第Ⅶ部門　　流動水質-海藻藻場モデルの構築と大阪湾への適用

大阪大学大学院工学研究科　学生会員　○乾　隼輔　大阪大学大学院工学研究科　学生会員　福本　優奈
大阪大学大学院工学研究科　正会員　永野　隆紀　大阪大学大学院工学研究科　正会員　入江　政安

1. はじめに

沿岸域において藻場は，多様な生物の産卵場や成育場，隠れ場となり，生物多様性の維持に寄与し，また一次生産により周辺の水環境にとって重要な役割を果たしている．全国の藻場面積のうち約 7 割は海藻藻場 [1]である．しかし，海藻藻場は海草藻場（アマモ場）と比べて造成・保全活動が限定であり，海藻藻場が湾の物質循環に果たす役割は十分に明らかにされていない．

本研究では，海藻藻場の中でも分布面積の大きいガラモ場が，大阪湾の物質循環・輸送へ与える影響の定量化を目的として，ガラモ場モデルを作成した．そして，ガラモ場モデルを大阪湾流動水質モデルに接続し，数値シミュレーションを行った．

2. ホンダワラ類の生態とガラモ場モデル構築

ガラモ場は主にホンダワラ類とよばれる海藻により形成される海藻藻場であり，砂泥域に生育するアマモに対して，ホンダワラ類は岩礁域に生育する．ホンダワラ類は，根・葉・茎の区別をもたず，栄養塩を水中からのみ吸収する．また，生育上限水温が約 34 ℃ に達する高温耐性の高い種も存在する [2]．溶存酸素（DO）に対しては，光合成と呼吸を通じて酸素の供給・消費を行っている．主に 11 月ごろから生長量が大きくなり，3～5 月に生長量が最大に達し，初夏に成熟したのちに枯死・流出する．

本研究では，これらの知見から，ガラモ場が湾の物質循環に関与する過程として，栄養塩吸収，酸素供給・消費，枯死によるデトリタス供給，摂食による系外への輸送を考慮したガラモ場モデルを構築した．モデルでは，枯死した藻体はデトリタスとして全量，水中へ供給されると仮定した．

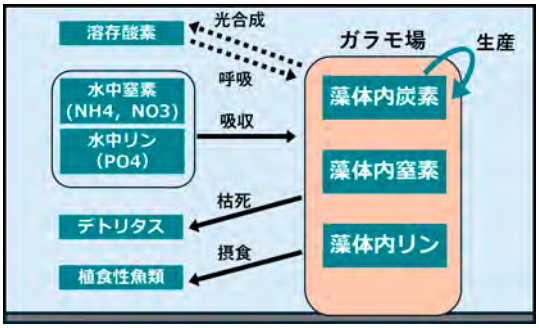


図-1　ガラモ場モデルの構造

図-1 に本研究で構築したガラモ場モデルの構造を示す．Jouanno ら [3]のモデルを参考に，ガラモ場を構成する状態変数として，藻体内炭素量，藻体内窒素量および藻体内リン量を設定した．藻体内炭素量は湿重量から算出し，生長によって増加，枯死流出および摂食によって減少する．生長制限には，高温耐性を反映した水温制限，光量制限，内部栄養塩制限に加え，最大量を制御する空間制限を考慮した．藻体内窒素・リン量は，水中からの吸収により増加し，生長により消費される．モデルにおける生長や栄養塩吸収など生理特性に関するパラメータは，大阪湾に生育するホンダワラ類の生態に一致するように，文献値 [2][3]を用いた．一方，摂食率等の文献から設定できないパラメータは，計算された湿重量が観測値と整合するように調整した．調整には，大阪湾水質定点自動観測データ配信システムの 1 時間間隔の水温・光量，および神戸沖埋立処分場における，枠取り調査の海藻湿重量（gWW）の観測値を用い，**図-2** に示すように，一定の再現性を得た．

3. 流動水質-海藻藻場モデル構築

海藻藻場による大阪湾の物質循環・輸送への影響を定量化し評価するために，大阪湾で年間の水質変動および夏季の貧酸素水塊の再現に用いられている 3 次元流動水質モデル（ROMS）にガラモ場モデルを接続した．ガラモ場の分布は，環境省の令和 4～5 年度瀬戸内海藻場・干潟分布状況調査に基づいて与えた．モデル格子のうち，ガラモ場の分布域に該当する格子をガラモ場グリッドとして設定した（**図-3**）．ガラモ場グリッドでは，流動・水質計算に加えて，ガラモ場モデルの生成消滅過程を計算した．

4. 藻場現存量の再現性

ガラモ場モデルを接続した流動水質モデル（以下，接

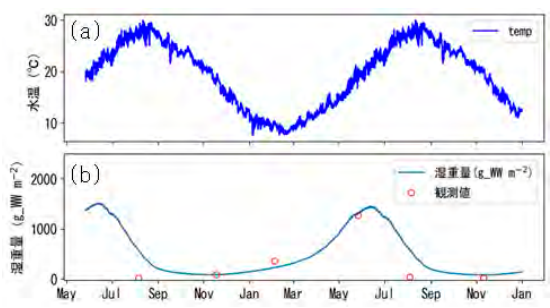


図-2　(a) 入力水温，(b) ガラモ場湿重量の計算値（実線）と観測値（丸）

Shunsuke INUI, Yuna FUKUMOTO, Takanori NAGANO, Masayasu IRIE
Inui_s@civil.eng.osaka-u.ac.jp

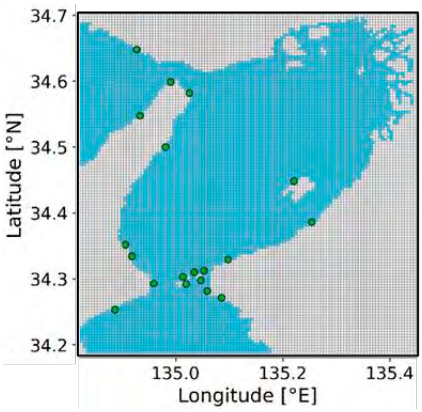


図-3 計算格子およびガラモ場の分布
（丸で示した点をガラモ場グリッドとした）

続モデル）と，接続していない流動水質モデル（以下，非接続モデル）を用い，助走期間を 2012 年，計算期間を 2013 年の 1 年間として，数値シミュレーションを実施した．**図-4** に，接続モデルにおける全ガラモ場グリッドの湿重量平均値の時系列を示す．現存量は 6 ~ 7 月頃に約 1.7×10^3（gWW/m^2）の最大値をとった．冬季から春季に増加し，初夏に最大となった後に減少する季節変化が表現された．

5. 大阪湾における栄養塩および DO の変化

計算結果のうち，濃度のモデル間の差が比較的大きく，藻場の現存量が減少する 8 月の底層を中心に述べる．**図-5** に 8 月底層の硝酸態窒素（NO_3-N）およびアンモニア態窒素（NH_4-N）の濃度差，**図-6** に 8 月底層および 11 月表層の DO の濃度差を示す．濃度差は接続モデルから非接続モデルを差し引いた値とした．8 月底層では，湾奥部において NO_3-N が藻場無しと比較して約 0.6×10^{-3}（mg/ L）減少した一方，NH_4-N は約 1.0×10^{-3}（mg/ L）増加し，DO は湾内の広い範囲で減少した．これは，枯死藻体由来のデトリタスの分解・無機化により有機態窒素から NH_4-N が生成される一方，有機物分解に伴う DO 消費によって好気的な硝化が抑制され，NH_4-N の消費と NO_3-N の生成がともに減少したためと考えられる．NH_4-N の正の濃度差が NO_3-N の負の濃度差より大きいことは，硝化抑制に加えて，無機化による NH_4-N 供給が寄与した可能性と整合する．一方，11 月表層では湾奥部を中心に DO が増加し，底層では同程度減少した．表層 DO の増加は，藻場由来デトリタスの無機化に伴う栄養塩の供給により植物プランクトン量が増加し，光合成による酸素供給が増えたことが一因と考えられる．一方，8 月の底層 DO は減少しており，夏季に供給されたデトリタスの分解による酸素消費が継続したためと考えられる．

6. 結論

本研究では，ガラモ場モデルを構築し，大阪湾流動水質モデルとの接続により，海藻藻場の有無が湾の物質循環

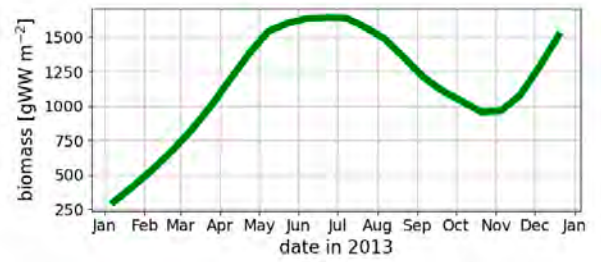


図-4 湿重量計算結果の全グリッド平均（gWW/m^2）

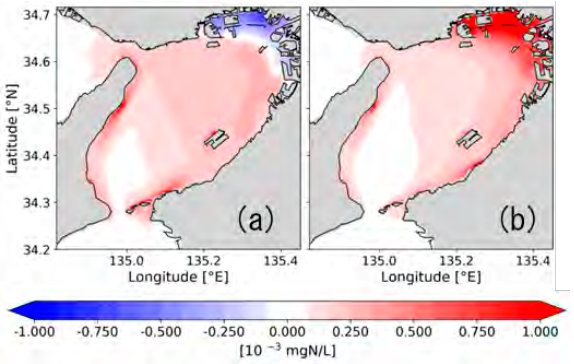


図-5 8 月底層における（a）NO_3-N 濃度（mg/L），（b）NH_4-N 濃度（mg/L）

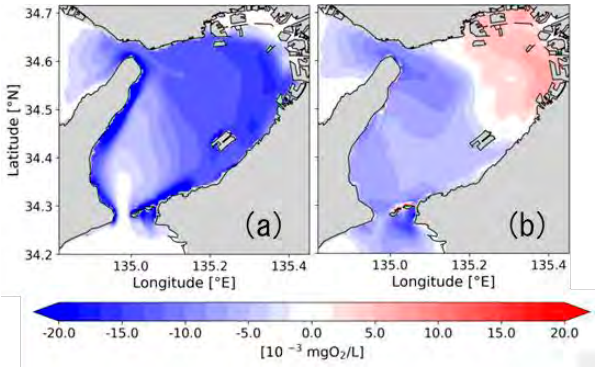


図-6 （a）8 月底層，（b）11 月表層の DO（mg/L）

に与える影響を評価した．その結果，枯死藻体由来のデトリタスを介して，夏季底層では硝化の抑制により NH_4-N が増加し，NO_3-N が減少すること，秋季表層では DO が増加することが示された．変化量自体は小さいものの，藻場周辺および湾奥部では他海域と比べて相対的に大きな影響が生じることが明らかとなった．

謝辞 本研究は，環境省・（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF24S12330）により実施した。

参考文献

(1) 環境省自然環境局生物多様性センター：藻場分布調査 (2018~2020 年度)，https://www.biodic.go.jp/moba/1_4.html，閲覧 2026/02/02)
(2) 馬場将輔：ホンダワラ類 8 種の発芽体の高温耐性，海生研研報，第 14 号，pp.25-28，2011
(3) Jouanno, J. et al. ：A NEMO-based model of *Sargassum* distribution in the tropical Atlantic：description of the model and sensitivity analysis (NEMO-Sarg1.0),Geosci. Model Dev., 14, pp.4069–4086, 2021