

周防灘における光環境, クロロフィル a 及び濁度の季節・海域変動

宮下幸久¹⁾・井関和夫¹⁾・湯川翔太¹⁾
小池一彦¹⁾・手塚尚明²⁾・浜口昌巳^{1), 2)}

¹⁾ 広島大学大学院生物圏科学研究科, 〒739-8528 広島県東広島市鏡山1-4-4

²⁾ 水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所, 〒739-0452 広島県廿日市市丸石2-17-5

要 旨 2007年の5月から11月にかけて, ほぼ毎月, 周防灘全域の全水柱(ここでは, 海表面から海底直上20 cmまで)における水温, 塩分, 光量子, クロロフィル(以下Chl.), 濁度の鉛直分布及び透明度の海域分布を調査し, アサリ生産との関連性について検討した。その結果, 海底高濁度層が灘全体に見られ, 特に灘南西部の浅海域(水深10 m程度)では, 観測期間を通じて沖合域よりも濁度は高く, Chl. も高濃度だった。これらの浅海域を含めて, 灘西部の水深20 m程度以浅の海域では, 一般に海表面から海底までの全水柱が有光層になっていた。周防灘のアサリ漁場は, 干潟から水深5 m程度までの海域にあるため, 底生濾過捕食者のアサリにとって, 餌料供給の点では沖合域よりは好適条件を備えていると考えられた。また, Chl. 濃度は, 鉛直混合の開始初期の10月に周防灘全体で最も高く, 時期的にはアサリの秋季産卵の数週間前であると考えられた。これらのことから, 周防灘のアサリ生産は, 地域的・季節的な環境条件の違いとそれに伴う植物プランクトンの変動に関連があることが明らかとなった。

キーワード: 海底高濁度層, クロロフィル, 時空間変動, 光環境, 周防灘, アサリ

結 論

周防灘は瀬戸内海の西部に位置し平均水深24 m, 容積917億 m³の海域であり, 灘西部には, 瀬戸内海の全干潟面積の約62%を占める7,428 haの広大な干潟が形成され, カタクチイワシなどのプランクトン食性魚類の漁獲が少なく, 底生生物の漁獲が瀬戸内海の中で最も高いことが知られている(上, 1996; 瀬戸内海水産開発協議会, 1999)。このため, 植物プランクトンによる一次生産は浮魚生産への利用割合が少なく, 貝類などの底生生物の生産に寄与しているものと考えられ, 底生生態系が重要な海域と考えられてきている(松田, 1996)。灘西部の干潟は, 我が国を代表するアサリ漁場として利用されてきたが, 昭和60年には4万トンの生産を誇っていた周防灘のアサリの漁獲量は, その後急減し現在では数百トン以下の深刻な状態が続いている。このため, アサリ漁獲量の減少要因の解明とその対策が急務となっている。

アサリの減少要因として, 埋め立て等の沿岸開発による干潟の消失や, 一般人の潮干狩りを含む過剰漁獲, 害敵生物による食害, 赤潮, 水・底質の悪化, 植物プランクトン生産力の低下, 河川改修による土砂供給量の減少, 地球温暖化に伴う高水温化の影響などの様々な要因とそれらによるアサリのメタ個体群の崩壊が考えられている(浜口ら, 2005, 2008)。アサリは, 産卵後の発生初期は浮遊幼生として2週間程度は表層の流れに乗って漂うため, 浮遊幼生の一部は産卵域のアサリ漁場から他海域へ流出し, 一部が産卵域および隣接域の干潟・浅海域に着底し, 稚貝・成貝へと成長する。また, 同様に他海域から流入した浮遊幼生が最終的に成貝となり漁獲されるものもある。従って, 周防灘の任意の干潟で漁獲されるアサリ成貝は, 潜在的に周防灘全域を生息場とした生活史を持ち, 発達段階に応じて利用可能な懸濁粒子(粒子サイズ別および植物

ランクトン、底生微細藻、デトライタス、バクテリアなどの種類別)を濾過摂食していると考えられる(鳥羽, 1987; 大橋ら, 1990; Yan et al., 2006; 一崎, 2008)。

沿岸域では、河川から供給される粒子や海底からの再懸濁粒子には、陸域の岩石や土壌中の鉱物粒子なども多く含まれ、有機・無機物を問わず水中における粒状懸濁物の増加は、光の透過率の減少を招き、底層における植物プランクトンや底生微細藻類の基礎生産が抑制される。従って、栄養塩及び粒状有機・無機物の動態を正確に把握することは、沿岸浅海域の生物生産構造や有用魚介類の適切な管理にとっても重要である(中嶋ほか, 2007; Spillman et al., 2008)。しかし、周防灘においては物理環境、栄養塩、粒状有機物(クロロフィル、有機炭素・窒素、生物起源ケイ素など)の周年にわたる全域の観測例はなく、特定の海域・季節に限られている(門谷ら, 2002)。

そこで、本稿では先ず周防灘全域の海洋構造、光環境や、クロロフィル及び濁度分布について季節・海域変動を調べ、周防灘におけるアサリの餌環境を検討することとした。なお、本研究は、広島大学と水産総合センター瀬戸内海区水産研究所との共同研究「瀬戸内海におけるベントスの生産性評価手法の開発」、および広島大学地域貢献研究の一環として実施された。

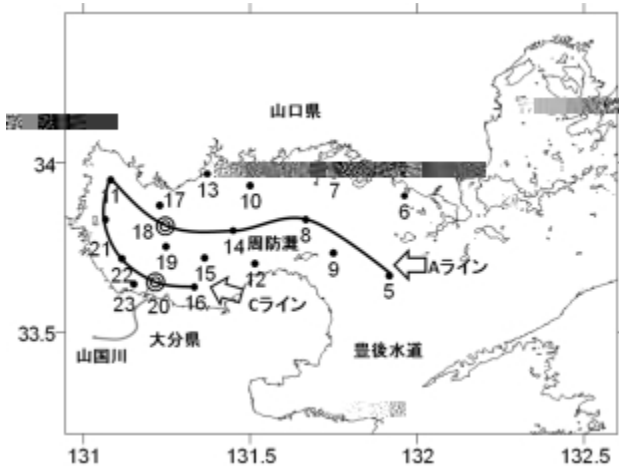


Fig. 1. Map showing the location of the sampling stations and main transects (A and C lines).

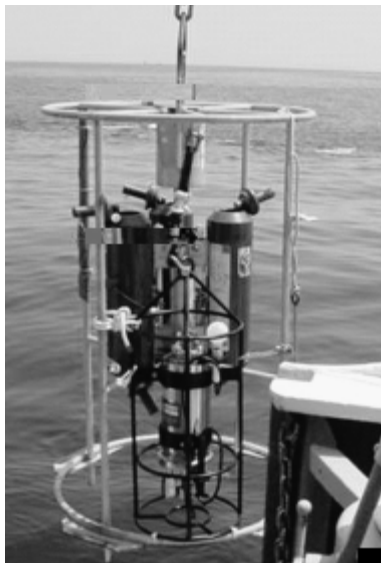


Fig. 2. A bottom water sampler and a self-recording apparatus having multiple sensors (temperature, salinity, depth, turbidity, chlorophyll-fluorescence, photosynthetic active radiation and oxygen) (Hoshika et al., 2003).

方 法

観測及びサンプリング

現場観測は, 2007年5, 6, 8, 10, 11月に独立行政法人水産総合センター瀬戸内海区水産研究所調査船「しらふじ丸」により, また2007年7月に広島大学生物生産学部練習船「豊潮丸」により, Fig. 1に示す観測点で実施した。観測では, 水深0, 5, 10, 15, 20, 30, 40 m及び海底直上2 m (B - 2 m) から試水をニスキン採水器で採取した。しらふじ丸航海では, 多項目センサー型計測器 (クロロテック: アレック電子ASTD - 500) 付きの海底直上採水器 (Fig. 2: Hoshika et al., 2003) を用いて海底直上0.5 m (B - 0.5 m) も採水した。しらふじ丸航海では, 水温, 塩分, 光量子量, 蛍光光度および濁度の各値はクロロテックを用いて測定し, 豊潮丸航海では, 水温, 塩分, 光量子量はSea-Bird Electronics社のCTD (SBE-9plus) で測定した。また, 30 cm白色セッキ板を用いて透明度の測定を行った。試水はメッシュサイズ200 μm のプランクトンネットを用いて大型粒子を除去した後, Chl. 及びフェオ色素の分析に供した。なお, 7月は悪天候のために観測点が大幅に少なくなっている。

有光層深度の推定

各航海毎の各観測測点で得られた水中光量子量 (Figs. 11-12) から, 次式 (1) により回帰直線を用いて水柱平均消散係数 ($K: \text{m}^{-1}$) を求めた。St.18の11月とSt.20の10月の光量子量の鉛直分布は, それぞれ水深2.5 mと0.5 mで極小値を示したが, 観測中における雲や船体自体による太陽光の遮蔽の影響と考えられるので, これら極小値前後の水深 (St.18では0 - 5 m; St.20では0 - 1.5 m) の値は, 回帰直線から除外して計算を行った。

$$I = I_0 \exp(-KZ) \quad (1)$$

ここで, I : 水深 Z mのときの光量 ($\mu\text{Em}^{-2} \text{s}^{-1}$),

I_0 : 海表面直下光量 ($\mu\text{Em}^{-2} \text{s}^{-1}$),

Z : 水深 (m),

である。

有光層深度 (Z_{ed} : m) はMorel (1988) に従って, 次式で求めた。

$$\begin{aligned} K &= -\ln(0.01) / Z_{\text{ed}} \\ &= 4.6 / Z_{\text{ed}} \end{aligned} \quad (2)$$

分析方法

Chl. 及びフェオ色素は, 試水を直径25 mmのWhatman GF/Fフィルターで濾過し, フィルター上の残渣を N, N' -ジメチルホルムアミド (DMF) で浸出し, 分析前まで - 20 の暗所で保存後, 蛍光光度計 (Turner Designs 10-AU) を用いて蛍光法 (Suzuki and Ishimaru, 1990) により求めた。

結 果

表層における水温・塩分の水平分布

表層における水温と塩分の水平分布をそれぞれFig. 3とFig. 4に示した。5月から11月にかけて表層における平均水温 (全観測点の加算平均値) は, 18.77 (11月) から28.72 (8月) の間で変動し, 5月, 6月, 8月は灘西部浅海域において, 表層水温が高く灘東部で低温であった。10月, 11月の鉛直混合期では灘東部で高温, 灘西部で低温となっていた。表層の平均塩分は, 32.03 psu (8月) から33.17 psu (11月) の間で変動し, 5月から10月までは, 灘西部が低塩分であり (特に, 大分県沿岸域), 11月はやや高塩分となった。灘東部は豊後水道に近づくにつれて高塩分になっていた。

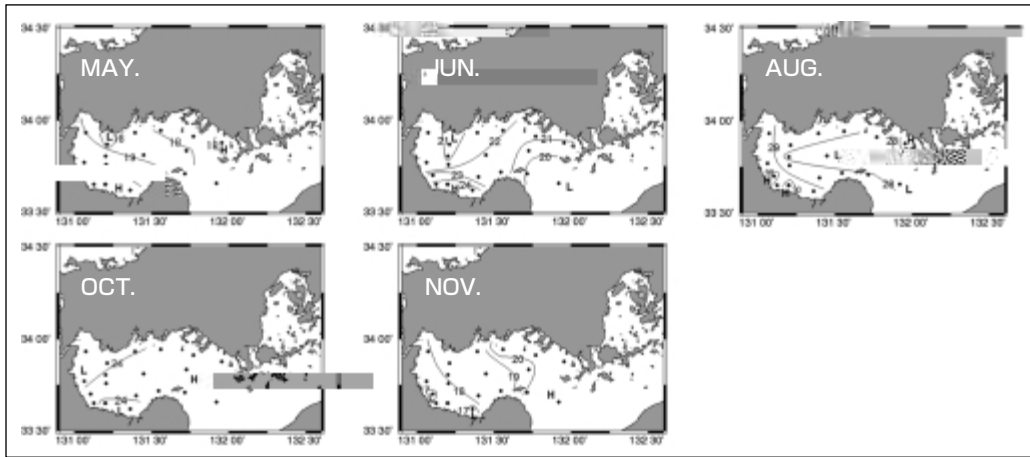


Fig. 3. Horizontal distribution of temperature () at surface water.

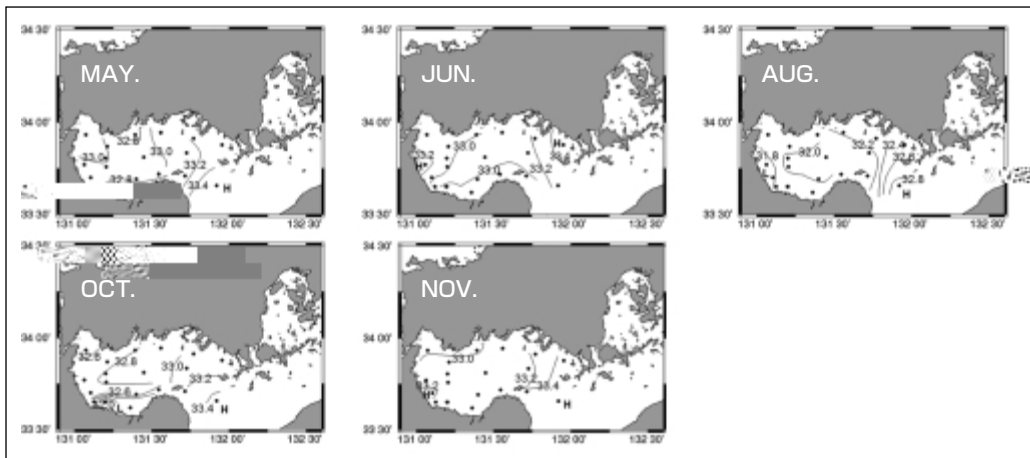


Fig. 4. Horizontal distribution of salinity (psu) at surface water.

透明度の水平分布と海底が有光層となる海域

透明度は、全観測期間を通じて、2.5 m - 15 mの範囲にあり、全体として灘西部の浅海域で小さく、灘東部にかけて大きくなっていった (Fig. 5)。8月を除いて、St. 11は周年を通じて最も透明度が低かった。また、11月は低気圧通過に伴う波浪のために、灘南西部の浅海域では、透明度が4 m以下と顕著に低い値を示した。

前述の(1),(2)式から補償深度(Z_{ed})を求め、有光層が少なくとも海底まで達している地域を推定した結果、灘西部の海底水深20 m程度以浅の浅海域が広範囲にわたり有光層となっていた (Fig. 6)。10月は、St. 14(海底水深27 m)のような比較的沖合域までが有光層となっていた。11月は、大分・福岡県浅海域において、海底までが有光層でない海域が多かった。これは、低気圧の通過に伴う波浪による鉛直混合の活発化のため、海底からの再懸濁粒子が一時的に増大して光透過率を悪くしたことが原因と考えられる。

濁度とChl.aの水平分布

表層における濁度は、全体的に灘西部で高く、東部で低い値を示し、平均濁度(ここでは、各航海における全観測点の加算平均)は、6月に最も低く(1.44 ppm)、11月に最も高い値(2.31 ppm)を示した (Fig. 7)。表層におけるChl.濃度は、濁度同様に全体的に灘西部で高く、東部で低い値を示し、平均Chl.濃度(ここでは、各航海における全観測点の加算平均)は、8月に最も低く($0.95 \mu\text{g l}^{-1}$)、秋季鉛直混合の開始時期に

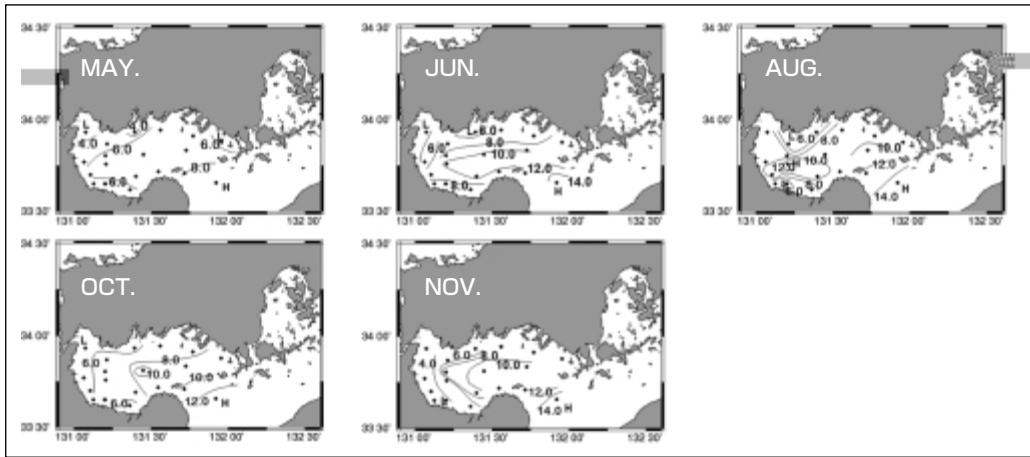


Fig. 5. Horizontal distribution of transparency (m).

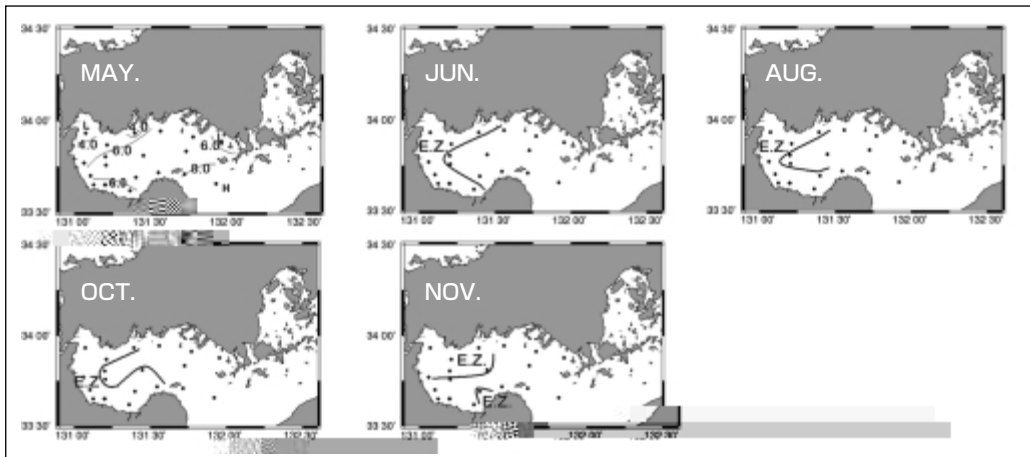


Fig. 6. Area which more than 1% of surface radiation reach to the sea floor (E. Z.).

相当する10月に最も高い値 ($2.5 \mu\text{g l}^{-1}$) を示した (Fig. 8)。

濁度の鉛直分布

A, Cラインにおける濁度の鉛直分布をFigs. 9-10に示した。両ラインに共通して、海底高濁度層の発達が見られ、Aラインでは一般に深度の増加に伴い濁度の値は減少し、最も沖合のSt. 5を除き高濁度層の厚みが増加していた。水深10m程度の浅海域に相当するCラインでは海底高濁度層の発達がAラインの観測点より顕著であった。特に、CラインのSt. 21の6月, 8月及びSt. 16の10月では、他の観測点と比較して10倍以上の高濃度の値を持つ海底高濁度層が形成されていた。St. 11の5月, 10月の濁度は、Cラインの他の観測点と比べて表層0 mから8 m付近では高めの傾向であった。11月にSt. 20では、表層から底層まで濁度は一様に8 ppm以上の高い値を示し、風速 13.0 m s^{-1} の強風を伴った低気圧通過と時間的にほぼ一致していた。

観測点18 (Aライン) 及び観測点20 (Cライン) における光環境, 濁度, Chl.a, 及び濁度/Chl.a比の鉛直分布

AラインとCラインの代表点として、観測点18と20における光量子, 濁度, Chl. a, 及び濁度/Chl. a比の鉛直分布をFigs. 11-12に示した。

St. 18では、海表面の1%光量が到達する補償深度は20 - 25 m付近にあり (濁度の低い11月は30 m付近)、10月を除き海底高濁度層の発達が顕著であったが、海底付近でのChl. aの際立った増加は11月以外には認め

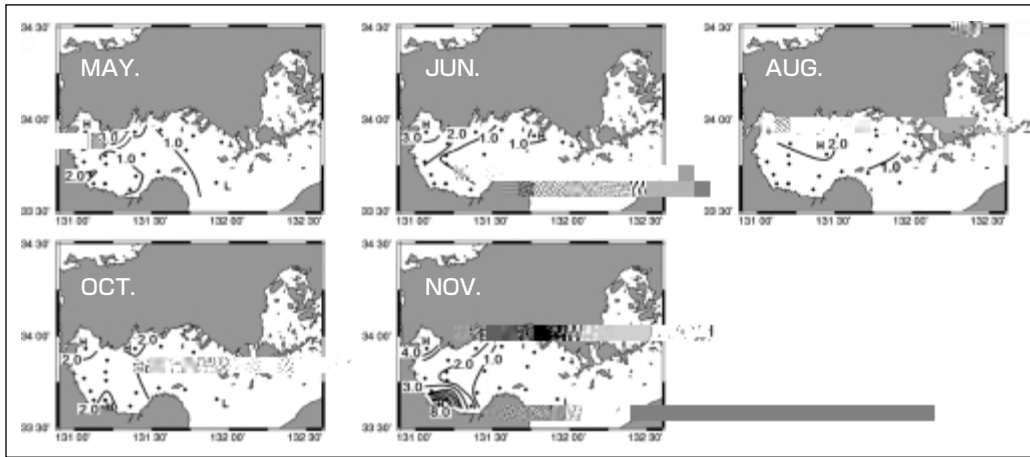


Fig. 7. Horizontal distribution of turbidity (ppm).

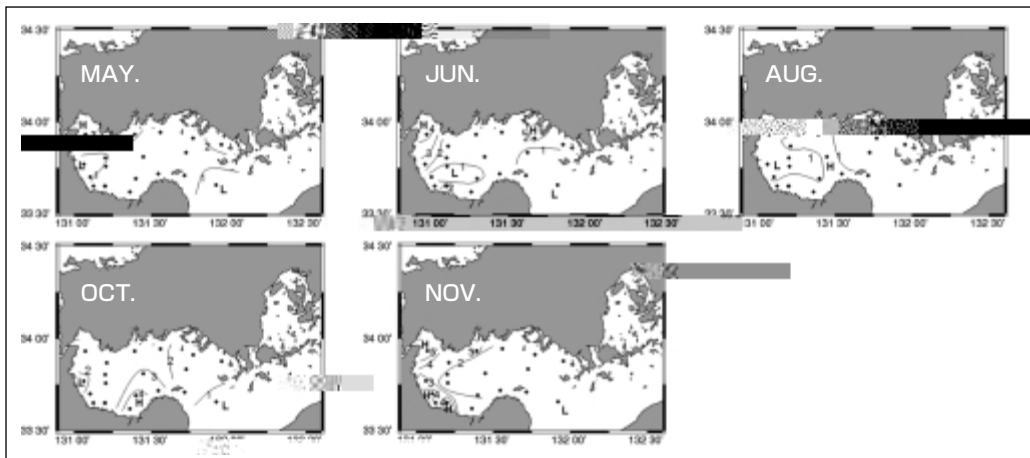


Fig. 8. Horizontal distribution of chlorophyll ($\mu\text{g l}^{-1}$) at surface water.

られなかった。成層期の5 - 5月の濁度/Chl. 比は、海底高濁度層内で水深とともに増加していた。一方、鉛直混合期に相当する10, 11月には濁度/Chl. 比は全水柱でほぼ均一な値を示した。全観測期間を通して、鉛直混合初期の10月に、Chl. 濃度は全水柱で最大値を示した ($2.5 - 3.5 \mu\text{g l}^{-1}$ 程度)。

St. 20では、11月を除き有光層が海底まで達し、特に濁度の低い5月, 10月には、海表面の少なくとも数%以上の光量が海底まで到達していた。海底高濁度層の発達は、成層期の5月, 6月, 及び8月に際立っていて、海底付近での急激な濁度の増加にほぼ対応してChl. も増加していた。濁度/Chl. 比は、全観測期間を通じて鉛直的に均一な値であったが、鉛直混合の開始時期である10月に最小値が得られた。また、St. 18同様に10月に、全水柱でChl. 濃度の最大値が得られた ($3 - 8 \mu\text{g l}^{-1}$ 程度)。これらのことから、植物プランクトン濃度と全粒子中に占めるその割合ともに、観測期間を通じて10月が最も高いことが明らかとなった。

考 察

海洋構造、光環境の特徴

5月から8月までの成層期と、10月と11月の鉛直混合期では、水温、塩分、透明度、光量子量はじめ、濁度、Chl. の分布パターンに大きな違いが見られた。瀬西部は、複数の一級河川が流入する浅海域で閉鎖性が強

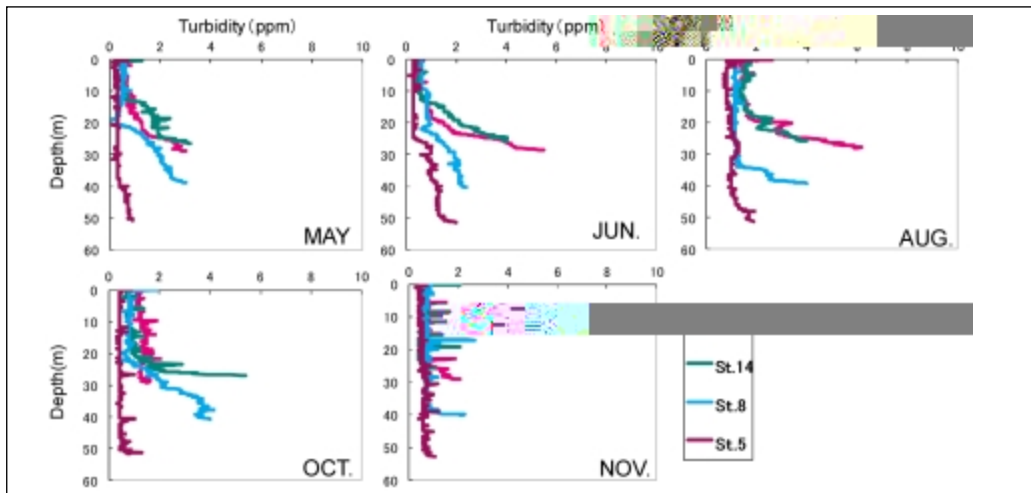


Fig. 9. Vertical distribution of turbidity (ppm) at Line A.

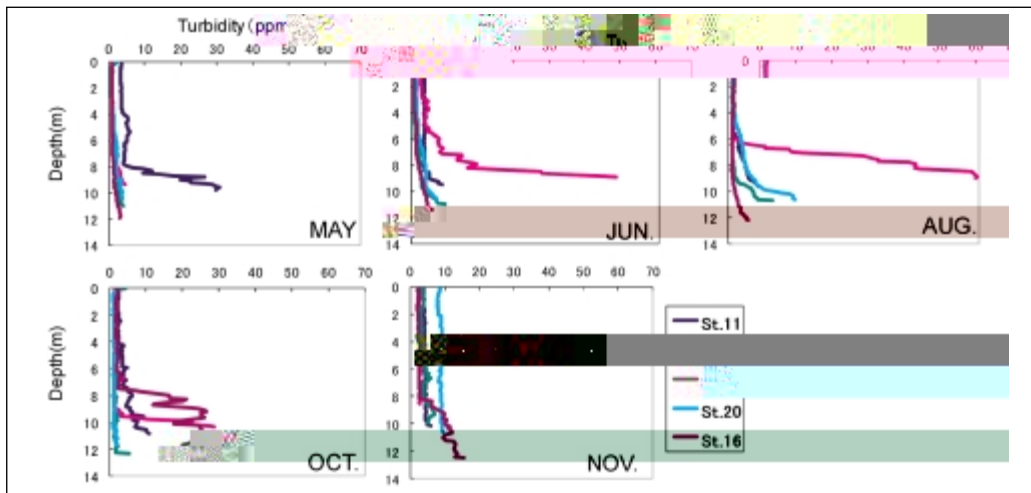


Fig. 10. Vertical distribution of turbidity (ppm) at Line C.

いため、観測月の海洋・気象条件によっては浅海域に低塩分水の広がりが見られた。8月と10月に、大分県浅海域の表層において低塩分層がみられたが、これは観測1週間前の大量降雨により急増した山国川からの淡水流入の影響と考えられる。灘東部は伊予灘と接しているため、豊後水道からの外洋系水の影響を強く受けて、西部より塩分は高めの傾向にあった。St. 11は一般に透明度が低く濁度が高いが、これは関門海峡を通じて外海からの影響を受けやすいことや、航路筋に近いために海水が常時攪拌されやすいなどの物理環境の違いが主因と考えられた。さらに、11月にはSt. 20において光の減衰が顕著で水深6 m付近が有光層下限になっていたが、これは明らかに低気圧通過に伴う海底からの再懸濁粒子による光の遮蔽効果であり、同時に観測されたC - 13現場吊下法による基礎生産量の値は(未発表)、水深5 mでほぼゼロの値であった。これらのことから、地理的環境や気象条件の違いが懸濁物の分布や基礎生産量にも大きく作用することが明らかとなった。

Chl.aの季節・海域変動とアサリ生産との関連

St. 18では、C - 13現場吊下法による基礎生産量の下限水深が、一般に20 - 25m付近であることから(早野ら, 2007)、水深25 m以深の底層及び海底付近のChl. は、有光層から沈降した植物プランクトンやそのデト

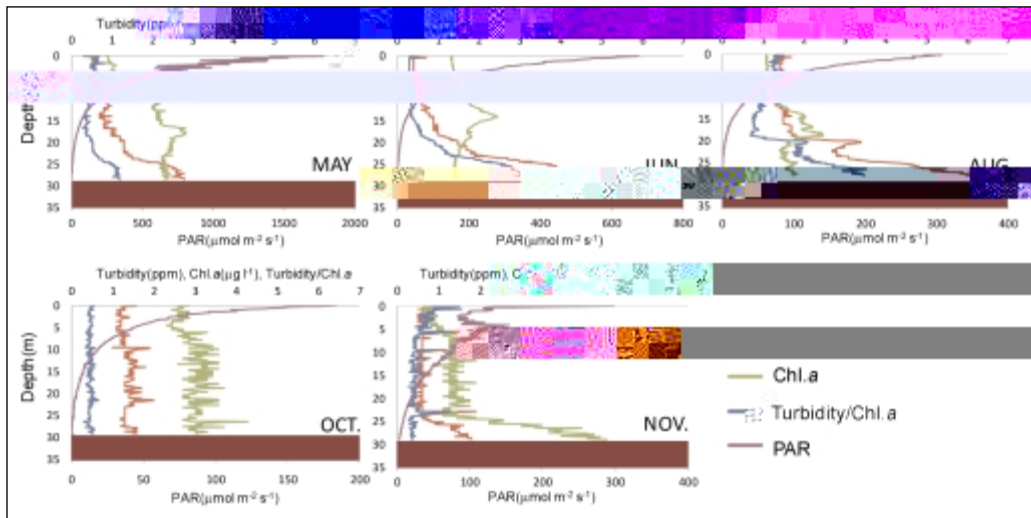


Fig. 11. Vertical distributions of photosynthetic active radiation ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), turbidity (ppm), chlorophyll ($\mu\text{g l}^{-1}$) and turbidity/chl. ratio at St. 18.

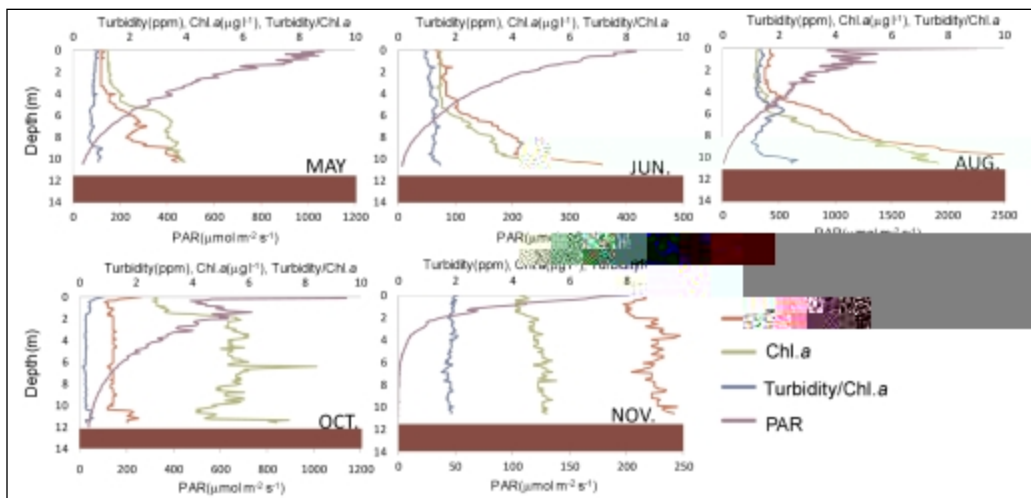


Fig. 12. Vertical distributions of photosynthetic active radiation ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), turbidity (ppm), chlorophyll ($\mu\text{g l}^{-1}$) and turbidity/chl. ratio at St. 20.

ライタス, 再懸濁粒子, 及び浅海域からの移入粒子を反映したものと推察される。底層における濁度の増加とChl. aが比例関係にないことから, 海底高濁度層の懸濁粒子の主体はChl. aをほとんど含まない植物プランクトン由来のデトリタス, 動物プランクトンの糞粒, 及び鉱物粒子などの非生体粒子であると考えられる。11月には, 水深23 mから海底直上にかけて濁度は0.6から1.6 ppmに増加し, Chl. aは1.4から3.5 $\mu\text{g l}^{-1}$ に急増していた。10月に大增殖した植物プランクトンの沈降が原因と考えられるが, アサリの非生息域であるためアサリ生産には寄与しない粒状有機物である。

CラインのSt. 20では, 表層よりも底層でChl. a濃度が高かった。Cラインの観測点は, 海底水深が約12 m程度であるため, 通常は海底まで光合成有効放射光量が到達し, 全水柱で光合成生産が行われていた。このため, 表層から沈降してきた植物プランクトンは光合成活性を保持し, さらに, 底生微細藻の再懸濁などにより, 底層でChl. a濃度が高くなっていたと推察される。また, 周年を通じてSt. 20のChl. a濃度は, St. 18よりも

1.1~3.1倍ほど高く、中津干潟隣接海域は、沖合域よりもアサリの餌が豊富であると推察された、中嶋ら(2007)は、2005年度に同海域で海洋観測を行い、Cラインの栄養塩は周年を通じて枯渇状態に近いにも関わらず、Chl. が高濃度であることから、河川あるいは底質から供給された栄養塩が植物プランクトンに急速に消費されるため、見かけ上、貧栄養塩環境になっていることを指摘している。

実際のアサリ漁場は水深5m程度以浅の砂泥底であることから、多くの浅海域同様に植物プランクトンや底生微細藻類がより増殖しやすい光環境であると推察され(Cahoon and Cooke, 1992; MacIntyre et al., 1996), Yamaguchi (2007) は、周防灘西部の浅海域底泥は有機物に富んでいて底生微細藻が二枚貝などのマクロベントスの重要な餌となっていることを報告している。また、水深10 m付近の海底高濁度層にある懸濁粒子が、潮汐などにより干潟・浅海域に運ばれ、アサリの餌となっていることが考えられるので、懸濁粒子の流動に関する知識も必要となる。従って、今後は、干潟から水深10 mまでの浅海域を中心とした低次生態系の調査が必要とされる。

また、2005年の中嶋ら(2007)の観測結果と同様に、全観測期間を通して、鉛直混合初期の10月が最もChl. 濃度が高く、秋季の鉛直混合の開始に伴い、中・底層から栄養塩が有光層内に大量に供給されたためと考えられる。上村ら(2008)は、2006~7年にかけて中津干潟のアサリの生殖腺の組織切片を作成し、成熟状態を調べているが、2007年は10月中旬が配偶子形成のピークであった。さらに、周防灘で2004年から実施しているアサリ浮遊幼生分布調査の結果によると、10月中旬から11月にかけて幼生が出現する率が高いことから、秋季の植物プランクトン・ブルームが産卵誘発を導いている可能性も考えられる(浜口, 未発表)。したがって、アサリ資源を考える上では成貝だけでなく、この時期の浮遊幼生の生残を考える必要があり、浮遊幼生の餌となる粒子サイズ10 μm 程度以下の粒子に着目した研究が必要である。さらに、岩男(2001)は、周防灘においてアサリの漁獲量が最大であった1985年には、Chl. 濃度の年平均が表層で約4.5 $\mu\text{g l}^{-1}$ 、底層では約5 $\mu\text{g l}^{-1}$ と報告している。本研究において、St. 20の水深0-5 mで得られた年平均Chl. は2.96 $\mu\text{g l}^{-1}$ であることから、餌となる植物プランクトンの絶対量そのものが減少している可能性も示唆され、低次生態系の構造に関する長期変動や年代間比較の解析も重要である。

謝 辞

本研究の実施にあたり、観測にご協力いただいた瀬戸内海区水産研究所調査船「しらふじ丸」および広島大学練習船「豊潮丸」の船長をはじめ乗組員の皆様には感謝の意を表します。なお、本研究は、広島大学と水産総合センター瀬戸内海区水産研究所との共同研究「瀬戸内海におけるベントスの生産性評価手法の開発」の一環として行われ、「広島大学地域貢献研究」および「水産基盤整備調査委託事業：広域アサリ漁場整備開発のための海況調査」の予算支援を受けたことに謝意を表する。

引用文献

- Cahoon, L. B., Cooke, J. E., 1992. Benthic microalgal production in Onslow Bay, North Carolina, USA. *Estuaries*, **84**, 185-196.
- 浜口昌巳・長井 敏・安田仁奈. 2005. 新たな調査手法開発によるメタ個体群動態解明. *月刊海洋*. **37**: 125-132.
- 浜口昌巳・手塚尚明・山崎 誠・井関和夫. 2008. 包括的環境保全と貝類漁業のあり方について. - 山・河川とアサリとの関係 -. 第 回「広島湾研究集会」山・川・海の連環系として水域の持続的生産性を探る. *水産海洋研究*, **72**, 311-317.
- 早野智子・井関和夫・中嶋さやか・手塚尚明・浜口昌巳・新村陽子. 2007. 周防灘西部海域における基礎生産量の季節変動と海洋環境との関連. 第 回海環境と生物および沿岸環境の修復技術に関するシンポジウム要旨集, 129-135.
- Hoshika, A., T. Tanimoto, Y. Mishima, K. Iseki and K. Okamura. 2003. Variation of turbidity and particle transport in the bottom layer of the East China Sea. *Estuaries and Coasts*, **50**, 443-455.
- 一崎絵理香. 2008. 天然餌料を用いたアサリ浮遊幼生の摂食特性に関する研究. 広島大学大学院生物圏科学研究科修士論文, 47pp.

- 岩男 昂．2001．周防灘大分県沿岸域の水質変動．大分県水研講研報，3，19-25．
- 上村了美・手塚尚明・浜口昌巳．2008．中津干潟におけるアサリの生殖周期．年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会講演要旨集，p. 113．
- MacIntyre, H.L., Geider, R.J., Miller, D.C. 1996. Microphytobenthos: the ecological role of the "secret garden" of unvegetated, shallow-water marine habitat I. Distribution, abundance and primary production. , 19, 186-201.
- Morel, A. 1988. Optical modeling of the upper ocean in relation to its biogenous matter content (case I waters). , 93, 10749-10768.
- 門谷 茂・山口一岩・堤 裕昭・濱田健一郎・上田直子．2002．瀬戸内海・周防灘における夏季のリンの分布と生物生産環境．沿岸海洋研究，39，171-179．
- 松田 治．1996．低次生産様式のまとめと提言．p. 67-70，瀬戸内海の生物資源と環境，岡市友利・小森星児・中西 弘（編），恒星社厚生閣，東京．
- 中嶋さやか・井関和夫・斉藤美薦・手塚尚明・浜口昌巳・上村了美．2007．周防灘における栄養塩及び粒状懸濁物の季節・海域変動と生物生産との関連．第 回海環境と生物および沿岸環境の修復技術に関するシンポジウム要旨集，123-128．
- 大橋 裕・河本良彦・岩本哲二．1990．アサリ種苗生産試験．山口県内海水試報告，18，1-9．
- 瀬戸内海水産開発協議会．1999．瀬戸内海の漁業．161 pp．
- Spillman, C.M., D.P. Hamilton, M.R. Hipsey, and J. Imberger. 2008. A spatially resolved model of seasonal variations in phytoplankton and clam () biomass in Barbamarco Lagoon, Italy. , 79, 187-203．
- Suzuki, R. and T. Ishimaru. 1990. An improved method for determination of phytoplankton chlorophyll using N-dimethylformamide. , 46, 190-194.
- 鳥羽光晴．1987．アサリ種苗生産試験-I．人工種苗生産したアサリの成長．千葉県水試研報，45，41-48．
- 上 真一．1996．基礎生産から魚類生産への変換．pp. 57-66，瀬戸内海の生物資源と環境，岡市友利・小森星児・中西 弘（編），恒星社厚生閣，東京．
- Yamaguchi, H., S. Montani, H. Tsutsumi, K. Hamada, N. Ueda and K. Tada. 2007. Dynamics of microphytobenthic biomass in a coastal area of western Seto Inland Sea, Japan. , 75, 423-432
- Yan X., G. Zhang, and F. Yang. 2006. Effects of diet, stocking, density and environmental factors on growth, survival, and metamorphosis of Manila clam , 253, 350-358.

Seasonal and spatial variations of optical properties, chlorophyll *a* and turbidity in Suo-Sound of the western Seto Inland Sea, Japan

Yukihisa MIYASHITA¹⁾, Kazuo ISEKI¹⁾, Shota YUKAWA¹⁾,
Kazuhiko KOIKE¹⁾, Naoaki TEZUKA²⁾ and Masami HAMAGUCHI^{1), 2)}

1)