

# 三河湾における従属栄養細菌に 関する生態学的研究— I \*

海水中における従属栄養細菌の分布と環境因子

村上正忠・藤沢浩明

Ecological Studies on Heterotrophic Bacteria in Mikawa Bay - I.  
Population Density of Heterotrophic Bacteria in Seawater  
and Environmental Conditions

By

Masatada MURAKAMI and Hiroaki FUJISAWA

In Mikawa Bay, a highly eutrophicated bay located at central part of the Pacific coast in Japan, low oxygen in bottom layer, especially in summer, has been reported by many workers. However, little has been investigated bacteriologically as yet on eutrophication and decline of dissolved oxygen in these areas, in spite of the fact that these phenomena are observed from various points of view such as biology, chemistry, hydrography and fishery. Therefore, a series of studies has been conducted with an intention of pursuing the function of bacteria on these phenomena there.

The statistical examinations on the data collected in the four surveys in 1974-76 revealed the following facts :

1. The population of heterotrophic bacteria per ml of seawater in Mikawa Bay was  $10^2$  to  $10^4$ , which was less than that in Hiuchi-Nada reported by other workers.
2. On the basis of the significance of partial regression coefficients in the multiple linear regression equation, it was found out that the population density of heterotrophic bacteria in the 2m layer increased with  $\sqrt{19-CI}$  and with the dissolved oxygen content at 2m above the bottom.
3. The rate of oxygen consumption by bacteria in seawater was similar regardless of the depth sampled and of the water temperature, being  $4.03 \times 10^{-11}$  to  $1.98 \times 10^{-10}$   $O_2$  mg/cell/hr.
4. The amount of oxygen consumption by bacteria was 0.05 to 0.23  $O_2$  mg/l/day, which corresponded to less than 10 % in the 2m layer and to about 50% of daily total of oxygen consumption in the bottom layer.

---

\*水産大学校研究業績 第 809 号, 1977 年 11 月 21 日受理.  
Contribution from the Shimonoseki University of Fisheries, No 809.  
Received Nov. 21, 1977.

## 結 言

三河湾は我が国における代表的な浅海内湾の1つであり、近年有機汚濁が進行している。これに伴い夏季の成層期になると、底層水に無酸素化の傾向がみられるようになった<sup>1-3)</sup>。この水域は吉田<sup>4)</sup>による海域の栄養階級区分に従えば、一般に富栄養域であり、季節、地域によっては過栄養域とみなせる。富栄養化現象の漁業面に及ぼす影響は大きく、その機構を解明することは漁場保全上きわめて重要である。富栄養化あるいは貧酸素化の実態と機構は現場水界における多くの要因に左右され、それぞれの水域で特性が異なるため、これらの追究には現場的解析が必要となってくる。そこで、三河湾においても富栄養化および貧酸素水塊の形成機構に関する研究<sup>5-7)</sup>が進められている。有機汚濁の解明には、細菌群の有機物分解者としての役割を見逃すことはできず、また貧酸素水塊の形成にも細菌群がなんらかの影響を及ぼしていると考えられる。それにもかかわらず、この現象を細菌との関連から研究した例はきわめて少ない。したがって、従属栄養細菌の生態を明らかにし、これらが自浄作用および貧酸素水塊の形成に及ぼす、直接あるいは間接的な役割の解明を目的とした一連の研究を始めた。

本報告では、三河湾の海中における従属栄養細菌の分布および細菌群による酸素消費について調べ、さらに、推計学的処理によって、貧酸素水塊形成期の従属栄養細菌数と環境因子との関係などについて検討した。これらの結果について報告する。

## 実 験 方 法

### 1. 試料の採取

採水定点を第1図および第2図に示す。各定点で躍層より浅いが表面の影響のない部分の代表として水深2m層を、深いが底泥の影響が少ない部分の代表として水深7—12m層を選び、それらの層から北原式採水

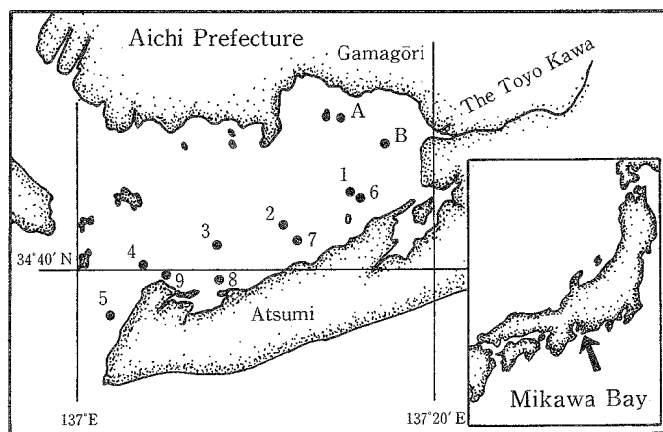


Fig. 1. Sketch chart of the sampling stations in Mikawa Bay in 1974

Note: St. 1—5 and St. A ..... June  
St. 6—9 and St. B ..... August

器を用いて海水を採取した。この海水を滅菌したポリ瓶に入れ、氷藏して現場実験室に持ち帰り、細菌数、CODなどの測定に供した。

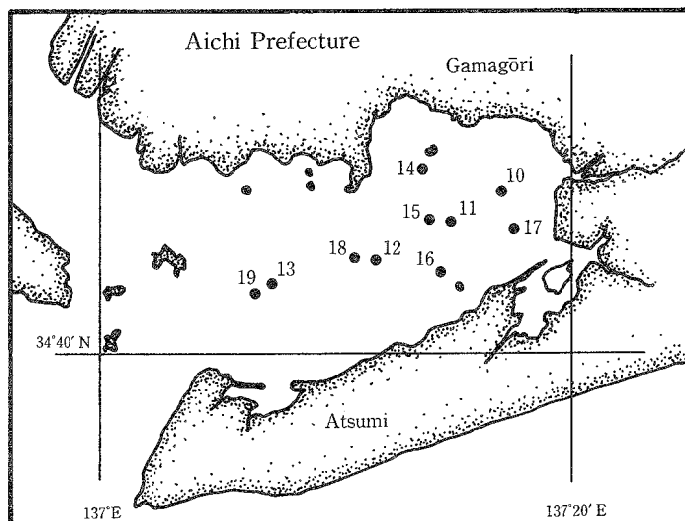


Fig. 2. Sketch chart of the sampling stations in Mikawa Bay in August of 1975 and January of 1976

Note : St. 10—13 ..... August

St. 14—19 ..... January

## 2. 従属栄養細菌数の測定

従属栄養細菌数は ZOBELL の 2216E 培地<sup>8)</sup>を用いる平板計数法によった。また、細菌群の酸素消費速度などの測定における細菌計数も同法によった。

## 3. 細菌群の酸素消費速度の測定

TEZUKA の方法<sup>9)</sup>に従った。すなわち、原水および孔径  $5\mu$  のミリポアフィルターで濾過してプランクトンを除いた海水をそれぞれ 300 ml の酸素瓶に入れ、暗瓶として現場の採水深度に 24 時間浸漬した。浸漬前後の細菌数および溶存酸素量から、細菌群の酸素消費速度ならびに酸素消費量を求めた。

## 4. COD, 原水の酸素消費量などの測定

COD はアルカリ法<sup>10)</sup>により、溶存酸素量はウィングラーの方法<sup>11)</sup>により測定した。原水の酸素消費量は試水を暗瓶 (300 ml) に入れ、12 時間恒温静置した場合の消費量で示した。

## 結果および考察

## 1. 海水中の従属栄養細菌の分布

1974年6月から1976年1月までの間に4回調査し、得られた結果を第1表および第2表に示した。海水中の従属栄養細菌数は $10^2-10^4$  cells/ml, CODは0.7-3.5 ppmであった。また、原水の酸素消費量(Oxygen consumption)は0.03-0.70 O<sub>2</sub> mg/lであり、試水間の差異が大きく、特に湾奥部の2 m層で高い傾向が認められた。夏季における底層水(底土上2 m)のDOは0-5 O<sub>2</sub> ml/lであり、8月期には1以下となる定点があり、夏季成層期における底層貧酸素化の現象が明らかに認められた。

Table 1. The population density of heterotrophic bacteria and the environmental conditions of the seawater sampled from Mikawa Bay in 1974

Date	St.	Sampling depth (m)	Temp. of water (°C)	Chlorinity (‰)	DO at sampling depth (O <sub>2</sub> ml/l)	DO at 2m above the bottom (O <sub>2</sub> ml/l)	COD (ppm)	Oxygen consumption of water (O <sub>2</sub> mg/l)	Heterotrophic bacteria (cells/ml)
June 13	1	2	21.3	17.55	(5.7)†	3.2	2.4	0.34	6.0×10 <sup>3</sup>
		8	19.5	18.38	2.84		2.1	0.33	1.7×10 <sup>2</sup>
	2	2	21.3	17.73	6.07	2.0	2.3	0.28	4.4×10 <sup>2</sup>
		12	19.8	18.44	2.85		1.4	0.10	2.6×10 <sup>2</sup>
	3	2	20.8	17.94	5.85	3.3	1.9	0.26	1.8×10 <sup>3</sup>
		12	20.0	18.36	(3.8)†		1.6	0.03	4.5×10 <sup>4</sup>
	4	2	21.3	18.07	5.64	4.1	2.1	0.36	9.6×10 <sup>3</sup>
		12	20.3	18.75	(4.9)†		1.0	0.13	1.5×10 <sup>4</sup>
5	2	21.9	17.87	5.78	4.3	1.7	0.42	8.4×10 <sup>3</sup>	
	12	20.4	18.49	4.47		1.5	0.36	5.4×10 <sup>3</sup>	
Aug. 7	6	2	29.1	12.51	4.88	0.1	2.5	0.70	6.0×10 <sup>3</sup>
		8	22.0	16.97	0.13		2.3	0.28	1.1×10 <sup>4</sup>
	7	2	29.0	13.03	5.11	1.0	2.4	0.51	9.9×10 <sup>3</sup>
		10	21.8	17.55	0.86		1.8	0.31	5.0×10 <sup>3</sup>
	8	2	28.2	13.26	5.52	2.6	2.4	0.04	8.1×10 <sup>3</sup>
		10	21.9	17.50	2.60		2.2	0.03	2.1×10 <sup>3</sup>
	9	2	27.3	14.53	5.42	2.8	3.5	0.43	4.2×10 <sup>3</sup>
		10	21.9	17.59	2.54		2.6	0.11	2.4×10 <sup>3</sup>

Note: † The values in the parenthesis were estimated through the interpolation from the vertical distribution of DO.

‡ These are the values examined 12 hours after keeping in dark bottle at 23-24°C in June, or at 27.5°C in August.

Table 2. The population density of heterotrophic bacteria and the environmental conditions of the seawater sampled from Mikawa Bay in 1975 and 1976

Date	St.	Sampling depth (m)	Temp. of water (°C)	Chlorinity (‰)	DO at sampling depth (O <sub>2</sub> ml/l)	DO at 2m above the bottom (O <sub>2</sub> ml/l)	COD (ppm)	Heterotrophic bacteria (cells/ml)
Aug. 5, 1975	10	2	30.5	16.95	6.09	5.1	1.2	1.3×10 <sup>4</sup>
		8	24.9	17.80	2.31		2.4	2.5×10 <sup>4</sup>
	11	2	29.9	16.97	5.65	3.0	1.2	4.8×10 <sup>3</sup>
		10	22.9	17.88	0		1.2	6.0×10 <sup>3</sup>
	12	2	29.8	16.90	4.99	2.3	—	4.4×10 <sup>3</sup>
		10	23.2	17.98	3.83		—	1.0×10 <sup>3</sup>
	13	2	30.1	16.82	5.16	0.8	2.3	1.3×10 <sup>3</sup>
		10	22.1	18.01	1.64		1.5	1.1×10 <sup>3</sup>
Jan. 28, 1976	14	2	4.4	17.40			1.1	1.1×10 <sup>4</sup>
		7	4.5	17.40			1.4	1.7×10 <sup>3</sup>
	15	2	4.4	17.39			1.4	5.0×10 <sup>4</sup>
		7	4.5	17.39			1.1	3.0×10 <sup>4</sup>
	16	2	3.3	16.50			1.3	5.1×10 <sup>4</sup>
		7	3.9	16.80			1.7	9.3×10 <sup>3</sup>
	17	2	4.8	17.37			0.7	2.6×10 <sup>4</sup>
		7	4.7	17.41			1.2	2.9×10 <sup>4</sup>
Jan. 27, 1976	18	2	—	—			1.1	1.6×10 <sup>4</sup>
		10	—	—			1.1	1.4×10 <sup>4</sup>
	19	2	—	—			1.0	3.2×10 <sup>3</sup>
10		—	—			1.1	1.0×10 <sup>4</sup>	

## 2. 従属栄養細菌数および環境要因の頻度分布

測定結果の統計処理にあたって、それぞれの測定値（または変数変換値）が正規分布とみなせない場合には誤差が大きくなる。したがって、なんらかの変数変換を行なって正規分布に近づけなければならない。そこで、各環境要因の測定値、細菌数の対数値の頻度分布とこれらが正規分布であった場合の理論頻度分布との比較をし、第3図に示した。これらの正規性の検定は、一般に実測分布と理論分布の差の $\chi^2$ 検定によるが、今回は測定頻度が少なく、この検定が不可能であるため、ヒストグラムの状況から判断した。第3図から、塩素量の最高値は19‰であり、モードが高い方にかたよっていた。そこで、 $\sqrt{19-CI}$ に変換すると正規分布に近似した。このことは、塩素量が19‰に近い外洋水が陸水あるいは汚濁水で希釈されながら平面的に広がっている、との考え方で解釈できよう。また、細菌数の対数値の頻度分布は一般的に知られているようにほぼ正規型であった。さらに、CODおよびDOについては2m層、7—12m層ともにそれぞれ、ほぼ正規型を示した。以上のことから、塩素量は $\sqrt{19-CI}$ 変換、細菌数は対数変換して後述の計算に用いた。

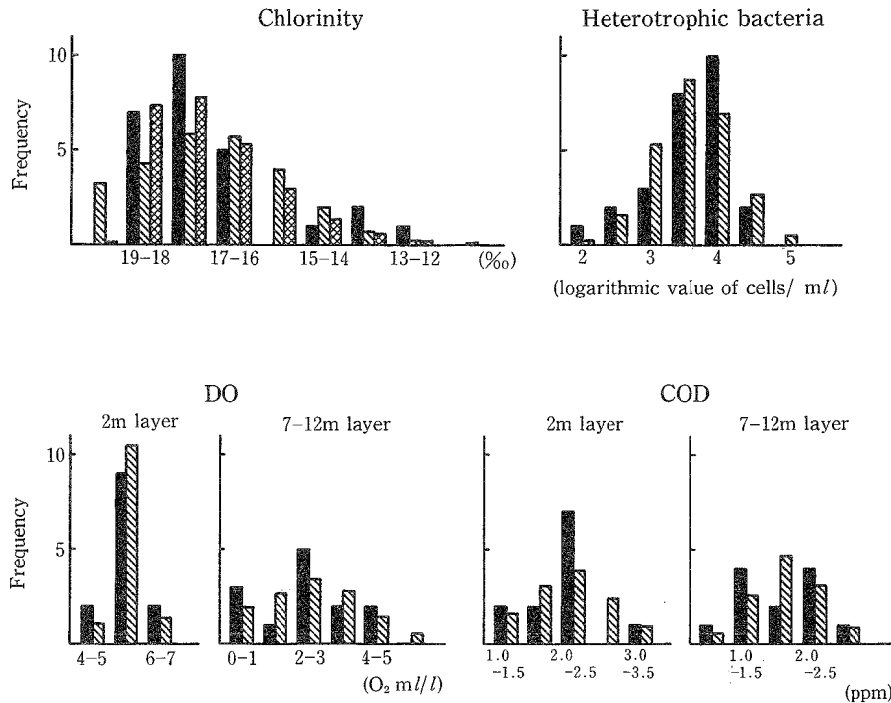


Fig. 3. The observed and estimated frequency distributions, of population density of heterotrophic bacteria and the environmental conditions in summer

Note: The solid histogram shows the observed distribution, the hatched one shows the estimated normal distribution, and that of cross stripes shows the estimated  $\sqrt{19-CI}$  normal distribution.

### 3. 従属栄養細菌数の夏季と冬季の差異

第1表および第2表から、従属栄養細菌数とCODを選び、これらの相互の関係を図示すると、第4図が得られた。この図から、いずれの季節でも従属栄養細菌数とCODとの間に相関は認められなかった。しかし、細菌数、CODとも季節間に平均値の差が認められ（細菌数では  $t=2.79 > t_{34}(0.01) = 2.73$ ; CODでは分散が等しくなく  $t=5.71 > t_2(0.01) = 2.89$ ）、細菌数の対数値の平均値は夏季で3.6、冬季で4.2であり、冬季がやや高かった。CODの平均値は夏季で2.0 ppm、冬季で1.2 ppmであり、冬季ではほぼ半減する傾向がみられた。夏季における従属栄養細菌数は、CODや水温が高いため、冬季より一般に増加するのが普通である。しかしここでは、これに反してやや低下する傾向がみられた。畑ら<sup>12,13)</sup>の瀬戸内海における結果では、8月期の平均で従属栄養細菌数の対数値が4.6、CODが1.4 ppmであった。これと比較すると、三河湾ではCODが高いにもかかわらず、細菌数は約1/10であった。これらのごとから三河湾においては、夏季の従属栄養細菌数を減少させる特異的な要因が存在するものと考えられる。

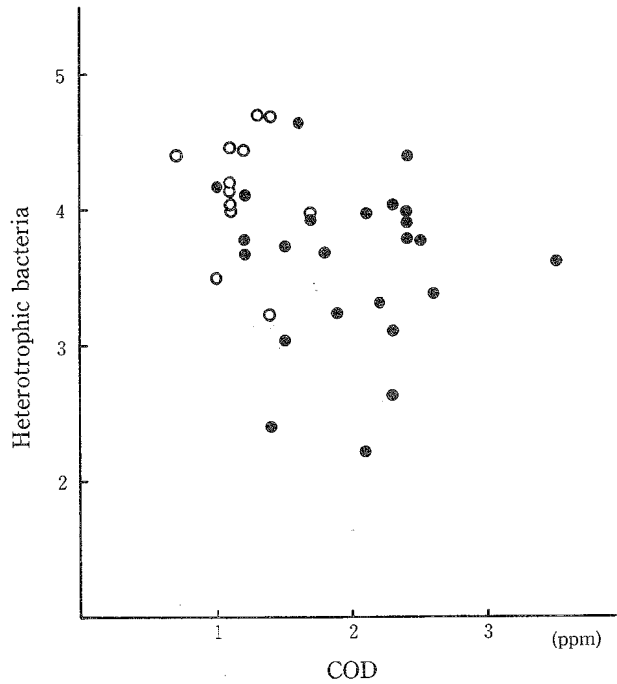


Fig. 4. The relations between population density of heterotrophic bacteria (in logarithmic value of cells per ml) and COD in summer (solid circle) and in winter (open circle)

#### 4. 従属栄養細菌数、CODなどの2 m層と7-12 m層における差異

従属栄養細菌数、CODおよび原水の酸素消費量などは試料間で大きく異なっていた。そこで、2 m層と7-12 m層の測定値との間で、相関関係を保ちながら変動しているかどうかを知るため、2 m層の数値( $x$ )に対する7-12 m層の数値( $y$ )の回帰直線を求めた。さらに相関がある場合には、同じ変化の傾向を示しているとみなせるかどうかを知るために上の回帰式を式 $y=x$ と比較した。これらの結果を第5図および第3表に示した。CODおよび原水の酸素消費量は2 m層のほうが7-12 m層より多い傾向が明らかであったが、従属栄養細菌数では両層間に差異が認められなかった。このように、両層の細菌数に差がないので、細菌群による酸素消費量は両層ともほぼ等しいとすれば、2 m層と7-12 m層との原水の酸素消費量の差は他の要因、すなわちプランクトンにより消費されたものと考えられる。

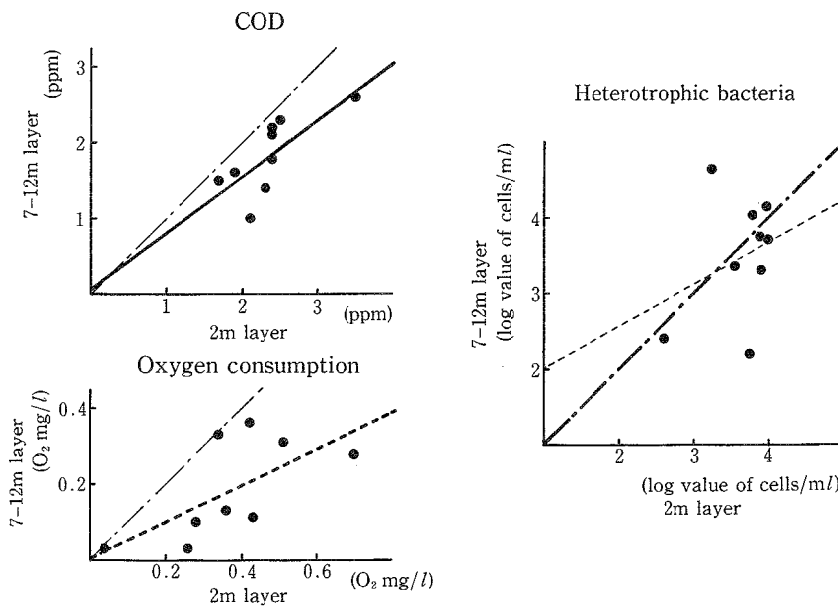


Fig. 5. The comparisons between 2m layer ( $x$ ) and 7—12m layer ( $y$ ) in COD, oxygen consumption and population density of heterotrophic bacteria

Note : Solid line shows the significant linear regression equation.  
 Broken line shows the insignificant one.  
 Thick line shows the  $y = x$  line when no significance difference was found between this line and the estimated linear regression equation, otherwise shows the estimated one.

Table 3. The comparisons between 2m layer ( $x$ ) and 7—12m layer ( $y$ ), in respect to COD, oxygen consumption and heterotrophic bacteria, through estimating linear regression equation and comparison to the equation  $y = x$

Factors	$a$	$b$	$F_0$	$n_2$	$t_a$	$t_b$	$F_e$
COD	0.06	0.75	8.87*	7	-4.35**	-0.99	9.94*
Oxygen consumption	0.01	0.47	5.13	7	-5.14**	-2.52*	16.37**
Heterotrophic bacteria	1.50	0.55	0.74	7	-0.51	-0.71	0.37

Note : The estimated linear regression equation ....  $y = a + bx$   
 The expectant equation .....  $y = x$   
 $F_0$  ... The Snedecor's  $F$  for  $b$  with 1 and  $n_2$  degrees of freedom  
 $t_a$  ... The Student's  $t$  of the comparison between  $a$  and 0 with  $n_2$  degrees of freedom  
 $t_b$  ... The Student's  $t$  of the comparison between  $b$  and 1 with  $n_2$  degrees of freedom  
 $F_e$  ... The Snedecor's  $F$  of the comparison between the estimated linear regression equation and the expectant one, with 2 and  $n_2$  degrees of freedom  
 \* significant at 0.05 level \*\* significant at 0.01 level



### 5. 夏季の貧酸素水塊形成期における従属栄養細菌数に影響する因子

第1表、第2表および第3図から明らかのように、夏季には底層が貧酸素状態となり、従属栄養細菌数も低くおさえられている傾向が認められた。この細菌数に及ぼす各環境要因の影響を調べるため、まず従属栄養細菌数と各環境因子との相関関係を検定した。この結果を第4表に示した。第4表から、2m層、7-12m層別でも、また両者をこみにした場合についても細菌数に対して有意な相関を示すものは認められなかった。細菌数は多くの因子の影響が組み合わさった結果であるけれども、もし1,2の因子の影響が他に比べて著しいとすれば、以上の相関の計算によってその因子をみいだすことができるはずである。しかし、今回のようにほぼ同程度の影響を及ぼす因子がいくつかある場合には、単一因子に対する相関分析の誤差は他の因子の影響を含むことになる。そこで、いくつかの因子を同時に取り上げ、誤差の中から他の因子の影響を除いて扱う必要がある。この際、できるだけ多くの因子の影響を限られた項数で表わすには、相関のみみだされる因子ごとの組に分け、そのような組の中から細菌数に対する影響が最も強いと考えられる（理論または計算上）1つの因子で代表すればよいことになる。これを知るため環境因子間の相関も調べ、同表に付記した。さらに、複数の環境因子を同時に取り上げるため、2つ以上の因子を変数とした従属栄養細菌数についての偏回帰式を求めた。ついで、偏回帰係数 ( $a_1$ - $a_5$ ) の有意性 ( $F_1$ - $F_5$ ) を検定し、従属栄養細菌数に影響する因子を検索した。これらの結果を第5表に示した。

Table 4. Correlation coefficients between population density of heterotrophic bacteria ( $y$ , in logarithmic value of cells per m<sup>3</sup>) and environmental conditions

Factors	Temp.	$\sqrt{19-Cl}$	DO <sub>s</sub>	DO <sub>B</sub>	COD
	Water temperature, in °C	Transformation of Chlorinity (Cl, in ‰)	DO at sampling depth, in O <sub>2</sub> ml/l	DO at 2m above bottom, in O <sub>2</sub> ml/l	in ppm
Layers pooled	0.23	0.20	0.07	0.34	-0.07
Log y					
2m layer	0.26	0.30	-0.15	0.42	-0.19
7-12 m layer	0.30	0.10	-0.00	0.30	-0.04
Temp.		0.75**	0.37	-0.18	0.22
$\sqrt{19-Cl}$			0.26	-0.45*	0.58**
DO <sub>s</sub>				0.33	0.12
DO <sub>B</sub>					-0.15

Note : \*significant at 0.05 level \*\* significant at 0.01 level

第5表では、まず2m層と7-12m層の数値をこみにして、2つの環境因子を変数として組み合わせた各偏回帰式を求めた。これらから、水温(Temp.)と底層のDO(DO<sub>B</sub>)の組と塩素量変換値( $\sqrt{19-Cl}$ )とDO<sub>B</sub>の組との場合に、 $F$ 値が他の組合せにくらべて高かった(一部は有意)。さらに、上の2つの組合せによる偏回帰式を層ごとに求めた。これにより2m層は、 $\sqrt{19-Cl}$ とDO<sub>B</sub>の組の両係数がともに有意となり、偏回帰式も有意となった。さらに、これに他の変数を1つ加えた3変数組合せの場合の検定を行なったが、いずれの追加変数も有意とはならず、 $F_3$ 値も高くならなかった。ここで $\sqrt{19-Cl}$ とDO<sub>B</sub>との2つの因子による偏回帰式が成り立ち、これらの因子が従属栄養細菌数に影響していることが明らかになった。一方、7-12m層では、さきの2組の2変数組合せに有意性が認められなかった。そこで、3変数による全組合せについて検定したが、有意とならず、細菌数に影響する因子をみいだせなかった。また、両層をこみにしたとき一部が有意となったのは、2m層の結果に左右されたためと思われる。

2m層における従属栄養細菌数に影響する因子のうち、塩素量変換値は、前述のように陸水の混入度に比例する数値であり、また、第4表に示すように水温やCODと相関関係にあることから、これらの代表因子

Table 5. The multiple linear regression equations of population density of heterotrophic bacteria (in logarithmic value of cells per ml) on environmental factors

Factors	Temp.(x <sub>1</sub> ) √19-Cl(x <sub>2</sub> ) DO <sub>5</sub> (x <sub>3</sub> ) DO <sub>B</sub> (x <sub>4</sub> ) COD(x <sub>5</sub> )					F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	n <sub>2</sub>	F <sub>s</sub>
	a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>							
Layers pooled	2.810	0.029	0.058			0.41	0.03				23	0.68
	2.737	0.036		-0.005		1.20		0.00			23	0.67
	2.180	0.040			0.166	1.71			3.96		23	2.42
	2.873	0.042				1.56				0.36	21	0.83
	3.288		0.210	0.007			0.83	0.02			23	0.48
	2.411		0.441		0.221		3.62		6.29*		23	3.53*
	3.680		0.363			-0.272	1.72			1.08	21	0.92
	3.227			-0.017	0.154			0.06	2.93		23	1.52
	3.674			0.024		0.081		0.14		0.13	21	0.12
	3.186				0.139	0.025			2.57	0.01	23	1.30
2m layer	1.942	0.044			0.188	1.71			3.72		10	2.06
	1.759		0.654		0.302		8.27*		10.92**		10	6.05*
	1.712	0.003	0.629		0.302	0.01	5.09		9.81*		9	3.63
	3.192		0.604	-0.265	0.344		5.85*	0.36	8.48*		9	3.89*
	2.309		0.771		0.298	-0.307	10.35*		12.02**	2.06	9	4.76*
7-12m layer	0.189	0.137			0.145	1.03			1.00		10	1.05
	1.851		1.032		0.250		1.14		2.10		10	1.11
	-0.443	0.173	0.010	0.085		0.84	0.00	0.11			9	0.39
	0.866	0.067	0.668		0.212	0.10	0.19		0.96		9	0.71
	-1.246	0.261	-0.342			1.76	0.06			0.15	8	0.71
	0.817	0.110		-0.065	0.189	0.41		0.07	0.72		9	0.66
	-3.376	0.324		0.192		3.43		1.15		0.32	8	1.17
	-0.995	0.222			0.121	1.95			0.63	0.38	8	0.95
	1.995		0.934	-0.027	0.258		0.43	0.01	1.66		9	0.67
	1.643		1.200	0.232		0.90	0.38	0.50		0.11	8	0.33
	1.671		2.599		0.367	-0.906	3.11		3.68	1.94	8	1.37
	3.546			-0.147	0.238	-0.140		0.34	1.05	0.07	8	0.37

Note:  $\log y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$  or  $\log y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$

F<sub>i</sub> . . . . The Snedecor's F for a<sub>i</sub> with 1 and n<sub>2</sub> degrees of freedom

F<sub>s</sub> . . . . That for the regression with 2 and n<sub>2</sub> or with 3 and n<sub>2</sub> degrees of freedom

\* significant at 0.05 level \*\* significant at 0.01 level

であるといえる。また、この因子の影響が有意とみなせたことから、栄養塩や温度を含めた陸水の影響が沿岸水域における表層水中の従属栄養細菌数を支配していると考えてよかろう。次に、7-12m層のDOは各定地点での底土からの距離が一定でなく、底層の様子を十分に示していないように思われた。そこで、底層貧酸素化の目安になる因子として、底土上2m層のDOを取り上げた。この因子の影響が有意となったからといって、DOそのものが直接に水深2m層の細菌数に影響したものではなく、このDO低下の起因となった物質あるいはこれと関連の大きい物質が、夏季成層期なので上下の交換は考えられないにもかかわらず、すみやかに上部へと拡散して、従属栄養細菌数の減少に影響を与えていると考えてよかろう。このような現象

は、三河湾のような水深の浅い内湾では起こりやすいものと思われる。

以上のような偏回帰分析による現場解析は遼瀋水域でも行なわれており<sup>14)</sup>、今後はより多く利用されると思われる。したがって、環境要因の選定やそれらの測定方法および解析法の統一が必要であろう。

## 6. 現場浸漬法による細菌群の酸素消費速度

海域における細菌群の酸素消費速度の測定は、MIYOSHIら<sup>15)</sup>によって種々検討されている。今回はこれらの方法に準じ、湾奥部のAおよびB定点で現場浸漬法により測定した。これらの結果を第6表に示した。第6表から、細菌群の酸素消費速度 ( $Q_{O_2}$ ) は  $4.03 \times 10^{-11} - 1.98 \times 10^{-10}$   $O_2$  mg/cell/hr であり、深度、水温、原水の細菌数などによる差異はほとんどなく、ほぼ一定の数値となった。また、この  $Q_{O_2}$  値は陸水におけるTEZUKAの結果<sup>9)</sup>とほぼ等しかったが、細菌の計数法が異なるMIYOSHIらの結果<sup>15)</sup>よりやや高かった。しかし、細菌群の酸素消費量は前2者の結果と大差なかった。

Table 6. Oxygen consumption rates ( $Q_{O_2}$ ) by bacteria in *quasi-in situ* condition in the seawater of Mikawa Bay in 1974

Date St.	Depth (m)	Temp. at submerged layer (°C)	Oxygen consumption, T ( $O_2$ mg/l/day)	Number of bacteria in original water (cells/ml)	$Q_{O_2}$ value ( $O_2$ mg/cell/hr)	Bacterial oxygen consumption, B ( $O_2$ mg/l/day)	B/T (%)
June 12-13 A	1	22.5	0.45	$3.6 \times 10^4$	$1.44 \times 10^{-10}$	0.18	40.0
	7	21	0.40	$7.8 \times 10^4$	$1.27 \times 10^{-10}$	0.23	57.5
June 14-15 A	2	22	0.54	$3.0 \times 10^3$	$1.03 \times 10^{-10}$	0.05	9.3
Aug. 8-9 B	2	28.5	1.31	$8.0 \times 10^3$	$4.03 \times 10^{-11}$	0.10	7.6
	7	22	0.36	$1.2 \times 10^4$	$1.98 \times 10^{-10}$	0.18	50.0

この細菌群のみによる酸素消費量の全消費量に対する割合は、2 m層で10%以下であった。したがって、この層では大部分の酸素がプランクトンにより消費されるものと推定できる。一方、底層(7 m)では全消費量の約50%が細菌群によるものであり、残りには水中に存在する硫化物などによる非生物系消費も含まれると考えられる。いずれにしても、海水中における細菌群のみによる酸素消費量は0.05-0.23  $O_2$  mg/l/dayと少なく、貧酸素水塊の形成に細菌群が直接影響するとは考えられなかった。しかし、プランクトンによる酸素消費量は細菌群の10倍以上に達すると考えられ、赤潮発生時などにはこれが一時的に貧酸素化への影響をもつものと思われる。さらに、多量のプランクトンの枯死体が底層へ沈降するに当たって、細菌の分解活動が盛んとなり、これに伴う酸素消費の増大が当然考えられる。したがって、細菌群の貧酸素化への二次的役割も考慮する必要があると思われる。

## 要 約

三河湾における従属栄養細菌の生態を明らかにする研究の一環として、特に貧酸素水塊形成期を中心に、海水中の従属栄養細菌数の分布および細菌群の酸素消費について検討した。さらに、従属栄養細菌数と環境因子との関係を推計学的に解析し、次の結果を得た。

1. 夏季貧酸素水塊形成期における海水中の従属栄養細菌数は  $10^2$ - $10^4$  cells/ml であり、冬季よりやや少なく、また、他の水域における細菌数より低い傾向が認められた。

2. 偏回帰分析により、水温やCODを含めて環境要因を代表する塩素量変換値 ( $\sqrt{19-Cl}$ ) と底層のDOとが2m層の従属栄養細菌数に影響する因子であることが認められた。前者は沿岸水域における一般的な増殖因子として、後者は貧酸素化に伴う特異的な減少因子として、細菌数に影響するものと考えられる。

3. 夏季海水中のCODは1.0-3.5 ppm, 原水の12時間酸素消費量は0.03-0.70 O<sub>2</sub> mg/lであり、水深2m層が7-12m層より高い傾向が認められた。

4. 細菌群の酸素消費速度は  $4.03 \times 10^{-11}$ - $1.98 \times 10^{-10}$  O<sub>2</sub> mg/cell/hr であり、深度、水温などによる差異はみられなかった。

5. 細菌群の酸素消費量は0.05-0.23 O<sub>2</sub> mg/l/day であり、これらの原水の全酸素消費量に対する割合は2m層で10%以下、底層(7m)で約50%であり、2m層の酸素消費の大部分はプランクトンによるものと考えられた。

終わりに、本研究を始めるにあたり種々ご高配をいただいた東海区水産研究所沢田保夫海洋部長、愛知県水産試験場増田 親内水面分場長に心から謝意を表す。

また、推計学的処理について懇切にご指導いただいた水産大学校前田 弘教授、試料採取についてのご援助および水温、塩素量、DOなどの資料を提供された東海区水産研究所海洋部杉浦健三、佐々木克之、佐藤善徳の諸氏、ならびに現場実験にご尽力下さった愛知県水産試験場湯浅泰昌、筒井久吉、原田 彰の諸氏および観測船の方々に深謝する。

さらに、本校微生物学研究室の卒論学生であった白石隆司、田中啓文、西川吉彦および鈴木満朗の諸君が実験に協力された。併記して謝意を述べる。

なお、研究費の大部分は環境庁農林水産生態系における汚染物質の循環と指標生物に関する研究費によった。

## 文 献

- 1) 三重県伊勢湾水産試験場・愛知県水産試験場編, 1972: 伊勢湾・三河湾水底質調査報告, pp.1-599.
- 2) 愛知県水産試験場編, 1973: 三河湾における赤潮および無酸素水塊に関する調査報告, pp.1-41.
- 3) 愛知県水産試験場編, 1974: 愛知水試研究業績Cしゅう, 第10号, pp.1-25.
- 4) 吉田陽一, 1973: 水圏の富栄養化と水産増養殖(日本水産学会編), pp.92-103, 恒星社厚生閣, 東京.
- 5) 西条八東, 1973: 用水と廃水, **15**, 9-24.
- 6) 東海区水産研究所・南西海区水産研究所・水産大学校編, 1973: 農林水産生態系における汚染物質の循環と指標生物に関する研究, 昭和47年度研究成績報告書, pp.1-229.
- 7) 佐々木克之・佐藤善徳・杉浦健三・松川康夫, 1977: 東海水研報, No. 89, 43-55.
- 8) MORITA, R. and C. E. ZOBELL, 1955: *Deep-Sea Res.*, **3**, 66-73.
- 9) TEZUKA, Y., 1968: *Japan. J. Ecol.*, **18**, 60-65.
- 10) 松江吉行編, 1965: 水質汚濁調査指針, pp.130-131, 恒星社厚生閣, 東京.
- 11) 気象庁編, 1959: 海洋観測指針, pp.148-156, 日本海洋学会, 東京.
- 12) 畑 幸彦・三好英夫・吉田陽一・倉田 亮・奥谷康一, 1974: 農林水産生態系における汚染物質の循環と指標生物に関する研究(東海区水産研究所・南西海区水産研究所・水産大学校編), 昭和48年度研究成績報告書, pp.133-142.
- 13) 畑 幸彦・三好英夫・西島敏隆・倉田 亮・奥谷康一, 1976: 農林水産生態系における汚染物質の循環

と指標生物に関する研究 (東海区水産研究所・南西海区水産研究所・水産大学校編), 昭和 50 年度研究成績報告書, pp. 111-123.

14) MIYOSHI, H. and K. NAKAMOTO, 1975: *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **41**, 645-652.

15) MIYOSHI, H., K. HANADA and Y. HATA, 1976: *Res. Rep. Kochi Univ.*, **25**, *Agr. Sci.*, No. 1, 1-9.