

第Ⅱ部門

気候変動がマングローブ・海草・サンゴ複合生態系の炭素吸収・固定・貯留機能に与える影響

大阪市立大学工学部

学生員 ○荒木 隆希

大阪市立大学大学院工学研究科

正会員 相馬 明郎

1. 研究の背景・目的

IPCC 第5次報告書によると、2100年には1950年に比べて地球の平均気温が最大4.8℃上昇すると推定されている¹⁾。こうした中、海洋が持つ気候変動緩和機能が注目されており、その中でもマングローブ・海草・サンゴは高い気候変動緩和機能を持つ。ここで、気候変動緩和を「大気CO₂濃度の低下」と定義すると、気候変動緩和機能は、(1)炭素吸収機能(海洋が大気CO₂を吸収する機能)、(2)炭素固定機能(生物体が炭素を固定する機能)、(3)炭素貯留機能(土壌へ炭素を埋没する機能)に支配される²⁾。こうした中、Tanaji G. Jagtap et al.³⁾は、マングローブの生産性は特定の最適温度で高く保たれるため、環境中の温度が最適温度範囲を超えた場合、影響が及ぶ可能性があると指摘した。またBorum et al.⁴⁾は、海草は高温に慢性的にさらされると、光合成や呼吸などの重要な生理的プロセスの速度が変化し、繁殖などに影響を与えると指摘した。さらにShinn et al.⁵⁾は、サンゴは28～30℃で最も速く成長し、温度が高くても低くても成長は遅れると指摘した。このように、マングローブ、海草、サンゴ生態系には温度依存性があり、気温の変化が、各々の生態系の気候変動緩和機能に影響を及ぼす可能性があるが、その影響の方向性や程度については未解明である。本研究では、マングローブ、海草、サンゴの生理生態を含めた浮遊系・底生系の炭素循環を解析する生態系モデル、EMAGIN B.C. MG・SG・CR（小西・戸田ら）を用い、気温上昇下における、マングローブ・海草・サンゴから構成される複合生態系の気候変動緩和機能の影響を明らかにすることを目的とする。

2. 研究方法

2.1 数理生態系モデルの特徴

本モデルの特徴は、炭酸化学理論、炭素-窒素-リン-酸素の共役循環、微生物による好気・準好気・嫌氣的

無機化の表現、浮遊系-底生系の結合と堆積物続成過程、植物プランクトン、動物プランクトン、底生動物・非生物有機態間の生食連鎖・腐食連鎖、有機物の易分解、準易分解、難分解成分、マングローブ・海草・サンゴの生理生態が表現されていることである。これらは、気候変動緩和機能を構成する生物・化学・物理プロセス、並びに底生系-浮遊系の包括的な炭素循環の観点から解析を行うための重要な視点である。

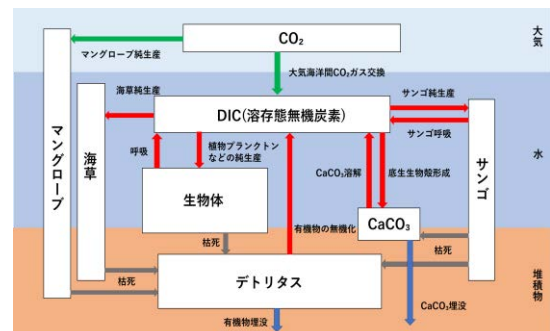


図1 本モデルの炭素循環に関する概略図

(→各要素間の作用, □生態系の各要素)

2.2 モデルの適用と検証

本モデルをマングローブ・干潟・海草・サンゴ生態系が複合的に存在する沖縄県西表島ユツン沿岸域に適用した。モデルの検証は、マングローブ生態系、海草生態系における重要なモデル変数とフラックスの年平均値について、観測値と計算結果の比較をすることで行われた²⁾。検証の結果、計算値は観測値を概ね再現しており、モデルの妥当性が確認された。

3. 結果と考察

3.1 解析方法

本研究では、IPCC 第5次報告書¹⁾のRCP8.5シナリオで予測されている水温変化を参考に、現代(2006年)から2100年において水温を変化させて解析した結果の比較を行った。比較は、現代(2006年)と2100年とで行い、気温上昇がマングローブ・海草・サンゴ複合生態系の気候変動緩和機能に関する各作用に与える影響を評価した。RCP8.5シナリオでの水温の上昇幅は、西

Ryuki ARAKI, Akio SOHMA

sohma@eng.osaka-cu.ac.jp

表島・石垣北沖における HadGEM-ES (rcp8.5 シナリオ) の計算結果より, $+3.04^{\circ}\text{C}$ を用いた。

3.2 解析結果と考察

図 2,3 に, 沖縄県西表島ユツン沿岸域における現代 (2006 年) と 2100 年の炭素循環の解析結果を示す。

(1) 炭素吸収機能

大気海洋間 CO_2 ガス放出は $15.3(\text{tonC/year})$ 減少し, マングローブ純生産は $2.8(\text{tonC/year})$ 減少した。その結果, 炭素吸収機能は $12.5(\text{tonC/year})$ 向上した。大気海洋間 CO_2 ガス放出の減少は, 全アルカリ度(TA)の影響を強く受け, pH が増加したことにより, 水中の二酸化炭素分圧(pCO_2)が減少したことが主要因であると考えられる。また, マングローブ純生産の減少は温度依存性によるマングローブ光合成の減少が主要因であると考えられる。(表 4)

(2) 炭素固定機能

海草の純生産は $8.8(\text{tonC/year})$ 増加し, サンゴの褐虫藻とポリプの純生産は $3.5(\text{tonC/year})$ 減少し, サンゴの骨格の殻形成は $4.3(\text{tonC/year})$ 増加し, 生物生産無機化は $376.9(\text{tonC/year})$ 増加した。その結果, 炭素固定機能は $367.3(\text{tonC/year})$ 低下した。海草の純生産の増加は水中の栄養塩の増加による海草の光合成の増加が, サンゴの褐虫藻とポリプの純生産の減少は褐虫藻の光依存性による褐虫藻の光合成の減少が主要因であると考えられる。また, 生物生産無機化の増加は, サンゴの骨格の死亡の増加により CaCO_3 が増加し, CaCO_3 の溶解が促進されたことが主要因であると考えられる。(表 4)

(3) 炭素貯留機能

堆積物深部への貯留, つまり炭素貯留機能は $625.4(\text{tonC/year})$ 向上した。堆積物深部への貯留の増加は, サンゴの骨格の死亡の増加により CaCO_3 が増加し, CaCO_3 の堆積物深部への貯留が増加したことが主要因であると考えられる。(表 4)

4. 結論

本研究の結果から, 以下の 3 つが明らかになった。

- (1) 水温上昇により, 炭素吸収機能, 炭素貯留機能は向上し, 炭素固定機能は低下する。
- (2) 炭素固定機能の向上の主要因は pCO_2 の減少, 炭素固定機能の低下の主要因は CaCO_3 の溶解の促進, 炭素貯留機能の向上の主要因はサンゴの骨格の死亡の増加である。

(3) 炭素固定機能, 炭素貯留機能は特にサンゴの生理生態に支配されるところが大きい。

なお, サンゴの生理生態やモデル化については, 未知見が不十分であり, 今後改善が必要である。

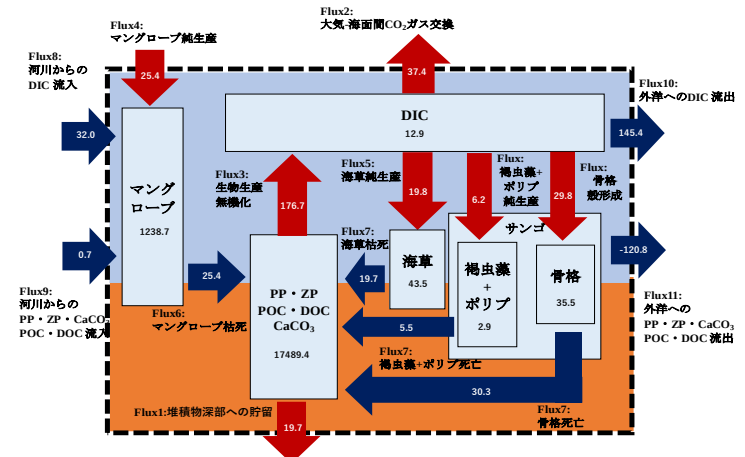


図 2 現代(2006 年)における炭素循環

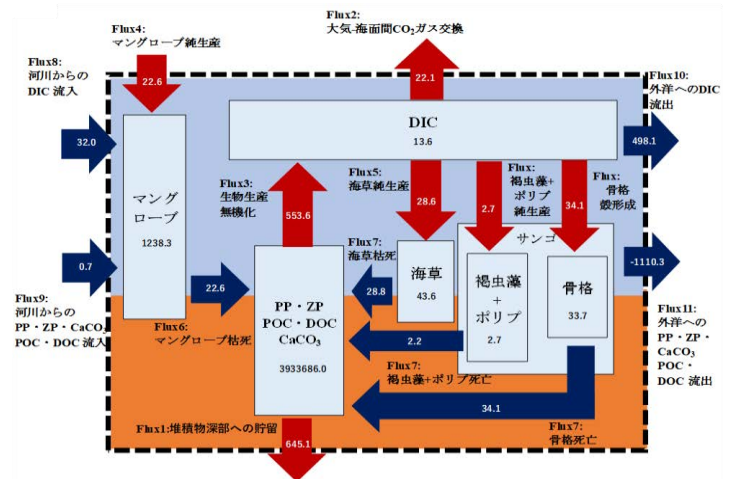


図 3 2100 年における炭素循環

(→各要素間の作用(tonC/year), □生態系の各要素(tonC))

表 4 各要素間作用の主要部分の比較(tonC/year)

		2006年	2100年	増減
炭素吸収機能	大気海洋間 CO_2 ガス放出	37.36	22.11	-15.25
	マングローブ光合成	28.99	25.76	-3.23
炭素固定機能	海草光合成	33.14	45.11	11.96
	褐虫藻光合成	15.30	13.92	-1.38
炭素貯留機能	CaCO_3 溶解	71.81	214.51	142.70
	CaCO_3 堆積物深部への貯留	2.69	625.11	622.42

参考文献

- 1) IPCC: Climate change 2013: The Physical Science Basis p1031.
- 2) 相馬明郎, 小西彌人, 戸田慎治, 名倉亮太, 渡木尚, 茂木博臣, 桑江朝比, 2020. マングローブ・海草複合生態系による気候変動緩和のメカニズムへ数理モデル解析〜土木学会論文集 B2(海岸工学), VOL. 76, No. 2
- 3) Jagtap, T. G., & Nagle, V. L. (2007). Response and adaptability of mangrove habitats from the Indian subcontinent to changing climate. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 36(4), 328-334.
- 4) Borum, J., O. Pedersen, and T.M. Greve. 2004. The potential role of plant oxygen and sulphide dynamics in die-off events of the tropical seagrass, *Thalassia testudinum*. *Journal of Ecology* 93: 148-158.
- 5) Shinn, E.A.: Coral growth-rate, an environmental indicator. *J. Paleont.* 40, 233-240 (1966)