

第Ⅶ部門

マングローブ生態系プロトタイプモデルによる炭素吸収・貯留・隔離機能の推定

大阪市立大学工学部

学生員 ○小西 颯人

大阪市立大学大学院工学研究科

正会員 相馬 明郎

1. はじめに

IPCCの第5次報告によれば、今世紀末に、世界平均地上気温は最大4.8度上昇すると予測され、気候変動の緩和は喫緊の課題である¹⁾。気候変動の緩和機能の1つに、海洋の持つ気候変動の緩和機能がある。この機能は、(i)海洋が大気中CO₂を吸収する機能(吸収機能)、(ii)生物体が炭素を固定する機能(貯留機能)、そして、(iii)土壌への炭素を埋没する機能(隔離機能)に区分される。これら機能に関して、UNEP(2009)は、沿岸生態系(マングローブ・塩性湿地・海草場など)は大きな機能を有し、特にマングローブは極めて高い、炭素の吸収・貯留・隔離機能を有する可能性を提唱した²⁾。

ここで、本研究では、マングローブ生態系における炭素の吸収・貯留・隔離機能を、それぞれ(a)-(f)で定義する。

・炭素吸収機能

- (a) 大気-海洋間のCO₂ガス交換で、浮遊系に炭素を吸収する機能
- (b) マングローブが光合成により、直接、大気CO₂を吸収する機能

・炭素貯留機能

- (c) 浮遊系に吸収された炭素を植物プランクトンが光合成で固定・貯留する機能
- (d) 栄養段階の促進に伴い、より多くの生物体へ炭素を貯留する機能
- (e) マングローブが大気の炭素を光合成で吸収し、生物体として炭素を貯留する機能

・炭素隔離機能

- (f) 底生系デトリタスとなった炭素が、堆積物深部へと隔離されていく機能

上で定義した炭素吸収・貯留・隔離機能に関する、炭素のストックやフラックス(図1参照)の一部は、

現地調査で測定されている。しかしながら、現地調査のみでは、(1)限定的な地点・時刻の情報しか得られない、(2)各ストック量、フラックス量は測定されるが、その増減を決めている主要因の把握は容易でない、(3)マングローブ生態系の構成要素や外部環境が変動した場合、その変動に応じて変化するストック、フラックスの要素や量の予測は困難である、などの課題がある。一方、プロセスベースの数理生態系モデルは、(1)-(3)の課題を解決する利点がある。

こうした背景のもと、本研究では、(a)-(f)の炭素吸収・貯留・隔離機能を解析し、(1)-(3)の課題を解決可能なマングローブ生態系プロトタイプモデルを開発した。また、本モデルを、沖縄県石垣島の沿岸域に適用し、炭素循環および炭素吸収・貯留・隔離機能を試算した。

2. マングローブ生態系の数理モデル化

マングローブ生態系プロトタイプモデルは、(a)-(f)の炭素吸収・貯留・隔離機能の動態を機構的に表現できるように、モデル化を行った。図1に本モデルの概略図を示す。

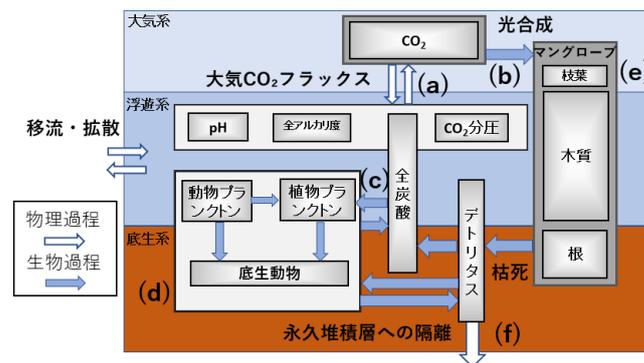


図1 マングローブ生態系プロトタイプモデルの概略図
(ボックスは炭素循環におけるストック、矢印は炭素のフラックスを示す。)

本モデルの特徴を次に示す。

- マングローブが大気中の炭素を光合成で吸収し、生物体として炭素を貯留する機能を解析できるよう、マングローブの生物代謝（光合成、死亡など）を表現した。
- 栄養段階の促進に伴う炭素貯留機能を解析できるよう、植物プランクトン、動物プランクトン、底生動物の生物代謝や食物連鎖を表現した。
- 大気-海面境界を通じた CO_2 ガス交換量を決定する CO_2 分圧を解析できるよう、炭酸化学理論を導入した。
- 水中や堆積物表層に貯留された炭素が、堆積物深部へと隔離される一連の過程を解析できるよう、浮遊系-底生系を結合し、かつ、堆積物の続成過程を表現した。
- マングローブの沖合境界での炭素の輸送を表現できるよう流動モデルとカップリングした。

3. モデルの適応

開発したプロトタイプモデルは、沖縄県石垣島沿岸域に適応し、近年の季節変化を再現することを目指した。入力データは、石垣島の観測データをもとに、沖合境界値、マングローブの光合成速度、N/Cなどのパラメーター、埋没速度、空隙率などを設定した。一部のパラメーターの値は、石垣島での観測値が不足しているため、他の亜熱帯地域におけるマングローブ生態系の観測値をもとに設定を行った。

4. モデルの検証

マングローブ生態系の炭素吸収・貯留・隔離機能に関して重要と考えられる、(1)大気-海洋間で CO_2 ガス交換量、(2)マングローブの純生産量、(3)マングローブの枯死量、(4)炭素隔離量、(5)マングローブ生物体の炭素貯留量について、計算結果と、観測値を比較することで、プロトタイプモデルの検証を行った。検証の結果、計算値は観測値を概ね再現しており、モデルの妥当性が示された。しかしながら、浮遊系の植物プランクトンや DIC(全炭酸)、底生系の有機物量など、多くのストックについては観測データの不足などから未検証であり、今後、観測データが整うに伴い、更なる検証が必要である。

4. モデルによる炭素循環の試算

プロトタイプモデルを利用し、マングローブ生態

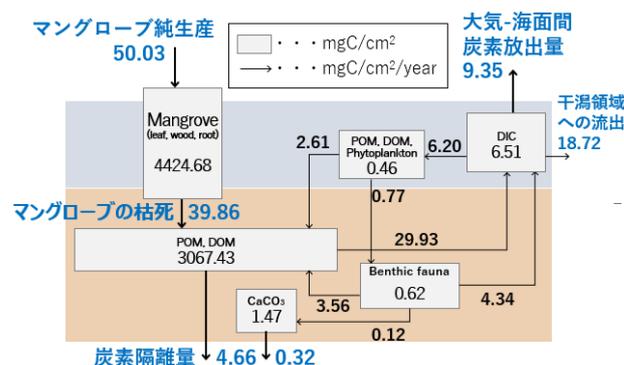


図3 プロトタイプモデルから試算されたマングローブ生態系の炭素循環

系の大気-水-堆積物に渡る炭素動態の全体像と、炭素吸収・貯留・隔離機能に支配的な要素を試算した。

図3にプロトタイプモデルから算出されたマングローブ生態系の炭素循環（年平均値）を示す。

プロトタイプモデルから推察されたマングローブ生態系の炭素貯留・隔離機能の特徴を以下に示す。

- マングローブ純生産量は、大気-海面間の炭素放出量より大きく、大気から正味 40.68[mgC/cm²/year] の炭素を吸収し、貯留していた。
- 上記結果は、面積では地球の 0.003%²⁾に満たないマングローブは、1年間の化石燃料の消費で放出される炭素量の内、約1%を吸収することを示す。
- 底生系に貯留する POM(懸濁態有機物)の多くは、マングローブの枯死により供給されており、したがって、炭素隔離機能は、マングローブの枯死量に大きく支配されることが推察された。

5. おわりに

本研究の結果、本プロトタイプモデルは、マングローブ生態系の炭素循環の概観を概ね再現している可能性が高いこと、ならびに、マングローブ生態系での炭素吸収・貯留・隔離機能は、マングローブの生物代謝（光合成、枯死）が、他の要素に比べ支配的であること、を示すものである。一方、モデルの適用・検証の際に必要な観測データの不足状況に鑑みれば、本研究の計算結果は多くの不確実性を含む。今後、さらなる観測データの収集と、それに伴うモデル改良が必要である。

<参考文献>

- 1) IPCC (2013) : Climate Change 2013, The Physical Science Basis.
- 2) UNEP (2009): Blue Carbon. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Program, GRID-Arendal, ISBN:978-82-7701-060-1.