

課題名 1RF-1501 社会・生態システムの統合化による生態系サービスの自然的・社会経済的価値の予測評価

課題代表者名 武内和彦（国立大学法人東京大学サステナビリティ学連携研究機構長・教授）

研究実施期間 平成27年度

累計予算額 平成27年度：11,952千円
予算額は、間接経費を含む。

本研究のキーワード 社会・生態システム、生態系サービス、シナリオ分析、気候変動、土地利用、海域利用、社会経済的価値、レジリエンス、社会関係資本、重層的ガバナンス

研究体制

- (1)社会・生態システムの統合モデルの構築と包括的な福利の追究(国立大学法人東京大学)
- (2)陸域における生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価(国立大学法人東北大学)
- (3)海域における生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価(独立行政法人海洋研究開発機構)
- (4)生態系サービスの社会経済的価値の予測評価と 自然資本の重層的ガバナンス(国立大学法人京都大学)

研究協力機関

国際連合大学サステナビリティ高等研究所

研究概要

1. はじめに(研究背景等)

2012年4月に設立された「生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学政策プラットフォーム」(IPBES)により、国際的に生物多様性や生態系サービスを評価する新たな枠組や手法、またその成果を諸政策につなげるための検討が行われている。IPBESの作業計画2014-2018では、2017年までにアジア太平洋地域の生物多様性及び生態系サービスに関する評価を、2018年末までに地球規模の評価を行う予定となっている。一方、今後予想される社会経済及び地球環境の変化により、国内外でかつてない規模の生物多様性・生態系への影響が懸念される。こうした影響を未然に回避・緩和するには、自然的要因と社会経済的要因を包含した将来予測モデルの構築とそれに基づく生態系サービスの自然的・社会経済的価値の評価が不可欠である。また、超高齢化社会を迎える我が国では、人口減少に伴う過疎化、森林・農地の荒廃等の土地利用変化、気候変動やその他の要因による自然災害の激甚化等により、生物多様性及び生態系サービスが中長期的に大きく損なわれると危惧されている。そのため、相互に関係しあう生態系サービスの包括的維持機構である「自然資本」を、立場の異なるさまざまなステークホルダーの参加により共同管理していくためのガバナンスの構築が急務となっている。本研究では、我が国を中心に、長期的には同様の変化が予想されるアジア地域も視野に入れながら、生態系レベルの事象に焦点をあて、社会・生態システムの統合モデルを構築するとともに、それをういた生態系サービスの自然的・社会経済的価値の予測評価を行い、シナリオ分析に基づく複数の政策オプションを検討し、包括的な福利を維持・向上させるための自然資本の重層的ガバナンスのあるべき姿を提示することを目指して予備的な検討を行う。

2. 研究開発目的

本研究では、我が国を中心に、アジア地域にも視野を広げ、生態系レベルの事象に焦点をあて、社会・生態システムの統合モデルを構築するとともに、包括的な福利の向上を追究するための分析の枠組みを検討する。そのうえで、陸域及び水域において生態系サービスがもたらす自然的・社会経済的価値の予測評価を行い、将来シナリオ分析に基づく複数の政策オプションを検討し、国土と地域にまたがる自然資本の重層的ガバナンスのあるべき姿を提示することを通じて包括的な福利を向上させることを目指して予備的な検討を行う。

本研究は、課題調査型研究(フィージビリティ・スタディー)であり、平成27年度には、基礎調査及び 国際動向を整理するとともに、研究実施に向けた手法等の検討を行い、関連分野の研究者の学際的な研究体制及び体

系的な研究計画を立案する。その際、IPBESの分析概念枠組みや将来シナリオに関する議論を踏まえつつ、我が国における人口動態や土地利用の変化等を踏まえた生態系サービスの自然的・社会経済的価値の予測評価を行うための手法を検討し、そのアジア地域への適用可能性についても検討する。具体的には以下の4つのサブテーマを設定して研究を進める。

サブテーマ1: 社会・生態システムの統合モデルの構築と包括的な福利の追究

サブテーマ2: 陸域における生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価

サブテーマ3: 海域における生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価

サブテーマ4: 生態系サービスの社会経済的価値の予測評価と自然資本の重層的ガバナンス

3. 研究開発の方法

(1) 社会・生態システムの統合モデルの構築と包括的な福利の追究

社会・生態システムの統合モデルの基本設計の方針を検討するため、サブテーマ1～4のすべての分担研究者及び研究協力者、関連ステークホルダーとの定期的な研究会合、研究ワークショップ等を開催した。IPBESで実施された将来シナリオ及びモデルに関するアセスメントでのグローバルな文献レビュー成果に基づき、将来シナリオの設定方法、統合モデルの時空間スケールと精度、統合モデルを構成するサブモデル候補、必要とされるパラメータ(変数)等について検討した。それに基づき、次年度以降の研究プロジェクトで求められるサブテーマ群を特定した。

また、統合モデルの構築と運用を支える情報基盤として、他のサブテーマの分担研究者等への聞き取り調査や議論を行い、統合的な情報プラットフォームの基本設計を進めた。具体的には、自然資本と生態系サービスの自然的価値と社会経済的価値の双方の評価にあたり、各サブテーマで必要となるデータ、利用可能なデータ、新たに取得や作成が必要となるデータ等の特定を関係研究者へのヒアリングをもとに進めると同時に、類似情報システムに関する国内外の事例レビューを実施した。さらに、将来シナリオの作成の参考情報として、2050年までの社会と生態系にとって重要な変動要因を特定し、重みづけするため、一般及び有識者(研究者、行政、民間セクター)に対するwebアンケートを行った。2015年6月26日から30日に実施した一般向けのwebアンケート調査からは3,039サンプルを回収し、続いて2015年7月17日から8月22日に実施した有識者向けの調査からは101サンプルを回収した。

(2) 陸域における生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価

各種の書籍から、樹木種の用途、蜜源樹木としての重要性、俳句の歳時記への掲載の有無のデータを収集した。この情報と全国の植生情報を組み合わせることで、国内全域を対象に、樹木の用途多様性、蜜源樹木資源量、季語種数多様性という3つの生態系サービスの指標を地図化した。さらに、これら3つの生態系サービスの指標を様々な環境変数の関数として統計モデル化した。次に、このモデルを用いて農業環境技術研究所から提供を受けた3つの気候変動シナリオのもとでの生態系サービスの指標を予測し、比較した。

上記の生態系サービス指標と、既存の最大光合成速度・落葉分解速度係数の生態系機能・サービスを対象に、それぞれの生態系サービス指標を応答変数としたランダムフォレストモデルを第三回(1985年前後)と第五回(1996年度前後)の自然環境保全基礎調査の植生図に適用することで、この間の土地利用変化がこれらの生態系機能・サービスに与える影響を評価した。また、それぞれの生態系サービスについて、土地利用変化の種別ごとの生態系サービスに対する影響の方向・程度を評価した。

東北地方および新潟県の道の駅100駅において、各種の山菜の販売の有無に関する聞き取り調査を行った。各山菜の販売の有無を説明する要因として、年平均気温や最大積雪深といった気候変数、原生林率や人工林率といった土地利用に関する変数、人口密度や文化圏といった社会・文化的変数を収集し利用可能な形に整備した。また、環境省の自然環境保全基礎調査の植生調査結果を利用して、各山菜の分布を気候・植生タイプの関数として統計モデル化し、分布の有無と販売の有無を比較した。

また、来年度以降の本格的な解析に向けて、評価の遅れている生態系の文化的サービスのうち、重要性が高く、なおかつ広域評価が可能な項目の洗い出しを行い、研究手法についての予備的な検討を行った。加えて、来年度以降における生態系管理における伝統知・地域知の効果の検証や流域レベルでの各種生態系サービスの評価とシナリオ分析といった課題に向けて、これらの分野に詳しい専門家を招いてワークショップを開催するなど、頻りに議論を行い、現状の把握と今後の課題の整理を行った。

(3) 海域における生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価

既存の生態系サービスに関連する指標を収集し、国内の生物多様性情報・生態系サービス評価と比較した。特にHalpern et al. (2012) で提案されている海洋の健全度を表す指標(OHI)に着目し、現状のデータでの評価可能性を示した。次に、生態系サービス評価に利用できる素材を収集し、特にダイビングに関して都道府県の解

像度で自然資本とサービスの関係性の検討を行った。また、評価の体制の検討とそのための会合やワークショップの開催を行った。

(4)生態系サービスの社会経済的価値の予測評価と自然資本の重層的ガバナンス

サブテーマ4では、文献調査並びに地域産業連関表や水稻の生産費調査などの既存の公表データを活用したデータ解析によって、陸域・海域の自然資本・生態系サービスの自然的価値を社会経済的価値の予測評価にむすびつけるための手法を検討するとともに、自然資本・生態系サービスを維持・向上させるための施策のあり方について予備的検討を行った。さらに、自然資本を適正に管理していくためのさまざまなレベルのステークホルダーからなる重層的ガバナンスのあり方について重要概念の整理をはじめとする予備的検討を行った。

4. 結果及び考察

(1)社会・生態システムの統合モデルの構築と包括的な福利の追究

①社会・生態システムの統合モデル及び情報プラットフォームの基本設計

IPBES、IPCC等の分析概念枠組みや将来シナリオに関する議論を踏まえつつ、人口動態の変化や土地利用変化等により生態系サービスの自然的・社会経済的価値の将来予測・評価が可能となるような統合モデル構築のための予備的検討を行い、社会生態システムの統合モデル(図1)及び統合的な情報プラットフォーム(図2)を基本設計し、その構成要素とプロセスモデルを明らかにした。また、情報プラットフォームの運用を通じた国内の科学-政策インターフェース強化の方策を検討するとともに、マルチステークホルダー会合を通じたアジア地域での展開戦略についても検討した。

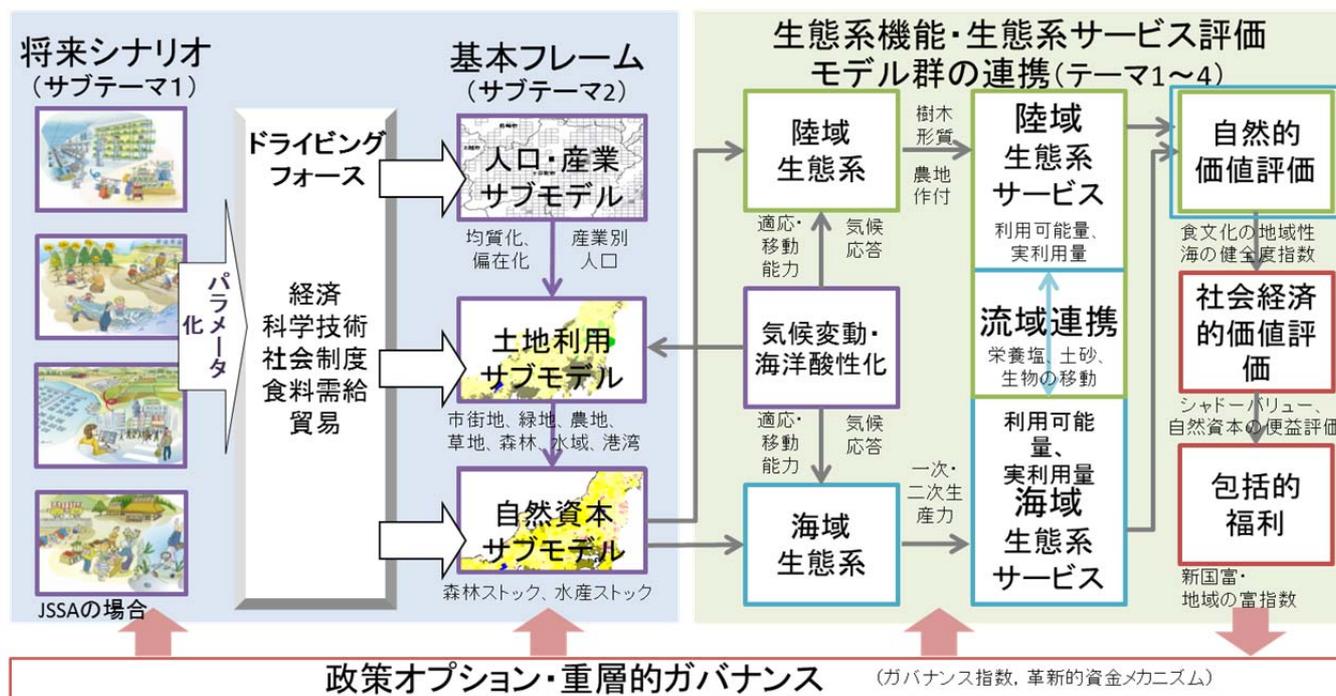


図1 社会生態システムの統合モデルの基本構造

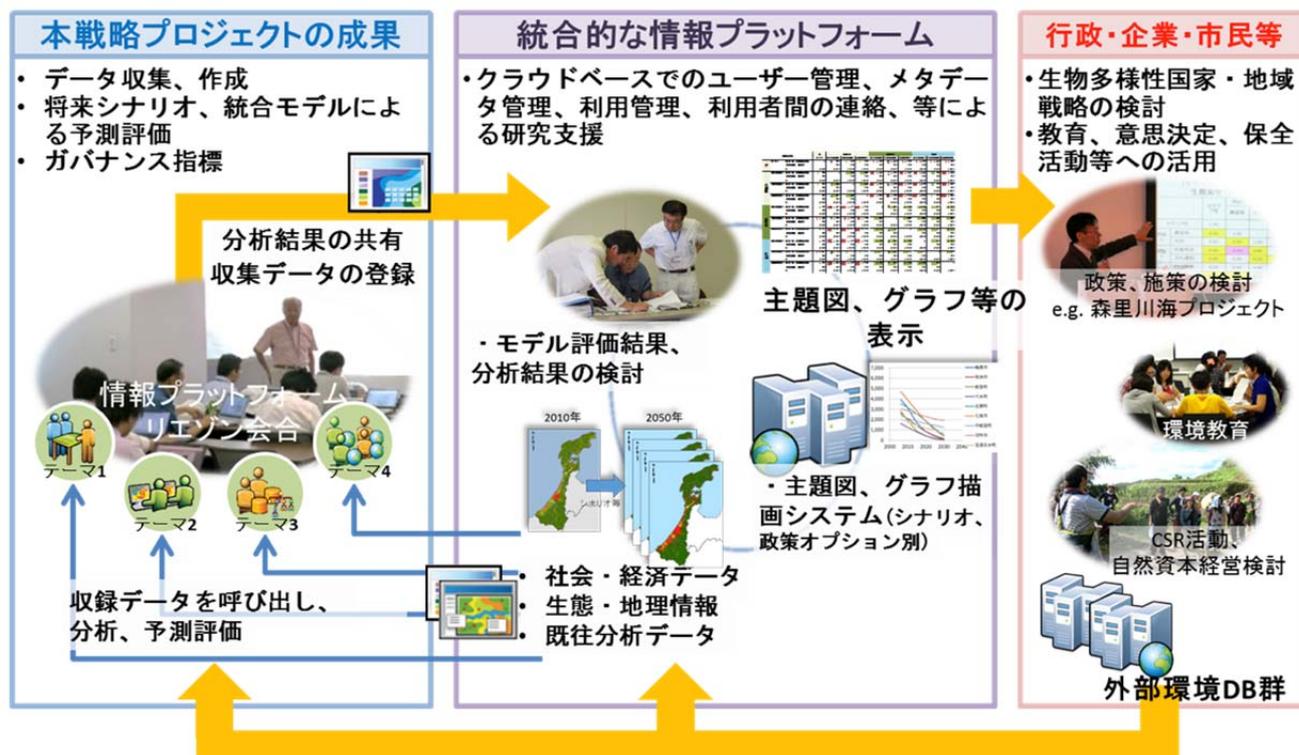


図2 統合的な情報プラットフォーム

②次年度以降の研究プロジェクトで求められるサブテーマ群の特定

フローとしての生態系サービスだけでなく、ストックとしての自然資本も対象とした自然的・社会経済的価値の予測評価を行うための手法とデータ等に関する予備的検討を包括的に行い、それに基づいて本格的な研究展開のため課題群(15サブテーマ)を特定した(図3)。また、それに応じて、次年度以降の戦略研究全体のプロジェクト(S-15)のタイトルを「社会・生態システムの統合化による自然資本・生態系サービスの予測評価」(PANCES)と定めた。

FS期間【H27年度】	【H28年度～H32年度】	
	テーマ名 及び テーマリーダーの担当するサブテーマ	公募対象サブテーマ
サブテーマ1: 社会・生態システムの統合モデルの構築と包括的な福利の追究 (東京大学: 武内和彦・齊藤修・橋本禰)	テーマ1: 社会・生態システムの統合モデルの構築と科学-政策インターフェースの強化 サブテーマ(1): 統合的な情報プラットフォームの整備を通じた社会・生態システムの統合モデルの構築	サブテーマ(2): 将来シナリオ毎の基本フレーム分析 サブテーマ(3): 気候・生態系変動に関する変化要因(ドライバー)と政策オプションの分析 サブテーマ(4): 自然資本・生態系サービスに関する国際的な科学-政策インターフェース強化とアジア展開
サブテーマ2: 陸域における生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価 (東北大学: 中静透・饗庭正寛)	テーマ2: 陸域における自然資本・生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価 サブテーマ(1): 生態系の文化的サービスの評価および多面的な自然資本・生態系サービスの統合	サブテーマ(2): 陸域生態系の供給・調整サービスの定量化と予測 サブテーマ(3): 自然資本・生態系サービス管理における参加型管理オプションと伝統・地域知の評価 サブテーマ(4): 流域・河川生態系における自然資本・生態系サービス評価と沿岸域へのつながり
サブテーマ3: 海域における生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価 (海洋研究開発機構: 白山義久・山北剛久)	テーマ3: 海域における自然資本・生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価 サブテーマ(1): 海域の環境要因の将来予測データの整備および自然資本・生態系サービス予測評価の統合	サブテーマ(2): 経済活動に起因するドライバーが海域の自然資本・生態系サービスに与える影響の予測評価 サブテーマ(3): 気候変動等を考慮した将来シナリオにもとづく海域の自然資本・生態系サービスの予測評価 サブテーマ(4): 海域管理による介入オプションの検討にもとづく自然資本・生態系サービスの予測評価
サブテーマ4: 生態系サービスの社会経済的価値の予測評価と自然資本の重層的ガバナンス (京都大学: 浅野耕太)	テーマ4: 自然資本・生態系サービスの社会経済的価値の予測評価と自然資本の重層的ガバナンス サブテーマ(1): 社会経済的価値の評価手法の開発と自然資本のよき重層的ガバナンスの解明	サブテーマ(2): 重層的環境ガバナンスの類型化と可視化 サブテーマ(3): 包括的な福利指標の開発と地域的展開

図3 本年度及び次年度以降の研究サブテーマ構造

③2050年までの社会と生態系にとって重要な変動要因等に関するアンケート調査結果

2050年の社会に影響を与えると考えられる要因30項目と、2050年の生物多様性と生態系サービスに影響を与えると考えられる19項目に関して、その要因が起こる確度と起きた時の影響力について、Webアンケート調査から次のような結果を得た。将来の社会においては、一般、専門家ともに、自然災害（特に大震災・大津波や洪水・台風、自然災害の激甚化）と人口流出・過疎化・限界集落の発生、少子高齢化、地域格差について確度が高く影響力も大きいと評価している。専門家は、経済・資源、政策・ガバナンス、技術革新、地域紛争・戦争等に関わる要因の確度をあまり高く評価しない一方で、それらの起きた時の影響力を高く評価する傾向があった。将来の生物多様性と生態系サービスにおいては、一般、専門家ともに、海面上昇と地域・地球温暖化について確度が高く影響力が大きいと評価した。一般に比べて、専門家は、水産資源の乱獲やアンダーユースによる自然の質の低下、侵略的外来種について、確度、影響力ともに高く評価する傾向があり、一方で、プランテーション開発や森林破壊・減少、汚染に関わる要因、砂漠化については、確度、影響力ともに低く評価する傾向があることが分かった。これらの結果から、一般と専門家間の評価の違いが検出されたとともに、将来シナリオ作成にあたり、変動要因の重要性および位置付を検討する際の重要な知見を得た。

(2)陸域における生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価

樹木の用途多様性は、現状では西日本の海岸沿いなど、温暖で人工林の少ない地域で高く、中部山岳地域や北海道など寒冷な地域で低くなっていた。蜜源樹木資源量は、関東から西の海沿い、特に中国地方や九州西岸で高く、また北海道でも一部、比較的高い地域が見られた。季語種数多様性は、中国地方で高く、また東北太平洋岸でも比較的高い地点が多く見られた。一方、寒冷な中部山岳地域や北海道、人工林の多い紀伊半島等では低くなる傾向が見られた。いずれの生態系サービス指標についても、気候変動シナリオ間で影響の違いが見られた。これらの解析の過程で、本採用後の本格的な解析において、土地利用の変化等も含めたシナリオを、より多数の生態系サービスに適用していくための様々なノウハウを得ることができた。

近年の土地利用変化の影響は、全ての生態系機能・サービスに対して、正・負両面の影響を与えていた。最大光合成速度は、ほとんどの地点で低下していたが、その傾向は東・北日本に偏っており、西・南日本ではこの期間の変化は小さかった。落葉分解速度係数は、岩手県周辺と中国・四国地方で上昇傾向が卓越しており、その他の地域では比較的低下する傾向が見られた。樹木の用途多様性は、東北の太平洋側で比較的增加傾向にあったが、その他の地域では西・南日本を中心に減少の傾向が幅広く見られた。蜜源樹木資源量は、岩手県周辺、首都圏近郊、中国地方などで減少傾向が顕著だった。季語種数多様性は、全国的に低下の傾向がみられたが、首都圏近郊では増加傾向が見られた。多くの生態系機能・サービスにおいて、原生林や二次林の植林地や非森林への転換が最も重要な変化要因であった。このような土地利用変化の生態系機能・サービスに対する影響評価の手法は本採用後のシナリオ解析においてもほぼそのまま採用可能であると考えている。

東北地方の道の駅における山菜の販売実績の調査によって、東北地方では50種を超える山菜が販売されていることが明らかになった。それぞれの山菜の販売の有無の地理的分布パターンは種ごとに大きく異なり、ほぼ全域で利用されているもの、特定の地域のみで利用されているもの、利用の有無が明確な地理的パターンを示さないものなど様々であった。この販売の有無を、それぞれの山菜の推定自然分布と比較によりしばしば販売の有無は推定自然分布と一致しないことがわかった。このような自然分布と販売地点の乖離は、ストックとしての自然資本とフローとしての生態系サービスの空間分布が一致していないことを示している。今後はこのような自然資本と生態系サービスの乖離が生じる要因を統計的に検証するとともに、自然資本・生態系サービス両面の経済的価値評価へと発展させていくことを計画している。

プロジェクトが本格実施された場合の様々な課題に対応するため、関連する分野の専門家を招聘し、ワークショップを開催した。このワークショップとその後のメール等による議論により、シナリオ解析に活用可能なモデル化の手法、経済的価値評価の可能な自然資本・生態系サービスの評価方法、流域レベルでの物質循環を中心とした生態系サービス評価の現状把握と海域研究者との連携のための対象地域絞り込み、参加型管理オプション評価のための過去の事例の収集などを行い、プロジェクトの本格実施に向けた研究基盤の整備を達成することができた。

(3)海域における生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価

まず、国際的な海域の生態系統合評価指標と国内の評価事例とのギャップを比較するために、収集した既存の生態系サービスに関連する指標のなかからHalpern et al. (2012) で提案されている海洋の健全度を表す指標(OHI)に着目した。ここで用いられたサブゴールと対応した国内での評価の可能性について、生態系の状態のみに着目し(OHIでは他にトレンドなども用いている)、これまで生物多様性情報を日本全域と東・東南アジア域で収集してきた生物多様性評価に関する推進費(S9)、および、日本全域で海域の生態系の経済評価が行われているサンゴ礁および湿地の生態系サービスに関する検討会4)の資料と比較した。その結果、表1のようなギャップが

得られた。未評価の項目の多くは文化的サービスや各計画で対応を検討しなかった部分であり、特に利用についての文化的サービスの空間情報の収集可能性については本課題で今回検討した。

表1 OHIと既往研究とのギャップ(●は評価済、▲は評価可能)

海洋の健全度指数の目標	推進費S9 EBSA指標	環境省 サンゴ礁 検討	環境省 湿地 検討会
食糧供給			
漁業	▲		●
養殖			
職人的釣りの機会			
自然産物			
海岸防護	▲	●	
炭素貯蓄	▲		▲
生計と経済			
観光とレクリエーション		●	▲
風光明媚さ・愛玩種			
清浄な水			
多様性			
生息地	●	▲	
種	●	▲	

次に、文化的サービスをはじめとする生態系サービスに関連する情報を多数入手し、特にダイビングに関して自然資本とサービスの関係を都道府県単位で比較した。その結果、サンゴ分布域外およびサンゴ以外のダイビングが盛んである静岡を除くデータからは、都道府県の解像度で自然資本（サンゴ礁の面積）の対数軸と利用によるサービス(ダイビングショップ数で指標)の対数軸との間に有意な線形的な関係性が見られた(図4)。

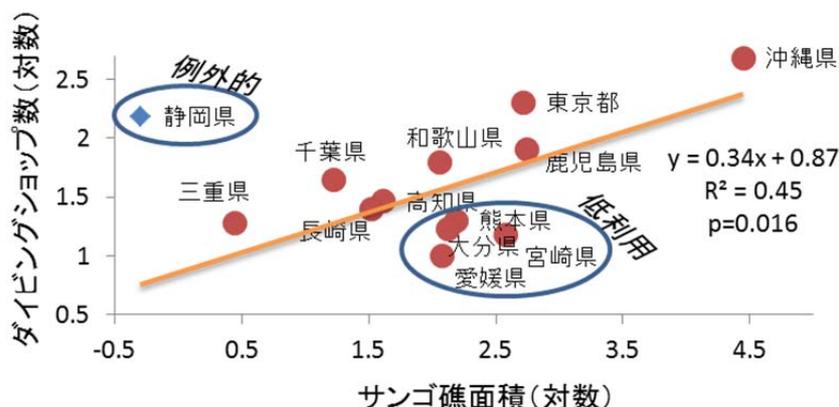


図4 都道府県単位の自然資本と利用の関係

また、複数のワークショップや会合を経て、5年間の研究計画における主な課題の抽出とそのための検討体制の案が作成された。

(4) 生態系サービスの社会経済的価値の予測評価と自然資本の重層的ガバナンス

人々が抱く自然資本の社会経済的価値は、人々の知識や経験や有する情報によっても変わりうる。例えば、減農薬農法への評価は、周辺地域の野生生物の絶滅リスクについての人々の認知やその曖昧さに左右されるという実証結果が得られおり、予測評価には人々の認知の曖昧性を考慮に入れた評価手法を開発する必要がある。

自然資本の機構解明はいまなお途上にあり、未知の生態系サービスが存在し、我々の生活の基盤をなしている可能性がある。従来の社会経済的価値の評価は直接的な利用にのみに偏重しているきらいがあり、社会が現状では十分に認識できていないが、潜在的・基盤的で重要な自然的価値を見落としている危険性があり、この未知の自然の恵みをも考慮に入れる包括的な評価に挑戦することが極めて重要である。なお、文献調査の結果、その分野の研究は立ち遅れていることが確かめられたものの、近年急速に蓄積されている行動経済学の成果には参考にすべき点が多くあり、今後の研究の進展が大いに見込まれることが明らかになった。

生態系サービスの一類型である供給サービスについて、地域ごとに多様な形態をとる自然の恵みを社会経済的価値として顕示させる可能性を持つ「道の駅」について、従来の産業連関分析の枠組みでは、道の駅での販売実績が小売りの中に埋没したり、その後直ちに家計で消費されることが多いため、地域の農林水産業に及ぼす影響を過小評価することが予想されていた。そこで、地域における自然の恵みの経済波及効果を適切に評価しうるように、道の駅部門を独立させるとともに家計消費を内生化した産業連関分析を試行的に神戸市と豊岡市で実施することによって、従来の評価が過小評価であったことを定量的に確認した。

また、我が国の稲作における品種多様性が農業生態系のレジリエンスに与える影響を全国都道府県の生産費調査のパネルデータを用いて分析した。分析結果により、農家の選択行動の結果である品種の多様化は農業生産性を一定程度低減させるが、気候変動等の外的攪乱に起因する農業生態系のレジームシフトの抑制に寄与し、生態系のレジリエンス強化の役割を果たしていることが明らかになった。なお、先行研究の多くは途上国を対象として品種多様性が農業生産性を向上させるとするものが多いが、本知見は品種改良が進んでいる日本固有の現象と推測され、また、西日本を中心に進んでいるコシヒカリへの集中と新品種の積極的導入という一種の二極分化現象を生産性とレジリエンスのトレードオフへの農家のきめ細かな対応の結果であるとの解釈を可能にする結果を得た。

なお、今後本成果を生態系の持つ様々なレジリエンス機能の社会経済的価値の導出につなげるためには、レジームシフトの発生確率やその規定要因といった自然的価値を十分に解明し、それを踏まえた社会経済的価値評価を実施する必要がある。なお、いうまでもなく、これによって明らかになるサービスも未知の生態系サービスの一例である。

重層的ガバナンスに関しては、文献調査をもとに、自然資本を扱う際には重層性への配慮が不可欠かつ効果的であることを再確認するとともに、概念整理を進め、ガバナンスの可視化と政策的な操作可能性を担保する指標を得るために、国レベルのガバナンス指標の現状とその問題点を検討し、新たに社会関係資本の要素を取り込むことが必要であることを明らかにした。

5. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

1. フローとしての生態系サービスだけでなく、ストックとしての自然資本も対象とした自然的・社会経済的価値の予測評価を行うための手法とデータ等に関する予備的検討を包括的に行い、それに基づいて本格的な研究展開のため課題群(15サブテーマ)を特定した。
2. 社会生態システムの統合モデル及び統合的な情報プラットフォームを基本設計し、その構成要素とプロセスモデルを明らかにした
3. 供給・文化両方の側面を持つ生態系サービスである、山菜の供給について、自然資本と生態系サービスを分離した評価を行った。これまであまり評価されて来なかったいくつかの文化サービスについて全国規模の定量評価を行った。各種の生態系サービスを物理環境・土地利用の関数としてモデル化し、気候変動シナリオや過去の土地利用変化と組み合わせた解析を行い、将来の本格的なシナリオ解析に道筋をつけた。供給・文化両方の側面を持つ生態系サービスである、山菜の供給について、自然資本と生態系サービスを分離した評価を行った。
4. これまで事例が少ないとされていた、海域における生態系サービスについて、その一部は生物多様性や生産性の指標と対応して検討できる可能性が示された。また、特に評価が難しいとされる文化的サービスについても利用施設の位置情報などは収集でき、生物多様性に関連するデータとの関係性が粗いスケールでも見られる例が示された。
5. 生態系のレジリエンスの社会経済的価値の導出には、レジームシフトの発生確率やその規定要因を解明する必要がある。日本の稲作を対象とした予備的解析から、画一性vs多様性が規定要因の重要な構成要素であることを明らかにした。この分析結果は、生物多様性に関する谷内ら(Yachi, Loreau (1999) Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: The insurance hypothesis, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 96, 1463-1468.)の保険仮説を人為的な農業生態系で実証する内容である。
6. 人の認知構造を考慮に入れて、不確実性下の自然資本と生態系サービスとに対する社会経済的価値の予測評価を可能とする分析枠組みを概ね特定した。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

国際レベルでの貢献

1. 自然資本・生態系サービスの予測評価の方法論と研究成果の両側面から、IPBESが現在進めているアジア

太平洋地域や地球規模でのアセスメント、生物多様性条約で採択された「2050年までに自然と共生する世界を実現する」という国際目標の実現に向けた取り組みに貢献した。

2. 本研究はまた、持続可能な開発のための2030年アジェンダ(持続可能な開発目標、SDGs)の達成を通じた社会変革の取り組みに対しても学術面で資するほか、本研究が志向している参加型シナリオアプローチは、フューチャーアース(FE)の「超学際性(transdisciplinarity)」を具現化するものである。

国・地方自治体レベルでの貢献

3. 本研究成果は、国レベルでは、環境基本計画の見直し(平成30年頃予定)や生物多様性国家戦略の見直し(平成32年頃予定)、国土形成計画や気候変動適応計画(特に農林水産分野)の見直しに貢献するほか、国民運動として現在推進されている「つなげよう、支えよう森里川海プロジェクト」にも貢献することで、我が国の自然共生社会実現に大きく寄与するものである。
4. 本研究成果は、自然資本・生態系サービスの予測評価、包括的福利の評価は、地方自治体の生物多様性地域戦略や、地方創生のための施策に対しても科学的な根拠を与えるものである。
5. 環境省「生物多様性及び生態系サービスの総合評価に関する検討会」において、気候変動の影響および生態系サービスの評価などの項目で、研究成果に基づくコメントを行い、2016年3月に発表される報告書「生物多様性と生態系サービスの総合評価」の複数個所にそのコメントが反映されている。
6. 収集した情報の一部はIPBESの地域アセスメントの執筆や、Global Ocean Biodiversity InitiativeがCBDのSecretaryと非公式に開催したEBSAやAichiTarget11に関するワークショップの議論等において参考となった。
7. イネの品種多様性が我が国稲作のレジリエンスに与える効果をはじめて定量的に明らかにしたことで、農林水産省で行われている温暖化対応等の品種改良の試験研究の必要性に新たな光をあてたことになる。

<行政が活用することが見込まれる成果>

この研究で開発された文化サービスを中心とする生態系サービスの定量的推定・評価方法は、現在行われているIPBESのアジア太平洋地域アセスメントの森林生態系の生態系サービス評価において、日本国内の生態系サービス評価の手法やデータとして使用される予定である。また、生態系サービスの定量化は、自然資本推定の基礎となる情報であり、今後地方自治体などの地域資源の把握や利用などに利用できる。さらに、シナリオ分析の手法は、様々な状況にカスタマイズできるツールとして発展させる必要があるが、生物多様性の地域計画の策定などに利用できる可能性が大きい。

6. 研究成果の主な発表状況(※別添.報告書作成要領参照)

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- 1) Takeuchi, K., Ichikawa, K. and Elmqvist, T.: Satoyama landscape as social-ecological system: historical changes and future perspective. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 19, 30-39, 2016.
- 2) Matsushita, K., Yamane, F. and Asano, K.: Linkage between crop diversity and agro-ecosystem resilience: Nonmonotonic agricultural response under alternate regimes, *Ecological Economics*, 126, 6, 23-31, 2016. (accepted)

<その他誌上発表(査読なし)>

- 3) 浅野耕太:「見直そう! 国富のみなもと土地改良」農村振興, 793, 1, 12-13, 2016

(2) 口頭発表(学会等)

- 1) 武内和彦:「レジリエントな自然共生社会に向けた生態系の活用」第3回国連防災世界会議パブリック・フォーラム公式サイドイベント「防災・減災・復興への生態系の活用」仙台市、2015年3月15日開催
- 2) 武内和彦:「伝統的農業と持続可能な開発」第2回東アジア農業遺産学会、佐渡市、2015年6月23日開催
- 3) Takehisa Yamakita et al.: Extraction of important marine area using EBSA criteria, Side Event of SBSTTA Integrative Observation and Assessments of Marine Biodiversity in Asia-Pacific Region by the Strategic Project S-9-5 of JAPAN Montreal 2015年11月02日開催
- 4) 齊藤修:「日本の生態系サービスと人間の福利への貢献に係る総合評価結果」第63回日本生態学会仙台大会 2016年3月
- 5) 佐々木春佳・饗庭正寛・小黑芳生・中静透(その他):「東北地方の道の駅で販売される山菜・野生キノコの地理的パターンとその要因」第63回日本生態学会仙台大会 2016年3月
- 6) 松本洋平・饗庭正寛・黒川紘子・揚妻直樹・日浦勉・中静透(その他):「エゾシカによる樹皮食害の頻度は

樹皮形質で予測可能か？」第63回日本生態学会仙台大会 2016年3月

- 7) 山北剛久・辻野昌広・白山義久:「沿岸生物多様性の推定結果を文化的サービスの評価に生かす」、第63回日本生態学会仙台大会 2016年3月

(3)出願特許

特に記載すべき事項はない

(4)シンポジウム、セミナーの開催(主催のもの)

- 1) Workshop: Participatory Scenarios for IPBES & International Workshop on Developing Training Programmes for Biodiversity and Ecosystem Scenarios (ScenNet Tokyo workshop), 15-19 June, 2015, Tokyo(主催)
- 2) 「陸域の自然資本・生態系サービス評価に向けたワークショップ」主催・6/28 於東北大東京分室
- 3) 武内和彦:「自然共生社会の実現に向けて」講演会「いつまでも豊かさを実感できる備後圏域の構築を目指して」福山市、2015年7月6日開催
- 4) Workshop on Biodiversity and Ecosystem Services Scenarios in Asia-Pacific Region, 20-21 July, 2015, Tokyo. (主催)
- 5) 白山義久:「海洋生物の多様性の特徴と迫りくる危機」筑波大学自然保護寄附講座 公開シンポジウム「海の生物多様性と地球環境の変化」2015年11月8日
- 6) 山北剛久:「日本周辺の重要海域特定の試み」筑波大学自然保護寄附講座 公開シンポジウム「海の生物多様性と地球環境の変化」2015年11月8日
- 7) 浅野耕太:「見直そう! 国富のみなもと土地改良」「農業農村整備の集い」基調講演、東京都千代田区、2015年11月27日開催
- 8) 武内和彦:「自然共生社会の実現を目指して～人がつなぐ森里川海」第3回環鳥海地域をモデルとした森里川海プロジェクトシンポジウム、酒田市、2016年1月24日開催
- 9) Belmont/CEED/CSIRO meeting: Increasing the utility and use of biodiversity and ecosystem service scenarios and models in decision making at geo-political scales (ScenNet, Lorne Meetin), 1-5 February 2016.(参加)
- 10) Japan- EU Workshop: Identifying models for fostering biocultural diversity in landscapes through alternative food networks, 8-10 March, 2016, Tokyo. (主催)

(5)マスコミ等への公表・報道等

- 1) 武内和彦:「未来へつなげる世界農業遺産」東京新聞、2016年2月7日掲載
- 2) 読売新聞(2016年1月28日、石川30面)「能登の暮らし 調査報告 金大・国連大 地域全体の強化を」
- 3) 北陸中日新聞(2016年2月10日)「能登野菜生産者 ITで育成」
- 4) 北國新聞(2016年2月10日)「里山里海の仕事提案 七尾高 探究活動の最終発表会」

(6)その他

国際会議参加

- 1) 白山義久: IPBES学際的専門家パネル(MEP)、2013年～
- 2) 武内和彦、白山義久、中静透、齊藤修、橋本禪、山北剛久、IPBES Regional Assessment Lead Author 2015年～
- 3) 山北剛久: EBSA Expert Meeting 参加 ベルリン、2016年2月23日開催
- 4) 山北剛久: AichiTarget11 Expert Meeting 参加、ベルリン、2016年2月25日開催

国内関連検討会等

- 5) 中静透、白山義久、齊藤修・橋本禪: 生物多様性及び生態系サービスの総合評価に関する検討会 委員、環境省

社会還元活動(啓発活動、新聞報道等)

- 6) 中静透:「気候変動によって雪国の森はどのようにかわってゆくのか?」只見町ブナセンター講座、2015年8月1日、只見町。
- 7) 中静透:「私たちの生活をささえる生物多様性」あいち環境塾、2015年8月26日、名古屋市。
- 8) 中静透:「森林生態系の変化と生物多様性」川崎市民アカデミー、2015年10月22日、川崎市。
- 9) 中静透:「気候変動に伴う生態系影響と適応」第3回市民講座「進行する気候変動と森林」森林文化協会、2015年10月24日、東京。

- 10) 中静透:「生物多様性概論」環境省自然環境研修、2015年11月26日、所沢市。
- 11) 中静透:「生物多様性の保全と持続的利用のためにできること」NACS-J市民カレッジシリーズ29、生物多様性の活かし方、自然保護協会、2015年12月9日、仙台市。
- 12) 山北剛久:「重要海域特定の試みと生態系サービスと東京湾」市民活動補助金活性化事業 三番瀬を学ぼう!講座 浦安市 2016年1月10日
- 13) 中静透:「私たちの生活は生きものたちに支えられている ー生物多様性とはどのような問題なのか?ー」平成27年度宮城県生物多様性シンポジウム.宮城県仙台市、2016年2月3日
- 14) 中静透:「森林・林業から考える生物多様性」平成27年度みやぎ森林保全推進活動研修会.宮城県大衡村、2016年2月6日

7. 研究者略歴

課題代表者:武内和彦

東京大学大学院農学系研究科修了、農学博士、現在、東京大学サステナビリティ学連携研究機構長・教授

研究分担者

1) 齊藤修

東京農工大学大学院連合農学研究科修了、博士(農学)、現在、国際連合大学サステナビリティ高等研究所 学術研究官

2) 中静透

千葉大学理学部卒業、理学博士、現在、東北大学大学院生命科学研究科教授

3) 饗庭正寛

名古屋大学理学部卒業、理学博士、現在、東北大学大学院生命科学研究科助教

4) 白山義久

東京大学大学院理学系研究科修了、日本学術振興会奨励研究員、東京大学海洋研究所助手、同助教授、京都大学理学部附属瀬戸臨海実験所教授、現在、海洋研究開発機構 理事

5) 山北剛久

千葉大学大学院理学研究科修了、日本学術振興会特別研究員、森林総合研究所非常勤特別研究員、水産総合研究センター研究支援員、東京大学農学生命科学研究科特任研究員、現在、海洋研究開発機構 海底資源研究開発センター研究員

6) 浅野耕太

京都大学大学院農学研究科中退、京都大学博士(経済学)、京都大学助手、京都大学地球環境学堂助教授、現在、京都大学大学院人間・環境学研究科教授

1RF-1501 社会・生態システムの統合化による生態系サービスの自然的・社会経済的価値の予測評価

(1) 社会・生態システムの統合モデルの構築と包括的な福利の追究

国立大学法人東京大学サステナビリティ学連携研究機構 武内和彦

国際連合大学サステナビリティ高等研究所 齊藤修

平成27年度累計予算額：平成27年度：3,553千円

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

本研究では、我が国を中心に、アジア地域にも視野を広げ、生態系レベルの事象に焦点をあて、社会・生態システムの統合モデルを構築するとともに、包括的な福利の向上を追究するための分析の枠組みを検討した。将来シナリオ分析に基づく複数の政策オプションを検討し、陸域及び水域において生態系サービスがもたらす自然的・社会経済的価値の予測評価を行い、国土と地域にまたがる自然資本の重層的ガバナンスのあるべき姿を提示することを通じて包括的な福利を向上させることを目指す包括的な戦略プロジェクトに資する予備的検討を行った。具体的には、IPBES、IPCC等の分析概念枠組みや将来シナリオに関する議論を踏まえつつ、人口動態の変化や土地利用変化等により生態系サービスの自然的・社会経済的価値の将来予測・評価が可能となるような統合モデル構築のための予備的検討を行った結果、社会生態システムの統合モデル及び統合的な情報プラットフォームの基本設計を行い、その構成要素とプロセスモデルを明らかにした。特にフローとしての生態系サービスだけでなく、ストックとしての自然資本も対象とした自然的・社会経済的価値の予測評価を行うための手法とデータ等に関する予備的検討を包括的に行い、それに基づいて本格的な研究展開のため課題群（15サブテーマ）を特定した。また今後の将来シナリオ作成にあたり、事前に行ったアンケート調査の結果から、変動要因の重要性および位置づけを検討する際の重要な知見を得た。

[キーワード]

社会・生態システム、統合モデル、情報プラットフォーム、シナリオ、変動要因

1. はじめに

2012年4月に設立された「生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学政策プラットフォーム」(IPBES)により、国際的に生物多様性や生態系サービスを評価する新たな枠組や手法、またその成果を諸政策につなげるための検討が行われている。IPBESの作業計画2014-2018では、2017年までにアジア太平洋地域の生物多様性及び生態系サービスに関する評価を、2018年末までに地球規模の評価を行う予定となっている。一方、今後予想される社会経済及び地球環境の変化により、国内外でかつてない規模の生物多様性・生態系への影響が懸念される。こうした影響を未然に回避・緩和するには、自然的要因と社会経済的要因を包含した将来予測モデルの構築とそれに

基づく生態系サービスの自然的・社会経済的価値の評価が不可欠である。また、超高齢化社会を迎える我が国では、人口減少に伴う過疎化、森林・農地の荒廃等の土地利用変化、気候変動やその他の要因による自然災害の激甚化等により、生物多様性及び生態系サービスが中長期的に大きく損なわれると危惧されている。そのため、相互に関係しあう生態系サービスの包括的維持機構である「自然資本」を、立場の異なるさまざまなステークホルダーの参加により共同管理していくためのガバナンスの構築が急務となっている。本研究では、我が国を中心に、長期的には同様の変化が予想されるアジア地域も視野に入れながら、生態系レベルの事象に焦点をあて、社会・生態システムの統合モデルを構築するとともに、それを用いた生態系サービスの自然的・社会経済的価値の予測評価を行い、シナリオ分析に基づく複数の政策オプションを検討し、包括的な福利を維持・向上させるための自然資本の重層的ガバナンスのあるべき姿を提示することを目指して予備的な検討を行った。

2. 研究開発目的

本研究では、我が国を中心に、アジア地域にも視野を広げ、生態系レベルの事象に焦点をあて、社会・生態システムの統合モデルを構築するとともに、包括的な福利の向上を追究するための分析の枠組みを検討した。そのうえで、陸域及び水域において生態系サービスがもたらす自然的・社会経済的価値の予測評価を行い、将来シナリオ分析に基づく複数の政策オプションを検討し、国土と地域にまたがる自然資本の重層的ガバナンスのあるべき姿を提示することを通じて包括的な福利を向上させることを目指して予備的な検討を行った。本研究は、課題調査型研究(フィージビリティ・スタディー)であり、平成27年度には、基礎調査及び国際動向を整理するとともに、研究実施に向けた手法等の検討を行い、関連分野の研究者の学際的な研究体制及び体系的な研究計画を立案した。その際、IPBESの分析概念枠組みや将来シナリオに関する議論を踏まえつつ、アジア地域への適用可能性についても検討した。

3. 研究開発方法

社会・生態システムの統合モデルの基本設計の方針を検討するため、サブテーマ1～4のすべての分担研究者及び研究協力者、関連ステークホルダーとの定期的な研究会合、研究ワークショップ等を開催した。IPBESで実施された将来シナリオ及びモデルに関するアセスメントでのグローバルな文献レビュー成果に基づき、将来シナリオの設定方法、統合モデルの時空間スケールと精度、統合モデルを構成するサブモデル候補、必要とされるパラメータ(変数)等について検討した。それに基づき、次年度以降の研究プロジェクトで求められるサブテーマ群を特定した。

また、統合モデルの構築と運用を支える情報基盤として、他のサブテーマの分担研究者等への聞き取り調査や議論を行い、統合的な情報プラットフォームの基本設計を進めた。具体的には、自然資本と生態系サービスの自然的価値と社会経済的価値の双方の評価にあたり、各サブテーマで必要となるデータ、利用可能なデータ、新たに取得や作成が必要となるデータ等の特定を関係研究者へのヒアリングをもとに進めると同時に、類似情報システムに関する国内外の事例レビューを実施した。

さらに、将来シナリオの作成の参考情報として、2050年までの社会と生態系にとって重要な変動要因を特定し、重みづけするため、一般及び有識者(研究者、行政、民間セクター)に対する

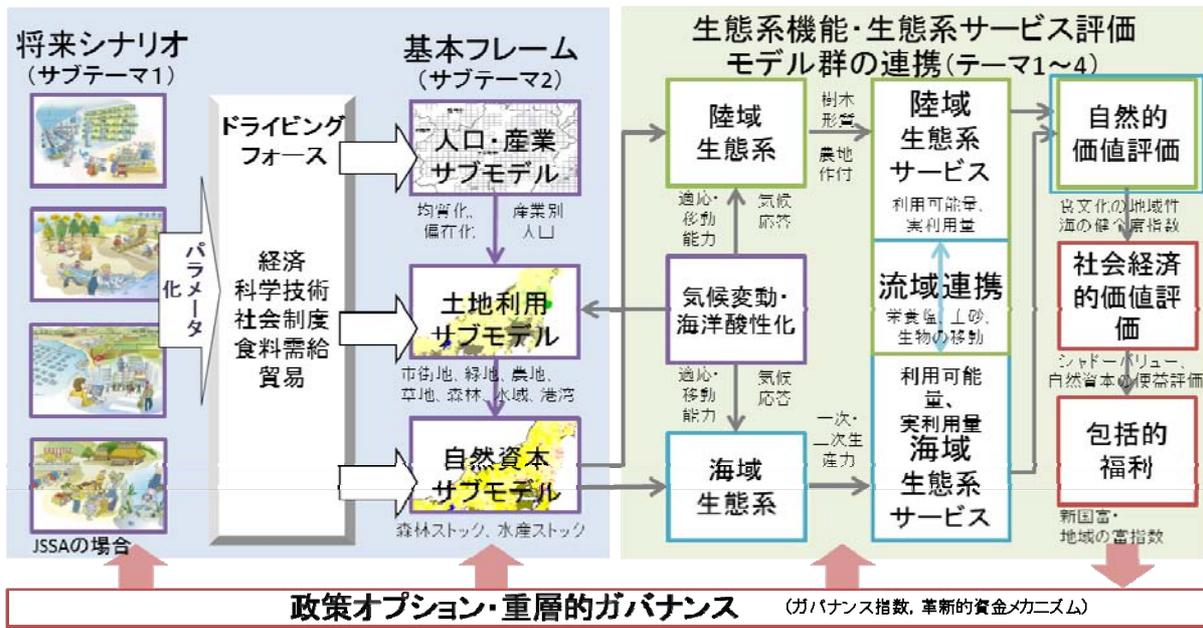
webアンケートを行った。2015年6月26日から30日に実施した一般向けのwebアンケート調査からは3,039サンプルを回収し、続いて2015年7月17日から8月22日に実施した有識者向けの調査からは101サンプルを回収した。

4. 結果及び考察

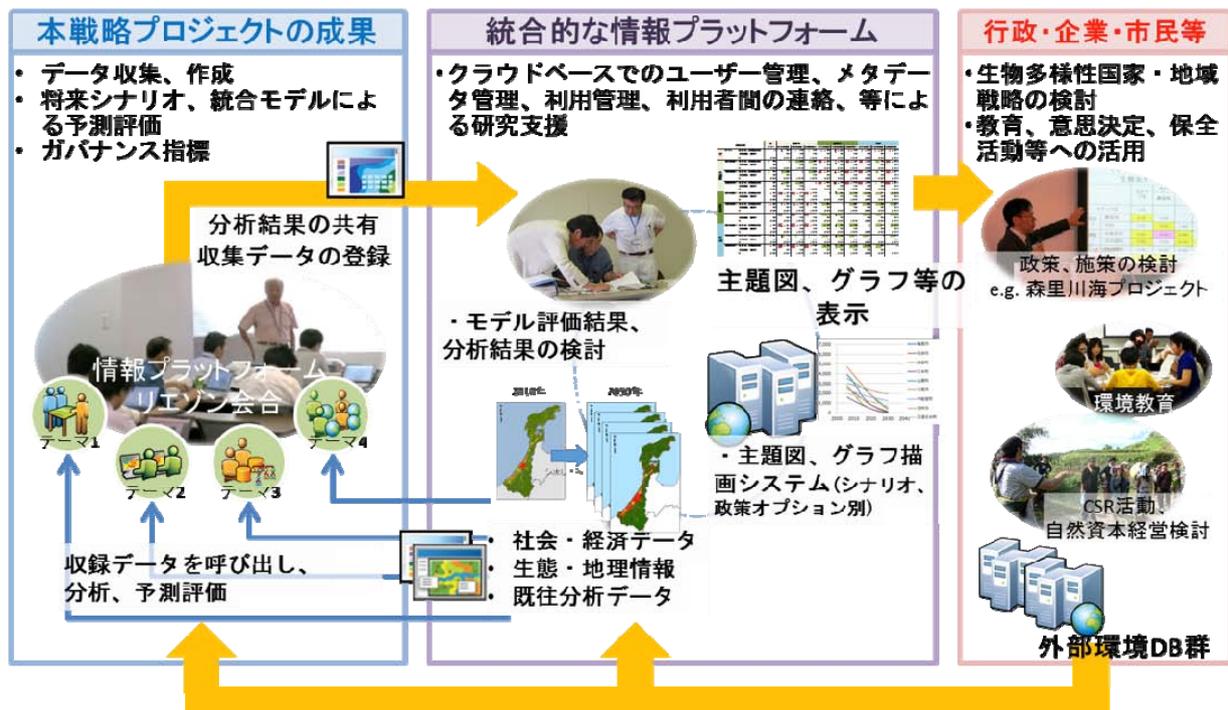
①社会・生態システムの統合モデル及び情報プラットフォームの基本設計

IPBES、IPCC等の分析概念枠組みや将来シナリオに関する議論を踏まえつつ、人口動態の変化や土地利用変化等により生態系サービスの自然的・社会経済的価値の将来予測・評価が可能となるような統合モデル構築のための予備的検討を行い、社会生態システムの統合モデル（図(1)-1）及び統合的な情報プラットフォーム（図(1)-2）を基本設計し、その構成要素とプロセスモデルを明らかにした。また情報プラットフォームの運用を通じた国内の科学-政策インターフェース強化の方策を検討するとともに、マルチステークホルダー会合を通じたアジア地域での展開戦略についても検討を行った。図(1)-1に示すように、社会生態システムの統合モデルの基本構造では、設定する将来シナリオに基づいて気候変動や土地利用など主要な影響要因をパラメータ化し、人口・産業サブモデル、土地利用サブモデル、自然資本サブモデルから構成される基本フレームを設定する。基本フレームからの出力した情報を用いて生態系機能・生態系サービス評価を行う。評価は気候変動・海洋酸性化といった主要な変動要因や栄養塩、土砂、生物移動現象を含む流域連携を考慮した陸域および海域生態系の自然資本の価値評価に基づき、社会経済的価値評価まで行う。自然資本の便益評価を行うことで、最終的には国・地域レベルの包括的福利指標の開発を目指すとともに、想定される政策オプションや重層的ガバナンスによる影響を考慮する。

図(1)-2に示すように、統合モデルの開発に資する情報プラットフォームを管理・運営し、プロジェクト研究に資するデータの管理とともに、主に分析結果を主題図やグラフにして共有できるような機能を持たせる。また情報プラットフォームの将来の活用方法として、生物多様性国家・地域戦略、森里川海プロジェクト等の政策・施策の検討、環境教育、CSR等の社会的意思決定、保全活動等への活用を目指すものとする。これらのことを踏まえて、今後の情報プラットフォームの設計・構築に資する、既存の主に地理情報システムを活用した国内外の類似したシステムについて、概要、データの要件、管理の方法等について調査・整理を行った。



図(1)-1 社会生態システムの統合モデルの基本構造



図(1)-2 統合的な情報プラットフォーム

情報プラットフォームに関する要件調査では、S-15研究の推進及び将来の施策検討に資する情報プラットフォームが備えるべき条件等について関係者ヒアリング及びアンケート調査を行ったほか、既存の主に地理情報システムを活用した国内外の類似システムの概要について調査・整理した。その結果、研究の推進の観点からは、メタデータによる管理（フォーマットや精度、一次

データとの関係等の情報を整理)、メッシュサイズ等のスケールの調整、既存システムとの連携・共通性、生態系間のデータ解析の連携、操作の簡便さ等が重要であることを把握した。また、将来の外部への公開後の機能(施策検討の支援)については、行政担当者・一般企業の職員等に配慮した閲覧・操作の容易さ、背景図等への活用性、地理情報システムの組込み等の重要性を把握した。さらにどのような主題図等が表示されることが望ましいか、現在及び将来共有することが可能な基礎情報やデータについても参画予定の複数の研究者から意見・情報を収集した。

一方、既存の類似システムについては、国外はBISON(米国地質調査所等)、BISE(欧州環境機関)、国内はBioMW(生物多様性ウェブマッピングシステム、国立環境研究所生物・生態系環境研究センター)、DIAS(データ統合・解析システム、東京大学地球観測データ統融合連携研究機構等)、RESAS(地域経済分析システム、内閣官房まち・ひと・しごと創生本部事務局等)、海洋台帳(海上保安庁海洋情報部)の存在を把握し、それぞれの運用機関、提供されている機能、収納されているデータ、利用しているハードウェア及びソフトウェア(地理情報システム等)、システムの拡張性、利用する際の条件等の詳細情報を得た。また、その他の既存のデータベースについて一部カタログの整備を実施した。これらをもとに、情報プラットフォームの整備に関する技術的な課題として、既存システムとの連携、ユーザー対応、メタデータ管理等を抽出した。このほか、情報プラットフォームへの収納が想定される既存のデータについては、主にJB02で用いられたデータの内容を整理し、存在状況を確認した。その上で、(1)簡便な情報共有、(2)情報プラットフォームとしての運用、及び(3)外部への公開の3段階に分け、各段階で必要な機能及び現状でどのようなサービスが利用可能かを整理することで、システムの概略を明らかにした。情報プラットフォームの整備に向けた今後の課題としては、最終的に連携を図ることが想定される機関及びシステムに関する早期の詳細調査の必要性を挙げられた。

②次年度以降の研究プロジェクトで求められるサブテーマ群の特定

フローとしての生態系サービスだけでなく、ストックとしての自然資本も対象とした自然的・社会経済的価値の予測評価を行うための手法とデータ等に関する予備的検討を包括的に行い、それに基づいて本格的な研究展開のため課題群(15サブテーマ)を特定した(図(1)-3)。テーマ1社会・生態システムの統合モデルの構築と科学-政策インターフェースの強化は、4つのサブテーマから構成され、統合的な情報プラットフォームの整備を通じた社会・生態システムの統合モデルの構築を行う。テーマ2陸域における自然資本・生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価およびテーマ3海域における自然資本・生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価では、各4つのサブテーマから構成され、文化的サービスの評価および環境要因の将来予測データの整備および多面的な自然資本・生態系サービス予測評価を行う。テーマ4自然資本・生態系サービスの社会経済的価値の予測評価と自然資本の重層的ガバナンスでは、3つのサブテーマから構成され、社会経済的価値の評価手法の開発と自然資本のよき重層的ガバナンスの解明を研究課題とする。また、それに応じて、次年度以降の戦略研究全体のプロジェクト(S-15)のタイトルを「社会・生態システムの統合化による自然資本・生態系サービスの予測評価」(PANCES)と定めた。本戦略プロジェクトの成果は情報プラットフォーム(図(1)-2)で共有される。例えばテーマ1からは将来シナリオや統合モデルによる予測評価やガバナンス指標に関する分析結果、テーマ2～4の研究グループからは陸域・海域生態系における分析結果が情報プラットフォーム上で共有さ

れ、各テーマでその結果を適宜活用し、さらに研究を進める。情報プラットフォームについては定期的なテーマ間の連携会議を適宜開催し、適切に管理運営を行う体制を整える。

FS期間【H27年度】	【H28年度～H32年度】	
	テーマ名 及び テーマリーダーの担当するサブテーマ	公募対象サブテーマ
サブテーマ1: 社会・生態システムの統合 モデルの構築と包括的な福 利の追究 (東京大学: 武内和彦・齊藤 修・橋本禰)	テーマ1: 社会・生態システムの統 合モデルの構築と科学-政策イン ターフェースの強化 サブテーマ(1): 統合的な情報プラッ トフォームの整備を通じた社会・生態 システムの統合モデルの構築	サブテーマ(2): 将来シナリオ毎の基本フレーム分析 サブテーマ(3): 気候・生態系変動に関する変化要因(ドラ イバー)と政策オプションの分析 サブテーマ(4): 自然資本・生態系サービスに関する国際 的な科学-政策インターフェース強化とアジア展開
サブテーマ2: 陸域における生態系サービ スがもたらす自然的価値の 予測評価 (東北大学: 中静透・櫻庭正 寛)	テーマ2: 陸域における自然資本・ 生態系サービスがもたらす自然的 価値の予測評価 サブテーマ(1): 生態系の文化的サービス の評価および多面的な自然資本・生 態系サービスの統合	サブテーマ(2): 陸域生態系の供給・調整サービスの定量化と予測 サブテーマ(3): 自然資本・生態系サービス管理における 参加型管理オプションと伝統・地域知の評価 サブテーマ(4): 流域・河川生態系における自然資本・生態 系サービス評価と沿岸域へのつながり
サブテーマ3: 海域における生態系サービ スがもたらす自然的価値の 予測評価 (海洋研究開発機構: 白山 義久・山北剛久)	テーマ3: 海域における自然資本・ 生態系サービスがもたらす自然的 価値の予測評価 サブテーマ(1): 海域の環境要因の将来 予測データの整備および自然資本・ 生態系サービス予測評価の統合	サブテーマ(2): 経済活動に起因するドライバーが海域の 自然資本・生態系サービスに与える影響の予測評 価 サブテーマ(3): 気候変動等を考慮した将来シナリオにもと づく海域の自然資本・生態系サービスの予測評価 サブテーマ(4): 海域管理による介入オプションの検討にも とづく自然資本・生態系サービスの予測評価
サブテーマ4: 生態系サービスの社会経 済的価値の予測評価と 自然資本の重層的ガバ ナンス (京都大学: 浅野耕太)	テーマ4: 自然資本・生態系サービ スの社会経済的価値の予測評価 と自然資本の重層的ガバナンス サブテーマ(1): 社会経済的価値の評価 手法の開発と自然資本のよき重層 的ガバナンスの解明	サブテーマ(2): 重層的環境ガバナンスの類型化と可視化 サブテーマ(3): 包括的な福利指標の開発と地域的展開

図(1)-3 本年度及び次年度以降の研究サブテーマ構造

③2050年までの社会と生態系にとって重要な変動要因等に関するアンケート調査結果

2050年の社会に影響を与えると考えられる要因30項目と、2050年の生物多様性と生態系サービスに影響を与えると考えられる19項目に関して、その要因が起こる確度と起きた時の影響力について、Webアンケート調査から得られた結果を表(1)-1に示す。将来の社会においては、一般、専門家ともに、自然災害(特に大震災・大津波や洪水・台風、自然災害の激甚化)と人口流出・過疎化・限界集落の発生、少子高齢化、地域格差について確度が高く影響力も大きいと評価している。専門家は、経済・資源、政策・ガバナンス、技術革新、地域紛争・戦争等に関わる要因の確度をあまり高く評価しない一方で、それらの起きた時の影響力を高く評価する傾向があった。将来の生物多様性と生態系サービスにおいては、一般、専門家ともに、海面上昇と地域・地球温暖化について確度が高く影響力が大きいと評価した。一般に比べて、専門家は、水産資源の乱獲やアンダーユースによる自然の質の低下、侵略的外来種について、確度、影響力ともに高く評価する傾向があり、一方で、プランテーション開発や森林破壊・減少、汚染に関わる要因、砂漠化については、確度、影響力ともに低く評価する傾向があることが分かった。これらの結果から、一般と専門家間の評価の違いが検出されたとともに、将来シナリオ作成にあたり、変動要因の重要性および位置づけを検討する際の重要な知見を得た。

表(1)-1 2050年の社会に影響を与える考えられる要因（左）と、生物多様性と生態系サービスに影響を与えると考えられる要因（右）に関するWebアンケートの回答結果

社会に関する要因	確度		影響力		生物多様性と生態系サービスに関する要因	確度		影響力	
	一般	専門家	一般	専門家		一般	専門家	一般	専門家
	平均 (SD)	平均 (SD)	平均 (SD)	平均 (SD)		平均 (SD)	平均 (SD)	平均 (SD)	平均 (SD)
自然災害					自然生息地の損失、劣化、分断				
大地震・大津波・大噴火	4.1 (0.8)	4.2 (0.7)	4.4 (0.8)	4.8 (0.5) ***	都市化	3.8 (0.9)	3.8 (1.0)	3.8 (0.9)	3.9 (1.0)
干ばつ・森林火災	3.1 (0.8)	3.8 (1.0) ***	4.0 (0.8)	3.6 (1.0) ***	プランテーション開発	3.4 (0.8)	2.9 (1.2) ***	3.6 (0.8)	3.6 (1.1)
洪水・台風	4.8 (0.7)	4.3 (0.5) ***	4.2 (0.8)	4.2 (0.8)	森林破壊・減少	3.9 (0.9)	3.2 (1.2) ***	4.0 (0.9)	3.9 (1.0)
気候変動					土地利用の単一化	3.5 (0.8)	3.4 (1.1)	3.6 (0.8)	3.8 (1.0)
海面上昇による浸水・塩水被害	3.7 (0.8)	3.9 (0.9) *	3.9 (0.8)	3.8 (0.9)	海面埋立・自然海浜の減少	3.8 (0.9)	3.6 (1.0) *	3.8 (0.9)	3.9 (1.0)
海洋酸性化	3.7 (0.8)	3.6 (0.8)	3.8 (0.8)	3.7 (0.9)	生物資源の乱獲				
自然災害の激甚化	4.3 (0.8)	3.9 (0.8) ***	4.0 (0.8)	4.4 (0.7) ***	遺伝資源の乱獲	3.6 (0.8)	3.4 (1.0) *	3.8 (0.9)	3.7 (1.0)
経済・資源					水産資源の乱獲	3.7 (0.9)	4.2 (0.9) ***	3.9 (0.9)	4.4 (0.7) ***
金融経済の変化	4.1 (0.8)	3.8 (0.8) ***	4.0 (0.8)	4.3 (0.8) ***	陸域生物資源の乱獲	3.6 (0.9)	3.4 (1.1) *	3.8 (0.9)	3.9 (0.9)
産業構造の変化	4.2 (0.8)	3.8 (0.9) ***	3.9 (0.8)	4.3 (0.7) ***	アンダーユースによる自然の質低下				
非再生可能資源の変化	4.0 (0.8)	3.7 (0.8) ***	3.8 (0.8)	4.2 (0.8) ***	持続的な第一次産業の衰退	3.8 (0.9)	4.6 (0.6) ***	3.8 (0.9)	4.3 (0.8) ***
再生可能資源の変化	4.3 (0.8)	3.7 (0.8) ***	3.8 (0.8)	4.3 (0.8) ***	獣害	3.7 (0.9)	4.6 (0.7) ***	3.7 (0.9)	4.2 (0.9) ***
外来種					汚染				
外来種侵入による社会経済の変化	3.3 (0.8)	3.7 (1.0) ***	3.7 (0.8)	3.1 (1.0) ***	水質汚濁(特に富栄養化)	3.8 (0.9)	3.5 (1.0) ***	3.9 (0.9)	3.9 (1.0)
外来種侵入による生態系の変化	4.1 (0.8)	3.9 (0.9) ***	3.8 (0.8)	3.7 (1.0)	大気汚染	3.9 (0.9)	3.2 (1.1) ***	4.0 (0.9)	3.7 (1.1) **
人口・都市					化学物質汚染	3.9 (0.9)	3.4 (1.1) ***	4.0 (0.9)	4.0 (1.1)
人口移入・メガシティ化	3.7 (0.8)	3.7 (1.0)	3.8 (0.8)	3.9 (1.0)	侵略的外来種				
人口流出・過疎化・限界集落の発生	4.7 (0.8)	4.0 (0.7) ***	3.9 (0.8)	4.5 (0.7) ***	在来種捕食・生息地競合・交雑	3.8 (0.9)	4.3 (0.9) ***	3.8 (0.9)	4.0 (0.9) *
少子高齢化	4.8 (0.8)	4.3 (0.7) ***	4.2 (0.8)	4.7 (0.6) ***	気候変動				
地域格差	4.5 (0.8)	4.2 (0.8) ***	4.0 (0.8)	4.4 (0.7) ***	海洋酸性化	3.6 (0.8)	3.8 (0.8) *	3.8 (0.9)	3.8 (0.9)
政策・ガバナンス					塩水被害	3.6 (0.8)	3.5 (0.9)	3.7 (0.9)	3.6 (0.9)
都市・交通政策	3.7 (0.8)	3.7 (0.9)	3.7 (0.8)	3.7 (0.8)	海面上昇	4.0 (0.9)	4.0 (0.9)	3.9 (0.9)	4.0 (0.9)
環境・エネルギー政策	4.3 (0.8)	3.8 (0.9) ***	3.8 (0.8)	4.3 (0.8) ***	地域・地球温暖化	4.0 (0.9)	4.4 (0.8) ***	4.0 (0.9)	4.4 (0.8) ***
農林水産業政策	4.1 (0.8)	3.7 (0.9) ***	3.7 (0.8)	4.1 (0.9) ***	砂漠化	3.9 (0.9)	3.0 (1.2) ***	3.9 (0.9)	3.7 (1.2) *
社会福祉政策	4.3 (0.8)	3.7 (0.9) ***	3.8 (0.8)	4.2 (0.8) ***					
ガバナンス形態の変化	3.9 (0.8)	3.5 (1.0) ***	3.6 (0.8)	3.9 (0.9) **					
教育									
環境教育の推進	3.9 (0.7)	3.6 (0.9) ***	3.6 (0.8)	3.7 (0.9)					
教育の多様化・国際化	4.2 (0.8)	3.7 (0.8) ***	3.6 (0.8)	3.8 (0.9) *					
ライフスタイル・価値観・自然観									
価値観の多様化・国際化	4.2 (0.8)	3.8 (0.9) ***	3.7 (0.8)	3.9 (0.9) *					
食の嗜好性の変化	3.6 (0.8)	3.7 (0.9)	3.6 (0.8)	3.3 (0.8) ***					
旅行・レジャー需要の変化	3.7 (0.7)	3.6 (0.9)	3.6 (0.8)	3.3 (0.9) ***					
伝統知・文化・伝統的社会構造の消失	4.2 (0.8)	3.6 (1.0) ***	3.6 (0.8)	3.9 (1.0) ***					
技術革新									
情報技術革新	4.4 (0.8)	3.8 (0.8) ***	3.7 (0.8)	4.2 (0.9) ***					
生物生産技術の発展	4.2 (0.8)	3.7 (0.7) ***	3.7 (0.8)	4.1 (0.8) ***					
その他									
地域紛争・戦争・宗教対立等	3.9 (0.8)	3.8 (1.0)	3.8 (0.8)	4.3 (0.8) ***					

確度に関する選択肢	影響力に関する選択肢
1: 確実に起きない	1: 全く影響がない
2: どちらかといえば起きない	2: どちらかといえば影響がない
3: どちらともいえない	3: どちらともいえない
4: どちらかといえば起こる	4: どちらかといえば影響がある
5: 確実に起こる	5: とても影響がある

一般と専門家間の違いは検定によってその有意性を調べた。
* p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

フローとしての生態系サービスだけでなく、ストックとしての自然資本も対象とした自然的・社会経済的価値の予測評価を行うための手法とデータ等に関する予備的検討を包括的に行い、それに基づいて本格的な研究展開のため課題群（15サブテーマ）を特定した。

社会生態システムの統合モデル及び統合的な情報プラットフォームを基本設計し、その構成要素とプロセスモデルを明らかにした。

Web調査によるアンケート調査により、2050年までの社会並びに生物多様性・生態系サービスに影響を与える要因群のそれぞれの確度と影響力を明らかにした。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

環境省「生物多様性及び生態系サービスの総合評価に関する検討会」において、気候変動の影

響および生態系サービスの評価などの項目で、研究成果に基づくコメントを行い、2016年3月に発表された報告書「生物多様性と生態系サービスの総合評価」の複数個所にそのコメントが反映されている。

<行政が活用することが見込まれる成果>

自然資本・生態系サービスの予測評価の方法論と研究成果の両側面から、IPBESが現在進めているアジア太平洋地域や地球規模でのアセスメント、生物多様性条約で採択された「2050年までに自然と共生する世界を実現する」という国際目標の実現に向けた取り組みに貢献した。

本研究はまた、持続可能な開発のための2030年アジェンダ(持続可能な開発目標、SDGs)の達成を通じた社会変革の取り組みに対しても学術面で資するほか、本研究が志向している参加型シナリオアプローチは、フューチャーアース(FE)の「超学際性(transdisciplinarity)」を具現化するものである。

本研究成果は、国レベルでは、環境基本計画の見直し(平成30年頃予定)や生物多様性国家戦略の見直し(平成32年頃予定)、国土形成計画や気候変動適応計画(特に農林水産分野)の見直しに貢献するほか、国民運動として現在推進されている「つなげよう、支えよう森里川海プロジェクト」にも貢献することで、我が国の自然共生社会実現に大きく寄与するものである。

本研究成果は、自然資本・生態系サービスの予測評価、包括的福利の評価は、地方自治体の生物多様性地域戦略や、地方創生のための施策に対しても科学的な根拠を与えるものである。

6. 国際共同研究等の状況

国際共同研究「生物多様性と生態系サービスのシナリオ・ネットワーク (ScenNet)」に参画し、6月には国連大学において国際会議を開催した。

7. 研究成果の発表状況 (※別添.報告書作成要領参照)

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- 1) Takeuchi, K., Ichikawa, K. and Elmqvist, T.: Satoyama landscape as social-ecological system: historical changes and future perspective. *Current Opinion in Environmental Sustainability*: 19, 30-39, 2016.

(2) 口頭発表(学会等)

- 1) 武内和彦:「レジリエントな自然共生社会に向けた生態系の活用」第3回国連防災世界会議パブリック・フォーラム公式サイドイベント「防災・減災・復興への生態系の活用」仙台市、2015年3月15日開催
- 2) 武内和彦:「伝統的農業と持続可能な開発」第2回東アジア農業遺産学会、佐渡市、2015年6月23日開催
- 3) 齊藤修:「日本の生態系サービスと人間の福利への貢献に係る総合評価結果」第63回日本生態学会仙台大会 2016年3月

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

特に記載すべき事項はない。

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

(6) その他

国際会議参加

- 1) 武内和彦、白山義久、中静透、齊藤修、橋本禅、山北剛久、IPBES Regional Assessment Lead Author 2015年～

社会還元活動（啓発活動、新聞報道等）

- 2) 武内和彦：「未来へつなげる世界農業遺産」東京新聞、2016年2月7日掲載
- 3) 読売新聞（2016年1月28日、石川30面）「能登の暮らし 調査報告 金大・国連大 地域全体の強化を」
- 4) 北陸中日新聞（2016年2月10日）「能登野菜生産者 ITで育成」
- 5) 北國新聞（2016年2月10日）「里山里海の仕事提案 七尾高 探究活動の最終発表会」

8. 引用文献

特に記載すべき事項はない。

(2) 陸域における生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価

国立大学法人東北大学大学院

生命科学研究所 植物生態学研究室

中静透

饗庭正寛

平成27年度予算額：3,000千円

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

近年の研究の進展により、様々な生態系サービスを広域で地図化し、生態系管理手法の検討や合意形成等に活用することが可能となってきた。しかしながら、文化的サービスなど、重要でありながら、評価手法の確立が遅れている生態系サービスも多く存在する。また、現状評価だけでなく、将来の自然環境・社会状況の変化を視野に入れた、生態系サービスのシナリオ解析手法の確立も重要な課題となっている。本研究では、これらの課題に本格的に着手する準備段階として、まずいくつかの文化的サービスの定量評価を試みた。樹木種の用途（建材、食用、染料など）、蜜源樹木としての重要性、俳句の歳時記への掲載の有無のデータを収集し、データベース化した。この情報と全国の植生情報を組み合わせることで、樹木の用途多様性、蜜源樹木資源量、季語種数多様性という3つの生態系サービスの指標を地図化した。さらに、これらや既存の生態系サービス評価例を気候や土地利用の関数としてモデル化し、気候変動シナリオや近年の土地利用変化への適用を試行し、それらの影響評価を行うとともに、将来のより本格的なシナリオ解析への道筋を付けた。

また、供給サービスとしてだけでなく文化的サービスとしての側面も注目される山菜の販売状況に関する実地調査を行い、各山菜の推定自然分布と比較することで、山菜の利用という生態系サービスの空間分布が自然資本の空間分布だけで決定されているわけではないことを実証した。加えて、来年度以降における生態系管理における伝統知・地域知の効果の検証や流域レベルでの各種生態系サービスの評価とシナリオ分析といった課題に向けて、これらの分野に詳しい専門家を招いてワークショップを開催するなど、頻繁に議論を行い、現状の把握と今後の課題の整理を行った。

[キーワード]

生態系サービス、気候変動、土地利用変化、シナリオ分析、文化的サービス

1. はじめに

ミレニアム生態系評価以来、持続可能な自然共生社会のために生物多様性および生態系がもたらす生態系サービスが重要視され、その定量化や経済評価が進んできた。しかし、一部の生態系サービスの評価は依然として手法的に難しい。また、生態系サービス間にもトレードオフが存在するほか、陸域と海域の生態系サービスのように相互作用を持つ場合があり、地理情報化も重要

になっている。さらに、生態系サービスの管理という観点からは、気候変動や社会経済的要因による変化のメカニズムの解明や、地域知・伝統知の役割の重要性が指摘されている。生物多様性条約に対して科学的助言を行うIPBESのアセスメントや持続可能な開発目標（SDGs）においても、生態系サービスやそれを生むストックとしての自然資本の評価は重要な問題であり、社会的ニーズも大きい。こうした課題を解決するために、近年、日本国内の情報集積が進み、世界でも最先端の手法が開発できる可能性がある。こうした手法を生かしたシナリオ分析や自然資本評価が完成すれば、国際的にも革新的・先導的なモデルとなるだけでなく、ローカルからグローバルまでの様々なスケールでの政策立案や持続可能な社会の制度設計、地域計画などに応用可能な技術的展開を期待できる。

2. 研究開発目的

既存の研究蓄積を活用して、陸域における生態系サービスの定量化と地理情報化や、それらの変化要因（直接、間接）の分析手法を検討する。また、一部の文化的サービスの定量化・地理情報化や伝統知の果たす役割の検討を行う。検討結果に基づき、サブテーマ1で構築予定の将来シナリオ毎の展開が可能なモデル化に向けた予備的検討を行う。

3. 研究開発方法

各種の書籍から、樹木種の用途（建材、食用、染料など）、蜜源樹木としての重要性、俳句の歳時記への掲載の有無のデータを収集し、データベース化した。この情報と全国の植生情報を組み合わせることで、国内全域を対象に、樹木の用途多様性、蜜源樹木資源量、季語種数多様性という3つの生態系サービスの指標を地図化した。さらに、これら3つの生態系サービスの指標を森林タイプ、胸高断面積合計、林齢、標高、土壌タイプ、斜面方位、傾斜角度、微地形、年平均気温、生育期間雨量、最大積雪深の関数としてランダムフォレスト法でモデル化した。次に、このモデルを用いて農業環境技術研究所から提供を受けたMIROC5モデルのRCP2.6、RCP4.5、RCP8.5の3つの気候変動シナリオのもとでの生態系サービスの指標を予測し、比較した。

上記の生態系サービス指標と、環境研究総合推進費S-9-3「アジア地域における生物多様性劣化が生態系の機能・サービスに及ぼす影響の定量的解明」で評価した、最大光合成速度・落葉分解速度係数の生態系機能・サービスを対象に、それぞれの生態系サービス指標を応答変数としたランダムフォレストモデルを第三回(1985年前後)と第五回(1996年度前後)の自然環境保全基礎調査の植生図に適用することで、この間の土地利用変化がこれらの生態系機能・サービスに与える影響を評価した。また、それぞれの生態系サービスについて、土地利用変化の種別ごとの生態系サービスに対する影響の方向・程度を評価した。

東北地方および新潟県の道の駅100駅において、各種の山菜の販売の有無に関する聞き取り調査を行った。各山菜の販売の有無を説明しうる要因として、年平均気温や最大積雪深といった気候変数、原生林率や人工林率といった土地利用に関する変数、人口密度や文化圏といった社会・文化的変数を収集し利用可能な形に整備した。また、環境省の自然環境保全基礎調査の植生調査結果を利用して、各山菜の分布を気候・植生タイプの関数としてランダムフォレスト法でモデル化し、分布の有無と販売の有無を比較した。

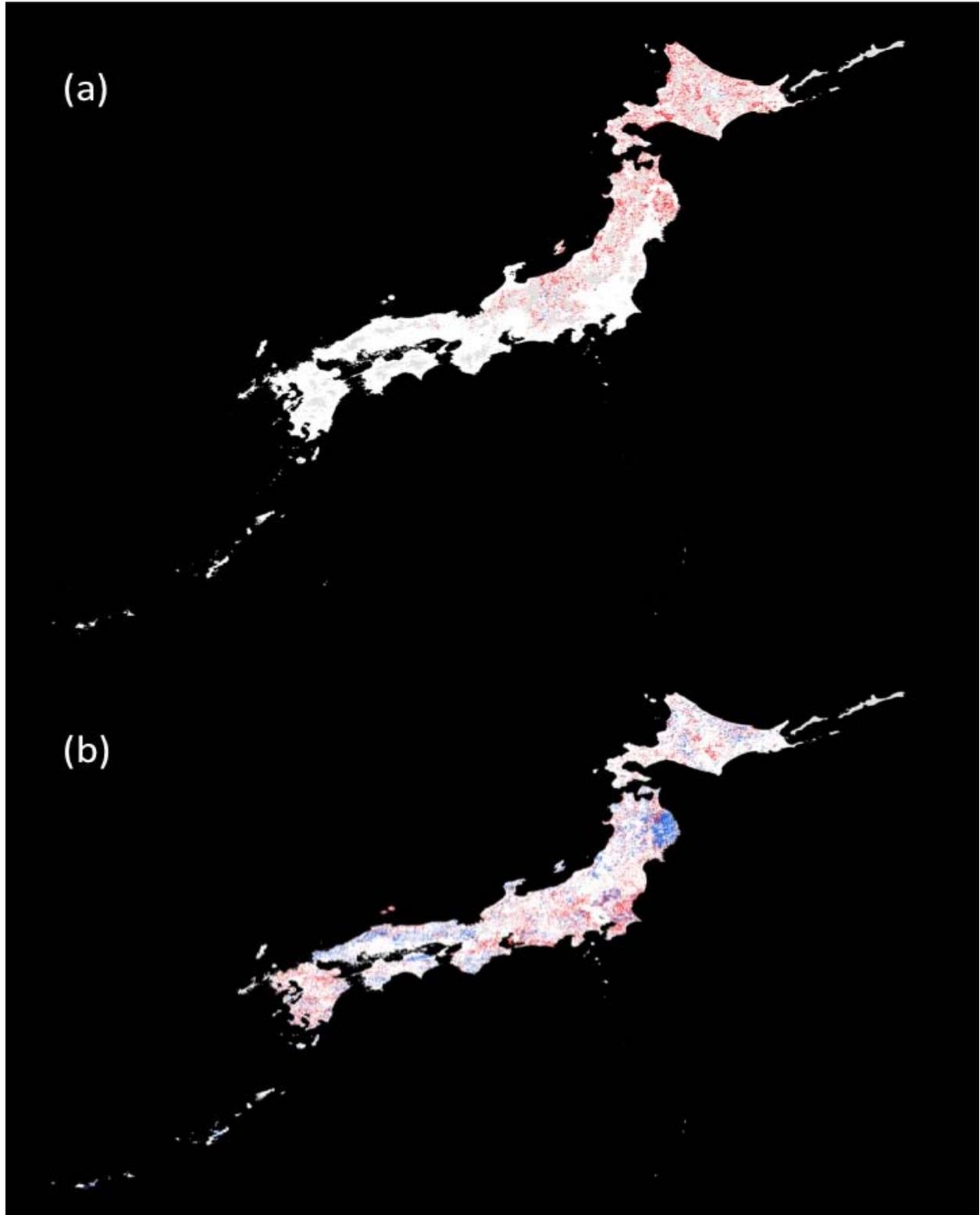
また、来年度以降の本格的な解析に向けて、評価の遅れている生態系の文化的サービスのうち、

重要性が高く、なおかつ広域評価が可能な項目の洗い出しを行い、研究手法についての予備的な検討を行った。加えて、来年度以降における生態系管理における伝統知・地域知の効果の検証や流域レベルでの各種生態系サービスの評価とシナリオ分析といった課題に向けて、これらの分野に詳しい専門家を招いてワークショップを開催するなど、頻繁に議論を行い、現状の把握と今後の課題の整理を行った。

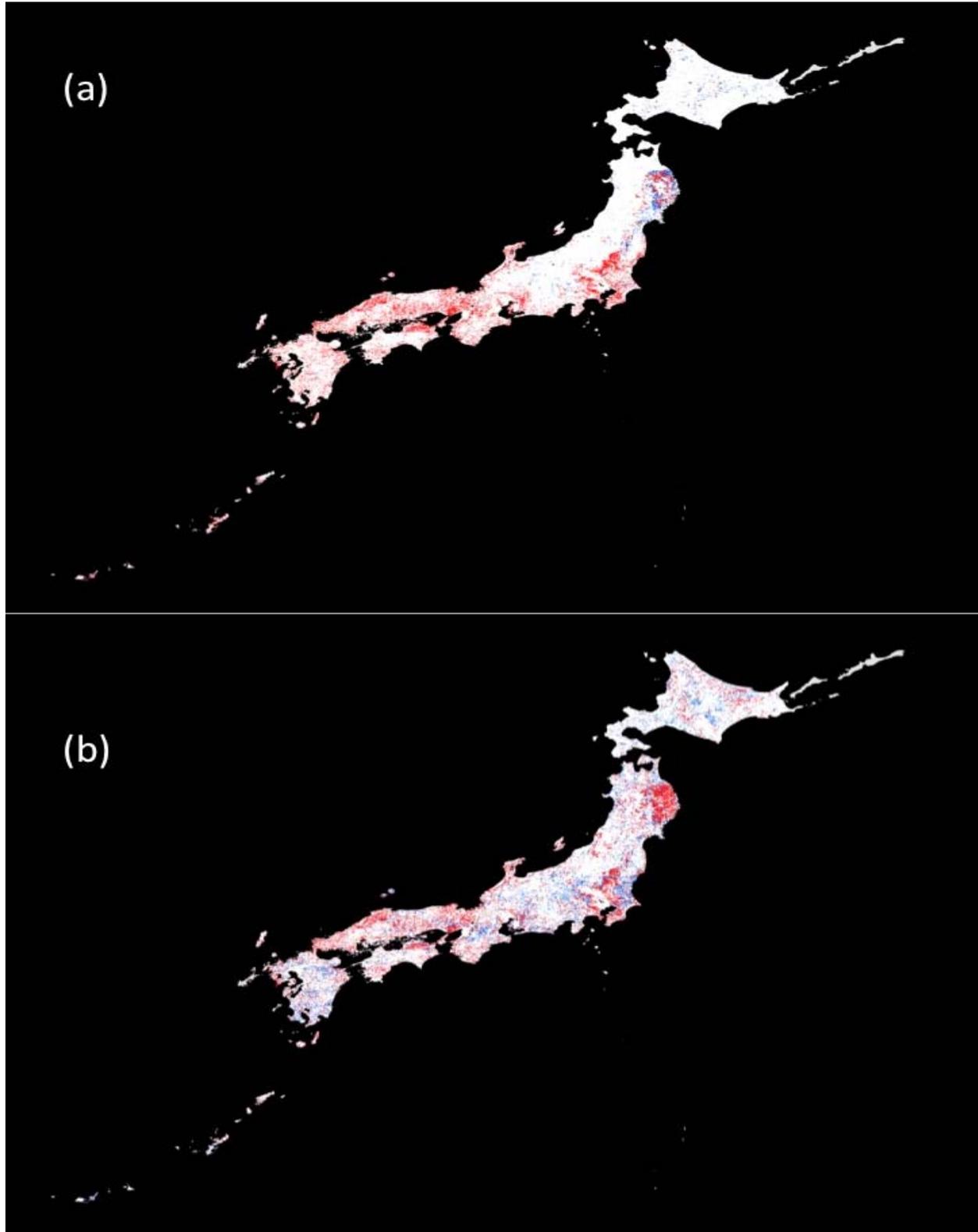
4. 結果及び考察

樹木の用途多様性は、現状では西日本の海岸沿いなど、温暖で人工林の少ない地域で高く、中部山岳地域や北海道など寒冷な地域で低くなっていた。蜜源樹木資源量は、関東から西の海沿い、特に中国地方や九州西岸で高く、また北海道でも一部、比較的高い地域が見られた。季語種数多様性は、中国地方で高く、また東北太平洋岸でも比較的高い地点が多く見られた。一方、寒冷な中部山岳地域や北海道、人工林の多い紀伊半島等では低くなる傾向が見られた。いずれの生態系サービス指標についても、気候変動シナリオ間で影響の違いが見られた。用途多様性では、東日本での増加傾向が顕著で、RCP2.6、RCP4.5の両シナリオでは、中部地方や東北地方、道南・道央での、RCP8.5シナリオでは、それらの地域に加えて北海道全域での増加傾向が予測された。蜜源樹木資源量は、西日本の全域と北陸・東北の海沿いにおける増加傾向が顕著にみられ、この傾向は、温度上昇の大きいシナリオほど強く見られた。この結果は、重要な蜜源樹木であるシイ・カシ類の増加に強く依存したものであると考えられる。季語種数多様性では、寒冷な地域での増加傾向が顕著に見られた。特に、RCP8.5シナリオでは、北海道や中部地方の全域において、増加傾向が予測された。これらの解析の過程で、本採用後の本格的な解析において、土地利用の変化等も含めたシナリオを、より多数の生態系サービスに適用していくための様々なノウハウを得ることができた。

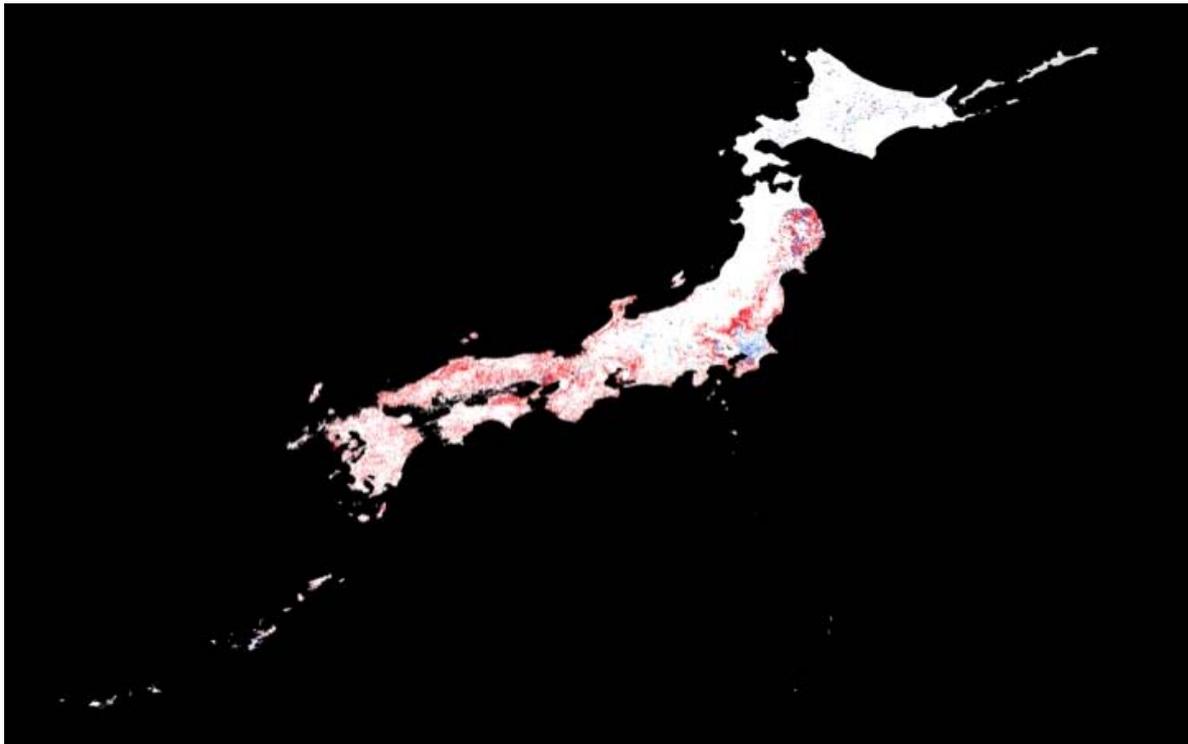
1985-1996年間の土地利用変化の影響は、全ての生態系機能・サービスに対して、正・負両面の影響を与えていた（図(2)-1, 2, 3）。最大光合成速度は、ほとんどの地点で低下していたが、その傾向は東・北日本に偏っており、西・南日本ではこの期間の変化は小さかった。落葉分解速度係数は、岩手県周辺と中国・四国地方で上昇傾向が卓越しており、その他の地域では比較的低下する傾向が見られた。樹木の用途多様性は、東北の太平洋側で比較的増加傾向にあったが、その他の地域では西・南日本を中心に減少の傾向が幅広く見られた。蜜源樹木資源量は、岩手県周辺、首都圏近郊、中国地方などで減少傾向が顕著だった。季語種数多様性は、全国的に低下の傾向がみられたが、首都圏近郊では増加傾向が見られた。多くの生態系機能・サービスにおいて、原生林や二次林の植林地や非森林への転換が最も重要な変化要因であった（図(2)-4）。最大光合成速度では、冷温帯二次林の植林地への転換の負の影響が最も大きかった。落葉分解速度係数では、植林地の非森林への転換の負の影響が最も大きかった。冷温帯・暖温帯の双方において、自然林の植林地への転換は分解速度に正の影響を与えていた。樹木の用途多様性では、暖温帯二次林の非森林への転換の負の影響が最も大きかった。蜜源樹木資源量では、暖温帯二次林の植林地への転換の負の影響が最も大きかった。気候帯を問わず植林地の非森林への転換は正の影響を与えていた。季語種数多様性では、暖温帯二次林の非森林への転換の負の影響が最も大きかった。このような土地利用変化の生態系機能・サービスに対する影響評価の手法は本採用後のシナリオ解析においてもほぼそのまま採用可能であると考えている。



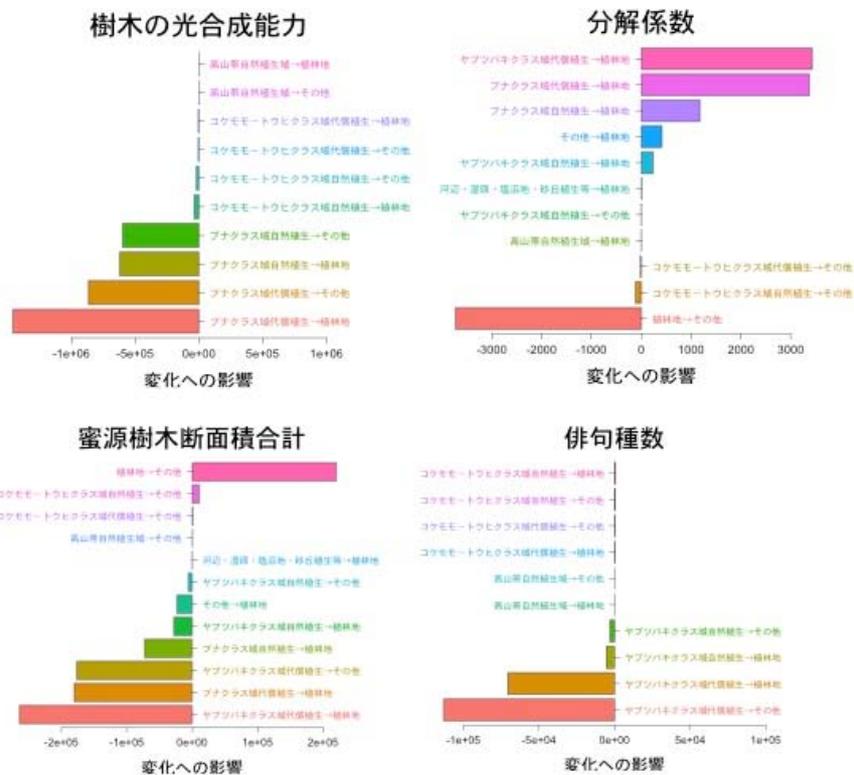
図(2)-1 近年の土地利用変化が森林の生態系サービスに与えた影響。青は値の増加、赤は減少、白は植生の変化なし(原生林)、灰色は解析対象範囲外を示す。(a) 最大光合成速度 (b) 落葉分解速度係数



図(2)-2 近年の土地利用変化が森林の生態系サービスに与えた影響(続き)。青は値の増加、赤は減少、白は植生の変化なし(原生林)、灰色は解析対象範囲外を示す。(a) 樹木用途多様性 (b) 蜜源樹木資源量



図(2)-3 近年の土地利用変化が季語種数多様性に与えた影響(続き)
 青は季語種数多様性の増加、赤は減少、白は植生の変化なし(原生林)、灰色は解析対象範囲外を示す。

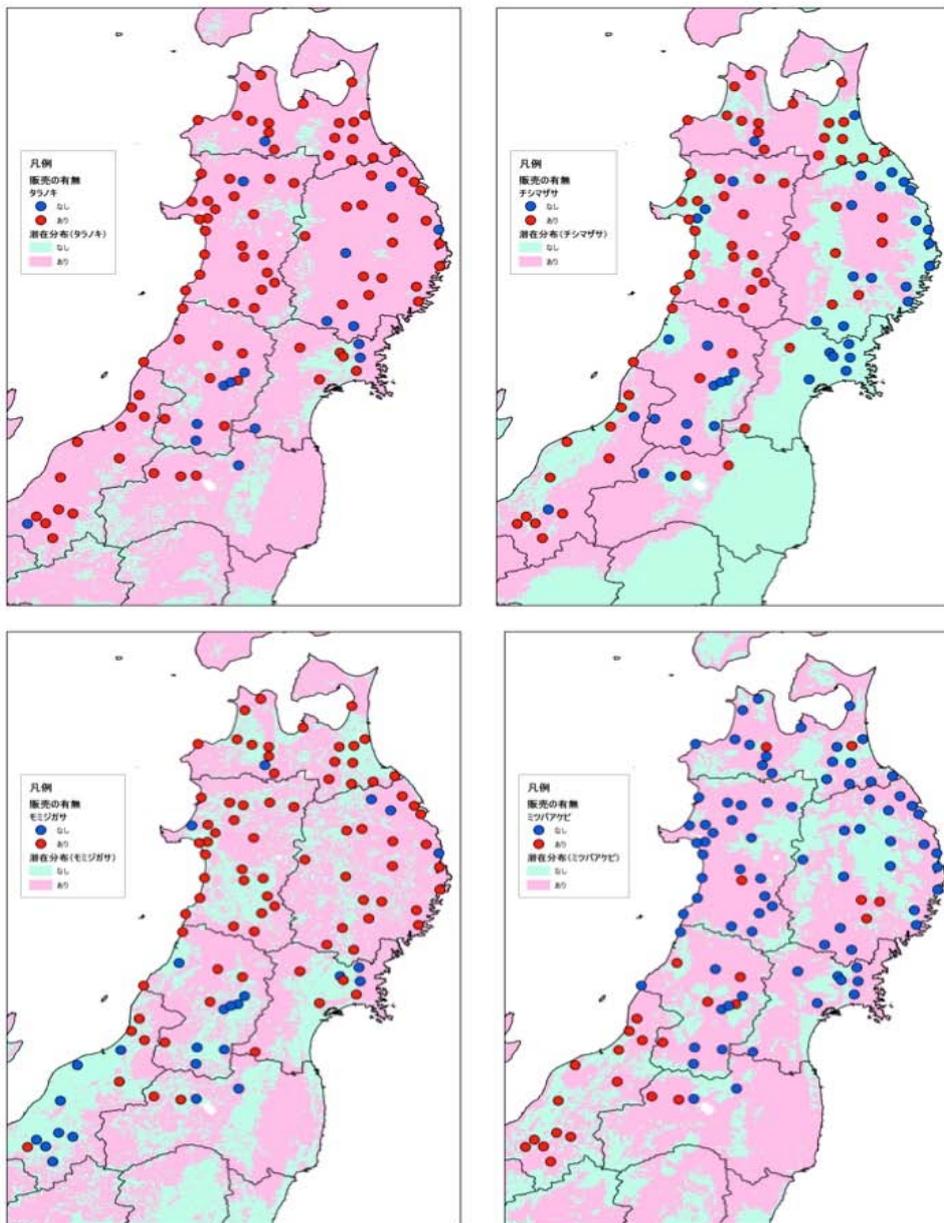


図(2)-4 土地利用変化の種別と生態系サービスへの影響

東北地方の道の駅における山菜の販売実績の調査によって、東北地方では50種を超える山菜が販売されていることが明らかになった。それぞれの山菜の販売の有無の地理的分布パターンは種ごとに大きく異なり、ほぼ全域で利用されているもの、特定の地域のみで利用されているもの、利用の有無が明確な地理的パターンを示さないものなど様々であった。この販売の有無を、それぞれの山菜の推定自然分布と比較すると、タラノキやフキなど、分布が広く、ほぼ全域で販売されているもの、チシマザサ(ネマガリタケ)やモミジガサのように販売の有無と分布の有無が比較的良く対応するよう見えるものと、ミツバアケビやイタドリのように広範に分布するにもかかわらず、特定の地域のみで販売されるものが存在することがわかった(図(2)-5)。このような自然分布と販売地点の乖離は、ストックとしての自然資本とフローとしての生態系サービスの空間分布が一致していないことを示している。今後はこのような自然資本と生態系サービスの乖離が生じる要因を統計的に検証するとともに、自然資本・生態系サービス両面の経済的価値評価へと発展させていくことを計画している。

広域評価が可能であり、かつ重要性の高い生態系の文化的サービスについて検討した結果、プロジェクトが本格実施された際には、アンケート調査による林間学校・自然教室などによる教育目的の利用の評価、ウェブからの情報抽出によるキャンプや登山等のアウトドア活動における利用の評価、実地調査による山菜の利用実態の評価、書籍からのデータ抽出による俳諧等の伝統芸術における価値評価を軸に研究を進めていく方針を固めた。また、ウェブからの自動的な情報抽出法など技術的な問題の検討を進めた。

プロジェクトが本格実施された場合には、各種自然資本・生態系サービスのシナリオ解析、流域レベルでの自然資本・生態系サービスの評価と海域研究グループとの連携、各種自然資本・生態系サービスの経済的価値評価、参加型管理オプションの評価などが重要な課題となる。これらの課題に対応するため、関連する分野の専門家を招聘し、6月に東北大学東京分室においてワークショップを開催した。このワークショップとその後のメール等による議論により、シナリオ解析に活用可能なモデル化の手法、経済的価値評価の可能な自然資本・生態系サービスの評価方法、流域レベルでの物質循環を中心とした生態系サービス評価の現状把握と海域研究者との連携のための対象地域絞り込み、参加型管理オプション評価のための過去の事例の収集などを行い、プロジェクトの本格実施に向けた研究基盤の整備を達成することができた。



図(2)-5 東北地方における山菜の推定自然分布と道の駅における販売の有無。(a) タラノキ (b) チシマザサ (c) モミジガサ (d) ミツバアケビ

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

これまであまり評価されて来なかったいくつかの文化的サービスについて全国規模の定量評価を行った。

各種の生態系サービスを物理環境・土地利用の関数としてモデル化し、気候変動シナリオや過去の土地利用変化と組み合わせた解析を行い、将来の本格的なシナリオ解析に道筋をつけた。

供給・文化両方の側面を持つ生態系サービスである、山菜の供給について、自然資本と生態系サービスを分離した評価を行った。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

環境省「生物多様性及び生態系サービスの総合評価に関する検討会」において、気候変動の影響および生態系サービスの評価などの項目で、研究成果に基づくコメントを行い、2016年3月に発表される報告書「生物多様性と生態系サービスの総合評価」の複数個所にそのコメントが反映されている。

<行政が活用することが見込まれる成果>

この研究で開発された文化的サービスを中心とする生態系サービスの定量的推定・評価方法は、現在行われているIPBESのアジア太平洋地域アセスメントの森林生態系の生態系サービス評価において、日本国内の生態系サービス評価の手法やデータとして使用される予定である。また、生態系サービスの定量化は、自然資本推定の基礎となる情報であり、今後地方自治体などの地域資源の把握や利用などに利用できる。さらに、シナリオ分析の手法は、様々な状況にカスタマイズできるツールとして発展させる必要があるが、地域計画の策定などに利用できる可能性が大きい。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

特に記載すべき事項はない。

<その他誌上発表(査読なし)>

特に記載すべき事項はない。

(2) 口頭発表(学会等)

特に記載すべき事項はない。

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

- 1) 中静 透 2015 「私たちの生活は生きものたちに支えられている ―生物多様性とはどのような問題なのか?―」平成27年度宮城県生物多様性シンポジウム.(2015.2.3 仙台市)
- 2) 中静 透 2015 「森林・林業から考える生物多様性」平成27年度みやぎ森林保全推進活動研修会.(2015.2.6 宮城県大衡村)
- 3) 中静 透 2015 「私たちの生活をささえる生物多様性」あいち環境塾 (2015.8.26 名古屋市)

- 4) 中静 透 2015 「森林生態系の変化と生物多様性」川崎市民アカデミー (2015. 10. 22 川崎市)
- 5) 中静 透 2015 「生物多様性の保全と持続的利用のためにできること」NACS-J市民カレッジシリーズ29、生物多様性の活かし方、自然保護協会 (2015. 12. 9 仙台市)

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

(6) その他

「社会・生態システムの統合化による生態系サービスの自然的・社会経済的価値の予測評価に向けた課題検討ワークショップ」2015年6月28日 東北大学・東京分室

参加者22名 (武内和彦、中静透、黒川紘子、小黒芳生、森本淳子、蒲谷景、橋本禅、中村太士、柴田英昭、金本圭一朗、吉田丈人、谷内茂雄、齊藤修、山北剛久、仲岡雅裕、浅野耕太、松下和夫、岡部貴美子、正木隆、滝久智、森照貴、饗庭正寛)

8. 引用文献

特に記載すべき事項はない。

(3) 海域における生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価

国立研究開発法人海洋研究開発機構

本部	白山 義久
海底資源研究開発センター	
環境影響評価研究グループ	山北 剛久

平成27年度累計予算額：3,000千円（うち平成27年度：3,000千円）

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

生物多様性の減少や生態系の劣化は特にアジアの沿岸域の複数の生態系において加速しており、海域においても生態系のサービスの統合評価の体制作りが欠かせない。1年間のフェージビリティ研究の期間において、以下のことを実施した。生態系サービスに関連する国際的な既存の指標を収集と、国内の生物多様性情報・生態系サービス評価との比較。生態系サービス評価に利用できる素材の収集と都道府県の解像度での事例の検討。生態系サービス評価の体制の検討とそのため会議やワークショップの開催である。その結果、国際的な海域の生態系を統合評価する指標と国内の評価事例とのギャップの比較、文化的サービスをはじめとする生態系サービス関連情報の入手とダイビングに関する都道府県単位の比較事例、5年間の研究計画における主な課題の抽出とそのため検討体制の案が作成された。

[キーワード]

沿岸、海洋、海洋の健全度指数、海域利用、フェージビリティスタディ

1. はじめに

地球環境及び社会経済の変化による生物多様性の減少や生態系の劣化は特にアジアの沿岸域の複数の生態系において加速していることが指摘されている。こうした課題に取り組む国内外の取り組みのうち、特にIPBESや関連する国内事業における議論と研究を推進することが欠かせない。一方で、海域においては、グローバルな経済価値評価やサービスに関連した指標の研究が発表されているものの、全国で海域生態系のサービスを統合的に評価した例は稀である。特に生物多様性や生態系の状態、管理の体制、気候変動や人間活動による将来変化と関連させた研究手法は未だ発展途上であり、検討の体制作りが欠かせない。

2. 研究開発目的

本研究では、海域における生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価の予備的な検討として、既存の研究蓄積を活用して、海域（沿岸、沖合表層、沖合海底、深海）における未利用資源も含めた生態系サービス（一部の文化的サービスを含む）の価値評価を行うことができる可能

性を検討するフィージビリティ研究である。また、気候変動等の変化要因（直接、間接）の分析を通じて、サブテーマ1で構築予定の将来シナリオ毎の展開が可能なモデル化に向けた体制の検討を行うこともその目的に含む。

そのために、既存の生態系サービスに関連する指標を収集し、生物多様性情報との比較。生態系サービス評価に利用できる素材収集と都道府県の解像度での検討。評価の体制の検討とそのため会議の開催や参加、ワークショップの開催を行った。

3. 研究開発方法

まず、統合評価に利用可能なデータ・指標についての情報収集として、関連する文献を収集するとともに、既存の生態系サービスに関連する国際的な指標と国内の生態系の価値評価事例および既に集約されている生物多様性情報を比較した。国際的な指標については、特に海洋の健全度指数（OHI; Halpern et al. 2012）¹⁾のサブゴールレベルで比較を行い、既存の評価とのギャップを示した。

次に、生態系サービス（特に文化的サービス）評価の素材収集と評価事例の作成について、タウンページをはじめとする各種ウェブサイトから位置情報を抽出した。その結果から、自然資本と利用との関係性を示す事例として、特にダイビングの関連した地理情報を収集し、サンゴ礁を対象に、都道府県の解像度でその面積（自然資本の空間分布）と利用の指標（ダイビングショップ数）との比較を行った。

最後に、気候変動等の変化要因（直接、間接）の分析を通じて、サブテーマ1で構築予定の将来シナリオ毎の展開が可能なモデル化に向けた予備的検討を行うために、全体でのシナリオに関するワークショップや陸域のサブサブテーマ構成に関するワークショップや関連会議への参加、および海域のサブサブテーマ構成に関するワークショップを開催し、海域における自然資本と生態系サービスの検討体制を議論した。

4. 結果及び考察

Halpern et al. (2012) では、幅広い領域から収集した定量的なデータに基づき、海洋の健全度を表す指標（OHI）が提案されている。指標は10のゴールの単純平均によって構成されており、そのうち2つがサブゴールをもつ。それぞれのゴール（サブゴール）の価値は、現在の状態と近未来の状態の価値の平均で表される。近未来の状態は推定された変化率を現在の状態に当てはめて割引率を考慮したものであるが、変化率の推定にはトレンドおよび、プレッシャーとレジリエンスの差とに係数を与えて足したものをを用いている。結果として、生態系の状態とトレンドとプレッシャーとレジリエンスの4つの評価要素が評価・統合された指標となっており、生態系の現状と近い将来変化を評価する構成になっている。ベースとなるデータはグローバルな解析のために1980年代のものが多く、必ずしも時間断面はそろっておらず、データが少ない項目（たとえば観光）は点数が少なくなっている。特に、評価要素の中ではレジリエンスについて生息地の保全活動の動向などが相当するが、国別の指標であるために国際条約への加盟の有無など簡易な評価を用いている。また、中長期変化や持続可能性、トレードオフを明示的には評価しておらず、トレンドとプレッシャーのみで説明できる程度しか扱わない短期間の指標であることが著者らによっても注意点として説明されている。そのため、漁獲圧を上げれば食料供給のポイントが上がる

ケースも考えられる。このようにさまざまな課題も指摘できることが分かったが、指標のコンセプトや収集したデータの量と、カテゴリーの項目について参考になる部分は多く、世界を単純化して評価したエフォートは評価できる。

ここでは、本指標と対応した全国評価の可能性について、生態系の状態のみに着目し、これまで生物多様性情報を日本全域と東・東南アジア域で収集してきた生物多様性評価に関する推進費（S9）²⁾および、日本全域で海域の生態系の経済評価が行われているサンゴ礁³⁾および湿地の生態系サービスに関する検討会⁴⁾の資料と比較した。その結果、表(3)-1のようなギャップが得られた。未評価の項目の多くは文化的サービスや各計画で対応をお検討しなかった部分であり、特に現地での利用についての文化的サービスの空間情報の収集可能性については本課題の次の項目で今回検討した。

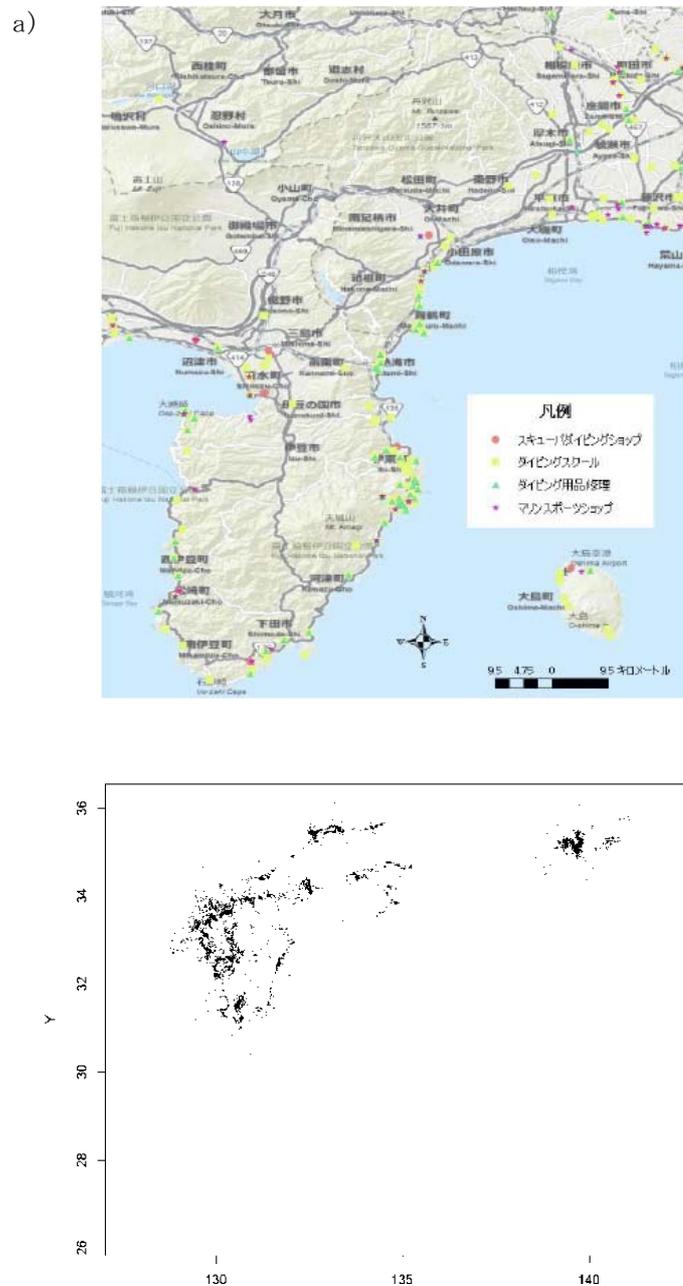
また、OHIとそのほか3つのグローバルな経済評価との比較を行い、用いられている変数についても一覧を得た。国や地方公共団体などで使用することを想定しているInvestを除き、いずれも全球を対象として想定している。より詳細な解像度での評価もデータを与えれば可能であるが、特にOHIは現状でそのソースとなるデータの解像度についても概ね国別程度のグローバルデータである。Costanza^{5,6)}らの評価は単位面積当たりの価値はグローバルな解像度での評価である。生態系の面積についてはOHIとも共通してグローバルなデータを使用している。また、WWF Reviving the Ocean Economy⁷⁾も統計値と原単位法を用いたグローバルな評価であり、この例では空間にすらデータをプロットしていない。InVEST⁸⁾については与えたデータのスケールで算出が可能であるためデータ依存であり、ローカルな適用例も見られたが、海の研究例は少なかった。従っていずれの指標を参考にするにあたって、今後国内における応用を検討する際には国内向けに適した資本や評価データの整備や空間スケールの変化による影響を考慮する必要があることが分かった。

表(3)-1 OHIと既往研究とのギャップ：●は評価済、▲は評価可能

海洋の健全度指数の目標	推進費S9 EBSA指標	環境省 サンゴ礁 検討	環境省 湿地 検討会
食糧供給			
漁業	▲		●
養殖			
職人的釣りの機会			
自然産物			
海岸防護	▲	●	
炭素貯蓄	▲		▲
生計と経済			
観光とレクリエーション		●	▲
風光明媚さ・愛玩種			
清浄な水			
多様性			
生息地	●	▲	
種	●	▲	

文化的サービス評価の素材収集については、漁業団体、レンタルボート、貸モーターボート、カヌークラブ、カヤッククラブ、管理釣場、ボートショップ、ビーチ、マリンパーク、海浜公園、

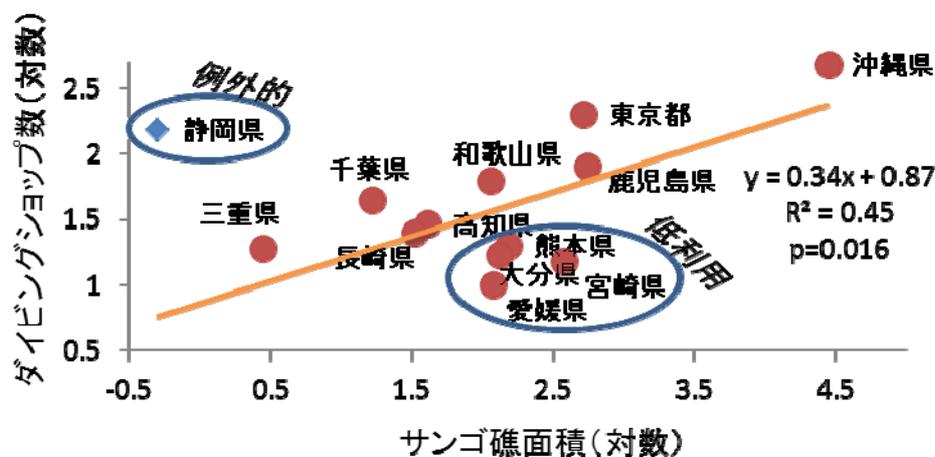
自然公園、親水公園、庭園、都市公園、野鳥公園、釣具店、釣船、釣堀、釣具・釣餌店、漁業用えさ、サーフショップ、ジェットスキーショップ、スキューバダイビングショップ、ダイビングスクール、ダイビング用品修理、マリナー、マリンスポーツショップ、ヨットクラブ、ヨットハーバー、レンタルヨット、貸ヨットなどの分布が抽出できることがわかった(図(3)-1、図(3)-2)。また、海面漁業魚種別漁獲量、漁業・養殖業生産統計など供給サービスの一部は生物多様性及び生態系サービスの総合評価(JB02)等でも取り上げられ、文化的サービスと関連させて評価することができる自然資本に関連した情報も新たに入手した。



図(3)-1 抽出された位置情報の例 a) ダイビング関連の施設位置情報、b) 釣り場の位置情報

上記の結果から自然資本と利用の関係を比較するために、まずダイビングスポットとダイビングショップとのデータを比較したところ、都市域にショップ数が多い傾向が一部の都道府県で得られたもののダイビングスポット数とダイビングショップ数とに関係が見られた。

また、ダイビングショップとサンゴ礁の面積を比較したところ、サンゴ分布域外およびサンゴ以外のダイビングが盛んである静岡を除くデータとの間には、都道府県の解像度で自然資本（サンゴ礁の面積）の対数軸と利用によるサービス（ダイビングショップ数で指標）の対数軸との間に有意な線形的な関係性が見られた（図(3)-2）。



図(3)-2 都道府県単位の自然資本と利用の関係

海域のサブサブテーマ構成については、まず将来シナリオや価値評価・ガバナンスを検討するサブテーマと必要な連携を行う構成を検討し、サービスの評価結果を統合する課題と、海域管理についての検討を課題として設定した。同時に、シナリオからインプットされるデータについての議論と、政策オプション、ステークホルダーに関するこれまでの研究例の収集を開始した。特に後者についてはステークホルダーによる海の捉え方の違いなどの検討が行われていることがわかり、今後ガバナンス指標や包括的福利による評価につながることを期待された。

次に、全体の将来シナリオと自然資本や生物多様性との関係性については、シナリオで想定されている人間活動の変化、地球環境の変化の2つに対応する課題を設定した。

また、海域で共通して用いる現在および将来の海域の環境要因・生物情報等の総合的なデータ整備を行う必要性、流域（陸域）と海との関係性の検討の必要性についても主要な課題として設定した。

前者については、既往研究を参照してダウンスケールデータの必要性和内挿データの整備を議論した。後者については、陸域との共同研究ができるフィールド候補の検討を行ない、特に亜寒帯、温帯、亜熱帯で複数の候補地の抽出を行った。

これらの課題を割り振る形で、以下の4つのサブサブテーマ構成案を作成し、募集内容等の検討に活用された（図(3)-3、図(3)-4）。

サブサブテーマ(1)： 海域の環境要因の将来予測データの整備および自然資本・生態系サービス予測評価の統合

- ・ 海域の環境要因の変化について予測、データ同化やダウンスケールしたデータを活用・整備し、自然資本・生態系サービス評価における活用事例を作成する。各サブサブテーマで収集した生物量や機能・生態系サービスのデータベースを整備する。
- ・ 各サブサブテーマにおけるサービス評価結果から、サービス間のトレードオフや重みづけ、生物多様性に基づく重要海域、将来変化に対する緩和策と適応策を考慮することのできる統合評価指標についてEBSA の指標や海の健全度指数等の国際的に用いられている指標を参考として検討したうえで、シナリオ毎の評価につなげる。

サブサブテーマ(2)： 経済活動に起因するドライバーが海域の自然資本・生態系サービスに与える影響の予測評価

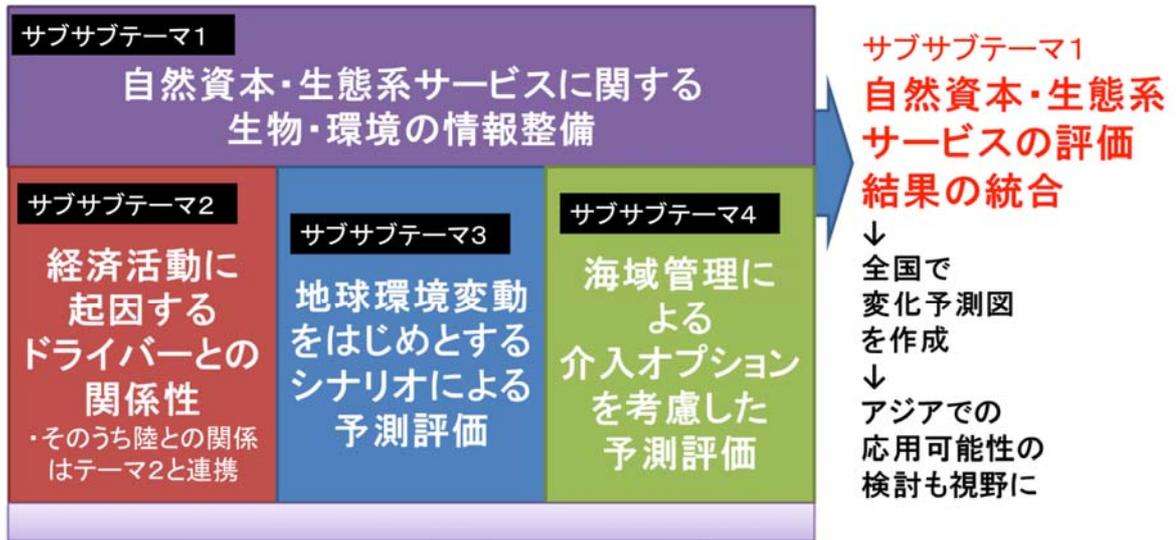
- ・ 経済活動にともなって発生する陸域・海域の利用形態や環境の変化が、海域の自然資本・生態系サービスに与える影響を予測評価する。
- ・ 特に、陸域の土地利用の変化およびそれに伴って発生する環境の変化が海域の生態系サービスに与える影響について、サブテーマ2と共通して調査できる事例対象流域を中心に集水域単位で解析を行い、陸域と海域の関連性を評価する。
- ・ 評価された自然資本・生態系サービスの時空間変異を推定するモデルを作成し、流域スケールのローカルなモデルを全国スケールへの拡張する検討を行うとともに、将来予測に利用可能なデータとして提供する。

サブサブテーマ(3)： 気候変動等を考慮した将来シナリオにもとづく海域の自然資本・生態系サービスの予測評価

- ・ 地球環境変動にともなう水温上昇、海洋酸性化、海面上昇等が、海域の自然資本・生態系サービスに与える影響を評価する。
- ・ 水温上昇による海洋生物の分布変化など気候変動影響に関する観測データを整備して解析を行い、気候変動に対する海洋生物の応答を明らかにする。
- ・ 海域の環境要因の予測結果と海洋生物の応答に基づいて、日本～アジアスケールで自然資本・生態系サービスの時間変動を評価・推定し、将来の保護区の設定などの適応策の立案につなげる。

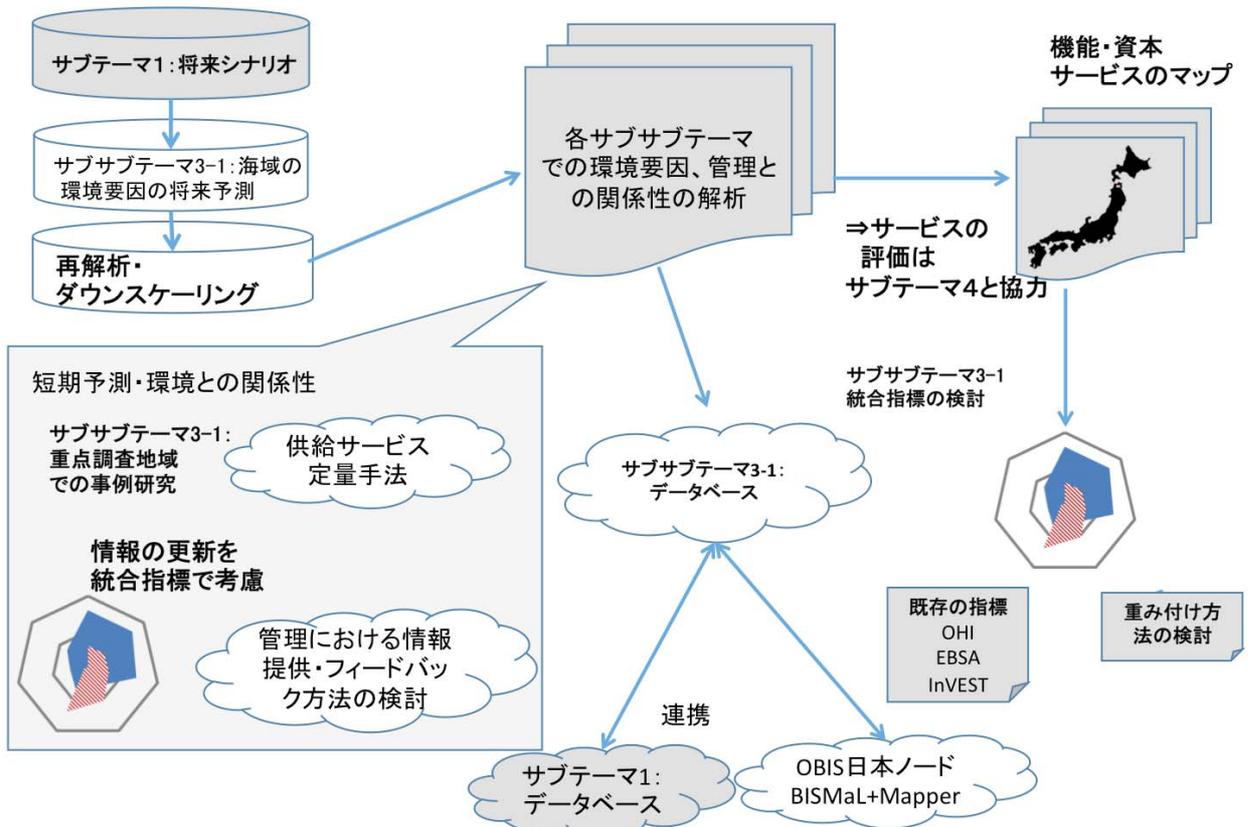
サブサブテーマ(4)： 海域管理による介入オプションの検討にもとづく自然資本・生態系サービスの予測評価

- ・ 未利用資源や文化的サービスの評価を含めた海域の自然資本・生態系サービスの評価方法を開発する。
- ・ 陸域における経済活動および気候変動等に整合的かつ保護効果の高い海域管理（保護区を含む）のあり方を、海域の自然資本・生態系サービスの時空間変化に基づき検討する。
- ・ 異なる階層のステークホルダーごとに、様々な管理手法が海域の自然資本・生態系サービスに与える効果を整理し、将来シナリオへの介入オプションの導入可能性を検討する。



サブサブテーマが持つデータや解析手法、S9の結果などを用いた緊密な連携

図(3)-3 検討された海域の生態系サービス評価のためのサブサブテーマ構成案



図(3)-4 検討された海域の生態系サービス評価のためのサブテーマ間、サブサブテーマ間連携案

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

これまで事例が少ないとされていた、海における生態系サービスについて、その一部は生物多様性や生産性の指標と対応して検討できる可能性が示された。一方、データは解像度が粗いものや時期が古いものが多く、グローバルな指標と対応する国内の変数の収集が課題であることがわかった。海域においては陸域と異なり、現状と将来評価の基盤となる環境場のデータが沿岸で利用可能な解像度でないことも同様に指摘できた。また、特に評価が難しいとされる文化的サービスについても利用施設の位置情報などは収集でき、生物多様性に関連するデータとの関係性が粗いスケールでも見られることが示された。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

環境省「生物多様性及び生態系サービスの総合評価に関する検討会」において、気候変動の影響および生態系サービスの評価などの項目で、研究成果に基づくコメントを行い、2016年3月に発表された報告書「生物多様性と生態系サービスの総合評価」の複数個所にそのコメントが反映されている。

<行政が活用することが見込まれる成果>

本課題で検討したデータや体制を活用することで、日本および国際的な政策決定に研究成果にもとづく科学的知見の提供が可能になると考えられる。特に、本提案で示すような、統合的な海域の生態系評価はまだ限られており、今後評価をすすめることで、CBDにおける生態系サービスの議論、特にIPBESのアセスメントや次期の国家戦略等の国内の対応する生物多様性と生態系サービス評価に情報を提供することができると考えられた。

6. 国際共同研究等の状況

マレーシアで開催されたIPBES全体の会合に白山が、日本で開催されたIPBESのアジア地域アセスメントに白山と山北が参加し、本課題で抽出した文献などの情報を含めたインプットを行った。また、ポルトガル、ポルト大学のIsabel Pintらを山北が訪問し、今後検討されるグローバルアセスメントについても情報提供のチャンネルについて議論した。

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

特に記載すべき事項はない。

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない。

<その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない。

(2) 口頭発表 (学会等)

「沿岸生物多様性の推定結果を文化的サービスの評価に生かす」 山北・辻野・白山、日本生態学会 仙台市、2016年3月22日 発表予定

「Extraction of important marine area using EBSA criteria」 Takehisa Yamakita et al. Side Event of SBSTTA Integrative Observation and Assessments of Marine Biodiversity in Asia-Pacific Region by the Strategic Project S-9-5 of JAPAN Montreal 2015年11月02日開催

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

特に記載すべき事項はない。

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

(6) その他関連シンポジウム

「海洋生物の多様性の特徴と迫りくる危機」 白山義久 筑波大学自然保護寄附講座 公開シンポジウム「海の生物多様性と地球環境の変化」 2015年11月8日

「日本周辺の重要海域特定の試み」 山北剛久筑波大学自然保護寄附講座 公開シンポジウム「海の生物多様性と地球環境の変化」 2015年11月8日

社会還元活動 (啓発活動、新聞報道等)

「重要海域特定の試みと生態系サービスと東京湾」 山北剛久 市民活動補助金活性化事業 三番瀬を学ぼう！講座 浦安市 2016年1月10日

IPBES MEP 白山義久 2013年～

IPBES Regional Assessment Lead Author 白山義久 山北剛久 2015年～

CBD EBSA Western Pacific Regional Workshop 参加 白山義久、厦門、2015年12月12日開催

生物多様性及び生態系サービスの総合評価(JB02)に関する検討会 委員 白山義久

EBSA Expert Meeting 参加 山北剛久、ベルリン、2016年2月23日開催

AichiTarget 11 Expert Meeting 参加 山北剛久、ベルリン、2016年2月25日開催

8. 引用文献

¹⁾Halpern BS, Longo C, Hardy D, et al. (2013) An index to assess the health and benefits of the global ocean. Nature 488:615–620.

²⁾Yamakita T, Yamamoto H, Nakaoka M, et al. (2015) Identification of important marine areas around the Japanese Archipelago: Establishment of a protocol for evaluating a broad area

using ecologically and biologically significant areas selection criteria. *Mar Policy* 51:136–147. doi: 10.1016/j.marpol.2014.07.009

³⁾ 環境省 (2014) 湿地が有する経済的な価値の評価結果について.

<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=18162>.

⁴⁾ 環境省 (2009) サンゴ礁生態系保全行動計画.

<https://www.env.go.jp/nature/biodic/coralreefs/project/development.html>.

⁵⁾ Costanza R, D'Árge R, de Groot R, et al. (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253–260. doi: 10.1038/387253a0

⁶⁾ Costanza R, de Groot R, Sutton P, et al. (2014) Changes in the global value of ecosystem services. *Glob Environ Chang* 26:152–158. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002 Halpern BS,

⁷⁾ Hoegh-Guldberg O, Thezar M, Boulos M, et al. (2015) Reviving the Ocean Economy: the case for action - 2015. *WWF Int* 60.

⁸⁾ Daily GC, Polasky S, Goldstein J, et al. (2009) Ecosystem services in decision making: Time to deliver. *Front Ecol Environ* 7:21–28. doi: 10.1890/080025

(4) 生態系サービスの社会経済的価値の予測評価と自然資本の重層的ガバナンス

国立大学法人京都大学 大学院人間・環境学研究科 浅野 耕太

平成27年度累計予算額：2,399千円

予算額は、間接経費を含む。

[要旨]

サブテーマ(4)では、陸域・海域の自然資本・生態系サービスの自然的価値を社会経済的価値の予測評価にむすびつけるための手法に関して予備的検討を行った。また、自然資本を適正に管理していくための重層的ガバナンスのあり方についても予備的検討を行った。得られた主な知見は次のとおりである。

(1) 人々が抱く自然資本の社会経済的価値は人々の知識や経験や有する情報によっても変わらうという実証結果を得た。このことから、予測評価には人々の認知の曖昧性を考慮に入れた評価手法を開発するとともに、認知の曖昧性と知識・経験・情報との関係を解明する必要があることが明らかになった。

(2) 自然資本の機構解明はいまなお途上であり、未知の生態系サービスが存在し、我々の生活の基盤をなしている可能性がある。従来の社会経済的価値の評価は直接的な利用にのみに偏重しているきらいがあり、潜在的・基盤的で重要な自然的価値を見落とししている危険性があり、この未知の自然の恵みをも考慮に入れる包括的な評価に挑戦することが極めて重要であることが明らかになった。

(3) 生態系サービスの一類型である供給サービスについて、地域ごとに多様な形態をとる自然の恵みを社会経済的価値として顕示させる可能性を持つ「道の駅」が従来の産業連関分析では、地域の農林水産業に及ぼす影響が過小評価されることが予想されていた。その問題を解決する方法を提案し、従来との比較を行い、従来の評価が過小評価であったことを定量的に確認した。

(4) 我が国の稲作における品種多様性が農業生態系のレジリエンスに与える影響を全国都道府県の生産費調査のパネルデータを用いて分析した。分析結果により、農家の選択行動の結果である品種の多様化は生態系のレジリエンス強化の役割を果たしていることが明らかになった。なお、今後本成果を生態系の持つレジリエンス機能の社会経済的価値の導出につなげるためには、レジームシフトの発生確率やその規定要因といった自然的価値を十分に解明し、それを踏まえた社会経済的価値評価を実施する必要がある。いうまでもなく、ここで明らかにされたサービスも未知の生態系サービスの一例となる。

(5) 重層的ガバナンスに関しては、文献サーベイをもとに、自然資本を扱う際には重層性への配慮が不可欠かつ効果的であることを再確認するとともに、概念整理を進め、ガバナンスの可視化と政策的な操作可能性を担保しうる指標を得るために、新たに社会関係資本の要素を取り込むことが必要であることを明らかになった。

[キーワード]

社会経済的価値、認知の曖昧性、未知の生態系サービス、産業連関分析、レジリエンス、社会関

係資本

1. はじめに

本サブテーマの検討事項は二つのカテゴリーに分けることができる。ひとつは陸域・海域の自然資本・生態系サービスの自然的価値を社会経済価値の予測評価にむすびつけるための手法開発にかかる事項、もうひとつは自然資本の保全のための重層的ガバナンスのあり方の解明にかかる事項である。本年度はこの両事項に関して予備的検討を行った。

2. 研究開発目的

本研究は、大いなる見えざる国富の消失ともいえるべき、我が国の自然資本劣化に焦点を当て、自然資本のよきガバナンスを実現するための道筋を解明しようとするものである。生態系サービスの湧出源としての自然資本の適切な保全は、日本社会全体の持続可能性の観点からも重要である。本研究では、実証的な観点から、包括的な自然資本・生態系サービスの社会経済的価値の評価枠組みの構築、自然資本のよきガバナンスに向けた多様な主体による協働統治の可能性の予備的な検討を行うものである。

3. 研究開発の方法

サブテーマ（4）では、文献調査並びに地域産業連関表や水稲の生産費調査などの既存の公表データを活用したデータ解析によって、陸域・海域の自然資本・生態系サービスの自然的価値を社会経済価値の予測評価にむすびつけるための手法を検討するとともに、自然資本・生態系サービスを維持・向上させるための施策のあり方について予備的検討を行った。さらに、自然資本を適正に管理していくためのさまざまなレベルのステークホルダーからなる重層的ガバナンスのあり方について重要概念の整理をはじめとする予備的検討を行った。

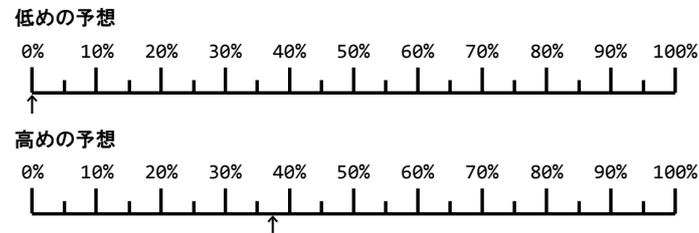
4. 結果及び考察

（1）生態系保全型農法の不確実性に対する人々の認識と評価

生態系サービスのさらなる活用の可能性が大いに期待されている減農薬や無農薬、有機農法などに代表される生態系保全型農法の成否には不確実性が存在する。例えば、農薬使用量を一定程度減らしても生態系保全が確実に成功する保証はなく、成功確率がどの程度高まるかも明確には分からない。農家はこうした不確実性に直面しながら、生産コストの増加とのトレードオフを念頭に保全の手段と程度を選択しなければならない。生態系保全型農法が今後さらに普及し、持続する可能性を探るには、消費者や納税者がこの不確実性をどう認識し、農家が行う保全の取組みにどの程度の経済価値を抱いているかを測らなければならない。それを検討するために『コウノトリを育む農法』に関するアンケート調査を実施した。

アンケート調査では、『コウノトリを育む農法』で規定されている減農薬基準を廃止した場合のコウノトリの絶滅リスクに対する被験者の認知とその曖昧性を把握するため、High-and-Low Choice Methodで絶滅確率の予想の下限と上限に関する情報を聞き出した（**図(4)-1**参照）。**図(4)-2**はその回答の集計結果である。

Q: (「コウノトリを育む農法」の減農薬基準を廃止し) 農薬を削減しなかったとします。このとき、今後10年間で野生コウノトリが再び絶滅する確率は何%と予想しますか? 低めに予想した場合と高めに予想した場合のそれぞれについて、当てはまる箇所に「↑」を記入してください。



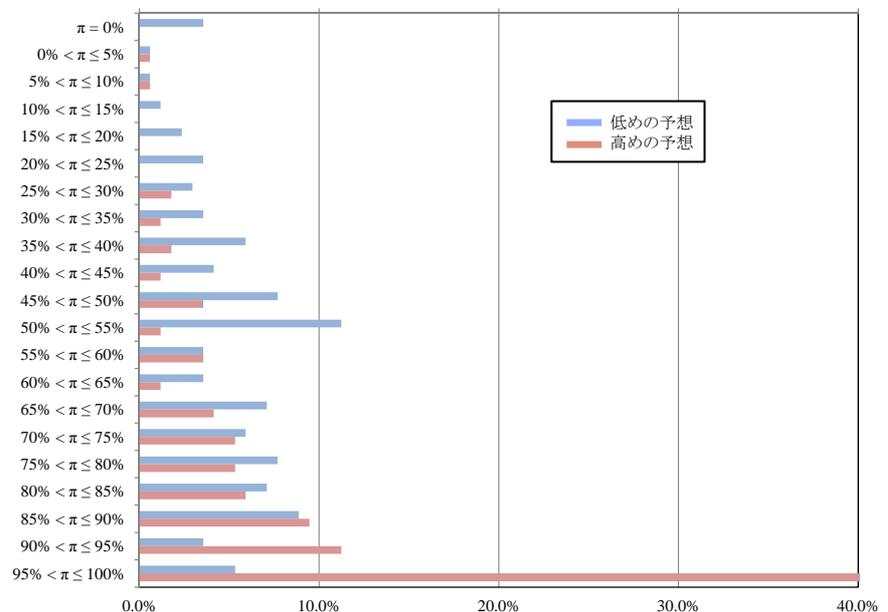
図(4)-1 High-and-Low Choice Method の質問と回答例 (下限確率=0%, 上限確率∈(35%, 40%]) の場合)

その結果、認知が曖昧な (ここでは予想絶滅確率の上限と下限の差が大きい) 被験者ほど現行の減農薬基準に対する評価が高いことが示された。この結果からは、生態系保全の成否に関する認知の曖昧性を主体が回避する行動をとっている可能性が示唆される。生態系が極めて複雑なシステムで科学的にも未解明な部分が多いことを鑑みれば、生態系についてよく知るといふことはその不確実性を知るといふことでもあり、人々の認知において曖昧性

は重要な役割を果たしている。つまり、生態系に関する知識・経験・情報は生態系保全に対する人々の評価を大きく変える可能性があり、今後はその検証に取り組む必要がある。

(2) 生態系保全型農法の不確実性に対する人々の認識と評価

自然資本の機能は科学的にもその全貌は解明されておらず、持続可能な社会を構築するためには、その未知なる部分について一定の想像力を働かせながら、自然資本の利用と保全を考えていかなければならない。しかし、自然資本から湧出する生態系サービスの中でも、直接利用される供給サービスや一部の文化的サービス・調整サービスへの認識は社会全体に普及しているかもしれないが、それ以外の潜在的・基盤的価値については普段の生活の中で認識する機会が限られて



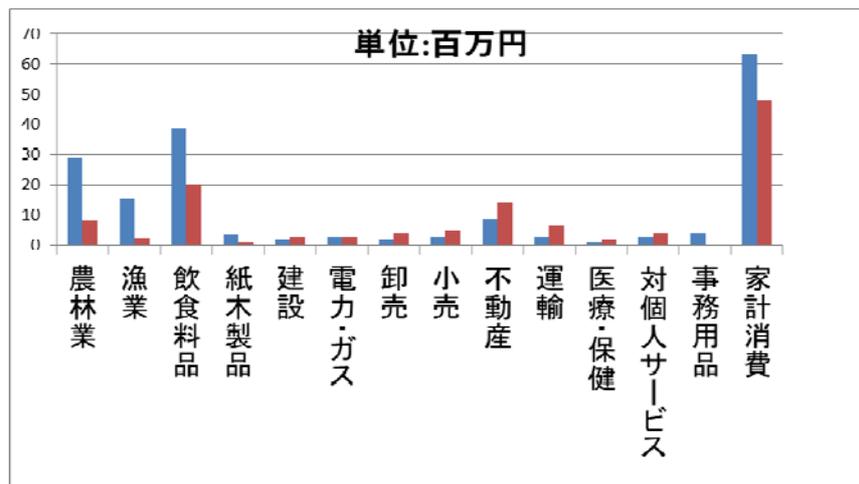
図(4)-2 農薬を削減しなかった場合の野生コウノトリの予想絶滅確率

いるため、社会経済的価値の評価において見落とされ、過小評価されている恐れがある。この見落としにいかに対応していくかは、我々の社会にとって重要な課題である。

未知性も含めた包括的な評価をするためには、人々がその未知性への認識を深めることが不可欠である。それは、自然資本の質的・量的変化が自身の生活や社会全体にもたらすgainやlossという意味での帰結に曖昧性が存在することを認識することでもある。一般に、曖昧性とは、(1)で取り上げたような確率の曖昧性を指すことが多いが、このような帰結の曖昧性も自然資本の保全に対する人々の評価を規定する上で重要なファクターになる。しかしながら、帰結の曖昧性と選択との関係を検証した事例は少なく（例えばDu and Budescu（2005））、十分な研究の蓄積がなされていないのが現状である。また、情報提供などを通じて人々が未知性を認識したときの反応（不安や選択、評価）を実験的に検証した研究が蓄積されつつあるが（Smithson, 1999; Cabantous et al., 2011; Billon, Cabantous and Wakker, 2012）、いずれも確率の曖昧性を扱ったものであり、今後帰結の曖昧性を考慮した調査・分析を進めることは、社会的にも学術的にも大きな意義があると思われる。

他方で、未知なるものへの認識を深めたとしても、人々の合理的な判断として、社会を持続可能なものにするに足るだけの自然資本の保全に繋がらない可能性がある。その場合、合理性という枠組みを超えた追加の対策も必要となろう。行動経済学における成果はそのヒントを与えてくれる。例えば、Heyman and Ariely（2004）が行った実験などから、他人や社会のために取り組む人々に金銭的報酬を渡すことがむしろ彼らのモチベーションを下げてしまうことが確かめられている。他にも、電力使用量を「見える化」することで人々の節電を促すことができるか（Thompson, 2007）といった“Nudge（人を後押しするささやかな仕掛け）”の効果に関する実験も行われており、今後、他のサブテーマが進める自然資本の自然的価値の評価や「見える化」がその社会経済的価値の評価に与える効果を実験的に検証する必要がある。

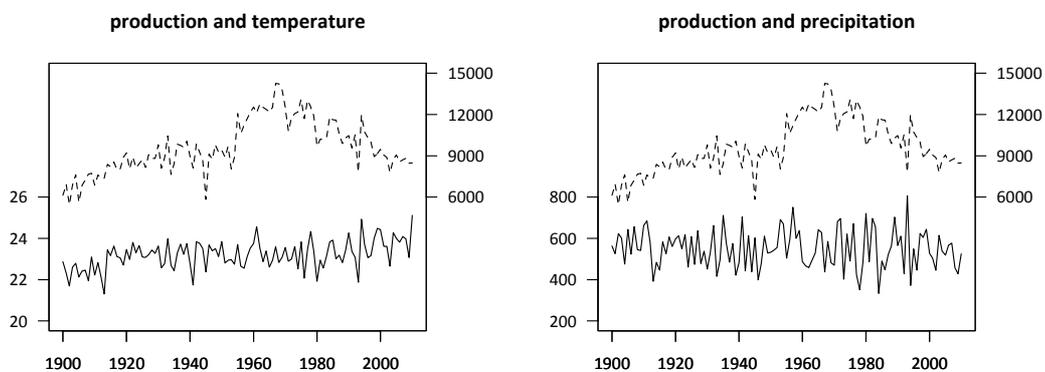
（3）生態系サービスの一類型である供給サービスについて、地域ごとに多様な形態をとる自然の恵みを社会経済的価値として顕示させる可能性を持つ「道の駅」について、従来の産業連関分析の枠組みでは、道の駅での販売実績が小売りの中に埋没したり、その後直ちに家計で消費されることが多いため、地域の農林水産業に及ぼす影響を過小評価することが予想されていた。そこで、地域における自然の恵みの経済波及効果を適切に評価しうるように、道の駅部門を独立させるとともに家計消費を内生化した産業連関分析を試行的に都市部と農村部で実施することによって、従来の評価が過小評価であったことを定量的に確認した（図(4)-3）。



図(4)-3 経済波及効果の比較

注:赤は従来、青は改善した産業連関分析の結果

(4) 品種多様性と農業生態系の関連性:異なるレジーム間における農業生産の非単調的応答農業生産は生態系サービス、とりわけ供給サービス活用の社会的に極めて重要な事例であるが、気象条件等の外的攪乱に大きく左右される。歴史的にも、冷夏や多雨などの天候不良はしばしば米の生産量の激減に結びつくことが知られている(図(4)-4)。



図(4)-4 米生産量と気象条件(左:気温・右:降水量)の長期関係(1900年から2010年)

注:破線は米生産量(千トン)、実線は米栽培期間の7-9月の気象条件(平均気温(°C)、総降水量(mm))を表す。

今後、気候変動によって外的攪乱による稲作への影響はますます増大し、農業生態系の構造(レジーム)そのものが変容してしまうことが危惧される。それゆえ、生産性の向上と同時に、気候変動等の外的攪乱に晒されたとしてもその構造を維持し続けるという意味においてレジリエントな農業生態系を構築することが求められる。こういった問題に対し、近年、農業生態系における生物多様性の役割が注目されている。理論研究や圃場実験等の数多くの先行研究で、品種レベルの多様性が農業生産性の向上に貢献するとともに外的攪乱に対する保険的役割を担うことが指摘

されているからである。しかしながら、現実の農業生産の場でこれらを実証的に検証する研究はこれまでにほとんどなされていない。実際の圃場では、生態系レジームそのものが観察不可能であり、また小規模な圃場実験のように仮想的なレジームシフトを人為的に創り出すことは容易ではないからである。

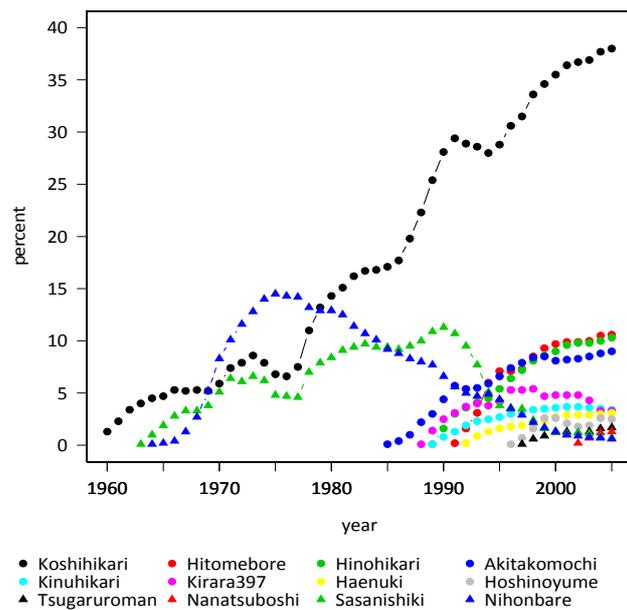
今回、日本の稲作農家の選択行動の結果である品種選択に着目し(図(4)-5参照)、それが農業生態系の生産性およびレジームシフトに及ぼす影響を計量経済学的手法の一つである時変的推移確率マルコフスイッチングモデル(Time-varying transition probability Markov switching model)を援用し検証した。そのモデルの

特徴は、観察不可能な農業生態系レジームを確率の概念を用いて表現することで、レジームシフトの発生確率に影響を及ぼす要因を定量的に捕捉できる点にある。なお、分析から得られる知見は気候変動等の外的攪乱に対してレジリエントな農業生態系を構築するための政策的含意の導出に活用することができる。我が国の稲作における品種多様性が農業生態系のレジリエンスに与える影響を1975年から2003年にわたる全国都道府県(稲作生産量が著しく乏しい沖縄県は除く)の生産費調査のパネルデータを用いて分析した。得られた知見は以下の通りである。

第一に、気候変動等の外的攪乱は農業生態系の構造に非単調的変化をもたらす。具体的には、天候不良に見舞われた年の稲作の生産関数は平年時のそれとは異なる構造を有することが分かった(図(4)-6)。

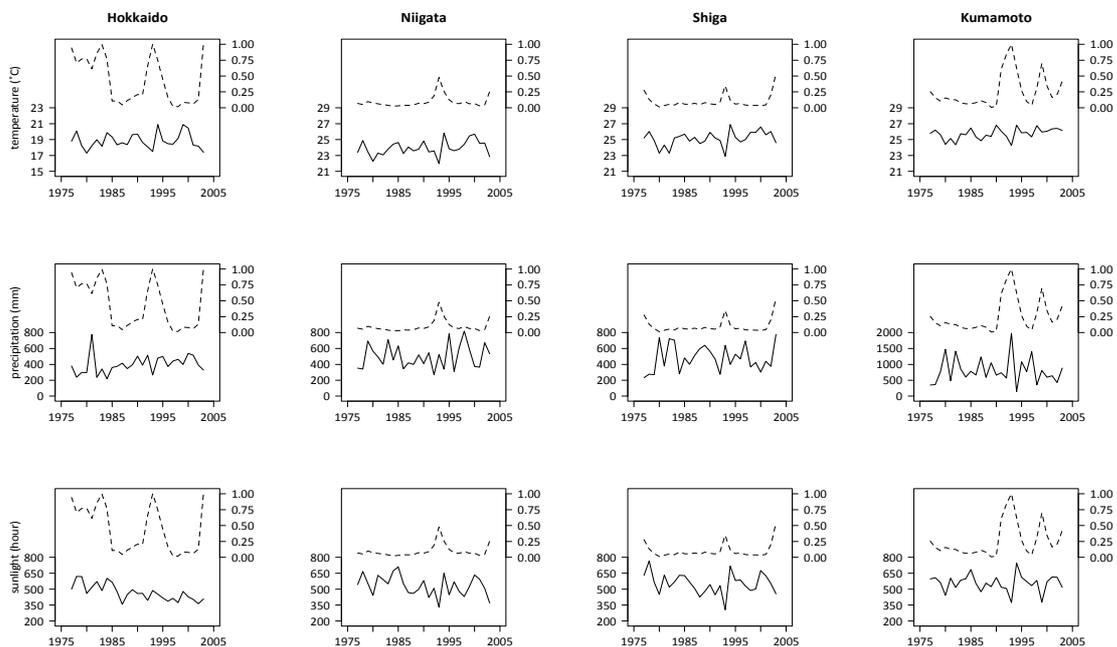
第二に、気候変動等の外的攪乱に起因する農業生態系のレジームシフトの抑制に品種多様性は寄与し、生態系のレジリエンス強化に資することが明らかとなった。図(4)-7は、分析で得られた結果を用いて、不作レジーム(regime 1)と通常レジーム(regime 2)間の推移確率に品種多様性が及ぼす影響を試算した結果である。品種多様性が豊かになることで不作レジームから通常レジームへの推移確率が高まるが見取れる。逆に、品種多様性が乏しくなることで通常レジームから不作レジームへの推移確率が高まる。本知見は、先行研究で指摘される生物多様性の保険仮説と整合的な結果といえる。

第三に、通常レジームでは品種多様性は農業生産性を向上させる一方、不作レジームでは一転して品種多様性は農業生産性を一定程度低減させてしまうことが分かった。前者は途上国を対象とする先行研究の多くと一致する結果であるが、後者は品種改良が進んでいる日本固有の現象と推測される。日本では明治時代より長きに渡って続けられてきた品種改良の歴史の中で、収量性は劣るものの冷夏・多雨等の悪条件下でも安定して栽培できるイネ品種の開発が進められてきた。それら耐性品種の栽培に特化することで、結果として、不作レジームの下では農業生産性を向上させてきたものと解釈できる。本知見は、品種多様性が農業生産性に及ぼす影響は決して単調的



図(4)-5 イネの品種別栽培面積(1960-2005年)

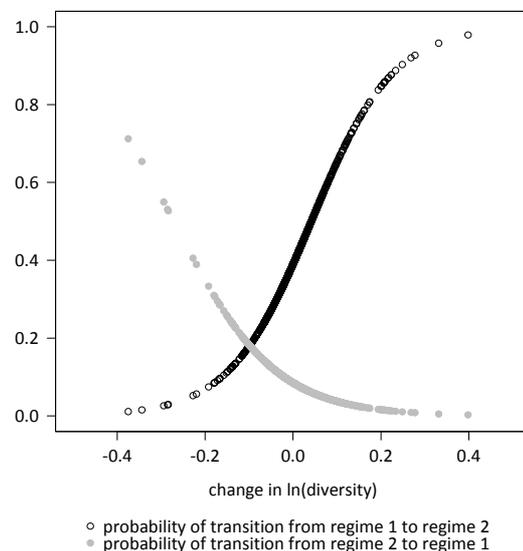
なものではなく、レジームシフトによって非単調的になりうることを提示するものである。



図(4)-6 不作レジームの出現確率と気象条件（気温・降水量・日照時間）の関係

註：破線は不作レジームの出現確率（右縦軸）、実線は気象条件（左縦軸）を表し、具体例の例示として左列から順に北海道、新潟、滋賀、熊本における関係を示している。

日本の稲作における品種選択は、先行研究の多くで議論されるように一様な多様性の増加・減少を意味しないことに留意が必要である。事実、図(4)-5に示したように、西日本を中心としてコシヒカリへの集中が進む一方で、地域の実情に即した新品種の積極的導入という動きも地方ごとに見受けられ、一種の二極分化現象が観察されている。この現象は農業生産性とレジリエンスのトレードオフへの農家のきめ細かな対応の結果であるとの解釈を可能にするものである。今後、本知見を生態系の持つレジリエンス機能の社会経済的価値の導出につなげるために、他のサブチームの力を借りてレジームシフトの発生確率やその規定要因といった自然的価値の解明を踏まえ、評価を継続する予定である。



図(4)-7 レジームシフトの推移確率

(5) 重層的ガバナンスに関しては、文献調査をもとに、自然資本を扱う際には重層性への配慮が不可欠かつ効果的であることを再確認するとともに、概念整理を進め、ガバナンスの可視化と

政策的な操作可能性を担保しうる指標を得るために、国レベルのガバナンス指標の現状とその問題点を検討し、新たに社会関係資本の要素を取り込むことが必要であることを明らかにした。

5. 本研究開発により得られた主な成果

(1) 科学的意義

サブテーマ（4）では、人々の認知構造を考慮に入れて、不確実性下の自然資本・生態系サービスに対する社会経済的価値の予測評価を可能とする分析枠組みを概ね特定できた。また、稲作の品種多様性がレジリエンスに与える影響の分析結果は、生物多様性に関する谷内らYachi and Loreau（1999）の保険仮説を人為的な農業生態系で実証する内容である。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

<行政が活用することが見込まれる成果>

サブテーマ（4）では、イネの品種多様性が我が国稲作のレジリエンスに与える効果をはじめて定量的に明らかにしたことで、農林水産省で行われている温暖化対応等の品種改良の試験研究の必要性に新たな光をあてたことになる。

6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

7. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

1) K. Matsushita, F. Yamane, and K. Asano: Ecological Economics, 126, 6, 23-31 (2016)

“Linkage between crop diversity and agro-ecosystem resilience: Nonmonotonic agricultural response under alternate regimes”

<その他誌上発表（査読なし）>

浅野耕太：農村振興、793, 1, 12-13 (2016)

「見直そう！国富のみなもと土地改良」

(2) 口頭発表(学会等)

特に記載すべき事項はない。

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

(4) 「国民との科学・技術対話」の実施

特に記載すべき事項はない。

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

(6) その他

特に記載すべき事項はない。

8. 引用文献

Baillon, A., L. Cabantous and P. Wakker (2012) “Aggregating Imprecise or Conflicting Beliefs: An Experimental Investigation Using Modern Ambiguity Theories,” *Journal of Risk and Uncertainty*, 44(2), p.115-47.

Cabantous, L., D. Hilton, H. Kunreuther and E. Michel-Kerjan (2011) “Is Imprecise Knowledge Better than Conflicting Expertise? Evidence from Insurers’ Decisions in the United States,” *Journal of Risk and Uncertainty*, 42(3), 211-32.

Du, N. and D.V. Budescu (2005) “The Effects of Imprecise Probabilities and Outcomes in Evaluating Investment Options,” *Management Science*, 51(2), 1791-1803.

Heyman, J. and D. Ariely (2004) “Effort for Payment: A Tale of Two Markets” *Psychological Science*, 15(11), 787-93.

Smithson, M (1999) “Conflict Aversion: Preference for Ambiguity vs Conflict in Source and Evidence,” *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 79(3), 179-98.

Thompson, C. (2007) “Clive Thompson Thinks: Desktop Orb Could Reform Energy Hogs” *Wired Magazine*, July 24.

Yachi, S. and M. Loreau (1999) Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: The insurance hypothesis, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 96(4), 1463-1468.

Predicting and Valuing Ecological and Socio-Economic Values of Ecosystem Services through Integrated Social-Ecological Systems Approach (PANCES)

Principal Investigator: Kazuhiko TAKEUCHI

Institution: Integrated Research System for Sustainability Science, The University of Tokyo

7-3-1 Hongo, Tokyo 113-8654, JAPAN

Tel: +81-3-5814-1552 / Fax: +81-3-5841-1545

E-mail: takeuchi@ir3s.u-tokyo.ac.jp

Cooperated by: United Nations University Institute for the Advanced Study of Sustainability

[Abstract]

Key Words: Scenarios, Social-ecological systems, Natural capital, Multi-level governance, Valuation

Human impacts on biodiversity have been observed resulting in unprecedented losses throughout Japan, and Asia region. Comprehensive ecosystem services assessment based on future prediction is thus urgent to avoid and mitigate these impacts. While the Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) has identified the development of scenarios as a key to helping decision makers identify potential impacts of different policy options, it currently lacks accumulation of scenario-approach studies. This project evaluated feasibility of new strategic five-year research project to predict and assess natural capital and ecosystem services in Japan through integrated social-ecological systems approach. We identified 15 key research themes for the new project named as “Predicting and Assessing Natural Capital and Ecosystem Services (PANCES)”.

In this feasibility study, we proposed that an integrated model of social-ecological systems consist of three sub-models: a) population and socio-economic projections, b) stock and flow assessment of natural capital in territorial and marine systems and c) socio-economic evaluation and inclusive wealth assessment. In order to develop these models, we addressed key direct and indirect drivers affecting biodiversity and ecosystem services, key biophysical and socio-economic parameters to quantify ecosystem services, especially for quantification of cultural services, information gaps for the comprehensive assessment and methodological constraints in incorporating human cognition, resilience and regime shift of socio-ecosystems into the modelling.

The PANCES project consists of four thematic components: 1) Building an

integrated model of social-ecological systems and strengthening science-policy interface, 2) Prediction and assessment of the natural values from terrestrial natural capital and ecosystem services, 3) Prediction and assessment of the natural values from marine natural capital and ecosystem services, and 4) Multi-level natural capital governance through prediction and assessment of socioeconomic values from natural capital and ecosystem services. The project will develop future scenarios at both national and local scales to explore potential changes in natural capital, ecosystem services and human well-beings up to 2050 under key direct and indirect drivers including climate changes, depopulation and super aging, globalization and technological innovation. Local and traditional knowledge associated with provision and management of natural capital and ecosystem services will be also considered when developing local scenarios through participatory approach. This project has been expected to provide useful scientific evidences and insights for effective policy support which eventually leads building society” Living in Harmony with Nature”.