HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	和歌山県田辺湾における細菌相の変動
Author(s)	宮崎, 亜希子; MIYAZAKI, Akiko; 東, 悦子 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 46(2), 19-30
Issue Date	1995-08
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/24148
Type	departmental bulletin paper
File Information	46(2)_P19-30.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北大水産彙報
46(2), 19-30. 1995.

和歌山県田辺湾における細菌相の変動

宮崎亜希子[1)]・東　悦子[1)]・絵面　良男[1)]

Changes in Bacterial Flora in Tanabe Bay, Wakayama Prefecture

Akiko MIYAZAKI[1)], Etsuko HIGASHI[1)]
and Yoshio EZURA[1)]

Abstract

Changes of generic composition of heterotrophic bacterial population of samples from the stations of Tanabe Bay in Wakayama Prefecture were examined during the summer seasons of 1989 and 1990. In 1989, when the red tide caused by *Gymnodinium mikimotoi* (=*G. nagasakiense*) has never been observed in the bay, *Moraxella-Acinetobacter* was the most frequently isolated, followed by *Alteromonas* and *Flavobacterium-Cytophaga*. *Vibrio* formed only a small proportion in a few samples. In 1990, when the red tide has been observed, the predominant group of bacterial populations changed in each sample collected during the development and decline stages of the red tide. For example, it was *Flavobacterium-Cytophaga* at 12 June, *Alteromonas* at 7 July, *Vibrio* at 24 July and *Moraxella-Acinetobacter* at 21 August in surface water at Station 4. A distinctive changes in bacterial population related to the prosperity and decline of red tide by *G. mikimotoi* is as follows, *Vibrio* increased in the pre-blooming stage and decreased in the bloom, while *Moraxella-Acinetobacter* showed the reverse tendency to that.

Key Word: 海洋細菌，細菌相，*Gymnodinium mikimotoi*，赤潮

緒　　言

赤潮の発生機構については永年にわたり調査研究が行われ，これまでに赤潮発生の物理・化学的環境要因や赤潮プランクトンの生態について詳細に調べられてきた。しかし，赤潮の発生には多数の要因が錯綜し，未だに赤潮を予知し，防除するには至っていない。

ところで，海洋微生物は海水中に多数存在し，海洋の物質循環や低次の食物連鎖網に大きく関与しているにも関わらず，これまで，海洋微生物と赤潮プランクトンの生態との関連性についてはほとんど注目されていなかった。しかし，近年，赤潮プランクトンの増殖促進あるいは阻害に細菌群が関与している可能性を示唆する報告が徐々に増加しつつある (Riquelme et al., 1988; Sakata, 1990; Fukami et al., 1992; Mitsutani et al., 1992; Imai et al., 1993)。

そこで，本報では長年にわたり *Gymnodinium mikimotoi* (=*G. nagasakiense*) 赤潮が多発し，ハマチ養殖その他に多大の被害を出している和歌山県田辺湾を対象として，細菌相の変動を調べ，細菌相と赤潮の発生・消長との関連性について検討したので現在までに得られた結果を報告する。

[1)] 北海道大学水産学部微生物学構座
(*Laboratory of Microbiology, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)

実 験 方 法

供試菌株

Fig. 1 に示した和歌山県田辺湾で赤潮が多発する湾奥部に設けた定点 4 の表面水，底層水 (8 m) および底土と赤潮がほとんど発生しない湾口部の定点 17 において，1989 年 6 月～8 月にかけて 6 回，1990 年 6 月～9 月にかけて 8 回にわたり試料を採取した。なお，試料採取は，和歌山県水産試験場によって実施された。また，1990 年には定点 4, 17 の他に赤潮の発生が予想された定点 6, 7, 12 でも試料を採取した。採取された試料は直ちに氷冷状態で京都大学農学部水産微生物学研究室に送付され，適宜希釈した試料を $ST10^{-1}$ 寒天平板培地 (Ishida et al., 1986) に塗抹，20°C 14 日間培養後，各試料塗抹平板上に形成された約 40 集落を無作為に釣菌し，同培地に接種後，当研究室に送付された。当研究室において CPY 培地 (Difco-casitone 1.0 g, Difco-proteose peptone 0.5 g, Difco-Yeast extract 1.0 g, Daigo-Agar 13.0 g, 75% 天然海水，1,000 ml, pH 7.5) で純粋分離を繰り返し，得られた総計 1,636 菌株を供試菌株とした (Table 1)。供試菌株の継代および以下の性状検査には特定のものを除き CPY 培地を用い 20°C で培養した。

性状検査および同定

常法に従い (医科学研究所学友会，1976)，グラム染色 (Hucher の変法)，運動性，色素産生性，芽胞染色，ゼラチン分解試験，オキシダーゼ試験 (Kovacs 法)，寒天分解試験を行い，その他，鞭毛染色 (West et al., 1977)，グルコースの酸化・発酵試験 (Leifson, 1963)，塩類要求性 (Hidaka and Sakai, 1968), DNA 分解試験 (Jeffries et al., 1957) を行った。得られた結果を基にして，絵面・清水の方法 (絵面，1990) に準拠して属レベルの同定を行った。

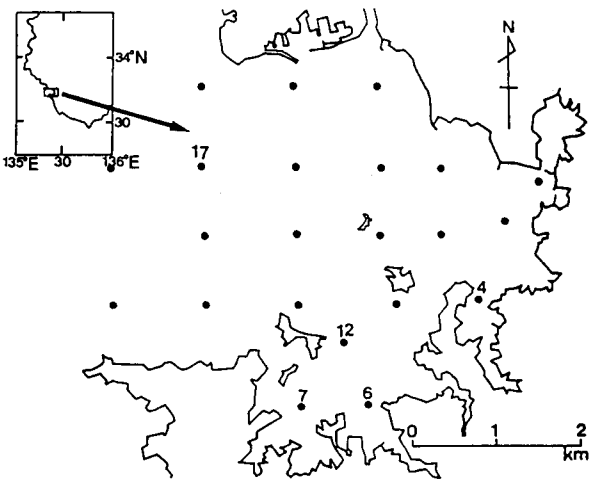

Fig. 1. Sampling station in Tanabe Bay.

Table 1. Sampling date, stations and number of isolated bacteria.

Sampling date		Number of isolated bacteria							
		Station 4			Station 17		Station 6	Station 7	Station 12
		0 m	8 m	Mud	0 m	10 m	0 m	5 m	0 m
	6/13	40	40	40		40			
	6/27	24	32	24		33			
1989	7/11	40	32	36		40			
	7/25	29	30	32		36			
	8/15	30	37	38		33			
	8/29	36	40	40		40			
	6/12	12	28		18				
	6/26	31	33	33	25				
	7/10	24	31	33	26				
1990	7/17	22						31	
	7/24	24	30		12				
	8/07	21	27	5	20		32		22
	8/21	26	32	13	39				
	9/04	35	27	7	38		37		

結果および考察

田辺湾の概要

田辺湾は紀伊半島の中央に位置し (Fig. 1), 西向きに開口した面積 137.3 km^2 の小湾で外海水が湾口南部より流入し，反時計回りに流れる (竹内・芳養，1980)。湾北部には会津川が流入して平坦な砂浜海岸を形成しているが，湾東部から南部にかけてはリアス式様海岸で，浦と呼ばれる入江が多い。この入江を利用したハマチ養殖は和歌山県の魚類養殖量の 50% 以上を占めている。しかしながら 1977 年から *Gymnodinium mikimotoi* による赤潮が発生するようになり，その度に大きな被害を被っている (竹内，1990)。なお，同湾における *G. mikimotoi* 赤潮は例年水温が 25°C 以上となる 6 月下旬から 8 月下旬にかけて発生するが，本研究調査年の 1989 年には全く赤潮が発生しなかった (竹内ら，1990)。しかし，1990 年には 6 月上旬から *G. mikimotoi* の細胞が検出され始め，8 月上旬に赤潮となり 8 月下旬に消滅した (竹内ら，1991)。

1989 年の細菌相の変化

1989 年の田辺湾調査定点における細菌相の調査結果を Table 2 に示し，その中の海洋型細菌各属の変動を Fig. 2 に示した。

定点 4 の表面水では，6 月から 8 月にかけての試料に海洋型 *Moraxella-Acinetobacter* 属群が常在し，特に 6 月 27 日には，同属群が 100% を占めた。一方，7 月 11 日には海洋型 *Alteromonas* 属，7 月 25 日と 8 月 15 日には海洋型 *Flavobacterium-Cytophaga* 属群が優勢であった。なお，8 月 29 日の試料は他の時期と異なり，すべて陸型の菌であった。

定点 4 の底層水 (8 m) では，海洋型 *Alteromonas* 属と海洋型 *Moraxella-Acinetobacter* 属群が出現し，6 月 13 日と 27 日は海洋型 *Alteromonas* 属，7 月 25 日は海洋型 *Flavobacterium-Cytophaga* 属

Table 2. Generic composition of bacterial flora in Tanabe Bay, 1989.

	Genus	Jun. 13				Jun. 27			
		Station 4			Station 17	Station 4			Station 17
		0 m	8 m	mud	10 m	0 m	8 m	mud	10 m
M or H type	*Alteromonas*	40.0(%)	55.0(%)	0 (%)	27.5(%)	0 (%)	53.1(%)	20.8(%)	15.1(%)
	Pseudomonas	5.0	0	10.0	0	0	0	0	0
	Alcaligenes	10.0	0	0	0	0	3.1	16.7	0
	Vibrio	15.0	7.5	0	0	0	6.3	0	0
	Moraxelle-Acinetobacter	27.5	17.5	42.5	70.0	100.0	34.4	41.7	69.7
	Flavobacterium-Cytophaga	2.5	20.0	10.0	2.5	0	0	8.3	0
T type	*Pseudomonas*	0	0	0	0	0	0	0	0
	Alcaligenes	0	0	0	0	0	0	0	0
	Moraxella-Acinetobacter	0	0	32.5	0	0	0	0	0
	Flavobacterium-Cytophaga	0	0	2.5	0	0	0	0	0
	Aeromonas	0	0	0	0	0	0	0	0
	Staphylococcus	0	0	0	0	0	3.1	0	6.1
	Bacillus	0	0	0	0	0	0	12.5	6.1
	unidentified	0	0	2.5	0	0	0	0	3.0
	number of strains	40	40	40	40	24	32	24	33

M : marine H : halophilic T : terrestrial

Table 2. Continued.

	genus	Jul. 11				Jul. 25			
		Station 4			Station 17	Station 4			Station 17
		0 m	8 m	mud	10 m	0 m	8 m	mud	10 m
M or H type	*Alteromonas*	72.5(%)	21.9(%)	19.5(%)	90.0(%)	3.4(%)	10.0(%)	12.6(%)	55.5(%)
	Pseudomonas	0	25.0	0	2.5	0	0	28.0	0
	Alcaligenes	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vibrio	5.0	31.3	2.8	2.5	0	0	9.4	22.2
	Moraxella-Acinetobacter	22.5	15.6	63.9	2.5	10.3	23.3	15.6	13.9
	Flavobacterium-Cytophaga	0	0	0	0	82.9	53.4	25.0	8.4
T type	*Pseudomonas*	0	0	0	0	0	0	0	0
	Alcaligenes	0	0	0	0	0	0	0	0
	Moraxella-Acinetobacter	0	0	2.8	0	0	13.3	0	0
	Flavobacterium-Cytophaga	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aeromonas	0	3.1	0	0	0	0	0	0
	Staphylococcus	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bacillus	0	3.1	11.0	0	0	0	9.4	0
	unidentified	0	0	0	2.5	3.4	0	0	0
	number of strains	40	32	36	40	29	30	32	36

M : marine H : halophilic T : terrestrial

Table 2. Continued.

	Genus	Aug. 15				Aug. 29			
		Station 4			Station 17	Station 4			Station 17
		0 m	8 m	mud	10 m	0 m	8 m	mud	10 m
M or H type	*Alteromonas*	0 (%)	2.7(%)	0 (%)	0 (%)	0 (%)	0 (%)	0 (%)	0 (%)
	Pseudomonas	0	0	0	3.0	0	0	0	0
	Alcaligenes	0	0	0	0	0	0	0	0
	Vibrio	0	40.6	0	0	0	0	0	0
	Moraxella-Acinetobacter	26.7	16.2	0	88.0	0	0	0	5.0
	Flavobacterium-Cytophaga	63.3	29.7	2.6	9.0	0	0	0	0
T type	*Pseudomonas*	3.3	2.7	7.9	0	22.2	25.0	27.5	17.5
	Alcaligenes	0	0	0	0	0	0	0	0
	Moraxella-Acinetobacter	6.7	8.1	76.3	0	75.0	60.0	50.0	60.0
	Flavobacterium-Cytophaga	0	0	13.2	0	2.8	15.0	22.5	15.0
	Aeromonas	0	0	0	0	0	0	0	0
	Staphylococcus	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bacillus	0	0	0	0	0	0	0	0
	unidentified	0	0	0	0	0	0	0	2.5
	number of strains	30	37	38	33	36	40	40	40

M: marine H: halophilic T: terrestrial

群が優勢であった。なお，8月29日はすべて陸型菌であった。

定点4の底土では6月13日から7月11日にかけて海洋型 *Moraxella-Acinetobacter* 属群が増加し，それに対して陸型菌の割合が減少した。7月25日は海洋型 *Pseudomonas* 属と海洋型 *Flavobacterium-Cytophaga* 属群が多かった。なお，8月15日，29日は陸型菌が大勢を占めた。

定点17の中層水 (10 m) では，6月が海洋型 *Moraxella-Acinetobacter* 属群が，7月が海洋型 *Alteromonas* 属が優勢で8月15日に再び前者が優勢となった。なお，8月29日は陸型菌が優勢であった。

上述のように底泥試料以外ではいずれの試料においても海洋型細菌が90%以上を占めていた。しかしながら，8月29日に採取した試料はすべて陸型菌によって占められ，その構成は陸型 *Pseudomonas* 属が17.5～27.5%，陸型 *Moraxella-Acinetobacter* 属50～75%，陸型 *Flavobacterium-Cytophaga* 属2.8～22.5%であった。これはこの時期に台風の接近による多量の降雨があり，塩分濃度が約10%近く減少し，成層がなく，栄養塩が急増していたことから (竹内ら，1990)，陸水の多量の流入による影響と考えられる。

1990年の細菌相の変化

1990年の同湾調査定点における細菌相の調査結果を Table 3 に示し，その中の海洋型細菌各属の変動と竹内ら (1991) が調査した *G. mikimotoi* 細胞数を Fig. 3, Fig. 4 に示した。

定点4の表面水の細菌相は6月12日には海洋型 *Flavobacterium-Cytophaga* 属群が90%以上を占めた。しかし，6月26日以降は海洋型 *Alteromonas* 属と海洋型 *Moraxella-Acinetobacter* 属群が優勢となり，7月10日には両群で87.5%を占めた。また，*G. mikimotoi* 細胞数の増加が認められる

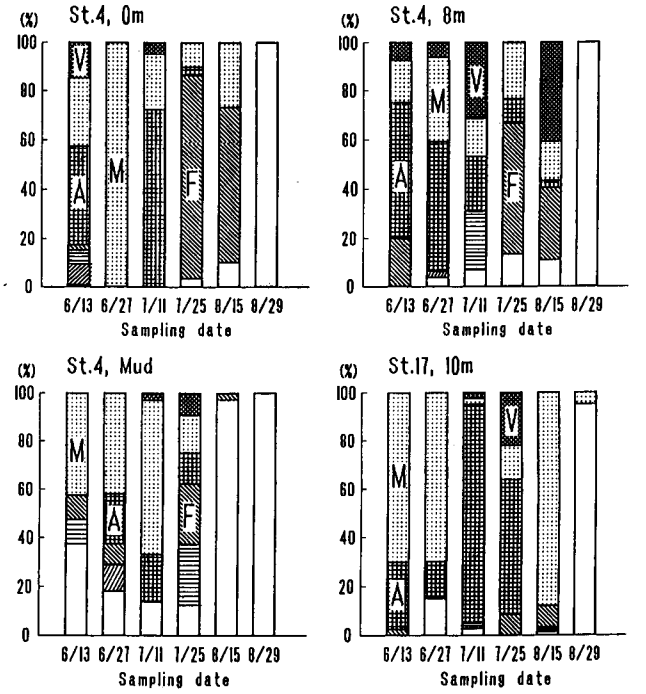

Fig. 2. Changes in generic composition of marine bacteria isolated from Stations 4 and 17 in Tanabe Bay, 1989.

▩ : *Vibrio*　　⬚ : *Moraxella-Acinetobacter*
▥ : *Alteromonas*　　▧ : *Flavobacterium-Cytophaga*
▤ : *Pseudomonas*　　▨ : *Alcaligenes*
□ : Others

直前から海洋型 *Vibrio* 属が出現し，7 月 17 日の 31.8% から 8 月 7 日の 52.4% まで増加した後，急速に減少した。それに代わって 8 月 21 日から 9 月 4 日にかけ，海洋型 *Alteromonas* 属と海洋型 *Moraxella-Acinetobacter* 属群が増加した。

定点 4 の底層水 (8 m) では，海洋型 *Alteromonas* 属が常に 25% 以上を占め，特に 7 月 10 日には 90% 以上となった。7 月 24 日に海洋型 *Vibrio* 属が 46.7% と優勢であったが，*G. mikimotoi* 細胞数がピークとなった 8 月 21 日には検出されず，代わって，海洋型 *Moraxella-Acinetobacter* 属群が増加した。また，*G. mikimotoi* が検出されなくなった 9 月 4 日には海洋型 *Vibrio* 属が 44.5% と再び高率となった。

定点 4 の底土では表・底層水と異なり，海洋型 *Moraxella-Acinetobacter* 属群が優勢で，7 月 10 日に海洋型 *Vibrio* 属が，8 月 21 日には海洋型 *Alteromonas* 属が多くみられた。陸型菌も多く出現し，特に 9 月 4 日には陸型の *Aeromonas* 属や Enterobacteria 科などいわゆる生活排水汚染をうかがわせる細菌群が高率を占めた。なお，底土試料からは *G. mikimotoi* は検出されなかった。

ところで，同湾中央部で 6 月 5 日から *G. mikimotoi* が検出され始め，その後，検出域が東部と南部を中心に拡大し，7 月 17 日から細胞数が増加し，8 月 7 日に南東部で赤潮状態となり，それが徐々に北部へと移行し，8 月 28 日に消滅した。定点 4 では，6 月 10 日から *G. mikimotoi* が検出され始めたが，8 月 13 日に一時に 1,000 cells/ml と赤潮状態となったが，8 月 21 日には，40 cells/

Table 3. Generic composition of bacterial flora in Tanabe Bay, 1990.

	Genus	Jun. 12			Jun. 26			
		Station 4		Station 17	Station 4			Station 17
		0 m	8 m	0 m	0 m	8 m	mud	0 m
M or H type	*Alteromonas*	0 (%)	28.6(%)	5.6(%)	38.8(%)	60.7(%)	0 (%)	20.0(%)
	Pseudomonas	0	7.1	0	9.7	12.1	6.1	16.0
	Alcaligenes	0	0	0	0	0	0	0
	Vibrio	0	0	0	3.2	3.0	3.0	0
	Moraxella-Acinetobacter	8.3	42.9	77.7	32.2	6.1	39.3	16.0
	Flavobacterium-Cytophaga	91.7	14.3	16.7	3.2	6.0	12.1	44.0
T type	*Pseudomonas*	0	7.1	0	0	9.1	0	4.0
	Alcaligenes	0	0	0	0	3.0	6.1	0
	Moraxella-Acinetobacter	0	0	0	9.7	0	0	0
	Flavobacterium-Cytophaga	0	0	0	0	0	0	0
	Aeromonas	0	0	0	0	0	6.1	0
	Staphylococcus	0	0	0	3.2	0	0	0
	Enterobacteriaceae	0	0	0	0	0	21.2	0
	unidentified	0	0	0	0	0	6.1	0
	number of strains	12	28	18	31	33	33	25

M : marine H : halophilic T : terrestrial

Table 3. Continued.

	Genus	Jul. 10				Jul. 17		Jul. 24		
		Station 4			Station 17	Station 4	Station 7	Station 4		Station 17
		0 m	8 m	mud	0 m	0 m	5 m	0 m	8 m	0 m
M or H type	*Alteromonas*	54.2(%)	90.4(%)	18.2(%)	50.0(%)	41.0(%)	54.8(%)	37.4(%)	30.1(%)	0 (%)
	Pseudomonas	0	0	3.0	0	0	0	0	3.3	0
	Alcaligenes	0	0	6.0	0	0	0	0	0	0
	Vibrio	0	0	36.4	15.4	31.8	0	50.0	46.7	8.3
	Moraxella-Acinetobacter	33.3	6.4	36.4	30.8	18.1	38.8	8.4	6.6	58.4
	Flavobacterium-Cytophaga	12.5	3.2	0	0	9.1	3.2	0	10.0	33.3
T type	*Pseudomonas*	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Alcaligenes	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Moraxella-Acinetobacter	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Flavobacterium-Cytophaga	0	0	0	0	0	0	4.2	0	0
	Aeromonas	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Staphylococcus	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Enterobacteriaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	unidentified	0	0	0	3.8	0	3.2	0	3.3	0
	number of strains	24	31	33	26	22	31	24	30	12

M : marine H : halophilic T : terrestrial

Table 3. Continued.

	Genus	Aug. 7						Aug. 21			
		Station 4			Station 17	Station 6	Station 12	Station 4			Station 17
		0 m	8 m	mud	0 m	0 m	0 m	0 m	8 m	mud	0 m
M or H type	*Alteromonas*	38.1(%)	29.6(%)	0 (%)	50.0(%)	15.6(%)	31.8(%)	11.5(%)	37.5(%)	61.5(%)	23.1(%)
	Pseudomonas	0	33.4	0	0	0	0	3.9	9.4	0	0
	Alcaligenes	0	0	0	0	0	0	0	0	7.7	0
	Vibrio	52.4	14.8	0	20.0	75.0	0	23.1	0	0	0
	Moraxella-Acinetobacter	0	11.1	80.0	15.0	0	22.7	50.0	46.8	7.7	76.9
	Flavobacterium-Cytophaga	9.5	0	0	15.0	0	4.5	11.5	6.3	0	0
T type	*Pseudomonas*	0	3.7	0	0	0	4.5	0	0	7.7	0
	Alcaligenes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Moraxella-Acinetobacter	0	0	20.0	0	0	0	0	0	0	0
	Flavobacterium-Cytophaga	0	0	0	0	0	0	0	0	7.7	0
	Aeromonas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Staphylococcus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Enterobacteriaceae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	unidentified	0	7.4	0	0	9.4	36.5	0	0	7.7	0
	number of strains	21	27	5	20	32	22	26	32	13	39

M : marine H : halophilic T : terrestrial

Table 3. Continued.

	Genus	Sep. 4				
		Station 4			Station 17	Station 6
		0 m	8 m	mud	0 m	0 m
M or H type	*Alteromonas*	51.3(%)	40.7(%)	0 (%)	0 (%)	64.9(%)
	Pseudomonas	0	7.4	0	0	2.7
	Alcaligenes	0	0	0	0	0
	Vibrio	8.6	44.5	14.3	0	8.1
	Moraxella-Acinetobacter	37.2	3.7	0	100.0	21.6
	Flavobacterium-Cytophaga	2.9	0	0	0	0
T type	*Pseudomonas*	0	0	0	0	0
	Alcaligenes	0	0	0	0	0
	Moraxella-Acinetobacter	0	0	0	0	0
	Flavobacterium-Cytophaga	0	3.7	0	0	0
	Aeromonas	0	0	28.6	0	0
	Staphylococcus	0	0	0	0	0
	Enterobacteriaceae	0	0	57.1	0	0
	unidentified	0	0	0	0	2.7
	number of strains	35	27	7	38	37

M : marine H : halophilic T : terrestial

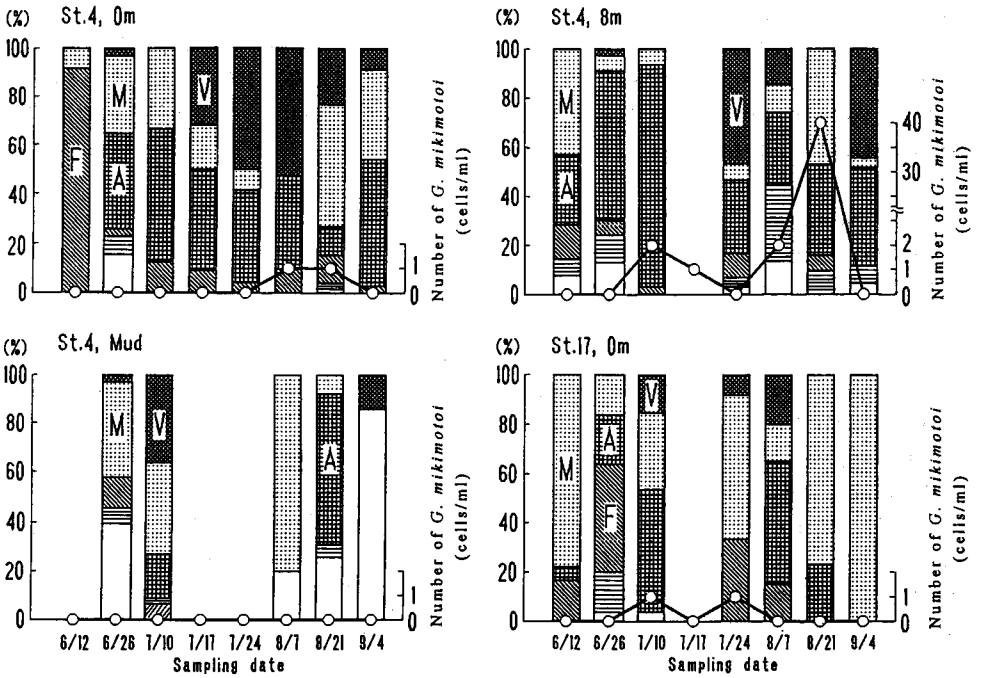

Fig. 3. Changes in generic composition of marine bacteria and number of *G. mikimotoi* at Stations 4 and 17 in Tanabe Bay, 1990.

■ : *Vibrio*
▦ : *Alteromonas*
▤ : *Pseudomonas*
□ : Others
⊡ : *Moraxella-Acinetobacter*
▧ : *Flavobacterium-Cytophaga*
▨ : *Alcaligenes*
○ : *G. mikimotoi*

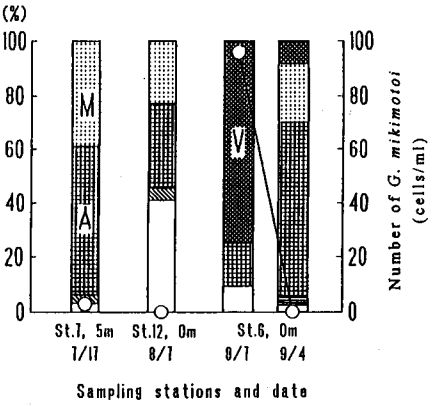

Fig. 4. Changes in generic composition of marine bacteria and number of *G. mikimotoi* at Stations 6, 7 and 12 in Tanabe Bay, 1990.

■ : *Vibrio*
▦ : *Alteromonas*
▤ : *Pseudomonas*
○ : *G. mikimotoi*
⊡ : *Moraxella-Acinetobacter*
▧ : *Flavobacterium-Cytophaga*
□ : Others

ml に減少し，8月28日には検出されなくなった (竹内ら，1991)。

定点17の表面水では調査期間中，常に海洋型 *Moraxella-Acinetobacter* 属群が主要菌相を占め，6月12日が77.7%，7月24日が58.4%，8月21日が76.9%，9月4日は100%であった。その他の時期では6月26日に海洋型 *Flavobacterium-Cytophaga* 属群，7月10日と8月7日に海洋型 *Alteromonas* 属が優勢となった。なお，*G. mikimotoi* は7月10日と7月24日にわずかに計数されたのみであった。

次に *G. mikimotoi* の細胞数が増加し始めてから，赤潮が消滅した期間に定点4, 17以外の定点から採取した試料の細菌相を Fig. 4 に示した。7月17日の定点7の中層水 (5 m) と8月7日の定点12の表面水では海洋型 *Alteromonas* 属と海洋型 *Moraxella-Acinetobacter* 属群が優勢であった。8月7日と9月4日に採取した定点6の表面水では8月7日には海洋型 *Vibrio* 属が75%と高率であったのに対し，9月4日には海洋型 *Alteromonas* 属が約65%を占めた。

和歌山県田辺湾の定点における2年間にわたる調査結果から，同海域の細菌相の特徴として，海洋型 *Moraxella-Acinetobacter* 属群と海洋型 *Alteromonas* 属が優勢である傾向が認められた。一般的に沿岸海水の細菌はグラム陰性で発育に海水レベルの Na^+ や Mg^{++}, Ca^{++} を必要とする海洋細菌 (MacLeod, 1965; Hidaka and Sakai, 1968) が大半を占め，その属構成は *Vibrio* 属，*Alteromonas* 属，*Pseudomonas* 属，*Flavobacterium-Cytophaga* 属，*Moraxella-Acinetobacter* 属，*Alcaligenes* 属などである。これらの属のうち，海域の汚濁・富栄養化に伴う細菌相の変動の特徴として，*Vibrio* 属が減少し，*Moraxella-Acinetobacter* 属群が優勢となることが東京湾 (Simidu et al., 1977) と大阪湾 (石田, 1982) で認められており，石田 (1982) は両菌群間の比を汚染指標とすることを提案している。これに従うと本調査域における両菌群の比が1989年はほとんどの試料において *Moraxella-Acinetobacter* 属群が高かったことから，本調査域はかなり富栄養化が進行していることを示唆している。

G. mikimotoi 赤潮の非発生年であった1989年と赤潮の発生した1990年の調査結果を比較すると，最も大きな相違点は *Vibrio* 属の変動であった。1989年は定点4の表面水で *Vibrio* 属はほとんど出現しなかった。*Vibrio* 属が最も高率に出現したのは定点4の水深8 mで7月11日の31.3%と8月15日の40.6%であったが，この前後の時期にはまったく検出されなかった。これに対して赤潮の発生した1990年の定点4の表面水では7月17日から8月7日にかけて増加し，細菌相の主体をなし，その後減少する傾向を示した。また *Moraxella-Acinetobacter* 属群の変動は *Vibrio* 属と逆の関係が認められた。同湾における *G. mikimotoi* の細胞数の変動と対比してみると *Vibrio* 属が増加を続けた7月17日から7月24日までは *G. mikimotoi* は10 cells/ml 以下であったが，*Vibrio* 属が52.4%と最高値を示した8月7日に赤潮発生の初期となり，赤潮の盛期となった8月21日には *Vibrio* 属が減少し，代わって *Moraxella-Acinetobacter* 属群が増加した。これらの結果は竹内ら (1990) の五ケ所湾における *G. mikimotoi* 赤潮形成前後における *Vibrio* 属と *Moraxella-Acinetobacter* 属群の増減の結果と一致するものであった。

これまで赤潮発生過程中における細菌相の変遷に関する調査はほとんどなく，わずかに Romalde et al. (1990) がスペイン北西部沿岸で発生した *Mesodinium rubrum* 赤潮3回，*Gymnodinium catenatum* 赤潮1回について細菌相の変動を調べた例があるのみである。彼らの報告によれば，いずれの赤潮の場合でも発生初期には特定の菌群が優勢となり細菌相が非常に単純化している。*M. rubrum* による2回の赤潮発生時には *Vibrio* 属が2オーダー増加し，この赤潮の消滅時には種の異なる *Vibrio* 属と *Pseudomonas* 属が増加した。一方，残る1回の *M. rubrum* と *G. catenatum* 赤潮発生時には *Vibrio* 属は出現せず，*Moraxella-Acinetobacter* 属群が増加し，それらの消滅時には *Pseudomonas* 属と *Moraxella-Acinetobacter* 属群が優勢となったと報告している。

ところで，前述したように田辺湾の *G. mikimotoi* 赤潮発生・消長に *Vibrio* 属細菌の変動が特徴

的であったが，*Vibrio* 属細菌は一般に広く沿岸海水中において主要な細菌相を構成する細菌群であることから，両者間の関連性をさらに明らかにするには細菌相の構成を属レベルではなく，種レベルで詳細に検討する必要があると考える。

謝　　辞

本研究の遂行に当たり，貴重な菌株の分離に多大のご協力を頂いた和歌山県水産試験場職員各位および京都大学農学部微生物学研究室各位に深謝する。また本研究は水産庁のマリンバイオテクノロジーによる赤潮被害防止技術開発試験研究費によって行われた。

文　　献

絵面良男 (1990). 海洋細菌の簡易同定. p. 357-364. 日本海洋学会編, 沿岸環境調査マニュアル II, 恒星社厚生閣, 東京.

Fukami, K., Yuzawa, A., Nishijima, T. and Hata, Y. (1992). Isolation and properties of a bacterium inhibiting the growth of *Gymnodinium nagasakiense*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**, 1073-1077.

Hidaka, T. and Sakai, M. (1968). Comparative observation of inorganic salt requirement of the marine and terrestrial bacteria. Kadota, H., and Taga, N. (eds). Proceeding of U.S.-Japan seminor on marine microbiology. *Bull. Misaki Mar. Biol. Inst. Kyoto Univ.*, **12**, 125-149.

医科学研究所学友会 (1976). 細菌学実習提要. p. 119-158, 丸善, 東京.

Imai, I., Ishida, Y. and Hata, Y. (1993). Killing of marine phytoplankton by a gliding bacterium *Cytophaga* sp. isolated from the coastal sea of Japan. *Mar. Biol.*, **116**, 527-532.

石田祐三郎 (1982). 富栄養化と細菌の指標性, p. 11-26, 日本水産学会編, 沿岸海域の富栄養化と生物指標. 恒星社厚生閣, 東京.

Ishida, Y., Eguchi, M. and Kadota, H. (1986). Existence of obligate oligotrophic bacteria as a dominant population in the South China Sea and the West Pacific Ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **30**, 197-203.

Jeffries, C.D., Holtoman, D.F. and Guse, D.G. (1957). Rapid method for determining the activity of microorganism on nucleic acid. *J. Bacteriol.*, **73**, 590-591.

Leifson, E. (1963). Determination of carbohydorate metabolism of marine bacteria. *J. Bacteriol.*, **85**, 1183-1184.

MacLeod, R.A. (1965). The question of the existence of specific marine bacteria. *Bact. Rev.*, **29**, 9-23.

Mitsutani, A., Takesue, K., Kirita, M. and Ishida, Y. (1992). Lysis of *Skeletonema costatum* by *Cytophaga* sp. isolated from the coastal water of the Ariake Sea. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**, 2159-2167.

Riquelme, C.K., Fukami, K. and Ishida, Y. (1988). Effects of bacteria on the growth of a marine diatom *Asterionella glacialis*. *Bull. Jpn. Soc. Microbiol. Ecol.*, **3**, 29-34.

Romalde, J.L., Toranzo, A.E. and Barja, J.L. (1990). Changes in bacterial population during red tides caused by *Mesodinium rubrum* and *Gymnodinium catenatum* in North West Coast of Spain. *J. Appl. Bacteriol.*, **68**, 123-132.

Sakata, T. (1990). Occurrence of marine *Saprospira* sp. possessing algicidal activity for diatom. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **56**, 1165.

Simidu, U., Kaneko, E. and Taga, N. (1977). Microbiological studies of Tokyo Bay. *Microbiol. Ecol.*, **3**, 173-191.

竹内照文・芳養晴雄 (1980). 田辺湾の赤潮-I. 発生傾向と環境について. p. 220-215. 昭和 54 年度和歌山県水試事業報告書.

竹内照文 (1990). 田辺湾における赤潮発生状況と *Gymnodinium nagasakiense* の出現環境. p. 139-149. 昭和 63 年度和歌山県水試事業報告書.

竹内照文・芳養晴雄・小久保友義 (1990). 田辺湾-*Gymnodinium nagasakiense* の出現と水環境, p. 68-

77. 石田祐三郎・畑　幸彦編，平成元年度赤潮対策技術開発試験報告書.
竹内照文・芳養晴雄・小久保友義 (1991). 田辺湾-*Gymnodinium nagasakiense* の出現と環境特性，p. 76-86. 石田祐三郎・畑　幸彦編，平成2年度赤潮対策技術開発試験報告書.
竹内俊博・渡辺弘一・柴原敬生・中西克之 (1990). 五ケ所湾における赤潮発生と細菌相及び環境要因との関係，p. 108-116. 石田祐三郎・畑　幸彦編，平成元年度赤潮対策技術開発試験報告書.
West, M., Burdash, N.M. and Freimuth, F. (1977). Simplified silver plating stain for flagella. *J. Clin. Microbiol.*, **6**, 414-419.