

福岡湾口海域における水質環境

池内 仁, 佐藤 利幸
(筑前海研究所)

Pollution of Sea Water in the Entrance to Fukuoka Bay

Hitoshi IKUCHI and Toshiyuki SATOU
(Chikuzenkai Laboratory)

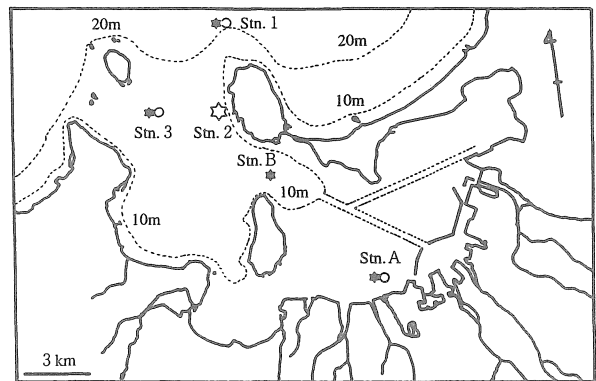
福岡湾とその周辺海域は小型底びき網やさし網漁業等の漁船漁業及びノリ、ワカメ養殖業が行われ、さらに水産有用魚介類の稚仔の生育場としても知られており、水産上極めて重要な海域である。現在、福岡湾では和白沖の人工島の造成をはじめとする大型開発工事が行われている。また、周辺部の生活基盤整備に伴い下水道からの生活排水等の流入量は増加し、富栄養化が進行しており、その漁業に及ぼす影響が懸念される。水産資源の動向や海域の生産力の変動を解明するためには、生物のみならず水質環境に関する情報が必要不可欠である。

これまで、本海域での水質調査は、主に福岡湾内^{1) 2)}を対象として行われており、湾口部や湾外周辺³⁾を含めたものは少ない。そこで、湾口海域の水質調査を周年にわたり行い、その水質環境を明らかにするとともに、水質と流れ及び潮汐との関連について検討したのでここに報告する。

方 法

1. 水質調査

測定点は、湾口東海域2点 (Stn. 1, Stn. 2), 湾口西海域1点 (Stn. 3) 及び対象海域として湾奥海域1点 (Stn. A) の4点とした (図1)。1995年4月から'96年3月に毎月1回、高潮後1~2時に現場において水温・塩分 (アレック電子ACL-200) 及び透明度を測定し、また、分析用資料として表層水と底層水 (底上1m) を採取した。表層水はCOD, DIN, DIP, T-N, T-P及びSSを、底層水はDOを測定した。また、北原式定量ネット (XX13) により底上2mから表層まで鉛直曳きし沈澱量を求めた。DIN, DIP, T-N及びT-Pの測定は海



○ 水質調査
★ 潮流調査 (大潮期)
☆ 水質調査、潮流調査 (大潮期、小潮期)
図1 調査点 (水質調査及び潮流調査)

洋観測指針⁴⁾に準じた。CODは水質環境基準値と比較するため、アルカリ法で測定した値に1.67を乗じて酸性法による値として示した。

2. 潮流調査

(1) '96年10月14日 (大潮期)

測定点は、湾口東海域2点 (Stn. 1, Stn. 2), 湾口西海域1点 (Stn. 3) 及び対象海域として湾奥海域1点 (Stn. A) と湾中央東海域1点 (Stn. B) の5点とした (図1)。流向と流速は、電磁流速計 (アレック電子ACM 8 M) を用い、約3時間毎に4回 (高潮時、高潮後3時、低潮時、低潮後3時)、4層 (水深1.5m, 5m, 10m, 底上1m) で測定した。

(2) '96年11月5日～6日(小潮期)

図1の1定点(Stn. 2)において、流向と流速を約3時間毎に7回(低潮時, 低潮後3時, 高潮時, 高潮後3時, 低潮時, 低潮後3時, 高潮時), 4層(水深1.5m, 5m, 10m, 底上1m)で測定した。同時に、水温、塩分及び密度と4層(水深0m, 5m, 10m, 底上1m)のDIN, DIP及びSSを10回(低潮時, 低潮後3時, 高潮

時, 高潮後3時, 低潮時, 低潮後3時, 高潮時, 高潮後3時, 低潮時, 低潮後3時)測定した。

結果及び考察

1. 水質調査

各項目の測定値の年間の範囲及び中央値を図2に示した。Stn. A(湾奥)では他の測定点と比較して、透明度

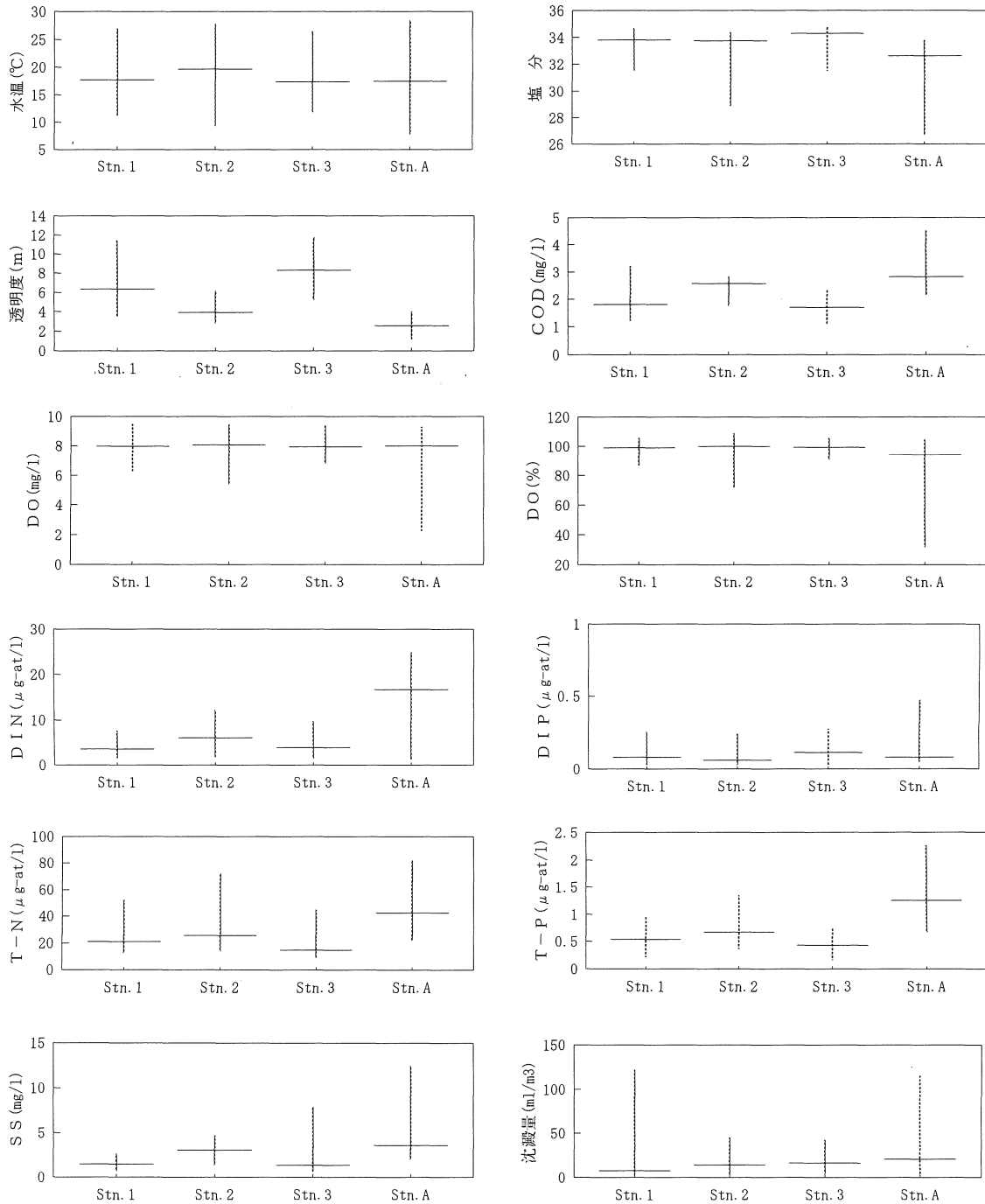


図2 水質調査測定値(中央値および範囲)

やDOが低く、COD, DIN, T-N, T-P及びSSが高く、顕著な富栄養化や貧酸素化を示した。また、Stn. 2（湾口東）では、近接のStn. 1（湾口東）及び3（湾口西）と比較して透明度の低下やCOD, DIN, T-N及びT-Pの増加がみられた。さらに、この5項目についてStn. 2とStn. 3の平均値（n=12）のt-検定（正規変数、対応2試料⁵⁾を行ったところ、有意差（P<0.01）がみられた。

現在、福岡湾では水質汚濁防止を図るためにCOD等についての基準値が、富栄養化防止の観点からT-N並びにT-Pの基準値が定められている。そこで、測定点の水質環境の現状をより明確にするために、COD, T-N及びT-Pの3項目について今回の測定値（中央値）と環境基準値⁶⁾の比較を行った（表1）。COD及びT-NについてはStn. 2及びStn. Aで、T-PではStn. Aで水産1級の基準値を超えていた。また、3項目について総合的に検討するため、3項目の基準値との比率の3次元の距離で比較した（表1）。その結果、Stn. 1, Stn. 2及びStn. Aの3定点で自然環境保全の基準値を超え、Stn. 2とStn. Aの2定点では水産1級の基準値も超えていた。

以上のことから、湾口西海域と比較して東海域の汚濁（富栄養化）が明らかとなった。原因としては、湾奥海域からの汚濁（富栄養化）の進行した水塊の移送、拡散であることが推測されるので、次に水質と流れ及び潮汐との関連を検討した。

2. 潮流調査

(1) '96年10月14日（大潮期）

各測定の表層と底層の流向、流速を図3に示した。湾口部のStn. 2の表層では、高潮から高潮後3時に湾外流

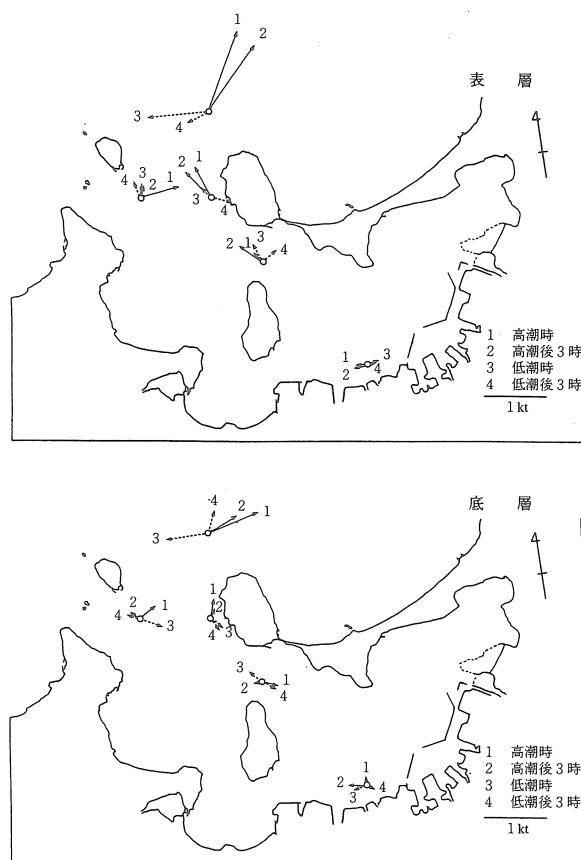


図3 潮流調査結果（'96年10月14日：大潮期）

出方向（北西）、逆に低潮後3時に湾内流入方向（南東）の流れを示した。流速は、高潮後3時0.5kt, 低潮後3時0.3ktであった。底層も同様の流向を示したが、表層と比べて流速は弱かった（0.1~0.2kt）。湾外のStn. 1の表層は、高潮から高潮後3時に北北東（1.2~1.3kt）、低潮から低潮後3時には西南西（0.3~0.9kt）の流れを示した。それに対して、湾奥のStn. Aでは0.1~0.3ktの

表1 水質調査 測定値と基準値との比較

	Stn. 1	Stn. 2	Stn. 3	Stn. A	自然環境保全基準値	水産1級基準値
COD (mg/l)	1.81	2.56	1.69	2.82	2	2
T-N (μg-at/l)	20.96	25.89	14.94	42.69	14.29	21.43
T-P (μg-at/l)	0.53	0.67	0.44	1.26	0.65	0.97
3次元距離（自然環境保全）	1.10	1.41	0.87	2.21		
同上（水産1級）	0.83	1.09	0.68	1.60		

$$3 \text{次元距離} = \sqrt{\frac{(f_{\text{COD}}/S_{\text{COD}})^2 + (f_{\text{T-N}}/S_{\text{T-N}})^2 + (f_{\text{T-P}}/S_{\text{T-P}})^2}{3}} \quad f: \text{測定値} \quad S: \text{基準値}$$

> 1の場合、基準値を超えて汚濁

< 1の場合、基準値よりも清浄

微弱な流れであった。

大潮期の流れをみると、高潮から高潮後3時に湾奥の水塊が湾口東海域に沿って湾外に流出し、湾外を北北東に新宮沖に流れることが明らかとなった。この流れに伴い、湾奥の汚濁（富栄養化）水塊が湾口東海域へ移送・拡散し湾口域も汚濁（富栄養化）するものと考えられる。

さらに、湾口域から新宮地先海域での潮流については、大村と中川が'92年に調査を行っており潮流と恒流を算出している⁷⁾。高潮時の流況は、志賀島地先では北東に流れ相島や津屋崎方向に向かい、志賀島から奈多の地先では渦流が形成されている。恒流は、志賀島弘地先では北に流れ、志賀島東側海域で潮汐残差渦流が認められている。このことを今回の調査結果を併せて考えると、湾奥の汚濁（富栄養化）した水塊が、湾口東海域から志賀島東側海域（志賀島～奈多地先）に移送され、新宮地先海域にもその影響が及ぶことが予想される。奈多、新宮地先海域はマダイ稚魚の棲息場所として水産上極めて重要⁸⁾であり、今後、汚濁の影響を詳細に調査する必要がある。

(2) '96年11月5日～6日（小潮期）

湾口東海域のStn. 2の風（吹送方向）と流れのベクトル及び水温、塩分、密度、DIN、DIP、SSの時系列変動を図4に示した。風のベクトルは、1、3、4、5回目が湾外方向（2～7 m/sec）、逆に8～10回目が湾奥方向（11～12 m/sec）を示した。表層の流れは、1回目（低潮時）から5回目（低潮時）の間全て湾外流出方向を示し、その後湾内流入方向に転じたが、前回の大潮期のような高潮から高潮後3時に湾外流出方向、低潮後3時に湾内流入方向という傾向は認められなかった。この間の流速は0.1～0.4 ktで、大潮期（0.2～0.5 kt）よりも若干減少していた。底層では、5回目まで測定毎に流向が反転しており、1、3、5回目（低潮時、高潮時）に湾内流入方向、2回目（低潮後3時）と4回目（高潮後3時）に湾外流出方向を示した。湾内流入方向の流速は0.1～0.4 kt、湾外流出方向は0.1～0.2 ktであり、大潮期の0.1～0.3 ktと同程度であった。

このように、大潮期と小潮期では流速の差が明確にみられないことにもかかわらず、流向の傾向が異なっており、小潮期の表層の流向は風のベクトルとほぼ一致していた。このことは、再現性も考慮してさらに調査を行う必要がある。

水温、塩分、密度、DIN及びDIPの変動では、低潮時（1、5、9回目）前後において、表層（水深0～2 m）での水温並びに塩分の低下及びDINとDIPの増加、対称

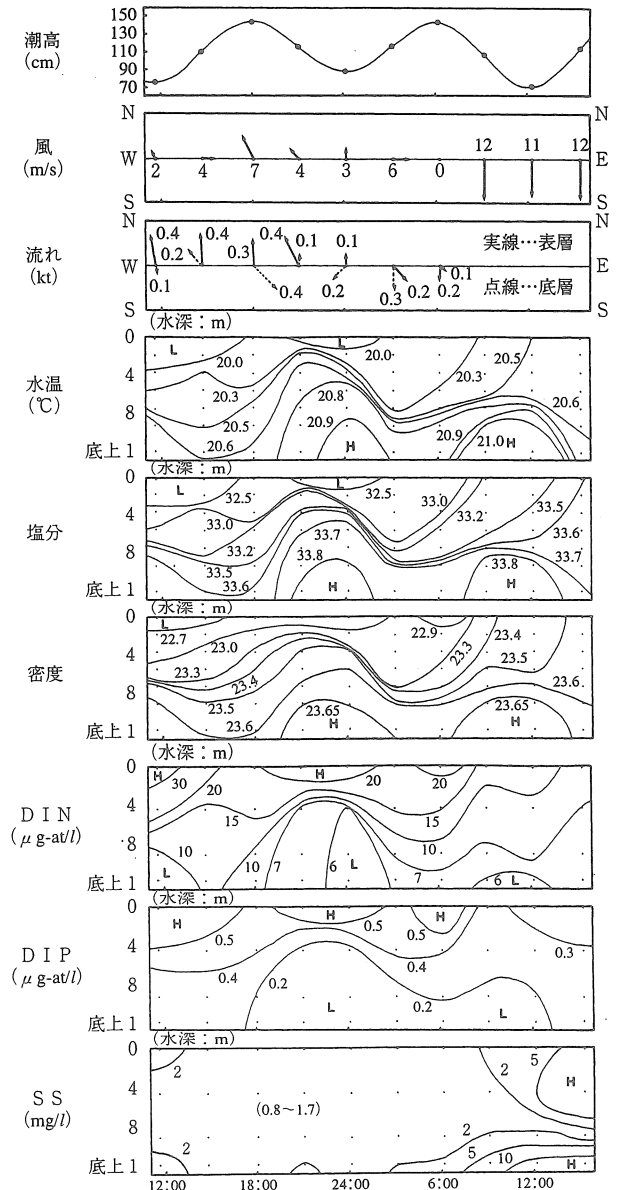


図4 潮流調査結果（'96年11月5～6日：小潮期）

的に底層（水深10m～海底）での水温並びに塩分の上昇及びDINとDIPの減少がみられた。このことは、表層への湾奥水塊の流入と拡散、底層への湾外水塊の流入と拡散によるものと考えられ、1回目と5回目については流れの結果とよく一致していた。今回、水温の上下層の差は1℃、密度差は1程度であったが、夏季の成層発達期（水温差4℃、密度差2）と比較して、成層の発達は極めて弱いと考えられる。本定点のような浅海（水深12～13m）において、成層の発達が極めて弱いにもかかわらず、潮汐に伴い上下の2層が明確に独立し、逆の変動をしていることが特徴的である。表層への湾奥水塊の流入と拡散は汚濁の増加（富栄養化）に、底層への湾外水塊

の流入と拡散は汚濁の希釈（富栄養化）につながる。これに対して、最満潮時（3, 7回目）では特徴はみられなかった。

また、SSは北風の卓越（11~12m/sec）した8回目以降に増加していた。この間の流れは測定できなかったが、表層よりも底層でのSSの増加が著しく、水温、塩分及び密度も9回目以降乱れが生じていることから、吹送流による海底からの堆積物のまき揚げによるものと推察される。

要 約

1) 湾口東海域は同西海域と比較して透明度の低下やCOD, DIN, T-N及びT-Pの増加がみられ ($P < 0.01$)、また、COD, T-N及びT-Pの3項目の環境基準値との比率の3次元の距離で比較した結果、水産1級の基準値を超えていたことから、湾口東海域の汚濁（富栄養化）が示唆された。

2) 大潮期においては、主に高潮から高潮3時に湾奥の水塊が湾口東海域に流出し、湾外を北北東に新宮沖に流れることが明らかとなり、この流れに伴い湾奥の汚濁（富栄養化）した水塊が湾口へ移送、拡散し湾口東海域が汚濁（富栄養化）するものと考えられる。

3) 湾奥の汚濁（富栄養化）した水塊が、湾口東海域から志賀島東側海域（志賀島~奈多地先）に移送され、新宮地先海域にもその影響が及ぶことが推測される。

4) 湾口東海域では小潮期の低潮時前後において、表層での水温並びに塩分の低下及びDINとDIPの増加、対称的に底層では逆の変動が生じたが、成層の発達極めて弱いにもかかわらず、上下2層が独立して逆の変動をしていることが特徴的であった。このことは、表層への湾奥水塊の流入と拡散（汚濁の増加）、底層への湾外水塊の流入と拡散（汚濁の希釈）につながると考えられる。

文 献

- 1) 川上, 田中, 河辺: 博多湾の富栄養化に関する研究—I, 福岡水試研究業務報告 (昭和49年度), 231-248 (1976)
- 2) 河辺, 川上: 漁業と環境 (水域別の現状と問題点), 水産学シリーズ, 53, 55-70 (1984)
- 3) 本田, 佐藤: 赤潮貝毒監視事業 (赤潮調査事業), 福岡水技事業報告 (平成6年度), 141-144 (1995)
- 4) 気象庁, 188-199 (1970)
- 5) 石井: 生物統計学入門 (培風館), 167-169 (1975)
- 6) 公害対策基本法 (第9条) 及び水質汚濁に係る環境基準について (告示)
- 7) 大村, 中川: 新宮地先海域における水塊構造と流動, 福岡水技研報 (第1号), 29-44 (1993)
- 8) 大内康敬: マダイ幼魚の生態及び漁獲変動に関する研究, 福岡水試特別研究報告, (1985)