

養殖漁場環境調査

佐多忠夫・中村博幸・吉里文夫

1. 目的

沖縄県内で魚類養殖が本格的に行われるようになり、20数年が経過した。その間、養殖経営体は増加し、養殖生産量が7億円以上に達した年もあったが、ここ2、3年は2～3億円と減少している。また、ここ数年、養殖魚の魚病の発生が増加している。このような状況の中で、養殖による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。そこで、県内で最も古い養殖場である塩屋湾と、沿整事業で整備された糸満市および石垣市八島の漁場環境を調査・比較し、現在の状況把握と今後の環境維持について検討した。

2. 材料及び方法

1) 調査項目と調査方法

環境調査は水質調査、底質調査、流速調査(表1)を塩屋、糸満、石垣の3箇所で実地した。水質調査は、投下式多項目水質測定器(WALK LABO 0071 セントラル科学社製)を用い、水深1m、5mと海底から約1m地点の水温、DO(mg/L)、pHの測定を行った。

底質調査は水質調査地点と同じ地点で、エクマンバージ採泥器(15cm×15cm)を用い、海底泥の採取を行った。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)とCOD(化学的酸素要求量)の分析を行った。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)に従い、過マンガン酸カリウムを用いた滴定法で分析した。

流速調査は石膏球2個を海底上約1mに2～5日間設置し、石膏の減少量から流速を求め、2個の平均値を流速とした。また、適宜2D-ACM電磁流速計(エス・イー・エイ社製)も補足的に利用した。

表1. 環境調査の調査項目

水質調査	水温・DO(溶存酸素量)・pH
底質調査	TS(全硫化物量) COD(化学的酸素要求量)
流速調査	流速

DOや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(日本水産保護協会、1995)を用いた(表2、表3)。

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DO値の基準(水産用水基準)

海域	6.0mg/L	以上
内湾夏季底層	4.3mg/L	以上

2) 調査地概要と調査地点および調査年月日

調査場所は沖縄本島の塩屋湾と糸満地先および石垣島八島地先の3箇所の養殖場であった(図1)。

(1) 塩屋

塩屋地先の養殖場(図2)は内湾にあり、すぐ近くの橋が架かった水路から海水の出入りがある。生け簀が設置されている棧橋付近(St.1)と沖合に設置されている空き生簀付近(St.2)の2カ所で底質調査を行った。なお、水質調査を行ったのはSt.1のみであった。調査は2004年4、5、7、9、10、12月、2005年2月に行った、

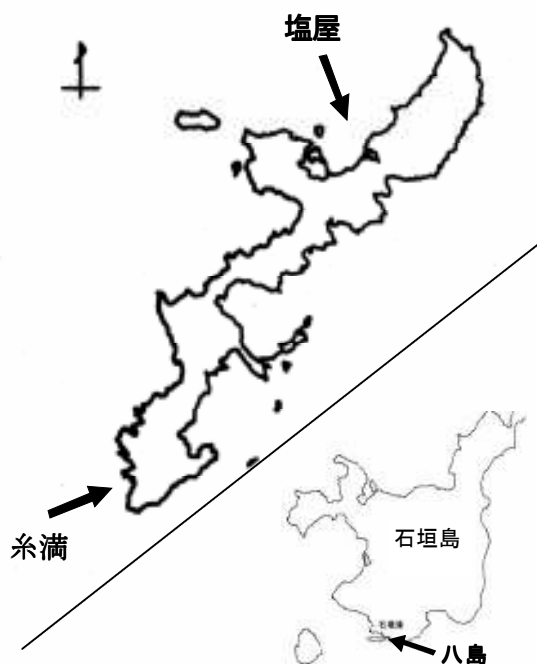


図1. 調査場所の塩屋と糸満と八島の養殖場位置



図2 塩屋の調査地

(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）が設置されている（図3）。2003年から養殖が行われている新しい養殖場である。調査地点はSt.1であり、調査は2004年4, 5, 7, 9, 10, 12月, 2005年2月, 3月に行った。

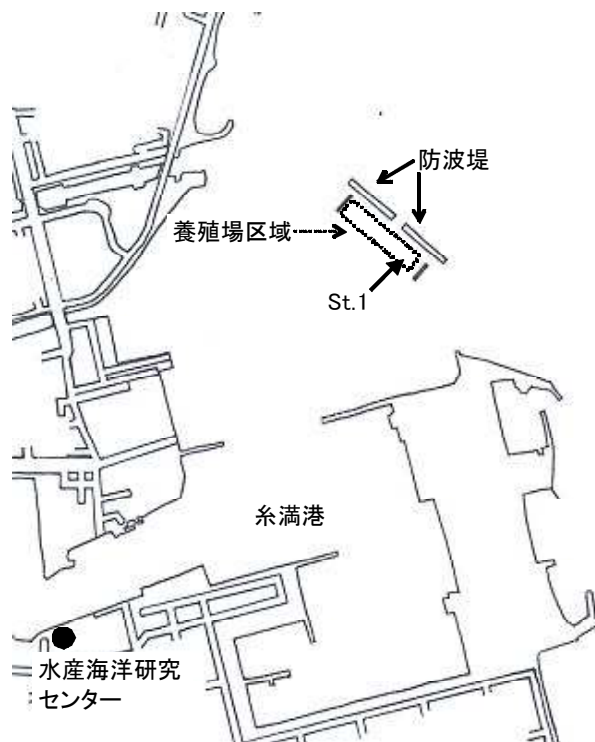


図3 糸満の調査地

(3) 石垣市八島

八島地先の養殖場は、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、平成12年から使用されている比較的新しい養殖場である（図3）。調査地点は浮き桟橋中央（St.1）と桟橋先端（St.2）であった。底質調査は2005年9月と2006年2月に行ったが、水質調査は2005年9月のみ、また流速調査は2006年2月のSt.1のみであった。

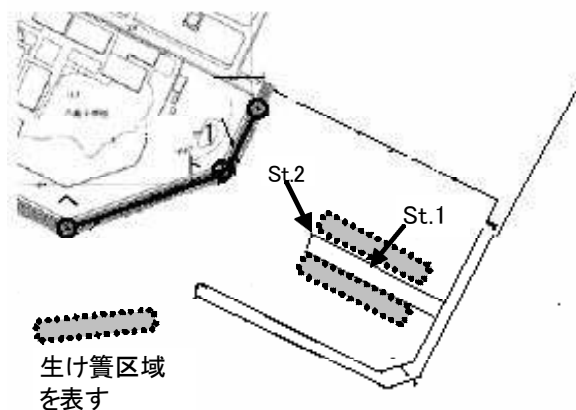


図3 石垣市八島の調査地

3. 結果及び考察

1) 塩屋

調査地点の水質と底質調査結果を表1に示した。

水温は4月に19.6℃であったが以後上昇し、6月と9月に28.8℃と最高を示し、10月以降に低下して12月には19.1℃と最低を示した。水温は夏場に表層(1m)が底層より高くなる傾向がみられた。

DOは4, 6, 9, 10月で表層より底層(10~12m)が低く、12月と2月で表層より底層が高かった。DOは6月の4.5mg/Lが最低であり、水産用水基準(夏季底層のDOが4.3mg/L以下)を上回った。中村ほか(2006)は、2004年の7月と9月の底層のDOはそれぞれ3.6mg/Lと3.9mg/Lで(水産用水基準4.3mg/L以下)あ

り、塩屋でのDOは夏場に低く、冬場に高くなる傾向があり、さらには、表層と比較して底層が低くなる傾向がみられたと報告した。

底質調査の結果は、St.1でTSは0.93~2.06mg/g, CODは11.96~18.66mg/g, St.2でTSは0.30~1.14mg/g, CODは8.67~14.04mg/gであった。St.1, St.2において、TS値はともに水産用水基準による「汚染があった泥」または「汚染泥」に分類されたが、CODでは「正常泥」に分類された。さらにSt.1(養殖を行っている)とSt.2(養殖は行っていない)を比較すると、St.1はTSやCODがSt.2より高く、St.1では養殖の影響によりTSやCODが高なっていることが示唆された。

表4 塩屋の水温、DO、COD、TSの測定結果

		年月日						
		2005/4/5	2005/5/18	2005/6/27	2005/9/8	2005/10/20	2005/12/20	2006/2/21
水温℃	水深(m) 1	19.6	25.1	28.8	28.8	26.1	19.1	19.4
	5	19.8	24.5	26.8	28.1	26.7	18.6	19.3
	10~11m	19.8	24.3	26.6	27.7	26.5	18.0	19.1
	(底層)							
DO(mg/L)	水深(m) 1	5.1	7.0	5.8	6.4	6.7	5.4	6.8
	5	5.1	7.4	4.8	6.0	7.1	5.3	7.5
	10~12	4.9	8.0	4.5	5.6	6.3	5.7	7.5
	(底層)							
pH	水深(m) 1	8.36	8.36	8.13	8.38	8.17	8.67	8.25
	5	8.36	8.36	8.03	8.41	8.21	8.69	8.25
	10~12	8.33	8.32	7.95	8.4	8.19	8.75	8.21
	(底層)							
COD(mg/g)	St.1	18.66	12.57	17.94	11.96	16.74		12.28
	St.2	10.77	9.1	9.82	10.33	14.04		8.67
TS(mg/g)	St.1	2.06	1.62	1.4	1.04	1.03	0.93	1.92
	St.2	0.9	1.11	0.74	0.87	1.14	0.3	0.38

石膏球による流速の測定結果を表5に示した。流速は、2005年6月の測定では0.1m/s以下(小潮)であったが、10, 12月, 2006年2月では0.95~1.3cm/s(中潮~小潮)であった。

表5 塩屋の流速測定結果

設置年月日	回収年月日	水深(m)	流速(cm/s)
2005/6/27	2005/6/29	11.0	0.1<
2005/10/20	2005/10/25	11.5	1.2
2005/12/20	2005/12/26	12.7	1.3
2006/2/21	2006/2/24	12.7	0.95

2) 糸満

水質と底質の調査結果を表6に示した。水温は9月の表層(1m)水温が28.0℃と最も高く、3月の表層が20.3℃で最も低かった。DOは12月の底層が4.6mg/Lと最も低く、2月の5mが6.9mg/Lで最も高かった。各測定月とも表層と底層に大きな差はなかった。中村ほか(2006)はDOが夏場に低い傾向がみられたと報告したが、今回の調査で2005年のDOが12月に最低になったことは、今のところ原因が不明である。pHは8.1~8.8で水深や季節により大きな差は見られなかった。

表6 糸満の水温、DO、COD、TSの測定結果

		年月日								
			2005/4/6	2005/5/19	2005/6/28	2005/9/7	2005/10/19	2005/12/21	2006/2/20	2006/3/14
水温℃	水深(m)	1	21.8	25.1	27.7	28.0	26.8	23.0	21.8	20.3
		5	21.8	25.0	27.1	27.9	26.7	22.6	21.8	20.3
		7～11	21.8	24.9	26.8	27.9	26.7	21.0	21.5	20.9
		(底層)								
DO(mg/L)	水深(m)	1	6.1	5.7	5.3	5.9	5.9	4.8	6.2	6.3
		5	5.9	5.7	5.1	5.8	5.7	4.7	6.9	6.3
		7～11	6.2	5.6	5.2	5.9	5.7	4.6	6.7	6.4
		(底層)								
pH	水深(m)	1		8.3	8.1	8.4	8.4	8.7		8.5
		5		8.3	8.1	8.4	8.4	8.6		8.5
		7～11		8.3	8.1	8.4	8.4	8.6		8.4
		(底層)								
COD(mg/g)			9.3	4.7	5.3	6.2	5.7		2.5	
TS(mg/g)			0.61	0.66	0.46	0.36	0.28	0.08	0.03	

底質調査では、TSが0.03～0.61mg/gで塩屋と比較して非常に低い値であるが、水産用水基準では「汚染がかった泥」に分類された調査月が多かった。CODは2.5～9.3mg/gの範囲で、塩屋と比較して非常に低い値であり、水産用水基準と照らし合わせても「正常泥」に分類された。

表7に流速の調査結果を示した。流速は、石膏球では2.8cm/s（中潮～大潮）と9.0cm/s（大潮～小潮）、2D-ACM電磁流速計では5.3cm/sと5.9cm/sであった。10月19日に設置した石膏球の値と電磁流速計の値の違いは、設置間の長短の違いによるものである。石膏球は設置期間が4、5日の短期のため小潮や大潮によって流速が異なるが、電磁流速計は2週間以上設置が可能であり、一潮以上の平均流速を求めることができる。したがって、平均的な流速を把握するには一潮以上の長期測定が可能な流速計を使用することが良いであろう。

表7 糸満の流速測定結果

回収年月日	水深(m)	流速(cm/s)	備考
2005/9/16	2005/9/20	12	2.8 石膏球
2005/10/19	2005/10/24	9	9.1 石膏球
2005/10/19	2005/11/3	9	5.9 2CDAM
2005/12/21	2006/1/10	9	5.3 2CDAM

3) 石垣市八島

水質の調査結果を表8に示した。2005年9月に行った調査では、水温は28.2～28.6℃で、表層（1m）が底層よりわずかに高かった。DOは4.5～5.7mg/Lで表層より底層が低かった。pHは8.37～8.44で水深により大きな差はなかった。St.1とSt.2の間で水温、DO、pHについて大きな差はなかった。

表8 石垣の水質調査結果

		石垣St.1		石垣St.2
		年月日	年月日	年月日
		2005/9/21	2005/9/21	2005/9/21
水温℃	水深(m)	1	28.6	—
		5	28.2	28.3
		7～8	28.2	28.2
		(底層)		
DO(mg/L)	水深(m)	1	5.7	—
		5	5.5	5.2
		7～8	4.5	4.3
		(底層)		
pH	水深(m)	1	8.44	—
		5	8.43	8.41
		7～8	8.37	8.35
		(底層)		

* St.2の1mは機器不調により測定できなかった。

底質の調査結果を表9に示した。St.1とSt.2のCODは6.70～8.73mg/gで、「正常泥」に分類された。TSは0.15～0.23mg/gで、2006年2月のSt.1を除き「汚染が

った泥」に分類された。中村ほか（2006）によると、2004年9月と2005年3月の調査ではSt.1、St.2はCODとTSとも「正常泥」に分類された。2005年9月と2006年2月でTS値が0.2mg/gを超えたことは、養殖場の環境が悪化し始めていることを示しているので、今後の環境悪化が懸念される。

表9 石垣の水質調査結果

		年月日	
		2005/9/21	2006/2/27
COD(mg/g)	St. 1	6.10	6.26
	St. 2	7.83	8.73
TS(mg/g)	St. 1	0.27	0.15
	St. 2	0.29	0.23

流速は、2006年2月27～3月2日の石膏球による調査で5.0cm/s（大潮）であった。

2001年以降塩屋、糸満、石垣でのTSとCODの調査結果（熊谷ほか 2003；小澤・杉山 2005；中村ほか 2006）をもとに、TSとCODの組み合わせによる底質の分類を図4に示した。塩屋は「汚染泥」の領域にあり、汚染がかなり進行しており、糸満と石垣は「正常泥」や「汚染がかった泥」の領域の入り、環境の悪化が始まりかかっていることが考えられる。

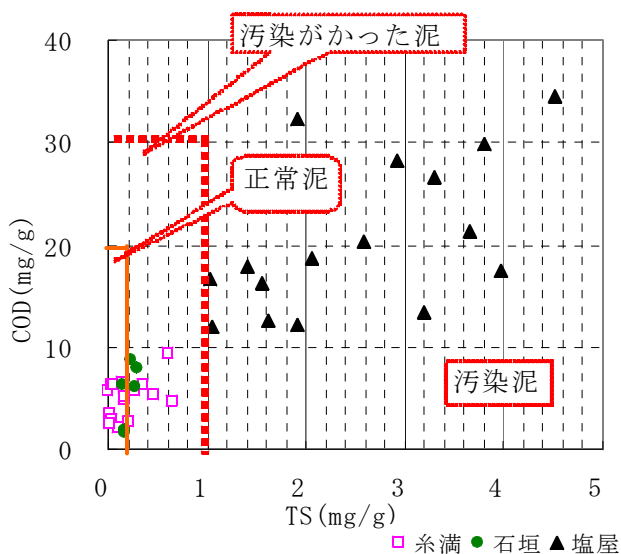


図4 養殖場別のTS（全硫化物量）とCOD（化学的酸素要求量）の関係

塩屋、糸満、石垣の3カ所の養殖場の環境調査を行った結果、使用期間の最も長い塩屋養殖場の環境悪化がかなり進行していることがわかった。塩屋の養殖場は内湾に位置し、台風や季節風による波浪の影響を受けにくい、流速は小さく、海水の循環はそれほど良い場所ではない。そのため、養殖場からの残餌や養殖魚の排泄物が海底にたまり、水質悪化や底質の汚染が進行したと考えられる。また、陸水や河川からの有機物および赤土流出による環境汚染も漁場環境悪化の要因となったと考えられる。

糸満と石垣の養殖漁場は塩屋に比べ養殖が始まって長くはないが、TSが0.2mg/gを超える値もみられ、「汚染がかった泥」に分類されることもあり、環境の悪化が始まっていることが懸念される。したがって今後、漁場環境悪化を防ぐためには、環境のモニタリング調査を継続し、中村ほか（2006）が述べてるように、各養殖場における適正養殖密度を守り、過剰給餌に注意した養殖管理が重要で、官民相互の連携による養殖漁場の持続的利用に向けた取り組みが急務であろう。

4. 参考文献

- 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，149-157.
- 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，諸見里聡，吉里文夫，鉢峰朗，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.
- 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，116-119.
- 日本水産保護協会，1995：水産用水基準，東京，1-68.
- 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.