研究分野	２　食の安全･安心の確保に関する技術開発	部　名	漁場保全部
研究課題名	⑴　二枚貝等の貝毒に関する研究 ①　麻痺性貝毒で毒化した介類の低毒化技術の開発		
予算区分			
試験研究実施年度・研究期間	令和元年度～令和５年度		
担当	（主）加賀　新之助　　（副）渡邊　志穂、多田　裕美子、村上　涼		
協力・分担関係			

＜目的＞

最近の研究により汽水性ベントスの多くは、セルラーゼ（セルロース消化酵素）を持つことが明らかとなっており、ベントスが摂餌して消化することにより貝毒原因プランクトンの発芽抑制が期待されている。本研究は、毒化した貝類の低毒化技術開発のため、国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所（以下、「水産技術研究所」という。）で進められているゴカイ等のマクロベントス（底生生物）を活用した貝毒原因プランクトンのシスト（種）の発芽抑制技術について、その導入の可能性を検討する。

＜試験研究方法＞

１　シスト発芽抑制予備試験

⑴　フィールド調査

試験用のマクロベントスの採集のための採泥は、令和４年 10 月 12 日に大船渡湾の６定点において行われた。漁場保全総合対策事業に併せてそのうちの湾奥の St.1（緯度・経度は表１のとおり）において実施し、エクマンバージ型採泥器（採泥面積 0.04㎡）を用いて、海底堆積物の採取を１回実施した。採取した海底堆積物は、船上で直ちに目合い 1㎜の篩に展開し洗瓶を使いながら海水で洗い流した。篩上で目視できるマクロベントスを、ピンセットで採取し、そのままポリ容器に収容した後、クーラーボックスで冷暗保管し実験室に持ち帰った。

また、試験用の貝毒原因プランクトンのシストを採取するため、過去の調査で長楕円形の *Alexandrium* 属シスト（以下、「シスト」という。）が多く存在した定点３（St.3）において、海底堆積物を採取した。定点の海底堆積物は、採取後直ちに目合い 1㎜の篩でふるい、1㎜目を通過したものをポリ容器に収容し、クーラーボックスで冷暗保管しながら実験室に持ち帰った。

さらに、シスト発芽抑制予備試験に使用する海水は、St.1 の海底直上１ｍから 10Ｌ採取した。

この他、現場の底層直上の環境を知るため、翌日の令和４年 10 月 13 日に、６定点において多項目水質計（JFE アドバンテック社製 AAQ-RINKO176）による観測を実施した。

表１　大船渡湾における漁場保全総合対策事業の緯度・経度

	St.1		St.2		St.3		St.4		St.5		St.6	
緯度	39.0639°	N	39.0446°	N	39.0421°	N	39.0308°	N	39.0261°	N	39.0189°	N
経度	141.7247°	E	141.7325°	E	141.7285°	E	141.7322°	E	141.7201°	E	141.7279°	E

⑵　室内試験

ア　シスト発芽抑制予備試験（令和４年 10 月 12 日～令和５年２月３日）

実験室に持ち帰ったマクロベントスは、直ちに白色のバットに展開し、海水に浸漬した。その後、実体顕微鏡（SZ61, Olympus 社製）を用いて直ちに大船渡湾において優占しているギボシイソメ科及びタケフシゴカイ科と考えられる生物をピンセットで集めた。その中から、海水中で動きのある９個体を選び、シスト発芽抑制予備試験に供した。

予備試験は、辻野（2006）に従い、50mL の試験管を９本それぞれに湿重約 30g の海底堆積物（フィ

ールド調査で目合い1mmの篩を通過した海底堆積物）を加え、そのうち３本はマクロベントスを入れない対照区１-３とし、３本をギボシイソメ科飼育区１-３、残り３本をタケフシゴカイ科飼育区１-３とし、各飼育区にはそれぞれ１本当たり３個体のタケフシゴカイ科またはギボシイソメ科と考えられる生物を収容した。各試験管は、約20mLのろ過海水（ガラス繊維ろ紙GF/Cろ過）を満たし、室温15-20℃の部屋でエアレーションしながら約４か月間培養した。試験中は、２～14日おきに浮泥を巻き上げないように泥の上澄みの全濾過海水を入れ替え、回収した海水は、それぞれ３mLに濃縮して*Alexandrium*属の遊泳細胞を計数した。

ｲ　セルラーゼ活性

上記のソーティングに併せてセルラーゼ活性用のマクロベントスを採取し直ちに-30℃で冷凍し、水産技術研究所においてセルラーゼ活性の分析を実施した。また、大船渡湾清水定点（緯度・経度39.0446° N, 141.7324° E）の水深10mに垂下したホタテガイについて、令和４年10月26日にその貝殻に付着したゴカイ等のマクロベントスを採取し、同様に処理し、セルラーゼ活性を分析した。なお、貝殻に付着した生物は、それぞれ個体ごとに撮影装置付き実体顕微鏡（SZX7, Olympus社製）により写真撮影した。

セルラーゼ活性の分析は、次の手順に従った。

(ｱ)　酵素の調整

マクロベントスを氷上で 50mm Tris、150 mm KClおよびpH7.5 中でホモジナイズした。その後、ホモジネートを４℃、10,000 rpmで15分間遠心分離し、上清を酵素活性の測定に使用した。

(ｲ)　タンパク質の測定

タンパク質濃度の測定は、BCA（Bicinchoninic Acid)法による簡易キット（Thermo Fisher Scientific社製Pierce™ Rapid Gold BCA Protein Assay Kit）を用いて実施した。

(ｳ)　セルラーゼ活性の測定

セルラーゼ活性の測定は、簡易キット（Invitrogen社製EnzChex Cellulase Substrate）を用いて実施した。

２　情報収集と過去のデータ解析

⑴　情報収集

当所は、令和３年度水産業関係研究開発推進会議の研究開発ニーズとして、水産技術研究所に対し、マクロベントスを活用した麻痺性貝毒原因プランクトンのシスト発芽抑制技術の社会実装を要望した。今年度は、同研究所と相談し令和４年４月14日に要望を踏まえた第１回目の打合せを行った。

⑵　大船渡湾における過去のデータ解析

大船渡湾の６定点（表１）について、平成25年～令和元年に漁場保全総合対策事業で実施した調査結果を用い、マクロベントスと底質環境の関係を検討した。一方、マクロベントスとシストの関係については、調査を同じ年に同じ定点で実施した年がなかったことから、両関係を検討できなかった。そこで、同じ大船渡湾内において、別事業の漁場環境保全事業により実施した表２におけるシスト調査結果を用いて、シスト数の湾内分布の特徴について検討した。

表２　大船渡湾における漁場環境保全調査事業 シスト調査の緯度・経度

	St.1（St.1）	St.4（St.2）	St.5(St.3)	St.7（St.4）	St.11（St.5）	St.14(St.6)
緯度	39.0595° N	39.0434° N	39.0383° N	39.0310° N	39.0228° N	39.0189° N
経度	141.7286° E	141.7307° E	141.7303° E	141.7317° E	141.7209° E	141.7303° E

※（　）内は、表１に示した対応する近隣定点

ｱ　底質環境

底質環境は、当センターの調査船「鷹巣丸」でエクマンバージ型採泥器（採泥面積0.04㎡）を用いて、表層0-2cmを採取し、海底堆積物中の酸揮発性硫化物濃度（AVS:acid volatile sulphide）の結果を用いた(測定範囲; 0.002-0.2mg)。

ｲ　マクロベントス

マクロベントスは、海底堆積物を原則としてエクマンバージ型採泥器（採泥面積0.04㎡）を用い、１定点につき２回採取し、船上において1mmの目合いで篩い、篩上に残った生物試料をホルマリン固定した（最終濃度約10%）。固定試料は、外部委託によりマクロベントスを同定・計数した。なお、本研究では、１個体1g未満の動物をマクロベントスとした。

ｳ　シスト

上述した表２の定点で実施したシスト調査の結果については、既存の調査結果（表３）のとおり。

表３　大船渡湾における漁場環境保全調査事業 シスト調査
長楕円形Alexandrium属のシスト数（シスト／cm3湿泥）

	St.1	St.4	St.5	St.7	St.11	St.14
平成25年9月	911	56	1548	272	353	421
平成26年10月9日	490	156	617	70	180	178
平成27年9月7日	837	2066	732	153	92	230
平成28年9月7日	537	207	1605	176	196	358
平成29年9月4日	270	211	1084	228	176	244
平成30年8月27日	437	261	817	87	100	166
令和元年8月30日	2694	814	591	250	144	110

ｴ　解析方法

マクロベントスは、WoRMS（World Register of Marine Species https://www.marinespecies.org/）により科名を検索しデータセットを準備した。その後、マクロベントス（１個体１g未満の環形動物、軟体動物および棘皮動物の生息密度）と底質環境について相関分析を行った。

大船渡湾におけるマクロベントスの生息密度および現存量を把握し現場展開への基礎資料とするため、各定点における動物門の７年間の平均値を算出した。

＜結果の概要・要約＞

１　シスト発芽抑制予備試験

⑴ フィールド調査

漁場保全総合対策事業で採取した６定点（表４）の海底堆積物は、図１のとおりである。底層直上の環境は、表４に示すとおり、水温17.1-19.6℃、溶存酸素濃度は、2.5-6.8 mg/Lであった。

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
水温(℃)	19.6	18.7	18.0	19.0	18.2	17.1
塩分	33.76	33.86	33.92	33.83	33.92	33.98
DO(mg/L)	3.4	3.9	2.5	5.5	5.6	6.8

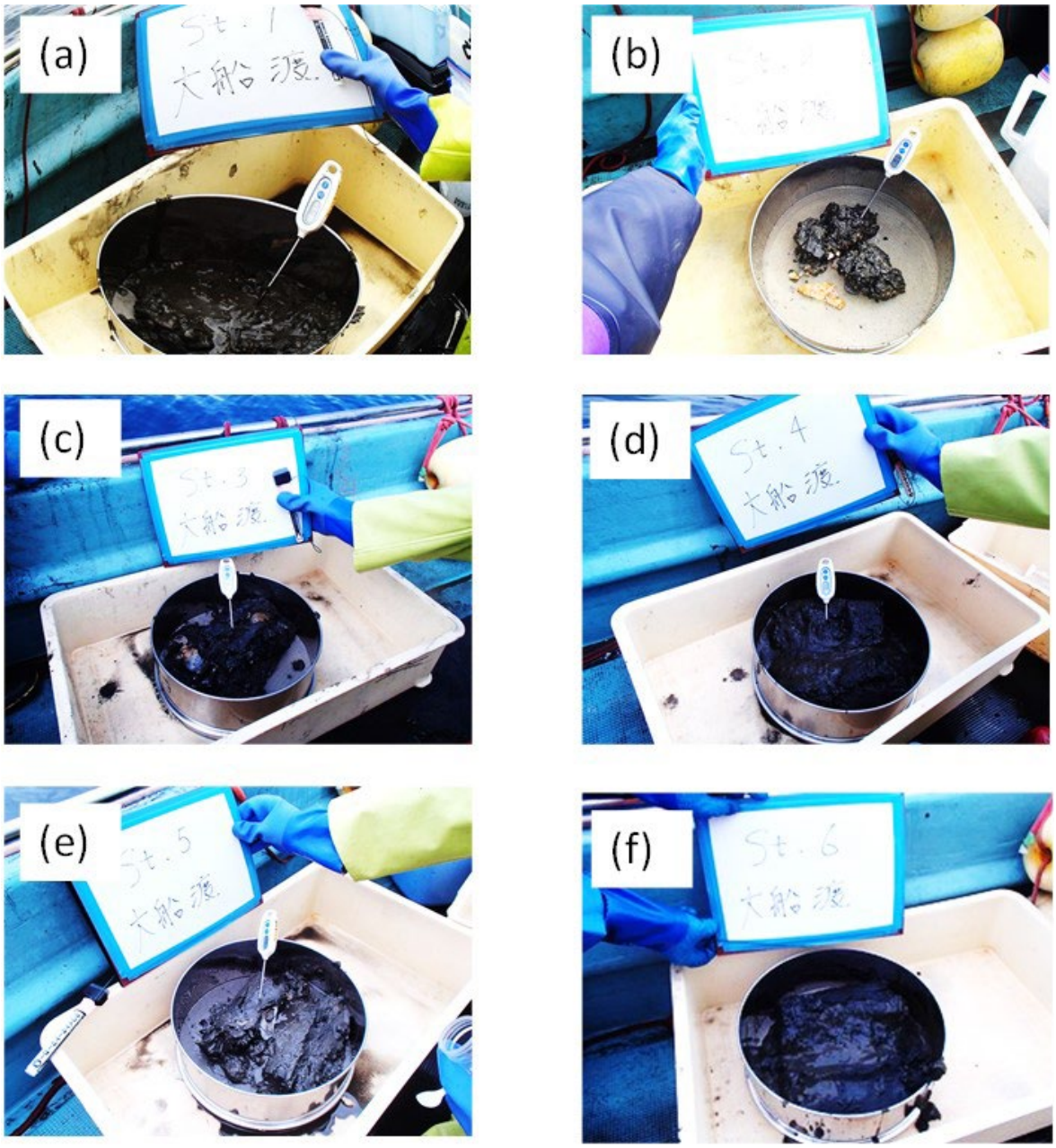

図１　大船渡湾におけるエクマンバージ型採泥器で採取した海底堆積物．(a):定点１、(b):定点２、(c):定点３、(d):定点４、(e):定点５、(f):定点６

⑵　室内試験

ア　シスト発芽抑制予備試験（令和４年 10 月 12 日～令和５年２月３日）

試験は、図２に示す実験系で実施した。対照区およびギボシイソメ科飼育区における飼育泥直上水中の *Alexandrium* 属遊泳細胞数の累積変化を図３に示した。対照区から発芽して直上水中に確認された遊泳細胞は、飼育開始から 69 日目までは観察されなかったが、72 日目以降確認できた。対照区における累積の最大細胞数は、18-21 細胞となった。ギボシイソメ科飼育区から発芽して直上水中に確認された遊泳細胞は、飼育開始から 58 日目までは観察されなかったが、63 日目以降確認できた。ギボシイソメ科飼育区の直上水中に確認された累積の最大細胞数は、36-69 細胞であった。なお、タケフシゴカイ科は、*Alexandrium* 属遊泳細胞数が確認される前にへい死した。対照区１は、多毛類が混入していため、結果に含めなかった。

図２ 発芽抑制予備試験（左からマクロベントスを入れない対照区１-３とし、次の３本をギボシイソメ科飼育区１-３、残りの３本をタケフシゴカイ科飼育区１-３とした）

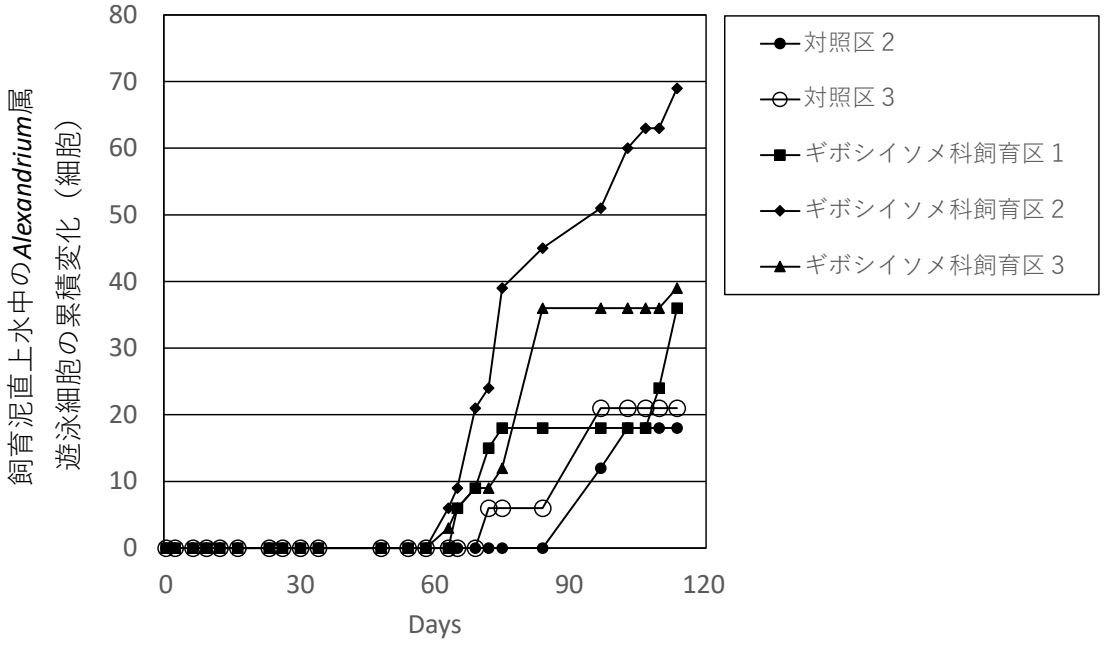

図３ 飼育泥直上水中の*Alexandrium*属遊泳細胞の累積変化
（対照区：マクロベントスなし）

ｲ　セルラーゼ活性

大船渡湾から採取したマクロベントスのセルラーゼ活性を表５に示した。また、ホタテガイ貝殻に付着した多毛類等の写真について図４に示す。海底堆積物から採取したマクロベントス科それぞれのセルラーゼ活性の最高値は、ミズヒキゴカイ科（77.19 μU/mg 湿重）＞イソメ科（43.49 μU/mg 湿重）＞タケフシゴカイ科（0.49-7.14μU/mg 湿重）＞チロリ科（1.34-1.59 μU/mg 湿重 ）＞シロガネゴカイ科（1.33 μU/mg 湿重）＞ギボシイソメ科（ND-0.94 μU/mg 湿重）の順に高かった。ホタテガイ貝殻に付着した生物のセルラーゼ活性の最高値は、生物２（10.31-38.54 μU/mg 湿重）＞生物１（2.30-15.66 μU/mg 湿重）＞生物３（1.61-2.46 μU/mg 湿重）＞生物５（0.82-1.39 μU/mg 湿重）＞生物４（0.94-1.10 μU/mg 湿重）の順に高かった。

採取年月日	調査場所等	検体識別名称	マクロベントス（科）	科（和名）等	endo-1,4-β-D-glucanase	endo-1,4-β-D-glucanase
					μU/mg wet body	μU/mg protein
令和4年10月12日	大船渡湾漁場保全総合対策事業の定点１		LUMBRINERIDAE Schmarda, 1861	ギボシイソメ科	0.60	61.74
			LUMBRINERIDAE Schmarda, 1861	ギボシイソメ科	0.94	414.75
			LUMBRINERIDAE Schmarda, 1861	ギボシイソメ科	ND	ND
			LUMBRINERIDAE Schmarda, 1862	ギボシイソメ科	0.70	57.17
			LUMBRINERIDAE Schmarda, 1863	ギボシイソメ科	0.89	46.78
			LUMBRINERIDAE Schmarda, 1864	ギボシイソメ科	0.60	26.96
			MALDANIDAE Malmgren, 1867	タケフシゴカイ科	3.76	216.56
			MALDANIDAE Malmgren, 1867	タケフシゴカイ科	0.49	39.70
			MALDANIDAE Malmgren, 1867	タケフシゴカイ科	3.96	403.85
			MALDANIDAE Malmgren, 1867	タケフシゴカイ科	7.14	518.99
			MALDANIDAE Malmgren, 1867	タケフシゴカイ科	4.03	232.39
			MALDANIDAE Malmgren, 1867	タケフシゴカイ科	1.31	332.23
			GLYCERIDAE Grube, 1850	チロリ科	1.59	38.81
			GLYCERIDAE Grube, 1850	チロリ科	1.34	48.78
			CIRRATULIDAE Ryckholt, 1851	ミズヒキゴカイ科	77.19	4033.05
			EUNICIDAE Berthold, 1827	イソメ科	43.49	1561.13
			NEPHTYIDAE Grube, 1850	シロガネゴカイ科	1.33	158.97
				不明	4.66	378.51
				不明	0.77	69.10
令和4年10月26日	大船渡湾清水定点	生物1-1			2.30	471.44
		生物1-2			7.86	956.98
		生物1-3			15.66	1541.63
		生物２-1			17.31	1823.75
		生物２-2			10.31	1421.25
		生物２-3			38.54	2215.17
		生物３-1			2.46	110.13
		生物３-2			1.61	87.71
		生物３-3			2.19	75.89
		生物４-1			0.97	79.86
		生物４-2			0.94	148.66
		生物４-3			1.10	109.85
		生物５-1			0.82	52.76
		生物５-2			0.99	40.54
		生物５-3			1.39	107.60

※ND (not detected：検出限界以下)
※生物１-1～５-3は、図４に示した写真の生物（生物3-3は写真なし）

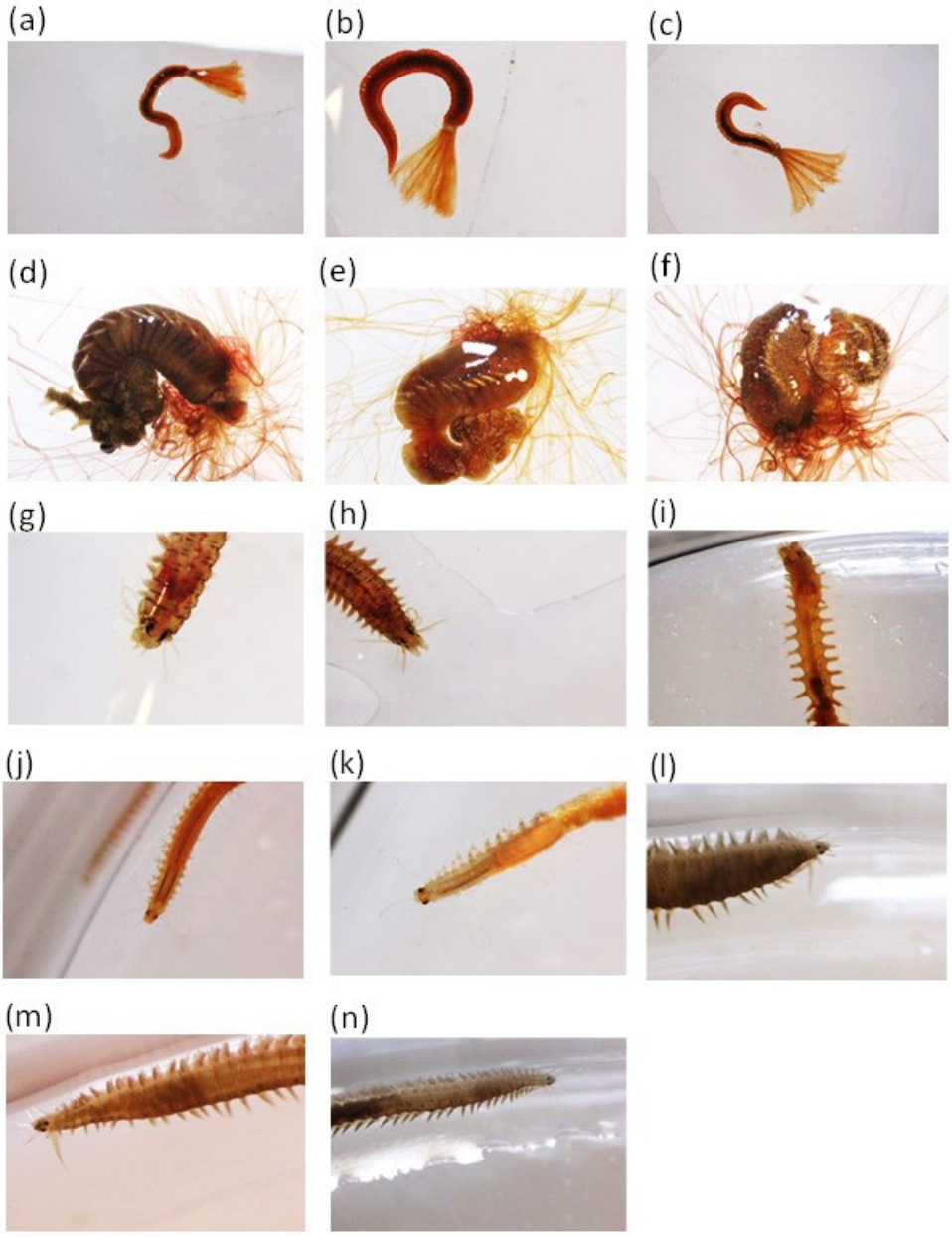

図４　大船渡湾清水定点の水深 10m から採取したホタテガイ貝殻に付着した生物. (a)-(c):生物 1-1～1-3, (d)-(f): 生物 2-1～2-3, (g)-(h): 生物 3-1～3-2, (i)-(k): 生物 4-1～4-3, (l)-(n): 生物 5-1～5-3

２　情報収集と過去のデータ解析

⑴ 情報収集

水産技術研究所からは、本県沿岸におけるマクロベントスとシストの関係の把握、マクロベントスの優占種検索およびマクロベントスの優占種と硫化物量（シスト数）の関係の把握の３点について重点的に整理するよう指導・助言があった。そこで、今年度は、麻痺性貝毒による出荷自主規制措置が長期化している大船渡湾を対象に、方法に示したとおり過去のデータ解析を試みた。

⑵ 大船渡湾における過去のデータ解析

ア　底質環境（AVS）の変化

各定点における７年間の水深、底表層 0-2cm の底質環境（AVS）の変化をまとめた（表６）。７年間の平均値を見ると、AVS は、湾中央から湾奥で 0.688-2.044 mg/g 乾泥、湾中央から湾口で、0.391-0.733 mg/g 乾泥であった。

底質環境調査年月日	定点	水深 m	酸揮発性硫化物 (AVS) mg/g乾泥
平成25年10月22日	1	8.9	1.600
	2	24.3	1.810
	3	26.7	1.330
	4	17.8	0.680
	5	26.3	0.470
	6	37.3	0.640
平成26年10月7日	1	8.9	0.730
	2	24.1	2.720
	3	26.5	1.520
	4	18.4	0.620
	5	26.3	0.360
	6	37.3	0.540
平成27年10月6日	1	9.2	0.880
	2	24.4	1.310
	3	26.5	1.440
	4	19.1	1.310
	5	26.6	0.640
	6	37.9	0.610
平成28年10月17日	1	9.1	0.380
	2	24.2	1.180
	3	26.8	0.670
	4	17.9	0.870
	5	26.1	0.390
	6	37.1	0.820
平成29年10月17日	1	9.1	0.630
	2	32	1.660
	3	27.1	1.090
	4	18.3	0.690
	5	27.1	0.320
	6	37.4	0.980
平成30年10月24日	1	8.9	0.341
	2	32.9	2.627
	3	26.8	1.540
	4	18.8	0.702
	5	24.8	0.350
	6	36.2	0.996
令和元年10月24日	1	8.9	0.254
	2	24.1	3.005
	3	28.6	0.899
	4	18.1	0.258
	5	25.9	0.207
	6	37.5	0.426
7年間の平均値±標準偏差	1	9.0 ± 0.1	0.688 ± 0.462
	2	26.6 ± 4.0	2.044 ± 0.731
	3	27.0 ± 0.7	1.213 ± 0.335
	4	18.3 ± 0.5	0.733 ± 0.315
	5	26.2 ± 0.7	0.391 ± 0.135
	6	37.2 ± 0.5	0.716 ± 0.220

イ　マクロベントスとシストの関係並びにマクロベントスと底質環境（AVS）の関係

マクロベントスとシストの関係は、方法に示したとおり把握できなかった。分布について見ると、湾中央から湾奥の定点（St.1，St.4およびSt.5）では、湾中央から湾口の定点（St.7，St.11およびSt.14）に比べ、1,000シスト／cm^3湿泥を超える定点が散見された（表３）。

マクロベントスの優占種（科）の検索は、マクロベントス（１個体１ｇ未満の環形動物、軟体動物および棘皮動物）の生息密度（個体／m^2）を表７のとおり整理し検討した。生息密度が第１位（優占）と第２位（亜優占）となった動物を表７から各年の定点ごとに選択した。環形動物のカギゴカイ科、シロガネゴカイ科、ギボシイソメ科、ミズヒキゴカイ科、ヒメエラゴカイ科、スピオ科、イトゴカイ科、タケフシゴカイ科およびカザリゴカイ科（２科）並びに軟体動物のアサジガイ科が優占・亜優占した。

マクロベントスの優占・亜優占した科と硫化物量の関係は、上述した環形動物の10科と硫化物量について検討した（表８）。シロガネゴカイ科と硫化物量との間には有意（$p<0.01$）な負の相関があった。また、イトゴカイ科と硫化物量との間には有意（$p<0.05$）な正の相関があった。

表７　大船渡湾における漁場保全総合対策事業で実施したマクロベントス（1g未満の多毛類、軟体動物および棘皮動物）の生息密度

調査年月日		平成25年10月22日						平成26年10月7日						平成27年10月6日						平成28年10月17日						平成29年10月17日						平成30年10月24日						令和元年10月24日					
定点		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
MAGELONIDAE Cunningham & Ramage, 1888	ﾓﾛﾃｺﾞｶｲ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	13	50
CHAETOPTERIDAE Audouin & Milne Edwards, 1833	ﾂﾊﾞｻｺﾞｶｲ	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GOLFINGIIDAE Stephen & Edmonds, 1972	ﾌｸﾛﾎｼﾑｼ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
POLYNOIDAE Kinberg, 1856	ｳﾛｺﾑｼ	0	22	89	0	0	0	0	22	67	0	0	22	0	13	38	50	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	13	0	0	0	13	0	0	0
CHRYSOPETALIDAE Ehlers, 1864	ﾀﾝｻﾞｸｺﾞｶｲ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0
SYLLIDAE Grube, 1850	ｼﾘｽ	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NEREIDIDAE Blainville, 1818	ｺﾞｶｲ	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	13	0	0	13	0	0	0
HESIONIDAE Grube, 1850	ｵﾄﾋﾒｺﾞｶｲ	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	25	13	25	0	50	0	0	0	25	25
PILARGIDAE Saint-Joseph, 1899	ｶｷﾞｺﾞｶｲ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13	0	0	0	0	38
PHYLLODOCIDAE Örsted, 1843	ｻﾝﾊﾞﾞｺﾞｶｲ	0	0	0	22	0	44	0	0	22	0	0	0	25	13	25	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0
NEPHTYIDAE Grube, 1850	ｼﾛｶﾞﾈｺﾞｶｲ	0	44	0	44	22	44	22	0	44	22	67	44	0	0	25	0	25	13	0	0	0	22	0	22	0	0	0	0	25	50	38	0	0	13	38	25	25	0	38	63	113	63
GLYCERIDAE Grube, 1850	ﾁﾛﾘ	22	22	22	44	22	44	22	22	0	22	22	22	50	13	0	0	13	25	22	0	44	22	22	22	50	0	0	38	50	13	25	0	38	38	13	0	63	0	25	50	25	0
GONIADIDAE Kinberg, 1866	ﾆｶｲﾁﾛﾘ	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	13	0	25	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	25
LUMBRINERIDAE Schmarda, 1861	ｷﾞﾎﾞｼｲｿﾒ	200	222	200	200	156	200	244	178	222	111	67	244	250	225	225	225	113	213	21	267	244	40	89	89	113	75	100	313	350	163	250	75	338	325	63	50	950	225	75	475	38	25
OENONIDAE Kinberg, 1865	ｾｸﾞﾛｲｿﾒ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13	0
DORVILLEIDAE Chamberlin, 1919	ﾉﾘｺｲｿﾒ	44	0	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	13	0	0	0	0	13	0	0
EUNICIDAE Berthold, 1827	ｲｿﾒ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0
ORBINIIDAE Hartman, 1942	ﾎｺｻｷｺﾞｶｲ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	25	38	0
CIRRATULIDAE Ryckholt, 1851	ﾐｽﾞﾋｷｺﾞｶｲ	44	44	178	133	0	89	178	62	156	22	0	0	125	75	38	213	13	0	0	0	0	0	0	44	0	0	38	13	13	0	100	0	213	38	13	0	275	0	138	13	0	0
ACROCIRRIDAE Banse, 1969	ｸﾏﾉｱｼｹｷ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0
FLABELLIGERIDAE de Saint-Joseph, 1894	ﾊﾎﾞｳｷｺﾞｶｲ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
PARAONIDAE Cerruti, 1909	ﾋﾒｴﾗｺﾞｶｲ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	38	0	0	44	0	22	0	22	0	0	0	0	0	0	0	25	63	0	0	0	13	0	0	0	13	0
SABELLIDAE Latreille, 1825	ｹﾔﾘﾑｼ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	175	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	13	0	100	0	25	0	0	0
SPIONIDAE Grube, 1850	ｽﾋﾟｵ	0	0	0	0	0	0	22	0	0	22	0	0	0	38	25	38	0	0	22	0	22	0	0	22	13	0	25	13	13	100	0	0	25	0	0	25	13	0	0	13	25	25
OPHELIIDAE Malmgren, 1867	ｵﾌｪﾘｱｺﾞｶｲ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
CAPITELLIDAE Grube, 1862	ｲﾄｺﾞｶｲ	22	22	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	13	38	0	13	0	0	13	0	13	0	0	0	13
MALDANIDAE Malmgren, 1867	ﾀｹﾌｼｺﾞｶｲ	356	67	44	133	133	933	67	22	43	44	67	267	125	150	338	75	225	125	67	133	356	333	133	133	50	125	50	175	100	63	288	0	250	313	125	13	713	0	225	200	125	0
PECTINARIIDAE Quatrefages, 1866	ｳﾆｲｻｺﾞﾑｼ	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	25	25	0	13	0	25	0	0	0
TEREBELLIDAE Johnston, 1846	ﾌｻｺﾞｶｲ	0	0	178	22	0	0	0	0	111	0	22	0	0	0	38	88	0	0	0	0	22	0	0	22	13	0	0	0	0	0	13	0	13	25	38	0	38	0	38	0	0	0
TRICHOBRANCHIDAE Malmgren, 1866	ﾀﾏｹﾞｼﾌｻｺﾞｶｲ	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	67	0	0	0	0	25	13	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	63	13	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0
AMPHARETIDAE Malmgren, 1866	ｶｻﾞﾘｺﾞｶｲ(Amph)	89	22	44	22	89	778	0	0	0	0	67	22	38	175	300	138	0	50	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	13	0	0	175	13	13	0	13	0	0	0	0	38
MELINNIDAE Chamberlin, 1919	ｶｻﾞﾘｺﾞｶｲ	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SEMELIDAE Stoliczka, 1870 (1825)	ｱｻｼﾞｶﾞｲ	0	67	0	81	0	0	44	67	444	222	44	0	13	0	0	25	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	175	0	25	100	13	0
MYTILIDAE Rafinesque, 1815	ｲｶﾞｲ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOLEMYIDAE Gray, 1840	ｷｽﾀﾚｶﾞｲ	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	13	0	0	0	0	0
CARDIIDAE Lamarck, 1809	ｻﾞﾙｶﾞｲ	0	0	0	0	0	0	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ANATINELLIDAE Gray, 1853	ﾊﾞｶｶﾞｲ	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
THYASIRIDAE Dall, 1900 (1895)	ﾊﾅｼｶﾞｲ	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13	13	0
ARCIDAE Lamarck, 1809	ﾌﾈｶﾞｲ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHAETODERMATIDAE Théel, 1875	ｹﾊﾀﾞｳﾐﾋﾓ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0
CALYPTRAEIDAE Lamarck, 1809	ｶﾘﾊﾞｶﾞｻｶﾞｲ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0
PHILINIDAE Gray, 1850 (1815)	ｷｾﾜﾀｶﾞｲ	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	22	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0
RINGICULIDAE Philippi, 1853	ﾏﾒｳﾗｼﾏ	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GADILIDAE Stoliczka, 1868	ｸﾁｷﾚﾂﾉｶﾞｲ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
DENTALIIDAE Children, 1834	ﾂﾉｶﾞｲ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SYNAPTIDAE Burmeister, 1837	ｲｶﾘﾅﾏｺ	0	0	0	22	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	13	13	50	0	0	13	13	0	25	0	0	13	0	0
AMPHIURIDAE Ljungman, 1867	ｽｶｸﾓﾋﾄﾃﾞ	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0

※表中の生息密度の単位は、個体／m^2

マクロベントス（科）	科（和名）	AVS
PILARGIDAE Saint-Joseph, 1899	ｶｷﾞｺﾞｶｲ	-0.111
NEPHTYIDAE Grube, 1850	ｼﾛｶﾞﾈｺﾞｶｲ	-0.436**
LUMBRINERIDAE Schmarda, 1861	ｷﾞﾎﾞｼｲｿﾒ	-0.097
CIRRATULIDAE Ryckholt, 1851	ﾐｽﾞﾋｷｺﾞｶｲ	0.064
PARAONIDAE Cerruti, 1909	ﾋﾒｴﾗｺﾞｶｲ	0.151
SPIONIDAE Grube, 1850	ｽﾋﾟｵ	-0.086
CAPITELLIDAE Grube, 1862	ｲﾄｺﾞｶｲ	0.142*
MALDANIDAE Malmgren, 1867	ﾀｹﾌｼｺﾞｶｲ	-0.270
TEREBELLIDAE Johnston, 1846	ﾌｻｺﾞｶｲ	0.086
TRICHOBRANCHIDAE Malmgren, 1866	ﾀﾏｸﾞｼﾌｻｺﾞｶｲ	-0.253
AMPHARETIDAE Malmgren, 1866	ｶｻﾞﾘｺﾞｶｲ	0.011
MELINNIDAE Chamberlin, 1919	ｶｻﾞﾘｺﾞｶｲ	0.093
SEMELIDAE Stoliczka, 1870 (1825)	ｱｻｼﾞｶﾞｲ	0.030

*有意性(p <0.05)
**有意性(p <0.01)

ｳ　マクロベントス生息密度および現存量

大船渡湾の全定点におけるマクロベントスの生息密度と現存量を表９に示した。大船渡湾の湾中央から湾奥（St. 1-3）は、442-918 個体／㎡と高密度であった。一方、湾中央から湾口（St. 4-6）は、503-756 個体／㎡と湾奥に比べ最高密度は若干減少した。現存量は、28-46g 湿重／㎡の範囲であった。本研究でセルラーゼ活性が高く生息密度が高い動物であったミズヒキゴカイ科の生息密度および現存量は、それぞれ 5-108 個体／㎡、0. 3-8. 0 ｇ湿重／㎡であった（表９）。

３　謝辞

本稿をまとめるにあたり、多くの指導・助言と本県産マクロベントスのセルラーゼ活性の分析を快く引き受けて頂いた国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所環境応用部門環境保全部化学物質グループの伊藤克敏主任研究員、伊藤真奈主任研究員に謝意を表する。

表９　大船渡湾におけるマクロベントスの生息密度と現存量（平成25年から令和元年までの平均値）

	動物門 or 科	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6
生息密度 Density (個体/m^2)	環形動物門 Annelida	777.78 ± 709.34	381.94 ± 220.36	794.44 ± 369.88	644.84 ± 250.40	440.48 ± 96.15	664.88 ± 668.07
	節足動物門 Arthropoda	37.27 ± 41.34	20.83 ± 40.05	20.83 ± 28.14	12.04 ± 20.61	14.12 ± 11.86	10.42 ± 12.29
	軟体動物門 Mollusca	14.58 ± 22.94	4.17 ± 10.21	0.00 ± 0.00	7.87 ± 9.32	8.33 ± 10.21	13.19 ± 26.67
	棘皮動物門 Echinodermata	58.33 ± 77.01	28.97 ± 43.26	68.85 ± 166.21	79.56 ± 85.11	22.02 ± 25.88	10.32 ± 14.78
	その他Others	30.16 ± 28.11	6.35 ± 10.84	24.80 ± 17.59	11.71 ± 20.09	18.45 ± 18.78	29.76 ± 32.89
	合計 total	918.12 ± 437.08	442.26 ± 181.67	908.93 ± 363.65	756.02 ± 281.71	503.41 ± 181.73	728.57 ± 395.77
現存量 Biomass (g 湿重/m^2)	環形動物門 Annelida	27.01 ± 17.46	21.09 ± 19.46	40.62 ± 23.96	31.42 ± 12.19	24.97 ± 7.48	29.01 ± 26.73
	節足動物門 Arthropoda	0.91 ± 1.80	0.29 ± 0.62	0.32 ± 0.39	0.03 ± 0.04	1.93 ± 2.45	0.05 ± 0.06
	軟体動物門 Mollusca	2.29 ± 3.56	1.15 ± 2.81	0.00 ± 0.00	1.99 ± 4.48	2.92 ± 4.73	3.87 ± 9.13
	棘皮動物門 Echinodermata	7.24 ± 6.40	5.37 ± 9.86	1.39 ± 3.32	3.28 ± 5.88	1.09 ± 2.32	1.49 ± 3.06
	その他Others	2.69 ± 3.86	0.01 ± 0.02	4.09 ± 7.67	0.69 ± 1.19	0.57 ± 0.96	1.58 ± 3.29
	合計 total	40.14 ± 13.07	27.90 ± 12.60	46.43 ± 19.65	37.40 ± 13.89	31.47 ± 10.54	36.01 ± 16.75
生息密度 Density (個体/m^2)	ミズヒキゴカイ科 Cirratulidae	103.17 ± 100.26	25.99 ± 33.61	108.33 ± 82.18	61.51 ± 80.27	5.36 ± 6.68	19.05 ± 34.97
現存量 Biomass (g **湿重**/m^2)	ミズヒキゴカイ科 Cirratulidae	3.75 ± 3.17	4.61 ± 8.99	7.90 ± 7.91	3.48 ± 4.32	0.25 ± 0.43	2.22 ± 4.97

※表中の数値は、平均値±標準偏差

＜今後の問題点＞

１　シスト発芽抑制試験

使用する海底堆積物は、対照区（生物がいない区）に生物が混在しないよう一昼夜冷凍するなどの工夫をしてから実施する必要がある。また、シストからの発芽は、恒温槽により水温を一定にして実施する必要がある。さらに、マクロベントスの飼育管理は、酸素の供給を滞らせないよう細心の注意を払う必要がある。

２　情報収集と過去のデータ解析

引き続き水産技術研究所との協力体制を構築し情報収集する。また、麻痺性貝毒により出荷自主規制期間が長期化している釜石湾についても今年度同様に過去のデータ解析を進める必要がある。

＜次年度の具体的計画＞

１　シスト発芽抑制試験

本研究では、ミズヒキゴカイ科や生物２（フサゴカイ科）のセルラーゼ活性が高かった。そこで、大船渡湾の海底堆積物を用いてこれらの生物を中心にシスト発芽抑制試験を実施する。

２　情報収集と過去のデータ解析

水産技術研究所には、引き続き本研究の指導・助言を依頼する。過去のデータ解析は、釜石湾において同様の解析を進める。

＜結果の発表・活用状況等＞

１　学会等発表

なし

２　研究報告等

なし

３　活用状況等

なし