

研究分野	6 豊かな漁場環境の維持・保全のための技術開発	部名	漁場保全部
研究課題名	(2) 適正な漁場利用を図るための養殖漁場の底質環境評価		
予算区分	県単 (漁場保全総合対策事業費)		
試験研究実施年度・研究期間	平成 26～30 年度		
担当	(主) 渡邊 志穂 (副) 加賀 克昌、加賀 新之助		
協力・分担関係	関係漁業協同組合		

<目的>

県内主要 5 湾 (表 1 参照。県漁場環境方針に定める重要監視水域 (大船渡湾・釜石湾) のモニタリングは別途毎年実施) の底質環境を評価し、適正な漁場利用および増養殖業の振興に資する。

表 1 調査ローテーション

年次	対象湾
平成 24 年	宮古湾
平成 25 年	久慈湾
平成 26 年	広田湾
平成 27 年	大槌湾 (予定)
平成 28 年	山田湾 (予定)
平成 29 年	宮古湾 (予定)
平成 30 年	久慈湾 (予定)

<試験研究方法>

平成 26 年度は、広田湾に過去の調査と同様の 15 ヶ所の調査定点を設け (図 1)、各定点において 20cm 角のエクマンバージ採泥器を用いて 2 回底泥を採取した。採取した底泥の表層 (深さ 2cm 程度まで) から理化学分析用試料を分取し、冷暗保管して実験室に搬入した。残りの底泥を 1mm 目合いのフルイ上に移し、海水で泥を洗い流し、フルイ上に残ったものを海水でポリ瓶に移し入れ、中性ホルマリンを約 10% となるよう添加して底生生物分析に供した。なお、底泥を採取する前に底層から 1m 直上で、溶存酸素計により底層溶存酸素量 (DO) を測定した。

理化学分析は、全硫化物 (TS)、化学的酸素要求量 (COD)、強熱減量 (IL) 及び粒度組成の各項目について、水質汚濁調査指針 (日本水産資源保護協会編 1980) 及び漁場保全対策推進事業調査指針 (水産庁 1997) に基づき実施した。すなわち、TS は検知管法、COD はアルカリ性 $KMnO_4$ 法、IL は 550°C での強熱法、粒度組成は目合いが 2、1、0.5、0.25、0.125 及び 0.063mm のフルイを用いた湿式フルイ分け法によった。また、底生生物分析は、試料中のマクロベントスを同定した後、それぞれについて生物種別に小型 (湿重量 1g 未満)・大型 (湿重量 1g 以上) ごと個体数及び湿重量を調べ、うち小型マクロベントスについて、Shannon-Wiener の多様度指数 (H') を算出した。なお、底生生物の同定は、株式会社日本海洋生物研究所に委託した。

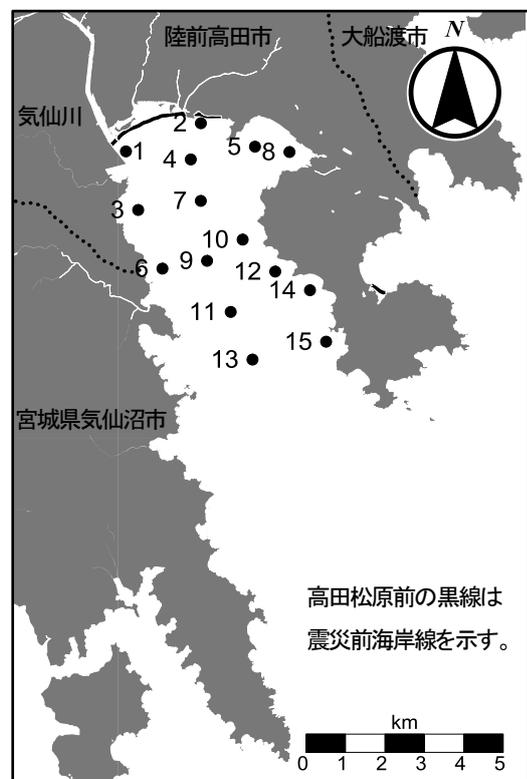


図 1 広田湾調査定点

背景地図には国土地理院発行の基盤地図情報を使用

底質環境を総合的に評価する指標は、水産用水基準 (2005 年版) で提示されている 4 種の算出方法のうち、TS、COD、泥分含有率 (MC) 及び H' の 4 項目から算出する次式を用いた。

$$\text{合成指標} = 0.504(\text{COD} - 20.9) / 15.4 + 0.513(\text{TS} - 0.51) / 0.60 + 0.506(\text{MC} - 64.9) / 30.5 - 0.474(H' - 2.69) / 1.30$$

底質環境評価は、合成指標が負の値かつ底層水中の溶存酸素量が 4.3mg/L 以上の場合には正常な底質、正の値かつ溶存酸素量が 4.3mg/L 未満の場合には汚染された底質と判断した。なお、今回の算定にあたっては、TS が検出下限値である 0.01mg/乾泥 g を下回った場合には便宜上 0.005mg/乾泥 g として算出した。

<結果の概要・要約>

理化学調査の結果を表 2、底生生物調査結果概要を表 3、優占種及び汚濁指標種の個体数比率を表 4、COD 及び TS について過去 3 回の結果（平成 15 年度、平成 22 年度、及び 24 年度）と今回の結果をあわせて示したものを図 2、測定結果から算出した合成指標値を示したものを表 5 に示す。

表2 広田湾底質調査結果(理化学的調査)

試料採取 平成 26 年 9 月 9 日及び 10 日

定点 番号	採取 水深 m	泥温 °C	Eh mV	TS mg/dry・g	COD mg/dry・g	IL %	粒度組成%						底層DO mg/L	
							礫 ≥2mm	極粗粒砂 1~2mm	粗粒砂 0.5~1mm	中粒砂 0.25 ~0.5mm	細粒砂 0.125 ~0.5mm	極細粒砂 0.063 ~0.125mm		泥 <0.063mm
1	6.5	20.4	172	0.07	25.7	8.1	0.1	0.3	0.4	1.0	7.0	22.7	68.8	7.4
2	3.7	21.4	383	0.00	0.8	1.6	2.2	2.3	10.0	45.0	35.1	3.7	1.8	7.6
3	16.0	20.1	141	0.08	11.4	4.6	0.3	0.1	0.3	2.0	19.3	43.9	34.6	7.8
4	12.3	20.8	177	0.04	8.3	3.8	0.0	0.0	0.1	1.0	22.8	47.9	28.0	7.9
5	5.4	20.8	147	0.05	21.0	6.4	0.1	0.0	0.1	0.0	0.8	17.4	81.6	7.3
6	24.6	19.4	129	0.15	19.5	6.7	0.0	0.1	0.2	1.0	12.9	41.6	44.2	7.7
7	21.0	20.1	145	0.08	14.1	5.0	0.0	0.0	0.1	1.0	11.3	41.4	46.7	7.4
8	5.6	20.9	148	0.17	21.6	6.4	0.2	0.3	0.9	4.0	15.3	32.8	46.5	7.3
9	29.0	19.7	144	0.10	11.0	4.8	0.0	0.1	0.1	2.0	25.7	40.2	32.3	7.5
10	20.1	20.0	122	0.12	17.1	7.0	0.9	0.6	0.8	2.0	4.5	20.2	71.0	7.6
11	35.8	18.9	192	0.02	18.1	6.1	0.0	0.0	0.1	0.0	3.4	26.5	69.7	7.8
12	16.6	20.6	287	0.02	1.2	1.2	13.9	19.2	37.4	19.0	6.9	1.4	2.6	7.7
13	42.7	19.1	153	0.04	16.2	6.1	0.0	0.0	0.2	3.0	17.7	21.0	58.2	7.7
14	15.6	20.3	220	0.03	6.4	3.5	0.7	1.4	4.9	14.0	28.9	29.5	21.0	7.7
15	13.8	20.6	330	0.00	2.0	1.9	5.3	2.1	6.2	45.0	37.9	0.9	2.8	7.6

注) TS 欄の—は検出限界 (0.01mg/dry・g) 未満を示す。

COD は有機物含有量の目安であり、同様の指標として IL がある。一般にこれらの指標は MC と傾向が一致する。本調査において COD が水産用水基準で汚染の目安とされる 20mg/乾泥 g を超えて検出された地点は、気仙川河口の St. 1、及び小友浦の St. 5 と 6 の 3 地点であった。各年の調査場所が必ずしも同一ではないことから厳密な比較は難しいものの、基準値を超過していた地点数は震災直前の平成 22 年と比較して減少したものの、震災直後の平成 24 年度と比較して増加している。

TS は底層の貧酸素状態の目安とされるものである。本調査において TS が水産用水基準で汚染の目安とされる 0.2mg/乾泥 g を超えて検出された地点はなかった。

底層 DO は全地点において、水産用水基準において内湾漁場の夏季底層において最低限維持すべきとされる 4.3mg/L を上回っていた。

表3 広田湾底質調査結果(底生生物調査)

試料採取 平成 26 年 9 月 9 日及び 10 日

定点番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	全定点	
種類数	環形動物門	6		13	4	11	15	4	11	3	11	11	9	11	7	11	58
	節足動物門	4	3	6	3	4	6	2	2		3		1	3	8	1	21
	棘皮動物門					1	1	1	1		1	1					3
	軟体動物門			4	1	3	5	1	4		2				1		14
	その他				1		2	1	2		1	1		2			5
合計	10	3	23	9	19	29	9	20	3	18	13	10	16	16	12	101	
全種類数に占める割合 (%)	環形動物門	60.0		56.5	44.4	57.9	51.7	44.4	55.0	100.0	61.1	84.6	90.0	68.8	43.8	91.7	57.4
	節足動物門	40.0	100.0	26.1	33.3	21.1	20.7	22.2	10.0		16.7		10.0	18.8	50.0	8.3	20.8
	棘皮動物門					5.3	3.4	11.1	5.0		5.6	7.7					3.0
	軟体動物門			17.4	11.1	15.8	17.2	11.1	20.0		11.1				6.3		13.9
	その他				11.1		6.9	11.1	10.0		5.6	7.7		12.5			5.0
合計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
個体数	環形動物門	61		23	4	65	28	6	47	5	17	30	15	20	14	27	362
	節足動物門	7	12	75	6	7	13	5	3		10		2	3	21	7	171
	棘皮動物門					1	1	1	1		1	1					6
	軟体動物門			9	1	29	7	2	16		3				2		69
	その他				1		4	1	2		1	1		3			13
合計	68	12	107	12	102	53	15	69	5	32	32	17	26	37	34	621	
全個体数に占める割合 (%)	環形動物門	89.7		21.5	33.3	63.7	52.8	40.0	68.1	100.0	53.1	93.8	88.2	76.9	37.8	79.4	58.3
	節足動物門	10.3	100.0	70.1	50.0	6.9	24.5	33.3	4.3		31.3		11.8	11.5	56.8	20.6	27.5
	棘皮動物門					1.0	1.9	6.7	1.4		3.1	3.1					1.0
	軟体動物門			8.4	8.3	28.4	13.2	13.3	23.2		9.4				5.4		11.1
	その他				8.3		7.5	6.7	2.9		3.1	3.1		11.5			2.1
合計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
湿重量	環形動物門	1.49		0.28	0.01	2.00	1.37	0.07	2.40	0.03	0.95	0.18	0.16	0.18	0.02	0.10	9.24
	節足動物門	0.01	0.02	0.16	0.02	0.04	0.61	0.02	0.03		0.01		0.08	0.02	0.09	0.01	1.12
	棘皮動物門					0.05	0.51	0.05	0.09			+	0.14				0.84
	軟体動物門			0.08	0.01	0.91	0.44	0.04	1.35		0.05				0.02		2.90
	その他				0.06		0.13	+	0.02		0.09	0.02		0.01			0.33
合計	1.50	0.02	0.52	0.10	3.00	3.06	0.18	3.89	0.03	1.10	0.34	0.24	0.21	0.13	0.11	14.43	
全湿重量に占める割合 (%)	環形動物門	99.3		53.8	10.0	66.7	44.8	38.9	61.7	100.0	86.4	52.9	66.7	85.7	15.4	90.9	64.0
	節足動物門	0.7	100.0	30.8	20.0	1.3	19.9	11.1	0.8		0.9		33.3	9.5	69.2	9.1	7.8
	棘皮動物門					1.7	16.7	27.8	2.3		0.0	41.2					5.8
	軟体動物門			15.4	10.0	30.3	14.4	22.2	34.7		4.5				15.4		20.1
	その他				60.0		4.2	0.0	0.5		8.2	5.9		4.8			2.3
合計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
Shannon-Wienerの多様度指数(H')	1.49	1.04	3.22	2.92	2.94	4.64	3.01	3.65	1.37	3.70	2.92	3.10	3.55	3.42	2.81	5.34	

注1) 採泥面積 0.08 m²あたりの小型マクロベントス(湿重量1g未満の個体)対象。

注2) +は 0.005g 未満を示す。 注3) 多様度指数 H' は、数字が大きくなるほど種の多様度が高くなる。

表4 優占種及び汚濁指標種の個体数比率

定点番号	優占種 (上位1位まで)			汚濁指標種 %		
	門	種名	%	環形動物門 <i>Scoletoma longifolia</i> (カタマガリキホシイソメ)	軟体動物門 <i>Theora fragilis</i> (シズクガイ)	計
1	環形動物	<i>Leitoscoloplos pugettensis</i> (ナガホコムシ)	75.0	1.5	—	1.5
2	節足動物	<i>Urothoe</i> sp. (マルソコエ属の一種)	75.0	—	—	—
3	節足動物	<i>Ampelisca naikaiensis</i> (フクロガメ)	41.7	—	3.7	3.7
4	節足動物	<i>Ampelisca naikaiensis</i> (フクロガメ)	33.3	8.3	—	8.3
5	環形動物	<i>Scoletoma longifolia</i> (カタマガリキホシイソメ)	32.4	32.4	26.5	58.8
6	環形動物	<i>Scoletoma longifolia</i> (カタマガリキホシイソメ)	7.5	7.5	5.7	13.2
	節足動物	<i>Ampelisca naikaiensis</i> (フクロガメ)	7.5			
	節足動物	<i>Byblis japonicus</i> (ニッホンスガメ)	7.5			
7	環形動物	<i>Glycera</i> sp. (<i>Glycera</i> 属の一種)	20.0	—	—	—
	節足動物	<i>Byblis japonicus</i> (ニッホンスガメ)	20.0			
8	環形動物	<i>Scoletoma longifolia</i> (カタマガリキホシイソメ)	21.7	21.7	14.5	36.2
9	環形動物	<i>Glycera</i> sp. (<i>Glycera</i> 属の一種)	60.0	20.0	—	20.0
10	節足動物	<i>Byblis japonicus</i> (ニッホンスガメ)	25.0	—	—	—
11	環形動物	<i>Nephtys oligobranchia</i> (コハシロカネゴカイ)	40.6	3.1	—	3.1
12	環形動物	<i>Pista</i> sp. (<i>Pista</i> 属の一種)	23.5	—	—	—
13	環形動物	<i>Aricidea simplex</i> (ホウスヒメエラゴカイ)	30.8	3.8	—	3.8
14	節足動物	<i>Byblis japonicus</i> (ニッホンスガメ)	29.7	2.7	—	2.7
15	環形動物	<i>Polydora</i> sp. (<i>Polydora</i> 属の一種)	32.4	—	—	—

注) 採泥面積 0.08 m²あたりの小型マクロベントス(湿重量1g未満の個体)対象。

H' は数値が高いほど種多様性が高いことを示す。本調査における小型マクロベントスの H' は 1.04~4.64bit の範囲内であった。数値が 2bit を下回っていた 3 地点のうち、St. 1 は環形動物門に属するナガホコムシが個体数の 75% を占めていたことに起因するものであった。

表5 合成指標値

定点番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
合成指標	0.28	-1.53	-1.37	-1.51	-0.20	-1.41	-1.01	-0.92	-0.73	-0.72	-0.51	-2.25	-0.98	-1.88	-2.12

注) 太字下線は合成指標値が正の値であることを示す。

合成指標値と底層 D0 から、本調査において St. 1 を除き、底質は正常と判断された。St. 1 は H' を用いる合成指標値に限り正であるものの、底層 D0 が基準を上回っていたことから、判定不明とされた。

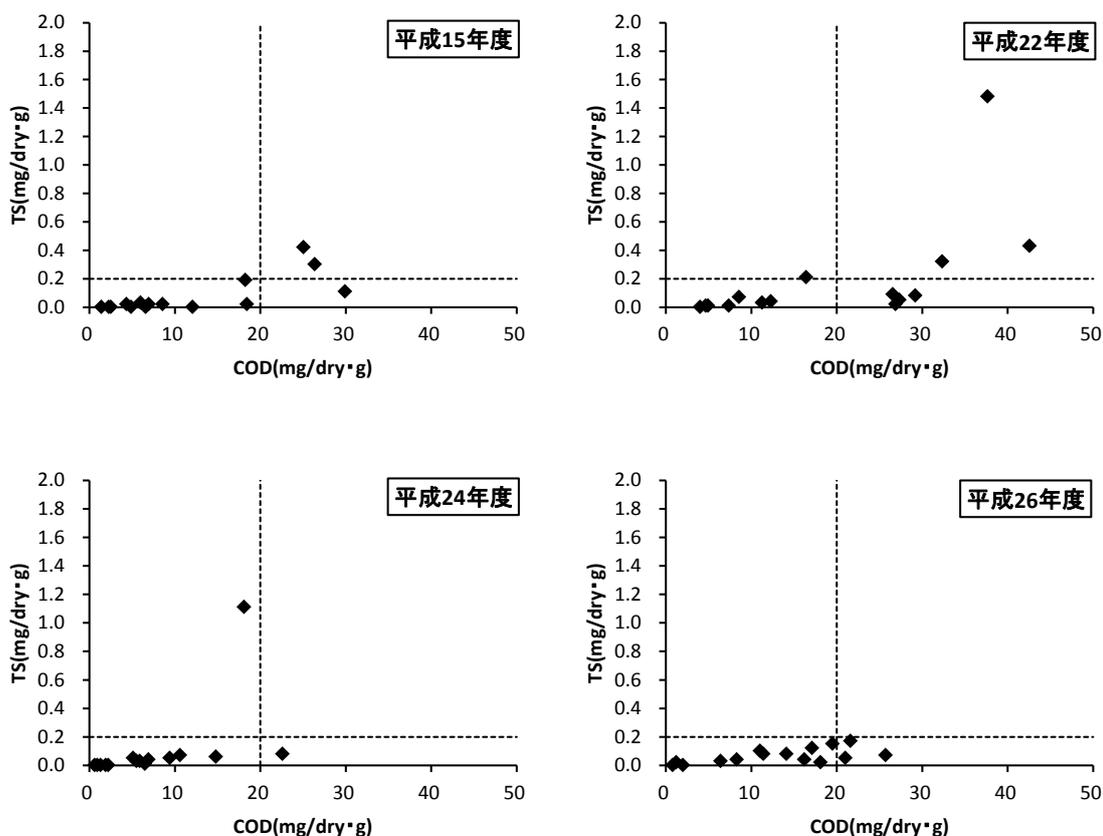


図2 広田湾における COD と TS の過去調査との比較

広田湾における底質の調査は、昭和 61 年度、平成 5 年度、平成 15 年度、及び平成 22 年度の 4 回実施されており、また、震災直後の平成 24 年度に他機関によって同様の調査が行われている。MC 及び COD は、震災以前には水深の深い湾に添った地点、及び水深が浅く養殖漁場として行使されている湾奥の小友浦で値が高い傾向にあった。震災直後の平成 24 年度調査では、東日本大震災により引き起こされた津波による攪乱の影響により、湾内に堆積した有機物を多く含む底質が湾外に流出したことが原因と考えられる底質の良化が広田湾調査海域の全域において確認されたが、本調査では小友浦と気仙川河口において COD で基準値を超える値が認められた。

特に気仙川河口の St. 1 における基準値超過は調査開始以来初であり、海岸線が大きく後退するといった地形の変化や現在進行中である海岸復旧工事に関係している可能性がある。また、小友浦の St. 5 及び 8 では汚濁指標種であるカタマガリギボシイソメが第一優占種であるだけでなく、同じく汚濁指標種のシズクガイと合わせた個体数比率が当該地点において 1/3 以上と高い値を示していた。

現状で直ちに漁業被害が発生する状況ではないが、例年よりも高水温化したり、海水交換量が低下するなどの変化が生じた場合、貧酸素水塊が発生する可能性がある。また、海岸復旧工事の進捗に伴い、流れをはじめとする湾内の物理的環境に変化が生じることが考えられることから、今後も注視していく必要がある。

<今後の問題点>

COD や TS といった単一の測定項目の結果を用いて底質環境を適正に評価することは難しいため、近年では底生生物の生息状況を含めた複数項目を使用し、汚染度の総合的な評価を目指した合成指標の導入が試みられている。

しかしながら、全国一律に認知され、使用される指標は未だに確立されていない。当所においても、本県の底質環境を的確に評価できる手法（定点毎に、汚染が進行中・改善中・あまり変化なし など）の段階的な判断が可能なマニュアルを想定し、検討しているところである。今後さらに検討や情報収集を進め、利用や普及が容易な評価手法を確立する必要がある。

<次年度の具体的計画>

大槌湾について同様の調査を行う。

<結果の発表・活用状況等>

漁業関係者や関係機関等へ報告し、管理する養殖漁場の状況を把握するための基礎資料とした。