

(Ⅱ-47) 底泥における限界掃流力と粘着力の関係

千葉工業大学 学員 中出 友正

千葉工業大学 正員 瀧 和夫

1. はじめに

水質汚濁を増大させる原因の一つとして、水流による底泥の巻き上がり現象が考えられる。この現象は底泥層表面に堆積した泥粒子が流れから掃流力を受けることにより引き起こされるもので、流水中のSSの増加へとつながる。ここで、底泥粒子表面は電気化学的特性等による粘着力を有することから、その巻き上がり機構は流砂のそれと大きく異なる。そこで、本研究では流水による底泥粒子の巻き上がりに要する限界掃流力と粒子の粘着性に関係する粒子表面の電気化学的特性量との関係について実験を通して若干の考察を試みた。

2. 解析方法

いま、河川などの水流の力が底泥粒子表面の粘着力や粒子相互の噛み合わせによる抵抗力を上回ったとき、底泥粒子の巻き上がりが生じるとし、この現象に関わる物理量を次のように考える。

$$\{u_{*c}, E_0, d_s, (\rho_s - \rho_w), \rho_b, \rho_w, R, T_b, g\}$$

ここに、 u_{*c} ：限界摩擦速度、 E_0 ：活性化エネルギー、 d_s ：泥粒子の粒径、 ρ_s ：泥粒子の密度、 ρ_b ：泥層の密度、 ρ_w ：水の密度、 R ：気体定数、 T_b ：絶対温度、 g ：重力加速度。

これらの物理量は、 $[M]$ 、 $[L]$ 、 $[T]$ 、 $[N]$ 、 $[\theta]$ の5個の基本次元より構成されている。したがって、底泥粒子の限界摩擦速度に関する無次元限界掃流力を上記物理量の無次元積で表すと

$$\tau_{*c} = f\{E_0/RT_b, (S-1), \rho_b/\rho_w\} \quad (1)$$

を得る。ここに、 $\tau_{*c} (=u_{*c}^2/d_s g(s-1))$ は流水による底泥粒子の始動時の無次元限界掃流力を、 E_0/RT_b は底泥粒子の移動に抗するに要する無次元活性化エネルギーで、底泥層の粘着力の成分を表す。また、 $(S-1)$ および ρ_b/ρ_w は水中底泥層の特性を表す無次元パラメータで、それぞれ粒子の水中における相対比重および泥層の相対密度を意味する。(1)式より無次元限界掃流力は無次元活性化エネルギー、相対比重および相対密度を関数として表されることがわかる。

3. 解析に用いたデータの特徴

本解析では印旛沼、手賀川、養老川、多摩川、江戸川およびベントナイト泥の6種類の底泥に関するデータを用いることとし、それらの諸元は表1のとおりである。表より、各種底泥における相対含水比は1~3、比重では2.54~2.75、粒径では7~16 μm 程度と、ほぼ同一範囲の性質を持つことがわかる。

表1 底泥の特性値

試料名	WL(%)	W/W _L	s	d _s
印旛沼泥	119	1.26~5.26	2.55	11.0
手賀沼泥	158	1.90~3.10	2.61	14.4
養老川泥	97	1.04~1.86	2.76	7.2
多摩川泥	152	1.26~1.88	2.65	16.3
BENTONITE	403	1.17~3.45	2.59	6.7
KAOLIN	58	1.30~8.03	2.74	7.8

W/W_L:相対含水比 s:比重 d_s:粒径(μm)

表1の特性値の値は、多くの調査結果^{1,2,3)}と同等の範囲を示すもので、これより、(1)式の相対比重($S-1$)はほぼ一定と考えることができる。また、表より底泥の粒径が微細なことから高含水比領域においてはフロック状の堆積構造を持ち、粒子相互の接触にもとづく強い摩擦抵抗力を持たず、個々の粒子表面の電荷による力(粘着力に相当する力)が流れに対する抗力となる最大の要因と考えられる。

このような考察から、粒子の移動(始動)時の限界掃流力は相対密度をパラメータとした無次元活性化エネルギーの関数として整理することができる。

4. 結果及び考察

底泥粒子の活性化エネルギーの限界掃流力への寄与の程度を、各種底泥の実験データをもとに調べることとする。

いま、無次元限界掃流力および無次元活性化エネルギーを両軸にとり、相対密度をパラメータとして各データを図示したのが図2である。また、図中の実線は各パラメータ毎のデータに対する最適線を回帰直線として示したものである。図より、各パラメータ毎に、無次元活性化エネルギーの増加に共なる無次元限界掃流力の増加が

認められる。その増加は片対数紙上で直線的で、各パラメータに無関係に、その傾きは0.4ではば一定となっている。またさらに、図中の破線で示すような限界掃流力の同一値において、底泥層の相対密度が減少する(含水比が増大する)にしたがって、無次元活性化エネルギーが増大しているのが認められる。このことは、底泥層の含水比の増大が泥粒子間隔の広がりを示すもので、同一の限界掃流力を維持するためには粒子の表面電荷にもとづいたより大きな力を必要とすることを意味しているものと考えられる。

5. まとめ

流水による底泥粒子の巻き上がりに要する限界掃流力と粒子の粘着性に関係する粒子表面の電気化学的特性量との関係について実験を通して考察を試みた結果、以下のことが明かとなった。

1. 高含水比泥において、泥粒子の表面電荷量が底泥層の粘着力の主要因と考えられることを示した。
2. 底泥の限界掃流力は泥の相対密度をパラメータとした活性化エネルギーの関数として表わされることを次元解析によって明らかにした。また、種々の実験結果より無次元限界掃流力は無次元活性化エネルギーと片対数紙上で直線的な正比例関係にあり、比例定数が0.4程度であることを明らかにした。

参考文献

- 1) 名取 真、二階堂清志、石塚 馨；底質について(下水・排水・污泥処理ガイドブック、第7部 底質の除去対策)、理工新社、pp.832-851, 1987.
- 2) 徳永修三、永沢秀秋；モデル底質の調整および汚濁底質の固化処理に関する研究、工業用水、No. 362, pp. 36-43, 1988.
- 3) 利波 学、瀧 和夫；底泥の限界掃流力と底泥粒子の電気化学的特性量との関係、水質汚濁学会講演集、pp. 338-339, 1991.

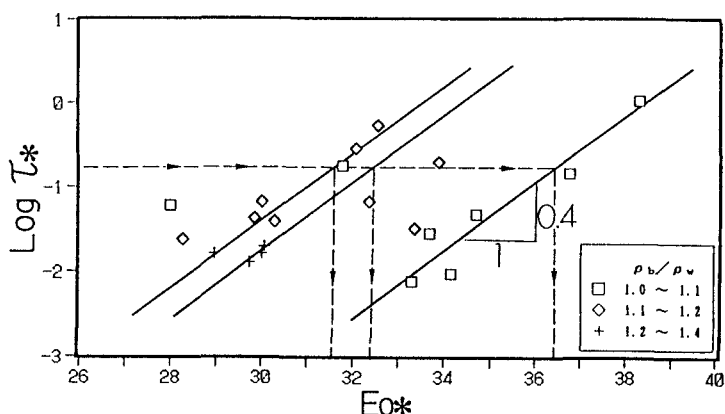


図2 無次元限界掃流力と無次元活性化エネルギーとの関係