

B-35 洞海湾湾口部周辺における 水質の挙動の現地観測

○横山 佳裕^{1*}・森川 太郎¹・中嶋 雅孝¹・内田 唯史¹・中西 弘²

¹一般財団法人 九州環境管理協会（〒812-0004 福岡市東区松香台1-10-1）

²山口大学名誉教授（〒759-0206 山口県宇部市東須恵987-18）

* E-mail: yokoyama@keea.or.jp

1. はじめに

洞海湾は、高度成長時代に湾を取り囲む北九州重化学工業地帯からの未処理の工場排水による富栄養化・有機汚濁化や有害物質汚染が著しくなり、海藻類や魚介類が消滅した時期があった¹⁾。その後、昭和45年頃から水質浄化対策が行われ、現在では水質環境は改善され、ほとんどの地点で環境基準を達成している¹⁾。また、この水質改善により、湾口部では褐藻類や紅藻類などの多様な海藻が出現するなど、生物生息環境も改善傾向にある²⁾。

一方、湾奥部では赤潮や貧酸素水塊の発生がが未だ改善されないなど^{3,4)}、富栄養・有機汚濁化が完全に改善された訳ではないことから、生物が多様化しつつある湾口部では、潮汐などによる海水の流入出に伴い、湾奥部の富栄養化・有機汚濁化の影響を受けている可能性がある。

本研究では、生物生息環境が改善傾向にある湾口部周辺を保全するための基礎研究として、富栄養化しやすい夏季に現地調査を行い、湾奥・湾外からの海水の挙動特性および内部生産特性を解析した。

2. 調査方法

調査地点を図-1に示す。調査は洞海湾湾央部から湾口部にかけて、横断方向・縦断方向に3地点ずつ計9地点で、2011年7月21日、28日、8月4日（いずれも中潮期）に行った。調査前1週間から調査日までの八幡測候所（全天日射量は下関地方気象台）の気象状況⁵⁾を図-2に示す。

それぞれの調査日の満潮時、下げ潮時、干潮時において、多項目水質測定器（Hydrolabo社製MS5a型もしくはDS5型）を用いて、海面から海底まで0.5m間隔の位置と海底上0.1mの位置における水温、塩分、chl-a蛍光強度、DO、DO飽和度、pH、濁度を測定した。また、chl-a蛍光強度が最大を示した水深と最小を示した水深において、バンドーン採水器を用いて採水して持ち帰り、chl-aを室内分析した。分析したchl-aとchl-a蛍光強度との関係式を

作成し、現地で観測したchl-a蛍光強度をchl-a濃度に換算した。また、海洋観測指針⁶⁾に記載されている状態方程式に水温と塩分を代入し、密度 σ_t を求めた。

3. 結果

Line2（図-1）における密度 σ_t とchl-aの鉛直分布の時間変化（満潮時・上げ潮時・干潮時）を図-3に示す。

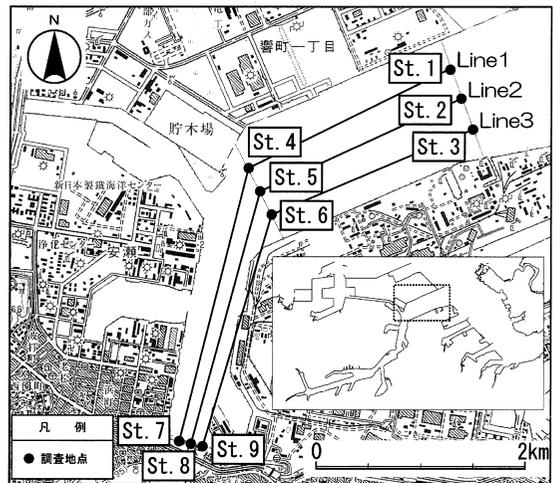


図-1 調査地点

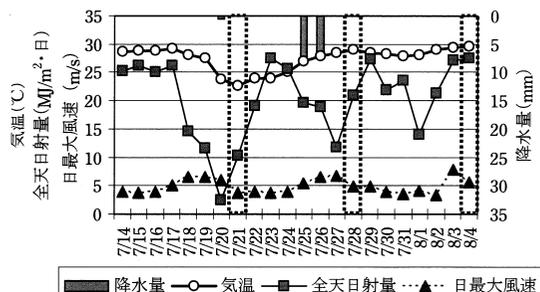


図-2 調査前の気象状況

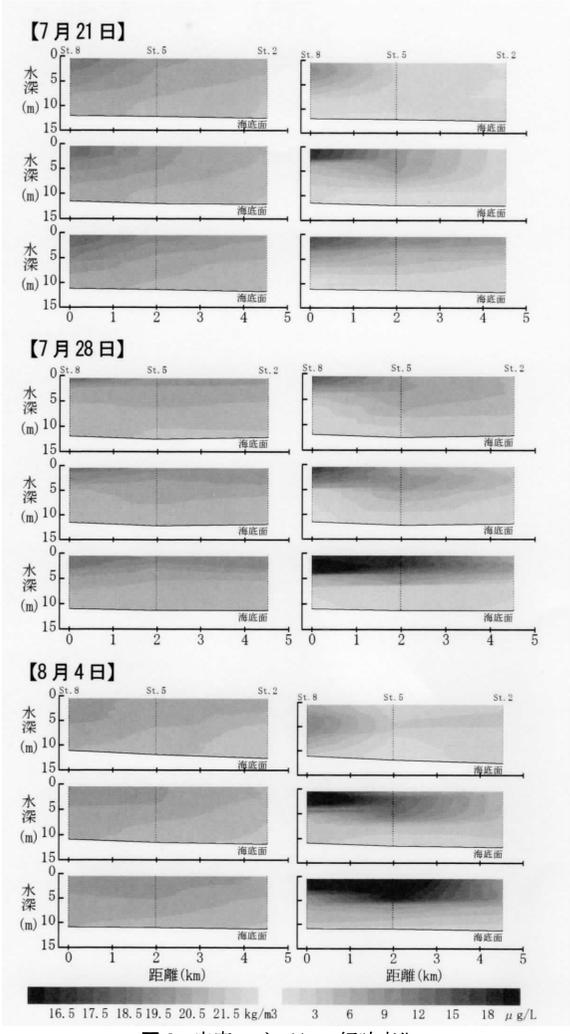


図-3 密度 σ_t と chl-a の経時変化

(1) 7月21日

調査日前に降雨が少なかったため (図-2) ⁵⁾, 満潮時では外海からの高塩分の流入が少なく, 顕著な塩分躍層もみられなかったが, 海面下10m以浅では低塩分が潮汐とともに, 外海へ流出していた。また, 海面下10m以浅では河川水中の栄養塩なども外海へ流出するが, 全天日射量が少なかったため, 表層で高クロロフィルaがみられた場所は湾中央付近のみであった。

(2) 7月28日

調査前に数十mmの降雨があったため (図-2) ⁵⁾, 表層を河川由来の低塩分が流出する一方, 潮の干満差が7月21日より大きいので, 満潮時では底層から高塩分の外海水が流入していた。また, 潮の干満差が大きいため, 満潮時以降の時間の経過とともに, 表層の河川水が外海へ流出していた。さらに, 塩分躍層が形成され, 調査前に全天日射量が高かったため, 躍層以浅では植物プラン

クトンが増加し, 高濃度のクロロフィルaが確認された。

(3) 8月4日

調査前日の強風により, 7月28日に確認された塩分躍層はみられず, 満潮時には外海に近い地点では高塩分がみられているが, 時間の経過とともに, 湾中央から湾口部にかけて河川水の流出による塩分の低下がみられた。高気温, 高日射により植物プランクトンが増加し, 満潮時以降の時間の経過とともに, 表層では高濃度のクロロフィルaが拡散していた。

4. 考察

(1) 淡水の移動速度の変化

塩分の観測結果より, 表層の淡水の東端の位置を求め, 調査時刻と淡水の東端の位置の関係から, 淡水の移動速度を調査日毎・縦断測線毎に求めた。求めた淡水の移動速度と縦軸に, 横軸に干潮時と満潮時との潮位差および密度の鉛直分布より求めた成層度⁷⁾をプロットした図を図-4に示す。

潮位差と移動速度との関係を見ると, 7月28日は潮位差が大きい一方, 移動速度が小さい傾向にあったが, 7月21日と8月4日では潮位差と移動速度は比例の関係にあった。また, 成層度と淡水の移動速度との関係では, 成層度が大きくなるにつれて, 移動速度が小さくなる傾向にあった。成層が発達すると, 淡水が表層を湾外へと流出するため, 淡水の移動速度は大きくなると予想されたが, 今回の結果は逆の傾向となった。

各調査日の潮位差の違いを補正するために, 淡水の移動速度が潮位差に比例すると仮定し, 単位潮位差あたりの移動速度を求め, 成層度との関係をプロットした (図-5)。これを見ると, 7月28日は他の2日間と比べて単位潮位差あたりの移動速度が小さいが, 8月4日と7月21日は成層度が異なるが, 単位潮位差あたりの移動速度はほとんど変わらなかった。

7月28日の淡水の移動速度が小さかった理由は明らかではないが, 7月21日と8月4日の結果から, 洞海湾湾中央部から湾口部の淡水の移動には, 成層度の違いよりも潮位差の違いの方が寄与が大きいことが示唆された。

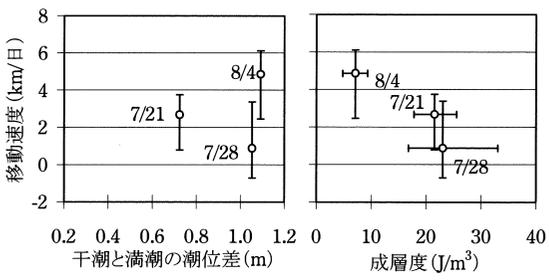


図-4 潮位差および成層度と淡水の移動速度の関係

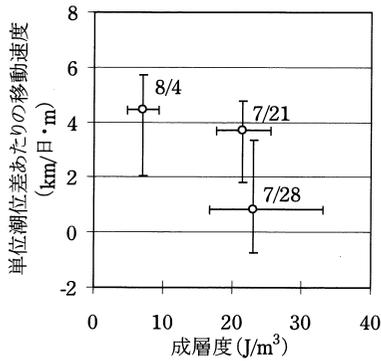


図-5 成層度と単位潮位差あたりの淡水の移動速度の関係

(2) 成長速度の変化

淡水の移動速度と同様に、表層のchl-a濃度の時間変化より、植物プランクトンの正味の成長（増加－減少）速度を求めた。成長速度の算出にあたっては、満潮時には最も湾奥に近い地点（St.7～9）の表層の値を、下げ潮時と干潮時には、満潮時にSt.7～9の表層に存在した淡水が下げ潮時と干潮時それぞれの時間帯に移動した位置を淡水の移動速度より求め、その位置でのchl-aをSt.4～6とSt.7～9の値から内挿して求めた。求めた正味の成長速度と淡水の移動速度、成長速度と水温、成長速度と全天日射量の関係を図-5に示す。

成長速度と移動速度の関係をみると、移動速度が大きくなると成長速度が大きくなった。移動速度が小さくなると、淡水の滞留時間が大きくなるため、成長速度は大きくなることが予想されるが、今回の結果の傾向であった。これは、成長速度と水温、成長速度と全天日射量の関係より明らかなように、移動速度が大きくなった8月4日は水温、全天日射量ともに7月21日、28日よりも大きい

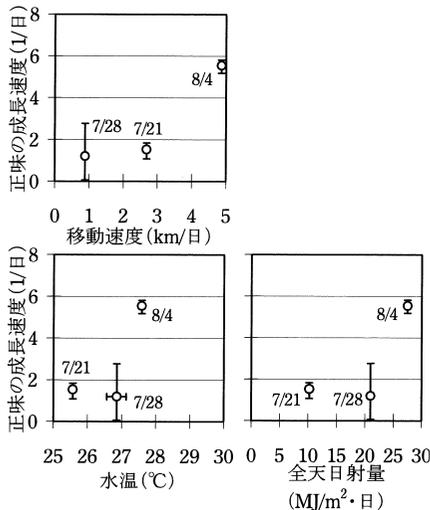


図-6 淡水の移動速度、水温、全天日射量と成長速度の関係

によるものと考えられる。

また、植物プランクトンの増殖活性とともに、淡水の移動速度が大きくなると、chl-aの成長速度は大きくなる傾向にあり、湾奥部から淡水が移動しやすい状況になると、chl-aが高くなりやすい傾向にあったことから、水温や全天日射量の上昇とともに、植物プランクトンが湾奥部で増加し、増加した植物プランクトンが湾中央部・湾口部へと流出していることが考えられる。

5. おわりに

本研究で実施した現地調査結果から、洞海湾湾中央部から湾口部における海水の挙動特性および内部生産特性を解析した結果、以下のことが考えられた。

- ・洞海湾湾中央部から湾口部の淡水の移動には、成層度の違いよりも潮位差の違いの方が寄与が大きいことが示唆された。
- ・湾中央部・湾口部における植物プランクトンの増加には、淡水の滞留のしやすさよりも、気象条件が良くなることで、湾奥部で増加した植物プランクトンが淡水の流出とともに、湾中央部・湾口部へと流出している可能性がある。

今回の調査は、夏季の躍層が形成されやすい約2週間の時期を対象とした調査から得られた淡水の挙動および内部生産特性の解析結果であるが、今後はこの解析結果をもとに、モデルによる解析を行うなど、湾奥部における内部生産が湾口部においてどの程度影響するのか、さらには湾口部における生物の生息環境の保全に必要な内部生産抑制対策などを検討したいと考えている。

参考文献

- 1) 北九州市環境衛生研究所：平成元年度洞海湾総合報告書 I 魚、エビ、カニ類, p.80, 1990.
- 2) 山田真知子, 上田直子, 花田善文：洞海湾における海藻の出現特性と富栄養度, 全国環境研究会誌, Vol.30, No.4, pp.252-258, 2005.
- 3) 山田真知子, 上田直子, 濱田建一郎：過栄養海域である洞海湾における栄養度の低下とそれに伴う赤潮発生状況の変化, 日本水産学会誌, Vol.77, No.4, pp.647-655, 2010.
- 4) 濱田建一郎, 上田直子, 山田真知子, 多田邦尚, 門谷茂：栄養塩濃度が大幅に減少した洞海湾の貧酸素水塊と低次生産過程について, 沿岸海洋研究, Vol.48, No.1, pp.29-36, 2010.
- 5) 気象庁：気象統計情報, 気象庁ホームページ <http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>.
- 6) 気象庁：海洋観測指針（第1部）, pp.167-169, (財)気象業務支援センター, 1999.
- 7) 柳哲雄, 下村真由美：有明海における成層度の経年変動, 海の研究, Vol.13, No.6, pp.575-581, 2004.