

奥浜名湖における *Heterocapsa circularisquama* 赤潮 によるアサリの大量へい死

鈴木邦弘^{*1}・松浦玲子^{*2}・小泉康二^{*3}・和久田昌勇^{*1}

2007年に奥浜名湖で出現した *Heterocapsa circularisquama* 赤潮の分布とアサリのへい死状況を調査し、*H.c* 赤潮によるアサリの被害実態と被害軽減対策について検討した。*H.c* は9月中～下旬に赤潮を形成し、この間に細江湖周辺から奥浜名湖全体へ急速に拡大した。最高細胞数は22,530cells/mlを記録した。アサリのへい死率は奥浜名湖に位置する2地点で高く、*H.c* 赤潮の出現状況と一致していた。アサリのへい死率は大型になるほど高く、殻長20mmで56%、25mmで78%、30mmで95%、35mmで100%であった。また、大崎地区地先型増殖場(約2ha)における被害量は37.4トン、被害金額は1,271万円と推定された。これらの結果から、奥浜名湖のアサリについては、*H.c* 赤潮が出現する9月中旬までに大型貝を漁獲し、殻長20~28mmの成貝は湖南部等へ移殖することで被害軽減を図れるものと考えられた。

キーワード：アサリ *Ruditapes philippinarum*, *Heterocapsa circularisquama*,
赤潮, 浜名湖, 漁業被害, 移殖

まえがき

浜名湖における採貝漁業は、漁業者数、漁獲量及び漁獲金額の何れもが湖内最大であり¹⁾、近年は湖南部に加え奥浜名湖での操業も増加している²⁾。また、有害生物混入の観点から他県産アサリ種苗の放流を中止し、奥浜名湖などで大量に出現したアサリ稚貝を湖南部の禁漁区へ移殖する試みが行われるようになった。

一方、奥浜名湖では、貝類のみをへい死させる *Heterocapsa circularisquama*³⁾ (以下、*H.c* とする) が近年頻発するようになった。2003年には最高細胞数23,070 cells/mlの大規模な赤潮により、養殖マガキを中心に大型アサリなどにもへい死が認められた⁴⁾。2004年にも本種による赤潮は出現したが、最高細胞数が933cells/mlと少なかったことで漁業被害は報告されなかった⁵⁾。そして2007年秋期、最高細胞数22,530cells/mlの大規模な赤潮が再び出現し、奥浜名湖の広い範囲においてアサリなどの二枚貝類が大量へい死した。このように頻発する *H.c* 赤潮に

対し、対策を切望する漁業者の声も大きい。

そこで本報告では、2007年に奥浜名湖で出現した *H.c* 赤潮の分布とアサリのへい死状況を調査し、*H.c* 赤潮によるアサリの被害実態と被害軽減対策について検討した。

材料及び方法

1 *H.c* の出現状況

2007年9月15日に、カキ養殖業者が奥浜名湖の表層で採水した試料中に *H.c* が確認されたため、その細胞数を計数した。9月19日には、奥浜名湖全体の分布状況を確認するために、湖心、内浦湾、細江湖、猪鼻湖及び松見ヶ浦(図1)の5地点で調査を行った。その後、9月26日、10月2日及び10月4日には、分布状況をより詳細に確認するために図1に示した14地点において調査を行った。採水作業は午前中に行い、表層水の採水にはバケツを、1m、2m及び4mの各層の採水には北原式採水器を使用した。各試水は500ml容量のポリ瓶に入れ研究室に持ち帰った後、

2009年2月16日受理

静岡県水産技術研究所浜名湖分場業績第149号

¹⁾ 静岡県水産技術研究所浜名湖分場

²⁾ 静岡県水産技術研究所浜名湖分場, 現利用普及部

³⁾ 静岡県水産技術研究所浜名湖分場, 現産業部マーケティング室

光学顕微鏡下で海水0.1ml中の *H.c* 遊泳細胞数を計数し、1 ml 中の細胞数に換算した。細胞数が多い場合は適宜ろ過海水で希釈して計数した。また、各採水層の水温と塩分を計測した。

2 *H.c*赤潮によるアサリのへい死範囲

H.c 赤潮によるアサリのへい死範囲を特定するため、浜名湖内の潮下帯（水深0.5～1 m）のうち、奥浜名湖に3地点（大崎地区地先型増殖場（以下、大崎増殖場とする）、佐久米及び館山寺）、湖南部に2地点（B禁漁区及び自主禁漁区）の計5地点で籠試験⁹⁾を実施した（図1）。試験には、捕食生物の侵入を防ぐために目合5 mmの蓋で籠上面を覆った立方体のステンレス製籠（1辺25cm, 目合5 mm）を各地点3籠使用した。籠内には、2007年5月8日に浜松市西区雄踏町地先の浜名湖内で採取し、研究所内のFRP水槽で蓄養していたアサリ（殻長 20.6 ± 2.5 mm）を大きさに偏りのないよう30個体ずつ入れ、籠の底面約10cmを砂中に埋没させた。

籠の設置は2007年5月10日に行い、その後は毎月上旬に1回（大崎増殖場のみ10月は2回）引き上げ、現地においてアサリのへい死状況の確認と殻長の計測及び籠の清掃を行った。この際、軟体部が消失している個体、軟体部が残っていても外部刺激により閉殻することのない個体をへい死個体として処理した。作業後は、生存した貝のみを籠内に戻して再び籠を埋設した。ただし悪天候等により現地計測が困難な場合は、籠ごと研究室へ持ち帰り、研究室内で同様の処理をした後、流水中でアサリを蓄養し翌日に埋設した。

以上により得られたデータから、地点別に平均生存率（各地点3籠の生存率の平均値）と平均殻長（各地点3籠の平均殻長の平均値）を算定し、地点間で比較した。また、必要に応じて、一元配置分散分析とチューキー・クレーマーの多重比較検定により地点間の差を統計的に処理した。

なお、湖底面上への籠の露出が8月7日に館山寺で3籠、籠の消失が9月5日に大崎増殖場と館山寺でそれぞれ1籠確認されたが、籠を追加せずに試験を継続した。

3 大崎増殖場における被害状況

奥浜名湖で *H.c* 赤潮の出現が確認されて間もない2007年9月21日に、図1に示した大崎増殖場内（約2 ha）の8地点において、0.5㎡の底面をジョレン（幅50cm, 爪の間隔10.5mm）で曳き、採取した検体中のアサリのへい死概況を調査した。

次に、*H.c* 赤潮が終息して約1週間が経過した2007年10月9日に、同地点において、1辺25cmのコドラート枠により深さ10cmまでの底泥を各地点3回（計0.1875㎡）採取し、

アサリのへい死状況を調査した。採取した検体は、目合2 mmの篩に通して殻長3 mm以上のアサリを抽出し、殻長、生死を記録した。この際、へい死して間もないと推定される両殻が揃い内側に艶がある死殻をへい死個体として計数し、これら全てを *H.c* 赤潮によりへい死したとして処理した。また、各地点の生存個体数（a）とへい死個体数（b）の合計数（c）を単位面積あたりに換算したものを個体数密度（ $c/0.1875$ ）、へい死個体数（b）を合計数（c）で除したものを *H.c* 赤潮によるへい死率（ $b/c \times 100$ ）とした。そして、地点ごとに、個体数密度、へい死率及びへい死個体の生存時の推定平均重量（重量 $=0.0007 \times \text{殻長}^{2.6354}$ （鈴木未発表）により換算）を算定した。さらに、各地点の区域面積（増殖場面積を8等分した2,500㎡）にこれらの値を乗じ積算することで *H.c* 赤潮による被害量を、被害量に2007年のアサリ平均単価340円/kgを乗ずることで被害金額を推定した。

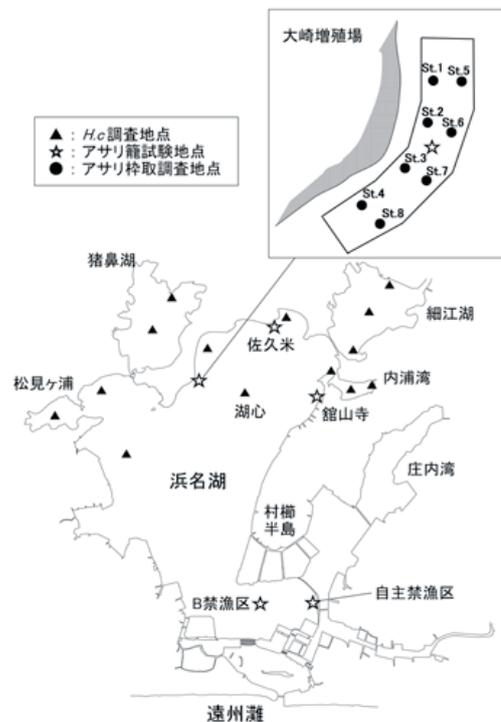


図1 調査地点の位置

結 果

1 *H.c*赤潮の分布とアサリのへい死範囲

(1) *H.c*の出現状況

H.c 遊泳細胞の水平分布（最高細胞数）を図2に示した。9月15日には細江湖、内浦湾及び佐久米の各表層で確認された。19日には、猪鼻湖を含む奥浜名湖全域に広がった。26日には遊泳細胞数が増加し、奥浜名湖で大規模な赤潮となり、特に内浦湾では22,530cells/mlを記録した。

その後、赤潮状態は急速に解消し、10月2日には10～20

cells/ml の出現が 3 地点で認められるのみとなり、10 月 4 日には全地点で確認されなくなった。*H.c* 遊泳細胞が確認された期間の水温は 24.2~29.4℃、塩分は 21.24~29.93 の範囲にあった。

(2) 籠試験におけるアサリの生残率の推移

籠試験における地点別の平均生残率の推移を図 3 に示した。各地点における 9 月上旬までの生残率は 84~93% と高く、地点間で有意差は認められなかった (一元配置分散分析, $P>0.05$)。しかし、奥浜名湖で *H.c* 赤潮が出現した後の 10 月 3 日における生残率は、館山寺、B 禁漁区及び自主禁漁区の 3 地点では 77~87% と高い値を示したが、大崎増殖場と佐久米ではそれぞれ 42% と 1% に急減した。この際、大崎増殖場付近には腐敗臭が立ち込め、へい死したアサリの約半数には軟体部が残っており、大崎増殖場におけるへい死は終息していないと判断された。そこで、10 月 9 日に再び籠を引き上げたところ、生残率は大きく低下し僅か 5% であった。

H.c 赤潮によるへい死状況を地点間で比較するため、地点ごとに赤潮出現前後である 8~11 月の各月の生残数の差から期間へい死率を算出し表 1 に示した。赤潮出現前の 8-9 月は、各地点とも 1~8% の低い期間へい死率であり、地点間で有意差は認められなかった (一元配置分散分析, $P>0.05$)。赤潮出現後の 9-10 月は、大崎増殖場と佐久米

でそれぞれ 94% と 99% と極めて高い期間へい死率を示したが、他の 3 地点では 5~10% と低く、前者 2 地点と後者 3 地点の間には有意差が認められた (チューキー・クレーマーの多重比較検定, $P<0.05$)。赤潮が終息した 10-11 月には、館山寺では 20% とやや高かったが、他の地点では 0~7% と低く、これらの間には有意差が認められた ($P<0.05$)。

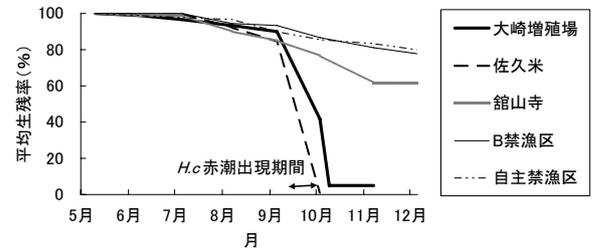


図 3 籠試験におけるアサリの平均生残率の推移

表 1 籠試験における期間へい死率

地点名	期間へい死率 % (平均±標準偏差)		
	8-9 月	9-10 月	10-11 月
大崎増殖場	2 ± 3 a	94 ± 3 a	0 a
佐久米	8 ± 5 a	99 ± 2 a	
館山寺	5 ± 2 a	10 ± 3 b	20 ± 3 b
B 禁漁区	1 ± 2 a	7 ± 6 b	7 ± 3 a
自主禁漁区	7 ± 6 a	5 ± 2 b	3 ± 4 a

異なるアルファベットは、チューキー・クレーマーの多重比較検定により、各期間内のへい死率に有意差 ($P<0.05$) があったことを示す

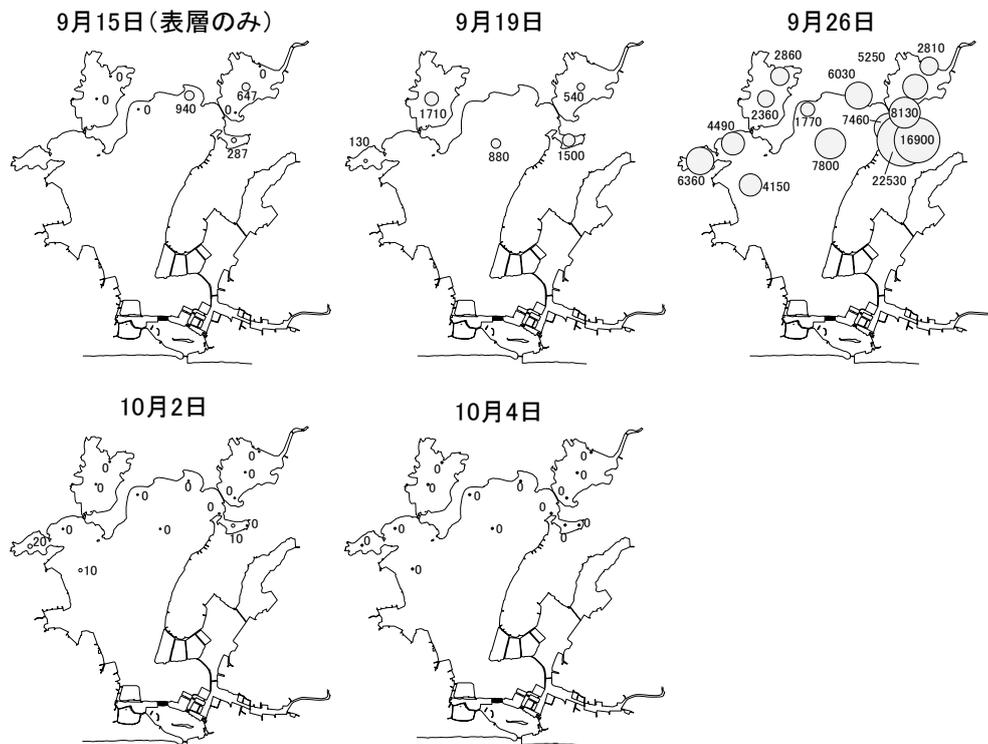


図 2 *Heterocapsa circularisquama* 遊泳細胞の水平分布 (最高細胞数)

(3) 籠試験におけるアサリの殻長の推移

籠試験における地点別の平均殻長の推移を図4に示した。地点により成長速度に差があるが、各地点とも8月上旬までは直線的に成長し、高水温期である8月には成長が鈍化する傾向が認められた。その後、大崎増殖場と佐久米では*H.c*赤潮による大量へい死が起り、平均殻長は小型化した。また、大崎増殖場で生き残ったアサリについては、その後の成長が確認された。

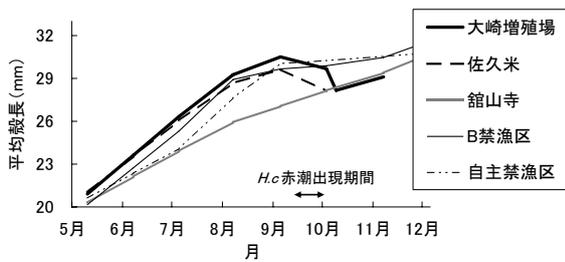


図4 籠試験におけるアサリの平均殻長の推移

(2) *H.c*赤潮終息後の被害状況 (10月9日)

2007年10月3日の籠試験の際には、大崎増殖場付近では腐敗臭が立ち込めていたが、10月9日には腐敗臭は消えていた。しかし、湖底にはへい死したアサリ等の死殻が散乱し、*H.c*赤潮による被害の甚大さが伺われた。

大崎増殖場の各地点におけるアサリ個体数密度、へい死率、生死別の平均殻長と平均重量、*H.c*赤潮による被害量と被害金額を表2に、採取した全個体の殻長別へい死率を図5に示した。個体数密度は、岸側の中央に位置するSt.2とSt.3でそれぞれ1,877個/㎡と1,627個/㎡と極めて高く、平均密度は579個/㎡であった。地点別のへい死率は、St.3が67%で最も低く、多くの地点で80%を超えた。殻長別には、殻長16mm以上でへい死が確認され、20mmで56%、25mmで78%、30mmで95%、35mmで100%と、大型になるほどへい死率が高くなった。被害量は、アサリ個体数密度が高かった地点で多く、St.2で14.1トン、St.3で10.7トンであった。大崎増殖場全体での被害量は37.4トン、被害金額は1,271万円と推定された。

2 大崎増殖場における被害状況

(1) *H.c*赤潮出現直後の被害状況 (9月21日)

内浦湾や佐久米で*H.c*赤潮が出現して間もない2007年9月21日において、大崎増殖場付近では*H.c*赤潮による海面の着色や腐敗臭はなく、採貝業が営まれていた。ジョレンにより場内8地点で採取した検体にも、アサリの異常へい死は確認されず、他の二枚貝類や巻貝類の死殻も目立たなかった。

これらのことから、9月21日において、大崎増殖場内では*H.c*赤潮によるアサリ等のへい死は発生していないと判断された。

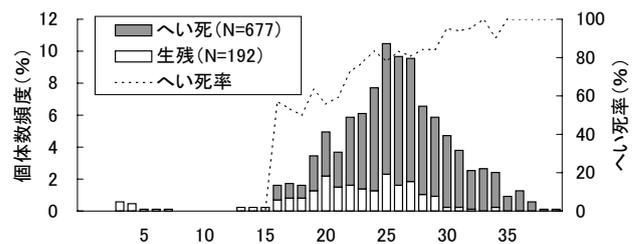


図5 大崎増殖場におけるアサリの殻長別へい死率

表2 大崎増殖場におけるアサリの出現と*H.c*赤潮による被害状況

項目		地点 (水深)								平均	合計
		St.1 (1.0m)	St.2 (1.0m)	St.3 (1.0m)	St.4 (1.0m)	St.5 (1.5m)	St.6 (1.5m)	St.7 (1.5m)	St.8 (1.5m)		
個体数密度	(個/㎡)	123	1,877	1,627	101	219	256	267	165	579	
へい死率	(%)	83	81	67	84	95	96	76	97	85	
平均殻長	生残 (mm)	21.6	22.6	23.4	31.8	15.2	19.0	11.0	24.4	21.1	
	へい死 (mm)	31.5	25.8	26.5	31.7	27.4	26.6	31.3	28.8	28.7	
平均重量 ^{*1}	生残 (g)	2.3	2.6	2.8	6.4	0.9	1.6	0.4	3.2	2.2	
	へい死 (g)	6.2	3.7	3.9	6.3	4.3	4.0	6.1	4.9	4.9	
被害量 ^{*2}	(トン)	1.6	14.1	10.7	1.4	2.2	2.4	3.1	2.0	4.7	37.4
被害金額 ^{*3}	(万円)	54	478	363	46	76	83	106	67	159	1,271

※1 「0.0007×平均殻長^{2.6354}」より推定

※2 「個体数密度×へい死率×へい死個体の生前時の平均重量×2,500㎡」より推定

※3 アサリ単価を340円/kgとして推定

考 察

1 浜名湖における *H.c* 出現の特徴

浜名湖における近年の *H.c* 出現状況をまとめ表3に示した。いずれの年も、湖北東部に位置する内浦湾～佐久米で9月中旬に初めて確認されており、その後、奥浜名湖全体へ拡大していた。*Gymnodinium nagasakiense*⁷⁾ (現 *Kalenia mikimotoi*)、*Alexandrium catanella*⁸⁾、*Prorocentrum*属⁹⁾の浜名湖における初期発生域は湖北東部であることが報告されており、*H.c*についても他の渦鞭毛藻類と同様に湖北東部が初期発生域である可能性が高いと推察される。

表3 浜名湖における近年の *H.c* 出現状況

年	初期確認水域	出現期間	最高細胞数 (cells/ml)	水温 (°C)	塩分	文献
2003	佐久米	9月29日～12月19日※ (9月29日～11月5日)	23,070	10.8～23.4 (18.1～23.4)	13.14～33.82 (23.50～31.47)	4)
2004	内浦湾	9月14日～10月26日	933	20.8～28.0	8.19～28.07	5)
2007	内浦湾 細江湖 佐久米	9月15日～10月2日 (9月19日～9月26日)	22,530	24.2～29.4 (26.9～29.3)	21.24～29.93 (21.24～27.91)	—

()内は1,000cells/ml以上の高密度時のデータを示す
※ 未観測であった9月中旬には出現していたと推測されている⁴⁾

2 *H.c* 赤潮による被害状況

籠試験やコドラート調査より、佐久米と大崎増殖場のアサリには大きな被害が確認されたことから、*H.c*赤潮の出現によりアサリ等がへい死したと考えられた。また、籠試験での生残率(図3)や腐敗臭の状況から、佐久米でのへい死は大崎増殖場よりも数日間早く起きたと考えられ、時間経過と共にへい死範囲が拡大したと推定された。さらに、同じ奥浜名湖に位置する館山寺では、籠試験の期間へい死率は湖南部の地点に比べてやや高く(表1)、*H.c*赤潮による影響が疑われたものの、籠の周囲の天然アサリに目立ったへい死が確認されなかったことから、その影響は小さかったものと思われた。

一方、湖南部のB禁漁区や自主禁漁区の期間へい死率は1～7%の低率で推移しており(表1)、*H.c*による影響はなかったと推察された。これら浜名湖内の各地点におけるアサリのへい死状況は、*H.c*赤潮の出現状況(図2)と一致していた。

3 アサリの殻長とへい死率の関係

2003年に浜名湖で出現した *H.c* 赤潮では、殻長25mm以下のアサリに目立った減耗はなかったこと⁴⁾が報告されている。また、*H.c*赤潮によるへい死率は、稚貝(殻長20mm以下)に比べ成貝(殻長20mm以上)で高いことが、豊前

海¹⁰⁾、三河湾¹¹⁾及び能古島¹²⁾から報告されている。しかし、いずれの報告でも、アサリの殻長と *H.c*によるへい死率の関係は明確には示されていない。本研究では、コドラート調査の結果を解析することで、大型のアサリほど *H.c*によるへい死率が高いことを示した。佐久米と大崎増殖場の籠試験において、*H.c*赤潮により生残率が低下したのち平均殻長が小型化したこともこのことを裏付けている。

*H.c*によるアサリのへい死機構については、心筋梗塞と体内へのカルシウムの大量流入が深く関与していると考えられている¹³⁾が、アサリの大きさによりこれらの影響の度合いが異なるかは不明であり、その解明は今後の課題である。また、*H.c*赤潮が出現する秋季は、性成熟と関連してアサリ体内のグリコーゲン含量が急激に低下する時期であり¹⁴⁻¹⁵⁾、生理状態の違いがへい死率に影響を及ぼしている可能性も考えられることから、併せて検討すべき課題と思われる。

4 *H.c* 赤潮によるアサリの被害軽減対策

本研究では、近年奥浜名湖で頻発する *H.c* 赤潮について、初期発生域が湖北東部であること、出現時期が9月中旬であること、大型のアサリほどへい死率が高いことを明らかにした。これらのことから、奥浜名湖のアサリについては、9月中旬までに漁獲制限殻長28mm以上の大型貝は漁獲し、20～28mmの成貝は湖南部等へ移殖することで、*H.c*赤潮による被害を軽減できるものと考えられる。この場合、対策の実施に伴う漁獲量や移殖量が問題となるが、殻長組成(図5)を参考にすると、大崎増殖場だけでも漁獲量と移殖量は共に20トンと試算され、十分な効果が期待される。ただし、*H.c*は二枚貝類の内部に生きたまま残留しやすい³⁾ことが報告されていることから、初期発生域である湖北東部の *H.c* 遊泳細胞の出現やアサリのへい死状況を確認し、*H.c*を拡散させることのないように注意しながら作業を進める必要がある。

また、漁獲や移殖により成貝を取り除いてしまうことで、再生産への影響(加入乱獲)が懸念されるが、現段階では奥浜名湖におけるアサリ資源の加入機構が不明であるのでその評価を行うことができない。しかし、*H.c*赤潮により親貝が大量へい死した2003年と2007年の秋には、例年になく大量の稚貝(数千～数万個/m²)が加入した^{16,17)}ことから、その影響は少ないものと予想される。

近年、浜名湖におけるアサリの分布は村櫛半島沖に局在化する傾向が強くなり、漁場は狭くなるばかりであり、漁獲量は年間3千トンと低迷している。今回提案した *H.c* 赤潮によるアサリの被害軽減対策をはじめとして、漁業者自らによる資源と漁場の積極的管理が求められる。

文 献

- 1) 浜名湖地区水産振興協議会 (2001) : 第 1 部浜名湖の漁業, 浜名湖地区の水産, 5~41.
- 2) 後藤裕康・吉川康夫・和久田昌勇 (2003) : アサリ生産安定化総合研究 (アサリ), 平成14年度静岡県水産試験場事業報告, 142~149.
- 3) 松山幸彦 (2003) : 有害渦鞭毛藻 *Heterocapsa circularisquama* に関する生理生態学的研究 - I *H.circularisquama* 赤潮の発生および分布拡大機構に影響する環境要因等の解明, 水産総合研究センター研究報告, 7, 24~105.
- 4) 松浦玲子 (2005) : 2003年の浜名湖における *Heterocapsa circularisquama* の出現, 静岡県水産試験場研究報告, 40, 53~59.
- 5) 松浦玲子 (2004) : ヘテロカプサ・サーキュラリスカーマ赤潮、今年も出現!, はまな (静岡県水産試験場浜名湖分場), 508, 3~6.
- 6) 柿野純 (1996) : 丸型指数を指標とした籠試験によるアサリの成長と生残の特性, 日本水産学会誌, 62(3), 376~383.
- 7) 花井孝之・長谷川仁・長谷川雅俊・野田浩之・野中敬八 (1992) : 浜名湖における *Gymnodinium nagasakiense* 赤潮の発生状況について, 静岡県水産試験場研究報告, 27, 33~40.
- 8) 小泉鏡子・田中寿臣 (2002) : 浜名湖における *Alexandrium catenella* の出現 - II 出現と環境要因との関係, 静岡県水産試験場研究報告, 36, 7~14.
- 9) 花井孝之 (1989) : 浜名湖における赤潮生物, *Prorocentrum* 属の消長, 静岡県水産試験場研究報告, 24, 37~40.
- 10) 江藤拓也・桑村勝士・佐藤博之 (1998) : 1997年秋季に豊前海で発生した *Heterocapsa circularisquama* 赤潮の発生状況と漁業被害の概要, 福岡県水産海洋技術センター研究報告, 8, 91~96.
- 11) 尊田佳子・木村仁美 (2001) : 2000年三河湾における *Heterocapsa circularisquama* 赤潮の発生状況, 愛知県水産試験場研究報告, 8, 1~6.
- 12) 後川龍男・佐藤博之・池内仁・山本千裕 (2005) : 2004年夏季に発生した *Heterocapsa circularisquama* 赤潮による能古島のアサリのへい死, 福岡県水産海洋技術センター研究報告, 15, 65~69.
- 13) 松山幸彦 (2003) : 有害渦鞭毛藻 *Heterocapsa circularisquama* に関する生理生態学的研究 - II *H.circularisquama* の毒性および貝類斃死機構の解明, 水産総合研究センター研究報告, 9, 13~117.
- 14) 佐伯清子・熊谷洋 (1980) : アサリの一般成分及び無機成分の季節的変動, 日本水産学会誌, 46(3), 341~344.
- 15) 平澤敬一・金澤健 (2006) : 豊前海重要貝類漁場開発調査 (2)アサリ漁場環境調査, 平成16年度大分県海洋水産研究センター事業報告, 225~230.
- 16) 後藤裕康・鷲山裕史・小泉康二・和久田昌勇 (2004) : アサリ生産安定化総合研究 (アサリ), 平成15年度静岡県水産試験場事業報告, 139~149.
- 17) 鈴木邦弘・小泉康二・松浦玲子・和久田昌勇 (2009) : アサリ移殖技術研究, 平成19年度静岡県水産技術研究所事業報告, 95~103.

The mass mortality of Manila Clam, *Ruditapes philippinarum*, caused by *Heterocapsa circularisquama* red tides in the recesses of Lake Hamana

Kunihiro Suzuki, Reiko Matsuura, Koji Koizumi and Masao Wakuda

Abstract We investigated the distributions of *Heterocapsa circularisquama* red tides that appeared at the recesses of Lake Hamana and the mass mortality of the Manila Clam, *Ruditapes philippinarum*, in 2007. We were able to identify a method to reduce damage caused to clam fisheries by *H. circularisquama* red tides.

H. circularisquama formed red tides from the middle till the end of September, extending rapidly from Lake Hosoe to the recesses of Lake Hamana, with the concentration of cells reaching 22,530 cells/ml. The mortality rates of the clams were especially high at 2 places located in the recesses of Lake Hamana, which corresponded to high densities of *H. circularisquama*. The mortality rate of 20mmSL clam was 56%, and that of 25mmSL, 30mmSL, and 35mmSL clams were 78%, 95%, and 100% respectively, which means that the larger the clam scale, the higher the mortality rate. The damage to clams in the propagation ground at Osaki (2 ha) was estimated to be 37 tons, which translates into a financial loss of 12.71 million yen. These results indicate that to prevent such extensive damage, large-scale clams should be caught before the outbreak of the red tide in mid-September, and the clams of 20-28mmSL should be transferred to the front of Lake Hamana.

Key word: Manila clam (*Ruditapes philippinarum*), *Heterocapsa circularisquama*, red tide, Lake Hamana, fisheries damage, transplantation