

博多湾湾奥部における水質変動と底層水の貧酸素化に関する現地調査

九州大学大学院	学生会員	鮎本健治
福岡県保健環境研究所	正会員	熊谷博史
九州大学大学院	フェロー	楠田哲也

1. はじめ

博多湾は東西に約20km、南北に約10kmの楕円形状をしており、その地形的な特徴から比較的閉鎖度の高い内湾となっている。この博多湾で最も湾奥に位置する東部海域は、外海水との交換が悪いことに加え、博多湾流域に流入する全負荷量の約3/4が流入しているため、湾内で最も水質悪化が深刻な海域となっている。近年この海域において、貧酸素水塊の発生とそれに伴う底生生物の斃死が明らかになってきており、その対策が急がれている。本研究では、この海域の水質改善の手がかりを得るべく底層の貧酸素水塊に着目した水質観測をした。その結果について報告する。

2. 観測の概要

図-1に示す博多湾湾奥部において、2001年5月22日から9月23日まで週に一度の間隔で観測した。なお、1日の調査において干潮時と満潮時の2度観測した。観測地点を、和白干潟に面する浅瀬の中心付近から約1km毎に5地点設置した。各測点において、多項目水質測定器（堀場製作所、U-20series）を用いて、水表面下0.1mから海底上0.1mまで0.5m間隔で水温、塩分、溶存酸素濃度（以下DO）を測定した。また、水表面下0.5mと海底上0.5m、及びその3等分点の計4点で採水し、Chl-a、三態窒素、全窒素（以下TN）、リン酸態リン、全リン（以下TP）、ケイ酸の濃度を測定した。

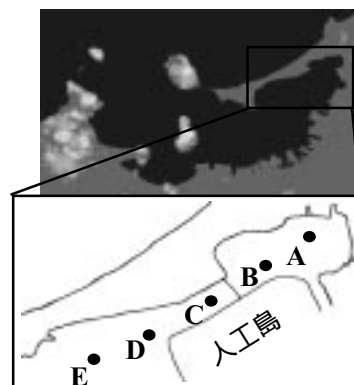


図-1 観測地点図

3. 観測結果と考察

3.1 気象状況

観測期間における全天日射量と降水量の経日変化を右の図-2に示す。6月の全天日射量は平年並み、7、8、9月は平年よりやや高めであった。また降水量は、6月下旬に19日の212mmをはじめ、1週間で400mm以上の降水を記録したこと、8月の降水量が平年の半分以下であったことが大きな特徴である。

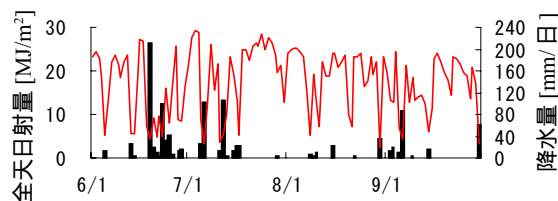
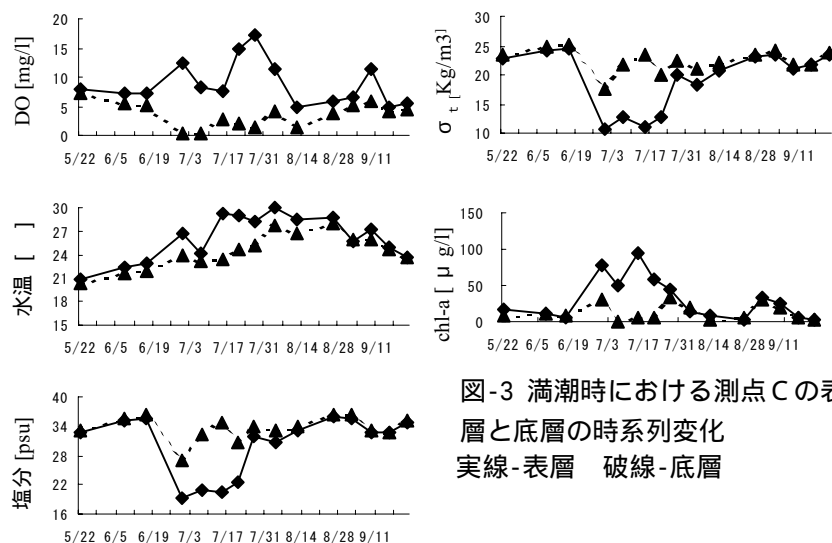


図-2 観測期間の全天日射量と降水量の時系列変化

3.2 水質観測結果

5つの測点のうち、各測点のほぼ中央に位置する測点Cの水温、塩分、DO、Chl-aの観測結果を図-3に示す。ここで、水面下0.1mと海底上0.1mを、表層と底層の代表値とした。また、測定した水温と電気伝導度から海水の密度 σ_t を算出し、他の観測項目とあわせて示す。同じくC地点の底層における三態窒素、TN、リン酸態リン、TPの測定結果を図-4に示す。

図-3 満潮時における測点Cの表層と底層の時系列変化
実線-表層 破線-底層

3.2-1水温：7月15日の観測以降、顕著な温度成層が発達し、表底層間で最大5の差が見られた。また、8月26日の観測から表底層間で水温の逆転が見られ、以降秋の循環期に入ったことが分かる。

3.2-2塩分：6月下旬の降雨により表層の塩分が急激に減少し、7月21日の観測まで低いままであった。その後晴

キーワード：貧酸素水塊、閉鎖性水域、水質観測

連絡先：〒814-8581 福岡県福岡市東区箱崎6-10-1 九州大学大学院工学府都市環境システム工学専攻

TEL 092-642-3241

天が続いたこともあり、徐々に表底層間の差が小さくなり、8月26日以降ほぼ均一な鉛直分布を示した。

3.2-3 密度：表層塩分の低下により、6月30日の観測以降非常に顕著な密度躍層の形成が見られた。表層塩分の回復に伴い徐々に成層下が弱まり、8月26日以降密度による成層下は解消された。

3.2-4 DO

密度成層が発達した6月30日以降、底層において貧酸素化が進行し、ほぼ無酸素の状態となることもしばしば観測された。その後、成層期の終了とともに貧酸素化は解消された。一方、表層は光合成の影響によりたびたび過飽和状態となった。

3.2-5 Chl-a：降雨後の6月30日以降、Chl-a濃度が急激に上昇しており、植物プランクトンが大増殖したことが分かる。同様の傾向が7月上旬と9月上旬にも見られる。

3.2-6 三態窒素、TN、リン酸態リン、TP：観測期間において、亜硝酸態窒素と硝酸態窒素の濃度にほとんど変化は見られなかった。一方、6月30日以降アンモニア態窒素（以下 $\text{NH}_4\text{-N}$ ）とTNの濃度は急激に上昇し、増減を繰り返しながら徐々に減少していった。リン酸態リン（以下 $\text{PO}_4\text{-P}$ ）、TPも同様の変化を示した。

3.3 考察

まず、降雨による上層塩分の低下とそれに伴う密度成層の発達により、上下層間の鉛直混合が抑制されること、さらに、降雨による流入負荷の増大により異常増殖した植物プランクトンが、有機物として底層に沈降・堆積し、その分解の為に底層中のDOが多量に消費されたことを含め、気象変動によって引き起こされる上記の一連の事象が、貧酸素水塊の発生に大きく関与していることが分かる。また、窒素・リンの分析結果より、植物プランクトン由来の有機懸濁物質の沈降と考えられるTN、TPの増加が顕著に見られている。また、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ も大きく増加していることから、有機物の分解により下層が貧酸素状態となったため、有機物の嫌氣的分解と底泥からの溶出が引き起こされたことが考えられる。

次に、観測結果のなかに非常に強い密度成層下にもかかわらず、底層のDOが 3mg/l 前後という比較的大きい値を示すものがあった。これは、いずれも7月15日(午後)の観測結果であった。7月15日は小潮にあたり、午前には干潮を午後に満潮を迎えている。午前の干潮時では、A・B・C地点の底層DOは、強い密度躍層の下ではほぼ無酸素の状態である。しかし、午後の満潮時では依然として強い密度躍層が形成されているなか、底層のDOは 3mg/l 前後まで回復している。強い密度成層が形成されている状況下において、上層からのDO供給は考え難い。また、この日の底層のChl-a濃度はいずれの地点においても、0に近く、植物プランクトンの光合成によるDOの増加も望めない。この底層の一時的なDOの回復は、湾中央にある比較的DOの高い海水がD地点→A地点へと流れ込んだ結果であると考えられる。

4. まとめ

本研究のまとめを以下のように示す。

1. 博多湾においては、降雨による密度成層の発達と植物プランクトンの増殖・沈降が、底層における貧酸素水塊発生の引き金となる。
2. 非常に強い密度成層下においても、湾中央方向からの移流の影響により一時的にDOが回復することがある。
3. 密度差が 1kg/m^3 程度の密度成層下においても、底層は無酸素状態となる。

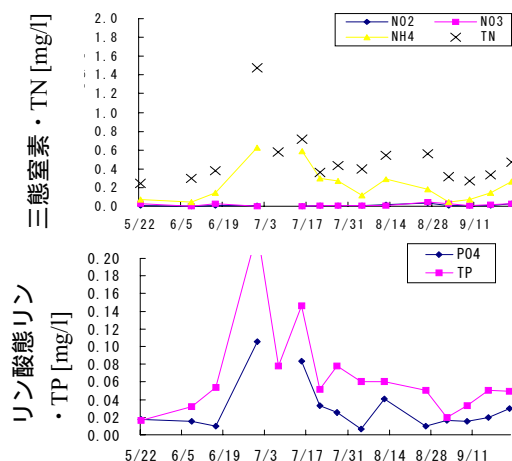


図-4 満潮時における測点C底層の三態窒素、TN、リン酸態リン、TPの時系列変化

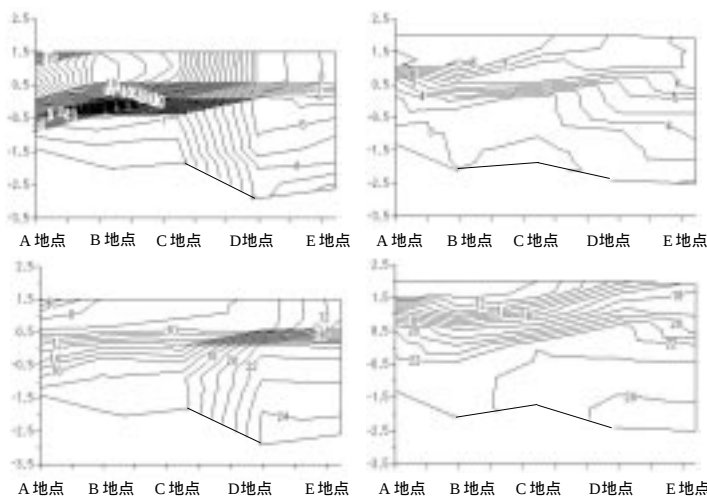


図-5.a 7月15日干潮時のDO 図-5.b 7月15日満潮時のDO (上段)と σ_t (下段)の断面分布 (上段)と σ_t (下段)の断面分布