



Title	沿岸域における懸濁物質の拡散
Author(s)	梶原, 昌弘; KAJIHARA, Masahiro; 井上, 直一 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 23(1), 17-28
Issue Date	1972-05
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23464
Type	departmental bulletin paper
File Information	23(1)_P17-28.pdf



沿岸域における懸濁物質の拡散

梶原 昌弘*・井上 直一*・仲村 俊毅*

Diffusion of the Discharged Suspended Matter in Coastal Region

Masahiro KAJIHARA*, Naoichi INOUE* and Toshiki NAKAMURA*

Abstract

The problem of pollution due to discharged wastes in coastal regions is of greatest importance to fishery. If wastes are unfortunately discharged or presumed to be discharged, it is necessary to know about the concentration of pollutant matters in time and space, so as to take a countermeasure.

In this paper, the authors described the small-scale distributions of suspended matter both in the field investigations and in the theoretical treatment. Measurements were carried out off Yoshioka, where the Seikan undersea pilot tunnel has been bored. Waste waters accompanied with boring have been discharged into the Yoshioka river which flows into the harbor, and then diffuses to the coastal area from the harbor entrance. However, it was scarce when we observed the clear distributions off the harbor, because the discharged amount of the suspended matter was scarce. In this paper, we introduce some typical examples showing clear distributions of the suspended matter. Some of them were caused by the large amount of deposition at the harbor's bottom, which was supplied by the river erosion due to an abrupt flood (Aug. 21, 1968).

For a theoretical model, we assume that the discharged suspended matter has a Gaussian distribution along axis y having its peak at current axis x and also has an exponential form under vertical axis z . The equation for the small-scale diffusion is as follows,

$$S(x, y, z) = \frac{aQ}{\sqrt{2\pi} \cdot \lambda \cdot U \cdot x [1 - \exp(-aH)]} \cdot \exp \left[- \left(\frac{y^2}{2\lambda^2 x^2} \right) - az \right]$$

where Q the continuous discharge of suspended matter at origin, U the current velocity, λ the coefficient of concentration-decrease to axis z , H the depth and a is the coefficient connected with the horizontal diffusion. Under such the simple model, it is difficult to explain the actual diffusion of suspended matter in coastal area where the flow is unsteady both in time and space. However, this will be one of the available methods presuming the maximum scale of a certain concentration.

緒 言

工場廃水に含まれる汚泥や、また土木工事等に伴う汚泥の沿岸域への直接的な排出、或いは下水、河川を介在しての排出は沿岸の水産資源に大きな影響をもたらすものと考えられる。このような海洋

* 北海道大学水産学部北洋水産研究施設
(Research Institute of North Pacific Fisheries, Hokkaido University)

汚濁は産業経済の発展に伴って今後ますます増大することが予想されるが、沿岸の水産資源、とりわけ沿岸増殖とは裏腹な問題であるだけに社会的にも与える影響が大である。勿論、このような汚泥、或いは汚水の排出を未然に防ぐことが急務であることは云うまでもない。しかしながら不幸にして流出した場合、或いは流出が予想される場合には、その対策の一つとしてこれら汚泥、汚水の沿岸域への流出の規模を知る必要がある。このような流出による拡散現象については河川流域の問題¹⁾や、水理模型実験²⁾、また理論的な取り扱い³⁾など数多く報告されている。これらの大部分は溶存性物質の拡散現象を対象とし、質量を有する懸濁物質の拡散現象についての報告は極めて少ない。云うまでもなく懸濁物質の拡散は鉛直方向への沈降輸送が加わるため現象的にも理論的にも複雑となるが、特に沿岸域では時空間的な海浜流系の複雑な変動に支配されるため懸濁物質の挙動を正確に把握することは困難である。

この論文は青函トンネル調査抗工事に伴う漁業に対する影響調査の一環として行なったもので、現場における測定を重ね、これら測定をもとに連続的な汚泥の排出がなされた場合の沿岸域における汚泥の空間分布を、トンネル工事の行なわれている北海道吉岡側について理論的に推算したものである。なお測定結果はこの論文では代表的なもののみを例示した。この懸濁物の調査、並びに平行して実施された川水、海水の化学的な調査、底質、底棲生物の調査、海藻の調査、魚具、漁法、漁獲物等の調査については別に詳細に報告されている⁴⁾。

汚泥の排出及び沿岸条件

青函海底トンネルの試掘坑は、北海道側については渡島郡吉岡町の海岸線の約 600 m 内陸から本洲の竜飛岬に向けて掘削されている。掘削工事に伴って生じる岩粉は一部坑内の湧水（場所によって塩分濃度が海水からほぼ淡水に近い濃度にまで変動している）及び工事のための作業用水（吉岡川の揚水）に混濁されて汚泥水となるが、これらは一旦坑内の沈澱槽に集められ、そのうち坑外の沈澱池を通過して吉岡川に放出されている。

吉岡川は異常渇水期、出水期を除けば流量が 5 千トン/日～2 万トン/日の小川であり、集水面積も狭い。この吉岡川自体が懸濁輸送する懸濁物濃度は、流量が本来少ないこともあって降雨や融雪等の気象的な原因をはじめとする流量の増減によっても大きく変動し、しかも定性的に述べ難い。一応その巾を示せば乾燥重量にして 1 l 中数 mg から数 g に変動している。一方、試掘坑から吉岡川に排出される汚水中の懸濁物濃度は 1963 年 10 月からの着工以来、工事量の進展による排出汚泥量の変動や沈澱槽の改善過程、また坑内沈澱槽から坑外沈澱槽への汚泥水の揚水状態によっても変動は大きい。1971 年 1 月のシックナー（汚泥濃縮槽）の設置までは 1 l 中数百 mg から数 g、一方設置後は 10～30 mg/l である。また排出される汚水量は工事の進展に伴ない増加の傾向にあり、1967 年 1 月に 1,700 トン/日であったものが 1971 年 1 月には吉岡川流量にほぼ匹敵する 5,800 トン/日と増加している。これら吉岡川本来の懸濁物、トンネル排水中の懸濁物は吉岡川を流下するに従い一部川床に沈澱し、一方民家からの下水や川岸からの懸濁物の供給を受けながら吉岡漁港内に流出する。漁港内に流入した川水は急激な流速の減少による大型懸濁粒子の沈降や、また海水との接触による懸濁粒子の凝集によって沈降速度が増加し、港内の海底に一部沈降堆積する。そして残部の懸濁物質が港口より潮差によって流出する。

この吉岡港附近の地形図は Fig. 1 に示した。点線で示したのは干潮時に露出ないしは露出に近い状態となる岩盤である。この海底から突出した岩盤の存在からも明らかなように、港口附近の流れに対する地形的な影響は大きく、極く狭い範囲についても流向流速は時間的にも空間的にも複雑に変動している。しかし港口の数百 m 沖合から典型的な感潮域となり、上げ潮時には南西、下げ潮時には北東に向う流れが卓越している。

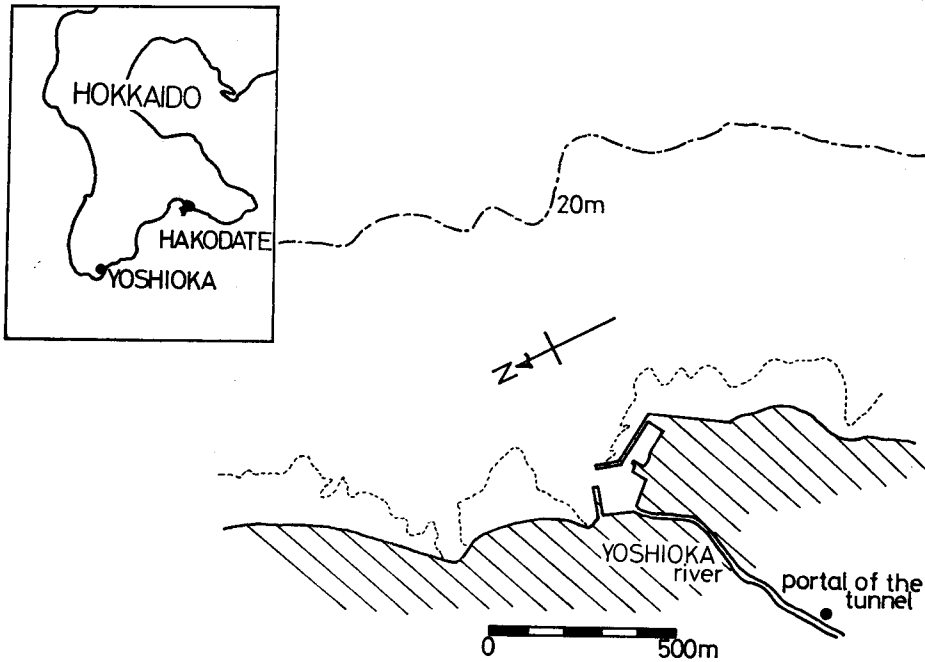


Fig. 1. Topographical map at Yoshioka.

測定方法及び結果

採水は表層についてはポリビンないしはバケツによる直接採水、海面下については北原式採水器または電動ポンプの吸入ホース先端部を任意深度に垂下することにより採水を行なった。採水量は各点2lである。こゝでとりあげているような沿岸のごく近くでは、一般に流向や流速の変動が激しいため出来るだけ採水作業を短時間に行なうことが望ましい。そこで採水は水平分布を目的とした採水、垂直分布を目的とした採水の二つに分け各々別々に行なった。そしていずれも原則として漁港内から沖合に向けて順次採水し、その採水位置はセキスタントによる三点方位法ないしはあらかじめ陸上からトランシットで測量した標識パイの位置で採水することによって決定した。採水に要した時間は水平採水では2~3時間、垂直採水では3~5時間である。採水された試水はあらかじめ煮沸し、恒量になるまで真空乾燥させた直径47mmのミリポアフィルター(HA, 0.45 μ)で濾過し、再び真空乾燥をしてその重量差から懸濁物重量を求めた。使用した天秤はMETTLER B型、感度は 10^{-5} gである。なおこの濾過法による懸濁物濃度の測定と合わせて濁度計の海表面の曳航、或いは鉛直方向への垂下によって連続的な濁度変化の測定も行なった。しかし懸濁物の組成や粒径が空間的に異なるとき、濁度記録から懸濁物量を推定することは精度の上から問題が残るのでこの論文では濾過法による測定のみ例記することにする。

水平分布 等濃度の拡がりを目安として考えた場合の汚泥水の拡散規模は、供給源における単位体積当りの汚泥量即ち濃度や、単位時間当りの放出量が大きな要因であることは云うまでもない。同時にまたこの論文で対象としているような沿岸域では、潮流をはじめ、より局所的な流れの変動によっても大きく左右される。吉岡港附近の懸濁物分布は、これらの汚泥濃度、放出汚水量、流れ等の要因が

全て日時によって大きく異なるため実測によって通観できる拡散規模を求めることは不可能である。そこで出来るだけ測定回数を多くすることによって代表的な拡散のパターンを求めようと試みた。この水平分布を目的とした測定は1966年3月から1970年12月までの間18回に及んでいる。

全般的に港内及び港口の極く近傍を除き、顕著な懸濁物濃度を検出することはまれで、測定結果の多くはいわゆる水平分布図として考察できないが、これは前述のように拡散規模に及ばず放出汚水汚泥量に原因すると同時にしばしば目撃された筋状の局所的な流れによる輸送に原因した場合もある。こゝでは比較的広範囲に分布されている顕著な測定例をあげてみる。Fig. 2は1967年1月のほど満潮時における測定である。港内の懸濁物濃度は5.7 mg/l、一方流出汚泥の影響がないと考えられる沖合の懸濁物濃度は約3.0 mg/lである。云うまでもなくこの沖合の濃度はプランクトン、デトライタスをはじめ海洋性、陸性のこの時期における沿岸水固有の懸濁物濃度と考えて差しつかえない。従って港外400~500 mの範囲に認められる分布も、港口からの流出に原因する濃度としては1~2 mg/lである。

Fig. 3は1968年10月の上げ潮時の測定である。港口中央の懸濁物濃度は41.5 mg/l、一方流出に無関係と思われる沖合では約2 mg/lである。港口附近の濃度は非常に高いが遠ざかるにつれて懸濁物濃度は急激に減少する。これらの懸濁物はしかしながら試験坑の汚泥水の排出に原因するものではなく、1968年8月21日の異常降雨に原因する土砂の港内堆積によるものと思われる。即ち吉岡川の異常出水、並びに流出物の橋脚への衝突とせき止めによって川岸が大きく侵食され、港内に数千吨と推定される土砂が流出堆積したが、この堆積土砂が漁船の出入や海底の流れによってまきあがり、懸濁物の供給源となったものであろう。

垂直分布 懸濁物質の鉛直輸送は鉛直方向の渦動交換係数や各深度における水平方向の流向、流速に左右されるが同時にまた懸濁粒子の沈降を考慮してみるに鉛直方向の海水の密度構造が大きな要因となる。これらの要因の同時測定は一部を除いて行っていないため分布の詳細な議論はできないが、代表的に2例を例示してみる。Fig. 4は1968年12月の下げ潮時における測定で、点線は塩分濃度である。懸濁物は港口から沖合に向けて表層を流れているのが明らかに認められる。また港口近くでは海

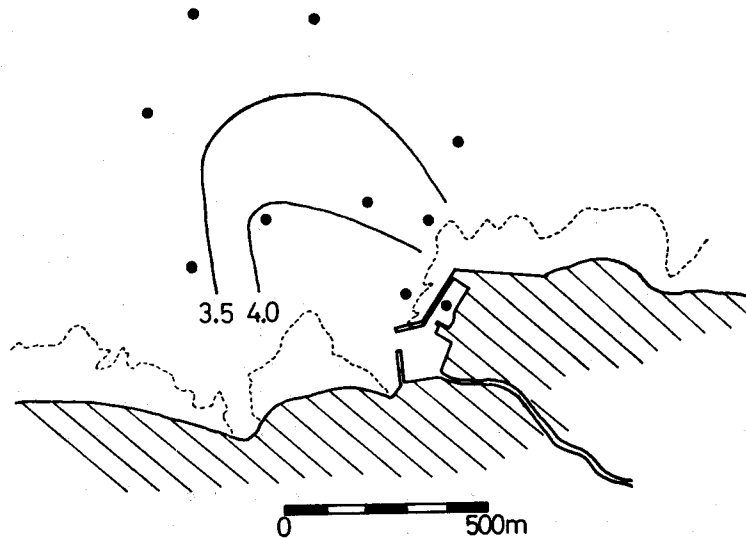


Fig. 2. Horizontal distributions of suspended matter measured at flood on Jan. 22, 1967 (mg/l).

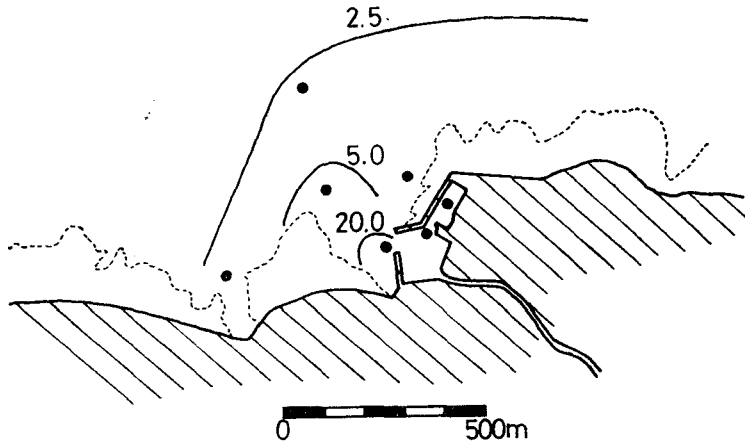


Fig. 3. Horizontal distributions of suspended matter measured from ebb to flood on Oct. 4, 1968 (mg/l).

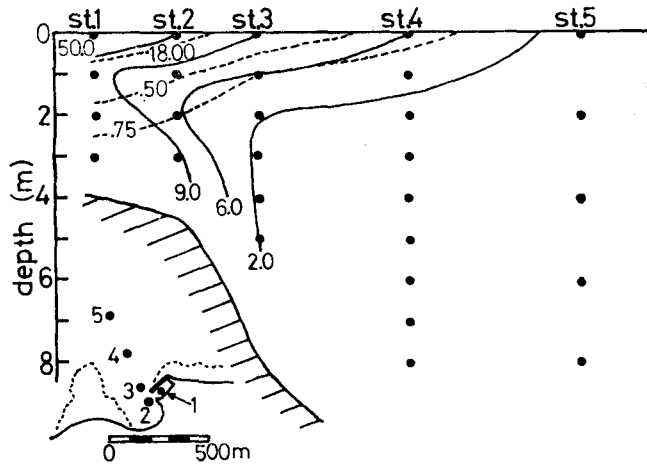


Fig. 4. Vertical distributions of suspended matter measured from flood to ebb on Dec. 13, 1968 (mg/l).
(Broken lines show salinity distributions (‰)).

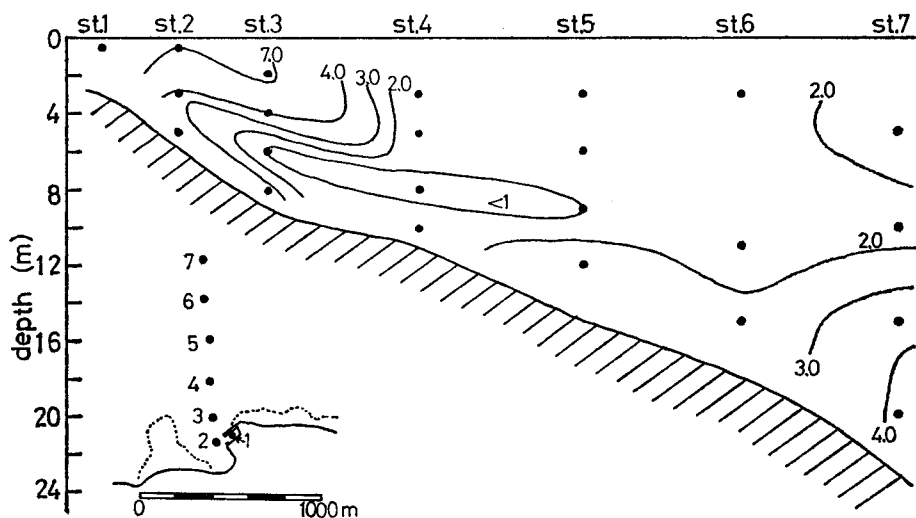


Fig. 5. Vertical distributions of suspended matter measured at ebb on Oct. 23, 1969 (mg/l).

底附近の濃度も高い。なおこの測定例は前述の異常出水による港内の堆積物が除去される以前の測定である。Fig. 5 は 1969 年 10 月のほぼ干潮時における測定である。分布はかなり複雑であるが、これは港口における流向、流速の測定結果から類察⁴⁾し、鉛直面におけるこれら流向、流速の不均一さに大きな原因があるものであろう。

考 察

これまで物質拡散に関する報告は無数にあるが、その理論的取り扱いには乱流拡散と流れによる輸送また粒子の沈降を考慮した Fick の拡散方程式を、一次元ないしは二次元に単純化することによる試みである。しかし前述の測定結果からも明らかなように、放出口がある場合の沿岸域における懸濁物質の分布は三次元であり、座標軸に関してこれを単純化することは意味をなさない。しかも時間的にも定常ではない。しかし実際問題として、流れが時間的にも空間的にも複雑な変動をする沿岸域で現場の分布を十分に説明できるような理論解を求めることは非常に困難である。そこで最大汚染範囲を推定すると云う本来の目的から、現象的には三次元として取り扱い、流れについては一様な流れを想定して次のようなモデルを設定した。

即ち、流速 U の流向にそって x 軸、 y 軸はこれと直交する軸とし、また z 軸は海面から下方に正とする。懸濁物濃度は x 軸を頂点とし、 y 軸に平行な直線上で Gauss 分布をなすものと考え、且つ z 方向には指数関数的に濃度が減少するものとする。こゝで z 方向に指数関数を仮定したのは、測定結果及び一次元定常の懸濁物質の Fick の拡散方程式の解が指数関数となることを合わせて考慮したものである。原点から x の距離における x 軸上の濃度を $S(x, 0, 0)$ とおくと、 y, z 面における濃度 $S(x, y, z)$ は次のように示される。

$$S(x, y, z) = S(x, 0, 0) \cdot \exp \left[- \left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2} \right) - az \right] \quad (1)$$

ここで σ_y^2 は標準偏差, α は z 方向の懸濁物質の減衰係数である。放出口を原点に, その単位時間当りの排出量を Q とおけば, 連続の条件から

$$Q \cdot dt = U \cdot dt \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^H S(x, 0, 0) \cdot \exp \left[- \left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2} \right) - \alpha z \right] \cdot dz \cdot dy \quad (2)$$

従って

$$S(x, 0, 0) = \frac{aQ}{U \sqrt{2\pi\sigma_y^2} [1 - \exp(-\alpha H)]} \quad (3)$$

となる。ここで H は水深である。これから濃度 $S(x, y, z)$ は次のように求まる。

$$S(x, y, z) = \frac{aQ}{U \sqrt{2\pi\sigma_y^2} [1 - \exp(-\alpha H)]} \cdot \exp \left[- \left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2} \right) - \alpha z \right] \quad (4)$$

なおここで sedimentation を考慮していない。さて測定結果によれば, 異常出水による港内堆積物の高濃度の流出においても懸濁物質の有義な拡散規模は 1 km を越えることがない。従って小規模拡散とみなすことができるだろう。このような小規模拡散の場合 Ichiye⁶⁾ は染料拡散の実験から $\sigma_r^2 \approx \sigma_0^2 t^2$ が適当であるとし, Ito⁶⁾ はこの拡散速度の標準偏差 σ_0^2 が流速に比例するものとして $\sigma_r^2 \approx \lambda^2 x^2$ の関係を導き実験的に良く一致することを確かめた。ここで σ_r は拡散物質の radius 方向の標準偏差, λ は渦動拡散係数に關与した比例常数である。いま標準偏差として Ito の形をとるものとするならば (4) 式は次のようになる。

$$S(x, y, z) = \frac{aQ}{\sqrt{2\pi} \cdot \lambda \cdot U \cdot x [1 - \exp(-\alpha H)]} \cdot \exp \left[- \left(\frac{y^2}{2\lambda^2 x^2} \right) - \alpha z \right] \quad (5)$$

そこで (5) 式の個々の常数を吉岡側について求めてみる。

λ の値 1970年9月16日, 17日の両日吉岡港口附近にウラン染料を投入して拡散実験を行なった。前者は上げ潮時, 後者は下げ潮時の実験である。染料の拡散状況はアジア航測 K. K. に依頼して模型飛行機による写真撮影から解析した。さて, 二次元の瞬間点源の解は良く知られているように $t=0$ における投入染料の全量を q とし, 任意点における濃度を C とするとき次のようになる⁷⁾。

$$C(x, y, t) = \frac{q}{4\pi K t} \cdot \exp \left(- \frac{x^2 + y^2}{4K t} \right) \quad (6)$$

染料雲が円形に拡がるものとすれば, その半径 r については $r^2 = x^2 + y^2$ が成り立つから面積を A としたとき (6) 式から容易に次の式が導かれる。

$$A = 4\pi K t \ln \frac{q}{C} \cdot \frac{1}{4\pi K t} \quad (7)$$

そこで自然対数を展開し, オーダーを考慮して渦動拡散係数について整理すると次のようになる。

$$K \approx \frac{A}{8\pi t \left(1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{5} + \dots \right)} \quad (8)$$

Fig. 6 はこの実験結果を, 横軸に染料雲の半径 r をとって図示したもので, 点線は $4/3$ 乗則, 即ち $K \approx r^{4/3}$ の勾配を示した。この実験結果では勾配が $4/3$ 乗則より小さいが, これは地形的に原因する流向の変動やまた流速の時間変動によるものではなからうか。なお染料雲の移動速度は約 2cm/sec でかなり小さい値であった。また下げ潮時における実験では距離 r が大きくなると僅かに増加の傾向を

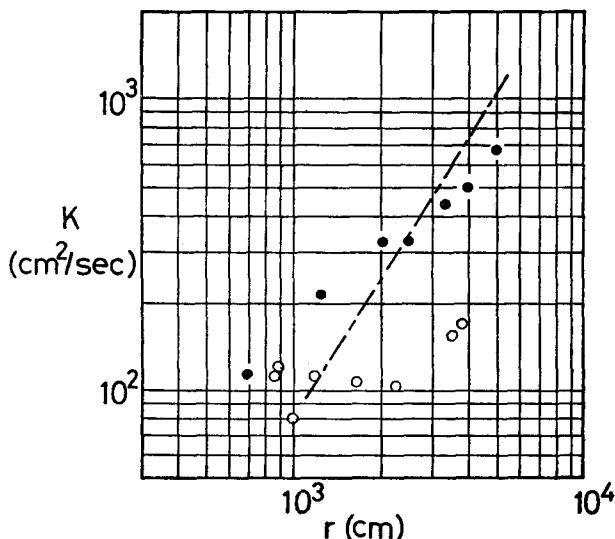


Fig. 6. The experimental relation between radius of dye patch and horizontal diffusion coefficient.

- : measured from ebb to flood on Sept. 16, 1970
- : measured from flood to ebb on Sept. 17, 1970

示すものの、渦動拡散係数は上げ潮時に比べて小さい値を示している。これは下げ潮時が上げ潮時に比べて乱れが小さかったためと思われるが、一定値に近いことなどはっきりとしたことは説明できない。さて乱流の相関時間に比べて拡散時間が有限な範囲では

$$\frac{1}{2} \frac{d}{dt} \sigma_y^2 = \text{一定} \quad (9)$$

とおくことができる⁹⁾。この一定な常数は Fick の拡散方程式における渦動拡散係数に相当するものとみなすことができる。従って $\sigma_y^2 = \lambda^2 x^2$ を代入し、 $u = dx/dt$ を考慮すると次のようになる。但しこゝで u は染料雲の移動速度である。

$$K = \lambda^2 u x \quad (10)$$

いま上げ潮時の実験ではあるが、拡散係数が距離 r とともに増加する 9月16日の実験結果からその上限をとって $r=10^4$ (cm), $K=10^3$ (cm²/sec), また染料雲の移動速度 u を 2 (cm/sec) とすれば λ は 0.223 となる。

鉛直方向の減衰係数 この減衰係数 α は鉛直方向の渦動交換係数、流速、懸濁粒子の沈降速度等に関係するものである。Fig. 7, Fig. 8 は 1968年10月6日, 12月13日のそれぞれ干潮時, 下げ潮時の測定値を懸濁物濃度の対数値を横軸に、海面からの深さを縦軸にとって図示したものである。港内及び港口の表層では減衰が大きいが港口から遠ざかるにつれて小さくなる傾向を示し、潮時によってもまた深度によってもその勾配は異なっている。これは潮時による汚泥水の港内における滞留時間の違いと凝集によって生じてくる懸濁粒子のふり分け、つまり沈降速度の変動、鉛直面における流向流速の不均一さ、現場密度、或いは渦動交換係数が鉛直的に一定ではない等々数多くの原因が重なったものである。云うまでもなく、濃度が小さい港外の場合には既に述べた沿岸水固有の懸濁物量が加算さ

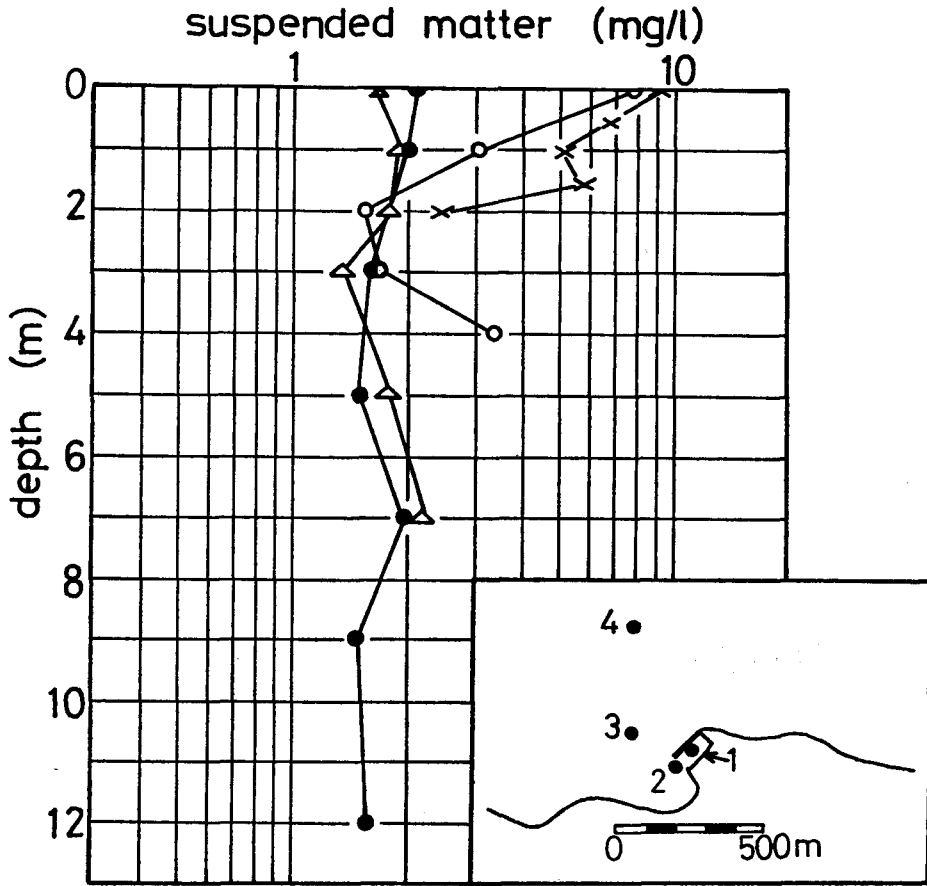


Fig. 7. Vertical profiles of suspended matter near the harbor entrance measured at ebb on Oct. 6, 1968.

×: St. 1, O: St. 2, Δ: St. 3, ●: St. 4

れているため、流出による鉛直方向の減衰係数としてはつかみ難い。そこで下げ潮時、即ち港口から港外へと汚泥水が流出するときの減衰係数として Fig. 8 の st. 2 について、その表層附近の減衰係数 α を算出してみると $\alpha = 1.8 \times 10^{-2}$ となる。

平均流速 \bar{U} 既に述べているように、一般に沿岸の流向流速は時間的にも空間的にも複雑であるが吉岡港附近の沿岸もまたその例外ではない。このような海域に平均化された流れを想定することは疑問ではあるが、最大拡散規模を推定すると云う立場からは意味をもつであろう。いま流速が sine 曲線に変動するものと考え、この対象とする海域の最強流速を U_0 としたとき 1 潮時間の平均流速 \bar{U} は

$$\bar{U} = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} U_0 \sin \omega t \cdot dt \quad (11)$$

で示される。ここで卓越する潮流を半日周期とすれば $\omega = \pi/6$, $T_0 = 6$ (hour) である。前述のように拡散実験の染料雲の移動速度が 2 (cm/sec) であったことから明らかなように港口附近の流速は比較的

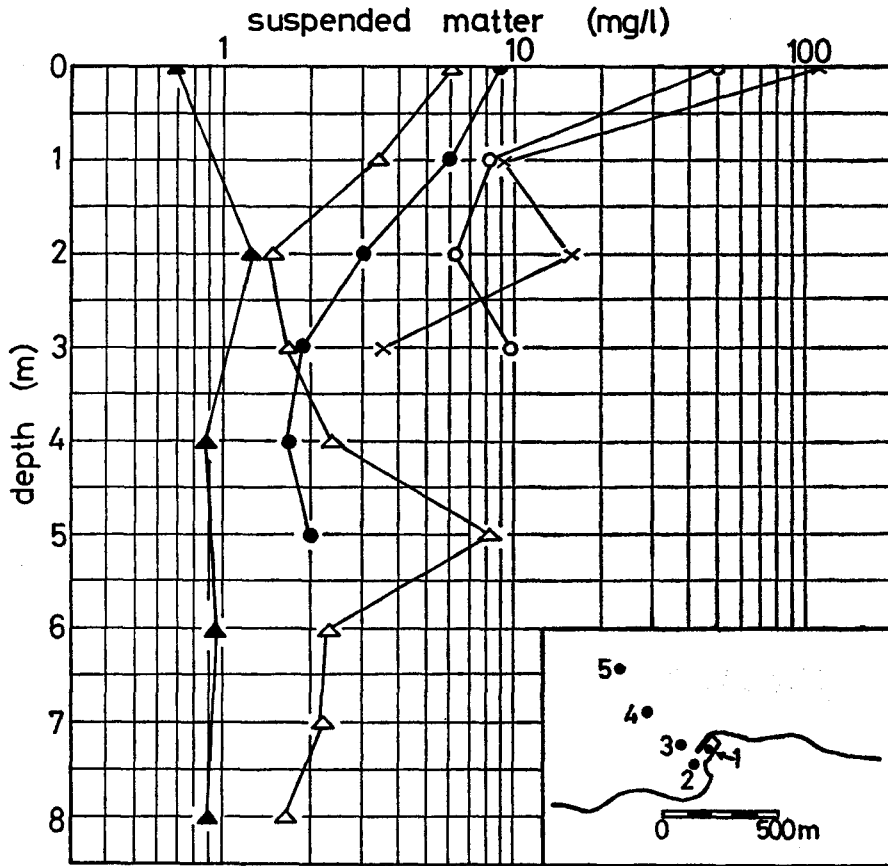


Fig. 8. Vertical profiles of suspended matter near the harbor entrance measured from flood to ebb on Dec. 13, 1968.

×: St. 1, ○ St. 2, ●: St. 3, △: St. 4, ▲: St. 5

小さいが、港外特に沖合の海域では流速が増大している⁴⁾。そこでこれらの流速測定の結果を参考に、(11)式で定義している最強流速として 20(cm/sec)を仮定してみると1潮時間の平均流速として 12.7(cm/sec)が求められる。

流出量 Q いま吉岡川から排出される懸濁物量が上げ潮時には港内に沈降することなく滞溜し、下げ潮時に吉岡川からの供給と合わせて一定の割合で港口から沿岸域に流出するものとすれば流出量 Q は

$$Q = 2q'\gamma$$

となる。ここで q' は単位時間当りの吉岡川の流量であり、 γ は懸濁物濃度である。実際には川床や港内における沈降堆積による損失を考慮しなければならないことは云うまでもない。一応の目安としてここでは $Q=40(\text{g/sec})$ とおいてみる。この値は川の流量が1日1万屯、懸濁濃度が約 170(mg/l)に相当する。

水深 H Fig.1からも予想されるように、港口を原点としたとき、軸方向のとり方で水深は大きく変動している。しかし懸濁物濃度の垂直測定を行なっている南東方向に x 軸をとってみると、水深 H

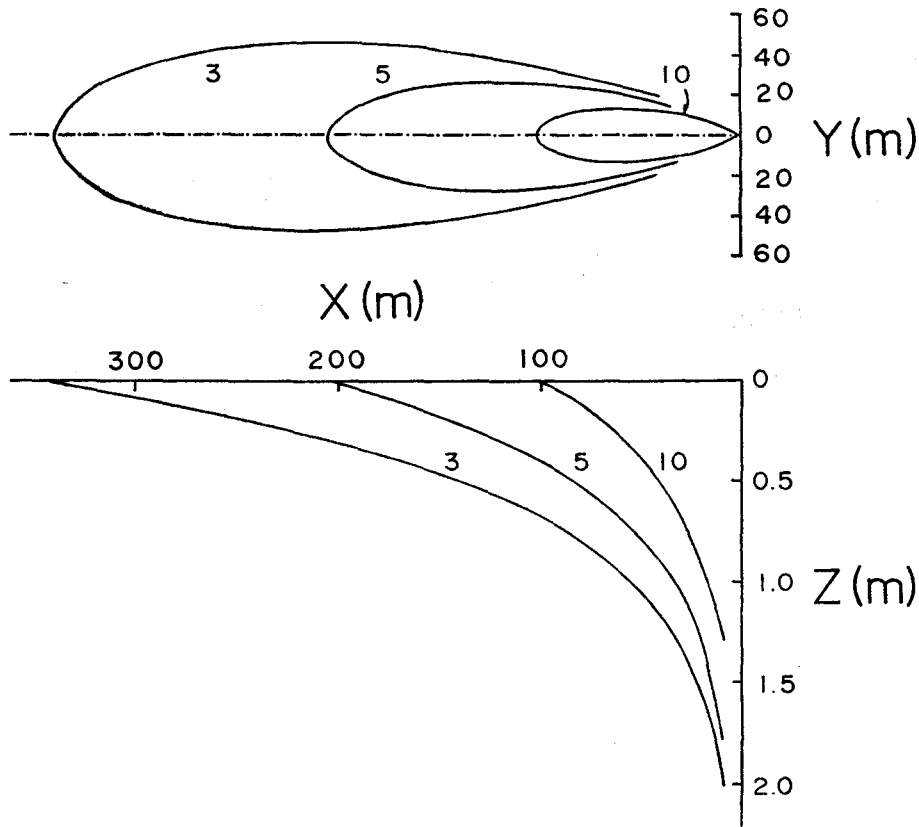


Fig. 9. An example of theoretical distributions of suspended matter (mg/l) calculated from equation (5).

(Upper view shows the horizontal distributions and the lower shows the vertical)

は港口からの距離 x の関数として近似的に次のように示すことができる。

$$H(\text{cm}) = 400 + \frac{5}{200} x \quad (12)$$

計算例 これらの諸常数を (5) 式に代入して懸濁物濃度を算出してみると Fig.9 のようになる。上は水平分布図、下は $y=0$ における垂直断面図である。流軸の潮時による変動を考慮するならば卵型のそれぞれの濃度分布にこだわることなく、むしろ $y=0$ の最大値で港口を中心とした半円を画いた方が最大規模を予測すると云う目的にかなっているであろう。この理論結果は水塊固有の懸濁物濃度を加算するとき実測よりやゝ広範囲であると云える。これは勿論前述の常数決定の際個々の値を大きく見積ってみたことに原因するものの、同時に既に述べて来た沿岸域の海況の複雑さにも大きな原因がある。特に垂直断面図は実測とかなり違っている。しかしこのような理論的な試みは沿岸域の懸濁物分布を論ずる場合の一つの目安となるものと考えられる。

文 献

- 1) 渡辺信雄 (1963). 感潮河川における工場廃水の分散—江戸川下流域で自然流量の小さい場合の一例について—. 日本海洋学会誌 18, 172-184.
- 2) 樋口明生・杉本隆成 (1967). 潮流による拡散の水理模型実験について. 京大防災研究年報 10 B, 343-363.
- 3) 例えば, Ichiye, T. Ed. (1964). *Symposium on diffusion in oceans and fresh water*. 159p. Lamont Geological Observatory of Columbia Univ.
- 4) 津軽海峡西口付近漁業影響調査団 (1971). 津軽海峡西口付近漁業影響調査報告.
- 5) Ichiye, T. (1959). A note on horizontal diffusion of dye in the ocean. *J. Oceanog. Soc. Jap.* 15, 171-176.
- 6) Ito, N. (1964). On the small-scale horizontal diffusion near the coast. *J. Oceanog. Soc. Jap.* 19, 182-186.
- 7) Carslaw, H. S. and Jaeger, J. C. (1959). *Conduction of Heat in Solids*. 510p. Oxford.
- 8) 岡本哲史 (1967). 応用流体力学. 272p. 誠文堂.