

日本沿岸域に分布するアマモ場による二酸化炭素吸収量の試算

Estimation of the Amount of CO₂ Absorption by Eelgrass Bed in Japanese Coastal Areas

学籍番号 47-176765

氏名 藤崎 実玲 (Fujisaki, Mirei)

指導教員 佐々木 淳 教授

1. 研究の背景

近年、地球温暖化の原因である大気中の二酸化炭素濃度は増加をたどり、年々深刻化している。地球規模で様々な地球温暖化対策が行われる中、海洋生態系の生物体、土壌、海水によって海中に隔離・貯留される炭素と定義されるブルーカーボンが新たな気候変動に対する緩和策としてポテンシャルがあると考えられ、注目を浴びている。

ブルーカーボンに関する研究は日本を含む世界各国で進められている。日本国内では伊勢湾のアマモ場を対象に実測調査結果から炭素固定量を推定し、その貨幣価値を算出した研究¹⁾、数値モデルを用いて小豆島のアマモ場の実測調査の結果と比較検証した研究^{2, 3)}などがある。また、ブルーカーボン研究会によって日本沿岸域に分布するブルーカーボン生態系による二酸化炭素吸収量見込み⁴⁾が発表されたが、その見積もりには幅があり、今後の精査が必要と考えられる。

以上より、数値モデルとオープンデータを用いて全国のブルーカーボン生態系の生長・枯死プロセスによるCO₂吸収量を推定した研究はまだみられないことがわかった。

2. 研究の目的

本研究では日本沿岸域全体におけるアマ

モ場による二酸化炭素吸収量を推定する。数値モデルを用いて日本沿岸域全体のアマモ場の生長・枯死過程を再現し、その光合成作用による二酸化炭素吸収量を推定する。また、推定方法の精度を高めるために必要な改善点を分析し、その考察を試みる。

なお、日本沿岸域には様々な藻場が分布するが、その種類別の詳細な分布情報は限られている。しかし、中でもアマモ場の生息域は広く、藻場の全体の中でも多くを占めているため、本研究では日本沿岸域に分布する全ての藻場をアマモ場と仮定し、計算した。さらに、多年生アマモ（栄養繁殖、種子繁殖）のうち、栄養繁殖を対象とする。多年生アマモ（種子繁殖）と一年生アマモ（種子繁殖）は生理・生態学的特性を定量的に示した知見が不足しており、モデル化が困難であるため、今回は対象外とした。

3. 研究手法

まず、今回対象とした藻場それぞれについてオープンデータと既往の数値モデルを用いて生長・枯死過程を推定し、月当たりの生長量と現存量を10年間分(120ヶ月分)算出する。次に、生長量の算出結果から、藻場により海中に隔離された二酸化炭素量を求める。さらに、その中でも長期的に海中に貯留され続ける割合を掛け合わせ、藻

$\begin{aligned} \text{生長量} = & \{ (\text{生長速度}) \\ & - (\text{地上部から地下部への光合成産物の転送速度}) \\ & - (\text{地上部呼吸速度}) \\ & - (\text{地上部枯死速度}) \} \\ & \times (\text{アマモ地上部現存量}) \quad \text{地上部生長量} \\ & + \{ (\text{地上部から地下部への光合成産物の転送速度}) \\ & \times (\text{アマモ地上部現存量}) \\ & - (\text{地下部呼吸速度} + \text{地下部枯死速度}) \\ & \times (\text{アマモ地下部現存量}) \} \quad \text{地下部生長量} \end{aligned}$	$\begin{aligned} \text{地上部現存量} = & (\text{地上部生長量}) \\ & + (\text{前月地上部現存量}) \\ \\ \text{生長速度} = & \text{最大生長率} \\ & \times (\text{光に関する生長制限}) \\ & \times (\text{水温に関する生長制限}) \\ & \times (\text{栄養塩に関する生長制限}) \\ & \times (\text{空間に関する生長制限}) \\ & \times (\text{生活史(年齢)に関する生長制限}) \end{aligned}$
--	--

図 1：モデル概念図

場による二酸化炭素吸収量を推算する。

3-1. 数値モデル概要

凡庸性が高く、季節変動が考慮された数値モデル^{2, 3, 5)}を用いて、藻場の現存量と生長量の推算を行う。モデル概要を図 1 に示す。生長制限項は光、水温、空間、生活史(年齢)で構成されている。各藻場全体の生長量は、地上部・地下部の生長量を各々図 1 の通り算出し、足し合わせることで求める。各藻場地上部現存量は、地上部生長量と前月の現存量から算出する。なお、使用可能なデータが存在しないため、今回は栄養塩による生長制限をないものと仮定した。

3-2. 計算条件とデータ抽出方法

初期条件として、各藻場に平均座標、地上部・地下部現存量、水深を設定した。各藻場面積は、各藻場ポリゴンを構成する座標点のなす面積を算出した。全天日射量の日積算量の月別平年値、透明度、水温はオープンデータを使用し、藻場ごとに下記の方法で抽出し、時々刻々と与えた。

データ抽出のために各藻場を構成する座標点から緯度経度ともに平均座標を算出し、各藻場の代表座標とした。この各藻場の平均座標±任意の値の範囲内でデータを抽出した。データが取得できるまで、最大 20 回抽出範囲を広げる。抽出したデータの月あたりの平均値を算出し、計算に用いた。

3-3. 二酸化炭素吸収量推算方法

上記のデータと数値モデルを用いて計算

した各藻場の生長量から二酸化炭素吸収量を求める。まず、アマモの乾燥重量のうち 35% が平均的な炭素量と推定されている⁶⁾。さらに、その中でも長期的に海中に隔離される割合は 21% とされている⁷⁾。以上より、生長量推算結果に 35% と 21% を掛け合わせ、藻場による二酸化炭素吸収量を推算する。

4. 藻場現存量の計算結果検証・分析

二酸化炭素吸収量の見積もり結果そのものを検証することはできないため、比較的データの蓄積がある地上部現存量について、本研究の計算結果と既往研究の実測値を比較し、計算結果の妥当性を検証する。

4-1. 既往研究との比較・検証

緯度の異なる厚岸湖(北海道)、富津(千葉県)、児ヶ水海岸(鹿児島県)での既往研究の実測調査結果^{8, 9, 10)}と藻場地上部現存量計算結果(10 年目)を図 2 に示す。

まず、厚岸湖、富津における計算結果には、1 年を通して季節変化が小さく、実測調査との差が大きいものとなった。児ヶ水海岸については他の 2 地点と比較すると実測値に近い季節変動が再現された。以上より、本計算結果は全体的に実測値に比べて年間変化量が小さいこと、地点ごとに実測値との差が異なることがわかった。

4-2. 感度分析

次に、光・水温・空間に関するパラメータの感度分析を行った。図 3 に TOPT を 10、

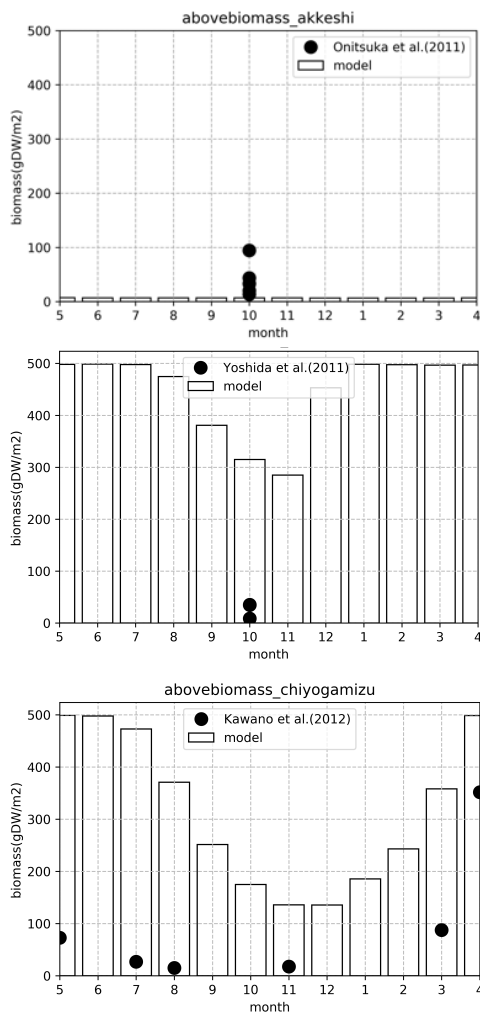


図 2：地上部現存量計算結果と既往研究の比較 (上：厚岸湖⁸⁾，中：富津⁹⁾，下：児ヶ水¹⁰⁾)

15, 20 と設定し，計算した水温に関する生長制限項 $f(T)$ の時系列変化を地点ごとに示す．グラフは左から順に，厚岸湖，富津，児ヶ水海岸である．なお，計算に使用したデータについて，水温，全天日射量の日積算量の月別平年値，透明度はそれぞれ 10 年間の各月平均値を算出し，計算に用いた．なお，図 3 には，各地点の 10 年目の計算結果をグラフに示した．

結果， $f(T)$ は地点ごとの時系列変化が異なることがわかった．そして， $TOPT$ の値を変えると時系列変化と $f(T)$ のとる値が異

なる．また，緯度が低い地点ほど， $TOPT$ が大きい方が一般的なアマモの生活史に近い時系列変化がみられることが読み取れる．他のパラメータについても同様に計算・分析した結果， $TOPT$ が計算結果に与える影響が比較的大きいことがわかった．

4-3. $TOPT$ 設定方法の検討

以上より， $TOPT$ を一律の考え方で設定する必要があると考え，検討する．3 地点の 10 年間各月平均水温を標準的な季節変動と仮定し，その範囲内 90% までを 10% 刻みで $TOPT$ に設定し，地上部現存量を算出する．図 4 より，最小値(min)を $TOPT$ に設定すると年変化が比較的大きくみられる．また，モデルの構造により北に位置するほど年変化が小さいことから，計算結果の精度向上のためにまだ検討が必要と考えられる．

5. 二酸化炭素吸収量の試算結果

二酸化炭素吸収量の試算結果を図 5 に示す．約 $-5600 \sim 120000$ ($tCO_2 \text{ year}^{-1}$) であり，10 年間を通して基本的に吸収傾向であった．

二酸化炭素吸収量について 5 つのパラメータを感度分析した結果(10 年分)を図 6 に示す． KL (光量に関する半飽和定数) を 1090, 2090, 3090, 4090, SL (空間に依存する生長係数) を 5, 10, 15, $SMAX$ (地上部最大現存量) を 300, 500, 700, ST (水温に依存する生長係数) を 3.6, 4.8, 6, $TOPT$ (好適水温) を 10, 15, 20 と設定し，計算した．図 6 より，各パラメータを変えると二酸化炭素吸収量の計算結果に幅があることがわかった．まず， KL のばらつきが比較的大きいことが図より読み取れる．また， $TOPT$, ST , $SMAX$ のばらつきは同程度であることがわかる．さらに，5 つのパラメータの中で

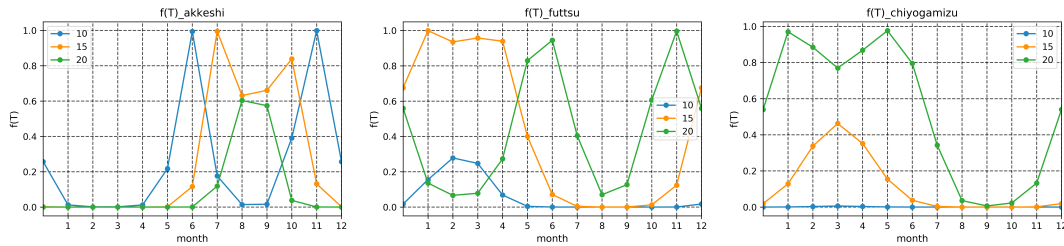


図 3 : パラメータ感度分析 (水温に関する成長制限項の時系列変化)

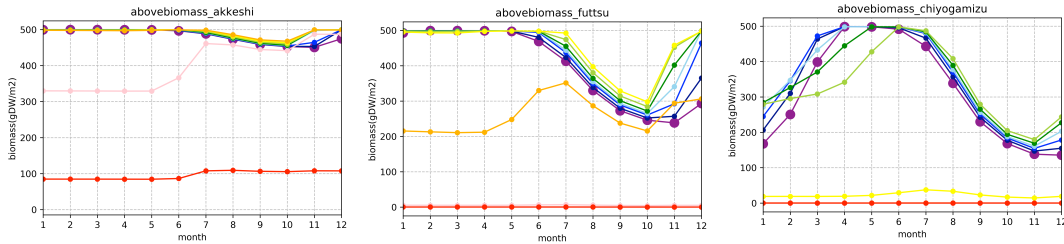


図 4 : TOPT 算出方法の検討 (藻場地上部現存量)

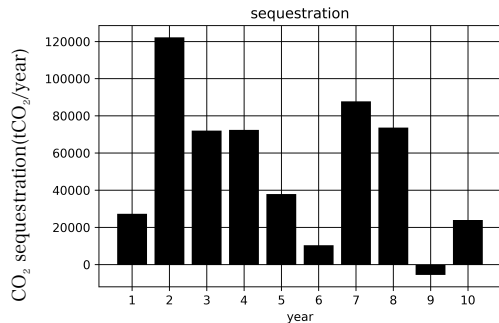


図 5 : 二酸化炭素吸収量時系列変化

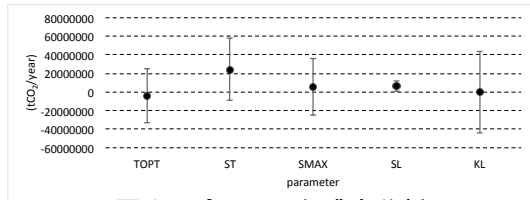


図 6 : パラメータ感度分析 (二酸化炭素吸収量)

は SL のばらつきが小さいことから、SL は比較的感度が低いことが考えられる。

6.まとめ

本研究では藻場による二酸化炭素吸収量を推定した。まず現存量を推算し、実測値と比較すると地点ごとにその差が異なること、変化量が小さいことがわかった。また、パラメータの感度分析より、水温に関するパラメータ TOPT が藻場現存量と二酸化炭

素吸収量の計算結果に比較的大きく影響を与えることがわかった。以上より、二酸化炭素吸収量の推定精度向上のためには、TOPT の設定方法を再検討することが必要と考えられる。そのためにも、日本各地における長期的・定期的な藻場現存量等の調査によるデータ蓄積が求められると考えられる。

参考文献

- 1) 国分秀樹, 山田浩且: 伊勢湾内のアマモ場における炭素固定量の検討, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 71, No. 2, I_1381-I_1386, 2015.
- 2) 樽谷賢治ほか: 炭素吸収量評価のための藻場・干潟炭素循環モデルの構築と改良, 平成 24 年度地球温暖化対策推進費委託事業「藻場・干潟の炭素吸収源評価と吸収機能向上技術の開発」報告書, 9-18, 2013.
- 3) 樽谷賢治ほか: 炭素吸収量評価のための藻場・干潟炭素循環モデルの構築と改良, 平成 22 年度地球温暖化対策推進費委託事業「藻場・干潟の炭素吸収源評価と吸収機能向上技術の開発」報告書, 8-16, 2011.
- 4) ブルーカーボン研究会: ブルーカーボン研究会設立趣旨, 一般財団法人みなと総合研究財団. (2019. 1. 5. 閲覧) <http://www.wave.or.jp/bluecarbon/index.html>.
- 5) M. bocci ほか: Modeling biomass and nutrient dynamics in eelgrass (Zostera marina L.): applications to the Lagoon of Venice (Italy) and Oresund (Denmark), Ecological Modelling 102: 67-80, 1997.
- 6) 鬼東年弘ほか: 平成 25 年度地球温暖化対策推進費のうち「藻場・干潟の炭素吸収源評価と吸収機能向上技術の開発」委託事業報告書, 75-90, 2014.
- 7) Duarte, C. M., Krause-Jensen, D.: Export from seagrass meadows contributes to marine carbon sequestration, Front. Mar.
- 8) 鬼東年弘ほか: 炭素吸収量評価のための藻場・干潟炭素循環モデルの構築と改良, 平成 22 年度地球温暖化対策推進費委託事業「藻場・干潟の炭素吸収源評価と吸収機能向上技術の開発」報告書, 67-71, 2011.
- 9) 吉田吾郎ほか: 炭素吸収量評価のための藻場・干潟炭素循環モデルの構築と改良, 平成 22 年度地球温暖化対策推進費委託事業「藻場・干潟の炭素吸収源評価と吸収機能向上技術の開発」報告書, 75-81, 2011.
- 10) 河野敬史ほか: 日本産アマモ Zostera marina の分布南限群落における季節的消長と光合成特性, 日本水産学会, 78(4), 692-704, 2012.