

「海洋生物ビッグデータ活用技術高度化」に関する公開シンポジウム2025年10月

Data technology for marine spatial planning

海の豊かさを可視化するデータテクノロジーと海洋空間計画の有望性

久保田康裕（琉球大学理学部）

Yasuhiro Kubota



Agenda

1) 海の自然資本の可視化データテクノロジー
Mapping marine biodiversity

2) 空間的優先順位付け
Spatial Prioritization

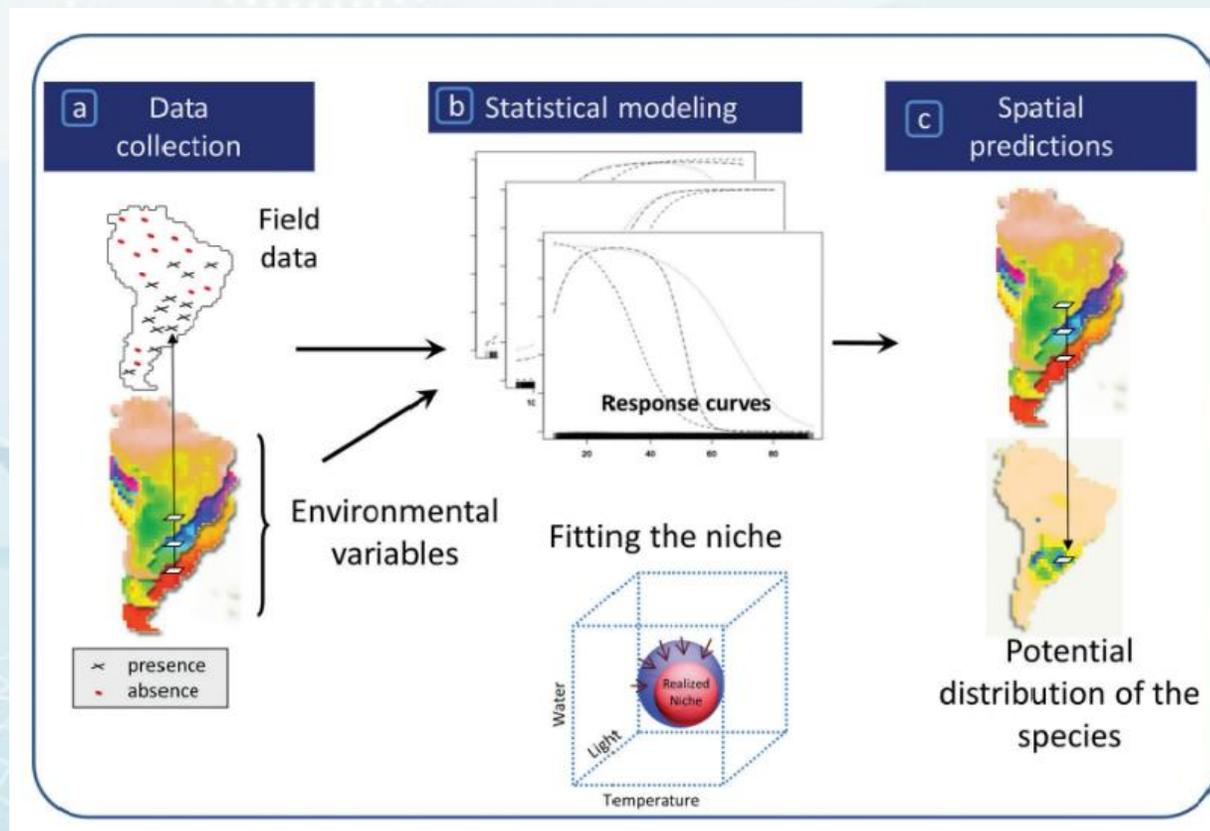
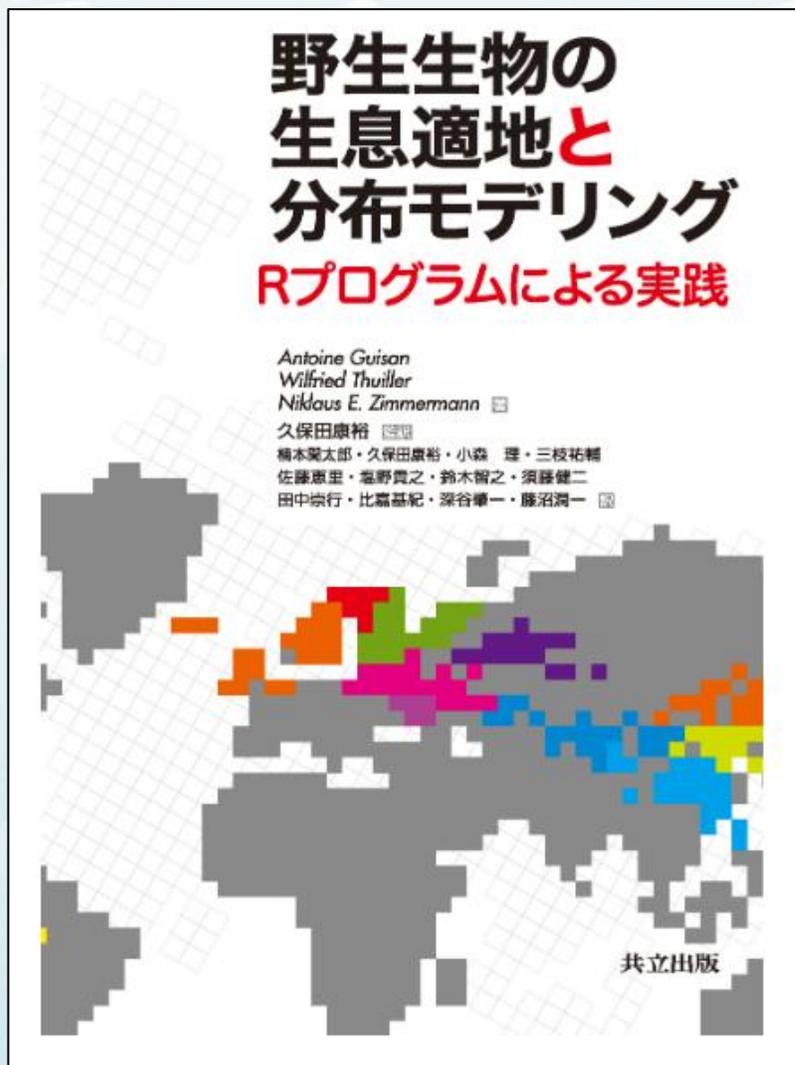
ミチゲーションヒエラルキー Mitigation Hierarchy

Habitat suitability modeling

海洋生物分布の種分布モデリング

種分布モデルは、種とそれに関連する環境特徴との関係を推定するために広く使用されており、種の範囲が時間と共にどのように変化し、なぜ変化するのかを明らかにしている (Gaston, 2003)。

生態学、気候変動学、保全生物学において不可欠なツールとしてモデル作成者と意思決定者の協力体制が確立されていれば、保全の意思決定を支援することができる (Guisan et al.)

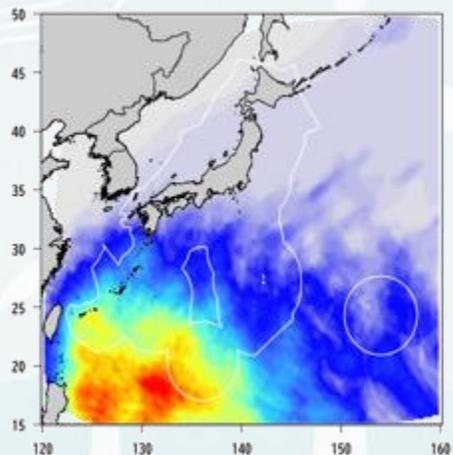


Prediction of SDM using marine environmental data

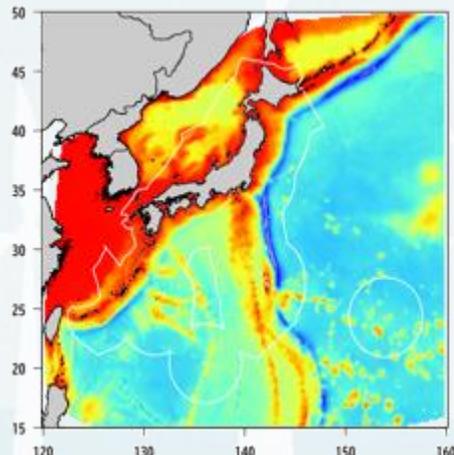
海洋環境データに基づいた生物種分布の予測

36個の環境要因

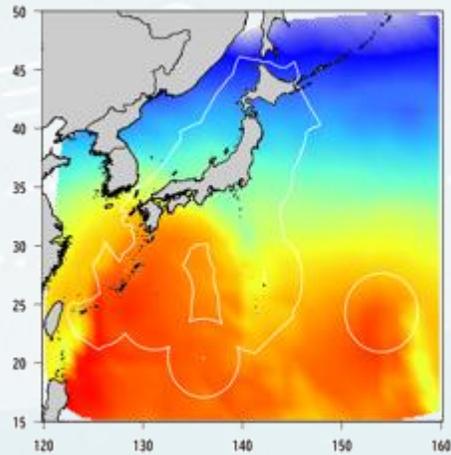
台風強度



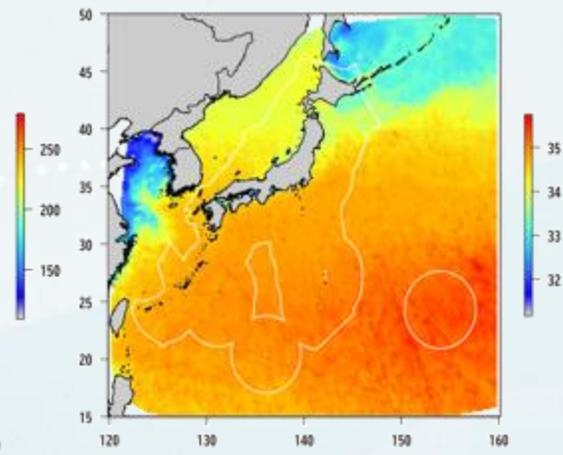
水深



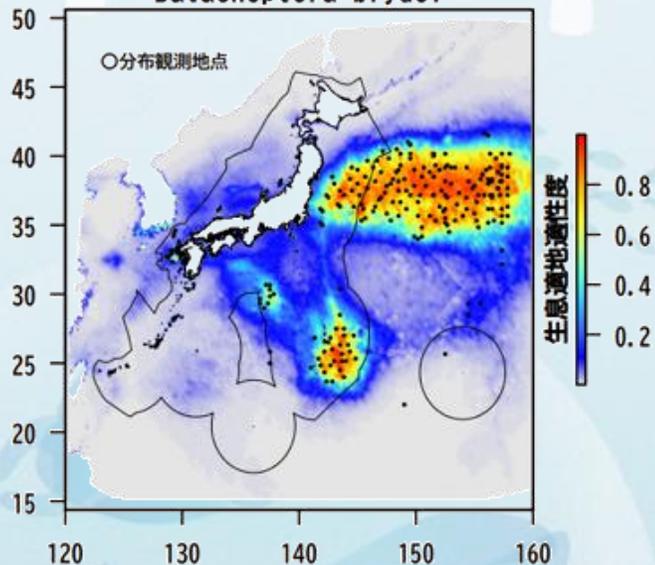
太陽放射



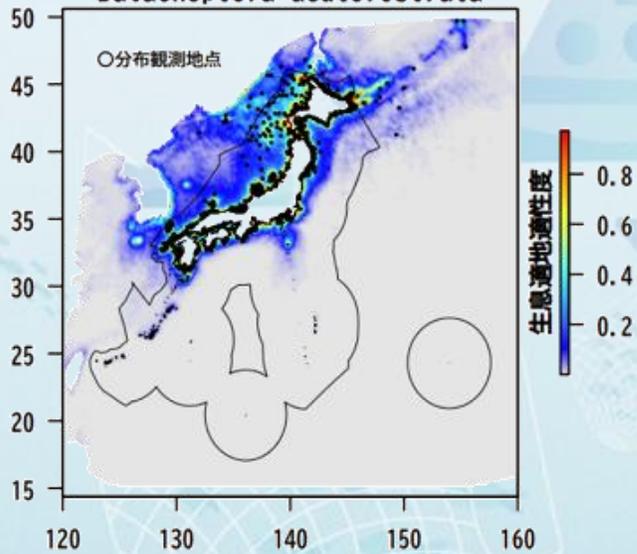
塩分濃度



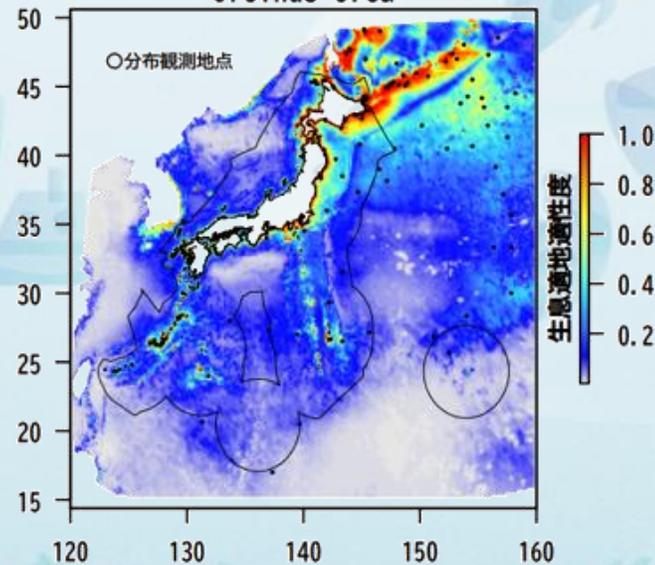
外洋性哺乳類 ニタリクジラ
Balaenoptera brydei



外洋性哺乳類 ミンククジラ
Balaenoptera acutorostrata



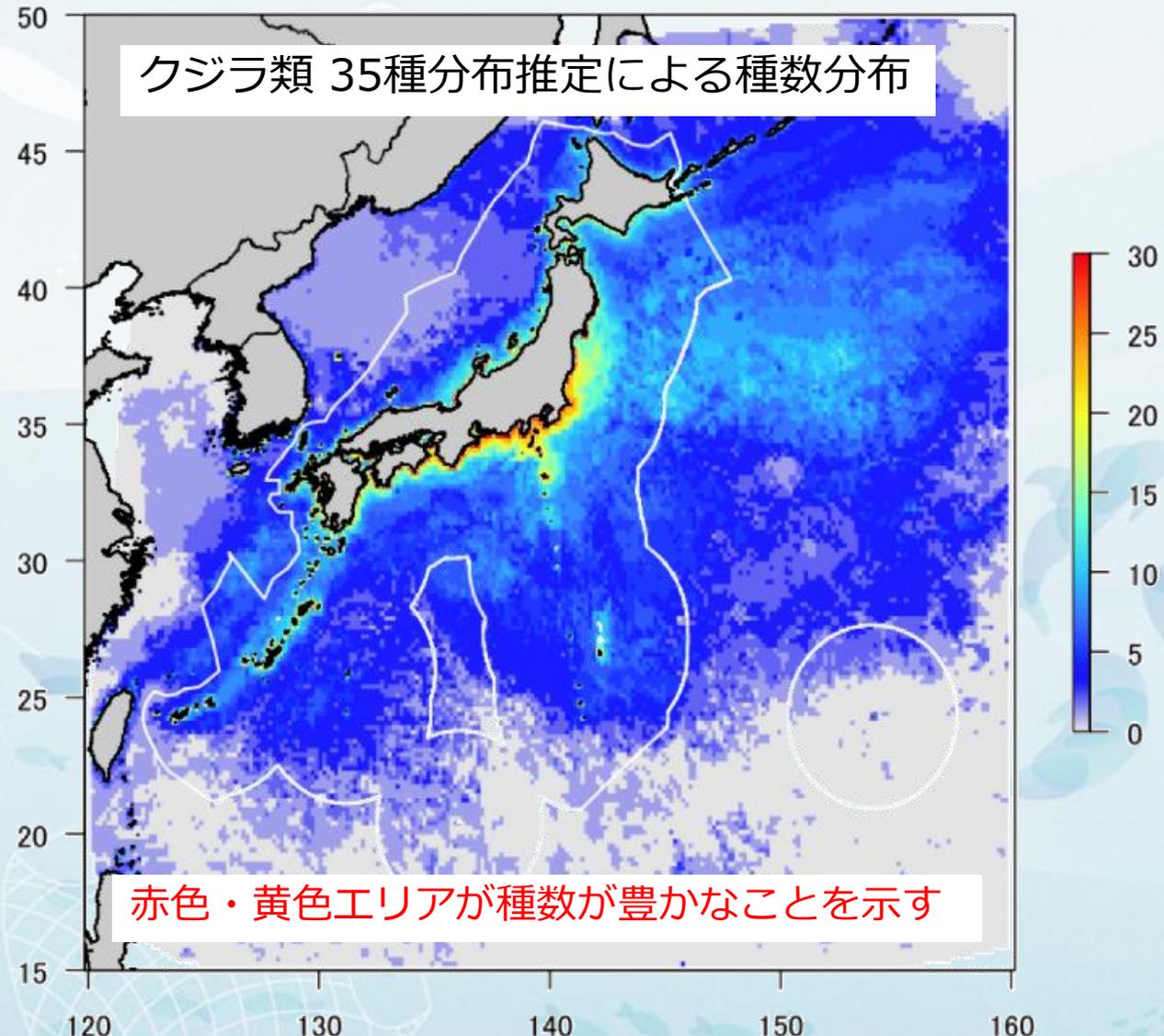
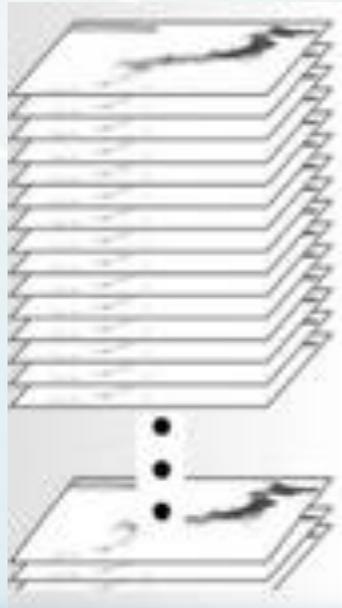
外洋性哺乳類 シャチ
Orcinus orca



Spatial patterns of biodiversity by stacking SDM predictions

種分布予測を全種重ね合わせて生物多様性の空間パターンを可視化

種
の
予
測
分
布
図
を
ス
タ
ック
stack SDM

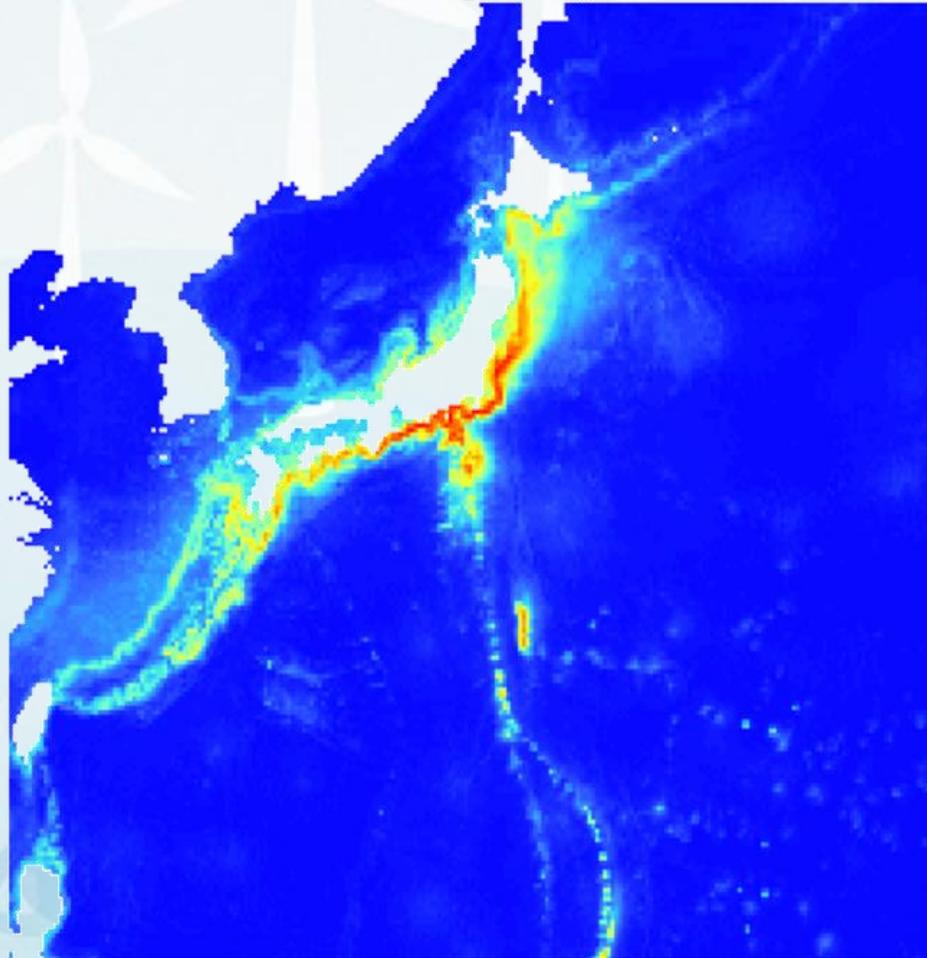


Deep-Sea biodiversity pattern around Japan

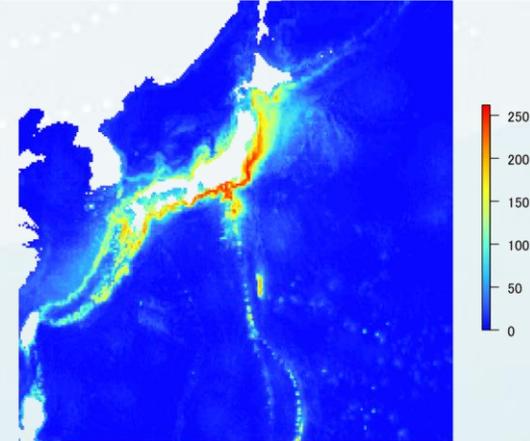
日本周辺の深海生物多様性の可視化

これまでほぼ作成されたことのなかった深海生物の多様性地図を作成

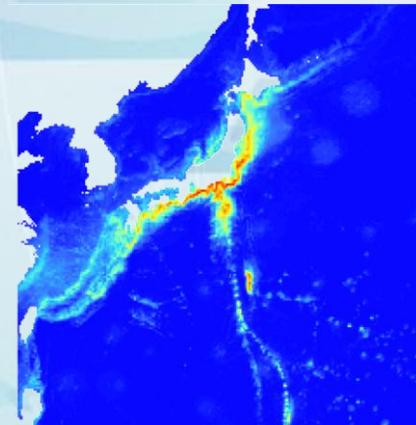
深海生物の属数（全分類群）



深海生物の属数（ネクトン）



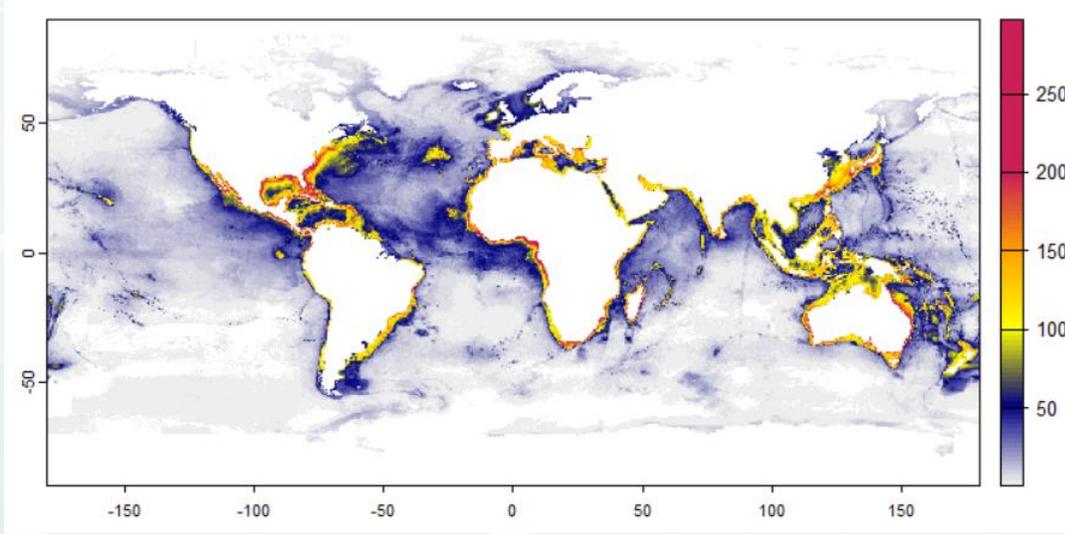
深海生物の属数（ベントス）



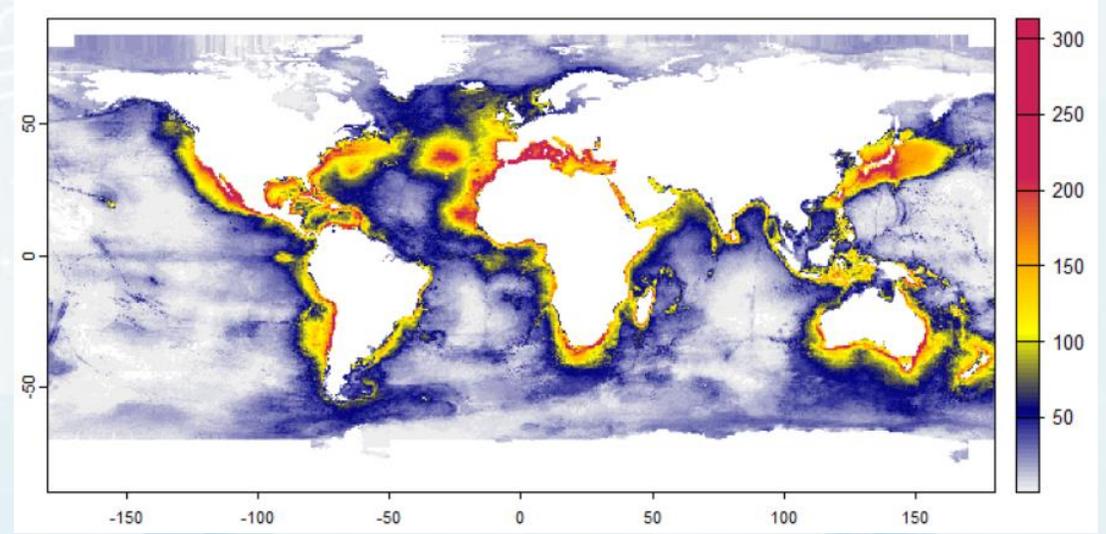
Global-scale biodiversity patterns of multiple taxa

全球の海洋生物分類群ごとの生物多様性分布

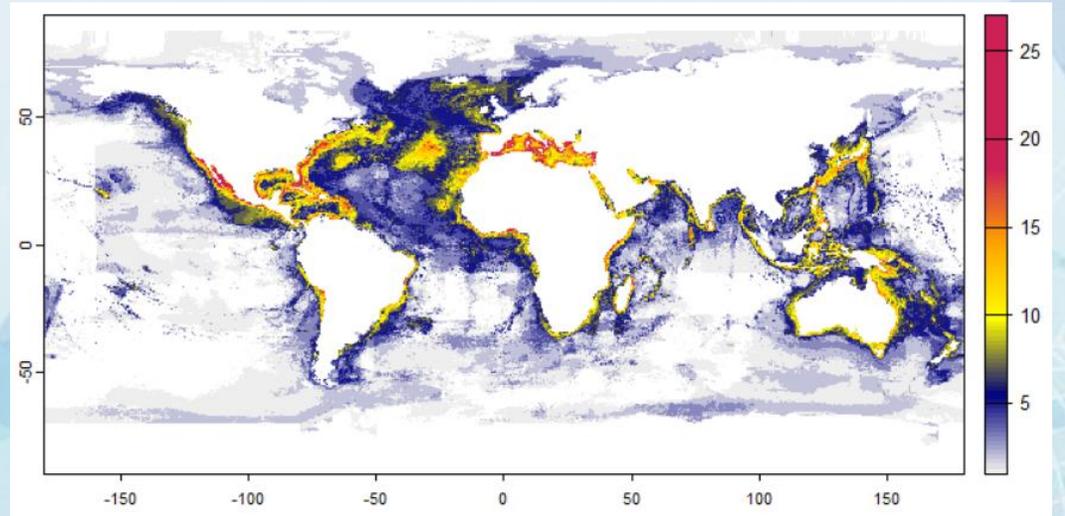
外洋性・深海性魚類種数



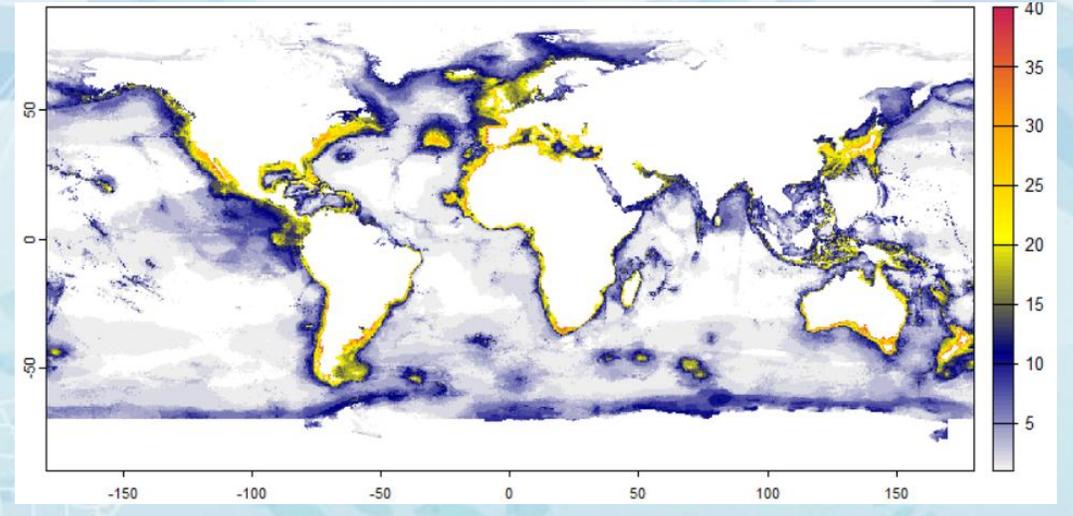
外洋性・深海性甲殻類種数



外洋性・深海性貝類種数



外洋性・深海性哺乳類種数



Global-scale biodiversity map of coastal areas

沿岸海域の生物多様性マップ



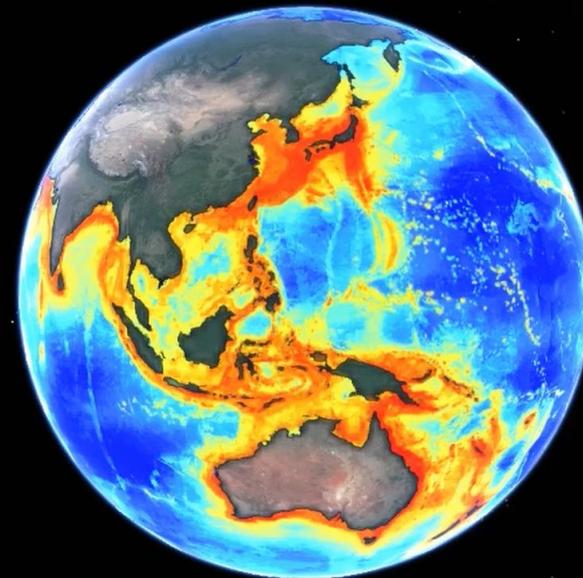
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image Landsat / Copernicus
Image IBCAO

赤色ほど

“海洋生物の種数が豊かな” 海域

Biodiversity map of offshore waters

沖合海域の生物多様性マップ



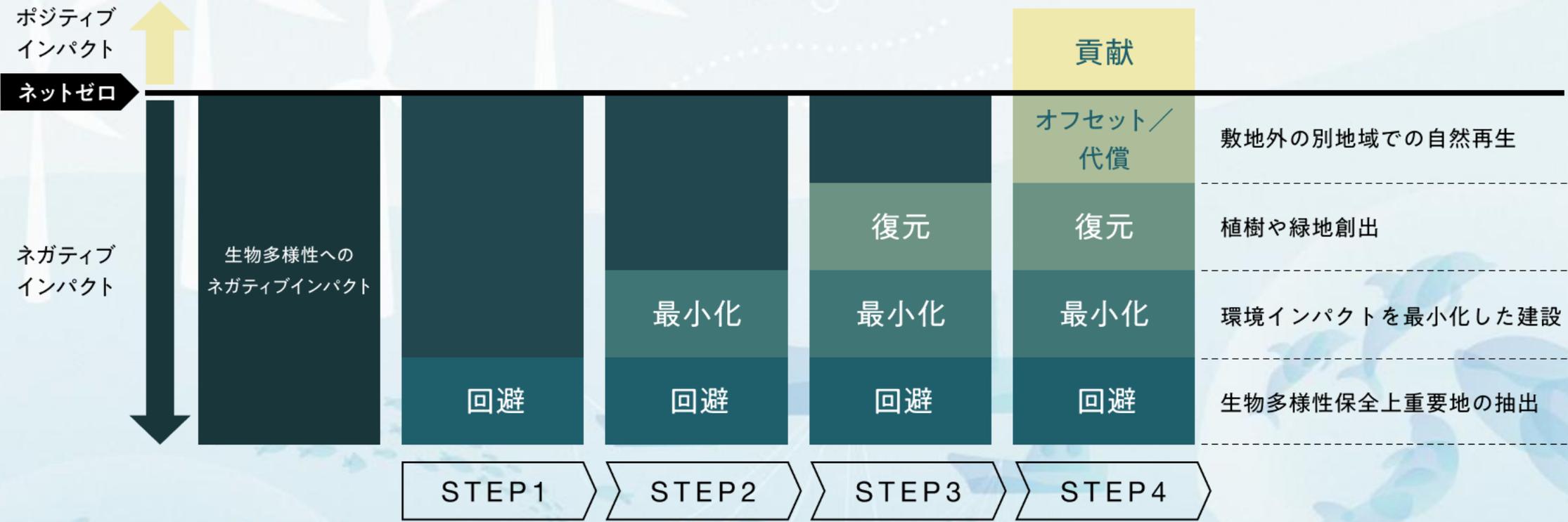
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image Landsat / Copernicus
Image IBCAO



Marine Spatial Planning for balancing business and biodiversity conservation

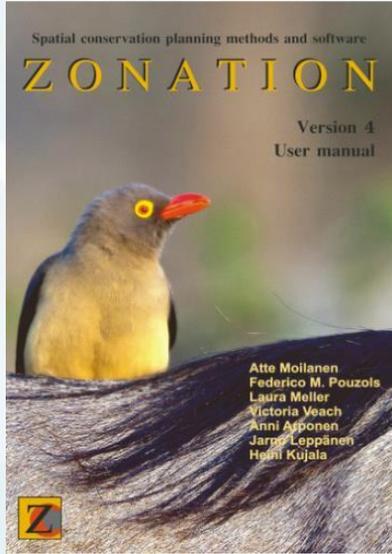
漁業活動：スペアリング型保護区とOECM型保護区の実装
海底資源開発：インパクトの空間的回避

ネイチャーポジティブを実装する概念基盤：ミチゲーシオンヒエラルキー

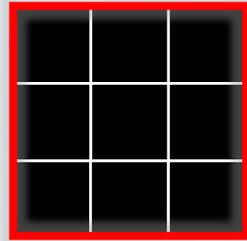


Zonation algorithm for spatial conservation prioritisation

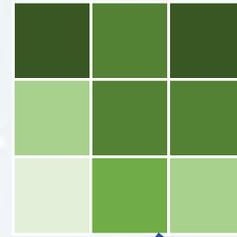
Zonation : 便益最大化による保全優先順位付けのためのソフトウェア



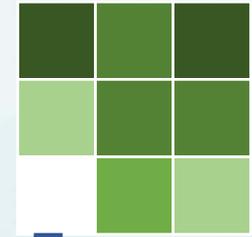
全てのセルを保護すると仮定



各セルを除去したときの全体の保全損失を計算



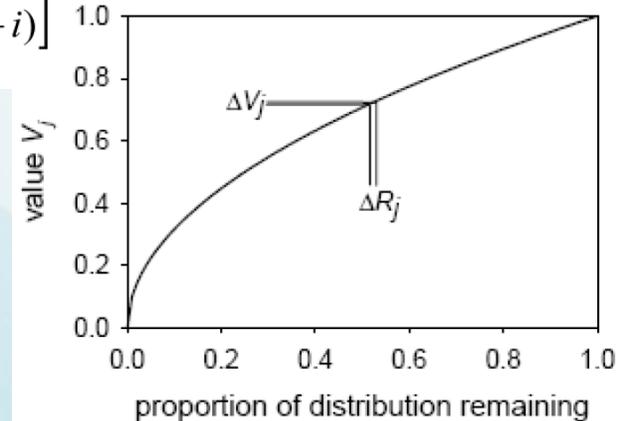
最も損失の小さいセルを除去



最後のセルまで繰り返す

保全損失の計算式 (Additive Benefit Function)

$$\delta_i = \frac{1}{c_i} w_j \sum_j \Delta V_j = \frac{1}{c_i} w_j \sum_j [V_j(q_j) - V_j(q_j - i)]$$

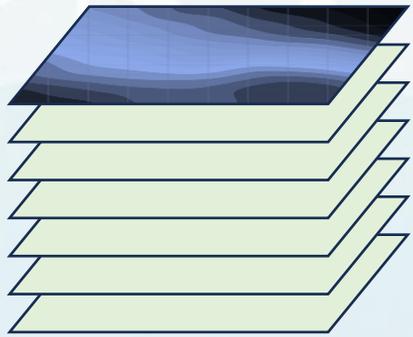


Benefits of marine spatial planning using Zonation algorithm

空間保全計画法の使いどころ

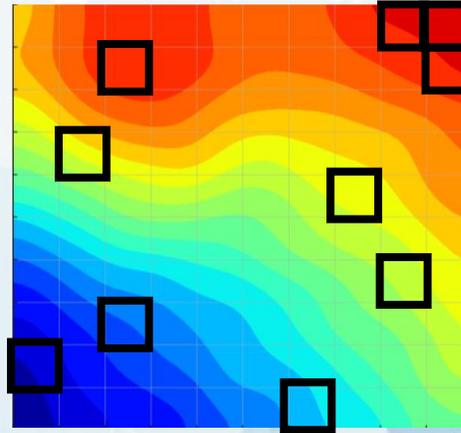
単純に生物多様性保全において重要な場所を特定するだけでなく、社会経済的要因、制約条件を含めることで、場所や事業アクションに文脈を与えることができる。

個々の生物の分布



最適化計算

保全優先度マップ



- 人為圧力の状況
- 既存の保全アクション
- 保全に関わるコスト
- etc

こんな問題に対応

- 生物多様性の観点で最も重要度が高いのはどこか
- 保全アクションの実効性が高いのはどこか
- 事業活動の生物多様性毀損リスクが高いのはどこか
- 事業活動の適地はどこか
- 既存の保全アクションの実効性はどの程度か
- 今後、保全取り組みを広げるならどこが良いか
- コストあたりの保全効果を最大化するにはどこにリソースを割くべきか

Priority rank map of biodiversity importance

海の生物多様性の保全優先度マップ

沿岸海域の保全優先度

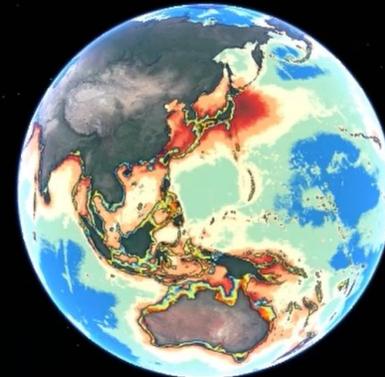


Image Landsat / Copernicus
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image IBCAO

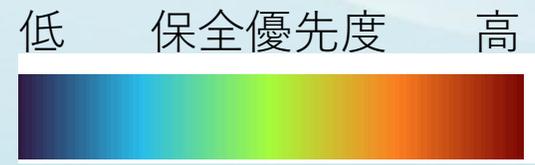
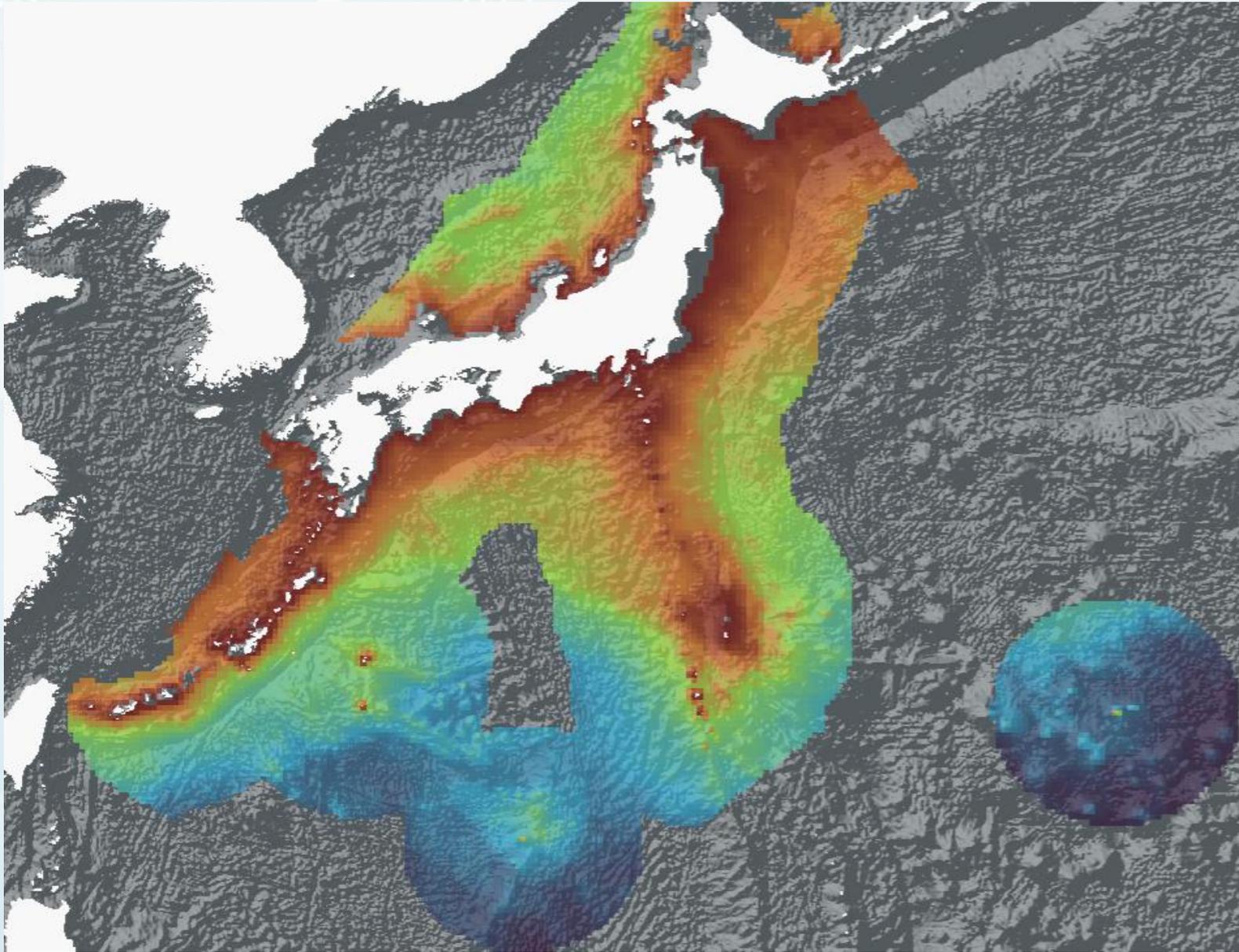
Google Earth

赤色ほど“かけがえのない”場所であることを示す

沖合海域の保全優先度



Priority rank map in Japan EEZ 日本の沖合EEZの保全優先度マップ

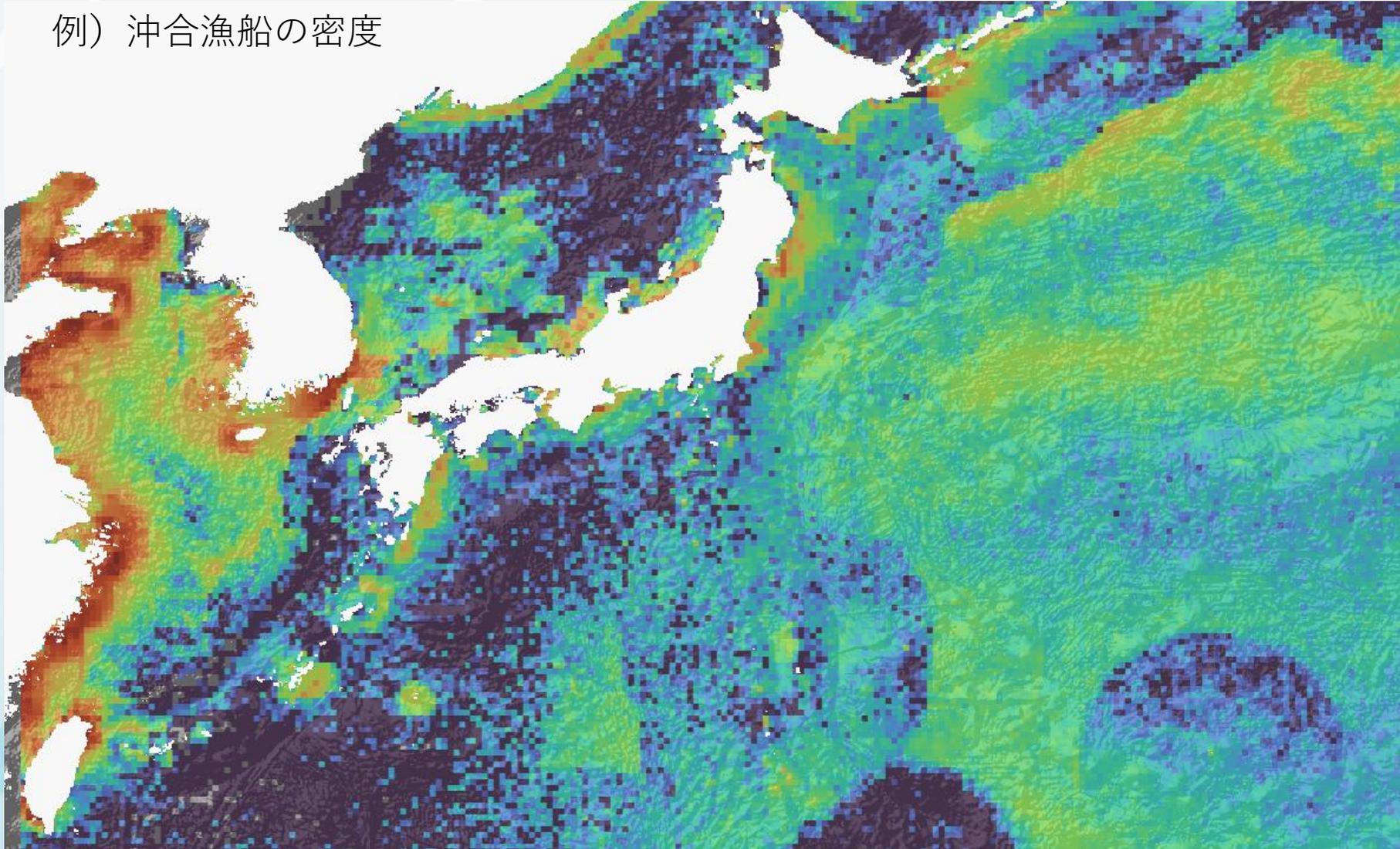


Impact driver (e.g. fishery activity) in Japan EEZ

日本沖合海域の人為的圧力

漁業、航海、排水、建設、観光など様々な人為的圧力があり
直接的・間接的に生物多様性にネガティブ・インパクトを与えている。

例) 沖合漁船の密度

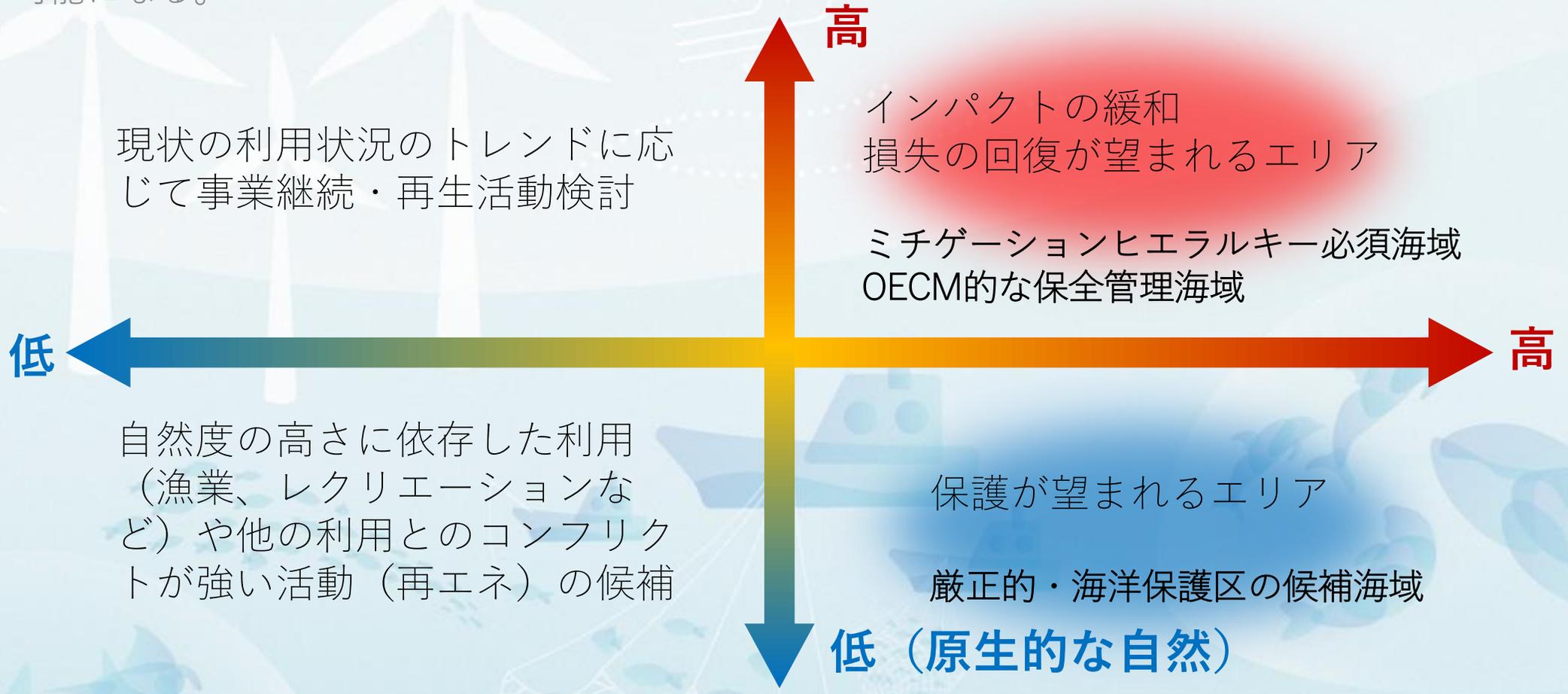


Biodiversity importance vs human pressure

保全重要度×人為的圧力

保全重要度と人為的圧力を重ね合わせることで、場所ごとの状況を、生物多様性と社会的な両面から文脈付けることが可能になる。

人為的圧力の強さ



生物多様性の保全優先度

Scenario analysis on spatial planning of MPA

海洋保護区の空間配置に関するシナリオ分析

生物多様性の 保全効果

「保全優先度が高く、漁獲努力量は少ない」海域

↓
漁獲制限を伴う海洋保護区の可能性が高い
保全を優先した海洋保護区（スペアリングアプローチ）

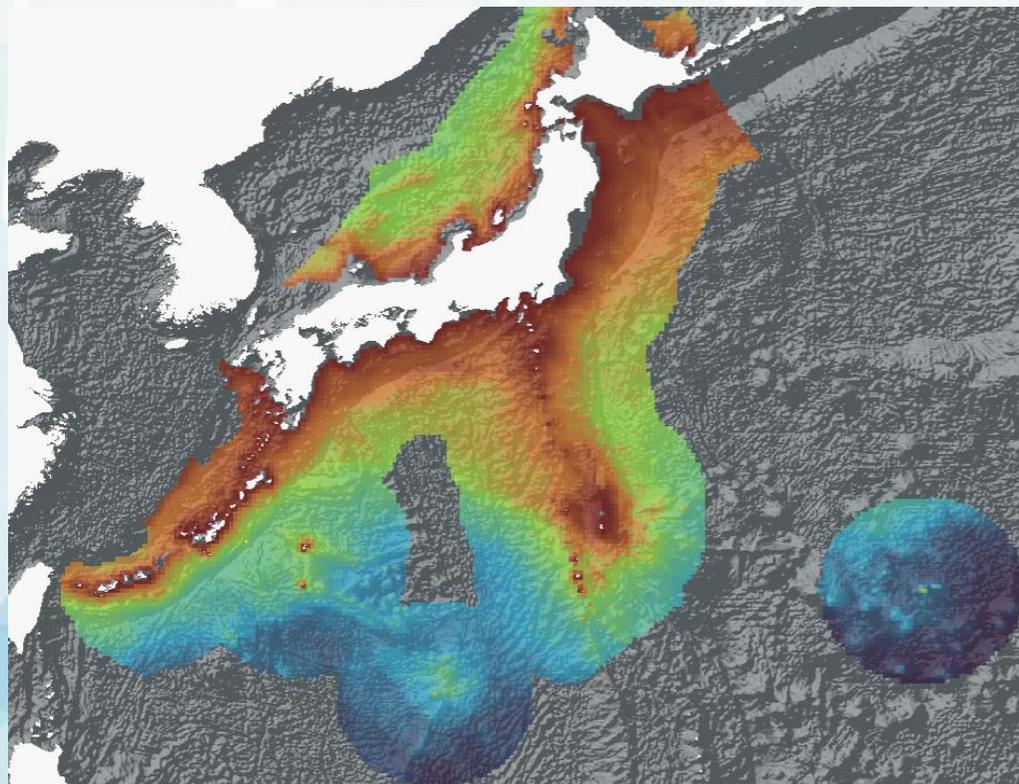


生物多様性保全の社会経済的コスト

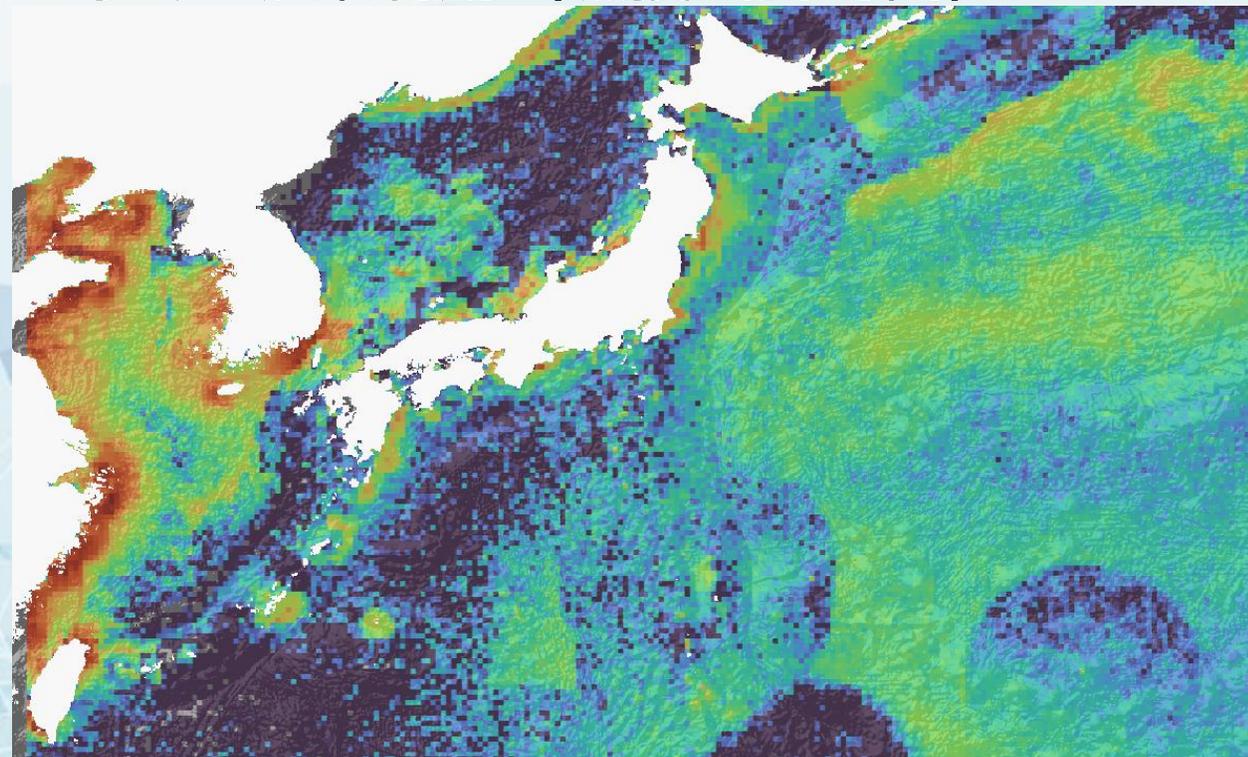
「保全優先度が高く、漁獲努力量も多い」海域

↓
漁獲制限を伴う海洋保護区は困難
漁業管理を通じた保全が有効（OECM）
海を共用するシェアリングアプローチ

海洋生物多様性の保全重要海域



海域の漁業利用（漁獲活動時間）



Marine spatial planning combining MPA and OECM

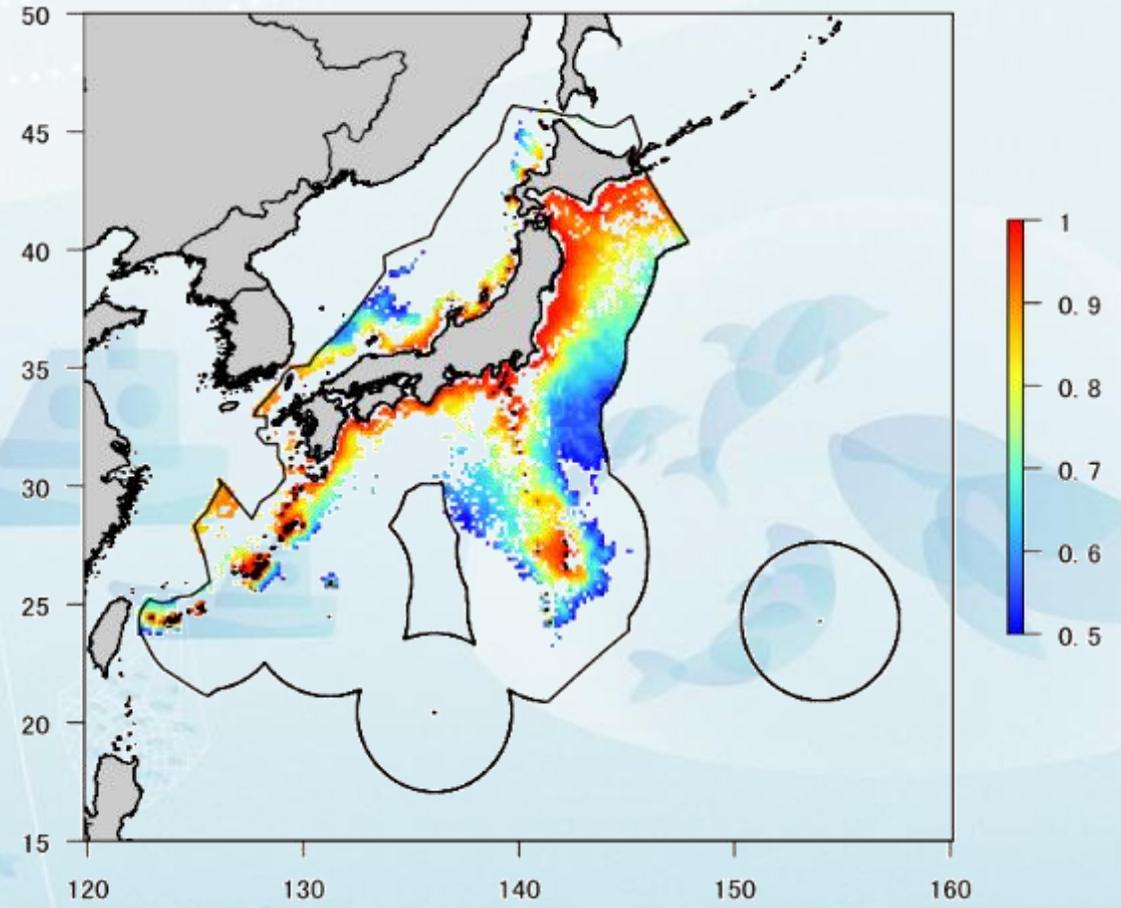
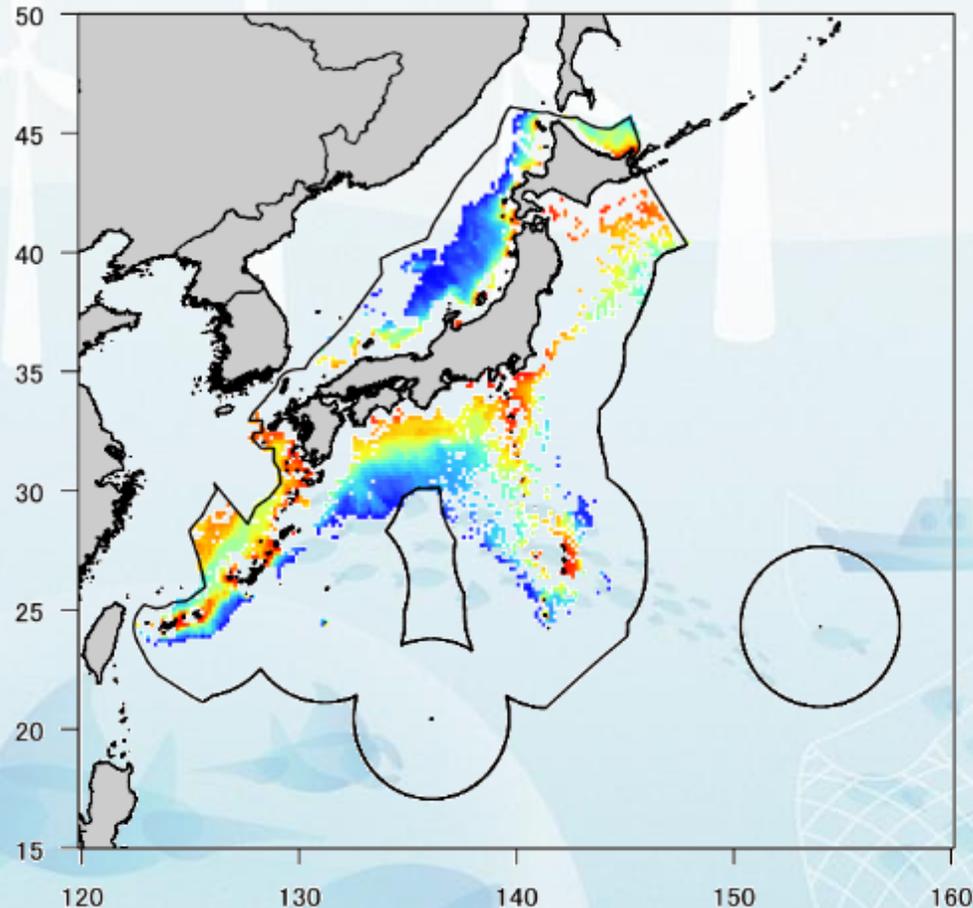
スペアリング型・OECM型保護区を組み合わせた海洋空間計画

スペアリング型海洋保護区の候補海域

シェアリング型海洋保護区（OECM）の候補海域

「保全優先度が高く、漁獲努力量は少ない」海域の保全優先度を表す

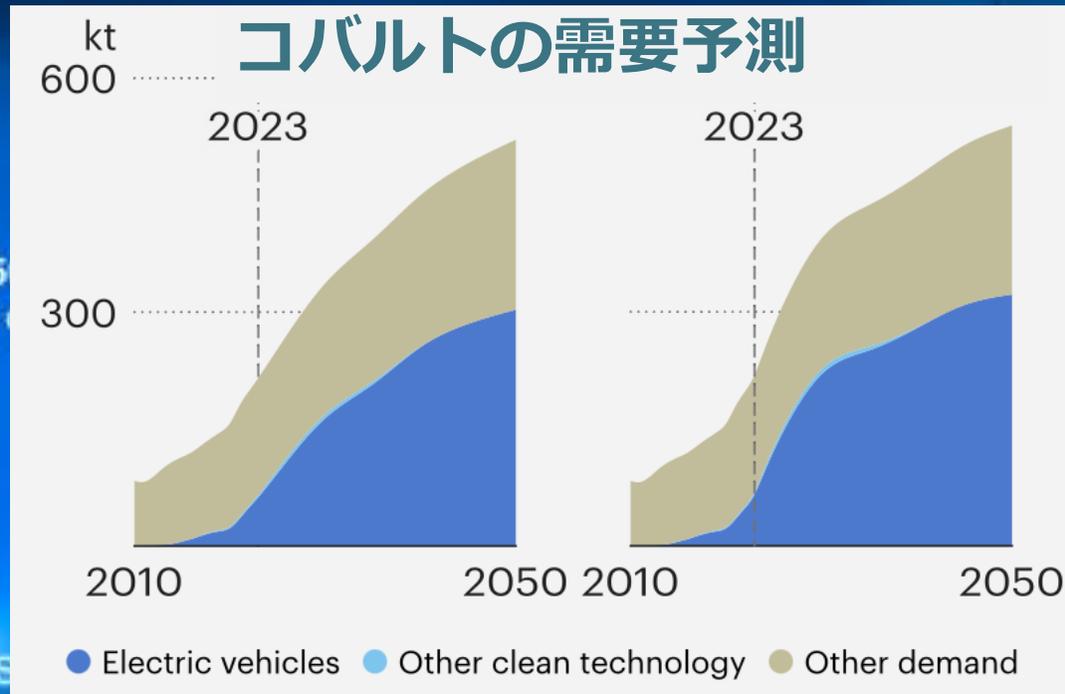
「保全優先度が高く、漁獲努力量も多い」海域の保全優先度を表す



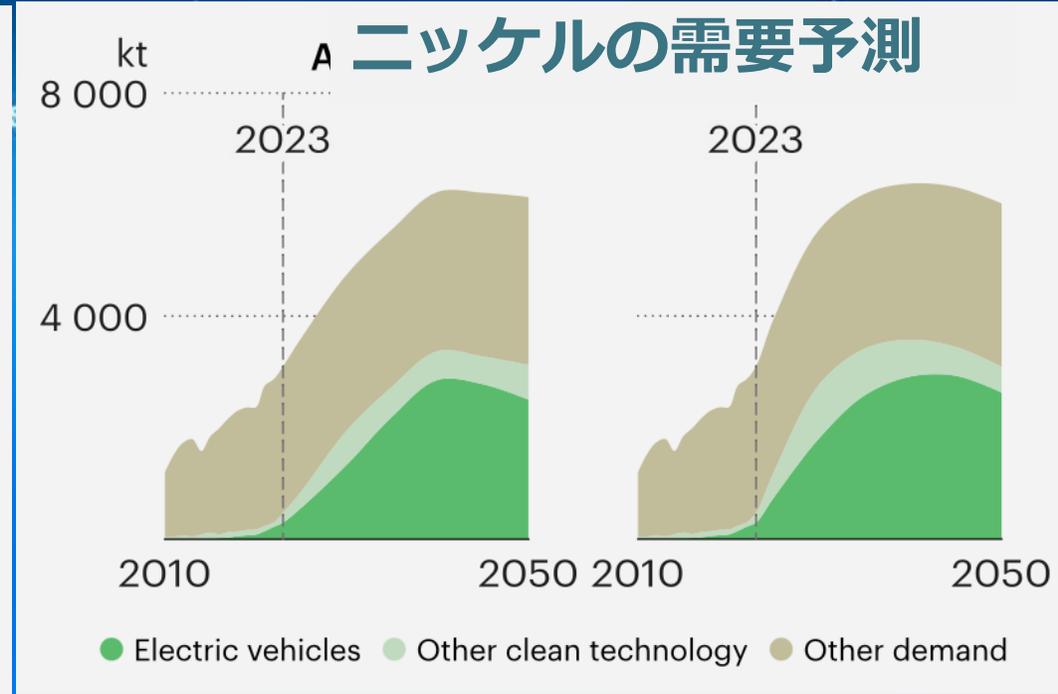
海洋の自然資本：海底鉱物資源

Production support vessel

ニッケルやコバルトは気候変動対策のエネルギー転換材料のため需要が高騰



<https://www.iea.org/reports/cobalt>



<https://www.iea.org/reports/nickel#dashboard>

COBALT CRUSTS

Cobalt-rich ferromanganese crusts

Localised sediment plumes from cutting

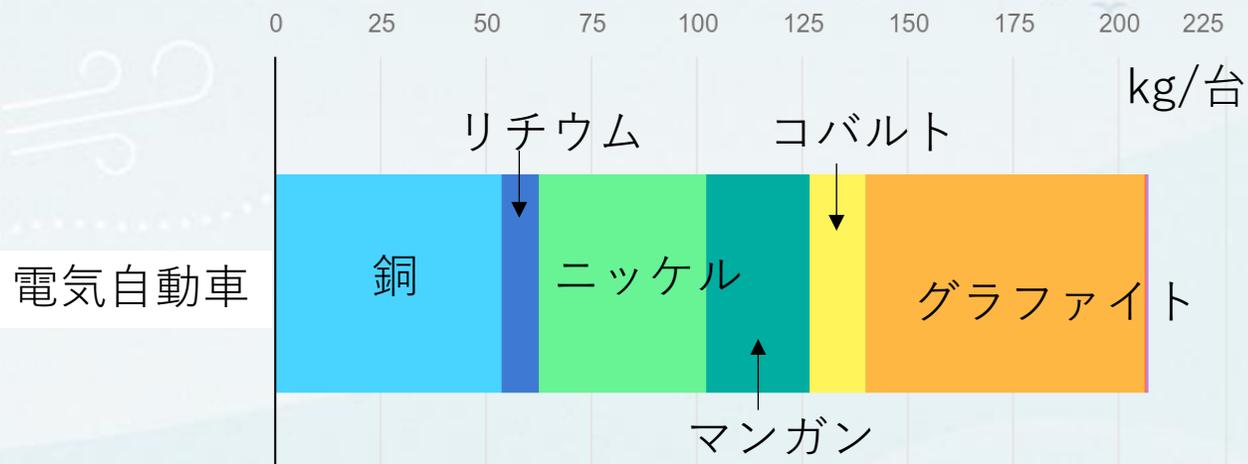
Seabed pump

SEAFLOOR MASSIVE SULFIDES

POLYMETALLIC NODULES

気候変動対策カーボンニュートラルに必須のエネルギー転換材料

再エネ・電気自動車をはじめとする
カーボンニュートラル・エネルギー移行には
鉱物資源が大量に必要となる



電気自動車

内燃機関車

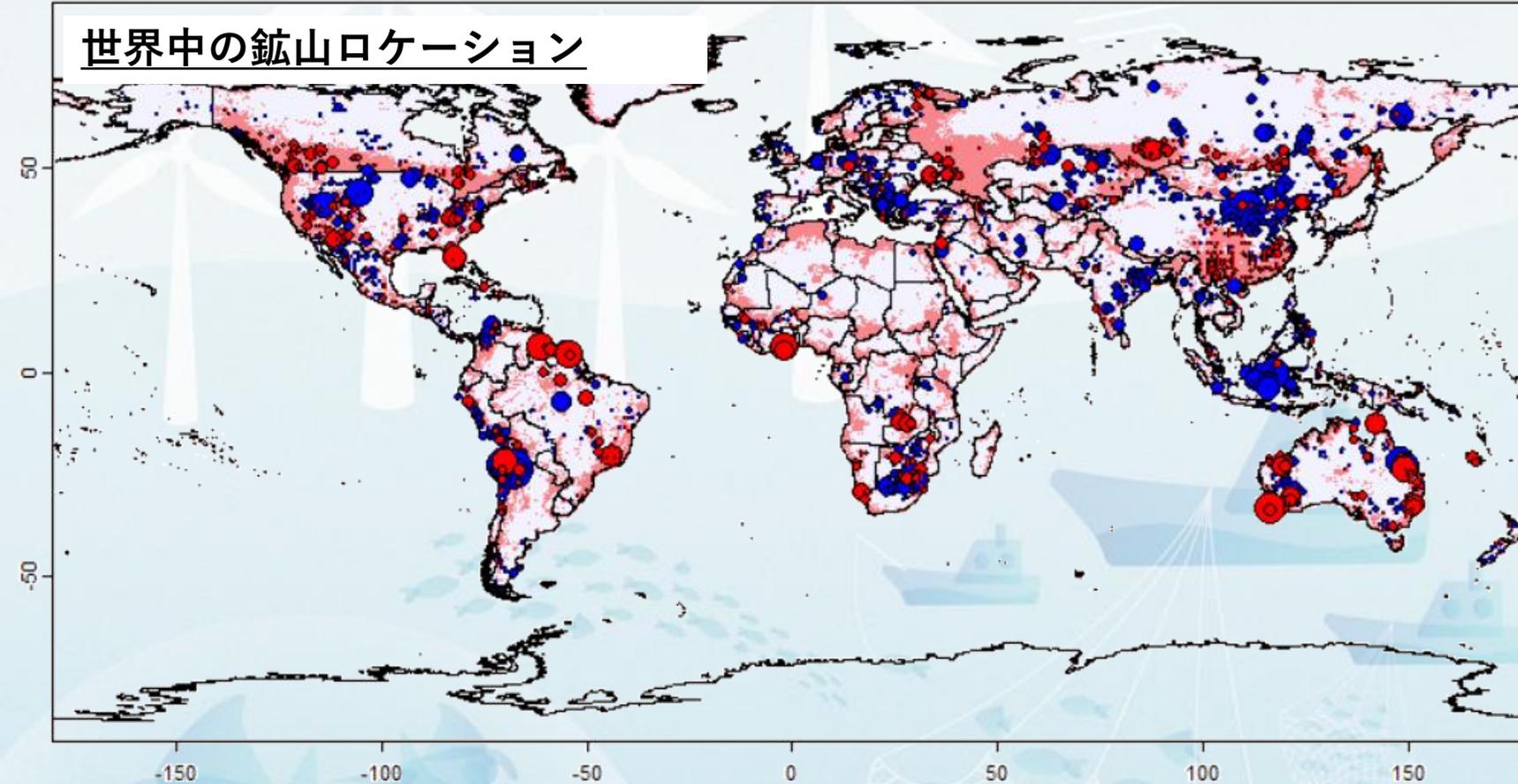


Source: IEA
<https://www.iea.org/energy-system/transport/electric-vehicles>

30by30目標により影響を受けるエネルギー転換材料資源

生物多様性保全優先度上位30%の地域は、30by30の保護区拡大地域とみなせる。開発に関して保全優先地域を回避する必要がある、これが資源調達上の制約となる。

世界中の鉱山ロケーション



ニッケルは**70%**以上、コバルトは約**90%**が生物多様性の上位30%以上のエリアに埋蔵されており、30by30を保全優先度の観点で忠実に実装した場合、採掘可能量が大幅に制限される。

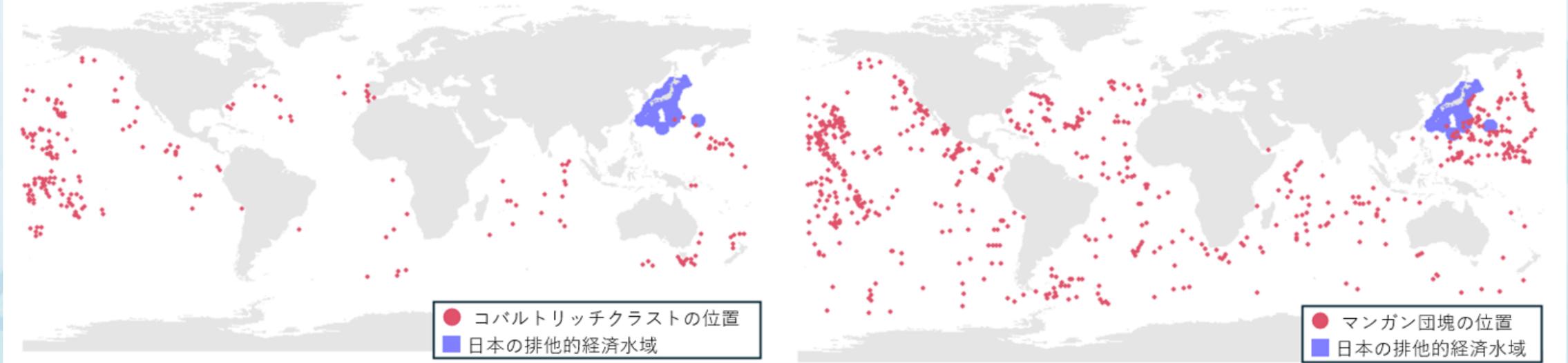
■ 各国の生物多様性保全優先度上位30%の領域 ● 上位30%と重なる鉱山 ● 上位30%と重ならない鉱山

陸域の開発インパクトを緩和する観点から 適切な海洋資源利用が要求される：陸・海を統合した空間計画の重要性

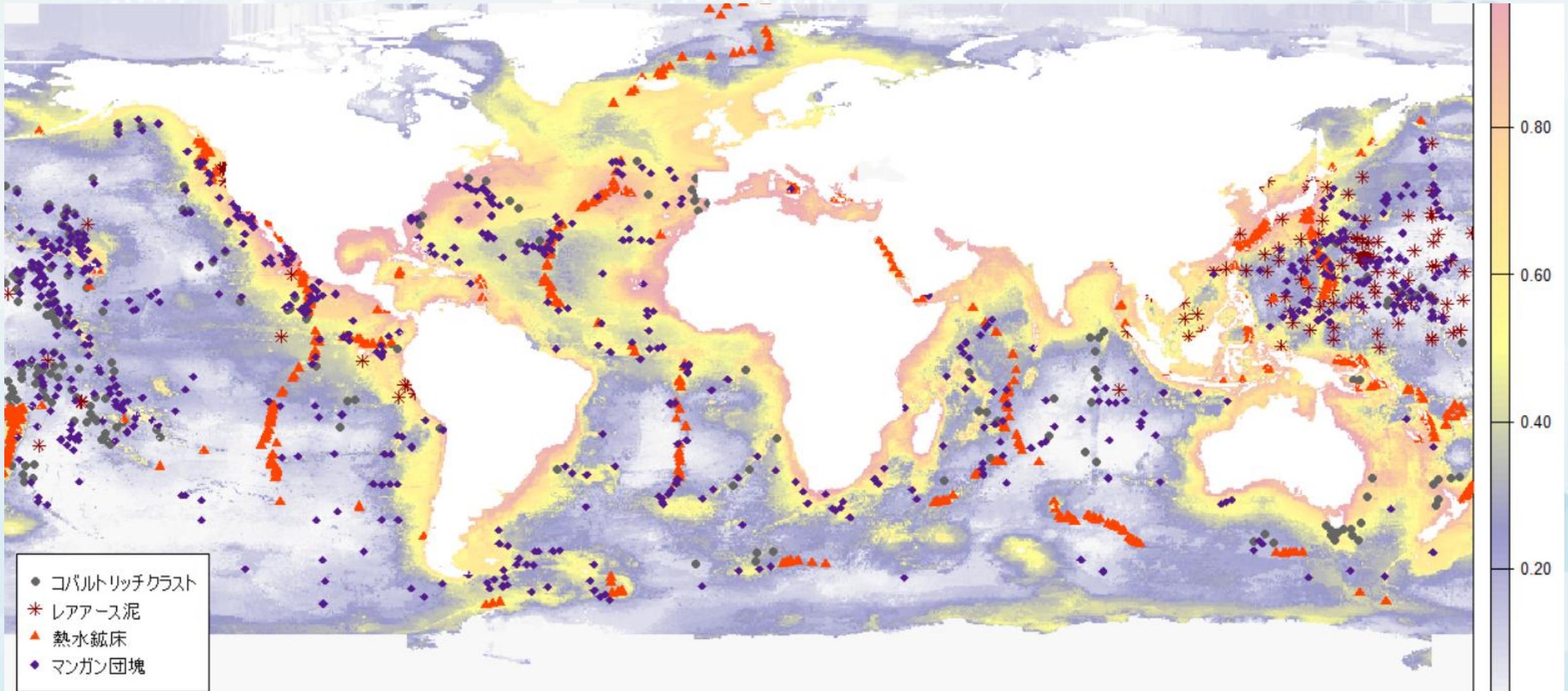
陸上鉱物資源のサプライチェーンにおける
生物多様性リスク、地政学的リスクに対するソリューションとして有望視される



海底の鉱床は公海に数多く分布しており、太平洋及び日本周辺にも集中している。

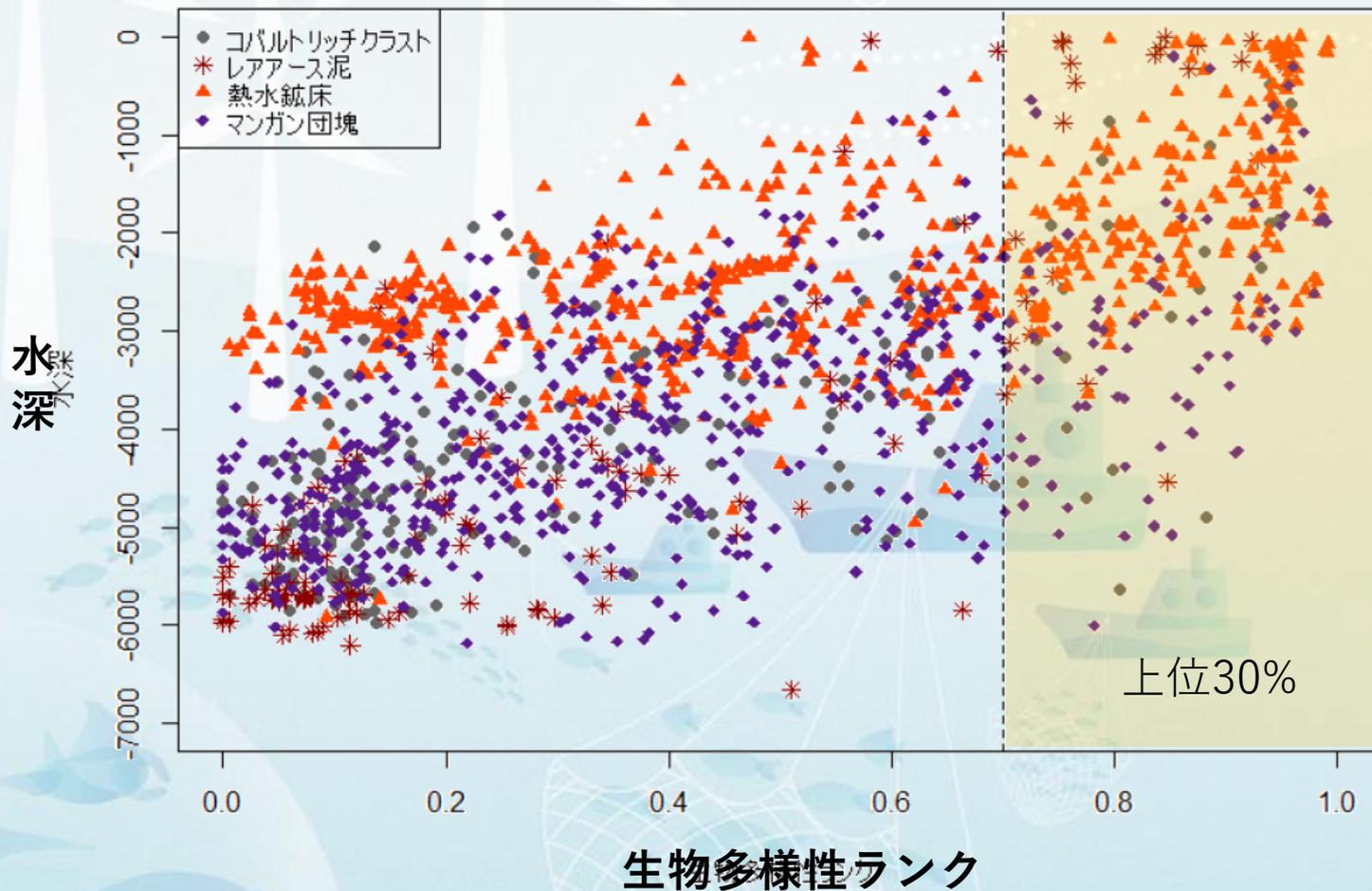


海洋生物多様性保全優先度と海底鉱物資源分布の重ね合わせ



30by30を考慮した海底鉱物資源開発の空間計画

海底資源のロケーションは、生物多様性が高い地域との重なりが比較的少ない傾向がある。ただし、水深が浅い鉱床は、生物多様性が高い傾向がある。また、海底鉱山の周辺にはユニークな生態系が存在するため、保全上の優先度は高いことが指摘されている (Schlacher et al. 2014)。



Take home message

“データ” から 文脈のついた知見 “インテリジェンス”へ

海洋環境や生物多様性に関するデータの利用可能性は大幅に広がっている。一方で「データ」単独で課題が解決するわけではなく、そこから自然関連のリスク・機会を把握し、アクションにつなげるための情報・知性を抽出する技術が必要となる。

計算処理や統計モデリングによる種数カウント、種分布地図の作成、保全優先度の算出など時空間に展開した生物多様性指標

解析データを用いたサービス、プロダクト開発等

規格化・統合処理・データクリーニング



生データ 海の海洋状況表示システム

個々の生物観測記録, 論文

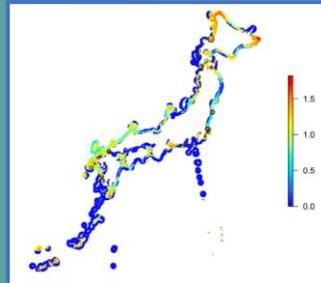
前処理データ



解析データ

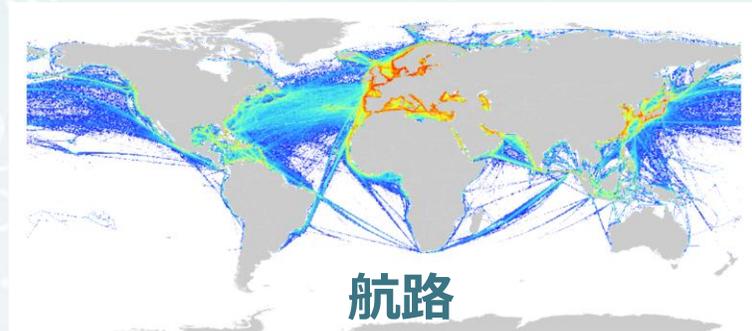
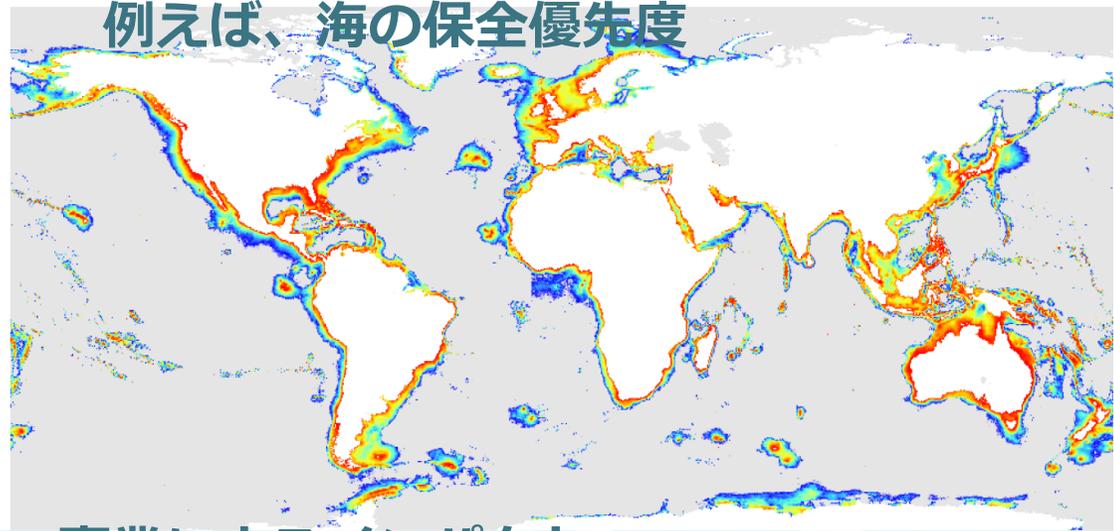


意思決定に資する情報・知見



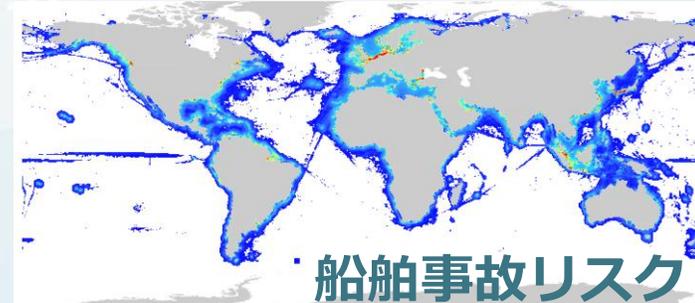
海洋自然資本に関連した事業リスク・機会の可視化

意思決定のニーズに応じた指標マップ
例えば、海の保全優先度



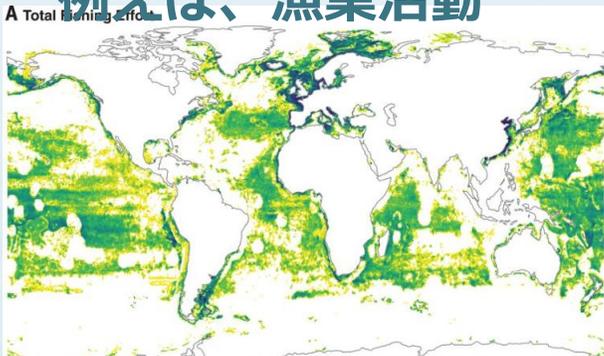
航路

×



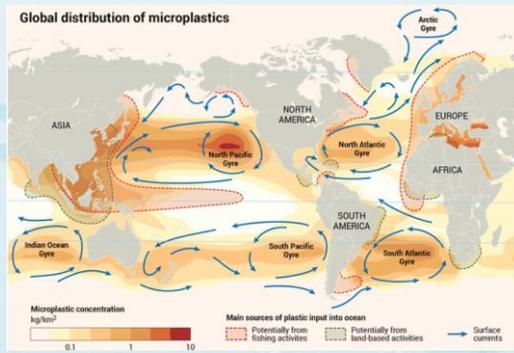
船舶事故リスク

事業によるインパクト
例えば、漁業活動



Kroodsmo et al., 2018

海洋プラスチック



Riccardo Pravettoni and Philippe Rekacewicz, 2019

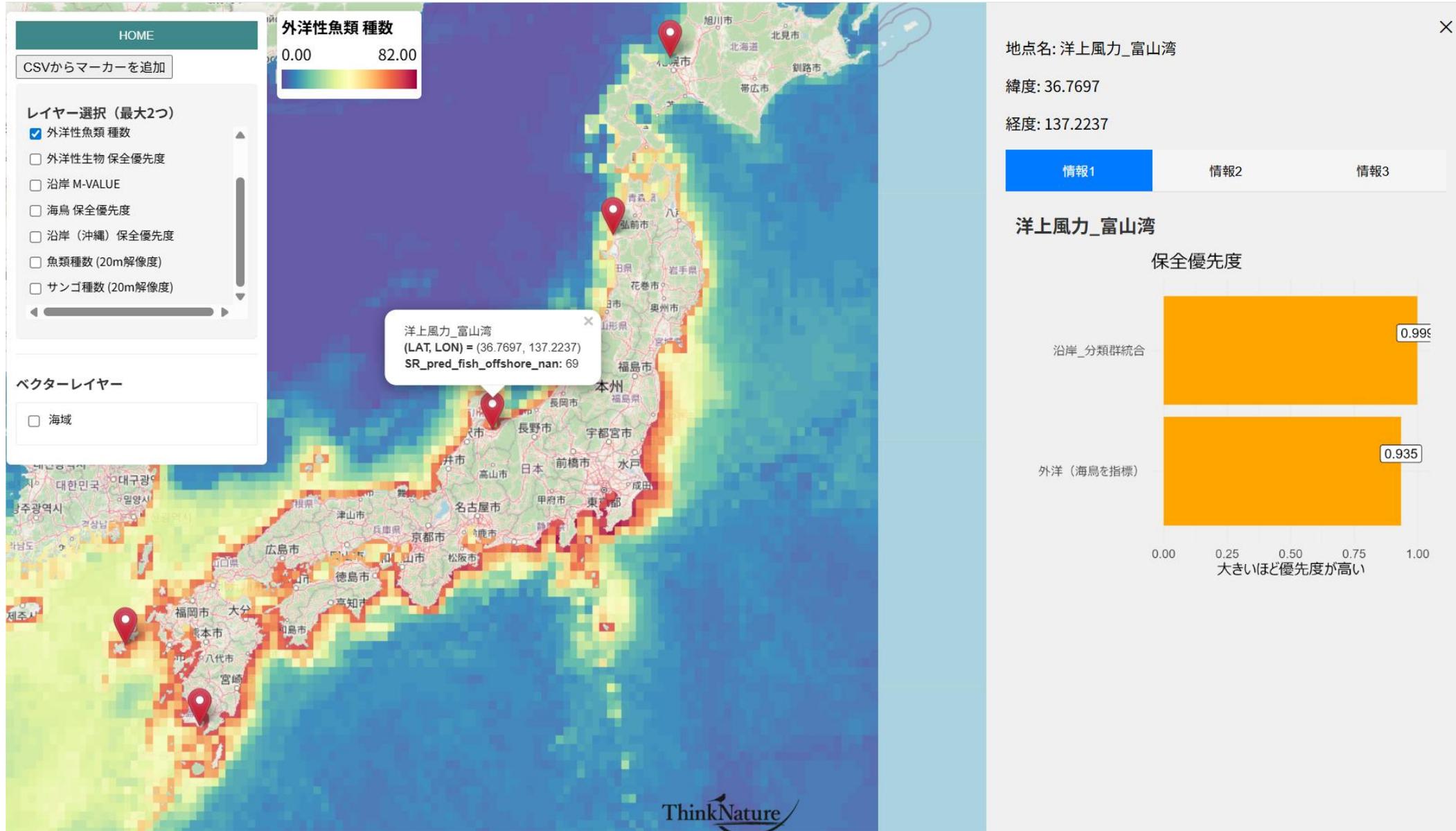


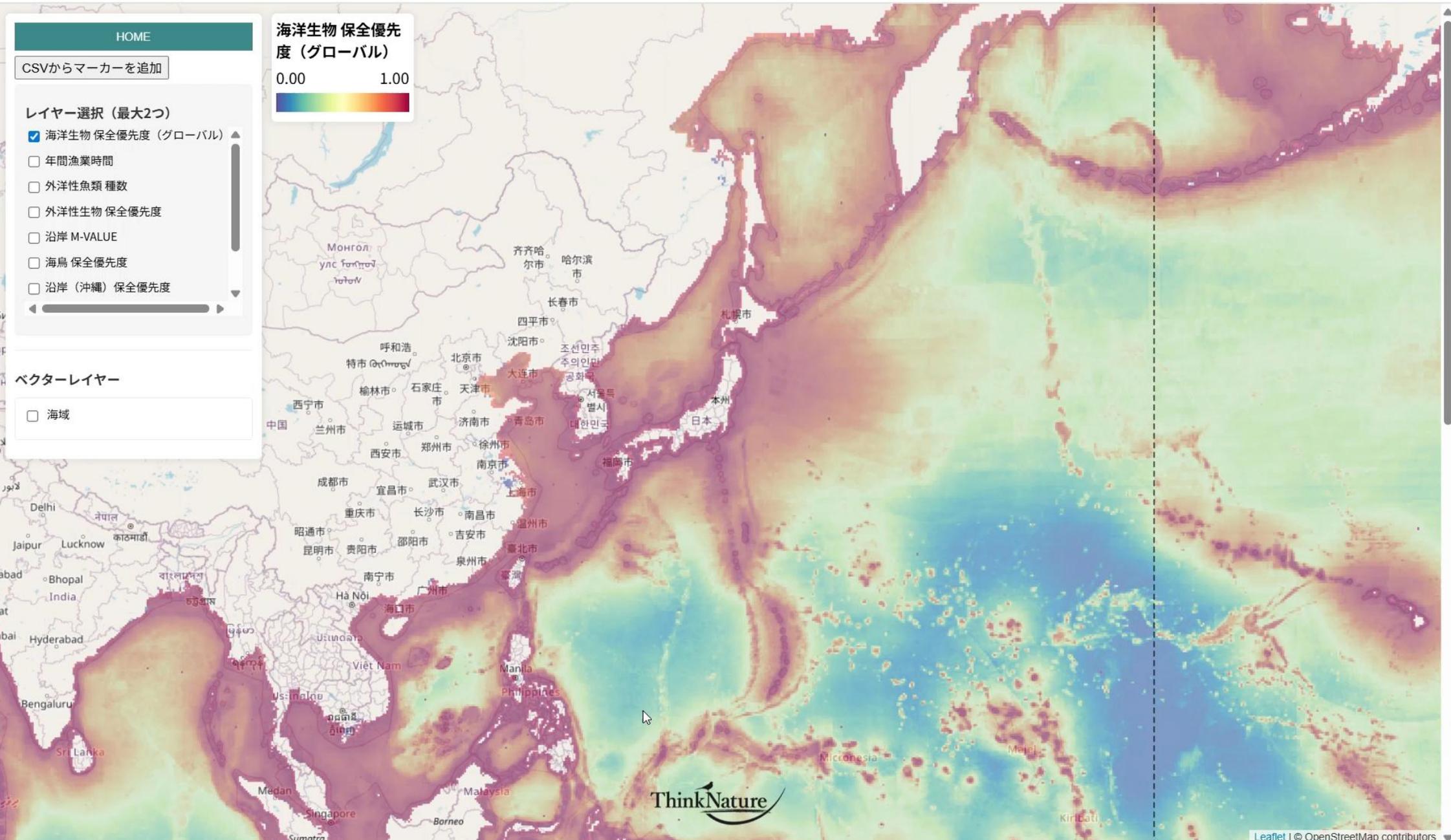
海底資源

● コバルトリッチクラストの位置
■ 日本の排他的経済水域

教育・啓発、海洋リゾート評価、洋上開発の立地評価、国際的な保全資金配分、30by30目標の達成度評価など
海洋の生物多様性保全に関わるあらゆるステークホルダーにとって不可欠な情報基盤となる

海洋空間計画ツール：海洋ビッグデータに基づいたインテリジェンス可視化





HOME

CSVからマーカーを追加

レイヤー選択 (最大2つ)

- 海洋生物 保全優先度 (グローバル)
- 年間漁業時間
- 外洋性魚類 種数
- 外洋性生物 保全優先度
- 沿岸 M-VALUE
- 海鳥 保全優先度
- 沿岸 (沖縄) 保全優先度

ベクターレイヤー

- 海域

海洋生物 保全優先度 (グローバル)

0.00 1.00

