

第II部門

数理モデルを用いた海草生態系による気候変動緩和とそのメカニズム解明の試み

大阪市立大学工学部

学生員 ○戸田 慎治

大阪市立大学大学院工学研究科

正会員 相馬 明郎

1. 背景と目的

海洋が気候変動を緩和する機能（気候変動緩和能）を有することはこれまでも知られていた。そうした中、近年、マングローブ、塩性湿地、海草場といった沿岸顕花植生域は、特に大きな気候変動緩和能を有する可能性が示された¹⁾。中でも、海草生態系は熱帯から亜寒帯と分布域が広大であり¹⁾、海草生態系が持つ気候変動緩和能を理解することは重要である。海草生態系の気候変動緩和能については、これまでもいくつかの研究がなされてきたが、その多くは観測に基づく炭素貯留量や炭素貯留速度の評価である。本研究では、Sohma et al²⁾の定義に従い、気候変動緩和能を、(1)海洋が大気から二酸化炭素を吸収する炭素吸収機能、(2)生物が生物体に炭素を隔離する炭素隔離機能、(3)土壤に炭素が貯留される炭素貯留機能の3つに区分し、これら3機能を、生物・化学・物理過程の絡み合いを表現した海草生態系モデルを用いて評価し、海草生態系の気候変動緩和能のメカニズム解明に資することを目的とする。

2. 研究方法

本研究では、西表島ユツンを対象に海草生態系モデルを適用し、海草生態系の持つ炭素吸収・隔離・貯留機能の評価した。本研究の実施フローを図1に示す。

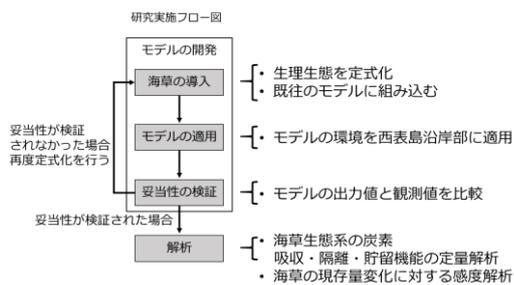


図1 本研究の実施フロー

海草の生理生態に際しては、光合成、枯死、呼吸など、炭素吸収・隔離・貯留機能に関して重要と考えられる過程を定式化し、既往の底生系—浮遊系結合モデルEMAGIN-BC²⁾に組み込み、海草生態系モデルを構築した。その後、構築したモデルを西表島ユツンに適用し、

モデル計算値と観測値・実験値の比較から、モデルの妥当性を検証した。妥当性が検証されたモデルを用いて、海草生態系の炭素吸収・隔離・貯留機能を定量的に明らかにした。さらに、海草の存在しない生態系での炭素循環と海草の存在する生態系の炭素循環を比較し、海草による、生態系の炭素吸収・隔離・貯留機能への影響を評価した。

3. 海草の生理生態の定式化

海草の生理生態は、(1)光合成、(2)細胞外分泌、(3)呼吸、(4)枯死を表現し、それぞれを以下のように定式化した。式中の各変数の定義を表1に示す。

$$Dsg1 = P_{max} * F_{sg}(T) * G_{sg}(N,P) * H_{sg}(L) \quad (1)$$

$$Dsg2 = -Dsg1 * Rsg12 \quad (2)$$

$$Dsg3 = -\{Ksg1 * F_{sg}(T) + Ksg2 * Dsg1\} \quad (3)$$

$$Dsg4 = -J_{sg}(T) * Dmax \quad (4)$$

表1 変数表

変数	定義	変数	定義
Dsg1	光合成量	Dsg3	呼吸量
Pmax	最大光合成速度	Ksg1	暗呼吸定数
Fsg(T)	温度制限	Ksg2	明呼吸定数
Gsg(N,P)	栄養塩制限	Dsg4	枯死量
Hsg(L)	光制限	Jsg(T)	温度制限
Dsg2	細胞外分泌量	Dmax	0°C時最大枯死速度
Rsg12	光合成細胞外分泌比	-	-

海草生態系モデルで表現される生態系ダイアグラムの概略を図2に示す。

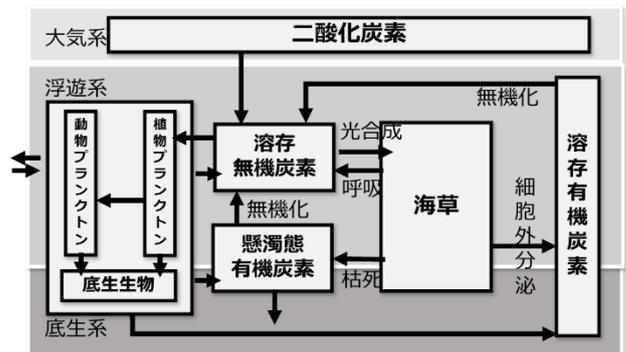


図2 海草生態系ダイアグラム

4. モデルの適用

境界値（気象条件，潮汐，湾口水質境界値），初期値は，沖縄県西表島ユツンにおける観測値を元に作成し，観測値のない項目については，八重山諸島周辺並びに亜熱帯地域の観測値を用いて作成した．境界値は1年周期を持つ関数で設定し，1年周期で元の値に戻る年周期定常状態になるまで計算を実施した．

5. モデルの検証

モデルの検証は，観測値と計算値の比較により行い，検証項目は，観測値の存在するすべてのモデル変数に対して行った．表2に，海草生態系の炭素吸収・隔離・貯留機能にとって特に重要と考えられる，(1)大気海洋間二酸化炭素ガス交換量，(2)海草の純生産量，(3)海草の年間枯死量，(4)堆積有機物量についての計算値と観測値の比較を示す．比較の結果，モデル計算値は観測値に対し，概ね妥当な値を示した．

表2 海草生態系モデルの計算値と観測値の比較

大気海洋間二酸化炭素ガス交換 [mmol-C/m ² /hour]	観測値	0.22~0.65
	Tokoro et al., 2014	計算値
海草純生産量 [μgC/cm ² /hour]	観測値	0.88~12.3
	Chiu et al., 2013	計算値
海草年間枯死量 [mgC/cm ² /year]	観測値	73.5~152.9
	Stapel et al., 2001	計算値
堆積有機物量 [mgC/cm ³]	観測値	3.7~6.4
	Tanaya et al., 2018	計算値

6. 海草の炭素吸収・隔離・貯留機能の評価

検証したモデルを用い，海草生態系の炭素循環を解析し，海草生態系が持つ炭素吸収・隔離・貯留機能の評価した．また，海草の生理生態が，炭素吸収・隔離・貯留機能に及ぼす影響を評価するため，海草の生物量をゼロにした感度解析（海草なしケース）を行い，海草が存在する場合（海草ありケース）の計算結果と比較した．なお，この比較は，両ケース共，年周期で元に戻る年周期定常状態に達した結果で行った．図3に海草が存在する生態系と，海草の存在しない生態系の炭素循環図を示す．海草生態系（海草ありケース）における炭素吸収量，炭素隔離量，炭素貯留量を見ると，炭素吸収量は1.18[mgC/cm²/year]の放出，炭素隔離量は160.1[mgC/cm²/year]，炭素貯留量は0.53[mgC/cm²/year]であった．次に，海草なしケースと海草ありケースの比較を見てみると，炭素吸収機能では，海草なしケースでは，海洋から大気に炭素を2.58[mgC/cm²/year]放出していたの

に対し，海草ありケースでは放出量が1.18[mgC/cm²/year]に減少していたものの，炭素を大気に放出している状態であることに，変わりはなかった．しかしながら，海草生態系には，隣接する領域から，溶存無機炭素を93.8[mgC/cm²/year]流入しており，外部海域から炭素を吸収していた．炭素隔離機能を見ると，海草なしケースでは，海草による炭素の隔離量が0.0[mgC/cm²/year]であるのに対し，海草ありケースでは160.1[mgC/cm²/year]であった．この値は，炭素循環の中でも極めて高いもので，生態系内の炭素循環を支配していることがわかった．さらに，炭素貯留機能を見ると，海草なしケースでは，炭素の貯留量が0.16[mgC/cm²/year]であるのに対し，海草ありケースでは0.53[mgC/cm²/year]と増加していた．また，海草ありケースでは，海草なしケースに比べて，底生生物が多く存在し，それに伴い，貝殻（炭酸カルシウム量）が増加し，炭酸カルシウムの貯留量も0.03[mgC/cm²/year]から0.06[mgC/cm²/year]に増加していた．

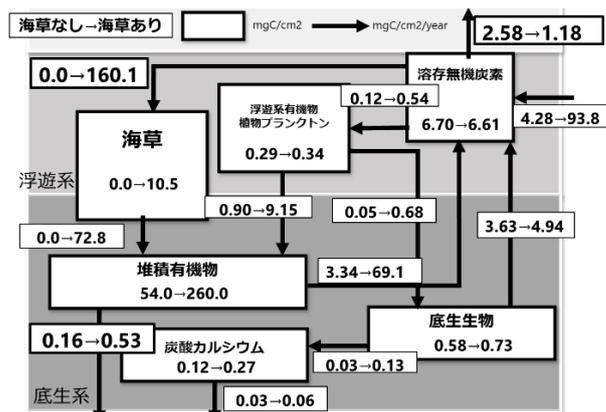


図3 生態系の炭素循環図

7. 結論

海草生態系モデルを西表島ユツンに適用し，海草生態系の炭素吸収・隔離・貯留機能の評価した．その結果，海草は，海草は大気にCO₂を放出しているものの，隣接している領域から移流・拡散により炭素を吸収し，隔離，貯留をしていることが明らかとなった．また，海草の生理生態が，生態系の炭素隔離・貯留機能を向上させることが示された．

参考文献

- 1)Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, C.M., Valdes, L., DeYoung, C., Fonseca, L., Grimsditch, G. (Ed.), 2009. Blue Carbon: The role of healthy oceans in binding carbon. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal. 1-78
- 2)Sohma, A., Shibuki, H., Nakajima, H., Kubo, A., Kuwae, T., 2018. Modeling a coastal ecosystem to estimate climate change mitigation and a model demonstration in Tokyo Bay. Ecological Modeling. 384. 261-289