

土木研究所資料

沖浜における漂砂量の算定法

平成4年7月

建設省土木研究所
河川部海岸研究室

Copyright © (1992) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

沖浜における漂砂量の算定法

土木研究所海岸研究室 室長 宇多高明

研究員 伊藤弘之

野口賢二

要 旨

海岸より沖合への土砂流出量を評価するには、沖浜における漂砂現象を明らかにすることが必要とされる。本研究では、既往の研究成果を取りまとめ、さらに考察を加えることにより沖浜における漂砂量の算定手法を開発した。沖浜の海底面では波の作用により形成された砂漣上で浮遊砂が生じるが、本研究ではこの浮遊砂が流れ、もしくは波による質量輸送により運ばれる場合を対象とする。モデルの構成は、①砂漣諸元の算定、②浮遊砂濃度の算定、③流速分布の算定よりなる。

キーワード：沖浜，漂砂量，算定手法，砂漣，浮遊砂

は じ め に

駿河海岸や下新川海岸などでは海岸線近くまで海底谷が発達し、これらの海底谷周辺では高波浪時に沖合への土砂流出が生ずることが知られている（宇多・小俣，1989；宇多・山本，1991）。同時に、これらの海岸は侵食性海岸としても有名であり、侵食対策を進める上ではこうした海底谷への流出土砂量を正確に算定することが必要とされる。しかし、砕波帯付近の漂砂量については算定手法がほぼ確立されているものの、海底谷周辺のような沖浜帯における漂砂量の算定手法に関しては、一般的な方法が提案されていないのが現状である。本研究では、波の作用により砂漣上で発生した浮遊砂が潮流や海浜流などの平均流や波による質量輸送によって運ばれることにより土砂移動が生じ得ることに着目して研究を進め、①沖浜における砂漣諸元・形状の評価法、②砂漣上の浮遊砂濃度分布の算定法、③流速分布の算定法について検討し、これらを総合して漂砂量を算定する手法を示したものである。さらに、本算定手法を用いて、駿河海岸の和田鼻沖の海底谷への土砂流出量を算定し、現地海岸での観測結果と比較することにより、本モデルの妥当性について検討する。

目 次

は じ め に

1. ま え が き	1
2. 研究の基本方針	3
2.1 既往の研究	3
2.2 漂砂量算定の基本方針	6
3. 沖浜における漂砂量の算定法	7
3.1 砂漣の諸元	7
3.2 浮遊砂の拡散係数	13
3.3 基準点濃度	15
3.4 流速分布	16
3.5 沖浜での漂砂量の算定手順	17
3.6 駿河海岸における漂砂量の推算	17
4. 結 論	20
参 考 文 献	21
付録 (1) 浮遊砂濃度分布(実測値と計算値)	25
(2) 水理条件と砂漣の形状特性	47
(3) 浮遊砂濃度分布の生データ	55

1. ま え が き

海岸侵食の実態を解明し、さらに対策を立案する際には海岸の土砂収支を明らかにすることが最も重要な課題となる。すなわち、海岸への土砂供給量、沿岸漂砂量および海岸から沖合あるいは深海への土砂損失量を把握する必要がある(図-1)。海岸での土砂収支のうち、海岸への土砂供給量に関しては河川や海食崖からの供給量の評価に関する調査研究が数多くなされている(例えば、土屋ほか, 1971; 宇多・山本, 1991; 堀川・砂村, 1972)。また、沿岸漂砂量についてもCERC(1977)、小笹・Brumpton(1979)などいくつかの沿岸漂砂量公式が既に提案されており、汀線変化の予測などに実用的に用いられている。さらに、現地資料を利用して沿岸漂砂量を推算した調査・研究も多い(例えば、土屋ほか, 1981; 武内ほか, 1984)。

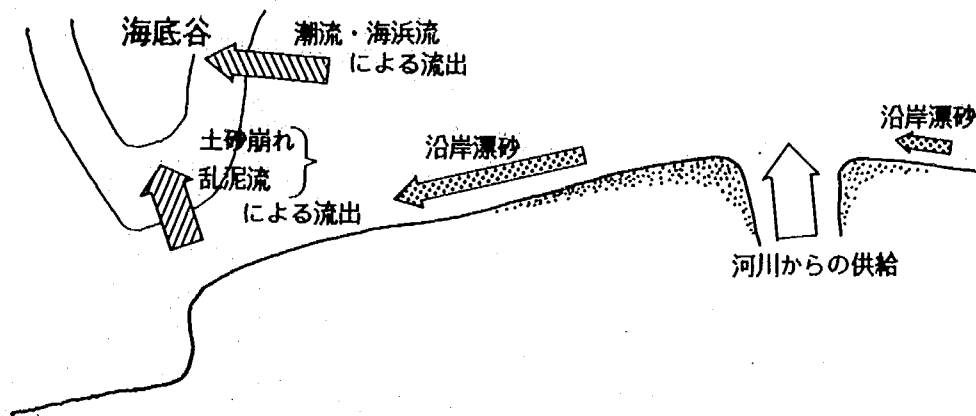


図-1 海岸における土砂収支の模式図

しかし、海岸から沖合への土砂損失量に関しては、その実態に関する調査はいくつかあるものの(例えば、大塚ほか, 1973; Inman・Nordstorm, 1976)、土砂移動量を評価するための研究はほとんど行われていない。また、宇多・小俣(1989)は海岸の侵食量や沿岸漂砂量より、土砂量の連続関係を用いて損失量を推定した。しかし、土砂収支の関係からの検討ではなく、力学的検討の上に立った土砂移動量の評価法についての検討は十分ではないのが現状である。海岸から沖合へ向かう土砂移動としては、大きく次の2つが挙げられる。まず、大陸棚上で生じる波や流れによる沖合への移動、そして海底谷を経由した乱泥流などによる深海への移動である。これらのうち、大陸棚上の沖浜において底質の微細粒子が水深数10mの深さに谷頭部を持つ海底谷などから深海へ流出する現象については、沖浜における浮遊漂砂を考える必要がある。この点に関して、例えば、宇多・小俣(1989)は比較的入射波高の高い条件の時に、砕波帯よりかなり沖合でも海底谷へ向かう土砂移動が生ずることを駿河海岸沖での現地観測により示した。そこで、この観測例をもとに海岸から沖合への土砂移動の機構を考えてみる。

比較的波高の高い条件では、沖浜の海底に砂漣が形成され、砂漣上には浮遊砂が発生していると考えら

れる。沖浜では波浪の非線型性は弱いので、流速波形や砂澁形状の非対称性に起因する net の漂砂はほとんど生ずることなく、低速度の質量輸送によってのみ浮遊砂が輸送されると推定される。また、潮流や海浜流などにより沖浜に平均的な流れがある場合には、その平均流によって浮遊砂が一方向に輸送される。現地海岸では海岸の地形的特性や卓越した波浪の入射により、ある定まった方向の潮流や海浜流が発生し易いから、これらの流れによる浮遊砂の移動によって土砂移動が生じている可能性は高いであろう。すなわち、高波浪時に生じる浮遊砂が平均流により輸送されることが、海岸から沖合への土砂損失の主な機構であると考えられる。したがって、沖浜での漂砂量を評価することは、沖浜で波により生ずる海底面上での底質の浮遊と平均的な流速場を評価することに帰着する。

本研究では、現地海岸で実用的に使用可能な、沖浜での漂砂量の算定法の開発を目的とする。この際、上記の土砂移動機構に基づいて、沖浜での波により生ずる浮遊砂の濃度の一般的算定法を開発する。



2. 研究の基本方針

2.1 既往の研究

沖浜における漂砂に関する研究は、これまで様々なスケールを持った実験や現地観測などにより検討されてきた。ここでは漂砂量の一般的な算定方法という見地より、既往の研究のレビューを行う。

(1) 沖浜での漂砂量の算定法

沖浜における漂砂量の算定に関する従来の研究は次の2つに大別される。

① 2次元移動床実験に基づく漂砂量公式

この分野では、砂村ほか(1978), 早川ほか(1985), 河田・西(1991)などの研究がある。いずれも砂漣上で形成され、流れとともに砂漣頂を越える浮遊砂雲を追跡することにより、netの漂砂量の算定式を提案した。そして、netの漂砂の発生原因として砂村ほか、および河田・西は砂漣の非対称性を、また早川ほかは波浪・流速場の非対称性を考えた。いずれの研究も2次元の砂漣を対象としており、任意の形状を持った砂漣への適用性については問題が残る。

② 浮遊砂フラックスの算定式

砂漣上では浮遊砂が卓越するので、浮遊砂フラックスの1周期平均よりnetの漂砂量を算定する。ここで、流速および浮遊砂の水平方向の変化は非常に小さいとして鉛直1次元の拡散モデルを想定すれば、1周期平均の漂砂量 $q(z)$ の鉛直方向分布は式(2.1)で表わされる(例えば、Wright et al., 1991)。

$$q(z) = \overline{u(z, t) \cdot C(z, t)} \quad (2.1)$$

ここに、 $u(z, t)$: 水粒子速度、 $C(z, t)$: 浮遊砂濃度であり、 $\overline{\quad}$ は1周期平均を表わす。浮遊砂濃度 $C(z, t)$ の非定常性が弱ければ、漂砂量は式(2.2)により近似可能である。

$$q'(z) = \overline{u(z, t)} \cdot \overline{C(z, t)} \quad (2.2)$$

式(2.1)で求まる $q(z)$ に対し、式(2.2)で算定される $q'(z)$ を比較することにより、入江ほか(1985)は浮遊砂濃度の非定常性について検討した。この結果を見ると、底面近くでは q と q' はかなり異なった値を示すが、底面より十分離れた位置では両者は良く一致し、漂砂の総量すなわち q および q' の鉛直方向積分値も比較的近い値になる。すなわち、式(2.2)を用いても大きな誤差は生じないと考えられる。沖浜での $\overline{u(z, t)}$ は潮流、質量輸送などにより与えられるので、理論的に求めることは比較的容易であり、また $\overline{C(z, t)}$ に関しては多くの研究成果があるので、式(2.2)を用いることができれば漂砂量公式を求めることがかなり容易になる。なお、以下には簡単のため次のように記号を簡略化する。

$$u = \overline{u(z, t)}, \quad C = \overline{C(z, t)}, \quad q = q(z) = u \cdot C$$

$$Q = \int_0^h q(z) dz \quad (h: \text{水深}) \quad (2.3)$$

(2) 浮遊砂濃度分布

浮遊砂濃度分布の算定に関して、従来の多くの研究は移流拡散方程式を解く手法を用いている。移流拡散方程式の取扱いとしては、①移流項を無視した定常鉛直1次元モデル、②非定常鉛直1次元モデル（伊福ほか、1988）、③砂漣上の流れに関する $\kappa-\varepsilon$ モデル（辻本ほか、1989；Pena-Santanaほか、1990）が挙げられる。そして、いずれの方法にしても浮遊砂の拡散係数を定めることが必要となる。浮遊砂濃度の非定常性が弱ければ、漂砂量を求めるには①の取扱いで十分である。ここで、拡散方程式、

$$k_z \frac{dC}{dz} + w_o C = 0 \quad (2.4)$$

を解けば、

$$C = C_o \exp \{ - (w_o / k_z) z \} \quad (2.5)$$

が得られる。 k_z は浮遊砂の拡散係数、 C_o は1周期平均の基準点濃度である。すなわち、拡散係数および基準点での濃度を決定すれば、浮遊砂濃度が一義的に定まるという簡便性を有している。このことから以下では、拡散係数および基準点濃度の算定に関する研究をレビューする。

(3) 拡散係数

Homma・Horikawa (1963) は、波動運動に伴う流速の空間分布より拡散係数を理論的に導き、濃度分布式を作成したが、この式では底面の粗度が考慮されていない。Skafel・Krishnappan (1984) は、拡散係数の中に底面での摩擦速度を導入し、摩擦速度の算定の際にMogridge・Kamphuis (1973) より求まる砂漣の諸元を用いた。Skafel・Krishnappan の方法によれば、砂漣形状を考慮した浮遊砂濃度の算定が可能である。しかし、研究対象とした現象の規模が小さいので、拡散係数の適用性や砂漣諸元の算定方法の一般性に欠ける。

一方、浮遊砂の拡散係数と流体の渦動粘性係数の関係を求めようとする試みも多くなされてきた。Horikawa・Watanabe (1970)、Nakato et al. (1977) 等は乱流を計測し、その結果より渦動粘性係数を求めることを試みた。沢本・山口 (1979) は砂漣上の乱流境界層を「組織的な渦運動に支配される渦層」と「拡散現象に支配される拡散層」に分離した。さらに米山ほか (1980) は、乱れ強度の測定結果より、拡散層内の乱れ強度分布を定式化し、沢本ほか (1981) は乱れ強度分布と浮遊砂の拡散係数を関係付けた。ただし、これらの結果は限られた砂漣形状で得られたものであり、任意の砂漣形状への適用性については明らかにされていない。

(4) 基準点濃度

浮遊砂濃度分布を定めるには、底面近傍に設定された基準点における浮遊砂濃度を算定する必要がある。基準点濃度の算定には、一方向流による浮遊砂濃度の研究成果を準用した方法が多く利用されてきた（例

例えば, Skafel・Krishnappan, 1984 ; 伊福ほか, 1988)。一方, 細井・稲垣 (1975) は底面近くの浮遊砂濃度が水深方向に比較的一様な領域と急激に低下する領域との境界を基準点とし, その位置の濃度を支配するパラメータについて検討した。沢本・山口 (1979) は可視化実験の結果より, 砂澁上の流れの場を砂澁から剝離する渦の運動が卓越した渦層と, 渦の崩壊により生ずる乱れが拡散する層 (拡散層) に分割した。そして, 浮遊砂濃度分布の「逆くの字」部分の屈曲点下方部分が渦層に相当するとし (図-2 参照), 渦層内の濃度を基準点濃度として, これを理論的に導いた。Hayakawa et al. (1983) は沢本・山口と同様の考え方を導入して, 掃流砂公式より基準点濃度を定式化した。一方, 橋本ほか (1982) は渦層内のエネルギーバランスより, 渦層内の浮遊砂濃度を未定係数を含まない式として導いた。

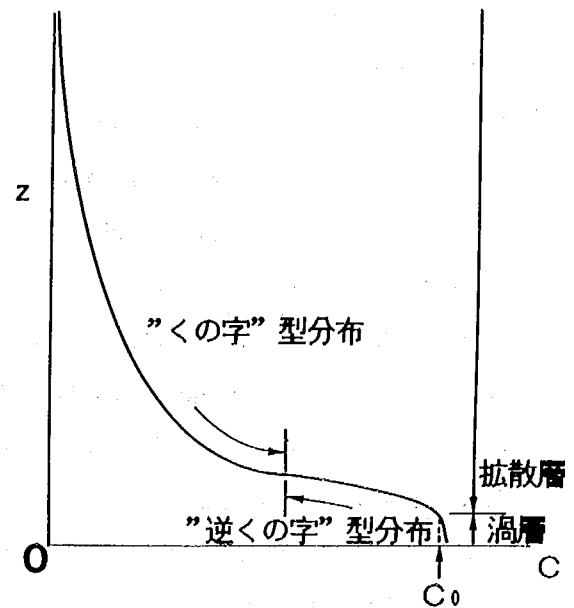


図-2 浮遊砂濃度分布の模式図

(5) 砂澁形状

足立 (1964) は栈粗度を取り付けた水路床の粗度を調べ, 栈粗度の高さや間隔により粗度が大きく変化することを示した。海底面において砂澁は栈粗度と同様な効果を有しているため, 砂澁の波高や波長は砂澁上の流れに強く影響し, 浮遊砂濃度にも大きな影響力を及ぼすと考えられる。Grant・Madsen (1982) は境界層厚さを砂澁の波高および波長で定式化し, 砂澁の諸元と砂澁上の流速分布の関係を実験より求めた。ただし, 流れと底質の浮遊との関係は触れていない。また, 砂澁の2次元性を仮定しているため適用範囲が限られる可能性もある。

砂澁上の流れおよび浮遊砂濃度に及ぼす砂澁自身の効果を精度良く評価するには, 波浪・底質条件によって定まる砂澁の形状特性を把握する必要がある。Inman (1957), Homma・Horikawa (1963) は, 砂澁の波長が水粒子の軌道振幅および底質粒径により定められることを示した。Homma et al. (1965), 堀川・渡辺 (1966) は砂澁の波長を水粒子軌道振幅, 流速振幅から算定する式を求めたが, 底質粒径の効果は考慮されなかった。Mogridge・Kamphuis (1973) は次元解析より, 底質粒径で無次元化された砂澁の波長が水粒子軌道長 d_o , 底質中央粒径 D の比 d_o/D , および $D/(s g T^2)$ ($s = (\rho_s - \rho) / \rho$, ρ_s : 底質の密度, ρ : 流体の密度, g : 重力加速度, T : 波の周期) により整理できることを示し, この結果を実験により検証している。また, Dingler・Inman (1976) は Jonsson の摩擦係数 f_w が省かれた形のシールズ数 $\Theta = \rho u_m^2 / (2 s g D)$ (u_m : 流速振幅) により砂澁の波形勾配が整理できることを示し, さらに Θ が 240 より大きくなると砂澁が消滅し, シートフロー状態になることを示した。

以上の研究では砂澁の平面形状が考慮されていないが, 現地海岸では砂澁の平面形状は必ずしも2次元ではなく, 流れの条件によっては3次元性を強く帯びることが報告されている (町田ほか, 1972)。さらに武田 (1986) は, 現地観測により砂澁の平面形状の変化が波の浅水変形に伴う流速振幅の変化に応じ

て生じるという結果を得ている。また、Kaneko (1980) は室内実験の結果より、砂漣形状は2次元、不規則、ブリックパターンに分類され、それらの発生領域は $\Theta^{1/2}$ と D/δ ($\delta = \sqrt{2\nu/\omega}$) により区分できることを示した。また、ブリックパターンが砂漣から剝離する渦の3次元的な構造に起因することが Matsunaga・Honji (1980) により示されている。河田ほか (1990) は現地観測の結果より Kaneko の分類図を検討し、2次元パターンと不規則パターンの発生領域は妥当であるが、砂漣の消滅限界に関しては再考の余地があることを示した。砂漣の消滅限界に関しては、山下ほか (1984) は Kaneko の区分がほぼ妥当なことを示した。しかし、榊山ほか (1984) は大型模型実験より $\phi = 1.5$ (ϕ : シールズ数 $= f_w \cdot \Theta$) まで砂漣が存在することを確認し、かなり大きなシールズ数でも砂漣が存在することを示した。

最近の研究では、砂漣の波長 λ に関しては、 D で無次元化した砂漣波長 λ/D を d_o/D の関数とするか (佐藤ほか, 1985; Tanaka・Shuto, 1984), d_o で無次元化した波長 λ/d_o を $(d_o/D)\phi^{1/2}$ の関数とするか (佐藤ほか, 1986; 渡辺ほか, 1989)。また、Nielsen (1981), 榊山ほか (1984), Tanaka・Shuto (1984), 佐藤ほか (1985; 1987), 渡辺ほか (1989) 等によると、砂漣の波形勾配 η/λ (η : 砂漣の波高) は Θ あるいは ϕ でよく整理される。また、Grant・Madsen (1982) は ϕ が大きくなり、砂漣が3次元性を帯びるとともに底質の運動がシートフロー状態に近くなると、 η/λ と ϕ の関係には式 (2.6) で表わされる底質粒子に関するパラメータが付加されることを示した。

$$S_* = (D/4\nu) \{ (s-1)gD \}^{1/2} \quad (2.6)$$

2.2 漂砂量算定の基本方針

(1) 漂砂量

漂砂量の水深方向分布に関しては、浮遊砂濃度および流速の非定常性が弱いとして $q = \bar{u} \cdot C$ の関係より算定する。非定常性を考慮する場合には単純な条件下でさえ漂砂量公式の定式化は不可能である。一方、非定常性が弱いと仮定したとき、 C の算定に関しては従来より多くの研究成果があり、流速分布 u も比較的容易に算定できるため、簡易的で汎用性の高い漂砂量算定式を得ることができる。

(2) 浮遊砂濃度

浮遊砂濃度分布に関しては、Skafel と同様に簡単に求められ、かつ比較的精度が高い1次元定常拡散モデルを用いる。この場合、指数関数形の濃度分布が得られるので、浮遊砂の拡散係数および基準点濃度を求めることにより、浮遊砂濃度分布が定まる。

(3) 浮遊砂の質量輸送速度分布

漂砂が生じるためには、浮遊砂を運搬する流れが存在しなければならない。ここでは、この流れについて潮流・海浜流および底面境界層内で生じる質量輸送速度を考える。さらに流速の鉛直方向分布に関しては、潮流・海浜流については対数型の流速分布を、また底面境界層で生じる質量輸送速度に関しては Longuet-Higgins の求めた流速分布を用いる。

3. 沖浜における漂砂量の算定法

3.1 砂漣の諸元

一般に、沖浜でしばしば見られる細粒の底質として、粒径が 0.1mm と 0.2mm の場合について、シーلز数と波高、水深の関係を図-3, 4に示す。ここに、周期としては8, 10sの2種類を仮定した。礫山ほか(1984)は、シーلز数が $\psi=0.03 \sim 2.0$ の範囲で砂漣が存在している。図-3, 4によれば、通常の波浪条件のもとで砂漣の存在可能な範囲は水深20m以上にまで広がっている。したがって沖浜における漂砂量を精度良く算定するには、海底面に形成される砂漣の形状および諸元を適切に評価することが必要とされる。なぜなら、砂漣は粗度として浮遊砂濃度分布や流速分布に影響を及ぼし、砂漣の粗度としての効果は砂漣の諸元や形状パターンに支配されるからである。そこで、波浪条件、水深、底質が与えられた場合の砂漣波長、砂漣波高および形状パターンの評価方法について検討する。

砂漣の諸元に関する研究は、小規模な室内実験によるもの、現地観測によるもの等様々な手法で行われている(表-1)。したがって、 d_o/D と ψ で整理すると図-5に示す

ように、広範囲の現象スケールにわたるデータが存在する。また、佐藤ほか(1986)は、多くの既往のデータが $\lambda/d_o \sim \sqrt{\psi} \cdot (d_o/D)$ の関係によって良く整理されることを示したが、これらは振動流水路、造波水路、現地観測など、研究方法によって場合分けされており、一般的な考察はなされていない。本研究

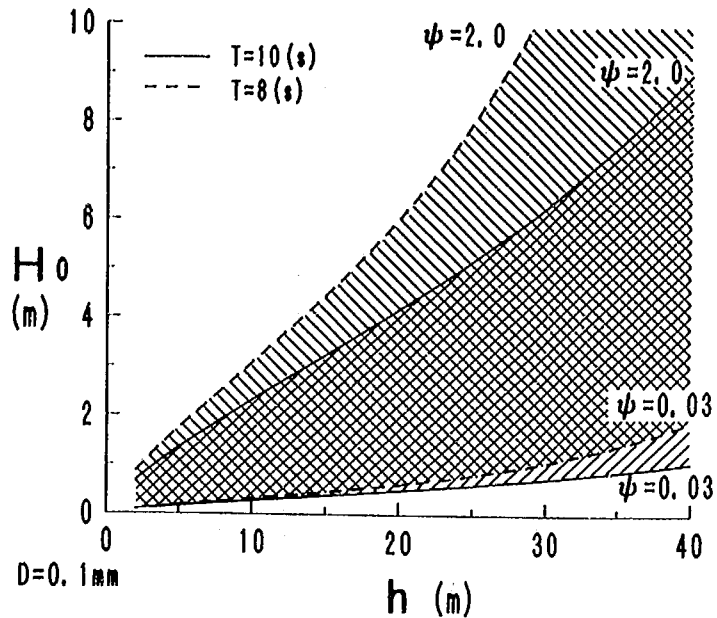


図-3 水深、波高、シーلز数による砂漣の発生域区分 ($D=0.1\text{ mm}$)

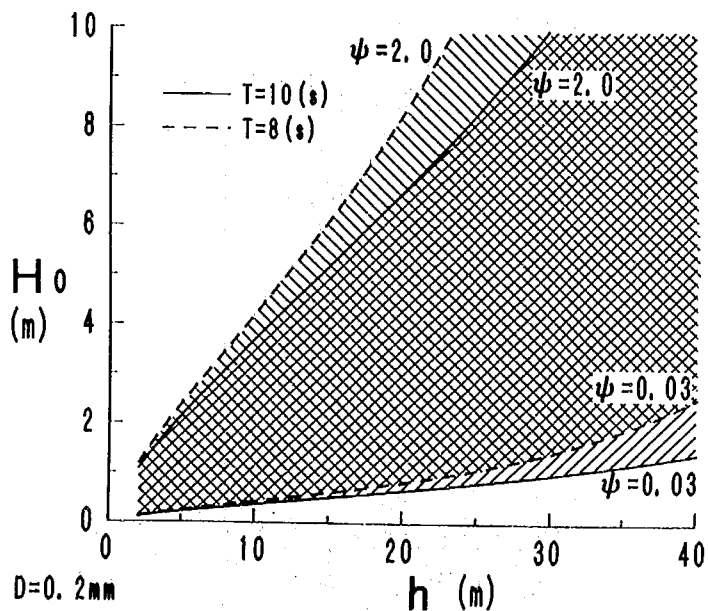


図-4 水深、波高、シーلز数による砂漣の発生域区分 ($D=0.2\text{ mm}$)

表-1 既往研究における実験パラメータの範囲

研究者	研究対象	波高(cm)	周期(sec)	水深(管径)(cm)	粒径(mm)	速度振幅(cm/s)	砂連波長(cm)	砂連波高(cm)
Inman(1957)	現地観測	*	3.5~16.0	122~2134	0.08~0.91	6.1~94.5	5.8~105	0.5~20
野田(1967)	現地観測	100	6.0	600	0.3	49	*	*
Kennedy-Locher(1972)	造波水路	9.1~12.2	1.04	14.0~25.0	0.21	20~39	*	*
Nakato et al.(1977)	振動流	*	1.2~2.4	(24.5)	0.14	26.6	6.3~11.3	0.9~1.8
沢本ほか(1981)	造波水路	6.8~8.5	1.25~1.75	30	0.2	14.5~21	4.2~7.2	0.8~1.3
橋本ほか(1982)	振動流	*	4.05~5.0	(90)	0.26	37~55	25.7~28.7	3.5~3.8
佐藤・堀川(1984)	振動流	*	3.0	(24)	0.18	18.1	9.5	1.4
Nielsen(1984)	現地観測	44~81	5.7~12.9	104~176	0.3~0.62	52~102	35~80	5~15
入江ほか(1985)	造波水路	8~15	2~1.6	35	0.2, 0.07	19~32	*	*
	現地観測	60	8.5	300	*	51	*	*
土木研究所	振動流	*	3.0~7.3	(90)	0.15~0.57	17.5~103	8.7~60.4	0.9~6.7

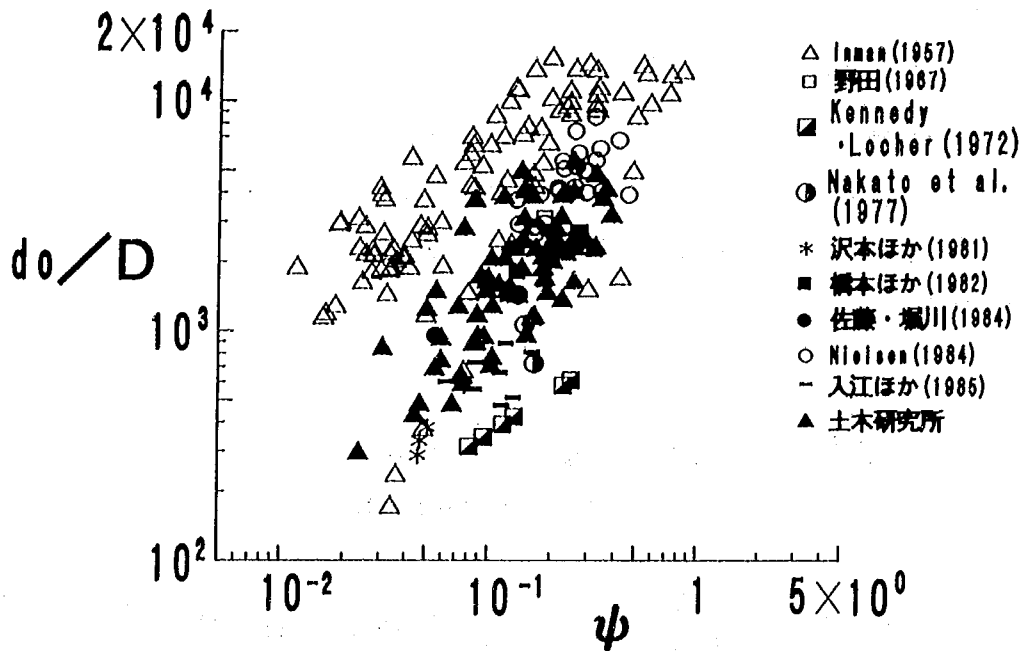


図-5 d_o/D と ψ

では表-1に示した既往の実験結果を一括して、佐藤ほかと同様、 $\lambda/d_o \sim \sqrt{\psi} \cdot (d_o/D)$ の関係で整理した(図-6)。図によれば、 $\sqrt{\psi} \cdot (d_o/D) = 10^3$ 付近ではばらつきがかなり大きい。そこで、本研究では Grant・Madsen(1982)の提案したパラメータ S_* ($= (D/4\nu) \cdot \sqrt{s \cdot g \cdot D}$) を使い、 $S_* < 2$, $2 \leq S_* < 10$, $10 \leq S_*$ の3つの領域に区分し、ばらつきを小さくすることを試みた。図-6によると S_* の領域ごとに傾向が表われ、それぞれの領域で回帰式を求めると式(3.1)のようになる。

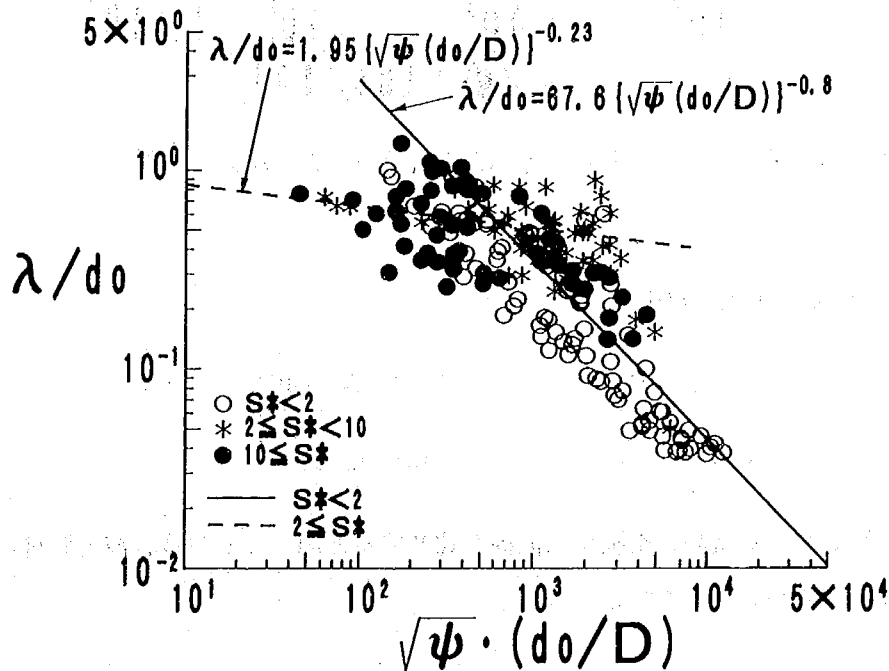


図-6 S_* をパラメータとした λ/d_o と $\sqrt{\psi} \cdot (d_o/D)$ の関係

$$\begin{cases} \lambda/d_o = 67.6 (\psi^{1/2} d_o/D)^{-0.8} & S_* < 2.0 \\ \lambda/d_o = 1.95 (\psi^{1/2} d_o/D)^{-0.23} & S_* \geq 2.0 \end{cases} \quad (3.1)$$

また、佐藤ほかは砂澁の波形勾配 η/λ がシールス数 ψ で整理されることを示したが、本研究では砂澁波長と同様に $\eta/d_o \sim \sqrt{\psi} \cdot (d_o/D)$ の関係として整理してみた（図-7）。砂澁波長と同じく S_* で領域を区分することによってデータが系統的に区分され、それぞれの領域ごとに回帰直線を求めると、式（3.2）が得られる。

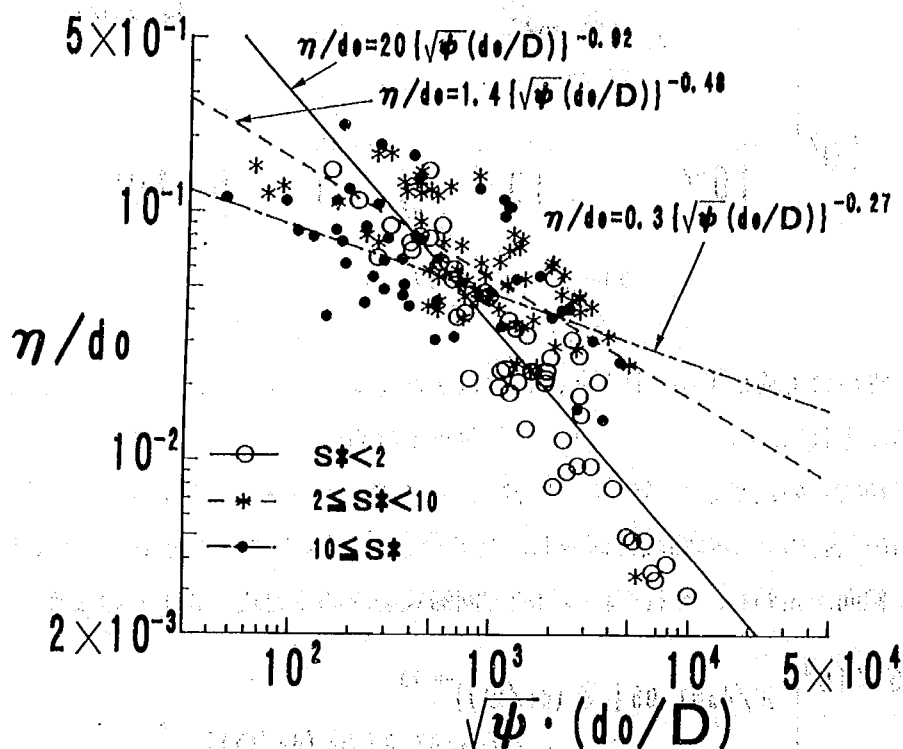


図-7 S_* をパラメータとした η/d_o と $\sqrt{\psi} \cdot (d_o/D)$ の関係

$$\begin{cases} \eta/d_o = 20 \{ \sqrt{\psi} \cdot (d_o/D) \}^{-0.92} & (S_* < 2) \\ \eta/d_o = 1.4 \{ \sqrt{\psi} \cdot (d_o/D) \}^{-0.48} & (2 \leq S_* < 10) \\ \eta/d_o = 0.3 \{ \sqrt{\psi} \cdot (d_o/D) \}^{-0.27} & (10 \leq S_*) \end{cases} \quad (3.2)$$

これらの式を用いて計算した砂澁波高と実測砂澁波高を比較すると図-8となる。波と底質の条件より、砂澁波高がかなり精度良くもとめられることが分かる。

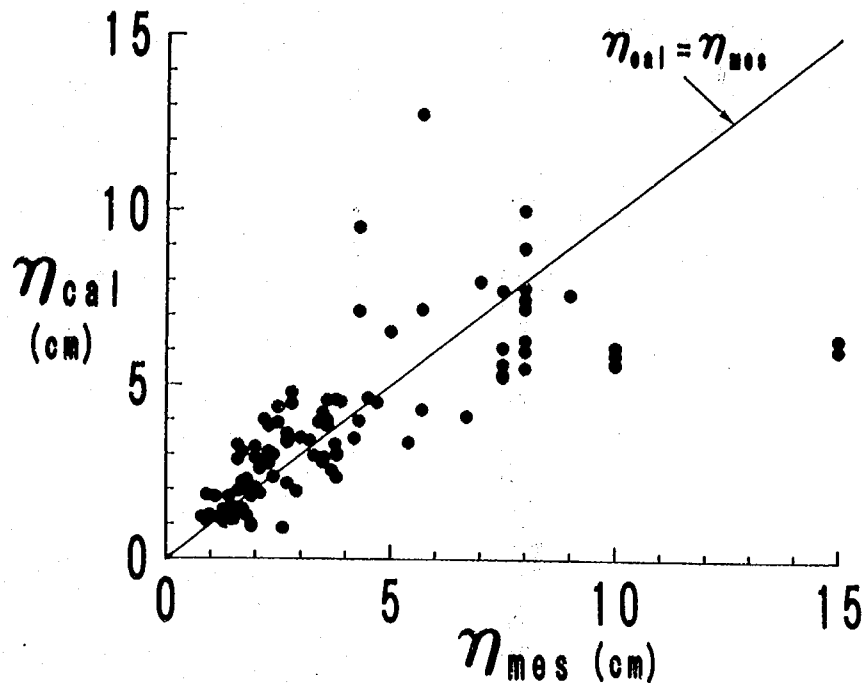


図-8 砂漣波高の計算値と実測値の比較

前述のように、現地海岸においては数種類の砂漣平面形状が確認されているので、漂砂量の算定の際に砂漣の平面形状を考慮に入れるべきかどうかを検討する必要がある。砂漣の平面形状に関しては、Kaneko (1980) が $\sqrt{2}\theta$ と D/δ により区分したが、本研究でも数種の砂漣形状を得ている。砂漣形状の分類は、定量的判断が難しく各研究者によって分類基準が異なるが、ここではなるべく簡単に区別できるよう、次の分類基準を定めた。すなわち、まず砂漣が完全に平行なものを2次元砂漣(写真-1)、平行であるが枝別れしているものや砂漣の峰が互い違いのものを準2次元砂漣(写真-2)、振動流の流れ方向に砂漣の峰を持っており、平面形状のパターンがほぼ規則的に現われるものを網目状砂漣(写真-3)、そして規則性のないものを不規則砂漣(写真-4)とした。これらの分類に従い、Kaneko (1980) と同様なパラメータにより砂漣形状を整理したのが図-9である。多少の相違はあるが、全体としてはKanekoの分類と合っている。この分類のパラメータより、 θ と D が算定式に含まれていれば良いことになる。ところで、砂漣波高、波長について提案した式は既に ϕ と D を含んでいる。 ϕ はJonssonの摩擦係数 f_w と θ の積である。よって、式(3.1)、(3.2)は θ と D をパラメータとして含んでおり、改めて砂漣平面形状の分類を考慮する必要はないと言える。

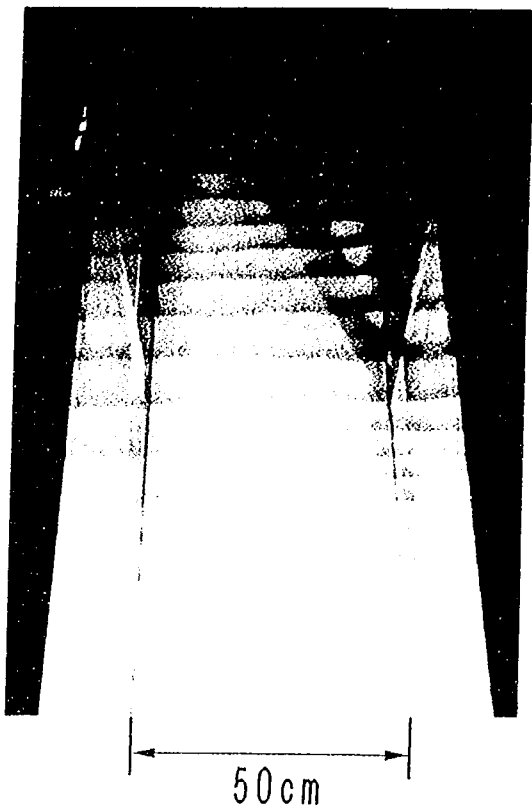


写真-1 2次元砂澁

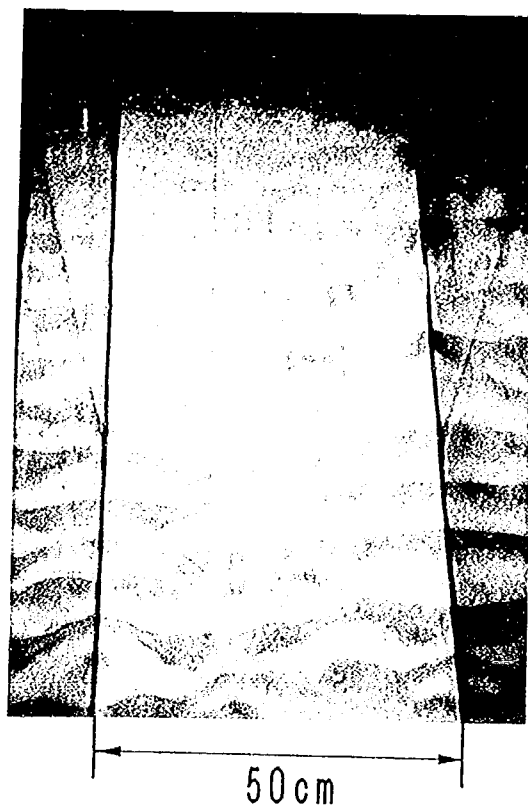


写真-2 準2次元砂澁



写真-3 網目状砂澁



写真-4 不規則砂澁

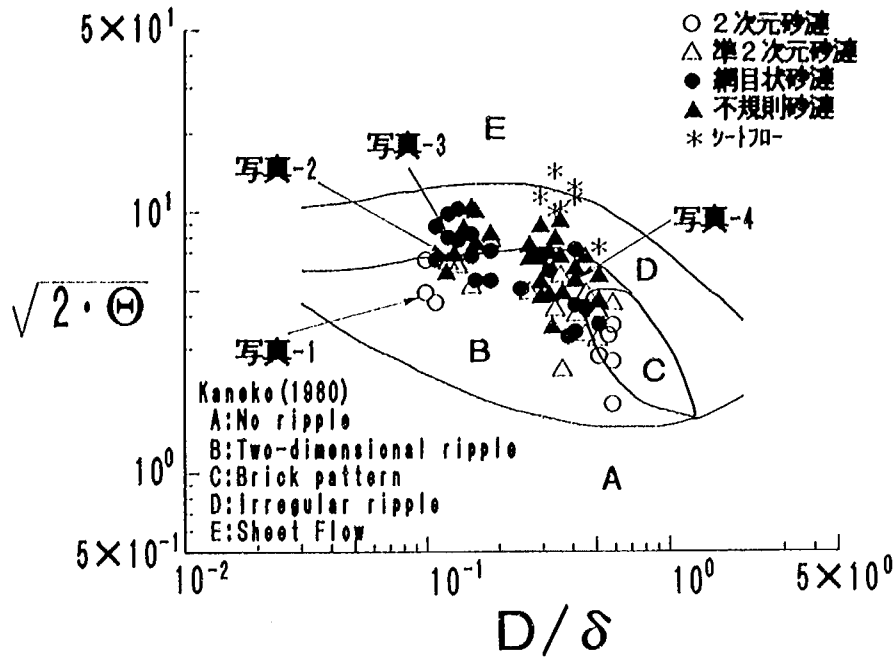


図-9 Kaneko (1980) による砂漣形状の分類

3.2 浮遊砂の拡散係数

浮遊砂の拡散係数の算定法として、沢本ほか (1981) は砂漣上の乱れの拡散係数と砂の拡散係数が比例するモデルを示した。本研究も同様の考えに基づき、乱流境界層内の渦動粘性係数 ν_z に浮遊砂の拡散係数 k_z が比例すると仮定し、式 (3.3) とおく。

$$k_z = m \nu_z \quad (m \text{ は比例定数}) \quad (3.3)$$

乱流境界層内の渦動粘性係数に関しては、Kajiura (1968) が3層モデルを提案しており、乱流境界層を内層、中間層および外層に分け、各層内の渦動粘性係数を以下のように定式化した。

$$\nu_z = \begin{cases} \alpha \kappa U_{b*} D_R & 0 < z < D_R \quad (\text{内層}) \\ \kappa U_{b*} z & D_R < z < D_m \quad (\text{中間層}) \\ \kappa U_{b*} D_m & D_m < z \quad (\text{外層}) \end{cases} \quad (3.4)$$

U_{b*} : 底面摩擦速度 ($= \sqrt{f_w/2} U_b$, U_b : 底面流速振幅), κ : カルマン定数 ($=0.4$), D_R : 内層外縁の高さ, D_m : 中間層外縁の高さ, $1/\alpha=2.708$ である。本研究では宇多ほか (1991) と同様、渦動粘性係数は鉛直方向に一定であって内層内の値に等しいとした。ここで、 D_R は粗度長さによって与えられる関数であるが、堀川・渡辺 (1968) によると砂漣波高に比例して $D_R = a \eta$ で求められる。 a は乱流境界層厚と砂漣波高との比を表す定数である。これを式 (3.2) の内層の式に代入すると式 (3.5) となる。

$$\nu_z = \alpha \kappa U_{b*} a \eta \quad (3.5)$$

式(3.3)と式(3.5)より a と m を同時に評価するために、くくりだすと式(3.6)となる。

$$\begin{aligned} k_z &= m a \nu_z' \\ (\nu_z' &= \alpha \kappa U_* \eta) \end{aligned} \quad (3.6)$$

以上より、 ma を決めることができれば波と底質の条件から k_z が求められる。以下では、既往のデータを用いて ma を評価してみる。

本研究では砂漣波高の計算の検討に用いた研究データ(表-1, 参照)のうち、浮遊砂濃度分布が測定されていないInmanのデータを除いたデータを整理した。1次元定常拡散モデルでは、 $C = C_0 \cdot \exp(-W_0 / k_z \cdot z)$ であるから、浮遊砂濃度分布が得られれば拡散係数の値は $d z / d(\ln(C))$ から求めることができる。ただし、渦層においては浮遊砂濃度は拡散に支配されないため、砂の拡散係数 k_z を求める際には渦層直上と判断される領域で求めた。また、砂漣波高に関しては前節で示した算定式より求めた。

実測した砂漣波高 η から式(3.3)で求めた ν_z' と浮遊砂濃度分布から求めた k_z の関係を調べた(図-10)。このとき、底面流速に関しては微小振幅波理論より算定した。これらをシールズ数 ϕ によって分類したところ、 $\phi = 0.17$ を境にデータは大きく二分された。そしてそれぞれの場合 $\nu_z' = k_z$ ($\phi < 0.17$), $\nu_z' = 30 k_z$ ($\phi \geq 0.17$) が成立する。

ここで、 $\nu_z' \sim k_z$ の関係が大きく2つに区分された理由は、以下のように説明される。 $k_z = m a \nu_z'$ の関係より、 ν_z' / k_z は ma の逆数である。つまり、 ϕ が小さいと ma は大きく、 ϕ が大きいと ma は小さくなっている。 a は先に述べたように $D_R = a \cdot \eta$ である。本来、Kajiuraのモデルでは $D_R =$

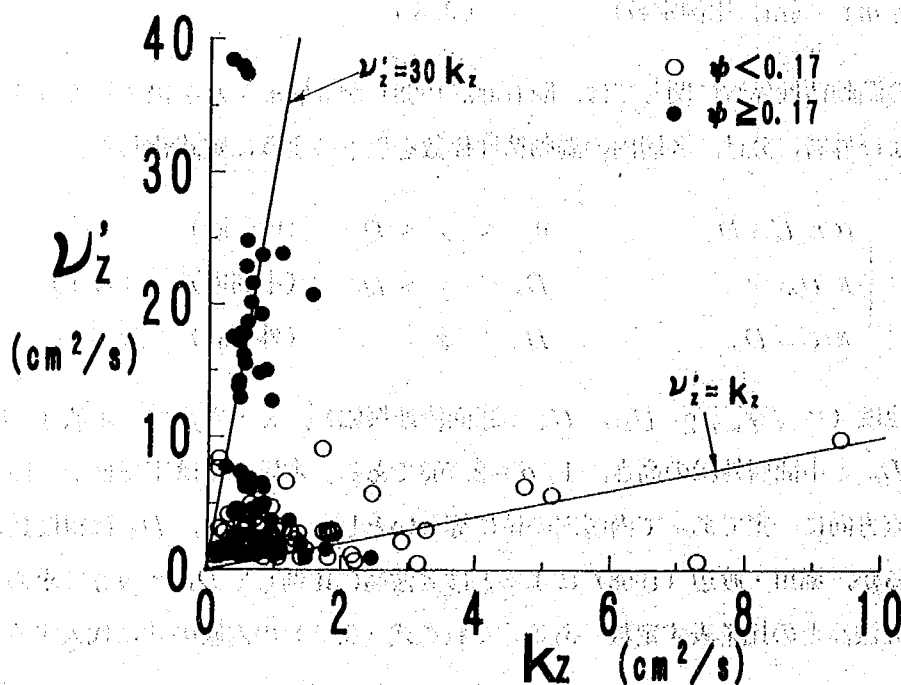


図-10 浮遊砂の拡散係数 k_z と ν_z' の関係

15 Z_0 (Z_0 は粗度長さ) であることから, $Z_0 = a/15 \cdot \eta$ の関係が導き出せる。つまり, a は砂漣波高が粗度として影響する程度を表わす指標となっている。また, 砂漣の粗度としての効果は, 砂漣上の渦より生じる乱れとして現われる。すなわち, 砂漣上の渦による乱れ強さは, 砂漣上の瞬間流速 $u = \bar{u} + u'$ ($\bar{u}$: 統計的定常状態での平均流速で, ここでは位相平均流速, u' : 乱れ成分) とした時の u' に反映される。 ϕ が小さいときには, $\bar{u}$ に対して u' が無視できないために, 相対的に砂漣の粗度としての効果は大きい。しかし, ϕ が大きくなると $\bar{u}$ に対して u' がかなり小さくなるため相対的に砂漣の粗度としての効果は低下する。また, m について宇多ほか (1991) は, 流速が大きいほど m が小さくなるが, これは砂粒子が高流速時の乱れによる流体運動に追従できなくなるためと推定している。よって, シールズ数の大きいときには a も m も小さくなるため ma が小さくなると考えられる。

3.3 基準点濃度

橋本ほか (1982) は, 砂漣上に発生する渦のエネルギーと渦層内の浮遊砂の位置エネルギーのバランスから, 基準点濃度を式 (3.7) のように定式化した。

$$C_0 = \frac{2 \Gamma \rho_s}{T_r (\rho_s / \rho_w - 1)} \quad (3.7)$$

$$\Gamma = P \int_{t_1}^{t_2} (k' U_b)^2 dt, \quad k' = 1/(1 - \pi \eta / \lambda), \quad P = 0.6$$

ここで, Γ : 渦の循環値, T_r : 渦の形成されている時間, t_1, t_2 : 渦の発生, 消滅の時刻であり, $t_1/T = 0, t_2/T = 7/8\pi$ としている。

波浪条件, 水深, 底質粒径が分かれば, 砂漣波高・波長および底面流速振幅が算定でき, C_0 を算定できる。この算定式は非常に簡便で, 砂漣の平面形状パターンは考慮されていないものの, 砂漣の諸元を考慮することができる。よって, 本研究では式 (3.7) を用いることとする。ただし, 橋本ほかは $P = 0.6$ としているが, 本研究で用いたデータで検証したところ P はかなりばらつきが大きい。そこで, P 値の補正を考えた。式 (3.7) 中の $P = 1$ とした場合の算定値 C_{0cal} と, 実測値 C_{0meas} の関係を図-11 に示す。図示するように実験結果は, 2つの異なるグループに分かれ, 一つは C_0 の計算値が大きいにもかかわらず, C_0 の測定値の変域が非常に狭いもの, もう一つは C_0 の計算値と測定値がほぼ1対1に対応するものである。そしてこれらは S_* の範囲によって区分される。計算値は $P = 1$ としたとき上述の差違が得られたことから, 補正係数 P として式 (3.8) のように S_* の関数を与えることとした。

$$P = 4 S_*^{-1.5} \quad (3.8)$$

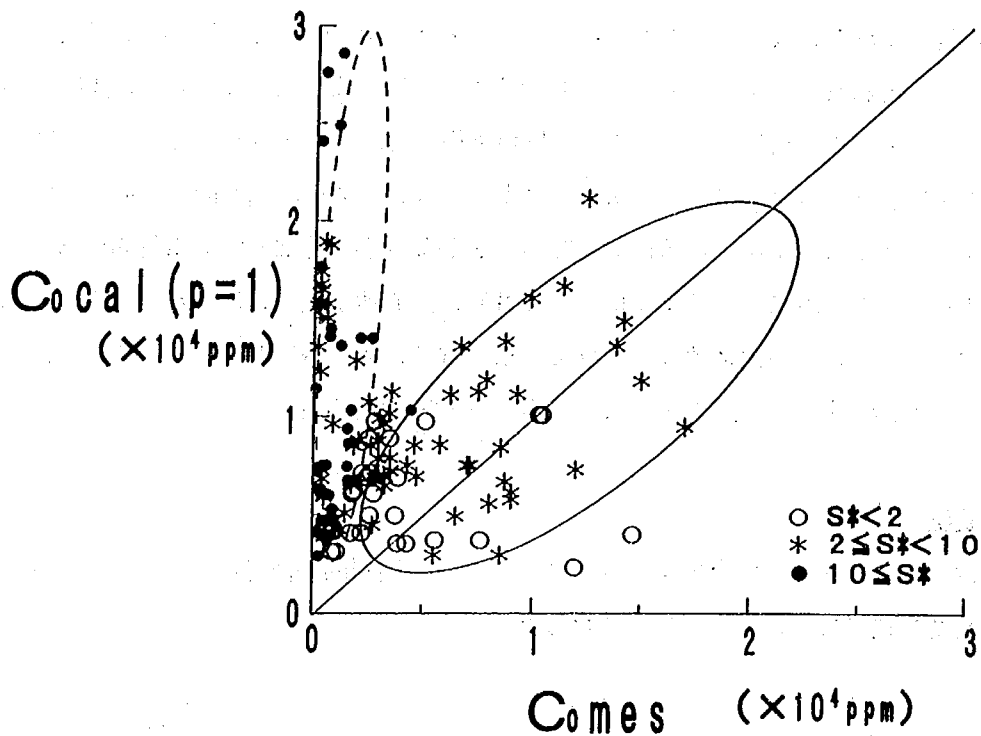


図-11 $P=1$ とした時の基準点濃度の計算値と実測値の比較

3.4 流速分布

浮遊砂を輸送する流れに関しては、潮流・海浜流および波による質量輸送が考えられる。潮流・海浜流については既往の観測データや流況計算等により、その表面流速 U_0 を知ることができる。さらに水深方向に対数則を仮定し、表面流速を境界条件とすることにより、式(3.9)に示す流速の水深方向分布が得られる。

$$u = \begin{cases} U_0 (8.5 + 1/\kappa \ln(z/k)) & (k \leq z) \\ 8.5 U_0 z/k & (0 \leq z < k) \end{cases} \quad (3.9)$$

ここで、 k は海底面の相当粗度であり、砂漣が形成されている場合は $k = D_R/15 = \eta/7.5$ で表わされる(堀川・渡辺, 1969)。

波による質量輸送速度に関しては、式(3.10)に示すLonguet-Higgins(1953)の層流解が使える。

$$u = \frac{2\pi\omega H_1^2/L}{\sinh^2(2\pi h/L)} f(p) \quad (3.10)$$

$$f(p) = (-\cos p + 0.5\sin p)e^{-p} - 0.5(\cos p + \sin p)pe^{-p} + 0.25e^{-2p} + 0.75$$

ここで、 $\omega = 2\pi/T$ 、 L : 波長、 $p = z\sqrt{\omega/2\nu}$ であり、動粘性係数 ν の代わりに式(3.5)において、 $a=2$ として求めた渦動粘性係数 ν_z を代入する(堀川・渡辺, 1968)。

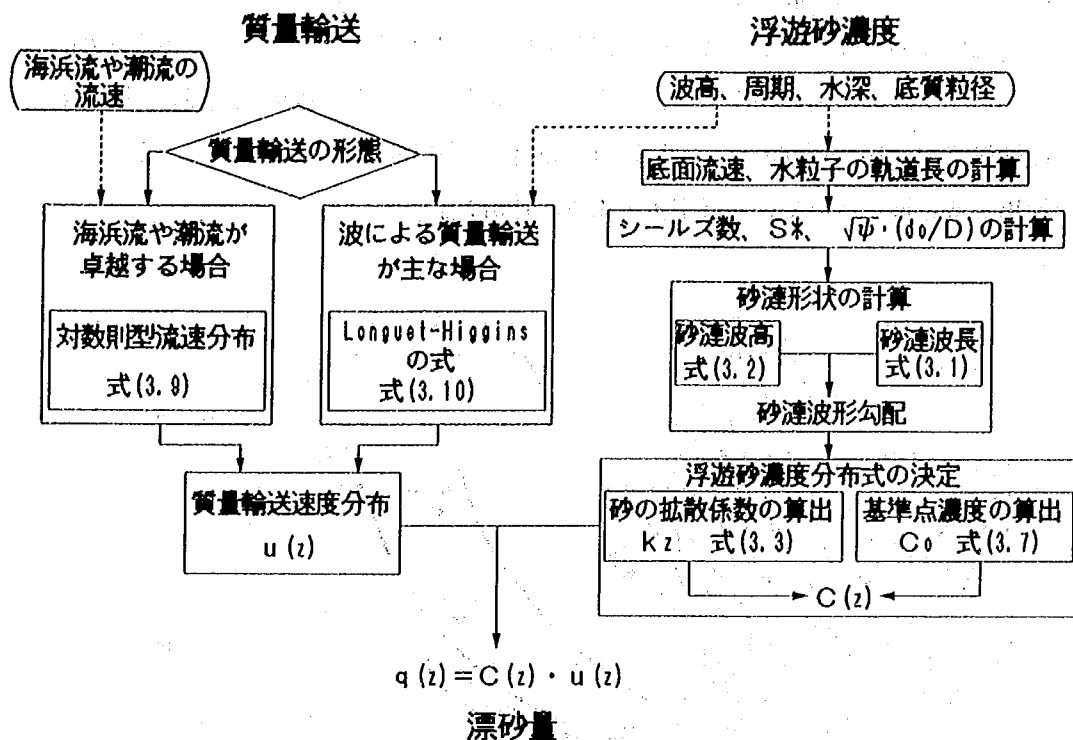


図-12 漂砂量計算の流れ図

3.5 沖浜での漂砂量の算定手順

3.1～3.4節で示した算定式を用いて、漂砂量を算定する手順を図-12に示す。漂砂量を求める地点の波浪条件、水深、底質粒径を定め、微小振幅波理論より底面流速振幅、軌道振幅、シールズ数、 S^* を算定する。次に、式(3.1)、(3.2)より砂漣の波長、波高を、式(3.3)より k_z および k_z を算定する。式(3.7)より、基準点の浮遊砂濃度分布を求められるから、渦層外縁より上方について求めた k_z 、 C_0 を式(2.5)の浮遊砂濃度分布に代入する。こうして、浮遊砂濃度分布が決定される。質量輸送速度については、海浜流や潮流の卓越が考えられる場合は式(3.9)の対数型の流速分布を求め、卓越する流れが無い場合は式(3.10)の質量輸送速度を求める。最後に浮遊砂濃度分布と流速分布の積を鉛直方向に積分することにより、漂砂量 Q が得られる。

3.6 駿河海岸における漂砂量の推算

駿河海岸や下新川海岸では、海底谷の谷頭が海岸線近くまで迫っており、大量の土砂が谷頭付近に一旦堆積した後海底谷へ流出すると報告されている(宇多・小俣, 1989)。ここでは、前節で開発した浮遊砂濃度分布モデルを用いて、駿河海岸の海底谷への土砂流出量の算定を試み、算定結果と既往の調査結果との比較を試みる。

大井川河口の北方8.1kmに位置する測点No.12地点では、南谷の谷頭が海岸線近くに迫るとともに、この谷頭へ向かって等深線が張り出している。南谷頭部とその北側に位置する測点における中央粒径の等分布

線を図-13に示す。水深約10m～25mの範囲において、中央粒径の等分布線は海底谷へ向かって凸型を示し、その中央に底質の粗粒領域が形成されている。これは土砂移動の経路を示すと見られる。また、これより中央粒径 0.2mm程度の微細粒分が海底谷へ流出していることが分かる。さらに、宇多・小俣はトレーサーの追跡調査から、土砂の移動経路を図-14のように推定した。また土砂の流出量に関しては、大井川港方面からの漂砂量 $5.4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ のうち、 $1.1 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{yr}$ が小川漁港南側に堆積し、残り $4.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ が海底谷へと流出すると推定されている（宇多・山本，1991）。

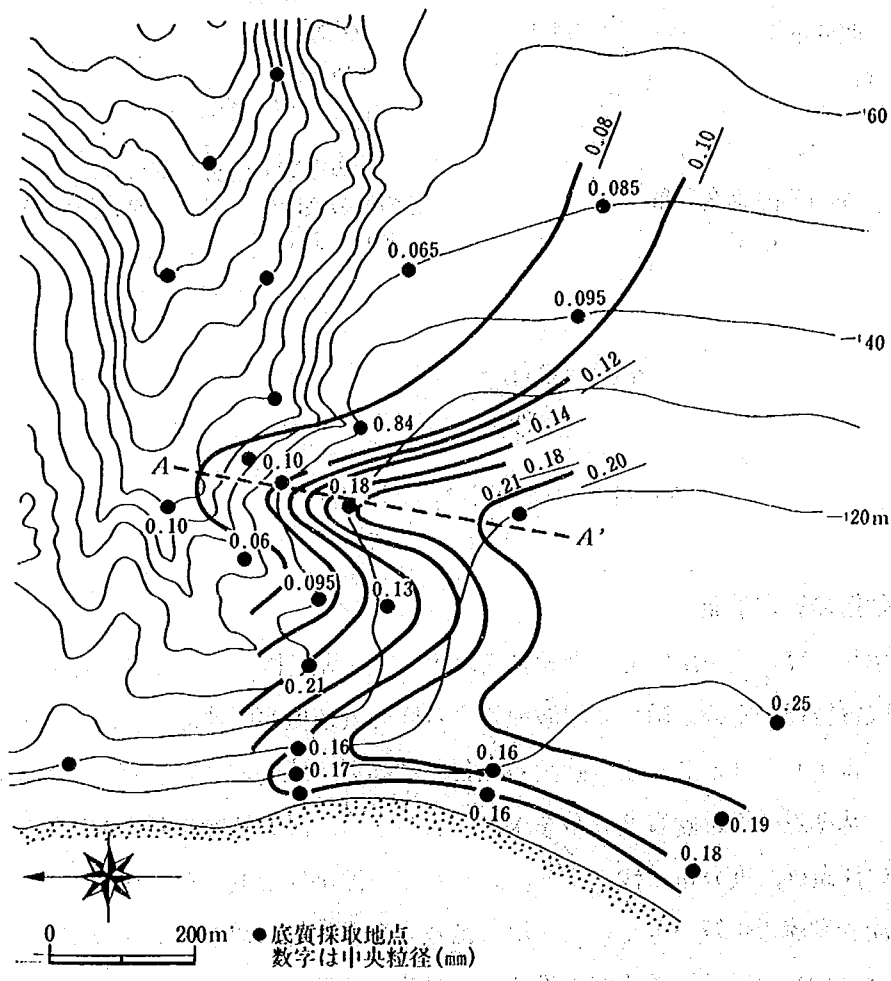


図-13 駿河海岸海底谷付近における泥含有率分布

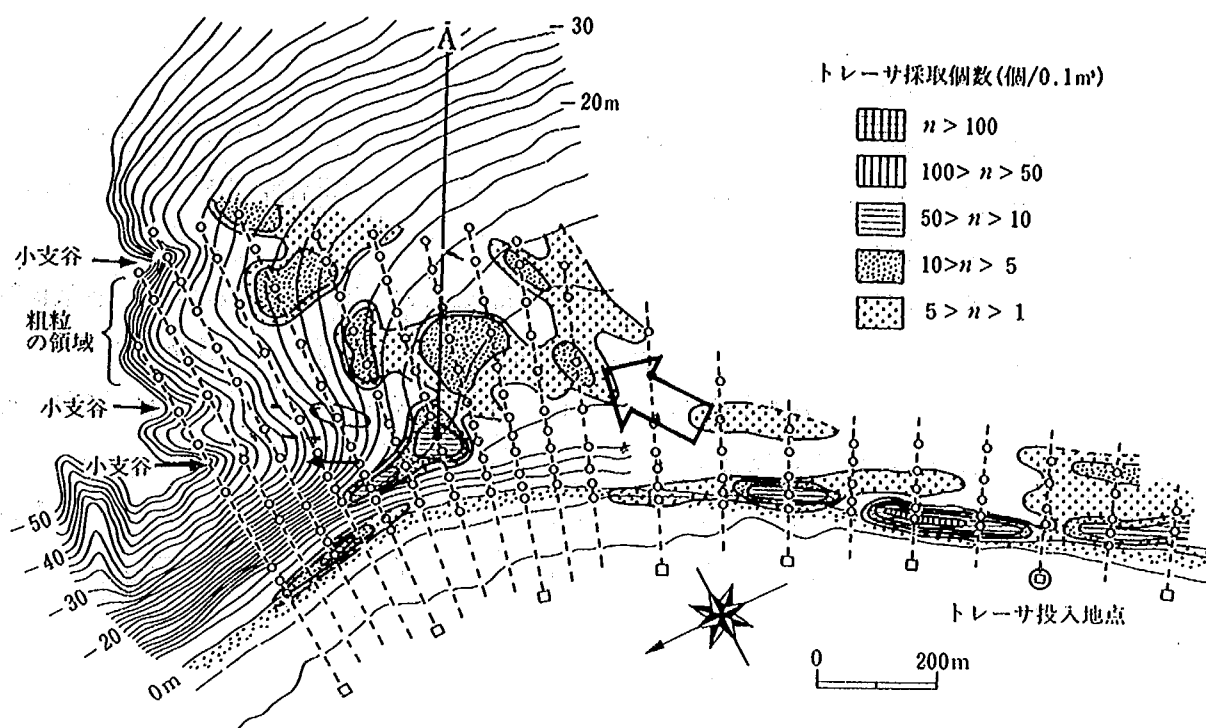


図-14 駿河海岸での土砂移動の経路図

ここでは、1年間の土砂流出砂量を算定するため、砂漣上で生じた浮遊砂が海浜流により運ばれるものとし、図-14に示すA断面を横切る漂砂量を求める。波浪条件については、駿河海岸沖の海洋観測施設（水深7.5m）における1989年の資料について波高が2m以上となる頻度を海象年表（建設省河川局海岸課，1990）をもとに調べ、波高・周期とその継続時間を表-2のように設定した。ただし、周期に関してはこれらの波高の頻度が集中する10sとした。谷頭部における海浜流速に関して、宇多・小俣は $H_{1/3}=4\text{m}$ ， $T=10\text{s}$

表-2 漂砂量計算の波浪条件と波の継続時間

$H(\text{m})$	$T(\text{s})$	継続時間(hr)
2.25	10	92
2.75	10	53
3.25	10	12
4.25	10	1

の条件で数値計算を行い、0.8m/sという値を得た。また、宇多・山本（1991）は模型実験より、 $H_{1/3}=2.3\text{m}$ ， $T=9\text{s}$ の条件で約0.7m/sを得ている。これらより、 $H_{1/3}=2.5\text{m}$ $T=10.5\text{s}$ 時の海浜流速を約0.7m/sと仮定する。この値を表面流速として、水深方向に対数型の流速分布を設定する。また、底質条件に関しては宇多・小俣の調査結果より、0.2mmとする。以上の結果流出土砂量の算定結果は $2.9 \times 10^4 \text{ m}^3$ となり、1年間の駿河海岸の海底谷への流出土砂量 $4.3 \times 10^4 \text{ m}^3$ よりいくぶん少ない。しかし、オーダー的にはほぼ妥当な値を与えていると思われる。

4. 結 論

本研究の主要な成果は以下のようである。

- ① 海底面に形成される砂澁の形状や諸元は、砂澁上の浮遊砂濃度および流速分布に大きな影響を持つ。本研究では、佐藤ほかの研究成果とMadsen・Grant の提案した S_* を分類指標に用いて、砂澁波高・波長の算定を導くことができた。
- ② 浮遊砂濃度分布に関しては、定常1次元モデルに基づく指数関数型濃度分布を仮定した。拡散係数は渦動粘性係数に比例するとして、渦動粘性係数をKajiura モデルの内層の値とし、比例定数をシールズ数で場合分けして決定した。また基準点濃度に関しては、橋本の式を補正した式を導いた。これらを組み合わせて沖浜での漂砂量の算定式を求めた。
- ③ 駿河海岸の和田鼻における1年間の土砂流出量を算定したところ、 $2.9 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ という値が得られた。この値は海底谷への年間流出量 $4.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ とオーダー的に等しいものであった。

参 考 文 献

- 足立昭平 (1964) : 人工粗度の実験的研究, 土木学会論文集, 第104号, pp. 33-44.
- 伊福 誠・柿沼忠男・後藤博光 (1988) : 波動場における浮遊砂濃度分布と漂砂量, 第35回海岸工学講演会論文集, pp. 317-321.
- 入江 功・寺崎賢次・加藤一正 (1985) : 砂れん上の底質の浮遊に着目した漂砂観測法について, 第32回海岸工学講演会論文集, pp. 360-364.
- 宇多高明・小俣 篤 (1989) : 海岸から深海への土砂損失機構調査報告書, 土木研究所資料, 第2730号, 80p.
- 宇多高明・小俣 篤・川村哲也・桂川哲行 (1991) : スリット式消波構造物の消波性能, 作用波力および洗掘機構に関する研究, 土木研究所資料, 第3020号, 76p.
- 宇多高明・山本幸次 (1991) : 駿河海岸の侵食実態と海底谷への土砂流出対策工に関する調査報告書, 土木研究所資料, 第3032号, 62p.
- 大塚謙一・加賀美英雄・本座栄一・奈須紀幸・小林見吉 (1973) : 相模湾の海底地滑りと乱泥流, 海洋科学, Vol. 5, No. 7, pp. 14-20.
- 小笹博昭・A. H. Brumpton (1979) : 護岸のある海浜の汀線変化数値計算, 港湾技術研究所報告, 第18巻, 第4号, pp. 77-104.
- 河田恵昭・白井 亮・吉岡 洋・伊藤政博・土屋義人 (1990) : 高波浪時の海底微地形の観測, 海岸工学論文集, 第37巻, pp. 329-333.
- 河田恵昭・西 良一 (1991) : 掃流・浮遊漂砂の接続法と全漂砂量の算定, 海岸工学論文集, 第38巻, pp. 221-225.
- 榊山 勉・清水隆夫・鹿島達一・斎藤昭三・丸山康樹 (1984) : 大型造波水路における砂澁の形状特性と消滅限界, 第31回海岸工学講演会論文集, pp. 381-385.
- 佐藤慎司・堀川清司 (1984) : 非対称振動流下における砂澁上の砂移動に関する実験的研究, 第31回海岸工学講演会論文集, pp. 286-290.
- 佐藤慎司・伊藤春起・渡辺 晃 (1985) : 非対称振動流下における砂の移動機構と漂砂量に関する実験的研究, 第32回海岸工学講演会論文集, pp. 283-287.
- 佐藤慎司・美谷邦章・渡辺 晃 (1986) : 不規則振動流下における砂澁形状と漂砂量, 第33回海岸工学講演会論文集, pp. 228-232.
- 佐藤慎司・杉浦志樹・渡辺 晃 (1987) : 不規則振動流中における砂移動機構と砂澁の消滅限界, 第34回海岸工学講演会論文集, pp. 246-250.
- 沢本正樹・山口清一 (1979) : 波によって生じる砂澁近くの流れのモデル化と浮遊砂濃度の算定法, 土木学会論文報告集, 第288号, pp. 107-113.
- 沢本正樹・山下俊彦・北村 匡 (1981) : 砂澁上の乱れ強度分布と浮遊砂濃度分布, 第28回海岸工学講演

会論文集, pp. 232-236.

砂村継夫・坂東浩造・堀川清司(1978): 非対称砂れん上での砂移動機構と漂砂量に関する実験的研究, 第25回海岸工学講演会論文集, pp. 250-254.

武内達夫・宇多高明・中島秀樹・青山春男(1984): 駿河海岸における海浜地形変化の解析, 第31回海岸工学講演会論文集, pp. 360-364.

武田一郎(1986): 砂質浅海底における砂れん型と砂移動, 地理学評論, Vol. 59 (Ser. A), No. 11, pp. 664-671.

辻本剛三・市山 誠・早川典生・福岡祐介・中村由行(1989): 乱流モデルによる砂漣上の浮遊砂濃度と浮遊砂輸送機構, 海岸工学論文集, 第36巻, pp. 284-293.

土屋昭彦・星畑国松・本間勝一(1971): 河川からの流出土砂量, 防災科学技術総合研究報告, 第25号, pp. 35-41.

土屋義人・山口正隆・白井 亨・河田恵昭・芝野照夫・山下隆男・A. R. Syamsudin(1981): 富山県宮崎海岸の海浜過程について, 京大防災研究所年報, 第24号, B-2, pp. 433-473.

橋本 宏・辻本剛三・早川典生(1982): 大規模砂漣上の流速分布と浮遊砂濃度, 第29回海岸工学講演会論文集, pp. 244-248.

野田英明(1967): 波による底質の浮遊, 第14回海岸工学講演会講演集, pp. 306-314.

早川典生・多仁政芳・涌井正樹(1985): 砂漣上の砂移動機構と岸沖漂砂量公式の検討, 第32回海岸工学講演会論文集, pp. 288-292.

Pena-Santana, P. G.・渡辺 晃・磯辺雅彦(1990): 振動乱流境界層における流れと浮遊砂移動の数値シミュレーション法の検討, 海岸工学論文集, 第37巻, pp. 264-268.

細井正延・稲垣青生(1975): 進行波による浮遊砂の濃度分布について, 第22回海岸工学講演会論文集, pp. 325-328.

堀川清司・砂村継夫(1972): 千葉県屏風ヶ浦の海岸侵食について(3), 第19回海岸工学講演会講演集, pp. 13-17.

堀川清司・渡辺 晃(1966): 波による砂移動に関する一考察, 第13回海岸工学講演会講演集, pp. 126-134.

堀川清司・渡辺 晃(1968): 表面波による振動流境界層に関する実験的研究, 第15回海岸工学講演会講演集, pp. 16-23.

町田 貞・井口正男・松本栄次・石井孝行・池田 宏(1972): 伊豆下田, 多々戸海岸における砂れん型とその配列, 地理学評論, Vol. 45, No. 3, pp. 216-228.

山下俊彦・沢本正樹・横山博美(1984): 非定常流による平坦床漂砂量と砂の移動機構に関する実験的研究, 第31回海岸工学講演会論文集, pp. 281-285.

米山 晋・沢本正樹・山下俊彦(1980): 波動下での砂漣上の乱れ分布と浮遊砂の拡散, 第35回年次学術講演会講演概要集, pp. 85-86.

渡辺 晃・先瀬正成・磯部雅彦(1989): 波・流れ共存場における砂漣形状と漂砂量, 海岸工学論文集,

第36卷, pp.299—303.

- C E R C (Coastal Eng. Res. Center) (1977) : Shore protection manual, U. S. Army Corps of Engrs., U. S. Govt. Printing Office.
- Dingler, J. R. and D. L. Inman (1976) : Waveformed ripples in nearshore sands, Proc. 15th Conf. Coastal Eng., pp.2109—2126.
- Grant, W. D. and O. S. Madsen (1982) : Movable bed roughness in unsteady oscillatory flow, Jour. Geophys. Res., Vol.87, No.C1, pp.469—481.
- Hayakawa, N., G. Tsujimoto and H. Hashimoto (1983) : Velocity distribution and suspended sediment concentration over large scale ripples, Coastal Eng. Japan, Vol.26, pp.91—100.
- Homma, M. and K. Horikawa (1963) : Suspended sediment due to wave action, Proc. 8th conf. Coastal Eng., pp.168—192.
- Homma, M. and K. Horikawa and R. Kajima (1965) : A study on suspended sediment due to wave action, Coastal Eng. Japan, Vol.8, pp.85—103.
- Horikawa, K. and A. Watanabe (1970) : Turbulence and sediment concentration due to wave, Coastal Eng. Japan, Vol.13, pp.15—24.
- Inman, D. L. (1957) : Wave-generated ripples in the nearshore sand, Beach Erosion Board, Tech. Memo. No.100, pp.1—42, appendix pp.1—23.
- Inman, D. L. and C. E. Nordstorm (1976) : Currents in submarine canyon, Annual Review of Fluid Mech., Vol.8, pp.275—310.
- Kajiura, K. (1968) : A Model of the Boundary Layer in Water Waves, Bull. Earthquake Res. Inst., Univ. of Tokyo, Vol.46, pp.75—123.
- Kaneko, A. (1980) : The wavelength of oscillation sand ripples, Rep. Res. Inst. Applied Mech., Kyushu Univ., Vol.XXVIII, No.88, pp.57—71.
- Kennedy, J. F. and Locher, F. A. (1972) : Sediment Suspension by Water Waves, Waves on Beaches and Resulting Sediment Transport, Academic Press, pp.249—295.
- Longuet-Higgins, M. S. (1953) : Mass Transport in Water Waves, Phill. Trans. of Royal Soc., London, Series. A, No.903, Vol.245, pp.538—581.
- Matsunaga, N. and H. Honji (1980) : Formation Mechanism of brick-pattern ripples, Rep. Res. Inst. Applied Mech., Kyushu Univ., Vol.XXVIII, No.88, pp.27—38.
- Mogridge, G. R. and J. W. Kamphuis (1973) : Experiments on bed form generation by wave action, proc. 13th Conf. Coastal Eng., pp.1123—1142.
- Nakato, T., F. A. Locher, J. R. Glover and J. F. Kennedy (1977) : Wave entrainment of sediment from rippled beds, Proc. ASCE, Vol.103, No.WW1, pp.83—99.
- Nielsen, P. (1981) : Dynamics and geometry of wave-generated ripples, Jour. Geophys. Res., Vol.86, No.C7, pp.6467—6472.

- Nielsen, P. (1984) : Field measurements of time-averaged suspended sediment concentrations under waves, Coastal Eng, Vol.8, Elsevier Science Publishers B. V., pp.51 -72.
- Skafel, M. G. and B. G. Krishnappan (1984) : Suspended sediment distribution in wave field, Jour. Waterway, port, coastal and Ocean Eng., Vol.110, No.2, pp.215-230.
- Tanaka, H. and N. Shuto (1984) : Sand movement due to wave-current combined motion, Coastal Eng. Japan, Vol.27, pp.179-191.
- Wright, L. D., J. D. Boon, S. C. Kim and J. H. List (1991) : Modes of cross-shore sediment transport on the shoreface of the middle Atlantic Bight, Marine Geology, 96, 19-51, pp.19 -40.

参 考 資 料

- 建設省河川局海岸課 (1990) : 海象年表 (第11回) 平成元年版, pp.200-201.

付 録

〔1〕 浮遊砂濃度分布（実測値と計算値）

以下ではシールス数 ψ の小さい順に浮遊砂濃度分布を示す。 ψ の変域は0.04より0.27の間である。

- 付図-1 浮遊砂濃度分布
($T=3.0s$, $D=0.57mm$, $u_m=25.5cm/s$, $\phi=0.04$)
- 付図-2 浮遊砂濃度分布
($T=3.0s$, $D=0.18mm$, $u_m=18.1cm/s$, $\phi=0.06$)
- 付図-3 浮遊砂濃度分布
($T=2.0s$, $D=0.20mm$, $u_m=19.0cm/s$, $\phi=0.06$)
- 付図-4 浮遊砂濃度分布
($T=2.5s$, $D=0.50mm$, $u_m=30.0cm/s$, $\phi=0.07$)
- 付図-5 浮遊砂濃度分布
($T=1.0s$, $D=0.21mm$, $u_m=20.0cm/s$, $\phi=0.08$)
- 付図-6 浮遊砂濃度分布
($T=3.0s$, $D=0.57mm$, $u_m=35.0cm/s$, $\phi=0.08$)
- 付図-7 浮遊砂濃度分布
($T=1.6s$, $D=0.20mm$, $u_m=22.0cm/s$, $\phi=0.09$)
- 付図-8 浮遊砂濃度分布
($T=2.0s$, $D=0.20mm$, $u_m=23.0cm/s$, $\phi=0.09$)
- 付図-9 浮遊砂濃度分布
($T=3.0s$, $D=0.33mm$, $u_m=30.3cm/s$, $\phi=0.09$)
- 付図-10 浮遊砂濃度分布
($T=3.9s$, $D=0.50mm$, $u_m=38.0cm/s$, $\phi=0.09$)
- 付図-11 浮遊砂濃度分布
($T=4.0s$, $D=0.57mm$, $u_m=39.4cm/s$, $\phi=0.09$)
- 付図-12 浮遊砂濃度分布
($T=1.0s$, $D=0.21mm$, $u_m=22.0cm/s$, $\phi=0.10$)
- 付図-13 浮遊砂濃度分布
($T=3.0s$, $D=0.57mm$, $u_m=41.9cm/s$, $\phi=0.10$)
- 付図-14 浮遊砂濃度分布
($T=6.0s$, $D=0.50mm$, $u_m=43.0cm/s$, $\phi=0.10$)
- 付図-15 浮遊砂濃度分布
($T=3.0s$, $D=0.50mm$, $u_m=40.0cm/s$, $\phi=0.11$)
- 付図-16 浮遊砂濃度分布
($T=1.0s$, $D=0.21mm$, $u_m=25.0cm/s$, $\phi=0.12$)
- 付図-17 浮遊砂濃度分布
($T=1.6s$, $D=0.20mm$, $u_m=26.0cm/s$, $\phi=0.12$)

付図-18 浮遊砂濃度分布

$$(T=2.0s, D=0.20mm, u_m=28.0cm/s, \phi=0.12)$$

付図-19 浮遊砂濃度分布

$$(T=4.0s, D=0.18mm, u_m=29.2cm/s, \phi=0.12)$$

付図-20 浮遊砂濃度分布

$$(T=7.0s, D=0.18mm, u_m=31.0cm/s, \phi=0.12)$$

付図-21 浮遊砂濃度分布

$$(T=3.0s, D=0.18mm, u_m=29.1cm/s, \phi=0.13)$$

付図-22 浮遊砂濃度分布

$$(T=4.7s, D=0.50mm, u_m=48.0cm/s, \phi=0.13)$$

付図-23 浮遊砂濃度分布

$$(T=4.0s, D=0.26mm, u_m=37.1cm/s, \phi=0.14)$$

付図-24 浮遊砂濃度分布

$$(T=5.0s, D=0.26mm, u_m=37.9cm/s, \phi=0.14)$$

付図-25 浮遊砂濃度分布

$$(T=5.0s, D=0.40mm, u_m=47.3cm/s, \phi=0.15)$$

付図-26 浮遊砂濃度分布

$$(T=6.0s, D=0.18mm, u_m=36.3cm/s, \phi=0.16)$$

付図-27 浮遊砂濃度分布

$$(T=3.0s, D=0.50mm, u_m=50.0cm/s, \phi=0.16)$$

付図-28 浮遊砂濃度分布

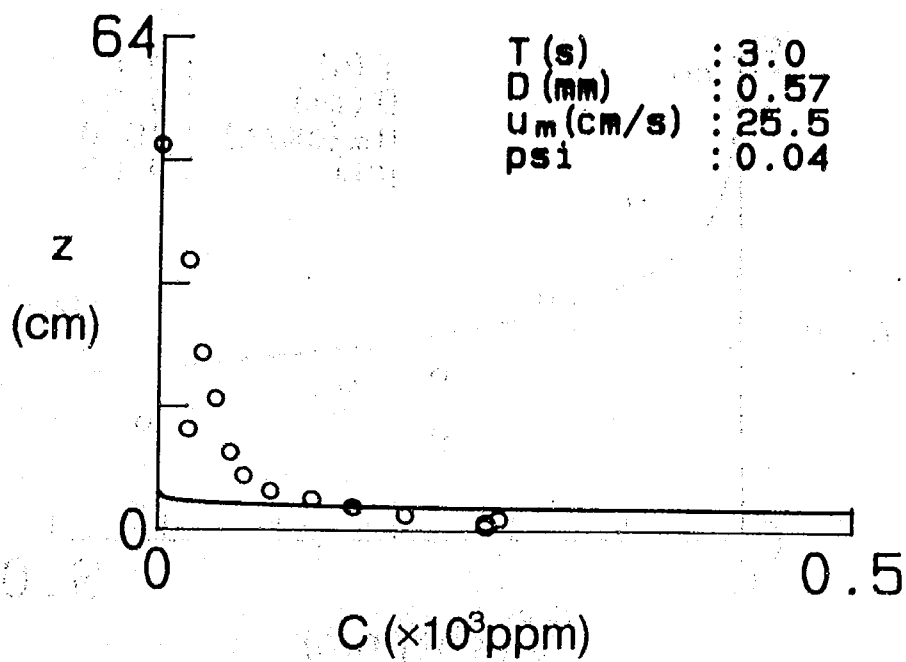
$$(T=1.6s, D=0.20mm, u_m=32.0cm/s, \phi=0.17)$$

付図-29 浮遊砂濃度分布

$$(T=7.6s, D=0.50mm, u_m=59.0cm/s, \phi=0.17)$$

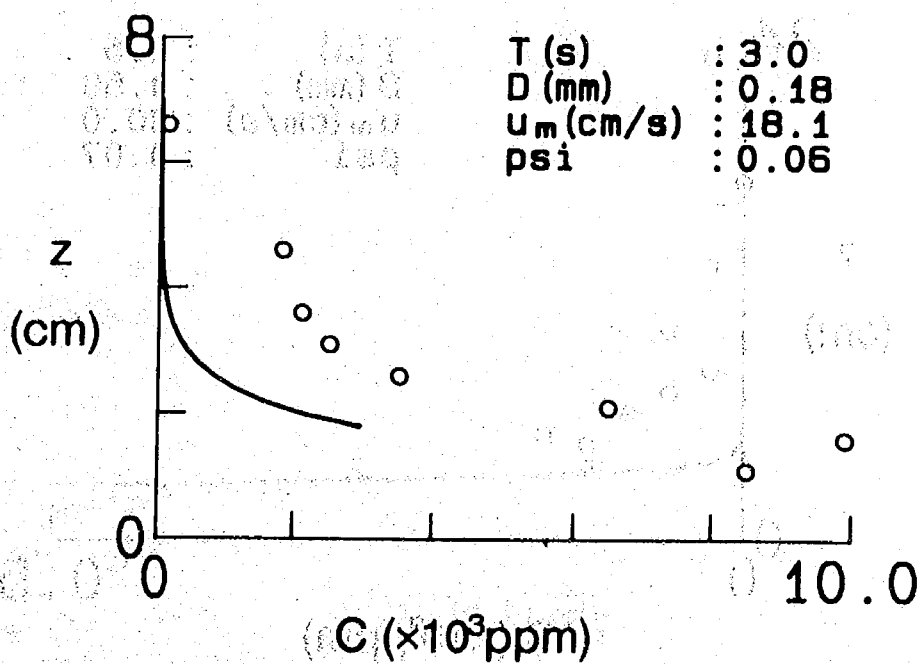
付図-30 浮遊砂濃度分布

$$(T=9.0s, D=0.30mm, u_m=63.0cm/s, \phi=0.27)$$



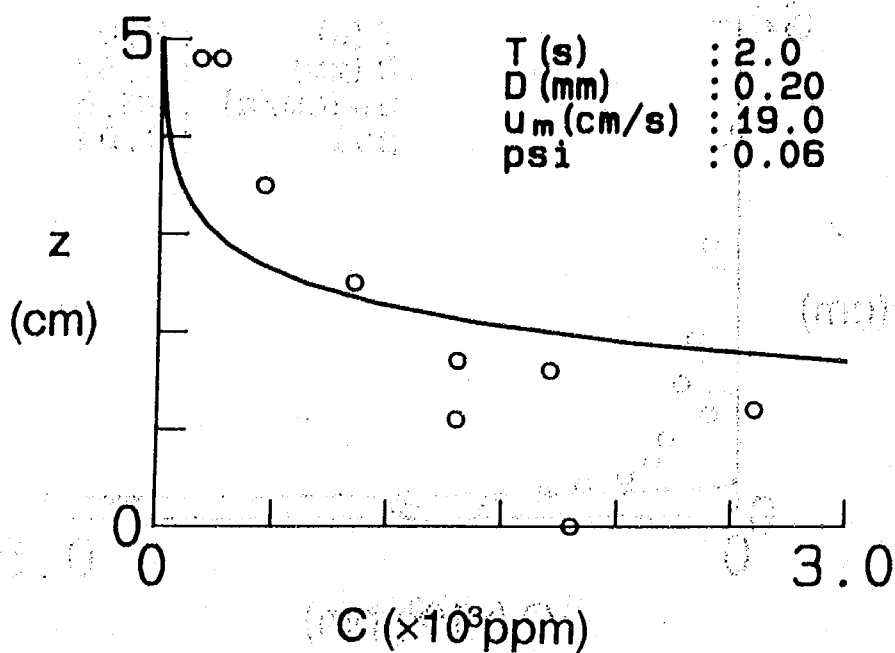
付図-1 浮遊砂濃度分布

($T=3.0s$, $D=0.57mm$, $u_m=25.5cm/s$, $\phi=0.04$)



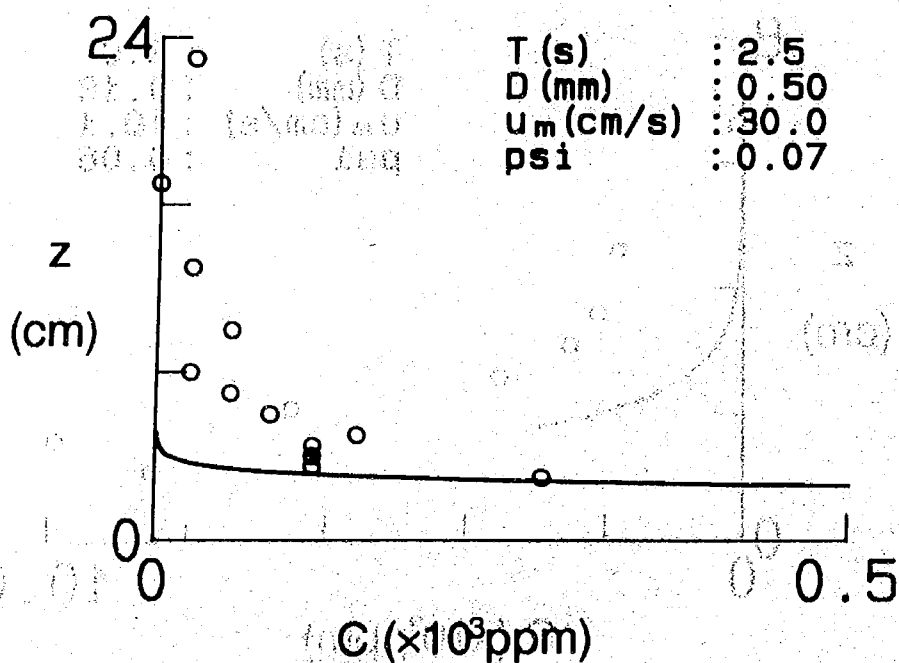
付図-2 浮遊砂濃度分布

($T=3.0s$, $D=0.18mm$, $u_m=18.1cm/s$, $\phi=0.06$)



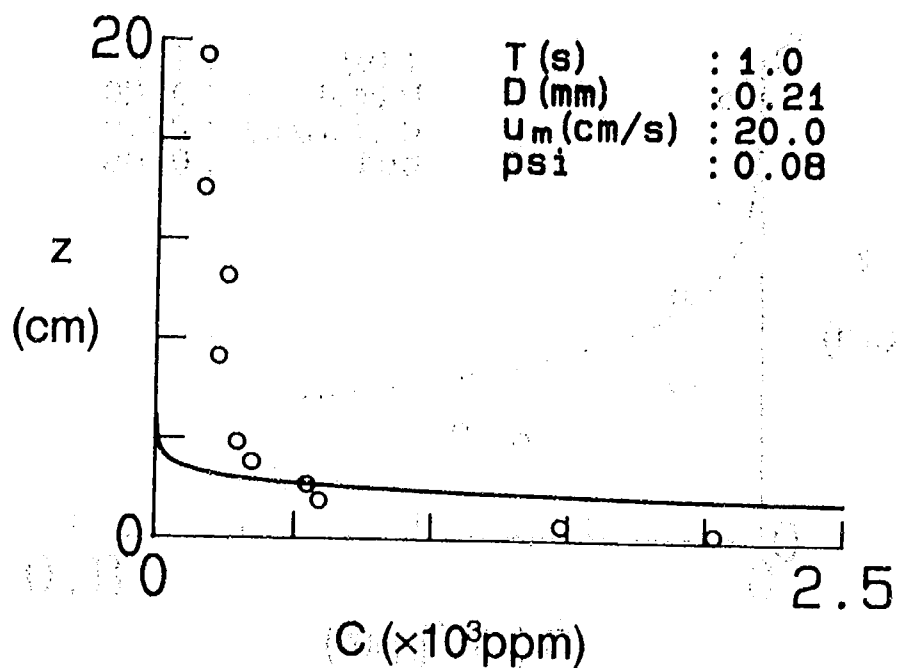
付図-3 浮遊砂濃度分布

($T=2.0$ s, $D=0.20$ mm, $u_m=19.0$ cm/s, $\psi=0.06$)



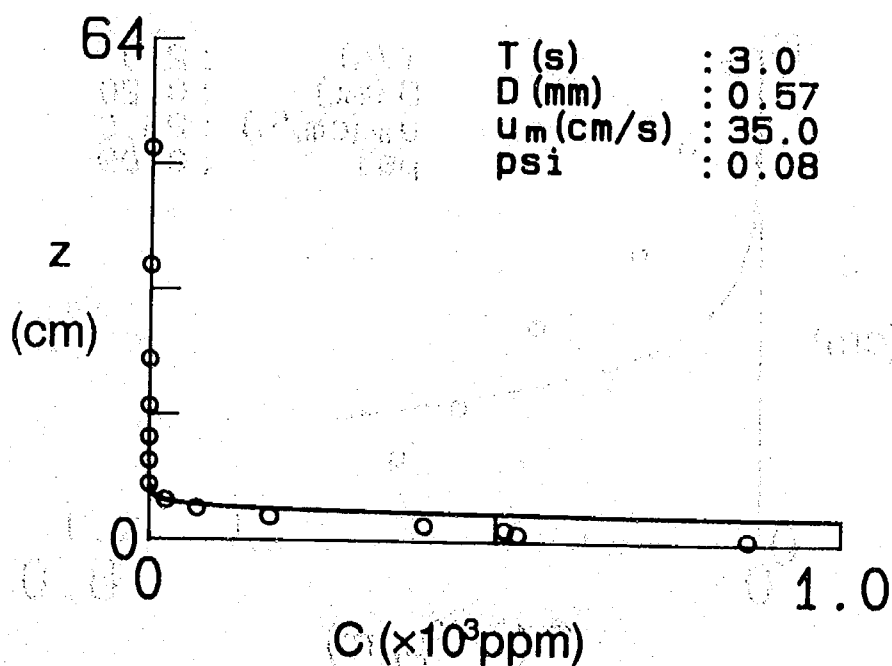
付図-4 浮遊砂濃度分布

($T=2.5$ s, $D=0.50$ mm, $u_m=30.0$ cm/s, $\psi=0.07$)



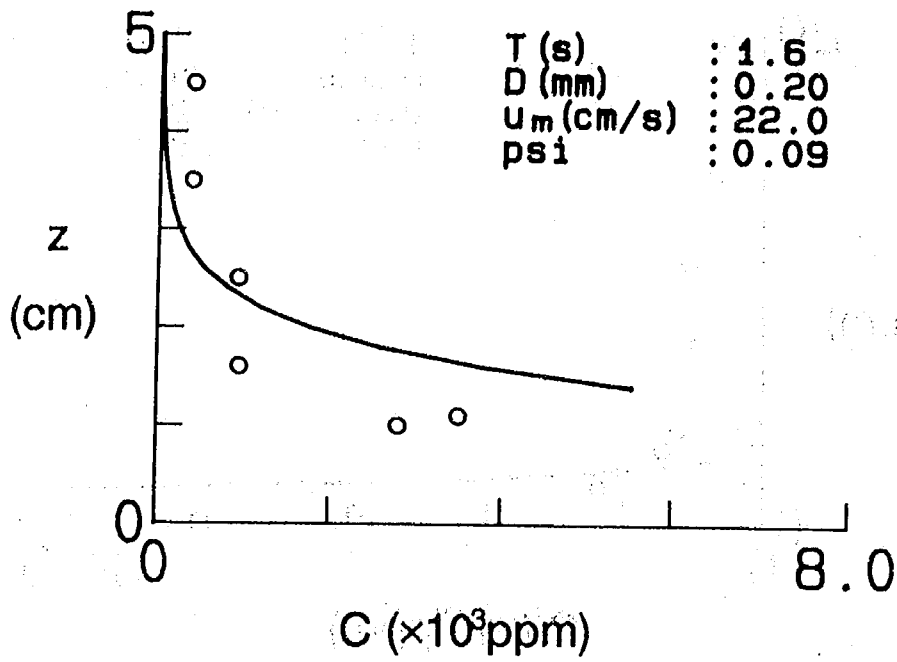
付図-5 浮遊砂濃度分布

($T=1.0$ s, $D=0.21$ mm, $u_m=20.0$ cm/s, $\phi=0.08$)



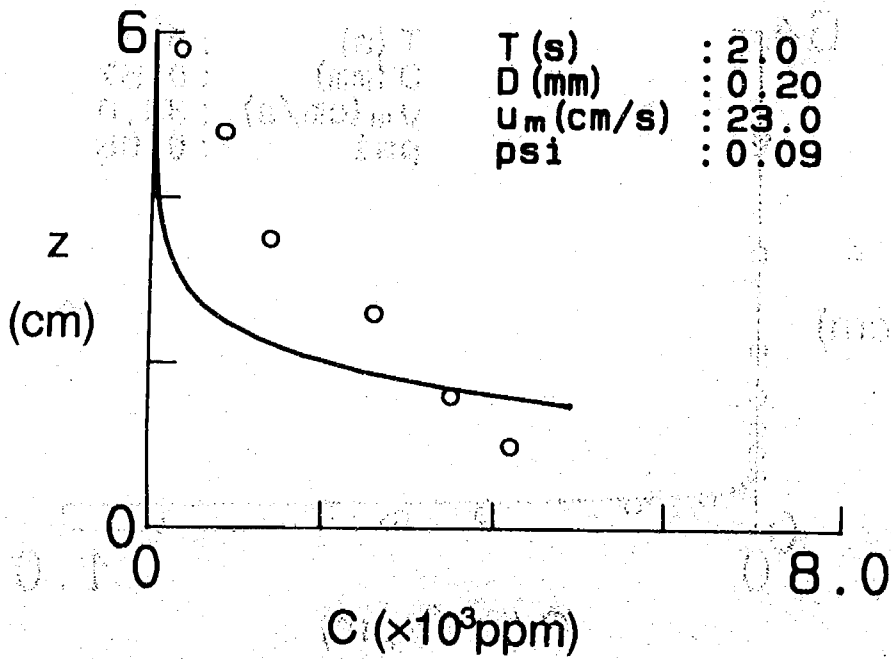
付図-6 浮遊砂濃度分布

($T=3.0$ s, $D=0.57$ mm, $u_m=35.0$ cm/s, $\phi=0.08$)



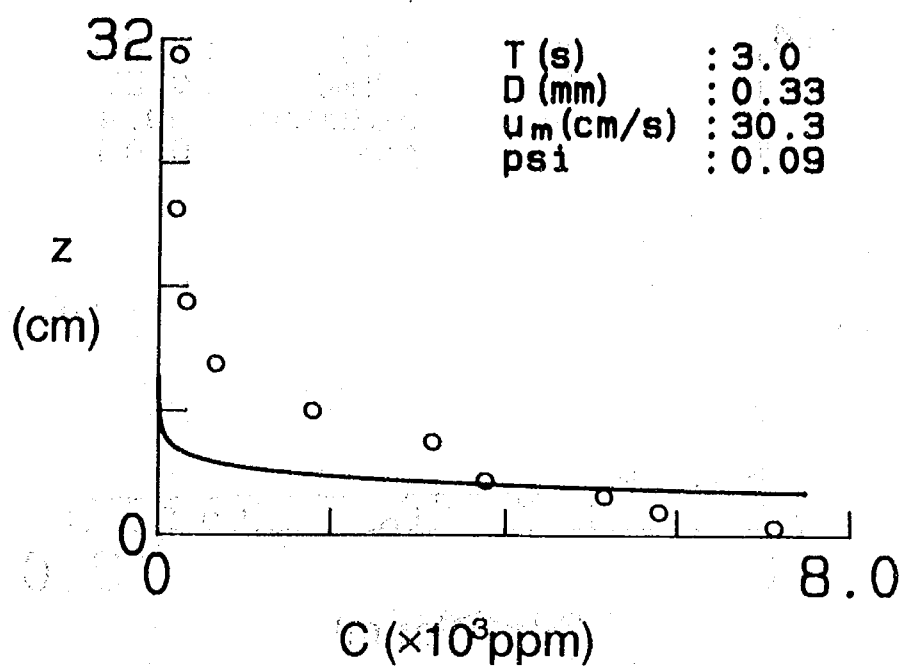
付図-7 浮遊砂濃度分布

($T=1.6$ s, $D=0.20$ mm, $u_m=22.0$ cm/s, $\psi=0.09$)



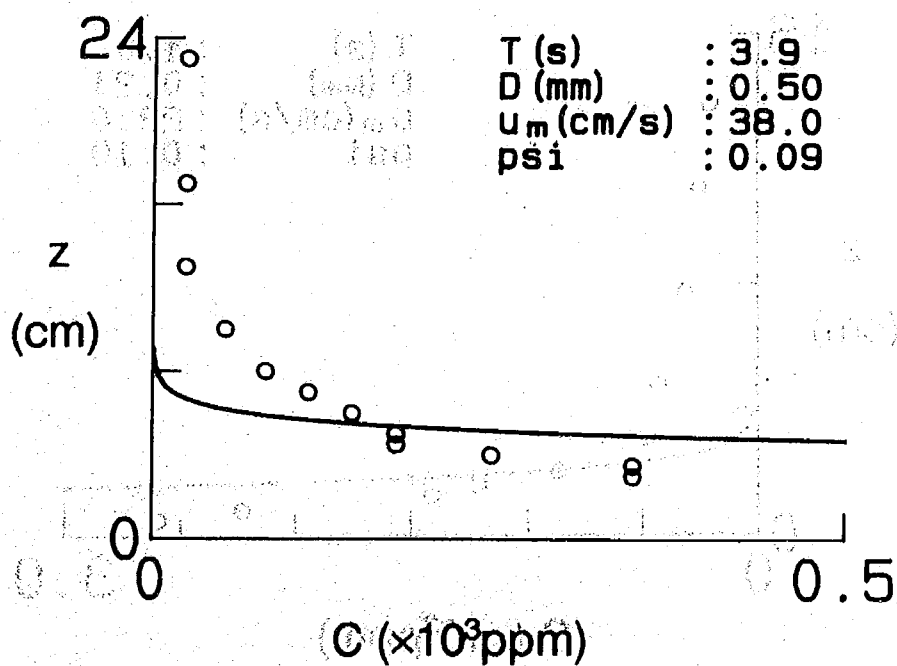
付図-8 浮遊砂濃度分布

($T=2.0$ s, $D=0.20$ mm, $u_m=23.0$ cm/s, $\psi=0.09$)



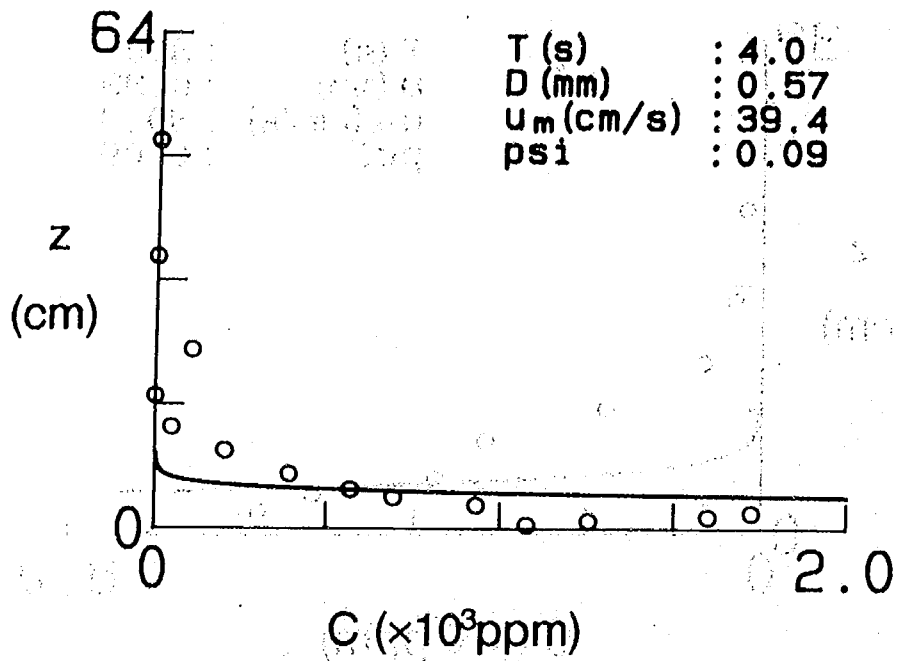
付図-9 浮遊砂濃度分布

($T=3.0$ s, $D=0.33$ mm, $u_m=30.3$ cm/s, $\psi=0.09$)



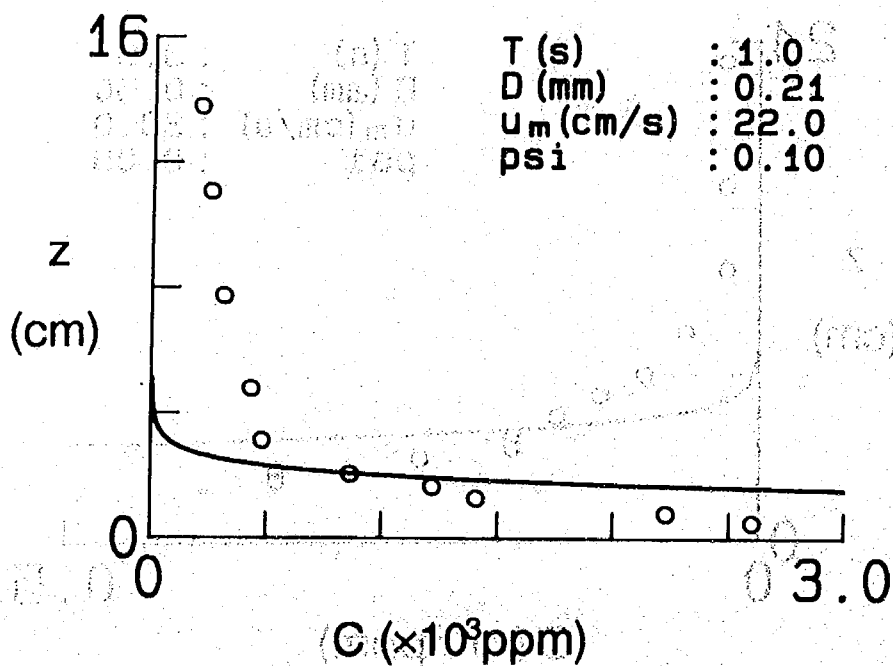
付図-10 浮遊砂濃度分布

($T=3.9$ s, $D=0.50$ mm, $u_m=38.0$ cm/s, $\psi=0.09$)



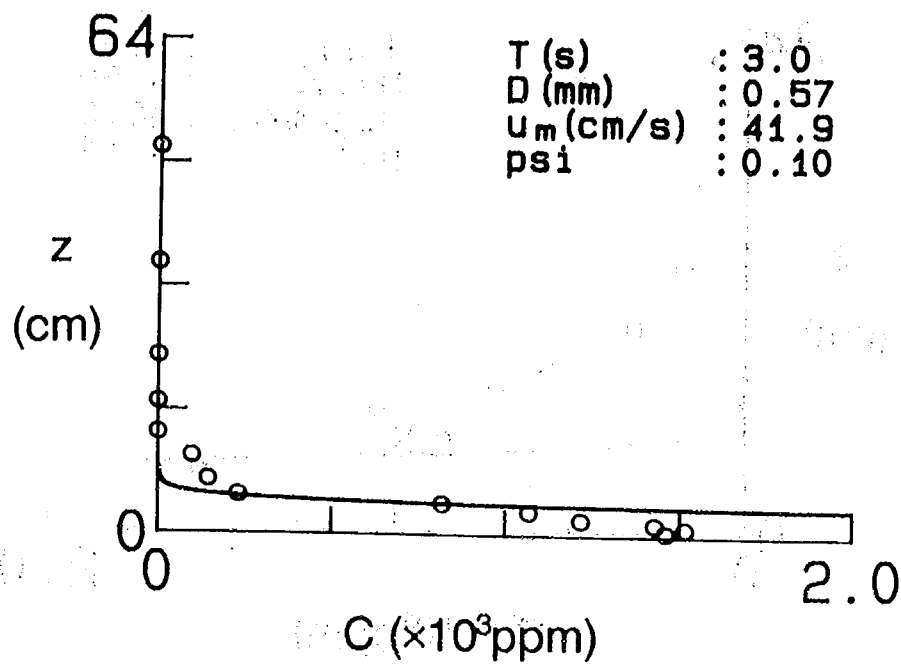
付図-11 浮遊砂濃度分布

($T=4.0s$, $D=0.57mm$, $u_m=39.4cm/s$, $\phi=0.09$)



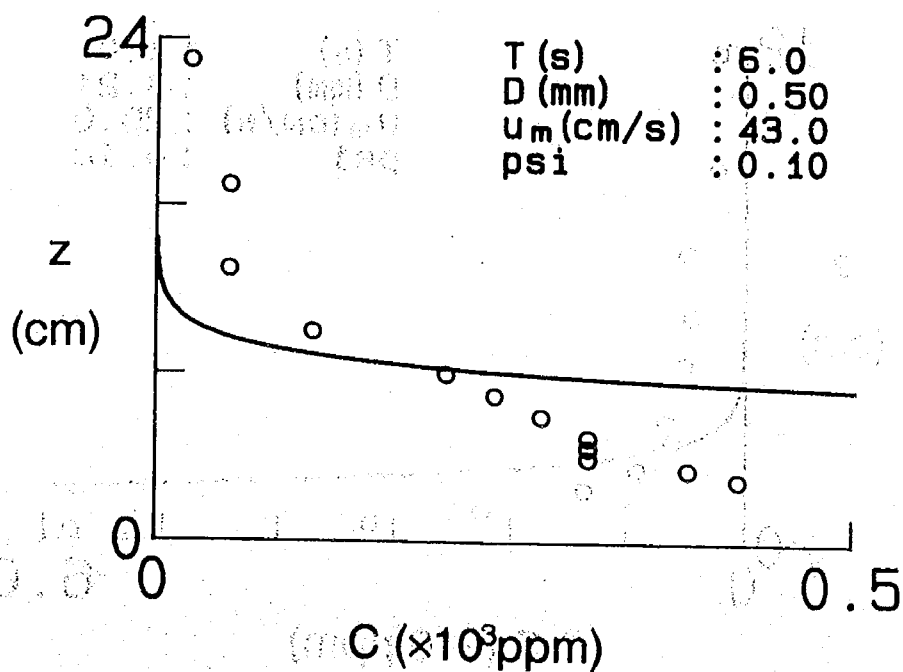
付図-12 浮遊砂濃度分布

($T=1.0s$, $D=0.21mm$, $u_m=22.0cm/s$, $\phi=0.10$)



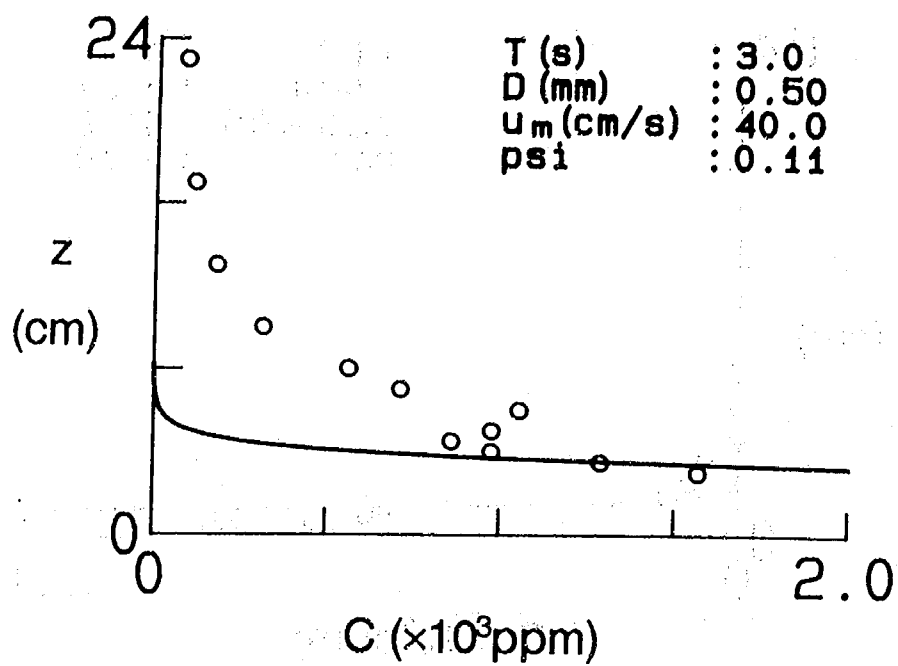
付図-13 浮遊砂濃度分布

($T=3.0$ s, $D=0.57$ mm, $u_m=41.9$ cm/s, $\phi=0.10$)



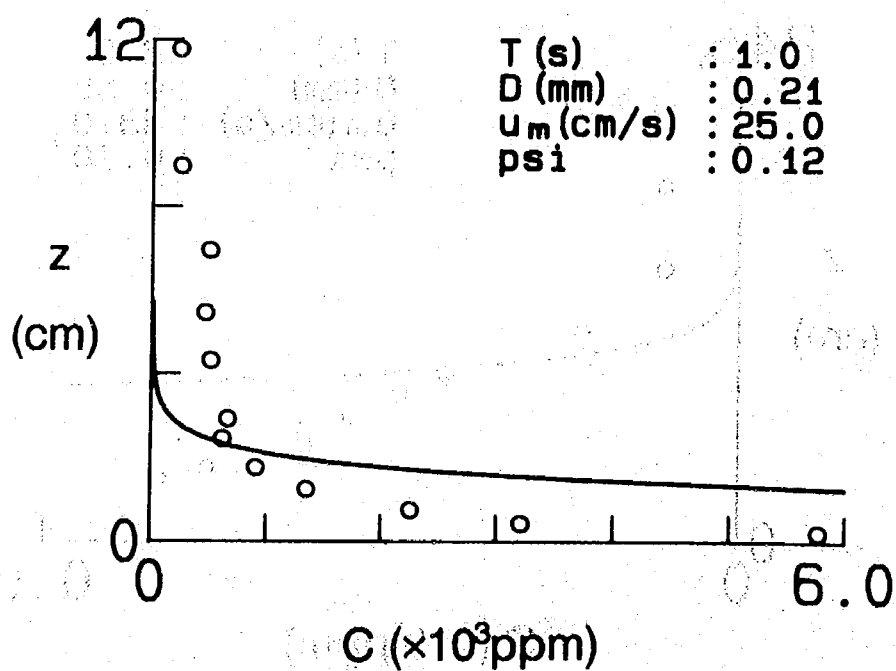
付図-14 浮遊砂濃度分布

($T=6.0$ s, $D=0.50$ mm, $u_m=43.0$ cm/s, $\phi=0.10$)



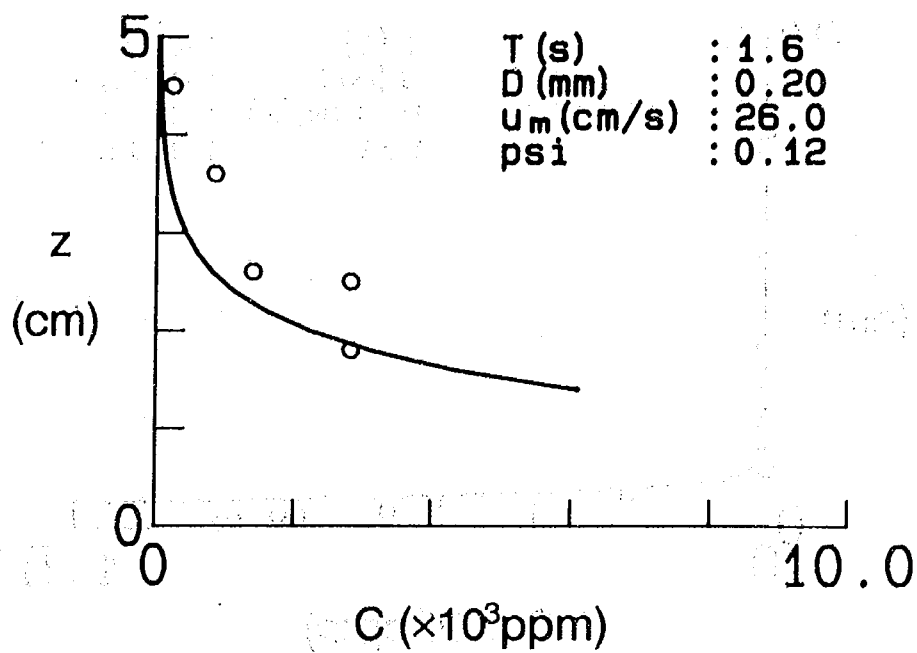
付図-15 浮遊砂濃度分布

($T=3.0s$, $D=0.50mm$, $u_m=40.0cm/s$, $\phi=0.11$)



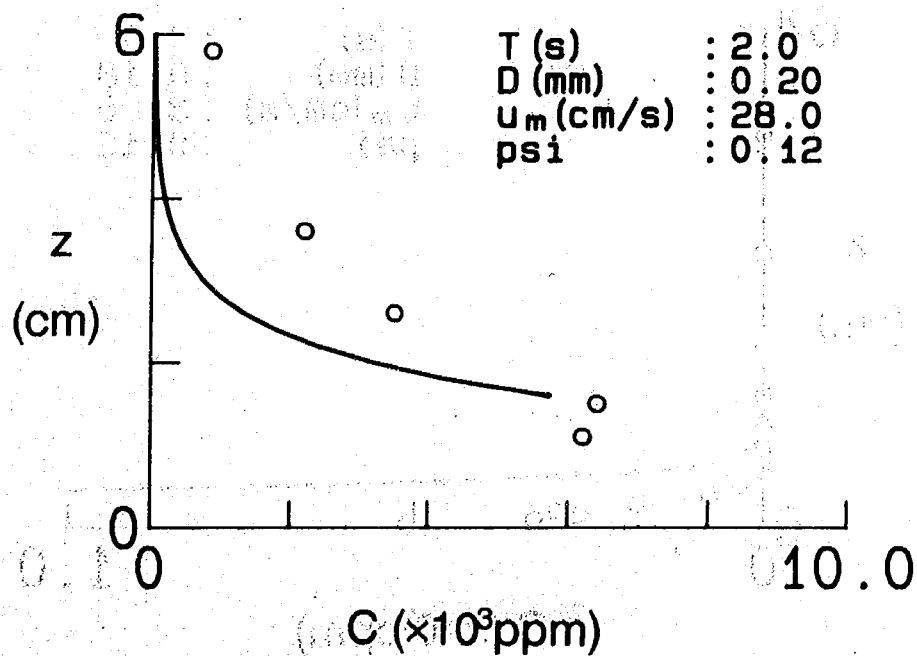
付図-16 浮遊砂濃度分布

($T=1.0s$, $D=0.21mm$, $u_m=25.0cm/s$, $\phi=0.12$)



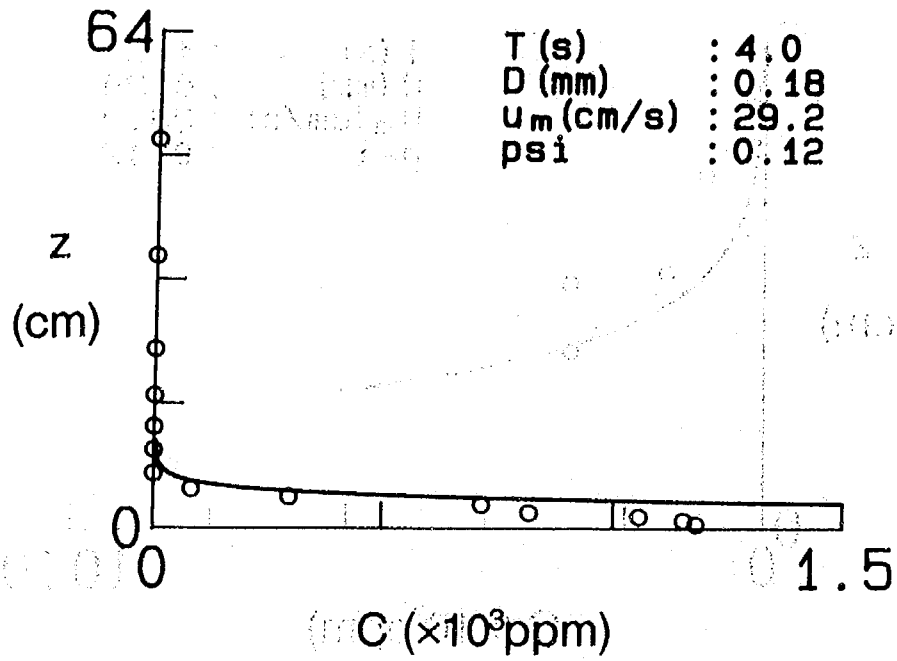
付図-17 浮遊砂濃度分布

($T=1.6s$, $D=0.20mm$, $U_m=26.0cm/s$, $\psi=0.12$)



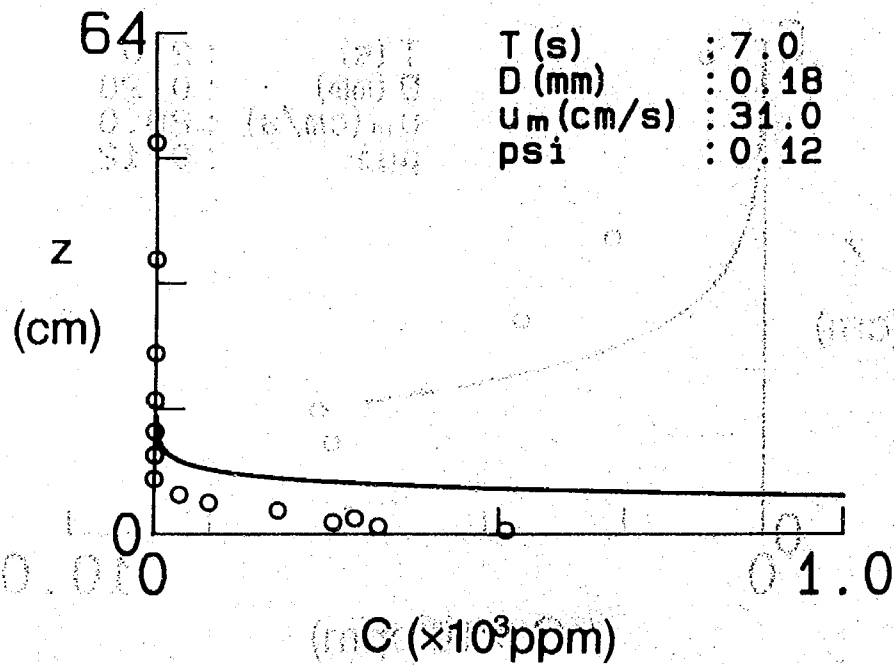
付図-18 浮遊砂濃度分布

($T=2.0s$, $D=0.20mm$, $U_m=28.0cm/s$, $\psi=0.12$)



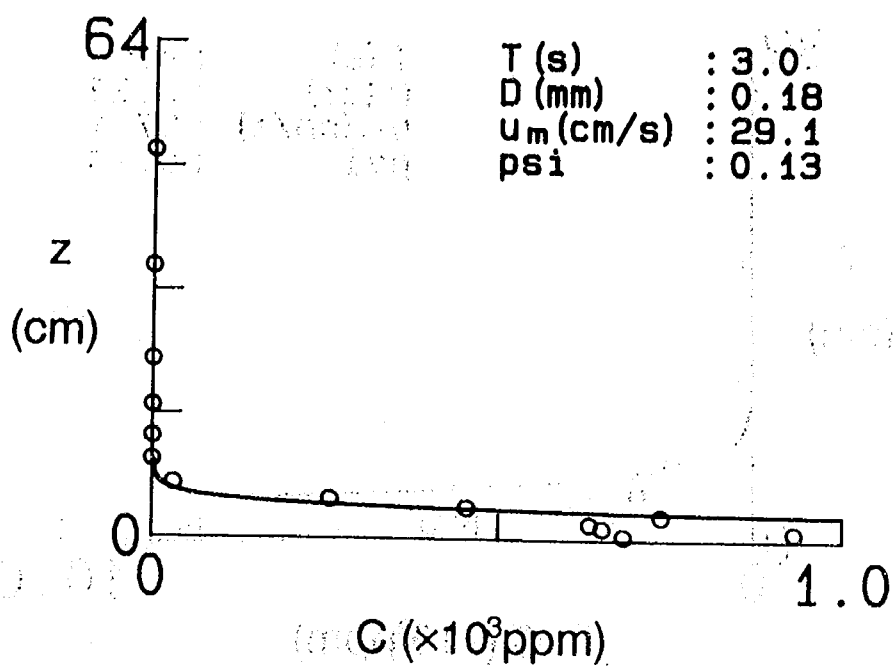
付図-19 浮遊砂濃度分布

($T=4.0s$, $D=0.18mm$, $u_m=29.2cm/s$, $\phi=0.12$)



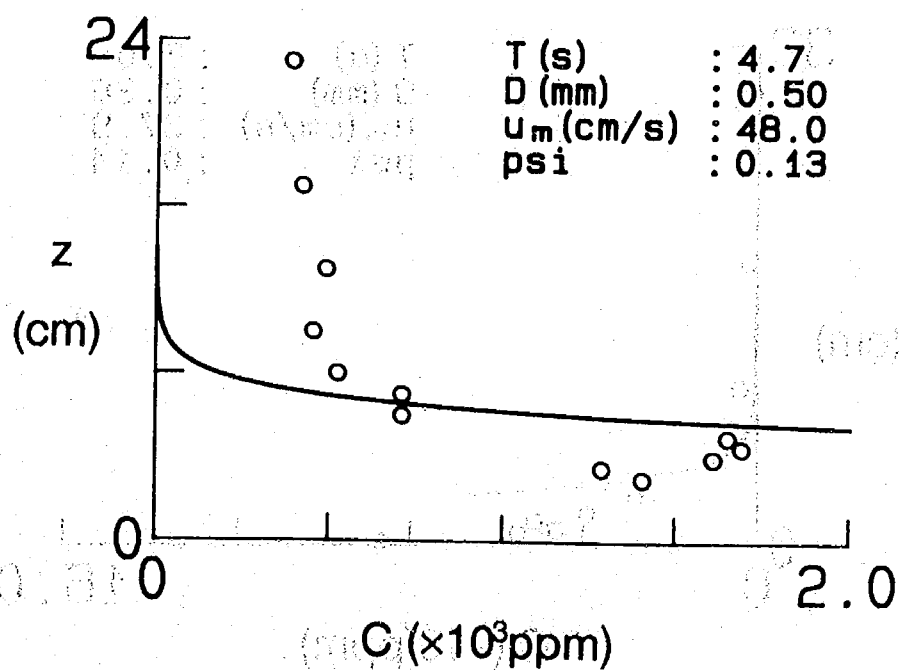
付図-20 浮遊砂濃度分布

($T=7.0s$, $D=0.18mm$, $u_m=31.0cm/s$, $\phi=0.12$)



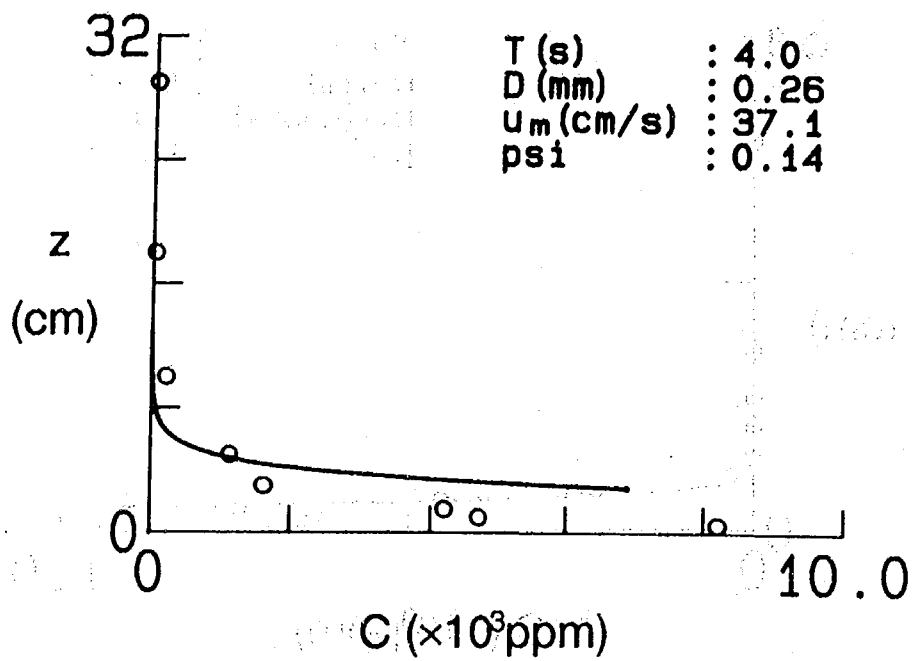
付図-21 浮遊砂濃度分布

($T=3.0$ s, $D=0.18$ mm, $u_m=29.1$ cm/s, $\phi=0.13$)



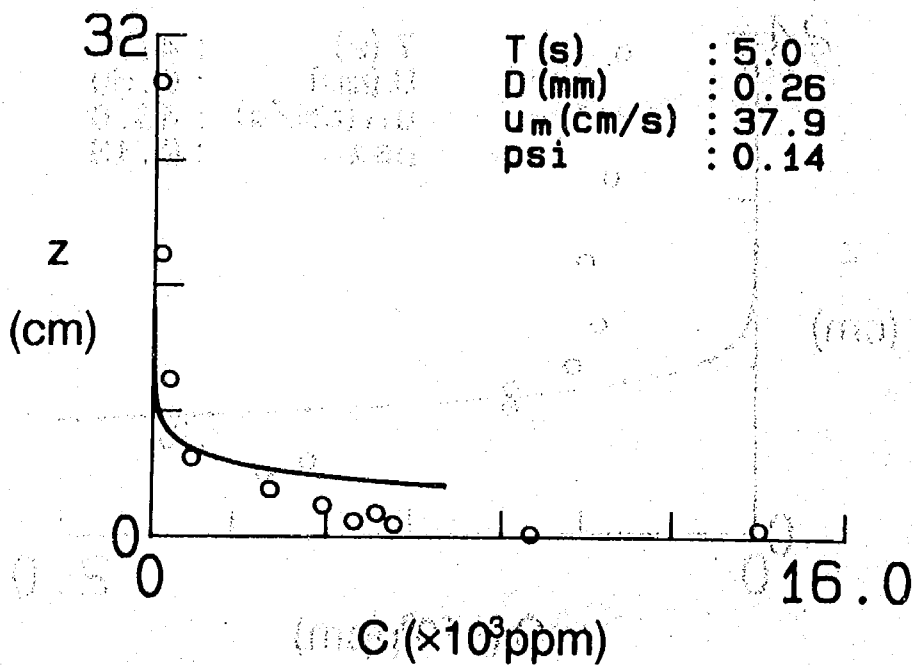
付図-22 浮遊砂濃度分布

($T=4.7$ s, $D=0.50$ mm, $u_m=48.0$ cm/s, $\phi=0.13$)



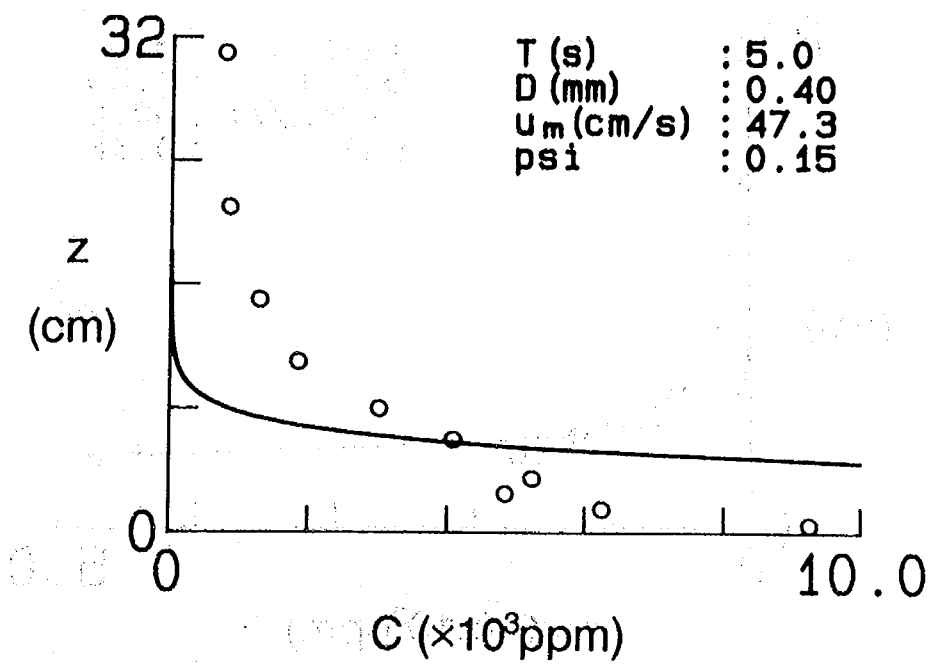
付図-23 浮遊砂濃度分布

($T=4.0$ s, $D=0.26$ mm, $u_m=37.1$ cm/s, $\phi=0.14$)



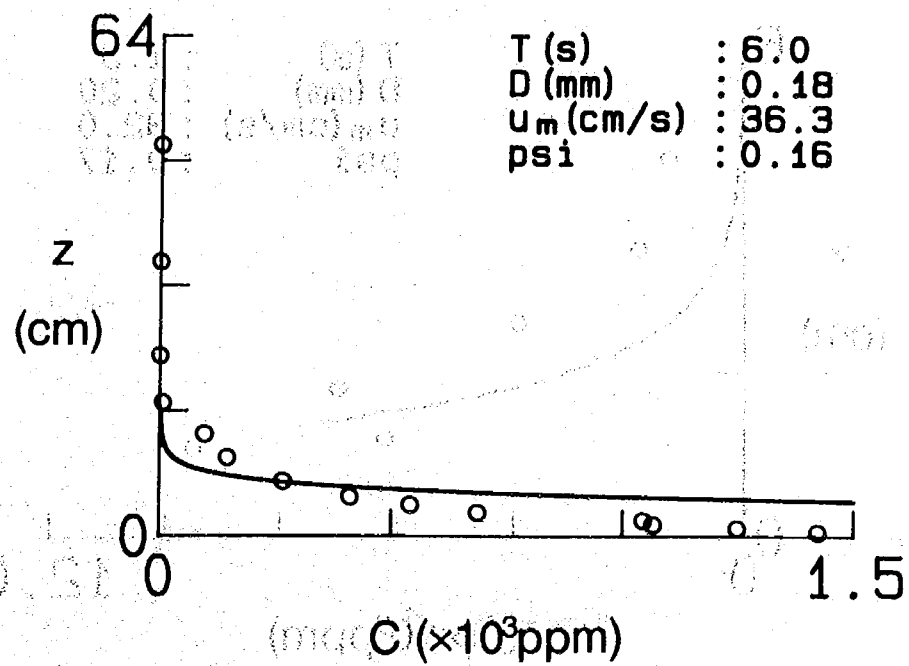
付図-24 浮遊砂濃度分布

($T=5.0$ s, $D=0.26$ mm, $u_m=37.9$ cm/s, $\phi=0.14$)



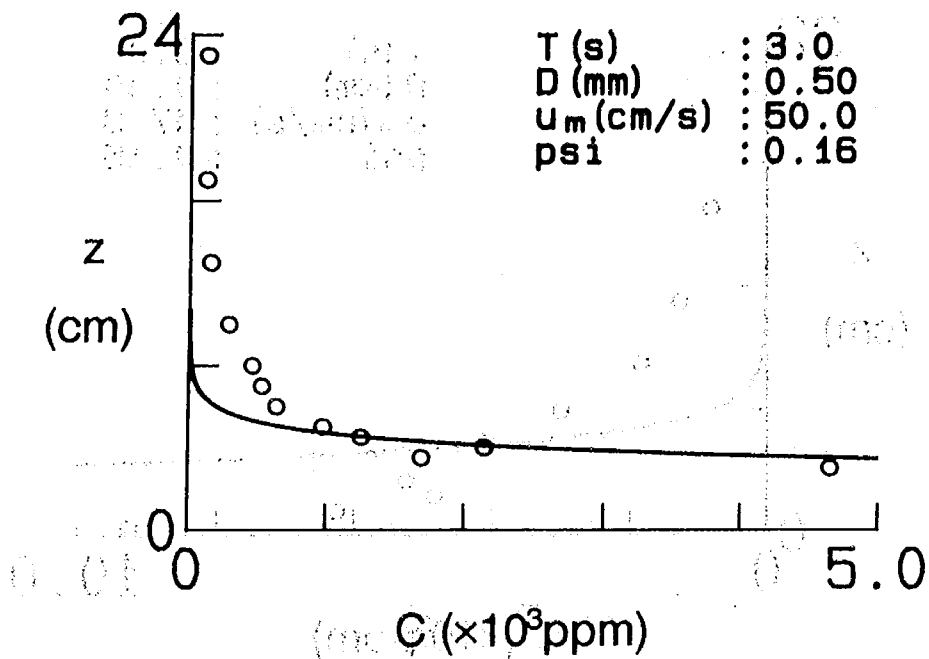
付図-25 浮遊砂濃度分布

($T=5.0s$, $D=0.40mm$, $u_m=47.3cm/s$, $\phi=0.15$)



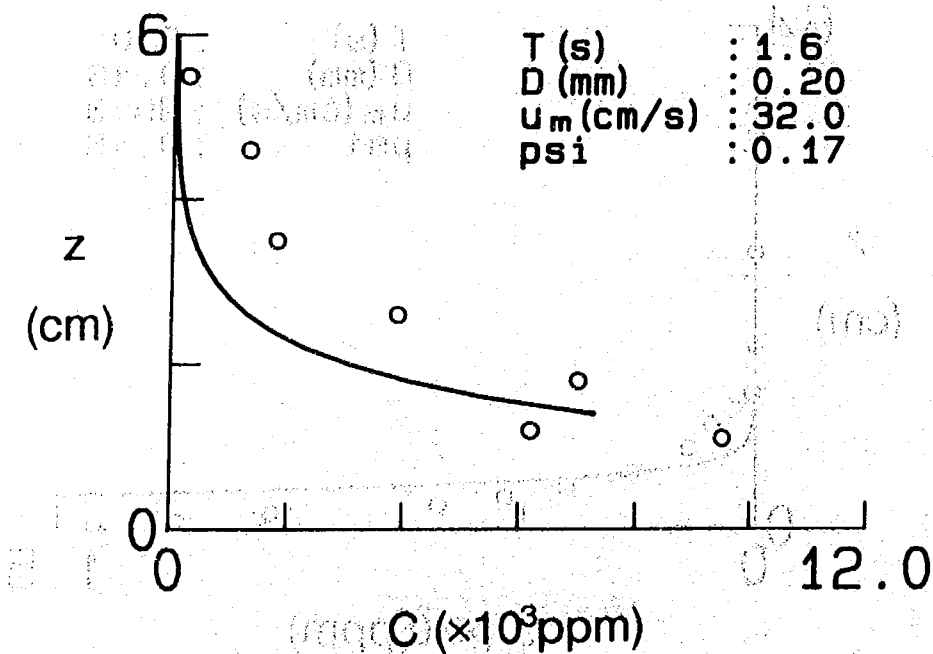
付図-26 浮遊砂濃度分布

($T=6.0s$, $D=0.18mm$, $u_m=36.3cm/s$, $\phi=0.16$)



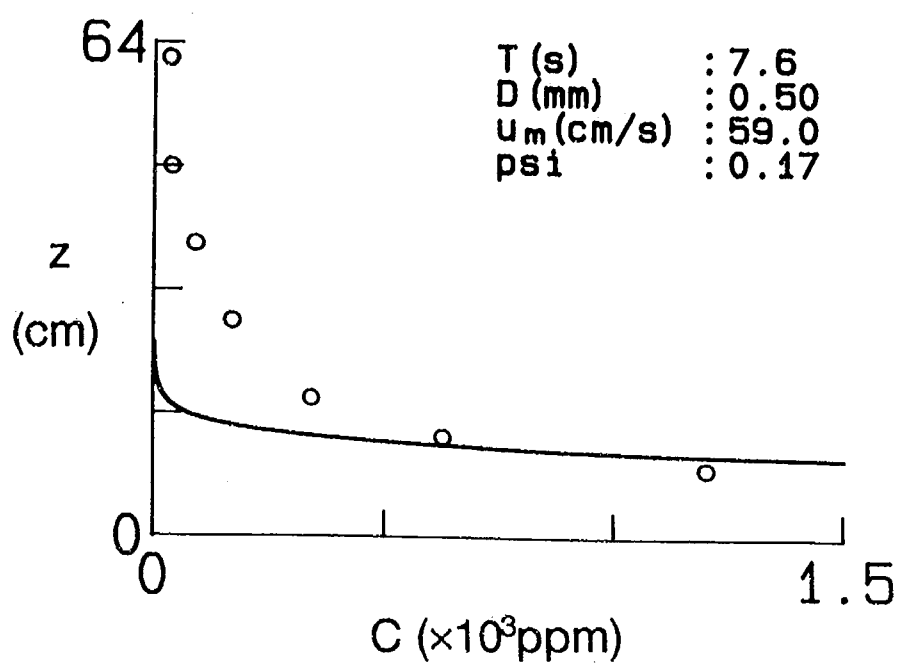
付図-27 浮遊砂濃度分布

($T=3.0s$, $D=0.50mm$, $u_m=50.0cm/s$, $\psi=0.16$)



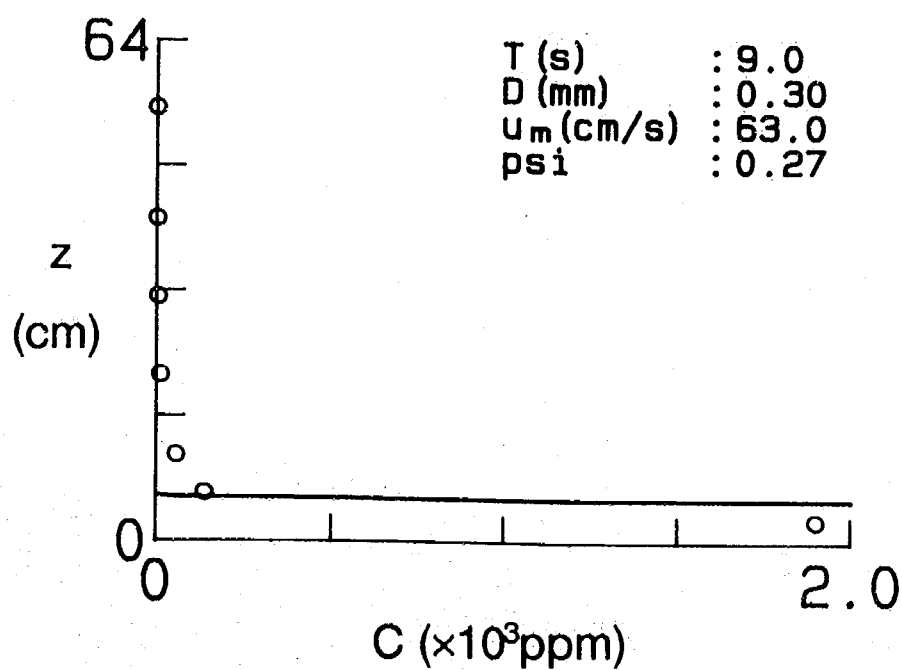
付図-28 浮遊砂濃度分布

($T=1.6s$, $D=0.20mm$, $u_m=32.0cm/s$, $\psi=0.17$)



付図-29 浮遊砂濃度分布

($T=7.6$ s, $D=0.50$ mm, $u_m=59.0$ cm/s, $\phi=0.17$)



付図-30 浮遊砂濃度分布

($T=9.0$ s, $D=0.30$ mm, $u_m=63.0$ cm/s, $\phi=0.27$)

付表-1 水理条件と砂漣の形状特性

〔2〕 水理条件と砂漣の形状特性

	波高	周期	水深	粒径	砂漣波長	砂漣波高	流速振幅
研 究 者	H (cm)	T (sec)	h (cm)	D (mm)	λ (cm)	η (cm)	u_b (cm/s)
Inman(1957)	1	10	305	0.12	5.8	0.5	61.0
	2	10	305	0.13	7.0		73.2
	3	10	213	0.13	6.7		79.2
	4	10	244	0.14	6.7		73.2
	5	10	335	0.13	6.1		54.9
	6	10	457	0.15	6.7		42.7
	7	10	274	0.17	7.3		67.1
	8	10	427	0.14	6.7		36.6
	9	10	244	0.16	5.8		70.1
	10	7	549	0.15	7.3	1.0	36.6
	11	8	549	0.15	8.8	1.2	27.4
	12	10	549	0.15	7.9	1.2	24.4
	13	10	549	0.15	6.4	0.6	51.8
	14	11	549	0.16	7.9	0.6	45.7
	15	10	549	0.14	7.6	0.6	48.8
	16	9.2	914	0.12	7.3	0.9	33.5
	17	8	914	0.12	8.5	1.2	51.8
	18	6	914	0.12	9.1	1.5	30.5
	19	6.2	914	0.12	11.9	1.8	15.2
	20	8.6	914	0.12	6.7	0.6	45.7
	21	9.7	914	0.12	9.1	0.9	21.3
	22	10	914	0.13	8.8	1.4	18.3
	23	10.1	914	0.13	7.6	0.8	27.4
	24	9.5	914	0.12	7.0	0.6	24.4
	25	11	914	0.11	7.6	0.6	45.7
	26	13	914	0.12	7.0	0.6	36.6
	27	8	914	0.14	18.6	2.3	12.2
	28	13	914	0.12	7.6		42.7
	29	5	914	0.13	9.4	1.2	12.2
	30	12	914	0.12	7.0		45.7
	31	8	914	0.12	7.0		45.7
	32	5	914	0.12	10.4		12.2
	33	7	914	0.12	9.1		21.3
	34	6	914	0.12	7.3		30.5
	35	10	914	0.12	6.4		30.5
	36	15	914	0.14	6.7		30.5
	37	11	914	0.13	7.0		36.6
	38	8	914	0.12	18.9	2.4	12.2
	39	9	914	0.12	7.0		61.0
	40	6.5	1585	0.11	11.9	1.5	12.2
	41	6	1585	0.11	10.1	1.8	24.4
	42	10.4	1585	0.10	7.6	0.5	36.6
	43	8.5	1585	0.10	7.9	0.7	27.4
	44	13	1585	0.10	6.1	0.9	27.4

	波高	周期	水深	粒径	砂澱波長	砂澱波高	流速振幅
研 究 者	H (cm)	T (sec)	h (cm)	D (mm)	λ (cm)	η (cm)	u_s (cm/s)
Inman(1957)	45	9.5	1585	0.11	16.2	1.5	12.2
	46	5	1585	0.11	12.2		7.6
	47	12	1585	0.11	8.8		21.3
	48	8	1585	0.10	9.1		36.6
	49	5	1585	0.10	11.3	1.8	7.6
	50	8	1585	0.11	8.8		15.2
	51	10	1585	0.11	7.9		12.2
	52	16	1585	0.12	6.4		33.5
	53	9	1585	0.12	6.7		36.6
	54	7	1585	0.11	21.9		10.7
	55	13	2134	0.11	11.9	1.8	15.2
	56	13	2134	0.11	7.9	1.4	24.4
	57	10	2134	0.11	14.9	1.5	21.3
	58	12	2134	0.11	12.5	1.8	12.2
	59	9.5	2134	0.11	16.5		10.7
	60	12	2134	0.11	11.6	1.5	15.2
	61	18	2134	0.11	8.8		21.3
	62	10	2134	0.11	8.8		9.1
	63	16	2134	0.12	7.0		30.5
	64	12	2134	0.10	11.6		9.1
	65	19	2134	0.13	8.2		24.4
	66	19	2134	0.08	10.1	1.7	6.1
	67	19	244	0.56	57.3	9.1	94.5
	68	19	3350	0.48	53.9	9.1	73.2
	69	15	5790	0.64	85.3	15.2	67.1
	70	9.7	914	0.28	36.6	4.6	39.6
	71	10.3	914	0.33	46.3	6.7	21.3
	72	10	914	0.30	25.9		27.4
	73	10	914	0.46	71.0	11.3	24.4
	74	13	914	0.42	70.7	10.7	21.3
	75	12	914	0.43	81.4	12.5	27.4
	76	11	914	0.43	77.7	13.4	25.9
	77	11	914	0.44	80.5	12.8	25.9
	78	12	914	0.44	80.8	13.7	21.3
	79	12	1219.2	0.51	24.4		24.4
	80	18	1219.2	0.40	62.5	9.4	30.5
	81	11	1371.6	0.36	79.2	12.0	27.4
	82	9.7	1676.4	0.47	91.4	15.0	27.4
	83	10.3	1676.4	0.53	91.4	15.0	18.3
	84	11	1676.4	0.43	77.1	12.0	19.8
	85	12	1676.4	0.45	82.9	13.0	24.4
	86	13	213.30	0.91	106.2	20.0	39.6
	87	13	335.28	0.25	18.0		36.6
	88	18	1158.24	0.12	10.4		10.7

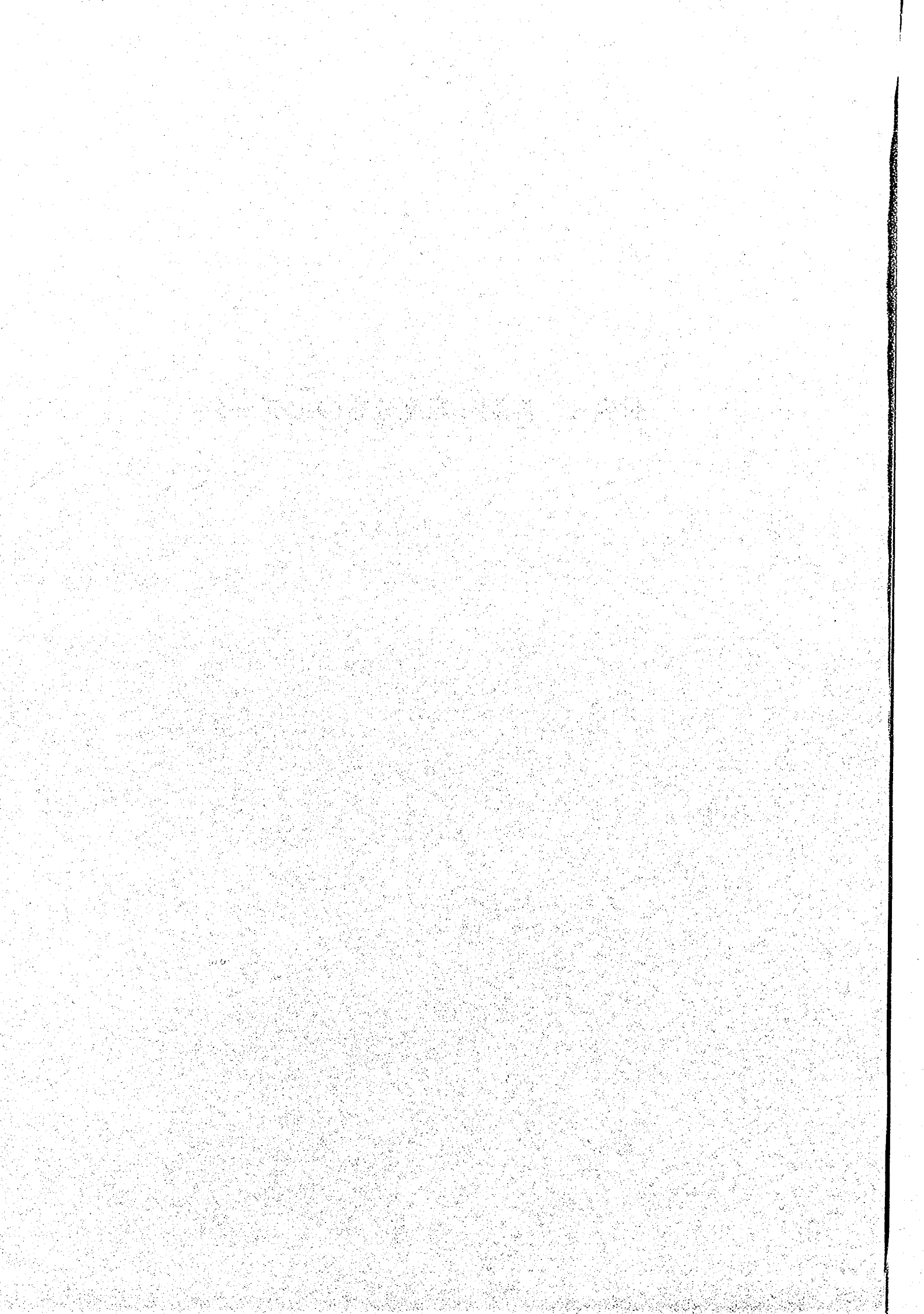
研究者	波高 H (cm)	周期 T (sec)	水深 h (cm)	粒径 D (mm)	砂漣波長 λ (cm)	砂漣波高 η (cm)	流速振幅 u_b (cm/s)
Inman(1957)	89	13	1432.56	0.15	14.6		12.2
	90	10	137.16	0.46	54.9	9.0	36.6
	91	10	137.16	0.46	53.3	8.0	36.6
	95	3.5	121.92	0.34	70.1	12.0	39.6
	96	3.5	213.36	0.60	32.0	4.9	36.6
野田(1967)	1	6	600	0.3			49
	2	6	600	0.3			49
	3	6	600	0.3			49
Kennedy・Locher(1972)	1	1.0	14	0.21			37
	2	1.0	15.7	0.21			39
	3	1.0	18.9	0.21			27
	4	1.0	19.8	0.21			25
	5	1.0	22.1	0.21			22
	6	1.0	23.8	0.21			22
	7	1.0	25	0.21			20
Nakato et al. (1977)	1 振動流	1.2	24.5	0.14	6.3	0.9	26.6
	2	1.2	24.5	0.14	6.3	0.9	26.6
	3	1.8	24.5	0.14	8.5	1.2	26.6
	4	1.8	24.5	0.14	8.5	1.2	26.6
	5	2.4	24.5	0.14	11.3	1.8	26.6
	6	2.4	24.5	0.14	11.3	1.8	26.6
沢本ほか(1981)	1	1.3	30	0.2	4.2	0.9	14.5
	2	1.8	30	0.2	7.2	1.3	21
	3	1.5	30	0.2	5.0	1.0	16
	4	1.4	30	0.2	4.4	0.8	15
橋本ほか(1982)	1 振動流	4.1	90	0.26	25.7	3.5	37.1
	2	4.1	90	0.26	27.5	3.8	46.8
	3	4.1	190	0.26	26.0	3.8	54.7
	4	5	190	0.26	28.7	3.8	37.9
佐藤・堀川(1984)	1 振動流	3	24	0.18	9.5	1.4	18.1
	2	3	24	0.18	9.5	1.4	18.1
	3	3	24	0.18	9.5	1.4	18.1
	4	3	24	0.18	9.5	1.4	18.1
Nielsen(1984)	8	47	8.4	0.176	50	5	54
	9	50	7.1	0.162	50	15	59
	10	47	7.5	0.142	50	15	60
	11	44	7.6	0.129	50	15	59

		波高	周期	水深	粒径	砂澱波長	砂澱波高	流速振幅
研究者		H (cm)	T (sec)	h (cm)	D (mm)	λ (cm)	η (cm)	u_b (cm/s)
Nielsen(1984)	28	54	7.8	150	0.33	70	7.5	67
	29	47	8.9	144	0.33	70	7.5	60
	31	52	9	157	0.3	65	7.5	63
	32	53	8.2	160	0.4	80	10	63
	33	55	7.6	156	0.4	80	10	66
	34	61	8.4	153	0.4	60	8	75
	35	55	7.8	145	0.4	60	8	69
	44	44	10	170	0.44	55	5.7	52
	45	81	12	151	0.62	55	5.7	102
	46	59	10.5	129	0.51	48	4.3	80
	47	45	9.4	132	0.45	48	4.3	60
	48	65	12.9	158	0.38	50	8	80
	49	58	12.6	157	0.38	50	9	71
	50	56	11.2	150	0.45	35	7	70
	52	80	5.7	150	0.44	50	8	96
	53	58	7.1	104	0.48	60	8	87
	54	56	7.7	110	0.49	60	8	81
	55	62	9.6	122	0.47	60	8	86
	56	70	10.2	119	0.47	60	8	99
	57	49	9.2	121	0.47	50	7.5	68
	58	45	7.2	123	0.47	50	7.5	61
	59	50	6.2	142	0.45	55	10	62
	60	54	6.1	148	0.45	55	10	66
入江ほか(1985)	1	15	1.2	35	0.2			27
	2	14	1.2	35	0.2			25
	3	15	1.6	35	0.2			32
	4	12	1.6	35	0.2			26
	5	10	1.6	35	0.2			22
	6	12	2	35	0.2			28
	7	10	2	35	0.2			23
	8	8	2	35	0.2			19
	9	14	1.6	35	0.07			30
	10	10	1.6	35	0.07			22
	11	60	8.5	300				51
土木研究所	1	振動流	3.0	90	0.33	14.4	2.2	30.3
	2		3.0	90	0.33	18.8	2.4	56.3
	3		3.0	90	0.33			72.3
	4		3.0	90	0.33			103.2
	5		4.0	90	0.33	27.7	2.7	38.6
	6		4.0	90	0.33	38.1	3	48.3
	7		4.0	90	0.33			63.2
	8		4.0	90	0.33			82.2

	波高	周期	水深	粒径	砂澱波長	砂澱波高	流速振幅
研 究 者	H (cm)	T (sec)	h (cm)	D (mm)	λ (cm)	η (cm)	u_b (cm/s)
土木研究所	9 振動流	5.0	90	0.33	29.4	3.6	35.2
	10	5.0	90	0.33	40.5	3.4	47.5
	11	5.0	90	0.33	51.1	4.3	53.2
	12	5.8	90	0.33	26.1	3.5	36.7
	13	3.0	90	0.4	22.6	2.7	47.9
	14	3.0	90	0.4	28.9	3.2	56.9
	15	3.0	90	0.4	111	8.5	89.6
	16	3.0	90	0.4	86	7.8	98.7
	17	4	90	0.4	24.2	2.5	44.8
	18	4.0	90	0.4	37.7	3.6	53
	19	4.0	90	0.4	69	6.7	72.6
	20	4	90	0.4	48.9	4.3	81.4
	21	5.0	90	0.4	24.2	2.5	37.9
	22	5.0	90	0.4	34.2	2.8	47.3
	23	5.0	90	0.4	41.9	3.9	55.1
	24	5.8	90	0.4	27.7	2.8	37.3
	25	3	90	0.57	12.7	1.9	17.5
	26	3	90	0.57	17.3	2.7	25.5
	27	3	90	0.57	24.6	3.7	35
	28	3	90	0.57	27.1	3.5	41.9
	29	4	90	0.57	24.1	3.3	30.6
	30	4	90	0.57	31.2	4.2	42
	31	4	90	0.57	39.7	5.4	39.4
	32	5	90	0.57	37.4	5.7	45.8
	33	6	90	0.57	38.4	4.7	38
	34	7	90	0.57	33.3	4.5	31.7
	35	3	90	0.18	13.8	1.6	41.1
	36	3	90	0.18	17.7	2.1	29.1
	37	3	90	0.18	23.7	2	37.8
	38	3	90	0.18	34.1	2.9	43.4
	39	4	90	0.18	21.9	1.7	29.2
	40	4	90	0.18	27.7	1.8	39.9
	41	4	90	0.18	60.4	3.8	53.2
	42	5	90	0.18	35.3	2.1	45.8
	43	6	90	0.18	19.6	1.6	36.3
	44	7	90	0.18	16.9	1.7	31
	45	3	90	0.15	12.8	1.5	25
	46	3	90	0.15	14.7	1.5	33
	47	3	90	0.15	14.7	1.3	40
	48	3	90	0.15	26.7	2.6	50
	49	3.9	90	0.15	18	1.7	30
	50	3.9	90	0.15	13.8	1.5	38
	51	3.9	90	0.15	37.3	1.9	50
	52	4.7	90	0.15	15.2	1.7	31

		波高	周期	水深	粒径	砂漣波長	砂漣波高	流速振幅
研 究 者		H (cm)	T (sec)	h (cm)	D (mm)	λ (cm)	η (cm)	u_b (cm/s)
土木研究所	53	振動流	4.7	90	0.15	12.7	1.2	39
	54		4.7	90	0.15	19.2	1.9	48
	55		6	90	0.15	8.7	0.9	22
	56		6	90	0.15	15.1	1.4	32
	57		6	90	0.15	17	1.5	43
	58		7.3	90	0.15	9.2	1.1	24
	59		7.3	90	0.15	17.3	1.7	32
	60		2.5	90	0.5	14.4	1.9	30
	61		3	90	0.5	12	2	25
	62		3	90	0.5	16.9	2.4	33
	63		3	90	0.5	14.6	2.1	40
	64		3	90	0.5	18.7	2	50
	65		3	90	0.5	34	3.7	65
	66		3.9	90	0.5	15.4	2.3	30
	67		3.9	90	0.5	16.2	2.3	38
	68		3.9	90	0.5	20.9	2.3	59
	69		4.7	90	0.5	16.3	2	31
	70		4.7	90	0.5	18.5	2.7	39
	71		4.7	90	0.5	19.2	2.2	48
	72		6	90	0.5	12.8	1.6	22
	73		6	90	0.5	24.9	3.6	43
	74		7.3	90	0.5	27.2	3.8	32

付表-2 浮遊砂濃度分布の生データ



〔3〕 浮遊砂濃度分布の生データ

野田 (1967)

1	2	3
c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)
28 50	20 40	75 56
35 40	32 30	120 45
45 30	30 20	160 35
25 20	200 15	600 24
90 15	70 10	1100 13
550 10	600 5	2000 8
850 5		3200 5

Kenedy-Locher (1972)

1	2	3	4	5	6	7
c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)
318 6.3	403 7.2	346 5.3	234 11.8	205 13.8	155 16.0	171 19.4
351 5.3	488 6.3	535 3.2	251 9.0	253 11.1	213 11.4	169 14.1
412 3.1	476 4.3	560 2.8	499 6.9	314 7.7	285 9.1	260 10.6
483 2.6	669 3.0	934 1.8	464 5.5	432 4.8	326 5.7	229 7.3
894 1.6	896 2.1	743 1.0	513 4.3	479 3.1	406 4.6	301 3.9
750 1.3	1275 1.5	936 0.6	665 2.9	865 2.0	504 3.0	354 3.1
1199 0.9	1826 1.0	945 0.3	622 2.5	1213 1.6	543 2.1	546 2.2
1817 0.5	2764 0.7		911 1.8	1405 1.3	964 1.4	592 1.5
2498 0.3	3544 0.3		1361 1.2	2229 0.8	1680 0.9	1476 0.6
			2257 0.8	2600 0.5	1819 0.7	2032 0.3
			3212 0.4			
			5776 0.2			

Nakato et. al. (1977)

1	2	3	4	5	6
c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)
460 3.5	714 3.2	1106 3.7	1287 3.7	920 5.5	944 5.1
1234 2.9	1742 2.6	1419 3.4	2327 3.0	1271 4.6	1694 3.7
3449 2.3	4283 2.0	1779 3.0	2855 2.1	1997 3.0	2481 2.1
8639 1.7	6098 1.4	2624 2.7	3977 1.5	2456 2.4	2989 1.2
13697 1.1	10152 0.8	2723 2.4	5198 0.9	3086 2.1	3376 0.6
	14665 0.2	3729 2.1	5924 0.3	3630 1.8	4269 0.0
		4422 1.8	7640 0.3	3860 1.5	4175 0.3
		4983 1.5			
		4983 1.4			
		5594 1.2			

沢本ほか (1981)

1	2	3	4	5	6
c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)
4 5.0	22 7.2	7 6.2	120 1.8	5 4.6	110 1.6
10 4.2	3 5.2	7 5.2	155 1.6	2 4.5	110 1.3
14 3.6	55 4.6	7 4.8	190 1.5	6 4.4	170 1.2
4 3.0	27 4.2	13 4.5	210 1.5	4 4.2	240 1.0
5 2.8	80 3.6	12 4.2	230 1.3	17 3.8	250 0.8
52 2.6	100 3.2	27 4.1	340 1.1	5 3.5	360 0.5
66 2.2	200 2.6	21 3.6	370 0.8	28 3.4	
140 2.0	250 2.4	18 3.5	400 0.6	25 3.2	
190 1.8	180 2.2	40 3.2	460 0.4	36 2.8	
245 1.6	320 1.8	39 3.0		25 2.7	
320 1.4	400 1.6	56 2.8		50 2.6	
440 1.2	540 1.4	70 2.6		70 2.4	
520 1.8	660 1.2	80 2.5		74 2.2	
530 1.8	800 0.8	85 2.2		78 1.9	
	760 0.5	100 2.1		100 1.8	

橋本ほか (1982)

1	2	3	4
c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)
26 29.0	14 29.0	94 29.0	125 29.0
37 18.0	185 18.0	550 18.0	170 18.0
215 10.0	940 10.0	2200 10.0	390 10.0
1150 5.0	1400 5.0	5200 5.0	900 5.0
1650 3.0	4500 3.0	6400 3.0	2750 3.0
4200 1.5	6600 2.0	7600 2.0	3900 2.0
4700 1.0	7800 1.5	10500 1.5	5100 1.5
8200 0.5	17000 0.8	15000 1.0	4600 1.0
	20000 0.5	26000 0.5	5500 0.8
			14000 0.5
			8700 0.2

佐藤・堀川 (1984)

1	2	3	4
c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)
110 8.2	620 7.2	350 6.2	110 6.6
650 6.2	2000 5.2	1800 4.2	1800 4.6
1700 5.2	2500 4.1	2000 3.2	2100 3.6
1700 4.7	3000 3.6	3200 2.7	2500 3.1
2100 4.2	4000 3.1	3300 2.2	3500 2.6
2800 3.7	3000 2.6	3600 1.7	6500 2.1
3500 3.2	5500 2.1	4300 1.2	9900 1.6
4000 2.7	5100 1.6	5500 0.7	8500 1.1

Nielsen (1984)

8	9	10	11	28	29	31
c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)
29 59	21 53	5 60	34 62	5 56	10 56	1 55
33 45	67 39	41 46	39 48	5 42	10 42	2 41
39 35	77 29	57 36	91 38	17 32	12 32	5 31
53 25	110 19	300 26	170 28	36 22	26 22	12 21
69 15	200 9	250 16	340 18	210 12	65 12	58 11
130 10	360 4	430 11	630 13	550 7	260 7	140 6
200 6		690 7	1200 9	2000 4	1200 4	1900 3

32	33	34	35	44	45	46
c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)
10 56	2 54	7 55	3 55	10 54	86 56	50 56
14 42	7 40	12 41	15 41	12 40	21 42	50 42
29 32	17 30	26 31	29 31	17 30	82 32	90 32
60 22	48 20	84 21	58 21	19 20	127 22	100 22
200 12	140 10	260 11	220 1	34 10	218 12	200 12
430 7	310 5	430 6	510 6	75 5	800 7	200 7
980 4	550 2	660 2	1600 2	137 2	1530 3	600 3

47	48	49	50	52	53	54
c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)
15 54	3 52	10 51	7 51	81 52	17 51	3 52
17 40	14 42	9 41	7 41	81 42	2 41	10 42
19 30	29 32	19 31	29 31	96 32	220 31	17 32
19 20	43 22	43 21	38 21	160 22	5 21	67 22
65 10	154 12	75 11	77 11	204 12	170 11	230 12
140 5	240 7	120 6	150 6	490 7	310 6	350 7
	460 3	310 2	290 2	1340 3	1090 2	980 3

55	56	57	58	59	60
c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)
3 52	7 52	9 36	3 36	5 36	7 36
7 42	12 42	21 28	15 28	36 28	12 28
17 32	33 32	60 20	31 20	41 20	33 20
36 22	130 22	134 12	99 12	76 12	62 12
137 12	254 12	230 8	182 8	127 8	98 8
360 3	500 7	700 4	300 4	210 4	136 4
			720 1	610 1	240 1

入江ほか (1985)

1	2	3	4	5	6	7
c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)
180 3.3	180 2.5	230 5.5	220 4.5	420 4.5	850 5.8	320 5.8
280 3.2	850 1.4	1300 4.6	850 3.6	420 3.5	2200 3.6	850 4.8
870 2.2	830 0.7	1800 3.5	1400 2.6	950 2.5	3500 2.6	1400 3.5
1800 1.2	1300 0.6	3900 2.6	2800 2.5	970 1.6	6400 1.5	2600 2.6
2100 0.7	1800 0.5	7000 1.8	2800 1.8	3500 1.1	6200 1.1	3500 1.6
4200 0.6	3500 -0.1	6200 1.2	9000 -0.1	2800 1.0	9000 -0.1	4200 1.0
4100 -0.1		9500 1.1		8000 -0.1		6500 -0.1
7000 -0.2		12000 -0.1				

8	9	10	11
c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)	c (ppm) z (cm)
170 4.8	550 20.4	360 20.4	7 52.0
260 4.8	700 12.4	405 12.4	110 37.0
450 3.5	670 8.4	580 8.4	2 22.0
850 2.5	635 6.4	800 6.4	220 12.0
1300 1.7	1300 4.4	2700 3.4	600 2.0
1700 1.6	3350 3.4	4500 2.4	470 -8.0
2600 1.2	15250 2.4	5350 1.4	
1300 1.1	34000 1.4	7500 0.6	
1800 0.0	45700 0.4	12000 -0.2	
2700 -0.1	37700 -0.2		

土木研究所

1	2	3	4	5	6	7
c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)
200 31.0	2561 31.0	2677 31.0	2583 31.0	1432 31.0	915 31.0	1742 31.0
191 21.0	2537 21.0	2277 21.0	3319 21.0	1620 21.0	1023 21.0	1729 21.0
315 15.0	2952 15.0	2654 15.0	3689 15.0	1865 15.0	1509 15.0	2207 15.0
667 11.0	3734 11.0	2529 11.0	4809 11.0	1951 11.0	2293 11.0	2057 11.0
1786 8.0	5144 8.0	3056 8.0	6340 8.0	3369 8.0	2455 8.0	2607 8.0
3175 6.0	7716 6.0	4380 6.0	8214 6.0	4332 6.0	2986 6.0	3833 6.0
3762 3.5	8403 3.5	6770 3.5	8076 3.5	5519 3.5	4134 3.5	5347 3.5
5147 2.5	8915 2.5	7232 2.5	7530 2.5	6388 2.5	4447 2.5	5556 2.5
5791 1.5	11665 1.5	8323 1.5	9905 1.5	7607 1.5	5102 1.5	7489 1.5
7130 0.5	14176 0.5	7891 0.5	10099 0.5	8516 0.5	6243 0.5	9862 0.5

8	9	10	11	12	13	14
c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)
2147 31.0	711 31.0	277 31.0	1725 31.0	1923 31.0	4154 31.0	2783 31.0
2597 21.0	825 21.0	503 21.0	1633 21.0	1793 21.0	3904 21.0	2559 21.0
3257 15.0	932 15.0	610 15.0	1787 15.0	1712 15.0	4229 15.0	2762 15.0
3210 11.0	1031 11.0	805 11.0	2233 11.0	1707 11.0	5415 11.0	3225 11.0
4033 8.0	1348 8.0	1504 8.0	2962 8.0	2012 8.0	7463 8.0	4253 8.0
4757 6.0	1656 6.0	2656 6.0	4805 6.0	2450 6.0	7673 6.0	4775 6.0
5267 3.5	2150 3.5	3442 3.5	5862 3.5	2858 3.5	8168 3.5	6222 3.5
5727 2.5	2397 2.5	5521 2.5	5989 2.5	2362 2.5	9154 2.5	7258 2.5
5863 1.5	2738 1.5	6177 1.5	6708 1.5	2807 1.5	10891 1.5	9199 1.5
11059 0.5	3215 0.5	7264 0.5	7833 0.5	4158 0.5	13857 0.5	11379 0.5

15	16	17	18	19	20	21
c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)
10540 31.0	6172 31.0	1318 31.0	2156 31.0	3224 31.0	4003 31.0	1791 31.0
10679 21.0	6050 21.0	1472 21.0	2282 21.0	2986 21.0	4827 21.0	1849 21.0
10782 15.0	6828 15.0	1688 15.0	2583 15.0	3247 15.0	5384 15.0	2245 15.0
10466 11.0	7359 11.0	2853 11.0	2820 11.0	4009 11.0	6217 11.0	2902 11.0
10379 8.0	8575 8.0	3750 8.0	4284 8.0	6077 8.0	8780 8.0	3244 8.0
11593 6.0	12024 6.0	4190 6.0	5560 6.0	7375 6.0	10824 6.0	3242 6.0
12478 3.5	12699 3.5	5167 3.5	6896 3.5	8419 3.5	11938 3.5	3594 3.5
13902 2.5	12933 2.5	5077 2.5	7040 2.5	9234 2.5	12590 2.5	3752 2.5
16129 1.5	13116 1.5	6428 1.5	7545 1.5	10038 1.5	13318 1.5	4546 1.5
15273 0.5	15513 0.5	7481 0.5	8694 0.5	12473 0.5	15115 0.5	4598 0.5

22	23	24	25	26	27	28
c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)
766 31.0	377 31.0	1807 31.0	0 50.0	0 50.0	0 50.0	0 50.0
842 21.0	718 21.0	1788 21.0	0 35.0	21 35.0	0 35.0	0 35.0
1295 15.0	1215 15.0	1927 15.0	0 23.0	31 23.0	0 23.0	0 23.0
1860 11.0	2215 11.0	2157 11.0	0 17.0	41 17.0	0 17.0	0 17.0
3019 8.0	3983 8.0	2199 8.0	0 13.0	21 13.0	0 13.0	0 13.0
4089 6.0	4572 6.0	2492 6.0	0 10.0	52 10.0	0 10.0	98 10.0
5241 3.5	6409 3.5	2452 3.5	0 7.0	62 7.0	0 7.0	145 7.0
4841 2.5	6157 2.5	2998 2.5	0 5.0	82 5.0	24 5.0	231 5.0
6258 1.5	6759 1.5	2723 1.5	0 4.0	112 4.0	69 4.0	819 4.0
9249 0.5	6698 0.5	2958 0.5	0 3.0	141 3.0	174 3.0	1067 3.0
			0 2.0	179 2.0	396 2.0	1219 2.0
			0 1.5	245 1.5	513 1.5	1430 1.5
			0 1.0	236 1.0	531 1.0	1515 1.0
			0 0.5	236 0.5	863 0.5	1461 0.5

29	30	31	32	33	34	35
c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)
0 50.0	0 50.0	0 50.0	0 50.0	0 50.0	0 50.0	0 50.0
0 35.0	0 35.0	0 35.0	0 35.0	0 35.0	0 35.0	2 35.0
0 23.0	0 23.0	106 23.0	0 23.0	0 23.0	0 23.0	0 23.0
0 17.0	0 17.0	0 17.0	0 17.0	0 17.0	0 17.0	0 17.0
0 13.0	0 13.0	49 13.0	0 13.0	0 13.0	0 13.0	0 13.0
0 10.0	0 10.0	203 10.0	0 10.0	0 10.0	0 10.0	0 10.0
0 7.0	0 7.0	393 7.0	0 7.0	0 7.0	0 7.0	0 7.0
0 5.0	96 5.0	570 5.0	0 5.0	19 5.0	0 5.0	27 5.0
0 4.0	135 4.0	692 4.0	0 4.0	86 4.0	0 4.0	48 4.0
0 3.0	160 3.0	931 3.0	0 3.0	145 3.0	0 3.0	130 3.0
0 2.0	172 2.0	1724 2.0	293 2.0	262 2.0	0 2.0	235 2.0
0 1.5	185 1.5	1598 1.5	629 1.5	485 1.5	0 1.5	172 1.5
0 1.0	190 1.0	1258 1.0	1568 1.0	530 1.0	0 1.0	221 1.0
0 0.5	189 0.5	1077 0.5	429 0.5	708 0.5	0 0.5	300 0.5

36	37	38	39	40	41	42
c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)
0 50.0	0 50.0	0 50.0	0 50.0	0 50.0	0 50.0	0 50.0
0 35.0	0 35.0	0 35.0	0 35.0	0 35.0	0 35.0	0 35.0
0 23.0	0 23.0	0 23.0	0 23.0	0 23.0	31 23.0	71 23.0
0 17.0	0 17.0	31 17.0	0 17.0	0 17.0	110 17.0	61 17.0
0 13.0	22 13.0	0 13.0	0 13.0	0 13.0	126 13.0	77 13.0
0 10.0	71 10.0	0 10.0	0 10.0	28 10.0	164 10.0	219 10.0
31 7.0	353 7.0	182 7.0	0 7.0	126 7.0	81 7.0	588 7.0
256 5.0	401 5.0	769 5.0	82 5.0	620 5.0	303 5.0	1082 5.0
453 4.0	556 4.0	786 4.0	299 4.0	1056 4.0	280 4.0	1251 4.0
738 3.0	1003 3.0	807 3.0	715 3.0	1368 3.0	806 3.0	1477 3.0
633 2.0	1108 2.0	930 2.0	819 2.0	2384 2.0	1444 2.0	2121 2.0
652 1.5	1691 1.5	2216 1.5	1056 1.5	2554 1.5	1093 1.5	4266 1.5
930 1.0	1708 1.0	2530 1.0	1153 1.0	2952 1.0	2273 1.0	3231 1.0
684 0.5	2831 0.5	3464 0.5	1181 0.5	3243 0.5	2997 0.5	3507 0.5

43	44	45a	45b	46a	46b	47a
c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)
0 50.0	0 50.0	81 23.0	35 23.0	168 23.0	164 23.0	62 23.0
0 35.0	0 35.0	142 17.0	19 17.0	231 17.0	132 17.0	91 17.0
0 23.0	0 23.0	132 13.0	71 13.0	326 13.0	175 13.0	71 13.0
7 17.0	0 17.0	220 10.0	142 10.0	363 10.0	363 10.0	81 10.0
98 13.0	0 13.0	425 8.0	121 8.0	677 8.0	705 8.0	153 8.0
147 10.0	0 10.0	477 7.0	278 7.0	874 7.0	1137 7.0	231 7.0
268 7.0	0 7.0	582 6.0	302 6.0	1427 6.0	1599 6.0	451 6.0
409 5.0	36 5.0	789 5.0	516 5.0	2018 5.0	1599 5.0	760 5.0
539 4.0	79 4.0	817 4.5	691 4.5	2351 4.5	1505 4.5	1331 4.5
683 3.0	182 3.0	789 4.0	556 4.0	3286 4.0	2150 4.0	1871 4.0
1043 2.0	294 2.0	989 3.5	817 3.5	3411 3.5	2588 3.5	2435 3.5
1065 1.5	263 1.5	1048 3.0	859 3.0	3736 3.0	2571 3.0	3845 3.0
1246 1.0	328 1.0					
1422 0.5	511 0.5					

47b	48a	48b	49a	49b	50a	50b
c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)
0 23.0	1227 23.0	162 23.0	164 23.0	503 23.0	0 23.0	0 23.0
0 17.0	1184 17.0	235 17.0	164 17.0	314 17.0	0 17.0	0 17.0
0 13.0	1404 13.0	508 13.0	363 13.0	464 13.0	0 13.0	0 13.0
71 10.0	1994 10.0	713 10.0	582 10.0	516 10.0	81 10.0	0 10.0
375 8.0	3031 8.0	967 8.0	789 8.0	691 8.0	243 8.0	35 8.0
529 7.0	3662 7.0	1227 7.0	960 7.0	650 7.0	503 7.0	490 7.0
556 6.0	5158 6.0	1856 6.0	1458 6.0	650 6.0	859 6.0	582 6.0
464 5.0	6078 5.0	3031 5.0	1839 5.0	888 5.0	1197 5.0	636 5.0
760 4.5	5565 4.5	4205 4.5	2002 4.5	1182 4.5	1396 4.5	1790 4.5
1567 4.0	7958 4.0	6027 4.0	2117 4.0	1380 4.0	1774 4.0	2401 4.0
1631 3.5	8064 3.5	6595 3.5	2084 3.5	1365 3.5	1774 3.5	2284 3.5
2435 3.0	10263 3.0	10426 3.0	2200 3.0	1710 3.0	1742 3.0	2743 3.0

51a	51b	52a	52b	53a	53b	54a
c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)
162 23.0	59 23.0	0 23.0	142 23.0	0 23.0	0 23.0	92 23.0
92 17.0	126 17.0	27 17.0	197 17.0	5 17.0	0 17.0	92 17.0
162 13.0	198 13.0	153 13.0	314 13.0	121 13.0	111 13.0	162 13.0
311 10.0	162 10.0	266 10.0	490 10.0	278 10.0	314 10.0	126 10.0
589 8.0	273 8.0	529 8.0	650 8.0	388 8.0	609 8.0	235 8.0
1053 7.0	589 7.0	650 7.0	677 7.0	636 7.0	960 7.0	755 7.0
1404 6.0	630 6.0	636 6.0	664 6.0	946 6.0	1182 6.0	797 6.0
1902 5.0	967 5.0	831 5.0	691 5.0	1197 5.0	1505 5.0	967 5.0
255 4.5	1227 4.5	874 4.5	746 4.5	1334 4.5	1694 4.5	1404 4.5
3321 4.0	1184 4.0	960 4.0	845 4.0	1839 4.0	1742 4.0	2133 4.0
3859 3.5	2602 3.5	902 3.5	874 3.5	1615 3.5	1807 3.5	2602 3.5
5108 3.0	2792 3.0	831 3.0	859 3.0	1758 3.0	1839 3.0	3467 3.0

54b	55a	55b	56a	56b	57a	57b
c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)
92 23.0	831 23.0	44 23.0	164 23.0	101 23.0	59 23.0	162 23.0
92 17.0	774 17.0	44 17.0	175 17.0	197 17.0	59 17.0	235 17.0
235 13.0	789 13.0	62 13.0	243 13.0	254 13.0	273 13.0	350 13.0
311 10.0	789 10.0	62 10.0	278 10.0	208 10.0	311 10.0	671 10.0
428 8.0	760 8.0	53 8.0	350 8.0	314 8.0	589 8.0	839 8.0
548 7.0	789 7.0	62 7.0	388 7.0	388 7.0	967 7.0	1140 7.0
1140 6.0	803 6.0	81 6.0	388 6.0	438 6.0	1404 6.0	1316 6.0
1720 5.0	774 5.0	91 5.0	438 5.0	490 5.0	1674 5.0	1629 5.0
1765 4.5	760 4.5	62 4.5	529 4.5	542 4.5	1902 4.5	1404 4.5
1629 4.0	774 4.0	91 4.0	425 4.0	582 4.0	1948 4.0	1994 4.0
1994 3.5	789 3.5	101 3.5	451 3.5	596 3.5	2180 3.5	2133 3.5
2508 3.0	746 3.0	81 3.0	503 3.0	719 3.0	2602 3.0	2226 3.0

58a	58b	59a	59b	60a	60b	61a
c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)
0	266	142	44	82	24	113
5	220	243	153	82	0	82
0	175	363	208	113	24	53
12	142	400	197	113	53	82
5	101	529	290	113	24	0
5	62	623	326	145	53	53
0	44	733	425	177	82	82
0	5	719	516	417	145	82
12	0	760	529	489	113	82
0	0	817	464	635	113	113
0	0	845	556	635	113	113
12	0	946	542	784	278	113

61b	62a	62b	63a	63b	64a	64b
c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)
177	82	53	113	82	113	0
145	82	53	113	113	113	0
145	82	82	145	177	145	82
82	113	145	244	312	278	210
145	244	177	382	561	453	347
53	278	177	635	709	525	822
82	453	244	822	1052	635	1648
113	598	278	1287	975	975	1327
82	709	347	1327	860	1248	2307
113	860	382	1933	975	2140	3028
82	635	382	1770	1287	1688	4428
278	489	382	1688	1567	4651	3200

65a	65b	66a	66b	67a	67b	68a
c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)
347	0	210	177	82	24	145
747	53	210	210	145	24	210
598	347	312	244	113	24	347
709	937	312	312	210	53	672
1327	1091	312	382	177	82	975
1567	2099	347	525	244	113	1248
1975	2771	347	561	312	145	1648
2349	5827	489	635	347	177	1688
5010	4206	453	525	347	177	1770
4696	3503	525	453	382	244	1851
4786	2265	453	417	347	347	1933
11417	2899	525	525	598	347	2644

68b	69a	69b	70a	70b	71a	71b
c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)
113	113	82	53	82	210	382
210	82	82	53	82	210	417
672	82	82	53	82	278	489
1208	82	113	113	113	453	453
1810	113	113	82	145	561	525
1688	113	113	113	177	598	709
1248	113	145	113	177	709	709
1933	145	177	210	210	937	1648
2099	177	145	210	210	1091	1688
1975	210	177	177	177	1130	1607
1367	210	145	244	210	1367	1287
1527	244	177	244	312	1527	1407

72a	72b	73a	73b	74a	74b
c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)	c(ppm) z(cm)
210	417	177	24	53	113
177	453	145	53	53	113
82	382	145	53	82	113
82	417	244	113	82	113
113	347	347	210	82	113
82	312	382	244	82	82
210	312	382	278	113	113
145	312	525	312	113	145
145	278	489	312	113	145
113	244	453	312	145	145
82	244	489	382	145	145
145	210	561	417	145	113

沖浜における漂砂量の算定法

ISSN 0386-5878
土木研究資料 第3125号
平成4年7月 (1992年)
建設省土木研究所
河川部海岸研究室

要 旨

海岸より沖合への土砂流出量を評価するには、沖浜における漂砂現象を明らかにすることが必要とされる。本研究では、既往の研究成果を取りまとめ、さらに考察を加えることにより沖浜における漂砂量の算定手法を開発した。沖浜の海底面では波の作用により形成された砂漣上で浮遊砂が生じるが、本研究ではこの浮遊砂が流れ、もしくは波による質量輸送により運ばれる場合を対象とする。モデルの構成は、①砂漣諸元の算定、②浮遊砂濃度の算定、③流速分布の算定よりなる。

キーワード：沖浜，漂砂量，算定手法，砂漣，浮遊砂

郵便はがき

41円切手
をはいて
下さい

305-□□

建設省土木研究所
河川部海岸研究室 御中

茨城県つくば市旭一番地

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第 3125 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属(住所)

氏 名

印

土木研究所資料第3125号