

海中浮泥の分布と潟面への影響について

満田雅男*

1. ま え が き

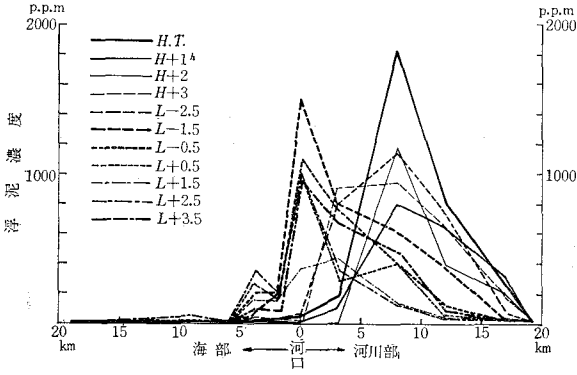
本報は、有明海湾奥部の浮泥についてその成因、挙動、浮泥移動による潟面変化量の計算法などに関して述べた前報¹⁾に引きつづき、さらに多くの浮泥濃度分布の資料をもとに潟面変化の計算結果をのべ、その分布について検討を加えたものである。観測資料は筑後川漁業調査に負う所が多く、記して謝意を表する。

2. 感潮河道内における浮泥

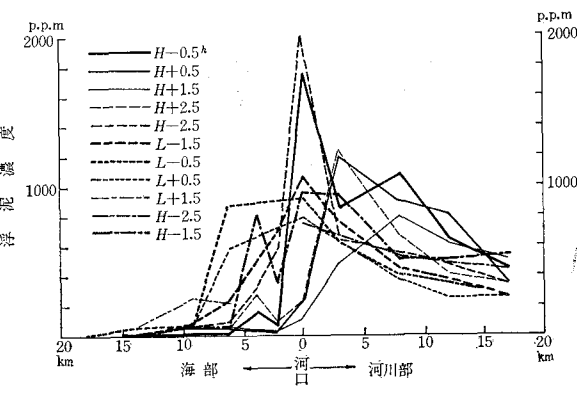
有明海にそそぐ河川のほとんどは、河口付近で河床勾配 1/1 000 以上の緩勾配となっており、大きい河川では数十キロ、小さい河川では十数〜数キロ程度の感潮区間が存在しているので、河川によって運搬されてきた浮泥（コロイド状粒子）は、まず、感潮域（河口を含む）において海水と接触し、塩分濃度の変化とともに浮泥の一部は凝集・綿毛化現象をおこして河床に沈積し、他はそのまま浮遊流下を続ける。さらに、淡水と塩水とが混合する区域においては、両者の混合程度によって浮泥の挙動は左右され、淡水中のコロイド分散から漸次沈降する割合が多くなって行くものと考えられる。

いま、このような挙動に関連した事柄を調査結果の中についてみてみよう。図一1〜3 は、年間を通じて3回の時期における筑後川河口を中心とした、浮泥濃度のある測線上分布を各観測時（ $H+1$ h は高潮後1時間、 $L+1$ h は低潮後1時間等を意味する）ごとにplotしたものである。これらの図によれば、概して河口点が濃度最大で、海湾部へは低く、河川部へはやや高く減少している。図一1ではH.T.のpeakが $L-1.5$ hのpeakより大きいが原因は詳らかでない。しかし、H.T.から時間が経過するにつれて、peakが河川部から河口へ移行している様子が読みとれる。peakの発生する場所は全資料を通覧して、塩分濃度がほぼ4‰以内の範囲で高塩分の区域と接する所にあるようであるが、潮汐によってこの点が河口内約8 kmの区間を移動し、それともなって浮泥peakも移動しているとみられる。図一2では、河川流量が約4〜5倍あるので、河川部の濁りは他の場合より相当高くなっている。この図におい

図一1 河口を中心とした浮泥濃度の推移
(第1回観測, 流量 53 m³/sec)



図一2 河口を中心とした浮泥濃度の推移
(第2回観測, 流量 236 m³/sec)



ても、河川感潮部を peak が移動している様子がみられる。図一3 では、河口の peak 値が非常に高いが、これは採水操作上生じた異常値とみられる。この場合でも peak は河道内を潮汐にともなって移動していることが良くわかる。

3. 湾内における浮泥

河川から海へ流出した浮泥は、希釈効果と塩分の上昇によって急速に沈降する部分が多くなり、ほとんどの場合、浮泥濃度は河口部で最大値を示し沖側へ行くほど低下する。河口付近において浮泥濃度が最大値を示すのは、浮泥の凝集沈降がこの付近で最も活発に行なわれるためと考えられ、この様子は塩分濃度との対比によって明瞭によみとれる（図一3 の中に同時観測による塩分濃

* 正会員 農林省農業土木試験場佐賀支場

図-3 河口を中心とした浮泥濃度の推移
(第3回観測, 流量 $101 \text{ m}^3/\text{sec}$)

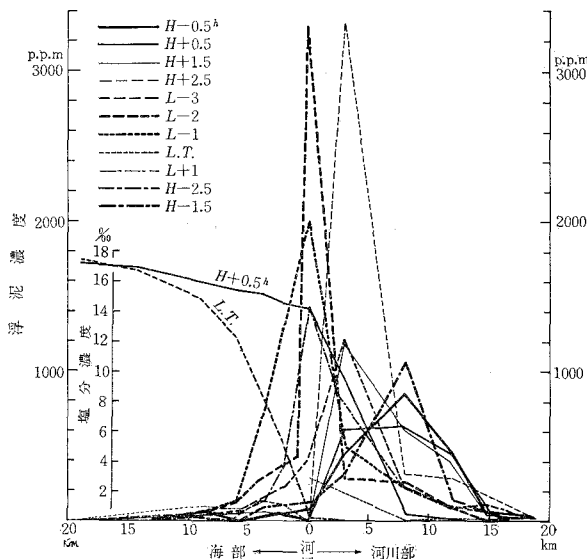


図-5 湾内浮泥, 流速, 水深分布
(第2回観測, $L=1.5 \text{ h}$)

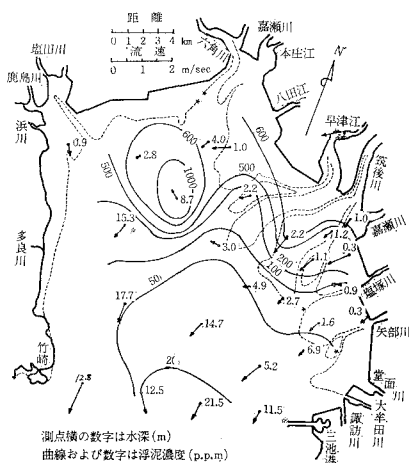
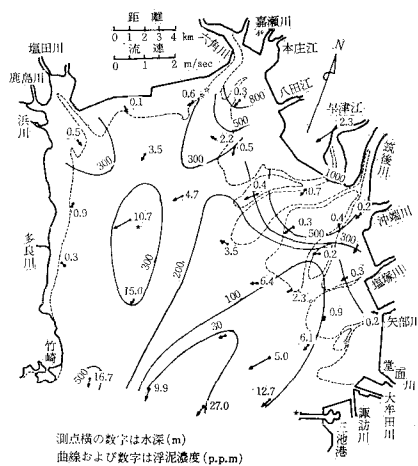


図-6 湾内浮泥, 流速, 水深分布
(第3回観測, $L=1 \text{ h}$)



度分布線を例示しておいた)。河口から沖へ出るにしたがって、浮泥濃度は低下するが、底質は干潟地形・流況などの局地性によって、粘土質の所や砂混りの所などが生じ、分布図を作るようになる。したがって、浮泥濃度は底質と流速とからほとんど定まるものと考えられ、上げ潮、下げ潮等の潮相、流況、干潟の変形履歴などによって、それぞれ異なっている。なお、浮泥・沈泥についてはとくに、堆積状態、塩分濃度などによってみかけの粒径および沈降速度にかなりの差が生ずると考えられるので、今後の研究にまっところが多い。

いま、年間4回の観測結果のうち、主として、河口の浮泥濃度が最も高い低潮1~2時間前の時点における湾内濃度分布を示せば、図-4~図-7のごとくである。なお水深の比較的浅い所は鉛直方向にほぼ一様な濃度分

図-4 湾内浮泥, 流速, 水深分布
(第1回観測, $L=1.5 \text{ h}$)

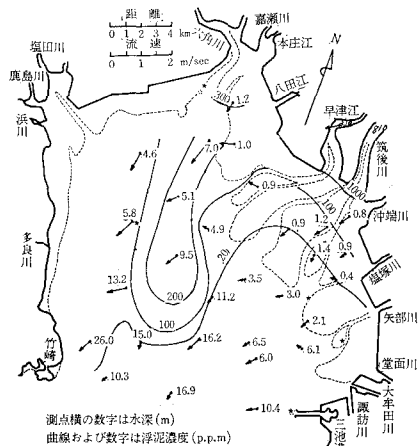
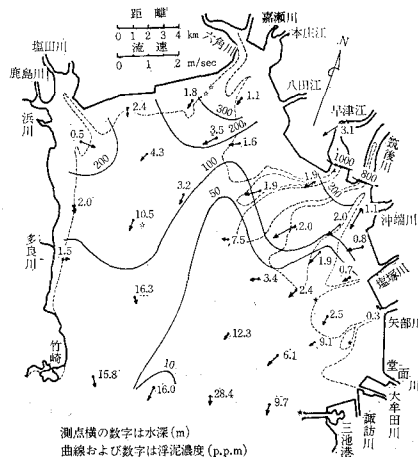


図-7 湾内浮泥, 流速, 水深分布
(第4回観測, $L=2 \text{ h}$)



布であるが、比較的深い所では底層濃度が高く、場所による変化も明瞭に表われているので、この図には底層（底から約 30 cm）の浮泥濃度を示してある。また、浮泥の移動方向と移動量に關与する同時流速・流向・水深を各測点ごとに併記した。これらの図から概略の傾向をのべれば、筑後川、六角川および鹿島川河口付近は濃度が高く、沖の方へ向って減少する。竹崎沖付近に常に濃度の高い所がみられ、また、三池港の北側一帯には常に濃度の低い区域がある。一般に、最大濃度値の出現は低潮 1～2 時間前に発生し、上げ潮時における最大値は観測時間の不足から明瞭に認められず、満潮時には濃度が最小値を示す。また、河川流量によっても異なるが、各河川から排出された浮泥は湾奥部海域でよく攪拌され、かなりの範囲にわたって移動している。

4. 浮泥による潟面変化量の分布

浮泥の挙動は、前報¹⁾にものべたごとく浮遊環境によって異なるが、浮泥の濃度分布の存在は底質の移動をもたっており、結局、潮汐流による洗掘・堆積現象として徐々に干潟面が変化させられていることになる。これらの作用を湾内における潟面変化量の分布として調べてみる。

(1) 解析手順

一般に、湾内の観測点はぜんぽうを把握するに必要、かつ、精度を保つに十分な配置が行なわれるのが通常であるから、測定結果からは各種要因（濁度、流速、流向、水深 etc.）が連続変化をなす仮定のもとに、等分布線図を画くことができる。これらの分布図上に観測精度および干潟面変化および水理諸量の変化に応じて適当な格子方眼を組み、その各交点を潟面変化量の計算中心点とする。すなわち、この格子点を中心として隣接格子点との中間までの範囲の潟面変化量を計算することにすれば、潟面変化量は連続的变化量として湾内の分布をとらえることができる。有明海においては、上げ潮、下げ潮および憩流の流況が明瞭で、かつ、ほとんど定まっており、河川流量、月令などの条件によって若干変化する状態である。また、比較的浅い海域の大部分は平たんな地形が多く、沖合では、比較的近距离をとれば水深に比して勾配変化の程度は小さいので、平均勾配をもって代表される場合が多いと考えられる。以下に解析手順の概略をのべる。

① 時刻、測点ごとに鉛直平均値としての観測値整理。② 対象海域内における計算格子点の設定。③ 全計算点における同時流向分布図の作製。④ 同時浮泥濃度分布図の作製。⑤ 同時等流速分布図の作製。⑥ 同時等水深分布図の作製。⑦ ③と④の図を重ね、流向線両端の浮泥濃度記入。⑧ ③と⑤の図を重ね、格子交点の平均流速値記入。⑨ ③と⑥の図を重ね、格子交点の

平均水深値記入。⑩ ⑦から濃度勾配 ($\partial c/\partial x$) を求める。⑪ ⑧、⑨および⑩から、 $\partial z/\partial t = -(h \cdot v/\sigma_s) \cdot \partial c/\partial x$ を用いて潟面の単位時間当り変化量を計算する。

以上によって、対象海域内のある観測時点における浮泥による潟面の変化を量的分布として知ることができる。

(2) 計算結果

本報では、海域内において最も浮泥の移動が盛んな時刻として、漲潮および落潮時のほぼ最混濁時のデータを用い、当地方の飽和粘土の見掛比重測定結果から $\sigma_s = 1.25$ とし、単位時間を 1 時間に換算して算出した値を、潟面単位変化量 (cm/hour) として海域内の分布を計算した。まず、適用した観測値に関する一覧表は表一のとおりである。つぎに、対象海域全体における漲潮および落潮による堆積（または洗掘）量の影響程度をみるために、潮時別の計算総括表を表二として掲げる。これによれば、海域全体としては、概して、上げ潮時に洗掘（－）が多く、下げ潮時に堆積（＋）が多い。全観測回を通じて、上げ潮時には洗掘（岸方向域外への流去）が生じており、下げ潮時には堆積（域内への堆積）が生じていることがわかる。また、海域全体における堆積（＋）と洗掘（－）との比較および差し引き潟面変化量をみるために、（＋）および（－）別の計算総括表を表三として掲げる。これによれば、海域全体としては、第 2 回に

表一 観 測 一 覧 表

	第 1 回	第 2 回	第 3 回	第 4 回
観測日(月令)	40.11.6(12.5)	41.3.8(15.7)	41.7.5(16.3)	41.9.1(15.6)
潮の下流量	53 m ³ /s	236 m ³ /s	101 m ³ /s	70 m ³ /s
漁 期	のり(初)	のり(終)	貝	—
耕 地	掘干し	裏作 or 閑田	田 植	穂パラミ
三池港潮位	$\begin{matrix} h & m \\ 7.10 & +1.89 \\ 13.25 & -1.42 \\ 19.40 & +2.18 \end{matrix}$	$\begin{matrix} h & m \\ 10.25 & +2.74 \\ 16.30 & -2.18 \\ 22.30 & +2.74 \end{matrix}$	$\begin{matrix} h & m \\ 10.15 & +2.18 \\ 16.45 & -1.95 \\ 23.25 & +2.45 \end{matrix}$	$\begin{matrix} h & m \\ 9.40 & +2.57 \\ 15.45 & -1.72 \\ 22.05 & +2.57 \end{matrix}$

表二 上げ潮、下げ潮時における全域の浮泥量収支
($\times 10^{-3}$ cm/hour)

回	上 げ 潮	下 げ 潮
1	- 63.2	+375.8
2	-766.5	+651.9
3	+ 19.8	+230.6
4	- 70.3	+307.2
計	-880.2	+1565.5

表三 全域における堆積（＋）、洗掘（－）一覧
($\times 10^{-3}$ cm²/hour)

回	堆 積 (＋)	洗 掘 (－)	差 引 変 化 量
1	+480.8	-167.2	+313.6
2	+696.2	-816.0	-119.8
3	+673.0	-421.2	+251.8
4	+392.6	-149.3	+243.3
計	+2242.6	-1553.7	+688.9

($\text{cm}/2 \text{ hour}$) $\times 1410$ を用いて概算してみると、比較的堆積傾向の強い所で ($+10\sim+20$) $\times 10^{-3}\text{cm}/2 \text{ hour}$ 程度の値が多く、この場合には $14 \text{ cm}/\text{year}\sim 28 \text{ cm}/\text{year}$ 程度の高さとなる。また、洗掘傾向の強い所で ($-10\sim-40$) $\times 10^{-3}\text{cm}/2 \text{ hour}$ 程度の値であるが、この場合には ($-$) $14 \text{ cm}/\text{year}\sim (-)56 \text{ cm}/\text{year}$ 程度の低下となる。極大・極小値についてはともに豊水期 (第2回観測) の値で占められており、比較的沿岸に近い点の各回の単位変化量を通覧してみても、($+10\sim+20$) $\times 10^{-3}\text{cm}/2 \text{ hour}$ 間の値が非常に多い。

(3) 実測値との比較

以上の計算値には種々の仮定が含まれているため、その絶対値をもって、ただちに潟面変化量とするわけには行かないが、もし、これらについての実測値があれば、およそどの程度の値を示しているか見当をつけるために役立つであろう。過去における実測例としては、干潟面上 (標高 $\pm 0 \text{ m}$ またはそれより高い所) のものがほとんどで、干潮線以深のものについては全く見当らない状態である。その一例として、筑後川と嘉瀬川との中間付近5点 (A～D は海岸堤より約 400 m の間隔で沖へ向った4点、E は海岸堤防基部海側の地点、位置は 図-8 参照) について、実測値から平均的变化量として整理すれば表-4 のとおりである。

表-4 干潟面の平均変化量

測点	月間堆積量 (+)	月間洗掘量 (-)	年間変化量	異常洗掘を除いた 単位変化量 (月間堆積量から算出)	観測期間 (昭和年月)
	cm/month	cm/month	cm/year	$\times 10^{-3}\text{cm}/2 \text{ hour}$	
A	7.8	4.7	-2.4	+21.6	33.4~35.3
B	5.3	3.6	-2.7	+14.7	
C	6.6	6.4	+4.7	+18.4	
D	4.8	5.8	+13.8	+13.3	
E	4.8	1.4	+13.2	+13.2	27.3~27.8

一方、図-12 に示された値はほとんど干潮線以深の海域であるため、(採水・流速測定などの測定上の制約からこのような範囲となっている) 同一地点を見出すのは困難であるが、各観測回の分布図もあわせて類推すれば、図-8 に示される六角川に最も近い右上計算点の単位変化量は、図-8 で -4.4×10^{-3} 、図-10 で 53.1×10^{-3} 、図-11 で 4.9×10^{-3} となっており、1けたないし2けた $\times 10^{-3}$ の order である。これに対して、表-4 の異常洗掘を除いた単位変化量 (右端欄) によれば、最も海岸線から離れた点Dの単位変化量は 13.3×10^{-3} で、2けた $\times 10^{-3}$ の order である。すなわち、分布図に示される値は、干潟面が堆積、洗掘現象を繰り返すうちの堆積について考慮した値にほぼ近いことがわかる。また、長期にわたる変化絶対量の算出に適用するためには、まだ問題が多いが、一応、湾内における分布 (相対的比較) や、浮泥の移動について考察する際にはさしつかえないと思われる。

5. 考 察

以上に掲げた分布図や基礎となっている計算値にもとづけば、浮泥 (ひいては底質) はつぎのような移動を行っていることがわかる。上げ潮の場合には、筑後川および六角川のように比較的遡上距離の長い川の河口付近に洗掘を生じているので、漲潮とともに河道内へ浮泥が運搬されている。また、海岸堤基部の方向へも運搬されている。豊水期には六角川口は筑後川口にくらべ2～3倍の洗掘移動量が生じている。矢部川一竹崎を結んだ地域周辺は、移動量が少なく、域外からの浮泥流入も余りない。竹崎沖合は常に堆積傾向に表われ、域外 (諫早湾付近) からの浮泥流入が認められる。下げ潮の場合には、河道内から河口干潟あるいは周辺沿岸部へ移動している。豊水期には浮泥移動が激しい。矢部川沖合では下げ潮時に域外への流出が認められる。竹崎沖合は域外への流出がみられ、諫早湾口付近の底質移動に起因すると思われる。海域中央付近では干満とともに流向が回転する所が多少あり、最強流速時には南流であっても、最混濁状態時には南西流となり、これによって筑後川河口域から流出した底泥のかかなりの部分は西岸の方へ運搬されていることがうかがえる。つぎに 図-8～図-11 において、潟面変動の比較的大きい範囲として単位変化量 $10^{-2}\text{cm}/2 \text{ hour}$ より大なる範囲 (+マークの付加された点) にとり、全計算点に対する比率を求めてみると、およそ、筑後川流量の順序にしたがって、 $53 \text{ m}^3/\text{sec}$ のとき25%、 $70 \text{ m}^3/\text{sec}$ のとき23%、 $101 \text{ m}^3/\text{sec}$ のとき26%、 $236 \text{ m}^3/\text{sec}$ のとき52%となり、流量 $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以上になると、底質の移動・攪拌が活発に行なわれていることを示している。また、図-12 では、堆積傾向の強い場所として筑後川、六角川、塩田川付近の沿岸部に集中している。かような箇所は、台風などによってたとえ洗掘をうけても、現状に復帰するのが非常に早く年々干潟の発達は避けられない傾向にあるといえる。筑後川の河水が直接流下する海域は、常に堆積・洗掘を受けやすいので、結局、常時の潮汐作用による潟面の変化はあまりない傾向となっている。

6. 結 言

前報に引き続き、海中浮泥の濃度分布を調べ、浮泥の運動が潟面に与える影響を量的に把握することを試みた。すなわち、湾内における潟面変化量を時季別地域分布として 図-8～図-11 に、年間平均量の分布として 図-12 に示した。また、これらをもとに、底質の移動や干潟の消長に関する考察を行なった。

参 考 文 献

- 1) 満田雅男：有明海浮泥の潟面変化への影響について、第14回海岸工学講演会講演集，pp. 286-289，土木学会 (1967)。