

数値シミュレーションによる環境 DNA を活用したアマモ場モニタリングに関する検討

大成建設 技術センター

正会員 ○高山百合子, ムチェブエエドウィン, 赤塚真依子, フェロー会員 伊藤一教

1. はじめに

沿岸域に広がるアマモ場は、生物の生育場、産卵場、水質浄化などの多様な機能により沿岸生態系を支えている。また、アマモ場が大気中 CO₂ の吸収源となることが近年明らかとなり¹⁾、アマモ場の保全や再生が気候変動緩和策に寄与する可能性が認識されつつある。アマモ場が緩和策として機能するためにはアマモ場の現存量を把握することが不可欠であり、その面積や増減をモニタリングする重要性が増している。アマモ場のモニタリングは主に潜水目視や水中カメラ、広域な場合は衛星写真や航空写真によって存否、繁茂状況を調べる。これら手法には、作業にかかる多大な労力やダイバー不足、撮影可能な水深帯や水質、天候が限定されるなどの課題がありモニタリングの頻度が制限される。一方で、水生生物のモニタリング手法として、採水試料に含まれる生物由来の DNA を分析することにより、水域に生息する生物の情報を得る環境 DNA 分析の実用化研究が進んでいる。環境 DNA の試料採取は採水であることから、比較的实施しやすい採水作業の利点を活かすことにより高頻度、高密度な新しいモニタリング方法が実現できると考えている。著者らは、環境 DNA を活用したアマモ場のモニタリング技術の開発を進めており、これまでに分析方法やモニタリング成立性に関する知見を得てきた²⁾。モニタリングの成立とは、定点で採水し環境 DNA 量の時間変化を取得したとき、特定のアマモ場から流れてきた環境 DNA がある時刻を独占する、すなわち出発点の異なる環境 DNA が同時刻に混在しない場合が手法成立の理想であり、数値計算を用いて成立性に関する検討を進めている。本報告では、単純化した湾形状を対象に、アマモ場の範囲が減少した場合の採水地点およびモニタリング成立性について検討した。

2. 計算方法

単純化した湾形状にアマモ場を設定し、アマモ場から流出する環境 DNA を粒子に見立てた粒子追跡計算を行った。環境 DNA 分析は、採水のろ過残渣物質(ろ紙孔径 0.7 μm)を対象に行うことから、環境 DNA を極微細な

キーワード: 環境 DNA 生物モニタリング アマモ 粒子追跡計算 気候変動緩和策

連絡先 : 〒245-0051 神奈川県横浜市内戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL 045-814-7221

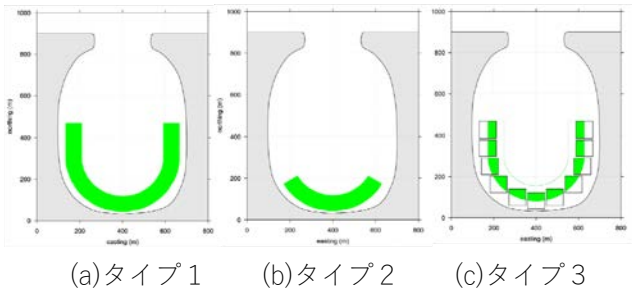


図 1 計算ケース (■ : アマモ場)

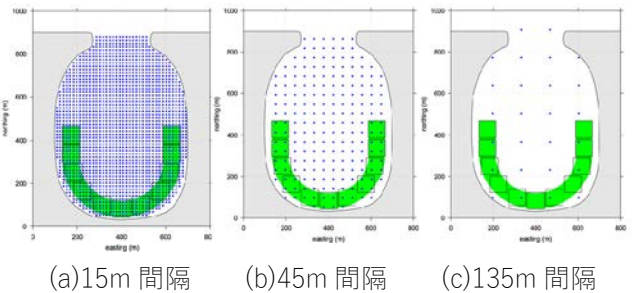


図 2 採水地点の配置 (タイプ 1)

表 1 計算条件

項目		単純湾形状モデル
計算領域		東西 3km×南北 3km
平面座標系	座標系	直交直線座標系
	格子幅	15m
鉛直座標系	分割数	5層 (σ 座標系)
水平渦動粘性・拡散係数		10m ² /s
計算期間		5日間
		助走計算1日間
タイムステップ		3秒
境界条件	潮汐	M2潮
粒子の投入	初期位置	図 1 (最下層)
	投入数	タイプ1 : 3,970個 (均等)
		タイプ2 : 1,350個 (均等)
		タイプ3 : 1,418個 (均等)
	時間間隔	10分
採水地点	地点間隔	15m, 22.5m, 45m, 90m, 135m
	地点格子サイズ	水平方向 : 2m, 鉛直方向 : 表層から0.5m~1.5m

物体と考え、流れに完全受動な粒子として設定した。粒子の初期位置は環境 DNA の出発位置でありアマモ生育エリアである。本計算では初期位置を 3 タイプ設定した (図 1)。タイプ 1 の初期位置は、すり鉢状に設定した海底地形の沿岸部、タイプ 2 は、タイプ 1 の初期位置が湾奥部のみの範囲に減少したケース、タイプ 3 はタイプ 1 の範囲から浅海部側が減少したケースである。主な計算条件を表 1 に示す。アマモ場の密度分布を現す粒子投入密度は均等配置であり、投入数は初期位置面積の大小に伴いタイプ 2 と 3 がタイプ 1 の約 35% となっている。投入時間間隔は 10 分とした。計算の手順は図 1 に示す湾形状について、まず一定振幅の潮汐を外力とした流動解析を行い、次に各計算格子の流速成分を 10 分間隔で抽出し時間的に線形補間した流速を用いて、投入した粒子位置を 10 秒間隔で追跡した。計算期間は 5 日間とした。この日数は海草の DNA が数日程度で紫外線等により分解され、良好に分析できなくなる特性に基づいて設定した。計算結果は、湾全面に均等配置した採水地点について (図 2)、そこを通過した粒子数を集計した。採水地点の配置間隔は 15m~135m の 5 種類、格子サイズは、水平方向が 2m 四方、鉛直方向が表層から 0.5m~1.5m の 1m 層である (表 1)。

3. 計算結果

計算結果は、全採水地点に同時刻に出現した粒子数の総和を集計した。この粒子数総和が、3 タイプの投入粒子数割合に応じて現れればアマモ場の減少を捉えるモニタリングができる可能性があると考えた。図 3 は、採水地点間隔ごとに 3 タイプの粒子数総和を時系列で示した。図 3 より、採水地点の間隔が 22.5m と 45m では 3 タイプの粒子数の差異がどの時刻でも明確であり、90m では時刻によっては逆転、

135m ではいずれの時刻でも不明確となった。次に、45m で粒子数差異が特に明確に表れた地点を図 4 にプロットすると (青○)、それらの地点はアマモ場内外に位置するが、いずれも沿岸方向の流れが発生するエリアであった。90m と 135m についてこの青○に位置する採水地点の時系列を見ると 3 タイプの粒子数の差異傾向が現われていた (図 4 の時系列)。このことから、往復流が発生するエリアに採水地点を設定することによりアマモ場の減少を捉えられる可能性が示唆された。今後は、アマモ場分布のパターンを増やした計算を行い、環境 DNA によるアマモ場モニタリングのための採水地点に関する適用条件を整理する予定である。

- 1) Tatsuki Tokoro et al.: Net uptake of atmospheric CO₂ by coastal submerged aquatic vegetation, *Global Change Biology*, 20, pp.1873-1884, doi:10.1111/gcb.12543, 2014.
- 2) 赤塚真依子, 高山百合子, Edwin Muchevbe, 伊藤一教, 渡辺謙太, 桑江朝比呂, 源利文: 海草場を対象とした環境 DNA の季節変化と環境 DNA 分析における採水量の検討, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.76, No.2, I_943- I_948, 2020.

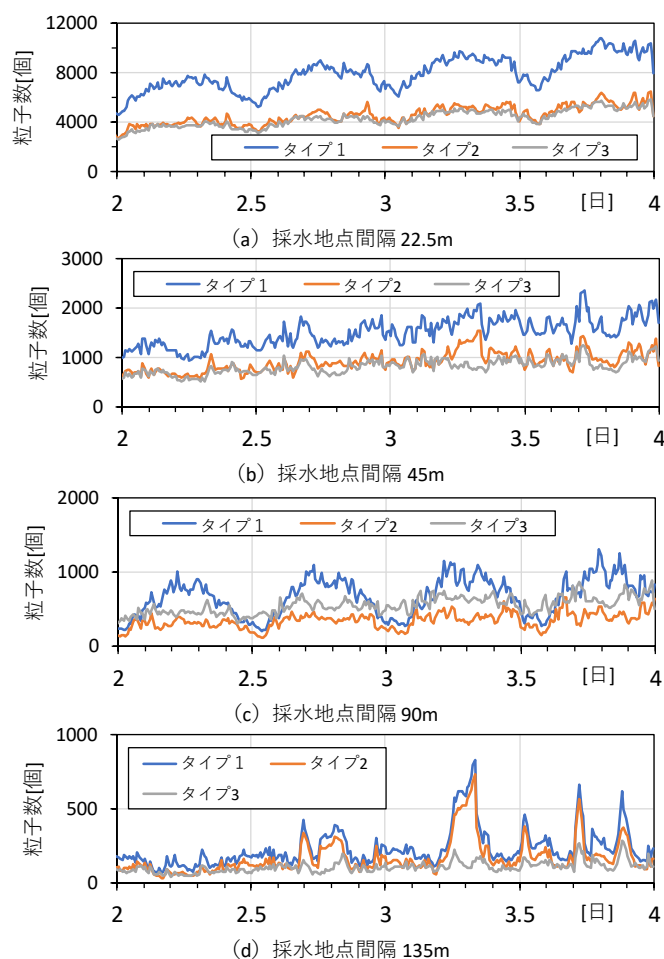


図 3 全採水地点に出現した粒子数総和の時系列

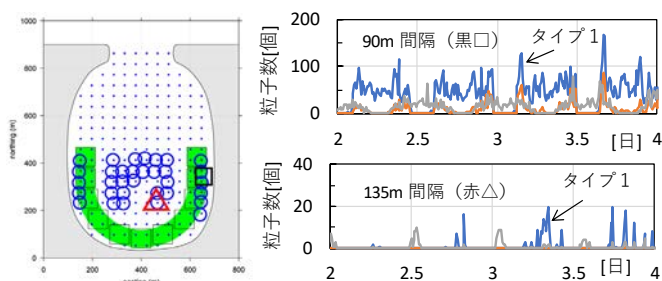


図 4 アマモ場の減少が捉えられる可能性がある採水地点 (青○, 黒□, 赤△) と粒子数総和の時系列