

が陽には求められない。そこで、d'AlembertおよびRaabeの収束判定法のもとでRelaxation法による収束計算を行い、解を求める。なお、 $z = z_a$ において流速および濃度は、仮想原点⁹⁾を用いて絶対値のみを連続させて計算している。なお、 $z = z_a$ の位置は上層の乱流応力と下層の流動応力とが連続する位置であり、物理的意味が明瞭である。

3. 基準面濃度および基準面位置に関する解釈 図-2は、二層モデルを用いて得られた $c(z_a)$ の結果を示したものである。ここに、 c_a は基準面濃度、 u_* は摩擦速度で、 $u_* = \sqrt{gh_t \sin \theta}$ である。 w_0 は粒子の沈降速度である。図には、実験値^{2), 3), 9), 10), 11)}と代表的な表示式^{2)-5), 12)}も載せている。計算においては、相対水深 $h_t/d = 80$ 、カルマン定数 $\kappa = 0.2$ 、拡散係数と渦動粘性係数との比 $\beta = 1.2$ 、粒子の沈降速度式はRubeyの式を用いている。計算値においては、 $c(z_a)$ に対する粒子径の効果が明瞭に現れ、粒子径が小さくなると $c(z_a)$ は小さくなっている。これは、粒子径が小さくなると、上層の濃度が一様化して、下層の層厚が増加し、その結果、 $z = z_a$ における応力が減少して $c(z_a)$ が小さくなるためである。図には、慣用的な5%水深における濃度も示している。 $c(z_a)$ の結果と比較すれば、5%水深の位置を基準面位置とすると、 c_a が過大に見積もられることが分かる。図-3は、図-2に示した計算値と等しい条件で求めた z_a/h_t の計算結果である。ここに、 $\tau_* = u_*^2 / \{(\sigma/\rho - 1)gd\}$ である。比較のため、慣用的な値も示すとともに、上層が清水であるときの z_a/h_t の値も示している。図には、 z_a/h_t に対する粒子径の影響が現れているため、その影響を検討する。簡単のために上層および下層における濃度を一樣として、それぞれ c_w および c_s とおくと z_a/h_t は、河床における応力の釣り合いから次式のように求められる。

$$\frac{z_a}{h_t} = \frac{\tan \theta / (\tan \phi_s - \tan \phi_w) \{ (\sigma/\rho - 1) c_w + 1 \}}{(\sigma/\rho - 1) \{ \tan \theta / (\tan \phi_s - \tan \phi_w) c_w + c_s \}} \quad (5)$$

式(5)と $c(z_a)$ の結果を考慮すれば、粒子径が小さくなると z_a/h_t が大きくなる。図-4は、本モデルによって求められる浮遊砂量 $q_s = \int_{z_a}^h c u dz$ と掃流砂量 $q_b = \int_0^{z_a} c u dz$ の比である。図には、比較のため、芦田・道上らの式^{9), 13)}を用いて形式的に得られた結果も示している。これによれば、粒子径の減少とともに掃流砂量に対する浮遊砂量の比が減少しており、従来の成果より求められる結果と逆の結果が得られている。これは、粒子径の減少に伴って z_a/h_t が増加して、層流流動する流砂量が増加するためであると推察される。

4. おわりに 浮遊砂流の基準面濃度と基準面位置の決定法および流砂量比を二層モデルを用いることによって検討した。乱流拡散が卓越する上層と粒子が層流で流動する下層との境界面に着目し、その位置を基準面高さと見なし、境界面における粒子濃度を基準面濃度として、従来より蓄積された実験データおよび過去の代表的な研究成果と比較した。その結果、本モデルによって概ね浮遊砂流の基準面濃度と基準面高さを同時に評価できることが示唆された。流砂量比については、従来の成果より得られる結果と逆の結果が得られた。これについては更に検討する必要がある。

本研究は、文部省科研費基盤研究B(代表 江頭進治)の補助を受けている。ここに記して感謝します。

参考文献 1)Einstein, H. A.: Soil Conservation Service, Tech. Bull. 1025, 1-71, 1950, 2)Lane, E. W. and A. A. Kalinske: Trans., A. G. U., 637-640, 1939, 3)芦田・道上: 京大防災研年報, 13B-2, 233-242, 1970, 4)Kishi, T. and T. Itakura: Proc., ASCE, HY8, 1332-1333, 1980, 5)芦田ら: 京大防災研年報, 25B-2, 401-416, 1982, 6)江頭ら: 水工学論文集, 41, 789-794, 1997, 7)Egashira, S. et al.: 1st Int. Conf. on Debris-Flow Hazard Mitigation, ASCE, 340-349, 1997, 8)江頭ら: 京大防災研年報, 37B-2, 359-369, 1994, 9)Vanoni, V. A.: Trans., ASCE, 2267, 67-133, 1944, 10)加藤ら: 第24回年次学術講演会講演集, 2, 223-226, 1969, 11)Guy, H. P., D. B. Simons and E. V. Richardson: Professional Paper 462-I, U. S. G. S., 1966, 12)平野・橋本ら: 水工学論文集, 42, 1069-1074, 1998, 13)芦田・道上: 土木学会論文報告集, 206, 59-69, 1972.

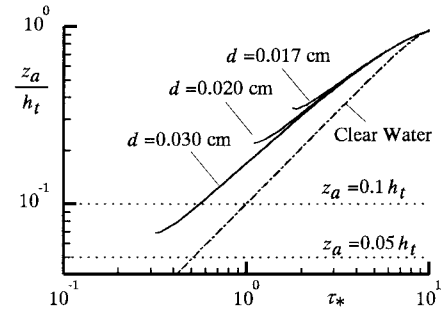


図-3 基準面位置

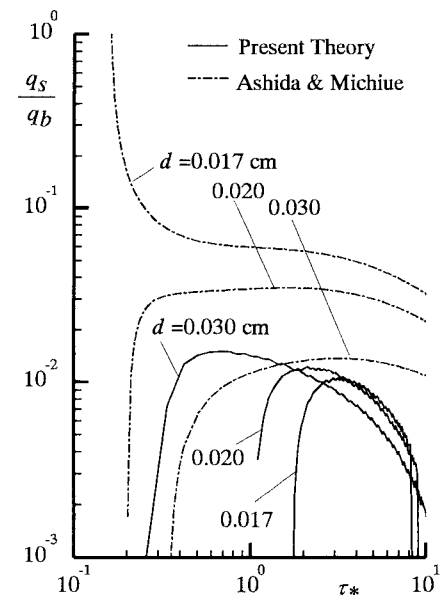


図-4 浮遊砂量と掃流砂量の比