

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(2)

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），秋山諭（地独 大阪府立環境農林水産総合研究所・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（北海道大学大学院水産科学研究院・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る一方で、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。また大阪湾東部では貧酸素水塊が毎夏発生しており、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における生態系構造の変化を示唆している。瀬戸内海においては、1960～90年代に広域で基礎生産量が測定されているが、近年のデータは限られており、生態系の基盤である基礎生産量の変化については不明である。

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基盤となる基礎生産性から議論する。またその変化傾向を瀬戸内海東部の各水域で比較し、各水域の物理・化学・生物的性状がどのように基礎生産性の変化に影響を与えているかを明らかにする。

[研究方法]

大阪湾、播磨灘、および備讃瀬戸を対象として、Tada et al. (1998) の基礎生産速度の測定点近傍に調査地点を7点設定した（図1）。各定点では、透明度の2.8倍を補償深度と仮定し、入射光の100, 48, 33, 14, 83%となる深さから採水を行った。採水後、すみやかに、300 μm メッシュのネットで試水を濾して動物プランクトンを除去し、5 Lのポリ容器に保存した。ただし、試料採取時に細胞径300 μm 以上となる大型珪藻種の出現がみられるときはネットを介さずに直接容器に採取した。試料をいれた5 L容器は、表面水を掛け流したタンク内にいれ、強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1 Lのポリカーボネイト容器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、温度と光強度を調

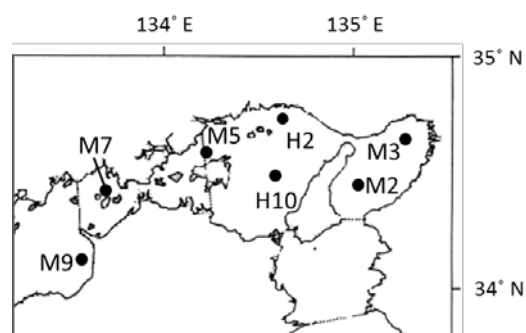


図1. 調査地点

節した人工気象器で約 2 時間培養した。培養温度は各定点近辺の自動観測点の前日午前 9 時の温度に設定した。培養時の光強度は、最大光量を $460\text{-}480 \mu\text{mol m}^{-2} \text{sec}^{-1}$ に設定し、表層（100%光強度）以外の容器には遮光フィルターを被せ、各深度の光の減衰率に合わせた。培養時間経過後、試料をガラス繊維ろ紙（GF/F）を用いてろ過し、懸濁物を捕集した。この試料に含まれる懸濁態炭素量と ^{13}C atom% を UC Davis Stable Isotope Facility において測定した。また、培養前に採取した試水の一部を全無機炭酸（TIC）濃度の分析に供した。試水の TIC 濃度は TOC5000-V（島津製作所）で測定した。培養時間内における基礎生産量は、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求めた（Hama et al. 1983）。本調査は、2013 年 8 月 11 月、2014 年 2 月、5 月、8 月、11 月に行った。

培養試料の採取時には、各地点で、CTD（水温・塩分・クロロフィル蛍光値）と光量子計での観測も行った。また、各層から採取した試水のクロロフィル *a* 濃度（蛍光法）と栄養塩濃度を分析した。栄養塩類は、硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、リン酸態リン、ケイ酸態ケイ素、アンモニア態窒素の分析を行った。

[結果と考察]

水温は、各定点の全層平均値で、 $24.0\text{-}26.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ （2013 年 9 月）、 $21.1\text{-}22.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ （2013 年 11 月）、 $8.8\text{-}10.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ （2014 年 2 月）、 $13.5\text{-}15.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ （2014 年 5 月）、 $24.1\text{-}26.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ （2014 年 8 月）、 $17.8\text{-}22.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ （2014 年 11 月）の範囲で変動した。

塩分は、各定点の全層平均値で、 $30.6\text{-}32.7$ （2013 年 9 月）、 $30.5\text{-}31.7$ （2013 年 11 月）、 $31.2\text{-}32.8$ （2014 年 2 月）、 $31.4\text{-}32.8$ （2014 年 5 月）、 $31.8\text{-}33.0$ （2014 年 8 月）、 $30.2\text{-}32.2$ （2014 年 11 月）の範囲で変動した。鉛直的に大きな塩分変動がみられるときは最小値が低く、表層への淡水の混入が変動を大きくしたと考えられる。とくに、2013 年 9 月の大阪湾湾奥（M3）、2013 年 11 月備讃瀬戸の M5、2014 年 2 月の播磨灘の H2 では、最低塩分が 25 以下であり、淡水混入の影響を大きく受けていた。一方、備讃瀬戸の M7、燧灘の M9 では比較的塩分変動が小さかった。

各調査で観測された透明度は、調査日間と地点間のばらつきがともに大きく、これらの間には有意な差はなかった（two-way ANOVA, $p > 0.05$ ）。大阪湾湾奥（M3）では、透明度が 5 m 以下のことが多かったが、2014 年 11 月の調査時には 11.5 m という高い透明度が観測された。備讃瀬戸の M7 の透明度は、平均値としては大阪湾に次いで低く、10 m を超えることはなかった。一方、H10 の透明度は、2014 年 11 月以外 9.3 m 以上を示し平均値も高かった。

本研究で得られた光強度 8.3%水深までの積算クロロフィル量を図 2 に示した。積算クロロフィル量は、調査地点間と調査日間で有意な差はなかった（two-way ANOVA, $p > 0.05$ ）。各調査日における最大値は、2014 年 2・5・8 月には大阪湾湾奥（M3）で、2013 年 9・11 月には備讃瀬戸の（M7）で、2014 年 11 月には燧灘で示された。2014 年 2・5・8 月には、大阪湾湾奥（M3）で最大を示し西側の地点でより低くなるという傾向がみられたが、その他の調査日の分布にはとくに傾向はみられなかつ

た。調査日間で積算クロロフィルを比較した場合、他の月と比べて、2014年2・5月は変動が小さかったが、値としては大きく違わなかった。

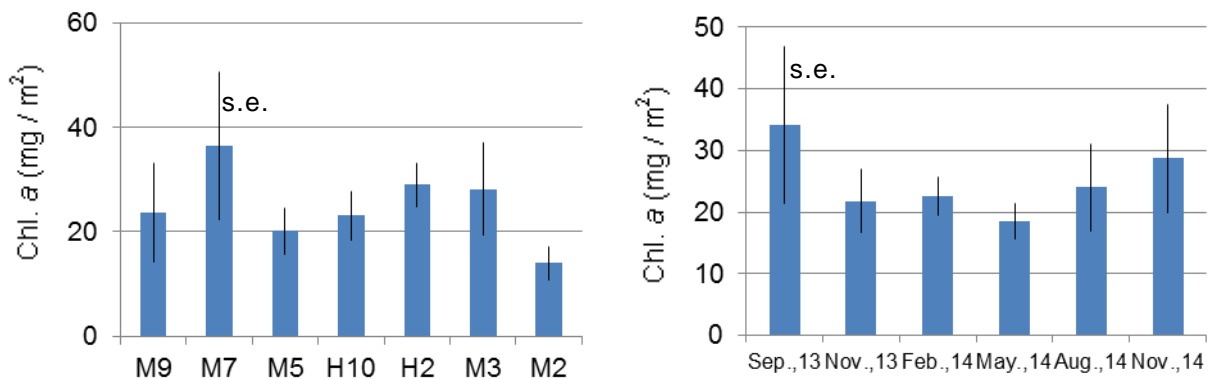


図 2. 各調査地点（左）および各調査日（右）における光強度 8.3% 深度までの水柱の浮遊藻類現存量。水柱あたりの浮遊藻類現存量は各採水深度の浮遊藻類現存量から台形積分して算出した。縦棒は標準誤差を示す。

本研究で得られた基礎生産量は、75 から 1638 mg C m⁻² day⁻¹ で変動した。この変動範囲は Tada et al. (1998) の報告した 118 から 1700 mg C m⁻² day⁻¹ とほぼ同じ値であった。各地点と各調査日の平均値を図 3 に示した。基礎生産量に関しては、地点間では差がみられなかった (two-way ANOVA, $p > 0.05$) が、調査日間では差がみられた (two-way ANOVA, $p < 0.01$) 。

基礎生産を地点間で比較すると、Uye et al. (1987) や Tada et al. (1998) の結果とは異なり、必ずしも、大阪湾や播磨灘で高く備讃瀬戸や燧灘で低いわけではなかった。本研究では、2014 年 2・5・8 月には大阪湾の湾奥 (M3) で最大値を示し、西側の定点でより低くなるという類似の分布パターンがみられたが、2013 年 9・11 月と 2014 年 11 月には備讃瀬戸 (M5・M7) あるいは燧灘 (M9) で高い基礎生産量がみられた。今後、この分布パターンの差異が生み出された要因について考察を進めていくには、まず、これらの地点で高い値が生み出されたメカニズムについて、同時期に行ったその他の地点との比較を詳細に行い、解析していく必要がある。

基礎生産を調査日間で比較すると、2014 年 2・5 月は他と比べて平均値として小さな値を示し、ばらつきも小さかった。Uye et al. (1987), Tada et al. (1998) はいずれも、冬季 (1 月) の基礎生産量は他の季節と比べて低いという本研究と同様の結果を示している。しかし、Uye et al. (1987), Tada et al. (1998) は、4 月の結果については、夏・秋季との差がなかったと記述しており、これは本研究の 5 月の結果とは異なるものであった。本研究における 5 月の光合成活性は 2 月と同程度の低い値であった。このときの現場水温および培養水温は 14.4-15.1 °C であり 20 °C 以上となる夏・秋季と比べると低く、また、栄養塩濃度も他の月と比べると全体的に低濃度であった。これらの要因が活性を低下させたと考えられる。2014 年 5 月における光強度 8.3% 深

度までの有光層の全クロロフィル *a* 量を地点内で他の調査日と詳細に比べると、播磨灘（H2・H10）では最低値、備讃瀬戸（M5・M7）でも比較的低い値であった。つまり、活性が低く、藻類現存量も他の調査日と比べて高くない地点が多いことから、2014年5月の基礎生産が低くなったと推測される。本調査においてみられた5月の特徴を既存研究と比較していくには、この季節性が2014年に特異的なものか通常なのか、4月と5月の違いを含めて慎重に検討していく必要がある。

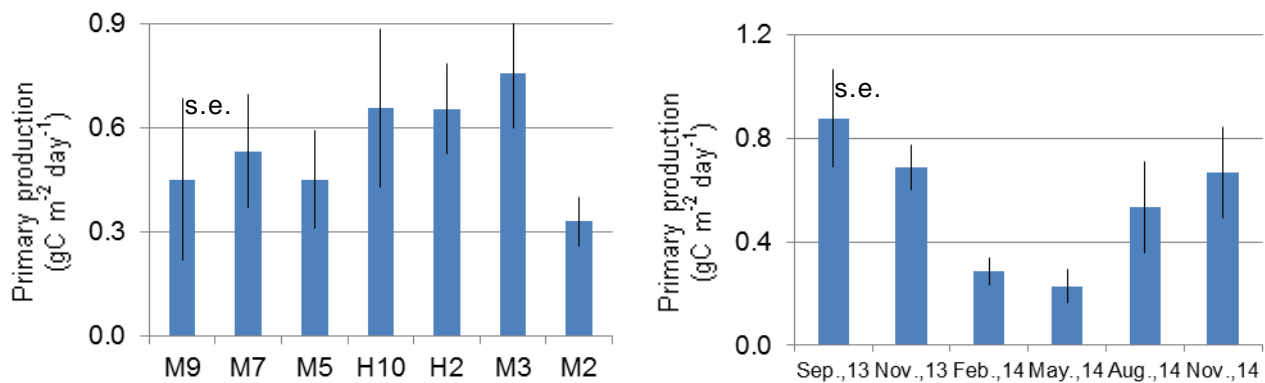


図 3. 各調査地点（左）および各調査日（右）における基礎生産量．縦棒は標準誤差を示す．

[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。しかし一方で、地点間差や季節変化に関しては、これまでの報告とは異なる傾向もみられた。今後、本研究で見られた特徴を生み出したメカニズムについて解析を進めることで、生態系の基盤である基礎生産とその変化を解明する上で重要な知見を与えることができると期待される。

[引用文献]

- 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 ¹³C 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.