

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

56763

吉本 治樹

背景・目的

背景・目的

背景

目的

生態系モデル

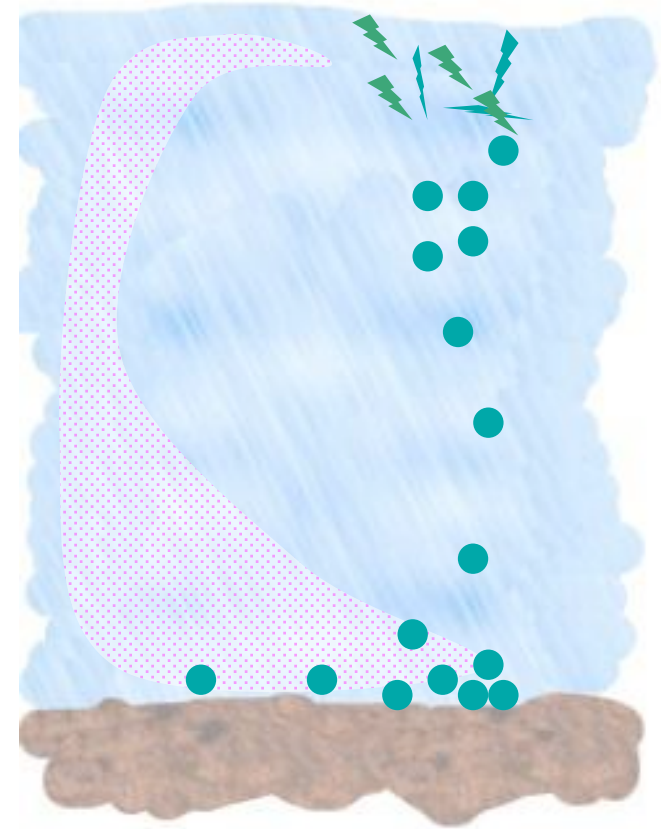
短期モデル

長期モデル

結言

▶ 海洋生態系による炭素循環の仕組み

1. 海洋表層で、[栄養塩](#)と[二酸化炭素](#)を用いた光合成が起こる。
2. 植物プランクトンが摂食，枯死を経て[懸濁態有機物](#)となる。
3. 懸濁態有機物が[沈降](#)する。
4. 懸濁態有機物が分解し，[栄養塩](#)となる。
5. 栄養塩が表層まで戻り，新たな[光合成](#)を促す。



背景・目的

背景・目的

背景

目的

生態系モデル

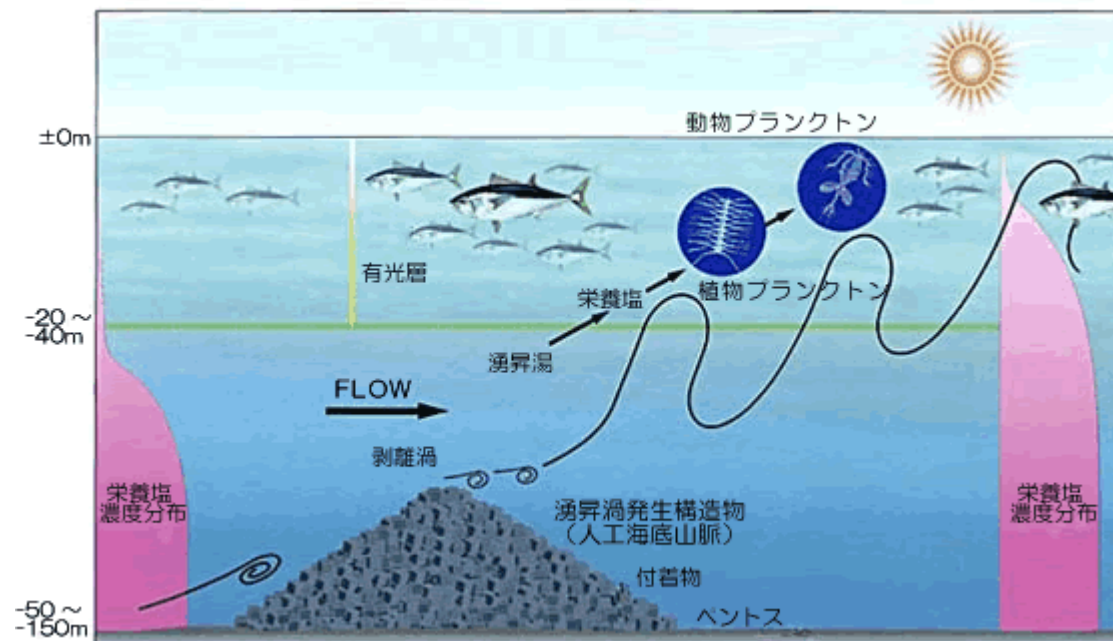
短期モデル

長期モデル

結言

▶ 人工海底山脈

人工海底山脈とは、底層付近の高い栄養塩を含む海水を攪拌によって表層へと供給し、基礎生産の増加を狙うものである。



背景・目的

背景・目的

背景

目的

生態系モデル

短期モデル

長期モデル

結言

▶ 二酸化炭素吸収量を評価する

- 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、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.
- 数値シミュレーションによる二酸化炭素吸収量の評価の、全球規模による研究は行われているものの、海洋の局所的な変化による二酸化炭素吸収量の変化についての研究はほとんどない.
- また、二酸化炭素吸収量を評価するためにはまだ研究途上である有機物分解に関する詳細な知見が必要であり、モデルの定式化が困難である.

背景・目的

背景・目的

背景

目的

生態系モデル

短期モデル

長期モデル

結言

▶ 本研究の目的

• 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評価するモデルを構築し、[人工海底山脈](#)に適応してその有効性を検討する。

1. 有機物の分解過程に重点を置く、[生態系モデルを構築](#)し感度解析、パラメータの決定、従来モデルとの比較を行いモデルの検証を行う。

2. 物理生物相互モデルを構築し、本研究計算対象海域の[再現シミュレーション](#)を行う。

3. 長期的な二酸化炭素吸収量を評価するため、鉛直1次元モデルでの[長期計算](#)を行い、二酸化炭素吸収量を評価する。

生態系モデル

背景・目的

生態系モデル

新モデル

モデルの解析

比較計算

短期モデル

長期モデル

結言

▶ 短期的な循環と長期的な循環

海洋生態系の物質循環は、時間スケールによって2種類に分けて考える。

- 分解されやすい有機物に支配される物質循環
- 分解されにくい有機物に支配される物質循環

生物ポンプに大きく関わるため、二酸化炭素吸収量を評価するには有機物を2種類に分けて扱う。

生態系モデル

背景・目的

生態系モデル

新モデル

モデルの解析

比較計算

短期モデル

長期モデル

結言

▶ 新しい生態系モデルの特徴

- 分解されやすい有機物 (POM)と、分解されにくい有機物 (SR-POM)が存在し、分解過程に**バクテリア**が関わる。
- 各有機物の**炭素／窒素比**を考慮することによって、炭素循環と窒素循環の双方を解く。
- 溶存無機炭素 (DIC) のコンパートメントを導入し、海表面グリッドでのDIC濃度変化を補償するように大気からの炭素フラックスを計算する。

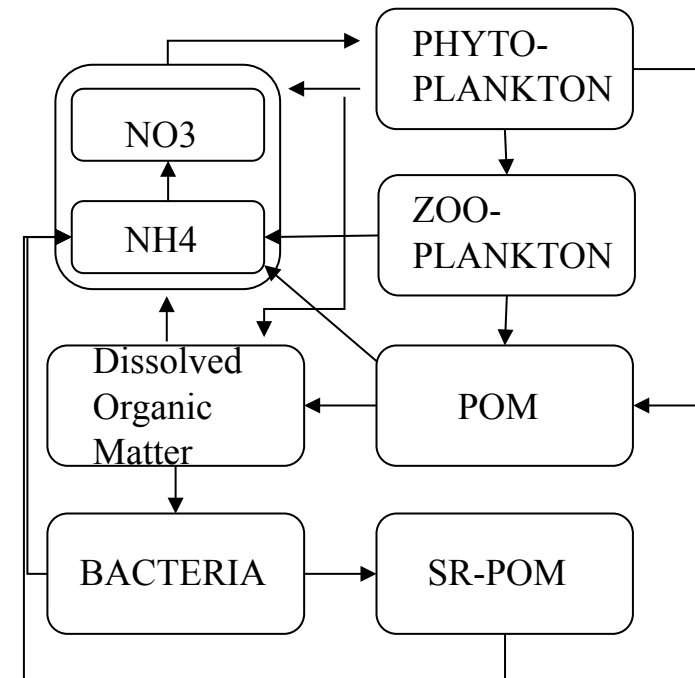


図1. 生態系モデル概念図

生態系モデル

背景・目的

生態系モデル

新モデル

モデルの解析

比較計算

短期モデル

長期モデル

結言

▶ 感度解析・チューニング

- [感度解析](#)を行うことにより、本研究のモデルをチューニングするにあたり、光合成速度とPOM分解速度が重要であることがわかった。

表1. 各パラメータの水中平均のC/N比に対する感度解析

| パラメータ変化 | 25% | 50% | default | 200% | 400% |
|---------|-------|------|---------|------|------|
| 光合成速度 | 2.7 | 1.5 | 1 | 1.8 | 2.8 |
| POM分解速度 | 2.3 | 1.2 | 1 | 0.83 | 0.33 |
| POM沈降速度 | 0.083 | 0.25 | 1 | 1.5 | 2 |

- 感度解析の結果をふまえ、[実験結果](#)(RITE報告書2004)の培養実験および有機物分解実験よりモデルのチューニングを行った。

生態系モデル

背景・目的

生態系モデル

新モデル

モデルの解析

比較計算

短期モデル

長期モデル

結言

▶ 従来モデルとの比較

従来モデルと本研究のモデルを同じ条件で計算を走らせ、両モデルの再現性を比較する。

表2. 観測値と各モデルの計算結果（鉛直濃度平均）

| | 観測値 | 従来モデル | 新モデル |
|----------|----------|----------|----------|
| 植物プランクトン | 1.5ugN/L | 4.7ugN/L | 2.3ugN/L |
| 溶存態有機物 | 176ugN/L | 127ugN/L | 143ugN/L |
| 硝酸塩(栄養塩) | 1.0uM/L | 5.3uM/L | 3.0uM/L |

・本研究のモデルの方が従来モデルよりも再現性が高くなった。これは、分解過程を詳細に記述した事によるものだとわかった。

短期モデル

背景・目的

生態系モデル

短期モデル

長期モデル

結言

▶ 短期モデルと長期モデル

問題点

二酸化炭素吸収量の評価に必要な期間を3次元的に計算すると、莫大な時間がかかってしまう。

短期モデル

- 物理生物相互モデル
- 地形や成層を考慮した物理場の計算
- 分解されやすい有機物に支配される**短期の物質循環**を扱う。

物理場の情報
生物場の情報

長期モデル

- 鉛直1次元モデル
- 物理場の情報を短期モデルから受け継ぐ
- 分解されにくい有機物に支配される**長期の物質循環**を扱う。

短期モデル

背景・目的

生態系モデル

短期モデル

計算条件

結果・検証

長期モデル

結言

▶ 短期モデル計算条件

計算対象海域 : 人工海底山脈の設置されている長崎県生月島沖, 55km四方

計算時間 : 30日間

初期条件 : 2003年7月の観測値

境界条件 : 潮汐56分潮

人工海底山脈は, 観測より推定された鉛直拡散係数分布(平林2006)を用いて再現した.

バックグラウンド : $10e-3 \text{ m}^2/\text{s}$

人工海底山脈 : $10e-2 \text{ m}^2/\text{s}$

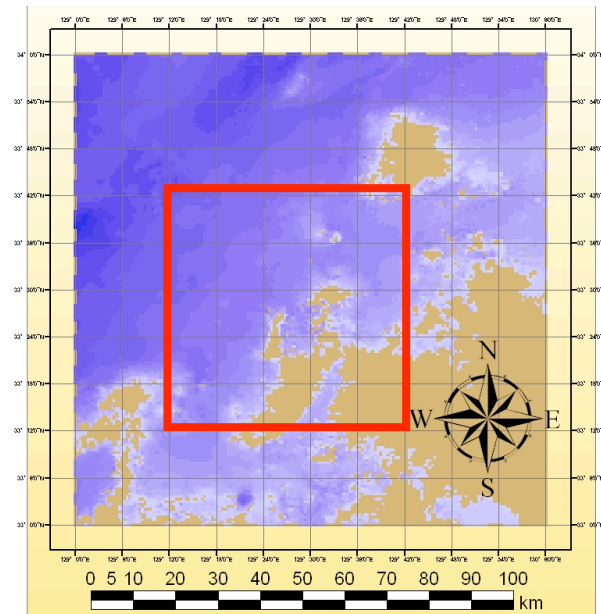


図3. 計算対象海域 (赤四角内)

短期モデル

背景・目的

生態系モデル

短期モデル

計算条件

結果・検証

長期モデル

結言

▶ 計算結果とその検証

物理場は、水面変位などが高い精度で再現されており、生物場についても妥当な値であることがわかった。

図4.図5に人工海底山脈付近の観測値と計算値の比較を示す。

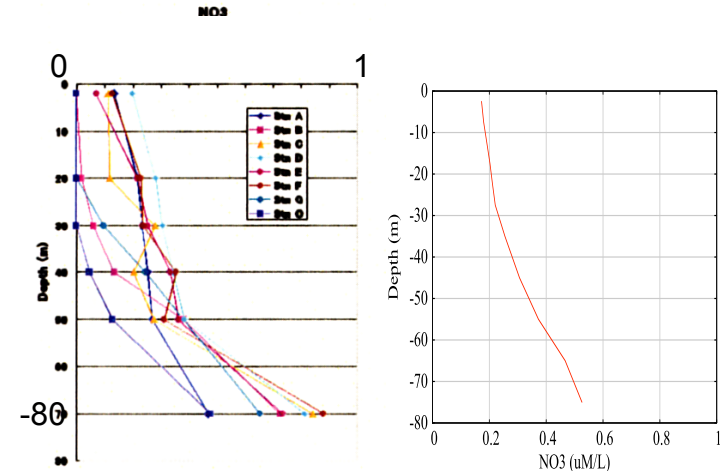


図4. 硝酸塩鉛直分布
(左:観測値 右:計算値)

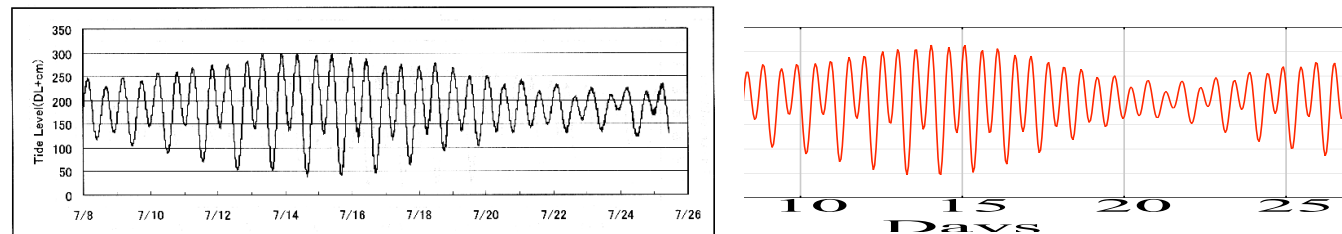


図5. 水面変位時系列 (左:観測値 右:計算値)

短期モデル

背景・目的

生態系モデル

短期モデル

計算条件

結果・検証

長期モデル

結言

▶ 計算結果とその検証

人工海底山脈の効果によって水温の低い下層の海水は水温が上がり, 水温の高い上層は水温が下がった. この結果は予想された結果であり, 定性的に妥当である.

図6. 図7に, 人工海底山脈設置前後の差を取った分布図を示す.

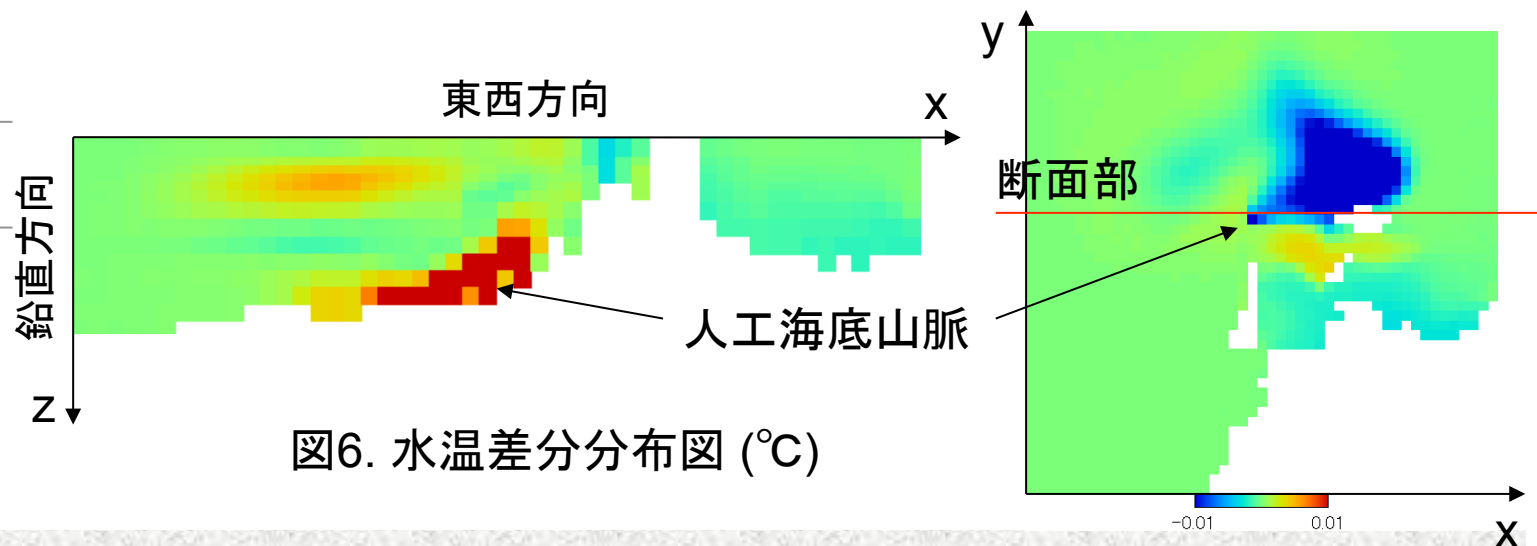


図6. 水温差分分布図 (°C)

長期モデル

背景・目的

生態系モデル

短期モデル

長期モデル

つなげ方

計算結果

解析

結言

▶ 短期モデルから長期モデルへ

短期モデルから長期モデルへ情報を受け渡す際の問題点は、

1. 長期モデルの空間の定義の仕方
2. 切り替えるタイミング
3. 短期モデルの状態の受け渡し方

である。これらの解決策として様々な手法が考えられる。

1. 本研究では長期モデルの表す空間を短期モデルと同一とした。
2. 短期モデルで計算する期間は、短期的な物質循環が定常に達する時間であり、長期モデルで計算する時間は、長期的な物質循環が定常に達する時間である。

長期モデル

背景・目的

生態系モデル

短期モデル

長期モデル

つなげ方

計算結果

解析

結言

▶ 短期モデルから長期モデルへ

3. 短期モデルの情報は物理場、生物場についてあり、それぞれを以下のように受け渡した。

• 物理場の情報

物理場の情報とは、[地形や流れ](#)などを考慮した、鉛直1次元モデルでは再現できない物理的情報である。そこで短期モデルの計算結果より、計算領域全体の[代表鉛直拡散係数](#)を求め、その値を直接長期モデルで用いた。

• 生物場の情報

計算領域全体での各状態変数の[各層の平均値](#)を求め、その値を長期モデルの初期値として与えた。

長期モデル

背景・目的

生態系モデル

短期モデル

長期モデル

つなげ方

計算結果

解析

結言

▶ 計算結果

計算の結果，本研究で対象とした人工海底山脈は，約20tCの二酸化炭素の排出という結果になった．対象海域の一次生産の1万分の1程度の量に当たり，現象の規模の小ささがわかる．

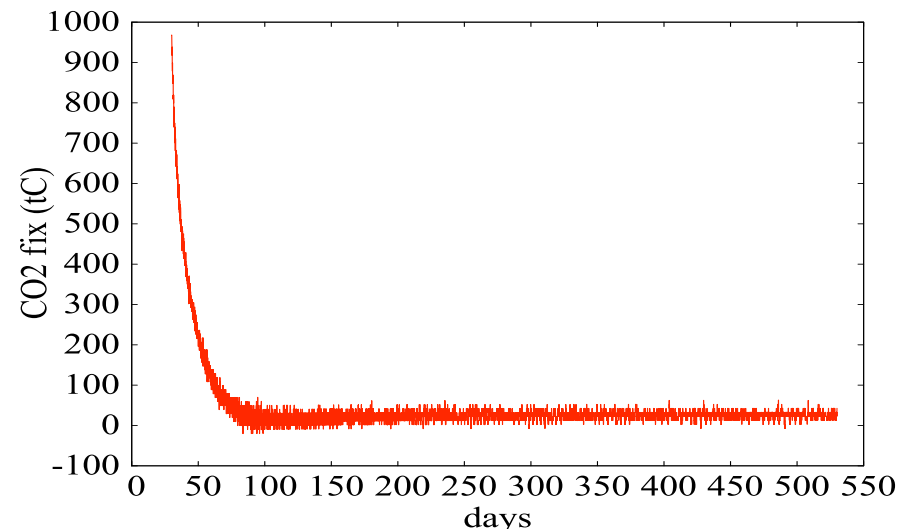


図7. 人工海底山脈による二酸化炭素収支の時系列

長期モデル

背景・目的

生態系モデル

短期モデル

長期モデル

つなげ方

計算結果

解析

結言

▶ 長期の炭素収支の検討

長期モデルを用いて一般的な人工湧昇流による二酸化炭素吸収の時間変動メカニズムを検討した。

上図からは時系列順に、「短期的な循環による一時的な吸収量の変化→有機物の分解による底層のC/N比の変化→長期的なバランス」を読み取ることが出来、下図で状態を確認すると確かに一致している。

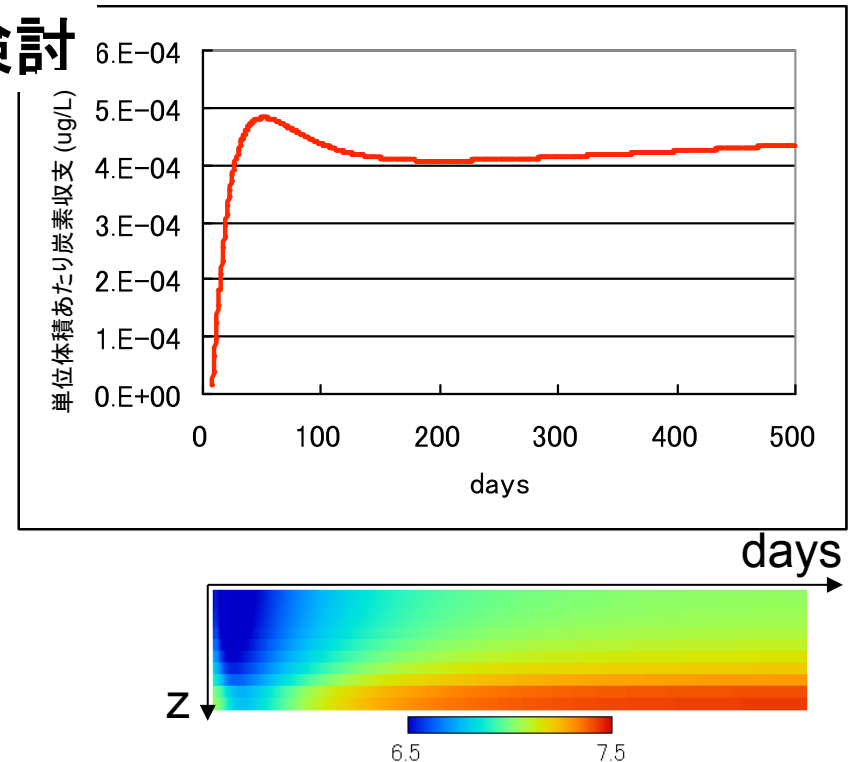


図8. 一般的な人工海底山脈の二酸化炭素吸収量(上)および有機物炭素窒素比鉛直プロファイル(下)

背景・目的

生態系モデル

短期モデル

長期モデル

結言

▶ 結言

- 二酸化炭素吸収量を数値シミュレーションによって評価する一連の手法・理論を構築し、提示することが出来た.
- 有機物の分解過程を詳細にすることで、生態系モデルの精度が向上することが示唆された.
- 物理・生物系統合モデルを実海域に適用し、観測地との比較により再現性を確認した.
- 短期モデルから得られた物理生物場の情報を用いた長期炭素収支評価モデルを構築し、人工湧昇流海域の炭素吸収量の変動について検討した.