

# 有明海北東部漁場における貧酸素水塊の発生

(有明海北東部漁場における溶存酸素の連続観測)

松井繁明 筑紫康博

(有明海研究所)

Generating of the Oxygen-Deficient WaterMass in Northeast part fishery of Ariake sea  
 (Continuation Measurement Of Bottom-Oxygen in Northeast part fishery of Ariake sea)

Shigeaki MATSUI Yasuhiro CHIKUSHI

(Ariakekai Laboratory)

貧酸素水塊は底層水の酸素濃度の低下によって引き起こされる。このため、海水の流動が弱く夏季に躍層が発達する内湾では多くの事例が報告されている。しかし、干満差が大きく海水の移動が激しい有明海では躍層が生じにくく貧酸素は起こりにくいとされていた。一方、有明海全体の海況変化により、水温や塩分による躍層の発生状況が変わり、加えてプランクトンの異常発生、有機物の分解(底質の悪化)等により貧酸素水塊が生じ、タイラギなど2枚貝の大量斃死の一因となっている。

実際にタイラギは、1999年度から潜水器漁業の対象となる沖合海域全体で大量斃死がみられ、漁期に入っても漁獲対象となる資源はほとんどない状態が2002年度まで続いている。

る<sup>1)</sup>。貧酸素水塊の形成は酸素濃度の低下による生物への直接的な影響だけでなく、貧酸素化に伴う硫化水素の発生等により底生生物群の減少や魚介類の斃死、漁場からの逃避などを引き起こし漁獲量の減少に結びつく。<sup>2),3)</sup>さらに飯塚、入江らにより、有害赤潮の発生との関連も示唆されている<sup>4)</sup>。そこで、有明海福岡県地先における貧酸素水塊の発生状況を把握し、タイラギの斃死原因調査の基礎資料とすることを目的として連続観測計による溶存酸素の測定を行った。

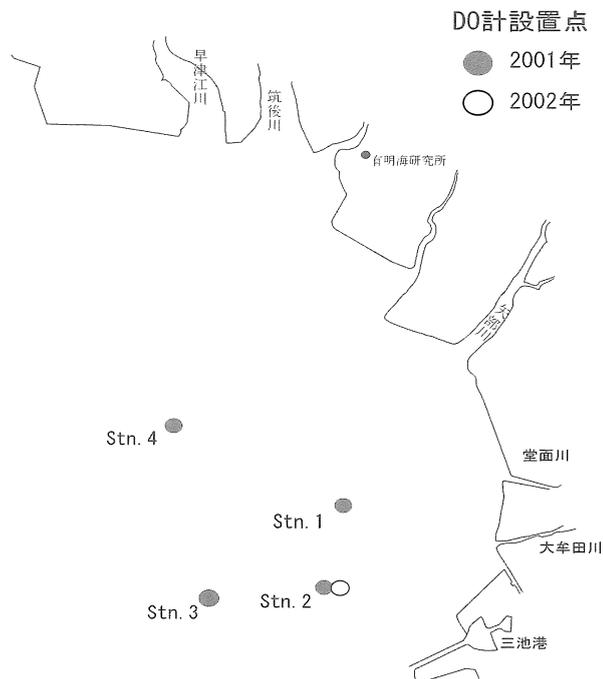


図1 調査地点

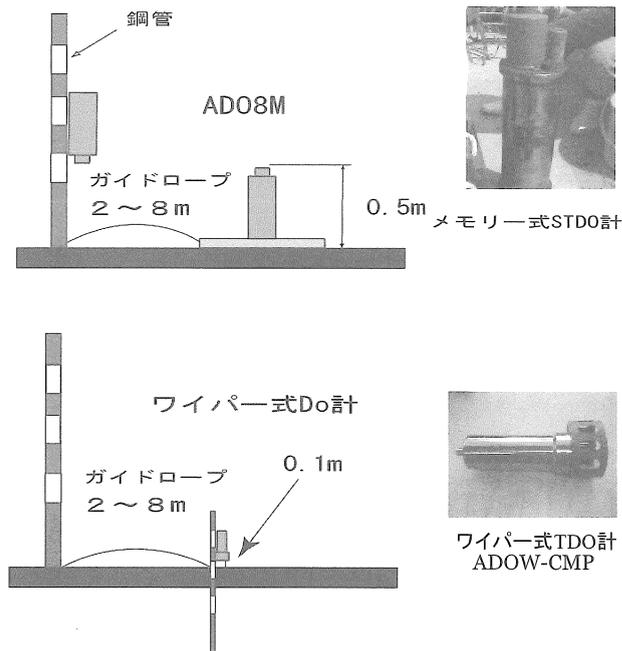


図2 観測機器の設置状況

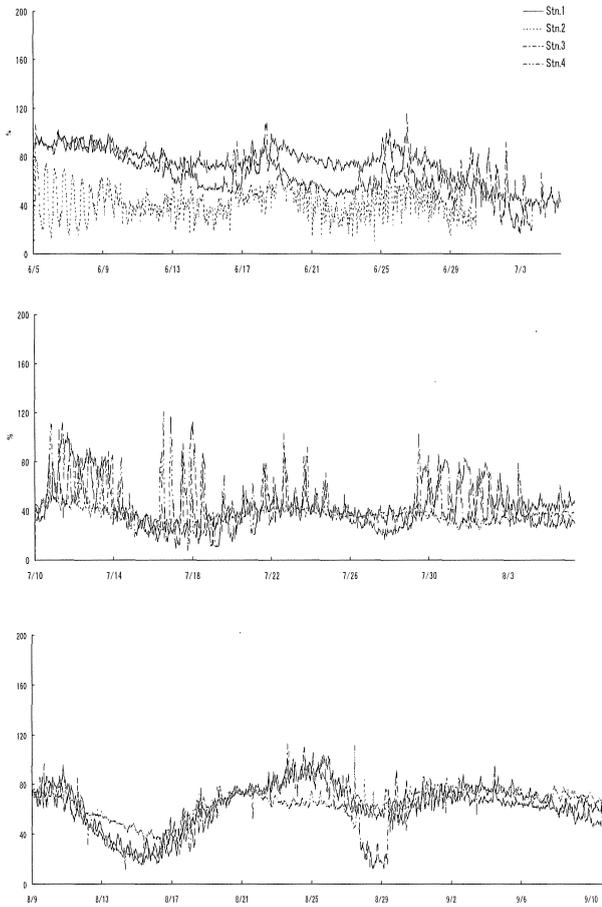


図3 調査点別酸素飽和度の経時変化

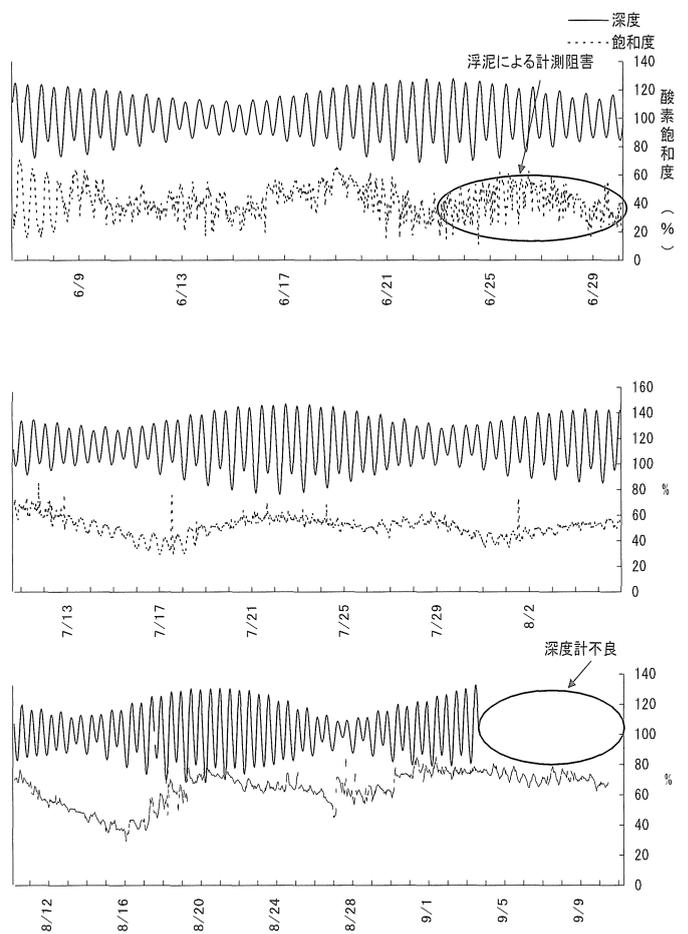


図4 酸素飽和度と深度の経時変化

### 方法

有明海北東部福岡県地先に水質の連続観測器(アレック電子株式会社製メモリーSTDO計ADO8M5)を4調査点に設置し、図1に示すように'01年6月5日から9月11日にかけて底層の水質(水温、塩分、溶存酸素)を測定した。

観測機器の設置状況を図2に示す。調査点の鋼管に設置が可能な場合は直接設置し、その他の場合は専用の施設台を使い底層からセンサー部が+0.5mになるように調整した。観測機器は約1ヶ月毎に回収し、センサー部のメンテナンス、溶存酸素センサーのキャリブレーション、データパックの回収と電池の充電を行った。水質の測定は、30分毎に1秒間隔で10回行い、これを平均して30分毎の計測値とした。また、'02年には、前年度と比較を行うために、調査点の代表的な1点(STn.2)を選び'02年5月9日～9月7日にかけて同機種により水質の連続観測を行った(図1)。加えてタイラギ等底棲生物の生息環境により近い海底直上(海底より+0.1m)

にワイパー式溶存酸素測定器(アレック電子株式会社製メモリーDO計ADOW-CMPを設置し'02年7月19日～9月17日にかけて溶存酸素の連続観測を行い、層別の値を比較した(図2)。

### 結果

#### 1. '01年連続観測結果

貧酸素水塊に対する酸素飽和度の指標値は種々の見解があるがここでは水棲生物に影響を与えると考えられている値40%以下の海水を貧酸素水塊とした。<sup>5)6)7)</sup>'01年の連続観測計による測定の結果、全ての調査点で酸素飽和度の減少が6月下旬から観測され、8月の中旬まで貧酸素水塊の発生が確認された。調査期間を通じて、大潮から小潮にかけて溶存酸素が減少し、小潮の2～3日後の中潮で最も酸素飽和度

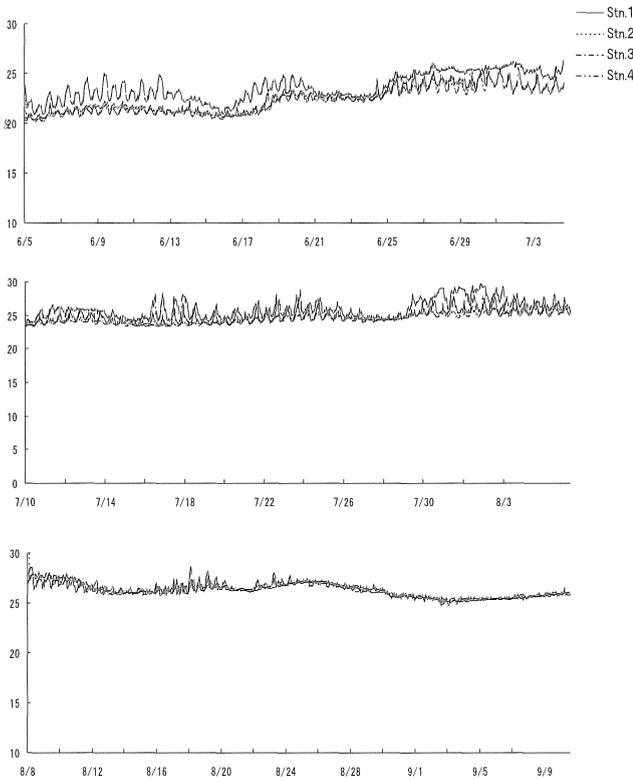


図5 調査点別水温の経時変化

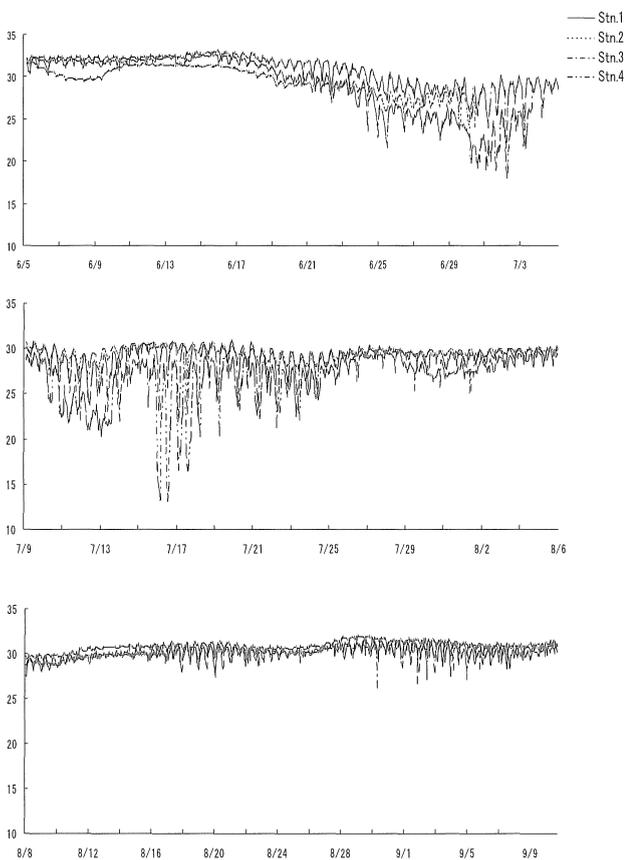


図6 調査点別塩分の経時変化

が低下する傾向が見られた。また貧酸素状態は約5日間継続した。(図3)

代表的な点Stn.4でみると、酸素飽和度の最低値は第1回目の6月5日から6月30日の調査では13.5%(1.01mg/l)、第2回目の7月9日から8月6日の調査では29.5%(2.09mg/l)、第3回目の8月8日から9月11日の調査では29.2%(1.98mg/l)で、いずれも酸素濃度の減少(飽和度40%以下)時間は約6時間近く継続することが明らかになった。

溶存酸素の低下は8月中旬の小潮までみられたが、8月下旬の小潮では大きな減少はみられず貧酸素状態は解消する傾向がみられた(図4)。

深度別にみると、深場のStn.1,2に比較して浅場のStn.3,4で短い期間に溶存酸素が大きく変動する傾向がみられた。特に7月16日～19日にかけては大きな変動がみられ、最も浅いStn.4(水深-2m)では、120.1%～8.3%の範囲で変動した。短期間の酸素飽和度の変化は7月が最も大きく8月～9月は変動幅が減少した。

水温は、6月中旬から上昇し、8月初旬～中旬にかけてにピークを示し9月に入り下降する傾向がみられた。全ての点で干潮時に上昇し満潮時に下降する潮汐と連動した水温の変化がみられた。調査点別にみると水深5m以上のStn.1,2では潮の干満による水温の変動は少なく、水深の浅いStn.3,4では大きく変動する傾向がみられた。水温の変動は6月から8月初旬までみられたが、8月の中旬以降振幅は減少した。沖合のStn.4では水温の変動は大きいときで1℃前後であったが、水深の最も浅いStn.4(-2m)では、最も大きいときで3℃前後の変動を示した(図5)。

塩分は水深5m以上のStn.1,2では、変化は少なく、比較的安定していたが、7月の17日に両Stn.とも大きな塩分の落ち込みが記録された。

水深の浅いStn.3,4では塩分は大きく変化し、酸素飽和度の変化と同じく7月16日～20日にかけて大きな変動がみられ、Stn4で7月16日に29.2～13.1の範囲で最も大きく変動した(図6)。

’02年連続観測結果

’02年の調査では’01年に比較して貧酸素水塊の発生は少なく、8月の初旬3日から5日にかけて酸素飽和度の低下がみられ8月3日に最低値22.0%を記録したが、調査期間を通じて貧酸素水塊の発生がみられたのはこの期間に限られていた。また、唯一貧酸素水塊の発生がみられた小潮時も飽和度が低下している時間は短く速やかに回復している。(図7)

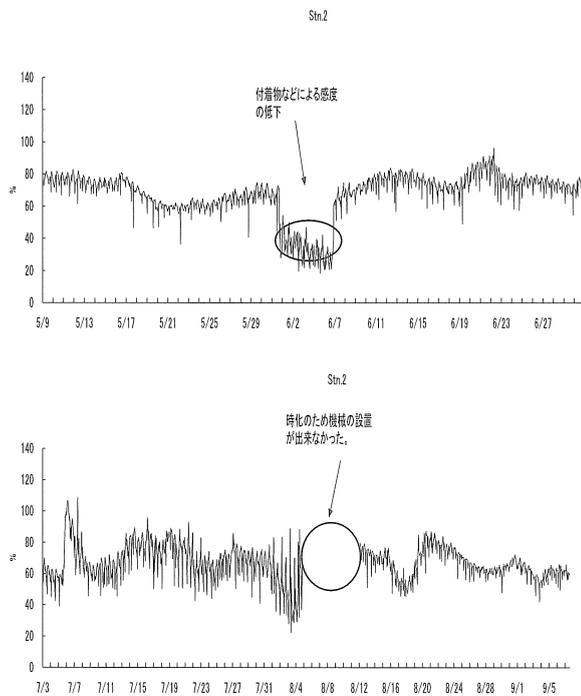


図7 酸素飽和度の経時変化(2002年)

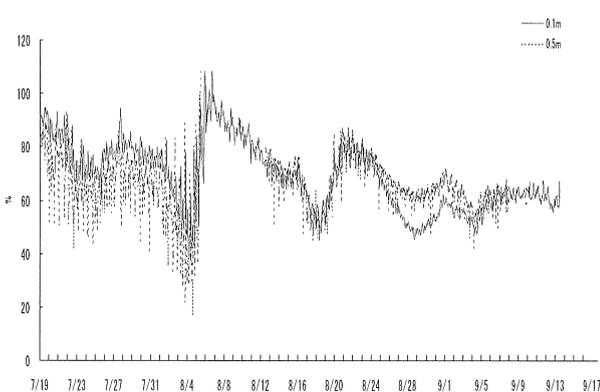


図8 層別酸素飽和度の経時変化

調査期間を通じて酸素飽和度の変化は、安定しており、'01年の調査時と同様の大潮から小潮にかけて減少する傾向は見られたが変動幅が少なく明確でなかった。

層別の測定結果を図8に示す。底層に使用したワイパー式Do計は電池寿命も長くセンサー部の浮泥や付着物の影響も極めて少なかったことから、7月17日～9月17日までの約2ヶ月間連続して安定したデータが得られた。調査期間を通じて海底から+0.1mと+0.5mは同様の傾向で増減し、酸素飽和度が最も低下した8月4日に最低値39.5%を観測した。

8月29日から9月2日にかけて0.1m層が低い傾向がみられ最

大で約13%の差があったが、その後はまた同じ傾向で増減した。

## 考 察

連続観測の結果、全ての観測点で貧酸素水塊の発生が確認され、有明海北東部漁場福岡県地先の広い範囲で夏季に貧酸素水塊が発生していることがあきらかになった。従来、有明海では潮汐流が早く貧酸素水塊が発生しにくいといわれており、これまでの調査では確認が困難であったが、連続観測により発生状況の把握が可能となった。同時期に行った有明海全域の底層の溶存酸素の水平分布では、貧酸素の発生が諫早湾から有明海湾奥西部に顕著に表れているが、北東部漁場では溶存酸素の低下が明確に示されていない<sup>8)</sup>。このことから連続観測計による調査の有効性が示唆された。タイラギ等狭い範囲に生息する生物への貧酸素水塊の影響を検討するためには特に有効であると考えられる。ただし、図4,7に示すように、長時間海底に放置するため、センサー一部への生物付着や浮泥の堆積により、Doセンサーの感度低下やポンプの故障等を起こすことがある。このため、一ヶ所に複数の器機を設置したり、採水による値の検定、頻繁なメンテナンス等の対策を行う必要がある。貧酸素水塊の発生時期は同海域で筑紫<sup>8)</sup>らが行った調査から水温、塩分躍層の発生時期と一致しており、関連性が示唆された。

酸素飽和度が大潮から小潮にかけて減少する傾向がみられたのは、大潮時の海底の攪拌と、小潮時の有機物の分解によると考えられる。潮汐による底層の懸濁物の変化については、朱ら<sup>9)</sup>、長尾<sup>10)</sup>らにより報告がなされており、これについては更に当海域の潮汐による濁りの増減や、底質の酸素消費、有機物量等との関係について検討を加える必要がある。また、今回の調査で潮の干満による酸素飽和度の増減が観察され、貧酸素水塊の移動が示唆された。

調査点別にみると7月の16～19日にみられたStn.4の塩分と溶存酸素の短期間での大きな変動は、降雨や河川の流れ込みによるものと考えられる。図9に示すようにいずれも塩分の低下に伴い酸素飽和度が増加する傾向が見られた。潮汐からみると通常は満潮時に酸素飽和度が増加し、干潮時に減少する傾向がみられるが、塩分の影響を受ける場合はこれが逆転する。これは上部に表層から酸素のとけ込みによる溶存酸素の高く塩分の低い水塊が躍層を形成し、沖からの海水の侵入にもかかわらず上下混合が起こらなかったことを示唆している。

\* 筑紫ら 有明海における貧酸素水塊の分布と発生要因

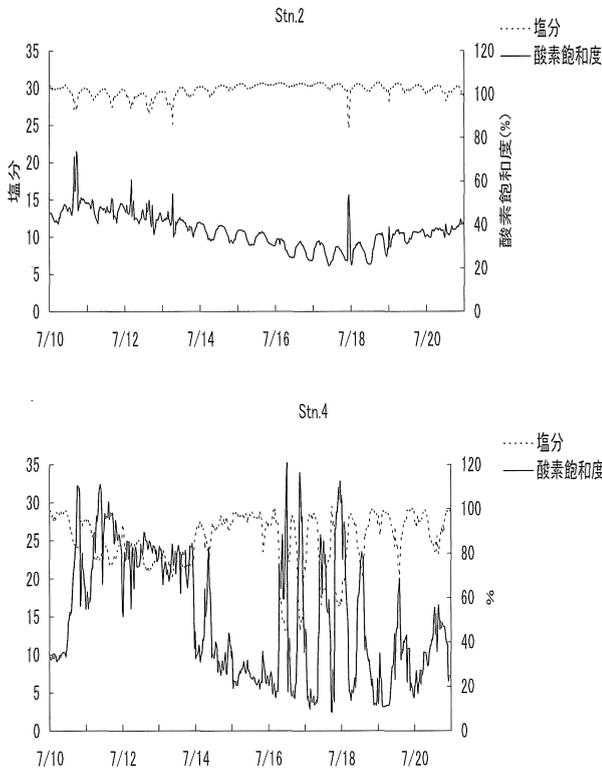


図9 塩分と酸素飽和度の変化

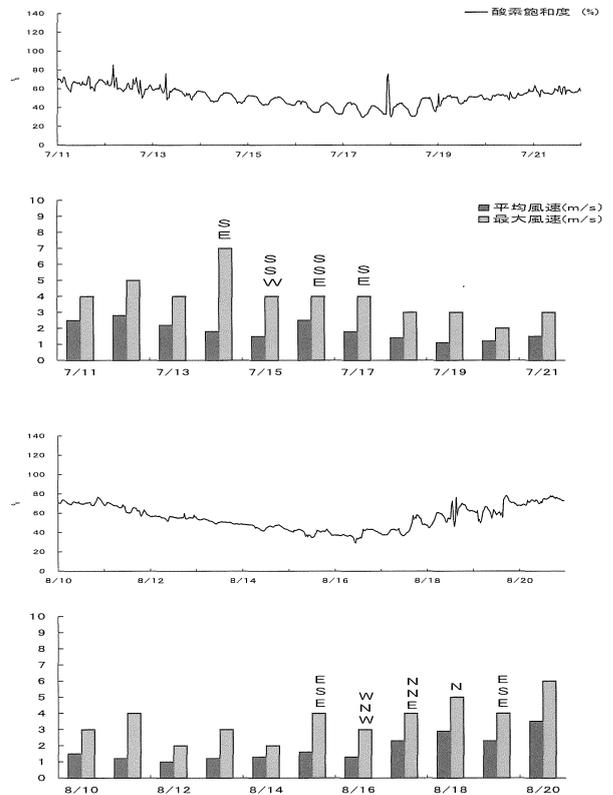


図10 風況による酸素飽和度の変化(2001年)

降水量の変化と比較すると7月12日に271mmの降雨があったが、塩分の変化は7月11日から塩分低下がみられたものの7月14日にかけて一旦増加し7月16日に入り潮汐と連動して大きく変化している。

また、7月16日から7月18日にかけては干潮時に塩分が減少し、満潮時に増加する傾向がみられた。

これは、7月12日の降雨による陸水の流入が小潮にかけて躍層を形成し、中潮に拡散と潮汐により底層に最も影響を与え、大潮による鉛直方向の攪拌により解消したのではないかと考えられる。このことから降雨によって加入した陸水は潮汐による鉛直方向の混合の影響を受けず長期に渡り、塩分躍層を形成したまま維持していることが示唆された。陸水の加入は塩分躍層を形成するだけでなく、河川水に含まれる豊富な栄養塩や懸濁物の供給につながり<sup>11)</sup>、有明海における貧酸素水塊の発生に大きく影響を与えていると考える。

降雨などによる塩分濃度の変化は陸側の調査点Stn.4で顕著であり、沖合の調査点Stn.2は影響が少ない。また、降雨が少なく塩分濃度の変化が無かった8月の貧酸素発生時期ではStn.2、4ともに溶存酸素の低下がみられたが、短期間の潮汐に伴う大きな変化みられなかった。

'01年の調査結果に比較して'02年は貧酸素の発生が少なかった。図10に'01年、図11に'02年の酸素飽和度の変化と風況データ(気象庁大牟田観測所)を示す。酸素飽和度が

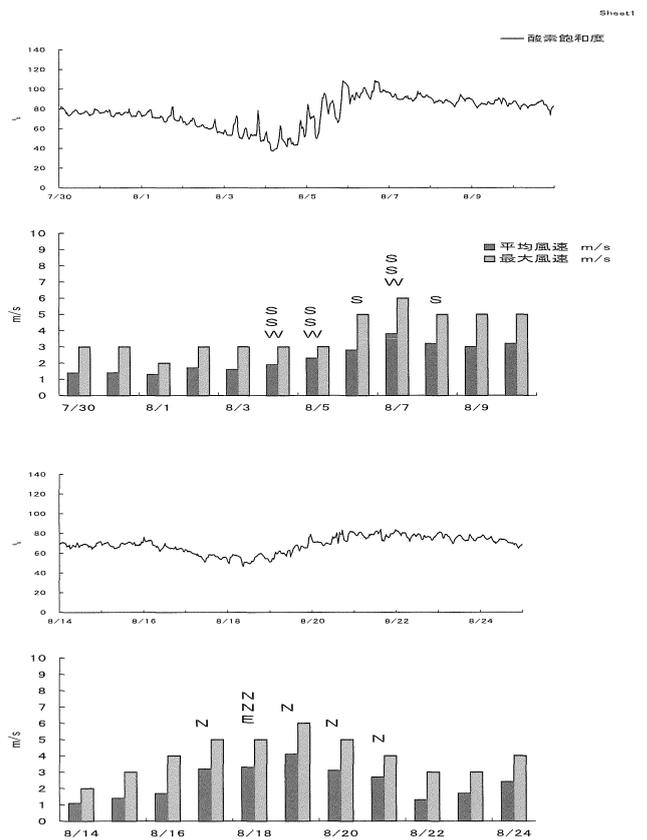


図11 風況による酸素飽和度の変化(2002年)

低下し貧酸素水塊が発生した時期に注目すると、'01年では酸素飽和度が低下した時期は1日の平均風速が小さく風速が3m/s以上の風は吹いていない。これに対して、'02年には風速が3m/s以上の風が酸素飽和度の低下する前後にみられている。'02年に唯一貧酸素水塊が発生した8月3日～5日にかけては風速が3m/sを越えていないが、6日から3m/sの風が吹き、これに伴い酸素飽和度も速やかに上昇している。また、風向に着目すると、酸素飽和度の上昇がみられるのはいずれも南もしくは南西の風であり'02年の8月16日～19日みられるように北から北東の風では風速3m/s以上の風が吹いたにも関わらず溶存酸素は低下し、速やかな上昇はみられなかった。

風況と貧酸素水塊の消長については、東京湾<sup>12)</sup>や三河湾<sup>13)</sup>をはじめとして多くの報告がされている。今回の調査では東京湾等でみられる特定の風向の卓越による貧酸素水塊の拡大等の減少はみられず、強風による鉛直混合が貧酸素水塊を解消している。

これは、調査点の水深が浅いのに加えて、有明海特有の干満差が風による躍層の崩壊を容易にしていると考えられる。風向による影響の差は、調査点が北と東を陸に囲まれていたために北、東風の海況に与える影響が弱められたことが原因である。

層別の測定結果については、今回の調査では海底から+0.5m層と+0.1m層に大きな差はみられなかった。しかし、今回の調査期間に溶存酸素の顕著な減少が起こったのは、8月中旬の1回だけであり結論を出すには不十分であった。また、'99、'00年に有明海北東部漁場でみられた、タイラギ等の生物が高密度(200個体/m<sup>2</sup>)で生息している状況では、生物自身の呼吸や、大量斃死が進行している状況での斃死個体の分解などにより酸素消費が著しく増加する可能性がある。実際にタイラギ等生物の大量斃死と貧酸素水塊の関係を検討する場合には上記の様な条件で測定を行う必要がある。加えて底質により変化が生じる可能性もあるため、層別の酸素飽和度の比較については今後更に検討を加える必要がある。

## 要 約

- 1) 連続観測の結果、酸素飽和度の減少が6月下旬から8月中旬にかけて観測され、有明海では発生し難いといわれていた貧酸素水塊の発生を明らかにした。
- 2) 潮の干満による酸素飽和度の増減が観測され、貧酸素水塊の移動が示唆された。
- 3) 調査期間を通じて大潮から小潮にかけて溶存酸素が減

少する傾向がみられた。これは大潮時の底質の攪拌、小潮時の有機物の分解によると考えられた。

- 4) 水深の浅い調査点では、塩分の増減に伴う酸素飽和度の短期間での大きな変化がみられた。降雨などによる陸水の影響が示唆された。
- 5) 01年に比較して'02年の観測では貧酸素水塊の発生が少なく、酸素飽和度は高めに推移した。貧酸素水塊が発生したのは8月中旬の1回だけであった。
- 6) '02年は、貧酸素水塊発生直後に南風による時化が起こったため貧酸素水塊は速やかに解消した。水塊の消長に風況が密接に関係していることが分かった。
- 7) 今回の調査では、海底から+0.5mと+0.1mの層で酸素飽和度は同じ傾向で増減が見られ大きな差は生じなかった。

## 文 献

- 1) 松井繁明: 有明海北東部漁場におけるタイラギの資源変動. 福岡県水産海洋技術センター研究報告, 第12号, 29-35(2002)
- 2) 鈴木輝明・青山裕晃・甲斐正信・今尾和正: 底層の貧酸素化が内湾浅海海底生物群集の変化に及ぼす影響. 海の研究, 7, 4, 233-236(1998)
- 3) 鈴木輝明・青山裕晃・甲斐正信: 貧酸素化によるアサリ(*Ruditapes philippinarum*)の死亡率の定式化. 海洋理工学会誌, 4, 1, 35-40(1998)
- 4) 飯塚昭二、入江春彦: 大村湾におけるGymnodinium赤潮発生と海底無酸素化現象との関連. 日本プランクトン学会報, 16, 99-115(1969).
- 5) 社団法人日本水産資源保護協会: 水産用水基準 21-23(1987)
- 6) 鬼塚正光: 東京湾の貧酸素水塊. 沿岸海洋研究ノート 第26巻, 第2号, 99-100(1989)
- 7) 柳 哲雄: シンポジウム「貧酸素水塊」のまとめ, 沿岸海洋研究ノート第26巻, 第2号, 141-145(1989)
- 8) 独立行政法人 水産総合研究センター: 有明海の海洋環境変化が生物生産に及ぼす影響の解明(2002)
- 9) 朱 小華・高杉由夫・橋本英資・安田秀一: 広島湾における懸濁粒子の沈降速度. 海の研究, Vol. 3, No. 1, 13-20(1994).
- 10) 長尾正之・橋本英資・吉田みゆき・高杉由夫: 広島湾における海底酸素消費量の連続測定. 土木学会論文集, No. 663, 109-117(2000)

- 11) 鎌谷明善・高野正徳・森田良美:東京湾における懸濁物の化学的特徴.日水誌,49(2),251-258(1983)
- 12) 柿野 純・松村皐月・佐藤善徳・加瀬信明:風による流れと青潮の関係.日水誌,53(8),1475-1481(1987)
- 13) 日本水産資源保護協会:三河湾における漁場環境容量試算,1-133(1987)