

鹿児島湾における細菌分布の季節変動

日 高 富 男*

Seasonal Changes in the Distribution of Heterotrophic Bacteria in Kagoshima Bay

Tomio HIDAKA*

Abstract

The seawater samples were collected from 1m, 25m, 50m, and 100m depth layers at 8 stations along center line of Kagoshima Bay, at 17 times of selected seasonal interval, during 1977 to 1984. The heterotrophic bacterial cells in the samples were estimated with plate count method by surface spreading. The microbial cell counts were most abundant at inner area of the bay in horizontal distribution, and were most at 1m depth layer in vertical. They were more abundant on spring and summer than autumn and winter in seasonal change. The range of bacterial numbers in the seawater samples was $10-10^3$ cfu/ml. These results mean that the seawater at the sampling stations of Kagoshima Bay has not been polluted very much as yet.

鹿児島湾は九州南部に位置し、薩摩半島と大隅半島に抱かれて、南北方向に細長くのび、南に開口する半閉鎖した内湾である。しかも湾内には奥からほぼ $\frac{1}{2}$ のところに大隅半島と陸続きの桜島が横たわり、湾奥部と湾中部とを区分している。両海域は狭くて浅い西桜島水道によって連なるものの、湾奥部の閉鎖性は強い。また湾口付近は浅く平坦な鞍部であって、深い湾中部とは区別しうる海域を形成している。これらの区分によって、湾内は湾奥部、湾中部、湾口部の3つの海域に分けられ、それぞれ特徴ある海況を呈している。

鹿児島湾内海域の海況¹⁻⁴⁾や海底地質⁵⁻⁷⁾、海水中の化学物質や栄養塩の測定⁸⁾、プランクトンや魚介類の分布^{9,10)}などについてはそれぞれの文献の中で詳細な報告が見られる。特に昭和52年から3ヶ年間の湾内魚類の水銀汚染にかかわる汚染源調査に際して、広範囲の分野での調査結果が出ている^{11,12)}。また昭和52年6月に湾内で発生した赤潮の発生原因調査においても物理学、化学、生物学など各分野の調査結果が見られる¹³⁾。ところで、それらの調査の中には、微生物学的分野の調査結果は少なく、僅かに鹿児島県が毎年発行している公共用水域の水質測定結果¹⁴⁾、および環境白書¹⁵⁾の中で大腸菌群数の測定結果の記載を見るにすぎない。

著者は近年、鹿児島湾を調査海域として微生物の生態学的調査を進めつつあり、その一部はすでに報告した¹⁶⁾。その一環として湾内海水中の従属栄養細菌数を測定し、その分布をも調

* 鹿児島大学水産学部微生物学研究室 (Laboratory of Microbiology, Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

べている。本報ではその部分にかかわる今までの調査結果をまとめた。細菌分布の様相を示すことによって湾内各海域の汚濁程度の違いや、その経時的変動を知る一助としたい。

実験材料および方法

調査海域 この調査は、鹿児島湾内の湾奥部、湾中央部、湾口部の3海域を通してほぼ中央線に沿って設けた8つの定点において行った。Fig. 1 に示されるように、St. 1, 2 は湾奥部に、St. 3 は湾奥部と湾中央部の境、西桜島水道に、St. 4, 5 は湾中央部に、St. 6, 7 は湾口部に、そしてSt.

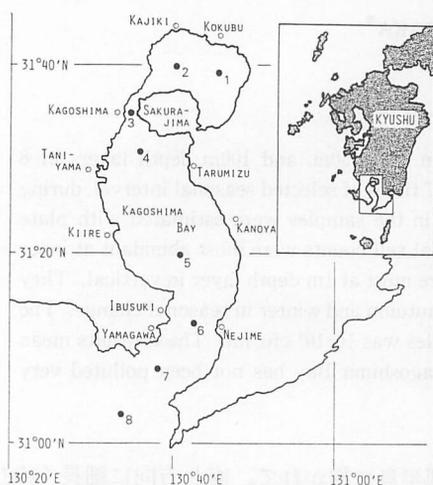


Fig. 1. Location of the sampling stations (●, 1~8) in Kagoshima Bay.

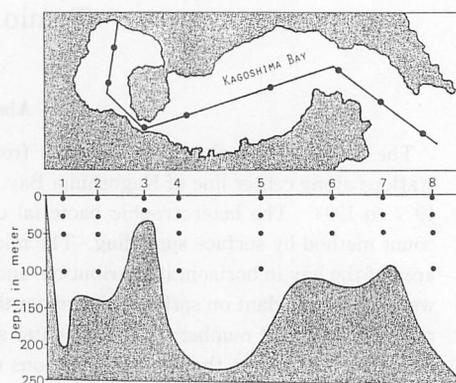


Fig. 2. Graph showing the sampling depths (●) in bottom topography of Kagoshima Bay along the full line through the sampling station.

8 は湾口を少し出た湾外に位置する。鹿児島湾は、Fig. 2に見られるように、西桜島水道と湾口部に形成されている鞍部によって2つの海盆に分かれ、特徴ある海底地形を示す。各調査定点における水深はそれぞれ異なるが、表面下1 m, 25m, 50m, 100mの各層の海水を採取して試料海水とした。もちろん、水深が浅いSt. 3では1 mと20mの2層だけ、St. 6, 7では1 m, 25mと50mの3層である。調査時期によっては、天候や作業の都合で、調査の定点や深度に欠除するものがある。

供試海水 各調査定点における所定深度の海水は、J-Z式採水器を用いて無菌的に採取し、船上で直ちに実験に供した。

水温および塩分測定 供試海水の水温(°C)は試水採取後、直ちに棒状温度計で測定した。また塩分(‰)はイオン測定器(ORION, model 407A)で測定した。ただし'77年7月29日のそれらは、STDを用いた測定値である。

細菌数の算定 海洋性従属栄養細菌の計数、分離、培養には、海水培地、海水寒天培地を使用した。海水培地は75%濃度人工海水1 lにポリペプトン(大五)5 g, 酵母エキス(大五)1 gを溶解し、pH7.6~7.8に調整したものである。これに1.5%濃度に粉末寒天(和光)を加えたものが、海水寒天培地である。なお人工海水の組成(g/l)は、NaCl, 30; KCl, 0.7; MgCl₂·

$6\text{H}_2\text{O}$, 10.8; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 5.4; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 1.0 である。

各試料海水は、0.1 ml ずつを10枚の海水寒天平板に塗抹接種して20~25°Cで培養した。培養6日後、それら平板上に現れた全コロニーを計数し、試料1 ml 当りの従属栄養細菌数を生菌数 (cfu/ml) として算出した。

実験結果および考察

1. 供試海水の水質

鹿児島湾は Fig. 1 に示されるような形状や Fig. 2 に見られるように特徴ある海底地形をもって、閉鎖性が強められている。湾内周辺には大小さまざまな河川や、鹿児島市をはじめ5市10町があり、しかもその大半は湾奥部に集中している。従って、湾内とくに湾奥部にあっては、河川水や都市排水の流入の影響を見逃せない。このように鹿児島湾内の各海域は、基本的には湾の形状や海底地形の影響を強く受けながら、加えて湾内海水の水平および鉛直循環の季節変化、または湾外海水やさまざまな陸水の流入などによって、海況や水質は多様に変化する。

本報に記載する調査は、'77年7月から'84年5月までの間の17回におよぶものである。ここでは、試料海水の水温と塩分の測定値をとりまとめて Table 1 に示した。なお各調査時の湾内潮流を考慮しうるように、その日の月齢や潮時をも付記した。Table 1 によって、まず水深1 m層について、水温を比較すれば、8月頃に最高の28°Cが見られ、2月頃に最低の14~15°Cを示した。その年較差はほぼ13~14°Cであった。また塩分は2月頃に最高の34.5‰、7月頃に最低の30.6‰であって、年較差はほぼ4‰であった。次いで鉛直の変動について見れば、水温、塩分ともに水深50 m層では季節変化が見られるが、100 m層ではそれがごく小さい。成層が顕著な夏季7、8月頃は、水温、塩分ともに水深1 m層から50 m層までの間での変化が大きくて、水温は28°C位から23°C位までに低下し、塩分は、30.6‰位から34.1‰位までに上昇していた。すなわちその深さの間に躍層が形成されている様子がうかがえる。その時期の塩分は、湾奥から湾央、湾口へと進むにつれて高くなる傾向が見られた。秋季11月には水深の違いに伴う水温、塩分の変化が小さくなっていた。それはその頃すでに成層がくずれて循環期に入っていることを示す。さらに進んで冬期2月には水深1 m層から100 m層までの水温、塩分はほとんど変わらず、水温は14.5°C、塩分は34.5‰であった。すなわちその時期には、対流によって水温、塩分躍層は完全に消滅し、表層から深層までほぼ均質な水塊になっていることがわかる。春季4、5月頃は、水温が16~22°C、塩分が31~34.5‰で、冬季と夏季の中間的値であった。4月にはすでに表層部に成層ができており、5月にはそれがかなり進行していた。

2. 細菌分布の季節変動

海水中にはもともと有機物が少なく、従属栄養細菌の増殖や代謝は制限されている。従って他の条件が同じであれば、その場の細菌数と有機物濃度との間には正の相関が見られるはずである。実際、海水中における細菌の分布には不均一性が強く現れるが、それは細菌によって利用される有機物が同様な分布を示すことによって生ずるものと考えられている¹⁷⁾。こ

Table 1. Comparative data on investigation particulars of sample seawater at the stations of Kagoshima Bay, at selected seasonal intervals.

Sampling				Sample seawater	
Date (Moon's age) Tidal hour*	Time	Station No.	Depth (m)	Temp. (°C)	Salinity (‰)
July 29, 1977 (12.8) H: { 05:40 18:52 L: 12:23	10:30	1	1	27.6	31.35
			50	18.6	33.37
			100	15.0	34.09
	12:50	4	1	27.5	30.99
			50	18.5	33.57
			100	14.9	34.10
	14:30	5	1	29.3	32.03
			50	20.8	33.92
			100	15.5	34.47
	15:35	6	1	29.3	31.62
			50	20.0	33.94
	17:35	8	1	29.3	32.87
50			22.5	34.41	
			100	17.4	34.46
June 28, 1978 (22.3) H: 13:22 L: { 07:29 19:27	10:55	1	50	18	
	11:22	2	"	18	
	12:15	3	20	21	
	12:55	4	50	18	
	14:22	5	"	18	
	15:22	6	"	18	
	16:09	7	"	19	
	17:00	8	"	18	
July 27, 1979 (3.1) H: 08:35 L: 15:06	10:30	1	50	23	
	09:55	2	"	22	
	11:45	3	20	24	
	12:20	4	50	22	
	13:50	5	"	22	
	14:50	6	"	22	
	15:40	7	"	22	
May 28, 1980 (13.6) H: { 05:55 18:44 L: 12:27	10:15	1	50	18	
	10:55	2	"	18	
	11:55	3	20	18	
	12:35	4	50	19	
	14:00	5	"	19	
	15:00	6	"	18	
	15:50	7	"	19	
	16:40	8	"	19	

* Tidal hour : H, High tide ; L, Low tide.
Blanks mean "not tested".

(to be continued)

Table 1. (Cont.-1)

Sampling				Sample seawater	
Date (Moon's age) Tidal hour*	Time	Station No.	Depth (m)	Temp. (°C)	Salinity (‰)
Sep. 5, 1980 (25.3) { H : 17:23 L : 10:38	10:03	1	50	25	
	10:39	2	"	23	
	11:38	3	20	25	
	12:19	4	50	22	
	13:54	5	"	23	
	15:01	6	"	24	
	15:58	7	"	24	
	16:29	8	"	23	
May 8, 1981 (3.9) { H : 09:26 L : 16:15	10:10	1	50	17	
	10:45	2	"	17	
	11:40	3	20	17	
	12:15	4	50	18	
	13:45	5	"	18	
	15:00	6	"	19	
	15:45	7	"	18	
	16:35	8	"	18	
Aug. 18, 1981 (18.0) { H : 08:31 L : 15:00	13:40	1	50	23	
	14:20	2	"	23	
	15:15	3	20	27	
	16:00	4	50	25	
Nov. 5, 1981 (8.3) { H : 13:20 L : { 06:05 19:26	10:05	1	50	20	
	10:45	2	"	20	
	11:40	3	20	20	
	12:25	4	50	20	
	13:50	5	"	20	
	14:55	6	"	21	
	15:40	7	"	20	
Jan. 22, 1982 (26.7) { H : 17:23 L : 11:50	12:35	1	50	16	
	13:10	2	"	16	
	14:10	3	20	16	
	14:50	4	50	16	
Feb. 24, 1982 (0.2) { H : 07:54 L : 13:57	13:05	2	50	14	
	12:00	3	20	14	
	11:20	4	50	14	
	09:45	5	"	13	
	08:35	6	"	14	

* Tidal hour : H, High tide ; L, Low tide.

Blanks mean "not tested".

(to be continued)

Table 1. (Cont.-2)

Sampling				Sample seawater		
Date (Moon's age) Tidal hour*	Time	Station No.	Depth (m)	Temp. (°C)	Salinity (‰)	
May 18, 1982 (24.3) { H: 15:23 L: 09:36	10:00	1	1	21	31.1	
			50	17	32.2	
			100	16	33.2	
	10:40	2	1	21	31.5	
			50	18	32.5	
			100	16	31.8	
	12:15	4	1	21	31.5	
			50	18	33.2	
			100	15	33.2	
	13:50	5	1	22	32.9	
			50	19	33.2	
	14:45	6	100	16	33.2	
			1	21	33.9	
	15:40	7	50	19	34.6	
1			22	32.9		
July 15, 1982 (23.6) { H: 14:00 L: { 07:46 19:53	10:00	1	50	19	34.6	
			1	26	30.6	
			25	24	33.4	
			100	18	34.1	
	11:00	2	1	26	31.0	
			25	23	33.8	
			50	19	33.8	
	12:40	4	1	26	34.1	
			25	23	33.4	
			50	20	33.8	
			100	18	33.8	
	14:45	5	1	26	33.8	
			25	22	34.5	
	15:50	6	50	21	34.1	
			1	26	33.8	
	16:40	7	25	23	34.5	
			50	19	34.5	
			1	25	33.8	
				25	22	34.5
				50	20	34.5

* Tidal hour : H, High tide ; L, Low tide.

(to be continued)

Table 1. (Cont.-3)

Sampling				Sample seawater	
Date (Moon's age) Tidal hour*	Time	Station No.	Depth (m)	Temp. (°C)	Salinity (‰)
Apr. 22, 1983 (8.8) { H : 15:20 L : 09:50	10:00	1	{ 1	17	31.8
			{ 50	16	34.5
			{ 100	16	34.5
	10:55	2	{ 1	18	29.7
			{ 50	16	34.5
	11:55	3	{ 100	16	34.2
			{ 1	18	30.4
	12:35	4	{ 20	17	
			{ 1	18	31.4
	13:55	5	{ 50	17	34.2
{ 100			16	34.5	
14:55	6	{ 1	19	32.4	
		{ 50	17	34.2	
15:40	7	{ 1	18	32.4	
		{ 50	17	33.8	
15:40	7	{ 1	17	33.1	
		{ 50	16	33.8	
Aug. 30, 1983 (21.3) { H : 11:00 L : { 04:53 16:58	09:45	2	{ 1	28.2	31.4
			{ 50	20.5	34.2
	10:40	3	{ 1	27.8	32.4
			{ 20	26.8	33.8
	11:20	4	{ 1	29.5	33.5
			{ 25	28.0	34.2
	13:05	5	{ 50	24.0	34.5
			{ 1	28.5	33.5
	14:05	6	{ 50	23.0	33.8
			{ 1	28.8	34.2
14:45	7	{ 50	25.0	34.5	
		{ 1	28.6	34.5	
15:35	8	{ 50	25.0	34.5	
		{ 1	28.0	34.5	
15:35	8	{ 50	23.0	34.5	
		{ 1	28.0	34.5	
Nov. 14, 1983 (9.2) { H : 15:35 L : 08:20	09:55	2	{ 1	20.0	33.3
			{ 25	20.2	34.0
			{ 50	21.0	34.0
	10:55	3	{ 1	21.0	33.7
			{ 20	21.0	34.0
	11:30	4	{ 1	21.0	33.3
			{ 25	21.0	34.6
	12:55	5	{ 50	21.0	34.6
			{ 1	20.5	33.3
	12:55	5	{ 25	21.5	34.6
{ 50			21.5	34.6	

* Tidal hour : H, High tide ; L, Low tide.

(to be continued)

Table 1. (Cont.-4)

Sampling				Sample seawater	
Date (Moon's age) Tidal hour*	Time	Station No.	Depth (m)	Temp. (°C)	Salinity (‰)
Nov. 14, 1983 (Continue)	13:55	6	{ 1	21.5	33.0
			{ 25	21.5	33.7
			{ 50	21.8	34.0
	14:40	7	{ 1	21.0	33.3
			{ 25	21.5	33.7
			{ 50	21.2	34.4
	15:40	8	{ 1	21.5	34.0
			{ 25	21.5	34.4
			{ 50	21.0	34.4
Feb. 16, 1984 (14.1) { H : 07:08 { L : 13:07	13:50	4	{ 1	14.5	34.5
			{ 25	14.5	34.2
			{ 50	14.5	34.2
			{ 100	14.5	34.5
	11:40	5	{ 1	14.5	34.5
			{ 25	14.5	34.5
			{ 50	14.0	34.2
			{ 100	15.0	34.5
	10:15	6	{ 1	15.0	34.5
			{ 25	15.0	34.5
			{ 50	14.0	34.5
			{ 100	14.0	34.5
May 9, 1984 (8.0) { H : 13:13 { L : { 07:57 { 20:16	09:50	1	{ 1	19.0	33.4
			{ 50	16.5	33.4
	10:25	2	{ 1	19.0	33.1
			{ 20	16.5	33.8
	11:20	3	{ 1	19.0	33.5
			{ 50	19.0	33.8
	12:00	4	{ 1	20.0	33.8
			{ 50	18.0	34.5
	13:25	5	{ 1	20.3	34.5
			{ 50	18.3	34.5
	14:25	6	{ 1	20.2	34.5
			{ 50	18.5	34.5
15:10	7	{ 1	19.9	34.5	
		{ 50	18.2	34.5	
16:00	8	{ 1	19.7	34.5	
		{ 50	18.8	34.5	
		{ 100	17.0	34.5	

* Tidal hour : H, High tide ; L, Low tide.

のことが海水中に現れる細菌数を、その場の有機物濃度の指標とする根拠である。
 そこで鹿児島湾内の各調査定点で所定の水深から海水を採取して細菌数を測定した。まず

Table 2. Numbers of heterotrophic bacterial cells (viable count) per ml of seawater samples collected from various depths at the stations of Kagoshima Bay, at selected seasonal intervals.

Date	St. No. Depth (m)								
		1	2	3	4	5	6	7	8
July 29, 1977	1	230			100	140	75		45
	50	35			130	50	35		55
	100	35			95	45			85
May 18, 1982	1	310	470		260	230	280	260	
	50	210	140		120	83	150	110	
	100	130	140		47	24		76	
July 15, 1982	1	520	590		100	47	85	40	
	25	160	140		60	66	60	46	
	50	80	70		55	33	50	70	
	100	80			30				
Apr. 22, 1983	1	350	990	710	300	420	530	240	
	50	95	95	250*	130	100	98	100	
	100	80	55		20				
Aug. 30, 1983	1				280				
	25				60				
	50				70				
Nov. 14, 1983	1		250	190	740	78	44	120	93
	25		190	200*	140	85	81	86	81
	50		140		53	130	96	75	110
Fev. 16, 1984	1				25	20	41		
	25				13	19	29		
	50				20	18	27		
	100				19	10			
May 9, 1984	1	70	110	140	66	16	13	12	26
	50	10	30	210*	42	43	71	70	110

Blanks mean "not tested".

* The samples were collected from 20m depth.

Table 3. Numbers of heterotrophic bacterial cells (viable count) per ml of seawater samples collected from 50m depth at the stations of Kagoshima Bay, at selected seasonal intervals.

Date \ St. No.	1	2	3*	4	5	6	7	8
July 29, 1977	35			130	50	35		55
June 28, 1978	80	75	370	50	30	150	150	90
July 27, 1979	95	140	340	190	190	120	86	
May 28, 1980	90	70	260	540	40	90	98	95
Sep. 5, "	240	73	300	49	72	60	83	73
May 8, 1981	28	30	160	120	41	30	120	100
Aug. 18, "	30	50	5000	110				
Nov. 5, "	300	240	2100	230	170	110	170	
Jan. 22, 1982	130	330	220	170				
Feb. 24, "		140	930	150	120	92		
May 18, "	210	140		120	83	150	110	
July 15, "	80	70		55	33	50	70	
Apr. 22, 1983	95	95	250	130	100	98	100	
Aug. 30, "				70				
Nov. 14, "		140	200	53	130	96	75	110
Feb. 16, 1984				20	18	27		
May 9, "	10	30	210	42	43	71	70	110

Blanks mean "not tested".

* The samples were collected from 20m depth.

ここ数年間における7回の調査結果をTable 2に示した。なおそれ以前'77年にも同様の調査を行っており、その結果をも付記した。Table 2によって細菌の分布を見ると、Table 1に記載した各調査日の潮汐の違いや、別に調査当日および前日の天気の影響などをうけて複雑な変動が見られる。おおまかに、まず調査定点別に比較すれば、細菌数はSt. 1, 2の湾奥部、ついでSt. 6, 7の湾口部に多く、St. 4, 5の湾中央部、St. 8の湾外では少なかった。湾奥部に多いことは前述の地形や周辺事情からうなずける。一方、湾口部で多いことは、近くに、指宿市、山川町などが位置することばかりでなく、そこが鞍部上に位置し、潮流が鞍部にあたり湧昇流を生ずるためであろう。次いで鉛直的な分布を見ると、いずれの定点においても、細菌数は1m層に多く25m層と50m層ではほとんど差がないが、100m層では明らかに減少していた。1m層の細菌数は潮汐や天気、特に調査前日の雨量などの影響を受けて変動が激しい。それに比べて25m, 50m層ではその変動が少なく、日々変化を避けて長期的な変動を見るに適している。また季節的な変動としては、一般的に細菌数は春季、夏季に多く、秋季から減少しはじめて冬季には少なかった。

次いで、水深50m層の海水について、'77年7月から'84年5月までの7年間に17回におよぶ調査の結果をTable 3にまとめた。Table 3に記される細菌数も、水平的、季節的にはTable 2とほぼ同様な傾向で変動している。'80年~'82年頃に細菌数が若干増える傾向が見られて、

湾内海水の汚濁が進行しているかのような印象を与えた。特に西桜島水道の St. 3 で高い値を示した。この St. 3 も、St. 6, 7 と同様に、都市の近くに位置し、かつ鞍部上にあたる。従って都市排水の影響に加えて潮流が鞍部にあたって湧昇流を生じ、底層の有機物濃度の高い水塊をまき上げることなどによって、細菌数が高くなっているものと考えられる。その後、細菌数は減少し、低い細菌数で安定し続けている。これが、鹿児島県が推進している、鹿児島湾ブルー計画の成果であれば喜ばしい経過である。これら細菌数の変動は 1 ml 当たりせいぜい数十から数百までの範囲内であって、千を越えることは少なかった。

これらの結果を総合して、海域の栄養階級区分基準¹⁸⁾に照らしてみれば、鹿児島湾内各調査定点海域は貧栄養域ないし富栄養初期の段階に類する。しかもここ 5, 6 年の間に細菌数が増加する傾向は認められていない。本報における調査は湾内の中央線に沿って設けた調査定点 8 点についてであり、いわば湾の沖合においては、汚濁はまだあまり進んでいないと言える結果であった。

要 約

鹿児島湾の湾奥、湾央、湾口および湾外を通して 8 定点を設け、各定点における所定深度から海水を採取した。供試海水は、海水寒天平板塗抹培養 (20~25°C, 6 日間) 法によって従属栄養細菌の生菌数 (cfu/ml) を算定した。

その結果、細菌数は湾奥部に多く、次いで湾口部、湾央部、湾外の順に少なくなっていた。また、鉛直的には表層 (1 m 層) に多く 25 m 層、50 m 層はやや少なく、100 m 層では明らかに減少していた。季節的には、春季、夏季に多く、秋季に減少しはじめ、冬季に少なかった。これら細菌数の変動の範囲は $10 \sim 10^3$ cfu/ml であって、それらを海域の栄養階級区分基準に照らしてみれば、鹿児島湾内各調査定点海域は貧栄養域ないし富栄養初期の段階に類する。そして鹿児島湾沖合では、汚濁はあまり進んでなかった。

終りに、これら調査の試水採取に際し多大のご支援をいただいた、本学練習船“南星丸”(83 トン) の柿本亮船長はじめ乗組員各位に深謝する。また実験の一部はそれぞれの年度の卒論学生諸君の協力によって進められた。記して謝意を表す。

文 献

- 1) 高橋淳雄, 茶円正明, 田代克憲, 吉田賢二(1974): 鹿児島湾における汚染進行に関与する海洋自然環境について。鹿児島湾水域環境調査報告書, 鹿児島県。
- 2) 高橋淳雄(1977): 鹿児島湾の水利。沿岸海洋研究ノート, 14(1・2), 19-24。
- 3) TAKAHASHI, T. (1981): Seasonal differences of the circulation processes in a coastal basin nearly closed by land. *Ocean Management*, 6, 184-200。
- 4) 茶円正明(1978): 錦江湾の海洋環境。錦江湾—自然と社会—, 南日本新聞開発センター, 25-28。
- 5) 早坂祥三, 大木公彦, 大塚裕之, 東川勢二(1976a): 鹿児島湾口部の海底地形と底質(鹿児島湾の地質学的研究—II)。鹿児島大学理学部紀要(地学・生物学), 9, 41-51。
- 6) 早坂祥三, 大木公彦, 大塚裕之, 東川勢二(1976b): 鹿児島湾奥部の海底地形と底質(鹿児島湾の地質学

- 的研究—Ⅲ), 鹿児島大学理学部紀要 (地学・生物学), 9, 53—73.
- 7) 大木公彦, 早川祥三(1983): 鹿児島湾の底質と地形. 沿岸海洋研究ノート, 21(1), 1—10.
 - 8) 鎌田政明, 大西富雄, 米原範伸, 坂元隼雄, 河嶋拓治(1974): 鹿児島湾への汚染物質の供給および湾内海水の現況水質について. 鹿児島湾水域環境調査報告書. 鹿児島県, 85—135.
 - 9) 野沢洽治, 税所俊郎(1980): 鹿児島湾のプランクトン. 海洋科学, 12(9), 654—672.
 - 10) 税所俊郎(1983): 鹿児島湾における沿岸および外洋プランクトンの分布. 沿岸海洋研究ノート, 21(1), 29—35.
 - 11) 鹿児島県(1977): 鹿児島湾の水銀汚染に係る環境調査報告書.
 - 12) 平田博行, 安部美津子, 土器屋由紀子, 肥後伸夫, 税所俊郎, 鎌田政明, 堀部純男, 吉田多摩夫(1983): 鹿児島湾魚類の水銀濃縮. (平野敏行編), “海の環境科学” 233—288, 恒星社厚生閣.
 - 13) 水産庁(1978): 鹿児島湾赤潮発生原因調査研究報告書—昭和52年6月発生 of *Hormellia* 赤潮—.
 - 14) 鹿児島県(1977, 1978, 1979, 1980, 1981): 公共用水域の水質測定結果.
 - 15) 鹿児島県(1978, 1979, 1980, 1981, 1982): 環境白書.
 - 16) 日高富男(1983): 鹿児島湾における発光細菌分布の季節変動. 沿岸海洋研究ノート, 21(1), 19—28.
 - 17) KRIS, A. E. (1963): “Marine Microbiology”, Translated from Russian by SHEWAN, J. M. and Z. KABATA. 17—107. Oliver and Boyd Ltd., London, England.
 - 18) 吉田陽一(1973): 低次生産段階における生物生産の変化. 日本水産学会編 “水圏の富栄養化と水産増養殖”, 92—103, 恒星社厚生閣.