

# 筑後川河口の淡水混合と浮泥の濃度分布について

満 田 雅 男\*

## 1. ま え が き

筑後川が九州第一の河川であることは周知の事柄であり、最近、水産庁の企画になる同河川の有明海への影響度がいろいろな観点から測定、解析がなされたが<sup>1)</sup>、その結果、われわれは新たな認識にたたされる点がかかなりあった。たとえば有明海湾奥域におよぼす筑後川河川水の影響率分布や、海中浮泥の移動方向図などについてみれば、筑後川の水は約7~8割程度も西側へ達しており、西岸一帯の沈泥層の生成には筑後川からの排砂土がかかなり関係していることが判明した。このような観点からみれば、有明海の自然環境に対して筑後川の役割は、抜ききれない大きなものがあるといえよう。

前報<sup>2)</sup>においては、主として本海域における浮泥の移動に注目し、量的に干潟への影響を考察してきたが、その鉛直分布については触れ得なかったもので、今回はこれらについての基礎資料を整理してみた。すなわち、ここに報告するものは、筑後川河口を中心にその中央縦断に沿って、上・下流側へ約36 km 区間の塩素量分布と混濁度の分布および流れの方向・流速の分布を調べたものである。本河川においては、その混濁度の高いこと、潮差の大きいことが全国有数であるので、これに関連した項目を重点として述べている。なお、これらに用いた資料は筑後川調査団（水産庁、1965—1968）および関係者の精力的な努力の結晶であることを記して謝意を表したい。

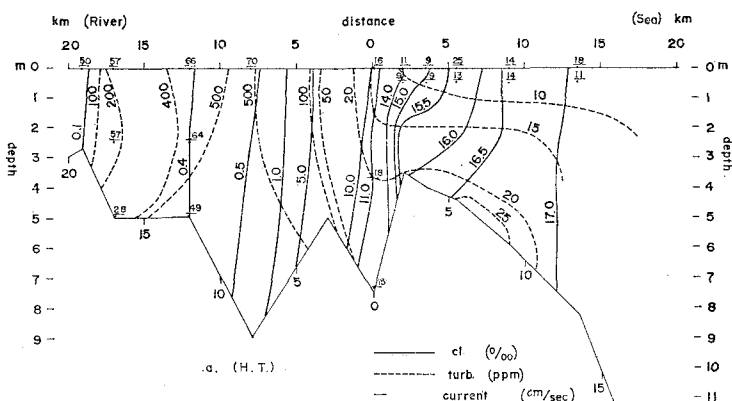
## 2. 河口を中心とした塩素量および浮泥量分布の潮相による変化

およそ、感潮河口域の現象は河口潮汐、河床勾配の変化、流積（河幅）の

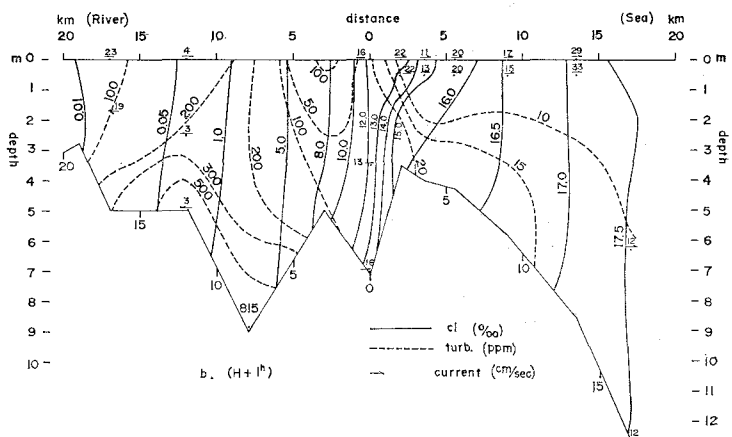
変化、河床状態（粗度）の変化、河川個有流量等の条件によって定まるとされている。また、実際にこれらの条件を適当に設定して、不定流の基礎式から水面形を求めたりすることが行なわれている。しかし、現実には、河口潮汐や河床粗度には多くの仮定が含まれるもので、かなり複雑な現象を示すのが実情である。理論解と実際の差異が生ずる一つの原因として、河水中の大量な浮泥の存在や、これに伴う流速分布の変化や、渦乱流による流れの不均一性等も考えねばならないであろう。本報では、これらの実態を把握するために、塩素量、浮泥量お

図一 低水期の河口上・下流における塩素量・浮泥・流速分布図

図一 (a)



図一 (b)



\* 正会員 農林省農業土木試験場佐賀支場

図-1(c)

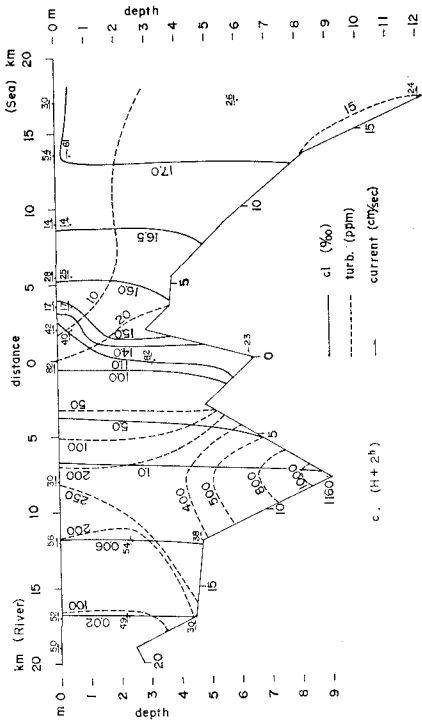


図-1(d)

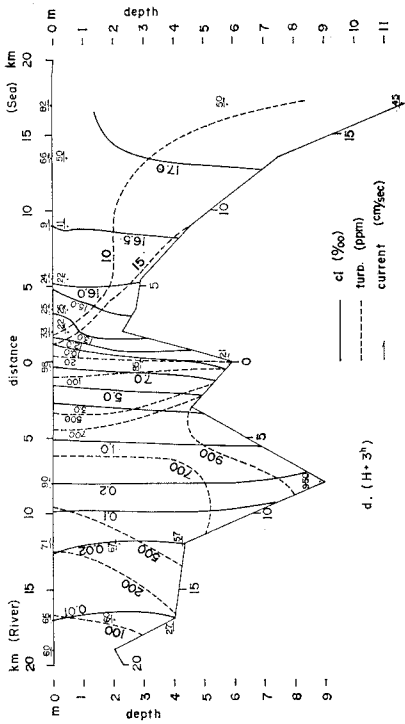


図-1(e)

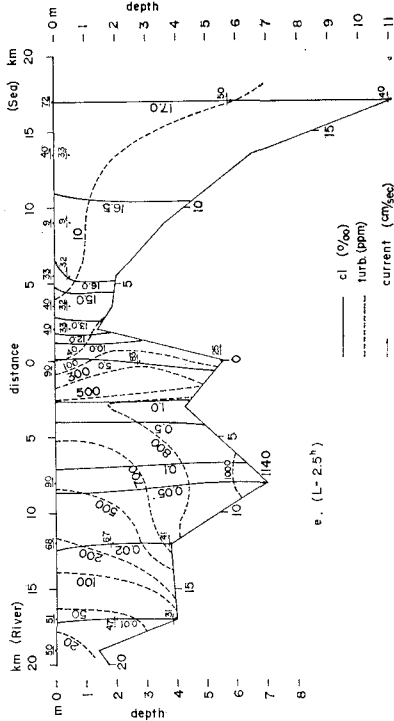


図-1(f)

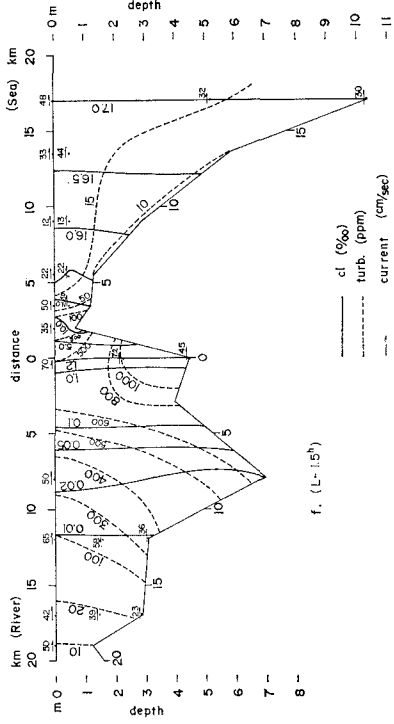


図-1 (g)

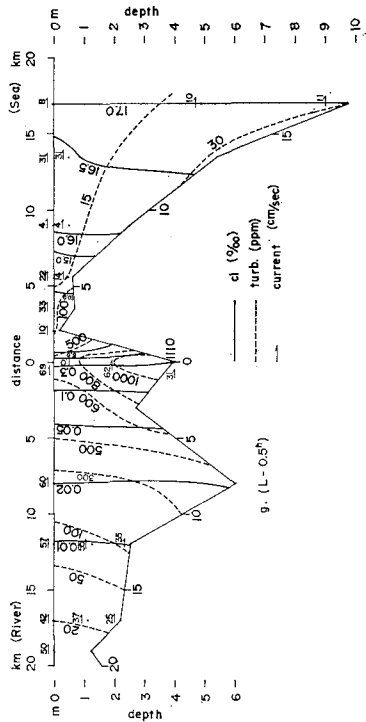


図-1 (h)

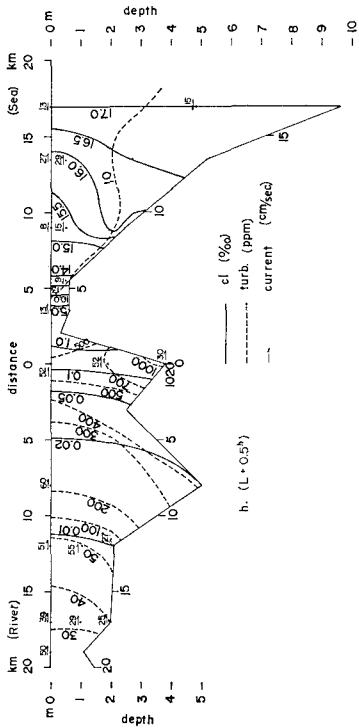


図-1 (i)

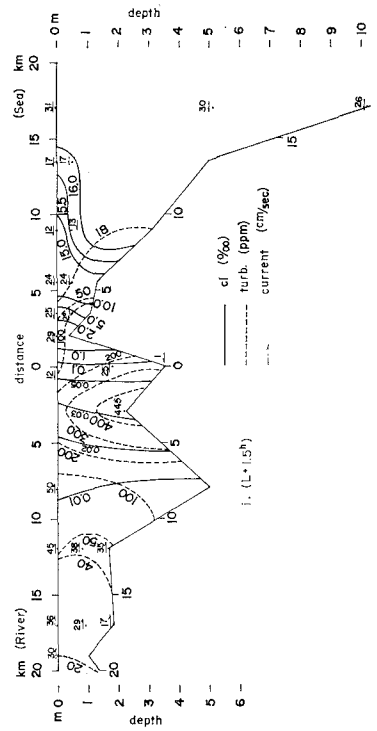


図-1 (j)

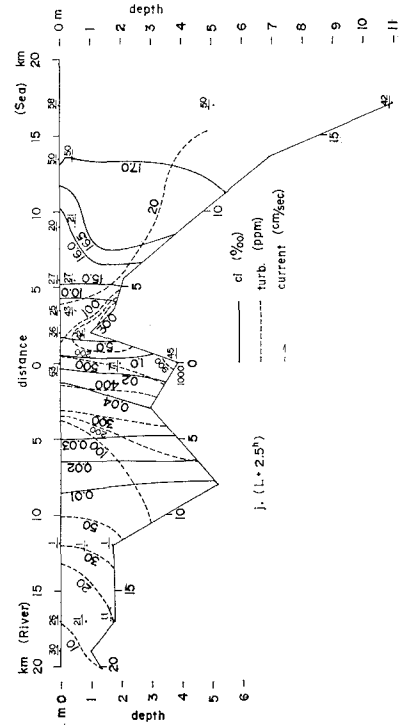
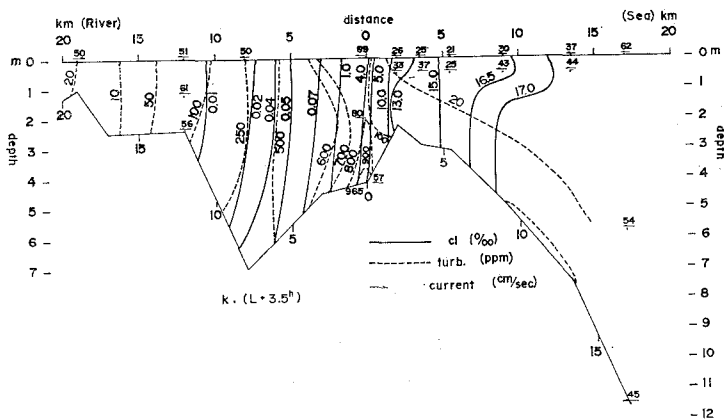


図-1 (k)



よび流れに注目してその分布を求めた。従来、このような調査は河川部と海湾部とはべつべつに行なわれることが多く、一朝期間中同時測定の結果はあまりないようである。

図-1の(a)~(k)に示すものは、筑後川河口原点を中心を上流側および下流側(海側)へ流心部に沿ってとった測線上の塩素量、混濁度および流向・流速の分布を示したものである。調査時期の筑後川流量(瀬の下、観測日とも3日平均)は51 m<sup>3</sup>/sec(低水量)、三池港(沖合)の潮升は3.31 m(月令12.5)である(観測日昭40.11.6)。

まず、塩素量分布についてみると、河道内では鉛直方向にほとんど変化のないまま、潮相に応じて河道内を移動しており、概して強混合型とみられるが、海側には、下げ潮時に河口近傍の狭い範囲に表面から1 m くらいの深さに小さな躍層がみられ、上げ潮時には沖合の水深急変部に、1~2 m 深さの明瞭な躍層がみられる。その他の部分では分布線は傾斜した形で現われている。転流の時期は、下流側から順次上流側へ伝播し、河道内では最満潮、最干潮時点から少し遅れて転流がみられる。浮泥濃度についてみれば、最混濁の点は塩素濃度0.5~1.5‰程度の潮先に発生し、潮相とともに移動し、河口から約10 kmの河道範囲内を往復している。浮泥量の分布曲線は、図にみられるように最混濁点を中心に両側から傾斜している。塩素量分布曲線との対比についてみれば、表層付近は両曲線は平行であるが、底層近くになれば、両曲線は交差した状態となる。このことは、表層近くの浮泥濃度は塩

素量濃度とある関係をもっている(正相関のときも負相関のときもある。例  $L+1.5h$ )、底層付近では、河床地形あるいはこれによって定まる流速との関係が大きいことを意味している。浮泥の最大濃度点は、最も下流側へ移動した場合でも河口原点から海側の範囲へ出ることは全然なく、かつ、分布曲線はほとんどの場合、この点から水平に曲がり、海側では表層近くにおいても水平な層分布をなしている。このことは、流速分布曲線と同様な傾向にあるものと思われる。今回は、流速分布について測点の都合上完全な分布図を得るに至らなかったが、河道内の低所、海側の底層などは流れの粘性によって発生する渦乱流が浮泥濃度を支配する重要な要素の一つとみられるので、今後はこの点をさらに明確にする必要がある。

図-2の(a)~(j)は、同様に河口原点を中心に上・下流方向へとった縦断面内の各要素分布図であるが、この場合は筑後川流量約310 m<sup>3</sup>/sec(豊水量を上回る値)、三池港潮升約4.92 m(月令15.7)の時期におけるものである(観測日昭41.3.8)。この場合には、河川流量が多いため海側の塩素量躍層がやや規模が大きくなって、水深

図-2 豊水期の河口上・下流における塩素量・浮泥・流速分布図

図-2 (a)

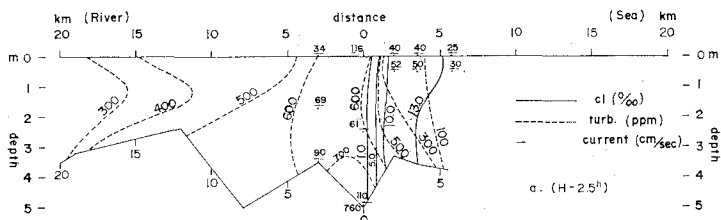


図-2 (b)

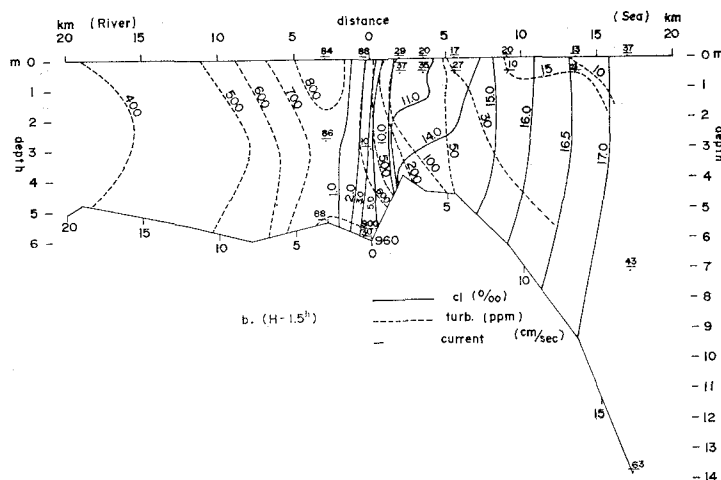


図-2 (d)

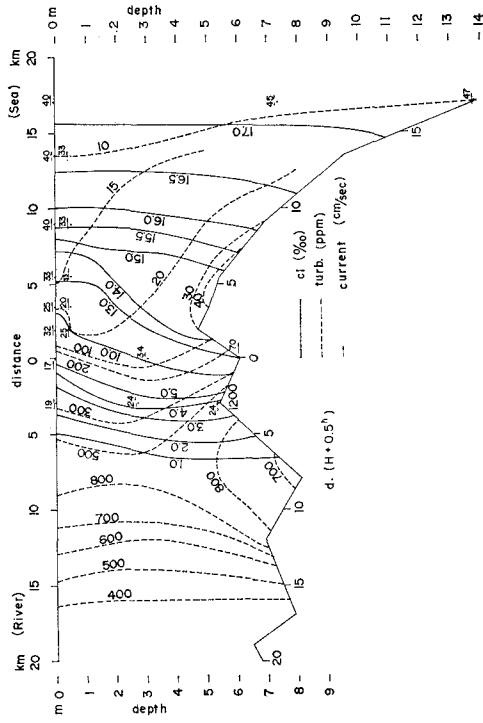


図-2 (f)

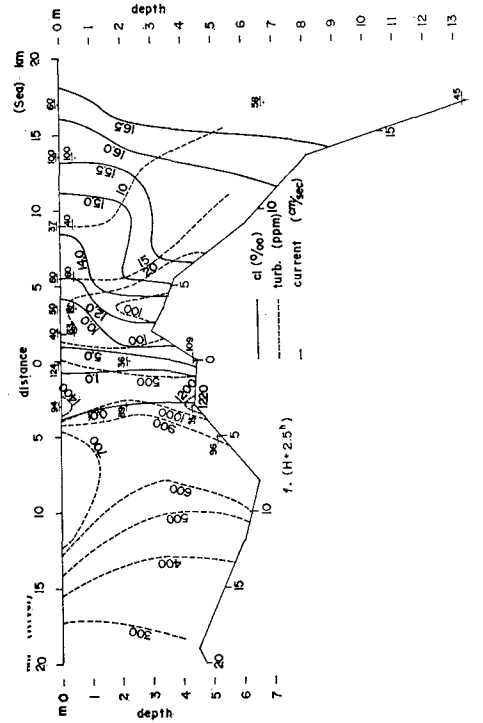


図-2 (c)

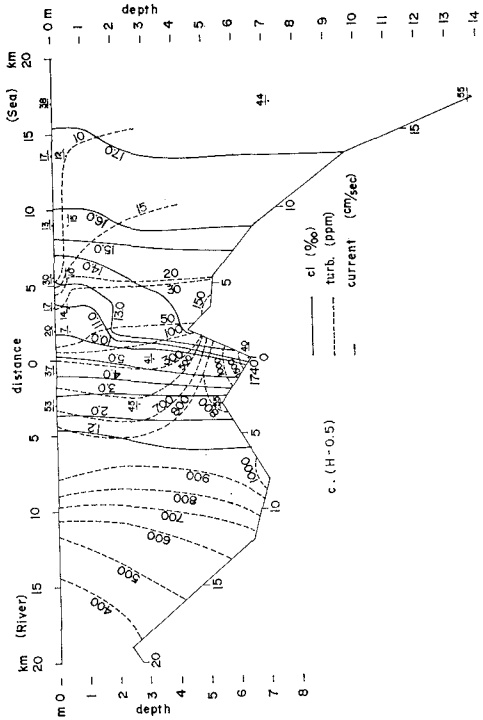


図-2 (e)

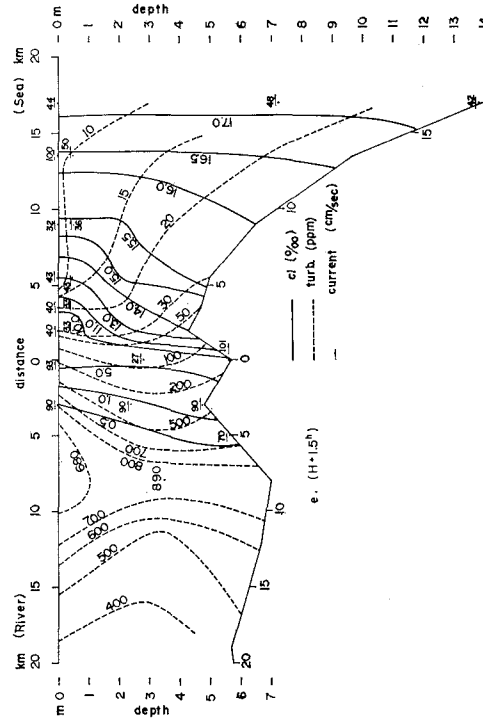


図-2 (h)

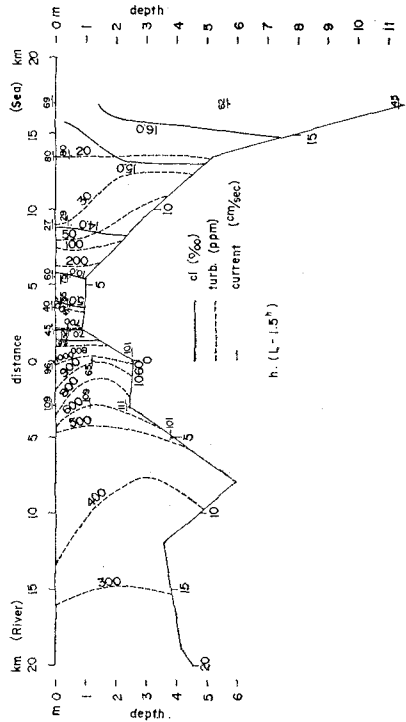


図-2 (j)

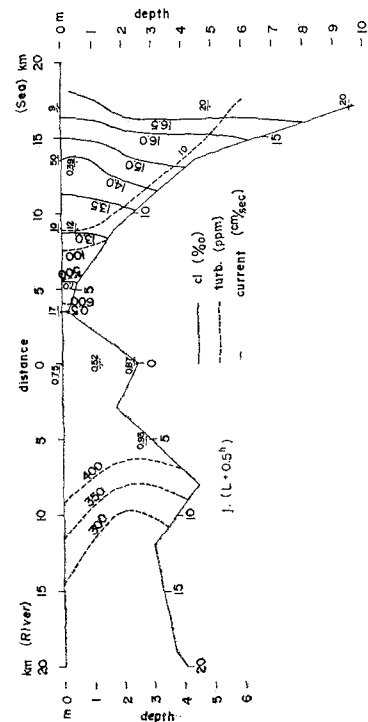


図-2 (g)

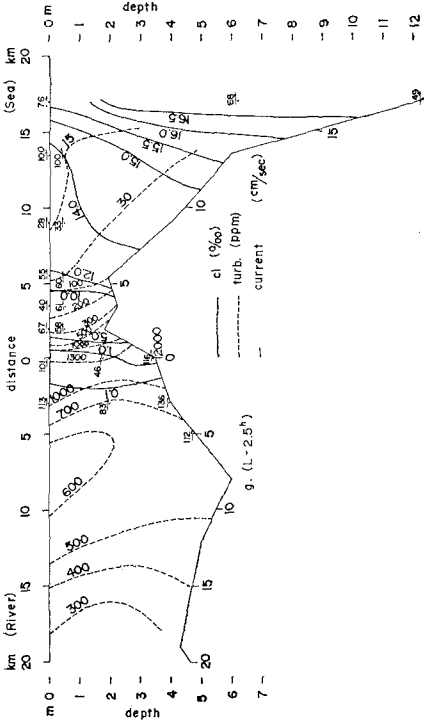
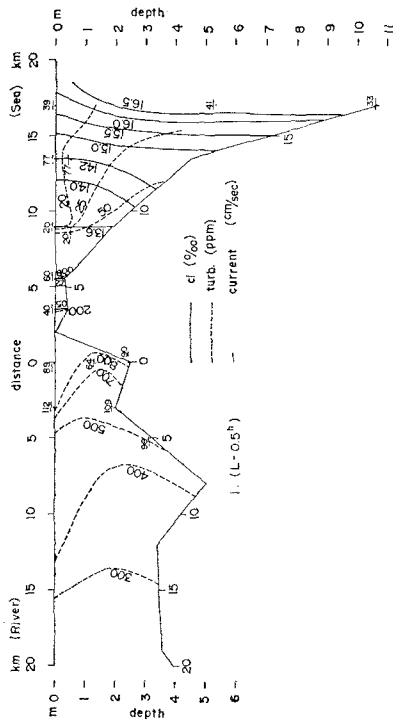


図-2 (i)



約 3 m 程度 (例  $H+2.5h$ ) に達している。同図の範囲外であるが海湾内においても最も混濁度が大きく湾内の撹拌が非常によく行なわれている測定値が得られた時期である。塩素量分布曲線および浮泥濃度分布曲線は、ともに図-1 の場合と同様な傾向を示すが、図-2 の場合には前者にくらべて、分布曲線が安定した形をせず概して傾斜した形となって現われている。このことは、同一の潮相時においても流速値がより大きいため、淡・塩水の混合や渦乱流が大きく発達して、分布曲線の変化の様相がより激しいためと考えられる。

### 3. 流れに伴う渦動粘性係数と浮泥濃度との関係

浮泥の移動は海底渦面の高さを変え、排水門や漁場に関して影響を与える重要なものである。また、図-1 および図-2 にみられるように、浮泥濃度に流速が関与する場合はかなりあり、団粒化した浮泥の堆積物である沈泥に対しては、限界掃流力のごときものも一応考えられるが、むしろ、底層からのまきあげによる影響、すなわち、流れに伴う渦動度または底面せん応力の一因子である渦動粘性係数のごときものを考えるほうが適切ではないかと思われる。これらの事柄に関しては京大 中村氏の研究<sup>3),4)</sup>があるが、ここでは、潮流観測値から渦動粘性係数を求め、これと浮泥濃度との関係を調べてみる。

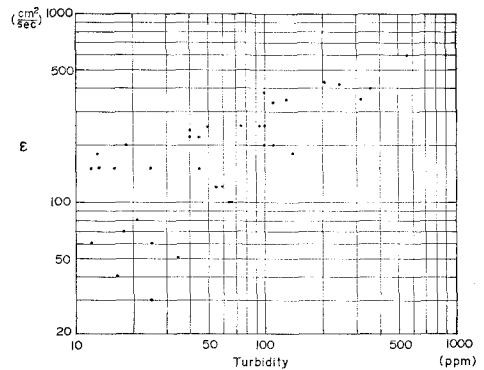
この場合の基礎式は文献 3) によれば、垂直方向に  $\delta_z$  だけへだたった 2 点間の流速の差を  $\delta_u$  としたとき、 $\delta_u$  は  $\delta_z$  間の海水に働く内部摩擦力の一部を構成すると考えられるので、流速はある時間に対する平均流速  $\bar{u}$  をとり、このときの流速差  $\delta_u$  に対するエネルギーが内部摩擦力の原因となっていると考えることによって、

$$\frac{1}{2} \rho (\delta_u)^2 = \eta \frac{\partial \bar{u}}{\partial z}$$

$$\text{または} \quad \frac{1}{2} (\delta_u)^2 = \varepsilon \frac{\partial \bar{u}}{\partial z} \quad (\because \eta = \varepsilon \rho)$$

上式に鉛直方向の流速分布曲線を適用して  $\varepsilon$  を求めるわけであるが、実際に観測値を整理してみると、測器具の関係から  $\delta_z$  の距離が大きすぎて、 $\varepsilon$  の値は過大になりすぎるものが多かった。したがって、一応、より精密な流速分布曲線を種々な面から推定し、これに基づいて  $\varepsilon$  を求めるか、または底面流速を 0 とし、その直上層観測値 (底面から 20 cm のところ) とを用いて、この間の  $\varepsilon$  を求めるか、という方法が考えられるが、本報では底層濃度の重要性にかんがみ、後者の方法によって底面から 20 cm 区間の  $\varepsilon$  を求め、この点における浮泥濃度と対比してみた ( $\delta Z$  をどの程度の距離に選ぶかということは非常に重要なことであるが、測器具などによ

図-3 渦面における底層混濁度と  $\varepsilon$  との関係



って規制されることもあり、Prandtl の混合距離  $l$  の概念を用いると、 $l = \delta_z / \sqrt{2}$  と表わされるので、この程度の区間の混合まき上げに対する検討であることを念頭におくべきであろう。

その結果を示せば、図-3 のとおりである。これらは 1 月、3 月、7 月および 9 月の観測値を用いたので、海洋条件としては冬の撹拌期から夏の成層期までを含み、河川流量については、筑後川流量で示せば 37~310 m³/sec の間のものが入っている、湧水量 (30 m³/sec) のやや上から豊水量 (104 m³/sec) を上まわる洪水期流量までの範囲を網羅していることになる。また図によれば  $\varepsilon$  の小さい時にはある広がりをもった指数関係が、相当明瞭にみられる。

### 4. 結 語

筑後川の河口原点を中心とした上・下流側約 36 km 区間の流心縦断面における塩素量、浮泥量、流れに関する分布を、潮相の変化に応じて観測値を整理したものを示した。また colloidal な沈泥の移動には流れによる底面せん応力が関係すると考え、そのまき上げ度を知るため、垂直渦動粘性係数を求め、観測による底層浮泥濃度との関係グラフを示した。沈泥の移動には、このほか、沈泥そのもののしまり度 (凝集度) が関係し、これには塩素量や堆積深さなどが影響をおよぼすので、物理化学や土質力学の面からの考究も必要である。

### 参 考 文 献

- 1) 水産庁：筑後川調査報告 (水系開発に伴う水産業への影響調査)，水産庁，1968。
- 2) 満田雅男：海中浮泥の分布と渦面への影響について，第 15 回海岸工学講演会講演集，土木学会，1968。
- 3) 中村重久：防波堤開口部の潮流に伴う海底摩擦および垂直渦動粘性係数について，第 11 回海岸工学講演会講演集，土木学会，1964。
- 4) 中村重久：潮流に伴う渦度に関する研究，水産土木 Vol. 5, No. 1, 農業土木学会，1968。