

Environment Research and Technology Development Fund

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

S-15 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
(JPMEERF16S11500)

平成28年度～令和2年度

Predicting and Assessing Natural Capital and Ecosystem Services
through an Integrated Social-Ecological Systems Approach

〈戦略研究プロジェクト代表機関〉
国立大学法人東京大学

令和3年5月

目次

I. 成果の概要	・・・・・・・・・・	1
1. はじめに（研究背景等）		
2. 研究開発目的		
3. 研究目標		
4. 研究開発内容		
5. 研究成果		
5-1. 成果の概要		
5-2. 環境政策等への貢献		
5-3. 研究目標の達成状況		
6. 研究成果の発表状況		
6-1. 査読付き論文		
6-2. 知的財産権		
6-3. その他発表について		
7. 国際共同研究等の状況		
8. 研究者略歴		
II. 英文Abstract	・・・・・・・・・・	22

I. 成果の概要

プロジェクト名 S-15 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

プロジェクトリーダー 武内 和彦（東京大学未来ビジョン研究センター・特任教授）

研究実施期間 平成28～令和2年度

研究経費 (千円)

	契約額	実績額 (前事業年度繰越分支出額含む)
平成 28 年度合計額	189,994	189,910
テーマ 1	63,649	63,649
テーマ 2	47,498	47,498
テーマ 3	47,500	47,416
テーマ 4	31,347	31,347
平成 29 年度合計額	189,994	189,546
テーマ 1	63,649	63,649
テーマ 2	47,498	47,201
テーマ 3	47,500	47,498
テーマ 4	31,347	31,198
平成 30 年度合計額	180,514	180,549
テーマ 1	60,467	60,467
テーマ 2	45,123	45,123
テーマ 3	45,125	45,179
テーマ 4	29,799	29,780
令和 1 年度合計額	189,994	187,966
テーマ 1	63,649	63,649
テーマ 2	47,498	47,498
テーマ 3	47,500	45,472
テーマ 4	31,347	31,347
令和 2 年度合計額	189,994	189,050
テーマ 1	63,649	63,649
テーマ 2	47,498	47,498
テーマ 3	47,500	46,556
テーマ 4	31,347	31,347
合計額	940,490	937,021

本研究のキーワード 自然資本、生態系サービス、将来シナリオ、社会・生態システム、科学-政策
インターフェース、重層的ガバナンス、包括的福利

研究体制

- (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(東京大学未来ビジョン研究センター)(体系的番号JPMEERF16S11510)
- (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(国立研究開発法人 森林研究・整備機構)(体系的番号JPMEERF16S11520)
- (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(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)(体系的番号JPMEERF16S11530)
- (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(京都大学大学院人間・環境学研究科)(体系的番号JPMEERF16S11540)

研究協力機関

国立大学法人大阪大学、佐渡市

1. はじめに(研究背景等)

地球環境及び社会経済の変化により加速化しつつある生物多様性の減少や生態系の劣化を食い止め、「自然と共生する世界の実現」を図ることは、国際社会に課せられた地球的課題である。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)の設立により、この分野での科学的なアセスメントの概念的枠組や、それを操作可能なものとするための手法の構築等を通じた生物多様性分野の国際的な科学-政策インターフェース強化が求められている。

また、国内においても2020年以降の生物多様性国家戦略の策定プロセスを見据え、シナリオ分析による環境政策への貢献が求められている。2019年5月に公表されたIPBESの地球規模評価では、地球規模では依然として生物多様性の損失が続いており、このままでは愛知目標はもとより、SDGsや生物多様性の2050年ビジョン、気候変動枠組条約パリ協定などの達成が危ぶまれることが示された。

ただしIPBESの地球規模評価で示された知見の多くは必ずしも、少子高齢化・人口減少が進み、利用低下が生物多様性の損失の危機のひとつとされる日本に直接的にあてはまるものではない。世界的な科学評価の動向と足なみをそろえつつも、日本という国がおかれた社会、経済的な状況を踏まえた評価と将来への見通しが不可欠である。

2. 研究開発目的

本プロジェクトでは、我が国を中心に、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、陸域・海域において社会・生態システムモデルのキーとなるいくつかの指標を選択し、それらの賦存状況、利用状況等に関するデータベースを構築するとともに、自然資本(ストック)と生態系サービス(フロー)の予測評価を行うための方法論的枠組を統合モデルとして開発し、それを全国と事例対象地域に適用することを目的とする。これにより、国内的には、生物多様性国家戦略の見直し、気候変動適応計画の実施等に寄与するとともに、地域循環共生圏の構築を通じた自然共生社会実現のための土地利用・国土利用のあり方に関する提言を行う。また陸域・海域生態系の相互関係の把握と将来シナリオの検討は、現在国民運動として推進されている「つなげよう、支えよう森里川海プロジェクト」の展開に対しても、有用な知見を提供する。

3. 研究目標

プロジェクト全体目標	我が国を中心に、人口動態の変化や土地利用変化等による自然資本や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社会・生態システムの統合化モデルを構築する。いくつかの重要な指標を用いた自然資本・生態系サービスの自然的・社会経済的価値の2050年までの予測評価を行い、シナリオ分析に基づき複数の政策オプション
------------	--

	ンを明らかにする。包括的な福利(inclusive wellbeing)を維持・向上させる自然資本の重層的ガバナンス(multilevel governance)のあるべき姿を事例研究を通じて提示する。アジアにも視野を広げつつ、統合化モデル等の本研究成果を自然環境政策に結び付けるための科学-政策インターフェースの強化につなげる。さらに本研究成果を国内外での自然資本と生態系サービスのアセスメントに提供し、より包括的・実用的な将来シナリオ分析の方法論を明らかにする。
--	---

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
テーマリーダー/所属機関	武内 和彦/国立大学法人東京大学 未来ビジョン研究センター 特任教授
目標	我が国を中心に、生態系レベルの事象に焦点をあて、人口動態の変化や土地利用変化等による自然資本や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社会・生態システムの統合モデルを構築するとともに、2050年をタイムホライズンとする将来シナリオの作成・分析を行う。ここでは、陸域及び海域において自然資本・生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価を行うテーマ2(陸域)とテーマ3(海域)、それら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のあるべき姿の提示を通じた包括的な福利の向上を目指すテーマ4の成果を、統合モデルと情報プラットフォームに組み込む。さらに、将来シナリオと統合モデルの構築やそれにもとづく自然資本・生態系サービスの予測評価の方法論をアジアの他地域に適用し、科学-政策インターフェースを強化するために必要な要因を明らかにする。

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
テーマリーダー/所属機関	中静 透/国立研究開発法人森林研究・整備機構 理事長
目標	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・地理情報化や、それらの変化要因(直接・間接)の分析手法、自然資本としての評価手法を開発する。また、一部の文化的サービスの定量化・地理情報化や参加型生態系管理と伝統知の果たす役割の検討を行うとともに、テーマ3と共同で、陸域と海域の相互作用を解明する。検討結果に基づき、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サブモデルおよびツール開発を行う。

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
テーマリーダー/所属機関	白山 義久/国立研究開発法人 海洋研究開発機構 研究担当理事
目標	海域の自然資本・生態系サービス予測評価の結果を全国あるいは地域の例を通じて統合的に示すことで、社会・生態システムの長期的・中期的変化が生物多様性・生態系に及ぼす影響を明らかにし、科学-政策インターフェースの強化を図る。

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
テーマリーダー/所属機関	浅野 耕太/京都大学人間・環境学研究科 教授
目標	テーマ2・3による自然資本・生態系サービスの自然的価値のモニタリングの成果をふまえ、

	社会経済的価値の予測評価を行い、それらを将来的に維持・向上させるための施策のあり方を明らかにする。さらに、様々なレベルのステークホルダーの効果的な協働を促し、自然資本を適正に協治していくための重層的ガバナンスのあり方を解明する。
--	--

4. 研究開発内容

自然資本や生態系サービスの自然的・社会経済的価値の予測評価が可能となるような社会・生態システムの統合化モデルを構築するため、以下に示すテーマ別に研究を進めた。同時に、テーマ横断的なワーキンググループ(WG)として、シナリオWG、モデリングWG、ガバナンスWG、政策WG、事例サイト別WGを設置した。また、すべてのテーマ、サブテーマのメンバーが参加する全体会合を3か月に1回程度開催したほか、国内アドバイザリーボードだけでなく、国際アドバイザリーボードを設置し、IPBESとも密接に連携して研究活動を実施した。

【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

テーマ1は、本プロジェクトの全体統括を行うとともに、テーマ2～4が行う自然資本・生態系サービスの自然的・社会経済的価値の予測評価の前提となる将来シナリオと人口・土地利用の基本フレームを開発し、その結果をプロジェクト全体で共有した。また、気候変動の影響を加味したシナリオ分析が可能となるように気候変動影響予測のベースとなるデータ整備すると同時に、気候変動政策と生物多様性保全のシナジーとトレードオフを分析した。さらに、生物多様性分野の科学-政策インターフェースの強化を図るため、国内と海外において実証的な分析を行った。

サブテーマ1(1)では、研究開発期間の全般にわたり、社会・生態システムの統合モデルを支える情報プラットフォームの開発・更新を進めた。それと同時に、サブテーマ1(2)とともに、シナリオ分析やモデルのデータ受け渡しに必要となるシナリオWG、モデリングWG、政策WGを立ち上げ、運営するとともに、シナリオの構築、人口・産業サブモデル、土地利用サブモデルの開発を進めた。また、国レベルの評価と並行して、事例サイトである能登半島・佐渡島において土地利用・生態系サービスのシナリオ分析を主導した。能登地域については、環境省の要望に応える形で、地域循環共生圏の適正規模の検討を進めた。

サブテーマ1(2)では、研究期間の前半においては、サブテーマ1(1)と連携して構築した4つの将来シナリオに基づいた基本フレームの構築を行った。具体的には、人口再分配モデルの構築により、シナリオ毎の全国の人口と産業人口動態を空間明示的(500m解像度)に予測し、またこれに基づいてシナリオ毎の土地利用変化予測も行った。将来予測した土地利用と人口分布のデータにより、将来的に自然資本の維持管理への人手不足が懸念されるシナリオや地域の特定や、将来的な生態系サービスの需給ギャップを分析した。事例サイトである能登半島を含む石川県及び北海道別寒辺牛流域では、高解像度(100m)の生態系サービス評価を実施するために、森林景観シミュレーションモデルを用いてシナリオ分析を行った。プロジェクト後半では、構築した基本フレームの拡張のため、人口減少下で各地域の自然資本を支える主体として注目される関係人口の定量的な推計を行った。さらに、開発した社会-生態システムの統合モデルの海外地域への適用事例としてバングラデシュのチャトグラム首都圏(CMA)および中国のグレートベイエリア(粵港澳大湾区)を対象に、将来シナリオの構築および土地利用変化の分析を行った。くわえて、生物多様性と生態系サービスに関する7つの行政文書等から1,500以上の政策オプションを抽出したデータベースを構築し、生物多様性国家戦略の今後の見直し、自治体による生物多様性地域戦略の作成・改訂に資する政策支援ツールを開発した。

サブテーマ1(3)では5年間のうち、前半は、気候変動影響予測のベースとなるデータ整備にあてた。後半は、気候変動政策と生態系保全とのシナジーとトレードオフに焦点をあて、その中でもとくに再生可能エネルギー拡充について検討を進めた。

サブテーマ1(4)では、期間の最初に、サブテーマ全体に一貫する科学-政策インターフェース(SPI)研究の分析枠組と方法論を確立した。これに基づき、国内、国際及び各国のSPIの研究と研究成果の政策還元のためのワークショップを実施、アジア地域諸国ではS-15の方法論を応用した事例研究や成果発信のためのワークショップ等を実施した。

【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

テーマ2全体としては、定量化・地理情報化した生態系サービスの情報と、テーマ1が開発したシナリオを用いてシナリオ分析を行った。一方、陸域の生態系サービスに関する成果と、テーマ3の沿岸域での生態系サービスに関する成果を統合し、陸域—沿岸域の相互作用に関する分析を行った。さらに、生態系サービスの定量化情報をテーマ4に提供し、共同で自然資本としての評価を行った。

全国レベルでの定量化やシナリオ分析の対象とした生態系サービスは、供給サービスについては、農作物として水稻・ホウレンソウ、森林の供給サービスとしてスギ・ヒノキの木材生産、調整サービスについては炭素吸収と水質、文化サービスについては登山活動、キャンプ場の分布、中学校における野外学習を選んだ。これらを全国レベルで定量化するとともに、重要な変化要因(ドライバー)の抽出とその直接・間接的影響を明らかにした。供給サービスについては、その供給量と需要量を推定し、そのバランスも考察した。これらの結果と、テーマ1が提供するシナリオを用いて2050年における地域別・大都市/地方別の将来変化の予測を行った。生態系サービス間の関係を空間スケール別に比較するとともに、自治体間比較、生態系サービスバンドルの全国分布について解析を行った。これらの解析により、生態系サービス間のトレードオフ・シナジーの空間スケール依存性、地域依存性や生態系サービスバンドルの地域パターンを分析した(サブテーマ2(1), 2(2))。

こうした生態系サービスを通じた陸域—沿岸域の相互作用を明らかにするため、北海道東部の別寒辺牛川流域を対象として、大規模な森林風害後の森林管理と炭素収支、森林や酪農などの土地利用と流域レベルの窒素収支を明らかにした。また、森川里海の連結性を示す生物指標としてカワシヅユガイの再生産状況および再生産規定要因を明らかにした。これらの研究で作成したモデルを、テーマ3が行う沿岸域の生態系サービスの結果と統合して、流域レベルのシナリオ分析を行い、気候変化や土地利用が陸域—沿岸域の相互作用に与える影響を分析した(サブテーマ2(4))。

生物多様性や生態系サービスの管理に伝統・地域的知識(TLK)が持つ役割を明らかにするため、生物多様性地域戦略を策定した70の基礎自治体を対象にアンケート調査を実施し、多様な主体の参加とTLKの認識と活用が社会—生態システムに与える影響について重回帰分析をおこなった。また、自然と関わる職種の名人からの聞き取り資料から、利用する植物分類群と生態系サービスの分類データベースを作成し、両者の関係を分析した。さらに、佐渡島における海藻利用および石川県における伝統食食材に関する分析から、利用経験と文化的サービスの関係、さらにはこうした知識の時系列変化や伝承経路に関する分析を行った(サブテーマ2(3))。

【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

テーマ3全体では、従来陸域と比べて研究例の少なかった海域の生態系サービスの現状評価を実施するとともに、テーマ1と検討したシナリオによる変化やテーマ4と連携した価値評価を実施した。また、事例地域のうちとくに北海道(テーマ2と連携)と沖縄において、陸域の評価と連動した検討を含む、社会経済システムの解明とシナリオによる変化の検討を実施した。

サブテーマ3(1)においては、水温などの環境変数に関する基盤データセットについて情報収集・データの作成を行なった。代表的な生態系サービスを評価するために生態系サービスの情報をほかのサブテーマとともに収集し分布と相関関係を比較した。さらに多岐にわたるサービスを統合指標するために海洋健全度指数(OHI)を沿岸用にアレンジした開発を行ない、そのための情報の収集と解析を実施し、得られた成果の地図化に取り組んだ。また、テーマ全体での議論のもとで、海版の社会経済シナリオを作成した。さらに、シナリオを用いて政策オプションが供給サービスや調整サービスに与える影響の有無を他のテーマ・サブテーマと協力して示し、全体をとりまとめた。

サブテーマ3(2)においては、まず地域スケールでの経済諸活動が沿岸域の自然資本・生態系サービスに与える影響について、海洋健全度指数を用いた評価を行った。つぎに、経済活動の指標となる自然資本・生態系サービスに対する気候変動影響の予測評価を行った。さらに、陸域・海域の経済活動が沿岸生態系に与える影響について、集水域スケールで陸域と海域の生態系プロセスモデルを連結した予測動態解析を行い、その相対的重要性・相互作用を評価するとともに、全国スケールで陸域の将来シナリオに応じた沿岸生態系の変化を予測した。最後に、集水域スケールでの森里海の生態系サービスの各ステークホルダーによる利用の関連性を明らかに

し、今後の持続的利用に関する提言作成を行った。

サブテーマ3(3)では、浅海域の地形及び生物の分布と現存量情報を全国規模で収集してデータベース化を行い公表した。これらと環境変数の比較により生物分布に関する予測モデルを構築した。その上で、RCP2.6及びRCP8.5を中心とした気候変動シナリオに対応した今世紀中頃と今世紀末における浅海域生態系の変化予測を行い、結果を他のサブテーマに提供した。予測結果と浅海域生態系の生態系サービスの経済評価結果を統合し、将来の浅海域の自然資本・生態系サービスの予測評価を行った。

サブテーマ3(4)では、日本の海洋生態系に及ぼす気候変動の影響を予測し、その影響に対する社会の評価を解明した。具体的には、海洋に関する将来の環境政策と将来シナリオ(生態系サービスを担う生物種の選定と、それを活用した産業のあり方)を複数提案した。この環境政策と将来シナリオの実現に資する「環境政策-介入オプション-ステークホルダーの関係」を明らかにするために、現地調査と予測モデルを組み合わせた解析を行った。この解析を全国と事例サイトで実施し、「自然資本・生態系サービスのマップ構築」、「生態系サービスと介入オプションの関係」、「地域住民がもつ海の価値の抽出と将来シナリオへの応用」を解明した。

【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

テーマ4全体としては、テーマ2・3から提供された自然資本および生態系サービスに関する自然的価値を用いて、それらの社会経済的価値の予測評価モデルの開発と同時に、自然資本の重層的ガバナンスの類型化・可視化を行った。また、テーマ1が開発した将来シナリオと基本フレームを用いて自然資本価値の将来予測を行った。

サブテーマ4(1)では、レクリエーション地への訪問者が得る間接効用や農山漁村における居住者のアイデンティティ効用などに関する研究成果をふまえて、将来シナリオを念頭に、過年度までに構築した経済価値評価モデルを活用して、自然資本・生態系サービスの社会経済的価値の予測評価に繋げた。さらに、その評価と重層的ガバナンスとの関係性をふまえて、自然資本・生態系サービスの利用・保全にむけた施策のあり方を検討した。

サブテーマ4(2)は、①政策形成段階の定量分析、②政策実施段階の定量分析の2つの分析で構成されている。①政策形成段階の定量分析と、②政策実施段階の定量分析については、市区町村の担当部局に対する質問票調査を、③重層的ガバナンス構造の定性分析については、インタビュー調査を含む事例分析を実施していた。

サブテーマ4(3)では、テーマ1が開発した4つのシナリオと人口・土地利用の基本フレームをベースに、農地・森林・海域の自然資本の各要素を含めて自然資本価値の将来予測を行った。また、こうした自然資本や人工資本、人的資本に加え、幸福度や生活満足度等のより主観的な尺度を包含した包括的な福利の計算も行った。日本全国に分布する自然資本の今後の傾向を予測することで、持続可能性を維持しながら自然資本の効果的な保全を行うための有用な材料を得ることができた。

5. 研究成果

5-1. 成果の概要

【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

社会・生態システム(social-ecological systems)とは、人間と自然の結合システムであり、そこでは人間は自然の一部と見なすべきということが強調されている。この社会・生態システムの統合モデルは、社会的側面と生態学的側面の双方を同等の重みづけで統合的な分析をめざすものである。本プロジェクトでは、将来シナリオの開発からシナリオ毎の人口・土地利用の基本フレームのモデリングを介して、陸域と海域の主要な生態系サービスの自然的価値と社会経済的価値の予測評価を行い、最終的に包括的福利を評価する一連の統合モデルを開発した(図-1)。各シナリオには複数の政策オプションが組み込まれ、シナリオの比較を通じて政策オプションの効果や生態系サービス間でのトレードオフを明らかにすることができた。

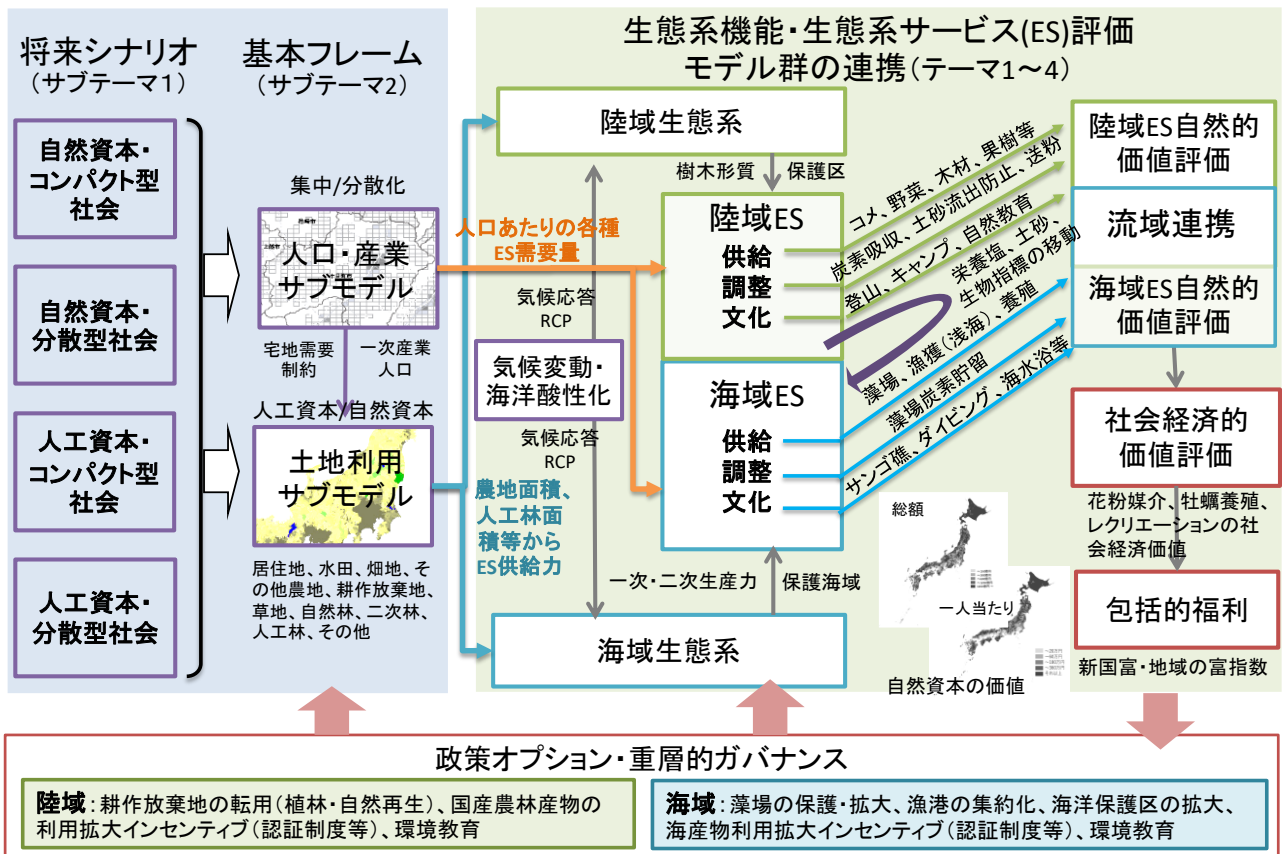


図-1 本研究プロジェクトで構築した社会・生態システムの統合モデルの概要

本研究プロジェクトでは、全国と4つの事例サイト(北海道、能登半島、佐渡島、沖縄)において、複数の将来シナリオの作成、それに紐づいた人口・土地利用のモデルによる定量的・空間明示的な推定、それを踏まえた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予測評価を行った。全国編では、多様な専門領域の専門家が参加して4つの将来シナリオを陸域と海域の双方で作成し、シナリオ毎の人口と土地利用の2050年までの変化を予測評価する土地利用モデルと人口分布モデルをそれぞれ開発することに成功した。成り行きシナリオ(BaU)とこれらの4つのシナリオ毎の人口と土地利用の予測データに基づき、陸域と海域の主要な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予測評価がテーマ2、テーマ3、テーマ4により行われた。一連のシナリオ分析の過程で、陸域では耕作放棄地の転用(植林・自然再生)、海域では藻場の保護・拡大、海洋保護区の拡大など、それぞれで代表的な政策オプションの抽出と、その効果の定量的評価を行った。

我が国のあり得る複数の未来を網羅的に模索する探索的シナリオを構築する方法として、将来の日本社会をとりまく主要な不確実要因を構成軸として、将来の社会経済の変化を4つのシナリオを描いた。シナリオを構成する2つの軸のうち、第一軸(横軸)は人口分布であり、現在の都心部や市街地に今後人口がさらに集中するか、それとも郊外や中山間地域により分散していくかことを表すものである(図-2)。第二軸(縦軸)は社会で今後重視する資本に注目し、国内の自然資本(森林など)をより積極的に活用していくか、それとも国外の自然資本や人工資本(コンクリートなど)をより積極的に活用していくかを不確実な要素として考えるものである。これら2軸で構成される4つのシナリオ

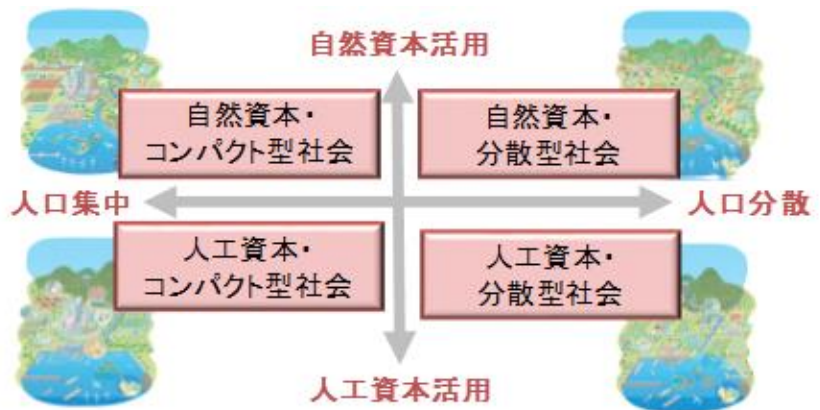


図-2 4つの全国将来シナリオ(PANCESシナリオ)

を、それぞれ「自然資本・コンパクト型社会」「自然資本・分散型社会」「人工資本・コンパクト型社会」「人工資本・分散型社会」と名づけた。

気候変動対策が生態系に及ぼす影響に関する検討に関しては、「地球温暖化対策計画」、「気候変動の影響への適応計画」と「生物多様性国家戦略2012-2020」との間のトレードオフ・シナジーについて文献調査を中心に検討した。その結果、気候変動緩和策と生物多様性保全策との間の関係性については、主に再生可能エネルギーの普及関連で、また水田起源のメタン抑制策がトレードオフとして懸念された。シナジーは、産業部門や業務部門での排出削減策、運輸部門における排ガス削減、森林保全政策、の分野で見い出された。適応策と生態系保全策との間のトレードオフが農林水産業分野と「自然災害・沿岸域」分野にて指摘された。農林水産業では、気候の温暖化により病虫害発生が懸念され、その予防のために従来より多くの農薬使用が想定される点がトレードオフとして挙げられた。一方、シナジーは、自然生態系分野と水環境、都市部において顕著だった。

メガソーラー設置が生態系に及ぼす影響についての分析については、現在の空中写真と過去の土地利用図の比較からメガソーラー設置に伴う土地改変量を分析したところ、森林(落葉広葉樹林・落葉針葉樹林・落葉広葉樹林落葉針葉樹林)で改変量が多く全体の約30%を占めていた。

生物多様性に関する国内の科学-政策インターフェース(SPI)については、サブテーマ2(3)及び4(2)と合同で市区町村による生物多様性地域戦略に関するアンケート調査を実施、定量的な分析を行った結果、地域戦略、とくに自治体の部門をまたぐ地域戦略策定委員会が関連知識の蓄積と政策活用に重要な役割を果たすことが明らかになった。また、S-15の事例サイトの1つである佐渡市の生物多様性地域戦略の事例研究から、トランスフォーマティブ・チェンジ実践における地域戦略の役割について重要な示唆を得た。これらの成果を含むS-15全体の成果をもとに、S-15全体の取組として自治体向けの地域戦略ポリシーブリーフ制作とワークショップを行い、ポスト2020生物多様性国際枠組と生物多様性国家戦略改定の議論も背景に、自治体による地域戦略の改定や新規策定に向けた議論を深めた。さらに、シナリオとモデル、文化的生態系サービス評価、伝統・地域的知識といった統合モデルの要素技術・方法論を用いたアジア諸国での事例研究により、統合モデルの実用性を検証した。また、北東・東南アジア諸国政府向けワークショップにおけるS-15全体の成果に基づく対話から、各国のSPI強化や国別アセスメント実施に向けたS-15全体の成果の有用性が明らかになった。

【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

全国レベルでの定量化やシナリオ分析の対象とした生態系サービスは、供給サービスについては、農作物として水稲・ホウレンソウ、森林の供給サービスとしてスギ・ヒノキの木材生産、調整サービスについては炭素吸収と水質、文化サービスについては登山活動、キャンプ場の分布、中学校における野外学習を選んだ。これらを全国レベルで定量化するとともに、重要な変化要因の抽出とその直接・間接的影響を明らかにした。これらの結果と、テーマ1が提供するシナリオを用いて2050年における地域別・大都市/地方別の将来変化を予測した。

供給サービスについては、水稲供給はどのシナリオでも将来減少することが予測され、その主なドライバーは耕作放棄地の増加による水田の減少であると予測された。一方、ホウレンソウの供給はシナリオによって増減が異なり、そのドライバーも土地利用変化ではなく、気候変動・人口分布の変化による生産性の変化であると予測された。さらに、スギ・ヒノキの供給も全てのシナリオで減少すると予測され、その主なドライバーは森林減少であると予測された。これらの結果はサービスの種類により変化をもたらす要因が異なるため、介入に必要な対策が異なることを示していた。文化サービスに関しては、これまで定量化の難しいものが多かったが、定量化やその要因分析に成功し、シナリオ分析を行うことができた。

また、モデル化した供給・調整・文化的サービスを含む8つの生態系サービスを対象とし、生態系サービス間の関係の空間スケール別の比較、自治体間比較、生態系サービスバンドルの全国分布について解析を行い、生態系サービス間のトレードオフ・シナジーの空間スケール依存性、地域依存性や生態系サービスバンドルの地域パターンを明らかにした。

さらに、モデル化した供給・調整・文化的サービスを含む8つの生態系サービスを対象に地域別・大都市/地方別の将来変化の予測を行った。その結果、将来シナリオと地域の間には複雑な交互作用があり、またあるシナリオの下において、顕著な変化が生じる地域は、サービスごとに異なることが示された。そのため、将来における持

続的な生態系サービス享受のためには、実際の土地利用・人口動態に応じて、地域ごと・サービスごとに適切な対処を講じることが不可欠であると考えられた。

また、追加的にいくつかの文化的サービスの定量化にも成功しているほか、当初の研究計画にはなかったシイタケ生産への害菌を対象とした生態系の負のサービス(ディスサービス)の評価や、耕作放棄地の森林転換が自然資本へ与える影響の解析(テーマ4と協働)などにも成功している。

一方、陸域-沿岸域の相互作用については、流域の自然資本や生態系サービスによる自然的価値を現地調査やモデル解析などの多角的な手法を用いて評価し、気候変動や土地利用変化の影響を解析した。また、流域河川における人為改変が自然資本、生態系サービスに及ぼす影響を解明し、流域・河川生態系と沿岸域の連結性について、沿岸への物質フローが沿岸の生態系サービスに及ぼす影響を調べることにより、森里川海の相互関係を解明した。

森林域では炭素貯留サービスに着目し、台風等の攪乱後における森林管理の方法により将来における森林域での炭素収支や炭素貯留サービスが大きく変動することを示した。また、農地における肥料管理の内容によって流域から河川への栄養塩供給が変化することを、現地における農地レベルでの詳細な窒素収支データから明らかにした。河川域においては森里川海の連結性の指標となるサクラマス・カワシンジュガイの生息や生残率の空間分布に及ぼす要因について、流域の土地利用変化や河川の物理環境、水質変化による影響を明らかにし、下流の沿岸域での生態系モデルとの結合を行った。流域から沿岸生態系への栄養塩供給サービスの変化については現地調査と生態系プロセスモデルを用いて、土地利用や気候変動が水質調整や栄養塩供給サービスの時空間変化に及ぼす影響を評価すると共に、全国レベルでのシナリオ別の空間評価を行った。これらの結果から、気候変動や土地利用変化に対する陸域生態系の自然資本および生態系サービスは大きく変化することが示され、森林や農地における農林業活動の方法(倒木処理や施肥管理)によりその変化の程度が異なることも明らかとなった。それらの変化による陸域から河川、沿岸への栄養塩(窒素)流出の変化は、河川水質や土砂濃度の変動を通じて森里川海の連結性を示す生物指標(カワシンジュガイ)の生態に影響することも解明された。これらの成果はサブテーマ2(3)-2(2)と緊密な協力の下で得られたものである。

このような生態系サービスの利用や管理においては、伝統・地域的知識の役割が大きいと言われているが、これまで研究は全くなかった。この研究では、社会-生態システムの枠組みにおいて、多様なステークホルダーによる参加型生態系管理と、生態系管理における伝統・地域的知識(TLK)活用の現状を評価するとともに、参加型管理オプションとTLKの活用が社会-生態システムの持続可能性に与える効果・影響を評価した。

基礎自治体が策定した生物多様性地域戦略の策定過程や取組に関する分析では、多様な主体の参加は、生物多様性地域戦略に取り上げられた具体的な取組数やそれを支える審議過程に影響していたことがわかった。また、TLKの認識や活用は、生物多様性地域戦略の具体的な取組の強化や評価の積極性、地域住民の意識変化に影響していたことがわかった。一方、TLKのインベントリーや分析が不足している現状と、生物多様性地域戦略への活用ニーズの高さも明らかとなった。

全国の高校生が森や海・川の名人から聞き書きした「聞き書き甲子園(森づくり編)」からのTLKの収集と分析では、多くの名人が共通して持っている植物資源利用の知識がある一方で、数少ない名人だけが保有している多数の知識があり、それらの知識の存続が課題であることがわかった。また、植物分類群の多様性と生態系サービスの種類数の関係を分析した結果、生態系サービスを支える植物分類群間の高い冗長性がある一方で、希少な生態系サービスを支える植物分類群が存在することがわかった。

TLKの時系列変化の評価や伝承経路の課題についても取り組んだ。佐渡島の海藻利用文化におけるTLKと伝承経路の分析では、海藻利用の知識は年齢が若いほど少なく、いわゆる「経験の消失」が起きていることがわかり、海藻利用文化の将来的な衰退が予想される結果であった。また、海藻利用の知識伝承経路を分析したところ、どの世代でも母親を中心とした伝承経路が重要であったが、近年は知識伝承の機会が減少していることがわかった。一方、石川県における伝統食文化の時系列変化の分析からは、10種類の伝統食のいずれにおいても過去40年間で食べる機会が減少しており、その傾向は石川県内のどの地域でも同様で、伝統食文化が衰退しつつあることが示唆された。また、伝統食に使われる23種類の食材は異なる自然生態系や農地生態系から生産されるが、過去40年間で、自家栽培などや地域内のおすそわけは減少し店での購入が増加していた。

【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

海域の生態系サービス評価を行った論文を系統的にレビューした結果、2016年時点でわずか56件の例が、主に西ヨーロッパの一部の国と米国でみられるのみであり、海域における評価自体の必要性が示された。また、優先して評価する対象を決定し、全サブテーマで協力して代表的な生態系サービスの全国分布情報を収集した。その結果、地域差が大きいこと、とくに都道府県によってサービス間のシナジーとトレードオフ関係に大きな差が見られ、地域ごとの特色があることが示された。

つぎに、社会的・経済的・生態的な視点から、収入なども含めた10項目にわたる生態系サービスの時間変動を考慮した統合指標である海洋健全度指数(OHI)を活用し、日本の沿岸向けにアレンジした(サブテーマ3(1)および(2))。OHIにおいて全国の都道府県等や北海道の各地域の過去からの変化傾向と近未来の変動要因を考慮すると一層、各地域の評価値が大きく異なるケースが明瞭になり、地域ごとに、水産資源管理やエコツーリズムの振興など地域の状況に応じた海域保全・利用の提言が可能になった。

社会経済シナリオに基づく将来予測について、海版の社会経済シナリオをテーマ1のシナリオと対応させて、作成した。この結果を含め、社会経済シナリオによる将来の変化について検討した。その結果、全国の合計では人口減少で緩和される災害影響を除き、ほとんどで減少または現状維持の傾向が見られた。とくに、サブテーマ(4)と(1)とで協力して、CO₂隔離量、漁業生産量、カキ養殖生産量を対象に検討を進め、CO₂吸収量と漁業生産量の減少および海版のシナリオを考慮した養殖生産量の増加の可能性が示された。また、テーマ1から提供を受けたカキの需要については、人口分散シナリオにおいて地域によっては増加する例もあり得ることが示され、地域的な検討の重要性が示された。さらに、とくに藻場の変化については、テーマ4で実施した価値評価のアンケート設計にサブテーマ3(1)が協力するとともに、シナリオによる自然資本の変化推定量をサブテーマ3(1)、3(2)およびテーマ2と検討し、テーマ4へと提供することで、テーマ間連携を実現した。その結果、陸域の土地利用の変化が河川を通じた栄養塩流出量の変化を通じた沿岸域の自然資本(藻場の面積)の変化は人口集中型のシナリオで相対的に大きい可能性が予測された。

これらと並行して水温などの環境変数を整備した。10kmと2kmの高解像度にダウンスケーリングした将来予測の海水温や海面上昇の推定を複数のモデルとRCPシナリオについて作成し、とくに東日本太平洋側では、より海水温が上昇する(ただし予測の分散も大きい)ことなどを指摘した。これらの情報を共有し、海域の変化の大きさと生態系サービスとを重ね合わせた検討がサブテーマ3(3)をはじめ各サブテーマで実施された。とくにサブテーマ3(1)においては、代表的な生態系サービスとの相関を比較した結果では、漁業以外の漁獲と気候変動の大きさとの相関がみられ、気候変動の地域的な傾向を考慮する必要性を示し、サブテーマ3(2)では経済活動と密接にかかわる生態系サービスの指標になる生物(コンブ類、危険動物、鑑賞用魚類)で、今後分布域が大幅に北上すること、またコンブ類では生育適地が著しく減少する可能性があることが予測され、水産業や観光業へ向けた各種適応策の策定に参照された。

さらに、気候変動の影響について、サブテーマ3(3)を中心とした検討が進められた。まず、浅海域生態系の種構成や現存量について、過去から現在にかけて、既存の学術論文や報告書を精査し、データベース構築を行ない一部はデータペーパー等によっても公表した。さらに、分布の変遷記録と気候変動との対応関係に基づいた統計モデリングを実施した。とくに、気候変動の複数のシナリオごとに、大型海藻の衰退とサンゴの分布北上についてその置換する群集移行確率の推定、サンゴ白化リスクに関して予測を高度化した。白化頻度の推定と対策としての紫外線量軽減シナリオの効果等を検討し、一部は論文として公開した。サンゴ及び大型海藻の分布と現存量の推定による気候変動シナリオごとのバイオマスの変化と増大と主要種交替の推定については、海洋酸性化を含めた変数の重要性の比較と酸性化影響の不確実性の大きさなどを指摘できた。沖縄地域については、サブテーマ3(4)におけるシナリオ分析と海洋保護区設計等へデータの提供をした。さらに、浅海域生態系の自然資本・生態系サービスに関して携帯電話位置情報やアンケート調査に基づく価値評価を行い、気候変動の絶対値とサービスや価値の変化とは必ずしも一致せず空間的比較の必要性が示唆された。

地域的なスケールでは、北海道東部の集水域の事例調査地域を対象に、陸域の土地利用の変化が沿岸域の自然資本・生態系サービスに与える影響について解析を行った。河川を通じた陸域から沿岸生態系への栄養塩供給量は、異なる土地利用シナリオ間で差があるものの、その影響は、水温上昇や二枚貝養殖量の変化などに比べて相対的に小さいことが判明した。一方、陸域における降雨の集中化は淡水流入による塩分環境の変化

を通じて、沿岸域の自然資本や生態系サービスに大きな影響を与えることも明らかになった。

森里海の自然資本・生態系サービスに対する認識と変動への対策について、関連するステークホルダー(SH)を通じてヒアリングとアンケートにより意見聴取したところ、「地域らしさ」に関する認識ではSHが関与する生態系を超えた広域な関心が見られる一方、今後の変化に対する対策に関してはリーダー格SHと一般住民で意識の乖離が見られた。地域の自然資本・生態系サービスを保全しかつ持続的な地域社会を構築していくには、森里海のSHが協働して集水域全体での保全や管理に関われる仕組みづくりが重要であることを提言としてまとめた。

八重山諸島の事例調査地域(モデル海域)においては、サンゴ礁魚類がもつ供給サービス・文化サービス・調整サービスについて分布マップを構築したとともに、気候変動(大規模なサンゴ白化現象)が及ぼす影響の定量的評価を達成した。また、八重山諸島における海洋生態系の構成要素、ステークホルダーおよび施策を解明した結果、様々な介入オプションがもつ正と負の両側面を考慮しながら、施策をバランスよく調整する必要性が明らかになった。また、気候変動が及ぼす海洋生態系への悪影響を緩和するための様々な介入オプションを整理した。八重山諸島のステークホルダーがもつ5つの海の価値を、「多元的価値評価」で明らかにした。その結果、過去の研究成果ではみえなかった価値を抽出することに成功した。また、研究成果をインフォグラフィックと動画で広く配信した。八重山諸島の地域社会が望む将来シナリオと気候変動の影響を考慮した海洋保護区を設定した。複数の将来シナリオに応じて3つの条件(①保護する目的、②保護対象種、③保護の強度)を加味した保護区を設計するとともに、海洋保護区の実現に資する介入オプションとステークホルダーの関係を明らかにした。

【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

テーマ4では、これまで未解明であった自然資本・生態系サービスの社会経済的価値およびその構造を定量的に分析できるモデルを開発するとともに、自然資本の重層的ガバナンスの類型化・可視化から得られた知見、ならびに地域別・項目別の包括的富の計算結果から、将来の自然資本・生態系サービスの利用・保全のあり方について有益な政策提言を行った。サブテーマごとの具体的な成果は以下に示す通りである。

サブテーマ4(1)では、テーマ2・3との連携を通じて、陸域・海域における生態系に関する観測データと社会経済的価値評価との接合を図り、自然環境と人間社会との連関を考慮した、自然資本・生態系サービスのより精緻な価値評価モデルを構築し、土地利用などの将来シナリオが社会厚生にもたらす諸々の効果を予測可能にしたことで、そのことを逆算した上での自然資本・生態系サービスの利用・保全のあり方の検討に資する知見を得ることができた。また、最適輸送理論を応用して開発した自然レクリエーションの評価ツールは独創性が高く、その実践例は現時点では紅葉狩りの分析に留まってはいるが、花見や潮干狩りなどにも援用可能であり、かつ既存データで全国レベルの評価が可能という点で有用性が高い。さらに、一般の住民の生態系サービスに対するコンピテンスと生態系保全に対する支払意思額、地域固有生態系サービスの利用頻度と地元住民の定住傾向とのポジティブな関係を解明したことで、環境教育・体験の促進が環境保全に対する公共投資への社会的支持を高め、農山漁村からの人口流出を抑制する可能性を示すことができた。

サブテーマ4(2)では、市区町村を対象とした調査の分析を基に、行政学・公共政策学の観点から、担当部局の所管業務に由来する組織的性格に基づいて整理した「理念啓発型」「要望応答型」「専門人材不足型」の3類型を提示し、重層的ガバナンス構造の類型化を行った。また、市区町村の生物多様性保全政策への取り組みを、政策形成／実施の段階に整理した上で、対応分析により市区町村のガバナンスタイプの可視化を行った。当初の研究目標として掲げていた、重層的ガバナンスの類型化・可視化は十分に達成することができたと考えている。本研究で提示した3類型を用いることで、市区町村における自然環境保全政策の施策実施状況の違い、市町村ごとのガバナンス構造の違いをうまく表現・整理することができた。本研究を通じて開発されたガバナンス類型は、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うえでの分析視角となり得る。また、単なる類型化に留まらず、これらの類型を規定する要因として市町村の人口規模、それに由来する職員数が重要な影響を与えていることも明らかとなった。将来的に各市町村の人口動態が大きく変化した場合、職員数の増減が生じ、現在のガバナンス類型からの漸進的な移行が生じる可能性が示唆される。大幅な人口減少が生じれば、現在は理念啓発型の類型に該当する自治体であっても、職員数の減少により専門の部局・担当職員を置くことができなくなり専門人材不足型となる可能性がある。現状分析としての類型析出に留まらず、人口規模・職員数という各類型を規定する要因を特定したことで、人口動態の変化が地域の自然資本の

ガバナンスにもたらす将来的な影響を予測するうえで、重要な知見をもたらすことができた。

サブテーマ4(3)では、農地・森林・海域の各要素の維持に対する家計の支払意思額を推計し、その推計値を用いてテーマ1が作成した4つのシナリオと人口・土地利用の基本フレームをベースとした自然資本の富としての価値の将来予測を行った。予測結果により、人口分散社会を促進していくことが自然資本の価値の維持および持続可能性の達成を行ううえで効果的であることを明らかにした。また、自然資本、人工資本、人的資本を包含した包括的富の指標を国、都道府県、市区町村レベルのそれぞれで推計し、包括的富の指標を用いた自治体との協定および協定自治体における政策立案材料の提供を行った。さらに、様々な尺度を包含した包括的な福利を計算する最新の手法を引用し、日本の人々の包括的福利における様々な側面の相対的な重要度を明らかにした。これらはすべて自然資本の維持、持続可能性の実現、包括的な人々の福利の計算および向上という文脈において有用な知見の提供を行っただけでなく、包括的富アプローチの社会実装にむけた地域的展開および、より様々な要素を包含する包括的福利指標の開発に向けた各側面の重みづけを行った。

【テーマ横断的な研究成果の概要】

本プロジェクトではテーマ横断で4つの事例サイトにおいてワーキンググループを編成し、それぞれの地域の状況に応じた手法により将来シナリオ分析を行った。それぞれの地域でのシナリオ作成方法、シナリオ、モデル、空間精度と評価指標を表-1に整理した。

表-1 事例サイトでの将来シナリオ分析の概要

	能登半島	佐渡島	別寒辺牛川集水域	石西礁湖
シナリオ作成方法	全国版PANCESシナリオをダウンスケールして作成(トップダウン)	参加型ワークショップを2回開催して、地域シナリオを作成(ボトムアップ)	全国版PANCESシナリオを基礎として、地域住民の関心を反映した地域版シナリオ作成(ハイブリッド)	全国版PANCESシナリオを踏まえつつ、住民参加型のワークショップを通じて作成
シナリオ	BAU 自然資本・コンパクト(NC), 自然資本・分散(ND), 人工資本・コンパクト(PC), 人工資本・分散(PD)	人口減少の度合いと重視する産業(農業vs観光)の組合せで6種類のシナリオ(温故知新、環境リポート、オンリーワン、自給と充足、機械と生きる、宝島)	1. 再生エネルギー利用解折 牧草地の放置面積の拡大速度(6段階)、太陽光パネル設置面積の拡大速度(6段階)、RCP(2.6と8.5)。62シナリオ 2. 陸域から沿岸への影響解折 自然資本・コンパクト(NC), 自然資本・分散(ND), 人工資本・コンパクト(PC), 人工資本・分散(PD)	「自然資本活用-人工資本活用」の軸と「観光開発-地域社会の保護」から形成される4つのシナリオ: 自然資本・観光重視、自然資本・地域コミュニティ重視、人工資本・観光重視、人工資本・地域コミュニティ重視
モデル	Land change modeler (LCM), InVEST	Spatial multinomial logit model (SMNL), spatial error model (SEM), InVEST, HSI	陸域: 森林景観モデル(LANDIS-II)(1・2) 海域: 厚岸湾・厚岸湖における流動・生態系動態統合モデル(2)	4つのシナリオに対して主要となる産業を想定し、サンゴ礁の多種多様な生態系サービス、海洋保護区の関連づけ
空間精度	100m	100m	100m (陸域) 475m (海域)	海洋保護区の単位グリッド(2km x 2km)
評価指標	・食料生産ポテンシャル ・水収量 ・炭素貯留 ・水質浄化 ・累積可視領域 ・Satoyama Index	・食料生産 ・炭素固定 ・水質浄化 ・トキの生息地提供	1. 再生エネルギー利用解折 ・地上部バイオマスの多様度 ・クマタカの生息適正指数 ・シマフクロウの生息適地指数 ・再生可能エネルギー供給量 2. 陸域から沿岸への影響解折 ・河川の栄養塩濃度 ・沿岸の一次・二次生産量 ・淡水流入・塩分変動	サンゴ礁の自然資本と生態系サービスの維持に有効な海洋保護区に関する3つの指標 ・保護する目的 ・保護対象種 ・保護の強度

また、テーマ横断的な研究成果として、国際誌Sustainability Science誌(IF:5.301)にてS-15(PANCES)特集号”Future Scenarios for Socio-Ecological Production Landscape and Seascape”を2019年1月に発行したほか、現在、同誌において新たな特集号”Valuation of Nature and Nature’s Contributions to People”の編纂が進んでいる(すでに8編がオンライン出版済)。さらに、国際誌Ecosystem Services(IF:6.330)にてEcosystem Services Partnership (ESP)アジア支部との連携で、特集号”Ecosystem Services Science, Policy and Practice in Asia: examples of applications in planning, management and decision making”が進行中である(すでに9編がオンライン

ン出版済) <https://www.sciencedirect.com/journal/ecosystem-services/special-issue/104MC7WNCBV>)。

さらに、S-15での研究成果を数多く収めたオープンアクセスのeBook(英文書籍)“Managing Socio-ecological Production Landscapes and Seascapes for Sustainable Communities in Asia: Mapping and Navigating Stakeholders, Policy and Action”(Springer)を2020年2月に発行した。

2020年度からは、テーマ1からテーマ4までの研究成果に基づく政策提言を平易にまとめたポリシーブリーフを日本語と英語で作成し、No.1-No.5のシリーズで発行し、プロジェクトのwebサイトで公開した

(<http://pances.net/top/policybrief/>)。ポリシーブリーフNo.5(生物多様性地域戦略編)の完成後には、自治体向けの生物多様性地域戦略ワークショップを環境省と共催で2021年3月にオンラインで実施し、19自治体から21名が参加した。さらに、プロジェクト独自に統合版の政策決定者向けサマリーを日本語・英語版で作成し、全都道府県及び生物多様性地域戦略を作成している市区町村の生物多様性関係部局宛てに送付した。

国際的には、北東・東南アジア地域諸国のCBD/IPBESフォーカスポイント向けにS-15の研究成果を紹介、SPI強化や国別アセスメントについて議論を深めるワークショップを実施(2019年10月、於タイ・バンコク、10か国から35名が参加)したほか、IPBESのシナリオ・モデルタスクフォースと共同で、生物多様性分野の今後のシナリオ分析の基本となるNature Future Framework (NFF)のナラティブ(叙述)の充実と具体的事例への応用について議論する共同ワークショップを2020年2月に日本で開催し、S-15の研究成果をIPBES関係者と広く共有した。

5-2. 環境政策等への貢献

<行政等が既に活用した成果>

【国内】

2021年3月には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が生物多様性及び生態系サービスの総合評価2021(JBO-3)をとりまとめ、公表した。同検討会には、本プロジェクトから7名が検討会委員として参加し、最終的にはS-15の成果が将来シナリオ分析の研究成果を中心として、政策決定者向けサマリー(SPM)では2頁、フル報告書では13頁にわたり記載されている。また、生物多様性国家戦略検討会では、第1回検討会の資料としてS-15の成果が紹介されている。

本研究プロジェクトと気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)などとの共同研究で行った竹林の分布拡大の将来予測はIPCC AR6 報告書ドラフトに引用されている。今後もさらに活用される見込みである。

また、生物多様性地域戦略に関する全国自治体ワークショップを環境省と共催し、S-15の地域戦略研究の成果を中心に、地域戦略に役立つようなS-15の研究成果を自治体向けに解説した政策提言(PANCES Policy Brief No.5)を紹介して、今後の自治体による地域戦略の新規策定や改定に向けた議論を深めた。

厚岸霧多布昆布森国定公園の指定にあたって、とくに別寒辺牛湿原及び厚岸湖の学術的意義について本研究プロジェクトの研究成果が活用された。

中央環境審議会気候変動評価等小委員会委員として、本事業の気候変動によるサンゴ・藻場及びそれらの生態系サービスの変化に関する知見を踏まえた気候変動影響評価報告書の作成に貢献した。

福岡県の久山町は2017年から九州大学都市研究センターと連携して、SDGsの計測指標として、包括的富指標が導入された。実際に推計を行った指標値をもとに2018年度予算が編成され、持続可能な町づくりに貢献した。さらに2020年3月に公表された『第2期久山町まち・ひと・しごと創生「人口ビジョン・総合戦略」』でも、久山町全体の持続可能性を総合的に測る指標として包括的富の指標を用いられ、今後の数値目標に活用された。さらに福岡県宮若市および直方市でも、同様に包括的富指標を活用したまちづくりへに協力した。

【海外】

2016年12月メキシコで行われた生物多様性条約締約国会議(CBD COP13)では、プレナリーで武内和彦が講演を行い、この研究の成果を紹介して自然と調査した社会の重要性を指摘し、SATOYAMAイニシアティブなどの促進に活かされている。また、同会議では、送粉サービスを維持するために必要な農林業および環境政策を整理した成果が日本政府により活用された。IPBESに関しては2016年のシナリオワークショップでこのプロジェクトでの陸域に関する分析を紹介し、その後の策定に活かされている。

またFAOが主導する世界農業遺産(GIAHS)の日本における初めての認定地域としての能登半島・佐渡島の自

然資本・生態系サービス等の学術的観点からの知見を生物多様性条約の締約国会議(COP13及びCOP14)のサイドイベント等において国際的に発信した。

2019年6月には、G20持続可能な成長のためのエネルギー転換と地球環境に関する関係閣僚会合にあわせて、軽井沢の開催会場の展示ブースにおいて環境省の代表的な取り組みのひとつとして、S-15の研究成果を紹介するビデオが放映された。

S-15に参画する研究者の15名がIPBESのアジア・太平洋地域アセスメント、地球規模アセスメント、主題別アセスメントに執筆者(CLA, LA)および学際的専門家パネルメンバー(テーマ3・白山:~2017年、テーマ1・橋本:2018年~)として貢献した。これはIPBESアセスメントに日本から参加した研究者の約半数に相当する。また、IPBESシナリオ&モデルタスクフォースによる次世代シナリオNature Futures Framework(NFF)の検討する専門家ワークショップ等にもS-15の研究者が2019年3月に参加したほか、IPBESの同タスクフォースとS-15が共同でNFFのナラティブ(叙述)を検討するワークショップを2020年2月日本にて開催し、S-15の研究成果をIPBESのシナリオ・モデリングのコミュニティに広く還元した。

北東・東南アジア各国のIPBES及びCBDフォーカルポイントの行政官と研究者を対象とするワークショップを2019年10月にバンコクで開催し、10か国から35名が参加した。このワークショップはIPBESアセスメントに基づく科学-政策対話と国別アセスメント実施に向けた能力強化ワークショップと合同開催され、S-15のセッションでは各国のSPI強化に有用なS-15の研究成果の還元が行われた。

2019年12月には、中国雲南省昆明にて生物多様性条約(CBD)のCOP15のプレ会合として、国連環境計画(UNEP)と世界自然保全モニタリングセンター(WCMC)が主催した北東アジア地域における国レベルでの生態系評価を通じたCBDの科学-政策対話の実施支援に関するワークショップに、本プロジェクトの研究者2名(中静透、齊藤修)が参加し、S-15の研究成果を北東アジアの研究者だけでなく、政策決定者に還元した。

2021年4月には、生物多様性条約事務局が組織する生物多様性のための科学-政策フォーラムと連携して、第8回サステナビリティ学国際会議(ICSS-8)をオンラインで5日間にわたり開催し、そのなかの一つのセッションはS-15の成果を中心に企画運営した。その成果レポートはInformation DocumentとしてCBDの科学技術助言補助機関会合(SBSTTA)に提出され、2021年5月に開催されたSBSTTAのプレナリーにてKey messagesのステートメントが読みあげられた。また、国連のWorld Ocean Assessmentにおいて、サンゴ礁の章の執筆者として参加し、日本及びアジア・太平洋のサンゴ礁の状況や保全に関する情報をとりまとめ、本課題の成果論文も引用された。

<行政等が活用することが見込まれる成果>

【国内】

北海道、能登半島、佐渡島、沖縄での事例サイトの研究成果は、地域の特徴に即した地域循環共生圏のモデル地域の構築に科学的基礎を与えるものであると同時に、多様な関係主体と関連政策等との俯瞰的な相関図を媒介に地域づくりの新たなモデルとして他の地域での活用が期待される。また、本プロジェクトで作成したポリシーブリーフ、政策決定者向けサマリー(冊子体)は全都道府県、地域戦略作成済の地方自治体に送付されており、今後の生物多様性国家戦略の見直し、生物多様性地域戦略の新規作成・見直しにおいて、自然資本と生物多様性に関する現状の把握と将来シナリオ分析結果、地域戦略の分析結果に基づく科学的知見が活用されることが期待される。多様な主体の参加、伝統知・地域知の活用などに関しては、今後の生物多様性地域戦略の策定・改訂や取り組みの推進だけでなく、その前提となる生物多様性や生態系に関する問題の主流化に大きな貢献の可能な成果である。これらを総合することで、環境省が推進する地域循環共生圏の在り方や、その設計の具体的手法として活用できる。

2021年4月、日本は2030年までに温室効果ガスを46%削減するという野心的な目標を打ち出した。以降、目標達成方法が議論されているが、再生可能エネルギーが急速に広まることが予想される。本プロジェクトで構築されたソーラーパネルの推計モデルをベースとして、現在、国立環境研究所では、環境省と意見交換しつつ、メガソーラーの設置場所とポテンシャルの推計を進めており、今後同目標達成の議論に活用されると見込まれている。

シナリオ分析によって予測された生態系サービスの動向については、幅広い活用が可能である。文化的サービスのモデル化・地図化・将来シナリオ分析の成果は自然公園の管理施策の策定等への活用が期待される。供給サービスの需要・供給バランスの将来予測は環境政策だけでなく、地域の産業や土地利用計画などの等での

活用が期待される。また、流域と沿岸をつなぐ森里川海の連結性評価や生物指標については、地域や自治体レベルでの具体的政策策定やそのツールとして生かすことが期待できる。

【海外】

北東・東南アジア諸国の政府向けのワークショップ、ならびにシナリオとモデル、文化的生態系サービス評価、伝統・地域的知識といった統合モデルの要素技術・方法論を用いた事例研究の成果が、アジア各国の生物多様性アセスメントの実施とSPI強化の推進に今後貢献する可能性がある。

2021年3月10日は、世界各地から100名以上の研究者・実務家に参加のもと、S-15の成果に基づくモデリングトレーニングセミナーをオンライン開催し、参加者から高い満足度の評価を得た。今後も同様のオンライントレーニングセミナーを2021年から新規にスタートする国際共同研究プロジェクトの活動として継続する予定であり、S-15の成果を活用した能力強化の深化が期待される。また、2021年10月の中国昆明でのCBD/COP15の前には、公式サイドイベントでS-15の成果をポスト2020生物多様性枠組みへのインプットとして、条約事務局とも連携してオンライン開催する予定であり、現在進行中の2つの国際学術誌での特集号で提示される科学的な知見に基づき、日本だけでなく、アジア地域やそれ以外の地域でも適用可能なシナリオ・モデル分析の方法・結果とそれに基づく政策提言内容が広く活用されることが期待できる。

5-3. 研究目標の達成状況

全体	目標を上回る成果をあげた	自然資本や生態系サービスの自然的・社会経済的価値の将来予測・評価が可能となる社会・生態システムの統合化モデルを構築し、2050年までの予測評価を行い、シナリオ分析に基づき複数の政策オプションを明らかにした。包括的な福利を維持・向上させる自然資本の重層的ガバナンスの類型化・可視化したほか、国内・アジア地域での生物多様性分野における科学-政策インターフェースの強化に貢献した。とくに、国際アドバイザーボードを設置し、IPBESとも密接に連携できたことから、常に生物多様性分野の科学-政策の国際的議論やニーズとシームレスに連動させることで、当初の目標を上回る研究成果をあげ、国際展開・社会実装(能力強化を含む)を進めることができた。
T-1	目標どおりの成果をあげた。	統合的な情報プラットフォームの更新・機能強化を通じて社会・生態システムの統合モデルを開発し、全国と事例サイトにおいてシナリオ分析を行った。能登・佐渡の生態系サービス評価範囲の拡大、シナリオ分析の高度化を達成した。国内及びアジア地域での科学-政策インターフェースの強化を進めた。プロジェクト全体の成果をとりまとめ、自然資本と生態系サービスの保全、持続的な利用を促す政策提言をポリシーブリーフ、政策決定者向けサマリーとして公表した。
T-2	目標を上回る成果をあげた。	各サブテーマが他のテーマやサブテーマと効果的な連携を行い、研究グループをまたがる分野横断的な研究成果を数多く上げることができた。生態系サービスや自然資本の評価に関しては、新しい手法も用いられていることに加え、全国レベルでだけでなく、地域自治体レベルでの適用も可能な技術開発を行い、地域循環共生圏などの実現に向けて貢献しうる成果をあげるなど、目標を上回る成果をあげた。
T-3	目標を上回る成果をあげた。	サブテーマ・テーマ間の多岐にわたる連携を行い、テーマを統合して全国や事例地域の検討成果をあげることができた。とくに新たなシナリオや基盤データの作成と活用を含め、予定された全国レベルの価値評価を実施しただけではなく、地域的な違いの指摘や過去のトレンドを含めた統合評価を可能にした。地域レベルでは、予定以上の複数地域で社会経済分析を実施し地域のシナリオを検討し、地方の政策立案への活用など、目標を上回る成果をあげた。
T-4	目標を上回る成果をあげた。	これまで未解明であった自然資本・生態系サービスの社会経済的価値およびその構造を定量的に分析できるモデルを開発するとともに、自然資本の重層的ガバナンスの類型化・可視化から得られた知見、並びに地域別・項目別の包括的富・福利の計算結果から、将来の自然資本・生態系サービスの利用・保全のあり方について有益な政策提言を行うなど、目標を上回る成果をあげた。

6. 研究成果の発表状況

6-1. 査読付き論文

<件数>

228件

<主な査読付き論文>

【テーマ1】

- 1) Saito, O., Kamiyama, C., Hashimoto, S., Matsui, T., Shoyama, K., Kabaya, K., Uetake, T., Taki, H., Ishikawa, Y., Matsushita, K., Yamane, F., Hori, J., Ariga, T., Takeuchi, K. (2019) Co-design of National-Scale Future Scenarios in Japan to Predict and Assess Natural Capital and Ecosystem Services, *Sustainability Science*, 14(1): 5-21. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0587-9>(IF:5.301)
- 2) Matsui, T., Haga, C., Saito, O., Hashimoto, S. (2019) Spatially explicit residential and working population assumptions for projecting and assessing natural capital and ecosystem services in Japan, *Sustainability Science*, 14(1): 23-37. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0605-y>(IF:5.301)
- 3) Hashimoto, S., DasGupta, R., Kabaya, K., Matsui, T., Haga, C., Saito, O., Takeuchi, K. (2019) Scenario analysis of land-use and ecosystem services of social-ecological landscapes: implications of alternative development pathways under declining population in the Noto Peninsula, Japan, *Sustainability Science*, 14(1): 53-75. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0626-6>(IF:5.301)
- 4) Shoyama, K., Matsui, T., Hashimoto, S., Kabaya, K., Oono, A., Saito, O. (2019) Development of land use scenarios using vegetation inventories in Japan, *Sustainability Science*, 14(1): 39-52. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1085-7>(IF:5.301)
- 5) Kabaya, K., Hashimoto, S., Fukuyo, N., Uetake, T., Takeuchi, K. (2019) Investigating future ecosystem services through participatory scenario building and spatial ecological-economic modelling, *Sustainability Science*, 14, 77-88. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0590-1>(IF:5.301)
- 6) Saito, O., Subramanian, S., Hashimoto, S., Takeuchi, K. (eds) (2020) *Managing Socio-ecological Production Landscapes and Seascapes for Sustainable Communities in Asia: Mapping and Navigating Stakeholders, Policy and Action*, (Series: Science for Sustainable Societies), Springer, Japan, ISBN 978-981-15-1132-5. (The number of downloads: 24,000 as of March 2021)
- 7) Hori, K., Saito, O., Hashimoto, S., Matsui, T., Akter, R., Takeuchi, K. (2020) Population distribution projections under depopulation conditions in Japan, for scenarios analysis of future socio-ecological systems, *Sustainability Science*, 15. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00835-5>(IF:5.301)
- 8) Haga, C., Maeda, M., Hotta, W., Inoue, T., Matsui, T., Machimura, T., Nakaoka, M., Morimoto, J., Shibata, H., Hashimoto, S., Saito, O. (2020) Scenario Analysis of Renewable Energy-Biodiversity Nexuses using a Forest Landscape Model, *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 155. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00155>(IF:9.295)
- 9) Arneeth, A., Shin, Y., Leadley, P., Rondinini, C., Bukvareva, E., Kolb, M., Midgley, G.F., Oberdorff, T., Palomo, I., Saito, O. (2020) Post-2020 biodiversity targets need to

embrace climate change, PNAS, 117(49):30882-30891,
www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.2009584117 (IF: 9.412)

- 10) Kumagai, J., Wakamatsu, M., Hashimoto, S., Saito, O., Yoshida, T., Yamakita, T., Hori, K., Matsui, T., Oguro, M., Aiba, M., Shibata, R., Nakashizuka, T., Managi, S. (2021) Natural capitals for nature's contributions to people: the case of Japan, Sustainability Science, 16. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00891-x> (IF:5.301)

【テーマ2】

- 1) Aiba, M., Shibata, R., Oguro, M. & Nakashizuka, T. (2019). The seasonal and scale-dependent associations between vegetation quality and hiking activities as a recreation service. *Sustain Sci*, 14, 119-129. (IF:5.301)
- 2) Oka, C., Aiba, M. & Nakashizuka, T. (2019). Phylogenetic clustering in beneficial attributes of tree species directly linked to provisioning, regulating and cultural ecosystem services. *Ecol Indic*, 96, 477-495. (IF:4.229)
- 3) Tachibata, K., Uchida, K., Aiba, M. & Sasaki, T. (2021). National geographic distribution and number of TV nature programs across the Japanese archipelago. *Ecol Indic*, 121 (IF:4.229)
- 4) Dicks, L.V., Viana, B., Bommarco, R., Brosi, B., Arizmendi, M.d.C., Cunningham, S.A. et al. (2016). Ten policies for pollinators. *Science*, 354, 975-976. (IF: 41.846)
- 5) Oguro, M., Taki, H., Konuma, A., Uno, M. & Nakashizuka, T. (2019). Importance of national or regional specificity in the relationship between pollinator dependence and production stability. *Sustainability Science*, 14, 139-146. (IF: 5.301)
- 6) Ogawa, M., Soga, M. & Yoshida, T. (2021) Participation of diverse actors and usage of traditional and local knowledge in local biodiversity strategies and action plans of Japanese municipalities. *Ecol. Soc.* in press (IF:4.1)
- 7) Okui, K., Sawada, Y. & Yoshida, T (2021) "Wisdom of the elders" or "loss of experience" as a mechanism to explain the decline of traditional ecological knowledge: a case study in Awaji Island, Japan. *Hum. Ecol.* in press (IF:1.6)
- 8) Kumagai, J., Wakamatsu, M., Hashimoto, S., Saito, O., Yoshida, T., Yamakita, Y., Hori, K., Matsui, T., Oguro, M., Aiba, M., Shibata, R., Nakashizuka, T. & Managi, S. (2021) Natural capitals for nature's contributions to people: the case of Japan. *Sustain. Sci.*, <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00891-x>. (IF:5.3)
- 9) Hotta, W., Morimoto, J., Inoue, T., Suzuki SN., Umebayashi, T., Owari, T. et al. (2020). Recovery and allocation of carbon stocks in boreal forests 64 years after catastrophic windthrow and salvage logging in northern Japan. *For. Ecol. Manage.*, 468, 118169. (IF:3.170)
- 10) Ishiyama, N., Miura, K., Inoue, T., Sueyoshi, M. & Nakamura, F. (2021). Geology - dependent impacts of forest conversion on stream fish diversity. *Conserv. Biol.*, (In press) (IF:5.405)

【テーマ3】

- 1) Nordlund, L. M., Jackson, E. L., Nakaoka, M., Samper-Villarreal, J., Beca-Carretero, P., Creed, J. C. (2017) Seagrass ecosystem services - what's next?. *Marine Pollution Bulletin*, 134, p.145-151. (IF:4.0)
- 2) Yamakita, T., Matsuoka, Y., Iwasaki, S. (2017) Impact of the 2011 Tohoku earthquake on the use of tidal flats: A case study in inner Tokyo bay. *Journal of Environmental Information*

Science, 2017-1, p.25-36.

- 3) Yamakita, T. , Sudo, K. , Jintsu-Uchifune, Y. , Yamamoto, H. , Shirayama, Y. (2017) Identification of important marine areas using ecologically or biologically significant areas (EBSAs) criteria in the east to southeast Asia region and comparison with existing registered areas for the purpose of conservation. *Marine Policy*, 81, p.273-284 (IF:3.2)
- 4) Kumagai, N. H. , Molinos, J. G. , Yamano, H. , Takao, S. , Fujii, M. , Yamanaka, Y. (2018) Ocean currents and herbivory drive macroalgal-coral community shift under climate warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA*, 115, p.8990-8995. (IF:9.4)
- 5) Hori, M. , Hamaoka, H. , Hirota, M. , Lagarde, F. , Vaz, S. , Hamaguchi, M. , Hori, J. , Makino, M. (2018) Application of the coastal ecosystem complex concept toward integrated management for sustainable coastal fisheries under oligotrophication. *Fisheries Science*, 84, p.283-292. (IF:1.1)
- 6) Kumagai, N. , H. , Yamano, H. , Sango Map Project Committee (2018) High-resolution modeling of thermal thresholds and environmental influences on coral bleaching for local and regional reef management. *PeerJ*, 6:e4382. (IF:2.3)
- 7) Nakaoka, M. , Sudo, K. , Namba, M. , Shibata, H. , Nakamura, F. , Ishikawa, S. , Makino, M. , Yamano, H. , Matsuzaki, S. S. , Yamakita, T. , Yu, X. , Hou, X. , Li, X. , Brodie, J. , Kanemoto, K. , Moran, D. , Verones, F. (2018) TSUNAGARI: A new interdisciplinary and transdisciplinary study toward conservation and sustainable use of biodiversity and ecosystem services. *Ecological Research*, 33, p.35-49. (IF:1.5)
- 8) Kubo, T. , Uryu, S. , Yamano, H. , Tsuge, T. , Yamakita, T. , Shirayama, Y. (2020) Mobile phone network data reveal nationwide economic value of coastal tourism under climate change. *Tourism Management*, 77, 104010. (IF:7.2)
- 9) Sudo, K. , Watanabe, K. , Yotsukura, N. , Nakaoka, M. (2020) Predictions of kelp distribution shifts along the northern coast of Japan. *Ecological Research*, 35-1, p47-60 (IF:1.5)
- 10) Sato M, Nanami A, Bayne CJ, Makino M, Hori M (2020) Changes in the potential stocks of coral reef ecosystem services following coral bleaching in Sekisei Lagoon, southern Japan: implications for the future under global warming. *Sustainability Science* 15:863-883 (IF 5.301)

【テーマ4】

- 1) 宮川蘭奈, 松下京平, 浅野耕太 (2017) 花粉媒介昆虫の農作物生産への貢献－送粉サービスの喪失に伴う厚生損失の評価. *農村計画学会学会誌*, 第36号1巻, 53-58.
- 2) Yoshida, Y., Matsuda, H., Fukushi, K., Ikeda, S., Managi, S., Takeuchi, K. (2018) Assessing Local-scale Inclusive Wealth: A case study of Sado Island, Japan. *Sustainability Science* 13: 1399-1414. (IF: 5.301)
- 3) Matsushita K, Taki H, Yamane F, Asano K (2018) Shadow Value of Ecosystem Resilience in Complex Natural Land as a Wild Pollinator Habitat, *American Journal of Agricultural Economics* 100(3): 829-843. (IF: 3.028)
- 4) Ikeda S, Managi S (2019) Future Inclusive Wealth and Human Well-being in Regional Japan: Projections of Sustainability Indices based on Shared Socioeconomic Pathways. *Sustainability Science* 14(1): 147-158. (IF: 5.301)
- 5) Saito O, Hashimoto S, Managi S, Aiba M, Yamakita T, DasGupta R, Takeuchi K (2019) Future Scenarios for Socio-Ecological Production Landscape and Seascape. *Sustainability Science* 14(1): 1-4. (IF: 5.301)
- 6) Wakamatsu M, Managi S (2019) Examining Public Support for International Agreements on Tuna Management and Conservation. *Ecological Economics* 156: 337-349. (IF:4.482)
- 7) 小田勇樹, 大山耕輔 (2019) 生物多様性地域戦略策定要因の分析－市町村における政策波及モデルの

検証. 公共政策研究, 第18号, 90-102.

- 8) Saito O, Kamiyama C, Hashimoto S, Matsui T, Shoyama K, Kabaya K, Uetake T, Taki H, Ishikawa Y, Matsushita K, Yamane F, Hori J, Ariga T, Takeuchi K (2019) Co-design of National-Scale Future Scenarios in Japan to Predict and Assess Natural Capital and Ecosystem Services, Sustainability Science, 14(1): 5-21. (IF:5.301)
- 9) Imamura K, Takano KT, Kumagai NH, Yoshida Y, Yamano H, Fujii M, Nakashizuka T, Managi S (2020) Valuation of coral reefs in Japan: Willingness to pay for conservation and the effect of information, Ecosystem Services 46: 101166. (IF: 6.330)
- 10) Kumagai J, Wakamatsu M, Hashimoto S, Saito O, Yoshida T, Yamakita T, Hori K, Matsui T, Oguro M, Aiba M, Shibata R, Nakashizuka T, Managi S (2021) Natural capitals for nature's contributions to people: the case of Japan, Sustainability Science. (IF: 5.301)

6-2. 知的財産権

該当する項目はない。

6-3. その他発表件数

査読付き論文に準ずる成果発表	14件
その他誌上発表（査読なし）	91件
口頭発表（学会等）	408件
「国民との科学・技術対話」の実施	124件
マスコミ等への公表・報道等	68件
本研究に関連する受賞	13件

7. 国際共同研究等の状況

① ベルモントフォーラム「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)」

本プロジェクトに先駆けて、2014年度のベルモントフォーラムCollaborative Research Action(CRA)「生物多様性と生態系サービスのシナリオ(Scenarios of Biodiversity and Ecosystem Services)」の公募研究に、フランス、ノルウェー、南アフリカ、ドイツ、インド、中国、ブラジル、オーストラリア、米国、日本が参加して応募し、課題名「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)」が採択された。具体的には、ScenNetは、生物多様性と生態系サービスの将来シナリオ研究に取り組む研究者による国内並びに国際的な連携ネットワークの強化を目的とした。ScenNETの参加研究者は、IPBESのシナリオ・モデリングに関するアセスメントをリードする研究者が多数参加していたほか、S-15の主要メンバーは、本ScenNetにも参加しており、S-15は立ち上げの段階からIPBESとの密接に連携した研究が可能になった。

② IPBESの各種アセスメントへの参加とシナリオ・モデリングタスクフォースとの共同研究

IPBESの学際的専門家パネル(Multidisciplinary Expert Panel, MEP)メンバーやValueアセスメント、シナリオ・モデリングタスクフォースとの連携を進めた。まず、S15のメンバー(齊藤修、馬奈木俊介、橋本禅)とIPBES MEPメンバー(Marie Stenseke, Luthando Dziba, Sandra Lavorel)、Valueアセスメントの共同議長(Unai Pascual)との共同により、国際学術雑誌Sustainability Scienceに特集号“Valuation of nature and nature's contributions to

people”を企画し、S15プロジェクトから2021年5月18日時点4編の論文が掲載された(他1件審査中)。

また、IPBESのシナリオ・モデリングタスクフォースとの共催で2020年2月下旬に国際ワークショップ「New Narratives for Nature: operationalizing the IPBES Nature Futures Scenarios」を開催し、タスクフォースが開発を主導する次世代のシナリオ作成の枠組みであるNature Future Framework(NFF)のストーリーラインの作成や、S15の4つのシナリオとの関係、NFFの日本への適用可能性について、S15関係者とタスクフォースメンバーの間で意見交換を行った。ワークショップの内容詳細についてはタスクフォースの技術支援機関があるオランダ国PBLのHPでも公開されている(<https://www.pbl.nl/en/publications/report-on-the-workshop-new-narratives-for-nature-operationalizing-the-ipbes-nature-futures-scenarios>)

③ スイスにおける生態系シナリオとモデルについて学ぶサマースクール

上記ScenNetでは、国際的なネットワーキング活動を通じて参画する若手・中堅研究者の能力形成強化が図られたほか、若手研究者のためのシナリオ分析の教材開発が進められた。S-15での研究成果と、ScenNetの研究者ネットワークを活用して、2018年6月にはスイスのルガノにおいてスイスの博士課程の学生と日本の博士課程の学生及びポストドク研究者、計15名を対象として5日にわたる生態系シナリオとモデルについて学ぶサマースクール(Summer school workshop: Models and Scenarios of Biodiversity and Ecosystem)を開催した(図-3)。本サマースクールでの経験が、S-15での最終年に実施したオンラインでのモデリングトレーニングセミナーに活かされた。



図-3 スイスでの生態系シナリオとモデルに関するサマースクールでの集合写真 (June 2018)

④ e-Asia共同研究「生物生産における伝統的方式と現代的方式の融合により気候・生態系変動への対応をめざす持続可能でレジリエントな未来」プロジェクト

S-15で開発した統合モデルの高度化とアジア地域への展開を意図して、2021年度からJSTの戦略的国際共同研究プログラム(SICORP)のe-Asia共同研究プログラム(先端融合/環境)の公募に応募し、研究課題名「生物生産における伝統的方式と現代的方式の融合により気候・生態系変動への対応をめざす持続可能でレジリエントな未来」が新たに採択された(研究代表:齊藤修)。本研究は、日本、フィリピン、インドネシアにおいて、気候・生態系変動のもと、生物生産の伝統的方式と現代的方式を融合させることを通して持続可能かつレジリエントな未来への複数の将来シナリオを探索し、将来シナリオ毎に様々な生態系サービスの変化を予測評価することを目的とする。具体的には、ホームガーデン、林農、植林、養殖、都市農業等の生物生産方式において、伝統的方式と現代的方式の組合せ方が異なる複数のシナリオを参加国別に作成、シナリオ毎での気候・土地利用・人口・生態系サービスの2050年までの変化を推定する。この新規プロジェクトには、S-15の研究メンバーが多数参加し、日本では佐渡島を対象として、S-15で開発したシナリオ・モデルの高度化と政策貢献を進めると同時に、アジア地域に同様の研究を広げ、長期的な視点からの環境政策の底上げに貢献していくことが期待される。

⑤ ベルモントフォーラム「ランドスケープ・土地利用変化、放棄と回復をもたらす社会的要因の国際比較」プロジェクト

上述のe-Asiaの新規プロジェクトと同様に、2020年にはS-15の研究者が共同してベルモントフォーラムの新規CRP(土壌と地下水の持続可能な社会利用をめざして)の公募に応募し、研究課題名「ランドスケープ・土地利用変化、放棄と回復をもたらす社会的要因の国際比較」が新たに採択された(研究代表:柴田英昭)。本研究プロジェクトの参加国は、米国、フランス、イタリア、台湾、日本の5か国であり、農地放棄、森林管理不全等の土地管理の変遷に対する流域の水・物質循環変化を解明し、人間社会への環境価値や利害関係者の認識との関係を

分析することで、土壌と水の健全性を考慮に入れた将来の土地管理決定に資する科学情報を創出することを目的とする。S-15で行った研究のうち、耕作放棄地や放置林の課題をさらに掘り下げ、流域の水・物質循環と土地政策との関係を明らかにすることになる予定である。

8. 研究者略歴

プロジェクトリーダー(兼テーマ1リーダー)

武内 和彦

東京大学理学部卒業、農学博士、現在、東京大学未来ビジョン研究センター・特任教授、公益財団法人地球環境戦略研究機関・理事長

テーマリーダー

1) 中静 透 (テーマ2)

大阪市立大学理学研究科博士課程単位修得退学、理学博士、東北大学生命科学研究科教授、総合地球環境学研究所特任教授をへて、現在、森林研究・整備機構理事長

2) 白山 義久(テーマ3)

東京大学大学院理学系研究科動物学専攻博士課程修了、理学博士、現在、海洋研究開発機構特任参事

3) 浅野 耕太(テーマ4)

ロチェスター大学博士課程中退、経済学博士、現在、京都大学大学院人間・環境学研究科教授

II. 英文Abstract

Predicting and Assessing Natural Capital and Ecosystem Services through an Integrated Social-Ecological Systems Approach (PANCES)

Principal Investigator: Kazuhiko TAKEUCHI

Institution: Institute for Future Initiatives, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo, Tokyo 113-0033, JAPAN

Tel: TEL:03-5841-1708

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

In cooperation with: Forestry and Forest Products Research Institute, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, and Kyoto University

[Abstract]

Key Words: Natural capital, Ecosystem services, Future scenarios, Socio-ecological systems, Science-policy interface, Multi-level governance, Inclusive wellbeing

This project developed an integrated model of social-ecological systems to enable comprehensive analysis of natural capital and ecosystem services from both social and ecological perspectives. This integrated model consists of co-designing future scenarios, translating scenario narratives into simulation models of population distribution and land use/cover, and assessing and projecting ecological and socio-economic values of terrestrial and marine natural capitals and ecosystem services as well as inclusive well-being. Multiple key policy options were incorporated in each scenario to assess effectiveness and tradeoffs of different policy options through scenarios comparison.

In order to explore plausible ‘futures’ of Japan up-to 2050, four scenarios were identified as ‘natural capital-based compact society’(NC), ‘natural capital-based dispersed society’(ND), ‘produced capital-based compact society’ (PC) and ‘produced capital-based dispersed society’(PD), respectively. In a compact society with produced capital, for example, policies will be enhanced to promote increased imports of agricultural products and timber, centralised use of energy and heat, and horticulture driven by information and communication technology (ICT). On the other hand, in a dispersed society with natural capital, it is important to enhance policies to promote self-sufficiency in food and timber, and ecosystem-driven disaster risk reduction and management on abandoned arable land, among others.

A population distribution model and land use model were developed to correspond to the storylines of the four future scenarios at the national level. These models enable projection and estimation of the effectiveness of policies on terrestrial and marine natural capital and ecosystem services for each of the future scenarios.

Most terrestrial ecosystem services were projected to decrease by 2050 in all scenarios, but no such trend was seen when results were converted to per capita population values. Differences in trends between regions were often greater than differences between scenarios. Of the four scenarios, the PC scenario was notable for the frequently conspicuous variation in amount of change within a region. For rice yield and cultural services (camping, hiking, field education), the difference between natural capital-based and produced capital-based (NC/ND vs PC/PD) was often more important. Whereas, for timber production potential (Japanese cedar and Japanese cypress),

the difference between compact society and dispersed society (NC/PC vs ND/PD) was often more important.

National estimation of marine ecosystem services revealed substantial regional variation: western Japan leads in fish caught from coastal ecosystems excluding seaweed; Hokkaido has the largest catches overall; and leisure fishing is particularly active on the Pacific coast and in southern areas. Synergies or trade-offs among services also differ depending on the prefecture concerned.

According to the scenario analysis of marine ecosystem services on a national scale, most of the marine ecosystem services will follow a downtrend or remain unchanged regardless of the scenario adopted, except that the impact of disasters will be alleviated. However, a few local areas show an opposite trend: in an extreme case scenario, ecosystem services might even increase in the future. The study revealed a substantial impact of climate change on kelp seaweed beds in Northern Japan, with the possible loss of many existing species under a scenario supposing a significant rise in sea temperatures.

The future value of natural capital in Japan was projected using the four scenarios, and by using the inclusive wealth approach that considers the contribution to the well-being of present and future generations. As a result, the ND scenario maintains the highest value of terrestrial natural capital as of 2050 in both rural and urban areas. In addition, there is a greater potential for enhancing natural capital via the conversion of abandoned agricultural land into forests. Generally, it is implicated that promoting population dispersion can be one of the effective measures for conserving terrestrial and marine natural capital and achieving sustainability.