

赤潮総合対策調査事業－Ⅲ

(有害赤潮発生に関する生態学的研究－Ⅱ)

シヤトネラ属有害プランクトンの漁業被害防止・軽減技術に関する研究

田原義雄，小湊幸彦，折田和三，西広海

【目 的】

粘土（商品名：入来モンモリ）を中心とした既存赤潮防除剤の改良により，シヤトネラ属に対し，低コストで効率的な防除法を開発し，養殖魚の被害軽減を図る。

【方 法】

1 赤潮防除剤の効果確認試験（室内試験）

1) アルミニウムイオン溶出試験

赤潮防除剤である「入来モンモリ+焼ミョウバン」（以下，防除剤という）から海水中に溶出するアルミニウムイオンが*C. antiqua*に対して殺滅作用を有すると考えられることから，表1に示したように，防除剤を海水中に濃度別に添加，攪拌を行い，溶出するアルミニウムイオン濃度を測定した。

攪拌時間経過後の試料は，溶出したアルミニウムイオンをイオン状態で維持させるため，速やかに1μmメッシュのメンブランフィルターで吸引濾過を行い，硝酸にてpH2.0以下で保存処理した。アルミニウムイオンの測定はICP発光分光分析装置 IRIS-1000DUO（日本ジャーレルアッシュ社製）で行った。

なお，本試験は工業技術センターと連携して行った。

表1 防除剤の濃度と攪拌時間

入来モンモリ+ 焼ミョウバン(ppm)	攪拌時間
500+75	無攪拌(5分静置), 5, 10, 30, 60分
500+150	10分
500+300	10分
1000+75	無攪拌(5分静置), 5, 10, 30, 60分
1000+150	無攪拌(5分静置), 5, 10, 30, 60分
1000+300	無攪拌(5分静置), 5, 10, 30, 60分
2000+75	無攪拌(5分静置), 5, 10, 30, 60分
2000+150	10分
2000+300	10分

2) 防除剤散布による形態別*C. antiqua*細胞密度の時間変化

防除剤を表2に示したように濃度別に八代海産*C. antiqua*人工培養株に添加し，5分間攪拌し，その後の*C. antiqua*の形態別細胞密度を24時間後まで測定した。なお，5分間の攪拌後は静置状態下におき，測定時のみ上下混合し細胞密度を測定した。

表2 試験区の概要

試験区	入来モンモリ+ 焼ミョウバン(ppm)
1(対照区)	0
2	300+30
3	300+75
4	300+100
5	300+200

3) 防除剤の養殖魚(ブリ)への延命効果確認試験

防除剤散布により、*C. antiqua*細胞は遊泳～遊泳停止～球形化～細胞破壊に至る死滅過程を経ると考えられるが、遊泳停止または球形化した細胞が毒性を有しているか、ブリを用いた暴露試験により確認した。

実験水槽内(180L容水槽)に収容した養殖ブリ2尾(平均体重1441g)を、通常の*C. antiqua*培養株と防除剤散布により遊泳停止または球形化細胞に処理した培養株に24時間暴露し、ブリへの影響を観察した。*C. antiqua*の処理は次の方法により行った。*C. antiqua*培養海水に防除剤(入来モンモリ300ppm+焼ミョウバン75ppm)を散布し、5分間攪拌することにより遊泳停止または球形化細胞の状態に処理した。その際、防除剤をなるべく除去するため、静置・沈殿し、上澄み液を分取した。

ブリの状態観察については、暴露開始から2時間までは連続的に行い、その後は随時、へい死尾数、経過時間を測定した。へい死が確認された時点または試験終了後に光学顕微鏡及び走査型電子顕微鏡(以下、SEM等という)により鰓の観察を行った。

試験中の水温、塩分、溶存酸素量については多項目水質計YSI85(YSI社製)で、pHは採水し、デジタルpHメーター UC-23(セントラル科学社製)で測定した。

処理した*C. antiqua*培養株と通常の培養株は海水で希釈し、表3の細胞密度に調整し、実験に供した。

飼育水温はヒーター加温で常時23℃に保ち、ブリは搬入後、試験前日までの約1週間で1℃/日ずつ昇温馴致させ、その間は絶食とした。

表3 試験区の概要

試験区	<i>C. antiqua</i> 細胞密度 (cells/ml)	調整	備考
1	2000	培養株を飼育水で希釈	通常細胞のへい死密度確認
2	1000	培養株を飼育水で希釈	通常細胞のへい死密度確認
3	500	培養株を飼育水で希釈	通常細胞のへい死密度確認
4	0	無処理	対照区
5	2000(遊泳停止+球形化)	培養株を防除剤(入来モンモリ+焼ミョウバン 300+75ppm)散布で遊泳停止または球形化処理後、飼育水で希釈	遊泳停止、球形化細胞毒性確認
6	0	試験区5と同様の方法で、防除剤を沈殿させた海水の上澄み液を分取し、飼育水で希釈	試験区5の対照区(防除剤のブリへの影響確認)

2 防除剤の安全性確認試験

1) 防除剤が環境(底質)に与える影響試験

防除剤を水産技術開発センター 海面中間育成施設内の海面5m四方に散布し、散布前後の底質(pH, COD, T-S, 強熱減量)の影響を調査した。pHはデジタルpHメーターにより湿泥中に直接電極を挿入し測定した。COD, 強熱減量は環境省水質保全局底質調査方法に従い、T-S(全硫化物)は検知管法により測定した。

- 散布日時：平成24年7月30日
- 散布場所：水産技術開発センター 海面中間育成施設(沖生簀)水深4m
- 散布時の潮汐：中潮、干潮時
- 防除剤及び散布量
 - ・ 使用防除剤：入来モンモリ(1000ppm) + 焼ミョウバン(75ppm)
 - ・ 防除剤の散布量：100+7.5kg(1+0.075kg/m²×25m²×4m)

○ モニタリング方法の概要

- ・測定項目：pH, 強熱減量, COD, T-S (全硫化物)
- ・調査場所：散布区, 対照区 (無散布区) のそれぞれ3箇所にて採泥。
- ・時間区分：散布開始前, 散布後1, 3, 6ヶ月後

2) 防除剤が海生生物に与える影響試験

①防除剤が養殖魚 (ブリ) に与える影響試験

実験水槽内 (180L容水槽) に養殖ブリ (平均体重1344g) を各2尾収容し, 表4に示したように, 防除剤に濃度別で暴露し, 24時間後のブリに与える影響を観察した。防除剤へのブリの暴露時間は30分間とし, その間は止水, 通気とし, 暴露終了後は海水を通水した。飼育海水は23℃の温海水を利用し, ブリは搬入後, 試験前日までの約1週間で1℃/日ずつ昇温馴致させ, その間, 絶食とした。

ブリの状態観察については, 暴露開始から2時間までは連続的に行い, その後は随時, へい死尾数, 経過時間を測定した。へい死が確認された時点または試験終了後にSEM等により鰓の観察を行った。また, 試験中の水温, 塩分, pH, 溶存酸素量を多項目水質計DataSonde 5 (ハイドロラボ社製) で測定した。

表4 試験区の概要

試験区	散布濃度 (入来モンリ+焼ミョウバン)	試験区	散布濃度 (入来モンリ+焼ミョウバン)
1 (対照区)	なし	6	1000ppm+150ppm
2	500ppm+75ppm	7	1000ppm+300ppm
3	500ppm+150ppm	8	2000ppm+75ppm
4	500ppm+300ppm	9	2000ppm+150ppm
5	1000ppm+75ppm (有効濃度)	10	2000ppm+300ppm

②防除剤がクルマエビに与える影響試験

実験水槽内 (70Lポリ容水槽) に養殖クルマエビ (平均体長80mm) を各10尾収容し, 表4に示したように防除剤に濃度別で暴露し, 24時間後のクルマエビに与える影響を観察した。防除剤へのクルマエビの暴露時間は1時間とし, その間は止水, 通気とした, 暴露終了後は海水を通水した。

クルマエビの状態観察については, 暴露開始から2時間は連続的に行い, 以降は随時, 行動観察やへい死尾数, 経過時間の測定を行った。また, へい死が確認された時点または試験終了後にSEM等により鰓の状態を観察した。

試験中の水温, 塩分, pH, 溶存酸素量を多項目水質計で測定した。

なお, 試験に用いたクルマエビは搬入後, 馴致期間を5日間おき, 試験前日まで給餌を行った。実験水槽には砂は敷かなかった。

③防除剤が二枚貝 (ヒワギガイ, アコヤガイ) に与える影響試験

実験水槽内 (70Lポリ容水槽) に養殖二枚貝 (ヒワギガイ:平均殻長79mm, アコヤガイ:平均殻長55mm) を各10個体収容し, 表4に示したように防除剤に濃度別で暴露し, 24時間後の二枚貝に与える影響を観察した。なお, 防除剤への二枚貝の暴露時間は1時間とし, その間は止水, 通気とした, 暴露終了後は海水を通水した。

貝の状態観察については, 暴露開始から2時間までは連続的に, 以降は随時, 行動観察やへい死個体数, 経過時間を測定した。へい死の判定については, 貝殻が開殻している状態の貝は, 閉殻筋

をピンセットで刺激し、反応のない個体をへい死個体とした。へい死が確認された時点または試験終了後にSEM等により、鰓の観察を行った。

また、試験中の水温、塩分、pH、溶存酸素量を多項目水質計で測定した。

なお、試験に用いた貝は搬入後、馴致期間を2日設け、その間、濾過海水を通水した。

【結果及び考察】

1 防除剤の効果確認試験

1) アルミニウムイオン溶出試験

- ・防除剤の添加量の増加に伴って、pHが急激に低下し、アルミニウムイオンの溶出量が増加した。特に、pHの低下が著しい焼ミョウバン高濃度区での溶出量が多かった。(表5)
- ・アルミニウムイオンの溶出量は、pHが4.9~5.5の酸性領域では、攪拌10分まで急激に増加し、以降はゆるやかに増加した。(表5, 図1)

表5 濃度別・攪拌時間別アルミニウムイオン溶出濃度(単位:mg/L, 検出下限値:1mg/L)

入来モンリ+ 焼ミョウバン(ppm)		攪拌時間(分)				
		無攪拌(静置5分)	5	10	30	60
500+75	Al	<1	<1	<1	<1	<1
	pH	6.9	6.8	6.9	7.3	7.4
500+150	Al	—	—	<1	—	—
	pH	—	—	6.3	—	—
500+300	Al	—	—	2.0	—	—
	pH	—	—	5.5	—	—
1000+75	Al	<1	<1	<1	<1	<1
	pH	6.9	6.6	6.6	7.1	7.2
1000+150	Al	<1	<1	1.1	<1	1.0
	pH	6.8	6.2	6.1	6.8	7.0
1000+300	Al	<1	1.3	2.9	2.6	3.6
	pH	6.6	5.5	5.3	5.2	4.9
2000+75	Al	<1	<1	<1	1.1	1.4
	pH	6.7	6.5	6.3	6.8	7.1
2000+150	Al	—	—	1.4	—	—
	pH	—	—	6.2	—	—
2000+300	Al	—	—	3.4	—	—
	pH	—	—	5.1	—	—

※ <1は検出下限値1mg/L未満

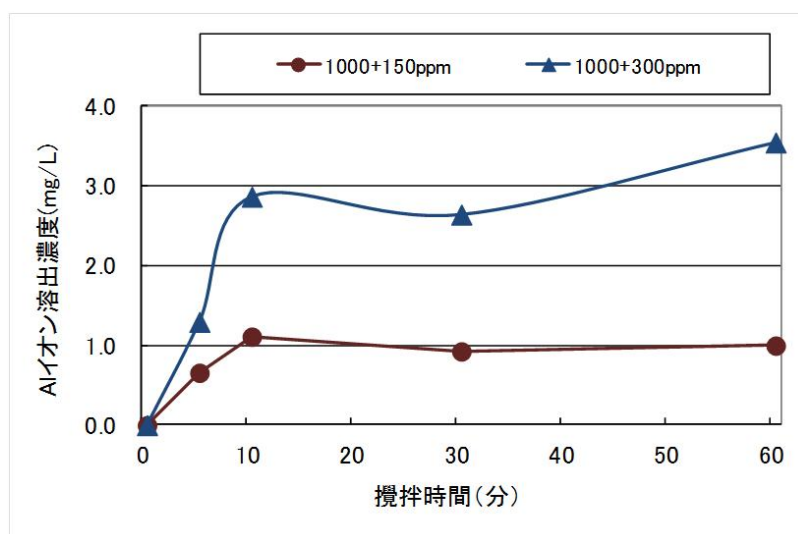


図1 防除剤添加による海水中的アルミニウムイオンの濃度変化

2) 防除剤散布による形態別*C. antiqua*細胞密度の時間変化

- *C. antiqua*細胞は遊泳～遊泳停止～変形・萎縮～球形化～細胞破壊に至る死滅過程を経ることを確認した。(図2, 図3)
- 300+30ppm区では*C. antiqua*細胞は散布5分後には70.5%の細胞が遊泳停止するが、時間が経過するに従い、遊泳を再開し、24時間後の遊泳細胞の割合は全体の71.4%を占めた。(図2)
- 300+75ppmや300+100ppm区では、*C. antiqua*細胞は散布5分後には遊泳停止と球形化細胞が混在するが、24時間後には球形化した細胞は破壊細胞と遊泳停止または遊泳細胞に戻る細胞とに分かれた。(図2)
- 300+200ppm区では、*C. antiqua*細胞は散布5分後には球形化細胞と破壊細胞が混在するが、球形化細胞は1時間後にはすべて破壊した。(図2)

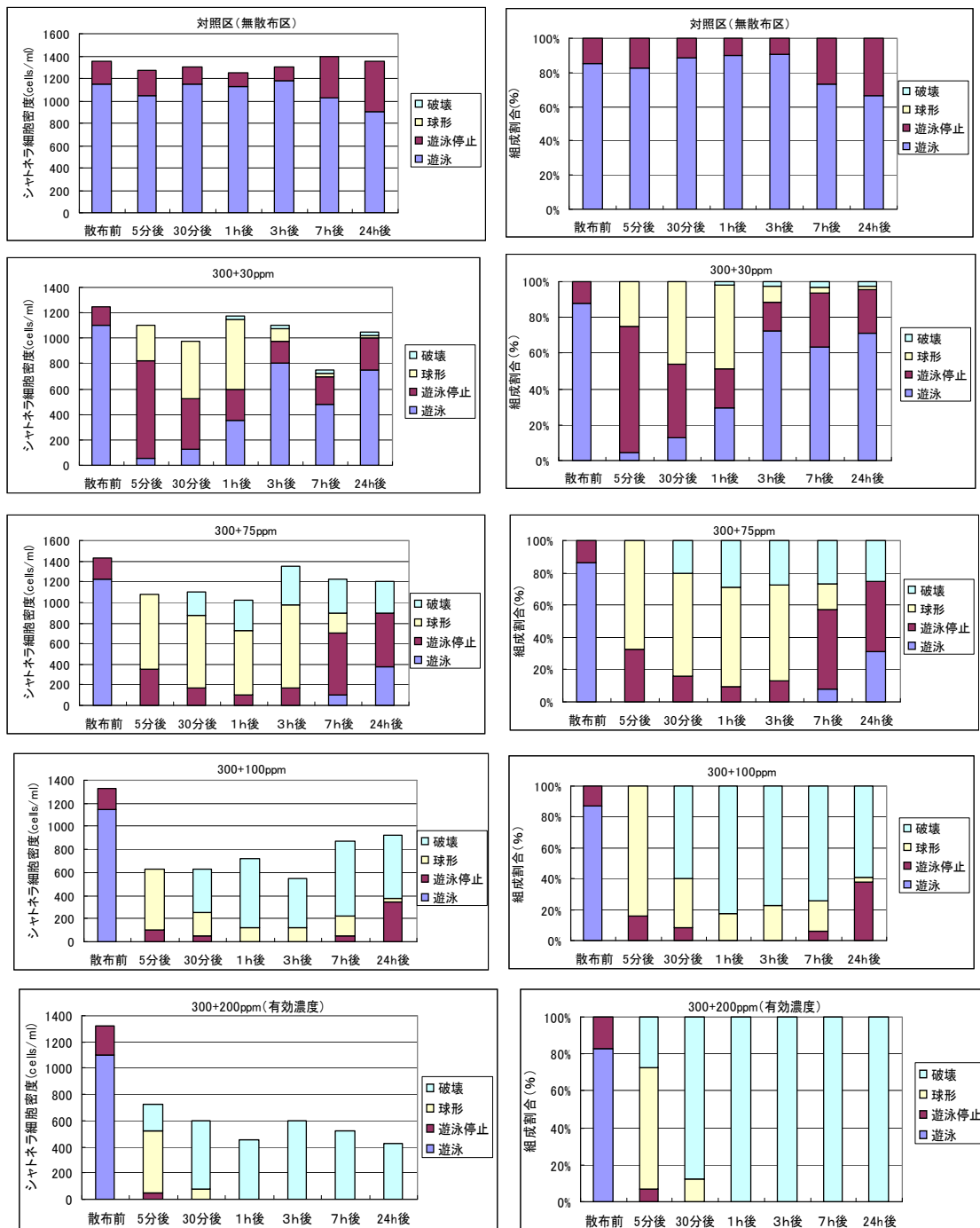


図2 粘土散布による*C. antiqua*細胞の外部形態別時間変化
(左図：細胞密度，右図：組成割合)

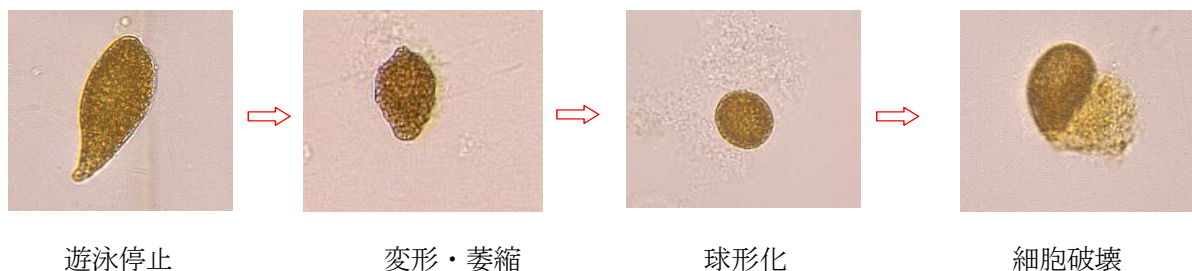


図3 粘土散布による*C. antiqua*細胞の外部形態の変化

3) 防除剤の養殖魚(ブリ)への延命効果確認試験

- ・遊泳停止または球形化した*C. antiqua*に暴露した試験区5のブリ2尾は暴露開始から79, 82分後にそれぞれへい死した。暴露1時間後の*C. antiqua*の形態別の細胞密度は、遊泳細胞が50cells/ml, 遊泳停止細胞が1000cells/ml, 球形化細胞が700cells/mlであった。(表6, 図4)
- ・通常の細胞で暴露した試験区1のブリは暴露開始から70, 73分後に2275~2900cells/mlの細胞密度で、試験区2のブリは暴露開始から90, 104分後に1366~1500cells/mlの細胞密度ですべてへい死した。(表6)
- ・試験区3のブリは570~600cells/mlの細胞密度ではへい死はみられなかった。(表6)
- ・これらのことから、防除剤により処理した遊泳停止または球形化細胞は、毒性を失わないものと考えられた。よって今後は破壊された細胞の毒性の有無も含めて、ブリへの暴露試験を繰り返し、防除剤の有効性を判定するためのデータを蓄積する必要がある。
- ・試験区1, 2, 3, 5のブリの鰓をSEMにより観察した画像を図5に示す。試験区1, 2, 5のブリの鰓では、二次鰓弁の小出鰓動脈側前面が付着物で覆われていたが、試験区3ではそれが認められなかった。このことから、へい死した原因は、二次鰓弁の小出鰓動脈側前面が付着物に覆われることにより、ガス交換を妨げて窒息死に至ったものと推測された。

表6 結果の概要

○試験日：平成25年1月24~25日

試験区	へい死尾数(2尾中)	暴露直後の細胞密度 (cells/ml)	暴露1h後の形態別細胞密度(cells/ml)					観察経過
			遊泳運動	運動停止	球形化	破壊	合計	
1	2	2900	1425	850	0	0	2275	70,73分後にへい死
2	2	1366	1050	450	0	0	1500	90,104分後にへい死
3	0	570	50	550	0	0	600	静止状態を保ち、終始落ち着いていた。
4	0	-	-	-	-	-	0	異常なし
5	2	2100	100	1000	700	0	1800	79,82分後にへい死
6	0	-	-	-	-	-	0	静止状態を保ち、終始落ち着いていた。

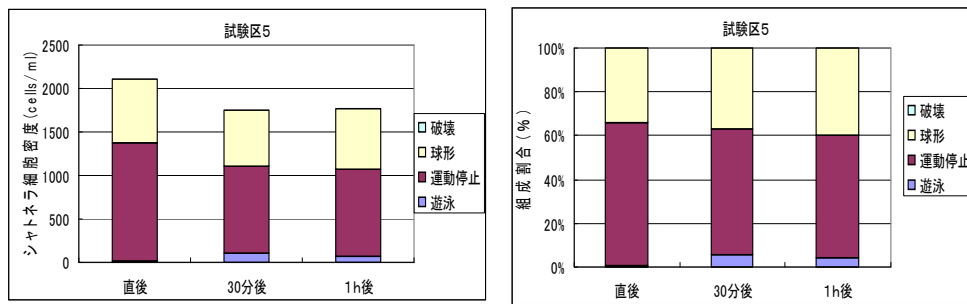
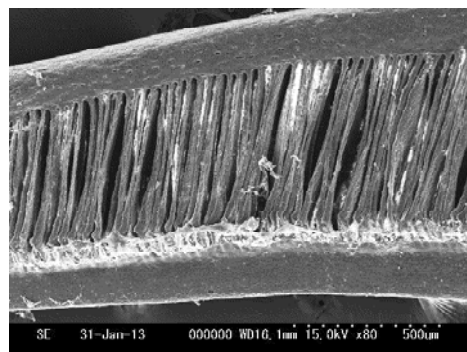


図4 試験中の*C. antiqua*細胞の外部形態別時間変化 (試験区 5)
(左図：細胞密度，右図：組成割合)

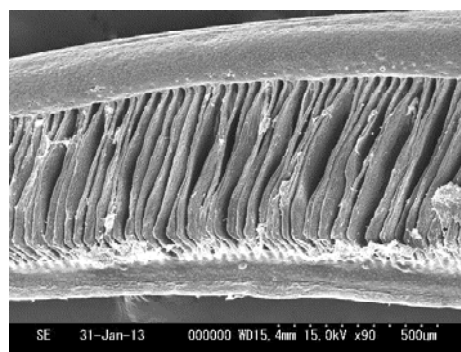
表7 水質の変動 (暴露直後～暴露2時間後まで)

試験区	水温(°C)	塩分	pH	Do(mg/L)
1	23.2～23.5	33.5～33.7	7.8～7.9	6.3～15.3
2	22.8～23.8	33.4	7.8～7.9	5.6～10.8
3	23.6～24.1	33.4～33.5	7.8～7.9	5.4～測定上限値超え
4	25.6～26.9	33.1～33.5	7.8～7.9	3.6～5.4
5	24.6～26.0	33.5～33.7	7.5～7.6	5.6～15.4
6	23.4～24.1	33.4	7.3～7.5	5.1～12.1

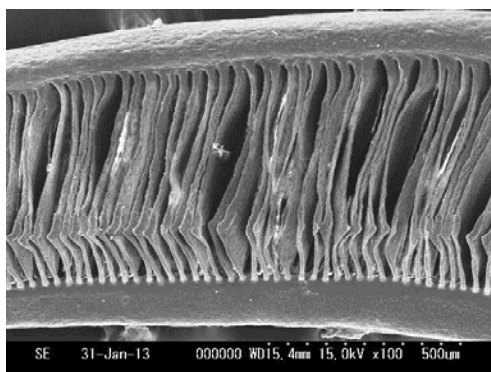
※ Doは観測途中で純酸素から空気に切り替えたため変動が大きくなっている。



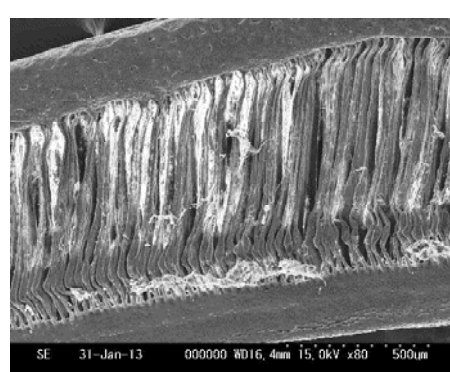
試験区1



試験区2



試験区3



試験区5

図5 鰓の電子顕微鏡画像

2 防除剤の安全性確認試験

1) 防除剤が環境 (底質) に与える影響試験

- ・全項目ともに散布区と対照区を比較して、散布前と散布後の平均値に有意な差はみられなか

った。(図6)

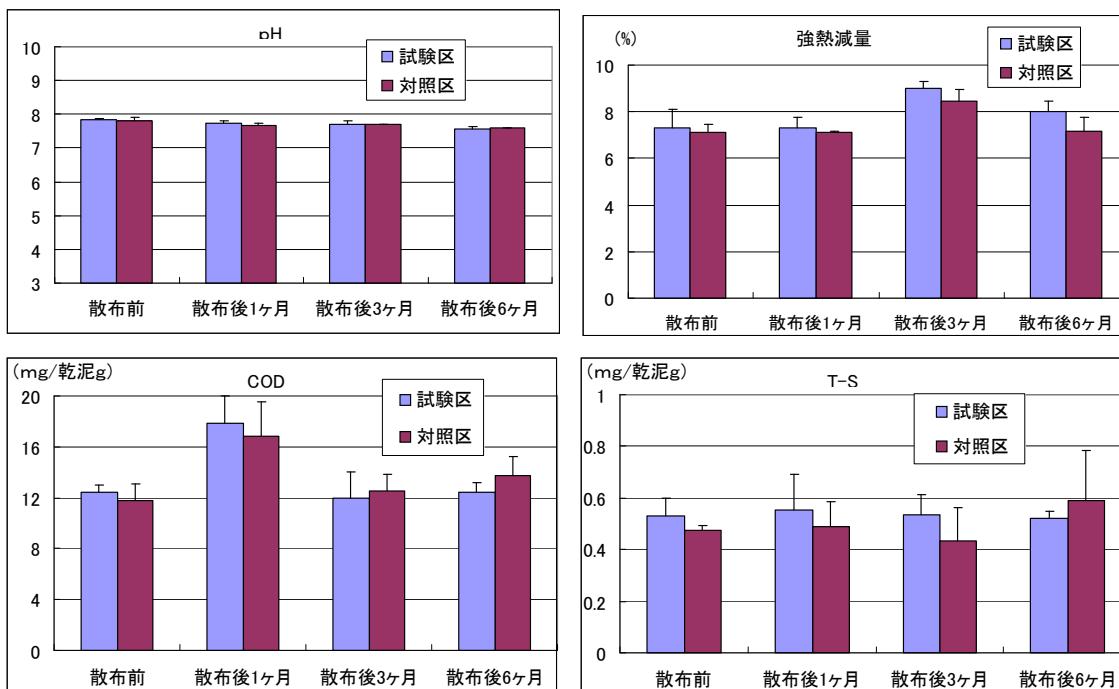


図6 底質の変動 (平均±標準偏差)

2) 防除剤が海生生物に与える影響試験

①防除剤が養殖魚（ブリ）に与える影響試験

- ・対照区を除くすべての試験区でブリはすべてへい死した。ブリは、暴露開始数分後から激しい遊泳や横転を繰り返して、ひん死の状態におちいり、暴露開始から12~40分後の短時間でへい死した。(表8)
- ・SEM等による鰓組織の観察画像を図7に示す。試験区5, 10では一次鰓弁の表面に粒子を含む粘液が著しく付着していた。また、二次鰓弁間の隙間にも粒子が入り込んでいた。このことから、へい死原因は、懸濁物質粒子と懸濁物質の刺激によって分泌された粘液によって鰓組織が覆われ、ガス交換を妨げられたことによる窒息死と考えられた。
- ・防除剤が養殖魚に与える影響については、前年度の試験では水温15.8~16.0℃、入来モンモリ+焼ミョウバン1000+75ppmの濃度下でブリ（平均体重647~964g）はへい死しなかった。今回はそれよりも低い濃度からへい死がみられ、前年度と違う結果となった。ブリの魚体サイズや暴露時の水温等、条件によって結果が大幅に変わる可能性がある。本試験については今後、試験を積み重ねデータを蓄積する必要がある。

表8 試験結果の概要

○試験日：平成25年1月22~23日

試験区	入来モンモリ+ 焼ミョウバン(ppm)	へい死数(2 尾中)	観察経過
1	0	0	異常なし
2	500+75	2	35,40分後にへい死
3	500+150	2	30,35分後にへい死
4	500+300	2	25分後に2尾ともへい死
5	1000+75	2	22,35分後にへい死
6	1000+150	2	20分後に2尾ともへい死
7	1000+300	2	12,18分後にへい死
8	2000+75	2	23分後に2尾ともへい死
9	2000+150	2	14分後に2尾ともへい死
10	2000+300	2	12分後に2尾ともへい死

表9 水質の変動（暴露開始前～暴露後10分まで）

試験区	入来モンモリ+ 焼ミョウバン(ppm)	水温(°C)	塩分	pH	Do(mg/L)
1	0	24.4~24.6	33.7	7.7~7.8	5.8
2	500+ 75	24.5~24.7	33.6~33.7	6.8~7.9	6.3
3	500+150	24.5~24.7	33.6~33.7	6.4~7.8	6.4
4	500+300	24.4~24.6	33.6~33.7	5.5~7.7	6.6
5	1000+ 75	24.4~24.7	33.6	6.5~8.0	6.1
6	1000+150	24.5~24.7	33.6~33.7	6.2~7.7	6.5
7	1000+300	24.5~24.7	33.6~33.7	5.3~7.8	6.7
8	2000+ 75	24.5~24.7	33.6	6.4~7.9	6.4
9	2000+150	24.4~24.6	33.6~33.7	6.0~7.8	6.6
10	2000+300	24.3~24.6	33.6~33.7	5.1~7.8	6.7

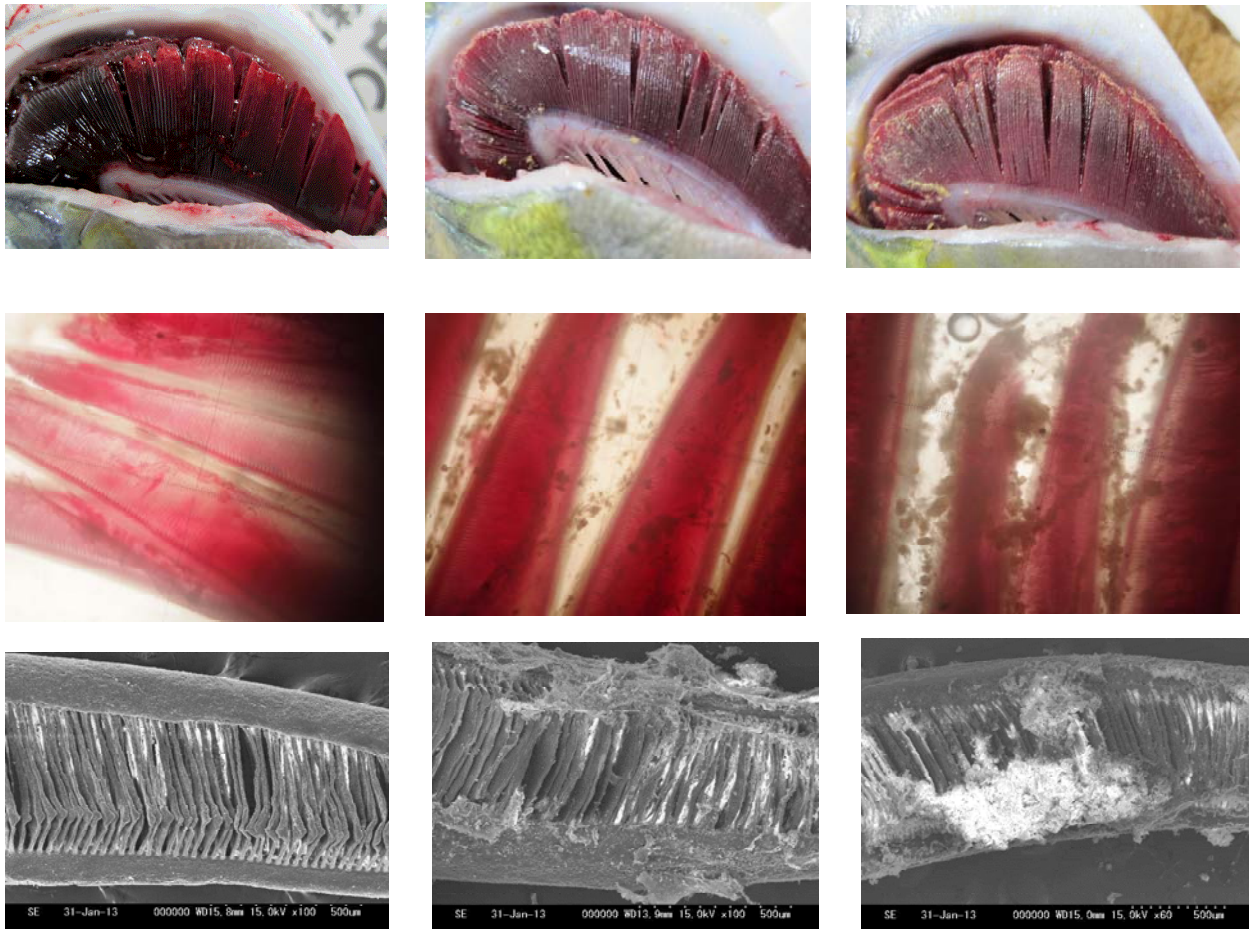


図7 鰓（ブリ）の組織写真（左から試験区1, 5, 10）
（上図：鰓外観，中図：光学顕微鏡画像 下図：電子顕微鏡画像）

②防除剤がクルマエビに与える影響試験

- ・全試験区で、クルマエビにへい死はみられなかった。（表10）
- ・有効濃度の試験区5(1000+75ppm)では、行動及び鰓ともに異常がなかった。（表10）
- ・試験区4, 7, 10のクルマエビは、暴露中はガラス棒で個体に刺激を与えても遊泳せず、静止した個体が多くみられ、全体としてやや動きが鈍い傾向であった。しかし、流水に切り替えてからは、時間とともに活発な遊泳行動をみせ、特に異常な行動はみられなくなった。（表10）
- ・試験区のSEM観察画像を図9に示す。試験区1, 5は異常がみられなかったが、試験区10では 鰓の

上皮細胞がただれたような小穴や剥離が観察された。

- ・水質については、水温、塩分、溶存酸素量は特に大きな変動はみられなかった。pHについてはミョウバン高濃度区である試験区4, 7, 10での低下が著しく、これらの3試験区すべて4台まで低下した。上記の試験区10で確認された鰓の上皮細胞がただれたような小穴や剥離及び試験区4, 7, 10の暴露中の動きの鈍さについてはpHの影響も考えられた。(表11, 図8)

表10 結果の概要 (クルマエビ)

○試験日時：平成24年10月18日～19日

試験区	入来モンリ+ 焼ミョウバン(ppm)	へい死数 (24h後)	観察経過
1	0	0	異常なし
2	500+ 75	0	〃
3	500+150	0	〃
4	500+300	0	暴露中は動きが鈍くなったが、流水後は異常なし
5	1000+ 75	0	異常なし
6	1000+150	0	〃
7	1000+300	0	暴露中は動きが鈍くなったが、流水後は異常なし
8	2000+ 75	0	異常なし
9	2000+150	0	〃
10	2000+300	0	暴露中は動きが鈍くなったが、流水後は異常なし

表11 水質の変動 (暴露開始前～暴露後24時間まで)

試験区	入来モンリ+ 焼ミョウバン(ppm)	水温(°C)	塩分	pH	Do(mg/L)
1	0	23.4～24.3	33.4～33.5	7.8～8.0	6.3～6.7
2	500+ 75	23.4～24.3	33.4～33.5	6.6～8.0	6.4～6.7
3	500+150	23.4～24.3	33.4～33.5	6.0～8.0	6.4～6.6
4	500+300	23.4～24.3	33.4～33.6	4.9～8.0	6.4～6.6
5	1000+ 75	23.4～24.3	33.4～33.5	6.3～8.0	6.3～6.7
6	1000+150	23.2～24.2	33.4～33.5	5.9～8.0	6.3～6.7
7	1000+300	23.4～24.2	33.4～33.5	4.8～8.0	6.2～6.6
8	2000+ 75	23.4～24.3	33.4～33.5	6.0～8.0	6.1～6.7
9	2000+150	23.4～24.2	33.4～33.5	5.7～8.0	6.0～6.6
10	2000+300	23.3～24.2	33.4～33.5	4.7～8.0	6.0～6.7

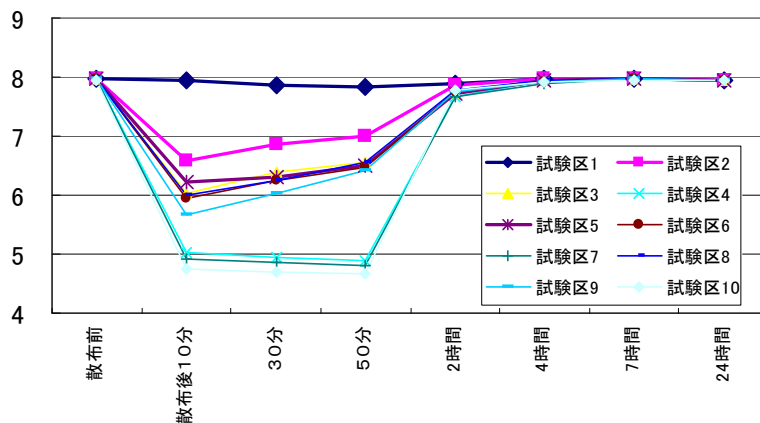


図8 試験期間中のpHの推移

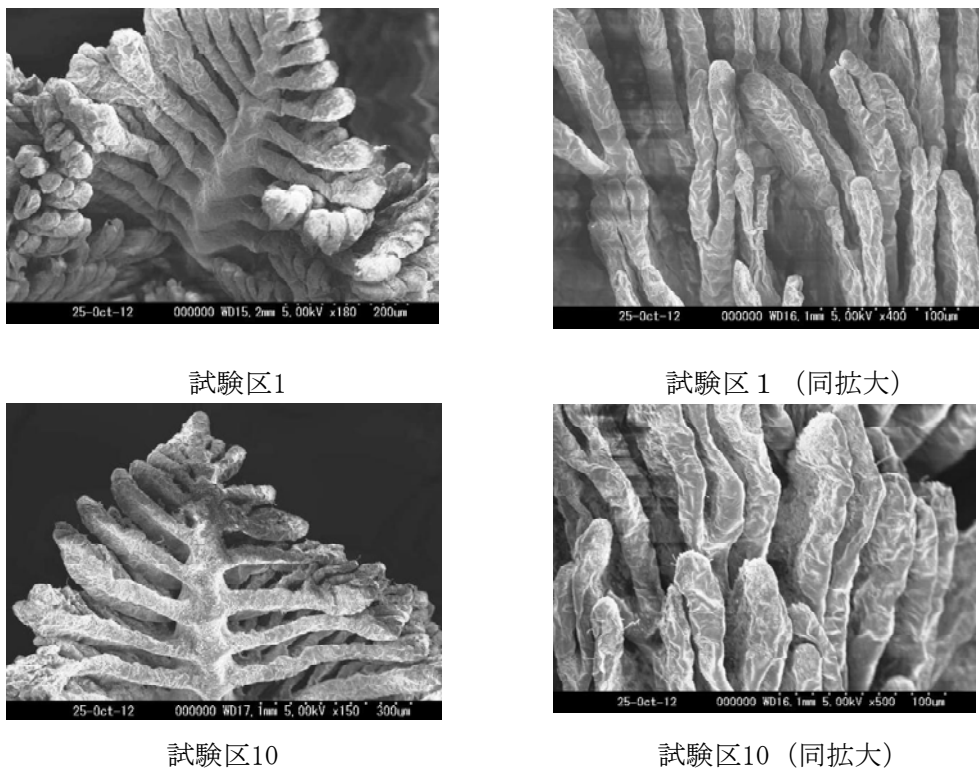


図9 鰓(クルマエビ)の電子顕微鏡画像

③ 防除剤が二枚貝に与える影響試験

ア) ヒオウギガイ

- ・試験区8で10個体中、1個体がへい死した。(なお、試験終了3日後に、試験区4で3個体(6個体中)、試験区7で1個体(6個体中)、試験区10で3個体(5個体中)のへい死を確認した。(表12))
- ・有効濃度の試験区5(1000+75ppm)では、行動及び鰓ともに異常がなかった。(表12)
- ・試験区の鰓のSEM観察画像を図10に示す。試験区1,5では特に異常はなかったが、試験区8,10では、鰓の上皮細胞が破れた箇所がみられた。
- ・水質については、水温、塩分、溶存酸素量は特に大きな変動はみられなかった、pHについてはミョウバン高濃度区である試験区4,7,10での低下が著しく、これらの3試験区すべて4台まで低下した。上記の試験区10で確認された鰓の上皮細胞の破れや試験区4,7,10の暴露中の閉殻反応の鈍さについてはpHの低下による影響で鰓の機能が損傷し、致命的な影響を及ぼした可能性があると考えられる。(表13)

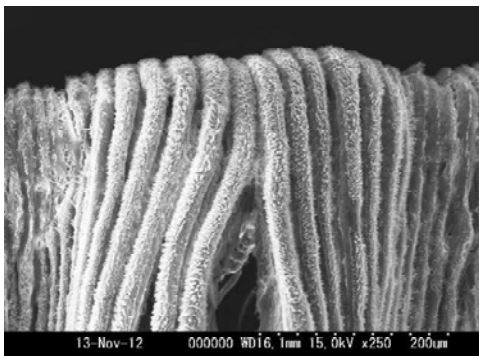
表12 結果の概要 (ヒオウギガイ)

○試験日：平成24年11月8～9日

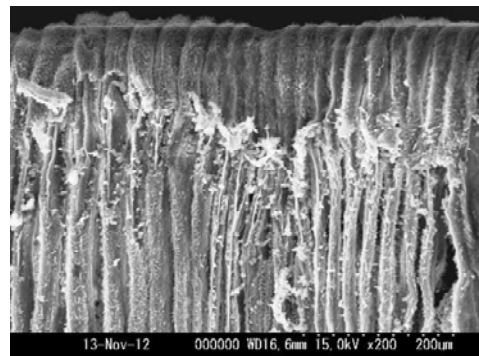
試験区	入来モンモリ+ 焼ミョウバン(ppm)	へい死数 (24h後)	観察経過	備考
1	0	0	異常なし	-
2	500+75	0	〃	-
3	500+150	0	〃	-
4	500+300	0	閉殻反応鈍い個体有り	3日後に3個体(6個体中)へい死
5	1000+75	0	異常なし	-
6	1000+150	0	〃	-
7	1000+300	0	閉殻反応鈍い個体有り	3日後に1個体(6個体中)へい死
8	2000+75	1	閉殻反応鈍い個体が1個体有り, 24時間後にへい死を確認	-
9	2000+150	0	異常なし	-
10	2000+300	0	閉殻反応鈍い個体有り	3日後に3個体(5個体中)へい死

表13 水質の変動（暴露開始前～暴露後24時間まで）

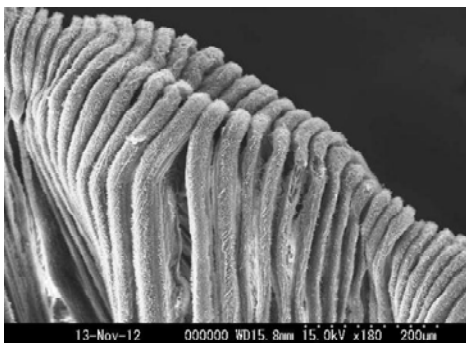
試験区	入来モンモリ+ 焼ミョウバン(ppm)	水温(°C)	塩分	pH	Do(mg/L)
1	0	21.1~22.1	33.2~33.7	7.8~8.0	6.5~7.1
2	500+ 75	21.2~22.2	33.2~33.7	6.7~8.0	6.6~7.2
3	500+150	21.2~22.2	33.2~33.7	6.1~8.0	6.5~7.1
4	500+300	21.2~22.2	33.2~33.7	4.8~8.0	6.6~7.2
5	1000+ 75	21.1~22.2	33.2~33.7	6.3~8.0	6.7~7.3
6	1000+150	21.0~22.1	33.2~33.7	6.0~8.0	6.7~7.2
7	1000+300	21.2~22.2	33.2~33.7	5.0~8.0	6.2~7.1
8	2000+ 75	21.2~22.1	33.2~33.7	6.1~8.0	6.6~7.1
9	2000+150	21.1~22.1	33.2~33.7	5.6~8.0	6.5~7.1
10	2000+300	21.1~22.1	33.2~33.7	4.8~8.0	6.6~7.1



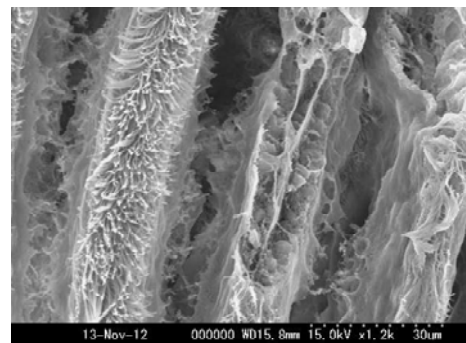
試験区1



試験区10



試験区8



試験区8（同拡大）

図10 鰓（ヒオウギガイ）の電子顕微鏡画像

イ) アコヤガイ

- 全試験区でへい死はみられなかった。また、鰓や行動に異常がみられた個体はなかった。（表14）
- 観察中のほとんどの時間でアコヤガイはほぼ閉殻した状態であった。また、僅かに開殻した状態の貝も刺激を感じると鋭敏に閉殻反応を示した。
- 試験区の鰓のSEM観察画像を図11に示す。試験区1, 5, 10の鰓を比較したが、特に顕著な差はみられなかった。
- 水質については、水温、塩分、溶存酸素量は特に大きな変動はみられなかった、pHについてはミョウバン高濃度区である試験区4, 7, 10での低下が著しく、5台まで低下した。（表 15）

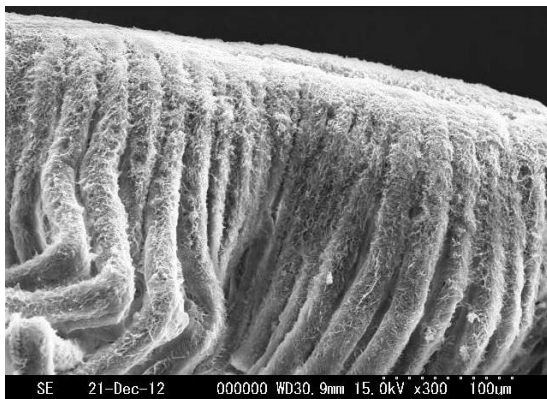
表14 試験結果の概要 (アコヤガイ)

○試験日時：平成24年11月21～22日

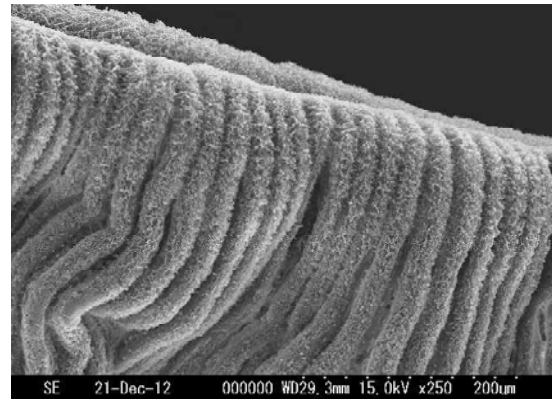
試験区	入来モニリ+ 焼ミョウハ ^ン (ppm)	へい死数 (24h後)	観察経過
1	0	0	異常なし
2	500+ 75	0	〃
3	500+150	0	〃
4	500+300	0	〃
5	1000+ 75	0	〃
6	1000+150	0	〃
7	1000+300	0	〃
8	2000+ 75	0	〃
9	2000+150	0	〃
10	2000+300	0	〃

表15 水質の変動 (暴露開始前～暴露後24時間まで)

試験区	入来モニリ+ 焼ミョウハ ^ン (ppm)	水温(℃)	塩分	pH	Do(mg/L)
1	0	19.3～20.2	33.4～33.6	7.8～8.0	6.5～7.3
2	500+ 75	19.5～20.2	33.5～33.6	6.8～8.0	6.8～7.4
3	500+150	19.5～20.2	33.5～33.6	6.3～8.0	6.8～7.4
4	500+300	19.5～20.2	33.5～33.6	5.4～8.0	6.8～7.4
5	1000+ 75	19.5～20.2	33.5～33.6	6.4～8.0	6.8～7.4
6	1000+150	19.3～20.2	33.4～33.6	6.1～8.0	6.7～7.4
7	1000+300	19.4～20.2	33.5～33.6	5.1～8.0	6.8～7.4
8	2000+ 75	19.3～20.2	33.5～33.6	6.2～8.0	6.8～7.4
9	2000+150	19.3～20.2	33.5～33.6	5.8～8.0	6.7～7.5
10	2000+300	19.4～20.2	33.5～33.6	5.1～8.0	6.7～7.4



試験区1



試験区10

図11 鰓 (アコヤガイ) の電子顕微鏡画像