

## 海草場の環境 DNA を対象とした粒子計算のためのパラメータスタディ

大成建設 技術センター 正会員 ○高山百合子, 赤塚真依子, フェロー会員 伊藤一教

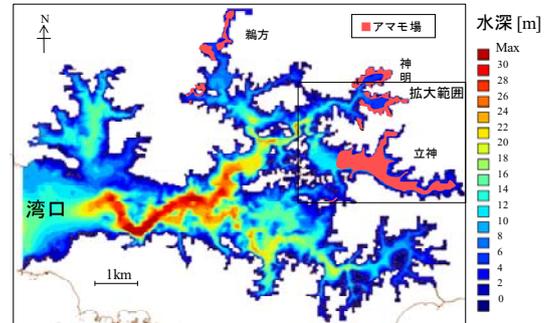
### 1. はじめに

海域や河川の採水に含まれる DNA を用いて水生生物をモニタリングする環境 DNA は、従来の潜水目視による生物モニタリングの労力を低減し、効率のよい生物モニタリングを実現できる可能性がある。例えば、海草やサンゴのように底質に固着している生物を対象にすれば、環境 DNA の出発位置が固定されているので、環境 DNA の経路と通過時間を予測することができれば、特定の生育範囲から出発した環境 DNA を他の位置から出発した環境 DNA と区別して採水できる条件下において、経路上で採水することによって特定範囲の DNA 情報を得ることができる。近年、魚類の試験水槽において、採水から得られた DNA 量と対象魚種量について正の相関が得られており<sup>1)</sup>、連続的に採取した環境 DNA から、対象生物の変動(繁茂や増殖, 枯死等)を捉えることは実現可能な手法と考え、特定範囲から出発した環境 DNA を区別して採水できる条件の成立性検証、および、海域を対象とした環境 DNA の経路と通過時間を予測する手法について取り組んでいる<sup>2)</sup>。

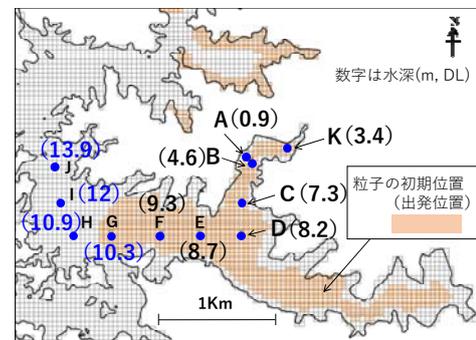
海域における環境 DNA の経路予測については、アマモ場を対象とした粒子追跡計算例があり、広域分布の再現性や、特定地点を通過する粒子数が間欠的に増加する可能性について報告されている<sup>2)</sup>。この間欠的な増加が実現現象であるならば、数値計算を用いて特定範囲から出発した環境 DNA を他のエリアから出発した環境 DNA と区別する上で有用な情報になり得る。しかしながら現状の計算結果は、粒子の数や配置、投入時間間隔などの基本的な設定条件は限定的で、かつ、環境 DNA に関する付加条件は仮定が多いことから定性的な評価に留まっている。本報では、上述した間欠的な粒子の増加を詳しく検討するためのパラメータスタディとして、粒子の投入時間間隔を変えた計算を行い結果への影響を整理した。

### 2. 計算方法

三重県英虞湾のアマモ場を対象に、粒子追跡計算を行った(図1)。環境 DNA 分析は、採水のろ過残渣物質(ろ紙孔径  $0.7 \mu m$ )を対象に行うことから、環境 DNA を極微細な物体と考え粒子計算を用い、流れに完全受動な粒子として設定した。粒子の設定条件を表1に示す。粒子の初期位置は環境 DNA の出発位置でありアマモ場の生育エリアである。ここでは 2018



(a) 海底地形と推定アマモ場



(b) 採水地点と推定アマモ場

図1 対象海域(英虞湾)

表1 粒子の設定条件

初期位置	平面	分布情報から推定した範囲(図1(b))
	鉛直	底層(10層目)
投入数	1格子あたり4個	
投入密度	均等配置(20m間隔で1個)	
投入時間間隔	2時間, 30分, 10分	

表2 主な計算条件(流動計算)

項目	内容	
計算領域	東西 10km × 南北 8km	
座標系	平面: 直角直線座標系	
	鉛直: $\sigma$ 座標系(均等に10分割)	
	格子数: 18,997	格子幅: 40m
計算ステップ	3秒	
水深	海図(海上保安庁)より作成	
境界条件(外洋)	潮位	気象庁潮位予測値(尾鷲)
	水温・塩分	気象庁(津, 名古屋)

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  
連絡先 : 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL 045-814-7234

年<sup>2)</sup>および三重県の調査結果を参考に、図1に示した推定エリアとした。アマモ場の密度分布を現す投入密度は均等配置とした。投入数は環境DNAの放出量情報であり1格子あたり4個を投入したが採水地点における増減傾向を評価するために不足のない数を検討する必要がある。投入時間間隔は、個体からDNAが放出されるタイミングを現す。このタイミングや放出の多少について解明はできていないが、アマモ草体をNaCl水溶液に投入した水からアマモのDNAが検出されたことから、時々刻々と放出されていると考えた。したがって、投入時間間隔はより細かい設定が現実近く、粗い場合は現実との相違が大きくなることから時間間隔による影響を把握することは重要である。ここでは投入時間間隔(T)を2時間、30分、10分とした。計算の手順は、図1(a)に示す範囲を計算領域として、まず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。主な計算条件を表2に示す。計算期間は2018年1月15日までの5日間とした。この日数はアマモの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、図1(b)に示す11採水地点(A~K)を設定し、そこを通過した粒子数を整理した。粒子数を確認した採水領域は、水平方向は40m四方(1格子)と2m四方の2ケース、鉛直方向は表層から0.5m~1.5mの1m層とした。

3. 計算結果

図2は、B、F、Iにおける40m四方を通過した粒子数の時間変化についてT=2時間と30分を比較した結果である。図2横軸の補助目盛間隔が2時間である。図2より、粒子数は3地点ともに時間に伴う増減が見られた。増減周期を見ると、3地点とも数分程度の短い周期と数時間の周期であり、投入時間に依存した変動は確認できなかった。粒子の増加傾向について比較すると、3地点ともに粒子数はT=2時間より30分の量が多く、増加のタイミングは2時間と30分で概ね一致した。これより、40m四方で見た場合、数時間周期で発生する粒子数の増減は粒子を投入する時間間隔に依存したものではないことが示された。次に、より実際の採水条件に近づけるために2m四方において比較した結果を図3に示す。図3は、T=30分と10分である。図3より、3地点ともに出現した粒子数は図2の40m四方に対して少ないが、出現タイミングは投入時間間隔によらないこと、粒子の増減変動パターンが地点により異なっていることが確認できた。以上から、環境DNAは、移流によって地点により異なるパターンで増減変動が発生することが示唆された。今後は、この増減変動パターンの成立性について信頼度を高めるために、粒子計算の必要条件および環境DNA特性の確認を進める予定である。

- 1) Hideyuki D et al.: Environmental DNA analysis for estimating the abundance and biomass of stream fish, *Freshwater Biology*, 62, pp.30-39, 2017.
- 2) 高山百合子, 赤塚真依子, 伊藤一教, 源利文: アマモ草のモニタリング手法における環境DNAの活用について, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.74, No.2, I\_1231- I\_1236, 2018.

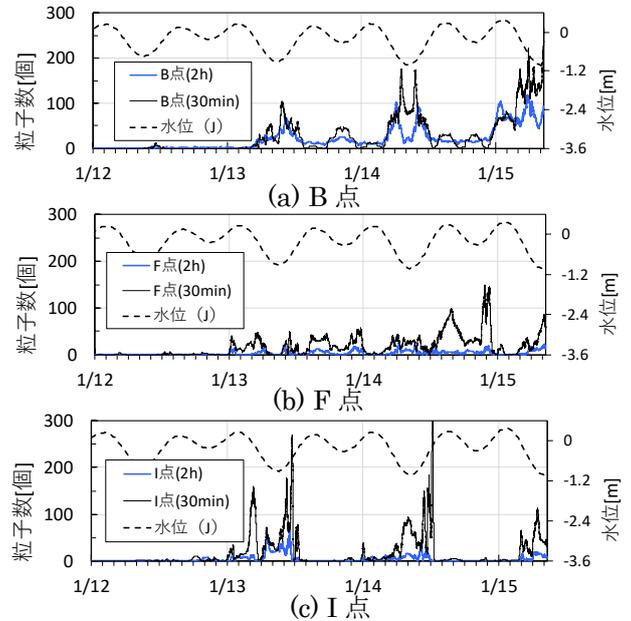


図2 採水地点における粒子数の時間変化

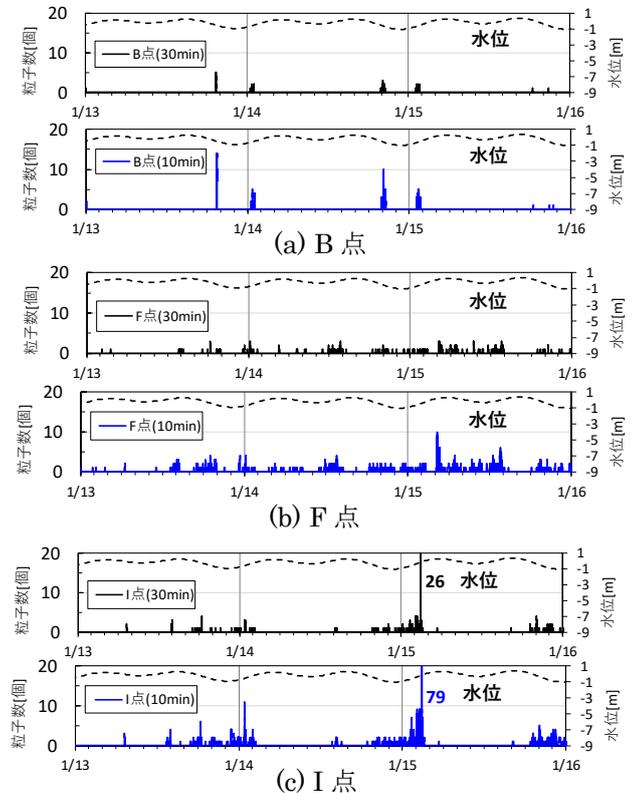


図3 採水地点における粒子数の時間変化