



VALUING  
ECOSYSTEM  
SERVICES

平成28年度戦略的研究  
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

Predicting and Assessing Natural Capital and Ecosystem  
Services through Integrated Social-Ecological Systems  
Approach (PANCES)

武内和彦

東京大学サステイナビリティ学連携研究機構(IR3S)機構長・教授

# 本研究の背景と意義

- 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-政策の発展**への貢献が求められている。
- また、**アジア太平洋地域でのアセスメント**に対しては、技術支援機関(TSU)が日本に設置されたこともあり、我が国が**シナリオ分析を含む予測評価手法**の適用をはじめとして、具体的な**アセスメントを先導**していくことが求められている。
- さらに、我が国の**生物多様性国家戦略の見直し**、**気候変動適応計画の実施**等に寄与するとともに、自然共生社会実現のための**土地利用・国土利用のあり方**、現在、国民運動として推進されている「**つなげよう、支えよう森里川海プロジェクト**」の展開に対しても、有用な知見を提供することが求められている。



# 研究の全体目標と個別目標



## 全体目標

- 我が国を中心に、アジア地域も視野に入れながら、生態系レベルの事象に焦点をあて、社会・生態システムの統合モデルを構築。
- いくつかの重要な指標を用いた自然資本・生態系サービスの自然的・社会経済的価値の予測評価を行い、シナリオ分析に基づく複数の政策オプションを検討。
- 包括的な福利(inclusive wellbeing)を維持・向上させる自然資本の重層的ガバナンス(multilevel governance)のあるべき姿を事例研究を通じて提示。

## 個別目標

- 統合データベースの構築とそれを活用した社会・生態システムの統合モデルの構築
- 自然資本を活かした包括的な福利の向上や土地利用・国土利用のあり方に関する提言
- 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
- 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
- モデル流域における陸域・海域生態系の相互関係の把握と将来シナリオの検討
- 自然資本・生態系サービスの社会経済的価値の予測評価
- 自然資本の重層的ガバナンスの概念枠組みの構築と具体的事例への応用
- アジアの事例地域における生態・社会システムの統合モデルの適用可能性の実証
- 科学的アセスメントへの枠組みの提示等を通じたIPBES等における国際的貢献

総じて生物多様性分野の科学-政策への貢献

# 本研究課題の全体構成

我が国の生物多様性・生態系サービスが直面している課題(危機)

第1の危機:  
開発など人間活動  
による危機

第2の危機:  
自然に対する働きか  
けの縮小による危機

第3の危機:  
人間により持ち込まれ  
たものによる危機

第4の危機:  
地球環境の変化  
による危機

テーマ1 社会・生態システムの統合モデルの構築とシナリオ分析

< 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2 陸域

テーマ3 海域

供給サービス

調整サービス

文化的サービス

自然資本(ストック)

変化要因(直接・間接)

< 社会変動 >

- ・人口減少
- ・土地利用
- ・利用低下
- ・科学技術
- ・貿易 等

< 環境変動 >

- ・気候変動
- ・自然災害
- ・野生動物 等

テーマ4

自然資本・生態系サービスの  
社会経済的価値の予測評価

自然資本の重層的ガバナンス  
と包括的福利の追及

中長期的な予測評価に基づく包括的な福利と持続可能な開発への貢献(テーマ1・4)

アジアの他地域への適用可能性検討(テーマ1)

# テーマ1：社会・生態システムの統合モデルの構築と 科学・政策インターフェースの強化



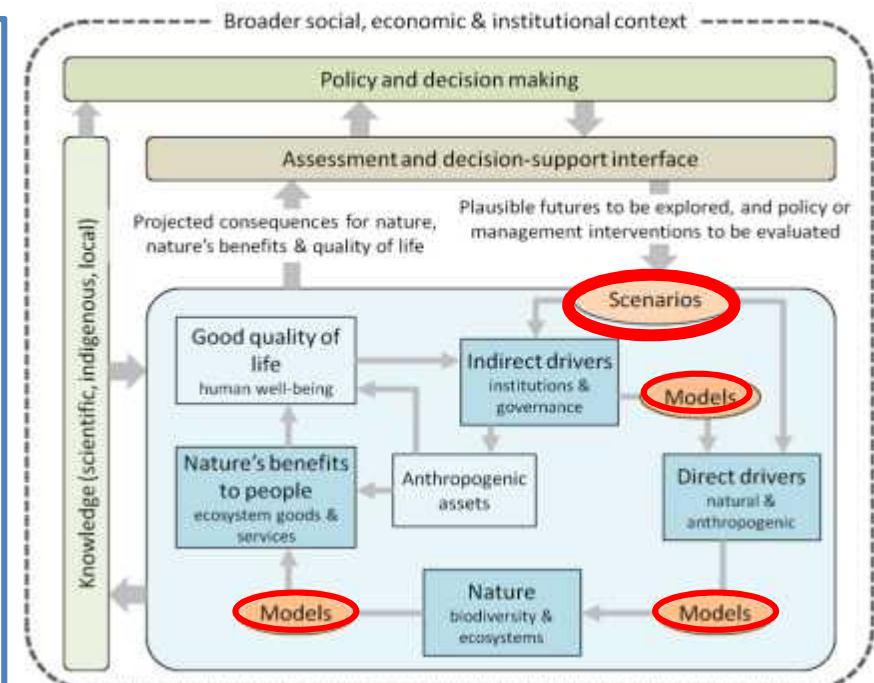
テーマリーダー： 東京大学IR3S 機構長・教授 武内和彦

成果目標：「プロジェクト全体の統括、社会・生態システムの統合化、及び科学-政策  
インターフェースの強化」

IPBES、IPCC等の分析概念枠組みや将来シナリオに関する議論を踏まえつつ、我が国を中心  
に人口動態の変化や土地利用変化等による**自然資本・生態系サービスの自然的・社会  
経済的価値の将来予測・評価**が可能となるような**統合モデル構築**のための検討を行うと  
ともに、アジアにも視野を広げつつ統合モデルの成果を用いて科学政策インターフェースの  
強化につなげる。

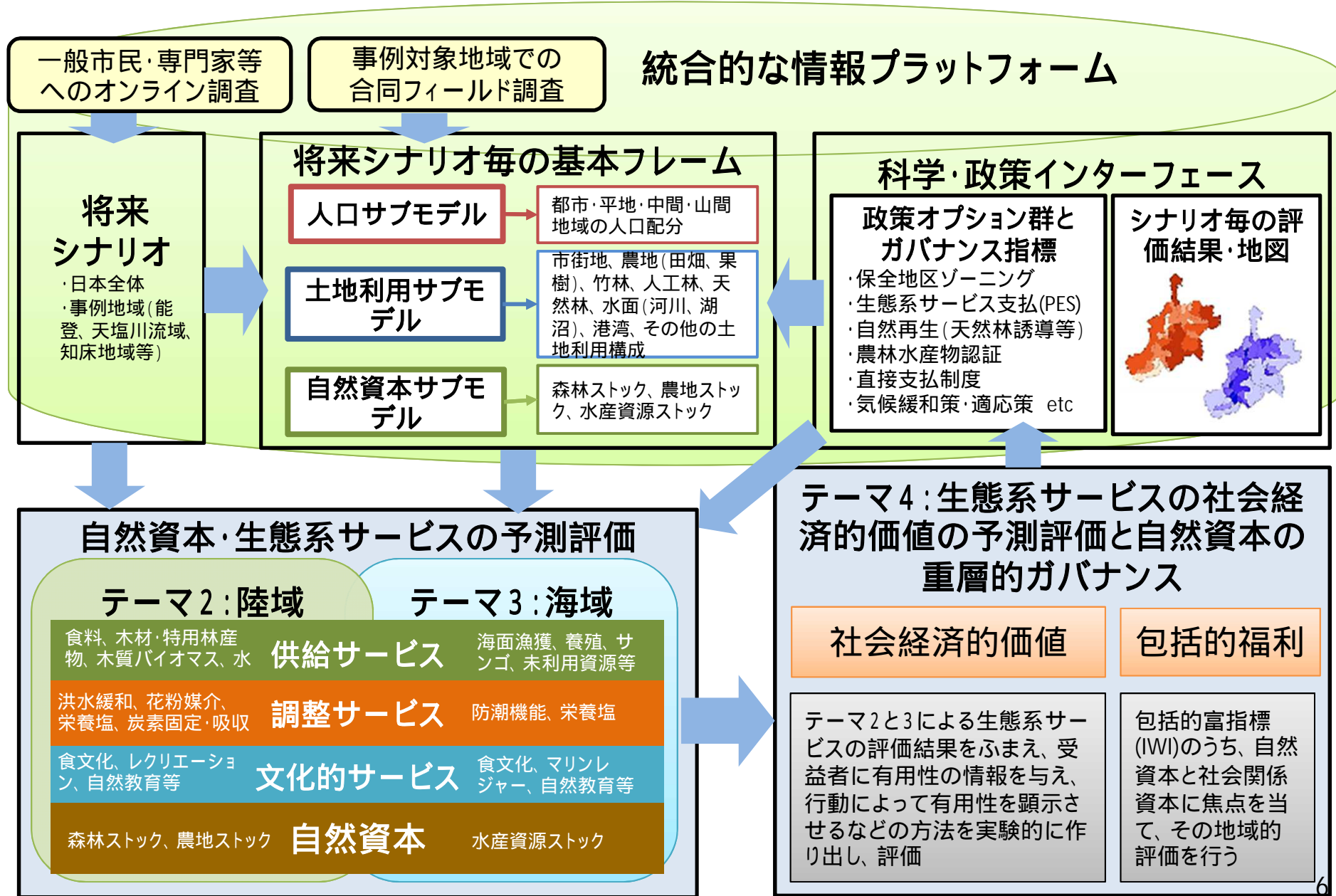
サブテーマ構成：

- 1-1. **統合的な情報プラットフォーム**の整備を通じた社会・生態システムの**統合モデル**の構築
- 1-2. 将来シナリオ毎の**基本フレーム**分析
- 1-3. 気候・生態系変動に関する**変化要因**  
(**ドライバー**)と**政策オプション**の分析
- 1-4. 自然資本・生態系サービスに関する国際的  
な**科学-政策インターフェース**強化と**アジア展  
開**



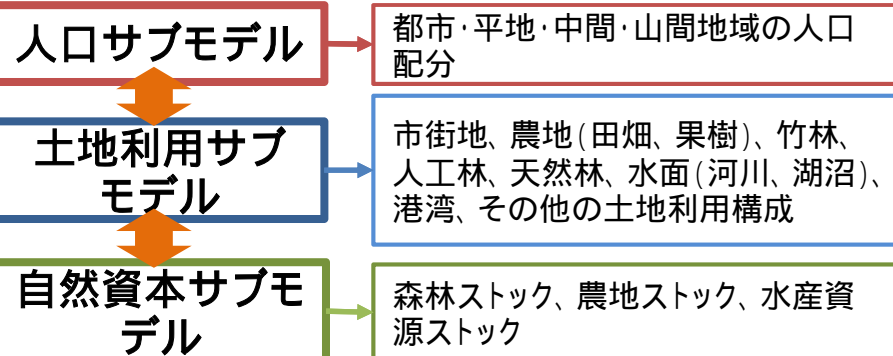
IPBESでのシナリオとモデルの位置づけ

# 1-1. 統合的な情報プラットフォームの整備を通じた 社会・生態システムの統合モデルの構築

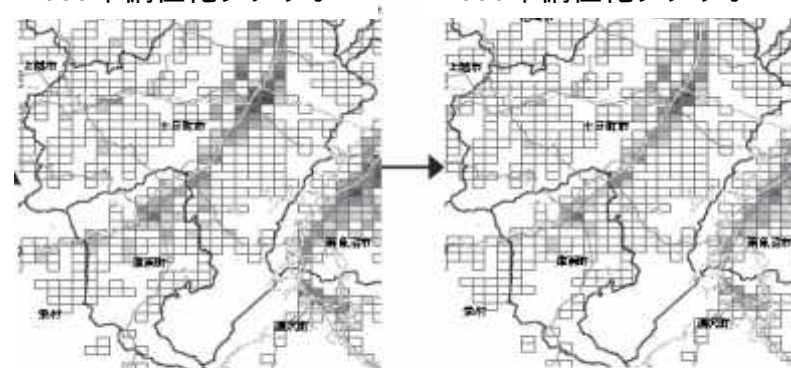


# 1-2. 将来シナリオ毎の基本フレーム分析

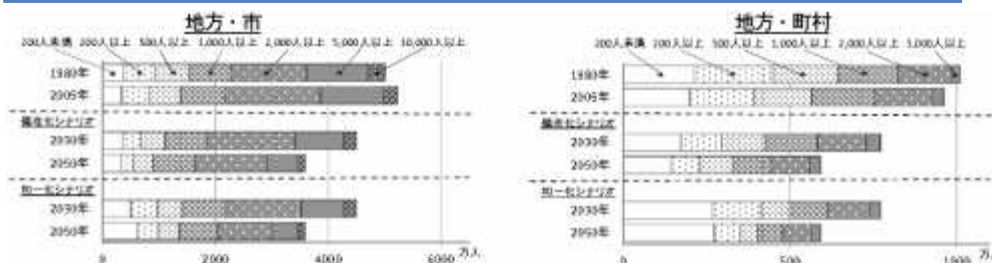
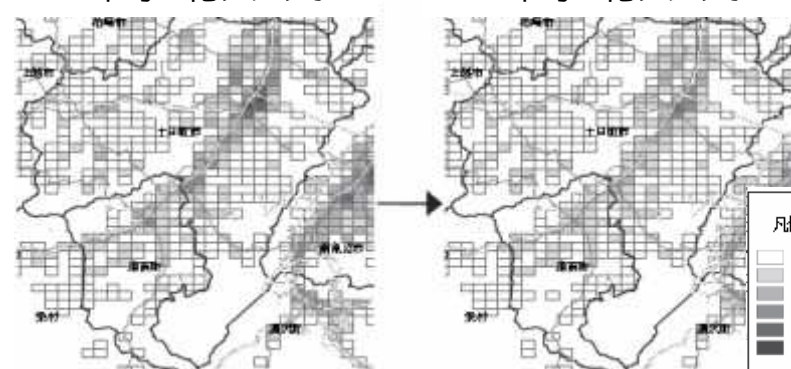
- ◆ 将来シナリオ毎の**人口動態、経済・産業構造、土地利用**の変化傾向を描写するための**サブモデル**をプロジェクト全体に**共通する基本フレーム**として提示。
- ◆ **土地利用データ等の時空間単位、精度、取得方法**について検討。
- ◆ シナリオ分析に利用されている既存モデルやツールの特徴(主要メカニズム、時間ステップ、空間分解能等)、投入変数、モデルの制約等を踏まえて**最適モデルの提示**につなげる。



2030年偏在化シナリオ      2050年偏在化シナリオ



2030年均一化シナリオ      2050年均一化シナリオ



全国のメッシュ別人口規模別居住人口

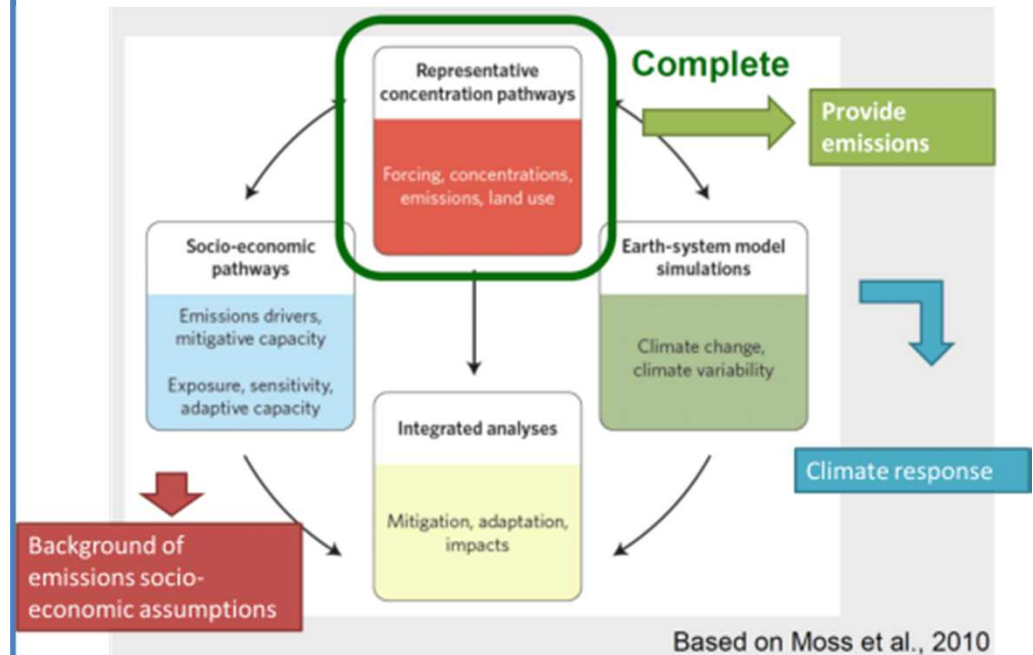
(Source) 有賀・松橋(2012)地域内人口分布の偏在化・均一化シナリオ構築手法の開発—国勢調査3次メッシュデータを用いて—, 日本都市計画学会都市計画論文集, 47(3): 745-750

シナリオ別人口分布の変化(新潟県十日町市)

# 1-3. 気候・生態系変動に関する変化要因 (ドライバー)と政策オプションの分析

- ◆ 気候変動に関する政府間パネル (IPCC)第五次報告書(AR-5)等で用いられている気候変動シナリオが生態系に及ぼす影響等の評価を前提としつつ、それらが変化要因 (ドライバー)としてテーマ2、3、4の予測評価にどのような影響をもたらすかを分析。
- ◆ その結果を踏まえて気候・生態系政策を融合させたオプションの提示につなげる。

IPCCでの新たなシナリオ・プロセス\*



\* 代表濃度経路(RCP)を複数用意し、それぞれの将来の気候を予測するとともに、その濃度経路実現するための対策を組み込んだ複数の社会経済経路(SSP)を策定

Scenario matrix of SSP and RCP with/without climate policy.

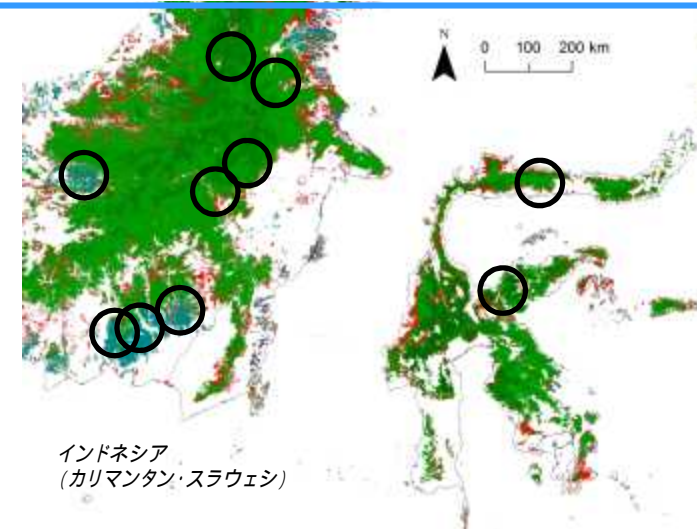
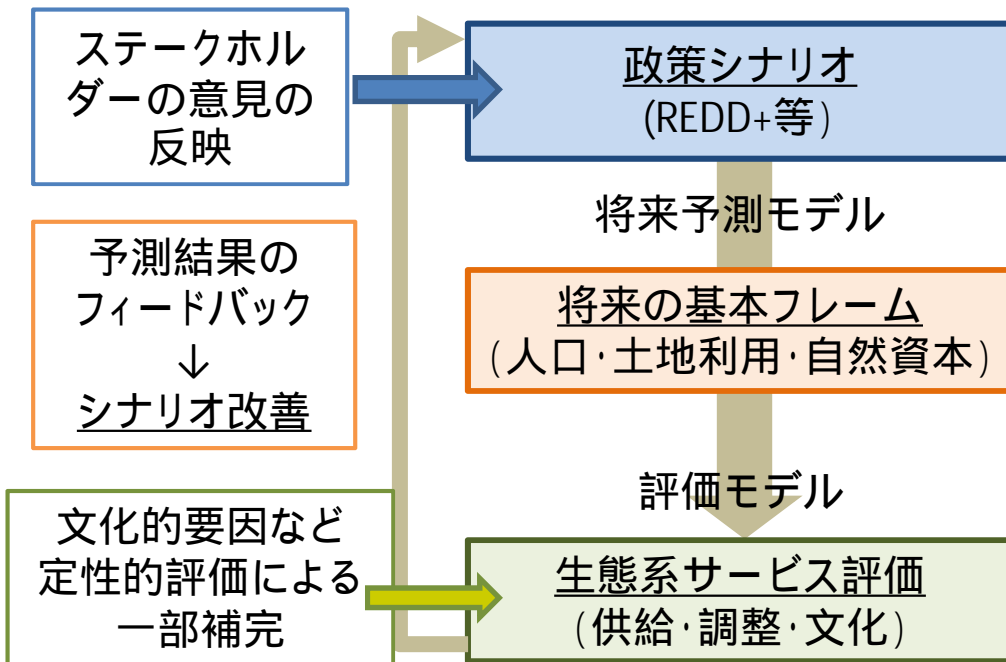
	RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5
SSP1	SSP1 policy		SSP1 BAU	
SSP2		SSP2 policy		SSP2 BAU
SSP3			SSP3 policy	SSP3 BAU
SSP4	SSP4 policy		SSP4 BAU	
SSP5			SSP5 policy	SSP5 BAU



# 1-4. 自然資本・生態系サービスに関する 国際的な科学-政策インターフェース強化とアジア展開



- ◆ **アジア地域**において自然資本・生態系サービスに関する既存情報を、サブテーマ(1)の情報プラットフォームと連携しつつ整理するとともに、本研究で開発されるモデル等を用いて複数の将来シナリオに基づく自然資本・生態系サービスを評価する。
- ◆ **既存研究蓄積のあるアジア地域でのモデルサイト**(インドネシア等)において、現地のカウンターパートや**ステークホルダーの参加**のもとに自然資本・生態系サービスに関する**シナリオ**(REDD+を活用した生態系サービスの維持等を含む)を検討するとともに、自然資本や生態系サービスに関する**科学的な知見を政策に反映**させていくための**事例分析**を行い、得られた結果をシナリオの検討に活用する。



インドネシア  
(カリマンタン・スラウェシ)

- : 2010年の天然林
- : 2000-2010年に消失した天然林
- : REDD+実施サイト(-2015)

# テーマ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



テーマリーダー： 東北大学大学院生命科学研究科 教授 中静透

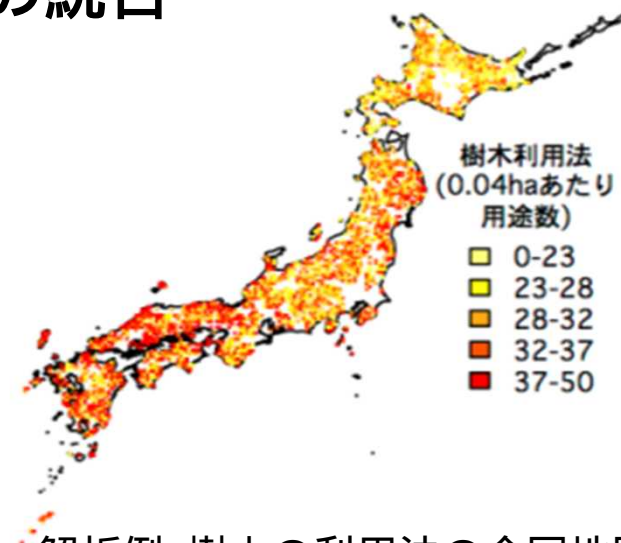
成果目標：「日本の陸域における自然資本・生態系サービスがもたらす自然的価値の予測評価」

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、文化的サービス(食文化、レクリエーション、環境教育等)の定量化・地理情報化や参加型生態系管理と伝統・地域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。

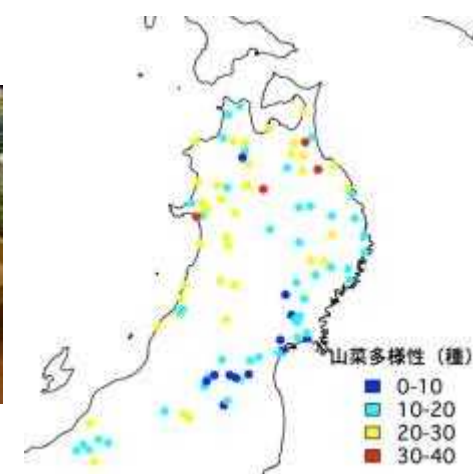
- 2-1. 生態系の文化的サービスの評価および多面的な自然資本・生態系サービスの統合
- 2-2. 陸域生態系の供給・調整サービスの定量化と予測
- 2-3. 自然資本・生態系サービス管理における参加型管理オプションと伝統・地域知の評価
- 2-4. 流域・河川生態系における自然資本・生態系サービス評価と沿岸域へのつながり

## 2-1.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

- ◆ 生態系および生物多様性がもたらす文化的サービスを全国スケールと地域スケールで評価し、その供給に重要な自然的・社会的要因を分析。
- ◆ 各サブテーマで評価された生態系サービスを統合して、そのトレードオフとシナジーを評価し、自然資本がもたらす多面的な生態系サービスの享受の鍵となる自然的・社会的要因を分析。
- ◆ 各サブテーマで評価された各種生態系サービスやその多面性のシナリオ分析を可能にするツールを開発。



解析例：樹木の利用法の全国地図

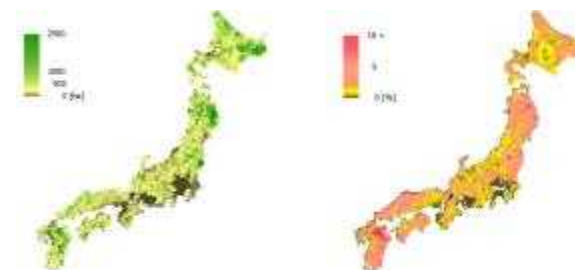


食文化の地域性を生み出す山菜の消費

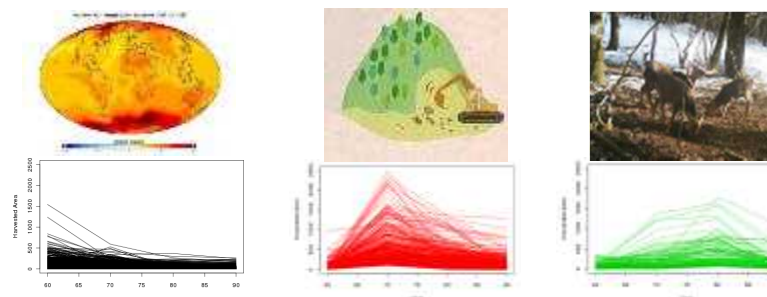
## 2-2. 陸域生態系の供給・調整サービスの定量化と予測

- ◆ 国土スケールで自然資本と供給・調整生態系サービスの**定量化**、**地理情報化**。
- ◆ **気候変動・土地利用変化・野生鳥獣被害**(シカ、イノシシ等)などによる生態系の劣化など、陸域の生態系サービスにおける重要な**変化要因(ドライバー)**を抽出し、それらの直接・間接的影響の解明。
- ◆ 生態系サービスのドライバーの定量化と、生態系サービス変化の定量的・予測のための**プロセスモデルの構築**を検討。

### 生態系サービスの広域評価



### ドライバー分析とプロセスモデル

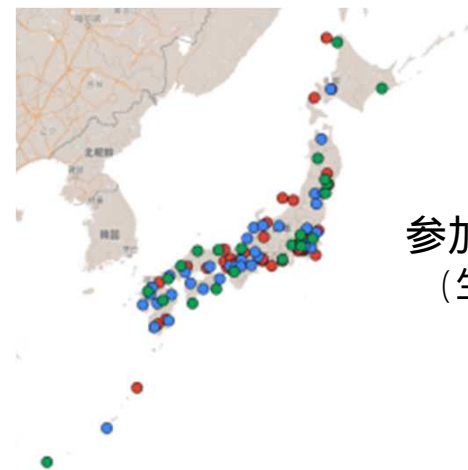


### 生態系サービスの将来予測予測



## 2-3. 自然資本・生態系サービス管理における 参加型管理オプションと伝統・地域知の評価

- ◆ 自然資本・生態系サービスの**参加型管理事例**を収集し、事例対象地域における背景要因の地理情報と合わせて、**データベースを整備**。
- ◆ 事例の**メタ分析**により、ステークホルダーの協働や将来シナリオの検討などの**具体的な参加型管理オプション**が、自然資本形成に与える**影響を評価**。
- ◆ 事例のメタ分析により、生態系管理における**伝統・地域知と科学知の融合**による自然資本形成への**効果を評価**。



参加型管理事例の候補  
(生物多様性地域戦略・  
自然再生協議会)

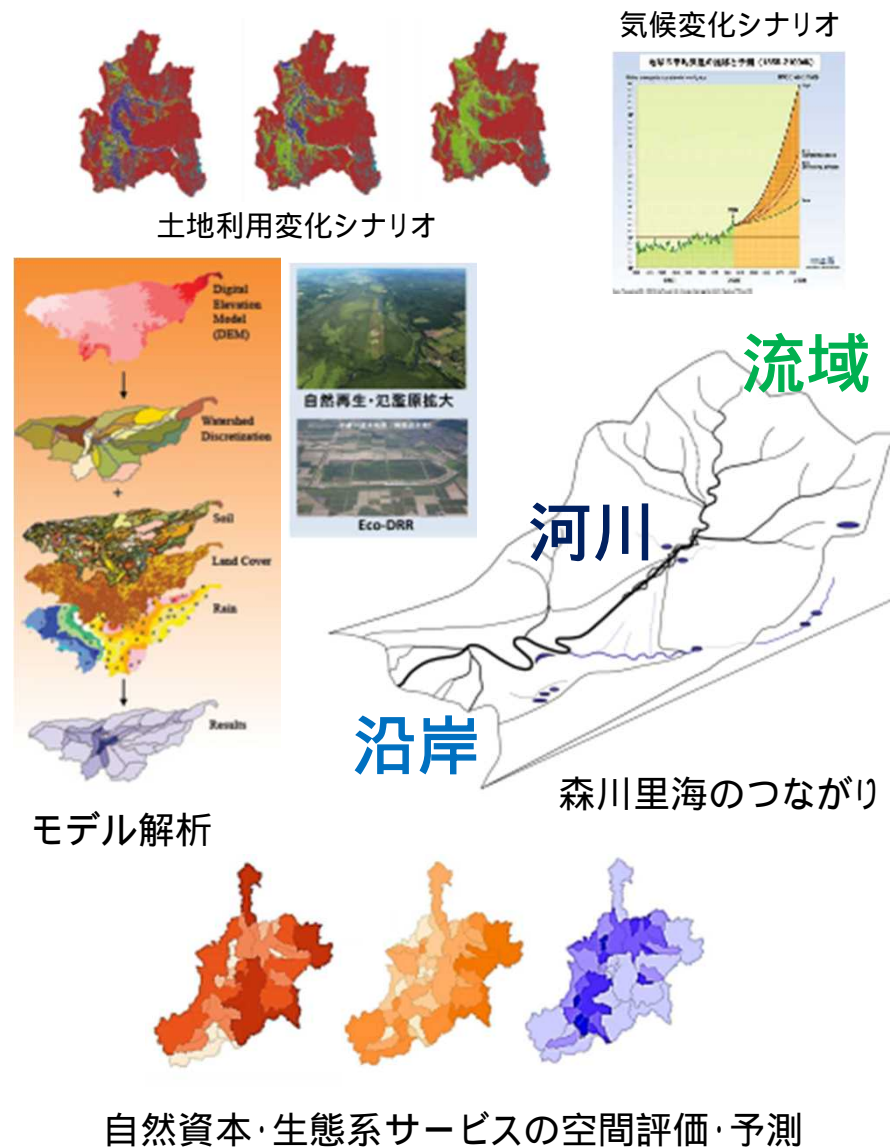
参加型管理オプション例



## 2-4.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



- ◆ **流域スケール**での自然資本・生態系サービスについて、現地モニタリングデータや生態系プロセスモデルを用いて評価し、**気候変動、土地利用変化のインパクト**を解析。
- ◆ 河川・氾濫原構造等に対するさまざまな**人為改変が流域の自然資本・調整サービスに与える影響**を解明し、改善策オプションを検討。
- ◆ **流域生態系から沿岸域にかけての生態系サービスの変化パターン**を明らかにし、その変動ドライバーの抽出を行うとともに、**森里川海の連環構造と相互関係を解析**。



# 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



テーマリーダー： 国立研究開発法人 海洋研究開発機構 理事 白山 義久

成果目標：「日本の近海・沿岸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」

日本を中心とするアジア海域において未利用資源も含めた自然資本・生態系サービス(一部の文化的サービスを含む)の定量化・地理情報化を行い、テーマ4と協力してその価値を評価する。

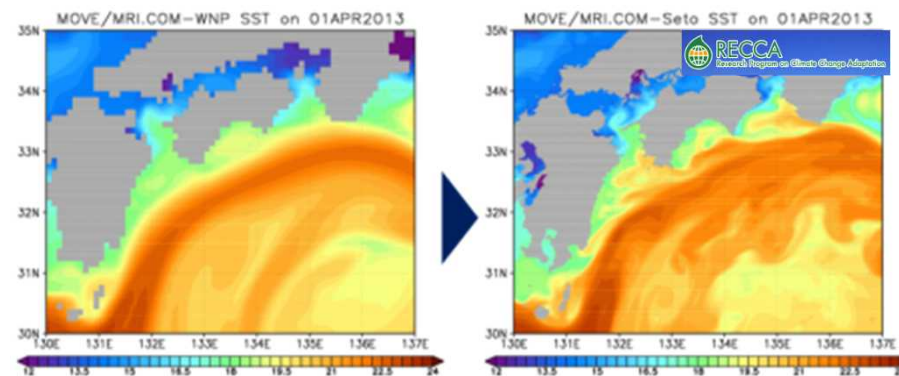
また、経済活動や地球環境変動にともなう水温上昇、海洋酸性化、海面上昇等の、直接・間接の変化要因の分析を通じ、自然資本・生態系サービスの変化予測と評価を行い、テーマ1に構築予定の将来シナリオにつなげる。

- 3-1. 海域の環境要因の将来予測データの整備および自然資本・生態系サービス予測評価の統合
- 3-2. 経済活動に起因するドライバーが海域の自然資本・生態系サービスに与える影響の予測評価
- 3-3. 気候変動等を考慮した将来シナリオにもとづく海域の自然資本・生態系サービスの予測評価
- 3-4. 海域管理による介入オプションの検討にもとづく自然資本・生態系サービスの予測評価

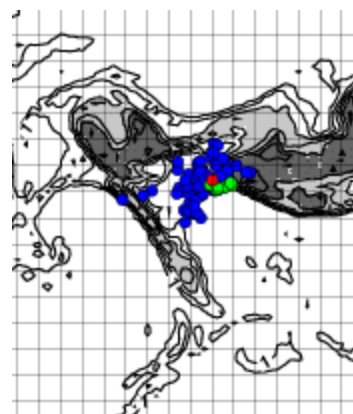
# 3-1. 海域の環境要因の将来予測データの整備 および自然資本・生態系サービス予測評価の統合



- ◆ 海域の環境要因の変化について**予測、データ同化やダウンスケールしたデータの活用・整備**し、自然資本・生態系サービス評価における活用事例を作成。
- ◆ 各サブテーマで収集した生物量や機能・生態系サービスの**データベースを整備**。
- ◆ 各サブテーマにおけるサービス評価結果から、サービス間のトレードオフや重みづけ、生物多様性に基づく**重要海域、将来変化に対する緩和策と適応策を考慮**することのできる**統合評価指標**についてEBSAs\*の指標や海の健全度指数等の国際的に用いられている指標を参考として検討したうえで、シナリオ毎の評価につなげる。



沿岸解析にも利用できる解像度へのダウンスケールを現在のデータ同化、将来の予測について作成する



HISモデルによる  
アカイカの分布推定結果



生物分布解析システムを備えた  
BisMalMapper

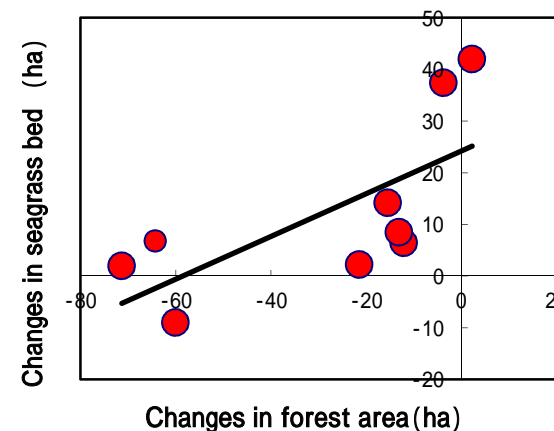
サービスの推定や変化予測を行ない、共通のツールなどを用いて統合した解析

\*EBSAs (ecologically or biologically significant marine Areas):  
生態学的及び生物学的に重要な海域



## 3-2. 経済活動に起因するドライバーが 海域の自然資本・生態系サービスに与える影響の予測評価

- ◆ 経済活動にともなって発生する陸域・海域の利用形態や環境の変化が、海域の自然資本・生態系サービスに与える影響を予測評価。
- ◆ 特に、陸域の土地利用の変化およびそれに伴って発生する環境の変化が海域の生態系サービスに与える影響について、テーマ2と共通して調査できる事例対象流域を中心に集水域単位で解析を行い、陸域と海域の関連性を評価。
- ◆ 評価された自然資本・生態系サービスの時空間変異を推定するモデルを作成し、流域スケールのローカルなモデルを全国スケールへの拡張する検討を行うとともに、将来予測に利用可能なデータとして提供。



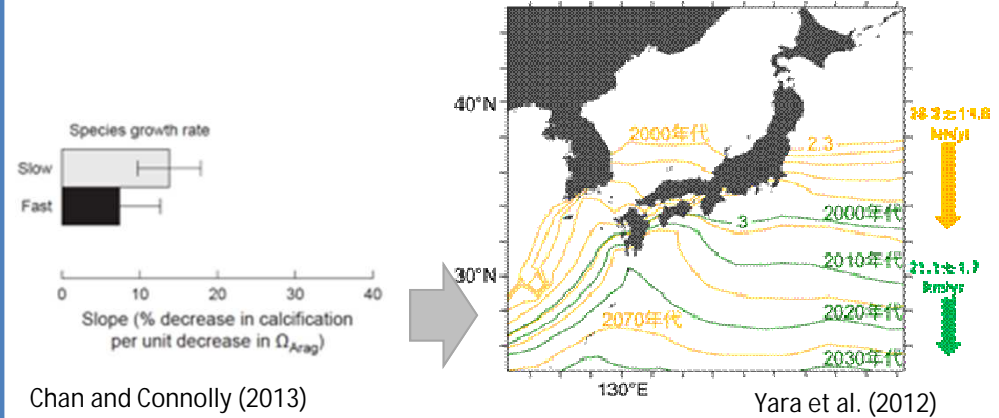
解析例：沖縄島における集水域の森林面積の変化と海草藻場の面積の変化の関係



日本の藻場の分布(緑)と炭素吸収機能の高いサイト(赤)のマッピング

### 3-3. 気候変動等を考慮した将来シナリオにもとづく 海域の自然資本・生態系サービスの予測評価

- ◆ 地球環境変動にともなう水温上昇、海洋酸性化、海面上昇等が、海域の自然資本・生態系サービスに与える影響を評価。
- ◆ 水温上昇による海洋生物の分布変化など気候変動影響に関する観測データを整備して解析を行い、気候変動に対する海洋生物の応答を明らかにする。
- ◆ 海域の環境要因の予測結果と海洋生物の応答に基づいて、日本～アジアスケールで自然資本・生態系サービスの時間変動を評価・推定し、将来の保護区の設定などの適応策の立案につなげる。

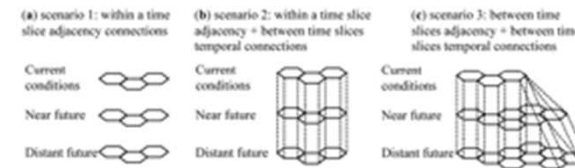


Chan and Connolly (2013)

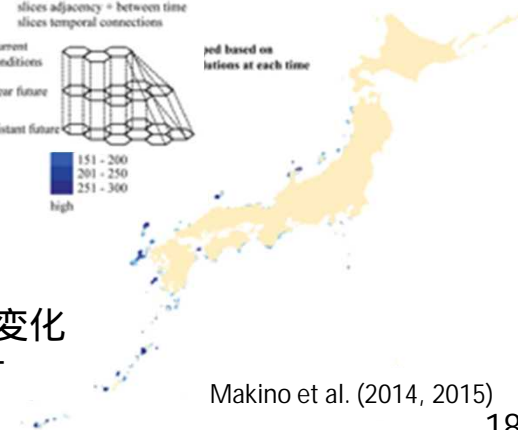
Yara et al. (2012)

観測データの整備と解析：  
海洋酸性化とサンゴの成長との関係解析

自然資本と生態系サービスの影響評価例：  
海洋酸性化によるサンゴの分布限界の将来変化予測



将来の分布変化を考慮した連続性の解析



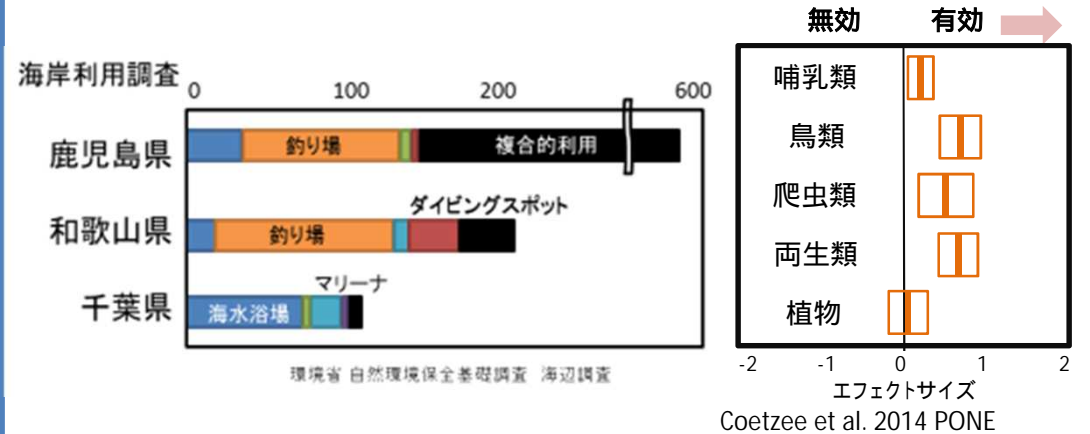
応用例：気候変動による変化を考慮した保護区の設定

Makino et al. (2014, 2015)

### 3-4. 海域管理による介入オプションの検討にもとづく自然資本・生態系サービスの予測評価

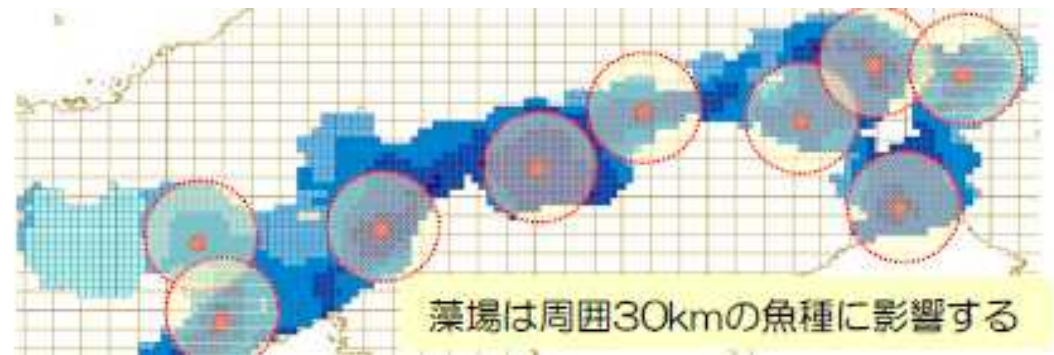


- ◆ **未利用資源**や一部の**文化的サービスの評価**を含めた海域の自然資本・生態系サービスの評価方法を開発。
- ◆ 陸域における経済活動および気候変動等に**整合的かつ保護効果の高い海域管理(保護区を含む)のあり方**を、海域の自然資本・生態系サービスの時空間変化に基づき検討。
- ◆ 異なる階層のステークホルダーごとに、**様々な管理手法が海域の自然資本・生態系サービスに与える効果を整理し**、将来シナリオへの**介入オプションの導入可能性**を検討。



海岸域の文化的サービス情報

管理効果のメタ解析例



資源量の時空間変化の予測例

堀(2015)

## テーマ4： 自然資本・生態系サービスの社会経済的 価値の予測評価と自然資本の重層的ガバナンス

テーマリーダー：京都大学 教授 浅野 耕太

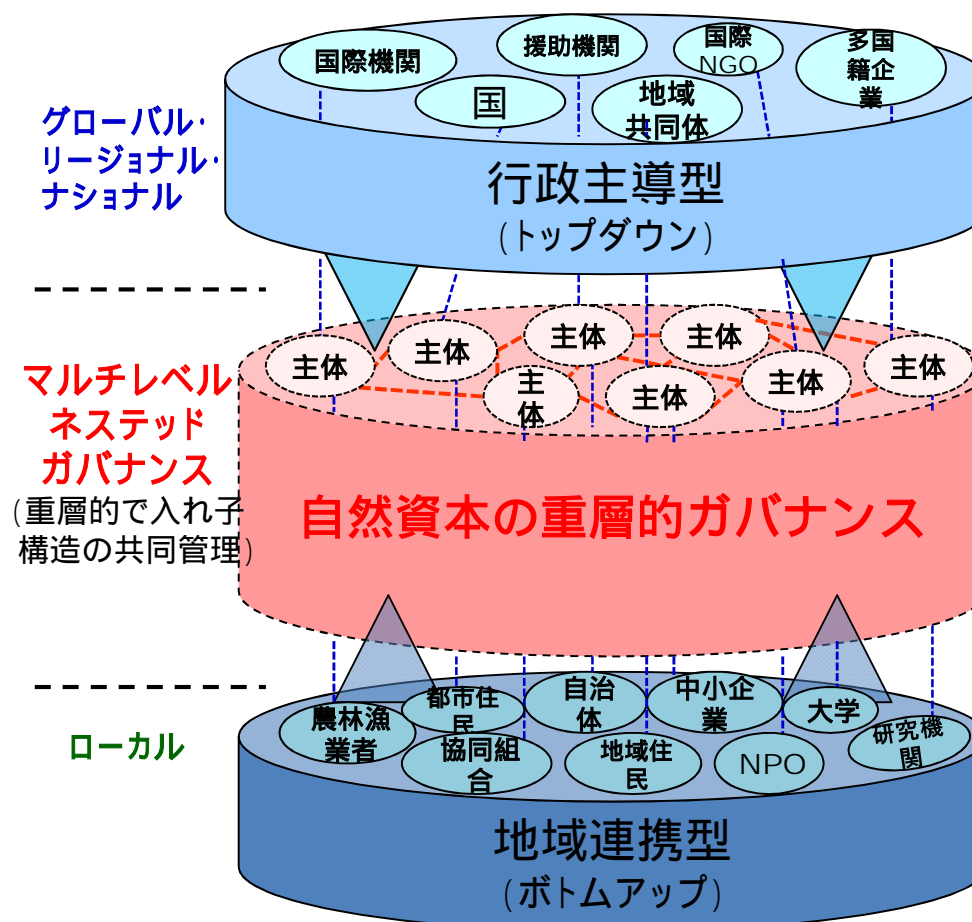
**成果目標：**「日本とその沿岸域における自然資本・生態系サービスの社会経済的価値の予測評価と自然資本のよき重層的ガバナンスの解明」

陸域・海域の自然資本・生態系サービスの**自然的価値のモニタリング**を基礎に、**社会経済的価値の予測評価**を実施するための方法を開発するとともに、それらを将来的に維持・向上させるための**施策のあり方**について検討を行う。さらに、様々なレベルのステークホルダーの効果的な協働を促し、自然資本を適正に**協治**していくための**重層的ガバナンス**のあり方についての検討を行う。

- 4-1. 社会経済的価値の**評価手法**の開発と自然資本のよき**重層的ガバナンス**の解明
- 4-2. 重層的環境ガバナンスの**類型化**と**可視化**
- 4-3. **包括的な福利指標**の開発と地域の展開

## 4-1. 社会経済的価値の評価方法の開発と 自然資本のよき重層的ガバナンスの解明

- ◆ スナップショット的な従来の経済評価の枠組みを超えて、テーマ2並びにテーマ3によって解明される生態系サービスを生み出す機構「自然資本」の適切な**モニタリング**と国民への**情報提供**に基づき、生態系サービスと自然資本の**社会的有用性(社会経済的価値)**の**予測**を行う方法を開発する。
- ◆ 自然資本の重層的ガバナンスにおいて、いかなる条件の下であれば、**トップダウン式**の環境政策や**ボトムアップ式**の草の根運動のそれぞれがよき自然資本のガバナンスを実現しうるのかを規範的・実証的に解明する。



## 4-2.重層的環境ガバナンスの類型化と可視化

- ◆ **世界銀行**の国レベルのガバナンス指標などを参考にしつつ、(コミュニティ・ベースを含む)さまざまな地域における**ガバナンスの状況を可視化**する**ガバナンス指標**を事例調査・分析を通じて構築することにより、**場所の重層性**や**主体の重層性**から現実に多彩に展開している**重層的環境ガバナンス**を**類型化**し、ガバナンス、自然資本、生態系サービスの**相互作用**を定量的に解明。
- ◆ これにより、従来の環境ガバナンスや新たな自然資本会計や生態系サービス支払いを考慮に入れた**革新的資金メカニズム**の導入といった**新時代の自然資本ガバナンス**の様々な**政策効果**を統合的に予測。
- ◆ 「公」と「私」が自然資本保全に対して果たすべき**役割**、並びに「公」と「私」のパートナーシップ関係によるコミュニティ・ベースの**共同管理の成功条件**も併せて解明。



養殖場を作るサポーターズの活動  
(気仙沼舞根地区)



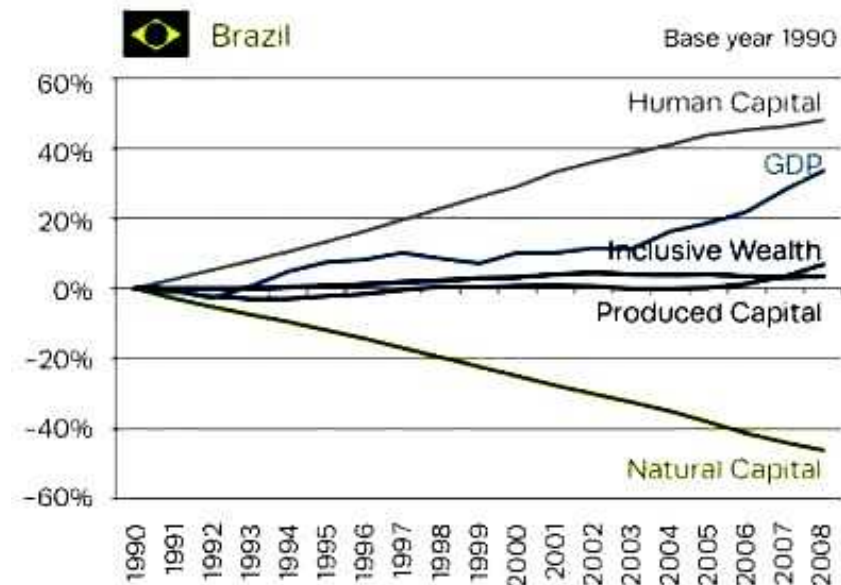
外国人を含む様々なステーク  
ホルダーによる意見交換

## 4-3. 包括的な福利指標の開発と地域展開

- ◆ 自然資本の蓄積に伴う包括的な福利の向上を数値的に捕捉できるような包括的な福利指標(国単位では**新国富**、地域単位では**地域の富**)を予測する。予測に用いるのは、所得などの経済指標や土地利用などの社会的指標である。
- ◆ モデルにおいては、**予測**において先行する気候変動にも用いられている経済モデルを自然資本・生態系サービスがもたらす価値まで組み込み、**グローバル、アジア、国内各地域**で予測できるように行う。生態系の不可逆的な**レジームシフト**が起こらないように、シナリオ毎に**変容可能性**を踏まえた**社会構造の強化策**を提案。



Dasugpta教授による  
IWに関する講演



ブラジルのInclusive Wealth Indexの推移

# 工程表



	FY2016	FY2017	FY2018	FY2019	FY2020
テーマ1	将来シナリオと基本フレームの設計		将来シナリオ分析	政策オプション提示	
	共通の情報プラットフォームの構築・運用				
	アジア地域への展開				
テーマ2 (陸域)	自然資本・生態系サービスの自然的価値の定量的評価及び地図化		自然資本・生態系サービスのシナリオ分析のツール・指標の開発		
・	参加型管理事例等の収集・分析		伝統・地域知等による自然資本保全策の提示		
テーマ3 (海域)	事例対象流域での陸域と海域との相互作用とドライバーの解析		陸域・海域統合評価モデルの構築		
テーマ4	社会経済的評価の分析ツールの開発		自然資本・生態系サービスの社会経済的評価と包括的福利の向上政策の提示		
	ガバナンス事例の収集・分析と指標化		自然資本のよき重層的ガバナンスの解明		
想定される国際環境政策等へのインプット	CBD-COP13(メキシコ)へのインプットとサイドイベントの開催	IPBESアジア太平洋地域アセスメントへのインプット	国際会議の開催とジャーナル特集号の刊行	アジア地域におけるマルチステークホルダー会議の開催	最終成果の刊行・国際発信と国際会議の開催