

VII-216

噴流攪拌固液分離装置の水理特性

○ 北海道大学工学研究科 正員 笠原 伸介 北海道大学工学研究科 林 誠
 北海道大学工学部 濱田 彰一 北海道大学工学研究科 正員 渡辺 義公
 前澤工業 小澤 源三 北海道大学工学研究科 正員 船水 尚行

1. はじめに

凝集・沈澱は、現行の急速ろ過システムの主要プロセスであり、全処理時間中の相当部分を占めている。しかしながら、近年は高度浄水処理施設の普及などに伴い、処理システムの省スペース、省エネルギー化が迫られ、特に固液分離の簡素化技術に対する関心が高まってきている。

噴流攪拌固液分離装置(JMS)¹⁾は、図-1の様に水槽内に数枚の多孔板が挿入された固液分離装置で、多孔板間で発生する噴流攪拌によってフロック形成と沈澱が同時に行われる。既報¹⁾において、JMSでは一般のフロッキュレータと沈澱池の組み合わせに比べて小さなG値($5\sim 6s^{-1}$)、短い滞留時間(37~49min)で良好な固液分離が行われることを指摘した。本文では、多孔板間における流況の把握とフロック形成に有効なエネルギー消費率の推定を行い、JMSの固液分離特性を支配する噴流攪拌の特徴について検討した結果を報告する。

2. 実験方法および解析手順

実験は、幅1m、長さ25mの可変勾配式実験水路を用いて行った。水路最下流部に三角堰を設けて水深を維持し、水路中間点付近に図-2の様に多孔板を4枚挿入した。水路勾配は、発生する損失水頭に伴う水深変化がなくなるよう調節し、流量 264.6 、 473.6 、 $780.8cm^3/s$ で通水後、同図に示した各点(計120点)の流速を三次元超音波流速計を用いて測定した。測定間隔、測定時間はそれぞれ $0.04s$ 、 $120s$ とし、平均流速、乱流強度を計算した。また、MEM法³⁾を用いて乱れのパワースペクトルを求め、慣性小領域($-5/3$ 乗則の成立する部分)に式(1)を近似することにより、単位体積あたりのエネルギー消費率を算出した⁴⁾。

3. 多孔板間の流況

図-3に示した水深BにおけるX-Y平面の速度ベクトルによると、噴流吹き出し部(2~4)において流速が高いうえ、下流側壁面からの反射流も存在しており、同部にきわめて大きな攪拌力が作用している様子がうかがえる。また、水路中央付近では下流側壁面に沿って偏流を起こしながら流下し、噴流吸い込み部近傍(R-9)では流れが急激に屈曲し

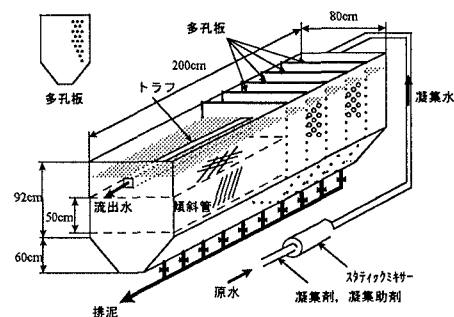
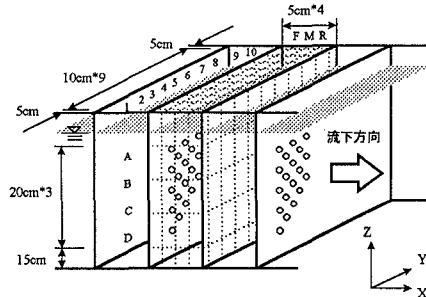
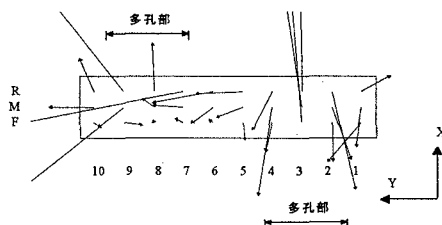
図-1 JMS 詳細図 (処理水量 $50m^3/d$)

図-2 流速測定ポイント

$$E(f) = \frac{\alpha}{(2\pi)^{2/3}} V^{2/3} \varepsilon^{1/3} f^{-5/3}$$

$$\varepsilon_0 = \varepsilon' \rho \quad \dots (1)$$

- $E(f)$; 乱れのパワースペクトル(cm^2/s),
 α ; コルモゴロフ定数(=1.44と仮定²⁾)
 V ; 3方向合成成分の平均流速(cm/s),
 f ; 周波数(Hz)
 ε_0 ; 単位体積あたりのエネルギー消費率($g/cm \cdot s^3$)
 ε' ; 単位質量あたりのエネルギー消費率(cm^2/s^3)
 ρ ; 水の密度(g/cm^3)

図-3 X-Y 平面の平均流速 (水深 B, $473.6cm^3/s$)

キーワード：噴流、凝集・沈澱、フロック形成、乱流強度、エネルギー消費率

連絡先：〒060 札幌市北区北13条西8丁目北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻, Tel&Fax (011) 706-6275

ている様子も同時に確認された。つぎに、図-4 に示した X-Z 平面の速度ベクトルによると、噴流吹き出し部付近を除いて Z 方向の顕著な流れは存在せず、水の上下混合は比較的小さいことがわかった。これらのことは、多孔板間の流入（噴流吹き出し）側では水深方向の濁度はほぼ一定で、流出（噴流吸い込み）側では水深が深いほど濁度が高く、粒子の沈降が顕著であるとした既報¹⁾の結果を裏付けるもので、JMS の固液分離特性と流況との関連性が示唆された。

4. 乱流強度とエネルギー消費率

図-5 に示した乱流強度（断面平均流速で除し、無次元化）

の分布によると、全ての測定ポイントにおいて、Z 方向の乱流強度が X、Y 方向に比べて小さいことから、JMS は粒子を巻き上げにくい水理特性を有していると考えられる。また、水深 B における噴流吸い込み部（7～9）の乱流強度が局所的に大きく、偏流を伴って流下する高流量の水が一挙に屈曲する際に大きな乱れが生成されていることがわかった。エネルギー消費率についても図-6 に示す通り、乱流強度の大きい水深 B の噴流吸い込み部（R-7～R-9）付近で最大となり、同部の流況は、フロック形成と沈澱を同時に行ううえで極めて重要であることが示唆された。さらに、図-6 の結果をもとに、多孔板間におけるフロック形成に有効なエネルギー消費率を加算平均により求め、G 値より算出された多孔板間全体のエネルギー消費率に占める割合を推定したところ約 40% となり、JMS では通常のプロクキュレータ（約 10%）より効率的なフロック形成の行われることが明らかになった。

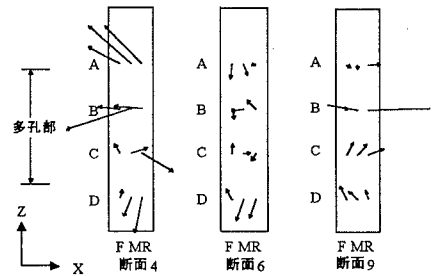


図-4 X-Z 平面の平均流速（473.6cm³/s）

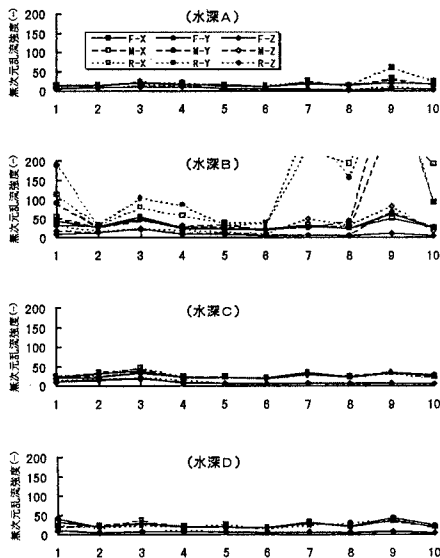


図-5 乱流強度の分布（473.6cm³/s）

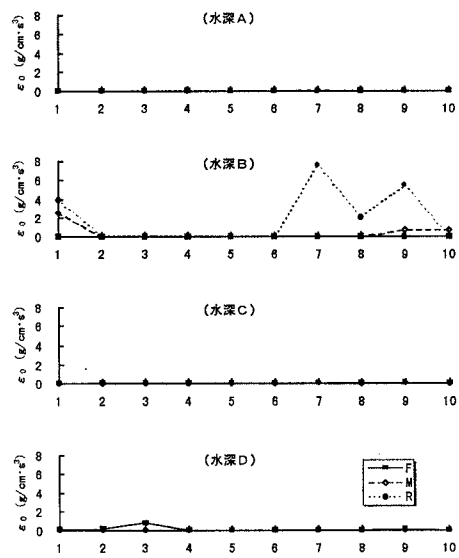


図-6 エネルギー消費率の分布（473.6cm³/s）

5. おわりに

噴流攪拌の特徴を把握することで、JMS が持つフロック形成と沈澱に対する機能の有効性を示すことができた。最後に、実験装置を提供して頂いた北海道開発庁開発土木研究所河川研究室の方々に深く感謝します。

参考文献

- 1) 笠原・渡辺・小澤・丹保：噴流攪拌固液分離装置による固液分離の簡素化，水道協会雑誌，第 740 号，pp. 22-31，平 8.5.2) J. C. Lotta：乱流，岩波書店，1975，3) 日野幹雄：スペクトル解析，朝倉書店，4) 船水・丹保：上下流プロクキュレータの水理特性，水道協会雑誌，第 573 号，pp. 23-36，昭 57.6