

# 養殖漁場の2008年環境調査結果及び運天原を例とした養殖生産量とTS及びCODの推移 (海面養殖推進総合対策事業)

松尾和彦

## Results of the Environmental Survey in Aquaculture farms in Fiscal 2008, and the Transitions of TS, COD and the Amounts of Cultured Fish in the Case of the Untenbaru

Kazuhiko MATSUO

運天原, 糸満市及び石垣市八島の養殖場の漁場環境調査を水質, 底質, 底生生物調査について実施した. また, 運天原をモデルとして底質と養殖生産量の関係について検討した. 環境悪化の程度を表す調査結果としてはTS (全硫化物量) が調査したすべての海域で「汚染があった泥」に分類された. しかし, COD (化学的酸素要求量) はすべての海域で「正常泥」に分類された.

運天原をモデルとして底質の関係では養殖生産量のピークからCODのピークは1年後に現れたため, 回帰分析を行った結果, 高い相関があることがわかった.

沖縄県内で魚類養殖が本格的に行われるようになり, 20数年が経過し, 漁場環境の悪化が懸念され, 養殖漁場を持続的に利用するための検討が必要となっている.

全国的にも養殖漁場の自然浄化作用以上の環境負荷による環境悪化が目立ってきた(横山, 2000). 養殖漁場の改善の促進と養殖水産物の伝染性疾患のまん延防止および持続的な養殖生産の確保を図ることを目的として, 1999年に「持続的養殖生産確保法」が施行された. 漁業組合等は基本方針に基づいて持続的な養殖生産の確保を図るため, 漁場改善計画の作成が求められるようになった.

現在の魚類養殖場の状況把握ため, 県内で養殖の盛んな養殖場である運天原と沿整事業で整備された糸満市及び石垣市八島の養殖場の漁場環境調査を実施した.

また, 今回は持続的な養殖環境基準の指標検討を行った. 堆積物(AVS等)が指標となるとして西村ほか(2001)や横山ほか(2002)が報告しており, 水産業改良普及センターが長年の間, 運天原の養殖場の環境モニタリングを行っているので, このデータと当センターのデータを用いて, 養殖生産量と底質の関係について検討した.

### 材料及び方法

#### 1) 環境調査

環境調査は水質, 底質及び底生生物の出現種数と出現量で, 水質調査は, 投下式多項目水質測定器(MS5, ハイドロラボ社製)を用い, 水深1m, 5mと海底付近の水温, DO (mg/L), pH, 塩分(%)の測定を行った(表1). 底質調査はエクマンバージ採泥器(15cm×15cm)で, 海底泥を採取した. 採取した泥は, ユニパック袋に入れ, 氷蔵し, 実験室に持ち帰り, TS (全硫化物量)の測定を行った. COD (化学的酸素要求量)については, 測定を沖縄県環境科学センターに委託した. TSは漁場保全対策推進事業調査指針(水産庁研究部漁場保全課, 1997)に従い, 検知管法で, CODは「底質調査方法とその解説」(環境庁水質保全局水質管理課編, 1975)に従った. 底質における有機汚染度(TS・COD)の基準判定には, 水産用水基準(日本水産資源保護協会, 1995)を用いた(表2, 表3). 底生生物調査は, エクマンバージ採泥器(15cm×15cm)で, 海底泥を採取し, 1mm目の振るいで漉した後, 残物を10%ホルマリンで固定する作業を1調査地点当たり2回行った. 2回の合計と採泥面積(0.15×0.15×2)から1m<sup>2</sup>あたりの出現数を算出した. サンプルの同定及び個体数, 湿重量の測定を沖縄県環境科学センターに委託した. 底生生物の多様性を表す指数として, Shnnon-Weaverの多様度指数H' (bit)を使用した.

\*Email: [matsuokz@pref.okinwa.lg.jp](mailto:matsuokz@pref.okinwa.lg.jp), 本所

表1 環境調査の調査項目

水質調査	水温・D0 (溶存酸素量)・pH・塩分
底質調査	TS (全硫化物量) COD (化学的酸素要求量)
底生生物調査	1mm以上の生物の出現種と出現量

表2 底質における有機汚染基準 (水産用水基準)

	正常泥	汚染がかった泥	汚染泥
COD(mg/g)	0~20	20~30	30以上
TS(mg/g)	0~0.2	0.2~1.0	1.0以上

表3 海域のD0の基準 (水産用水基準)

海域	6.0mg/l 以上
内湾夏季底層	4.3mg/l 以上

調査場所は沖縄本島の運天原, 糸満地先および石垣の3箇所の魚類養殖場であった. なお, 調査地点名については, 以前の事業報告書の名前に準ずる (例: 運天原St. 4).

(1) 運天原

運天原の養殖場は羽地内海の運天水路内にあり, 海況の静かな場所にある. 調査地点はSt. 4, St. 7の2箇所であった (図1).

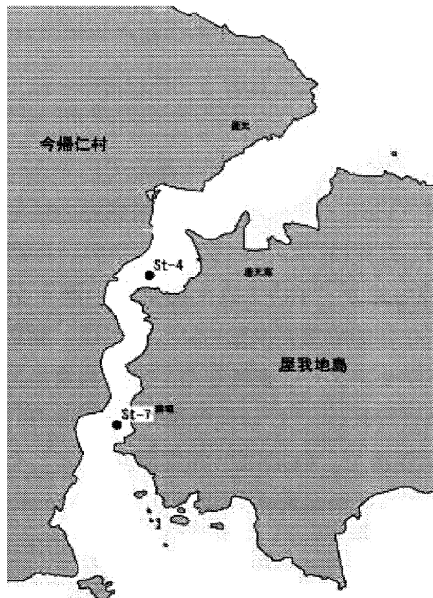


図1 運天原調査地点

(2) 糸満

糸満地先の養殖場は糸満港入口に位置し, 陸地方向を除き3方向に防波堤 (海面下はスリット状になっており, 潮通しがある) が設置されており, 2003年から養殖が行われている新しい養殖場である (図2).

調査地点はSt. A, St. B及びSt. Cである. St. Cについ

ては水質調査のみであった.

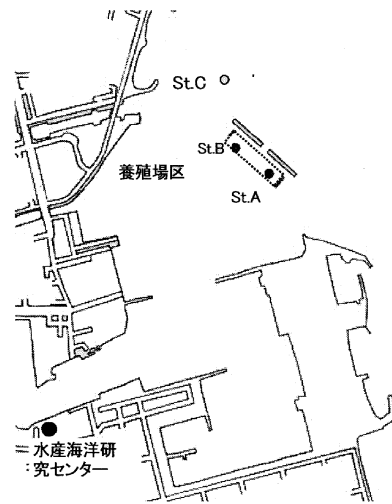


図2 糸満調査地点

(3) 石垣

石垣の養殖場は八島地先にあり, 陸地とつながっており, 2方向に防波堤 (海面下はスリット状になっており, 潮通しがある) があり, 2000年から使用されている養殖場である (図3). 調査地点は浮き桟橋中央のSt. 1と桟橋先端のSt. 2であった.

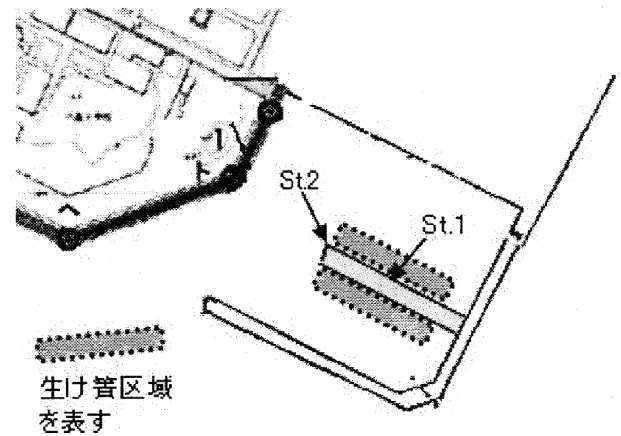


図3 石垣調査地点

2) 養殖生産量とTS及びCODとの関係

運天原をモデルケースとして, 過去の調査結果を用いて (渡邊ほか, 2002; 熊谷ほか, 2003; 小澤・杉山, 2005; 中村ほか, 2006; 佐多・中村ほか, 2007; 佐多・知名ほか, 2007; 松尾, 2008; 沖縄県水産業改良普及センター, 2000;2001; 2002; 2003; 2004; 2005; 2006; 2007; 2008; 2009) TS及びCODの生け簀周囲のSt. 4~St. 8集計し, 年ごとの平均値と養殖生産量 (漁協調べ) について集計した.

結果

1) 環境調査

運天原の調査地点の水質と底質調査結果を表4に示した。水温は2008年9月に28.2~29.7で、2009年3月が20.0~20.2℃であった。9月底層の水温が表層より1℃以上低かった以外は、表層と底層の大きな差はみられなかった。

DOは9月が5.8~6.4mg/Lで3月が6.6~7.1mg/Lであり、前者が後者より低かった。両季とも水産用水基準(夏秋冬底層のDOが4.3mg/L以下、海域6.0mg/L以上)を満たしていた。pHは9月は7.96~8.02とほとんど差がなかった。3月は7.70~8.29であり、St.4の表層で若干高かった。塩分は9月と3月で31.4~32.6‰であり、大きな差はなかった。

底質調査の結果は、TSが9月及び3月のSt.4及びSt.7で水産用水基準より「汚染がかった泥」に分類された。CODは3.4~3.9mg/gであり、「正常泥」に分類された。

底生生物調査において、汚染指標生物である二枚貝類のシズクガイがSt.4で、9月に111個体、3月に599個体であった。St.7では3月に533個体が出現が確認された。また、St.4でチョウノハナガイ22個体も確認された。TSの増加及び汚染指標種の個体数が増加しており、昨年度より悪化している。そのほか底生生物では(付表1~4)、St.4及びSt.7ともに貝類、多毛類、甲殻類、棘皮類が出現した。出現種数から見た優先分類群は多毛類であった。多様度指数は、9月にSt.4が2.54、St.7が3.39、3月にSt.4が2.69、St.7が2.70であった。

表4 運天原の水質の測定結果

調査日	2008/9/24		2009/3/11		
	St.4	St.7	St.4	St.7	
調査地点					
底層水深	17.38	16.94	15.94	10.71	
水温℃	水深(m)	1	29.72	29.48	20.05
		5	29.05	28.8	20.9
		底層	28.22	28.31	20.16
DO(mg/L)	1	6.36	6.27	6.77	
	5	6.21	6.04	6.78	
	底層	5.79	5.77	6.62	
pH	1	7.96	8.03	8.29	
	5	7.97	8.02	7.64	
	底層	8.02	7.96	7.86	
塩分(‰)	1	31.43	31.9	32.31	
	5	31.91	32.27	32.23	
	底層	32.6	32.6	32.44	
COD(mg/g)	3.35	3.80	3.55	3.85	
TS(mg/g)	0.58	0.29	0.21	0.52	
汚染指標種の出現状況(個体数)	シズクイシガイ	111	-	599	
	チョウノハナガイ	22	22	-	
	ヨツバネスピオsp.	-	-	-	

糸満の水質と底質の調査結果を表5に示した。水温は2008年9月で26.7~29.1℃であり、St.Aの表層が他の層及び地点で1~2℃ほど低かった。2009年3月で21.7~21.9℃であり、層による差はみられなかった。

DOは9月が5.8~6.2mg/Lで、底層の方が高い傾向が見られた。3月は6.7~7.0mg/Lで底層と表層で大きな差はみられなかった。9月が3月より低いが両季とも水産用水基準(表3)を満たしていた。

底質調査の結果は、TSが9月及び3月の調査でSt.A並びに

St.Bで0.25~と0.29mg/gで水産用水基準よりわずかであるが上回っており、「汚染がかった泥」に分類された。CODは1.5~2.3mg/gで「正常泥」に分類された。pHは9月は8.27~8.40とほとんど差がなかった。3月は7.38~7.95であり、ほとんど差はなかった。塩分は9月と3月で33.1~34.9‰であり、大きな差はなかった。

底生生物調査において、汚染指標生物である二枚貝類のシズクガイが3月の調査でSt.AおよびSt.Bにおいてそれぞれ133と22個体確認された。そのほか底生生物では(付表5~8)、St.A及びSt.Bともに貝類、多毛類、甲殻類、古紐虫目、棘皮類が出現した。多様度指数は、9月にSt.Aが2.13、St.Bが0.11、3月はSt.Aが2.78、St.Bが0.89であった。St.Bでは多毛類の優先度が高く、多毛類のChaetozone sp.の個体数が多かったため多様度は低かった。

表5 糸満の水質の測定結果

調査日	2008/9/8			2009/3/25			
	St.A	St.B	St.C	St.A	St.B	St.C	
調査地点							
底層水深	12.37	8.72	9.98	11.85	8.07	7.96	
水温℃	水深(m)	1	26.67	29.14	29.13	21.81	21.91
		5	29.03	29.04	28.63	21.8	21.94
		底層	28.62	28.73	28.57	21.78	21.9
DO(mg/L)	1	6.08	6.09	6.23	6.97	6.79	
	5	5.89	5.81	6.15	6.92	6.69	
	底層	5.76	5.84	5.99	6.78	6.66	
pH	1	8.3	8.33	8.4	7.91	7.38	
	5	8.29	8.37	8.4	7.9	7.75	
	底層	8.27	8.38	8.37	7.91	7.81	
塩分(‰)	1	34.81	34.78	34.87	33.29	33.07	
	5	34.88	34.86	34.86	33.3	33.12	
	底層	34.88	34.82	34.86	33.39	33.23	
COD(mg/g)	2.30	2.10		2.10	1.45		
TS(mg/g)	0.25	0.29		0.27	0.26		
汚染指標種の出現状況(個体数)	シズクイシガイ	-	-	133	-	22	
	チョウノハナガイ	-	-	-	-	-	
	ヨツバネスピオsp.	-	-	-	-	-	

石垣の水質と底質調査の結果を表6に示した。水温は2008年10月に26.7~27.1℃で、2009年3月は23.0~24.3℃であった。各層とも大きな違いは見られなかった。DOは10月が6.25~8.47であり、3月が5.9~7.8であった。表層が高く底層が低い傾向があった。3月のSt.2の底層では水産用水基準を若干下回ったが、水温が24.3℃あったため容存酸素量が低かったと思われる。pHは10月が8.06~8.16、3月が7.71~7.97で大きな違いは見られなかった。塩分は10月と3月で32.00~33.72‰であり、大きな差はなかった。

底質調査の結果は、10月と3月のSt.1とSt.2の両方でTSは0.33~0.44mg/gであり、「汚染がかった泥」に分類された。CODは0.8~1.4mg/gであり、「正常泥」に分類された。

底生生物調査において、汚染指標生物は今回の10月と3月の調査では確認されなかった。そのほか底生生物では(付表9~12)、St.1では多毛類、貝類、甲殻類等が出現しており、St.2では多毛類、棘皮類、甲殻類等が出現した。多様度指数は、9月のSt.1が1.38、St.2が2.56、3月のSt.1が1.99、St.2が2.47であった。St.1とSt.2ともに多毛類の優先度が高かった。

表6 石垣の水質の測定結果

調査日		2008/10/8		2009/3/5		
調査地点		St. 1	St. 2	St. 1	St. 2	
底層水深		8.22	8.55	8.76	8.71	
水温℃	水深(m)	1	27.12	26.97	24.15	24.28
		5	26.82	26.77	23.92	23.82
	底層		26.74	26.75	23.04	23.52
DO(mg/L)		1	8.47	7.75	6.97	6.04
		5	7.4	7.07	7.77	6.6
	底層		6.39	6.25	6.7	5.9
pH		1	8.16	8.15	7.97	7.92
		5	8.1	8.13	7.9	7.8
	底層		8.06	8.11	7.82	7.71
塩分(‰)		1	32	32.19	33.14	33.15
		5	32.59	32.64	33.09	33.12
	底層		33.72	32.79	33.19	32.97
COD(mg/g)		1.00	0.80	0.85	1.40	
TS(mg/g)		0.33	0.44	0.38	0.42	
汚染指標種	シズクイシガイ	-	-	-	-	
の出現状況	ヨツパネスピオ	-	-	-	-	
(個体数)	チョウノハナガイ	-	-	-	-	

2) 養殖生産量とTS及びCODとの関係

年ごとの調査地点での平均値と養殖生産量（漁協調べ）について、生産量のピークは2001年の504tであった。これに対してCODは1年、TSは4年ずれてピークがあった。（図4, 5）

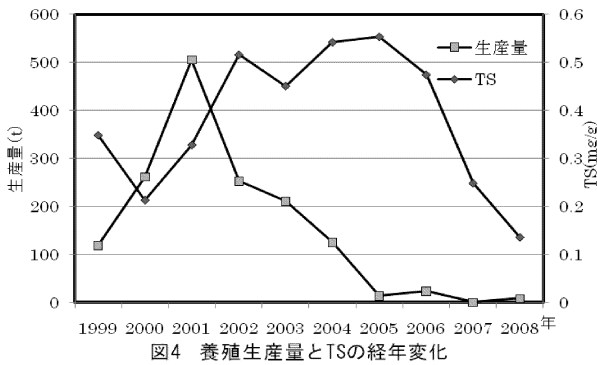


図4 養殖生産量とTSの経年変化

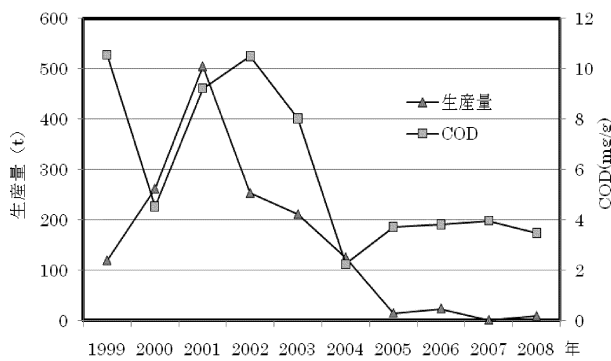


図5 養殖生産量とCODの経年変化

考察

1) 今年度の結果について

運天原と糸満、石垣のいずれの地点でもTSが「汚染がかった泥」に分類された。しかし、CODはいずれも低い値を示しており、横山ほか（2002年）のAVS（酸揮発性硫化物、TSと同じ内容）とCODについて相関があるという報告されているが、今回の結果は違っていた。

2) 養殖生産量とTS及びCODとの関係

これまで、持続的養殖のため環境指標の基準として武

岡、大森（1996）の理論に基づいて養殖量を算出する方法がとられてきた。しかし、この方法では養殖魚種の生物的酸素消費速度がわかっていなくてはならない。また、酸素収支の定常状態がわかっていなくてはならないなど利用が困難である。

そこで運天原をモデルとして、堆積物を指標にして分析を行った。CODは1年、TSは4年ずれてピークがあった。それぞれCODは1年、TSは4年ずらして生産量とCOD、TSの関係を回帰分析を行った（図6, 7）。それぞれCODでは  $y = 0.0147x + 3.0195$ 、 $R^2 = 0.6461$ （y: CODの値, x: 生産量, R: 相関係数）、TSでは  $y = 0.000443x + 0.1681$ 、 $R^2 = 0.4298$ （y: TSの値）となった。TSは  $R^2 = 0.4298$  であり、明瞭な相関はなかった。当該海域ではTSとCODが  $R^2 = 0.00001$  であり、相関がない（図8）ことから、TSの分解していく速度を抑制する要因がある。または、養殖による環境負荷とは違う要因も付加されることが推測される。CODは  $R^2 = 0.6461$  となり、相関があると推定される。さらに2004年のCODは非常に低い値であり、異常値と見なした場合は、この値を除いて再分析すると  $R^2 = 0.8708$  と高い相関を示した（図9）。これらのことからCODと生産量の関係式は、当該海域での持続的な最大の養殖量を定める1つの指標と考えられる。ただし、この生産量とCODの関係式は運天原に限っての関係であり、他の海域では海域での海流の速度や海底の深さなど物理的条件が異なるため、それ以外の海域ではそれぞれに調べる必要がある。

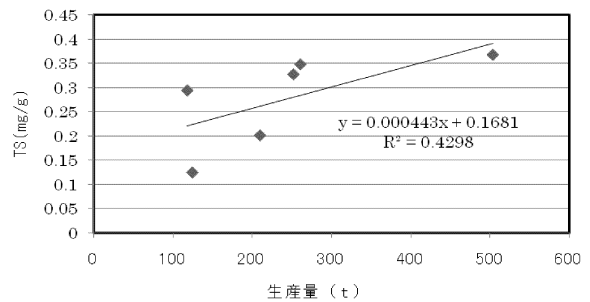


図6 TSと養殖生産量の比較

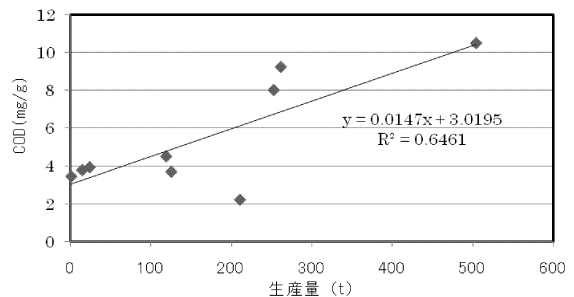


図7 CODと養殖生産量の比較

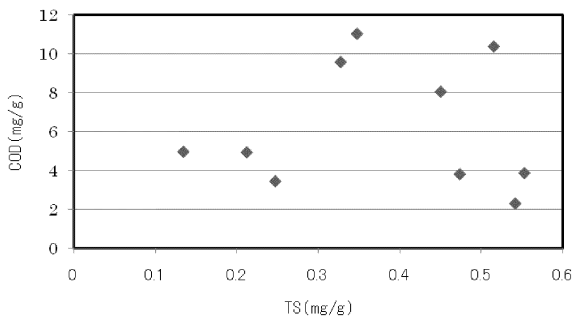


図8 TSとCODの比較

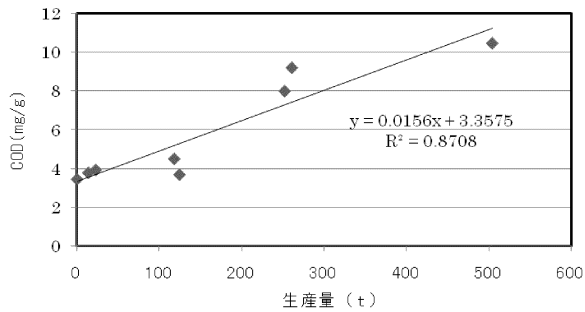


図9 CODと養殖生産量の比較 (2)

文献

環境庁水質保全局水質管理課編, 1975: 過マンガン酸カリウムによる酸素消費量, [底質調査方法とその解説] 社団法人日本環境測定分析協会, 東京, 87-90.

熊谷明子, 諸見里聰, 吉里文夫, 鉢嶺朗, 2003: 養殖漁場環境調査. 平成13年度沖縄県水産試験場事業報告書, 129-141.

松尾和彦, 2008: 養殖漁場環境調査. 平成19年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 69, 80-94.

中村博幸, 佐多忠夫, 吉里文夫, 新垣善也, 2006: 養殖漁場環境調査. 平成16年度沖縄県水産試験場事業報告書, 143-154.

日本水産保護協会, 1975: 「水産用水基準」. 東京, 1-68.

西村昭史, 井上美佐, 山形陽一, 横山寿, 2001: 持続的魚類養殖業のための漁場環境指標設定への試み. 三重科学技術振興センター水産研究部研究報告書, 10, 51-70.

沖縄県水産業改良普及センター, 2000: 平成11年度漁場保全対策推進事業調査報告書 (海面), 1-55.

沖縄県水産業改良普及センター, 2001: 平成12年度漁場保全対策推進事業調査報告書 (海面), 1-51.

沖縄県水産業改良普及センター, 2002: 平成13年度漁場保全対策推進事業調査報告書 (海面), 1-54.

沖縄県水産業改良普及センター, 2003: 平成14年度漁場保全対策推進事業調査報告書 (海面), 1-54.

沖縄県水産業改良普及センター, 2004: 平成15年度漁場保全対策推進事業調査報告書 (海面), 1-54.

沖縄県水産業改良普及センター, 2005: 平成16年度漁場保全対策推進事業調査報告書 (海面), 1-53.

沖縄県水産業改良普及センター, 2006: 平成17年度漁場保全対策推進事業調査報告書 (海面), 1-53.

沖縄県水産業改良普及センター, 2007: 平成18年度漁場保全対策推進事業調査報告書 (海面), 1-53.

沖縄県水産業改良普及センター, 2008: 平成19年度漁場保全対策推進事業調査報告書 (海面), 1-53.

沖縄県水産業改良普及センター, 2009: 平成20年度漁場保全対策推進事業調査報告書 (海面), 1-47.

小澤明子, 杉山昭博, 2005: 養殖漁場環境調査. 平成15年度沖縄県水産試験場事業報告書, 148-157.

佐多忠夫, 中村博幸, 吉里文夫, 新垣善也, 2007: 養殖漁場環境調査. 平成17年度沖縄県水産試験場事業報告書, 120-154.

佐多忠夫, 知名真智子, 中村博幸, 濱川薫, 2007: 養殖漁場環境調査. 平成18年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 131-141.

水産庁研究部漁場保全課, 1997: 「漁場保全対策推進事業調査指針」. 東京, 1-113.

武岡英隆, 大森浩二, 1996: 底質の酸素消費速度に基づく適正養殖基準の決定法. 水産海洋研究, 60, 45-53.

渡邊環, 諸見里聰, 吉里文夫, 2002: 養殖漁場環境調査 (海産魚介類増養殖試験). 平成12年度沖縄県水産試験場事業報告書, 143-154.

横山寿, 2000: 海面魚類養殖漁場の環境基準—その施策と問題点—. 養殖研究所研究報告, 29, 123-134.

横山寿, 西村昭史, 井上美佐, 2002: 熊野灘沿岸の魚類養殖場におけるマクロベントス群集と堆積物に及ぼす養殖活動と地形の影響. 水産海洋研究, 66, 131-141.

養殖漁場環境

付表1 マクロベントス同定表

観測年月		海域名								
2008年9月24日		名護市運天原								
観測点番号		観測点番号								
St.4		St.4								
生物種	個体数									
	①		②		①と②の合計					
	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上				
<b>多毛類</b>										
<i>Anaitides</i> sp.			1		1					
<i>Lumbrineris</i> sp.	2				2					
<i>Chaetozone</i> sp.	1				1					
<i>Poecilochaetus</i> sp.	1				1					
<i>Polycirrus</i> sp.	1				1					
Oligochaeta 貧毛綱			1		1					
<b>甲殻類</b>										
<i>Callipallene</i> sp. カニワラギ目属			1		1					
<b>棘皮類</b>										
<i>Ophiactis</i> sp.	1				1					
<b>軟体類</b>										
<i>Zeuxis</i> sp. カクマシ目イ		1				1				
<i>Phos</i> sp. トナカイ属	1				1					
<i>Pinctada</i> sp. アサギ目属			2		2					
<i>Raetellops pulchella</i> アサギ目属			1		1					
<i>Theora fragilis</i> アサギ目属	1		4		5					
分類群	①			②			全試料 (①+②) の平均値			
	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	
多毛類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	5	0.07	4	2	0.00	2	4	0.04	3
甲殻類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	1	0.00	1	1	0.00	1
棘皮類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	1	0.00	1	0	0.00	0	1	0.00	1
軟体類	1g以上	1	2.11	1	0	0.00	0	1	1.06	1
	1g未満	2	0.00	2	7	0.00	3	5	0.00	3
その他	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
合計	1g以上	1	2.11	1	0	0.00	0	1	1.06	1
	1g未満	8	0.07	7	10	0.00	6	9	0.04	7
多様度 H' (bit)		① 2.75			② 2.32			全試料 (①+②) の平均 2.54		

付表2 マクロベントス同定表

観測年月		海域名								
2008年9月24日		名護市運天原								
観測点番号		観測点番号								
St.7		St.7								
生物種	個体数									
	①		②		①と②の合計					
	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上				
<b>多毛類</b>										
<i>Linopherus</i> sp.	1				1					
<i>Sigambra phuketensis</i> アサギ目属	2				2					
<i>Glycera</i> sp.	1				1					
<i>Lumbrineris</i> sp.	1				1					
<i>Polydora</i> sp.	1				1					
<i>Prionospio pulchra</i> アサギ目属			1		1					
<i>Chaetozone</i> sp.	1				1					
<i>Haploscoloplos</i> sp.	2				2					
<i>Aricidea</i> sp.			1		1					
<i>Mediomastus</i> sp.			1		1					
Oligochaeta 貧毛綱	1		1		2					
<b>甲殻類</b>										
<i>Leptochela pugnax</i> カクマシ目			1		1					
<b>棘皮類</b>										
<i>Ophiactis</i> sp.	3				3					
Amphiridae スナガシ目科			3		3					
<b>軟体類</b>										
<i>Natica gualtieriana</i> ナツメ目	2				2					
<i>Niotha sinusigera</i> アサギ目属			1		1					
Aeolidacea 裸鰓目			1		1					
<i>Musculus nanus</i> ヒナガシ目			1		1					
<i>Pinctada</i> sp. アサギ目属	2				2					
<i>Anodontia edentula</i> アサギ目属	6		3		9					
<i>Raetellops pulchella</i> アサギ目属			1		1					
<b>その他</b>										
Lineidae リネ目科	1				1					
<i>Siphonosema</i> sp. アサギ目属	1				1					
分類群	①			②			全試料 (①+②) の平均値			
	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	
多毛類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	10	0.03	8	4	0.00	4	7	0.02	6
甲殻類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	1	0.01	1	1	0.01	1
棘皮類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	3	0.01	1	3	0.01	1	3	0.01	1
軟体類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	10	0.13	7	7	0.20	5	9	0.17	3
その他	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	2	0.03	2	0	0.00	0	1	0.02	1
合計	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	25	0.20	11	15	0.22	11	20	0.21	11
多様度 H' (bit)		① 3.51			② 3.27			全試料 (①+②) の平均 3.39		

注) 1地点2回採掘し、それぞれ①、②とした。  
表中の\*は0.01g未満を表す。また、生物種名の※印は環境指標種を表す。

松尾

付表3 マクロベントス同定表

観測年月 2009年3月11日		海域名 名護市運天原								
		観測点番号 St.4								
生物種	個体数				①と②の合計					
	①		②		1g未満	1g以上				
	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上				
<b>多毛類</b>										
<i>Sthenolepis</i> sp.			1		1					
<i>Prionospio pulchra</i> (トコノシ) ♀	1				1					
<i>Tharyx</i> sp.			4		4					
<i>Chaetozone</i> sp.	21				21					
<i>Haploscoloplos</i> sp.	2				2					
<i>Capitella</i> sp.	1				1					
<i>Mediomastus</i> sp.	2				2					
<i>Polycirrus</i> sp.			1		1					
<b>甲殻類</b>										
<i>Callipallene</i> sp. カニノゲシノメ属	2		5		7					
<i>Protomys</i> sp. トコノシノメ属			1		1					
<b>棘皮類</b>										
Amphiuridae スナエビノエ科	4		3		7					
<b>軟体類</b>										
<i>Patrasma pusilla</i> キヌカガイ			1		1					
<i>Anodontia edentula</i> カブノケガイ			3		3					
<i>Fulvia hungerfordi</i> フコノケガイ	1		5		6					
<i>Nitidotellina</i> sp. フコノケガイ属	1		2		3					
<i>Theora fragilis</i> シズノケガイ※	17		10		27					
分類群	①			②			全試料 (①+②) の平均値			
	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	
多毛類	1g以上	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	
	1g未満	27	0.19	5	6	0.08	3	17	0.14	
甲殻類	1g以上	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	
	1g未満	2	0.00	1	6	0.01	2	4	0.01	
棘皮類	1g以上	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	
	1g未満	4	0.08	1	3	0.08	1	4	0.08	
軟体類	1g以上	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	
	1g未満	19	0.00	3	21	0.00	5	20	0.00	
その他	1g以上	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	
	1g未満	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	
合計	1g以上	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	
	1g未満	52	0.27	10	36	0.17	11	44	0.22	
多様度 H' (bit)		①			②			全試料 (①+②) の平均		
		2.32			3.06			2.69		

付表4 マクロベントス同定表

観測年月 2009年3月11日		海域名 名護市運天原								
		観測点番号 St.7								
生物種	個体数				①と②の合計					
	①		②		1g未満	1g以上				
	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上				
<b>多毛類</b>										
<i>Anatides</i> sp.			1		1					
<i>Glycera</i> sp.	1				1					
<i>Eunice</i> sp.	1				1					
<i>Notomastus</i> sp.			1		1					
<b>甲殻類</b>										
<i>Callipallene</i> sp. カニノゲシノメ属			2		2					
<i>Byblis japonicus</i> ニホノシノメ	2				2					
<i>Ampelisca</i> sp. スナノケノメ属	2		1		3					
<i>Macrophthalmus</i> sp. フコノケ属	2				2					
<b>棘皮類</b>										
Amphiuridae スナエビノエ科	3		1		4					
<b>軟体類</b>										
<i>Pinctada</i> sp. フコノケ属	1				1					
<i>Anodontia edentula</i> カブノケガイ	2		1		3					
<i>Pillucina pisidum</i> ウシノケ	1		1		2					
<i>Fulvia hungerfordi</i> フコノケガイ			6		6					
<i>Pinguitellina pinguis</i> シズノケガイ	2				2					
<i>Nitidotellina</i> sp. フコノケガイ属	2				2					
<i>Theora fragilis</i> シズノケガイ※	17		7		24					
分類群	①			②			全試料 (①+②) の平均値			
	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	
多毛類	1g以上	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	
	1g未満	2	0.08	2	2	0.02	2	2	0.05	
甲殻類	1g以上	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	
	1g未満	6	0.04	3	3	0.01	2	5	0.03	
棘皮類	1g以上	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	
	1g未満	3	0.00	1	1	0.00	1	2	0.00	
軟体類	1g以上	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	
	1g未満	25	0.00	6	15	0.00	4	20	0.00	
その他	1g以上	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	
	1g未満	0	0.00	0	0	0.00	0	0.00	0	
合計	1g以上	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	
	1g未満	36	0.12	12	21	0.03	9	29	0.08	
多様度 H' (bit)		①			②			全試料 (①+②) の平均		
		2.77			2.62			2.70		

注) 1地点2回採泥し、それぞれ①、②とした。  
表中の+は0.01g未満を表す。また、生物種名の※印は環境指標種を表す。

養殖漁場環境

付表5 マクロベントス同定表

観測年月		海域名					
2008年9月8日		糸満					
観測点番号		観測点番号					
St. A		St. A					
生物種	個体数						
	①		②		①と②の合計		
	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上	
<b>多毛類</b>							
<i>Anaitides</i> sp.			1		1		
<i>Pseudopolydora</i> sp.			1		1		
<i>Scoletelepis</i> sp.			1		1		
<i>Prionospio convexa</i> ビンガタスビオ			1		1		
<i>Tharyx</i> sp.			1		1		
<i>Notomastus</i> sp.	1		2		3		
<i>Polycirrus</i> sp.			1		1		
<i>Chone</i> sp.	1				1		
<b>甲殻類</b>							
<i>Processa</i> sp. ヲウカエビ属			1		1		
<b>軟体類</b>							
Tellinidae ニツカガイ科			1		1		
<b>その他</b>							
Palaeonemertini 古紐虫目			2		2		
分類群	①		②		全試料 (①+②) の平均値		
	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数
多毛類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	2	0.00	2	8	0.06	5
甲殻類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	1	0.01	1
棘皮類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	0	0.00	0
軟体類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	1	0.00	1
その他	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	2	0.01	1
合計	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	2	0.00	2	12	0.08	7
多様度 H° (bit)	①		②		全試料 (①+②) の平均		
	1.00		3.25		2.13		

付表6 マクロベントス同定表

観測年月		海域名					
2008年9月8日		糸満					
観測点番号		観測点番号					
St. B		St. B					
生物種	個体数						
	①		②		①と②の合計		
	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上	
<b>多毛類</b>							
<i>Neanthes caudata</i> ヒメガイ	1				1		
<i>Microspio subaeolata orientalis</i> コアシロガイ			1		1		
<i>Lumbrineris</i> sp.			1		1		
<i>Pseudopolydora</i> sp.			1		1		
<i>Chaetozone</i> sp.	1282		845		2127		
<i>Poecilochaetus</i> sp.	1				1		
<i>Mediomastus</i> sp.			1		1		
<b>甲殻類</b>							
Ostracoda 介形亜綱			1		1		
<i>Alpheus</i> sp. テンボウエビ属	1				1		
<i>Portunus hastatoideus</i> ヒメガミ			1		1		
<b>軟体類</b>							
<i>Anodontia edentula</i> カアラガイ	1				1		
<i>Nitidotellina</i> sp. サカガイ属	2		3		5		
<b>その他</b>							
Palaeonemertini 古紐虫目			1		1		
Enteropneusta ギョウギクワ	1		2		3		
分類群	①		②		全試料 (①+②) の平均値		
	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数
多毛類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	1284	2.54	3	849	1.79	1067
甲殻類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	1	0.01	1	2	0.06	2
棘皮類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	0	0.00	0
軟体類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	3	0.00	2	3	0.00	3
その他	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	1	0.02	1	3	0.07	2
合計	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	1289	2.57	7	857	1.92	1073
多様度 H° (bit)	①		②		全試料 (①+②) の平均		
	0.06		0.15		0.11		

注) 1地点2回採泥し、それぞれ①、②とした。  
表中の+は0.01g未満を表す。また、生物種名の※印は環境指標種を表す。



松尾

付表7 マクロベントス同定表

観測年月		海域名							
2009年3月25日		系溝							
観測点番号		St. A							
生物種	個体数								
	①		②		①と②の合計				
	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上			
<b>多毛類</b>									
<i>Sigambra phuketensis</i>	1				1				
<i>Neanthes caudata</i>			2			2			
<i>Nephtys polybranchia</i>	2					2			
<i>Lumbrineris</i> sp.	1					1			
<i>Chaetozone</i> sp.			9			9			
<i>Notomastus</i> sp.	4		6			10			
<i>Polycirrus</i> sp.	2		2			4			
<i>Chone</i> sp.			3			3			
<b>甲殻類</b>									
<i>Macrophthalmus</i> sp.			1			1			
<b>棘皮類</b>									
<i>Amphiuridae</i>			1			1			
<b>軟体類</b>									
<i>Pinguitellina pinguis</i>			1			1			
<i>Nitidotellina</i> sp.			1			1			
<i>Theora fragilis</i>	5		1			6			
<b>その他</b>									
Palaeonemertini	1		1			2			
Phoronis sp.			1			1			
分類群	①			②			全試料 (①+②) の平均値		
	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数
多毛類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0
	1g未満	10	0.04	5	22	0.09	16	0.07	5
甲殻類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0
	1g未満	0	0.00	0	1	0.01	1	0.01	1
棘皮類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0
	1g未満	0	0.00	0	1	0.00	1	0.00	1
軟体類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0
	1g未満	5	0.00	1	3	0.00	3	4	0.00
その他	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0
	1g未満	1	0.01	1	2	0.01	2	2	0.01
合計	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0
	1g未満	16	0.05	7	29	0.11	23	0.08	10
多様度 H <sup>2</sup> (bit)	①			②			全試料 (①+②) の平均		
	2.52			3.04			2.78		

付表8 マクロベントス同定表

観測年月		海域名							
2009年3月25日		系溝							
観測点番号		St. B							
生物種	個体数								
	①		②		①と②の合計				
	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上			
<b>多毛類</b>									
<i>Neanthes caudata</i>	1		9			10			
<i>Microgaster apolloniensis orientalis</i>	1					1			
<i>Lumbrineris</i> sp.	1		3			4			
<i>Pseudopolydora</i> sp.	1					1			
<i>Spio</i> sp.			1			1			
<i>Chaetozone</i> sp.	716		85			801			
<i>Poecilochaetus</i> sp.	2					2			
<i>Capitella</i> sp.	1		1			2			
<i>Notomastus</i> sp.	3					3			
<i>Mediomastus</i> sp.	5					5			
<i>Chone</i> sp.	4					4			
<b>甲殻類</b>									
<i>Apseudes</i> sp.	1		1			2			
Lysianassidae			5			5			
<i>Amphiscia</i> sp.			1			1			
Isaeidae			2			2			
<i>Protomina</i> sp.			1			1			
<b>軟体類</b>									
<i>Nitidotellina</i> sp.			1			1			
<i>Theora fragilis</i>			1			1			
<b>その他</b>									
Palaeonemertini	2					2			
Enteropneusta	1		2			3			
分類群	①			②			全試料 (①+②) の平均値		
	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数
多毛類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0
	1g未満	735	3.65	10	99	0.31	5	417	1.98
甲殻類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0
	1g未満	1	0.00	1	10	0.01	5	6	0.01
棘皮類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0
	1g未満	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0
軟体類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0
	1g未満	2	0.00	2	0	0.00	1	0.00	1
その他	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0
	1g未満	3	0.01	2	2	0.11	1	3	0.06
合計	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0
	1g未満	741	3.66	111	111	0.43	11	426	2.05
多様度 H <sup>2</sup> (bit)	①			②			全試料 (①+②) の平均		
	0.33			1.45			0.89		

注) 1地点2回採泥し、それぞれ①、②とした。  
表中の+は0.01g未満を表す。また、生物種名の※印は環境指標種を表す。

養殖漁場環境

付表9 マクロベントス同定表

観測年月		海域名								
2008年10月8日		石垣市								
観測点番号		観測点番号								
St. A		St. A								
生物種	個体数									
	①		②		①と②の合計					
	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上				
<b>多毛類</b>										
<i>Glycera</i> sp.			1		1					
<i>Pseudopolydora</i> sp.			1		1					
<i>Spio</i> sp.			2		2					
<i>Prionospio krusadensis</i> ミツハネズビオ			1		1					
<i>Spiochaetopterus costarum</i> アシビキガハチコガイ	11		16		27					
<i>Capitella</i> sp.	2		1		3					
<b>軟体類</b>										
<i>Niotha albescens</i> アカシロ			3		3					
<i>Niotha quadrasi</i> ナガシロ			1		1					
<i>Pinguitellina pinguis</i> ミナギキマダラ			1		1					
分類群	①			②			全試料 (①+②) の平均値			
	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	
多毛類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	13	0.04	2	22	0.08	6	18	0.06	4
甲殻類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
棘皮類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
軟体類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	5	0.34	3	3	0.17	2
その他	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
合計	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	13	0.04	2	27	0.42	9	20	0.23	6
多様度 H° (bit)		①			②			全試料 (①+②) の平均		
		0.62			2.13			1.38		

付表10 マクロベントス同定表

観測年月		海域名								
2008年10月8日		石垣市								
観測点番号		観測点番号								
St. B		St. B								
生物種	個体数									
	①		②		①と②の合計					
	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上				
<b>多毛類</b>										
<i>Glycera</i> sp.	1				1					
<i>Pseudopolydora</i> sp.			2		2					
<i>Spio</i> sp.	1				1					
<i>Chaetozone</i> sp.			1		1					
<i>Spiochaetopterus costarum</i> アシビキガハチコガイ	5		10		15					
<i>Aricidea</i> sp.			1		1					
<i>Arundia lanceolata</i>	1				1					
<i>Capitella</i> sp.			2		2					
<i>Mediomastus</i> sp.			1		1					
<i>Chone</i> sp.			1		1					
<b>甲殻類</b>										
<i>Menaethius monoceros</i> イナガカニ			1		1					
<i>Thalamita</i> sp. ベニツツニ属			1		1					
<b>棘皮類</b>										
<i>Ophiactis</i> sp.			2		2					
Amphiuridae			1		1					
<b>軟体類</b>										
<i>Niotha albescens</i> アカシロ	1				1					
<i>Pinguitellina pinguis</i> ミナギキマダラ	1				1					
<b>その他</b>										
Edwardsiidae			1		1					
分類群	①			②			全試料 (①+②) の平均値			
	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	
多毛類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	8	0.04	4	18	0.08	7	13	0.06	6
甲殻類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	2	0.03	2	1	0.02	1
棘皮類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	3	0.01	2	2	0.01	1
軟体類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	2	0.24	2	0	0.00	0	1	0.12	1
その他	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	1	0.01	1	1	0.01	1
合計	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	10	0.28	6	24	0.13	12	17	0.21	9
多様度 H° (bit)		①			②			全試料 (①+②) の平均		
		2.16			2.95			2.56		

注) 1地点2回採泥し、それぞれ①、②とした。  
表中の+は0.01g未満を表す。また、生物種名の※印は環境指標種を表す。

松尾

付表11 マクロベントス同定表

観測年月		海域名								
2009年3月5日		石垣								
観測点番号		観測点番号								
St. A		St. A								
生物種		個体数								
		①		②		①と②の合計				
		1g未満	1g以上	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上			
<b>多毛類</b>										
<i>Glycera</i> sp.		2		1			3			
<i>Polydora</i> sp.				1			1			
<i>Spio</i> sp.		1					1			
<i>Armandia lanceolata</i>		1					1			
<i>Capitella</i> sp.		6		3			9			
<b>甲殻類</b>										
Isaeidae	イソコエビ科			2			2			
<b>その他</b>										
Edwardsiidae	エドワードシヤク科	1					1			
<i>Phoronis</i> sp.	フォニス属	1					1			
分類群		①			②			全試料 (①+②) の平均値		
		個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数
多毛類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	10	0.04	4	5	0.02	3	8	0.03	4
甲殻類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	2	0.00	1	1	0.00	1
棘皮類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
軟体類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
その他	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	2	0.01	2	0	0.00	0	1	0.01	1
合計	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	12	0.05	6	7	0.02	4	10	0.04	5
多様度 H° (bit)		①			②			全試料 (①+②) の平均		
		2.13			1.84			1.99		

付表12 マクロベントス同定表

観測年月		海域名								
2009年3月5日		石垣								
観測点番号		観測点番号								
St. B		St. B								
生物種		個体数								
		①		②		①と②の合計				
		1g未満	1g以上	1g未満	1g以上	1g未満	1g以上			
<b>多毛類</b>										
<i>Aeanthes caudata</i>	ヒメカイ	1					1			
<i>Glycera</i> sp.		3					3			
<i>Pseudopolydora</i> sp.		3					3			
<i>Spio</i> sp.		2					2			
<i>Spiochaetopterus costarum</i>	アビキヤクカイ	2		1			3			
<i>Capitella</i> sp.		4		2			6			
Oligochaeta	管毛綱	2					2			
<b>甲殻類</b>										
Isaeidae	イソコエビ科			1			1			
<b>棘皮類</b>										
<i>Ophiactis</i> sp.			1				1			
<b>その他</b>										
Edwardsiidae	エドワードシヤク科	1					1			
Palaeonemertini	古紐虫目	1					1			
分類群		①			②			全試料 (①+②) の平均値		
		個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数	個体数	湿重量	種類数
多毛類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	17	0.05	7	3	0.07	2	10	0.06	5
甲殻類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	1	0.00	1	1	0.00	1
棘皮類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	1	0.01	1	1	0.01	1
軟体類	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
その他	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	2	0.02	2	0	0.00	0	1	0.01	1
合計	1g以上	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0
	1g未満	19	0.07	9	5	0.08	4	12	0.08	7
多様度 H° (bit)		①			②			全試料 (①+②) の平均		
		3.01			1.92			2.47		

注) 1地点2回採泥し、それぞれ①、②とした。  
 表中の+は0.01g未満を表す。また、生物種名の※印は環境指標種を表す。