課題についてまとめる。続いて、政府主導で生態系勘定の策定作業が行われているオランダとイギリスの動向について、その概要を紹介する。

### 1.2.2. 生態系勘定及び生態系サービス評価の研究動向

#### (1) はじめに

生態系サービスの評価や生態系勘定の開発については、後述するオランダ政府の取組と関連して、オランダ国内の大学及び研究機関を中心とする研究グループが生態系勘定の SNA への組み込みに関する研究活動を行っている。これらの研究には、Lars Hein (ワーヘニンゲン大学)、Carl Obst (メルボルン大学)、Roy Remme (ワーヘニンゲン大学) などの研究者が携わっている他、オランダ統計局の Bram Edens も研究者としていくつかの学術論文を執筆している。

本節では、これらの研究者の文献のサーベイを通じて、生態系勘定の開発及び生態系サービス評価の研究動向を概観する。ここでは、(1)用語の定義・解説、(2)空間的側面、(3)評価手法、(4)SNA への組み込み、(5)課題といった、生態系勘定及び生態系サービス評価に関する文献で議論される主要なテ

---

<sup>7</sup> 本稿における文献サーベイにおいては、オランダ・ワーヘニンゲン大学大学院修士課程大学院生イエッレ・メーヴィッセン (Jelle Meeuwissen) 氏の協力を得た。記して感謝を表す。

ーマに沿って紹介する。

## (2) 用語の定義・解説

生態系勘定の理解には、関連する用語を明確に理解することが必要であることから、はじめに用語の定義について概観する。

まず、「生態系サービス」とは、Edens and Hein (2013)は、生態系サービスの定義は生態系勘定の重要な課題の1つとしている。共通の論点は、生態系サービスが、生態系を利用することによる便益なのか、単に生態系による便益への貢献に留まるのかという点である。例えば、作物成長という生態系サービスは作物の販売から得られる便益と等価なのか、もしくは生態系サービスは、労働や資本と同様にこれらの便益を得るために投入された投入物に相当するのという点である。Edens and Hein (2013)では、生態系勘定の枠組みの中においては、生態系サービスは「生態系による生産的活動への貢献」と定義されるべきと主張している。Edens と Hein は生態系に最も直接的に関連するフロー及び産出物を生態系サービスと定義していると言える。また、SEEA-EEA では、生態系サービスは「経済的またはその他人間活動を通じて人々が生態系資産から得られる資源の所有による利益を反映したフロー」と定義されている (Obst et al., 2015)。さらに、Boyd and Banzhaf (2007)では、最終生態系サービスを「人々の豊かさを得るために直接的に利用・消費される自然の構成要素」と定義している。

次に、「生態系勘定」について、Hein et al. (2015)では、生態系勘定を「SNA に準拠した形で生態系から経済や他の人間活動へのサービスのフローを計測・監視するための統合的方法」と説明している。Hein et al. (2015)では、生態系勘定はSNAには含まれていない以下の3つの情報を補足すると主張している。第1に経済活動への生態系の貢献度、第2にいわゆる生産境界の問題からSNAには含まれない生態系サービスの便益、第3に生態系が常に変化することによる量的変化の3つである。

生態系勘定は、状態勘定 (condition account)、供給勘定 (service supply account)、使用勘定 (service use account)、容量勘定 (capacity account)、生物多様性勘定 (biodiversity account) など異なるいくつかの勘定からなる。状態勘定は、生態系の状態を記述するために物量指標を用いている。サービス供給勘定は経済活動への生態系サービスの流れを補足するための勘定、またサービス使用勘定は特定の生態系からの便益を計測するための勘定である。容量勘定は、現状のもとで特定の生態系がどのくらいの生態系サービスを生産可能なのかを示し、生物多様性勘定は生態系の保全・管理について、関連情報を提供するための枠組みである。

## (3) 空間的側面

生態系の空間性、すなわち生態系がどこにどれだけ存在するかを示すことは、生態系勘定の構築の上で非常に重要である。生態系サービスの価値を評価するためにいくつかの空間モデルが開発されているが、どのモデルがどのような政策立案に適しているかについての結論は得られていない。要するに、生態系サービスの空間モデルについては、未だ「最適解」が得られていない (Shörter et al., 2015)。Shörter et al. (2015)では、生態系勘定に有用な空間モデルには以下の機能を有するべきと主張している。

- モデル化された生態系サービスを定量化できる指標

- 生態系サービスの空間的分布を把握するのに十分な解像度
- 勘定フレームワークに導入するのに十分な精密度

Shörter らは、空間モデルの 7 つの手法に分類している。うち 4 つは調査表 (look-up table) と呼ばれるもので、ゼロイチ (binary) 調査表、質的調査表、集計統計調査表、多層レイヤー調査表の 4 つからなる。このうちゼロイチ調査表とは、その地点に土地利用または土地被覆の有無により生態系サービスを評価する方法である。また質的調査表とは、異なる土地利用・土地被覆に生態系サービスの供給能力に応じてウェイトを設定する方法で、集計統計調査表とは、土地利用・土地被覆データごとの統計や研究データから生態系サービスの価値を割り当てる方法である。さらに、多層レイヤー調査表は異なるレイヤーを重ねることで作成される図に基づき、土地区画に生態系サービス価値を割り当てる方法である。残りの 3 つは偶発的關係モデル、空間的改変モデル、環境回帰モデルである。偶発的關係モデルとは、環境変数が生態系サービスの分配にどれだけ影響を与えるかの情報をもとに生態系サービスをモデル化するもので、空間的改変モデルとは実際にデータを取得したいいくつかの地点から広範な地域の生態系サービスを回帰分析で評価するものである。そして、環境回帰モデルとは、さまざまな環境属性を説明変数とし、実際に計測された生態系サービスを非説明変数として回帰分析し生態系サービスをモデル化する手法である。

実際には、空間ごとに生態系サービスの供給量には違いがあり、その違いをどれだけモデルに反映できたかによってモデルでの推定値と実際の供給量の間にはどうしても誤差が生じるが、これを精度誤差と呼ぶ (Shörter et al., 2015)。一般的に、供給サービスは空間ごとの生態系サービス量の供給量の違いは小さく (異質性が低く)、文化的サービスなどに比べて精度誤差は低い。Remme et al., (2015) でも、供給サービスに関しては概して多様性が小さく、一区画に単一の作物のみが作付けされる傾向にあると主張している。ただし、小さな土地区画を一単位とすればするほど作付けされる作物の多様性が小さくなり、逆に計測する土地単位を大きくすればそれだけ作物の多様性は大きくなり、これが地域間では大きな多様性の違いになる可能性が残されている。また、調整サービスについては、複数の環境要因によって影響を受け、さまざまなタイプの生態系からさまざまなタイプのサービスが供給されるため概して異質性が高い。文化的サービスについても、同様に複数の生態系タイプにまたがって供給され、かつ複数の環境要因に影響を受けるため異質性が高い。例えば、文化的サービスの 1 つとしてハイキングのサービスを取り上げると、ハイキングコースはさまざまな景色や生態系の中を通るコースが設定されるのが通常であり、複数の環境要因や生態系タイプにまたがってサービスを供給している。

有用な生態系勘定にするために、生態系サービスは一定の信頼性を確保するに十分な精度を持ち合わせていなければならないが、それにはいくつかの制約がある。「モデル化の実現可能性」とは、これらの制約に関する議論をまとめたものである。「モデル化の実現可能性」に影響を与える要素には以下のものがある。

- 実現可能性は規模による。規模、すなわち対象範囲を大きくしようとすればそれだけ多くのデータが必要となり、実現可能性は低下する。
- 異質性の高さはこれも実現可能性を低下させる。多様性が低い地域のほうが、断片化しかつ多様な生態系が存在する地域よりもマップ化は容易である。

- 予算と時間を増やせば、実現可能性が高まる。多額の資金と多くの時間をかけることで、自ら直接データを取得でき、より正確な計測が可能となる。
- 研究分野の知識は手法選択に影響を与え、実現可能性にも影響を与える。
- 文化的な理解は実現可能性を高める。例えば、日本の場合は水田農業は農村文化に根付いており、このような生態系の文化的な意味を理解することが実現性を高めることになる。
- アクセシビリティも実現可能性に影響を与える。例えば極地や熱帯雨林などアクセシビリティが低いところはデータ取得の可能性も低く、実現可能性が低くなる

全ての生態系サービス空間モデルは正確性と実現可能性の2つの相対的關係により分類される。信頼性レベルもモデルごとに異なり、さらに信頼性レベルは利用されたデータや指標の選択などによっても影響を受ける。供給サービスについては、モデルの信頼性は概して高い。これは当該サービスに関するデータが概ね利用可能であり、計測も容易であるためである。そのため、比較的単純なモデル化手法が使われている。一方で、調整サービスについては、信頼性の高いモデルを構築するためにより複雑な手法が求められる。調整サービスに関するデータは概して取得が難しい。文化的サービスは非常に複雑で異質的であるため、正確かつ実現可能な形でのモデル化がさらに困難である。

実現可能な手法の正確性を高めたり、正確な手法の実現可能性を高めたりことは容易なことではない。Remmeらは、生態系のモデル化に「最適な」方法を求めるのではなく、現時点では「満足できる」手法を求めるのが現実的と結論づけている。また、信頼性のレベルはどのような政策を立案するかによっても変わってくる。例えば、単に生態系価値への関心や認識を高めるだけならそれほど手法の信頼性は求められないが、より具体的な実際の政策設計にはより高い手法の信頼性が求められるであろう。

#### (4) 評価

生態系サービスの評価には、特にその目的がSNAにその価値を組み込むことである場合、特段の配慮が求められる。生態系サービスの評価にはいくつかの評価手法があるが、SNAに導入するには、生態系サービスの評価を余剰価値ではなく、交換価値で評価しなければならない。交換価値は純粋に交換によって生み出される価値である。

調整サービスなど一部の生態系サービスは実際の交換経済の構成要素とは見なされていない。これらのサービスを評価するには、当該サービスの交換価値を推計する別の方法がある。例えば、「次善の代替物」は、当該サービスの市場価値の代理変数として見なすことができる。Obst et al. (2015)は、このように生態系サービスに価値を割り当てる方法をいくつか紹介している。

資源レント：資源レントは、直接的に生態系サービスに関連する財・サービスの市場における営業余剰から生態系関連資本への全支出を控除して求められる。この値は、財・サービスの生産における生態系サービスの貢献部分と考えられる。Edens and Graveland (2014)は資本レントの計算式を以下のように定義している。

$$GOS = Y - IC - W - T_p$$

$$RR = GOS - (S_e - T_e) - UC$$

RR：資源レント、GOS粗営業余剰、Y：生産額、IC：中間消費、

$W$ : 賃金・年金、 $T_p$ : 生産に関する税金、 $Se$ : 採取に関する補助金、  
 $Te$ : 採取に関する税金、 $UC$ : 資本のユーザー価値

費用関数・生産関数: この評価法は、最終生産財・サービスの生産関数を推計するもので、計量経済学的手法により市場財への生態系サービスの貢献部分を推計するものである。

表明選好による限界価値: この手法は、需要関数の微分により厚生の変化を評価するものである。生態系サービスの限界価値は、実際の生態系サービスの使用状況（例えばも訪問者数など）に応じて需要曲線のある一点を選択することで得られる。

代替法: この手法は特に大気浄化機能などの生態系サービスに利用されるもので、生態系サービスの価値はその機能を代替する次善策の費用により定義されるというものである。

ヘドニック法: この手法では、市場財価格を、価格に影響を与える要素ごとに分解する方法であり、生態系サービスもその要素の1つに含めることにより、生態系サービスの価値を求めることができる。市場財価格には住宅や土地の価格が多用され、例えば生態系サービスに近い住宅とそうでない住宅の価格差が生態系サービスの価値となる。

Remme et al.(2015)では、オランダのリンブルグ地方の生態系サービスの価値を評価した。この研究では、それぞれの生態系サービスを以下の方法でその価値を評価している。

作物生産、牧草生産、自然ツーリズム、狩猟: 資源レント法

作物生産と牧草生産については、生産コストが税抜き価格から控除され、資源レントが計算されている。狩猟の場合は、狩猟許可に払った金額を資源レントの代理変数として利用している。自然ツーリズムに関しては、自然ツーリズムによる得られた資源レントにより計算される。ただし、たいていの自然サイトは無料でアクセスできるため、ツーリストが宿泊と食事に支出した費用が代理変数として利用されている。当該地域におけるツーリズムの総収入からビジネス（出張）目的の割合で割り引かれ、自然ツーリズム目的の旅行による総収入が計算される。この金額から、労働費、中間消費額、固定資本費が差し引かれ、リンブルグ地方における自然ツーリズムによる資源レントが算出されるのである。そしてこの金額は、地域内の旅行者数によって15kmメッシュで配分される。

飲用水向けの地下水採取のサービス: 代替法

飲用水市場はさまざまな規制が設けられて完全競争市場とは大きく異なる状況であるため、飲用水価格からの資源レントでは生態系サービスの正しい評価ができない。そのため、このサービスの評価には代替法が用いられている。代替法は地下水からの飲用水と地表水からの飲用水との生産コストの差で推計され、この値が生態系サービスの価値と捉えられる。

大気浄化サービス: 回避費用評価法

回避費用評価法は、生態系サービスの価値がもし当該サービスが存在しなかった場合にかかる費用を計算することで求められる。大気浄化機能においては、仮に植栽によって吸収される大気汚染物質（PM10）が大気中に放出された場合を想定し、これに対する医療行為にかかる費用を算出することで大気浄化サービスの価値が計算される。

以上のような評価手法を用いて、リンブルグ地方の生態系サービス価値マップが作成される。この地域における生態系サービスの価値は年間 1 億 1200 万 EUR と推計された。

### （5）SNA への組み込み

TEEB 勧告以降、SNA の中に生態系勘定を組み込むことへの関心が各国で高まっており、2011 年に公表された EU 生物多様性戦略では、EU 加盟国に「国内の生態系と生態系サービスの状態を 2014 年までに評価し、2020 年までにその経済価値を推計して当該価値を EU 及び各国の勘定システムに導入すること」を求めている（Edens and Hein, 2013）。

しかしながら、SNA も SEEA も生態系サービスや生態系資本向けに開発されたものではない。SEEA では環境税・環境補助金や環境保護支出の勘定を導入しているが、生態系サービスの価値は導入していないのである。全ての生態系サービスを SNA に導入するには、SNA の生産境界を拡張しなければならない。この SNA の生産境界では、生産とは「財・サービスの産出のために、労働、資本、財・サービスを投入する制度単位（institutional unit）の責任と管理の下で行われる活動」と定義される。その意味では、多くの生態系サービスは経済活動の投入物として認められず、現行の SNA には組み込まれないのである。2012 年に公表された SEEA-EEA は生産境界を拡張し、生態系サービスを生産物として導入したモデルである（Obst et al., 2015）。

SNA では交換価値による評価を採用している。これは、財・サービスの交換価値は交換の販売者、購入者の間で完全に一致するが、シャドウ・プライスでは財・サービスの販売者、購入者によって異なる場合があり、シャドウ・プライスを用いることによって SNA の収支不均衡をもたらす可能性もあるためである（Obst et al., 2015）。

SNA に生態系サービスの価値を導入するには、生態系勘定が SNA の価値基準とも整合的でなければならない。生態系サービスも厚生価値ではなく交換価値によりその価値を評価しなければならないことを意味している。供給サービスの場合は前述の評価手法を用いることで最終生産物の価値に占める生態系サービスのシェアが求められるので、交換価値による評価も容易であるが、例えば、生態系サービスの宗教的価値もしくは審美価値などはその評価が困難である。これらの価値を評価するには多くの場合表明選考法が用いられ、交換価値ではなく厚生価値を評価することになるが、この場合は SNA との整合性に問題が生じるのである。以降では、このような生態系勘定の課題をまとめる。

### （6）課題

生態系勘定に関する既存研究では、勘定策定の実行についての限界や課題についても言及している。

#### 生態系の劣化・減耗

生態系勘定では生態系の状態が記述される。これは生態系の劣化・減耗も考慮されるべきであることを意味するが、これには物量評価、貨幣評価の双方において、その劣化・減耗分をどう計上すべ



きか、さらに各部門にどう分配し計上すべきかという課題が生じる (Edens and Hein, 2013)。物量評価では、どの物量指標が生態系の状態を適切に表しているのかという点である。Edens and Hien(2013)は、生態系が国ごと、地域ごとに大きく異なるので、生態系の物理的状态を評価する指標は国ごと、生態系サービスごとに決めるべきと主張している。さらに、生態系のどのような状態を「基準点」として参照すべきかという問題も生じる。生態系は長年の人間活動によって変化してきたので、全ての生態系が明確な「原初状態」を有するわけではないのである。

一方の貨幣評価については、Edens and Hein (2013)によると、生態系の劣化・減耗を貨幣評価する方法は2つある。1つは「原初状態」に復元するためにどのくらいの費用がかかるかを推計する方法、もう1つは生態系サービスを供給する能力に応じて生態系を評価し、2つの状態の差分を劣化・減耗の評価額とする方法である。一方で、生態系の劣化は「基準点」まで状態を復元するのに必要となるであろう費用で評価すべきではない。これは、その費用が必ずしも復元後に得られるであろう生態系サービスの価値を表すものではないからである。生態系の劣化・減耗を評価するには、2つの状態での生態系サービスの割引現在価値の差を計測するのが望ましい (Obst et al., 2015)。

そして、生態系の劣化・減耗はそれを引き起こした部門とそれに影響を受ける部門が異なるため、生態系の劣化・減耗を部門ごとに配分するのはさらに難しい作業になる (Edens and Hein, 2013)。

#### 生態系の負のサービス

生態系は必ずしも正すなわち経済活動に好影響をもたらすサービスばかりを提供するものではない。例えば疫病・伝染病や鳥獣害の供給という負、すなわち経済活動に悪影響をもたらすサービスも提供しうる。生態系の負のサービスは全体の経済厚生に与える負の影響を反映しているが、既存の勘定システムは正の影響のみを考慮している。したがって、生態系の負のサービスを勘定体系に組み込むのは困難である。似たような議論は生態系の相互依存関係にもある。例えば、生態系における害虫という生態系の負のサービスは、作物生産という別の生態系サービスにも影響を与えることがあるなど、ある生態系サービスが他の生態系サービスにも影響を与えることはよく見られることである。これら生態系サービス同士の相互関係を勘定内でどう記述するかも課題である。

#### 低・負資源レント

資源レント法を用いて評価した場合、生態系サービスの価値が非常に低くなったり、時には負になったりする場合もある。このような事象は、生態系の非持続的な利用をして劣化・減耗費用が大きくなる場合や生態系サービスに補助金が投入されている場合などに生じる。生態系サービスは生産活動に貢献し、正のフローを生み出すと考えられていることから、このような低・負資源レントを勘定内で取り扱うのは困難である。Obst et al. (2015)は、このように資源レントが非常に低い場合や負になった場合には、生態系サービスの評価に資源レント法以外の別の手法を用いるべきと主張している。

#### 中間的及び最終生態系サービス

生態系勘定は最終生態系サービスの価値に着目した勘定である。最終生態系サービスは市場財・サービスに直接的に貢献するサービスを指す。しかしながら、生態系サービスの中には経済や社会に大きく貢献している中間的サービスも存在する。例えば、農産物生産に直接貢献する「作物成長」

という生態系サービスは、最終生態系サービスであるが、「栄養循環」は農産物生産には直接的には貢献しないサービスであり、中間的生態系サービスに該当する。生態系サービス勘定ではこれらの中間的生態系サービスの価値は計上されないのである（Hein et al., 2015）。

### 1.2.3. 政府主導による生態系勘定及び生態系サービス評価の取組

#### （1）はじめに

これまで、学術的分野における生態系勘定及び生態系サービス評価の取組について解説してきた。一方で、TEEB 勧告や MAES により、政府の統計担当部署を中心とした国レベルでの生態系勘定策定及び生態系サービス評価の動きも一部の国で見られる。ここでは、このような政府主導による取組について、オランダとイギリスの動向を簡単に紹介する。

#### （2）オランダ

de Knecht (2014)によると、過去 25 年の間、オランダにおける国内の生態系財・サービスは減少した一方、需要は増加し、生態系への圧力は高まったという。表 1 はオランダにおける生態系財・サービスの供給源についてまとめたものである。この表に示されるとおり、オランダは木材資源の多くを他国からの輸入に頼り、エネルギー生産は生態系サービスの代替物によって賄われていることがわかる。特に一部の調整サービスについては、需要の大部分が未充足となっている。ここでの「生態系サービス以外」は、生態系サービスに代替する技術が利用されているということである。例えば、飲用水として水を利用するには、地下への浸透などを通じた自然の浄化機能のみならず、人工の水質浄化施設の利用が不可欠である。また、肥沃土壌の供給のために、人工的な化学肥料が利用されることもあり、ここでは、これら人工的な技術を利用している場合を「生態系サービス以外」と表示している（de Knecht, 2014）。

表 1-6 の数値は「自然サービス指標」(graadmeter diensten van natuur)により計算されたものである。「自然サービス指標」は生態系サービスの需要量に対する供給量の比率を測るものである。本指標の目的はオランダにおける各種生態系サービスの年間フローを計測するための包括的ツールを提供することである。本指標はフローを評価するもので特定の生態系のストック量を評価するものではないことに留意が必要である。

表1-6 オランダにおける生態系財・サービスの供給源  
(2013年の需要を100とした指数)

	オランダ国内	国外	生態系以外	未充足
供給サービス				
食料	70	30	0	0
非飲用水	59	0	41	0
飲用水	49	0	51	0
木材	8	92	0	0
エネルギー	1	2	97	0
調整サービス				
肥沃土壌度維持	57	0	43	0
浸食防止	47	0	6	47
水源涵養	33	0	8	59
海岸保全	21	0	79	0
都市冷却	14	0	0	86
水質浄化	12	0	76	12
伝染病撲滅	12	0	68	20
受粉	8	0	92	0
炭素貯留	0	0	0	100
文化サービス				
自然リクリエーション	68	0	0	32
自然遺産	61	0	0	39
自然の象徴的価値	15	0	0	85

出所: de Knegt (2014)。

オランダでは、現在生態系価値を SNA に組み込む取組が行われている。オランダ政府は 2020 年までに全ての生態系サービスをマッピングし、経済・ビジネスおよび政策決定過程の一部とすることを提案している (Ministry of Economic Affairs, 2013)。この目標を達成するため、以下の 4 つの行動計画を策定している。第 1 に、Digital Atlas Natuur Kapital (DANK) と呼ばれる生態系サービスマッピングツールの開発である。この DANK については、既に 2015 年 9 月に稼働を開始し公表されている。第 2 に、TEEB スタディ、すなわち生態系サービスの評価の開始である。これについては、生態系サービス評価について 7 つの研究が進められている。具体的には、TEEB green healthy and productive、TEEB for Business、TEEB for Cities、TEEB for Dutch Caribbean、TEEB for physical Netherlands、TEEB for product chains、TEEB study on SABA, St-Eustatius の 7 つである。このうち、～ については、既にレポートが刊行され、一部の生態系サービスについての貨幣評価が行われている。第 3 に、SNA への生態系サービスの導入である。オランダは国連の SEEA フレームワークを試行することを宣言しており、2016 年に作業レポートが公表される見込みである。第 4 に、企業向けに自然資本価値の啓蒙活動を行うことである。この点に関して、オランダ政府は、現行の製品価格に加え、その製品による生態系や生物多様性への負荷を反映させた価格を表示する「真の価格」活動を支援する予定である。

2013 年のオランダの環境勘定には、生態系勘定を試作したものが組み込まれた。この作業においては、Roardalen と Limburg の 2 地域で試行的適用を行い、生態系勘定作成の可能性を調査している。調査の大部分は生態系サービス評価の基礎となる詳細な土地利用図の作成に充てられた。調査方法は、まず両地域で土地利用勘定を再生し、そこから生態系サービス量を計測する方法である。例えば、供給サービスのうちの作物成長については、当該地域の作物の作付面積と平均単収を乗じることで得ら

れる。また、調整機能の炭素吸収機能については、地目ごとの面積に地目別炭素吸収データを乗じることで計算される。なお、本調査では空間データの把握が中心であり、貨幣評価は実施されていない。

### (3) イギリス

イギリスでは、2009年から2011年にかけて、UK National Ecosystem Assessment (UK NEA)と称するプロジェクトが行われ、国内の生態系の賦存状況およびそこから供給される生態系サービスの状況を全国規模で詳細に分析している。このプロジェクトでは、イギリス内に賦存する生態系が地図上にまとめられており、さらにこれらの生態系サービスの貨幣評価も行われている(UK National Ecosystem Assessment, 2011)。評価結果は表1-7のとおりである。

表1-7 UK NEAにおけるイギリスの生態系サービス評価額

(億ポンド/年)

生態系サービス	金額	備考
漁獲	6.0	
養殖	3.5	
受粉	4.3	
陸域生物多様性(非利用価値)	5.4-12.6	評価額には未だ議論の余地あり
海洋生物多様性(非利用価値)	17.0	
木材資源	1.0	
水質	15.0	計画中の水質改善が実施されれば11億ポンド追加
湿地のアメニティ	13.0	
生態系から産業界へのサービス合計	48.0	うち海洋環境から1億ポンド

出所:UK National Ecosystem Assessment (2011)第22章。

UK NEAの結果を受け、イギリスでは、2011年の『自然環境白書(NEWP)』の中でSNAに生態系サービスを導入することを明記している。(Khan, 2011)。その中でイギリス政府はSEEAフレームワークを援用するとしている。これらの作業にはイギリス統計事務所(ONS)と環境食料農村地域省(DEFRA)が関与している。これらの作業に対しては自然資本委員会という学識経験者、産業界からなる独立的な助言委員会が助言を与えている。Kahn(2011)には、2012年までに一連の作業のロードマップを作成し、2013年までに生態系勘定の初期段階の作業を行うというイギリスの計画が示されている。この初期段階の作業とは、イギリス経済・環境への貢献度、データの利用可能性、政策的優先度、他国での研究・作業動向という4つの基準により生態系・環境資産の評価を試行することである。イギリス経済・環境への貢献度は環境資産が生態系サービスを供給することで、どの程度経済や環境に貢献しているかを測るものである。2つ目のデータ利用可能性は、生態系資産に関するデータがどこまで利用できるかを示す。例えば、木質資源に関してはイギリス内でも多数のデータが利用可能だが、漁業資源や土壌資源についてはあまり利用可能なデータが存在しない。3つ目の政策的優先度については、どの生態系資産が政策立案に重要なものであるのかを示すものである。最後の他国での研究・作業動向については、特定の生態系資産の評価について、国際的なデータや知見の利用可能性を見るものである。

2012年7月に国家統計局から意見照会版が公表され、イギリスにおける生態系勘定の立ち上げに関するステークホルダーからの意見・コメントを求めた。2012年12月には、同じく国家統計局から環境勘定のロードマップが公表された。このロードマップでは、ステークホルダーからの意見・コメン

トに基づき、トップダウン勘定、分野横断的勘定、そしてボトムアップ勘定の3つを作成することが主な提案として掲げられている。トップダウン勘定とは、SNAの中の国民資産の要素として生態系サービスを評価するものである。この勘定はイギリス内における自然資本の価値の概要を記載するものである。続いて、分野横断的勘定とは、土地、炭素、水など異なる生態系種類にまたがる資産を記述するために設けられるものである。ボトムアップ勘定は、生態系資産とそこから生じる生態系サービスの価値を生息域(habitats)の種類ごとに記載するものである。ここでは8種類のhabitatがイギリスの生態系サービスに関連するものとして取り上げられている(Office for National Statistics, 2012、表1-8)。

表1-8 ボトムアップ勘定で取り上げられる8種類のHabitat

---

Mountainous moorland and heaths  
Semi-natural grassland  
Enclosed farmland  
Woodlands  
Open waters, wetland floodplains  
Urban environment  
Coastal margins  
Marine

---

出所: Office for National Statistics (2012)

ロードマップは、作業計画で締めくくられており、それぞれの生態系勘定の現状と計画遂行の作業スケジュールが示されている。これによると、全ての生態系勘定策定の作業は2020年までに完了させる予定になっている。

このロードマップの公表後、各種生態系勘定の開発作業が実施されている。2014年にONSとDEFRAから共同で発表された資料では、生態系勘定の作成において遵守すべき事項がまとめられている。この資料については現在、継続的な見直しが行われており、最新の作業の進捗状況、作業結果に合わせて定期的に改訂されることになっている。

特定のボトムアップ勘定作成についてもロードマップの公表以来大幅な進捗があった。この作業については、林地勘定から始めており、会計期間内における林地生態系資産の量的変化を捉えるストック勘定の概念と、その資産から発生する生態系サービスのフローを記述するフロー勘定の双方が提案されている(Khan et al., 2013)。これに付随して公表された資料では、木材資源の貨幣評価が行われているが、林地から生じる他の生態系サービスの価値については、貨幣評価はまだ行われていない。

2015年には、ロードマップの中間見直しが公表され、これまでの生態系勘定の進捗状況と将来計画、これまでに得られた課題が整理されている。この中で、生態系サービス勘定作成に際して、これまでに挙げられた課題としては、政策への適用と実用化、持続可能性指標の導入方法の検討、推計・評価手法の改善、データ利用可能性、勘定作成のための能力開発・人材育成などが挙げられている(Office for National Statistics, 2015)。

これまでに刊行された関連資料のリストは表1-9にまとめたとおりである。

表1-9 イギリスにおける生態系勘定策定作業に関連して公表された資料一覧

刊行年	資料名
2011	Towards a sustainable environment
2012	Measuring National Well-being - The Natural Environment
2012	Consultation on the accounting for the value of nature in the UK
2012	Responses to the consultation on accounting for the value of nature in the UK
2012	Roadmap on natural capital accounting
2013	Monetary valuation of UK continental shelf oil and gas reserves
2013	Land use in the UK
2013	Measuring UK woodland area and timber resources
2013	Measuring UK woodland ecosystem assets and ecosystem services
2013	Monetary valuation of UK timber resources
2013	Towards wealth accounting - natural capital within comprehensive wealth
2014	Valuation for natural capital accounting seminar proceedings
2014	UK natural capital - Initial and partial monetary estimates
2014	Principles of ecosystem accounting
2015	Peatland accounts scoping study
2015	Spacially disaggregated woodland ecosystem accounts and marine ecosystem accounts scoping study
2015	Land cover in the UK
2015	Natural capital accounting 2020 roadmap: Interim review and forward look
2015	UK natural capital - Freshwater ecosystem assets and services accounts

### 1.3 我が国における生態系勘定の作成にかかる課題

これまでレビューしてきた国連の生態系勘定は、概念の整理や枠組みの例示に注力しており、実際の作成例等が記されているわけでないため、具体的な内容については各国の状況等に応じて決めることができる。本文中でも触れられていたように、とりわけ対象とする生態系や生態系サービスについては各国の重要度に応じて選択することが重要であり、その点、本研究で採用しているような森林・沿岸に特化する選択的アプローチはこの流れに即した合理的なものであると考えられる。

国連の生態系勘定では、ストックとしての生態系資産とフローとしての生態系サービスを区別し、前者から後者が生成されるという関係性を明確化するとともに、後者の期待フローに基づいて前者を評価するというような動的なアプローチを採用している。また、空間的統計単位として GIS の活用を前提とした枠組みを提示しており、この点、従来の SNA とは大きく異なる考え方を導入している。国際的な研究動向と歩調を揃えることを目指すのであれば、本研究においてもこのような視点をさらに積極的に取り込んでいくことが求められるであろう。

この点、本年公表が予定されている生物多様性と生態系サービスの総合評価（Japan Biodiversity Outlook 2: JBO2）では、全国レベルでの生態系サービスの評価を GIS ベースにて実施しており、金銭評価までは必ずしもできていないものの、その成果は本研究に大きく活用できるものと思われる。現在、本研究で検討している枠組みと、国連の生態系勘定で例示されている枠組みの一致性を高めていくためにも、今後、生態系サービスの取り扱いを十分に検討していくことが必要と考える。

さらに、極めて重要かつ難しい課題が SNA との接合である。金銭価値評価において交換価値アプローチを採用するか厚生価値アプローチを採用するかという問題や、生態系サービスの供給者・受益者をどのように特定・制度化するかなど様々な複雑な問題がある。とりわけ後者については国連の生

生態系勘定でも明確な方針が示されておらず、SNA と結びつける上で大きな課題となると考えられる。これまでの SEEA の既存の勘定 (SEEA-Water) などを参照しつつ、この点について検討していくことも重要である。

海外での生態系サービス勘定作成事例は著者の知る限り、今のところオランダとイギリスの 2 事例しか見当たらないものの、両国とも作業プロセスはほぼ同じと言って良い。すなわち、(1)土地利用勘定の作成、(2)土地利用ごとの自然資本ストック賦存量の推定、(3)そこから発生する各種生態系サービスの推定、(4)生態系サービスごとの金銭評価という流れである。また、両国ともこれらの一連の生態系サービス評価および SNA への導入作業は 2010 年代前半から始まり、2020 年までに完了するという長期的な作業スケジュールが組まれている。

一方で、本研究では、まず自然資本として森林資源と沿岸資源のみに着目し、(1)両資源のストック量の計測、(2)ストック単位あたりの生態系サービス価値単価を便益移転関数から推計、(3)ストック量×単位あたり生態系サービス価値により金銭評価という流れを踏襲しており、オランダ、イギリス両国のいわゆる「積み上げ」評価方法とは根本的に異なるアプローチを採っている。さらに、作業スケジュールも 3 年間と非常に短期間であり、この期間に達成できる生態系サービスの評価は大ざっぱなものにならざるを得ないと考える。しかしながら、日本においては、過去に農業の多面的機能評価を発端に国内のさまざまな生態系サービスの貨幣評価事例が多数蓄積されていることから、これらの既存研究を生態系サービスの評価に援用することができるという有利な点がある。

このように、本研究プロジェクトとオランダ及びイギリスでの取組の間には、作業プロセスに大きな相違がある。しかしながら、どれも生態系サービスの価値を貨幣評価し、SNA に導入するという目的は全て同じであり、本研究プロジェクトでも 2 つの海外事例を参考にできる部分は多分にある。また、オランダ及びイギリスのとるプロセスとは異なった方法を提案することで、本研究プロジェクトは世界に先駆けた統合体系の新たな開発方法を提案することにもなると考える。

次年度以降、オランダ及びイギリスの事例で課題として挙げられている点について、本研究プロジェクトでどのように対応していくかを検討する必要がある。特に交換価値と厚生価値の概念の整合性の整理については、SNA に生態系サービス価値を導入する上で重要な課題と認識しており、この点に関する十分な検討が必要と考える。

## 第2章 生態系の量的データ収集

### 2.1 森林面積・蓄積データベースの整備について

本年度では、生態系サービスの量的計測を目的としたデータ取得作業を実施した。サブグループ1において森林資源に関する生態系サービスの質的調査が進められていることから、量的調査においても主に森林資源をデータ収集対象としている。具体的なデータ変数としては、森林面積(ha)、森林蓄積(m<sup>3</sup>)について、樹種別(針葉樹 or 広葉樹)、成立過程別(人口林 or 天然林)に分類を行い、データ収集を行った。加えて、本研究の最終目標でもある新国富指標を地域別に推計するために、都道府県別でのデータ収集を実施している。

上記データ変数に加えて、本年度調査では森林の育成期間(年)及び密度(m<sup>3</sup>/ha)データの経年変化についても、取得データより推計を行った。育成期間及び密度データは森林資源の質的指標として活用が期待できるとともに、生態系サービスの向上に向けた効率的な伐採計画や植林計画を策定する際に、重要な指標になると言える。また、森林の生態系サービスを評価する上で重要となる公益的機能についても本調査では着目した。特に、水土保持、資源循環、人との共生の3つの側面に焦点を当て、森林の公益的機能の利用形態が地域間でどのように異なるかについて考察を行った。

データ取得対象となる森林は、計画対象森林(5条森林及び7条の2森林)である。5条森林とは「森林法第5条第1項に基づく地域森林計画の対象となっている森林」を指し、「計画対象民有林」と同意である。また、7条の2森林は「森林法第7条の2第1項に基づく国有林の地域別の森林計画の対象となっている森林」を指すものであり、「計画対象国有林」と同意である。

本年度のデータ収集作業において、主に利用したデータの出典を表2-1と表2-2に記す。



表 2-1. 2000 年世界農林業センサスの概要

<p>URL: <a href="http://www.maff.go.jp/j/tokei/census/afc/2010/00kekka.html">http://www.maff.go.jp/j/tokei/census/afc/2010/00kekka.html</a></p> <p>(1) 森林面積[ha](人工林・天然林、針葉樹・広葉樹、国有林・民有林を分けて記載)</p> <p>(2) 森林蓄積[m3](人工林・天然林、針葉樹・広葉樹、国有林・民有林を分けて記載)</p> <p>(3) 齢級別森林面積[ha] (人工林・天然林、針葉樹・広葉樹、国有林・民有林を分けて記載)</p> <p>(4) 森林の公益的利用面積 [ha]</p> <p>(5) 森林を文化教育活動に利用している施設数・利用者数</p> <p>(6) 竹林(ha)、伐採跡地(ha)、未立木地(ha)</p>
---

表 2-2. 森林資源の現況の概要

<p>平成 17 年 4 月 1 日現在 URL: <a href="http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/h19/index.html">http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/h19/index.html</a></p> <p>平成 24 年 3 月 31 日現在 URL: <a href="http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/h24/index.html">http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/h24/index.html</a></p> <p>(1) 森林面積[ha](人工林・天然林、針葉樹・広葉樹、国有林・民有林を分けて記載)</p> <p>(2) 森林蓄積[m3](人工林・天然林、針葉樹・広葉樹、国有林・民有林を分けて記載)</p> <p>(3) 齢級別森林面積[ha] (人工林・天然林、針葉樹・広葉樹、国有林・民有林を分けて記載)</p> <p>(4) 齢級別森林蓄積[ha] (人工林・天然林、針葉樹・広葉樹、国有林・民有林を分けて記載)</p> <p>(5) 森林の公益的利用面積 [ha] &amp; 蓄積[m3] (2012 年は取得不可)</p> <p>(6) 竹林(ha)、伐採跡地(ha)、未立木地(ha)</p>
--

## 2.2 森林面積・蓄積データの地理的分布と経年変化について

次に、森林面積及び蓄積データの分布及び経年変化について、考察を行う。経年変化では、上述したデータベースより得られた 2000 年度、2006 年度、2011 年度の 3 時点に着目し比較を行う。図 2-1 は国内の樹種別・成立過程別の森林面積の経年変化を示す。図-1 より、森林面積は 2000 年度から 2011 年度にかけて、大きな変化が見られないことが分かる。加えて、樹種別・成立過程別の分類においては、人工林・針葉樹や天然林・針葉樹の面積が微小ながら減少し、天然林・広葉樹及び人工林・広葉樹の面積が若干ではあるが増加している。

特に人工林・広葉樹では増加面積こそ大きくないが、増加率では 2000 年度から 2011 年度にかけて、36%の増加を達成していることから、人工的に広葉林面積を増加させる取り組みがなされていることが示唆される。田中他(2012)では、「戦後植栽された約 1000 万 ha 弱の針葉樹人工林のうち、手入れ不足になってしまった林分や経済的に成り立たない林分については、今後、生物多様性の保全や、水土保全などの公益的機能を持続的に発揮できるよう、混交林、広葉樹林へと誘導・育成することが求められています。」と記載しており、研究成果の中で人工林・針葉樹を広葉樹に誘導する技術について紹介を行っている。こうした視点・取り組みによって、人工林・広葉樹面積の増加が 2000 年度以降に達成されたと考えられる。

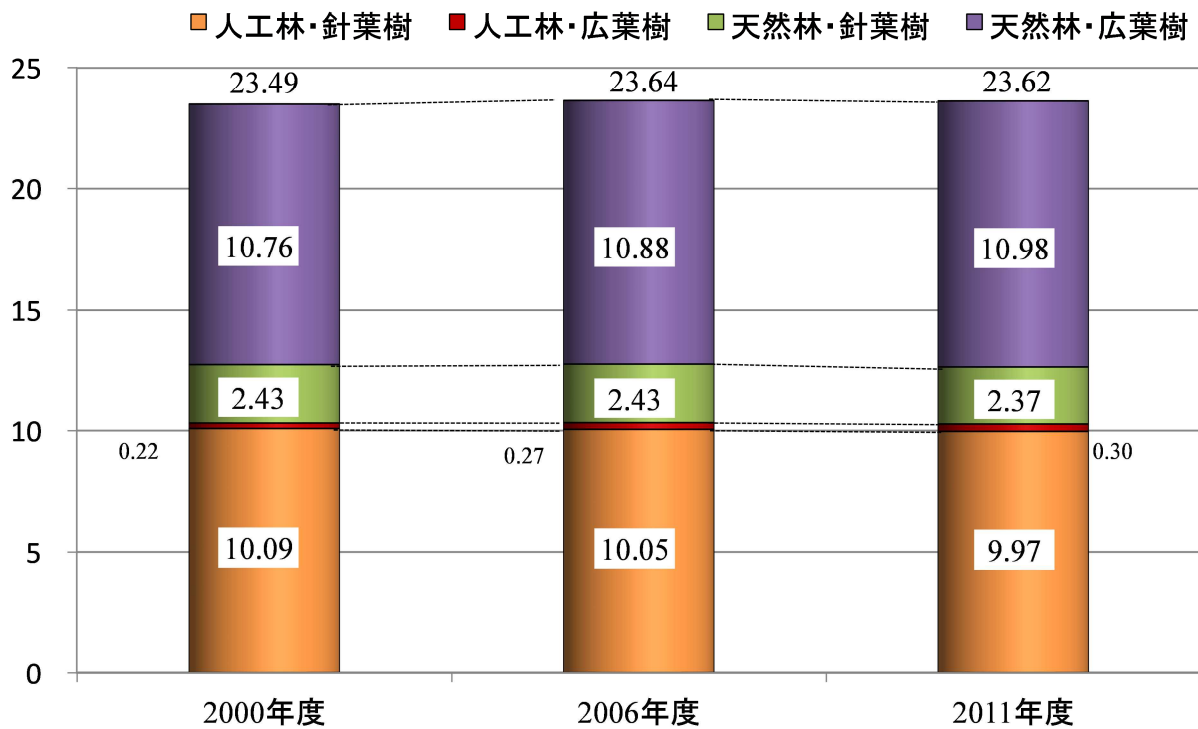


図 2-1. 国内の樹種別・成立過程別の森林面積の経年変化 (100 万 ha)  
 (出典) 2000 年世界農林業センサス及び森林資源の現況より著者作成

図 2-2 は、2000 年度から 2011 年度にかけての樹種別・成立過程別の面積変化率を都道府県別に示したものである。図 2-2 より、長野県、岐阜県、京都府、中国地方などで人工的に広葉樹面積が拡張されていることが分かる。一方で、千葉県、北海道、東北地方では、天然林の針葉樹面積が上昇傾向にあることから、地域によって森林面積の変化傾向に差が生じていることが明らかとなった。

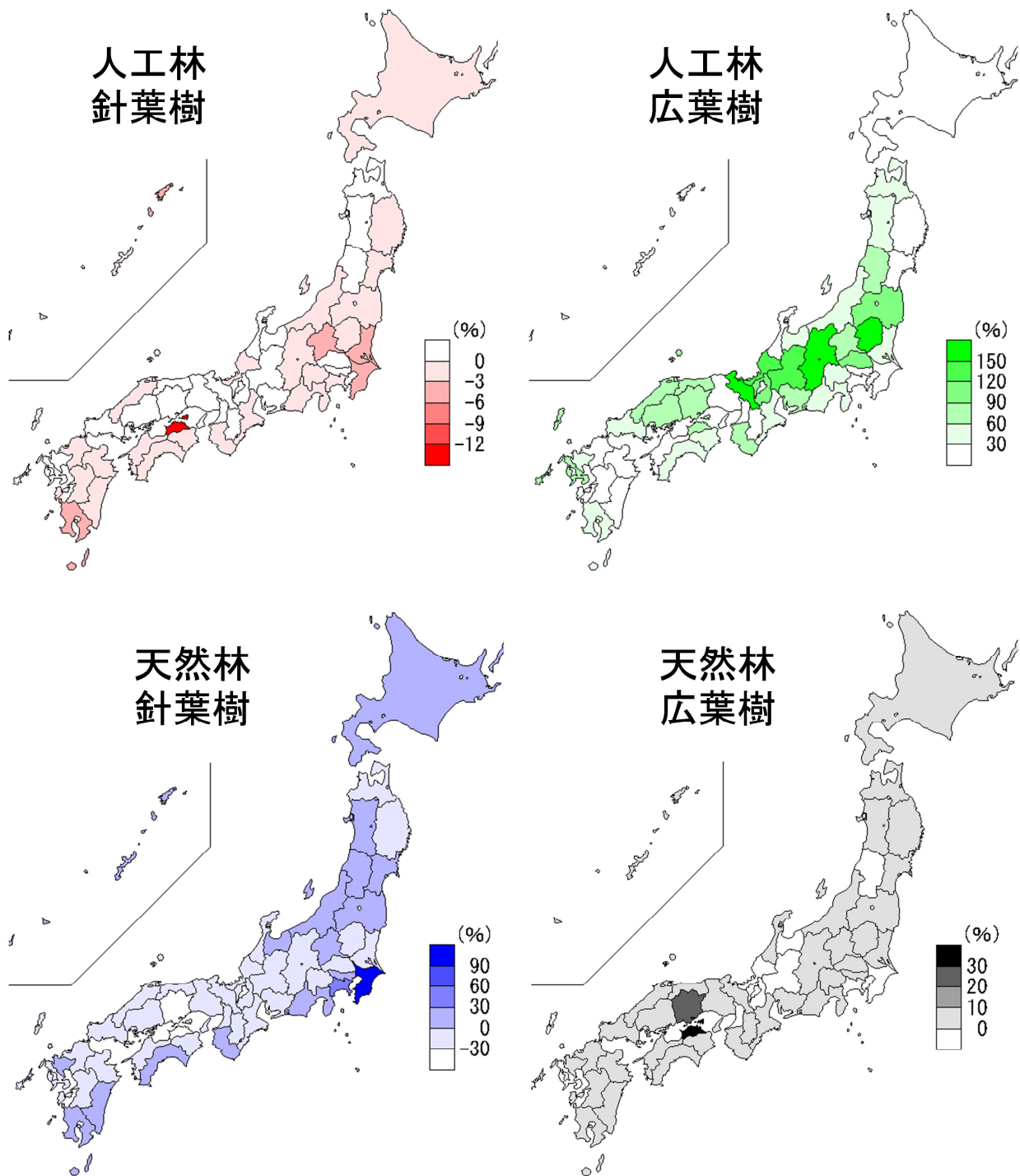


図 2-2 2000 年度から 2011 年度における都道府県別の樹種別・成立過程別の面積変化率  
 (出典) 2000 年世界農林業センサス及び森林資源の現況より著者作成

次に、森林蓄積量の変化について考察を行う。図-3 は、樹種別・成立過程別の森林蓄積量の経年変化を表した図である。図 2-3 より、天然林針葉樹以外の 3 つの蓄積量が、大幅に増加していることが分かる。特に人工林針葉樹は約 8 億 7 千万 m<sup>3</sup> の蓄積量が増加しており、これは蓄積量増加分の 77% を占める。

また、面積の経年変化と同様に 2000 年度から 2011 年度における人工林広葉樹の増加率は 100% を超

えており、急速に森林蓄積量が上昇していることが読み取れる。一方で、天然林針葉樹の蓄積量増加率は、他の樹種や成立過程の蓄積量に比べて8.8%と低い水準にある。

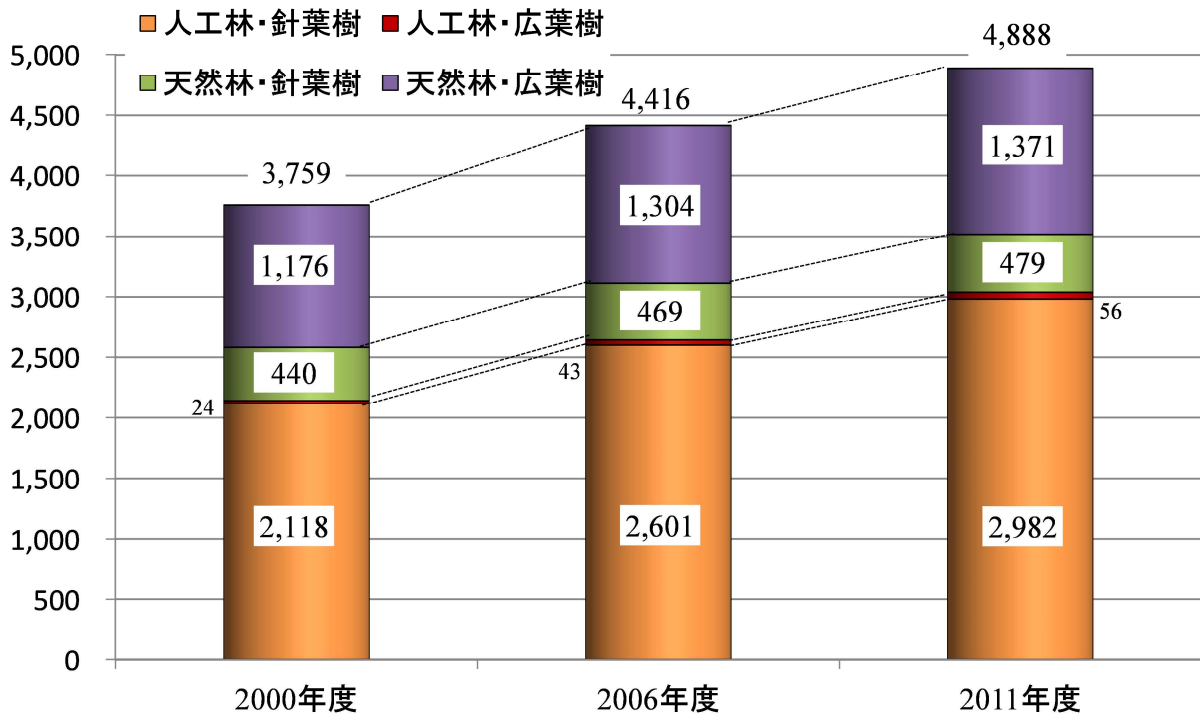


図-3. 国内の樹種別・成立過程別の森林蓄積の経年変化 (100万 m<sup>3</sup>)  
 (出典) 2000年世界農林業センサス及び森林資源の現況より著者作成

図-4は、2000年度から2011年度にかけての樹種別・成立過程別の森林蓄積量変化率を都道府県別に示したものである。図2-2と図2-4を比較してみると、人工林広葉樹では面積が大きく拡張している地域に加えて、東北地方や四国地方でも増加傾向にあることが分かる。

また、人工林針葉樹では、日本海側の都道府県で蓄積量の増加率が高い傾向にあり、特に島根県は90%を越える蓄積量増加が観測された。興味深い点として、長野県、広島県では、天然林針葉樹以外の樹種・成立過程で森林蓄積が増加傾向にある一方で、山形県では天然林広葉樹以外で蓄積量が増加する傾向である。加えて、宮崎県では4分類すべてで蓄積量が大きく増加していることから、都道府県別に蓄積量変化の傾向は多様であることが明らかとなった。また、面積変化では地域別に類似した傾向が観測されたが、蓄積量変化では位置的に近い県であっても異なる傾向を持つケースが特に天然林において多く観測された点も、注視すべきポイントであると言えよう。

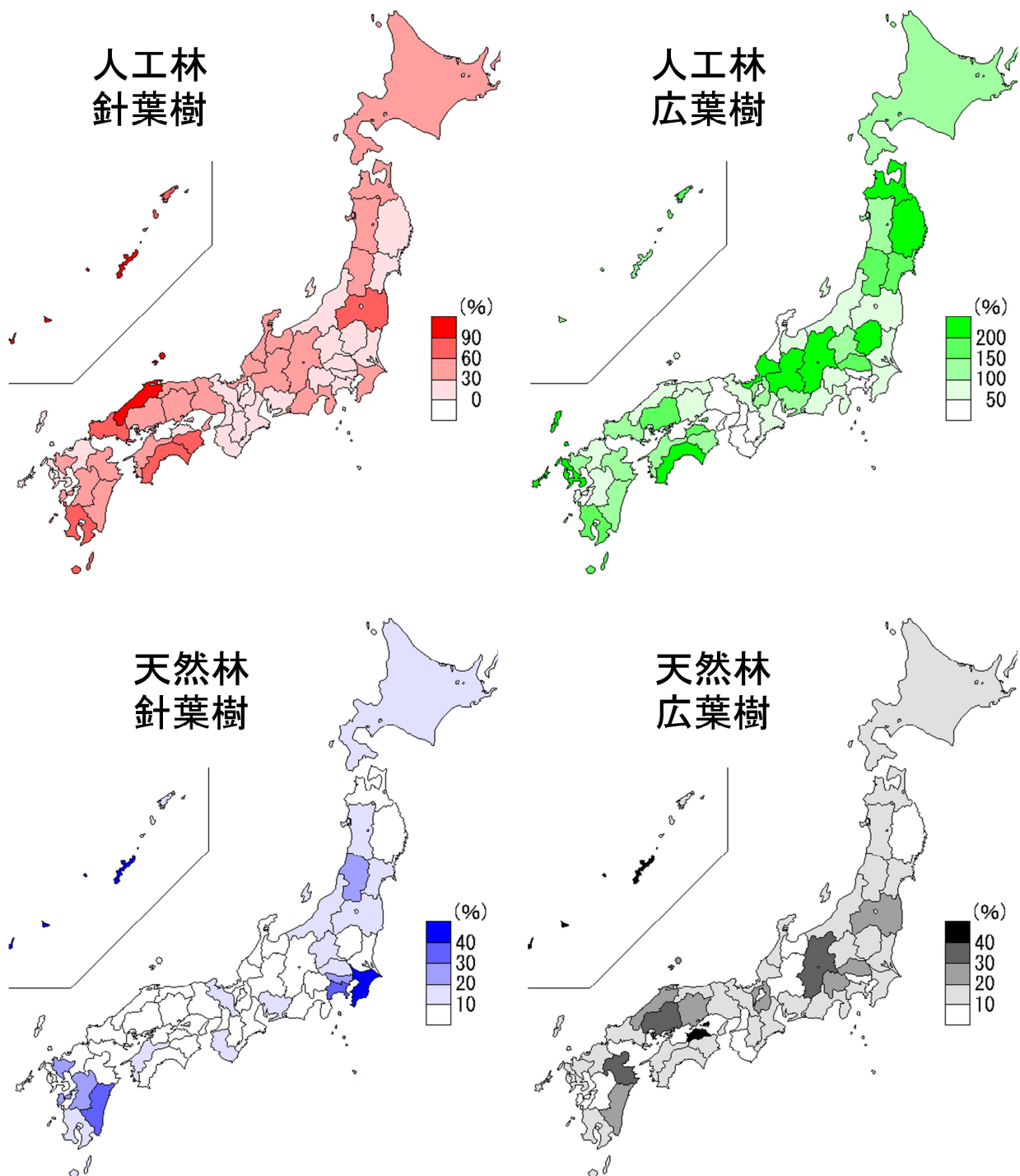


図 2-4 2000 年度から 2011 年度における都道府県別の樹種別・成立過程別の蓄積量変化率  
 (出典) 2000 年世界農林業センサス及び森林資源の現況より著者作成

次に、国内における森林生育期間の経年変化について考察を行う。図 2-5 は国内の樹種別・成立過程別の森林生育期間の経年変化を表した図である。図-5 の森林の生育期間は各出典に記載されている齢級別面積を利用し、齢級区分で定められている生育期間の中央値を用いることで推計を行った。

生態系サービスを評価する上で森林の育成期間は、森林資源の質を評価する重要な指標となる。そ

の理由として、育成期間が長く今後生育が見込めない森林については、生育過程で期待できる炭素貯留の効果も低い点が挙げられる。加えて、林野庁では「齢級構成の均衡がとれた森林資源の造成」を目標として掲げている。一方で、現状では長期の育成期間を経た人工林が多く存在しており、バランスが取れているとは言えない。

図 2-5 より、全体的な森林の齢級は 2000 年度から 2011 年度にかけて、大きな変化は見られなかった。一方で、人工林と天然林との間では、明確に傾向の違いが観測された。人工林では年々齢級が上昇傾向にあるが、天然林では 2000 年度から 2006 年度にかけて下降傾向にある。2006 年度から 2011 年度にかけては天然林の中でも、針葉樹では平均育成期間が減少傾向にあるが、広葉樹では若干上昇傾向にあることが分かる。

人工林の育成期間の上昇は、2000 年度から 2011 年度にかけて森林資源管理のための間伐が十分に行っていない点が示唆される。これは、植樹当時は建築材としての需要が見込まれた森林資源に対して、生育速度が早いスギ・ヒノキ等の針葉樹を集中的に植林したが、今日の林業衰退に影響を受けた結果、間伐を進めることが難しい点が理由の一つとして挙げられる。

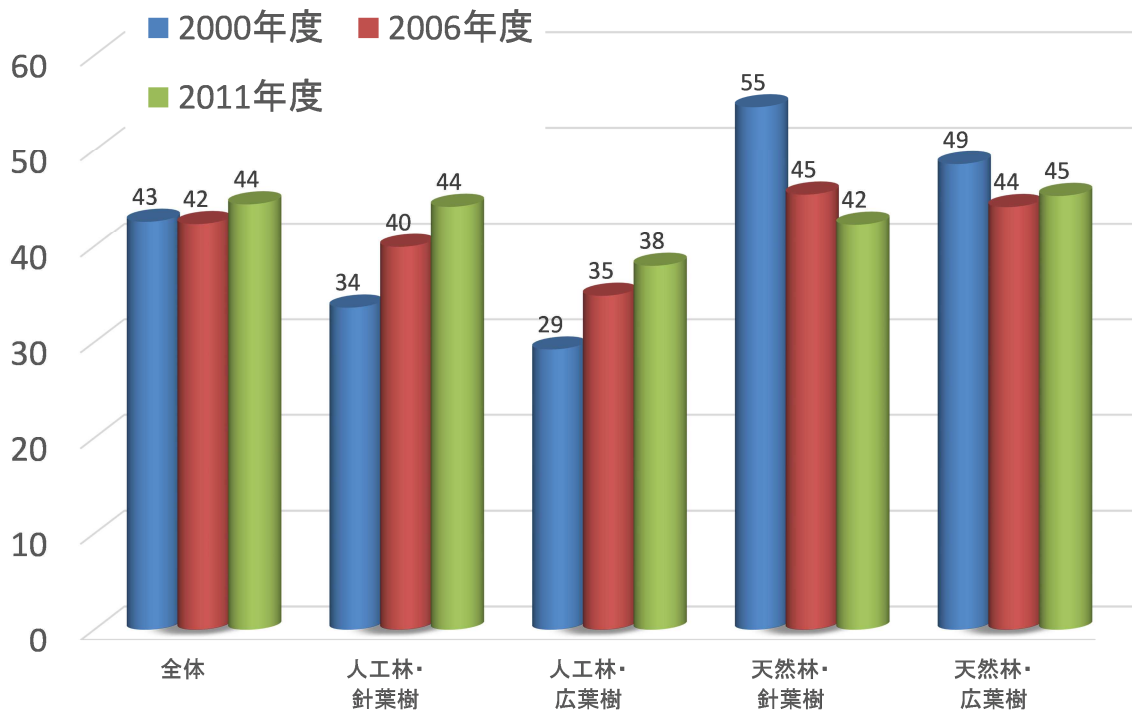


図 2-5. 国内の樹種別・成立過程別の森林育成期間の経年変化 (年)  
 (出典) 2000 年世界農林業センサス及び森林資源の現況より著者作成

図 2-6 は、2000 年度から 2011 年度にかけての樹種別・成立過程別の育成年数変化率を都道府県別に示したものである。図 2-6 より、人工林針葉樹では全国的に育成期間が長くなっている傾向が分かる。一方で人工林広葉樹では、四国・九州で育成期間の上昇が顕著に現れているものの、近畿や関東地域では、他地域に比べて育成期間の上昇幅が小さいことが明らかとなった。

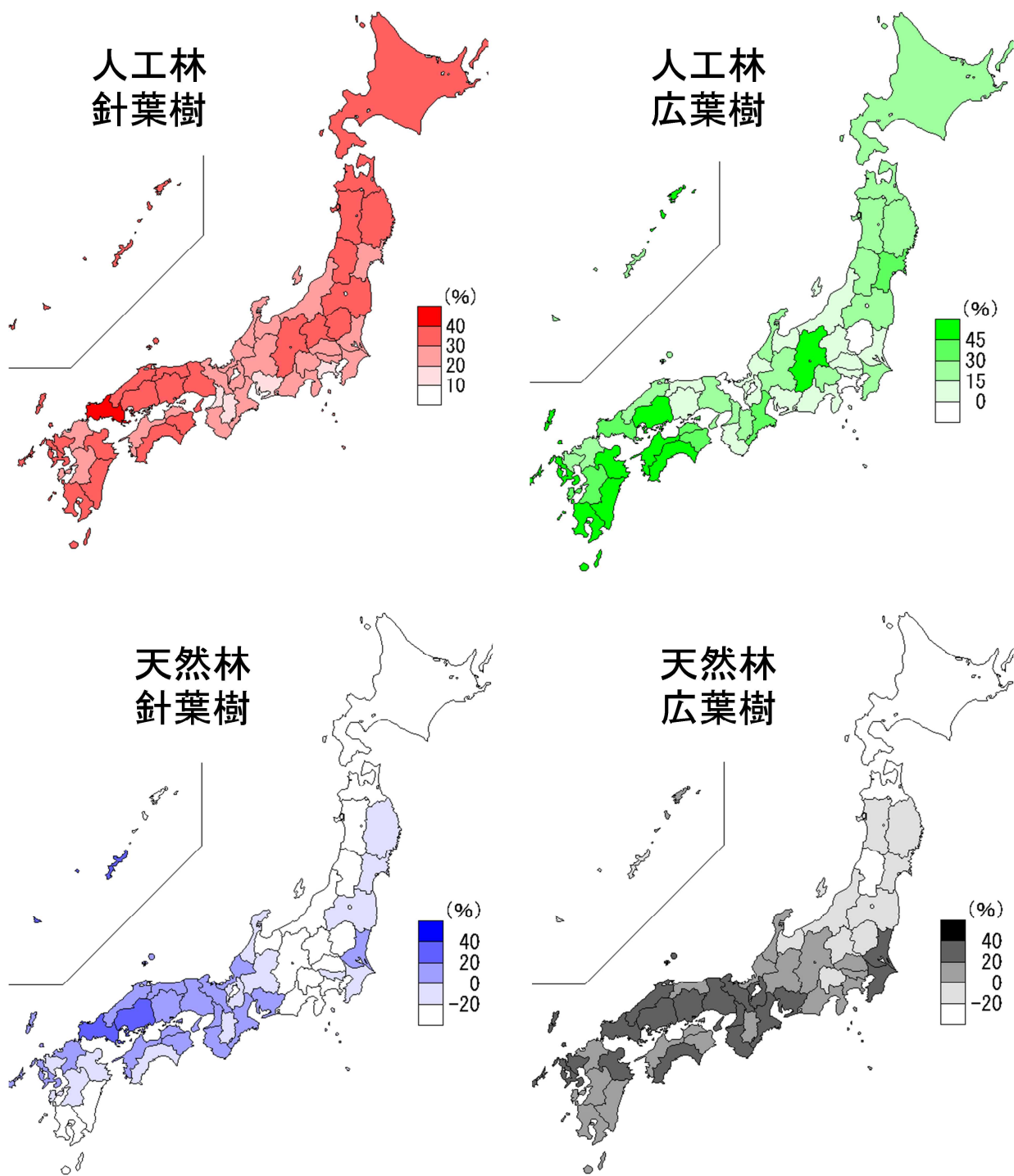


図 2-6 2000 年度から 2011 年度における都道府県別の樹種別・成立過程別の育成期間変化率  
 (出典) 2000 年世界農林業センサス及び森林資源の現況より著者作成

また、天然林では、東日本で 2000 年度から 2011 年度にかけて育成期間が短縮している都道府県が多く存在している一方で、西日本では期間が延びている傾向にある。東日本と西日本で天然林針葉樹の育成期間が明確に分かれている点は、興味深いと言える。来年度以降において、これらの地域間での違いがどのような要因によってもたらされているかを、要因分解分析法などを用いて、明らかにす

る予定である。

次に、森林密度データの経年変化について考察を行う。図 2-7 は国内の樹種別・成立過程別の森林密度の経年変化を示したものである。ここで密度データは、上述した森林蓄積量を森林面積で除したものであり、1ha 当たりの森林蓄積量を表す指標である。密度データも育成期間同様に森林の質を表すデータをして活用が可能である。森林密度は、森林の間伐度合いを示す指標としても活用が可能である。一般的に間伐を行うことで森林内の立木密度を適切に保ち、木々がバランスよく日光や土壌から栄養を得ることで健全な森林に導くことが期待できる。加えて、適切な森林密度に保つことは、森林のもつ多面的機能を高度に発展すると言われている(林野庁, 2002)。

図-7 よりすべての樹種・成立過程の組み合わせで密度が上昇傾向にあることが分かるが、その速度は人工林と天然林で異なる。人工林では、針葉樹で 42%、天然林で 75%の増加を達成しており、急速に密度が上昇していることが分かる。一方で天然林では、針葉樹及び広葉樹で 12%と 15%にとどまっております。これらの結果は図 2-5 で示した育成期間のデータと整合的であり、人工林の間伐の必要性が明確に示されている結果となっている。

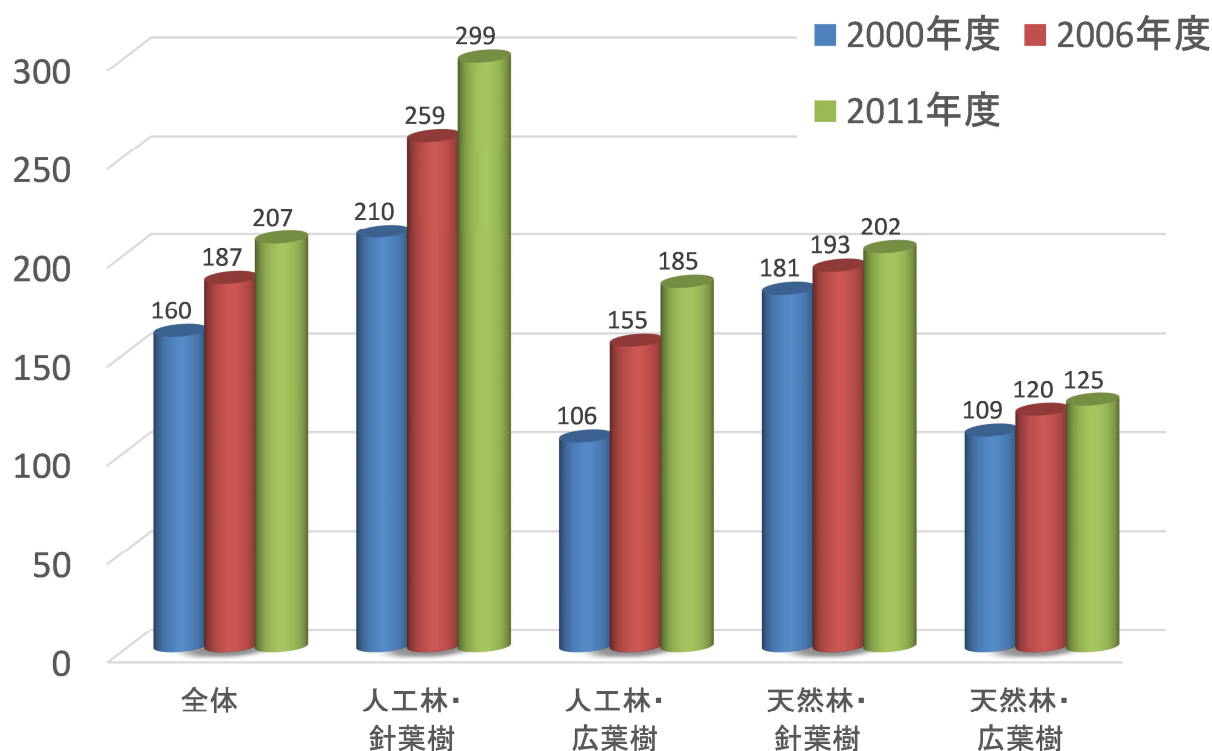


図 2-7. 国内の樹種別・成立過程別の森林密度の経年変化 (m<sup>3</sup>/ha)  
(出典) 2000 年世界農林業センサス及び森林資源の現況より著者作成

図 2-8 は、2000 年度から 2011 年度にかけての樹種別・成立過程別の森林密度変化率を都道府県別に示したものである。図 2-8 より、人工林では針葉樹及び広葉樹の変化率で類似した傾向が観測された。大きく異なる点としては、福島県、山口県、島根県で針葉樹では密度が大幅に上昇している一方で、広葉樹では上昇幅が他地域に比べて低い傾向にある。また、天然林では針葉樹と広葉樹の密度に



において、都道府県別に異なる傾向で推移していることが明らかとなった。密度変化は間伐作業と強い関係性を持っていることから、各都道府県の森林管理戦略の違いが反映された可能性が示唆される。

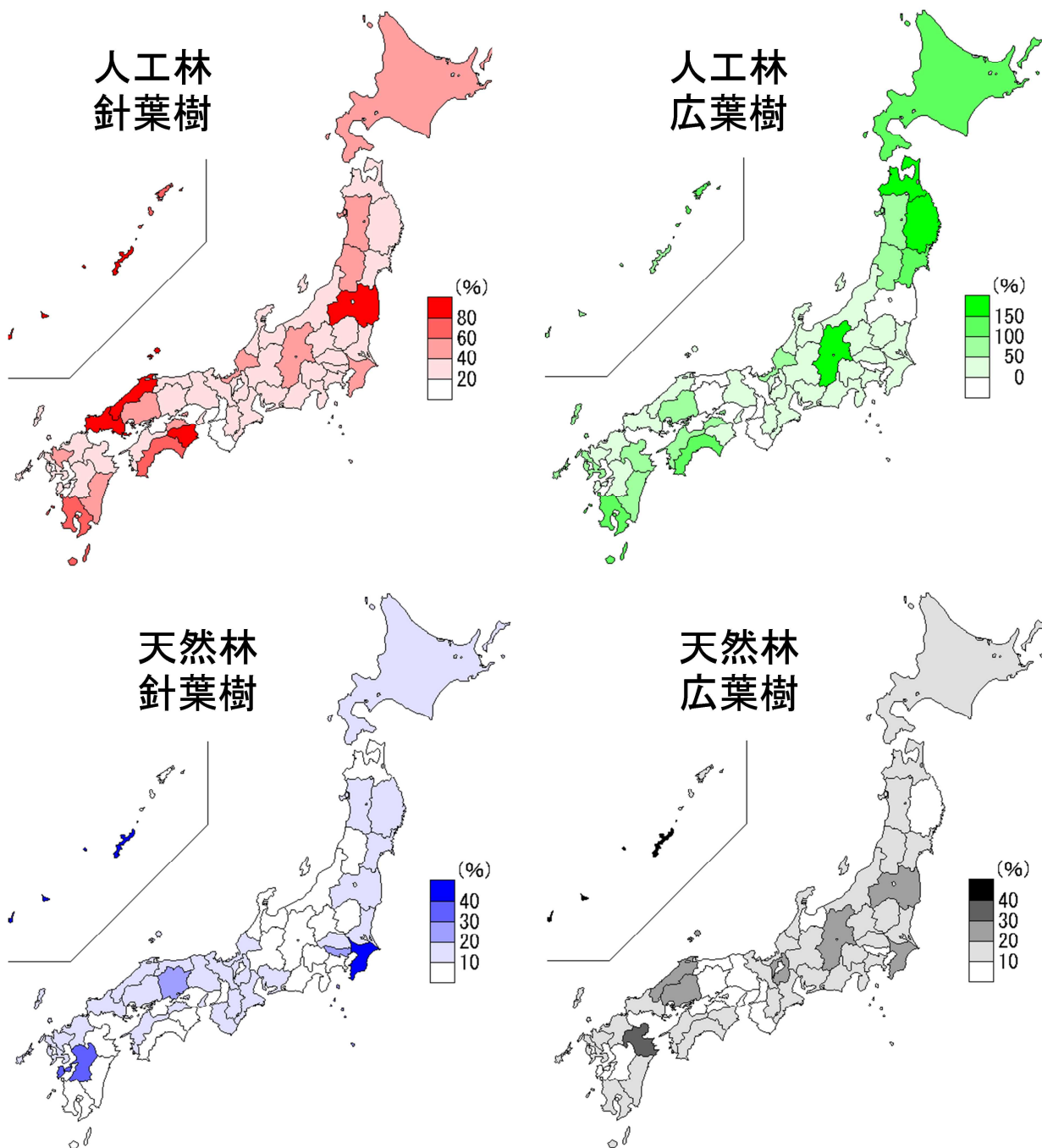


図 2-8 2000 年度から 2011 年度における都道府県別の樹種別・成立過程別の森林密度変化率  
(出典) 2000 年世界農林業センサス及び森林資源の現況より著者作成

最後に、森林の公益的機能について考察を行う。森林の公益的機能に関するデータは「2006 年度の森林資源の現況」のみデータが利用可能であったことから、2006 年度の地域間比較について考察を進める。図 2-9. 都道府県別における公益的機能別の森林面積割合を示したものである。公益的機能別の森林面積割合は、「2006 年度の森林資源の現況」で分類されている「水土保持林」、「森林と人との共

生林」、「資源の循環利用林」の3つの公益的機能に対して、各公益的機能を有する森林面積を分子に、3つの公益的機能面積の総和を分母として計算している。この割合によって、各都道府県が有する公益的森林面積の中で、どの機能を有する面積が割合として大きいのかを明らかにすることが可能である。

図 2-9 より、森林と人との共生林の面積割合は、東日本及び中部北陸地域で高い傾向にあり、西日本で低い割合となっている。一方で資源の循環利用林の利用割合では、東日本に比べて西日本で高い傾向にある。水土保持林では、年間降水量が少ない中国・四国地域や九州地域で高い割合となっている。これら公益的機能面積の割合の違いは、各地域における森林利活用に関する需要と解釈することが出来る。従って、公益的機能面積の割合の違いに着目した目的別の森林管理戦略が重要であると言えよう。

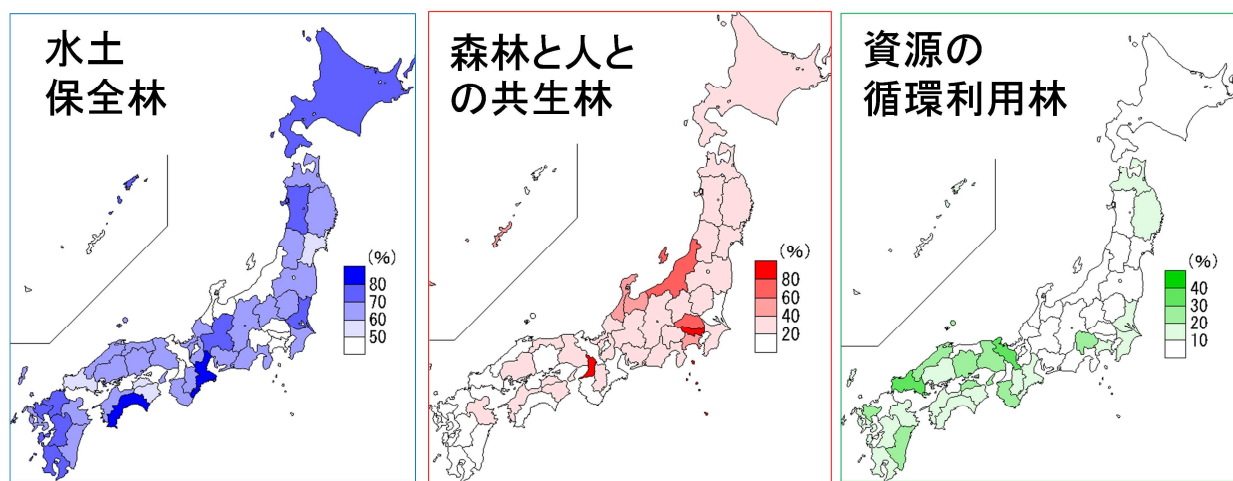


図 2-9. 各都道府県における公益的機能別の森林面積割合 (%)

(出典) 森林資源の現況より著者作成

(注) 3つの公益的機能の森林面積割合の合計は 100%となる

## 2.3 今年度研究成果のまとめ

本年度では、森林資源の量的データの収集及びデータセットの作成を実施した。特に 2000 年度、2006 年度、2011 年度の 3 時点における都道府県別の森林資源について、樹種別・成立過程別にデータを収集することで、都道府県が森林資源管理において抱える課題を明らかにすることが出来た。

来年度では、本年度に構築したデータセットに対して、別グループで推計した「森林資源量当たりの生態系サービス」の数値を乗じることで、森林資源による生態系サービスの推計を実施する。加えて、生態系サービスの変化がどのような要因によって引き起こされているかを明らかにするために、要因分解分析を実施する。

要因分析の研究フレームワークについて下記に記す。森林資源による生態系サービスが立木地から得られると仮定した場合に、生態系サービスの総計は式(1)で表される。

$$\begin{aligned} \text{生態系サービス} &= \text{人工林針葉樹のサービス} + \text{人工林広葉樹のサービス} \\ &+ \text{天然林針葉樹のサービス} + \text{天然林広葉樹のサービス} \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、人工林針葉樹の森林資源から得られる生態系サービスに着目し、要因分解の計算式を記載する。人工林針葉樹から得られる生態系サービスの量は、式(2)のように分解することが出来る。

$$\begin{aligned} \text{人工林針葉樹のサービス} &= (\text{人工林針葉樹のサービス/人工林針葉樹の面積}) \\ &\times (\text{人工林針葉樹の面積/立木地面積}) \\ &\times (\text{立木地面積/森林面積}) \\ &\times (\text{森林面積}) \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、右辺の第一項は生態系サービスの原単位(生態系サービス/面積)を表し、各分類の森林資源から期待できる生態系サービスの大きさを反映している。第二項は立木地面積に占める人工林針葉樹の割合を示しており、樹種別・成立過程別の森林資源の分布を反映している。第三項では、森林面積に占める立木地面積の割合を示している。この要因は、立木地以外の森林面積がどれほど含まれているかを示しており、特に無立木地の面積が高いほど、この割合は低くなる。従って、森林管理の適正度を反映した要因として解釈できる。最後の第四項は森林面積であり、森林の規模を反映した要因となっている。

以上をまとめると、各樹種・成立過程別の生態系サービスの変化は、生態系サービス原単位の変化、樹種別面積の構造変化、森林管理適正度の変化、森林の規模の変化の 4 つの要因に分解することが可能となる。来年度では、本要因分解分析フレームワークを用いることで、各都道府県の森林資源による生態系サービスの変化が、上述した四要因のどれによって引き起こされているのかを明らかにする。

## 第3章 環境の経済評価手法の応用による生態系サービス評価に関する研究

### 3.1 環境の経済評価手法

#### 3.1.1 はじめに

生態系ストックや生態系サービスは、典型的な「市場価格を持たない価値物」(植田 1996)である。こうした自然資本の持つ非市場的価値を評価するために、環境の経済評価手法が開発されてきた。環境の経済評価手法は、非市場的な価値を含めて環境・資源・生態系のもつ価値は貨幣単位という一元化された尺度で計測しようとするものである。したがって、我が国における生態系サービスを勘定体系の枠組みで評価するという本研究課題の目的に沿った分析手法である。

しかしながら環境の経済評価手法は万能ではなく、方法論的な克服すべき問題点が多く提起されている。環境の経済評価手法を適用した事例研究はこの数十年で非常に多く蓄積が進んでいる一方で、必ずしもすべてが生態勘定として利用可能な評価地を提供しているかについては留保される。そこで本章では、環境の経済評価手法の理論的背景と、その実践的目的を明確にしたうえで、生態系サービス評価に応用するための条件や実践を提案する。

#### 3.1.2 自然資本ストック評価における環境の価値と評価

非市場価値をもつ生態系サービスは、市場においては不当に低く評価されているため開発における意思決定において常に破壊の圧力にさらされる。生態系サービスをふくめて、環境評価手法が評価対象とする価値は、Turner et al.(1994)により一般的に次のように定められている。

$$\begin{aligned} & \text{総経済価値}(TEV; \textit{Total Economic Value}) \\ & = \text{利用価値}(\textit{Use value}) + \text{非利用価値}(\textit{Non-use value}) \end{aligned}$$

利用価値には、実際に利用して得られる価値(Actual use value; 直接利用価値)のほかに、将来の利用のために保持する価値(Option Value; オプション価値)がある。非利用価値とは、その環境を全く利用しないにもかかわらず、それに価値があると感じるときに認められるものである。なかでも、それが消失することを「損失」と感じる場合に認められるのが存在価値と呼ばれるものである。また、自分は利用しないが、他人のために在ったほうがよいと感じる場合、利他的価値(その他者が同世代の場合)ないし遺贈価値(将来世代の場合)と呼ばれる。これらは、図 3-1 のようにまとめられる。