

海域特性による赤潮被害防止技術開発試験

中西克之・増田 健・畑 直垂

目的

真珠養殖業に多大な被害を与える赤潮種 *Heterocapsa circularisquama* の赤潮形成機構と英虞湾の海域特性との関連を解明し、被害防止と赤潮予察について検討する。

方法

1. プランクトン、水温、塩分、酸素量等のモニタリング

湾外1測点を含む10測点(図1)において、水温、塩分、クロロフィル、酸素量(A0を除く)、プランクトン(A3, A4, A5, A8, A9で実施)のモニタリングを周年、週1回(冬期は月2回)の頻度で実施した。また、立神(A4)においては栄養塩分析と係留系による観測も実施した。

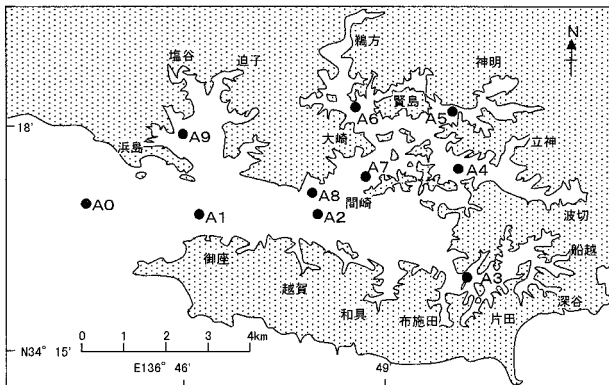


図1 英虞湾モニタリング測点

2. シストの分布調査

平成10年5月に6測点(図2)の表層泥を用いてMPN法によるシスト分布密度の推定(伊藤・今井1987,

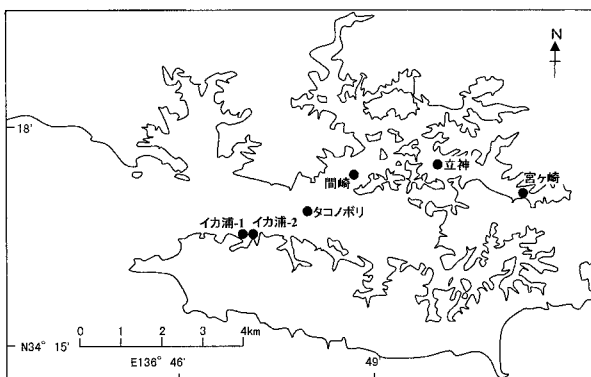


図2 英虞湾シスト調査、冬期遊泳細胞調査測点

Imai et al 1984) を実施した。

3. 冬期の遊泳細胞調査

平成11年2月に3測点(図2, 立神, 間崎, イカ浦-1)でバンドン型採水器により水深5mごとに各20ℓ採水した。60-100μmナイロンメッシュを通過した試水を本城式濃縮器により2000倍に濃縮し、その1mlについて光学顕微鏡下で *H. circularisquama* を計数した。

結果

1. *H. circularisquama* の出現状況

通常の検鏡(非濃縮サンプル)では、いずれの測点においても *H. circularisquama* は確認されなかった。立神(A4)では濃縮サンプルの検鏡も実施し、7月24日に0.01cells/ml, 9月7日に0.01cells/ml, 10月5日に0.06cells/mlの出現を確認した。7月下旬には、漁業者からも確認情報が寄せられ、この時期、本種がわずかに増殖していたと考えられた。また、確認情報は立神浦に限定されなかったことから、湾内の他の水域でも増殖していたと考えられた。本種は平成4年に英虞湾で確認されて以来、毎年赤潮を形成したが、本年の出現量は上記のとおりで過去最低であった。

2. 海況・プランクトン出現状況

10測点のうち湾口付近測点の例として御座(A1)の、湾奥測点の例として立神(A4)の水温、塩分、酸素、クロロフィルの鉛直分布の季節変化を図3-1, 3-2に示した。表層水温の上昇する7~9月に顕著な温度成層が形成されたが、10月には表層と底層の温度差が解消された。各測点の最高水温は8月4日または8月17日の観測時に表層で記録された。湾口付近では29℃前後、湾奥では30℃以上となる測点が多かった。最低水温は2月8日に記録され、湾口付近では10℃を下回ることにはなかったが、湾奥では9℃台となった。表層塩分は降雨の影響を強く受け、湾奥では4月~8月上旬には30を下回ることが多かった。8月中旬~9月上旬に塩分低下は見られなかったが、10月には再び低下し、湾口付近においても11月上旬まで表層塩分が30以下となった。8月に湾口付近の底層に低温、高塩分水が分布し、外海水の流入があっ

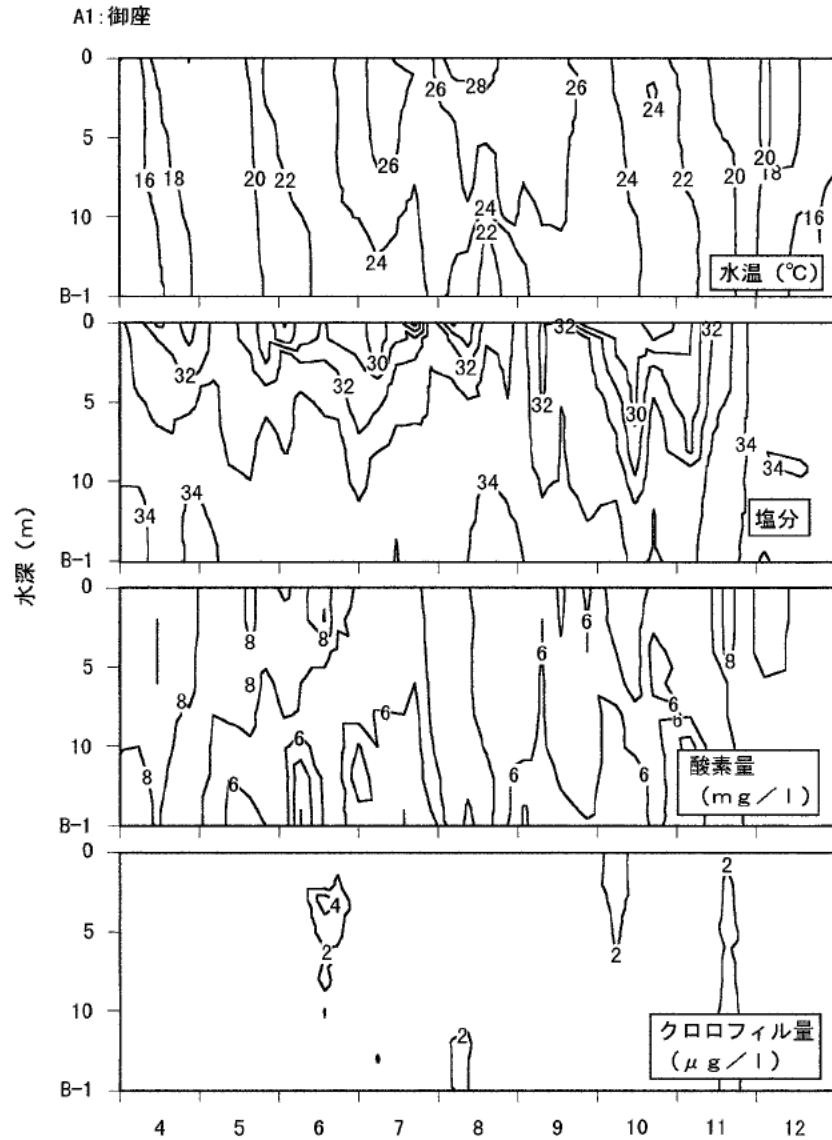


図3-1 A1(御座)における、水温、塩分、酸素量、クロロフィル量の鉛直分布の季節変化

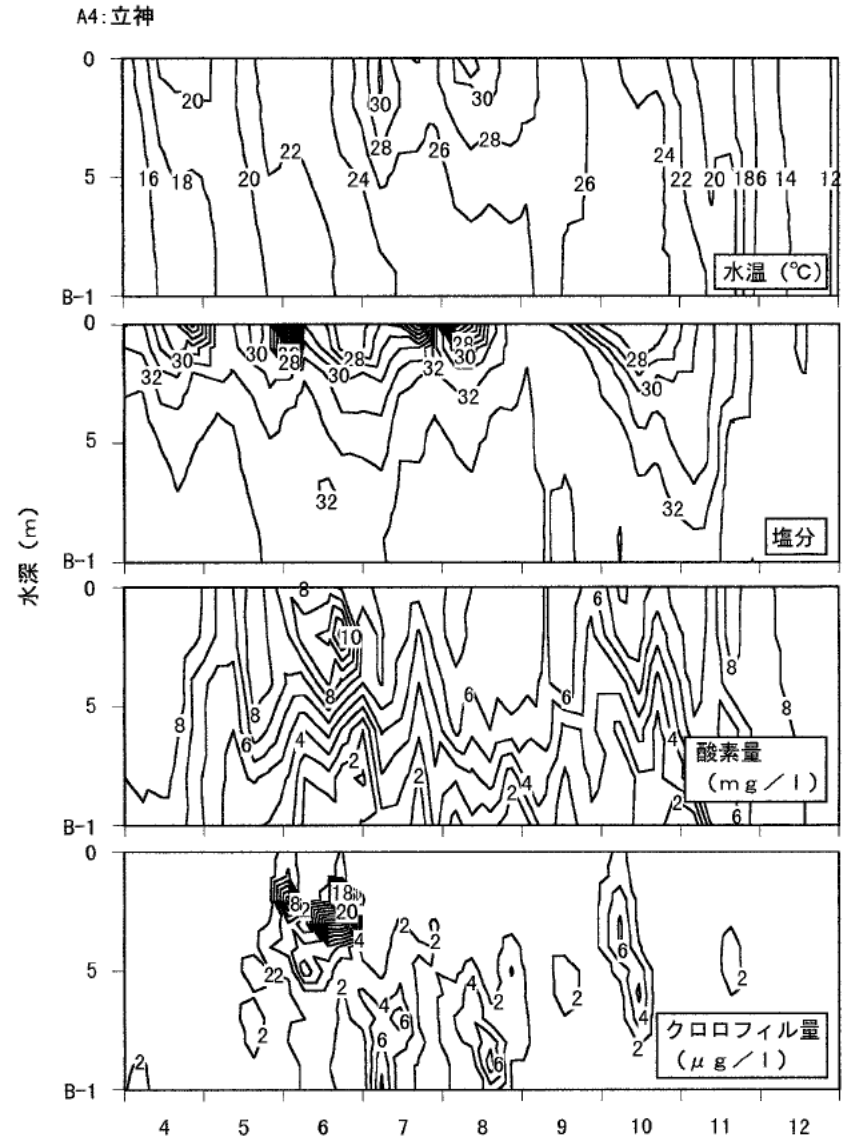


図3-2 A4(立神)における、水温、塩分、酸素量、クロロフィル量の鉛直分布の季節変化

たとえられた。湾奥においても同時期に水温低下と塩分上昇が観測された。湾口付近では夏期においても酸素量が 3 mg/ℓ 以下となることはまれであった。湾奥の底層では 6～9 月前半に長期にわたって 3 mg/ℓ 以下となり、1 mg/ℓ 以下となる測点もみられたが、8 月には一時的に酸素条件の改善が見られた。秋期には表層の塩分低下による成層が 11 月上旬まで継続し、この間、底層の酸素量は低い値となった。

5 測点の渦鞭毛藻と珪藻の出現状況を図 4 に示した。渦鞭毛藻は、5 月に *Alexandrium catenella* が出現した。また、6～7 月に *Prorocentrum dentatum* が赤潮を形成した。珪藻は各測点で 10 個程度のピークを形成し、各測点のピークは同時期に形成され、かつ同一種であることが多かった。最高密度は神明 (A5)、立神 (A4) で他の測点に比べ大きい傾向があった。渦鞭毛藻、珪藻ともに夏期に低密度であったことが本年の特徴であった。

立神 (A4) において実施した栄養塩の分析では、酸素量の低下時に底層の栄養塩量の増加が認められた。係留系の観測結果では、底層の東方流発生時に低温、高塩分水が流入し、一時的な酸素量の増加が観察された。こ

の調査では *H. circularisquama* の細胞数の増減と栄養塩量の変化の関連を調べることが目的の一つであったが、本種がほとんど発生しなかったため、この点については検討できなかった。

3. シストの分布調査

イカ浦-1 の底泥から *H. circularisquama* の発芽が確認され、シストの形成が示唆された。MPN 法により湿泥 1 g あたりのシスト密度は 18 cells/g と推定された。イカ浦-1 では、平成 10 年 3 月の調査でも発芽が確認されている (水産技術センター 1998)。発芽の確認によって存在が示唆されるシストが、培養時に形成されるテナポラリーシスト (内田・板倉 1995) と同じものかどうかは検討課題である。

4. 冬期の遊泳細胞調査

平成 9 年度の調査に続き、本年度の調査でも *H. circularisquama* の遊泳細胞は確認されなかった。平成 9 年度調査の濃縮倍率 (×500) が小さかったこと、また平成 10 年度調査は前年が非発生年だったことから、遊泳細胞で越冬する可能性は否定できない。

5 力年の結果の総括と考察

1. 英虞湾における 1992～1998 年の細胞密度の季節変化

1992～1998 年の細胞密度の季節変化を図 5 に示した。*H. circularisquama* は 5～12 月および 1 月に確認されたが、2～4 月には確認されなかった。また、毎年 7～9 月に高密度となったが、1992 年には 10～11 月にも高密度となった。各年の最高密度は 1993 年、1998 年を除いて 1,000 cells/ml 以上となり、調査期間内に計数された密度の最高値は 1992 年 8 月の 87,420 cells/ml であった。

H. circularisquama 出現時 (≥ 1 cells/ml) の水温は 11.4～32.1℃、塩分は 24.4～35.0 であった。また、高密度 (≥ 1,000 cells/ml) となった時の水温は 20.5～31.8℃、塩分は 30.3～34.6 であった。*H. circularisquama* は高水温、高塩分な条件下で高い増殖速度を示す (Yamaguchi et al. 1997) とされており、英虞湾における出現状況は本種の生理特性を反映したものといえる。ただし、10～11 月に高密度となった 1992 年の事例は採水点の水温、塩分データが不備であったため資料に加えられていない。発生水域の 11 月下旬の水温は 15℃ 前後であったことから、本種は前述の温度よりさらに低い水温条件下でも高密度となる可能性が示唆される。

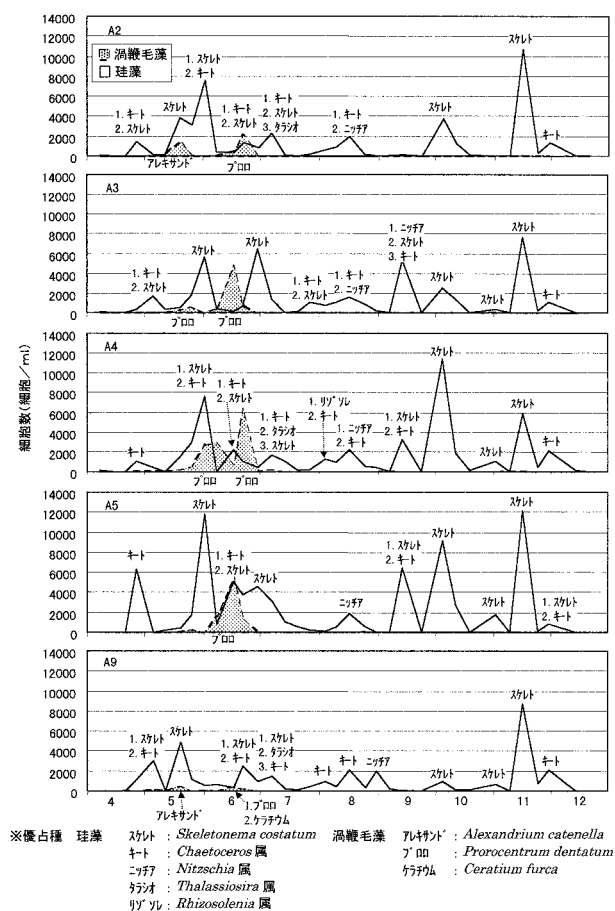


図 4 英虞湾の 5 測点における珪藻と渦鞭毛藻の細胞数の季節変化と優占種

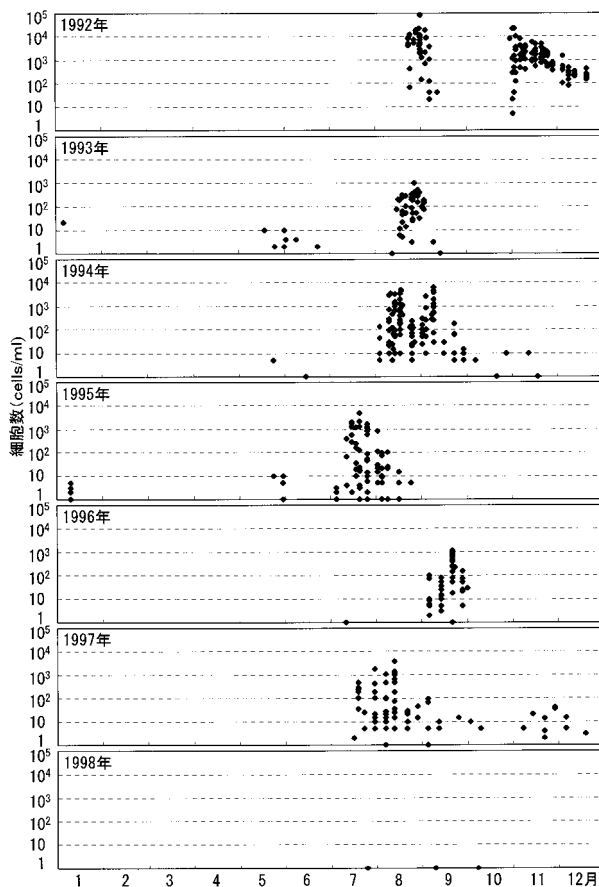


図5 英虞湾における *H.circularisquama* の細胞密度の季節変化 (1992 - 1998)

2. 英虞湾における水平分布の変化と初期発生水域

水産技術センターのプランクトン調査結果に、真珠生産者等の調査結果も加え、*H. circularisquama* の計数結果を週単位でとりまとめ、英虞湾における水平分布と密度の変化について検討した (図6: 1997の例)。その結果、本種は湾奥で発生後、高密度化しつつ拡大する、または低密度で広範囲に分布する状態から湾奥で先行して高密度になるという事例が多く観察され、湾奥水域が赤潮の初期発生水域と位置づけられた。また、細胞密度の減少期に、湾奥で低密度の出現が継続する事例の多いことが示された。各枝湾の中では立神浦で最も早く出現する傾向が認められたが、立神浦の細胞が全域に拡散すると考えるよりも、各枝湾において順次、高密度になり、

湾中央、湾口に拡散するものと推定された。

3. 増殖速度と海水交換速度

英虞湾を7ボックスに区分し (図7)、塩分収支による1層ボックスモデルによって海水交換速度の計算をおこなった (表1)。湾奥水域 (ボックス①, ②, ③, ④, ⑥) の海水交換速度は、湾口、湾中央ボックスと比較して低い値で、特に湾口から遠く、かつ大きな流入河川を持たないボックス②, ③, ④の値は湾口、湾中央の1/2程度と計算された。湾奥水域では海水交換速度が遅いため本種の初期発生域となっているものと考えられた。

水温、塩分を因子とする回帰式 (Yamaguchi et al. 1997) により立神 (A4) における *H. circularisquama* の増殖速度を計算すると、増殖速度と立神ボックスの海水交換速度は同じオーダーであり、海水交換速度が本種の赤潮発生と深く関わっている可能性が示される (図8)。しかし、増殖速度と海水交換速度から予想される細胞数の増減 (増殖速度 - 海水交換速度が正の時、細胞数は増加) は現場の細胞密度の増減と一致せず、水温、塩分以外の因子が本種の増殖に大きく関与している可能性がある。あるいは、ボックスモデルについて、ボックス区分等に検討の余地があるものと考えられた。

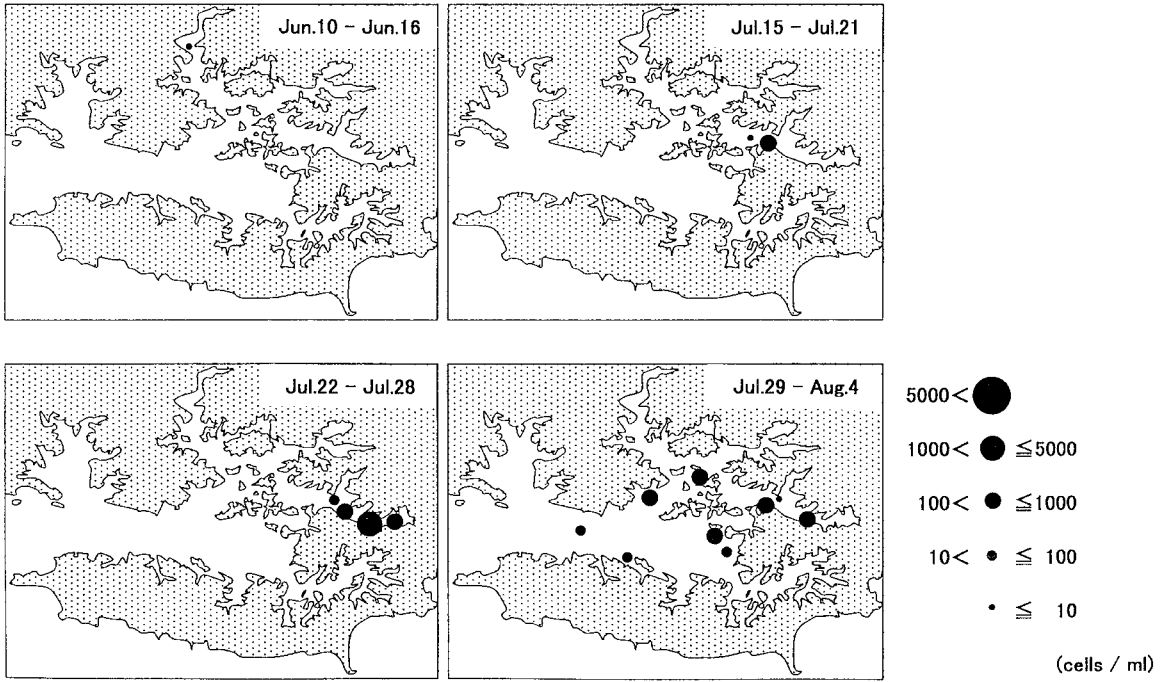
4. 細胞の越冬様式

英虞湾では水温11.4°Cの1月上旬に遊泳細胞が確認されているが、水温が10°C程度まで低下する2月以降、5月まで確認されていない。本種が培養時に10°C下では生存可能であるが増殖しない (内田ほか1998) ことを考慮すると、英虞湾の冬期水温は遊泳細胞による越冬可能水温の下限付近であると考えられる。一方、底泥の培養から遊泳細胞の発芽が確認され、冬期にシスト (あるいはテンプラリーシスト) の存在することが示唆されている。したがって、本種が当水域において遊泳細胞で越冬する可能性は否定できないが、シストを形成し越冬する可能性も考えられた。

関連論文

三重県水産技術センター, 1999. 平成10年度海域特性による赤潮被害防止技術開発試験報告書. 三重県水産技術センター

1997



1997

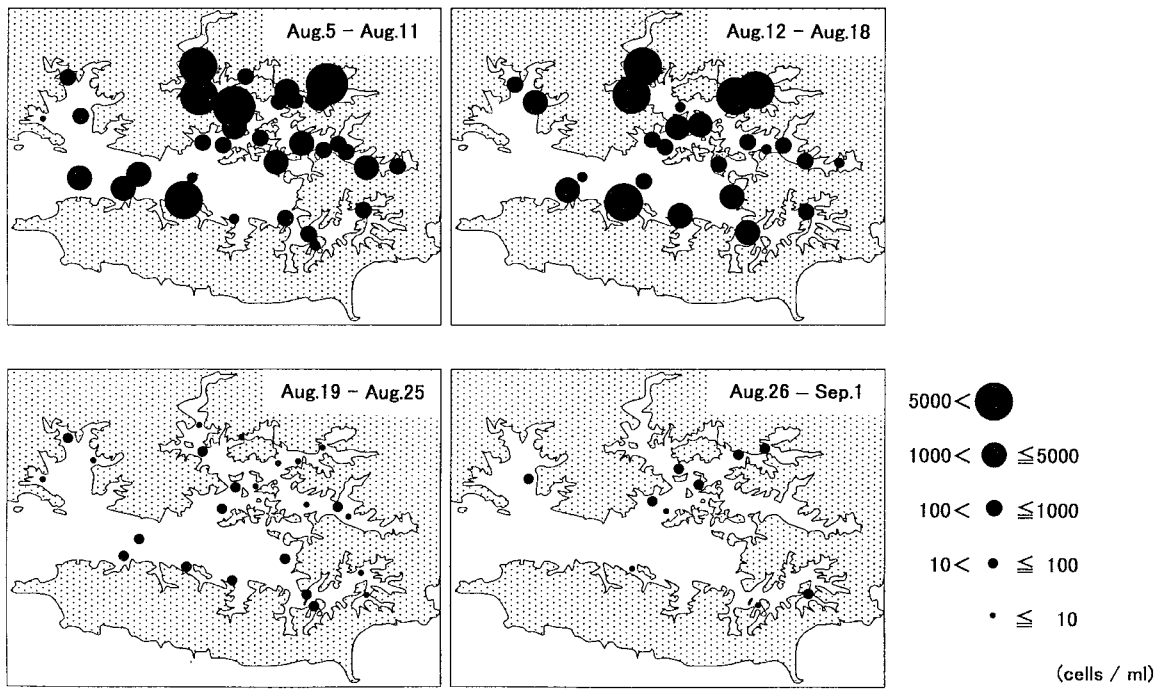
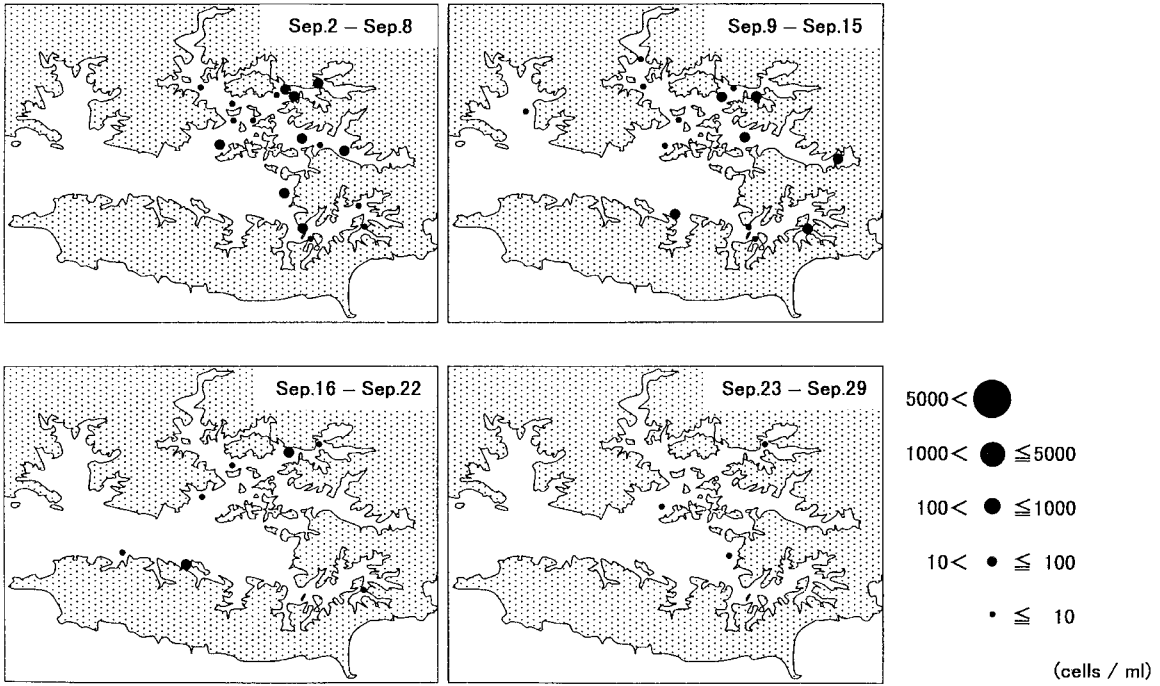
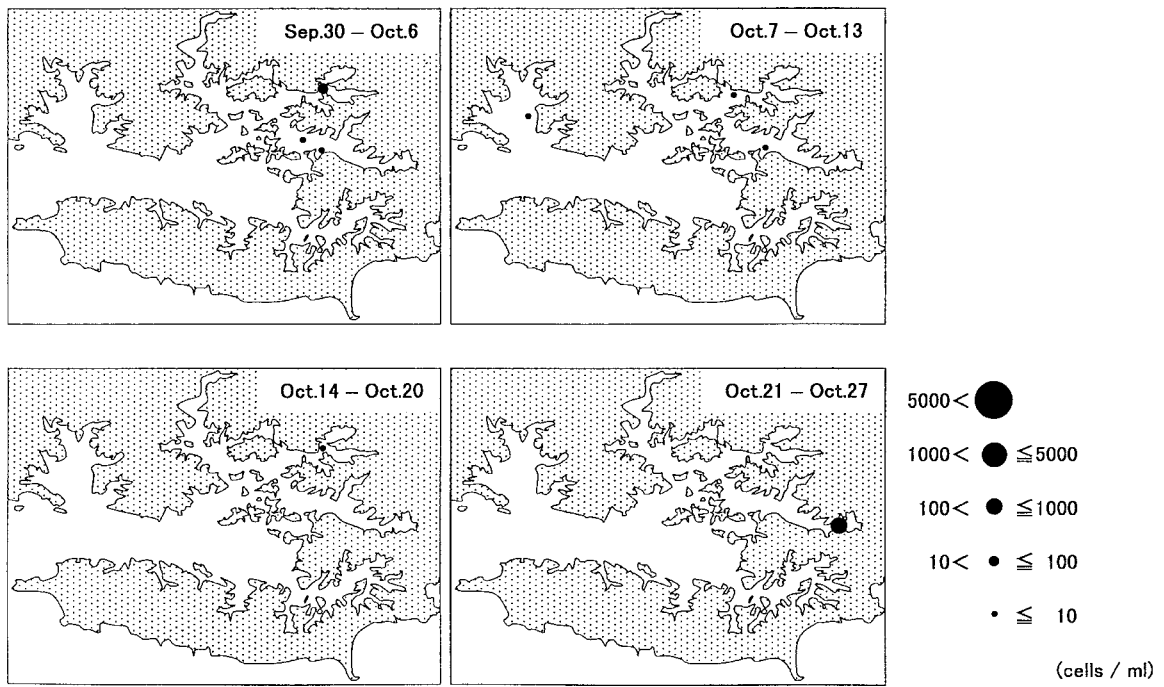


図6 英虞湾における *H. circularisquama* の水平分布の変化 (1997年の例)

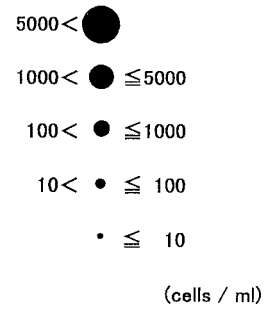
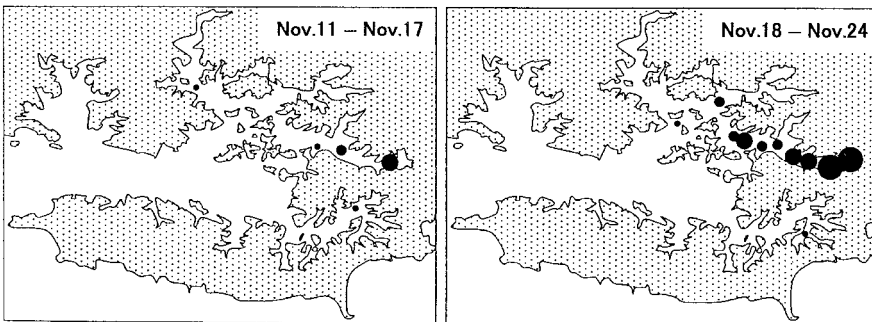
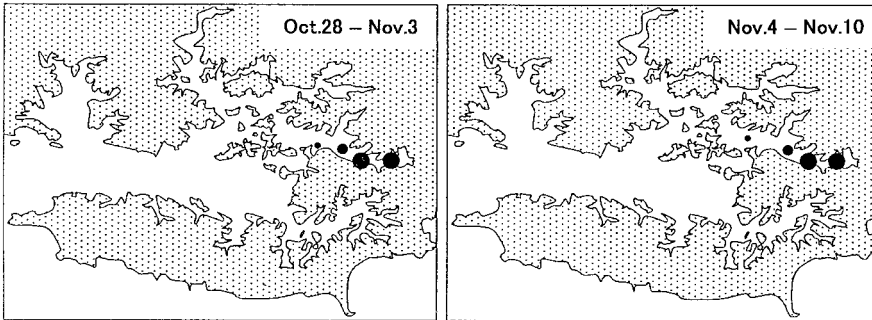
1997



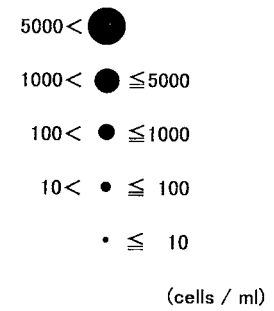
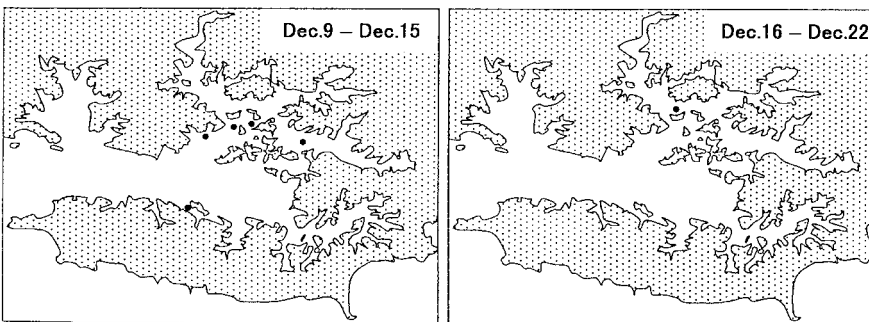
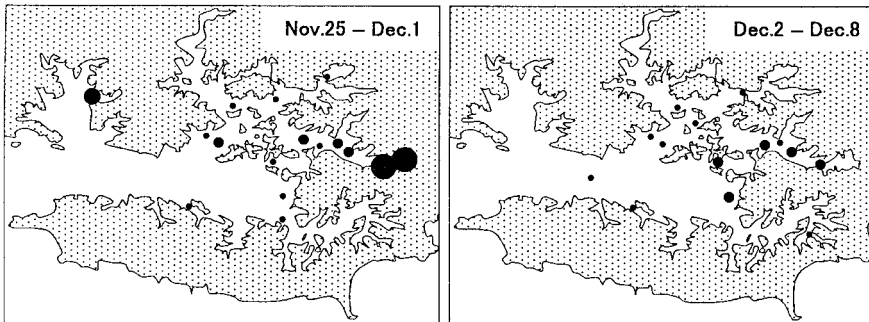
1997



1997



1997



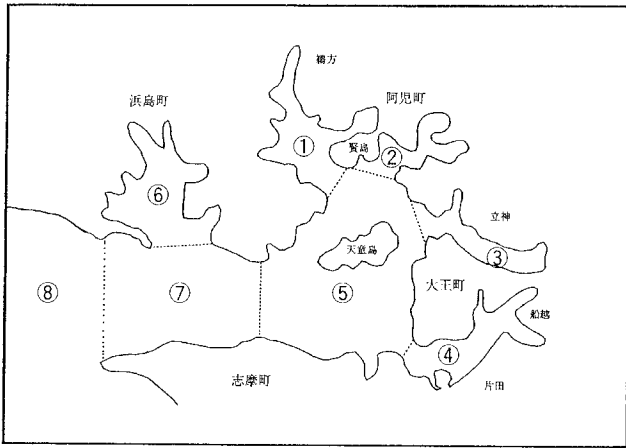


図7 英虞湾のボックス区分 (ボックス①-⑧)

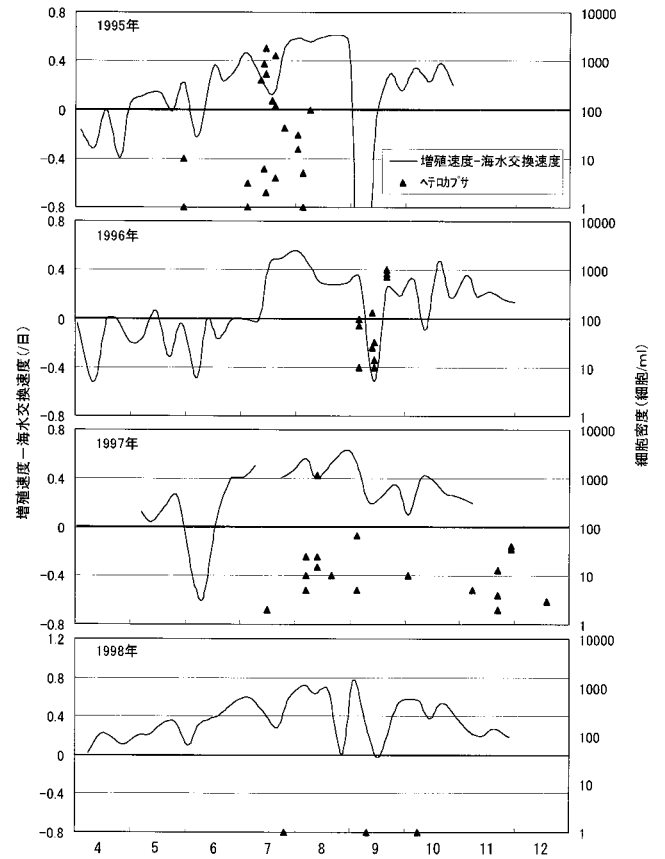


図8 A4 (立神) の水温・塩分から計算された *H. circularis quama* の増殖速度からボックス③ (立神浦) の海水交換速度を引いた差および(1992-1998) *H. circularis quama* の細胞密度(1995-1998年)

表1 ボックス①-⑦の海水交換速度の5-11月の平均値 (1994-1998年)

ボックス名	1994	1995	1996	1997	1998	平均
①(鵜方)	0.74	0.39	0.48	0.34	0.38	0.47
②(神明)	0.66	0.36	0.32	0.20	0.23	0.35
③(立神)	0.55	0.22	0.37	0.24	0.23	0.32
④(布施田)	0.47	0.22	0.29	0.24	0.39	0.32
⑤(湾中央)	0.85	0.66	0.69	0.54	0.44	0.63
⑥(浜島)	0.73	0.40	0.62	0.40	0.17	0.46
⑦(湾口)		0.57	0.92	0.86	0.76	0.78