

京都大学防災研究所 正会員 工屋 義人
京都大学大学院 学生員 藤田 郁夫

1. 緒言 沿岸漂砂の機構を浜浪の特性と関係づけて取扱おうとする試みは、岩垣・榎木およびBijkerらの研究をはじめ、最近ではエネルギー的なアプローチを沿岸流および波のジグザグ運動とに立脚して展開させたKomarの研究などが発表されてきた。しかし、これらの取扱いは、Bagnold-Inmanに始まるエネルギー的な取扱いと岩垣らおよびBijkerらのような沿岸流理論と流砂則とを結びつけようとする2つの方法があるが、必ずしも沿岸漂砂機構が十分説明されているとはいえないといつてよいであろう。ここでは、Komarの研究に流砂法則を導入した沿岸漂砂機構の1つのモデルを提案して若干の考察をする。

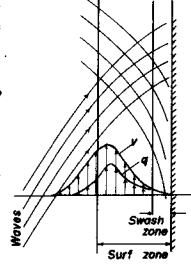
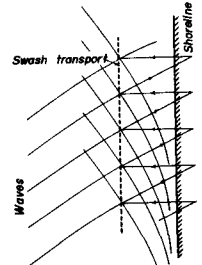


図-1(a) 沿岸流による漂砂機構



(b) 波のジグザグ運動による漂砂機構

2. 沿岸漂砂の機構とモデル たとえばThorntonの観測結果にもみられるように、沿岸漂砂には掃流形式のものと浮遊形式のものとがある。前者は主として沿岸流による流送が主体となるが、波の直接的な作用も大きな要因となる。後者は主として波により底質が浮遊し、それが沿岸流によって沿岸方向に輸送されるものと考えられる。このように考えると、沿岸漂砂を1つの流砂法則で規定することにはかなり問題がある。Bijkerのように掃流・浮遊も包含した取扱いは有効であろう。ここでは、図-1に示すように沿岸流と波のジグザグ運動によって輸送されるものとして沿岸漂砂を扱い、最近の沿岸流理論や波のそれに関する理論などを用いて、その機構とモデル的に考察することにする。

(1) 沿岸流による漂砂機構 図-1(a)に示したモデルに従って、沿岸漂砂の機構を考察するが、その場合Longuet-Higginsの沿岸流理論を適用する。この理論によれば、沿岸流と波による底面せん断応力の表示は、

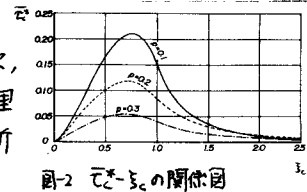


図-2 τ_b/τ_{b0} の関係図

$$\tau_b = (1/\pi) \rho P U_{max} v \quad (1)$$

で表わされ、沿岸流速の分布は次式で与えられる。

$$v/v_{max} = B_1(x/x_b)^2 + A(x/x_b) ; 0 \leq (x/x_b) \leq 1 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} (2)$$

$$v/v_{max} = B_2(x/x_b)^3 ; 1 \leq (x/x_b) < \infty , v_{max} = (5\pi\delta/16f) \sqrt{gR_b} \tan\beta \sin 2\delta b$$

ここに、 f : 海底摩擦係数、 β : 浜浪の傾斜、 δb : 碎波帯における波向、 $\delta b = -(3/4) \pm (9/16 + 1/p)^{1/2}$ 、 $A = \{1 - (2/5)P\}^{-1}$ 、 $B_1 = (b-1)A/(a-b)$ 、 $B_2 = (a-1)A/(a-b)$ 、 P : 水平混合係数を含むパラメーターで実験値との比較では0.2~0.3、および U_{max} : 底面における波の最大水粒子速度である。

いま、この沿岸流によって漂砂がKalininの流砂法則で輸送されるものとするれば、

$$q/u_* d = K(\tau_b^* - \tau_c^*)^m, \quad \tau_c^* = U_*^2 / (5(P-1)gd) \quad (3)$$

を適用し、漂砂の移動限界水深で規定される漂砂帯について積分することによって、沿岸漂砂量式として次式が得られる。

$$Q_1/\sqrt{R_B} d R_B = K(5/6)^{m+1/2} \{R_B/(O/P-1) d\}^{m+1/2} (\tan \beta) (\sin Z_0) \{I_1(\xi_c) + I_2(\xi_c)\} \quad (4)$$

ここに、 I_1 および I_2 : 図-2 に示す ξ_c の関数として与えられる、また ξ_c は次式で表されるので移動限界における無次元掃流力 τ_b がわかれば漂砂帯が決定されることになる。

$$\begin{aligned} (5/6) \xi_c^2 (B_1 \xi_c^2 + A \xi_c) &= \{(O/P-1)/\delta^2 \tan \beta \sin Z_0\} (d/R_B) \tau_c^* ; 0 \leq (x/x_B) < 1 \\ (5/6) \xi_c^2 \xi_c^2 &= \{(O/P-1)/\delta^2 \tan \beta \sin Z_0\} (d/R_B) \tau_c^* ; 1 \leq (x/x_B) < \infty \end{aligned} \quad (5)$$

一方、(3) 式の流砂則の代りに着者の現地観測の結果得られた波による全漂砂量と波の特性との関係たとえば図-3 に示すような関係を用いて同様な計算を行えば、いちおう漂砂量による沿岸漂砂量の表示と与えることもできる。

(2) 波のフアザグ運動による漂砂機構

図-1(b) に示すように、波のうちあげ時には近似的に波高 H_0 でせり上し、もどり流水は毎波に沿って汀線にはほぼ直角方向に沖方向にもどるものと考えことにする。そうすれば、Fracman-Méhan の数値計算の結果に基づいて、ごく近似的に碎波より汀線までの波の特性と次式で表わすことにする。

$$u + c = c_0 \cos \alpha \quad (\equiv \sqrt{g H_0}), \quad c = \sqrt{g H_0} \quad (6)$$

ここに、 H_0 は碎波高である。さらに、swash zone における波のせり上りとして、同様に次式を用いることになる。

$$u^2 = u_0^2 - 2[(\tan \beta + (g/\delta^2)/(H_0 X + 2d)) (g R_B X \sin \beta)] (X_c/R_B) \quad (7)$$

ここに、 u_0 は(6)式で計算される汀線における u の値、 $\sin \beta = \sin \beta_0 \cos \beta$ 、 $X_c = -R_B \sin \beta$ であり、さらに $u^2 = c u$ と仮定すれば、沿岸漂砂量式は、

$$Q_2/\sqrt{R_B} d R_B = (K/2) (c)^{m+1/2} \{R_B/(O/P-1) d\}^{m+1/2} (\sin Z_0) \{I_1 + I_2\} \quad (8)$$

で与えられる。ここに、 I_1 および I_2 はいずれも R_B/H_0 の関数として与えられる。

3. 沿岸漂砂量に関する考察 沿岸漂砂量に関する実験・実測結果が Dao によって収集されている。そのうちの比較的緩こう配の海岸における実験結果として、Saville および Shay-Johnson のものを用いて考察した。Bagnold らによるエネルギー的なアプローチによれば、 $Q = K(E_G)_{\text{max}}^{0.5}$ で表わされるが、図-4 はその比較を示し、また図-5 は実験・実測の結果との比較である。実測結果についてはこの関係式がよく適用できるが、実験結果では海岸こう配や底質特性の影響が著しいように思われる。しかし、図-6 は岩垣様本式との比較であり、 $Q/4 = 31.7 E \lambda^3 / g^{1/2}$ (水理公式集参照) の左辺・右辺をそれぞれ縦軸および横軸に表わしてある。一方、着者の誘導した理論式もありよい一致を示している。これらのことから考えると、むしろ沿岸漂砂量に関する従来の実験結果には、かなり問題があるように思われるので、今後の詳細な実験が必須といえる。

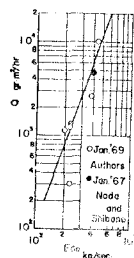


図-3 漂砂量と波のエネルギーフラックスとの関係

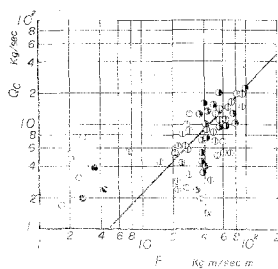


図-4 エネルギ理論と着者の得た実測値との比較

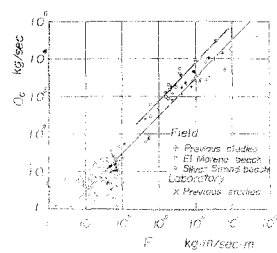


図-5 エネルギ理論と実験・実測値との比較

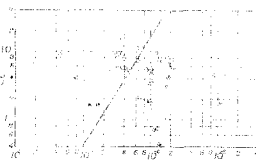


図-6 岩垣様本式と着者の得た実験結果との比較