

球形粒子まわりへの有機洗剤の吸着機能に関する一考察

福山大学工学部 正員 ○梅田 眞三郎

福山大学工学部 正員 尾島 勝

(株) 森組 佐藤 公彦

1. はじめに

最近、都市部への人口集中により各地の河川や湖沼の汚染が進んでいる。その水質を改善するには、それぞれの水域内で衰えた自然界の浄化作用を増強・促進させるような手段を講じていく方法も一つの手段と思われる。本研究では、現地河川で適用されつつある礫間浄化の機構を解明するための基礎的な実験を試みる。即ち、球形粒子を直列及び千鳥列に並べ、その配列の違いにより流れがどのように変化するかを可視化実験により解明し、浄化方法を検討する場合の基礎的資料を提供することを本研究の目的とする。

2. 実験方法

長さ4m、幅20cmの矩形断面の循環水路に、長さ約30cmの試験区間を設けて実験を行った。試験区間には、直径が6.4mmの球形ナイロン粒子を千鳥列、直列に配列したボードを設置した。設置するにあたって、球の半分以上が浸かる程度の水深とした。試験区間上流側よりポリエチレン粒子を流し、試験区間前面、配列間の各点及び試験区間後のそれぞれの流速をトレーサ法により測定した。家庭洗剤による泡を流し、粒子配列と流れの違いによる泡の付着の変化を実験的に調べた。泡を流すにあたって、配列の横間隔を1.0cmより小さくすると、全ての泡が塊になって粒子に付着するので横間隔を1.0cmに統一した。一方、縦間隔は1.0, 1.5, 2.0cmの3種類とした。試験区間前面の流速を流入速度 U_0 とし、その流速を2.2, 2.9, 4.0, 4.8, 5.7cm/sの5種類の場合で実験を行った。

3. 実験結果と考察

流れを変化させたときの各配列に置ける各点の流速がどのように変化しているかを調べるために、流入口からの距離に対する各点の流速を求めた。この場合、直列配列の測点が縦方向に一系列になるのに対して、千鳥配列に対しては測点が横方向に交互にずれた点となる。

実験結果を見てみると、当然ながら流入速度と縦間隔の組合せによって各測点での流れが変化している。流入速度が遅くて縦間隔が広い場合には、流入後最初の付近で大きな流速が得られるが、その後配列の最後まで流入速度と同じ様な流速となっている。また、流入速度は速いが縦間隔が狭い場合には、各測点で流入速度の倍以上の流速となっている。その結果の一例として、流入速度 $U_0=5.7$ cm/sで縦間隔1.0cmの場合の結果を流下距離に対する流速比でもって図-1に示す。千鳥型及び直列型のいずれも各測点で大きな流速を示し、測点間での流速比の変動はほとんどみられない。それに対して、流入速度は速いが縦間隔が広くなると測点間の流速に変化が生じ、流下とともに流速比の変動がみられるようになる。さらに、縦間隔が狭くて流入速度が遅くなると測点間の流速変化が大きくなり流下と共に流速比の変動が激しくなる。その結果の一例として、流入速度 $U_0=2.2$ cm/sで縦間隔1.0cmの場合の結果を図-2に示す。千鳥型はもちろん直列型もそれ以上に変動している。

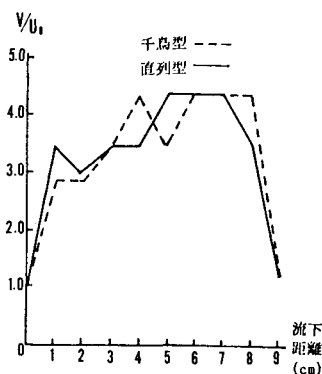


図-1 流下距離と流速比との関係
($U_0=2.2$ cm/sで縦間隔1.0cmの場合)

次に、このような配列間の流れの違いに対して、泡の付着がどの

様に変化しているかを調べた。以下の流下区間全体と配列入口付近の4個の粒子まわりとの二通りに分けて考察を試みた。まず最初は、試験区間中央部横方向に5~6列、縦9列の範囲内の粒子をのぞく部分の面積 A_0 に対して、その間の粒子まわりに付着した泡の面積の合計 A_i を求めた。その結果、流入速度 U_0 と泡の付着率 A_i/A_0 との関係調べると、図-3のようになった。縦間隔が狭い1.0cmの場合の千鳥型のもや縦間隔が1.5cmの場合の直列型のものに対しては、流入速度の遅い方が泡の付着率が大きくなっている。逆に、縦間隔が大きい2.0cmの場合には、千鳥型及び直列型ともに流入速度が大きくなるにつれて泡の付着率がやや上昇している。一方、縦間隔が1.0cmの狭い直列型の場合には、流入速度の変化に関係なく、ほぼ一定の付着率を示している。次に、配列入口付近の4個の粒子まわりの正方形面積 a_i に囲まれる範囲内での泡の付着率を調べた結果、図-4のようになった。横軸は、対象としている面積内の上下流2測点の上流側流速 V_i と下流側流速 V_{i+1} の比 V_{i+1}/V_i で表示している。図-3の結果と同様に流れの変化が大きいが、すなわち上流側 V_i に対して下流側流速が非常に小さくなると泡の付着率が大きくなっている。しかしながら、縦間隔の大きいものや直列型の場合は、流速の変化に対する泡の付着率の変化が小さくなっている。

以上のように流れの変化に対する粒子背後の泡の付着状況の比較を試みた。その結果、粒子配列間内での流れの変動が泡の付着に影響を及ぼすことが明らかとなった。言い換えれば、粒子背後に形成される後流の変化によって泡の付着が異なっていることが想像される。特に、千鳥型及び直列型において流れの変化に対する後流の渦の形成などが異なっていると思われる。

4. 結び

粒子配列周辺の流速が変化するような流れのもとで、有機洗剤による泡の付着を調べてきた結果、粒子背後に現れる後流の違いによる泡の付着の変化を把握することができた。比較的流れが遅い汚濁河川では、流れの滞留する箇所が随所にみられ、流れの変化に伴う汚濁物の吸着、除去による浄化作用を増強することが水質環境を改善していくことになるであろう。

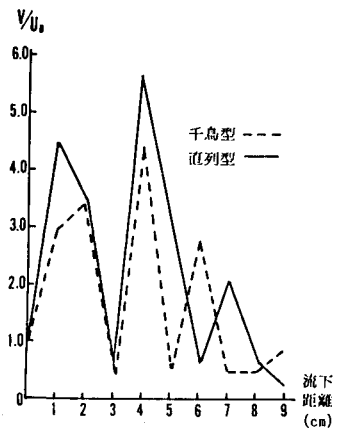


図-2 流下距離と流速比との関係
($U_0=5.7\text{cm/s}$ で縦間隔1.0cmの場合)

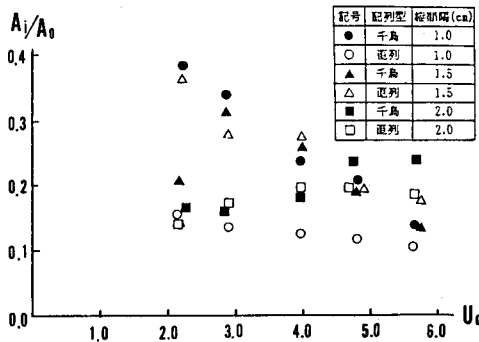


図-3 流入速度と泡の付着率との関係

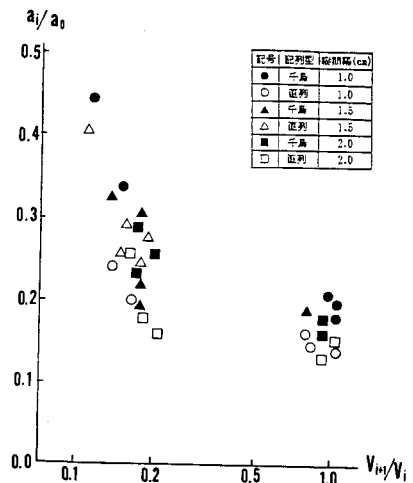


図-4 流速変化と泡の付着率との関係