

II-462 有機洗剤による泡の球形粒子への 付着・除去機能に関する研究

福山大学工学部 正会員 梅田 眞三郎
福山大学工学部 正会員 尾島 勝

1. まえがき

河川の水質汚濁を改善するために、現地河川内で接触酸化方式での礫間浄化が試みられている。本研究では、流体工学的なアプローチにより礫間浄化機構を解明するための基礎実験を試みた。今回は、球形粒子背後に形成される後流による渦の変化と有機洗剤による泡の付着・除去の変化との解明を試みた。

2. 実験方法

長さ 4m、幅20cmの短形断面の循環水路に、長さ約75cmの試験区間を設けて実験を行なった。試験区間には、ピンポン球による球形粒子を千鳥型あるいは直列型に配列したボードを設置した。この場合の水深は、球がすべて浸ってしまうと水面上を泡が流れてしまうので、球の直径Dに対して表-1に示すような4段階の水深hを設定した。この表には、粒子の配列の横間隔と縦間隔を同じ間隔にしたアスペクト比 L/D を示し、以下の図の表示に用いる各ケースの記号も示している。粒子間内の流れを配列や水深によって種々に変化させるために、上流側からの流れが遅い場合と、約その倍の速度の速い場合とで実験を試みた。結局、それぞれの2種類の流れに対しての実験ケースとしては、アスペクト比、配列及び水深が異なる合計24ケースとなっている。それぞれの速度については、レーザー・ドップラー流速計(LDV)により測定を行った。粒子配列に対する流入前の流速 V_1 、第1列へ流入したときの粒子間の流速 V_2 及び第2列との間の粒子間流速 V_3 の測定を試みた。

表-1 図に用いる各実験ケースの記号

	$L/D = 1.25$		$L/D = 1.50$		$L/D = 2.00$	
水深	千鳥	直列	千鳥	直列	千鳥	直列
0.75D	●	●	○	○	⊙	○
0.50D	■	■	■	■	⊞	□
0.42D	▲	▲	▲	▲	▲	△
0.25D	◆	◆	◆	◆	◆	◇

LDVによる流速測定結果から、千鳥及び直列の配列の違いにより流速がかなり変化することがわかったので、粒子まわりの流況をさらに明確に把握するためにアルミ粉末を流し、粒子背後に生じる後流の変化を可視化実験でとらえる試みを行なった。得られた結果から初期の双子渦の領域と、渦が消失するわずか手前の最後に形成される渦の領域との面積 Sw_1 と Sw_2 の比較を行なってみた。

次に、循環水路の上流側より有機洗剤による泡を一様に供給し、粒子配列まわりの付着及び除去の状況をビデオにより撮影した。今回は、水路の両側壁側の配列構成を考慮して第1列の中央粒子背後の泡の変化に着目した。

3. 実験結果と考察

3.1 球形粒子背後の後流特性

アルミ粉末による粒子背後の後流の可視化実験で得られた渦の領域の面積比較を行なった結果、各ケースとも水深が小さくなるにつれて最後の渦が初期渦に比べて小さくなってきている。各渦の面積の変化を調べるために、流れの遅い場合と速い場合に分けて、 $Re = V_3 \cdot h / \nu$ に対する Sw_2 / Sw_1 の変化を求めた。紙面の都合で流れの速い場合の結果を図-1に示す。なお図中の直線は、各ケースの24点に最小2乗法を適用して求めたもの

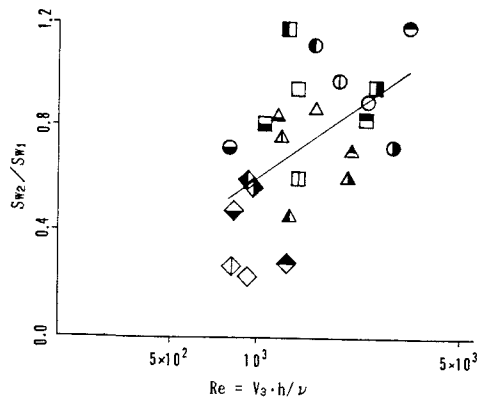


図-1 Re 数と渦の面積比の関係(流れが速い場合)

のであり、以下の図中にてくる直線についても同様である。

平均流入流速の遅い場合では、ほぼRe数の増加に対して渦の形態の変化比である Sw_2/Sw_1 が増大していている。すなわち水深が大きくなるにつれて、または流速が速くなるにつれて渦の形の変化が小さくなり、 Sw_2/Sw_1 が 1.0前後の値に近づいていている。特に、 $L/D=2.00$ の直列配列のものは、どの水深でも渦の形態の変化が小さくなり、Re数の増加に対して Sw_2/Sw_1 が 0.8前後の値となっている。

次に、図-1に示す平均流速の速い場合には、どの L/D に対してもRe数の増加とともに Sw_2/Sw_1 は、ほぼ同じ変化率で増大していている。この場合もRe数に対する渦の形態の変化率がアスペクト比 L/D に関係なく、水深と流速によって決ってくることを示していると思われる。

3.2 有機洗剤による泡の球形粒子への付着・除去

循環水路上流側から供給された有機洗剤による泡のすべてが、試験区間におかれた球形粒子まわりを通過するまでの状況を観察してみると、アルミ粉末による可視化結果と同様に粒子配列及び水深の違いによって泡の付着・除去が異なっている。

そこで各ケースにおいて、粒子背後に付着する泡の面積 S_{b_i} の時間的変化を求めた。平均流入流速が遅い場合と速い場合のそれぞれは、Re数の増加に伴って泡の時間的平均減衰率は減少していている。さらに L/D にあまり関係なく、水深の小さいものはその減衰率の値が大きくなり、逆に水深の大きいものはその減衰率の値が小さくなっている。また前述の後流の変化と同様に、どの L/D に対してもRe数に対する泡の時間的平均減衰率の変化割合がほぼ同じような傾向を示している。

このような泡の時間的減衰と前述の粒子背後の後流との変化が何らかの関係がみられると思われるので、渦の面積の変化の時間を考慮して、泡の時間的減衰率 $\Delta((S_{b_i} - S_{b_{i+1}})/Sw_1)/\Delta t$ の平均を求め、渦の時間的減衰率 $(Sw_2/Sw_1)/t_{12}$ で割った値に対してRe数との関係を調べた結果、図-2及び3のようになった。ここでの泡の時間的平均減衰率は、その値が大きいと最初に付着した泡が急激に形を変えて小さくなっていることを意味している。

これらの結果からRe数の減少とともに渦の変化が大きくなり、泡の変化も同様に大きくなっていると思われる。言い換えると、水深が小さくなっていくと泡の除去についての時間的変化率が大きくなっていると思われる。

4. 結論

以上のような各種可視化実験結果より、次のような結論を得ることができた。

球形粒子の配列及びその間隔を変化させることにより、粒子間内での流速が変化し、粒子背後の後流による渦の形成が異なってくる。これには間隔以外に水深も大きく関係していると思われる。このような流れのもとに投入した有機洗剤による泡が付着及び除去される状況が異なっている。この結果、礫間浄化法による水質浄化を検討するにあたっては、流体工学的には水深及び流速の検討を十分に行なえば汚濁物の付着・除去機能の議論を行なうことができるとと思われる。

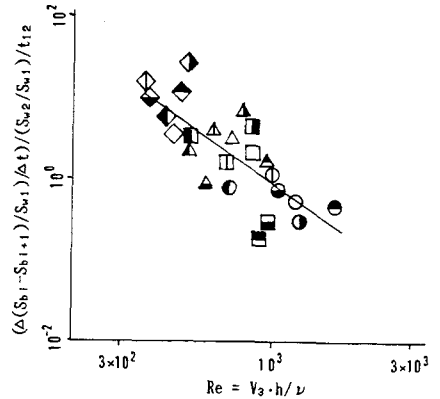


図-2 Re 数と渦の時間的減衰率に対する泡の時間的平均減衰率比との関係（流れが遅い場合）

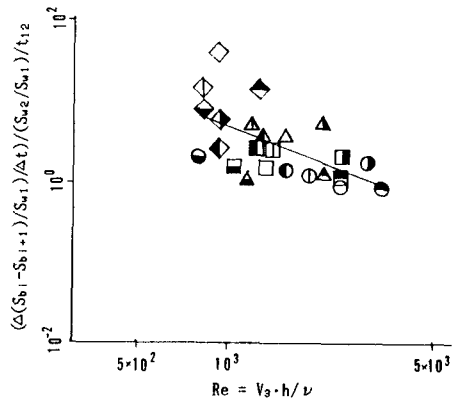


図-3 Re 数と渦の時間的減衰率に対する泡の時間的平均減衰率比との関係（流れが速い場合）