



PANCES

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

PolicyBrief No.3 Jul. 2020

環境研究総合推進費 戦略的研究開発領域課題(S-15)

社会・生態システムの統合化による
自然資本・生態系サービスの予測評価(PANCES)

政策提言

No.3 2020年7月版

テーマ 3

海域における
自然資本・生態系サービスが
もたらす自然的価値の
予測評価





テーマ 3

海域における 自然資本・生態系サービスが もたらす自然的価値の予測評価

はじめに

生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学 - 政策プラットフォーム (IPBES) の設立により、この分野での科学的なアセスメントの概念的枠組みや、それを操作可能なものとするための手法の構築等を通じた生物多様性分野の国際的な科学 - 政策インターフェース強化が求められている。

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

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

本ポリシーブリーフは、環境研究総合推進費 (S-15)「社会・生態システムの統合化による自然資本・生態系サービスの予測評価」プロジェクトのこれまでの研究成果を踏まえ、特に全国・地域スケールでの社会・生態システムの将来シナリオと統合モデル構築という観点から包括的な政策提言を行う。

政策提言 1

海域の将来シナリオの検討にはこれまで定型的なものはない。本プロジェクトにおいて、2050年までの将来を大きく変え得る主要因である「人口分布」（集中 vs 分散）と「積極的に活用する資本」（自然資本 vs 人工資本）を軸とした4つの将来シナリオの枠組みに対応した、海域の変化要素を特定し、前提条件と対応する施策を定性的に示した。

page
▶ 4

政策提言 2

生態系サービスの全国での推定から、沿岸生態系と対応した主に本州に分布する海藻以外の魚介類の漁獲量は西日本で高く、レジャーは南方で多いなど、地域差が大きいことが示された。高解像度にダウンスケーリングした将来予測の海水温変化の大きさとサービスを重ね合わせることで、影響の受け方は東日本太平洋側でより海水温が上昇する（ただし予測の分散も大きい）地域差があり、サービスが高い場所との不一致を示した。地域ごとの予測結果を把握し、特産品などの季節性に注視した施策が必要である。

page
▶ 5

政策提言 3

上記の具体的な事例として、北日本のコンブ藻場への気候変動の影響が大きく、水温の著しい上昇シナリオでは現在分布している種の多くが消失する可能性があることを示した。影響は排出量のシナリオによってより小さく、気候変動の緩和策の重要性を示す。同時に、漁獲対象種の転換や養殖適地の選定など、自然状態で維持できない可能性を踏まえた施策の検討が必要である。

page
▶ 6

政策提言 4

携帯電話位置情報を用いて砂浜のレクリエーションとしての価値評価を行い、気候変動（海面上昇）による将来の砂浜減少率より価値の減少の方が大きく、自然環境の予測のみに基づいた気候変動の影響評価結果は社会における影響を過小評価している可能性を示した。また、現在と将来で砂浜のレクリエーション価値に基づく海浜利用の順位が変化する可能性があり、砂浜保全の優先順位を考慮する際に将来の状態も考慮する必要性を示した。

page
▶ 7

政策提言 5

浅海域生態系を対象として支払い意思額による価値評価を行った結果、コンブ場とサンゴ礁の評価が高いことが明らかとなった。これらは、ともに気候変動の影響を受けやすく、特に気候変動についてこれらの対策を重視すべき根拠の1つを示した。

page
▶ 8

政策提言 6

気候変動による石西礁湖の社会・生態システムへの影響を因果関係のネットワークの解析から明らかにした。その結果、悪影響を軽減するためには、サンゴの保護、魚類の生活史に即した保護区のネットワーク、浅場や生息場の造成、自然再生などの政策オプションが重要であることを特定した。

page
▶ 9

政策提言 7

経済活動に伴う陸域の農地開発などの土地利用の変化は、沿岸生態系における供給的サービスと調整的サービスに大きな影響を与えることが本研究より明らかになった。これより、陸域における地域社会の変動の予測評価については、集水域全体およびその周囲に位置する沿岸海域へのインパクトを含めて実施することが必要であることが改めて指摘された。

page
▶ 10

政策提言 8

海洋健全度指数の解析から、各地の地域社会の産業構造や自然生態系の違いにより、例えば同じ都道府県内においても、主要な生態系サービスの構成およびその評価値が大きく異なるケースがあることが判明した。このことから、将来シナリオに基づく環境施策の策定には、全国スケールだけでなく都道府県未満の各地域の特殊性や現状を考慮することが重要であることが明らかになった。

page
▶ 11

政策提言 1

1. 海域における社会経済の将来シナリオの要素

将来の日本社会をとりまく主要な不確定要因の構成軸に基づく、将来の社会経済の変化の4つのシナリオ（Saito et al., 2019）に対応する海域の変化要素を作成した。特に、陸域とは一致しない要素についてブレインストーミングを行った後に専門家の合議によって抽出・特定し、その変化の方向を決定した。

主要な要素としては、人工資本化にしたがって、沿岸での生産が減り、給餌養殖や沖合、遠洋の漁獲を含む域外からの輸入が増加すること、コンパクト化（人口集中）にしたがって、護岸や養殖設備などのインフラの整備を都市近郊に限定すること、文化的には自然資本になるにしたがってエコツーリズムなどの新規産業を促進するなどの要素が抽出された（図-1、図-2）。

これらの要素と対応する施策は定性的に以下を指摘できる。まず、人工資本活用シナリオでは、人工資本構築による生態系劣化をミティゲートする施策（対象生物の生活史に即した保護区ネットワークの構築、劣化した場の自然再生事業、必要に応じて漁礁設置や種苗放流など）が重要である。自然資本活用シナリオでは、海洋保護区を含む生態系保全・再生施策の充実とともに、水産資源管理およびエコツーリズムの強化が求められる。人口集中シナリオでは、都市域での人口が維持されるため、都市を含む流域では陸域起源の負荷への対策（汚染物質など）を総合的に推進する体制を構築することが有効であろう。人口分散シナリオでは、スマート水産業など、IoTの推進をつうじた広域ネットワーク化・省労力化も必要である。

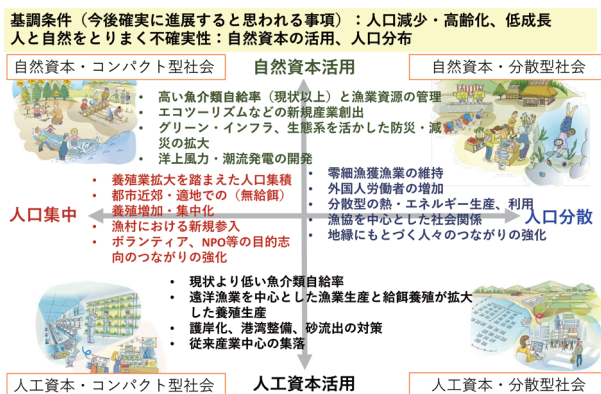


図-1 海域版のシナリオの構成軸と各シナリオの特徴

	自然資本・分散型社会	自然資本・コンパクト型社会	人工資本・分散型社会	人工資本・コンパクト型社会
自然資本・人工資本	国内自然資本の活用		国外自然資本・人工資本の活用	
人口	分散	集中	分散	集中
人口の集中させたいの補正	・現状（65%）を上回る	・現状（65%）を上回る	・政府目標（水産基本計画60%）を下回る	・政府目標（水産基本計画60%）を下回る
魚介類自給率	・現状維持	・都市近郊・適地での（無給餌）養殖増加・集中化	・給餌養殖の増加	・給餌養殖の都市近郊での増加
養殖生産	・零細・漁獲漁業中心	・貝類漁業増加	・遠洋漁業中心	・遠洋漁業中心
漁業生産	・漁業資源管理	・漁業資源管理	・輸入の拡大	・輸入の拡大
政策・インフラ	・洋上風力、潮流発電の開発	・洋上風力、潮流発電の開発	・全域の護岸化、港湾整備、砂流出の対策	・都市近郊の護岸化、港湾整備、砂流出の対策
エネルギー	・漁協を中心としたエコツーリズムなどの新規産業	・新規参入によるエコツーリズムなどの新規産業	・漁協を中心とした従来産業中心の集落（技術革新は進む）	・新規参入による従来産業中心の集落（技術革新は進む）
社会関係				

図-2 海域版のシナリオの構成要素の前提条件（各シナリオで想定される施策およびその帰結）



政策提言 2

2. 気候変動が生態系サービスへ与える影響の地域差は大きい

気候モデルのダウンスケーリングから、海流などのために気候変動の影響の地域差が大きく、海水温については特に東日本太平洋側などで値が高い一方で不確実性も大きいことを示した（図-3）。気候変動の影響はそのほか 100km 以下の領域で異なっており、海水温変化と生態系サービスのランクの全国分布との相関は低かった。そのため、領域ごとに気候変化の程度に合わせた生態系サービスの質の変化が予測される。現在受けているサービスが同程度の地域であっても、変化に地域差が生じる可能性に着目する必要がある。

生態系サービスの全国分布については、主に本州での沿岸生態系に関連した魚介類の生産と、炭素吸収による調整サービスとが西日本の一部で相関して

高い値をとる傾向がある（図-4）。そのため西日本で水温変化の絶対値以上に社会的影響が大きい懸念がある。

また、市町村程度の狭い地域でも周辺より値の高い場所が散在する。特にこれらの地点の環境変化と特産品や観光資源との関係に個別に注視する必要がある。例えばコンブの生息適地減少やダイビング適地の本州での増加などが示唆されている（Sudo et al., 2020; Yamakita, 2018）。地域ごとの生態系の変化に合わせて、サービスを受けるためのインフラ等への社会的な資本の投資を行うことや、すでにインフラがある地域との柔軟な連携の考慮が必要である。

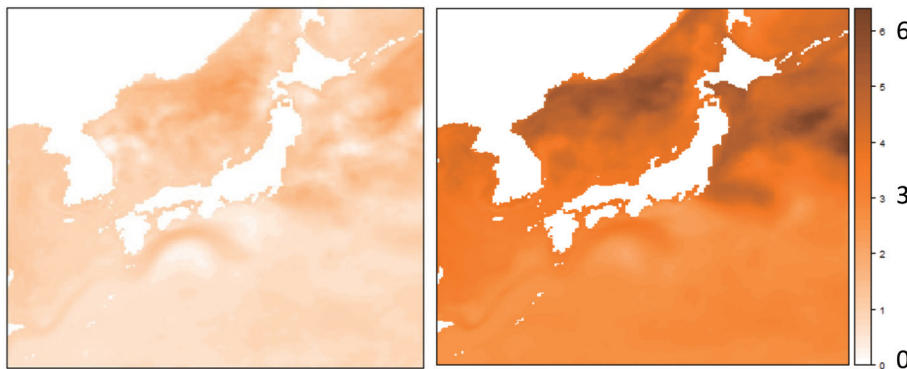


図-3
2050年、2100年に推定される海面温度と現在との差。東日本の太平洋側と和歌山沖までの黒潮域で特に高く上昇する傾向を示した。ただし、東日本太平洋側の海流の混合域は推定値の分散も大きい。

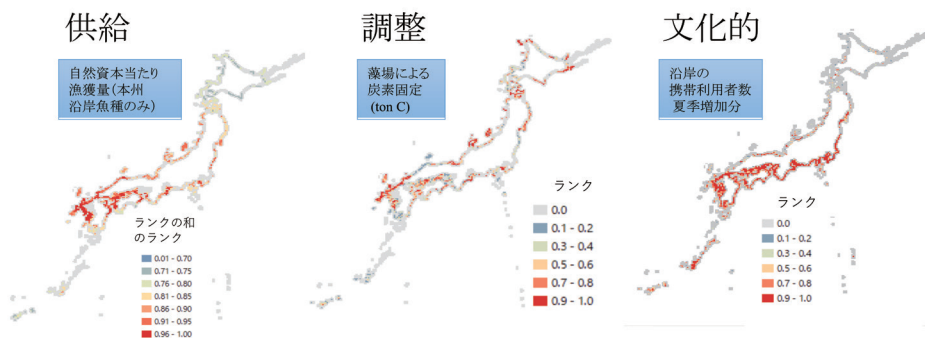


図-4
各タイプの生態系サービスの全国の現在気候での分布。本州沿岸の自然資本と対応した魚種の漁獲量ランクの積算値、全国7地域の自然資本ごとの原単位による炭素吸収量推定値（固定相当 桑江他, 2019）、携帯電話位置情報による海岸利用者数GWと冬季の差のランクに基づく。

政策提言 3

3. 北日本のコンブ藻場への気候変動の影響は大きく、水温の著しい上昇シナリオでは現在分布している種の多くが消失する可能性がある

北日本に分布する主要なコンブ 11 種について、既存の生物多様性データベースを用いて過去から現在にわたる分布情報を収集し、温暖化が顕著になる前の 1980 年代における各種の分布域を推定するとともに、今後の地球温暖化シナリオに基づき、2040 年代、2090 年代における分布の変化を予測した（図-5）。

解析対象としたコンブすべての種で、今後分布域が大幅に北上する、もしくは生育適地が消失する可能性があることが予測された。特に温暖化の進行が著しいとするシナリオでは、北日本におけるコンブの分布域は、2090 年代には 1980 年代の 0～25%

になった。また温暖化が緩やかに進行するシナリオでも 11 種中 6 種のコンブが 2090 年代に日本の海域から消失する可能性があることが予測された（Sudo et al., 2020）。ある程度の緩和策を行ったシナリオでは、2090 年代に残存する分布域は 39～58% になり緩和策自体も重要であることを示した。

このような状況で提案できる適応策として、1）各地域での漁獲対象種の転換、2）養殖適地の選定が考えられる。後者の例として、マコンブ類などの養殖対象種について、水温上昇予測がゆるやかな一部海域で、系群を維持するなど管理体制の拡充がもとめられる。

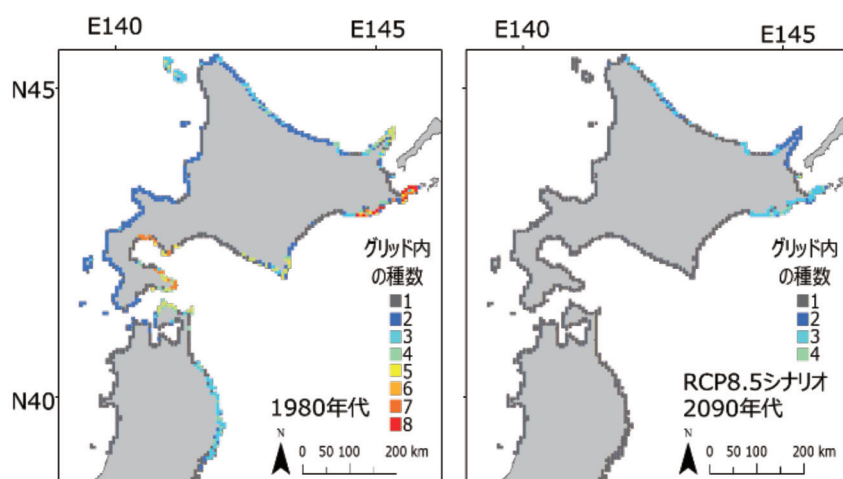


図-5
北日本におけるコンブ類の種多様性の推定結果。コンブの分布域が最寒月の水温に依存すると仮定した場合、RCP8.5シナリオでの2090年代の生育適地は1980年代の25%程度になると予測された。



政策提言 4

4. 携帯ビッグデータで、海面上昇による 価値の減少が南の砂浜で大きいことを推定

携帯電話で得られる位置情報ビッグデータを環境価値評価手法に統合し、日本全国の砂浜におけるレクリエーション価値を明らかにし、気候変動による海面上昇の影響を踏まえて将来の価値変化を予測した（図-6）。全体的な傾向としては、砂浜面積の減少率よりレクリエーション価値の減少率が大きく、自然環境の予測のみに基づいた気候変動の影響評価結果は社会における影響を過小評価している可能性を示した（Kubo et al., 2020）。

地域ごとの違いに着目すると、現在価値の高い南の砂浜が将来の価値を失う傾向にある一方、北の砂

浜は将来の価値の減少が少ないなど、現在と将来で砂浜のレクリエーション価値の順位が変化する可能性があり、砂浜保全の優先順位を考慮する際に将来の状態も考慮する必要性を示した。

本研究で得られた知見を用いれば、砂浜ごとに砂浜レクリエーション価値を評価できるため、現在と将来でレクリエーション価値に基づく砂浜のランキングが大きく変化する可能性を示すことができる。気候変動への対策が各地で喫緊の課題となる中、限られた資源をどのように配分するか、どこを管理を優先するかといった意思決定の一助となるであろう。

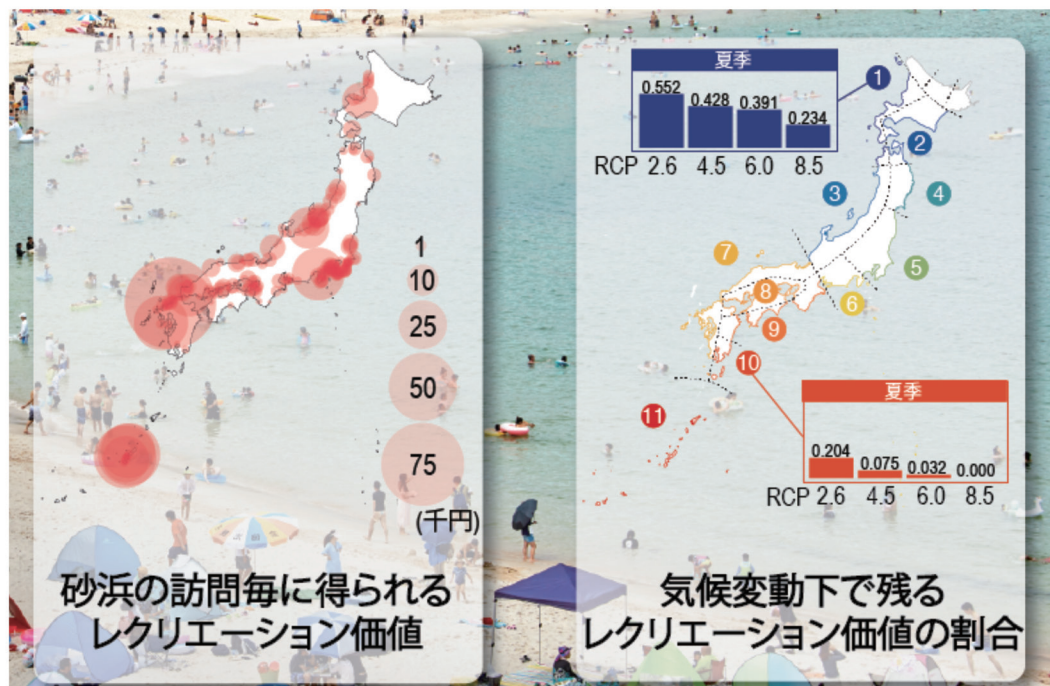


図-6
推定されたレクリエーションの価値と気候変動下で残る割合。

政策提言 5

5. 気候変動の影響を受けやすい、コンブ場とサンゴ礁気候変動への支払い意思額が高い

気候変動や開発等の影響を軽減し、沿岸環境を保全することに対する市民の支払意思額に関して、コンブ場、海藻藻場、海藻とサンゴの混成域、アマモ場、干潟、サンゴ礁の6つの生態系の場の評価を行った（図-7）。2100年を想定し、沿岸環境税を設立するという前提で選択型実験を適用した。その結果、沿岸域の自然環境の変化を防ぐための支払

意思額で最も高かったのは北方のコンブ場と南方のサンゴ礁であり、次いで干潟と海藻藻場とが同程度、混成域とアマモ場が同程度となった。気候変動により、コンブ場は北にシフト、サンゴ礁は白化により衰退すると予測されるため、国全体として将来の自然資本の価値が低下すると考えられる。

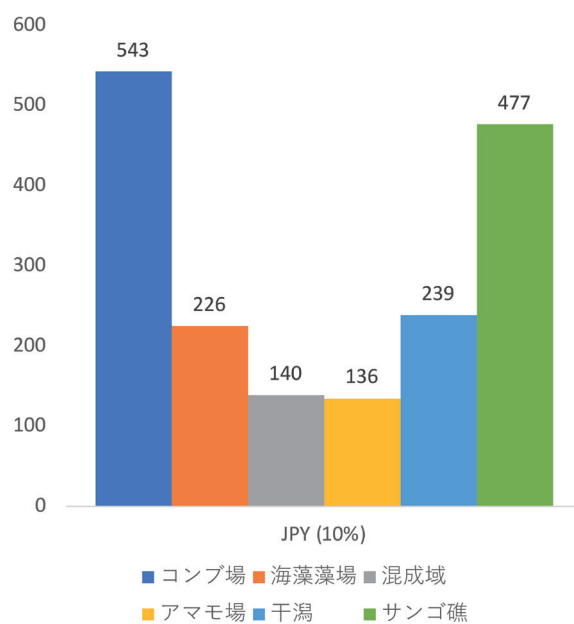


図-7
現在の状態の1割を保全するための支払い意思額
(日本円)

政策提言 6

6. 事例地域の因果関係図から、 定性的に介入オプションを特定する例を示した

気候変動が石西礁湖の自然生態系へ及ぼす影響や、それが石西礁湖を利用する様々な人々や社会に及ぼす影響について、現場調査や先行研究の結果をもとに因果関係のネットワーク構造を整理した（図-8）。

気候変動により、造礁サンゴが白化・死滅すると、魚類の産卵場・索餌場・生息場・景観などの機能が低下する可能性がある。また、海面上昇により潮間帯にも大きな悪影響が予測される。その結果、社会側では地域住民の伝統的な沿岸域の利用方法や、漁業、観光業、教育・研究などに影響が与えられることが予測される。これらの悪影響を緩和するためには、サ

ングの保護や育成（気候変動耐性の強い海域の保全、白化耐性の強い種や個体の保護と育成）、魚類の生活史に即した海洋保護区ネットワークの設置、浅場や生息場の保護と再生、オニヒトデなどの害獣駆除や、陸域から流れ出る赤土の削減が重要である。特に劣化が進んだ海域では、自然再生事業によりこれらの施策を集中的に実施することも必要になると考えられる。一方、温暖化により熱帯性海草藻場の分布域が拡大した場合、ここから派生する現象は温暖化の影響を緩和する可能性がある。

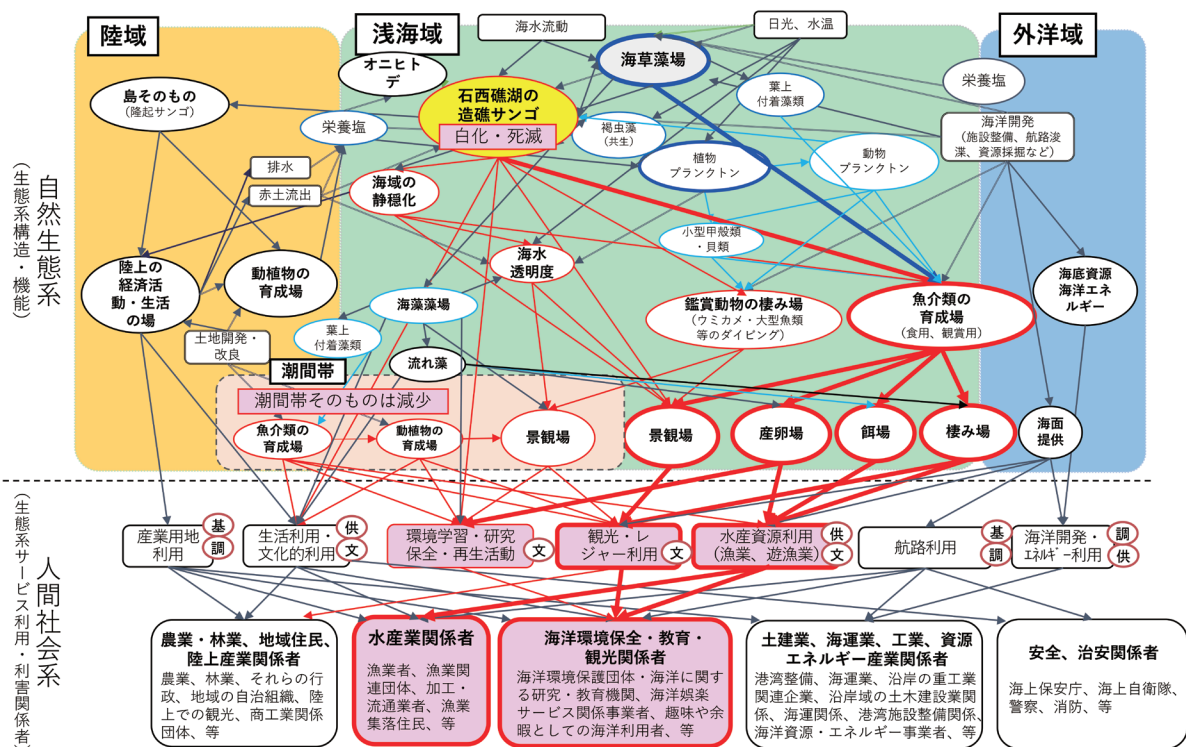


図-8

作成された因果関係のネットワーク図からサンゴ礁の白化の影響を評価した例

政策提言 7

7. 陸域の生態系・土地利用の変化が沿岸生態系に与える影響を考慮した統合的管理施策が必要

経 済活動に伴う陸域の土地利用の変化は、沿岸生態系における供給的サービスと調整的サービスに大きな影響を与えることが本研究より明らかになった。

地域スケールの解析では、北海道東部において流域の土地利用の変化が沿岸生態系に与える影響を解析したところ、農地開発に伴う河川を通じた沿岸域への栄養塩流出量の増加は、海域によっては富栄養化の進行をもたらし、水産有用種を含むさまざまな海洋動植物の生産量に影響をおよぼす可能性が示唆された（図-9）。

一方全国レベルの解析では、沿岸域の主要な供給的サービスと調整的サービスを担うアマモ場や海藻藻場の分布と土地利用との相関がみられている。土地利用のうち森林率と農地率とは高い負の相関があり、河川からの栄養塩や土砂の流出量に影響している可能性がある。その効果は特にアマモ場の集水域面積が小さいエリアほど明瞭であった（図-10）。

以上より、陸域における地域社会の変動の予測評価については、集水域全体およびその周囲に位置する沿岸海域へのインパクトを含めて実施することが必要であることが改めて指摘された。

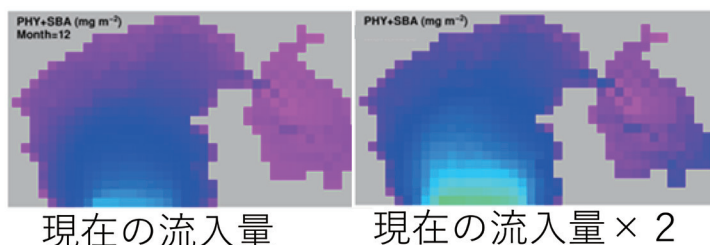


図-9

陸域からの栄養塩流入量の変化から予測した厚岸湾・厚岸湖の基礎生産量の変異予測

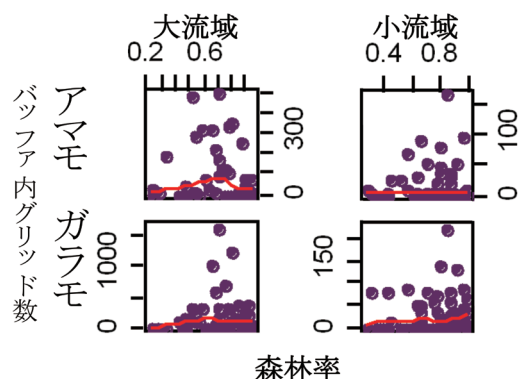
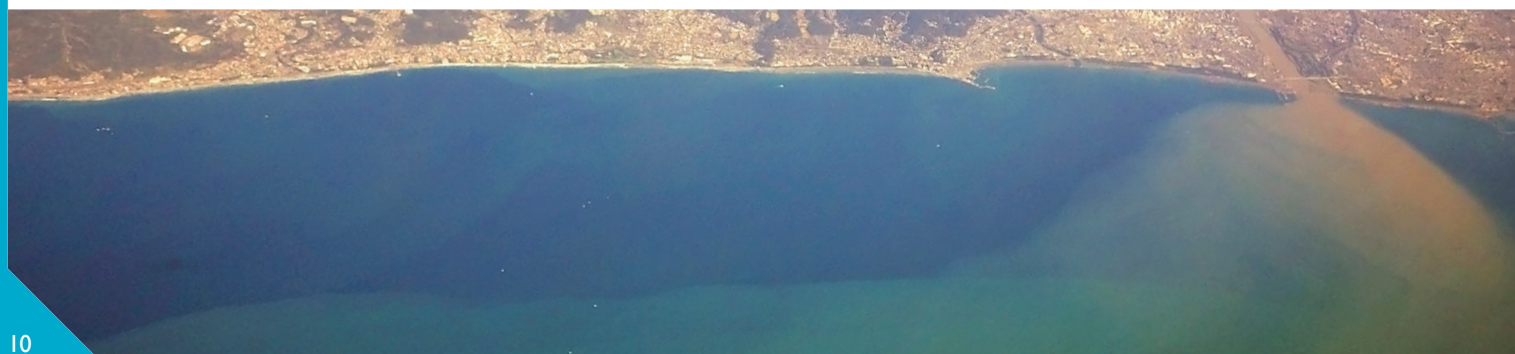


図-10

日本全域の藻場の分布に影響を与える環境要因の解析のうち、土地利用との散布図。左の大きな集水域では関係性が弱く、海洋の環境要因の影響が強い一方、右の小規模な集水域では陸域の土地利用（森林率）が関連していた。



政策提言 8

8. 海の生態系サービスの要素の相対的重要性は地域の環境や社会特性により大きく変わる

海 洋健全度指数（OHI）は、人間が海洋から享受するさまざまな生態系サービスを機能的・社会・経済学的アプローチから定めた目標により包括的に評価する指標である。本指数では各目標に対する評価値を100点満点で算出することにより、各目標と各対象地間の比較を行うことができる。本解析から、各地の地域社会の産業構造や自然生態系の違いにより、例えば同じ都道府県内においても、主要な生態系サービスの構成およびその評価値が大

きく異なるケースがあることが判明した。例えば、北海道東部の海域（オホーツク海域と釧路海域）の比較では、食料供給、生計手段と経済についてはオホーツク海域が釧路海域より著しく高い一方、水質調整は釧路海域がオホーツク海域より高いという結果が得られた（図-11）。このことから、将来シナリオに基づく環境施策の策定には、全国スケールだけでなく各地域の特殊性や現状を考慮することが重要であることが明らかになった。

◆ 各目標の評価値と地域の総合評価値

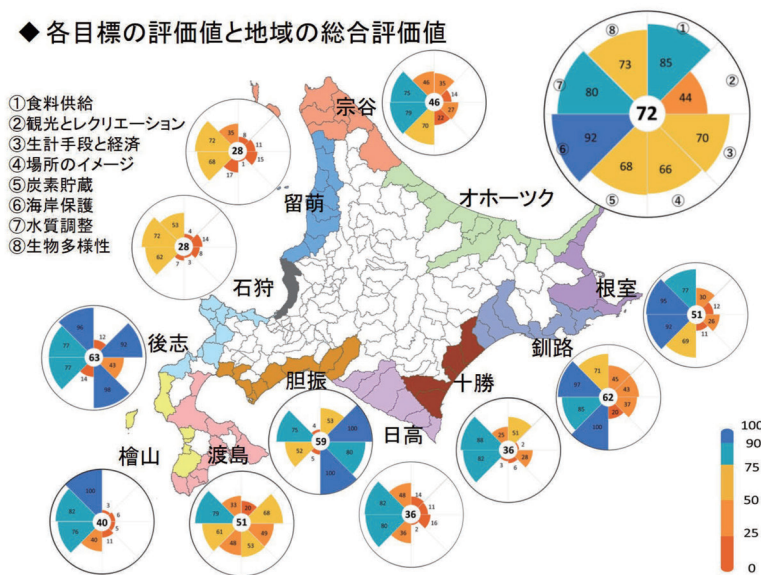
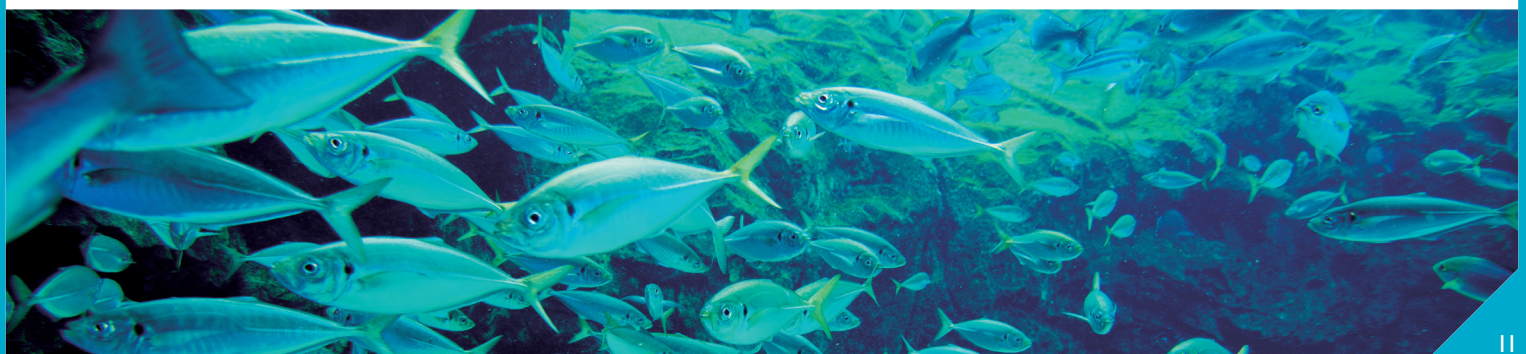


図-11

北海道北海道の各振興局における海洋健全度の比較解析結果。以下の8要素を100点満点で評価している。①食料供給、②生計手段と経済、③観光とレクリエーション、④場所のイメージ、⑤炭素貯蔵量、⑥海岸保護、⑦水質調整、⑧生物多様性（田村, 2018; 王, 2020）





引用文献

- Saito, O., Kamiyama, C., Hashimoto, S., Matsui, T., Shoyama, K., Kabaya, K., Uetake, T., Taki, H., Ishikawa, Y., Matsushita, K., Yamane, F., Hori, J., Ariga, T., Takeuchi, K. (2019) Co-design of National-Scale Future Scenarios in Japan to Predict and Assess Natural Capital and Ecosystem Services, *Sustainability Science*, 14(1): 5-21.
- Yamakita, T. (2018) Cultural Ecosystem Services of Temperate Coastal Areas of Japan: Uses of Tidal Flats, Sandy Beaches, and Rocky/Coral Areas 8th Asian Wetland Symposium 2017 PROCEEDINGS 290-293
- Sudo, K., Watanabe, K., Yotsukura, N., & Nakaoka, M. Predictions of kelp distribution shifts along the northern coast of Japan. *Ecological Research*.
- 桑江 朝比呂, 吉田 吾郎, 堀 正和, 渡辺 謙太, 棚谷 灯子, 岡田 知也, 梅澤 有, 佐々木 淳 (2019) 浅海生態系における年間二酸化炭素吸収量の全国推計 土木学会論文集 B2 75 巻 1 号 p. 10-20
- 田村 全 (2018) 海洋健全度指数を用いた北海道東部沿岸域の環境評価. 北海道大学大学院環境科学院修士論文 84pp.
- 王 雪純 (2020) 海洋健全度指数を用いた北海道沿岸域の環境評価. 北海道大学大学院環境科学院修士論文 64pp.
- Kubo, T., Uryu, S., Yamano, H., Tsuge, T., Yamakita, T., & Shirayama, Y. (2020). Mobile phone network data reveal nationwide economic value of coastal tourism under climate change. *Tourism Management*, 77: 104010.
- Makino M, Hori M, Hori J, Nanami A, Tojo A, Tajima H (2018) Understanding the integrated policy for harmonizing the marine ecosystem conservation and sustainable uses: a case of Sekisei lagoon, Japan. Conference paper for OCEANS' 18 MTS/IEEE Kobe/Techno-Ocean 2018, May 28-31, Kobe.

謝辞

本ポリシーブリーフは、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費「戦略的研究開発領域課題(S-15)「社会・生態システムの統合化による自然資本・生態系サービスの予測評価」」の研究成果の政策貢献を目指して作成されたものである。

分担執筆者

山北剛久、仲岡雅裕、山野博哉、名波敦、石川洋一、須藤健二、藤井賢彦、久保雄広、牧野光琢、堀正和、田中裕介、四ツ倉典滋、瓜生真也、栢植隆宏、熊谷直喜、矢部徹、但馬英知、杉本あおい、白山義久

問合せ先：info@pances.net

環境研究総合推進費 戦略的研究開発領域課題 (S-15)

社会・生態システムの統合化による自然資本・生態系サービスの予測評価
PANCES Policy Brief, No. 3 (Jul. 2020)

<http://pances.net/>