

平成 1 9 年度
羽田周辺水域環境調査研究 成果報告

羽田周辺水域環境調査研究委員会

目 次

○平成19年度 羽田周辺水域環境調査研究の基本方針

1. 流動・地形・底質への影響

- 1-1 東京湾・羽田周辺水域の流動構造・貧酸素水塊・地形変動
に関する調査解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
- 1-2 ビデオによる地形モニタリング・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
- 1-3 底泥挙動と堆積厚分布の計測・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11

2. 水質環境への影響

- 2-1 多摩川からの汚濁負荷（栄養塩、有機物）の把握・・・・・・・・・・・・ 17
- 2-2. 1 水質（懸濁態物質）の時空間分布・動態・非定常過程に関する調査・・・・ 21
- 2-2. 2 水質（溶存成分・クロロフィル）の時空間分布・動態・非定常過程に関する調査
・・ 25
- 2-3 生元素循環に関わる各フラックス測定のための実験的解析・・・・・・・・ 31

3. 底質環境及び底生生物への影響

- 3-1 河口域・前置斜面ベントス調査・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 37
- 3-2. 1 重点底質調査（有機炭素・全窒素・有機態リン・無機態リン）・・・・ 43
- 3-3. 2 重点底質調査（間隙水溶存成分・クロロフィル）・・・・・・・・・・・・ 49
- 3-3 二枚貝類の安定同位体比調査・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 55

4. プランクトン・魚類への影響

- 4-1 プランクトン及び稚魚の河口域～海域の時空間変動特性・・・・・・・・ 59
- 4-2 河口域における魚類の利用様式と影響調査・・・・・・・・・・・・・・・・ 65

5. 市民参加型環境調査・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 73

資料-1 羽田周辺水域環境調査研究委員会 委員名簿

資料-2 羽田周辺水域環境調査研究委員会 学会発表論文一覧

○平成19年度 羽田周辺水域環境調査研究の基本方針

2007年度羽田周辺水域環境調査研究計画より

この委員会の任務は、羽田空港再拡張事業にともなう海域環境変化が多摩川河口周辺水域ならびに東京湾の環境に与える影響を現況の生態系維持特性を把握したうえで評価し、さらにその評価にもとづく東京湾全体を視野に入れた海域ならびに河口域の環境修復の提言を行うことである。本事業により多摩川河口部に新滑走路が建設され、その滑走路の一部に大規模な栈橋構造が出現するというこれまで経験したことのない環境が出現することで、周辺の水域環境にこれまでの知見では予測できない変化が生じる可能性がある。多摩川河口は東京湾でも数少ない河口干潟を有する貴重な水域であり、また近年東京湾の環境再生に向けた活動が、地元住民はもとより行政においても急速に拡大しつつある。本委員会による調査研究は、このような自然的ならびに社会的環境のなかで進行している。

2007年度で羽田周辺水域調査研究は3年目に入る。次年度の調査研究計画を立てようとしている現時点（2006年12月）の段階では、2006年度調査のデータ解析途中のものが多く、したがって解析結果が揃わない状況で計画立案を行わざるを得ない状況となっている。しかしながら、現時点までに得られた結果、ならびに現地調査の実行経験から、現況の理解に対する新たな課題も浮かび上がってきた。また、河口域の環境で最も大きな影響が生じると予想される大規模出水時と事後の環境変化についても、十分な調査結果を得られる機会には未だ遭遇していない。その意味で、2007年度の調査では現状把握としての役割も高い。

さらに、2008年3月からは本格的な工事着工が予定され、地盤改良工事、航路浚渫、海域埋立、栈橋建設など工事中の一時的なものとはいえ極めて大規模な環境攪乱が予想され、水質、底質、流系の急激な変化を通じた生態系への影響を避けることはできない。このような急激な環境変化は滑走路の存在から生じる生態系維持システムの時系列的なシフトとは異なる環境の反応であり、将来の環境変化の評価において、工事中の大規模で瞬間的の攪乱と工事後の滑走路の存在から生じる長期的応答を分離して把握する必要がある。

本調査研究委員会の基本ミッション・目的については、昨年（平成18年度）の第2回調査研究委員会開催時に提示した「調査の基本目的・骨格」において詳述しているが、新滑走路建設工事期間中においても、以下の理由から、着実に調査を実施する必要がある。

1) 当該水域における生態環境システムには、新滑走路建設による長期的な環境影響および建設工事による短期的な環境影響のみならず、さまざまな時空間スケールの変動要因（気象・海象変動、生物過程変動など）が重畳して作用している。したがって、当調査研究委員会の直接の評価対象が新滑走路建設による長期的な環境影響であるからといって、例えば、工事開始前と短期的影響が終息する工事完了後のみの調査を行ってそれらを単純に比較すれば、新滑走路建設による長期的な環境影響が評価できるわけではない。上記のその他の様々な時空間スケールの変動要因の実態を把握しておかない限り、新滑走路建設による長期的な環境影響を合理的に分離評価することができないからである。この「様々な時空間スケールの変動要因」には経年的な変動要因も含まれ、多くの場合、その変動幅は、新滑走路建設による長期的環境影響によってもたらされる変動幅に比べて無視できない大きさとなることが想定されることから、その具体的な評価のためには、工事期間中も含めた調査を継続的かつ長期的に行っていく必要がある。

2) 本調査研究委員会では、様々な現地調査に加えて、流動・水質・底質・生物過程に関する数値シミュレーションモデルを開発し、それによって当該水域の生態環境システムの実態評価や新滑走路建設による環境影響評価を定量的に行うことを、重要な目的の一つとして掲げている。そのためには、海底面境界過程や干潟・浅場域での物理・水質・生物過程、人工付着面でのムラサキイガイ等の排糞や剥離落下の影響評価など、モデル開発上きわめて重要であるにもかかわらず実態が不明な点が多く、そのため適切なモデル化が遅れている項目に関して、重点的な調査を行う必要がある。そのような個別的な重要検討課題については、なるべく早い段階から取り組む必要があり、工事期間中に於いても、濁りなど工事による直接的な影響を受けないように調査対象地点を合理的に選定するなどの配慮をしつつ、着実に進めていくことが必要である。

3) 初年度（平成 17 年度冬期のみ）と 2006 年度の調査では、多摩川河口域と東京湾全体との物理・水質・生物過程の連結性についての調査など、予算制約や時間制約などで、調査の必要性は十分認められながらも、調査対象から外れたり、あるいは十分な調査が行われなかった調査項目については、2007 年度以降の調査計画に適宜盛り込んでいく必要がある。

1-1 東京湾・羽田周辺水域の流動構造・貧酸素水塊・地形変動に関する調査解析

八木 宏・灘岡和夫（東京工業大学）

1. 調査研究の概要

物理環境を主に担当する東工大グループでは、2007年度調査研究計画のうち A-1 流動環境, B-1-1 河口域地形計測, B-3-2 簡易底質調査, B-3-3 河口干潟・浅場の環境構造調査, B-5 リモートセンシング資料解析, B-6 羽田周辺水域の物理・水質環境の数値シミュレーションの調査・解析を担当している。ここでは、現象解明のためにこれらを組み合わせて行った解析（H18年度調査結果も含む）を、①東京湾・羽田周辺水域の貧酸素水塊の挙動、②東京湾・羽田沖の流動構造、③多摩川河口部の流動構造、④河口浅場の流れと懸濁物質輸送に関する現地観測、⑤多摩川河口域の地形構造計測としてまとめ報告する。

2. 東京湾・羽田周辺水域の貧酸素水塊の挙動

(1) 湾内貧酸素水塊の挙動を把握するための現地計測

東京湾内の貧酸素水塊の挙動を把握するために、湾内に湾軸（幕張沖～横浜磯子沖）・横断方向（羽田沖～盤洲沖）の観測ラインを設定し、多項目水質計を用いた水質の断面分布計測を2007年5～10月（計15回）に実施した。これに、夏季の1ヶ月間、多摩川河口沖（観測点 M2）において港湾空港技術研究所によって

行われた流速等の定点連続観測結果を組み合わせることで東京湾湾内の貧酸素水塊の時空間変動特性についての検討を行った。その結果、観測期間中の夏季に、①底層貧酸素水塊の湾口側海域までの拡大(8/8)→②拡大した貧酸素水塊の中層化(8/23)→③中層貧酸素水塊の消失(9/4)というダイナミックな貧酸素水塊の変動が比較的短期間に生じる現象を捉え、これが塩分・水温で特徴づけられる湾内の水塊構造の変化によく対応していることを示した(図-1)。この時の湾口部の水塊特性を調べると、湾口部では、8月中旬に中層以深で急激な低温化が生じており(図-2 矢印)、これは沖合水との水塊特性との比較から(図-3)、水深150m程度の水塊が東京湾湾口部で湧昇したものであると推定された。湾口部で湧昇が発生した時期は、湾内で貧酸素水塊が中層化した時期にほぼ対応しており、湾口部の湧昇に伴う低温高塩分水の湾内底層への進入とその後退が貧酸素水塊の中層化とその解消を発生させた重要な要素と考えられる。また、中層貧酸素水塊の塩分及び濁度の空間分布との詳細な比較から、中層化した貧酸素水塊は単に底層貧酸素水塊が鉛直上方に移動したのではなく、湾奥側海域から湾口側中層への移流が主体であることを示した。

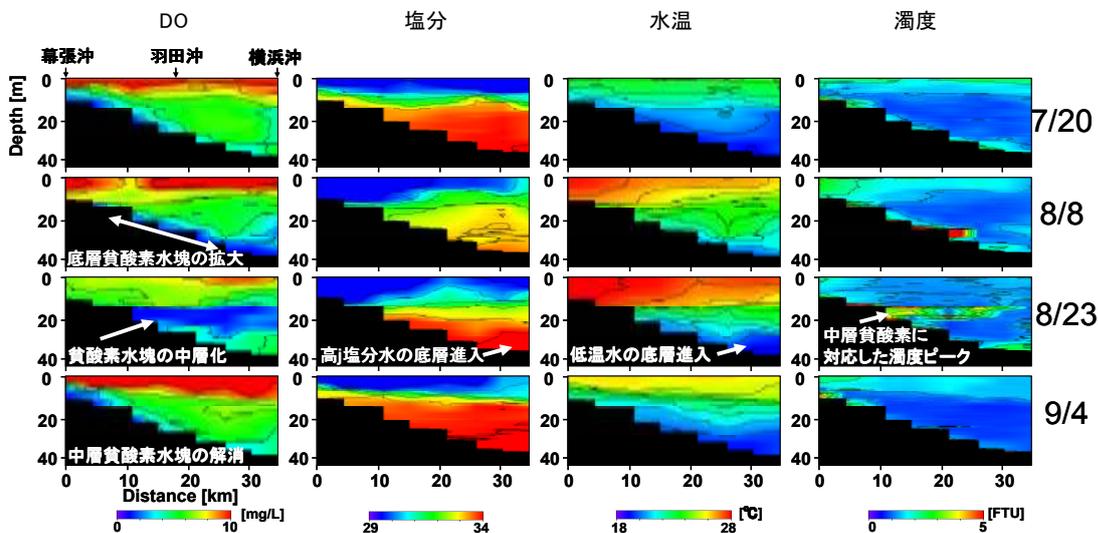


図-1 東京湾湾軸に沿った DO, 塩分, 水温, 濁度の断面分布（幕張沖～横浜本牧沖）

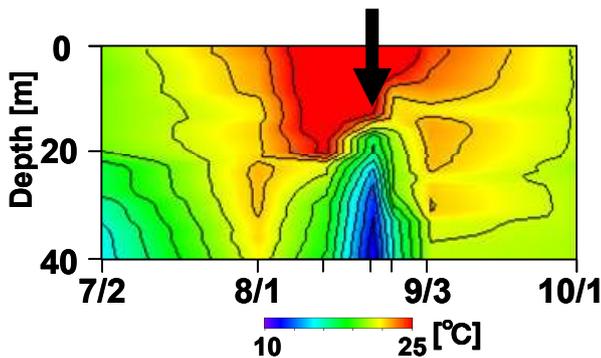


図-2 東京湾湾口部観測点の水溫時空間コンター (水深40mまで表示)

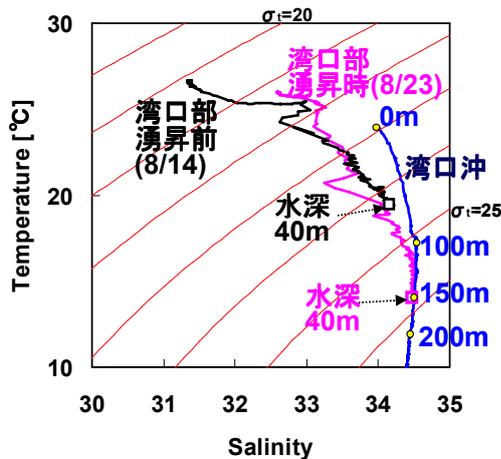
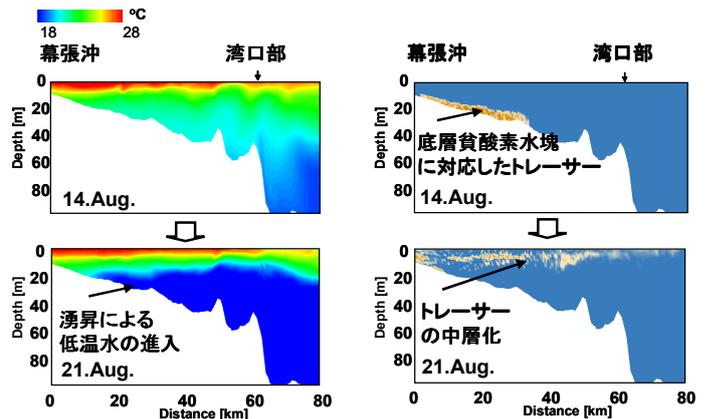


図-3 湧昇による湾口部水塊特性の変化と沖合水 (湾口沖) との比較

(2) 貧酸素水塊の中層化とその解消過程解明のための数値実験

貧酸素水塊の中層化とその解消のメカニズムを明らかにするために、夏季観測期間中を対象としたリアルタイムシミュレーションを3次元流動モデルを用いて行った。その結果、東京湾湾口部の湧昇によって湾内底層に低温高塩分の高密度水が進入 (図-4(a))、その後、湧昇終息時には、相対的に密度の小さい水塊が湾内中層に進入することがわかった。貧酸素水塊を模擬した中立トレーサー追跡シミュレーション結果は、このような水塊変動とともに底層トレーサーの中層化 (図-4(b)) とその後の消失を再現しており、現地観測で捉えた急激な貧酸素水塊の中層化とその解消は湾口部の湧昇が原因であること、さらに、それを観測期間中の特徴的な海上風変動 (強い南風連吹とその後の北風への変化) が強化していることが示唆された。



(a) 水溫

(b) 中立トレーサー

図-4 数値シミュレーション結果 (中層化時の水溫・中立トレーサーの東京湾湾軸断面分布)

3. 東京湾・羽田沖の流動構造

(1) 成層期多摩川河口沖の流動特性を把握するための現地計測

成層期の多摩川河口沖海域の流動特性を把握するために、多摩川河口部と千葉県盤洲沖を結ぶ東京湾横断観測線に沿った流速・水質の断面計測 (1 潮汐間に調査船が6~7回往復、2007年8/3, 9/13に実施: 図-5) を実施した。これに港湾空港技術研究所によって行われた多摩川河口沖定点観測点 (図-5: M2) における流速・水質の連続観測 (2007年8/23~9/23) の結果を組み合わせ、多摩川河口沖の流動特性の解析を行った。多摩川河口沖の東京湾横断面計測結果から残差流の横断面構造を調べた結果 (図-6)、2回の調査いずれも西岸海域 (多摩川河口側) では湾奥に向かう残差流が、東岸海域 (盤洲沖) では湾口に向かう残差流が卓越しており、特に多摩川沖の中層に湾奥向きの比較的強い残差流が発生することがわかった。さらに、多摩川河口沖の定点連続観測結果から残差流の時空間変動特性を調べると (図-7)、河口沖の残差流は海上風とよく対応しており、表層では風向き方向、中層以深で表層とは逆向きの上下交叉的な流速構造、も場が形成されることがわかった。これを先の横断観測結果及び風速場と比較すると、2回の横断観測はいずれも比較的強い南風連吹の後に風系が北風に変化し、表層では湾口向き中層以深で湾奥向きとなっている期間にあたり、その中でも中層以深全体が湾奥向きの状態から残差流のピークが上方に移動し中層で湾奥向きの残差流が生じる時期に対応しており、海上風の南風連吹から北風の変化によって多摩川河口沖海域では、図-6で示したような特徴的な残差流構造が発生することが示唆された。

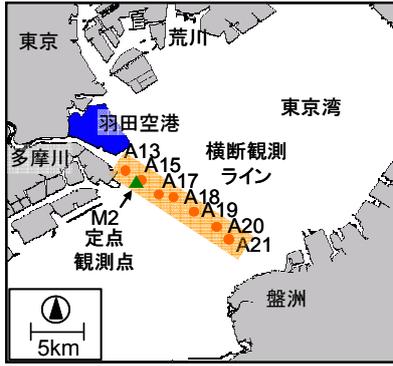
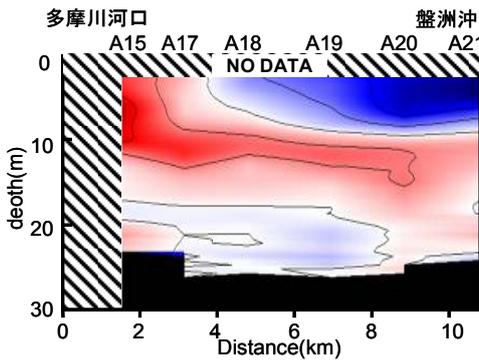
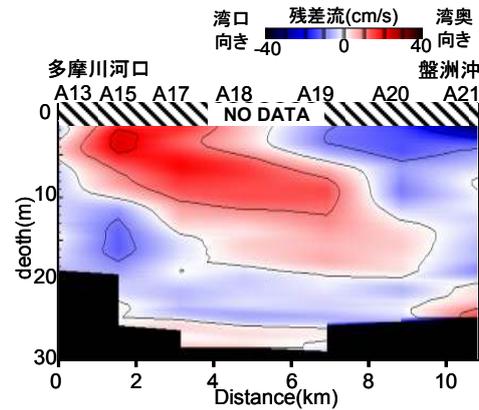


図-5 対象海域と観測点位置



(a)第1回観測(8/30)



(b)第2回観測(9/13)

図-6 残差流（湾軸成分）横断面分布

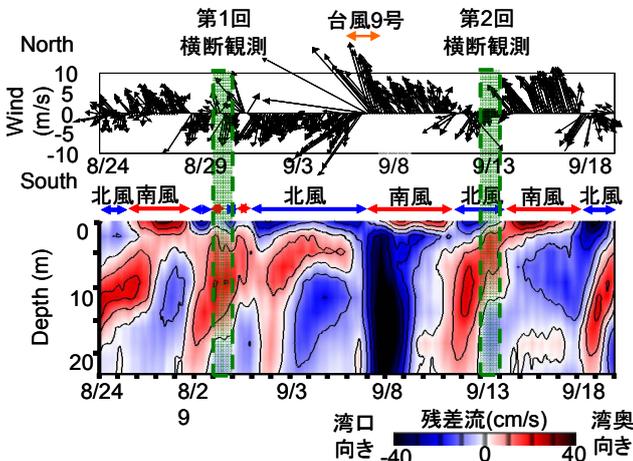
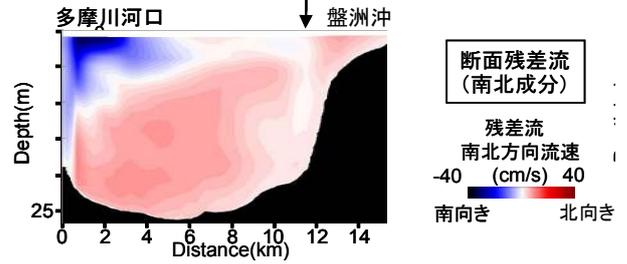
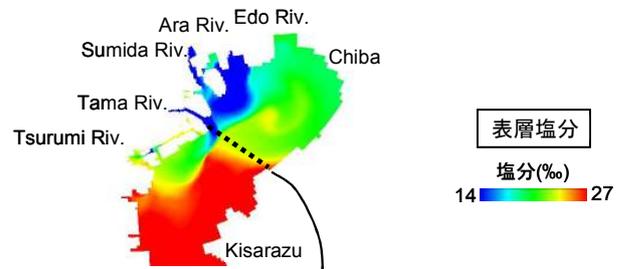


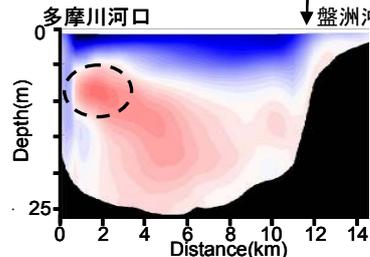
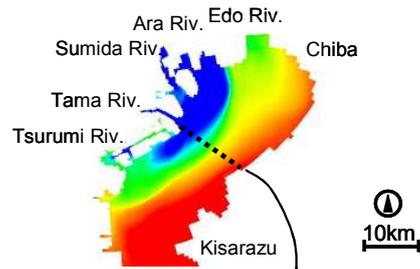
図-7 定点観測点 M2における残差流(湾軸成分)の時空間コンターと海上風

(2) 成層期東京湾・多摩川河口沖の流動構造に関する数値実験

多摩川河口沖海域の流動特性とその仕組みを解明するために観測期間を対象とした再現計算を3次元流動モデルを用いて行った。図-8に、再現計算によって得られた横断観測時(9/13)の残差流の横断分布、塩分の表面分布を示すが、強い南風の連吹によって湾奥部に吹き寄せられた低塩分水が(図-8(a)), その後の北風への変化によって西岸に沿って湾口側に流出し(図-8(b):横断観測時に相当), これに対応して多摩川河口沖中層に湾奥向きの比較的強い残差流が発生(図中点線部)している。これらの結果から、多摩川河口沖東京湾横断観測で捉えた残差流の特徴的な断面構造は、南風連吹から北風への変化によって引き起こされたことが示唆された。



(a)南風連吹時(9/11)



(b)北風時(9/13:第2回横断観測日)

図-8 数値計算結果

4. 多摩川河口部の流動構造

(1) 解析データ

多摩川河口部を中心とした周辺水域の流れと水質の時空間変動特性を把握するために、2006年夏季には、①周辺水域13箇所の観測点における流速、水温、塩分、濁度、クロロフィルa量、DOの連続観測(2006年7月30日～9月30日)、②連続観測期間中の3～4日間隔の水質計測を実施している。ここでは、このうち河口沖(観測点M2:水深22m)、河口部(観測点M4:水深11m、M5:水深10m)、河口浅場(観測点M6:水深1m)の観測結果を中心として、河口部周辺の流れと懸濁物質輸送特性について検討を行った。

(2) 観測結果と考察

河口沖、河口部、河口浅場、それぞれについて残差流を中心とした流動特性の検討を行った(図-9)。河口沖(M2)については、表層では風方向の残差流が発達しやすく、それに対応して中層以深が表層と逆向きになる2層構造、もしくは底層でさらに風方向となる3層構造の鉛直分布となり、河口沖の残差流が海上風の影響を強く受けたものであることがわかった。

一方、河口部(M4,M5)では、表層では河口沖と同様に風方向の残差流が発達するものの、中層以深は河口沖と傾向の違いが見られた。河口沖(M2)と河口部(M4,M5)の残差流の時系列を比較すると、中層以深は負の相関関係があり(但し、相関はM4の方が強い)、このことは河口部では河口沖と逆向きの流れ(残差流)が生じる傾向があることを示唆している。河口沖中層の残差流が南向きの時、北向きの時それぞれについて中層残差流の空間構造を調べると(図-10)、河口沖残差流が南向きの時には、河口部ではこれとは逆の北向き成分を持つ残差流が発生しており、河口部全体として時計回り循環流を形成される。一方、河口沖が北向き

時には、河口部観測点がいずれも南向きのなる場合、観測点M4のみ南向きとなる場合の2つケースがあることがわかった。

このような海上風に対する河口部中層残差流の応答特性を理解するために三次元流動モデル(Delft3D)による河口部周辺域の流れの再現計算を行った。計算結果から南風、北風に対する中層残差流の応答を調べると(図-11)、南風時には、河口沖で発生する南向き流れに対して河口部周辺では時計回り循環流が発生するのに対し、北風時には河口沖の北向き残差流が河口部へ流入・蛇行していることがわかる。多摩川河口部は、北側を羽田空港、南側を浮島地区といった埋め立て地に囲まれているため、このような地形構造が、海上風に対応した河口沖中層残差流に対する河口部の応答を支配することで特徴的な流動構造を形成していると考えられる。

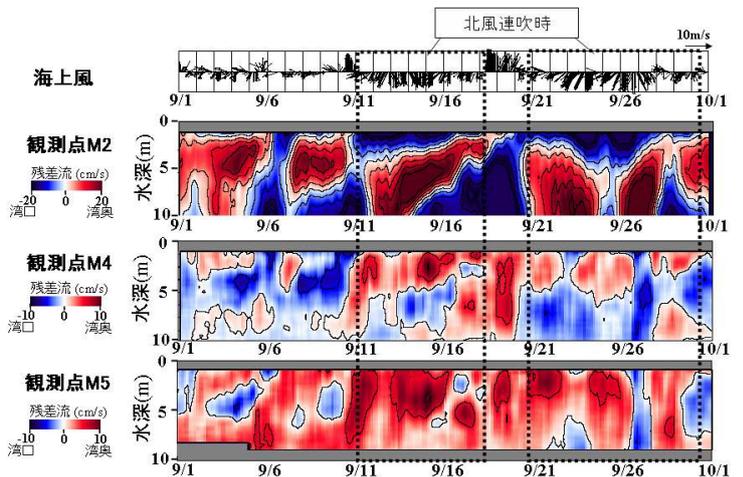


図-9 河口沖(M2)、河口部(M4,M5)観測点における残差流時空間コンターの比較

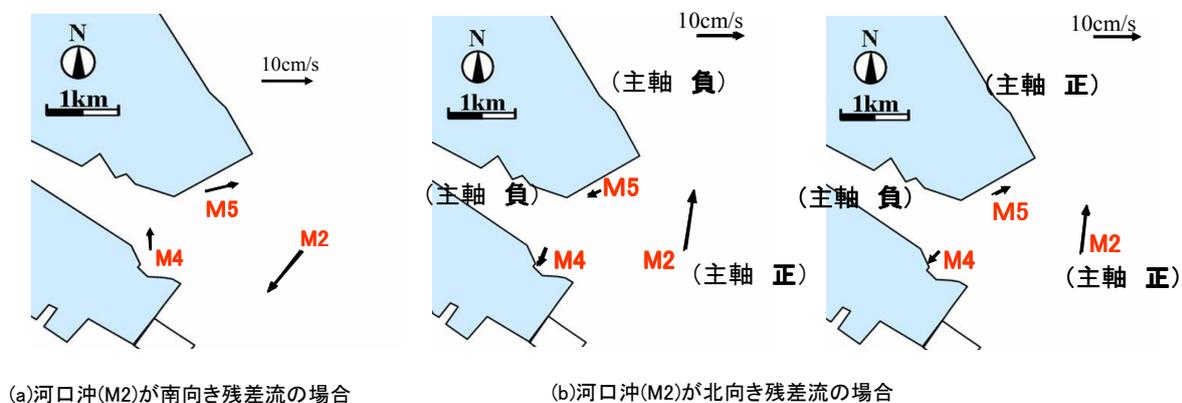
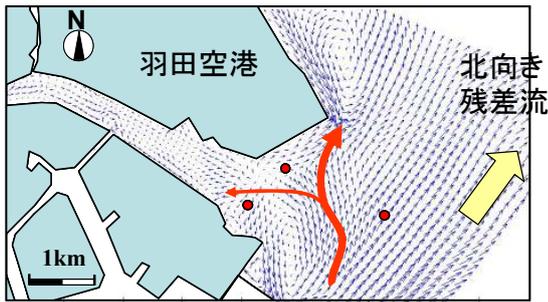


図-10 河口沖(M2)、河口部(M4,M5)観測点における残差流パターン(観測結果)



(a) 河口沖(M2)が南向きの残差流の場合



(b) 河口沖(M2)が北向きの残差流の場合

図-11 河口部の残差流パターン (計算結果)

時間変動特性の違いによって変化することを示しており、懸濁物質輸送フラックスはこのような残差流の影響を強く受けて輸送量や輸送方向を変化させていることがわかった。

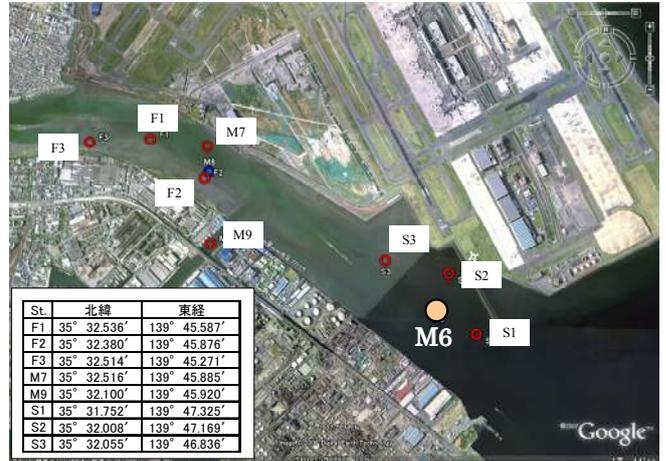


図-12 河口浅場観測の観測点位置

5. 河口浅場の流れと懸濁物質輸送に関する現地観測

多摩川河口干潟、河口浅場の流れと懸濁物質輸送特性を調べるために、2007年度は観測点 M6 (河口浅場)、M8 (河口干潟) において春夏秋冬各1ヶ月間の定点連続観測を実施した。このうち夏季については、河口浅場、河口干潟上の詳細な流速・波浪等の空間構造を把握するために、河口干潟域に3地点 (F1,F2,F3)、河口浅場に3地点 (S1,S2,S3)、河口干潟域に近い滞筋部に1地点 (M7)、多摩運河に1地点 (M9) の合計8地点の観測点を設定し (図-12 参照)、8/20~9/20の1ヶ月間にわたり流速、塩分・水温、波高、濁度、蛍光光度の連続計測を実施した。

調査結果からは、河口浅場の流動場、特に残差流場にとって風速が重要な要素であることが明らかとなった。図-13は、春季及び冬季調査時の河口浅場観測点 M6 における残差流速 (絶対値) の時系列を風速ベクトルとともに表示したものを示す。季節風 (北風) が連吹する冬季は残差流速と風速が良く対応している。一方、風速の時間変化が大きく南風が卓越する春季は、風速と残差流の対応があまり明確ではない。これは、風速が河口浅場の残差流場にとって重要な役割を果たしていると同時に、それが季節によって、風向やその

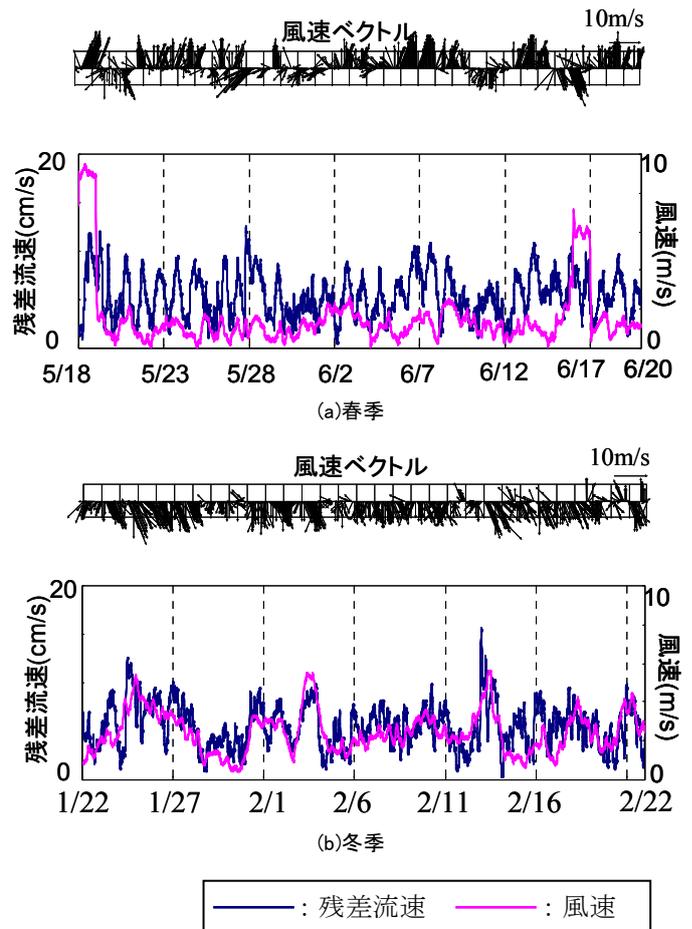


図-13 風速ベクトル (上図) 及び河口浅場残差流 (絶対値) と風速の時系列の比較 (下図)

6. 多摩川河口域の地形構造計測

羽田空港再拡張事業前後の多摩川河口域の地形変化を今後明らかにしていくために、再拡張事業実施前～実施中の多摩川河口域の地形構造を把握するための地形計測を実施した。計測対象範囲は、河口基準点(0km：多摩運河合流部)を中心として、その下流側-2.4km地点から上流側2.8km地点までの合計5.2kmの範囲である。本計測は、2007年度に4回(6月：春季、9月：出水後、11月：秋季、3月：冬季)、小潮期を中心に1日ないしは2日かけて実施した。

観測結果から、9月に発生した大出水による河口域の地形変化の特徴をまとめると、①河口域滞筋部については、大師橋よりも上流側で浸食、多摩運河より下流で堆積傾向があること(図-14)、②河口干潟、河口浅場域については、全般的に地形変化は大きくないものの、一部、多摩運河合流部直下及び大師橋上流左岸干潟のように大きな堆積が生じていることがわかった。

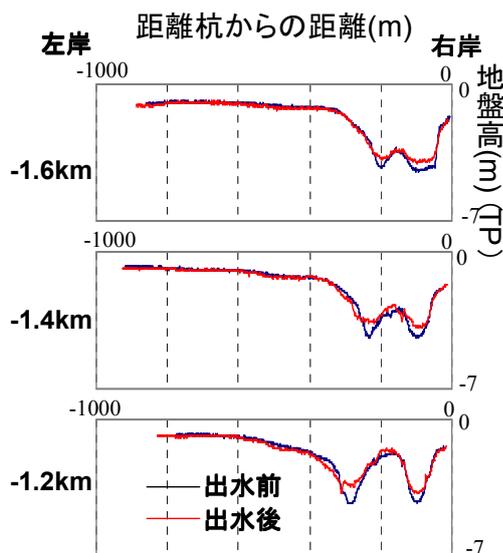


図-14 河口浅場周辺の大出水前後の地形変化

7. まとめ

(1) 東京湾・羽田周辺水域の貧酸素水塊の挙動

現地観測によって、夏季東京湾において短期間に生じた、底層貧酸素水塊の湾全体への拡大、拡大した貧酸素水塊の中層化とその解消過程を捉えた。貧酸素水塊の中層化とその解消は、湾口部の湧昇による高密度水塊の底層進入(中層化)とその後退がベースとなり、それに観測期間中の特徴的な海上風変動が重なることで発生していることを示した。

(2) 東京湾・羽田沖の流動構造

多摩川河口沖の東京湾横断観測及び定点連続観測結果から成層期における周辺水域の基本的な残差流構造を示した上で、多摩川河口沖において特徴的な中層の比較的強い湾奥向き残差流が、南風から北風への風速場の変化によるエスチュアリ循環の強化によって引き起こされることを現地観測結果及び3次元流動シミュレーションから示した。

(3) 多摩川河口部の流動構造

多摩川河口部の残差流が河口沖流れに強く影響を受けていることを示し、河口沖残差流の流向によって、循環流型もしくは流入・蛇行型の残差流構造を示すことを観測結果及び数値シミュレーションの両面から示した。

(4) 河口浅場の流動特性と懸濁物質輸送

風速が河口浅場の流動構造、特に残差流に重要な役割を果たしていることを示すと同時に、河口浅場の懸濁物質輸送フラックスがこのような残差流の影響を受けて輸送量や輸送方向を変化させていることを示した。

(5) 多摩川河口域の地形構造計測

2007年9月に発生した大出水によって河口域滞筋部については大師橋よりも上流側で浸食、多摩運河より下流で堆積傾向があること、河口干潟・河口浅場域については地形変化は大きくないものの、多摩運河合流部直下及び大師橋上流左岸干潟のように大きな堆積が生じている場所があることを示した。

上記のように、これまでの現地調査によって多摩川河口部を中心とした流動構造や貧酸素水塊動態、懸濁物質輸送特性や地形変化の性質が徐々に明らかになってきている。今後は、これら物理過程をベースとして、化学、生物分野との連携をさらに深めることによって、羽田周辺水域の特徴を反映した物質循環及び貧酸素動態モデルの構築、ベントス幼生等の浮遊分散モデルの構築を試み、再拡張事業の環境影響評価の高精度化につなげる必要があると考えられる。

1-2 ビデオによる地形モニタリング

鈴木高二朗（港湾空港技術研究所）

1. 調査研究の概要

羽田空港再拡張事業にともなって変化することが予想される空港周辺の干潟等の海岸地形変化や河口フロントの変化を、ビデオ画像による連続的な観測によって捉えようとするものである。このような連続的な撮影により、通常的环境観測では困難な台風や地震などの突発的な事象の影響を捉えることが可能であり、地形変化の原因が自然現象か工事によるものかを明らかにすることを目的としている。

ビデオカメラは、羽田空港周辺の高所に設置し、毎日連続的に映像を撮影しており、画像データはインターネット経由で保存している。観測は羽田空港D滑走路建設前から後までの長期間にわたって実施する予定であり、2007年度も2005、2006年度に引き続き、既存カメラの映像から羽田空港周辺海域の干潟の地形変化を調べた。



図-1 羽田空港とカメラの設置位置

表-1 各観測地点の諸元

場所	観測対象	観測開始日	PC	プリセット
多摩川河口 三愛石油	河口フロントの動態、 D滑走路の工事状況	2006/5/8	有	12箇所
多摩川河口 花王川崎工	干潟、浅場の地形変化	2006/9/4	〃	〃
多摩川河口 羽田第一水	〃	2007/7/20	〃	〃

2. 調査研究内容

(1) 観測地点と観測期間

図-1は調査を実施している羽田空港、および多摩川周辺の観測地点およびビデオによる観測範囲である。カメラの設置地点は、羽田空港三愛石油社屋ビル屋上、および、花王川崎工場社屋ビルの屋上、さらに、関東地整京浜河川事務所羽田第一水門である。

表-1は、それぞれのカメラの撮影対象、観測開始日等である。三愛からの映像は、多摩川河口の河口フロントの動態観測、およびD滑走路建設の経緯を捉え、その他干潟の地形変化等との対応を図ろうとするものであり、2006年3月に設置が完了し、連続的な画像が2006年5月8日より撮影されている。一方、花王川崎工場のカメラは多摩川左岸の河口浅場を捉えようとするものであり、2006年8月に設置が完了し、9月8日より連続撮影が行われている。また、羽田第一水門は多摩川右岸の干潟を主に撮影するものであり、2007年3月に設置を完了し、3月16日より連続観測が行われている。

(2) 画像のインターネット経由による公開

現在、ホームページ <http://ceo.pari.go.jp/> からインターネット経由でリアルタイム映像が見られる。また、カメラは様々な人が制御できるようになっており、映像を取得する時間以外は、多くの人が自由にカメラを利用できる。既に多くの人によってカメラが制御されているが、特に、羽田三愛石油のカメラは常に利用されている傾向にある。また、保存された映像は、上記ホームページにおいて、アーカイブとして見る事ができる。

3. 調査研究結果

(1) 2007年台風9号にともなう河口フロントの変化

多摩川河口では観測開始以降、図-2のような河口フロ



図-2 多摩川河口フロント（2006年10月7日14:00）

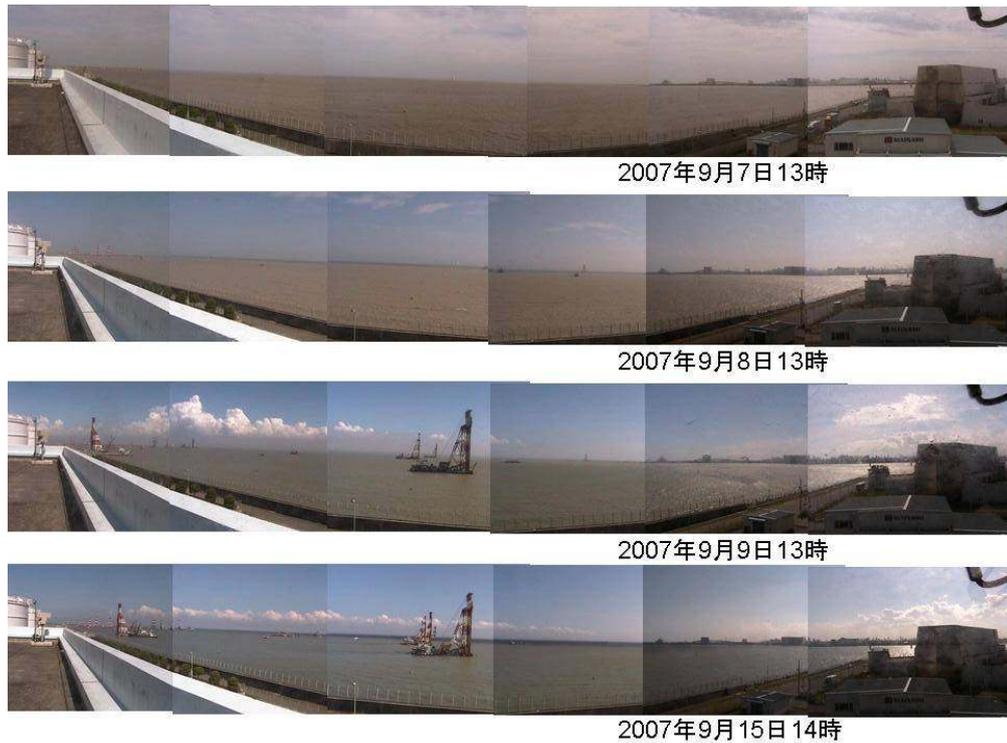


図-3 台風9号来襲後の出水状況 三菱石油前面

(9月7日は、全体に茶色く濁っており、9月14日も濁っている。9月14日には沖合にはっきりとした河口フロントが見える7日、8日は、作業船が待避しており、工事は9日から再開している。)

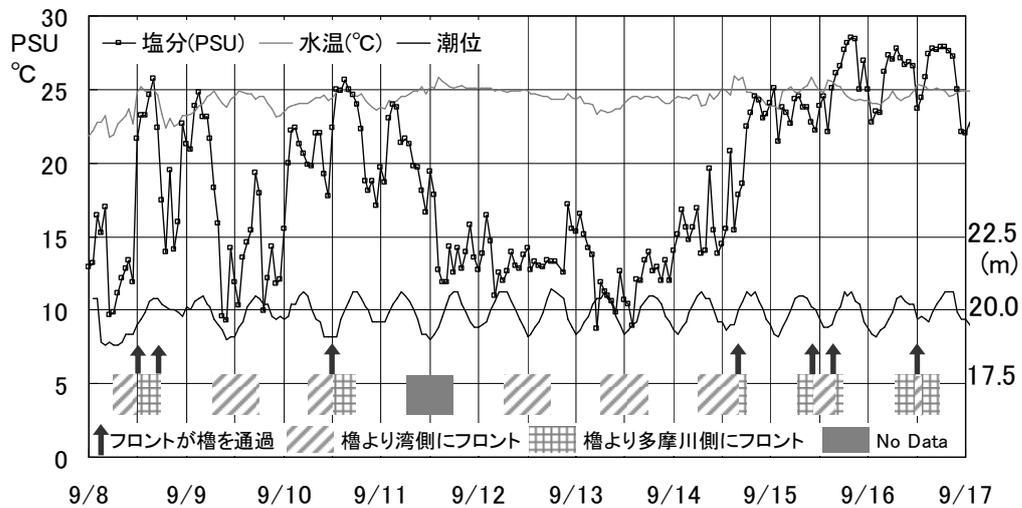


図-4 多摩川河口観測槽による表層塩分・水温、潮位とビデオ観測データの比較

ントが頻繁に捉えられており、特に大きな動きが見られたのは図-3に見られる2007年9月6～7日に来襲した台風9号による河口フロントである。ここでは、河口に設置された観測槽の塩分水温データと比較することとした。図-4は、画像から見られたフロントの位置と多摩川河口の観測槽で計測された表層の塩分水温とを比較したものである。観測槽のデータは9月7日のデータが無いため、9月8日からのグラフを描いている。9月6～7日に来襲した台風9号による多摩川からの大量出水により、9月8日は塩分が10PSUまで減少している。9月11日にも降

水があり、14日頃まで塩分が15PSUより小さくなっている。また、塩分は潮位が高くなると大きくなる傾向にあり、5～10PSUほど急変している。

一方、このときの画像は以下のとおりだった。

9/6：出水による濁りが見られない。

9/7：多摩川からの濁水が全体を覆い、フロントは見えなかった。

9/8：朝はフロントは湾側にあったが、潮位が高くなるにつれて徐々に多摩川側に移動し、11時半頃に観測槽を通過して、観測槽周辺は濁りの少ない水塊で覆われるよう

になった。このとき、塩分は11.9から21.6PSUまで大きく変化した。

9/9：再び濁水が全体を覆い、フロントは見えなかった。

9/10：潮位の上昇にともない、12時半頃に観測櫓をフロントが通過した。

9/11：欠測、9/12～13日にかけては、大量出水にともない、多摩川からの濁水が全体を覆い、フロントは見えなかった。塩分もほとんど15PSU以下となっている。

9/14～16：9/8、10日と同じく、図-5のような明瞭なフロントが観測される。いずれも、上げ潮にともなって、フロントが多摩川側へ移動しているのが観察された。

16日頃になると出水量が小さくなったためか、フロントは観測櫓よりも常に多摩川側に見られた。

このように、大量出水によってフロントが沖合へ移動し、潮汐によって往復することは当然ではあるものの、時々刻々の変化を連続的に捉えた例は少なかった。航空写真などで撮影される例は多いが、撮影頻度は少ない。

ビデオ観測は、砂浜の観測だけでなく、このような河口フロントの観測にも今後、活用される可能性が高い。

また、工事エリアでは工事船舶以外は侵入禁止で観測することができず、唯一の環境観測データともなっている。

(2) 京浜（多摩）運河から多摩川へ流れ込む潮流

図-6は、京浜（多摩）運河から多摩川へ流れ込む潮流の状況であり、干潮時干潟が図の左端に見えるが、潮が満ちてくる際にその右横から、黒い水塊が流れてくるのが見える。これらは、全て潮が満ちてくるPM2時～5時頃に見えており、京浜（多摩）運河から比較的濁りの少ない海水が流れてきていることを示している。



図-5 河口フロントと観測櫓



図-6 京浜（多摩）運河からの濁度の低い水塊の流入
2007年9月15日15:00頃

(3) 干潟の地形変化

台風による大量の出水により、多摩川では地形変化が発生した。台風9号来襲前後の花王川崎工場前面の干潟の変化を調べたところ、8月12日（台風来襲前）と9月26日（台風来襲後）の潮位はほぼ同じだが、堆積により干潟の面積が増えているのが分かった。

また、台風9号来襲前後の羽田第一水門前の干潟の変化を調べたところ、台風来襲後、ねずみ島直背後の中洲は若干深くなっているが、その下流側は堆積し、以前見られた中洲上の凹凸が無くなっているのが分かった。

(4) 観測開始からの干潟の変化

図-7,8のように、2007年3月と2008年3月の複数の干潟の映像を比較した。全体に若干、堆積していたが、大規模な出水であったのを考慮すると、意外にも大きな変化が見られなかった。

ただし、少しずつ変化しており、特に変化しているのは、京浜（多摩）運河に隣接する干潟である。干潟は、台風の直後、先端部が丸みを帯びていたが、その後、徐々に変化し、現在では京浜（多摩）運河に沿う形でとがった形状をしている。干潟の形状に、京浜（多摩）運河からの潮流が影響していることを示唆している。また、干潟内部の滞筋など、微地形も変化している。

図-7のように滑走路進入灯橋梁下の浅場も堆積しているように見えるが、浅場が見える面積は潮位の少しの変化で大きく変化するため、今後さらに検討する必要がある。



図-7 2007/3/22と2008/3/11の河口浅場



図-8 2007/3/22 と 2008/3/11 の河口干潟

4. まとめ

羽田空港再拡張事業にともなって変化することが予想される空港周辺の干潟等の海岸地形変化や河口フロントの変化を捉えるため、ビデオ画像による連続的な観測を平成 17, 18 年度に引き続いて実施した。その結果、以下のような事項が観測された。

(1) 河口フロント

2007 年 9 月 6～7 日に来襲した台風 9 号によって、河口フロントの大きな変化が見られた。河口に設置された観測槽の塩分水温データと比較した。

大量出水の直後は河口フロントが遠方にあり、カメラ周辺は濁水に覆われ、フロントは観測できなかった。しかし、9/8 以降、その変化が見られるようになり、上げ潮時にフロントが多摩川側へ移動し、下げ潮時に遠ざかるのが観測された。またフロントが観測槽を通過すると同時に、観測槽の塩分が大きく変化するのが確認された。

(2) 京浜（多摩）運河からの海水の侵入

台風 9 号によって多摩川が濁っている際、京浜（多摩）運河から比較的濁りの少ない海水が流れ込むのが観察された。なお、全て潮が満ちてくる PM2 時～5 時頃に海水が流れ込んでいた。

(3) 観測開始からの干潟の変化

2007 年 3 月と 2008 年 3 月の複数の干潟の映像を比較した。全体に若干、堆積していたが、大規模な出水があったにもかかわらず、変化はあまり大きくなかった。

なお、現在、ホームページ <http://ceo.pari.go.jp/> からインターネット経由でリアルタイム映像が見られる。また、カメラは様々な人が制御できるようになっており、映像を取得する時間以外は、多くの人々が自由にカメラを利用できる。また、保存された映像は、上記ホームページにおいて、アーカイブとして見ることができる。

(4) 今後の課題

a) 干潟の変化の定量的評価

干潟、浅場を観測できる花王川崎工場は平成 18 年の秋から、羽田第一水門は平成 19 年夏から観測が開始された。秋期は干潟、浅場が夜間に冠出するため、実質干潟の地形が観測されたのは平成 19 年春からである。したがって、1 年間の変化を見るという意味では、平成 20 年度の春、夏のデータとの比較が 1 年間の変化を見る上で最初の評価となる。今後、カメラの座標と現地の座標を対応させて座標変換を実施し、その後、定量的評価が行われる予定である。そのため、現地での測量が今後必要である。

b) カメラの位置変化の補正

a) の映像の座標変換を実施する上で、カメラ架台が台風による風等で若干動いており（特に三愛石油屋上カメラの変化が大きいため）、それらの補正を行う必要がある。

1-3 底泥挙動と堆積厚分布の計測

中川 康之 (港湾空港技術研究所)

1. 調査研究の概要

新滑走路の設置に伴う周辺海域での流況や波浪場の変化は、たとえば外力が増大する海域では堆積物の侵食や懸濁濃度の増大に、一方、静穏化域では懸濁物の沈降による堆積物の泥化などにつながり、生物の生息に適した水質・底質環境の変化を生じさせる可能性がある。このため、将来的な水・底質環境の変化を通じた生態系の変化を予測するには、堆積物の挙動や底質分布の変化に起因する海域環境の変化のメカニズムを適切に把握して、予測モデルを構築していくことが重要である。そこで、本調査では多摩川河口・羽田沖において、定点連続観測による海底泥の巻き上げ等の挙動特性の把握と、音響機器による広域的な底泥の堆積状態の把握を目的とする効率的なモニタリング手法の開発に向けた調査を実施した。

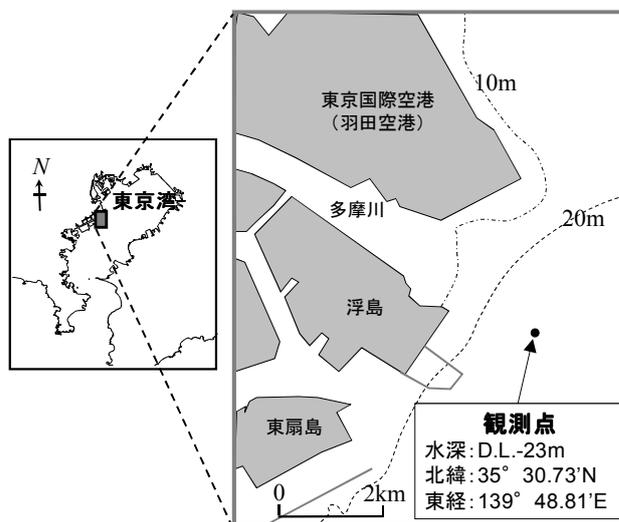


図-1 連続観測実施点

2. 調査研究内容

(1) 底泥の挙動把握に関する定点連続観測

2007年8月24日から9月19日までの約1ヶ月間にわたり、東京湾北西部の多摩川河口沖の水深約23m (D.L.基準)の地点(図-1)において、計測器の海底設置による連続観測を行った。ここでの目的は、海底近傍の流況と底泥の巻き上げ等に伴う濁度変動の様子を把握することであり、図-2に示すように超音波式流速計ならびに光学式濁度計等を、海底付近に集中的に配置して観測を行った。流速測定においては、超音波式3次元流速計(ADV)により乱れを含めた詳細な流動場の測定を、また超音波式流速分布計(ADCP)により全水深を対象とした流速場の測定を行った。光学式濁度計による測定結果は、観測地点で採取された底泥試料を用いた検定を通じてSS濃度(単位:mg/l)に換算した。ただし、SS濃度が約1,000mg/lを超えると、濁度計出力が飽和する傾向が見られたことから、ここでは換算値が1,000mg/l程度以下の結果について示すものとする。一方、観測点周辺の底質条件について、コアサンプル(長さ30cm)を層切りして得た試料の分析結果によると、ほぼ全層においてシルトおよび粘土の泥分が98%以上を占め、特に表層(泥深0-3cm)では含水比が400%を超えており、2006年度調査で検討された流動性の高い、いわゆる「流動泥」の状態となっていた。

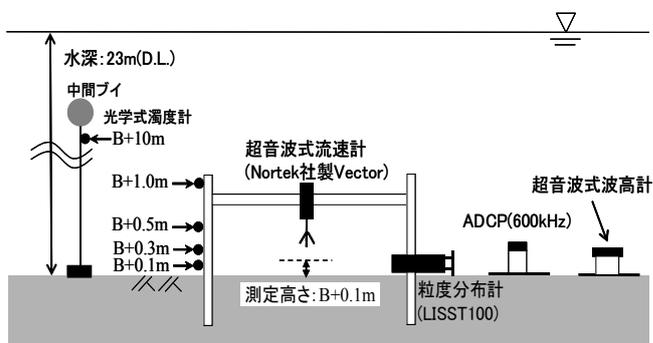


図-2 計測機器の設置概要図

(2) 底泥堆積分布把握のためのモニタリング調査

底泥堆積分布のモニタリングには、浅海域用の地層探査システム(EdgeTech社, SB424)を用い、本システムを艀装した調査船による曳航観測を行った。調査測線は図-3に示すとおりである。流軸測線のうち、前置斜面から沖合に向かう区間については、2006年度に実施した底泥堆積モニタリング調査の測線と一致するように設定した。測定はデータ記録状態の不具合などによる再計測も含め、①2007年11月27日(流軸測線, 横断測線C0, 横断測線C1, 横断測線C2, 横断測線C3), ②同11月28日(横断測線C4), および③同12月26日(流軸測線, 浮島・東扇島前面C5)の延べ3日間に実施した。



図-3 浅海用地層探査機 (EdgeTech 社 SB424)

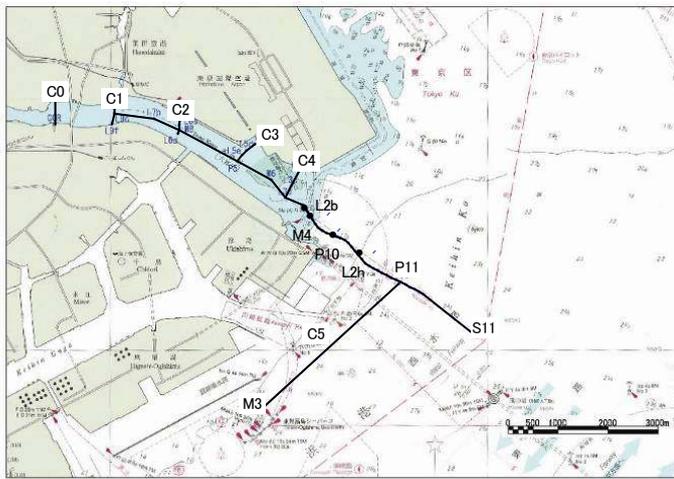


図-4 底泥堆積モニタリングの測線

3. 調査研究結果

(1) 底泥の挙動把握に関する定点連続観測

a) 調査期間中の海象条件

定点連続観測期間中の特筆すべき事象として、9月6日から7日未明にかけて、台風9号が関東地方に接近し、東京湾内では高波浪の発生や、多摩川をはじめとする主要河川からの出水が生じた。図-5は台風接近時を含む9月5日から7日間における、風況および波浪などの時系列変動を示したものである。風については気象庁アメダス(羽田)のデータを、波浪については観測点より約5km北方に位置する東京灯標(東京都港湾局)での波浪観測データをそれぞれ参照した。水位については観測点にて超音波式の水位計により測定されたデータを示している。台風接近時には風向きを東から南に変えつつ、平均風速の最大は20m/sを超えている。これに対応して、波高・周期も増大し、有義波高が2.5m、同周期が5sを超える高波浪が発生している。

一方、観測点において多項目水質計(アレック社製 AAQ1183)により測定した、水温、塩分、溶存酸素濃度(DO)およびSS濃度の鉛直分布を図-6にそれぞれ示す。台風擾乱を経験する以前の9月4日の結果(破線)をみる

と、水温・塩分において水深7m付近に躍層が発達し、DOにおいても水深方向に大きく減少し、水深約15m以深では3mg/l以下の貧酸素状態にあることがわかる。SS濃度については、水深約12m付近と底層付近にわずかな濃度の増大がみられる。これに対し、台風通過から約2日後の9月9日における各項目の測定結果(実線)を比較

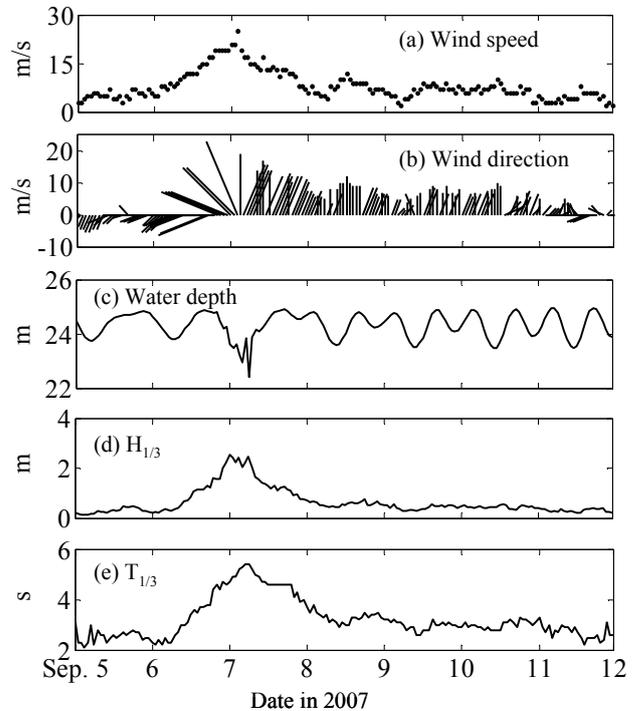


図-5 2007年9月5日0:00~9月12日0:00における風況、水位および波浪

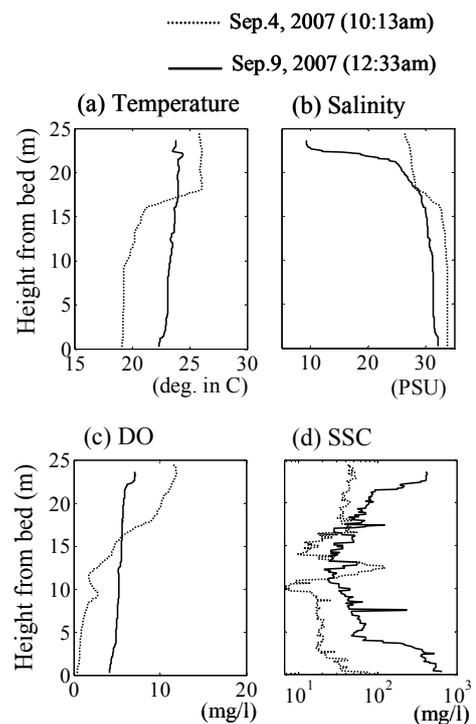


図-6 水質鉛直分布の変化

してみると、塩分では河川出水に伴う表層付近での著しい低化がみられ、水温および DO については、いずれも鉛直方向に一様化し混合している様子がわかる。SS 濃度については、表層近傍および海底付近で濃度が高い。河川出水や海底泥の巻き上げなどにより生じた浮遊懸濁物が、外力の静穏化に伴い沈降して海底付近の SS 濃度の上昇に起因しているものと思われる。一方、表層付近でみられる高濃度水塊については河川起源懸濁物のうち沈降速度の小さな微細粒子が表層にとどまっていたものと思われるが、その詳細については未解明である。

b) 底面への作用外力と底泥の巻き上げ

台風来襲時の底泥の巻き上げ状況を把握するため、波浪等による底面への作用外力と、底面付近での SS の変動について詳細な検討を加えた。まず、図-5 に示した有義波高、有義波周期および水深から、微小振幅波理論に基づき求めた底面直上での波による軌道流速振幅の時系列変化を図-7(a)に示す。当観測地点では平均水深が約 25m であり、通常の風波（周期 3~4s）では波浪の影響は海底に到達することはない。しかし、台風接近時の 9 月 6 日から 7 日にかけては、周期 5s を超える高波浪の影響により、海底直上での軌道流速振幅は最大で 10cm を超えている。一方、ADCP により測定された最下層（底面上 160cm）での平均流速をみると（図-7(b)）、波の軌道流速振幅が最大となる時刻よりも、約半日遅れて最大（50cm/s 以上）の流れが生じている。

これら、波および流れによる底面せん断応力を以下により評価した。まず、波による底面せん断応力を次式により求めた。

$$\tau_w = \frac{1}{2} \rho f_w u_b^2 \quad (1)$$

ここに、 ρ ：海水密度、 f_w ：波による抵抗係数、および u_b ：底面での軌道流速振幅である。抵抗係数 f_w は、粗度長さ z_0 （ここでは 0.2mm と仮定）と軌道振幅との比である相対粗度長さを考慮して、0.0069~0.1057 の間で変化させた(Soulsby,1997)。軌道流速振幅は上述した有義波諸元に対して求められた値をここでは用いた。一方、流れによる底面せん断応力は、

$$\tau_c = C_f U^2 \quad (2)$$

により求めた。ここに、 C_f ：抵抗係数および U ：平均流速であり、ここで用いる流速の測定高さ（底面上 160cm）を考慮して抵抗係数は 0.002 とした (Dyer, 1986)。これらの算定結果を図-6(c)に示す。さらに、同図には波と流れの相互作用を考慮した底面せん断応力(Soulsby,1997)の算定結果も示してある。

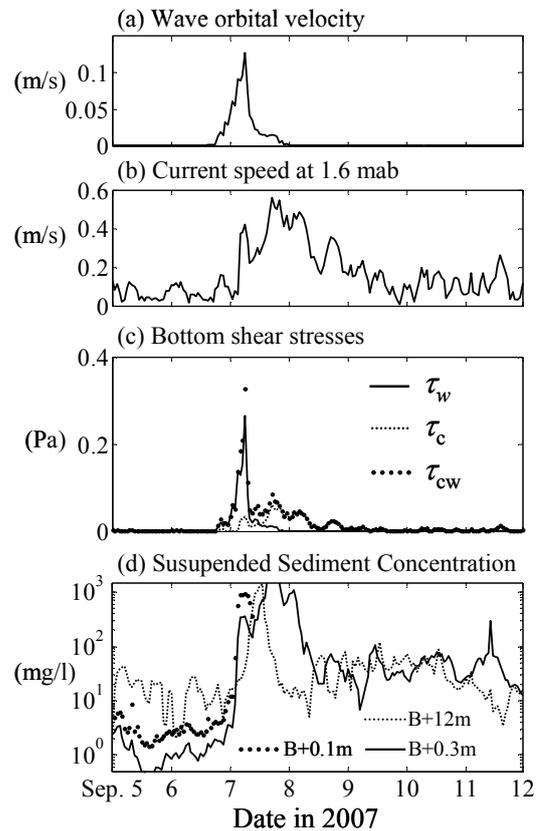


図-7 底面近傍での作用外力と SS 濃度変動

さらに、これらの作用外力下における底泥の巻き上げについて評価するため、図-7(d)に底面近傍で測定された SS 濃度（底面上 10cm および 30cm）を水深の約 1/2 に相当する底面上 12m での SS 濃度と比較して示してある。台風来襲以前は底面近傍よりも底面上 12m での SS 濃度の方がわずかに高い値を示しているが、9 月 7 日の午前 0 時~3 時頃にかけて、底層での SS 濃度が一気に増大し~10³mg/l のオーダーにまで達し、底泥の巻き上げが観測点付近で生じていたことを示唆する結果となっている。このような水深 20m 前後の海域での波浪による底泥の巻き上げについては、他の内湾域でも観測されているものの、SS 濃度上昇量は数 10mg/l にとどまっており（たとえば白石ら, 2000）、本観測結果ではより高濃度な状況になったことが特徴的である。この急激な SS 濃度の増大が生じた 9 月 7 日午前 0 時~3 時頃の底面せん断応力を比較してみると、この時間帯には波浪による底面せん断応力 (τ_w) が流れによるそれ (τ_c) に比べて圧倒的に大きい。したがって、ここでの底泥の巻き上げは波浪運動に伴う底面付近での振動流の作用により生じたものと考えられる。図-8 は波および流れの両者を考慮した底面せん断応力 (τ_{cw}) と SS 濃度の急激な上昇が生じるまでの SS 濃度（測定高さ：底面上 10cm）の値の関係を示したものである。おおよそ 0.01~0.02Pa のあたりから SS 濃度の増大しており、これらを巻き上げに伴う濃度増大と仮定するならば、底泥の侵食に関する限界せん断応力も上記の値に相当することになる。

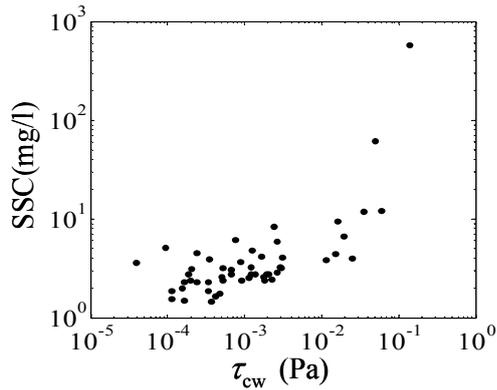


図-8 底面せん断応力と底面直上のSS濃度との関係

c) 台風通過時のSSフラックス

当観測点でのSS濃度および流速データを用いて、台風来襲時を含む期間におけるSSの輸送特性について検討した。底面近傍および底面上12mでのSSフラックスを算定し、輸送方向毎のフラックスの積算値と時々刻々におけるSSフラックスをベクトル表示して図-9に示す。なお、SS測定に際して濁度計の測定限界を超えている場合にはデータを除外してある。同図によると、底面上12mでは、9月7日正午頃をピークに比較的短時間のうちにSS輸送が生じているのに対し、海底付近では7日午前3時頃の底泥の巻き上げによるSS濃度の上昇に始まり、その後も高濃度な状態が継続した8日の午前中まで顕著なSS輸送が生じていることがわかる。輸送の方向はいずれも南西方向に卓越しており、東京湾の湾奥から湾口に向かって懸濁物の輸送が生じていたことを意味する。一方、同図の表示期間における最後部の9月11日には大潮期にさしかかり、潮汐流のみによるSSの輸送もわずかにみられるものの、台風擾乱時の影響と比較すると極めて小さく、今回の気象擾乱による底泥輸送への影響がいかに大きなものであったかがわかる。

(2) 底泥堆積分布把握のためのモニタリング調査

図-9～図-12に音波探査機により取得した音響画像の結果の例を示す。まず、河道内から東京湾内に向けて測

定された流軸測線について、2006年度の調査結果を図-10に、2007年度の測定結果を図-11に示す。図-10に示す前置斜面頂部から水深約25m付近までの同一区間が図-9に示されている。2007年度の結果は台風9号による底泥移動や洪水を経験した後の結果であり、それよりも

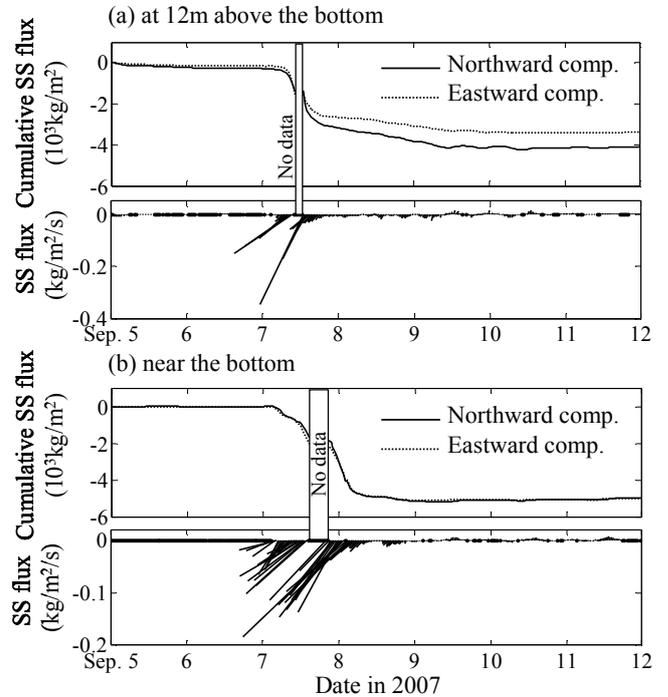


図-9 底面せん断応力と底面直上のSS濃度との関係

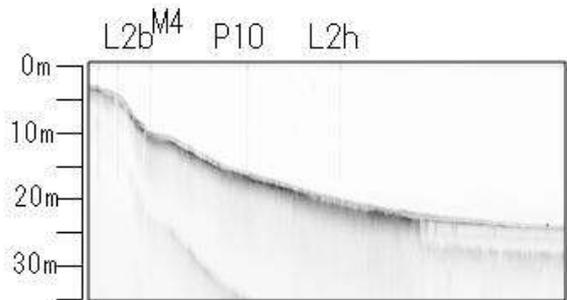


図-10 H18年度の測定結果(2006年10月)

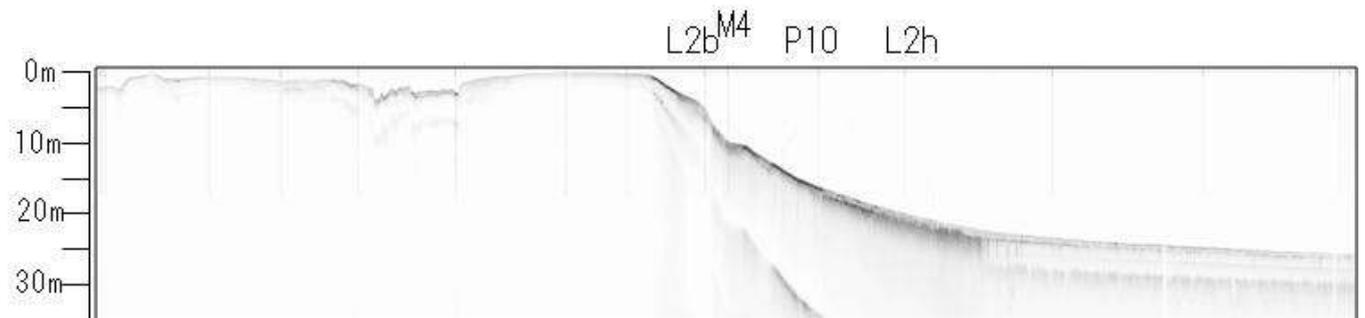


図-11 H19年度の測定結果(2007年11月)

約1年前に測定された図-10と比較すると、前置斜面部における音響反射画像に差違がみられる。全般的に台風後の結果である図-11の方が、底泥表層面での反射強度が強く、たとえばM4地点沖側にみられた底泥表層の弱い反射層が図-11では消失し、比較的コントラストの強い反射面が形成されている。このように積物特性の変化により、音響反射特性にも差違が生じたものと考えられるが、現時点ではその物性的な変化要因については確認できていないため、別途実施されている底質調査結果や場合によっては深度を増したコアサンプル調査を行うことにより、本手法の評価結果の検証を加えていく必要がある。

一方、図-11の河道内の堆積物表層において、反射面が2層になっている箇所が見られ、台風時の出水に伴う流下土砂の堆積が生じた箇所が明瞭に示されている。この地点を横断する、河道内横断面での計測結果が図-12であり、やはり堆積層表層に2重の反射面が捉えられている。この2層反射面が捉えられた近傍では、船舶航行に支障をきたした浚渫が実施されていた場所に相当する。

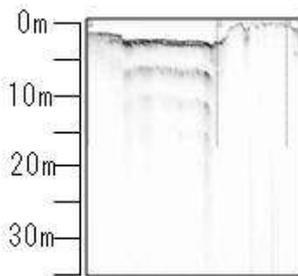


図-12 河道内断面での測定結果(2007年11月)

4. まとめ

多摩川河口沖における底泥の挙動の把握を目的として、底面付近を中心とする流況・濁度の約1ヶ月間の連続観測を行った。観測期間中には台風の接近による東京湾内での高波浪や、多摩川をはじめ主要河川での洪水が発生し、底泥の巻き上げや河川出水による浮遊懸濁物の高濃度化が観測された。海底付近におけるSS濃度の上昇初期においては、流れよりも波の作用が卓越しており、底泥の巻き上げが生じていたことが示された。波浪が静穏化した後も、海底付近では高いSS濃度が維持され、SSフラックス解析の結果によると湾奥から湾口に向けて懸濁物の輸送が顕著であったことが確認された。なお、底泥移動予測などのシミュレーションにおいて重要となる底泥の移動限界の把握に関して、現地観測では時空間的に解像度が不足する部分については、現地底泥を用いた室内実験を今後実施していく予定である。このため、2007年度には、比較的大容量の底泥試料の採取方法と実験水槽への設置に関する試験(図-13)を行い、次年度以降にお

ける本実験実施にむけた準備を行った。

また、底泥の空間的な堆積構造を効率的に把握するため、地層探査装置を活用したモニタリング手法の開発を進めている。台風に伴う洪水や底泥の移動を経験する前後の測定結果の比較によると、多摩川河口域における底泥表層での音響反射特性が明らかに変化しており、底泥物性の変化を示唆する結果が得られた。この違いについては、今後、別途実施されている底質調査結果との比較や、より深度の大きなコアサンプル調査等の追加により、音響反射特性の変化に起因する底泥特性の違いを把握する予定である。これにより、底泥の堆積状態の変化をはじめとする底質環境特性の変化について、広域を対象として効率的なモニタリングを行うことが可能となる。



図-13 底泥試料の実験水槽への敷設作業の様子

2-1 多摩川からの汚濁負荷（栄養塩，有機物）の把握

二瓶泰雄（東京理科大学理工学部土木工学科）

1. 調査研究の概要

羽田空港の再拡張に伴って、空港周辺域では何らかの水底質環境や物質循環過程の変化が起こるものと予想される。この水底質環境の変化の要因としては、空港再拡張に伴う直接的な環境負荷のみならず、陸域からの流入負荷（窒素，リン，有機物濃度等）の影響も考えられるため、この両者の要因を分離した形で議論することは必要となる。そのためには、羽田周辺水域における陸域環境負荷を適切に評価し得るモニタリングを行うことが必須である。特に、陸域負荷が著しく増大する出水時の調査を行わなければならない。そこで本委託は、多摩川河口域における水質環境に及ぼされる様々な負荷のうち、陸域起源のものを調査・判別するため、定常時の連続観測及び出水時の集中観測により、陸域からの流入負荷量の評価を行うものである。そのために、本委託では、①定常時の連続観測，②出水時の集中観測，③陸域からの流入負荷量の評価，について行った。

2. 調査研究内容

(1) 多摩川流域及び観測サイト

多摩川は、山梨県笠取山を源流とし、東京湾に流れ込む全長 138km、流域面積 1240km² の一級河川である（図-1）。流域の土地利用特性としては、上流域では山林、中下流域では市街地が大部分を占める。上流部には、都民の水瓶となっている小河内ダムが存在している。多摩川からの陸域環境負荷を評価するために、観測サイトを順流域末端の田園調布堰（河口から 13km、図-1）としている。

(2) 観測方法

出水時を含む陸域負荷調査を自動・連続的に行うために、自記式測器による水温・電気伝導度・土砂濃度の連続計測，自動採水機による出水時の集中採水観測，低水時における定期採水調査という 3 種類の観測を行った。まず、自記式測器による連続計測では、光学式濁度計（Compact-CLW）と水温塩分計（Compact-CTW，共にア



図-1 多摩川流域と観測地点

レック電子(株)を用いた。この機器には清掃用ワイパーが装着されているので、洪水時においてもメンテナンスせずに、連続計測が可能である。自動採水機として 6712 型ポータブルウォーターサンプラー（株式会社 ISCO 製）を用い、これを 2007 年 6 月～10 月の期間に設置し、2006 年度も含めて 7 回の出水イベント時に採水観測を行った。この中には、流量観測基準点（石原）において計画高水位を超える出水を引き起こした台風 9 号出水も含まれる。採水間隔は 2 時間である。得られたサンプル水について、濁度，電気伝導度，pH，SS，IL，粒径分布，T-N，D-N，NO₂-N+NO₃-N，T-P，D-P，PO₄-P，T-COD，D-COD を分析した（T と D は全成分と溶存態成分を示す）。全成分と溶存態成分の差から懸濁態成分（P-N，P-P，P-COD）を求める。この分析には、オートアナライザー（swAAt，ビーエルテック(株)製）やレーザー回折式粒度分析装置（SALD-3100，株式会社島津製作所製）等を用いた。

これらのデータを用いて、SS・T-N・T-P・T-COD フラックスを算出する。流量は、田園調布堰で計測されている堰流量（1 時間間隔）を用いる。SS フラックスに関しては、採水で得られた SS と自記式濁度計による濁度値の相関式を算出する。この相関式と濁度計測値を用いて SS を求め、それと流量の積から SS フラックスを算出する。残りの T-N・T-P・T-COD フラックスに関しては、低水時には公共用水域データ（月 1 回）と流量の積より、出水時には流量観測値と L-Q 式より、それぞれ負荷量を求める。平常時と出水時を分ける流量の閾値は、多摩川の流量特性を考慮して、50 m³/s とする。

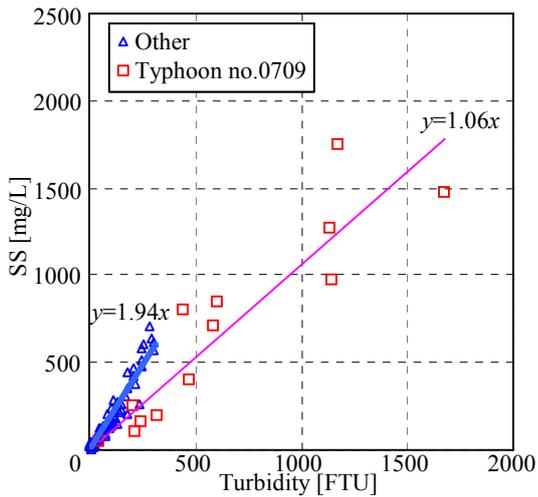


図-2 濁度とSSの相関(台風9号出水とそれ以外で分けて表示)

3. 調査研究結果

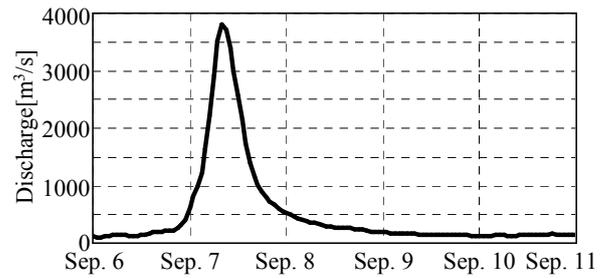
(1) 濁度とSSの相関関係

台風9号出水時とその他の出水時における水質特性を比較するために、SSと濁度の相関図を図-2に示す。ここでは、台風9号出水とそれ以外の6つの出水イベントに分けた形で表示している。このように、濁度とSSには直線関係が見られるが、その傾きは台風9号出水とそれ以外の出水では異なり、各々に対する相関式は図中に示されている。ここで出水時における浮遊土砂粒径分布を調べたところ、台風9号出水時では、その他のイベントと比べて微細土砂成分が大きな割合を占めていることが確認された。この粒径分布の違いが台風9号出水時とその他の出水時における濁度とSSの相関関係に差を生じさせたものと考えられる。

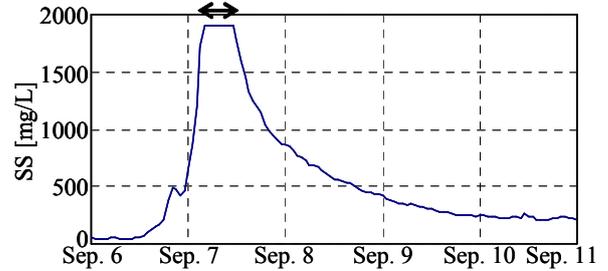
(2) 台風9号出水時の水質濃度の時間変化

台風9号出水時における水質濃度の時間変動特性を見るために、流量とSS、CODの時間変化を図-3に示す。ここでSSに関しては、図中の矢印の範囲では、濁度計の計測範囲を超えたので、そこではSSは一定となっている。この図を見ると、流量は、出水前にはおよそ25m³/sであったが、9/7のピーク時には3800m³/sを超えた。この9/7には流量は急激に増減しており、そのピーク2日後(9/9)には、流量は150m³/s以下となった。低水と出水の境目を100m³/sとすると、この流量を下回ったのは9/15であり、この台風出水の影響は、流量から見ると、約10日間継続したと言える。

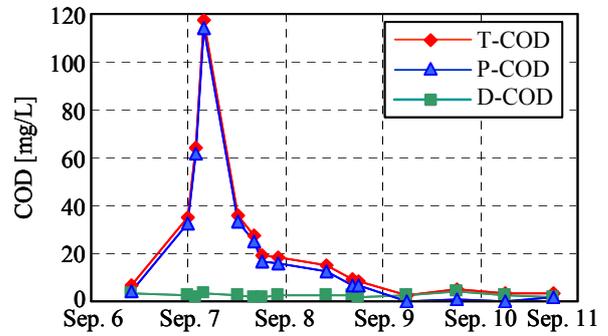
一方、SSに関しては、9/6夜から急激に増加し始め、流量よりも先行して増加した。また、流量ピーク後にはSSは減少するものの、その様子は流量と比べて緩やかである。出水前のSSは10mg/L以下であったが、出水中に



(a) 流量



(b) SS



(c) COD

図-3 水質濃度の時間変化(台風9号出水時)

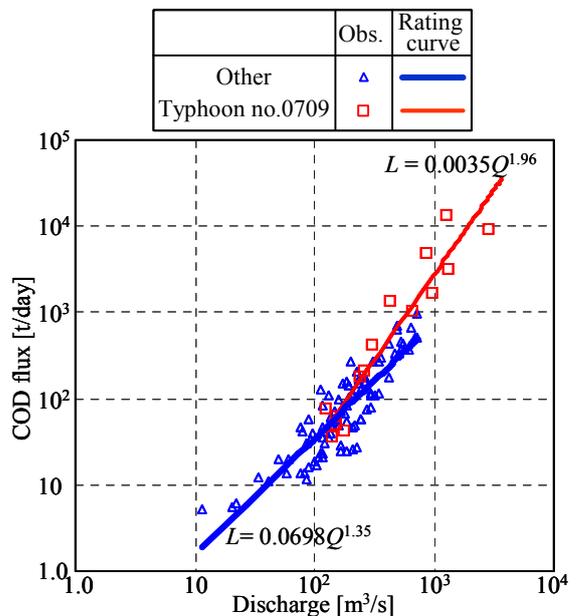


図-4 L-Q関係(T-CODフラックス)

は最大で2000mg/Lを越えていた。また、SSが50mg/Lを下回ったのは10/4であり、50mg/Lを一つの出水影響の目安とすると、台風出水の影響はSSでは約1ヶ月と

表-1 年間（2006/8/1～2007/7/31）及び台風9号時（2007/9/4～16）における総流量及びSS・T-COD・T-N・T-P総フラックス（表中の着色された部分は各フラックスの総和であり、単位は表上段に記載されている。また、反転されていない部分は各フラックスの比率を表す）

	流量[10 ⁶ m ³]	SS [kt]	T-COD [kt]	T-N [kt]	T-P [kt]
年間（全体） <i>A</i>	1173.80	69.55	4.76	4.78	0.28
年間（出水） <i>B</i>	506.10	63.67	2.35	1.22	0.12
年間：出水時寄与 <i>B/A</i>	0.43	0.92	0.49	0.25	0.42
台風時（全体） <i>a</i>	290.14	456.77	12.20	0.80	0.48
台風時/年間（全体） <i>a/A</i>	0.25	6.57	2.56	0.17	1.68
台風時/年間（出水） <i>a/B</i>	0.57	7.17	5.18	0.66	3.96

流量の3倍程度の期間にわたり生じていたことが示された。

CODに関しては、全成分（T-COD）は流量に対応して増加し、100mg/Lを超える値が観測された。それには懸濁態成分が大部分を占め、SSと対応している。また、溶存態成分は概ね一定値となっている。類似した傾向は、リンや窒素に関しても確認されている。このように本出水ではSSのみならず、CODや栄養塩も大量に輸送されたものと考えられる。

(3) L-Q 関係

このように特徴的な水質濃度変化が見られた台風9号出水と他の出水イベントの水質負荷特性を比較・検討するために、T-CODを例にして、L-Q関係を図-4に示す。ここでは、台風9号出水とその他の計6つの出水イベントの結果を分けて表示している。また、図中には、それぞれの結果に対するL-Q式（ $L=aQ^b$ 、*a*、*b*：係数）も図示している。これより、台風9号出水時では、同一の流量に対してCODフラックスが他の出水時よりも大きく、かつ、L-Q式の傾きも大きい。類似した傾向は、懸濁態成分が顕著となるT-Pフラックスでは確認されているが、溶存態成分が卓越するT-Nフラックスでは見られない。このように、台風9号出水のような大規模出水におけるL-Q関係は、懸濁態成分の寄与が大きいT-CODやT-Pでは、中小規模出水におけるL-Q関係と異なることが示された。以上より、中小規模出水時に収集されたデータのみで得られるL-Q式を大規模出水時の汚濁負荷量評価に用いると、CODやPでは大きな誤差が生じる可能性が示唆された。

(4) 汚濁負荷量

台風9号時における汚濁負荷量を検討するために、この台風出水時全体における総流量及びSS・T-COD・T-N・T-Pフラックスの総和を算出した結果を表-1に示す。ここで、台風9号の期間として、流量データを参考にして、2007/9/4～16（計12日間）とする。また、比較のために、この台風出水時を含まない年間負荷量（2006/8/1から

2007/7/31までの1年間）も合わせて表示している。これらのフラックスの算出方法は、前述したとおりである。また、表中には、年間における出水時の寄与率、台風時と年間のフラックスの比率も示している。まず、年間の総フラックスとしては、SSは70kt、T-CODは4.8kt、T-Nは4.8kt、T-Pは0.28ktである。それに対する出水時の寄与率としては、SSは92%、T-CODは49%、T-Nは25%、T-Pは42%となっており、懸濁態成分の影響が大きい項目ほど出水時の寄与率も大きい。それに対して、台風9号出水時では、SSは457kt、T-CODは12kt、T-Nは0.80kt、T-Pは0.48ktである。これらの結果を上述した年間値で除したところ、台風9号時では、わずか12日間において、SSは6.6年分、T-CODは2.6年分、T-Nは0.17年分、T-Pは1.7年分流出したことが分かる。台風9号時の結果を年間値（出水時）と比較すると、より大きな年数となる（表中の*a/B*の欄を参照）。台風9号出水時における総流量が0.25年分であることを考えると、T-N以外のSS、T-COD、T-Pは、台風9号時において非常に大量に輸送されたことが分かる。以上のことから、台風9号出水により、多摩川を經由して東京湾への環境インパクトが顕著であったことが明らかとなった。

4. まとめ

本委託により新たに判明したことは、次のとおりである。

- (1) SSと濁度の相関関係が、大出水時（台風9号）とそれ以外の中小出水では異なった。その一因として浮遊土砂粒径分布の違いが示された。
- (2) 台風9号出水時では、水質濃度が著しく増加し、T-CODは最大で100mg/Lを越える大きな値が観測された。この結果として、水質負荷量*L*と流量*Q*の関係が、T-CODやT-Pでは、大出水時（台風9号）とその他の中小出水時では異なることが明らかとなった。
- (3) 台風9号出水時では、わずか12日間において、SSは6.6年分、T-CODは2.6年分、T-Nは0.17年分、

T-P は 1.7 年分流出した.

この大規模出水（台風 9 号）は，多摩川が流入する羽田周辺水域や東京湾に大きな環境負荷をもたらしており，多摩川河口周辺海域における水質・底質環境や地形に大きな影響を与えたものと考えられる．今後，数値シミュレーション等により，この大出水が多摩川河口周辺海域の水底質環境及び地形に及ぼす影響を検討する必要がある．

2-2.1 水質（懸濁態物質）の時空間分布・動態・非定常過程に関する調査

小川浩史・碓井敏宏（東京大学海洋研究所）

1. 調査研究の概要

多摩川河口域を含む羽田周辺水域は、現在の東京湾では希少となってしまった干潟、浅場が存在する重要な水域である。2007年3月着工の羽田空港再拡張事業に伴い、当該水域の水質、底質、生物の生息環境に変化が生じる可能性があり、その変動の理解のためには、拡張工事の前から後まで継続的かつ詳細な調査を行い、水域の環境・物質循環の特徴と、その変化を明らかにしていく必要がある。さらにこの研究で得られた知見は、将来的には東京湾の環境の改善のための方策の立案に役立つことが期待される。

そのような目的で開始された羽田周辺水域環境調査研究委員会の活動の一環として、水中の懸濁態物質の分布と挙動に関する調査を行った。沿岸域の懸濁態有機物の起源としては、主に、河川を通じた陸域からの供給と、水域内の光合成による生産（内部生産）の2つがある。起源の違いに伴い、懸濁態有機物の元素組成や生化学的な性質が異なり、微生物による分解を受けやすいかなど物質循環過程における挙動が異なると考えられている。そのため沿岸域における懸濁態有機物の挙動を理解するためには、濃度変化だけでなく起源の違いも明らかにすることが重要と考えられる。本研究では、陸起源と内部生産起源の有機物を区別するための指標として炭素、窒素の安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ ）の測定を行った。

現在の東京湾は富栄養化が進んでいるが、陸域から供給される窒素に対してリンが相対的に不足し、リンの供給と循環が生物生産を制御する重要な要因になっていると考えられている。陸域から沿岸域に供給されるリンとしては、溶存態（リン酸態リン、溶存有機態リン）だけでなく懸濁態のリン（PP）がある。懸濁態のリンはさらに無機態（PIP）と有機態（POP）に区分されるが、河川を通して供給されるリンには、土壌粘土鉱物粒子由来のPIPが多く存在している。出水時には河川を通じた懸濁態リンの負荷量が著しく増加することが知られている。一方水域で生産される懸濁態リンはPOPが主体である。本研究においてもPIPとPOPを分けて定量し、それらの挙動を詳細に解析した。

2006年度においては、多摩川河口域を含む羽田周辺水域において、7月末から10月半ばにかけて調査を行い、その時期の水質の時間的な変動や水平的な変化を研究し

たが、2007年度は、年間を通じた季節変動を把握することを主な目的として調査を行った。当該水域においては、懸濁態の有機炭素とその同位体比（小倉ら、1986；小川ら、1994；Ogawa & Ogura, 1997）、さらに懸濁態のリンに関する研究（鈴木・小川、2001）が過去に行われているが、年間を通じた調査の報告例はない。

2007年度調査の結果、年間を通じた羽田周辺水域の懸濁態物質の分布と挙動が明らかとなった。夏季における基礎生産の増加と、出水時における陸域からの物質供給の増加が年間の変動の主な要因であった。さらに懸濁態有機物の炭素・窒素安定同位体比及び懸濁態リン中の有機態と無機態の分析から、多摩川河口域は陸域からもたらされた物質が単純に沿岸に流れて行く場ではなく、河口域における諸過程により独自の懸濁態物質が形成される場であることが示された。

2. 調査研究内容

羽田周辺水域の7つの定点と、多摩川下流部の調布堰で2007年5月から平成20年3月まで毎月1回水質調査を行った（図-1）。

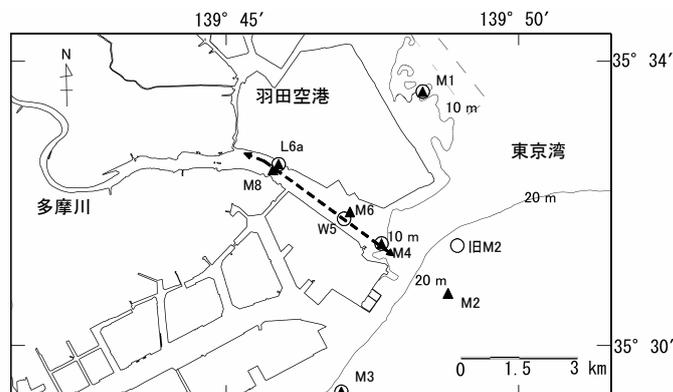


図-1. 水質調査点（多摩川河口域及び羽田沖）。○2006年度、▲2007年度。破線は2007年5月、8月、11月、2月の河口域トランゼクト調査のライン。

調査項目は、多項目水質計による観測（水温、塩分、DO）と、懸濁物（SS）濃度とその強熱減量、懸濁態有機炭素（POC）・窒素（PON）濃度とそれらの安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ ）、懸濁態全リン・無機態リン・有機態リン（PP、PIP、POP）濃度、クロロフィルa濃度、栄養塩濃度（ NO_3^- 、 NO_2^- 、 NH_4^+ 、 PO_4^{3-} 、 Si(OH)_4 ）である。5

月、8月、11月、2月においては、定点に加え河口域でのより詳細な水質調査（トランゼクト観測）も行った。また河川の流入が海域の環境に与える影響を考えると、出水時の物質輸送は極めて重要な過程である。そのため9月の台風9号による出水時にも上記の定点で調査を行った。

3. 調査研究結果

多摩川河口域を含む羽田周辺水域では、夏季にDO飽和度、クロロフィル a, POC, PON, POP が高く、冬季には低下した。また出水時には塩分と強熱減量の低下、濁度, SS, PIP の上昇など大きな水質の変動が見られた（図-2）。

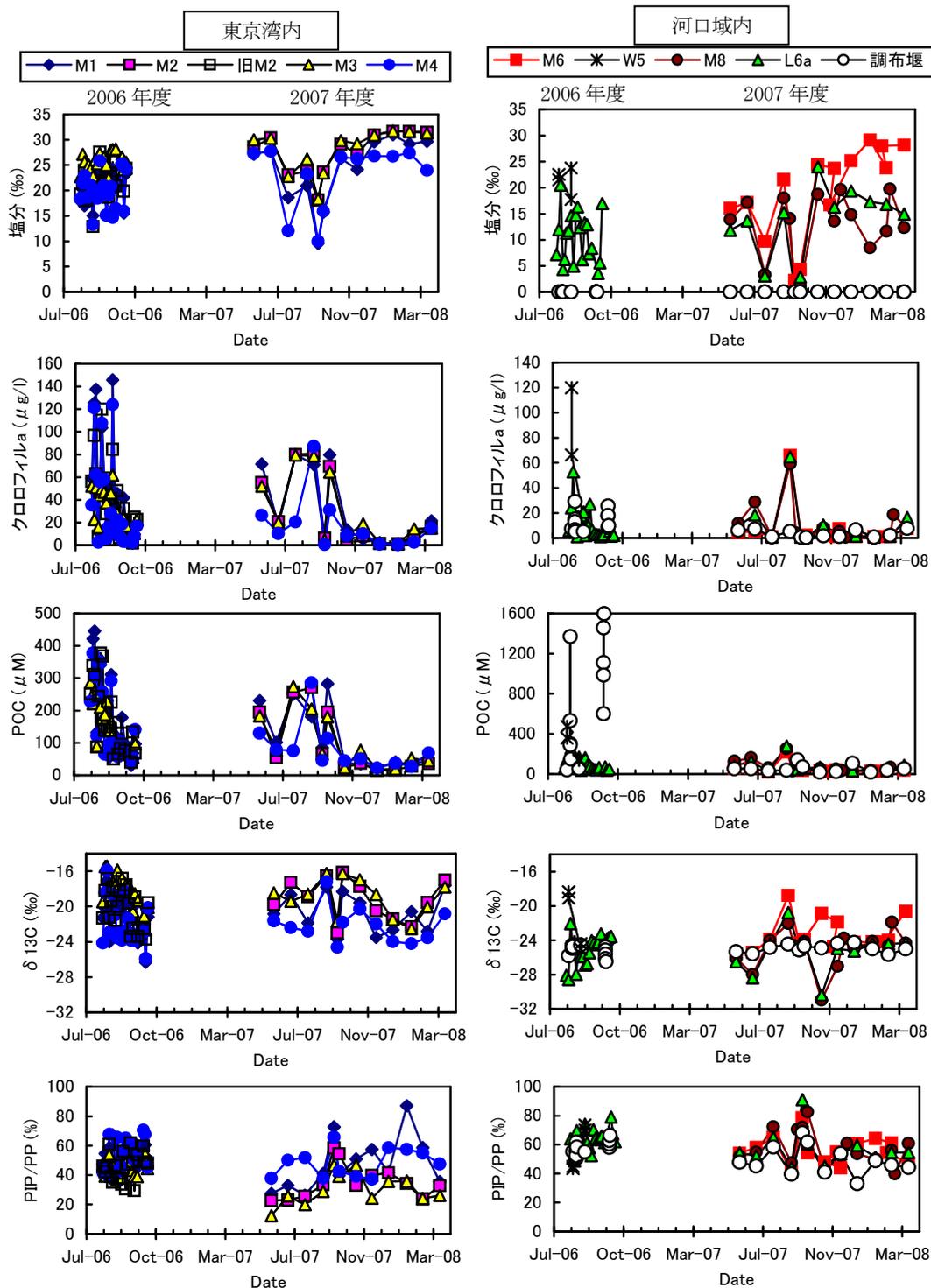


図-2 定点観測点における表層水質の季節変化。比較のため2006（2007）年度のデータも示した。2006年8月9-10日と10月6日及び2007年9月9日に出水時の観測を行った。

東京湾内の4つの観測点 (M1 から M4) では、POC の安定同位体比は-20‰を中心に分布し、おおむね-24‰以上であった。C/N 比および POC/クロロフィル a 比は出水時や冬季、中層及び底層水の一部を除き、それぞれ 6 近辺、200 以下であった。これらの結果から、湾内の点では、出水時や冬季を除き表層で活発な光合成が起こっており、懸濁粒子の主体が植物プランクトン由来のものであったと考えられた。多摩川河口域内の3つの観測点 (M6, M8, L6a) においては、POC の同位体比は河口に近い M6 では-19 から-25‰、より上流の M8 と L6a ではそれぞれ-22 から-31‰、-21 から-30‰であり、湾内よりも低かった。3地点とも C/N 比は7近辺で、POC/クロロフィル a 比は出水時や冬季でなくても 200 を越えることがあった。湾内と異なり、陸起源の有機物や、河口域内での光合成により生産されたものが供給されているため、このような組成になったと考えられる。

湾内の地点 (M1 から M4) では、POC の同位体比が夏季に高く冬季と出水時に低下した。C/N 比と POC/クロロフィル a 比は冬季と出水時に高かった。夏季に湾内の地点では POC の同位体比が-16‰を超える高い値になったが、これは中緯度の海域で報告されている通常の値より高い。同様の現象は羽田周辺水域を含む東京湾において過去にも報告されている (小川ら, 1994; Ogawa & Ogura, 1997)。POC 生成の基質となる全炭酸の炭素同位体比は通常、河口域より海域で高く、植物プランクトンにより生産される有機物の同位体比もそれに従い海域の方が高くなる。それに加え、活発に光合成が起こると生産される有機物の炭素同位体比が上昇するということが知られており、富栄養化により極めて基礎生産が高い東京湾、特に夏季には、通常の海域より POC の同位体比が高くなると考えられている。冬季と出水時には、光合成の低下と河川を通じた粒子供給により同位体比が低下したと考えられる。

河口域の点 (M6, M8, L6a) の同位体比には湾内のような明確な変動パターンが見られなかった。これは河川水と海水の混合比の変化、及び有機物生産の活性の変動が重なり合って複雑な変化になったと考えられる。

出水時に PIP 濃度の上昇が見られたが、調布堰では特に顕著であった。また調布堰では POP 濃度も上昇し、出水時に陸域から大量の懸濁態リンが供給されていたことが示された。PIP/PP 比は河口域の方が湾内より高い傾向があった。また出水時を含めおおむね調布堰より河口域の方が PIP/PP 比が高かった。堆積物の無機態リン/全リン比は河口域を含めた全ての懸濁物より高く、底質の巻き上がりが河口域の高い PIP/PP の主な要因と考えられた。それは出水時に顕著になり、さらに湾内にも流出して湾内の地点の出水時の PIP/PP の上昇の原因にもなっ

ていたと考えられる。

懸濁態有機物の炭素・窒素安定同位体比、および C/N 比の関係を見ると (図-3)、調布堰と湾内の観測点を結ぶライン上に河口域の値が位置していなかった。河口域トランゼクト観測でも示されたが、炭素・窒素安定同位体比とも河口域で最低の値となっていた。河口域では調布堰を通じた上流からの懸濁物と、湾内の懸濁物が流入するだけでなく、河口域で独自に懸濁態有機物が生成されていることが明らかになった。多摩川河口域の低塩分な場では水中の全炭酸の炭素同位体比が湾内より低く、そのため生産される POC の同位体比も低くなるのが過去の研究により示されており (Ogawa & Ogura, 1997)、今回の結果もそれに一致するものであった。全炭酸の同位体比が海域より低いのは、陸水の影響がある水域では全炭酸の同位体比が元々海水より低いことに加え、河口域で活発な有機物の分解が起こりそれにより炭素同位体比が低い二酸化炭素が水中に付加されるためだと考えられる。

当該水域における PON の同位体比分布は、本研究によりはじめて明らかとなったものである。光合成による PON の生成の基質となる無機態窒素 (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+) の同位体比はこの水域では測定されていないが、一般に溶存の無機態窒素が豊富に存在するときは生成される PON の同位体比が低くなることが知られている。多摩川河口域、特に低塩分の場所では NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ の濃度が高いため、PON の同位体比が低くなったと考えられる。

4. まとめ

本研究により、羽田周辺水域における出水時を含めた年間の懸濁態物質の分布と挙動が明らかとなり、さらに多摩川河口域は単に陸域と沿岸をつなぐ場ではなく、河口域内で独自の懸濁態物質が形成される場であることが示された。

今年度の調査により得られた成果は、羽田周辺水域における水質に関する数値モデルを作る際に必須のものである。また、付着生物による水質への影響や貧酸素水塊の発達プロセスの研究、懸濁物食のベントス (二枚貝類) の餌料に関する安定同位体比を用いた調査にも役立つ。

今後も調査を継続していくことにより、空港拡張工事の進行に伴う当該水域の地形や流れの変化が、懸濁態物質の濃度と質にどのような影響を与え、さらには富栄養化の状況や貧酸素水塊の発生・挙動をどのように変えていくのかを明らかにしていくことが必要である。

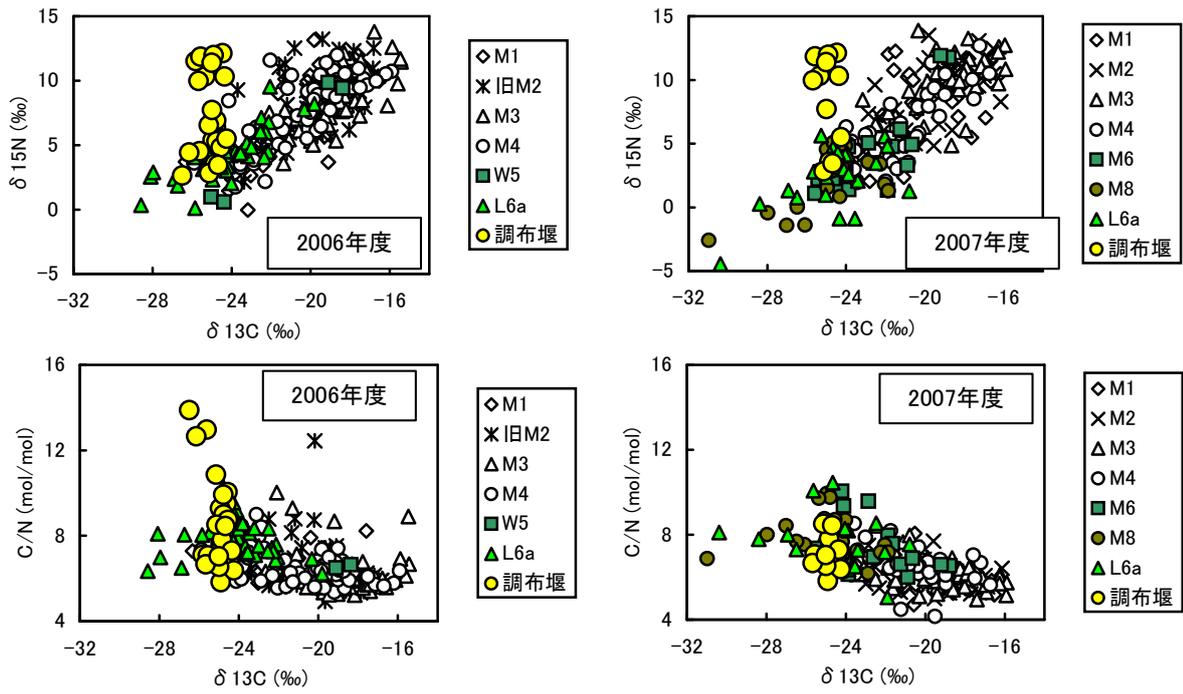


図-3 2006及び2007年度の定点水質観測点で得られた懸濁態有機炭素・窒素の安定同位体比、C/N比の関係。

2-2.2 水質（溶存成分・クロロフィル）の時空間分布・動態・非定常過程に関する調査

神田穰太・堀本奈穂・石丸隆（東京海洋大学）

1. 調査研究の概要

羽田空港拡張事業の影響を評価する前提として、多摩川河口域の複雑な生元素動態について高密度・高頻度の観測に基づいて把握することを目的として、水質・底質の調査が行われてきた。このうち2007年度に行われた水質調査について、溶存無機栄養塩類（アンモニウム塩、硝酸塩、亜硝酸塩、リン酸塩）、溶存有機炭素（DOC）、溶存有機窒素（DON）、溶存有機リン（DOP）、植物プランクトン現存量の指標としてのクロロフィルa（Chl a）についての結果を報告する。

2006年度は夏季を中心に水質成分の空間変動の詳細な観測と、重要観測点についての時系列変動の観測を組み合わせて実施した。この結果を踏まえて、2007年度の調査においては、夏季以外の他の季節を含めた周年にわたる変動パターンの把握を第一の目的にあげた。そのため観測点数を絞って、毎月1回のペースで調査を行い（定点水質調査）、うち4回については、多摩川流軸上に4観測点を追加した（河口域トランゼクト調査）。

栄養塩類及び溶存有機物は、多摩川河川水中の濃度が海水中の濃度より高かった。密度の低い河川水が上層に張り出す分布パターンを反映して、河口では表層で高濃度、底層で低濃度となる分布を示した。2006年度夏季の結果と同様に、ミキシングダイアグラム上の濃度分布は直線に比較的近く、河川水（陸水）と東京湾水の混合が濃度分布を決める最も大きな要因となっていると考えられる。月ごとの変動をみると海側の観測点では変動が小さく、河川の影響が強い観測点では、濃度自体の増加と共に変動幅も大きくなっていった。この季節変化の大部分は河川水（ないし他の陸起源淡水）中の濃度変化を反映したものと考えられ、アンモニウム塩、亜硝酸塩、硝酸塩、リン酸塩、DOC、DONでは概ね冬に濃度が高く夏に濃度が低下する季節変動パターンがみられた。

一方、植物プランクトン現存量を反映するChl a濃度は海側の観測点の表層・中層で濃度が高く、夏季には赤潮状態ともいえる高濃度であった。しかし、底層および冬季の表層・中層のChl a濃度は低かった。これは東京湾奥で一般的に見られる季節変化である。対照的に河川水の影響が強い多摩川河口域におけるChl a濃度は、海側よりも総じて低濃度で、表層と底層の差はあまり見られなかった。季節変化は海側の観測点よりも不明瞭であ

った。田園調布堰におけるChl a濃度は低く、季節変化はほとんど無かったことから、河口域の観測点は東京湾表層の影響を強く受けたと考えられる。

2. 調査研究内容

観測点の位置を図-1に示した。定点水質調査においては毎月、M1、M2、M3、M4、M6、M8、L6a、田園調布堰上の8点の観測を行った。河口域トランゼクト調査は5月、8月、11月、2月の4回について、Wt1、Wt2、Wt3、Wt4の4点の観測を行った。

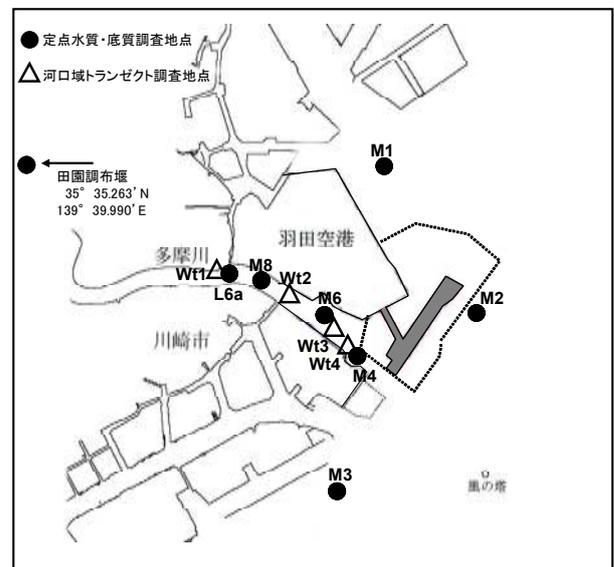


図-1 2007年度調査における観測点位置

(1) 採水および試料前処理

水質分析試料は表層、中層、底層の3層採水した。また、5mより浅い観測点については、表層、底層の2層で採水した。中層の採水深度は、水温、塩分の観測から躍層直下に設定した。また、原則として、表層は海面下0.5m、底層は海底面上0.5mとした。

試料水は船上で冷蔵保存し、6時間以内にとろ過が行われた。アンモニウム塩、硝酸塩、亜硝酸塩、リン酸塩、DON、DOP測定用試料は、焼却済みグラスファイバーフィルター（Whatman GF/F）でろ過してアクリルスピッツ管に入れ、冷凍保存された。ケイ酸測定用試料はセルローズアセテートメンブランフィルター（アドバンテック Dismic-25CS）でろ過してアクリルスピッツ管に入れ、冷凍保存された。DOC測定用試料は、pH2になるように塩

酸を添加しガラスバイアルに入れ冷蔵保存した。クロロフィル測定用試料は 50mL の試水を直径 25mm のグラスファイバーフィルター (Whatman GF/F) を用いて弱減圧下で吸引ろ過し、試水中の懸濁粒子を捕集した。ろ過によりフィルターに捕集した植物プランクトンは、ポリエチレンチューブ (ザルステッド社, No.60. 542) に入れ、DMF (N,N-Dimethylformamide) 6 mL を加えて色素を抽出し、冷凍保存した (Suzuki and Ishimaru, 1990)。

(2) 分析方法

試料中の栄養塩類濃度の測定には吸光光度法による空気分節型連続フロー分析装置 (オートアナライザー) を用いた (Quattro-Marine 5ch, Bran+Luebbe)。アンモニウム塩の測定はオルトフェニルフェノール法 (Kanda, 1995) を一部改変して行った。硝酸塩+亜硝酸塩濃度の測定は、Strickland and Parsons(1968)の銅-カドミウム還元・ナフチルエチレンジアミン法を一部改変して行った。原法では、銅-カドミウムカラムの緩衝液として塩化アンモニウム溶液を用いていたが、本研究ではブランルーベ社のマニュアルに従いイミダゾールを用いた。亜硝酸塩濃度の測定は Strickland and Parsons(1968)に準じてナフチルエチレンジアミン法で行った。リン酸塩濃度、ケイ酸濃度の測定は、それぞれモリブデンブルー法 (Hansen and Koroleff, 1999) による。

試料中の溶存有機物 (DOP, DON) は、全リン、全窒素から無機態リン、無機態窒素を引いて求めた。全リン、全窒素の測定には、過硫酸カリウムによる湿式酸化処理装置付きのオートアナライザー (Quattro TN-TP, Barn+Luebbe) を用いた。溶存有機物 (DOC) は、島津製作所の TOC 計 (TOC-VCSH) を用いて高温接触酸化法によって測定した。

抽出液中のクロロフィル a 濃度は蛍光光度計 (Turner Designs 10R 型) を用い、蛍光法 (Strickland and Parsons, 1973) により測定した。

3. 調査研究結果

(1) 栄養塩類および溶存有機物

アンモニウム塩、硝酸塩、亜硝酸塩、ケイ酸、リン酸塩、DOC, DON, DOP の各項目について、調査水域における濃度分布の概要を示すために、M2 から多摩川流軸を遡る方向の観測点を選び、断面図を作成した。一例として 2007 年 8 月の調査結果を、図-2~4 に示した。

2006 年度の観測と同様に、これらの成分は一般的に河川水中の濃度が海水中的の濃度より高かった。密度の低い河川水が上層に張り出す分布パターンを反映して、河口では表層で高濃度、底層で低濃度となる分布であった。また 2006 年度夏季に陸棚前置斜面上の低酸素層にみられた高アンモニウム塩濃度、高リン酸塩濃度の層について

では、2007 年度の観測結果では 7 月にわずかに見られた程度で、必ずしも明瞭ではなかった。これは今回の観測における観測点の配置が関係している可能性が大きいと考える。

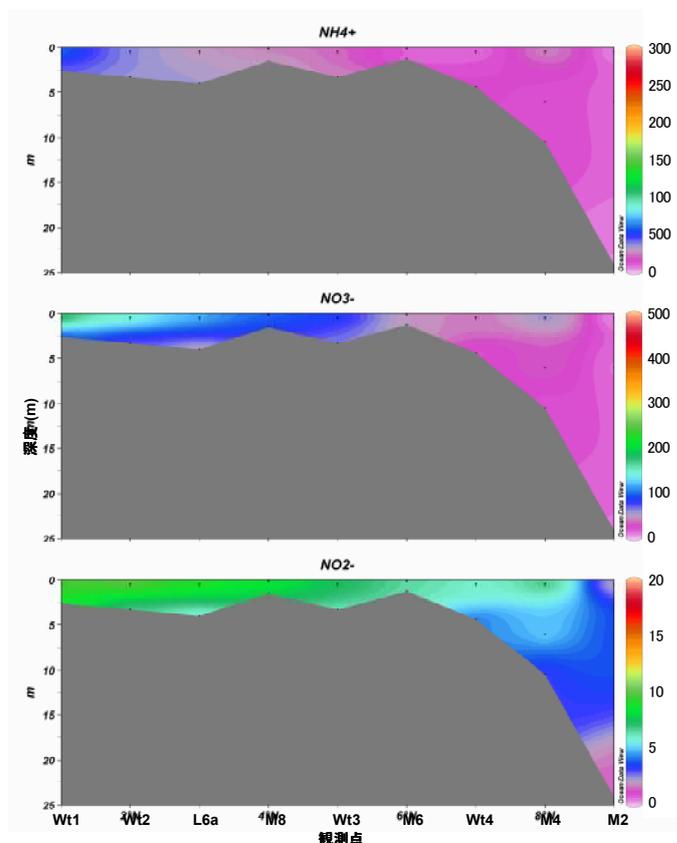


図-2 2007 年 8 月調査における、多摩川流軸方向の溶存成分の濃度分布 (上: アンモニウム塩, 中: 硝酸塩, 下: 亜硝酸塩)

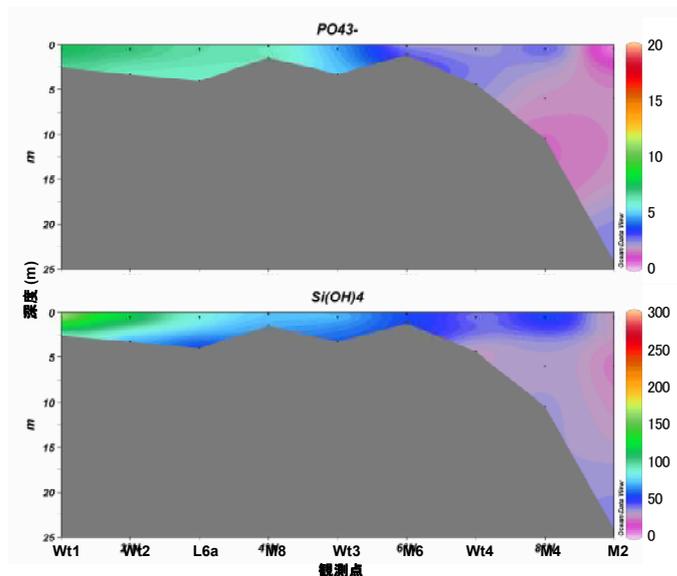


図-3 2007 年 8 月調査における、多摩川流軸方向の溶存成分の濃度分布 (上: リン酸塩, 下: ケイ酸)

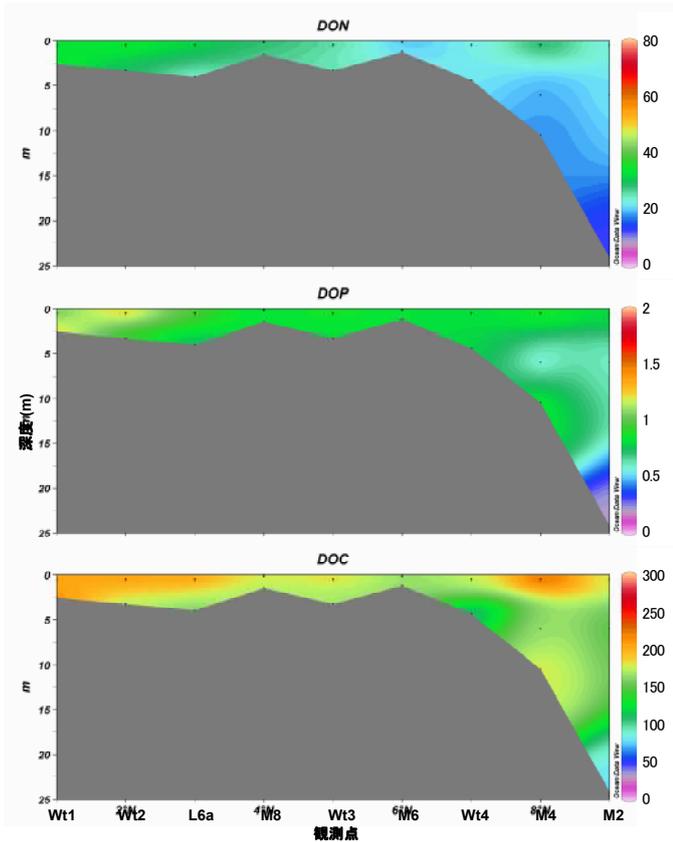


図-4 2007年8月調査における、多摩川流軸方向の溶存成分の濃度分布（上：DON，中：DOP，下：DOC）

溶存成分濃度と塩分との関係を示すミキシングダイアグラムを用いた解析を行ったところ、2006年度夏季の結果と同様に、一般にミキシングダイアグラム上の濃度分布は直線に比較的近く、河川水（陸水）と東京湾水の混合が濃度分布を決める最も大きな要因と考えられる。図-5、図-6にそれぞれ8月と12月のミキシングダイアグラムを示した。各観測点における月ごとの濃度推移については、海側の観測点 M1, M2, M3 では季節変動が小さく、特に下層で変動はほとんどない。逆に河川の影響が強くなると考えられる河口域の観測点では、濃度自体の増加と共に季節変動も大きくなっていった。

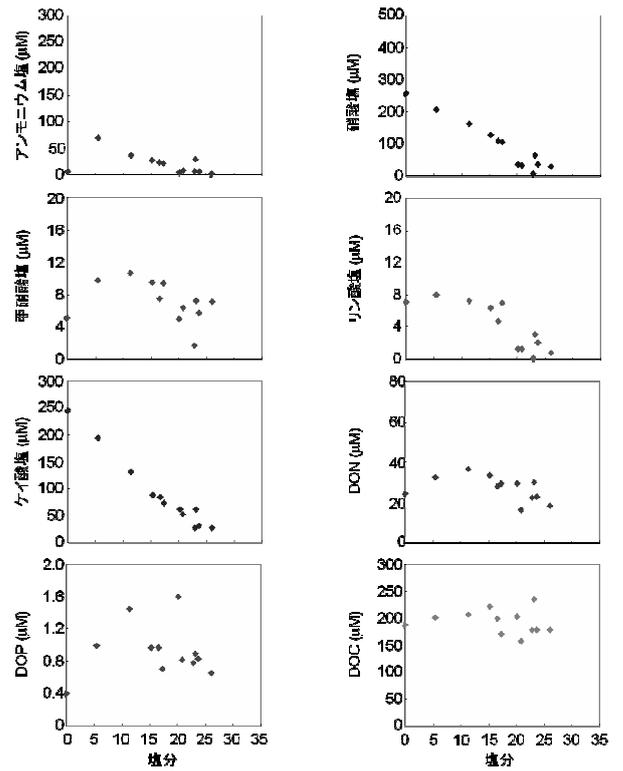


図-5 2007年8月調査における、各溶存成分と塩分のプロット（ミキシングダイアグラム）

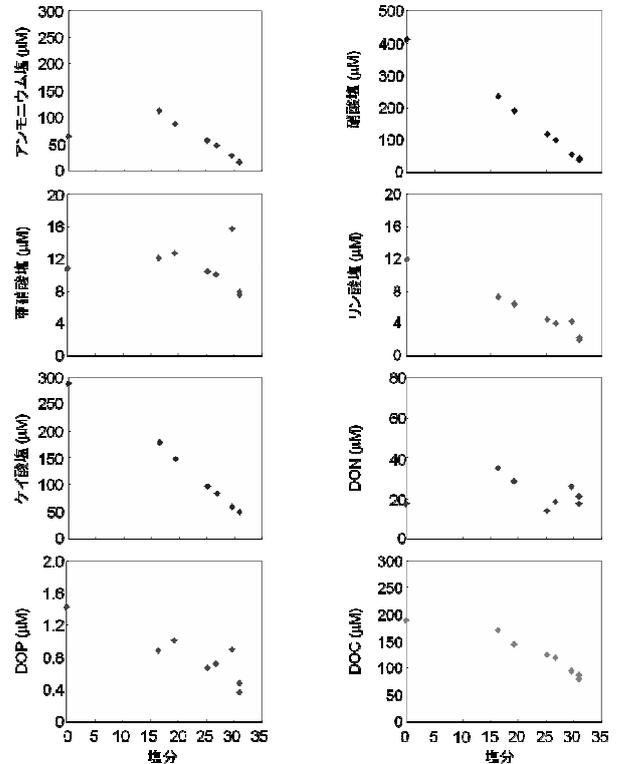


図-6 2007年12月調査における、各溶存成分と塩分のプロット（ミキシングダイアグラム）

図-7, 8 に観測点 M2 と L6a の表層についての月ごとの濃度推移を示した。アンモニウム塩, 亜硝酸塩, 硝酸塩, リン酸塩, DOC, DON では概ね冬に濃度が高く夏に濃度が低下するパターンに従っており, これは陸域由来の淡水中の各成分濃度の季節変化を反映したと考えられる。ただし, 夏季の濃度低下は台風9号による増水に伴う希釈効果も複合している点に留意されたい。ケイ酸と DOP では季節変動のパターンは明瞭ではなかった。最上流の田園調布堰でもアンモニウム塩を除き, このパターンがみられた。アンモニウム塩については田園調布堰では濃度が低く, 季節変動パターンも異なっていたが, 下流で著しく濃度が上昇すると共に上述の季節変動パターンもあらわれるようになっていた。従って, 他の栄養塩とは異なり, アンモニウム塩は河川水そのものに由来するだけでなく, より大きな何らかのソースが最下流部に存在することが考えられる。

また M1 では亜硝酸塩濃度が他の点より高く, 季節変動パターンも海側の他の測点と異なっていた。これは2006年度の結果と同様に森が崎下水処理場ないし隣接する運河域に亜硝酸塩のソースがあることを強く示唆する。このことは図-5, 6 のミキシングダイアグラムでも示されている。

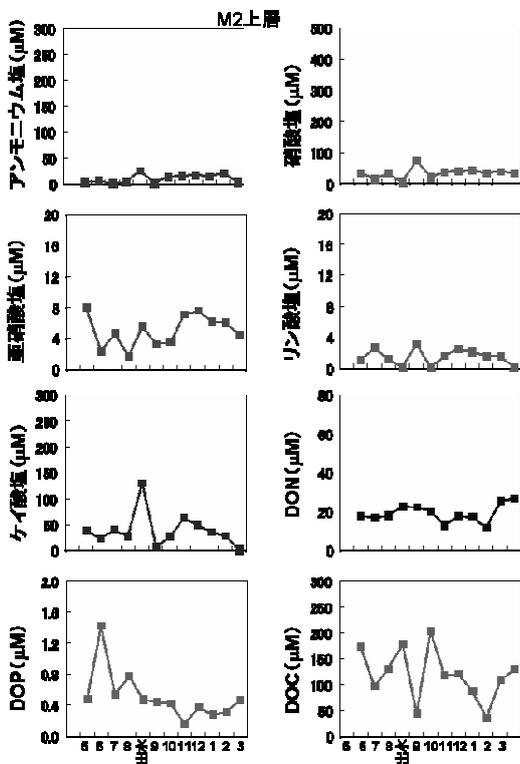


図-7 M2 表層における各成分濃度の月ごとの推移

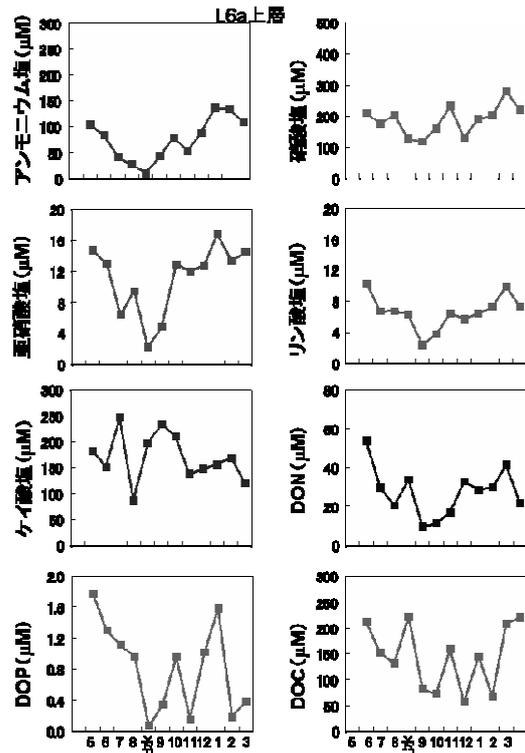


図-8 L6a 表層における各成分濃度の月ごとの推移

(2) クロロフィル

図-9 に各測点における Chl a 濃度の月ごとの推移を示した。海側に位置する M1, M2, M3, M4 では, 5, 7-9月の表層および中層で Chl a 濃度は非常に高く 30~90 $\mu\text{g/L}$ 程度の赤潮状態となった。しかし, 同じ地点の底層ではこの期間においても濃度は非常に低く, 10 $\mu\text{g/L}$ 以下であった。一方, 10月から3月の表層・中層では総じて 30 $\mu\text{g/L}$ よりも低く, 特に冬季はいずれの水深でも同程度の低い濃度であった。以上の結果は, 春季から夏季に高く冬季には低くなるという東京湾奥表層での一般的な季節変化と一致していた。ただし, いずれの観測点でも6月には 25 $\mu\text{g/L}$ 以下の低濃度であった。この濃度低下の原因は今のところ特定できていない。

河口域の内部(多摩川寄り)に位置する M6, M8, L6a における Chl a 濃度は, 湾奥域よりも総じて低濃度であった。これらの観測点の水深はいずれも 5m よりも浅いが, M6, M8, L6a の順で深くなっており, 水深が深いほど Chl a 濃度が高くなる傾向を示した。また, 表層と底層の差はあまり見られなかった。さらに, いずれの観測点でも8月に 60 $\mu\text{g/L}$ 程度の最高値を示し, それ以外の月では 30 $\mu\text{g/L}$ より低濃度で推移した。季節変化は海側よりも不明瞭で, 塩分が低くなった7月には低濃度になるなど河川の影響も受ける複雑なパターンを示した。また, 田園調布堰における Chl a 濃度は 10 $\mu\text{g/L}$ を超えず, 季節変化は不明瞭であった。この観測点を河川域の代表値とすると, 河口域の M6, M8, L6a はむしろ東京湾の湾奥

域の影響を大きく受けていると考えられた。なお、台風9号が通過した直後の調査結果では、田園調布堰を除くいずれの観測点においても定常時よりもChl a濃度は低くなり、増水による希釈効果が見られた。

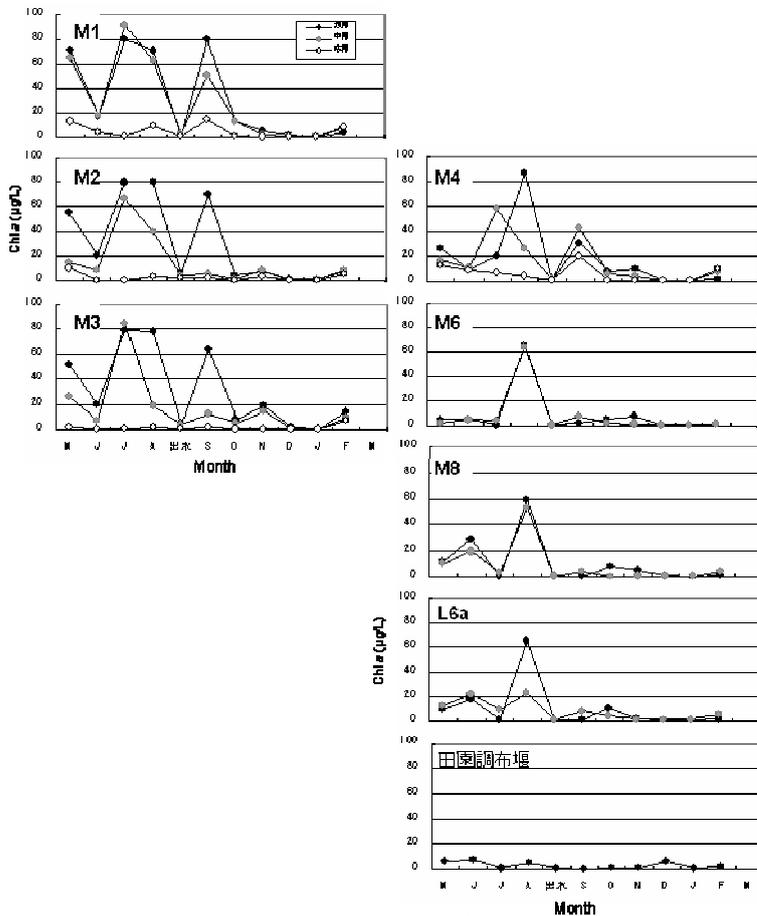


図-9 各観測点におけるChl a濃度の月ごとの推移

4. まとめ

2006年度は夏季を中心に水柱の溶存成分の空間変動の詳細な観測を行った。その結果、水質については多くの成分で予想外に塩分との関係が保存的で、陸水と海域水の混合過程で濃度変動の概略が説明できることが分かった。このことは2007年度に行った各月での観測でも確認された。2007年度の観測では、観測点数を絞ったために空間分布については必ずしも明瞭でない部分もあるが、亜硝酸塩などでみられた森が崎の下水処理場の放流水によるとみられる負荷は2007年度においても同様に示されている。河口域の前置斜面上の貧酸素層に対応する高濃度のアンモニウム塩やリン酸塩層については2007年度の調査では必ずしも明瞭ではなかったが、平成20年度に予定されている貧酸素層の集中観測によってその詳細な動態が明らかになると考えられる。2007年度の主要な目的であった季節変動パターンについては、栄養塩類・溶存有機物では河川水の変動が大きく影響し、逆に植物プランクトン現存量は海側の変動が大きく影響して

いた。下水処理水や多摩川本流以外の陸域からの負荷、堆積物からの溶出などのプロセスに留意しつつも、主に海域と河川のエンドメンバー（複数の起源水が混合している場合の一方の起源水）における時間変動を解析することが、多摩川河口域における溶存物質濃度の時空間変動解析の基盤となることが判明した。今後は各分野で得られているデータを相互に検討し、海水・陸水の流動過程の情報と照らし合わせたより詳細な変動パターンの解析や、生物群集の変動との関連についての解析を進めていきたい。

2-3 生元素循環に関わる各フラックス測定のための実験的解析

小川浩史・碓井敏宏 (東京大学海洋研究所)

1. 調査研究の概要

羽田周辺海域における物質循環の特徴を明らかにするためには、栄養塩、有機物などの物質の分布と起源、時空間変動を調査することが必要であるが、それだけでなく、それらの物質の生成消費の速度（フラックス）そのものを測定することも重要である。水及び堆積物中の有機物分解に従い酸素が消費されるが、それは海域の貧酸素化をもたらす重要な過程である。また分解に伴い栄養塩が再生するが、栄養塩は光合成の基質となるので富栄養化を促進する作用がある。そのため、本研究においては水及び堆積物試料を採取して培養実験を行い、酸素消費および栄養塩再生の活性を測定した。

2006年度は夏季に羽田周辺水域の5地点で堆積物コア培養実験を行い、空間的な変化を調査した。2007年度は、年間を通じた変動を把握することを主な目的として年4回、5月、8月、11月、2月に実験を行った。

過去にも東京湾及び多摩川河口域において堆積物一直上水間の酸素及び栄養塩のフラックスに関する研究が行われてきたが、時間的・空間的な変化に関する情報は少なく、また $\text{Si}(\text{OH})_4$ のフラックスの報告例はないのが現状である。

本研究により、羽田周辺水域における堆積物における酸素消費、栄養塩生成消費の活性の時間的・空間的な変化を引き起こす要因として、温度、堆積物の性状(含水率)、直上水の DO 及び NO_3^- 濃度、大型のベントス（アサリ）の活動が寄与していることが明らかとなった。河口域の浅場では堆積物において無機態窒素が消費されていることが多く、また堆積物からの PO_4^{3-} の溶出フラックスも低かった。一方、より水深が深い観測点では、堆積物は直上水に対する無機態窒素と PO_4^{3-} のソースとなっていた。これらは 2006 年度の夏季の調査で示されていたことであるが、2007 年度調査により、他の季節にも同様の現象が見られることが明らかとなった。沿岸の堆積物、特に夏季の堆積物は栄養塩負荷源と考えられることが多いが、多摩川河口域の浅場の堆積物は、水質悪化を抑制する方向へ働いていたと考えられた。

また水中における酸素消費、栄養塩生成消費に関しては、温度と POC 濃度が活性に影響を及ぼす要因であることが分かった。水柱の単位面積あたりの酸素消費及び栄養塩生成速度を算出し堆積物と比較したところ、水深が

深い M2 及び M4 では堆積物よりも水柱が酸素消費や栄養塩生成消費の場として重要であることが多かった。特に夏季にはその傾向が顕著であった。一方水深が浅い河口域の M6 と M8 では、堆積物での活性の方が重要であることが示された。

2. 調査研究内容

5月、8月、11月、2月に、M2、M4、M6、M8の4地点で試料を採取し(図-1)、実験室に持ち帰って培養を行った。水試料(表層水、中層水、底層水)は $200\mu\text{m}$ メッシュのプランクトンネットを通して粗大粒子を除去した後、流量を調整した窒素ガス及び酸素ガスを通気して DO を現場の値に調整した。その試料を6本の BOD ビンに分注し、暗条件、現場水温で振とうし培養を行った。BOD ビンに入れる際には、酸素濃度が変化しないようビンの容量の3倍の試水をオーバーフローさせて分注を行った。培養開始から0日、2日、5日目に2本ずつ試料を採取し、1本はウインクラ法による溶存酸素濃度の測定に使い、残り1本の試水をワットマン GFF ろ紙でろ過して、ろ液を栄養塩濃度の分析用とした。またろ過後のろ紙を懸濁態有機炭素(POC)、窒素(PON)濃度の測定用試料とした。これらの試料は分析まで冷凍保存した。

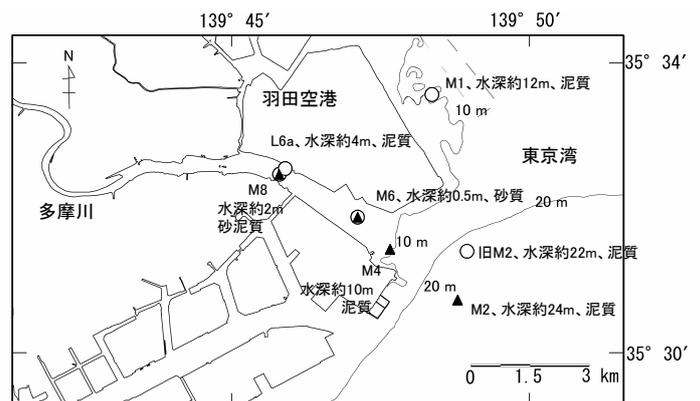


図-1 培養実験を行った調査点(多摩川河口域及び羽田沖)

○2006年度、▲2007年度

堆積物コアは、直上水(現場底層水をワットマン GFF ろ紙でろ過して作成)の DO を現場より飽和度で約 10% 程度高い値に調整し、現場水温、暗条件で3から5時間程度、培養実験を行った(図-2)。培養中、コア内の直上水を攪拌子を用いて混合し続けた。培養開始時と終了時

に直上水を採取し、ウインクラー法により溶存酸素濃度を測定し、また GFF でのろ過を行い栄養塩分析用のろ液を得た。ろ液は分析まで冷凍保存した。水培養試料及び堆積物直上水の、溶存酸素、栄養塩 (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , $\text{Si}(\text{OH})_4$ 、ただし水培養試料に関しては培養用のガラス容器からのコンタミネーションがおこるため $\text{Si}(\text{OH})_4$ の測定は行わなかった) の培養中の変化から、それらの物質の生成消費速度を算出した。また堆積物コアに関しては、培養終了時に、深さごとに切り (0-1, 1-2, 2-4cm)、含水率を測定して、そのデータを、堆積物-直上水間物質フラックスの制御要因の解析に用いた。

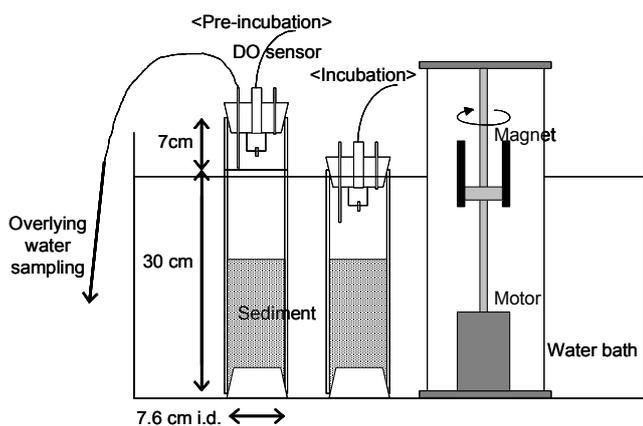


図-2 堆積物コア培養実験装置

3. 調査研究結果

調査地点のうち最も水深が浅い M6 は砂質であり、M8 は砂泥質から泥質、L6a は泥質で、より水深が深い湾内の点 (M1, M2, 旧 M2, M4) も泥質であった。現場の環境に合わせて培養を行ったため、培養温度は夏季及び水深の浅い地点で高くなった。直上水の溶存酸素濃度は夏季に低く、特に 2006 年度の M1 及び旧 M2 は無酸素に近い条件で培養を行った。培養時の NO_3^- 濃度は、河口域の地点 (M6, M8, L6a) の方が湾内より高かった。

図-3 と 4 に直上水-堆積物間の酸素・栄養塩フラックスと、培養温度、堆積物の含水率、直上水の DO 及び NO_3^- 濃度との関係を示した。堆積物で酸素や栄養塩の消費が起こった場合を、マイナスのフラックスとした。2007 年 8 月の M6 の堆積物にはアサリが生息しており、図中ではその時のフラックス測定結果を楕円で指し示した。堆積物では酸素消費が起こっており、2007 年 8 月の M6 で最も消費速度が高かった。アサリのような大型のベントスが存在すると、ベントス自身の呼吸や NH_4^+ 排泄が起き、さらにベントスの運動により堆積物間隙水と直上水との溶存物質交換が促進されることが知られている。2007 年 8 月の M6 においてはアサリの活動があり、また培養温度も最高で堆積物中の微生物の活性も高かったため、

酸素消費が最大になったと考えられた。

NO_3^- のフラックスは、堆積物での消費となっていた場合が多かった。しかし 2007 年 11 月と平成 20 年 2 月には河口域の浅場の地点 (M6 と M8) で堆積物から直上水への放出が見られた。消費活性は 2007 年 8 月の M6 で最も高かった。 NO_3^- は堆積物中では主に脱窒等の異化的硝酸還元により消費される。この過程は嫌気環境化で、微生物が酸素の代わりに NO_3^- を電子受容体に用いて有機物を酸化する嫌氣的な呼吸過程で、温度が高く、堆積物中の嫌気環境が発達し (砂質より泥質の堆積物、冬季より夏季)、基質となる NO_3^- の濃度が高い環境で活性が高くなることが知られている。またベントスの活動は直上水から堆積物への NO_3^- の供給を促進し、硝酸還元活性を高めることが多い。2007 年 8 月の M6 で消費活性が最高になったのは、これらの要因が働いたためと考えられた。その他の場合でも、温度及び直上水の NO_3^- 濃度が高い環境の方が、消費活性が高い傾向がみられた。

一方、 NO_3^- は微生物による硝化により、 NH_4^+ から生産される。 NH_4^+ を NO_3^- に変える過程は酸化過程であり、基質として酸素が必要である。沿岸においては、おおむね NH_4^+ は十分に堆積物中に存在し、堆積物中の好氣的な環境の発達が硝化にとり最も重要な環境要因であることが多い。秋季及び冬季に堆積物からの NO_3^- の放出が見られたのは、温度の低下に伴い堆積物に好氣的な環境が発達し、硝化の活性が高まったためと考えられる。

NH_4^+ 及び PO_4^{3-} は有機物の分解に伴い生成し、温度が高いとその活性が高まる。堆積物において、 NH_4^+ は硝化により消費され、 PO_4^{3-} は好気条件化で酸化鉄と結びついて不溶化する。酸化的な環境では、これらの成分の堆積物からの溶出が抑制される。変動が大きいものの、 NH_4^+ と PO_4^{3-} に関しては、温度と堆積物の含水率が高く、直上水の酸素濃度が低い場合に、高い溶出フラックスが見られることが多かった。それらの状況では堆積物中に嫌気環境が発達しやすいためであると考えられる。また NH_4^+ に関しては 2007 年 8 月の M6 にも高いフラックスが見られ、アサリの活動の影響があったものと考えられた。

$\text{Si}(\text{OH})_4$ の堆積物から直上水へのフラックスは、冬季及び含水率が低い堆積物 (泥分が低い堆積物) で低くなる傾向があった。温度が低いと堆積物での粒子態のケイ素の溶存態への溶解速度が遅くなることが知られている。また珪藻の殻等を起源とする生物ケイ酸は堆積物中の溶存態のケイ酸の主な起源であるが、シルト+粘土画分に珪藻の殻は存在するため、泥質の堆積物の方が生物ケイ酸の含量が高く、それが底質の性状による $\text{Si}(\text{OH})_4$ フラックスの変化に寄与していたと考えられた。

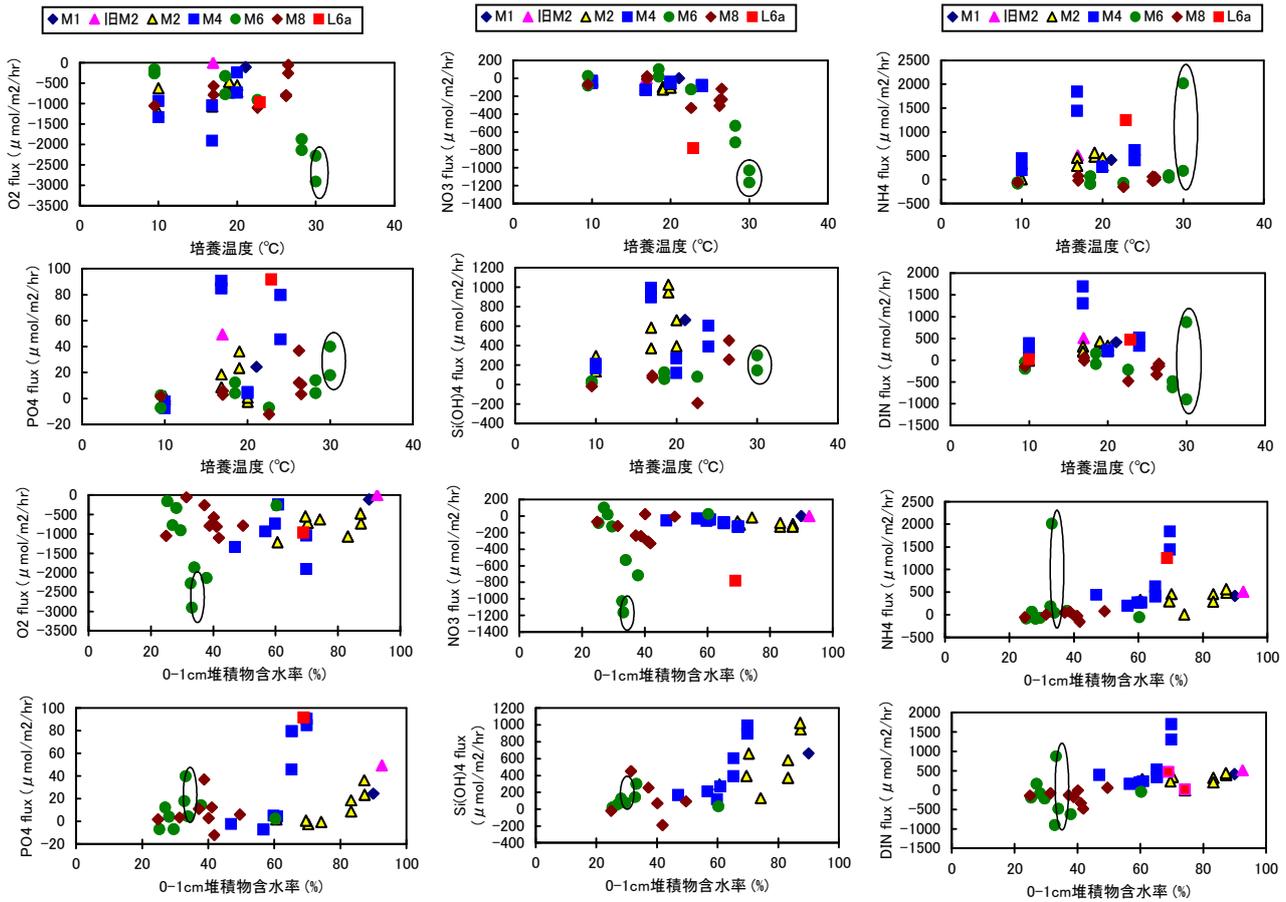


図-3 直上水-堆積物間の酸素・栄養塩フラックスと培養温度、表層 0-1cm の堆積物の含水率の関係

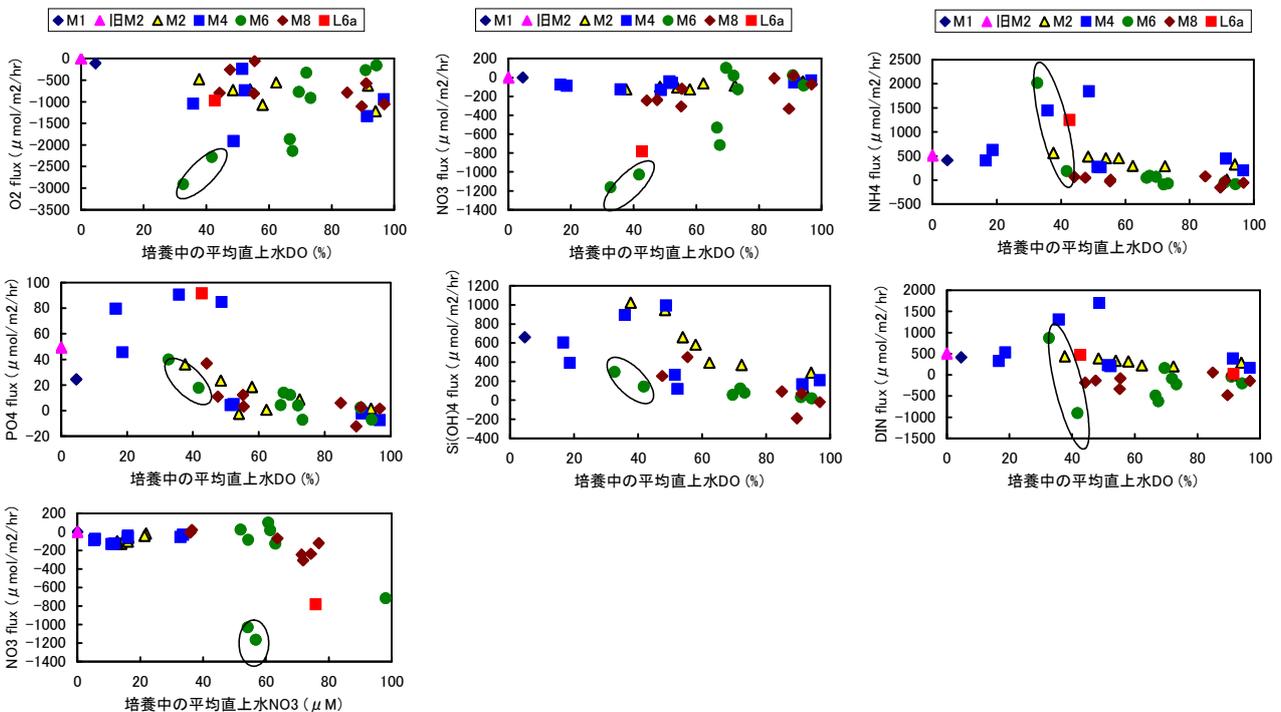


図-4 直上水-堆積物間の酸素・栄養塩フラックスと、培養中の直上水の DO 及び NO_3^- 濃度の関係
直上水の濃度として培養中の平均値を使用

溶存無機態窒素 (DIN) 全体でのフラックス (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ のフラックスの和) を見てみると, 河口域の浅場である M6, M8 では堆積物への窒素取り込みになっていることが多かった. 一方より深い観測点では堆積物は直上水に対する窒素のソースとなっていた. 前者では NO_3^- の消費のフラックスが高いこと, 後者では NH_4^+ の溶出が大きいためこの様な結果となった. M6, M8 は窒素

除去が起こっているだけでなく, PO_4^{3-} の溶出フラックスも低い. これらは 2006 年度の培養実験で示されていたことであるが, 2007 年度調査により, 他の季節でも同様の現象が見られることが明らかとなった. 沿岸の堆積物, 特に夏季の堆積物は栄養塩負荷源と考えられることが多いが, 多摩川河口域の浅場の堆積物は, 水質悪化を抑制する方向へ働いていたと考えられた.

表-1 東京湾および多摩川河口域における直上水-堆積物間の酸素・栄養塩フラックス

観測点	水深 (m)	観測月	フラックス ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{hr}$) ^a					出典
			O_2	$\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$	NH_4^+	PO_4^{3-}	$\text{Si}(\text{OH})_4$	
湾北部三番瀬1地点	1~3	1-2ヶ月間 隔1年間	- ^b	-23~410 ^c	-88~430	- ^b	- ^b	左山(1996)
湾北部三番瀬沖1地点	10	1-2ヶ月間 隔1年間	- ^b	-113~ND ^{c,d}	30~450	- ^b	- ^b	左山(1996)及び Sayama et al. (2001)
東京湾中央部1地点	15	9, 12月	- ^b	- ^b	417~629	49.2~5.0	- ^b	鈴木ほか(2003) ^f
湾北西部4地点	12~25	9月	- ^b	ND ^d	100~230 ^e	11~34	- ^b	松梨(1996)
湾中央部2地点	23~33	9月	-1580~-1440	-69.6~-31.5	- ^b	- ^b	- ^b	Nishio et al. (1982)
羽田沖4地点	10~25	5, 8, 9, 11, 2月	-1910~ND ^d	-144~0.40	10.8~1840	-7.38~90.7	118~1020	本研究
多摩川河口域1地点	0.5~2	5, 6月	-6430~-3820	-1380~-1020	- ^b	- ^b	- ^b	Nishio et al. (1982)
多摩川河口域1地点	0.5~2	5, 12月	- ^b	1190~-282	- ^b	- ^b	- ^b	Nishio et al. (1983)
多摩川河口域1地点	0.2~0.3	2, 5月	-3770~-704	-1020~-91	-595~-191	- ^b	- ^b	碓井 (1998)
多摩川河口域3地点	0.2~4	5, 8, 11, 2月	-2910~-58.0	-1140~90.4	-152~2010	12.2~91.7	-191~453	本研究

^a: 直上水から堆積物へ取り込まれた場合を負の値で表示.

^b: 測定せず.

^c: 原典では NO_3^- のフラックスと表記されていた.

^d: 「ND」は測定を行ったが検出限界以下の場合.

^e: 原典では DIN フラックスとして値が示されているが, NH_4^+ が主体.

^f: 直上水及び間隙水中の濃度の鉛直分布から分子拡散によるフラックスを計算. 他の研究では全てコア培養によりフラックスを測定.

本研究で得られたフラックスと, 過去の研究で示されている値との比較を行った (表-1). 本研究の東京湾内及び多摩川河口域の NH_4^+ の溶出速度, 及び多摩川河口域の NO_3^- の溶出速度は, 過去の報告値より高かった. 他の項目に関しては報告値の範囲内であった.

図-5 に, 水試料の培養で得られた酸素消費及び栄養塩生成速度と培養水温, 懸濁態有機炭素 (POC) 濃度との関係を示した. 温度及び POC 濃度の上昇に伴い, 酸素消費及び NH_4^+ 及び PO_4^{3-} 生成速度が増加する傾向があることが明らかになった. 一方 NO_3^- は, 水温及び POC 濃度が高い場合に消費活性の増加が見られた. 水温及び POC 濃度が高いと無機化が盛んになり, NH_4^+ 及び PO_4^{3-} の生成速度が上がると考えられる. またこのとき NO_3^- は, 脱

窒等の異化的硝酸還元に使われて消費されたと思われる. 2007 年度の水試料培養の大半は, 現場の状況にあわせ無酸素でない条件で培養を行い, NO_3^- 消費活性が高い試料も無酸素ではなかった. しかし好氣的な水中でも, 懸濁物の内部には有機物分解に伴う酸素消費のため嫌氣的な場が生成されることが知られており, そのような場で NO_3^- の還元が起こったと考えられる. 酸素と共に NO_3^- も有機物分解の基質として使われていたと考えられた.

表層水, 中層水, 底層水で得られた酸素消費及び栄養塩生成速度と (ただし M6, M8 は水深が浅いため表層と底層のみ採水及び培養を行っている), 各層の試料を採水水深のデータを用いて, 水柱の単位面積あたりの酸素消費及び栄養塩生成速度を算出した. 水柱あたりの活性は

水深が深い M2 及び M4 で高く、それらの地点では堆積物よりも水中が酸素消費や栄養塩生成消費の場として重要であることが多かった。特に夏季にはその傾向が顕著であった。一方水深が浅い河口域の M6 と M8 では、堆積物での活性の方が重要であることがわかった。

4. まとめ

本研究により、羽田周辺水域における堆積物と水中における酸素消費・栄養塩生成消費の活性の年間を通じた変化が明らかになった。さらにそれらの変化を引き起

す要因についても知見が得られた。

今回の成果は、羽田周辺水域における水質に関する数値モデルを作る際に必要とされるものである。また、貧酸素水塊の発達プロセスの研究にも役立つ。今後は、さらに調査を継続して環境要因と活性の関係をより明確にすると共に、ベントス調査とも連携し、直上水-堆積物間の物質フラックスに対するベントスの寄与をより定量的に明らかにすることが必要と考えられる。

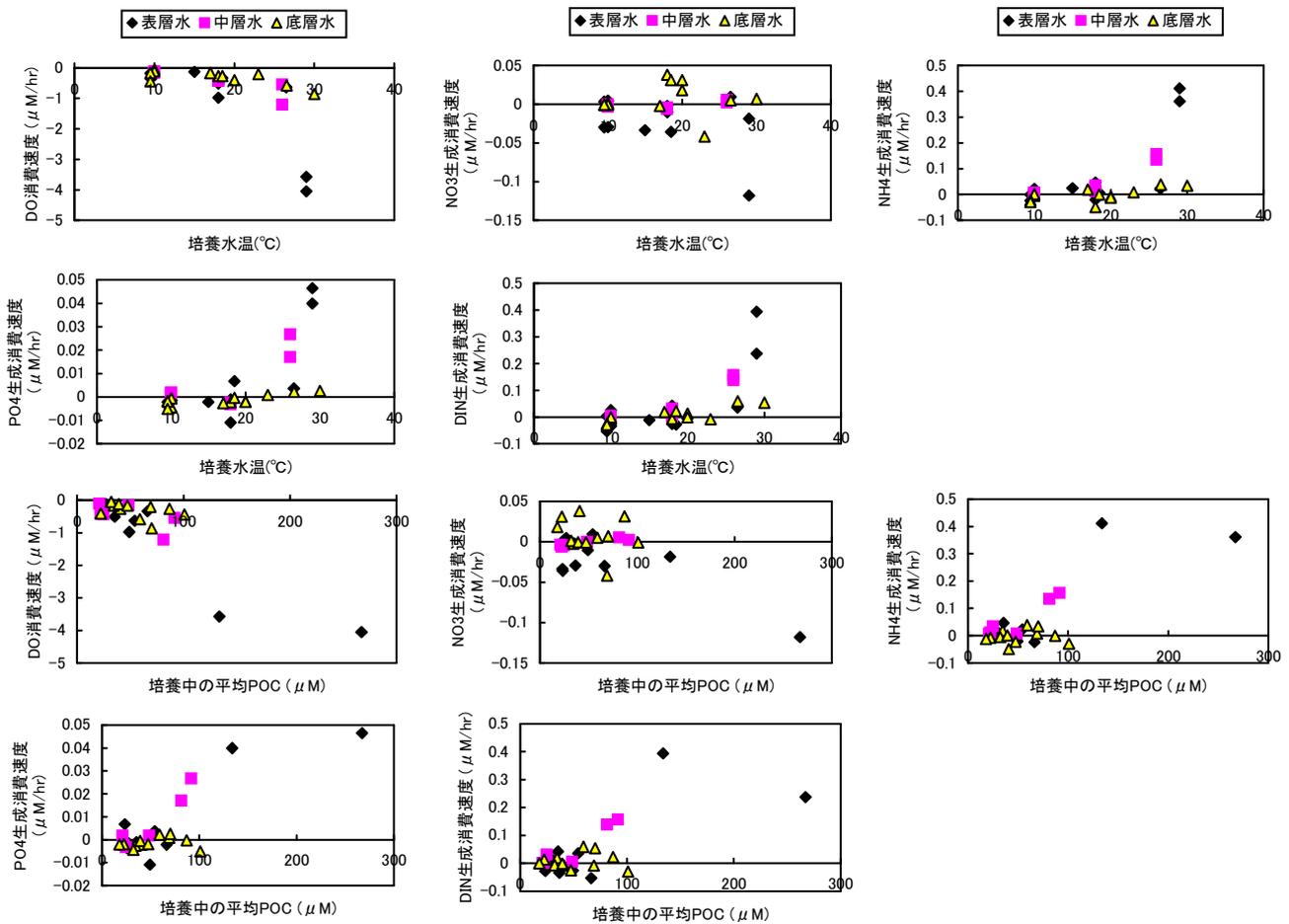


図-5. 2007年度の水試料培養実験における、酸素消費及び栄養塩生成速度と培養水温、培養中のPOC濃度の関係
POC濃度として培養中の平均値を使用

3-1 河口域・前置斜面ベントス調査

風呂田利夫（東邦大学），齊藤 肇（水産総合研究所）

1. 調査研究の概要

ベントスは河口部の干潟や浅海底の代表的生物群で、生物生産や物質循環において極めて重要な影響を有している。また、底質表面あるいは内面で長期的に生活するため、底質や水質等環境の影響によりその存在が大きく変化するため、環境現状を把握し、その変化の評価において、ベントス群集の長期的変化の追跡は不可欠な研究課題である。

多摩川河口周辺においては、2007年度より着工された新滑走路建設により、海域の地形的環境が大きく変化すると同時に、多数の橋脚と暗空間の出現がベントス幼生の分散と回帰過程が影響を受け、結果として河口域のベントス群集の再生産に影響する可能性がある。また、地形的変化やそれに関連した底質や水質の長期的変化により、ベントス群集の構造が変化する可能性もある。

今年度の調査は、河口とその周辺におけるベントス群集とその幼生の出現状況について、長期的モニタリング調査の一環として実施された。また、今回の結果をさらに詳細に解析することにより、多摩川河口周辺水域におけるベントス群集構造における、種構成ならびにその地理的特徴の把握を目指す。

2. 調査内容

ベントスの調査は2007年の春（5月）に行われた。河口域上流流軸に1測点、河口干潟（大師橋下流）に7測点、河口浅場とその周辺に7測点、河口干潟（大師橋上流）に12測点、前置斜面に6測点において0.1m²のベントスが4回採集され、計132サンプルを得た。

またプランクトン幼生については、2007年5, 7, 9, 11月および2008年1, 3月のそれぞれ大潮と小潮時に海域2測点、河川内2測点において、網目幅100μmと330μmのノルパックネットを用いて行った。

3. 調査結果

(1) ベントス

全体で刺胞動物門3種群（種群とは：種と種まで同定できないより高次の分類群）、扁形動物門1種群、紐型動物門5種群、環形動物門60種群、軟体動物門腹

足綱9種群、軟体動物門二枚貝綱22種群、節足動物門25種群、箒虫動物門1種群、棘皮動物門2種、ベントスではないが魚類が3種、計128種群が同定された。分類群としては、環形動物門が最も多く、次いで軟体動物門が優勢した（図-1）。

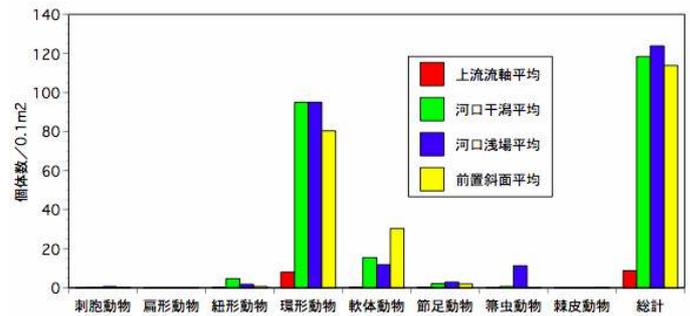


図-1 動物分類群の出現状況（個体数）

重量的には軟体動物（とくに二枚貝類）が河口浅場と河口干潟で多かった（図-2）。

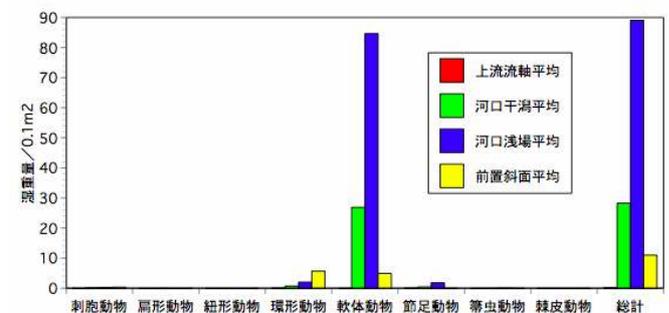


図-2 動物分類群の生息状況（湿重量）

今回、河口上流部の干潟のベントス群集の特徴を把握するために、大師橋上流の2か所の干潟干潟の調査も行った。その結果河口域特有种として、カワゴカイ属、イトメ、ホソイトゴカイ、ヤマトスピオ、ヤマトシジミ、ソトオリガイ、エドガワミズゴマツボ（ウミゴマツボ）、ムロミスナウミナナフシの出現があった。大師橋下流の河口干潟とベントスの種構成は類似しているものの、アサリやマテガイなど海水域に生息するベントス種の出現はほとんどなく、一方低塩分環境を好むイトメの出現など、より汽水域としての特徴が強い構成であった。

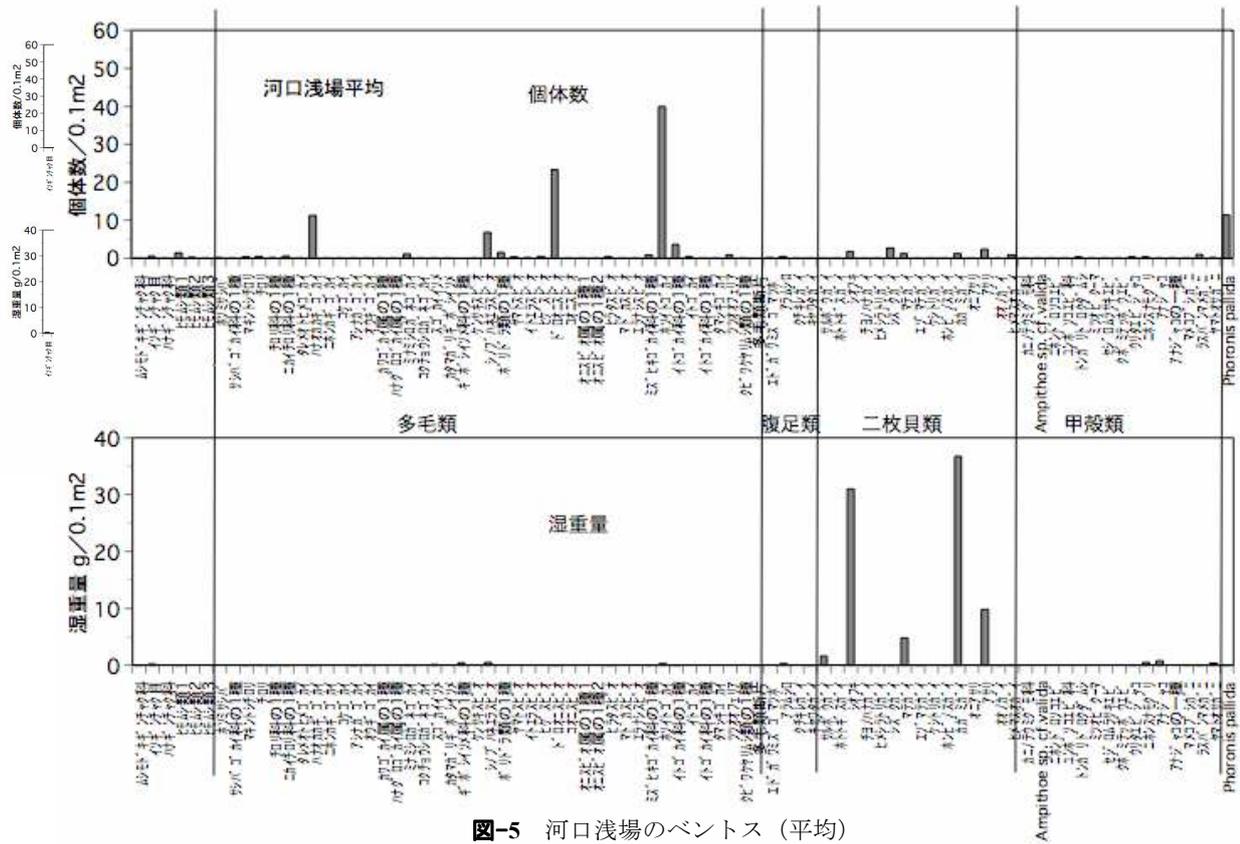


図-5 河口浅場のベントス (平均)

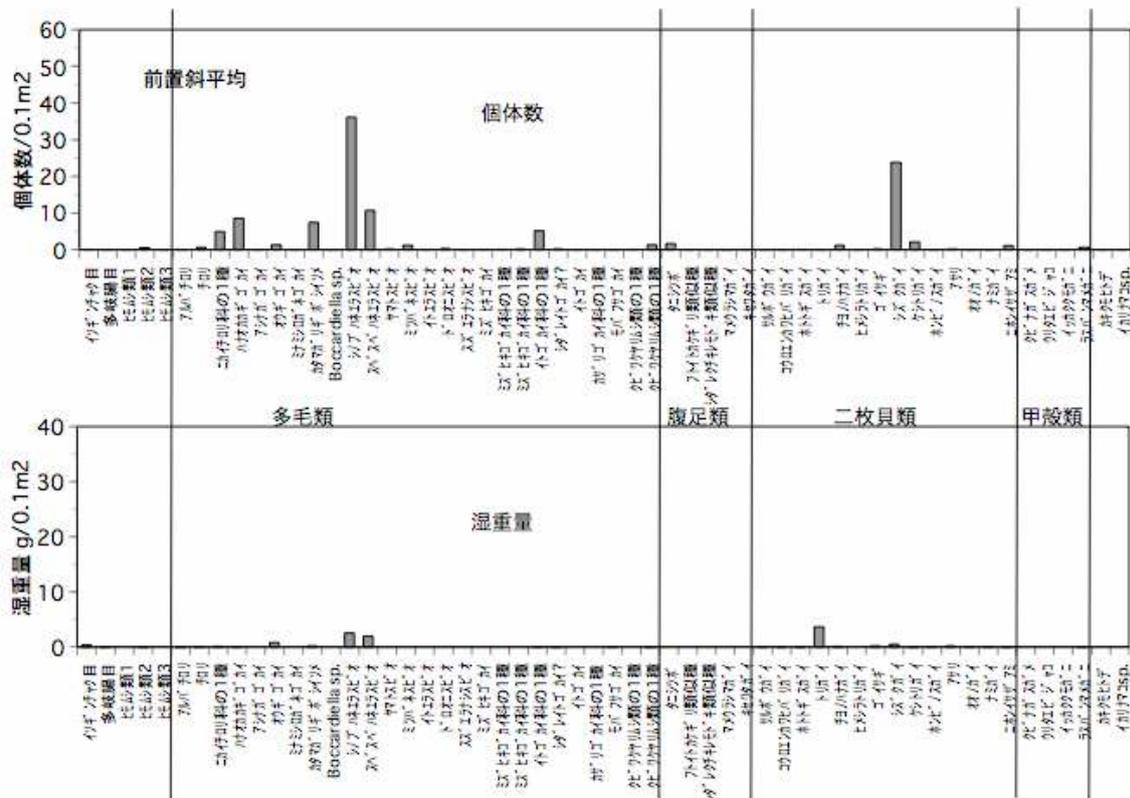


図-6 前置斜面のベントス (平均)

(2) プランクトン幼生

出現種類（分類群）数は、100 μ mのネットで軟体動物3種類、環形動物7種類、節足動物36種類（内、十脚目甲殻類34種類）を含む55種類であり、330 μ mのネットで軟体動物2種類、環形動物7種類、節足動物38種類（内、十脚目甲殻類36種類）を含む56種類であった。

出現した幼生プランクトンのうち、種レベルまで同定することができたのは、100 μ mと330 μ mいずれのネットでもハサミシャコエビ、イッカクモガニ、マメコブシガニ、ラスバンマメガニ、コメツキガニ、チゴガニ、ヤマトオサガニ、クロベンケイガニ、アナジャコであった。また、100 μ mのネットではヤマトシジミと考えられる二枚貝の幼生が採集された。

これらのうち、河口干潟に生息する種の多くは春から夏にかけて幼生が出現した。ハサミシャコエビとヤマトオサガニ、マメコブシガニは5、7月に出現し、前2種では7月、後1種は5月に多かった。チゴガニとクロベンケイガニは5、7、9月に出現し、前種は5、7月に後種は7月に多かった。また、コメツキガニは5月の小潮時に少数出現した。アナジャコは3月に出現したが、特に小潮時に多かった。

一方、イッカクモガニは東京湾の平場の代表種であるが、ほぼ周年出現が確認され、特に5、7月に多かった。また、ラスバンマメガニも前浜干潟の前面などにみられる種であるが、ほかの種類とは異なり、11、1、3月にゾエア期幼生が出現し、3月にはメガロパ幼生も出現した。

上記、十脚目甲殻類以外で、多摩川河口干潟に生息する代表的生物として、ヤマトシジミと考えられる二枚貝の幼生が出現したが、出現時期は7月の小潮時であった。

4. まとめ

多摩川河口内では干潟や浅場域を中心に豊富なベントス（底生生物）群集が維持されている。ベントス群集はプランクトン幼生期をへて干潟や河床底に着底することで個体群の再生産（更新）が行われる。今回の調査では、昨年に比べベントス群集に大きな変化が見なれなかったことから、ベントス群集は安定的に維持されていることが示された。また豊富な幼生プランクトンの生息も確認され、この水域のベントス群集は幼生の分散と回帰過程を含め、東京湾と結びついた各種個体群の更新システムの存在が予想される。

新滑走路の建設は今年度から始まり、今年度の調査結果は建設開始時に相当する。したがって次年時以降の調査結果で、その影響を評価することになる。ベン

トスとプランクトン幼生双方の継続的モニタリング調査を通して、今後滑走路の建設が河口ベントス群集に与える影響を把握する必要がある。

【ベントスデータの解析】

ベントス群集の時間又は空間による変動は、異なる時間又は異なる場所で採集されたサンプルに含まれる生物種又は分類群の個体数の組み合わせから求められる類似度指数を用いて分析される。ベントスの生息状況は近傍であっても、均一に分布しているのではなく、個体数が局所的に多いところと少ないところのばらつきが特に著しい。このため、個体数のランダムな変動が存在することを十分に考慮しつつ、生物種又は分類群毎の個体数の組み合わせが明らかに異なっていることを示さなければ、時間又は空間による群集構造の違いを客観的に検出することができない。本調査では、数メートル規模の空間範囲から複数のサンプルを採取することによって、近傍空間の内部における個体数のランダムなばらつきに関するデータを得られるように配慮して調査を実施してきた。

新滑走路建設と関係した羽田周辺水域におけるベントス群集の時空間変動を分析するにあたっては、主に海外での環境影響評価調査で普及している Bray-Curtis 類似度をもとにした多次元尺度法（MDS法）を採用する。この方法を使用することによって、生物種又は分類群毎の個体数の組み合わせに基づく多次元データを2次元又は3次元の空間に座標化し、ベントス群集の時空間変動を視覚的に比較する。以上の分析は、市販ソフトウェアである PRIMER (E-PRIMER Ltd.)を用いて行うことができるが、これを使うには群集解析に関する専門知識が必要である。本ソフトウェアには、近傍空間内部における個体数のランダムなばらつきを考慮しながら、ベントス群集の時空間変動を統計的に判定するツールが実装されており、これを用いることによって、ベントス群集の変動を今までよりも客観的に判定することができると期待される。羽田周辺水域で実施されている調査では、河口干潟域、河口浅場域及び前置斜面の間でのベントス群集組成の違い、それぞれのエリア内部の異なる調査測線の間でのベントス群集構造の局所的な違いを分析すると共に、経年的なデータをもとにして、ベントス群集の時間的な変動について明らかにしていく。

また、本事業では、採集された底生動物の多くが種レベルまで同定されているという、通常的环境影響評価調査では得られない利点を活かし、生物の同定精度（すなわち、種・属・科・目などの分類群のうち、どのレベルで個体数を計数したか）とベントス群集の違

いの判定結果との関係について分析する。このような分析を行うことによって、ベントス群集の時空間変動を検出するために最低限必要な同定精度を推定する参考情報が得られる。

高い精度でベントスの生物種を同定できる人材は限られており、生物の同定精度は生物同定業務の費用を大きく左右することから、同定精度と検出力の関係についての知見を蓄積することは、今後羽田周辺水域のみならず、東京湾全体さらには沿岸域のベントス群集の調査研究において重要な成果が期待される。

【プランクトン幼生データの解析】

多摩川河口には、現在では極めて貴重なものとなった河口干潟特有のベントス群集が存在する。幼生プランクトン調査では、これらの維持に不可欠と考えられるベントスの幼生の分散、回帰過程に環境の変化が影響を及ぼす可能性を考慮し、河口干潟に生息するベントス幼生に着目し、それらの分布の時空間的変動の現状把握に努めてきた。

この結果今年度の調査で、干潟を象徴するカニ類の幼生の出現時季、分布、潮汐との関係などについて知見を得ることができた。しかし、これらの知見の多くは、生まれたばかりの幼生が分散する過程をとらえたものであり、沖合いから回帰する着底前の幼生については個体数密度が著しく低いためほとんど知見が得られておらず、今後、さらに採集方法に工夫を加え、着底直前の成長した幼生の採集により、回帰過程に関する調査を行う必要がある。また今後、干潟生物の消長をモニタリングしていくためには、産卵、回帰に関する情報（分布量-個体数の経年変化）も把握しておく必要があり、現在までに行われた調査結果などを踏まえながら効率的なモニタリング調査の内容を検討する必要がある。

3-2.1 重点底質調査（有機炭素・全窒素・有機態リン・無機態リン）

小川浩史・碓井敏宏（東京大学海洋研究所）

1. 調査研究の概要

水深の浅い沿岸域では、堆積物は物質循環に関して重要な役割を持つ場となっており、堆積物中の炭素、窒素、リンといった生物活動に関わりの深い物質の量と動態の把握は、当該海域の環境を理解する上で重要な事項である。羽田周辺水域では、2006年3月着工の羽田空港再拡張事業に伴い、底質環境に変化が生じる可能性があり、その変動の理解のためには、拡張工事の前から後まで継続的かつ詳細な調査を行う必要がある。

沿岸域の堆積物中の有機物の起源としては、主に、河川を通じた陸域からの供給と、水域内の光合成による生産（内部生産）の2つがある。起源の違いに伴い、有機物の元素組成や生化学的な性質が異なり、微生物による分解を受けやすいかなど物質循環過程における挙動が異なると考えられている。そのため沿岸域における堆積物中の有機物の分布と挙動を理解するためには、濃度変化だけでなく起源の違いも明らかにすることが重要と考えられる。本研究では、陸起源と内部生産起源の有機物を区別するための有効な指標として知られている、炭素、窒素の安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ ）の測定を行った。

堆積物中の主要なリンの形態としては、粒子態の無機リン（PIP）と有機リン（POP）がある。これらは堆積物へ供給される過程が異なるなど、挙動に違いがあるため、本研究においてはPIPとPOPを分けて測定を行った。

堆積物には、その上の水中から有機物等の物質が沈降して供給されるため、一般に有機物分解などの活性は堆積物表層の方が高く、それに伴い、物質の鉛直的な分布も表層で大きく変化する。堆積物中で起こっている諸過程を理解するためには、表層近くを細かく観測することが有用である。そのため本調査では堆積物コアを採取し、浅い層ほど細かな間隔でコアを切る方法を用いた。

羽田周辺水域において、2006年度には、5月末から6月初頭、8月、10月に底質の調査を行い、主に水平的な変動を明らかにした。2007年度は、年間を通じた変動を把握することを主な目的として年四回（5月、8月、11月、2月）の調査を行った。

この水域では堆積物中の炭素、窒素安定同位体比に関してWada et al. (1990)、小川ら(1994)、Ogawa & Ogura (1997)による報告があるが、本研究は浅場を含む空間的に詳細な調査を行い、また時間的な変化も観測した

点が新たな試みとなっている。

調査の結果、河口域側から湾内側にかけて、陸域からの懸濁物の供給もしくは河口域での懸濁物生産の影響が低下し、湾内での生産の影響が増大することによると思われる堆積物中の $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 、C/Nの変化が見られた。また堆積物のTOC、TN、POP含量と粒径の細かさの間に正の関係が見られ、さらに、水深が深い地点では、よりTOC、TN、POPが高くなる傾向があった。羽田周辺水域では、地形や流れといった堆積に関わる物理的な環境の違い、さらに直上水の酸素濃度がTOC、TN、POP含量の分布を決める主要な要因であると考えられた。PIP含量には粒径の細かさに対応した上昇に加えて陸域からの距離によると思われる低下が見られた。粘土鉱物由来のPIPと堆積物中でのPOP分解もたらされるPIPが細粒の粒子の堆積と正の関係があると共に、塩分の上昇や貧酸素に伴う堆積物からのリン酸態リンの溶出の影響が、沖に行くに従い増加しPIPが減少するためと考えられた。同様の結果は2006年度にも得られているが、2007年度は年4回の調査を行ったことにより、年間の多くの範囲でこれらの関係が成り立っていることを明らかにできた。

時間的な変動を見てみると、湾内の観測点で、出水に伴い陸域及び河口域から懸濁粒子・堆積物が供給されたことによると思われる底質の変化が見られた。一方河口域の点では、時間的な底質の変動があったものの共通の傾向はみられなかった。河口域では、水深が浅いことにより、少しの擾乱で日常的に底質が変動しやすいことや、水深や地形の小さな違いにより出水時に受ける影響が変動することがその理由と考えられた。いずれにせよ底質においても時間的な変動があることが示され、その機構や変動の幅、さらに空港拡張の影響を把握するためにはさらに観測を行う必要があると考えられた。

2. 調査研究内容

2007年5月、8月、11月、2月に、図-1に示した点でダイバーにより堆積物コアを採取し、0-1、1-2、2-4、4-6、6-10cmの深さでコアを切り、粒度組成、含水比、間隙水塩分、強熱減量、全硫化物、ORP、有機炭素（TOC）と全窒素（TN）の含量及びそれらの安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ ）、全リン・無機態リン・有機態リン（TP・PIP・POP）含量を測定した。

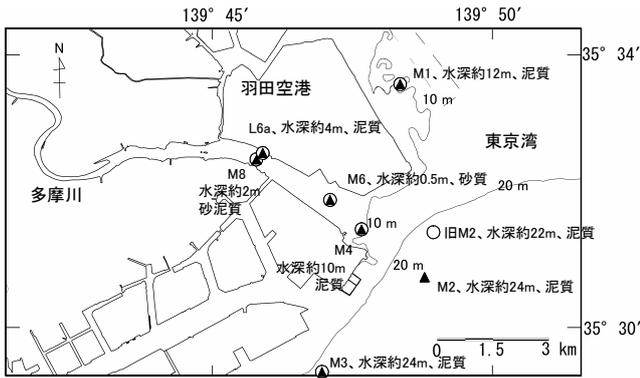


図-1 底質調査点 (多摩川河口域及び羽田沖)
○2006年度, ▲2007年度

3. 調査研究結果

底質の鉛直分布を見てみると、深さと共に強熱減量、TOC, TN, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, POP, PIP 低下し C/N が増加する場合と、深さに対し不規則な変化が見られる場合があった。これらはそれぞれ、堆積物での続成過程 (有機物分解やリン酸態リンの直上水への溶出に伴う無機態リン含量の低下) に伴う変化と、堆積した有機物の性状の時間的な変化によるものと思われる。ただしおおむね、鉛直的な変化は地点間の変化よりも小さかった。

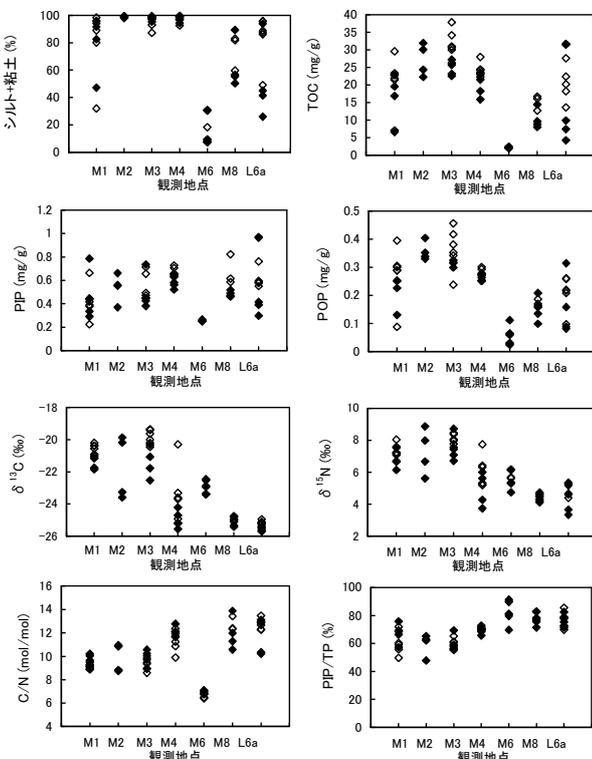


図-2 表層の底質 (0-1cm層) の観測地点間の変化
2006年度 (◇), 2007年度 (◆)

表層堆積物はより深い層の堆積物に比べ、有機物分解など堆積後の諸過程の影響が少ないため、その地点の環境を理解するために表層の値を見てみるのが有用だと思われる (図-2)。図-2には、2007年度だけでなく18年度に観測された値も示したが、年度による大きな違いは見られなかった。水深が深く沖側に位置する地点では、そうでない地点より底質の粒径 (シルト+粘土画分の割合で表示) が細かく、含水率が高く、強熱減量、TOC, TN, TP, POP も高かった。M6でC/N比が極小になったことを除けば、水深が深く沖側に位置する地点では、そうでない地点よりC/N比とPIP/TP比が低く、TOC, TNの安定同位体比が高かった。これらは基本的には懸濁物中の値の分布と共通する傾向であった。

堆積物の有機物及びリンの起源を明らかにするために、懸濁物と堆積物の $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, C/N, 無機態リン/全リンの比較を行った。例として観測点 M3 のデータを図-3に示した。

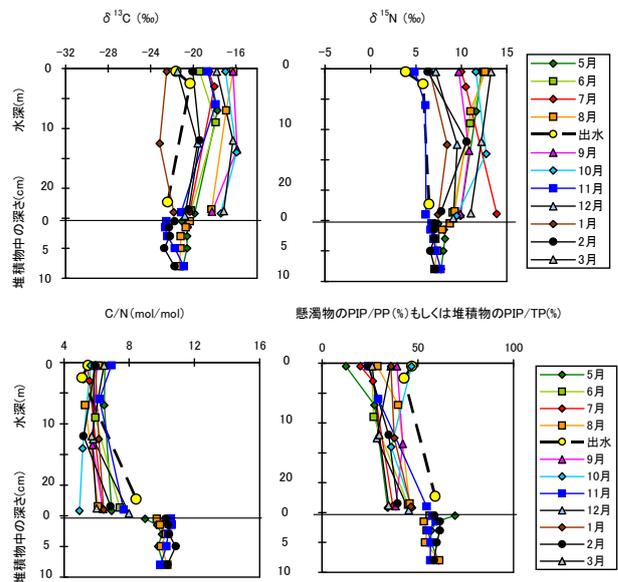


図-3 2007年度の観測点 M3 における懸濁物と堆積物中の有機炭素・窒素安定同位体比, C/N比, 無機態リン/全リン比の鉛直分布

地点ごとに見てみると、堆積物の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ は、おおむね水中の懸濁物の値の範囲に入っていた。C/Nに関しては、M6は堆積物の値が水中の値の範囲に入っていたが、他の6地点では堆積物の方がC/Nが高かった。無機態リン/全リンについては、堆積物の方が高かった。出水時においては懸濁物中のPIP/PP比が堆積物のPIP/TPと同程度に高くなるがあったが、これは「水質の時空間分布・動態・非正常過程に関する調査」で述べたように堆積物の巻きあがりの影響と考えられる。

無機態リン/全リンの比を変化させる要因として、まず

陸からの土壌粒子の供給の影響を考慮してみる必要がある。しかし調布堰の懸濁物は河口域のそれより無機態リン/全リンが低く（「2-2.1 水質（懸濁態物質）の時空間分布・動態・非定常過程に関する調査」参照），さらにまた堆積物より比が低い。よって，陸域からの粒子の供給により，堆積物の高い無機態リン/全リン比を説明することはできない。この比が堆積物で高いのは，堆積物では懸濁物よりも有機物の分解が進んでおり，有機態リンの減少が無機態リンの比率を高めたためと考えられる。ただ，河口域の方が沖側より堆積物の PIP/TP が高いことに関しては（図-2），河口域の方が陸域からの粒子の供給を受けやすい分，堆積物中での分解等が起こる前の状況での，ベースラインとなる値が高まる寄与していると思われる。

全ての地点の懸濁物と表層堆積物中の有機炭素・窒素安定同位体比，C/N 比の関係を図-4 に示した。なお2007年度だけでなく18年度に得られた結果も示したが，18年度の出水時の調布堰の懸濁物の C/N に高い値が見

られた他は，同様の結果となっていた。堆積物の $\delta^{13}\text{C}$ と $\delta^{15}\text{N}$ は，湾内及び河口域の懸濁物の範囲に入っていたが，C/N については堆積物は全体的に湾内及び河口域の懸濁物より値が高かった。一方2006年度の出水時の調布堰の懸濁物は C/N が高く（9.0-13.9）， $\delta^{15}\text{N}$ は低く（2.6-6.9‰），河口域の M8 および L6a の堆積物の値に近かった。2007年9月の出水時に得られた値は C/N が 8.5， $\delta^{15}\text{N}$ が 2.8‰であり，2006年度と異なっていたが，2006年度は出水による流量増加のピークの日を観測が行われたのに対し，2007年度はピークの2日後の観測であり，最も懸濁物の輸送量が多いピーク時の値ではなかった。2006年度の値が，調布堰を通して出水時に供給される懸濁物を代表しているとする，堆積物中の有機物の起源として出水時に陸域からもたらされるものが重要であることが考えられる。ただ堆積物の C/N が懸濁物より高いことに関しては，沈降した有機物が堆積物で分解を受け，その際に C/N が上昇したためという可能性もある。

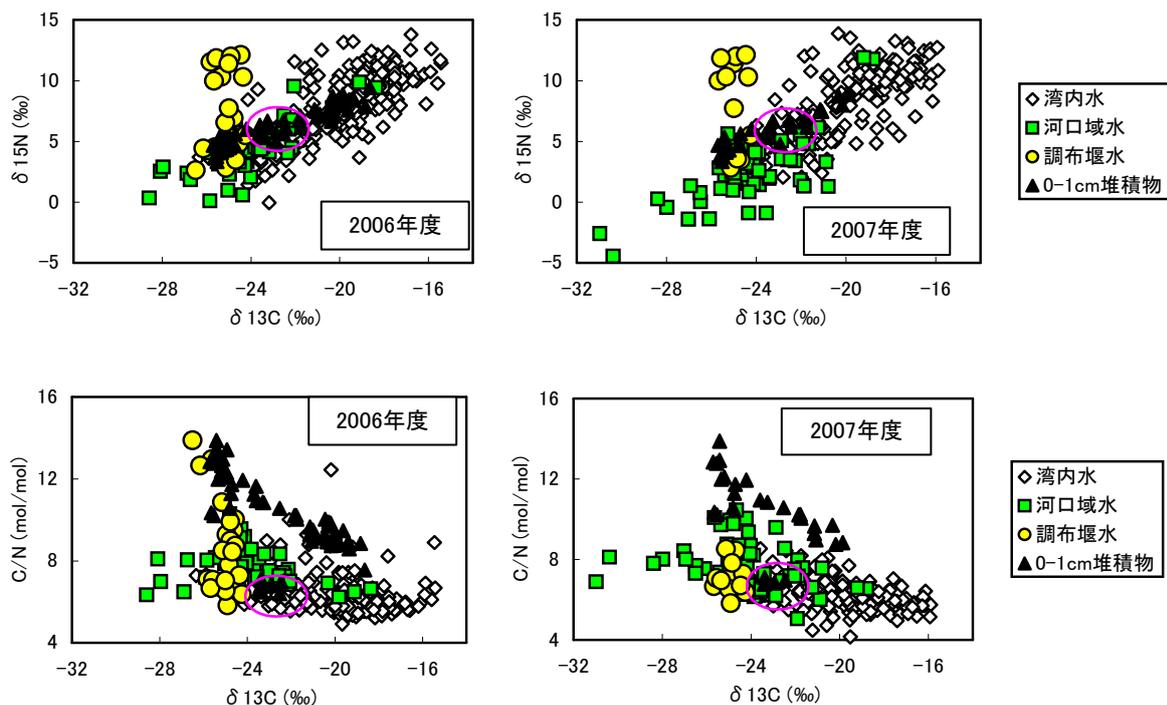


図-4 2006年度及び2007年度の重点底質観測点における，懸濁物と表層堆積物中の有機炭素・窒素安定同位体比，C/N 比の間の関係。調布堰の懸濁物の値も図示。楕円で示した範囲にある堆積物は M6 の値

M6 の堆積物だけが他の観測点より特異的に C/N が低かった。しかし M6 の堆積物の C/N は M6 の懸濁物の値の範囲に入っていた。M6 は最も水深が浅く，底質が砂質で，砂泥質～泥質である他の観測点と堆積物の性状が異なる。そのような環境の違いが，堆積物にもたらされる粒子の質や堆積物中の有機物分解過程に影響を与え，

C/N が異なるという結果をもたらしたのかもしれない。

羽田周辺水域における堆積物中の $\delta^{13}\text{C}$ ， $\delta^{15}\text{N}$ ，C/N の地点間の変化は（図-2），基本的には，河口域側から湾内側にかけて，陸域からの懸濁物の供給もしくは河口域での懸濁物生産の影響が低下し，湾内での生産の影響が増大することによると思われる。しかし各地点の堆積物

にそれぞれの起源からどのような割合で有機物がもたらされているのか、またその過程でどのようなことが起きているのかについては、上記のように不明な点が多く、今後さらに検討を行う必要がある。

2006年度の調査でも同様の結果が得られているが、表層堆積物の TOC, TN, POP とシルト+粘土含量との間には正の関係が見られた (図-5)。

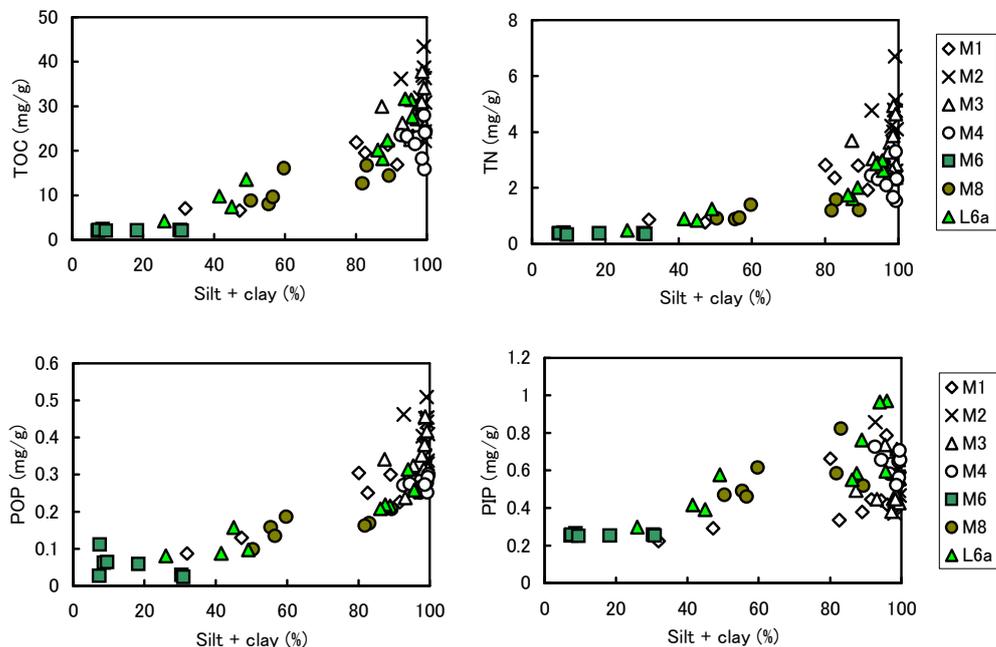


図-5 2007年度の重点底質観測点における0-1cm堆積物のTOC, TN, POP, PIPと、シルト+粘土含量の間の関係

さらに、水深が深い地点 (M2, M3) では、より TOC, TN, POP が高くなる傾向があった。堆積物では有機物と粒径の間にこのような正の関係が見られることが多いが、これは細粒の堆積物粒子と有機物粒子の沈降速度が近いことや、また有機物が堆積物粒子の表面に結びついて存在するため、表面積が広い細粒の粒子ほど有機物を保持しやすいといった機構により、シルト+粘土画分と有機物が似通った挙動を示すためと考えられている。水深が深い地点で有機物含量が高かったが、それらの地点では夏季に直上水が無酸素になるため、浅い地点より有機物分解が抑制されやすいことが原因として考えられた。これらの結果から、羽田周辺水域では、地形や流れといった堆積に関わる物理的な環境の違い、さらに直上水の酸素濃度が TOC, TN, POP の分布を決める主要因であると考えられた。

PIP は POP ほどシルト+粘土含量との関係が明確ではなかった。粘土鉱物が堆積しやすい場所で PIP は高まる可能性があり、また POP が高い場所の方が分解による無機態リンの生成も期待できる。これらが働くとシルト+粘土含量と PIP の間に正の相関が生じるはずである。一方沿岸では塩分の増加や貧酸素により堆積物からリン酸

態リンの形で無機態リンが溶出しやすくなり、塩分が高く水深が深い沖の地点ほどその作用を受けやすい。シルト+粘土含量が高くても、湾内の地点 (M1 から M4) はそのような過程により PIP が低下するという機構があるため、このような分布になったと考えられる。

湾内の4地点 (M1 から M4) において、2007年の8月から11月の間に、含水率の低下、強熱減量、TOC, TN, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ の低下、C/N の増加が見られた (図-6)。また M1 ではシルト+粘土含量が低下していた。また2006年度においても10月に M1 のシルト+粘土、含水率、強熱減量、TOC, TN, TP, PIP, POP の低下が見られた。これらは2007年9月と2006年10月の出水により、湾内に陸域及び河口域から懸濁粒子・堆積物が供給された影響であると思われる。一方河口域の3地点 (M6, M8, L6a) においては、共通した変化は見られなかった。水深が浅いため、湾内と異なり、台風等による大規模な出水でなくても日常的に堆積状況が変動しやすいことや、出水の際も、水深が浅いことに由来し水深や地形の小さな違いにより受ける影響が変動するためと考えられる。いずれにせよ底質においても時間的な変動があることが示され、その機構や変動の幅、さらに空港拡張の影響を

把握するためにはさらに観測を行う必要があると考えられた。

4. まとめ

2006年度観測により、羽田周辺水域における堆積物中の TOC, TN, POP の変動のメカニズムや、どのような起源から堆積物に有機物が供給されているのかについての情報が得られていたが、2007年度は年4回の調査を行ったことにより、年間の多くの範囲で同様の関係が成り立っていることを明らかにできた。また底質の時間的な変化に関しても解析を行うことができた。

今年度の調査により得られた成果は、羽田周辺水域における底質に関する数値モデルを作る際に必須のものである。また、ベントスの動態解明、付着生物による底質への影響や貧酸素水塊の発達プロセスの研究、二枚貝類の餌料に関する安定同位体比を用いた調査にも役立つ。

今後も調査を継続していくことにより、空港拡張工事の進行に伴う当該水域の地形や流れの変化が、底質に与える影響を明らかにしていくことが必要である。

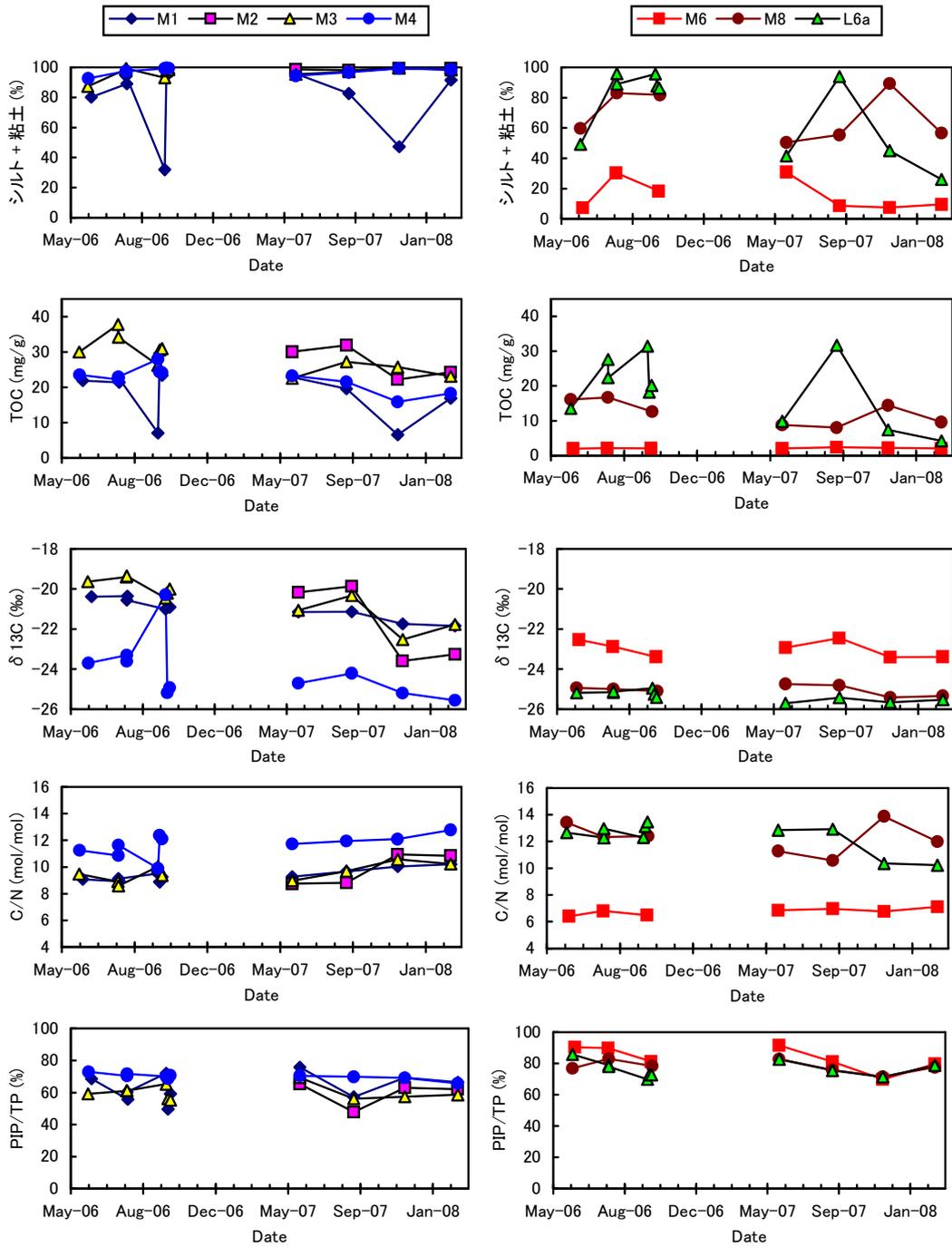


図-6 2006 及び 2007 年度の重点底質観測点における、0-1cm 堆積物中の各観測項目の時間的な変化

3-2.2 重点底質調査（間隙水溶存成分・クロロフィル）

神田穰太・堀本奈穂・石丸隆（東京海洋大学）

1. 調査研究の概要

羽田空港拡張事業の影響を評価する前提として、多摩川河口域の複雑な生元素動態について高密度・高頻度の観測に基づいて把握することを目的として、水質・底質の調査が行われてきた。このうち2007年度の底質調査について、間隙水中の溶存無機栄養塩類（アンモニウム塩、硝酸塩、亜硝酸塩、リン酸塩）、溶存有機炭素（DOC）、溶存有機窒素（DON）、溶存有機リン（DOP）、底質中のクロロフィル a（Chl a）、フェオ色素についての調査結果を報告する。2007年度の底質の調査では、重要観測点に絞って、5月、8月、11月、2月の4回にわたり観測を行い、2006年度に観測できなかった冬季も含めた周年変動データの取得を目的とした。

間隙水成分については、8月ないし11月に濃度が最大に達して、5月と2月は濃度が低くなっている場合がほとんどであった。2006年度も5月より8月、10月に濃度が上昇する傾向が見られたが、今年の観測でもこれが確認され、冬季（2月）には濃度が低下することも確認できた。間隙水中の栄養塩類、溶存有機物は粒状有機物などの分解過程で生成するものが一般的と考えられ、観測された季節変動は生物活動の季節変動を反映したものと考えられる。なお、溶存有機物についてこのような季節変動はこれまでに確認されておらず、重要な新知見と考えられる。

底質の Chl a 濃度は、クロロフィルの分解生成物であるフェオ色素の濃度をほとんどの観測点で下回っており、堆積物中の植物プランクトンの多くは堆積して分解途上にあると考えられた。水柱での植物プランクトン現存量が多かった5月と8月は、底泥でも Chl a 濃度が高かった。11月と2月では、湾奥域および河口域でも低い濃度であり河口域内における濃度差もあまりなかった。

2. 調査研究内容

調査は2007年5月、8月、11月、2008年2月に、羽田周辺の7地点(M1, M2, M3, M4, M6, M8, L6a)で行われた。観測点の位置を図-1に示した。

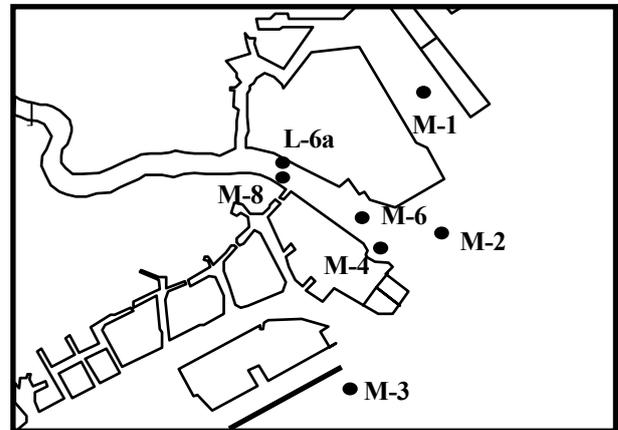


図-1 2007年度調査における調査地点

(1) 堆積物採取、間隙水抽出および試料前処理

底質試料は内径16cmの亚克力製コアを用い、一部干潟観測点等を除きダイバーによって採取された。採取されたコアは冷蔵状態で陸上に運ばれ6時間以内に層分割および間隙水抽出を行った。層分割は、堆積物表層から順に、0~1cm, 1~2cm, 2~4cm, 4~6cm, 6~10cmの5層をカットして実施した。5月のM6とM8については、さらに下層の10~30cm層をカットした。間隙水は3000回転10分間の遠心分離の後、ろ過された。アンモニウム塩、硝酸塩、亜硝酸塩、全窒素測定用試料は、焼却済みグラスファイバーフィルター（Whatman GF/F）でろ過され、亚克力スピッツ管に入れ冷蔵保存された。リン酸塩、ケイ酸、DOP測定用試料は、セルロースアセテートメンブランフィルター（アドバンテック Dismic-25CS）でろ過して亚克力スピッツ管に入れ、pH2になるように塩酸を添加し冷蔵保存された。DOC測定用試料は、焼却済みグラスファイバーフィルター（Whatman GF/F）でろ過され、pH2になるように塩酸を添加しガラスバイアルに入れ冷蔵保存した。クロロフィルおよびフェオ色素測定用試料は、積物表層から0~1cm, 1~2cm, 2~4cm, 4~6cm, 6~10cmの5層について、採取した底泥約0.1gをポリエチレンチューブ（ザルステッド社, No. 60. 551）に取り、DMF（N,N-Dimethylformamide）8 mL中に攪拌して色素を抽出し、冷蔵保存した（Suzuki and Ishimaru, 1990）。

(2) 分析方法

試料中の栄養塩類濃度の測定には吸光光度法による空気分節型連続フロー分析装置（オートアナライザー）を用いた（Quattro-Marine 5ch, Bran+Luebbe）。アンモニウム塩の測定はオルトフェニルフェノール法（Kanda, 1995）を一部改変して行った。硝酸塩+亜硝酸塩濃度の測定は、Strickland and Parsons(1968)の銅-カドミウム還元・ナフチルエチレンジアミン法を一部改変して行った。原法では、銅-カドミウムカラムの緩衝液として塩化アンモニウム溶液を用いていたが、本研究ではブランルーベ社のマニュアルに従いイミダゾールを用いた。亜硝酸塩濃度の測定は Strickland and Parsons(1968)に準じてナフチルエチレンジアミン法で行った。リン酸塩濃度、ケイ酸濃度の測定は、それぞれモリブデンブルー法（Hansen and Koroleff, 1999）によった。

試料中の溶存有機物（DOP, DON）は、全リン、全窒素から無機態リン、無機態窒素を引いて求めた。全リン、全窒素の測定には、過硫酸カリウムによる湿式酸化処理装置付きのオートアナライザー（Quattro TN-TP, Bran+Luebbe）を用いた。溶存有機物（DOC）は、島津製作所の TOC 計（TOC-VCSH）を用いて高温接触酸化法によって測定した。

堆積物抽出液の上澄みについて、クロロフィル a 濃度およびフェオ色素濃度を蛍光光度計（Turner Designs 10R 型）を用いた蛍光法（Strickland and Parsons, 1973）により測定した。分析値は、別サンプルにて求めた泥の乾湿比により、乾燥重量あたりの Chl a 濃度として算出した。

3. 調査研究結果

(1) 間隙水中の栄養塩類および溶存有機物

例として観測点 M2 における 4 回の観測から得られた間隙水中の栄養塩濃度および溶存有機物濃度の鉛直分布を図-2 に示す。硝酸塩および亜硝酸塩は、年間を通じて低濃度で、季節変動も明瞭ではない。これは底質内部が強い還元状態にあることを示している。アンモニウム塩、リン酸塩、ケイ酸、DON、DOP、DOC の濃度は非常に高かった。またこれらの成分は堆積物表層で濃度が低く、深度に伴って濃度が高くなる傾向が年間を通じて見られた。なお、データは示していないが M6 では 5 月に硝酸塩濃度が非常に高くなっていた。M6 は非常に水深の浅い観測点で、おそらく乾出に伴って大気起源の酸素が供給された結果と推測できる。

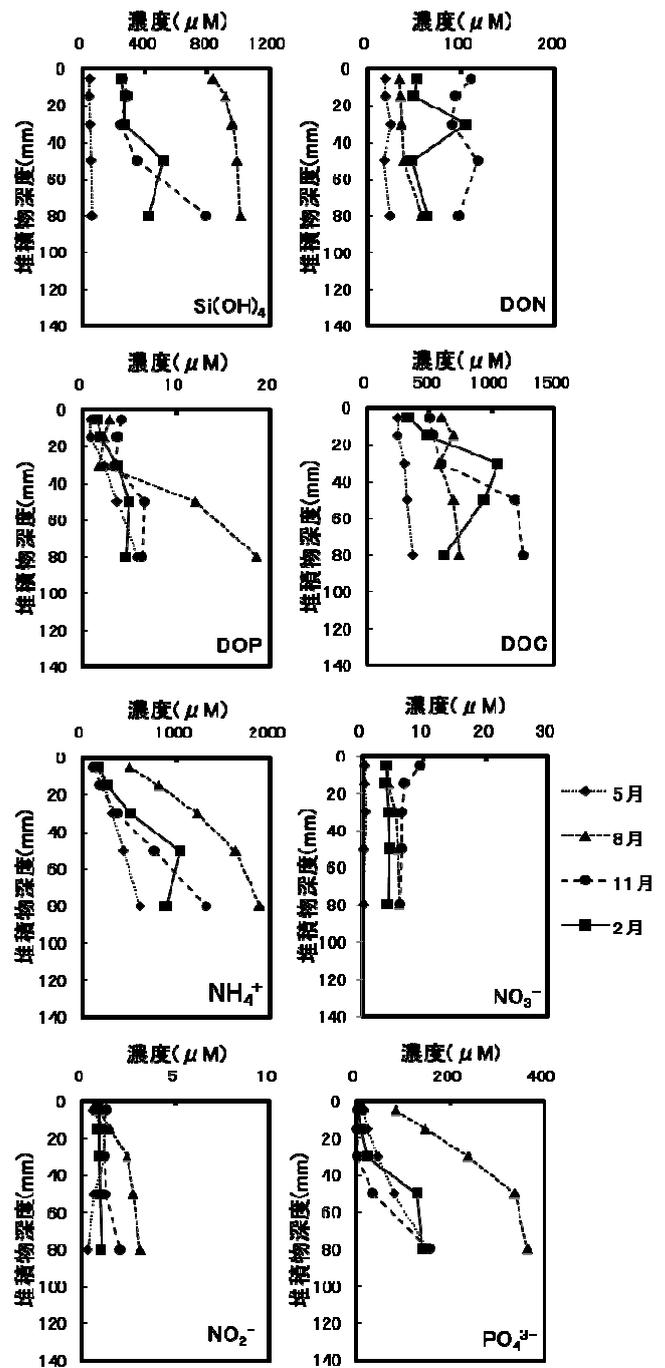


図-2 調査地点 M2 における間隙水溶存成分濃度の鉛直分布

2007 年 8 月のデータについて、表面から 10cm 深までの栄養塩類および溶存有機物の鉛直積算値を求め、調査地点ごとの分布を図-3 に示した。アンモニウム塩、リン酸塩、ケイ酸、DOP の濃度は M2 で最も高く、M6 で最も低かった。DON、DOC の濃度は各調査地点で大きな差はなかった。M6 では栄養塩類濃度は低かったものの、溶存有機物濃度は他の測点とほぼ同等であった。

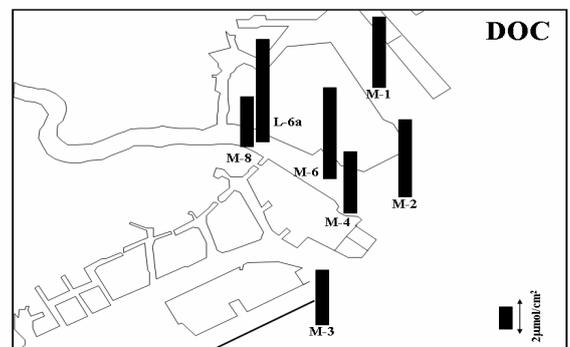
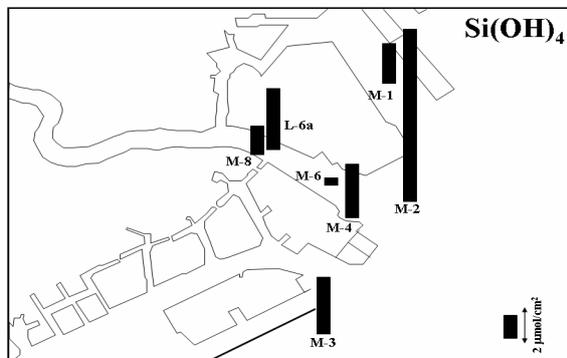
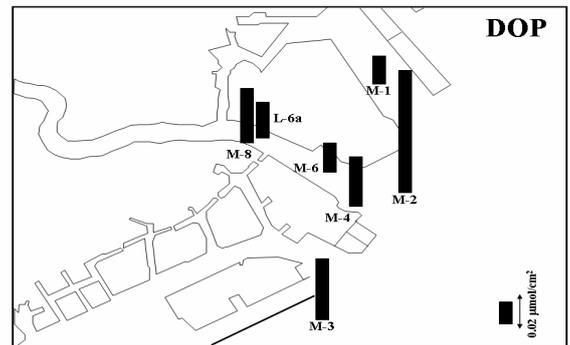
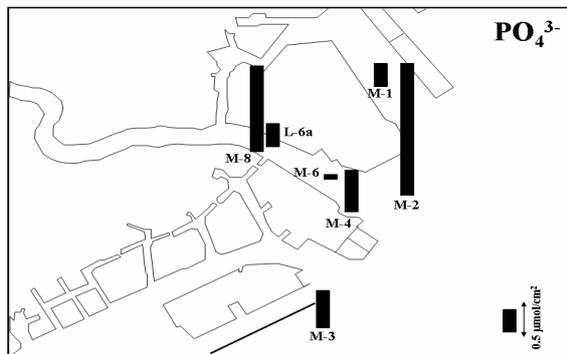
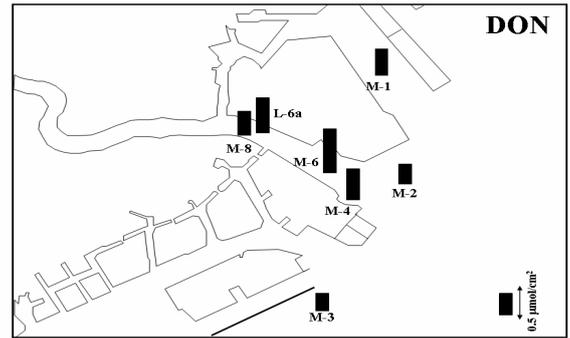
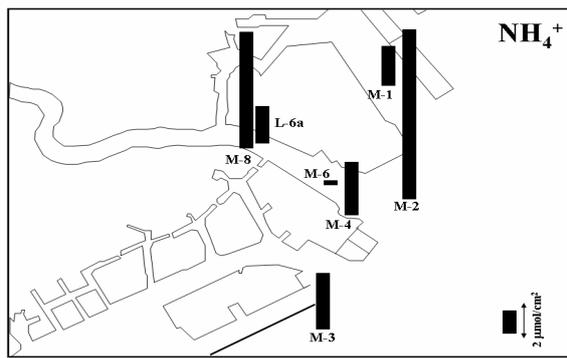


図-3 2007年8月調査における、溶存成分の濃度分布

海側の4つの地点(M1, M2, M3, M4)について、2007年5月から2008年2月までの間隙水中の栄養塩類濃度および溶存有機物存在量の季節変化を図-4に示した。栄養塩類濃度および溶存有機物濃度は調査地点ごとに深さ10cmまで鉛直的に積算した値を用いた。

硝酸塩、亜硝酸塩以外の成分では8月か11月に濃度が最大に達して、5月と2月は濃度が低くなっている場合がほとんどであった。2006年度においても5月より8月、

10月に濃度が上昇する傾向が見られたが、2007年度の観測でもこれが確認され、さらに冬季(2月)には濃度が低下することも確認できた。間隙水中の栄養塩類、溶存有機物は粒状有機物などの分解過程で生成するものが一般的と考えられ、観測された季節変動は生物活動の季節変動を反映したものと考えられる。なお、溶存有機物についてこのような季節変動はこれまでに確認されておらず、重要な新知見と考えられる。

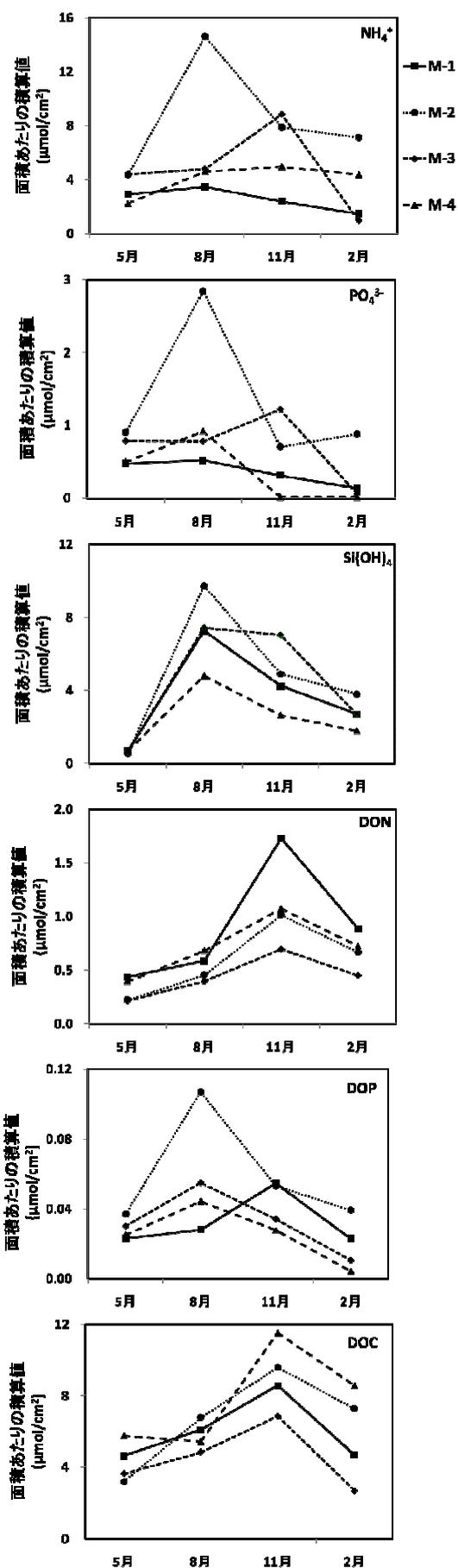


図-4 海側の4地点(M1, M2, M3, M4)における溶存成分濃度の季節変動

(2) クロロフィル

底質中の Chl a 濃度とクロロフィルの分解産物であるフェオ色素の濃度を比較すると、ほとんどの観測点でフェオ色素濃度が Chl a 濃度を上回っていた。従って底質中の植物プランクトンの多くは堆積して分解する途中にあると考えられた。

図-5に2007年5, 8, 11月および2008年2月の各調査地点における底質中の Chl a 濃度を示した。Chl a 濃度は、観測地点や月により大きく異なった。年間を通して底質中の Chl a 濃度が最も低かったのは M6 であり、いずれの層でも 2μg/L を超えることはなかった。ほとんどの観測点で 0~1cm および 1~2cm の Chl a 濃度が 2~10cm よりも高い傾向を示した。5月は観測点における変化量が大きく、その分布傾向は水中(表層) Chl a 濃度の変化と類似していた。水中における表層 Chl a 濃度はいずれの観測点でも8月が高い濃度を示したが、底泥でも M1 と M2 を除いて概ね高く、水中の 1/4 程度の値を示した。11月と2月では、湾奥域および河口域でも低い濃度であり河口域内における濃度差もあまりなかった。

4. まとめ

多摩川河口域に位置する羽田周辺の堆積物は、海洋表層で生産されて沈降する有機物と、河川から供給される有機物や土砂の堆積が加わり、堆積物を經由する物質フラックスは大きく変動すると考えられる。沿岸海域では堆積物表層での栄養塩溶出過程が富栄養化のプロセスに大きな影響を与えている。また、栄養塩だけではなく溶存有機物も間隙水を通して堆積物表層から溶出する可能性があるが、これに関する知見は非常に少ない。羽田空港周辺の堆積物について、間隙水中の栄養塩類と溶存有機物の濃度分布および植物プランクトン由来の有機物の指標であるクロロフィル(フェオ色素)の濃度分布の変動を詳細に観測し、多摩川河口域堆積物の物質循環への寄与を明らかにすることが本研究の第1の目的である。

2006年度および2007年度を通じて、間隙水成分については、栄養塩及び有機物の両方で夏季~秋季に濃度が最大に達して、冬季に濃度が低下する傾向が確かめられた。また底質中のクロロフィルの分布は、上層(水中)植物プランクトン現存量をよく反映していた。従って羽田周辺水域では、表層水域で生産された有機物が比較的短期間に堆積・分解し、間隙水を経て栄養塩類、溶存有機物として水域に再溶出していく過程が卓越していると考察できる。空港拡張に伴う堆積環境の変化が東京湾全体の物質循環系に及ぼす影響を考える上で、このような堆積物からの溶出過程が今後どのように変化していくかを明らかにしていくことは重要な課題と認識している。またこのような溶出過程は底生生物群集の動態とも密接な相互関係があり、底生生物分野の調査結果との相互検

討の必要がある。さらに2007年には台風9号による極めて大きな堆積環境の攪乱があったが、この影響についてはさらに今後解析する余地が大きいと考えられる。本プロジェクトでの堆積物輸送・堆積変動の解析と併せ、今後の検討を進めていきたい。

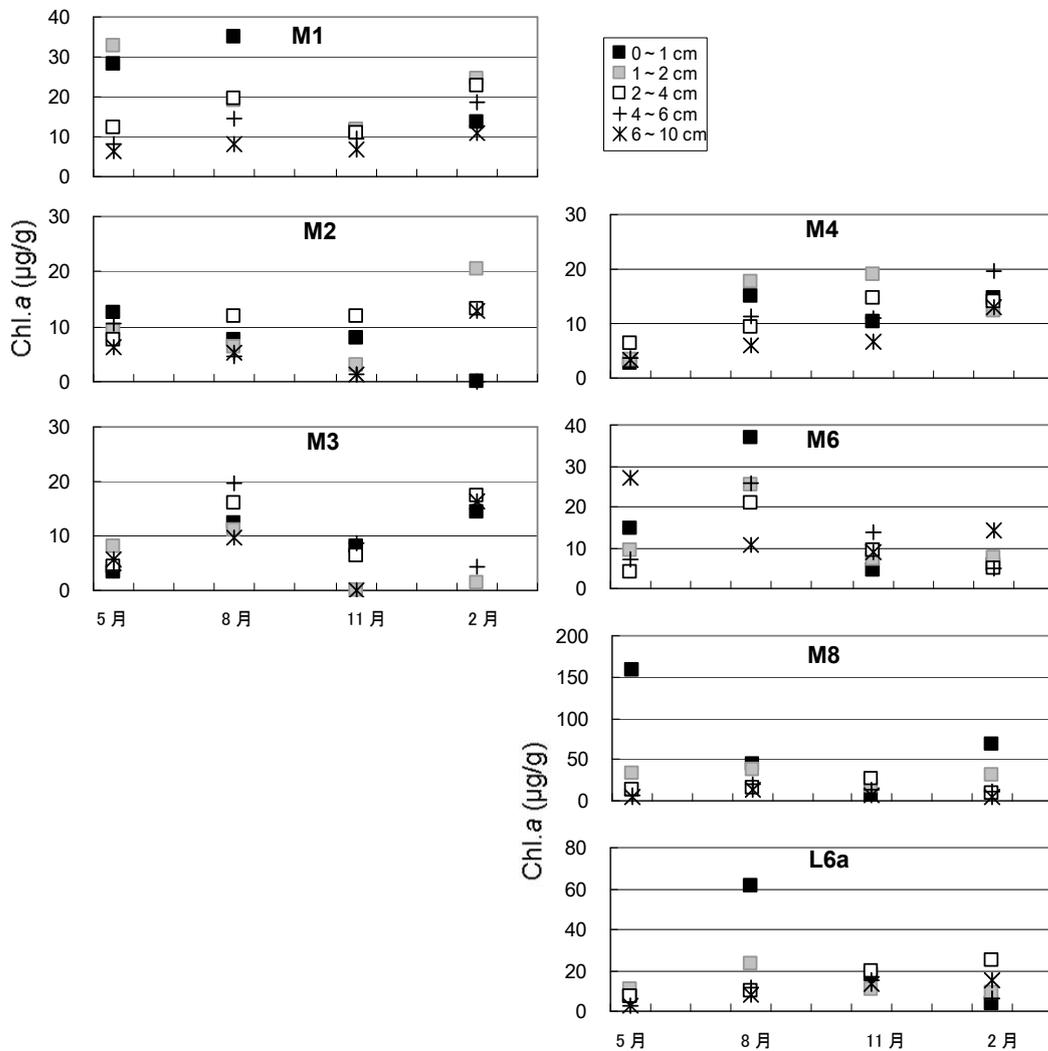


図-5 2007年5,8,11月および2008年2月の各調査地点における底質中のクロロフィル a 濃度の季節変化

3-3 二枚貝類の安定同位体比調査

児玉真史（水産総合研究センター）

1. 調査研究の概要

多摩川河口域の2定点において、二枚貝類および餌料源候補の炭素・窒素安定同位体比 $\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{15}\text{N}$ のモニタリングを行った。両地点の特性を比較した結果、アサリ等二枚貝類の炭素・窒素安定同位体比は2点で大きく異なっており、環境データとの比較から、2点の二枚貝類の安定同位体比の違いはそれぞれの生息環境を反映していると考えられた。このことから、二枚貝類の安定同位体比は物質循環構造を評価するための指標として有効であることが示唆されたが、9月の台風9号後、一部においては十分な試料が得られず、当該海域における季節変動特性および指標としての有効性を確認するためには、継続して調査を行う必要があると考えられた。

2. 調査研究内容

(1) 背景および目的

生態系において、二次生産者・高次生産者の炭素・窒素安定同位体比 $\delta^{13}\text{C}$ および $\delta^{15}\text{N}$ は、食物中の値からそれぞれ1‰、3‰上昇することを利用して食物連鎖構造の解析に広く用いられている。沿岸域等に生息する二枚貝類についても同様の手法により研究が行われ、餌料源の重要度について知見が蓄積されつつある（小池ら、1992；Kasaiら、2004）。多摩川河口域では、河口浅場（河口部）ではアサリ・シオフキ、河口干潟（河口部上流側）ではシジミといった二枚貝類が生息している。これら二枚貝類は濾過食性であり、水中に懸濁している植物プランクトンや底生微細藻類、デトライタス等の懸濁物質を入水管から取り込み摂餌を行っている。このため、その安定同位体比は生息域周辺の基礎生産者や懸濁物質の輸送等の物質循環構造を反映すると考えられる。羽田空港再拡張事業によって多摩川河口周辺の物質循環構造が変化した場合、二枚貝類の安定同位体比の変動を調べることでその影響を抽出できる可能性がある。

そこで2007年度は河口干潟・浅場の環境構造についての調査の一環として、多摩川河口域のM6、M8における二枚貝類（アサリ・シジミ・シオフキ等）および餌料源候補である堆積物（海底）直上の水中の懸濁物質、堆積物の炭素・窒素安定同位体比および底生微細藻類の現存量としての植物色素量に関する調査を実施した。

(2) 材料と方法

図-1に示すM6およびM8の2定点で2007年5月から月1回の頻度で、二枚貝類およびその餌料源候補として、堆積物直上水ならびに表層堆積物のサンプリングを行った。堆積物直上水は水中ポンプ（工進マリンペットBL-2515N）を用いて採水した。採水により得られた試水は懸濁物質（SPM）をワットマンGF/Fフィルターに捕集し、デシケーター中の塩酸蒸気で脱炭酸カルシウム処理後、元素分析装置FLASH EA1112（サーモエレクトロン社製）と質量分析計Finnigan MAT252からなるオンライン分析システムを用いて、懸濁態有機炭素・窒素（POC、PON）濃度および炭素・窒素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ ）の測定を行った。また、N、N-ジメチルホルムアミド（DMF）抽出によりターナー蛍光光度計を用いて植物色素濃度（Chlorophyll-a および Phaeo.色素）の測定を行った。表層堆積物（SOM）は0-1 cm までを内径3 cmのプラスチック製コア（容量50 mlの注射筒を加工したもの）を用いて採取し、SPMと同様の前処理後、SPMと同じ分析システムを用いて有機炭素・窒素含量、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ および植物色素濃度の測定を行った。二枚貝類については、軟体部全体を切り出し、凍結乾燥・粉碎後、クロロホルム・メタノール混液（v/v=2:1）溶液で脱脂し分析に供した。

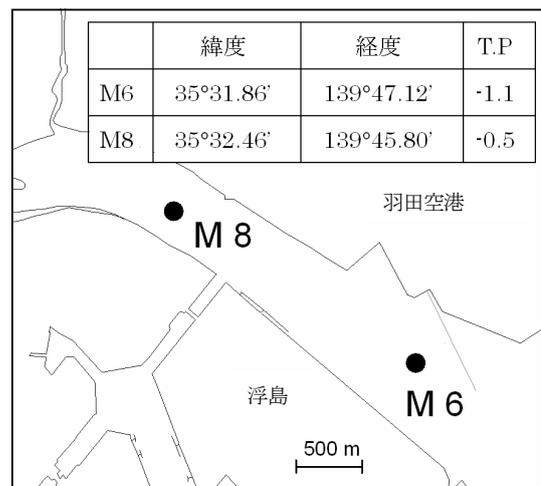


図-1 二枚貝類調査地点

2007年度の調査においては、アサリ、シオフキ、シジミ、ソトオリガイ、ホトトギスガイ等の二枚貝サンプルが得られたが、本報告では比較的多くのサンプルが得られたアサリ、シオフキ、シジミについて分析を行った結果について報告する。

3. 調査研究結果

(1) 堆積物直上水および表層堆積物中における植物色素濃度

図-2にM6およびM8における(a)堆積物直上水中、(b)表層堆積物中の植物色素濃度の時系列変動を示した。また、図-3に観測期間中のそれぞれの平均を示した。直上水中の植物色素濃度は、2007年9月および2008年3月の調査時にM6で高くなる場合を除いて地点間の大きな差は見られなかった。この時折観測される高濃度の値を反映して期間中の平均値としてはM6の方が高くなっている。一方、表層堆積物中の植物色素濃度は、M6、M8ともにクロロフィルa濃度よりもフェオ色素濃度が高くなっており、植物プランクトン等の微細藻類の分解物が多く堆積していると考えられる。また、変動傾向としては直上水とは逆にM8において2007年5月、2008年2月のように高い濃度が観測され、平均値としてはM8の方が高くなっている。今回多摩川河口域において観測された直上水および表層堆積物中の植物色素濃度は盤洲干潟や横浜市海の公園等の他の東京湾内のアサリ生息域の値と比較して大きな違いは見られなかった。

(2) 二枚貝類および餌料源の炭素・窒素安定同位体比

図-4にM6およびM8における(a)懸濁物質(POM)および(b)表層堆積物(SOM)の炭素・窒素安定同位体比 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ の時系列変化を示した。また、図-5に二枚貝類の $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ の時系列変動を示した。POMおよびSOMの $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ の値はいずれも上流側のM8において低く、陸起源物質の影響を示す結果となっていた。また、季節変動についてはいずれの場所とも明瞭な傾向はみられなかった。POMの安定同位体比はそれぞれの地点でのSOMの値に近く、直上水中のPOMは堆積物からの巻き上がりの影響を強く受けているものと考えられる。ただし、これは後述するようにサンプリングが比較的潮位の低い時間帯に行われていることが影響しているものと考えられ、結果の解釈には注意が必要である。一方、M6のアサリの安定同位体比はM8のアサリよりもM6のシオフキの値に近く、M8のアサリについても同じくM8のシオフキに近い値となっている。これは $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ に共通した結果である。シジミについてもサンプル数は少ないものの同様であり、種ごとの違いよりも場所ごとの違いが大きい。また、季節変動についてみると、

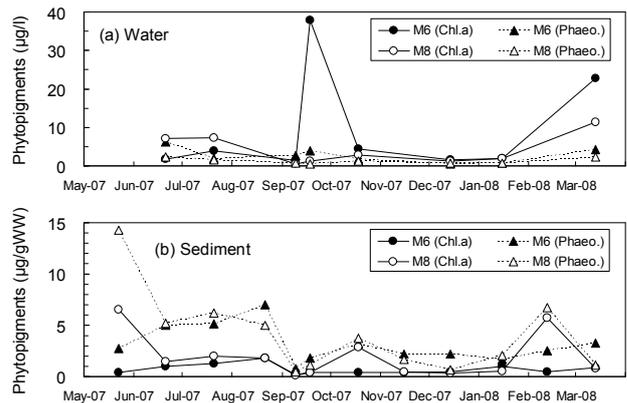


図-2 M6、M8における(a)堆積物直上水中および(b)表層堆積物中の植物色素濃度の変動。

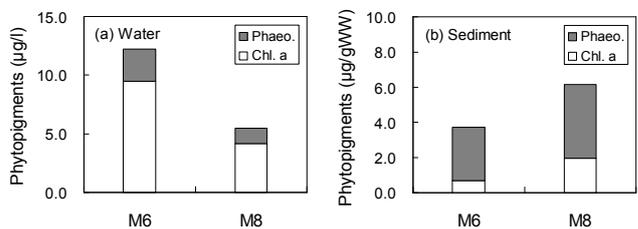


図-3 M6、M8における(a)堆積物直上水中および(b)表層堆積物中の植物色素濃度(観測期間中の平均)。

M6のアサリの $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ は夏季に高くなる傾向がみられる。他の種やM8については、十分なサンプルが得られなかったため、季節変動特性は不明である。

(3) 二枚貝類の安定同位体比の意味するもの

図-6に二枚貝類およびPOM、SOMの $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{15}\text{N}$ マップ(観測期間中の平均値)を示した。図中には2007年9月27日にM6、M8において別途計測した干潮時(Low)および満潮時(High)のPOMの値も併せて示した。既往の知見として、二枚貝類のうちヤマトシジミは陸起源物質も含む多くの種類の餌を消化吸収可能なため、その安定同位体比は餌料環境を強く反映して生息場所によって大きく変化するのに対し、アサリやシオフキは摂餌選択性があり、生息場所による違いは小さいことが報告されている(Kasaiら, 2004; 2005)。今回の多摩川河口域の調査で得られた二枚貝類の安定同位体比は種ごとの違いよりも場所ごとの違いが大きくなっていた。アサリ、シオフキ、シジミの三種の平均は、M6で $\delta^{13}\text{C} = -16\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N} = 9\text{‰}$ 、M8で $\delta^{13}\text{C} = -20\text{‰}$ 、 $\delta^{15}\text{N} = 4\text{‰}$ であった。M6で得られた値は盤洲干潟や横浜市海の公園など東京湾内の他の二枚貝類生息域(児玉ら, 未発表データ)や国内の他の干潟域(Kasaiら, 2004)と類似した値であったが、M8の値はこれらに比べ著しく低くなっていた。

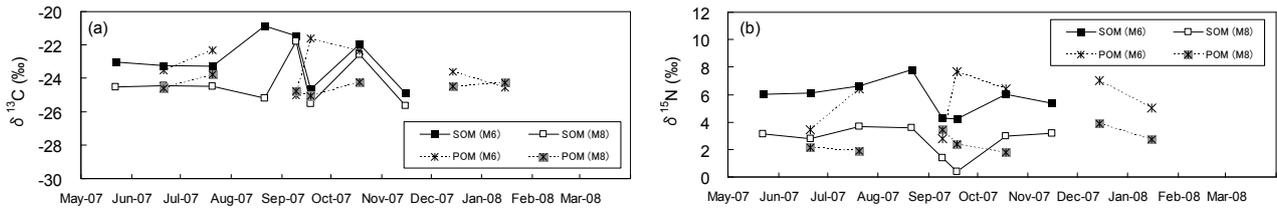


図-4 M6, M8 における POM および SOM の(a)炭素安定同位体比, (b)窒素安定同位体比の変動.

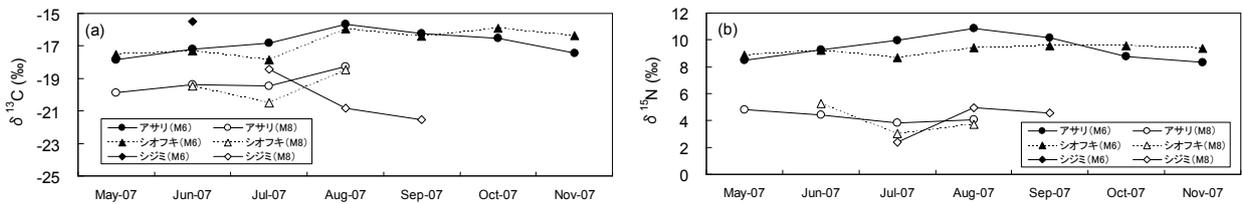


図-5 M6, M8 における二枚貝類の(a)炭素安定同位体比, (b)窒素安定同位体比の変動.

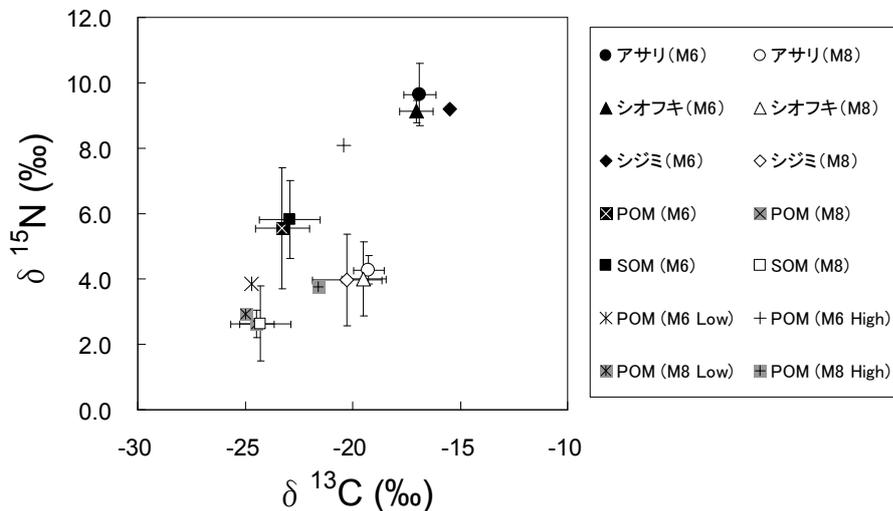


図-6 M6, M8 における二枚貝類, 堆積物直上水中の懸濁物 (POM) および表層堆積物 (SOM) の炭素・窒素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{15}\text{N}$) マップ. ただし, POM の M6 Low, High および M8 Low, High は 2007 年 9 月 27 日の干潮時 (Low) および満潮時 (High) に採取したものを示す.

た. 一方, 餌料源である POM の安定同位体比は $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ とともに二枚貝類と同様に M6 よりも上流側の M8 で陸起源物質の影響を示す低い値となっており, 二枚貝類の安定同位体比の違いはこのような場所ごとの餌料環境の特性を反映した結果であると考えられる. これは既往の報告とは異なる新たな知見であり, シジミのみならずアサリ, シオフキについても二枚貝類の安定同位体比が物質循環構造の違いを反映する指標として使える可能性を意味する.

また, 一般に餌料 (この場合 POM) がアサリ等二枚貝類に取り込まれる際の同位体比の上昇は, 炭素・窒素それぞれ 1%, 3%前後であると言われている. 今回得られた二枚貝類の同位体比から推測される餌料の同位体比

は, M6 で $\delta^{13}\text{C} = -17\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 6\text{‰}$, M8 で $\delta^{13}\text{C} = -21\text{‰}$, $\delta^{15}\text{N} = 1\text{‰}$ であり, 定期調査で得られた POM の同位体比からの乖離が特に $\delta^{13}\text{C}$ で大きくなっていた. 図-6 に示した 2007 年 9 月 27 日の観測結果からわかるように, 堆積物直上水中の POM の安定同位体比は時間的に大きく変化し, 満潮時の値は干潮時に比べて高くなっている. 月 1 回の定期調査時の POM のサンプリングは比較的潮位の低い, 干潮前後に行われていることから, 当該海域に存在する POM の中でも比較的低い値のものを捉えているものと考えられる. 二枚貝類には, 潮汐に対応した摂餌リズムとして, 満潮前後に活発に摂餌を行い餌料価値の高い POM を選択的に同化している可能性があり (荒川ら, 2005; 児玉ら, 未発表データ), 今後はこうした観

点からのアプローチも必要であると考えられる.

4. まとめ

2007年度の二枚貝類の安定同位体比に関する調査により、二枚貝類の安定同位体比が物質循環構造の違いを反映する指標として使える可能性を示唆する結果を得た。しかしながら、M8においては台風の影響により十分なサンプルが得られなかったため、さらにデータを収集し、季節変動特性も含めた詳細な検討を行う必要がある。

また、本調査において採取されている堆積物直上水中のPOMの安定同位体比に関するデータは必須のデータではあるものの、比較的潮位の低い時間帯に採取されているため、必ずしも河口域においてダイナミックに変化する二枚貝類の餌料環境のすべてを反映しているとは言えない。今後、当該海域における二枚貝類の餌料を特定し、物質循環構造の解明を進めるためには、エンドメンバーとして河川上流域および沖合域の懸濁態有機物(POM)のデータや物理構造と併せて解析を行う必要があると考えられる。

4-1 プランクトンおよび仔稚魚の河口域～海域の時空間変動特性

石丸 隆・茂木正人・河野 博（東京海洋大学）

1. 調査研究の概要

羽田空港再拡張の影響は、沖合に分布するプランクトンや仔稚魚に対しては、河川水の流路や外洋水の侵入経路の変更等を通じて間接的に現れると考えられる。プランクトンや仔稚魚相は、水質、気候、外洋水の影響など様々な要因の影響を受けて変化するため、何が変化の要因であるのかを明らかにする必要がある。本調査の目的は、工事中および工事後に得られる試料の解析結果を過去のデータや、過去に採集された試料の再解析の結果と比較し、羽田空港再拡張の影響を評価することである。

2006年と2007年における水温、塩分、クロロフィル濃度を比較したところ、2007年は、周年、水温が高く、底層の高塩分が続いた。また、夏季にクロロフィル濃度が高かった。2006年は平年より気温が低く、日照時間が短かったのに対し、2007年は平年より気温が高く、日照時間が長かったこと、外洋水の侵入頻度が高かったことによると考えられる。

プランクトンについては、NORPAC ネット試料中の動物プランクトンを分類群ごとに分け、2006年と2007年の出現密度を比較したところ、年間での出現割合は大きく変化し、2007年にはカイアシ類と枝角類の割合がやや増えたのに対し、尾虫類と幼生プランクトンが大幅に減少した。幼生プランクトン中では二枚貝類幼生が増加し、多毛類とクモヒトデの幼生が著しく減少した。2006年には、沿岸性のカイアシ類（*Calanus* 属）が2、3月と11月に高密度で出現したが、2007年には通年見られたものの量は少なく、一方、11月に外洋性のカイアシ類3種が出現した。

仔稚魚では、2007年度の測点Dの調査では、年間を通して多くの仔稚魚が多摩川河口域の沖合水域を利用していること、表層と中層とでは利用している魚種が異なり、表層よりも中層の方が仔稚魚に利用されていること等が判明した。さらに、2006年1月から2007年2月の測点AとDで採集された仔稚魚の比較では、東京湾の湾奥が内湾性魚種の初期生活の場を提供していること、測点Dの中層には外湾や外洋性の魚種が出現するが、これは底層の塩分が関係している可能性があること等が明らかになった。

2. 調査研究内容

昨年度は多摩川河口沖の4測点（図-1）で観測を行ったが、本年度は再拡張工事着工による航路規制のためA、C、Dの3測点で観測を行った。ただし10月以降A点周辺の航路規制が厳しくなり、稚魚ネットの曳網ができなくなったため10～12月には観測を行わなかったが、2008年1月以降は停船観測（CTD、NORPAC ネット、バンドン採水）のみを再開した。2007年3月、7月は「ひよどり」が利用できず、また、練習船「青鷹丸」によりCの近傍（F3）で毎月環境項目の測定を行い、9月には荒天のため「ひよどり」による採集観測ができなかったため、「青鷹丸」により採集を行った。

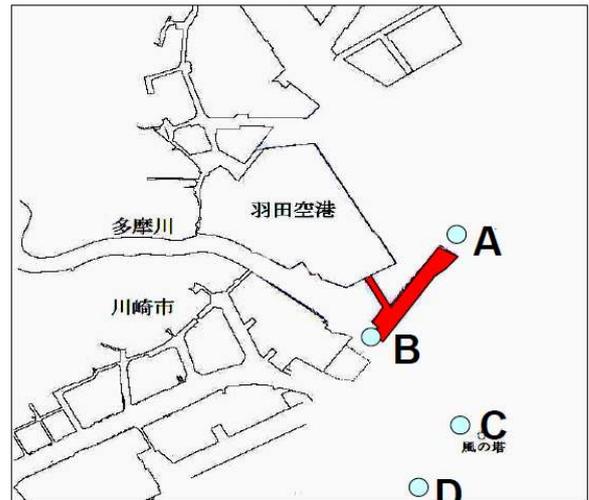


図-1 多摩川河口域における「ひよどり」の観測点

観測項目は、稚魚ネット（口径1.3 m、目合0.33 mm）の表層（深度0～1.5 m）および中層曳き（2～5 m）による仔稚魚および大型動物プランクトンの採集、NORPAC ネット（口径45cm、目合200 μ m及び100 μ m）の海底直上からの鉛直曳きによる小型動物プランクトンおよび植物プランクトン（植物プランクトンに関しては当面解析は行わない）の採集、そりネット（幅60cm、高さ40cm、目合1mm）による近底層生物の採集（A、C測点、本年度開始）を行った。また、多成分水質計水温（アレック社 AAQ1183 型）による各層の水温、塩分、クロロフィル、溶存酸素の測定とバンドン採水試料（表面から5m毎）について、蛍光法によるクロロフィルの分析を行った。別途海水1Lをホルマリン固定し、沈殿濃縮して保

存した。これらは、将来的に植物プランクトンや微小動物プランクトンの観察に用いる予定である。

3. 調査研究結果

(1) 環境項目

水温、塩分、溶存酸素量について、2006年1月から2007年12月までの Stn. F3 (Stn. C の近傍) における水温・塩分の鉛直分布の季節変化を図-2 示す。また Stn. C における2006年8月から2007年12月までの溶存酸素の季節変化を図-3 に、2006年2月から2008年2月までのクロロフィル濃度の季節変化を図-4 に示す。

昨年度同様、冬季の鉛直混合は2月を除いては、海底にまで及ばず、低層に高温、高塩分水が認められた。水温は、昨年と比較して高く、最低水温を記録した2月においても11度台であり2度ほど高かった。

塩分は、底層に33以上の高塩分水が2007年には2月を除く通年見られ、外洋水の影響が強かったと考えられる。また、海底付近の貧酸素状態は顕著で、 3mgL^{-1} 以下の貧酸素状態が6月から10月まで続いた。夏季のクロロフィル濃度は前年度に比べて高く、表層では $30\mu\text{gL}^{-1}$ 以上の赤潮状態が6月から8月に見られた。

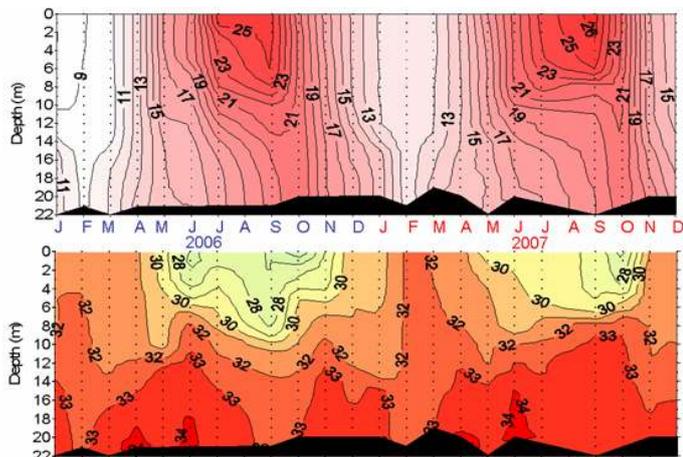


図-2 2006年1月から2007年12月の間の Stn. F3 における水温(上)と塩分(下)の季節変化

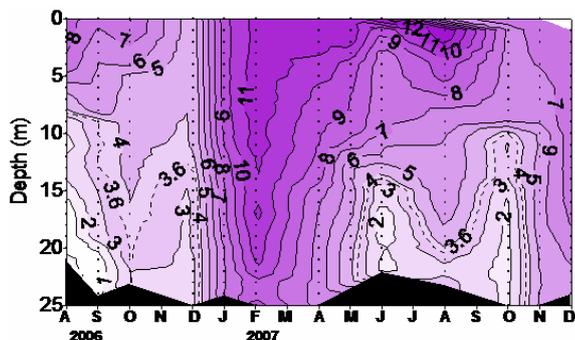


図-3 2006年8月～2007年12月の間の Stn. C における DO (mgL^{-1}) の季節変化

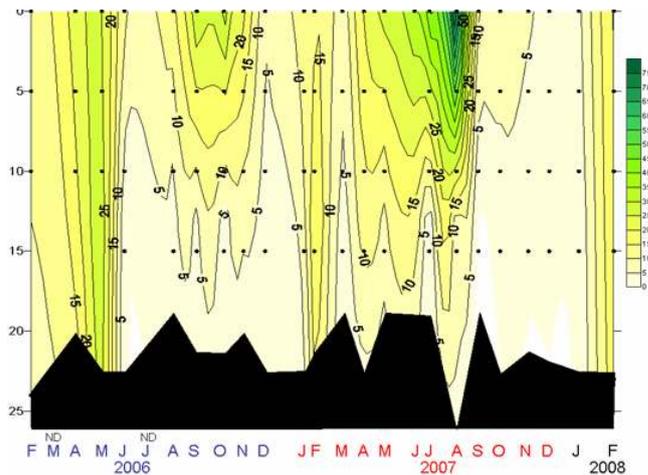


図-4 2006年2月～2008年2月の間の Stn. C におけるクロロフィル a の季節変化

(2) 動物プランクトンおよび幼生プランクトン

2006年及び2007年の1月から12月の間にノルパック・ネット (200 μm) により採集された試料中に出現した各動物プランクトン分類群の組成と幼生プランクトン(主にベントス幼生)の組成を図-5 に示す。2006年と2007年の動物プランクトンの組成を比べると、2007年にはカイアシ類と枝角類の割合がやや増えたのに対し、尾虫類と幼生プランクトンの割合が大きく減っている。幼生プランクトンの中で比較すると、2007年には二枚貝類幼生が著しく増加し、一方、棘皮類幼生(ほとんどはクモヒトデのオフィオプルティウス幼生)と多毛類幼生が著しく減少した。

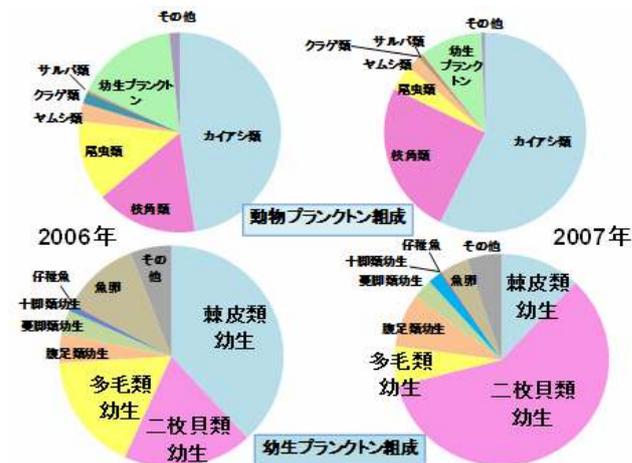


図-5 2006年及び2007年1月から12月に NORPAC ネット (200 μm) により採集された試料中に出現した動物プランクトンおよび幼生プランクトンの組成 (全測点合計)

2006年1月から2008年1月の間にノルパック・ネットで採集された各分類群の動物プランクトンの個体数密度の季節変化を図-6 に示す。また図-7にカイアシ類と枝

角類の個体数密度の季節変化を示す。期間中を通じてカイアシ類が優占したが、2006年では8、9月に、2007年には4、5、7、10月に枝角類が多量に出現した。

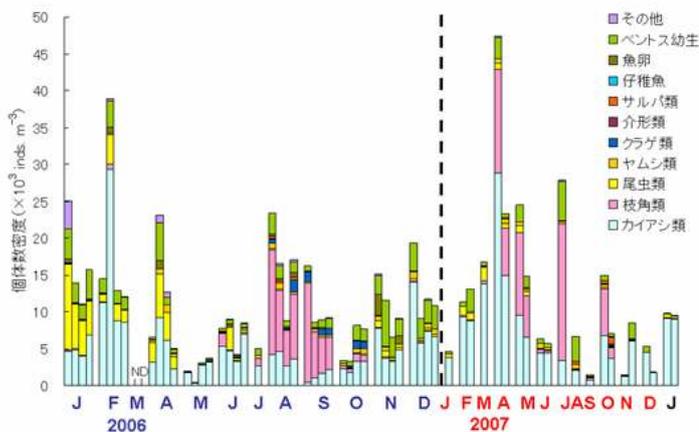


図-6 2006年1月から2008年1月の間に各測点でNORPAC ネット (200 μ m) により採集された各動物プランクトン分類群の個体群密度の季節変化

カイアシ類中で多かったのはいずれの年も *Acartia omorii*, *Paracalanus parvulus* であった、2007年度に関しては種の査定が済んでいないので種ごとの季節変化を示すことはできない。2006年には、沿岸性の *Calanus sinicus* あるいは *C. pacificus* と考えられる種が、2、3月(3月は、観測なし。平成17年度羽田水域生物環境調査業務報告書参照)と11月に高密度で出現した。また、3月にはこの時期に多い、内湾性の *Acartia omorii* の密度が低く、外洋水の湾奥への波及により、運び去られた可能性がある。

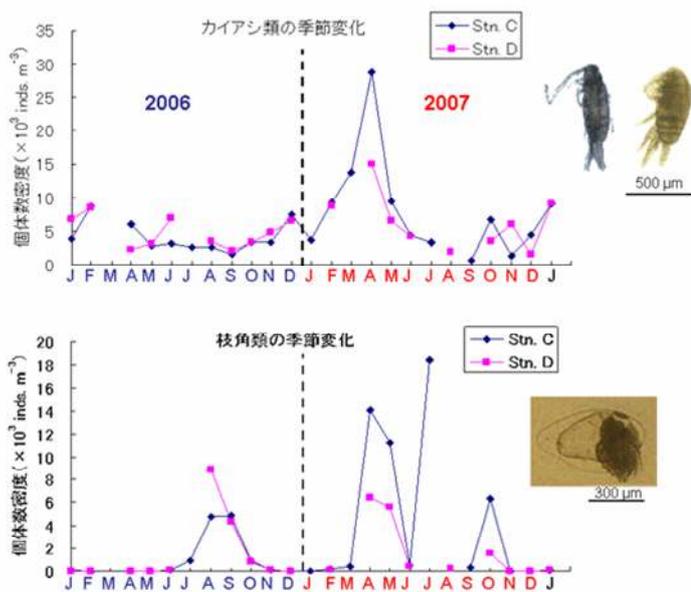


図-7 2006年1月から2008年1月の間に Stn. C および D において NORPAC ネット (200 μ m) で採集されたカイアシ類と枝角類の個体数密度の季節変化

2007年には、*Calanus* 属は、ほぼ毎月見られたが何れの月にも大量には出現せず、一方、大型外洋性の *Subeucalanus mucronatus*, *Subeucalanus crassus*, *Paraeuchaeta* sp. (図-8) が11月に出現した。



図-8 2007年11月に Stn. C で採集された外洋性大型カイアシ類3種 (*Subeucalanus mucronatus*, *Subeucalanus crassus*, *Paraeuchaeta* sp.) と、内湾性カイアシ類 *Paracalanus parvus* とのサイズ比較

枝角類は、2006年には8、9月にトゲナシエボシミジンコが多量に出現した。枝角類は2007年には4、5、7、10月に多量に出現した。2007年の出現種については査定中である。

2006年1月から2008年1月の間の Stn. C における幼生プランクトンの個体群密度の季節変化を図-9に、同時期の、Stn. C と D に出現した多毛類幼生、棘皮類幼生、貝類幼生の個体数密度の季節変化を図-10に示す。2006年には多毛類幼生が通年かなりの密度で出現したが、2007年には5、10月を除いて出現密度は極めて低かった。棘皮動物幼生は2006年には2月と9から12月に多かったが、2007年には、何れの月も出現密度は極めて低かった。一方、貝類幼生は2007年 Stn. C では5月、7月に Stn. D では2、5、8、11月に多量に出現した(7月は観測なし)。

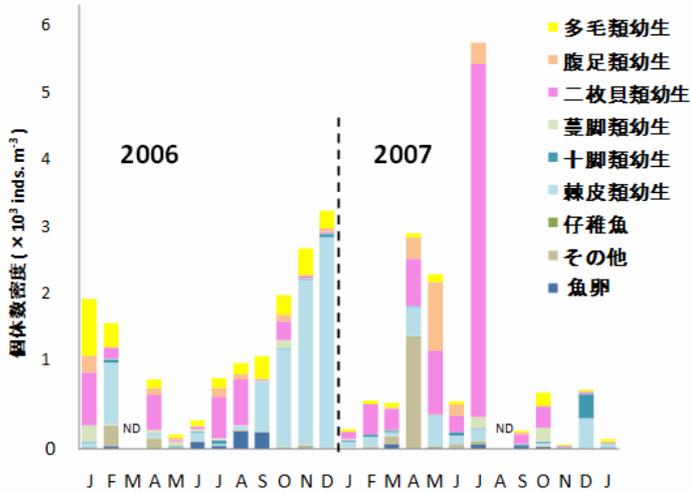


図-9 2006年1月～2008年1月にStn. CにおいてNORPAC ネット (200 μ m) で採集された幼生プランクトンの個体数密度の季節変化

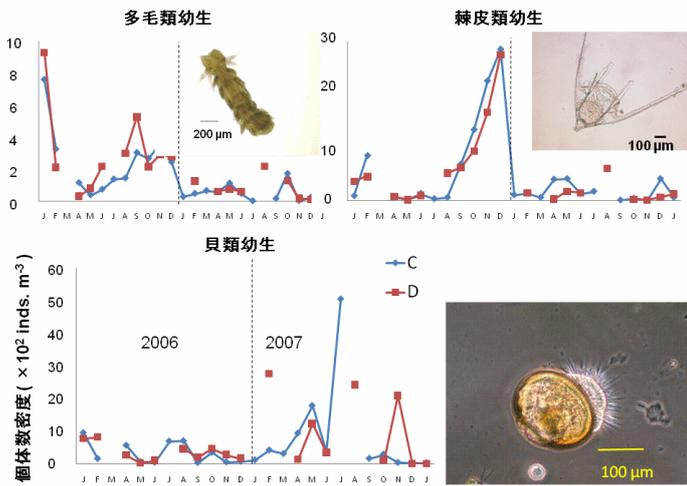


図-10 2006年1月～2008年1月にStn. C および D においてNORPAC ネット (200 μ m) で採集された多毛類幼生, 棘皮動物幼生および二枚貝類幼生の個体数密度

以上, 2006年と2007年の動物プランクトン相を比較すると, 枝角類の出現時期, 湾外起源の沿岸性, 外洋性カイアシ類の出現, 幼生プランクトンの組成等に大きな相異がみられた。2006年は, 平年に比べ日照時間が少なく気温が低かったため, この影響で湾内の水温が周年低かったと考えられるが, 2007年は日照時間が平年より長く, 高温であったため水温が高く, 両年の間には大きな水温差が生じた。また, 2007年には底層の高塩分が長期間続き外洋水の湾への侵入傾向がより高かったと考えられる。2007年には夏季のクロロフィル濃度が高く, これは日照時間の長さによるものと考えられる。以上のこと

が, 動物プランクトンの出現動向の変化に大きく影響したことが示唆される。

(3) 仔稚魚調査の解析結果

a) 2007年度の結果

2007年度には, 不明種と破損個体を除いて10目36科51種以上4,906個体の仔稚魚が採集された(表1)。表層と中層では, 各々32種1,852個体と43種2,842個体であった。両層の総濾水量が5,704トンと5,707トンではほぼ同じであったことから, 種数, 個体数ともに中層の方が多く採集された。最も多く採集されたのはカタクチイワシで1,391個体(全体の28.4%), 次いでネズヅボ科不明複数種1,005個体(20.5%), カサゴ575個体(11.7%), コノシロ434個体(8.8%)であった。連続して出現したのはカタクチイワシとイソギンボが最も長く7か月で, 次いでネズヅボ科不明複数種とカサゴの6か月, さらにコノシロやメバルなど7種が5か月連続して出現した。

表-1 Stn. Dで2007年1月～2008年3月に採集された仔稚魚

Species	Total catch	No. of ind. per 1000 m ³			Occurrence season [*]				No. of continuous occurrence month	Habitat of adult [*]	Type of egg [*]
		Total	Surface	Middle	Sp	Su	Au	Wi			
サッパ	297	21.9	25.7	17.9		⊙	△		1	NP	-
コノシロ	434	32.0	52.4	10.9	⊙	△			1	NP	-
カタクチイワシ	1391	102.5	59.1	147.0	△	⊙	△	△	7	NP	-
アユ	3	0.2	0.4	0.0			⊙		1	F	-
ハダカイワシ科sp.	1	0.1	0.0	0.1			⊙		1	M	-
ヒメダラ	1	0.1	0.0	0.1			⊙	⊙	1	NB	P
サイオ属sp.	2	0.1	0.0	0.3			⊙		1	M	-
ヨウジウオ	53	3.9	5.2	2.5	△	⊙	⊙	⊙	3	NB	N
サンゴタツ	18	1.3	2.2	0.4		⊙	△		3	NB	N
トウゴロウイワシ	22	1.6	3.2	0.0			⊙		2	NP	-
カサゴ	575	42.4	25.0	60.2	⊙		△	△	6	NB	N
メバル	103	7.6	11.5	3.6			⊙		3	NB	N
クロソイ	1	0.1	0.0	0.1	⊙				1	NB	N
ムラソイ	9	0.7	0.0	1.3	△		⊙		3	NB	N
ハオコゼ	1	0.1	0.0	0.1			⊙		1	NB	P
カナガシラ属sp.	1	0.1	0.0	0.1			⊙		1	NB	P
アイナメ	54	4.0	7.7	0.1			⊙		2	NB	N
クサウオ	3	0.2	0.0	0.4			⊙		1	NB	N
スズキ属sp.	68	5.0	6.8	3.1	△		⊙		3	NP	-
テンジクダイ	85	6.3	1.0	11.7		△	⊙		2	NB	N
クダリボウズギス属sp.	1	0.1	0.0	0.1			⊙		1	NB	N
マアジ	7	0.5	0.3	0.7		⊙			2	NP	-
ムロアジ属sp.	1	0.1	0.0	0.1			⊙		1	NP	-
ヒラギ	2	0.1	0.0	0.3		△	⊙		2	NB	P
クロサギ	1	0.1	0.1	0.0			⊙		1	NB	P
チダイ	1	0.1	0.0	0.1			⊙		1	NB	P
ニベ科sp.	2	0.1	0.0	0.3		⊙			1	NB	P
シロギス	22	1.6	1.6	1.6		△	⊙		2	NB	P
スズメダイ	2	0.1	0.1	0.1			⊙		1	NB	N
スズメダイ科sp.	1	0.1	0.1	0.0			⊙		1	NB	N
メジナ	14	1.0	2.0	0.0	⊙				1	NB	P
ササノハベラ属sp.	1	0.1	0.0	0.1			⊙		1	NB	P
コウライトラギス	2	0.1	0.1	0.1			⊙		1	NB	P
クラカケトラギス	4	0.3	0.0	0.6			⊙		1	NB	P
イソギンボ	361	26.6	43.6	9.1	△	⊙	△	△	7	NB	N
イダテンギンボ	42	3.1	5.7	0.4		⊙			2	NB	N
ネズヅボ科sp.	1005	74.0	16.0	133.7	△	△	⊙	△	6	NB	P
ミスズハゼ属sp.	10	0.7	0.7	0.7	⊙				2	NB	N
ハゼ科sp.1	132	9.7	3.3	16.3		⊙	⊙		3	NB	N
ハゼ科sp.2	48	3.5	4.5	2.5	△		⊙		2	NB	N
アイゴ	3	0.2	0.4	0.0		⊙			1	NB	N
ソウダガツオ属sp.	2	0.1	0.1	0.1		⊙			1	NP	-
アカカマス	3	0.2	0.4	0.0		⊙			1	NP	-
チウオ	1	0.1	0.0	0.1		⊙			1	CS	-
インゴレイ	29	2.1	0.0	4.3			⊙		1	NB	P
マコガレイ	30	2.2	0.3	4.2			⊙		2	NB	P
ササウシノシタ科sp.	26	1.9	0.3	3.6		△	⊙		2	NB	P
ウンシタ科sp.	13	1.0	0.0	1.9			⊙		1	-	-
アミメハギ	12	0.9	0.1	1.6		⊙	△		2	NB	N
カブハギ	4	0.3	0.3	0.3		⊙			1	NB	N

種数と個体数の経月変化では, 表層, 中層ともに春から初秋とくに8月と10月に種数が多く, 中層では個体数も多かった(図-11)。

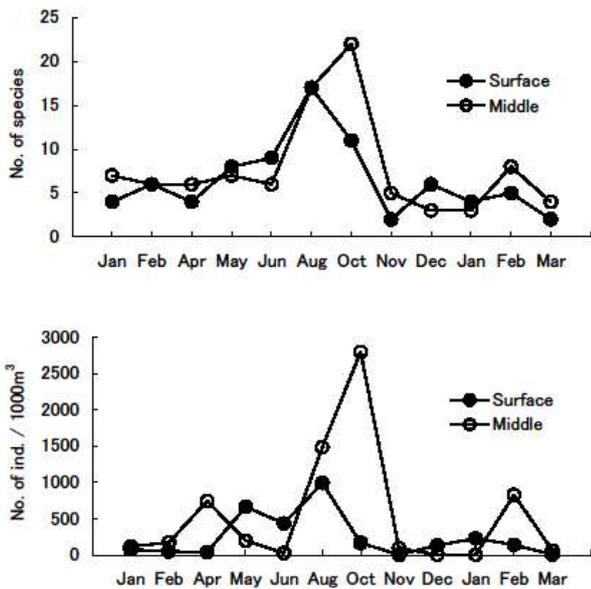


図-11 Stn. D の表層及び中層に出現した仔稚魚の種数 (上) と 個体数密度 (下)

10月だけに出現した種はハオコゼやチダイなど12種で、そのうち10種は中層だけから出現した。ただし、これらの個体数は少なく1個体がほとんどであった。10月の中層で個体数が多かったのはネズッコ科不明複数種、8月中層ではカタクチイワシである。一方、8月だけに出現したのはサツパやカワハギなど9種で、そのうち表層だけに出現したのはクロサギやアイゴなど4種であった。また、中層では2月にも小さなピークが認められた。

成魚の生息場所と産卵様式別に、表層と中層に出現する割合によって出現種を分けたところ、底生性で浮性卵を産む種が中層に偏って分布することが判明した(表2)。また、出現種は中層種の方で多く、大陸棚種(タチウオ)や中深層種(ハダカイワシ科不明種とサイウオ属不明種)も出現した。

表-2 成魚の生息地域別鉛直分布タイプ別種数

	表層(0.6X)	中層(<math>x<0.4< math>)<="" th=""> <th>西層(0.4<math>\leq X \leq 0.6</math>)</th> </math>x<0.4<>	西層(0.4$\leq X \leq 0.6$)
浅海表層	4	3	2
浅海底生浮性卵	2	12	2
浅海底生沈性卵	9	8	3
大陸棚斜面	0	1	0
中深層	0	2	0
淡水	1	0	0
Total	16	27	7

以上のことから、①年間を通して、かなり多くの魚種の仔稚魚が多摩川河口域の沖合水域を利用している、②表層と中層とでは、利用している魚種が異なる、③表層よりも中層の方が仔稚魚に利用されている、④中層種には東京湾内で生息していないような魚種の仔稚魚が侵入してくる、といったことが判明した。

これらの結果から、多摩川河口域の環境が変化した場合、これらの仔稚魚にどのような影響を与えるのかについては、季節的・水平分布的な仔稚魚の出現だけではなく、垂直分布も考慮に入れた調査が必要であると考えられる。

b) 2006年1月から2007年2月の解析結果

採集された仔稚魚は12目26科37種以上10,628個体であった。測点Aで採集された仔稚魚は8目16科26種以上5,083個体(未同定種4個体を含む)、Dでは12目25科35種以上5,545個体(未同定種13個体を含む)であった。両測点の合計で最も多かったのは、カタクチイワシ5,208個体(全個体数の49.0%)で、次いでサツパ1,674個体(15.8%)、カサゴ1,209個体(11.4%)、ネズッコ科不明複数種1,114個体(10.8%)で、これら4種で全体の86.9%を占め、多様性は低かった。測点Aでは、内湾性魚種のみが採集された。そのうち、スズキやサツパ、メバル、アイナメ、イソギンボ、マコガレイなどの11種は三つの発育段階が出現した。これは、東京湾の湾奥の沖合がこれらの種にとって生活史の中で重要な場を提供していることを示している。その一方で、Dでは内湾性魚種に加えて外湾～外洋性の魚種も出現した(表3)。なお、ホテルジャコ科不明種とヒメの2種の成魚は東京湾では知られていない。

これらの魚種が採集された月は4～5月、8～10月、および翌年の2月に集中していた。また、採集された層は、サンマとホテルジャコ科不明種を除いて中層であった。そこで、この時期の底層の塩分を見てみると、測点AとDの間に大きな塩分勾配のあることが分かった(図-12)。

したがって、外湾や外洋から侵入した仔稚魚は、より低塩分の測点Aに到達することはなく、このことが測点AとDの種組成の差の原因を生み出したと考えられる。

4. まとめ

多摩川河口域の環境、とくに河川水の流路や外洋水の侵入機構などが変化した場合、河口沖合を利用している仔稚魚の種組成や出現時期、期間、発育段階などの変化が予想される。しかし、これらは同時に気象や黒潮の流路の変化等にも影響を受けるため、短期間に評価を下すことは難しい。また、現段階では工事中直前の調査ということになるが、今後、工事中、あるいは完成後の調査を継続していく必要があると考えられる。

表-3 Stn. D で採集された仔稚魚の成魚の生息場所による大まかな分類

内湾性魚種	外湾～外洋性魚種
アユ	サンマ
カタクチイワシ	ヒメ
トウゴロウイワシ	ハダカイワシ科 sp.
ヨウジウオ	サイウオ科 sp.
サツバ	ホタルジャコ科 sp.
コノシロ	
サンゴダツ	
カサゴ	
ムラソイ	
メバル	
アイナメ	
スズキ属 spp.	
マアジ	
ニベ科 sp.	
イソギンボ	
イダテンギンボ	
ナベカ	
ネズボ科 spp.	
ミミズハゼ科 spp.	
マコガレイ	
アミメハギ	
コチ属 sp.	
シロギス	
タテガミギンボ	

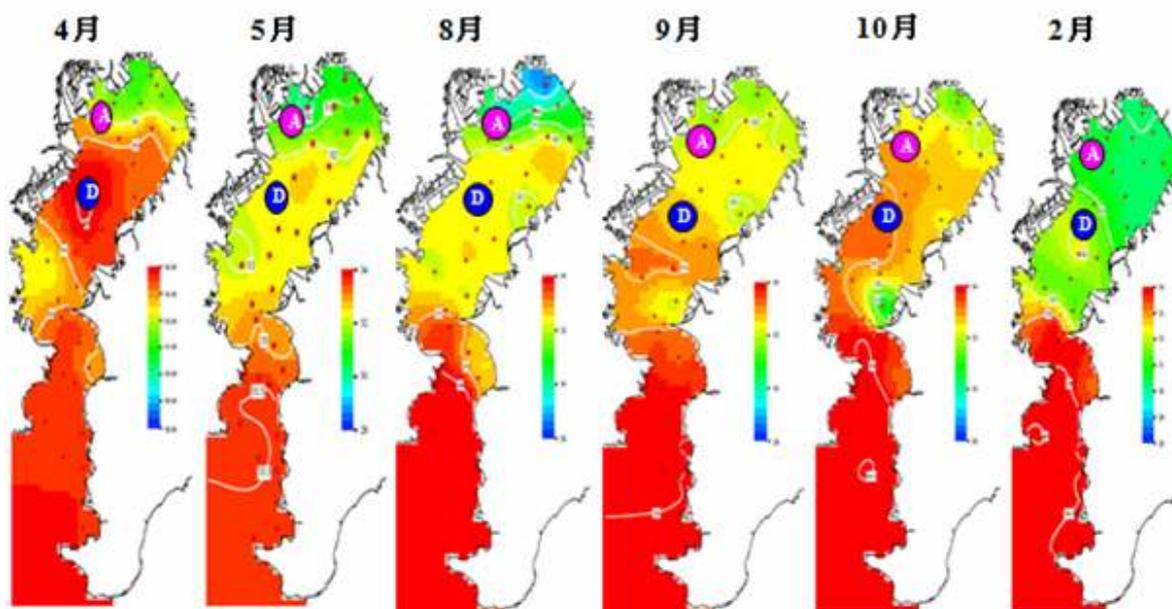


図-12 Stn.D に外湾～外洋性仔稚魚が出現した月の底層塩分

4-2 河口域における魚類の利用様式と影響調査

河野 博・茂木正人（東京海洋大学）

1. 調査研究の概要

河口域を魚類がどのように利用しているのかということ を明らかにするために、(1) 多摩川河口域 5 か所での仔稚魚相の研究と、(2) 優占種であるハゼ科魚類 4 種(マハゼ、アシシロハゼ、ビリンゴ、ヒメハゼ)の胃内容物調査を行った。その結果、多摩川河口域は特に滞在型河口魚の定住の場を提供しているとともに、海水魚や両側回遊魚の一時的な成長の場や淡水魚の最後の逃げ場などとなっていることが判明した。また、胃内容物調査では、成長とともに利用する餌生物が変化することや、河口域が成長の場としてだけでなく、食性の移行の場として機能していることが明らかになった。

2. 調査研究内容

(1) 仔稚魚相調査

今年度(2007年度)の仔稚魚相の調査は、図-1に示した計5か所で行った。

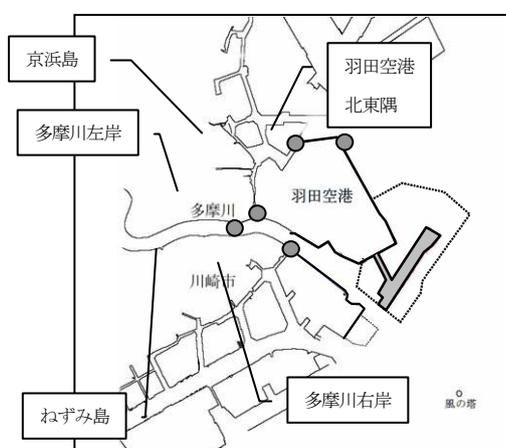


図-1 多摩川河口域の地曳網による調査地点

このうち、京浜島と多摩川左岸については 2008 年 2 月を除いた毎月、その他の 3 地点についてはほぼ 2 か月に 1 回の割合で、小型地曳網を用いて調査を行った。採集された魚類は、選別、同定、計測の後、発育段階を決定し、生活史型と干潟の利用様式を明らかにした。

また、昨年度の調査(2006年5月~2007年4月)で得られた京浜島の結果を、1994-1995年にかけて京浜島で得られた結果や、東京湾内の他の地点の結果と比較した論文を作成した(現在、日仏海洋学会誌に投稿中)。

(2) 河口域における魚類を中心とする生産性の把握

年間を通して、京浜島と多摩川左岸で優占種であったマハゼとアシシロハゼ、ビリンゴ、ヒメハゼの 4 種を対象種として、出現状況を調べるとともに胃内容物調査を行った。胃内容物調査を行ったのはマハゼ 140 個体、アシシロハゼ 130 個体、ビリンゴ 110 個体、ヒメハゼ 120 個体であった。

胃内容物は可能な限り低位の分類群まで査定した後、多毛類、小型・大型甲殻類、動物プランクトン、貝類、魚類、不明の 7 つのカテゴリーに分類した。さらに、マハゼは体長 5mm ごと、その他の種は 2mm ごとに体長区分を分け、体長区分ごとに餌生物の平均体積百分率(%V: 各分類群の体積を胃内容物全体の体積で割り 100 をかけたもの)を算出し、種別・採集地点別に比較を行った。

3. 調査研究結果

(1) 仔稚魚相調査

a) 水温と塩分、種数と個体数

水温は 5 月から 9 月に高く、10 月から下がって 12 月から 4 月にかけては低かった。場所による変化もあまりなく、最高が 29°C 前後、最低が 12-13°C であった。

一方塩分は、明瞭な季節変化は見られなかったが、冬場に高く夏場に低い傾向があった。また、多摩川右岸と左岸では月による変化がやや大きかったが、他の 3 地点では変化があまりなかった。ねずみ島では年間を通して低かった。

今年度採集された魚類は、京浜島で 9 目 18 科 35 種以上 11,787 個体、多摩川左岸で 9 目 16 科 36 種以上 42,989 個体であった。一方、多摩川右岸では 7 目 12 科 23 種以上 2,215 個体が、羽田空港北東隅では 8 目 15 科 31 種以上 1,290 個体が、ねずみ島では 7 目 13 科 27 種以上 2,430 個体が採集された。

b) 京浜島と多摩川左岸の比較

(ここでの解析は 2006 年 10 月から 2007 年 9 月までの一年分のデータに基づいている。この解析によって毎月一回一年分のデータの解析ができ、2 地点ではあるが多摩川河口域の特徴が明らかになるものと期待される)

採集された魚類は合計で 9 目 20 科 44 種以上 56,500 個体である。京浜島で 18 科 35 種以上 12,704 個体、多摩川左岸で 17 科 38 種以上 43,796 個体であった。

科別の種数ではハゼ科が最も多く 14 種以上、次いでコイ科の 4 種以上、ニシン科とボラ科、フサカサゴ科、タイ科、イソギンボ科の 2 種であった。個体数で最も多い種はマハゼの 37,545 個体 (全体の 66.5%) で、次いでピリンゴの 4,501 個体 (8.0%)、エドハゼの 3,397 個体 (6.0%)、ウキゴリの 2,351 個体 (4.2%)、コノシロの 2,078 個体 (3.7%) の順であった。

生活史型と干潟の利用様式については、種まで同定された 38 種 55,686 個体について明らかにした。このうち、河口魚は 14 種 47,919 個体 (全個体数の 84.8%)、海水魚は 20 種 4,669 個体 (8.3%)、淡水魚は 1 種 (ニゴイ) 3 個体 (0.01%)、両側回遊魚は 2 種 2,936 個体 (5.2%)、遡河回遊魚は 1 種 (マルタ) 159 個体 (0.3%) であった (図-2 参照)。

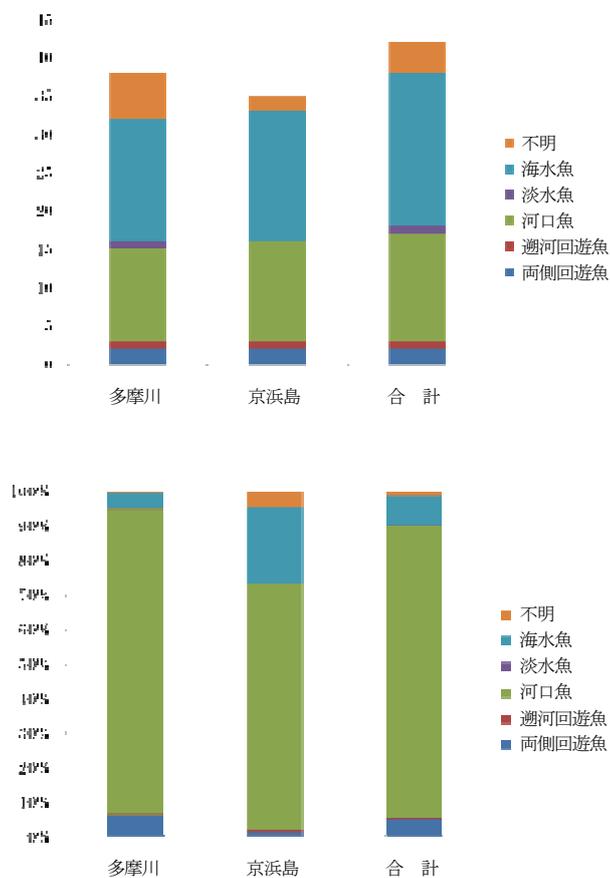


図-2 京浜島と多摩川左岸で採取された魚類の生活史型別の種数 (上) と個体数 (下)

多摩川の河口魚のうち、滞在型に区分された種は 8 種 38,836 個体 (多摩川における河口魚の全個体数の 99.9%)、一時滞在型はミミズハゼ 1 種 24 個体 (0.06%)、通過・遇来型は 3 種 3 個体 (0.01%) であった。海水魚では滞在型は 0 種、一時滞在型は 5 種 1,490 個体 (78.4%)、通過・遇来型は 11 種 411 個体 (29.6%) であった。唯一の淡水魚であるニゴイ (3 個体) は通過・遇来型、両側回遊魚のアユ (15.2%) とウキゴリ (84.8%) は一時滞在型、

遡河回遊魚のマルタも一時滞在型であった (図-3 参照)。

一方、京浜島の河口魚のうち滞在型に区分された種は 7 種 8,787 個体 (京浜島の河口魚の全個体数の 69.0%)、一時滞在型は 2 種 55 個体 (0.4%)、通過・遇来型は 4 種 214 個体 (1.7%) であった。海水魚では滞在型は 0 種、一時滞在型は 7 種 857 個体 (31.0%)、通過・遇来型は 10 種 1,911 個体 (16.9%) であった。両側回遊魚のアユ (89.4%) とウキゴリ (10.6%) の 2 種、および遡河回遊魚のマルタはいずれも一時滞在型であった。

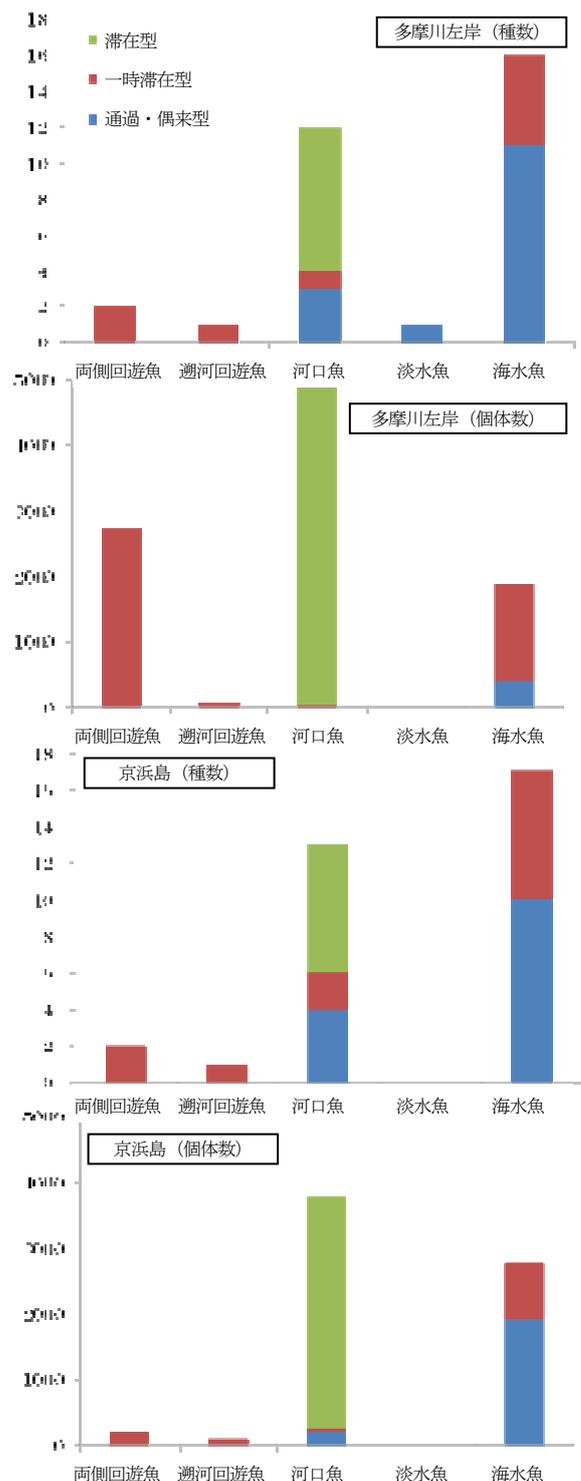


図-3 多摩川左岸、京浜島で採取された魚類の種数と個体数の生活史型別の干潟利用様式の割合

次に、総出現個体数に対する地点ごとの割合を河口魚と海水魚に分けて示した（図-4）。

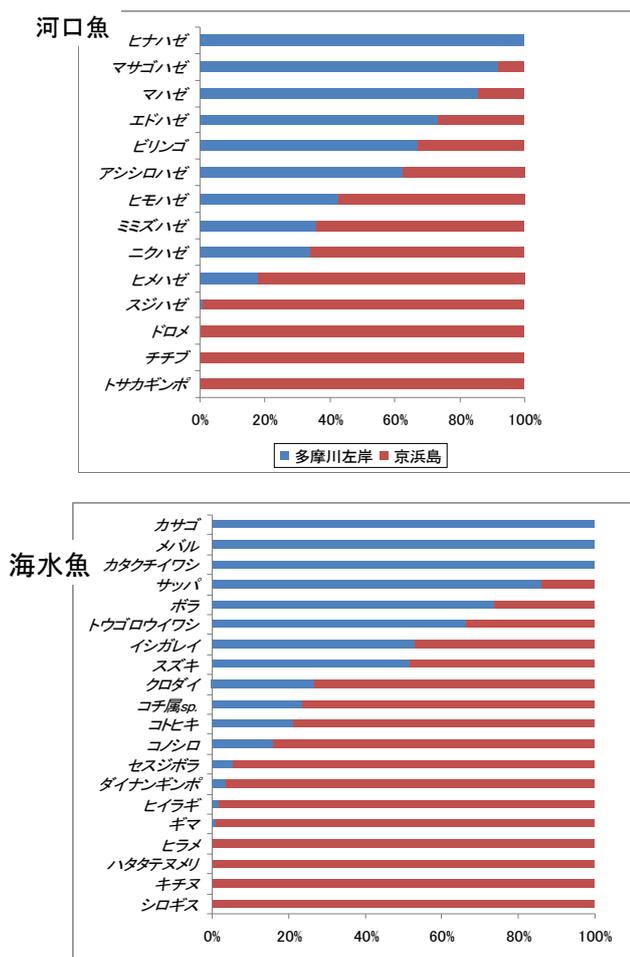


図-4 河口魚と海水魚の河川別の総個体数に対する割合

さらに、両地点各々での出現が60%以上の種によって、各種を多摩川優占種、京浜島優占種、中庸種とした結果が下表である。

	多摩川	中庸	京浜島
河口魚	6	1	7
海水魚	6	2	12
淡水魚	1	0	0
両側回遊魚	2	0	0
遡河回遊魚	0	1	0

河口魚で多摩川優占種となったのはマハゼやアシシロハゼなどの6種で、京浜島優占種となったのはスジハゼやドロメなどの7種であった。海水魚では、多摩川優占種がカタクチイワシやサツパ、ボラなどの6種なのに対して、京浜島優占種はコノシロやセズジボラ、ヒイラギ、コトヒキなどの12種を数えた。両側回遊魚のアユとウキゴリ、および淡水魚のニゴイはいずれも多摩川優占種で、遡河回遊魚のマルタは中庸種であった。

以上のような結果から、京浜島と多摩川左岸の特徴は下のようにまとめられる。

- ① 両地点とも河口域の典型的な特徴を備えている。
(ハゼ科魚類が両地点に共通して長期に多数出現。これは東京湾だけではなく、世界各地の河口域で知られている事象である)
- ② 両地点とも滞在型河口魚の定住の場である。
(全個体数に対する滞在型の割合が多摩川左岸で88.7%、京浜島で69.0%)
- ③ 京浜島はとくに海水魚の一時的な成長の場であると考えられる。
(一時滞在型の魚種の総個体数に占める海水魚の割合は、多摩川左岸で34.4%、京浜島では72.0%)
- ④ 多摩川左岸はとくに両側回遊魚の一時的な成長の場であると考えられる。
(一時滞在型の魚種の総個体数に占める両側回遊魚の割合は、多摩川左岸で63.5%、京浜島では15.8%)
- ⑤ 多摩川左岸は、さらに淡水魚の最後の逃げ場となっている可能性がある。
(淡水魚は1種だけであるが採集された。ふつう淡水魚が潮の干満や出水などによって海水域に流される場合、川岸の複雑な地形などを利用して留まる)

c) 多摩川河口周辺海域3地点の仔稚魚相

(多摩川河口周辺海域3地点は、羽田空港北東隅(以下、羽田)とねずみ島、多摩川右岸(以下、右岸)であるが、ここでは2006年11月から2007年10月までの6回の採集で得られた結果を比較する。また、同じ期間の京浜島と多摩川左岸の結果も加えた。これによって約2か月に1回ではあるがほぼ周年の調査を行ったことになり、今後の変化との比較ができるものと考えられる)

調査期間中に採集された魚類は、3地点の合計で10目25科52種以上、19,659個体であった。種数では、羽田(33種)、京浜島(31種)、ねずみ島(30種)。左岸(28種)右岸(23種)の順に多く、個体数ではねずみ島(6,169個体)と京浜島(6,364個体)がとくに多かった。

各地点での科別の個体数の割合では、すべての地点でハゼ科が優占していた。さらに羽田ではアユ科が、右岸ではシマイサキ科が優占した。各地点での種別の個体数の割合では、各地点によって優占種が次のように変化した：羽田、アユ；ねずみ島、マハゼ；右岸、エドハゼ；京浜島、コノシロ；左岸、ビリンゴ。

京浜島と羽田では海水魚が多く出現したのに対し、ねずみ島では河口魚の方が多かった(図-5)。両側回遊魚は各地点で見られたが、遡河回遊魚は羽田と右岸には出現しなかった。また、淡水魚は左岸のみに出現した。

個体数では、ねずみ島で多くの河口魚が出現した。京浜島では、河口魚や海水魚とともに、遡河回遊魚が多く出現した。

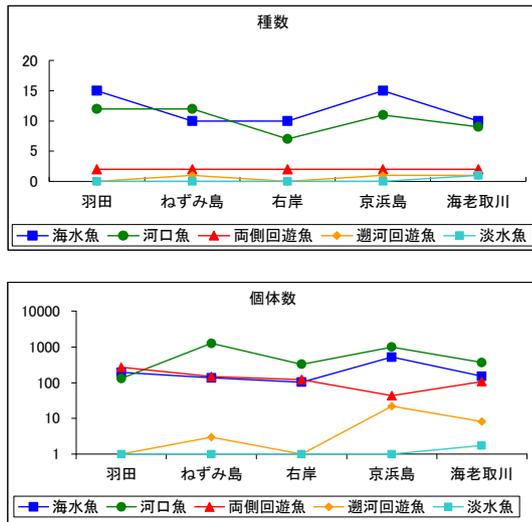


図-5 多摩川河口5地点で採取された種数(上)と個体数(下)

以上の結果から、多摩川河口域5地点の仔稚魚相について以下のことが判明した。

- ① 各地点ともハゼ科魚類の種類、個体数が多く、しかも長期にわたって出現した。
- ② 種数で多いのは羽田、少ないのは右岸。個体数で多いのは京浜島と左岸。
- ③ 優占種は地点によって異なり、次のようであった：羽田（アユ、サツバ）、京浜島（コノシロ、マハゼ）、左岸（ビリンゴ、アユ）、ねずみ島（マハゼ、エドハゼ）、右岸（エドハゼ、アユ）。
- ④ 地点によって、以下のような利用する魚種の違いが認められた：海水魚の種数が多く、利用度が高かったのは京浜島と羽田；河口魚の個体数が多いのは京浜島とねずみ島で、逆に少ないのは右岸；遡河回遊魚の利用が多いのは、左岸とねずみ島；淡水魚は左岸だけでみられた。
- ⑤ 以上のことから、多摩川河口水域はいくつかの異なる環境をもつ干潟域や砂浜海岸を有し、そのためにいろいろな魚類が利用することのできる多様性の高い場所を提供していると考えられた。

d) 論文の作成と投稿

昨年度の京浜島の仔稚魚相調査の結果に基づいて、『東京湾京浜島の魚類相の季節変化と長期生物モニタリングの必要性』という論文を作成した。これは、昨年行った業務の一つである標本・資料収集で得られた東京湾内の他の干潟域の仔稚魚相やすでに発表された那須ほか(1996)の論文『東京湾奥部京浜島の干潟に出現する魚類』（東京水産大学研究報告書，82(2)：125-133）の結果と比較したものである。

論文は現在日仏海洋学会誌である *La mer* に投稿中である。ここでは、その要旨を下に略記する。

東京都大田区にある京浜島の南東部に位置する砂泥底の干潟で、2006年5月から2007年4月の毎月一回、各月下旬に地曳網による仔稚魚相調査を行った。また、1994-1995年に調査した結果（前調査）、および東京湾内の新浜湖や小櫃川、葛西人工渚などで得られた同様の調査の結果と比較した。前調査と比較すると、種数と個体数の季節変化やハゼ科魚類の大量かつ長期間の出現、夏季にいろいろな種類の海水魚が出現することなどで共通性が認められた。その一方で、前回は採集されたが今回は採集されなかったのはメナダやナンヨウウボラ、またその逆はアユやギマ、ヒナハゼなどの出現種の違いもみられた。東京湾内湾の他水域との比較では、内陸湖や河口干潟、前浜干潟といった地理的特性によって出現魚種の特徴が認められた。これらの結果から、多摩川河口域が魚類に多様な生活の場を提供していること、あるいは長期の生物モニタリングの重要性などが指摘された。

(2) 河口域における魚類を中心とする生産性の把握

ここでは、京浜島と多摩川左岸から採集されたハゼ科魚類4種について、その出現様式と胃内容物調査の結果を示す。

a) ハゼ科4種の出現状況

両地点で採集されたマハゼの体長組成の経月変化では、両地点とも3月に平均体長15mmの個体が採集された（次頁図-6左）。特に仔魚が採集されたのは京浜島のみであった。その後、4月以降には、両地点で成長している様子が見られた。

一方、アシシロハゼでは、多摩川では10月に体長9mmの稚魚と34-37mm若魚が採集され、12月には15-20mmの稚魚が出現した（次頁図-6右）。翌1月以降には、成長していることがみられたが、5月から7月までは40mm前後で成長が停滞した。さらに8月になると、10mm以下の仔魚と稚魚が採集された。京浜島でも同じような変化が認められたが、個体の大きさとしてはより大きな個体が出現する傾向がみられた。

ビリンゴの体長組成の経月変化では、多摩川では2月に体長9.7-18.3mm、3月に15.3-20.2mmの稚魚と55.0mmの成魚が採集されたが、京浜島では2月に5.7-16.9mmの仔魚と稚魚、3月に5.2-16.3mmの仔魚・稚魚と、53.2mmの成魚が出現した（次頁図-7左）。4月には多摩川はモードが20mmの単峰型であったが、京浜島では15mmと26mmの双峰型を示した。5月以降は両地点とも単峰型となり、成長が認められた。

ヒメハゼは、多摩川では10月に稚魚から成魚が、京浜島では11月に平均体長23mmの若魚と成魚が出現し、その後、経時的に出現サイズは大型化した（次頁図-7右）。また、京浜島でのみ8月に5mm前後の仔魚が採集された。

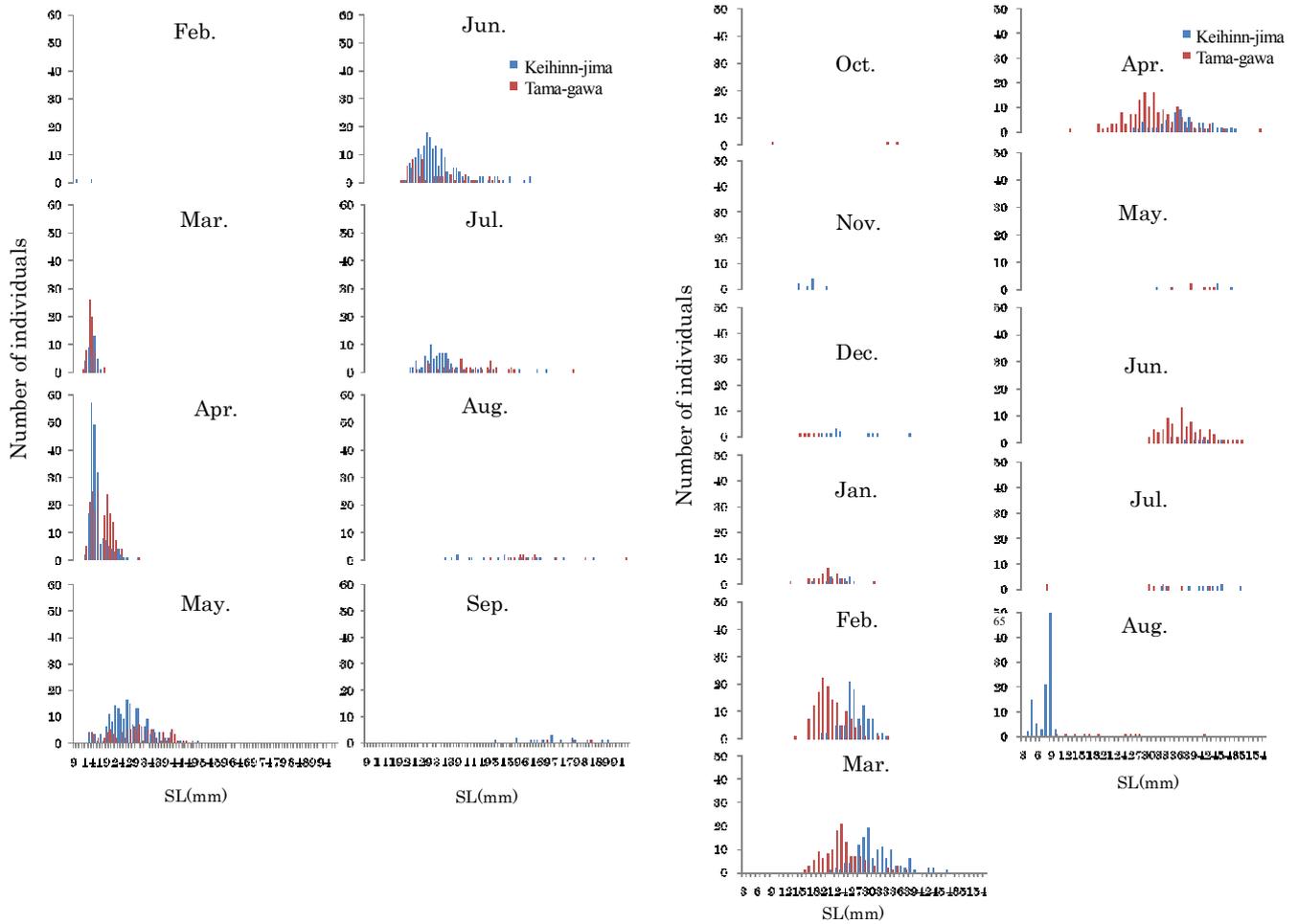


図-6 マハゼ (左) とアシシロハゼ (右) の月別の体長組成

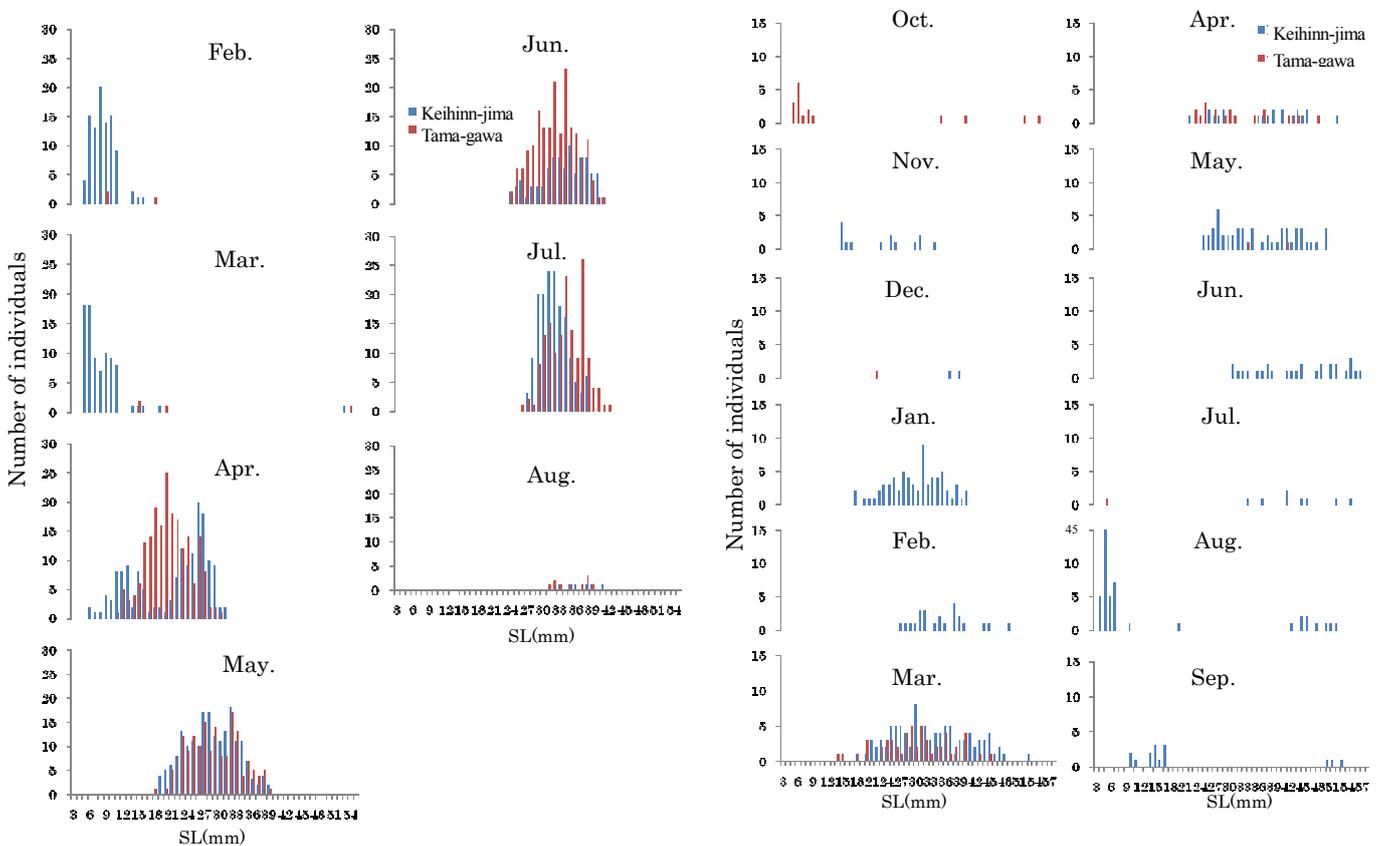


図-7 ビリンゴ (左) とヒメハゼ (右) の月別の体長組成

以上のことから、ハゼ科4種にとって多摩川左岸も京浜島も成長の場として利用されていることが判明した。ただし、種によってその利用の仕方は少し異なっていた。すなわち：

- ① マハゼとビリンゴは産卵期には別な産卵場に移動するが、仔稚魚になると干潟を利用するのに対して、アシシロハゼとヒメハゼは干潟周辺で産卵をしている可能性が高い。
- ② マハゼとアシシロハゼ、ヒメハゼは仔稚魚から若魚、未成魚まで生活史のかなりの部分を干潟域で生活しているが、ビリンゴはある程度大きくなると、生活の場をさらに上流に移動させている。
- ③ マハゼとアアシシロハゼ、ビリンゴは左岸も京浜島も同じように利用しているが、ヒメハゼは京浜島に偏った出現を示した。

b) ハゼ科4種の胃内容物

マハゼは、多摩川では体長10-49.9mmで小型甲殻類が0-38.8%を占めていたが、50mm以上では減少した(図-8左)。多毛類はすべての階級で出現し、14.1-92.3%で推移した。また、貝類は80-84.9mmと95-99.9mmで、動物プランクトンは15-19.9mmで出現した。

一方京浜島では、動物プランクトンは10-14.9mmで32.3%、15-19.9mmで13.8%と減少し、20mm以上の胃内

容物にはほとんど含まれていなかった。多毛類は90-94.9mmでは出現しなかったが、それ以外の階級では出現し、5.3-75.2%で推移した。

アシシロハゼでは、多摩川でアミ類などの小型甲殻類が13-63.5%を占め、主要な餌となっていた(図-8右)。また、次いで多毛類が多く食べられ、19.6-50.8%を占めた。動物プランクトンは15-20.9mmで見られた。

一方京浜島では、小型甲殻類は9-11.9mmの個体では30.3%であったが、18-23.9mmの個体では出現せず、24.0-26.9mm以降になると増加した。また、3-5.9mm、9-11.9mmで動物プランクトンが胃内容物の50%以上を占めていたが、それ以降は減少した。大型甲殻類は24.0mm以上の個体では1.2-43.4%であった。また、48-50.9mmの胃内容物には稚魚が含まれていた。

ビリンゴでは、多摩川で動物プランクトンは体長12-14.9mmで100%を占めていたが、それ以降は減少し、27mm以上の個体では再び増加し、30.4-78.5%を占めた(次頁図-9左)。逆に、小型甲殻類は15-23.9mmの胃内容物では5.6-49.2%であったが、24-26.9mmで急増して99.9%を占めた。

一方、京浜島では、動物プランクトンは3-14.9mmの胃内容物でほぼ100%を占めていたが、それ以降は減少傾向にあった。逆に、小型甲殻類は9-23.9mmで0.7-5.3%であったが、その後急増し、24-26.9mmの胃内容物では89.6%を占めた。

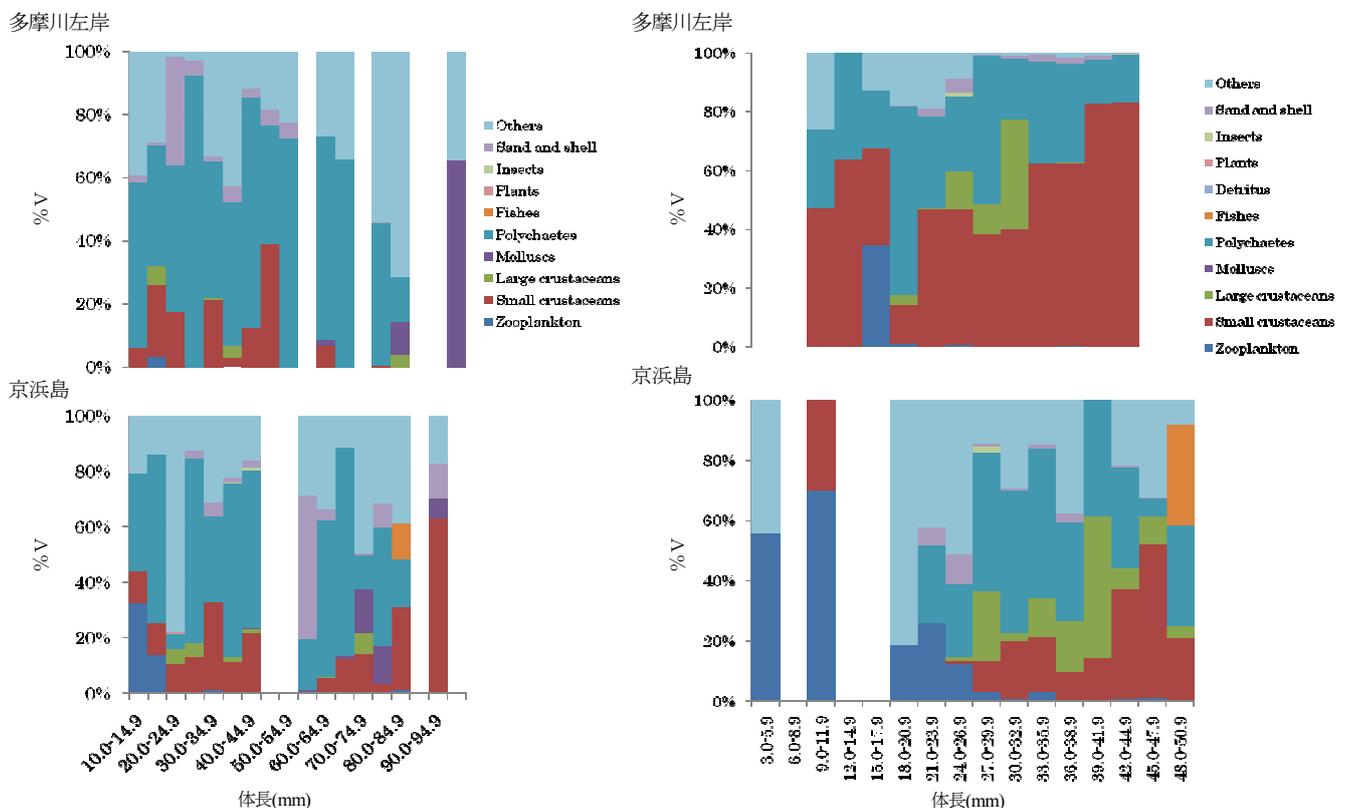


図-8 マハゼ(左)とアシシロハゼ(右)の多摩川左岸、京浜島における体長区分別の胃内容物組成

ヒメハゼでは、多摩川で体長 3-11.9mm では動物プランクトンが 40-100%を占めていた (図-9 右)。小型甲殻類は 21-41.9mm では 26.6-93.1%で推移していたが、39-41.9mm では減少し、45-50.9mm では再び増加した。

京浜島では小型甲殻類が 3-5.9mm の胃内容物の 100%を占めたが、9-11.9mm で 77.1%と減少し、それ以降も減少した。逆に貝類は、15-17.9mm, 30.32.9mm, 36-38.9mm でそれぞれ 3.1%, 0.9%, 5.3%であったが、42-44.9mm では 48.0%と急増し、42-50.9mm では出現しなかったが、51-53.9mm では 64.2%, 57-59.9mm では 80.5%であった。

ハゼ科 4 種の食性比較の結果、以下のことが判明した:

- ① 両地点ともに、マハゼは多毛類、アシシロハゼは甲殻類と多毛類を主に採餌していたが、京浜島では成長にともない、より強い雑食性が示された。
- ② ビリンゴは、多摩川では成長に係わらず動物プランクトンを利用していましたが、京浜島では動物プランクトン食から小型甲殻類食へと移行していた。

③ ヒメハゼは多摩川で動物プランクトンから小型甲殻類へ、京浜島では小型甲殻類から多毛類へと移行した。したがって、これら 4 種にとって、調査地点は食性の移行の場として機能していることが明らかとなった。

4. まとめ

多摩川河口域の干潟域における仔稚魚の出現様式や利用の仕方などが、少しずつ明らかになりつつある。今後の課題としては、調査の継続と小櫃川や新浜湖といった対照水域を含めた東京湾内湾における多摩川河口域の役割などを明らかにする必要があると考えられる。

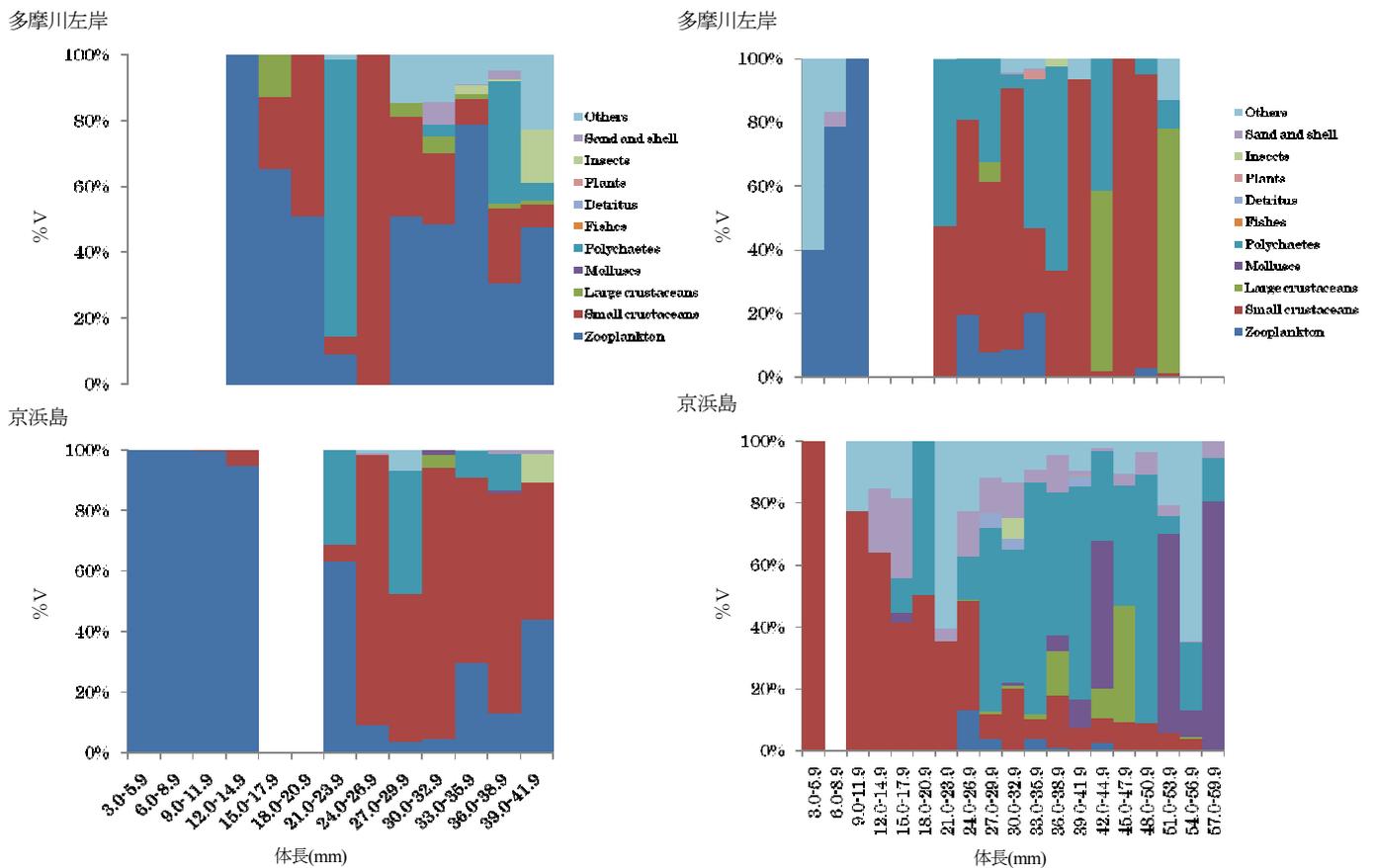


図-9 ビリンゴ (左) とヒメハゼ (右) の多摩川左岸, 京浜島における体長区分別の胃内容物組成

5 市民参加型環境調査

鈴木覚（海辺つくり研究会）

1. 調査研究の概要

本調査は、羽田空港再拡張事業に係る環境影響評価に関連した調査を踏まえ、汽水域であるがゆえに複雑となっている海域生態系の維持機構を解明し、東京湾水域環境の改善・保全等の検討を市民との協働を図りながら実施するものである。

市民参加型の環境調査として以下の3項目について実施した。

2007年度調査

市民参加型生物生息状況調査

（干潟観察講座・干潟生物観察調査）

多摩川河口部干潟5箇所において生き物観察会を実施した。

市民レベルでの現場環境調査（釣り調査）

羽田周辺の水域においてハゼ釣による生き物生息状況調査を行った。

過去の環境に関わる事例調査（市民レーション調査）

羽田地区住民の方の聞き取り調査を行い、環境史資料とした。

調査の内容は以下の通りである。

日時：2007年5月19日

天候：小雨

参加者：83名、スタッフ27名含む

内容：

- ・生物多様性調査（30分生き物さがし）
- ・生物定量調査（Φ100mmの筒による生物採取分析）
- ・ヤマトシジミ個体群調査（シジミの量・殻長測定）



開会式の風景

2. 調査研究内容

(1) 市民参加型生物生息状況調査

a) 調査地点

図-1に示す①～⑤の地点において、干潟の生物観察会を実施した。



図-1 干潟観察会実施場所

b) 調査内容

c) 調査結果

調査結果は以下の通りである。

① 生物多様性調査

30分で、各自が様々な生き物探し、各地点で何種類の生き物を発見できたかを調べた。チロリ、カワゴカイなどのゴカイ類、ヤマトオサガニ、マメコブシガニなどの甲殻類及びヤマトシジミ、アサリなどの二枚貝類など多様な生き物が発見され、ソトオリガイやカワザンショウガイ・ムロミスナウミナナフシなどの絶滅が心配される生物も発見された。また、下流側でより多種の生き物が見つかった。



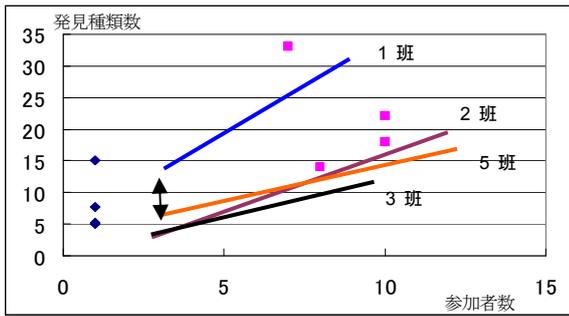


図-2 生物多様性調査結果

② 定量調査

定量調査は下記の写真のように筒で干潟の泥を採取し、その中にどんな生き物がどれだけ見つかるかを分析した。ホソイトゴカイ、カワゴカイ、ヤマトシジミ、ヤマトオサガニ、などが多く見つかった。定量調査の結果も下流側で種類数、出現数とも多く、上流側で少ない結果が得られた。



調査風景

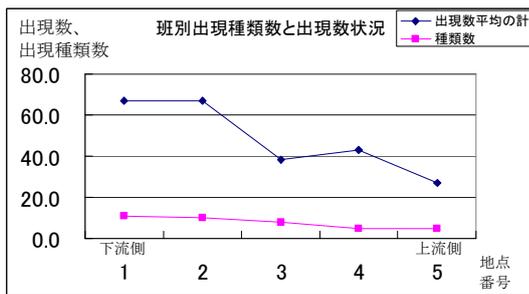


図-2 定量調査結果

③ ヤマトシジミ個体群調査

50cm 方形枠内のヤマトシジミの殻長別個体数を採取分析した。下流側の①, ②点ではあまり採取できなかったが、上流側では図-3 に示すように、5mm と約 20mm をピークとする殻長分布が得られ、世代交代をしているシジミの生息が確認された。

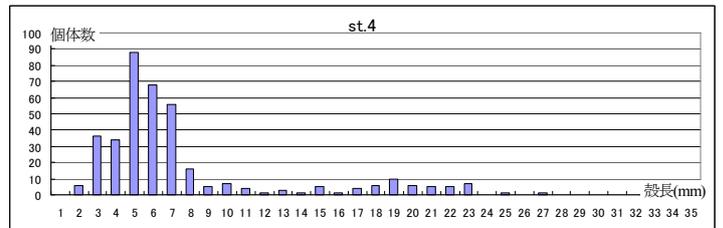


図-3 ヤマトシジミ個体群調査結果例

(2) 市民レベルでの現場環境調査 (釣り調査)

a) 調査地点

図-4 に示す地点において、遊漁によるハゼ等漁獲調査を実施した。

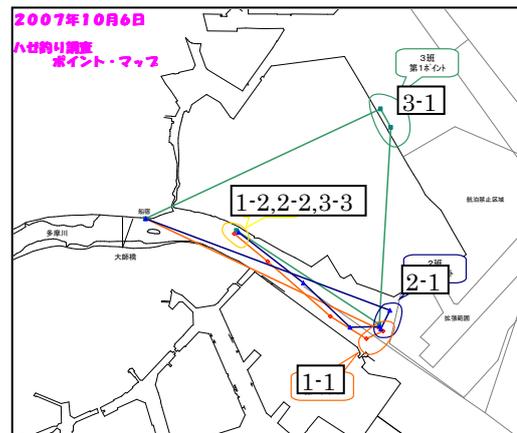


図-4 ハゼ釣り調査地点

b) 調査内容

調査の内容は以下の通りである。

日時 : 2007年10月6日(土曜日)
 場所 : 羽田空港周辺海域(羽田空港東側, 多摩川河口部, 羽田空港西側多摩川河口部(図. 5))
 参加 : 45名(15人×3隻)
 実施内容 : 遊漁によるハゼ等漁獲調査
 ヒアリングによる護岸釣り釣果調査
 (ヒアリングは, 海老取川, 川崎浮島釣園, 翼公園, トリトン(江東区)にて実施した。)

c) 調査結果

調査結果は以下の通りである。

①遊漁によるハゼ等漁獲調査

調査結果は図-5に示すとおりで、空港の東側の水域では釣果は少なかったが、多摩川では多くの釣果が得られた。昨年度（2006年）は全体でもマハゼが数匹しかつれなかったもので、今年はマハゼの資源量が増大したと考えられる。

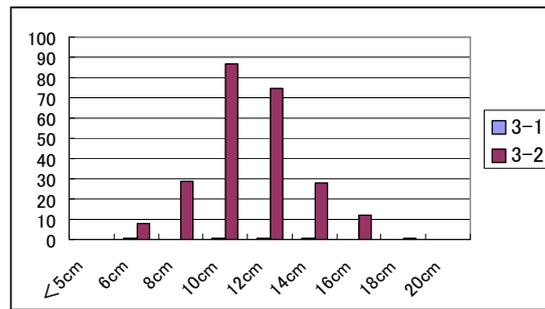


図-5(3) ハゼ釣り調査結果（3班）

①ヒアリングによる護岸釣り釣果調査

ヒアリング結果は表-1に示すとおりであり、運河や河川部で比較的多く釣れ、海側では少ない傾向であった。また、昨年度に比べると今年度は釣果が良い傾向にあることも分かった。



集合写真



調査風景



調査風景

表-1 護岸釣の釣果（ヒアリング調査結果）

	釣果	釣時間	釣効率	ハゼ以外
海老取川	20.4	1.4	14.5	1
川崎釣公園	10.3	2.1	4.8	29
つばさ公園	17.3	2.6	6.7	4
トリトン	48.4	3.3	14.6	0

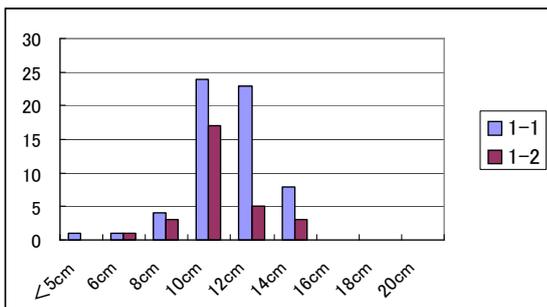


図-5(1) ハゼ釣り調査結果（1班）

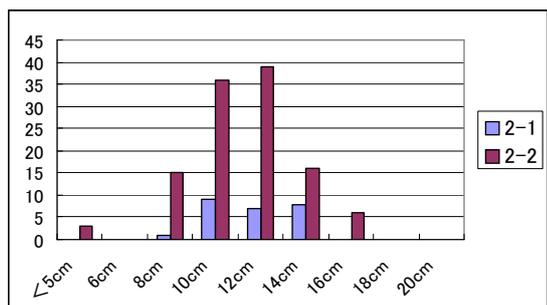


図-5(2) ハゼ釣り調査結果（2班）

(3) 過去の環境に関わる事例調査（市民レーション調査）

a) 調査内容

下記の方々のお話を伺った。



b) 調査結果

【戦前の羽田周辺の町の風情について】

- ・ 戦前の羽田空港は、穴守町、鈴木町及び江戸見町があった。
- ・ 穴守町の穴守稲荷は、参詣客でにぎわった。
- ・ 当時の町の風情を大山さんなどからうかがった。

- ・ 戦争で焼け出され、戦後マッカーサーの指令で、48時間で全員退去を命じられる。
- ・ 穴守町・鈴木町の消滅（町は羽田空港の下に今も眠っている）
- ・ 返還された後は空港となり、町（穴守町、鈴木町）が復活することはなかった。
- ・ 戦前は表-2 ように季節によって様々な魚介類を採る事ができた（資料調査）。

- ・ 羽田の昔の暮らしを伝える羽田節の保存活動を行っている（大山さん）
- ・ 海苔養殖の歴史を伝えて行こうと会を作ったこともある。

これらの聞き取り結果をさらに整理して、報告会を開きたいと考えている。

3. まとめ

市民参加型による干潟観察、ハゼ釣りによる調査を行い、干潟の場所による相違やハゼの生息分布が異なる状況が確認された。これらのデータの蓄積を図ることにより、市民が環境の変遷を実感できる情報として生かしていくことが重要である。

また、羽田の環境史について様々な話を伺ってきたが、今後は、地域の歴史や人々の暮らしの変遷をふまえた自然再生を行なうための基礎資料となるように取りまとめていく必要がある。



図-6 昭和初期の羽田地区

表-2 戦前の漁獲カレンダー

	アナゴ	カレイ	ハゼ	サワラ	カイズ	黒鯛	スズキ	セイゴ	サヨリ	マコ	鰻	白魚	ボラ (三枚網)	芝えび
1	■													
2	■													
3	■													ハハエビ
4	■	■												
5	■	■												
6	■	■												
7	■	■												
8	■	■												
9	■	■												コサケ
10	■	■												
11	■	■												
12	■	■												

【戦後の海苔養殖推進の努力】

- ・ 東京水産大の助力もあり、われわれが大学に行き、どの層にのりが付着するかということの研究に心血を注いだ。この研究は内湾全体の研究会を組織して行なった。
- ・ その結果普通の天候であれば、種を取り逃すことが無くなり、変な話、素人でも海苔養殖が出来るようになった。

【漁業権放棄とその後】

- ・ 東京都は昭和 36 年—45 年の間の埋立計画で、漁業者に東京都は、Aラインの外側は残し、内側の漁業権を放棄するように迫ってきた。
- ・ すべての漁業者は漁業を断念した。
- ・ うまく転業できた人が多い。

羽田周辺水域環境調査研究委員会 委員名簿

(H20.6.10.現在)(順不同・敬称略)

区分	氏名	部署・役職
委員長	風呂田 利夫	東邦大学理学部・大学院理学研究科 教授
副委員長	灘岡 和夫	東京工業大学大学院 情報理工学研究科 教授
幹事委員	八木 宏	独立行政法人 水産総合研究センター 水産工学研究所 水産土木工学部 水理研究室長 (東京工業大学大学院 情報理工学研究科 連携教授)
委員	石丸 隆	東京海洋大学 海洋科学部海洋環境学科 教授
委員	小川 浩史	東京大学 海洋研究所 准教授
委員	神田 穰太	東京海洋大学 海洋科学部海洋環境学科 教授
委員	木村 尚	特定非営利活動法人 海辺つくり研究会 理事(事務局長)
委員	河野 博	東京海洋大学 海洋科学部海洋環境学科 教授
委員	児玉 真史	独立行政法人 水産総合研究センター 中央水産研究所 研究員
委員	齊藤 肇	独立行政法人 水産総合研究センター 水産工学研究所 研究員
委員	鈴木 高二朗	独立行政法人 港湾空港技術研究所 海象情報領域 主任研究官
委員	中川 康之	独立行政法人 港湾空港技術研究所 沿岸環境領域 主任研究官
委員	二瓶 泰雄	東京理科大学 理工学部土木工学科 准教授
委員	堀本 奈穂	東京海洋大学 海洋科学部海洋環境学科 助教
委員	茂木 正人	東京海洋大学 海洋科学部海洋環境学科 助教
関係行政機関	鈴木 研司	関東地方整備局 京浜河川事務所 所長
関係行政機関	高橋 浩二	関東地方整備局 港湾空港部長

(国土交通省 関東地方整備局 横浜港湾空港技術調査事務所)

羽田周辺水域環境調査研究委員会 学会発表論文一覧

分類	著者名	発行年	論文名	文献(雑誌等)	調査地点
流況	大橋 暁 (八木 宏)	2008	多摩川河口部の流動特性について	2008 年度日本海洋学会春季大会講演要旨集	多摩川河口
	八木 宏	2008	東京湾・多摩川河口周辺水域の貧酸素水塊の挙動について	2008 年度日本海洋学会春季大会講演要旨集	多摩川河口
水質	八木 宏	2007	多摩川河口周辺水域における貧酸素水塊の時空間変動特性	日本海洋学会大会講演要旨集	多摩川河口
	八木 宏	2007	冬季多摩川河口周辺水域における水環境構造に関する現地観測	日本海洋学会大会講演要旨集	多摩川河口
	八木 宏	2007	東京湾羽田周辺水域における懸濁物質の時空間変動特性	日本流体力学会年会講演アブストラクト集	羽田周辺水域
	八木 宏	2007	冬季東京湾羽田沖の流動特性と多摩川河口域への影響について	日本流体力学会年会講演アブストラクト集	羽田周辺水域
	八木 宏	2007	東京湾羽田周辺水域における貧酸素水塊と懸濁物質の時空間変動特性	海岸工学論文集	羽田周辺水域
	二瓶 泰雄	2007	多摩川・田園調布堰における SS 及び栄養塩・COD 負荷量の把握	土木学会年次学術講演会講演概要集 (CD-ROM)	多摩川
底質	中川 康之, 有路 隆一, 松坂 省一, 諸星 一信, 八木 宏, 灘岡 和夫, 古殿 太郎, 大野 幸正, 島崎 哲也	2007	多摩川河口沿岸域における底泥の堆積分布特性の把握に関する現地調査	海岸工学論文集	多摩川河口
	中川 康之, 有路 隆一, 松坂 省一, 諸星 一信, 八木 宏, 灘岡 和夫, 田中 晋	2008	東京湾多摩川河口沖における底泥の巻き上げに関する現地観測	海岸工学論文集	羽田周辺水域
	碓井 敏宏 (小川浩史, 神田穰太, 有路隆一, 大野幸正, 古殿太郎)	2007	羽田周辺水域における堆積物中の有機炭素・全窒素量及びそれらの安定同位体比について	2007 年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集	羽田周辺水域
	碓井 敏宏 (小川浩史, 神田穰太)	2007	夏季の羽田周辺水域における直上水-堆積物間の酸素・栄養塩フラックス	2007 年度日本海洋学会春季大会講演要旨集	羽田周辺水域
底生生物	梶本 輝樹 (千葉衛生短大) (風呂田 利夫)	2007	多摩川河口における底生生物の種多様性	2007 年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会講演要旨集	多摩川河口
	風呂田 利夫	2007	海洋生物の越境移入と沿岸生態系の攪乱 東京湾における外来種の生息状況	海洋と生物	
プランクトン	伊東 宏, 斎藤 暢宏 ((株) 水土舎) (風呂田 利夫)	2007	多摩川河口域におけるベントス幼生, 特に十脚目甲殻類幼生の水平分布と時系列変化	2007 年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会講演要旨集	多摩川河口
	石丸 隆	2007	東京湾羽田沖定点の海底泥から採取した珪藻類の休眠期細胞について	日本海洋学会大会講演要旨集	羽田周辺水域
その他	有路隆一	2007	東京国際空港再拡張事業に伴う羽田周辺水域における水環境調査研究の取り組み	土木学会年次学術講演会講演概要集 (CD-ROM)	羽田周辺水域