

# 大阪湾の植物プランクトンの季節・経年変動とその要因 (その3)

多田 邦尚

香川大学農学部・教授

香川大学瀬戸内圏研究センター

## 【はじめに】

中央環境審議会の「第6次総量規制の在り方について（答申）」において、大阪湾とそれ以外の瀬戸内海は現状認識や対策の点ではっきりと区別され、『窒素・リンについては、大阪湾において引き続き削減が必要であるが、それ以外の海域では現在の水質を維持することが適切』とされている。即ち、瀬戸内海のなかでも富栄養化した大阪湾では、他の海域とは違った対策が必要とされている。従って、その環境特性（大阪湾以外の海域との違い）を明らかにした上で、今後の水質改善、あるいは水産資源の回復や流域圏の総合管理等の再生方策が必要とされている。そこで、本研究では、まず大阪湾で毎月調査を実施し、生態系の出発点である動・植物プランクトンとその生育環境に注目して、低次生物生産過程における特徴を明らかにし、今後の本湾の保全・再生のための基礎データを得、さらに、その対策に資する知見を得ることを目的とした。尚、本研究は多田を研究代表者とし、下記のグループで実施した共同研究である。

研究者名：代表者 多田 邦尚（香川大学・農学部・瀬戸内圏研究センター）

山本 圭吾（大阪府立環境農林水産総合研究所水産技術センター）

西川 哲也（兵庫県立農林水産技術総合センター但馬水産技術センター）

山田真知子（福岡女子大学・国際文理学部）

一見 和彦（香川大学・瀬戸内圏研究センター）

山口 一岩（香川大学・農学部）

## 【研究方法】

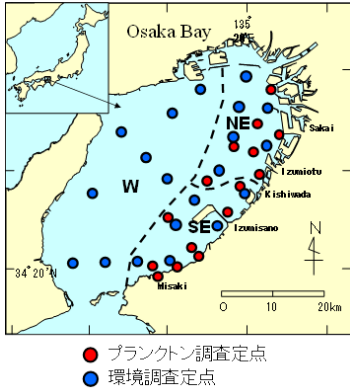
昨年度に引き続き、大阪湾において、大阪府水産技術センターが毎月実施している浅海定線調査の際に、通常の観測項目（一般項目）に加えて、クロロフィル a、栄養塩濃度等を測定し、植物プランクトンの現存量や種組成、さらに、浮魚の餌料として重要な動物プランクトン組成についても一年間を通してモニターした

（図1）。また、過去のデータセットの解析を行い、本湾の低次生物生産環境の経年変動について検討した。さらに、観測と並行して、本湾の植物プランクトン群集の主要分類群である珪藻類のなかでも最も優占率の高い *Skeletonema* 属について、その種の同定について検討した。近年、本湾では、珪藻類の優占種が *Skeletonema* 属から *Chaetoceros* 属に変化しつつあるが、その理由について、特に、海水中の光量子量の変化が及ぼす影響についても室内実験を行い考察した。

【結果及び考察】

○植物プランクトンの季節変動

過去（1976年）から2011年12月までの月別変化データについて、植物プランクトン量の指標となるChl a濃度の変化について比較してみた。大阪湾内の西部（図1中のW）と東部（図1中のNEおよびSE）でChl a濃度



1中のW）と東部（図1中のNEおよびSE）でChl a濃度の変化について比較してみると、その濃度は東部で西部より顕著に高く、即ち、全域のChl a濃度の変化は、東部におけるその変化を反映していた（図2）。東部では、Chl a濃度は増減を繰り返しているが、特に2005年以降Chl a濃度が低く推移しているように見えた。一方、西部では、もともと東部よりもChl a濃度が低く、しばしば見られるピークが2000年以降は顕著には見られず、5 μg/L程度で推移していた。

図1. 大阪湾の観測定点

次に、湾内の透明度の推移について見てみると、1994年までとそれ以降で平均して比較してみたところ、有意に透明度が上昇していた（図3、5%有意水準）。

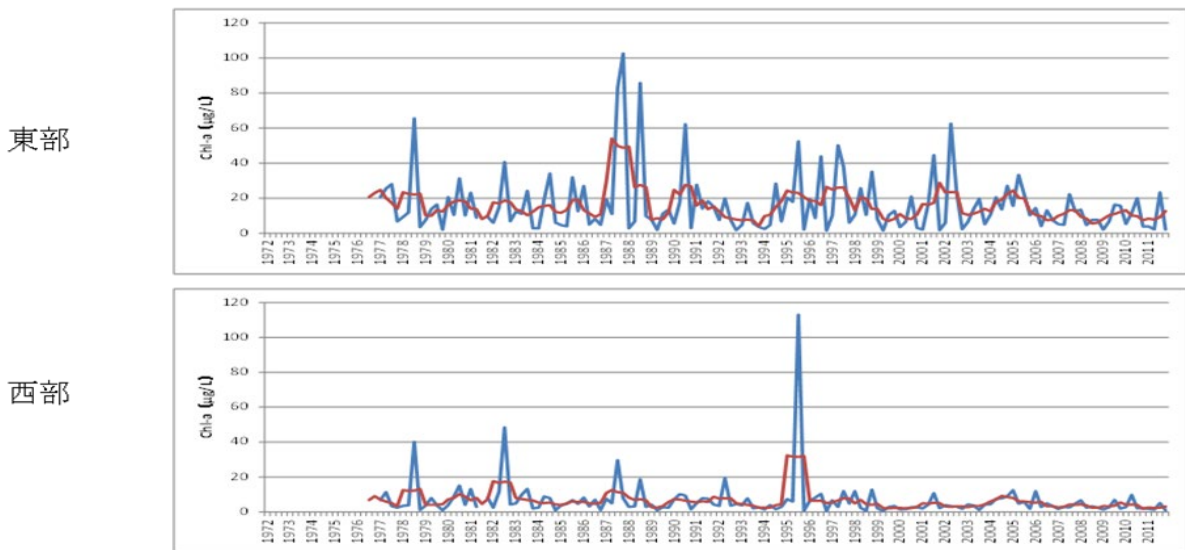


図2. Chlorophyll a の経年変化（図中の青線が年平均、赤線が12か月移動平均）

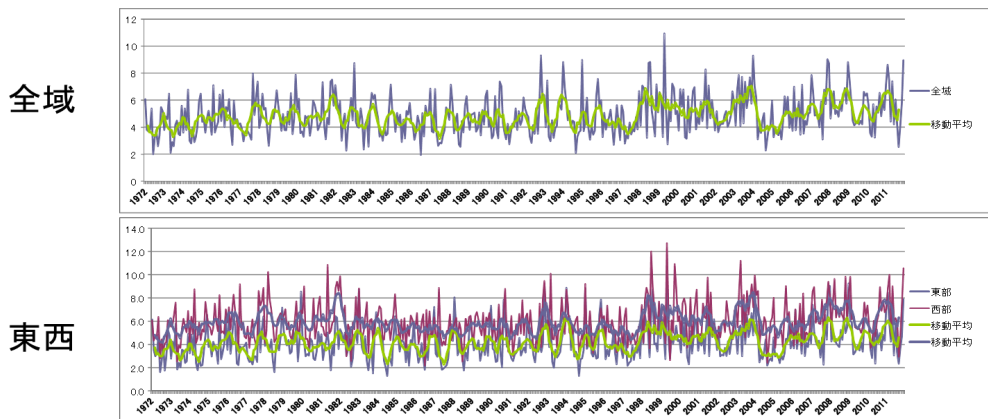


図3. 水域別透明度の経年変化

次に、動物プランクトンのうち浮魚類の餌料生物として重要なカイアシ類の個体数の年間変動について見てみた（図 4）。平均個体密度で上位を占める *Oithona* 属、*Paracalanus* 属、および *Acartia* 属のいずれも、2000 年以降、減少傾向が認められた。

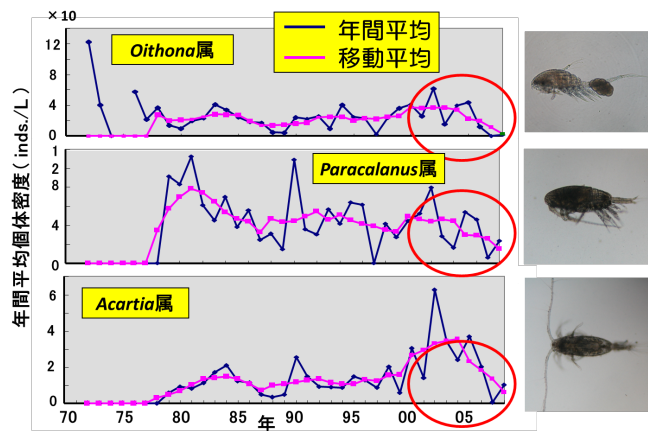


図 4. カイアシ類属別年間平均個体密度

以上のように、植物プランクトンの現存量の減少、透明度には増加傾向が認められ、浮魚類の餌料生物であるカイアシ類の個体数は顕著な減少傾向を示していた。この事は、栄養塩濃度減少に対する生物量の応答が、一次生産者の植物プランクトンよりも、浮魚類の餌料生物である、二次生産者の動物プランクトンに顕著に表れ、更に、浮魚類の生物量により顕著に表れる

可能性を示していることが考えられた。また、昨年度までの本研究で明らかにしてきたように、大阪湾では植物プランクトンの細胞密度レベルでは、*Skeletonema* 属の割合が低下し、*Chaetoceros* 属等の他の珪藻類の占める割合が増大しており、このような植物プランクトン種組成の変化も餌料生物の現存量に影響を及ぼしていることが考えられる。但し、餌料効率の差異については、今後検討しなくてはならない。

### ○大阪湾における *Skeletonema* 属の種組成

2011 年 8 月 2 日、11 月 10 日に湾内の Stn. 15 にて採水し、試水中から 8 月には 40 株、11 月には 33 株の *Skeletonema* 属を単離培養した。そのうち 8 月には 14 株、11 月には 30 株の *Skeletonema* 属が増殖した。これらの *Skeletonema* 属株について、遺伝子解析を行ったところ、8 月株では、*S. costatum* s. s. が 7、*S. marinoi-dohrnii* complex が 6、*S. menzerlii* が 1 株であった。一方、11 月では、*S. costatum* s. s. が 1、*S. marinoi-dohrnii* complex が 29 株であった。8 月に分離された *S. menzerlii* は大阪湾では初めての出現報告となる。また、これまでのリボゾーム DNA (LSU rDNA) を遺伝子マーカーに用いて同定する方法に加え、今年度は、ミトコンドリア DNA (mtDNA) を用いて Sarno ら (2005, 2007) による *Skeletonema* 属の分類方法を検討したところ、*S. marinoi* と *S. dohrnii*、および *S. costatum* s. s. と *S. subsalsum* は同種である可能性が示唆された。

### ○*Skeletonema* 属の優占率が低下し、*Chaetoceros* 属が増加した原因

大阪湾では、播磨灘や北九州市の洞海湾と同様に 1990 年頃より *Skeletonema* 属の優占度合いが減少し、*Chaetoceros* 属が優占種になる頻度が増加している。これ

らは大阪湾の水質改善が大きく関与している可能性があると考えられる。昨年度、栄養塩濃度（溶存態無機窒素：NO<sub>3</sub>）に対する両種の増殖特性を検証した。その結果は、*Skeletonema* sp. が光の透過量が少ない環境下でも *Chaetoceros* 属より優位に増殖でき、大阪湾では水質向上に伴う水柱光量の増加によって *Skeletonema* 属の増殖に対する優位さが減少してきた可能性を示すものであった。そこで、本年度は実際に *Skeletonema* 属と *Chaetoceros* 属を「混合培養」し、両種に明らかな差が認められた異なる光環境下において、両種の存在率がどのように変化するか、培養試験を実施した。海水中の硝酸塩濃度が 2.5~25 μM（ただし、リン酸塩と溶存ケイ素は十分量を添加）となるように試験海水を作成し、各試験区に *S. costatum* s. s. と *C. didymum* を同一細胞密度（約 170 cells/mL）となるようにそれぞれ接種した。これらを 25°C、光量子が 60 および 230 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>、（14:10 LD）の条件下で培養し、毎日、同時刻に両種の細胞密度を測定した。その結果、光量子量が 230 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> で培養した試験区では、硝酸塩濃度が上昇するのに伴い *C. didymum* の存在割合が大きくなる傾向にあった。一方、光量子量が 60 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> で培養した試験区では、全試験区で *S. costatum* s. s. の存在割合が明らかに大きく、硝酸塩濃度が上昇すると共に、その存在割合がさらに大きくなる傾向を示した。

以上の結果は、*Skeletonema* 属と *Chaetoceros* 属が海水中で競合関係にある場合、水柱に透過する光強度によってその存在割合が大きく変化することを示唆するものである。また、本研究の結果は、かつての大阪湾は弱光環境が形成され易く、栄養塩濃度も高かったことから *Skeletonema* 属が相対的に大きく増殖する条件が整っており、近年は依然として *Skeletonema* 属が優占するものの、とりわけ海中への光透過量が増加したことにより *Chaetoceros* 属の増殖割合が増加している可能性を示唆するものである。

## ○ 今後の大阪湾の保全・再生に向けて

本研究では、大阪湾において栄養塩濃度の顕著な減少が確認できた。しかしながら、植物プランクトン量（Chl<sub>a</sub> 濃度）の減少、透明度の増加傾向は認められたものの、顕著なものではなかった。一方、浮魚類の餌料生物であるカイアシ類の個体数は顕著な減少傾向を示していた。今後、栄養塩濃度減少に伴う減少としては、Chl<sub>a</sub> 濃度や透明度よりも、浮魚類の餌料生物であるカイアシ類の個体数あるいは、植物プランクトンの主要構成種である珪藻類の種の変化という形で、現れることが考えられる。今後も、引き続き、これらのモニタリングは重要であると考えられる。尚、珪藻類の種の変化は、栄養度の異なる播磨灘や北九州市の洞海湾でも同様に認められており、内湾共通の現象である可能性が高い。大阪湾の将来を予測する上で、播磨灘での現象は、大阪湾の将来予測につながると考えられる。