

Environment Research and Technology Development Fund

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

S-15-2 陸域における自然資本・生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価
(JPMEERF16S11520)

平成28年度～令和2年度

Predicting and Assessing of Natural Values from Natural Capital and Ecosystem
Services of Terrestrial Ecosystems

〈研究代表機関〉

国立研究開発法人森林研究・整備機構

〈研究分担機関〉

国立研究開発法人 森林研究・整備機構

国立大学法人 東京大学

国立大学法人 北海道大学

〈研究協力機関〉

国立大学法人 新潟大学

国立大学法人 横浜国立大学

大学共同利用機関法人 人間文化研究機構 総合地球環境学研究所

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

学校法人慶應義塾 慶應義塾大学

国立大学法人 名古屋大学

国立大学法人 静岡大学

国立研究開発法人 国立環境研究所

福井県里山里海湖研究所

熊本市都市政策研究所

兵庫県立淡路景観園芸学校・公立大学法人兵庫県立大学

国立大学法人 東北大学

令和3年5月

目次

I. 成果の概要	・・・・・・・・・・	4
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 生態系の文化的サービスの評価および多面的な自然資本・生態系サービスの統合	・・・・・・・・・・	22
(国立研究開発法人森林研究・整備機構)		
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 陸域生態系の供給・調整サービスの定量化と予測	・・・・・・・・・・	35
(国立研究開発法人森林研究・整備機構)		
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 自然資本・生態系サービスにおける参加型管理オプションと伝統・地域知の評価	・・・・・・・・・・	46

(東京大学)

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 流域・河川生態系における自然資本・生態系サービスの評価と沿岸域へのつながり	56
--	----

(北海道大学)

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	71
IV. 英文 Abstract	96

I. 成果の概要

課題名 S-15-2 陸域における自然資本・生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価

課題代表者名 中静 透（国立研究開発法人森林研究・整備機構）

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	47,498	47,498
平成29年度	47,498	47,498
平成30年度	45,123	45,123
令和元年度	47,498	47,498
令和2年度	47,498	47,498
合計額	235,115	235,115

本研究のキーワード：自然資本、将来シナリオ、生態系サービス、生物多様性、多様な主体の参加、地域知、地図化、伝統知

研究体制

- 【サブテーマ1】 生態系の文化的サービスの評価および多面的な自然資本・生態系サービスの統合（森林研究・整備機構）(JPMEERF16S11505)
- 【サブテーマ2】 陸域生態系の供給・調整サービスの定量化と予測（森林研究・整備機構）(JPMEERF16S11506)
- 【サブテーマ3】 自然資本・生態系サービスにおける参加型管理オプションと伝統・地域知の評価（東京大学）(JPMEERF16S11507)
- 【サブテーマ4】 流域・河川生態系における自然資本・生態系サービスの評価と沿岸域へのつながり（北海道大学）(JPMEERF16S11508)

研究協力機関

【サブテーマ1】

国立大学法人 新潟大学

国立大学法人 横浜国立大学

大学共同利用機関法人人間文化研究機構 総合地球環境学研究所

【サブテーマ2】

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

【サブテーマ3】

学校法人慶應義塾 慶應義塾大学

国立大学法人 名古屋大学

国立大学法人 静岡大学

国立環境研究所

福井県里山里海湖研究所

熊本市都市政策研究所

国立大学法人 新潟大学

兵庫県立淡路景観園芸学校・公立大学法人兵庫県立大学

【サブテーマ 4】

国立大学法人 東京大学

国立大学法人 東北大学

1. はじめに（研究背景等）

ミレニアム生態系評価以来、持続可能な自然共生社会のために生物多様性および生態系がもたらす生態系サービスが重要視され、その定量化や経済評価が進んできた。しかし、一部の生態系サービスの評価は依然として手法的に難しい。生物多様性条約に対して科学的助言を行う「生物多様性及び生態系サービスに関する政府間プラットフォーム（IPBES）のアセスメントや「持続可能な開発目標（SDGs）」においても、生態系サービスやそれを生むストックとしての自然資本の評価は重要な問題であり、社会的ニーズも大きい。また、一部の生態系サービス間にもトレードオフが存在するほか、陸域と海域の生態系サービスのように相互作用を持つ場合があり、地理情報化や地図化も重要になっている。さらに、生態系サービスの管理という観点からは、気候変動や社会経済的要因による変化のメカニズムの解明や、シナリオに基づいた予測も必要になっている。

一方、自然資本や生態系サービスの管理においては、多様な主体（ステークホルダー）の参加と主体がもつ伝統・地域的知識（TLK）の活用が重要な効果・影響をもつと認識されており、生物多様性条約の愛知目標（2010年）や我が国の生物多様性国家戦略（2012年）でも目標に掲げられている。しかし、地球規模生物多様性概況第4版（GB04）では、地域社会の参加やTLKの活用に関する愛知目標について、「進展しているがその速度は不十分であり、努力を強化しない限り目標年までに目標を達成できない」と評価され、IPBESでは多様なステークホルダーの参加やTLKの活用について議論が進んでいる。

さらに、こうした問題を考えるうえで、流域という単位の重要性も指摘されてきた。流域には森林、湿地、農地、都市などの複数の土地利用が混在し、河川を通じて沿岸域に連結している。流域・河川から沿岸域に供給される栄養塩等の物質は、沿岸の生物多様性、生態系サービスにさまざまな影響を及ぼしており、地域循環共生圏の議論などでも社会的要請が高い。

こうした課題を解決するために、平成23年度から開始された戦略的研究開発領域課題S-9「アジア規模での生物多様性観測・予測・評価に関する総合的研究」では、生物多様性を地図化し、それが支える生態系機能の一部を定量化するための枠組みができあがった。一方で残された課題も多かった。第1に、自然資本としての評価に欠くことのできない生態系サービスの定量化はまだその一部に留まっている。とくに、文化的サービスの評価は進んでいない。第2に、生物多様性から様々な生態系サービスが発揮されるまでのプロセスの解明やドライバーの分析が不十分であるため、生物多様性や生態系サービスの管理に必要な将来予測がむずかしい。第3に、多様な主体の参加と伝統知・地域知が自然資本形成に与える効果・影響に関する学術的な評価は国内外で十分に進んでいない。第4に、流域から沿岸への連結性や相互関係については、評価

手法の困難さや観測データ不足のために学術的な知見が不十分であり、流域－沿岸の相互関係を適切に考慮しなければ、陸域、沿岸双方の自然資本を過小評価する可能性がある

日本は先進国として、IPBESの具体的活動へと加盟諸国をリードする責任があると考えられている。こうした問題点を解決し、シナリオ分析や自然資本評価が可能になれば、国際的にも革新的・先導的なモデルとなるだけでなく、ローカルからグローバルまでの様々なスケールでの政策立案や持続可能な社会の制度設計、地域計画などに応用可能な技術的展開を期待できる。とくに、国内の限られた天然資源状況下で森里川海の連結性を活用した生態系サービスの最大化や、それを可能とする土地利用や保全管理手法を構築することにもつながり、そのための意思決定に地域知・伝統知の活用をすると同時に、多様な主体の参加を促すことができれば、地域循環共生圏の形成にとっても大きな貢献が可能である。

2. 研究開発目的

研究背景に述べた社会的要請や研究の現状を踏まえ、陸域生態系を中心として生態系サービスの定量化や地理情報化、およびそれらの変化要因（直接、間接）の分析を行う。とくに、文化サービスを含む、これまで定量化が遅れていた生態系サービスに注目し、その定量化・地理情報化や参加型生態系管理と伝統知の果たす役割の検討を行う。このとき、これまでに蓄積された生物多様性および生態系に関する情報を最大限活用して、テーマ4と共同で、自然資本としての評価手法を開発する。さらに、テーマ3と共同で、陸域と海域の相互作用を解明する。これらの成果と、テーマ1で構築する予定の将来シナリオを用い、シナリオ分析を行うために必要なサブモデルおよびツール開発を行う。

3. 研究目標

全体目標	既存の研究蓄積を活用して、陸域における生態系サービスの定量化地理情報化や、それらの変化要因(直接、間接)の分析手法、自然資本としての評価手法を開発する。また、一部の文化的サービスの定量化・地理情報化や参加型生態系管理と伝統知の果たす役割の検討を行うとともに、テーマ3と共同で、陸域と海域の相互作用を解明する。検討結果に基づき、テーマ1で構築予定の将来シナリオ毎の展開が可能なモデル化に向けたサブモデルおよびツール開発を行う。
サブテーマ1	生態系の文化的サービスの評価および多面的な自然資本・生態系サービスの統合
サブテーマリーダー/所属機関	中静 透/国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所
目標	文化サービスを定量的に評価するとともに、サブテーマ2と協力し、テーマ1で構築される複数のシナリオおよび政策オプションの下での人口動態・土地利用が、モデル化した生態系サービスおよびその多面性に与える影響を評価する。また、テーマ4と共同して、文化的生態系サービスの社会経済的価値の評価を完了し、プロジェクト全体の統合に貢献する。
サブテーマ2	陸域生態系の供給・調整サービスの定量化と予測
サブテーマリーダー/所属機関	正木 隆/国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所

目標	これまで定量的評価されてこなかった供給・調整サービスの定量化を行うとともに、テーマ1で作成された将来シナリオ・政策オプションの元での人口分布・土地利用の違いが生態系サービスやサービスの多面性に与える影響を評価する。また、テーマ1・テーマ4と協力し自然資本評価を実施する。
----	---

サブテーマ3	自然資本・生態系サービスにおける参加型管理オプションと伝統・地域知の評価
サブテーマリーダー/所属機関	吉田丈人/東京大学
目標	地域の生態系管理における参加型管理オプションと伝統知・地域知活用の現状を評価するとともに、それらが地域の社会-生態系に与える影響を明らかにする。また、伝統知・地域知の時系列変化や伝承経路の課題について評価する。これらの研究成果を、行政担当者などと連携しつつ、政策提言などにまとめて公表する。

サブテーマ4	流域・河川生態系における自然資本・生態系サービス評価と沿岸域へのつながり
サブテーマリーダー/所属機関	柴田英昭/国立大学法人 北海道大学
目標	気候変動および土地利用変動の影響下における流域・河川生態系の自然資本・生態系サービスの実態を明らかにし、人為改変による影響評価や、テーマ1で開発された複数の将来シナリオを考慮に入れた予測を行う。テーマ3と共同で流域・河川生態系と沿岸域の連結性について、生物指標や栄養塩循環の観点から森里川海のつながりを明らかにする。

4. 研究開発内容

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

【サブテーマ1】

1) 文化的生態系サービスのモデル化および生態系要素の影響の解明

生態系の文化的サービスの定量評価とシナリオ解析等に活用可能なモデルの作成のため、登山活動、キャンプ場の分布、中学校における野外学習に関するデータを収集した。これらの文化的サービスの指標と土地利用や人口分布などの自然的・社会的環境要因との関係性を機械学習の一種である勾配ブースティング回帰木によりモデル化し、その詳細な地理空間分布パターンを地図化すると共に、それぞれの文化的サービスの供給を生み出す鍵となる生態系要素・社会的要素を分析した。

2) 複数の生態系サービス間の関係の解明

サブテーマ2-2と連携してモデル化した供給・調整・文化的サービスを含む8つの陸域の生態系サービスを対象とし、生態系サービス間の関係の空間スケール別の比較、自治体間比較、生態系サービスバンドルの全国分布について解析を行った。これらの解析により、生態系サービス間のトレードオフ・シナジーの空間スケール依存性、地域依存性や生態系サービスバンドルの地域パターンを分析した。

3) 生態系サービスのシナリオ分析

登山活動、キャンプ活動、野外教育活動の3つの文化的サービスについてそれぞれ PANCES シナリオに基づいた将来変化の予測を行うと共に、サブテーマ 2-2 と連携してモデル化した供給・調整・文化的サービスを含む8つの陸域の生態系サービスを対象に地域別・大都市/地方別の将来変化の予測を行った。その結果、将来シナリオと地域の間には複雑な交互作用があり、各生態系サービスごとに異なる状況の下において顕著な変化があらわれる可能性を示した。

【サブテーマ2】

1) 全国陸域スケールでの自然資本と供給・調整サービスの定量評価および地理情報化

農作物供給サービスとして水稲・ホウレンソウを選び、その定量化と地理情報化を行った。農林水産省の作物統計のデータから年・自治体ごとの作物の単収を計算し、これをアメダスデータのメッシュ化プログラム ver. 4(農研機構)により作成した気候データ、テーマ1で作成した人口分布データ・土地利用データで説明するモデルを構築し、地理情報化した。また、森林の供給サービスとしてはスギ・ヒノキの木材生産を選び、林野庁森林多様性基礎調査のデータから木材供給サービスの指標としてスギ・ヒノキの成長量を計算し、これをアメダスデータのメッシュ化プログラム ver. 4(農研機構)により作成した気候データ、テーマ1で作成した人口分布データ・土地利用データで説明するモデルを構築した。作成したモデルに2010年の条件を当てはめ、潜在的木材成長速度(その場所に対象の樹木が存在した場合の成長速度)を地理情報化した。

2) 陸域生態系サービスの重要な変化要因(ドライバー)の抽出とその直接・間接的影響の解明

非木材の森林生産物である原木シイタケ生産に注目し、影響する害菌の影響を解明した。環境条件と害菌の影響を分析し、生産に影響する要因の特定とシイタケ栽培に与える影響の評価を行った。

3) 陸域生態系サービスに関するドライバーの定量化とサービス予測モデルの構築

1)で作成した農作物・木材供給サービスモデルに、テーマ1より提供を受けた2050年の PANCES シナリオ条件データ、SI-CAT から提供を受けた気候変動データを当てはめ、2050年の農作物・木材の供給を地理情報化した。これと1)で作成した2010年の地理情報から2050年までの各サービスの変化を計算するとともに、変化に関わる要因を解析した。

【サブテーマ3】

1) 生物多様性地域戦略の策定過程や取組に関する分析

生物多様性地域戦略を策定した70の基礎自治体を対象にアンケート調査を実施するとともに、生物多様性地域戦略から抽出したデータや各種統計資料などを組み合わせたデータを用いた。Ostromらによる社会-生態システムの分析枠組みを用いて、多様な主体の参加と TLK の認識と活用が社会-生態システムに与える影響について重回帰分析により分析した。

2) 「聞き書き甲子園(森づくり編)」からの TLK の収集と分析

高校生が自然と関わる職種の1,168人名人を訪ねて聞き取りした資料を、NPO 法人共存の森ネットワークから提供を受けて分析した。聞き取り資料の中から植物名を抽出し、標準和名と学名を付して植物分類群のリストを作成した。次に、それらの植物分類群の利用に関する記述を抽出し、31種類の生態系サービスに分類しデータベースを作成した。解析では、植物分類群と生態系サービスの対応関係を検討したほか、植物分類群数の増減が生態系サービスの種類数に与える影響を評価した。

3) 新潟県佐渡市の海藻利用文化における TLK と伝承経路の分析

海藻利用の現状と知識伝承経路に関するアンケート調査を、新潟県佐渡市全域を対象として実施し、5,201人の有効回答を得た。結果をもとに、食利用の経験がある海藻種数と生まれ年との関係などを分析し、海藻利用の知識伝承経路について評価した。

4) 石川県における伝統食文化の時系列変化

先行調査や文献から、石川県の代表的な伝統食とその食材を抽出し、伝統食を食べる機会とそれらの食材の入手先について、現在、20年前(2000年頃)、40年前(1980年頃)の状況をアンケート調査により調べ、200人の有効回答から分析した。

【サブテーマ4】

1) 森林生態系の炭素貯留サービスの評価

洞爺丸台風(1954年台風15号, Marie)による大規模な森林風害を経験した、北海道上川町、上士幌町、置戸町に位置する国有林を対象として、大規模風倒攪乱とその後の施業が北方林の炭素蓄積に与える長期的影響を調べた。風倒攪乱の有無、および風倒後の Salvage logging(風倒木の伐採・搬出)の有無による差異を明らかにするため、複数の調査地を設けて毎木調査、倒木調査、土壌調査、炭素分析等を行った。また、北海道富良野市に位置する森林を対象として、気候変動と風倒後の管理が北方林の種組成と炭素収支に及ぼす影響を予測した。生態系プロセスモデル(LANDIS-II)を用いて、木本と草本の競争、倒木上更新の2つのプロセスを考慮したシミュレーションを行なった。また、風倒後管理の炭素収支についてライフサイクルアセスメント(LCA)を行い、最適な風倒後管理を検討した。

2) 農地生態系から河川への栄養塩循環の評価

酪農産業の新しい経営形態である TMR センターの栄養素循環について検証するために、北海道内の2カ所の TMR センターを対象に聞き取り調査を行った。窒素の収支や循環に関する数値を得ることを目的に、窒素の投入量(輸入飼料、肥料、敷料、牛)、窒素の持ち出し量(生乳、自給飼料、牛、糞尿)に関する情報を得た。糞尿については、堆肥やスラリーといった異なる形態ごとに情報を得た。一年間のデータを合算し、それぞれの TMR センターを単面積あたりの窒素量(kg N/ha)で比較した。また、里から川へと流亡する窒素の緩衝機能を評価する上で、川岸域の脱窒は重要であるため、川岸域土壌における脱窒酵素活性を別寒辺牛川流域の異なる箇所調査した。さらに、土壌 DNA の分析により脱窒反応を進める土壌中微生物群集について解析した。

3) 河川生態系の自然資本・生態系サービスと生物指標

森川里海の連結性を示す生物指標としてカワシンジュガイの再生産状況および再生産規定要因を明らかにするため、保護水面河川を含む道内の10のサテライト流域に計26の調査地点を設け、生物および非生物要因の調査を行った。殻長-年齢関係式を用いて年齢を推定し、サブテーマ3-2で三浦らが作成したコガタカワシンジュガイとの種判別式を使用して、稚貝(10歳以下)割合を再生産の程度を示す指標として算出した。再生産規定要因の解析には一般化線形混合モデルを用い、規定要因として、水深、水温、細粒土砂、宿主(サクラマス)密度を採用した。また、宿主魚類の密度規定要因を明らかにするため、拠点流域(別寒辺牛川)を含む道東の11の流域において魚類および環境要因の調査を行った。解析には構造方程式モデリングを用い、景観スケール要因(流域サイズ、土地利用、地質、河川勾配)、および局所環境要因(電気伝導度、河床材料の大きさ、電気伝導度と河床材料の大きさの交互作用、生息場の複雑性)と宿主密度の関係性を評価した。

4) 陸域の自然資本・生態系サービス、沿岸域への連結性に及ぼす影響の予測

北海道東部に位置する別寒辺牛川流域を拠点として、サブテーマ1(2)が作成した人口分布の将来シナリオを基にして、別寒辺牛川流域の土地利用変化の将来シナリオを設定した(PANCES 4シナリオ)。気候データは気候変動に対して政策的緩和策が取られないシナリオ(IPCC RCP8.5シナリオ)の予測値を別寒辺牛川流域用に補正したものを使用した。これらのシナリオと生態系プロセスモデル(LANDIS-II)を用いて、2015年から2050年にかけての流域の植生と窒素動態の応答をシミュレーションした(サブテーマ1(2)と共同)。

得られた流域からの窒素溶脱量の予測値と森川里海連結性の生物指標であるコガタカワシンジュガイの稚貝の生残率推定モデル(サブテーマ3-2と共同)を組み合わせて、将来気候と土地利用分布下における生残率を予測した。さらに、全国スケールにおいて将来の土地利用変化が流域から沿岸域への栄養塩流出量に及ぼす影響を予測

するため、公開されている全国の一級河川と浄水場の水質データから機械学習モデルにより、全国スケールでの土地利用変化シナリオ別の河川水の窒素濃度分布を推定した。そして、PANCESの土地利用シナリオに基づいて将来の窒素濃度分布を予測し、集水域から沿岸への窒素流出濃度を推定した(サブテーマ2(1), 2(2)と共同)。

5. 研究成果

5-1. 成果の概要

テーマ全体としては、これまで定量化や地理情報化の難しかった生態系サービスについて、評価やモデル化が進み、テーマ1から提供されたシナリオに従った将来予測が可能となったほか、一部の生態系サービスはテーマ4との共同で自然資本としての評価が進んだ。また、これらの結果に基づき、サービス間のトレードオフやシナジー分析や需給分析なども可能となり、社会的要請により応えやすいアウトプットが出ている(サブテーマ1, 2)。これらの成果を一部利用しながら全国レベルだけでなく、流域レベルでの生態系サービスをより解像度の高い具体的な形で利用する技術も開発でき、テーマ3との連携で、沿岸域と陸域との相互作用も含めた予測が可能となった(サブテーマ4)。さらに、生物多様性地域戦略の中での多様な主体の貢献や伝統知・地域知の重要性が明確となり、生態系サービスや自然資本を活かした地域計画などに大きく貢献できる成果があがった(サブテーマ3)。

【サブテーマ1】

1) 文化的生態系サービスのモデル化および生態系要素の影響の解明

文化的生態系サービスとしての登山活動は、地形、気候、植生、社会環境など多くの要因が関係する複雑なものであることが示唆された。また、植生と登山活動の関係には、他の変数との交互作用が重要であることも示された。たとえば、登山記録数は周辺道路密度が高い(交通アクセスが良い)場合には、植被率にともない増加する傾向がみられたが、周辺道路密度が低いサイトではそのような傾向はほぼ見られなかった。また、比較的標高の高い地点(最低標高200m以上)では、原生植生率にともない登山記録数が増加する

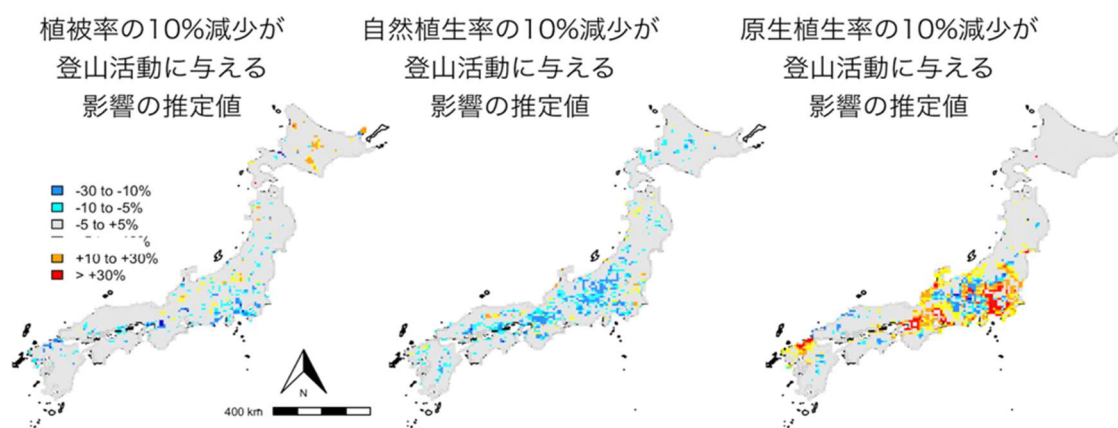


図 1.4. 植生変数の10%減少が登山記録数に与える影響の評価

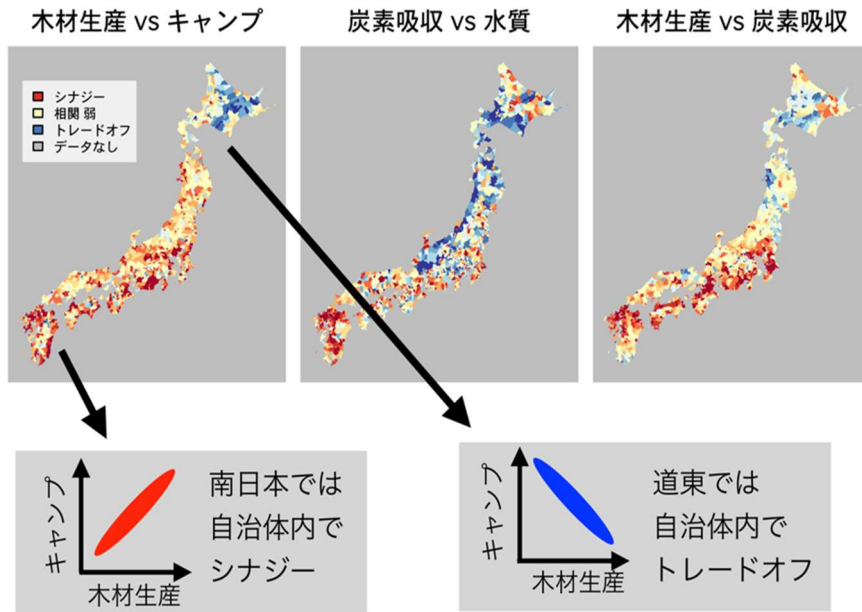


図 1.11. 生態系サービス間のシナジーとトレードオフ関係の自治体間比較

傾向が見られたのに対し、標高の低い地点(最低標高 10m 以下)では逆に減少する傾向が見られた。こうした植生と登山記録数のコンテキスト依存的な関係の結果、植生の改変が登山記録数に与える影響には、地点間に大きな異質性が見られ、植生の量や質を 10% 改変することにより、地点によって 30% 以上の増加または減少が予測された (図 1.4)。このような植生とサービスの間の関係のコンテキスト依存性は後述する複数の生態系サービス間の関係の空間的異質性の重要な背景である可能性も高い。キャンプ活動、野外教育活動についても同様な自然的・社会的要因との複雑な関係性が検出された。このような複合的な要因を考慮した

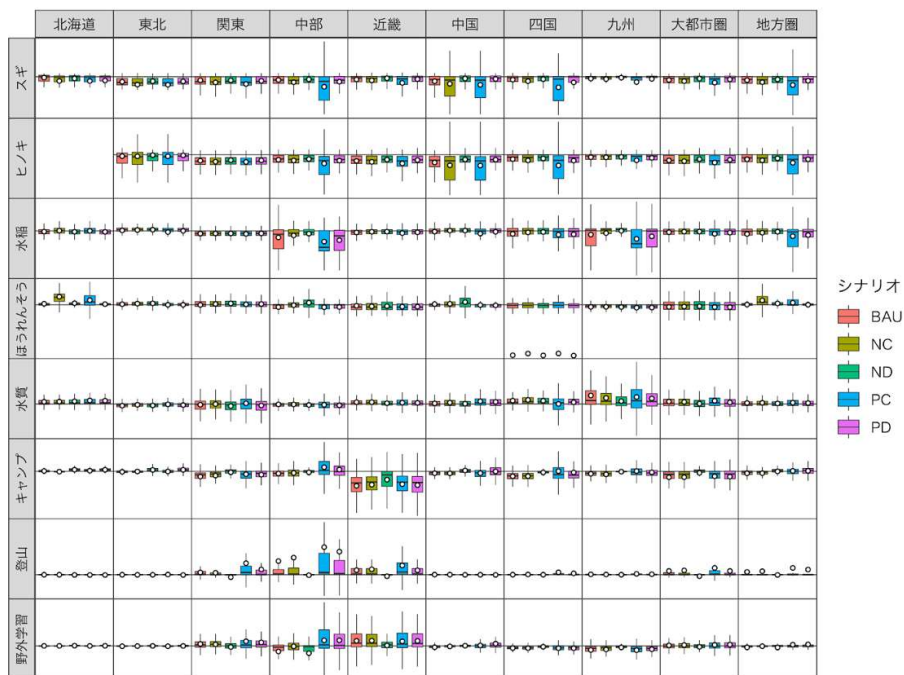


図 1.15. 陸域の生態系サービスシナリオ分析結果一覧 (地域別ならびに大都市/地方間比較)

文化的サービスの予測モデルを作成したことにより、後述する生態系サービス間の関係性（トレードオフ・シナジー）の分析や将来シナリオ分析を高精度で行うことが可能となった。

2) 複数の生態系サービス間の関係の解明

上述の文化的サービス、およびS15-2(2)で実施された供給・調節サービスの計8つの陸域生態系サービスの空間分布パターンの関係性について自治体間での比較を行った。生態系サービス間の関係は自治体間で著しく異なっており、ほとんどの生態系サービスの組み合わせにおいて、正の相関（シナジー）と負の相関（トレードオフ）の双方が検出された（図1.11）。関係の違いは、北日本と南日本の傾向の違いなどの大域的なものだけでなく、しばしば近隣自治体の間にも見られた。例えば木材生産とキャンプ場立地の間の関係は、関東以南においては多くの自治体で正の相関を示す一方、北海道等では負の相関が卓越していた。このことは、南日本では、多くの自治体において、木材生産を増加させるような管理によって同時にキャンプ利用の促進が期待される一方、北海道では同様の管理はキャンプ利用を阻害する可能性があることを示唆している。以上のように、生態系サービスの管理においては、多様な生態系サービス間の関係を理解し、単一の生態系サービスの向上を追求するあまりに生態系サービスの多面性を損なうことの無いよう留意する必要があると考えられた。

3) 生態系サービスのシナリオ分析

上述の文化的サービス、およびS15-2(2)で実施された供給・調節サービスの計8つの陸域生態系サービスについてのシナリオ分析の結果を統合し、地方間および大都市圏とそれ以外で比較した。多くのサービスで、すべてのシナリオにおいて、2050年における生態系サービスの減少が予測された（図1.15）。しかし、生態系サービスを人口あたりに換算すると、多くの場合、現状維持もしくは増加が予測された。この結果は、本研究で示された将来の生態系サービス減少傾向の多くが、人口減少に由来するものであることを示唆している。地方間の傾向の違いは、しばしばシナリオ間の違いよりも大きかった。一例を示すと、水稻の生産量は多くのシナリオにおいて、中部・九州で顕著な減少が予測された。自然資本/人工資本の違いと、人口集中/人口分散の違いの相対的重要性はサービスによって異なっていた。これらの結果は、将来シナリオと地域の間には複雑な相互作用があり、またその関係はサービスごとに異なることを示している。そのため、将来における持続的な生態系サービス享受のためには、実際の土地利用・人口動態に応じて、地域ごと・サービスごとに適切な対処を講じることが重要である。

【サブテーマ2】

1) 全国陸域スケールでの自然資本と供給・調整サービスの定量評価および地理情報化

農作物供給サービスとして水稻とハウレンソウを選び、それらの生産を地理情報化した。水稻の生産は全国的に行われていたが、ハウレンソウの生産は関東近辺に生産の多い場所が集中していた。

一方、木材供給サービスの地理情報化では、スギとヒノキを対象とした。スギは

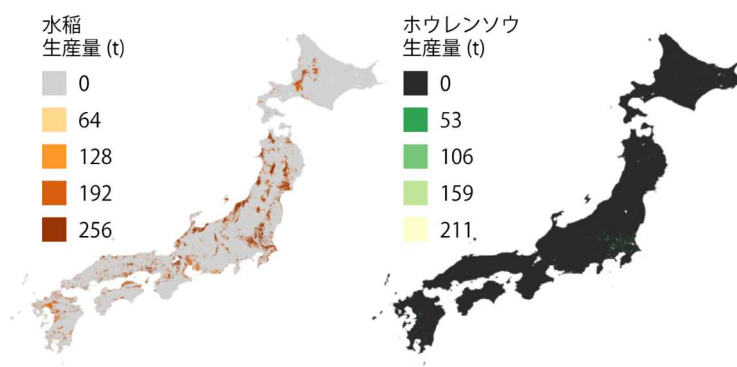


図2.1. 2010年の水稻・ハウレンソウの供給量の空間分布の予測値。

本州以南で全国的に分布し、成長速度が速い場所は東北地方など寒冷地に多かった。一方、ヒノキの分布は関東以西に片寄り、成長速度が早い場所も関東以西に多かった。

2) 陸域生態系サービスに重要な変化要因(ドライバー)の抽出とその直接・間接的影響の解明

生態系サービス(シイタケ生産)に影響する直接要因としての害菌の影響を分析したところ、分離培養とDNA配列を用

いた種同定により、シイタケと潜在的に競合関係にあると思われるアナタケやカワラタケなどの白色腐朽菌類の蔓延度がシイタケ収量と負の関係があることを明らかにした。また、原木の管理条件の違いも害菌の蔓延度と関連していることが示された。

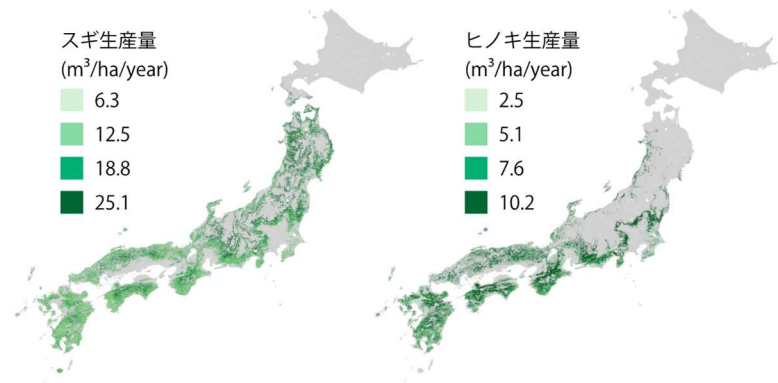


図 2.2. スギ・ヒノキの年間の成長速度の空間分布。

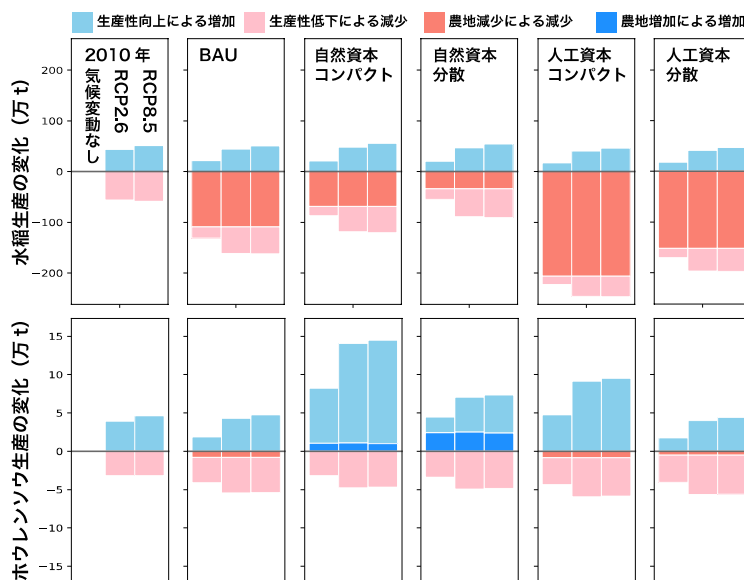


図 2.8. 土地利用・人口分布・気候を変化させたときのコメ(上段)・ハウレンソウ(下段)供給サービスの日本全国での変化の予測値。サービスが減少する場所・増加する場所両方が見られるため、集計は増加・減少に分けて行った。パネルの違いは土地利用・人口シナリオの違いを表し、パネル内のバーの違いは気候シナリオの違い(現在気候・MIROC5 RCP 2.6・MIROC5 RCP8.5)を表す。バーの色の濃い部分は農地の増減による変化、色の薄い部分は農地周囲の土地利用・気候・人口分布の変化による生産性の変化の影響を表す。RCP間の違いが少ないのは使用したモデルの特性だと考えられるため、注意が必要である。

3) 陸域生態系サービスに関するドライバーの定量化とサービス予測モデルの構築

テーマ1で開発されたシナリオを用いて、農作物(稲、ハウレンソウ)と木材(スギ、ヒノキ)の予測を行った。水稻供給サービスについては、日本全国では全てのシナリオで減少が増加を上回り、その主な要因は水田の消失であると予測された(図 2.8 上段)。一方、ハウレンソウの供給サービスは自然資本活用シナリオでは全国的には増加すると予測された(図 2.8 下段)。しかし、人工資本活用・分散シナリオでは供給量の減少がみられ、その主な要因は農地の減少

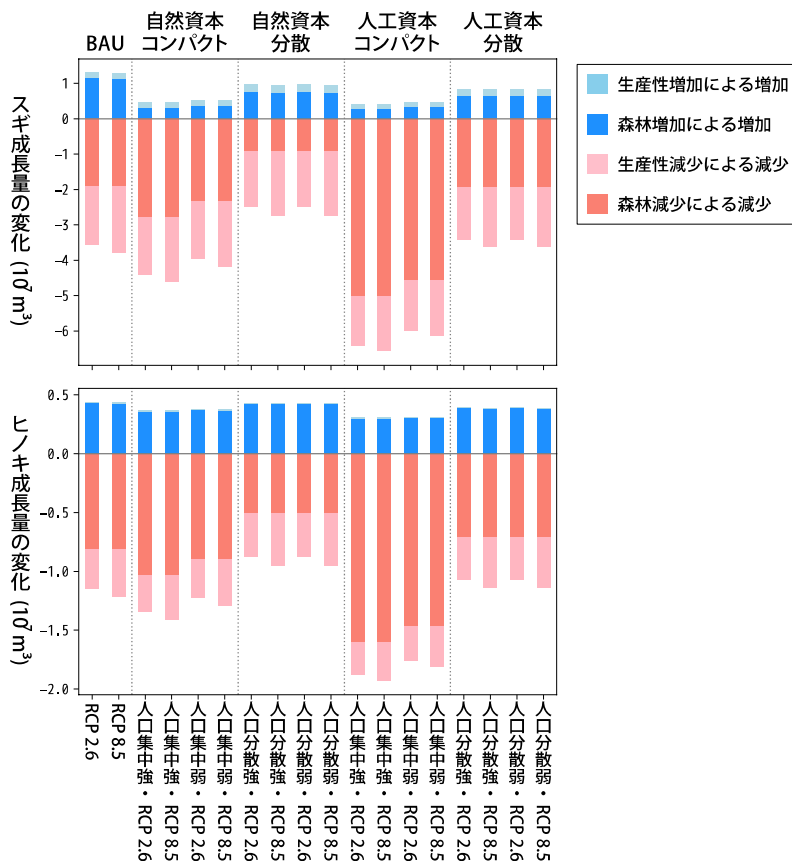


図 2.11. スギ (上段) とヒノキ (下段) の潜在的成長量の各シナリオでの変化。成長量が減少する場所・増加する場所の両方がみられたため、集計は増加・減少に分けて行った。モデル作成に用いた個体密度と個体サイズは面的な分布データが利用できないため、予測値の計算では全国平均の値(スギ：個体密度=479 個体/ha・平均個体サイズ=25.6cm、ヒノキ：個体密度=469/ha・平均個体サイズ=20.9cm)を用いた。スギ・ヒノキ林の分布は気候変動に追従しないと考えられるため、スギ林・ヒノキ林の分布予測には気候変動の影響を組み込まなかった。このため、予測値は林業が気候変動適応策をとらないと仮定した時の予測値になっている。

ではなく気候変動などによる生産性の低下であると予測された(図 2.8 下段)。よって農作物供給の低下を防ぐために必要な対策は作物の種類によって異なる可能性がある。

木材供給サービスについては、全てのシナリオで日本全国ではスギ・ヒノキの成長量の減少が増加を上回り、特に人工資本・コンパクトシナリオで減少が大きかった(図 2.11)。その要因としては自然資本・分散シナリオでは気候変動や人口分布の変化による生産性の減少の影響が大きかった一方、その他のシナリオではスギ林・ヒノキ林面積の減少の影響が大きかった。また2つのコンパクトシナリオでは人口集中が強まるとスギ林・ヒノキ林面積減少の影響が強まっていた。これらの結果は樹木成長を減少させる主な要因はシナリオによって異なり、人口分布・気候変動・土地利用変化の相互作用で将来の変化が起こる可能性を示している。

【サブテーマ 3】

1) 生物多様性地域戦略の策定過程や取組に関する分析

基礎自治体が策定した生物多様性地域戦略の策定過程や取組に関する分析では、多様な主体の参加は、生物多様性地域戦略に取り上げられた具体的な取組数やそれを支える審議過程に影響していたことがわかった。また、伝統・地域的知識 (TLK) の認識や活用は、生物多様性地域戦略の具体的な取組の強化や評価の積極性、地域住民の意識変化に影響していたことがわかった(図 3.4)。一方、TLK のインベントリーや分析が不足している現状と、

生物多様性地域戦略への活用ニーズの高さも明らかとなった。結果をもとに、生態系管理に関する政策提言を行なった。

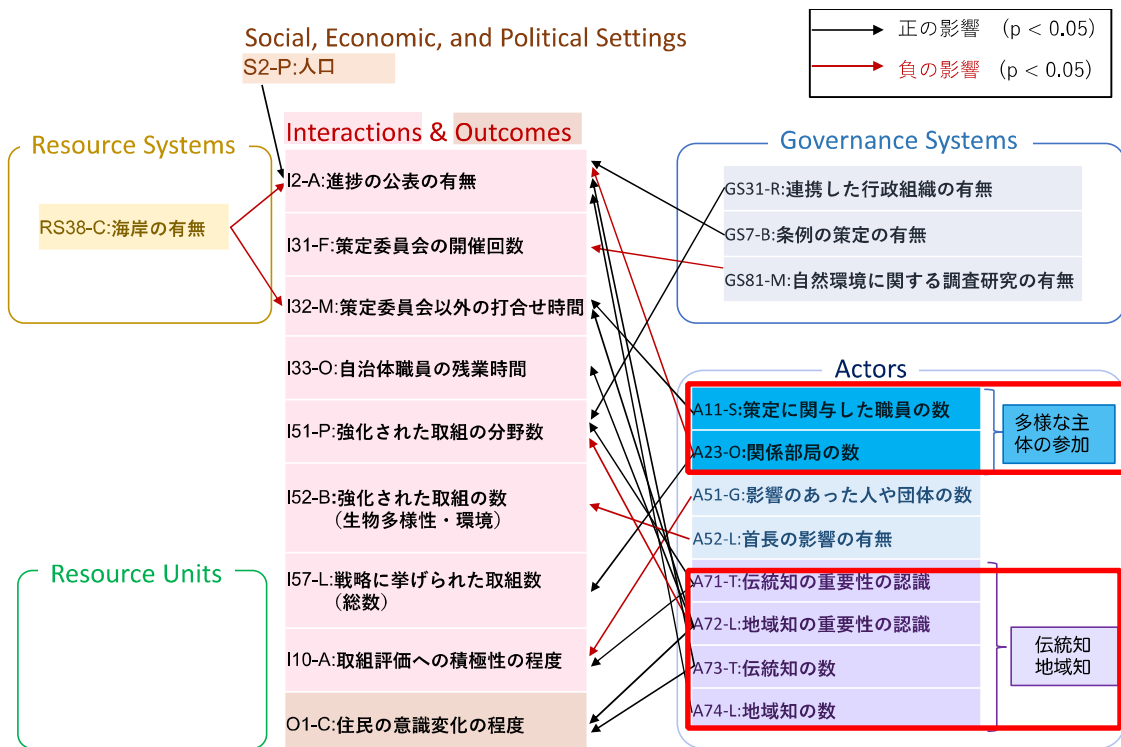


図 3.4. 生物多様性地域戦略にもとづく生態系の管理において、多様な主体の参加と伝統知・地域知の活用をもたらす効果

2) 「聞き書き甲子園(森づくり編)」からの TLK の収集と分析

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

3) 新潟県佐渡市の海藻利用文化における TLK と伝承経路の分析

また、中間評価や拡大アドバイザーボード会合をうけて、TLK の時系列変化の評価や伝承経路の課題についても取り組んだ。新潟県佐渡市の海藻利用文化における TLK と伝承経路の分析では、海藻利用

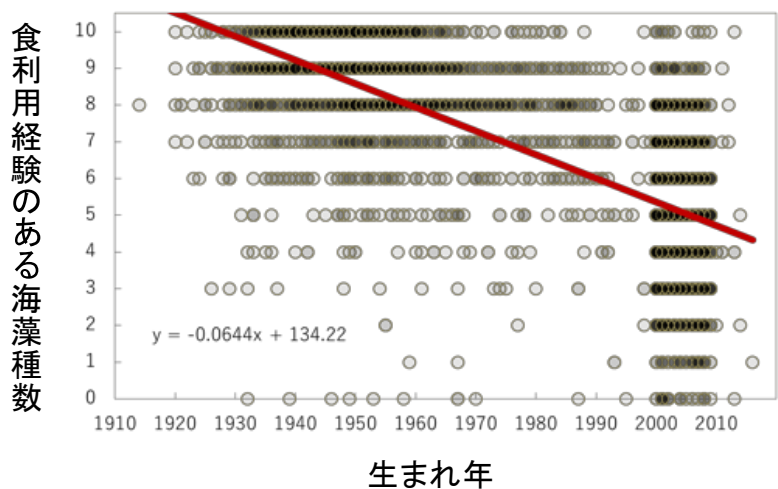


図 3.7. 食利用経験のある海藻種類数と生まれ年の関係

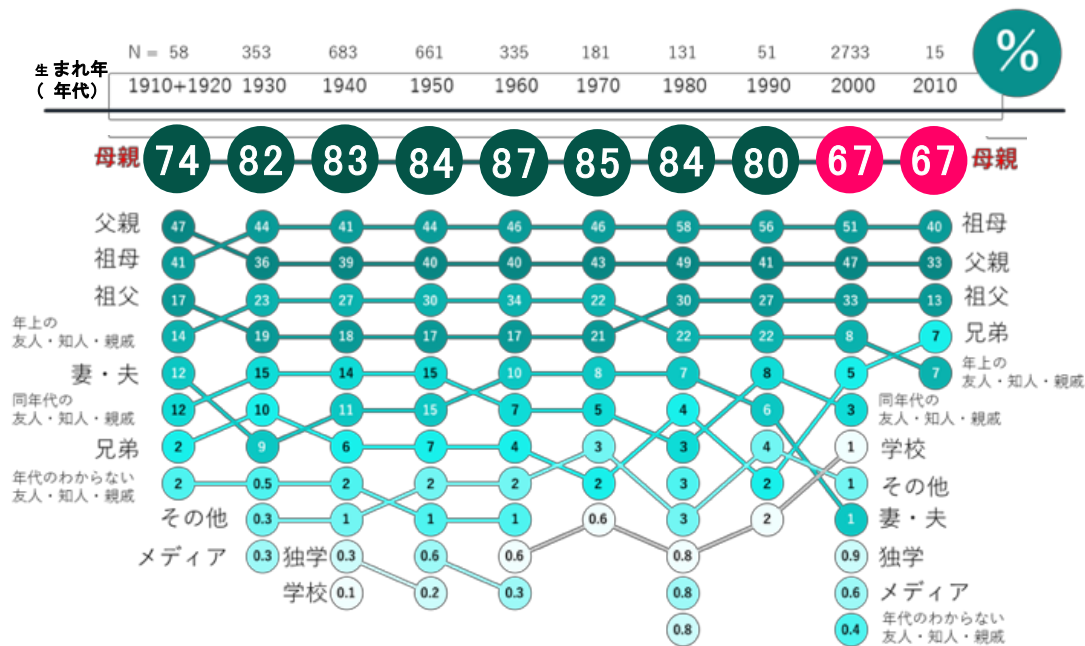


図 3.8. 海藻の食利用に関する知識伝承経路の世代間変化

の知識は年齢が若いほど少なく、いわゆる「経験の消失」が起きていることがわかり、海藻利用文化の将来的な衰退が予想される結果であった(図 3.7)。また、海藻利用の知識伝承経路を分析したところ、どの世代でも母親を中心とした伝承経路が重要であったが、近年は知識伝承の機会が減少していることがわかった(図 3.8)。結果をもとに、TLK の伝承に関する政策提言を行なった。

4) 石川県における伝統食文化の時系列変化

石川県における伝統食文化の時系列変化の分析を行なった。10 種類の伝統食のいずれにおいても過去 40 年間で食べる機会が減少しており、その傾向は石川県内のどの地域でも同様で、伝統食文化が衰退しつつあることが示唆された。また、伝統食に使われる 23 種類の食材は異なる自然生態系や農地生態系から生産されるが、過去 40 年間で、自家栽培などや地域内のおすそわけは減少し店での購入が増加していた。

【サブテーマ 4】

1) 森林生態系の炭素貯留サービスの評価

現地における複数サイトでの森林毎木調査から、風倒後の森林管理が、森林の各炭素蓄積に与える影響を明らかにした。腐朽度の高い枯死木や落葉層の炭素蓄積は、Salvage Logging により低下する傾向があり、風倒後の倒木搬出から半世紀以上経過しても森林全体の炭素蓄積は回復途上であることが明らかになった。また、風倒後管理による風倒木の除去は、気候変動による種組成変化を助長することが示唆された。さらに、ライフサイクルアセスメントによる CO₂ 収支の解析から、気候変動下で炭素収支を最大化できる風倒後管理は倒木残置であることが示唆された。

2) 農地生態系から河川への栄養塩循環の評価

北海道東部地域にあり営農形態が異なる2つの事例サイト(TMR センター)において、デントコーンと牧草への窒素施肥の投入量の違いによる農地レベルでの窒素収支の差異を定量的に明らかにした。酪農業への自給飼料としてデントコーンと牧草へ多量の化学肥料、堆肥、スラリーを散布しているシステムでは土壌への過剰な窒素蓄積、地下水や土壌への窒素溶脱、大気への窒素揮散のリスクが高まる一方、自給飼料の窒素要求量に応じた施肥管理をしているシステムでは環境への窒素負荷リスクが低くなることが示された。河畔部における土壌微生物群集を解析した結果

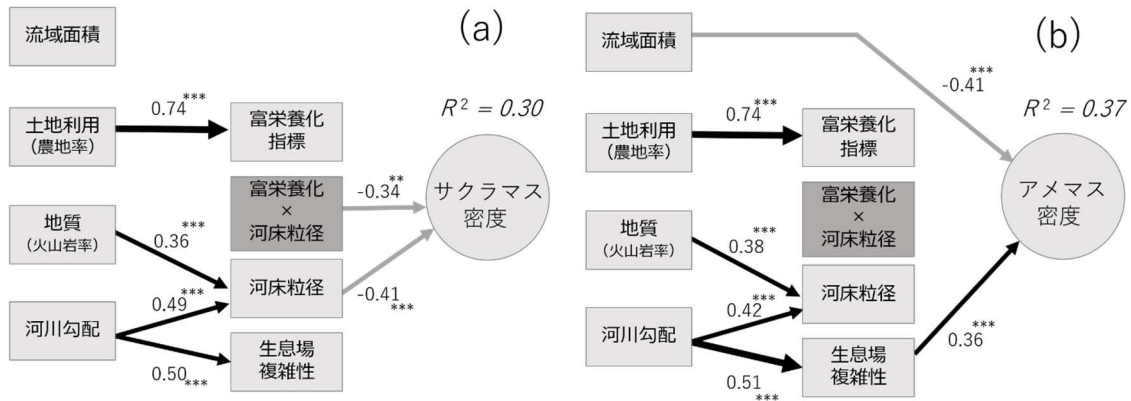


図 4.9. 道東地域での宿主魚類の生息密度規定要因:a) サクラマス、b) アメマス。パスの太さは影響度の強さ、*は各パスの統計的な有意性を示す(* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$)。黒色のパスは正の影響、灰色のパスは負の影響を示す。

から、局所的に嫌気的な微生物である Methanobacteriaceae や硝化菌である Nitrososphaeraceae の相対的量が增えているホットスポットがあり、農地から河川へ窒素が溶脱直前での脱窒能の高さと関連している可能性が示唆された。

3) 河川生態系の自然資本・生態系サービスと生物指標

北海道各地におけるカワシンジュガイおよびサクラマスの分布調査の結果から、カワシンジュガイの稚貝割合には宿主(サクラマス)密度が強く影響していることが明らかとなった。景観スケール要因、局所環境要因、宿主密度の関係性を評価した結果、サクラマスとアメマス間で密度規定要因は異なっており(図 4.9)、景観スケール要因-局所環境要因間の関係に着目すると、流域の農地率が高いほど富栄養化が進むこと、調査地点周辺の火山岩率が高いほど河床材料のサイズが大きくなること、また河川勾配が大きいほど河床材料のサイズおよび生息場の複雑性が大きくなることが明らかとなった。

3) 陸域の自然資本・生態系サービス、沿岸域への連結性に及ぼす影響

陸域から河川へ供給される窒素供給量は土地利用分布によって規定されており、将来の気候変動や土地利用変化の影響を受けて変動することが現地調査およびシミュレーションモデルの解析により明らかとなった。特に土地利用

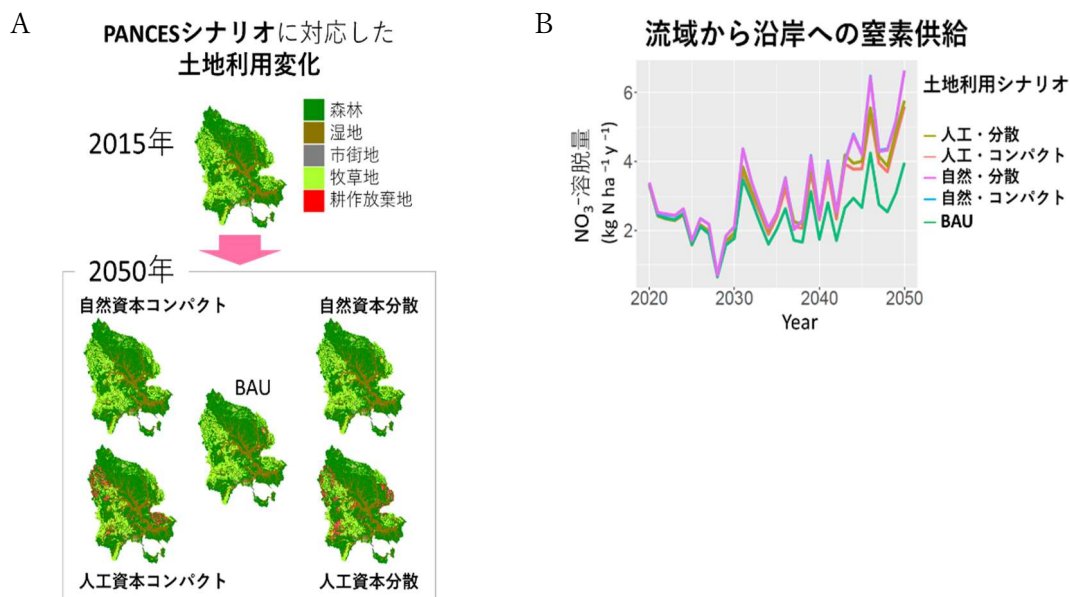


図 4.11. A. シミュレーション開始時(2015年)の別寒辺牛川流域の土地利用分布と PANCES シナリオに対応した将来(2050年)の土地利用分布。B. 各シナリオにおける流域からの硝酸態窒素(NO₃⁻)溶脱量。

シナリオに応じた農地からの窒素流出と森林における窒素保持のバランスの変化は、現在および将来における陸域生態系の水質調節・養分供給サービスを形成する上で重要であることが示された(図 4.11)。また、河川の物理環境変化による土砂濃度の変化、流域土地利用変化による栄養塩濃度の上昇によって、森里川海の連結性を示すコガタカワシンジュガイの生残率が大きく影響されることが明らかとなった。さらに、陸域から沿岸に供給される窒素量の変化により、沿岸生態系の生物生産や食物網へ及ぼす影響をサブテーマ 3-2 との共同で明らかにするとともに、サブテーマ 2-1、2-2、3-2 との共同により、全国スケールにおける陸域と沿岸域の連結性・相互作用を明らかにした(詳細はサブテーマ 3-2 の報告書を参照のこと)。

5-2. 環境政策等への貢献

<行政等が既に活用した成果>

2016年12月メキシコで行われた生物多様性条約締約国会議(CBD COP13)では、プレナリーで講演を行い、この研究の成果を紹介して自然と調査した社会の重要性を指摘し、Satoyama Initiativeなどの促進に活かされている。また、同会議では、送粉サービスを維持するために必要な農林業および環境政策を整理した成果が日本政府により活用された。IPBESに関しては2016年のシナリオワークショップでこのプロジェクトでの陸域に関する分析を紹介し、その後の策定に活かされている。また、2018年に公開されたIPBESのRegional Assessment Reportにはこのテーマの関係者が3名リードオーサーとして参加し、プロジェクトの成果を反映した。また、本研究とSI-CATなどとの共同研究で行った竹林の分布拡大の将来予測はIPCC AR6 報告書ドラフトに引用されており、活用される予定である。

国内では、2021年に公開された生物多様性総合評価(JB03)において、その検討委員会に、当テーマから2名が委員として参加し、この研究成果を含めたインプットを行った。また、報告書の中でも生態系サービスのトレンドを論ずる中でいくつかのサービスのシナリオ分析の結果が活用されているほか、新潟県佐渡市における海藻利用文化の現状や知識伝承経路の変化、流域レベルでの研究や成果が紹介されている。北海道の環境審議会自然環境部会における環境緑地保護地区指定の検討において、本研究成果であるLandis-IIによる試算結果(風倒が森林の種組成に与える影響)を提示し、北海道環境審議会の答申(環境審第38号の附帯意見)作成に貢献した。さらに、環境省が設けた次期生物多様性国家戦略(2021年策定予定)の研究会にも、当テーマから2名が委員として参加し、このプロジェクトの成果を反映したインプットを行っている。

<行政等が活用することが見込まれる成果>

シナリオ分析によって予測された生態系サービスの動向については、幅広い活用が可能である。文化的サービスのモデル化・地図化・将来シナリオ分析の成果は自然公園の管理施策の策定等への活用が期待される。供給サービスの需要・供給バランスの将来予測は環境政策だけでなく、地域の産業や土地利用計画などの等での活用が期待される。また、流域と沿岸をつなぐ森里川海の連結性評価や生物指標については、地域や自治体レベルでの具体的政策策定やそのツールとして生かすことが期待できる。さらに、生物多様性地域戦略の分析や、多様な主体の参加、伝統知・地域知の活用などに関しては、今後の生物多様性地域戦略の策定・改訂や取組みの推進だけでなく、その前提となる生物多様性や生態系に関する問題の主流化に大きな貢献の可能な成果である。これらを総合することで、環境省が推進する地域循環共生圏の在り方や、その設計の具体的手法として活用できる。

5-3. 研究目標の達成状況

【テーマ全体】 目標を上回る成果をあげた

各サブテーマが他のテーマやサブテーマと効果的な連携を行い、研究グループをまたがる分野横断的な研究成果を数多く上げることができた。生態系サービスや自然資本の評価に関しては、新しい手法も用いられていることに加え、全国レベルだけでなく、地域自治体レベルでの適用も可能な技術開発を行い、地域循環共生圏などの実現に向けて貢献しうる成果をあげるなど、目標を上回る成果をあげた。

【サブテーマ1】 目標を上回る成果をあげた

文化的サービスに関しては、これまで定量的評価が難しいと言われており困難度が高かったが、ビッグデータや機械学習など新たな手法を導入することで予想を超える成果をあげた。また、テーマ1、4、サブテーマ2、3などと効果的な連携を行い、全国レベルでのシナリオ分析、自然資本の評価、生態系サービスのバンドル分析、全国レベルでの水質モデルなど分野融合的な成果をあげた。

【サブテーマ2】 目標を上回る成果をあげた

供給・調整サービスについて、定量化や地理情報化の可能な技術開発を行い、全体のシナリオ分析を可能にした。また、サブテーマ1と共同で生態系サービス間のバンドル解析を行ったほか、サブテーマ4と共同で水質の全国評価にも貢献した。テーマ1、テーマ4と効率的に連携し、プロジェクト全体で目指していた、シナリオ分析や自然資本解析のために必要なモデルを作成するなど、当初の目標を達成した。これに加えて当初計画にはなかった耕作放棄地の森林転換シナリオを作成し、テーマ4と共同で森林転換が自然資本に与える影響の解析を行ったほか、生態系サービス評価に加えてディスプレイサービスの評価も行い目標以上の成果をあげた。

【サブテーマ3】 目標どおりの成果をあげた

地域の生態系管理における参加型管理オプションと伝統知・地域知活用の現状評価については、これまでの研究では限られた事例を対象としたものが多かったが、生態的・社会経済的条件の異なる数多くの事例を同時に比較評価することができた。また、生物多様性地域戦略の策定や取組の実施の比較から、多様な主体の参加や伝統・地域知の重要性を明らかにするとともに、伝統知・地域知の時系列変化や伝承経路の変容についても評価がなされ、生態系管理に関する環境政策この問題の主流化に関する有益な提言を行なった。以上より、当初計画された目標および中間評価等での指摘された課題について、目標どおりの成果をあげた。

【サブテーマ4】 目標を上回る成果をあげた

目標通り、気候変動・土地利用変動下における陸域生態系の自然資本・生態系サービスの変化を明らかにした。また、陸域と沿岸の相互作用に関する生物指標を開発し、連結性の評価や人為改変の影響を解析した点は、他のテーマとの効率的な連携に基づく、これまでにない新しいアプローチである。さらに、全国レベルでの陸域-海域の相互作用に関しては、当初予定されていなかった成果であり、目標を上回る成果と言える。

6. 研究成果の発表状況

6-1. 査読付き論文

<件数>

81 件

<主な査読付き論文>

- 1) Aiba, M., Shibata, R., Oguro, M. & Nakashizuka, T. (2019). The seasonal and scale-dependent associations between vegetation quality and hiking activities as a recreation service. *Sustain Sci*, 14, 119-129.(IF:5.301)

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

6 – 2. 知的財産権

なし

6 – 3. その他発表件数

査読付き論文	82 件
査読付き論文に準ずる成果発表	4 件
その他誌上発表（査読なし）	27 件
口頭発表（学会等）	139 件
「国民との科学・技術対話」の実施	59 件
マスコミ等への公表・報道等	20 件
本研究に関連する受賞	5 件

7. 国際共同研究等の状況

なし

8. 研究者略歴

研究代表者

中静 透

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

研究分担者

【サブテーマ1】

中静 透

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

【サブテーマ2】

正木 隆

東京大学大学院 農学系研究科卒業、博士（農学）、現在、森林研究・整備機構森林総合研究所 研究ディレクター

【サブテーマ3】

吉田 丈人

北海道大学水産学部卒業、博士（理学）、現在、東京大学・総合地球環境学研究所 准教授

【サブテーマ4】

柴田英昭

北海道大学農学部卒業、博士（農学）、現在、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター教授

II. 成果の詳細

II-1 生態系の文化的サービスの評価および多面的な自然資本・生態系サービスの統合に関する研究

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所
理事長 中静 透
 <研究分担者>
 国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所
森林植生研究領域 領域長 佐藤 保
 国立大学法人 新潟大学
農学部 助教 柴田 嶺 (令和2年度)
 <研究協力者>
 大学共同利用機関法人 人間文化研究機構 総合地球環境学研究所
特任助教 饗庭 正寛
 国立大学法人 横浜国立大学
大学院環境情報研究院 准教授 佐々木 雄大

[要旨]

文化サービスを定量的に評価するとともに、複数のシナリオおよび政策オプションの下での人口動態・土地利用が、モデル化した生態系サービスおよびその多面性に与える影響を評価するために、以下の3つの研究に取り組んだ。

- 1) 文化的生態系サービスのモデル化および生態系要素の影響の解明
 - 2) 複数の生態系サービス間の関係の解明
 - 3) 生態系サービスのシナリオ分析
- 1) については登山活動、キャンプ活動、野外教育活動の3つの文化的サービスを対象に土地利用や人口分布などの自然的・社会的環境要因との関係性をモデル化し、その詳細な空間分布パターンを地図化した。
- 2) についてはサブテーマ2-2と連携してモデル化した供給・調整・文化的サービスを含む8つの生態系サービスを対象とし、生態系サービス間の関係の空間スケール別の比較、自治体間比較、生態系サービスバンドルの全国分布について解析を行い、生態系サービス間のトレードオフ・シナジーの空間スケール依存性、地域依存性や生態系サービスバンドルの地域パターンを明らかにした。
- 3) については登山活動、キャンプ活動、野外教育活動の3つの文化的サービスについてそれぞれ PANCES シナリオに基づいた将来変化の予測を行うと共に、サブテーマ2-2と連携してモデル化した供給・調整・文化的サービスを含む8つの生態系サービスを対象に地域別・大都市/地方別の将来変化の予測を行った。その結果、将来シナリオと地域の間には複雑な交互作用があり、またあるシナリオの下において、顕著な変化が生じる地域は、サービスごとに異なることが示された。そのため、将来における持続的な生態系サービス享受のためには、実際の土地利用・人口動態に応じて、地域ごと・サービスごとに適切な対処を講じることが不可欠であると考えられた。

1. 研究開発目的

ミレニアム生態系評価以来、持続可能な自然共生社会のために生物多様性および生態系がもたらす生態系サービスが重要視され、その定量化や経済評価が進んできた。しかし、一部の生態系サービスの評価は依然

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

2. 研究目標

文化サービスを定量的に評価するとともに、サブテーマ2と協力し、テーマ1で構築される複数のシナリオおよび政策オプションの下での人口動態・土地利用が、モデル化した生態系サービスおよびその多面性に与える影響を評価する。また、テーマ4と共同して、文化的生態系サービスの社会経済的価値の評価を完了し、プロジェクト全体の統合に貢献する。

3. 研究開発内容

3.1. 文化的生態系サービスのモデル化および生態系要素の影響の解明

①登山活動

2016年9月にヤマレコ(<https://www.yamareco.com>)から、目的地とその緯度経度、月別登山記録数をスクレイピングにより取得した。主要四島および主要四島と橋で接続された島の16,179地点、470万レコードを対象とした。地域二次メッシュごとに合計レコード数を算出し、文化的生態系サービスとしての登山活動の指標とした。説明変数として、自然環境保全基礎調査に基づく、植被率、自然植生率、原生植生率、基盤地図情報に基づく標高、国土数値情報に基づく人口密度、道路密度等をメッシュの中心から半径10km、20km、50km、100kmの4つの空間スケールで集計し、メッシュの中心の平均気温や年間降水量等気候条件と合わせて計50の変数を用いた。モデリングには、勾配ブースティング回帰木という機械学習法の1種を用いた。説明変数の重要度は、各変数を無作為化した際の平均予測誤差増加率により評価した。各説明変数とサービスの関係は、Individual conditional expectation (ICE) プロットにより視覚的に検証した。また、3つの植生に関する変数（植被率、自然植生率、原生植生率）の重要性を検証するために、それぞれ10%減少させた場合の、サービスに対する影響を算出し地図化した。

②キャンプ活動

市販のキャンプ場ガイドをデータ化し、位置や規模、利用価格、設備等の情報を整備した。主要四島から自動車アクセス可能で、テントを設営可能なキャンプ場1,941施設を対象とした。地域二次メッシュごとに合計キャンプ場数を算出し、文化的生態系サービスとしてのキャンプ活動の指標とした。説明変数として登山活動と同様の変数を用い、勾配ブースティング回帰木を用いてモデリングを行った。説明変数の重要度は、各変数を無作為化した際の平均予測誤差増加率により評価した。

③野外教育活動

全国3,250の中学校に野外学習の実施状況に関するアンケート調査を行い、実施の有無や野外学習の目的地、実施内容、参加生徒数などの情報を収集した。実施していると回答した827校について中学校所在地から目的地までの移動コストを、国土交通省が公開している出発地・目的地間の移動コストデータ（OD別交

通サービス水準)を用いて算出した。野外学習の目的地までの移動コストを文化的生態系サービスの野外教育活動の指標とした。説明変数として中学校の周囲及び目的地の周囲の自然・社会環境変数(①登山活動を参照)を用い、勾配ブースティング回帰木を用いてモデリングを行った。説明変数の重要度は、各変数を無作為化した際の平均予測誤差増加率により評価した。

3.2. 複数の生態系サービス間の関係の解明

異なる生態系サービス間の関係を理解することは、生態系サービスの管理において非常に重要である。ふたつ以上のサービス間にトレードオフ関係が存在する場合には、両者のバランスに配慮しない施策は、生態系サービスの多面性を損なう結果となる。しかし、国内においては生態系サービス間の関係の解析はほとんど行われてこなかった。そこで、供給サービス(水稻生産、レタス生産、木材ストック)、調整サービス(炭素吸収、水質浄化)、文化的サービス(登山活動、キャンプ活動、野外教育活動)の8種の生態系サービスを地域三次メッシュ(約1kmグリッド)で推定し、これらの生態系サービス間の関係性について以下の3つの解析を行った。

① 生態系サービス間の関係の空間スケール別の比較

生態系サービス間の関係性はデータを集約する空間スケールの大きさによって変化すると考えられる。例えば地域三次メッシュなどの局所スケールでの生態系サービスの供給を考えた場合には2つのサービスが異所的に分布している(つまり、空間的にトレードオフの関係にある)場合であっても、地域二次メッシュや自治体などの大きな空間スケールで考えた場合には同所的に分布している(つまり、空間的にシナジーの関係にある)場合が考えられる。しかし、世界的に見ても生態系サービス間の関係性の空間スケール依存性についてはまだまだ研究が進んでいない分野であり、空間スケールの変化に伴って生態系サービスの関係がどのように変化するのは明らかになっていない。そこで、地域三次メッシュ(約1kmグリッド)単位で推定された各生態系サービス値を約5kmグリッド単位、地域二次メッシュ(約10kmグリッド)単位、自治体(市町村)単位で平均値に集約した。そして、これらの4つの空間スケールにおいて、生態系サービス間の関係性をスピアマンの順位相関係数を用いて評価した。正の相関(一方の生態系サービスが高い場所で他方の生態系サービスも高い場合)をシナジー、負の相関(一方の生態系サービスが高い場所で他方の生態系サービスが低い場合)をトレードオフの関係にあると評価した。さらに、生態系サービス間の関係性が地域ごとに異なることが考えられたため、日本全国を対象とした相関係数に加えて、日本を3つの地域(北日本、東日本、西日本)に分割した場合のそれぞれの相関係数についても各空間スケールで計算を行った。

② 生態系サービス間の関係の自治体間比較

2-①によって生態系サービス間の関係性が地域ごとに異なることが示唆された。この生態系サービス間の関係性の地域依存性をより詳細に解析するために、自治体(市町村)ごとの生態系サービス間の関係性の評価を行った。地域三次メッシュ単位で推定した生態系サービス値を用い、離島を除く全国の各市町村においてそれぞれの生態系サービス間の関係性をスピアマンの順位相関係数を用いて評価した。2-①と同様に、正の相関をシナジー、負の相関をトレードオフの関係にあると評価した。シナジー及びトレードオフが検出された市町村を地図上に示し、その空間分布を評価した。

③ 生態系サービスバンドルの全国分布

生態系サービスのバンドル(まとめて供給される生態系サービス)を明らかにすることは、地域ごとの生態系サービス供給の特色を理解し、生態系サービスを高めるための地域生態系管理について議論する上で必須である。そこで、自治体単位の生態系サービスバンドルを明らかにするために2-①で求めた自治体単位の生態系サービス値にK-meansクラスタ法を適用し、生態系サービスの供給パターンが似通った自治体を

クラスターに分類した。各クラスターに分類された自治体のそれぞれの生態系サービス値の平均値を求めることで、各クラスターに分類された自治体が供給する生態系サービスのまとまり（バンドル）を評価した。

3.3. 生態系サービスのシナリオ分析

①個別の文化的サービスについて

1-①、1-②、1-③でそれぞれ作成した現在（2015年前後）の登山活動、キャンプ活動、野外教育活動の全国的な空間分布を自然・社会環境変数から予測するモデルに対して2050年のPANCES将来シナリオにおける土地利用・人口データを適用することで、現在から2050年間の文化的生態系サービスの変化を予測した。土地利用のみが変化した場合、人口分布のみが変化した場合、土地利用と人口分布の両方が変化した場合のそれぞれについて、離島を除く全国の登山・キャンプ・野外教育の活動量の合計値の変化率を算出することで、土地利用変化と人口変化のどちらの要因が活動量に対してより大きな影響を与え得るのかを評価した。また、活動量が増加・減少した地域の空間的な分布を地域二次メッシュ単位で地図化することで、将来シナリオによる活動量変化の地域的な影響の違いを評価した。

②供給・調節サービスを含めた全体像について

離島を除く日本全国を対象に、供給サービス（スギ、ヒノキ、水稲、ホウレンソウ）、調整サービス（水質）、文化的サービス（登山活動、キャンプ活動、野外教育活動）の8種の生態系サービスについて地域三次メッシュ（約1kmグリッド）単位で推定し、PANCESの各将来シナリオのもとでの2050年の生態系サービス値と現在（2010年前後、サービスによって異なる）の値との変化量を算出した。地域間の違いを評価するために、全国を8つの地域（北海道、東北、関東、中部、東海、関西、中国、四国、九州）に分けて、それぞれの地域内での変化量の統計値（平均値、中央値、四分位点、95%区間）を求めた。また、人口が集中する大都市圏とそれ以外の地域との傾向の違いを評価するために、総務省統計局の地域区分に基づく大都市圏（2015年）とそれ以外の地方圏に分けて、変化量の統計値を求めた。

4. 結果及び考察

4.1. 文化的生態系サービスのモデル化および生態系要素の影響の解明

①登山活動

本研究において、文化的生態系サービスとしての登山活動の指標として用いたSNS上の登山記録数（図1.1）の決定要因としては、最高標高の影響が突出して強かったが、気候、植生、社会環境などのその他の要因も重要であり、文化的生態系サービスとしての登山活動の量が決定されるプロセスは、非常に多くの要因が関係する複雑なものであることが示唆された（図1.2）。

また、植生と登山活動の間には、他の変数との交互作用が重要であることも示された（図1.3）。平均的には、登山記録数は植被率にともない増加する傾向がみられたが、この傾向は周辺道路密度が高い（交通アクセスが良い）サイトに限られており、周辺道路密度が低いサイトではその

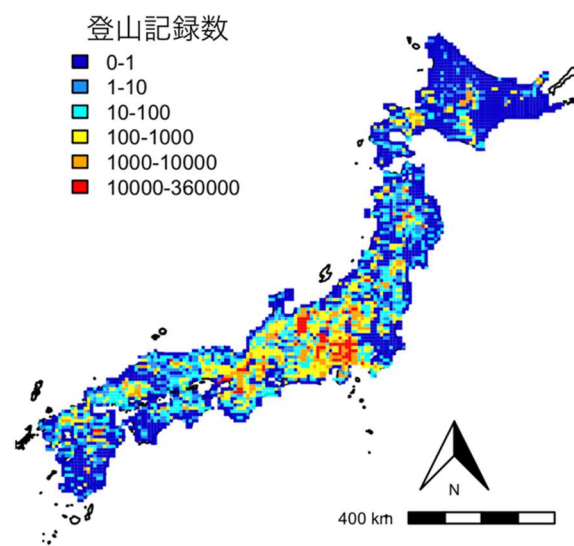


図1.1：登山活動の指標として用いたSNS上の登山記録数の空間分布の予測値

ような傾向はほぼ見られなかった。これは、大都市からのアクセスが良い場合には、植生の質を問わずその量によって利用頻度が決定されるのに対し、平均的に植被率が高い山間部等では、植被率のわずかな違いは利用頻度に影響しないことを示していると考えられる。

また、原生植生率の場合には、比較的標高の高い地点(最低標高 200m 以上)では、原生植生率にともない登山記録数が増加する傾向が見られたのに対し、標高の低い地点(最低標高 10m 以下)では逆に減少する傾向が見られた。これは、標高の高い地点では、高山植物群落や新緑の美しいブナ、紅葉の美しいカエデ類などがしばしば原生植生を構成するのに対し、標高の低い地点では、四季を通じ

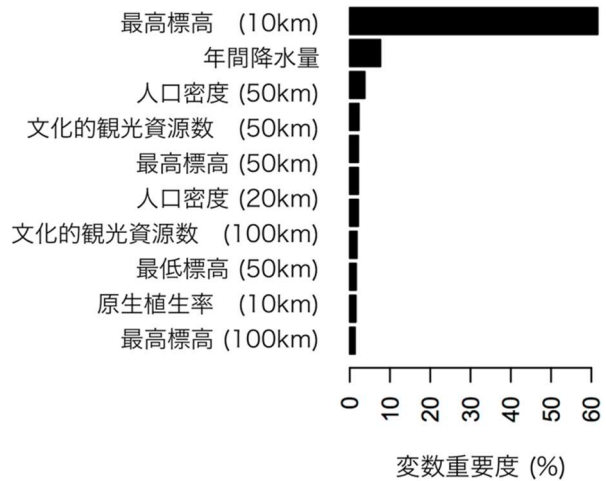


図 1.2 : 登山記録数の決定要因としての各説明変数の重要度

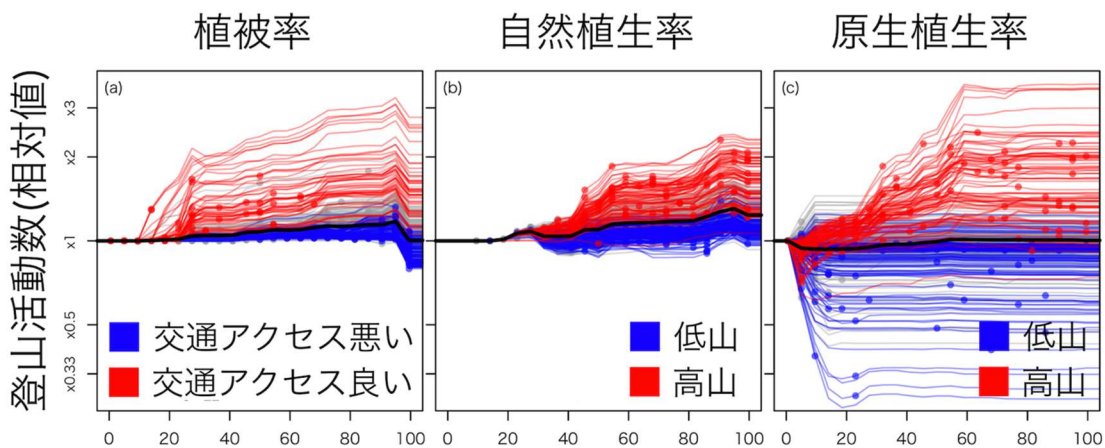


図 1.3 : ICE プロットによる説明変数間の交互作用が登山活動数に与える影響の評価

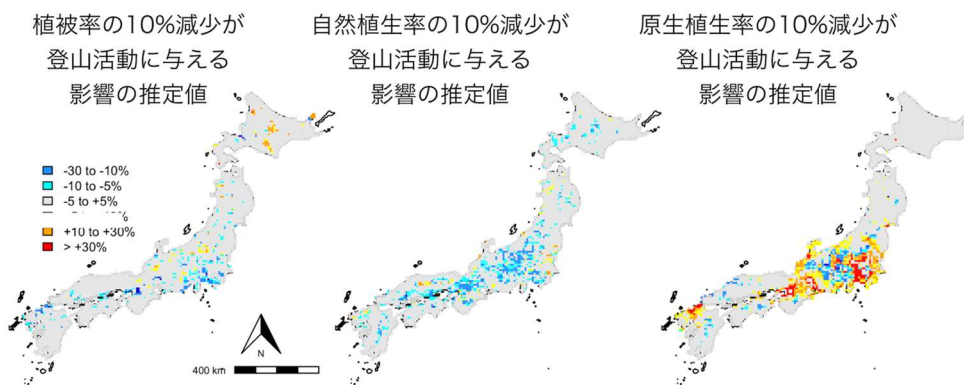


図 1.4 : 植生変数の 10%減少が登山記録数に与える影響の評価

て薄暗く、春の林床草本や新緑、秋の紅葉等を楽しむことのできない常緑林が原生植生を構成しがちなことと関係している可能性が考えられる。

こうした植生と登山記録数の複雑な関係を反映して、植生変数の10%減少が登山記録数に与える影響には、地点間に大きな異質性が見られ、地点により30%以上の増加または減少が予測された(図1.4)。登山客数の30%の増減は、場合によっては地域経済にも大きな影響を与える可能性がある数字であり、植生、ならびにその管理と文化的生態系サービスとしての登山活動の間の想像以上に密接な関係が実証された。また、このような植生とサービスの間の関係のコンテキスト依存性は後述する複数の生態系サービス間の関係の空間的異質性の重要な背景である可能性も高い。

② キャンプ活動

文化的生態系サービスの指標として、全国のキャンプ場1,941施設の空間分布を自然・社会環境変数を用いて機械学習モデル化し、地図化した(図1.5)。その結果、大都市近郊の自然観光エリア(富士五湖エリア、琵琶湖エリア、阿蘇くじゅうエリアなど)にホットスポットが見られた。また、キャンプ場の分布には周囲に高い山があることなどの地形的要因に加えて、広域スケールでの人口密度や道路密度、高速インターチェンジからの距離などの社会的要因、ローカルスケールでの草原や森林、湖の分布などの自然的要因が複合的に影響していることが示唆された(図1.6)。

この結果は、キャンプ活動に適した自然環境が存在することに加えて、都市圏からのアクセスの良さなどの利用者からの利便性も重要であることを示している。このような複合的な要因を考慮したキャンプ活動空間分布の予測モデルを作成したことにより、生態系サービス間の関係性(トレードオフ・シナジー)の分析や将来シナリオ分析を高精度で行うことが可能となった。

③ 野外教育活動

中学校に送付したアンケートは送付した3,250校中、1,655校から有効な回答が得られ、そのうち827校で宿泊を伴う野外学習が実施されていた。野外学習を実施していた827校について中学校所在地から目的地までの移動コストを算出し、移動コストが中学校及び目的地周囲のどのような自然・社会環境により影響を受けているのかの関係性を、機械学習モデルにより評価した(図1.7)。その結果、中学校周囲の人口密度が高く、中学校が所在する自治体の森林率や最大標高が低い場合(周囲に高い山がない場合)、つまり都市部に位置する中学校は高い移動コストをかけて遠くの目的地を訪問する傾向が見られた。一方、目的地の周囲の人口密度などが低く、自然林比率や自然海岸比率が高

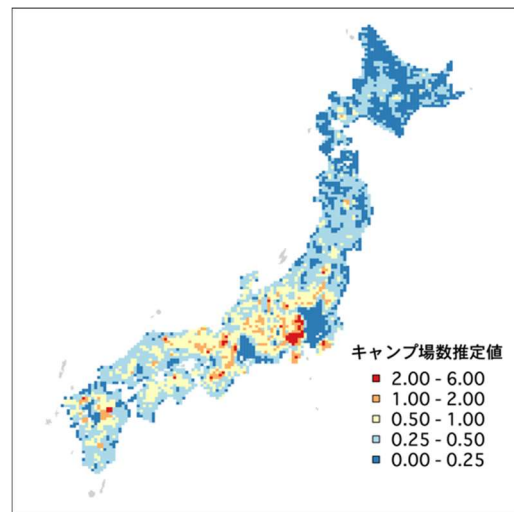


図1.5: キャンプ活動の指標として用いたキャンプ場数の空間分布の予測値

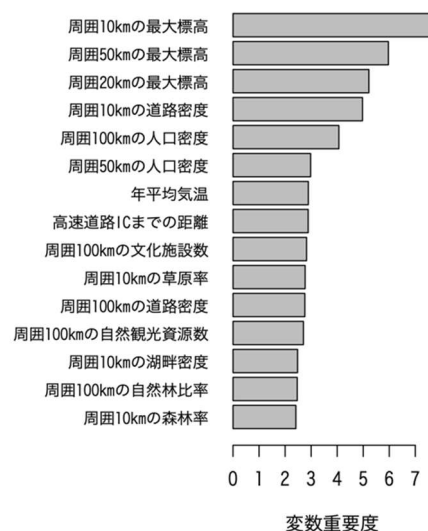


図1.6: キャンプ活動の決定要因としての各説明変数の重要度

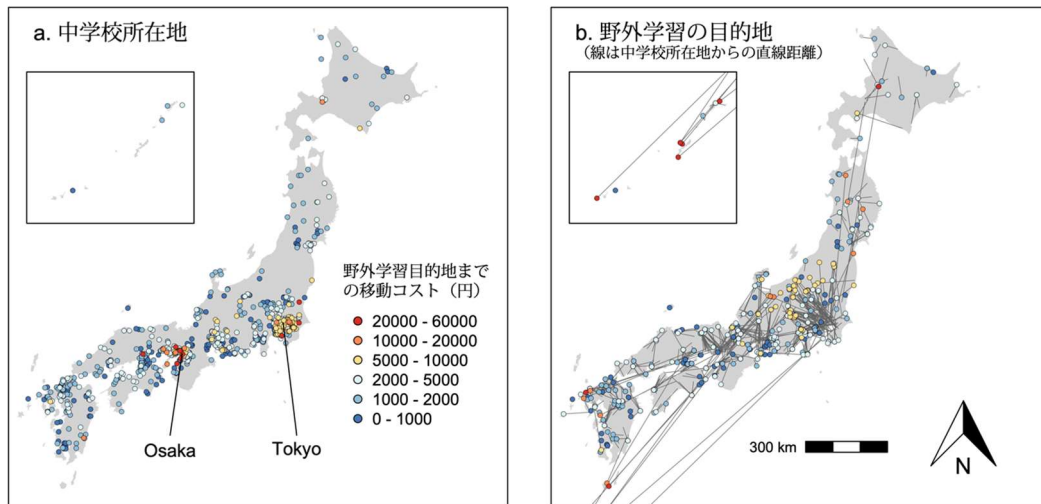


図 1.7：野外学習を実施していた 827 校の中学校所在地から目的地までの移動コストの予測値

い場合、つまり豊かな自然生態系が残されている場所を目的地とする場合には高い移動コストをかけて遠くの中学校が訪問する傾向が見られた（図 1.8）。これらの結果は、大都市圏に所在する中学校は野外教育活動に対する高い需要を持っており、自然度の高い地域は大都市圏の中学校から野外学習の訪問先として選ばれるだけの教育的価値を持っていたことを示している。また、これらの結果は将来の土地利用や人口分布の変化が中学校の野外教育活動に対する需要と、訪問先としての教育的価値の供給ポテンシャルの双方に影響を及ぼす可能性があることを示唆しており、生態系サービスの管理施策を考える際には需要と供給の両側面から検討を行う必要性を示している。

4.2. 複数の生態系サービス間の関係の解明

①生態系サービス間の関係の空間スケール別の比較

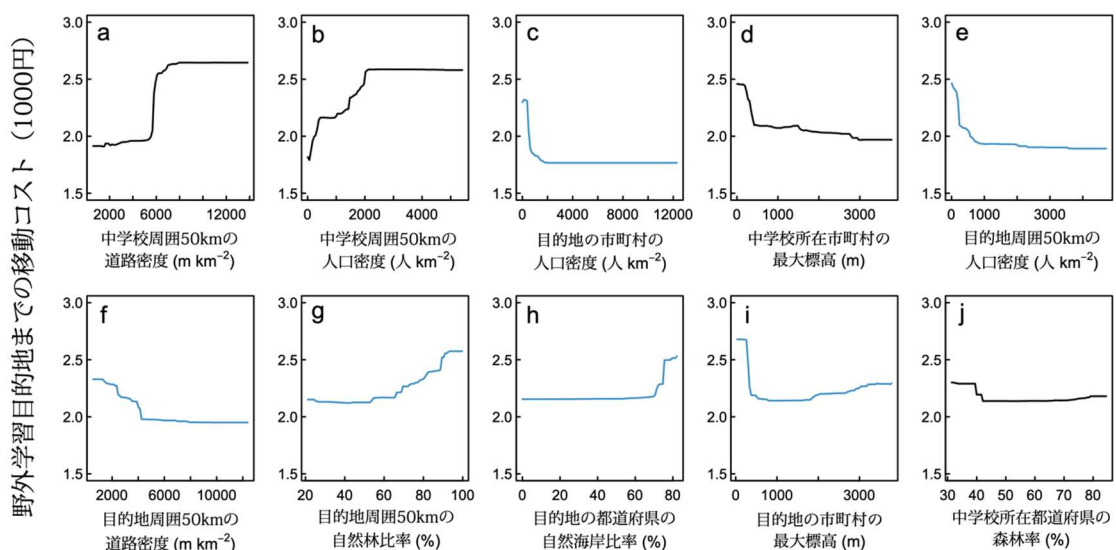


図 1.8：中学校の周囲および目的地の周囲の自然・社会環境が野外学習目的値までの移動コストに与える影響

10 km grid	水稻	0.04	-0.22	-0.03	-0.30	-0.06	0.01	0.09	1 km grid
	0.27	レタス	-0.10	0.03	-0.22	-0.10	-0.05	-0.05	
	-0.09	-0.04	木材生産	0.17	0.07	0.07	0.15	0.02	
	0.05	0.01	0.15	炭素吸収	-0.31	0.07	0.18	0.13	
	-0.39	-0.33	0.13	-0.37	水質改善	0.04	-0.14	-0.15	
	0.00	-0.12	0.16	0.09	-0.01	登山	0.60	0.65	
	0.26	0.03	0.38	0.20	-0.12	0.55	キャンプ	0.63	
	0.23	-0.03	0.07	0.16	-0.19	0.65	0.59	野外学習	

図 1.9：地域 3 次メッシュ（約 1km グリッド；対角線の右上側）と地域 2 次メッシュ（約 10km グリッド；対角線の左下側）での生態系サービス間のスピアマンの順位相関係数。オレンジセルは正の有意な相関（シナジー）、水色セルは負の有意な相関（トレードオフ）

全国の生態系サービスの空間分布の同所性をスピアマンの順位相関係数を用いて評価したところ、文化的サービス間（登山 vs キャンプ、登山 vs 野外教育、キャンプ vs 野外教育）は全国を地域三次メッシュ・地域二次メッシュで区切った場合のいずれにおいても正の相関、つまりシナジーの関係が検出された（図 1.9）。また、水質改善は水稻生産、レタス生産、炭素吸収と地域三次メッシュ・地域二次メッシュのいずれにおいても負の相関、つまりトレードオフの関係が検出された。以上より、これらのサービス間の関係性は空間スケール依存性が小さいことが示された。一方、水稻生産とレタス生産、水稻生産とキャンプ、水稻生産と野外教育、木材生産とキャンプ、炭素吸収とキャンプは地域二次メッシュで区切った場合にのみ正の相関、つまりシナジーの関係が検出された。これは、局所スケールで見た場合にはこれらのサービスは同所的には供給されない（水田で水稻が生産されるがレタスは生産されず、キャンプ場は存在しない）が、広域スケールで見た場合にはこれらのサービスは同所的に供給されている（10km 程度の空間スケールでは水田とレタス畑とキャンプ場が同時に存在する場合が多い）ことを示している。また、水稻生産と木材生産は地域三次メッシュで区切った場合にのみ負の相関が見られた。以上より、同じ生態系サービスの組み合わせでも、局所スケールではトレードオフの関係が検出されやすく、広域スケールではシナジーの関係性が検出されやすい傾向がみられた。

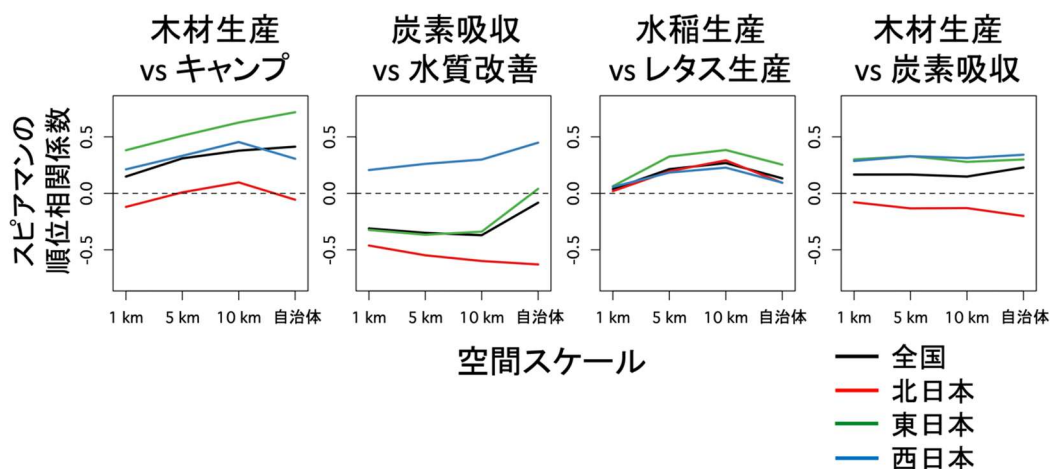


図 1.10：空間スケール別・地域別の生態系サービス間の関係性（スピアマンの順位相関係数）の変化

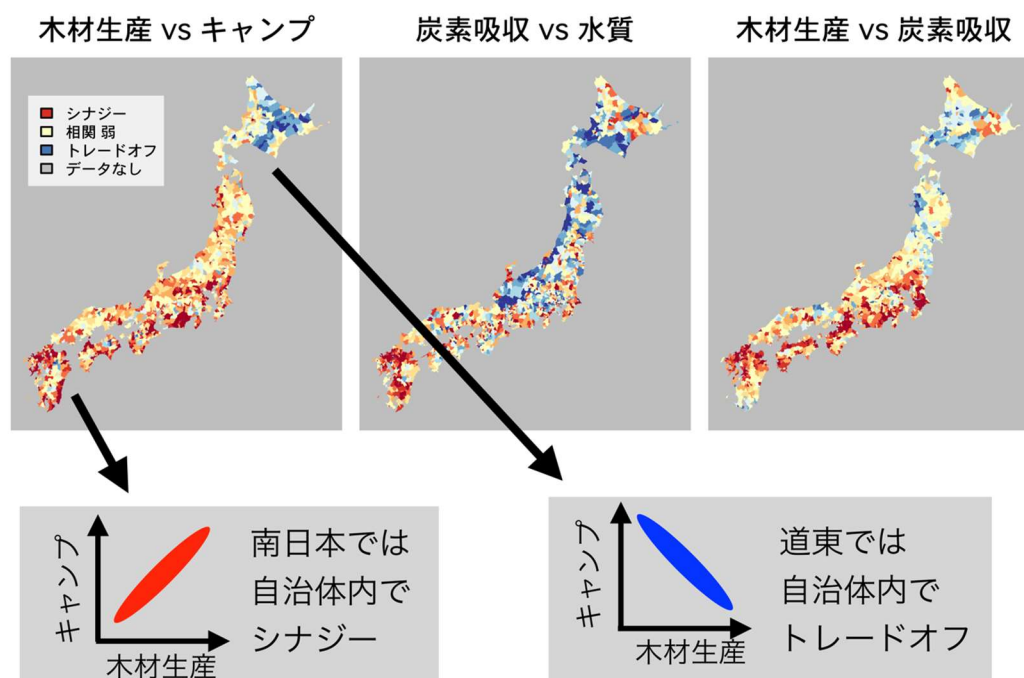


図 1.11：生態系サービス間のシナジーとトレードオフ関係の自治体間比較

生態系サービス間の関係性の空間スケール依存性を地域別に解析した（図 1.10）。特徴的な結果が見られた例を示すと、木材生産とキャンプとの関係性は空間スケール依存性が大きく、空間スケールが大きくなるほど正の相関が大きくなりシナジーの関係性が強くなる傾向がみられた。また、地域性も大きく、東日本と西日本では正の相関が大きくシナジーの関係性が強くみられた一方、北日本では相関が弱くシナジーの関係性は見られなかった。炭素吸収と水質改善についても地域スケール依存性がみられ、地域による関係性の違いが大きかった。水稻生産とレタス生産については空間スケール依存性は大きく、空間スケールが大きいほど正の相関が大きくなりシナジーの関係が強くみられたが、地域性は小さかった。木材生産と炭素吸収については地域スケール依存性はみられなかったが、地域性は大きく東日本・西日本では正の相関が大きくシナジーの関係がみられたが、北日本では負の相関が大きくトレードオフの関係がみられた。以上のように、生態系サービス間の関係性は切り取る空間スケールの大きさによって大きく変化する事が明らかとなった。また、地域によっても生態系サービスの関係性が変化する事が示された（詳しくは 2-②を参照）。これらの結果は、どのような空間スケール単位での生態系サービスの供給の向上を目指すのかを明確にした上で政策を決定することが重要であることを示している。また、一部地域の特定の空間スケールで示されたシナジー関係に基づいた生態系管理や政策は、他の空間スケールや地域においてトレードオフを引き起こし、結果として一部の生態系サービスを劣化させ得ることに注意が必要である。

②生態系サービス間の関係の自治体間比較

生態系サービス間の関係は自治体間で著しく異なっており、ほとんどの生態系サービスの組み合わせにおいて、正の相関（シナジー）と負の相関（トレードオフ）の双方が検出された（図 1.11）。関係の違いは、北日本と南日本の傾向の違いなどの大域的なものだけでなく、しばしば近隣自治体の間にも見られた。一例をあげると、木材生産とキャンプ場立地の間の関係は、関東以南においては多くの自治体で正の相関を示す一方、北海等では負の相関が卓越していた。このことは、南日本では、多くの自治体において、木材生産を増加させるような管理によって同時にキャンプ利用の促進が期待される一方、北海道では同様の管理はキャ

ンプ利用を阻害する可能性があることを示唆している。以上のように、生態系サービスの管理においては、多様な生態系サービス間の関係を理解し、単一の生態系サービスの向上を追求するあまりに生態系サービスの多面性を損なうことの無いよう留意する必要があるだろう。

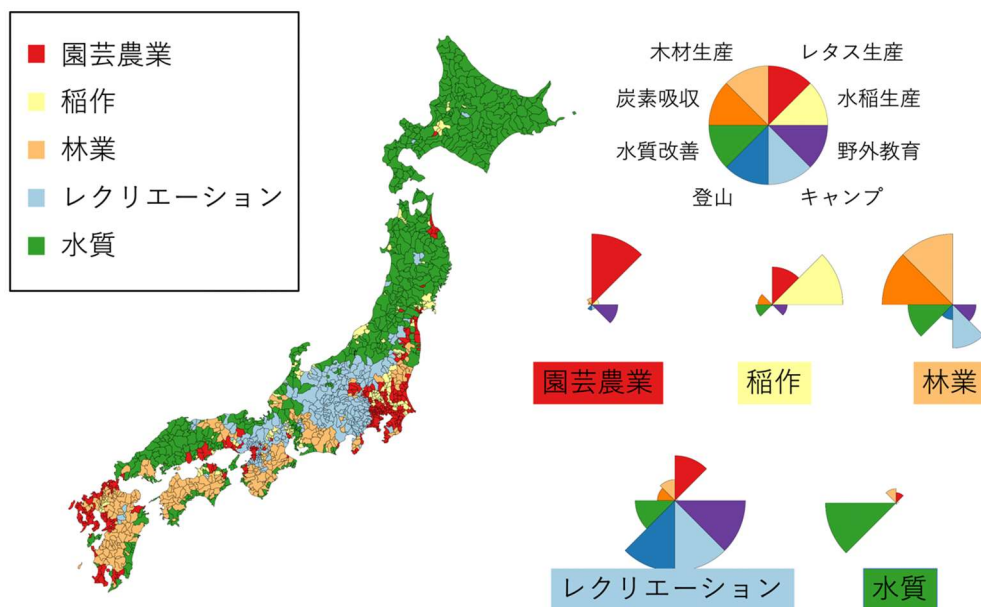


図 1.12 : 生態系サービスバンドルの自治体間比較。左の地図は各クラスターに分類された自治体を示しており、右の円グラフは各クラスターに分類された自治体の生態系サービスの平均値を示している。

③生態系サービスバンドルの全国分布

自治体単位での生態系サービスの供給パターンにより、5つのクラスターが検出され、それぞれ園芸農業（レタス生産）、稲作（水稲生産）、林業（木材生産、炭素吸収）、レクリエーション（登山、キャンプ、野外教育）、水質（水質改善）に特徴付けられた（図 1.12）。このことから、木材生産と炭素吸収、登山・キャンプ・野外教育はそれぞれ同じ自治体からまとめて供給される生態系サービスバンドルであることが示された。また、それぞれのクラスターに分類された自治体は地域的にまとまっており、例えばレクリエーションクラスターは中部地方の山岳エリアを中心に分布しており、林業クラスターは西日本の山間部を中心に分布していることが示された。以上のような自治体単位でのクラスター分析による生態系サービスバンドルの抽出は、各自治体の生態系サービスの持つ特徴やそれぞれのサービスの空間分布を把握する上で有効であることが示された。

4.3. 生態系サービスのシナリオ分析

①個別の文化的サービスについて

いずれの将来シナリオにおいても 2050 年には現在と比べてキャンプ、登山活動、野外教育活動は減少すると予測された。将来の土地利用変化と人口分布変化による影響をそれぞれ分けて評価すると、人口分布変化による活動量の減少が大きいと予測されたことから、全国的な人口減少による文化的サービスに対する総需要の低下が主な原因であると考えられた。一方、人口分布の将来シナリオ間（集中型 vs 分散型）の違いは小さかったことから、人口分布パターンの違いよりも総人口の減少による影響が大きいと考えられる。土地利用変化による影響は将来シナリオ間の違いが大きく、特に人工資本・人口集中型シナリオ（PC）におい

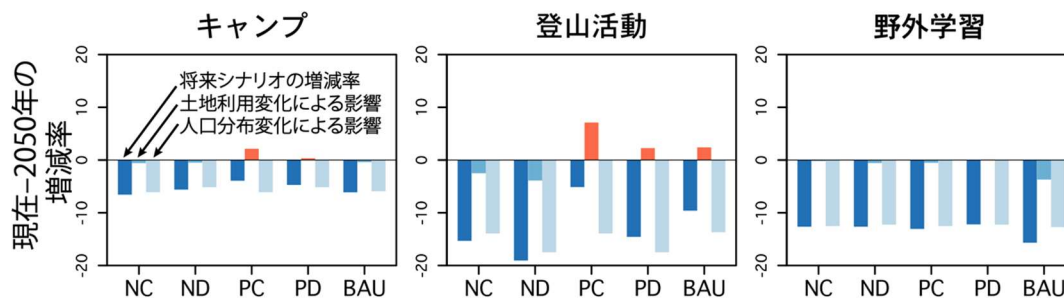


図 1.13：土地利用・人口分布を変化させたときの文化的サービス（キャンプ・登山・自然教育）の日本全国での変化の予測値。

（各 PANCES シナリオの 3 本の棒グラフは（左）土地利用・人口分布を両方変化させた場合の増減率、（中央）土地利用のみを変化させた場合の増減率、（右）人口分布のみを変化させた場合の増減率を示す。）

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

BAU：BAU シナリオ

てキャンプ活動・登山活動の増加が見られた。その結果、人工資本・人口集中型シナリオにおける文化的サービスの減少率が他シナリオと比べて小さくなると予測された（図 1.13）。

登山活動・キャンプ活動においては、いずれの将来シナリオにおいても都市近郊の行楽地エリア（富士五湖周辺など）における活動の大幅な減少が予測され、都市人口の減少による需要の低下の影響が示唆された

（図 1.14）。一方、人工資本活用シナリオ（PC、PD）においては中部山岳エリアなどで登山活動・キャンプ活動の増加が予測された。これは、将来シナリオにおいて人工林が伐採等により減少し、二次的自然（草原や二次林）が増加する地域に対応しており、文化的サービス利用者にとって好ましい自然景観が増加したことが要因と考えられる。ただし、人工林伐採後に再生林放棄地が増加するような場合にはむしろ好ましくない自然景観が増加し、これらの活動の減少をもたらす可能性もあることに注意する必要がある。野外教育活動についてはいずれの将来シナリオにおいても中部地方を中心に大幅な減少が見られた。中部地方は東京、大阪などの大都市圏からの野外教育活動の訪問が多かった地域であり、大都市圏での中学生人口の減少による需要の低下の影響が特に大きかったと考えられる。

以上のように、文化的サービスの将来変化に対して人口減少と人工林の取り扱いが大きく影響することが示唆された。特に、人工林を他の土地利用へと転換する場合には、広葉樹林化などの自然景観に配慮した取扱いを行うことで、人口減少下においても文化的サービスの質の向上につながる可能性がある。

②供給・調節サービスを含めた全体像について

上述の文化的サービス、および S15-2(2) で実施された供給・調節サービスについてのシナリオ分析の結果を統合し、地方間および大都市圏とそれ以外で比較した（図 1.15）。多くのサービスで、どのシナリオにおいても、2050 年における生態系サービスの減少が予測されたが、生態系サービスを人口あたりに換算すると、そのような傾向は見られなかった（人口あたりの結果は割愛）。この結果は、本研究で示された将来の生態系サービス減少傾向の多くが、直接的または土地利用を介して間接的に人口減少と関連した総量の減少であり、一人の人間が享受可能なサービスの減少は限定的であることを示している。地方間の傾向の違い

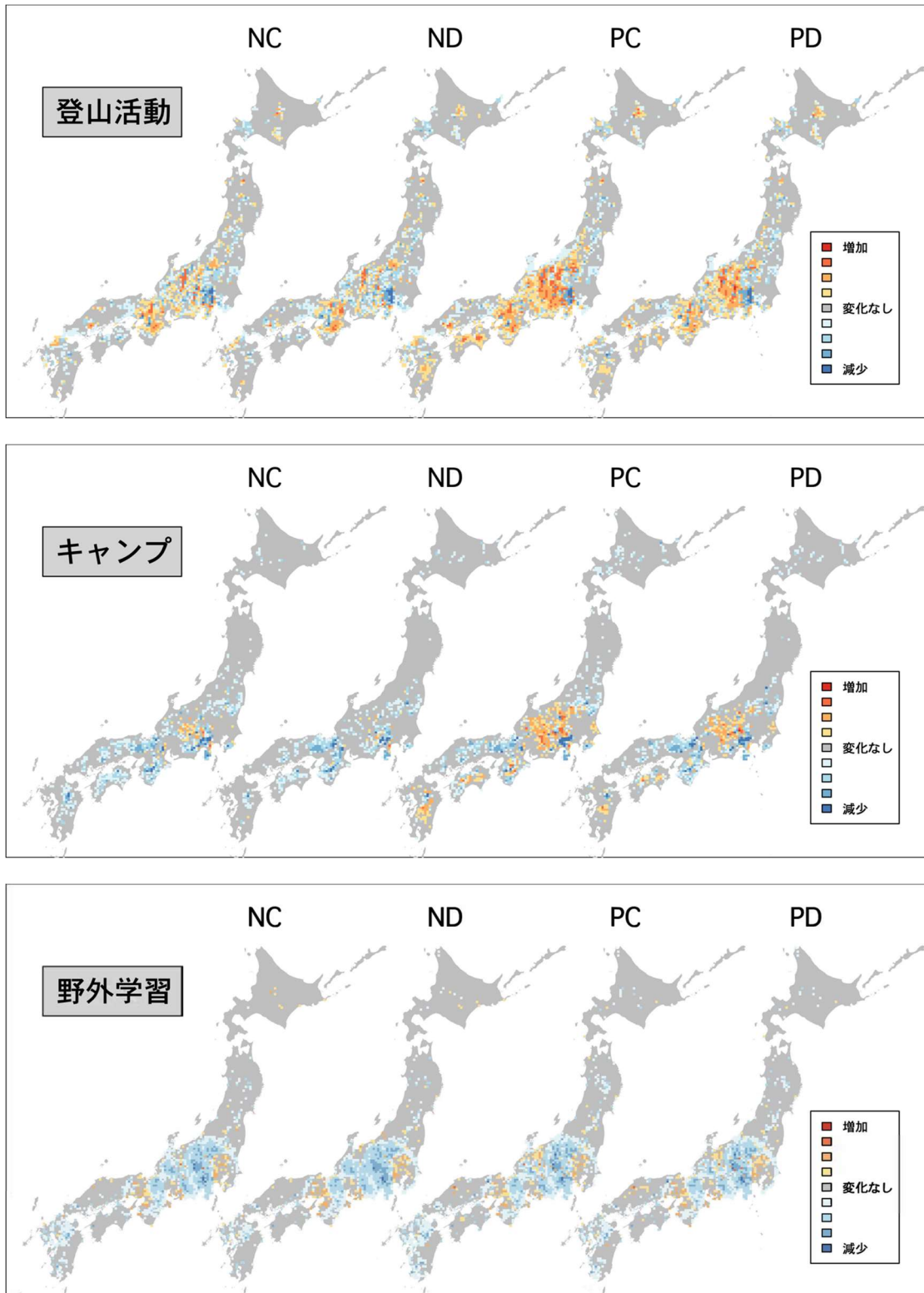


図 1.14 : 将来シナリオ別の文化的サービスの変化量の空間分布

は、しばしばシナリオ間の違いよりも大きかった。いくつか例を示すと、水稻の生産量は多くのシナリオにおいて、中部・九州で顕著な減少が予測された。水質については、四国や九州では一貫して向上する傾向が予測された。キャンプ場としての適性については、近畿においては、すべてのシナリオで減少が予測された。4つのシナリオのうち、人工資本・人口集中シナリオでは、しばしば地域内における変化量のばらつき

が顕著であった。水稻の収量と文化サービスでは、自然資本/人工資本の違いが重要であったのに対し、木材生産ポテンシャルでは、人口集中/人口分散の違いが重要であった。これらの結果は、将来シナリオと地域の間には複雑な交互作用があり、またあるシナリオの下において、顕著な変化が生じる地域は、サービスごとに異なることを示している。そのため、将来における持続的な生態系サービス享受のためには、実際の土地利用・人口動態に応じて、地域ごと・サービスごとに適切な対処を講じることが不可欠である。

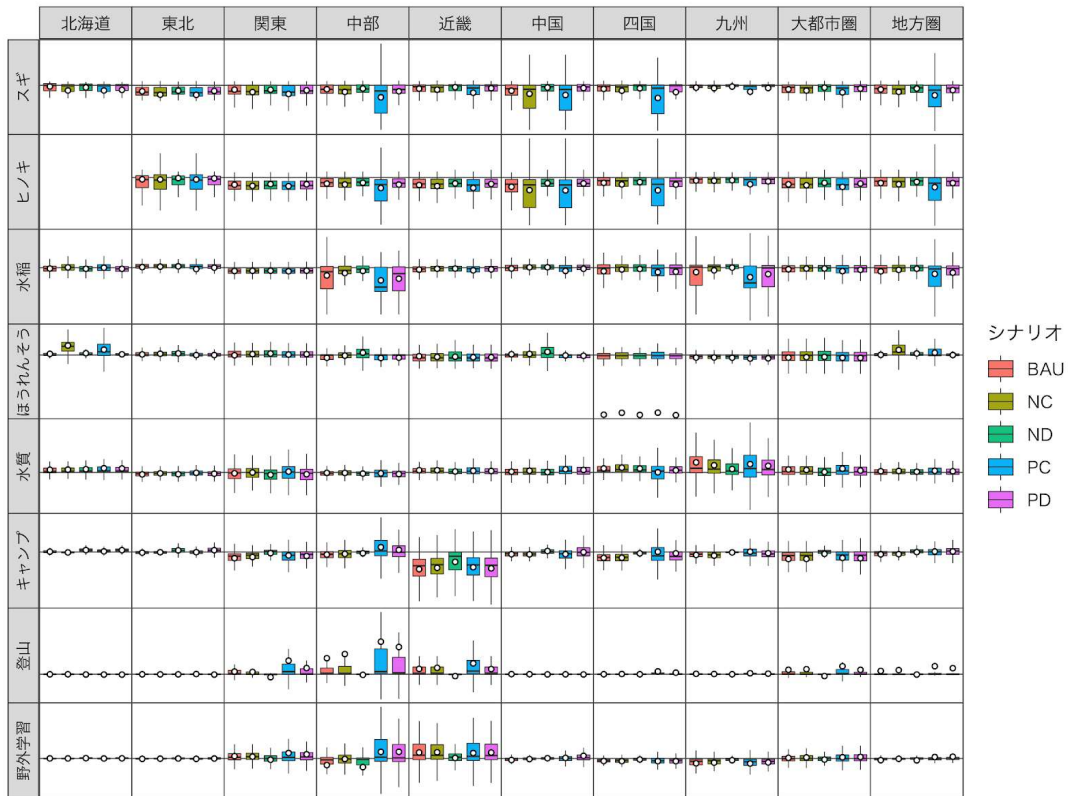


図 1.15：陸域の生態系サービスシナリオ分析結果一覧（地域別ならびに大都市/地方間比較）

5. 研究目標の達成状況

目標を上回る成果をあげた

文化的サービスに関しては、これまで定量的評価が難しいと言われており困難度が高かったが、ビッグデータや機械学習など新たな手法を導入することで予想を超える成果をあげた。また、テーマ1, 4、サブテーマ2, 3などと効果的な連携を行い、全国レベルでのシナリオ分析、自然資本の評価、生態系サービスのバンドル分析、全国レベルでの水質モデルなど分野融合的な成果をあげた。

6. 引用文献

「特に記載すべき事項はない。」

II-2 陸域生態系の供給・調整サービスの定量化と予測

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所

研究ディレクター		正木 隆
森林昆虫研究領域	昆虫生態研究室	滝 久智
森林植生研究領域	群落動態研究室	黒川 紘子
森林植生研究領域	群落動態研究室	小黒 芳生（平成31～令和2年度）
森林植生研究領域	群落動態研究室	小林 卓也（平成31～令和2年度）

<研究協力者>

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所

三浦覚・南光一樹・岡部貴美子・古川拓哉・澤野 真治

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 大澤剛士

[要旨]

生態系サービスの定量化・可視化だけではなく、その変化要因（ドライバー）を定量的に解明し、陸域における自然資本・生態系サービスがもたらす自然的価値の変化を予測・評価するため、陸域生態系の供給・調整サービスの定量化と自然・社会条件の変動下でのそれらの変化を全国レベルで予測した。具体的には、

- 1) 全国陸域スケールでの自然資本と供給・調整サービスの定量評価および地理情報化
- 2) 陸域生態系サービスな重要な変化要因（ドライバー）の抽出とその直接・間接的影響の解明
- 3) 陸域生態系サービスのドライバーの定量化とサービスの変化を定量・予測するプロセスモデルの構築

の3つの研究を行った。1) に関してはCO2吸収サービス・農作物供給サービス、木材供給サービス、水質浄サービスの地理情報化を行った。2) に関しては農作物の生産安定性と作物のポリネーターへの依存度の関係を解析し、作物生産の安定性はポリネーター依存度により異なることを示した。3) に関しては農作物（水稲・ホウレンソウ）・木材供給（スギ・ヒノキ）サービスとドライバー（土地利用・人口分布・気候）との関係をモデル化し、PANCESシナリオ条件の下で現在から2050年にかけての各サービスの変化及び各ドライバーの相対的重要性を解析した。

その結果、水稲供給はどのシナリオでも将来減少することが予測され、その主なドライバーは耕作放棄地の増加による水田の減少であると予測された。一方、ホウレンソウの供給はシナリオによって増減が異なり、そのドライバーも土地利用変化ではなく、気候変動・人口分布の変化による生産性の変化であると予測された。さらに、スギ・ヒノキの供給も全てのシナリオで減少すると予測され、その主なドライバーは森林減少であると予測された。これらの結果はサービスの種類により変化をもたらす要因が異なるため、介入に必要な対策が異なることを示している。

また当初の研究計画に加えて生態系の負のサービス（ディスサービス）の評価を行った。具体的にはシイタケ生産への害菌の影響を解析し、アナタケやカワラタケといった害菌が特にシイタケ生産への負の影響が強いことを示した。また当初は予定していなかった耕作放棄地森林転換シナリオの作成を行い、シナリオを反映した土地利用データを作成した。これを元にテーマ4と協力し、耕作放棄地の森林転換が自然資本へ与える影響の解析を行った。

上記のことから、研究開始当初に設定した目標は概ね達成し、さらに当初予定しなかった成果も得ることができたため、目標以上の成果を上げることができたと考えている。

1. 研究開発目的

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政府間プラットフォーム」（IPBES）は、生物多様性と生態系サービスを評価し、政策を科学的に実行することを目的とした枠組みである。日本は先進国として、IPBESの具体的活動へと加盟諸国をリードする責任があると考えられている。平成23年度から開始された戦略的研究開発領域課題S-9「アジア規模での生物多様性観測・予測・評価に関する総合的研究」では、生物多様性を地図化し、それが支える生態系機能の一部を定量化するための枠組みができあがった。

しかし一方で残された課題も多い。第1に、自然資本としての生物多様性の整理は試みられておらず、生態系サービスの定量化はまだその一部に留まっている。第2に、生物多様性から様々な生態系サービスが発揮されるまでのプロセスの解明が不十分である。第3に、プロセスの解明が不十分なために、ドライバーとなる外部因子（気候変動、土地利用の変化、等）の変化シナリオに対する生態系サービスの変化予測が困難である。第4に、従って、科学的知見を政策に活かす道筋を確立するための研究が必要である。

日本の国土の特徴は、森林・農地による高い被覆率と急峻な地形にある。外部因子の変化が陸域生態系の変化をもたらすと、生物多様性や生物の生息環境などの自然資本が変化し、作物や木質材料の供給サービスだけではなく、病虫害の発生制御や農作物の花粉媒介、土壌保全などの調整サービスの質・量が変化する可能性がある。こういった変化を科学的に事前予測する手法を提案するためには、生態系サービスの定量化・可視化だけではなく、その変化要因（ドライバー）の定量的な解明が必要である。定量化までの研究成果は世界的にも散見されるが、本研究ではそれを超えて、変化プロセスの解明・定量化・そして予測にまで踏み込んで研究を行なう。

2. 研究目標

これまで定量的評価されてこなかった供給・調整サービスの定量化を行うとともに、テーマ1で作成された将来シナリオ・政策オプションの元での人口分布・土地利用の違いが生態系サービスやサービスの多面性に与える影響を評価する。また、テーマ1・テーマ4と協力し自然資本評価を実施する。

3. 研究開発内容

3.1. 全国陸域スケールでの自然資本と供給・調整サービスの定量評価および地理情報化

①農作物供給（水稲・ホウレンソウ）の地理情報化

農林水産省作物統計より取得した1993年から2015年の水稲とホウレンソウの生産量、「アメダスデータのメッシュ化プログラム Ver. 4」（農研機構）で作成した各年の気候条件、テーマ1が作成した1998年の土地利用・2010年の人口分布のデータを用い、気候・土地利用・人口分布で水稲・ホウレンソウ供給サービスを予測するモデルを作成した。このモデルにテーマ1が作成した2010年の条件を当てはめ、農作物の供給サービスを地理情報化した。

②木材供給（スギ・ヒノキ）の地理情報化

林野庁森林生態系多様性基礎調査第二期（2004～2008）と第三期（2009～2013）のデータからスギ・ヒノキの成長速度を計算し、これを同調査データから計算した調査地ごとの個体密度・平均個体サイズ・林種（天然林・人工林）、「アメダスデータのメッシュ化プログラム Ver. 4」（農研機構）で作成した2004～2013年の気候条件、テーマ1が作成した人口分布（森林から半径500m・14.5km以内の人口）から予測するモデルを作成した。さらに同データセットからスギ・ヒノキの分布予測モデルを作成した。これらのモデル

にテーマ1が作成した2010年の条件を当てはめ、スギ・ヒノキの供給サービス（潜在的成長速度：その場所に対象の樹種が存在する場合の成長速度）を地理情報化した。

③ CO2吸収サービスの地理情報化

CO2吸収サービスの指標として、サブテーマ2-4と共同で生態系純生産（NEP、生態系のCO2吸収速度から呼吸量や分解量を減じた値）をBEAMSモデル（Sasai et al. 2011）により地理情報化した。

④ 水質調整サービスの予測モデルの作成及び地理情報化

サブテーマ2-1及び2-4と協働し、現在（2015-2017年）の河川中の硝酸態・亜硝酸態窒素の濃度データと各地点の上流域の自然・社会環境及び気候データを用いて、水質調整サービスの貢献を織り込んだ河川水質の全国的な空間分布を予測するモデルを作成した。このモデルを用いて水質調整サービスの地理情報化を行った。なお、この解析は、生態系サービスそのものではなく、環境負荷や生態系サービスの効果等の複合的なアウトプットを対象としている。生態系サービスそのものを対象とした他の解析とは異なることに注意が必要である。

3.2. 陸域生態系サービスに重要な変化要因（ドライバー）の抽出とその直接・間接的影響の解明

① 農作物生産安定性と作物のポリネーター依存度との関係の解明

作物の安定的な供給には動物による送粉サービスが欠かせないが、送粉者への依存度は作物により異なることが知られている。農作物の生産安定性と送粉者依存度との関係を解明するため、農水省の作物統計データを用い、40種の作物（果菜・果物・穀物）の生産安定性を日本の全市町村単位で計算した。これと送粉者への依存度（Klein et al. 2007; 一般社団法人 日本養蜂協会 2014）との関係を解析した。

② シイタケ生産に影響する害菌の影響の解明

当初の研究計画に加えて、本研究では生態系から受けるディスサービス（負の生態系サービス）の評価も行った。主要な特用林産物であるシイタケの供給サービスが環境条件から受ける影響を解明するため、シイタケ生産に対するディスサービスとして、害菌による原木シイタケ栽培への影響評価を行った。特に野生の菌類の原木への侵入状況がシイタケ収量に与える影響を評価するため、原木内部における害菌類の種組成・蔓延度の定量化およびシイタケ収量との関係の解析を行った。

3.3. 陸域生態系サービスのドライバーの定量化とサービスの変化を定量・予測するプロセスモデルの構築

① 農作物供給（水稻・ホウレンソウ）予測モデルの構築と将来予測

3.1. で作成した農作物供給の予測モデルにテーマ1が作成した将来シナリオを当てはめ、2050年の農作物の供給サービスを地理情報化した。このデータと2010年の農作物供給の地理情報から2010年から2050年の間の各PANCESシナリオの農作物供給量の変化を予測し、またその変化をもたらす要因を解析した。さらに、予測された農作物供給とサブテーマ1-2が作成した現在及び将来の農作物の需要とのバランスを解析した。

② 耕作放棄地の森林転換シナリオの実装

農作物供給サービスを対象としたシナリオ分析の結果、多くの将来シナリオで農作物供給サービスは減少すると予測されたが、同時に農作物需要も減少すると予測された（図2.9）。このため、耕作放棄地を他の土地利用に転換し、他の生態系サービス向上に使える可能性があると考えられた。この可能性を検討するため、当初の計画に加えてテーマ1が作成したシナリオに加えて耕作放棄地の森林転換シナリオを組み込んだ土地利用データを作成した。

テーマ1で作成した各将来シナリオの土地利用データを用い、2030年までに耕作放棄される場所を抽出した。次に耕作放棄地を1)全て植林地に転換する、2)全て二次林に転換する、3)植林地と二次林に転換する、という3つのシナリオ作成し、各将来シナリオの2050年の土地利用図で2030年までに耕作放棄された場所を森林へ転換した土地利用データを作成した。3)のシナリオでは、各耕作放棄地グリッドの半径5.5km圏内の2050年の人口が500人以上の場合には人工林へ、500人未満の場合には二次林へと転換した。この条件では約半数の耕作放棄地が二次林に、約半数が人工林に転換された。

③ 木材供給（スギ・ヒノキ）予測モデルの構築と将来予測

3.1. で作成した木材供給の予測モデルにテーマ1が作成した将来シナリオを当てはめ、2050年のスギ・ヒノキの供給サービスを地理情報化した。このデータと2010年の木材供給の地理情報から2010年から2050年間の各シナリオでの年間木材成長量の変化を予測し、またその変化をもたらす要因を解析した。さらに、予測された木材供給とサブテーマ1-2が作成した現在及び将来の木材の需要とのバランスを解析した。

④ 水質調整サービスの将来予測

3.1. で作成した水質予測モデルにテーマ1が作成した将来シナリオを当てはめ、シナリオ間で水質が改善・悪化する面積を比較した。また2050年にかけての水質の変化を地理情報化した。

4. 結果及び考察

3.1. 全国陸域スケールでの自然資本と供給・調整サービスの定量評価および地理情報化

① 農作物供給（水稻・ホウレンソウ）の地理情報化

水稻の生産は全国的に見られ、東北地方の生産性が高かった（図2.1）。一方、ホウレンソウの生産は主に関東近辺で行われていた（図2.1）。得られたデータはシナリオ分析や、サブテーマ2-1と共同で行った生態系サービス間のトレードオフ・シナジー解析に用いた。

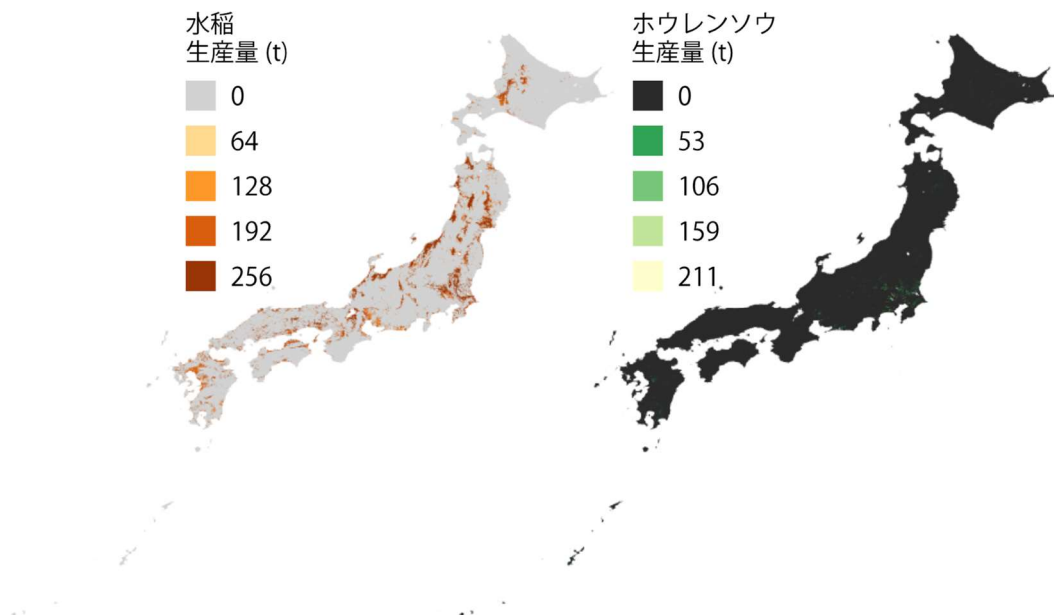


図2.1：2010年の水稻・ホウレンソウの供給量の空間分布の予測値。

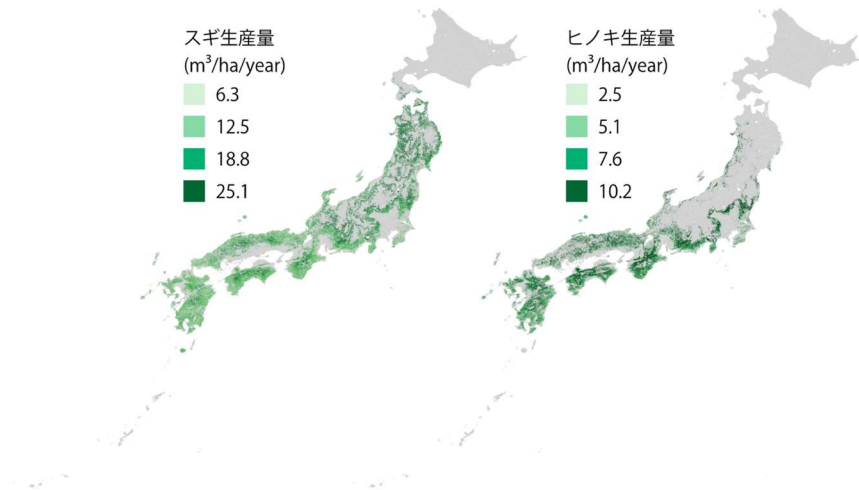


図 2.2 : スギ・ヒノキの年間の成長速度の空間分布。

② 木材供給（スギ・ヒノキ）の地理情報化

スギは分布範囲が広く、東北地方で成長速度が速かった（図 2.2）。一方、ヒノキ分布範囲が関東以西に偏り、成長速度が高い場所も関東以西で目立った。得られたデータはシナリオ分析や、サブテーマ 2-1 と共同で行った生態系サービス間のトレードオフ・シナジー解析に用いた。

③ CO₂ 吸収サービスの地理情報化

BEAMS モデルによる予測では、CO₂ 吸収サービスは太平洋側で高く、東北の日本海側で低いという傾向が見られた（図 2.3）。得られたデータはサブテーマ 2-1 と共有し、生態系サービス間のトレードオフ・シナジー解析に用いた。

④ 水質調整サービスの地理情報化

水質予測モデルの予測では上流域に森林が多く、特に人工林よりも自然林が多い場合に水質が良かった。一方、上流域に農地や果樹園が多く、人口が多い場合に水質が悪かった。この結果、日本海側の山間部で特に水質が良く、耕作地が広がる平野部や人口集中エリアで水質が悪いと予測された（図 2.4）。

4.2. 陸域生態系サービスに重要な変化要因（ドライバー）の抽出とその直接・間接的影響の解明

① 農作物生産安定性と作物のポリネーター依存度との関係の解明

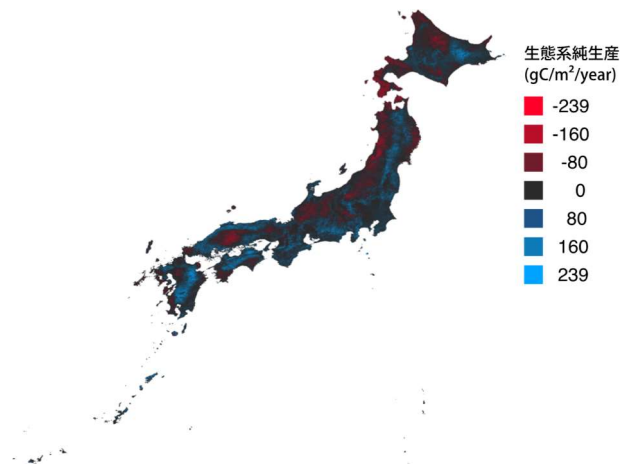


図 2.3 : CO₂ 吸収サービス（生態系純生産）の空間分布の 2002 年～2015 年の平均値。

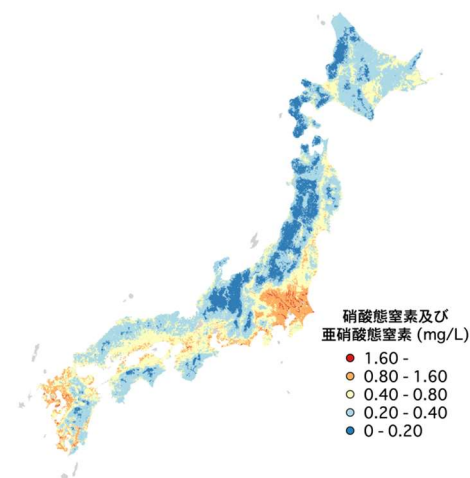


図 2.4 : 現在（2015-2017 年）の河川中の水質の全国的な空間分布の予測値。窒素濃度が低い（青色）ほど水質が良いことを示す。

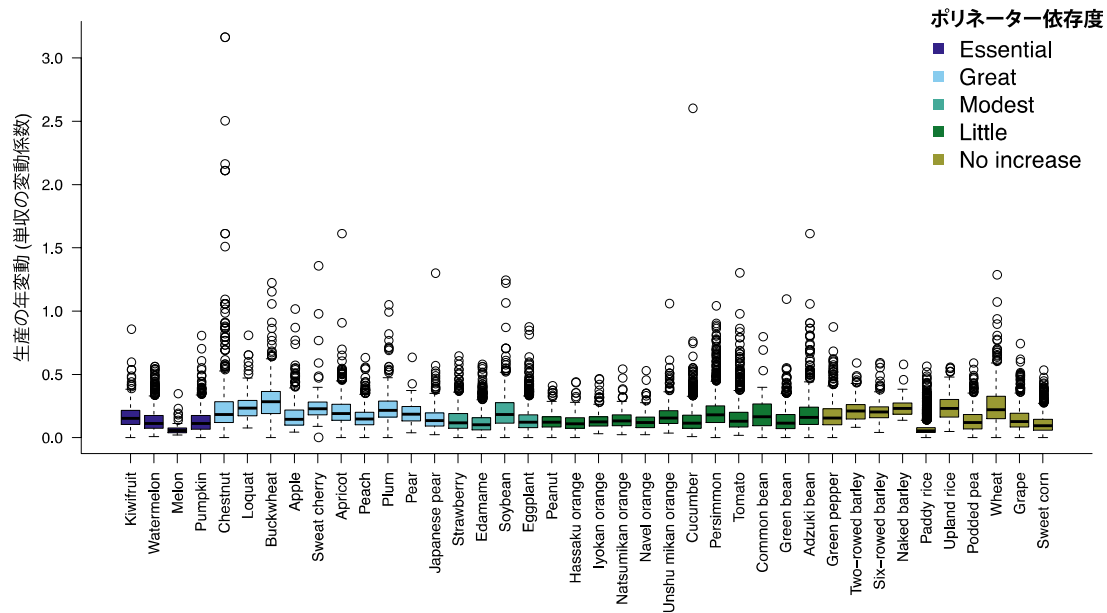


図 2.5: ポリネーター依存度と生産の不安定性 (生産の年変動) との関係。ポリネーターへの依存度は Essential (ポリネーターが存在しない場合、生産が 90%以上減少する) > Great (ポリネーターが存在しない場合の生産減少が 40%以上 90%未満) > Modest (ポリネーターが存在しない場合の生産減少が 10%以上 40%未満) > Little (ポリネーターが存在しない場合の生産減少が 0%以上 10%未満) > No increase (風媒種など、ポリネーターの存在が生産に貢献しない) の順番で高い。Oguro et al. 2019 より作成。

世界全体を対象とした先行研究では、送粉者への依存度が高い作物ほど生産安定性が低いことが示されている (Garibaldi et al. 2011)。一方、本研究の結果、日本国内では依存度が最も高い作物群 (Essential) は生産が安定しており、中程度に依存度が高い作物群 (Great) の生産が最も不安定であることが示された (図 2.5)。この結果は農作物の送粉者への依存度と生産安定性の関係は国や地域によって異なり、作物の生産安定性や送粉者サービスを向上させるための生態系管理には局所的な情報を利用することが重要であることを示唆している。

② シイタケ生産に影響する害菌の影響の解明

ディスプレイの評価により、原木シイタケ栽培に対する野生の菌類の影響が明らかになった。分離培養と DNA 配列を用いた種同定により、多数の種の野生菌類を原木内から検出し、その中でも特にシイタケと

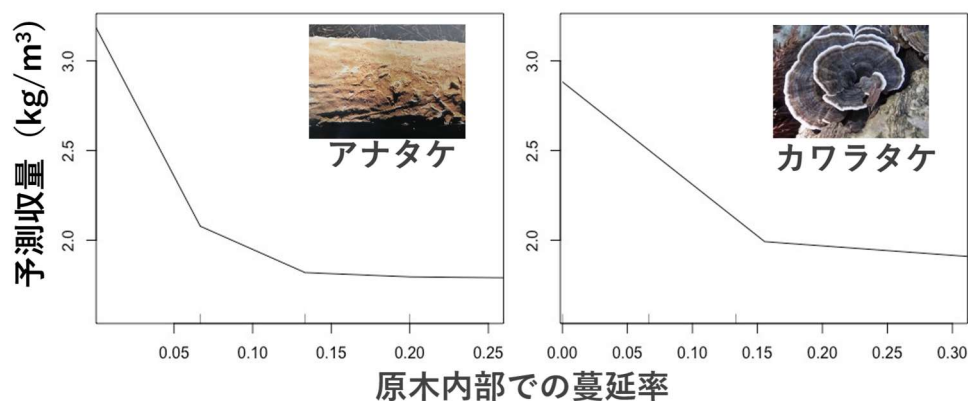


図 2.6: 原木内部での野生菌類の蔓延度とシイタケ収量との関係。Kobayashi et al. 2020 より作成。

潜在的に競合関係にあると思われる白色腐朽菌類の蔓延度がシイタケ収量と負の関係にあることを明らかにした(図 2.6)。加えて原木の管理条件の違いも害菌の蔓延度と関連していることが示された(図 2.7)。

3.3. 陸域生態系サービスのドライバーの定量化とサービスの変化を定量・予測するプロセスモデルの構築

① 農作物供給(水稻・ホウレンソウ)予測モデルの構築と将来予測

どのシナリオでも日本全国ではコメ供給サービスが減少し、その主な要因は水田の消失であると予測された(図 2.8 上段)。特に人工資本活用シナリオで減少が大きいため、コメの供給量を維持するためには耕作放棄地への対策が必要である。一方、自然資本活用シナリオではホウレンソウ供給サービスは全国的には増加することが予測された(図 2.8 下段)。しかし、人工資本活用シナリオでは供給量が減少する人口シナリオもみられ、その主な要因は農地の減少ではなく気候変動などによる生産性の低下であると予測された(図

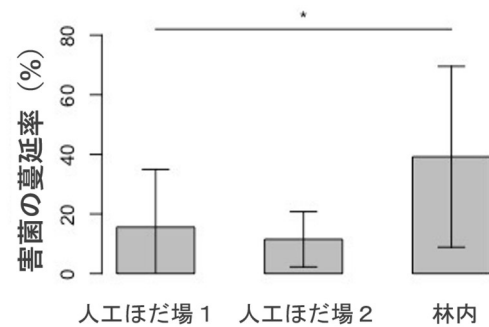


図 2.7: 原木の管理条件とほだ木内部での野生菌類の蔓延度との関係。Kobayashi et al. 2020 より作成。

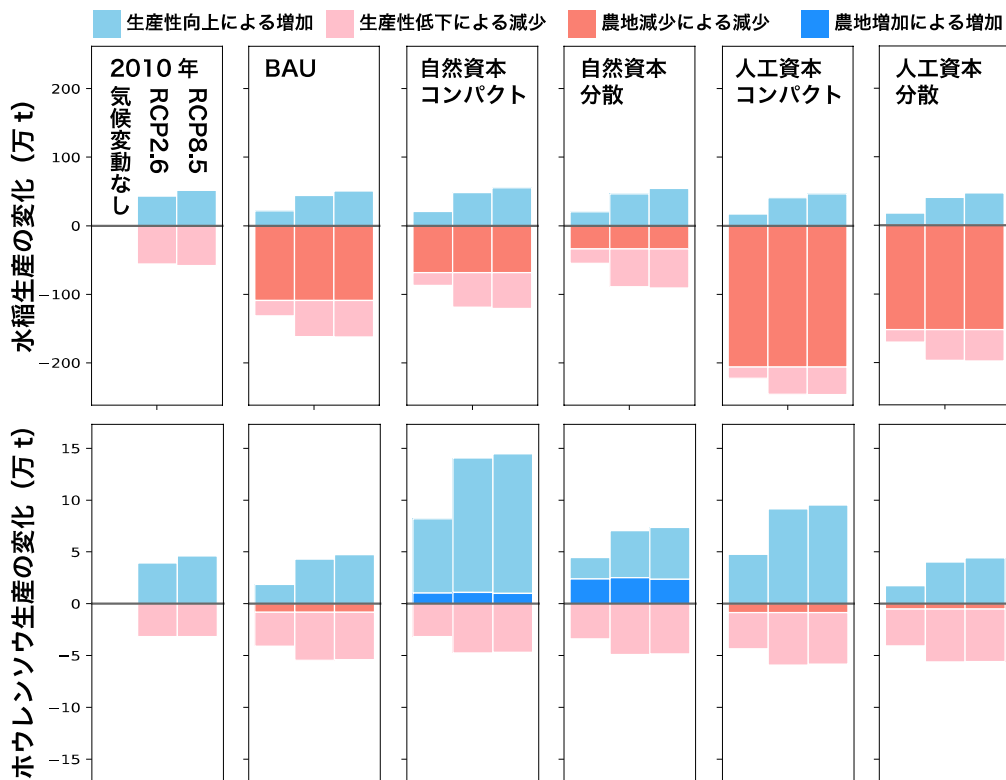


図 2.8: 土地利用・人口分布・気候を変化させたときのコメ(上段)・ホウレンソウ(下段)供給サービスの日本全国での変化の予測値。サービスが減少する場所・増加する場所両方が見られるため、集計は増加・減少に分けて行った。パネルの違いは土地利用・人口シナリオの違いを表し、パネル内のバーの違いは気候シナリオの違い(現在気候・MIRCO5 RCP 2.6・MIRCO5 RCP8.5)を表す。バーの色の濃い部分は農地の増減による変化、色の薄い部分は農地周囲の土地利用・気候・人口分布の変化による生産性の変化の影響を表す。RCP 間の違いが少ないのは使用したモデルの特性だと考えられるため、注意が必要である。

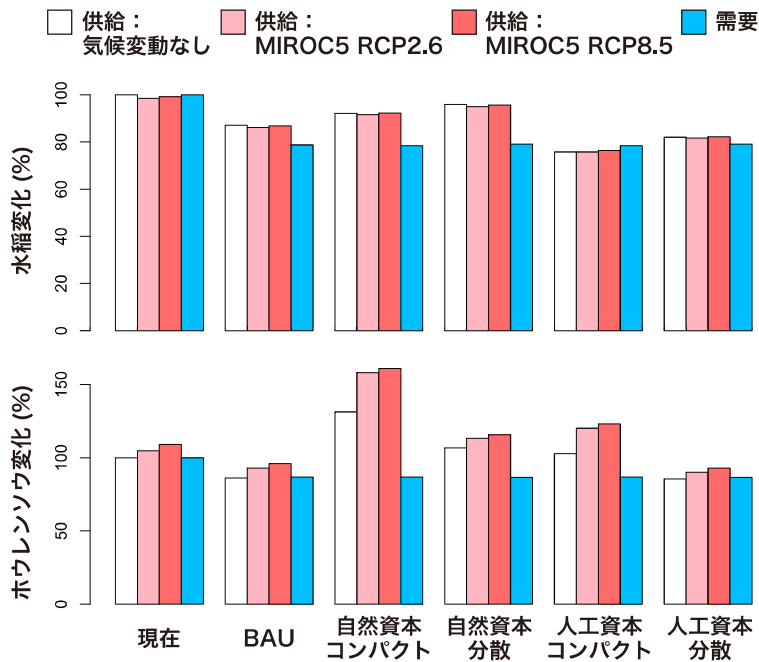


図 2.9：各 PANCES シナリオのコメ（上段）とホウレンソウ（下段）の需要と供給の相対変化の予測値。

2.8 下段)。つまり、農作物供給の低下を防ぐために必要な対策は作物の種類によって異なる可能性がある。

一方、各 PANCES シナリオでの需給バランスの変化をみると、コメ・ホウレンソウの供給が減少する将来シナリオでも、ほとんどの場合、需要の減少が供給の減少を上回っていた（図 2.9）。この結果は耕作放棄地を森林などの他の土地利用に転換し、他の生態系サービスの向上に活用できる可能性を示している。

② 耕作放棄地の森林転換シナリオの実装

森林転換の対象となる耕作放棄地の面積はシナリオによって異なり、BAU では約 1250km²、自然資本・コンパクトシナリオと自然資本・人口分散シナリオでは 370km²、人工資本・コンパクトシナリオでは 1600km²、人工資本・人工分散シナリオでは 1020km² だった。このため、耕作放棄地森林転換の生態系サービスへの影響は人工資本活用シナリオほど大きく、自然資本活用シナリオでは小さいと考えられる。

作成したデータ（図 2.10）はサブテーマ 4-3 に提供し、耕作放棄地森林転換の自然資本の価値・炭素貯蓄量への影響評価に用いられた。

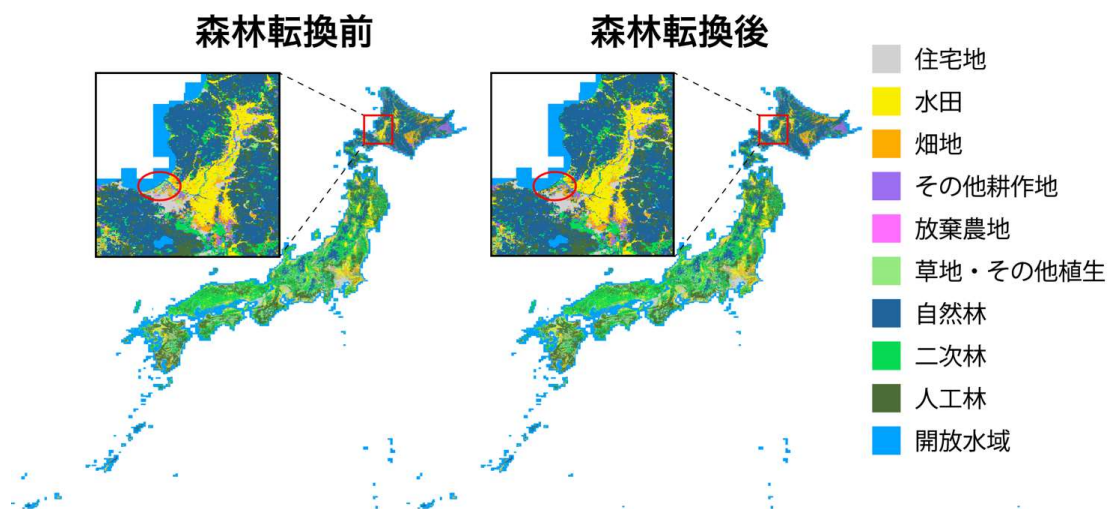


図 2.10：2050 年の人工資本活用・コンパクトシナリオの土地利用図（左）と同じシナリオに森林転換を適用した土地利用図（右）。四角は北海道の一部の拡大図で、丸で囲った部分などが森林転換されている。

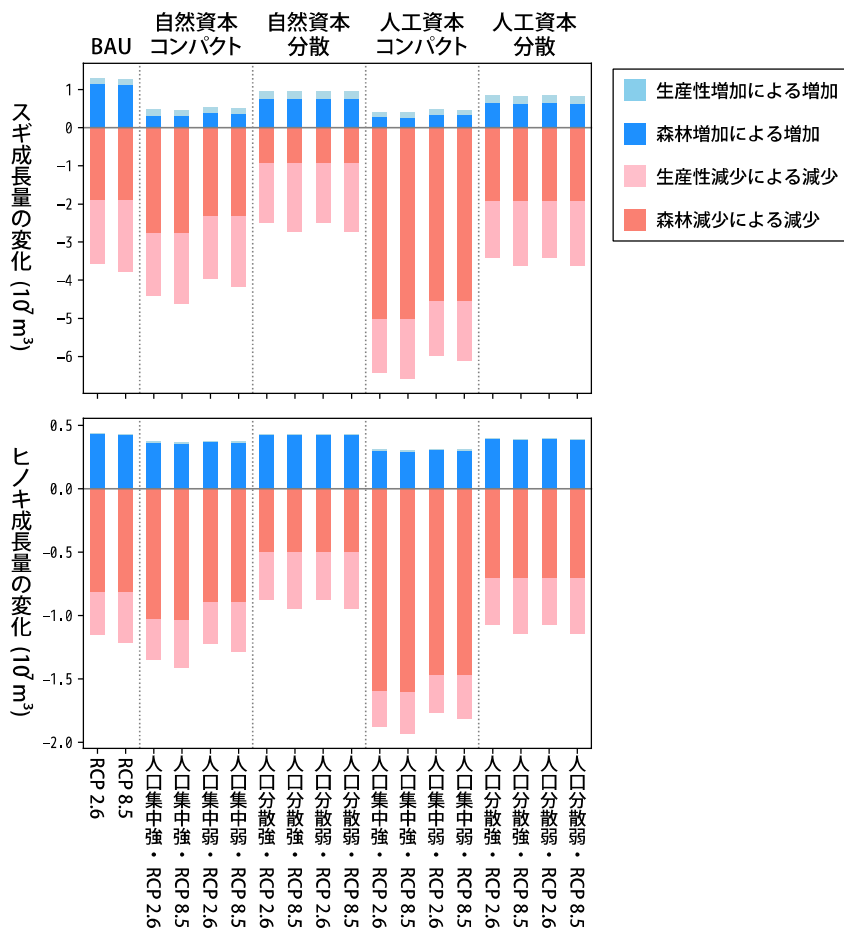


図 2.11：スギ（上段）とヒノキ（下段）の潜在的成長量（各樹種が存在すると予測された場所に平均的な森林が存在すると仮定した場合の成長量の全国合計値）の各シナリオでの変化。成長量が減少する場所・増加する場所の両方がみられたため、集計は増加・減少に分けて行った。モデル作成に用いた個体密度と個体サイズは面的な分布データが利用できないため、予測値の計算では全国平均の値（スギ：個体密度＝479 個体/ha・平均個体サイズ＝25.6cm、ヒノキ：個体密度＝469/ha・平均個体サイズ＝20.9cm）を用いた。スギ・ヒノキ林の分布は気候変動に追従しないと考えられるため、スギ林・ヒノキ林の分布予測には気候変動の影響を組み込まなかった。このため、予測値は林業が気候変動適応策をとらないと仮定した時の予測値になっている

③ 木材供給（スギ・ヒノキ）予測モデルの構築と将来予測

どのシナリオでも日本全国ではスギ・ヒノキの成長量の減少が増加を上回り、特に人工資本・コンパクトシナリオで減少が大きかった（図 2.11）。変化を引き起こした要因をみると、自然資本・分散シナリオでは気候変動や人口分布の変化による生産性の減少の影響が大きかった一方、その他のシナリオではスギ林・ヒノキ林面積の減少の影響が大きかった。また2つのコンパクトシナリオでは人口集中が強まるとスギ林・ヒノキ林面積の減少の影響が強まっていた。これらの結果は樹木成長を減少させる主な要因はシナリオによって異なり、人口分布・気候変動・土地利用変化の相互作用で将来の変化が起こる可能性を示している。

一方、各 PANCES シナリオ条件下での需給バランスの変化を見ると、現在の平均的な個体密度・個体サイズが維持された場合、潜在的な木材生産（樹木成長量）はどのシナリオで

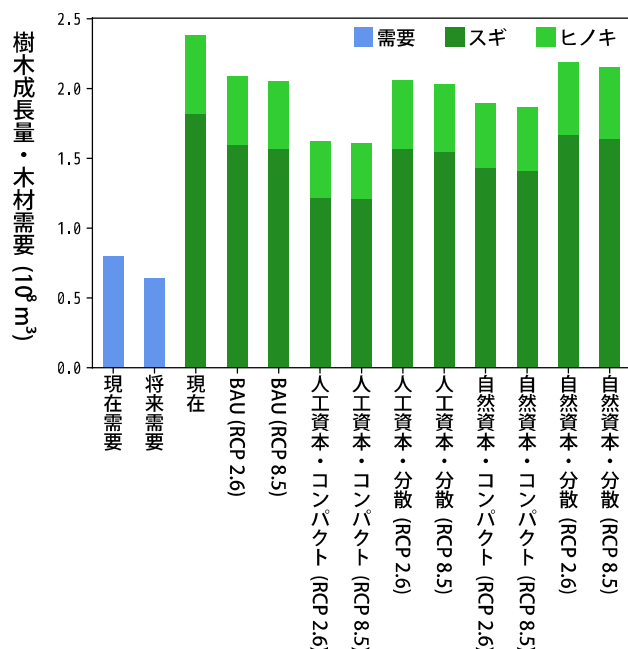


図 2.12：各 PANCES シナリオでの木材の需要と供給のバランスの予測値。

も木材需要を上回っていた（図 2.12）。この結果は過剰な伐採を避け、現在と同じ程度の個体密度・個体サイズの森林を維持できれば、森林を持続的に利用できる可能性があることを示している。

④ 水質調整サービスの将来予測

いずれの将来シナリオでも BAU シナリオと比較して、水質が改善するエリア・悪化するエリアが見られた（図 2.13）。コンパクト・人口分散シナリオ間で比較すると、人口分散シナリオ（ND、PD）はコンパクトシナリオ（NC、PC）に比べて水質が改善する地域が少なく、悪化する地域が多かった（図 2.13）。これは人口分散シナリオでは、居住エリアが上流域に分散することで生活排水等が影響する地域が増加することが原因と考えられる。

一方、自然資本・人工資本シナリオ間で比較すると人工資本シナリオ（PC、PD）では、自然資本シナリオ（NC、ND）に比べて水質が改善する地域と悪化する地域がいずれも多かった（図 2.13）。これは人工資本シナリオでは人工林の減少や二次林の増加、農地の減少など、自然資本シナリオと比べて多くの土地改変を伴うため、下流域の水質に与える影響が大きかったことが要因と考えられる。

BAU シナリオと比較した場合の、将来シナリオ別の水質変化予測値の全国的な空間分布を見ると、変化の方向性（改善・悪化）には地域性が見られた（図 2.14）。いずれの将来シナリオでも北海道、東北地方、中部地方、中国地方を中心に水質が改善する地域が分布する一方、自然資本シナリオ（NC、ND）では西日本の沿岸部に、人工資本シナリオ（PC、PD）では西日本の山間部に水質が悪化する地域が分布していた。

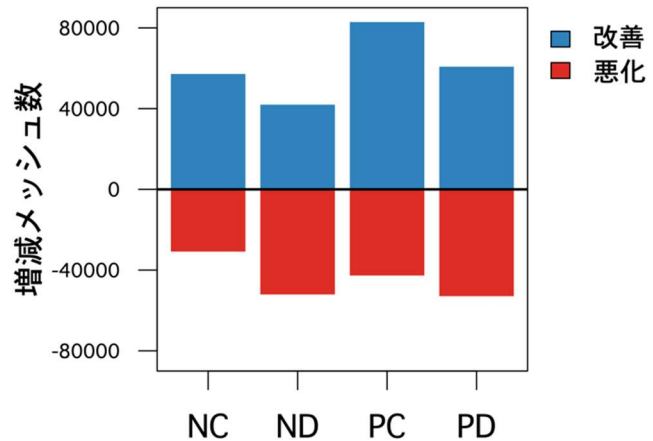


図 2.13：土地利用・人口分布を変化させたときの水質調整サービスの変化。BAU シナリオと比較し、水質が改善（青色）または悪化（赤色）した 3 次地域メッシュ数を表す。NC：自然資本コンパクト型シナリオ、ND：自然資本・分散型シナリオ、PC：人工資本・コンパクト型シナリオ、PD：人工資本・分散型シナリオ。気候変動シナリオはいずれも MIROC5 RCP2.6 を使用し、2050 年 BAU シナリオの窒素濃度と比較し 0.01mg/L 以上多い（または少ない）3 次地域メッシュ数をカウントした。

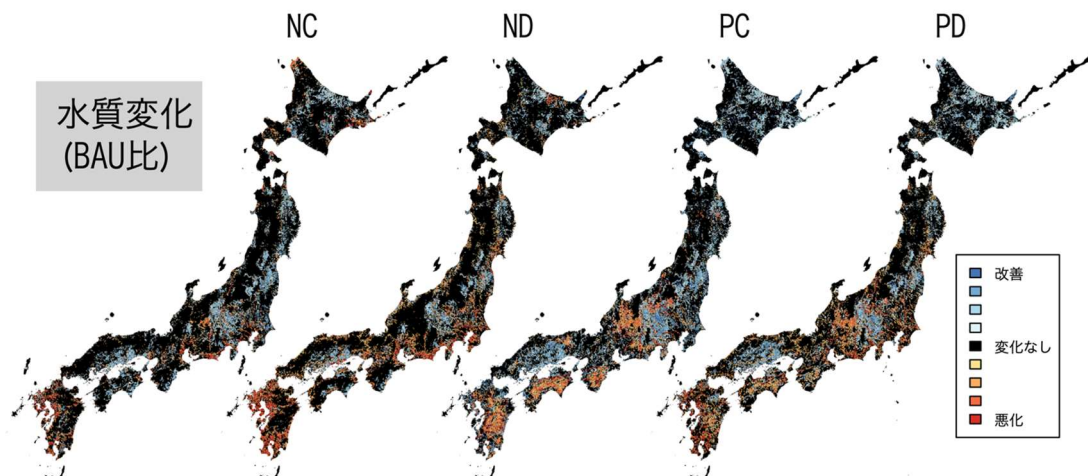


図 2.14：BAU シナリオと比較した場合の将来シナリオ別の水質変化予測値の空間分布。NC：自然資本コンパクト型シナリオ、ND：自然資本・分散型シナリオ、PC：人工資本・コンパクト型シナリオ、PD：人工資本・分散型シナリオ。

以上より、どのシナリオにおいても、一部の地域においては、将来的に河川水質の悪化が発生する可能性が示唆された。また、水質悪化の発生地域は、将来の人口や土地利用の空間パターンに依存して異なる可能性が高い。将来の河川水質悪化、ひいては自然環境や市民生活に与える悪影響を低減するためには、実際の人口や土地利用の地域状況に応じた汚水処理施設の整備や環境保全型農業の推進が必要である。

5. 研究目標の達成状況

供給・調整サービスについて、定量化や地理情報化の可能な技術開発を行い、全国レベルでのシナリオ分析を可能にした。また、サブテーマ1と共同で生態系サービス間のバンドル解析を行ったほか、サブテーマ 1、4と共同で水質の全国評価にも貢献した。テーマ1, テーマ 4 と効率的に連携し、プロジェクト全体で目指していた、シナリオ分析や自然資本解析のために必要なモデルを作成するなど、当初の計画を達成することができた。これに加えて当初は予定していなかったディスプレイサービスの評価を行い、また耕作放棄地の森林転換シナリオを実装し、テーマ4と共同で耕作放棄地の森林転換が生態系サービス・自然資本に与える影響を解析するなど、目標を上回る成果をあげた

6. 引用文献

- 1) Sasai, T., Saigusa, N., Nasahara, K.N., Ito, A., Hashimoto, H., Nemani, R. et al. (2011). Satellite-driven estimation of terrestrial carbon flux over Far East Asia with 1-km grid resolution. *Remote Sens. Environ.*, 115, 1758-1771.
- 2) Klein, A.M., Vaissiere, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C. et al. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *P R Soc B*, 274, 303-313.
- 3) 日本養蜂協会 (2014). ポリネーター利用実態等調査事業報告書.
- 4) Garibaldi, L.A., Aizen, M.A., Klein, A.M., Cunningham, S.A. & Harder, L.D. (2011). Global growth and stability of agricultural yield decrease with pollinator dependence. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 108, 5909-5914.
- 5) Oguro, M., Taki, H., Konuma, A., Uno, M. & Nakashizuka, T. (2019). Importance of national or regional specificity in the relationship between pollinator dependence and production stability. *Sustainability Science*, 14, 139–146.
- 6) Kobayashi, T., Oguro, M., Akiba, M., Taki, H., Kitajima, H. & Ishihara, H. (2020). Mushroom yield of cultivated shiitake (*Lentinula edodes*) and fungal communities in logs. *J. For. Res.*, 25, 1-7.

Ⅱ－3 自然資本・生態系サービスにおける参加型管理オプションと伝統・地域知の評価

東京大学

大学院総合文化研究科

吉田 丈人

大学院農学生命科学研究科

齋藤 暖生

<研究協力者>

東京大学

曾我昌史、小川みふゆ

慶應義塾大学

一ノ瀬友博

名古屋大学

丸山康司、香坂 玲

静岡大学

富田涼都

国立環境研究所

西廣 淳

福井県里山里海湖研究所

宮本康

熊本市都市政策研究所

市川薫

新潟大学

豊田光世

兵庫県立淡路景観園芸学校・兵庫県立大学

澤田佳宏

[要旨]

社会-生態システムの枠組みにおいて、多様なステークホルダーによる参加型生態系管理と、生態系管理における伝統・地域的知識（TLK）活用の現状を評価するとともに、参加型管理オプションと TLK の活用が社会-生態システムの持続可能性に与える効果・影響を評価した。基礎自治体が策定した生物多様性地域戦略の策定過程や取組に関する分析では、多様な主体の参加は、生物多様性地域戦略に取り上げられた具体的な取組数やそれを支える審議過程に影響していたことがわかった。また、TLK の認識や活用は、生物多様性地域戦略の具体的な取組の強化や評価の積極性、地域住民の意識変化に影響していたことがわかった。一方、TLK のインベントリーや分析が不足している現状と、生物多様性地域戦略への活用ニーズの高さも明らかとなった。結果をもとに、生態系管理に関する政策提言を行なった。

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

また、中間評価や拡大アドバイザーボード会合をうけて、TLK の時系列変化の評価や伝承経路の課題についても取り組んだ。新潟県佐渡市の海藻利用文化における TLK と伝承経路の分析では、海藻利用の知識は年齢が若いほど少なく、いわゆる「経験の消失」が起きていることがわかり、海藻利用文化の将来的な衰退が予想される結果であった。また、海藻利用の知識伝承経路を分析したところ、どの世代でも母親を中心とした伝承経路が重要であったが、近年は知識伝承の機会が減少していることがわかった。結果をもとに、TLK の伝承に関する政策提言を行なった。

加えて、石川県における伝統食文化の時系列変化の分析を行なった。10 種類の伝統食のいずれにおいても過去 40 年間で食べる機会が減少しており、その傾向は石川県内のどの地域でも同様で、伝統食文化が衰退しつつあることが示唆された。また、伝統食に使われる 23 種類の食材は異なる自然生態系や農地生態系

から生産されるが、過去 40 年間で、自家栽培などや地域内のおすそわけは減少し店での購入が増加していた。

以上より、当初計画された目標と中間評価や拡大アドバイザーボード会合で指摘された新たな課題について、予定どおり実施することができた。

1. 研究開発目的

社会-生態システムの枠組みにおいて、多様なステークホルダーによる参加型生態系管理と、生態系管理における伝統・地域的知識（TLK）活用の現状を評価するとともに、参加型管理オプションと TLK の活用が社会-生態システムの持続可能性に与える効果・影響を評価することを目的とした。また、中間評価や拡大アドバイザーボード会合での指摘を受け、TLK の時系列変化や伝承経路の課題についても評価した。これらの研究成果を、他のサブテーマ・テーマや行政担当者などと連携しつつ、国レベルや地域レベルの政策提言にまとめて公表した。

社会-生態システムの認識は、持続可能な自然共生社会を構築するための基本概念となっている。地域社会における多様なステークホルダーの参加と彼らがつもつ伝統・地域的知識（TLK）の活用は、自然資本の形成を目的とした生態系管理に重要な効果・影響があると認識されており、生物多様性条約の愛知目標（2010 年）や我が国の生物多様性国家戦略（2012 年）において目標に掲げられている。一方、地球規模生物多様性概況第 4 版（GB04）では、地域社会の参加や TLK の活用に関する愛知目標について、「進展しているがその速度は不十分であり、努力を強化しない限り目標年までに目標を達成できない」と評価されている。それを受けて、IPBES では多様なステークホルダーの参加や TLK の活用について議論が進んでいる。一方、多様なステークホルダーの参加と TLK 活用が自然資本形成に与える効果・影響について、学術的な評価は国内外で十分に進んでおらず、本サブテーマの学術的な貢献は大きい。

2. 研究目標

地域の生態系管理における参加型管理オプションと伝統知・地域知活用の現状を評価するとともに、それが地域の社会-生態系に与える影響を明らかにする。また、伝統知・地域知の時系列変化や伝承経路の課題について評価する。これらの研究成果を、行政担当者などと連携しつつ、政策提言などにまとめて公表する。

3. 研究開発内容

多様な主体による参加型生態系管理および伝統・地域的知識（TLK）活用の現状と社会-生態システムへの効果・影響を評価するにあたり、基礎自治体が策定した生物多様性地域戦略の策定過程や取組に関する分析、全国の高校生が森や海・川の名人から聞き書きした「聞き書き甲子園（森づくり編）」からの TLK の収集と分析、新潟県佐渡市の海藻利用文化における TLK と伝承経路の分析、石川県における伝統食文化の時系列変化の分析を行なった。新潟県佐渡市と石川県における TLK の時系列変化や伝承経路の評価は、中間評価や拡大アドバイザーボード会合での指摘を受けて実施した。

3.1. 生物多様性地域戦略の策定過程や取組に関する分析

生物多様性地域戦略については、サブテーマ 1(4)と 4(2)の研究対象でもあったため、S-15 内のガバナンスワーキンググループとしてアンケート調査を企画した。最初に、8 自治体（1 県 7 市町村）に対し事前ヒアリングを行い、このうち 4 市町村にアンケート調査のプレテストを実施した。アンケートは、サブテーマ

1(4)および4(2)と共同で作成し、上記プレテストを経たのちに、生物多様性地域戦略を策定した70の基礎自治体を対象に実施した。アンケートの回答者は、担当部局の職員、関連部局の職員、生物多様性地域戦略策定委員会委員とした。策定委員会委員へのアンケートの配布と回収は、担当部局の職員に依頼した。

すでに策定されている生物多様性地域戦略の全てを収集したのち、i) 策定委員会委員の属性、ii) 関連する行政部局、iii) 市民アンケートの有無、iv) 企業アンケートの有無、v) 生物多様性地域戦略をきっかけに制定された条例の有無、vi) 生物多様性地域戦略のための協議会の有無を、データ化した。なお、v)とvi)については、各市区町村のウェブサイトも確認した。

解析データとして、アンケート調査の結果、生物多様性地域戦略から抽出したデータ、「生物多様性地域戦略のレビュー」環境省自然環境局自然環境計画課(2017)¹⁾、内閣府統計資料、小黒氏(森林総研)・佐々井氏(東北大)による市区町村別の純生態系生産量を使用した。

解析の際には、収集したデータをMaGinnis & Ostrom(2014)²⁾の社会-生態システムの分析枠組みである、社会的・経済的・政治的設定(Social, economic, and political settings)、資源系(Resource systems)、資源単位(Resource units)、ガバナンス系(Governance systems)、アクター(Actors)に分類した。なお、多様な主体の参加は、アクターの下位区分である「A1:アクターの数(Number of relevant actors)」及び「A2:社会経済的特性(Socioeconomic attributes)」の指標で評価し、TLKは「A7:社会生態系の知識/精神的モデル(Knowledge of SES/mental models)」の指標で評価して、これらを目的変数とした重回帰分析を行なった。

3.2. 「聞き書き甲子園(森づくり編)」からのTLKの収集と分析

聞き書き甲子園は、NPO法人共存の森ネットワークの活動の一つで、高校生が自然と関わる職種の名人を訪ね、名人が歩んできた人生や仕事内容について話を聞きに行き、聞き書きとしてまとめられたものである。2002年から2014年に実施された聞き書き甲子園でまとめられた聞き取り資料(1,168人の名人分)をNPO法人から提供をうけた。最初に、聞き取り資料の中から植物名を抽出し、「植物和名-学名インデックスYList(<http://ylist.info>)」に準じた標準和名と学名を付して植物分類群のリストを作成した。なお、地方名については、「日本植物方言集成」(2001)³⁾などを参照した。次に、それらの植物分類群の利用に関する記述を抽出し、31の生態系サービス(供給、調整、文化的、基盤)に分類した。これらのデータを一元化してデータベースを作成した。

データの解析では、植物分類群と生態系サービスの関係を2部グラフによって可視化し、両者の対応関係を検討した。また、植物分類群数の増減が生態系サービスの種類数に与える影響をレアファクション法により評価した。

3.3. 新潟県佐渡市の海藻利用文化におけるTLKと伝承経路の分析

新潟県佐渡市における海藻利用文化の現状と、海藻利用に関する知識の伝承経路について検討するため、アンケート調査を実施した。最初に、アンケートの具体的内容を設計するため、佐渡市在住の10人に聞き取り調査を行った。聞き取り調査では、主に採れる海藻の種類や自生場所、採取方法、採取目的、採取時期、料理法、食利用以外の利用方法などについて聞いた。18種類の海藻が主に採集できる海藻として挙げられたが、アンケート調査の対象には、佐渡全域でよく知られている海藻を10種類選んで質問した。

アンケート調査は新潟県佐渡市全域を対象として実施し、市内小中高校の生徒と市内10地区からランダムに選定した世帯を対象とした。5,201人の有効回答を得た。知っている海藻の種数、食べたことのある海藻の種数、調理したことのある海藻の種数について、生まれ年との関係を回帰分析により分析した。また、

10種の海藻が食べられることと調理方法をそれぞれ誰に教えてもらったかを年代ごとに整理し、生まれ年（年代）ごとに、伝承経路について評価した。

3.4. 石川県における伝統食文化の時系列変化の分析

地域における伝統食には、生態系・生物多様性からの文化的サービスと食材としての供給サービスの両面性があり、地域文化の一部を構成している。石川県における伝統食文化の時系列変化を検討するため、代表的な日常食と行事食に関するアンケート調査を実施した。最初に、農林水産省が過去に行なった「伝統食を含む食文化の継承及び地域産物の活用への取組状況調査」（農水省 2001）⁴⁾の結果を参考にして、代表的な伝統食として日常食5種類と行事食5種類を抽出した。次に、これらの伝統食の食材について、「日本の食生活全集 17 聞き書石川の食事」（日本の食生活全集石川編集委員会 1988）⁵⁾を参考に抽出した。これらの伝統食を食べる機会とそれらの食材の入手先について、現在、20年前（2000年頃）、40年前（1980年頃）の状況を、アンケート調査により調べた。200人の有効回答を得た。

4. 結果及び考察

4.1. 生物多様性地域戦略の策定過程や取組に関する分析

アンケート調査は66の自治体から回答があり、自治体職員の回答は274票（回収率65%）、生物多様性地域戦略策定委員会委員からの回答は295票（回収率34%）だった。アンケート調査の結果は、サブテーマ1(4)および4(2)と共同で一次集計としてまとめ、協力いただいた自治体に配布したほか、S-15 ウェブサイトにおいて一般に公開した（図3.1）。その一部を紹介すると、伝統知について質問した「生物多様性地域戦略において、世代を超えて受け継がれる知恵・技術・利用方法を取組において、活用していますか。」に対して、「活用していない」と回答した職員が57名、策定委員会委員が72名と多く、活用しなかった理由として「それらの情報がなかった（職員：42%、策定委員会委員：40%）」、「それらの情報をどのように取

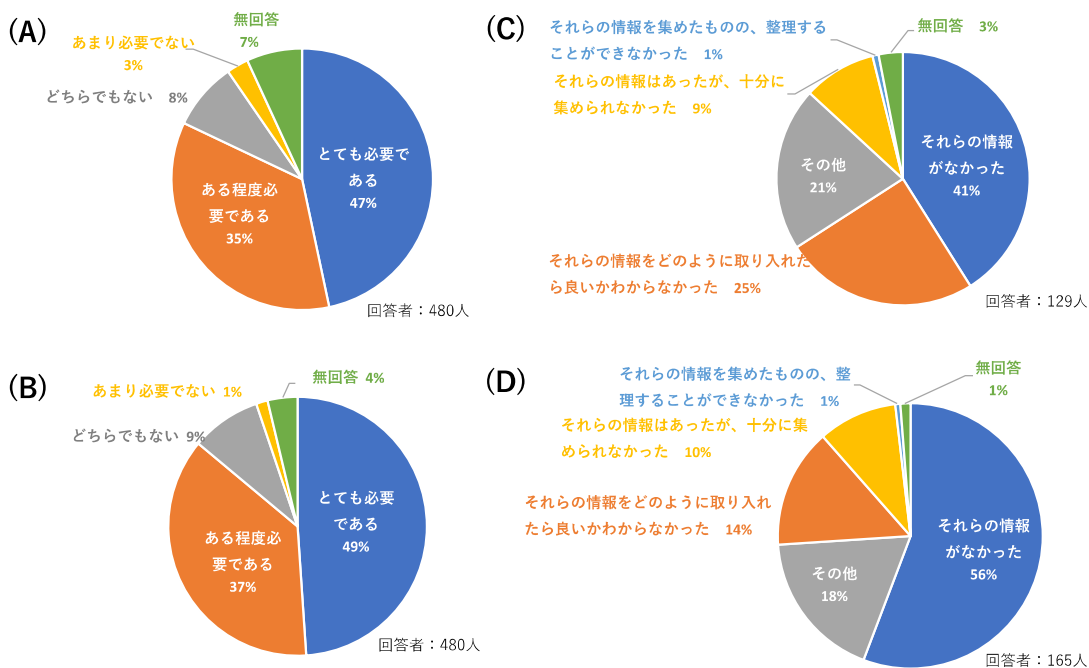


図3.1. 生物多様性地域戦略の推進に伝統知(A)や地域知(B)を取り入れる重要性和、生物多様性地域戦略に伝統知(C)や地域知(D)が活用されていない理由についてのアンケート回答。

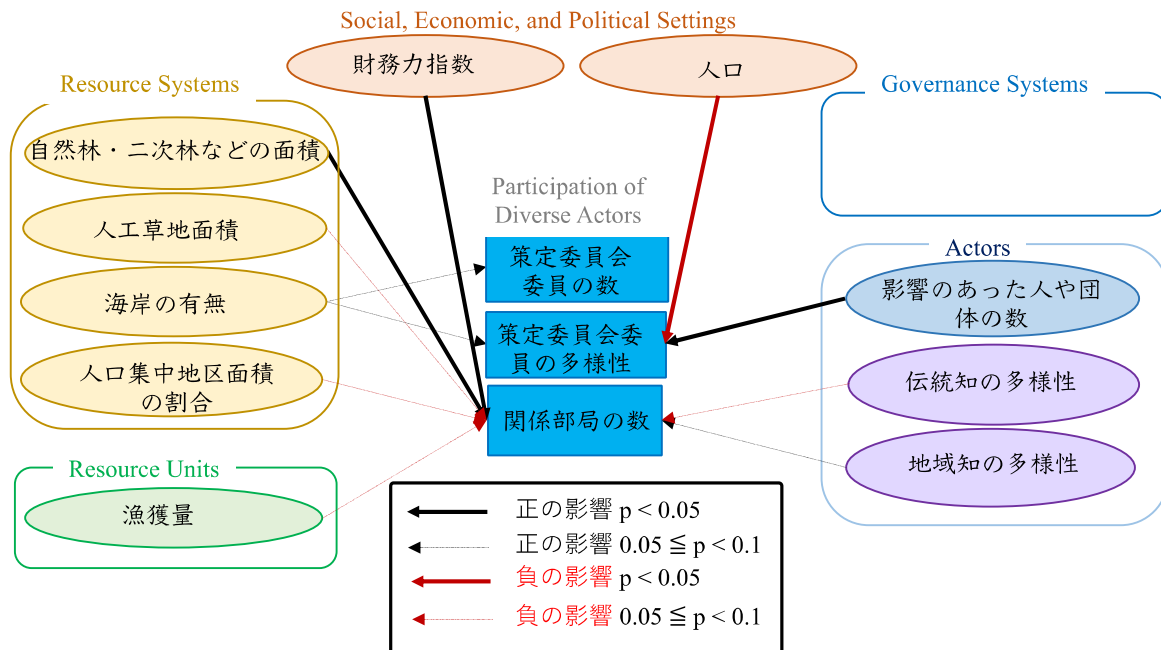


図 3.2. 多様な主体の参加と関連した社会-生態システム枠組みにおける諸要因

り入れたら良いかわからなかった（職員：30%、策定委員会委員：21%）」が主なものだった。一方、伝統知を生物多様性地域戦略に取り入れることについては、「とても必要である」や「ある程度必要である」との回答が主要なものであった。地域知についても同様の傾向があり、生物多様性地域戦略に伝統・地域知が活用されにくい状況が明らかとなった。

多様な主体の参加に関する要素を目的変数とした重回帰分析の結果から、いくつかのことが示唆された（図 3.2）。海岸のある自治体では、しばしば漁業関係者が策定委員に含まれており、漁業関係者が参加することで生物多様性地域戦略策定委員会（以下、策定委員会）の人数が増えたと考えられた。人口の多い都市の策定委員会は、学識経験者、NPO 関係者、公募委員などから構成されることがしばしば見られ、策定委員会委員の多様性は高くなかった。財務力指数が 1 を超える自治体は、名古屋市、横浜市、川崎市、府中市、港区、東海村など 16 市区村あり、これらの市区村では最大で 14 部局が協力して生物多様性地域戦略を策定していた。自然林・二次林などの面積が 40km^2 以上の自治体は、札幌市、いわき市、佐渡市、松本市、静岡市などで、最大で 11 部局が協力して策定していた。自然林や二次林が多く自然豊かな自治体では、多くの部局の業務が生物多様性地域戦略と関わることになったのかもしれない。

伝統・地域的知識（TLK）に関する要素を目的変数とした重回帰分析の結果から、下記のことが示唆された（図 3.3）。伝統知と地域知の重要性の認識は、生物多様性地域戦略の策定に影響のあった人や団体の数と正の関係があった。これは、策定に影響のあった人や団体の中に、地域知の重要性の認識が高い人が含まれていたことによると考えられた。生物多様性地域戦略に活用された伝統知の多様性は、海岸を持たない自治体の方が高かった。生物多様性地域戦略において、海や水産業に関する記載が少なかったことから、海域生態系の保全や水産業と生物多様性地域戦略との結びつきが弱い可能性が考えられた。生物多様性地域戦略に活用された地域知の多様性は、水田面積と畑地・果樹園などの面積と正の関係があった一方で、策定に関与した職員の数と農業産出額とは負の関係があった。農業算出額が高くなるような集約的な農業をおこなっている自治体では、地域知があまり用いられていない可能性が考えられた。

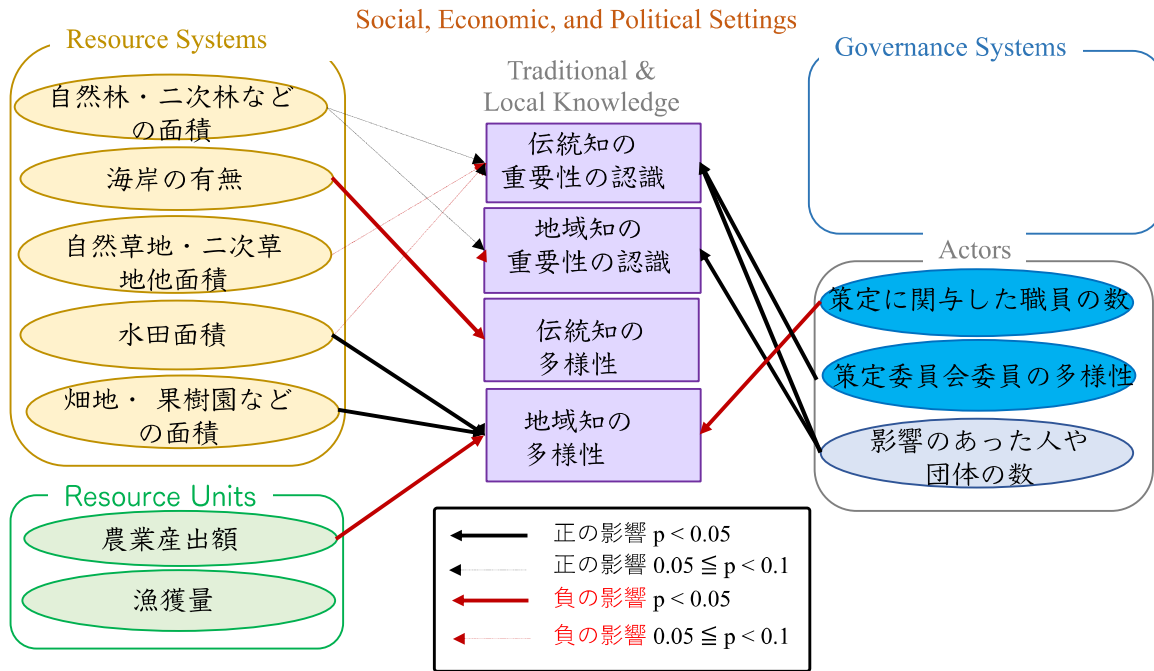


図 3.3 伝統・地域的知識（TLK）と関連した社会-生態システム枠組みにおける諸要因

多様な主体の参加や伝統・地域的知識（TLK）の活用が社会-生態システムに与える影響に関する分析の結果、下記のことが示唆された（図 3.4）。非公式な審議の場の一つである策定委員会以外の打合わせに、多くの職員や策定委員が加わって長く審議しているうちに、参加者における地域知の重要性の認識が高まった

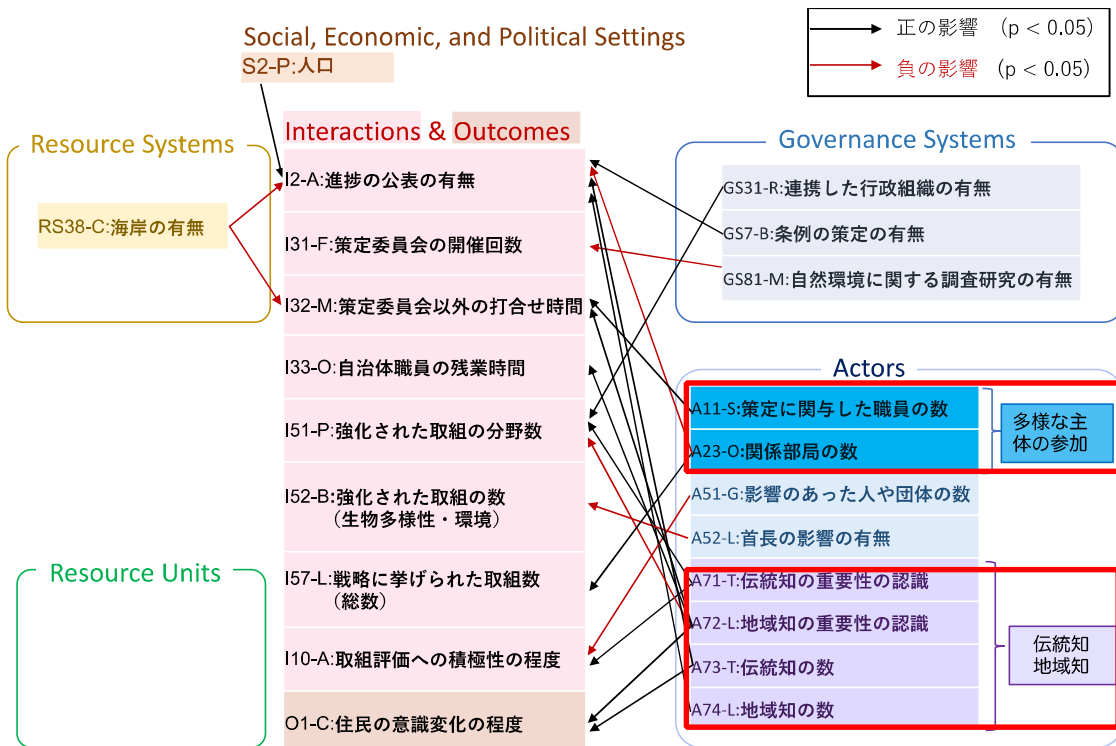


図 3.4 生物多様性地域戦略に基づく生態系の管理において、多様な主体の参加と伝統知・地域知の活用がもたらす効果

という可能性が見られた。一方、地域知の重要性の認識がそもそも高い関係者が打合わせに加わったことにより、長い時間の審議が行われたという可能性もある。策定のための審議において、多くの関係者間で様々な情報が交換され、審議に参加した関係者の間で地域知の重要性が共有される機会となったのかもしれない。いすみ市やあきる野市など多くの自治体で、生物多様性の保全を担当する部局以外にも、農業、林業、および教育などの部局が、生物多様性地域戦略の策定に関わっていた。複数の部局がそれぞれの取組みを持ち寄った場合には、生物多様性地域戦略に取り上げられる取組み数が増えたと考えられた。生物多様性の保全と利益が相反する可能性のある部局が協力することによって策定されていたとも言えるが、これは、様々な立場の関係者が協力し学習することが環境問題に対応する上で重要だという主張（例えば、Bodin 2017⁶⁾）と整合する。

伝統知を生物多様性地域戦略に取り入れることは難しいものの、それでもなお取組に取り入れられた場合には、住民の意識変化をもたらす可能性が考えられた。策定委員や自治体職員は長い話し合いや作業を通じて地域知を学び、その結果として、住民の意識変化へつながる生物多様性地域戦略が策定された可能性が考えられた。生物多様性地域戦略は、伝統知・地域知を再認識し、かつ学習する機会にもなり、地域知の重要性の認識や伝統知の活用が行われることで、住民の生物多様性に関する意識変化をもたらすことができると考えられた。

4.2. 「聞き書き甲子園（森づくり編）」からの TLK の収集と分析

1,168 人の森の名人に対する聞き取り資料から、計 405 種類の植物分類群の生態系サービス利用が確認された（図 3.5）。それぞれの植物分類群が利用されていた件数を集計すると、利用順位と利用頻度の間には明瞭な関係が見られ、利用頻度が低い植物分類群の多様性が非常に高いことがわかった。また、植物分類群とそれがもたらす生態系サービスの関係では、多くの名人が共通して知識を持っている植物分類群と生態系サービスの例がある一方で、数少ない名人だけが植物資源利用の知識を保有している多数の例があることがわかった。たとえば、ある名人一人だけに見られた植物資源利用の知識が 158 分類群・664 件見られた。また、生態系サービスを支える植物分類群の多様性や組成は、生態系サービスの種類により大きく異なってお

植物（405分類群，利用頻度のランク順）

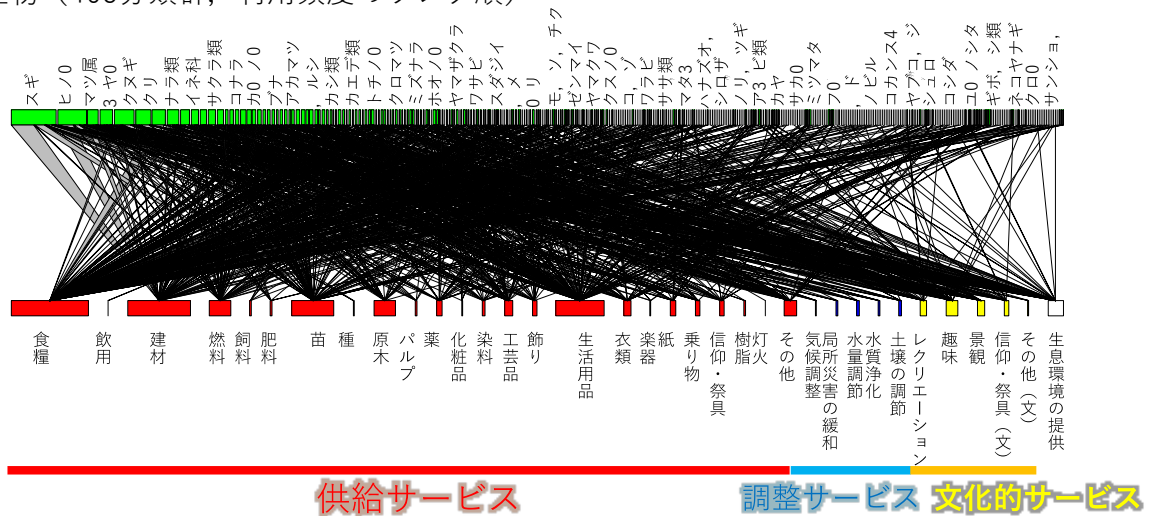


図 3.5. 植物分類群とそれがもたらす生態系サービスの関係

り、1種の植物が最大で22のサービスを支える場合もあった(図3.6)。さらに、1種類の生態系サービスを支える多くの植物分類群の存在(冗長性)も見られた。

植物分類群の多様性と生態系サービスの種類数の関係を分析した結果、全体の半数の生態系サービスを支えるには平均して10分類群あれば足りる一方で、すべての生態系サービスを支えるには、370分類群が必要であることが示唆された。このようなパターンは、生態系サービスを支える植物分類群間の高い冗長性の一方で、希少な生態系サービスを支える植物分類群が存在することを示唆している。

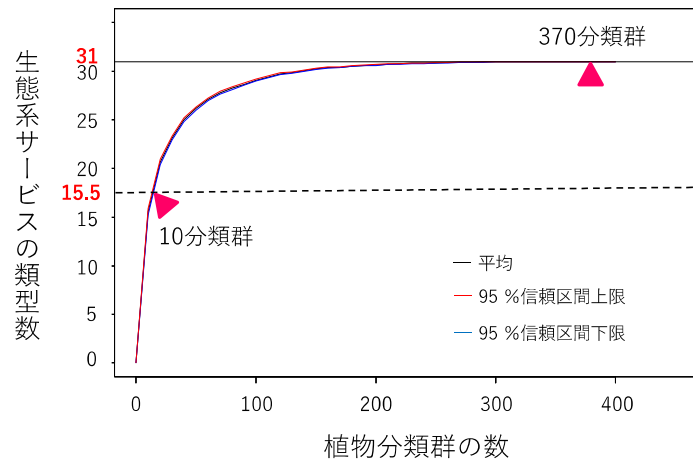


図 3.6. 植物分類群の多様性と生態系サービス種類数の関係

4.3. 新潟県佐渡市の海藻利用文化における TLK と伝承経路の分析

知っている海藻の種類、食べたことがある海藻の種類、調理したことがある海藻の種類のいづれでも、生まれ年との負の関係が見られ、海藻利用の知識は年齢が若いほど少なかった(図3.7)。海藻を食べ始める年齢についても調べたところ、20歳未満であることが多かった。このことから、若年層における海藻利用が世代を追うごとに少なくなっており、いわゆる「経験の消失」が起きていることがわかった。また、経験の消失の程度は海藻の種類によっても大きく異なっていた。海藻利用の知識がこのまま減少すれば、2050年生まれの世代では、食べたことがある海藻の種類が2種類になることが予想される状況である。

海藻利用の知識の伝承経路を分析したところ、どの世代でも母親を中心とした垂直の伝承経路が優占しており、友達や兄弟からの水平伝達や地域の高齢者や専門家などからの斜めの伝達は多くなかった(図3.8)。また、2000年代生まれを境に、「母親が教えてくれた」と回答した人の割合が減少していたことから、母親が海藻利用の知識を子供に教える機会が減少していることが示唆された。一方、学校やメディアな

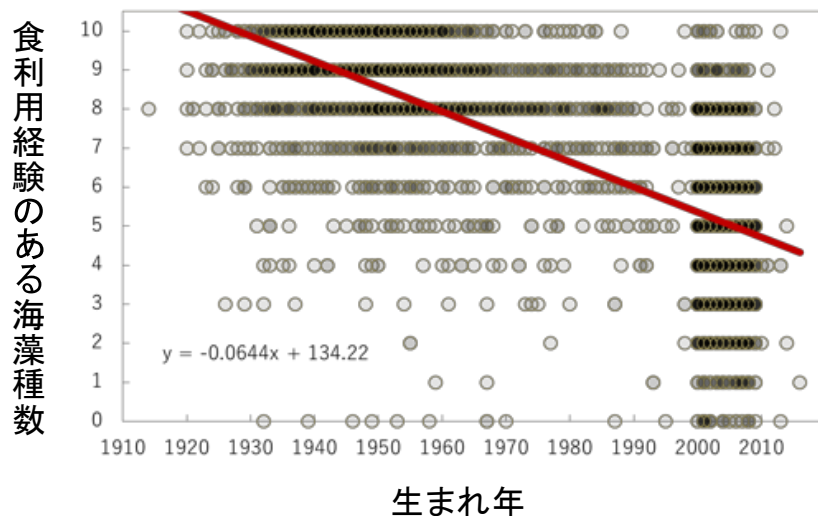


図 3.7. 食利用経験のある海藻種類数と生まれ年の関係

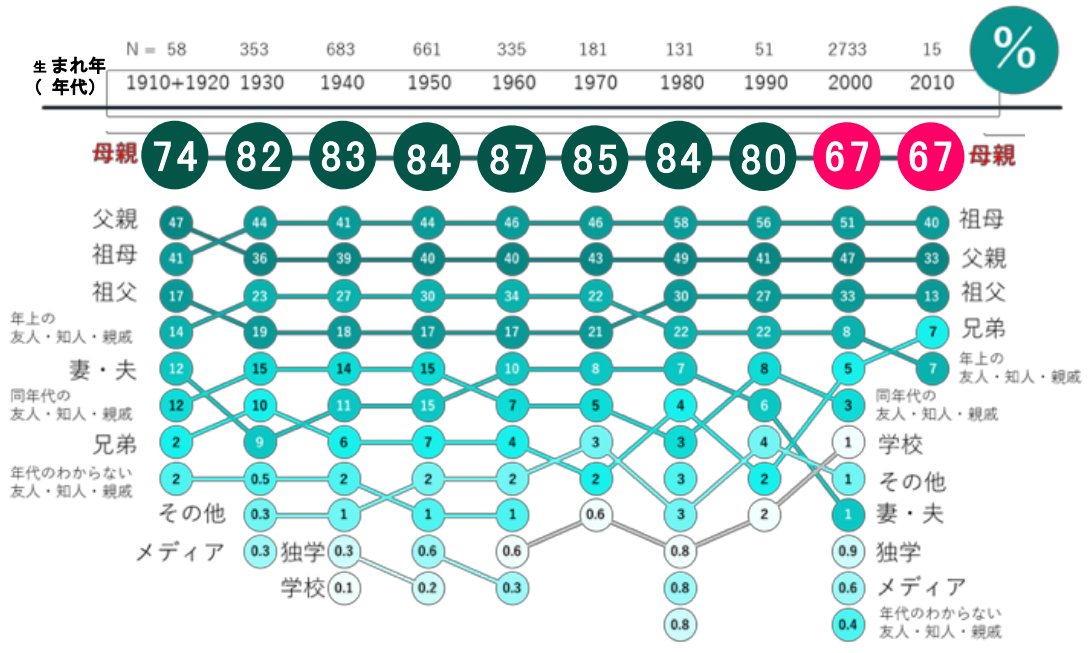


図 3.8. 海藻の食利用に関する知識伝承経路の世代間変化

どの新しい知識伝承ツールなどもあるものの、伝承経路としての母親の役割の減少を代替するような変化は見られなかった。経験の消失が起きている原因について、母親に代わる伝承者の不在や知識伝承ツールが十分に発達していないことが考えられた。

4.4. 石川県における伝統食文化の時系列変化の分析

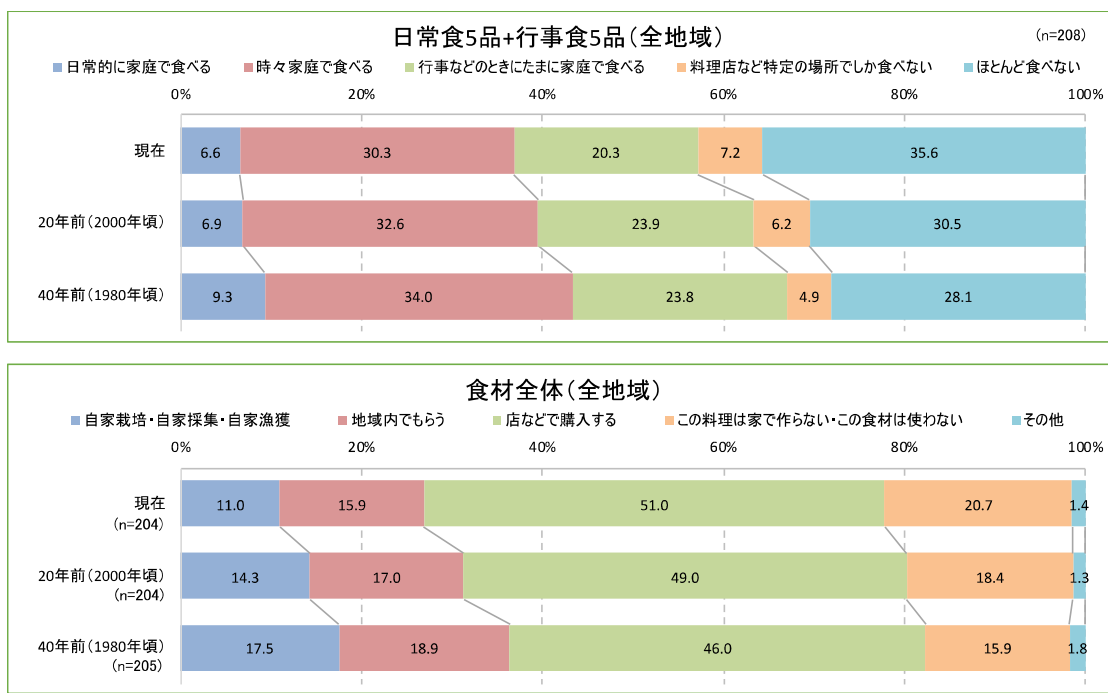


図 3.9. 過去 40 年間ににおける伝統食を食べる機会の変化と伝統食の食材入手先の変化

伝統食とされる日常食5種類と行事食5種類のいずれにおいても、過去40年間で食べる機会が減少していた。その傾向は、石川県内の能登地域か加賀地域か、あるいは都市域か農山漁村地域かによって変わらず、伝統食の文化が衰退しつつあることが示唆された（図3.9）。伝統食に使われる23種類の食材の入手先は、過去40年間で、自家栽培などや地域内のおすそわけは減少し、店での購入が増加していた。また、その傾向は、石川県内の能登地域か加賀地域か、あるいは都市域か農山漁村地域かによって変わらなかった。これら23種類の食材は、海や川でとれるもの、山でとれるもの、農地でとれるものに分かれる。食材が生産される生態系のタイプによって食材の入手先は大きく異なっていたものの、自家栽培などや地域内のおすそわけが減少しているという過去40年間の変化傾向は、食材が生産されるどの生態系タイプでも似ていた。

5. 研究目標の達成状況

地域の生態系管理における参加型管理オプションと伝統知・地域知活用の現状評価については、これまでの研究では限られた事例を対象としたものが多かったが、生態的・社会経済的条件の異なる数多くの事例を同時に比較評価することができた。また、生物多様性地域戦略の策定や取組の実施の比較から、多様な主体の参加や伝統・地域知の重要性を明らかにするとともに、伝統知・地域知の時系列変化や伝承経路の変容についても評価がなされ、生態系管理に関する環境政策この問題の主流化に関する有益な提言を行なった。以上より、当初計画された目標および中間評価等での指摘された課題について、目標どおりの成果をあげた。

6. 引用文献

- 1) 環境省 (2017) 生物多様性地域戦略のレビュー. 環境省自然環境局自然環境計画課
- 2) McGinnis, M.D. and E. Ostrom (2014) Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges. *Ecology and Society* 19(2), 30
- 3) 八坂書房 (編) (2001) 日本植物方言集成. 八坂書房
- 4) 農林水産省 (2001) 伝統食を含む食文化の継承及び地域産物の活用への取組状況調査
- 5) 日本の食生活全集石川編集委員会 (1988) 日本の食生活全集 17 聞き書石川の食事
- 6) Bodin, Ö. (2017) Collaborative environmental governance: Achieving collective action in social-ecological systems. *Science* 357, 6352, eaan1114

Ⅱ-4 流域・河川生態系における自然資本・生態系サービス評価と沿岸域へのつながり

国立大学法人 北海道大学

北方生物圏フィールド科学センター

農学研究院

柴田 英昭

中村 太士・森本 淳子・内田 義崇

<研究協力者>

国立大学法人 北海道大学

井上 貴央・三浦 一輝・石山 信雄・堀田 亘・長根 美和子・平野 和貴

国立大学法人 東京大学

鈴木 智之

国立大学法人 東北大学

佐々井 崇博

[要旨]

流域には森林、湿地、農地、都市などさまざまな土地利用が混在し、河川を通じて沿岸域に連結している。流域生態系には炭素固定、食糧供給、水質・洪水調節に関連した多様な自然資本、生態系サービスがあり、人間社会に多くの便益をもたらしている。同時に、流域・河川から沿岸域に供給される栄養塩等の物質は、沿岸の生物多様性、生態系サービスにさまざまな影響を及ぼしている。本サブテーマでは、流域の自然資本や生態系サービスによる自然的価値を現地調査やモデル解析などの多角的な手法を用いて評価し、気候変動や土地利用変化の影響を解析することを目的とした。また、流域河川における人為改変が自然資本、生態系サービスに及ぼす影響を解明し、流域・河川生態系と沿岸域の連結性について、沿岸への物質フローが沿岸の生態系サービスに及ぼす影響を調べることで、森川里海の相互関係を解明することを目標とした。森林域では炭素貯留サービスに着目し、台風等の攪乱後における森林管理の方法により将来における森林域での炭素収支や炭素貯留サービスが大きく変動することを示した。また、農地における肥料管理の内容によって流域から河川への栄養塩供給が変化することを、現地における農地レベルでの詳細な窒素収支データから明らかにした。河川域においては森川里海の連結性の指標となるサクラマス・カワシンジュガイの生息や生残率の空間分布に及ぼす要因について、流域の土地利用変化や河川の物理環境、水質変化による影響を明らかにし、下流の沿岸域での生態系モデルとの結合を行った。流域から沿岸生態系への栄養塩供給サービスの変化については現地調査と生態系プロセスモデルを用いて、土地利用や気候変動が水質調整や栄養塩供給サービスの時空間変化に及ぼす影響を評価すると共に、全国レベルでのシナリオ別の空間評価を行った。これらの結果から、気候変動や土地利用変化に対する陸域生態系の自然資本および生態系サービスは大きく変化することが示され、森林や農地における農林業活動の方法（倒木処理や施肥管理）によりその変化の程度が異なることも明らかとなった。それらの変化による陸域から河川、沿岸への栄養塩（窒素）流出の変化は、河川水質や土砂濃度の変動を通じて森川里海の連結性を示す生物指標（カワシンジュガイ）の生態に影響することも解明された。流域と沿岸の結合性評価についてはサブテーマ 3-2 と緊密な協力の下に進められ、当初目標を十分に達成する成果を得ることができた。

1. 研究開発目的

人間に多様な福利をもたらす自然資本、生態系サービスは、生物多様性や生態系プロセスを基礎とし、多種多様な生態系が独立あるいは相互依存しながら成立している。自然資本、生態系サービスが生態系間でのように相互関係にあるのかを理解するためには、流域単位で解析することが有用である。流域には森林、湿地、農地、都市などの複数の土地利用が混在し、河川を通じて沿岸域に連結している。流域生態系には炭素固定、食糧供給、水質・洪水調節に関連した多様な自然資本、生態系サービスがあり、人間社会に多くの便益をもたらしている。同時に、流域・河川から沿岸域に供給される栄養塩等の物質は、沿岸の生物多様性、生態系サービスにさまざまな影響を及ぼしている。しかしながら、流域から沿岸への連結性や相互関係については、評価手法の困難さや観測データ不足のために学術的な知見が不十分である。流域－沿岸の相互関係を適切に考慮しなければ、陸域、沿岸双方の自然資本を過小評価する可能性がある。国連ミレニアム評価、IPBESなどの国際的な取り組みにおいても、生態系間相互作用や連結性を考慮した生態系サービス評価の重要性が指摘されている。また、変動環境下での将来予測は、国内の限られた天然資源状況下で森里川海の連結性を活用した生態系サービスの最大化や、それを可能とする土地利用や保全管理手法を構築することにもつながり、社会的・経済的意義がきわめて大きい。そこで、流域・河川生態系における自然資本・生態系サービス評価と沿岸域へのつながりを明らかにするため、以下の研究開発目的を設定した。

1.1. 森林生態系の炭素貯留サービスの評価

近年、気候変動が森林生態系に及ぼす影響は無視できないものとなりつつあり、気候変動に適応した森林管理策が求められている (Gustafson et al. 2020)。気温上昇や降水量の変化は実生定着や成長、枯死などの樹木の生理的応答に影響を与えることで、生育適地や森林樹木の種組成の変化を招く可能性が指摘されている (Van der Putten 2012)。また、気温上昇によって枯死木や土壌の分解速度が上昇するため、森林の炭素収支を悪化させる可能性もある (Wu et al. 2019)。森林は人為的な CO₂ 放出量の約 1/4 を吸収するほどの CO₂ 吸収源として機能しているため、森林の炭素収支の変化は大気中の CO₂ 濃度に影響を与える (Pan et al. 2011)。

自然撓乱の頻度や強度の増大も森林の生態系サービスの低下や生態系の変化を招く (Johnstone et al. 2016)。森林は、これまで経験してきた撓乱レジームに対する回復力を備えているが (Turner 2010)、撓乱頻度や強度の増大によって回復力を超えるほどのダメージを与えられると、元の森林生態系の構造や機能を回復できない可能性がある (Ratajczak et al. 2018)。風倒撓乱についても、特に北西太平洋の高緯度地域で勢力の強い台風の襲来頻度が増加すると予測されており (Murakami et al. 2012)、森林生態系への影響は避けがたいだろう。したがって、気候変動下でも森林生態系を保全し生態系サービスを発揮させるために、適切な森林管理策を検討する必要がある。

そこで、以下の2つの目標を設けた。(1) 北海道大雪山系の森林における1954年洞爺丸台風による森林倒壊を題材にし、風倒が発生しなかった森林、風倒発生後、倒木を残置した森林、風倒発生後、Salvage Loggingを行なった森林の3つの比較により、大規模風倒撓乱とその後の施業が北方林の地上部・地下部炭素蓄積に及ぼす長期的な影響を明らかにする。(2) プロセスベースの森林景観シミュレーションモデル LANDIS-II (Scheller et al. 2007)を用いて、気候変動と風倒後管理が森林の種組成と炭素収支に及ぼす影響を、林分と景観の2スケールで解明する。

1.2. 農地生態系から河川への栄養塩循環の評価

里と川、海に関係する大きな課題の一つは農地からの栄養素の流亡である。例えば栄養素の一つである窒素は硝酸態窒素として河川へ流出したり、温室効果ガスである亜酸化窒素などとなり大気へ排出されたりする。これら環境負荷リスクを防ぐ一つの方法は、農場内で栄養素を循環させ、外に出さない経営法、いわゆる循環型農法を確立することである。しかし、個々の農場がどの程度の効率で循環型農法を達成しているのかを正確に評価するには、多大な労力がかかる上、農場の経営面でのパフォーマンスが見えてしまう、などの問題もあり、これまで本国ではそれほど研究が進んでいなかった。一方で、市町村レベルや都道府県レベルでは、循環型農法が達成されていないということが示唆される研究報告も多く、個々の農家がどういった部分でそれを達成できるのかというスケールダウンした研究が必要であった。農産業の中で、最も環境負荷リスクが高くなりうるのは酪農産業である。酪農牛は摂取した栄養素の7～8割を排泄するため、効率の良い家畜とは言えないが、高度化した人類の食生活を支える重要な生き物である。特に、厳しい気候故、畑作がそれほど発展していない北海道東部などでは、牧草を人類が吸収できるタンパクや脂肪へと変化させる酪農産業が人々を長年支えてきている。そのため、酪農産業は厳しい気候や低い土壌肥沃度といった課題がある地域において、森里川海生態系からサービスを得て人類が暮らす上で極めて重要である。

一方で、先述した食の高度化により、酪農産業はより集約的に生産性を上げることが求められており、日本の主要な酪農地帯である北海道でも、牛舎の大型化や個々の酪農家が法人化することによる集約的経営が発達してきている。特にTMRセンターと呼ばれる濃厚飼料と自給飼料管理を集約的に行う施設を中心とした酪農経営形態が近年発展しており、このセンターにより酪農家は搾乳に集中出来、施肥管理や収穫など土地管理をセンターが行うという分業制が敷かれているシステムができつつある。このTMRセンターが、どの程度循環型農法を達成できているのかを調べる研究はこれまでほとんど無いが、農家からの聞き取りなどでは、TMRセンターに所属することで、搾乳に集中でき、増産が可能となったという結果も出ており、新たな酪農産業に関わる課題が生まれる懸念がある。一方で、経営面で問題があった農家もTMRセンターの設立により安定化するという利点もあり、本研究全体のテーマである森里川海により地方が経済的にも安定することと、環境負荷を低減することのバランスを取る意味で、TMRセンターを対象に循環型農法の達成度を研究する必要があった。

そこで、北海道内の2件のTMRセンターを対象に、主に聞き取り調査や伝票の解析などを通じて、栄養素の循環について調べる研究を行った。特に、窒素について検証し、その収支を明らかにすることを目的とした。

また、農業生態系から水域へと流亡する反応態窒素を抑制する意味で、川岸の森林生態系は重要な意味を持つ。川岸土壌は高い地下水面を有している、氾濫源となっている、などの理由で、水分量が高いため、還元的环境を好む微生物群が生育していると考えられる。そのため、反応態窒素、特に硝酸態窒素の還元が進み、一酸化窒素ガスや窒素ガスなどとして窒素がガス化する可能性が高い。そのため、酪農地帯を流れ、最終的に重要な漁業地域である厚岸湾へと流れ込む別寒辺牛川の川岸域において、多地点で土壌を採取し、その脱窒活性と微生物群に関する調査を行った。そのことで、別寒辺牛川のどの場所で脱窒活性が高いのか、またその理由となる微生物群は何なのかを評価することを目的とした。

1.3. 河川生態系の自然資本・生態系サービスと生物指標

高い水質浄化機能を有するカワシンジュガイ属（カワシンジュガイ *Margaritifera laevis*、コガタカワシンジュガイ *M. togakushiensis*）は、川と海を行き来する遡河回遊魚が生活史の一時期に宿主となる。そのため、カワシンジュガイ属は河川および沿岸域のつながりの指標となり、水質浄化等の生態系サービスを担う重要な生物といえる。本研究では、カワシンジュガイ属が提供する生態系サービスの維持・向上を目的

とし、道内でのカワシンジュガイの再生産状況とその規定要因を明らかにすることを目的とした。尚、コガタカワシンジュガイの再生産規定機構の解明については、サブテーマ 3-2 と協力しており、その報告を参照されたい。また、生活史の完結に欠かせない宿主魚類（カワシンジュガイ：サクラマス *Oncorhynchus masou*、コガタカワシンジュガイ：アメマス *Salvelinus leucomaenis leucomaenis*）の密度規定要因についても検証することを目的とした。

1.4. 陸域の自然資本・生態系サービス、沿岸域への連結性に及ぼす影響の予測

自然資本・生態系サービスは多種多様な生態系が独立あるいは相互依存しながら成立している。流域には森林、湿地、農地、都市などの複数の土地利用が混在し、河川を通じて沿岸域に連結しているため、自然資本・生態系サービスの生態系間の相互関係は流域単位で解析することが有用である。流域生態系は炭素固定、食糧供給、水質・洪水調節などの自然資本・生態系サービスを通じて流域社会に多くの便益をもたらすと同時に、栄養塩等の供給を通して沿岸の生物多様性や生態系サービスにも影響している。しかしながら、流域から沿岸への連結性や相互関係については、評価手法の困難さや観測データ不足のために学術的な知見が不十分である。そこで本研究では、以下の目的を掲げた。拠点地域における将来の気候変動・土地利用変化が流域から河川・沿岸への栄養塩溶脱量に及ぼす影響を予測し、将来の気候変動・土地利用変化による栄養塩溶脱量の変化が河川および沿岸の自然資本・生態系サービス（河川ではカワシンジュガイの生残率、沿岸では植物プランクトンと二枚貝の生産性）に及ぼす影響を予測することを目的とした。さらに、全国スケールにおいて将来の土地利用変化が流域から沿岸域への栄養塩流出量に及ぼす影響を予測することを目的とした。なお、沿岸生態系への影響予測の詳細についてはサブテーマ 3-2 を参照されたい。

2. 研究目標

気候変動および土地利用変動の影響下における流域・河川生態系の自然資本・生態系サービスの実態を明らかにし、人為改変による影響評価や、テーマ 1 で開発された複数の将来シナリオを考慮に入れた予測を行う。テーマ 3 と共同で流域・河川生態系と沿岸域の連結性について、生物指標や栄養塩循環の観点から森里川海のつながりを明らかにする。

3. 研究開発内容

3.1. 森林生態系の炭素貯留サービスの評価

(1) 大規模風倒攪乱とその後の施業が北方林の炭素蓄積に与える長期的影響

調査は、北海道上川町、上士幌町、置戸町に位置する国有林で行った。この地域は、洞爺丸台風（1954 年台風 15 号, Marie）による大規模な森林風害を経験している（玉手ら 1977）。倒壊した森林では、数年の間にチェーンソーや馬、スキッターなどを用いて Salvage Logging（風倒木の伐採・搬出）が行われた。風倒攪乱の有無、および風倒後の Salvage logging の有無による差異を明らかにするため、3 種類の調査地（処理区）を設け（(1) 老齢林（OG）、(2) 1954 年洞爺丸台風で風倒が発生し、その後倒木を残置した林分（WT）、(3) 1954 年洞爺丸台風で風倒が発生し、Salvage Logging を行なった林分（WT +SL）、毎木調査、倒木調査、土壌調査、炭素分析を行った。

(2) 気候変動と風倒後の管理が北方林の種組成と炭素収支に及ぼす影響の予測

北海道富良野市に位置する東京大学北海道演習林東半分の森林域（12,169 ha）を LANDIS-II によるシミュレーション対象とした。①木本と草本の競争関係、②倒木上更新の 2 つのプロセスを LANDIS-II NECN succession v6.3 に追加した。本研究では、風倒レジームシナリオ（4）、気候シナリオ（3）、風倒後管理シ

ナリオ (3) の総当たり、合計 36 シナリオについて評価した。また、種子散布や定着、風倒箇所を選択では不確実性を伴うため、各シナリオについて 3 回反復を行なった。シミュレーション期間は 2015-2130 年の 115 年間とした。また、風倒後管理に関わるライフサイクルアセスメント (LCA) も行い、炭素収支を最大化できる風倒後管理を検討した。

3.2. 農地生態系から河川への栄養塩循環の評価

酪農産業の新しい経営形態である TMR センターの栄養素循環について検証するために、北海道内の 2 カ所の TMR センターを対象に聞き取り調査を行った。個人情報を含むため、ここではこの二件を TMRa、TMRb と呼ぶ。右図が二つの TMR センターの基礎情報であるが、TMRa は 20 件の酪農家が集まっているのに対し、TMRb は 4 件であり、センターのスケールは大きく異なる。また、土地面積あたりの酪農牛数 (Stocking rate) も TMRa が大きく上回っており、TMRa はより集約的に管理された酪農場であることがわかる。

聞き取り調査の内容としては、窒素の収支や循環に関する数値を得ることを目的に、窒素の投入量として、輸入飼料、肥料、敷料、牛、また窒素の持ち出し量として、生乳、自給飼料、牛、糞尿、に関する情報を得た。さらに、堆肥やスラリーといった異なる形態で保存され散布される糞尿についての情報を得ることができた。一年間 (2019 年 1 月～12 月) のデータを合算し、それぞれの TMR センターを比較するために単面積あたりの窒素量 (kg N/ha) として数値化した。

川岸域において、脱窒能やそれに関わる土壤微生物コミュニティ構造のばらつきを解析するために、別寒辺牛川流域の 15 カ所から土壌を採取した。その土壌に関して、水分量、密度、pH を評価し、さらに微生物群集構造を土壌 DNA 中のバクテリア由来 16S rRNA を解析し調べた。また、土壌の脱窒活性に関しては、土壌を嫌気下 (100% 窒素ガスもしくは 90% 窒素ガス + 10% C₂H₂) で密閉培養し、培養の前後 (2 時間) で増減する一酸化二窒素ガス濃度を調査する方法で調べた。二種類のガスを用いることで完全脱窒 (一酸化窒素ガスを窒素ガスまで還元する反応) と不完全脱窒を行う反応のバランスを評価した。

3.3. 河川生態系の自然資本・生態系サービスと生物指標

カワシンジュガイの再生産状況および再生産規定要因を明らかにするため、保護水面河川を含む道内の 10 のサテライト流域に計 26 の調査地点を設け、生物および非生物要因の調査を行った。稚貝は 10 歳以下の個体と定義し、稚貝割合 (稚貝数/全個体数) を再生産の程度を示す指標として算出した。採捕した一部の個体から殻長-年齢関係式を各地域 (道央、道北、道東) で作成することで、全採集個体の年齢を推定した。また、コガタカワシンジュガイとの種判別はサブテーマ 3-2 で三浦らが作成した判別式を使用した

(Miura et al. 2019)。再生産規定要因の解析には一般化線形混合モデル (GLMMs) を用い、規定要因として、水深、夏季最高水温、細粒土砂割合 (粒径 0.042~0.25mm)、宿主 (サクラマス) 密度、およびそれらの二乗項を採用した。尚、宿主密度は“天塩魚類生息環境に関する専門会議”および“さけ・ます内水面水産試験場”からデータ提供を受けた。

宿主魚類の密度規定要因を明らかにするため、拠点流域 (別寒辺牛川) を含む道東の 11 の流域に計 42 の調査地点を設け、魚類および環境要因の調査を行った (Ishiyama et al. 2020)。魚類採捕には電気ショッカーを用い、2 回採捕での総採捕個体数をサクラマスとアメマスについて記録した。解析には構造方程式モデリング (SEM) を用い、景観スケール要因-局所環境要因-宿主密度の関係性を評価した。景観スケール要因として、流域サイズ、土地利用 (流域内の農地率)、地質 (調査地点を中心とした直径 1km 圏内の火山岩率)、河川勾配を用いた。局所環境要因には、電気伝導度、河床材料の大きさ、電気伝導度と河床材料の大きさの交互作用、生息場の複雑性を用いた。電気伝導度は富栄養化の指標として用い、その値が高いほど全

窒素濃度 ($r = 0.86$) および全リン濃度 ($r = 0.51$) が高いことを示す。また、生息場の複雑性は各調査区の水深、流速および河床材料の大きさの変動係数を主成分で1軸に統合したものであり、その値が高いほど各変動係数が高いことを示す (水深: $r = 0.75$ 、流速: $r = 0.84$ 、河床材料: $r = 0.78$)。

3.4. 陸域の自然資本・生態系サービス、沿岸域への連結性に及ぼす影響の予測

拠点地域は北海道東部に位置する別寒辺牛川流域とした。サブテーマ1(2)が作成した人口分布の将来シナリオを基にして、別寒辺牛川流域の土地利用変化の将来シナリオを設定した。将来の自然資本の利用に関して、人工資本活用シナリオでは森林伐採量が減少し耕作放棄地は増加する一方、自然資本活用シナリオでは森林伐採量が増加し耕作放棄地が減少するように設定した。流域内での人口分布の分散と集中(コンパクト)の違いは耕作放棄地の場所に反映させた。現状の土地利用変化のトレンドが継続するBAUシナリオと合わせて計5つの土地利用変化シナリオを設定した。気候データは気候変動に対して政策的緩和策が取られないシナリオ(IPCC RCP8.5シナリオ)の予測値を別寒辺牛川流域用に補正したものを使用した。これらのシナリオを生態系プロセスモデル(LANDIS-II)に与えることで2015年から2050年にかけての気候と土地利用の変化に対する流域の植生と窒素動態の応答をシミュレーションした(サブテーマ1(2)と協働)。また、上述のシミュレーションによって得られた流域からの窒素溶脱量の予測値と森里川海連結性の生物指標であるコガタカワシンジュガイの稚貝の生残率推定モデル(サブテーマ3-2を参照)を組み合わせる将来気候と土地利用分布下におけるコガタカワシンジュガイの生残率を予測した。

さらに、全国スケールにおいて将来の土地利用変化が流域から沿岸域への栄養塩流出量に及ぼす影響を予測するため、公開されている全国の一級河川と浄水場の水質データから機械学習により、全国スケールでの土地利用変化シナリオ別の河川水の窒素濃度分布を推定した。そして、PANCESの土地利用シナリオに基づいて将来の窒素濃度分布を予測し、集水域から沿岸への窒素流出濃度を推定した(サブテーマ2(1), 2(2)と共同)。

4. 結果及び考察

4.1. 森林生態系の炭素貯留サービスの評価

(1) 大規模風倒攪乱とその後の施業が北方林の炭素蓄積に与える長期的影響

風倒後の森林管理が、森林の各炭素蓄積に与える影響を図4.1に示す。森林全体・生立木・枯死木・鉍質土層では、処理区間で有意差はなかったが、腐朽度の高い枯死木・O層の炭素蓄積は、WT+SLはWTより低かった。風倒後の倒木搬出から半世紀以上経過しても森林全体の炭素蓄積は回復途上であることが明らかになった(Hotta et al. 2020)。

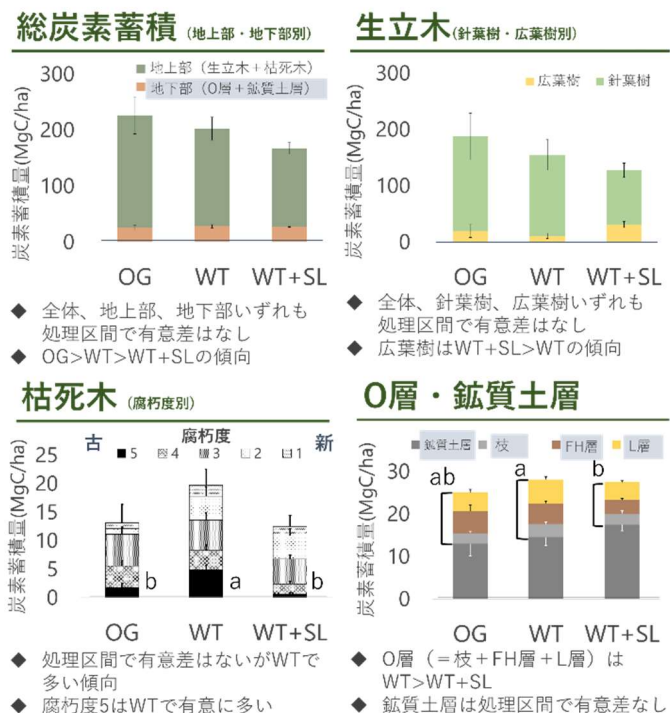


図4.1. 風倒後管理と森林の炭素蓄積 (堀田ら、第130回日本森林学会大会 P1-125より)

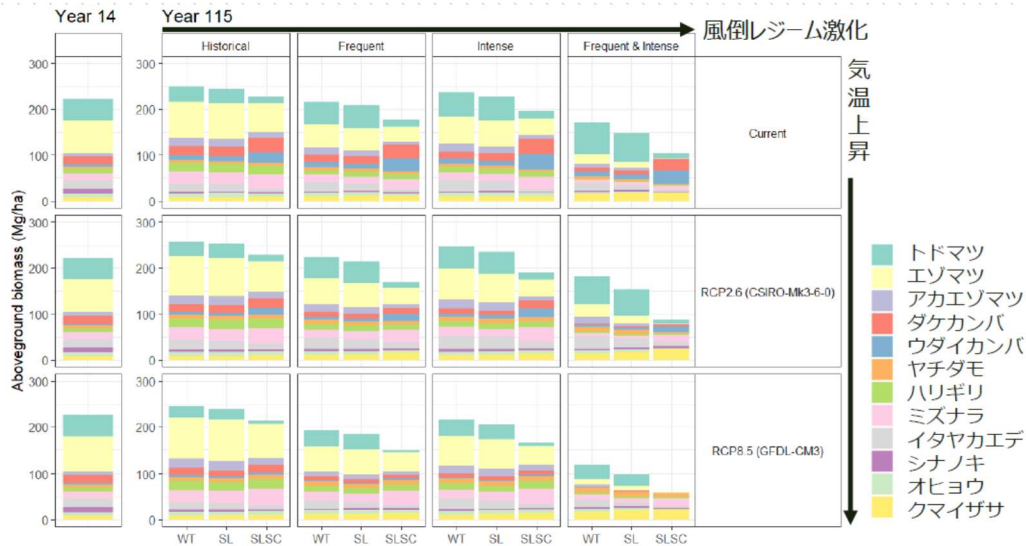


図 4.2. 風倒レジーム、気候、風倒後管理が森林の樹木の種組成に与える影響

(2) 気候変動と風倒後の管理が北方林の種組成と炭素収支に及ぼす影響の予測

風倒前 (Year 14) の種組成と、風倒後 (Year 115) の種組成の予測結果を図 4.2 に示す。掻き起こし (SLSC) をすると前生稚樹が破壊され、遷移初期種であるカンバ属主体の森林が形成されたが、高温環境下ではより温帯性のミズナラが優占した。倒木搬出 (SL) すると倒木依存種 (エゾマツ) の更新場所が失われるため、2 度目の風倒後にはエゾマツが更新しなかった。さらに、気温上昇や風倒後管理の影響を受けた稚樹層が風倒を機に上層木へと成長するため、風倒頻度・強度が増大するほど景観全体の種組成への影響が大きくなった。本研究から、風倒後管理による風倒レガシーの除去は、気候変動による種組成変化を助長することが示唆された。

LCA で推定した CO₂ 排出量を含めた炭素収支を図 4.3 に示す。風倒頻度や強度が増大すると、景観の純生態系生産量 (NEP) は SL, SLSC, WT の順で大きくなった。倒木残置によるその後の純一次生産量回復の速よりも、枯死木の増加による従属栄養呼吸量の増加分が大きかったため WT で NEP が最小となった。LCA を含

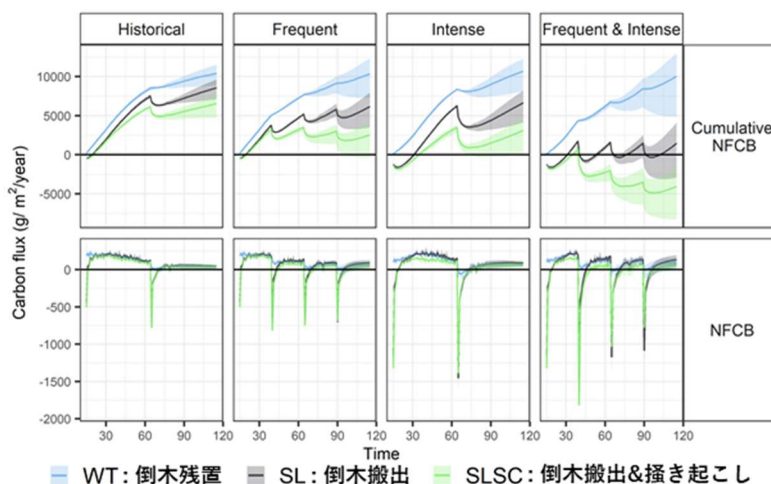


図 4.3. LCA で推定した CO₂ 排出量を含めた炭素収支 (NFCB: 伐採、輸送、製材工程、廃棄による CO₂ 排出量を含む森林セクター全体の炭素収支)

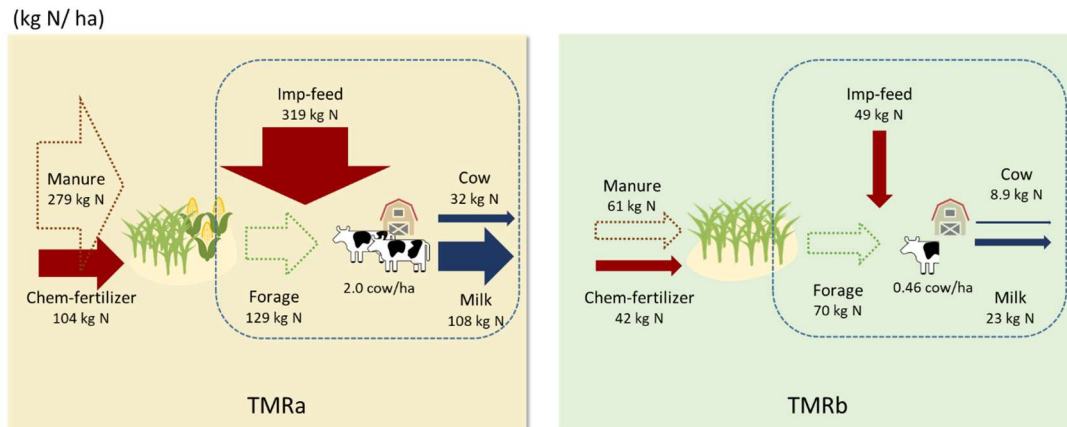


図 4.4. 二つの TMR センターにおける窒素の循環を簡易的に示した図。それぞれの農場図の左側矢印で堆肥 (Manure) や化学肥料 (Chem-fertilizer) の持ち込みが示され、図の右側で牛 (子牛販売や死亡牛など、Cow) や生乳 (Milk) としての持ち出しが示されている。下向きに示された矢印は持ち込まれた輸入飼料である。単位は kg/ha/year。

めた炭素収支の指標、Net Forest-sector Carbon Balance (NFCB) のシミュレーション全期間の累積値は WT で最大となり、SL、SLSC では温暖な気候下で風倒頻度・強度が増大した場合には負の値 (正味 CO_2 を放出) を示した。本研究から、気候変動下で炭素収支を最大化できる風倒後管理は倒木残置であることが示唆された。

4.2. 農地生態系から河川への栄養塩循環の評価

営農方法が異なる 2 つの TMR センターの比較 (図 4.4) から、TMRa では、化学肥料に加えて堆肥、スラリ一として大量の窒素が投入されていることがわかった。自給飼料として TMRa では牧草とデントコーンが用いられているが、これらが土壌から吸収する窒素量は 129 kg/ha である一方で、化学肥料と堆肥として 400 kg N/ha 近く投入されており、土壌への窒素蓄積や周辺環境への流出が懸念される (Toda ら、2020)。一方で、TMRb では、自給飼料の窒素吸収量と、堆肥や化学肥料としての窒素投入量のバランスが取れており、環境負荷リスクに関してはリスクが少ないと考察した。しかし、土地面積あたりの生乳生産量は TMRa の四分の一以下であり、経営面で持続性を評価した場合リスクが高くなる場合もある。

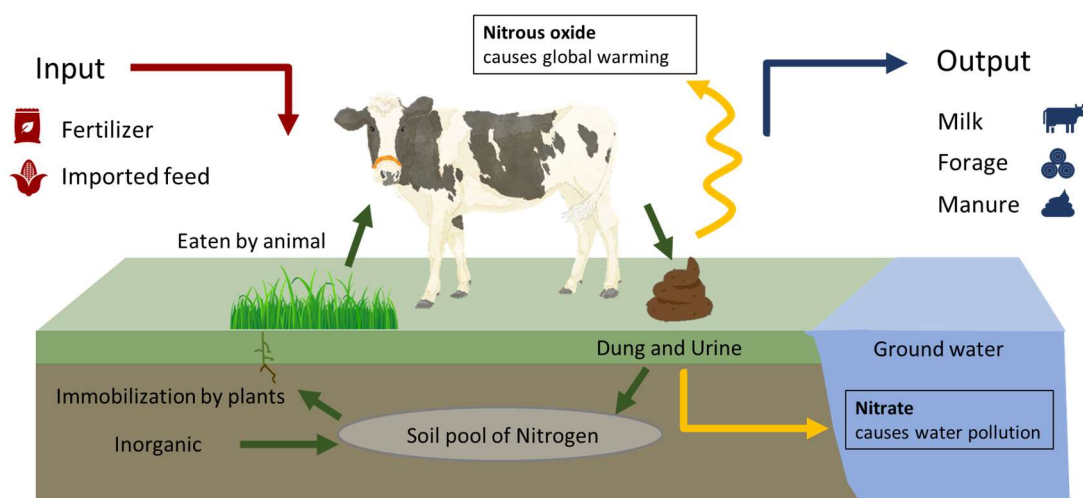


図 4.5. 酪農場における栄養素循環

TMRa、TMRbは、気候や土壌、土地価格などで大きな違いがあり、そのような背景がこれらの違いを生んだと考えられる。TMRaはデントコーンを自給飼料生産の中心に据えることができる気候を有しているが、土地価格は非常に高く、単位面積あたりの収量を最大化する必要があるが、地元農協はさらなる増産を目指している。一方で、TMRbはデントコーンが育たない地域に位置しており、経営者も必ずしも増産を目指すのではなく、地方の活性化（離農の防止）なども背景にTMR化を進めてきたと述べており、経営面での優先度が栄養素循環の健全度と大きく関わっていることがわかった。

今後の課題や研究の発展性に関して、一つは、本研究ではデータの精度が大きな問題であった。堆肥に関わる部分では、散布量やタイミングが正確に記録されていない（トラック何台分など）、散布場所についてもはっきりしないという場合が多く、これらを記録する文化を根付かせることが極めて重要である。研究の方向性としては、記録の自動化や、記録した数値を分かりやすい形で農家に還元することに関わる部分での発展が求められている。さらに、酪農場全体での栄養素バランスを考えた場合、土壌微生物性に関わる部分の考察が不可欠である。例えばアンモニア態窒素がどれほどの速度で硝酸態窒素となるのか（硝化能）、硝酸態窒素のガス化（脱窒）などは微生物プロセスであり、これらの測定値に関する情報を農家からの聞き取り調査と連動させる必要がある（図4.5）。

また、ヨーロッパなどでは、この窒素収支の数値データを用いて制限を設けるなど政策的な動きが盛んであるが、日本では、法的に環境負荷を管理するシステムやそれをサポートするエビデンスがまだ乏しい。さらに農家レベルで環境負荷を定量したり低減に向けてアドバイスを行ったりするシステムも少ない。先述した通り、本国において、酪農産業が発展する理由は様々であり、ヨーロッパやオセアニアのように、ある程度経営形態が似通った産業として酪農産業が発展していないことも、一律の数値的制限や基準が設けにくい背景となっている。

これらの研究結果から、段階的に本国の酪農産業由来環境負荷を低減していくためには、1) 集約化が進む一部のTMRセンター向けには環境基準を設け、それを満たすことで生乳買取価格などのメリットが得られるようにすること、2) 広域に土地を利用し、土地面積あたりの生産性は低くても、その地域の過疎化防止に貢献するなどの多面的メリットを生み出している酪農家に対しても何らかの保障があること、などが解決法として考えられる。

河畔域における土壌微生物群集の調査（図4.6）から、脱窒ポテンシャルは川岸域において大きく変動し（0~8000 ng N₂O-N/g/h）、同じ流域においても場所によって大きく異なることが明らかとなった。その理

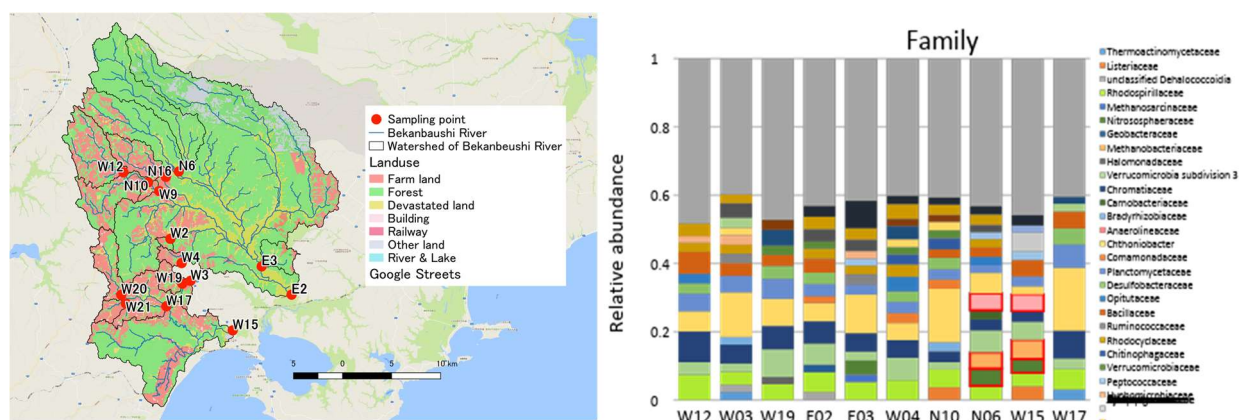


図4.6. 別寒辺牛川流域における河畔土壌に生息する土壌微生物群集構造の調査
N06（左図中央部上）、W15（左図中央部下）などで局所的に高い脱窒能が示され、嫌気菌である *Methanobacteriaceae* や硝化菌の *Nitrososphaeraceae* の相対的量が低い

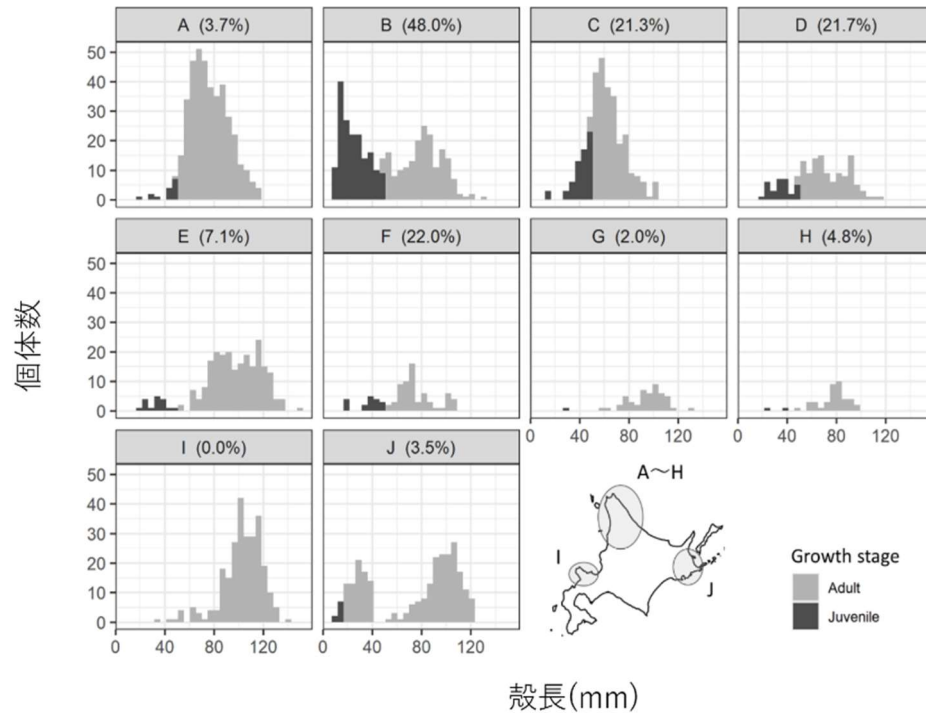


図 4.7. サテライト流域でのカワシンジュガイの殻長頻度分布。黒色のバーが稚貝（10 歳以下）、灰色が成貝を表している。

由として、微生物コミュニティ構造を調べたところ、局所的に嫌気的な微生物である *Methanobacteriaceae* や硝化菌である *Nitrososphaeraceae* の相対的量が増えている場所があり、そのことが脱窒能の高さと関連している可能性が示唆された。これら局所的に脱窒能が高い場所は、採取時の土壌水分量も高い傾向があったため、地下水面の高さや周期的に氾濫源となることなどが、脱窒能が高い微生物群集の形成を促していることが示唆された。

4.3. 河川生態系の自然資本・生態系サービスと生物指標

道央、道北、道東地域での稚貝の最大サイズ（10 歳）は、17.0 mm、49.8 mm、28.6 mm であった（図 4.7）。全調査流域の平均稚貝割合は 0.14 であり、3 流域・5 地点では稚貝が捕獲されなかった。宿主であるサクラマス平均生息密度は 0.24 n/m² であった。解析の結果、カワシンジュガイの稚貝割合には宿主密度が強く影響しており、上に凸の関係を示した（図 4.7）。宿主は本種が底生生活を送る前の幼生期に成長する上で不可欠である。宿主密度の低下は寄生機会の減少を介して、カワシンジュガイの再生産に負の影響を与えていたのだろう。ただし、宿主密度が高い一部の調査地点では稚貝割合が低い傾向にあった（図 4.8）。

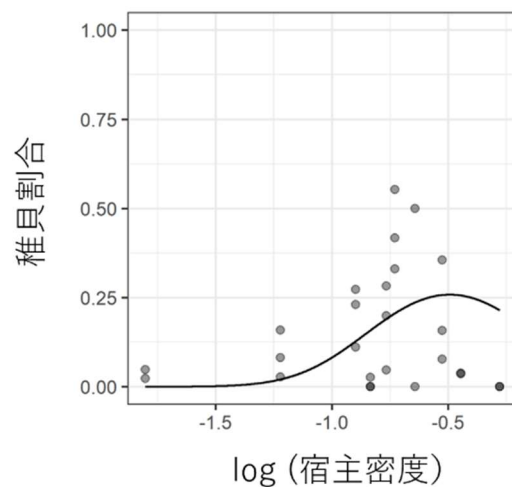


図 4.8. サテライト流域でのカワシンジュガイの稚貝割合と宿主密度の関係。

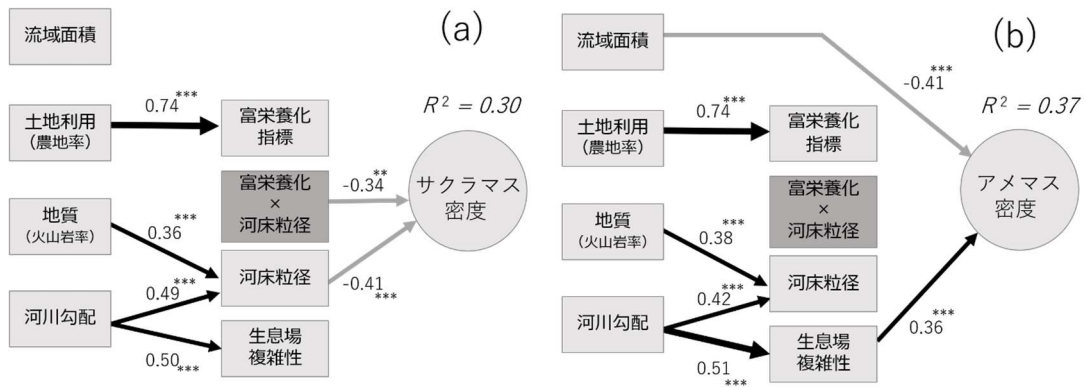


図 4.9. 道東地域での宿主魚類の生息密度規定要因 : a) サクラマス、b) アメマス。パスの太さは影響度の強さ、*は各パスの統計的な有意性を示す (* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$)。黒色のパスは正の影響、灰色のパスは負の影響を示す。

サケ科魚類は極めて高密度になると種内競争の激化等によってコンディション（例：成長率、体重）が低下することがあり（Jenkins et al. 1999）、二枚貝幼生はコンディションが低い宿主に寄生した場合、寄生期間中の成長率が低下することが知られている。宿主密度が極めて高い河川では、宿主のコンディションの低下が幼生の成長率低下を介して、再生産に負の影響を与えていたのかもしれない。この結果は、淡水二枚貝が有する生態系サービスの保全には、宿主魚類の保全が特に重要であることを示唆している。

SEMにより景観スケール要因-局所環境要因-宿主密度の関係性を評価した結果、サクラマスとアメマス間で密度規定要因は異なっていた（図 4.9）。景観スケール要因-局所環境要因間に関係に着目すると、流域の農地率が高いほど富栄養化が進むこと（全窒素・全リン濃度の上昇）、調査地点周辺の火山岩率が高いほど河床材料のサイズが大きくなること、また河川勾配が大きいほど河床材料のサイズおよび生息場の複雑性が高くなることが明らかとなった。カワシンジュガイの宿主であるサクラマスの密度は、富栄養化指標と河床材料およびその交互作用に直接的な影響を受けており、富栄養化によるサクラマスの密度への負の影響は河床材料サイズの大きな河川ほど顕著であった（図 10）。ヨーロッパの河川では 1 mg/L NH_4 がサケ科魚類の生存を保障する水質基準として用いられているが（EIFAC 1973）、道東の調査河川はその値を大きく下回っていたことから（ $0.029\text{-}0.123 \text{ mg/L}$ ）、我々が得た富栄養化によるサクラマスの生息密度低下は、富栄養化による直接的な死亡率増加が要因とは考えづらい。おそらく、富栄養化による好適な餌資源の低下を通じた成長率の低下等がその要因だろう（Ishiyama et al. 2020）。アメマスの密度は流域面積と生息場の複雑性に規定されており、流域面積が小さいほど、また生息場の複雑性が高いほど、密度が高くなることが示された。

上記のように、拠点流域の土地利用の影響はカワシンジュガイ属の宿主の内、サクラマスでのみ認められた。また、魚類調査の結果、道東地域でのサクラマスおよびアメマスの平均生息密度はそれぞれ、 0.05 n/m^2 と 0.11 n/m^2 であった。特に、サクラマスの密度は、前述したカワシンジュガイの再生産が広く確認されたサテライト流域の密度（平均： 0.24 n/m^2 ）を大きく下回っていた。

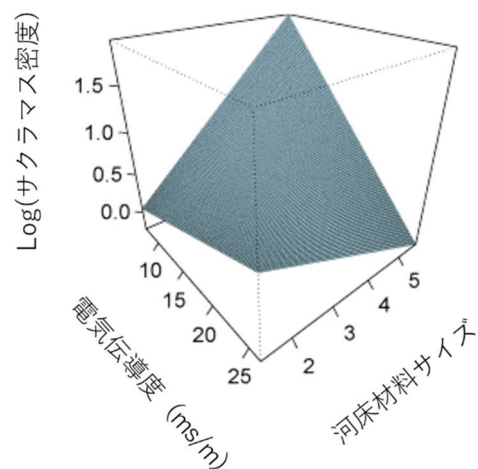


図 4.10. 道東地域でのサクラマスの密度と富栄養化（電気伝導度）および河床材料サイズの関係。富栄養化によるサクラマスへの負の影響は河床材料サイズの大きな河川で明瞭になる。

これらの結果は、サブテーマ 3-2 で三浦らが報告している「拠点流域でのカワシンジュガイの再生産成功率の低さ」が、宿主の減少によって生じている可能性を示唆しており、前述のサテライト流域での結果とも一致する。SEM による景観スケール要因-局所環境要因-宿主密度の評価結果に基づく、宿主のサクラマスの密度を回復させるには、河川水の栄養塩濃度を高める流域の農地率を減少させることが必要となる。ただし、現状の流域内の農地を広く森林に再転換することは容易ではない。そのため、河川への栄養塩の流出抑制に対して特に効果的（栄養塩の供給源の減少、栄養塩のフィルタリング）だと考えられる「河畔林の再生」を優先的に実施することが解決策として挙げられる。人口減少に伴い、北海道内でも耕作放棄地が増加していることから（Kobayashi et al. 2020）、そうした流域内の未利用地を森林に再転換していくことも、農業生産と河川生態系サービスの保全を両立する流域管理の一つの選択肢と言えるだろう。また、河床材料サイズの大きな河川ほど富栄養化度とサクラマス密度の関係が明瞭であったことから（図 9、10）、大きな河床材料を有する火山岩率の高い場所で森林再生をすることで、宿主保全の効果がより高まると考えられる。

4.4. 陸域の自然資本・生態系サービス、沿岸域への連結性に及ぼす影響の予測

(1) 気候変動・土地利用変化が流域から河川・沿岸への栄養塩溶脱量に及ぼす影響

北海道東部に位置する別寒辺牛川流域におけるプロセスモデル（LANDIS-II モデル：Haga et al. 2019）を用いたシミュレーションの結果、地球温暖化が最も進行する気候条件（IPCC-RCP8.5 シナリオ）では、将来における流域からの窒素溶脱量が増加するという結果が得られた（図 11）。また、4つの土地利用変化シナリオでの窒素溶脱量は、現在の土地利用変化トレンドが続く BAU シナリオと比べて増加することが示された（図 11）。これらの結果から将来の気候変動と人口分布および自然資本の活用形態による土地利用の変化は流域からの窒素溶脱量に影響することが示唆された。また、これらの結果から将来の気候変動と人口分布および自然資本の活用形態による土地利用の変化は流域からの窒素溶脱量に影響することが示唆された。この結果を用いて、サブテーマ 3-2 との共同により土地利用変化による流域生態系からの栄養塩流出の変化が沿岸域における生物生産、食物網、ハビタットに及ぼす影響を解析した（サブテーマ 3-2 の報告書を参照されたい）。

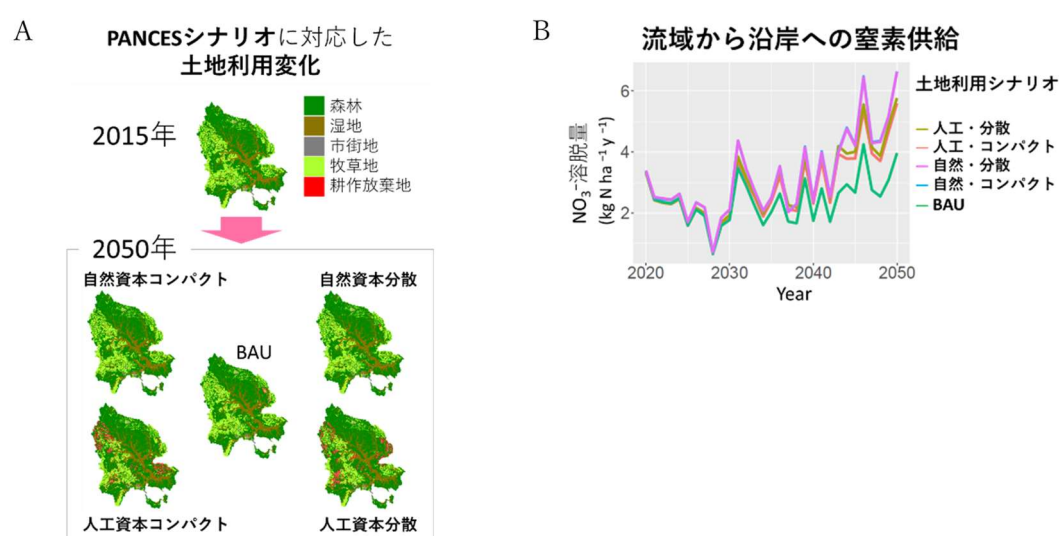


図 4.11. A. シミュレーション開始時（2015 年）の別寒辺牛川流域の土地利用分布と PANCES シナリオに対応した将来（2050 年）の土地利用分布。B. 各シナリオにおける流域からの硝酸態窒素（ NO_3^- ）溶脱量。

(2) 気候変動・土地利用変化による栄養塩溶脱量の変化が森川里海を繋ぐ生物指標へ及ぼす影響

上記で報告したように北海道東部地域において、コガタカワシンジュガイは森川里海を繋ぐ生物指標として重要である。現地におけるコガタカワシンジュガイの生育調査及び環境計測（河川水質、土砂濃度）、プロセスモデルを用いた流域からの栄養塩流出シミュレーションの結果を統合して、流域からの土砂および栄養塩変化に対するコガタカワシンジュガイの生残率を予測した。

2050年時点でのコガタカワシンジュガイの稚貝生残率は、河川の懸濁細粒土砂濃度が低い場合は30%以上と予測されたのに対して濃度が高い場合は5%以下にまで大きく減少すると予測された（図4.12）。土地利用変化シナリオの違いも河川への窒素溶脱量の違いを介して稚貝生残率の違いを生み出し、BAUシナリオ下で最も生残率が高いと予測された（図4.12）。これらの結果から流域からの栄養塩流出や土砂流出、河川構造の変化は、森川里海の連結性を示す生物指標であるコガタカワシンジュガイの再生産に強く影響することが示された。

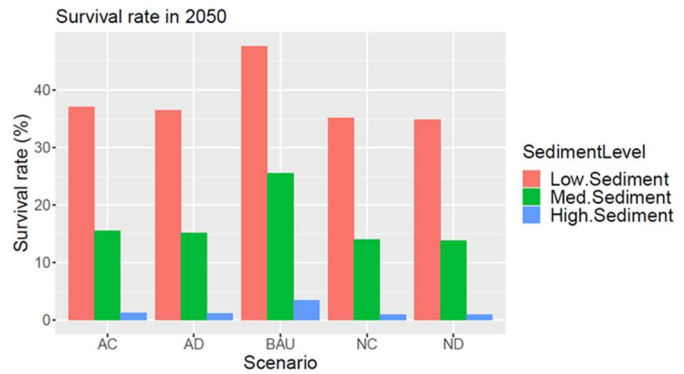


図 4.12. 2050 年におけるシナリオ別・懸濁細粒土砂濃度別のコガタカワシンジュガイの生残率。
AC：人工資本コンパクト、AD：人工資本分散、BAU：Business as usual、NC：自然資本コンパクト、ND：自然資本分散

(3) 全国スケールでの将来の土地利用変化が流域から沿岸域への栄養塩流出量に及ぼす影響

陸域と沿岸域の連結性について全国スケールでの評価をするために、サブテーマ 2-1、2-2 と協力して、土地利用変化による全国の河川水質の変化を予測した。全国における一級河川水質、浄水場水質の公開データを用いて機械学習モデルにより河川水質の全国マップを作成した。テーマ 1 が作成した 4 つの PACES 土地シナリオに伴う河川水の硝酸態窒素（および亜硝酸態窒素）濃度の変化をシミュレートした（図 4.13）。人工資本・コンパクトシナリオにおいて濃度上昇が最も高くなること示され、全国スケールの空間分布においても陸域の土地利用変化は沿岸域

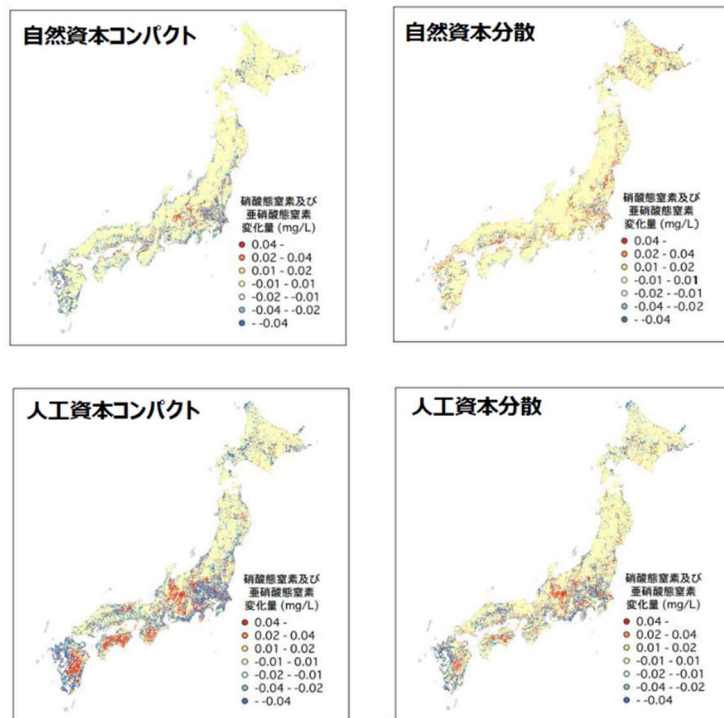


図 4.13. 土地利用シナリオ別の全国の河川水に含まれる硝酸態窒素濃度の分布（BAU との濃度差）

への栄養塩供給へ無視できない影響を及ぼすことが示唆された。サブテーマ 3-2 では、この結果を用いて全国の沿岸域のハビタットや生物生産へ及ぼす影響を解析した（詳細はサブテーマ 3-2 の報告を参照された）

5. 研究目標の達成状況

目標通り、気候変動・土地利用変動下における陸域生態系の自然資本・生態系サービスの変化を明らかにした。また、陸域と沿岸の相互作用に関する生物指標を開発し、連結性の評価や人為改変の影響を解析した点は、他のテーマとの効率的な連携に基づく、これまでにない新しいアプローチである。さらに、全国レベルでの陸域-海域の相互作用に関しては、当初予定されていなかった成果であり、目標を上回る成果と言える。

6. 引用文献

- 1) Hotta, W., Morimoto, J., Inoue, T., Suzuki SN., Umebayashi, T., Owari, T. et al. (2020). Recovery and allocation of carbon stocks in boreal forests 64 years after catastrophic windthrow and salvage logging in northern Japan. *For. Ecol. Manage.*, 468, 118169.
- 2) Gustafson, E.J., Shifley, S.R., Mladenoff, D.J., He, H.S., Nimerfro, K.K. (2000) Spatial simulation of forest succession and timber harvesting using LANDIS. *Canadian Journal of Forest Research* 30, 32–43.
- 3) Van der Putten, W.H. (2012) Climate change, aboveground-belowground interactions, and species' range shifts. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 43, 365–383.
- 4) Wu, L., Kato, T., Sato, H., Hirano, T., Yazaki, T. (2019) Sensitivity analysis of the typhoon disturbance effect on forest dynamics and carbon balance in the future in a cool-temperate forest in northern Japan by using SEIB-DGVM. *Forest Ecology and Management*, 451, 117529.
- 5) Pan, Y., Birdsey, R.A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P.E., Kurz, W.A., Phillips, O.L., Shvidenko, A., Lewis, S.L., Canadell, J.G., Ciais, P., Jackson, R.B., Pacala, S.W., McGuire, A.D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S., Hayes, D. (2011) A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* 333(6045): 988-993.
- 6) Johnstone, J. F., Allen, C.D., Franklin, J.F., Frelich, L.E., Harvey, B.J., Higuera, P.E., Mack, Meentemeyer, R.K., Metz, M.R., Perry, G.L.W., Schoennagel, T., Turner, M.G. (2016) Changing disturbance regimes, ecological memory, and forest resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment* 14:369–378.
- 7) Turner, M.G. (2010). Disturbance and landscape dynamics in a changing world. *Ecology* 91(10): 2833–2849.
- 8) Ratajczak, Z., Carpenter, S.R., Ives, A.R., Kucharik, C.J., Ramiadantsoa, T., Stegner, M.A., Williams, J.W., Zhang, J., Turner, M.G. (2018) Abrupt change in ecological systems: Inference and diagnosis. *Trends in Ecology & Evolution* 33(7): 513-526.
- 9) Murakami, H., Wang, Y., Yoshimura, H., Mizuta, R., Sugi, M., Shindo, E., Adachi, Y., Yukimoto, S., Hosaka, M., Kusunoki, S., Ose, T., Kitoh, A. (2012) Future changes in tropical cyclone activity projected by the new high-resolution MRI-AGCM. *Journal of Climate* 25: 3237–3260. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00415.1>.

- 10) Scheller, R. M., Domingo, J. B., Sturtevant, B. R., Williams, J. S., Rudy, A., Gustafson, E., Mladenoff, D. J. (2007) Design, development, and application of LANDIS-II, a spatial landscape simulation model with flexible spatial and temporal resolution. *Ecological Modeling*, 201(3–4), 409–419.
- 11) Miura, K., Ishiyama, N., Kawajiri, K., Atsumi, K., Tachibana, M., Nagasaka, Y., Machida, Y., Yiyang, G., Negishi, J.N., Koizumi, I., & Nakamura, F. (2019). Simple nonlethal identification criteria for two endangered freshwater pearl mussels, *Margaritifera laevis* and *Margaritifera togakushiensis*, in Hokkaido, northern Japan. *Ecological Research*, 34(5), 667-677.
- 12) 玉手三稜寿・檜山徳治・笹沼たつ・高橋亀久松・松岡広雄 (1977)洞爺丸台風による北海道の大森林風害の概要とその実況図, 林業試験場研究報告, 289. 43-68.
- 13) Ishiyama, N., Miura, K., Inoue, T., Sueyoshi, M., & Nakamura, F. (2020). Geology - dependent impacts of forest conversion on stream fish diversity. *Conservation Biology*.
- 14) Jenkins Jr, T. M., Diehl, S., Kratz, K. W., & Cooper, S. D. (1999). Effects of population density on individual growth of brown trout in streams. *Ecology*, 80(3), 941-956.
- 15) EIFAC (1973). Water quality criteria for European freshwater fish: Report on ammonia and inland fisheries. *Water research*, 7(7), 1011-1022.
- 16) Kobayashi, Y., Higa, M., Higashiyama, K., & Nakamura, F. (2020). Drivers of land-use changes in societies with decreasing populations: A comparison of the factors affecting farmland abandonment in a food production area in Japan. *PloS one*, 15(7), e0235846.
- 17) Toda, M., Motoki, J., & Uchida, Y. (2020). Nitrogen balance and use efficiency on dairy farms in Japan: a comparison among farms at different scales. *Environmental Research Communications*, 2: 125001. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/abce4a>
- 18) Haga, C., Inoue, T., Hotta, W., Shibata, R., Hashimoto, S., Kurokawa, H. et al. (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.

Ⅲ. 研究成果の発表状況の詳細

(1) 誌上发表

<査読付き論文>

【サブテーマ1】

- 1) Imai, H., Nakashizuka, T. & Oguro, M. (2017). Environmental factors affecting the composition and diversity of the avian community in igune, a traditional agricultural landscape in northern Japan. *J. Ecol. Environ.*, 41, 1–12.
- 2) Suzuki-Ohno, Y., Yokoyama, J., Nakashizuka, T. & Kawata, M. (2017). Utilization of photographs taken by citizens for estimating bumblebee distributions. *Sci. Rep.*, 7, 1–11.(IF:3.998)
- 3) Sasai, T., Nakai, S., Ono, K., Mano, M. & Miyata, A. (2017). Estimation of methane emission from rice paddy soils in Japan using the diagnostic ecosystem model. *J. Agric. Meteorol.*, 73, 1–7. (IF:1.477)
- 4) Takano, K.T., Hibino, K., Numata, A., Oguro, M., Aiba, M., Shiogama, H. et al. (2017). Detecting latitudinal and altitudinal expansion of invasive bamboo *Phyllostachys edulis* and *Phyllostachys bambusoides* (Poaceae) in Japan to project potential habitats under 1.5°C–4.0°C global warming. *Ecology and Evolution*, 7, 9848-9859.(IF:2.392)
- 5) Usinowicz, J., Chang-Yang, C.H., Chen, Y.Y., Clark, J.S., Fletcher, C., Garwood, N.C., et al. (2017). Temporal coexistence mechanisms contribute to the latitudinal gradient in forest diversity. *Nature*, 550, 105–108. (IF:42.779)
- 6) 大野ゆかり・横山潤・中静透・河田雅圭 (2018) 市民が撮影した写真による生物観測情報の収集, 問題点と解決方法. 種生物学会電子版和文誌 2
- 7) Imai, H., Nakashizuka, T. & Kohsaka, R. (2018). An analysis of 15 years of trends in children's connection with nature and its relationship with residential environment. *Ecosyst. Health Sustain.*, 4:8, 177-187
- 8) Ohsawa, T., Okano, T., Nakao, F., Kabaya, K., Kofuku, S., Kikuchi, K. & Nakashizuka, T. (2019) Underuse/overuse and diversity of provisioning services and their change: the case of the Japanese national ecosystem service assessment (JBO2). *Sustain Sci*, 14: 439-451.(IF: 5.301)
- 9) Aiba, M., Shibata, R., Oguro, M. & Nakashizuka, T. (2019). The seasonal and scale-dependent associations between vegetation quality and hiking activities as a recreation service. *Sustain Sci*, 14, 119-129.(IF: 5.301)
- 10) Haga, C., Inoue, T., Hotta, W., Shibata, R., Hashimoto, S., Kurokawa, H. et al. (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)
- 11) Oka, C., Aiba, M. & Nakashizuka, T. (2019). Phylogenetic clustering in beneficial attributes of tree species directly linked to provisioning, regulating and cultural ecosystem services. *Ecol Indic*, 96, 477-495.(IF: 4.229)
- 12) Imai, H., Kohsaka, R. & Nakashizuka, T. (2019). A multi-year investigation of the factors underlying decreasing interactions of children and adults with natural environments in Japan. *Human Ecology*, 47:5, 717-731 (IF: 1.642)

- 13) Iwachido, Y., Uchida, K., Ushimaru, A., Yokota, S. & Sasaki, T. (2020). Nature-oriented park use of satoyama ecosystems can enhance biodiversity conservation in urbanized landscapes. *Landscape Ecol Eng*, 16, 163–172 (IF: 1.647)
- 14) Aiba, M., Kurokawa, H., Onoda, Y. & Nakashizuka, T. (2020). Trait–abundance relationships in tree communities along temperature and successional gradients. *J. Veg. Sci.*, 31, 551-560. (IF: 2.698)
- 15) Imamura, K., Takano, K.T., Kumagai, N.H., Yoshida, Y., Yamano, H., Fujii, M., Nakashizuka, T. & Managi, S. (2020). Valuation of coral reefs in Japan: Willingness to pay for conservation and the effect of information. *Ecosyst. Serv.*, 46, 101166 (IF: 6.330)
- 16) Suzuki-Ohno, Y., Yokohama, J., Nakashizuka, T. & Kawata, M. (2020). Estimating possible bumblebee range shifts in response to climate and land cover changes. *Sci. Rep.*, 10, 19622 (IF:3.998)
- 17) Tachibata, K., Uchida, K., Aiba, M. & Sasaki, T. (2021). National geographic distribution and number of TV nature programs across the Japanese archipelago. *Ecol Indic*, 121 (IF: 4.229)
- 18) Kumagai, J., M. Wakamatsu, S. Hashimoto, O. Saito, T. Yoshida, T. Yamakita, K. Hori, T. Matsui, M. Oguro, M. Aiba, R. Shibata, T. Nakashizuka, S. Managi (2021). Natural capitals for nature's contributions to people: the case of Japan. *Sustain Sci*. (IF: 5.301)

【サブテーマ 2】

- 1) Dicks, L.V., Viana, B., Bommarco, R., Brosi, B., Arizmendi, M.d.C., Cunningham, S.A. et al. (2016). Ten policies for pollinators. *Science*, 354, 975-976. (IF: 41.846)
- 2) Imai, H., Nakashizuka, T. & Oguro, M. (2017). Environmental factors affecting the composition and diversity of the avian community in igune, a traditional agricultural landscape in northern Japan. *Journal of Ecology and Environment*, 41, 8. (IF: なし)
- 3) Masaki, T., Oguro, M., Yamashita, N., Otani, T. & Utsugi, H. (2017). Reforestation following harvesting of conifer plantations in Japan: Current issues from silvicultural and ecological perspectives. *Reforesta*, 18. (IF: なし)
- 4) Takano, K.T., Hibino, K., Numata, A., Oguro, M., Aiba, M., Shiogama, H. et al. (2017). Detecting latitudinal and altitudinal expansion of invasive bamboo *Phyllostachys edulis* and *Phyllostachys bambusoides* (Poaceae) in Japan to project potential habitats under 1.5°C–4.0°C global warming. *Ecology and Evolution*, 7, 9848-9859. (IF: 2.392)
- 5) 大橋春香, 深澤圭太, 有賀敏典, 松井哲哉, 肱岡靖明 (2017). 人口減少社会に向けたシナリオアプローチ: ニホンジカの分布拡大問題を事例として. *野生生物と社会*, 5, 41-46. (IF: なし)
- 6) Usinowicz, J., Chang-Yang, C.-H., Chen, Y.-Y., Clark, J.S., Fletcher, C., Garwood, N.C. et al. (2017). Temporal coexistence mechanisms contribute to the latitudinal gradient in forest diversity. *Nature*, 550, 105-108. (IF: 42.779)
- 7) Bockerhoff, E.G., Barbaro, L., Castagneyrol, B., Forrester, D.I., Gardiner, B., González-Olabarria, J.R. et al. (2017). Forest biodiversity, ecosystem functioning and the provision of ecosystem services. *Biodiversity and Conservation*, 26, 3005-3035. (IF: 2.935)
- 8) Hasegawa, Y., Okabe, K. & Taki, H. (2018). A scenario approach for ecosystem-service changes. *Futures*, 96, 23-31. (IF: 2.769)

- 9) Taki, H., Murao, R., Mitai, K. & Yamaura, Y. (2018). The species richness/abundance–area relationship of bees in an early successional tree plantation. *Basic and Applied Ecology*, 26, 64-70. (IF: 3.156)
- 10) Matsushita, K., Taki, H., Yamane, F. & Asano, K. (2018). Shadow Value of Ecosystem Resilience in Complex Natural Land as a Wild Pollinator Habitat. *American Journal of Agricultural Economics*, 100, 829-843. (IF: 3.028)
- 11) Haga, C., Inoue, T., Hotta, W., Shibata, R., Hashimoto, S., Kurokawa, H. et al. (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)
- 12) Aiba, M., Shibata, R., Oguro, M. & Nakashizuka, T. (2019). The seasonal and scale-dependent associations between vegetation quality and hiking activities as a recreation service. *Sustainability Science*, 14, 119–129. (IF: 5.301)
- 13) Oguro, M., Taki, H., Konuma, A., Uno, M. & Nakashizuka, T. (2019). Importance of national or regional specificity in the relationship between pollinator dependence and production stability. *Sustainability Science*, 14, 139–146. (IF: 5.301)
- 14) 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, 786-804. (IF: 2.119)
- 15) Morimoto, J., Nakagawa, K., Takano, K.T., Aiba, M., Oguro, M., Furukawa, Y. et al. (2019). Comparison of vulnerability to catastrophic wind between Abies plantation forests and natural mixed forests in northern Japan. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 92, 436-443. (IF: 2.293)
- 16) Aiba, M., Kurokawa, H., Onoda, Y. & Nakashizuka, T. (2020). Trait–abundance relationships in tree communities along temperature and successional gradients. *J. Veg. Sci.*, 31, 551-560. (IF: 2.698)
- 17) Kobayashi, T., Oguro, M., Akiba, M., Taki, H., Kitajima, H. & Ishihara, H. (2020). Mushroom yield of cultivated shiitake (*Lentinula edodes*) and fungal communities in logs. *J For Res*, 25, 1-7. (IF: 1.065)
- 18) Kumagai, J., Wakamatsu, M., Hashimoto, S., Saito, O., Yoshida, T., Yamakita, T. et al. (2021). Natural capitals for nature’s contributions to people: the case of Japan. *Sustainability Science*. (IF: 5.301)
- 19) Wang, Q.-W., Pieristè, M., Liu, C., Kenta, T., Robson, T.M. & Kurokawa, H. (2021). The contribution of photodegradation to litter decomposition in a temperate forest gap and understorey. *New Phytologist*, 229, 2625-2636. (IF: 8.512)
- 20) Masaki, T., Tanaka, N., Yagihashi, T., Ogawa, M., Tanaka, H., Sugita, H. et al. (2021). Dynamics of dwarf bamboo populations and tree regeneration over 40 years in a clear-cut beech forest: effects of advance weeding and herbicide application. *J For Res*, 26, 43-53. (IF: 1.065)

【サブテーマ 3】

- 1) Ogawa, M., Soga, M. & Yoshida, T. (2021) Participation of diverse actors and usage of traditional and local knowledge in local biodiversity strategies and action plans of Japanese municipalities. *Ecol. Soc.* in press (IF:4.1)
- 2) Okui, K., Sawada, Y. & Yoshida, T. (2021) “Wisdom of the elders” or “loss of experience” as a mechanism to explain the decline of traditional ecological knowledge: a case study in Awaji Island, Japan. *Hum. Ecol.* in press (IF:1.6)

- 3) 香坂玲・内山愉太 (2021). 森林環境譲与税を契機とした都道府県による市町村支援の方向性の分析: 使途整理・情報交換・組織設置に関する全国の比較から. 日本森林学会誌. 印刷中.
- 4) Kumagai, J., Wakamatsu, M., Hashimoto, S., Saito, O., Yoshida, T., Yamakita, Y., Hori, K., Matsui, T., Oguro, M., Aiba, M., Shibata, R., Nakashizuka, T. & Managi, S. (2021). Natural capitals for nature's contributions to people: the case of Japan. *Sustain. Sci.*, <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00891-x>. (IF:5.3)
- 5) Quevedo, J. M. D., Uchiyama, Y. & Kohsaka, R. (2021). A blue carbon ecosystems qualitative assessment applying the DPSIR framework: Local perspective of global benefits and contributions. *Mar. Policy*, 128, 104462. (IF:3.2)
- 6) Quevedo, J. M. D., Uchiyama, Y. & Kohsaka, R. (2020). Perceptions of the seagrass ecosystems for the local communities of Eastern Samar, Philippines: Preliminary results and prospects of blue carbon services. *Ocean Coast. Manag.*, 191, 105181. (IF:2.4)
- 7) Quevedo, J. M. D., Uchiyama, Y. & Kohsaka, R. (2020). Perceptions of local communities on mangrove forests, their services and management: implications for Eco-DRR and blue carbon management for Eastern Samar, Philippines. *J. For. Res.*, 25(1), 1-11. (IF:1.0)
- 8) Stevance, A. S., Bridgewater, P., Louafi, S., King, N., Beard, T. D., Van Jaarsveld, A. S., Ofir, Z., Kohsaka, R., Jenderedijan, K., Benites, M. R., Mulongoy, K. J., Chaudhari, K. L., Painter, J. & Meter, A. (2020). The 2019 review of IPBES and future priorities: reaching beyond assessment to enhance policy impact. *Ecosystems and People*, 16(1), 70-77. (IF:3.4)
- 9) Osawa, T., Ueno, Y., Nishida, T. & Nishihiro, J. (2020). Do both habitat and species diversity provide cultural ecosystem services? A trial using geo-tagged photos. *Nat. Conserv.*, 38, 61-77. (IF:1.5)
- 10) 富田 涼都・ハスプロジェクト推進協議会・吉田 丈人 (2020). 自然に対する多様な価値づけについての空間明示的な調査手法と成果の活用についての可能性と課題—福井県三方五湖における「昔の水辺の風景画」募集活動の検討から—. *野生生物と社会*, 8, 5-24, DOI 10.20798/awhswhs.8.0_5.
- 11) 香坂玲・大澤太郎・内山愉太 (2020). 森林環境譲与税を介した都市-農山村連携—埼玉県秩父市と東京都豊島区の事例から—. 日本森林学会誌, 102(2), 127-132.
- 12) 内山愉太・香坂玲 (2020). 政令指定都市における森林環境譲与税の活用の現況—都市部における森林政策の多様な展開の分析—. 日本森林学会誌, 102(3), 173-179.
- 13) Tomiyoshi, M., Uchiyama, Y. & Kohsaka, R. (2020). Evaluating plant genetic diversity maintained by local farmers and residents: A comprehensive assessment of continuous vegetable cultivation and seed-saving activities on a regional scale in Japan. *The International Journal of Sociology of Agriculture and Food*, 26(2).
- 14) Kajima, S., Uchiyama, Y. & Kohsaka, R. (2020). Private forest landowners' awareness of forest boundaries: case study in Japan. *J. For. Res.*, 25(5), 299-307. (IF:1.0)
- 15) Kajima, S., Uchiyama, Y. & Kohsaka, R. (2020). Intellectual property strategies for timber and forest products: The case of regional collective trademark applications by Japanese forestry associations. *Sustainability*, 12(5), 1988. (IF:2.9)
- 16) 西田貴明・大澤剛士・吉田丈人・宮川絵里香 (2019). ポスト 2020 年の生物多様性政策に向けて. 日本生態学会誌, 69, 13-18.

- 17) 古賀和子・西廣淳・岩崎寛 (2019). 都市近郊湿地の健康増進を目的とした利用可能性の検討. *日本緑化工学* 会誌, 45, 224-227.
- 18) Noda, A., Kondo, A. & Nishihiro, J. (2019). Changes in land cover and grassland area over the past 120 years in a rapidly urbanized area in Japan. *One Ecosystem*, 4, e37669. (IF:2.6)
- 19) Kohsaka, R., Matsuoka, H., Uchiyama, Y. & Rogel, M. (2019). Regional management and biodiversity conservation in GIAHS: text analysis of municipal strategy and tourism management. *Ecosyst. Health Sust.*, 5(1), 124-132. (IF:2.3)
- 20) Kohsaka, R. & Rogel, M. (2019). Traditional and Local Knowledge for Sustainable Development: Empowering the Indigenous and Local Communities of the World, Encyclopaedia of the UN Sustainable Development Goals, Partnerships for the Goals, Book Encyclopaedia Chapter, Springer Nature.
- 21) Kohsaka, R. & Uchiyama, Y. (2019). Geographical Indications and Regional Trade Agreements: Facilitating International Partnerships for Sustainable Development, Encyclopaedia of the UN Sustainable Development Goals, Partnerships for the Goals, Book Encyclopaedia Chapter, Springer Nature.
- 22) Uchiyama, Y. & Kohsaka, R. (2019). Application of the City Biodiversity Index to populated cities in Japan: Influence of the social and ecological characteristics on indicator-based management. *Ecol. Indic.*, 106, 105420. (IF:4.2)
- 23) Tashiro, A., Uchiyama, Y. & Kohsaka, R. (2019). Impact of Geographical Indication schemes on traditional knowledge in changing agricultural landscapes: An empirical analysis from Japan. *J. Rural Stud.*, 68, 46-53. (IF:3.5)
- 24) Plieninger, T., Kohsaka, R., Bieling, C., Hashimoto, S., Kamiyama, C., Kizos, T., et al. (2018). Fostering biocultural diversity in landscapes through place-based food networks: a “solution scan” of European and Japanese models. *Sustain. Sci.*, 13, 219–233. (IF:5.3)
- 25) Tashiro, A., Uchiyama, Y. & Kohsaka, R. (2018). Internal Geographical Indication (GI) processes and their effects: An evaluation framework for GI applicants in Japan. *J. Ethn. Foods*, 5:3, 202-210. (IF:1.3)
- 26) 香坂玲・内山愉太・田代藍 (2018). 過疎化・人口減の縮小社会における伝統的生態学的知識の喪失とイノベーション. *日本健康学会誌*, 84:6, 214-223 (invited)
- 27) 風聡一郎・梶間周一郎・内山愉太・香坂玲 (2017). 温浴施設での薪ボイラー導入における運用実態—木質バイオマスの小規模熱利用が地域に与える影響とは. *日本森林学会誌*, 99(1), 18-23.
- 28) Uchiyama, Y. & Kohsaka, R. (2017). Spatio-temporal analysis of biodiversity, land-use mix and human population in a socio-ecological production landscape: A case study in the Hokuriku region, Japan. *Procedia Eng.*, 198, 219–226.(IF:1.3)
- 29) Kohsaka, R. & Uchiyama, Y. (2017). Motivation, strategy and challenges of conserving urban biodiversity in local contexts: Cases of 12 municipalities in Ishikawa, Japan. *Procedia Eng.*, 198, 212–218. (IF:1.3)
- 30) Kohsaka, R., Park, M.S. & Uchiyama, Y. (2017). Beekeeping and honey production in Japan and South Korea: Past and present. *J. Ethn. Foods*, 4, 72–79. (IF:1.8)
- 31) Sato, J. & Kohsaka, R. (2017). Japanese sake and evolution of technology: A comparative view with wine and its implications for regional branding and tourism. *J. Ethn. Foods*, 4, 88–93. (IF:1.3)

- 32) Kohsaka, R. (2017). The myth of washoku: a twisted discourse on the “uniqueness” of national food heritages. *J. Ethn. Foods*, 4, 66–71. (IF:1.3)
- 33) Uchiyama, Y., Matsuoka, H. & Kohsaka, R. (2017). Public recognition of traditional vegetables at the municipal level: Implications for transgenerational knowledge transmission. *J. Ethn. Foods*, 4, 94–102. (IF:1.3)
- 34) Uchiyama, Y., Tanaka, Y., Matsuoka, H. & Kohsaka, R. (2017). Expectations of residents and tourists of agriculture-related certification systems: analysis of public perceptions. *J. Ethn. Foods*, 4, 110–117. (IF:1.3)
- 35) Gugerell, K., Uchiyama, Y., Kieninger, P.R., Penker, M., Kajima, S. & Kohsaka, R. (2017). Do historical production practices and culinary heritages really matter? Food with protected geographical indications in Japan and Austria. *J. Ethn. Foods*, 4, 118–125. (IF:1.3)
- 36) Kajima, S., Tanaka, Y. & Uchiyama, Y. (2017). Japanese sake and tea as place-based products: a comparison of regional certifications of globally important agricultural heritage systems, geopark, biosphere reserves, and geographical indication at product level certification. *J. Ethn. Foods*, 4, 80–87. (IF:1.3)
- 37) Kizos, T., Kohsaka, R., Penker, M., Piatti, C., Vogl, C.R. & Uchiyama, Y. (2017). The governance of geographical indications: experiences of practical implementation of selected case studies in Austria, Italy, Greece and Japan, *Br. Food J.*, 119, 2863-2879.(IF:2.1)
- 38) Kohsaka, R. & Uchiyama, Y. (2016). The Influence of Affiliations with Agricultural Collectives on Attitudes of Fisherman towards Conservation and Perceptions of the Local Environment. *Journal of International Fisheries*, 15, 1-21
- 39) Uchiyama, Y. & Kohsaka, R. (2016). Analysis of the distribution of forest management areas by the forest environmental tax in the Ishikawa prefecture, Japan. *Int. J. For. Res.*, 1-8.(IF:1.3)

【サブテーマ4】

- 1) Kawajiri, K., Ishiyama, N., Miura, K., Terui, A., Sueyoshi, M., Nakamura, F. (2021) The Relative effects of biotic and abiotic factors on the recruitment of freshwater mussels (*Margaritifera laevis*). *Water*, 13, 1289. (IF:2.544)
- 2) Chikamasa, T., Shibata H., Urakawa, R., Fukuzawa, K., Hirobe, M., Inagaki, Y. (2021). Spatial distribution of mercury accumulation in the surface soil of Japanese forests. *J. For. Res.*, (In press) (IF:1.065)
- 3) Haga, C., Inoue, T., Hotta, W., Shibata, R., Hashimoto, S., Kurokawa, K. et al. (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. *Sustain. Sci.*, 14, 89-106. (IF:5.301)
- 4) Haga, C., Maeda, M, Hotta, W., Inoue, T., Matsui, T., Machimura, T. et al. (2020). Scenario Analysis of Renewable Energy–Biodiversity N nexuses using a Forest Landscape Model. *Front. Ecol. Evol.*, 8, 155. (IF:2.416)

- 5) Hosokawa, N., Isobe, K., Urakawa, R., Tateno, R., Fukuzawa, K., Watanabe, T. et al. (2017) Soil freeze–thaw with root litter alters N transformations during the dormant season in soils under two temperate forests in northern Japan. *Soil Biol. Biochem.*, 114, 270–278. (IF:5.795)
- 6) Hosokawa N., Fukuzawa K., Tateno, R., Shibata, H. (2020). Effect of snow removal on the fine root biomass, dynamics, and carbon and nitrogen concentrations of oak and dwarf bamboo, *Sasa* in eastern Hokkaido, Japan. *J. For. Res.*, 25, 405-412. (IF:1.065)
- 7) Hosokawa, N., Isobe, K., Urakawa, R., Tateno, R., Fukuzawa, K., Watanabe, T. et al. (2020). Effect of root litter addition on nitrogen mineralization rate under laboratory low-temperature conditions in soil from a Japanese northern hardwood forest. *Ecol. Res.*, 35, 888-899. (IF:1.580)
- 8) Hotta, W., Morimoto, J., Inoue, T., Suzuki SN., Umebayashi, T., Owari, T. et al. (2020). Recovery and allocation of carbon stocks in boreal forests 64 years after catastrophic windthrow and salvage logging in northern Japan. *For. Ecol. Manage.*, 468, 118169. (IF:3.170)
- 9) 井上華央・柴田英昭・吉田俊也・中路達郎・小花和宏之・加藤顕(2019)無人航空機による3次元データを用いた天然生針広混交林における葉の窒素含量の空間分布. *森林立地* 61,1-13
- 10) Inoue, T., Fukuzawa, K., Watanabe, T., Yoshida, T. & Shibata, H. (2017). Spatial pattern of soil nitrogen availability and its relationship to stand structure in a coniferous-broadleaved mixed forest with a dense dwarf bamboo understory in northern Japan. *Ecol. Res.*, 32, 227–241. (IF:1.580)
- 11) Inoue, T., Nakagawa, F., Shibata, H., Tsunogai U. (2021). Vertical changes in the flux of atmospheric nitrate from a forest canopy to the surface soil based on $\Delta^{17}\text{O}$ values. *J. Geophys. Res.: Biogeosci.*, (In press) (IF:3.408)
- 12) Ishiyama, N., Miura, K., Inoue, T., Sueyoshi, M. & Nakamura, F. (2021). Geology - dependent impacts of forest conversion on stream fish diversity. *Conserv. Biol.*, (In press) (IF:5.405)
- 13) Miura K., Ishiyama N., Kawajiri K., Atsumi K., Tachibana M., Nagasaka Y. et al. (2019) Simple non-lethal identification criteria for two endangered freshwater pearl mussels, *Margaritifera laevis* and *Margaritifera togakushiensis*, in Hokkaido, northern Japan. *Ecol. Res.*, 34, 667-677. (IF:1.580)
- 14) 三浦一輝・石山信雄・川尻啓太・渥美圭佑・長坂有・折戸聖・町田善康・臼井平・Gao Yiyang・能瀬晴菜・根岸淳二郎・中村太士(2019)北海道における希少淡水二枚貝カワシンジュガイ属 2 種 (*Margaritifera laevis*, *Margaritifera togakushiensis*) の河川区間の生育の重複. *保全生態学研究*, 24,39-48
- 15) Morimoto, J., Umebayashi, T., Suzuki, S., Owari, T., Nishimura, N., Ishibashi, S. et al. (2019) Long-term effects of salvage logging after a catastrophic wind disturbance on forest structure in northern Japan. *Landsc.Ecol.Eng.*, 15,133-141. (IF:1.647)
- 16) Morimoto, J. & Negishi, J. (2019) Ecological resilience of ecosystems to human impacts: resilience of plants and animals. *Landsc.Ecol.Eng.*, 15,131-132. (IF:1.647)
- 17) Morimoto, J., Nakagawa, K., Takano, K.T., Aiba, M., Oguro, M., Furukawa, Y. et al. (2019) Comparison of vulnerability to catastrophic wind between *Abies* plantation forests and natural mixed forests in northern Japan. *Forestry*, 92,436-443. (IF:2.293)
- 18) Morimoto, J., Aiba, M., Furukawa, F., Mishima, Y., Yoshimura, N., Nayak, S. et al. (2021). Risk assessment of forest disturbance by typhoons with heavy precipitation in northern Japan. *For. Ecol. Manage.*, 479, 1-9. (IF:3.170)

- 19) Miura, K. (2020) "Population status and processes of recruitment failure of endangered freshwater pearl mussels (*Margaritifera togakushiensis*) in eastern Hokkaido, northern Japan". Doctor's thesis, Hokkaido University.
- 20) Melnikova, I. & Sasai, T. (2020) Effects of Anthropogenic Activity on Global Terrestrial Gross Primary Production. *J. Geophys. Res.: Biogeosci.*, 125, e2019JG005403. (IF:1.580)
- 21) Sasai, T., Nakai, S., Ono, K., Mano, M. & Miyata, A. (2017). Estimation of methane emission from rice paddy soils in Japan using the diagnostic ecosystem model. *J. Agric. Meteorol.*, 73,1–7. (IF:1.477)
- 22) Shibata, H., Galloway, J.N., Leach, A.M., Cattaneo, L.R., Cattell Noll, L., Erisman, J.W., et al. (2016). Nitrogen footprints: Regional realities and options to reduce nitrogen loss to the environment. *Ambio*, 46, 1–14. (IF:4.778)
- 23) Suzuki, N.S., Tsunoda, T., Nishimura, N., Morimoto, J., Suzuki, J. (2019) Dead wood offsets the reduced live wood carbon stock in forests over 50 years after a stand-replacing wind disturbance. *For. Ecol. Manage.*, 432,94-101. (IF:3.170)
- 24) Watanabe, T., Tateno, R., Imada, S., Fukuzawa, K., Isobe, K., Urakawa, R. et al. (2019) The effect of a freeze–thaw cycle on dissolved nitrogen dynamics and its relation to dissolved organic matter and soil microbial biomass in the soil of a northern hardwood forest. *Biogeochemistry*, 142,319–338. (IF:4.161)

<査読付論文に準ずる成果発表>

【サブテーマ 1】

- 1) Nakashizuka, T., Kobayashi, K., Shibata, R., Aiba, M., Sasai, T., Oguro, M., Kurokawa, H. and Managi, S. (2020) Evaluating local sustainability, including ecosystem services provided by rural areas to cities to promote bioeconomy. In U. S. Nagothu (Ed.), *The Bioeconomy Approach Constraints and Opportunities for Sustainable Development* (pp. 65–82). Routledge.

【サブテーマ 2】

- 1) Nakashizuka, T., Kobayashi, K., Shibata, R., Aiba, M., Sasai, T., Oguro, M., Kurokawa, H. and Managi, S. (2020) Evaluating local sustainability, including ecosystem services provided by rural areas to cities to promote bioeconomy. In U. S. Nagothu (Ed.), *The Bioeconomy Approach Constraints and Opportunities for Sustainable Development* (pp. 65–82). Routledge.

【サブテーマ 3】

- 1) 蛭原一平・齋藤暖生・生方史数 (2019). 森林と文化：森とともに生きる民俗知のゆくえ. 共立出版, 288pp
- 2) 鈴木牧・齋藤暖生・西廣淳・宮下直 (2019). 人と生態系のダイナミクス 2 森林の歴史と未来. 朝倉書店, 192pp
- 3) 宮下直・西廣淳 (2019). 人と生態系のダイナミクス 1 農地・草原の歴史と未来. 朝倉書店

【サブテーマ 4】

なし

<その他誌上発表（査読なし）>

【サブテーマ 1】

- 1) 中静透(2016)生態系・生物多様性を活かした震災復興. 国立公園, 743, 7-11.
- 2) 中静透(2016)わが国における生態系サービスの変化. 環境情報科学, 45-3, 5-6.
- 3) 中静透(2017)陸域の生物多様性と生態系サービス. 農村計画学会誌, 36, 5-8.
- 4) 中静透(2020)海岸林と生物多様性. 森林技術, 936, 14-17.
- 5) 浅野(中静)透(2020)再生可能な資源と持続可能性. 木材工業, 75(10), 399
- 6) 中静(浅野)透(2020)ポストコロナの社会と森林. 林業いばらき, 761, 2
- 7) 中静透(2021)生物多様性から SDGs を考える. 環境情報科学, 49(4), 19-23

【サブテーマ 2】

- 1) 滝久智 (2018). 科学と政策のつながりから考えるポリネーターの保全と利用. グリーン・エージ, 535, 16-19.
- 2) 高野 (竹中) 宏平, 日比野研志, 小黒芳生, 高薮出, 中静透 (2018). 気候変動に伴うモウソウチク・マダケ竹林の潜在生育域拡大の予測 [特集:資源としての竹の利用技術]. JATAFFジャーナル, 6, 1-5.

【サブテーマ 3】

- 1) Tomita, R., Hasu Project & Yoshida, T. (2019). Sharing experiences and associated knowledge in the changing waterscape: an intergenerational sharing program in Mikatagoko area, Japan. In: Saito O (ed) Sharing ecosystem services: building more sustainable and resilient society. Springer.
- 2) 吉田丈人 (2019). 防災減災と豊かな生態系の恵みの両立に向けて. グリーン・エージ, 2019年9月号, 2-3
- 3) 蛭原一平・齋藤暖生・生方史数 (2019). 森林と文化：森とともに生きる民俗知のゆくえ. 共立出版, 288pp
- 4) 鈴木牧・齋藤暖生・西廣淳・宮下直 (2019). 人と生態系のダイナミクス 2 森林の歴史と未来. 朝倉書店, 192pp
- 5) 宮下直・西廣淳 (2019). 人と生態系のダイナミクス 1 農地・草原の歴史と未来. 朝倉書店
- 6) 西廣淳 (2019). 麻機遊水地における福祉と健康を含む多目的活用と生物多様性保全. ランドスケープ研究, 83, 286-287.
- 7) 西廣淳・古賀和子 (2018). 公衆衛生の改善に向けた都市のグリーンインフラ：研究の動向と課題. 緑化工学会誌, 43, 466-469.
- 8) 香坂玲・内山愉太(2018). 都市生物多様性指標の国際的動向～世界の都市は指標をどう活用しているか. ランドスケープ研究, 81(4), 336-339.
- 9) 齋藤暖生 (2017). 山菜・きのこにみる森林文化. 森林環境 2017, 12-21.
- 10) 齋藤暖生 (2017). ありふれたごちそう～山菜の魅力. 森林科学, 80, 22-25.
- 11) 齋藤暖生 (2017). 森が秘める「癒し」のはたらき. 三俣学・新澤秀則編著, 都市と森林, 晃洋書房, 29-46.
- 12) 市川薫 (2017). IPBES における先住民族・地域住民の知識. 農村計画学会誌, 36(1), 34-37.

- 13) 西廣淳(2017). 生態系のレジリエンスと生物多様性：「変動の時代」の応用生態工学に向けて. 応用生態工学, 20, 137-142.
- 14) 香坂玲・内山愉太 (2016). 世界農業遺産認定の効果と課題についての一考察 —能登地域の事例より—. 農村計画学会誌, 35, 3, 361-364.

【サブテーマ 4】

- 1) 三浦一輝・川尻啓太・臼井平・石山信雄・秋山善寛・渥美圭佑・根岸淳二郎・中村太士(印刷中) “枝幸町内における淡水二枚貝コガタカワシンジュガイ(*Margaritifera togakushiensis*)の生息情報. 枝幸研究.
- 2) 三浦一輝・町田善康・金岩稔・山本敦也 (印刷中) 美幌町内河川におけるカワシンジュガイ属2種 (*Margaritifera laevis* および *Margaritifera togakushiensis*) の生息. 美幌博物館研究報告.
- 3) 森本淳子・森本未星・杉浦滯・小松陽香 (2020) <特集>風倒被害と森林施業 風倒後の森林施業—気候変動への適応策としての再評価—. 北方林業, 71,14-17.
- 4) 森本淳子・高野 (竹中) 宏平・竹見哲也 (2020) 人工林における気候変動への適応 <特集>地球温暖化と北方林. 北方林業, 71,13-16.

(2) 口頭発表 (学会等)

【サブテーマ 1】

- 1) K. T. Takano, M. Aiba, M. Oguro, K. Nakagawa, J. Morimoto, R. Ito, T. Takemi, K. Hibino, I. Takayabu and T. Nakashizuka: The 7th EAFES International Congress, Daegu, Korea, Apr. 2016, Impacts of climate change on forest ecosystem in northern Japan
- 2) T. Nakashizuka: The 7th International Conference on Water Resources and Environment Research (ICWRER2016), Kyoto, Japan, Jun. 2016, Recent dynamics and future prediction of mountain vegetation in northern Japan
- 3) 功刀祐之・有村俊秀・森田稔・中静透・小黒芳生: 環境科学会 2016 年大会, 横浜市 (2016.9), 主観的幸福度と社会資本、自然資本(環境):マイクロデータを用いた分析
- 4) H. Sasaki, M. Aiba, M. Oguro, T. Nakasizuka: 1st Asian Conference on Biocultural Diversity 2016, Ishikawa, Japan, Oct. 2016, Geographical pattern of wild edible plants: supply and utilization in Tohoku District, Japan
- 5) 饗庭正寛・小黒芳生・中静透: 第 64 回日本生態学会大会, 東京 (2017.3), 登山 SNS ヤマレコのデータを活用した文化的生態系サービスの広域評価
- 6) 岡千尋・饗庭正寛・中静透: 第 64 回日本生態学会大会, 東京 (2017.3), 生態系サービス多面性を支える樹木多様性: 樹木の有用性についての種間・系統間の相補的關係
- 7) 佐々木春佳・饗庭正寛・小黒芳生・中静透: 第 64 回日本生態学会大会, 東京 (2017.3), 東北地方での山菜の潜在的な供給と利用の地理的パターン
- 8) 小山有夢・饗庭正寛・小黒芳生・中静透: 第 64 回日本生態学会大会, 東京 (2017.3), 気候変動下にある分布南限および下限にあるブナ林の動態
- 9) 中静透: フォーラム「グリーンインフラ・ECO-DRR と生態学」第64回日本生態学会大会, 東京 (2017.3), 国・事業者の動きと生態学—国土強靱化とグリーンレジリエンス
- 10) T. Nakashizuka: GEOSS Asia-Pacific Symposium, Hanoi, Vietnam, Sep. 2017, Assessing ecosystem service in Asian region by using biodiversity observation data

- 11) H. Kurokawa, M. Aiba, Y. Onoda, M. Oguro, T. Nakashizuka: 2017 Forest Inventory and Analysis Stakeholder Science Meeting, Utah, USA, Oct. 2017, Mapping nationwide forest ecosystem functions and services in Japan
- 12) R. Shibata, M. Aiba, M. Oguro, T. Nakashizuka: The 9th Ecosystem Services Partnership World Conference (ESP9), Shenzhen, China, Dec. 2017, Modelling and mapping recreation services using multi-scale natural and social metrics in Japan
- 13) C. Haga, T. Inoue, W. Hotta, R. Shibata, S. Hashimoto, H. Kurokawa, T. Machimura, T. Matsui, J. Morimoto, H. Shibata: The 9th Ecosystem Services Partnership World Conference (ESP9), Shenzhen, China, Dec. 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
- 14) 饗庭正寛・柴田嶺・小黒芳生・中静透: 第 65 回日本生態学会大会, 札幌 (2018.3), 環境・社会要因が文化的生態系サービスに与える影響の空間スケール依存性
- 15) 柴田嶺・饗庭正寛・中静透: 第 65 回日本生態学会大会, 札幌 (2018.3), 生態系サービスの教育的価値の可視化～中学校の野外学習に影響を及ぼす自然的・社会的環境の解明
- 16) 岡千尋・饗庭正寛・小野田雄介・黒川紘子・中静透: 第 65 回日本生態学会大会, 札幌 (2018.3), 生物多様性と生態系サービス多面性の関係解明に向けて: 樹木を対象とした幅広い有用性と形質・系統との関係の検証
- 17) 小山有夢・饗庭正寛・小黒芳生・中静透: 第 65 回日本生態学会大会, 札幌 (2018.3), 分布環境辺縁部にあるブナ林に対する気候変動の影響
- 18) 森本淳子・高野宏平・中川孝介・Furukawa, Flavio・饗庭正寛・吉村暢彦・小黒芳生・古川泰人・三島啓雄・小川健太・伊東瑠衣・佐々井崇博・竹見哲也・柴田英昭: 第 130 回日本森林学会大会, 新潟 (2019.3), 人工林の風倒リスク推定に基づく森林計画 —現在気候下での風倒モデリング—
- 19) 高野宏平・饗庭正寛・小黒芳生・森本淳子・中川孝介・古川泰人・三島啓雄・小川健太・伊東瑠衣・竹見哲也: 第130回日本森林学会大会, 新潟 (2019.3), 風倒の影響予測と適応策評価 — 04年18号台風の21世紀末疑似温暖化実験
- 20) 中静透・石田清・蒔田明史・石橋史朗・赤田辰治・神林友広・齋藤宗勝・松井淳・神真波・中山隆志・平川久仁夫・野原七恵・渡辺陽平・大野美涼: 自然保護助成基金第 4 期協力型助成中間報告会, 東京(2019.12), 白神山ブナ林の 100 年モニタリング
- 21) Nakashizuka, T., The e-ASIA JRP Conference on Climatic Change and Natural Disaster, 2019 年 8 月, ウラジオストク(国外), Effects of climate change on forest ecosystems in Japan.
- 22) Oka, C., Aiba, M., Onoda, Y., Kurokawa, H. & Nakashizuka, T.: ESA Annual Meeting 2018, New Orleans, Louisiana, USA, Aug. 2018, Functional and phylogenetic diversity of tree species assures diversity of forest bounties
- 23) Shibata, R., Aiba, M. & Nakashizuka, T.: ESA Annual Meeting 2018, New Orleans, Louisiana, USA, Aug. 2018, Influence of Natural and Social Attributes on Educational Value: Evaluation of Cultural Ecosystem Service in Japan.
- 24) 柴田嶺・饗庭正寛・小黒芳生・中静透: 日本生態学会第 66 回大会, 神戸市 (2019.3), 生態系サービス間のトレードオフ・シナジーの広域評価とその空間分布要因の解析
- 25) 饗庭正寛・岡千尋・黒川紘子・小野田雄介・中静透: 日本生態学会第 66 回大会, 神戸市 (2019.3), 樹木種の特性が生態系サービスの空間的異質性に与える影響

- 26) 河井勇高・柴田嶺・中静透: 日本生態学会第 66 回大会, 神戸市 (2019.3), 高層湿原の縮小は融雪速度およびハイマツ侵入と関係しているか?
- 27) 柴田嶺・饗庭正寛・小黒芳生・中静透: 日本生態学会第 67 回大会, 名古屋市 (2020.3), 生態系サービス間のトレードオフ・シナジーを生み出す自然的・社会的要因の解明
- 28) 饗庭正寛・黒川紘子・小野田雄介: 日本生態学会第 67 回大会, 名古屋市 (2020.3), 機械学習で探る樹木形質の複雑な関係
- 29) 富高まほろ・内原彰子・松原夏生・土橋由依・後藤亮仁・佐々木雄大: 日本生態学会第 67 回大会, 名古屋市 (2020.3), 生物多様性に対する人々の知覚とその要因: 都市公園と自然公園における検証
- 30) 岩知道優樹・林晋也・孫熙・桐下正隆・堀内颯夏・内田圭・森章・佐々木雄大: 日本生態学会第 67 回大会, 名古屋市 (2020.3), 都市化による生物群集への影響: 効率的な保全策構築に向けて
- 31) Sun, X., Iwachido, Y., Hayashi, S., Horiuchi, S., Kirishita, M., Mori, A. & Sasaki, T. 日本生態学会第 67 回大会, 名古屋市 (2020.3), Potential conservation sources for rare plant species in urban area
- 32) 柴田嶺・小黒芳生: 第 131 回日本森林学会大会, 名古屋市 (2020.3), 自然景観の季節変化がもたらすレクリエーションの評価〜ビッグデータ分析〜
- 33) 柴田嶺・小黒芳生・饗庭正寛・中静透: 日本生態学会第 68 回大会, 岡山市 (2021.3), ソーシャルメディア分析による野外レクリエーションサービスの全国評価
- 34) 柴田嶺・小黒芳生: 第 131 回日本生態学会大会, 府中市 (2021.3), ソーシャルメディア分析による日本の国立公園の魅力の評価

【サブテーマ 2】

- 1) T. Takano, M. Aiba, M. Oguro, K. Nakagawa, J. Morimoto, R. Ito, T. Takemi, K. Hibino, I. Takayabu, T. Nakashizuka (2016) Impacts of climate change on forest ecosystem in northern Japan. The 7th EAFES International Congress (Daegu, Korea, Apr. 2016).
- 2) 功刀祐之, 有村俊秀, 森田稔, 中静透, 小黒芳生 (2016) 主観的幸福度と社会資本、自然資本 (環境): ミクロデータを用いた分析. 環境科学会2016年大会 (横浜, 2016.9).
- 3) H. Sasaki, M. Aiba, M. Oguro, T. Nakashizuka (2016) Geographical pattern of wild edible plants: supply and utilization in Tohoku District, Japan. 1st Asian Conference on Biocultural Diversity 2016 (Ishikawa, Japan, Oct. 2016).
- 4) K. Nanko, M. Oguro, S. Miura, T. Masaki (2016) Comparison of soil erosion predictions among PESERA, RUSLE, and MMF models in Japan as a whole. AGU Fall Meeting 2016 (San Francisco, USA, Dec. 2016).
- 5) 饗庭正寛, 小黒芳生, 中静透 (2017) 登山SNSヤマレコのデータを活用した文化的生態系サービスの広域評価, 日本生態学会第64回全国大会 (東京, 2017.3).
- 6) 佐々木春佳, 饗庭正寛, 小黒芳生, 中静透 (2017) 東北地方での山菜の潜在的な供給と利用の地理的パターン, 日本生態学会第64回全国大会 (東京, 2017.3).
- 7) 小山有夢, 饗庭正寛, 小黒芳生, 中静透 (2017) 気候変動下にある分布南限および下限にあるブナ林の動態. 日本生態学会第64回全国大会 (東京, 2017.3).
- 8) 小黒芳生 (2017) 植物好きはどこにいる? -Twitterを使った植物への関心の地図化. 日本生態学会第64回全国大会 (東京, 2017.3).

- 9) 古川拓哉, 小柳知代 (2017) 西日本の郷土食を対象とした農山漁村の食料供給サービス評価. 日本生態学会第64回全国大会 (東京, 2017.3).
- 10) 香取拓郎, 牧野能士, 小黒芳生, 河田雅圭 (2017) 植物種の分布の拡大と維持の能力に影響する生態的・遺伝的形質. 日本生態学会第64回全国大会 (東京, 2017.3).
- 11) 橋本弾, 西嶋翔太, 滝久智, 古川拓哉, T. Kastner, 松田裕之 (2017) 農作物貿易を介した送粉サービスの海外への依存度評価. 日本生態学会第64回全国大会 (東京, 2017.3).
- 12) J. Morimoto, K. Nakagawa, K. T. Takano, M. Aiba, M. Oguro, Y. Furukawa, Y. Mishima, K. Ogawa, R. Ito, T. Takemi (2017) Comparison of susceptibility of artificial forests and natural forests to strong winds in Hokkaido, Japan. 8th International Conference on Wind and Trees (USA, Jul. 2017).
- 13) H. Kurokawa, M. Aiba, Y. Onoda, M. Oguro, T. Nakashizuka (2017) Mapping nationwide forest ecosystem functions and services in Japan. 2017 Forest Inventory and Analysis Stakeholder Science Meeting (Utah, USA, Oct. 2017).
- 14) R. Shibata, M. Aiba, M. Oguro, T. Nakashizuka (2017) Modelling and mapping recreation services using multi-scale natural and social metrics in Japan. The 9th Ecosystem Services Partnership World Conference (ESP9) (Shenzen, China, Dec. 2017).
- 15) M. Oguro, H. Taki, T. Furukawa, H. Kurokawa, T. Masaki (2017) Modelling provisioning services and their relationship with socio-ecological factors in Japan. The 9th Ecosystem Services Partnership World Conference (ESP9) (Shenzen, China, Dec. 2017).
- 16) C. Haga, T. Inoue, W. Hotta, R. Shibata, S. Hashimoto, H. Kurokawa, T. Machimura, T. Matsui, J. Morimoto, H. Shibata (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. The 9th Ecosystem Services Partnership World Conference (ESP9) (Shenzen, China, Dec. 2017).
- 17) 饗庭正寛, 柴田嶺, 小黒芳生, 中静透 (2018) 環境・社会要因が文化的生態系サービスに与える影響の空間スケール依存性. 日本生態学会第65回全国大会 (札幌, 2018.3).
- 18) 柴田嶺, 饗庭正寛, 中静透 (2018) 生態系サービスの教育的価値の可視化～中学校の野外学習に影響を及ぼす自然的・社会的環境の解明. 日本生態学会第65回全国大会 (札幌, 2018.3).
- 19) 岡千尋, 饗庭正寛, 小野田雄介, 黒川紘子, 中静透 (2018) 生物多様性と生態系サービス多面性の関係解明に向けて: 樹木を対象とした幅広い有用性と形質・系統との関係の検証. 日本生態学会第65回全国大会 (札幌, 2018.3).
- 20) 小山有夢, 饗庭正寛, 小黒芳生, 中静透 (2018) 分布環境辺縁部にあるブナ林に対する気候変動の影響. 日本生態学会第65回全国大会 (札幌, 2018.3).
- 21) 土屋一彬, 大澤剛士, 小黒芳生, 古川拓哉 (2018) 農作物の栄養供給サービスに着目したフードシェッドの都市間比較. 日本生態学会第65回全国大会 (札幌, 2018.3).
- 22) 古川拓哉, 小柳知代, 小川みふゆ, 小黒芳生, 吉田丈人 (2018) 生態系の食べ方: 全国の郷土食における生態系利用. 日本生態学会第65回全国大会 (札幌, 2018.3).
- 23) 小黒芳生 (2018) 植物を愛する街、○×△□へようこそ!: Tweet に含まれる植物を説明する要因. 日本生態学会第65回全国大会 (札幌, 2018.3).
- 24) 小野田雄介, 長田典之, 饗庭正寛, 黒川紘子 (2018) 樹木形質データベースの紹介と活用. 第129回日本森林学会大会 (高知, 2018.3).

- 25) T. Katori, M. Oguro, M. Kawata (2018) The effect of climate and growth form on diversification and distribution of flowering plants. The 8th EAFES International Congress (Nagoya, Japan, Apr. 2018).
- 26) M. Oguro (2018) Mapping people's interests on plants using Twitter and exploring factors explaining its spatial distribution. ESA Annual Meeting 2018 (New Orleans, Louisiana, USA, Aug. 2018).
- 27) C. Oka, M. Aiba, Y. Onoda, H. Kurokawa, T. Nakashizuka (2018) Functional and phylogenetic diversity of tree species assures diversity of forest bounties. ESA Annual Meeting 2018 (New Orleans, Louisiana, USA, Aug. 2018).
- 28) 森本淳子, 高野宏平, 中川孝介, Flavio Furukawa, 饗庭正寛, 小黒芳生, 吉村暢彦, 古川泰人, 三島啓雄, 小川健太, 伊東瑠衣, Sridhara Nayak, 佐々井崇博, 竹見哲也, 柴田英昭 (2019) 人工林の風倒リスク推定に基づく森林計画ー現在気候下での風倒モデリングー. 第130回日本森林学会大会 (新潟, 2019.3).
- 29) 森本淳子, 高野宏平, 中川孝介, Furukawa Flavio, 饗庭正寛, 吉村暢彦, 小黒芳生, 古川泰人, 三島啓雄, 小川健太, 伊東瑠衣, 佐々井崇博, 竹見哲也, 柴田英昭 (2019) 人工林の風倒リスク推定に基づく森林計画ー現在気候下での風倒モデリングー. 第130回日本森林学会大会 (新潟, 2019.3).
- 30) 高野宏平, 饗庭正寛, 小黒芳生, 森本淳子, 中川孝介, 古川泰人, 三島啓雄, 小川健太, 伊東瑠衣, 竹見哲也 (2019) 風倒の影響予測と適応策評価ー04年18号台風の21世紀末疑似温暖化実験. 第130回日本森林学会大会 (新潟, 2019.3).
- 31) 柴田嶺, 饗庭正寛, 小黒芳生, 中静透 (2019) 生態系サービス間のトレードオフ・シナジーの広域評価とその空間分布要因の解析. 第66回日本生態学会大会 (神戸, 2019.3).
- 32) 饗庭正寛, 岡千尋, 黒川紘子, 小野田雄介, 中静透 (2019) 樹木種の特徴が生態系サービスの空間的異質性に与える影響. 第66回日本生態学会大会 (神戸, 2019.3).
- 33) 香取拓郎, 小黒芳生, 河田雅圭 (2019) 真正双子葉類の2つの生育型における種分化率・絶滅率・分布拡大率に緯度が与える影響. 第66回日本生態学会大会 (神戸, 2019.3).
- 34) 小黒芳生 (2019) シアワセダイバーシティβ. 第66回日本生態学会大会 (神戸, 2019.3).
- 35) 小黒芳生 (2020) 植物好きはどこにいる? ++ (自由集会: 生き物や自然に対する市民の意識を定量化し保全や管理に活かす) 日本生態学会第67回大会 (名古屋市, 2020.3)
- 36) 柴田嶺, 饗庭正寛, 小黒芳生, 中静透: 生態系サービス間のトレードオフ・シナジーを生み出す自然的・社会的要因の解明. 日本生態学会第67回大会 (名古屋市, 2020.3)
- 37) 饗庭正寛, 黒川紘子, 小野田雄介: 機械学習で探る樹木形質の複雑な関係. 日本生態学会第67回大会 (名古屋市, 2020.3)
- 38) 柴田嶺, 小黒芳生: 自然景観の季節変化がもたらすレクリエーションの評価ービッグデータ分析ー. 第131回日本森林学会大会(名古屋, 2020.3)
- 39) 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
- 40) 小黒芳生・柴田嶺 (2021) ころなういるす vs 生態系サービス ~レクリエーションの逆襲~. 日本生態学会第68回大会

【サブテーマ3】

- 1) 小川みふゆ: 第68回日本生態学会全国大会, オンライン (2021.3) 「生物多様性地域戦略における多様な主体の参加と伝統知・地域知の活用に向けて」

- 2) 小川みふゆ・今井葉子・曾我昌史・吉田丈人:第 67 回日本生態学会全国大会, 名古屋(2020.3)「伝統知・地域知が生物多様性地域戦略に活用される要因-地域の自然か人材か?」
- 3) 小池祥平・小野厚・西廣淳:第 67 回日本生態学会全国大会, 名古屋(2020.3)「麻機遊水地における利活用による植生への影響」
- 4) 井上綾佳・西廣淳:第 67 回日本生態学会全国大会, 名古屋(2020.3)「人工護岸を撤去した河川における外来植物の効果的な管理」
- 5) 野田顕・山ノ内崇志・小林翔・西廣淳:第 67 回日本生態学会全国大会, 名古屋(2020.3)「半自然草原の植物種多様性に対する歴史的な土地利用の影響」
- 6) Kohsaka, R., Miyake, Y. & Uchiyama, Y. : International and Japanese perspectives, 名古屋(2020.2) (招待講演)

“Facilitating rural development and sustainability with GI: From tradition, to environment with products, to place-based GIAHS registration, From local to global, the challenge of Geographical Indications.”

- 7) Kohsaka, R. & Uchiyama, Y. : Transforming Approaches to Forests & Forestry through Traditional and Local Knowledges, Vancouver, Aug. 2019“Transmission of traditional knowledge for production of non-timber forest products: Explicit knowledge and Geographical Indication.”
- 8) 香坂玲:日本教育学会第 78 回大会, 東京(2019.8)「学習院大学知財教育における産品認証制度の活用: 題材としての伝統野菜・地理的表示保護制度の産品による地域観光戦略」
- 9) 小川みふゆ・曾我昌史・今井葉子・吉田丈人:日本生態学会第 66 回大会, 神戸(2019.3)「日本の生物多様性地域戦略に関わる協議・活動・策定後の意識変化には何が影響するか?」
- 10) 八嶋桜子・小川みふゆ・豊田光世・宇治美徳・吉田丈人:日本生態学会第 66 回大会, 神戸 (2019.3)「里山里海における生物多様性と生態系サービスの関係:聞き書き甲子園と佐渡の海藻利用」
- 11) 中村亮:中部 ESD 拠点 2019「SDGs フォーラム」, 名古屋(2019.2)「海の豊かさは誰が守る:海女文化から考える沿岸保全」
- 12) 富田涼都:「野生生物と社会」学会第 24 回大会, 福岡(2018.11)「環境問題をめぐる『オープンサイエンス』の実践の意義」
- 13) Kohsaka, R. & Uchiyama, Y.: World Social Science Forum 2018, 福岡(2018.9)“Non-market food provisioning services via communal sharing and use of Geographical Indications in satoyama socio-ecological production landscapes on Japan's Noto peninsula.”
- 14) 香坂玲:日本教育学会第 77 回大会, 仙台(2018.8)「伝統野菜・養蜂を活用した教育実践の試み日中韓における異文化と遺伝資源、知的財産の理解に向けて」
- 15) Uchiyama, Y. & Kohsaka, R.: COMSA 2018, The 5th Conference on Management and Sustainability in Asia, 広島(2018.8)“How Does Accessibility Affect the Perceived Values by Visitors of Tourism Resources? Quantitative Analysis of Academic Literature of MAB and GIAHS.”
- 16) 吉田丈人:日本公共政策学会第 22 回研究大会, 町田(2018.6)「多様な主体の参加と伝統・地域知の利用がもたらす生物多様性保全」
- 17) 福永真弓・富田涼都:環境三学会合同シンポジウム(環境社会学会、環境法政策学会、環境経済・政策学会の共催), 東京(2018.6)

「SDGs 時代の社会デザインを考える:人文社会科学からの新たな挑戦」

- 18) 内山愉太・梶間周一郎・香坂玲・小柴有理江・井上荘太朗・伊藤紀子・浅井真康:2018 年度日本フードシステム学会大会, 東京 (2018.6)「持続可能な農村地域メンジメントに資する社会組織のネットワーク構造～能登の世界農業遺産認定地域を対象として～」
- 19) Kohsaka, R., Kajima, S., Tashiro, A., Uchiyama, Y. & Park, M. S. : 2018 Circular Economy for Agri-Food Resource Management, Seoul, Korea, Jun. 2018
“The Political Ecology of Regional Names on Agricultural Products; Governing Boundaries and Qualities through Geographical Indications.”
- 20) Kohsaka, R.: 2018 Circular Economy for Agri-Food Resource Management, Seoul, Korea, Jun. 2018.
“Transition to a Cycle-Oriented Society in Japanese Agriculture and Knowledge System: From Traditional Knowledge in Satoyama, Geographical Indications and Agriculture 4.0.”
- 21) Uchiyama, Y. & Kohsaka, R.: The 8th EAFES International Congress, 名古屋 (2018.4) “Why urban biodiversity matters? The motivations for cities to develop conservation and education programs.”
- 22) 小川みふゆ・奥井かおり・今井葉子・曾我昌史・吉田丈人: 第 65 回日本生態学会大会, 札幌 (2018.3)「日本の生物多様性地域戦略における多様な主体の参加と伝統知・地域知の役割」
- 23) 齋藤暖生: 第 129 回日本森林学会大会, 高知 (2018.3)「林野における資源採取の衰退・消滅と法制度に関する試論」
- 24) 香坂玲・梶間周一郎・内山愉太: 第 129 回日本森林学会大会, 高知 (2018.3)「なぜ人工林は管理されていないのか: 地籍制度と超高齢化社会」
- 25) 石崎涼子・三俣学・齋藤暖生・川添拓也: 第 129 回日本森林学会大会, 高知 (2018.3)「自然アクセス権と森林利用を巡る諸問題: スイスおよびドイツを事例として」
- 26) Kohsaka, R. & Uchiyama, Y. : Urban Transitions 2018, Barcelona, Spain, Nov. 2018. “Municipal urban biodiversity managements with participation of citizens and collaboration of multiple sectors: Challenges and potentials.”
- 27) Uchiyama, Y., Tashiro, A. & Kohsaka, R. : Urban Transitions 2018, Barcelona, Spain, Nov. 2018.
“Sustainable managements of green and blue infrastructures in urban areas with rapid aging: Citizens' attitudes toward their neighbouring environment.”
- 28) Kohsaka, R., Uchiyama, Y., Tashiro, A., & Park, M. S.: The 83rd TOSOK International Tourism Conference, Incheon, South Korea, Feb. 2018. “Sustainable tourism managements with regional designations experience from rural areas in Japan.”
- 29) Miyamoto, Y., Seikai, T. & Yoshida, T.: The 3rd Asian Marine Biology Symposium, Kumamoto, Japan, Nov. 2017. “Effect of past river alteration on spatial distribution of Shijimi clam in the lakes Mikata-goko: the evaluation using TLK (Traditional Local Knowledge).”
- 30) 宮本 康・青海忠久: 2017 年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会, 滋賀 (2017.9)「三方五湖におけるヤマトシジミの分布域と人為改変・気候変動の関連」
- 31) 高橋栞・西廣淳・徳江義宏・今村史子・上野裕介: ELR2017 (日本緑化工学会・日本景観生態学会・応用生態工学会合同大会), 名古屋 (2017.9)「住宅地の空き地のグリーンインフラストラクチャー化に向けた機能評価」
- 32) 市東実里・古賀和子・西廣淳・岩崎寛: ELR2017 (日本緑化工学会・日本景観生態学会・応用生態工学会合同大会), 名古屋 (2017.9)「都市緑地における自然観察プログラムと健康プログラムの連携実施が参加者の意識や心理に与える影響」

- 33) Uchiyama, Y. & Kohsaka, R.: The International Society for Ecological Modelling Global Conference 2017, Jeju, South Korea, Sep. 2017. "How much are biodiversity mainstreamed in urban municipalities? Status of mainstreaming efforts with urban biodiversity indicators in major Japanese cities."
- 34) Kohsaka, R. & Uchiyama, Y.: The International Society for Ecological Modelling Global Conference 2017, Jeju, South Korea, Sep. 2017. "Status of Apiculture and effects of ecological conditions in Japan: How knowledge of beekeeping is transmitted in inter-generational manner."
- 35) Kohsaka, R. & Uchiyama, Y.: International Union of Forest Research Organizations 125th Anniversary Congress, Freiburg, Germany, Sep. 2017. "Schemes of benefit sharing in alternative livelihood strategies: Potential of geographical indications of non timber forest products."
- 36) Kohsaka, R. & Uchiyama, Y.: International Union of Forest Research Organizations 125th Anniversary Congress, Freiburg, Germany, Sep. 2017. "Spatial analysis of forest environmental tax as a scheme of Payment for Ecosystem Service: Suggestions to the REDD+."
- 37) Takahashi, S. & Nishihiro, J.: Annual meeting of Ecological Society of America, Portland, USA, Aug. 2017. "Study on the Green Infrastructure for multifunctional use of open space in urban area."
- 38) J. Nishihiro: Annual meeting of Ecological Society of America, Portland, USA, Aug. 2017. "Nature restoration and human welfare: research and practices for vegetation restoration through cooperation with disability people."
- 39) Saito, H.: The 16th Biennial Conference of the International Association for the Study of Commons, Utrecht, Netherland, Jul. 2017. "Variable status of access rights for non-timber forest products in Japan."
- 40) Uchiyama, Y. & Kohsaka, R.: The 3rd International Conference on Landscape and Human Health: Forests, Parks and Green Care, Vienna, Austria, May 2017. "Analysis on accessibility of urban forest: Towards enhancement of well-being in urban regions."
- 41) Kohsaka, R. & Uchiyama, Y.: The 3rd International Conference on Landscape and Human Health: Forests, Parks and Green Care, Vienna, Austria, May 2017. "Local strategies on conservation of urban biodiversity: Relationships between the conservation and sustainable urban forest management for quality of life."
- 42) 中村亮: 里山里海湖フォーラム(2017.3)「ナレズシがつなぐ地域社会」
- 43) Nishihiro, J., Akasaka, M., Yamanouchi, T. & Takamura, N.: 17th International Symposium on River and Lake Environment and 3rd International Symposium on Aquatic Botany, Mar. 2017. "Declining recovery potential of aquatic plants from the seed banks of lake sediment."
- 44) Shiratsuchi, S. Hayashi, N. & Nishihiro, J.: 17th International Symposium on River and Lake Environment and 3rd International Symposium on Aquatic Botany, Mar. 2017. "Restoration of 'extinct' aquatic plants from the sediment seed banks of ponds in urban parks of Tokyo."
- 45) 宮本康: 日本生態学会第 64 回大会(2017.3)「三方五湖のヤマトシジミ個体群の保全に向けて: 日本海の海面上昇の影響を評価する」
- 46) 白土智子・林紀男・内山香・西廣淳: 日本生態学会第 64 回大会(2017.3)「シードバンクを活かした自然再生と市民参加」
- 47) 香坂玲・長坂健司・梶間周一郎・内山愉太: 第 128 回日本森林学会大会(2017.3)「国際森林政策と科学政策 インターフェース: CBD と IPBES における在来知・伝統的知識の扱いと利益配分をめぐる議論より」

- 48) 内山愉太・香坂玲・梶間周一郎・Jinlong Liu・Yeo-Chang Youn・MiSun Park: 第 128 回日本森林学会大会 (2017.3)「受粉をめぐる生態系サービスの知識伝播の分析:養蜂に関する東アジアの先行研究と国内の現地調査より」
- 49) 香坂玲: IPBES 第5回総会報告会 (2017.3)「伝統・地域的知識 (ILK)indigenous and local knowledge 政策支援ツールと方法論」
- 50) 香坂玲: 伝統野菜サミット 2016 (2016.12)「伝統野菜の現在と未来～各地の取組、地理的表示の制度と世界の潮流～」
- 51) 齋藤暖生: 林業経済学会 2016 年度秋季大会 (2016.11)「森林文化の継承のためのアーカイブ作成に向けた課題整理:山菜・キノコ採取活動を題材とした記録媒体の特性の検討」
- 52) 奥井かおり・澤田佳 宏・吉田丈人: 第 21 回植生学会大会 (2016.10)「古老の知恵か、経験の減少か“木の実利用”の世代間差を説明するメカニズム」
- 53) Okui, K., Sawada, Y. & Yoshida, T.: 1st Asian Conference on Biocultural Diversity, Oct. 2016. “Abundant Knowledge of Wild Fruit Use among Elders: “Wisdom of the Elders” or “Loss of Experience” as a Mechanism Explaining the Pattern.”
- 54) 宮寄舞・川井田美枝・寺園直美・西廣淳: 応用生態工学会第 20 回大会 (2016.9)「放棄水田を活用した湿地再生～印旛沼流域・八幡溜での試み」
- 55) 白土智子・林紀男・内山香・西廣淳: 応用生態工学会第 20 回大会 (2016.9)「散布体バンクを活用した水生植物の再生可能性と市民参加型プログラムの検討—東京都内の公園を対象に」
- 56) Kohsaka, R. & Uchiyama, Y.: Urban Transitions Global Summit 2016 (2016.9) “Motivation, strategy and challenges of conserving urban biodiversity in local contexts: Cases of 12 municipalities in Ishikawa, Japan.”

【サブテーマ 4】

- 1) Shibata H: International Congress of Ecology (INTECOL), Aug. 2017, 北京市(国外), Changing winter climate alter nitrogen biogeochemistry in northern forest ecosystems
- 2) 森本淳子: ELR 2017, 名古屋市(国内), 2017 年 9 月, 森林生態系のレジリエンス～台風と森林植生～
- 3) 三浦一輝: 道東森里海連環シンポジウム, 2017 年 10 月, 札幌市(国内), 北海道東部河川における希少淡水二枚貝カワシンジュガイ類の機能と将来
- 4) 柴田英昭: 道東森里海連環シンポジウム, 2017 年 10 月, 厚岸町(国内), 気候変動や土地利用変化に伴う流域生態系の物質循環プロセスの変化
- 5) 長根美和子: 道東森里海連環シンポジウム, 2017 年 10 月, 厚岸町(国内), 異なる土地利用下の土壌における亜酸化窒素の発生と硝酸溶脱の栄養塩溶脱に対する影響
- 6) Shibata H and the ReSIN-III project team: International Conference of Nitrogen Cycling and Its Environmental Impacts in East Asia, Oct. 2017, 南京市(国外), Impact of winter climate change on soil nitrogen dynamics in northern forest ecosystem
- 7) 柴田英昭・ReSIN-III プロジェクトチーム: 生物地球化学研究会山梨セッション, 2017 年 11 月, 甲府市(国内), 冬季気候変化による積雪減少が森林土壌の窒素動態に及ぼす影響
- 8) Ito T, Mogi H, Nagane M, Hamamoto T, Toda M, Yoshii Y, Maeda Y, Oka M, Uchida Y: 1ST International KAMPAI Symposium on Sustainable Management of Resources and Environment in the

21ST Century, Nov. 2017, 札幌市(国内), Variability of denitrification potentials in riverbank soils along Bekanbeushi river, Hokkaido

- 9) 三浦一輝・石山信雄・川尻啓太・渥美圭佑・立花道草・根岸淳二郎・中村太士: 第 65 回日本生態学会大会, 2018 年 3 月, 札幌市(国内), 北海道東部河川における希少淡水二枚貝カワシンジュガイ属2種の非致死的な種同定法と個体群の現状
- 10) 佐々井崇博, 小宮山敬介, 帯川裕基, R.R. Nemani: 日本気象学会 2017 年度秋季大会, 2017 年 10 月, 札幌市(国内), 土地利用・土地利用変化が陸域炭素収支に与える影響の評価
- 11) 柴田英昭: 日本陸水学会第 83 回大会, 2018 年 10 月, 岡山市(国内), 森川里海のつながり
- 12) Takahiro Inoue, Hideaki Shibata, Naoki Nakazumi, Chihiro Haga, Takanori Matsui: Global Land Programme (GLP) Asia conferenece 2018, 2018 年 9 月, 台北市(国外), Combined effects of future changes of land use/land cover and climate on nitrogen leaching to stream water in a forest, farmland and wetland dominated landscape, northern Japan
- 13) Chihiro Haga, Takahiro Inoue, Takanori Matsui, Junko Morimoto, Hideaki Shibata, Takashi Machimura: Global Land Programme (GLP) Asia conferenece 2018, 2018 年 9 月, 北京市(国外), Scenario analysis of landscape change and evaluation of terrestrial ecosystem services and landscape diversity using Forest Landscape Model
- 14) Hideaki Shibata, Azusa Oita, Junko Shindo: The 8th EAFES (East Asian Federation of Ecological Societies) International Congress, 2018 年 4 月, 名古屋市(国内), Nitrogen footprint approach to evaluate nitrogen loss to the environment
- 15) Nakamura F: Global Land Programme (GLP) Asia conferenece 2018, 2018 年 9 月, 台北市(国外), Dam improvement to restore a linkage between forest, stream, and marine ecosystem in Hokkaido, northern Japan.
- 16) Ishiyama N, Kawajiri K, Terui A, Miura K and Nakamura F: Global Land Programme (GLP) Asia conferenece 2018, 2018 年 9 月, 台北市(国外), Direct and indirect effects of land-river-ocean connection on reproduction success of a large biofilter, freshwater pearl mussel.
- 17) 森本淳子・高野宏平・中川孝介・Flavio Furukawa・饗庭正寛・小黒芳生・吉村暢彦・古川泰人・三島啓雄・小川健太・伊東瑠衣・Sridhara Nayak・佐々井崇博・竹見哲也・柴田英昭: 第 130 回日本森林学会大会, 2019 年 3 月, 新潟市(国内), 人工林の風倒リスク推定に基づく森林計画—現在気候下での風倒モデリング—
- 18) Junko Morimoto, Toshihiro Umabayashi, Satoshi Suzuki, Toshiaki Owari, Tohru Suzuki, Hideaki Shibata: 18th International Boreal Forest Research Association Conference, 2018 年 9 月, Laxenburg (国外), The effects of salvage logging after a catastrophic wind disturbance on the wood carbon stock in northern Japan
- 19) 柴田英昭: 低温科学研究所 共同研究集会シンポジウム「変化する環オホーツク陸域・海域環境と今後の展望」、2019 年 7 月、札幌市(国内)、北海道東部における生態系の物質循環
- 20) Shibata H., Baron J., Oita A., Leach A., Weinmann T.: International Long-Term Ecological Research Network Open Science Meeting 2019, 2019 年 9 月, Leipzig, Germany(国外), Challenges to develop the global assessment guidance for the nitrogen impacts for human and nature
- 21) 柴田英昭・坂領祐・江口定夫・平野七恵: 日本陸水学会第 84 回大会金沢大会、2019 年 9 月、日本全域を対象とした陸域から河川への窒素流出

- 22) Shibata, H.: AsiaFlux2019 - 20th Anniversary Workshop -, 2019年10月, Takayama, Japan(国内), Nitrogen biogeochemistry in a forest ecosystem under changing climate
- 23) Shibata, H.: SSE, TERN & TaiwanFlux Joint Meeting 2019, 2019年10月, Hualien, Taiwan(国外), How can you join the ILTER? -Challenge and opportunity for collaboration between LTER and Flux research
- 24) 柴田英昭: 生物地球化学研究会長崎セッション、2019年12月、長崎市(国内)、窒素に関する国際的な研究プログラムの動向
- 25) 坂領祐: 生物地球化学研究会長崎セッション、2019年12月、長崎市(国内)、日本全域を対象とした河川水中の硝酸イオン濃度と流域特性の関係
- 26) 長根美和子: 生物地球化学研究会長崎セッション、2019年12月、長崎市(国内)、北海道東部のミズナラ・トドマツ林における亜酸化窒素フラックスと環境要因の関連性
- 27) 井上貴央・柴田英昭・芳賀智宏・松井孝典: 第131回日本森林学会大会、2020年3月、名古屋市(国内)、LANDIS-IIを用いた北海道東部の森林における生態系機能のモデリング
- 28) Morimoto, J., Aiba, M., Furukawa, F., Mishima, Y., Terada, F., Yoshimura, N., Nayak, S., Takemi, T.: Wind & Trees, 2020年2月, Rotorua, New Zealand(国外), Assessment of windthrow risk by successive typhoons with heavy rain in northern Japan.
- 29) Sugiura, M., Morimoto, J., Nakamura, F.: Wind & Trees, 2020年2月, Rotorua, New Zealand(国外), The effects of salvage logging and deer browsing activity on post-windthrow forest restoration: Results from a 15-year monitoring program in northern Japan.

(3) 「国民との科学・技術対話」の実施

【サブテーマ1】

- 1) 中静透: グリーンレジリエンスシンポジウム(主催: 一般社団法人レジリエンスジャパン推進協議会、2016年5月12日、砂防会館別館、聴講者約400名)にて基調講演
- 2) 中静透: 日本学術会議公開シンポジウム「森林科学の未来を語る(その2)気候変動と森林生態系の持続性」(主催: 日本学術会議農学委員会林学分会、2016年7月27日、日本学術会議講堂、聴講者約100名)にて講演
- 3) 中静透: 日本学術会議公開シンポジウム「生態系サービスと農業生産」(主催: 日本学術会議農学委員会植物保護科学分会他、2016年12月3日、東京大学農学部2号館化学第一教室、聴講者約50名)にて講演
- 4) 中静透: 第7回低炭素まちづくりフォーラムin埼玉「さいたまの生物多様性のいまを考える」(主催: 低炭素まちづくりフォーラムin埼玉実行委員会、2016年12月10日、埼玉大学全学講義棟1号館、聴講者約100名)にて基調講演
- 5) 中静透: 第69回地球研セミナー「生物多様性の問題を社会に根づかせる」(主催: 総合地球環境学研究所、2017年1月24日、京都教育文化センター・ホール、聴講者約200名)にて講演
- 6) 中静透: 平成28年度生物多様性シンポジウム「みやぎの山と私たちの暮らし」(主催: 仙台市、2017年1月30日、ホテル白萩、聴講者約100名)にて講演
- 7) 中静透: 企業と生物多様性に関するシンポジウム「企業が語るいきものがたりPart10」(主催: 三井住友海上火災保険株式会社、2017年3月7日、聴講者約200名)にて講演

- 8) 中静透: 国際シンポジウム「Biodiversity and sustainability –Linking People and Nature」 (主催: UNU-
IAS、東京大学サステイナビリティ学連携研究機構、2017年3月12日、国際連合大学ウ・タント国際会
議場、聴講者約100名) にて講演
- 9) 中静透: あいち環境塾 (主催: 愛知県、(公財) 名古屋産業科学研究所) における講義「生物多様性と
生態系サービス」 (2017年8月5日、聴講者約20名)
- 10) 中静透: 平成29年度環境教育講座 (主催: 新潟県立教育センター、2017年8月29日、ビュー福島潟) に
て新潟県内学校教諭8名へ講義
- 11) 中静透: 秋田県立秋田南高等学校における特別授業「白神山地のブナ林はなぜ大切か」 (2017年8月31
日、1~3年生「生物」選択者が対象)
- 12) 中静透: 一般公開シンポジウム「自然と人間との関わり方を追求する」 (主催: 東洋大学国際哲学研究
センター、2017年12月24日、東洋大学白山キャンパス125記念ホール、聴講者約100名) にて講演
- 13) 中静透: 一般公開シンポジウム「和歌山県の人と自然をつなぐシンポジウム~学び活かそう自然の力
~」 (主催: 和歌山県、2018年1月8日、和歌山市県民文化会館、聴講者約50名) にて講演
- 14) 中静透: 平成29年度宮城県生物多様性フォーラム「身近な自然の恵みを考えよう~薬と毒と生物多様性
~」 (主催: 宮城県、2018年1月14日、ホテル白萩、聴講者約100名) にて講演
- 15) 中静透: 地球環境と持続可能性. CDP2018 大阪ワークショップ (2018.04, 大阪市)
- 16) 中静透: 生物多様性総合評価 (JBO) におけるレッドリスト評価. 生物多様性基本法制定10周年記念シ
ンポジウムーレッドリストと主の保存ー (2018.06, 東京)
- 17) 饗庭正寛: 文化的生態系サービス供給メカニズムの解明にむけて. サステイナビリティ・サイエンス・コ
ンソーシアム研究集会(2018. 06, 葉山)
- 18) 中静透: 生物多様性と生態系サービス. あいち環境塾 (2018.09, 名古屋市)
- 19) 中静透: 森ってうごいてるんだよ. 白神山地ブナ林モニタリング調査20周年記念シンポジウム「みんな
で見守る白神山地」 (2018.10, 秋田県藤里町)
- 20) 中静透: Evaluating ecosystem services provided by rural areas to cities. International Workshop
"Bioeconomy-changing rural landscapes for sustainable economic development" (2018.11, 神戸市)
- 21) 中静透: 海と田んぼからのグリーン復興を振り返る. シンポジウム「自然資本を活かした防災と震災復
興」 (2018.12, 仙台市)
- 22) 中静透: 白神山地の100年モニタリング. 自然保護助成基金第3期提携助成中間報告会 (2018.12, 東
京)
- 23) 中静透: 森林コモディティをめぐる状況. CDPフォレスト質問書日本報告会2018 (2019.04, 南三陸
町)
- 24) 中静透: 生物多様性と企業をつなげるか? 森林総研生物多様性セミナー (2019.04, つくば市)
- 25) 中静透: 森里海の恵みを科学する. 新潟大学佐渡自然共生科学センター開所記念シンポジウム「地域と
ともにつくりあげる「自然共生科学拠点」を目指して」 (2019.06, 佐渡市)
- 26) 中静透: 自然をとらえ、その役割を評価する. 日本生命財団総説40周年記念特別シンポジウム「人と自
然が織りなす持続可能な未来ー環境学からの提言」 (2019.06, 東京)
- 27) 中静透: 大台ヶ原ブナ林の変化を読み解く. フィールドシンポジウム「大台ヶ原の森は甦るのかー長
期モニタリングから森と鹿の生態系保全を考える」 (2019.08, 大台ヶ原)
- 28) 中静透: 植物を用いて来るべき次の災害に備える. 日本植物学会第83回大会公開講演会「復興: 植物科
学による環境の再生」 (2019.09, 仙台市)

- 29) 中静透：生物多様性と生態系サービス. 2019年度あいち環境塾 (2019.09, 名古屋市)
- 30) 中静透：毎日の暮らしと生物多様性. 生物多様性講演会と自然観察会 (2019.09, 柏崎市)
- 31) 中静透：金華山の森との対話. 日本山岳・スポーツクライミング協会 第43回山岳自然保護の集い (2019.11, 石巻市)
- 32) 中静透：森林レジリエンスボンドに関するコメント. 公開シンポジウム「自然豊かでレジリエントな社会に向けたファイナンスー先進事例に学ぶ」 (2019.12, 東京)
- 33) 中静透：生物多様性概論. 環境省自然環境研修 (2020.01, 所沢市)
- 34) 中静透：文化的サービスを定量的に評価する. 生物多様性の未来を考えるシンポジウム (2020.01, 東京)
- 35) 中静透：適応コンソーシアム事業の総括. 地域適応シンポジウム (2020.01, 東京)
- 36) 中静透：生物多様性を利用した持続可能な社会. 東北大学東北アジア研究センター公開講演会 (2020.02, 仙台市)

【サブテーマ 2】

- 1) 高野宏平 (2017) 山と自然のサイエンスカフェ@信州 第5回「気候変動で信州の自然はどう変わるか？」 (主催：長野県環境保全研究所, ステーションビルMIDORI長野 3F りんごのひろば, 2017.10.19, 観客42名) にて成果紹介.
- 2) 高野宏平 (2017) 長野県上田市塩田地域協議会の環境保全委員会 (2017.11.27, 参加者約15名)にて成果紹介の上、竹林管理について意見交換.
- 3) 高野宏平 (2017) 信州生態研究会招待講演 (信州大学教育学部, 2017.12.16, 観客約50人) にて成果紹介.
- 4) 黒川紘子 (2018) 森・里・川・海をつながり. 公開シンポジウム「陸と海の豊さを守り育てるー持続可能な発展を目指して」 (共同主催：公益財団法人 農学会・日本農学アカデミー, 東京大学農学部弥生講堂 一条ホール, 2018.3.10) にて講演.
- 5) 滝久智 (2018) 野生昆虫による生態系サービス. 第9回日本昆虫科学連合シンポジウム・日本学術会議公開シンポジウム 昆虫の恵みⅡ (主催：日本昆虫科学連合, 日本学術会議農学委員会応用昆虫学分会, 東京大学, 2018.7.28).

【サブテーマ 3】

- 1) 小川みふゆ・八嶋桜子：栃木県立宇都宮中央女子高等学校における出張講義「自然に学ぶ、自然の恵み」 (2017年10月10日、1・2年生約50名)
- 2) 八嶋桜子：佐渡の「海藻利用文化」についての研究報告会 (2019年3月、佐渡市) にて講演
- 3) 西廣淳：「茅場の生態系と維持管理」 (2019年度茅採取文化財保存技術 (伝承) 研修、主催：一般社団法人日本茅葺き文化協会、2019年7月12日、つくば市筑波) にて講演
- 4) 西廣淳：「適応時代における『雑なモノ』の価値」. (100BANACH ナナナ祭「地球の味レストラン ~100年前から100年後まで」、2019年7月13日、東京都渋谷区) にて講演
- 5) 西廣淳：「都市の自然を守り、活かす」 (濠プロジェクト2019、主催：三菱地所株式会社、2019年7月19日、3×3 Lab Future 三菱地所) にて講演
- 6) 西廣淳：「水郷・利根川の魅力 自然と活用」 (利根川下流部自然再生シンポジウム、主催：国土交通省利根川下流河川事務所、2019年11月12日、東庄町公民館) にて講演

- 7) 西廣淳：「人と自然のかかわり：草原と湿地の過去・現在・未来」（大学生のための自然史講座、主催：国立科学博物館、2019年11月29日、国立科学博物館本館）にて講演
- 8) 西廣淳：「結果のとしての保全という考え方」（にじゅうまるプロジェクト第4回パートナーズ会合分科会：生物多様性の保全 主流化の新たな展開、主催：国際自然保護連合日本委員会、2020年1月12日、名古屋国際会議場）にて講演
- 9) 西廣淳：「湿地の保全と地域の魅力：国内外の事例から」（市川市協働事業：大柏川第一調節池緑地の保全と活用をはかる講演会とワークショップ、2020年1月19日、市川市北方小学校）にて講演
- 10) 中静透・饗庭正寛・柴田嶺・藤澤奈都穂・小黒芳生・堀啓子・黒川絃子・滝久智・正木隆・小川みふゆ・吉田丈人・柴田英昭・中村太士・森本淳子・佐々井崇博・内田義崇：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 Policy Brief, No. 2（2020年7月、パンフレット）
- 11) 黒田琴絵・小川みふゆ・吉田丈人：自然および地域社会に対する心理的関係性とそれに影響する社会的属性および習慣的要因：自然再生が進む地域の中学生を対象とした分析.（2020年11月6日-8日、グリーンインフラ・ネットワーク・ジャパン全国大会、オンライン）
- 12) 小川みふゆ・曾我昌史・吉田丈人：日本の生物多様性地域戦略に関わる協議・活動・策定後の意識変化には何が影響するか？（2020年11月6日-8日、グリーンインフラ・ネットワーク・ジャパン全国大会、オンライン）
- 13) 八嶋桜子・小川みふゆ・吉田丈人・豊田光世・宇治美徳：佐渡の海藻文化を子どもたちに伝えていくために.（2021年3月、リーフレット）
- 14) 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：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 Policy Brief, No. 5（2021年3月、パンフレット）

【サブテーマ4】

- 1) 森本淳子：地方学術会議「日本学術会議 in 北海道」：多様性・共生の地域社会を目指して、2019年2月16日、札幌市（国内）、気候変動・人口減少と北海道の生態系の保全
- 2) 中村太士：公開シンポジウム「陸と海の豊さを守り育てるー持続可能な発展を目指して」（共同主催：公益財団法人 農学会・日本農学アカデミー、平成30年3月10日（土）、東京大学農学部弥生講堂 一条ホールにて講演、森・里・川・海のつながり、
- 3) 井上貴央：第27回 瀬戸内海研究フォーラム in 広島、2019年9月、広島市（国内）、流域の土地利用変化と沿岸への栄養塩供給の関係～北海道東部における事例研究～
- 4) 三浦一輝：応用生態工学会テキスト勉強会「河道内氾濫原の保全と再生」、2020年12月、札幌市（国内）、氾濫原依存淡水魚種の現状ほか.

（4）マスコミ等への公表・報道等

【サブテーマ1】

- 1) 成果の共同プレスリリース（2017年10月16日、東北大学大学院生命科学研究科、長野県環境保全研究所、森林総合研究所、気象庁気象研究所、東京大学生産技術研究所、国立環境研究所、総合地球環境学

- 研究所, 「タケ、北日本で分布拡大のおそれ～里山管理の脅威になっているモウソウチクとマダケ (産業管理外来種) の生育に適した環境は温暖化で拡大し、最大 500km 北上し稚内に到達～」).
- 2) 成果のプレスリリース (2017年10月18日, 長野県環境部, 「地球温暖化の進行に伴い、モウソウチクとマダケの生育に適した環境が拡大する予測を科学論文として発表します。」).
 - 3) 日本経済新聞 (2017年10月18日, 全国版 (朝刊), 38頁, 「「竹繁殖前線」破竹の北上 温暖化で拡大予測」).
 - 4) 朝日新聞 (2017年10月18日, 全国版 (朝刊), 38頁, 「稚内にも竹林が? 温暖化で生息域拡大、東北大など懸念」).
 - 5) 信濃毎日新聞 (2017年10月18日, 朝刊, 36頁, 「県内竹林急拡大の恐れ 県環境保全研など調査」).
 - 6) 日本農業新聞 (2017年10月18日, 2頁, 「竹、温暖化で北上恐れ 放棄林の拡大懸念」).
 - 7) 読売新聞 (2017年10月19日, 全国版 (夕刊), 12頁, 「温暖化進めば北海道に竹? 今世紀末 東北大などチーム予測」).
 - 8) 財経新聞 (2017年10月22日, 「温暖化により野生の竹が生息域を拡大、山林に悪影響のおそれ」).
 - 9) 農機新聞 (2017年10月24日, 「タケが温暖化で北日本にも拡大する恐れ」).
 - 10) 共同通信の配信を受けての全国・地方44紙 (電子版含む) (2017年10月28日, 「温暖化で北海道に竹林拡大 稚内も適地、生態系懸念」).
 - 11) 朝日新聞 (2017年11月7日, 全国版 (夕刊), 「(e c o活プラス) 放置竹林、切って資源に 炭・魚礁・紙…広がる間伐材利用」).
 - 12) 毎日新聞 (2017年11月10日, 北海道版, 「このまま進めば… 稚内まで竹林拡大 調査チームまとめ、生態系に悪影響懸念」).
 - 13) FMぜんこうじ (5Mh) 環境番組「みどりとみずと」 (前編2017年12月2日, 後編16日, タケの分布拡大について紹介).
 - 14) Academist Journal研究コラム (2017年12月6日, <https://academist-cf.com/journal/?p=6586> 「外来種のモウソウチク・マダケが里山生態系を脅かす」).
 - 15) 環境ビジネス情報エコリクNewsletter (2017年12月11日, 「竹林拡大の脅威」).

【サブテーマ2】

- 1) 成果の共同プレスリリース (2017年10月16日, 東北大学大学院生命科学研究科, 長野県環境保全研究所, 森林総合研究所, 気象庁気象研究所, 東京大学生産技術研究所, 国立環境研究所, 総合地球環境学研究所, 「タケ、北日本で分布拡大のおそれ～里山管理の脅威になっているモウソウチクとマダケ (産業管理外来種) の生育に適した環境は温暖化で拡大し、最大 500km 北上し稚内に到達～」).
- 2) 成果のプレスリリース (2017年10月18日, 長野県環境部, 「地球温暖化の進行に伴い、モウソウチクとマダケの生育に適した環境が拡大する予測を科学論文として発表します。」).
- 3) 日本経済新聞 (2017年10月18日, 全国版 (朝刊), 38頁, 「「竹繁殖前線」破竹の北上 温暖化で拡大予測」).
- 4) 朝日新聞 (2017年10月18日, 全国版 (朝刊), 38頁, 「稚内にも竹林が? 温暖化で生息域拡大、東北大など懸念」).
- 5) 信濃毎日新聞 (2017年10月18日, 朝刊, 36頁, 「県内竹林急拡大の恐れ 県環境保全研など調査」).
- 6) 日本農業新聞 (2017年10月18日, 2頁, 「竹、温暖化で北上恐れ 放棄林の拡大懸念」).

- 7) 読売新聞 (2017年10月19日, 全国版 (夕刊), 12頁, 「温暖化進めば北海道に竹? 今世紀末 東北大などチーム予測」).
- 8) 財経新聞 (2017年10月22日, 「温暖化により野生の竹が生息域を拡大、山林に悪影響のおそれ」).
- 9) 農機新聞 (2017年10月24日, 「タケが温暖化で北日本にも拡大する恐れ」)
- 10) 共同通信の配信を受けての全国・地方44紙 (電子版含む) (2017年10月28日, 「温暖化で北海道に竹林拡大 稚内も適地、生態系懸念」).
- 11) 朝日新聞 (2017年11月7日, 全国版 (夕刊), 「(e c o活プラス) 放置竹林、切って資源に 炭・魚礁・紙…広がる間伐材利用」).
- 12) 毎日新聞 (2017年11月10日, 北海道版, 「このまま進めば… 稚内まで竹林拡大 調査チームまとめ、生態系に悪影響懸念」).
- 13) FMぜんこうじ (5Mh) 環境番組「みどりとみずと」 (前編2017年12月2日, 後編16日, タケの分布拡大について紹介).
- 14) Academist Journal研究コラム (2017年12月6日, <https://academist-cf.com/journal/?p=6586> 「外来種のモウソウチク・マダケが里山生態系を脅かす」).
- 15) 環境ビジネス情報エコリクNewsletter (2017年12月11日, 「竹林拡大の脅威」).
- 16) 岩手日報 (2017年12月19日, 風土計, 「この秋、東北大などによる報告が衝撃を広げた」).
- 17) 子供の科学 (2018年1月号, 誠文堂新光社, 「最新科学ニュース『温暖化によって竹林の分布が拡大』」).

【サブテーマ3】

- 1) 佐渡テレビ News アイランド(2019年3月25日、「佐渡の海藻利用文化の研究報告と意見交換会」)
- 2) 佐渡日報(2019年3月19日、佐渡版、15頁、「海藻利用文化継承を-島内での研究成果報告」)

【サブテーマ4】

- 1) 「森と川と海のつながり:流域連携にむけて」北海道新聞, 2017年4月25日

(5) 本研究費の研究成果による受賞

【サブテーマ1】

- 1) 日本生態学会ポスター優秀賞 / 佐々木春佳, 饗庭正寛, 小黒芳生, 中静透 (2017) 東北地方での山菜の潜在的な供給と利用の地理的パターン. 日本生態学会第64回全国大会 (東京, 2017.3).

【サブテーマ2】

- 1) 日本生態学会ポスター優秀賞 / 佐々木春佳, 饗庭正寛, 小黒芳生, 中静透 (2017) 東北地方での山菜の潜在的な供給と利用の地理的パターン. 日本生態学会第64回全国大会 (東京, 2017.3).

【サブテーマ3】

- 1) 高橋栞・西廣淳・徳江義宏・今村史子・上野裕介: ELR2017 (日本緑化工学会・日本景観生態学会・応用生態工学会合同大会) 最優秀ポスター賞、「住宅地の空き地のグリーンインフラストラクチャー化に向けた機能」、名古屋 (2017.9)

【サブテーマ4】

- 1) Nakamura F: Environments Award, Global Land Programme (GLP) Asia conference 2018, 2018年9月, 台北市(国外), Dam improvement to restore a linkage between forest, stream, and marine ecosystem in Hokkaido, northern Japan.
- 2) 井上 華央, 柴田 英昭, 吉田 俊也, 中路 達郎, 小花和 宏之, 加藤 顕: 2020年度 第23回 論文賞, 森林立地学会、無人航空機による3次元データを用いた天然生針広混交林における葉の窒素含量の空間分布. 森林立地 61:1-13
- 3) English Presentation Audience Award/Jing LI, Junko MORIMOTO, Satoshi SUZUKI, Toshiaki OWARI, Takao NAKANE (2021) Combined impacts of windthrow and subsequent management on ecological resilience in cool temperate forests in Japan. 日本生態学会第68回大会(岡山, 2021.3)

IV. 英文 Abstract

Glacially sourced dust as a potentially significant source of ice nucleating particles

Principal Investigator: Tohru Nakashizuka

Institution: Forestry and Forest Products Research Institute, Matsunosato 1, Tsukuba,
Ibaraki 305-8687 JAPAN

Tel: +81 29 829 8100 / Fax: +81 873 3795

E-mail: toron@ffpri.affrc.go.jp

Cooperated by: Niigata University, Tokyo University

[Abstract]

Key Words: biodiversity, ecosystem service, future scenario, geographical information, local knowledge, natural capital, participation of diverse stakeholders, traditional knowledge

We quantified services of terrestrial ecosystems to evaluate them as natural capitals with geographic informatization. By the analyses on drivers affecting the change of ecosystem services, we also made scenario analyses to contribute policy making in coming decades. We also considered terrestrial-coastal interaction to enable comprehensive ecosystem management. Also, the role of local and/or traditional knowledge was analyzed to contribute policy making including multiple stakeholders or actors, and to enhance mainstreaming of the biodiversity

Large datasets for several kinds of cultural ecosystem services were established and analyzed to make fine-resolution maps for their utilizations. We built statistical models that associate the services with various ecological, physical, and social environmental factors, and examined interrelationships among multiple ecosystem services to find context dependence of the bundle structure. Furthermore, we performed scenario analysis of the services by relating our models with the land-use and population scenario built in the S15-1.

As for provisional services, crop supply prediction models were developed and they predicted the future decreases in paddy rice supply service will be caused by decreased in area of paddy fields. However, those of spinach supply services will be caused by the changes in productivity due to interactions between climate and population/land-use changes. Estimates on timber supply model showed that the supply of cedar and cypress will decrease due to several factors, varying among scenarios; climate and human population change under the natural capital-dispersed scenario, while decrease in forested areas under the other scenarios.

We assessed the current status of participation of diverse stakeholders and the use of traditional and local knowledge (TLK) in ecosystem management. We found that the diversity of stakeholders played a significant role in the Local Biodiversity Strategies and Action Plans (LBSAPs) of Japanese municipalities. Through the analyses on TLK collected from forestry masters around the country and the assessment on the time-series change and transmission pathways, we suggested the role, importance and critical points to benefit from TLK in policy making.

We found that the natural capital and ecosystem services of terrestrial ecosystems change significantly in response to climate and land use change, and that the degree of change varies depending on agroforestry and forestry activities (fertilizer or tree removal). It was also clarified that the changes in nitrogen and sediment runoff from the land to rivers and coastal areas due to these changes affect a species (freshwater pearl), an indicator of the connectivity of terrestrial and coastal ecosystems.