

マガキ養殖漁場の水質について

松井 繁明
(研究部)

筑前海の養殖漁場は大型の河川が少なく外海水の影響を強く受ける。このため養殖漁場の水質環境を把握することは効率的に漁場を利用するために極めて重要である。本研究では、福岡県水産海洋技術センター所属の調査船つくしを利用し ADCP (RD 社製 WH-ADCP Mariner 600kHz), GPS 機能を持った水質観測機 (HYDROLAB 社製 DataSonde5x) と GIS ソフト (環境シミュレーション研究所製マリンエクスプローラー) を組み合わせた方法によって筑前海区の代表的なマガキ養殖漁場である引津湾と船越湾で調査を行った。引津湾では、上潮時に湾の北端から沖合の水が流入し時計回りに湾内の水が船越側から流出される傾向が見られ、下潮時には、船越側から湾内に流入し反時計回りに流出する傾向がみられた。北端から流入する海水は塩分が高くクロロフィル-a 濃度が低い外海水の影響が、船越側から流入する海水は塩分が低くクロロフィル-a 濃度が高い内湾水の傾向がみられ、河川が流入する船越湾の海水の影響を受けていると推測された。クロロフィル-a 濃度の分布はマガキの成長に影響を与えていることが示唆された。また、各漁協が設置している養殖筏の配置とクロロフィル-a 濃度の分布に整合性がみられた。

キーワード ; ADCP、GIS、水質、マガキ

近年、筑前海では、マガキ養殖が盛んになり、冬場の重要な収入源となっている。1994年に小規模な試験養殖から始まったマガキ養殖は、2009年には糸島漁業協同組合全体で28経営体にまで増加している。2006年に糸島漁業協同組合全体で79基あった筏の数が2009年には128基と約1.5倍、水揚げ量が2006年の約108tから2009年には1.4倍の約149tに伸びている。しかし、筑前海は本来マガキ養殖に適した静穏な内湾域は少なく、外海に面しているため、波浪や外海水の影響を強く受け、内海域とは養殖環境が大きく異なる。このような漁場環境のため、筏の設置場所によってマガキの成長差や、夏～秋にかけての斃死による減耗、冬場の生育不足や品質の低下が懸念される。このため漁場の水質環境を把握することは、効率的に漁場を利用し、マガキの品質を向上させるために極めて重要である。本研究では、調査船つくし (福岡県水産海洋技術センター所属 19t) を使用し ADCP、GPS 機能を持った水質観測機と GIS ソフトを組み合わせた方法によって、筑前海の代表的なマガキ漁場である糸島半島の引津湾、船越湾で調査を行い、その知見をもとに養殖漁場の評価を検討した。

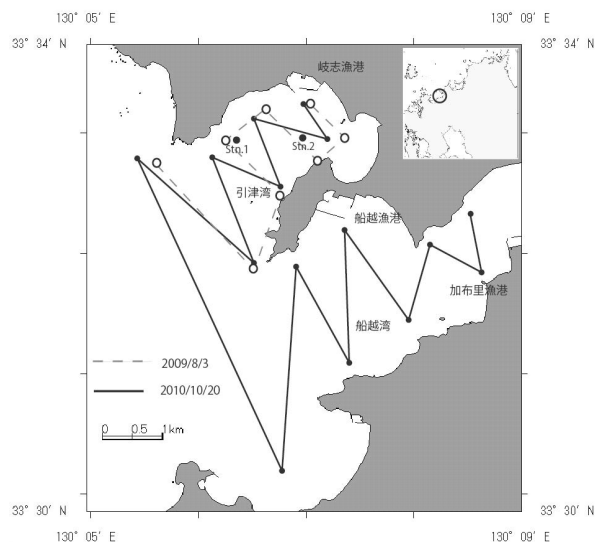


図1 調査地点

方 法

引津湾と船越湾は糸島半島西端に位置し、唐津湾に対して南西に開口し、南北に隣接して並ぶ小湾である。当該地域周辺には小規模な河川が多く、2級河川以上のは、唐津湾西端の1級河川松浦川と船越湾に流入する2

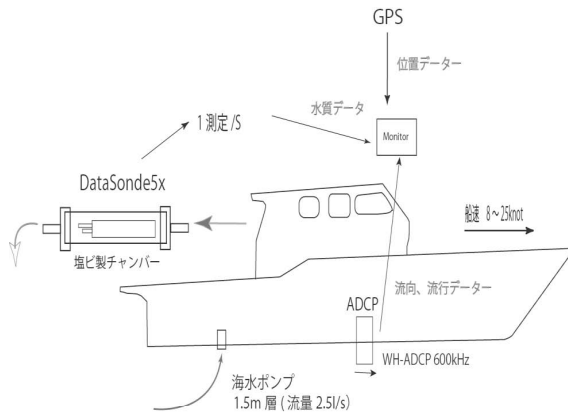


図2 水質、流況調査システム

級河川泉川のみである。両湾とも筑前海の中では北からの季節風を受けにくいいためマガキの代表的な養殖場になっている。引津湾の湾奥北端に岐志漁港、船越湾の湾口北側に船越漁港、湾奥南東側に加布里漁港が位置する。引津湾は糸島漁業協同組合本所が存する岐志地区の、船越湾は同漁協船越支所と加布里支所の養殖漁場である。

1. 潮流及び水質調査

引津湾、船越湾に調査ラインを設定し2009年8月3日(破線：大潮)と2010年10月20日(実線：大潮)に調査船つくしを使って調査を行った(図1)。航行に支障がない範囲で養殖漁場を含む目的海域に目標となるポイントを設定しこれを結ぶ線を調査線とした。測定は上潮時、下潮時に各1回づつ約1時間かけて行い、水温、塩分、溶存酸素、クロロフィル-aの各測定項目と同時に ADCP により潮流の流向、流速を測定することで、水質測定結果と同時性の高い結果を得た。

2009年の水質調査は、設定したルートを航行しながら調査船の海水ポンプを駆動し水深1.5m層から毎秒2.5lの海水を揚水し、水質センサー(HYDROLAB社製DataSonde5x)を封入したチャンバー(φ11×80cm,塩ビ製)に流入させて1秒毎に水質と、位置データーを記録した。同時に行った潮流の測定では船底に設置したADCP(RD社製WH-ADCP Mariner 600kHz)を用いて水深2mから1m毎に7mまで流況(流向、流速)を測定した(図2)。測定結果は、調査後にRD社の補正プログラムによって修正を行った。測定時の船速は8ノット以下、走行距離は約8.5kmであった。水質と位置データーは1秒ごと約4m間隔で合計2600回の測定を行った。

2010年の調査は同様の方法で行ったが、船速20ノットで約30kmを航行し、1秒ごと10m間隔で合計3300回の測定を行った。また、船が方向転換する調査ラインの折点で停船し、採水器を用いて1.5m層から採水し、水質

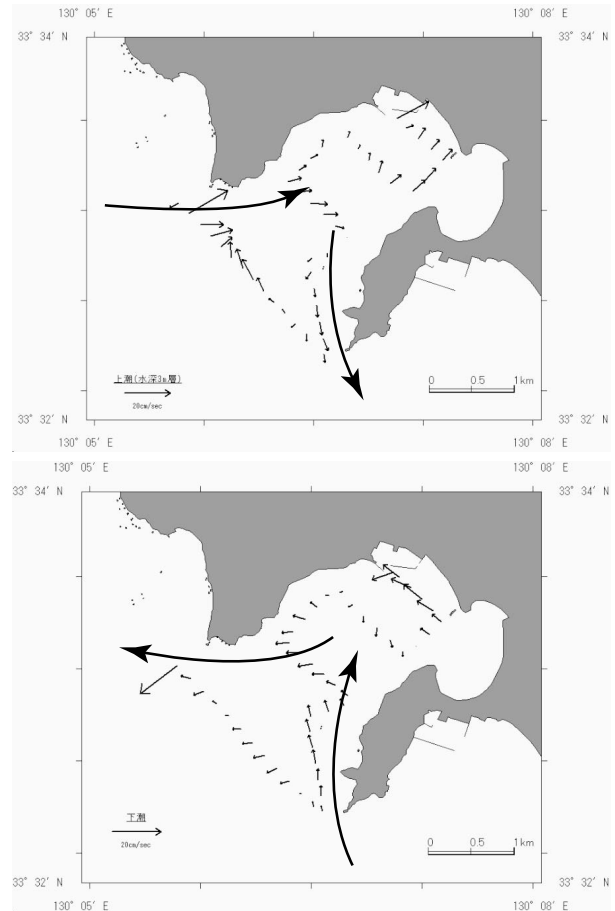


図3 流況 流速ベクトル図
(上：上潮時、下：下潮時)

センサーを使って水温、塩分、溶存酸素を実測した。採水した海水をの一部を持ち帰りろ過後アセトンで抽出して蛍光光度計によりクロロフィル-aを測定し(気象庁1990)、これをもとにした検量線で水質センサーによって得られた値を補正した。

得られたデータはGISソフト(環境シミュレーション研究所製マリンエクスプローラー)を用いて測定地点の緯度経度、水質、流況測定結果を一元的に解析した。

2. マガキの生育調査

2009年7月～12月まで毎月1回、図1に示した、引津湾、湾口部西側に位置する Stn.1と南東側の Stn.2に設置してあるマガキ養殖筏から、垂下連の表層、中層、下層から均等に合計50個体を採取し殻長、殻高、殻付き重量、むき身重量を求めた。

結 果

1. 潮流及び水質調査

流況については、2m層の測定値は速度や進行方向等、船の運航状況に影響を受けて異常値が多く信頼性が低かったが、3m層以深の測定値は安定しており各層とも同

マガキ養殖漁場の水質

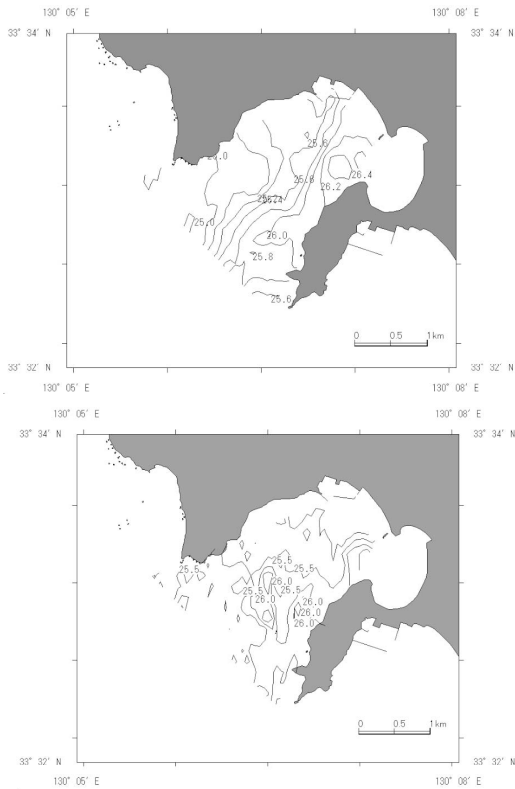


図4 水温の分布 (上：上潮時、下：下潮時)

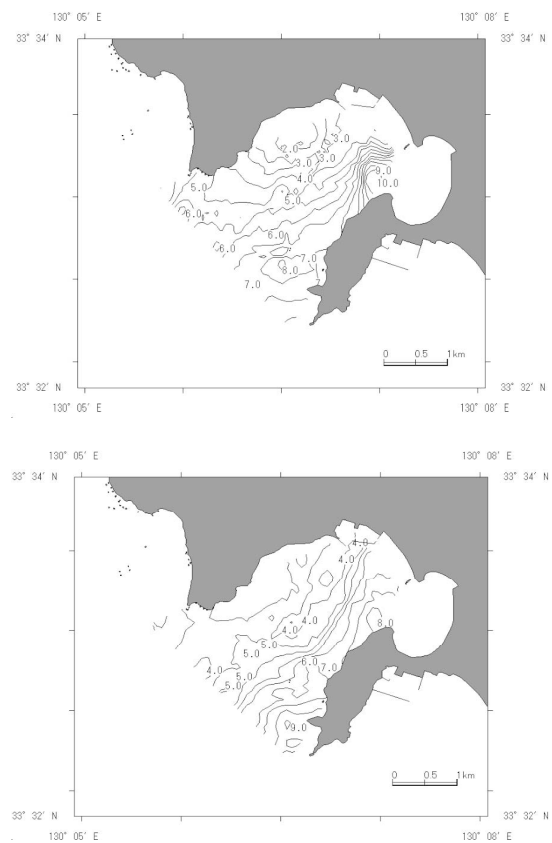


図6 クロロフィル-aの分布 (上：上潮時、下：下潮時)

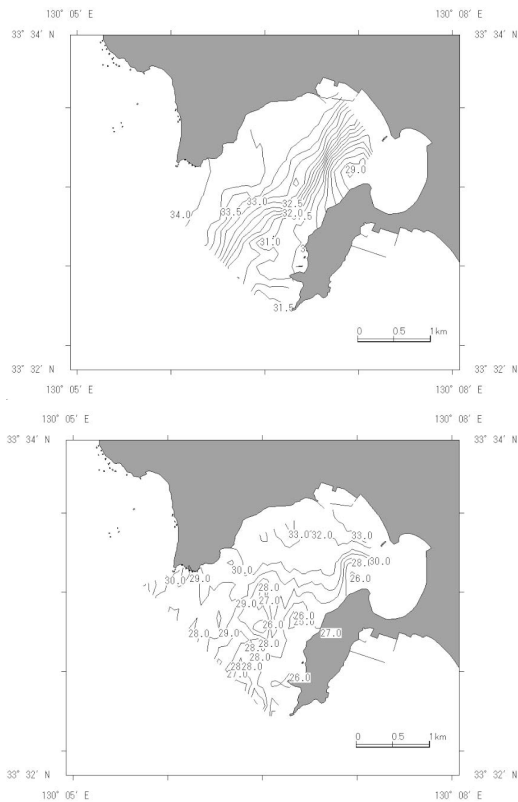


図5 塩分の分布 (上：上潮時、下：下潮時)

じ傾向を示した。船速度は、10ノットでは異常値が多く、8ノット以下が適切であった。

2009年8月3日の引津湾における流況(3m層)を図3に示す。上潮時には、湾口部北側から湾内へ向けて北東に強い流れが見られ最大流速23.7cm/sを示した。平均流速は $8.8 \pm 5.4 \text{ cm/s}$ で、湾口部北側から北北西向きに湾内に流れ込み時計回りに湾中央部から南向き、船越側に流出する流れが見られた。下げ潮時は、湾口部北側に南西向きの強い流れが見られ、最大流速31.5cm/sを示し平均流速は $10.0 \pm 6.3 \text{ cm/s}$ であった。全体的には北向きに船越側から湾内へ流入し、反時計回りに湾奥岐志漁港から北側湾口へ流れ、南西向きに外洋に流出する流れがみられた。

水質センサーの測定項目、水温、塩分、クロロフィル-a、溶存酸素は異常値も少なく出力数値も安定していた。採水時に実測した水温、塩分、溶存酸素について水質センサーの値と比較したが大きな差は見られなかった。

引津湾における水質の水平分布変化についてみると、水温は上潮時に湾口部北側に $< 25.1^\circ\text{C}$ の低い水温の分布が見られ湾奥にかけて水温が上昇する傾向が見られ、湾奥部東側で最も水温が高かった。下潮時には湾中央部と湾口部南側、湾奥部南東側に高い水温域が分布し、湾奥

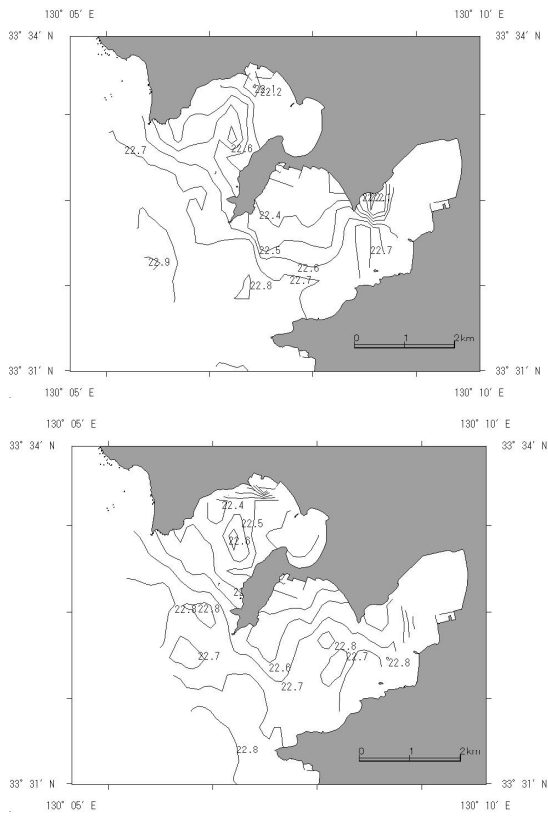


図7 水温の分布 (上：上潮時、下：下潮時)

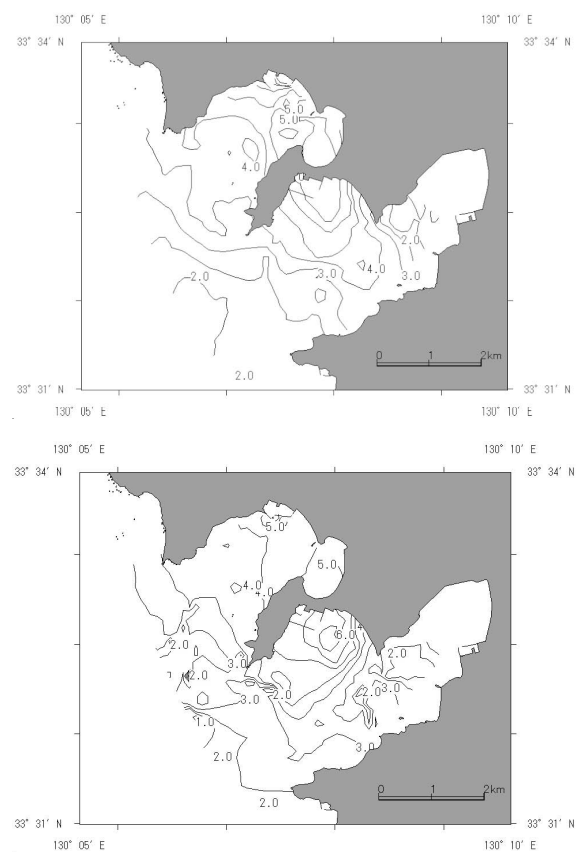


図9 クロロフィル-aの分布 (上：上潮時、下：下潮時)

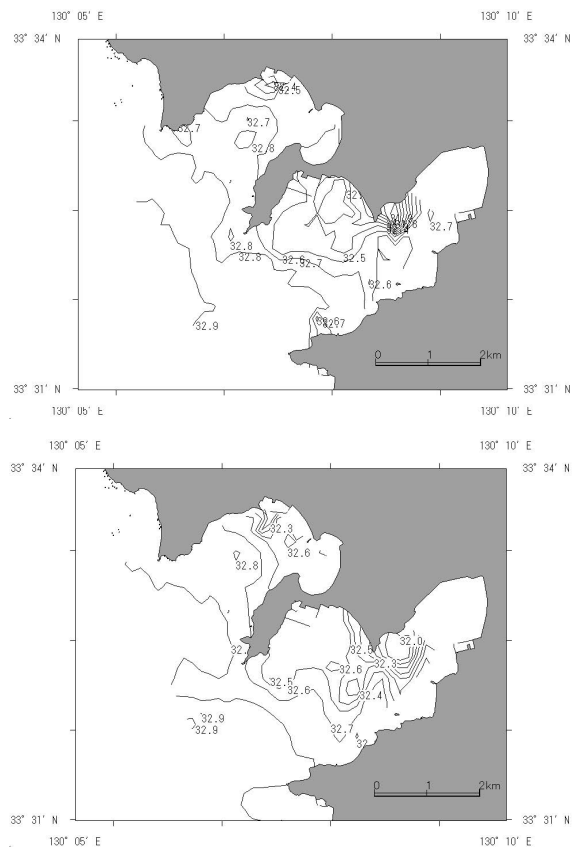


図8 塩分の分布 (上：上潮時、下：下潮時)

部北側に水温の低い傾向が見られたが、湾内で混合したため、上潮時に比較して水温分布に明確な区分は見られなくなった(図4)。塩分は、上潮時には湾口部北側に高い塩分濃度 (>33psu) の水塊がみられ、湾奥部には塩分濃度の低い水塊 (<29psu) がみられた。下潮時には、湾口部南側から湾奥部にかけて28psu 以下の低い濃度の水塊が分布し、湾中央部北側、岐志漁港前から湾口部にかけて濃度の高い水塊が分布する傾向がみられた(図5)。クロロフィル-a は上潮時には湾口部南側に高い濃度の分布が見られ、湾奥部でも南東側に高い値の範囲がみられた。下潮時には、湾口部北側から湾中央部にかけて2.0~4.0 $\mu\text{g/l}$ の低い濃度の分布が見られ、湾奥部南東側に9~10 $\mu\text{g/l}$ の高い濃度の区域が見られた。湾口部では北側が低く南側が高い傾向を示した(図6)。

2010年10月20日の水塊分布状況を示す。水温は、上潮時には引津湾、船越湾ともに外洋側から湾口部の水温が高く、湾奥部で低い傾向を示した。いずれの湾も北側の水温が低く、引津湾では湾中央部北側岐志漁港前で、船越湾では湾奥部東側で最低値22.1 $^{\circ}\text{C}$ を示した。下げ潮時には水温の高い範囲が湾内に広がり、水温の低い範囲は引津湾、船越湾ともに湾中央部北側から湾奥部北側の範囲に変化した(図7)。塩分は、上潮時には引津湾、船越

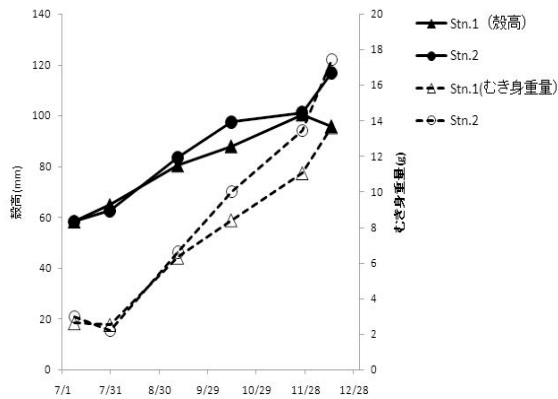


図10 調査点別カキの育成状況

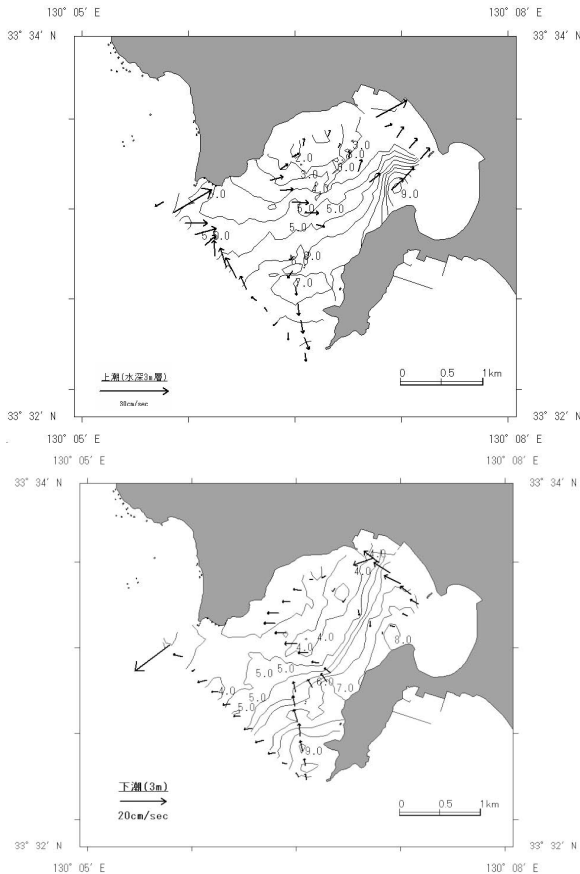


図11 流況とクロロフィル-a濃度
(上：上潮時、下：下潮時)

湾ともに32.8psu と外洋側から湾口にかけて高い濃度の水塊が分布し、湾奥部に低い濃度の分布が見られた。湾中央部北側から湾奥部にかけては塩分濃度が低く、船越湾では湾奥部北側で31.6psu まで低下したが、南側は比較的塩分濃度が高く湾奥部で32.7psu 湾口部で32.6psu であった。下潮時には外洋から湾口部にかけては大きな変化は見られなかったが、湾奥部の塩分濃度は全体的に

上昇し32.5psu 以下の範囲は減少した。船越湾では、湾奥部北側は変化が無く低い値を維持し31.6psu であった。湾奥部南側は濃度が下がり32.5psu 以下の範囲が広がったが湾口部は変わらず32.7psu と高い値を保っていた(図8)。クロロフィル-a は上潮時には外洋から湾口部にかけて2.0 $\mu\text{g/l}$ と低い濃度範囲が分布し、湾口部から湾中央部にかけて上昇する傾向を示し、引津湾では湾奥部南東側、船越湾では湾中央部北側の船越漁港周辺に高い濃度の水塊が分布していた。下潮時には引津湾では全体的に4 $\mu\text{g/l}$ 以上の範囲が広がったが湾奥部で濃度が下がり拡散する傾向が見られた。船越湾では湾奥部南側で濃度の減少が見られ3 $\mu\text{g/l}$ 以上の範囲が減少したが、船越漁港周辺の高濃度域は変わらず維持され、濃度の高い範囲が残った(図9)。

2. マガキの生育調査

引津湾、北側の筏 Stn.1と南東側 Stn.2のマガキの成長を比較すると、殻長は10月まで大きな差は見られなかったが12月では、Stn.1 (95.8 \pm 10.5mm) の貝に比較して Stn.2 (116.9 \pm 19.8mm) の貝が良好であった。全重量とむき身重量は、9月まで大きな差は無かったが12月では Stn.1 (全重量52.7 \pm 7.0mm, むき身重量13.6 \pm 5.5mm) に比較して Stn.2 (全重量76.0 \pm 24.3mm) の貝が良好であった(図10)。

考 察

今回使用した RD 社製 ADCP (WH-ADCP Mariner 600kHz)は最大測定レンジが70m, 設定層厚が0.1~8m と比較的深い漁場で使われるものである。つくしの噴水が1m 程度あるため、ブランク距離を100mm に調整して測定を行ったが2m 層のデータは不安定であった。ADCP の観測データに生じる一定方向に偏った系統誤差は一般にトランスデューサーの取り付け角の不整合が知られている。¹⁾GPS 船速による影響はよく知られているが²⁾ボトムトラックによる補正を行っているために今回の2m 層で生じた異常値はトランスデューサー取り付け状態による音波の乱反射などによる船固有の誤差と考えられる。2m 層の測定は、トランスデューサー取り付け部に緩衝材を配置するなどの改善が必要である。海水ポンプとチェンバーによる水質調査で使ったプローブは、クロロフィル-a と溶存酸素値は光学センサーを使用し、内部処理プログラムで8~10秒の移動平均値として処理されている。また、水温、塩分については実測値が記録されるが、センサーの反応速度が1測定/2s と短い。加えて、水平方向の観測は大きく値が変動することが少ない

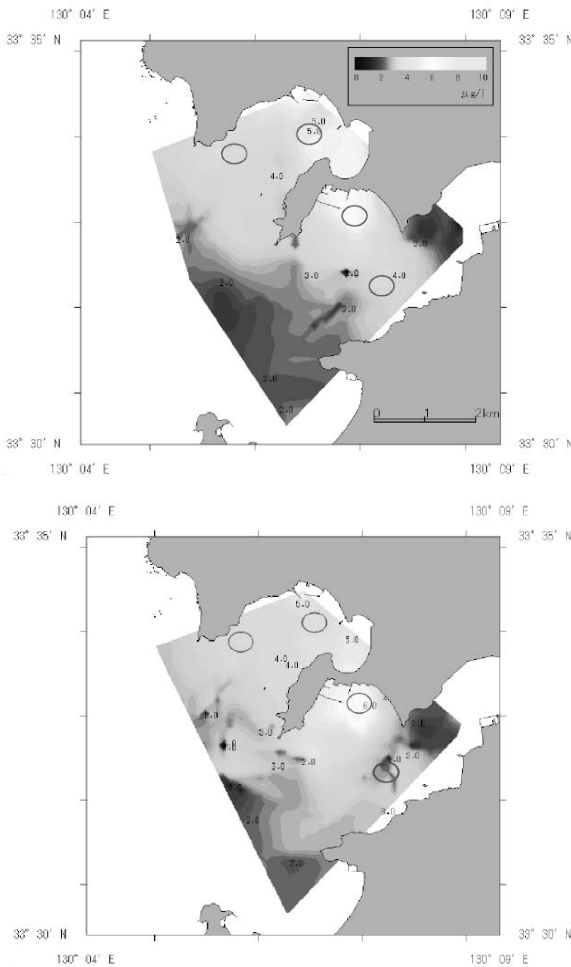


図12 各組合の筏配置とクロロフィル-a濃度
(上：上潮時、下：下潮時)

ため、今回行った速度では観測値と実際の水質環境の整合性は高いと考える。しかし、より広域を測定するため船速をあげると測定点間の距離が伸び、海域との整合性は不確かになる。適正な速度範囲については、実測を併用しながら検討する必要がある。また、今回の調査では潮流流を含む絶対流速をもとめたが、餌料として重要なプランクトンの発生と拡散などを考察するためには、今後、往復観測などにより潮流流を除いた残差流を求める必要がある。

2009年に行った引津湾での調査を見ると、湾口部北側から入る海水は温度が低く、塩分濃度が高く、クロロフィル-a濃度が低い等外海性水の特徴があり、逆に湾口部南東、船越側から流入してくる海水と湾奥側の水塊は水温が高く、塩分濃度が低く、クロロフィル-a濃度の高い内湾性水の特徴がみられる。クロロフィル-a濃度の変化に流況を重ねると、上げ潮で北側湾口部から入った水塊が湾南東の船越側に内湾性の海水を移動させ、下潮時に南東側から流入した海水が湾口部の水塊を押し上げ拡散させることが示唆される(図11)。全体的には、

半閉鎖海域で海水の交換が十分でなく、湾北側に外洋性の海水域が、湾南東側に内湾性の海水域が形成されている。プランクトン量が高い環境では波浪による筏の振動などの外的な要因が成長に影響を与えるが、プランクトン量が低い環境では餌料環境が大きく影響を与える。^{3,5)} 今回の調査時のクロロフィル-a濃度は、平均で4.0 $\mu\text{g/l}$ を上回っており豊前海の養殖漁場と遜色のない値であったが、⁵⁾湾口部西側の筏 Stn.1と南東側 Stn.2の成長差は筏が設置された海域の特性と良く合致し、餌料環境が影響を与えていると考えられる。⁶⁾ 今後は連続計によるクロロフィル-aの観測や餌料環境が変化する秋冬時期の調査が必要である。

2010年に行った調査では、船越湾では河川の影響が大きく全体的に湾北側に河川の影響が強くみられる。2009年8月に行った調査と比較して調査時期が秋であり、外海と内湾の水温、塩分差が少ないため明確な差は生じていないが、引津湾では上潮時に湾口部北側からと下潮時に南東側から流入が見られる。船越湾を含めた全体をみると船越湾でも引津湾と同様に上潮時に湾北側からの流入と湾南側からの流出、下潮時に湾南側からの流入と湾北側からの流出が見られ、下潮時に南東側から引津湾に流入する海水が船越湾に流出する河川(泉川)の影響を受けた比較的塩分の低い、プランクトン濃度の高い海水の影響を受けていることが推測される。船越湾では、上潮時には湾中央部北側、船越漁港周辺から南東の対岸にかけてクロロフィル-a濃度の比較的高い分布が見られる。下潮時には南東、加布里側の分布は崩れるが北側船越漁港周辺に高い濃度の分布が形成される。反して、湾奥の加布里漁港周辺では2 $\mu\text{g/l}$ のクロロフィル-a濃度の低い水塊が観察されている。

河川水がプランクトンの発生に与える影響は各所で論じられているが実際の濃度分布は、海域の流況や地形等によって一定でなく、^{7,8)}傾向を把握するためには実際に漁場での調査が不可欠である。しかし、従来の定点観測では、短い時間に広い範囲の観測を行うことは困難である。加えて、観測点数が少く観測点毎の時間差が大きいため、水平方向の分布図は精度が低く現状の海況とは一致し難い。今回行った方法は、水平方向の観測点が密で時間的なずれが少ないため、比較的広い範囲の海況を把握する事ができ漁場を評価する方法としては有効であると考えられる。

外洋水が内湾の水質、流動に影響を与えることは良く知られている。⁹⁾さらに、進入する深度の季節的変動や影響についても指摘されている。¹⁰⁾今回の調査では、調査水深が1.5m層に限られることから表層の水質分布についての考察にとどまった。しかし、引津湾、船越湾は比

較的水深の浅い10m以浅の海域であり、この海域での垂下連の垂下深度は深いところで約8mである。両湾の透明度は調査を行った夏～秋では平均で約5m程度であり、この結果、植物プランクトンの補償深度は10m程度と予想される。¹¹⁾このため、1.5m層のクロロフィル-a濃度の数値はカキの成長に与える影響を検討する上で有効である。さらに詳細に下層を含めた全体の水質がカキに与える影響を把握するには、水質、餌料環境の鉛直分布調査を同時に行うことが必要である。

実際に筏の置かれている場所をクロロフィル-a濃度分布と比較すると引津湾では、糸島漁協本所(岐志)の筏が湾の南側で湾奥の海水と船越側から流入するクロロフィル-a濃度の高い海水の影響が強い範囲に置かれており、船越湾では、船越支所の筏は湾中央北側の漁港周辺で最もクロロフィル-a濃度の高い場所に置かれている。加布里支所の筏は、南東側の比較的クロロフィル-a濃度の高い場所に設置されているが、潮汐の影響により河川水、外海水の影響を受け濃度の低い範囲がバッチ場に出現している(図12)。各組合とも筏の設置を繰り返しカキの成長から経験的に場所を決めたものであるが、概ね各湾内の良好な位置を選定している。引津湾では2009年から漁場拡大にともない今回の調査を参考に既存筏の北側に筏を設置して養殖試験を行い、既存の筏と遜色ない成長結果を得ている。今後は、漁場選定、評価の調査手法として活用するとともに、水質の連続観測や鉛直面の把握、ADCPの補足等を行いより詳細な研究を行って行く必要がある。

文 献

- 1) 樋田史郎：調査船「さがみ」における ADCP 観測について. 神水研研報 2003 ; 第8号 : 81-87.
- 2) 石井春雄, 道田豊 : GPS 船速の誤差が ADCP 流速に及ぼす影響. 海洋情報部研究報告 2006 ; 42 : 89-100.
- 3) 増田恵一, 杉野雅彦 : 兵庫県相生養殖漁場における漁場環境とマガキの生育. 兵庫農技総セ研究報告(水産) 2006 ; 39 : 17-22.
- 4) 楠木豊 : マガキの成長とクロロフィル-a 量との関係. 広水試研報 1977 ; 9 : 28-36.
- 5) 徳田 濱田弘之, 神園真人, 江藤拓也 : 豊前海における養殖カキの特性と環境要因との関係. 福岡水技研報 1993 ; 第1号 : 155-163.
- 6) 今井丈夫, 沼地健一, 森勝義, 菅原義雄:カキの生物学的研究, 浅海完全養殖, 恒星社厚生閣, 東京. 1971 : 81-148.
- 7) 橋本俊也, 松田治, 山本民次, 米井好美 : 広島湾の海況特性 : 1989~1993年の変動と平均像. J. Fac. Appl. Biol. Sci., Hiroshima Univ. 1994 ; 33 : 9-19.
- 8) 和五郎, 木下泉, 深見公雄 : 四万十川から供給される栄養塩が土佐湾西部沿岸海域の栄養塩分布と基礎生産の季節変化の及ぼす影響. 海の研究 2008 ; 17 (5) : 357-369.
- 9) 柳哲雄 : 東京湾・伊勢湾・大阪湾への外洋の影響に関する比較沿岸海洋学のすすめ. 沿岸海洋学研究 1996 ; 34 : 59-63.
- 10) 高橋鉄哉, 藤原健紀, 久野正博, 杉山陽一 : 伊勢湾における外洋系水の進入深度と貧酸素水塊の季節変動
- 11) 湖沼調査法 : 西條八束, 三田村緒佐武 講談社 1995 ; 45-80.