

II-133 砂ろ過における濁質の捕獲機構について

京都大学 正 松本 忠生
 神戸製鋼 正 ○二松 雅之
 京都大学 須藤 欣一

砂ろ過の機構論は、従来より数多く発表されているが、砂層内での流線のひずみや、砂表面の凹凸の影響を評価したものほとんどない。実際の砂層内では、各所に死水域が発生し、またさらにマイクロには、砂表面の凹凸によって流線が狭まるなど、極めて複雑な流れになっていると考えられる。筆者らは、詳細な実験をもとに、これらの点について考察を行なった。以下に、その結果の概要を報告する。

I. 実験概要および実験結果

濁質粒径 d 、ろ速 V および砂粒径 D を種々変化させて、初期ろ過実験を行なった。使用した濁質は、高速液クロ用シリカゲル(比重 1.92, Merck社製)で、粒径は $5 \sim 96 \mu$ である。ろ過筒内径 5 cm で、実験を通じて、砂層厚 2.2 cm、空隙率 0.43、原水濃度約 200 ppm で一定にした。濃度は、グラスファイバーろ紙により SS 量として測定した。実験結果の一例を図-1～図-3に示す。各図の縦軸は砂粒子 1 個当りの捕獲効率(衝突率 $\times$ 附着率)であり、横軸は、図-1, 2 はろ速、図-3は濁質粒径である。実験結果の特徴をとりまとめると、

- (1) ろ速が小さい時は、捕獲効率はろ速の増加と共に減少するが、ろ速が大きくなると、一定または増加の傾向にある。高ろ速域についてさらに詳しくみれば、濁質粒径が 10μ 以下の場合に増加の傾向にあり、濁質粒径が小さいほどその傾向は顕著である。
- (2) 濁質粒径が大きいときは、捕獲効率は濁質粒径のほぼ 2 乗に比例するが、濁質粒径が小さくなると、この直線からはずれて傾きは小さくなる。このズレの大きさはろ速によって異なり、ろ速が大きいほどズレも大きい。
- (3) 砂粒径を変化させた時の捕獲効率の変化は、濁質の粒径によって全く異なった傾向をもつ。濁質粒径 40μ 以上の場合、低ろ速では砂粒径による差異はほとんどみられないが、高ろ速では、砂粒径が小さいほど捕獲効率が大きい。これに対し、 10μ 以下では、全ろ速域で、砂粒径が大きいほど捕獲効率も大きくなった。

II. 考察

従来の理論を参考に実験結果を検討すると、以下のことが指摘できる。

- 1) 濁質粒径が大きい場合、ろ速が小さい間は粒子捕獲機構として重力沈降が卓越しているが、ろ速の増大と共に Interception 卓越に推移する。
- 2) ろ速が大きいほど粒子捕獲に有利な現象がおこっている。
- 3) 濁質粒子が小さいほど粒子捕獲に有利な現象がおこっている。

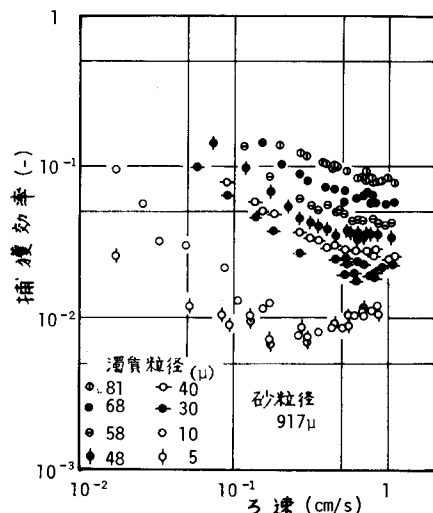


図-1 捕獲効率とろ速の関係

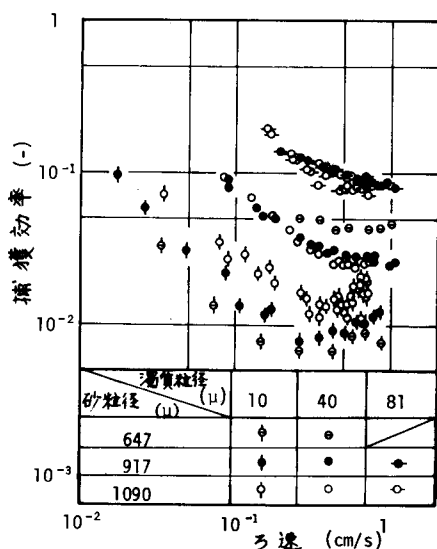


図-2 捕獲効率とろ速の関係
(砂粒径の効果)

前記 1) は、従来の理論との照合から推定されたが、実験結果によると理論的に予測されるよりもかなり低い速で、機構推移が生じると考えられる。また、従来 Interception による衝突率は、粒径比 d/D の 2 乗に比例する速にはよらないとされている¹⁾。しかし、2), 3) はこれと一致しない。このような点についていくつかの原因が推定できるが、筆者らは、砂粒子まわりの流線のひずみに注目し次の考察を行なった。

Re 数の増大による効果 本実験では、速をかなり広範囲にしたため、Re 数は 0.25 から最大 21 であった。一方損失水頭の測定から、速 0.3 cm/s 以上で速との直線関係からはずれる傾向がみられた。いずれも流体慣性による流線のひずみを推定させる。そこで、まず粒子周辺流線として、Stokes 近似に代え Oseen 近似の使用を考えた。孤立球について両近似から得た Interception による衝突率 η_{St} と η_{Os} の比 η_{Os}/η_{St} をとり、これを補正值として衝突率を補正した。補正された Interception の衝突率 η_I と沈降による衝突率 η_s との加算性を仮定した total の衝突率 η_T を図-4 に示す。結果は実験値の概形をよく表わしているといえる。

砂表面の凹凸による効果 砂表面には多数の凹凸があり、これによって流線が狭まり、衝突率が増すことが考えられる。砂表面近傍の流線を考えれば、濁質粒径が小さいほどより小さな凹凸にまで影響されると考えられ、一方凹凸の大きさは砂粒径に比例するものと考えれば、結局この効果は、 d/D によって決定すると考えられる。 η_I を種々変えた時、total の衝突率 η_T は図-5 のように変化する。この時、 η_T はその絶対値だけでなく、速への依存の傾向を表わす曲線の概形もまた変化する。この点に注目し、実験結果と図-5 に示すような理論衝突率の概形が最も一致する時の Interception の衝突率 η_I を定め、これともの衝突率との比を補正值 ξ とした。 ξ を粒径比 d/D に対してプロットしたものが図-6 である。図-6 によれば、補正值 ξ は d/D によってほぼ一意に決定し、先に記した考察を裏付けているといえよう。図-6 中の各点を直線とみなすと補正值は次式で表わされる。

$$\xi = 2.45 \times 10^{-3} (d/D)^{-1.5}$$

III おわりに

本研究では、砂層内現象として、流体慣性による流線のひずみと砂表面の凹凸による流線の狭まりをとりあげ、Interception が卓越する場合、これらの影響が無視できないことを明らかにした。また、本実験結果は、高速範囲に対するひとつの可能性を示唆しているとも考えられる。ただし、結果を定量的に説明するには至っていない、対象としているのも、遅初期の現象に限られている。今後さらに実験、解析を進めていく所存である。なお、本研究は、京都大学・住友恒を共同研究者とするものである。

<参考文献>

1) たとえば、Yao, K.M. et al.: *Environ. Sci. Tech.* 5, 11 (1971)

その他、二松：京都大学修士論文 (1981.3) など

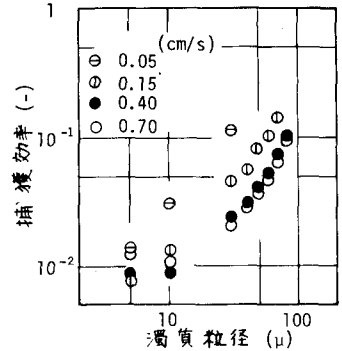


図-3 捕獲効率と濁質粒径の関係

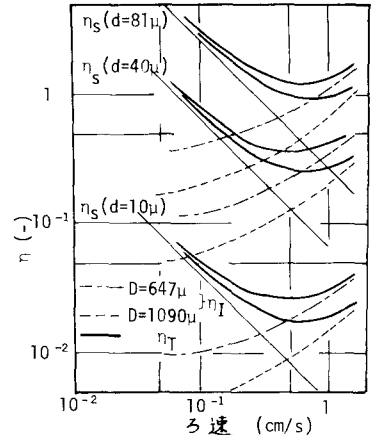


図-4 Re 数で補正された衝突率

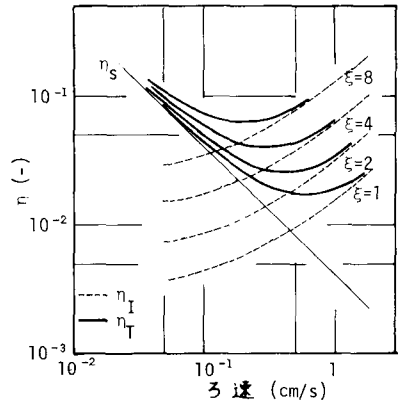


図-5 η_I 増加による衝突率の変化

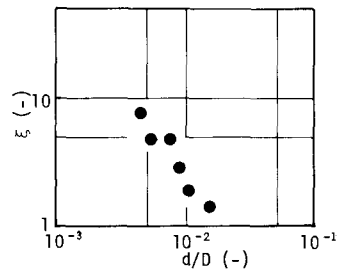


図-6 ξ と粒径比の関係