

凝集剤添加量の軽減策に関する応用的研究

宮崎大学工学部 正員 渡辺義公・学生員 浦上研二
学生員 太田孝樹

1. はじめに、現行の急速ろ過法による浄水法では、フロッキュレーションが不可欠である。多くの浄水場では凝集剤を過剰注入して運転している。そこで本研究では、筆者らのフロック形成理論による①パドル式フロッキュレーターの攪拌強度を上げることによる凝集剤添加量の削減の方法②多孔板フロッキュレーターの流況の改善(押し出し流れに近づける)によるフロック形成速度の向上について実験及び検討を行ったので報告する。

2. 攪拌強度の調整による方法。2-1. 実験。実験は室内及び浄水場で行った。室内実験は有効槽容量216ℓである箱型のパドル式フロッキュレーターを用いた。原水として宮崎市水道水に40mg/Lのカオリンを加えたものを用い、アルカリ度の不足を補うために重炭酸ナトリウム(NaHCO_3)を40mg/L加えた。実験変数として回転数を3通り(15, 10, 7rpm)、凝集剤(PAC)添加量を4通り(ALT比として、1/100, 1/50, 1/25, 1/10)を用いた。なお各実験において、PHは7.3~7.5の範囲にあり、水温は約11℃であった。パドル回転数30rpmで1分間の初期急速攪拌を行った後、所定の回転数で低速攪拌を行った。未吸合マイクロフロック濃度を求めるために5分間隔で槽内水を不攪拌採水したサンプルを30分間静置沈降させ、上澄水のマイクロフロック濃度を測定した。最大成長フロック径 $d_{\max}$ の測定のため槽内よりサイフォンでフロック群を接写撮影用セルに導き撮影し、そのフィルムより実測した。浄水場での実験は、宮崎市富吉浄水場にて場内流入河川水を用いて回転数及びPAC注入量を変えたジャーテスターによる処理特性及び場内のパドル式フロッキュレーターの実装置を用いて回転数を増すことによる効果について行った。実験条件は図2の中に示す。2-2. 結果と考察。

室内実験の結果を渡辺らのマイクロフロック吸合過程の理論式(式1)に従ってプロットしたものを図1に示す。

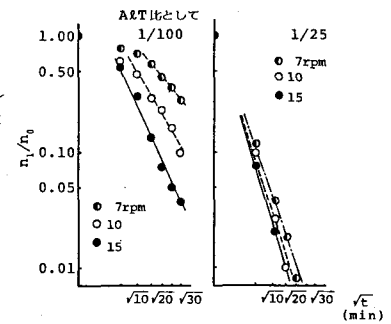


図-1 マイクロフロックの吸合速度

室内実験の結果を渡辺らのマイクロフロック吸合過程の理論式(式1)に従ってプロットしたものを図1に示す。

$$\log n/n_0 \cong -2\sqrt{e_0} \cdot \text{Re} \cdot V_e \cdot t_e (t/t_e)^{1/2}; t \leq t_e \quad (1)$$

e_0 : 有効エネルギー消費率($\text{erg/cm}^2 \cdot \text{sec}$), Re : 最大成長フロック群の示す衝突-確率, V_e : 同フロック体積(cm^3), t_e : 最適フロック形成時間、写真撮影により得た $d_{\max}$ を表1に示す。なお渡辺らの近似式(式2)により求めた、各回転数での e_0 、及びマイクロフロック径 d を $4\mu\text{m}$ として得られたフロック最大成長長さ $\lambda_n = (d_{\max}/d)$ と、最大成長平衡に達するのに要する無次元攪拌時間 Me 併記してある。

$$e_0 \cong (0.01 \sim 0.015) \cdot 124 \cdot G \cdot \rho \cdot \Delta \Sigma A^2/V \quad (2)$$

式1における最適フロック形成時間 t_e は式3より求めた。

$$t_e = Me / 1.22 \sqrt{e_0} \cdot d \cdot \lambda_n \quad (3)$$

以上より最大成長フロック群の $\text{Re}V_e$ 値(主に凝集剤添加量と原水濁度で決まる)が計算でき、それを表1に示す。 $\text{Re}V_e$ 値は、ALT比が大きくなるに従い大きくなっているが、回転数による差はALT比が小さくなるに従い小さくなる傾向がある。 $\text{Re}V_e$ 値が小さくても理論

表-1 $\text{Re}V_e$ の計算

ALT比	rpm	$d_{\max}$ (μm)	e_0 ($\text{erg/cm}^2 \cdot \text{sec}$)	S_m	Me	t_e (min)	$\text{Re}V_e$
1/100	15	300	0.77	4.2×10^4	1.40	32.5	3.52×10^3
	10	400	0.23	1.0×10^4	1.20	51.8	3.32×10^3
1/50	15	430	0.77	1.2×10^4	1.10	37.3	3.05×10^3
	10	700	0.23	5.4×10^4	0.79	36.5	5.18×10^3
1/25	15	700	0.77	5.4×10^4	0.79	18.7	6.00×10^3
	10	780	0.23	7.4×10^4	0.72	61.3	11.32×10^3
1/10	15	670	0.77	4.7×10^4	0.81	19.5	10.18×10^3
	10	790	0.23	7.7×10^4	0.75	32.7	21.23×10^3

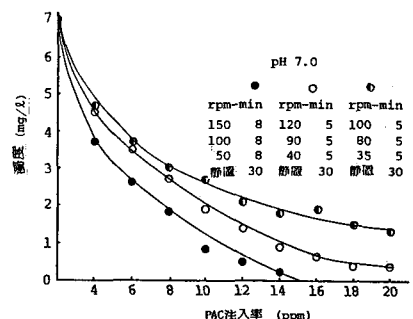


図-2 PAC注入量・回転数と濁度の関係

(式1)から予想される様に回転数を増して ϵ_0 を増大させる事によりマイクロフロクの吸合速度が大きくなる。図1を参照する事によりこれを確認できる。以上より凝集剤添加量を低減させるために Pe 値の減少分を ϵ_0 の増加により補う方法が十分可能である事が判明した。上記の知見を現場で確認するために宮崎市南浄水場で実験を行った。ジャーテスターの結果を図2に実装置での結果を図3に示す。 F_{in} はフロッキュレーターと沈殿池内でのパドルの位置である。

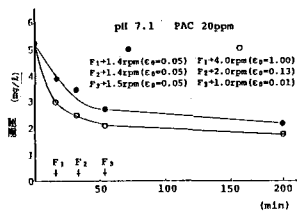


図-3 回転数と濁度の関係

3. 流況改善による方法 3-1. 実験 フローパターンを押し出し流れ型に近づけるために多孔板フロッキュレーターを用いた。実験装置は前回室内実験に用いた多孔板フロッキュレーター部を220cmに延長し、多孔板間隔を広げ等間隔に19枚並べたものを、宮崎市下北方浄水場に設置し、既に凝集剤(PAC)の添加された河川水を原水として実験を行った。滞留時間とすなわち空筒速度を実験変数とした。 v が0.175 cm/sec ($t=20$ min), 0.087 cm/sec ($t=40$ min), 0.058 cm/sec ($t=60$ min)の3通りとした。各槽毎に未吸合マイクロフロク濃度と全フロク濃度を測定するため不攪乱取水を行った。3-2. 結果と考察 図4に多孔板フロッキュレーターによるマイクロフロクの吸合速度を示す。(A)(B)(C)は流入して来る未吸合マイクロフロク濃度 C_0 が一定(15mg/l程度)であり、空筒速度 v が0.058, 0.087, 0.175 cm/secと変化した場合であり、また(D)(E)は v が一定(0.087 cm/sec)で、 C_0 が14, 18, 30 mg/lと変化した場合である。図より v が大きい程また C_0 が高い程、マイクロフロクの吸合速度が大きい。これは、理論から推測される事である。図5に v が0.087 cm/secの場合の各段における未吸合マイクロフロク濃度の変化及び全フロク濃度の変化を C_0 別(3, 14, 18, 30 mg/l)に示す。図より C_0 の高い場合、全フロク濃度の著しい減少がみられる。これはフロク成長速度が速いため v_e が増し沈殿が生じたためであると考えられる。また全フロク濃度は12~13 mg/l付近まで未吸合マイクロフロク濃度は5~6 mg/l付近までしか減少しない。

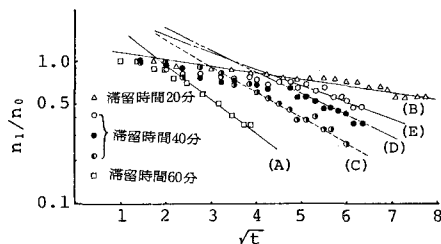


図-4 マイクロフロクの吸合速度

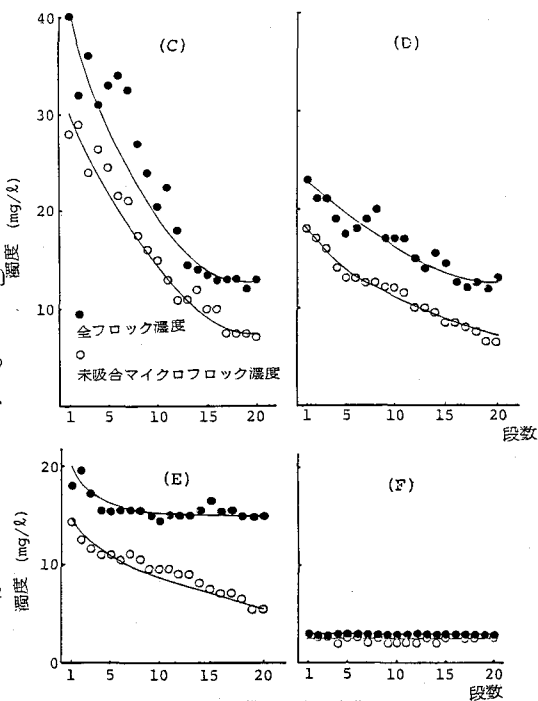


図-5 各段の濁度の変化

4. おわりに、以上2つの結果より次の結論を得た。(1)

パドル式フロッキュレーターの場合、攪拌強度すなわち ϵ_0 を増すことにより、凝集剤(PAC)の添加量を削減できる。これは、実際の浄水場においても実証された。(2)多孔板フロッキュレーターは、流入濁度の高い場合、凝集と沈殿の2つの現象が並行して生じる。この結果、流出水中の未吸合マイクロフロク濃度及び全フロク濃度は常に5~6 mg/l及び12~13 mg/l以下であった。本研究の遂行に当り、御協力くださった宮崎市水道局の方々に謝意を表す。本研究の一部は鹿児島学術振興財団の助成により遂行されたことを記す。

参考文献; 1) 渡辺 丹保; フロッキュレーターにおけるマイクロフロクの減少過程のモデル化、水害協会誌、1983、10月号
2) 渡辺 丹保; 水理学的攪拌によるフロッキュレーション、土木学会西部支部研究発表会講演集、1983、PP228~229