

# 海洋生態系の理解と持続可能な利用・保全に必要な研究

## 本日の話の内容

- 1) 海を可視化する意義と社会的ニーズ
- 2) 海洋生態系・生物多様性の可視化の現状
- 3) どのような研究が必要か
  - ・ データの統合と分析のフレームワーク構築の重要性
  - ・ 海洋生態系デジタルツイン化プロジェクト

# “海の豊かさ”が劣化

気候変動（温暖化・海洋酸性化）

レジームシフト（生物群集の転移）

乱獲や開発による人為インパクト



**海の状況は、一般の人には見えないことが問題**

“海の豊かさ” や“劣化する海”を可視化



SDGsの達成、気候変動枠組条約や生物多様性条約に関する  
**国際的ターゲット達成の基本**になる。

# ビジネスセクターにおける生物多様性価値の可視化

自然関連財務情報開示タスクフォース（情報開示のための枠組み）

TNFD : Task Force on Nature Related Financial Disclosures

ビジネスによる経済活動は本質的に自然資本に依存しているが、自然資本を劣化させ続けている。つまり、現状の経済活動はサステナブルではない。このような背景から、2021年G7サミットでは「2030年自然協約」が採択。「2030年までに自然の損失を反転させ、ネイチャーポジティブにすること」を宣言。ネイチャーポジティブを達成するために、ビジネスに関わる自然資本に十分投資することの重要性が認識されるに至った。

## TNFD4つの柱：企業が自然に関してどう行動するか？ 企業活動と生物多様性の関係性分析 を基に開示を求められている情報

- ・ガバナンス
- ・戦略
- ・リスク管理
- ・指標と目標

指標と目標：関連する自然に対する影響と依存度、関連するリスクと機会を評価、管理する目的で使用する指標と目標



ガバナンス：影響、依存度、リスク、機会に関する組織のガバナンス

戦略：組織の事業、戦略、財務計画において、自然に対する影響と依存度、関連するリスクと機会が実際に及ぼす影響と潜在的な影響

リスク管理：自然に対する影響と依存度、関連するリスクと機会を認識、評価、管理する目的で組織が採用するプロセス

自然関連リスク：上記の各柱において、組織は、自然に対する影響、自然に対する依存度、その結果として生じる財務リスクと機会を考慮する必要があります。

TNFD「NATURE IN SCOPE」日本語版



# 生物多様性評価ツール

1) 海を可視化する意義と社会的ニーズ

Biodiversity Footprint Financial Institutions (BFFI)  
ReCiPe2016 model

Species Threat Abatement and Restoration metric (STAR)

Biodiversity Impact Metric (BIM)

Biodiversity Indicators for Site-based Impacts (BISI)

Global Biodiversity Score (GBS)

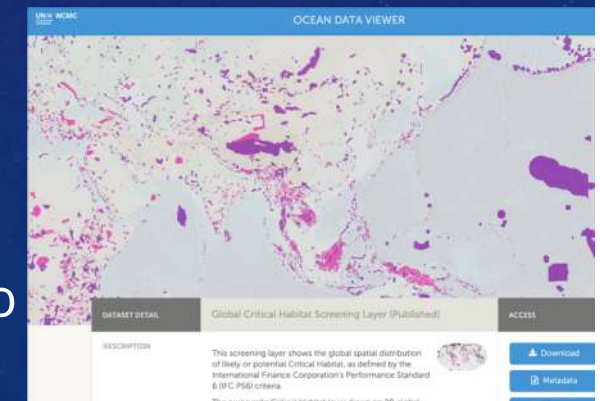
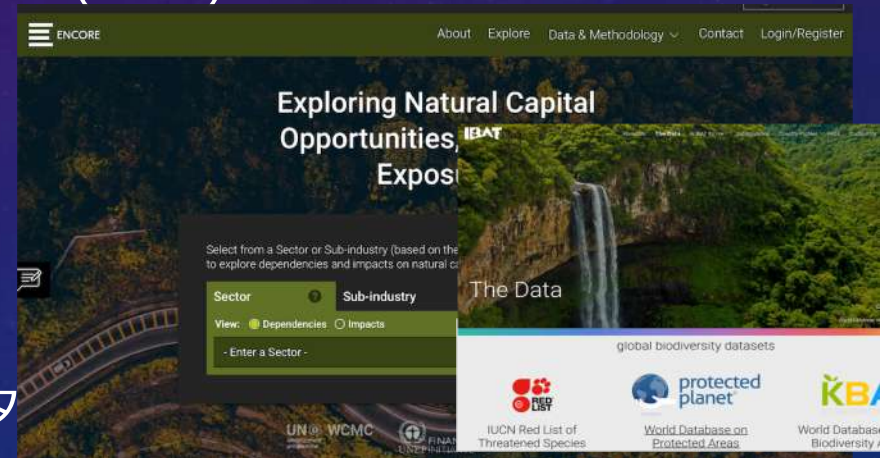
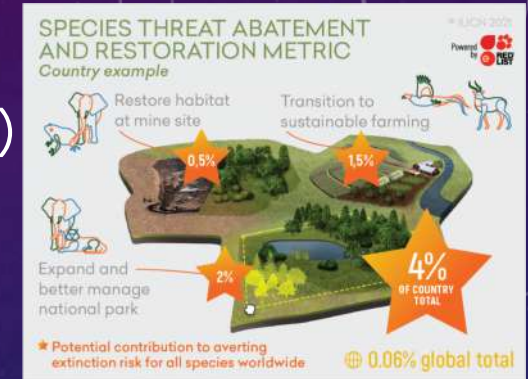
評価ツールで用いられているデータ

UNEP-WCMC 世界自然保全モニタリングセンター  
IBAT

Critical Habitat Screening Layer

Natural Capital Finance Alliance: ENCORE

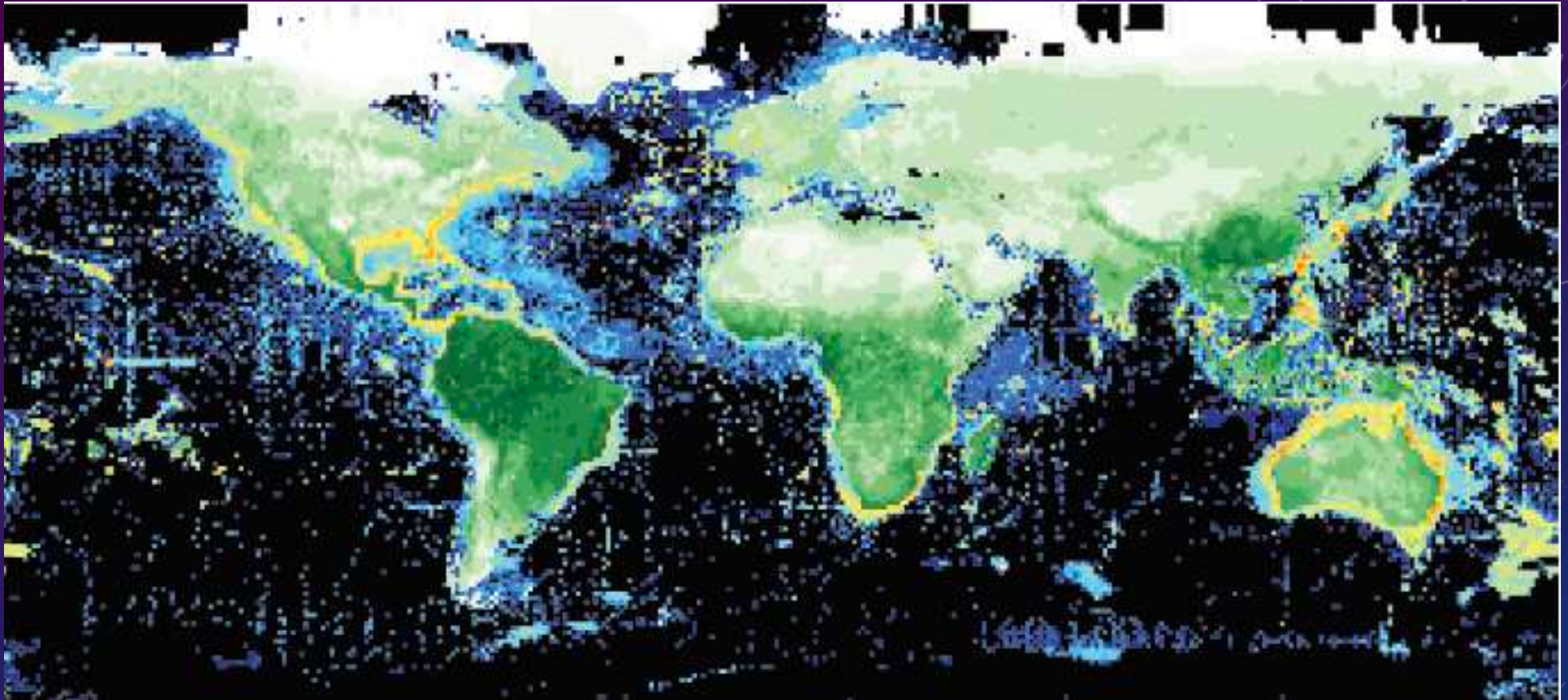
Netherlands Environmental Assessment Agency: GloBio



# 海洋生態系可視化の現状

2) 海洋生態系・生物多様性の可視化の現状

## 世界&日本の生物多様性ビッグデータを整備汎用化



地球上の動植物50万種以上

海20万種+陸30万種

地球上の生物1/3を網羅したデータセット（現在も構築中）

# 沿岸海域の種多様性地図

海洋生物多様性ホットスポットの可視化

海産魚類



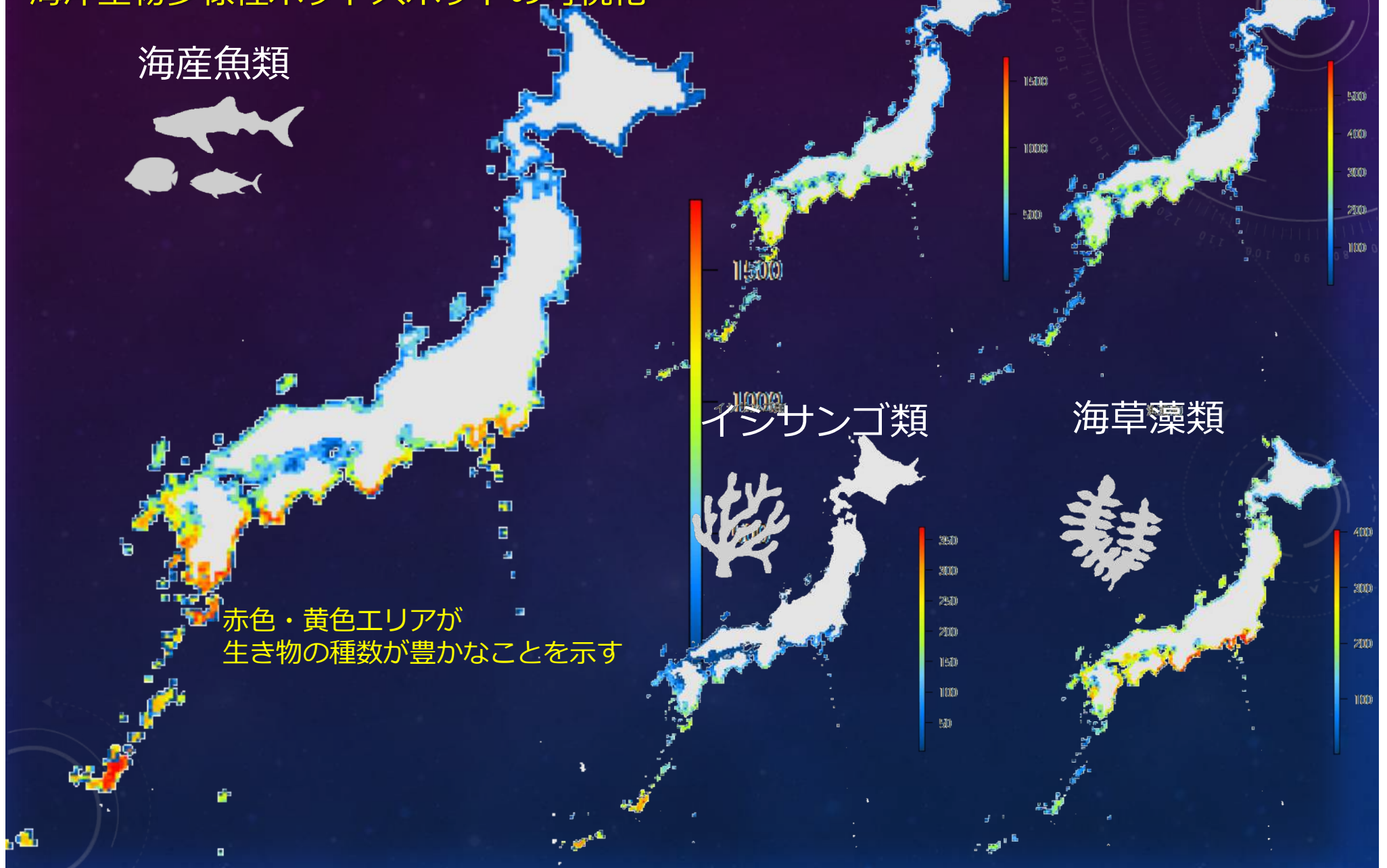
貝類

甲殻類

イシサンゴ類

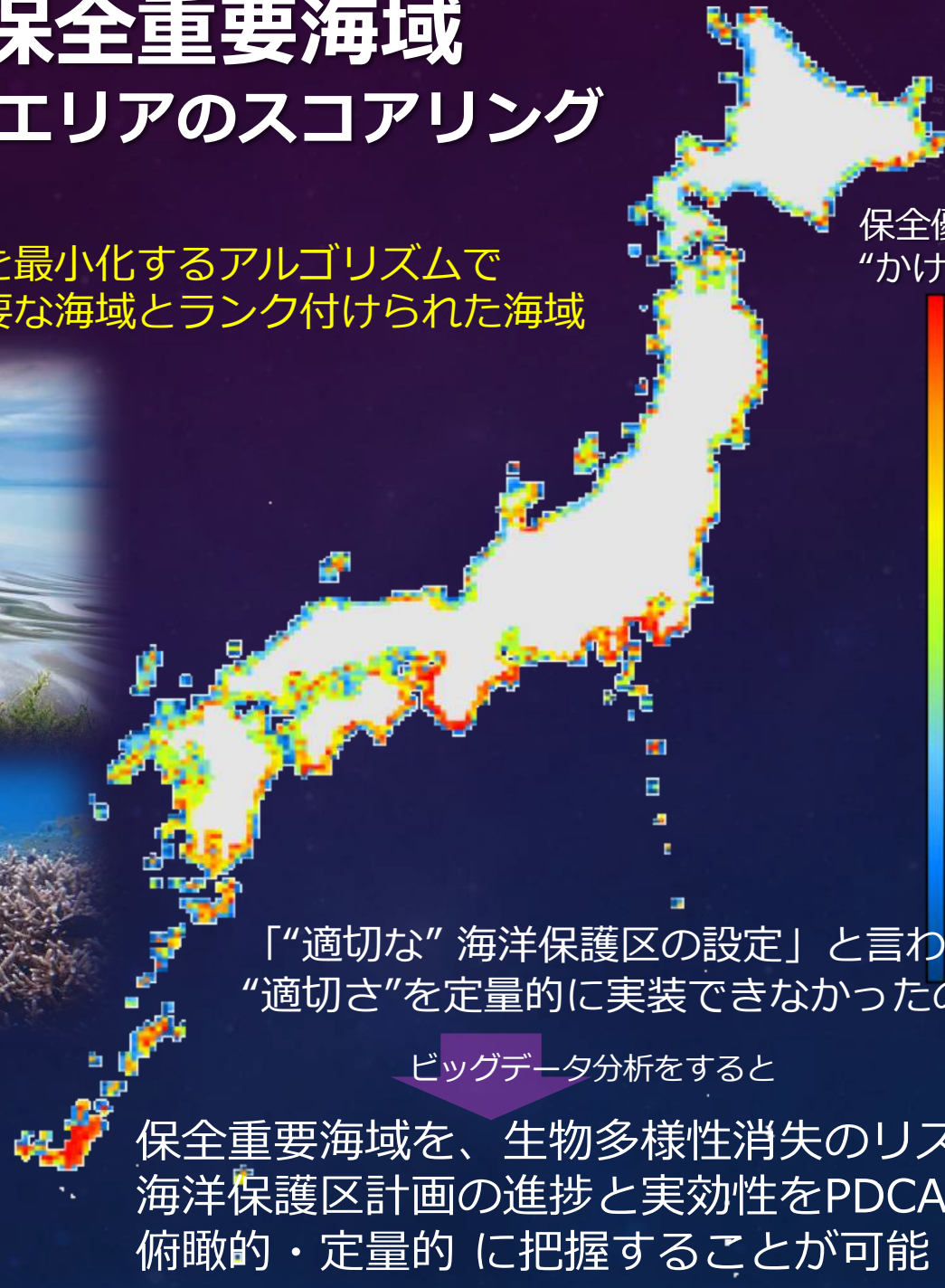
海草藻類

赤色・黄色エリアが  
生き物の種数が豊かなことを示す



# 生物多様性保全重要海域 プライオリティエリアのスコアリング

赤色・黄色エリアは  
海洋生物の絶滅リスクを最小化するアルゴリズムで  
優先的に保全すべき重要な海域とランク付けられた海域



保全優先度スコアは各海域の  
“かけがえのなさ度”を表す

保  
全  
優  
先  
度  
ス  
コ  
ア

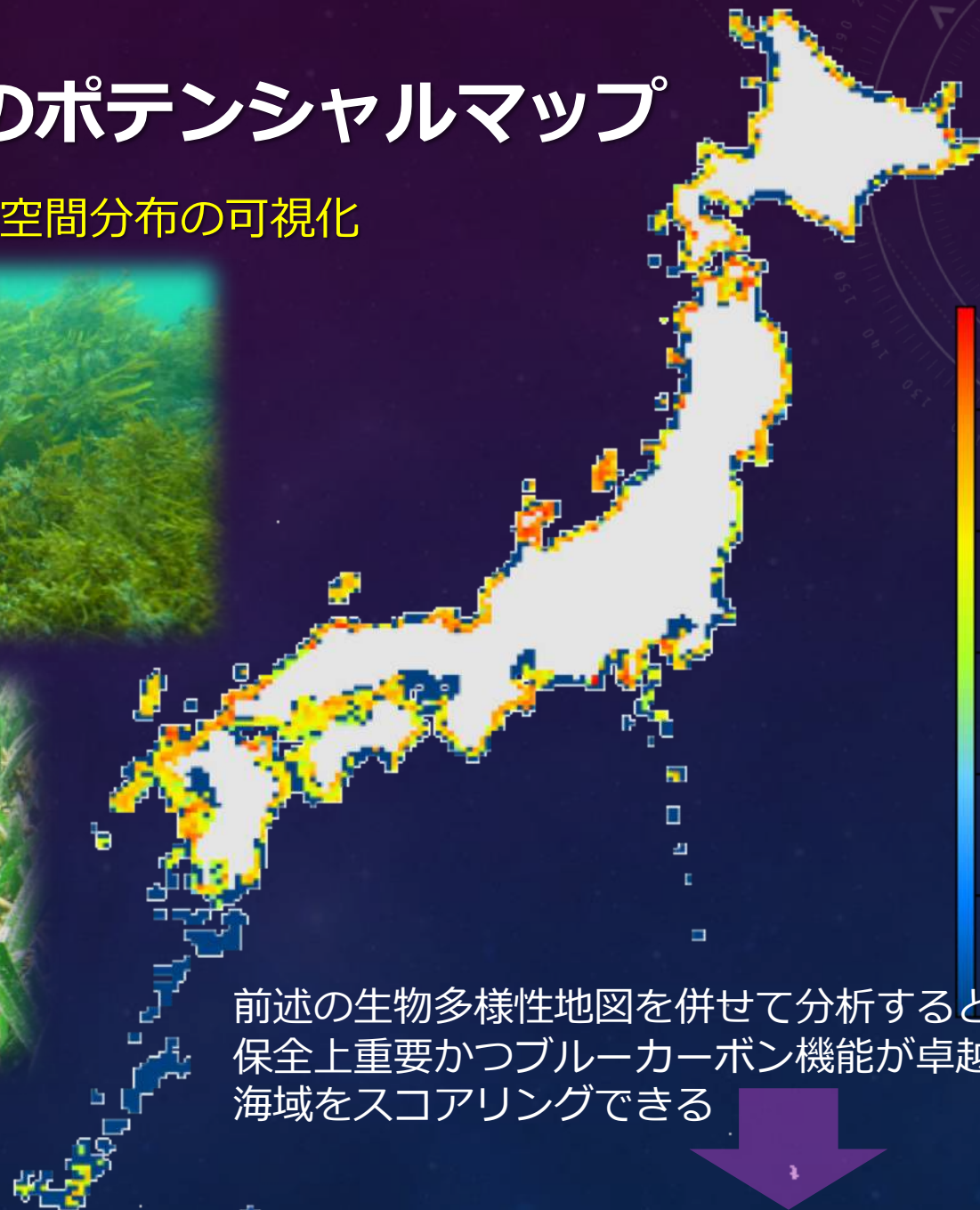
「“適切な” 海洋保護区の設定」と言われて久しいが  
“適切さ”を定量的に実装できなかったのが実態だった

ビッグデータ分析をすると

保全重要海域を、生物多様性消失のリスク値として指標化  
海洋保護区計画の進捗と実効性をPDCAサイクルを活用し  
俯瞰的・定量的 に把握することが可能

# 沿岸藻場面積 ブルーカーボンのポテンシャルマップ

海洋の生態系サービスの空間分布の可視化



1kmメッシュあたりの平均藻場面積  
(平方メートル、対数値)

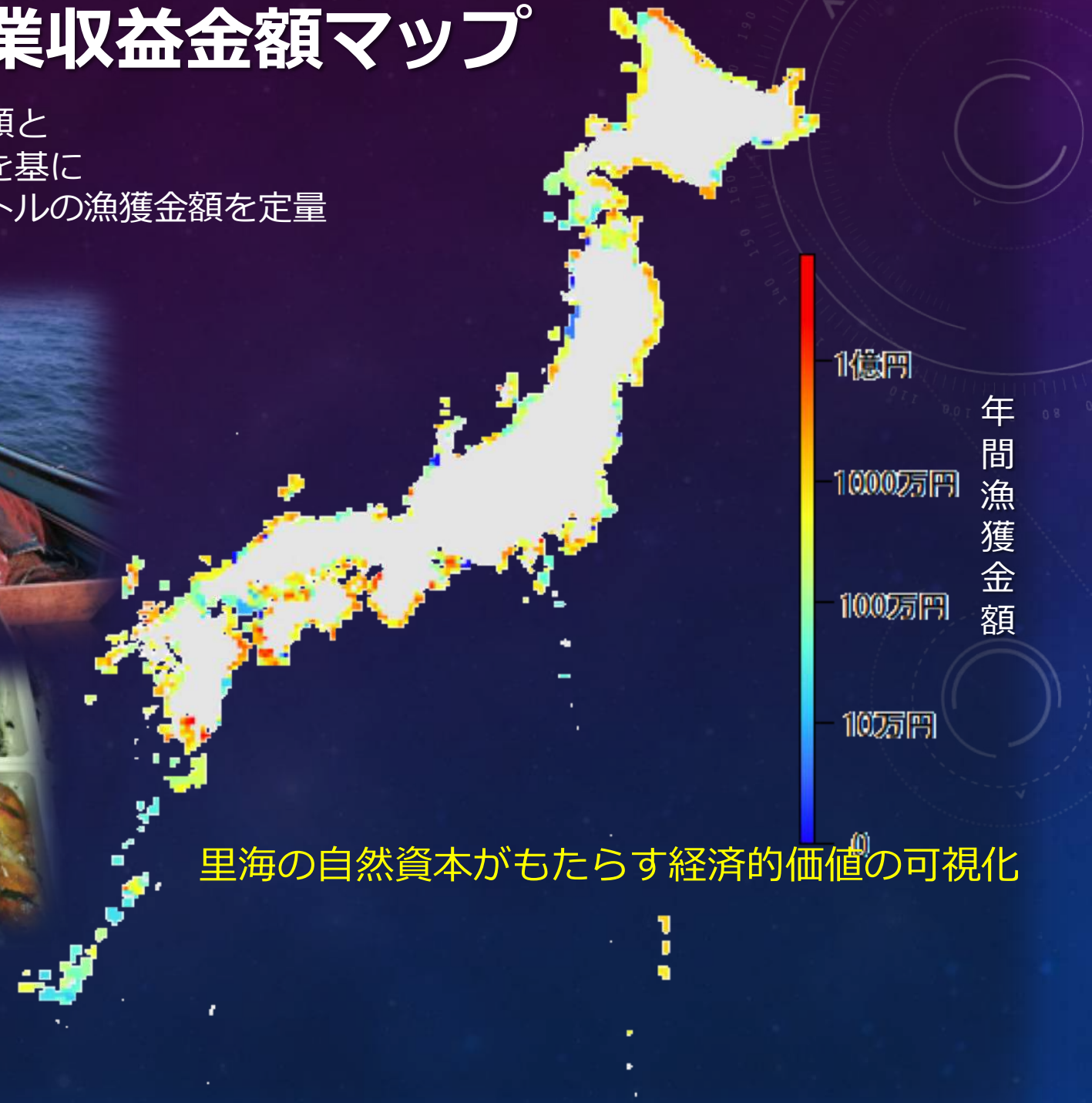
前述の生物多様性地図を併せて分析すると  
保全上重要かつブルーカーボン機能が卓越した  
海域をスコアリングできる

高い生産性と生物多様性が維持されている「里海」の可視化



# 沿岸海域の漁業収益金額マップ

各漁業地区の沿岸漁獲金額と  
共同漁業権の空間データを基に  
沿岸海域 1 キロ平方メートルの漁獲金額を定量



里海の自然資本がもたらす経済的価値の可視化

# 保全と利用を調和した海洋空間計画の立案

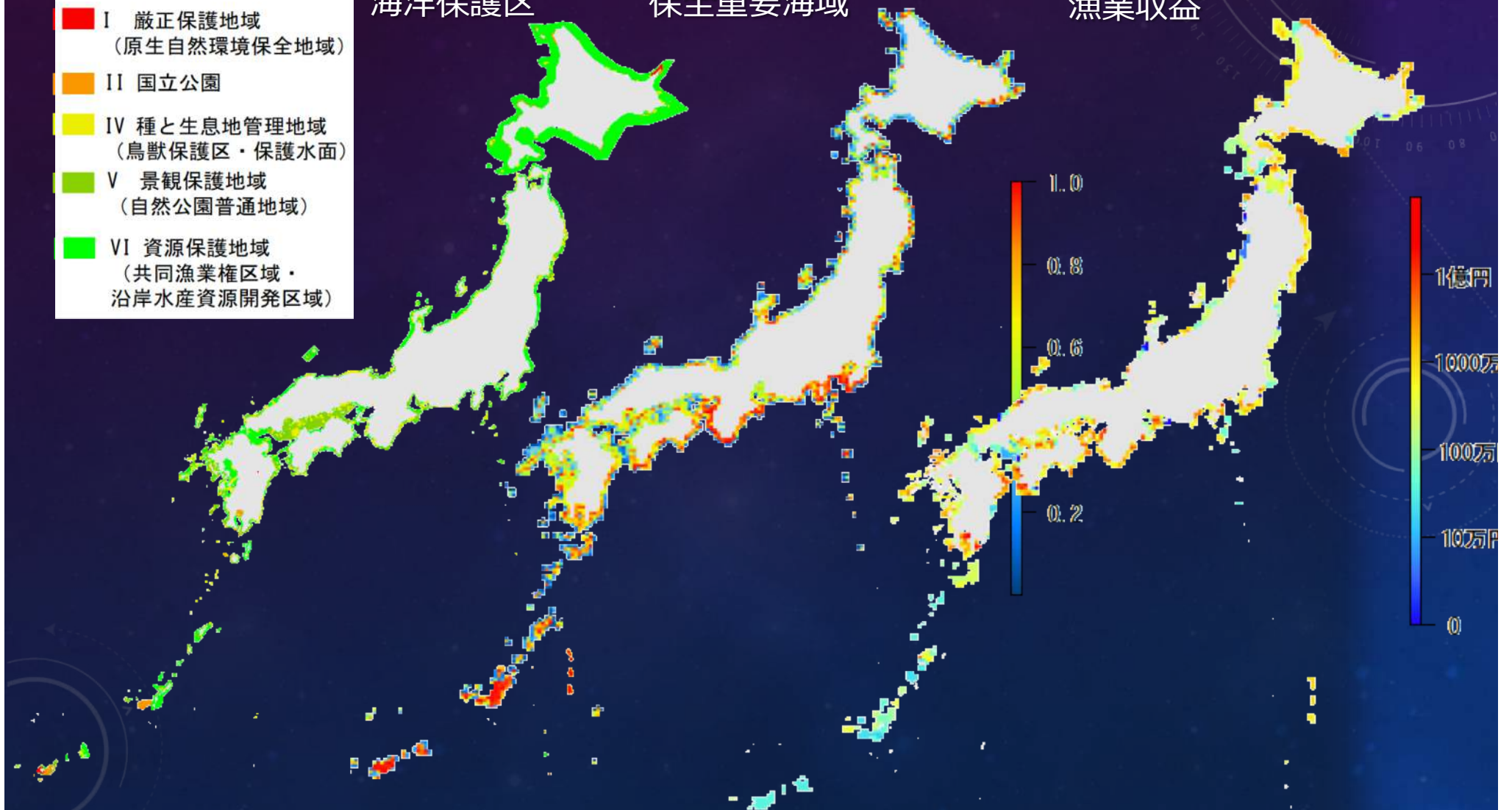
海洋保護区（保全）と漁業管理（経済活動）のトレードオフ  
ステークホルダー間の便益を最大化する海域シェアリングの分析

- IUCN カテゴリー
- I 厳正保護地域  
(原生自然環境保全地域)
  - II 国立公園
  - IV 種と生息地管理地域  
(鳥獣保護区・保護水面)
  - V 景観保護地域  
(自然公園普通地域)
  - VI 資源保護地域  
(共同漁業権区域・沿岸水産資源開発区域)

海洋保護区

保全重要海域

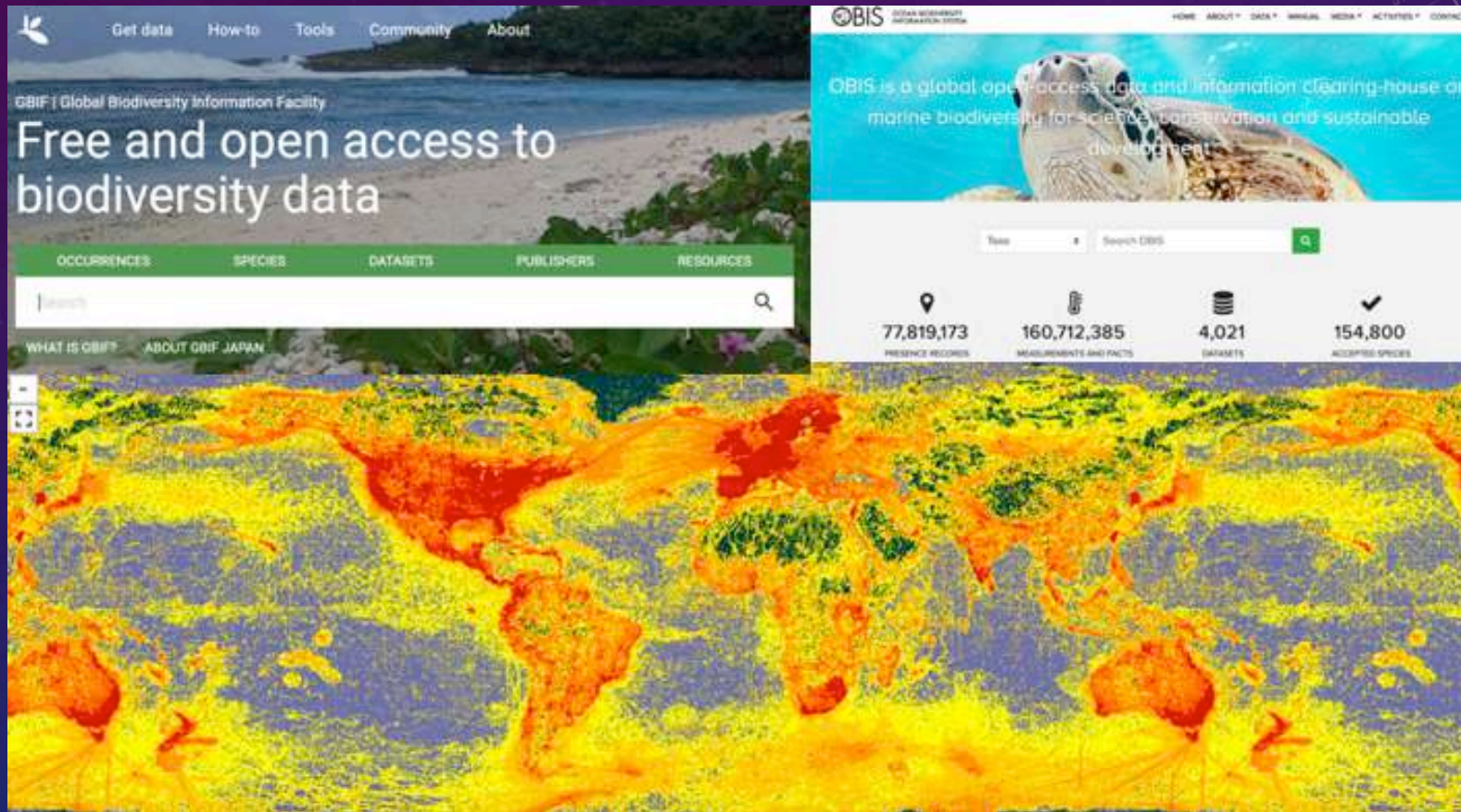
漁業収益



### 3) どのような研究が必要か

## 海洋生態系・生物多様性データの基本的な特性

様々な主体、様々なプロジェクトで機会的に収集されたデータ  
**opportunisticデータ**



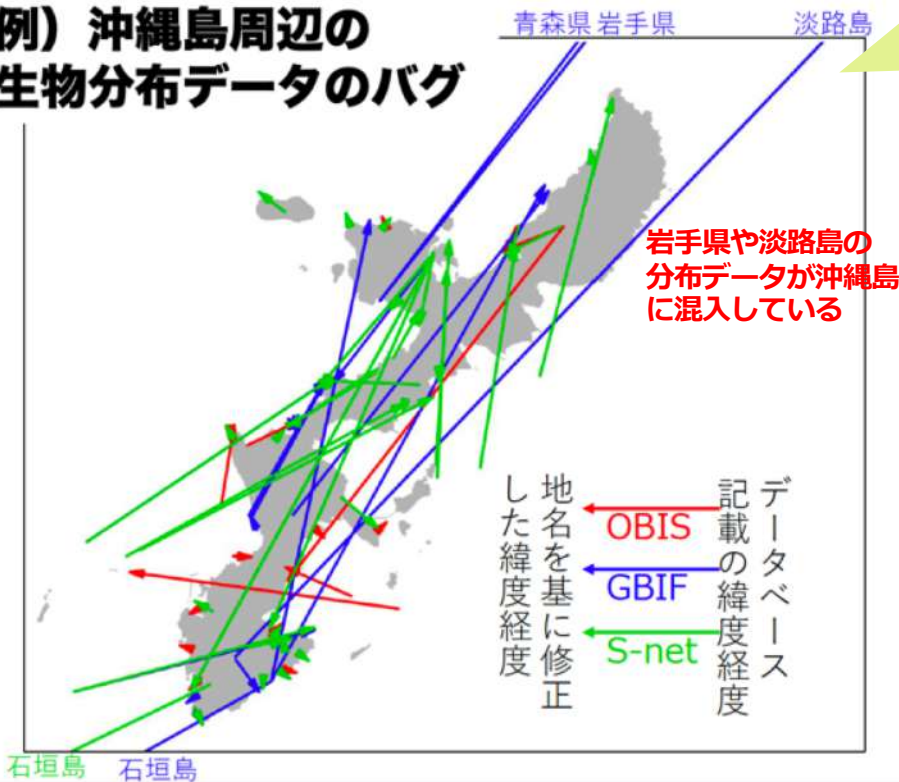
あるモニタリングプロジェクトにおいて規格化され体系的に収集されたデータでもパーマネントに収集されることは稀 (opportunisticな性質を拭い去ることは不可能)

無数にあるモニタリングプロジェクトのデータ群を比較すると、個々のデータは時空間的に多様

## 例えば、opportunisticデータの特性に由来する利用障壁

GBIFやOBIS等の生物分布情報には多数のバグが含まれデータ利用障壁になっている

### 例) 沖縄島周辺の生物分布データのバグ



矢印線基部がデータベース上の座標位置  
正確な座標位置は矢印先端  
矢印の長さが座標精度の間違い度合いを表す

### 日本の海洋生物5分類群データを浄化した結果

情報ソース	日本の海洋生物分布データ数	緯度経度データバグ率
S-Net	141,817	85%は欠損 50%は位置間違い
OBIS(BISMaL含)	78,573	35%は位置間違い
GBIF	2062	76%は欠損 49%は位置間違い
個別文献等その他	150861	
以上校正したデータ歩留まり率		70%

無数のバグがあり、そのままでは利用できないのが問題点

このような不定形データを活用するには  
情報を較正し、欠損情報を修正補完するデータ統合技術が必要

体系的に収集されにくい多様なopportunisticデータを  
**体系的に集約分析する枠組み構築が重要**

従来のな研究アプローチ

○△をモニタリングしてデータを収集！

**重要かつ基本的アプローチだが、今後は戦略性を重視すべき**

## 戦略的なデータ収集アプローチへ

用途や分析のスコープを明確化したデータ収集

※広範かつロバストなニーズに対応したアウトプット

分析アウトプットを、データ収集にフィードバックする

※モニタリング自体の持続可能性を強化する視点

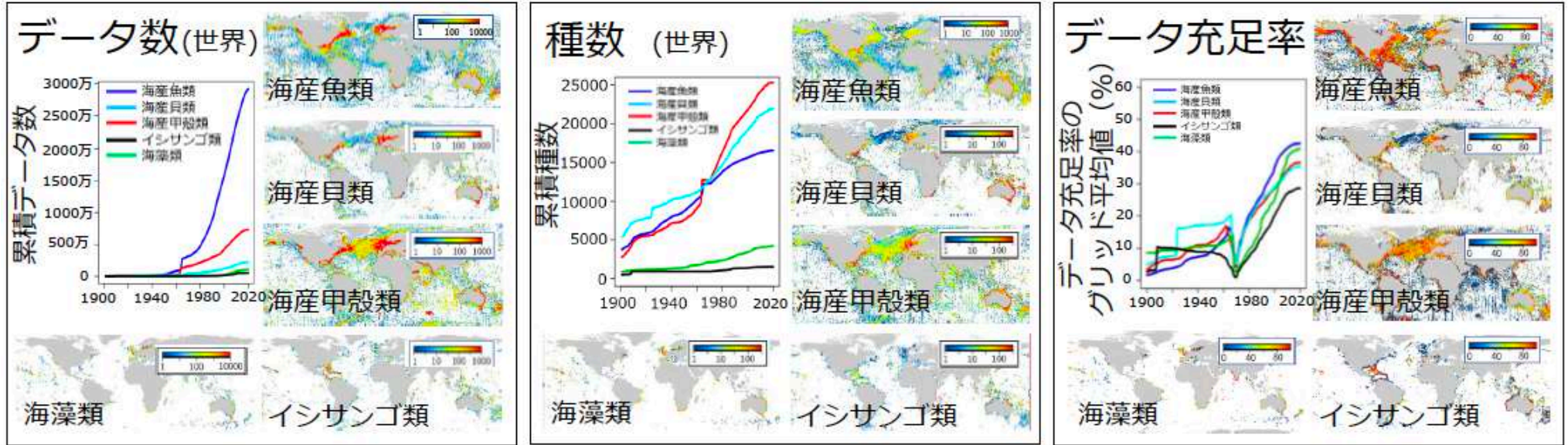
**重要なポイント：海洋生態系の情報不完全性を効率的に充足するための研究**

- ・ マクロ生態学分析で、パターンを俯瞰的に定量把握
- ・ 高度な統計モデル分析で、直接観測できない生態系の属性値を定量
- ・ 機械学習や深層学習で、海洋生態系の分解能を補完

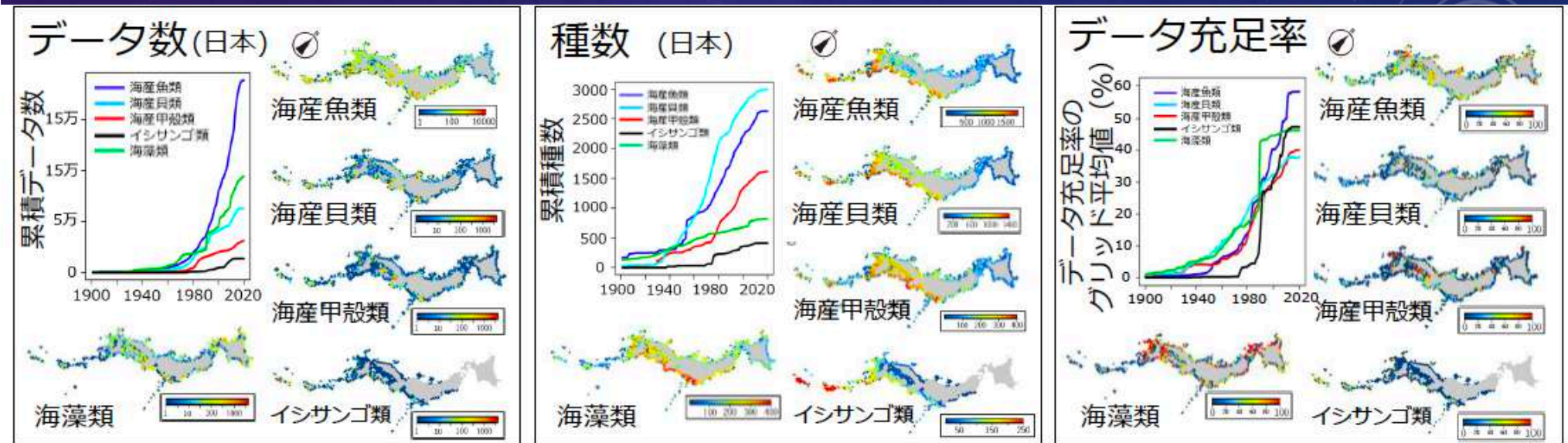
# 海洋生態系の生物多様性データの充足度

全球スケール評価

私達は海の豊かさをどれくらい把握できているのか？



## 日本スケール評価



# 事例研究

## イシサンゴ種分布データからサンゴ礁生態系の生物多様性を定量

3) どのような研究が必要か

Received: 9 September 2019 | Revised: 12 January 2020 | Accepted: 18 January 2020  
DOI: 10.1111/1440-1703.12096

### SPECIAL FEATURE

Approaches for general rules of biodiversity patterns in space and time

## Global distribution of coral diversity: Biodiversity knowledge gradients related to spatial resolution

Buntarou Kusumoto<sup>1,2,3</sup> | Mark J. Costello<sup>4</sup> | Yasuhiro Kubota<sup>2,5</sup> | Takayuki Shiono<sup>2</sup> | Chi-Lin Wei<sup>6</sup> | Moriaki Yasuhara<sup>7</sup> | Anne Chao<sup>8</sup>

Received: 7 September 2019 | Revised: 10 February 2020 | Accepted: 13 February 2020  
DOI: 10.1111/1440-1703.12102

### SPECIAL FEATURE

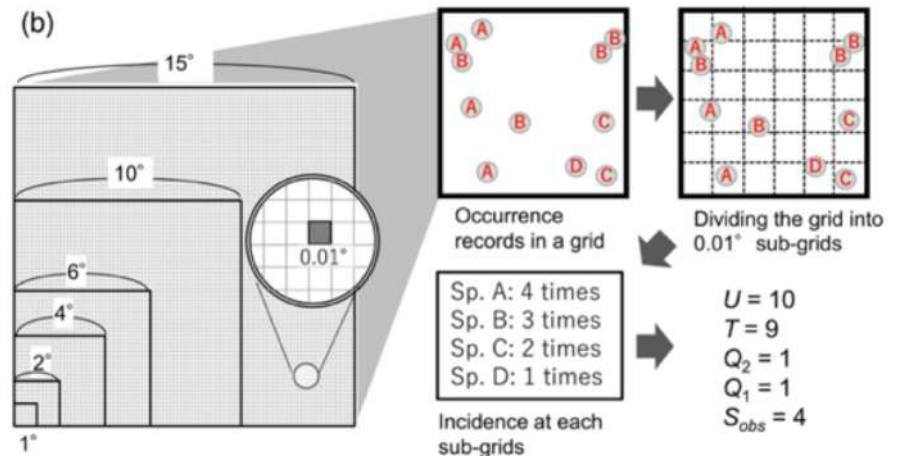
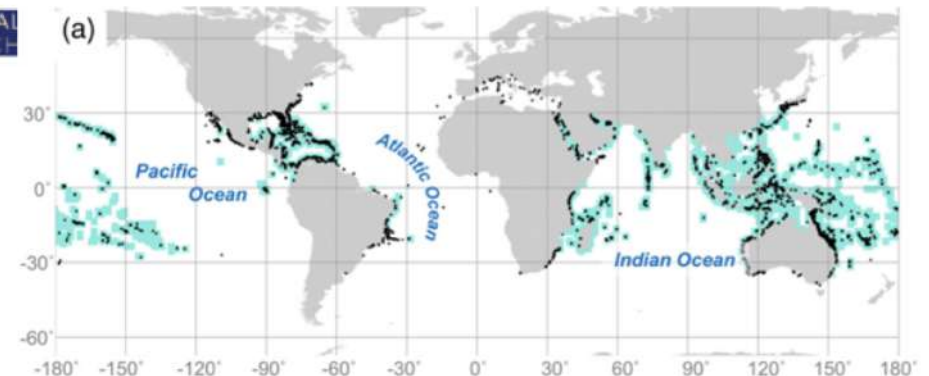
Approaches for general rules of biodiversity patterns in space and time

## Quantifying sample completeness and comparing diversities among assemblages

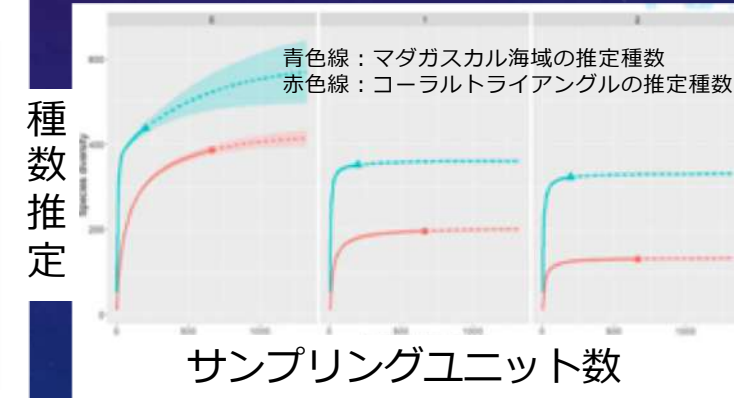
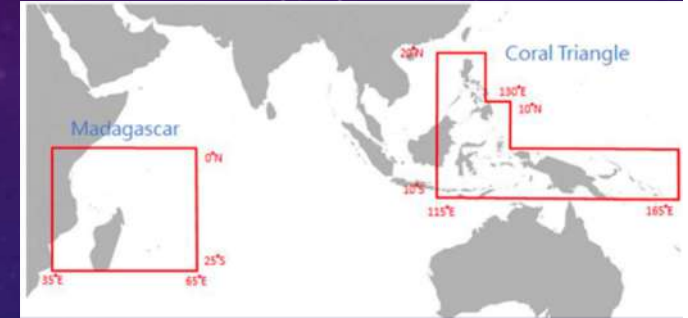
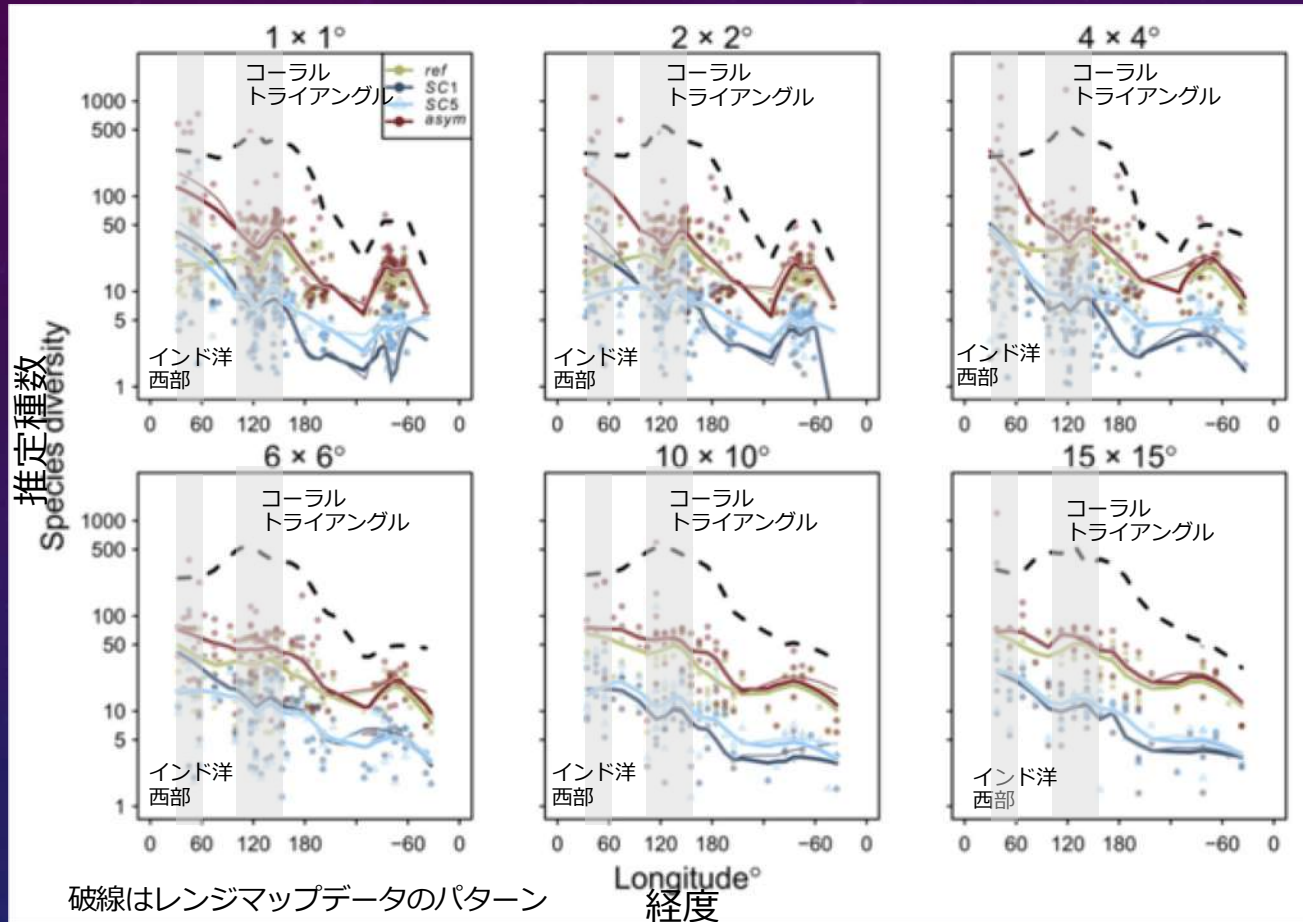
Anne Chao<sup>1</sup> | Yasuhiro Kubota<sup>2</sup> | David Zelený<sup>3</sup> | Chun-Huo Chiu<sup>4</sup> | Ching-Feng Li<sup>5</sup> | Buntarou Kusumoto<sup>2,6</sup> | Moriaki Yasuhara<sup>7</sup> | Simon Thorn<sup>8</sup> | Chih-Lin Wei<sup>9</sup> | Mark J. Costello<sup>10,11</sup> | Robert K. Colwell<sup>12,13</sup>

697種の109,296 ポイント分布データ

ECOLOGICAL RESEARCH



# イシサンゴ類の生物多様性ホットスポットの特定



インド洋西側でイシサンゴ種数が豊か

従来研究は、東南アジア・コーラルトライアングルがホットスポットと指摘

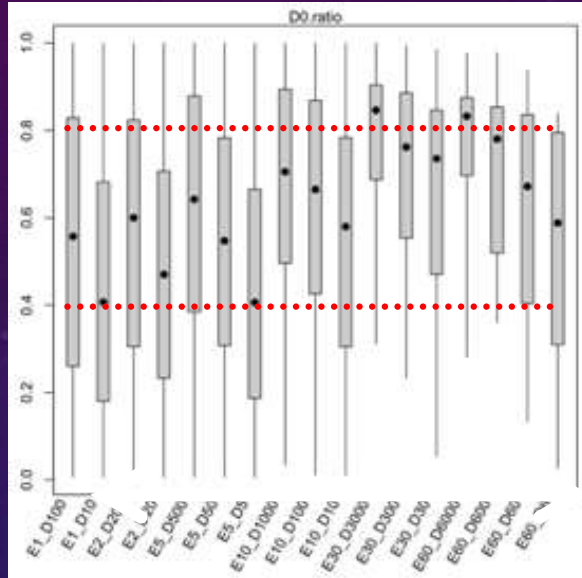
データ完全性を考慮した分析によると、従来見解とは異なる結果が見えてくる



# サンゴ礁の生物多様性情報の不完全性の実態

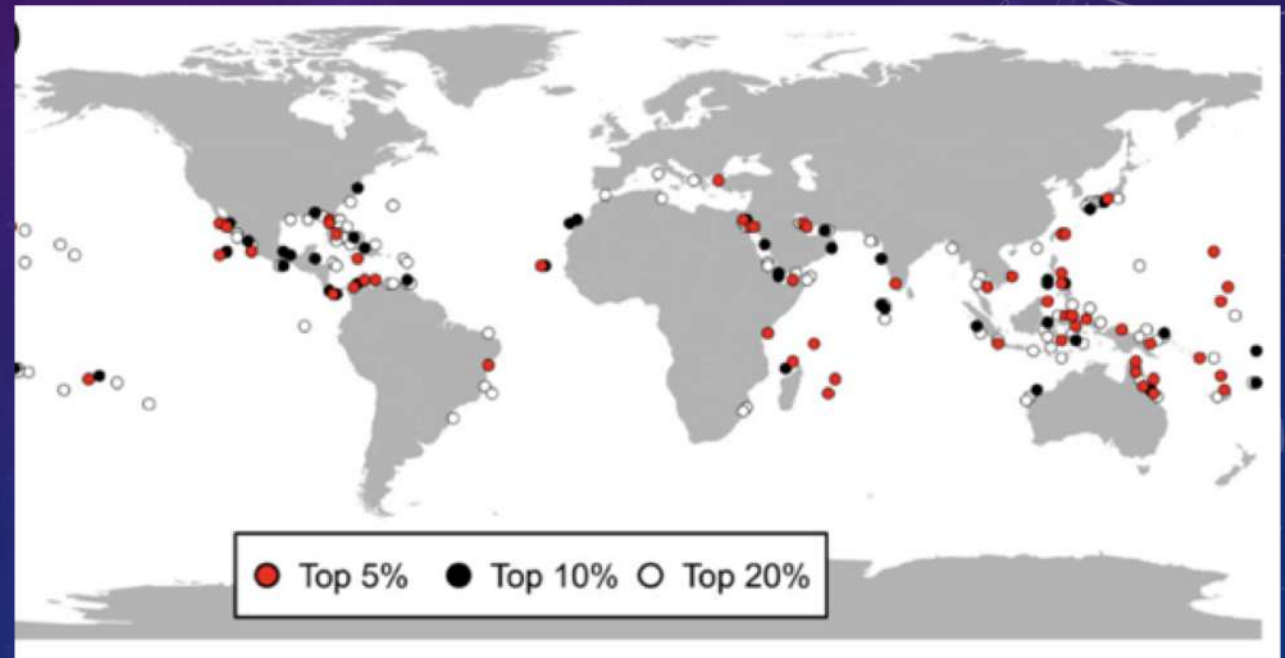
私達は40-80% のイシサンゴ多様性しか捕捉できていない

観測種数 / 推定種数  $\times 100$



グリッドサイズ

分布データの充足度を基にした  
サンゴ礁生態系の優先調査エリアの特定



多様性情報のショートフォールを効率的に充足するために  
優先的に調査努力量を配分すべき海域が特定できる

# 情報不完全性を戦略的に解消しつつ 海洋生物多様性の理解を進める

潜在的な（真の）  
多様性パターン

既存のサンゴ分布  
データを集約分析

サンプリングの  
完全性

推定された生物多様性の  
信頼度

生物多様性情報の効率的充足

“ignorance”を自己評価  
戦略的なサンプリング計画



# 海洋生態系デジタルツイン化 プロジェクト

海洋生態系デジタルツイン化とは  
海洋生態系の時空間パターンをコンピュータ上に再現すること

海洋生態系をデジタルツイン化し  
海洋の保全とサステナブルな利用の情報インフラとして整備  
海洋環境の変化の予測や適応行動の立案などに活用

**海洋生態系のリアルタイム評価を可能にする**



3) どのような研究が必要か

# グランドトゥルス情報と人工衛星観測情報を統合し 人工知能で生態系&生物多様性の空間構造を20m解像度で可視化

衛星画像マルチバンド情報

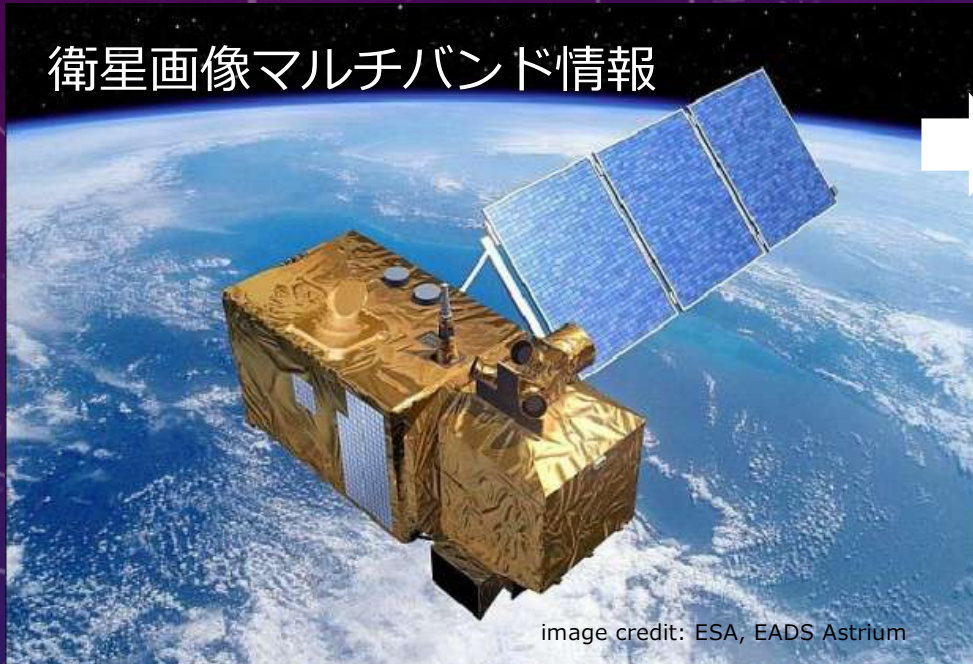
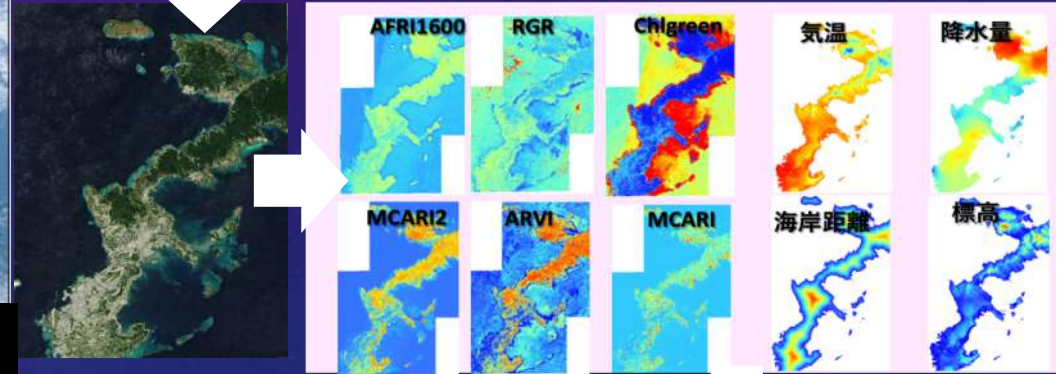
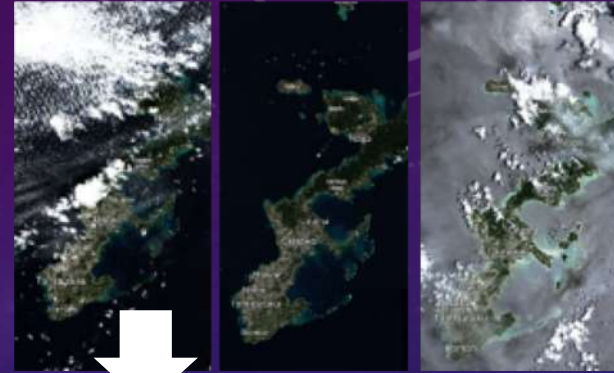


image credit: ESA, EADS Astrium



あらゆるレイヤーの観測情報を統合

20mグリッド精度の種分布予測

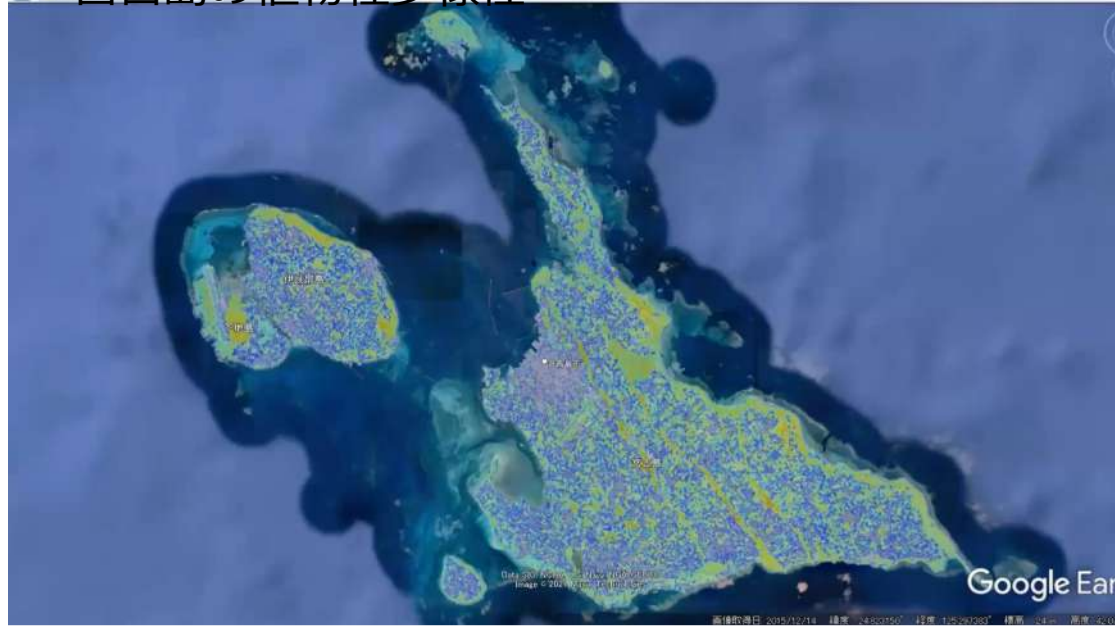
A screenshot of a website interface for biodiversity information. It features a sidebar with navigation options, a main content area with images of divers underwater and a group of people walking on a path, and a map overlay. The text "グランドトゥルス 生物多様性情報" is overlaid on the bottom left.

グランドトゥルス  
生物多様性情報

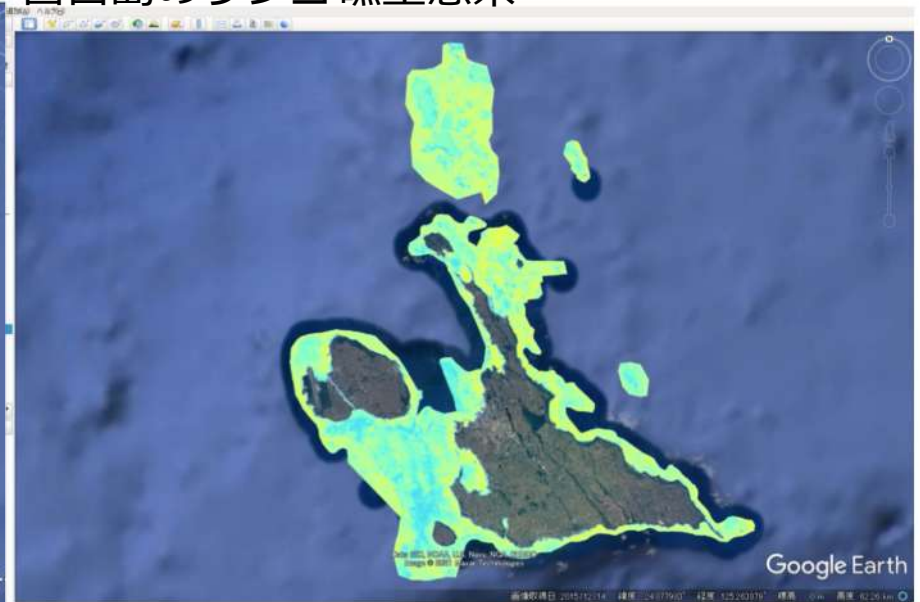


# 日本の陸海生態系 & 生物多様性デジタルツイン化

宮古島の植物種多様性



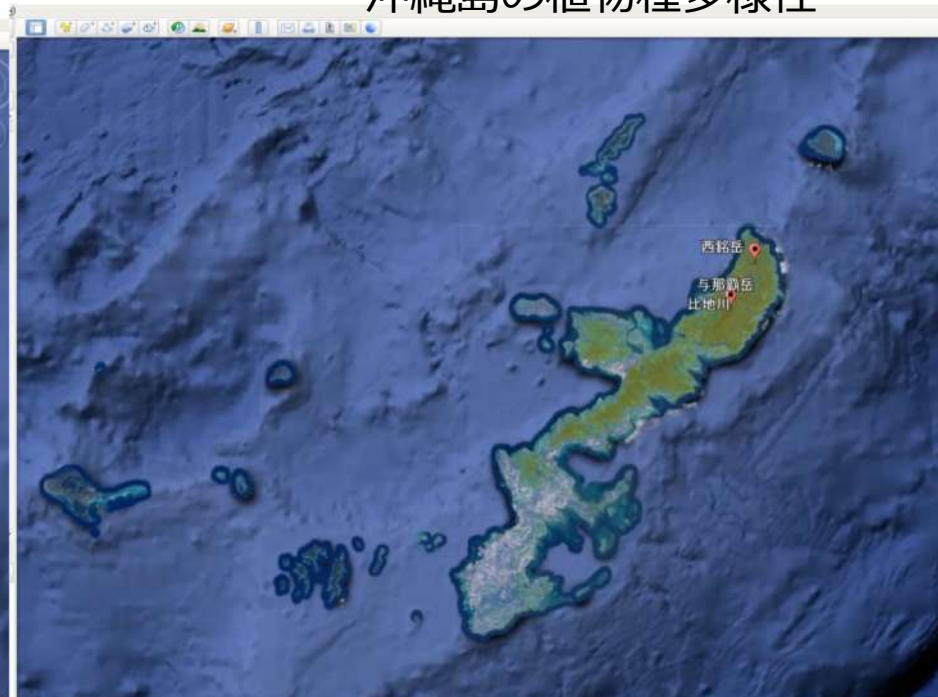
宮古島のサンゴ礁生態系



八重山諸島の淡水魚類種多様性



沖縄島の植物種多様性



# 結論：海洋生態系の保全と持続的利用に関して

## どのような研究が必要か？

時空間的に不定形なデータを体系的に集約分析するフレームワークを構築すべき

- ・ 海洋生態系の情報不完全性を効率的に充足するための戦略的な研究  
海洋生態系をリアルタイム評価する機動的なアナリスト集団の必要性
- ・ 海洋生物多様性ビッグデータを基にした海洋生態系デジタルツイン化の推進  
モデル海域（例：東京湾や沖縄サンゴ礁）を選定し、ツイン化と社会実装を試みる

以上の研究は、以下のような社会的意義・ニーズに対応

海洋生態系と生物多様性の経済的・財務価値の可視化に直接的に貢献



“社会が一周回って”海洋生物基礎研究の不可欠性が認識される状況