

2024.01.24

第5回 環境研究機関連絡会研究交流セミナー

# 全球の浅海生態系によるCO<sub>2</sub>吸収速度 の将来変化予測

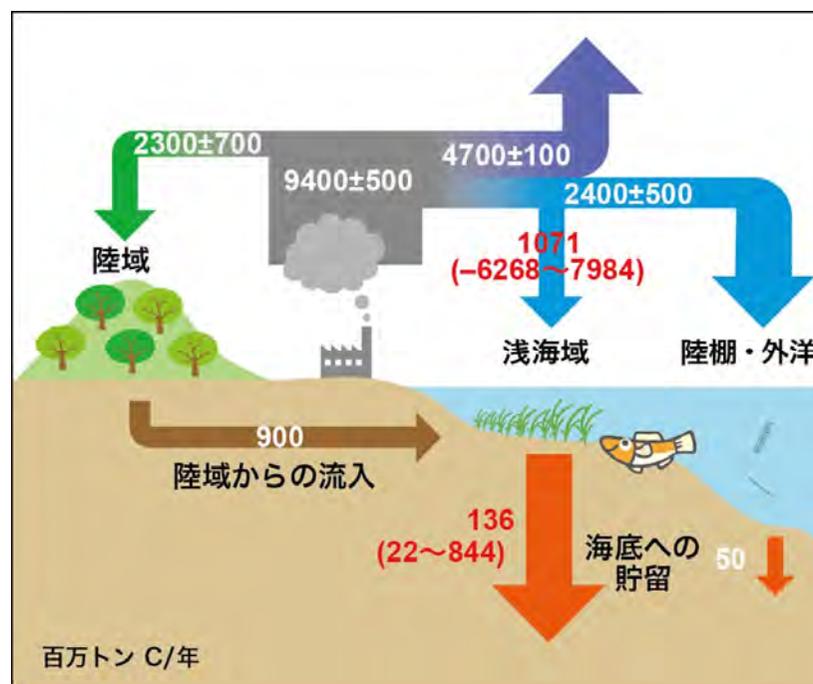
茂木博匡

(国研) 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所

# はじめに

## ブルーカーボン：

海洋生物によって大気中のCO<sub>2</sub>が取り込まれ、海洋生態系内に貯留された炭素



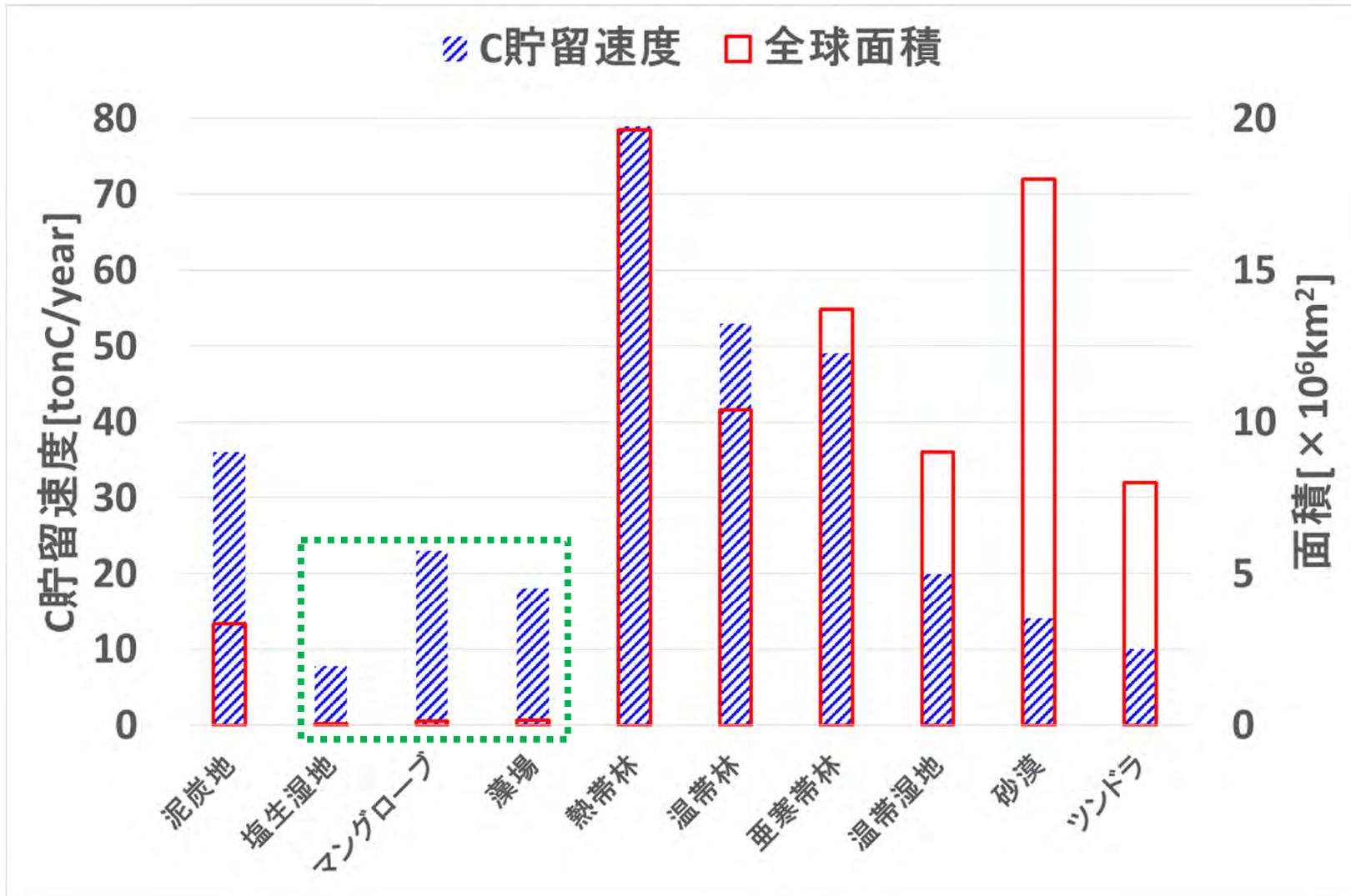
塩性湿地・マングローブ・藻場などを含む**浅海域の面積**は、

全海洋域の僅か**0.2%**

しかし、海洋の**炭素貯留速度**としては海洋全体の**73~79%**を占める

(Nelleman et al.,2009; Duarte et al.,2005; Kuwae and Hori, 2019)

# はじめに



浅海域生態系と陸域生態系のC貯留速度の比較(Bridgham, 2014を改変)

浅海生態系は気候変動の緩和効果として有効活用

# はじめに

気候変動対策として**カーボンニュートラル**は必須課題

エネルギー部門でのCO<sub>2</sub>排出量が絶大・・・

**GX (グリーントランスフォーメーション)** :

化石燃料をできるだけ使わず、クリーンなエネルギーを活用していくための変革  
やその実現に向けた活動

(<https://journal.meti.go.jp/p/25136/>)

社会全体でのCO<sub>2</sub>排出0は  
非常に難しい (時間を要する) 可能性 (製造部門など)



**生態系による吸収源対策**

その一つとして**ブルーカーボン**に期待

# はじめに

気候変動に伴って将来的に  
浅海生態系はどのように変化していくか？

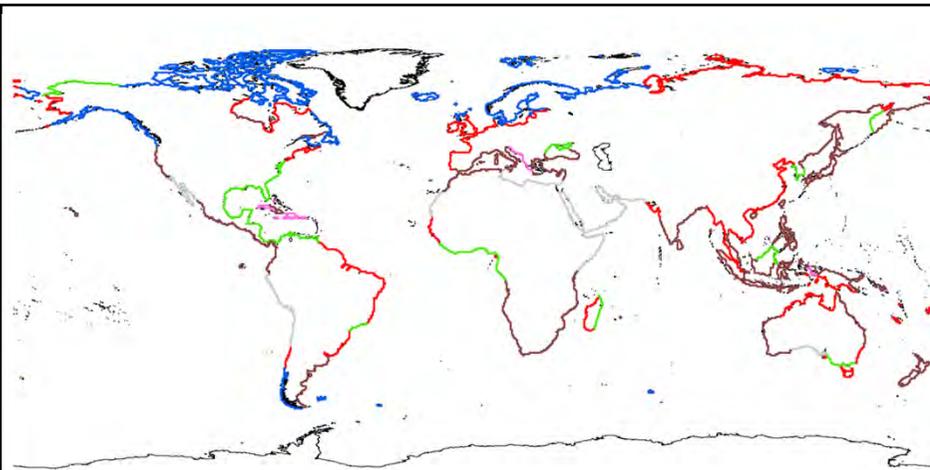
サンゴ礁・海草藻場・海藻藻場・塩性湿地・マングローブ

浅海生態系の統合的な解析の実施例無し

## 目的

気候変動に伴う浅海生態系  
(サンゴ礁・海草藻場・海藻藻場・塩性湿地・マングローブ)  
の面積変化および気候変動緩和効果 (CO<sub>2</sub>吸収速度) を予測する。

# 方法 (地形データ)

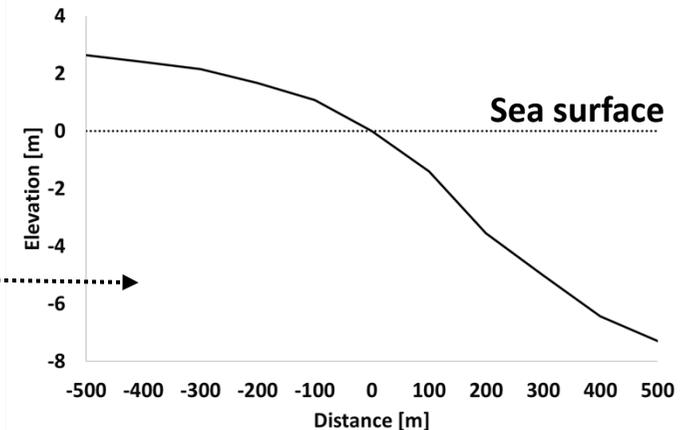
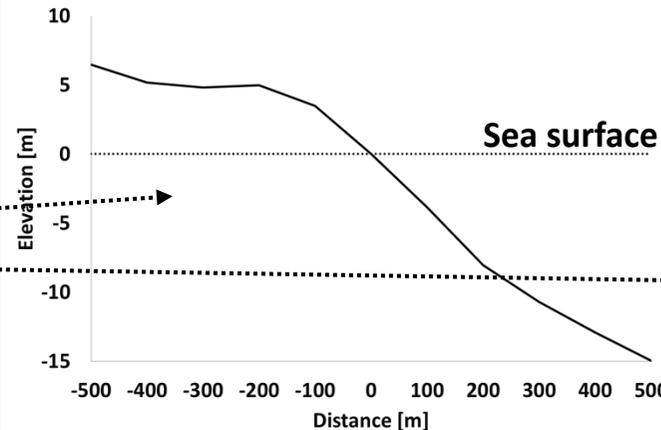
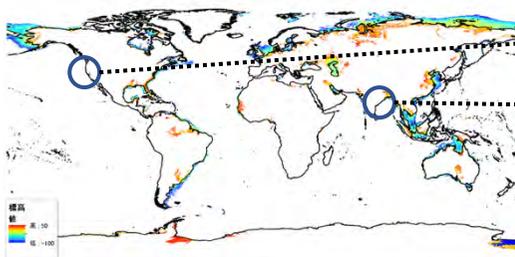


- : Small delta
- : Tidal system
- : Lagoon
- : Fjord
- : Karst
- : Arheic

海岸地形タイプに基づき  
全球浅海域を198のエリアに分割

海岸地形タイプの分布 (Durr et al., 2011)

海岸線沿いに地形を  
平均化



標高の全球マップ (SRTM15 PLUS; USGS, 2015)

空間解像度: 15" (赤道域で約450m)

標高50m~水深100mを対象範囲とした

# 方法 (植生分布データ)

全球総面積

サンゴ礁 : 約108,000 km<sup>2</sup> (UNEP-WCMC)

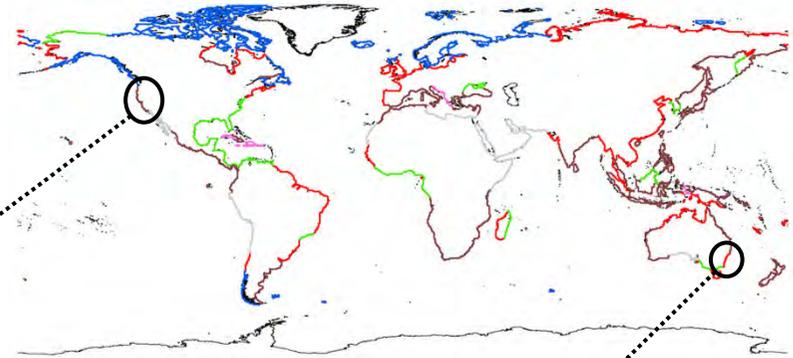
海草藻場 : 約309,000 km<sup>2</sup> (UNEP-WCMC)

海藻藻場 : 約3,510,000 km<sup>2</sup>

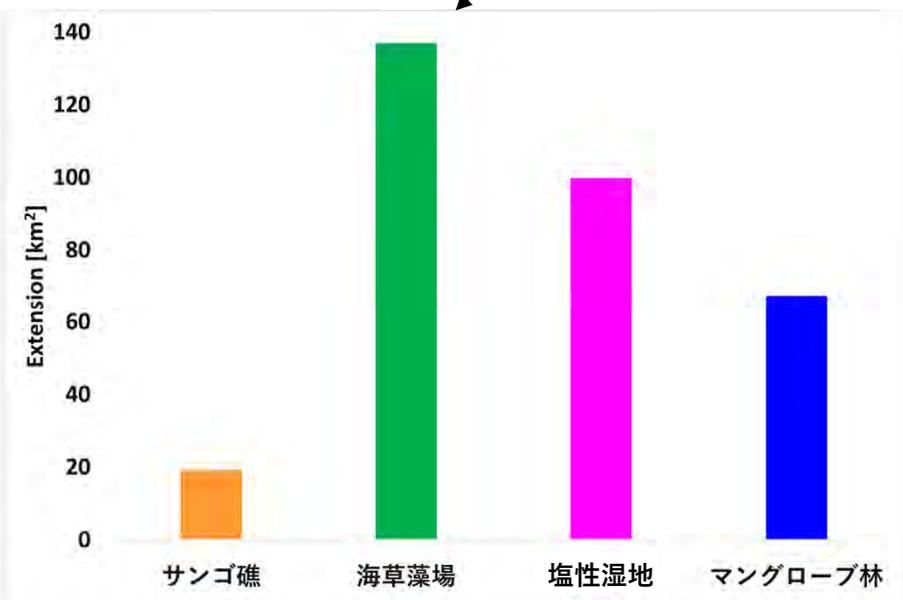
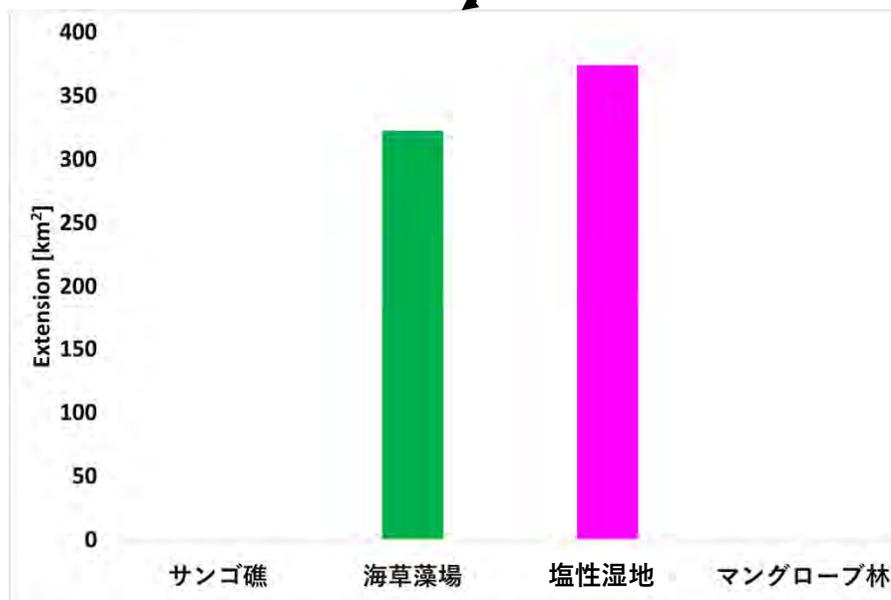
(Krause-Jensen & Duarte, 2016).

塩性湿地 : 約54,700 km<sup>2</sup> (UNEP-WCMC)

マングローブ : 約154,000 km<sup>2</sup> (UNEP-WCMC)



198のエリアをベースに、  
GISソフト (ArcGIS; ESRI) を用いて生態系面積を整備



各エリアにおける浅海生態系面積

# 方法（外力値）

現況～将来にかけての海水温・海面変位等のデータが必要

## GCM (Global climate model)

- GFDL-ESM2M (Dunne et al., 2012)
- HadGEM2-ES (Collins et al., 2011)
- IPSL-CM5A-LR (Dufresne et al., 2013)
- MIROC-ESM-CHEM (Watanabe et al., 2011)
- NorESM1-M (Bentsen et al., 2012)

RCP...Representative Concentration Pathways (代表濃度経路シナリオ)		
略称	シナリオ (予測) のタイプ	
 RCP 2.6	<b>低位安定化シナリオ</b> (世紀末の放射強制力 2.6W/m <sup>2</sup> ) 将来の気温上昇を 2°C以下に抑えるという目標のもとに開発された排出量の最も低いシナリオ	
 RCP 4.5	<b>中位安定化シナリオ</b> (世紀末の放射強制力 4.5W/m <sup>2</sup> )	
 RCP 6.0	<b>高位安定化シナリオ</b> (世紀末の放射強制力 6.0W/m <sup>2</sup> )	
 RCP 8.5	<b>高位参照シナリオ</b> (世紀末の放射強制力 8.5W/m <sup>2</sup> ) 2100年における温室効果ガス排出量の最大排出量に相当するシナリオ	

出典：IPCC第5次評価報告書および(独)国立環境研究所 地球環境研究センターニュースVol.18をもとにJCGCA作成

**RCP2.6, RCP8.5の2シナリオを採用**

## 計算期間

現況：1986～2005（全平均）

将来：2031～2100（10年ごとに平均）

# 面積変化の推定手法

## サンゴ礁

白化・・・年間最暖月の平均海表面水温(SST)  $\geq 30^{\circ}\text{C}$  (Kayanne et al., 1999)

サンゴ生息域拡大・・・年間最寒-最暖月のSST範囲  $18^{\circ}\text{C} \leq \text{SST} < 30^{\circ}\text{C}$

(Kleypas et al., 1999)

## 海草・海藻藻場

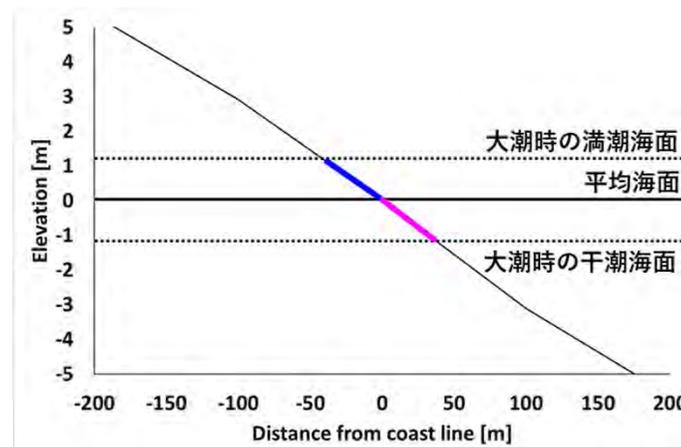
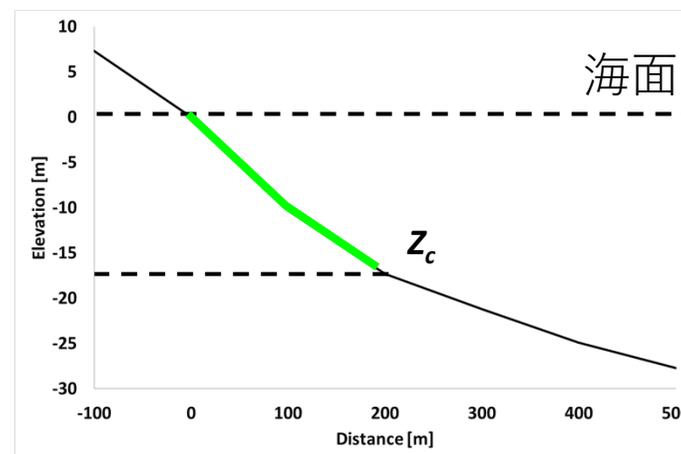
クロロフィル濃度から求めた光消散係数 ( $K_{PAR}$ ) を関数として、光合成を行うのに十分な光量が到達できる水深 (生息可能最大水深) を算出

$$LN(Z_c) = \alpha - \beta \cdot LN(K_{PAR})$$

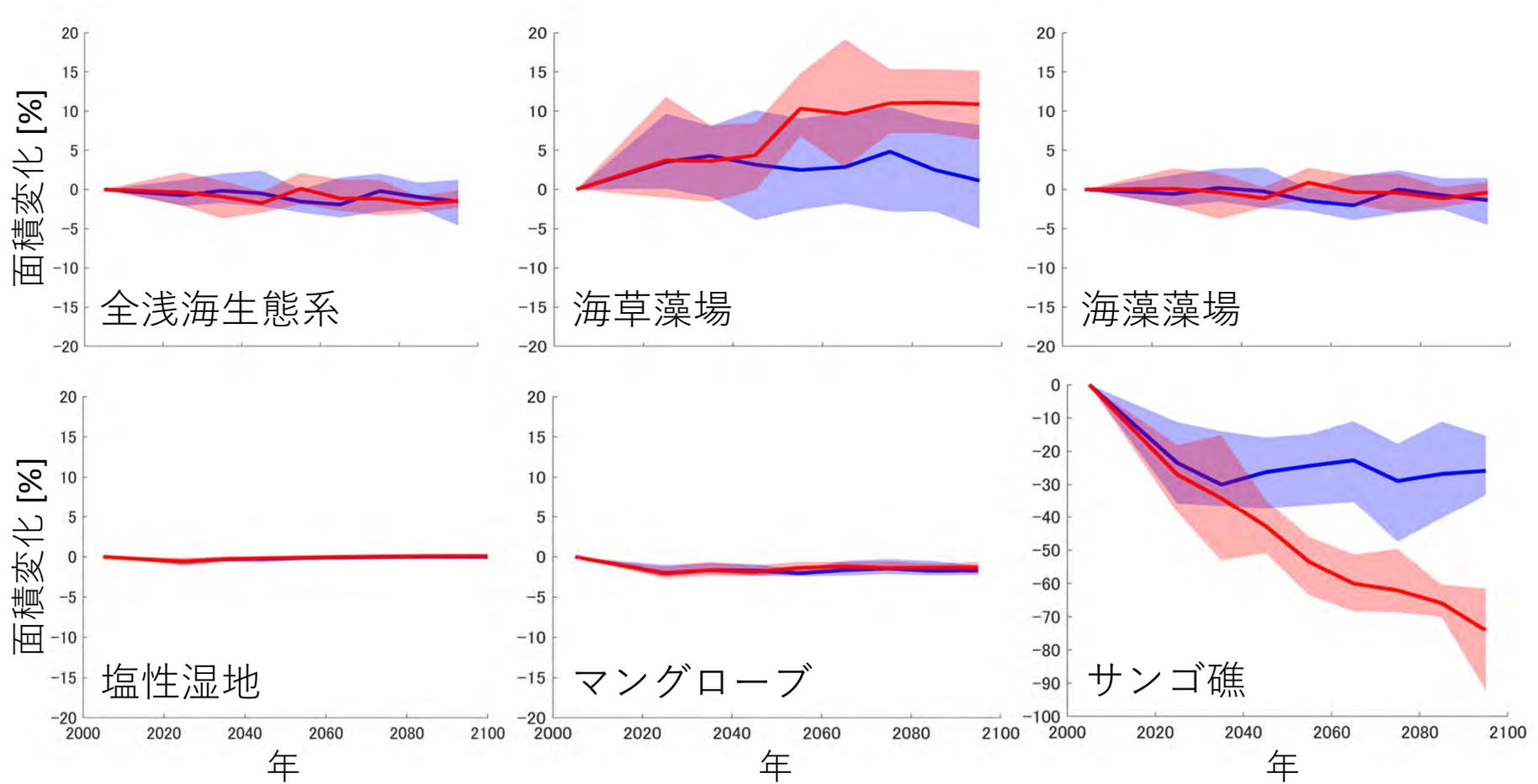
$$K_{PAR} = 0.121 \cdot Chl^{0.428}$$

## 塩性湿地・マングローブ

海面変位に伴う潮間帯の変化を算出



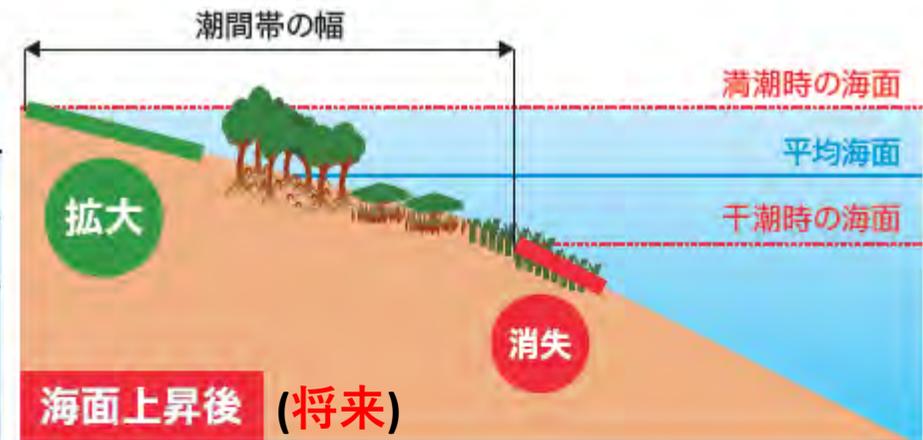
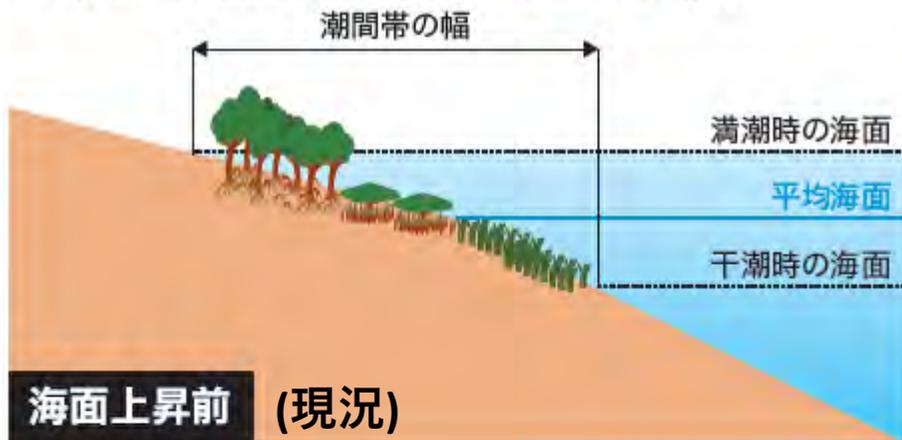
# 結果 (浅海生態系の面積変化)



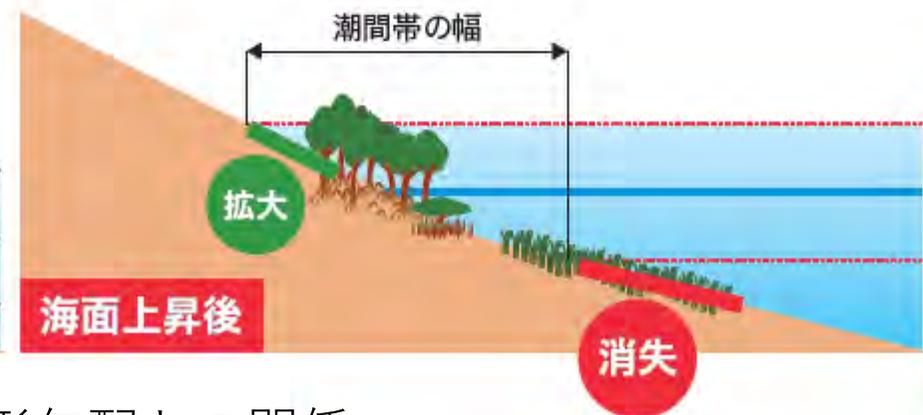
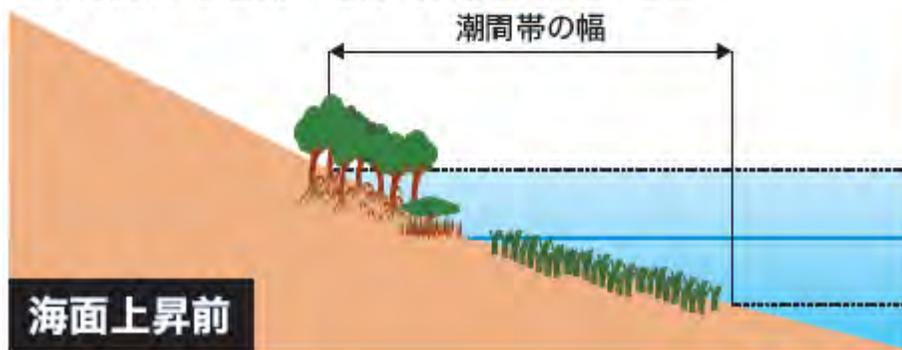
全球における浅海生態系の面積変化  
(青 : RCP2.6; 赤 : RCP8.5; 陰影 : 各10年間の最大-最小値幅)

# 結果（浅海生態系の面積変化）

■ 海側よりも陸側の地形勾配が緩やかな場合



■ 海側よりも陸側の地形勾配が急峻な場合



海面変位と地形勾配との関係

海面変位に伴う浅海生態系の**拡大面積**が**消失面積**を**オフセット**

# 結果（浅海生態系の面積変化）

## 本研究

気候変動に伴う浅海生態系の2100年までの面積変化は

- ・ **サンゴ礁**は最大で**約90%が消失**
- ・ **海藻藻場**、**塩性湿地**、**マングローブ**はほぼ現状維持
- ・ **海草藻場**は**10%以上拡大**

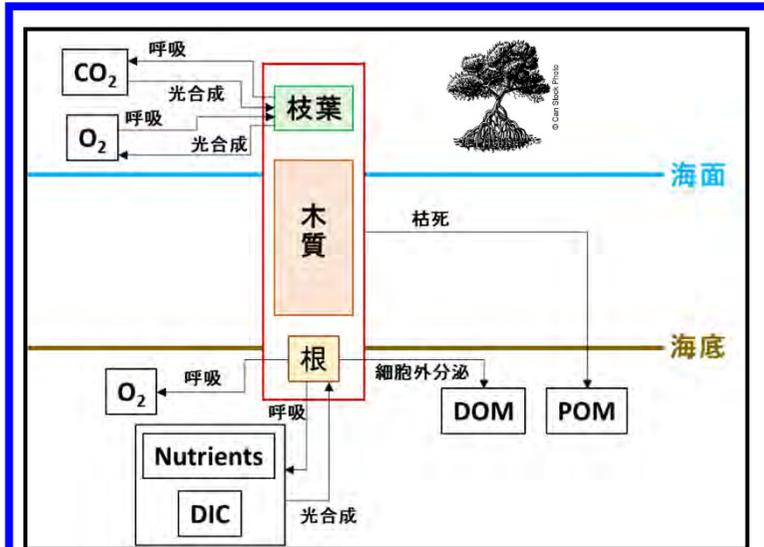
する可能性

## IPCCの報告書等

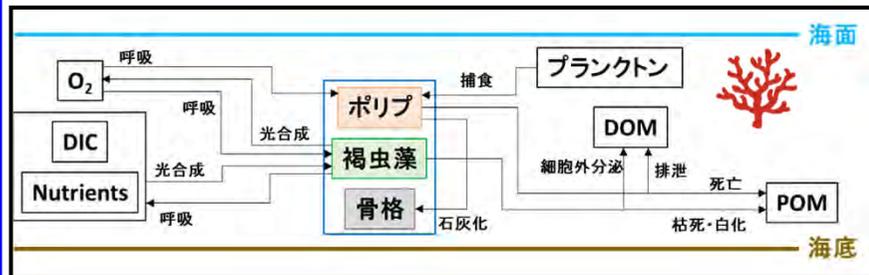
- ・ 沿岸湿地（海草藻場も含む）は2100年までに**20～80%消失**  
海面上昇などへの適応効果の考慮が不十分

本研究では、浅海生態系の面積は比較的現状維持という予測となったが、**ブルーカーボンに繋がるCO<sub>2</sub>吸収**においても期待できるのか？

# 方法 (生態系モデル)

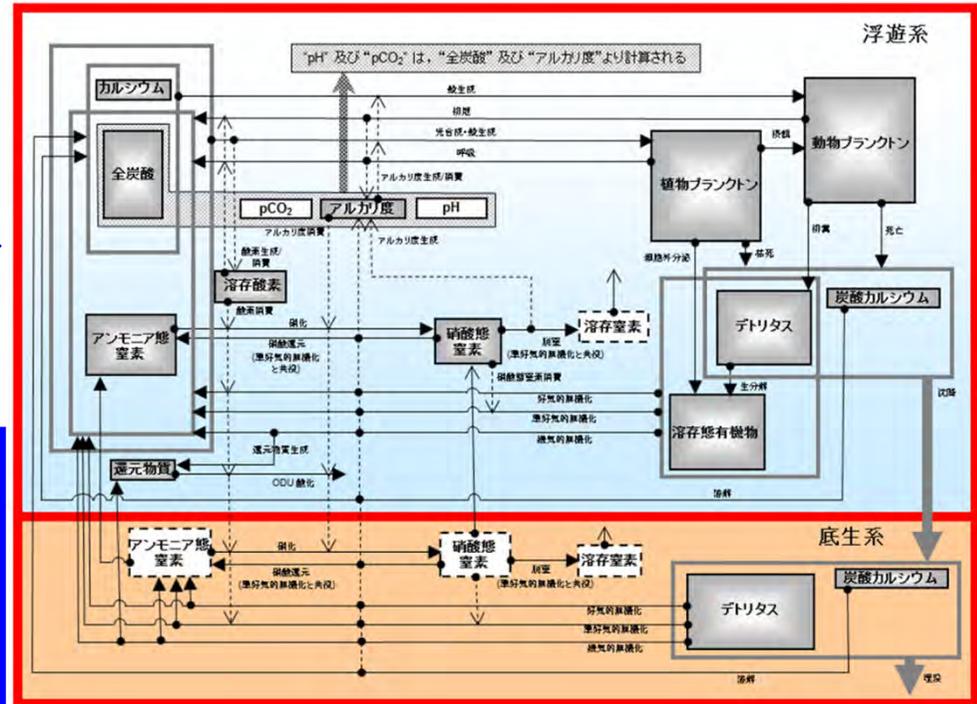


マングローブの生物化学過程の概念図



サンゴの生物化学過程の概念図

既存のモデルを基に開発  
(海草場・干潟は導入済)

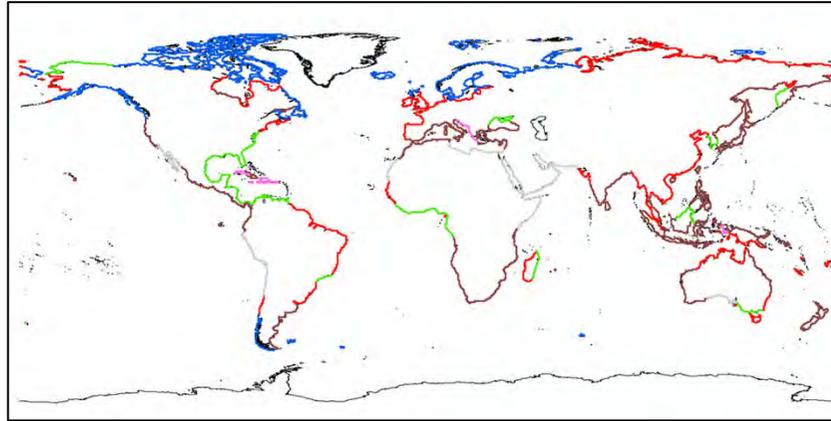


低次生態系モデル概念図

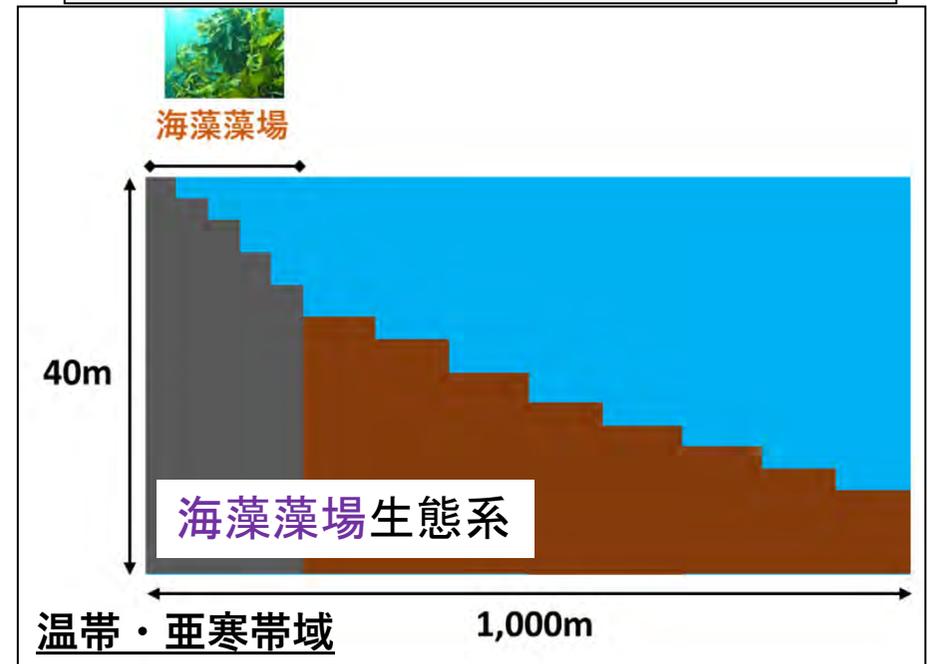
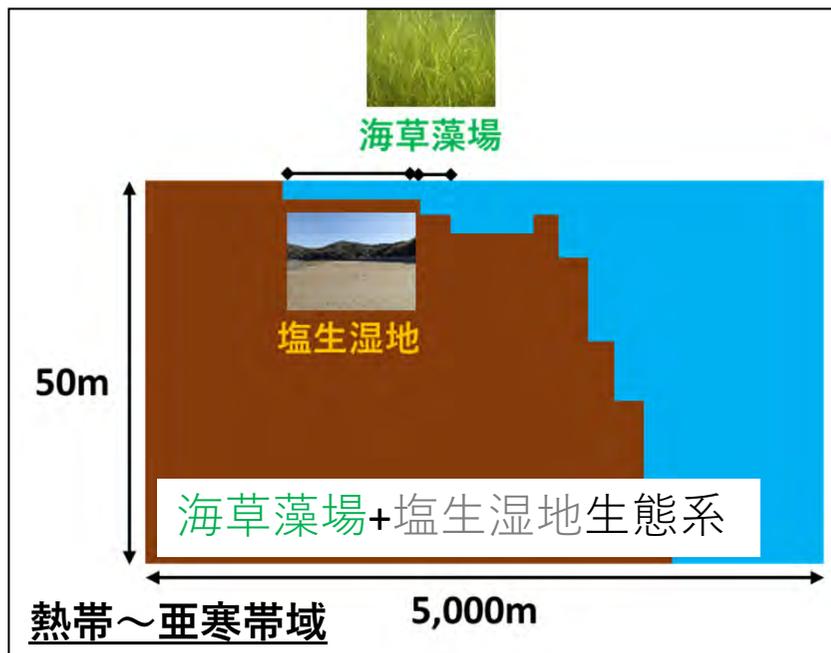
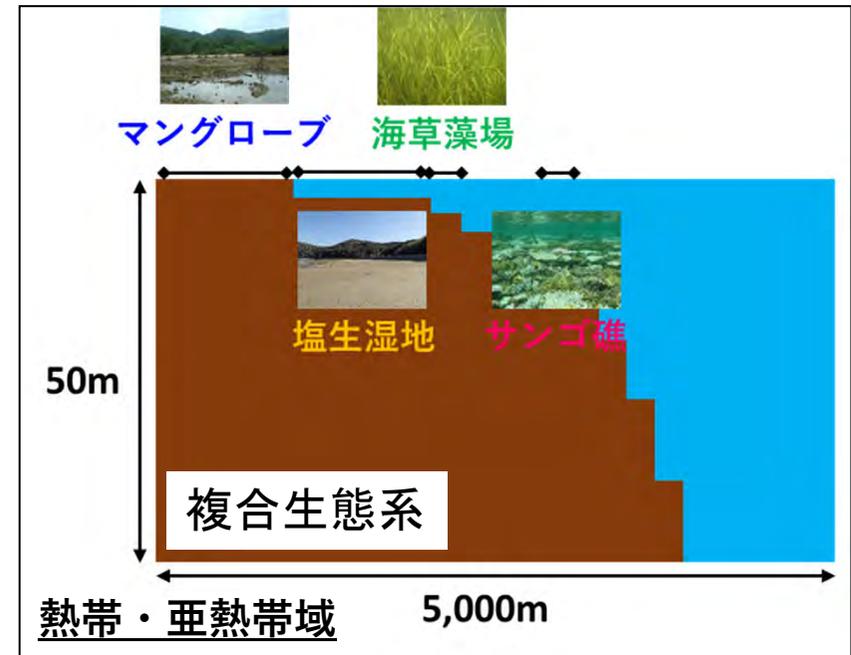
(Sohma et al., 2008)

熱帯域の生態系を新たに導入し  
全球の沿岸域に適用可能なモデルを開発

# 方法 (代表生態系の設定)



海岸地形タイプの分布 (Durr et al., 2011)



## 方法 (CO<sub>2</sub>フラックスの全球推計)

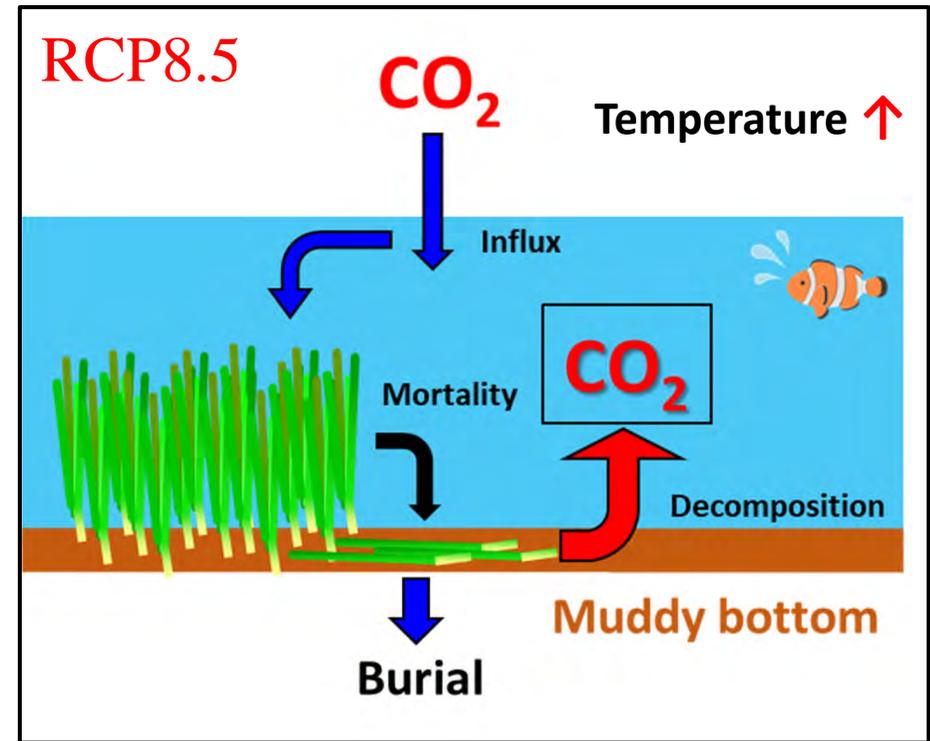
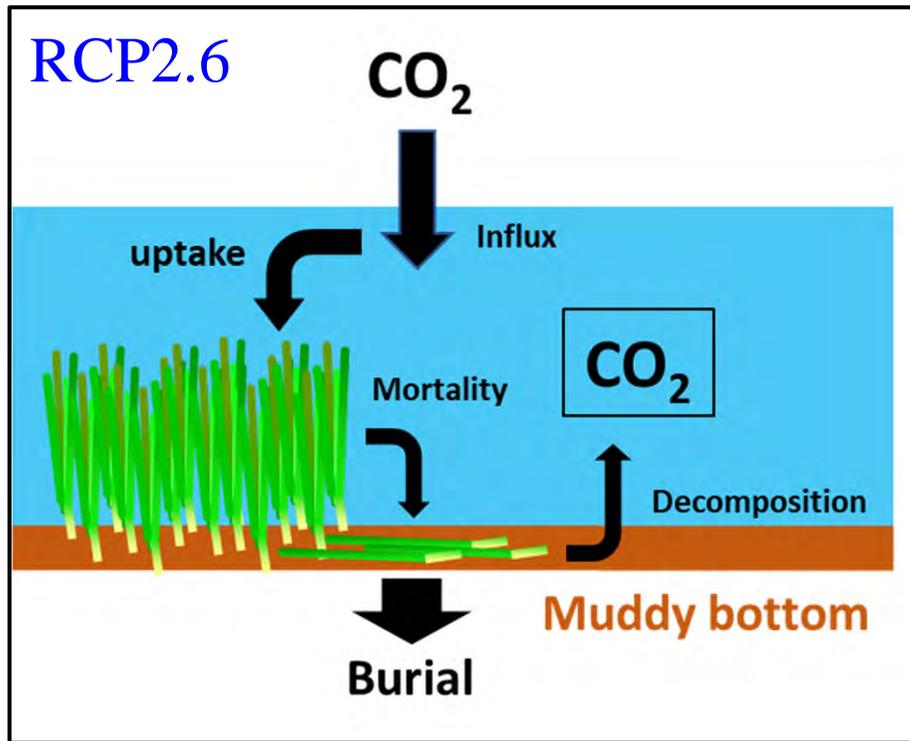
水温とCO<sub>2</sub>フラックス (単位面積当たり)

$$FT_n = a_n \cdot temp + b_n$$

生態系面積とCO<sub>2</sub>フラックス (生態系面積当たり)

$$FE_n = E_n \cdot FT_n$$

*FT*: 水温に対する単位面積当たりのCO<sub>2</sub>フラックス  
*n*: 各生態系  
*a*: 係数  
*b*: 係数  
*temp*: 水温  
*FE*: 生態系面積当たりのCO<sub>2</sub>フラックス  
*E*: 生態系面積



水温上昇に伴う大気-生態系間の $\text{CO}_2$ フラックスの変化