

急速ろ過のろ過初期における付着過程の機構について

東北大学 工学部 学生員 藤井 正春

// 正会員 佐藤 敦久

// 鈴木 裕久

1. はじめに

先に佐藤・今野¹⁾は、急速ろ過のろ過初期における付着過程の機構は、ろ過効率の悪い分散域を除いて定性的にヘテロ凝集理論で説明できるものと報告している。そこで本報告は、ろ枝と懸濁粒子の凝集作用に着目し、その影響因子である原水のPH値、ろ枝と懸濁粒子のZ-電位、イオン強度を測定しそれらとろ過効率の関係を実験的に検討する一方、ヘテロ凝集理論による理論的考察を加えたものである。

2. 実験装置、条件および方法

図-1にろ過実験装置の概要を示し、表-1にろ過条件の概要を示す。マイクロブロック形式で20分間ろ過を行ない、未ろ水とろ水のSSおよび濁度測定用に150ml程度採水し、さらに未ろ水中の懸濁粒子のZ-電位、イオン濃度、PH測定用に200ml程度採水した。採水終了後バルブを締め三段階バルブを徐々に開き損失水頭と流動電位を測定しろ枝のZ-電位を算出した。なお流動電位測定には寒天橋(Ag-AgCl電極)を使用した。流動電位測定後直ちに懸濁粒子のZ-電位を顕微鏡電気泳動法にて測定した。それぞれの検水につき50個(極を交換して25個ずつ)の

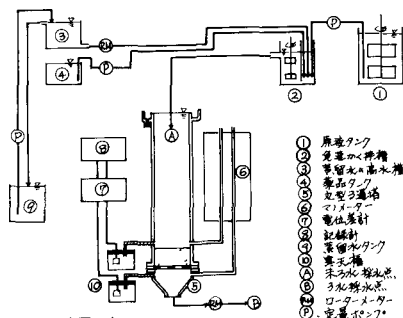


図-1 ろ過実験装置の概要

表-1 ろ過条件

ろ枝	材質	ガラス
	径	重量径φ2.0mm
懸濁粒子	材質	ガラス
	径	重量径φ4.0mm
注入手品	凝集剤	Al ₂ (SO ₄) ₃ 5ppm
	PH調整剤	PAC Al ₂ (SO ₄) ₃ 79ppm
ろ過速度	ろ過時間	20分
	ろ過厚	5.9cm
ろ過条件	ろ過率	38.90%
	水温	13~20℃

粒子の泳動速度を測定しその平均をとって懸濁粒子のZ-電位とした。イオン濃度は分散媒中の卓越イオンである硫酸イオン、硫酸アルミニウム注入によるアルミニウム化学種のイオンは系内に Al^{3+} , $Al(OH)^{2+}$, $Al_2(OH)_2^{4+}$, $Al(OH)_4^-$ のイオンが平衡を保っているとして理論的に求め実験結果と合わせてイオン濃度を求めた。アルミ

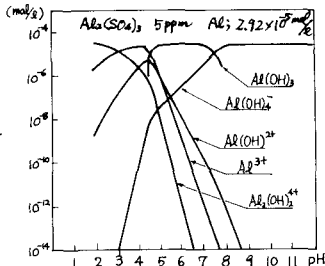


図-2 PHによるアルミニウム化学種の変化

3. 実験結果および考察

図-3から図-6にろ枝と懸濁粒子のZ-電位と除去率{(未ろ水の濃度-ろ水の濃度)/未ろ水の濃度}のPHによる変化特性を示す。図を概観するとろ枝と懸濁粒子のZ-電位の変化特性は類似しており、双方のZ-電位の絶対値が

小さくなるPH領域で除去率が良いことがわかる。このことはろ枝と懸濁粒子のZ-電位の絶対値が小さくなれば、ろ枝と懸濁粒子間のエネルギー障壁が小さくなり懸濁粒子はろ枝と凝集しやすくなることを裏付けるものと思われる。また酸性側の除去率の良いPH領域よりもPH7.0付近の除去率の方が良いのはPH7.0付近において生成される水酸化アルミニウムの効果によるものと考えられる。またPACについては高分子凝集剤特有の架橋作用により硫酸アルミニウムより除去率が良くPHによる影響も小さいことを予想したが、本実験条件では硫酸アルミニウムと同様にPHひいてはZ-電位に大きく影響を受けることがわかる。これは分散媒として蒸留水を使用しているためアルカリ度の不足によるのか、ろ枝と懸濁粒子には架橋作用が働きにくいのか、ある

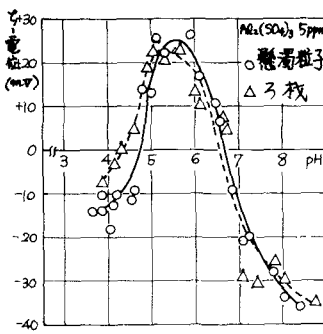


図-3 PHによるζ-電位の変化

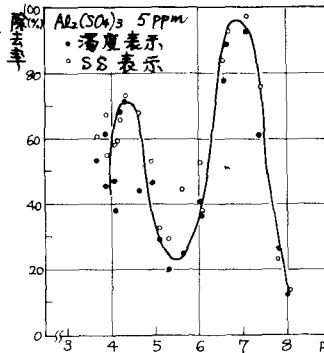


図-4 PHによる除去率の変化

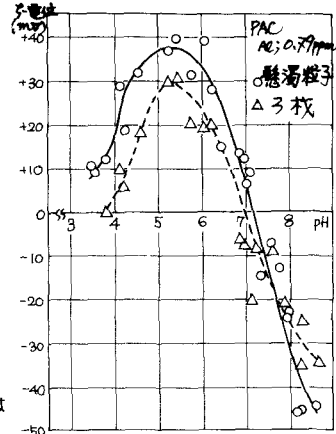


図-5 PHによるζ-電位の変化

程度の荷電の中和がないと架橋作用が働かないのかもしれない。この原因は考えられる。これについては今後さらに検討を重ねて行きたい。

4. ヘテロ凝集理論による理論的解析と実験値との比較

ヘテロ凝集理論より今野¹⁾が定義した界面電氣的指標からまず臨界ζ-電位 ζ_c を求め、この ζ_c 以下のζ-電位を有している懸濁粒子の存在率 X_0 を求める。界面電氣的指標 θ は(1)式で示される。

$$\theta = \frac{1}{2 \exp(KH_0) \zeta_1 / \zeta_2} + \frac{\exp(2KH_0) - 1}{6 \varepsilon (KH_0)^2 \exp(KH_0) \exp(2kb) \zeta_1 \zeta_2} \frac{KA}{\zeta_1 \zeta_2} \quad (1)$$

ここで KH_0 は凝集条件を満足する時のζ-電位比と KH_0 の関係より求め、 b の値は $10A$ として計算を進めた。懸濁粒子のζ-電位は正規分布を有しているとし ζ_c 以下の存在率 X_0 は正規分布の教表を使って求めた。また今野¹⁾はこの ζ_c 以下のζ-電位を有している懸濁粒子は接触効率 τ でろれ枝に接触し接触した粒子は付着効率 τ で付着すると考え、単粒子ろ層数 n を通過後の粒子濃度 Con を次のように定義した。

$$Con = X_0 (1 - \tau\tau)^n + (100 - X_0) \quad (2)$$

(2)式において $\tau\tau$ の量的把握は今のところ困難であるので $\tau\tau=0.01$ と仮定して理論値を算出すると図-7のようになる。この理論値の算出においては直接実験値より求めたものと、実験曲線より内そうして求めたものがある。実線は(2)式において非凝集性粒子の存在率 $(100 - X_0)\%$ がすべて除去されないとした場合を示し、黒丸はこの場合の実験値より直接求めた値である。また破線は非凝集性粒子のうち20%が機械的抑止作用などによって除去されるとした時の理論線を示す。この図-7よりPH6.0付近からPH8.0付近にかけて実験値と理論値には相当の差がある。これは前述したように水酸化アルミニウムによる影響と考えられる。その他のPH領域において破線は定性的に実験値を追跡している。実線は非凝集性粒子が機械的抑止作用も働かずろ層内で捕捉されないとした線であるから実験値と大きく相違するのは当然だと考えられる。また図-7においてPH4.5付近のろれ枝と懸濁粒子のζ-電位が異符号である領域において理論値より実験値の方が大きいのは、同符号領域の場合と同様に $\tau\tau$ の値を0.01としたことによる。つまり、異符号領域において付着効率 τ が同符号領域よりも大きいことが予想され、実際実験値がそのことを示しているように思われる。この異符号領域において $\tau\tau$ を0.012とすれば、ほぼ実験値を追跡するようになる。

参考文献 1) 佐藤、今野；ヘテロ凝集理論による急速ろ過機構に関する基礎的研究 土木学会論文報告集(投稿中)

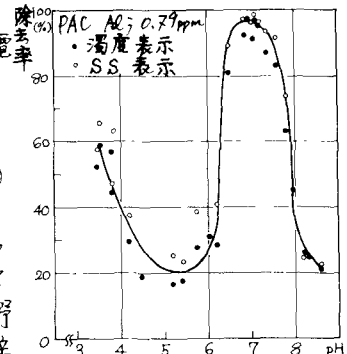


図-6 PHによる除去率の変化

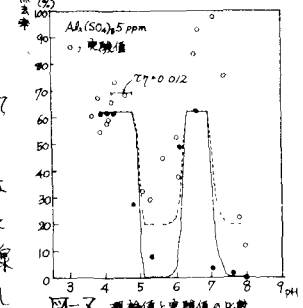


図-7 理論値と実験値の比較