

平成 22 年度三番瀬自然環境合同調査

第一班報告書

安西 亮佑

大西 輝明

加藤 愛

斎藤 清

林 秀明

1. はじめに

当調査の目的は、我々一般住民が三番瀬の自然環境を直接観察し、試料の採集や分析・解析などを行うことにより、東京湾奥の干潟に生息する生物一般や底生生物の生態系に関する現状を知るとともに、その分布や経年変化状況などに関しての理解を深めることである。

本年度は2010年5月29日(土)午後、現地調査に先立って約2時間程度の事前勉強会(指導員による講義、およびソーティング実習など)、第一回調査として6月22日(土)午前10時過ぎから、浦安市日の出先水域干潟における試料採集、そのソーティング、同定、計測などを行った。さらに8月8日(日)、第二回現地調査として、午前9時30分頃から第一回調査と同一地点で同様な採取と事後分析を行った。これらの調査結果を取りまとめたデータをもとに、9月26日(日)午後、約2時間30分をかけて班毎に考察会を行い、これらの議論をもとに本報告書を作成した。

2. 現地調査・試料の調整

ここで試料とは、海底土中に生息する底生生物全般を指すものとする。当調査作業の具体的目標は底生生物の種の同定と定量(個体数、質量、および殻長の計測)である。

試料採集の両日とも晴天、特に第一回目の6月22日は大潮干潮時にあたり、100名を越す(第二回目時においても20~30名の)多数の潮干狩り客が干潟を占有していた。これら両日前までの一般住民による潮干狩りによって、試料採集場所での海底土状況が大きく乱されていたことは改めて指摘するまでもない。図1に6月22日午前の調査対象水域、図2に10月5日午前の同水域の様相を参考として示す。

試料採集の両日とも、調査対象水域護岸近傍にはムラサキ貝、イソギンチャク、ヤドカリ等が多数付着、マメコブシガニ、ヒトデなども観察された。当水域の干潟では死貝殻が多く、ゴカイの糞塊やマテガイの巣穴も目立った。さらに海水中には水クラゲ、ナマコ、ワレカラなどの小動物のほかにハゼなどの小魚も観察され、オゴノリ、アオサ、ハネモ、ボウアオノリなどの海草類の浮遊も見られた。



図 1 : 6 月 22 日



図 2 : 10 月 5 日

本第 1 班の試料採集場所は第一、二回目調査とも #2-1、および #2-2 の 2 ヶ所であり（これらの箇所については「三番瀬自然環境合同調査の概要・結果」の添付図を参照のこと）、日の出先護岸部から各々 10、および 30m の位置にある 2 地点である。両地点とも主として砂泥から成るが、#2-1 は 2 枚貝の死殻が特に多い場所であった。両日、両地点ともにほぼ干出状態（第 2 回目、#2-1 では数 cm の水深）であった。これら両地点での海水温、および酸化還元電位値が、日の出先水域の（150m×80m の範囲にわたる）当調査対象域の他の箇所でのそれらと著しく異なっている傾向はなかった。

試料採集では $20 \times 20 \times 20 \text{cm}^3$ のステンレス製型枠を海底土中に挿入、この枠内の海底土をはじめに 5mm メッシュの、つぎに 1mm メッシュのふるいにかけて、後者のふるいに残った（生物体試料を含んだ）残土を浦安市郷土博物館に持ち帰った。この後、同博物館にてソーティング、同定、および定量化を行い、最後にソートした生物体を 10%アルコール液に浸して保存した。後日、試料採集した全 10 地点での生物種の個体数、殻長、質重量などの情報が調査データとしてまとめられ、これを用いて分析・検討を行った。

3. 結果と考察

本調査の対象水域は三番瀬中の限られた極めて狭い領域にすぎず、#1-2 から #3-5 までの 10 ヶ所の全調査地点での出現個体種の総和についても（卓越した数百個のアサリや 3000 個を超えるスピオ類は例外とすれば、一般に）一個から数十個であるにすぎない。潮干狩り客による大きい擾乱も考慮すれば、我々

の得た計測結果はこうした“数の少なさ”に起源する統計的揺らぎやヒューマンファクターのために、きわめて低い信頼度しか有していないことに注意すべきである。したがって以下では各調査地点ごとの数値を検討するのではなく、全 10 地点の総和（すなわち本調査対象水域の平均値の 10 倍値）を取り扱うことにする。

3.1 底生成物多様性の経年変化

ここでは簡単のため、底生生物多様性の指標として生物種の「数」をとるものとする。試料中で観測された底生生物を (a) 全生物、(b) 二枚貝類、(c) 甲殻類、(d) 環形動物、(e) その他、に大別する。調査開始年の 2005 年以降、このように分類される生物の多様性経年変化を図 3 (a)~(d) に示す。

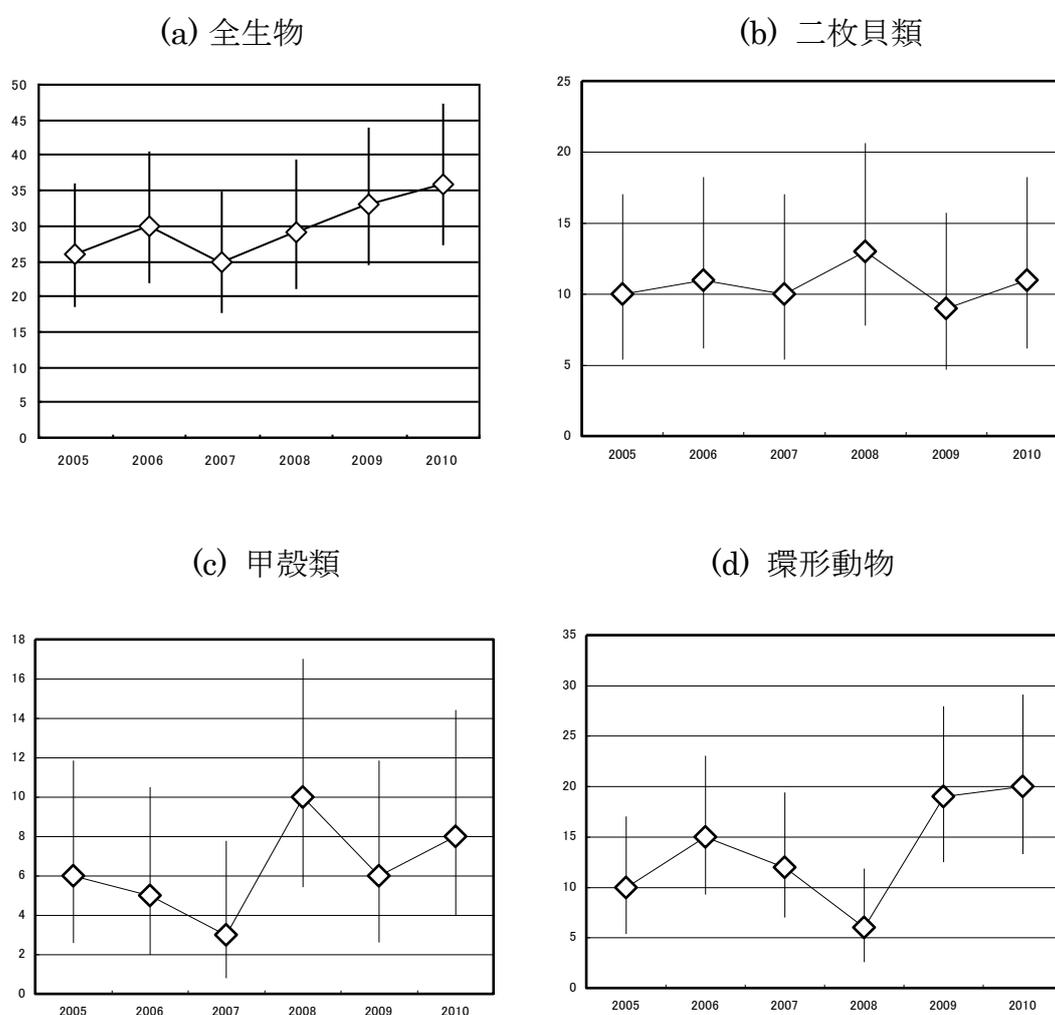


図 3：種の数の経年変化（横軸：西暦年、縦軸：種の数）

各年における生物種数を、当該年に 2 度（2005 年は 1 度）にわたって実施されてきた調査の中で、少なくとも一度は出現したものの種の数（種の数の総和）とすることとした。図 3(a)～(d) には調査値の不確定幅も、上下方向の実線で示している。この不確定範囲は（調査誤差の分布がポアソン分布になるとした場合の）信頼度 90%に対応するものであり [1]、当範囲を超えた上または下方向の値を真の値が取る確率は各々 5%である場合に相当する。

このような不確定幅を考慮する場合、“幅の領域が重なる” 場合には、たとえ調査値相互間の差が見かけ上、大きいものであっても、調査値間の差は有意ではない（すなわち、統計的な差はない）。例えば図 3(a) の種の総数については、2007 年から 2010 年にかけて（◇で示した）種の数が増加しているかに見える。しかし不確定幅を考慮する場合、2005 年以降、“幅の領域は重なりをもって” 2010 年に至っており、種の数の増加傾向は単に見かけのものであり、統計的揺らぎに過ぎないと言わざるを得ないことになる。この期間での“重なり” 領域は 27~35 にあり、したがってここ数年間、日の出先の調査対象水域での底生生物多様性はほぼ一定であり、約 30 種の生物が生息していると言えるのみである。2000 年代初期までの三番瀬当該水域では平均約 20 種の底生生物の生息が報告されている [2]。したがって、2005 年以降はやや多様性が増したとも言えようが、[2] と我々の間での同定過程では相違の可能性もあり、断定はできない。

図 3(b) は二枚貝、図 3(c) は甲殻類、図 3(d) は環形動物の種の数の経年変化である。二枚貝および甲殻類についても図 3(a) と同様の解釈によれば、ここ数年、種の数に変化はなく、各年毎の見かけの変化は統計的揺らぎによるものと言えよう。しかし図 3(d) の環形動物の場合、2008 年と 2009 年とでは 90% の信頼度で有意な差が見られる。即ちこの場合、(1) 2009 年以降、環形動物種の多様性は実際に増大した、または (2) 2009 年以降の種の数の増大は、ソーティング、同定などの過程で 2008 年以前とは異なるヒューマンファクターが介入したために生じたものであり、実際の多様性の増大を示しているものではない、のいずれかである。2008 年のゴカイ類の同定はきわめて粗雑であり、ゴカイ類を「ゴカイ sp」として一括して分類しており、このため上記 (2) の可能性が大きい。

3.2 二枚貝個体数の経年変化

はじめに、二枚貝類、および（比較のためにゴカイ、スピオなどの）環形動物の出現個体数経年変化を図4に示す。これら2種の類の変化を見るのはそれらの個体数が比較的多く、統計的評価に耐えると思われるためである。さらに図5に、二枚貝各種の個体数の経年変化を示す。

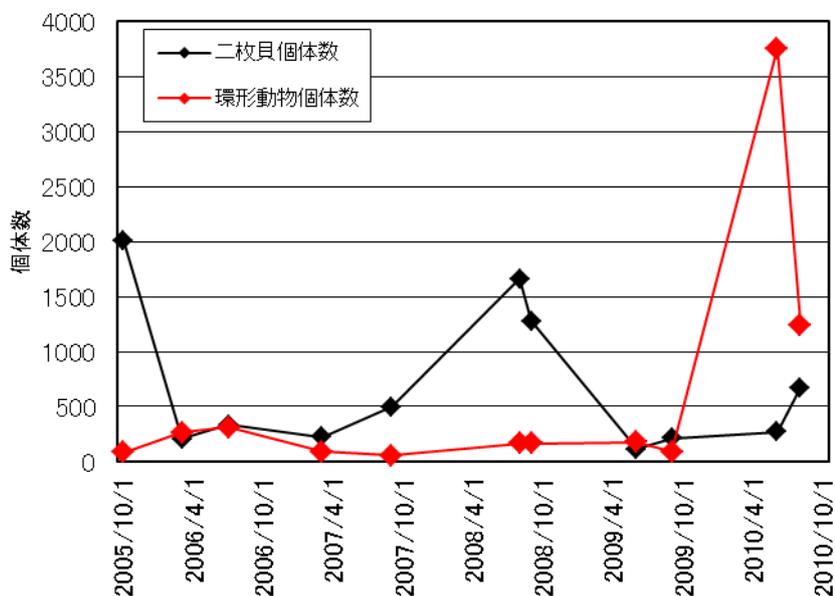


図4：二枚貝類および環形動物個体数の経年変化

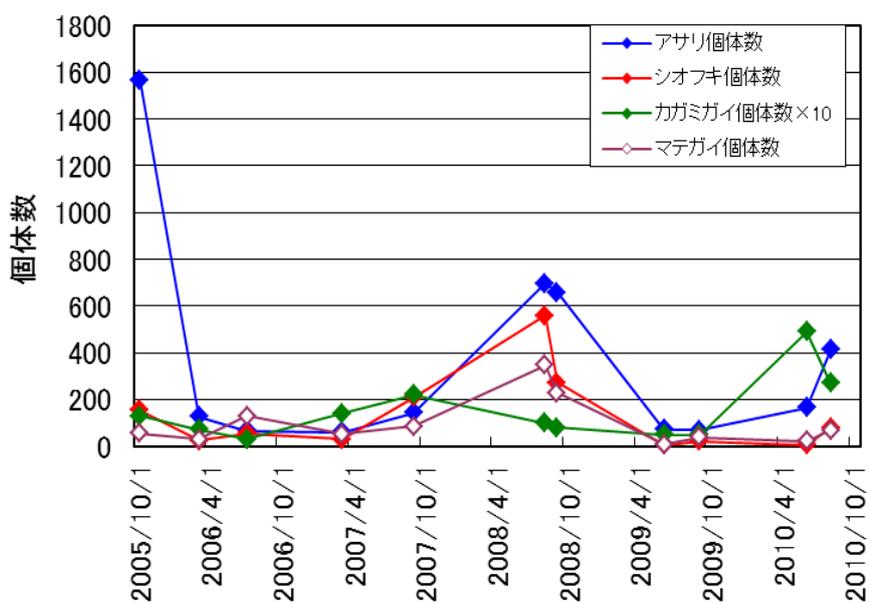


図5：二枚貝各種の個体数経年変化

二枚貝のうちアサリは 2005 年 10 月に大きい個体数が観測され、2008 年にはアサリ、シオフキ、およびマテガイの個体数が増大した。アサリは「なぜか年によって豊漁、不漁の差が大きい」と指摘されている [3] が、カガミガイは調査全期間を通して“平年並み”であり、環形動物は二枚貝のこうした個体数変動挙動とは明確に異なる変動挙動を示す。以下では、このような二枚貝の“豊漁”原因について検討する。環形動物のうちドロオニスピオについては第 3.5 節で検討する。

図 6 に 2008 年 8 月 2 日、および 9 月 28 日のアサリの殻長分布曲線を、図 7 (a),(b) には調査水域での個体数の平面分布状況を示す。図 7 (a),(b) における横軸 (X 軸) は日の出護岸線に対応し、縦軸 (Y 軸) は #2-1 と #2-5 の 2 調査地点を結ぶ線である。2008 年 8 月でのアサリの大部分は ~10mm に殻長ピークを持つ稚貝である。これは発生後 2~3 ヶ月経過のものと考えられ、したがって同年晩春に発生し、初夏に成長したものである。2005 年 10 月のアサリ“豊漁”も、同年秋に孵化した稚貝に起因するとされている [4]。2008 年の調査両日におけるアサリの平面分布状況は相互に類似している (図 7 (a) および (b))、図 6 中での 9 月 28 日の分布曲線はおおよそ、8 月 2 日の曲線が時間進化したものと見るべきであろう (すなわち、荒い近似で、8 月の稚貝がそのまま成長して 9 月に至ったとする)。この場合、アサリの殻長成長速度は約 4 (mm/月) 程度となる。

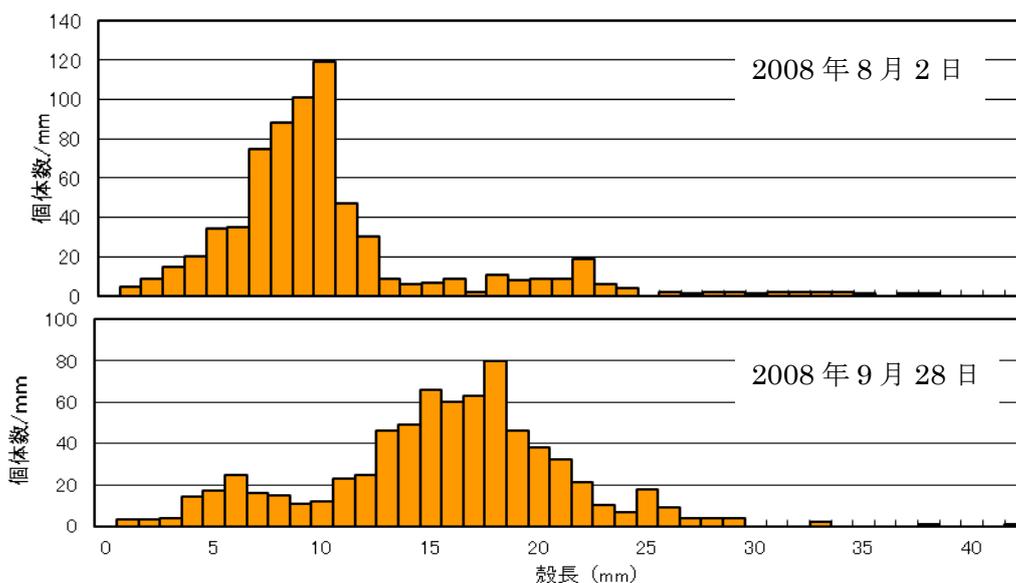


図 6 : 2008 年度調査におけるアサリ殻長分布。(上) ; 2008 年 8 月 2 日、(下) ; 2008 年 9 月 28 日

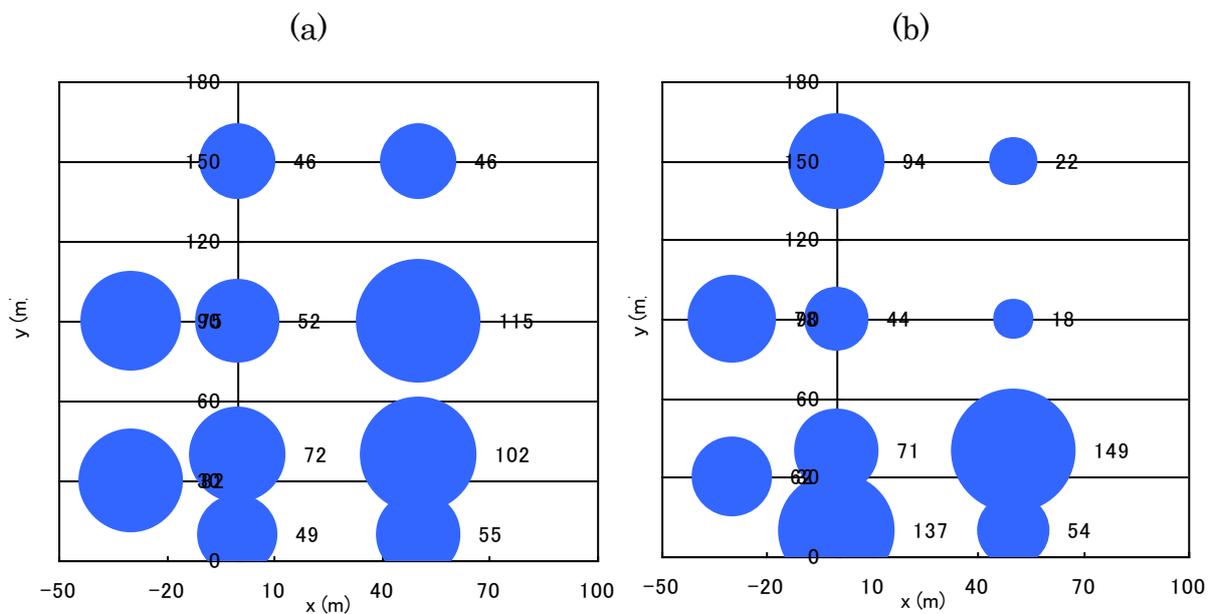


図 7 : アサリ個体数の平面分布。座標軸単位は m (メートル)。バブル中心は調査地点に対応し、その面積は個体数 (バブル右側の数値) に比例。(a) ; 2008 年 8 月 2 日、(b) ; 2008 年 9 月 28 日

三番瀬での貝類の発生・成長の良否を支配する外生要因としては、海水の酸化還元電位の高低や近傍河川からの土砂流入による土質の変化などが挙げられよう。2008 年の東京湾での青潮発生回数は平年並みの 3、赤潮は 2000 年以降、年間 15~20 件程度でほぼ安定し、2008 年では 16 回の発生であったと報じられており [5]、2008 年でのみ、こうした貧酸素条件が極端に緩和されたという証拠はない。また、日の出先調査対象水域は猫実川、および江戸川放水路からはやや遠方であり、これら両河川からの (汚染水や淡水、河砂の流入などの) 直接の影響 [6]、[7] は必ずしも大きくはないと推測されるが、2008 年においてのみ、こうした影響が平年よりもさらに著しく減退したとも考えにくい。こうしたことのため、2008 年の“豊漁”が上述の外生要因の緩和によるとする可能性は薄い。以下では他の外生要因として海水温をとり、海水温変動が二枚貝の異常性をもたらした可能性を検討しよう。

ここで、2008 年初夏 5~7 月の「船橋」の平均気温は (東京湾奥の海水温に係る公表データはない。しかし浅海での海水温変動は、何がしかの時間遅れはあるものの、気温変動に追随すると仮定しよう)、平年に比して低めであったこと [8] を指摘しておこう (下表 単位は°C)。1~3°C の平均気温の上昇や低下が、ここで検討中の底生生物の生態にどの程度の、どのような影響を及ぼすかにつ

いては明らかではない。しかし、今夏、平均気温でわずか2~3°Cの高温化がホタテ、カキなどの二枚貝類の大量死滅をまねいたことにも注意すべきであろう（新聞報道 [9] によれば、「陸奥湾での今夏 8 月の平均海水温は例年よりも2.6°C高く」、このため「養殖ホタテの9割以上が死んだ」とある）。このため、2008年初夏の低温化がアサリの繁殖にポジティブな影響を与えたとする可能性も否定できない。この仮説が正当な場合、海水温変動やそれに伴う水質の微妙な変動が（二枚貝の栄養源となる）水中バクテリアや浮遊藻類の繁殖をうながし、システムとしての三番瀬にプラスのフィードバックを与えたことになる。

| | 2006年 | 2007年 | 2008年 | 2009年 | 2010年 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 5月 | 21.3 | 18.6 | 17.3 | 19.1 | 18.0 |
| 6月 | 24.3 | 22.2 | 20.2 | 21.4 | 22.4 |
| 7月 | 26.4 | 23.3 | 25.8 | 25.0 | 27.1 |

異常発生年の翌2009年では、アサリの出現数は極めて少ない。これは、同様に異常発生した2005年の翌年ではアサリ個体数が少なかったことと同一傾向を示すものである。このような単年度だけの“豊漁”は、豊漁年の秋における稚貝が（1）越冬することなく、成貝に成長する以前に死滅、（2）海流などによる他の水域への移流動、または（3）人為的な捕獲、などによったためだと思われる。調査対象海底土中（特に#2-1地点。図7(a),(b)によれば、この地点では生息するアサリ個体数も多い）での異常に多い死貝殻の存在は上記（1）の可能性を示唆する。しかしこれが正当な場合、（上述の推論に従って、適度な海水温がアサリ生育の重要な条件となるとすれば）越冬することのない死滅は、冬季の海水温がアサリ栄養源の生育には不適なほどに低下し、それに起因して引き起こされた消滅であるということになる。更にこれを敷衍して、アサリの個体数は、気象や水文をも含めた環境条件に支配された全体システムの微妙なバランスの上に立って決まるものであるとも言えることができる。

3.3 二枚貝湿重量の経年変化

図8に二枚貝各種の湿重量（上図）、および、アサリおよびシオフキについては一個体当りの平均湿重量（下図）の経年変化を示す。シオフキを除く三種の二枚貝についての湿重量経年変動は、年毎の幼成貝比率の揺らぎを考慮すれば概ね、出現個体数の経年変動（図5）に相似であると言える。しかし2007年9

月 11 日の試料におけるシオフキについては、こうした傾向から著しく外れる（図 8 上図赤矢印）。一個体当りの平均湿重量（図 8 下図）を見る場合、シオフキの経年挙動はアサリのそれに比して、（1）年ごと、季節ごとの変動が大きい、（2）アサリの平均湿重量はほぼ (1.0 ± 0.7) g/個 の範囲にあるが、シオフキのそれは (2.5 ± 2.5) g/個 の範囲にわたり、分布偏差が大きい、などの特徴が見られる。

シオフキのこうした傾向は、（1）三番瀬の当該調査水域でのシオフキの自然寿命は 1 年程度、またはそれ以下である、または（2）人為的に捕獲された影響の現われである、などの可能性が考えられる。シオフキはアサリに比して貧酸素環境などへの耐性が強いとされているが[3]、可能性（1）が正当な場合、シオフキについても前節のアサリと同様な議論が成り立ち、今年度までの調査結果は環境変動に対するシオフキの機微な応答が表出したものと解せよう。しかし可能性（2）が正当な場合、調査結果は人々による捕獲がいかにか三番瀬の当該水域を蹂躪しているかを示すものとなる。

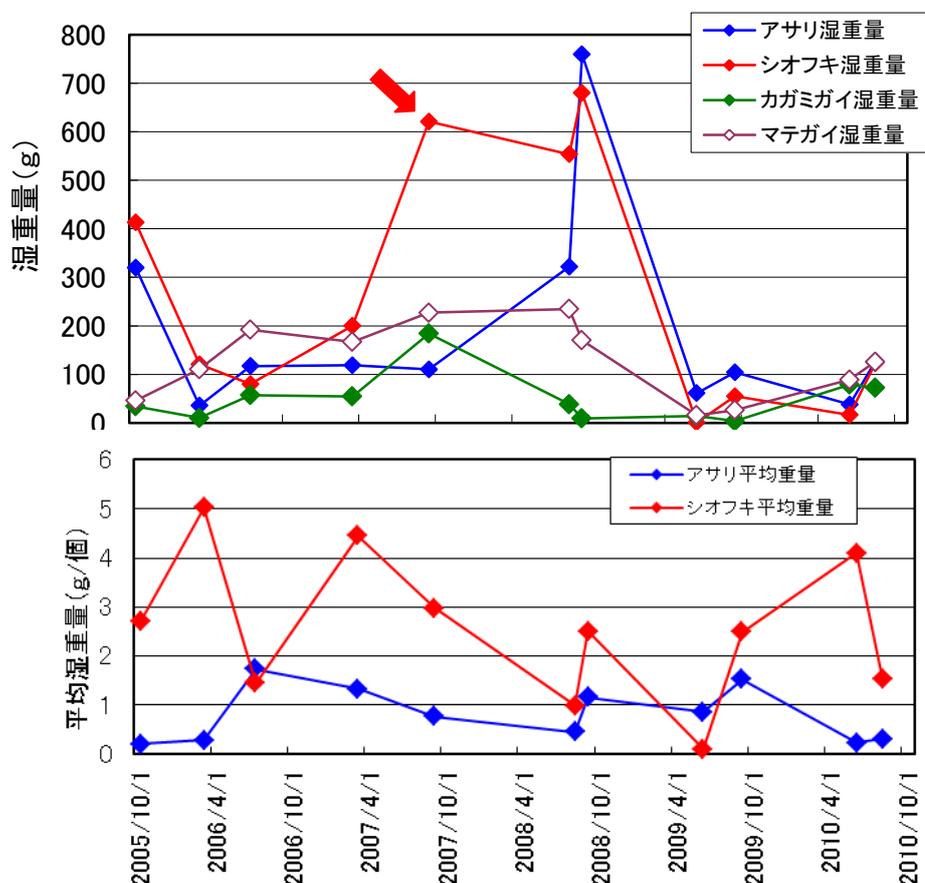


図 8：二枚貝類の湿重量（上図）、および個体当りの湿重量（下図）の経年変化

3.3 二枚貝の平面分布

本年の 2 調査日における二枚貝個体数の平面分布状況を図 9(a),(b) に示す。二枚貝は泥質土 (#1-1、#1-2 の 2 ヶ所) よりも砂質土 (その他の地点) を好むこと、その平面分布は 30m の距離スケールで極めて強い不均質性を示すことなどがわかる。更に前節の議論や図 4 で見るとおり、二枚貝、特にアサリやシオフキは~3 年ほどのスケールでも時間的な不均質性を示すことから、三番瀬全体を俯瞰すれば、二枚貝 (の個体数) 分布は時間的にも場所的にも常に著しい揺動を繰り返しつつ推移してきたと想像される。

地点#2-1、#2-2、#3-1 などの護岸近傍では、第 2 回目調査時では第 1 回目の時点に比べ (統計的揺らぎとは思われない) 個体数の明らかな増加がみられ、しかもこれらの個体の質重量、および殻長は稚貝のそれらに相当するので、この時期、護岸近傍での幼生の孵化、または沿岸流による浮遊幼生の着底があったことが示唆される。しかし、前 3.2 節の推論に従えば、これらの稚貝が越冬して 2 年貝となる可能性は小さい。

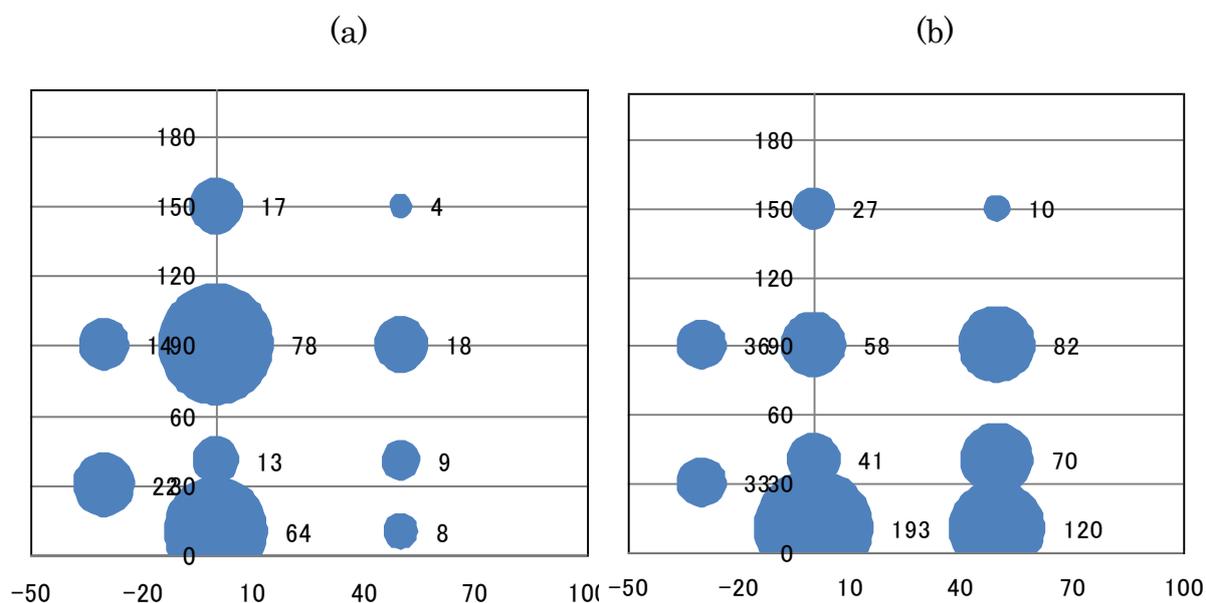


図 9 : 二枚貝個体数の平面分布。(a) ; 2010 年 6 月 12 日、(b) ; 2010 年 8 月 8 日

3.5 ドロオニスピオの経年変化および平面分布

本年 6 月 12 日の調査におけるドロオニスピオ個体数の“異常性”は図 4 に見るとおりである。その個体数の平面分布状況を図 10(a) に示す。本年のこの時期、調査対象水域はドロオニスピオが優占種となったことは明らかであるが、こうした状況は 2 ヶ月後の 8 月 8 日 (図 10(b)) には (#3-2 の地点を除いては) ほとんど完全に消失してしまっている。当該スピオの死滅が自然消滅であり、その発生は晩春から初夏にかけてであるとすれば、ドロオニスピオのおおよその平均寿命はほぼ 4~5 ヶ月と見積もられる。このスピオの繁殖は水質汚染程度の指標にもなるとされているが[3]、浦安市 (の報告[10]) によれば、日の出地先干潟でのドロオニスピオの繁殖は何らの異常事とはとらえられていない。

図 10(a),(b) からも推測されるとおり、三番瀬を全体的に見る場合、ドロオニスピオは数十メートルの距離スケールと数ヶ月の時間スケールでの不均質さをもって生息分布すると想像される。これから、個体数に関してこのような不均質な揺らぎの平面パターンが三番瀬全体を覆い、それが時間と共にダイナミカルに変動するとするイメージが描ける。こうしたイメージは前述の二枚貝についても同様に成り立ち、さらに一般化すれば、三番瀬の生物全体が、変動する環境条件に反応し生物相互間で作用しあう結果、時間的、空間的にダイナミカルに揺動する個体数分布パターンが形成されるとするイメージが描ける。

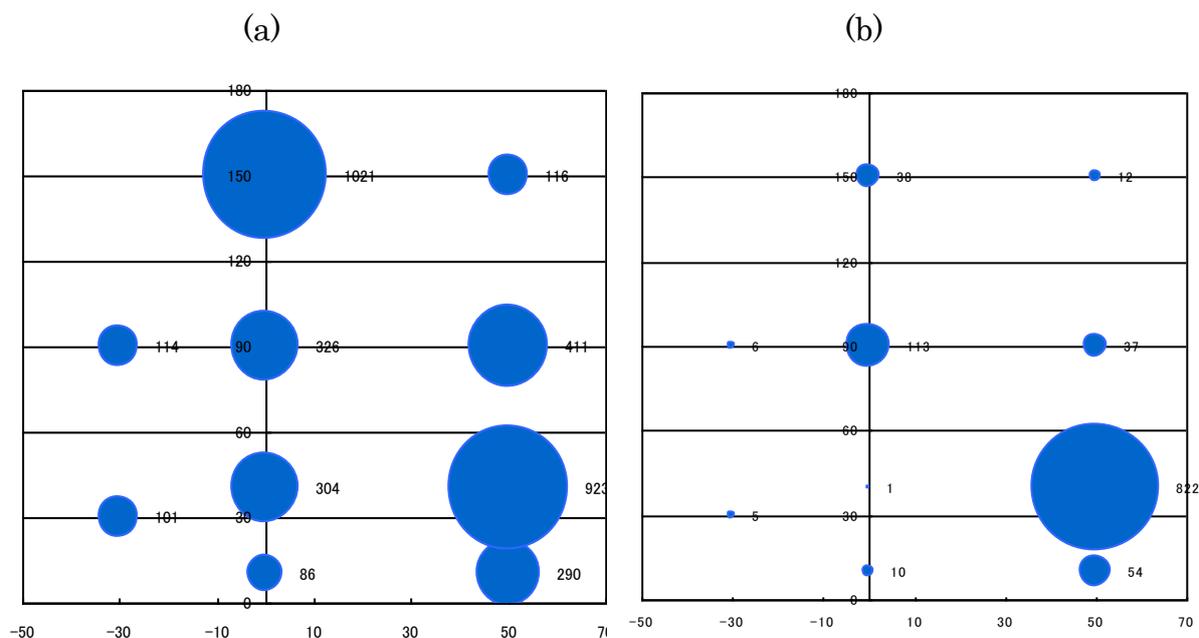


図 10 : ドロオニスピオ個体数の平面分布。(a) ; 2010 年 6 月 12 日、(b) ; 2010 年 8 月 8 日

4. おわりに

今年度までの調査とそれらの分析から、以下の事柄が演繹される。

1) 調査値の不確定性を考慮すれば、調査対象水域における底生生物多様性はここ十数年間はほぼ不変、もしくは近年、やや増加した傾向がある。

2) アサリ、シオフキなどの経年、空間分布状況からは、これらの二枚貝が気温、水温、水質、土質、水文等の周囲の環境の変化（や、人為的な外乱）に対し、三番瀬自然システム中の一つの要素として応答しつつも、他要素との間で微妙なバランスを保ちつつ生息していることがうかがえる。

3) 三番瀬全体としての底生生物種の数はほぼ一定に保たれてきたとしても、種の時間的、場所的分布は極めて不均質、かつダイナミカルに揺動する。このため、特定の場所で特定の生物種についての個体数の経年変化を見る場合、それは年毎に大きく変動することになる。三番瀬全体の行く末を長いタイムスケールにわたって予想するためには、“点状”の局所的刹那的調査とは別に、(例えば大規模シミュレーションモデルなどの) 本質的に異なる解明手段の導入が必要となろう。

当継続調査は一般住民にとって“生きている”三番瀬の一部に直接触れ、それを通して干潟調査の手順や方向性、分析の方法論などの知見を得、三番瀬生態システムのイメージを培う基となるという意味合いで、さらに、それへの参加は一般の生態システムへの関心と理解を深める契機となるという意味合いにおいても、極めて有意義な試みであることを強調したい。

参考文献

- [1] 日本物理学会（編）：「物理データ事典」（朝倉書店、2006）、pp.545－546
- [2] 千葉県：「平成 18 年度三番瀬海生生物現況調査（海産物及び海域環境）報告書」（株式会社東京久栄、平成 19 年 3 月）
- [3] 秋山章男、松田道生：「干潟の生物観察ハンドブック」（東洋館出版社、1974）
- [4] 村上和仁、梅野晋介、押田悠樹、熊野洋平、高崎晃子、矢矧和可子：“三番瀬（浦安市日の出地先）におけるマクロベントス調査（平成 19 年度三番瀬自然環境合同調査）”、千葉工業大学研究報告理工編、No.56, (2009), 37-41.

- [5] 東京都環境局：
<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/water/tokyo.bay/red.tide/index.html>.
- [6] 小倉久子、鯉渕幸生、中村裕樹、青山一：“東京湾三番瀬猫実川河口周辺部の底質環境”、用水と廃水、Vol. 51 (11), (2009), 39-44.
- [7] 宮武晃司：“洪水流と三番瀬の環境との関わりに関する調査について”、日本水産学会誌、Vol.70 (4),(2004), 621-626.
- [8] 気象庁：<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- [9] 朝日新聞：“養殖貝猛暑で大量死／高温水 9 割被害も”、(2010 年 10 月 22 日東京本社版夕刊)
- [10] 浦安市公式サイト：<http://www.city.urayasu.chiba.jp/menu3731.html>

□