

東部瀬戸内海における植物プランクトン群集の基礎生産力と その1960年代からの変化

代表者： 安佛かおり（京都大学学際融合教育研究推進センター・研究員）

共同研究者： 一見和彦（香川大学瀬戸内圏研究センター・准教授），山口一岩（香川大学農学部・准教授），大美博昭（地独 大阪府立環境農林水産総合研究所・主任研究員），宮原一隆（兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター・主席研究員），山本昌幸（香川県水産試験場・主任研究員），笠井亮秀（京都大学フィールド科学教育研究センター・准教授）

【研究目的】

瀬戸内海は、かつて富栄養の海として捉えられていた。しかし近年では、栄養塩負荷削減に伴ってその状態が解消しつつあり、ノリ養殖に対する栄養塩不足や多くの魚介類の漁獲量減少など新たな問題が生じている。一方大阪湾東部では近年でも貧酸素水塊が発生することがあり、水域ごとに様々な様相を呈している。これらの諸問題は高度成長期以降現在まで生態系構造が変化してきていることを示唆している。

本研究で課題としている植物プランクトンによる基礎生産は、海域の食物連鎖の基盤になる過程であり、系全体の生産性に大きく寄与している。瀬戸内海においては、1960～90年代に広域で基礎生産速度が測定されている（遠藤, 1970; Uye et al., 1986; Tada et al., 1998）が、近年のデータは限られており、基礎生産量がどのように変化したかは不明である。そこで本研究では、東部瀬戸内海において基礎生産速度を測定することにより生態系構造の変化を調べることを目的とした。また、東部瀬戸内海の各水域における基礎生産と物理・化学・生物的性状の関係性を比較することにより基礎生産性を決定づける要因についても考察を行った。

【研究方法】

大阪湾（M2, M3），播磨灘（H2, H10），備讃瀬戸（M5, M7），燧灘（M9）において、Tada et al. (1998) の基礎生産速度の測定点近傍に調査定点を7点設定した（図1）。各定点では、透明度の2.8倍を海面への入射光が1%となる深度（補償深度）と仮定し、入射光の100・48・33・14・8.3%となる各深度から採水を行った。試水は300 μ mメッシュのネットで濾して動物プランクトンを除去した。ただし、直径300 μ m以上となる大型珪藻種が観察されたときはネットを介さずに直接容器に採取した。試水をいれた容器は、表面水を掛け流したタンク内に浮かべ、直射日光を受けないようにして実験室に持ち帰った。実験室で持ち帰った試水を1Lのポリカー

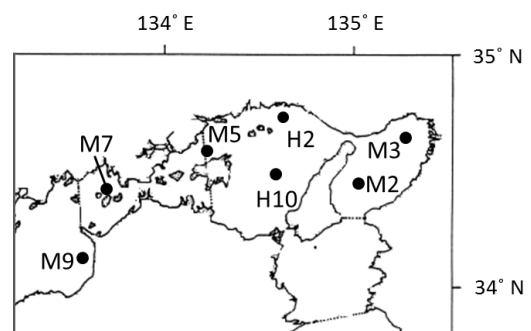


図1. 調査地点

ボネイト容器 2 本に分取し， ^{13}C で標識した重炭酸ナトリウムを全炭酸量の 10% になるように添加した後，培養器内で約 2 時間培養した．培養温度は現場表層水温に合わせ，光強度は，最大光度を 460 から 480 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ とし，遮光フィルターにより各採水深度での減衰率に合わせた．培養時間経過後，ガラス繊維ろ紙 (GF/F) を用いて懸濁物を捕集し，培養前後の濾物に含まれる ^{13}C 量と現場水の全炭酸量から基礎生産量を求めた (Hama et al., 1983) ．

採水時には，CTD・クロロフィル蛍光センサー・光量子計・透明度板での観測も行った．また，各層から採取した試水は，クロロフィル *a* 濃度・栄養塩類 (硝酸態・亜硝酸態・アンモニア態窒素，リン酸態リン，ケイ酸態ケイ素) ・植物プランクトンの種組成の分析にも供した．

基礎生産量は季節ごとに変化することが予想されるため，上記の測定は各季節で行った．

[結果と考察]

本要旨では 2013 年の 9 月と 11 月の調査の結果について述べる．

1. 物理化学的性状

各定点の塩分は，全層平均値で，9 月に 31.1 から 32.7，11 月に 30.3 から 31.7 の範囲で変動した．塩分の鉛直変動は大阪湾奥部 (M3) や備讃瀬戸の M5 の 11 月で比較的大きかった．鉛直変動が大きいときは塩分の最小値が低く，表層への淡水の混入が推測された．

各定点の透明度は，9 月に 4.0 から 11.2 m，11 月に 3.9 から 10.6 m の間で変動した．いずれの月も大阪湾の湾奥で最も低く播磨灘で高かった．

各定点の表面水と有光層における栄養塩 (無機態窒素・リン) 濃度と N/P 比を図 2 に示した．有光層の値は，採水深度 (光強度 8.3% 水深) までの加重平均として示した．各月の窒素・リン濃度はよく似た分布を示し，最西部の燧灘 (M9) や備讃瀬戸 (M5, M7) で低く，より東部の播磨灘 (H2, H10) にかけて増加し，大阪湾 (M2, M3) で最も高かった．9 月と 11 月を比べると前者でより低い濃度がみられた．N/P 比はほとんどの定点で 16 以下となり，全体的に窒素制限下にあることが示された．

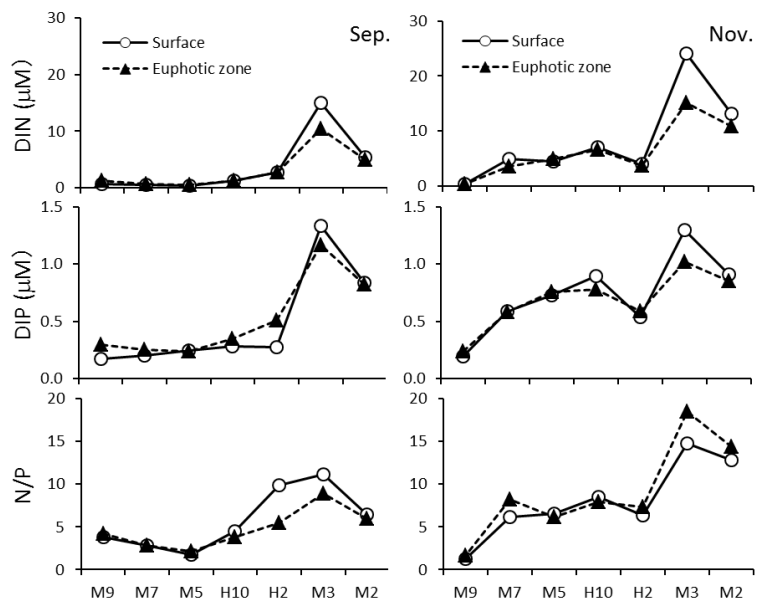


図 2. 各定点の表面水 (surface) と光強度 8.3% 深度までの有光層 (Euphotic zone) における溶存無機窒素 (DIN) と溶存無機リン (DIP) の濃度および両者の比 (N/P) . 有光層の平均値は各採水層の値と各層の厚みから加重平均して求めた．

2. 植物プランクトンの現存量

各定点の表面水の植物プランクトン現存量を比べると、9月は、備讃瀬戸の M7 で大きく、大阪湾の中央部 (M2)・燧灘 (M9) で小さく、その他の定点では同程度であった (図 3A)。11月は、播磨灘の H2 と備讃瀬戸 (M5, M7) で大きく、その他の定点では小さかった (図 3A)。

採水深度 (光強度 8.3%深) までの水柱における植物プランクトン現存量を、各層から採水した試料のクロロフィル a 濃度を用いて台形積分して算出したところ、9月と11月ともに、大阪湾 (M2, M3) と燧灘 (M9) で小さく、播磨灘 (H2, H10) と備讃瀬戸 (M5, M7) で大きかった (図 3B)。定点間の差異は9月に顕著で、播磨灘の M7 では特に大きな値がみられた (図 3B)。

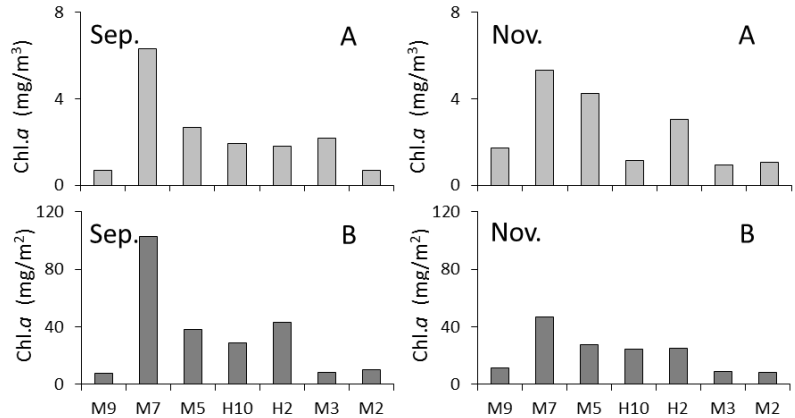


図 3. 各定点の表面水 (A) および光強度 8.3% 深度までの水柱における植物プランクトン現存量 (B)。水柱あたりの植物プランクトン現存量は各採水深度の現存量から台形積分して算出した。

3. 基礎生産量

今回の調査における各定点・各深度における光合成速度は 0.10 から $28.9 \mu\text{gC L}^{-1} \text{h}^{-1}$ (平均 $6.15 \mu\text{gC L}^{-1} \text{h}^{-1}$) で変動し、光合成活性は 0.07 から $17.8 \mu\text{gC } \mu\text{gChl.}a^{-1} \text{h}^{-1}$ (平均 $3.39 \mu\text{gC } \mu\text{gChl.}a^{-1} \text{h}^{-1}$) で変動した。Tada et al. (1998) は、それぞれ、 0.41 から $32.1 \mu\text{gC L}^{-1} \text{h}^{-1}$ (平均 $4.67 \mu\text{gC L}^{-1} \text{h}^{-1}$)、 0.03 から $9.75 \mu\text{gC } \mu\text{gChl.}a^{-1} \text{h}^{-1}$ (平均 $2.32 \mu\text{gC } \mu\text{gChl.}a^{-1} \text{h}^{-1}$) という値を報告している。

各定点の表面水の光合成速度を図 4 に示した。9月は、大阪湾奥部 (M3) で最大値を示し、播磨灘 (H2, H10) や備讃瀬戸 (M5, M7) で高く、大阪湾中央部 (M2) と燧灘 (M9) で低かった (図 4)。11月は、播磨灘中央部 (H10) と燧灘で低い値を示し、その他の定点はよく似た値を示した (図 4)。表面水の光合成活性は、9月と11月ともに、大阪湾の湾奥 (M3) で最も高く、全体的に調査区間内の西側に位置する定点ほど低くなる傾向がみられた (図 4)。この分布は栄養塩濃度の分布 (図 2) と類似して

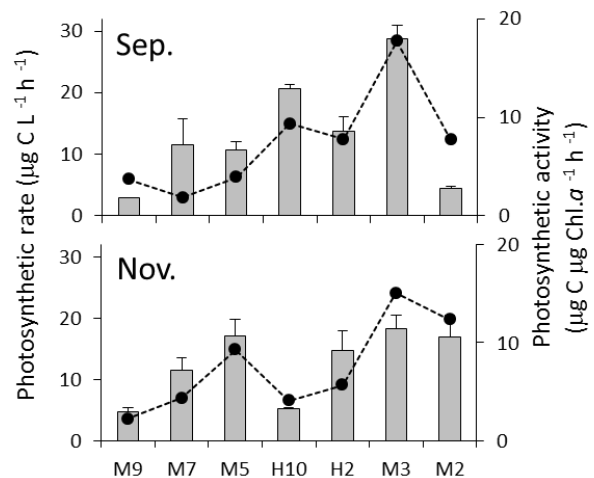


図 4. 各定点の表面水における光合成速度 (棒グラフ) と光合成活性 (折れ線グラフ)。エラーバーは標準偏差を示す。

おり、植物プランクトンの活性と栄養塩濃度との関係性が示唆された。

各定点の各層から得られた光合成速度を光強度 8.3%深度まで台形積算し、日長を 12 時間として水柱あたりの基礎生産を求めた (図 5)。各定点の基礎生産は、217 から 1638 $\text{mgC m}^{-2} \text{day}^{-1}$ (平均 728 $\text{mgC m}^{-2} \text{day}^{-1}$) で変動した。この変動範囲は Tada et al. (1998) の示した 118 から 1550 $\text{mgC m}^{-2} \text{day}^{-1}$ とほぼ同じであった。基礎生産を定点間で比較すると、9 月は播磨灘中央部 (H10) でとくに値が高く、燧灘で低い値となった (図 5)。11 月は 9 月と比べると定点間の差が小さかった。これらの結果は大阪湾での高い値を指摘した 1980 年代

(Uye et al., 1986) や 1990 年代 (Tada et al., 1998) の報告とは異なっていた。また、9 月の結果は大阪湾奥部 (M3) で高かった表面水の光合成速度 (図 4) と異なるものであった。このときの M3 では、有光層全体での植物プランクトン現存量が小さいにも関わらず (図 3)、透明度は最も低かった (4.0 m)。このことは、淀川由来の泥分などの微細粒子による透明度の低下を示唆している。この植物プランクトンに起因しない光の減衰が、結果的に水柱全体での基礎生産を制限したと推測される。

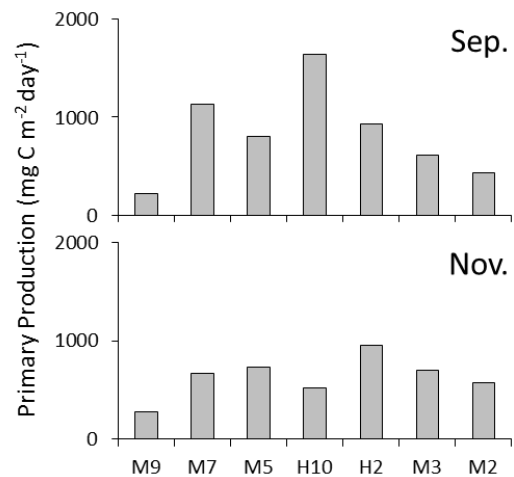


図 5. 各定点の光強度 8.3% 深度までの水柱における基礎生産量。

[結論]

今回測定された基礎生産量はこれまでの報告と大きく異なるものではなかったが、各定点の値を比べると大阪湾や播磨灘で基礎生産が高かった先行研究の結果とは異なる傾向が得られた。また、各定点における植物プランクトンの活性や基礎生産の差異には栄養塩や光などの環境因子が影響を与えていることが示唆された。今後、年間を通しての調査を行うとともに環境因子と基礎生産の関係を引き続き観測していくことにより、生態系の基盤である基礎生産とその変化についてより多くの知見が得られると考えられる。

[引用文献]

- 遠藤拓郎 (1970) : 瀬戸内海の一次生産に関する研究. 広島大学水畜産部紀要, 9, 177-140.
- Hama, T., T. Miyazaki, Y. Ogawa, T. Iwakuma, M. Takahashi, A. Otsuki and S. Ichimura (1983): Measurement of photosynthetic production of a marine phytoplankton population using a stable ^{13}C isotope. Mar. Biol., 73, 31-36.
- Tada K., K. Monaka, M. Morishita and T. Hashimoto (1998): Standing Stocks and Production Rates of Phytoplankton and Abundance of Bacteria in the Seto Inland Sea, Japan. J. Oceanogr., 54, 285-295.
- Uye, S., H. Kuwata and T. Endo (1987): Standing stocks and production rates of phytoplankton and planktonic copepods in the Inland Sea of Japan. J. Oceanogr. Soc. Japan, 42, 421-434.