

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2)

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】

瀬戸内海のなかでも富栄養化した大阪湾では、大阪湾以外の海域との違いも含めて、その環境特性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。本研究では、まず本湾で毎月調査を実施し、その生物生産環境の把握を試みた（昨年度本研究：1年目）。さらに、今年度は2年目として、引き続き大阪湾の調査を実施するとともに、その環境調査結果を踏まえ、室内実験も実施し、植物プランクトン種の組成の変化の原因を探った。本研究は、大阪湾の今後の健全な生態系の維持と持続的な生物生産、および水産資源の回復のため、さらには、その再生・創造に寄与するための基礎データを得ることを目標としている。

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（大阪府水産技術センター）
西川 哲也（兵庫県水産技術センター）
山田真知子（福岡女子大学・人間科学部）
樽谷 賢治（水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所）
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】

1. 大阪湾の植物プランクトン種組成と水質変化

昨年度に引き続き、大阪湾において、2009年5月から2011年2月の間に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、表層水をバケツで採取した。測定項目については、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と種組成、さらにその環境変化について、一年間を通してモニターした。図1に、調査定点を示した。今年度は、図1に示すように、大阪湾を西部海域（W）、北東海域（NE）および南東海域（SE）の三つの海域に分け、比較検討した。また、観測と並行して、過去のデータセット（大阪湾公共用水域プランクトン調査および浅海定線調査）の解析を行い、本湾の低次生物生産環境の長期的な経年変動について検討した。

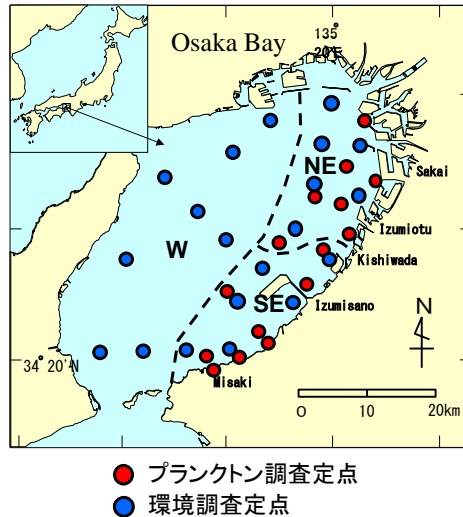


図 1. 試料採取点と調査項目

2. 大阪湾における *Skeletonema* 属の種組成

大阪湾において優占種とされている珪藻類の *Skeletonema* 属は、その種が未だ同定されていない。そこで、昨年度に引き続き、泥から復活する *Skeletonema* 属細胞について海底泥からの復活実験を行った。試料は、2010年5月に湾奥の Stn. 15 において採取した堆積物を、85日間冷暗保存した後、実験に供した。

3. *Skeletonema* 属の優占率低下と *Chaetoceros* 属の増加の原因試験

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、最も優占率の高い *Skeletonema* 属とその競合関係にあると考えられる *Chaetoceros* 属について、海水中の栄養塩濃度、水温、光量子量の変化が両属の増殖に及ぼす影響について室内実験を実施し検討した。培養試験に用いた植物プランクトン株は、大阪湾の中央部の定点3の海底堆積物から復活させた1種の *Skeletonema* 属と3種の *Chaetoceros* 属、即ち *Skeletonema* sp. (SK)、*Chaetoceros* sp.1、sp.2、sp.3である。

(1) 栄養塩の影響

相対的に減少率の大きい無機態窒素 (DIN) 濃度の低下によって優占種が *Skeletonema* 属から *Chaetoceros* 属に遷移した可能性を検討した。具体的には、各種について NO_3 濃度に対する増殖速度の半飽和定数 (K_s) を測定した。

(2) N:P比の減少の影響

大阪湾では溶存態窒素が相対的に大きく減少し、N:P比の減少も認められている。そこで、培地のN:P比を変化させて、その最大増殖量(蛍光値)を求めた。

(3) 水温の影響

海水温に対する各種の増殖応答を検証した。水温 10、15、20、25℃にて培養し ($150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 14:10 LD)、毎日クロロフィル蛍光値を測定することで各温

度における増殖速度を算出した。

(4)光の影響

各種の光強度に対する増殖応答を検証した。すなわち、光量子量を 46、79、120、158、237 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の 5 段階に設定し、各光強度下における増殖速度を前述と同様の培養方法で測定した。

【結果及び考察】

1.大阪湾における栄養塩と植物プランクトンの季節・経年変動

大阪湾を東部と西部、あるいは西部北側、西部南側に分画してみると、西部よりも東部が、また西部南側よりも北側が、より富栄養化している特徴が明らかとなった。また、経年的には大阪湾ではその水質改善に伴って、栄養塩濃度の低下、N/P 比の低下が起こっていた。

現場海水中の植物プランクトン量への水質改善の影響は、単純なバイオマスの減少というよりは、最高細胞密度の低下という形で現れるようである。また、その水質変化にともなって、近年、現場の植物プランクトン群集の主要分類群である珪藻類の種組成が変化してきた。即ち、*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。この傾向は、播磨灘や北九州市の洞海湾でも認められている。

2.大阪湾の *Skeletonema* 属の種組成

湾内の東部東側の Stn. 15 にて、2010 年 5 月に採取した海底泥からの復活実験を行った。その結果、*Skeletonema marinoi-dohnii complex* と *S. japonicum* の復活が確認された。昨年度の海底泥からの復活実験の結果と合わせて、計 3 種の *Skeletonema* 属の復活が認められたことになる。一方、本湾で水中から分離された *Skeletonema* 属は計 5 種であった。尚、海底泥から復活してきた 3 種は何れも水中から分離された 5 種の中に含まれていた。海水中からは *Skeletonema marinoi-dohnii complex* が周年にわたって分離された。また、*S. costatum s. s.* は夏季に、*S. japonicum* は冬季に 2~3 ヶ月間にわたって分離されており、これらの 2 種は分離水温に近い培養温度で海底泥から復活した。

前述した *Skeletonema* 属から *Chaetoceros* 属に優占種が変化してゆく現象は単純な種交代ではない可能性が高い。即ち、この優占度合いが減少した *Skeletonema* 属について詳しく見てみると、大阪湾には 5 種が生息しており、それら 5 種のうち、おそらく過去（少なくとも 1980 年代）から現在までを通して主要種であるのは広範囲の水温に適応した種である *S. marinoi-dohnii complex* と考えられる。

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

Skeletonema sp.、*Chaetoceros* sp. 1、sp. 2、sp. 3 の Ks は、それぞれ 0.31、0.32、0.28、0.25 μM であり、*Skeletonema* 属と *Chaetoceros* 属に大きな差は認められ

なかった。また、N:P 比を変化させて増殖させた *Skeletonema* sp.、*Chaetoceros* 属共に、N:P 比に影響を受けず増殖した。これらの事から、栄養塩濃度や N/P 比の減少が、*Skeletonema* 属の優占率低下に対する直接の原因であるとは考えられない。

さらに、水温 10、15、20、25°C にて培養させた実験では、高水温の 25°C では全種がほぼ同様の増殖速度を示したが、15°C で *Skeletonema* sp. が 3 種の *Chaetoceros* 属よりもわずかに高く、10°C では *Skeletonema* sp. の増殖速度が 1.6 倍以上高かった (図 2 左)。指数関数的に増加する植物プランクトンの増殖過程を考慮すると、この増殖速度の差は、数日間で両種に非常に大きな細胞密度の差を生じさせることを意味する。したがって、とりわけ低温期における *Skeletonema* 属の優占率の減少は、栄養塩濃度が低下することによって増殖期間が短縮され、その結果として *Chaetoceros* 属との細胞密度差が小さくなったためと考えられた。

最後に、水柱への光透過度も大きくなっていると予想される。そこで、光量子量を 46、79、120、158、237 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の 5 段階に設定し、各光強度下における増殖速度を前述と同様の培養方法で測定した。その結果、光量子量が高い試験区 (158 および 237 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) では各種の増殖速度に大きな差は認められなかったが、79 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ で *Skeletonema* sp. が他種をわずかに上回り、46 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ では温度応答と同様に *Skeletonema* sp. の増殖速度が 1.3 倍以上高かった (図 2 右)。この結果は、*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ることを示しており、言い換えれば、水質向上に付随する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している。

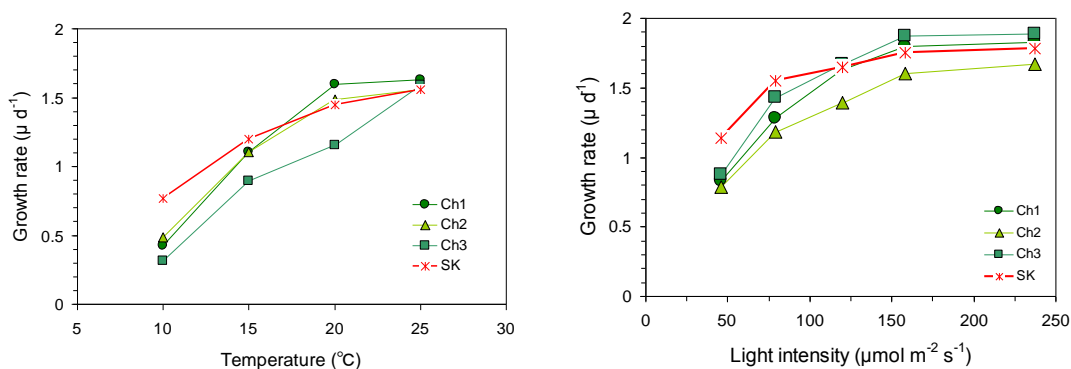


図 2. *Skeletonema* sp. および *Chaetoceros* 属の温度 (左) および光強度 (右) に対する増殖速度

以上の結果より、近年の栄養塩減少、透明度上昇による水柱内の光透過量の増加により、その条件に適応できない *Skeletonema* 属の種は淘汰されて、その優占度は低下し、それに代わって *Chaetoceros* 属の優占率が上昇してゆく可能性が考えられた。