

2.4 イベント時の各種項目の変動について

本章では、2.1章の経時変化図から明確にみられた特徴的な変動について触れる。考察を行った各イベントは、下記に示すとおりである。

- (1) 貧酸素・青潮発生時
- (2) 赤潮発生時
- (3) 行徳可動堰開放による出水時
- (4) 濁度と風・波の関係

(4) 貧酸素発生時（青潮含む）

本調査において貧酸素（ここでは溶存酸素量：2.5ml/L \approx 3.6mg/L、酸素飽和度：50%以下（千葉県水産総合研究センターによる））の発生は、6月～11月までみられた。

貧酸素の発生がみられた6月～11月において、貧酸素に該当する溶存酸素量及び酸素飽和度の出現率は、測点1及び測点2で約8%、測点3で約12%を占めており、最も沖側の測点3で貧酸素水は多くみられた（統計期間：6月13日0：00～11月30日23：50）。

調査期間中にみられた貧酸素時及び青潮時における2期間について、発生・解消プロセス、調査項目間の関連性、測点間の関連性などを考察した。

①6月26日～27日にみられた貧酸素時の経時変化図を図2.4-1、②8月23日～30日にみられた青潮発生時の経時変化図を図2.4-2に示した。

① 6月26日～27日（貧酸素時）：図2.4-1

- 6月25日～26日に北風（南へ向かう風）が連吹後、測点2及び測点3で溶存酸素量が2mg/L程度まで低下すると同時に、1℃前後の水温の低下及び5psu前後の塩分の上昇もみられた。これは貧酸素となっている沖あるいは航路の底層水の移動によるものと考えられ、約1日続いていた。
- 貧酸素化は測点2及び測点3でほぼ同時期に始まり、風が南寄りに転じた後に溶存酸素量が回復を始め、同時期に解消していた。
- 測点3では各項目で細かく変動している様子がみられるが、これは貧酸素化する直前まで測点3では北向きの流れが継続しており、移動してきた沖の底層水（低温・高塩分・低溶存酸素量）が調査海域へ流入し、滞留していた調査海域内の海水（高温・低塩分・高溶存酸素量）と容易に混合せず存在したためではないかと思われる。
- 測点1では貧酸素とはならず、測点2及び測点3とは異なる変動傾向を示していた。
- 流れとの対応をみると、測点2では南流が多く、貧酸素水は南からの移流によるものではなく、市川航路沿いに湾奥に移動、湧昇したものが南下してきたのではないかと考えられる。
- 測点3では、溶存酸素量の低下過程で、北流→弱い南流→西流傾向と変化している。これより貧酸素水の起源は、測点3の南側沖合もしくは船橋航路であろうと推測される。

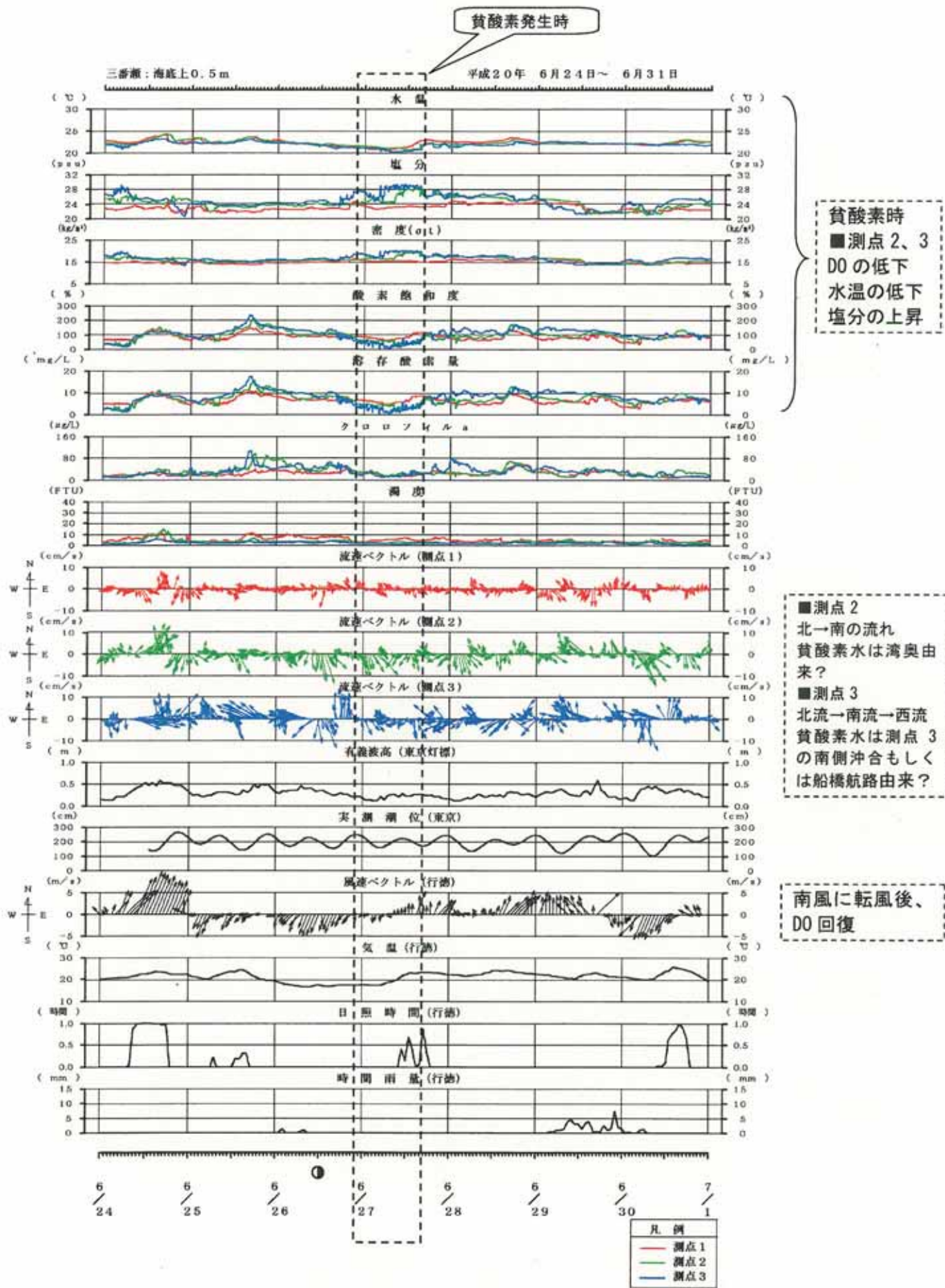


図2.4-1 貧酸素発生時(6月)の経時変化

② 8月23日～30日（青潮発生時）：図2.4-2

8月23日～9月2日にかけて、全ての測点で連続的あるいは断続的に貧酸素化がみられ、千葉県環境生活部水質保全課によると8月22日～28日にかけて当海域で青潮の発生が確認されている。

本調査結果では、8月23日～30日にかけて青潮を捉えていたが、特に8月26日～30日は顕著であった。

従って、ここでは青潮の継続がみられ始めた8月25日以降について図2.4-2に示し、考察を行った。

- 8月21日～27日に渡る北風の連吹時には、全ての測点で溶存酸素量の低下がみられると同時に、水温の低下及び塩分の上昇もみられた。
- 特に8月27日～28日にかけては測点2及び測点3で無酸素状態が続いていたのに対し、測点1では夜間に1mg/L前後で貧酸素化を示していたが、日中は15mg/L前後まで溶存酸素量が上昇する日周期変動がみられた。これは日照の増加、気温の上昇と対応しており、植物の光合成によるものと考えられる。しかし、クロロフィルaには上昇がみられないことから、植物プランクトンによるものではなく、アオサ等の海藻類による光合成ではないかと考えられる。
- 無酸素状態の解消時期は測点2で8月29日、測点3では8月28日となっており、測点2の方が測点3より18時間程度貧酸素水の解消が遅くなっていた。更に測点1では日中の高酸素化を除けば、8月31日まで貧酸素水がみられ、滞留しやすい湾奥部ほど回復が遅い傾向がみられた。
- 溶存酸素量の低下（青潮）が見られた時期は、測点2及び測点3で5～15FTU程度まで濁度の上昇が見られた。これは底層の無酸素水に含まれる硫化水素が酸素と反応し（酸化）、青潮の原因である粒子状の酸化硫黄を感知した可能性が考えられる。
- 水塊の指標として、塩分及び溶存酸素の変化をみると、3測点の経時的な関連性は乏しく、3測点における貧酸素化は大きくみれば北風に伴う沖合底層水の移動、湧昇と考えられるが、貧酸素化のプロセスは測点により異なっていると思われる。
- ①で考察したように、測点3では南側沖合あるいは船橋航路から移動、湧昇してきた底層水が起源と考えられる。測点2では市川航路沿いに湾奥で湧昇した底層水が南下してきたものと、南側から移流してきたものがあるように見える。測点1の貧酸素水は東側（測点2方向）からゆっくりと伝播してきたものと、南側沖合から運ばれてきたものが考えられる。

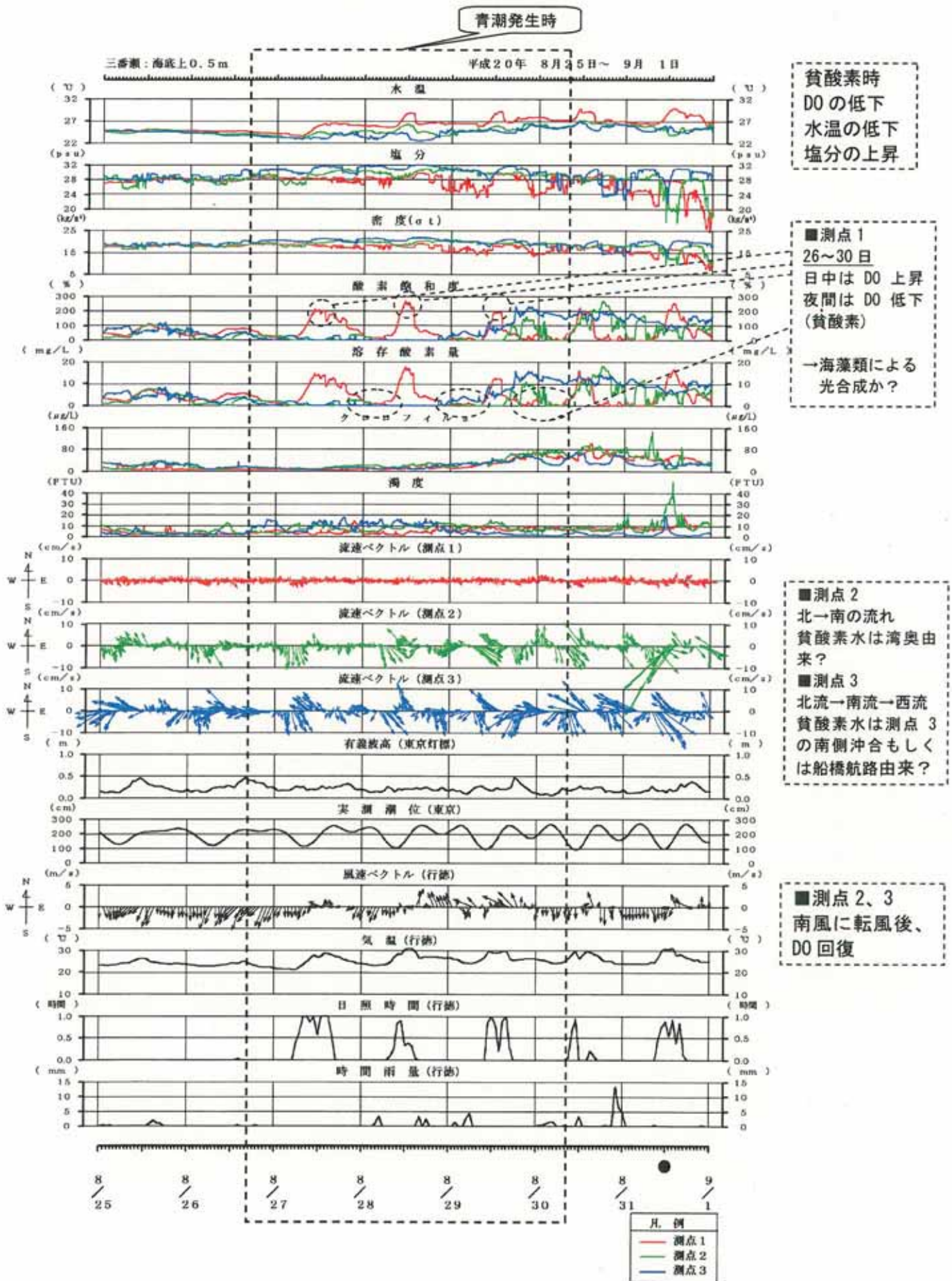


図2.4-2 青潮発生時(8月)の経時変化

(5) 赤潮発生時

本調査において赤潮（ここではクロロフィルa：50 μ g/L以上、酸素飽和度：150%以上（千葉県水産総合研究センターによる））の発生は、6月～10月及び1月～3月にみられた。

赤潮の発生がみられた6月～10月及び1月～3月において、赤潮に該当するクロロフィルa及び酸素飽和度の出現率は、測点1で約12%、測点2で約11%、測点3で約12%を占めており、3測点とも同程度であった（統計期間：2008年6月13日0：00～2008年10月31日23：50，2009年1月1日0：00～2009年3月12日23：50）。

調査期間中に最も大規模なクロロフィルaの増殖がみられた6月14日～22日について考察を行った。

6月14日～22日の経時変化を図2.4-3に示した。

- 植物プランクトンの増殖に起因するクロロフィルaの上昇は、日照が継続した6月15日～19日頃に全ての測点で見られ、特に18日には500～800 μ g/Lの爆発的な上昇となった。東京湾海況情報（発行：千葉県水産総合研究センター）によると、この時期には赤潮の発生が確認されており、この時期のクロロフィルaの上昇は赤潮発生によるものと推測される。
- 爆発的な上昇がみられた18日は、測点2及び測点3で日中よりも夜間にクロロフィルaの上昇がみられた。特に測点2では北流に対応して急激に増加しており、日中に増殖した植物プランクトンを豊富に含む沖合水が移動してきたものと考えられる。
- 水温及び溶存酸素には気温・日照と連動した日周期変動がみられた。
- 6月14日には濁度が測点1で20FTU前後、19日には測点1で20FTU前後、測点2で30FTU前後に上昇していたが、これは南風より発生した風浪によって底泥が巻き上げられたことによると思われる。これに対し、水深の最も深い測点3では濁度の上昇はみられなかった。風と濁りの関係については、別途2.4章(4)で後述する。

三番瀬：海底上0.5m

平成20年 6月14日～ 6月22日

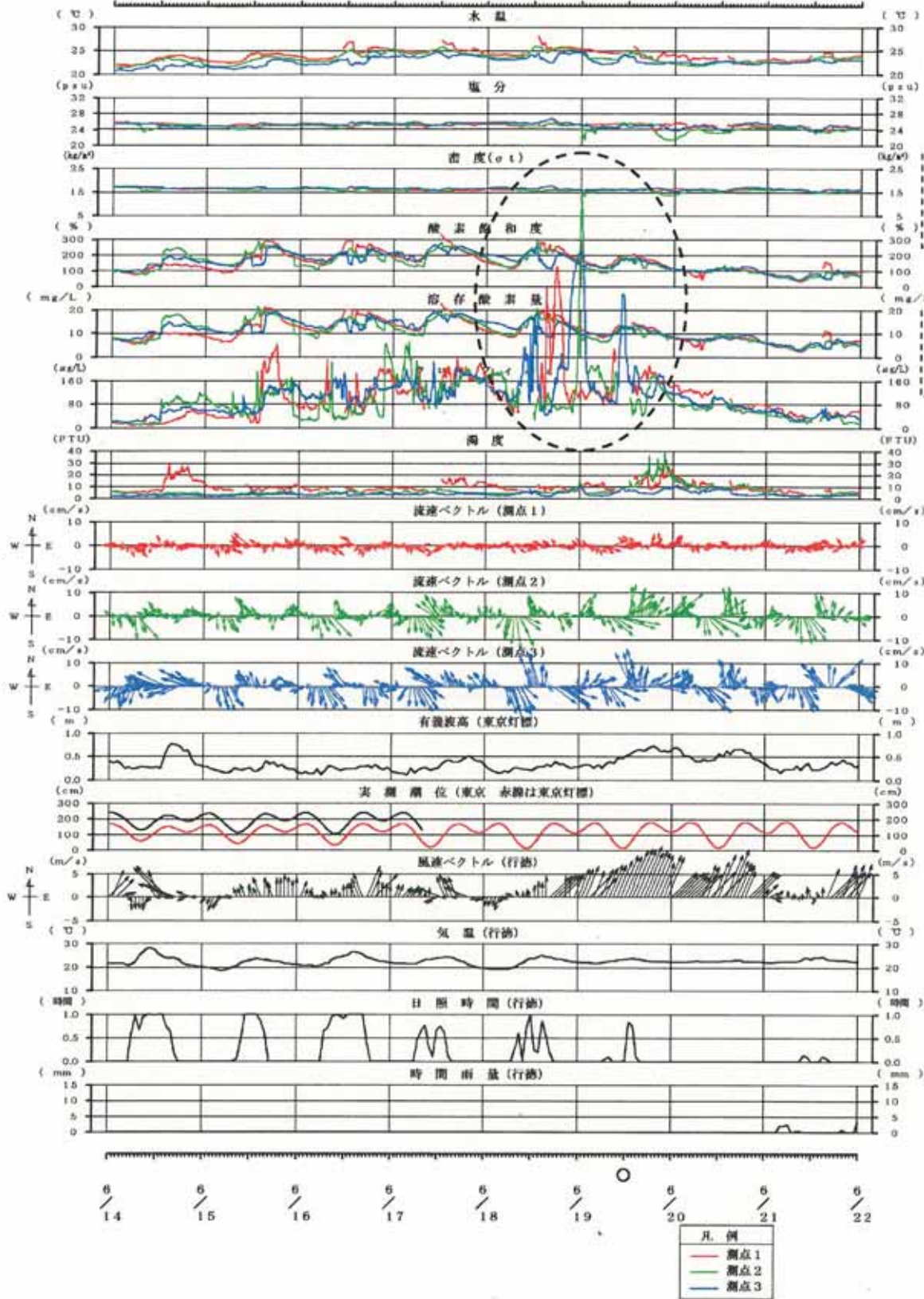


図2.4-3 赤潮発生時の経時変化

(6) 行徳可動堰開放による出水時

北海道から本州付近にかけて前線が停滞し、この前線に向かって南から非常に湿った空気が流れ込んだため、8月末に豪雨となった。

三番瀬に注ぐ江戸川では、水防団待機水位を超過する出水がみられたため、8月31日7時24分より行徳可動堰を開放し、9月1日15時44分に全閉した。

(国土交通省 関東地方整備局

江戸川河川事務所HP「出水情報」より)

http://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/news/pdf/200909_sokuho.pdf



この行徳可動堰開放期間における調査結果について考察する。8月28日～9月4日の経時変化を図2.4-4に示した。

- 行徳可動堰の開放(出水)時には、塩分及び密度(σ_t)が著しく低下する様子が測点1及び測点2でみられた。塩分の低下は測点1では9月2日までみられ最低値は10psu程度、測点2では9月1日までみられ最低値は8psu程度であった。密度(σ_t)は両測点とも最低で3kg/m³程度まで低下していた。しかし測点3では南流直後の短時間のみ低下しただけであった。測点1及び測点2は、海域へ流出する河川水(低塩分・密度(σ_t))の影響を強く受けていたものと思われる。
- 行徳可動堰開放後、測点1と測点2では出水の影響が出始める時期が異なっていた。測点2は8月31日昼過ぎには塩分・密度(σ_t)が著しく低下し、河川水の影響がうかがわれたが、同時期に測点1では河川水の影響はうかがわれなかった。測点1において著しい河川水の影響がみられたのは、同日の夜間からであった。
- 海域への河川水の影響は主に下げ潮時にみられ、江戸川放水路前面海域に位置する測点2で最も影響が大きく、南西方向に高流速で流出している様子がうかがえた。一方、測点1及び測点2において上げ潮時には北寄りの流れに伴い塩分が上昇しており、潮流に対応して河川水が流出している状況がうかがえた。
- 上げ潮時には、測点1で無酸素状態がみられた。測点1は北流であったことから、測点1の沖合側に存在した貧酸素水が運ばれてきたものと思われる。なお、測点1における上げ潮時の貧酸素化は9月3日までみられたが、測点2及び測点3では同時期に貧酸素化はみられていない。すなわち、この貧酸素水は東側から移流してきたものではなく、日の出沖からもたらされたものと考えられる。
- 測点2では、行徳可動堰開放中の強い南西流時に50FTU程度の濁度の上昇がみられ、出水した河川水は高濁度であったことを示している。

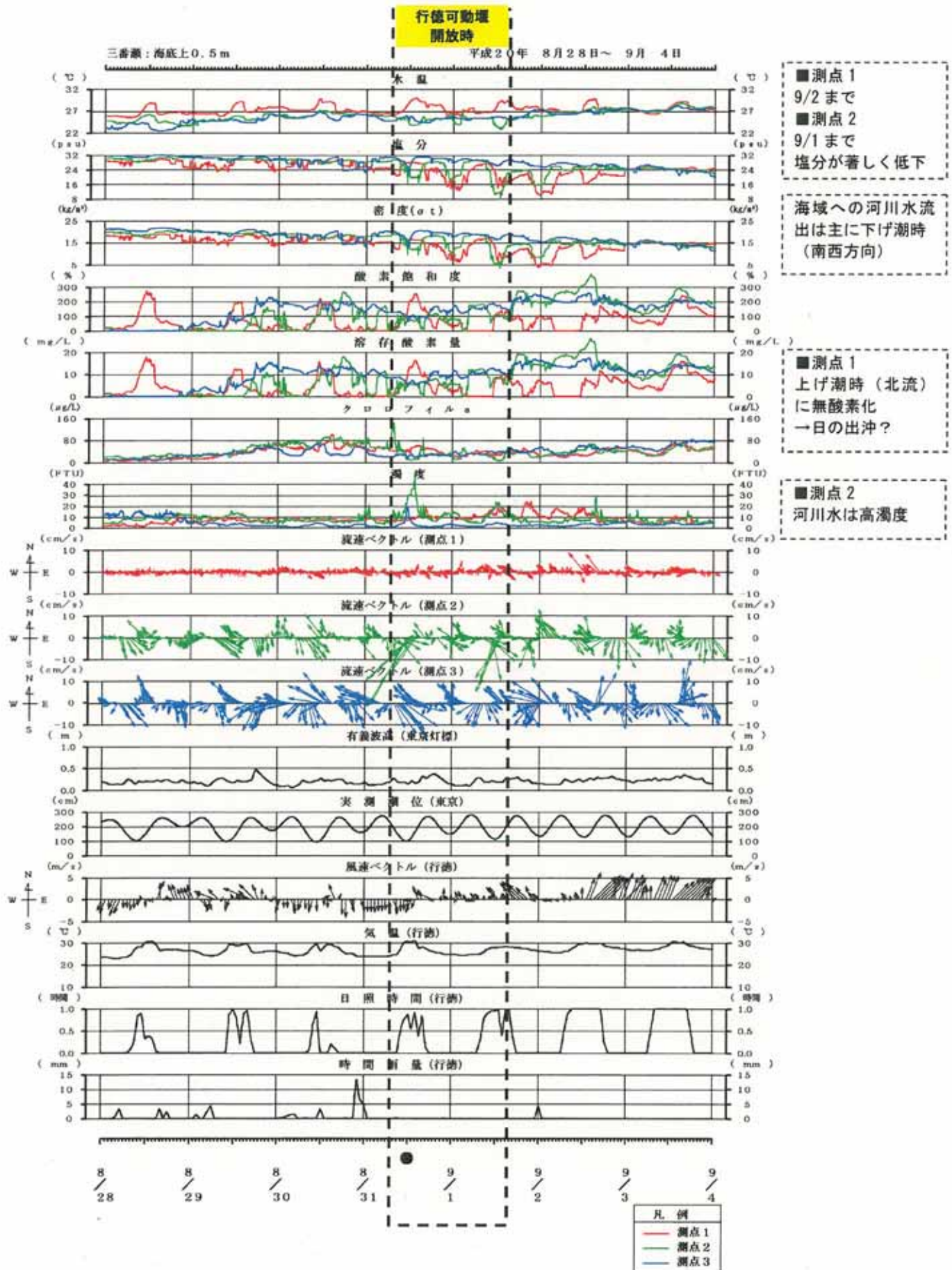


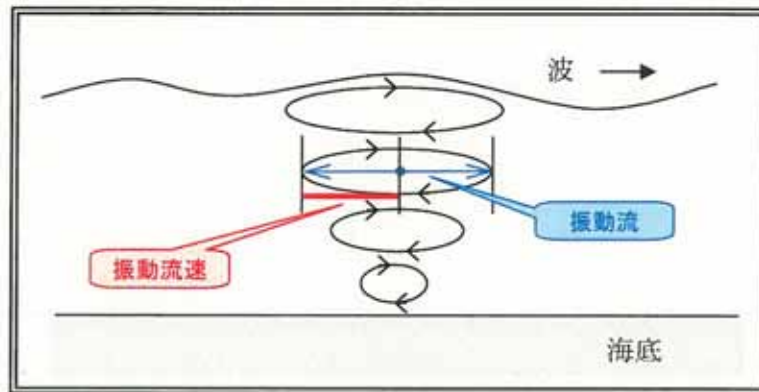
図2.4-4 行徳可動堰開放時の経時変化

(7) 濁度と風・波の関係について

2.1章の水質項目の時系列変化図で触れた通り、南風（北へ向かう風）の連吹時に濁度が上昇する傾向がみられた。

この対応関係を考察するために、2008年9月及び2009年2月にみられた事例について、濁度と風及び観測で得られた流向・流速から求められる振動流、そして東京灯標で観測されている有義波高の経時変化を図2.4-5に示した。

※ 振動流とは・・・波浪に伴って生じる水粒子の楕円運動による流れ
本調査では1秒毎30個の流速生データを取得しているのので、これより卓越波向方向成分の振動流を抽出して平均した。



参考図：振動流のイメージ

考察期間

- ① 9月25日～26日（濁度上昇が継続してみられた日）
- ② 2月13日～14日（春一番を記録し、強い南風が連吹した日）

- ①、②とも南西風（南西→北東に向かう風）の連吹時は、波（東京灯標の有義波高）が高くなり、同時期に全ての測点で振動流も大きくなる様子がみられた。従って、この振動流により底泥が巻き上げられ、濁度が上昇しているものと考えられる。
- 濁度の上昇量は①、②及び2.1章の経時変化図から、測点2でもっとも大きく測点1で小さい傾向が多くみられた。
- 測点1の上昇量が小さい要因は、地形的に南西からの波浪が侵入しにくいためと考えられる。
- 濁度の上昇は測点2で最も大きくなっている。振動流は測点3のほうが大きいですが、次節（2.5章）でみるように、測点2のほうがシルト・粘土分が多く、粒径の小さい巻き上がりやすい粒子が多いためと考えられる。
- 巻き上げられた粒子は流れによって移送されるが、南寄りの風の時には北流傾向の残差流となるので、湾奥側に輸送されることになる。
- 測点2及び測点3ではみられず、測点1のみでみられる傾向として、弱い南東～南流や、継続時間の短い南東風が連吹したときにも、濁度が上昇していた。これは、測点1の水深が最も浅いため、元来底泥が巻き上がりやすい条件にあり、南東風の場合には地形（日の出）による障害がないので、風浪の影響を受けやすいためと考えられる。

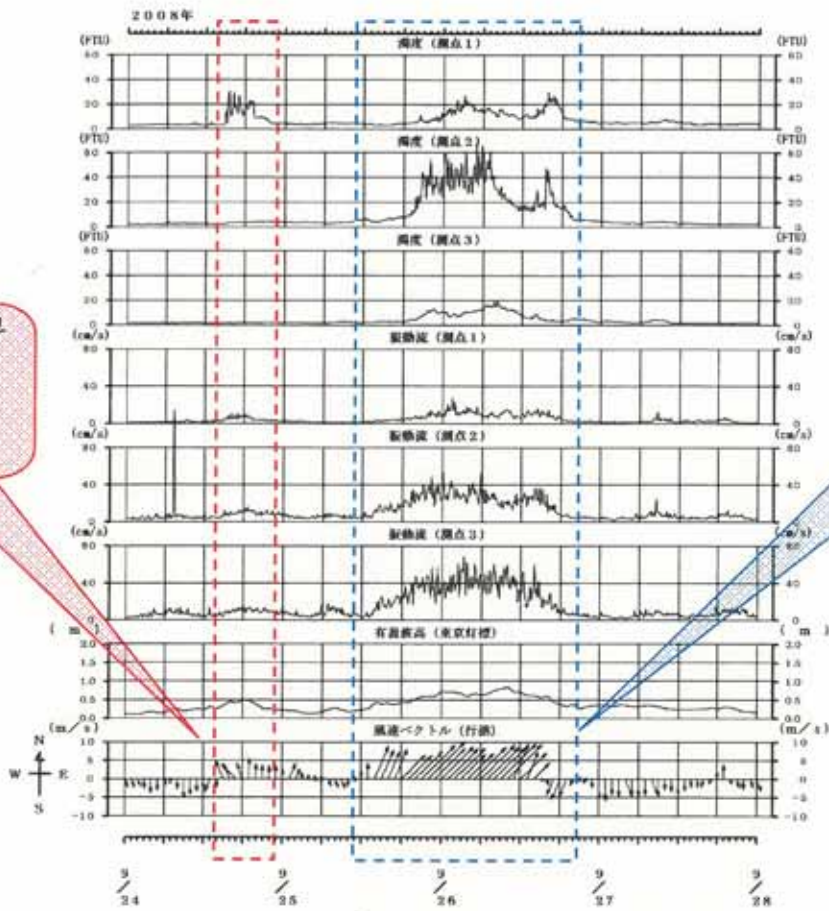


図2.4-5(1) 濁度上昇時における風波の経時変化(9月)

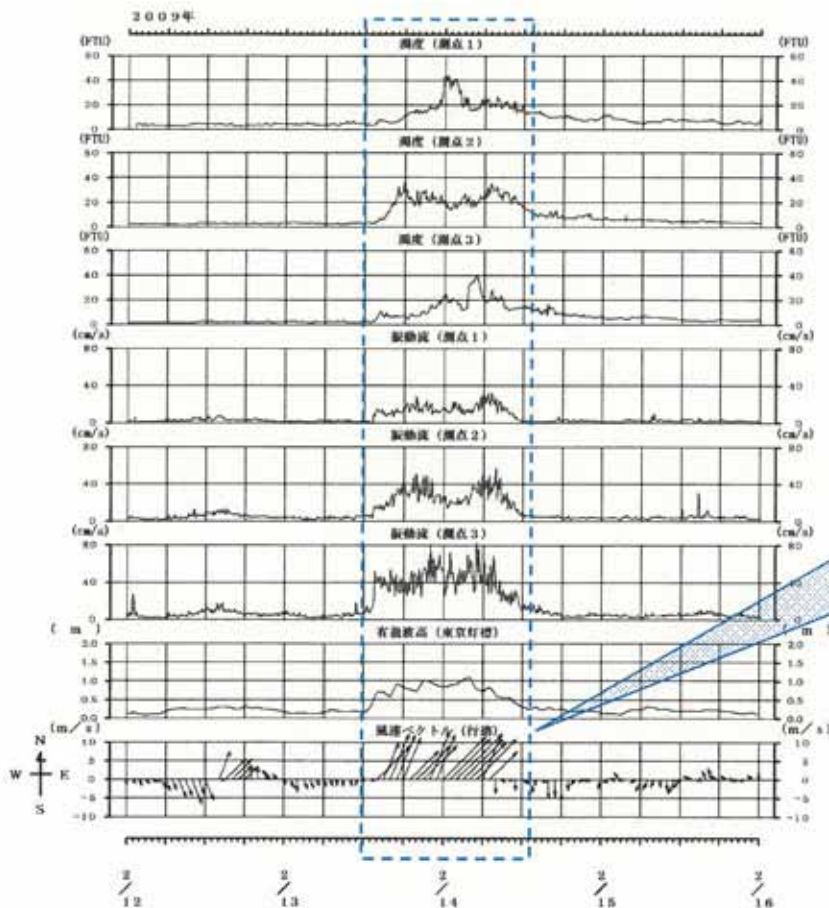


図2.4-5(2) 濁度上昇時における風波の経時変化(2月)

2.5 流れと底質分布の関係について

本章では、本調査で得られた調査結果と「平成18年度 三番瀬海生生物現況調査（底生生物及び海域環境）」で示されている底質分布についてどのような関係がみられるか考察を行った。

平成18年度調査では、100地点について表層採泥を行い、底質のシルト・粘土分の水平分布を季別に示している。代表例として、底質シルト・粘土分の水平分布（夏季：8月調査）に本年度の調査位置を図2.5-1に示した。

水平分布によると、市川市側の浅海域（本調査の測点1周辺）でシルト・粘土分が多く含まれ、沖合に向かうにつれて減少している様子が見えたと。また、4季の調査結果によると、底質のシルト・粘土分は浅海域で夏季にやや高くなるが、沖合域では四季を通じて大きな変化はみられないとのことである。

(1) 流れと底質の関係

シルトは非常に軽く、粒径が小さいため流されやすい。

本調査結果で測点1周辺は非常に弱い流れであったため、物質の移送能力は低いと考えられる。水平分布を見ると、シルト分は80%程度と非常に多く堆積している様子が見えたと、本調査結果と整合している。

また、測点2より測点3のほうが若干速い流れであったが、シルト分も測点2周辺より測点3周辺の方が少なく、速い流れではシルト分が流されている様子が見えたと。

(2) 濁度と底質の関係

シルトは巻き上がりやすく、海中に浮遊すると濁りとなる。従って測点1で弱風時でも濁度の上昇がみられたのは、シルト分が多い底質にも起因している。

また、測点2より測点3で濁度の上昇が小さかった理由も、2.4(4)で述べたように、シルト分が少ないことが要因であると考えられる。南風時に巻き上げが発生し、湾奥側へ輸送される傾向があることを考えると、長期的にみれば湾奥ほどシルト・粘土分の堆積が進んでいくものと考えられる。



図 3.1.2(2) 底質のシルト・粘土分の水平分布（夏季：8月調査）

図2.5-1 平成18年度調査における底質のシルト・粘土分の水平分布結果と本年度調査