

Environment Research and Technology Development Fund

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

S15-1 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

(J P M E E R F 1 6 S 1 1 5 1 0)

平成28年度～令和2年度

Developing an integrated model of social-ecological systems and
the strengthening of the science-policy interface

〈研究代表機関〉

国立大学法人東京大学

〈研究分担機関〉

国際連合大学 サステイナビリティ高等研究所
国立研究開発法人国立環境研究所
公益財団法人地球環境戦略研究機関

〈研究協力機関〉

国立大学法人大阪大学

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. その他発表件数		
7. 国際共同研究等の状況		
8. 研究者略歴		
II. 成果の詳細		
II-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 （国立大学法人東京大学 未来ビジョン研究センター）	・・・・・・	20
要旨		
1. 研究開発目的		
2. 研究目標		
3. 研究開発内容		
4. 結果及び考察		
5. 研究目標の達成状況		
6. 引用文献		
II-2 将来シナリオ毎の基本フレーム分析 （国際連合大学）	・・・・・・・・・・	34
要旨		
1. 研究開発目的		
2. 研究目標		
3. 研究開発内容		
4. 結果及び考察		
5. 研究目標の達成状況		
6. 引用文献		
II-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 （国立研究開発法人国立環境研究所）	・・・・・・・・・・	49
要旨		

1. 研究開発目的
2. 研究目標
3. 研究開発内容
4. 結果及び考察
5. 研究目標の達成状況
6. 引用文献

II-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…………… 64
(公益財団法人地球環境戦略研究機関)

要旨

1. 研究開発目的
2. 研究目標
3. 研究開発内容
4. 結果及び考察
5. 研究目標の達成状況
6. 引用文献

III. 研究成果の発表状況の詳細 …………… 79

IV. 英文Abstract …………… 94

I. 成果の概要

課題名 S15-1 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

課題代表者名 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）

研究実施期間 平成28年度～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	63,649	63,649
平成 29 年度	63,649	63,649
平成 30 年度	60,467	60,467
令和 1 年度	63,649	63,649
令和 2 年度	63,649	63,649
合計額	315,063	315,063

本研究のキーワード シナリオ分析、人口動態、土地利用、気候変動影響、科学-政策インターフェース

研究体制

(サブテーマ1(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(国立大学法人東京大学 未来ビジョン研究センター)(体系的番号JPMEERF16S11501)

(サブテーマ1(2)) 将来シナリオ毎の基本フレーム分析(国際連合大学 サステナビリティ高等研究所)(体系的番号JPMEERF16S11502)

(サブテーマ1(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(国立研究開発法人国立環境研究所)(体系的番号JPMEERF16S11503)

(サブテーマ1(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(公益財団法人地球環境戦略研究機関)(体系的番号JPMEERF16S11504)

研究協力機関

国立大学法人大阪大学、佐渡市役所

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。2012年に設立された生物多様性及び生態系サービスに関する科学-政策政府間プラットフォーム(IPBES)は、こうした課題に取り組むための、生物多様性及び生態系サービスを科学的に評価する新たな枠組や手法を構築するとともに、科学的成果を諸政策につなげるためのインターフェースとしての役割を果たすことが期待されている。IPBESを積極的に支援する我が国としても、概念的枠組みの構築や、アジア・オセアニア地域の生物多様性及び生態系サービスに関する評価をはじめとして、IPBESの議論を先導し、生物多様性条約のポスト2020生物多様性枠組みに対して有益な科学的成果を世界に発信することが求められている。

地球環境の変化に関しては、気候変動、自然災害の激甚化、海洋の酸性化等が進行しており、それが生物多様性・生態系にも大きな影響を及ぼしている。気候変動への適応策と生物多様性・生態系の保全・再生を結び付

け、地域社会が地球環境の変化に対してレジリエンスを高めるための対策を講じることが急務である。一方、アジア地域では、社会経済の変化により農業開発や都市化が進行し、生物多様性・生態系の劣化が進む地域がある一方で、我が国のように、人口減少・高齢化に伴う過疎化、森林・農地の荒廃等の土地利用変化による生物多様性・生態系の劣化が問題となっている地域もある。これは、人間と自然の相互作用である社会・生態システムの長期的・中期的変化が生物多様性・生態系に大きく影響を及ぼしていることを意味しており、その動態の解明と科学的知見の蓄積を進めつつ、将来見込まれる課題解決に向けた科学-政策インターフェースの強化を図ることが強く求められている。

2. 研究開発目的

IPBES、IPCC 等の分析概念枠組み、生物多様性条約(CBD)のポスト2020生物多様性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統合化モデルの構築を行う。さらに、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。

3. 研究目標

全体目標	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、将来シナリオ構築と自然資本・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つつ、世界、アジア地域及び日本国内の科学-政策インターフェースを強化するための要因分析とそれに基づく政策提言をする。
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
目標	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によるシナリオ分析を促進する。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図り、将来の社会経済の変化が生態系サービスの供給に与える影響を明らかにするとともに、自然資本や生態系サービスの保全、持続的な利用を促す政策を提言する。
サブテーマ2	将来シナリオ毎の基本フレーム分析
サブテーマリーダー/所属機関	齊藤修・福士謙介/国際連合大学
目標	サブテーマ1で構築される複数の将来シナリオのストーリーライン(定性的な叙述)に応じた人口動態、土地利用の2050年までの変化を予測するモデルを構築し、プロジェクト全体で共通の基本フレーム(人口・土地利用)として検証可能な手続きのもとで提示する。人口予

	測に基づき、代表的な生態系サービス(農産物・海産物)の将来的な需要の評価を行うとともに、土地利用予測から生態系サービスの供給力の評価を行い、需給ギャップ分析の方法論と分析結果を提示する。
--	---

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
サブテーマリーダー/所属機関	亀山康子/国立研究開発法人国立環境研究所
目標	国内での地域ごとの気候変動影響(降雨量や気温等)に関するモデルのデータをS15内全サブテーマに公開して生態系影響評価に活用してもらうとともに、気候変動緩和策、適応策、生態系保全策間でのトレードオフとシナジーを示す。また、トレードオフが特に懸念される再生可能エネルギー普及と生態系保全の関係を分析し、両立に有効となりうる政策を提案する。

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
サブテーマリーダー/所属機関	松下和夫/公益財団法人地球環境戦略研究機関
目標	世界、アジア地域及び日本国内の自然資本・生態系サービスに関する科学-政策インターフェース(SPI)の実証研究の成果に基づき、それぞれのレベルのSPIを強化し、生物多様性の主流化を促進するための政策提言をする。また、S-15全体の研究成果をアジア各国の政府に紹介し、各国の国別アセスメント等への活用を促す。

4. 研究開発内容

【サブテーマ1(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

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。これと同時に、サブテーマ1(2)と共にシナリオ分析やモデルのデータ受け渡しに必要なシナリオワーキンググループ(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・佐渡において土地利用・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)】将来シナリオ毎の基本フレーム分析

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。また事例サイトを対象とした将来シナリオ分析に関しては、地域スケールで高解像度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、能登半島を含む石川県及び北海道別寒辺牛流域を対象にシナリオ分析を行った。

後半においては、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定量的な推計を行った。更に、本プロジェクトで開発した社会-生態システムの統合予測評価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ターベイエリア(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。さらに科学-政策

インターフェースを強化するため、生物多様性と生態系サービスに関する7つの行政文書から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)】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

研究開発期間であった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、その中でも特に再生可能エネルギー拡充について検討を進めた。具体的には以下の6項目となる。

- ① 気候シナリオに関する情報収集
- ② 気候変動を考慮した日本全国スケールの土地利用変化モデル
- ③ 気候変動に対する生態系サービス評価ツール
- ④ 気候変動緩和策が生態系に及ぼす影響に関する検討
- ⑤ 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
- ⑥ 再生可能エネルギー普及と生態系保全との両立するための政策検討

【サブテーマ1(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

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、これに基づいて国内、国際及び各国のSPIの研究を行った。また一連のSPI研究の成果を含むS-15全体の研究成果を国内自治体に紹介するワークショップを実施したほか、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。具体的には以下の4項目が含まれる:

- ① SPI研究の枠組・方法論の整理とスコーピング
- ② 日本国内のローカルSPI研究:生物多様性地域戦略の自治体アンケート調査、佐渡の事例研究、自治体向け Policy Briefとワークショップ(全テーマと連携)
- ③ 国際・各国のSPI研究:IPBES評価報告書SPMの総会発言記録分析、世界各国のCBD/IPBES交渉団への質問調査
- ④ アジア展開:アジアワークショップ、アジア各国のSPI現状調査、アジア各国での統合モデルの事例研究(1(2)、2(3)、4(2)と連携)

5. 研究成果

5-1. 成果の概要

【サブテーマ1(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

情報プラットフォームについては、研究開発中はテーマ間のデータ共有サーバーの運用やシナリオWG、モデリングWG、能登・佐渡WGの運営によるデータの共有やモデルの統合化を進めた。また、情報プラットフォームのうち、一般公開する部分について、国・地方公共団体の行政職員及び企業関係者等にインタビュー調査を行い、現実の政策と関連した予測評価の重要性や自治体でも活用できるようなデータベースの整備を進め、生物多様性・生態系サービスに関する国内外での政策や生態系サービスの評価を用いた政策立案に関する事例を収集・整理して、情報プラットフォームに掲載した(<http://pances.net/top/jirei/>)。また、S15で開発した4つのシナリオについて、シナリオ別の人口予測、土地利用予測、供給サービス予測(2項目)、沿岸域環境要因(6項目)、ならびに統合指標としてのエコロジカルフットプリントに注目し、全国レベルの三次メッシュで評価し、情報プラットフォームに掲載し一般公開した。なおプロジェクト完了後は情報プラットフォームの運用を国立環境研究所に移管し、一般公開を継続する予定である。移管先のURLは<https://www.nies.go.jp/pances/documents/#map>である。

情報プラットフォームの整備と並行して、レベルにおける社会・生態システムの統合モデル開発に向けたテーマ間のコーディネーションを行った。テーマ横断的なシナリオ分析とモデリングに関するワーキンググループ(シナリオWG、モデリングWG)を立ち上げ、自然資本や生態系サービスなどプロジェクトの核となる概念の整理、各テ

マによる評価項目の一覧表の作成、優先的に評価すべき生態系サービスの抽出、データの時間・空間解像度の整理、シナリオからのデータ受け渡し、優先的に評価すべきシナリオや生態系サービスの絞り込みを行い、4つのテーマが有機的に連動するような研究推進を図った(図1.1)。なお、将来シナリオ作成についても、テーマ横断的なワーキンググループ(シナリオWG)を立ち上げて、各種行政計画のレビュー、行政担当者へのインタビュー、Webサーベイを用いたデルファイ分析を組み合わせてシナリオ軸法による4つの将来シナリオを構築した。将来シナリオは、人口分布(分散—集中)、自然資本の利活用(国内の自然資本活用—人工資本・海外の自然資本活用)の二軸で構成される。

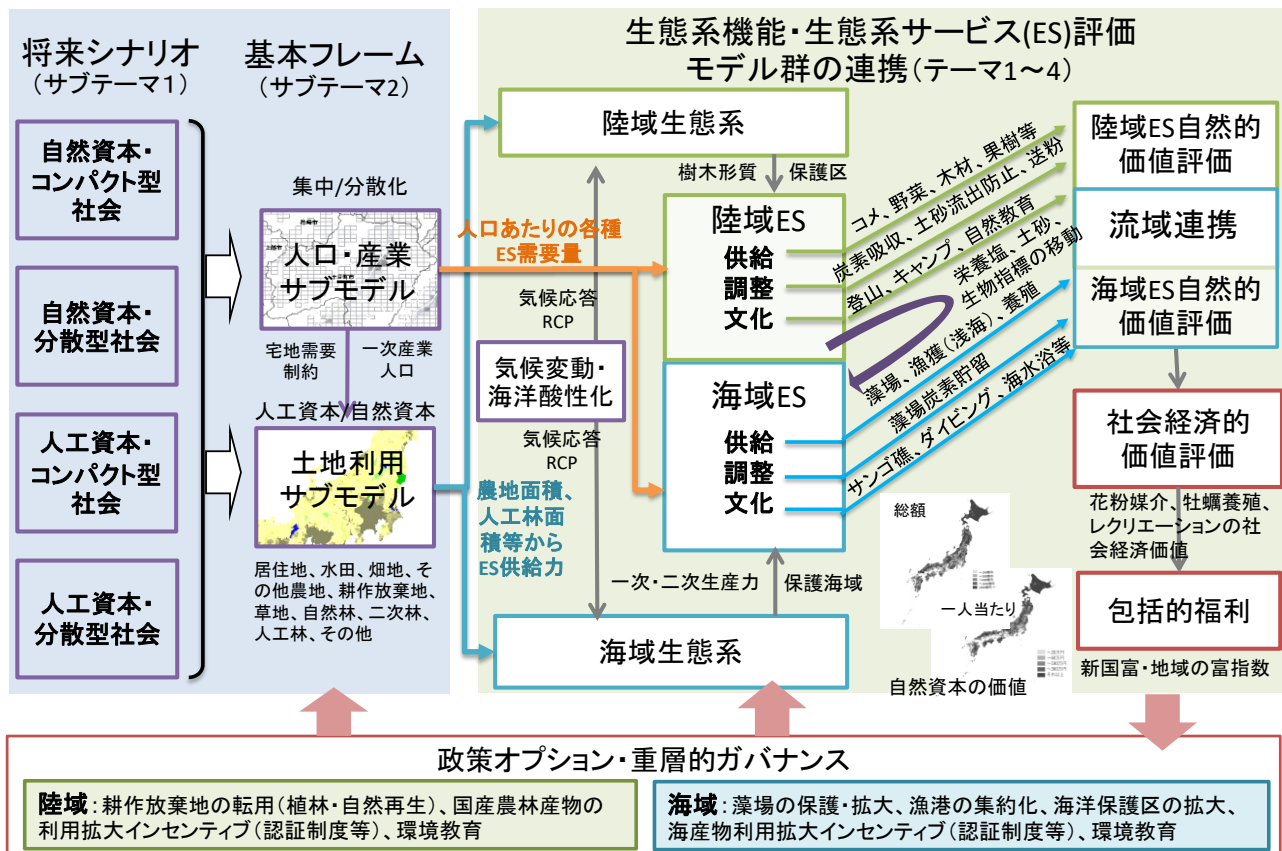


図1.1 本研究プロジェクトで構築した社会・生態システムの統合モデルの概要

また、国レベルでの将来シナリオ分析と並行してより詳細な分析を実施する事例地域の一つである能登・佐渡地域についてシナリオ分析を手動した。能登地域については、国レベルで作成した4つの将来シナリオをトップダウン的に適用し、Land Change Modelerを用いた土地利用シミュレーションと生態系サービス評価モデルのデファクト・スタンダードであるInVESTをカップリングした評価を行った(図0.1)。佐渡地域においては、佐渡市と研究連携協定を交わした上で、さまざまなステークホルダーが参加する参加型シナリオワークショップを行い、最終的に6つの将来シナリオを作成した。また、作成したシナリオを、空間計量経済分析モデル、InVESTを含む生態系サービス評価モデル等のモデルを複数組み合わせることで定量化した。

一連の本研究開発を通じて、とりわけ陸域において、陸域については人口動態や国外から供給される供給サービスの需要の変化を通じて土地利用・被覆に大きな影響を与えること、調整サービスの水準はその様な供給サービスの提供に従属的に左右されること、文化的サービスの享受は人口分布の変化に影響を受けやすいことなど、複雑に絡み合う社会—生態システムに対する理解が深まった。これら知見は、環境省による生物多様性及び生態系サービスの総合評価(JBO3)におけるシナリオ分析の他、環境省を中心とした次期生物多様性国家戦略や農林水産省による農林水産生物多様性戦略の見直しにも活用された。

また、この他にも、生態系サービス評価の高度化や生態系サービスが人間の福利に及ぼす影響について以下のような追加的な研究を行った。

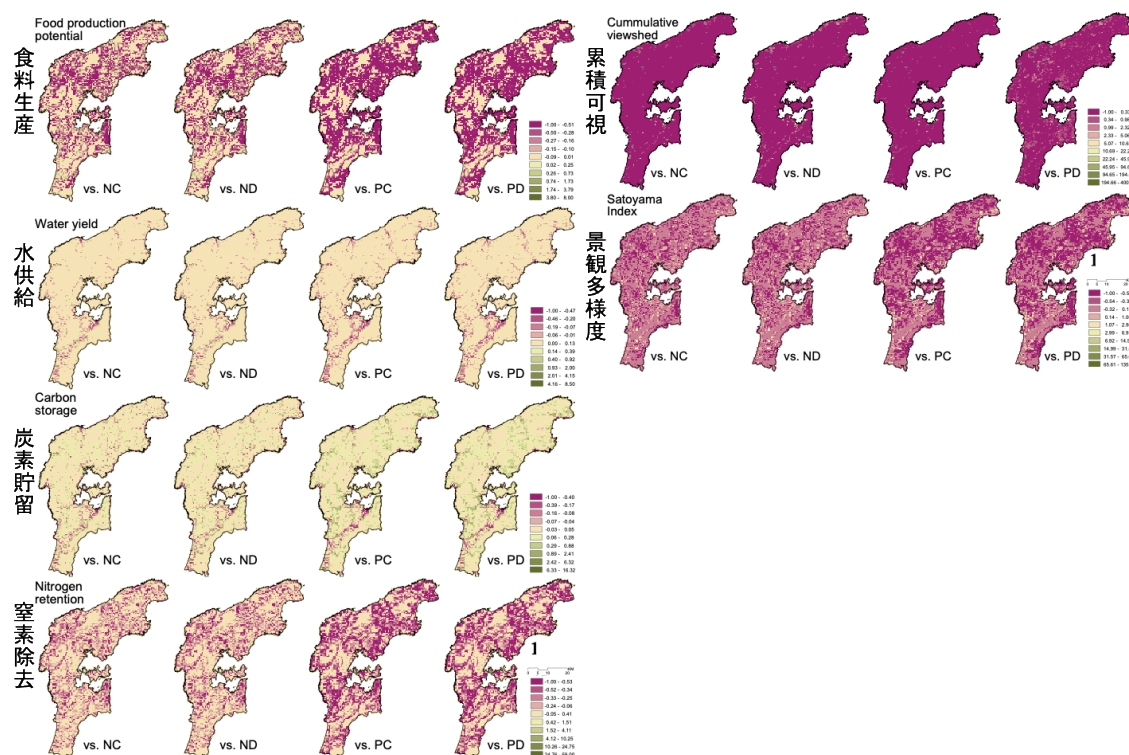


図0.1 事例サイトの一つ能登地域における社会・生態システムのシナリオ分析結果。緑色は2050年にかけて生態系サービスや景観多用度が向上するメッシュ(500m解像度)、赤色は逆に低下する場所を表す。

①地域循環共生圏の適正規模の解析

環境省からの要請に応じて、本地域を対象として地域循環共生圏の適正な空間スケールの検討を進めた。能登地域の未利用の木質バイオマスによる熱供給の需給バランスを、S15の4つのシナリオ別に、現市町村界、旧村界、流域界の3種類について、LCCO₂分析の手法を用いて検討した。その結果、自然資本活用型社会シナリオではバイオマス熱エネルギーの充足率およびCO₂の排出削減率が人工資本活用型社会シナリオより大きいこと、同一シナリオにおいては現在の市町村を単位とする循環よりも、旧村や流域圏を単位とした循環の方が向上することが明らかになった。また、自然資本活用型社会においては、林地残材からのバイオマス資源の供給ポテンシャルが高く、一般世帯や公共施設、ホテル・宿泊施設に加え、工場等にまで供給する余力を持つことが示された。

②文化的サービスの重要度分析

ベスト・ワースト・スケーリング手法を用いて、今後優先的に評価すべき文化的サービスについて検討した。ここでは、「精神的・宗教的な繋がり」「レクリエーション」「景観」「教育とインスピレーション」「社会的な連帯と場所の感覚」「文化的多様性」「存在・遺産価値」の7つを評価項目とした。Webアンケート調査で取得したデータを、多項ロジットモデル、ランダム・パラメーターモデル、潜在クラスモデル分析等を用いて解析した結果、全国における文化的サービスの評価においては、「景観」および「存在・遺産価値」を重視すべきであると結論づけられた。

③森林環境と医療費に関する分析

緑地や森林との触れ合いが身体的・精神的健康に及ぼす貢献を明らかにするべく、国内の都道府県を対象に、森林環境(総面積、植生分類毎(針葉樹林・広葉樹林・混交林など)面積、森林と都市の近接性、等を考慮)と一人あたり医療費の関係について、クロスセクション間の相関を考慮したパネル共和分という手法を用いて解析した。その結果、混交林の面積および都市と森林の近接性が一人あたり医療費と長期的に負の関係を持つことが明らかになった。この研究結果は、針葉樹林の広葉樹林化や混交林化、耕作放棄地等の自然再生の重要性を示唆するものであり、人口減少や国土の低未利用地化が進む我が国において重要な政策的示唆を有する。

【サブテーマ1(2)】将来シナリオ毎の基本フレーム分析

①将来シナリオ毎の人口・土地利用の予測

コンパクト型および分散型シナリオにおける将来人口分布予測の結果、両シナリオにおける 2050 年の人口分布や年齢構成が図 2.2 の通り示された。人々の集住がより強く進むコンパクト型シナリオでは、居住者がいなくなる無居住化エリアが現状維持シナリオ(BAU)に比べて約 3 割増加する結果となり、分散型シナリオでは無居住化エリアが BAU に比べて 5 割以下に減少することが明らかとなった。土地利用の将来シナリオ分析の全体的な結果として(図 2.3)、自然資本型シナリオ(NC・ND)では BAU よりも農地の被覆割合が数 % 増加したのに対し、人工資本・コンパクト型シナリオでは約 0.8%の減少がみられる結果となった。関連して、草地と耕作放棄地の被覆割合は人工資本・コンパクト型シナリオで約 3%増加し、自然資本・分散型シナリオで約 3%減少することが予測された。森林については、BAU と比した二次林の増加と人工林の減少は 4 シナリオ全てに見られた。また、基本フレームの拡張として、各都道府県別の関係人口を定量的に推計した結果、また他地域から各都道府県へ“来る”関係人口は、東京都の最多 912 万人から鳥取県の最少 19 万人の間で分布する結果が得られ、各地域の自然資本の管理を担う主体としてのポテンシャルを示すことができた。

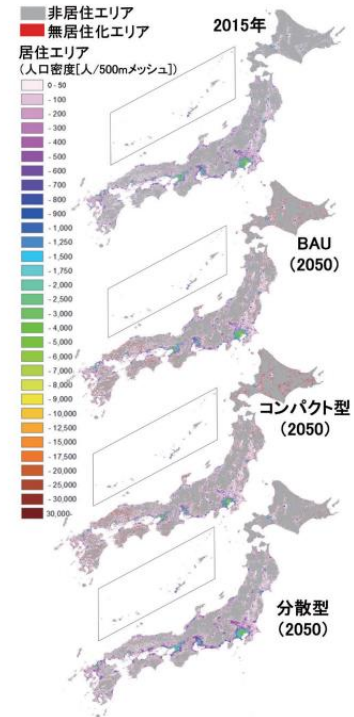


図 2.2 シナリオ別人口分布予測

②生態系サービスの需給ギャップ分析

全国将来シナリオに連動した生態系サービスの需要と供給のギャップ分析を、コメの供給サービスを対象に試みた結果、自然資本・分散型社会シナリオの方が、人工資本・コンパクト型社会シナリオよりもコメ消費量および生産量ランキングのギャップが小さい自治体数が増えることが示された。さらに、コメ需要が供給量を大幅に超過することで影響を受ける可能性がある人口は自然資本・分散型社会シナリオで最も少なくな

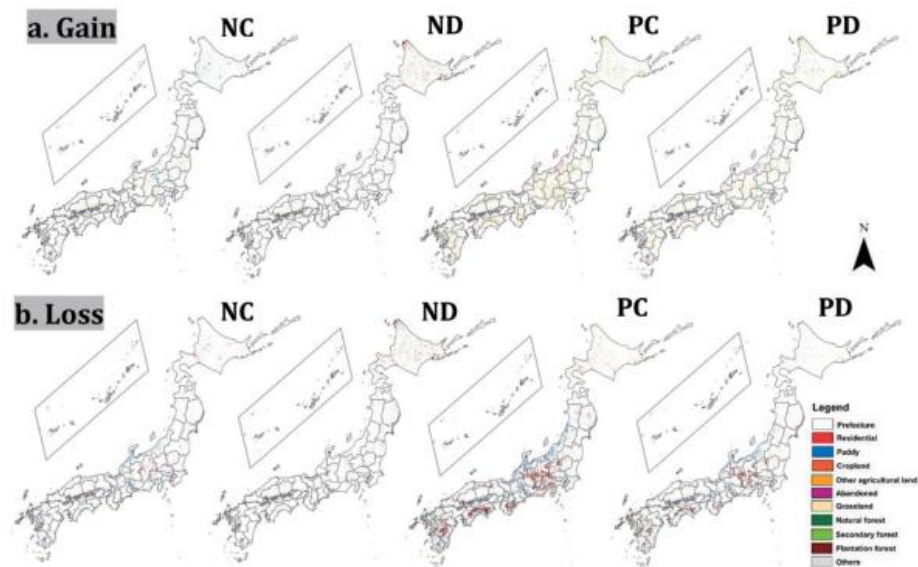


図 2.3 シナリオ別の土地利用変化(各土地利用の a) 増加、b) 消失を示す。)

NC: 自然資本・コンパクト, ND: 自然資本・分散, PC: 人工資本・コンパクト, PD: 人工資本・分散

り、需給ギャップが改善されることが示唆された(図2.8 A)。また、需給ギャップが発生することで影響を受ける人口は、207生活圏を地域循環共生圏とした場合の方が少なかった(図2.8 B)。

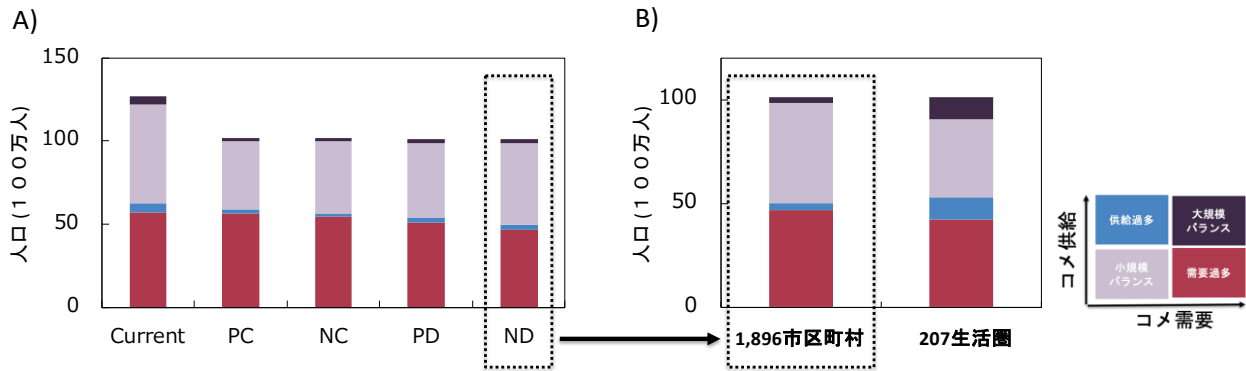


図2.8 大規模・小規模バランス、供給過多、需要過多の4クラス別の人口

A) 現在と2050年の市区町村単位での将来シナリオ別の推計結果、b) 2050年の自然資本・分散型社会の、異なる地域循環共生圏の圏域（市区町村または207生活圏）での人口の比較（宮本ほか 2020）
 Current：現在、PC：人工資本・コンパクト型社会、NC：自然資本・コンパクト型社会、PD：人工資本・分散型社会、ND：自然資本・分散型社会

③事例サイトにおける高空間解像度のシナリオ分析

事例研究サイトの一つである石川県では、人為的かく乱要素である主伐及び間伐面積率と耕作放棄地率から作成した4つの里山管理シナリオで100年間の植生の遷移を50m解像度で予測し、景観の多様性の推移や地上部バイオマス量を評価した。特に耕作放棄速度の違いが大きく結果に影響した。耕作放棄の進展とともに二次林が拡大して均質な土地利用が形成されてM-SI値が減少したが、耕作地の管理を継続したシナリオでは景観の多様性が保たれることが明らかとなった。また、北海道別寒辺牛流域を対象としたLANDIS-IIモデルによる運用性評価では、より具体的なシナリオ別の人口データを入力値として試算した結果、土地被覆、地上部バイオマス、木材及び牧草地生産量、炭素吸収量においてシナリオ別の変化が明らかとなった(図2.10)。人口分布は、放棄された牧草地の空間分布と管理された牧草地の分断化を招き、活用する資本に関する仮定は生態系サービスの結果に大きく影響を与えた。LANDIS-IIモデルを用いたプロセスベースのシナリオ分析手法は、生物多様性の第2の危機である過小利用が引き起こす自然資本と生態系サービスへの影響を社会的要因と生態学的プロセスを考慮して予測評価することができるため、人口減少社会での意思決定と持続可能性のデザインに貢献することができることが示された。

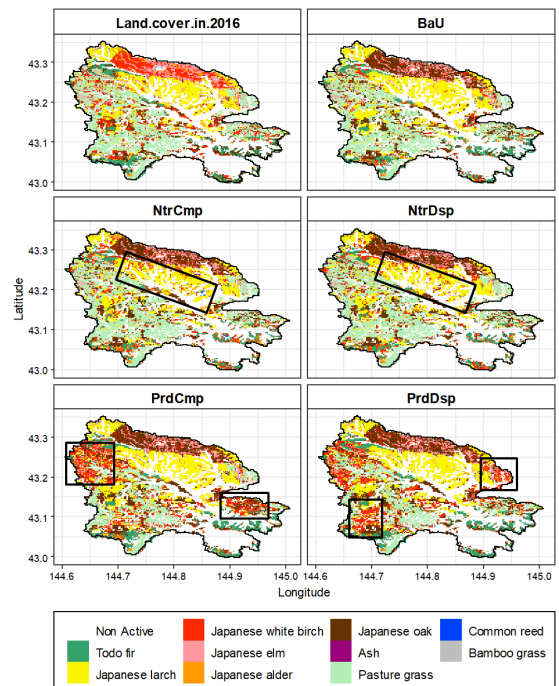


図 2.10 LANDIS-II モデルによる事例サイト（別寒辺牛）での運用性評価

④統合モデルの海外適用

海外展開事例の主な結果として、バンラデシュのチャトグラム首都圏(CMA)においては、都市の急速な開発活動によりすべての土地被覆割合が大きく変化していることが明らかとなった。こうした土地利用データや人口センサス、マスタープランなどを参照しながら議論されたCMAの課題と可能性に基づき、投票によりシナリオを形成する2軸が選択された。その結果、採用された2軸は「人工資本と自然資本どちらを活用するか」および「生態系を積極的に管理(生態系の回復優先)するか消極的(経済発展を優先)に管理するか」

であった。CMAの都市計画においてはこれまで都市の成長に重点が置かれていたが、本ワークショップ及び作成されたシナリオは、CMAにおける土地利用および植生の変化を可視化する等、CMAの発展に対して持続可能性から新たな認識を提供できた。

また中国グレーターベイエリア地域に対して本プロジェクトの方法論を応用し、ローカライズドSSPシナリオに基づいて、土地利用予測モデルによって予測された土地利用分布マップが図2.13である。グレーターベイエリア全体で開発圧力が高い地域や、特に香港では西部の沿岸域の将来がシナリオによってかなり状況が異なることが空間明示的に示された。またいずれのシナリオにおいてもエコロジカルフットプリントは各地域のバイオキャパシティを超過する傾向が見られ、食生活などのライフスタイルや土地利用開発方針など間接要因・直接要因を通貫する社会変革に向けた政策提言につながる成果が得られた。

さらにオンラインで開催したモデリングトレーニングセミナーには、日本やフィリピン、インドネシアなどのアジア太平洋地域やアフリカ大陸から約100名が参加し、参加者へのアンケートの結果、全体を通しての満足度が高く、個別のモデルの解説に対しても高評価であった。

⑤政策オプションの包括的インベントリと政策支援ツールの開発

科学-政策インターフェース強化の一環である政策支援ツールの開発については、政策オプションの行政文書からの網羅的な抽出により、延べ1,467施策(国家戦略:857施策, JSSA:66施策, JB0:139施策, JB02:185施策, PANCES:25施策, MBSAP:28施策, BPOP:167施策)が抽出され、施策対象の空間スケール、実施主体、政策担当部局、政策の種類、生態系区分、生態系サービス等の属性データが付与されたインベントリが整備された。また本プロジェクトに参画する専門家を対象とした政策オプションの優先度アンケート調査の結果、陸域では環境保全型農業の促進、耕作放棄地の転用(自然再生)、生態系を活用した防災・減災など、海域では藻場の保護・拡大、サンゴ礁生態系の保全・再生、砂浜・自然海岸の再生、海洋保護区の拡大などが優先度が高いものとして評価された。

【サブテーマ1(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

気候シナリオに関する情報収集に関しては、IPCC第5次評価報告書(AR5)で用いられた気候シナリオ3ないし4つのRCP(Representative Concentration Pathways:代表的濃度経路)に基づいた気候シナリオを収集し、その中で1kmメッシュ単位に統計的にダウンスケーリング可能な気候モデル(GCM)について情報を整理した(表3.1)。その結果、世界中で用いられている気候モデルのうち26モデルで整備可能であることがわかった。これらのモデルではRCP2.6、4.5、8.5を整備することが可能で、一部でRCP6.0についても整備可能と判明した。上記の26モデルすべてについてそれぞれ気候値の計算結果を収集した。対象とした気候値は気温および降雨量で、それぞれ日あるいは月単位で集計した。これらの気候シナリオを、他のサブテーマ・テーマが実施する生態系への気候変動影響評価の前提条件として必要な将来気候シナリオとして提供した。これらのデータは、S15参画者全員が使えるよう体裁を整えてサーバーにアップした。

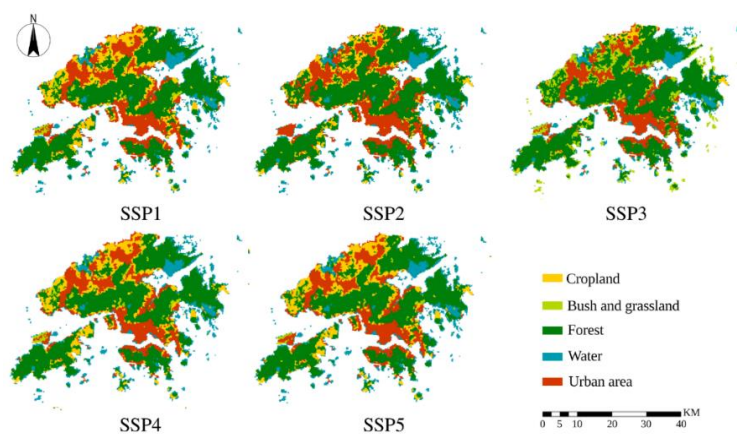


図 2.13 2030年のローカライズドSSPシナリオでの香港の土地利用分布マップ

気候変動を考慮した日本全国スケールの土地利用変化モデルに関しては、気候変動を考慮するための、日本全国スケールの土地利用変化モデルを作成した。人口変動のみを考慮した土地利用変化モデルでは、水田・その他農地・森林・建物用地は2050年にかけて減少すると予測され、一方、荒地とその他人工物用地は増加すると予測された。また、構築したモデルを用い、各土地利用タイプについて2100年まで土地利用変化の予測を行った。分析対象とした6つの土地利用のうち、その他農地・森林・荒地でRCP間に違いがあることがわかった。また、その他農地に関してはRCP2.6では面積が減少すると予測されたが、RCP8.5では増加に転じることが予測された。作物の潜在適地への気候変動の影響を分析した先行研究は、温暖化に伴い中・高緯度地帯では適地面積が増加することが予測されており本研究の結果はこれらと一致する。

表3.1 本研究で収集した気候モデル(GCM)の一部

時間解像度	期間	RCP	気候パラメータ	GCM
日単位	1950-2005		降水量 最高気温 最低気温 平均気温	CSIRO-Mk3-6-0 GFDL-CM3 HadGEM2-ES MIROC5 MRI-CGCM3
	2026-2050	2.6 8.5	降水量 最高気温 最低気温 平均気温	CSIRO-Mk3-6-0 GFDL-CM3 HadGEM2-ES MIROC5 MRI-CGCM3
月単位	1950-2005		降水量 最高気温 最低気温 平均気温	CSIRO-Mk3-6-0 GFDL-CM3 HadGEM2-ES MIROC5 MRI-CGCM3
	2026-2050	2.6 8.5	降水量 最高気温 最低気温 平均気温	CSIRO-Mk3-6-0 GFDL-CM3 HadGEM2-ES MIROC5 MRI-CGCM3

気候変動に対する生態系サービス評価ツールを試作した。ここでは、土地利用や人口分布、気候変動の将来予測は並列的に進行中のモデル開発とともに更新され、従ってそれらのデータの頻繁な更新は避けられない。この更新は単なる精度向上だけでなく、概念的な変化を含む場合がある(例えば研究上必要と見なされ追加される土地利用の分類など)。また、より詳細で解像度の高い結果が必要な場合は、存外のシステム変更が必要であったりする。従来のようにモデルで計算した結果をスナップショットとして画像で提供するよりも更新に応じ自動計算され結果が随時提供されるシステムの方が専門的な分析の場面だけでなく、一般向けに結果を提示する場面でも訴求力が高い。本研究で使用したセマンティックモデリングツール(k.LAB)はこの要求に容易に答えられるシステムである。今後は生態系サービスの評価により詳細なモデルを使用する事を検討する必要がある。これにより、サービス評価の予測精度の向上も見込まれる。

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」と「気候変動の影響への適応計画」の「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、メガソーラー発電所の多くは森林を伐採し開発されていることを明らかにした。メガソーラー発電所開発に伴う土地改変量を土地利用タイプ別にみると、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(図3.8)。また、地域別に詳しくみると関東や九州沖縄地方で改変量が特に大きいことが明らかになった。

次に土地改変に伴う生態系サービスの変化量の分析結果を示す(図3.9)。本プロジェクトでは生態系サービスとして木材供給・炭素貯留・流出特性を対象に変化量を解析したが、いずれも土地利用改変量が大きかった森林で生態系サービスの変化量が大きかった。すなわち、森林を伐採し、メガソーラー発電所を設置することで生態

系サービスが消失していることが示唆された。今後のメガソーラー発電所の開発では上記の研究成果などを基に生態系への負荷を考慮した適切な開発が望まれる。

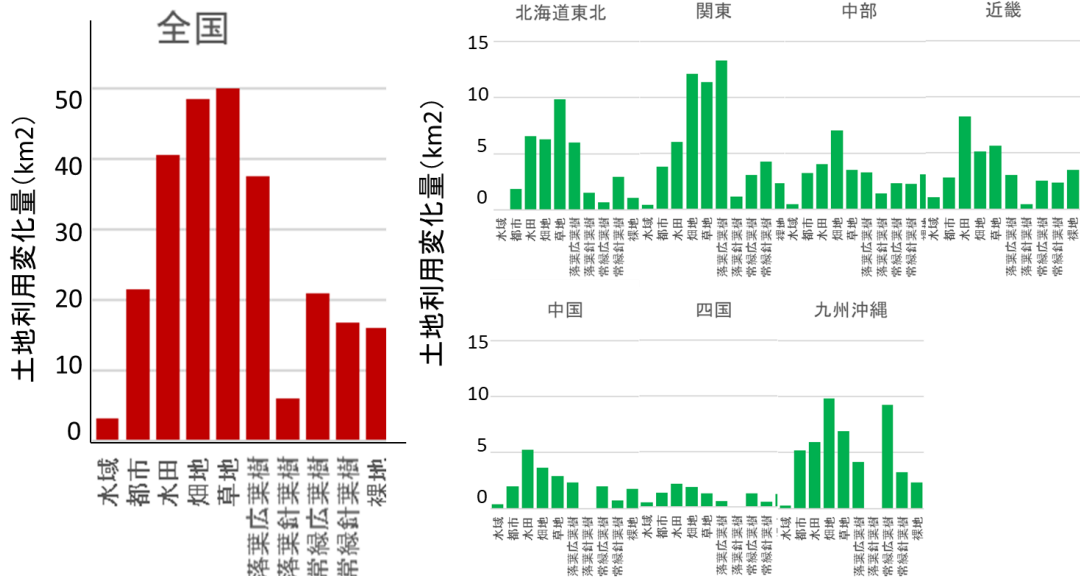


図3.8 メガソーラー発電所開発に伴う土地改変量

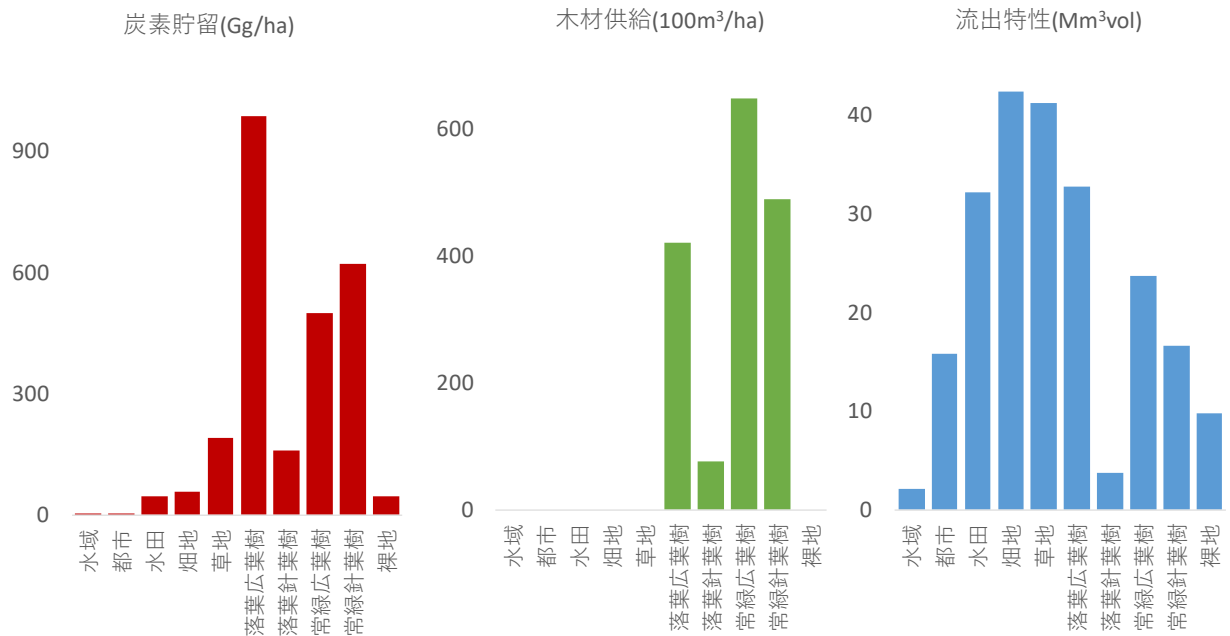


図3.9 メガソーラー発電所開発に伴う生態系サービス区分と土地利用区分

再生可能エネルギー普及と生態系保全との両立するための政策検討を行った。国レベルではメガソーラーを環境アセスメントの対象に含める議論を進め、本研究期間中に法制化された。またこれと並行して、多くの自治体では独自の規制を条例等で導入した。自治体による太陽光発電設備等の設置を規制する単独条例は、2021年4月1日時点で149条例を数えるがその大半が市町村レベルとなっている。その多くが「抑制地域」あるいは「禁止区域」を設定し、その中での比較的規模の大きな太陽光発電施設の設置を抑制あるいは禁止しているという意味でゾーニングの考え方が進んでいる。ゾーニング対象地域の選定時における基準を国レベルで定める必要がある。その他、国全体で生態系を保全しながら脱炭素社会を実現するための方策として、メガソーラー以外の太陽光発電設備の優遇、太陽光以外の再生可能エネルギーの普及、エネルギーの熱利用を含めた脱炭素都市計

画、森林の利活用と保全、が挙げられた。

【サブテーマ1(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

科学-政策インターフェース(SPI)の定義づけや研究蓄積が不十分な中、SPIの構成要素とその効果の関係について、多様なSPIを対象に実証研究を実施、SPIについての新しい発見、SPI強化のための具体的な政策示唆が得られた。また、これらの成果を含むS-15全体の成果をもとに自治体向けの地域戦略ポリシーブリーフの出版、ワークショップの実施により、自治体による地域戦略等への研究成果の活用を支援した。さらに、北東・東南アジア諸国政府向けワークショップの開催によりS-15の成果を各国に共有した他、シナリオとモデル、文化的生態系サービス評価、伝統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研究により統合モデルのアジア展開の可能性を検証し、各国の国別アセスメントに貢献した。以下に、①SPI研究の枠組・方法論の整理とスコーピング、②日本国内のローカルSPI研究、③国際・各国のSPI研究、④アジア展開の各研究コンポーネントについて成果の概要を記載する。

①SPI研究の枠組・方法論の整理とスコーピング

本サブテーマに通底するSPIの定義と分析枠組を、EUのSPIRALプロジェクトを参照して整理した。SPIを「科学者や政策決定者等の関係者の接点となり、コミュニケーションやアイデアの共有等によって政策、意思決定の過程や研究をよりよいものにするためのしくみ」(Young, Watt, & the SPIRAL project team, 2013, p5)と定義し、SPIの目標、組織体制、プロセス及びアウトプットという4つの要素からSPIを捉えて、これがいかに政策改善等のアウトカムを生むのか、SPIが効果的にアウトカムを生むための4要件(credibility(科学的信頼性)、relevance(政策関連性)、legitimacy(正当性)、iterativity(反復性))をどう満たしているのか分析することとした(図4.1)。この枠組に基づいて生物多様性と生態系サービスに係るSPIの既往研究96論文のメタ分析を行った結果、既往のSPI研究が能力構築、信頼関係づくり、順応性及び継続性といったSPIの特徴に注目していること、ならびに研究の地理分布をみるとヨーロッパ地域や国際枠組に係る研究が多く、他の地域ではSPI研究はもとよりSPIという概念の認知も低いことが明らかになった。



図4.1 SPIの分析枠組

出典：Young et al. (2013a)等を参考に作成

②日本国内のローカルSPI研究

生物多様性地域戦略に関する全国基礎自治体アンケート調査では、地域戦略策定済み70自治体のうち66自治体から回答が得られた。この統計解析から、組織体制、プロセス、アウトプットに関する取組が全体的に充実することで、関連情報についての職員と委員の理解共有が進み、その地域戦略への活用が進むことが示された。また、地域戦略策定委員会、勉強会、地域拠点の整備、独自調査、モデル事業やパブコメ・レビューといった取組が知識の蓄積や地域戦略への活用に寄与していること、ならびに地方自治体の複数の部門が地域戦略策定に参加することで多様な生態系サービスが幅広く地域戦略に記載される傾向があることがわかった。佐渡市の地域戦略の事例研究では、「朱鷺と暮らす郷づくり認証米」制度の策定・普及過程のイノベーション・ヒストリー分析により、近年国際枠組や国家戦略の議論でも注目されているトランスフォーマティブ・チェンジの実践に地域戦略が果たし得る役割が示された。さらに、上記の地域戦略研究の結果を含むS-15全体の研究結果を自治体向けに紹介するポリシーブリーフ(政策提言)No.5の制作と、この内容に基づく自治体向けのオンラインワークショップを実施し、ポスト2020年生物多様性国際枠組と生物多様性国家戦略改定に向けた議論を背景に今後の自治体の地域戦略の策定・改定に向けた議論を深めた。

③国際・各国のSPI研究

IPBESアジア・オセアニア地域評価SPM及び地球規模評価報告書SPMの総会審議における各国の発言記録の比較分析からは、グローバルアセスメントの政策関連性と正当性を高める上で、異なる地域の国が十分に影響

力行使するための能力強化の必要性、ならびにグローバルアセスメントでは影響力が弱い地域・準地域諸国の影響力やオーナーシップを高めるために地域アセスメントが果たした役割が明らかになった。生物多様性条約(CBD)やIPBESの交渉の国代表74か国95名への聞き取り調査の結果、SPIには多様なメカニズムがあり、これらのメカニズムは全般的に効果的で改善傾向にあり、伝達される情報の質も高いと評価されているが、科学と政策との連携が依然十分ではないという問題意識を持っていることが明らかになった。

④アジア展開

本研究(S-15)の成果の発信及びアジア各国のSPIに関する経験を共有するための「アジアSPIワークショップ」を開催した。これには北東・東南アジア10か国(カンボジア、中国、インドネシア、韓国、マレーシア、モンゴル、ミャンマー、フィリピン、タイ、東ティモール、ベトナム)から35名のIPBES又はCBD国別フォーカルポイント等が参加、国別アセスメントの実施と政策提言における課題と機会、及び各国のSPI強化に有用なPANCESの研究成果について主に議論した結果、各国のSPIの課題や国別アセスメント実施に向けたS-15の成果への関心等が明らかになった。アジア各国のSPI研究では、気候変動枠組条約下で各国が設定する森林参照排出レベル(FREL)に係るSPI及びインドネシア国家生物多様性戦略行動計画(INSAP)の事例研究から、各国のSPIの有効性要件の充足度や課題が明らかになり、今後の改善に向けた方向性が示された。さらに、フィリピンではオープンな地理空間データを用いた高解像度都市変化モデリング研究、インドでは文化的生態系サービスの空間特性評価、持続可能な土地利用に伝統地域知が果たす役割の分析を行い、こうした統合モデルの方法論や要素がアジア諸国でも実践可能であることが示された。上記のイベントや研究の結果、総体として、アジア地域の複数の国にとって、特に国別の生物多様性・生態系サービスに関するアセスメントのために本研究(S-15)の成果や経験が有用であること、各国におけるSPIの重要性と課題、ならびにS-15が全体で取組んだ統合モデルの要素技術・方法論がアジア地域の他国でも応用可能であることが明らかになった。

5-2. 環境政策等への貢献

<行政等が既に活用した成果>

【サブテーマ1(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

社会・生態システムの統合モデルの開発のためのテーマ横断的なシナリオワーキンググループ(WG)、モデリングWG、能登・佐渡WGの運営や情報プラットフォームの構築を通じて、統合モデルの開発やシナリオ分析を促進するとともに、環境省による生物多様性及び生態系サービスの総合評価(JBO3)や次期生物多様性国家戦略の検討(サブテーマ1(1)分担者が委員として参加、情報提供)、農林水産省による農林水産生物多様性戦略の見直し(サブテーマ1(1)分担者が副座長として参加)に貢献した。

【サブテーマ1(2)】将来シナリオ毎の基本フレーム分析

サブテーマ1(2)が行った将来シナリオ毎の人口・土地利用の予測評価の結果は、環境省による生物多様性及び生態系サービスの総合評価(JBO3)における将来シナリオ分析に引用されて記載されたほか、環境省を中心とした次期生物多様性国家戦略の検討会資料としても活用された。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と世界自然保全モニタリングセンター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参加し、本サブテーマを含むS-15の研究成果を北東アジアの研究者・政策決定者に還元した。

【サブテーマ1(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

ダウンスケーリングしたシナリオごとの気候モデル(GCM)データを整備し、他の本課題参画者に共有したことで、間接的に環境政策に貢献できた。

【サブテーマ1(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

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、S-15の地域戦略研究(サブテーマ2(3)、4(2)と合同実施)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。

<行政等が活用することが見込まれる成果>

【サブテーマ1(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1(1)では、主に国内を対象に社会・生態システムの統合モデルとそれを支える情報プラットフォームの構築、ならびに事例サイト(能登・佐渡)を対象として社会・生態システムのモデルの統合化によるシナリオ分析を行った。一連の本研究開発を通じて、とりわけ陸域において、陸域については人口動態や国外から供給される供給サービスの需要の変化を通じて土地利用・被覆に大きな影響を与えること、調整サービスの水準はその様な供給サービスの提供に従属的に左右されること、文化的サービスの享受は人口分布の変化に影響を受けやすいことなど、複雑に絡み合う社会-生態システムに対する理解が深まった。これら知見は、環境省による生物多様性及び生態系サービスの総合評価(JBO3)におけるシナリオ分析の他、環境省を中心とした次期生物多様性国家戦略や農林水産省による農林水産生物多様性戦略の見直しにも貢献した。

【サブテーマ1(2)】将来シナリオ毎の基本フレーム分析

佐渡市では、今年度から佐渡市生物多様性地域戦略の見直しを検討しており、2020年12月には佐渡市役所において本研究成果の報告を行った。サブテーマ1(1)と連携して行った本研究でのシナリオ分析の結果やサブテーマ1(2)の人口・土地利用の予測評価結果は次期生物多様性国家戦略や地域戦略の見直しに活用される見込みである。また、関係人口の全国スケールでのモデリングの例は他に前例がなく、今後の環境政策だけでなく、国土利用計画を検討するうえで活用が期待される。さらに、バングラディッシュや中国でのシナリオ分析、モデリングトレーニングセミナーの成果として、同様のアプローチでの研究とそれに基づく政策導入が海外で進むことが期待される。

【サブテーマ1(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

2021年4月、日本は2030年までに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。本サブテーマで構築された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についての推計を進めている。今後、上記目標達成の議論に活用されると見込まれている。

【サブテーマ1(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

ローカルSPIへの着目や近年提唱されたトランスフォーマティブ・チェンジとSPIとの関係等の新たな視点からの実証研究により、生物多様性地域戦略を含むSPIの強化等、政策に直結しうる新たな知見が得られた。これらの結果は、CBD-COP15で採択予定のポスト2020年生物多様性枠組及び新国家戦略の下、自治体による地域戦略の策定、改定と実施を推進するために重要な示唆をもつ。また、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。

5-3. 研究目標の達成状況

【テーマ全体目標の達成状況】

目標は達成できた。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。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。国際アドバイザーボード、テーマ横断的なシナリオワーキンググループ(WG)、モデリングWG、能登・佐渡WGなどの事例サイト別のWGを設置して、テーマ間及びサブテーマ間での横断的に研究を進めることができた。

【サブテーマ1(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

目標は達成できた。社会・生態システムの統合モデルの開発に向けた全体の指針を示すとともに、シナリオWG、モデリングWG、能登・佐渡ワーキンググループの運営や情報プラットフォームの構築を通じて、統合モデル

の開発やシナリオ分析を推進し、プロジェクト全体の研究目標の達成に大きく貢献した。また、環境省による生物多様性及び生態系サービスの総合評価(JBO3)や次期生物多様性国家戦略の検討にも情報提供や専門家の意見の提示を通じて大きく貢献した。この他に、IPBESのMEPやシナリオ&モデルタスクフォースとの連携も進め、S15の成果の国際発信にも大きく貢献した。

【サブテーマ1(2)】将来シナリオ毎の基本フレーム分析

目標を上回る成果をあげることができた。本サブテーマで当初目標としていた将来シナリオ毎の人口・土地分布の基本フレームの構築や生態系サービスの需給ギャップの分析に留まらず、開発した統合モデルを海外展開する2事例を創出した。当初の目標を超えて、関係人口の定量的な予測モデルの開発、モデリングトレーニングセミナーの実施、プロジェクト独自の政策決定者向けサマリー(SPM)の編纂を主導した。さらに、テーマ・サブテーマ横断的な政策WGの企画運営を通じて科学-政策インターフェースの強化を促す政策支援ツールを開発行うなど、サブテーマの目標を超えてプロジェクト全体の目標達成に貢献できた。

【サブテーマ1(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

目標は達成できた。まず、ダウンスケーリングした日本国内地域ごとの気候シナリオについては、国立環境研究所の気候変動適応研究の推進に生かされた。結果、地方自治体の気候変動適応計画の策定に貢献している。次に、気候変動を考慮した日本全国スケールの土地利用変化モデルの開発、及び、気候変動緩和策と生態系保全策のトレードオフ検討に関しては、特に再生可能エネルギーの普及策と生態系保全との観点から、今後行政対応に資する評価モデル開発への道筋をたてることができた。令和2年度に開催された「地球温暖化対策の推進に関する制度検討会」に委員として参加し、いくつかの自治体ですでに条例となっているメガソーラーの立地制約に関して、生態系保全の必要性について発言した。

【サブテーマ1(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

目標は達成できた。世界、アジア地域及び日本国内のSPIの研究ではSPIの構成要素とその効果の関係について広く実証研究を行い、SPI強化に有効な新たな知見が得られた。特に定量的手法による分析、ローカルSPIへの着目、トランスフォーマティブ・チェンジとの関係等の点で、近年の国際動向にも応じた重要な知見が得られた。これらの成果を含むS-15全体の成果に基づく自治体向けの地域戦略Policy Briefの出版、自治体ワークショップの実施により、自治体による地域戦略等への研究成果の活用を支援した。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、ならびに北東・東南アジア諸国政府向けワークショップによって、各国のSPI強化や国別アセスメントに貢献した。

6. 研究成果の発表状況

6-1. 査読付き論文

<件数>

58件（サブテーマ間での重複を除く）

<主な査読付き論文>

- 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* (IF:5.301), 14(1): 5-21. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0587-9>
- 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* (IF:5.301), 14(1): 23-37. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0605-y>
- 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* (IF:5.301), 14(1): 53-75. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0626-6>
- 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* (IF:5.301), 14(1): 39-52. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1085-7>
- 5) Kabaya, K., Hashimoto, S., Fukuyo, N. et al. Investigating future ecosystem services through participatory scenario building and spatial ecological-economic modelling, *Sustainability Science* (IF:5.301), 14, 77-88 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0590-1>
- 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* (IF:5.301), 15. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00835-5>
- 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* (IF:9.295), 8, 155. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00155>
- 9) Arneth, 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* (IF: 9.412), 117(49):30882-30891, www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.2009584117

- 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. (2020) 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)

6-2. 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

6-3. その他発表件数

(サブテーマ間での重複を除く。)

査読付き論文に準ずる成果発表	2件
その他誌上発表（査読なし）	22件
口頭発表（学会等）	82件
「国民との科学・技術対話」の実施	46件
マスコミ等への公表・報道等	1件
本研究に関連する受賞	2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0.2 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

研究代表者

テーマリーダー

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

サブテーマリーダー

サブテーマ1： 武内和彦

サブテーマ2： 齊藤修(平成28年4月から令和2年8月まで)

早稲田大学政治経済学部卒業、農学博士、現在、公益財団法人地球環境戦略研究機関上席研究員、東京大学未来ビジョン研究センター客員准教授

福士謙介(令和2年9月から令和3年3月)

東北大学工学部卒業、工学博士、現在、国際連合大学サステイナビリティ高等研究所アカデミック・プログラム・オフィサー、東京大学未来ビジョン研究センター教授(副センター長)

サブテーマ3： 亀山康子

東京大学教養学部卒業、博士(学術)、現在(2021.3時点)、国立研究開発法人国立環境研究所社会環境システム研究センター センター長

サブテーマ4： 松下和夫

東京大学経済学部卒業、ジョージタウン大学大学院政治経済学研究科修了、経済学修士、現在、(公財)地球環境戦略研究機関シニアフェロー、京都大学名誉教授

II. 成果の詳細

II-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

国立大学法人 東京大学 未来ビジョン研究センター 武内和彦
 <研究分担者>

国立大学法人 東京大学大学院 農学生命科学研究科 橋本禪

国立大学法人 東京大学 未来ビジョン研究センター 福士謙介

国立大学法人 東京大学 未来ビジョン研究センター Alexandros Gasparatos

国立大学法人 東京大学 未来ビジョン研究センター 蒲谷景

<研究協力者>

国立大学法人 東京大学 未来ビジョン研究センター 植竹朋子（平成28年度～平成30年度）

国立大学法人 東京大学 未来ビジョン研究センター 山崎麻里（平成31年度～令和2年度）

【要旨】

テーマ1 (1) では、統合的な情報プラットフォームの構築とテーマ横断的ワーキンググループの運営を通じて、テーマ間の情報・データ共有を促進するとともに、人口・産業モデル、土地利用サブモデル、陸域生態系モデル群、海域生態系モデル群による自然的価値評価、社会的価値・包括的福利の統合的な評価を可能とする社会・生態システムの統合モデルの構築を進めた。情報プラットフォームのうち、一般公開する部分について、国・地方公共団体の行政職員及び企業関係者等にインタビュー調査を行い、現実の政策と関連した予測評価の重要性や自治体でも活用できるようなデータベースの整備を進め、生物多様性・生態系サービスに関する国内外での政策や生態系サービスの評価を用いた政策立案に関する事例を収集・整理して、情報プラットフォームに掲載した (<http://pances.net/top/jirei/>)。また、S15で開発した4つのシナリオについて、シナリオ別の人口予測、土地利用予測、供給サービス予測（2項目）、沿岸域環境要因（6項目）、ならびに統合指標としてのエコロジカルフットプリントに注目し、全国レベルの三次メッシュで評価し、情報プラットフォームに掲載し一般公開した。なおプロジェクト完了後は情報プラットフォームの運用を国立環境研究所に移管し、一般公開を継続する予定である。移管先のURLは<https://www.nies.go.jp/pances/documents/#map>である。また、これと並行して、レベルにおける社会・生態システムの統合モデル開発に向けたテーマ間のコーディネーションを行った。テーマ横断的なシナリオ分析とモデリングに関するワーキンググループ（シナリオWG、モデリングWG）を立ち上げ、自然資本や生態系サービスなどプロジェクトの核となる概念の整理、各テーマによる評価項目の一覧表の作成、優先的に評価すべき生態系サービスの抽出、データの時間・空間解像度の整理、シナリオからのデータ受け渡し、優先的に評価すべきシナリオや生態系サービスの絞り込みを行い、4つのテーマが有機的に連動するような研究推進に尽力した。将来シナリオ作成についても、テーマ横断的なワーキンググループ（シナリオWG）を立ち上げて、各種行政計画のレビュー、行政担当者へのインタビュー、Webサーベイを用いたデルファイ分析を組み合わせるシナリオ軸法による4つの将来シナリオを構築した。将来シナリオは、人口分布（分散—集中）、自然資本の利活用（国内の自然資本活用—人工資本・海外の自然資本活用）の二軸で構成される。国レベルでの将来シナリオ分析と並行してより詳細な分析を実施する事例地域の一つである能登・佐渡地域についてシナリオ分析を手動した。能登地域については、国レベルで作成した4つの将来シナリオをトップダウン的に適用、他方で佐渡地域においては、佐渡市と研究連携協定を交わした上で、さまざまなステークホルダーが参加する参加型シナリオワークショップを行い、最終的に6つの将来シナリオを作成し、土地利用モデルや生態系サービス評価モデルを開発・適用し、高空間解像度のシナリオ分析を推進した。一連の本研究開発を通じて、とりわけ陸域において、陸域については人口動態や国外から供給される供給サービスの需要の変化を通じて土地利用・被覆に大きな影響を与えること、調整サービスの水準はその様な供給サービスの提

供に従属的に左右されること、文化的サービスの享受は人口分布の変化に影響を受けやすいことなど、複雑に絡み合う社会-生態システムに対する理解が深まった。この他にも、生態系サービス評価の高度化や生態系サービスが人間の福利に及ぼす影響について、①事例サイトレベルでの地域循環共生圏の適正規模の解析、全国レベルでの②文化的サービスの重要度分析や③森林環境と医療費に関する分析を推進した。いずれの成果も人口減少や国土の低未利用地化が進む我が国において生物多様性保全や自然再生を進める上で重要な政策インプリケーションを持つものである。

1. 研究開発目的

統合的な情報プラットフォームの整備と4つのテーマを横断するワーキンググループの運営を通じて、テーマ間の情報・データ共有を促進するとともに、人口・産業モデル、土地利用サブモデル、陸域生態系モデル群、海域生態系モデル群による自然的価値評価、社会的価値・包括的福利の統合的な評価を可能とする社会・生態システムの統合モデルを設計、開発する。また、事例サイト（能登・佐渡）において各地域の実情を考慮した社会・生態システムモデルの統合化によるシナリオ分析を手動する。

2. 研究目標

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によるシナリオ分析を促進する。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図り、将来の社会経済の変化が生態系サービスの供給に与える影響を明らかにするとともに、自然資本や生態系サービスの保全、持続的な利用を促す政策を提言する。

3. 研究開発内容

3.1 情報プラットフォームの整備

情報プラットフォームの基本仕様について検討した。また、掲載データの整理および情報プラットフォームを活用した科学-政策インターフェースの強化に向け、国・地方公共団体の行政職員及び企業関係者等へのインタビュー調査を実施した。その結果、現実の政策と関連した予測評価の重要性や自治体でも活用できるようなデータベースの整備の必要性が指摘された。これを踏まえ、生物多様性・生態系サービスに関する国内外での政策や生態系サービスの評価を用いた政策立案に関する事例を収集・整理して、情報プラットフォームに掲載した (<http://pances.net/top/jirei/>)。S15で開発した4つのシナリオについて、シナリオ別の人口予測、土地利用予測、供給サービス予測(2項目)、沿岸域環境要因(6項目)、ならびに統合指標としてのエコロジカルフットプリントに注目し、全国レベルの三次メッシュで評価し、情報プラットフォームに掲載した (<https://www.nies.go.jp/pances/documents/#map>)。

3.2 社会・生態システムの統合モデル開発に向けた取組

本研究プロジェクト全体での全国レベルにおける社会・生態システムの統合モデル開発に向け、本サブテーマでは全体のコーディネーションを行った。具体的には、自然資本や生態系サービスなどプロジェクトの核となる概念の整理、各テーマによる評価項目の一覧表の作成、優先的に評価すべき生態系サービスの抽出、データの時間・空間解像度の整理、シナリオからのデータ受け渡しの検討などである(図1.1参照)。さらに、テーマ横断的なシナリオ分析とモデリングに関するワーキンググループ(シナリオWG、モデリングWG)を立ち上げ、優先的に評価すべきシナリオや生態系サービスについて合意をした上で、その方法論やデータの共有について議論を重ねた。

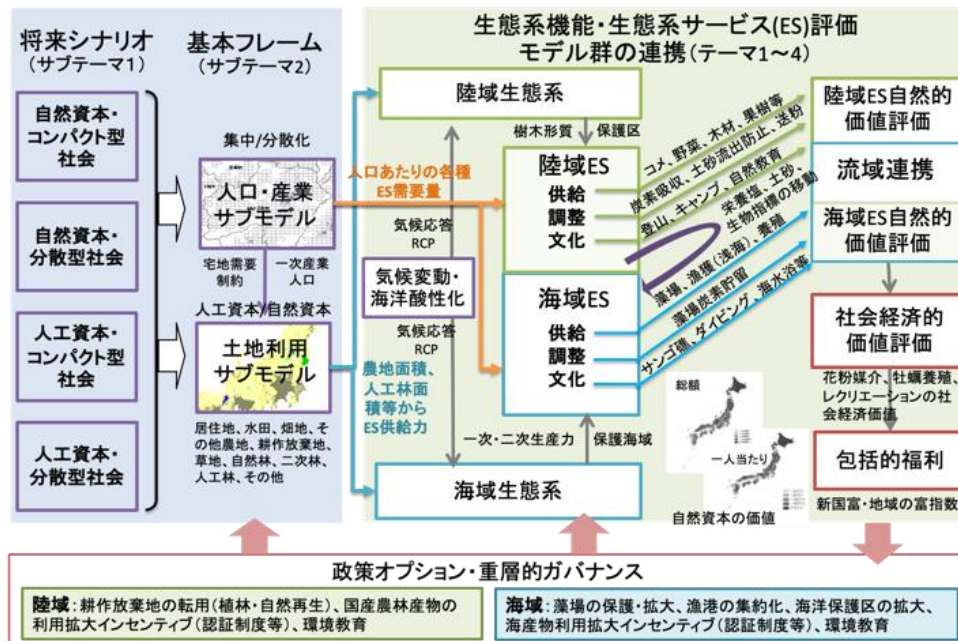


図1.1 本研究プロジェクトで構築した社会・生態システムの統合モデルの概要

より詳細な分析を実施する事例地域として能登・佐渡地域 (S15-1(1)担当)、別寒辺牛側流域 (北海道) (S15-2(4), (S15-3(2)担当) 担当)、沖縄地域 (S15-3(3), (4)担当) を選定し、各地域について幹事機関を設定した。本サブテーマでは、以下3.4、3.5で述べるように、能登・佐渡地域において統合モデルを用いたシナリオ分析を実施した。

3.3 将来シナリオの構築

将来シナリオ作成についても、テーマ横断的なワーキンググループ (シナリオWG) を立ち上げて議論を重ねた。シナリオの作成においては、シナリオ軸法を用いた。この手法は、将来最も不確実で影響力の強いと考えられる対立事項 (例えば開発重視vs保全重視など) を2つ抽出し、それを縦軸・横軸として重ねて4つのシナリオを作成する方法である。このような対立事項を抽出するにあたり、まずは現在の政策動向について基礎的な調査を実施した。その上で、自然資本や生態系サービスに影響を与えることが想定される直接要因と間接要因の生起確率と影響力について、本プロジェクト参加者を対象としたアンケートを2回実施した。ここでは、デルファイ法という方法を用い、1回目の結果を回答者に見せながら2回目のアンケートを行うことで、影響力が強いと皆が考えるものの、その生起確率については各人の意見が大きく異なるものを不確実な要因として洗い出した。この結果や環境省担当官との議論を踏まえ、最終的なシナリオの2軸を決定した。さらに、これに基づいてシナリオのストーリーラインを作成した。

3.4 能登におけるシナリオ分析

能登では国レベルの将来シナリオのストーリーラインを当該地域の社会・経済条件を考慮してローカライズしたシナリオをもとに分析を行った。ローカライズしたシナリオをもとにタイムホライズンである2050年のシナリオ別の地目別土地面積を設定した。次に、1997年、2006年の国土数値情報土地利用細分メッシュやその他地理情報をもとに2050年の土地利用を評価した。土地利用の評価はマルチレイヤー・パーセプトロンモデル、多目的土地利用配分モデルを組み合わせて行ない、S15-1(2)で作成された将来人口分布 (集中一分散) を考慮して行った。また、土地利用データをもとに1997年、2006年、2050年の生態系サービス (食料供給、水供給、炭素貯留、窒素除去、累積緑地可視域) 及び生物多様性の代理指標としてさとやま指数を評価した。生態系サービスとさとやま指数の評価にはArcGISと、生態系サービス評価モデルのデファクト・スタンダードであるInVESTを用いた。

また、環境省からの要請に応じて、本地域を対象として地域循環環境生圏の適正な空間スケールの検討を進めた。具体的には能登地域の未利用の木質バイオマスによる熱供給の需給バランスを、S15の4つのシナリオ別に、現市町村界、旧村界、流域界の3種類について、LCCO2分析の手法を用いて検討した。木質バイオマスは、林

地に残された未利用の残材が、近隣のペレット加工施設に輸送・加工したのち、一般世帯や公共施設、ホテル・宿泊施設で利用されるものと設定した。そのため、分析では林地残材、ペレット加工施設、需要先の施設等の空間分布も考慮した。

3.5 佐渡におけるシナリオ分析

佐渡では地域シナリオの作成を住民参加型で進めるべく、佐渡市と研究連携協定を交わした上で、シナリオワークショップを開催した(図1.2)。第1回目のワークショップでは、ステーキホルダー別に農業・建設・観光・環境の4つのグループを作り、2050年の姿として最もあり得そうなものについて、人口・経済・政治・社会という観点から話し合ってもらった。第2回目のワークショップでは、今度はステーキホルダーをミックスしたグループを作り、将来人口の3つの水準を基準として上記と同じ観点から議論してもらい、それぞれの社会像としてまとめてもらった。また、他のグループが作成したもののうち好ましいと思うものについて投票してもらった。シナリオ作成にはシナリオ形態アプローチという手法を採用した。この手法は項目毎(ここでは人口・経済・政治・社会)にいくつかの小シナリオを作成してシナリオマトリックスとしてまとめ、各項目からひとつずつ選んで社会全体のシナリオを作成する方法である。ここでは、一連のワークショップの議論からこのシナリオマトリックスを作成するとともに、先のワークショップでの投票結果を踏まえ、6つのシナリオを作成した。

これと平行して、土地利用および生態系サービスを予測評価するためのモデルを構築した。土地利用については、空間多項ロジットモデルと地価・土地利用規制・市場アクセス・地形などの変数を用いて、将来の土地利用を予測するモデルを作成した。生態系サービスについては、住民の関心などに基づき、食料・炭素固定・栄養塩除去・生息地提供を評価項目として定めた。食料については食料生産額を集落レベルで予測するモデルを空間計量経済学的手法を用いて構築した。炭素固定については、林班単位で森林成長量を予測する統計モデルを作成した。ここでは、林齢・森林タイプ・施業・気温・降水量を変数として採用した。栄養塩除去についてはInVESTを用いた。最後に、生息地提供については、佐渡の象徴であるトキを対象とした生息地適地指数を作成して評価した。この指数では、食餌・営巣・攪乱を主な要素として考慮した。

シナリオ分析の後、そのパラメーター設定の妥当性を検討することを目的として、シナリオの重要な要素である佐渡金山の世界遺産登録についての影響評価分析を実施した。ここでは、訪問先のサイト選択と訪問回数の双方をひとつの効用最大化問題として扱うクーン・タッカーモデルという手法を用いて、世界遺産登録前後でどの程度訪問客が変化するかということを静学的に分析した。さらに、観光客一人あたりの消費額(移動費や宿泊費など)のデータを基に、その経済効果を算定し、産業連関表を用いて佐渡経済全体への影響を評価した。



図1.2 佐渡シナリオワークショップの様子

3.6 文化的サービスの重要度分析

2015年度に実施された生物多様性・生態系サービスの総合評価(JBO2)では、資源的・時間的制約から文化的サービスの評価が十分なされていなかった。そこで、ベスト・ワースト・スケーリングという手法を用いて、今後優先的に評価すべき文化的サービスについて検討した。この手法は、比較評価したい項目の中からいくつかを取り出してアンケート回答者に提示し、最も重要だと思うものと最も重要でないと思うものを繰り返し尋ねていく方法である。ここでは、「精神的・宗教的な繋がり」「レクリエーション」「景観」「教育とインスピレーション」「社会的な連帯と場所の感覚」「文化的多様性」「存在・遺産価値」の7つを評価項目とした。回答結果の分析においては、多項ロ

ジットモデルに加え、回答者の選好の多様性を考慮したランダム・パラメーターモデルや潜在クラスモデルも併せて用いた。また、分析の結果を空間的に内挿し、地域別にも選好の多様性を分析した。

3.7 森林環境と医療費に関する分析

緑地や森林との触れ合いが身体的・精神的健康に資するということは、これまで多くの医学的な研究により示されている。しかし、緑地や森林と医療費との関係について分析した事例は、現在のところ海外での2つしかなく、さらにこれらの研究は森林面積と医療費との関係について正反対の結果を示している。そこで、国内の都道府県を対象に、森林環境と一人あたり医療費の関係について分析した。この研究では、クロスセクション間の相関関係や変数の非定常性が明らかとなったため、クロスセクション間の相関を考慮したパネル共和分という手法を用いた。また、森林面積という単一指標だけではなく、植生分類毎（針葉樹林・広葉樹林・混交林など）の面積や、森林と都市の近接性などの指標についても分析した。

3.8 環境評価手法の精緻化

自然環境に対する人々の選好は多様であり、近年の環境評価（環境の経済価値評価）では、このような選好の異質性を考慮した分析が主流である。このような選好の異質性を考慮する方法として、これまでは個人レベルでの選好の相違を考慮する「ランダム・パラメーターモデル」かグループレベルでの選好の相違を明らかにする「潜在クラスモデル」が用いられてきたが、近年ではこれら双方を統合させた相補的な分析手法も提案されている。そこで、(5)で述べたクーン・タッカーモデルにこのような分析手法を適用し、野外レクリエーションにおける複雑な選好の異質性を考慮した分析ができるモデルを新たに考案した。

文化的サービスに関する(6)で述べたような生態系の存在・遺産価値などを評価する方法として、仮想的な環境改善などに対する支払意思額を評価する仮想評価法という方法がある。しかし、シナリオの実現や費用の負担が実際に伴う訳ではないので、その評価の信頼性については多くの批判がなされてきた。そのため、近年では、シナリオの帰結性、すなわち回答が政策決定において考慮され（政策帰結性）、その結果として実際の費用負担が生じる可能性があること（支払帰結性）を十分に回答者に意識させることが重要である。そこで、政策および支払帰結性に関する追加的な情報の「あり」「なし」の組み合わせで4つのグループを作り、それらの効果を分析した。

4. 結果及び考察

4.1 情報プラットフォームの整備

各種検討の結果、情報プラットフォームには、1)位置情報を有するデータの地図表示、2)関係者による保有データのアップロード及びダウンロード、3)メタデータの参照及びデータの検索、4)ユーザー属性によるアクセス制御、5)ファイル共有サーバーとしての運用という5つの機能を持たせることとした。このプラットフォームでは研究成果も公開しており、以下からアクセスできる。

<http://pances.net/top/gyoseki/>

生物多様性・生態系サービスに関する国内外での政策調査については、関連する国内の施策を整理するとともに、生態系サービスの評価を施策の検討や計画立案で考慮した19本の海外事例を収集し、まとめた(表1.1)。この結果、ヨーロッパの事例が多いこと、行政による景観または流域スケールの生態系サービスの評価を計画策定・見直しに活用する事例が多いこと、そして代償・補償・直接支払制度のための評価も実施されていることが明らかとなった。

全国レベルの三次メッシュでのエコロジカルフットプリント評価では、バイオキャパシティよりエコロジカルフットプリントが高い（オーバーシュート）地域がとりわけ三大都市圏の人口稠密地帯に多いことが明らかになった。特に、100倍を越えてオーバーシュートしている区域が全体の約4%あったが、その6割が東京・大阪・神奈川の3都府県に集中していることがわかった(図1.3)。なお、この結果は2018年の環境・循環型社会・生物多様性白書に掲載された。

表1.1 生態系サービスの評価の活用事例

No	地域	国・地方・地点	実施者の分類	実施者	予測評価の目的の分類	具体的な目的	対象の生態系	空間スケール	空間解像度	評価対象サービス	評価手法	評価対象	シナリオタイプ	シナリオ	施策・制度への展開	行政手法の種類	備考
1	北米	米国・オアフ島	行政	Kamehameha School	計画策定・施策の立案	環境の持つ様々な価値と経済価値を調和させた土地利用計画の策定(複数案の比較)	農地	景観	不明	供給・調整・文化(炭素ストック、水質、経済価値)	InVESTによる生態系サービスの計算と経済価値を算定	物量・経済	③Policy screening	宅地化ほか3つのシナリオでの環境の変化	有	計画的手法	
2	中央アフリカ	ケニア・ナイロビ川	行政	不明	計画策定・施策の立案	水環境管理の複数案を比較	河川	流域	—	供給・文化(用水、レクリエーション)	アンケートによる多基準分析	物量	③Policy screening	保護・規制・開放の3つの選択肢での環境の変化	有	計画的手法	
3	ヨーロッパ	オランダ・エムス川	行政・NGO	E & E(Regional Cooperation between NGO's, enterprises and governments)	計画策定・施策の立案	新たに生じる生態系サービスの価値も考慮した事業計画策定(堤防の複数案の比較)	河川	リーチ	—	供給・調整(食物、ミネラル、洪水調節)	貨幣的価値に換算(詳細不明)	経済	①Exploratory	堤防の改良による環境変化	無	計画的手法	
4	北米	米国・オレゴン州・Willamette川	行政	Willamette川流域関連州当局、EPA Region10、Willamette Partnership等	代償	認証された土地の複数の生態系サービスについてクレジットを計算し、開発の代償として販売	サケ生息地、草原、湿地、水質	生態系	—	調整・基盤(生物生息地、水質、CO2吸収)	コンバージョンバンクの機能・価値を、地域で合意されたクレジット計算プロトコルに基づき計算	物量・経済	—	現在の評価	無	契約的手法	
5	南太平洋	バヌアツ共和国	行政	MAOBIO・貨幣価値評価、バヌアツ共和国政府・国家海洋政策の策定	情報提供・普及啓発	生態系サービスから見た現在の環境の価値を把握	海洋沿岸生態系	島嶼	—	供給・調整・文化(漁獲量、ツーリズム・教育、海岸防護、炭素吸収)	生態系サービス毎に設定	経済	—	現在の評価	無	誘導的手法	
6	ヨーロッパ	EU	行政	EU	計画策定・施策の立案(見直し)	既往施策であるNatura2000を生態系サービスから新たに価値評価	Natura2000生態系ネットワーク	大陸(大州)	不明	供給・調整・文化(炭素吸収/貯蔵、自然災害、水の供給/浄化、花粉媒介、海洋、ツーリズム費用等の8項目)	サイトベース/ハビタットベース法	物量・経済	—	現在の評価	有	計画的手法	
7	東アフリカ	ウガンダ	行政	不明	計画策定・施策の立案	湿地保全(BAU)と下水処理施設計画の費用対効果比較	湿地	景観	—	調整(水質浄化)	代替コスト法、緩和策支出法	経済	③Policy screening	湿地保全または下水処理場設置による環境変化	有	計画的手法	
8	南米	コロンビア	行政	不明	情報提供・普及啓発	劣化が進行している森林、水質を保全するために優先すべき基金投資先の決定	上流域の森林等	流域	不明	供給(水利用)	InVEST	物量	—	農地利用による森林・水域の劣化	有	誘導的手法	
9	北米(北太平洋)	米国	民間・行政	エクソン社	補償	タンカー事故による環境被害に対する補償額の算定	海洋生態系	生態系	—	供給・基盤(漁業、生態系被害)	市場価格法、CVM	経済	—	油流出による環境汚染の継続	有	紛争処理手法	
10	東南アジア	インドネシア・コモド国立公園	行政	ケント大学DURRELL保全生態学研究所	料金徴収	生態系サービスへの支払い意思額を考慮した公園入場料設定	国立公園	景観	—	文化(国立公園利用)	CVM	経済	—	BAU	有	規制的手法	
11	中央アフリカ	ブルキナファソ	民間・研究機関	IUCNと国の2組織	情報提供・普及啓発	湿地と農地化後の生態系サービスの比較による湿地の価値の認識向上	湿地	生態系	不明	供給(木質燃料、漁業等)	市場価格法	経済	—	BAU	有	誘導的手法	
12	ヨーロッパ	スイス・ダボス	研究者プロジェクトチーム	チューリッヒ工科大学等	計画策定・施策の立案	環境の持つ様々な価値と経済価値を調和させた土地利用計画の策定	山岳地	市域	100mメッシュ	調整・文化・基盤(雪崩防御、景観、生息地、炭素貯留)	生態系サービス毎に設定	物量・経済	BAU	現在の土地利用計画の評価	無	計画的手法	
13	北米	米国・サンベドロ川流域	行政(土地管理局)	USDI.USGS	情報提供・普及啓発	生態系サービスのシナリオ別の評価の比較を行い、手法等を普及	流域	流域	—	供給・調整・文化・基盤(水、生物多様性、炭素貯蔵、文化的価値)	InVEST, ARIES, Primary Valuation, Value Transfer	物量	①Exploratory	複数シナリオ	無	誘導的手法	
14	ヨーロッパ	UK・北西イングランド	民間(UU)、行政	United Utilities(UU)、OFWAT(Office of Water Services)	計画策定・施策の立案	浄化施設設置策と生態系サービスの活用策への投資の比較(民間への公的支援あり)	流域	流域	—	調整(水質浄化)	生態系サービスに対する価値づけは実施していない	経済	①Exploratory	流域保全対策による水質浄化機能の変化	有	計画的手法	
15	ヨーロッパ	UK・サウスダウンズ	行政	The South Downs National Park Authority(SDNPA)	計画策定・施策の立案	国立公園内の生態系サービスを評価・地図化し、適正な土地利用計画を検討	国立公園	地域	対象とするESの指標に応じて数百m~数km	供給、調整、文化、基盤	EcoServ GIS Tool	物量	BAU	現在の管理計画の評価	有	計画的手法	
16	ヨーロッパ	UK・バーミンガム	行政	Birmingham City Council	計画策定・施策の立案	生態系サービスの地図化による改善を図るべき地域を把握し都市計画に反映	都市域	市域	対象とするESの指標に応じて数十m~数百m	調整・文化・基盤(美的、移動性、生物多様性、教育、レクリエーション、気候調整、洪水調整)	複数のサービスの需要-供給マップの重ね合わせ	物量	BAU	都市計画案の評価	有	計画的手法	
17	ヨーロッパ	ドイツ・シュレースヴィヒ=ホルシュタイン州	行政	シュレースヴィヒ=ホルシュタイン州	直接支払	鳥の巣数を指標にした農地の基盤サービスに対する直接支払制度	農地	生態系	—	基盤(生物多様性)	モニタリングによる評価	物量	—	—	有	誘導的手法	
18	ヨーロッパ	イギリス	行政	イングランド(DEFRA)、スコットランド政府、ウェールズ政府、北アイルランド政府	計画策定・施策の立案	国全体の生態系評価において、生態系サービスの現状評価・将来予測及び経済評価を実施	8生態系	国	2kmメッシュ	供給、調整、文化、基盤の複数サービス	生態系サービス毎に設定	物量・経済	BAU	現在の評価と変化傾向	有	計画的手法	ES劣化の半減目標を設定
19	ヨーロッパ	EU	行政	EU	計画策定・施策の評価	国家戦略の中間評価を行うため、生態系サービスの経年変化の把握を実施	森林、農地、水域等の生態系	大陸(大州)	1kmメッシュ	供給、調整、文化の複数サービス	生態系サービス毎に設定	物量	—	—	有	計画的手法	

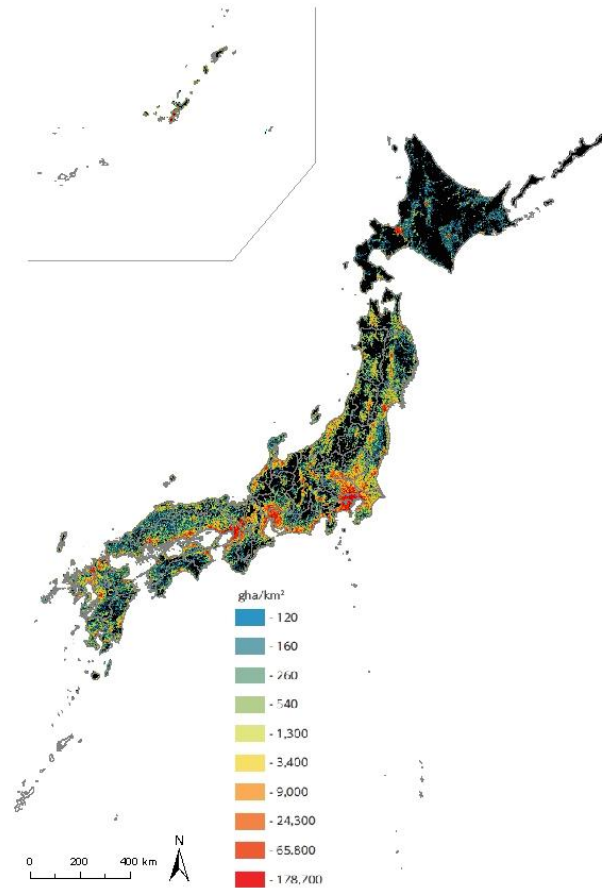


図1.3 エコロジカルフットプリントの分布

4.2 社会・生態システムの統合モデル開発に向けた取組

社会・生態システムの統合モデル開発に向けては、これまでの国際的な議論を踏まえ、自然資本と生態系サービス(ポテンシャルおよびフロー)の関係をまとめた(図1.4)。また、モデリングWGおよび全体での議論を踏まえ、プロジェクト全体で優先的に評価すべき生態系サービスとして、食料・木材・炭素固定・レクリエーションを選定した。個別の生態系サービスの評価に必要な人口・産業サブモデル、土地利用サブモデルをS15-1(2)と共同により開発するとともに、あらかじめ整理した各テーマによる評価項目の一覧表、評価に必要な入力データ、データの時間・空間解像度の整理をもとに、テーマ・サブテーマ間のデータの受け渡しのコーディネーションを通じて社会・生態システムの統合モデルの運用を促進した。

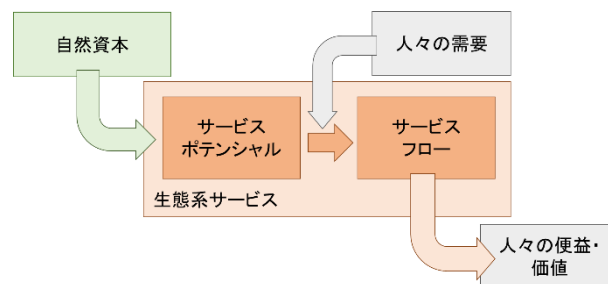


図1.4 自然資本と生態系サービスの模式図

4.3 全国将来シナリオの構築

全国レベルの将来シナリオに関しては、将来シナリオの構成軸を設定した。第1軸(横軸)は人口を切り口とするものであり、現在の都心部や市街地に今後人口がさらに集中するか、それとも今後は郊外や田舎により分散し

ていくかというものである。第2軸(縦軸)は社会で今後重視する資本を切り口とするものであり、国内の自然資本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をより積極的に活用していくかというものである。これら2軸で構成される4つのシナリオを、「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、その全体的なイメージ図を図1.5のように作成した(より詳細な陸域版・海域版についても作成している)。また、各シナリオのストーリーラインを表1.2のように整理した。



図1.5 全国シナリオ

表1.2 シナリオのストーリーライン

	自然資本・分散型社会	自然資本・コンパクト型社会	人工資本・分散型社会	人工資本・コンパクト型社会
基調傾向	国内自然資本の活用を基本とした分散型社会であり、二地域居住を含めてテレワークが浸透する。地域の人口と一次産業人口はBaUより維持される。	国内自然資本の活用が積極的に進むと同時に、都市のコンパクト化が進む。地域の人口はBaUよりも減少し、都市への移住が一層進む。農山村地域では消滅集落や空き家が増える。	国外自然資本・人工資本を基本とした分散型社会であり、二地域居住を含めてテレワークが浸透する。地域の人口と一次産業人口はBaUより維持される。	国外自然資本・人工資本の活用が進むと同時に、都市のコンパクト化が進む。地域の人口はBaUよりも減少し、都市への移住が一層進む。農山村地域では消滅集落や空き家が増える。
経済	食料自給率は政府目標(カロリーベース45%;2025)を上回り、土地利用型農業が存続する。木材自給率は、政府目標(50%;2025)を上回る。観光・レジャーでは、地域でのエコ/ルーラルツーリズムが広がる。	食料自給率は政府目標(カロリーベース45%;2025)を上回り、土地利用型農業の存続するほか、都市近郊での野菜・果樹栽培が増える。木材自給率は、政府目標(50%;2025)を上回る。観光・レジャーでは、地域でのエコ/ルーラルツーリズムが広がる。	食料自給率は現状(カロリーベース39%;2013)を下回る。土地利用型農業の面積が減少する一方で、ハウス、植物工場での農業生産が増える。木材自給率は、現状(33%;2016)を下回る。観光・レジャーは、国内外、中央・地方に関係なく移動が広がる。	食料自給率は現状(カロリーベース39%;2013)を下回る。土地利用型農業の面積が減少する一方で、都市農業、ハウス、植物工場での農業生産が増える。木材自給率は、現状(33%;2016)を下回る。観光・レジャーは、国内外、中央・地方に関係なく移動が広がる。
社会・政策	環境支払い、漁業資源管理、田園回帰の促進、グリーンインフラ、自然再生、広葉樹林化などの政策が強化される。自然資本の活用と管理にあたり都市住民を含めて市民参加が拡大する。吸収源対策として森林、都市緑地での吸収量が拡大する。国のエネルギー計画に整合しつつ、再エネや分散型熱・電源のシェア、バイオマス利活用(分散型)が拡大する。	環境支払い、漁業資源管理、コンパクト化のための規制・誘導、グリーンインフラ、自然再生、広葉樹林化などの政策が強化される。コンパクト化によって生じる遊休地が自然再生、農地、再エネ生産等に活用される政策が進む。自然資本の活用と管理にあたり都市住民を含めて市民参加が拡大する。国のエネルギー計画に整合しつつ、再エネ、バイオマス利活用(集中型)が拡大する。	従来型のインフラ整備・管理、環境配慮が継続する。遠隔医療・福祉・教育・娯楽サービス、通信版倍が広がる。ICT/AIによる生産効率化が全産業で拡大する。エネルギーは分散型熱・電源のシェアが拡大する。都市-地域の広域連携での資源循環システムの構築が進む。	コンパクト化のための規制・誘導が強化される。第一次産業は通勤や遠隔システムでの生産体系に移行する。ICT/AIによる生産効率化が全産業で拡大する。都市内及び都市近郊での再エネ生産とバイオマス利用が拡大する。都市集中型の資源循環システムの構築が進む。
文化・価値観	人と自然のつながりが強く、多様な地域・伝統が尊重される。社会関係は、地縁志向を維持しつつ、ICTを活用した新たなつながりが同時に共存する。消費様式では、地産地消を重視し、自然とのふれあいを重んじる。	人と自然のつながりが比較的強く、社会関係は、地縁よりも目的志向のアソシエーション型が増える。消費様式では国産品を重視し、自然とのふれあいを重んじる。	人と自然のつながりは、体験施設、映像やVRを介した間接的なものが拡大する。地域・伝統のデジタルアーカイブ化が進む。社会関係は、地縁志向を維持しつつ、ICTを活用した新たなつながりが同時に共存する。消費様式では、価格と利便性が重んじられる。	人と自然のつながりは、体験施設、映像やVRを介した間接的なものが拡大する。社会関係は、地縁よりも目的志向のアソシエーション型が増える。消費様式では、価格と利便性が重んじられる。

4.4 能登におけるシナリオ分析

分析の結果、国内の自然資本を積極的に活用するか否かで、将来の土地利用や生態系サービス、景観のモザイク性(さとやま指数)の状況が大きく変わらうこと、これに対し人口分布の集中、分散が引き起こす変化は限定的であることが示唆された。自然資本の活用の低下は、耕作放棄化の拡大につながり、農業と結びつきの強い食料供給や窒素除去の生態系サービスの大幅な低下とともに、生物多様性をはぐくむモザイク景観の喪失を引き起こすことが懸念された(図1.6)。人口減少が続くなかで農地の利用・管理を持続させるためには、経営体あたりの耕作面積の拡大をさせる観点から、多面的機能支払や中山間地域等直接支払いの有効活用や農地の流動化のほか、ICT、AI等を活用した農業生産の効率化、自動化が有効である。他方で、農業に由来する環境負荷を低減させるためには、環境保全型農業や特別栽培農作物の生産の拡大による農薬や化学肥料の投入量の低

減が有効である。条件不利や担い手不足、生産基盤の不良により営農の継続が困難であり、耕作放棄地の拡大が避けられない地域では、荒廃農地として放置するのではなく、植林や湿地としての活用により、積極的な自然再生を促すことで、景観のモザイク性の維持・向上が期待できる。

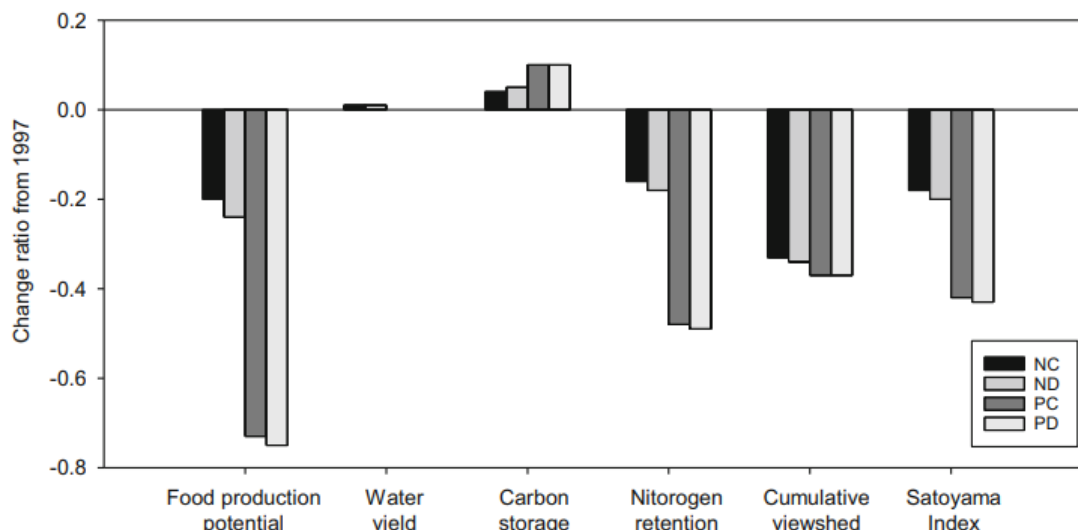


図 1.6 生態系サービスとさとやま指数のシナリオ別変化率 (1997 年比)

地域循環共生圏の適正規模に関するシナリオ分析では、バイオマス熱エネルギーの充足率および CO₂ の排出削減率は、自然資本活用形社会シナリオは人工資本活用形社会シナリオに比べ大きく、また同一シナリオにおいては現在の市町村を単位とする循環よりも、旧村や流域圏を単位とした循環の方が向上することがわかった (図 1.7)。また、自然資本活用型社会においては、林地残材からのバイオマス資源の供給ポテンシャルが高く、一般世帯や公共施設、ホテル・宿泊施設に加え、工場等にまで供給する余力を持つことが示された。

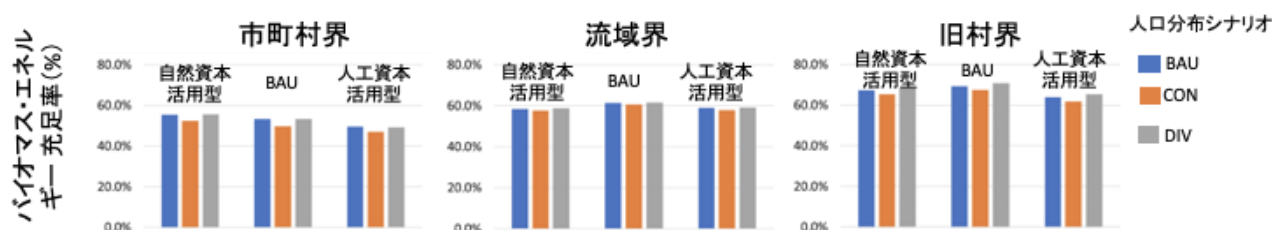


図 1.7 資源循環の空間規模に応じたバイオマス・エネルギー充足率の変化 (凡例の BAU は傾向延長、CON は人口集中、DIV は人口分散シナリオに該当)

4.5 佐渡におけるシナリオ分析

佐渡の参加型シナリオでは、「温故知新 (GG)」「環境リゾート (ER)」「唯一無二 (OK)」「自給・充足 (SS)」「機械共生 (LA)」「宝島 (TI)」という 6 つのシナリオを作成した。図 1.8 のように、これらのシナリオは人口水準、主要産業という観点から単純化されるものである。これらのシナリオと上述の土地利用モデルおよび生態系サービスの評価モデルを用いて、2050 年の食料生産・炭素固定・水質浄化・生息地提供を評価した。その結果が図のレーダーチャートに示されている。これはそれぞれ食料生産 (黄)・炭素固定 (緑)・栄養塩除去 (青)・トキの生息地提供 (赤) を表し、サービス毎に各シナリオを比較して最も大きいものを 1 に基準化したものである。ここから明らかなように、サービス毎に最も望ましいシナリオは異なる結果になった。また、各サービスを住民にとっての重要性で重み付けし、生態系サービス指数を算出したところ、食料生産の重みが最も大きかったため、農業重視のシナリオが比較的大きな値を示す結果となった。以上の一連の分析より、1) 土地利用に基づく生態系サービスの間にはトレードオフがあること、2) 複数の生態系サービスを提供するためには適切な土地利用のモザイクが重要であること、3) 異なるシナリオは空間的に異なる影響を持ち、生態系サービスという視点から最も良いシナリオは場所毎に異なるこ

とが示された。

これら6つのシナリオでは生態系サービスと関連する様々な農林業政策が考慮されている。これを図1.9にまとめている。ここでは、炭素固定・栄養塩除去についてそれぞれ経済価値を評価し、食料生産と併せてこれらの総価値を算出した結果も併せて示している。これより、比較的低い炭素価格の下では農業生産を、高い炭素価格の下では森林管理をより積極的に進めることが生態系サービスの総経済価値を最大化させるということが改めて確認された。一方、トキの生息地提供については、島内でのトキの現在の分布や営農状況と併せて分析した。現在、トキは島中央部および南部でよく確認されているが、島南部では「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」に取り組む水田面積が小さい。さらに、観光を重視するシナリオでは、島南部において農地が大きく減少し、トキの生息地提供が劣化する可能性がある。これらを踏まえると、今後は島南部での積極的な農地保全策が必要であると言える。

佐渡金山の世界遺産登録分析では、世界遺産登録により訪問客数が述べ55,000人増え、これにより佐渡市のGDPは約48億円

(2.7%)増加するものと推定された(なお、ここでは2014年の産業連関表を用いており、世界遺産登録の時点で大きな産業構造の変化はないものと想定している)。この結果を踏まえ、改めてパラメーター設定の妥当性を検討した。いくつかのシナリオでは世界遺産登録がなされても地価が下落するような設定となっているが、上述のように世界遺産登録の影響は限定的であるため、この施策の限りではパラメーター設定は妥当であると考えられた。

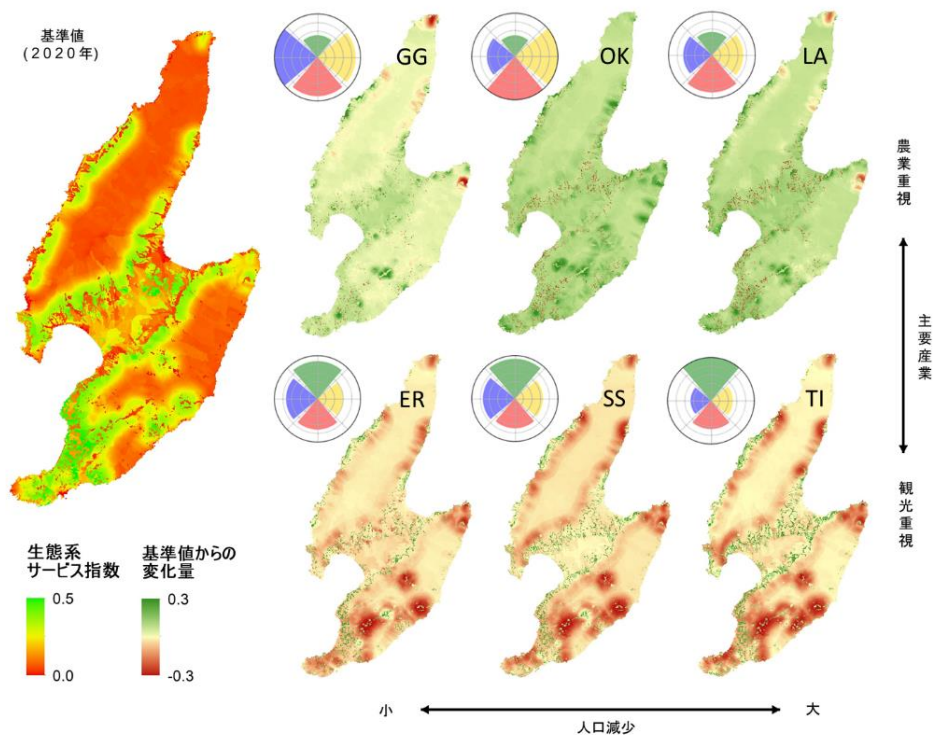


図1.8 佐渡シナリオ分析結果

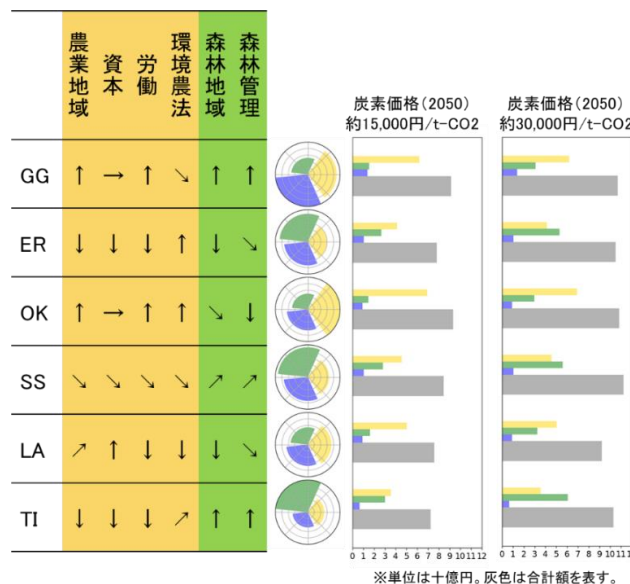


図1.9 農林業政策と生態系サービスの経済価値

4.6 文化的サービスの重要度分析

表1.3に示す7つの文化的サービスについて5段階評価を実施したところ、いくつかのペアにおいて統計的な有意差がなく、相対的な重要性を確定させることができなかつた(レクリエーションvs教育、文化的な多様性vs存在価値)。一方で、多項ロジット(MNL)モデルを用いたベスト・ワースト・スケールリングの結果からは、上から順に「景観」「存在・遺産価値」「文化的多様性」が重要であることが明らかとなった(表1.3)。さらに、選好の相違を考慮したランダム・パラメーター(RPL)モデルおよび潜在クラスモデル(LCM)を用いて分析したところ、これらのサービスに対する選好の異質性は相対的に小さいことが示された(図1.10)。また、空間統計学的手法を用いて地域別に選好の多様性を分析したところ、「文化的多様性」については「教育とインスピレーション」より劣る地域が見られた。これより、全国における文化的サービスの評価においては、「景観」および「存在・遺産価値」を重視すべきであると結論づけられた。

表1.3 文化的サービスの重要度

項目	5段階評価	BWスコア	多項ロジットモデル	
			係数	選好割合
1 精神的・宗教的な繋がり	3.29	-4,639	0.000	0.080
2 レクリエーション	3.70	-2,230	0.283***	0.106
3 景観	4.09	3,553	0.935***	0.204
4 教育とインスピレーション	3.69	-1,015	0.426***	0.123
5 社会的な連帯と場所の感覚	3.62	-704	0.460***	0.127
6 文化的多様性	3.81	1,934	0.742***	0.168
7 存在・遺産価値	3.83	3,101	0.878***	0.192

注：BWスコアは「最も重要に選ばれた回数」引く「最も重要でないに選ばれた回数」により計算。***は有意水準1%未満。「精神的・宗教的なつながり」についてはベースのため係数はゼロ。

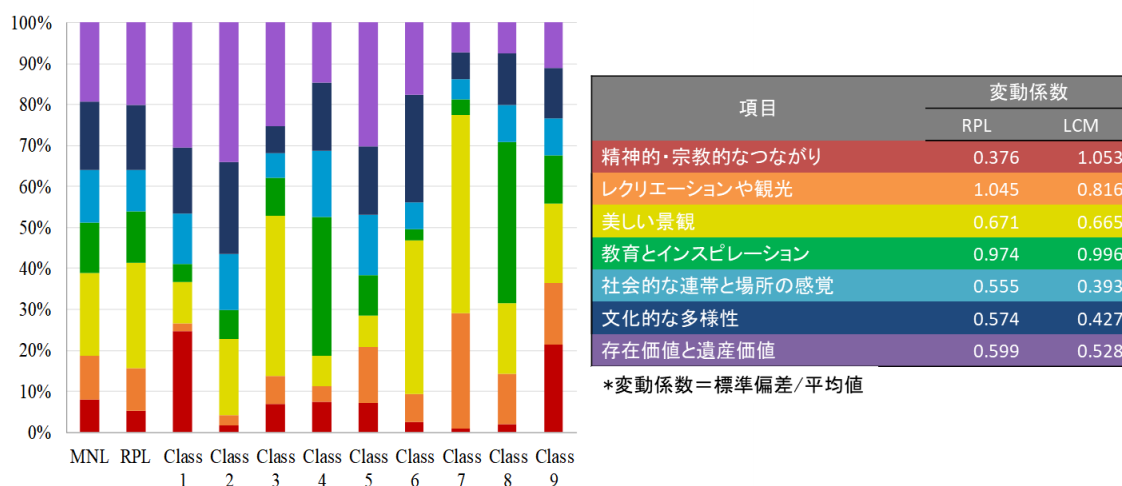


図1.10 文化的サービスに対する選好の多様性

4.7 森林環境と医療費に関する分析

医療費を従属変数、森林環境を説明変数として分析した結果(表1.4)、混交林の面積および都市と森林の近接性が一人あたり医療費と長期的に負の関係を持つことが明らかになった。説明変数に一人あたり所得や高齢者率、人口密度や病床数などを追加してもこの関係に大きな変化が見られなかったことから、この結果は一定の頑健性を持つと言える。さらに、誤差修正モデルを用いた分析の結果、医療費とこれらの森林指標との間に有意な関係は認められず、両者の間に短期的な関係はないことが示唆された。

近年では、森林環境政策がそれまでの生産重視から多機能性重視へと変化しつつあり、針葉樹の人工林を広葉樹林や混交林へと戻そうとするような取組も見られる。また、耕作放棄地を森林転換するような農林業政策は、都市と森林の距離を近づけるものである。この研究結果は、医療費という観点からこれらの政策を支持するもので

あり、重要な政策インプリケーションを持つものであると言える。

表1.4 森林環境と医療費の分析結果

変数	混交林面積		都市と森林の近接性	
	モデル1	モデル2	モデル1	モデル2
混交林面積	-0.556*	-0.442		
	(0.303)	(0.306)		
都市と森林の近接性			-0.106**	-0.078**
			(0.048)	(0.035)
一人あたり所得	0.135***	0.076**	0.094***	0.057**
	(0.034)	(0.031)	(0.032)	(0.029)
高齢者率	-0.001	0.153	-0.108	0.196*
	(0.114)	(0.105)	(0.099)	(0.119)
人口密度		-0.631**		-0.999***
		(0.263)		(0.286)
病床数(1000人あたり)		-0.091		-0.041
		(0.068)		(0.056)
クロスセクション間の相関検定	131.042***	130.855***	131.090***	130.718***
パネル単位根検定	-2.202**	-2.256***	-2.190**	-2.207**

注：括弧内は標準誤差。***、**、*はそれぞれ有意水準1%、5%、10%を表す。

4.8 環境評価手法の精緻化

新たに改良したクーン・タッカーモデル(RPLSKT)を海水浴場への訪問行動に応用した。比較のため、選好の異質性を考慮しないスタンダードなモデル(KT)に加え、ランダム・パラメーターモデル(RPKT)および潜在クラスモデル(LSKT)も併せて推定した。その結果、これら従来のモデルでは、海水浴場の水質に対する選好パラメーターが押し並べて負になるという予想外の傾向が見られたものが、この新たなモデルでは海水浴場を頻繁に訪問するグループについて確かに正の値が示された(表1.5)。そして、この新たなモデルが統計学的に最も優れたパフォーマンスを示した。さらに、これらのモデルを用いて複数の水質改善シナリオを評価したところ、スタンダードモデルや潜在クラスモデルでは水質改善が厚生損失として示されたものが、この新たなモデルでは厚生利得として示された。この結果は、モデルの誤設定が正反対の政策含意へと繋がり得ることを示しており、環境評価において選好の異質性を十分に考慮することの重要性を訴えるものであると言える。

沿岸生態系の復元に対する仮想評価法において、政策・支払帰結性について追加的な情報を与えた結果、これらは正反対の効果を示した。すなわち、政策帰結性に関する情報を受けたグループ(T1)はより高い支払意思額を、支払帰結性に関する情報を受けたグループ(T2)はより低い支払意思額を示した(表1.6)。また、双方を示されたグループ(T3)は、コントロールグループよりも低い支払意思額を示したことから、後者のほうの効果がより強いと考えられた。さらに、支払帰結性に関する追加的な情報は、回答者の支払帰結性に対する認識も向上させる結果となった。これより、過大評価を避けるべきとされる表明選好法においては、支払帰結性を回答者に十分に意識させるようにアンケートをデザインすべきだと提言できる。

表1.5 クーン・タッカーモデルの分析結果

	KT	RPKT	LSKT			RPLSKT		
			クラス1	クラス2	クラス3	クラス1	クラス2	クラス3
個人属性/メンバーシップ								
定数項	-10.657***	-5.816***	-16.452***	-11.030***	-13.176***	-9.812***	-6.059***	-7.651***
Ψ	(-28.990)	(-18.970)	(-16.103)	(-13.628)	(-15.709)	(-38.100)	(-25.289)	(-29.800)
定数項			0.000	-2.542***	-2.155***	0.000	-2.778***	-2.349***
メンバーシップ				(-13.950)	(-11.854)		(-12.348)	(-11.846)
男性	0.260***	0.284***	0.000	0.362**	0.289	0.000	0.586***	0.068
	(3.948)	(3.854)		(1.807)	(1.235)		(2.684)	(0.280)
正職員	1.616***	1.149***	0.000	0.341	1.848***	0.000	0.641***	2.573***
	(20.903)	(15.834)		(0.991)	(6.441)		(2.794)	(9.401)
子供の有無	0.319***	-0.035	0.000	0.190	0.819***	0.000	0.096	0.591***
	(3.999)	(-0.417)		(0.651)	(3.564)		(0.332)	(2.254)
アクティビティ	1.350**	1.052***	0.000	1.691***	1.239***	0.000	1.942***	1.299***
	(13.095)	(10.521)		(4.941)	(2.925)		(5.077)	(2.664)
海水浴場の質								
ビーチの長さ	0.427***	0.079***	0.419***	0.281***	0.285***	0.057	0.175***	0.231***
平均値	(10.132)	(2.345)	(6.321)	(7.187)	(7.230)	(1.264)	(4.906)	(6.310)
ビーチの長さ		0.237***				0.163***	0.052***	0.040***
標準偏差		(27.662)				(8.690)	(3.952)	(2.223)
海の家の数	0.259***	0.218***	0.018	0.172***	0.316***	0.139	0.124*	0.212***
平均値	(4.334)	(5.100)	(0.104)	(2.274)	(3.839)	(1.011)	(1.573)	(3.351)
海の家の数		0.204***				0.311*	0.298***	0.038
標準偏差		(2.621)				(1.591)	(3.340)	(0.092)
水質	-0.134***	-0.164***	-0.457***	-0.034	-0.125***	-0.107	0.062*	-0.058
平均値	(-3.446)	(-3.364)	(-3.273)	(-0.741)	(-2.541)	(-1.365)	(1.616)	(-1.433)
水質		0.244***				0.005	0.017	0.091***
標準偏差		(7.145)				(0.033)	(0.399)	(2.306)
クラス確率	1.000	1.000	0.608	0.078	0.314	0.587	0.079	0.334
非参加者の割合	0.782	0.782	0.953	0.116	0.617	0.936	0.192	0.651
平均訪問回数	0.854	0.854	0.113	5.643	1.096	0.204	5.191	0.976

注：括弧内は標準誤差。***、**、*はそれぞれ有意水準5%、10%、15%を表す。

表1.6 トリートメントグループ毎の支払意思額

グループ	中央値	95%信頼区間	t値
コントロール	297.7	64.2 - 673.9	
T1	656.7	188.0 - 1712.8	-77.175
T2	122.4	11.7 - 312.9	81.479
T3	253.1	45.8 - 618.1	17.192

注：95%信頼区間は5000回の反復計算により算出。t検定はコントロールグループとの比較で実施。

5. 研究目標の達成状況

目標は達成できた。S15プロジェクト全体に向けて、テーマ1に留まらずテーマ2～4の関係者を巻き込む形で、社会・生態システムの統合モデルの開発に向けた全体の指針を示すとともに、テーマ横断的なシナリオワーキンググループ(WG)、モデリングWG、事例WGの運営や情報プラットフォームの構築を進めた。その結果、各テーマの研究成果・知見を有機的に繋ぐ形で統合モデルの開発やシナリオ分析を牽引し、S15プロジェクト全体の研究目標の達成に大きく貢献した。また、環境省による生物多様性及び生態系サービスの総合評価(JB03)や次期生物多様性国家戦略の検討にも、研究成果情報や専門家の助言の提供を通じて大きく貢献した。この他に、IPBESのMEPやシナリオ&モデルタスクフォースとの連携も進め、S15の成果の国際発信にも大きく貢献した。

6. 引用文献

特に記載すべき事項はない

II-2 将来シナリオ毎の基本フレーム分析

国際連合大学 サステイナビリティ高等研究所

サブテーマリーダー 齊藤 修※

研究分担者 神山千穂（平成28年4月1日-平成30年3月31日）

庄山紀久子（平成28年4月1日-令和1年6月30日）

堀 啓子（平成30年4月1日-令和3年3月31日）

Santa Pandit（令和1年8月1日-令和3年3月31日）

福士 謙介（令和1年12月1日-令和3年3月31日）

研究協力者 国立大学法人大阪大学 松井 孝典

※令和2年9月1日に公益財団法人地球環境戦略研究機関に移籍

[要旨]

本サブテーマの研究開発目的は、我が国の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将来シナリオの作成と統合化モデルの構築を行い、その海外展開や科学-政策インターフェースの強化へとつなげることである。本サブテーマの研究目標は、将来シナリオに応じた人口動態、土地利用の2050年までの変化を予測するモデルを構築し、プロジェクト全体で共通の基本フレーム(人口・土地利用)として提示すること、またこれに基づいた代表的な生態系サービスの将来的な需給ギャップを分析することである。

主な研究内容として、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き、人口再分配モデルを構築し、シナリオ毎の人口および産業人口動態を空間明示的(500m解像度)に推定した。また将来シナリオと推計された人口動態を考慮し、シナリオ毎の土地利用変化を空間明示的に推定し、プロジェクト全体で共通した基本フレームを提供できた。将来予測した土地利用図と人口分布図を重ね合わせることで、人為的な管理が必要な自然資本の周辺に居住する人口を分析し、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を行った。また構築した基本フレームに基づき、現在と2050年のコメ生産の生態系サービスの需給ギャップを分析した。その結果から、コメ需要が供給を大幅に超過することが予想される市町村を特定し、影響を受ける将来人口を推計できた。

また、人口減少下で各地域を支える主体として注目される関係人口のポテンシャルを明らかにするため、移住・二地域居住・継続的に訪問する地域に関する全国規模の社会調査を実施し、その結果に基づいて都道府県別の関係人口を定量的な推計を行った。また事例サイトを対象とした将来シナリオ分析に関しては、地域スケールで高解像度の生態系サービス評価を実施するために、特に本プロジェクトの目的に適合するシミュレーションモデルであるLANDIS-IIの運用性評価と試行的なシミュレーションを事例研究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を対象に行った。

さらに、本プロジェクトで開発した社会-生態システムの統合予測評価モデルの海外地域への適用可能性を示すため、バングラデシュのチャットグラム首都圏(CMA)および中国の広東-香港-マカオを跨ぐグレーターベイエリア(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。CMAでは他分野の専門家による参加型ワークショップを行い、グレーターベイエリアでは気候分野で用いられる共通社会経済パス(SSP: Shared Socioeconomic Pathways)をシナリオとして、本プロジェクトで構築したシナリオ・土地利用変化の空間的ダウンスケーリングのフレームワークにより、持続可能な開発を達成する土地利用パターンの分析を実行した。加えて他のサブテーマとも連携し、2021年3月には、モデリングに特化したトレーニングセミナー(英語)をオンラインで開催し、本プロジェクトで開発した予測評価モデリングのノウハウを国内外の研究者に提供できた。

さらにサブテーマ1(1)と連携して、生物多様性国家戦略をはじめとする生物多様性と生態系サービスに関する7つの行政文書から1,500以上の政策オプションを抽出して開発された既存データベースを発展させ、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。

これらの研究活動を実施したことで、本サブテーマで目標としていた基本フレームの構築を達成できた。更に開発した統合モデルを海外2地域に展開し、政策支援ツールの開発により科学-政策インターフェースの強化行うなど、目標を上回る成果をあげることができた。

1. 研究開発目的

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、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将来シナリオの作成と統合化モデルの構築を行う。構築したモデルは、テーマ2~4における将来予測・評価の基本フレームとなる。さらに、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。

2. 研究目標

サブテーマ1で構築される複数の将来シナリオのストーリーライン(定性的な叙述)に応じた人口動態、土地利用の2050年までの変化を予測するモデルを構築し、プロジェクト全体で共通の基本フレーム(人口・土地利用)として検証可能な手続きのもとで提示する。人口予測に基づき、代表的な生態系サービス(農産物・海産物)の将来的な需要の評価を行うとともに、土地利用予測から生態系サービスの供給力の評価を行い、需給ギャップ分析の方法論と分析結果を提示する。

3. 研究開発内容

3.1. 将来シナリオ作成(サブテーマ1(1)等との連携)

基本フレームの前提となるシナリオを構築するために、専門家を対象としたアンケート調査をデルファイ法に基づき合計2回実施し、シナリオ軸の設定を行った。アンケート対象は、本課題S15に関わる研究代表者、分担者、協力者の総勢104名とし、2回目の調査では、1回目の回答者を対象にした。設問内容はシナリオWGでの議論に基づき、シナリオ軸に関わる可能性のある間接要因34事象と直接要因21事象について、2050年までの社会・生態システムへの影響度と発生確率を5段階で問う問題から構成した。アンケート結果から、発生する確度が不確実かつ発生した際の影響力が大きいと考えられている要因を、サブテーマ1(1)及びシナリオWGにおいて検討し、シナリオの構成軸として設定した。

3.2. 将来シナリオ毎の人口分布の予測評価

自然資本と生態系サービスの予測評価を効果的に進めるための基本枠組みとして、4つの全国将来シナリオの定性的な記述(ストーリーライン)に応じた人口再分配モデルを構築し、シナリオ毎の人口および産業人口動態を空間明示的に推定した(Matsui et al. 2019; Hori et al.2020)。人口再分配モデルは、コーホート要因法と重力モデルを組み合わせることで構築し、BAUの人口移動および産業人口動態のトレンドを調整することでシナリオ別の推計を行った。

居住人口のコンパクト化と分散化に関しては、大都市圏への人口の一極集中を避けるべきとする政府における議論を踏まえ、コンパクト型シナリオでは中規模の人口集中拠点と地域圏の形成を、分散型シナリオでは小規模・多数の人口集中拠点と地域圏の形成を想定した。コンパクト型では人口20万人以上かつ昼夜人口比が0.98以上の159市区町村とその近隣市町村、分散型シナリオでは人口4万人以上かつ昼夜人口比1以上(3大都市圏を除く)の205市区町村とその近隣市町村への人口移動率を増加させ、調整後のパラメーターによるコーホート要因法によりシナリオ毎の将来市区町村人口を推計した。さらに各市区町村内において、コンパクト型シナリオでは人口密度が高いエリアへの集住が進み、分散型シナリオでは人口密度が低いエリアへの移住が進むことを想定し、2015年の500mメッシュ解像度の人口密度データに基づき、シナリオ毎の500mメッシュでの人口分布を重力モデルにより推計した。

3.3. 将来シナリオ毎の土地利用の予測評価

4つの全国将来シナリオの定性的な記述と、前節にて推計された人口動態を考慮し、シナリオ毎の土地利用変化を空間明示的に推定した(Shoyama et al. 2019; Shoyama 2021)。植生図を基に、全国の土地被覆を500m解像度で10のタイプに分類し、過去2時点の土地被覆の変化をベースとした土地利用変化モデル(Land Change Modeler)により将来の土地利用予測を行った。将来の各土地利用の需要量や可能性のある土地利用の移行について、4つのシナリオ毎にそれぞれ仮定を作成し、地域ごとに異なる地理的・社会的条件下での2050年の土地利用分布の変化を500mの空間解像度で予測した。

また、シナリオ毎に将来予測された土地利用図と人口分布図を重ね合わせ、人為的な管理が必要な自然資本(田、畑地、その他農業用地、草地、二次林、人工林)のグリッドに居住する人口を分析し、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を行った。

3.4. 移住と二地域居住、関係人口の実態把握と予測評価モデルの開発

人口減少が基調条件として想定される将来の日本において、各地域を支える主体として注目される関係人口のポテンシャルを明らかにするため、移住・二地域居住・継続的に訪問する地域について7,556人を対象に全国規模の社会調査を実施した(堀ほか 2020)。得られた調査結果を基に、移住・二地域居住・他地域の継続的な訪問の動向やその相互関係、移住や訪問先となる地域の動向(大都市=人口20万人以上の市と特別区, 中都市=人口5万人以上20万人未満, 小都市・農山漁村=その他市町村の3区分)、二地域居住や継続的な訪問が行われる地域間の距離分布などを分析した。

更に社会調査の結果を用い、都道府県別の関係人口を定量的な推計を行った。各都道府県が他地域の人々によって継続的に訪問される確率を予測するロジスティック回帰モデルを、居住地と訪問地域間の距離・性別・年齢を説明変数として構築し、2015年の都道府県別人口を乗算することで、現状の関係人口を推計した。

3.5. 生態系サービスの需給ギャップ分析

地域循環共生圏の設計に向けて、①人口分布、②地域内の自然資本の活用度合い、③地域循環共生圏の空間的範囲の設計について定量的な知見を得るために、3.1で開発された将来シナリオ別の人口分布(3.2)と土地利用(3.3)の予測結果データベースを用いて、現在と2050年のコメ生産の生態系サービスの需給ギャップを分析した。地域循環圏の空間範囲は、基礎自治体と207生活圏の2つのケースを比較した。需給ギャップは、各地域循環共生圏でのコメ需要量の代理指標である将来人口分布、コメ供給量の代理指標である水田の分布のランキングのギャップと定義した。このギャップ分析の結果からコメ需要が供給を大幅に超過することが予想される市町村を特定し、影響を受ける将来人口を推計した。

また、テーマ2およびテーマ3と連携し、生態系による各種供給サービスの需給ギャップ分析を定量的および空間明示的に行うため、本サブテーマではコメ・ほうれん草・木材・カキを対象に、供給サービスの将来需要量の推計を行った。コメ・ほうれん草・カキについては、栄養統計や消費実態調査を基に都道府県別の1人当たり摂取量原単位を、また木材については全国一律の1人当たり木材消費量原単位を作成し、シナリオ別の将来メッシュ人口に乗算することで、将来需要量を500mメッシュ解像度で推計した。本データは、テーマ2および3にてシナリオ(本プロジェクトのシナリオおよび気候シナリオ)別に推計された各品目の供給量と重ね合わせられることで、シナリオによる需給バランスの変化の分析や需給ギャップ解消に必要な介入策の検討が行われた(需給ギャップ分析の結果詳細はテーマ2および3の成果報告書参照)。

3.6. 事例研究サイト(石川県・北海道)における高空間解像度のシナリオ分析

事例サイトを対象とした将来シナリオ分析に関しては、地域スケールで高解像度の生態系サービス評価を実施するために、既存の生態系プロセスモデルの横断的レビューと、特に本プロジェクトの目的に適合するシミュレーションモデルであるLANDIS-IIの運用性評価と試行的なシミュレーションを事例研究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を対象に行った。

まず石川県では、森林と耕作地を対象とした里山管理のシナリオ分析する日本の各地域に応用可能なプロセスを開発した。石川県の主伐と間伐面積率と耕作放棄地率から、4つの里山管理シナリオを設定し、森林景観シミュレーションモデルLANDIS-IIを用いて1998年から2097年の植生の遷移を再現し、景観の多様性を改良さとやま指数 (the modified Satoyama Index: M-SI) の推移で空間的に表現した。

さらに北海道別寒辺牛川流域では、3.1で開発された全国の将来社会シナリオの叙述に基づいて、石川県で開発したシナリオ分析のプロセスを応用して自然資本・生態系サービスを計算した。森林・放牧地管理の影響を考慮して樹種組成、樹齢構造、バイオマスの植生動態をシミュレーションした。将来シナリオで記述された「人口分散か人口集中か」および「自然資本を活用するか人工資本を活用するか」の2つの不確実性の組み合わせで構成される4つの将来社会シナリオの叙述を森林・牧草地管理の空間分布と強度に翻訳した。

3.7. 統合モデルの海外適用: バングラデシュおよび中国における将来シナリオ構築と土地利用分析

本プロジェクトで開発した社会-生態システムの統合予測評価モデルの海外地域への適用可能性を示すため、バングラデシュのチャトグラム首都圏 (CMA) において参加型ワークショップを行い、CMAの参加型将来シナリオの作成と土地利用変化予測モデルの開発を行った。ワークショップには都市計画、森林学、交通・港湾、海洋などに関する現地の専門家が参加し、CMAの現状や課題及び可能性が様々な側面から示され、議論された。CMAの過去30年間の土地利用の変遷のデータを整備し、可視化された土地利用や自然資本の変化を基に議論を行うことで、CMAの生態系及び生物多様性の変化をもたらすドライバーが特定された。特定されたドライバーを反映したシナリオ候補の中から、参加者の投票により2軸を選択することで、4シナリオが構築された。

また、中国の広東-香港-マカオを跨ぐグレーターベイエリア(粵港澳大湾区)を対象に、PANCESプロジェクトで構築したシナリオ・土地利用変化の空間的ダウンスケーリングのフレームワークを使用して、気候分野で用いられる共通社会経済パス(SSP: Shared Socioeconomic Pathways) をシナリオとした持続可能な開発を達成するのに役立つ可能性のある土地利用パターンの分析を実行した。まずLand Change Modelerを使用して2000年から2020年までの過去の土地利用の変化を分析し、それぞれが異なる土地利用クラスの移行の可能性を予測できるサブモデルを構築した。このモデルで、BaUシナリオとSSPグローバルシナリオとローカルの土地計画政策を考慮して5つのローカライズSSPシナリオを構築し、これらのシナリオに対して土地利用予測を実行した。この将来のシナリオ別の土地利用変化について、バイオキャパシティとエコロジカルフットプリントの比較と土地利用変化が生み出す炭素排出量を推定することにより、シナリオの優位性や影響の空間分布を分析した。

3.8 政策オプションの包括的インベントリと政策支援ツールの開発

サブテーマ1(1)と連携して、生物多様性国家戦略をはじめとする生物多様性と生態系サービスに関する7つの行政文書から1,500以上の政策オプションを抽出して開発された既存データベースを発展させ、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。対象とした行政文書は、生物多様性国家戦略2012-2020、日本の里山里海評価(JSSA)、生物多様性総合評価(JBO)、生物多様性及び生態系サービスの総合評価(JBO2)、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)プロジェクトの中間報告書、海洋生物多様性戦略(MBSAP)、海洋基本計画(BPOP)の計7文書であり、これらから政策オプションを網羅的に抽出した。抽出された政策オプションのインベントリが構築され、施策対象の空間スケール、実施主体、政策担当部局、政策の種類、生態系区分、生態系サービス等の属性データが付与された。

更に、本研究で構築された将来シナリオ(自然資本・コンパクト型社会(NC)、自然資本・分散型社会(ND)、人工資本・コンパクト型社会(PC)、人工資本・分散型社会(PD))及びサイト(全国、事例サイト(別寒辺、能登、佐渡))で分類した政策オプションとして108施策をリスト化し、本リストをベースとした153の政策オプションを対象に優先度評価アンケート調査を実施した。回答者は本S-15プロジェクトに参画する研究者55名であった。次期生物多様性国家戦略への反映も見据えつつ、将来シナリオにおける自然資本及び生態系サービスへの影響の大きさの観点から、本プロジェクトとして優先的に検討対象とすべき政策オプションを抽出することを目的として実施した。優先度は優先度1(低い)~5(高い)の5段階での評価を要求した。

3.9 モデリングトレーニングセミナーの実施

他のサブテーマとも連携し、本プロジェクトで開発した土地利用、景観、生態系サービスの予測評価モデルを国内外に展開するため、2021年3月10日（水）に、モデリングに特化したトレーニングセミナー（英語）をオンラインで開催した。セミナーでは、1. PANCESプロジェクトの概要説明と将来シナリオの叙述と人口・土地利用予測モデルの解説、2. 都道府県スケールでの土地利用予測モデルであるLand Change Modeler、3. 生態系サービス評価モデルであるInVESTモデル、4. プロセスベースの景観シミュレーションモデルのLANDIS-IIモデルの解説を行った。PANCESプロジェクトでの各モデルの運用担当者が講師を務め、モデルの基本的な構造や必要な入力データ、計算結果の事例を紹介した。予測評価モデリングに必要な、基礎的な空間的・時系列データが乏しい地域でのモデルの作成・運用を念頭に、理論と実例を紹介した。

4. 結果及び考察

4.1. 将来シナリオ作成(サブテーマ1(1)等との連携)

基本フレームの前提となるシナリオを構築するために、専門家を対象としたアンケート調査を実施し、シナリオ軸の設定を行った。デルファイ法1回目(回答者94名、回答率90%)の結果に比べて、2回目(回答者86名、回答率91%)のアンケート結果では、ほぼ全ての問において、回答者の意見のばらつきを示す標準偏差が小さくなり、全体の回答が収斂したことを示していた。先行研究に基づき、確度において全体の見解が合意に達したと判断できる要因(80%以上の回答者が、60%-100%の確度を選択した要因、または、80%以上の回答者が、0-40%の確度を選択した要因)は、シナリオにおける基調条件とし、また、確度においては合意に達したと判断できない(上記以外)ものの(将来その事象が起きるか起らないか分からない)、影響力においては、影響力があるとして合意に至った要因(80%以上の回答者が、影響力が(とても)あると回答した要因)については、シナリオにおける不確実性要素と位置付けられた。

この結果、間接要因において、基調条件は、「国内総生産(GDP)成長率が大幅に上向くことは起らない」「大都市・中核的都市への人口集中と地方の過疎化がこれまで以上に進む」「出生率が大幅に改善することは起らない」「公共交通が大幅に拡充されることは起らない」となった。一方で、不確実性要素は、「農林漁業が大幅に衰退する」「環境問題や資源管理における周辺国との協調・協力が大幅に進む」「生態系の持つ力や仕組みを活かした社会資本整備や防災減災、国土管理の取り組みが大幅に増加する」「経済的インセンティブを活用した環境の保全や再生が大幅に進む」「非再生可能エネルギーから再生可能エネルギーへの移行が大幅に進む」「農林水産政策における生物多様性の主流化が大幅に進展する」となった。将来の不確実性が高くかつ影響度の高い要因の情報をもとに、シナリオWG内での議論、環境省との協議、さらにはプロジェクト全体会合で議論を行ない、将来シナリオの構成軸を決定した(図2.1)。

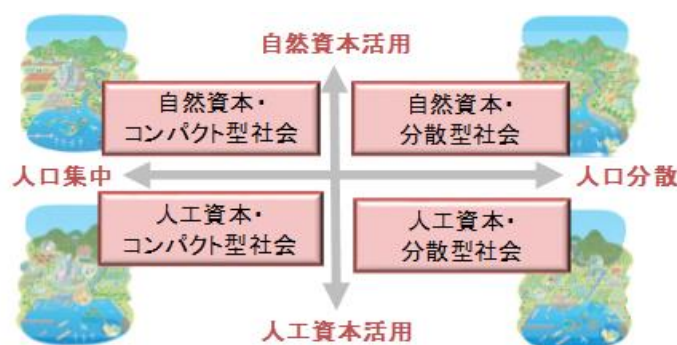


図2.1 4つの全国将来シナリオ(PANCESシナリオ)

4.2. 将来シナリオ毎の人口分布の予測評価

コンパクト型および分散型シナリオにおける将来人口分布予測の結果、両シナリオにおける2050年の人口分布や年齢構成が図2.2の通り示された。総人口は、コンパクト型シナリオでは約7万人の増加、分散型シナリオでは約16万人の減少となった。これは、コンパクト型は人口移動率が比較的高い大規模自治体の人口が増加し、分散シナリオではマイナス値を含む移動率の低い小規模自治体の人口が増加したことが、シナリオによる総人口がBAUと異なる理由である。特にコンパクト型シナリオで

は、BAUに比べて、人口が2,000人未満の自治体と20万人以上の自治体が増加し、中規模の自治体が減少するなど、自治体の人口規模の二極化が進んだ。分散型シナリオでは、5万人以上、20万人未満の自治体数がわずかに増加した。人々の集住がより強く進むコンパクト型シナリオでは、居住者がいなくなる無居住化エリアが現状維持シナリオ(BAU)に比べて約3割増加する結果となり、分散型シナリオでは無居住化エリアがBAUに比べて5割以下に減少することが明らかとなった。政策決定者はこの結果を基に、産業活力維持や交通インフラ整備、自然環境管理に関するビジョンとも連携し、無居住化地域への対応や人口誘致を考慮しながら、人口集中拠点や土地利用分布に関して地域圏の形成を検討することが求められる。

4.3. 将来シナリオ毎の土地利用の予測評価

土地利用の将来シナリオ分析の全体的な結果として(図2.3)、自然資本型シナリオ(NC・ND)ではBAUよりも農地の被覆割合が数%増加したのに対し、人工資本・コンパクト型シナリオでは約0.8%の減少がみられる結果となった。関連して、草地と耕作放棄地の被覆割合は人工資本・コンパクト型シナリオで約3%増加し、自然資本・分散型シナリオで約3%減少することが予測された。森林については、BAUと比した二次林の増加と人工林の減少は4シナリオ全てに見られたが、その変化の幅は人工資本型シナリオの方が大きく、二次林の被覆割合は約4%増加、人工林は約4~6%減少すると予測された。農地や人工林として活用されなくなる可能性のある土地を空間的に予測したこれらの結果を用い、荒廃ではなく生物多様性や生態系の機能の向上に繋がるような、戦略的な土地利用転換の政策を検討することが求められる。

将来予測された土地利用図と人口分布図を重ね合わせた結果(図2.4)、0~20人程度の人口しか居住しないが人為的な管理が必要な自然資本に覆われたグリッドの数が、コンパクト型シナリオでは他のシナリオよりも多く約25万グリッドに達した。分散型シナリオでは、人口20~300人のグリッド数がコンパクト型シナリオやBAUに比べて多く、自然資本を維持管理するための労働力不足が生じるリスクは、全国的な傾向として分散型シナリオよりもコンパクト型シナリオの方が高いと考えられ、また特にそのリスクが高い地域を特定することが可能となった。本結果は、自然資本の維持管理を進めるための外部のマンパワーの活用(関係人口)や、限られた労働力を支えるためのスマート農業技術の導入などの施策を行う優先順位の高い地域を特定し、自然資本を持続的に利用するための具体的な戦略の策定に資するものである。

さらに、各シナリオ下で気候変動影響も評価可能なデータを整備した。整備した共通基盤データにより、陸域、海域の各種自然資本・生態系サービスの2050年までの予測評価が可能になった。

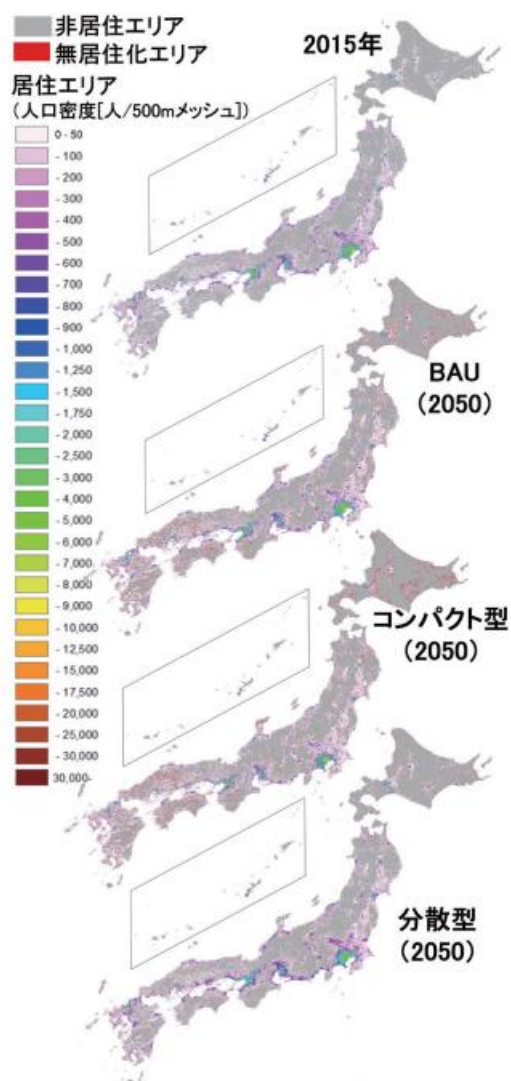


図2.2 シナリオ別人口分布予測
(500m解像度・Hori et al., 2020)

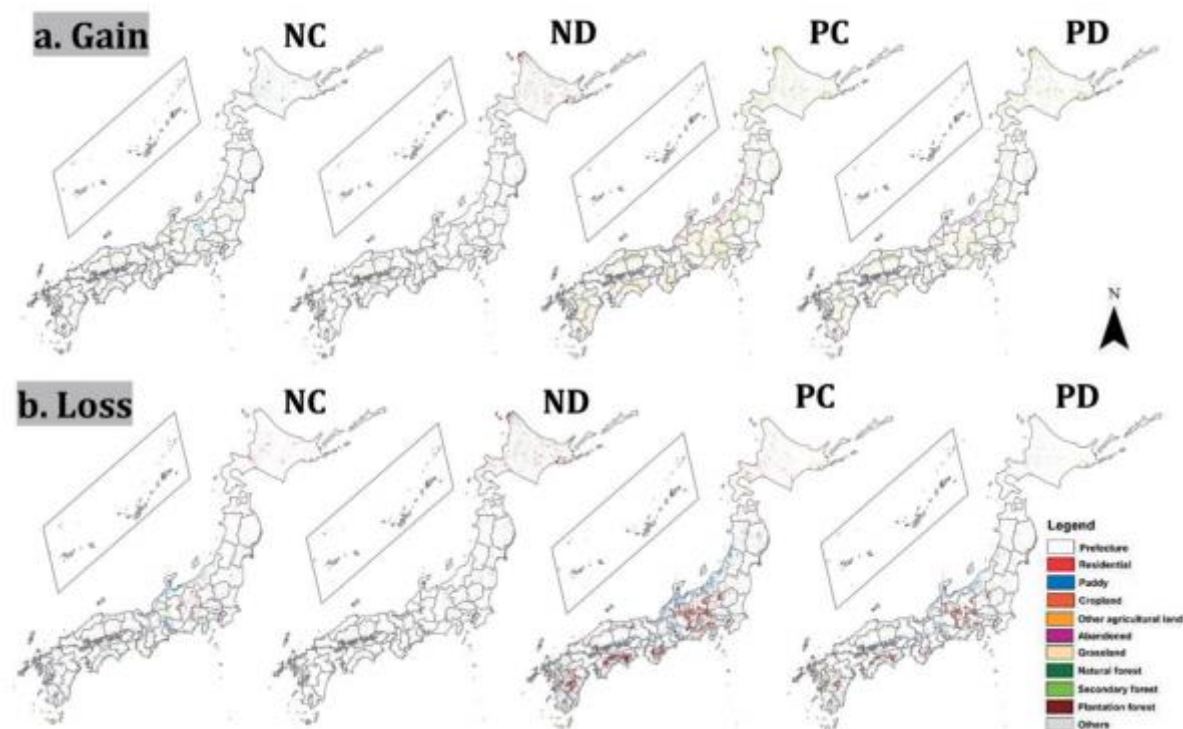


図 2.3 シナリオ別の土地利用変化(各土地利用の a)増加、b)消失を示す。)

NC: 自然資本・コンパクト型シナリオ, ND: 自然資本・分散型シナリオ, PC: 人工資本・コンパクト型シナリオ, PD: 人工資本・分散型シナリオ (Shoyama, 2021 を基に地図化)

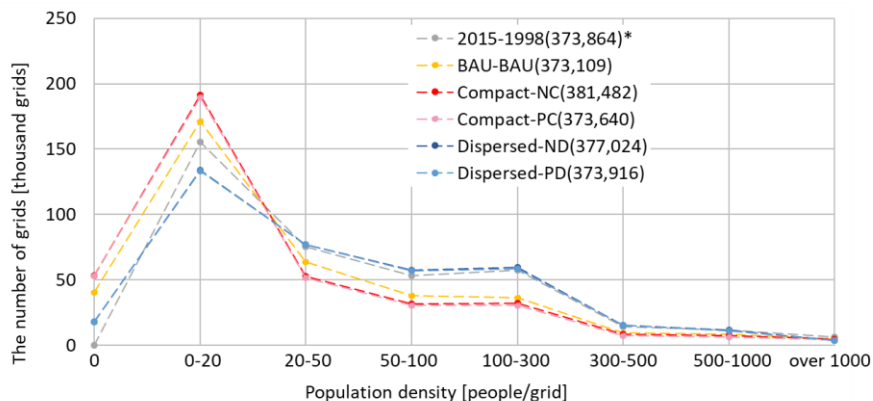


図 2.4 人為的な管理が必要な自然資本グリッドにおける居住人数の分布(全国, Hori et al., 2020)
(凡例は重ねあわされた[人口分布シナリオ名]-[土地利用シナリオ名]を示し、()内は人為的な管理が必要な自然資本に被覆された 500m グリッドの数を示す)

4.4. 移住と二地域居住、関係人口の実態把握と予測評価モデルの開発

移住・二地域居住・継続的な他地域の訪問に関する社会調査の結果、今後移住する可能性が「大いにある・ある程度ある」と回答された割合は38%、「あまりない」を含めると68%にのぼった。また二地域居住を「している～していないがいつかしたい」と回答したサンプルは全体の26%であり、この二地域居住を実施・検討している層において今後の移住可能性を「大いにある～あまりない」と回答したサンプルは85%に達した。生活拠点以外で繰り返し訪問する地域を1地域以上回答したサンプルは全体の17%であった。この交流型関係人口ともいえる層において移住可能性が「大いにある～あまりない」としたサンプルは87%であり、二地域居住に至っては、交流系関係人口といえる層の100%が「している～していないがいつかしたい」のいずれかを回答する結果となった。図2.5に示す通り、移住先や第二の

居住地として最も多く選ばれたのは大都市域であったが、大都市域から地方への移住や二地域居住を希望する層も一定程度は存在し、その割合は移住よりも二地域居住や継続的な訪問においてより高かった。よって、継続的な交流や二地域居住は、人々が地域との関りを段階的に深めるプロセスとして将来的な移住促進にもつながるものであり、このプロセスを段階的に促進することが、分散型社会において大都市域から地方への人の動きを創出する政策として効果的であることが明らかとなった。

また地方への移住を希望する層は自然への近接性を比較的重視する傾向にあり、地方部への継続な訪問理由として「観光・レジャー」の割合が比較的大きかったことから、地方では文化的サービスを提供しうる自然資源を維持した地域づくりを進め、それを活かした観光やレジャー活動の展開によって継続的な訪問者を獲得することが、大都市からの人の動きを作り出す有効な第一歩であると考えられる。

また繰り返し訪問する地域、すなわち関係人口として訪れる地域との距離については、目的によって異なるものの、居住先と訪問地域の距離の中央値はおおよそ百kmから百数十kmであり、全体の傾向として距離が近い地域間ほど二地域居住および継続的な訪問が多く実施および検討される傾向が示された。この結果を活用し、各都道府県別の関係人口を定量的に推計した結果、各都道府県から他地域に繰り返し“行く”関係人口は、東京都の最多 686 万人から沖縄県の最少 9 万人、また他地域から各都道府県へ“来る”関係人口は、東京都の最多 912 万人から鳥取県の最少 19 万人の間で分布する結果となった(図 2.6)。よって特に自然資本活用型シナリオにおいて、自然資本の利用や管理に都市部から参加する関係人口を重視・拡大する際には、この結果を基に、各地域の課題と照らして関係人口に期待できるマンパワーの量的な推計を織り込んだ地域づくり戦略を策定し、百数十km圏内の住民をターゲットとして関係人口の誘致の取り組みを進めることが重要である。

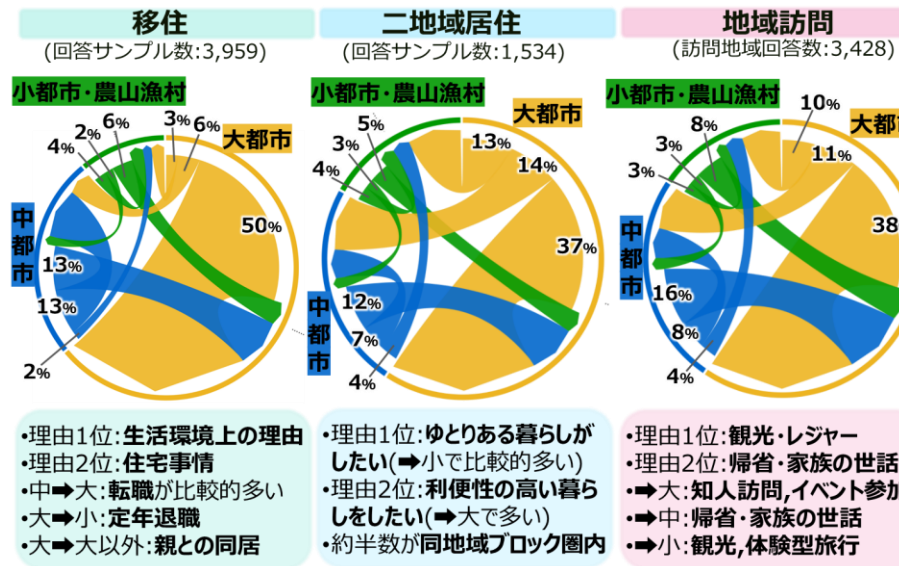


図2.5 地域区分ごとの移住先・二地域居住先・継続的な訪問地域の動向とその理由

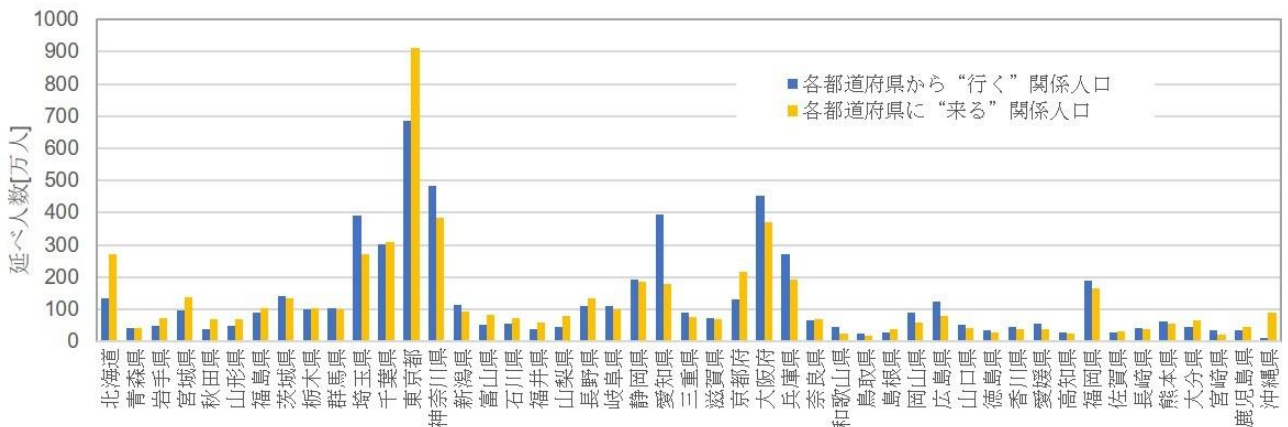


図 2.6 都道府県別に推計された関係人口(2015 年人口ベース, 堀ほか 2020)

4.5. 生態系サービスの需給ギャップ分析

本プロジェクトでは、従来どおりの土地利用に基づいた供給ベースの生態系サービス評価だけでなく、人口減少や一人当たり消費行動(例:コメや水産物等の消費量)の変化を反映した需要ベースの生態系サービス評価を進めた。図2.7は全国将来シナリオに連動した生態系サービスの需要と供給のギャップ分析を試みた研究成果である。これは全国市区町村単位でコメ消費量および生産量ランキングのギャップを示しており、色が赤い自治体は需要過多、青色は供給過多の自治体である。自然資本・分散型社会シナリオの方が、人工資本・コンパクト型社会シナリオよりも、需給ギャップが小さい「小規模バランス」、「大規模バランス」の自治体数が多くなること示された(図2.7)。さらに、コメ需要が供給量を大幅に超過することで影響を受ける可能性がある人口は自然資本・分散型社会シナリオで最も少なくなり、需給ギャップが改善されることが示唆された(図2.8 A)。また、需給ギャップが発生することで影響を受ける人口は、207生活圏を地域循環共生圏とした場合の方が少なかった(図2.8 B)。この結果から、複数の市町村の連携で地域循環共生圏を構築することで持続可能な地域分散型社会を形成できる可能性が示唆された。

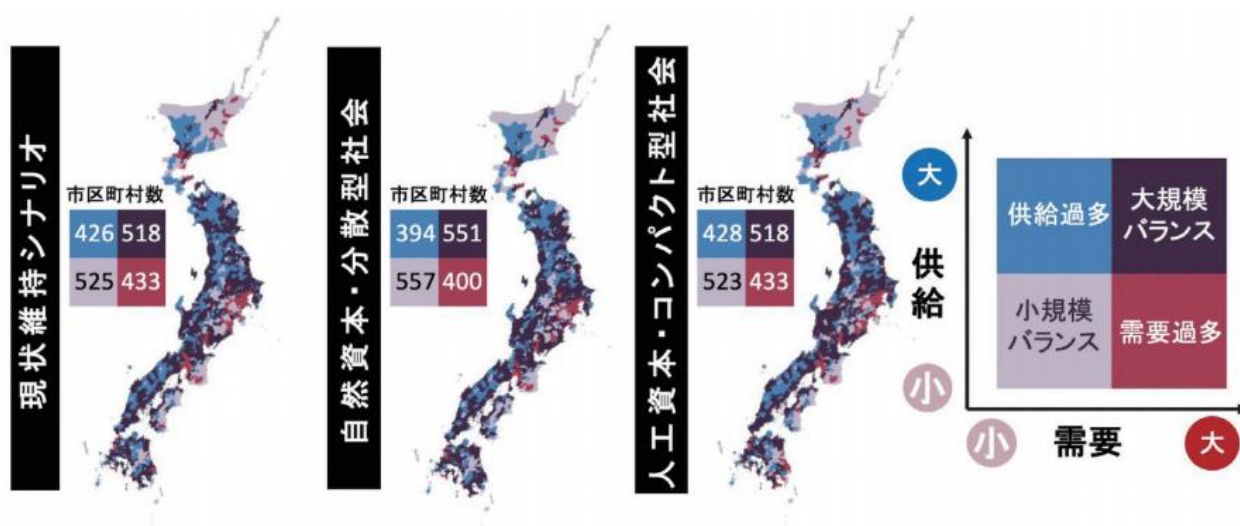


図2.7 市区町村単位での2050年におけるコメ生産の需給ギャップ予測 (宮本ほか, 2020)

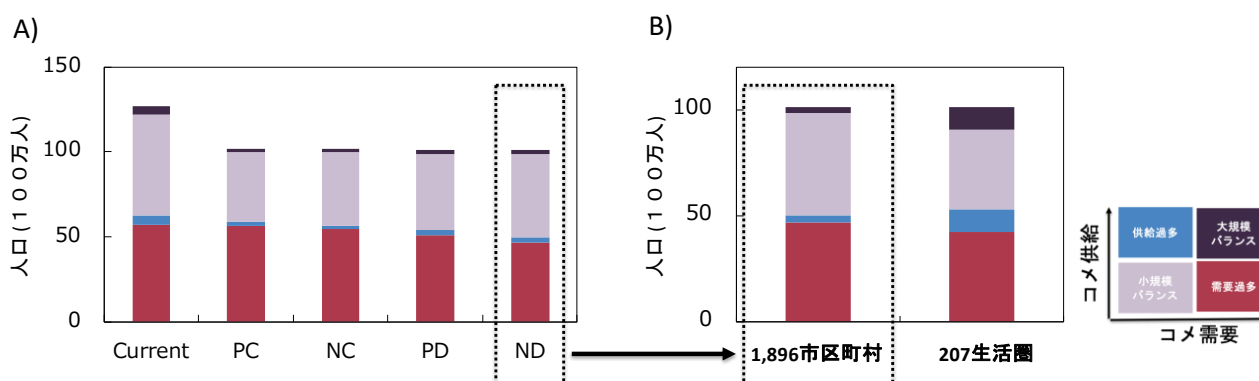


図2.8 大規模・小規模バランス、供給過多、需要過多の4クラス別の人口

A) 現在と2050年の市区町村単位での将来シナリオ別の推計結果、b) 2050年の自然資本・分散型社会の、異なる地域循環共生圏の圏域(市区町村または207生活圏)での人口の比較(宮本ほか 2020)
 Current: 現在、PC: 人工資本・コンパクト型社会、NC: 自然資本・コンパクト型社会、PD: 人工資本・分散型社会、ND: 自然資本・分散型社会

本研究成果により、需給バランスを定量的・空間明示的に予測評価できることから、これまで主に定性的に議論されてきたアンダーユースやオーバーユース(過剰利用)に対して、科学的なエビデンスに基づく政策決定が可能になる。たとえば、将来的な人口変動を踏まえた食料需要に応じて、将来発生する耕作放棄地を自然再生

(広葉樹林化など)へと誘導すべきか、それとも農地として維持・保全すべきか、といったことが定量的・空間明示的に検討することが可能になる。また、生態系サービスに関して検討される政策は、多くの場合、農地や森林などの供給サイドでの支払い制度や保護区域等の政策が中心であった。だが、需要サイドの生態系サービスの予測評価にあたっては、地域伝統野菜や郷土料理の保全、食育の推進など生態系サービスの需要面にはたらきかける政策が重要になる。

また、テーマ2およびテーマ3と連携し、生態系による供給サービスの需給ギャップ分析を定量的および空間明示的に行うため、本サブテーマではコメ・ほうれん草・木材・カキを対象に、供給サービスの将来需要量の推計を行った。コメ・ほうれん草・カキについては、栄養統計や消費実態調査を基に都道府県別の1人当たり摂取量原単位を、また木材については全国一律の1人当たり木材消費量原単位を作成し、シナリオ別の将来メッシュ人口に乗算することで、将来需要量を500mメッシュ解像度で推計した。本データは、テーマ2および3にてシナリオ(本プロジェクトのシナリオおよび気候シナリオ)別に推計された各品目の供給量と重ね合わせられることで、シナリオによる需給バランスの変化の分析や需給ギャップ解消に必要な介入策の検討が行われた(詳細はテーマ2および3の成果報告書参照)。

4.6. 事例研究サイト(石川県・北海道別寒辺牛川流域)における高空間解像度のシナリオ分析

事例研究サイト用のシミュレーションモデルLANDIS-IIの運用性評価では、シナリオから得られる基本フレームとの接合可能性、変動要因(ドライビングフォース)別の応答特性などを評価した。具体的には、事例研究サイト候補の一つである石川県を対象地とし、人為的かく乱要素である主伐及び間伐面積率と耕作放棄地率から作成した4つの里山管理シナリオで100年間の植生の遷移を50m解像度で予測した(芳賀ほか 2016)。この結果から、里山の生物多様性や生態系サービスの評価の基礎データとなる景観の多様

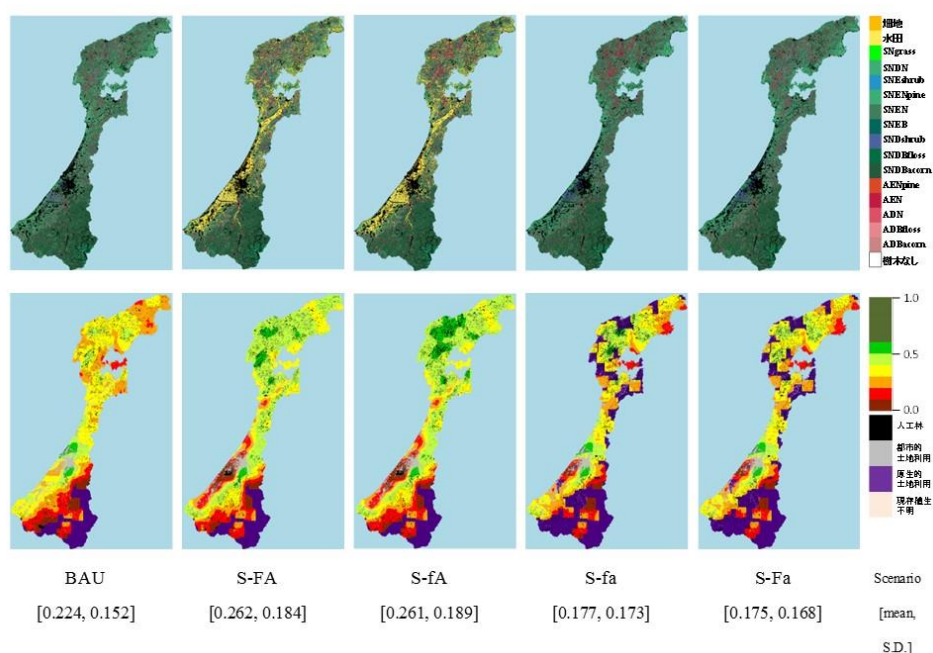


図2.9 LANDIS-IIモデルによる事例サイト(石川県)での運用性評価(芳賀ほか, 2016)

性の推移や地上部バイオマス量を評価した。特に耕作放棄速度の違いが大きく結果に影響した。耕作放棄の進展とともに二次林が拡大して均質な土地利用が形成されてM-SI値が減少したが(BAU, S-fa, S-Fa)、耕作地の管理を継続したシナリオ(S-FA, S-fA)では景観の多様性が保たれた。このように、社会シナリオで記述される里山管理の変動要因をLANDIS-IIと連携させ、里山の状態量を動的かつ定量的に評価できるシミュレーションプロセスが開発できた(図2.9)。

他方、北海道別寒辺牛流域を対象としたLANDIS-IIモデルによる運用性評価では、より具体的なシナリオ別の人口データを入力値として試算した結果、土地被覆、地上部バイオマス、木材及び牧草地生産量、炭素吸収量においてシナリオ別の変化が明らかとなった(図2.10)。特に、将来シナリオで記述された2つの不確実性の軸が自然資本とESに異なる結果をもたらすことが示された。人口分布は、放棄された牧草地の空間分布と管理された牧草地の分断化を招き、活用する資本に関する仮定は生態系サービスの結果に大きく影響を与えた。LANDIS-IIモデルを用いたプロセスベースのシナリオ分析手法は、生物多様性の第2の危機である過小利用が引き起こす自然資本と生態系サービスへの影響を社会的要因と生態学的プロセスを考慮して予測評価することができるため、人口減少社会での意思決定と持続可能性のデザインに貢献することができることが示された。

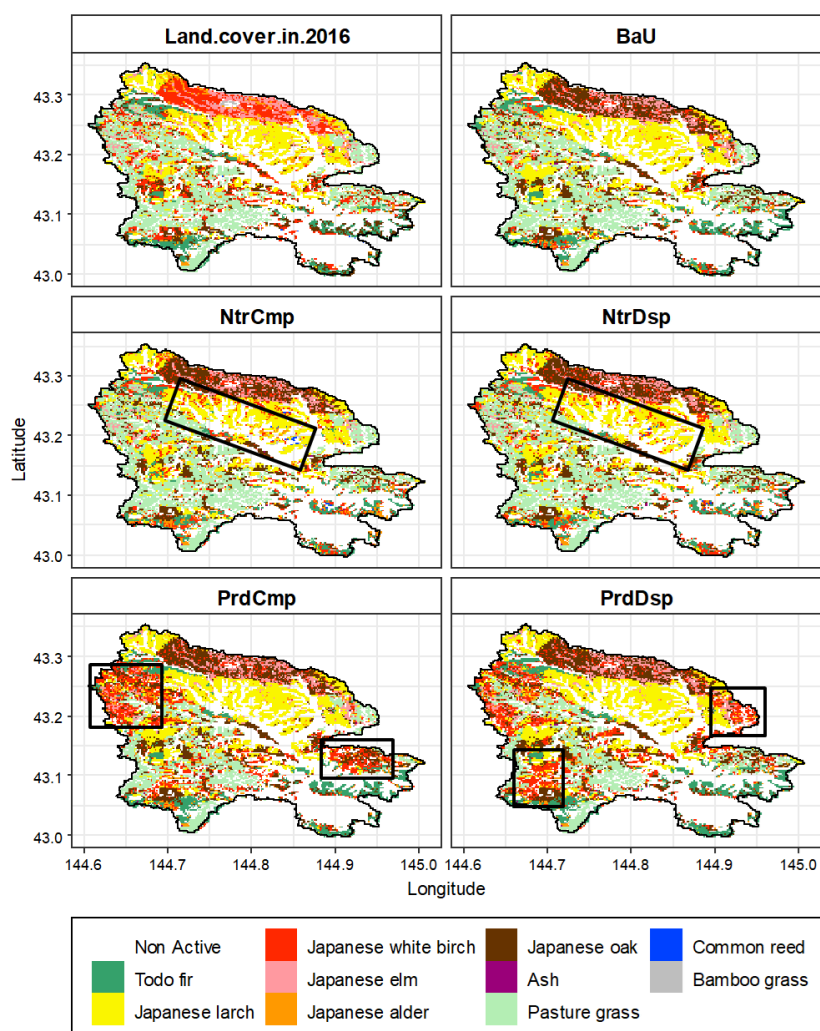


図2.10 LANDIS-IIモデルによる事例サイト(別寒辺牛)での運用性評価 (Haga et al. 2019)

4.7.統合モデルの海外適用: バングラデシュおよび中国における将来シナリオ構築と土地利用分析

チャトグラム首都圏(CMA)の過去30年間の土地利用データから、農地と農村集落が主な土地被覆であり、都市の造成地と植生がそれに続いていること、更に都市の急速な開発活動により、すべての土地被覆割合が大きく変化していることが明らかとなった(図2.11)。分析期間1990~2018年の間に、CMAでは農地の約50%が他の土地被覆に転換され、都市部は1990年の4倍に拡大し、都市部の面積は継続的に拡大している。この期間に、農村集落、都市既成市街地、農地などの土地利用に変換されたことで、CMAにおける植生被覆は約25km²失われた。

こうした土地利用データや人口センサス、マスタープランなどを参照しながら議論されたCMAの課題と可能性に基づき、投票によりシナリオを形成する2軸が選択された。採用された2軸は「人工資本と自然資本どちらを活用するか」および「生態系を積極的に管理する(生態系の回復優先)か消極的(経済発展を優先)に管理するか」であり、それにより「自然の積極的管理・人工資本型(PP)」、「自然の消極的な管理・人工資本型(PE)」、「自然の積極的管理・自然資本型(NP)」、「自然の消極的な管理・自然資本型(NE)」の4シナリオが作成された(図2.12)。各シナリオにおける社会の主要な要素に関するストーリーラインが、参加者の中で議論され記述された。

CMAの都市計画においてはこれまで都市の成長に重点が置かれていたが、本ワークショップ及び作成されたシナリオは、CMAにおける土地利用および植生の変化を可視化するなど、CMAの発展に対して持続可能性から新たな認識を提供できた。今回構築した過去30年の土地利用変化データを基に、CMAの土地利用変化に関する将来シナリオ分析を行うことも可能である。本プロジェクトで開発したシナリオ作成および評価分析の手法は、国外においても、成長する都市の環境問題を分析し、予測される問題の解決策を構想するための学際的な枠組み

を提供することができた。

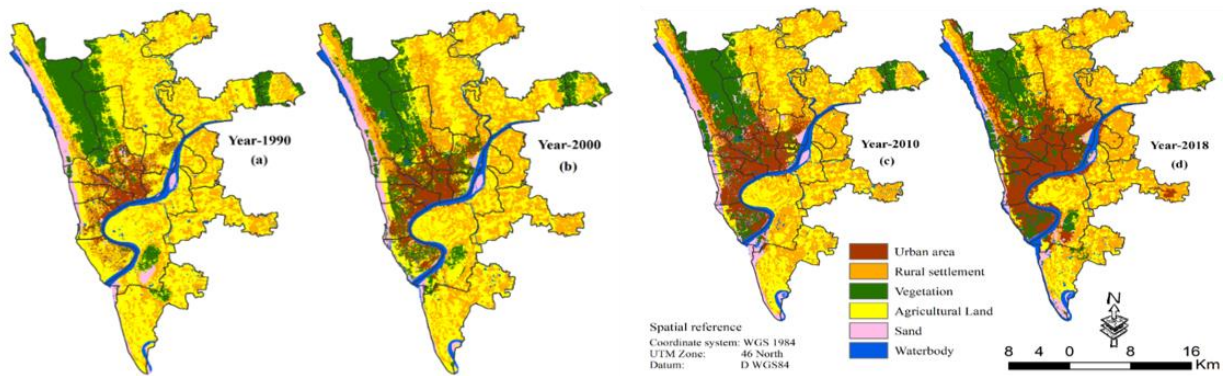


図2.11 CMAにおける主要な土地被覆の分布と変遷

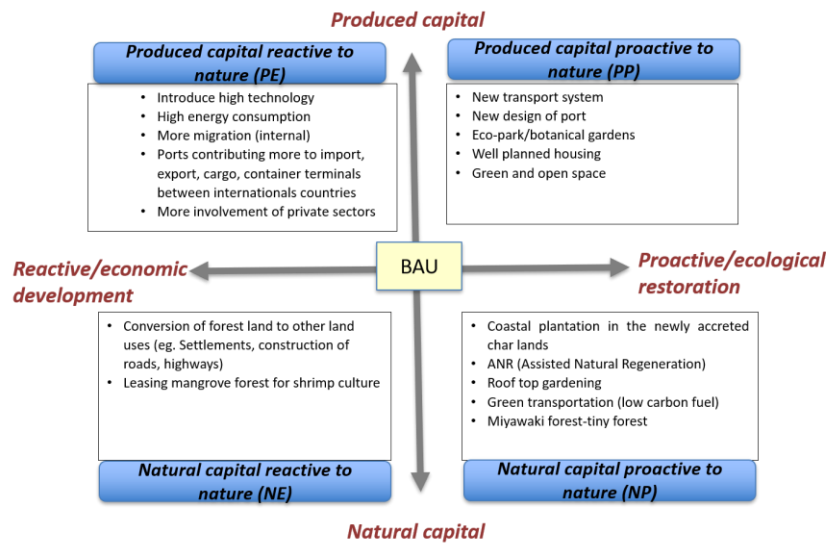


図2.12 バングラデシュのチャトグラム首都圏 (CMA) の将来シナリオ

次に中国グレートベイエリア地域に対して本プロジェクトの方法論を応用して実施した将来シナリオ分析の結果を示す。ここではグローバル版のSSPシナリオと中国グレートベイエリア地域のローカルな政策を連携させてローカライズしたSSPシナリオを作成した。持続可能性が高いSSP1から最も過酷な二酸化炭素排出が予想されるSSP5にわたって、自然的土地利用や都市的土地利用が促進・抑制されるように設定した。こうしたローカライズドSSPシナリオに基づき、土地利用予測モデルLCMによって予測された土地利用分布マップが図2.13である。グレートベイエリア全体で開発圧力が高いところ低いところが空間明示的に示され、特に香港では西部の沿岸域の将来がシナリオによってかなり状況が異なることが空間明示的に示された。またいずれのシナリオにおいてもエコロジカルフットプリントはグレートベイエリアが持つバイオキャパシティより大きくオーバーシュートする傾向が見られ、食生活などのライフスタイルや土地利用開発方針など間接要因・直接要因を通貫する社会変革に向けた政策提言につながる成果が得られた。

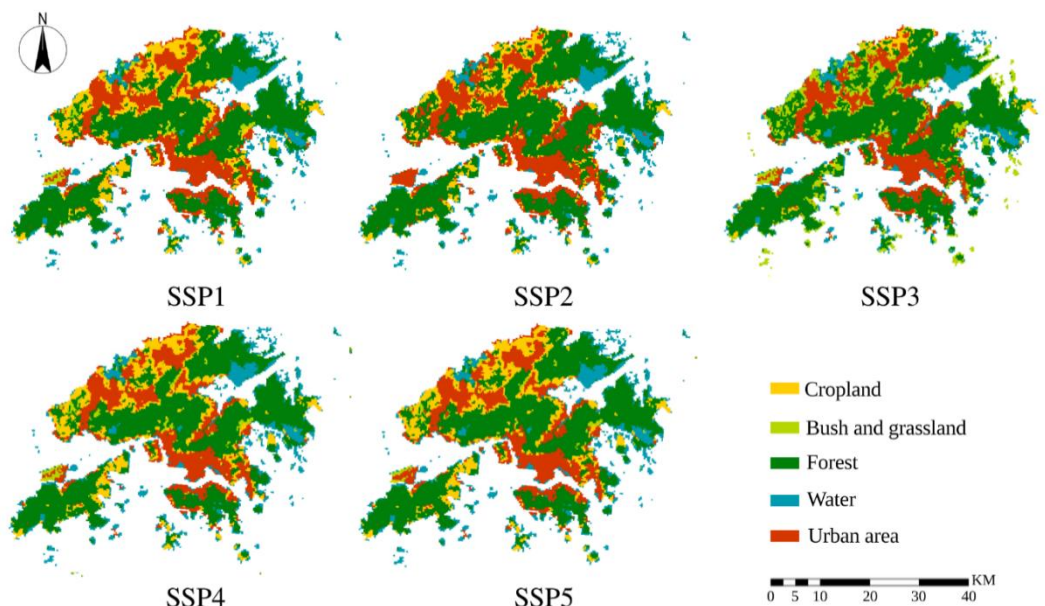


図2.13 2030年のローカライズドSSPシナリオでの香港の土地利用分布マップ

4.8 政策オプションの包括的インベントリと政策支援ツールの開発

政策オプションの行政文書からの網羅的な抽出により、延べ1,467施策(国家戦略:857施策, JSSA:66施策, JBO:139施策, JBO2:185施策, PANCES:25施策, MBSAP:28施策, BPOP:167施策)の政策オプションが抽出された。アンケート調査の結果、平均優先度が4以上であった35政策を抽出し、標準偏差1以下か1より大きいかに分け、陸域と海域の区分のなかで平均優先度の大きい順に並べ替えたのが表2.1である。優先度が高く、かつ標準偏差が1以下の政策オプションとして、陸域では環境保全型農業の促進、耕作放棄地の転用(自然再生)、生態系を活用した防災・減災、生態系を活用した適応の推進、河川・湖沼・湿地の保全・再生、持続利用をめざす資源管理、自然景観、生態系と調和した防災事業の推進、地域循環共生圏の創造、里地・里山の保全施策の推進、生物多様性に係る事業、法定計画等の策定支援、広葉樹林化の促進、生態系ネットワーク形成の検討と実施、保全が抽出された。同様に、海域では藻場の保護・拡大、サンゴ礁生態系の保全・再生、砂浜・自然海岸の再生、海洋保護区の拡大、海洋保護区の設定による保全管理、生態系ネットワーク形成の検討と実施、保全、水産動植物の生息・生育環境の改善、水質管理が優先度が高くかつ標準偏差が1以下の政策オプションとして抽出された。

さらに開発したツールの運用テストを行った結果、同ツールを活用することで、より効率的かつバランスのとれた政策立案に役立つことが確認され、科学-政策インターフェースを強化する情報基盤となることが期待できる。

表2.1 優先度評価結果
(平均優先度4以上かつ標準偏差1以下の19政策のみ抜粋, 齊藤ほか 2020)

陸域・海域	カテゴリ	政策オプション	平均優先度	S.D
陸域	食料	環境保全型農業の促進	4.377	0.837
	食料	耕作放棄地の転用(自然再生)	4.358	0.901
	その他	生態系を活用した防災・減災、生態系を活用した適応の推進	4.327	0.964
	その他	河川・湖沼・湿地の保全・再生	4.226	0.800
	その他	持続利用をめざす資源管理	4.167	0.818
	その他	自然景観、生態系と調和した防災事業の推進	4.118	0.931
	その他	地域循環共生圏の創造	4.115	0.808
	食料	里地・里山の保全施策の推進	4.113	0.990
	その他	生物多様性に係る事業、法定計画等の策定支援	4.094	0.791
	炭素固定	広葉樹林化の促進	4.039	0.848
	その他	生態系ネットワーク形成の検討と実施、保全	4.038	0.766
	海域	食料	藻場の保護・拡大	4.420
レクリエーション		サンゴ礁生態系の保全・再生	4.404	0.872
レクリエーション		砂浜・自然海岸の再生	4.385	0.932
食料		海洋保護区の拡大	4.320	0.971
レクリエーション		海洋保護区の設定による保全管理	4.314	0.962
その他		生態系ネットワーク形成の検討と実施、保全	4.240	0.967
食料		水産動植物の生息・生育環境の改善	4.216	0.971
食料		水質管理	4.000	0.987

4.9 モデリングトレーニングセミナーの実施

モデリングトレーニングセミナーには、日本やフィリピン、インドネシアなどのアジア太平洋地域やアフリカ大陸から約100名が参加した(図2.14)。図2.15に示すように、参加者へのアンケートの結果、全体を通しての満足度が高く、個別のモデルの解説に対しても高評価であった。質疑応答では、参加者の個別の対象地域や研究課題に対して紹介されたモデルが応用可能かどうかについての実践的な質疑や、モデルの利用方法について活発に議論が行われた。アンケートの自由記述では、多くの参加者が同様のセミナーの継続や、より実践的な個別のモデルのハンズオン形式でのセミナー、無償のGIS統計解析ソフトウェアのハンズオンの希望も記述されたほか、アフリカでの共同研究の可能性についても記述された。



図2.14 モデリングトレーニングセミナーの参加者

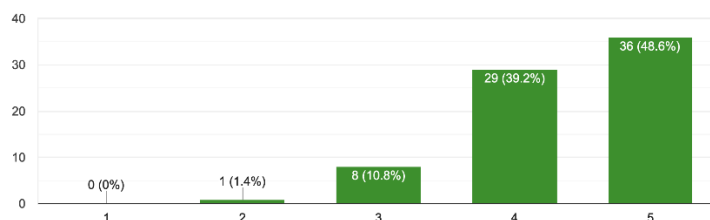


図2.15 モデリングトレーニングセミナー全体の満足度(5:満足)

5. 研究目標の達成状況

本サブテーマは、研究目標を上回る成果をあげることができた。当初目指していた将来シナリオ毎の基本フレーム（人口・産業、土地利用、自然資本）については、予定通り設計プロセスを提示し、その設計に必要な各種統計・空間データ、既存モデル・ツールの情報整備を行った。さらに全国規模での将来シナリオ毎の基本フレームの第一次案の提示を行うとともに、事例対象地域では将来シナリオと基本フレームの構築方法を提示し、人口と土地利用の変化と連動した自然資本のプロセスモデルを構築した。またこれらの基本フレームに基づき、テーマ2および3と連携して、生態系サービスの将来需給バランスの分析についても、その方法論及び結果を提示することができた。

くわえて、当初計画になかった関係人口の推計モデルの構築を行うことで、居住人口から関係人口に視野を広げて自然資本の持続的な管理の可能性を評価することができた。また国内外の研究者を対象としたモデリングトレーニングセミナーを実施し、海外2地域について開発した統合モデルを適用するなど、本プロジェクトのアジア展開事例を創出することができた。さらに、政策支援ツール開発を行ったことで、科学-政策インターフェースの強化にも直接的な貢献をすることができた。

6. 引用文献

- 1) 芳賀智宏, 松井孝典, 町村尚 (2016) 将来シナリオ分析のための里山の景観の多様性のシミュレーションプロセスの開発 —LANDIS-IIと改良さとやま指数を用いて—, 土木学会論文集G(環境), 72-6, II_299-310.
- 2) Hori, K., Saito, O., Hashimoto, S., Matsui, T., Akter, R., Takeuchi, K. (2021) Population distribution projections under depopulation conditions in Japan, for scenarios analysis of future socio-ecological systems, *Sustainability Science*, 16: 295-311. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00835-5>.
- 3) 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>.
- 4) 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.
- 5) Shoyama, K. (2021) Assessment of Land-Use Scenarios at a National Scale Using Intensity Analysis and Figure of Merit Components, *Land*, 10(4):379.
- 6) 齊藤修, 堀啓子, 松井孝典, 蒲谷景, 橋本禪, 吉田丈人, 小黒芳生, 山北剛久, 牧野光琢, 植竹朋子, 山崎麻里, 那花美奈, 西浩司, 武内和彦 (2020) 生物多様性と生態系サービスに関する政策オプションの包括的インベントリと政策支援ツールの設計, 第48回環境システム研究論文発表会講演集, 61-68.
- 7) 堀啓子, 芳賀智宏, 松井孝典, 齊藤修, 橋本禪, 吉田丈人, 黄琬惠, 熊谷惇也, 若松美保子, 馬奈木俊介 (2020) 移住意向と関係人口に関する実態調査と関係人口の都道府県別推計, 第48回環境システム研究論文発表会講演集, 111-120.
- 8) 宮本大志, 芳賀智宏, 松井孝典, 堀啓子, 齊藤修, 橋本禪 (2020) 地域循環共生圏の形成に向けた生態系サービスの需給ギャップ分析と地域連携効果の評価, 環境システム研究論文発表会講演集, 48, 133.
- 9) Haga, C., Inoue, T., Hotta, W., Shibata, R., Hashimoto, S., Kurokawa, H., Machimura, T., Matsui, T., Morimoto, J., Shibata, H. (2019) Simulation of natural capital and ecosystem services in a watershed in Northern Japan focusing on the future underuse of nature: by linking forest landscape model and social scenarios, *Sustainability Science*, 14, 89-106.

II-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

国立研究開発法人国立環境研究所

社会システム領域	領域長	亀山 康子
気候変動適応センター	副センター長	肱岡 靖明
気候変動適応センター	気候変動適応戦略研究室	大場 真
社会システム領域	地域計画研究室	有賀 敏典
生物多様性領域	生物多様性評価・予測研究室	深澤 圭太
気候変動適応センター	気候変動適応戦略研究室	藤田 知弘
生物多様性領域	生物多様性評価・予測研究室	角谷 拓

<研究協力者>

気候変動適応センター	気候変動適応戦略研究室	津田 直会
------------	-------------	-------

【要旨】

今後のわが国の生態系を変化させる重要な変化要因（ドライバー）として気候変動を取り上げ、気候変動影響や気候変動対策が生態系に及ぼす影響を調べる。また、それらの影響を可能な限り軽微なものとするための政策オプションを提示することを目的とした。研究開発期間であった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、その中でも特に再生可能エネルギー拡充について検討を進めた。具体的な研究内容と結果は以下のとおりである。

- (1) 気候シナリオに関する情報収集：日本国内の生態系への気候変動影響が研究対象とされているため、詳細にダウンスケーリングした予測データを整理し、S15の他のサブテーマに提供した。
- (2) 気候変動を考慮した日本全国スケールの土地利用変化モデルの開発：将来の気候変動影響への適応策を検討するベースとして、日本全国スケールの土地利用変化モデルを本サブテーマ内で構築した。その予備段階として、人口変動のみを考慮した土地利用変化モデルの開発、気候変動と人口変動の両者を考慮した土地利用変化の予測モデル開発を行った。
- (3) 気候変動に対する生態系サービス評価ツール：土地利用、人口、気候変動などのデータの更新に柔軟な生態系サービス評価ツールを試作し、米等の生産量について推計を行った。
- (4) 気候変動対策が生態系に及ぼす影響に関する検討：気候変動政策と生態系保全政策とのトレードオフやシナジーを分析した。その結果、気候変動緩和策については、森林保全や自動車排ガス減少といった観点では生態系保全とシナジー効果があるが、再生可能エネルギーの普及等ではトレードオフが発生するおそれがあることが指摘された。気候変動適応策については、自然生態系分野での適応策自身がシナジー効果を持つが、高温に適した農作物への品種改良や洪水対策としてのインフラ整備が周辺の生態系を脅かすおそれがあることが指摘された。
- (5) 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：日本全土を対象にメガソーラー発電所の開発による土地改変量を分析し、さらに土地改変によって生じた生態系サービス（人類が生態系から享受する利益）の変化量を、プロジェクト全体のモデルサイトが含まれる北陸地方をターゲットとして解析した。
- (6) 再生可能エネルギー普及と生態系保全との両立するための政策検討：メガソーラーと生態系保全との間でのトレードオフに関して、これまで国内にて採用されてきた政策を整理し、今後の改善案について検討した。結果、自治体ごとの条例の施行や国レベルの環境アセスメントの対象範囲拡大は、気候変動対策と生態系保全の両立を維持する上で有効な第1歩であると評価できたが、今後さらに再生可能エネルギー導入量を増やすためには、さらなる制度設計が必要である。いくつかの政策を提示した。

1. 研究開発目的

日本の今後の生態系保全を目指して、社会・生態システムの統合モデルを構築するためには、今後、日本の生態系に影響を及ぼしうる重要な変化要因（ドライバー）についても将来を予測していく必要がある。本サブテーマでは、特に気候変動を重要なドライバーとして取り上げ、気候変動影響や気候変動対策が生態系に及ぼす影響を調べる。また、それらの影響を可能な限り軽微なものとするための政策オプションを提示することを目的とする。

気候変動影響については、今後の全体的な温暖化が予想される中、日本の地域レベルでの気温の変化と降水量の変化を予測する必要がある。現状では詳細なスケールの予測はないことから、その予想を可能とするための、ダウンスケーリングした予測データを整備する。同時に、ダウンスケーリングした気候変動影響の予測が得られた地域ごとに将来の土地利用を推計する必要がある。全国レベルで人口減少が予想される中、人々の都市部への集中度や農耕地の転換度が、地域ごとの損失・損害の水準に影響を及ぼしていくためである。

一方、気候変動政策が生態系に及ぼす影響については、緩和策と適応策に分けて検討する必要がある。特に緩和策については、今後大幅な温室効果ガス排出削減が求められる中で、生態系への負の影響が懸念されることから、それについてより詳細に検討する。その結果を踏まえて、政策提言を行う。

2. 研究目標

国内での地域ごとの気候変動影響（降雨量や気温等）に関するモデルのデータをS15内全サブテーマに公開して生態系影響評価に活用してもらうとともに、気候変動緩和策、適応策、生態系保全策間でのトレードオフとシナジーを示す。また、トレードオフが特に懸念される再生可能エネルギー普及と生態系保全の関係を分析し、両立に有効となりうる政策を提案する。

3. 研究開発内容

研究開発期間であった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、その中でも特に再生可能エネルギー拡充について検討を進めた。具体的には以下の6項目となる。

3.1 気候シナリオに関する情報収集

今までの気候モデルは、グローバルな気候変動予測に主眼が置かれていたため、ローカルな気候変動の予測には適していなかった。本戦略課題では、日本国内の生態系への気候変動影響が研究対象とされているため、詳細にダウンスケーリングした予測データを提供する役割を本サブテーマが担った。

3.2 気候変動を考慮した日本全国スケールの土地利用変化モデル

将来の気候変動影響への適応策を検討するベースとして、日本全国スケールの土地利用変化モデルを本サブテーマ内で構築した。その予備段階として、人口変動のみを考慮した土地利用変化モデルの開発を試みた。次にモデル開発の第2段階として、気候変動と人口変動の両者を考慮した土地利用変化の予測モデル開発を行った。

3.3 気候変動に対する生態系サービス評価ツール

土地利用、人口、気候変動などのデータの更新に柔軟な生態系サービス評価ツールを試作した。

また、気候変動下における、生態系サービスと再生可能エネルギーと両方のポテンシャル供給を評価するため地理情報に基づいた方法論を開発した。将来も含めた土地利用と気候を考慮し太陽エネルギー、風力、木質バイオマス供給ポテンシャル、生態系サービス指標を評価した。この方法論は収集しやすいデータから、町村レベルでポテンシャルのスクリーニングを行うという簡易法を提供しており、中山間地における気候変動が農業や林業など土地利用型産業へ影響評価を想定している。

3.4 気候変動対策が生態系に及ぼす影響に関する検討

国内で実施する気候変動政策が生態系に及ぼす影響や、気候変動政策と生態系保全政策とのトレードオフやシナジーを分析した。そのための基礎的調査として、気候変動緩和策、気候変動適応策、生態系保全政策に関する情報を収集した。その中でも特に気候変動緩和策の中には、生態系への影響があり

うるものと、無関係に近いものが混在しているため、前者を特定する作業を行った。

3.5 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

固定価格買い取り制度（FIT）が導入された2012年以降、日本国内ではメガソーラーをはじめとする太陽光による発電量が急増している。太陽光発電は発電時に温室効果ガスを排出せず、エネルギー安全供給にも寄与する重要なエネルギー源である。一方、自然度の高い土地に発電所が開発された場合、生態系への影響が懸念される。本プロジェクトでは日本全土を対象にメガソーラー発電所の開発による土地改変量を分析し、さらに土地改変によって生じた生態系サービス（人類が生態系から享受する利益）の変化量を、プロジェクト全体のモデルサイトが含まれる北陸地方をターゲットとして解析した。

3.6 再生可能エネルギー普及と生態系保全との両立するための政策検討

日本で特に問題となっているメガソーラーと生態系保全との間でのトレードオフを解決するために、これまで国内にて採用されてきた政策を整理し、今後の改善案について検討した。

4. 結果及び考察

4.1 気候シナリオに関する情報収集

IPCC第5次評価報告書（AR5）で用いられた気候シナリオである3ないし4つのRCP（Representative Concentration Pathways：代表的濃度経路）に基づいた気候シナリオを収集し、その中で1kmメッシュ単位に統計的にダウンスケーリング可能な気候モデル（GCM）について情報を整理した（表3.1）。その結果、世界中で用いられている気候モデルのうち26モデルで整備可能であることが分かった。これらのモデルではRCP2.6、4.5、8.5を整備することが可能で、一部でRCP6.0についても整備可能と判明した。

気候変動予測の際、気候モデル間で予測値に大きなばらつきがあることが知られるため、複数の気候モデルの整備が妥当と考えられる。そこで、上記の26モデルすべてについて、それぞれ気候値の計算結果を収集した。対象とした気候値は気温および降雨量で、それぞれ日あるいは月単位で集計した。これらの気候シナリオを、他のサブテーマ・テーマが実施する生態系への気候変動影響評価の前提条件として必要な将来気候シナリオとして提供した。これらのデータは、S15参画者全員が使えるよう体裁を整えてサーバーにアップした。

表3.1 本研究で収集した気候モデル(GCM)の一部

時間 解像度	期間	RCP	気候パラメータ	GCM
日単位	1950-2005		降水量 最高気温 最低気温 平均気温	CSIRO-Mk3-6-0 GFDL-CM3 HadGEM2-ES MIROC5 MRI-CGCM3
	2026-2050	2.6 8.5	降水量 最高気温 最低気温 平均気温	CSIRO-Mk3-6-0 GFDL-CM3 HadGEM2-ES MIROC5 MRI-CGCM3
月単位	1950-2005		降水量 最高気温 最低気温 平均気温	CSIRO-Mk3-6-0 GFDL-CM3 HadGEM2-ES MIROC5 MRI-CGCM3
	2026-2050	2.6 8.5	降水量 最高気温 最低気温 平均気温	CSIRO-Mk3-6-0 GFDL-CM3 HadGEM2-ES MIROC5 MRI-CGCM3

4.2 気候変動を考慮した日本全国スケールの土地利用変化モデル

気候変動を考慮するための、日本全国スケールの土地利用変化モデルを作成した。土地利用シナリオ構築のフローを図3.1に示す。

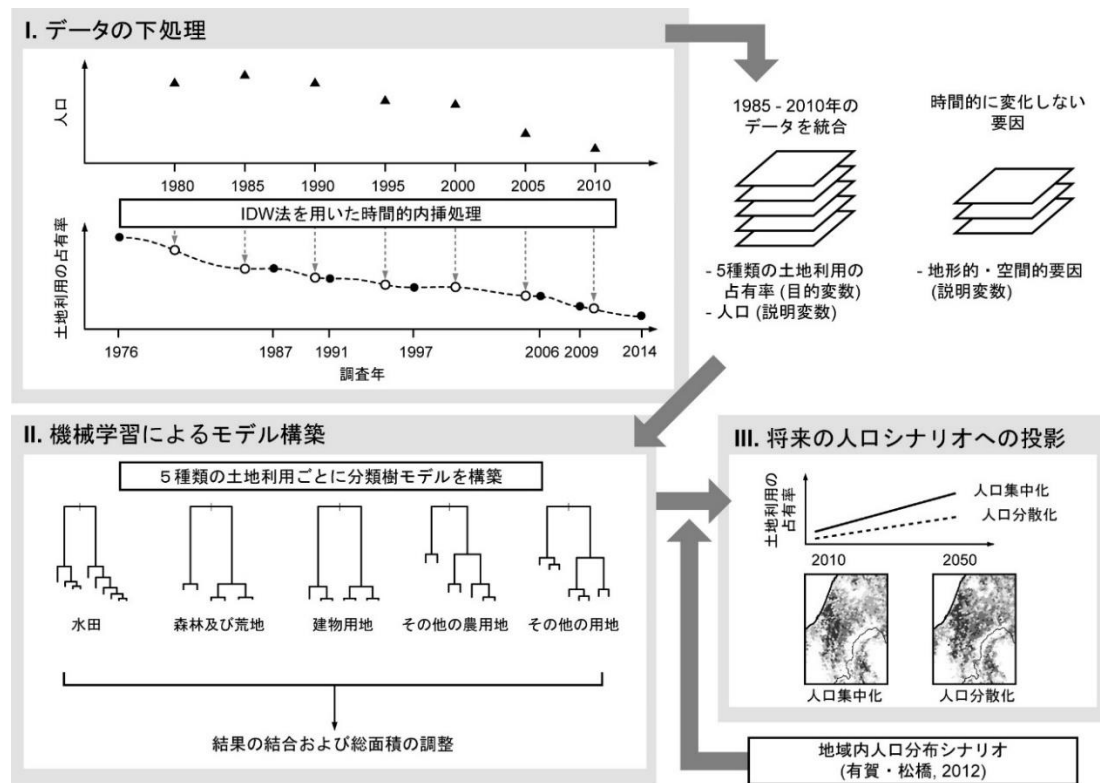


図3.1 土地利用シナリオ構築のフロー

人口変動のみを考慮した5種類の土地利用変化モデルにおける予測誤差の指標を表3.2に示す。水田、森林および荒地、水田、その他農用地については高い精度でモデルが構築できた。その他の用地については、精度は相対的に低かった。

表3.2 5種類の土地利用モデルの予測誤差の指標 ((Pearson's r), 平均絶対誤差(MAE), 平均二乗誤差(MSE) and 平均平方二乗誤差(RMSE))

土地利用	Pearson's r	MAE	MSE	RMSE
水田	0.899	0.041	0.007	0.083
森林および荒地	0.953	0.060	0.012	0.107
建物用地	0.964	0.013	0.001	0.036
その他の農用地	0.832	0.047	0.009	0.095
その他の用地	0.793	0.011	0.001	0.035

人口集中化シナリオおよび人口分散化シナリオにおける将来 (~2050年) の5種類の土地利用の総面積を図3.2に示す。水田・その他農地・森林・建物用地は2050年にかけて減少すると予測され、一方、荒地とその他人工物用地は増加すると予測された。

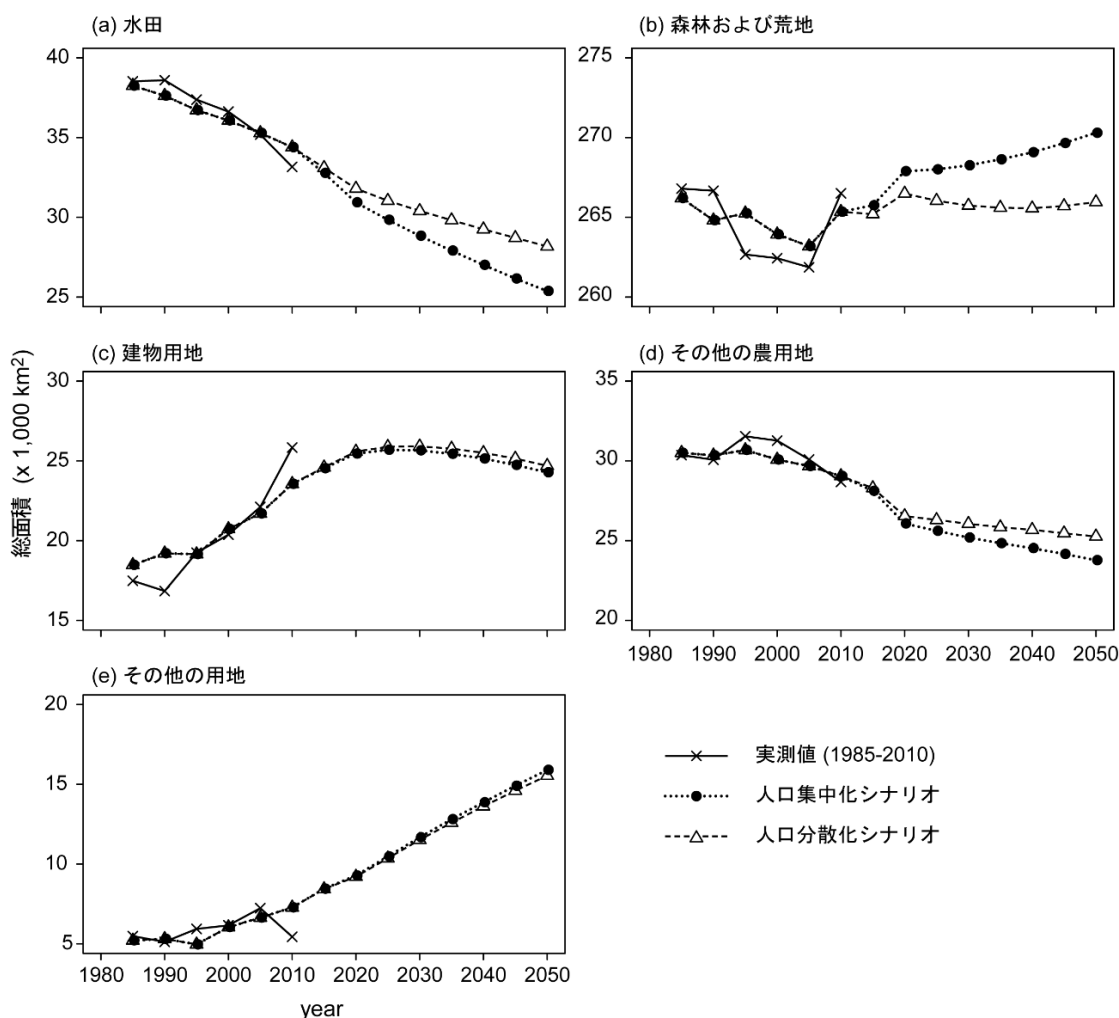


図3.2 人口集中化シナリオおよび人口分散化シナリオにおける将来(~2050年)の5種類の土地利用の総面積(人口変動のみを考慮)

気候変動と人口変動の両者を考慮した土地利用変化の予測モデルの精度を表3.3にまとめた。たとえば、観測値とモデルから推定された予測値の相関係数はPearson's $r=0.89\sim 0.98$ と高い精度で予測されていることが分かった。

構築したモデルを用い、各土地利用タイプについて2100年まで土地利用変化の予測を行った。図3.3に日本全国スケールで集計した2100年における土地利用面積変化量(km²)を示した。これをみると分析対象とした6つの土地利用のうち、その他農地・森林・荒地でRCP間に違いがあることが分かる。すなわち、上3つの土地利用には気候変動の影響が顕著に表れると予測された。特にその他農地に関してはRCP2.6では面積が減少すると予測されたが、RCP8.5では増加に転じることが予測された。作物の潜在適地への気候変動の影響を分析した先行研究は、温暖化に伴い中・高緯度地帯では適地面積が増加することが予測されており本研究の結果はこれらと一致する。

一方、水田・建物用地・その他人工物用地について全国スケールでみるとRCP間に大きな違いは見られなかった。他方、人口シナリオ間で面積に違いがみられた。すなわち、これら3つの土地利用については気候変動の影響は限定的で、人口変動の影響をより受けやすいと示唆された。

一方、地域別により詳しい分析をすると、一部地域で気候変動の影響が顕著となる場合があることが分かった。図3.3に地域別の水田面積の変化量比較を示す。また、図3.4では、2100年における各土地利用の面積変化量の地域別比較を示した。これらの2つの図により、北海道では水田面積にRCP間で差がみられ、特にRCP8.5では約2500km²の増加が予測された。以上の結果から、土地利用への気候変動の影響には地域依存性があることが示唆された。

表3.3 土地利用変化モデルの精度(気候変動と人口変動の両者を考慮)

	MSE _{oob}	R _{2oob}	相関係数
水田	0.002859203	0.9301896	0.967138
その他農地	0.003848876	0.875839	0.9414427
森林	0.006733231	0.9449323	0.9736791
荒地	0.002807485	0.7619856	0.8871152
建物用地	0.000585481	0.9682521	0.9843471
その他人工物用地	0.000935815	0.8306298	0.9158317

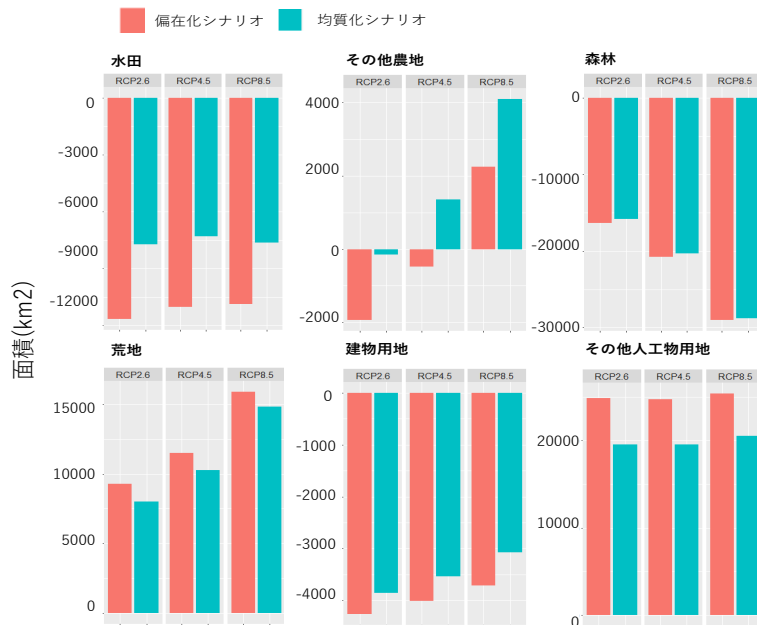


図3.3 2100年における各土地利用の面積変化量(気候変動と人口変動の両者を考慮、日本全国の合計値) ※観測値(2005年)に比較した変化量。負の値は観測値(2005年)に比較し減少、正の値は増加を示す。

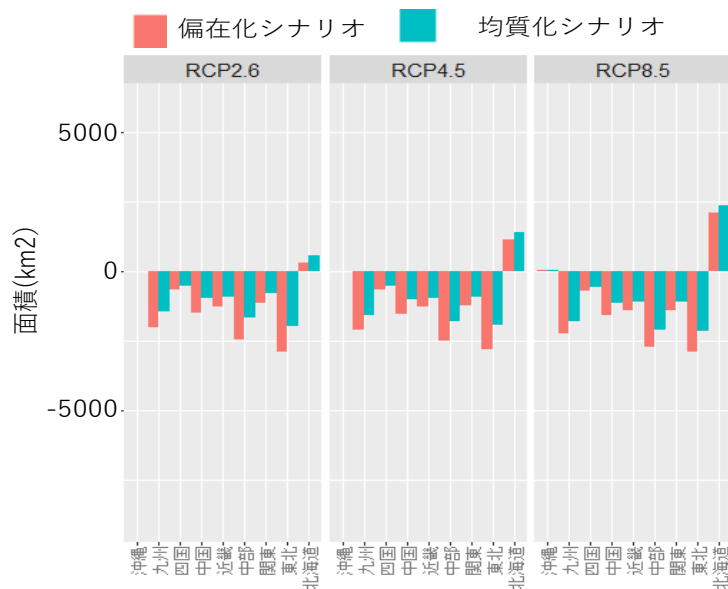


図3.4 2100年における各土地利用の面積変化量の地域別比較(気候変動と人口変動の両者を考慮) ※観測値(2005年)に比較した変化量

さらに、人口減少下に建物用地減少を鈍化させる可能性のある空き家発生の基礎的分析を行った。

わが国の多くの地域では、人口減少が進む一方で、住宅着工数および住戸数は減少しにくい傾向にあり、空き家の増大が課題になっている。また、この傾向は都市内で一様ではなく、衰退が進む地域と比較的安定的な地域の差が生じている。そのため、都市内での空き家の分布状況と将来動向の把握が必要となっている。街区単位等の空間詳細なインフラと人口あるいは世帯数のギャップを把握し、空き家分布を把握することが必要となっているものの、簡単な情報や手法が用意されているわけではない。これまでに、戸建て住宅と集合住宅の双方を対象として、建物データと住宅・土地統計調査の分類の対応付けを行い、住戸数の整合性をチェックしている。その上で、第3次メッシュ別に空き家率の現況と将来推計を行っている。本研究では、全国を対象として、住宅地図から抽出された建物ポイントデータや国勢調査の人口・世帯数データに基づいて、町丁・字等あるいは基本単位区相当の解像度での空き家の状況を網羅的かつ継続的に把握する方法を検討し、提案することを目的とする。

基本的な方法は、建物ポイントデータから抽出した住戸数と国勢調査の世帯数の各々を、町丁・字等あるいは基本単位区に相当する範囲ごとに集計して比較することにより、詳細な地域別に空き家分布を推定する。現況の空き家分布は、直近に公表された国勢調査の世帯数と、同年に調査された建物ポイントデータから抽出した住戸数を用いることで推定できる。将来の空き家分布については、住戸数は現況と同じと仮定した上で、人口予測にもとづいて算出した将来世帯数との比較により推計が可能になる。住戸数は将来的に変化すると考えられるが、近年の動向では、滅失数が多くないこと、総住宅数が減少していないことから、ここでは住戸数を不変と仮定した試算を行った。

全国の町丁・字等別の現況と将来の空き家率を推計した結果（図3.5, 3.6）、5%ほど過小評価の可能性があり、住戸数密度の少ない郊外部や農山村部で誤差が大きい傾向があるものの、全住戸数の約96%をカバーする住戸を対象に空き家率を表現することができると考えられた。また千葉県を中心とする範囲の分析では、現況においては全体的におおむね10~15%前後の空き家率であるが、2035年の将来には、外房では30~40%前後と高くなる一方、県西部では20~30%前後に抑えられる状況が分かった。

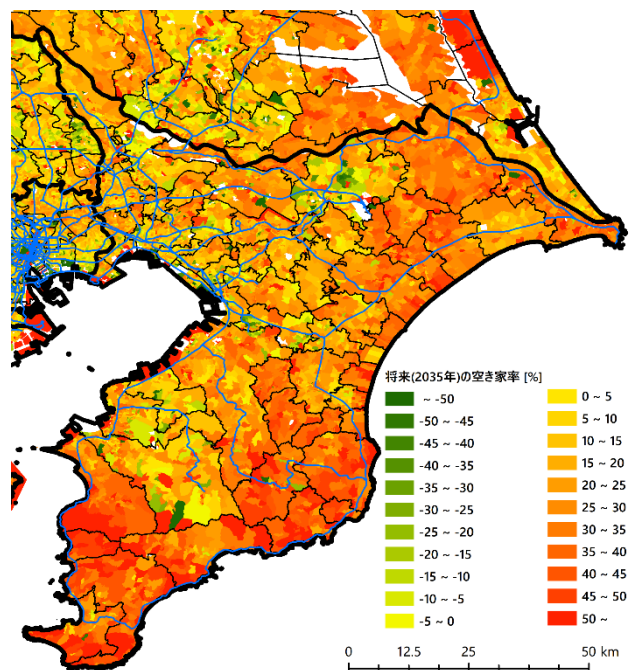
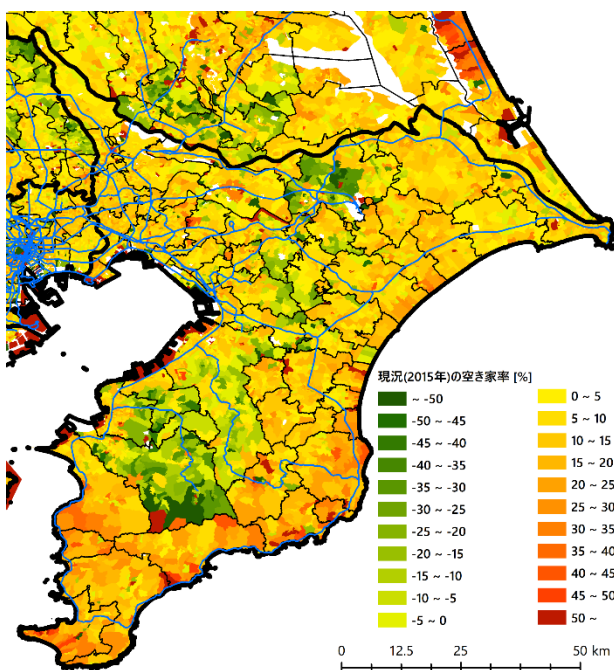


図3.5 現況の空き家率_全町丁・字等

図3.6 将来の空き家率_全町丁・字等

4.3 気候変動に対する生態系サービス評価ツール

日本の中山間地は人口減少とそれに伴う土地利用型産業の衰退により、生態系サービスの劣化も招いている。一方で再生可能エネルギーの供給地として注目されており、新電力などの新サービスを通じた地域活性化策が検討されている。そこで、町村レベルでポテンシャルのスクリーニングを行うという簡易法を用い、将来も含めた土地利用と気候を考慮した生態系サービス指標を評価した。研究対象地として会津地域の一部（奥会津：柳津、三島、金山、只見の町と福島県の昭和の村）を選択した。

導入シナリオ(表3.4)に従い、1kmメッシュでの合計導入ポテンシャルを示した(表3.5)。高位シナリオでは太陽光発電や風力発電を積極的に管理中断農地や保護指定のある山林にも導入するため、高い値が示されている。地理的に分析すると2050年におけるポテンシャルは、太陽光発電では気候変動というよりはむしろ、管理中断農地の増加により低位シナリオでもポテンシャル量が大きくなることが示された(図3.7a)。風力発電は、将来風速がやや速くなることを反映して、1割程度増加した(図3.7b)。太陽光と風力による再生可能エネルギーと比較すると、木質バイオマスによる再生可能エネルギーのポテンシャルは低かった(図3.7c)。本研究ではバイオマスの将来予測は行わなかったが、LANDIS-IIによる予測によると森林成長がやや高まる(10-15%)という結果があるものの、施業などによって大きく変化するため今後の詳細な研究が待たれる。

表3.4 再生可能エネルギーの導入シナリオ

種類	導入条件	シナリオ		
		低位	中位	高位
太陽光	土地利用	管理 中断農地	管理中断農地および農地	
	導入面積率 (km^2/km^2)	0.1	0.1	0.2
風力	土地利用	非保護地域	保護地域含む	
	導入基数* (基/ km^2)	2	2	4
バイオマス**	伐採林	人工林	人工林、天然林	
	伐期 (y)	50	50	25

* 定格出力 2MWを想定。風速の閾値を5 m/s

** 発電効率を20%と想定

表3.5 再生可能エネルギー供給ポテンシャルの総量(単位GWh/y)

種類	推定年	シナリオ		
		低位	中位	高位
太陽光	2015	560	4,100	8,200
	2050	2,001	4,349	8,698
風力	2015	664	1,328	2,472
	2050	738	1,476	2,798
バイオマス	2015	418	493	986

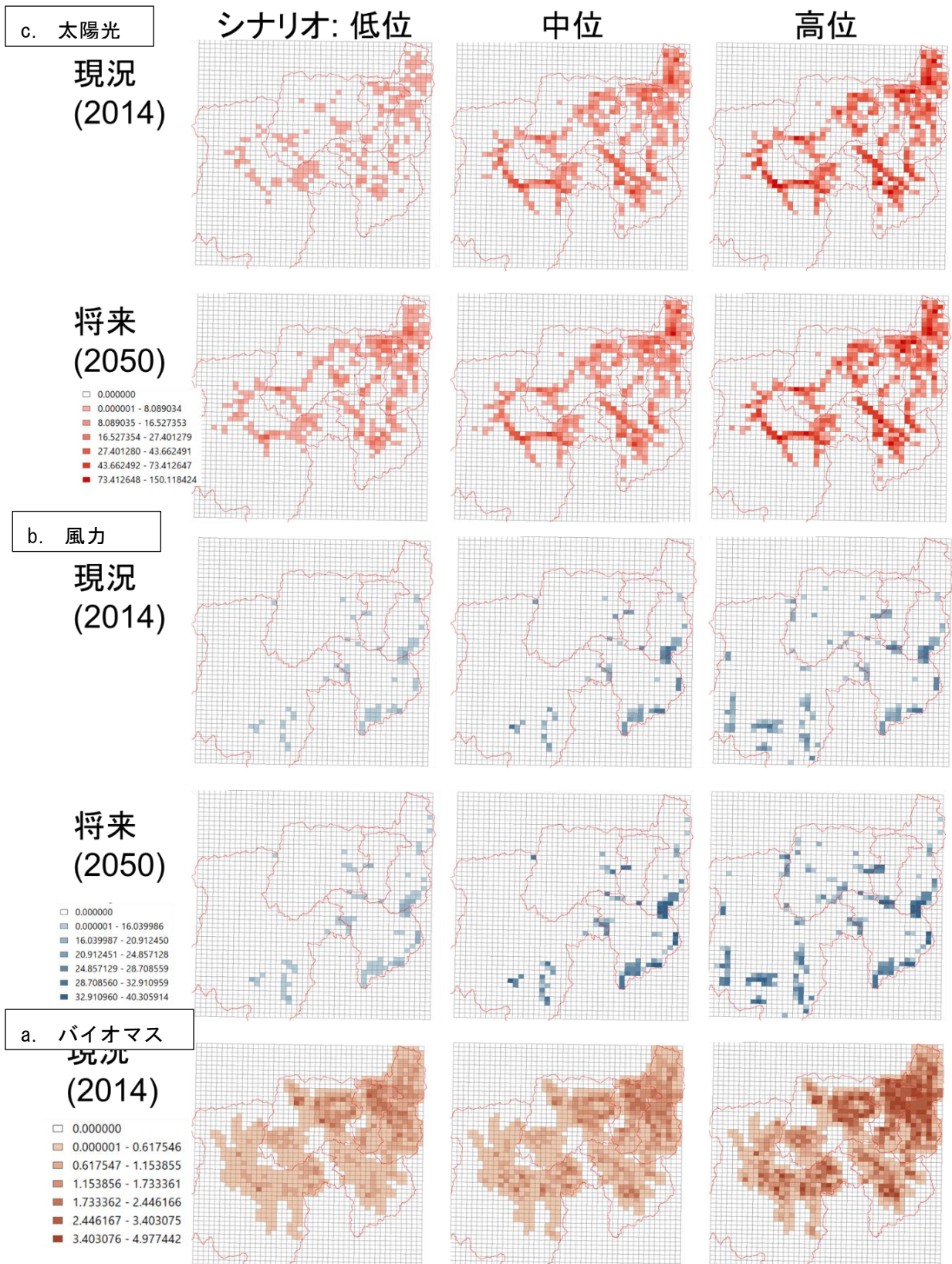


図3.7 シナリオごと再生可能エネルギー導入ポテンシャル(1kmメッシュ)

4.4 気候変動対策が生態系に及ぼす影響に関する検討

日本は自国の温室効果ガス排出量を2030年までに2013年比で26%削減し、2050年までに8割まで減らすことを目指していた（研究実施当時）。また、最終的には、パリ協定で提示されているとおり、今世紀末までに排出量実質ゼロを目指すことになる。そのためには、エネルギーの脱炭素化、エネルギー消費

量の削減、森林による吸収量増大が並行して目指されなくてはならない。

複数の政策の関連性において、一方を改善しようとするとは他方に悪影響が及ぶような関係は「トレードオフ」、他方にも副次的な良い効果が現われることは「シナジー」と呼ばれる。一般的に複数の環境政策間にトレードオフとシナジーが生じることは知られており、気候変動の緩和策と適応策の間に関してはすでに多くの論文が存在し、両者の間にトレードオフとシナジーがあることが指摘されている。

気候変動と生物多様性保全に関して、日本国内では個別に多数の政策が導入されているが、これらの元になっている指針としての計画を本研究の対象とした。まず、気候変動緩和策に関しては、2015年にパリ協定が採択された後、日本が提示した「2030年までに2013年比26%削減」達成に向けて、また、長期的には2050年までに80%削減することを目指し、2016年5月に閣議決定された「地球温暖化対策計画」がある。また、気候変動適応策に関しては、パリ協定が採択される直前の2015年11月に閣議決定された「気候変動の影響への適応計画」がある。他方、生物多様性保全に関しては、2012年9月、生物多様性条約及び生物多様性基本法に基づき制定された「生物多様性国家戦略2012-2020」がある。上記3つの計画・戦略ともきめ細かな政策リストを挙げており、日本国内で実施されているそれぞれに関連する政策を網羅できているといえる。

これらの中で、気候変動に関する2つの計画では、生物多様性保全策への配慮は明示的に示されていないが、生物多様性保全戦略の中では、最終項目に「地球温暖化に対する取組」を掲げており、生物多様性の観点からの地球温暖化の緩和と影響への適応の推進が示されている。従って、生態系保全策からの気候変動緩和策・適応策へのトレードオフは配慮済みと解釈し、本論文では、気候変動緩和策・適応策が生態系保全策に及ぼす影響の方向だけを対象として分析した。

上記の評価を実施するにあたり、手法として、各々の分野で最も知見を有する複数の専門家に評価をってもらう（エキスパートジャッジメント）方法が想定される。しかし、本分析が対象としている政策範囲が極めて広いことから、その代替手段として、インターネットでの検索機能を活用した。各々の項目の組み合わせごとに検索をかけ、少なくとも10程度のウェブ上の記述を確認した。大半は学術論文ではないため科学的な信頼性は担保できないが、トレードオフなのかシナジーなのか、あるいは関連性への配慮は不要か、という点で確認が取れば十分とした。

まず、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、表3.6は、地球温暖化対策計画（緩和策）と生物多様性国家戦略2012-2020（生態系保全政策）とのトレードオフ・シナジーを示したものである。それぞれの文書の項目を一覧表にし、左列（気候変動緩和策）が生態系保全策（上方部）のいずれかの項目に対してトレードオフの関係にある可能性が高い場合は×、シナジーの関係にある可能性が高い場合は○、なんらかの関連性はありそうだが、正負どちらにもなりえる場合は△を記入した。空欄は、上記いずれの関連性も想定されず、互いの環境価値に配慮することなく実施して問題ないと判断された項目である。作業過程ではすべての項目で総当たりを実施したが、紙面の制約上、空欄となった項目（表の中では行に相当する）は省略した。

緩和策と生態系保全策の間のトレードオフは、主に再生可能エネルギーの普及関連で懸念された。地球温暖化対策計画の冒頭に示されているとおり2050年までに温室効果ガス排出量を8割削減、今世紀末までに実質ゼロを目指すためには、エネルギーの大半を再生可能エネルギーで賄う必要がある。太陽、風、小水力、地熱、と多様な形態の再生可能エネルギーのポテンシャルを包括的に評価している環境省のポテンシャル評価によると、導入ポテンシャルは太陽光（非住宅系に限る。以下同じ。）が最大で1.5億kW、風力が19億kW、中小水力（河川部と農業用水路、3万kW以下）が1,400万kW、地熱が1,400万kWと推計されている。すべてのポテンシャルが活用できれば緩和策の目標達成に十分であるが、生態系保全策との整合性を考慮に入れると、再生可能エネルギー導入以外の緩和策の努力量を増やなくてはなくなる。大規模の太陽光発電設備はすでに環境アセスメントの対象となったが、小中規模のものまで一つずつアセスメントを実施するのは効率的ではないと考えられるため、優先的に再生可能エネルギーの導入を進める地域と、導入を控える地域のゾーニングが早期に必要と考えられる。

再生可能エネルギー以外でトレードオフが懸念される分野として、水田起源のメタン抑制のため「稲わらすき込み」から「堆肥施用」に転換するといった作業により、水田における生態系に影響を及ぼす

可能性が示唆された。他方で、緩和策と生態系保全策のシナジーは、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、の分野で見出された。産業部門や業務部門での対策の大半はそれぞれの中での省エネであり、生態系保全とは無関係なものが多数だが、そのうちの一部は、情報の公開を介在して環境影響評価の促進につながると考えられる。また、業務部門の緩和策の一部は、エネルギーを効率的に使用することで都市部の気温上昇抑制につなげ、都市部の生態系保全策を補完することとなる。運輸部門では今後ハイブリッド車や電気自動車等の割合を大幅に増やしていくことになるが、これは今まで自動車排ガスが課題となっていた山岳部の生態系保全にとっては好ましい対策であり、シナジー効果があると評価できる。森林は、温室効果ガスの吸収源としても、集中豪雨等における保水能力を保つ上でも、また、自然生態系をはぐくむ上でも重要であり、シナジー効果が高い。ただ「健全な森林の整備」の名の下に間伐を実施し、またそのために林道整備等を行うことは、気候変動対策としては有効であっても、その地域の生態系にとっては必ずしも良いとは限らず、生態系の観点からの森林の状態を確認しつつ進めるといった手続きが重要である。

表3.6 緩和策と生態系保全策との間のトレードオフ・シナジー

地球温暖化対策計画		生物多様性保全戦略の中の保全計画										
大項目	中項目	生態系ネットワーク	重要地域の保全	自然再生	環境影響評価	森林	田園地域・里地里山	都市	河川・湿原	沿岸・海洋	農林水産業	エコトリズム
A. 産業部門 (製造事業者等)					○			△				
B. 業務その他部門	エネルギーの面的利用の拡大(地中熱)							△				
	その他(ヒートアイランド対策)							○				
C. 家庭部門	住宅の省エネ化							△				
D. 運輸部門	自動車単体対策(排ガス削減等)	○	○	○								
	公共交通機関及び自転車の利用促進						○	○				
E. エネルギー転換部門ー再生可能エネルギーの最大限の導入	太陽光発電 メガソーラー	×		×	×	×	×					
	風力発電(陸)	×		×	×	×	×					
	風力発電(洋上)		×						×	×		
	地熱	×	×	×	×							
	水力		×	×	×				×			
	バイオマス	×	×				△	△				
その他GHG	メタン(水田、畜産等)		×								△	
温室効果ガス吸収源対策	健全な森林の整備(間伐、林道整備等)	○	○			○						
	効率的かつ安定的な林業経営の育成	△	△	△							○	
	木材及び木質バイオマス利用の推進	○	○			○						
	都市緑化等の推進							○				
	低炭素型の都市・地域構造及び社会経済システムの形成						○	○				

注：

○=シナジー効果を持つ可能性が高い

×=トレードオフ効果を持つ可能性が高い

△=影響がありそうだが、どちらの効果を持つ可能性もある

空欄=影響がない

次に、気候変動適応策と生物多様性保全策との間の関係性について同様の検討を行った。結果を表3.7に示す。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害虫発生が懸念され、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。また、「自然災害・沿岸域」分野では、河川氾濫や沿岸域での高潮等への対策が列挙されている中で、当該地域での生態系についての配慮が示されていなかった点が懸念事項となった。

環境省では「生態系を活用した防災・減災（Ecosystem-based disaster risk reduction ; Eco-DRR）」の基本的考え方をとりまとめる中で「地域で合意形成を図る」「地域本来の生態系と、災害履歴や伝統的知識を活用する」等、決定に至るまでの手続きを重視している点で特徴がある。Eco-DRRは、気候変動適応策と生態系保全策との間のトレードオフを軽減する上で不可欠な概念と言えるが、同報告書末尾にもあるように、工法や維持管理手法、その機能の評価が確立されていないことがEco-DRRの課題であり、そのため事業の柔軟性を確保しつつ順応的に管理していく方法が求められる。

表3.7 適応策と生態系保全策との間のトレードオフ・シナジー

気候変動の影響への適応計画		生物多様性保全戦略の中の保全計画										
分野	中項目	生態系ネットワーク	重要地域の保全	自然再生	環境影響評価	森林	田園地域・里地	都市	河川・湿原	沿岸・海洋	農林水産業	エコツーリズム
農業林業水産業	稲・畑										×	
	果樹										×	
	家畜										×	
	インフラ（灌漑用等）										×	
	林業										○	
水環境・水資源	湖沼・ダム湖			○					○			
	沿岸域及び閉鎖性海域									○		
	比較的発生頻度の高い濁水による被害防止								×		○	
自然生態系	生態系全般	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	陸域生態系	○	○	○		○	○	○	○			
	淡水生態系								○			
	沿岸生態系					○				○		
	分布、個体群の変動	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
自然災害・沿岸域	施設の着実な整備と既存施設の機能向上				×		×		×	×		
	海面水位の上昇、土砂や流木の影響検討					×			×	×		
	施設の能力を上回る外力に対する減災対策			△					×	×		
	まちづくり・地域づくりと連携した氾濫拡大の抑制							○				
	氾濫拡大の抑制と氾濫水の排除								×			
	高潮・港湾									×		
	海岸									×		
土砂災害対策			×			×		×				
健康	感染症							×				
産業・経済活動	観光											○
	北極海航路の利活用									×		
国民・都市生活	緑化や水の活用による地表面被覆の改善							○				
	人間活動から排出される人工排熱の低減							○				

注：

○＝シナジー効果を持つ可能性が高い

×＝トレードオフ効果を持つ可能性が高い

△＝影響がありそうだが、どちらの効果を持つ可能性もある

空欄＝影響がない

一方、適応策と生態系保全政策とのシナジーは、自然生態系分野と水環境、都市部において顕著である。適応策における自然生態系分野では、当該地域に生息する生物の把握やモニタリング等に努めることを謳う内容が多く、生態系保全策を後押しするものである。また、都市部という地域も、適応策が都市部の生態系保全にとってプラスに働きやすい場所であることが改めて示された。適応計画の中では、本項目の基本方針として、「引き続き堤防や洪水調整施設、下水道等の施設の整備を着実に実施」「土

砂管理の目標について検討し、「ダムからの土砂供給、掘削土の養浜材への活用」「防波堤、物揚場等の漁港施設の嵩上げや粘り強い構造を持つ海岸保全施設の整備」といった計画が示されているが、このような施設整備等における該当地域での生態系への影響への配慮については明記されていない。施設の整備方法次第では、河川に生息する生物の移動に困難をきたす。沿岸域に生息する動植物に関する調査を行い問題ないことを確認してから施設を建設する、土砂を移動する際にはその中の生物について調査を行うといった、アセスメント実施の手続きを含めるべきである。

4.5 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

現在の空中写真と過去（10年前）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、メガソーラー発電所の多くは森林を伐採し開発されていることが明らかになった。図3.8はメガソーラー発電所開発に伴う土地改変量を土地利用タイプ別に示している。これをみると明らかのように森林（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。また、地域別に詳しくみると、関東や九州沖縄地方で改変量が特に大きいことが明らかになった（Fujita et al. in preparation）。

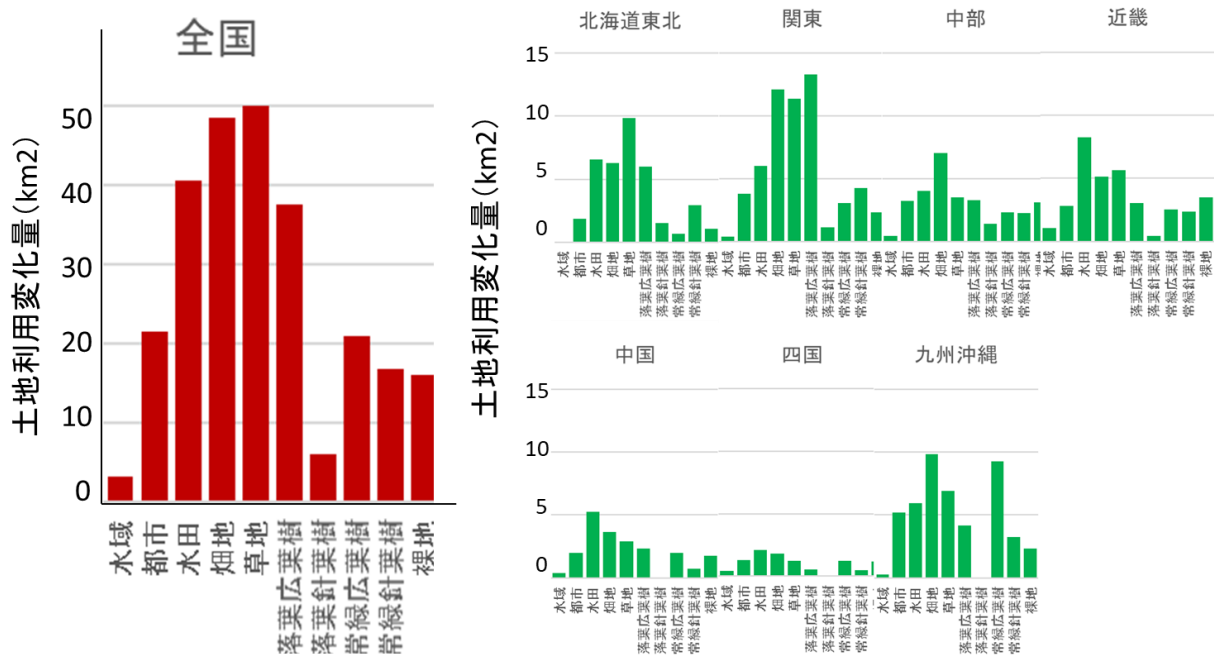


図3.8 メガソーラー発電所開発に伴う土地改変量

次に土地改変に伴う生態系サービスの変化量の分析結果を示す（図3.9）。本プロジェクトでは生態系サービスとして木材供給・炭素貯留・流出特性を対象に変化量を解析したが、いずれも土地利用改変量が大きかった森林で生態系サービスの変化量が大きかった。すなわち、森林を伐採し、メガソーラー発電所を設置することで生態系サービスが消失していることが示唆された。

本解析ではプロジェクト全体のモデルサイトが含まれる北陸地方をターゲットとして分析した。解析の結果いずれも土地利用改変量が大きかった森林で生態系サービスの変化量が大きかった。すなわち、森林を伐採し、メガソーラー発電所を設置することで生態系サービスが消失していることが示唆された。今後のメガソーラー発電所の開発では上記の研究成果などを基に生態系への負荷を考慮した適切な開発が望まれる。

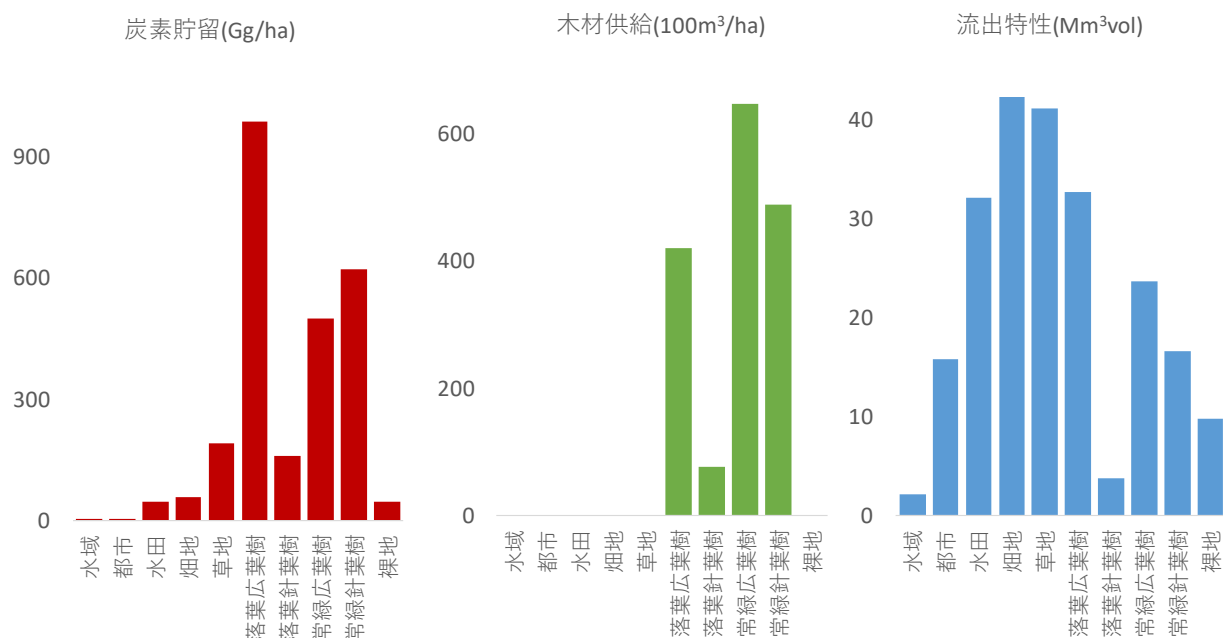


図3.9 メガソーラー発電所開発に伴う生態系サービス区分と土地利用区分

4.6 再生可能エネルギー拡充と生態系保全の両立に向けた政策提言

日本国内において、再生可能エネルギーの中でも太陽光発電設備がこれまで最も推進されてきた。とりわけ大規模の発電施設（メガソーラー）については、電力買取価格が高い時期にできるだけ多く売ろうとするインセンティブが電力供給者側で働き、生態系保全や景観等、十分な環境配慮なく導入が一気に進んだ。これに対して、国レベルではメガソーラーを環境アセスメントの対象に含める議論を進め、本研究期間中に法制化された。また、国の動きに先行して、多くの自治体では独自の規制を条例等で導入してきた。地域ごとにメガソーラー導入の状況が違うことから、国全体での法制化だけでなく、自治体ごとの事情に応じたルールが構築されることは重要である。

一般財団法人地方自治研究機構のホームページ (http://www.rilg.or.jp/htdocs/img/reiki/005_solar.htm) では、本件に関する自治体の動向がまとめられ、随時更新されている。同ページによると、太陽光発電設備等の設置を規制する単独条例は、平成26年頃から制定され始め、令和3年3月1日時点で確認できるものとして、149条例を数える。都道府県が3条例に限られるのに対して市町村条例が146条例であり、大半が市町村レベルで対応が進んでいる。またその多くが「抑制地域」あるいは「禁止区域」を設定し、その中で比較的規模の大きな太陽光発電施設の設置を抑制あるいは禁止しているという意味でゾーニングの考え方が進んでいる。しかし、ゾーニングの対象とする地域の選定過程においては、必ずしも生態系保全だけが考慮されるわけではない。景観が第一義的に考慮される場合では、居住地の近辺がゾーニング対象地域となり、逆に、居住地から離れた、人の目に触れにくい山林部が対象外となっているケースも見受けられる。自治体ごとにゾーニングを検討するプロセスは重要だが、ゾーニング対象地域の選定時における基準については国レベルで定めておかなければ、折角ゾーニングを導入しても、生態系が保全されない恐れがある。

その他、国全体でマクロに考えると、必ずしもメガソーラーのさらなる拡充が必ずしも日本の気候変動緩和策として唯一の選択肢であるわけではない。本課題の研究期間の最後の半年となった2020年10月、菅総理大臣は日本が2050年までにカーボンニュートラルを目指すことを宣言した。また、12月には政府から脱炭素成長ビジョンが示され、カーボンニュートラルを達成するためのさらなる技術革新を目指すことが示された。このように急展開する議論を踏まえつつ、メガソーラーに依存しすぎない方策を以下に示す。

*メガソーラー以外の太陽光発電設備の優遇

大規模な太陽光発電施設を人々の居住地から離れた場所に設置して遠距離送電するよりは、居住地の建物屋根上に小規模のものを置くなど、居住地に隣接した場所への設置が効果的との結果が本研究でも出されていることから、小中規模の太陽光発電施設を推進することが効果的である。

- ・太陽光以外の再生可能エネルギーの普及

これまで再生可能エネルギーの中でも太陽光発電が重点的に推進されてきたが、今後、洋上風力や地熱、バイオマス等、日本に賦存するエネルギーを活用し、再生可能エネルギーの多様性を高めるべきである。当然のことながら、その際にもそれぞれの地域での生態系への影響は十分考慮される必要があるため、地域ごとに独自の条例等が定められる必要がある。また、再生可能エネルギーの発電は、天候等に左右されることから、蓄電能力を高めるとともに、需要側をリアルタイムで供給量に合わせていくためのシステム設計が求められる。

- ・エネルギーの熱利用を含めた脱炭素都市計画

電力の脱炭素化が重要であることはすでに指摘されているとおりだが、電力以外のエネルギー需要を減らす必要もある。とりわけ都市部では、熱を有効利用することで空調用の電力需要を下げるのが有効である。ヒートアイランド対策としても有効な屋上や建物周辺の緑化、「風の道」や地中熱の活用、歩いて楽しめる通路、都市部と周辺部をつなぐ交通網等が、地域の生態系保全とどうかかわれるのかを検討する必要がある。

- *森林の利活用と保全

森林による吸収量については、日本の温室効果ガス総排出量の数%であり、今後も大幅に増やすことは想定されていないものの、排出量実質ゼロまで目指すのであれば、排出を相殺する分の吸収が必要となる。バイオマス燃料としての化石燃料代替機能のほか、ガードレールや建物の資材等で用いられる鉄鋼に代わる代替品として、木材を従来以上に活用しつつ、伐採後の土地に再植林していくなどの対策が有効となる。

5. 研究目標の達成状況

上記「2. 研究目標」に掲げた目標「国内での地域ごとの気候変動影響（降雨量や気温等）に関するモデルのデータをS15内全サブテーマに公開して生態系影響評価に活用してもらうとともに、気候変動緩和策、適応策、生態系保全策間でのトレードオフとシナジーを示す。また、トレードオフが特に懸念される再生可能エネルギー普及と生態系保全の関係を分析し、両立に有効となりうる政策を提案する。」は、上記のとおり達成できた。

6. 引用文献

特に記載すべき事項はない。

II-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

公益財団法人地球環境戦略研究機関

戦略マネジメントオフィス	松下 和夫
自然資源・生態系サービス領域	齊藤 修（令和2年9月1日付着任による追加）
	岡安 早菜（平成30年7月25日付退職に伴う削除）
	鮫島 弘光
	松本 郁子（平成31年3月27日付退職に伴う削除）
	久保 英之（平成31年4月1日付着任による追加）
	高橋 康夫
	Rajarshi Dasgupta（研究協力者）
	Brian Johnson（研究協力者）
	André Derek Mader（研究協力者）

〔要旨〕

科学-政策インターフェース(SPI)の定義づけや研究蓄積が不十分な中、SPIの構成要素とその効果の関係について、多様なSPIを対象に実証研究を実施、SPIについての新しい発見、SPI強化のための具体的な政策示唆が得られた。また、これらの成果を含むS-15全体の成果をもとに自治体向けの地域戦略 Policy Briefの出版、ワークショップの実施により、自治体による地域戦略等への研究成果の活用を支援した。さらに、北東・東南アジア諸国政府向けワークショップの開催によりS-15の成果を各国に共有した他、シナリオとモデル、文化的生態系サービス評価、伝統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研究により統合モデルのアジア展開の可能性を検証し、各国の国別アセスメントに貢献した。

まず、SPIの定義と分析枠組についてはEUのSPIRALプロジェクトを参照して整理した。SPIを「科学者や政策決定者等の関係者の接点となり、コミュニケーションやアイデアの共有等によって政策、意思決定の過程や研究をよりよいものにするためのしくみ」(Young, Watt, & the SPIRAL project team, 2013, p5)と定義し、SPIの目標、組織体制、プロセス及びアウトプットという4つの要素からSPIを捉えて、これがいかに政策改善等のアウトカムを生むのか、SPIが効果的にアウトカムを生むための4要件(credibility(科学的信頼性)、relevance(政策関連性)、legitimacy(正当性)、iterativity(反復性))をどう満たしているのか分析することとした。

国内のSPIの実証研究では、生物多様性地域戦略をSPIと捉えて地域戦略に関する全国基礎自治体アンケート調査を実施、地域戦略策定済み70自治体のうち66自治体から回答が得られた。この統計解析から、組織体制、プロセス、アウトプットに関する取組が全体的に充実することで、関連情報についての職員と委員の理解共有が進み、その地域戦略への活用が進むことが示された。また、地域戦略策定委員会、勉強会、地域拠点の整備、独自調査、モデル事業やパブコメ・レビューといった取組が知識の蓄積や地域戦略への活用に寄与していること、ならびに地方自治体の複数の部門が地域戦略策定に参加することで多様な生態系サービスが幅広く地域戦略に記載される傾向があることがわかった。さらに、上記の地域戦略研究の結果を含むS-15全体の研究結果を自治体による地域戦略の策定、改定や実施に役立てて頂くことを目的に、自治体向けのPANCES Policy Brief(政策提言)No.5の制作と、この内容に基づく自治体向けのオンラインワークショップを実施した。

国際・各国のSPI研究では、IPBESならびに各国のIPBES及びCBDへの対応に係るSPIを対象に研究した。IPBESアジア・オセアニア地域評価SPM及び地球規模評価報告書SPMの総会審議における各国の発言記録の比較分析からは、グローバルアセスメントの政策関連性と正当性を高める上で、異なる地域の国が十分に影響力を行使するための能力強化の必要性、ならびにグローバルアセスメントでは影響力が弱い地域・準地域諸国の影響力やオーナーシップを高めるために地域アセスメントが果たした役割が明らかになった。

また、アジア展開の一環で、本研究(S-15)の成果の発信及びアジア各国のSPIに関する経験を共有するための「アジアSPIワークショップ」を開催した。これには北東・東南アジア10か国から35名のIPBES又はCBD国別フォーカルポイント等が参加、各国のSPIの課題や国別アセスメント実施に向けたS-15の成果への関心等が明らかになった。さらに、フィリピンとインドで土地利用モデリング、文化的生態系サービス評価及び持続可能な土地利用に伝統知識が果たす役割等の研究を実施、こうした統合モデルの方法論や要素がアジア諸国でも実践可能であることが示された。

1. 研究開発目的

統合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、国際、国、国内の地域等の異なるレベルに実在する科学-政策インターフェース（SPI）の実証研究により有効なSPIの要件を特定する。さらに、アジアにも視野を広げつつ、他のサブテーマ・テーマと連携した統合モデル研究や研究成果の政策還元のためのイベントの実施等、本研究と政策をつなぐSPIの実践活動を行う。

2. 研究目標

世界、アジア地域及び日本国内の自然資本・生態系サービスに関する科学-政策インターフェース（SPI）の実証研究の成果に基づき、それぞれのレベルのSPIを強化し、生物多様性の主流化を促進するための政策提言をする。また、S-15全体の研究成果をアジア各国の政府に紹介し、各国の国別アセスメント等への活用を促す。

3. 研究開発内容

本サブテーマでは、まずサブテーマ全体に一貫するSPI研究の分析枠組と方法論を確立し、これに基づいて国内、国際及び各国のSPIの研究を行った。また、シナリオ、モデル、文化的生態系サービス評価、伝統知識といった、本研究(S-15)全体で取り組む統合モデルの要素技術・方法論を用いた事例研究をアジア諸国で実施し、統合モデルのアジア展開の可能性を検証した。さらに、本研究(S-15)全体の成果の政策還元とSPI強化のため、北東・東南アジア諸国のCBD/IPBESフォーカルポイントを対象とするアジアワークショップの実施、ならびに国内の自治体担当者向けポリシーブリーフ制作とオンラインワークショップを行った。

3.1. SPI研究の枠組と方法論の整理とスコーピング

SPIには関連する政策や空間スケールに応じて様々なものがある。様々なSPIを対象とする、サブテーマ全体で一貫性のある実証研究を行うため、まず、欧州で先行するSPI研究のレビューに基づいて、サブテーマ内共通の枠組と方法論を検討した。後述するが、この枠組にはSPIを目的、プロセス、体制、アウトプット、アウトカム5つの要素で捉える視点、科学的信頼性(credibility)、政策関連性(relevance)、正当性(legitimacy)、反復性(iterativity)の4つの効果指標が含まれる。この枠組に基づいて、全世界の生物多様性SPIに関する既往研究のメタ分析を行った。さらに、国際、国、国内等の異なるレベルに実在するSPIのスコーピング調査を行い、その情報の得やすさや研究対象としての妥当性を考慮して、以下に研究対象とするSPIを特定した。

3.2. 日本国内のSPI研究

日本国内のSPI研究では生物多様性地域戦略（以下、地域戦略と記載）を研究対象とした。地域戦略の策定には、行政担当者の他、研究者や地域の有識者も参加する策定委員会を設置して科学的知見を取り込むことも多く、地域レベルのSPIと捉えることができる。2017年時点で日本国内の70基礎自治体(複数自治体の合同策定もあるため地域戦略の数でいうと67)が地域戦略を策定しており、標準化した手法による定量的な分析が可能だったことも地域戦略を対象とした理由の一つである。サブテーマ2-3、4-2

と合同で地域戦略策定済みの67市区町村を対象とするアンケート調査を実施し、地域戦略策定の取組をプロセス、体制、アウトプットの3つの要素に分け、アウトカム向上に貢献する要素を分析した。

他方、本研究(S-15)の事例サイト(能登・佐渡)では、佐渡市の地域戦略の事例研究を行った。具体的には、日本では1981年に野生絶滅(EW)したトキの野生復帰(2019年にIUCNレッドリストのCRにダウンリスト)を支えた佐渡の水田農業システムの転換の経緯を、「朱鷺と暮らす郷づくり認証米」制度の策定と普及の過程、ここに地域戦略が果たした役割等に注目してイノベーション・ヒストリー分析を用いて分析した。

さらに、サブテーマ2-3及び4-2を中心に他のサブテーマと合同で、以上を含む本研究(S-15)全体の研究成果から特に自治体の地域戦略策定に役立ちそうなコンテンツをPANCES Policy Brief(政策提言)No.5としてとりまとめた。またこの内容を自治体向けに解説するワークショップを、S-15の全テーマの参加を得て、環境省共催で実施した。

3.3. 国際・各国のSPI研究

国際・各国のSPI研究では、生物多様性と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)、ならびに世界各国のCBD/IPBESへの対応に係るSPIを対象とした。IPBESは生物多様性に関する国際的なSPIを代表するもので、IPBES評価報告書の政策決定者向け要約(SPM)の総会審議にSPIの特徴が顕著にみられる。従って、IPBESアジア・オセアニア地域評価報告書政策決定者向け要約(SPM)の交渉(2018年IPBES第6回総会)と地球規模評価報告書SPMの交渉(2019年IPBES第7回総会)に参加して交渉記録を作成し、交渉過程でSPIの効果要件のうち政策関連性と正当性がどの程度満たされているのかを分析した。世界各国のCBD/IPBESへの対応に係るSPIについては、各国政府担当官及び同行する研究者95名に各国のSPIメカニズムについて質問調査を実施、上記のSPI効果要件に基づいて各国のSPIの現状、課題や改善点等について分析した。

3.4. アジア展開

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を対象に、本研究(S-15)の成果の発信及び各国のSPIに関する経験を共有するためのワークショップを2019年10月にバンコクで開催した。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(IGES主催・生物多様性日本基金による資金提供)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(UNEP-WCMC主催・生物多様性日本基金による資金提供)と合同開催され、S-15からは他のサブテーマ(1-2、2-3)も参加して、各国のSPI強化に向けた議論、及び本研究(S-15)の成果の各国の国別アセスメントへの活用を議論する良い機会となった。

アジア諸国を含む各国のSPIについては、国レベルREDD+(途上国における森林減少・森林劣化に由来する排出の抑制、並びに森林保全、持続可能な森林経営、森林炭素蓄積の増強)の国際共通枠組の下各国が策定する森林参照排出レベル(FREL)設定に係るSPIの有効性について、FREL提出済みの25カ国すべてを対象に比較分析を行った。このうちインドネシア、ラオス、カンボジアについては、国レベルREDD+に関わる政府部局、有識者にインタビューを行った。また、インドネシアでは、「インドネシア生物多様性戦略行動計画(IBSAP)2015-2020」の策定と実施の過程をSPIと捉え、IBSAP2015-2020及び関連政府機関の戦略計画等の分析と関連政府機関へのインタビューを行った。

さらに、シナリオ、モデル、文化的生態系サービス評価、伝統知識といった、本研究(S-15)全体で取組む統合モデルの要素技術・方法論を用いた事例研究をアジア諸国で実施し、統合モデルのアジア展開の可能性を検証した。アジア開発途上国では日本に比べてデータが限られている現状を踏まえ、フィリピンではオープンデータを活用した土地利用変化モデリング(サブテーマ1-2の課題)を実施した。インドのスンドルバンズデルタでは、能登における文化的生態系サービスの評価(Hashimoto et al. 2015)と同様の方法により、文化的生態系サービス(サブテーマ2-1の課題)の空間特性評価を行った。ま

た、佐渡での伝統知識の研究(サブテーマ2-3)と同様、伝統知識が生態系サービス維持に果たす役割に着目して、インドのナガランド先住民自治州の持続可能な移動耕作に伝統知識・慣習が果たす役割を定性的・定量的手法を併用して調査・分析した。

4. 結果及び考察

SPIの定義づけや研究蓄積が不十分な中、SPIの構成要素とその効果の関係について、多様なSPIを対象に実証研究を実施、SPIについての新しい発見、SPI強化のための具体的な政策示唆が得られた。また、これらの成果を含むS-15全体の成果をもとに自治体向けの地域戦略Policy Briefの出版、ワークショップの実施により、自治体による地域戦略等への研究成果の活用を支援した。さらに、北東・東南アジア諸国政府向けワークショップの開催によりS-15の成果を各国に共有した他、シナリオとモデル、文化的生態系サービス評価、伝統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研究により統合モデルのアジア展開の可能性を検証し、各国の国別アセスメントに貢献した。以下にこれらの成果の概要を記載する。

4.1. サブテーマ全体の研究枠組と方法論の整理とSPIのスコージング

SPIの定義と分析枠組

SPIの例には、IPCCやIPBESのようにSPIを目的に設置された公式の機関から、政策に関する諮問機関や技術委員会、政策決定者と科学者を含むワークショップ、政策決定者と科学者との非公式の会話や情報交換等、多様なものが挙げられる(Young et al. 2013a)。SPI、殊に生物多様性に係るSPIが研究対象となったのは比較的最近で、IPBESの設立前後に多くの研究が行われた。これらの研究の1つ、EU支援による生物多様性SPIに関する学際総合研究(SPIRALプロジェクト)は、SPIを「科学者や政策決定者等の関係者の接点となり、コミュニケーションやアイデアの共有等によって政策、意思決定の過程や研究をよりよいものにするためのしくみ」と説明している(Young, Watt, & the SPIRAL project team, 2013, p5)。SPIRALプロジェクトはまた、SPIの目標、組織体制、プロセス及びアウトプットという4つの要素からSPIを捉えて、これがいかに政策改善等のアウトカムを生むのかを分析する枠組を提案している。さらに、SPIがアウトカムを生む有効性の要件として、credibility(科学的信頼性)、relevance(政策関連性)、legitimacy(正当性)、iterativity(反復性)の4つを挙げた。こうした枠組をもとに英国の生態系サービス評価や数カ国の生物多様性国家戦略行動計画(NBSAP)を評価した研究(Waylen and Young 2014; Tinch et al. 2016)もあるが、SPI関係者へのアンケートやインタビューに基づく定性的な分析が多く、実在するSPIがアウトカムを生む効果を定量的に分析した実証研究はない。従って本サブテーマでは、国際、地域、国、地方等さまざまな場所や空間スケールの自然資本や生態系サービスを扱う実在するSPIについて、上記のSPIの定義、捉え方の枠組や効果要件に基づいて、可能な限り定量的な手法による実証研究を行うこととした。



図4.1 SPI分析枠組

出典：(Young et al. 2013a) 等を参考に作成

SPIに関する既往研究のレビュー

生物多様性と生態系サービスに係るSPIの既往研究のレビューでは、Scopusで検索した181論文のうち関連のある96論文のメタ分析(Matsumoto et al. 2020)から以下の結果が得られた。まず、SPI研究の地理

分布を見ると、IPBESを中心に国際的なSPIを対象とするものが多い。地理的分布をみると大半の研究の対象はヨーロッパで、その他の地域、特に開発途上国では少ないか皆無であった。効果的なSPIの要素には、能力構築、信頼関係づくり、順応性、継続性等が挙げられている（図4.2）。また、SPIの学際性と政策立案者へのタイムリーで適切なインプットの重要性も示された。以上は、日本を含むアジア地域等、これまでSPI研究が行われていない地域でのSPI研究の重要性、ならびにSPI研究に基づくSPI強化の可能性を示唆している。

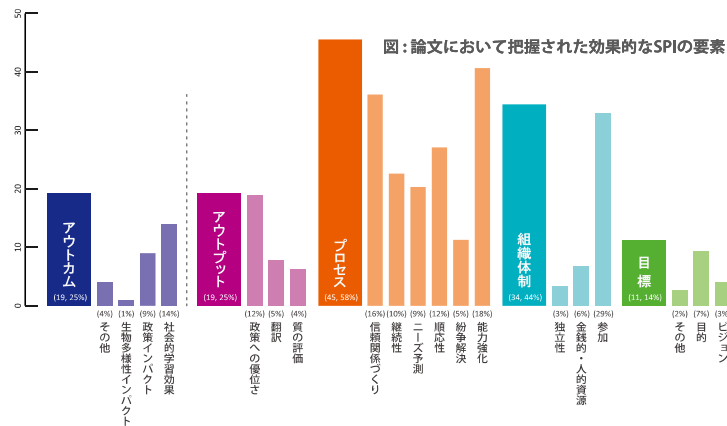


図4.2 論文において把握された効果的なSPIの要素

4.2. 日本の地域レベルのSPI

生物多様性地域戦略全国アンケート調査

生物多様性地域戦略に関する全国基礎自治体アンケート調査では、66自治体(自治体職員から275票、地域戦略策定委員会委員から295票)から回答を得られ、うち有効回答は計387票であった。地域戦略策定の目的、組織体制、プロセス及びアウトプットに関する質問への回答を説明変数、関連する情報の充実度とその地域戦略への活用を応答変数(図4.3)として重回帰分析を行った結果、組織体制、プロセス、アウトプットに関する取組が全体的に充実することで、関連情報についての職員と委員の理解共有が進み、その地域戦略への活用が進むことが示された。また、地域戦略策定委員会、勉強会、地域拠点の整備、独自調査、モデル事業やパブコメ・レビューといった取組が知識の蓄積や地域戦略への活用に寄与していることが示された(表4.1)。なかでも、行政、有識者や企業などを含む分野横断的な策定委員会の有効性が確認された。また、農業、教育、インフラサービスなど、地方自治体の複数の部門が地域戦略策定に参加することが、多様な生態系サービスを幅広く地域戦略に記載するために有効なことがわかった(表4.2)。これは各部門への生物多様性の主流化に向けて重要な示唆をもつ。

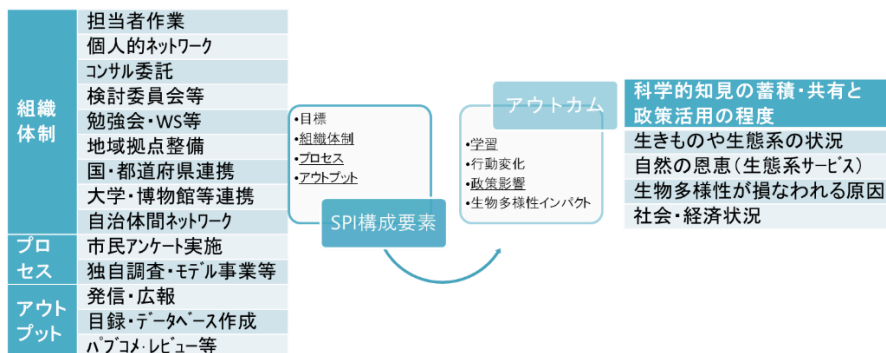


図4.3 地域戦略に関するアンケート調査の分析枠組

表 4.1 地域戦略策定に係る各種取組による必要な知識の蓄積と活用への寄与

取組項目	知識の充実度	知識の活用	ES項目数
担当者個人作業	0.373 .	0.338	0.032
個人的ネットワーク	-0.204	-0.096	0.183
コンサル委託	-0.048	0.120	-0.054
検討委員会等	0.845 **	0.837 **	0.430
勉強会・WS等	-0.064	-0.166	0.387 *
地域拠点整備	0.176	0.380 *	-0.202
国・都道府県連携	-0.157	0.065	0.189
大学・博物館等連携	0.084	-0.050	-0.173
自治体間ネットワーク	0.305 .	0.066	-0.190
市民アンケート実施	-0.158	0.167	-0.049
独自調査・モデル事業等	0.298 .	-0.003	0.383 *
発信・広報	-0.140	-0.075	0.140
目録・データベース作成	0.314 .	0.305	0.034
パブコメ・レビュー等	0.349	0.694 **	-0.205

注：SPI構成要素に該当する取組項目の各自治体による取組の有無を説明変数、地域戦略に必要な知識の充実度、活用の程度及び地域戦略に記載された生態系サービス（ES）項目数を目的変数とした重回帰分析の結果。数字は回帰係数、数字右の**、*はそれぞれ1%、5%水準で有意であることを示す。

表 4.2 地域戦略策定の体制に関する各種指標と知識の蓄積と活用の程度の関係

地域戦略策定の体制に関する指標	知識の蓄積	知識の活用	ES項目数
策定のきっかけを与えた団体や個人の数	0.094	0.196	-0.193
記載内容に大きな影響力があった人や団体の数	-0.217 *	-0.150	0.020
策定に際して連携した庁内関連部局の数	0.013	0.084	0.219 ***
策定に際して連携した他の行政組織の数	0.625 *	0.174	0.411 .
策定に参加した人や団体の数	-0.024	-0.110	-0.176
策定委員として参加した有識者の専門分野の数	0.105	0.177	0.022
策定委員会の通算開催数	0.029	0.005	0.045
策定期間（月）	0.031	0.012	0.037 .

注：地域戦略の策定の体制に関する各種指標を説明変数、地域戦略に必要な知識の充実度、活用の程度及び地域戦略に記載された生態系サービス（ES）項目数を目的変数とした線形重回帰分析の結果。数字は回帰係数、数字右の***、**、*、.はそれぞれ0.1%、1%、5%、10%水準の有意性を示す。

(非公開)佐渡の生物多様性地域戦略に関する事例研究

IPBESグローバルアセスメント（IPBES 2019）が生物多様性危機の克服にトランスフォーマティブ・チェンジ（TC）が欠かせないことを指摘し、現在検討中のポスト2020年生物多様性世界枠組にはTCの実現に向けた目標設定が期待されている。現在進められている生物多様性国家戦略の改定にもTC具現化の議論があり、今後自治体による地域戦略の改定や新規策定にも波及が見込まれる。従ってこの研究では、地域戦略がローカルSPIとしてTCに果たし得る役割について示唆を得るため、佐渡市の地域戦略の事例研究を行った。具体的には、日本では1981年に野生絶滅したトキの佐渡島での野生復帰を支えた水田農業のシステム転換を、「朱鷺と暮らす郷づくり認証米」制度の策定と普及の過程に注目して、TCの理論に照らして解釈した（図4.4）。具体的には、「重層的観点」（Multi-level perspective）の枠組に基づいて、認証米制度の策定と普及の過程を4つのフェーズ（先駆的イノベーション、イノベーション標準化、イノベーション普及、システム転換）に区切り、イノベーション・ヒストリー分析を用いて、フェーズ移行を促した要因と阻んだ要因を分析した。その結果、主に次の5つの要因がフェーズ移行を促したことが明らかになった：(1)トキの野生復帰という幅広い主体が共有する目標、(2)新たな農法と生きもの調査を始めた先駆的な農家集団、(3)先駆的な取組を触発、改善し、関係主体間の協働を促したネ

ネットワーク、(4)先駆的な取組の制度化と農家への普及を主導した佐渡市の役割、(5)台風被害、米販売不振、「平成の大合併」といった外的要因。しかし、認証米栽培の普及率が2013年以降20-25%前後で停滞し、フェーズ4のシステム転換は完結していない。この理由には、農家の高齢化・減少が進み認証の負担感が増す一方、経済的なメリットが十分でないことが挙げられた。本稿はこの障壁を克服するための、次の4つの選択肢を示した：(1)農家負担を減らす、トキの生息環境維持に優先度の高い農法への認証基準の改善、(2)認証米のブランディング・販売戦略強化、(3)国と佐渡市の直接支払の一体的実施による認証の経済的インセンティブ向上、(4)人口政策との一体的な取組。さらには、これらの多岐にわたる分野をつなぐ関係主体の継続的な取組と学習を促すために、生物多様性地域戦略が果たしうる役割に言及した。

生物多様性地域戦略に関する政策提言(Policy Brief)と自治体ワークショップ

ポスト2020年生物多様性国際枠組がCBD第15回締約国会議(COP15)で採択予定、日本ではこれに伴う生物多様性国家戦略の改定に向けた議論が進められている。自治体には今後、新たな国家戦略の下で生物多様性地域戦略の改定や新規策定が期待されている。従って、自治体のこうした努力の支援を目的に、PANCES Policy Brief(政策提言)No.5を作成、出版した。Policy Brief No.5は、上記の研究成果を含む、本研究(S-15)の全テーマから特に自治体の地域戦略策定に重要な示唆のある研究成果を解説している(政策提言のポイントの抜粋を表4.3に掲載)。

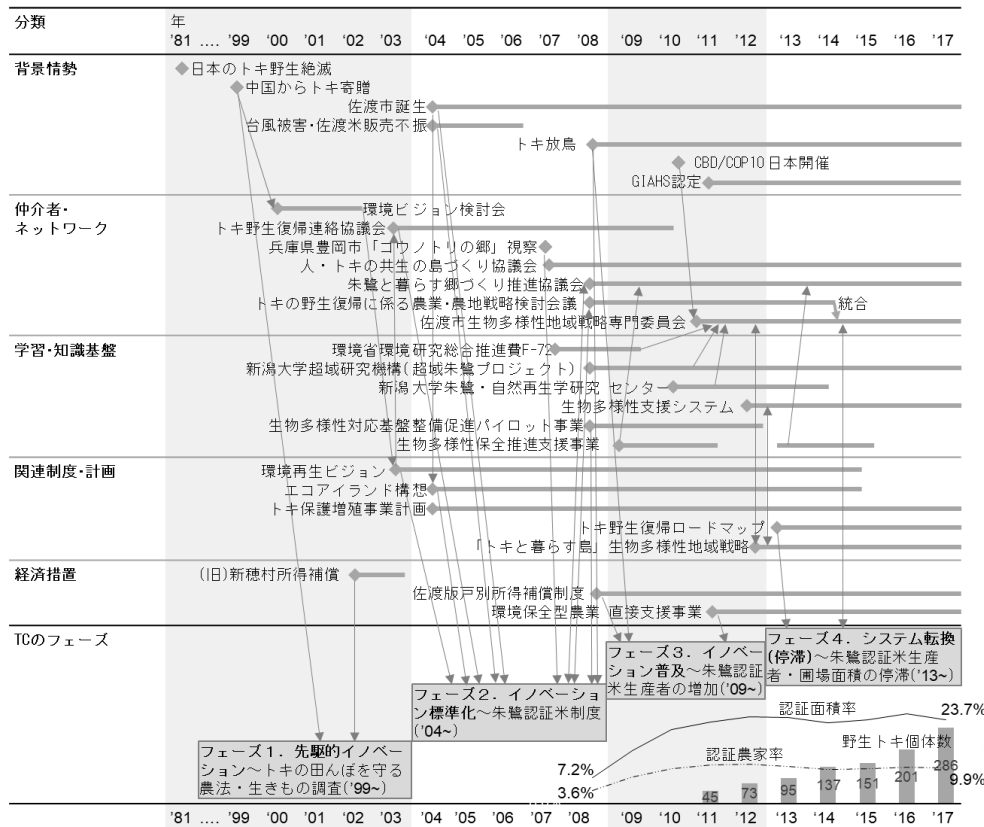
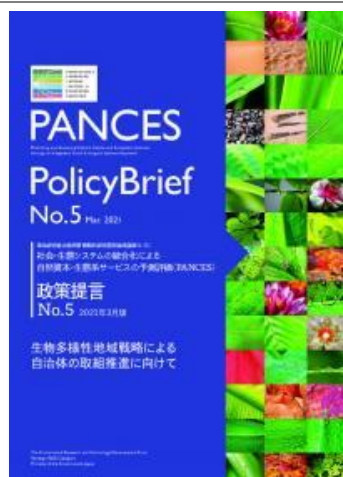


図 4.4 朱鷺認証米制度に係る TC のフェーズ展開と関係する重要イベントの年表
 出典：高橋ほか（保全生態学研究に投稿、査読中）

さらに、国内の自治体向けにPolicy Brief No.5を紹介し、今後の地域戦略の改定、新規策定と実施の推進に向けて議論を深めるためのオンラインワークショップを令和3年3月16日に環境省と共催した。ワークショップには19自治体から21名が参加、S-15からは全テーマの研究者が参加し、それぞれの自治体の悩みや関心事について意見交換した(表4.4)。このワークショップから、今後の効果的な地域戦略の策定、改定及び実施に推進に向けて次の示唆が得られた：①PANCESの研究成果全体から、自然資本と生態系サービスには地域色が強く、場に根差した管理が重要なことを再確認；②各自治体の創意工夫による地域戦略の策定・実施が重要、既に現場ならではの部門間連携の好事例もあり、こうした創意工夫

を広く共有することも重要；③今回のような自治体と研究者との対話が有用、地域戦略づくりへの研究者の参加支援や自治体向けのオンラインワークショップの継続が望まれる。

表4.3 PANCES Policy Brief No.5の要旨抜粋



1. 地域戦略策定により、自治体の生物多様性に関する予算と取組の拡充、関係部局の連携強化、住民の意識向上等の効果
2. 地域戦略の策定推進に予算、生物多様性の専門知識、担当職員数の拡充が必要
3. 地域戦略策定に向けた協議では、多くの主体を交えた幅広い情報交換が重要
4. 地域戦略における伝統知・地域知の重要性
5. 将来目標の設定に参加型シナリオは有用な手法
6. PANCESからの知見は、再生可能エネルギー、森林、農業や人口関連の政策と生物多様性施策との統合的な実施に有用
7. 全省庁の関連施策を検索・参照できるウェブサイトを公開 (<http://pances.net/search/>)。

表4.4 自治体ワークショップの主なQ&A

- Q. 地域戦略実施の予算確保が困難、どうすればいい？
- A. 地域産業への生物多様性の貢献に注目するとよい、文化的サービス等に関するPANCESの知見が参考になる。森林環境譲与税の活用を戦略的に働きかけるのも一案。
- Q. 市民の生物多様性の認知度が低い。どうすれば改善できる？
- A. 地域ならではの産品や景観等に注目、地方創生との関連づけも有効。
- Q. 生態系サービスと移住・定住、実際どう結び付けられる？
- A. 地域ならではの行事や魅力の見直し、文化的サービスの発掘・再生が鍵。
- Q. 保全の成果の定量的指標の設定方法を知りたい。
- A. 次期国家戦略に向けた研究会で目標や指標の議論があり、資料を参照できる。
- Q. 県が地域戦略を作っているのに市町村が作る意味は？
- A. 地域主体の参加や理解が進む。

4.3. 国際的SPI

IPBES総会におけるSPM審議の発言分析

SPIの4つの効果要件のうち政策関連性(relevance)と正当性(legitimacy)を評価する際、SPIが対象とする地理的範囲の情報や関係者の意見を偏りなく伝達しているかが重要な指標になる。この研究では、IPBES総会における、IPBESグローバルアセスメントとアジア・オセアニア地域アセスメントの政策決定者向け要約(SPM)審議の発言記録から各国の発言回数を集計し、これを指標に各アセスメントSPMの政策関連性と正当性の評価を試みた。IPBESグローバルアセスメントSPMの総会審議(IPBES第7回総会、2019年5月於フランス・パリ)では各国から合計1,605回の発言が記録された。発言回数を準地域別にみると、西ヨーロッパ地域、南北アメリカ地域諸国が多く、中央・東ヨーロッパ地域やアジア地域諸国からの発言は限定的だった。この結果は、SPMの交渉プロセスでIPBES全加盟国にとっての政策関連性と正当性が十分に確保されなかったことを示している。IPBESアジア・オセアニア地域アセスメントSPMの総会審議(IPBES第6回総会、2018年3月於コロンビア・メデジン)では各国から計483回の発言が記録され、地域内ではオセアニア、北東アジア、南アジアの発言が多かった。地域内でも東南アジアと西アジア諸国の発言が限定的で、各準地域の影響力に偏りはあるが、グローバルアセスメントに比べると域内諸国が影響力を行使していた。この2つのプロセスの比較から、グローバルアセスメントの政策関連性と正当性を高める上で、異なる地域の国が十分に影響力を行使するための能力強化の必要性、ならびにグローバルアセスメントでは影響力が弱い地域・準地域諸国の影響力やオーナーシップを高めるために地域

アセスメントが果たした役割の重要性について示唆が得られた。

世界各国の生物多様性SPIの評価

この生物多様性SPIについての文献は増えてきているが、この伝達メカニズムの有効性、科学と政策の間で交換される情報の質、参加する主体の包摂性等については十分に知られていない。そこで、生物多様性条約(CBD)やIPBESの交渉に各国を代表して参加している生物多様性政策立案者と科学顧問を対象にSPIについての聞き取り調査を行った。74か国95名への聞き取り調査の結果、SPIには多様なメカニズムがあり(図4.5)、これらのメカニズムは全般的に効果的で、改善傾向にあり、伝達される情報の質も高いと評価されていることがわかった。しかし、ほとんどの回答者は、生物多様性SPIに必要な主体すべての参加が得られていないという問題意識を持っていた。

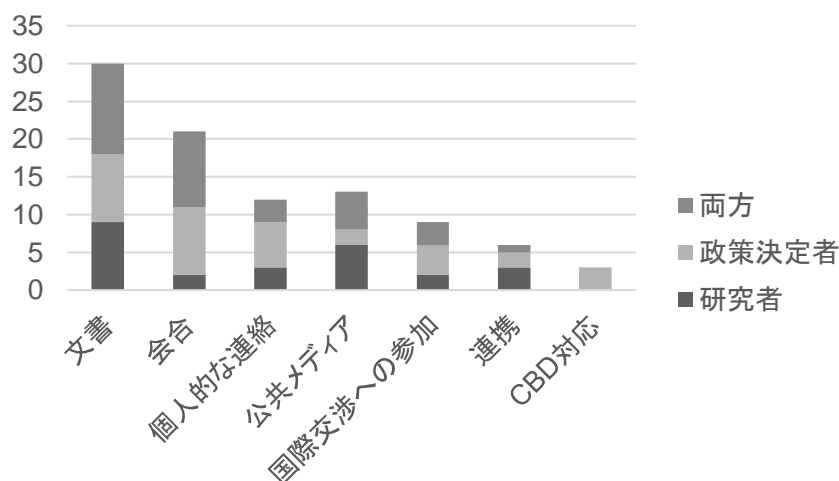


図4.5 SPIメカニズムの種類

出典：Mader et al. (2021)

4.4. アジア展開

本サブテーマでは「アジア展開」として、本研究(S-15)の成果の発信及びアジア各国のSPIに関する経験を共有するための「アジアSPIワークショップ」、アジア各国に実在するSPIの事例研究、ならびに本研究(S-15)全体で取組む統合モデルの要素技術・方法論を用いた事例研究を実施した。各研究の成果の概要を以下に記載するが、総体として、アジア地域の複数の国にとって、特に国別の生物多様性・生態系サービスに関するアセスメントのために本研究(S-15)の成果や経験が有用であること、各国におけるSPIの重要性と課題、ならびにS-15が全体で取組んだ統合モデルの要素技術・方法論がアジア地域の他国でも応用可能であることが明らかになった。

アジアSPIワークショップ

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(カンボジア、中国、インドネシア、韓国、マレーシア、モンゴル、ミャンマー、フィリピン、タイ、東ティモール、ベトナム(国名のアルファベット順)から35名が参加した(図4.6)。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(IGES主催)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(UNEP-WCMC主催)と合同開催され、S-15のセッションでは①国別アセスメントの実施と政策提言における課題と機会、及び②各国のSPI強化に有用なS-15の研究成果について主に議論した。グループディスカッションから以下が明らかになった。

- 国別アセスメントの実施方法は多様で、知識形成(研究)に課題を感じている国が複数ある。
- 部門間の縦割りが、研究者と政府とのコミュニケーションよりも深刻な問題。
- 部門間や科学-政策連携の公式プロセスはあるがその実践は限定的。

- 研究者と政策決定者が使う言葉が違い、これが相互理解の妨げになっている。

参加10か国中5か国（韓国、カンボジア、マレーシア、タイ、ベトナム）で国別評価に既に着手、又はその予定がある中で、S-15の成果や方法論活用に関心が示された。参加者へのアンケート調査の結果、広域の土地利用計画や国別アセスメントへの統合モデルの適用への関心(図4.7)や研究者と政府の連携強化の必要性、伝統知識の継承等が重要な課題として挙げられた。



図4.6 アジアSPIワークショップの様子

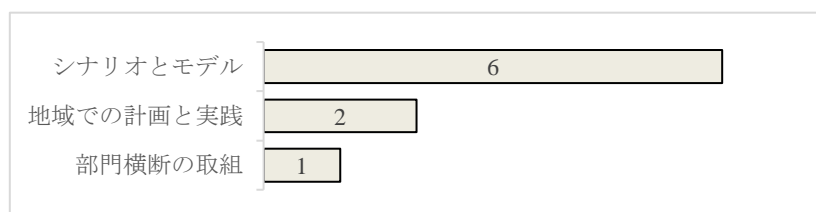


図4.7 ワークショップの中で有用だと思ったトピック（数字は回答した国数 n=10）

アジア各国のREDD+森林参照排出レベルと生物多様性目標の設定に係るSPIの分析

気候変動枠組条約(UNFCCC)が、国レベルREDD+の結果支払のために実施国に求める森林参照排出レベル(FREL)の設定に係るSPIを、SPIの有効性要件(科学的信頼性、政策関連性、正当性)に照らして比較分析した。FRELは、特に豊かな森林と生物多様性を擁する開発途上国の気候変動関連政策上重要で、十分な科学的根拠が求められる。UNFCCCにFRELを提出した国は2017年時点で25か国あり、この全てを対象にFREL設定に係るSPIを比較分析した結果、FREL設定済みの開発途上国の多くで科学的な根拠が不足している領域があることがわかった。具体的には、科学的信頼性については多くの国で森林地図の精度評価が未実施であること、政策関連性については、森林減少のみを評価して森林の劣化、保全や再生の評価がない又は不十分であること、正当性については多くの国で省庁横断的な連携や市民参加が不足していることがわかった。また、将来の排出量の過大評価のため、現在のFRELは地球規模での森林由来の排出削減に十分寄与しない可能性があるという分析結果が得られた。調査対象国のうちアジア地域のインドネシア、ラオスとカンボジアについては国レベルREDD+に関わる政府部局と有識者にインタビューを行い、(a)REDD+国家戦略・行動計画、(b)森林参照排出・森林参照レベル(FREL/FRL)、(c)国家森林モニタリングシステム及び(d)セーフガード情報システムの策定状況について整理した(Kawai et al. 2017)。さらに、各国が生物多様性条約(CBD)の下策定する国家生物多様性目標(NBT)に含まれる森林保全目標とUNFCCC下のFRELを比較することで、各国がCBDにコミットする森林保全による「自然を基盤とする気候変動緩和策」(NbS)のポテンシャルを定量評価した。具体的には、FREL提出済み25か国のNBTとFRELを調査し、うち十分な情報が得られた16か国を対象に政策スクリーニング・シナリオ分析を行った。その結果、例えばカンボジアでは、自然林消失量50%削減というNBT達成により自然林の純損失を145,767ha/年、CO₂の純排出量を39,742,511トン/年(地上・地下のバイオマスを含む)削減できることがわかった(Johnson et al. 2019)。以上から、各国の生物多様性政策と気候変動政策をつなぐSPI、殊に政策スク

リーニング・シナリオ分析のようなツールがNbSの理解や推進に有用であることが示された。

インドネシアの国家生物多様性戦略行動計画（IBSAP）策定に関するSPIの有効性評価

「インドネシア生物多様性戦略行動計画（IBSAP）2015-2020」は、インドネシア科学院や専門家の科学的知見を、国家開発計画庁を通じて関連省庁の戦略行動計画へ反映するためのSPIと捉えることができる（図4.8）。IBSAP2015-2020と関連する政府機関の戦略計画等の文書、及び関連政府機関へのインタビューにより情報収集し、IBSAP2015-2020の策定と実施の過程をSPIの効果要件に照らして分析した。策定過程の専門家、政府機関やNGO等が参加するフォーカスグループディスカッション（FGD）やワークショップ等により科学的知見がIBSAPに効果的に反映され、科学的信頼性と正当性が確保されていた。他方、国家開発計画庁の国家中期開発計画2015-2019が各省庁に対してそれぞれの戦略行動計画にIBSAP 2015-2020を参照して生物多様性の利用と保全にあたるよう指示しているものの、インドネシア科学院主体で策定された行動計画を反映することに各省庁からは抵抗があること等の課題も明らかになった。

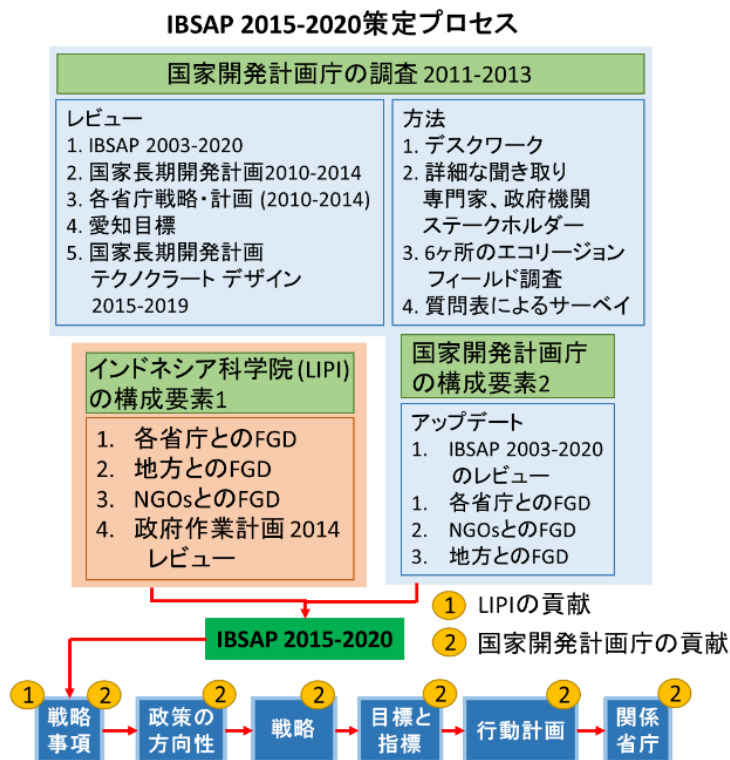


図4.8 IBSAP 2015-2020策定プロセス
(IBSAP 2015-2020図2.6より)

統合モデルのアジア展開

シナリオ、モデル、文化的生態系サービス評価、伝統知識といった、本研究(S-15)全体で取組む統合モデルの要素技術や方法論を用いた事例研究をアジア諸国で実施し、本研究(S-15)で開発したような統合モデル研究のアジア展開が可能であることを明らかにした。

(非公開) オープンな地理空間データを用いた国スケールの高解像度都市変化モデリングと洪水リスクの推定：フィリピンの事例研究

本研究(S-15サブテーマ1-2)で実施した土地利用変化モデルは、少なくとも3時点で細分類・高解像度の土地利用・被覆データを要するといったようにデータ要求が大きく、日本と比べてデータ整備が進んでいないアジア開発途上国への適用が容易ではない。こうしたデータ制約下でも使える、グローバルなオープンデータを活用した土地利用変化モデリングの事例研究をフィリピンで実施した。まず、過年の傾向に基づくロジスティック回帰セルオートマトンモデルを用いて、都市の拡大に関する3つの異なるシナリオ（低・中・高の人口増加を想定）を考慮した2050年までの都市の土地利用の変化を高解像度（30m）でシミュレーションした（図4.9）。さらに、これを世界の氾濫原地図に重ね合わせ、洪水リスクの評価を行った。その結果、2019年から2050年の間に（シナリオに応じて）約6,040～13,850haの都市への土地転換が洪水に脆弱な地域に位置する可能性があり、約250万～580万人の都市住民が新たに影響を受ける可能性が示された。洪水に脆弱な地域で今後新たな都市開発が進むと推定される都市（特にミンダナオ島）では、気候変動に強い土地利用計画を策定・強化し、自然を基盤とするインフラを含む洪水緩和インフラの保護と整備が求められる。土地利用変化モデリングと洪水暴露評価に使ったオープンデータはほぼ全世界で入手可能なもので、アジア開発途上国に典型的な、急速な都市拡大が起こっている地域

の土地利用変化モデリングや生態系サービス評価にもこの手法を適用できる。

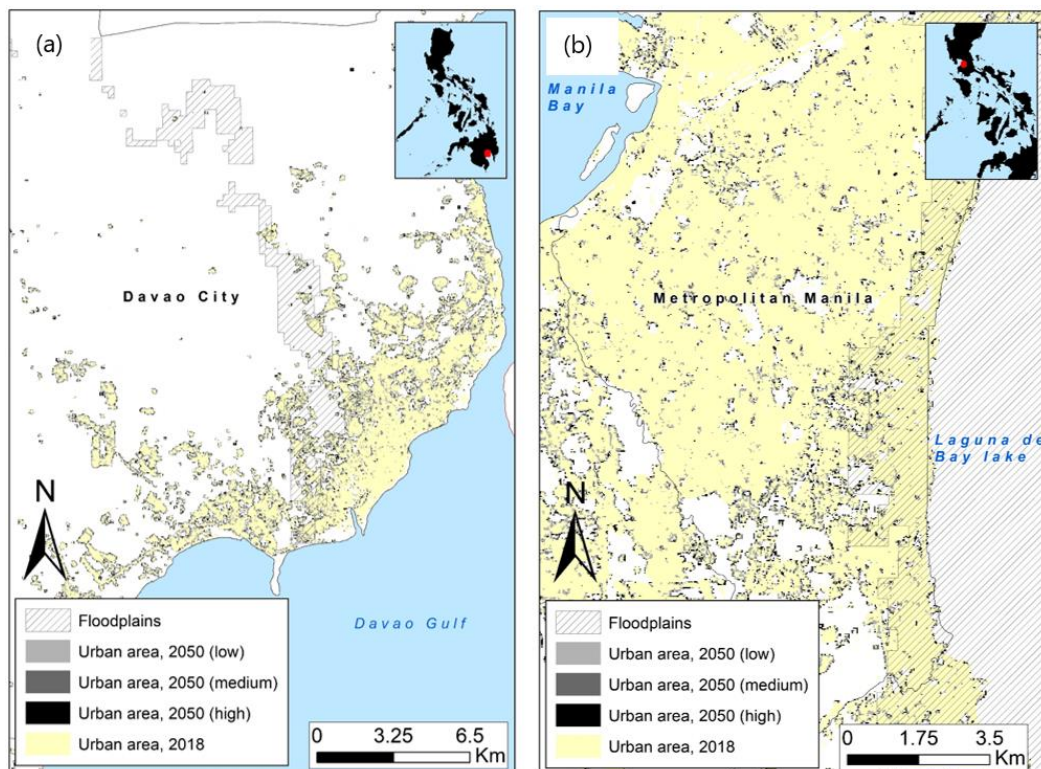


図4.9 フィリピンの2大都市（ダバオとマニラ）の2050年の土地利用シミュレーション結果
出典：Johnson et al. (Journal Computers, Environment and Urban Systemsに投稿、査読中)

インド・スンドルバンデルタの複数の沿岸生産ランドスケープにおける無形の価値の空間特性評価

能登における文化的生態系サービスの評価 (Hashimoto et al. 2015) と同様の方法で、インドのスンドルバンデルタの複数の沿岸生産ランドスケープを対象に、6種類の文化的生態系サービス（無形価値）の参加型マッピングと空間特性評価を行った。調査対象地域に住む168名の回答者に、あらかじめ30のランドマークが記載された6枚の地理参照地図を配布し、6つの無形の景観価値カテゴリー（精神的価値、レクリエーション価値、遺産価値、審美的価値、教育的価値、負の価値）のそれぞれについて、上限を定めず少なくとも3つの好ましい場所をマークし、順位付けするように求めた。調査の結果、6種類の景観価値のいずれかを有する計65地点が特定された。これら全地点について、出現頻度と順位を掛け合わせた価値スコアを算出して地図表示 (図4.10) するとともに、回答者の社会経済属性による無形価値の違い、ならびに無形価値とランドスケープの種類との関係について統計的・空間的分析を行った結果、以下が明らかになった：①年齢と学歴が高いほど、無形価値の認知が高まる（地点数が増える）；②レクリエーション的価値と審美的価値、精神的価値と遺産的価値、教育的価値と遺産的価値の組み合わせで強い正の相関がある；③農地、農村集落及び干潟・海岸は高い無形価値を有し、一方で水産養殖は無形価値が非常に低い。この結果は、政策立案者や行政官に貴重な空間情報を提供するだけでなく、複数の沿岸生産ランドスケープの無形価値の相対的な重要性について理解を深めるものである。本研究 (S-15) サブテーマ2-1では日本の文化的生態系サービスの空間特性評価を行っているが、上の研究から、アジア開発途上国でも同様の研究が可能であり、空間計画等の政策に重要な示唆が得られることが確認できた。

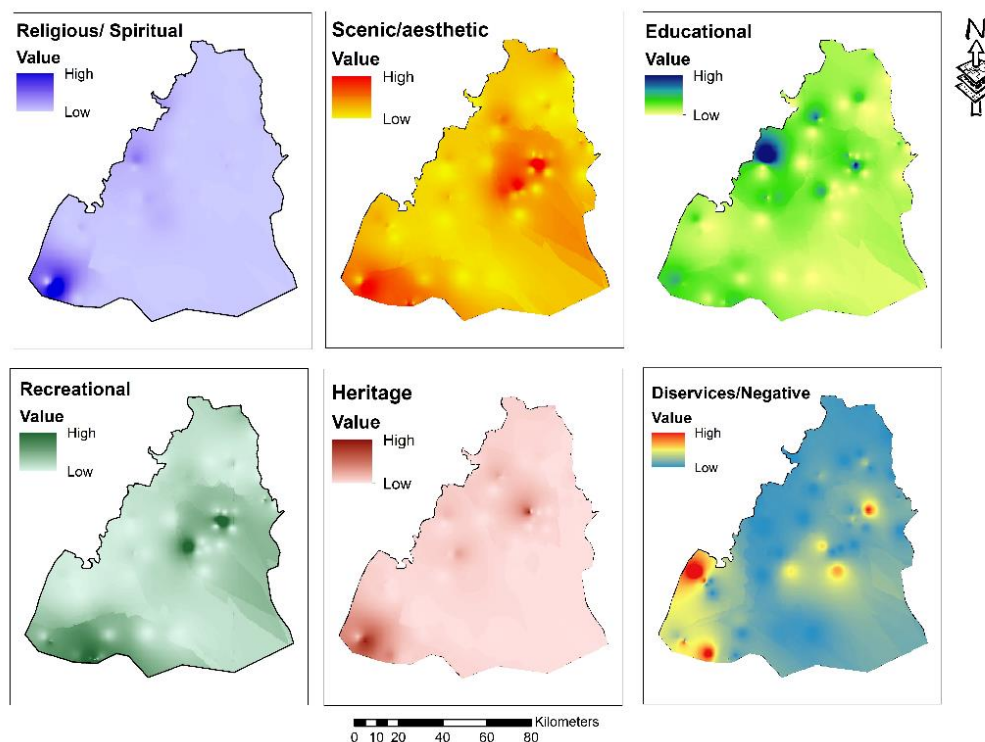


図4.10 無形価値の空間特性 出典：(Dasgupta et al. 2021)

(非公開) Jhum耕作の伝統知識・農法によるSDGsローカル実践の可能性を探る：インド・ナガランド州ズネボト地区の事例研究

佐渡での伝統知識の研究(サブテーマ2-3)と同様、伝統知識が生態系サービス維持に果たす役割に着目して、インドのナガランド先住民自治州の持続可能な農業と土地利用に伝統知識・慣習が果たす役割を定性的・定量的手法を併用して調査・分析した。具体的には、移動耕作(現地語でジュームと呼ばれる)に係る伝統知識と慣習について、フォーカスグループディスカッション(FGD)とキーインフォーマントインタビュー(n=21)の2つの定性的手法、ならびに50歳以下(中年層)と50歳以上(高齢層)の2つの異なる年齢層のジューム農家に対するアンケート調査(n=153)(定量的手法)を用いて調査した。定性的調査から15の伝統知識・農法が特定され(図4.11)、アンケート調査によりジューム農家による各種の知識や農法の認知度や実施状況を検証した。その結果、SDGsのうち、特にSDG-1(貧困撲滅)、SDG-2(飢餓撲滅)及びSDG-15(陸上の生命)のローカル実践に伝統知識・農法が貢献しうることが明らかになった。しかし、15種類の伝統知識・慣習のうち8種類について高齢層と中年層の農家の間に統計的に有意な差、すなわち減少傾向にあることが明らかになった。こうした結果に基づいて、当該地域において伝統知識・慣習を主流化し、よってジューム耕作の持続可能性を確保し食料生産と生物多様性保全のトレードオフを解消していくための政策手段を提案した。この研究とS-15サブテーマ2-3による国内(佐渡)の伝統知識についての研究は、いずれも小地域の事例研究で必ずしも一般化に足る根拠とはいえないが、伝統知識・慣習が土地や生態系サービスの持続可能な利用に重要な役割を果たしていること、しかしこうした伝統知識・慣習が失われつつあり、伝統知識・慣習を継承・再興する政策が求められているといった点で、日本国内とアジア開発途上国に共通の示唆を与えている。



図4.11 Jhum耕作に係る伝統知識のイメージ写真

出典：Dasgupta et al. (the Journal of Environmental Managementに投稿、査読中)

5. 研究目標の達成状況

上記「2. 研究目標」に掲げた目標は達成できた。世界、アジア地域及び日本国内のSPIの研究では、一貫した分析枠組に基づいて、可能なものについては定量的な手法により、SPIの構成要素とその効果の関係について広く実証研究を行い、SPI強化に有効な新たな知見が得られた。SPIの定義づけや研究蓄積が不十分な中で困難な研究であったが、既往のSPI研究にない、定量的手法による分析、ローカルSPIへの着目、トランスフォーマティブ・チェンジとの関係等の点で、近年の国際動向にも応じた重要な知見が得られた。これらの成果を含むS-15全体の成果に基づく自治体向けの地域戦略Policy Briefの出版、自治体ワークショップの実施により、自治体による地域戦略等への研究成果の活用を支援、本サブテーマがS-15と政策を繋ぐSPIとして重要な役割を果たした。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、北東・東南アジア諸国政府向けワークショップの開催によりS-15全体の成果を共有し、各国のSPI強化や国別アセスメントに貢献した。

6. 引用文献

- Dasgupta R, Hashimoto S, Basu M, et al (2021) Spatial characterization of non-material values across multiple coastal production landscapes in the Indian Sundarban delta. *Sustain Sci* 1-14. doi: 10.1007/s11625-020-00899-3
- Hashimoto S, Nakamura S, Saito O, et al (2015) Mapping and characterizing ecosystem services of social-ecological production landscapes: case study of Noto, Japan. *Sustain Sci* 10:257-273. doi: 10.1007/s11625-014-0285-1
- IPBES (2019) Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services - ADVANCE UNEDITED VERSION -. Bonn, Germany
- Johnson BA, Dasgupta R, Mader AD, Scheyvens H (2019) Understanding national biodiversity targets in a REDD+ context. *Environ Sci Policy* 92:27-33. doi: 10.1016/j.envsci.2018.11.007
- Matsumoto I, Takahashi Y, Mader A, et al (2020) Mapping the Current Understanding of Biodiversity Science-Policy Interfaces. Springer, Singapore, pp 147-170
- Tinch R, Balian E, Carss D, et al (2016) Science-policy interfaces for biodiversity: dynamic learning environments for successful impact. *Biodivers Conserv* 1-24. doi: 10.1007/s10531-016-1155-1
- van den Hove S (2007) A rationale for science-policy interfaces. *Futures* 39:807-826. doi: 10.1016/j.futures.2006.12.004
- Waylen KA, Young J (2014) Expectations and experiences of diverse forms of knowledge use:

the case of the UK National Ecosystem Assessment. Environ Plan C Gov Policy 32:229-246.
doi: 10.1068/c1327j

Young JC, Watt AD, van den Hove S, the SPIRAL project team (2013a) Effective interfaces
between science , policy and society: the SPIRAL project handbook

Young JC, Watt AD van den HS, the SPIRAL project team (2013b) The SPIRAL synthesis report: A
resource book on science-policy interfaces

Ⅲ. 研究成果の発表状況の詳細

(1) 誌上発表

<査読付き論文>

【サブテーマ1(1)】

- 1) Kishioka, T., Hashimoto, S., Nishi M., Saito, O., Kohsaka, R., (2017) Fostering cooperation between farmers and public and private actors to expand environmentally friendly rice cultivation: intermediary functions and farmers' perspectives. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 15-5, p.593-612 (IF: 2.278).
- 2) Plieninger, T., Kohsaka, R., Bieling, C., Hashimoto, S., Kamiyama, C., Kizos, T., Penker, M., Kieninger, P., Shaw, B. J., Sioen, G. B., Yoshida, Y., Saito, O. (2017) Fostering biocultural diversity in landscapes through place-based food networks: A “solution scan” of European and Japanese models. *Sustainability Science*, 13-1, p.219-233. (IF: 5.301)
- 3) Saito, O., Kamiyama, C., Hashimoto, S. (2018) Non-Market Food Provision and Sharing in Japan' s Socio-Ecological Production Landscapes. *Sustainability*, 10, 213, DOI:10.3390/su10010213 (IF: 2.576)
- 4) 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, p.53-75 (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*, 14-1, p.77-88 (IF: 5.301).
- 6) Uetake, T., Kabaya, K., Ichikawa, K., Moriwake, N., Hashimoto, S., (2019) Quantitative analysis of national biodiversity strategy and action plans about incorporating integrated approaches in production landscapes. *Journal of Environmental Planning and Management*, 1-25 (IF. 2.093).
- 7) DasGupta, R., Hashimoto, S., Gundimeda H., (2019) Biodiversity/ecosystem services scenario exercises from the Asia-Pacific: typology, archetypes and implications for sustainable development goals (SDGs). *Sustainability Science*, 14-1, p.241-257 (IF: 5.301).
- 8) DasGupta, R., Hashimoto, S., Okuro, T., Basu, M., (2019) Scenario-based land change modelling in the Indian Sundarban delta: an exploratory analysis of plausible alternative regional futures. *Sustainability Science*, 14-1, p.221-240 (IF: 5.301).
- 9) Hashimoto, S., Sato, Y., Morimoto, H., (2019) Public-private collaboration in allotment garden operation has the potential to provide ecosystem services to urban dwellers more efficiently. *Paddy and Water Environment*, DOI:10.1007/s10333-019-00734-1 (IF: 1.262).
- 10) 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, p.5-21 (IF: 5.301).
- 11) Kabaya, K., Hashimoto, S., Takeuchi, K., (2019) Which cultural ecosystem services is more important? A best-worst scaling approach. *Journal of Environmental Economics and*

Policy, DOI: 10.1080/21606544.2019.1683470.

- 12) Liu, L., Liang, Y., Hashimoto, S. (2020) Integrated assessment of land-use/coverage changes and their impacts on ecosystem services in Gansu Province, northwest China: implications for sustainable development goals, *Sustainability Science*, 15, 297-314 (IF: 5.301).
- 13) 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*. DOI:10.3389/fevo.2020.00155 (IF: 2.416).
- 14) Saito, T., Hashimoto, S., Basu, M. (2021) Measuring relational values: do people in Greater Tokyo appreciate place-based nature and general nature differently?”, *Sustainability Science*, <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00898-4>, 314 (IF: 5.301).
- 15) Park, C.Y., Thorne J.H., Hashimoto S., et al. (2021) Differing spatial patterns of the urban heat exposure of elderly populations in two megacities identifies alternate adaptation strategies, *Science of the Total Environment*, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146455>, (IF: 6.551).
- 16) Kumagai, J., Wakamatsu, M., Hashimoto, S. et al. (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).
- 17) Hori, K., Saito, O., Hashimoto, S. et al. (2021) Projecting population distribution under depopulation conditions in Japan: scenario analysis for future socio-ecological systems. *Sustainability Sciences* 16, 295-311 (IF: 5.301).
- 18) 大塚 美嗟子・橋本 禪 (2020) 東京都の農の風景育成地区制度の実行性の評価. *ランドスケープ研究(オンライン論文集)*, 13, 8-15 (h5-intex: 6).
- 19) 松村 晃嗣・橋本 禪 (2020) 環境配慮行動の要因関連モデルを用いた都市近郊里地里山の保全活動の規定因分析. *ランドスケープ研究(オンライン論文集)*, 13, 1-7 (h5-intex: 6).
- 20) Kabaya, K. (2020) “Opposite impacts of policy and payment consequentiality treatments on willingness-to-pay in a contingent valuation study”, *Journal of Environmental Economics and Policy*, <https://doi.org/10.1080/21606544.2020.1816218>.
- 21) Kabaya, K. and Kuriyama, K. (forthcoming) “Discrete and continuous preference heterogeneity in a Kuhn-Tucker model: Beach recreational demand”, *Land Economics* (IF: 1.620).
- 22) Kabaya, K. (2021) “Empirical analysis of associations between health expenditure and forest environments: A case of Japan”, *Ecological Economics*, 181: 106927 (IF: 4.482).

【サブテーマ1(2)】

- 1) 芳賀智宏, 松井孝典, 町村尚 (2016) 将来シナリオ分析のための里山の景観の多様性のシミュレーションプロセスの開発 —LANDIS-II と改良さとやま指数を用いて—, *土木学会論文集 G(環境)*, 72-6, II_299-310 (IF:NA).
- 2) Kishioka, T., Hashimoto, S., Nishi M., Saito, O., Kohsaka, R., (2017) Fostering cooperation between farmers and public and private actors to expand environmentally friendly rice cultivation: intermediary functions and farmers' perspectives. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 15-5, p.593-612 (IF: 2.278).
- 3) Hlaing, Z. C., Kamiyama, C., and Saito, O. (2017) Interaction between Rural People's Basic Needs and Forest Products: A Case Study of the Katha District of Myanmar, *International Journal of Forestry Research*, Article ID 2105012, 18 pages,

<https://doi.org/10.1155/2017/2105012>. (IF:1.04)

- 4) Metzger, J.P., Esler, K., Krug, C., Arias, M., Tambosi, L., Crouzeilles, R., Acosta, A.L., Brancalion, P.H.S., D' Albertas, F., Duarte, G.T., Garcia, L.C., Grytnes, J-A., Hagen, D., Jardim, A.V.F., Kamiyama, C., Latawiec, A.E., Rodrigues, R.R., Ruggiero, P.G.C, Sparovek, G., Strassburg, B., Saraiva, A.M. and Joly, C. (2017) Best practice for the use of scenarios for restoration planning. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 29:14–25 (IF:5.658)
- 5) Shoyama, K., Kamiyama, C., Morimoto, J., Ooba, M. and Okuro, T. (2017) A review of modeling approaches for ecosystem services assessment in the Asian region, *Ecosystem Services*, 26, Part B, 316–328, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.03.013> (IF:6.330).
- 6) Saito, O. (2017) Future science–policy agendas and partnerships for building a sustainable society in harmony with nature, *Sustainability Science*, 12:895–899, DOI 10.1007/s11625-017-0475-8 (IF:5.301).
- 7) Plieninger, T., Kohsaka, R., Bieling, C., Hashimoto, S., Kamiyama, C., Kizos, T., Penker, M., Kieninger, P., Shaw, B.J. Sioen, G.B., Yoshida, Y., Saito, O. (2017) Fostering biocultural diversity in landscapes through place-based food networks: A “solution scan” of European and Japanese models, *Sustainability Science*, 13(1):219–223 (IF:5.301).
- 8) Saito, O., Kamiyama, C., Hashimoto, S. (2018) Non-Market Food Provision and Sharing in Japan’ s Socio-Ecological Production Landscapes, *Sustainability*, 10:213, DOI:10.3390/su10010213 (IF:2.576).
- 9) Tatebayashi, K., Kamiyama, C., Matsui, T., Saito, O., Machimura, T. (2018) Accounting Shadow Benefits of Non-market Food through Food-Sharing Networks on Hachijo Island, Japan, *Sustainability Science*, 14: 469–486. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0580-3> (IF:5.301)
- 10) 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)
- 11) Lahoti, S., Lahoti, A., Saito, O. (2019) Benchmark Assessment of Recreational Public Urban Green Space Provisions: A Case of Typical Urbanizing Indian City, Nagpur, *Urban Forestry & Urban Greening*, 44, 126424. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126424> (IF:4.021).
- 12) Ryu, H., Basu, M. and Saito, O. (2019) What and how are we sharing? A systematic review of the sharing paradigm and practices, *Sustainability Science*, 14(2): 515–527. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0638-2> (IF:5.301).
- 13) Hori, K., Kamiyama, C., Saito, O. (2019) Exploring the relationship between ecosystems and human well-being by understanding the preferences for natural capital-based and produced capital-based ecosystem services, *Sustainability Science*, 14(1): 107–118. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0632-8> (IF:5.301).
- 14) 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).
- 15) 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 (IF:5.301).
- 16) Haga, C., Inoue, T., Hotta, W., Shibata, R., Hashimoto, S., Kurokawa, H., Machimura, T., Matsui, T., Morimoto, J., Shibata, H. (2019) Simulation of natural capital and

ecosystem services in a watershed in Northern Japan focusing on the future underuse of nature: by linking forest landscape model and social scenarios, *Sustainability Science*, 14:89–106 (IF:5.301).

- 17) Oono, A., Kamiyama, C., Saito, O. (2020) Causes and consequences of reduced human intervention to formerly managed forests in Japan and other countries, *Sustainability Science*, 15: 1511–1529. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00845-3> (IF:5.301).
- 18) Hori, K., Saito, O., Hashimoto, S., Matsui, T., Akter, R., Takeuchi, K. (2021) Population distribution projections under depopulation conditions in Japan, for scenarios analysis of future socio-ecological systems, *Sustainability Science*, 16: 295–311. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00835-5> (IF:5.301).
- 19) 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:2.416).
- 20) Shoyama, K. (2021) Assessment of Land-Use Scenarios at a National Scale Using Intensity Analysis and Figure of Merit Components, *Land*, 10(4):379 (IF:5.301).
- 21) Ortiz-Moya, F., Kataoka, Y., Saito, O., Mitra, B.K., Takeuchi, K. (2021) Sustainable Transitions Towards a Resilient and Decentralised Future: Japan's Circulating and Ecological Sphere (CES), *Sustainability Science*, <https://doi.org/10.1007/s11625-021-00941-y> (IF:5.301).
- 22) Rahman, M.M., Avtar, R., Ahmad, S., Inostroza, L., Misra, P., Kumar, P., Takeuchi, W., Surjan, A., Saito, O. (2021) Does building development in Dhaka comply with land use zoning? An analysis using nighttime light and digital building heights, *Sustainability Science*, <https://doi.org/10.1007/s11625-021-00923-0> (IF:5.301).
- 23) Swanson, H.A., Svenning, J., Saxena, A., Muscarella, R., Franklin, J., Garbelotto, M., Mathews, A.S., Saito, O., Schnitzler, A.E., Serra-Diaz, J.M., and Tsing, A.L. (2021) History as grounds for interdisciplinarity: promoting sustainable woodlands via an integrative ecological and socio-cultural perspective, *One Earth*, 4: 226–237. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.01.006> (IF:NA).
- 24) 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).
- 25) Chien, H., Saito, O. (2021) Evaluating social-ecological fit in urban stream management: The role of governing institutions in sustainable urban ecosystem service provision, *Ecosystem Services*, 49, 101285 (IF:6.330).
- 26) Shi, X., Matsui, T., Haga, C., Machimura, T., Hashimoto, S., Saito, O. (2021, in press) A scenario- and spatial-downscaling-based land use modeling framework to improve the projections of plausible futures: A case study of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area, China, *Sustainability Science* (IF:5.301)

【サブテーマ1(3)】

- 1) 石河正寛, 松橋啓介, 金森有子, 有賀敏典(2017) 住戸数と世帯数に基づく空き家の詳細地域分布の把握手法, *都市計画論文集*, 52(3), 689-695
- 2) 亀山康子 (2019) 日本の気候変動対策と生態系保全策との間のトレードオフ・シナジーに関する包括的分析, *環境情報科学*, 4, 74-79.

- 3) Ohashi, H., Fukasawa, K., Ariga, T., Matsui, T., Hijioka, Y. (2019) High-resolution national land use scenarios under a shrinking population in Japan. *Transactions in GIS*, 23 (4), 786-804(IF: 2.119)
- 4) Fujita, T., Ariga T., Ohashi, H., Hijioka, Y., Fukasawa, K. (2020) Assessing the potential impacts of climate and population change on land-use changes projected to 2100 in Japan. *Climate Research*. 79, 139-149(IF:2.023)

【サブテーマ 1(4)】

- 1) Basu, M., Hashimoto, S., Dasgupta, R. (2020) The mediating role of place attachment between nature connectedness and human well-being: perspectives from Japan. *Sustain. Sci.* 15, 849-862. <https://doi.org/10.1007/s11625-019-00765-x> (IF: 5.3)
- 2) Dai, X., Johnson, B.A., Luo, P., Yang, K., Dong, L., Wang, Q., Liu, C., Li, N., Lu, H., Ma, L., Yang, Z., Yao, Y. (2021) Estimation of urban ecosystem services value: A case study of Chengdu, Southwestern China. *Remote Sens.* 13, 1-24. <https://doi.org/10.3390/rs13020207> (IF: 4.5)
- 3) Dasgupta, R., Hashimoto, S., Basu, M., Okuro, T., Johnson, B.A., Kumar, P., Dhyani, S. (2021) Spatial characterization of non-material values across multiple coastal production landscapes in the Indian Sundarban delta. *Sustain. Sci.* 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00899-3>(IF: 5.3)
- 4) DasGupta, R., Hashimoto, S., Gundimeda, H. (2019). Biodiversity/ecosystem services scenario exercises from the Asia-Pacific: typology, archetypes and implications for sustainable development goals (SDGs). *Sustain. Sci.* <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0647-1> (IF: 5.3)
- 5) DasGupta, R., Hashimoto, S., Okuro, T., Basu, M. (2019). Scenario-based land change modelling in the Indian Sundarban delta: an exploratory analysis of plausible alternative regional futures. *Sustain. Sci.* 14, 221-240. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0642-6> (IF: 5.3)
- 6) 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. *Sustain. Sci.* 14, 53-75. <https://doi.org/10.1007/s11625-018-0626-6> (IF: 5.3)
- 7) Johnson, B.A., Dasgupta, R., Mader, A.D., Scheyvens, H. (2019) Understanding national biodiversity targets in a REDD+ context. *Environ. Sci. Policy* 92, 27-33. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.11.007> (IF: 4.8)
- 8) Johnson, B.A., Jozdani, S.E. (2019) Local Climate Zone (LCZ) Map Accuracy Assessments Should Account for Land Cover Physical Characteristics that Affect the Local Thermal Environment. *Remote Sens.* 11, 2420. <https://doi.org/10.3390/rs11202420> (IF 4.5)
- 9) Johnson, B.A., Ma, L. (2020) Image segmentation and object-based image analysis for environmental monitoring: Recent areas of interest, researchers' views on the future priorities. *Remote Sens.* <https://doi.org/10.3390/rs12111772> (IF 4.5)
- 10) Johnson, B.A., Mader, A.D., Dasgupta, R., Kumar, P. (2020) Citizen science and invasive alien species: An analysis of citizen science initiatives using information and communications technology (ICT) to collect invasive alien species observations. *Glob. Ecol. Conserv.* 21. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00812> (IF 2.5)
- 11) Johnson, B.A., Scheyvens, H., Samejima, H., Onoda, M. (2016) Characteristics of the

Remote Sensing Data Used in the Proposed Unfccc Redd+ Forest Reference Emission Levels (FRELs). ISPRS - Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. XLI, 669-672.

<https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B8-669-2016> (IF: NA)

- 12) Kelsch, A., Takahashi, Y., Dasgupta, R., Mader, A.D., Johnson, B.A., Kumar, P. (2020) Invasive alien species and local communities in socio-ecological production landscapes and seascapes: A systematic review and analysis. Environ. Sci. Policy. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.06.014> (IF: 4.8)
- 13) Mader, A.D., Johnson, B.A., Ohashi, Y., Fenstermaker, I. (2021) Country Representatives' Perceptions of the Biodiversity Science-Policy Interface. Conservation 1, 73-81. <https://doi.org/10.3390/conservation1020006>
- 14) Ortiz-Moya, F., Kataoka, Y., Saito, O., Mitra, B.K., Takeuchi, K. (2021) Sustainable transitions towards a resilient and decentralised future: Japan's Circulating and Ecological Sphere (CES). Sustain. Sci. 1, 3. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-00941-y> (IF: 5.3)
- 15) 大澤剛士, 天野達也, 大澤隆文, 高橋康夫, 櫻井玄, 西田貴明, 江成広斗(2019) 生物多様性に関する政策課題を俯瞰するlegislative scan (生物多様性に関する政策動向走査) -日本における研究と実践の隔たりの解消に向けて. 保全生態学研究, 24, 1 (IF: NA).
- 16) Takahashi, Y., Park, K.J., Natori, Y., Dublin, D., Dasgupta, R., Miwa, K. (2021) Enhancing synergies in nature's contributions to people in socio-ecological production landscapes and seascapes: lessons learnt from ten site-based projects in biodiversity hotspots. Sustain. Sci. 1, 3. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-00927-w> (IF: 5.3)
- 17) Colin P, Dasgupta R, Kumar, P, Johnson B (2021) Bushmeat, wet markets, and the risks of pandemics: exploring the nexus through systematic review of scientific disclosures, Environmental Science and Policy, (accepted) (IF: 4.76)

<査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) Saito, O. Subramanian, S. Hashimoto, K. Takeuchi (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.
- 2) Matsumoto, I., Takahashi, Y., Mader, A., Johnson, B., Lopez-Casero, F., Kawai, M., Matsushita, K., Okayasu, S., 2020. Mapping the Current Understanding of Biodiversity Science-Policy Interfaces in Saito, S. Subramanian, S. Hashimoto, K. Takeuchi (eds.) Managing Socio-ecological Production Landscapes and Seascapes for Sustainable Communities in Asia: Mapping and Navigating Stakeholders, Policy and Action. Springer, Singapore, pp. 147-170. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1133-2_8

<その他誌上発表(査読なし)>

【サブテーマ1(1)】

- 1) 神山千穂, 秋庭はるみ, 庄山紀久子, 橋本禪, 松井孝典, 齊藤修 (2016) 日本における生物多様性と生態系サービスに関わる将来シナリオ設計に向けたフレームワークの構築. 環境システム研究論文発表会講演集, 44, p.151-158.
- 2) 橋本禪 (2016) 多面的機能を計画に埋め込む. 農業と経済, 82-12, p.68-75.
- 3) 橋本禪 (2017) 農地・農業用施設はグリーンインフラの形成にどう貢献できるか?. (グリーンインフラ研究会編) 決定版! グリーンインフラ, 第3部 16, p.275-282, 日経 BP 社.

- 4) 橋本禪(2017) 生態系サービスの評価モデルと将来シナリオ, 農村計画学会誌 36(1), p.17-20.
- 5) 蒲谷景, 佐藤真久, 田代直幸, 蟹江憲史 (2017) 地球資源制約と生物多様性保全. SDGs と環境教育:地球資源制約と持続可能な開発目標のための学び, 第10章, 学文社.
- 6) Saito, O. Hashimoto, S. Managi, M. Aiba, T. Yamakita, R. DasGupta, K. Takeuchi (2019) Future scenarios for socio-ecological production landscape and seascape. Sustainability Science, 14-1, p.1-4.

【サブテーマ1(2)】

- 1) 神山千穂, 秋庭はるみ, 庄山紀久子, 橋本禪, 松井孝典, 齊藤修(2016)日本における生物多様性と生態系サービスに関わる将来シナリオ設計に向けたフレームワークの構築, 環境システム研究論文発表会講演集, 44:151-158.
- 2) 松井孝典, 橋本禪, 齊藤修(2018)自然資本・生態系サービスの将来シナリオ予測のための社会・生態システムの統合シミュレーションモデルの開発, 生産技術, 70(2):78-81.
- 3) 齊藤修(2019)脱成長概念から捉えなおす持続可能な開発, 日本造園学会, 83 (1), 8-11.
- 4) 齊藤修, 堀啓子, 松井孝典, 蒲谷景, 橋本禪, 吉田丈人, 小黒芳生, 山北剛久, 牧野光琢, 植竹朋子, 山崎麻里, 那花美奈, 西浩司, 武内和彦(2020)生物多様性と生態系サービスに関する政策オプションの包括的インベントリと政策支援ツールの設計, 第48回環境システム研究論文発表会講演集, 61-68.
- 5) 堀啓子, 芳賀智宏, 松井孝典, 齊藤修, 橋本禪, 吉田丈人, 黄琬惠, 熊谷惇也, 若松美保子, 馬奈木俊介 (2020) 移住意向と関係人口に関する実態調査と関係人口の都道府県別推計, 第48回環境システム研究論文発表会講演集, 111-120.
- 6) 齊藤修, 橋本禪, 蒲谷景, 堀啓子, 松井孝典, 芳賀智宏, 庄山紀久子, 亀山康子, 高橋康夫, 山崎麻里, 松下和夫, 武内和彦 (2020) 全国・地域スケールでの社会・生態システムの将来シナリオと統合モデルの構築, 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)政策提言, No.1.(2020年6月版)
- 7) 高橋康夫, 小川みふゆ, 吉田丈人, 茂垣昌宏, 小田勇樹, 大山耕輔, 香坂玲, 内山愉太, 亀山康子, 藤田知弘, 蒲谷景, 西浩司, 齊藤修, 武内和彦(2021) 生物多様性地域戦略による自治体の取組推進に向けて, 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)政策提言, No.5.(2021年3月版)

【サブテーマ1(3)】

- 1) 深澤圭太, 岡田尚:決定版! グリーンインフラ(グリーンインフラ研究会・三菱UFJリサーチ&コンサルティング・日経コンストラクション編、日経BP社)、333-342(2017)「無人化地域のグリーンインフラ」
- 2) 亀山康子:エネルギー・資源、38(5)、246-249 (2017)「パリ協定で目指される長期ビジョンと政策パッケージ」
- 3) 亀山康子(2019)「地球環境問題の概観と根源にあるもの」大気環境学会編『大気環境の事典』朝倉書店、282-283.
- 4) 亀山康子(2020)「コロナ対策と気候変動対策の融合」『現代の理論』2020年秋号、4-10.
- 5) 亀山康子(2020)「緑の地球を残したい」『環境と文明』2020年10月, vol.28, No.10, 5-6.
- 6) 亀山康子(2021)「気候変動ガバナンスにおけるステークホルダー間ネットワーク—産業界の役割を事例として」『学術の動向』2021年1月, vol.26, No.1, 84-87.

【サブテーマ1(4)】

- 1) 高橋康夫(2019). 自然資本・生態系サービスに関する地域政策に係る科学-政策インターフェイス—生物多様性地域戦略全国アンケート調査からの示唆. サステナ第47号 特集: 気候変動、持続可能な消費と生産、自然資本と生態系サービス. 2019年3月13日、117-122頁
- 2) Johnson, B., Scheyvens, H. and Samejima, H. 2017. Quantitative Assessment of the Earth Observation Data and Methods Used to Generate Reference Emission Levels for REDD+ in

Onoda, M. and Young, O.R. eds. *Satellite Earth Observations and Their Impact on Society and Policy*, Springer. Doi:10.1007/978-981-10-3713-9

- 3) Kawai, M., Scheyvens, H., Samejima, H., Fujisaki, T. and Setyarso, A. 2017. Indonesia REDD+ Readiness -State of Play - March 2017. IGES.
- 4) Scheyvens, H., Kawasaki, J., Kawai, M., Fujisaki, T., Umemiya, C., Samejima, H. and Suyal-Chhetri, M., 2016, Understanding REDD+ projects -comparative analysis of REDD+ project designs. IGES

(2) 口頭発表 (学会等)

【サブテーマ1(1)】

- 1) Hashimoto, S., Kabaya, K., et al. (2016) Linking land use change projection with ecosystem service evaluation: towards scenario analysis of ecosystem services. Asian ESP Conference: Ecosystem Services for Nature Based Solutions (Ansan-si, Republic of Korea, Jun. 2016).
- 2) Hashimoto, S., Saito, O. (2016) Status and Trends of Ecosystem Services of Japan: Summary of Japan Biodiversity Outlook2 (JBO2), Asian ESP Conference: Ecosystem Services for Nature Based Solutions (Ansan-si, Republic of Korea, Jun. 2016).
- 3) Haga, C., Matsui, T., Hashimoto, S., et al. (2016) A development of simulation process of landscape diversity in satoyama landscapes for future scenario analysis -using the LANDIS-II model and the modified Satoyama index. Asian ESP Conference: Ecosystem Services for Nature Based Solutions (Ansan-shi, Republic of Korea).
- 4) 橋本禪 (2016) 持続可能な開発目標 (SDGs) と生態系サービス. 平成28年度農業農村工学会大会講演会 (仙台, 2016.8).
- 5) S. Hashimoto (2017) Predicting and Assessing Natural Capital and Ecosystem Services (PANCES). Expert workshop towards further collaboration between Japanese research community and IIASA (Tokyo, Japan, Jan. 2017).
- 6) 橋本禪 (2017) 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) について. 地域循環共生圏構築の取組に関する報告会.
- 7) Hashimoto, S., DasGupta, R., Kabaya, K. et al., (2017) Exploring alternative futures for the social-ecological production landscapes of Noto: implications of land use change on the provision of ecosystem services. 9th Ecosystem Services Partnership (ESP) world conference (Shenzhen, China, Dec. 2017).
- 8) DasGupta, R., Hashimoto, S., Okuro T., (2017) Scenario-based land change analysis of the lower Gangetic Delta: an exploratory investigation into alternative regional futures. 9th Ecosystem Services Partnership (ESP) world conference (Shenzhen, China, Dec. 2017).
- 9) Inamura, Y., Saito, O., Hashimoto, S., Takeuchi, K., (2018) Exploring the concept of multi-level governance for sustainable natural capital management: Systematic literature review of history and application of multi-level governance concept. 第46回環境システム研究論文発表会 (名古屋, 2018.10).
- 10) 橋本禪 (2018) 生物多様性、生態系サービス、SDGs. 農林水産省第3回環境・技術分野におけるSDGs勉強会 -生物多様性と遺伝資源-.
- 11) 橋本禪 (2018) 地域レベルでの生態系サービスのシナリオ分析. 公開シンポジウム「気候変動適応策と生態系を活用した防災・減災」(横浜, 2018.12).
- 12) 橋本禪 (2019) 気候変動適応策の検討における生態系サービスの活用の課題. 環境省平成30年度適応策に資する吸収源検討会.
- 13) 蒲谷景 (2019) 世界遺産登録の厚生分析. 環境経済政策学会2019年大会 (福島, 2019.3.29)
- 14) 橋本禪 (2019) 自然資本と生態系サービスのシナリオ分析からポスト2020目標/次期国家戦略を考える -ミニフォーラム『ポスト2020 目標から次期生物多様性国家戦略へ』 - .造園学会2019年 (つくば, 2019.5.27)

- 15) S. Hashimoto (2019) 基調講演: Feeding humanity while conserving biodiversity: challenges in the Anthropocene. Symposium “Flying birds on fields: a special exhibition on friendly food and agriculture” (National Taiwan University Agricultural Exhibition Hall, 1 October 2019).
- 16) S. Hashimoto (2019) 基調講演: Exploring alternative futures of biodiversity and ecosystem services from national to local scales. 10th International Conference on Landscape Ecological Engineering,(Seoul, the Republic of Korea, 31 October 2019).
- 17) S. Hashimoto (2019) 基調講演: Exploring alternative futures of ecosystem services in Japan. Interdisciplinary Symposium: Weaving Climate Change and Ecosystem Services with Big Data (Seoul, Republic of Korea, 12 December 2019).
- 18) 武内和彦 (2020)「生物多様性の 10 年—これまでの 10 年、これからの 10 年」, 国連生物多様性の 10 年連動記念シンポジウム, 「いしかわ・かなざわから発信する生物多様性の 10 年の取り組み」~持続可能な次の 10 年に向けて, 2020 年 5 月 (オンライン).
- 19) Takeuchi, K. (2020) How Can the Asia-Pacific Achieve the SDGs in the Covid-19 Era? Asia Pacific Forum for Sustainable Development (APFSD), Bangkok, 2020 年 5 月 (online).
- 20) Takeuchi, K. (2020) Role of the Satoyama Initiative for the Achievement of the SDGs and Post-2020 Global Biodiversity Framework in the Face of COVID-19, High Level Political Forum on Sustainable Development (HLPF) 2020, Side Event, 2020 年 7 月 (online).
- 21) Takeuchi, K. (2020) Regional Circulating and Ecological Sphere (R-CES), 6th Virtual international Conference on Low Carbon Asia & Beyond (ICLCA'20), Shanghai, China, 2020 年 9 月 (online).
- 22) Takeuchi, K. (2020) Localization of SDGs and Sustainable Growth in the Post-COVID Era, Munhua Future Report, Seoul, 2020 年 9 月 (online).
- 23) 武内和彦 (2020) 新型コロナウイルスからのレジリエントで持続可能な復興と地球的課題への統合的アプローチの重要性, 国連ハイレベル政治フォーラム 2020 の報告~コロナ禍からの復興と SDGs 達成に向けた日本が果たすべき役割, 2020 年 9 月 (オンライン).
- 24) Takeuchi, K. (2020) Establishing a Decentralized and Connected Society for Localizing SDGs in the Face of COVID-19, Celebrating 50 Years of Academic Excellence, Wangari Maathai Institute, University of Nairobi, 2020 年 9 月 (online).
- 25) Takeuchi, K. (2020) Responding, Recovering and Redesigning in the Face of COVID-19 - Global Challenge and the Role of Academics, International Conference on Science and Technology for Sustainability 2020, Science Council of Japan, 2020 年 9 月 (online).
- 26) Takeuchi, K. (2020) Importance of Resilient and Sustainable Recovery from COVID-19 and Integrated Approaches to Global Challenges, Report on the United Nations High-Level Political Forum (HLPF) 2020: Japan's Role in Recover from the COVID-19 Pandemic and Achievement of the SDGs, 2020 年 9 月 (online).
- 27) Takeuchi, K. (2020) Integrated Approach to Realize a Sustainable Society - Toward the Realization of Circulating and Ecological Sphere (CES) in Asia and the Pacific, Regional Action on Climate Change (RACC12) at STS Forum 2020, Virtual, 2020 年 10 月 (online).
- 28) Takeuchi, K. (2020) Driving the Green Recovery and Redesign, Daring Cities 2020, 2020 年 10 月 (online).
- 29) Takeuchi, K. (2020) Globally Important Agricultural Heritage System (GIAHS) and Dynamic Conservation/Sustainable Use of Socio-Ecological Landscapes and Seascapes, IGES In-house Seminar on GIAHS, 2020 年 10 月.
- 30) Takeuchi, K. (2020) Regional/local Circulating and Ecological Sphere (CES), Virtual Forum “Vision of a Sustainable Future”, 2020 年 11 月 (online).
- 31) Takeuchi, K. (2020) Redesign for Sustainable and Resilient Future, International Finance Forum (IFF) 2020 Annual Meeting (F40) Summit -Global Green Finance: Practice and Innovation, 2020 年 11 月 (online).
- 32) Takeuchi, K. (2020) The Role of Socio-ecological Production Landscapes and Seascapes in the Face of

- COVID-19, International Forum for Sustainable Asia and the Pacific (ISAP) 2020, 2020年11月(online).
- 33) Takeuchi, K. (2020) Toward the Establishment of a Sustainable Society in Harmony with Nature - A Key for Redesign of Our Society in the POST-COVID Era, International Forum for Sustainable Asia and the Pacific (ISAP) 2020, 2020年11月 (online).
- 34) 武内和彦(2020)「SDGs・気候目標・生物多様性ターゲット間のシナジーによる同時達成を目指して」GEA国際会議2020, 2020年12月(オンライン).
- 35) 武内和彦(2020)SDGsの達成に貢献する世界農業遺産, 世界農業遺産「清流長良川の鮎」認定5周年記念シンポジウム, 2020年12月(オンライン).
- 36) 武内和彦(2021)「コロナ時代の自然と人間との共生, 国際WEBシンポジウム「持続可能な未来を拓く～コロナ時代における自然と人間との共生～」, 2021年2月(オンライン).
- 37) 橋本禪(2021)「IPBESアセスメントから見た生物多様性地域戦略」日本生態学会第68回大会シンポジウム(S16)「生物多様性地域戦略～自治体における生物多様性の主流化に向けて」, 2021年3月21日(オンライン)
- 38) Hashimoto, S. (2021) Introduction to Nature Future Framework (NFF), "IPBES Scenarios and Models Workshop", 12 January 2021 (オンライン)
- 39) 武内和彦(2021)「自然と共生する世界」の実現に向けた社会変革, シンポジウム「生物多様性とライフスタイル～新しい日常に向けてわたしたちができること」2021年3月(オンライン).

【サブテーマ1(2)】

- 1) Saito, O. (2016) Overview and Prospect of PANCES - Predicting and Assessing Natural Capital and Ecosystem Services - Project, Asian ESP Conference: Ecosystem Services for Nature Based Solutions, Ansan-shi, Republic of Korea.
- 2) Saito, O. (2016) Integrated Ecosystem Assessments of Socio-ecological Production Landscapes: Shedding a Light on Non-market Food Provision and Sharing, ICRAF Shared-learning discussion.
- 3) Saito, O. (2016) Non-market food provision and sharing in Japan's socio-ecological production landscapes: Quantifying the contribution by urban agriculture and urban-rural linkage, The 5th GPSS-GLI International Symposium, Session 2 "Value of Grey: Food Security and Urban Agriculture", Kashiwa.
- 4) Haga, C., Matsui, T., Hashimoto, S., Saito, O., Machimura, T. (2016) A development of simulation process of landscape diversity in satoyama landscapes for future scenario analysis -using the LANDIS-II model and the modified Satoyama index", Asian ESP Conference: Ecosystem Services for Nature Based Solutions, Ansan-shi, Republic of Korea.
- 5) Hori, K., Matsui, T., Kirikawa, N., Machimura, T. (2016) Development of Simulation Model for Forecasting Material Flow and Demand of Biomass Provisioning Services under Future Scenarios, Asian ESP Conference: Ecosystem Services for Nature Based Solutions, Ansan-shi, Republic of Korea.
- 6) Kamiyama, C. (2016) Future socio-ecological systems in Japan: questionnaire surveys for participatory scenarios, Asian ESP Conference: Ecosystem Services for Nature Based Solutions, Ansan-shi, Republic of Korea.
- 7) 松井孝典, 芳賀智宏, 堀啓子, 町村尚 (2016) 生態系サービスの将来シナリオ評価のためのストック・フローおよびサプライ・デマンド統合シミュレーションモデルの開発に向けて, 環境経済・政策学会年次大会.
- 8) Saito, O. (2017) Evolution and Landscape of Sustainability Science; Building a Sustainable and Resilient Society in Harmony with Nature, 17th Annual Conference of Philippine Society for the Study of Nature (PSSN), Los Banos, Laguna, Philippines.

- 9) Saito, O. (2017) Sustainability from the Natural Science Perspective, Round Table Discussion on Sustainability Perspectives, Los Banos, Laguna, Philippine.
- 10) Saito, O. (2017) Transboundary Collaboration for Sustainable Management of Natural Capital and Ecosystem Services, International Forum on Applying Ecosystem Services for Transboundary Nature Management, Paju-si, Gyeonggi Province, Republic of Korea.
- 11) 芳賀智宏, 堀尾亮太, 松井孝典, 町村尚 (2017) 気候変動適応のための森林バイオマスと天然更新後の樹種構成変化のシミュレーション—石川県でのケーススタディー, 第45回環境システム研究論文発表会.
- 12) Saito, O. (2017) Overview and Progress of “Predicting and Assessing Natural Capital and Ecosystem Services”(PANCES) Project, 9th Ecosystem Services Partnership (ESP) world conference.
- 13) Haga, C. (2017) A Development of Future Scenario Simulation System of Natural Capital and Ecosystem Services on LANDIS-II —Linking Qualitative Scenarios and Landscape Change Model in Japan, 9th Ecosystem Services Partnership (ESP) world conference.
- 14) 芳賀智宏, 井上貴央, 堀田亘, 町村尚, 松井孝典, 森本淳子, 柴田英昭 (2018) 自然資本・生態系サービス評価のための森林景観シミュレーションモデルを用いたシナリオ分析手法の開発と課題, 第65回日本生態学会大会.
- 15) Saito, O. (2018) Role of sustainability science for building a resilient and sustainable society, 4th Philippine-Japan workshop and field excursion: Sustainability Science and GIAHS – Sustainable Development of Noto and Ifugao by Twining, Wajima, Ishikawa, Japan.
- 16) 前田真理美, 芳賀智宏, 松井孝典, 町村尚 (2019) 人間社会および土地管理シナリオと森林景観モデルを用いた動物種の生息適地の将来予測, 日本生態学会第66回全国大会要旨集.
- 17) 宮本大志, 芳賀智宏, 松井孝典, 堀啓子, 齊藤修, 橋本禪 (2020) 地域循環共生圏の形成に向けた生態系サービスの需給ギャップ分析と地域連携効果の評価, 環境システム研究論文発表会講演集, 48, 133.
- 18) 齊藤修 (2020) PANCES での統合的アプローチによる自然資本・生態系サービスの予測評価, 第 131 回日本森林学会大会, 298.
- 19) 堀啓子, 齊藤修, 松井孝典, 橋本禪, 吉田丈人, 黄琬惠, 熊谷惇也, 若松美保子, 馬奈木俊介 (2020) 水害リスクとリスク認知のギャップ分析とその都道府県間の差異に関する考察, グリーンインフラネットワーク・ジャパン全国大会(ポスターセッション「空間横断・その他-D-7」).
- 20) Saito, O. (2021) Introduction of PANCES Modelling Training Seminar, PANCES Modelling Training Seminar.
- 21) 齊藤修 (2021) 「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」の概要, 日本生態学会年会, シンポジウムS16, 生物多様性地域戦略～自治体における生物多様性の主流化に向けて.

【サブテーマ 1(3)】

- 1) 藤田剛, 三上修, 深澤圭太 (2016) 広域分布変化からよみとく鳥たちの変化: 都市化と過疎化、日本に迫る2つの脅威?. 日本鳥学会 2016 年度大会, 札幌.
- 2) Ariga T. (2016) How much can compact city reduce automobile CO₂ emission?. 2016 Japan-America Frontiers of Engineering Symposium, -
- 3) Ariga T., Matsuhashi K. (2016) Prospect of passenger car CO₂ emissions with urban population density scenarios in Japan, 2nd International Forum on Sustainable Future in Asia, -
- 4) Kameyama, Y. (2017) “Economic and Environmental Issues Influencing U.S. Policy in Asia in the Coming

Decade: Climate Change,” Pivot to Asia? U.S. policy in Asia Under the Trump Administration, RAND Corporation, January 24, 2017. Santa Monica.

- 5) 杉本直輝, 深澤圭太, 宮下直 (2017) 中山間地域の無居住化に伴う蝶類群集の変化. 日本生態学会第64回全国大会, 東京.
- 6) 安積紗羅々, 深澤圭太, 直輝直輝, 宮下直 (2017) 中山間地域の無居住化にともなう鳥類の群集構造の変化. 日本生態学会第64回全国大会, 東京.
- 7) ESTOQUE R.C., OOBA M., TOGAWA T., NAKAMURA S., HIJIOKA Y.: 9th Ecosystem Services Partnership (ESP), Shenzhen, China, 2017 “Future changes in Southeast Asia's forest cover and its ecosystem service value under the shared socioeconomic pathways (SSPs)”
- 8) OOBA M., ESTOQUE R.C., AKIYAMA C., GOMI K., NAKAMURA S., YOSHIOKA A., KURODA K., HIJIOKA Y., TOGAWA T.: 9th Ecosystem Services Partnership (ESP), China, 2017 “Scenario analysis of the future ecosystem services in Fukushima, Japan”
- 9) HE C., 有賀敏典, 松橋啓介: 第56回土木計画学研究発表会 (2017) 「人口分布からみた乗用車 CO2 排出量の分析—メッシュと周辺人口集積度に基づいて—」
- 10) 石河正寛, 松橋啓介, 金森有子, 有賀敏典: 公益社団法人環境科学会 2017 年会 (2017) 「統計データを用いた空き家の詳細地域分布の推計手法」
- 11) 有賀敏典, 金森有子, 松橋啓介: 環境科学会 2017 年会 (2017) 「都市の集約化による生活時間・交通行動の変化と自動車 CO2 排出量の推計」
- 12) 亀山康子: 環境情報科学センター主催 一般公開シンポジウム「SDGs の達成に向けた多様な環境研究の取組みと今後への期待」 (2017) 「SDGs : 気候変動分野からのインプット」
- 13) 深澤圭太: 第4回東北野生動物管理研究交流会 in つるおか (2017) 「基調講演: 無居住化がもたらす景観と生態系の変化」
- 14) 大場真, Estoque R. C., 吉岡明良, 林希一郎: 日本生態学会第65回全国大会 (2018) 「セマンティック統合モデルソフトを利用した生態系サービス評価: 気候変動による影響」
- 15) 藤田知弘, 有賀敏典, 大橋春香, 肱岡靖明, 深澤圭太: 日本生態学会第65回全国大会 (2018) 「人口および気候変動を考慮した将来土地利用シナリオの構築」
- 16) 亀山康子: 埼玉県環境科学国際センター講演会「守ろう創ろう未来の環境～持続可能な社会とは～」 (2018) 「持続可能な社会を目指して ～今、私達にできること～」
- 17) 藤田知弘, 津田直会, 北本朝展, 亀山康子, 石濱史子 (2020) 太陽光パネル設置が生物多様性に与える影響. 日本生態学会第67回全国大会
- 18) 亀山康子 (2020) 「気候変動とSDGs」「みんなで創ろう! SDGs! ～環境・経済・社会的課題の同時解決」 千葉県主催 (ウェビナー) 2020年11月1日 (日)

【サブテーマ1(4)】

- 1) 河合真之, 松下和夫, 第28回日本熱帯生態学会年次大会 (2018) インドネシアにおける生物多様性の政策への主流化: 国家生物多様性戦略行動計画における科学-政策インターフェイスに着目して
- 2) 鮫島弘光: 国際セミナー「インドネシアの森林管理政策・制度の現状と課題」 (2016) 「インドネシアの択伐コンセンションの持続性」
- 3) Samejima, H. 2017. Workshop on SDG 13 “Climate Action” and 15 “Life on Land”. *Policies and Systems toward Sustainable Management of Production Forests in Indonesia and Malaysia*
- 4) 高橋康夫. 2017. IPBESの描く『科学・政策インターフェイス』: これまでに見えてきた課題と研

究者コミュニティへの示唆. 第64回日本生態学会全国大会シンポジウム「生物多様性に関わる様々な政策課題を広く俯瞰するlegislative scan」

- 5) 高橋康夫. 2021. 生物多様性地域戦略による地域レベルの科学・政策連携の推進. 日本生態学会第68回全国大会シンポジウムS-16「生物多様性地域戦略～自治体における生物多様性の主流化に向けて」. 2021年3月21日

(3) 「国民との科学・技術対話」の実施

【サブテーマ1 (1)】

- 1) The Satoyama Initiative Regional Workshop in Peru “Living in harmony with nature: The Satoyama Initiative” (Cusco and Pisac, Jun. 2016).
- 2) 第一回アジア生物文化多様性国際会議「生物文化多様性：人と自然をつなぐ」（石川県七尾市, 2016.6).
- 3) 公開セミナー「地域から国家スケールでの生態系シナリオとモデルの最新動向」（国連大学エリザベス・ローズホール, 2016.11.14, 参加者68人).
- 4) 日本UNEPフォーラム2016～水と森林の今後を考える～「自然共生社会の実現を目指して～人がつなぐ森里川海」（国連大学, 2016.11).
- 5) CBD COP13 Side Event, Contributions to Mainstreaming Biodiversity “Strategic Action for Mainstreaming Biodiversity: Contribution of the IPSI to Biodiversity and Human Well-Being” (The Satoyama Initiative, Cancun, Mexico, Dec. 2016).
- 6) 国際セミナー「インドネシアの森林管理政策・制度の現状と課題」（東京大学中島董一郎記念ホール, 2016.12.15, 参加者：約30名).
- 7) 高橋康夫, 市川薫, 橋本禅, 香坂玲, 中尾文子 (2017) 日本生態学会第64回全国大会自由集会「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) の課題・展望と研究者への示唆」（企画・共催:IGES / 東京大学, 早稲田大学G会場, 2017.3.17, 参加者：約30名).
- 8) 公開シンポジウムー自然共生社会を目指して：佐渡からはじまる自然共生型の地域づくり「自然資本を活かした地域づくりー佐渡島での実践事例からー」（アイポート佐渡ホール, 2017.6).
- 9) 武内和彦 (2017) 自然資本を活かした地域づくりー佐渡島での実践事例からー. 公開シンポジウム「自然共生社会を目指して：佐渡からはじまる自然共生型の地域づくり」（アイポート佐渡ホール, 2017.6).
- 10) 環境講演会ー道東地域の自然と生態系の将来を考える「森里川海をつながりを守り育てる」（厚岸情報館, 2017.8).
- 11) 武内和彦 (2017) 森里川海をつながりを守り育てる. 環境講演会「道東地域の自然と生態系の将来を考える」（厚岸情報館, 2017.8).
- 12) 武内和彦 (2018) パートナーシップがつくる持続可能な自然共生社会. 生物多様性民間参画パートナーシップ第7回会員会合（経団連ホール南, 2018.2).
- 13) (公財)農学会・日本農学アカデミー共同主催公開シンポジウムー陸と海の豊かさを守り育てるー持続可能な発展を目指して「持続可能な自然共生社会の実現に向けて」（東京大学農学部弥生講堂, 2018.3).
- 14) 国際シンポジウムー新しい都市の未来～文化、生物多様性、風景の交流～「自然や文化と調和した持続可能でレジリエントな社会を創る」（金沢歌劇座, 2018.4).
- 15) 「能登里山里海マイスター」育成プログラム六期生入構記念講演「里山里海を活かした持続可能な地域づくり」（金沢大学能登学舎, 2018.4).
- 16) 武内和彦 (2018) SDGsが拓く里山里海の可能性. 能登SDGsラボ（金沢大学能登学舎, 2018.10).
- 17) Takeuchi, K. (2018) Sustainability Science: Linking Science, Policy and Society for a Sustainable Future, Springer Nature: Implementing Solutions for the SDGs -The Role of

Sustainability Research (国連大学, 2018.9).

- 18) 武内和彦 (2018) 里山里海を活かした持続可能な地域づくり. 「能登里山里海マイスター」育成プログラム六期生入構記念講演 (金沢大学能登学舎, 2018.4).
- 19) 武内和彦 (2018) 自然や文化と調和した持続可能でレジリエントな社会を創る. 国際シンポジウム「新しい都市の未来～文化、生物多様性、風景の交流～」(金沢歌劇座, 2018.4).
- 20) Science-Policy Dialogues on the Assessment of Biodiversity and Ecosystem Services: Southeast Asia & Northeast Asia (Bangkok, Thailand, 2019.10.21-23).
- 21) 橋本禪 (2019) 専門家所見, IPBES第7回総会結果報告会 (東京, 2019.5.14) .
- 22) 橋本禪 (2019) IPBESグローバルアセスメントレポートについて. IUCN-J 「100万種絶滅ってほんと！？IPBESレポートを学ぶ (東京, 2019.9.4).
- 23) 橋本禪 (2019) 世界の生物多様性と生態系サービスの現状と将来. 環境省シンポジウム「自然共生社会の実現に向けた社会変革～IPBES地球規模評価を踏まえて次期生物多様性世界目標を考える～」(東京, 2019.12.21).
- 24) 武内和彦 (2019) 世界農業遺産を活かした地域循環共生圏づくり. Vision2050シンポジウムシリーズ: 東京大学×世界農業遺産シンポジウム～地域循環共生圏と世界農業遺産 (和歌山県県民文化会館中ホール, 2019.11).
- 25) 武内和彦 (2019) 持続可能な開発目標 (SDGs) と地域循環共生圏の構築. 環境情報科学センターシンポジウム <地域循環共生圏 その創造に向けての環境科学研究の役割> (日本学会館, 2019.11).
- 26) 武内和彦 (2019) 持続可能な開発目標 (SDGs) と地域循環共生圏の構築. エコテクノ2019開催記念講演会 (西日本総合展示場新館エコテクノ2019セミナー会場(北九州市), 2019.10).
- 27) 武内和彦 (2019) 第五次環境基本計画と地域循環共生圏. 2019日中共同セミナー「都市と農村の融合に基づく持続的発展」(天津農学院(中国・天津市), 2019.9).
- 28) 武内和彦 (2019) 統合的土地・環境管理計画手法の提案・開発及び実践. 市村賞受賞記念フォーラム (グランドハイアット福岡, 2019.7).
- 29) Takeuchi, K. (2019) Transition to Regional / Local Circulating and Ecological Sphere and Lifestyle Innovation. Earth League Annual Workshop: “Towards a 1.5°C World: Challenges and Solutions” (Climate Service Center Germany (GERICS), Hamburg, Germany, 2019.7).
- 30) 武内和彦 (2019) 里山ランドスケープの再生－戦略的に取り組む. 日本生命財団創設40周年記念シンポジウム「人と自然が織りなす持続可能な未来－環境学からの提言」(国連大学ウ・タント国際会議場, 2019.6).
- 31) 武内和彦 (2019) 持続可能な開発目標の達成に向けて-環境・経済・社会の統合的発展-. 日本産学フォーラム (ホテルオークラ東京, 2019.3).
- 32) Takeuchi, K. (2019) Implementation of Adaptation Measures and Sustainable Development: Circulating and Ecological Economy and Society. G20気候持続可能性作業部会(CSWG) (グランドニッコー台場, 2019.2).
- 33) 橋本禪 (2020) 農林水産業による生物多様性保全への貢献. 農林水産省シンポジウム「SDGs×生物多様性」(東京, 2020.2.17).
- 34) Public Seminar: Connecting different scales: Linking IPBES’ s Nature scenarios with PANCES scenarios (IGES headquarters, 2020.2.25).
- 35) 武内和彦 (2019) 生物多様性の10年－これまでの10年、これからの10年. 国連生物多様性の10年連動記念シンポジウム「いしかわ・かなざわから発信する生物多様性の10年の取り組み」～持続可能な次の10年に向けて (オンライン開催, 2020.5).
- 36) 橋本禪 (2021) 「IPBESのマンデートと組織, 研究者の関わり方」令和2年度IPBES第2回国内連絡会、2021年3月15日 (オンライン)
- 37) 橋本禪 (2021) 「転換期を迎える生物多様性国家戦略:国家戦略研究会／農林水産省戦略検討会を

振り返って」, 「生物多様性国家戦略を考えるフォーラム 自然共生社会の設計図作りに参加しよう」, 国際自然保護連合日本委員会, 3月11日 (オンライン)

- 38) 橋本禪 (2020) 「MEPからの情報共有」, 令和2年度IPBES第1回国内連絡会、2020年10月12日 (オンライン)
- 39) 橋本禪 (2021) 「IPBES のマニフェストと組織, 研究者の関わり方」 令和 2 年度 IPBES 第 2 回国内連絡会、2021 年 3 月 (オンライン) .
- 40) 橋本禪 (2021) 「転換期を迎える生物多様性国家戦略:国家戦略研究会/農林水産省戦略検討会を振り返って」, 「生物多様性国家戦略を考えるフォーラム 自然共生社会の設計図作りに参加しよう」, 国際自然保護連合日本委員会, 2021 年 3 月 (オンライン) .
- 41) 武内和彦 (2021) 「脱炭素・資源循環・自然共生の統合による地域循環共生圏の創造」. 兵庫県-IGES-APN 地域循環共生圏フォーラム～再生可能エネルギーの導入による地域循環共生圏の創出～. 2021 年 2 月 (オンライン) .
- 42) 橋本禪 (2020) 「MEP からの情報共有」, 令和 2 年度 IPBES 第 1 回国内連絡会、2020 年 10 月 (オンライン) .

【サブテーマ1(2)】

- 1) 公開セミナー「地域から国家スケールでの生態系シナリオとモデルの最新動向」 (2016年11月14日, 国連大学エリザベス・ローズホール, 参加者68人)
- 2) 公開シンポジウムー自然共生社会を目指して: 佐渡からはじまる自然共生型の地域づくり「自然資本を活かした地域づくりー佐渡島での実践事例からー」 (2017年6月, アイポート佐渡ホール)
- 3) PANCES (2021) 生物多様性地域戦略に関する全国自治体オンラインワークショップ-今後の地域戦略の策定、改定ならびに実施にPANCESの研究成果が示唆するもの-, 2021年3月16日 13:00-15:30

【サブテーマ1(3)】

- 1) 亀山康子、「地球温暖化の現状と私たちの生活」 令和 2 年度福島再生・未来志向シンポジウム～いっしょに考える「福島、その先の環境へ。」～2020年11月27日 (金) 福島県双葉町
- 2) 亀山康子、「地球温暖化の現状と脱炭素社会に向けた世界の動向」 令和 2 年度九州沖縄ブロック地域センター職員講習会、2021年2月10日 (水) オンライン

【サブテーマ1(4)】

- 1) Science-Policy Dialogues on the Assessment of Biodiversity and Ecosystem services: Southeast Asia & Northeast Asia. Bangkok, Thailand 21-23 October 2019.
- 2) 国際セミナー「インドネシアの森林管理政策・制度の現状と課題」 (2016年12月15日、東京大学中島董一郎記念ホール、参加者: 約30名)
- 3) 2016年度地域研究コンソーシアム次世代ワークショップ国際セミナー「インドネシアの森林管理政策研究の現在」 (2016年12月16日、京都大学東南アジア研究所、参加者: 約80名)
- 4) 日本生態学会第64回全国大会自由集会「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) の課題・展望と研究者への示唆」企画・共催 (IGES/東京大学) (講演者: 高橋康夫・IGES、市川薫・国連大学サステイナビリティ高等研究所、橋本禪・東京大学、香坂玲・東北大学、中尾文子・環境省) (2017年3月17日、早稲田大学G会場、参加者: 約30名)

(4) マスコミ等への公表・報道等

- 1) 新潟日報 (2018 年 10 月 30 日、日刊、15 頁、「ビジネス拡大膨らむ夢 東大研究機構が 30 年後プラン」)

(5) 本研究費の研究成果による受賞

- 1) 第44回環境システム研究論文発表会優秀学生発表賞:芳賀智宏, 松井孝典, 町村尚(2016)将来シナリオ分析のための里山の景観の多様性のシミュレーションプロセスの開発ーLANDIS-IIと改良さとやま指数を用いてー.
- 2) 日本生態学会第66回全国大会ポスター賞(優秀賞):前田真理美, 芳賀智宏, 松井孝典, 町村尚(2019)人間社会および土地管理シナリオと森林景観モデルを用いた動物種の生息適地の将来予測.

IV. 英文Abstract

Development of an integrated model of social-ecological systems and scenario analysis and strengthening science-policy interface

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: United Nations University Institute for the Advanced Study of Sustainability,
National Institute for Environmental Studies, Institute for Global Environmental Strategies

[Abstract]

Key Words: Natural capital, Ecosystem services, Future scenarios, Socio-ecological systems, Population distribution, Land use, Synergy and tradeoff, Science-policy interface

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.

There was a possibility of tradeoffs between climate mitigation and ecosystem conservation policies in the area of installment of renewable energy facilities. Most energy must be supplied by renewable energy in order to reach the long term emission goal of “net-zero” by the end of this century. A procedure to check that mega solar panels and other facilities are not harming the ecosystem is required to avoid negative tradeoffs between the environmental goals.

Local biodiversity strategies and action plans (LBSAPs) play a vital role as locally contextualized science-policy interfaces. The development and implementation of LBSAPs create

opportunities for local stakeholders to collaborate and thereby to promote locally-contextualized actions that contribute to national and global biodiversity goals. The involvement of multiple sectors, including agriculture, forestry, fisheries and education in the development and implementation of LBSAPs can widen the range of ecosystem services incorporated in the document and thereby can effectively promote mainstreaming biodiversity into multiple sectors.