

「日本沿岸の藻場再生による 炭素固定のポテンシャル評価」

卒業研究発表

2011.2.8

東京大学 工学部 システム創成学科

環境・エネルギーシステムコース

03-090889

服崎 耕司

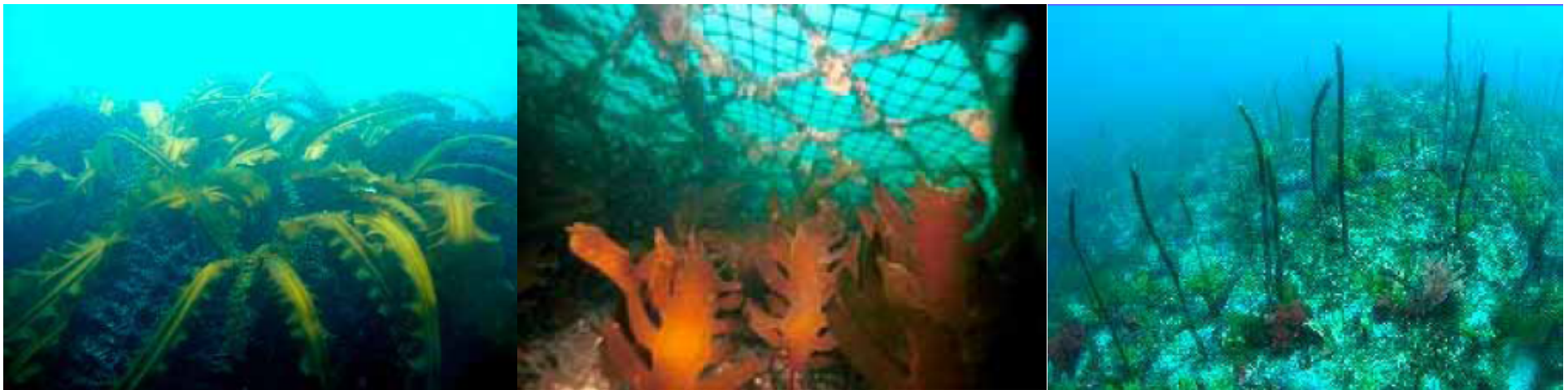
本発表の流れ

- ▶ テーマ
- ▶ 背景
- ▶ 目的と全体像
- ▶ 用いたデータ
- ▶ モデル
 - ▶ 全体像
 - ▶ 内容
- ▶ 評価結果と考察
- ▶ 結論
 - ▶ 成果と意義
 - ▶ 課題

テーマ...藻場

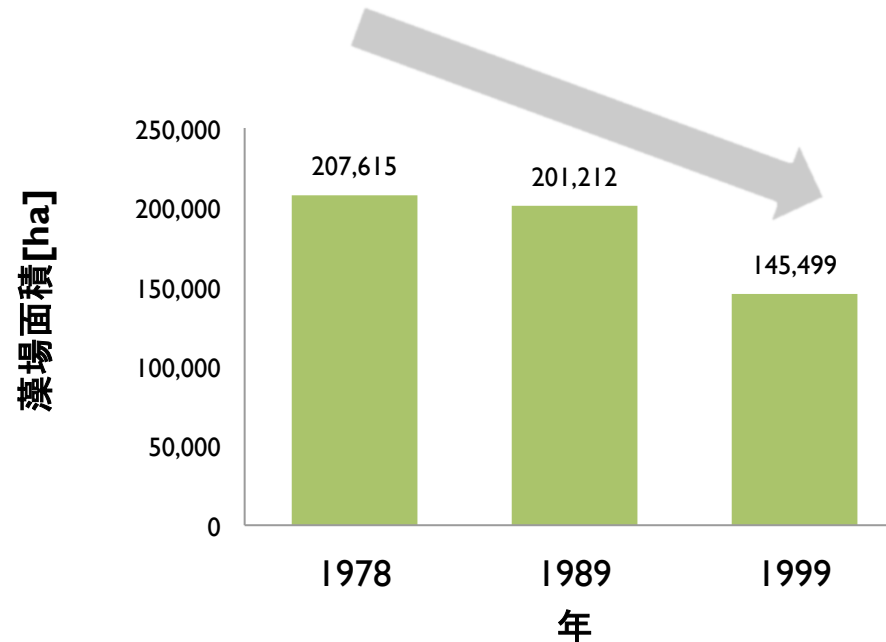
- ▶ 藻場とは...海藻や海草の群落のこと
 - ▶ アマモ、ガラモ、アラメ・カジメ、コンブ、ワカメ etc
- ▶ 藻場が持つ機能
 - ▶ 生態系の維持
 - ▶ 漁業資源の供給
 - ▶ 水質の浄化
 - ▶ **炭素固定機能 ← ここに着目！**

出典:『磯焼け対策ガイドライン』(水産庁,2007)



背景(1)...藻場の衰退

- ▶ 近年，磯焼けによって藻場の衰退が起こっている



- ▶ 原因：

植食動物の食害、栄養塩の欠乏、海況の変化、
淡水流入の影響、天候の異変、海底基質の占有、
海底基質の埋没、公害など

背景(2)...生態系による炭素固定効果

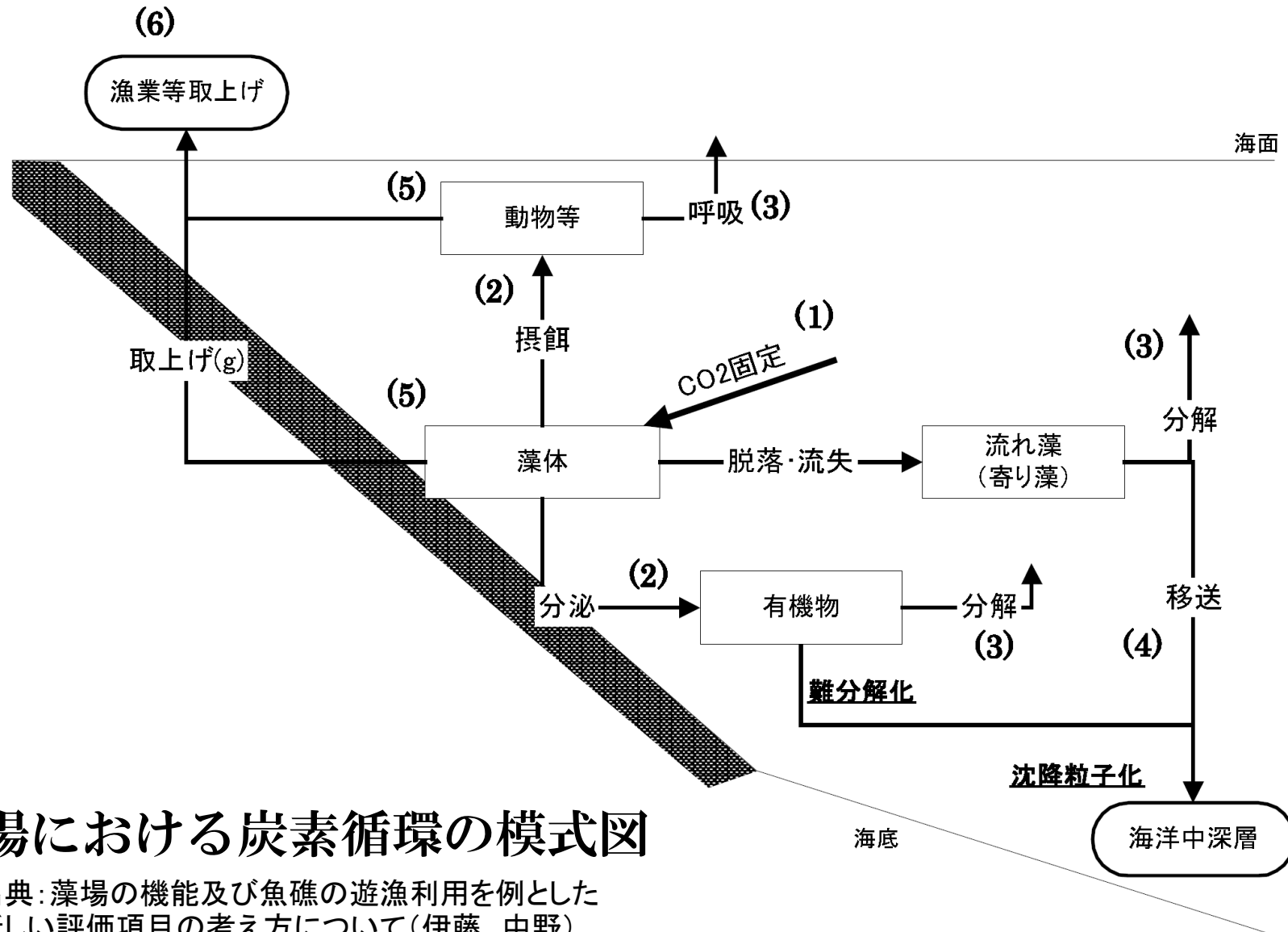
- ▶ 気候変動対策において、森林は炭素固定機能を認められている（自然生態系の中で唯一）

$$(\text{CO}_2\text{固定量}) = (\text{樹木の生長量の増分}) \times (\text{炭素含有率})$$



- ▶ 藻場の炭素固定機能も組み込めないか？
近年研究が進み、注目を集めている
→”BLUE CARBON” (UNEP)

背景(2)...生態系による炭素固定効果



藻場における炭素循環の模式図

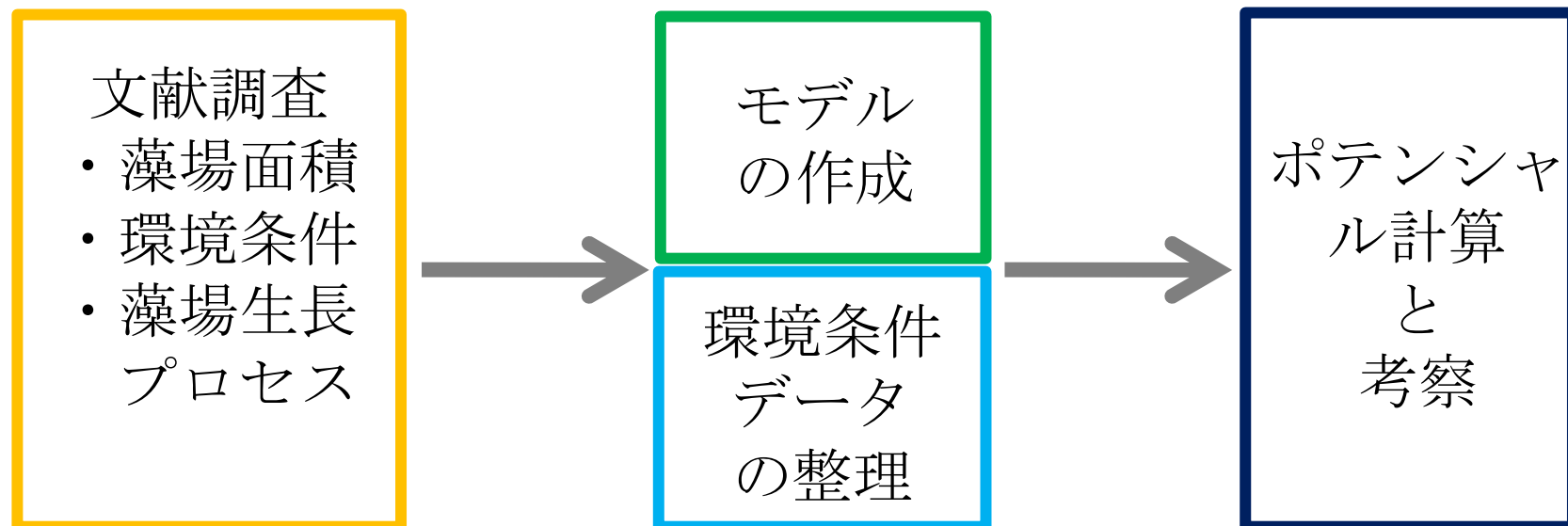
出典:藻場の機能及び魚礁の遊漁利用を例とした新しい評価項目の考え方について(伊藤、中野)

目的と全体像

本研究の目的

藻場再生による炭素固定効果についての知見を集約し、海域ごとの環境条件を反映したモデルを作成する。
そのモデルを用いて、藻場の持つ価値の重要な側面としての炭素固定ポテンシャルを見積もる。

本研究の全体像



データ(1)...藻場面積

▶ 環境省の自然環境保全基礎調査

調査回	実施年	日本近海の藻場面積 [ha]
第1回	1973	
第2回	1978	207,615
第3回	1983-1987	
第4回	1989-1992	201,212
第5回	1997-2001	145,499
第6回・第7回	2002-2006	

▶ 日本全国の約8000地点についてGISデータが得られた

データの種類	第4回	第5回
藻場の面積	○	○
種類	○	○
消滅原因	○	-
被度(藻場密度)	-	○

データ (2)...環境条件データ part.1

藻場の生育要因に関するデータ

全国を80海域に分けてデータを整理

▶ 水温

- ▶ 365日分のデータ（日本海洋データセンターより）

▶ 栄養塩濃度

- ▶ DIN,DIP（溶存無機窒素, リン）...3海域（Smithら）

- ▶ 全窒素, 全リン...全国のデータあり（国立環境研究所）

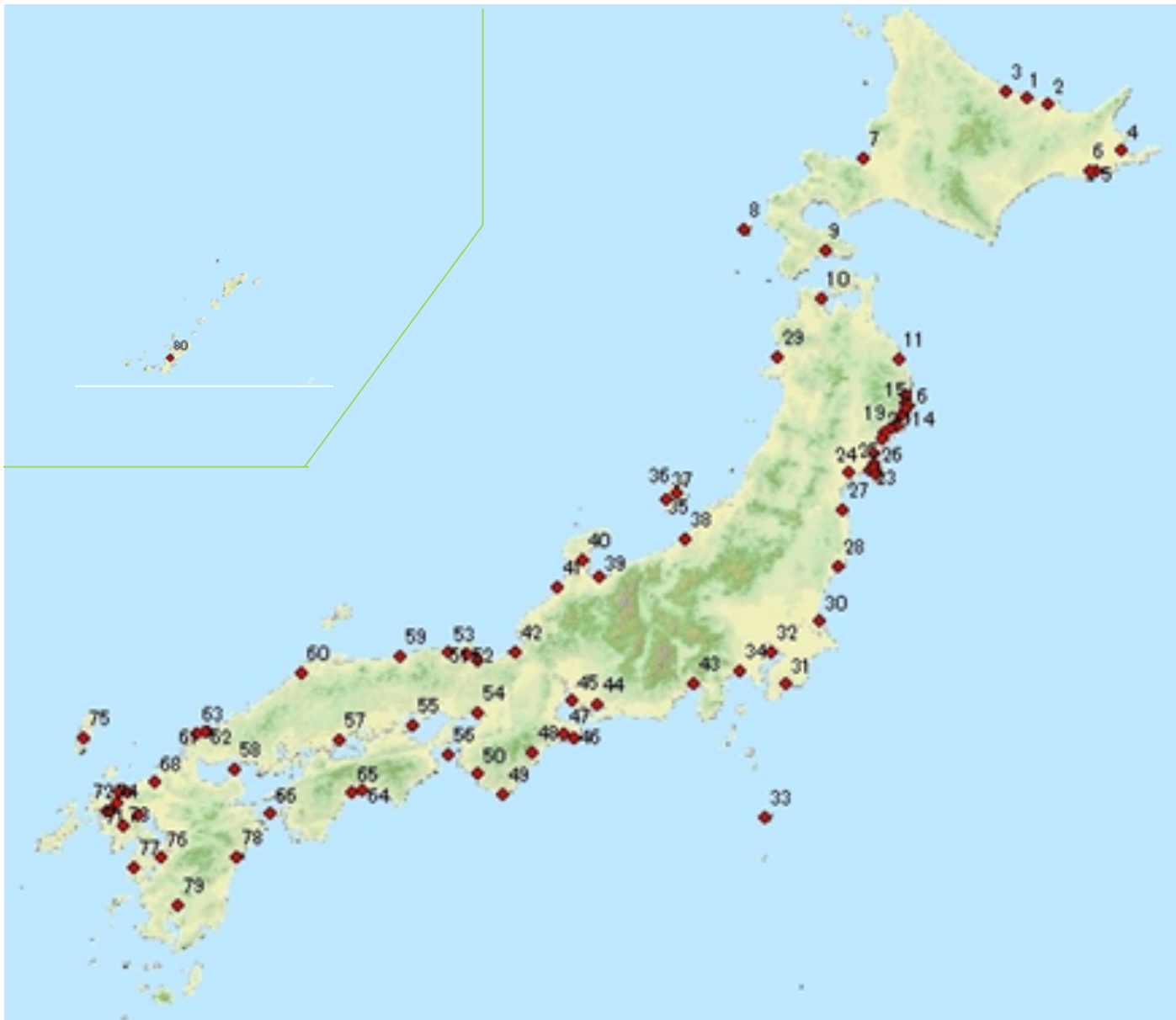
→ 3海域について比を取り，全国分のDIN,DIPを換算して算出

▶ 藻食動物現存量

- ▶ ウニ，アイゴ，ブダイの3種を対象

- ▶ 水産庁の行ったアンケートより読み取り

データ (2)...環境条件データ part.2



データ (3)...藻場の生長プロセス

既往研究

- ▶ 特定の海藻について，生長モデルを定式化
- ▶ 多種類の藻場について，P/B比※を用いて炭素固定量を簡単に試算



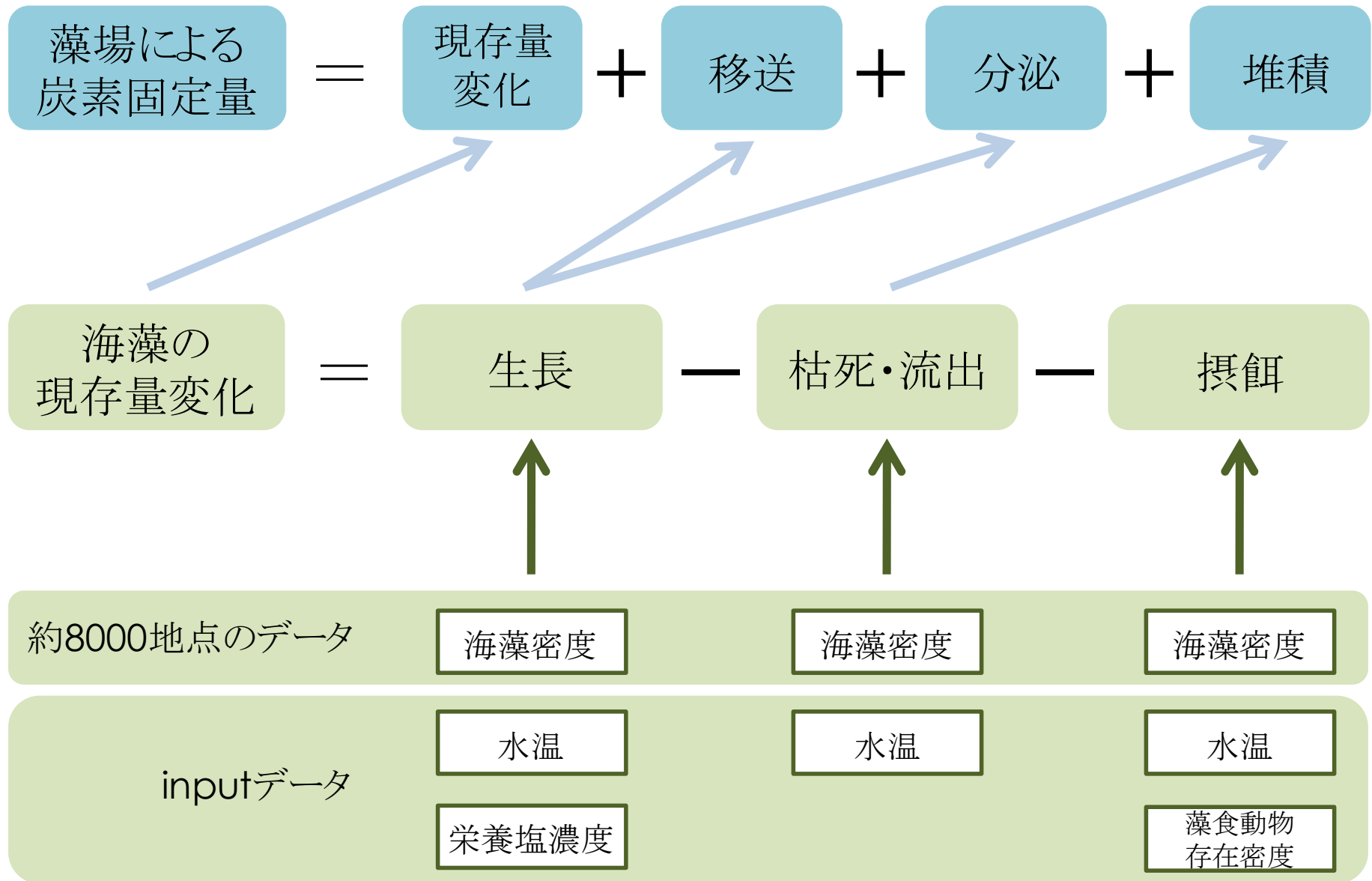
本研究で作成するモデルのコンセプト

- ▶ **両者を組み合わせ，
多種類の藻場に適用できる生長モデルを作成
→全国の炭素固定ポテンシャルを評価**

※P/B比 (Production / Biomass 比) :

藻場の現存量に対する純生産量の割合のこと →正味の増減との区別

モデルの全体像



モデルの説明(1)...海藻の現存量変化

海藻の
現存量変化

=

生長

—

枯死・流出

—

摂餌

$$\Delta B / \Delta t = V - D - R$$

- ▶ **生長**：藻体の光合成による生産量。P/B比のPにあたる。

$$V = vk \times Vi \times mi \times mn \times B$$

(vk:成長速度調整、Vi:相対成長率、mi:光制限、mn:栄養塩制限、B:藻場密度)

- ▶ **枯死・流出**：枯れたりちぎれて系外に流出する量。

$$D = \alpha_{dsw} \times \exp\{ \beta_{dsw} (T - 50) \} \times B$$

(α_{dsw} :相対枯死率、 β_{dsw} :温度依存性係数、T:水温)

- ▶ **摂餌**：ウニ・魚類によって食べられる量。

$$R = R_{max} \times m \times z$$

(R_{max} :最大摂餌量、m:密生制限、z:藻食動物存在密度)

モデルの説明(2)...炭素固定量

$$\text{藻場による炭素固定量} = \text{現存量変化} + \text{移送} + \text{分泌} + \text{堆積}$$

$$CF = \{CB + (CS1 + CS2 + CS3)\} \times 10^{-6} \times S \times 10^4 \times cc \times 0.2$$

(10^{-6} :[g]→[t]、S:藻場面積、 10^4 :[ha]→[m²]、cc:炭素含有率、0.2:乾湿重量比)

- ▶ **現存量変化：増えた藻体に炭素が蓄えられる**

$$CB = (B[365] - B[0]) \quad (:\text{一年間の藻場密度変化})$$

- ▶ **移送：系外流出した藻体のうち一部が海洋の中深層に移送され、数百～数千年とどまる**

$$CS1 = D \times rr \quad (D:\text{枯死量、} rr:\text{中深層移送割合})$$

- ▶ **分泌：難分解性有機物が生成される**

$$CS2 = V \times 0.365 \times 0.10$$

(V:成長速度、0.365:有機物分泌割合、0.10:何分解性有機物割合)

- ▶ **堆積：種子植物であるアマモの地下茎が海底に堆積する**

$$CS3 = V \times 0.16 \quad (V:\text{成長速度、} 0.16:\text{堆積割合})$$

モデル中のパラメータの決定方法

- ▶ 原則として既往の文献から引用
- ▶ ただし、文献から直接得られなかったものは、次の二つの制約条件に合うように設定

①一年間のP/B比が文献と一致

(東

北水研、村岡)

②藻場面積の年間変化率が、現実の変化率 -5.6% と一致

(自然環境保全基礎調査第4回,

第5回)

- ▶ この二つの条件に合うように、

- ▶ v_k : 成長速度調整

- ▶ β_{dsw} : 枯死温度依存性係数

の二つのパラメータを、藻場の種類ごと (7種類) に調整する。

モデル作成からポテンシャル評価まで

制約条件に合うモデルを作成
→現状の炭素固定量を算出

現状の減少傾向を止めるよう環境条件データを操作
→藻場を回復できるような生育条件に

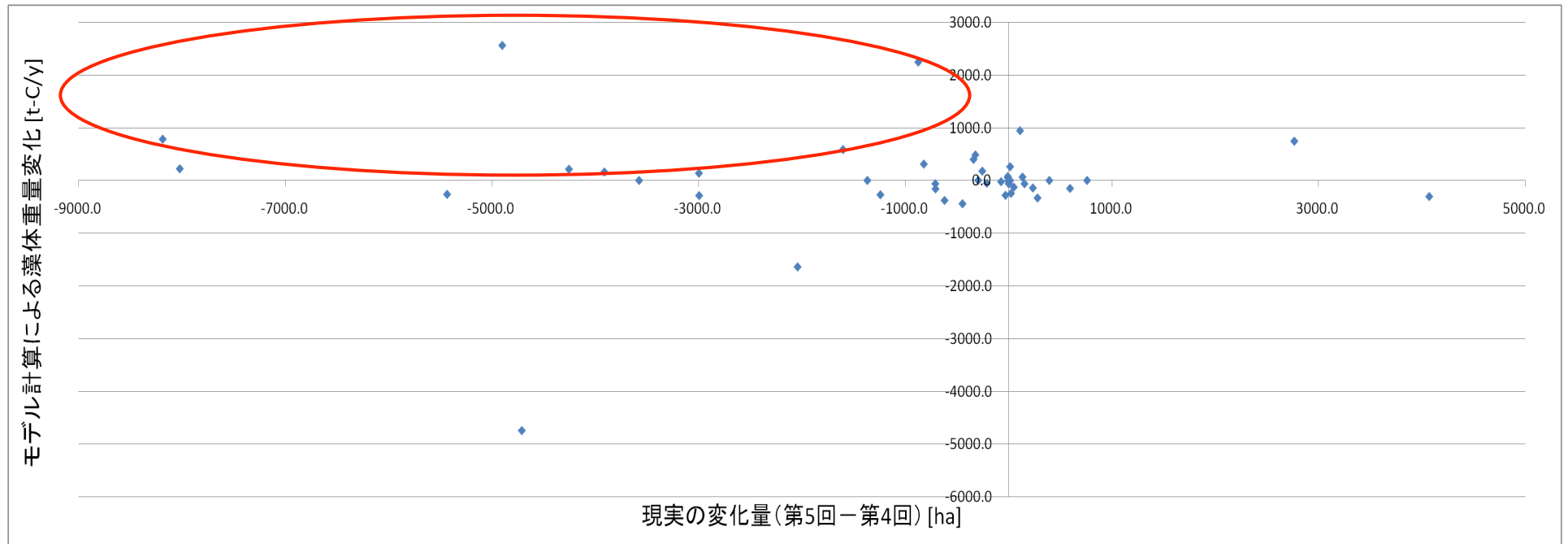
現在までに消失した藻場が回復したと仮定したときに、
固定される炭素量のポテンシャルを試算

結果と考察

- (1) モデルの信頼性
- (2) 現状の炭素固定量
- (3) 磯焼け対策
- (4) 将来のポテンシャル評価

結果と考察(1)...モデルの信頼性 part.1

- ▶ モデル計算による藻体重量変化（縦軸）と、現実の変化量（横軸）との比較（海域別）



全国合計では現状に即しているが、海域によっては現実から大きくずれるところもある

結果と考察(1)...モデルの信頼性 part.2

モデル計算値と現実とのずれが生じる海域の特徴と、その原因についての考察

- ▶ 栄養塩制限（主にリン制限）の寄与が大きい海域
→ 全窒素・全リン濃度をDIN, DIPに換算する方法
海域を分けるときの湾構造などの反映度合い
- ▶ ウニより魚類による摂餌の影響が大きい海域
→ 藻食魚類存在密度のデータの精度
- ▶ 同一海域内（環境条件が同じ）でも地点差が大きい
→ 海藻の種類ごとの特徴の反映の仕方
（現存量変化を与える関数）

結果と考察(2)...現状の炭素固定量

現状の炭素固定量[万t-C/v]		
合計	内訳	
	移送、分泌、堆積	生長
6.8	7.3	-0.50

- ▶ 現状での炭素固定量を見ると、移送・分泌・堆積という、**目には見えないプロセス**による固定量が相当量あることがわかる。
 - ▶ ただし、藻体の中深層移送と難分解性有機物の生成についてはさらなる知見が必要。
- ▶ その一方で、藻体の総量自体が減り続けている状態を食い止めるために、**何らかの対策**が必要。

結果と考察(3)...磯焼け対策

- ▶ 磯焼け対策は海域ごとに要因を見極めて行う必要あり
 - ▶ 2通りに環境条件データを操作することで対策とする
 - ▶ 対策①藻食動物の現存量を0.78倍に減らす (ウニ、魚類の駆除)
 - ▶ 対策②栄養塩濃度を1.1倍に増やす (栄養塩の付加)
- ※①, ②は同じだけ藻場を回復させる効果を持っている
- ▶ ①, ②のうち、海域ごとにより効果の高いほうを選択

海域番号	1	6	12	48	49	55
摂餌量*0.78	2.1	1.4	2.4	5.3	2.9	2.3
栄養塩濃度*1.1	2.4	2.7	2.3	5.2	2.8	2.9

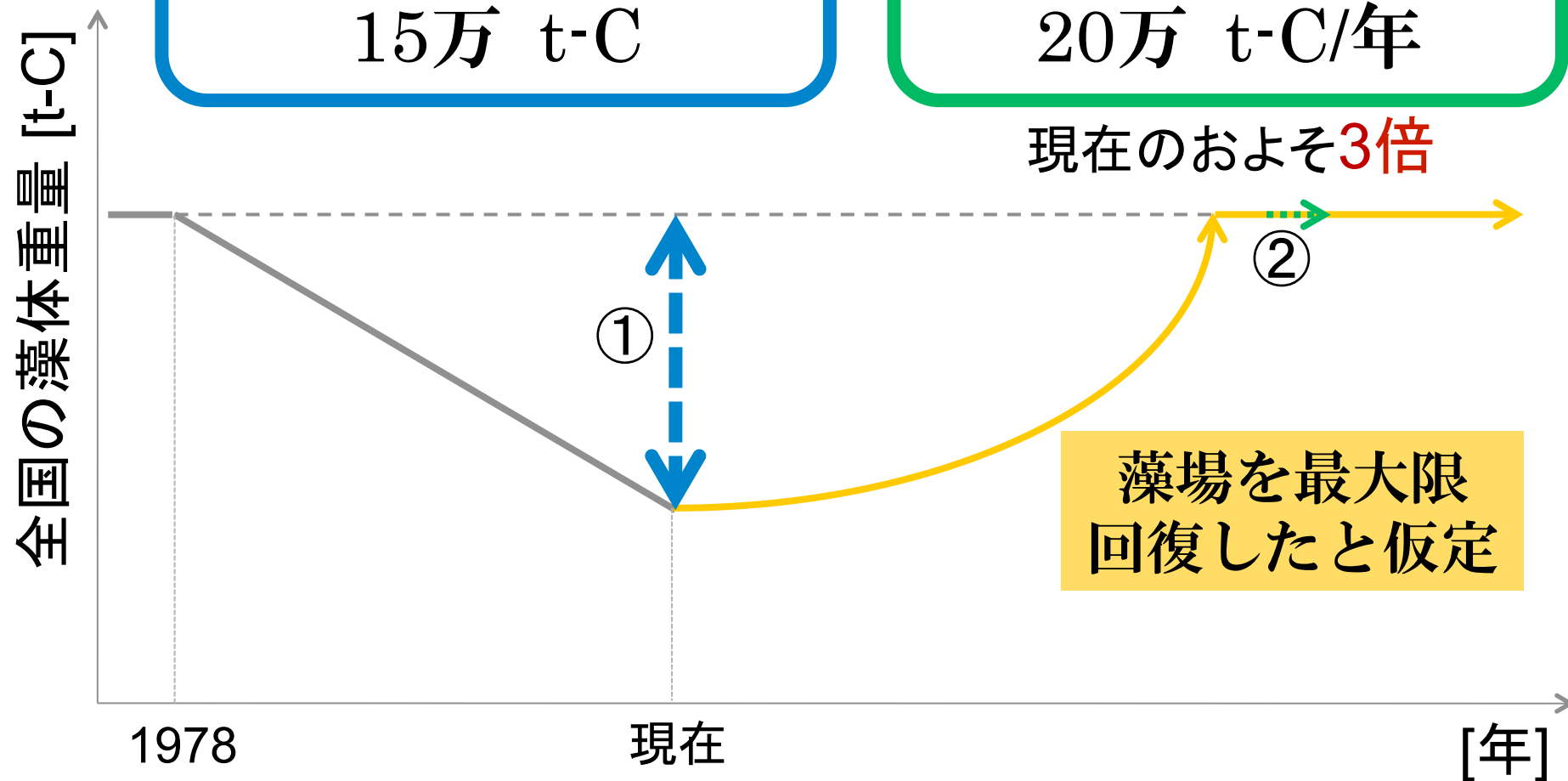
数値は藻体の増加による炭素固定量 [百t-C]

結果と考察(4)...将来のポテンシャル評価

①藻場の回復により
藻体に固定される炭素
15万 t-C

• ②回復した藻場が
一年間に固定する炭素
20万 t-C/年

現在のおよそ3倍



結論：本研究の成果と意義

- ▶ 今ある限られた知見を集約し、摂餌を含め海域ごとの環境条件を考慮した日本全国に適用できるモデルを作成した。
- ▶ モデルを用いた試算が、海域ごとの環境条件に即した磯焼け対策の指針づくりに有効であることを示した。
- ▶ 藻場による炭素固定効果としては、目に見えない過程の寄与が、藻体に直接固定されるものより大きい可能性を示した。
- ▶ 磯焼けによって減少した藻場を回復させることによって、現在の数倍の炭素固定効果を得られる可能性を示した。

結論：本研究の課題

モデルとデータの精度が不十分であること。特に

栄養塩について

- ▶ 全窒素・全リン濃度をDIN, DIPに換算する方法
- ▶ 海域を分けるときの湾構造などの反映度合い

摂餌について

- ▶ 藻食魚類存在密度のデータの精度

モデルについて

- ▶ 海藻の種類ごとの特徴の反映の仕方（現存量変化を与える関数）

これらの精度を高めていくことが、より信頼性の高いポテンシャル評価につながる。