

三河湾における従属栄養細菌に 関する生態学的研究—II*

底泥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 - II. Population Densities of Heterotrophic Bacteria in Bottom Sediments and Environmental Conditions

By

Masatada MURAKAMI and Hiroaki FUJISAWA

The present report aimed at clarifying the mechanism of causing the oxygen-deficient water mass during summer in Mikawa Bay, basing on the records of the following items collected from the three surveys in 1975 to '76 : the population densities of heterotrophic bacteria and the sulfate-reducing ones, and temperature, COD, water content, ignition loss, total-C, total-N, sulfide content, and 6-hour oxygen consumption of sediment in oxygen bottle, as the environmental conditions. A *quasi-in situ* oxygen consumption of sediment was estimated with the enclose core method at 2-hour intervals, as a collateral attempt to examine the mechanism.

The results obtained were summarized as follows :

1. The population of aerobic heterotrophic bacteria per g of bottom sediments sampled from Mikawa Bay in summer was in the order of 10^4 to 10^5 , which was lower than that in winter or that from Hiuchi-Nada reported by other workers.
2. With assistance of the regression line and rejection zone of environmental conditions in summer on the distance from the mouth of the Toyo Kawa River projected on the chain line in Fig. 1, it was found out that the ignition loss and the total carbon in summer were lower than those in winter.
3. The oxygen consumption of bottom sediments in core in *quasi-in situ* condition was 0.006 to 0.023 O_2 g/m²/hr.
4. The populations of anaerobic heterotrophic and sulfate-reducing bacteria per g of bottom sediments in summer, were in the order of 10^5 to 10^6 , 10^4 to 10^6 respectively, and the sulfate-reducing bacteria was denser in this bay than in Hiroshima Bay. And the sulfide content

* 水産大学校研究業績 第 810 号, 1977 年 11 月 21 日受理.
Contribution from the Shimonoseki University of Fisheries, No. 810.
Received Nov. 21, 1977.

in summer was comparatively high, being 0.35 to 1.14 S mg/g.

Based on the results of the present report and those of other workers, the following mechanism of oxygen deficiency in bottom water was deduced. In summer, abundant sulfides were produced by sulfate-reducing bacteria in sediment. A part of the sulfides thus produced, mainly free hydrogen sulfides and colloidal metallic ones, diffused (or scattered) into the water near the bottom, and consumed the dissolved oxygen to a very low level.

結 言

三河湾における貧酸素水塊の形成機構の解明について、佐々木ら¹⁾はボックスモデルによる酸素収支の解析をし、底泥による酸素消費が貧酸素化の一要因であることを明らかにした。藤田ら^{2,3)}も浅海域における無酸素層生成の主因は、底泥中の硫酸還元細菌によって生産され、水層へ拡散、浮揚した硫化水素や硫化物であると報告している。また、畑^{4,5)}はこれら硫化物の生成に関する系統的研究から、夏季には特に温度の上昇しやすい浅海において硫化物の生産が促進され、さらに硫化物の逸散速度も大きくなることを指摘している。三河湾の底泥による酸素消費も当然硫酸還元細菌の活動に起因すると考えられる。しかし、これらの実態は地域の違いにより、かなり異なった様相を現わすことが多い。

そこで、硫酸還元細菌はもとより、一般の従属栄養細菌の間接的な役割を含めて、底泥の一般性状や酸素消費量から、貧酸素水塊の形成機構を解明することが必要である。

本報告では、三河湾における底泥中の従属栄養細菌と硫酸還元細菌の分布および底泥の酸素消費量などを調べ、さらに推計学的処理によって、これらの細菌と環境因子との関連性を検討した。得られた結果について報告する。

実 験 方 法

1. 試料の採取

底泥の採取定点は第1図に示した。これらの定点において、エクマンバージ式採泥器および木俣らのコアー採泥器⁶⁾を用い、表層泥土あるいはコアー中の泥土を採取した。この試料を滅菌したポリ瓶に入れ、氷蔵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。

2. 細菌数の測定

好気性従属栄養細菌数の測定はZOBELL,2216E 培地を用いる平板計数法によった。嫌気性従属栄養細菌の

Table 1. Compositions of media

Medium A (for anaerobic heterotrophs)					
Poly peptone	5.0 g,	Yeast extract	1.0 g,	Glucose	5.0 g,
FePO ₄	0.01 g,	L-Ascorbic acid	0.1 g,	Filtered sea water	1,000 ml,
pH 7.5					
Medium B (for sulfate reducers)					
Calcium lactate	3.5 g,	Poly peptone	2.0 g,	Yeast extract	1.0 g,
K ₂ HPO ₄	0.2 g,	MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.2 g,	Fe(NH ₄) ₂ ·(SO ₄) ₂ ·6H ₂ O	0.2 g,
L-Ascorbic acid	0.1 g,	Agar	3.0 g,	Filtered sea water	1,000 ml,
pH 7.5					

計数には第1表に示すA培地, 硫酸還元細菌の計数には畑の培地⁷⁾(B培地)を用い, それぞれ細菌数を10倍希釈法により測定し, 湿泥1gあたりの概数で表わした。

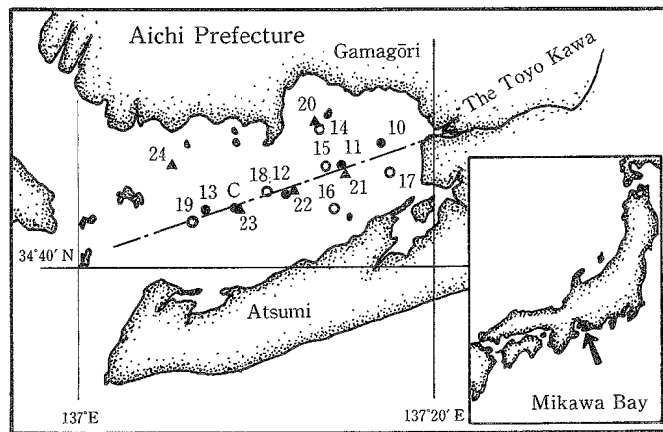


Fig. 1. Sketch chart of the sampling stations in Mikawa Bay

Note : Solid circle, St. 10—13 and St. C August of 1975
 Open circle, St. 14—19 January of 1976
 Solid triangle, St. 20—24 August of 1976
 Chain line shows the projected line defined in the note of Fig. 2.

3. COD, 硫化物量などの測定

底泥の泥温, COD, 水分含量, 強熱減量および硫化物量は, それぞれ常法⁸⁾によって測定した。全炭素量および全窒素量は, 柳本製CNコーダーを用いて測定した。また, 底泥の酸素吸収量 (oxygen consumption) の測定は常法に準じた。すなわち, 湿試料1gを100ml酸素瓶に入れ, 溶存酸素量既知の海水を静かに満たし, とときき振り混ぜて室温に保った。6時間後の溶存酸素量をDOメーターを用いて測定した。

4. コアー浸漬法による酸素消費量の測定

コアー内酸素消費測定法⁹⁾に準じた。すなわち, 採泥したコアーの泥層を約10cm残して, コアーの下部につけたゴム栓と上部につけた活栓付ゴム栓によって密閉容器とした。このコアーの泥層上部の海水(約30cmの層)を溶存酸素量既知の海水で満たし換え, 暗瓶として, 現場深度に2—6時間浸漬した。所定時間浸漬後, コアー内の海水を100ml酸素瓶に取り出し, ウィンクラー法によって溶存酸素量を測定した。浸漬前後の酸素量から底泥の一定面積あたりの酸素消費量を求めた。

結果および考察

1. 底泥中における好気性従属栄養細菌の分布

1975年8月と1976年1月に, 底泥中の好気性従属栄養細菌数ならびに環境因子を調査した。得られた結果を第2表に示した。湿泥1gあたりの好気性従属栄養細菌数は8月に 10^4 — 10^5 cells, 1月に 10^5 — 10^6 cellsで

Table 2. The population density of aerobic heterotrophic bacteria and the environmental conditions in the bottom sediments sampled from Mikawa Bay

Date	St.	Depth of overlying water (m)	Aerobic heterotrophic bacteria (cells/g wet)	Temp. of sediment (°C)	COD (mg/g dry)	Water content (%)	Ignition loss (%)	Total-C (mg/g dry)	Total-N (mg/g dry)	C/N	Oxygen consumption of sediment* (O ₂ mg/hr/g wet)
Aug. 5, 1975	10	8.5	9.5×10^4	22.5	—	67.2	13.1	26.5	1.1	24.1	0.037
	11	12.0	8.7×10^4	22.5	14.4	66.5	12.9	25.0	1.8	13.9	0.025
	12	12.5	9.5×10^4	21.2	20.8	68.8	12.6	21.9	3.1	7.1	0.028
	13	18.0	1.2×10^5	21.0	35.0	79.7	13.0	23.0	1.3	17.7	0.023
	C	17.0	1.1×10^5	—	37.6	77.0	12.8	25.2	1.4	18.0	0.016
Jan. 28, 1976	14	8.5	2.7×10^5	5.5	35.7	77.0	14.9	31.2	3.1	10.3	
	15	11.0	1.5×10^6	6.0	38.4	78.3	15.6	22.5	2.1	10.7	
	16	10.5	2.5×10^5	4.5	19.8	56.9	16.7	38.1	2.2	17.3	
	17	9.0	2.1×10^5	6.2	35.5	77.0	15.0	34.5	3.1	11.0	
Jan. 27, 1976	18	16.0	7.0×10^5	8.0	38.0	76.4	15.8	34.4	3.1	10.9	
	19	21.0	3.4×10^5	9.2	26.7	64.6	11.0	35.2	3.2	10.9	

Note: * Calculated from the 6-hour consumption measured by DO-meters for 1g sediment (wet weight) in 100-ml oxygen bottle

あり、夏季より冬季に高い傾向を示した。また、CODは8月に14—38mg/g(乾泥)、1月に20—38mg/gであった。この値には地点間の差異がみられたが、季節差はみられなかった。一方、燧灘水域における夏季の好気性従属栄養細菌数は 10^5 — 10^7 cells/gであり、CODは6—15mg/gであったと報告されている^{10,11)}。この結果と比べると、三河湾ではCODが非常に高いにもかかわらず、細菌数はむしろ低かった。

三河湾における夏季と冬季の分布の差をさらに詳細に検討するために、推計学的処理をしたが、その結果は次の項で述べる。

2. 底泥中における好気性従属栄養細菌数、COD、強熱減量などの夏季と冬季の差異

両季節の調査定点は第1図に示したように、それぞれ異なっていたが、岸寄りの1、2定点を除けば、豊川河口を通る湾の中央縦断線付近に散在していた。そこで、測定値のばらつきのうち位置の差による影響を消去して、各要因にみられる季節差を知るため、下記の方法を用いた。

まず、豊川河口から各定点(定点14および16を除く)までの東西方向および南北方向の距離を測り、後者の前者に対する回帰直線を算出した(第1図の鎖線)。次に、この鎖線に各定点から垂線を下ろし、この垂線の足から河口の垂線の足までの距離を算出した。これを投影距離(projected distance)とよぶ。そこで、投影距離に対する夏季測定値の回帰直線および棄却帯(危険率5%)を求め、この棄却帯の外に冬季測定値があるかどうかで、季節差の有無を判断した。なお、測定点数が少ないため、各要因の正規性は検定できなかった。しかし、各測定値(細菌数ではその対数値)はそれぞれの平均値を中心にして、その前後にほぼ均等に散らばっていた。そこで、それぞれの数値は正規分布であるとみなして、測定値をそのまま(細菌数のみ対数値)以下の計算に用いた。

これらの結果を第2—5図に示した。第2図には底泥中における好気性従属栄養細菌数の季節的分布を表わした。これから、8月(夏季)の細菌数は、1月(冬季)の値より低く、対数値で5前後であり、非常に狭い棄却帯内に分布した。しかも回帰直線は有意でなく、地点差は認められなかった。また、1976年8月の中央線付近の3定点の結果も75年の棄却帯内にほぼ取まっていた。さらに、他の調査¹²⁾から、東部三河湾に

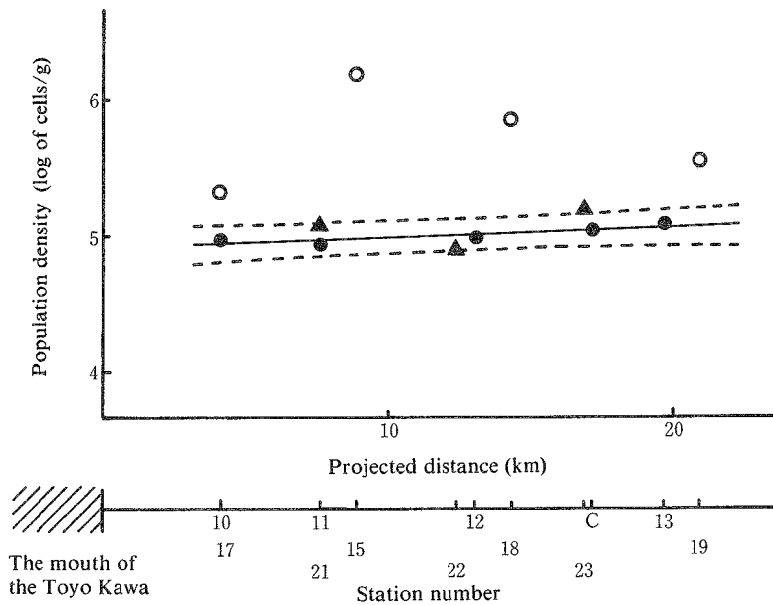


Fig. 2. Seasonal change of the population density of aerobic heterotrophic bacteria in bottom sediment with the projected distance from the mouth of the Toyo Kawa

Note : To show the distribution with the distance from the mouth of the Toyo Kawa, the following method was adopted :

- 1) Measured the distance of respective stations from the mouth in the east-west direction and in the north-south one,
- 2) Estimated the regression line of the latter on the former,
- 3) Drew perpendiculars from respective stations to this line,
- 4) Measured the distance from the foot of the mouth to the feet of them (this distance was called the projected distance, for convenience),
- 5) And estimated the regression line and rejection zone of the population density of bacteria on this distance in August of 1975.

Solid circle August of 1975

Open circle January of 1976

Solid triangle August of 1976

Solid line Regression line estimated from the records in August of 1975

Broken curve Estimated rejection zone at 0.05 level

Thick line Significant linear regression equation

おける夏季測定値をみると、底泥の表層部での酸化還元電位はだいたい負のEh域であり、全硫化物量は0.05—1.79 mg/g で、そのうち遊離の硫化物量は0.01—0.33 mg/g であった。遊離の硫化水素は生物に対する影響が強いとされている。また、硫酸還元細菌の増殖を阻害することが報告されている⁴⁾。この阻害作用は一般細菌にも通じるとしてよからう。以上のことから、酸化還元電位の低さや遊離の硫化水素により好気性従属栄養細菌の増殖がおさえられるか、またはこれらに対する抵抗性の強い小数の属に菌相が変わっていると考え

られる。このため、細菌数が限定されたものと推測される。

第3図は前報¹³⁾の海水中における従属栄養細菌数について検討した結果である。これから、両季節ともに回帰直線は有意であり、豊川河口から離れるにしたがって、細菌数が減少する傾向を示した。このことは、豊川が有機汚濁源であることを示唆しており、豊川水系の水の拡散と細菌数との間に強い関係のあることがうかがわれる。また、冬季の分布の大半は夏季の細菌数の棄却帯外にあり、両季節間に差のあることが明らかであり、冬季が夏季より高めであった。

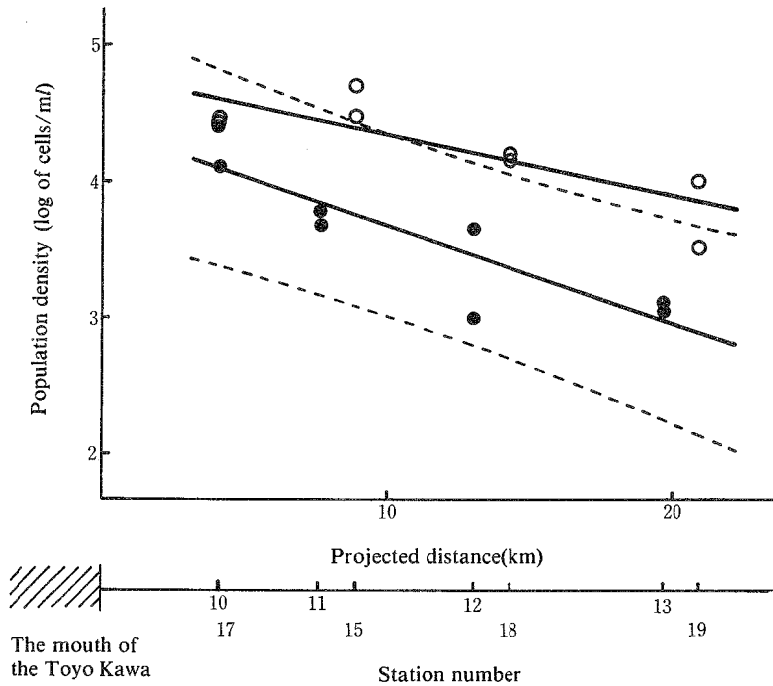


Fig. 3. Seasonal change of the population density of heterotrophic bacteria in seawater with the projected distance from the mouth of the Toyo Kawa

Note: The note is the same to that of Fig. 2.

環境因子のうち、底泥のCODおよび水分含量と投影距離との関係を第4図に示した。これから、冬季におけるこれらの値は夏季の値の棄却帯内にほぼ収まっており、季節差は認められなかった。一方、水分含量の夏季分布では、その回帰直線が有意となり、しかも、1976年の夏季の3点もこの線に沿って分布していた。これらは、夏季には水分含量の多い浮泥質が沿岸の浅いところから深いほうへ流下し、河口から離れた地点に集積することを示していた。また、CODの分布は水分含量の分布に近似していた。しかも両者の相関係数は夏季で0.96、冬季で0.98となり、いずれも有意とみなすことができ、両者は同一指標であるといえよう。すなわち、底泥の粒子は小さいほど単位重量あたりの保水量が大きく、この保水量の大きい粒子ほど有機物などの集積量が多いことを示しており、これらの有機物集積能には季節差は認められない。

強熱減量、全炭素量および全窒素量の結果を示した第5図から、これらの有機物の指標値はいずれも夏季が冬季より低めであり、夏季の棄却帯外に冬季の値が散在するが多かった。しかし、水分含量でみられ

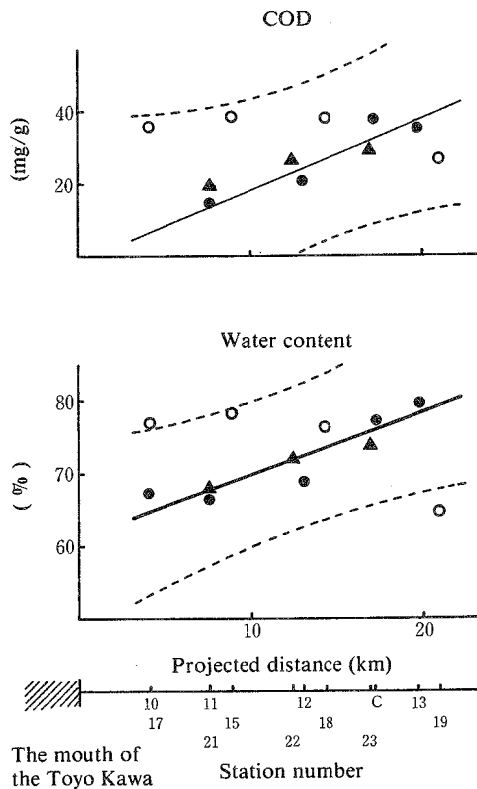


Fig. 4. Seasonal change of the distributions of COD and water content in bottom sediment with the projected distance from the mouth of the Toyo Kawa

Note : The note is the same to that of Fig. 2.

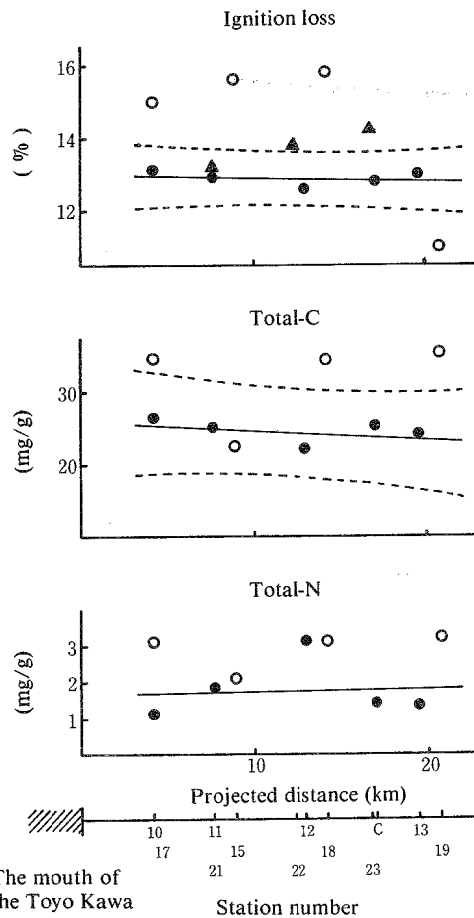


Fig. 5. Seasonal change of the distributions of ignition loss, total-C and total-N in bottom sediment with the projected distance from the mouth of the Toyo Kawa

Note : The note is the same to that of Fig. 2.

たような地点差は認められなかった。この全炭素量および全窒素量の大部分は有機態であるとされており、夏季のこれらの数値が低いのは、細菌群の有機物分解活動が旺盛であったことを示している。しかし、これに伴ってCODの減少がみられなかったのは、細菌群の活動によって生じた硫化物などの無機態の酸素消費物質の集積が多かったためと思われる。さらに、第2表のC/Nは冬季ではほぼ一定値であり、夏季ではそれより高かった。このことから、夏季には細菌群による含窒素有機物の分解が他の有機物の分解より著しいことがわかる。このため部分的には、細菌群に必要な窒素源が不足し、これが従属栄養細菌、特に有機栄養要求の厳密なグループの増殖の制限因子となるとも考えられる。これに反して、冬季には、細菌にとって利用しやすい有機物が集積される。これらの有機物は温度の上昇期に、細菌群の一次的栄養源となり、十分に生育や活動を促進する要因になるといえる。このため、これらの有機物の多い地点では早くから、酸化還元電

位の低下が起こり、硫酸還元細菌および他の嫌気性細菌の生育や働きを促進させる可能性がある。

3. コアー浸漬法による底泥の酸素消費量

採泥コアー浸漬法により、定点Cにおいて得られた結果を第3表に示した。これから、底泥の酸素消費量は $0.006-0.023 \text{ O}_2 \text{ g/m}^2/\text{hr}$ ($0.14-0.55 \text{ O}_2 \text{ g/m}^2/\text{day}$)であり、EDBERGら⁹⁾の室内コアー実験の結果に近い値であった。しかし、ボックスモデルによる底泥の酸素消費量は湾中奥部で $1.04-1.44 \text{ O}_2 \text{ g/m}^2/\text{day}$ と報告されており¹⁾、本実験値はこの約 $1/10-1/2$ の値であった。また、かりに 1 cm^2 あたり 1 g の底泥が上部水の酸素消費に直接影響したとすると、湿泥 1 g あたりの消費量は約 $0.0015 \text{ O}_2 \text{ mg/hr}$ となり、第2表に示した酸素瓶法による酸素消費量の約20分の1に相当する。これらから、採泥コアー浸漬法で得られた消費量は、海水の流動などがない場合の最低値であるといえる。一般に海水は流動しており、泥質自体の酸素消費能は大きいので、底泥の舞上がり時には底泥直上の海水の酸素消費は、数倍に増加すると考えられる。

Table 3. The oxygen consumption ($\text{O}_2 \text{ g/m}^2/\text{hr}$) of the bottom sediment in the enclosed core in *quasi-in situ* condition at St. C (17-18m deep at $20-21^\circ\text{C}$)

Sample No.	Submerged hours		
	2	4	6
1	0.023	0.006	
	0.020	0.009	
	0.016	0.014	
2		0.006	
		0.014	
		0.008	
3			0.017
			0.015
			0.016

4. 底泥中における硫酸還元細菌および硫化物の分布

1976年8月における底泥中の好気性および嫌気性従属栄養細菌数、硫酸還元細菌数ならびに硫化物量などの環境因子の測定結果を第4表に示した。底泥表層の好気性従属栄養細菌数は $10^4-10^5 \text{ cells/g}$ 、嫌気性従属栄養細菌数は $10^5-10^6 \text{ cells/g}$ であり、嫌気性菌が好気性菌よりやや多かった。これは前述したように、酸化

Table 4. The population densities of bacteria and the environmental conditions in the bottom sediments sampled from Mikawa Bay, and correlation coefficients to the sulfide content at respective 3-cm core layers (Aug. 23, 1976)

Depth of St. overlying water (m)	Core depth (cm)	Heterotrophic bacteria			Sulfate-reducing bacteria (cells/g)	Temp. of sediment ($^\circ\text{C}$)	COD (mg/g dry)	Water content (%)	Ignition loss (%)	Sulfide content (S mg/g dry)
		aerobic (cells/g)	anaerobic (cells/g)							
20	7	0-3	3.1×10^5	10^5	10^5	22.2	34.0	77.9	15.4	1.06
21	9	0-3	1.2×10^5	10^5	10^4	22.2	24.5	67.7	13.2	0.35
		10-12	3.0×10^4	10^4	10^2	21.7	14.5	53.9	13.9	0.09
22	12	0-3	7.8×10^4	10^5	10^4	22.5	26.5	72.0	13.8	0.59
23	17	0-3	1.6×10^5	10^5	10^6	21.0	29.0	73.6	14.2	1.14
		13-15	2.8×10^4	10^4	10^1	20.0	19.1	63.3	11.1	0.22
24	14	0-3	3.8×10^5	10^6	10^5	21.5	25.0	69.3	12.4	0.58
Correlation coefficient to the sulfide content in sediment			0.32	-0.27	0.83	-0.49	0.83	0.86	0.74	1.00

還元電位の低下に起因すると考えられる。また、硫酸還元細菌数は、 10^4 — 10^6 cells/gであり、広島湾¹⁴⁾や大村湾^{2,3)}の結果よりかなり高かった。環境因子では、硫化物量が0.35—1.14 S mg/g (乾泥)であり、COD、水分含量などは前年同季とほぼ同程度の数値であった。さらに、硫化物量と細菌数または他の環境因子との相関を調べた。その結果、硫酸還元細菌数や有機物指標であるCOD、水分含量との相関係数が0.8以上と比較的高かった。また、これら相互の関係は、広島湾における木俣らの結果¹⁴⁾とほぼ同じであった。一方、10—15 cm 層の各細菌数、硫化物量などはいずれも表層のそれらより低く、硫酸還元細菌では両層における差が特に顕著であった。これらの結果から、夏季になると、底泥の表層で硫酸還元細菌がさかんに増殖し、硫化物を多量に生産すると考えられる。

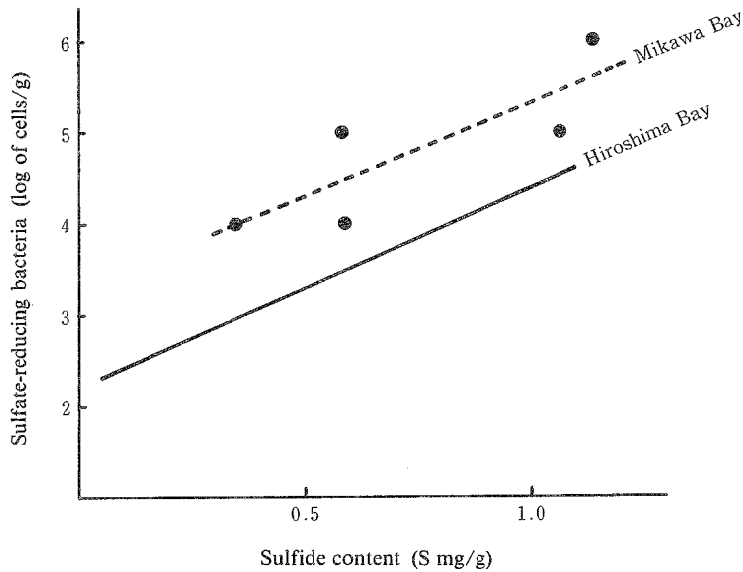


Fig. 6. The relations between population density of sulfate-reducing bacteria and sulfide content

Note : Solid line shows the estimated linear regression equation of other data¹⁴⁾ in Hiroshima Bay.
Broken line shows the estimated linear regression equation of solid circles at 0—3cm layer of bottom sediment in Mikawa Bay.

硫酸還元細菌数の対数値 (y) と硫化物量 (x) の関係を求め、広島湾の結果¹⁴⁾と比較したのが第6図である。両湾について得られた回帰式 ($y = a_0 + a_1x$) は、次のようであった。

$$\text{広島湾: } y = 2.20 + 2.19x \quad (F_0 = 14.15 > F_3^2(0.01) = 11.26)$$

$$\text{三河湾: } y = 3.28 + 2.04x \quad (F_0 = 6.62 < F_3^2(0.05) = 10.13)$$

両回帰式の a_0 および a_1 の差の t 検定をしたところ、 a_0 の差は有意 ($t = 4.02 > t_3(0.05) = 3.18$) となり、 a_1 の差は有意でない ($t = -0.19 > t_3(0.05) = -3.18$) ことがわかった。すなわち、両水域において、硫化物量増加に伴う硫酸還元細菌数の増加率は同じであった。しかし、同程度の硫化物を集積している場合の細菌数では、対数値で約1だけ三河湾のほうが高い水準であった。逆に、同一細菌レベルについてみると、三河湾における硫化物集積量は広島湾よりも少なく、かなりの硫化物が水中へ逸散消失したといえよう。

これを両帰直線から数値として表わすと、平均0.4 S mg/gの硫化物量に相当する。

浅海域においては、夏季の底泥温度が上昇しやすいため、硫化物の逸散速度も増加するといわれている⁴⁾。また、腐軟泥質では、硫化水素と反応すべき鉄が有機コロイドや微粒状の有機質で被覆され、硫化鉄になりにくくなると報告されている³⁾。

これらのことから、三河湾での硫化物の逸散現象は他の水域よりかなり多いことが推測できよう。これらの水中に逸散した硫化水素や懸濁性硫化物は、成層期に当たるため、底層水中にとどまることが多く、さらに酸化されるため、多量の溶存酸素を消費する。これが貧酸素水塊形成の最も大きな要因であると考えられる。また、前報¹⁾³⁾の水中の従属栄養細菌数に影響した真の要因は、上層水へと拡散した一部の硫化水素であると思われる。

要 約

三河湾における貧酸素水塊の形成機構を解明する一環として、底泥中の従属栄養細菌と硫酸還元細菌の分布および底泥の酸素消費量について検討した。さらに、細菌数および環境因子の季節的差異や硫化物量と硫酸還元細菌数との関係を推計学的に解析し、次の結果を得た。

1. 底泥中の好気性従属栄養細菌数は夏季で 10^4 — 10^5 cells/g、冬季で 10^5 — 10^6 cells/gであった。この夏季の細菌数は他の水域に比べてかなり低く、また地点差は認められなかった。
2. 夏季および冬季の環境因子の推計学的解析から、夏季には水分含量の多い浮泥層が河口から離れた地点に集積することを認めた。また、夏季における強熱減量、全炭素量などの有機物指標値は冬季より低く、C/Nは高かった。これらから夏季では、有機物の分解がかなり進んでいることがわかった。一方、冬季ではこの反対に、有機物の集積する傾向がみられた。
3. 採泥コア一浸漬法による底泥の酸素消費量は 0.006 — 0.023 O₂ g/m²/hrであり、酸素瓶法による酸素消費に比べて、かなり低い数値であった。また、この数値は流動のない場合の最低値であるといえ、海水の流動などによる底泥の舞上がりか起こればかなり増加すると考えられる。
4. 夏季における底泥中の嫌気性従属栄養細菌数は 10^5 — 10^6 cells/g、硫酸還元細菌数は 10^4 — 10^6 cells/gであり、いずれも他の水域よりやや高かった。また硫化物量も 0.35 — 1.14 S mg/gであり、比較的高い値であった。さらに、硫酸還元細菌数と硫化物量との関係についての推計学的解析から、三河湾では硫化物の水中への逸散量が他の水域より多いと推測された。

以上の結果から、夏季三河湾においては、底泥中の硫酸還元細菌の活動によって多量の硫化物が生産され、この硫化物が遊離の硫化水素や懸濁硫化物として水中に逸散し、溶存酸素を多量に消費する。これが貧酸素水塊形成の最も大きな要因であると考えられる。

終わりに、本研究の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 弘教授に心から謝意を表す。

また、試料の採取についてご援助下さっ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ついてご配慮ご尽力下さった愛知県水産試験場戸倉正人、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業学生であった鈴木満朗、中村正宏、月足克久および中山道元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) 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.
- 2) 藤田雄二・谷口忠敬・銭谷武平, 1967: 長崎大水産研報, No 23, 187—196.
- 3) 藤田雄二・谷口忠敬・飯塚昭二・銭谷武平, 1967: 長崎大水産研報, No 24, 79—88.
- 4) 畑 幸彦, 1965: 本報告, **14**, 37—83.
- 5) HATA, Y., H. KADOTA, H. MIYOSHI and M. KIMATA, 1965: "The Proceedings of the Second International Water Pollution Research Conference, Tokyo 1964," pp. 287—302, Pergamon Press, New York.
- 6) 木俣正夫・河合 章・石田祐三郎, 1960: 日水誌, **26**, 1227—1230.
- 7) HATA, Y., 1965: *Data Oceanogr. Obs. Expl. Fish.* (Shimonoseki Univ. Fish.), No. 1, 381—399.
- 8) 松江吉行編, 1965: 水質汚濁調査指針, pp. 167—197, 恒星社厚生閣, 東京.
- 9) EDBERG, N. and B. V. HOPSTEN, 1973: *Water Research*, **7**, 1285—1294.
- 10) 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.
- 11) 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.
- 12) 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.
- 13) 村上正忠・藤沢浩明, 1978: 本報告, **26**, 299—311.
- 14) KIMATA, M., H. KADOTA, Y. HATA and T. TAJIMA, 1955: *Records Oceanogr. Works Japan*, **2**, 85—93.