

# 東京湾の環境変化とプランクトン相の変遷

顧問 石丸 隆

## はじめに

東京湾の環境変化は、主として沿岸の埋め立てによる干潟や浅場の消失、流域人口の増加によってもたらされた。明治後期に136km<sup>2</sup>あったとされる干潟は現在では8%程度しか残っておらず、生物の生息環境が失われるとともに、水質浄化作用も失われた。一方、東京湾の流域面積は9,261km<sup>2</sup>で、国土の約2%であるが、現在そこには日本の人口の約23%に相当する約2,900万人が暮らししており、多量の生活排水や工業廃水が流れ込んでいる。戦後の経済復興期にあたる1955~1965年の間に水質汚濁の進行は著しく、赤潮の発生件数が増加し、動物プランクトン相も変化した。その後、下水道や処理施設の普及により、有機物の流入負荷は減少したが、東京湾に流入する下水処理水のうち窒素・リンを除く高度処理を受けた水の量は、2013年においても20%にすぎない。そのため、多量に流入する栄養塩により赤潮の発生頻度はあまり低下せず、また、海底に沈降する有機粒子によって、夏期の底層貧酸素水塊の発生状況は未だ改善されていない。

本稿では、東京海洋大学が東京湾で行ってきた観測データに基づき、環境と動植物プランクトン相の中長期的な変化について紹介する。

## 東京海洋大学による環境とプランクトンに関する研究

東京海洋大学(旧東京水産大学)は、図1に示す観測点F3(多摩川河口沖、水深23m)とF6(東京湾中央部、水深26m)において、プランクトンについては1981年から、栄養塩については1989年からほぼ毎月1回、練習船による観測を行ってきた。この期間の栄養塩の測定結果から、F3においては窒素濃度の有意な低下が見られたが、F6では有意な低下は、全窒素・全リン負荷量の総量削減が始まった2002年以降に認められ、リンの枯渇もしばしば観察されるようになった。

植物プランクトン相に関しては、季節的变化が大きく、一般に混合期に珪藻が、成層期に鞭毛藻が増加すると考えられているが、図2に見られるように渦鞭毛藻の *Prorocentrum minimum* が2002年以降通年出現するようになり、ミドリムシ藻に関しても同様の傾向が見られる。一方、珪藻のなかでも、1980年代には秋を中心に出現した *Pseudo-nitzschia delicatissima* が、1990年以降は7、8月にも多く出現するようになり、2000年以降は夏を中心に出現するようになった。これらの変化は、前述の栄養塩濃度の低下のほか、気候変動に伴う水温、風速や日射量の変化などの影響によると推定された。

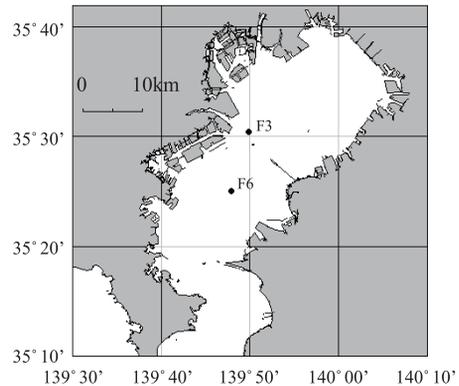


図1 東京海洋大学練習船による観測点

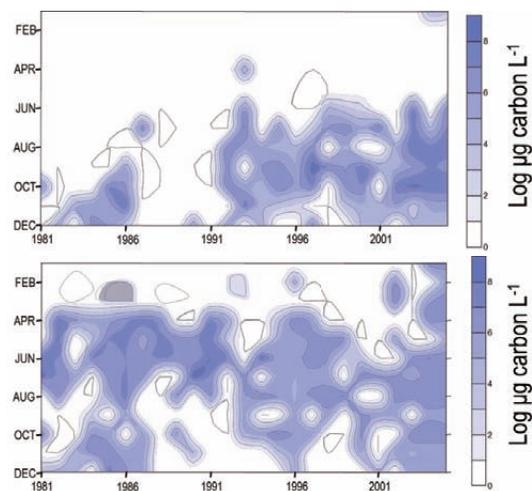


図2 1981年から2005年までのF6における珪藻 *Pseudo-nitzschia delicatissima* (上) と渦鞭毛藻 *Prorocentrum minimum* (下) の生物量(細胞体積から見積もった炭素量)の季節および年毎の変化(吉田健一, 2008年度東京海洋大学博士論文より引用)

動物プランクトン相においても、出現する種や出現時期、出現密度に顕著な変化が見られる。東京湾には3属7種の枝角類(ミジンコ類)が出現するが、これらのうち従来、秋を中心に出現したウスカワミジンコが出現時期を早めるとともに出現密度が高くなった(図3)。一方、冬から春に高密度に出現していたコウミオオメミジンコは2000年以降著しく出現密度が低下した。このような変化は、餌となる植物プランクトンの組成変化を反映している可能性がある。2005年以降には、それまでほとんど出現しなかったノルドマンエボシミジンコが3月を中心に出現するようになった。この種は従来、湾外に出現する種であったことから黒潮系水の波及により流入したと考えられる。

カイアシ類(330 µmメッシュのネットで採集)に関しては、F6では経年的に個体数密度の低下が見られ、その変

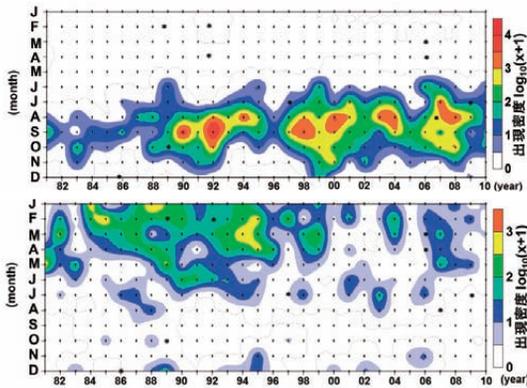


図3 1981年から2010年までのF6における枝角類ウスカワミジンコ *Penilia avirostris* (上) とコウミオオメミジンコ *Podon polyphemoides* (下) の出現密度 (Log(x+1) inds·m<sup>-3</sup>) の季節毎および年毎の変化 (佐藤勇介, 2010年度東京海洋大学修士論文より引用)

化は *Acartia omorii* の増減を反映している (図4)。 *A. omorii* は、水温が25℃以上になると休眠卵を形成し、プランクトン群集からは消失する。図5に示すように、1980年代には2月頃に最大密度となり、7月頃から衰退し9月にはプランクトン群集中には認められなくなり、水温の低下する10月に再度出現し、翌年にかけて個体数を増加させるといった生活史を示した。2000年頃には、このパターンは大きく変化し、5月にはプランクトン世代は衰退をはじめ、8、9月に消滅するようになった。東京湾は夏期に底層が貧酸素化し *A. omorii* のプランクトン世代は、そこに住むことはできない。そのため、図6に示すように、プランクトン世代は成層が発達し始める初夏には、25℃以上の高水温となる表層と、貧酸素となる底層には生息できず、生息水深が限定され、さらに水温が上昇すればプランクトンとしては、生息できなくなり、休眠卵として海底で過ごすことになる。休眠卵は水温が下降すればふ化してプランクトンとなるが、貧酸素下ではふ化が抑制される。気候変動による水温上昇が進むと、表層水温の上昇と底層が貧酸素となる時期が早まり、また成層の解消による底層の貧酸素の解消の時期も遅くなるため

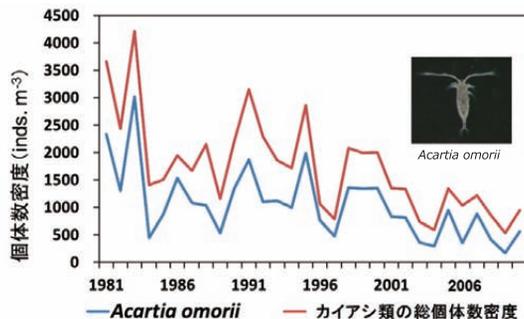


図4 1981年から2010年までのF6におけるカイアシ類全体と *Acartia omorii* の年平均個体数密度の変化 (立花愛子, 2012年度東京海洋大学博士論文より引用)

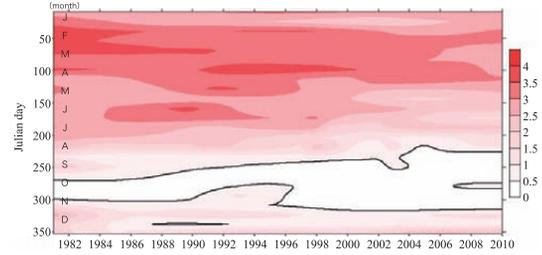


図5 1981年から2010年までのF6における *Acartia omorii* の出現密度の季節毎および年毎の変化；縦軸はユリウス日(1月1日からの日数), 凡例の数字は1m<sup>3</sup>当たりの個体数に1を加えて対数変換した値(立花愛子, 2012年東京海洋大学博士論文より引用)

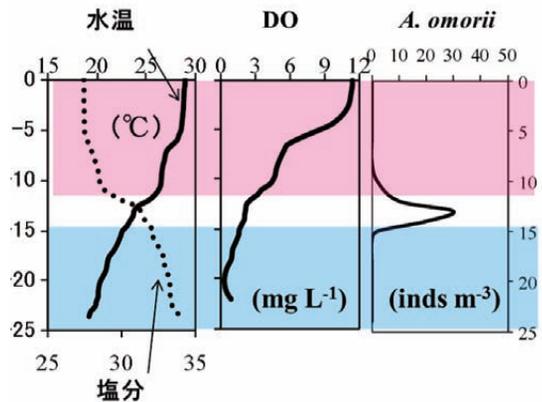


図6 夏季における水温、溶存酸素(DO)と *Acartia omorii* の鉛直分布の模式図(立花愛子, 2012年東京海洋大学博士論文より引用)

*A. omorii* のプランクトン世代の出現時期は狭められ、従ってプランクトンの年平均個体数密度も低下することになる。

### おわりに

東京湾のプランクトン相の変化は、気候変動のような中長期的な環境の変動、黒潮の流路変化に伴う外洋との海水交換量や頻度の変化、沿岸開発や栄養塩負荷の変化、有機物の陸域からの負荷と内部生産(栄養塩負荷量に応じた植物プランクトンの生産)の変化、有機物分解による貧酸素水塊の出現時期や分布域の変化などの様々な環境変化とプランクトンの生活史や他の生物との関係などにより複雑に変化する。

プランクトンの種組成や出現密度は沿岸開発における環境調査の一項目であるが、本稿で示したように、プランクトン相は人為的な変化のみならず様々な環境の変動に伴って変化することから、ある事業が何らかの影響を及ぼすのかどうかを短期間の調査のみで判断するのは難しい。基礎的なモニタリングを続けることが重要であり、また様々な調査結果をデータベース化し、参照しやすくしておく必要がある。それなしには、環境影響評価項目にプランクトンを含めることの有効性は低く、調査自体が形骸化することとなる。