

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(3)

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水産技術センター・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魚介類の漁獲量減少など新たな問題が生じている。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。瀬戸内海の基礎生産量に関しては、1960-90年代に広域にわたる測定例があるが、近年のデータは限られている。このため、生態系の基盤である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量を測定することにより、基盤となる基礎生産過程から生態系構造の変化を議論する。

【研究方法】

大阪湾，播磨灘，備讃瀬戸，燧灘を対象として，Tada et al. (1998) の基礎生産量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（入射光の1%光強度になる深度に相当）と仮定し，入射光の100，48，33，14，8.3%となる深さから採水を行った。実験室において，1Lのポリカーボネイト容器2本に試水を分取し， ^{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，人工気象器で約2時間培養した。2本のうち1本は現場水をそのまま培養し，もう1本には栄養塩混合液を最終濃度が硝酸態窒素： $20\ \mu\text{M}$ ，リン酸態リン： $2\ \mu\text{M}$ ，ケイ酸態ケイ素： $20\ \mu\text{M}$ となるように添加して培養を行った。培養温度は，各定点近辺の自動観測システムの前日午前9時の水温に設定した。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，遮光フィルターを用いて各深度での減衰率に調整した。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

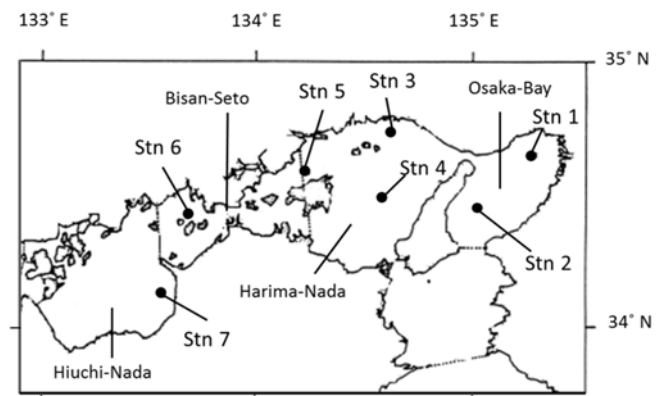


図1. 調査地点

物を捕集した。この試料に含まれる懸濁態有機炭素量と ^{13}C atom%を UC Davis Stable Isotope Facility において測定した。また、現場で採取した試水の一部を用いて、TOC5000-V（島津製作所）で無機炭素濃度を測定した。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 量と現場水の無機炭素量から求めた（Hama et al., 1983）。本年度の調査は、2015年6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* 濃度と栄養塩濃度を分析した。栄養塩類としては、硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、アンモニア態窒素、リン酸態リン、ケイ酸態ケイ素の分析を行った。

【結果と考察】

以下には、2015年度の結果を2013、2014年度の結果を交えて述べる。

有光層の藻類量は、2015年6月には地点間変動が小さく、これと比べると、2015年8月と11月の変動は大きかった（図2）。2015年11月の最大値は 62 mg m^{-2} であり、2013年と2014年の11月にみられたような大きな値は観察されなかった（図2）。2015年8月と11月の値は、大阪湾湾奥（Stn 1）と播磨灘西側（Stn 5）では差異がみられたが、その他の地点では同程度の値を示し、播磨灘中央（Stn 4）と燧灘（Stn 7）で高く、備讃瀬戸（Stn 6）で低く、大阪湾中央（Stn 2）と播磨灘北部（Stn 3）ではそれらの中間の値であった。播磨灘中央（Stn 4）や燧灘（Stn 7）では透明度が比較的高く、有光層の厚みにより藻類量の積算値が大きくなった。一方、大阪湾湾奥（Stn 1）では、2015年6、8、11月のいずれも、表面水のクロロフィル *a* 濃度は他と比べて著しく高かったが、透明度が低いこともあり、有光層全体としては他と同程度となった。

基礎生産量は、2015年6月に地点間の差異が大きかった（図3）。播磨灘中央（Stn 4）では3年間の最大値 $2.8 \text{ gC m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ が示された（図3）。このときの透明度は 15.2 m と非常に高かった。大阪湾湾奥（Stn 1）では、基礎生産が $2.0 \text{ gC m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ で、透明度が 1.8 m であった。このように、有光層の厚みが全く異なる条件下で高い基礎生産量がみられたことは興味深い。2015年8月は、播磨灘中

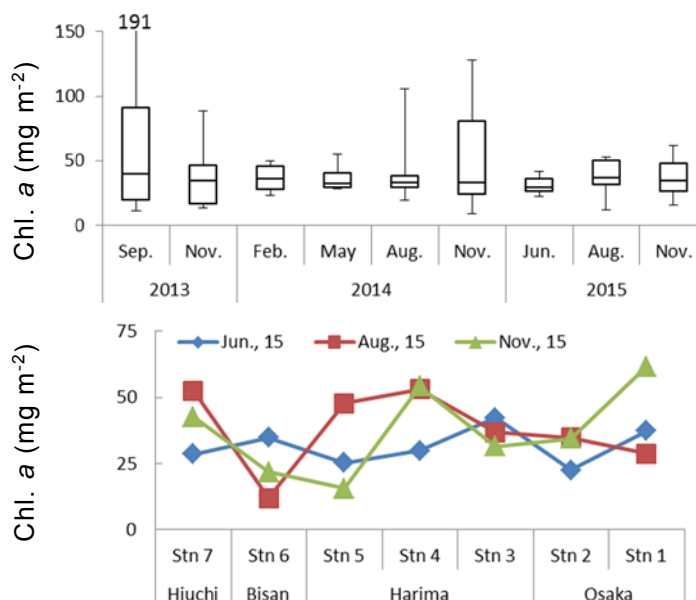


図2. 2013年から2015年の各調査（上）と2015年の各地点（下）における有光層の浮遊藻類現存量。各採水深度の浮遊藻類現存量から台形積分して算出した。最深採水深度から補償深度までは値が同じと仮定した。ボックスは1/4, 2/4, 3/4分位数。バーは最小値、最大値を示す。

央 (Stn 4) で最大, 大阪湾湾奥 (Stn 1) で最小 ($0.2 \text{ gC m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) を示した. 後者の値は, これまで大阪湾湾奥 (Stn 1) で観測された値と比べて著しく低かった. 2015年11月は, 大阪湾湾奥 (Stn 1) で最大を示し, 他の定点間に大きな差異はなかった. これは, 大阪湾湾奥 (Stn 1) 以外で最大値を示した2013年と2014年の11月の結果とは異なるものであった. 播磨灘西側 (Stn 5), 備讃瀬戸 (Stn 6), 燧灘 (Stn 7) では, 2015年6, 8, 11月の値はほぼ同じであった (図3).

基礎生産量と有光層のクロロフィル

ル a 量の比は, 2015年6月に, 地点間の変動がとくに大きく, 播磨灘中央 (Stn 4) と大阪湾湾奥 (Stn 1) で高かった (図4). これらの定点は, 基礎生産量が大きかった定点である. 2015年8月は, 大阪湾湾奥 (Stn 1) で著しく低く, 備讃瀬戸 (Stn 7) で最高であった (図4). 前述したように, 大阪湾湾奥 (Stn 1) の8月の基礎生産量は全地点の中で最小であった. クロロフィル当たりの生産量の変動を生み出した要因については今後の課題であるが, この変動は基礎生産量の変動を生み出す重要な要素であることが示唆された. 2015年11月は, 比較的変動が小さかったが, これは2014年11月の結果と類似していた (図4).

栄養塩添加実験では, 2015年6月と8月の試料では約半数の地点で栄養塩添加により光合成速度・活性が上がったが, 2015年11月の試料では大阪湾湾奥 (Stn 1) 以外では栄養塩添加の有無で差異は見られなかった. これは, 栄養塩濃度が11月に高いこと (図5) と合致した結果であった.

最後に, 2013年から2015年の結果と Uye et al. (1987), Tada et al. (1998) の測定結果を図6にまとめた. 1979-80年と1993-94年の値に関しては, 本研究の調査範囲と重なる地点のみを対象とし, グラフより数

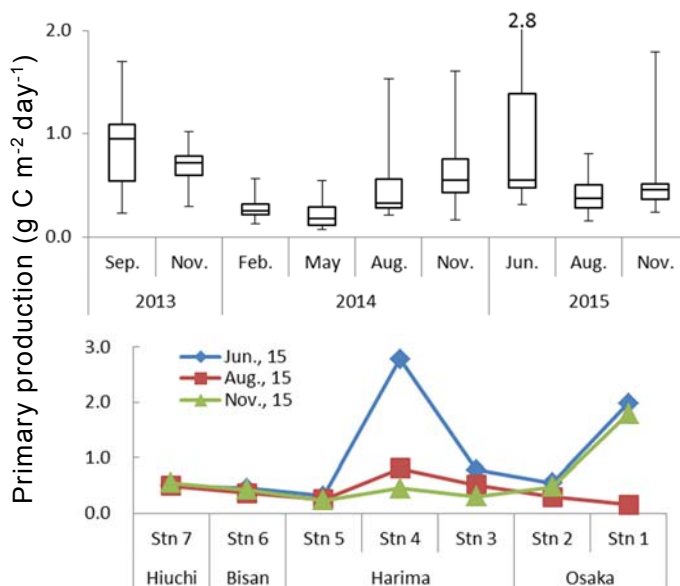


図3. 2013年から2015年の各調査(上)と2015年の各地点(下)における基礎生産量. グラフに関する説明は図2を参照.

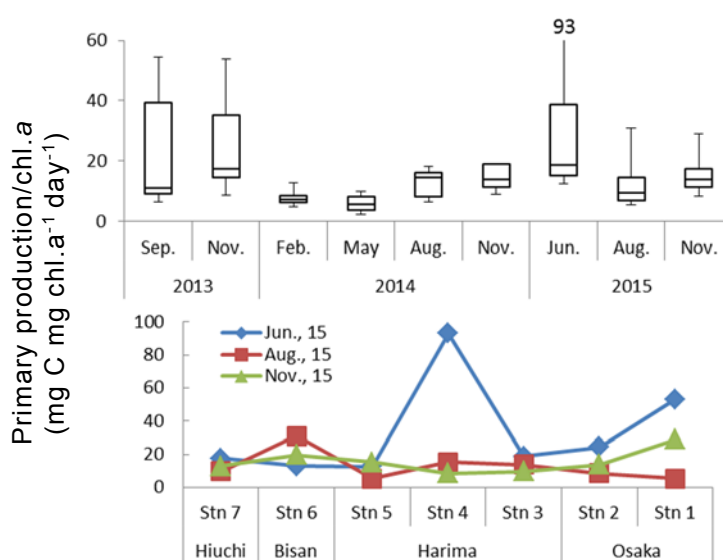


図4. 2013年から2015年の各調査(上)と各地点(下)における基礎生産量と有光層のクロロフィル a 量との比. グラフに関する説明は図2を参照.

値を読み取った。Uye et al. (1987) の測定値は, Tada et al. (1998) や本研究と比べると全体的に値が低かった (図 6)。Tada et al. (1998) は, Uye et al. (1987) との比較に際して, 鉛直積算の方法の違いを指摘した。本研究は Tada et al. (1998) の方法に準じているため, この理由により Uye et al. (1987) の値と直接比較することは難しい。一方, Tada et al. (1998) と比べると, 本研究では $0-0.25 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ での観測数が多くみられた (図 6)。これらは大部分が 2014 年の 2 月と 5 月の観測値であった。このうち 5 月の値 ($0.23 \pm 0.17 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) は 1994 年 4 月の値 ($0.58 \pm 0.22 \text{ g C m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) との差が大きかった。これに対して, 冬季は平均値として差異は小さく, また, 夏季と秋季は地点間や調査日間の変動が大きく, 本研究と 1993-94 年の調査との差異は明らかではなかった。2014 年 5 月の栄養塩濃度はかなり低く (図 5), この影響により基礎生産量が小さくなったと推測される。

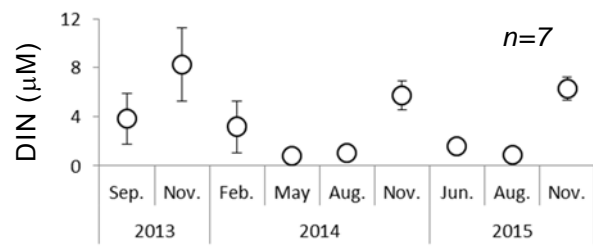


図 5. 各調査における溶存無機窒素 (DIN) 濃度。採水深度までの平均値で示した。バーは標準誤差。

【結論】

3 年間の調査を通じて, 東部瀬戸内海の基礎生産は地点ごとに特徴的な性状を示した一方で, 各年で異なる様相が観察され, 各調査日や各年の気象条件などにも左右されることが示唆された。1993-94 年の結果と比べると, 春に栄養塩濃度が著しく低下したときには基礎生産が低下している可能性が示唆された。

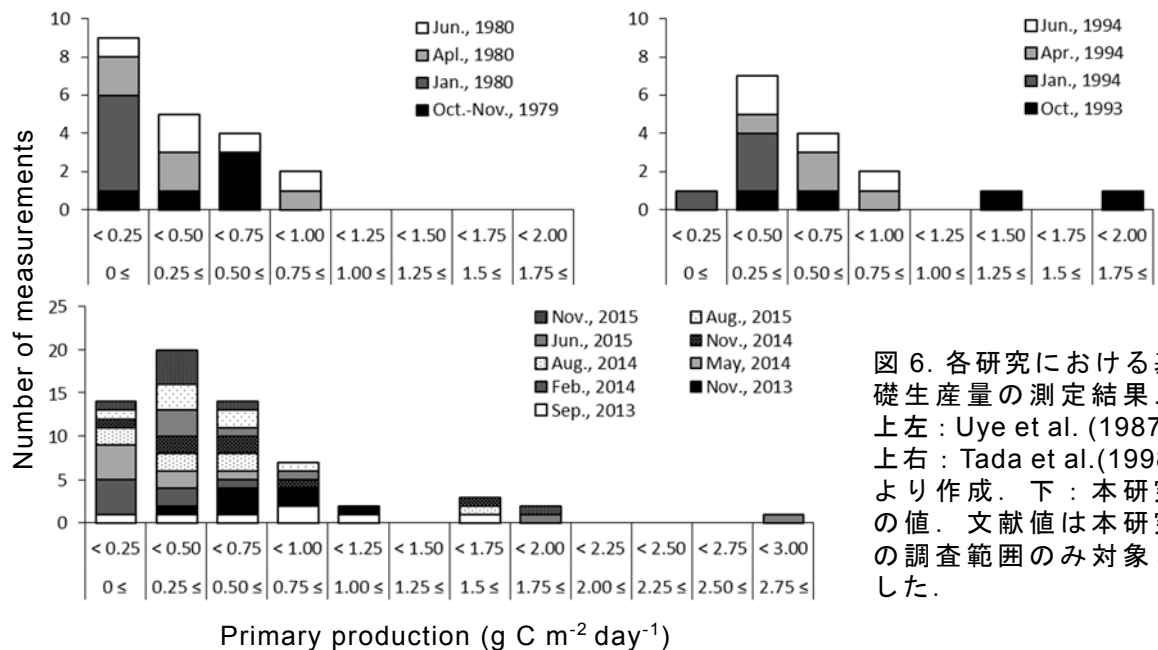


図 6. 各研究における基礎生産量の測定結果。上左: Uye et al. (1987), 上右: Tada et al. (1998) より作成。下: 本研究の値。文献値は本研究の調査範囲のみ対象とした。

Hama et al. (1983) Mar. Biol., **73**, 31–36.

Tada et al. (1998) J. Oceanogr., **54**, 285–295.

Uye et al. (1987) J. Oceanogr. Soc. Japan, **42**, 421–434.