

目黒川感潮部における水質変動と底泥堆積物の挙動
Water Quality Movement and Behavior of Sediment in Meguro Tidal River

東京都土木技術研究所 土 屋 十 圀 Mitsukuni TSUCHIYA
東京都土木技術研究所 和 泉 清 Kiyoshi IZUMI

Flux of estuary region in Meguro river is in usually greatly influenced by tide, because of a flux of water discharge is an extremely small quantity, and distribution of concentration of chloride ion in direction of flow is type of strong mixing (saline wedge). Concentration of the total nitrogen, total phosphorous and sulfide in bottom deposit is on the increase in the direction of downstream.

According to the each particlesize accumulation curve in the direction of downstream, it is estimated that behavior of sediment in Meguro river is region of corrosion between point of Dengaku bridge and point of Taiko bridge, and is region of deposition between point of Taiko bridge and point of Osaki bridge. As a result of calculating on Ketchum's method, The value of exchange ratio of discharge is also very small.

The outline of the discussion about Meguro tidal river is also follows: Estuary region in Meguro river have a extremely bad mechanism of circulation, therefore Pollution of Meguro river is accelerated by these origin.

Keywords: estuary region, bottom deposit, region of corrosion, region of deposition
exchange ratio of discharge.

1. はじめに

河川感潮部の汚濁堆積物に関する調査・研究は河口部が潮汐の影響を強く受けるため複雑な現象を呈していることから、東京都においてはあまり実施されていないのが現状である。感潮部は流域からの雨水流入、生活排水が必ず集中する領域であり、外海と繋がった半閉鎖性水域である。また、感潮部は河口に位置する汽水域でもあり、生態系的にも、本来非常に脆弱であるといわれている。

したがって、汚濁物質の増減、河川固有流量の有無等汚濁現象を支配する要因が少しでも変化すると生態系にも大きく変化を与える。

平水時、感潮域の環境は周期的な潮汐・固有流量が支配要因となるが、雨天時には汚濁物質の流出、沈降・堆積、懸濁物質の再浮上と沈澱が常に繰返される。

従って、河川感潮部における水質変動、底質堆積物の挙動について把握することは浚渫計画、浄化対策を考える上で重要な研究課題の一つである。

本報は東京都の南部を流れる典型的な都市河川である目黒川において水質変動と底泥堆積物の挙動を明らかにすることを目的として水質・底質及び流量調査を行った結果について報告するものである。

本報告では感潮部での平水時、雨天時における水質変動特性の把握、また、底泥堆積物の出水期前後の挙動について検討を加えた。

更に、感潮部での循環機構について明らかにするため、Ketchumの方法によって流量交換比を求め、2,3の考察を加えた内容について報告する。

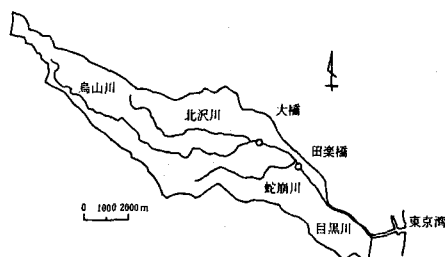


図-1 目黒川流域概要

2. 目黒川流域と感潮部

目黒川は世田谷区、目黒区、品川区の市街地を流れ、

途中、田楽橋付近から感潮部となり東京湾に流入する延長8Kmの2級河川である。図-1に目黒川流域概要図を示す。晴天時には流量は100~150 l/s程度(田楽橋地点)であり、維持流量は極めて少ない。1986年4月1日現在、目黒川流域の概況は流域面積45.8Km²であり、うち、市街地面積40Km²、道路面積5.2Km²、及び公園面積0.6Km²となっている。田楽橋(船入り場)より上流域は順流部の流域となり、その面積は35.8Km²(78.2%)である。下水道普及率は81.4%(目黒区90%、品川区96%、世田谷区69%)であり、流域人口は約867,000人である。市街地面積が流域全体の98%を占める典型的な都市河川である。

河川構造は支川の北沢川、烏山川、蛇崩川がいずれも下水道幹線となり、上流から田楽橋付近まではコンクリートの三面張構造となっている。感潮区間はコンクリート護岸であり、川幅は平均24.5mである。河床勾配は上流から田楽橋付近までは $i=1/400$ 、そこより河口までは $i=1/1400$ の緩勾配となり、この区域で汚濁堆積物の溜まりやすい停滞域となっている。

表-1 BOD、CODの経年変化

年度	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
BOD	24	19	20	21	17	6.1	6.8	7.1	5.8	7.6
BOD75%	27	23	25	20	20	6.7	8.1	8.4	6.5	7.0
COD	17	15	14	18	15	8.3	8.7	8.8	8.2	10
*BOD	0	4	0	8	25	100	83	92	100	83
*DO	37	54	25	42	75	92	58	58	75	75

*印 環境基準値の適合率(%)。BOD、COD、は(mg/l)

3. 感潮部における水質変動の現況

(1) 経年変化と水質分布

目黒川における水質測定は東京都水質測定計画に基づき太鼓橋(河口より4.2Km上流)において月1回午前、午後測定が実施されている。表-1は年平均値のBOD、BOD_{75%}、CODの経年変化を示した。56年以降は水質は改善の方向にある。しかし、DO(溶存酸素)については環境基準の適合率は低い。なお、環境基準はB類型に指定されている。感潮部における水質の濃度分布の特徴は順流部での濃度分布と比較することによって明らかになる。図-2は、59年1年間の濁度の濃度分布について、順流部と感潮部を比較したものである。順流部では5mg/l未満に集中しているのに対して感潮部では0~15mg/lの範囲に分散している。また、図-3はDOの濃度分布を比較したものである。順流部は正規分布を示しているのに対して、感潮部では0~5mg/lの低い範囲に分散し、かつ全体の80%を占めている。感潮部では一日に2回の干満があるため順流部とは異なる濃度分布を示すものと考えられる。

(2) 晴天時と雨天時の水質変動

図-4は水質自動モニターによる東海橋地点(河口より0.8Km)でのDO、COND(導電率)及び潮位変動を示したものである。濁度を除き導電率、DOは潮位変動と非常によく対応した変動であり潮位ピークと一致している。従ってDOの増加は海水の遡上によるものであり、導電率の変動は汚濁に起因するものでなく海水中の塩化物イオン濃度が高くなるためである。一方、雨天時の水質変動は雨水(洪水)の感潮部への流入により晴天時の周期性のある変動とは全く異なる対蹠的な変動を示す。図-5は1985年8月11~12日に連続降雨量62mm、時間最大降雨量27.5mmにおける濁度、DO、COND及び潮位変動である。洪水の流下とともに濁度は急上し、反対に、CONDは低下を示

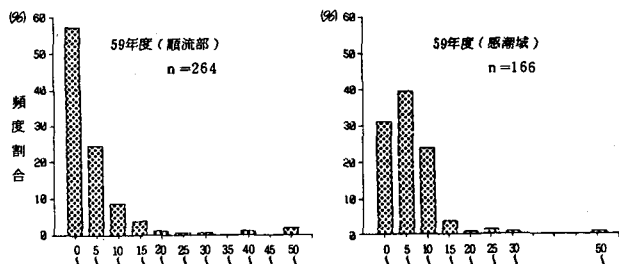


図-2 濁度の濃度分布

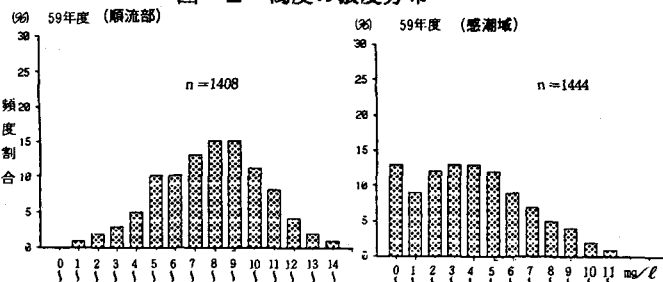


図-3 DOの濃度分布

している。これは洪水によって淡水に入れ替わったことを示す。DOは濁度とともに若干増加を示すが、これは海水の遡上によるものではなく、雨水流出のプロセスで空気混入されたものと考えられる。

(3) 雨天時の等濃度分布

図-6は図-1の流域概要図に示す内、感潮区間の5地点において1987年9月16~17日の雨天時(台風13号)に1時間ピッチで水質測定を行ない、時間的、場所的に等濃度分布を描いたものである。試験方法はJIS K-0102、下水試験法に従った。調査日の降雨状況は時間雨量3~5mm/h規模の降雨が連続10時間続いた。SSは田楽橋付近において16日23時頃ピーク値を示し、SS=491mg/lである。雨天時のファーストフラッシュである高濃度のピークは田楽橋から三岳橋にかけて、10時間程経過しながら、流下とともに漸減している。濃度低減係数は0.290(1/hr)であり、大きな値となっている。調査日の満潮は9月17日15時51分、干潮は6時42分である。高濃度の水塊は流下とともに希釈、拡散され、干潮時でも、河口まで到達せず、次の大潮で戻される様子がわかる。従って、最も汚濁度の高いファーストフラッシュ時は太鼓橋~大崎橋(河口から3~4Km)付近に停滞し、その後、沈降・堆積が促進されるものと考えられる。また、アンモニア態窒素($\text{NH}_4^+\text{-N}$)の濃度ピーク(7mg/l)は田楽橋から太鼓橋にかけて、24時~3時まで帯状に分布していた。アンモニア態窒素の低減係数は0.055(1/hr)であった。

4. 底泥堆積物の挙動

(1) 出水期前後の堆積変動

底泥の堆積状態について実証的に把握するため感潮区間において、堆積変動量調査を行った。

調査は1987年2月25~27日(出水期前)同年9月19~21日(出水期後)の2回縦横断測量を行った。測量方法は横断方向に、2.0m間隔、縦断方向に200mピッチで計31断面の河床面と堆積面を測定した。河床面のElevationは携帯用コーンペネトロメーターによって、静的荷重 $q_c=2\sim3\text{Kgf/cm}^2$ を加えて、侵入の限界に達する位置を河床面とし、これより上層部を堆積層(高)とした。堆積面はStaffを使用し測定した。河床面と堆積面との差が洪水によって移動を受ける堆積層と考え出水期前後の洗掘量と堆積量を算定した。図-7に、感潮部における調査地点を示した。

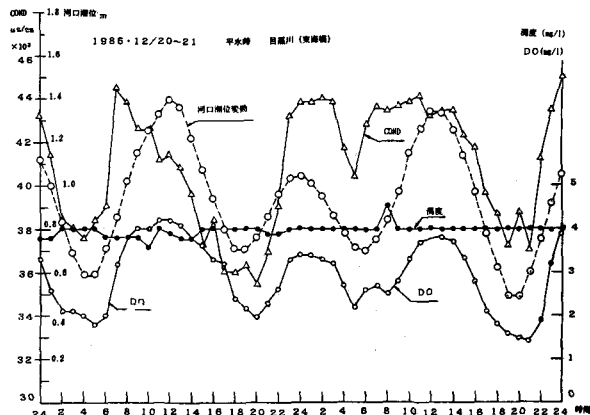


図-4 目黒川平常時水質変動(東海橋)

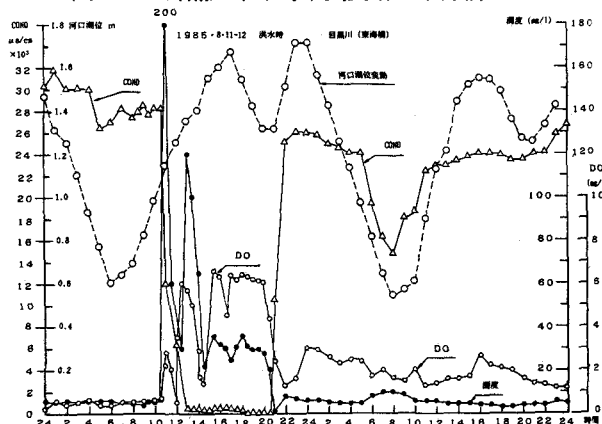


図-5 目黒川洪水時水質変動(東海橋)

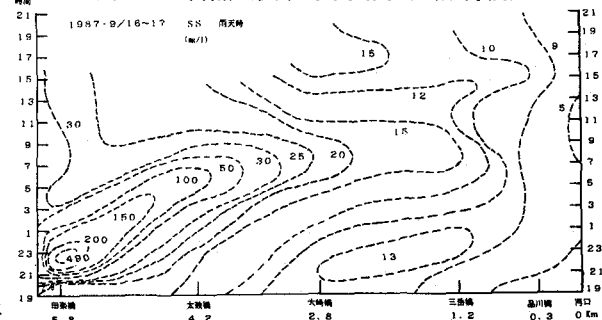


図-6 SSの等濃度分布(1987.9.16~17)

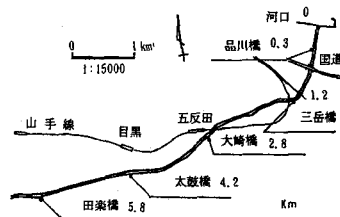


図-7 感潮部の調査地点

堆積変動の測定結果は図-8に示した通りである。堆積量はZERO点より上図を、洗掘量は下図をそれぞれ示す。累加変動量は実線で示した。累加変動量の縦断変化は田楽橋から太鼓橋下流地点までは洗掘が先行するのに対して太鼓橋下流で一転して堆積に変わっている。太鼓橋下流200m地点から2km下流までは累加堆積量は増加し、三岳橋地点では低減している。しかし、品川橋付近までは再び増加に転じている。最終的な累加堆積量は約870m³であった。

なお、調査期間中の総降雨量は639

mmであり、0.5mm/h以上の降雨日は70日間であった。このうち、降雨強度は36mm/hが2回、20~30mm/hが3回、10~20mm/hが4回、及び10mm/h未満が24回であった。

(2) 底質試験からみた底泥の堆積変動

堆積した底泥の底質状態や粒土試験の結果から調査期間内の変動について検討を行った。底質試験は前述した同地点において1987年3月16日、9月24日の2回実施した。採泥方法はエックマンバージ型の採泥器を用い、数回採取し、均等に混合した。

分析項目はBOD、COD、T-P(総リン)、T-N(総チッソ)、硫化物、強熱減量及び粒土分布等8項目である。いず

れも、底質試験方法は底質調査法(4.2.2.4)及びJIS-A1204によった。各地点の底泥粒土特性については表-2で、中央粒径、標準偏差、 d_{16} 、 d_{84} 、比重及び沈降速度を示した。なお、沈降速度はStokesの式より、動粘性係数 $\nu=0.01\text{cm}^2(20^\circ\text{C})$ 、重力加速度 $g=980\text{cm/s}^2$ 、密度 $\rho=1.0$ として求めた。

各地点の粒径について着目すると、上流から太鼓橋と三岳橋地点において、出水期の前後とも他の3地点より、大きな粒径である。品川橋地点と比べ、出水期後において、それぞれ、2~3倍となっている。

従って、沈降速度は河口に近い品川橋地点に比べ2倍~10倍である。

図-9は5地点の粒径加積曲線を示したものである。田楽橋地点と三岳橋地点では対蹠的な変動をしている。即ち、順流部から干潮部へと変化する田楽橋地点では出水期前は出水期後と比べて粗砂が増加している。

これに対して、三岳橋地点では反対に、出水期後増加している。シルトについては田楽橋地点で、出水期後は出水期前より減少している。

これに対して、三岳橋地点では反対に、出水期前より出水期後増加している。その他の地点では出水期前後では粒径加積曲線は交わらず、ほぼ、パラレルな状態を示している。

以上の調査結果から、目黒川感潮部での沈降堆積し易い場所は順流部から感潮部へ変わる田楽橋地点を除いて、太鼓橋地点より下流付近と三岳橋地点と考えられる。

次に、5地点の底質分析結果について底質縦断変化を示めたものが図-10~11である。上流の田楽橋地点では、BOD、T-Pなど全ての項目で出水期後は出水期前に比較して減少している。これに対して、硫化物、T-N、COD、強熱減量は下流側に向って出水期後、更に増加している。河口に近くなるに従い、出水期前後とも全ての項目で漸増している。

底質縦断変化の状態は、前述した目黒川感潮部の水質が環境基準にほぼ達成し、改善の方向にあるのと対照的に下流部になるに従い、硫化物、栄養塩類が蓄積し、悪化の方向にあると言える。

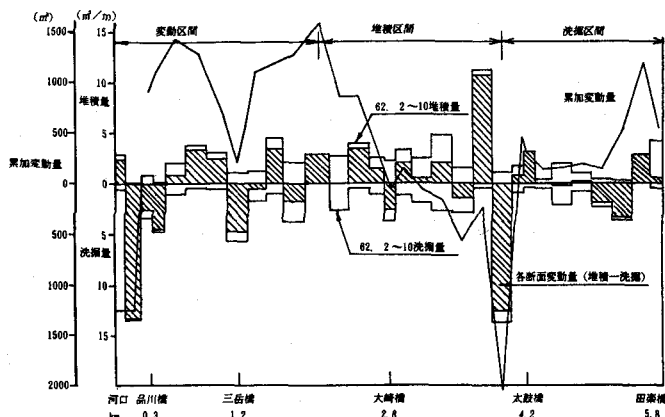


図-8 目黒川感潮部での堆積量変動

表-2 各地点の底泥粒土特性

項目	品川橋	三岳橋	大崎橋	太鼓橋	田楽橋	(mm) 出水期
d_{16}	0.0110	0.1500	0.010	0.3000	0.0120	前
	0.0075	0.0030	0.0320	0.2200	0.0380	後
d_{84}	0.0250	0.2900	0.3400	1.0000	1.3000	前
	6.5000	7.0000	0.4000	0.6000	0.4200	後
$\sigma = \sqrt{\frac{d_{84} - d_{16}}{d_{16}}}$	4.767	1.390	5.831	1.825	10.408	前
	28.439	48.304	3.535	1.651	3.416	後
中央粒径	0.075	0.230	0.075	0.525	0.075	前
d_{16}	0.130	0.250	0.220	0.410	0.235	後
	0.468	4.781	0.482	24.910	0.387	前
沈降速度 (cm/s)	1.518	5.618	4.427	15.925	5.021	後
土砂の 比重	2.53	2.66	2.51	2.66	2.20	前
	2.66	2.66	2.68	2.74	2.67	後

5. 感潮部での塩化物イオン濃度分布と流量交換比

(1) 塩化物イオン濃度分布 目黒川干潮部の場合、河川固有流量が極めて乏しいため、汚濁は潮の干満に大きく支配されていると考えられる。感潮区間での循環機構を検討するため、大潮と小潮における塩化物イオン濃度の縦断分布調査をおこなった。調査は1987年2月27日(大潮)、同年3月22日(小潮)について縦横断方向に計45ポイントで測定を行った。図-12は、塩化物イオン濃度の縦断プロフィールである。小潮時に太鼓橋付近では5000mg/lのラインは、大潮時に600m程遡上している。どちらの場合も海水の塩分濃度そのものに近く、高い値をしている。水理学的分類から見れば、鉛直方向の濃度勾配は小さく、強混合のタイプに分類することができる。

(2) KETCHUMの方法による流量交換比

目黒川における一潮時(12時間)に流出する河川流量を現在の平常時流量($0.1\text{m}^3/\text{s}$)と維持用水導入流量として $1.0\text{m}^3/\text{s}$ の場合についてKetchumの方法によって流量交換比を算定した。

計算結果は表-3に示す通りである。平常時流量の場合、大崎橋と三岳橋区間より河口は流量交換比が減少し、河口と品川橋区間では0.039で極めて小さい値である。

また、平常時流量の10倍にあたる導入維持流量を考えた場合についても流量交換比は0.050となり、平常時流量の場合と比べ大きな変化は見られないことがわかった。

6. あとがき

都市河川の問題が重視され、水辺環境の創造が求められている今日、最も水辺に近い領域が感潮域である。したがって、感潮域における水質・底質の改善対策は一層重要な課題になってゆくものと思われる。また、浚渫計画を考える場合、底泥量の把握と浚渫層厚の決定、浚渫サイクルを検討する必要がある。そのためにも、感潮部における水質・底質のデータの蓄積が必要となる。

本報について要約すると次の通りである。

1) 目黒川の水質について、BOD、CODの経年変化は改善している。しかし、底質調査の結果、汚濁物質は雨天時のファーストフラッシュによって流出し、流下と共に、T-N、T-P等は河口部に近づくに従って漸増し、底質を悪化させている。水質への二次的汚濁につながるものと考えられる。

2) 底泥堆積物の挙動について

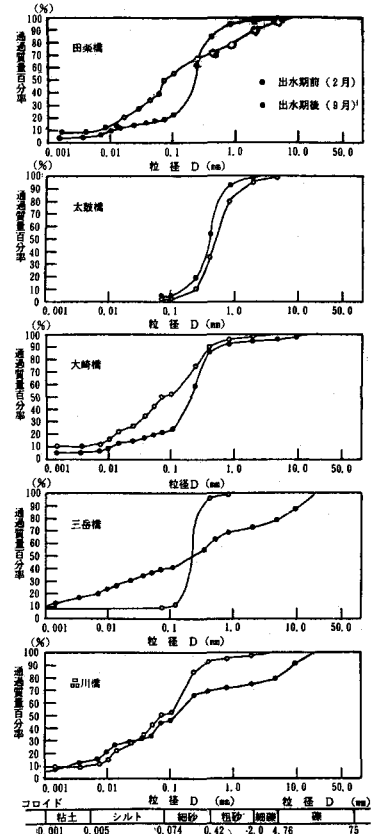


図-9 地点別粒径加積曲線

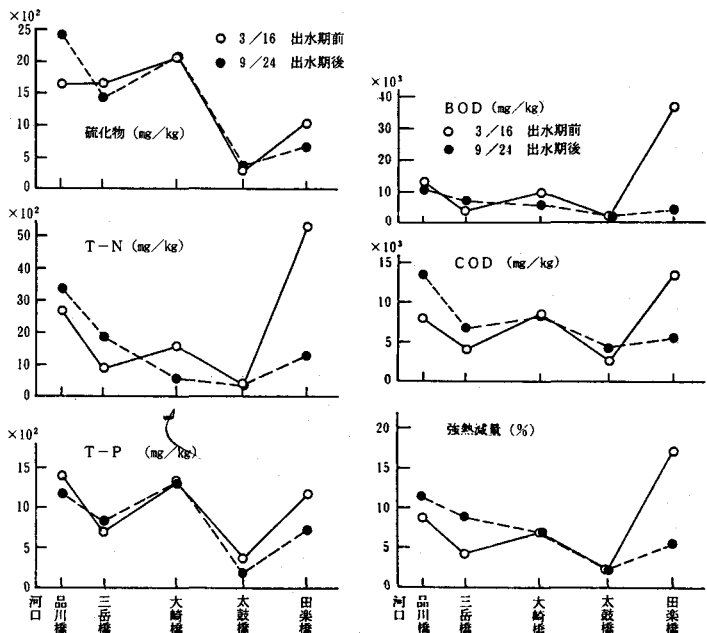


図-10~11 底質の縦断変化

ては、出水期前後の粒径分布・沈降速度から判断して田楽橋から太鼓橋が洗掘区間であり、太鼓橋付近から大崎橋付近が堆積区間と考えられる。推定堆積量は年間の降雨量・降雨強度に大きく影響されるけれど1出水期に約900m³程度と思われる。

3) 目黒川感潮部は平水時、河川固有流量が極めて少ないため、潮汐の影響を強く受け、流量交換比も小さい。年間による観測を待たねばならないが、塩化物イオン濃度分布調査の結果から、強混合のタイプと考えられる。目黒川は感潮域での循環機構が乏しい河川であり、汚濁堆積を受けやすい構造となっている。

今後、感潮部でのデータの集積をはかり、降雨規模及び降雨量と汚濁堆積物量の関係、堆積位置、底泥量(厚)等について定量把握を検討してゆく予定である。

本報をまとめるに当たって、東京都の関係期間の方々に資料提供のご協力をいただきました。この機会を借て感謝いたします。

参考文献

- 1) 東京都環境保全局水質保全部水質監視課、昭和59年度公共水域の水質測定結果(総括編)、1986.3
- 2) 東京都環境保全局水質保全部水質監視課、昭和59年度河川の水質汚濁常時測定データ集、1987.3
- 3) 二渡 了、楠田哲也、栗谷陽一 他、六角川感潮部における水質変動、第13回環境問題シンポジウム講演論文集、1985.
- 4) 木村恒行、公害の理論、朝倉書店、1969.
- 5) 佐藤敦久、水環境工学、技報堂、1987.
- 6) 川西 登、余越正一郎、大田川感潮部における浮遊砂泥と組織乱流、第32回水理講演会論文集、1988.
- 7) 須賀堯三、感潮河川における塩水くさびの水理に関する基礎的研究、土木研究所資料、第1537号、1979.
- 8) 土木学会水理委員会河口部の水理現象小委員会、河口部の水理現象と関連する諸問題、土木学会論文集、第363号/Ⅱ-4 1984.11
- 9) 梅田輝野、楠田哲也、外、柔らかな底泥の巻き上げ過程に関する研究、土木学会論文集 第393号/Ⅱ -9 1988.5

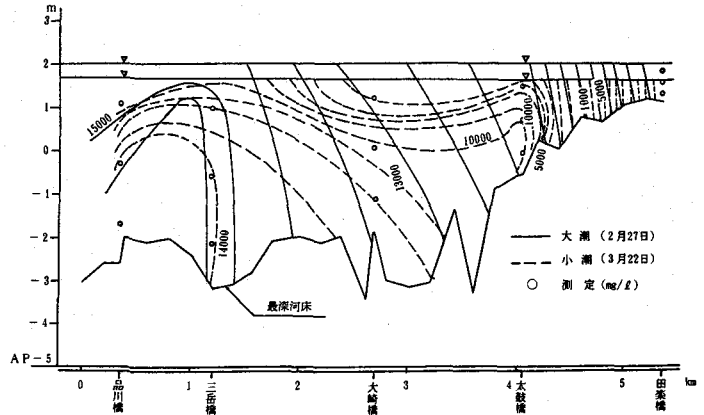


図-12 塩化物イオン濃度の縦断分布

表-3 流量交換比の計算例 (m³) (上段0.1m³/s、下段1.0m³/s)

区 間	(m) 距離	干満時 V _n	干満 潮時差 P _n	満潮時 V _n +P _n	交換比 r	累積 Q _n	累積 Q	(%) $\frac{Q_n}{P_n + Q_n}$
田楽橋~太鼓橋	1500	882	R= 4320	5200	0.831	5200	5200	100
		882	43200	44080	0.980	44080	44080	100
太鼓橋~大崎橋	1400	5200	35329	40529	0.872	4954	10154	12.2
		44080	35329	79409	0.445	97078	141158	122.3
大崎橋~三岳橋	1600	40529	40376	80905	0.499	8657	18811	10.7
		794094	40376	119785	0.337	128189	269378	107.0
三岳橋~品川橋	900	80905	22711	103616	0.219	19726	38537	19.4
		119785	22711	142496	0.159	271698	541076	190.7
品川橋~ 河口	300	103616	7570	111186	0.068	63529	102066	57.1
		142496	7570	150066	0.050	864000	1405076	575.7