

水産基盤調査委託事業報告書

課題名 アサリ微小稚貝濃密域形成条件調査

実施機関名と担当者

千葉県水産総合研究センター東京湾漁業研究所のり貝類研究室	室長	鳥羽光晴
同	上席研究員	川島時英
千葉県漁業資源課	副主査	宮里幸司

調査実施年度

平成 16～17 年度

緒 言

アサリ微小稚貝の自然発生促進は、以前からさまざまな手法によって試みられているが、安定的な効果を得ている例は少ない。これらの例は、肉眼視できるアサリ稚貝が濃密に生息する既存の天然発生場所の環境条件に着目し、類似した条件を人為的に作ることによって稚貝の濃密域を新たに形成しようとしたものが多い。それらの試行あるいは現場事業の中では、流れや底質あるいは構造物の影響などの物理環境条件については詳細な知見が得られている一方で、それらの条件に対応してアサリ稚貝がどのような挙動を示すかという生態知見が希薄であったことは否めない。その理由の一つには、サンプル中から効率良く微小な幼生や初期稚貝を抽出する手法や、抽出した幼生などを迅速に同定する手法がなかったことがあげられる。

ところがその後、アサリ幼生の生化学的同定技術や初期稚貝の比重分別手法が開発され、これら初期段階の調査効率は著しく向上したため、これによってアサリ稚貝の着底域やその後の分布変動が精度高く把握された例が報告されている。

これら近年開発された調査技術とそれによって解明されつつある初期生態に関する知見をもとに、アサリ稚貝の移動にともなう濃密域の形成過程やその機構を把握することによって、試行錯誤的であった稚貝発生促進を、科学的根拠に基づく技術に高度化できる可能性がある。

本調査では、微小稚貝の濃密域を人為的に形成するための基礎知見について調査を行う。アサリ漁場において、着底から微小稚貝に至る初期加入過程での稚貝の移動とそれに影響する環境条件を把握する。

調査方法

1. 平成 16 年度（詳細は表 1、2、図 1 参照）
 - (1) 稚貝分布調査
 - (2) 地盤標高調査
 - (3) 底質粒度調査

- (4) 稚貝まき上げ調査
- 2. 平成 17 年度 (同上)
 - (1) 稚貝調査
 - (2) 稚貝移動実験
 - (3) 流動環境調査

調査結果

以下では、調査結果全体の理解を容易にするため、年度区分ではなく、考え方の展開にしたがって説明する。

1. 調査域の地形

(1) 概要

調査区域は東京湾盤洲干潟の木更津市久津間地先である (図 1)。同地先は、南北約 7km にわたる盤洲干潟の南部に当たり、地盤高は +0.8~±0m (DL=AP) で大潮の干潮時には沖合い約 1.2km までが露出する。南側直近に小櫃川の河口があるため淡水の影響があるが、平常時にはアサリの生存に影響があるほど塩分が低下することはない。年間水温と塩分はそれぞれ概ね 8~28℃, 25~31PSU である。

調査区域はアサリ放流漁場であり、毎年春にアサリが放流される。自然発生個体と合わせたアサリの生息密度は 20~500 個体/m² である。

(2) 地盤標高と海底地形のプロファイル

調査区域の中で、最も岸側のライン L は AP+0.6~+0.8m 付近に当たり、大潮時の露出時間は 3~4 時間である (図 2)。ここから沖に向かって干潟は徐々に標高が下がり、干潟中央部 (ライン M~P) はほぼ平坦に近い。ここには、汀線にやや沿って数十 m 周期のなだらかな起伏があり、一部には北東~南東方向に筋状にわずかに潮溜まりができる。沖寄りの調査点のライン P と Q の間には汀線に平行に最も高い砂堆 (AP+0.2~0.4m) があり、沖からの波はこの砂堆で砕波することが多い。砂堆の岸側 (ライン P 付近) は凹部であり干潮時には潮溜まりとなって完全に露出することはない。砂堆の沖側は干潟の縁辺に当たって、標高が急に落ち込む。ライン Q から沖側は潮下帯となる。

2. 稚貝分布域の変動

稚貝分布調査は 2 ヶ年実施したが、分布域の変動パターンは両年とも類似していたので、精密調査 (59 点) を実施した平成 16 年度結果を示す。

2004/7/1 から 8/16 までに採取されたアサリ稚貝の殻長は約 0.2~4.0mm であり、調査時ごとに全調査点を集計した殻長頻度は複数のモードを持つ分布になった。これらの頻度分布を各調査時ごとにそれぞれ 4 個の正規分布に分解し、これらを稚貝コホートとみなした。これらのうち最も密度が高かった C1 群の分布変動に着目する。なお、C1 の平均殻長±標準偏差は、2004/7/1 と 8/16 でそれぞれ 0.52±0.11、0.77mm ±0.13mm であった。

C1 は 7/1 から 7/16 にかけて個体数が増加しており、7/1 には着底途中であったと考えられた。C1 の分布の中心は、着底中の 7/1 には沖寄りの潮下帯であったが (図 3A)、ほぼ着底を完了したと思われる 7/16 日には調査区域全域に分布が広がっていた

(図 3B)。しかしその後、8/2 には沖側の潮下帯から砂堆までの密度は急減し、分布の中心は干潟域になった(図 3C)。このとき、濃密域は北東～南西方向へ帯状に認められた。さらに、8/16 には調査区域中央部から沖側の分布が減少し、分布の中心は岸寄りになった(図 3D)。7/1～8/16 までの分布変化は、沖側から全域に着底した稚貝が岸側に分布の中心を移していく傾向を示していた。

3. 稚貝分布密度と底質粒度の関係

7/1 には、調査区域の底質粒度は 0.074～0.125mm の細砂が中心で、中央粒度は 0.09～0.12mm の調査点が大多数を占めていた。その後も 8/16 までこの傾向は変わらなかった。

底質の泥分量は、全調査点とも調査期間を通じてほぼ 5%以下であった。泥分の水平分布は、干潟前面の潮下帯でやや多く、砂堆の岸側でわずかに多いように見受けられたが、調査点間の差は小さかった(図 4)。

泥分量と C1 の稚貝密度との関係を見ると、泥分 3%以上の調査点で 8/2 以降に稚貝が認められなくなったが、それ以外に明確な関係はなかった(図 5)。

4. 稚貝移動の物理要因

(1) 稚貝のまき上げと有義波流速全振幅 U_s との関係

2004/7/7 と 8/17 に調査点 A (図 1) で午前 6 時から午後 6 時まで底面流速を観測するとともに、稚貝トラップ(図 6A、B) で 20 分ごとに 15 分間セジメントとともにアサリ稚貝を採取した。調査日はいずれも大潮で、朝と夕方がおおむね満潮、昼が干潮に当たっていた。

トラップに捕集された稚貝数は経時的に大きく変化し、多くの稚貝は 1 時間前後の短時間に集中して捕集された(図 7A、B)。両日とも捕集稚貝数が最大になったのは、午後の上げ潮時であった。捕集稚貝数は底面の振動流速との関係が明瞭で、 U_s が約 25cm/s 以上の時に多くの稚貝が捕集された(図 8A、B)。

捕集稚貝数は同時に捕集されたセジメント量と相関が高く、底土の巻き上げとともにアサリ稚貝が巻き上げられていることが想定された(図 9A、B)。

(2) 平均流ベクトル V_s と分布移動方向

同時に観測した南北および東西方向の平均流速 (V_N 、 V_E) の合成ベクトル V_s は、潮汐にともなって変化した(図 10B1、B2)。 V_s の大きさは下げ潮時(7/7 最大-最小 1.58.6cm/s、8/17 同 7.3-2.5cm/s) より上げ潮時(7/7 最大 12.3 -最小 8.1 cm/s、8/17 同 15.2-8.0cm/s) が大きかった。また、両日とも捕集稚貝が多かった時間帯の方向は、汀線に平行から岸方向に向かう流れとなっていた(図 10B1、B2)。2004/7/16 から 8/16 にかけて稚貝の分布の中心は干潟全域から岸側へ移動していたが(図 10A1、A2)、稚貝が多数捕集されたときの平均流ベクトルの方向は、この移動方向とおおむね一致していた。

(3) 放流稚貝の移動と V_s

人工ふ化育成した平均殻長 1.4mm のアサリ稚貝 24,500 個体を、2005/9/19 に調査点 A の近傍に放流してその移動を調べた。放流面積は約 64cm² (直径 9cm の円形) で、放流位置から 1m 離れた周囲 12 箇所に直径 9cm×深さ 10cm のカップ型トラップを設置した。トラップは円筒形で開口部が海底面と同じ高さになるように底土に埋め込んだ。放流時刻は 30 分おきに 13:15、13:45、14:15 の 3 回とし (RE1-3)、捕集時間はそれぞれ 90 分間とした。稚貝はあらかじめアリザリンレッドで染色し、周辺の天然稚

貝と区別した。

RE2 と RE3 で比較的多くの放流稚貝が回収された (図 11A2、A3)。回収されたトラップの位置は、いずれも放流位置から北東～南東方向、および南南西～西方向で、特に東北東と東にあたるトラップで多く回収された。

稚貝の放流と回収を行った時間帯は上げ潮時に当たっていた。Us は 13:15 には 16.9cm/s だったが、その後徐々に上昇し、14:15～16:00 はほぼ 25～27cm/s でこの間の最大となった (図 11B2、B3)。この間の Vs の方向は北北東から東北東であり、特に Us が最大となった 14:00～16:00 北東～東北東の流れが中心で、稚貝が多く回収されたトラップの方向と一致していた。

(4) 沖側と岸側での流動環境の差異

2005 年 7 月から 8 月に調査点 A、B で流動観測と稚貝のトラップ捕集を行い、岸側と沖側での差異を比較した。それぞれの調査区画 (5m×5m) の中央に電磁流速計を設置し、その周囲 4 方向にそれぞれ一方向に開口部 (縦 5cm×横 5cm) を持つ方向性トラップを 2 台ずつ、すなわちそれぞれの区画に合計 8 台を設置した。方向性トラップは、開口部の反対側に弁をつけた通水口を設け、開口部方向からの流れのみをトラップ内に導くようにした (図 6C)。各方向の方向性トラップは、それぞれ開口部を区画内側 (流速計の方向) と外側に向け、開口部の下端が海底面に一致するように埋め込んだ。トラップ捕集は昼間の毎正時から 30 分間とした。

調査はいずれも大潮時に 4 回実施した (7/4、7/20、8/3、8/19)。両地点の Us を比較すると、沖側の B で高くなっている時間が長かった (図 12-1～4)。しかし、それぞれの地点での最大 Us はほぼ同じ値になっていた。

2005 年の稚貝着底は 7 月下旬が中心であった。着底密度は 2005 年より低かったが、着底後は干潟域では同様に岸方向に分布の中心は移動した。しかし、8/15 に台風通過にともなう小櫃川の出水があり、干潟上に大量の泥が堆積したため (厚さ約 5～15cm)、それ以降稚貝はほとんど見られなくなった。

いずれの調査でも多くの稚貝が捕集されたのは上げ潮時に集中していたが、そのときの Us は A、B 両地点ともにおおむね 25cm/s 以上の時間帯に一致していた (図 12-1～4)。また、このように Us が 25cm/s 以上になる時間は、沖側の B 地点の方が長いことが多かった。A、B 両地点での捕集稚貝数の差は、周辺の稚貝分布密度の差を反映しているものと思われた。

Vs の方向は、両地点で一致することが多く、ともにおおむね下げ潮時には沖側に、上げ潮時には岸側にそれぞれ向かっていた (図 13-1～4)。満潮時前後の Vs は大きさ、方向ともに調査ごとに一定しなかった。

5. 夏季流動環境の変動の概要

2005/7/5～7/19 および 2005/8/4～8/18 に、A、B 両地点で底面流速の連続観測を行った。測定は 90 分間隔で、各測定でのサンプリングは 0.5 秒間隔で 5 分間とした。

観測海域における夏型の天気での風の状況は、朝から午前中までは風が弱く、昼前後から南～南西の風が吹くことが一般的である。このときの風速は 10m/s 以上に達することが少なくない。この南寄りの風は夕方から時には夜まで吹き続け、夜半から朝までには風が弱くなることが多い。

観測期間中に夏型の天気が現れたのは、7/7、7/10-11、7/15-18、および 8/4-12、8/14-15 の合計 18 日間であった (図 14-1A～4A)。このときは、昼から午後に時間最大風速の

極大 (9.0~14.7m/s) が現れた (図 14-1B~4B)。この南寄りの強風が吹いたときにはいずれ場合も U_s が大きくなっており、風が底面流速の駆動要因になっていることが推定された。このとき現れる U_s の大きさやその継続時間はそれぞれの地点の水位と関係することは明瞭で、干出時間の長い岸側の方が同時刻の U_s が小さく、継続時間が短かった。

考 察

本調査の結果から、アサリ稚貝の分布域は 1 カ月以内の短期間に大幅に変動し、殻長 1mm に達する以前の段階ですでに着底域と異なる場所に分布の中心を移す場合があることが判明した。

木更津市久津間地先では、着底は干潟域およびその前面の広い範囲で起きるが、稚貝の分布は次第に岸側に移動した。濃密域は、着底後 2~4 週間後には一時的に干潟面の起伏に応じて干潟中央部を斜めに横切るように北東~南西方向へ帯状に形成されたが、分布はさらに岸側域に移動し、着底約 1.5 月間後には分布中心が AP+0.6~0.8m のアサリ漁場上限付近に形成された。全体的には観察期間を通じて分布域が岸側に移動したことが特徴的だった。この間、稚貝密度と底質粒度との関係は認められなかった。

トラップによる稚貝の捕集結果から、アサリ稚貝は波浪にともなう海水の流動によって巻き上げられ移動する可能性が考えられた。その際、稚貝の巻き上げは底層の振動流速が一定以上になったときに起きることが認められ、2004 年と 2005 年の観察ではそれは U_s が 25cm/s 以上の時に相当していた。

この時、振動流速は主として潮汐に伴う水深変化と風による波の強さとの関係によって影響されて変動し、稚貝の巻き上げが起きるのは 1 日のうちの一部の時間帯に限られていた。

また、2004/7/7 から 8/17 にかけて稚貝が成長していたにもかかわらず、捕集稚貝数と捕集セジメント量の間には強い相関があり、稚貝の巻き上げは底土の巻き上げに伴って起きていることが考えられた。

さらに、本調査は潮位変動の大きい大潮時を中心に観察を行ったが、この時に稚貝の巻き上げが認められたのはいずれも上げ潮時に当たっていて、その時の平均流ベクトルの方向は多くが岸方向に向かっていた。すなわちこの時には、強い変動流によって巻き上げられた稚貝が移流によって岸側に運ばれることが推定された。これは、着底後の稚貝の分布域が岸寄りに移動して言った観察と符合する。放流稚貝の移動方向が平均流ベクトルの方向と一致していたことはこの推定を補強するものである。

沖岸での流動環境を比較すると、両地点での最大 U_s はほぼ同じであり、その時の稚貝のトラップ捕集が多かったことから、変動流が強いときには両地点ともに稚貝の巻き上げは起きていたことが認められる。しかし、潮汐に伴う水位変動との関係で、沖側の方が大きな U_s の継続時間が長く、稚貝の巻き上げが長時間続いていることが観察された。平均流ベクトルの方向と合わせて考えれば、これらの条件の時には、アサリ稚貝は巻き上げが長時間続く沖側から岸方向に移動し、岸側で定着傾向が強まることが想定できる。

東京湾沿岸では、夏季には昼から夕方にかけて南寄りの強風が吹くことが多い。2005 年 7 月と 8 月行った 2 週間の流動観測では、夏型の天気になった日は午後を中心にし

て南西寄りの風が強まり、そのときにはトラップで稚貝が捕集されたときと同様の底面流速がほぼ毎回生じていた。風を駆動力とする底面流速の上昇、およびそれによる稚貝の巻き上げは、このような夏型の天候の際には普通に見られる現象と思われる。またこの時には、水位の高い沖側では底面流速が強く継続時間が長いことも同様であった。すなわち、夏季着底稚貝の初期分布変化の要因のひとつとして、夏型の天気による南西寄りの風が重要な役割を演じている可能性がある。

ただし、稚貝の巻き上げが起きる一定以上の底面流速はそれ以外の場合にも発生しており、稚貝の分布変動をもたらす物理機構としては、他方向の風やそれによる流動を考慮する必要がある。

以上、アサリ初期稚貝の移動とその機構の一部が明らかになった。この知見に基づきさらに稚貝の物理移動の詳細条件を明らかにすることによって、分散を防止する施設の設計の信頼性を高めることができる。さらに、稚貝の着底時期や着底場所、および移動経路の推定と合わせて、その施設の効果的な配置や設置時期を提案することができる。

概 要

1. 要約

- (1) アサリ稚貝の分布域は、着底から 1.5 月の間に干潟全域から岸側域に移動した。
- (2) 稚貝の巻き上げは、底面の変動流速が一定以上(有義波流速全振幅 U_s で約 25cm/s 以上)になったときに発生していた。
- (3) 夏季大潮時の稚貝の巻き上げは上げ潮時が中心であり、そのときの移流(平均流ベクトル)は岸側に向かっていた。
- (4) 放流稚貝の移動方向はその時の平均流ベクトルの方向と一致していた。
- (5) 以上から、アサリ稚貝は波浪に伴う底面の変動流で巻き上げられ、移流によって岸側に運ばれる可能性が示された。
- (6) 岸沖の比較では、岸側の変動流速が小さくその継続時間が短いため、岸側では稚貝の定着傾向が強まる可能性があった。
- (7) 木更津地先では、夏季には午後に南西寄りの風が強まって底面流速が大きくなることが多く、夏型の気象条件の時には岸側に向かう移動圧が強まることが推定された。

2. 今後の課題

本調査では、稚貝の移動をもたらす物理環境のうち、夏季の南西風に伴う移動現象を定性的に把握、推定した。アサリ稚貝の移動を人為的に防止して濃密域を形成するためには、さらに底質の違いによる流動条件の差異、稚貝の成長に伴う移動現象の変化、夏型気象条件以外の時の移動実態の把握を通じて、稚貝分布域の移動機構の一般的解明を進める必要がある。加えて、干潟漁場での詳細な流動場を明らかにして、稚貝の移動条件と合わせることによって、分散域と集積域の推定、効率の高い分散防止手法の設計を進めることができる。

表1 調査方法

年度	調査項目	目的	方法	調査期間	調査点数と回数
平成 16 年度	稚貝分布調査	アサリ稚貝の着底から殻長 1mm までの精密な分布実態を把握する。	コアサンプリングによって表層の稚貝を採取する。ホルマリン固定、ローズベンガル染色後、試料中からアサリ稚貝を顕微鏡下で抽出し、計数計測する。	7～8月	52点×4回
	地盤標高調査	調査域全域の地盤標高を把握する。	船上から音響測深器で測深しつつ走査し、位置情報とあわせて等深線図を作成する。	6月	1回
	底質粒度調査	表層泥分量の変化を把握する。	コアサンプリングによって表層土を採取し、ふるい法によって分画する。	7～8月	14点×4回
	稚貝まき上げ調査	海水の流動による稚貝のまき上げ実態を把握する。	干潟上に稚貝トラップを設置し、捕集稚貝数の経時変化と流動環境の関係を把握する。	7～8月	1点×2回
平成 17 年度	稚貝調査	干潟沖側（着底域）および岸側（集積域）での稚貝の移動実態を把握する。	干潟の沖側と岸側に調査区画を設定し、定期的にトラップで稚貝を採取する。また、周囲に調査点を配し、コアサンプラーで稚貝を採取する。	7～9月	2区画×5回 18点×5回
	稚貝移動実験	アサリ稚貝の移動方向と流動環境との関係を把握する。	人工ふ化育成したアサリ稚貝を放流し、放流地点の周囲で一定時間後に回収して、移動方向を把握する。	6～9月	1点×3回
	流動環境調査	調査対象域での夏～秋の流動環境を明らかにする。	小型電磁流向流速を設置して、連続観測を実施する。	7～11月	2地点×2週間 ×5回

表2 調査工程

	4月	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
平成 16 年度	稚貝分布調査 地盤標高調査 底質粒度調査 稚貝まき上げ調査		●	●—●	●—●							
平成 17 年度	稚貝調査 稚貝移動実験 流動環境調査			●—●	●—●	●						
				—	—	—						

図1 調査点位置図

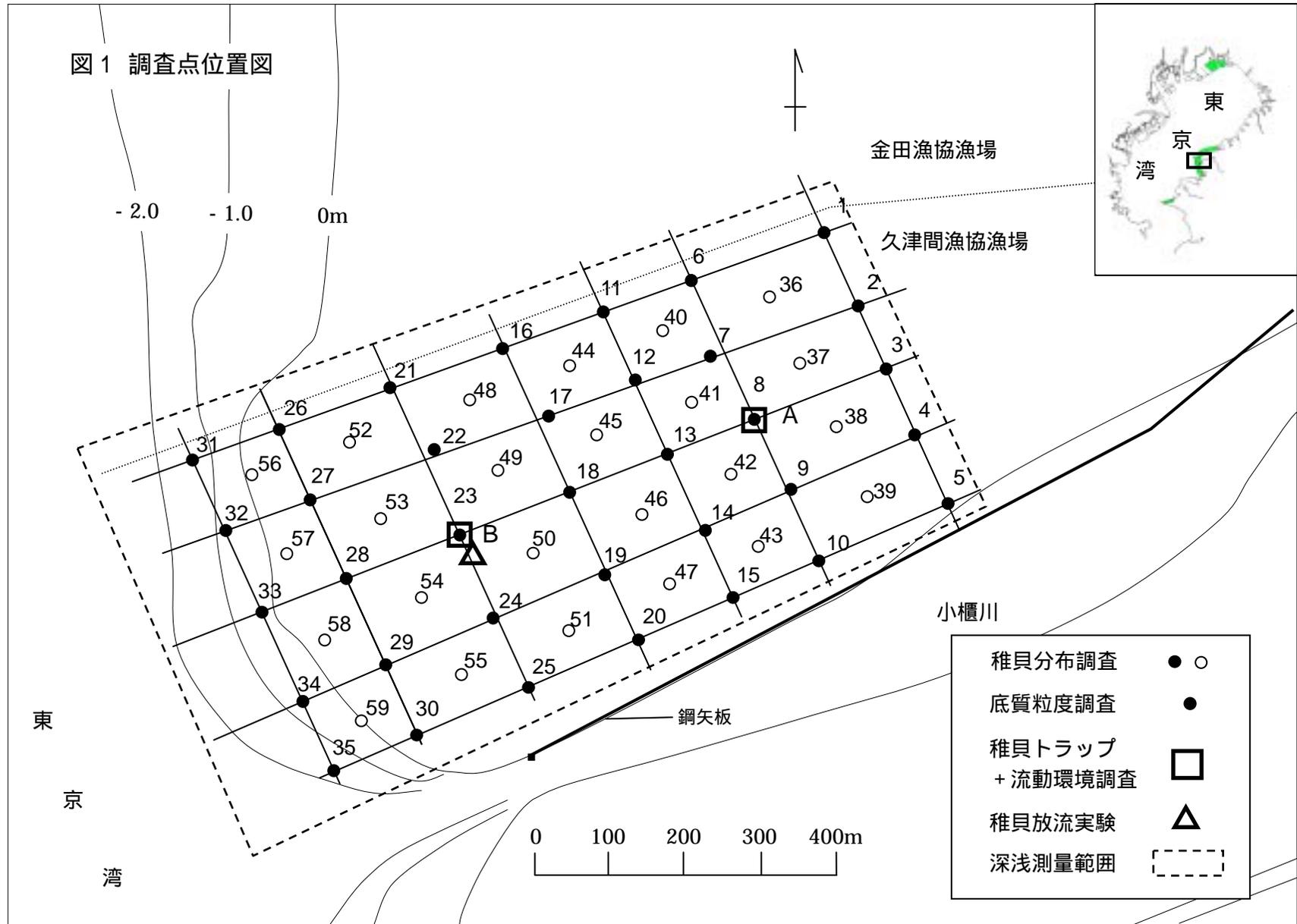
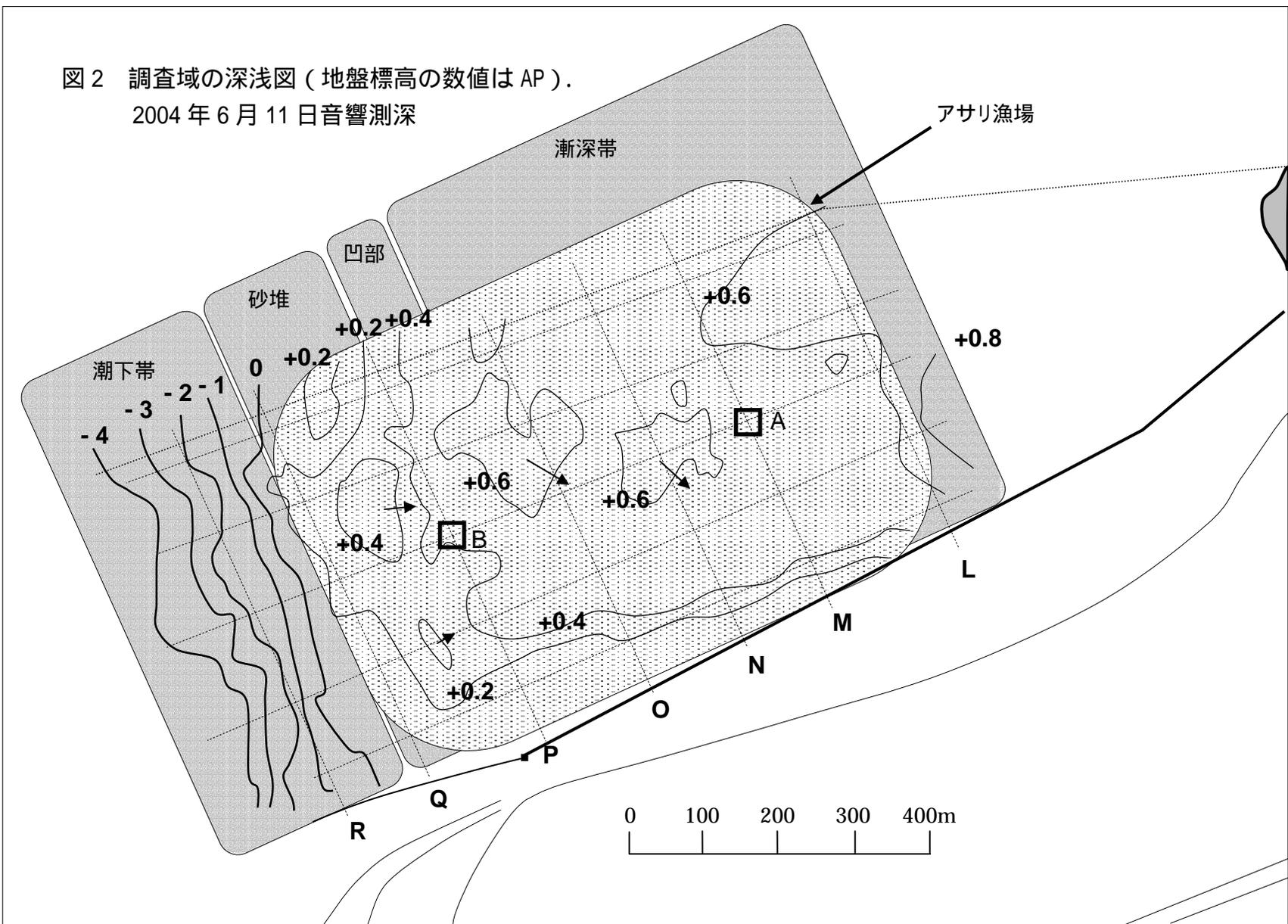


図2 調査域の深浅図(地盤標高の数値はAP).

2004年6月11日音響測深



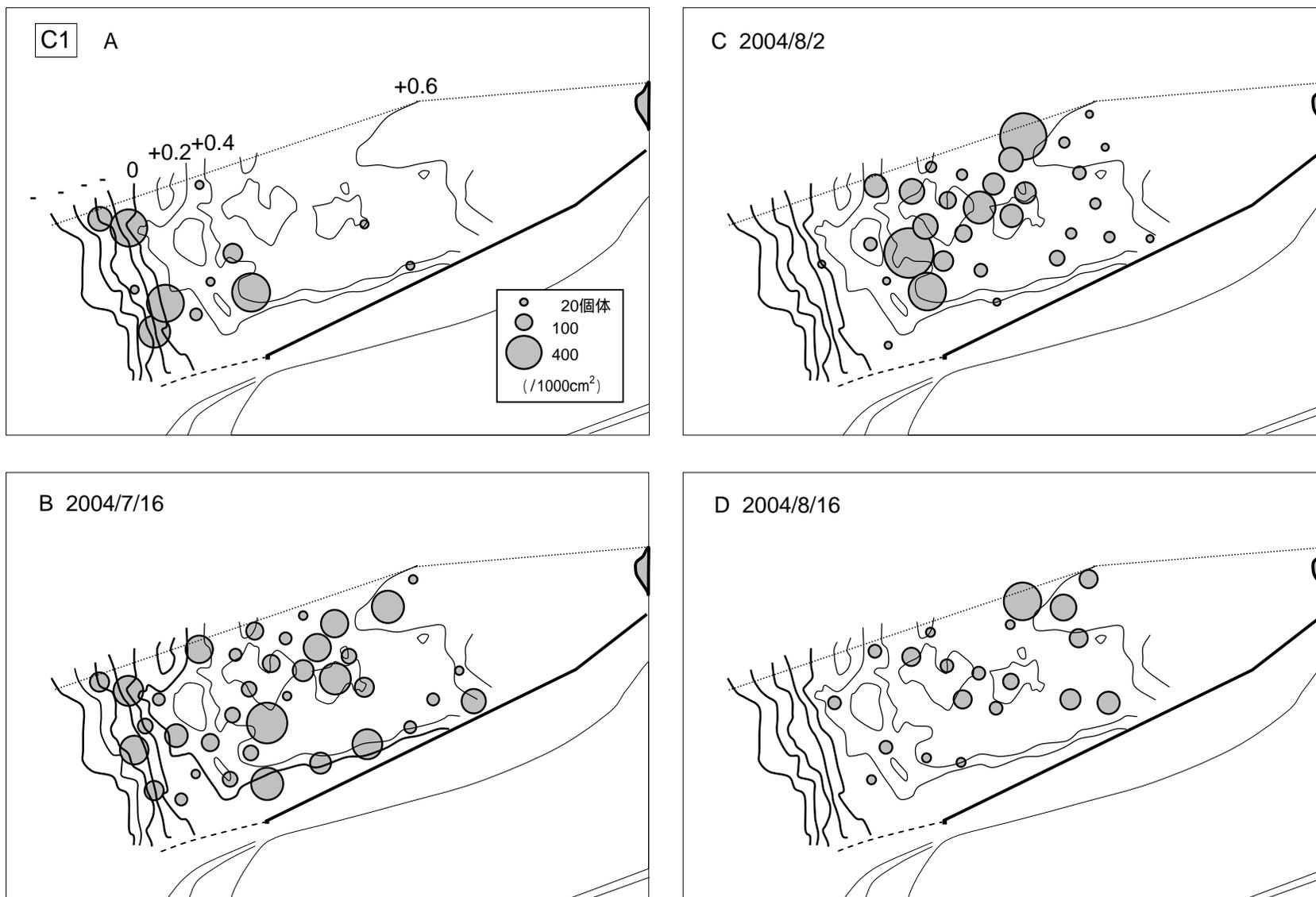


図3 地盤標高と稚貝(C1群)の分布変化

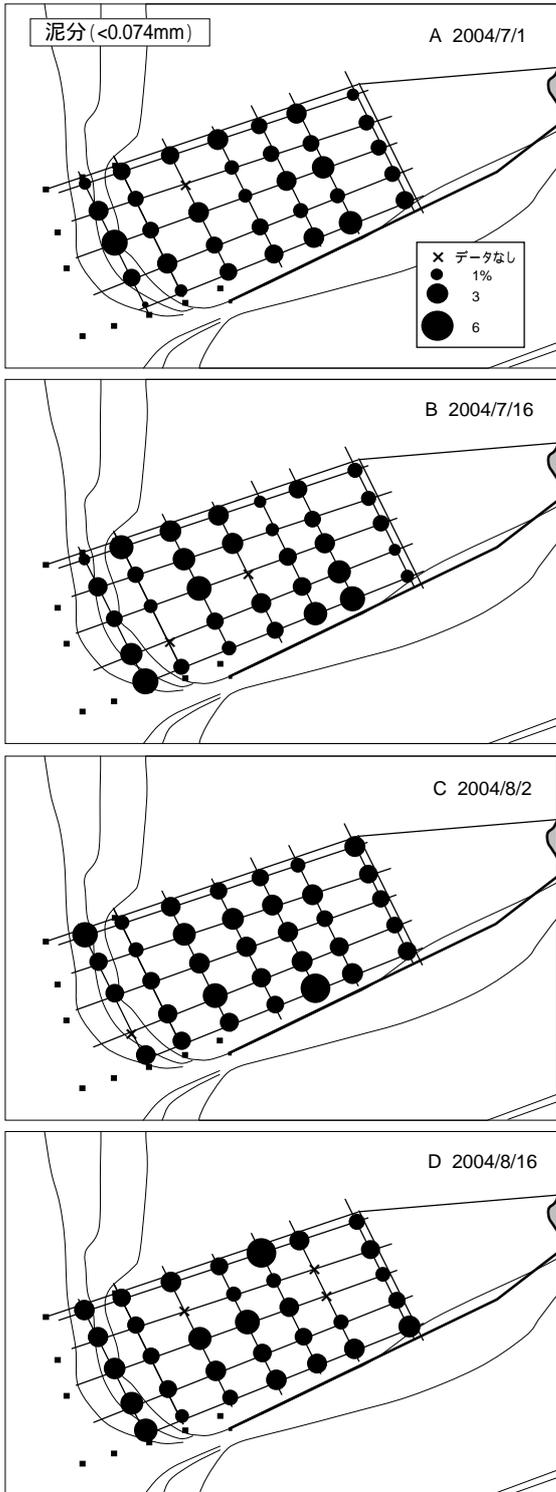


図4 泥分 (<math><0.074\text{mm}</math>) の分布変化

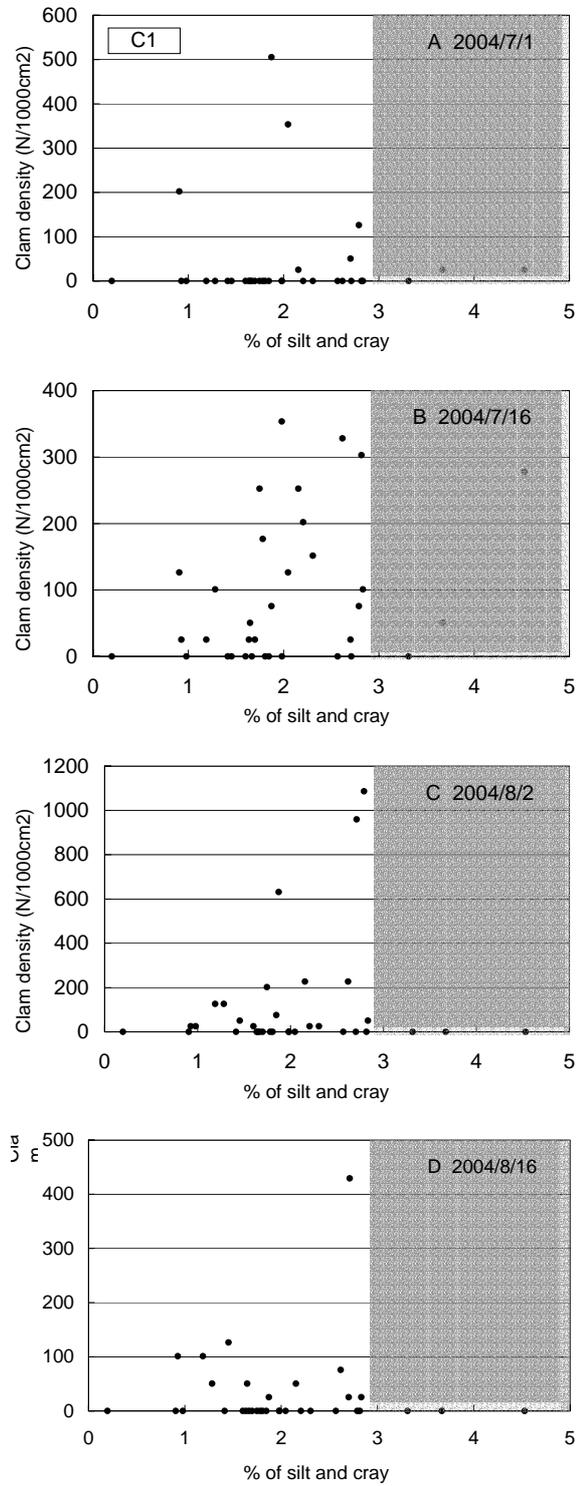


図5 泥分 (<math><0.074\text{mm}</math>) と稚貝密度の関係

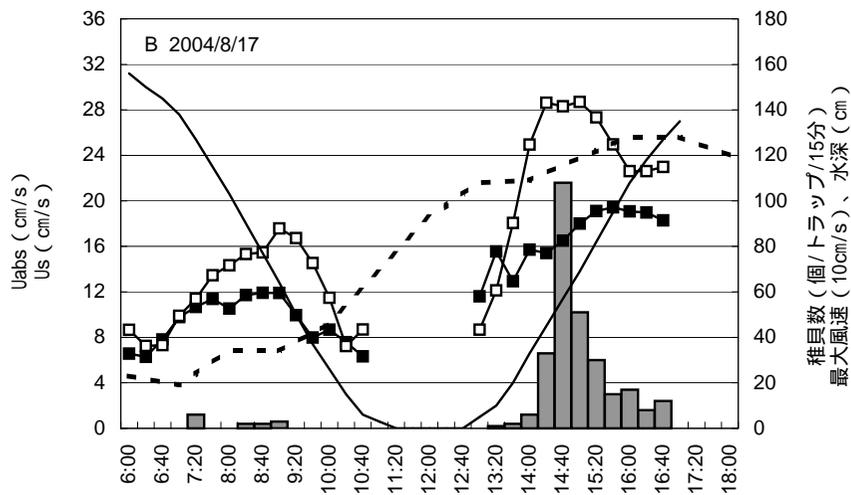
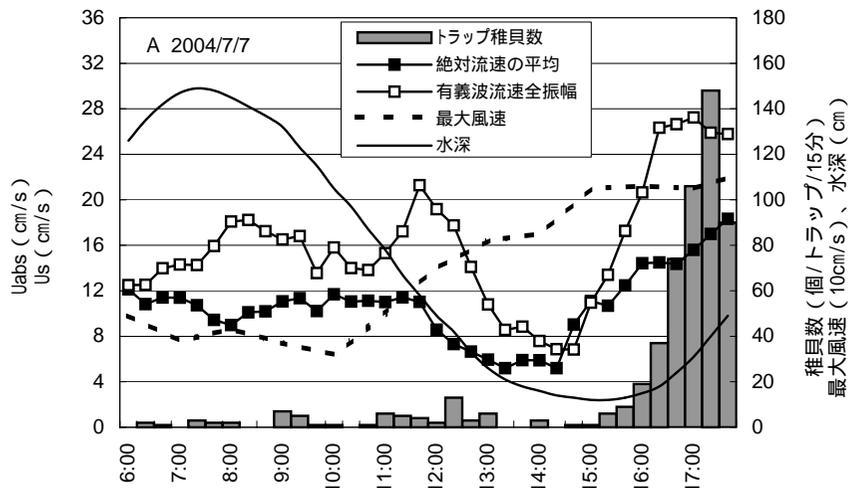


図7 12時間観測でのトラップ捕集稚貝数と絶対流速の平均Uabs、有義波流速全振幅Us、水深、最大風速の関係。調査点B。



図6 稚貝トラップ。A:内筒(内径41mm×長さ30cm、左)と外筒(右)。外筒を海底に垂直に埋め込み、内筒の上端が海底面に一致するように高さを調整した。B:外筒の内側にスポンジを張って内筒を一定時間ごとに交換してセジメントを採取した。C:方向性稚貝トラップ。内筒の上部に左右に開口部を設けた捕集室を付けた。開口部にはそれぞれ内側と外側にのみ開くゴム製の弁を取り付け、一方向からの海水のみを捕集室内に導くようにした。

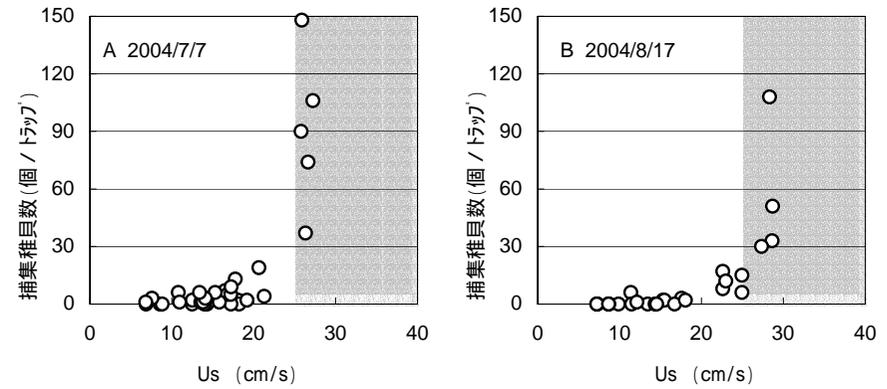


図8 Usとトラップ捕集稚貝数の関係。

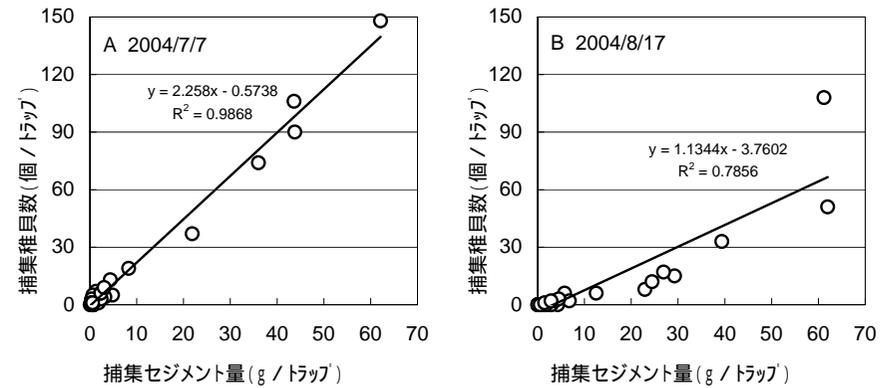


図9 トラップに捕集された稚貝数とセジメント量の関係。

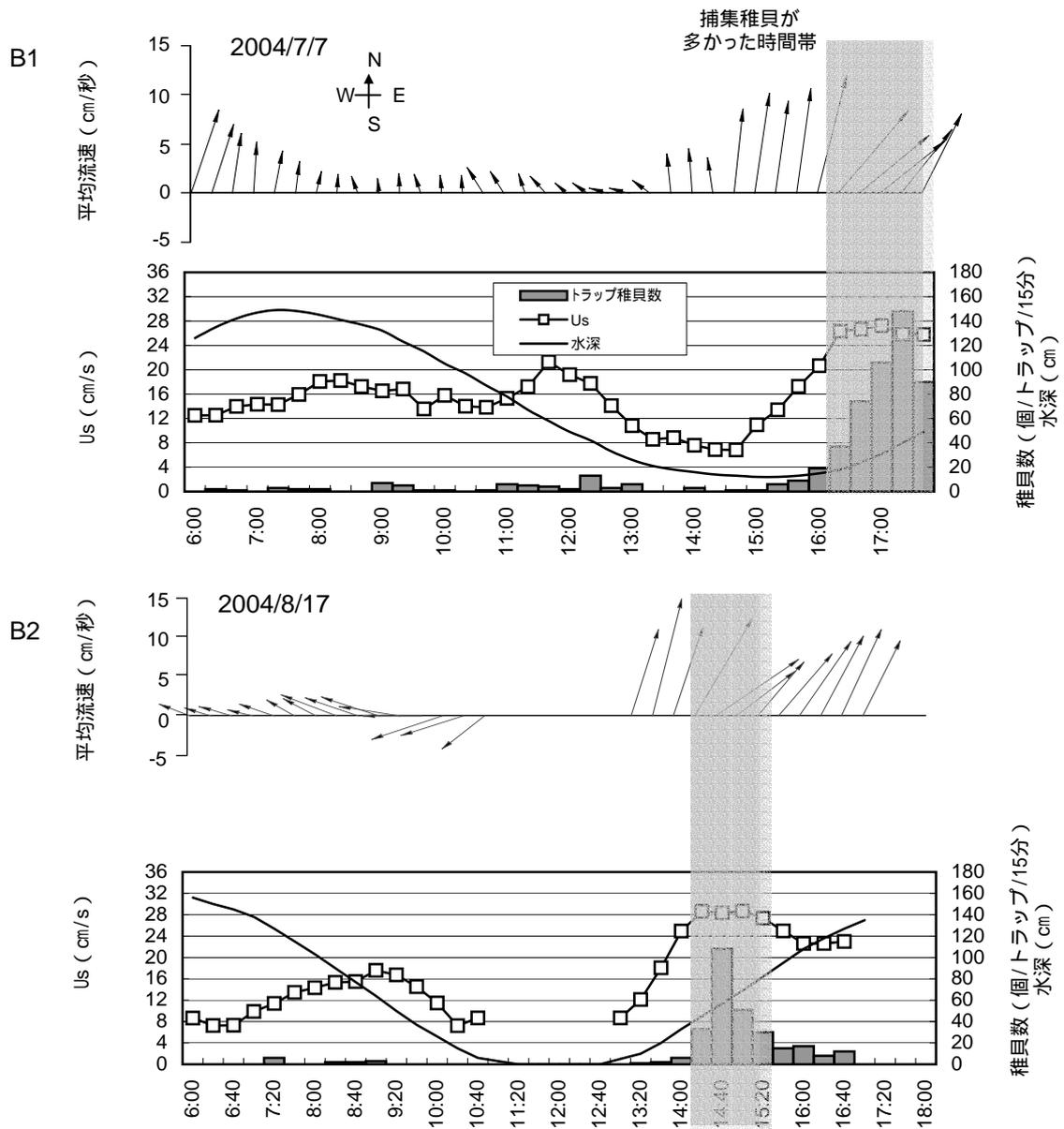
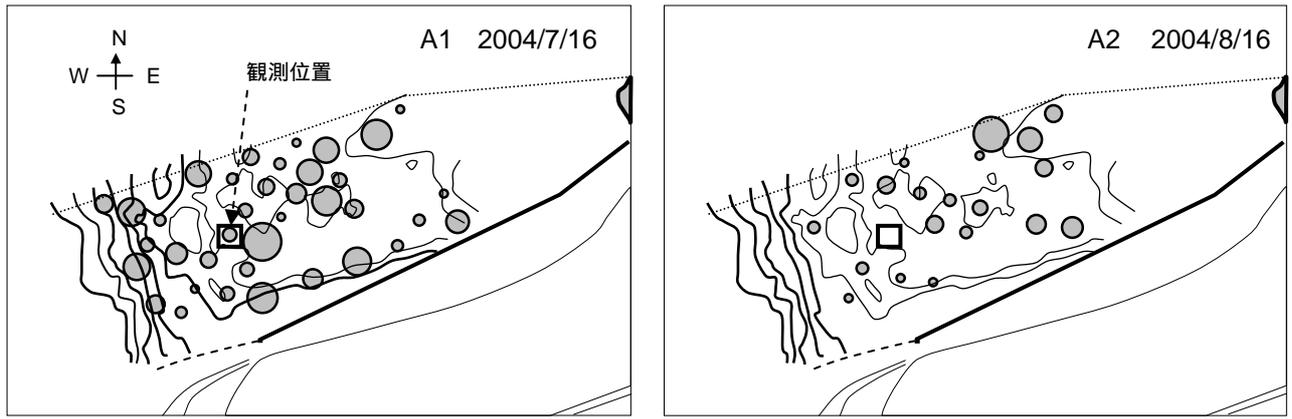


図10 12時間観測でのトラップ捕集稚貝数と平均流ベクトルの関係。捕集稚貝数の多かった時間帯の平均流ベクトルは岸側に向かっており(B1,2)、稚貝濃密域の移動方向(A1,2)と一致していた。

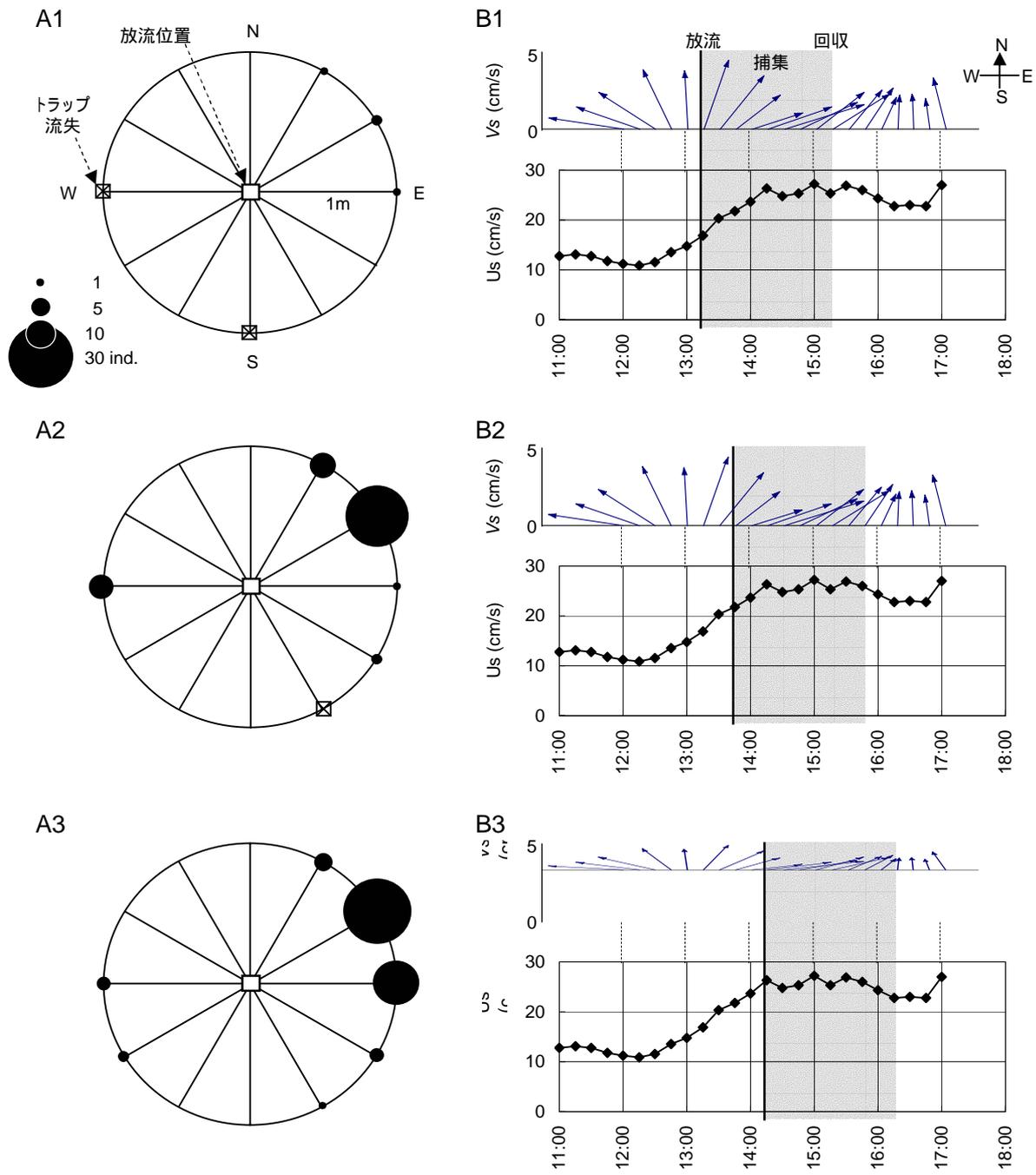


図11 放流稚貝のトラップ捕集数(A1-3)と底面流速(B1-3)の関係. V_{sm} :平均流ベクトル, U_s :有義波流速全振幅. 放流は時刻を変えて3回行った.

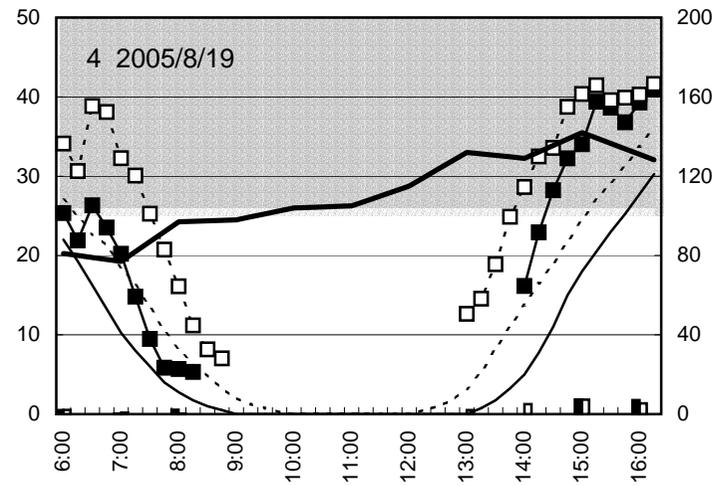
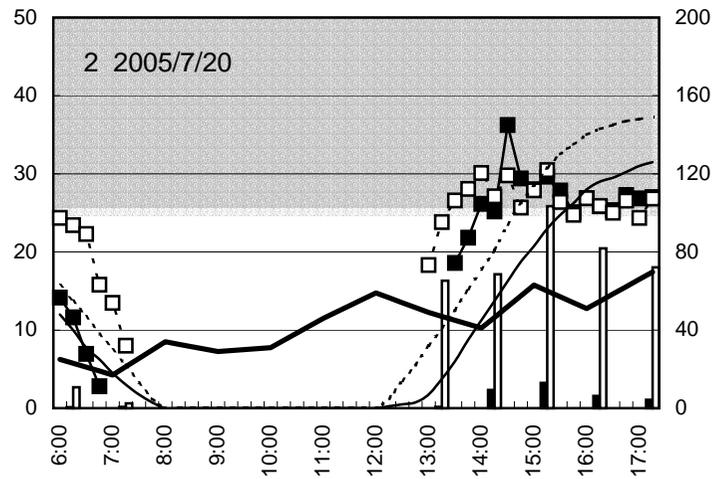
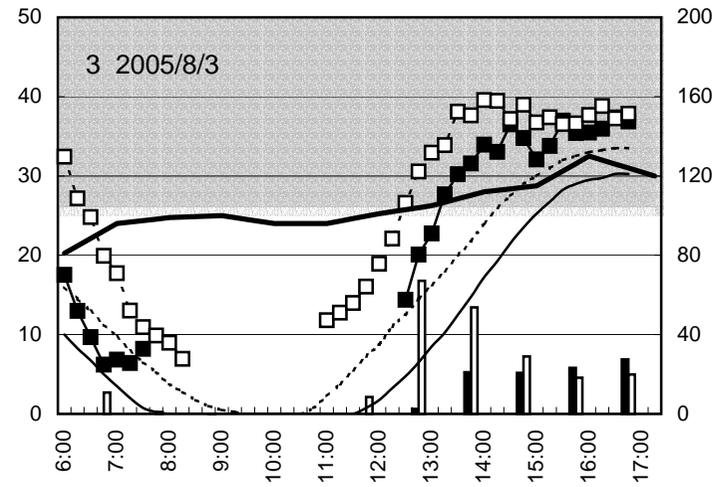
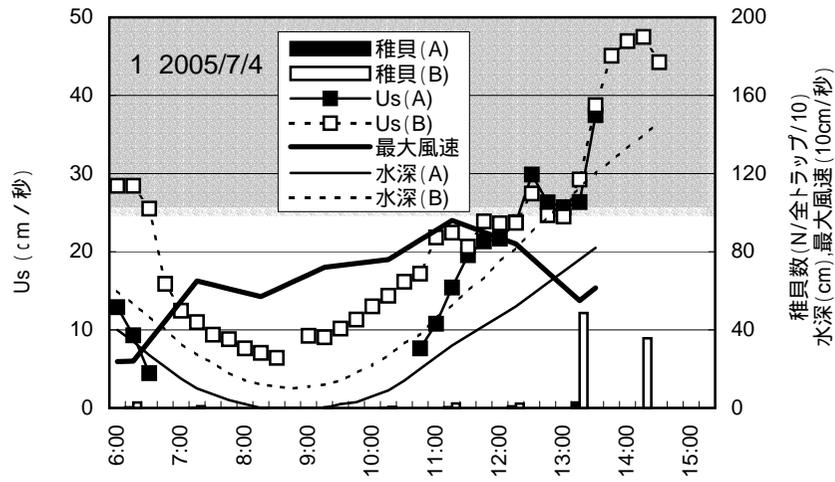


図12 調査点A、Bにおける12時間調査での有義波流速全振幅(Us)、トラップ捕集稚貝数、水深、最大風速の変化。稚貝トラップは1時間間隔の30分間採取。網掛けはUs25cm/s以上。

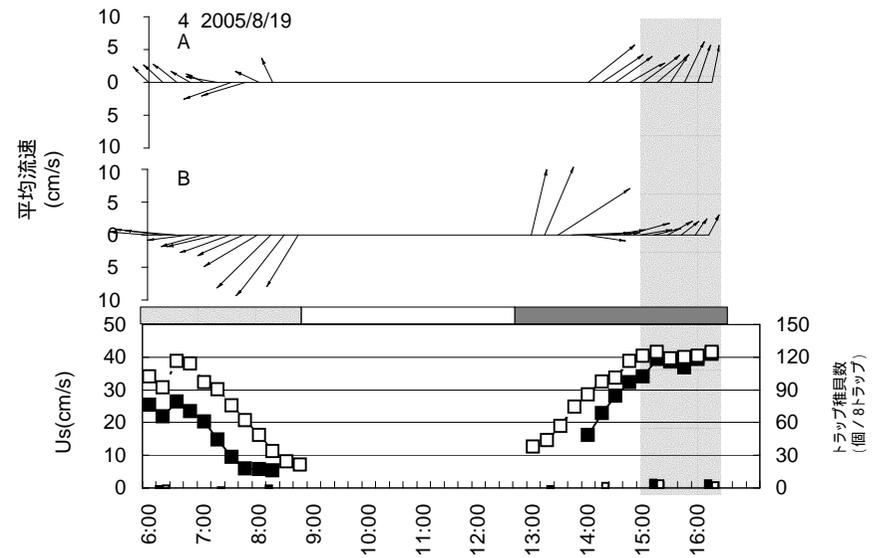
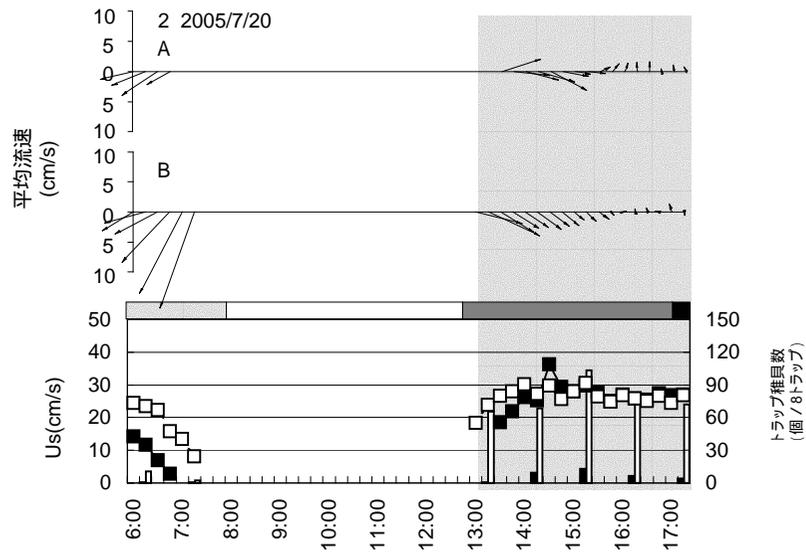
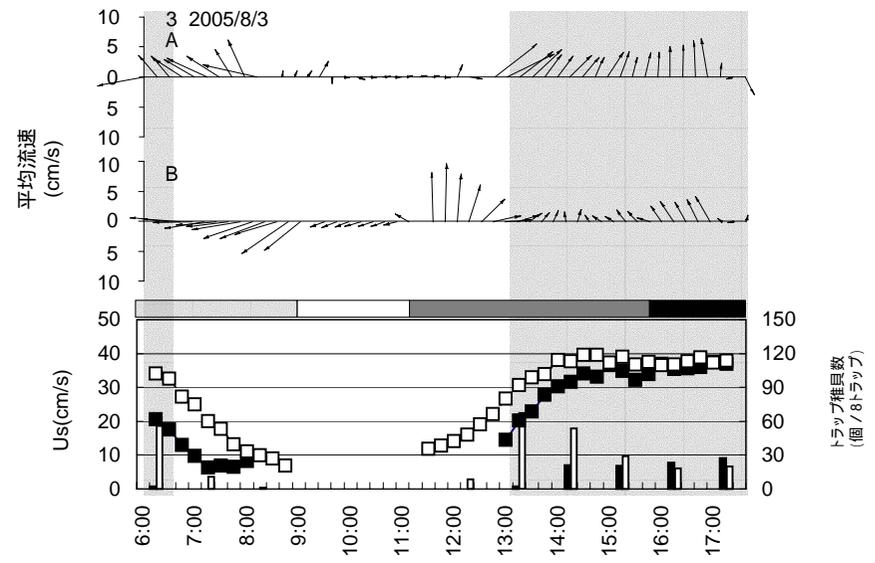
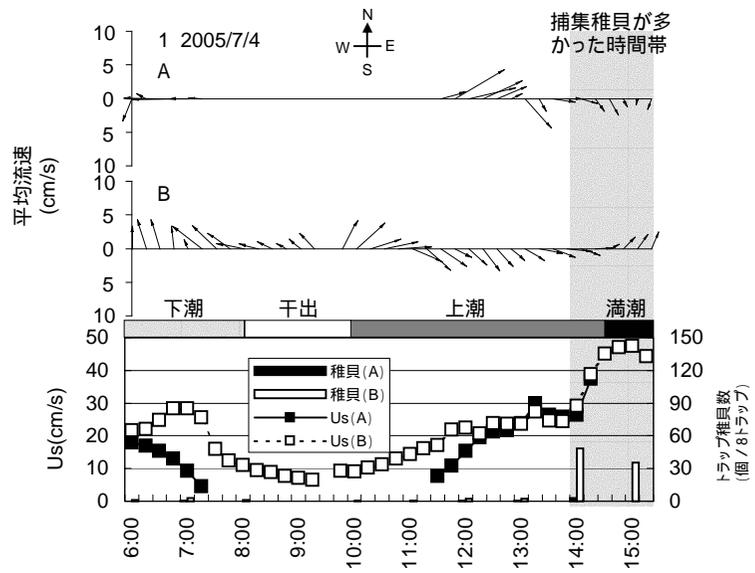


図13 捕集稚貝数が多かった時間帯の調査点A(岸側)とB(沖側)での平均流ベクトル

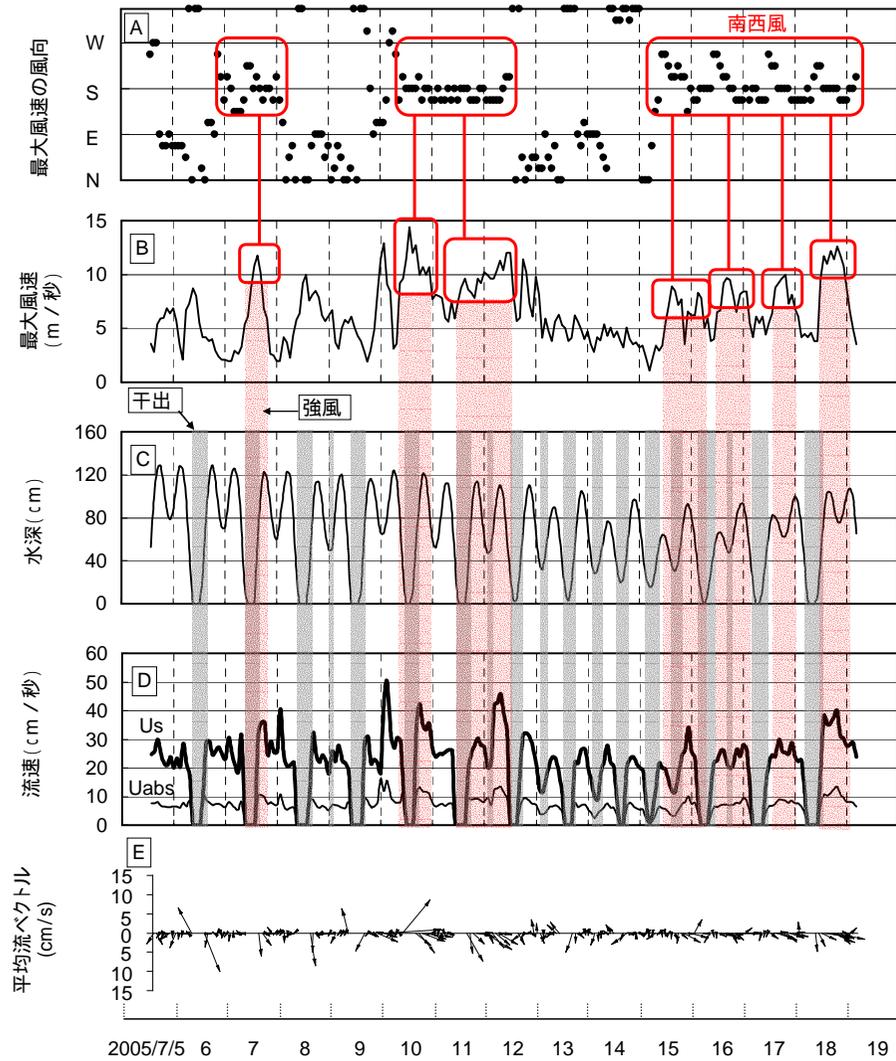


図14-1 木更津地先での最大風速の風向(A)、最大風速(B)、および調査点A(岸側)での水深(C)、有義波流速全振幅 U_s と絶対流速の平均 U_{abs} (D)、平均流ベクトル(E)の変化。2005年7月、観測は90分間隔。

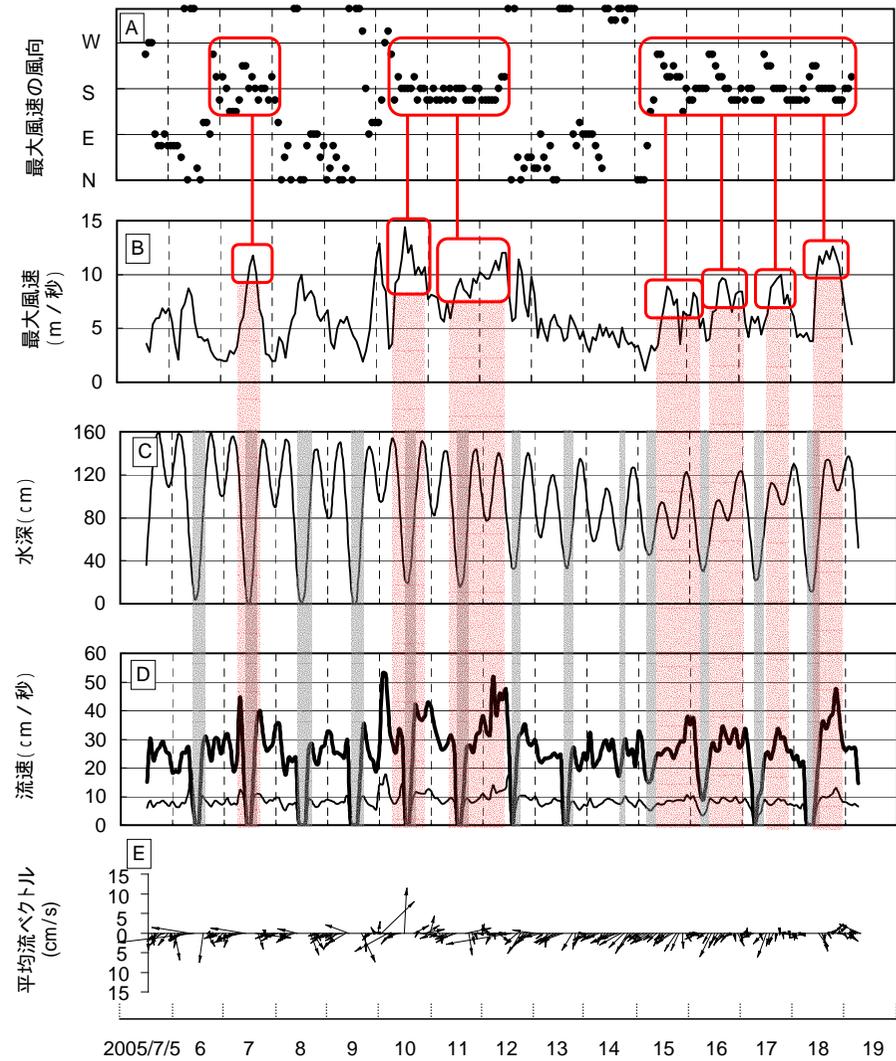


図14-2 同. 調査点B(沖側)

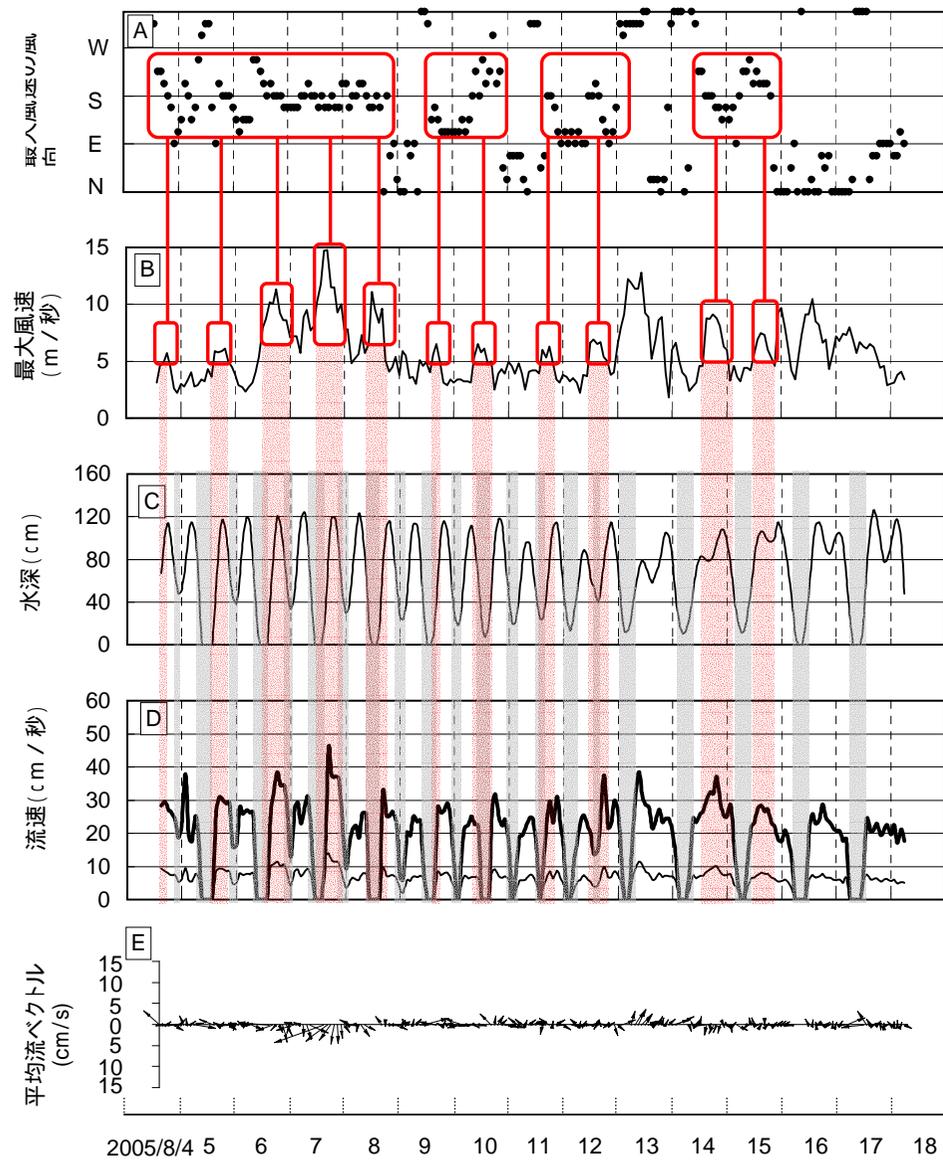


図14-3 同. 2005年8月4日～18日. 調査点A(岸側).

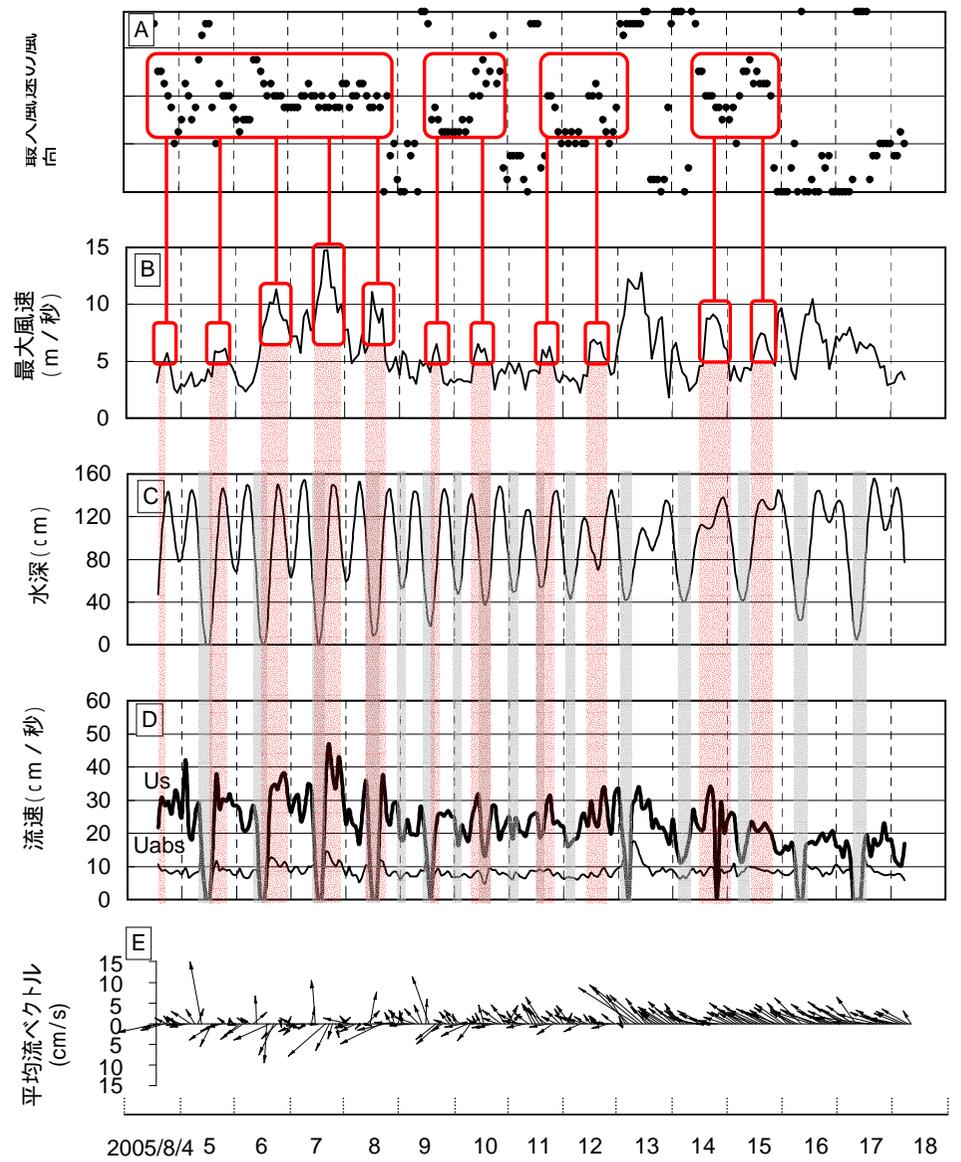


図14-4 同. 調査点B(沖側).