

福岡湾における夏季貧酸素水塊の消長

吉岡 直樹
(研究部)

Appearance of the Oxygen-Deficient Water during Summer Season in Fukuoka bay

Naoki YOSHIOKA
(Research Department)

従来、福岡湾は、生産性が高く水産資源の豊富な海域であり、漁業活動が盛んに行われてきた。しかし、湾内の開発に伴う海面の埋め立てなどによる海岸線の変化、航路の浚渫などに伴う海底地形の変化が、周辺環境に及ぼす影響が問題となっている。また、沿岸部の人口増加に伴う生活排水の増加などにより陸域から流入する窒素やリンは増加を続け、その一部は福岡湾の海底に蓄積され福岡湾の底質環境悪化の原因となっている。その結果、夏季には大規模な赤潮の発生、海水の貧酸素化が毎年観測されている。本研究では、福岡湾の現状を把握し、環境改善の手法を検討するため、水生生物の生息に大きな影響を与える夏季の貧酸素水塊の動向に重点を置いて調査を実施し、その発生と消滅にかかる要因を検討した。

方 法

調査定点を図1に示す。調査期間は、2002年6月5日から9月27日までの約3ヶ月間であり、調査期間中、約7日から10日間隔で観測を行った。調査に用いた機材は、アレック電子社製クロロテック ACL208DK により水温、塩分等の測定を行い、同社製 ADO-1050P により DO を測定した。DO の測定は0m, 2m, 5m及び底層(B-1m)層で行った。また湾内の成層化と貧酸素水塊の動向を検討するため、福岡管区気象台の風速データを用い検討した。また、貧酸素水塊の定義についてはさまざまな定義がなされているが、本報では、水産用水基準¹⁾に従って、底生生物の生存可能な下限濃度 2.8mg/l 以下の水塊を貧酸素水塊とした。

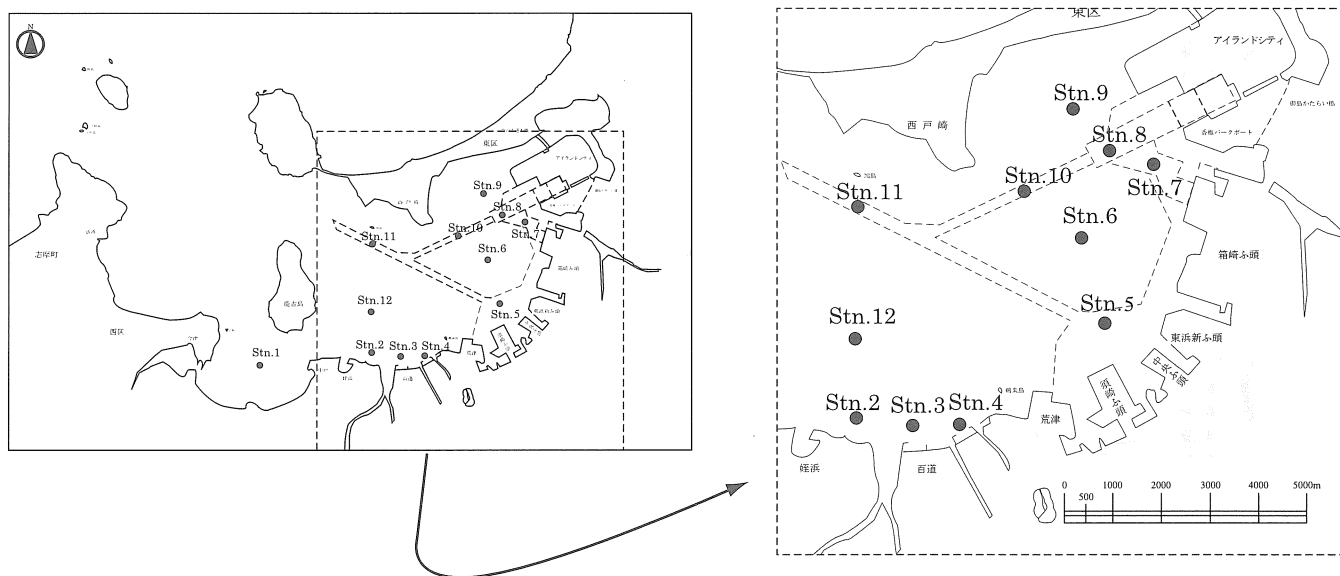


図1 調査定点

結 果

(1) 湾内全体のDOの推移

調査期間内の各定点の平均値(図2)は表層では、5.87mg/l から11.54mg/l の範囲で推移した。2m層も、5.35mg/l から10.29mg/l の範囲で推移した。表層から2m層までは、DOの

変動幅は大きいですが、観測期間中を通じ標準偏差も小さく定点間に大きな差は見られなかった。5m層では、3.67mg/l から5.67mg/l の範囲で推移し、期間を通じ変動幅は小さかった。底層では、1.89mg/l から5.06mg/l の範囲で推移し、DOの変動幅、標準偏差も大きく各定点間のばらつきが大きくなる傾向が見られ観測値に大きな差が見られた。

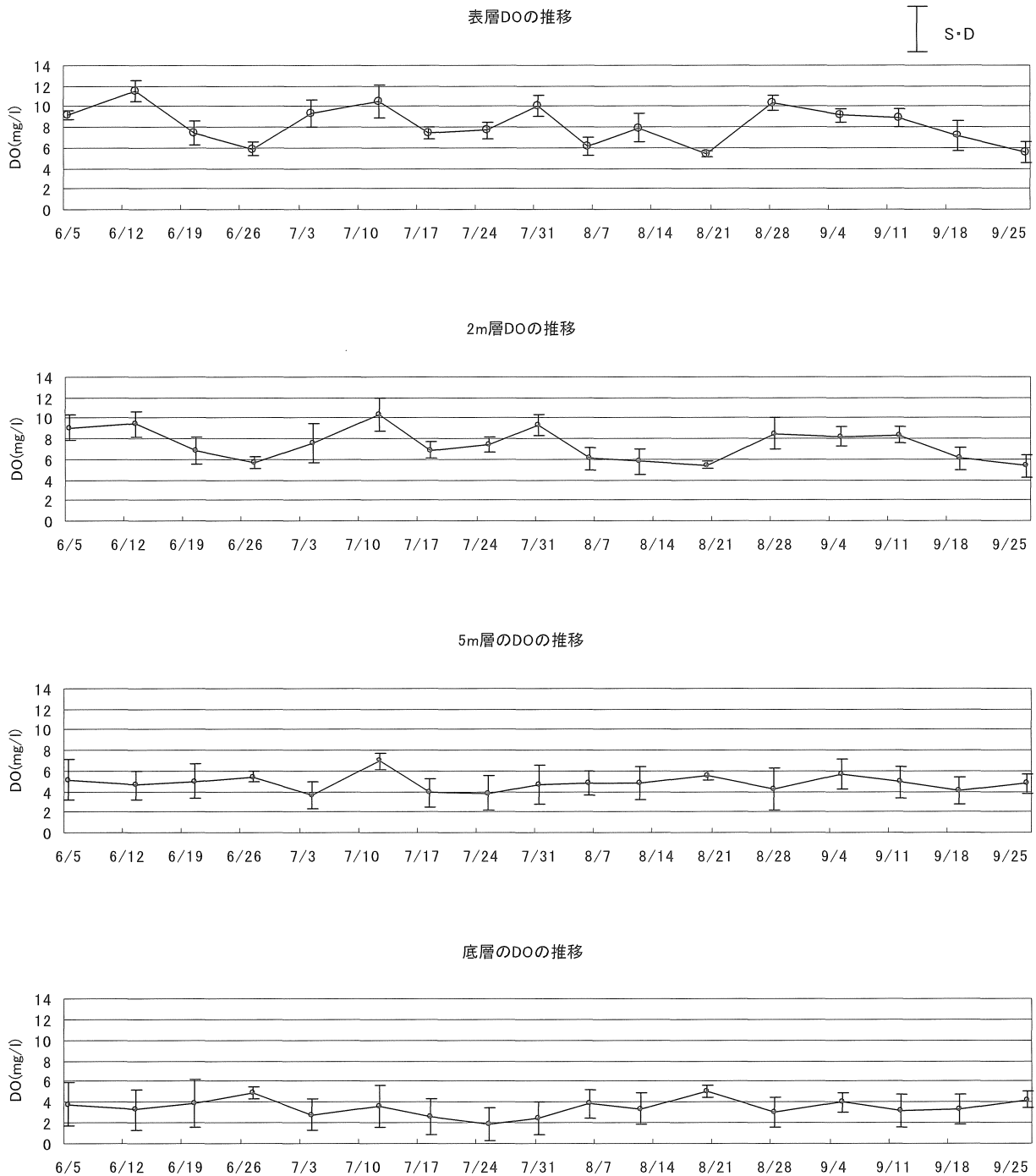


図2 層別 DO の推移

測された。その後、6月20日までの観測では湾内全体の成層化が進行するにつれ、室見川河口から湾奥部にかけて、DO が減少し湾内全体の貧酸素化が進行したが、6月27日の観測では、底生生物の生存可能なDO2.8mg/l を下回る貧酸素水塊は、一時解消された。しかし、7月4日の観測では、室見川河口を中心として再びDO2mg/l 以下の大規模な貧酸素水塊が観測された。また同時に Stn.6, Stn.9の浅

海域でも貧酸素水塊が観測された。その後、8月12日まで貧酸素水塊は、ほぼ同じ場所で観測されたが、8月20日の観測で、再び湾内全体で底層の DO の上昇が見られ貧酸素水塊は衰退した。その後、8月28日の観測では再び顕著な貧酸素水塊が観測された。

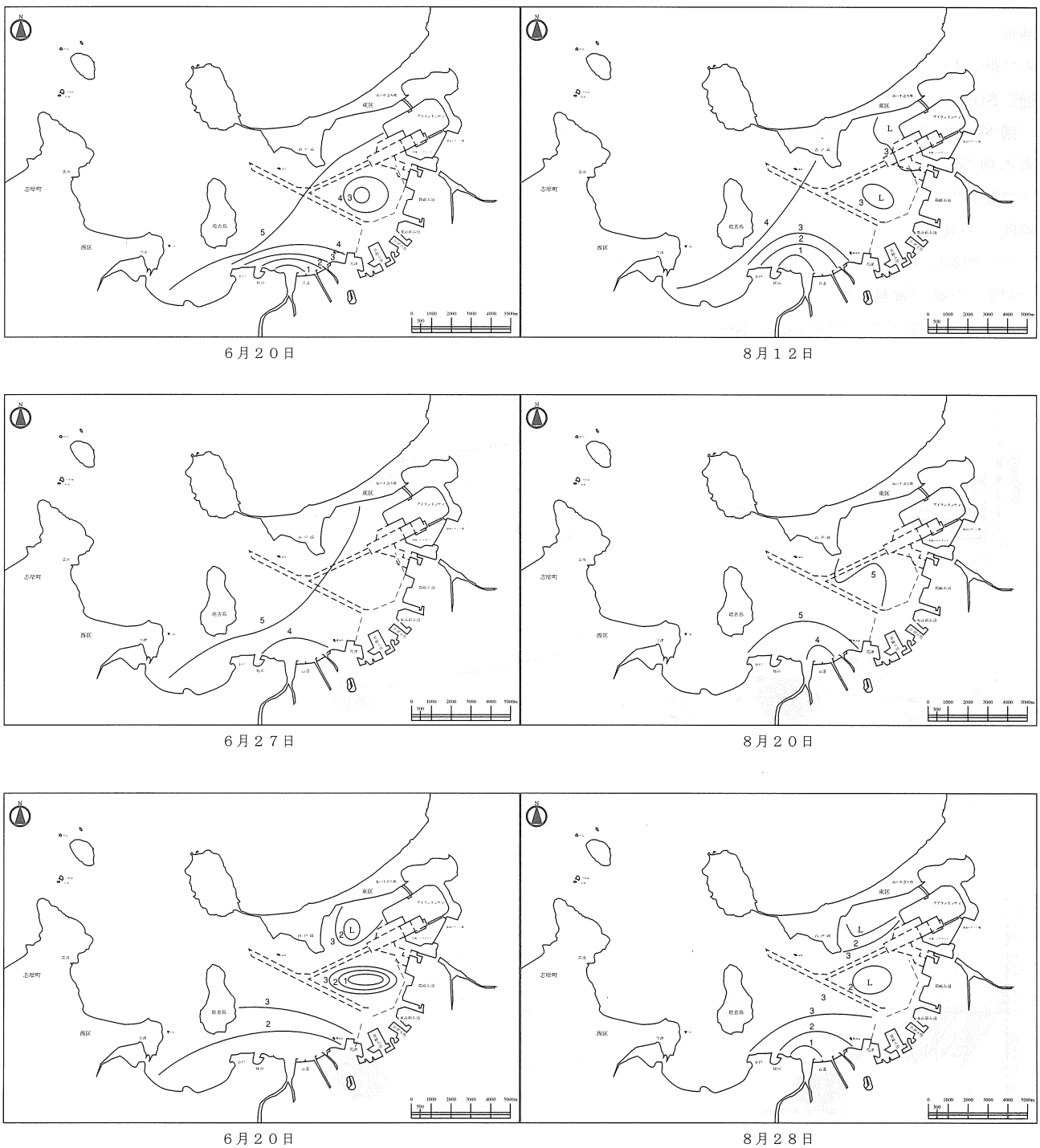


図3 DOの水平分布

(3) 各定点におけるDOの推移

底層のDOの推移は、各定点毎に異なった傾向が見られた。そこで、特徴的な6定点における推移について記載する。各定点のDOの推移を図4に示す。

室見川河口に位置する水深約12mの陥没地である Stn.3では、観測を開始した、6月5日から貧酸素水塊が観測された。特に6月13日、6月20日には、DOが全く検出されない無酸素状態が観測された。

百道浜沖に位置する水深6mの Stn.4は、Stn.3に隣接し Stn.3からの貧酸素水塊の影響を受けやすいと考えられる浅海域である。Stn.3と同様に観測を開始した6月5日から極めて低いDO1.44mg/lを観測した。その後、観測期間中を通じ Stn.3と同じく低いDOで推移した。

博多港内に位置する水深12mの Stn.5は、過去にも貧酸素水塊が観測されており²⁾、有機汚泥物質の堆積が進み湾内で最も汚染が進行していると考えられている。しかし、観測期間中、DOが、2.8mg/lを下回ったのは、7月25日と7月31日のみであり、相対的にはDOは低いものの概ね3mg/l付近の安定した値で推移した。

箱崎沖に位置する水深約6mの Stn.6は、かつては湾内におけるマコガレイの生育場、漁場であったが近年漁獲の減

少が顕著な状況にある。観測期間中のDOの挙動は、大きく0.25mg/lから5.45mg/lの範囲で推移し短期間に極度の貧酸素化とその解消が観測された。

和白干潟沖に位置する水深約4mの Stn.9は、人工島造成の影響により環境の悪化が懸念される定点である。観測開始当初から7月4日までは、DOは約4mg/lで推移したが、7月18日、7月25日及び7月31日にかけてDOが2.0mg/lを下回り極めて低い値を観測した。その後、再びDOは、4.9mg/lまで回復したが、8月28日に再び1.91mg/lまで減少した。しかし、その後DOは少しずつ回復し、9月27日まで約3mg/lの値で推移した。

人工島への航路の中央に位置する水深約15mの Stn.10は、浚渫により辺りの地盤高に比べ急激に掘り下げられているため、海水の停滞にともなう貧酸素水塊の発生が懸念される場所の一つである。しかし、観測期間中のDOは、3.86mg/lから5.14mg/l比較的に安定した値で推移し、貧酸素水塊の発生は認められなかった。

風と貧酸素水塊の生成の関係について、図5に観測期間中の日間最大風速の推移を示した。北からの卓越風が吹くと底層のDOが上昇するのが観測された。

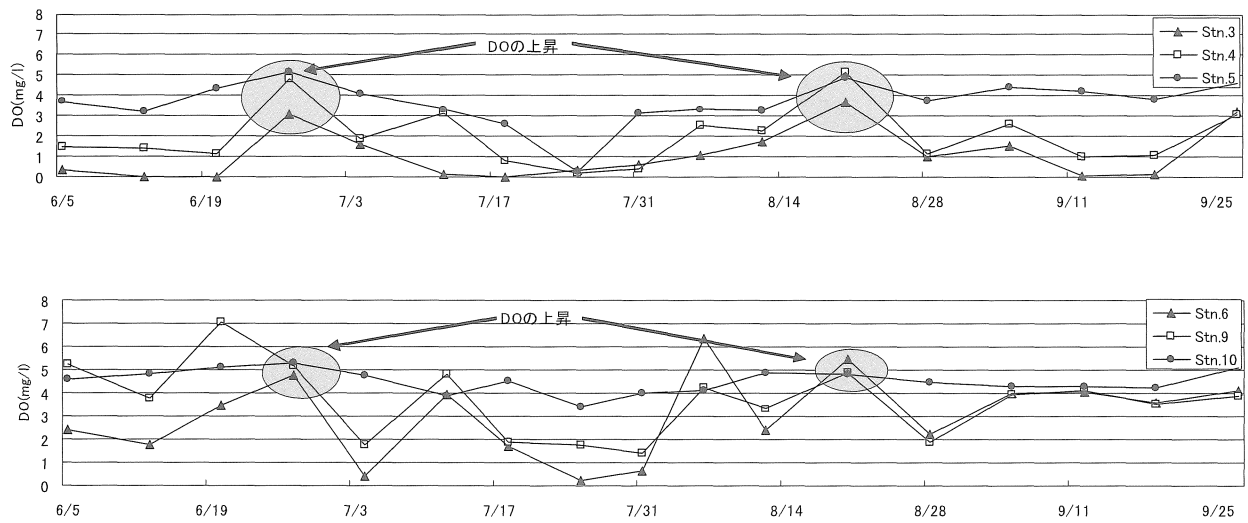


図4 定点別DOの推移

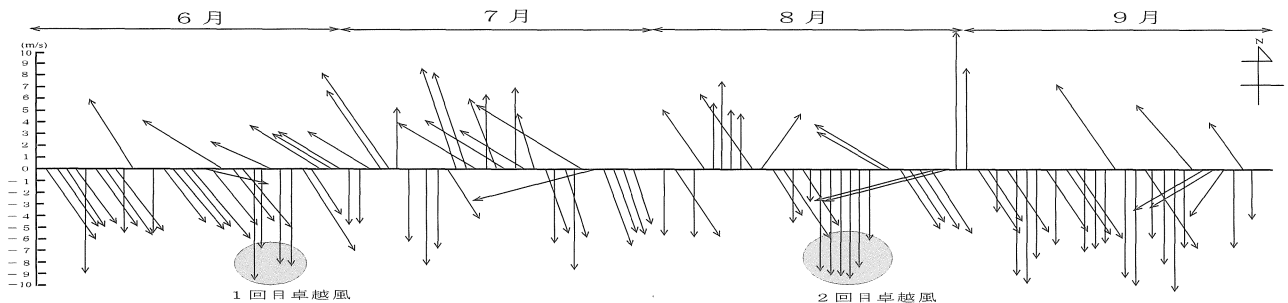


図5 観測期間中の最大風速の推移

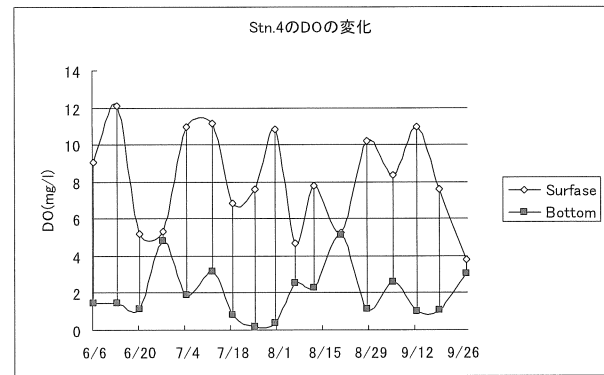
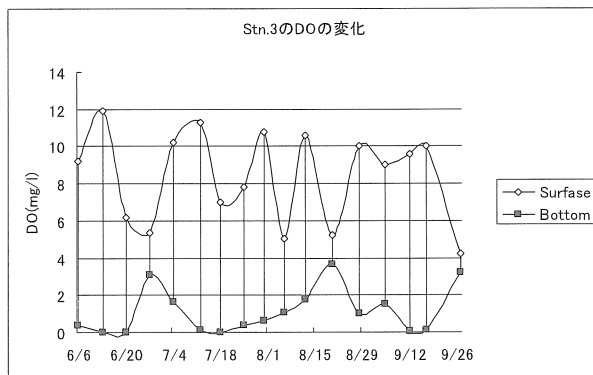
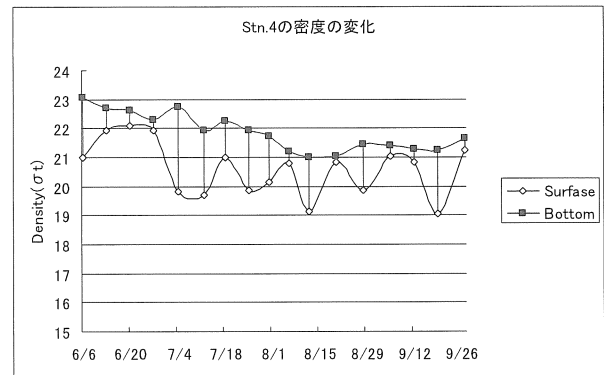
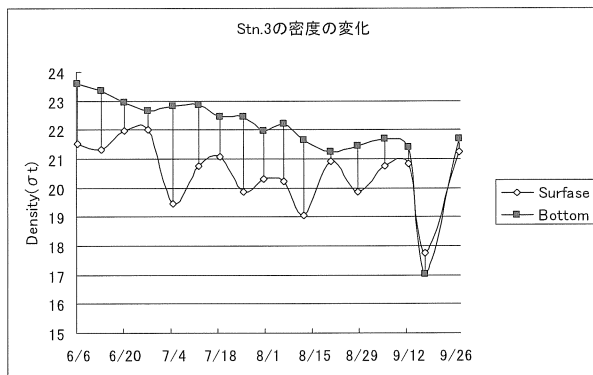
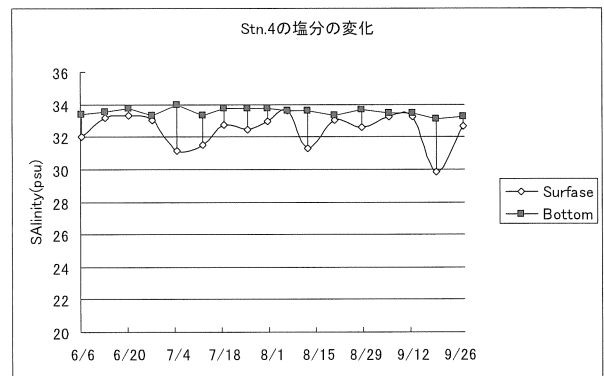
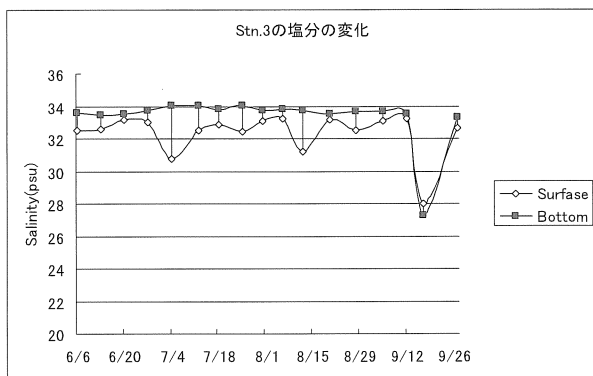
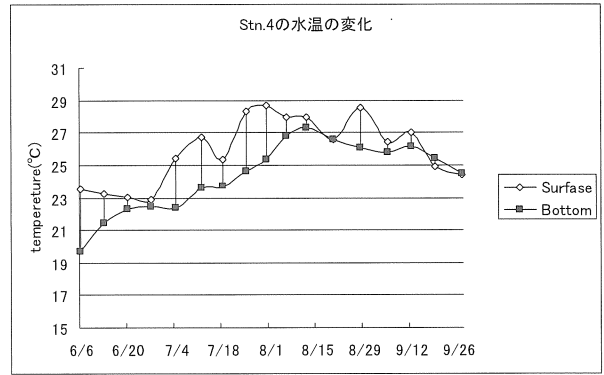
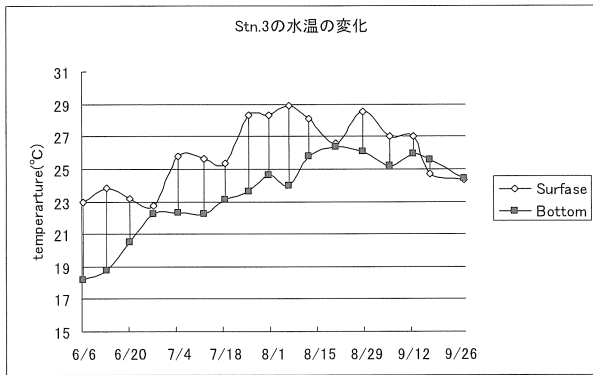


図 6 - 1 各定点における表層及び底層の水温，
塩分密度および DO の変化

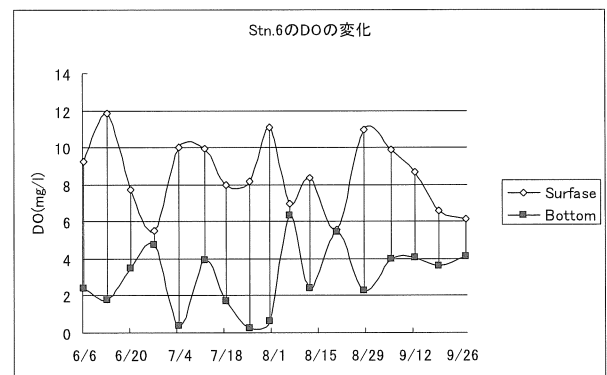
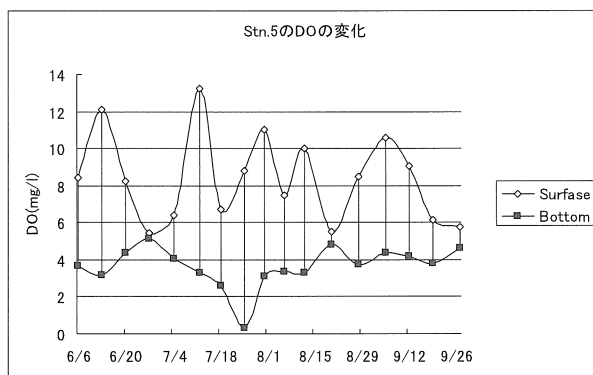
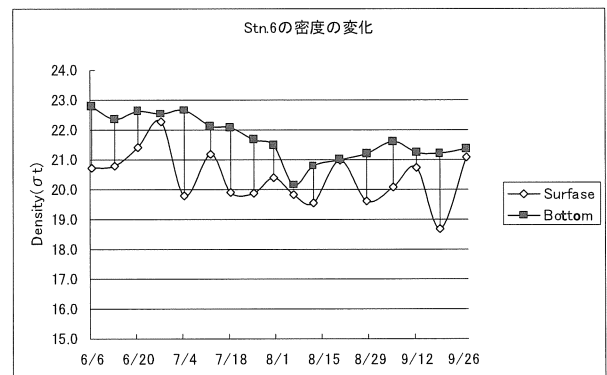
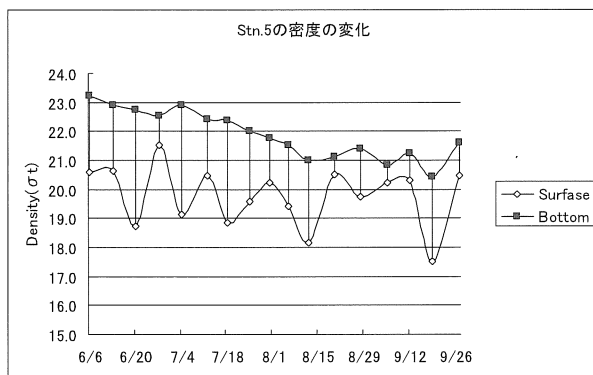
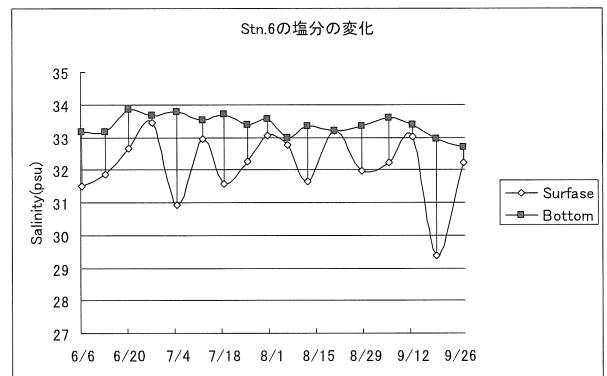
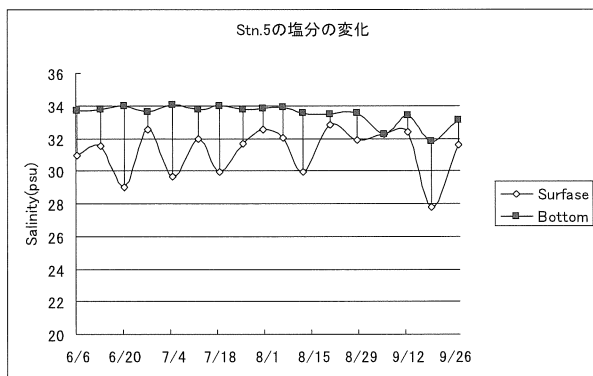
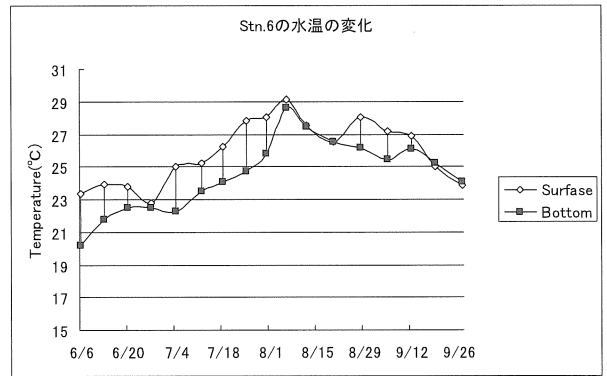
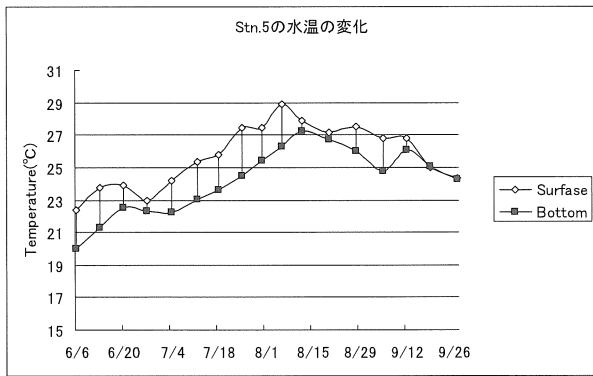


図6-2 各定点における表層及び底層の水温、塩分、密度及びDOの変化

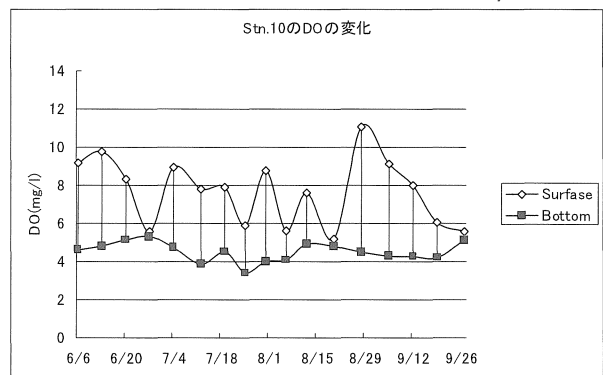
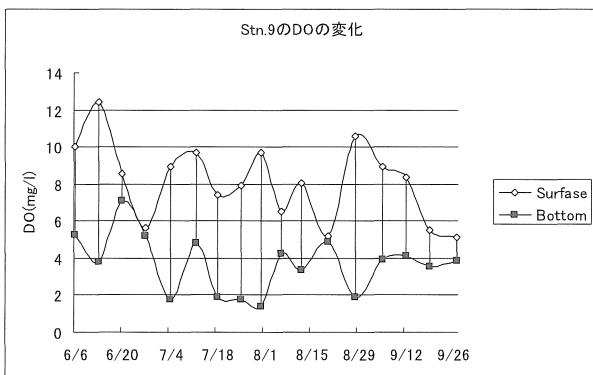
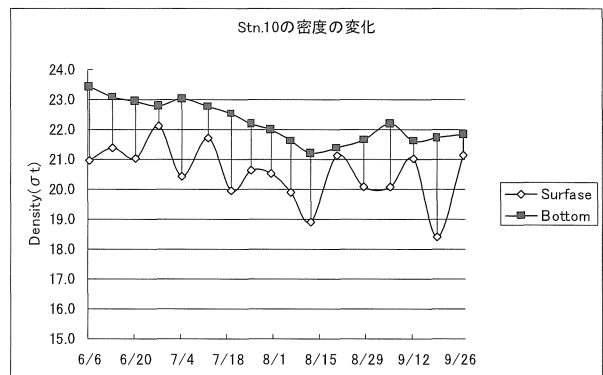
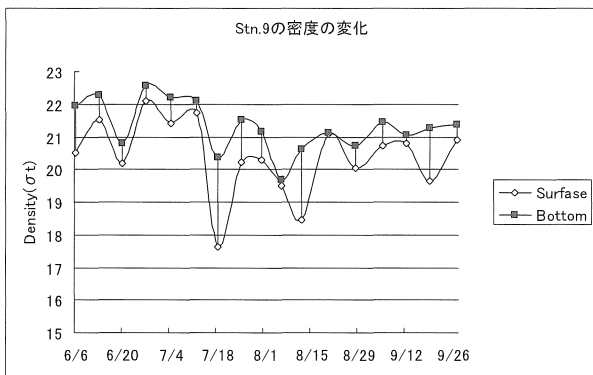
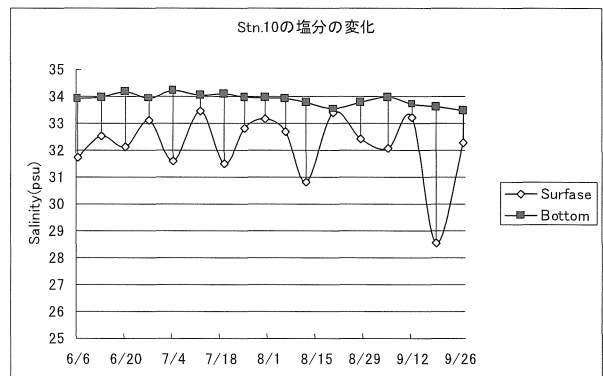
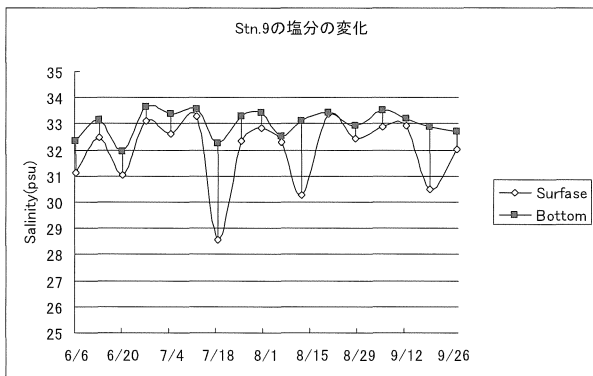
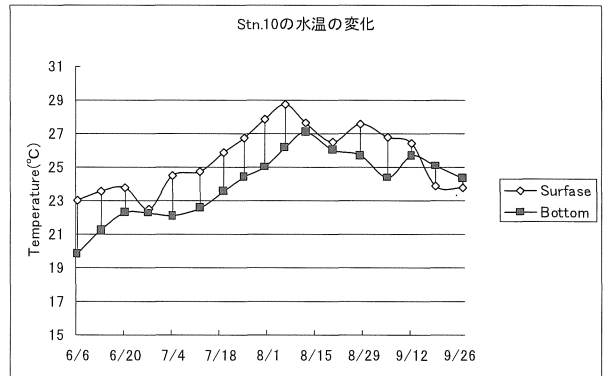
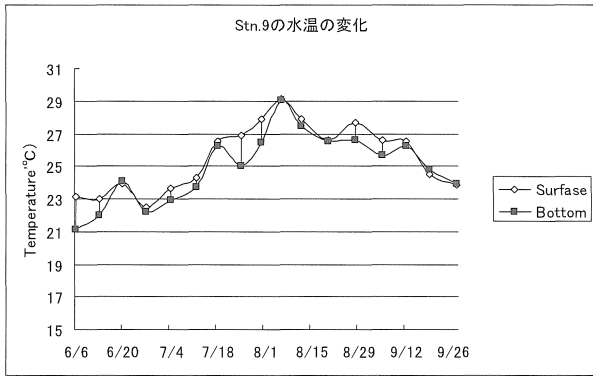


図 6-3 各定点における表層及び底層の水温、塩分
密度及び DO の変化

(4) 水塊の構造

図5に、先に記載した6定点の表層、底層の水温、塩分、密度(以下 δ_t)およびDOの推移を示した。

Stn.3では表層と底層の水温差が大きくなった時に δ_t の表層と底層の差が大きくなり、成層強度が強くなった。また同時に底層の貧酸素化が進む傾向が見られた。

Stn.4の成層化は、浅海域であるために表層と底層では水温の大きな差は観測されなかった。しかし、 δ_t は水温差よりも塩分差が大きく反映されるため、塩分差が大きくなったときに、表層と底層の δ_t の差は大きくなり成層化が進む傾向が見られた。同時に、表層では、赤潮プランクトンの増殖によるDOの増加が観測され一方、底層ではDOが減少し貧酸素化が進行した。

Stn.5の成層化は、表層と底層の水温は、観測期間中に緩やかに上昇したが、その差には、ほとんど変化が見られなかった。また底層の塩分もほぼ一定しており δ_t の表層と底層の変化は、表層塩分の変化を強く受け、表層塩分が低下した時に成層化は進行した。表層のDOは、Stn.4と同様に赤潮プランクトンの増殖による急激な増加が観測された。一方、底層のDOは、2mg/lを下回る貧酸素水塊が、1回観測されたが、観測期間を通じ約4mg/lで推移した。

Stn.6とStn.9の成層化は、両定点とも水深が約4mから6mの浅海域であるため、水温の表層と底層の差は、ほとんどなかった。塩分は、表層と底層で大きな差があり、特に表層塩分は大きく変化した。表層塩分の急激な低下と共に成層強度が強くなる傾向が見られた。貧酸素水塊の発生は、成層強度が発達した時に、発生する傾向が認められたが、他の定点に比べ成層の発達は弱かった。

Stn.10の成層化は、表層、底層の水温差は観測期間中を通して、ほぼ一定しており、底層塩分も、ほとんど一定していたため、表層塩分のみが降雨の影響により変動した。そのため、Stn.6とStn.9と同様に表層塩分の低下により成層強度が強くなる傾向が見られた。しかし、成層強度の発達と貧酸素水塊の発生には明確な関係は見られず、DOは、約5mg/lで推移し、貧酸素水塊は観測されなかった。

考 察

湾内のDOの変化は、表層0mから2m層において大きく変動した。これは、赤潮プランクトンの発生の影響と思われる。表層に比較し5mから底層にかけてのDOの変化は、各定点毎にその貧酸素水塊の発達の進行が異なる傾向が見られた。最も貧酸素水塊が発達したのはStn.3の室見川河口域で6月6日から6月20日までの3回の観測において底層ではDOは、ほとんど観測されず、底生生物は成育できな

い条件にあると考えられる。この地点は、埋め立て地造成の際、海砂を採取した後の陥没地で、海図によると周辺地盤から約6m陥没している。このため、陸域からの有機物を含む浮泥の堆積が進み、海水も停滞しやすいことから貧酸素水塊が極めて発生しやすい場所となっている。Stn.4は、Stn.3に隣接する浅海域であり、その成層構造と貧酸素水塊の出現状況はよく類似していた。これは、Stn.3とStn.4が同一水塊に属するものと考えられる。しかし、両定点の水深は、約6mの差があり、Stn.3は、浮泥が堆積しやすいのに比べ、Stn.4は浅海域で波浪の影響を受け易いため浮泥が堆積しにくい環境にある。このことから、Stn.4における貧酸素水塊の発生は、現場海域の底層で消費されるDOの減少に加え、潮流の流れにより、Stn.3の底層で発生した貧酸素水塊が移動し貧酸素化を促進している可能性がある。今後は、流向流速計を設置し水塊の動きを観測する必要がある。Stn.5は、博多港内に位置し護岸堤に覆われ海水が停滞しやすい海域である。そのため夏季は、ほとんどの期間において赤潮の発生が観測される定点である。³⁾今回の観測でも港内で赤潮の発生は連続して観察された。成層も、表層と底層の水温差、塩分差により強固な密度躍層が形成された。しかし、7月12日に底層のDOが0.29mg/lと極度に低下したのみで、他の期間の底層DOは、約4mg/lで推移し比較的安定した値で推移した。頻繁な赤潮の発生、過去からの浮泥の堆積が進んでいることを考慮すると、港内はかなりの貧酸素水塊が発生することが予測された。実際過去には、かなりの頻度で貧酸素水塊が観測されている³⁾。今年、この地点で強い成層が観測されたにもかかわらず貧酸素水塊の発生が少なかったことは、過去に観測された結果と異なった傾向を示しているが、成層の発達過程、海底懸濁物質の動きやその成分などの海況条件と、風や船舶の航行による攪拌などの物理的条件の影響など様々な要因が重なり貧酸素水塊の発生が抑えられたと考えられる。Stn.6、Stn.9は、水深約4mから6mの浅海域であり現場における成層もそれほど強固ではなく、両定点の密度躍層の成層要因はStn.6では、水温と塩分の両方に起因し、Stn.9では主に塩分に起因していると考えられる。両定点に共通しているのは、密度躍層による成層化はそれほど強くはないが、僅かな成層で貧酸素水塊が発達することである。これらの海域では、浅海域のため波浪の影響を受けやすく、海底に堆積した浮泥が攪拌され、その分解が進むと急激に底層のDOが低下すると考えられる。一方同時に降雨の影響により表層塩分の低下にともなう成層が形成されると表層からの酸素供給が遮断されその結果、僅かな時間に貧酸素水塊が発生すると考えられる。

Stn.10は、成層化が顕著であったが、貧酸素水塊の発生は認められなかった。ただし、6月27日の観測時に表層と底層

の水温、塩分の差が小さくなり、成層強度が弱まった後、僅かながら底層の DO が減少する傾向が観測された。しかし、他の定点に比べ DO の減少が僅かであった。これは、定点が航路上にあるため船舶の航行にともない頻繁に表層が攪拌され、同時に何らかの形で酸素の供給が行われたものと考えられるが、更なる検討が必要である。

神園らは、底層水中の有機懸濁物質の動向が貧酸素水塊の発生との関係に重要と指摘している。⁴⁾ 観測期間中湾内全域で、貧酸素水塊の解消後、再び急激な DO の減少により貧酸素水塊が形成される現象が確認された。これは、海底面直下で安定していた硫化水素等の還元性の物質を含む浮泥が、再攪拌され急激に底層で酸素が消費され貧酸素水塊の発生が進行するものと考えられる。

湾内全体で、6月27日と8月20日の観測において表層と底層の水温差、塩分差が少なくなり、湾内の成層化が弱まる状態が観測された。福岡管区気象台の観測による6月から7月の最大風速の推移を図6に示す。湾内の成層強度が弱くなる日の前の6月20日から6月27日にかけて最大風速8.2m/s から9.5m/s の北から卓越風が吹いていた。8月14日から8月21日にかけても同様に最大風速6.2m/s から9.8m/s の北からの卓越風が吹いていた。福岡湾における貧酸素水塊は、東京湾、大阪湾などと同様^{5, 6)}に湾内の成層が発生することにより発生すると考えられるが、福岡湾では、夏季に北から最大風速約6m/s 以上の卓越風が連続して吹くとその成層は崩壊し表層から DO が流入し底層の DO が上昇することが確認された。また、成層崩壊時には、同時に海底面が攪拌されるためその後、再び貧酸素水塊が発生するものと考えられる。今後は、連続した観測により成層形成速度、成層強度の検討を行い、貧酸素水塊の発生を予測し、同時に成層崩壊がおきる、風向、風力などの検討が必要である。

要 約

- 1) 6月5日から9月27日の観測で、室見川河口を中心に底層で貧酸素水塊が観測された。
- 2) 百道浜沖、和白沖の浅海域では成層の発達弱いにもかかわらず貧酸素水の多発が観測された。
- 3) 航路内や、博多港内底層は、比較的強い成層が形成されたにもかかわらず貧酸素水塊の発生は少なかった。これは貧酸素水塊の発生には成層の安定以外にも、底泥による酸素消費、船舶の航行による攪拌効果などの要因があることが示唆された。
- 4) 貧酸素の解消の要因として最大風速6m/s を越える北から卓越風が最も有効な要因であることが判明した。

文 献

- 1) 水産用水基準: 日本水産資源保護協会(2000)
- 2) 篠原満壽美: 福岡湾における貧酸素水塊の発生状況. 福岡県水技研究報告第12号73-87
- 3) 篠原満壽美・杉野浩二郎・吉田幹英・二島賢二: 貝毒成分・有害プランクトン等モニタリング事業. 平成11年度福岡県水技セ事業報告168-170
- 4) 神菌正人・江藤拓也・佐藤博之: 周防灘南西部の浅海層における酸素収支, 海の研究 Vol.5, 88-93(1996)
- 5) 佐々木克之: 内湾および干潟における物質循環と生物生産【4】. 海洋と生物 Vol.15, 249-254(1993)
- 6) 城 久: 大阪湾における富栄養化の構造と富栄養化が漁業生産に及ぼす影響について, 大阪府水産試験場報告, 1-174(1986)