

大阪湾における食物連鎖を支える有機物および微生物群の動態の解明と 海域環境の再生・創造に関する研究

小林志保

京都大学フィールド科学教育研究センター 助教

1. 研究目的

海域環境を再生・創造する取り組みとして、食物連鎖の機能再生は重要な課題である。このためには陸域から海域への有機物や窒素・リンの負荷量を調整することが最も現実的な対策の一つであり、陸域からの負荷と海域における物質循環、さらに物質循環と食物連鎖の関係を定量的に表現するモデルが有用である。

水域の食物連鎖には、植物プランクトンを起点とする「生食食物連鎖」と、細菌を起点とする「微生物食物網」がある。後者は前者に比べて研究の歴史が浅く、沿岸海域の物質循環モデルに組み込まれた例は少ない。しかし、それを組み込むことによって各要素の推定精度が向上することが報告されている。

本研究では、海域の有機物の5~8割を占める溶存有機物（DOM）の循環に大きな影響を及ぼす「微生物食物網」を物質循環モデルに組み込むための第一段階として、現場観測によってそれぞれの食物網に関わる有機物と微生物群の動態を明らかにする。

2. 研究方法

本研究では、海域の物質循環と食物連鎖の関係を定量的に表現するモデルの基礎資料となるデータを整備するために、大阪湾における現場観測を行う。観測では従来扱われてきた「生食食物連鎖」に加えて「微生物食物網」に関わる物質と微生物の分布・変動を調べる。それにより大阪湾における低次食物連鎖の実態を明らかにするとともに、溶存有機物と微生物群との相互関係を調べた。

図1に示した観測点において2015年8月、11月、2016年2月に(1)採水・分析による溶存有機物の分布と起源の調査、(2)同定・計数による微生物群の調査を行なった。採取した水はGF/Fフィルターを用いて濾過し、溶存有

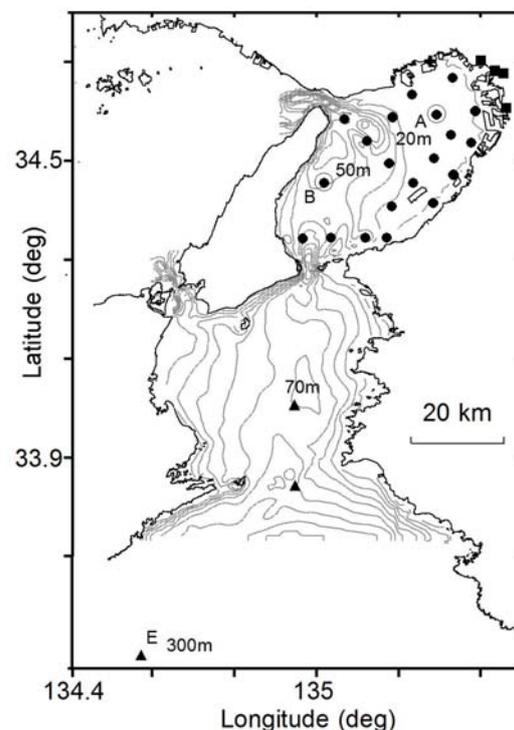


図1 海底地形および海域観測点（●；大阪府浅海定線調査）および河川水採取地点（■）、港湾水採取地点（十字）、外海水（△；徳島県定線調査）

機物 (DOC, DON, DOP) および栄養塩(NH₄,NO₂,NO₃,DIP)の濃度と DOC の安定同位体比を測定した. 微生物については, 従属栄養細菌, シアノバクテリア, 従属栄養微細絨毛虫 (HNF) の個体数計数, 動物プランクトンの個体数計数, 炭素量換算, 種同定を委託により行なった.

3. 結果と考察

(1) 溶存有機物の分布と起源

大阪湾全域の海水および大阪湾に流入する河川水, 下水付近の水, 外海水 (紀伊水道), 底泥間隙水に含まれる溶存有機炭素の濃度および安定同位体比の分析結果を用いて, 溶存有機物の起源を推定した. 図 2 に 2015 年 8 月の大阪湾表層における塩分, 溶存有機炭素濃度および DOC/DON 比の分布を示した. 栄養塩はほぼ枯渇する一方で, 溶存有機物 (DOC, DON) は低塩分水とほぼ同様の分布をしていた. DOC/DON 比の分布は低塩分水の分布と完全には一致しておらず, 泉佐野沖よりも南側では外海水とほぼ同じ値を示していた. 図 3 に塩分と DOC 安定同位体比の関係を示した. 大阪湾表層の DOC の安定同位体比のプロットは河川と外海水との間の混合曲線上よりも上方に分布しており, 河川由来の DOC に比べて ¹³C-DOC の高い DOC (-20 ‰前後) の関与が示唆された. 植物プランクトン由来の有機炭素の安定同位体比は -20 ‰前後であること, DOC, DON 濃度とクロロフィル濃度の極大が対応していたことから, 河川由来の DOC に加え, 植物プランクトンなどによって生成された DOC が存在していると考えられた. 夏季には大阪湾奥で溶存有機物が生成し, 河川から流入した溶存有機物とともに東岸沿いに南下するが, 泉佐野沖以南では海域で生成した溶存有機物の寄与は低くなっていくと考えられる.

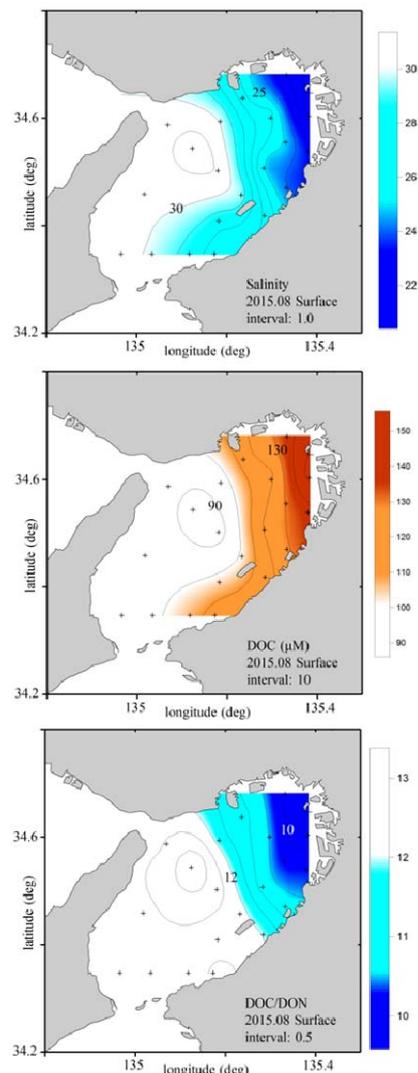


図 2 2015 年 8 月表層の塩分, DOC 濃度, DOC/DON 比の分布

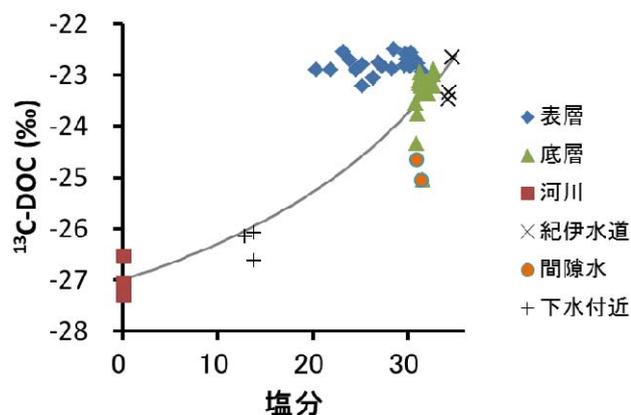


図 3 2015 年 8 月における塩分と DOC 安定同位体比の関係

(2) 微生物の現存量

食物連鎖に関わる微生物の現存量を明らかにするために大阪湾東部および西部（図 1 の A, B 地点）と湾奥に位置する港湾内においてサンプル採取・同定・計数を行なった。従属栄養細菌数については 11 月と 2 月については $0.8 \sim 1.7 \times 10^6$ cells/ml 程度であり、この二つの季節の間の差や、場所および水深による違いは小さかった。8 月は $4.6 \times 10^6 \sim 1.3 \times 10^7$ cells/ml であり 11 月、2 月に比べて 5~10 倍大きな値を示すとともに、底層よりも表層で大きく、湾西部より湾東部で大きい、明瞭な傾向があった。HNF については 11 月に比べて 8 月に個体数が多く、また底層に比べて表層の個体数が多いという結果になった。動物プランクトンについては、湾内の A, B 両地点において $30 \sim 50 \mu\text{m}$ の繊毛虫が優占しており、その他の動物はほとんど見られなかった。一方、港湾においては、繊毛虫に次いでコペポダノープリウス幼生（節足動物）が多く、ツボワムシ（輪形動物）、二枚貝幼生（軟体動物）も計測され、炭素現存量で比較すると、湾東部の A 地点と港湾は同程度であった。

(3) 有機物濃度と微生物現存量の関係

図 4 に、2015 年 8 月、11 月の全点におけるクロロフィル濃度と DOC 濃度の関係、および大阪湾東部（図 1; A）および大阪湾西部（図 1; B）における DOC 濃度と従属栄養細菌由来の炭素量の関係を示した。両地点ともに表層、底層からサンプルを採取し、8 月については水深 5 m 層からもサンプルを得た。いずれの項目間にも相関関係があり、河川水から供給された比較的難分解の溶存有機物に加え、湾奥で生成された易分解の溶存有機物が、細菌の生産に関わっていることが示唆された。また図 5 には従属栄養細菌由来の炭素量と $20 \mu\text{m}$ 以下の従属栄養微細繊毛虫（HNF）由来の炭素量の関係を示した。従属栄養細菌由来、HNF 由来の炭素量は 11 月については全体に低かったが、8 月にはこれらがいずれも表層で高くなり、両者の間に相関関係が見られた。溶存有機物の多い地点で増殖した細菌が、HNF の生産に関わっていることが示唆された。2015 年 8 月の大阪湾東部では、動物プランクトンのほとんど

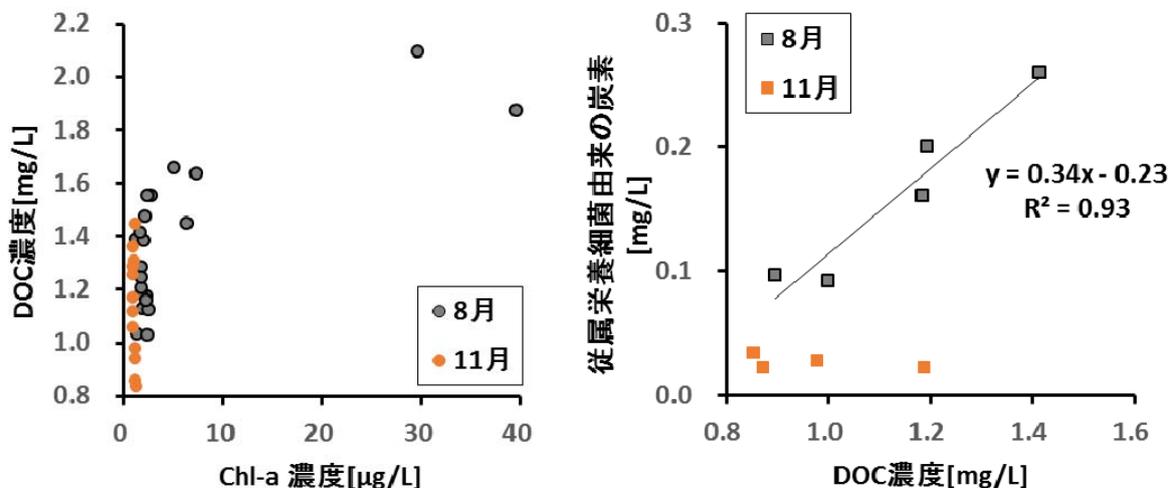


図 4 2015 年 8,11 月の大阪湾全域におけるクロロフィル濃度と DOC 濃度の関係、および大阪湾東部と西部（図 1:A,B 地点）の表層、底層における DOC 濃度と細菌由来炭素量の関係。

が繊毛虫であり、 $30 \sim 50 \mu\text{m}$ の比較的小型の繊毛虫が優占していた。今回計測された $20 \mu\text{m}$ 以下のHNF由来の炭素量($0.15 \sim 0.6 \mu\text{gC/L}$)は過去の文献に見られる他海域のそれと比べて100分の1から1000分の1の低い値であったが、これは $20 \mu\text{m}$ より大きな繊毛虫との相互作用による可能性がある。

以上の結果から、大阪湾奥で生成された溶存有機物は細菌を起点とする食物網に取り込まれ、微生物によって利用されながら東岸沿いを南下し、その過程で易分解の溶存有機物が消費されていることが示唆された。

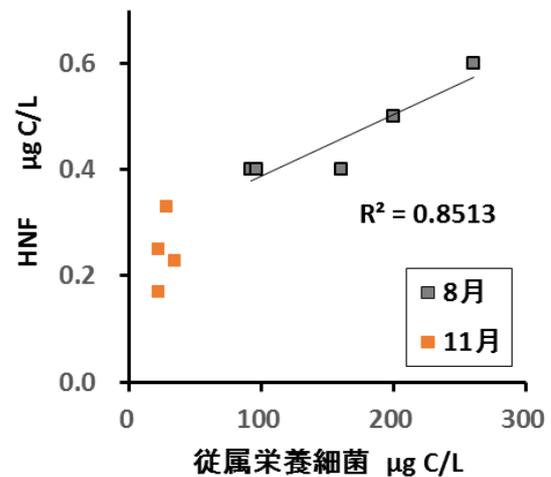


図5 2015年8,11月の大阪湾(図1:A,B地点)におけるバクテリア由来の炭素現存量とHNF炭素現存量の関係。

[結論]

本研究では、閉鎖性海域における健全な物質循環と食物連鎖の回復につながる対策を考える上で有用になるモデルに必要な基礎資料を整備するため、微生物食物網にとりわけ深く関わる溶存有機物と微生物群の動態を現場観測によって調べた。陸域から大阪湾に供給された栄養塩は湾奥で有機物になり、そのうち溶存有機態のもの大部分は東岸に沿って南下しながら、分解して生食食物連鎖に取り込まれるだけでなく微生物食物網にも取り込まれ、湾南部に届くまでに窒素・リンの比率が低く生物にとって使いにくい有機物になっていくことが観測データから示唆された。今回の結果は炭素現存量を用いて有機物と微生物の関係を解析したものであるが、今後この結果に基づくモデルを作成し、さらに観測データを積み重ねていくことによりそれを検証することができると考えられる。

本研究においては過去の調査結果と同様に、窒素・リン濃度が極端に高い港湾域において湾中央部側に比べて多様度が高い動物プランクトン群が観測されており、窒素・リン濃度を低下させることが食物連鎖の回復につながるわけではないと考えられた。淀川から流入した窒素・リンは神戸沖までの湾北部に、大和川や岸沿いの工業地帯から流入した窒素・リンは堺、泉大津沖などに偏在していることが知られている。大阪湾の食物連鎖の回復には、湾北部や湾東部岸沿いに偏在する窒素・リンを、湾中央部側に拡散させることが重要であると考えられる。