

修 士 論 文 要 旨

論文題目 海洋生態系による二酸化炭素吸収量の
数値的評価手法に関する研究

氏 名 吉 本 治 樹

1. 背景・目的

海洋生態系による二酸化炭素吸収を促すための対策を行う場合、その対策によって期待される二酸化炭素吸収量を評価しておく必要がある。二酸化炭素吸収量のように観測の困難な現象を評価する際、生態系モデルを用いた数値シミュレーションは有効な評価手法の1つであると考えられている。しかし、二酸化炭素吸収量の数値的評価には有機物分解に関する詳細な知見、正確な物理場の再現や膨大な計算機容量が必要であり、二酸化炭素吸収量評価に焦点を当てた生態系モデルは前例がほとんどない。そこで本研究では、二酸化炭素吸収効果の期待される対策の二酸化炭素吸収量を数値シミュレーションにて評価する一連の手法を提示することに重点を置くこととし、人工海底山脈の設置を例にとって実際に二酸化炭素吸収量を評価する。以下に示す3つの目的を設定した。

- まず、有機物の分解過程に重点を置く、二酸化炭素吸収量の評価を目的とした生態系モデルを構築し、過去の実験データよりパラメータフィッティングを行う。そして、実海域での観測データを用いて本研究で構築した生態系モデルの再現性について検討する。同時に、従来まで広く用いられてきた生態系モデルとの比較計算や感度解析を行い、構築した生態系モデルの特徴を明らかにする。
- 構築した生態系モデルを物理モデルと組み合わせ物理生物相互モデルを構築し、人工海底山脈の設置された実海域の再現シミュレーションを行う。
- 海洋生態系の長期的な二酸化炭素吸収量を評価するため、物理生物相互モデルによる計算結果を反映しうる鉛直1次元モデルを構築し、両モデルの接合手法を示す。そして、人工海底山脈の最終的な二酸化炭素吸収量を評価する。

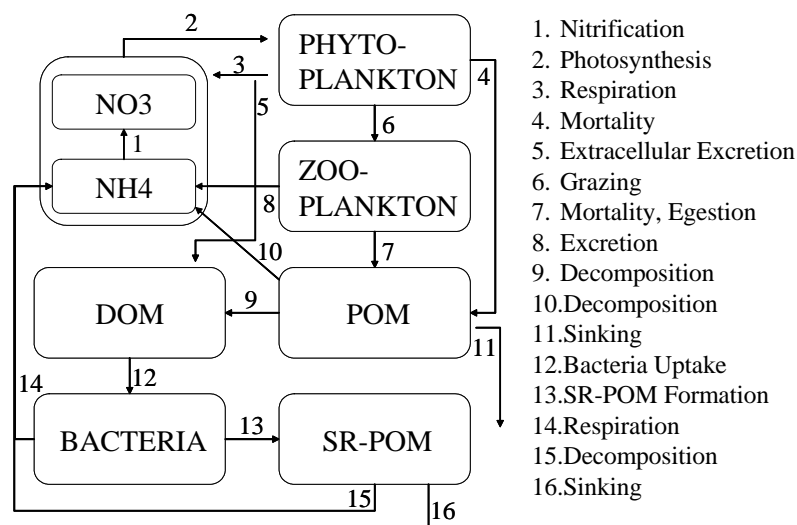


図 1 生態系モデルの概念図

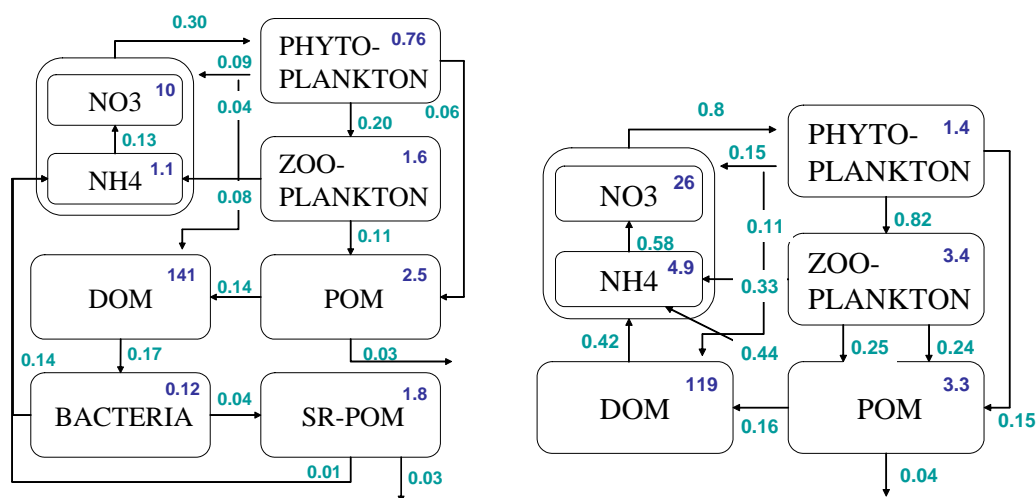


図2 表層での物質循環 (変数量:ugN/L フラックス ugN/L/day)

2. 生態系モデルの構築・検証

本研究で構築した生態系モデルは、植物プランクトンを起点として低次生態系を経る物質循環を元に構成されている (図 1)。また、各状態変数は窒素量と炭素量を独立に持ち、炭素窒素比が物質循環に反映されるよう定式化されている。さらに、懸濁態有機物については長期的な二酸化炭素吸収量を評価できるように、「分解されやすい有機物(POM)」と「分解されにくい有機物(SR-POM)」との2種類に分け、短期的な物質循環と長期的な物質循環を計算できるようにされている。二酸化炭素吸収量については、無機炭素濃度が表層で大気とバランスするようになっているため、水塊に含まれる総炭素量を追う事で計算される。このモデルに過去の実験データを用いてパラメータフィッティングを行った。

次に、代表的な海洋生態系モデルの1つである KKYS モデルと同一条件の下で計算を走らせ、両モデルの再現性を比較する。初期値プロファイルとして与えるのは、本研究で計算対象海域としており人工海底山脈の設置されている長崎県生月島沖での観測値である。表層での両モデルの物質循環を (図 2) に示す。両モデルの物質循環の特徴的な違いは、物質循環の大きさが本研究のモデルよりも KKYS モデルの方が大きくなっている事であるが、観測値と比べると本研究のモデルの方がいずれの状態変数についても再現性が高い。

モデルの感度解析においては、物質循環の大きさを決定する光合成速度と、物質循環の時間スケールを決定する有機物分解速度が、二酸化炭素吸収量に比較的大きな影響を与えることがわかった。

3. 短期モデルによる物理場・生態系のシミュレーション

まず、生態系モデルと物理モデルを組み合わせて物理生物相互モデルを構築し、計算対象海域の再現シミュレーションを行った。計算領域は人工海底山脈の影響がほぼ収束すると考え 55km 四方とし 50×50 グリッド、鉛直方向は水深 110m までの 15 層、物理生物に関する初期条件は観測値を元に加え、物理的境界条件として潮汐を与えた。また、人工海底山脈は計算スケールに比べて微小なため、その拡散効果を流速データより算出された鉛直拡散係数に反映する事で再現した。

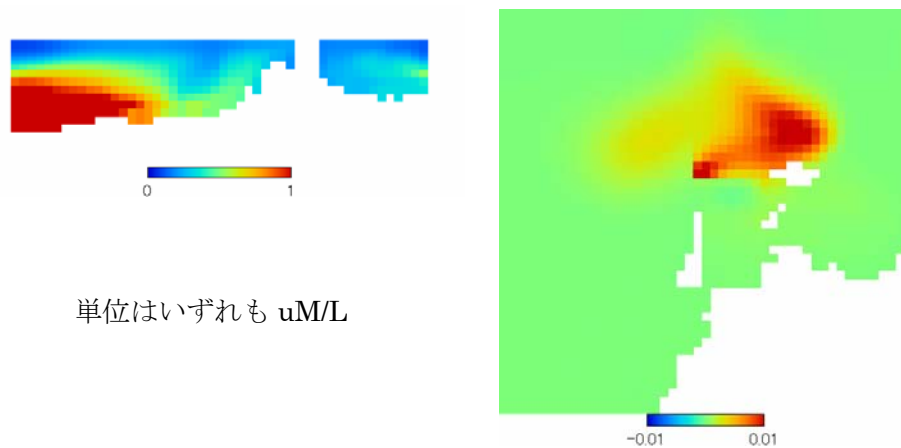


図3 NO₃のxz面分布(左)と人工湧昇流によって巻き上げられたNO₃(右)

計算の結果、物理場を高い精度で再現でき、生物場に関しても妥当な値であることがわかった。また、鉛直拡散係数による人工海底山脈の再現性についても妥当な結果が得られている(図3)。さらに、人工海底山脈による攪拌が有光層での水温を低下させ、結果的に一次生産を低下させる可能性が示唆された。

4. 長期モデルによる炭素収支の評価

最後に、物理生物モデルと鉛直1次元モデルを接合し人工海底山脈による長期的な二酸化炭素吸収量を求める。両モデルの接合の際、1 長期モデルの空間の定義の仕方、2 短期モデルの状態の受け渡し方、の2点が大きな問題となる。そこで本研究ではまず長期モデルの表す空間を短期モデルと同一とした。そして、短期モデルによって計算された物理場に関する情報を、全計算領域の濃度とフラックスから計算される代表鉛直拡散係数で、生物場に関する情報を各状態変数の全体平均値で受け渡す事とした。

計算の結果、短期モデルでは人工海底山脈による二酸化炭素放出量が980tCでほぼ定常に達したが、長期モデルでの計算を行うことでほぼ影響がないと考えられる20tCにまで下がった(図4)。長期モデルは短期モデルではほとんど計算されていなかった分解されにくい有機物による物質循環がバランスするため、短期モデルによって計算された二酸化炭素収支を小さくする事がわかっており、今回の計算結果は妥当であると考えた。

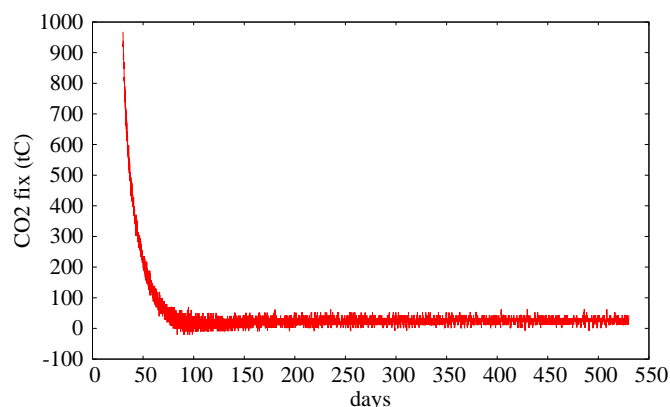


図 4 人工海底山脈による二酸化炭素収支の時系列

また、短期モデルと長期モデルの二酸化炭素収支がほぼつりあった理由として、短期モデルでの現象が小さすぎるという事と、短期的な物質循環の大きさと長期的な物質循環の大きさが同等であったという事が考えられる。

5. まとめ・課題

- ・本研究で構築した生態系モデルは、実海域の状況を概ね再現できることが明らかになった。しかし、本研究の生態系モデルは限られた目的のために構築されたモデルであり過去の知見が乏しく、依然その信頼性、汎用性は低いものである。さらに観測値による検証も出来ないため、今後の研究によるさらなる知見の積み重ねが重要である。

- ・二酸化炭素収支を評価できない従来モデルと比較し、本研究の生態系モデルの再現性の高さを証明した。有機物分解過程を詳細に扱っているために再現性が向上したためと考えられる。

- ・物理生物相互モデルは高い精度で物理場を再現し、生物場に関しても概ね再現することが出来た。しかし、観測値が限られており十分な検証を行うには至っておらず、より多くの観測が求められる。

- ・人工海底山脈を鉛直拡散係数として扱い、定性的に信頼の出来る結果を得た。しかし、考慮できる範囲が短期モデルで計算できる範囲にとどまってしまうため、より正確に再現するためには人工海底山脈や数値計算に対するより詳細な知見を得る必要がある。

- ・短期モデルから得られる鉛直拡散係数と各コンパートメントの初期値を用いた鉛直一次元の長期炭素収支評価モデルを構築し、妥当な計算結果を得ることが出来た。また、ここまで二酸化炭素吸収量の評価を行う一連の手法・理論を構築し、提示することが出来た。しかし、理論は非常に煩雑であり空間スケールによる制約もともなう。