

## 第一章 平潟湾および金沢湾の水質調査結果

島 中 潤一郎

### 1. はじめに

平潟湾の水質汚濁については「オバケハゼ」の出現を契機として、昭和44年度から46年度の3ヶ年間にわたり横浜市公害対策局により調査が実施され、三つの報告書が作成されている。<sup>1)~3)</sup>

これらの報告書では、水質汚濁のみならず、それが起因と疑われたマハゼの病害、湾内の流況、底質など、広範囲の事項にわたって、実態が示されている。

しかし、当時は問題の重点が健康に影響の大きい重金属類などに置かれたためか、水域の有機汚濁や富栄養化の実態については、注意の向けられていない点もあり、補うべきところが多い。

これらの調査以降、昭和55年まで、平潟湾及びその周辺水域では特にまとまった調査は実施されなかった。

しかし、湾周辺でしばしば発生する魚介類のへい死事故の原因や、水域の生物環境、景観を損う水の濁り、異臭の発生など、この水域周辺での環境条件を検討するうえで、水質の富栄養化や有機汚濁は重要な要素と考えられた。<sup>4) 5)</sup>

そこで、本調査においては、平潟湾及び周辺水域の水質汚濁に関して、この水域の富栄養化と有機汚濁について、実態を明らかにすることとした。

### 2. 調査方法

#### 2-1 調査時期

平潟湾の水質に関する調査は昭和57年4月から58年4月にかけての約1年間、原則として月1回の調査日を設定し、実施した。底生生物、底質の調査日は水質調査日と一致するようにした。ほぼ月1回の調査としたのは、富栄養化を伴う有機汚濁を、水質の季節変動の中でより明確に把握しようと考えたためである。なお、58年3月は、気象条件の悪化などにより再三、調査を延期したため、その実施が翌月に繰り込むことになった。各月の調査期日は表-1に示すとおりである。

表-1 57年度平潟湾水質調査日

月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	4(3)
日	20	18	28	29	27 28	28	26	25	22	20	28	7

金沢湾の水質に関しては、平潟湾からの流出水による影響の概要を把握することを目的として、昭和58年5月と同年8月の2回、調査を実施した。

## 2-2 調査地点

平潟湾の調査地点はSt. H-1～St. H-8'の5個所である。このうち通年の測定が行われたのはSt. H-1及びSt. H-5'の2個所である。

金沢湾の調査地点はSt. K-1～St. K-7の7個所である。各調査地点の位置を図-1に示す。

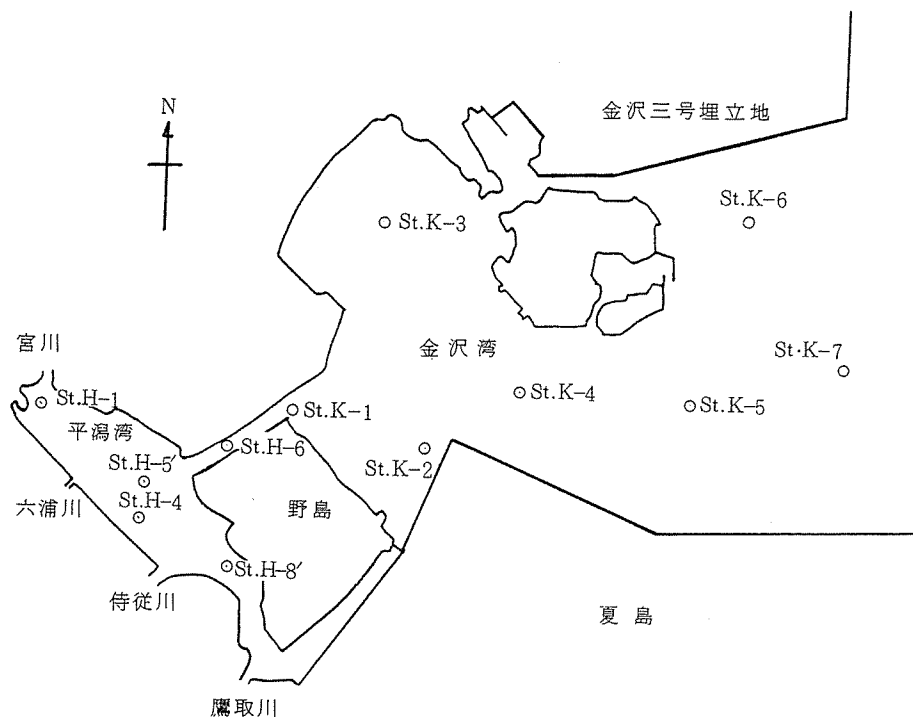


図-1 平潟湾・金沢湾の調査地点

## 2-3 調査項目及び測定方法

調査項目は以下の14項目である。

水温、水素イオン濃度指数(pH)、酸化還元電位(ORP)、溶存酸素(DO)、塩分(Salinity)、アンモニア態窒素( $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ )、亜硝酸態窒素( $\text{NO}_2^- - \text{N}$ )、硝酸態窒素( $\text{NO}_3^- - \text{N}$ )、総窒素(T-N)、リン酸態リン( $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ )、総リン(T-P)、化学的酸素要求量(COD)、クロロフィルa量(Chl.a)、懸濁態物質質量(SS)

調査時期によっては欠測となった項目もある。表-2に各調査時の測定項目を示す。

海水と河川水の共存する汽水域では、水界の上下間での水質変動の大きい場合があるため、各調査地点では深度に応じて、少なくとも上下二層以上の異なる深さで各項目の測定を行っている。各項目の測定・分析方法を表-3に示す。なお表中\*印の項目については、試料を採取後、実験室で測定した。

## 3. 結果と考察

### 3-1 平潟湾

#### 3-1-1 塩分濃度

各調査地点における塩分濃度の測定結果を表-4に示す。さらにこれらのうち、宮川の河口にもっとも近い、湾奥部のSt.H-1と、湾中央部で、比較的湾口部にも近いSt.H-5'の結果を図-2に示す。また、この二地点の測定値について上層(水深0.2m~0.5m)、下層(0.5m~2.0m)の平均値と

表-2 各時期の調査項目

月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	4(3)
水 温	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
pH	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○
ORP	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○
DO	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○
Salinity	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	○	○	○	○	○		○	○	○			
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○
T-N	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
T-P	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
COD	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Chla	○	○	○									
SS		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

表-3 各項目の測定・分析方法

水 温	HAMNON製 水温-塩分計
Salinity	同 上
pH	ガラス電極式 pHメータ
ORP	白金電極式 ORPメータ
DO	白金電極式 溶存酸素計
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N*	インドフェノールブルー比色法 (気象庁海洋観測指針) <sup>6)</sup>
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N*	グリースロミン比色法 ( " )
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N*	カラム還元比色法 ( " )
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P*	アスコルビン酸還元比色法 ( " )
T-N*	還境庁告示法 <sup>7)</sup> ( " )
T-P*	"
COD*	JISK102 <sup>8)</sup>
Chl. a*	アセトン抽出法(気象庁海洋観測指針) <sup>6)</sup>
SS*	JISK102 <sup>8)</sup>

表-4 塩分測定値 単位(%)

調査月日	4.20	5.18	6.28	7.29	8.27, 28	9.28	10.26	11.25	12.22	1.20	2.28	4.7
St.H-1(測定時間)	(9:10)	(7:50)	(16:05)	(17:00)	(11:00)(16:45)(22:11)( 5:25)	(16:30)	(12:00)	(11:30)	(11:22)			
水深 0 m	24.4	232	<0.5	8.5	10.6 6.1 1.8 14	17.5	1.5	20.5	150			
0.5 m		26.4		19.7	18.2 19.0 20.0 19.6	23.0	12.7	205	258			
1.0 m		29.1	<0.5	25.4	23.0 21.0 22.4 22.4	29.5	25.7	31.5	27.2			29.6
1.5 m	29.3	29.7	<0.5	26.4	23.8 24.0 23.1 23.8	30.0	27.6	31.7	27.6			31.0
2.0 m		30.1		26.5	24.7 25.2 24.2 25.2	29.0	28.0	32.0	27.6			32.0
.5 m					26.3 25.1	30.4	28.2					
St.H-5(測定時間)	9:39(2:20)(5:00)	8:23(12:00)(13:10)	9:25(4:55)(12:20)(16:45)( 5:00)	11:6 11.7	11:00(16:30)(21:45)( 5:00)	(14:25)(16:45)	(12:50)	(11:05)	(11:00)			
0 m	17.4 23.4 24.8	23.0 19.0 20.8	15.9 22.9	23.0 20.5	21.1 20.3 18.7 14.9	18.4	19.2	25.9	24.1			21.5
0.5 m	25.6 25.7 25.3	26.4 23.3 26.3	22.1 27.8	23.0 20.5	22.3 21.1 20.9 19.8	28.2	27.2	299	27.0			30.0
1.0 m	28.5 28.7 29.2	28.7 28.8 28.2	27.6 28.7	25.0 24.7	22.8 22.4 22.5 21.8	29.7	27.0	30.5	27.6			
1.5 m	29.1 29.4 29.4	29.6 29.2 29.0	28.8 29.3	26.3 26.4	25.6 24.0 23.7 24.3	30.0	27.2					
2.0 m	29.5 29.6 29.4	30.0 29.8 29.4	29.4	26.8 26.7	25.6 24.5 24.7 25.2	30.0	27.5					
2.5 m	29.8 29.6 29.6	30.4 29.8 29.7	30.0	26.8	25.6 24.5 24.7 25.2	29.5	27.7					
3.0 m		30.0 29.7			27.0 24.2	29.5	27.7					
4.0 m		30.0 29.7				29.2	28.3					
St.H-4(測定時間)	(9:50)	(8:42)	(16:20)	(17:20)								
0 m	24.3	22.0	< 0.5	7.8								
0.5 m		26.1		22.0								
1.0 m		29.2	< 0.5	25.2								
1.5 m	29.4	30.2	< 0.5	26.3								
St.H-8(測定時間)	(10:00)	(8:55)	(16:30)	(17:30)								
0 m	24.0	21.6	25.9	10.4								
0.5 m		28.0	26.4	22.3								
1.0 m		29.4	27.2	26.0								
1.5 m	29.2	30.0	27.4	26.5								
2.0 m		30.0										
St.H-6(測定時間)	(14:33)	(7:20)	(9:55)(15:40)	(12:10)(16:30)								
0 m	22.9	22.6	19.8 24.8	18.0 14.0								
0.5 m	25.3	27.4	26.5 28.3	23.5 23.0								
1.0 m	29.0	29.0	28.9 28.3	25.8 25.1								
1.5 m	29.5	29.7	29.6 28.8	26.8 26.4								
2.0 m	29.6	29.7	29.8 28.8	27.3 27.2								
2.5 m		30.2	30.3	27.3								
3.0 m		30.2	30.5									
3.5 m		30.2										

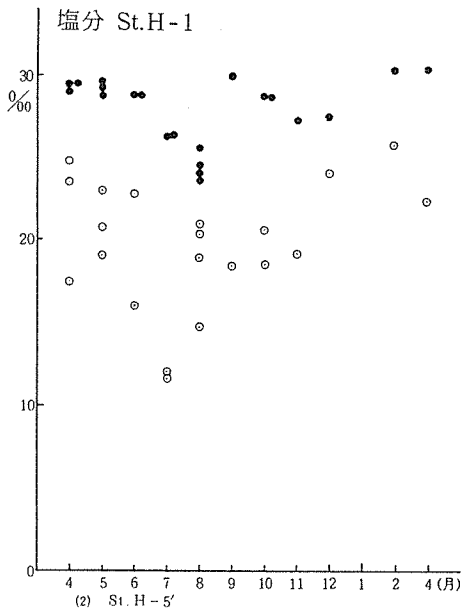


図-2(1) 塩 分

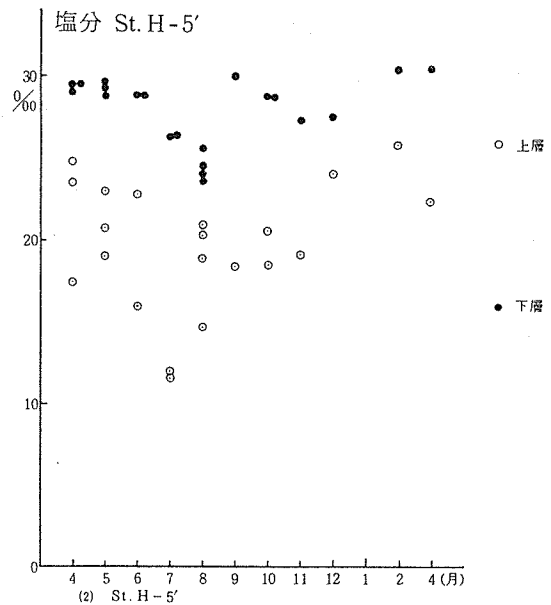


図-2(1) 塩 分

表-5 塩分の年間平均値・変動率

St.H-1	11.88 (74.46%)	25.56 (29.26%)
H-5'	19.75 (19.39%)	27.96 (7.42%)

単位：(%) ( )内数値は変動率

変動率(標準偏差/平均値×100(%))を示したのが表-5である。

平均値で見れば、St.H-1の上層が11.88%、St.H-5'の上層19.75%、St.H-1の下層25.56%、St.H-5'の下層27.96%の順に大きくなる。一方、測定値の変動率は、St.H-1の上層が74.46%、同下層の26.26%、St.H-5'の上層19.39%、同下層7.42%の順に小さくなる。即ち、上層に比べ下層の塩分濃度が高く、St.H-5'に比べSt.H-1の塩分濃度の変動の中が大きいことが見て取れる。

栗原は河口域の水の動きについて、三つのタイプ分類を示している。<sup>9)</sup>一つは、潮汐による海水の流量が河川水の流量をうわまわっているために、河川水と海水が強く混合して、塩分濃度の垂直分布が表層から底層まで一様になる完全(強)混合型である。次に、河川水の流量が潮汐による海水の流量をうわまわるために、比重の小さい河川水の下に海水が入りこみ、河川水と海水が上・下層をつくる高度成層(二層流)型である。そして、これらの二つの中間の部分混合(緩混合)型である。

塩分濃度の測定結果について、各時点の測定値やこれらの平均値を見ると、平潟湾の場合は上層水と下層水の混合が均一に行われておらず、完全混合型ないしは緩混合型の水の動きのあることが示されている。すなわち、St.H-5'からSt.H-1にかけて、下層水として湾口から湾奥へ海水の入れこみ、いわゆる“塩水くさび”が形成されている。その結果、St.H-1、St.H-5'の二地点の平均値のみならず、湾内各地点の同一時の測定値を見ると上層の塩分濃度が下層のそれを上まわることはない。St.H-1の塩分濃度の変動率が大きいのは、St.H-1がこの塩水くさびの先端により近く位置し

ていることによっている。塩水くさびの先端は潮汐のその時間的変動や河川流量の影響を受けてその位置を刻々と頻繁に変えるからである。(図-3)

たとえば、6月28日のSt.H-1の測定値は上・下層とも0.5%以下となっている。これは台風接近に伴う前日までの大雨<sup>10)</sup>によって、宮川からの流入が増大して、St.H-1付近の海水が上・下層とも押しのけられてしまったためと推測される。また、8月27日から28日かけてのほぼ6時間ごとの測定では、1日の間に、St.H-1の上層の塩分濃度は最小値1.4%、最大値10.6%と、9.2%の範囲で変動している。これは主として潮汐の干満<sup>11)</sup>による。海水の移出入量の変動によっているものと推測される。

このように、河川流量と潮汐の大きさによって、平潟湾の塩分濃度は変動する。潮汐は月齢により周期的に変動するが、河川流量は集水域での短時間の降雨量のような非周期的要素によっても変動する。従って、湾内の塩分濃度の変動はより複雑になる傾向がある。

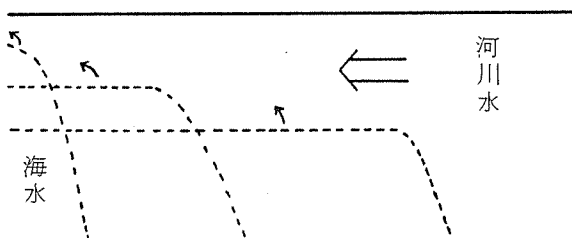


図-3 塩水くさび

### 3-1-2 アンモニア態窒素 ( $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ )

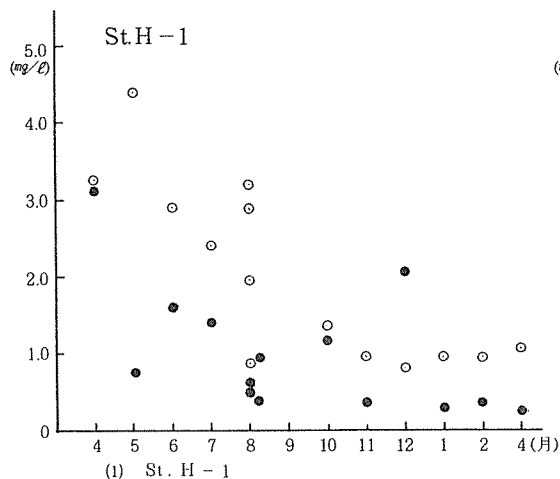
平潟湾内におけるアンモニア態窒素の測定結果を表-6に示す。また、St.H-1、St.H-5'の測定値については図-4に示す。二地点の上・下層水の測定値の平均と変動率を表-7に示す。塩水くさびの形成されるような水域においては、上層水からの溶存酸素の移入量が減少するため、底泥の有機物が嫌氣的に分解し、下層水中のアンモニア態窒素の増加することが知られている。さらに塩水くさびの先端の海水は、河口に向けて下層水として侵入してくるが、侵入の過程で河口付近の底質と接している時間が、後方の水よりも長くなるため、より嫌気状態になりやすい。栗原はこのようにことを理由に、七北田川の河口域で、下層水のアンモニア態窒素の増加することを説明している。平潟湾の場合も表-7の年間平均値を比較すると、St.H-5'の下層水中の濃度が $0.916 \text{ mg/l}$ に対して、宮川河口のSt.H-1の下層水は $0.996 \text{ mg/l}$ と増加している。底質の強熱減量(I.L値)や、酸化還元電位(ORP値)を見ても、底質中に有機物がかなり含まれており、しかも嫌气的条件に十分恵れていることを示している。<sup>12)</sup>従って、底質から下層水に向けてのアンモニア態窒素の供給が行われることは十分ありうると考えられる。しかし、一方、上層水中のアンモニア態窒素は、下層水に比較して、測定値の平均はさらに高い値を示す。St.H-1の上層水は $3.16 \text{ mg/l}$ 、St.H-5'の上層水は $1.49 \text{ mg/l}$ となっている。湾口よりも湾奥部の宮川河口に近い地点の方が高い値を示すこと、塩水くさびの存在が認められることから、上層水中のアンモニア態窒素は底質の嫌気分解よりも、河川を通じて流入する生活系排水等の人為的汚染物質に由来するものと考えられる。さらに、St.H-1の上層水中のアンモニア態窒素の濃度がきわめて高いことから下層水のアンモニア態窒素の濃度に少なからず影響を与えていると推測される。即ち、St.H-1の上層水と下層水の平均値の濃度比は3:1強となっているが、底質から溶出してくる部分のみを考えれば、この比はもっと大きくな

表-6 アンモニア態窒素測定値 単位 (mg/L)

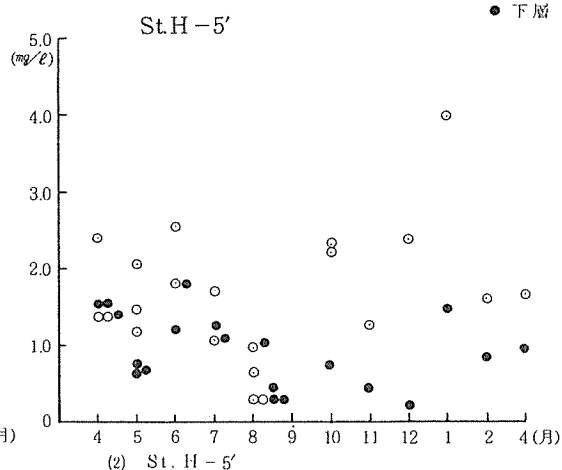
調査期日	4.20	5.18	6.28	7.29	8.27,28	9.28	10.26	11.25	12.22	1.20	2.28	4.7
St.H-1(採水時刻)	(9:10)	(7:50)	(16:05)	(17:00)	(11:20)(16:45)(22:12)(5:25)	(16:30)	(11:20)(11:30)	(12:00)	(11:20)	(11:20)	(11:30)	(11:22)
水深 0 m	3.24	4.69	2.9	2.40	0.868 1.99 3.16 2.89	3.20	3.95 4.87	2.97	3.14	3.95	4.87	3.92
0.5 m	3.11											
1.0 m												
1.5 m												
2.0 m		0.78	1.6	1.41	0.620 0.961	1.15	0.38	0.35	0.34	0.38	0.27	
2.5 m					0.465 0.496			2.01				
St.H-5(採水時刻)	(9:35)(12:20)(15:00)	(8:23)(12:00)(13:10)	(9:25)(15:55)	(12:20)(16:45)	(11:00)(16:30)(21:45)(5:00)	(14:25)(16:45)	(10:55)(11:05)	(12:50)		(10:55)	(11:05)	(11:00)
0 m	2.39 1.36 1.36	2.06 1.46 1.19	2.3 1.8	1.47 1.04	0.279 0.341 0.279 0.930	2.20 2.30	1.41 1.61	1.22	2.33	1.41	1.61	1.63
0.5 m	1.53 1.32 1.58											
1.0 m												
1.5 m		0.66 0.64 0.74	1.1	1.08 1.19	0.341 0.434	0.73 0.49	0.52 1.21	0.20	1.46	0.80	0.80	0.94
2.0 m		0.63 0.64 0.66	1.0	0.84 1.12	1.02 0.341	0.41 0.25	0.83	0.17	1.01			
2.5 m												
3.0 m												
4.0 m												
St.H-4(採水時刻)	(9:50)	(8:24)	(16:20)	(17:20)								
0 m	1.49											
0.5 m	0.97	3.93	1.8	2.07								
1.0 m												
1.5 m		0.72		1.42								
St.H-8(採水時刻)	(10:00)	(8:55)	(16:30)	(17:30)								
0 m	3.40	3.21	2.9	2.06								
0.5 m												
1.0 m												
1.5 m												
2.0 m												
St.H-6(採水時刻)	(14:33)	(7:20)	(9:55)(15:40)	(12:10)(16:30)								
0 m	1.55	1.33	1.3 2.0	1.71 1.11								
0.5 m	1.52	0.70										
1.0 m												
1.5 m												
2.0 m			1.1	0.91								
2.5 m												
3.0 m			0.65	0.60								
3.5 m												

○ 上層

● 下層



(1) St. H-1



(2) St. H-5'

図-4(1) アンモニア態窒素

図-4(2) アンモニア態窒素

表-7 アンモニア態窒素年間平均値と変動率

	上層水	下層水
St. H-1	3.16 (31.51%)	0.996 (78.39%)
St. H-5'	1.49 (57.67%)	0.916 (7.42%)

単位: mg/l ( )内数値は変動率

るものと思われる。アンモニア態窒素に限らず、河川水に含まれて河口域を流下する栄養塩類が、流下につれてその濃度を減ずるのは、微生物の代謝作用による部分もあるが、塩水くさび上方の海水を河川水がとりこみながら流下する、稀釈効果によっているところが大きい。St. H-5'ではSt. H-1に比べ、上層水のアンモニア態窒素の濃度は1/2以下となっている。

### 3-1-3 亜硝酸態窒素 ( $\text{NO}_2^- - \text{N}$ )

亜硝酸態窒素は、アンモニア態窒素が酸化して硝酸となる、すなわち、無機態窒素の硝化過程で生ずるきわめて不安定な化合物である。アンモニア態窒素と同じく生活系の排水などが流入する水域では増加することが知らされており、水域の人為的汚染の一つの指標とされる。平潟湾の測定結果を表-8に示す。またSt. H-1及びSt. H-5'の結果については図-5に示し、それらの年間平均値と変動率を表-9に示す。平均値をはじめとして、これらの測定値がきわめて高く、吉田の示す富栄養域の無機態窒素の濃度レベル<sup>13)</sup>( $2 \sim 10 \mu \text{gat. N/l}$ :  $0.028 \text{ mg} \sim 0.140 \text{ mg N/l}$ )を、この項目のみで越えることがしばしば認められた。下層水に比較して上層水の濃度が高いのは、上層水中のアンモニア態窒素が硝化される過程でもたらされたものと推測される。また、St. H-1に比べSt. H-5'の下層水中の濃度が増加するのは、St. H-1では下層水や底質が環元状態になり易く、硝化の速度も抑制されるのに対し、St. H-5'では比較的硝化が促進されるためと考えられる。



表一8 亚硝酸盐测定值 单位 (mg/l)

調查期日	4.20	5.18	6.28	7.29	8.27 28	9.28	10.26	11.25	12.22	1.20	2.28	4.7
St.H-1(採水時刻)	(9:10)	(7:50)	(16:05)	(17:00)	(11:20)(16:45)(22:12)(5:25)		(16:30)	(12:00)				
水深 0 m	0.141	tr.	0.239	0.214	0.129 0.091 0.886 0.019		0.242	0.263	0.096			
0.5 m	0.210											
1.0 m												
1.5 m		0.057	0.062	0.034	0.051 0.026		0.069	0.093				
2.0 m					0.035 0.033			0.057				
2.5 m												
St.H-5(採水時刻)	(9:35)(12:20)(15:00)(8:23)(12:00)(13:00)	(8:23)(12:00)(13:00)	(9:25)(15:55)(12:20)(16:45)	(12:20)(16:45)	(11:00)(16:30)(21:45)(5:00)		(14:25)(16:45)	(12:50)				
0 m	0.161 0.105 0.094	0.208 0.123 1.19	0.164 0.137	0.239 0.236	0.279 0.341 0.279 0.930		0.167 0.157	0.254	0.080			
0.5 m	0.135 0.105 0.096		0.099	0.122 0.116			0.094 0.075	0.098	0.061			
1.0 m		0.055 0.063 0.74	0.082	0.069 0.075 1.02	0.341 0.341		0.053 0.053	0.084	0.054			
1.5 m		0.058 0.049 0.66	0.065									
2.5 m												
3.0 m												
4.0 m												
St.H-4(採水時刻)	(9:50)	(8:42)	(16:20)	(17:20)								
0 m	0.114	0.452	0.178	0.220								
0.5 m	0.096											
1.0 m		0.080										
1.5 m												
St.H-8(採水時刻)	(10:00)	(8:55)	(16:30)	(17:30)								
0 m	0.147	0.229	0.137	0.204								
0.5 m												
1.0 m												
1.5 m												
2.0 m												
St.H-6(採水時刻)	(14:33)	(7:20)	(9:55)(15:40)(12:10)(16:30)	(12:10)(16:30)								
0 m	0.109	0.135	0.120 0.161	0.192 0.192								
0.5 m	0.113											
1.0 m												
1.5 m		0.050	0.072									
2.0 m												
2.5 m			0.058	0.059 0.059								
3.0 m												

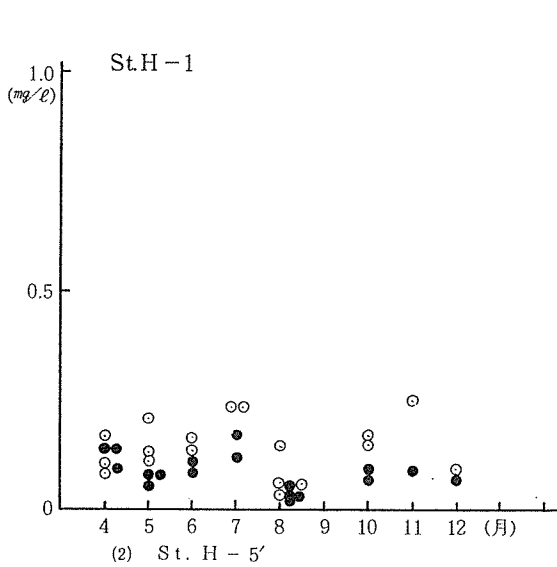


図-5(1) 亜硝酸態窒素

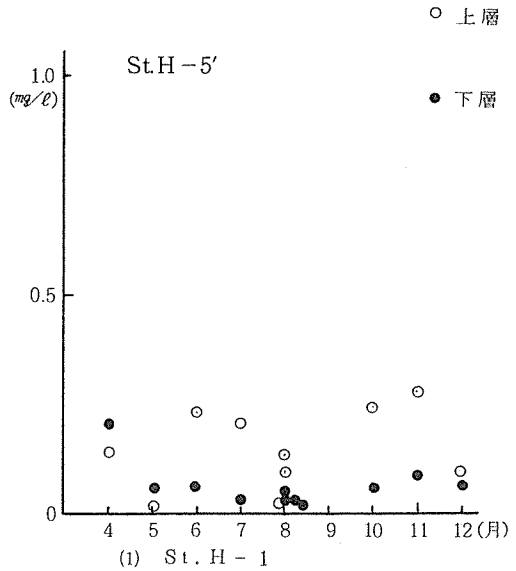


図-5(2) 亜硝酸態窒素

表-9 亜硝酸態窒素の年間平均値と変動率

	上層水	下層水
St.H-1	0.211 (108.9%)	0.066 (84.34%)
H-5'	0.139 (47.23%)	0.082 (78.38%)

単位: mg/l ( )内数値は変動率

### 3-1-4 硝酸態窒素 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N)

硝酸は無機態窒素の硝化過程での最終産物である。通常、河口域では河川水に運ばれてくるため、その濃度は上層で高く塩水くさびの下方では低くなる傾向がある。平潟湾の硝酸態窒素の測定結果を表-10に示す。また、St.H-1、St.H-5'の測定結果を図-6に、それらの平均値を表-11にそれぞれ示す。平均値を見ても、これらの硝酸態窒素の測定値単独で、吉田の示す海洋の栄養階級区分の無機態窒素の濃度に関して、富栄養域をさらに進んだ過栄養域の範囲(10~100 μg at.N/l : 0.14 mg N/l ~ 1.4 mg N/l)に入っている。測定値は、通常の河口域の傾向と同じく上層水で高濃度、下層水で低濃度となっている。ただし、St.H-1の下層水に比べSt.H-5'の下層水中の硝酸態窒素が増加する傾向も認められる。これは、亜硝酸態窒素の場合と同様で、St.H-5'では濃度の高いアンモニア性窒素の硝化がある程度進行すること、これに対して嫌氣的傾向の強いSt.H-1の下層では硝化が抑制されるためであろうと推測される。いいかえれば、St.H-1の下層が、St.H-5'の下層に比べて、嫌氣的条件が実現しやすいことを示しているものと考えられる。また、St.H-1の上層水の濃度に比べ、St.H-5'の上層水の濃度が低下するのは、アンモニア態窒素と同様、硝酸態窒素を含む流入河川水が湾内を湾口に向かって塩水くさびの上を流れる際、たえず境界面の海水をとり込むため、結果として希釈効果が表われたものと考えられる。<sup>9)</sup>

表一 10 硝酸態窒素測定値 單位 (mg / L)

調查期日	4.20	5.18	6.28	7.29	8.27,28	9.28	10.26	11.25	1.20	2.28	4.7
St.H-1(採水時刻)	(9:10)	(7:50)	(16:05)	(17:00)	(11:20)(16:45)	(22:12)(5:30)	(16:30)	(12:00)		11:30	11:22
水深 0 m(深度)	0.53	0.18	1.81	1.67	0.211	0.269	1.03	0.263	0.622	0.128	0.465
0.5 m	0.075				0.223	0.179		0.421	0.460	0.026	0.162
1.0 m		0.91	0.16	0.14	0.319	0.105	0.211				
1.5 m					0.223	0.179					
2.0 m											
2.5 m											
St.H-5'(採水時刻)	(9:35)(12:20)(15:00)	(8:23)(12:00)(13:10)	(9:25)(15:55)	(12:20)(16:45)	(11:00)(16:30)(21:45)(5:00)		(14:25)(16:45)	(12:50)		(11:05)	(11:00)
0 m	0.34	1.16	0.59	0.239	0.039	0.102	0.405	0.453	0.568	0.036	0.010
0.5 m	0.27	1.30	0.54	0.236	0.039	0.043	0.421	0.453	0.568	0.036	0.010
1.0 m	0.27	1.02	0.27	0.122	0.116	0.175	0.237	0.321	0.528	0.090	0.185
1.5 m		1.02	0.48	0.066	0.075	0.105	0.216	0.268	0.453	0.036	0.278
2.0 m		0.98	0.29	0.066	0.075	0.105	0.216	0.268	0.453	0.036	0.278
3.0 m		0.98	0.29	0.066	0.075	0.105	0.216	0.268	0.453	0.036	0.278
4.0 m		0.98	0.29	0.066	0.075	0.105	0.216	0.268	0.453	0.036	0.278
St.H-4(採水時刻)	(9:50)	(8:24)	(16:20)	(17:20)							
0 m	0.23	2.28	0.52	0.220							
0.5 m	0.24										
1.0 m		1.12		0.069							
1.5 m											
St.H-8'(採水時刻)	(10:00)	(8:55)	(16:30)	(17:30)							
0 m	0.55	1.93	0.47	0.204							
0.5 m											
1.0 m											
1.5 m											
2.0 m											
St.H-6(採水時刻)	(14:33)	(7:20)	(9:55)(15:40)	(12:10)(16:30)							
0 m	0.27	1.47	0.43	0.98	0.76						
0.5 m	0.27										
1.0 m		1.02	0.26								
1.5 m											
2.0 m											
2.5 m			0.22	0.33	0.20						
3.0 m											

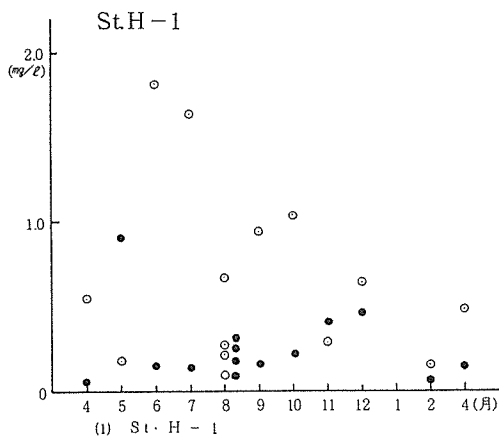


図-6(1) 硝酸態窒素

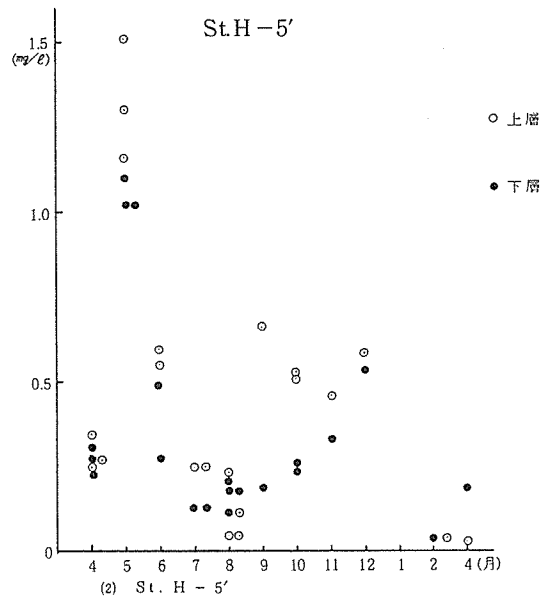


図-6(2) 硝酸態窒素

表-11 硝酸態窒素の年間平均値と変動率

	上層水	下層水
St. H-1	0.716 (74.9%)	0.256 (84.34%)
St. H-5'	0.497 (82.9%)	0.382 (78.38%)

単位: mg/l ( )内数値は変動率

### 3-1-5 総窒素 (T-N)

これは、これまでに述べた各種無機態窒素の他に、蛋白等の有機態窒素をも含んでいる。即ち、生活系排水中に含まれるアルブミノイド等の人為的有機汚濁物質や、水域の富栄養化により増殖したプランクトンの体細胞成分の窒素を含んでいる。総窒素の測定結果を表-12に示す。また、St. H-1, St. H-5'について測定値を図-7に、年間平均値、変動率を表-13にそれぞれ示す。平均値から見れば、下層水に比較して上層水中の総窒素濃度が高くなっている。しかし、他の無機態窒素に比較して上・下層間の濃度差は小さくなっている。各点、各層の総窒素の測定平均値から、それぞれ、これまでに示した各無機態窒素の平均値の合計を差し引いたものを表-14に示す。

この結果から見ると、下層水中では、総窒素中に占める無機態窒素の割合が減少して、それ以外の窒素、即ち有機態窒素の占める割合が増加するものと考えられる。

海水と淡水の混合する汚水域では、淡水中に含まれる溶存態の有機物や、粒状の有機物が、シルトなどととも懸濁態粒子を形成し、下層へ向って沈降する現象が一般的に知られている。表-13に示された、下層水中の有機態窒素の増加や総窒素の上・下層水間の濃度差の小さいことは、このプロセスによってもたらされているものと考えられる。St. H-1の下層水の有機態窒素を示す数値は大きく、この付近の底質への有機態窒素の蓄積を推測させる。また、平潟湾内の全窒素の濃度レベルはきわめて高く、近年定められた、湖沼の窒素基準値について、環境保全類型の1.0 mg/lを越えている。

表-12 総窒素測定値 単位(mg/L)

調査期日	4.20	5.18	6.28	7.29	8.27,27	9.28	10.26	11.25	12.22	1.20	2.28	4.7
St.H-1(採水時刻)		(7:50)	(16:05)	(17:00)	(11:20)(16:45)(22:12)(5:25)	(16:30)	(11:20)(11:30)(11:22)					
水深 0 m		5.7	8.8	9.8	3.33 3.21 4.61 3.64	3.81	1.61	8.30	8.30	1.61	2.84	3.01
0.5 m								3.06				
1.0 m								2.72				
1.5 m		0.14	2.2	6.2	3.47 4.07	3.59	0.89	2.76			2.13	3.07
2.0 m					3.26 3.96							
2.5 m												
St.H-5(採水時刻)	(9:35)(12:30)(15:00)	(8:23)(12:00)(13:10)	(9:25)(15:55)	(12:20)(16:45)	(11:00)(16:30)(21:45)(5:00)	(14:25)(16:45)	(10:55)(11:05)(11:00)					
0 m	3.8 2.4 1.2	1.9 1.3 5.3	3.2 3.6	7.8 4.4	3.46 2.34 3.33 2.90	3.88 3.94	1.28	6.00	6.00	1.28	1.15	2.52
0.5 m	1.6 2.3 2.4		2.2	4.6 5.8		3.46 3.46		2.95			0.78	3.41
1.0 m			1.3		3.47 4.77			2.41			0.48	
1.5 m		0.65 0.61 1.6	1.5	4.8 2.8	4.13 4.54			2.19		0.98		3.02
2.0 m		0.49 1.1	0.54									
2.5 m												
3.0 m												
4.0 m										0.91		
St.H-4(採水時刻)	(9:50)	(8:42)	(16:20)	(17:20)								
0 m	2.1	3.5	5.0	9.6								
0.5 m	1.9											
1.0 m												
1.5 m				5.0								
St.H-8(採水時刻)		(8:55)	(16:30)	(17:30)								
0 m		1.8	5.4	5.4								
0.5 m												
1.0 m												
1.5 m												
2.0 m												
St.H-6(採水時刻)	(14:33)	(7:20)	(9:55)(15:40)	(12:10)(16:30)								
0 m	10.0	2.1	3.0 4.2	7.4 4.4								
0.5 m	2.9											
1.0 m												
1.5 m		0.65	2.4	5.0								
2.0 m												
2.5 m			0.4	4.5								
3.0 m												

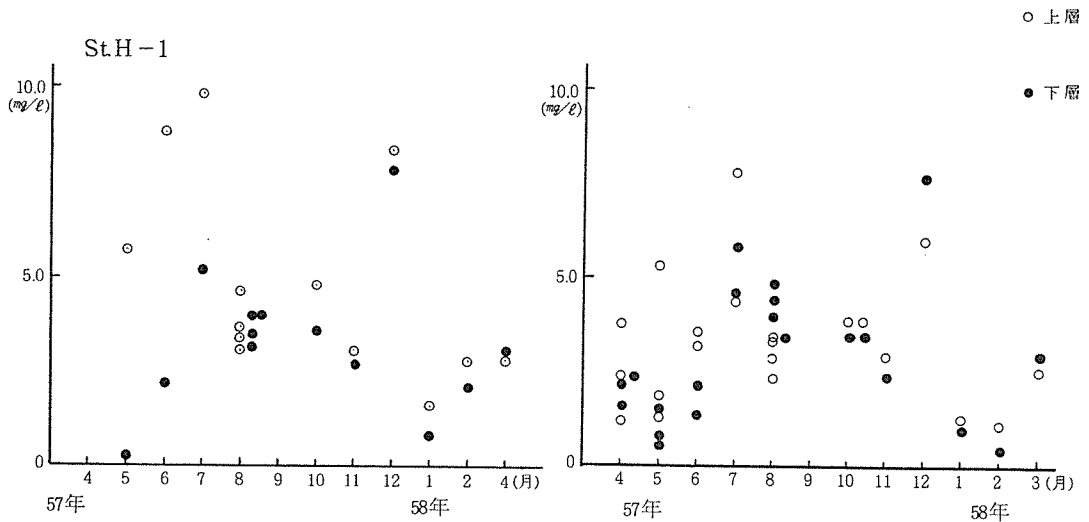


図-7(1) 総窒素

図-7(2) 総窒素

表-13 総窒素の年間平均値と変動率

	上層水	下層水
St. H-1	4.57 (52.68%)	3.36 (59.36%)
St. H-5'	3.28 (48.97%)	2.93 (48.03%)

単位: mg/l ( )内数値は変動率

表-14 (T-N) - (TIN)

	上層水	下層水
St. H-1	0.483 (10.6%)	2.04 (60.7%)
St. H-5'	1.16 (35.4%)	1.55 (52.9%)

単位: mg/l ( )内はT-Nに対する有機態窒素の割合

### 3-1-6 リン酸態リン ( $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ )

リン酸態リンはアンモニア態窒素と同様、河口域では一般に、塩水くさびの下方に、有機物の嫌氣的分解の結果として、濃度を増加させることが知られている。平潟湾のリン酸態リンの測定値を表-15に示す。また、St. H-1、St. H-5'の測定値については図-8、年間平均値と変動率については表-16にそれぞれ示す。表-15の平均値を見ると、St. H-1の上層水で $0.874 \text{ mg/l}$ 、St. H-5'上層水で $0.388 \text{ mg/l}$ となっており、坂本が示した湖沼の富栄養状態の範囲 $0.01 \text{ mg/l} \sim 0.09 \text{ mg/l}^{15}$ )を4~90倍で上回っている。また、いずれも上層水中の濃度が下層水に比べて高いこと、しかもSt. H-1がSt. H-5'に比べて高くなることなどから考えて、この水域のリン酸態リンは底質から水界へ回帰する量に比べ、河川水によって集水域からもたらされる量の方がより大きいものと推測できる。ただし、St. H-1の下層水中の濃度は11月以降に比べ、それ以前が高くなるのは、高水温、底質の嫌気条件の成立により、底質からのリン酸態リンの回帰による増加分も含まれるためと考えられよう。

表-15 リン酸態リン測定表 単位(mg/l)

調査期日	4.20	5.18	6.28	7.29	8.27,28	9.28	10.26	11.25	12.22	1.20	2.28	4.7
St.H-1(採水時刻)	(9:10)	(7:50)	(16:05)	(17:00)	(11:20)(16:45)(22:12)(5:25)	(16:30)	(16:30)	(12:00)	(11:20)	(11:30)	(11:22)	
水深 0 m	0.589	1.03	0.821	1.70	0.561 0.652 1.30 0.986	0.603	1.24	0.685	0.656	0.702	0.734	0.844
0.5 m	0.506											
1.0 m												
1.5 m		0.133	0.397	0.36	0.263 0.239		0.206	0.098		0.051	0.095	0.063
2.0 m					0.246 0.166			0.156				
2.5 m						0.180						
St.H-5'(採水時刻)	(9:35)(12:20)(15:00)	(8:23)(12:00)(13:10)	(9:25)(15:55)	(12:20)(16:45)	(11:00)(16:30)(21:45)(5:00)	(14:25)(16:45)	(10:55)	(12:50)	(10:55)	(11:05)	(11:00)	
0 m	0.488 0.279 0.219	0.586 0.332 0.264	0.322 0.252	0.55 0.50	0.186 0.172 0.227 0.789	0.280	0.444 0.493	0.431	0.318	0.248	0.225	0.491
0.5 m	0.398 0.299 0.219											
1.0 m					0.192 0.28 0.28		0.120 0.141			0.084	0.266	
1.5 m		0.108 0.128 0.131	0.186		0.126 0.169			0.079	0.168	0.095		
2.0 m					0.095 0.070		0.072 0.078	0.064	0.122	0.180		0.206
2.5 m		0.104 0.074 0.082	0.086			0.080						
3.0 m												
4.0 m												
St.H-4(採水時刻)	(9:50)	(8:24)	(16:20)	(17:20)								
0 m	0.245		0.316	0.43								
0.5 m	0.178					0.150						
1.0 m												
1.5 m		0.155		0.23								
1.5 m												
St.H-8'(採水時刻)	(10:00)	(8:55)	(16:30)	(17:30)								
0 m	0.815		0.373	0.45								
0.5 m												
1.0 m												
1.5 m												
2.0 m												
St.H-6(採水時刻)	(14:33)	(7:30)	(9:55)(15:40)	(12:10)(16:30)								
0 m	0.275			0.40 0.36								
0.5 m	0.282	0.431	0.215 0.281									
1.0 m												
1.5 m		0.065		0.135								
2.0 m												
2.5 m				0.08								
3.0 m			0.058									

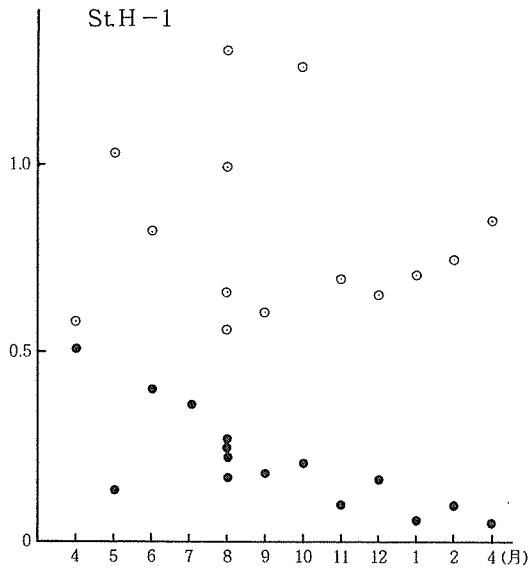


図-8(1) リン酸態リン

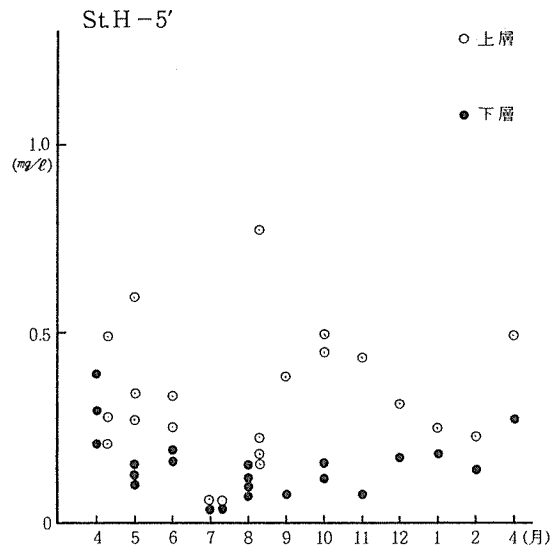


図-8(2) リン酸態リン

表-16 リン酸態リンの年間平均値と変動率

	上層水	下層水
St.H-1	0.874 (35.87%)	0.211 (59.36%)
St.H-5'	0.389 (42.93%)	0.170 (48.03%)

単位:  $mg/\ell$  ( )内数値は変動率

### 3-1-7 総リン (T-P)

総リンにはリン酸態リンの他に、有機物中に含まれる有機態リンや、非反応性の無機リンが含まれて測定される。有機態のリンも、リン酸態リンと同様に植物性プランクトンの栄養塩として利用され、その増殖を促進するので、総リンの濃度も水域の富栄養化を判定する指標として採用されている。

平潟湾の測定値を表-17に示す。また、St.H-1、St.H-5'の測定値を図-9に、年間平均値、変動率を表-18にそれぞれ示す。先にふれた、わが国で定められた湖沼の栄養塩類に関する基準<sup>14)</sup>では、環境保全を目的とする水域に対応したV類型を $0.1mg/\ell$ 以下としているが、表-18の平均値はこれをはるかに超えている。平潟湾の富栄養化の著しい進行がここにも見て取れる。また、平潟湾の総リン測定値を全体として見れば、水域に対する負荷に対して河川水による流入負荷の占める割合の大きいリン酸態リンと高い相関を有している( $r=0.8$ )。しかし、表-19に示すように、T-P平均値- $PO_4^{3-}-P$ 平均値は、地点や水界の上下によってリン酸態リンとはまた異った様相を示す。特にSt.H-5'においてその値が高くなるのは、植物性プランクトンが増殖後、体内へとり込んだリンを有機体の形で体外へ放出することによっていると、クロロフィル分布から推測される。また、下層で、T-Pに占める割合が高くなるのは、これらの有機体リンが粘土粒子に吸着したり、プランクトン体内に入ったまま下方へ沈降するためと考えられる。また、一部は底質の分解によって遊離するものと考えられる。



表-17 総リシ測定値 単位 (mg/L)

調査期日	4.20	5.18	6.28	7.29	8.27.28	9.28	10.26	11.25	12.22	1.20	2.28	4.7
St.H-1(採水時刻)	(9:10)	(7:50)	(16:05)	(17:00)	(11:20)(16:45)	(16:45)(22:12)(5:25)	(16:30)	(12:00)	(12:00)	(11:20)	(11:30)	(11:22)
水深 0 m	0.699	1.26	1.16	1.01	0.911 1.08 1.49 0.924	0.878	1.34	0.980	0.812	0.911	0.911	1.01
0.5 m	0.527											
1.0 m		0.143	0.533	0.45	0.485 0.381	0.191	0.355	0.129	0.183	0.107	0.157	0.283
1.5 m					0.358 0.263							
1.5 m												
2.0 m												
2.5 m												
St.H-5(採水時刻)	(9:35)(12:20)(15:00)	(8:23)(12:00)(13:10)	(9:25)(15:55)	(12:20)(16:45)(11:00)(16:30)(21:45)(5:00)	(14:25)(16:45)	(12:50)	(10:55)	(11:05)	(11:00)			
0 m	0.856 0.603 0.506	0.906 0.484 0.608	0.445 0.404	0.80 0.94	0.518 0.525 0.516 0.963	0.391	0.708 0.766	0.359 0.414	0.359	0.359	0.339	0.73
0.5 m	0.738 0.566 0.458		0.296 0.45 0.40		0.257 0.263		0.257 0.263	0.096 0.231	0.231		0.175 0.39	
1.0 m		0.156 0.119 0.110	0.202	0.162 0.23 0.30	0.282 0.153		0.135 0.122	0.080 0.164	0.164	0.254 0.187	0.258	
1.5 m		0.125 0.082 0.110	0.138		0.112							
2.0 m												
2.5 m												
3.0 m												
4.0 m												
St.H-4(採水時刻)	(9:50)	(8:24)	(16:20)	(17:20)								
0 m	0.615	0.490	0.524	0.70								
0.5 m	0.502	0.382		0.33								
1.0 m												
1.5 m												
1.5 m												
St.H-8(採水時刻)	(10:00)	(8:55)	(16:30)	(17:30)								
0 m	0.830	1.14	0.640	0.69								
0.5 m												
1.0 m												
1.5 m												
2.0 m												
St.H-6(採水時刻)	(14:33)	(7:20)	(9:55)(15:40)	(12:10)(16:30)								
0 m	0.452	0.258	0.360 0.478	0.71 0.74								
0.5 m	0.440											
1.0 m												
1.5 m		0.055	0.191	0.97								
2.0 m												
2.5 m			0.108	0.16								
3.0 m												

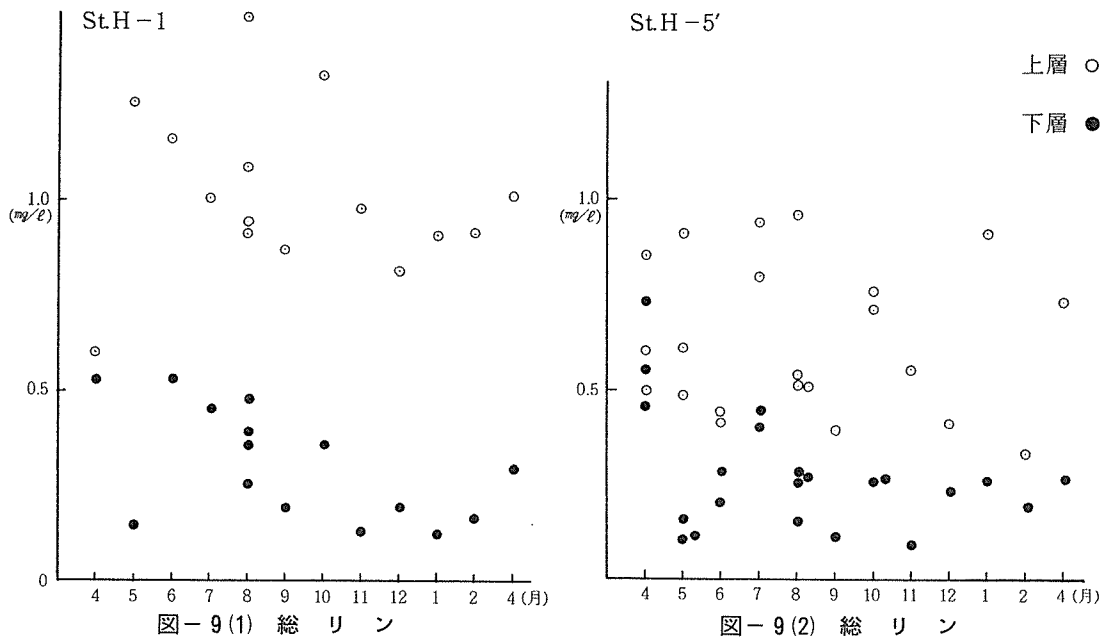


表-18 総リンの年間平均値と変動率

	上層水	下層水
St.H-1	1.03 (19.74%)	0.303 (47.76%)
St.H-5'	0.631 (30.80%)	0.297 (55.93%)

単位: mg/l ( )内数値は変動率

表-19 [T-P] - [PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P]年間平均値

	上層水	下層水
St.H-1	0.156 (15.1%)	0.092 (30.4%)
St.H-5'	0.242 (38.4%)	0.127 (42.8%)

単位: mg/l ( )内はT-P平均値に占める割合

### 3-1-8 懸濁態粒子 (SS)

総窒素でもふれたように、河口などの汽水域では、水中の有機物やシルト、その他が凝集して懸濁態粒子が形成されやすい。また、栄養塩類を利用して増殖する植物性プランクトンも懸濁態粒子の一部となる。このような粒子はゆっくりと下方へ沈降してゆく。懸濁態粒子(以下SSと略す)の測定値を表-20に示す。また、St.H-1、St.H-5'についてはその測定値を図-10に、年間平均値と変動率を表-21にそれぞれ示す。SSは、これまでの他の項目に比べ、濃度分布の上・下間の差がより小さくなっている。上層水に対する下層水の濃度の比率はSt.H-1で約70.2%、St.H-5'で84.2%となっている。これは、栄養塩類が塩水くさびの影響で上・下間の移動がある程度抑制されるのに対して、SSでは粒子の凝集→沈降という過程が生じているため、その濃度について上・下層間でより小さい差となるものと考えられる。また、St.H-5'においては、2月28日を除いて、秋季から冬季はSSの値が著しく低下する傾向がある。これはSt.H-1に比べ、SSの構成として植物性プランクトンの割合が高いためと考えられる。表-22にクロロフィル-aの測定値を示す。測定数は少ないが、その値が100 μg/l以上ときわめて高いこともあり、このような推測が成立する。

表-20 SS 測定値 單位 (mg/l)

調查期日	4.20	5.18	6.28	7.29	8.27,28	9.28	10.26	11.25	12.22	1.20	2.28	4.7
St.H-1(採水時刻)		(7:50)	(16:05)	(17:00)	(11:20)(16:45)	(22:12)(5:25)	(16:30)	(12:00)	(11:20)	(11:30)	(11:22)	
水深 0 m		6.0	11.0	7.5	23.0	9.0	10.4	6.4	1.8	5.6	11.2	6.4
0.5 m												
1.0 m												
1.5 m		18.5	5.5	5.5	16.0	9.0	6.8	2.0		3.0	0.8	6.0
2.0 m					13.0	5.5			1.6			
2.5 m												
St.H-5(採水時刻)		(8:23)(12:00)(13:11)	(9:25)(15:55)	(12:20)(16:45)	(11:00)(16:30)(21:45)(5:00)		(14:25)(16:45)	(12:50)	(10:55)	(11:05)	(11:00)	
0 m		15.0	6.0	14.0	15.5	16.0	4.8	4.0	1.6	2.4	2.0	4.4
0.5 m												
1.0 m												
1.5 m		9.5	7.0	13.5	7.0		4.0	0.8	1.0	10.0	3.6	
2.0 m										23.6		
2.5 m		3.5	2.0	3.5	18.5	2.5	2.0	0.4	2.0	2.0	4.0	
3.0 m												
4.0 m												
St.H-4(採水時刻)		(8:24)	(16:20)	(17:20)								
0 m		7.5	13.0	9.0								
0.5 m												
1.0 m												
1.5 m		21.5		9.5								
St.H-8'(採水時刻)		(8:55)	(16:30)	(17:30)								
0 m		9.5	9.5	19.0								
0.5 m												
1.0 m												
1.5 m												
2.0 m												
St.H-6(採水時刻)		(7:20)	(9:55)	(12:10)(16:30)								
0 m		17.5	8.0	12.0	20.5							
0.5 m												
1.0 m												
1.5 m		4.0	4.0	5.5								
2.0 m												
2.5 m			2.5	12.0								
3.0 m												

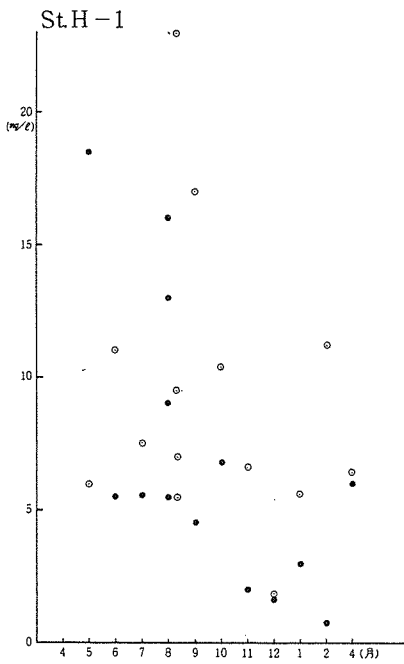


図-10(1) SS

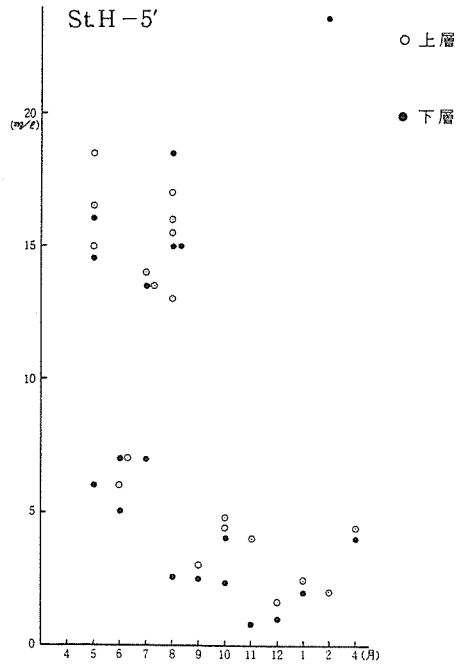


図-10(2) SS

表-21 SSの年間平均値と変動率

	上層水	下層水
St.H-1	9.95 (54.68%)	6.98 (74.25%)
H-5'	9.40 (63.51%)	7.91 (80.41%)

単位: mg/l ( )内数値は変動率

表-22 クロロフィル測定値 単位(μg/l)

調査月日	4年20日	5月18日	6月28日
St.H-1(採水時刻) (9:10)	(7:50)	(16:05)	
0 m	3.6	4.7	5.8
0.5 m	10.5		
1.0 m			
1.5 m		88.7	11.2
2.0 m			
2.5 m			
St.H-5'(採水時刻) (9:35)(12:20)(15:00)	(9:25)(15:55)(11:20)	(9:25)(15:55)	
0 m	32.4 48.1 37.8	162.2 119.0 133.5	17.5 40.4
0.5 m	49.4 40.2 41.8		
1.0 m			17.5
1.5 m		12.6 30.2 43.0	16.8
2.0 m			11.5
2.5 m		31.0 13.0 16.0	11.0
3.0 m			
4.0 m			
St.H-4(採水時刻) (9:50)	(6:42)	(16:20)	
0 m	59.5	16.3	114.5
0.5 m	69.5		
1.0 m			
1.5 m		87.6	
2.0 m			
St.H-8'(採水時刻) (10:00)	(8:55)	(16:30)	
0 m	15.6	46.6	9.7
0.5 m			
1.0 m			
1.5 m			
2.0 m			
St.H-6(採水時刻) (14:33)	(7:20)	(9:55)	
0 m	24.6	73.1	74.1 52.0
0.5 m	23.7		
1.5 m			
2.0 m			10.3
2.5 m		13.3	
3.0 m			9.5

表-23 COD 測定値 単位 (mg/L)

調査期日	4.20	5.18	6.28	7.29	8.27,28	9.28	10.26	11.25	12.22	1.20	2.28	4.7				
St.H-1(採水時刻)	(9:40)	(7:50)	(16:05)	(17:00)	(11:20)(16:45)	(5:25)	(16:30)	(12:00)	(11:20)	(11:30)	(11:22)	(11:22)				
水深 0 m	6.8	9.8	9.0	9.2	11.2	7.6	8.0	9.4	5.0	7.3	6.8	3.4	6.9	8.3	7.1	
0.5 m	8.3															
1.0 m																
1.5 m		4.5	4.1	3.9	7.6	7.6	4.3	5.7	3.2		1.9	1.6	1.9	2.5	3.7	
2.0 m					6.1											
2.5 m									0.6							
St.H-5(採水時刻)	(9:35)(12:20)(15:00)	(8:23)(12:00)(13:10)	(9:25)(15:55)	(12:20)(16:45)	(11:00)(16:30)(21:45)	(5:00)				(14:25)(16:45)	(11:50)		(10:55)	(11:05)	(11:00)	
0 m	7.4	8.3	8.4	8.1	9.2	9.2	8.6	8.6	1.0	4.6	4.9	4.1	3.2	2.8	4.5	4.6
0.5 m	7.0	5.7		5.7						2.7	2.5				3.1	3.7
1.0 m				6.4	6.0										3.1	
1.5 m		3.7	3.7	5.1	7.8	6.7					1.7		2.5	2.4		
2.0 m			5.0	3.9	4.9					1.5	1.9					
2.5 m		3.8	3.3	4.2	4.0	0.2										
3.0 m			3.0													
4.0 m																
St.H-4(採水時刻)	(9:50)	(8:24)	(16:20)	(17:20)												
0 m	7.1	8.8	9.4	8.2					3.7							
0.5 m	7.9															
1.0 m																
1.5 m				5.4												
St.H-8(採水時刻)	(10:00)	(8:55)	(16:30)	(17:30)												
0 m	8.2	8.4	6.5	8.2												
0.5 m																
1.0 m																
1.5 m																
2.0 m																
St.H-6(採水時刻)	(14:33)	(7:20)	(9:55)(15:40)	(12:10)(16:30)												
0 m	6.2	7.7	5.1	6.1	9.2	8.6										
0.5 m	6.3															
1.0 m																
1.5 m		3.8		3.1												
2.0 m																
2.5 m																
3.0			2.2	5.1	3.1											

表-24 CODの年間平均値と変動率

	上層水	下層水
St.H-1	7.81 (24.28%)	3.99 (53.41%)
St.H-5'	6.43 (34.17%)	4.48 (43.78%)

単位: mg/l ( )内数値は変動率

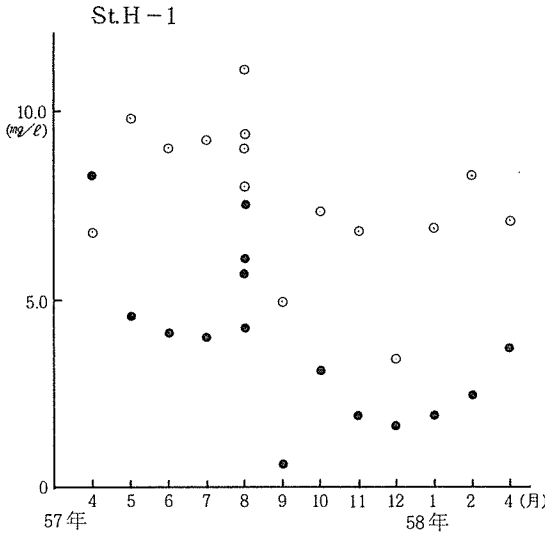


図-11(1) COD

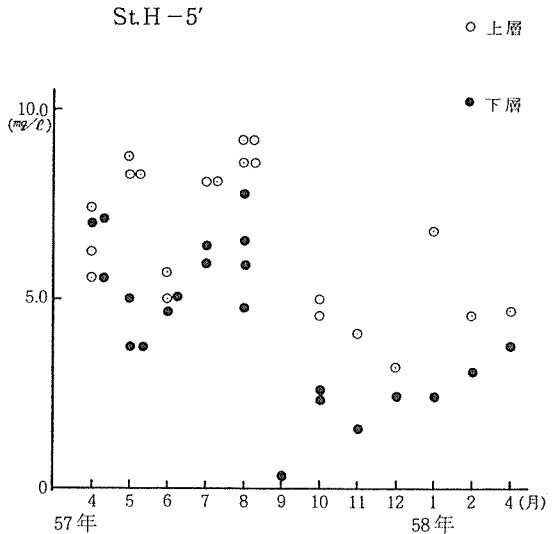


図-11(2) COD

### 3-1-9 COD

CODは水域の有機汚濁の指標として代表的なものである。これまで見てきたように、平潟湾では窒素、リン等の栄養塩濃度が高く、著しく富栄養化の進行した水域であることは明らかである。従って、この平潟湾で測定されるCOD値には、河川を経て流入する人為的汚濁の有機物の他、湾内で増殖する植物性プランクトン類の有機物による部分がかなり含まれるのではないかと推測される。表-23に測定結果を示す。また、St.H-1、St.H-5'については測定値を図-11に、平均値と変動率を表-24にそれぞれ示す。平均値から見れば、St.H-1の上層水の値がSt.H-5'の上層水に比べて大きく、河川流入水による有機汚濁がかなり大きいことがうかがえる。しかし、上層のCOD値は先のSS同様、夏季に比べ冬季に減少する傾向がある。また、前年に実施した予備調査<sup>4)</sup>においても、夏季の湾央における一日のCOD値の増減は、クロロフィル量の増減と対応することが認められている。従って平潟湾内のCOD測定値に占めるプランクトンの有機物の割合も無視できないであろう。ちなみに、年間平均水温20.3℃を目安に、それを上回る月と下まわる月を分けてSt.H-5'の表層水のCOD値の測定平均値を求めると、水温が上昇して植物性プランクトンの光合成が活発になると考えられる、5月～9月では7.44 mg/lとなるのに対して、水温の低い10月～4月では5.22 mg/lとなり、約2.22 mg/lの差が生じる。河川流入水のCOD値は冬季に比べ夏季に低下する傾向が横浜市内の

表-25 水温测定值 单位(°C)

調査期日	4.20	5.18	6.28	7.29	8.27,28	9.28	10.26	11.25	12.22	1.20	2.28	4.7
St.H-1(測定時刻)	(9:10)	(7:50)	(16:05)	(17:00)	(11:20)(16:45)	(22:12)(5:25)	(16:30)	(12:00)	(11:20)	(11:20)	(11:30)	(11:22)
水深 0 m	14.6	19.5	24.1	24.4	28.1 28.0 27.5 26.3	22.4	18.0	13.6	12.3	10.7	9.7	16.2
0.5 m	15.8	19.6	23.1	24.3	27.9 28.0 28.0 27.8	21.2	18.6		10.8	10.8	9.2	14.5
1.0 m	15.7	20.0	22.3	24.0	27.6 27.9 27.7 28.0	21.1	18.8	16.6	12.3	10.7	9.2	14.5
1.5 m	15.2	20.1		24.0	27.3 27.2 27.5 27.5	21.0	18.5		12.4	10.8	8.9	14.0
2.0 m		20.1			27.0 27.0 27.3 27.0	21.0	18.5	17.0	12.4	10.8		13.5
2.5 m					26.9 27.0 27.2				10.9			
St.H-5(測定時刻)	(9:35)(12:20)(15:00)	(8:23)(12:00)(15:10)	(9:25)(15:55)	(12:20)(16:45)	(11:00)(16:30)(21:45)(5:00)		(14:25)(16:45)	(12:50)	(10:55)	(11:05)	(11:05)	(11:00)
0 m	15.8 17.0 13.0	20.3 24.0 24.6	22.8 24.7	23.9 25.7	28.2 28.7 28.2 26.8	21.9	17.6 18.2	15.3	11.4	10.3	8.0	15.2
0.5 m	15.6 16.9 15.1	20.6 23.0 23.2	22.4 22.4	23.6 24.1	28.0 28.6 28.2 27.7	21.4	19.1 18.3		12.3	10.4	8.3	13.8
1.0 m	15.2 12.3	20.6 20.4 21.0	21.8 23.5	23.5 23.7	27.7 28.2 28.1 27.9	21.1	18.5 18.4	16.5	12.3	10.6	9.5	13.5
1.5 m	14.8 11.8	20.5 19.9 20.6	21.5 22.2	23.5 23.6	27.6 27.8 27.9 27.6	21.0	18.4 18.4		12.3			
2.0 m	14.5 11.8	20.0 19.7 20.0	21.1 21.3	23.6 23.6	26.9 27.1 27.8 27.2	21.0	18.5 18.4		12.3			
2.5 m		19.8 19.4 19.7	20.6	23.6 22.6	26.9 27.1 27.8	21.0	18.5 18.5	16.7	12.3			
3.0 m										10.7		
4.0 m										10.5		
St.H-4(測定時刻)	(9:50)	(8:24)	(16:20)	(17:20)								
0 m	16.6	20.2	24.9	25.0								
0.5 m	16.2	20.1		24.2								
1.0 m		19.8		23.8								
1.5 m		19.8		23.6								
St.H-8(測定時刻)	(10:00)	(8:55)	(16:30)	(17:30)								
0 m	16.4	19.4	24.5	25.7								
0.5 m	15.8	19.8		25.1								
1.0 m	15.4	20.1	23.7	23.8								
1.5 m	14.8	20.1	22.8	23.8								
2.0 m		20.1	22.2	23.8								
St.H-6(測定時刻)	(14:33)	(7:20)	(9:55)(15:40)	(12:10)(16:30)								
0 m	18.0	19.8	21.8 24.7	23.7 25.2								
0.5 m		19.8	21.8 22.7	23.5 23.5								
1.0 m		20.2	21.5 21.5	23.4 23.4								
1.5 m		20.2	21.4 21.2	23.4 23.3								
2.0 m		20.2	21.1 21.0	23.4 23.3								
2.5 m	15.5	19.9	21.0	23.4 23.3								
3.0 m			20.8	23.4								

河川では一般的であり<sup>18)</sup>、先の数値から、植物プランクトンによる夏場の湾奥部のCOD値に対する寄与は、ひかえ目に見ても3割を下まわらないと考えられる。なお、参考に平潟湾の水温測定値を表-25に、St. H-1、St. H-5'の測定値の年間平均値を表-26にそれぞれ示す。平均水温を上回るのは5月～9月となっている。

表-26 水温の年間平均値と変動率

	上層水	下層水
St. H-1	19.69 ( 32.30 %)	19.64 ( 30.63 %)
St. H-5	20.34 ( 28.61 %)	19.01 ( 27.60 %)

単位：℃ ( )内は変動率

### 3-1-10 水素イオン濃度指数 (pH) , 酸化還元電位 (ORP)

それぞれの測定結果と年間平均値、変動率を表-27～30に示す。下層水に比較して上層水のpH値は低く、湾奥の宮川河口の方でより低い値が出現している。ORP値はSt. H-1の下層で総じて低く、底質のみならず、水中でマイナスの値が各に出現している。St. H-1付近の嫌氣的傾向を反映したものと考えられる。

### 3-1-11 溶存酸素 (DO)

有機汚濁の進行した水域では、溶存酸素が有機物の分解等により消費され、その濃度を著しく減少させることがある。平潟湾における測定結果を表-31に示す。水温が高く、有機物の分解が促進される夏季においては、下層を中心に湾内各点の溶存酸素濃度が低下することが7月、8月の測定値から見てとれる。特に7月においては、全調査地点で2 mg/l以下の濃度が測定されている。

また、St. H-1では、表層でも0.3 mg/lという値が測定されている。さらに、St. H-1では、夏季以外も低濃度の出現する傾向がある。58年4月7日にすでに、下層では0.83 mg/lと1 mg/l以下の濃度が出現する。COD測定値などから見て、これは特にSt. H-1において有機汚濁の状況が他に比べて著しいことによっているためと考えられる。

## 3-2 金沢湾

金沢湾の水質測定結果を表-32に示す。各項目の概要について以下に述べる。

### 3-2-1 塩分濃度

平潟湾湾口のSt. K-1では上層水と下層水の塩分濃度に若干の差が生じており、緩混合型の様相を示しているが、平潟湾内ほど顕著ではない。これは、幅のせまい水路を経て流出する水の量が、金沢湾内から流れ込もうとする海水に比して少ないことによっていると考えられる。その他の地点では上・下層間の差はさらに小さくなり、誤差(0.1%程度)の範囲にまで減少する。塩水くさびのような陸水の流出パターンは認められず、上・下層の塩分濃度は東京湾の海水と同一レベルに達している。<sup>18)</sup>

### 3-2-2 アンモニア態窒素

濃度範囲は0.1～0.2 mg/lの範囲にあり、平潟湾内に比べ1/5～1/30のレベルであり、横浜市沿岸域の富栄養化した水域と同程度にある。

### 3-2-3 亜硝酸態窒素, 硝酸態窒素

これらも測定値は少ないが、平潟湾口に近い地点で高めの測定値が得られている。全体として、



表-27 水素イオン濃度指数測定値 (pH)

調査期日	4.20	5.18	6.28	7.29	8.27,28	9.28	10.26	11.25	12.22	1.20	2.27	4.7
St.H-1(測定時刻)	(9:10)	(7:50)	(16:05)	(17:50)	(1:20)(16:45)(22:12)(5:25)		(16:30)	(12:00)		(11:20)		
水深 0 m	7.6	7.4	8.0	7.8	8.2 8.0 7.4 7.4		7.6	7.9		7.5		
0.5 m	7.6											
1.0 m												
1.5 m		8.1	7.9	7.7	8.2 8.0 7.6		8.0	8.1		7.5		
2.0 m												
2.5 m												
St.H-5(測定時刻)	(9:35)(12:20)(15:00)	(8:23)	(9:25)(15:55)	(12:20)(16:45)	(11:00)(16:30)(21:45)(5:00)		(14:25)(16:45)	(12:50)		(10:55)(11:05)		(11:00)
0 m	7.7 8.1 8.4	8.0	7.6 8.4	7.9 8.4	8.6 9.0 8.6 8.1	7.8	7.9 7.8	7.7		7.7	7.8	7.4
0.5 m	7.8 8.1 8.5											
1.0 m												
1.5 m		8.3	8.0	7.8 8.0	8.7 8.3		8.2 8.1	8.2		7.9 8.0		8.0
2.0 m										8.0		8.2
2.5 m		8.3	8.2	7.8 8.0	8.4 8.4		8.3 8.2	8.2				
3.0 m												
4.0 m										8.0		
St.H-4(測定時刻)	(9:50)	(8:24)	(16:20)	(17:20)								
0 m	8.1	7.6	8.0	7.8								
0.5 m	8.1											
1.0 m												
1.5 m												
St.H-8(測定時刻)	(10:00)	(8:55)	(16:30)	(17:30)								
0 m	7.7	7.7	7.8	7.9								
0.5 m												
1.0 m												
1.5 m												
2.0 m												
St.H-6(測定時刻)	(14:33)	(7:20)	(9:55)(15:40)	(12:10)(16:30)								
0 m	8.2	7.8	8.2 8.3	8.0 8.4								
0.5 m	8.4											
1.0 m												
1.5 m												
2.0 m												
2.5 m												
3.0 m												

表-29 酸化還元電位測定値 (ORP) 単位 (mV)

調査期日	4.20	5.18	6.28	7.29	8.27,28	9.28	10.26	11.25	12.22	1.20	2.28	4.7
St.H-1(測定時刻)	(9:10)	(7:50)	(16:05)	(17:00)	(1:20)(16:45)(22:12)(5:25)	(16:30)	(16:30)	(12:00)	(11:20)	(11:30)		
水深0 m	170	125	245	260	345 275 285 170	280	245	300	225			
0.5 m	140											
1.0 m		220	40	160	160 275 295		255	290		-60		
1.5 m												
2.0 m												
2.5 m						280						
St.H-5(測定時刻)	(9:35)(12:20)(15:00)	(8:23)	(9:25)(15:55)	(12:20)	(11:00)(16:30)(21:45)(5:00)	(14:25)(16:45)	(14:25)(16:45)	(12:50)		(11:05)	(11:00)	
0 m	480 450 285	370	440 270	380 280	385 255 295 290	260	245 285	280		120	230	
0.5 m	460 450 275											
1.0 m		360	280	370 300			245 295			80	250	
1.5 m			500		295 270			280		120	250	
2.0 m		360	280	370 300	380		275 285					
2.5 m			465			285						
3.0 m												
4.0 m												
St.H-4(測定時刻)	(9:50)	(8:24)	(16:20)	(17:20)								
0 m	450	330	260	280								
0.5 m	450											
1.0 m												
1.5 m		300		280								
St.H-8(測定時刻)	(10:00)	(8:55)	(16:30)	(17:30)								
0 m	470	320	270	280								
0.5 m												
1.0 m												
1.5 m												
2.0 m												
St.H-6(測定時刻)	(14:33)	(7:20)	(9:55)(15:40)	(12:10)(16:30)								
0 m	265	470	260 275	440 300								
0.5 m	275											
1.0 m												
1.5 m			280									
2.0 m												
2.5 m			240	380 300								
3.0 m												

表-28 pHの年間平均値と変動率

	上層水	下層水
St.H-1	7.71 (3.52%)	7.87 (3.01%)
St.H-5'	8.05 (5.03%)	8.17 (2.91%)

( )内は変動率

表-30 ORPの年間平均値と変動率

	上層水	下層水
St.H-1	243.8 (24.56%)	171.8 (70.03%)
St.H-5	312.5 (28.96%)	320.9 (29.24%)

単位：mV ( )内は変動率

平潟湾に比べて濃度レベルは低く、1/10～1/20の範囲にはほぼ収まっている。

### 3-2-4 リン酸態リン ( $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ )

リン酸態リンの濃度は平潟湾に比べて、その濃度は1/2～1/200のレベルにある。しかも平潟湾の湾口に遠い地点の方がより低くなっている。これは、平潟湾内からの流出水の影響が減少することが一因となっていると考えられる。しかし、St.K-7では他の二点に比べ下層の濃度が上層の濃度よりも高いこと、同時に測定されたCOD値も、特に上層は他の点の値よりも高いことなどから、プランクトン増殖に伴う、リン酸の消費も、St.K-7上層水の低い測定値の一因として考えられる。

### 3-2-5 溶存酸素 (DO)

夏季の水域では、下層水を中心に溶存酸素濃度が低下することが多い。8月の測定値を見る限りにおいて、水生生物の生息に影響が出ることされる5 mg/ℓ以下となるのはSt.K-4の下層水(水深6 m)のみで、その他の地点ではそのような減少が認められない。平潟湾内と比較すれば、溶存酸素に関しては生物にとって問題の少ない水域といえよう。

### 3-2-6 COD

St.7の測定値が9.2 mg/ℓとなり、金沢湾でもっとも高い値となっている。これは平潟湾のSt.H-1の平均値を上回るほどの大きさである。この付近で年間12回実施されている「公共水域測定計画」の結果を見ても、通常ではこのような値は認められない。この数値はプランクトン増殖などによる非定期的な変動と推定される。これは東京湾の有機汚濁・富栄養化を反映したものといえよう。即ち、金沢湾における水質汚濁が、平潟湾からの流入水の他に、東京湾全体の汚濁の影響を受けることに依るものであろう。

## 4. ま と め

- (1)平潟湾内では、河川水の流入量の海水量に対する比が比較的大きいため、河川水と海水がただちに混合せず、塩水くさびを形成する傾向が認められる。
- (2)流入河川水中に含まれる栄養塩類(窒素、リン等)の濃度は高く、平潟湾の富栄養化は河川水により促進されているものと推測される。
- (3)有機物の流入・沈降により、平潟湾奥部は下層水や底質が嫌気状態となりやすい。これによって、底

表-31 溶存酸素測定値 単位(㎎/ℓ)

調査期日	4.20	5.18	6.28	7.29	8.27,28	9.28	10.26	11.25	12.22	1.20	2.28	4.7
St.H-1(測定時刻)	(9:10)	(7:50)		(17:00)	(11:20)(16:45)(22:12)(5:25)	(16:30)	(11:20)(11:30)(11:22)	(12:00)		(11:20)	(11:30)	(11:22)
水深 0 m	3.7	5.7		2.3	138 7.8 2.3 0.3	3.3	5.5	3.8	3.1	5.5	6.7	2.8
0.5 m	7.4	6.4		2.8	140 12.1 10.6 3.4	3.6	6.7	3.8		6.7		2.8
1.0 m	7.7	5.8		0.1	7.9 13.7 9.2 4.2	3.4	5.9		4.5	5.9	9.2	3.5
1.5 m	6.5	6.5		0.06	7.3 6.6 5.5 4.6	3.4	7.4	5.4	5.2	7.4	8.9	7.3
2.0 m		4.4			6.5 4.1 4.2 0.0	3.6	7.5	4.6	5.9	7.5		3.5
2.5 m					1.6 0.7 2.8	3.7	8.0			8.0		0.87
St.H-5(測定時刻)	(9:10)	(7:50)		(17:00)	(11:20)(16:45)(22:12)(5:25)	(16:30)	(11:20)(11:30)(11:22)	(12:00)		(11:20)	(11:30)	(11:22)
0 m	4.0	8.4		8.2	12.3 16.6 9.9 6.2	4.7	5.9	3.4	3.9	5.9	8.0	5.8
0.5 m	10.4	7.8		8.4	10.7 15.6 10.3 7.5	4.2	6.9		5.7	6.9	8.3	6.6
1.0 m	11.5	7.5		7.9	7.0 14.7 11.0 6.3	3.7	7.1					8.5
1.5 m	11.4	8.1		8.9	5.5 10.3 7.0 3.8	6.1	5.3	5.6	5.6	6.0	9.5	8.6
2.0 m	11.0	7.6		8.5	3.5 5.8 5.9 2.3	5.1	5.8	6.8	6.0	7.8		8.5
2.5 m		6.7		6.2	3.6 4.9	4.9	6.3		6.5			8.1
3.0 m		6.2					5.0			8.0		
4.0 m		6.2					5.0			8.3		
St.H-4(測定時刻)	(9:50)	(8:24)		(17:20)								
0 m	10.8	6.7		5.2								
0.5 m	11.2	7.6		6.7								
1.0 m	12.3	7.3		3.4								
1.5 m	10.4	7.5		1.6								
St.H-8(測定時刻)	(10:00)	(8:55)		(17:30)								
0 m	6.4	6.4		7.1								
0.5 m	6.6	6.4		6.8								
1.0 m	9.8	5.7		0.7								
1.5 m	7.7	5.9		0.6								
2.0 m		5.9		0.6								
St.H-6(測定時刻)	(14:33)	(7:20)		(12:10)(16:30)								
0 m	12.1	6.7		6.1								
0.5 m	13.5	5.6		6.1								
1.0 m	14.1	5.6		5.9								
1.5 m	14.7	6.7		5.1								
2.0 m		6.4		4.5								
2.5 m		6.0		4.5								
3.0 m				4.3								

表-32 金 沢 湾 水 質 調 査 結 果

年.月.日	St. No.	時 刻	水 深 (m)	水 温 (°C)	DO (mg/l)	塩分濃度 (%)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P (mg/l)	COD (mg/l)
58.5.31	St.K-1	11:00	0	20.3		28.6	0.14	0.043	0.115	0.074	4.8
			1	19.2		30.2					
			3	18.4		32.33					
	St.K-2	11:10	0	20.0		32.82	0.07	0.026	0.119	0.047	4.5
			1	18.8		32.24					
			2	18.4		32.50					
	St.K-3	11:25	0	19.0		32.88	0.19	0.037	0.141	0.081	3.9
			2	18.4		31.70	0.03	0.016	0.117	0.037	3.8
			5	17.8		32.74					
	St.K-4	11:40	0	19.4		33.05					
			2	18.3		33.32					
			5	17.6		31.80					
St.K-5	11:50	0	19.2		32.00						
		2	18.4		32.72						
		5	17.7		33.08						
St.K-6	12:00	0	19.3		32.20						
		2	18.4		32.48						
		5	18.3		32.47						
St.K-7	12:20	0	18.2		33.10	0.04	0.002	0.017	0.006	9.3	
		1	17.8	14.2	32.32						
		2	17.6		32.52						
St.K-1	12:00	0	20.2		32.58	0.14	0.014	0.105	0.021	5.4	
		1	18.8		32.78						
		2	18.2		32.96						
St.K-2	12:10	0	17.8		33.12						
		1	17.4		31.80						
		2	17.4		31.80						
58.8.1	St.K-1	12:00	0	25.4	5.48	31.80	0.116	0.049	0.133		
			1	25.0	5.60	32.02	0.127	0.040	0.089		
			2	25.1	4.60	32.53					
St.K-2	12:10	0	25.6	11.3	32.76						
		1	25.5	11.4	32.94						
		2	25.3	10.8	33.30						

年.月.日	St. No.	時刻	水深 (m)	水温 (°C)	DO (mg/l)	塩分濃度 (‰)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P (mg/l)	COD (mg/l)
	St.K-3	12:20	0	25.5	10.9						
			1	25.4	11.0						
			2	25.0	10.9						
			3	24.1							
			4	23.7							
			5	23.3							
	St.K-4	13:15	0	25.3	9.6		0.001	0.011	0.206		
			1	25.3							
			2	25.1							
			3	24.9							
			4	24.6							
			5	23.8							
	St.K-5	13:30	0	25.1	13.9		0.238	0.029	0.089		
			1	25.1							
			2	25.0	13.5						
			3	25.0							
			4	24.9							
			5	24.8							
	St.K-6	13:45	0	24.9	11.8						
			1	24.8							
			2	24.8							
			3	24.8							
			4	24.7							
			5	24.7							
	St.K-7	14:05	0	22.9	9.3		0.104	0.007	0.019		
			1	25.4	12.8						
			2	25.3							
			3	25.2							
			4	25.1							
			5	24.9							
			6	24.8			0.095	0.020	0.044		
			7	24.7							
			8	24.7							
			9	24.5	7.9						
				24.5							
				23.5							

- 質から水質への一部栄養塩類の回帰が行われているものと推測される。
- (4)平潟湾の栄養塩濃度は高く、水域の栄養段階の区分としては“富栄養域”よりもむしろ“過栄養域”に達している。
  - (5)富栄養化した平潟湾では、河川水による有機汚濁の他に、植物性プランクトン増殖による有機汚濁が進行している。ひかえ目に見積っても、湾中央部のCOD値の3割は植物性プランクトン増殖の二次汚濁によっている。
  - (6)有機汚濁の結果、平潟湾では水生生物の生息条件として重要な水中の溶存酸素濃度が著しく低下することがある。
  - (7)金沢湾では、塩水くさびの形成が殆ど認められない。これは平潟湾から流出する汽水の量が金沢湾内の海水に比べ著しく小さいためと推測される。
  - (8)金沢湾の栄養塩濃度は平潟湾の1/5～1/20である。栄養区分としては“富栄養域”であり、外湾の東京湾と同レベルにある。
  - (9)平潟湾に比べ、金沢湾の溶存酸素濃度は、夏季においても高く、この点について、生物の生息環境としてはるかに良好といえる。
  - (10)東京湾内の他の水域と同様、金沢湾でも著しい有機汚濁の認められることがある。しかし、これは沿岸から流入する陸水によって直接もたらされた有機物によるものではない。

#### 参考文献

- 1) 横浜市：平潟湾マハゼ病害調査 (1970)
- 2) 横浜市：平潟湾水質汚濁調査報告 (1971)
- 3) 横浜市：平潟湾水質汚濁調査報告 第2報 (1973)
- 4) 畠中潤一郎，二宮勝幸，江口憲治：夏季における平潟湾湾内水質の日変動について，横浜市公害研究所報第8号，89 - 95
- 5) 横浜市：いま横浜の海は 第8回公害セミナー報告書 (1985)
- 6) 気象庁：海洋観測指針 日本海洋学会 (1970)
- 7) 日本工業標準調査会：JISK 102 日本規格協会 (1981)
- 8) 公害研究対策センター：窒素・磷削減技術マニュアル 公害研究対策センター (1984)
- 9) 栗原 康：干潟は生きている 岩波書店 (1980)
- 10) 財団法人 日本気象協会 横浜支部；神奈川県気象月報 昭和57年7月 (1982)
- 11) つり人社：1982年潮時表 (1981)
- 12) 二宮勝幸：本報告書第3章
- 13) 吉田陽一：低次生産における生物生産の変化，水圏の富栄養化と水産増養殖，水産学シリーズ1，92～103，東京 (1973)，恒星社厚生閣
- 14) 田淵俊雄，高村義親：集水域からの窒素・リンの流出 東京大学出版会 (1985)
- 15) 坂本 充：淡水域の富栄養化，水圏の富栄養化と水産増養殖，水産学シリーズ1，9～28，東京 (1973)，恒星社厚生閣

- 16) T.R. パーソンス, 高橋正征: 生物海洋学, 三省堂 (1974)
- 17) 横浜市: 昭和59年度 横浜市内川と海の生物 (未刊)
- 18) 神奈川県: 昭和58年度公共用水域測定結果 (1984)