

沈降性粒子の平面 2 次元拡散堆積モデルの高精度化

小松利光*・押川英夫**・矢野真一郎***・山崎智弘****

1. 緒 言

近年の電子計算機の飛躍的な発達により、対象場によっては 3 次元モデルを用いた流動・拡散場の数値計算も行えるようになってきた。しかし計算領域の大きい非定常計算等では、依然として平面 2 次元モデルを用いた数値計算に頼らざるを得ない場合も多い。海域における埋め立てや浚渫等の海洋開発、土石流による海域への土砂流出の問題等において、広範囲に渡る土砂の拡散や堆積状況の平面分布の予測が必要とされる場合には平面 2 次元計算がよく用いられている。しかし、平面 2 次元計算では流速や拡散物質濃度等の鉛直分布に相似形が仮定されているため、鉛直方向の沈降現象が正確に評価されていないきらいがある。

本研究では平面 2 次元モデルを用いながらも、鉛直方向の現象である土砂の沈降・堆積を高精度に予測可能な堆積モデルの構築を試みた。また、開発された堆積モデルを、有明海に流入した土石流による土砂の拡散・堆積問題へ適用して、モデルの有効性の検討を行った。

2. 堆積モデルと数値実験について

Jobson and Sayre (1970) は沈降性粒子の移流・拡散・堆積に対する支配的な物理量を明らかにするため、開水路定常流場において鉛直 2 次元モデルにより種々のパラメータを変化させた拡散堆積計算を行っている。本研究では彼らが鉛直 2 次元拡散堆積計算から得た沈降・堆積現象の計算結果を水深平均モデルに取り込むことにより、平面 2 次元計算でも高精度に土砂の堆積予測ができるように改良を図ることにする。

(1) 鉛直 2 次元拡散堆積計算の計算方法及び条件

Jobson and Sayre の結果を利用するため、基礎式、計算条件は彼らが用いたものと同様とした。鉛直 2 次元拡散堆積計算の基礎式は以下の式で与えられる。流下方向 (x 方向) の濃度勾配は鉛直方向 (y 方向) と較べて 1%

程度のため流下方向の乱流拡散は無視されている。

$$u \frac{\partial c}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\epsilon_y \frac{\partial c}{\partial y} + V_s c \right) \dots\dots\dots (1)$$

ここに u は流下方向の流速、 c は粒子の体積濃度、 ϵ_y は鉛直方向の乱流拡散係数、 V_s は粒子の終局沈降速度である。水表面、水底面での境界条件は以下に示すように、水表面では濃度 flux=0、また水底面に達した粒子の一部が堆積するものとしている。

$$\text{水表面 } (y=h) : \quad \epsilon_y \frac{\partial c}{\partial y} + V_s c = 0 \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{水底面 } (y=h) : \quad \epsilon_y \frac{\partial c}{\partial y} + V_s (1-A)c = 0 \dots\dots (3)$$

ここで A は底面吸収係数 (池田編, 1992) であり、水底部に達した粒子が底に堆積する確率 ($0 \leq A \leq 1$) を意味する。底面吸収係数 A に関して、高松ら (1970) は拡散係数と、Mehta ら (1987) は限界摩擦応力と関連付けて評価を行っているが、本研究では簡単のため A の局所性、非定常性は無視して定数で与えられるものとした。

Jobson and Sayre に従い各変数を表-1 に示すように無次元化すると、(1) 式より以下に示すような無次元鉛直 2 次元拡散方程式が得られる。

$$\mu \frac{\partial c}{\partial X} = \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\phi_\eta \frac{\partial c}{\partial \eta} + \nu_s c \right) \dots\dots\dots (4)$$

流速分布は次式で表される対数分布則を仮定する。

$$\frac{u - \bar{u}}{u_*} = \frac{1}{\kappa} (\ln \eta + 1) \quad (0.05 \leq \eta \leq 1) \dots\dots\dots (5)$$

ここに $\kappa=0.4$ を用い、 $\eta=0 \sim 0.05$ の範囲は粘性底層とし直線分布を仮定した。流速係数は $\phi = \bar{u}/u_* = 10.0$ (海底摩擦係数で 0.01) で一定とし、無次元鉛直拡散係数は放物線分布 $\phi_\eta = 6\eta(1-\eta)$ とした。沈降性粒子は上流端において鉛直方向に一様濃度 $c=1.0$ で連続供給した。計

表-1 各変数の無次元化

鉛直座標	$\eta = y/h$	鉛直乱流拡散係数	$\phi_\eta = \epsilon_y / \bar{u} = \epsilon_y / (\kappa u_* h/6)$
沈降速度	$\nu_s = V_s / (\kappa u_* / 6)$	粒子供給点からの距離	$X = x \bar{u} / h^2 \bar{u} = \kappa u_* x / 6 h \bar{u}$
流 速	$\mu = u / \bar{u}$		

(h : 水深, κ : カルマン定数, u_* : 摩擦速度, $\bar{u}$: 水深平均流速, $\bar{\epsilon}_y$: 鉛直方向の乱流拡散係数の水深平均値)

* フェロー 工博 九州大学教授工学部建設都市工学科
 ** 学生会員 工修 九州大学大学院 工学研究科
 *** 正 会 員 工修 九州大学助手工学部建設都市工学科
 **** 正 会 員 工修 東洋建設(株)

算格子間隔は $\Delta X = 0.002$, $\Delta \eta = 0.02$ とし、陽解法により数値解析を行った。

(2) 堆積モデルの概略と対象領域

鉛直 2 次元拡散堆積計算で堆積厚を算出する際に用いられる堆積 flux D は式 (3) より次式の様に表される。

$$D = V_s A c_{\text{bottom}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここで、 c_{bottom} は底面直上の格子点の粒子濃度である。

粒子濃度が鉛直方向に非一様な分布を持つ影響を平面 2 次元モデルによる土砂堆積量の計算に反映させるために、鉛直 2 次元計算から得られる堆積 flux D を水深平均粒子濃度 $\bar{c}$ と沈降速度 V_s で正規化したものを無次元堆積速度 γ として次式で定義する。

$$\gamma = D / V_s \bar{c} \quad \dots\dots\dots (7)$$

従って、平面 2 次元モデルでは単位面積当たり Δt 時間内に粒子が堆積する量は $\gamma V_s \Delta t \bar{c}$ で表される。

検討の対象とする無次元沈降速度 ν_s の範囲は、潮流流速と土砂沈降速度の一般的な条件から 0.001~10.0 とした。流下方向の計算領域は、鉛直方向の濃度分布が相似形となるのに十分な距離 $X = 2.0$ (例えば、 $h = 10.0$ m とすると実距離 $x = 3$ km に相当) までとした。Jobson and Sayre は堆積に最も支配的なパラメータは無次元沈降速度 ν_s としているが、本研究ではより高精度な堆積モデルの構築を試みるため、 ν_s と共に堆積に直接関わる底面吸収係数 A に対する応答性についても検討を試みた。

鉛直 2 次元計算から得られる濃度 c を水深方向に平均して得られる水深平均濃度 $\bar{c}$ は、流速が鉛直分布を持つ影響により沈降速度によっては投入直後に僅かに増加することがあるが、ピーク以降は単調に減少する。そこで、新たに $\bar{c}$ がピークを持つ位置を原点とする座標 X' を定義し、 $X' \geq 0$ の領域を無次元堆積速度 γ の定式化の対象とした。供給点から $X' = 0$ までの無次元距離 $X_{(X'=0)}$ は ν_s と A により変化するため、 A と ν_s を種々変化した数値実験の結果より $X_{(X'=0)}$ を次式の様に定式化した。

$$X_{(X'=0)} = (0.275 \times 10^{-2.981A}) \times 10^{(-0.307A - 0.091)\nu_s} \quad \dots\dots\dots (8)$$

(3) 無次元堆積速度 γ の定式化

ν_s と A を独立に変化させて鉛直 2 次元拡散堆積計算を行い、それぞれの γ の流下方向分布を求めた。 γ の分布曲線の近似を試みた結果、図-1 に示す曲線 $\gamma(X') = a \tanh(bX') + d$ により統一的に表せることが分かった。ここに、近似曲線の振幅を a , $X' = 0$ で変曲点をとるものとし、以下のように表す。

$$a = \gamma_{\max} - \gamma_0, \quad d = \gamma_0 \quad \dots\dots\dots (9)$$

$\gamma_{\max}$ は $X' \rightarrow \infty$ での γ の漸近値、 $\gamma_0 = \gamma(0)$ である。 b の決定には、 $\gamma_{\max}$ と γ_0 の中間値 $\gamma = (\gamma_{\max} + \gamma_0)/2 = \gamma_{1/2}$ をとる点 $X' (= X'_{1/2})$ を用いた。 ν_s と A を種々変化させて計算した結果、 $X'_{1/2}$ は計算条件によらずほぼ一定の $X'_{1/2} =$

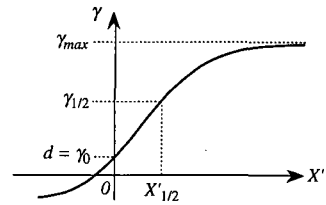


図-1 $\gamma(X')$ の近似曲線の概略図

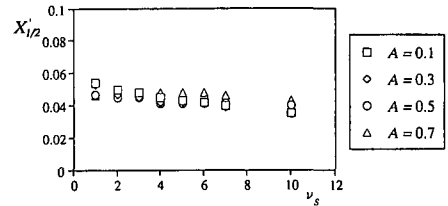


図-2 各条件下での $X'_{1/2}$ の値

0.045 であった(図-2 参照)。その結果 b は次式で表される。

$$b = \frac{1}{2X'_{1/2}} \ln 3.0 = \frac{1}{2 \times 0.045} \ln 3.0 \quad \dots\dots\dots (10)$$

したがって、 γ は最終的に以下の式で表される。

$$\gamma(X') = (\gamma_{\max} - \gamma_0) \tanh\left(\frac{\ln 3.0}{2X'_{1/2}} X'\right) + \gamma_0 \quad \dots\dots\dots (11)$$

すなわち、 ν_s と A で $\gamma_{\max}$, γ_0 を定式化することにより各条件下での無次元堆積速度 γ が決定できることとなる。

堆積に対し最も支配的なパラメータは ν_s であるため、まず $A = 0.3$ と固定し ν_s のみを変化させて鉛直 2 次元拡散堆積計算を行い、図-3 に示す γ の流下方向分布を求めた。この計算結果から ν_s により $\gamma_{\max}$, γ_0 を次式の様に定式化した。

$$\gamma_{\max(A=0.3)} = 0.0002\nu_s^3 - 0.0094\nu_s^2 + 0.226\nu_s + 0.298 \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$\gamma_0(A=0.3) = 0.0003\nu_s^3 - 0.0113\nu_s^2 + 0.114\nu_s + 0.300 \quad \dots\dots\dots (13)$$

次に A の変化の影響を補正係数(後述の式 C_1 , C_2)を用いて表すことにし、 $A = 0.3$ の場合の $\gamma_{\max}$ と γ_0 にそれらを掛けることで A の影響を取り込んだ。その結果、 $\gamma_{\max}$ と γ_0 は以下に示す式で表されることが分かった。

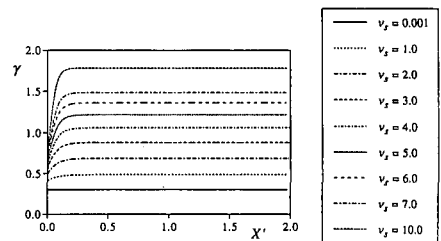


図-3 γ の流下方向分布の計算線果 ($A = 0.3$)

$$\begin{aligned}\gamma_{\max} &= (0.0002\nu_s^3 - 0.0094\nu_s^2 + 0.226\nu_s + 0.298)C_1 \\ C_1 &= (0.007\nu_s^3 - 0.163\nu_s^2 + 1.074\nu_s - 0.093)A^3 \\ &\quad + (-0.024\nu_s^3 + 0.473\nu_s^2 - 2.73\nu_s - 0.014)A^2 \\ &\quad + (0.010\nu_s^3 - 0.175\nu_s^2 + 0.682\nu_s + 3.367)A \\ &\quad - 0.001\nu_s^3 + 0.015\nu_s^2 + 0.009\nu_s - 0.006 \cdots \cdots (14)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\gamma_0 &= (0.000345\nu_s^3 - 0.0113\nu_s^2 + 0.114\nu_s + 0.300)C_2 \\ C_2 &= (-0.007\nu_s^3 + 0.151\nu_s^2 - 1.052\nu_s + 3.242)A \\ &\quad + 0.002\nu_s^3 - 0.036\nu_s^2 + 0.271\nu_s + 0.015 \cdots \cdots (15)\end{aligned}$$

近似の程度を確認するため、一例として $\nu_s = 5.0$, $A = 0.5$ の場合に上記の関係式を用いて得られた近似曲線と数値計算から得られた γ の流下方向分布の比較を図-4に示す。これより近似式 (14), (15) は無次元堆積速度 γ を高い精度で近似できていることが分かる。

また、粒子供給点 ($X=0$) の無次元堆積速度を γ_0' として定式化すると以下の式で表される。

$$\begin{aligned}\gamma_0' &= (0.031\nu_s^3 - 0.350\nu_s)C_0 \\ C_0 &= (0.027\nu_s^3 - 0.387\nu_s - 0.144)A^2 \\ &\quad + (-0.009\nu_s^3 + 0.016\nu_s + 3.419)A \\ &\quad + 0.028\nu_s - 0.018 \cdots \cdots (16)\end{aligned}$$

これより、粒子供給点 $X=0$ から $\bar{c}$ のピーク位置 $X=X(X=0)$ までの γ の分布は、直線で近似した。

(4) 移流項補正係数 β の定式化

鉛直2次元モデルにおいて移流fluxは $\int_0^1 \mu(\eta)c(\eta)d\eta$ で表されるが、水深平均モデルでの移流fluxは $\bar{\mu}\bar{c}$ で表される。濃度と流速が鉛直方向に分布を持つために一般的に両者は一致しない。そこで水深平均モデルの移流fluxを補正するため、次式で表される移流項補正係数 β を導入する。

$$\beta = \int_0^1 \frac{\mu(\eta)c(\eta)}{\bar{\mu}\bar{c}} d\eta \cdots \cdots (17)$$

β により、粒子濃度と流速が鉛直方向に分布を持つことの影響を移流項に取り入れることができる。

この β についても ν_s と A をパラメータとして γ と同様の手法で近似を試みた所、近似曲線は $\beta(X) = -a \tanh(bX) + d$ により表された。但し、 β の近似には供給点からの座標 X を用いている。 a , b , d は次式で定義される。

$$a = \beta_0 - \beta_{\min}, \quad b = \frac{1}{2X_{1/2}} \ln 3.0, \quad d = \beta_0 \cdots \cdots (18)$$

$$\begin{aligned}\beta_{\min} &= (-0.0002\nu_s^3 + 0.0049\nu_s^2 - 0.0550\nu_s + 1.0002)C_3 \\ C_3 &= (-0.003\nu_s^3 + 0.044\nu_s^2 - 0.034\nu_s - 0.001)A^3 \\ &\quad + (0.006\nu_s^3 - 0.089\nu_s^2 + 0.029\nu_s + 0.009)A^2 \\ &\quad + (-0.003\nu_s^3 + 0.049\nu_s^2 + 0.060\nu_s - 0.012)A \\ &\quad + 0.001\nu_s^3 - 0.008\nu_s^2 - 0.019\nu_s + 1.003 \cdots \cdots (19)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}X_{1/2} &= (-0.005A^2 + 0.004A - 0.002)\nu_s \\ &\quad + 0.029A^2 - 0.005A + 0.038 \cdots \cdots (20)\end{aligned}$$

β_0 は $X=0$ での β の値であり、供給点の鉛直方向濃度分布は一樣であるため $\beta_0 = 1.0$ である。 $\beta_{\min}$ は $X \rightarrow \infty$ での β の漸近値である。また、 $X_{1/2}$ は β_0 と $\beta_{\min}$ の中間値をとる点の X 座標である。

近似の程度を確認するため、一例として $\nu_s = 7.0$, $A = 0.7$ の場合に上記の式より得られた近似曲線と数値計算から得られた β の流下方向分布の比較を図-5に示す。近似式は β を高い精度で近似できている事が分かる。

(5) 水平方向の乱流拡散と流速係数の影響について

これまでに得られた無次元堆積速度 γ 及び移流項補正係数 β は、水平流下方向の乱流拡散項を無視した鉛直2次元モデルによる計算結果から定式化されたものである。しかしながら現実の場においては、一概に水平流下方向の乱流拡散が無視できるとは言い難い。そこで水平方向の乱流拡散を考慮した鉛直2次元拡散堆積計算を行い、 γ , β に対する影響を調べた。水平方向の乱流拡散係数 ϵ_x 及び鉛直方向の乱流拡散係数 ϵ_y は対象場の流れによって異なるが、一般的な海域を包含している $\epsilon_x/\epsilon_y = 0 \sim 10^4$ の範囲を検討の対象とした。 ϵ_x を鉛直方向に一樣とし、鉛直方向の乱流拡散係数の水深平均値 $\bar{\epsilon}_y$ を用いて無次元化すると、次式で表される水平方向の無次元乱流拡散係数 ϕ_x が得られる。

$$\phi_x = \frac{\epsilon_x}{\bar{\epsilon}_y} = \frac{\epsilon_x}{\kappa u_* h/6} \cdots \cdots (21)$$

ϕ_x/ϕ_y を変化させた場合に得られた γ の流下方向分布を図-6に示す。これより ϕ_x/ϕ_y が2000程度までの場においては水平方向乱流拡散の γ への影響は比較的小さい事が分かった。又、 β についても同様の結果が得られた。

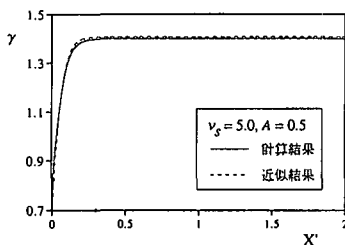


図-4 γ の近似値と計算結果の比較

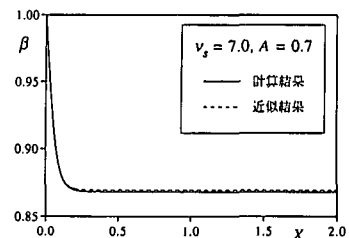
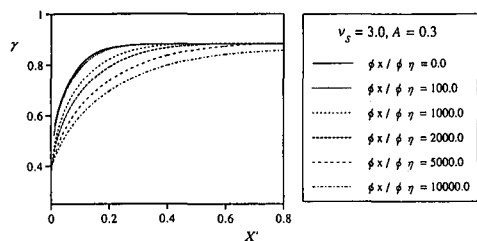
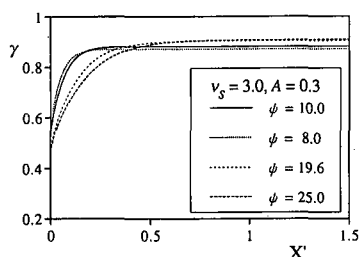


図-5 β の近似値と計算結果の比較

図-6 γ の流下方向分布の計算結果 (水平乱流拡散の影響)図-7 γ の流下方向分布の計算結果 (流速係数の影響)

流速係数 ϕ は一般に 8~25 の値をとることが知られている。 $\nu_s = 3.0$, $A = 0.3$ で ϕ を変化させた場合の γ の流下方向分布を図-7 に示す。流速係数 ϕ は $\gamma_{\max}$, γ_0 及び $\beta_{\min}$ には大きく影響しないが, ϕ の大きさは平均流速に依存するので, γ と β の分布形が ϕ により歪む事になる。そこで, ϕ の値が 10.0 以外の値をとるときは $X'_{1/2}$ と $X_{1/2}$ を $10.0/\phi$ 倍することにより ϕ の影響を補正することとした。

3. 有明海への土石流土砂の流出問題への適用

2.において構築された平面2次元拡散堆積モデルの現実問題への適用として, 雲仙普賢岳から水無川を通り有明海へと流出した土石流により運ばれた土砂の拡散・堆積の計算を試みた。

(1) 計算方法及び潮流計算

有明海での土石流による土砂拡散堆積状況を数値的に再現するためには, 水無川河口周辺数 km の海域を計算領域として考えれば十分である (図-8 参照)。まず早崎瀬戸を湾口とする有明海全域における平面2次元潮流計算 (計算 A) を行い, その結果を境界条件として水無川河口周辺海域のより詳細な潮流計算 (計算 B) を行った。そして計算 B の一周期分の潮流計算結果を用いて土砂の拡散堆積計算 (計算 C) を行った。

潮流計算の計算条件を表-2 に示す。計算 B において土石流の持つ運動量の影響を潮流場に反映させるため, M_2 潮の周期を 12 の時間帯に区分し, 各時間帯に平均的な土石流が流入した場合の 12 通りの潮流計算を行った。計算 A, B の結果はともに流況や三池と島原との潮位変

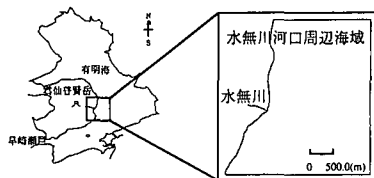


図-8 有明海全体と水無川周辺海域の概略図

表-2 潮流計算の計算条件

(計算 A)	(計算 B)
計算格子間隔 $\Delta x = \Delta y = 1000.0$ m	計算格子間隔 $\Delta x = \Delta y = 50.0$ m
時間格子間隔 $\Delta t = 20.0$ s	時間格子間隔 $\Delta t = 1.0$ s
渦動粘性係数 $\nu_t = 300.0$ m ² /s	渦動粘性係数 $\nu_t = 100.0$ m ² /s
湾口部での境界条件 $\zeta = a \cos(2\pi t/T)$	
潮汐の振幅 $a = 1.104$ m, 潮汐の周期 $T = 12$ 時間 25 分	

動の位相差等 (海上保安庁, 1994) と良く一致しており, 実際の潮流場を再現できていた。

(2) 拡散堆積計算 (計算 C)

拡散堆積計算の計算条件を表-3 に示す。前述の堆積モデルを用いた拡散堆積計算の基礎式は次式である。

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + \beta \left(u \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + v \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\epsilon_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\epsilon_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} \right) + \frac{P-D}{H} \quad \dots (22)$$

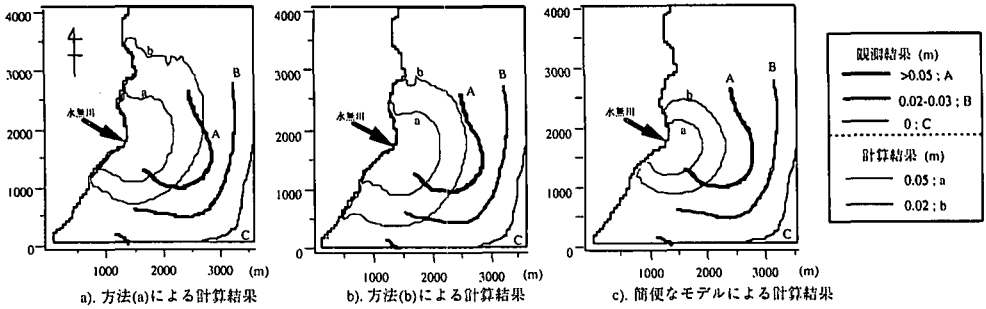
ここで, P は単位時間・単位面積あたりの土砂供給量であり H は全水深である。土砂粒子の沈降速度 V_s 及び底面吸収係数 A が既知であれば, 各計算点において無次元堆積速度 γ と移流項補正係数 β は土砂供給点からの無次元距離 X の関数として評価される。しかし, 水深分布や流速の非定常性・局所性がある実際の場において X を正確に算定するのは極めて困難である。そこで, 各地点の無次元距離 X を評価するため次の 2 つの方法を試みた。

(a) γ , β の変化率が大きい領域に較べて計算対象領域が非常に広い場合を想定し, 全点に $X \rightarrow \infty$ での漸近値 $\gamma_{\max}$, $\beta_{\min}$ を与える。

(b) 供給点から同心円状に無次元距離 X を設定する。方法 (b) における無次元距離 X は実距離 x と土砂投入点からその地点までの水深 h の分布によって決定される。水無川河口周辺海域の水深分布は, 水無川河口 (土砂投入点) を中心に東を $\theta = 0^\circ$ と見て, 反時計回りにとった角度 θ によって異なる勾配を持つ次式のような直線

表-3 拡散堆積計算の計算条件

(計算 C)	計算格子間隔 $\Delta x = \Delta y = 50.0$ (m)
底面吸収係数 $A = 0.3$	時間格子間隔 $\Delta t = 1.0$ (s)
流速係数 $\phi = 19.6$	分散係数 $\epsilon_x, \epsilon_y = 100.0$ (m ² /s)



図—9 計算結果と現地計測結果

表—4 土砂粒子の計算条件

粒径 ds (mm)	I : $0.001 \sim 0.01$, II : $0.01 \sim 0.074$, III : $0.074 \sim 0.3$
沈降速度 V_s (cm/s)	I : 7.842×10^{-4} , II : 5.796×10^{-2} , III : 1.469
含有率 (%)	I : 50.0, II : 44.0, III : 6.0
海水の密度	$\rho_{sw} = 1.0325 \text{ g/cm}^3$
粒子の密度	$\rho_s = 2.57 \text{ g/cm}^3$
含水比	$W = 150\%$
土石流中の土砂濃度	$c = 0.2$

分布で良く近似できた。

$$h = (-0.04 \sin^2 \theta - 0.01 \sin \theta + 0.06)x + 1.7 \quad (-90^\circ \leq \theta \leq 90^\circ) \cdots (23)$$

なお $\theta < -90^\circ$ の領域では $\theta = -90^\circ$ での水深分布を用いた。従って、方法 (b) では次式により X を評価した。

$$X = \frac{\kappa u_*}{6 \bar{u}} \int_0^x \frac{dx}{h} \cdots (24)$$

有明海に流出した土石流中の土砂の粒径は主に $0.001 \sim 0.3 \text{ mm}$ である事が報告されている (平野, 1993)。そこで、土砂を粒径別に3つのグループに分割し、相乗平均により平均粒径を求め、Rubeyの式により各グループの代表沈降速度を算出した。土石流土砂に関する条件を表—4に示す。

各粒子グループに対して、計算Bの12の時間帯それぞれに単位量の土石流が流入した場合についての計36通りの拡散堆積計算が実行された。最終的な土砂堆積厚は、1993年8月末までに発生した約20回の土石流(流出土砂総量約500万 m^3)を対象とし、各粒子グループの含有率と各土石流の発生時間帯をもとに単位土石流に対する36通りの土砂の堆積分布を比例配分して、線形的に重ね合わせて算出した。

図—9に本研究で提案されたモデルと簡便な堆積モデル(鉛直方向の粒子濃度分布が一樣と仮定し、沈降により海底に達した粒子は全て堆積するとしたもの)を用いた土砂堆積厚分布の計算結果と長崎大学による1993年8月の現地観測結果(長崎大学生涯学習教育研究センター運営委員会, 1994)との比較図を示す。土石流により有明海に流出した土砂の平面的な堆積厚分布を見積も

る際に、流出土砂量や土石流中の土砂濃度、また底面吸収係数 A 等のパラメータについて不明確な点が多いため、計算結果に対する定量的な評価は難しい事が予想された。しかし不明確ながらもほぼ妥当と思われる範囲の値を用いて比較したところ、本研究で提案した堆積モデルによる計算結果(図—9 a), b))は、簡便なモデルを用いた場合(図—9 c))に比べ土砂堆積量をはるかに良い精度で見積もることができることが分かった。このことならびにモデル化に際して採用された仮定が比較的一般性を持ったものであることから、本モデルが広い範囲に適用できることが期待される。

4. 結 語

平面2次元モデルによる沈降性粒子の拡散堆積計算に本研究で開発された堆積モデルを用いることにより、鉛直拡散と沈降により生じる鉛直濃度分布に起因する影響を、堆積厚の評価に反映させることが可能となった。また本モデルを用いて有明海における土石流土砂の拡散堆積計算を行った結果、観測された堆積厚分布と比較的一致した分布が得られ、実際問題に対する本モデルの有効性が確認された。

参 考 文 献

- 池田駿介編 (1992): 流体の非線形現象, 朝倉書店, pp. 74-79.
- 海上保安庁 (1994): 潮汐表, pp. 237-242, 395-396.
- 高松武一郎・内藤正明・芝定孝 (1970): 矩形沈殿槽における沈殿物の再浮上に関する一考察, 土木学会論文集, 第183号, pp. 43-54.
- 長崎大学生涯学習教育研究センター運営委員会 (1994): 雲仙・普賢岳火山災害にいたむ, pp. 121-140.
- 平野宗夫 (1993): 雲仙における土石流・火砕流の調査研究, 文部省科学研究費, 総合研究(A), 研究成果報告書, pp. 9-22.
- Jobson, H. E. and Sayre, W. W (1970): Predicting concentration in open channels, Proc. ASCE, 96, HY. 10, pp. 1983-1996.
- Mehta, A. J. and J. W. Lott (1987): Sorting of fine sediment during deposition, COASTAL SEDIMENTS '87, pp. 348-362.