

赤潮総合対策調査事業Ⅲ (赤潮被害防止対策調査事業)

宮田翔也, 高杉朋孝, 吉満敏

【目 的】

新奇有害赤潮の調査体制を確立するとともに、県内で発生する赤潮の集中調査や養殖魚への影響調査等を実施することにより、漁業者に的確な情報を迅速に提供する体制を構築し、漁業被害の未然防止・軽減を図る。

【方 法】

1 新奇有害赤潮等調査

○改良型粘土による*Pseudochattonella verruculosa* に対する防除効果確認試験

改良型粘土（入来モンモリ+焼ミョウバン）による*P. verruculosa*に対する防除効果を確認した。試験は令和2年3月16～17日に行った。培養はダイゴIMK培地にて、温度16℃、14時間明、10時間暗のサイクルで行った。供試プランクトンは1998年広島県五日市漁港産培養株（国立研究開発法人 水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所提供）12,000cells/mLを、200mLフラスコに100mL収容した。入来モンモリ+焼ミョウバン=1,000+100ppmとなる量の改良型粘土を供試プランクトンに散布して5分間攪拌した後、時間ごとの細胞密度、pHを計数・測定した。なお、細胞密度については、遊泳、遊泳停止細胞を計数し、破裂細胞のみを死滅として扱った。

2 赤潮発生早期確認等調査

(1) シスト発芽能確認調査

平成31年4月16日に長島周辺4海域（図1-1, ★印）、平成31年4月27日に鹿児島湾1海域（始良市重富沖, 図1-2, ★印）の底泥を採取した。採取は定点約50m×50mの範囲内3カ所からエクマンバージ採泥器により採泥し、その表面から1cm程度を葉サジですくい取りサンプルとした。すくい取ったサンプルは、広口密閉容器に入れ、アルミホイルで遮光、保冷して持ち帰り、10℃の冷蔵庫内に保管後、H30年度と同じMPN法を一部改変した方法により、確認された栄養細胞の有無から発芽したシストの数を推定した。計数までのサンプルの培養は、次のとおりとした。

保管温度；14, 16, 18, 20, 22℃

明暗終期；14L:10D

光強度；光強度約35 μ mol/m²/sec

※培養開始後4日間はアルミホイルで包んで遮光、遮光解除後10日目以降の栄養細胞の有無を計数。

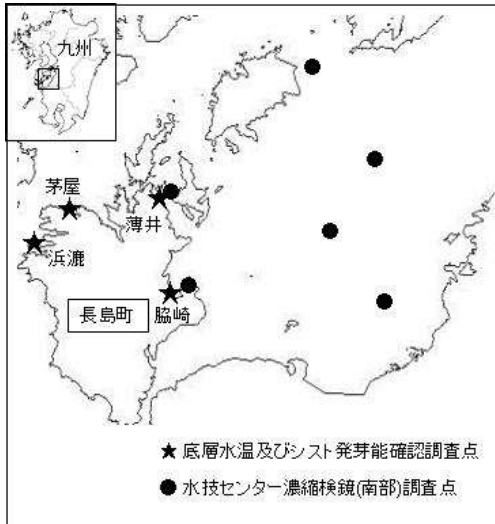


図1-1 八代海シスト採取場所

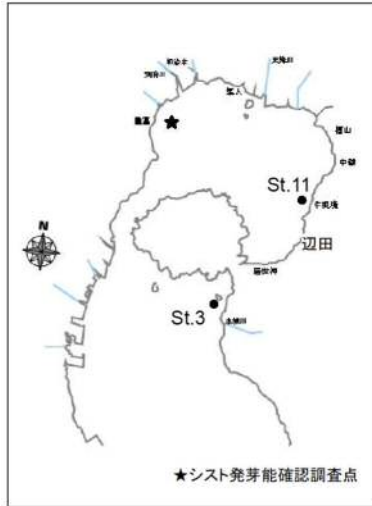


図1-2 鹿児島湾シスト採取場所

(2) 遊泳細胞の早期確認

八代海における遊泳細胞を早期に確認するため、当所が実施する赤潮（南部）調査点のうちの6定点（図1-1、●印）及び八代海ライン調査（水産庁委託 漁場環境改善推進事業 鹿児島県水産技術開発センター・東町漁業協同組合・熊本県水産研究センターによる調査）の8定点（図2）で0mから水深10mまでの海水を直径40mmのプラスチック製ホースで柱状採水した海水、または調査点A、Cの表層、プランクトン極大層または5m層で採水した海水を目合15 μ mまたは10 μ mのプランクトンネットで1~5mL程度に濃縮した後、その中の*Chattonella* spp. を検鏡した。

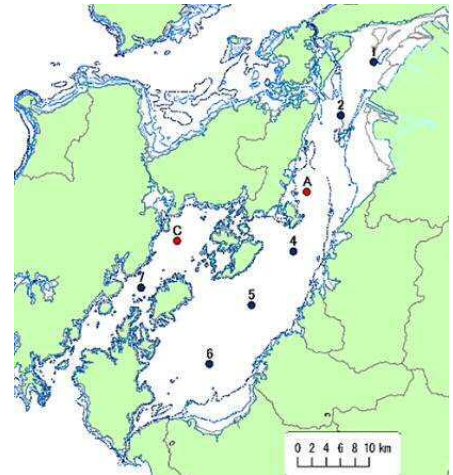


図2 八代海ライン調査定点

3 赤潮発生緊急対策試験

○*C. antiqua*赤潮 への養殖魚曝露試験

令和元年8月21日~9月9日に八代海の本県海域で*C. antiqua*赤潮が発生し、1億2,060万円の漁業被害が発生した。その際、*C. antiqua*に対するブリの耐性や致死細胞密度等を把握するため、曝露試験を実施した。なお、本試験は水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所（現：水産技術研究所 環境保全部門）、埼玉大学、東町漁業協同組合と共同で実施した。9月3日~4日にかけて図3に示した5箇所で行い、船舶は東町漁業協同組合の第十八鰯王丸を使用した。

供試魚は9月3日に、東町漁業協同組合所属の養殖業者から入手した養殖ブリの2年魚（8月30日から餌止めしていたもの）、計10尾とした。各箇所でも表層水を採水し、船上検鏡でプランクトンの細胞密度を確認した後、試験区1~3、5についてはバケツにより、第十八鰯王丸に設置した500Lポリカーボネート水槽に収容した。また、試験区4については、採水方法によって*C. antiqua*の持つ毒性が変化するかどうかを把握するためポンプにより採水し、試験区1~3、5と同様の水槽に収容した。

海水を収容後、各水槽にブリを2尾ずつ収容し、止水状態で、D0が5mg/Lを下回らないようエアレー

ジョン及び酸素ポンベによる溶存酸素の安定供給を行いながら試験を実施した。試験区ごとに1日目の10時20分～16時10分にかけて順次開始し、供試魚が2尾ともへい死した場合はただちに試験を終了し、生残した場合は2日目の9時23分までを限度に、22時間を試験時間の上限として実施した。観察は1日目は試験開始から22時までとし、2日目は6時10分から試験終了時まで行った。試験中、随時、水槽内の*C. antiqua*の細胞密度を計数するとともに水質（水温、塩分、D0等）を多項目水質計（YSI社製 6600V2またはJFEアドバンテック社製 AAQ-RINKO）で測定した。また、へい死した場合はその直後に、生残した場合は試験終了後ただちに魚体測定を行うとともに、鰓を採取し、0.1molリン酸緩衝液2%グルタルアルデヒド溶液に浸漬保管し、後日、走査型電子顕微鏡（(株)日立ハイテクノロジーズ社製S-3000N。以下「SEM」とする。）による観察を行った。



図3 試験実施場所

【結果及び考察】

1 新奇有害赤潮等調査

○改良型粘土による*Pseudochattonella verruculosa* に対する防除効果確認試験

改良型粘土散布後のpHの推移を図4、細胞密度の推移を図5、試験中の*P. verruculosa*細胞の様子を図6、7に示す。

pHの推移について、試験区では粘土散布前は8.00であったが、散布5分後には6.46まで低下した。その後はやや上昇傾向であったものの、おおむね横ばいで推移した。

細胞密度の推移について、試験区では粘土散布5分後に、散布前の約6%まで減少した。その後も減少を続け、24時間後には細胞は確認されなかった。本試験により改良型粘土1,000+100ppmの散布は本種に対し高い防除効果を示すことが確認できた。また、光学顕微鏡観察において細胞が確認されなかったものについて、蛍光顕微鏡による観察を行ったところ、一部が赤く発光している様子が確認された（図8）。光学顕微鏡でははっきりとした細胞は確認されなかったことから、改良型粘土散布により破裂した細胞の葉緑体が蛍光顕微鏡の青色励起光により発光したものであると考えられる。

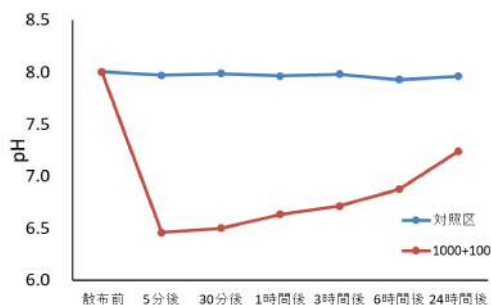


図4 pHの推移

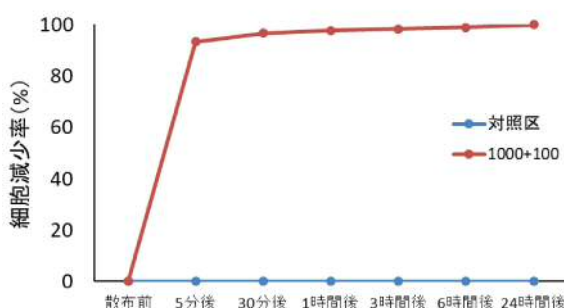


図5 細胞減少率の推移



図6 遊泳する*P. verruculosa*

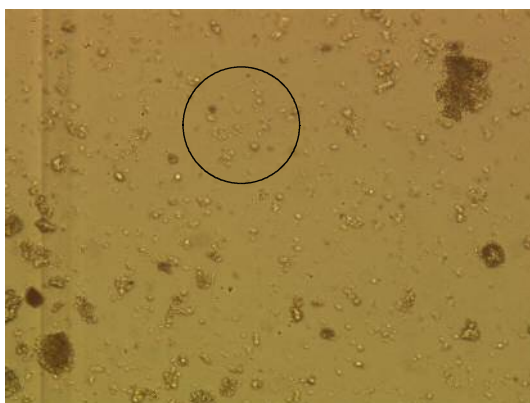


図7 粘土散布後の様子（光学顕微鏡） 図8 粘土散布後の様子（蛍光顕微鏡，図7と同視野）

2 赤潮発生早期確認等調査

(1) シスト発芽能確認調査

① 令和元年度シスト発芽能確認試験結果

八代海及び鹿児島湾における各培養温度で確認できたシスト発芽数をそれぞれ図9及び図10に示す。八代海では4定点中、薄井、浜漣の2定点で採取されたサンプルから*Chattonella* spp. の栄養細胞が確認された。確認された温度帯は、薄井 22℃、浜漣20, 22℃であった。MPN法による発芽シストの推定数は0.6～1.1MPN/g湿泥，最高は浜漣の22℃における1.1MPN/g湿泥であった。

鹿児島湾重富沖では、16～22℃の広い温度帯で*Chattonella* spp. の栄養細胞が確認され、最高は20℃の42.5MPN/g湿泥であった。

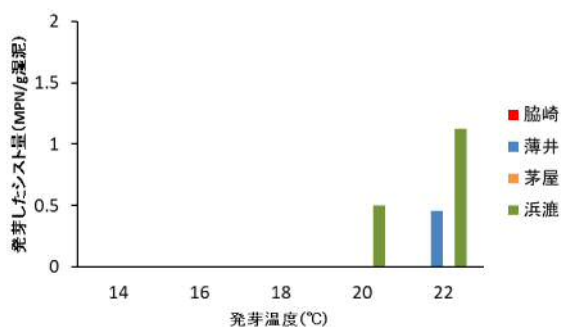


図9 シスト発芽能確認試験結果（八代海）

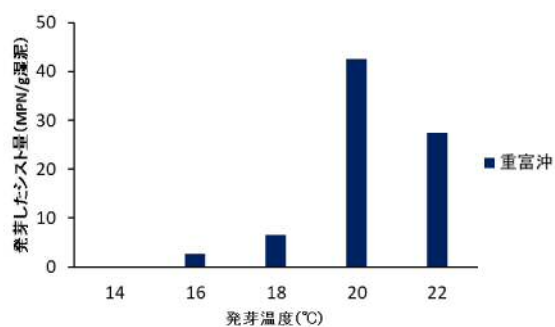


図10 シスト発芽能確認試験結果（鹿児島湾）

②過年度との比較

過年度のシスト発芽能確認試験一覧を表1, 2に示す。

八代海について、令和元年度は例年に比べて全定点で発芽シスト数が少ない結果となった。特に、2012年以降毎年出現していた脇崎において、*Chattonella* spp. の栄養細胞がみられなかったことが特徴的であった。

また、鹿児島湾について、2016年よりシスト発芽能確認試験を実施したところ、有村を除く湾奥定点（牛根、黒神、辺田、重富）全てで*Chattonella* spp. のシストが確認された。このことから、*Chattonella* spp. のシストは、鹿児島湾奥の海底に広く存在していると考えられた。

表1 シスト発芽能確認試験結果一覧（八代海）

調査年	培養温度	(MPN/g湿泥)			
		脇崎	薄井	茅屋	浜漣
2011 (H23)	17°C				
	18°C				2.0
	19°C		2.0		7.8
	20°C				4.5
	22°C				7.8
小計		0.0	2.0	0.0	22.1
2012 (H24)	17°C				2.0
	18°C				
	19°C		2.0		
	20°C	2.0	2.0		
	22°C	2.0			
小計		4.0	4.0	0.0	2.0
2013 (H25)	17°C				
	18°C				
	19°C		4.5		2.0
	20°C	2.0			2.0
	22°C				4.0
小計		2.0	4.5	0.0	8.0
2014 (H26)	17°C				
	18°C				
	19°C			6.8	
	20°C	4.0	2.0		
	22°C	11.0		4.5	
小計		15.0	2.0	11.3	0.0
2015 (H27)	17°C				
	18°C				
	19°C				
	20°C	2.0			2.0
	22°C	2.0			
小計		4.0	0.0	2.0	0.0
2016 (H28)	17°C	4.5	2.0	4.5	
	18°C	4.5	4.5		2.0
	19°C	23.0	2.0		
	20°C	2.0		2.0	
	22°C	11.0	4.5		4.0
小計		45.0	13.0	6.5	6.0
2017 (H29)	16°C	2.0	4.0		2.0
	17°C	7.8	4.0	4.5	
	18°C	13.0	2.0		4.5
	20°C	2.0			4.5
	22°C	49.0	13.0		7.8
小計		73.8	23.0	4.5	18.8
2018 (H30)	16°C				
	17°C	2.0			
	18°C		4.5		2.0
	19°C		2.0		2.0
	20°C				
22°C	2.0			2.0	
小計		4.0	6.5	0.0	6.0
2019 (H31)	14°C				
	16°C				
	18°C				
	20°C				0.5
	22°C			0.5	1.1
小計		0.0	0.5	0.0	1.6

表2 シスト発芽能確認試験結果一覧（鹿児島湾）

調査年	調査地点	培養温度	MPN/g湿泥
2016	牛根	17°C	0.5
		18°C	1.125
		19°C	0.5
		20°C	0
		22°C	1
		小計	3.125
2017	有村	16°C	0
		17°C	0
		18°C	0
		20°C	0
		22°C	0
		小計	0
2017	黒神	16°C	0
		17°C	0
		18°C	0.5
		20°C	0
		22°C	3.25
		小計	3.75
2018	辺田	17°C	0.5
		18°C	0
		19°C	0
		20°C	0
		22°C	1.125
		小計	1.625
2019	重富	14°C	0
		16°C	2.75
		18°C	6.5
		20°C	42.5
		22°C	27.5
		小計	79.25

③MPN法によるシスト発芽数と赤潮発生の関係性

シスト発芽数は、調査年により培養温度設定が異なることから、全調査年で実施し、かつ発芽数の多い20、22℃のシスト発芽数の合計値を用いて、各調査点における赤潮発生年と非発生年間のシスト発芽数についてスチューデントt検定を行ったところ、全ての調査点において、赤潮発生年と非発生年のMPN法によるシスト発芽数に有意な差はみられなかった ($p < 0.05$)。

表3 シスト発芽数 (20℃+22℃) 及び検定値 (スチューデントt検定)

調査点\調査年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	p値
脇崎	0.00	1.00	0.50	3.75	1.00	3.25	12.75	0.50	0.00	0.46
薄井	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	1.13	3.25	0.00	0.45	0.34
茅屋	0.00	0.00	0.00	1.13	0.50	0.50	1.13	0.00	0.00	0.69
浜渡	3.08	0.00	1.50	0.00	0.00	1.00	3.08	0.50	1.63	0.92
赤潮発生	×	×	×	×	○	○	○	○	○	

④冬季低水温と赤潮発生の関係性

本事業では、2011～2017年まで八代海の4定点（脇崎、薄井、茅屋、浜渡）でデータロガーにより、1時間ごとの冬季の水温データを測定してきた。データロガーは各漁場の0m、10m、B-1mに設置していたが、B-1mは時化や生け簀移動等による欠測が多かったため、0m、10mの水温データを使用した。そのうち、共通して取得できた12月15日～翌年4月30日の期間のデータから15℃以下、14℃以下、13℃以下、12℃以下のデータ（低水温時間数）を抽出し、海域特性が似ていると思われる東側漁場（脇崎、薄井）と西側漁場（茅屋、浜渡）でそれぞれ水温ごとに低水温時間を平均化し、両漁場における赤潮発生年と非発生年間の低水温時間数についてスチューデントt検定を行った（表4、5）。底泥中のシストの発芽には水温が密接に関わっていることから、赤潮発生年と非発生年について、冬季の低水温時間に違いがあると考えたが、両漁場、各水温において、赤潮発生年と非発生年の低水温時間に有意な差はみられなかった ($p < 0.05$)。

しかし、東側漁場における赤潮発生年と非発生年間の15℃以下の時間数については、有意水準5%に近い結果となった。今回は本事業で得られたデータロガーの水温データのみを用いたため、7年間という少ないサンプル数での検討であり、さらに長い期間の水温データを用いることで有意な差がみられる可能性がある。

一般にシストは4ヶ月間以上の低温期を要するとされ、11℃以下で多くのシストが発芽能を獲得することが知られている。15℃や18℃でも少量のシストが成熟するようであるため、八代海のように水温がほとんど11℃を下回らないような海域でもシストの発芽は可能である。今回は両漁場における赤潮発生年と非発生年間の低水温時間に有意な差はみられなかったものの、15℃以下の低水温時間数がシストの発芽能や発芽後の増殖等に作用し、赤潮の発生に関与している可能性はあると考えられる。

表4 漁場毎の低水温時間（0m深）及び検定値（スチューデントt検定）

15°C以下	東側漁場 (時間)	西側漁場 (時間)	赤潮発生	14°C以下	東側漁場 (時間)	西側漁場 (時間)	赤潮発生
2011	2477.5	959.5	×	2011	1780	343	×
2012		1357	×	2012		405	×
2013	2136	901.5	×	2013	1380	181.5	×
2014	2307	1826	×	2014	1791	610.5	×
2015	1765	1072	○	2015	1132	210	○
2016	1826.5	828.5	○	2016	1133	6	○
2017	2244	1388.5	○	2017	1706.5	555	○
p値	0.0573648	0.2955213		p値	0.1179376	0.2430052	

13°C以下	東側漁場 (時間)	西側漁場 (時間)	赤潮発生	12°C以下	東側漁場 (時間)	西側漁場 (時間)	赤潮発生
2011	1277	55.5	×	2011	866.5	4	×
2012		2	×	2012		0	×
2013	423	0	×	2013	0	0	×
2014	908	0	×	2014	0	0	×
2015	255.5	0	○	2015	0	0	○
2016	0.5	0	○	2016	0	0	○
2017	913	72	○	2017	316.5	2	○
p値	0.1309044	0.3622913		p値	0.2915678	0.4045042	

表5 漁場毎の低水温時間（10m深）及び検定値（スチューデントt検定）

15°C以下	東側漁場 (時間)	西側漁場 (時間)	赤潮発生	14°C以下	東側漁場 (時間)	西側漁場 (時間)	赤潮発生
2011	2267	835.5	×	2011	1436.5	332	×
2012		1442.5	×	2012		391	×
2013	2163	917.5	×	2013	1476	157	×
2014	2320	1859	×	2014	1775	607	×
2015	1786.5	1423	○	2015	1144	428	○
2016	1796	854	○	2016	976	14.5	○
2017	2305.5	1363.5	○	2017	1691	534	○
p値	0.090434	0.441076		p値	0.145925	0.399479	

13°C以下	東側漁場 (時間)	西側漁場 (時間)	赤潮発生	12°C以下	東側漁場 (時間)	西側漁場 (時間)	赤潮発生
2011	891	38.5	×	2011	56.5	0	×
2012		0	×	2012		0	×
2013	439.5	0	×	2013	0	0	×
2014	957	0	×	2014	0	0	×
2015	228.5	0	○	2015	0	0	○
2016	0	0	○	2016	0	0	○
2017	916.5	64	○	2017	312.5	0	○
p値	0.149811	0.302039		p値	0.232682	-	

(2) 遊泳細胞の早期確認

Chattonella spp. の令和元年の初認は、5月8日で、熊本県田浦、姫戸、大多尾において濃縮検鏡(1,000倍)により最高0.002細胞/mLを確認した。

Chattonella spp. の年度毎の初認日、確認場所と赤潮発生状況について表6に示す。これを見る

と、初認日と赤潮発生または非発生、赤潮の規模について相関はないと考えられた。

表6 *Chattonella* spp. の年度毎の初認日、確認場所と赤潮発生状況

年度	初認日	確認場所	赤潮発生期間と赤潮発生時の最高細胞密度
H26	5/21	熊本県田浦, 鹿児島県獅子島西	赤潮非発生
H27	5/14	熊本県戸馳島	9/4~9/15, 470cells/mL
H28	4/26	熊本県姫戸	9/8~9/16, 2,000cells/mL
H29	5/9	熊本県湯ノ口, 大多尾	8/28~9/7, 533cells/mL
H30	5/21	熊本県姫戸	8/23~9/5, 1,235cells/mL
R元	5/8	熊本県田浦, 姫戸, 大多尾	8/21~9/9, 9/17~9/24, 3,000cells/mL

3 赤潮発生緊急対策試験

○ *C. antiqua*赤潮 への養殖魚曝露試験

1) 供試魚の魚体組成、水質の推移

供試魚の魚体組成を表7に示す。供試魚の平均全長は663mm, 平均尾叉長は612mm, 平均体重は3,347gであった。

水質(水温, 塩分, 溶存酸素)の推移を図11に示す。

止水状態で試験を行ったため, 各水槽とも, 日照及び外気の影響を受け, 日中は徐々に水温が上昇し, 日没後は低下する傾向が見られた。

塩分は相対的に北部の試験区では低く, 南部の試験区では高い傾向が見られたが, 各水槽とも試験期間を通して大きな変化はなく, 概ね一定であった。

溶存酸素は, 薄井のみ5mg/L未満が確認された(4.3mg/L, 9月4日6時10分)。後述するが, これについては, 本試験区では試験終了後まで供試魚の2尾とも生存したことから, 試験結果に影響を与えるものではなかったと考えられた。他の試験区は試験期間を通して5mg/L以上であった。

以上, 水温, 塩分, 溶存酸素とも各試験区において, ブリの生存に支障のない範囲で推移した。

表7 供試魚の魚体組成

試験区	No.	全長 (mm)	尾叉長 (mm)	体重 (g)
試験区1 (薄井)	1	627	594	3,390
	2	649	597	3,365
試験区2 (湯ノ口)	3	644	595	2,640
	4	675	621	3,685
試験区3 (龍ヶ岳)	5	666	608	3,350
	6	668	611	3,125
試験区4 (龍ヶ岳・ポンプ)	7	677	639	3,750
	8	667	603	3,250
試験区5 (御所浦)	9	692	635	3,430
	10	669	618	3,480
供試魚平均		663	612	3,347

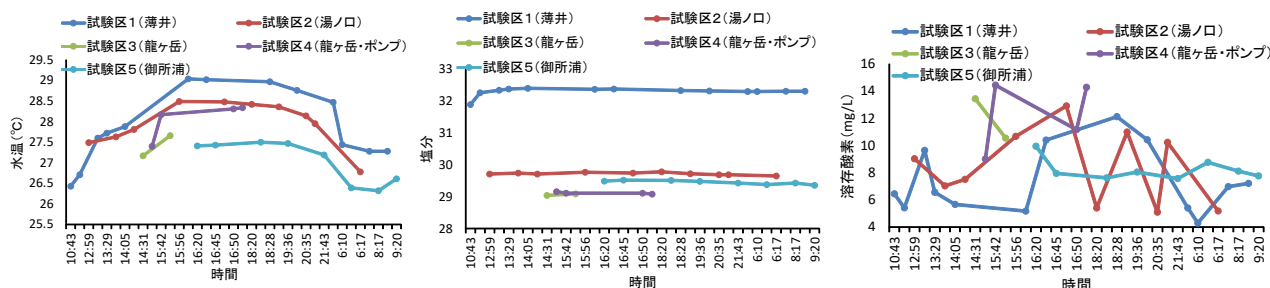


図11 水質（水温，塩分，溶存酸素）の推移

2) *C. antiqua*の細胞密度の推移

各試験区の*C. antiqua*の細胞密度の推移を表8及び図12に示す。

試験区2（湯ノ口）においては、試験開始6時間後に335cells/mLであったものが、18時間後には86 cells/mLと急激に減少した。後述するが、湯ノ口においては、本試験により2尾ともへい死しており、1尾目については、へい死後、速やかにへい死魚を取り上げている。しかし、2尾目については、1日目の観察終了の22時には生存が確認され、へい死の確認を2日目の観察開始時間である6時10分に行っている。そのため、はっきりとしたへい死時間を把握できておらず、へい死してから相当な時間が経過していた可能性がある。計測していた水質データ項目の中では、特異的な変化は確認されず、原因は定かではないが、へい死魚の取り上げが遅くなったことによる水質悪化等何らかの原因により、*C. antiqua*が急激に減少した可能性が考えられた。

その他の試験区については、細胞密度の急激な増減は確認されなかった。

表8 各試験区の*C. antiqua*の細胞密度の推移

	開始時	終了時	平均
試験区1（薄井）	61	84	68
試験区2（湯ノ口）	336	86	283
試験区3（龍ヶ岳）	3,116	3,575	3,369
試験区4（龍ヶ岳・ポンプ）	2,950	2,400	2,639
試験区5（御所浦）	346	302	334

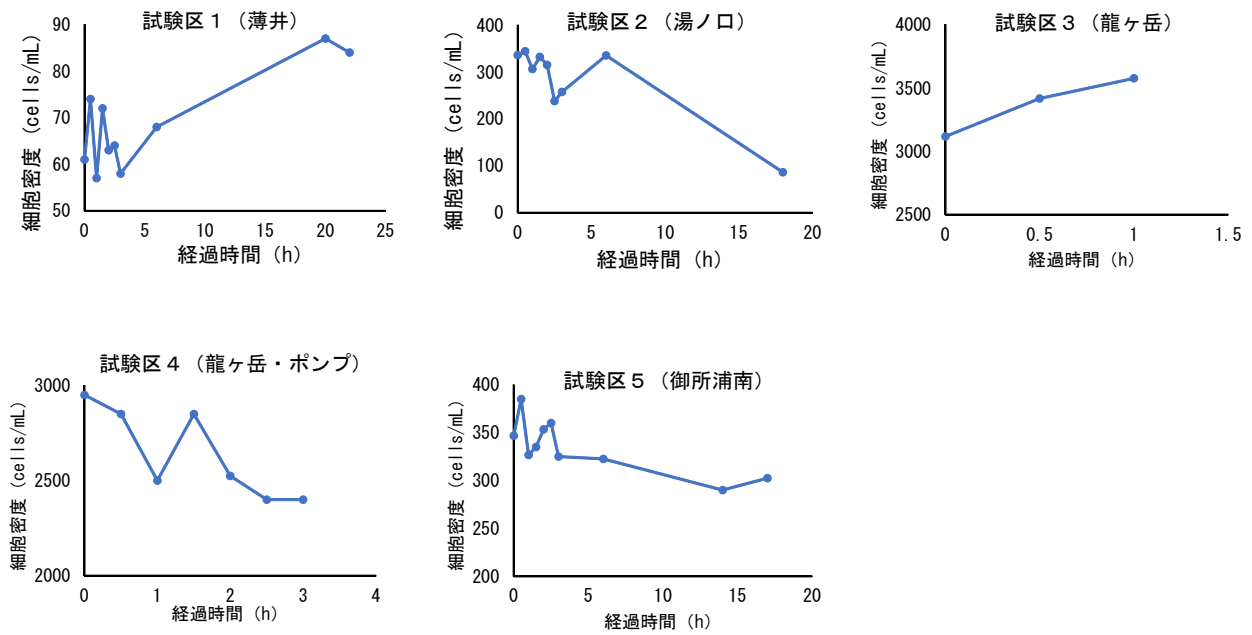


図12 各試験区の*C. antiqua*の細胞密度の推移

3) 供試魚の状況

各試験区の生残及びへい死の状況を表9に示す。

試験区1(薄井)は10時20分に試験を開始し、3時間30分後には口をパクパクする様子が見られたが、異常な遊泳行動は見られなかった。また、21時間55分後に、少し暴れる様子が確認されたが、しばらくすると落ち着いて遊泳するのが確認され、8時33分(22時間13分後)の試験終了まで2尾とも生存した。

試験区2(湯ノ口)は12時50分に試験を開始し、20分後に咳き込むような行動が見られ、56分後にはふらふらと遊泳し、1時間7分後には動きが鈍くなった。5時間49分後には2尾とも横になり、8時間1分後には1尾目がへい死した。もう1尾は1日目の観察終了時刻の22時(9時間10分後)には生存していることが確認されたが、翌日の6時10分(17時間20分後)にへい死していることが確認された。

試験区3(龍ヶ岳)は14時25分に試験を開始し、31分後に鼻上げ行動が見られ、32分後と41分後に腹を上に向ける行動が確認された。また、42分後には、頭を上にして口をパクパクし、48分後に狂ったように泳ぎ、55分後には1尾目が、1時間9分後には2尾目もへい死し、試験を終了した。

試験区4(龍ヶ岳・ポンプ)は、14時50分に試験を開始し、15分後には落ち着いて遊泳しており、特に異常は見られなかったが、2時間21分後には、動きが止まり泳がなくなり、時折、腹を見せる行動が確認された。2時間57分後には、ひっくり返ったり、時折、狂ったように泳ぐのが確認され、3時間16分後に1尾目が、3時間50分後には2尾目がへい死し、試験を終了した。

試験区5(御所浦南)は16時10分に試験を開始し、25分後には、1秒あたり1回以上、口をパクパクするのが確認された。5時間26分後には異常なく遊泳するのが確認されたが、6時間後には1尾目がへい死した。残りの1尾は、試験終了時の9時23分(17時間13分後)に、おとなしくじっとしており、生存しているのが確認された。

以上、本試験においては、336cells/mL以上の細胞密度でブリのへい死が観察された。

供試魚の鰓をSEMで撮影した写真を図12に示す。

二次鰓弁列の小出鰓動脈側前面は、生残魚については特に付着物はなく、きれいな状態であるのに対し、へい死魚については、付着物で覆われていた。このことから、今回の曝露試験におけるブリのへい死要因については、ガス交換機能が低下し、呼吸不全に陥り窒息死したと推察された。

ポンプによる採水とバケツによる採水で毒性が変化するかについて、試験区3と4の結果では、へい死するまでの時間は試験区3よりポンプ採水の試験区4が長く、ポンプ採水により毒性が弱くなる可能性が考えられたが、両区で2尾ともへい死していることや、細胞密度が試験区3と比べて試験区4の方が若干低かったことから、今後、さらなる検証が必要である。

平成29年度に実施した試験では、*C. antiqua*の細胞密度102~141cells/mLで約3kgのブリの供試魚が2時間30分~約3時間で2尾ともへい死している。今年度は、開始時の細胞密度346cells/mLで実施した試験区5では2尾中、1尾が生残し、へい死した1尾についても、へい死までの時間が6時間と平成29年度よりも長かった。また、試験区2についても2尾ともへい死しているが、試験区5と同様、へい死までの時間が平成29年度よりも長かった。本試験を共同で行った紫加田らの報告（紫加田ほか2020）では、スーパーオキシドレベルは*Chattonella* 赤潮の魚毒性指標となること、1細胞あたりのスーパーオキシドレベルは、平成31年度より平成29年度の方が高かったことが報告されている。

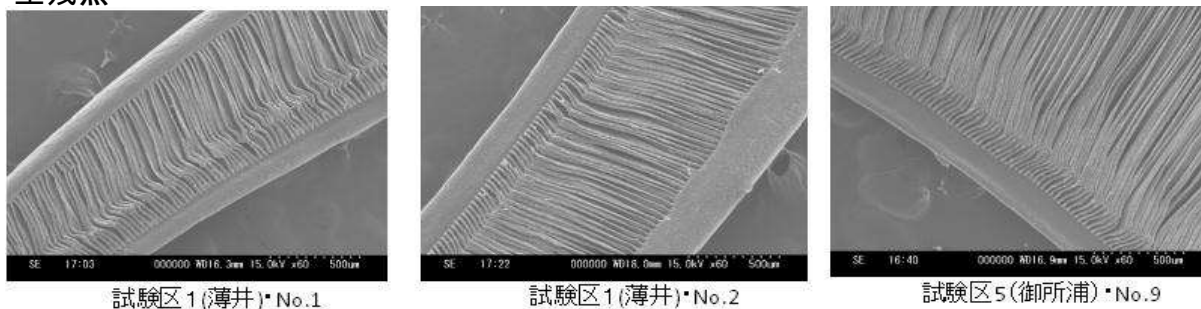
これらのことから、*C. antiqua*のもつ毒性は発生年度によって異なり、令和元年度の*C. antiqua*は平成29年度より毒性が弱かった可能性が考えられた。

試験区3では約1時間で供試魚が2尾ともへい死した。このことは、現場海域の漁場内で3,000cells/mLを超える着色域が確認された場合、短時間で壊滅的な被害が発生し得ることを示唆している。この結果から、綿密なモニタリングを実施して有害赤潮を早期発見し、直ちに生簀の避難などの対策を講じることが被害軽減のために重要であることがあらためて確認された。

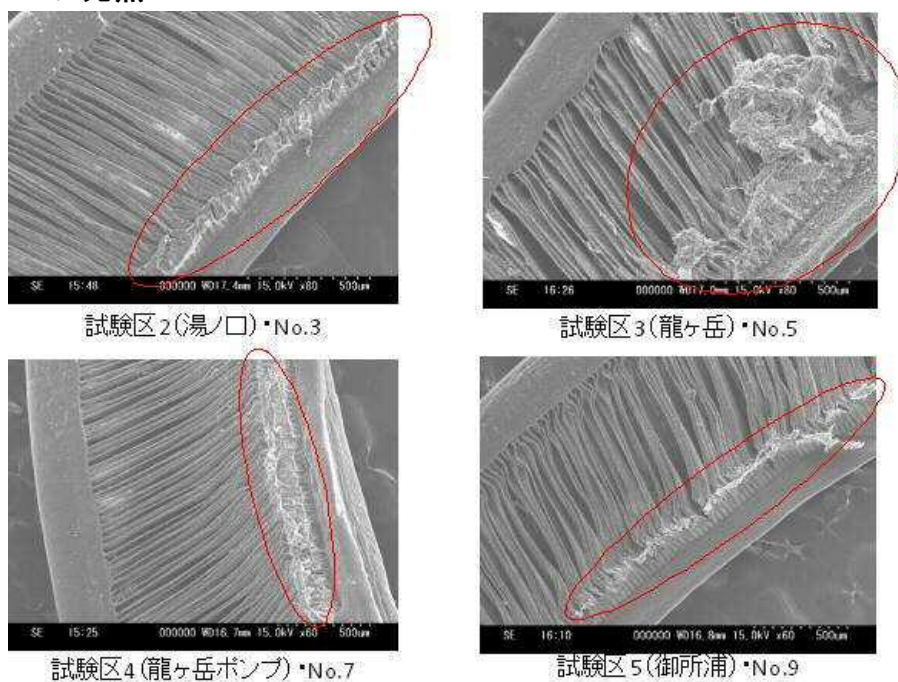
表9 各試験区の生残及びへい死の状況

	試験開始	試験終了	<i>C. antiqua</i> 細胞密度 (cells/mL) (開始時)	結果
試験区1(薄井)	10:20	翌日8:33	61	2尾とも生残(約22時間)
試験区2(湯ノ口)	12:50	翌日6:10	336	2尾ともへい死 (1尾目:8時間後, 2尾目:18時間後)
試験区3(龍ヶ岳)	14:25	15:34	3,116	2尾ともへい死 (1尾目:55分後, 2尾目:1時間10分後)
試験区4(龍ヶ岳・ポンプ)	14:50	18:40	2,950	2尾ともへい死 (1尾目:3時間15分後, 2尾目:3時間50分後)
試験区5(御所浦南)	16:10	翌日9:23	346	1尾へい死(6時間後), 1尾生残(17時間)

生残魚



へい死魚



※写真下標記は試験区・供試魚ナンバーを表す。

図13 走査型電子顕微鏡により撮影した供試魚の鰓

(参考文献)

- 1) 今井一郎. 有害赤潮ラフィド藻*Chattonella*のシストに関する生理生態的研究, 1989
- 2) 折田和三・西広海・田原義雄・中村章彦. 赤潮総合対策調査事業-IV (赤潮被害防止緊急対策事業). 鹿児島県水産技術開発センター平成23年度事業報告書 2012
- 3) 折田和三・西広海・田原義雄. 赤潮総合対策調査事業-V (赤潮被害防止緊急対策事業). 鹿児島県水産技術開発センター平成24年度事業報告書 2013
- 4) 折田和三・西広海・保科圭佑. 赤潮総合対策調査事業-III (赤潮被害防止緊急対策事業). 鹿児島県水産技術開発センター平成25年度事業報告書 2014
- 5) 矢野浩一・西広海・保科圭佑. 赤潮総合対策調査事業-III (赤潮被害防止緊急対策事業). 鹿児島県水産技術開発センター平成26年度事業報告書 2015
- 6) 矢野浩一・中島広樹・保科圭佑・西広海. 赤潮総合対策調査事業-III (赤潮被害防止緊急対策事

- 業) .鹿児島県水産技術開発センター平成27年度事業報告書 2016
- 7) 矢野浩一・村田圭佑・中島広樹・西広海. 赤潮総合対策調査事業-Ⅲ (赤潮被害防止緊急対策事業) .鹿児島県水産技術開発センター平成28年度事業報告書 2017
- 8) 矢野浩一・中島広樹・宮田翔也・西広海. 赤潮総合対策調査事業-Ⅲ (赤潮被害防止緊急対策事業) .鹿児島県水産技術開発センター平成29年度事業報告書 2018
- 9) 森島義明・高杉朋孝・宮田翔也・西広海. 赤潮総合対策調査事業-Ⅲ (赤潮被害防止緊急対策事業) .鹿児島県水産技術開発センター平成30年度事業報告書 2019
- 10) 紫加田知幸, 北辻さほ, 坂本節子, 内田肇, 及川寛, 鈴木敏之, 山崎康裕, 内山郁夫, 西出浩世, 井口大輝, 中里礼大, 内海訓弘, 西山佳孝, 西槇俊之. 有害赤潮の防除および漁業被害軽減のための技術開発ア. 魚毒性診断技術の開発. 平成31年度漁場環境改善推進事業「赤潮被害防止対策技術の開発」報告書. 赤潮共同研究機関, 東京. 2020 ; 253-288.