

2010年に気仙沼湾で発生した *Prorocentrum dentatum* による赤潮とマガキ変色の関係について

中家 浩^{*1}・横山 雄彦^{*2}・押野 明夫^{*1}・千葉 充子^{*1}・永島 宏^{*1}

The relation between red tide *Prorocentrum dentatum* and discoloration of *Crassostrea gigas* in Kesenuma Bay, in 2010

Hiroshi NAKAIE^{*1}, Takehiko YOKOYAMA^{*2}, Akio OSHINO^{*1}, Atsuko CHIBA^{*1}, Hiroshi NAGASHIMA^{*1}

キーワード：赤潮，渦鞭毛藻，マガキ変色

宮城県気仙沼湾において、2010年9月中旬から11月上旬まで、渦鞭毛藻 *Prorocentrum dentatum* (以下*P. dentatum*) による赤潮が継続して発生した。発生確認当初は湾奥部を中心に分布が確認されたが、次第に分布域を拡大し、最大で気仙沼湾湾口部までその分布が確認された。10月中旬には、養殖マガキの消化盲嚢部周辺が褐色に変色し、生産中のマガキが気仙沼地区全域で出荷自粛を余儀なくされる事態となった。

養殖マガキの変色現象は、過去には1974年から1975年にかけて、気仙沼湾の養殖マガキが赤変する現象¹⁾、また、1975年11月から1976年2月にかけて久美湾の養殖マガキが赤橙色に変色する現象²⁾などが報告されている。変色の原因色素として、気仙沼湾では、ペリジニン-クロロフィルaタンパク質複合体であり³⁾、また、久美湾ではペリジニンであると報告されている²⁾。その原因色素は、気仙沼湾では、渦鞭毛藻 *Prorocentrum micans* 赤潮の摂食によるものであり⁴⁾、⁵⁾、久美湾では *Prorocentrum triestinum* の摂食によるものである⁶⁾ ことが、飼育試験により明らかにされている。また、2010年の10月上旬から11月上旬には、大船渡湾でも *Prorocentrum* sp. による赤潮が発生し、10月中旬から下旬には養殖マガキ中腸腺の茶褐色化により、一部地域で養殖マガキの出荷停止を余儀なくされた⁷⁾。

P. dentatum による赤潮は、県内では過去に1995年の9月上旬から10月上旬に気仙沼湾で確認されているが、養殖マガキが変色する現象は確認されなかった。一方、今回発生した本種による養殖カキの変色は、カキの出荷自粛に追い込まれ、産業上問題になった。

P. dentatum 赤潮の生息環境を把握することやマガキ変色の原因色素と *P. dentatum* の摂取との関係を把握しておくことは、今後のマガキ養殖の安定的な生産を行って行く上で重要と考えられる。ここでは、2010年に発生した *P. dentatum* 赤潮の発生から収束するまでの現場表面水温および塩分を中心とした環境条件および *P. dentatum* の摂取とマガキの変色との関係について検証を行ったので報告する。

材料と方法

1 赤潮分布調査

赤潮分布調査は、赤潮の発生が確認された海域の分布範囲を確認し、表面水温および塩分を測定後、表面海水を採水して実験室に持ち帰り、海水中の赤潮優占種の査定および細胞数を計数した。

^{*1}気仙沼水産試験場, ^{*2}北里大学海洋生命科学部

2 *Prorocentrum dentatum* の大量発生とマガキ変色の関係

変色原因の色素が脂溶性または水溶性かを明らかにするため、アセトン抽出および水抽出により、*P. dentatum* の発生と同時期に変色現象が確認された養殖マガキから色素を抽出し、分析を行った。アセトン抽出では、マガキ軟体部にアセトンを加えホモジナイズした後に遠心分離した。その後、石油エーテルを加え冷暗所で10分静置した後、石油エーテル層だけを回収した。減圧下にて40°Cに加熱して石油エーテルを除去させた後、350~700nm間で吸光スペクトルを測定した。

水抽出では、マガキ軟体部をホモジナイズした後、遠心分離を行い、上清を粗色素液として350~700nm間で吸光スペクトルを測定した。また、抽出した色素を80°Cで15分間加熱し測定した。なお、両方による抽出は秦ら(1982)の方法に従った。

また、大量培養した *P. dentatum* について、超音波ホモジナイザーでホモジナイズした後、アセトン抽出を行い、同様の方法で分析した。

結果

1 赤潮分布調査

2010年の赤潮発生状況を表1に示した。2010年は、7月6日に湾奥部で最初に赤潮発生が確認された。その時の表面水温は20.2~24.2°C、塩分は19.89~23.85であり、確認された赤潮優占種は *P. triestinum* であった。その後赤潮発生が確認された7月16日には、*Heterosigma akashiwo* および *P. triestinum* へと優占種が変わった。8月に入ると赤潮は一度収束したが、9月1日には再び *P. triestinum* および *H. akashiwo* を優占種とする赤潮が湾奥部で確認された。その時の表面水温は27.7°C、塩分は32.59であった。その後、9月13日に湾奥部から湾中央部にかけて *P. dentatum* および *Myrionecta rubra* を優占種とした赤潮が確認された。その時の表面水温は23.6~24.1°C、塩分は26.73~32.08であった。その後、*P. dentatum* を優占種とした赤潮が継続し、10月18日には湾口部までの分布が確認されたが(図1、2)、11月8日以降収束した。11月8日の表面水温は17.6~17.7°C、塩分は32.46~33.06であった。

10月12日には養殖マガキの軟体部の変色(図3)が確認された。変色した養殖マガキの吻部付近を水平に切断し(図4)、胃内容物を吸い取って倒立顕微鏡下で観察したところ、大量の *P. dentatum* が確認された(図5)。

10月14日から出荷自粛となっていた養殖マガキは、11月上旬から色が抜け始め、11月8日から徐々に出荷が再開された。

表1 2010年気仙沼湾赤潮発生状況

発生確認日時	発生海域	発生状況		優占種	細胞数(cells/ml)	漁業被害
		表面水温	塩分			
7月6日	湾奥部	20.2~24.2	22.65	<i>Prorocentrum triestinum</i>	3,000~112,000	なし
7月12日	湾奥部	20.7	25.85	<i>Prorocentrum triestinum</i>	28,000	なし
7月16日	湾奥部	21.5~25.1	22.06~25.70	<i>Heterosigma akashiwo</i>	40,000~74,000	なし
				<i>Prorocentrum triestinum</i>	12,000~22,000	
7月20日	湾奥部	20.3	30.61	<i>Heterosigma akashiwo</i>	50,000	なし
				<i>Prorocentrum triestinum</i>	10,000	
9月1日	湾奥部	27.7	32.59	<i>Heterosigma akashiwo</i>	8,000	なし
				<i>Prorocentrum triestinum</i>	12,000	
9月13日	湾奥部~湾中央部	23.6~24.1	26.73~32.08	<i>Prorocentrum dentatum</i>	2,000~14,000	なし
				<i>Myrionecta rubra</i>	8,000	
10月5日	湾奥部~湾中央部	21.7~22.8	30.39~31.91	<i>Prorocentrum dentatum</i>	2,000~104,000	なし
10月12日	湾奥部~湾中央部	20.9~21.4	25.36~29.84	<i>Prorocentrum dentatum</i>	14,000~28,000	カキ変色により出荷自粛(10/14から)
				<i>Prorocentrum triestinum</i>	4,000~46,000	
10月18日	湾奥部~湾口部 分布域最大	19.8~20.8	29.87~32.70	<i>Prorocentrum dentatum</i>	4,000~36,000	カキ変色により出荷自粛
				<i>Heterosigma akashiwo</i>	4,000	
				<i>Prorocentrum triestinum</i>	4,000	
10月21日	湾奥部~湾口部	19.8~20.4	32.16~32.73	<i>Prorocentrum dentatum</i>	16,000~6,600	カキ変色により出荷自粛
10月26日	湾奥部~湾奥部	18.9~19.8	32.78~33.41	<i>Prorocentrum dentatum</i>	0~22,000	カキ変色により出荷自粛
10月28日	湾奥部~湾奥部	17.6~18.8	32.21~33.50	<i>Prorocentrum dentatum</i>	0~6,000	カキ変色により出荷自粛
11月8日	湾奥部	17.6~17.7	32.46~33.06	<i>Prorocentrum dentatum</i>	0~2,000	出荷自粛解除

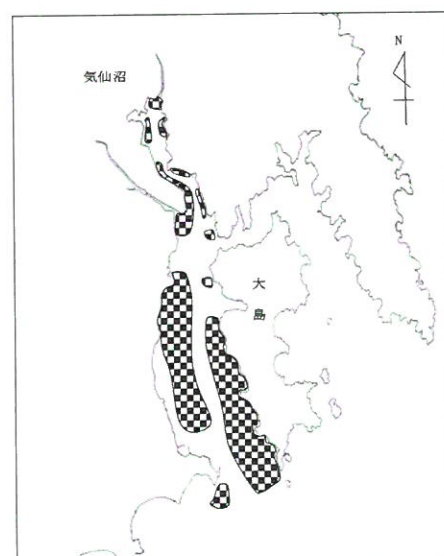


図1 *P. dentatum* 最大分布域(■)

2010年に気仙沼湾で発生した *P. dentatum* による赤潮

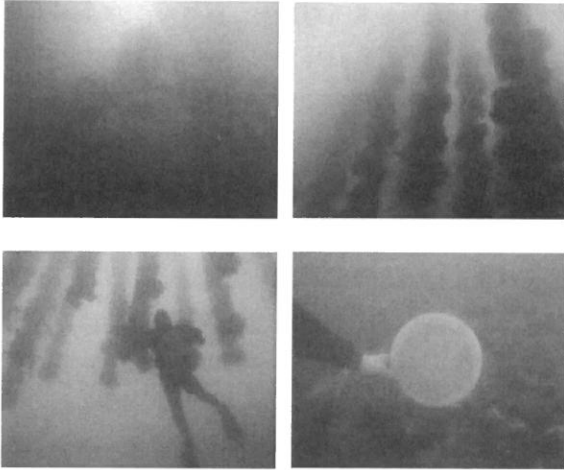


図2 2011年10月20日、海中（カキ筏下）の赤潮の状況（左上：水深2m，右上：水深4m，左下：水深8m，右下：水深11m）水深8m以深は透明度が良くなっていた

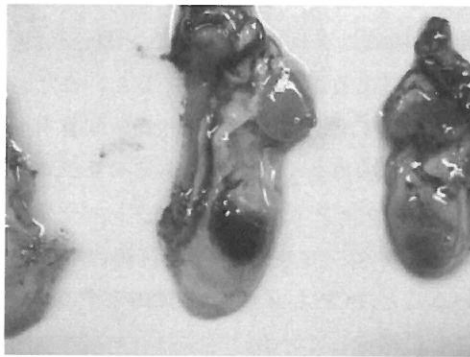


図3 変色した養殖マガキ

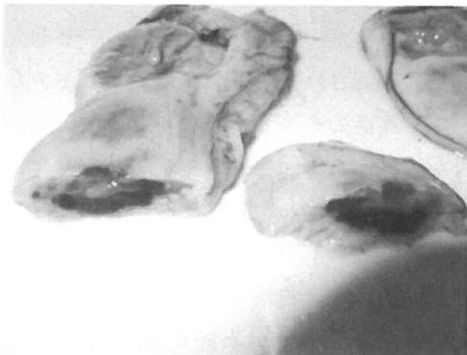


図4 吻部付近を切断

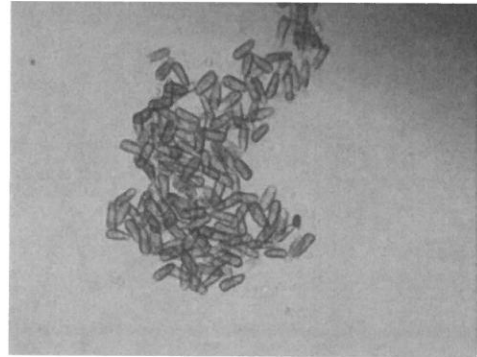


図5 変色したマガキの胃内容物から確認された *P. dentatum*

2 *P. dentatum* の大量発生とマガキ変色の関係

今回実験に用いた変色カキおよび培養した *P. dentatum* からの粗色素液は、アセトンによって抽出され、その吸光度はいずれも410, 480, 670nm付近でピークが確認された（図6, 7）。水抽出した変色マガキからも色素が抽出され、480nm付近でピークが確認された（図8）。一方、変色していない正常なマガキからはピークは確認されなかった（図9）。

変色マガキから水抽出で抽出した色素を80℃で15分間加熱し測定した結果、410, 480, 670nm付近のピークは減少した（図10）。

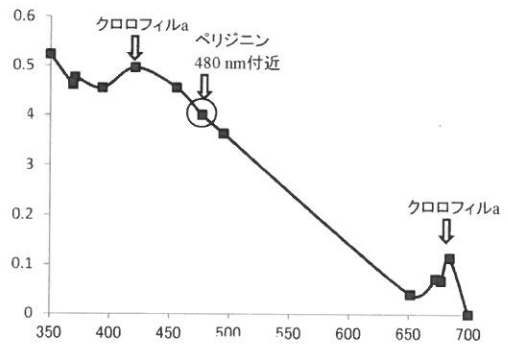


図6 変色マガキからアセトン抽出した色素の吸光度

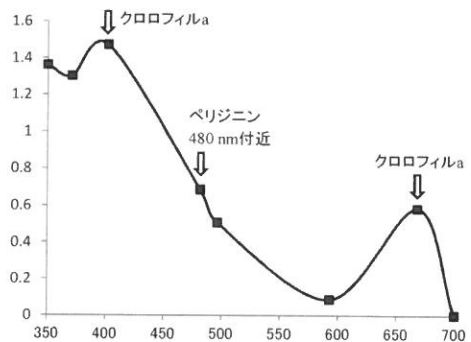


図7 培養した *P. dentatum* からアセトン抽出した色素の吸光度

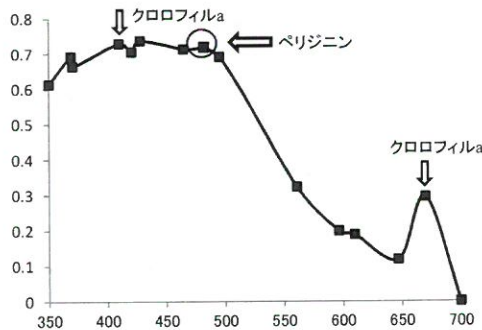


図8 変色マガキから水抽出した色素の吸光度

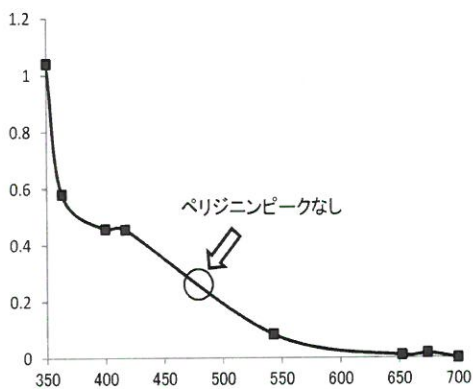


図9 正常マガキから水抽出した色素の吸光度

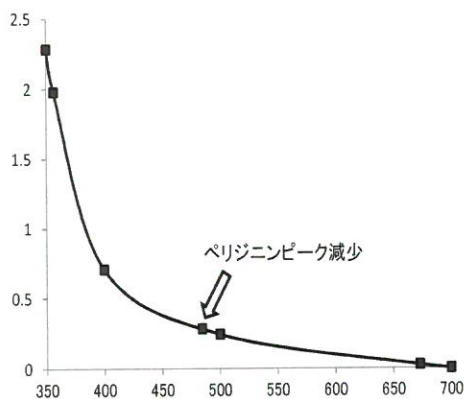


図10 変色マガキから水抽出した色素を加熱処理(80°C15分間)して測定した吸光度

考察

2010年の赤潮調査結果から、*P. dentatum* の生息水温は発生確認時が最も高く、その時の表面水温は23.6～24.1°Cであった。また、収束した11月8日の表面水温は17.6～17.7°Cであったことから、本種の生息水温はおおよそ

17°C台から24°C台と考えられた。塩分は、25.36～33.50の範囲であった。11月8日に*P. dentatum* は収束したが、10月31日から11月1日にかけて台風14号が通過しており、水温の低下による収束よりも台風通過により、湾内から湾外へ押し出された影響が大きかったと考えられる。2010年は猛暑により6月上旬から12月下旬まで水温が高い状況が続き、9月上旬には気仙沼湾湾口における旬平均の水温観測記録が過去30年間で最高を記録した。一般的に赤潮の発生の環境条件は、水温の他にも栄養塩の要求等の要素も関係すると考えられるものの、今回の*P. dentatum* の大発生は、高水温が主要因と考えられる。

気仙沼湾では、1971年頃から*P. micans* による赤潮が湾奥部で発生するようになり⁸⁾、1974年から1975年には養殖カキの消化盲嚢が赤変する、いわゆる「赤変カキ」が発生した¹⁾。その原因は養殖カキが*P. micans* を大量摂取したことによる現象であり^{4)、5)}、秦ら(1982)³⁾は、*P. micans* による赤変カキの粗色素液の吸光度を測定し、410nmおよび670nmの吸収はクロロフィルaに、480nm付近の吸収はペリジニンによることを明らかにした。また、秦ら(1982)⁵⁾は、赤変の原因色素は*P. micans* が保有している渦鞭毛藻に特有のカロテノイドであるペリジニンであること、それはクロロフィルaと一緒にタンパク質と結合し、ペリジニン-クロロフィルaタンパク質複合体(PCP)を形成していること、PCPは*P. micans* に由来することが推定されることを報告している。

今回変色したマガキの粗色素液は水で抽出されたことから水溶性の色素であると考えられた。正常なカキから水抽出した粗色素液からは確認されなかった410nmおよび670nmのクロロフィルaのピークと、480nm付近でのペリジニンのピークが、変色したマガキのアセトン抽出および水抽出で確認されたこと、また、マガキがカロテノイドを形成する能力を有していないことから、今回の養殖マガキが変色した原因色素はペリジニンであると推察された。また、水抽出した粗色素液を加熱処理して測定した吸光度は、クロロフィルaおよびペリジニンのピークが減少したことから、色素はタンパク質と結合しているものと考えられ、*P. micans* と同じようにPCPの形で存在するものと考えられた。

本研究により、変色したマガキが大量の*P. dentatum* を摂食していたことから、本種がマガキの変色の原因で

2010年に気仙沼湾で発生した *P. dentatum* による赤潮

あり、その原因色素がペリジニンであることが推察された。2010年にマガキの養殖場では本種が出現してから約1ヶ月後に変色がみられたため、出荷自粛措置を取ったが、本研究では養殖現場でのマガキの変色の条件

(*P. dentatum* の密度とマガキの摂食日数の関係)の詳細な検討はできなかった。今後、大量培養した *P. dentatum* をマガキに投与し、変色を確認することにより、変色の原因が *P. dentatum* であることを確定するとともに、変色する条件ならびに変色したマガキが回復する条件を明らかにする必要があると思われる。

本研究は、*P. dentatum* による養殖マガキの変色化がペリジニンによることを確認した最初の報告である。

要 約

2010年に気仙沼湾で発生した *P. dentatum* による赤潮発生から収束までの表面水温と塩分を中心とした環境条件について報告した。2010年の10月には養殖カキの軟体部が変色する現象が起こり、*P. dentatum* の摂取とマガキの変色との関係について検証を行った。

- 1) *P. dentatum* は9月中旬から発生し、11月上旬に収束した。生息水温は、17.6~24.1℃、塩分は25.36~33.50の範囲であった。
- 2) 養殖マガキが変色した原因色素はペリジニンであると推察された

参考文献

- 1) 指定調査研究総合助成事業報告書 (赤変カキ) (ワカメあなあき症)。昭和54年3月、宮城県気仙沼水産試験場, 1-12.
- 2) 大橋 徹・田中俊次 (1977) 久美湾産着色ガキ色素の検討. 京都府立海洋センター研報, 第1号, 166-167.
- 3) 秦 正弘・秦 満夫・中村弘二・藤原 等 (1982) 気仙沼湾に発生した赤変カキについて. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 48 (7), 975-979.
- 4) 小畑一臣・須田義民・赤坂義民 (1975) 日本水産学会東北支部会報, 26, 44-47.
- 5) 須田善治・小畑一臣 (1977) *Prorocentrum micans* を餌料とした水槽飼育によるカキの赤変について. 宮城県気仙沼水産試験場研報, 3, 7-9.
- 6) 大橋 徹・岡部三雄 (1978) 飼育水中での *Prorocentrum triestinum* によるカキの発色試験. 京都府立海洋センター研報, 第2号, 69-72.
- 7) 加賀 新之助 (2011) 2010年に大船渡湾において発生した *Prorocentrum* sp. 赤潮発生の環境特性と茶変カキについて. 岩手県水産技術センター研報, No.7, 7-13.
- 8) 藤田則孝・五十嵐輝夫・渡辺誠樹 (1976) 昭和49年に気仙沼湾に発生した赤潮 *Prorocentrum micans* について. 宮城県気仙沼水産試験場研報, 2, 66-75.

