

長期連続観測による博多湾貧酸素水塊発生機構の解明

九州大学工学部 学生会員 鮎本健治 九州大学大学院 学生会員 熊谷博史  
九州大学大学院 フェロー 楠田哲也

1. 研究の目的

近年、湖沼や内湾などの閉鎖性水域における富栄養化が問題となっている。富栄養化に起因する諸現象の中でも、底層における貧酸素水塊(DOが約2mg/l以下の水塊)の発生は、底生生物の斃死や底泥からのリン等の栄養塩の溶出を引き起こし、水質悪化等の水域生態系への悪影響が懸念されている。そこで、本報告では博多湾において水質を連続観測して、貧酸素水塊発生の特性を把握し、その発生機構について考察を加えた結果について述べる。



Fig.1 博多湾観測機械設置地点

2. 連続観測について

Fig.1に示す博多湾湾奥部にて、水質と流況を連続観測した。現場の水深は3.5~5.5mで、湾内でも比較的浅い海域である。観測期間は、2000/8/8~9/29の約2ヶ月間で、観測項目は、塩分・水温・DO・Total-Chl濃度(以下T-Chl濃度)・濁度・流況である。塩分・水温・DOの観測にはメモリーSTD0計((株)アレック電子,ADO-8M5)を、T-Chl・濁度にはメモリーパック式クロロフィル計(同,ACL104-8M)、流況にはメモリー電磁流速計(同,ACM-8M)を用いた。観測方法は、各水質・流況とも観測機器を観測地点の水面下1m(以下上層)と底層上1m(以下下層)に固定し、各項目とも10分間隔でデータを観測した。Fig.2に機械設置概略図を示す。

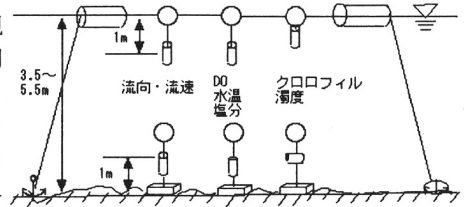


Fig.2 観測機械設置概略

3. 観測結果と考察

貧酸素水塊の存在した8/8から9/15の観測結果と気象状況をFig.3に示す。また観測した水温と電気伝導度から、国際海水状態方程式<sup>1)</sup>を用いて海水の密度 $\sigma_t$ を算出し、これをFig.3に示した。

観測結果は以下の通りである。観測地点の流況は潮汐の影響を大きく受け、小潮期には流れが遅く、逆に大潮期では上層で時折50cm/sを超える強い流れがみられる。北東-南西方向の流れが卓越しており、上げ潮時には湾中央部の海水が、下げ潮時には湾奥域からの海水が観測地点を通過する。また、下げ潮時の流速の方が上げ潮時に比べ大きい。

次に、密度分布は8/8~8/14、8/21~25、9/8~9/11に密度成層の発達を示している。いずれも小潮期に当たる。特に8/21~8/25に生じた密度成層は、前日に降った雨の影響と相まって比較的強いものとなっている。また8/29前後の大潮期には、強い流れによる鉛直混合が確認できる。また、8/30~9/3にかけて上層の $\sigma_t$ が下層を上回っている。おそらく電気伝導度計に何らかの異常が発生した為であると考えられる。それ以降は正常に作動している。

T-Chl濃度とほとんど同義であると思わせる植物プランクトン量は、降雨3日後の8/23以降に上層で大幅に増加している。一般に浮遊性の藻類では海水の約2/3程度の塩分で繁殖する種類が多い<sup>2)</sup>という報告があることから、この降雨により塩分が低下し植物プランクトン増殖にとって好条件になったと考えられる。また、流入負荷量の増加、小潮による滞留時間の長期化も要因と考えられる。また上層のピークから3、4日程度遅れた夜間に、下層のピークが訪れている。これより上層で増殖した植物プランクトンが、徐々に下層に移動していると思われる。そこで、沈降時間と測定機器間距離より植物プランクトンの沈降速度を概算したところ、約0.7m/日となった。

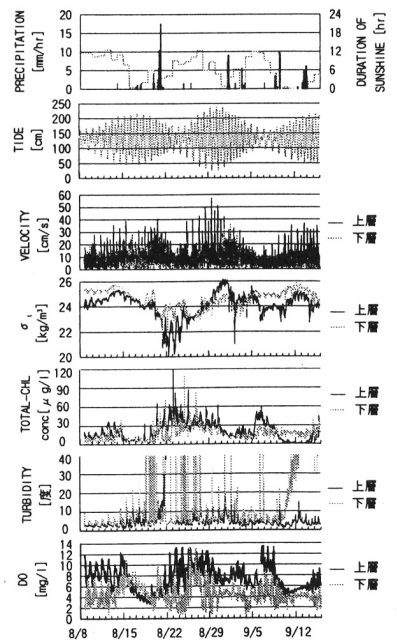


Fig.3 8/8~9/15の観測結果及び気象状況

濁度を増加させるものに有機態・無機態の浮遊物質や微生物、泥土などがある。Fig.3では、午後の下げ潮時に濁度が上昇するケースが多く見られる。また、濁度が上昇する1週間程度前に植物プランクトンが増殖している。あくまで予想であるが、平均水深4.5mと先に求めた沈降速度から、表層の植物プランクトン由来の懸濁物質が底層に沈降した結果生じた濁度であると考えられる。

最後に、上層のDO濃度は昼間上昇・夜間低下し、植物プランクトン濃度の変化とはほぼ同じ傾向を示していることから、植物プランクトンの光合成によるDOの供給と呼吸等による酸素消費により支配されていることが分かる。今回の観測では、小潮から中潮に移る時期に最も多く貧酸素水塊が Table-1 潮汐と貧酸素水塊発生頻度発生している。Table-1に発生日数と潮汐の関係を示す。これより、密度成層が発達しているときは貧酸素水塊が発生し易いことが分かる。また8/29頃のように成層化していない時にも貧酸素水塊は発生している。

潮	小潮	中潮	大潮	中潮
発生日数(日)	4	10	4	3

貧酸素水塊発生のプロセスについて考察する。観測開始の8/8～8/13には、比較的流速の遅い上げ潮時に貧酸素水塊が発生している。この貧酸素水塊発生期間、下層T-Chl濃度が低いことより、酸素消費の要因が植物プランクトンの呼吸ではなく、有機物の分解もしくは底泥によるものと考えられる。またFig.3より、貧酸素水塊消滅時のT-Chl濃度及び消滅時刻(3:00や21:00)を考えると、8/12を除いて植物プランクトンの光合成による酸素供給は考えられない。さらに成層化していること考慮すると、酸素の供給は移流が支配していると考えられる。Fig.4より、貧酸素水塊が消滅するのは、湾奥方向から5cm/sもしくは湾中央部から10cm/s程度の流れが来た時であることが分かる。Table-2に8/10～13に発生した貧酸素水塊の継続時間と発生時の平均流速・平均T-Chl濃度を示す。これより、流れの強さと継続時間が反比例の傾向にあることが分かる。

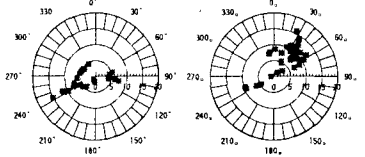


Fig.4 貧酸素水塊消滅時の流向と流速  
左8/8,9,10,右8/11,12,13

最も規模の大きかった8/22～25の状況は、Fig.3から分かるように、他の成層化時期とを比較し「密度差が大きい」、「植物プランクトン濃度が高い」の2点で異なっている。8/22の貧酸素水塊発生時におけるT-Chl濃度は低いが、8/23,24の発生時では決して低い値ではないため、有機物の分解・底泥に加え植物プランクトンの呼吸による酸素消費の影響が考えられる。また24日は、流れに関係なくほぼ一日中貧酸素状態が続いており、広範囲にわたって貧酸素水塊が発生していたことが想像される。

Table-2 貧酸素状態継続期間と期間中の平均流速・平均T-Chl濃度

日付	8/10	8/11	8/12	8/13
貧酸素状態継続時間[m]	300	250	170	70
平均流速[cm/s]	3.9	5.8	8.5	12.4
平均T-Chl[μg/l]	1.4	4.2	7.1	5.8

大潮期に発生した8/27～8/30には、 $\sigma_t$ のグラフをみても明らかなように、移流に加えて鉛直混合による酸素の供給がみられる。8/30を除き、流れが小さくなったときに貧酸素状態になっている。8/30では、湾中央部からの流入と貧酸素水塊の発生が一致しており、スポット的に発生した貧酸素水塊が観測地点を通過したものと考える。また、本観測地点における植物プランクトンの沈降速度が約0.7m/日であることを考えると、5日程度前に表層で増殖した植物プランクトンが下層に集積する頃であろう。この集積により下層における有機物の分解や底泥による酸素消費速度が増加していると考えられる。よって、大潮時の下層のDO濃度は、主に移流・鉛直混合による酸素供給速度と植物プランクトンの呼吸や有機物の分解等の酸素消費速度により左右され、流速が小さくなり前述の酸素供給速度が低下し、酸素消費速度を下回るときに貧酸素水塊が発生すると考えられる。

#### 4. まとめ

本研究の結論は以下の通りである。

- 1) 博多湾における貧酸素水塊は、有機物の分解・底泥による酸素消費が移流・鉛直混合による酸素供給を上回るときに発生する。
- 2) 密度成層の発達と植物プランクトンの増殖による下層の有機物量の増加が、貧酸素水塊の発生を助長する。
- 3) 観測地点の植物プランクトンの沈降速度は約0.7m/日であった。

今後は、本研究によって明らかにされた貧酸素水塊発生機構を組み込んだ生態系モデルを作成し、それらの機構の検証を行う予定である。

- 参考文献 1) 海洋観測指針, 気象庁編, 日本気象協会, 428p, 1990  
2) 丸茂隆三編, 海洋プランクトン, 東京大学出版会, 232p, 1974