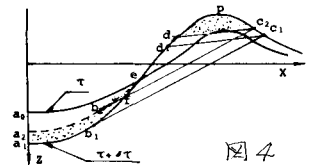
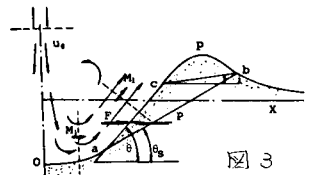
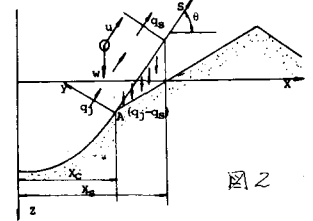
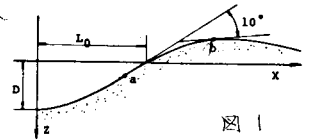


西日本工業大学 正 赤司 信義
山口大学工学部 正 斎藤 隆

鉛直噴流による洗掘過程の概要は次の通りである。河床変動量の小さいごく初期においては砂面に衝突した流れはほぼ砂面に沿って流下している、河床の変化はこの流れによる砂移動の場所的变化によって行われる。洗掘の進行によって洗掘穴内の砂面勾配は急になる、つまり砂移動の砂面勾配による変化及び砂堆部での流れのはく離による洗掘範囲は減少傾向を示し洗掘は深さ方向に行われるようになる。洗掘穴内の砂面勾配が砂の水中安息角より急になるとその下流に水中安息角なれしより緩いほぼ一様勾配の斜面がみられるようになり、この一様勾配斜面の下端で洗掘砂面に沿って流下してまた流れは噴き上げ流れとなる。同時に噴出流の左右への動揺に伴って一様勾配部分の斜面が間欠的に崩落し、洗掘は噴き上げ流れによって砂堆頂を越えて出ていく砂量により進行していく。このように鉛直噴流による洗掘はその形態から初期・中期・後期に大別する事ができる。

本文は洗掘面の流れ及び砂移動を以下の様に取り扱って、非平衡状態での砂移動による河床変動の基礎式にとり入れて、洗掘の進行過程を解析したものである。〔洗掘砂面上の流れ〕；洗掘砂面に沿う流れを最大洗掘深位置にある水平砂面に沿う衝突噴流による壁面噴流流れと近似する。この時、洗掘の進行に伴う流れの時間的变化は最大洗掘深の時間的变化によって表わされる。〔初期洗掘〕；河床変動量がきわめて小さいので、砂面上の流れは衝突噴流による壁面噴流流れであり、河床変動は掃流力の場所的变化によって生じる。初期洗掘形状は、初期洗掘終了時点で最大洗掘深 H_0 が0.5となるよう、基礎式に基づき洗掘深の時間的変動量から定めて得られる。〔中期洗掘〕；洗掘形状は波状を呈する様になり(図-1)、流れは上に凸なる洗掘砂面上ではく離する。洗掘砂面最大勾配地(α度)での無次元砂量強度を $\alpha-b$ 区間で直線的に減少させb度で0になるようにして砂移動基礎式に導入した。〔後期洗掘〕；後期洗掘における砂移動形態は洗掘砂面に沿う噴き上げ流れによる砂移動と噴出流の動揺に伴う砂堆部の崩落によって規定される。○流砂散放…洗掘砂面に沿う噴き上げ流れを図2の様なかなり大胆に単純化する。濃度の時間的变化、流れ方向の濃度勾配変化及びy方向の速度成分を無視し、渦動粘性係数を一定とする時散放方程式は次式の様に表わされる。



ここでS軸に沿って噴き上げる流れの幅は一定とし、流速は衝突噴流による壁面噴流流れの流速減少式に従うものとして、境界及び初期条件を考慮すると濃度 C_{sy} が求められる。噴き上げ地(α度)の流砂量を Q_s 、断面Sを通過する流砂量を Q_s として $C_{sy} \cdot U / Q_s$ をyについて積分する時、 Q_s / Q_s は定めらる。又、 $Q_s / Q_s = (Q_s / \sqrt{sgd^3}) / (Q_s / \sqrt{sgd^3})$ 、 $Q_s / Q_s = Q_s \cdot Q_s / Q_s$ の関係を河床変動の基礎式に導入する事で流砂散放による洗掘深の変化と計算する事ができる。○間欠的崩落…図-3, 砂堆部の崩落は流れの変向による力Fと砂堆部土圧力Pとの平均値によって生ずると考える。 $F = M_1(1 - \cos \theta)$ 、Pはフーロン土圧力。崩落砂量は崩落前の形状(0 a c p b 曲線)に対し、安息角勾配 θ_0 なるすべり面を設定し、洗掘砂面(c a p 面)での力の釣り合い地(点)を定める。この時砂堆部c b pは崩落砂量となる。崩落砂量は洗掘

穴へうめどす時、洗掘平均形状を決定する事ができる。ここで砂の連続と力の釣り合いと共に満足させるため次の手順を行った。(説明図4)。(1)マ+4で時間の洗掘形状(A_1 、f P G 曲線)に対し力の釣り合い地変 d_1 を定め形状修正率 α_1 を決定する。(2) A_1 e 区画において時刻より4で時間後の洗掘深変化量 ΔS_1 に α_1 を乗じて洗掘深を修正する。(3) A_2 b e 曲線)。 $\alpha_2 = 1$ の時 A_1 e 区画の修正形状はで時間の形状 A_0 e 曲線そのものになる。(4)修正形状に対し再度力の釣り合い地変 d_2 を定め、崩落砂量(d_2 G P)と洗掘穴修正量(A_1 e A_2)の差積が一致するようくり返し計算を行う。

以上の解析方法による結果と実験値と比較する。なお、解析に使用した諸数値をここに記しておく。砂の水中比重を γ_s と γ_w を $\gamma_s/\gamma_w = 1.65$ 、空隙率を $e = 0.4$ 、水中安息角を 31° 、砂粒の摩擦係数 μ を 0.0 、砂移動を規定する係数 m を 1.5 、移動砂量強度を規定する係数 K を 8.0 、砂粒の平均移動距離係数 λ を 100 、移動粘性係数 $\epsilon/\lambda m \delta_0$ を 0.07 とした。

洗掘形状・洗掘形状の時間的変化を図5に、又砂時位置 L_p/B_0 と最大洗掘深 B_0 との関係を図6に示した。洗掘穴長さの時間的振れや砂時位置の移動といった点で実験結果を説明する事ができた。又、初期・中期における L_p/B_0 はほぼ一定で、後期になるとそれは B_0 と比例関係になるが、計算結果は十分にこの傾向を示している。

最大洗掘深の時間的変化; 計算結果を図7, 8に示した。図7は L_p/B_0 の影響をみたもので、洗掘過程の初期から中期及び中期から後期への移行時間は L_p/B_0 に大きく支配されている。これは衝突後の流れのスケールが衝突直前の流れに規定され、 L_p/B_0 が大きくなる時流れのスケールが拡大され、 U_0^2/sgd の変化が小さくなる事によるものである。図8は L_p/B_0 が $5.0 \sim 6.25$ 、 d/B_0 が $0.017 \sim 0.027$ の範囲で U_0^2/sgd による変化をみたものである。

解析結果は定性的に十分実験結果を説明していて中期洗掘においては流れのほく解が、後期洗掘においては、洗掘穴からの湾流砂拡散及び間欠的崩落が洗掘の進行に重要な役割を担っている事が示された。

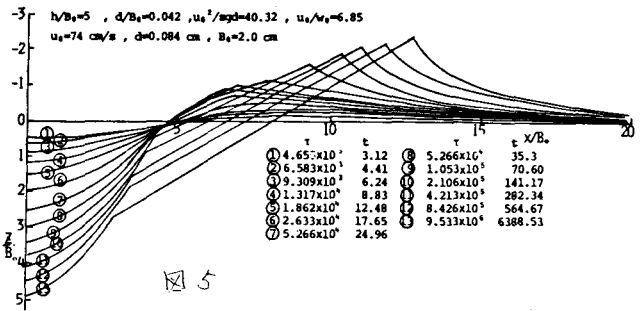


図5

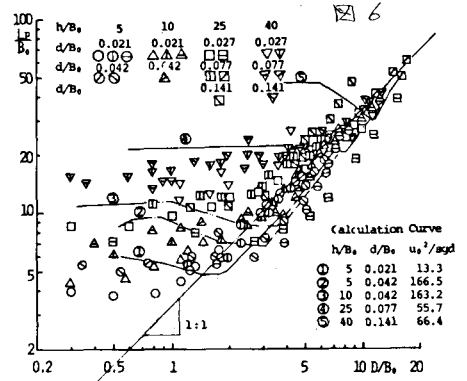


図6

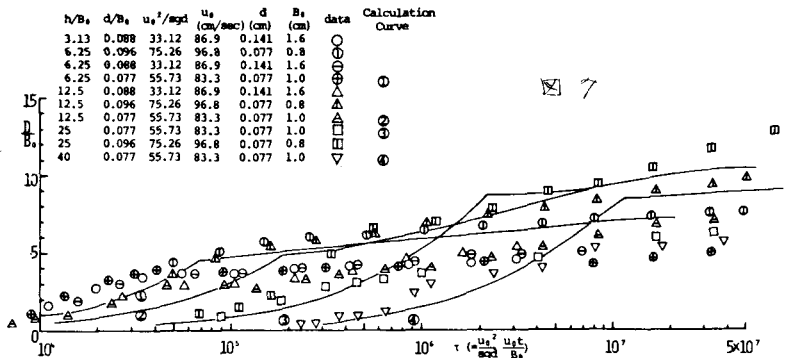


図7

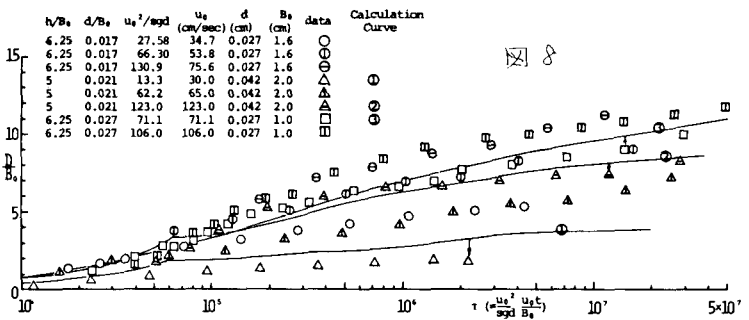


図8