粒子充てん層による清澄ろ過に関する研究

葭 村 雄 二*
Yuji YOSHIMURA

1. 研究を始めた動機

粒子充てん層による清澄ろ過法は用排水処理等において広く実施されているが、処理対象となる原液の特性が千差万別であるために、個々のろ過操作におけるろ過効率の推定は実験および経験的なデータによらざるを得ないのが現状である。

そこで本研究では、エアロゾルろ過に対して従来から吉岡研究室（京都大学化学工学科）で用いられてきた粒子軌跡の解析によるろ過効率の推算法を、液相の場合にも適用することが可能かどうか、また可能とするためには液相に特有などのような作用力を考慮しなければならぬかを検討することを主目的とした。

2. 主な成果

本研究で得られた成果の主なものを以下に示す。

1) 粒子軌跡の解析による捕集効率の推定法が液相の

Fig.1 Comparison of experimental values with theoretical ones under conditions where double-layer repulsion forces between suspended particles and filter media were negligible; λ_i : initial filter coefficient due to interception, I : ionic strength, d_s : grain diameter (geometric mean of sieve openings)

場合にも適用可能であることを、球形粒子（標準ラテックス粒子）が単一円筒（ガラス繊維）上に捕捉されていく状況の観測と理論計算（捕集効率および捕集量分布）の一致により確かめた。

2) ろ材粒子および懸濁粒子が共に球形である場合について、粒子充てん層内の流れを桑原の式で近似し、粒子に働く流体の抗力、重力、van der Waals 力等を考慮して懸濁粒子の軌跡を解析し、ろ過効率（ λ_T ）を推算した。ただし、 $\lambda_T = -\ln(C_{out}/C_{in})/L$ 、 L はろ層厚さ、 C_{in} および C_{out} はろ層入口および出口における懸濁粒子濃度である。この結果に拡散の効果（ λ_D ）を重畳して求められる過効率（ $\lambda_T + \lambda_D$ ）を実測値と比較した結果、粒子—ろ材間の電気二重層反発力が無視でき、捕捉粒子

Filter media	Glass beads				Soma sand			
$d_s (\mu m)$	269	540	764	1076	269	540	764	1076
2.3	○	○	○	○	●	●	●	●
3.6	□	□	□	□	■	■	■	■
5.7	△	△	△	△	▲	▲	▲	▲
9.0	▽	▽	▽	▽	▼	▼	▼	▼
11.4	◇	◇	◇	◇	◆	◆	◆	◆

Fig.2 Comparison of experimental values with theoretical ones under conditions where double-layer repulsion forces between suspended particles and filter media were negligible

昭和57年1月12日受付

* 化学技術研究所工業触媒部(〒305 茨城県筑波郡谷田部町東1-1)
TEL 0298-54-4534

Fig. 3 Comparison of experimental initial filter coefficients with calculated ones by semiempirical expressions

の掃流力による脱離が無い場合、両者には良好な一致がみられることを確かめた (Fig. 1)。

3) ろ材粒子が砂などのように非球形である場合には比表面積径 (d_g) を、懸濁粒子がカオリン粒子のように非球形である場合にはストークス径、または等体積球相当径 (d_p) を代表径としてとれば、2) で得た結果が準用できることを実験的に確かめた (Fig. 2)。

4) ろ過速度 (U) が大となるに従い、ろ過効率の実測値は理論値より小さい側に偏倚する傾向がある。これは、ろ材上に捕捉された粒子に作用する液の掃流力が粒子-ろ材間に作用する付着力を超える時に起こる脱離現象によるものと考え、粒子-ろ材間の付着力を遠心法と剪断流れ法により測定した。この結果より付着効率を算出し、2) で得られた理論値を補正すれば (λ_r^*)、上述の偏倚を説明できることを示した (Fig. 3)。

5) 脱離が起こらない条件下の初期ろ過係数 λ_0 (清浄ろ層のろ過性能を表す指標) を5つの無次元量 (N_A' , N_G' , K_w , R , B) の関数として表す推算式を前述の数値計算結果より求めた (Fig. 4)。ただし、 N_A' は修正付着力パラメーター ($\propto$ 吸引力/粘性抗力), N_G' は修正重力パラメーター ($\propto$ 重力/粘性抗力), K_w は桑原流れパラメーター, R はさえぎりパラメーター, B は

Fig. 4 Comparison of experimental initial filter coefficients with corrected values considering adhesion efficiency; ϵ : porosity

van der Waals 力に対する電磁氣的遅延パラメーターである。

6) 粒子-ろ材間に働く電気二重層反発力が吸引力よりも支配的となる場合に生じるろ過効率の低下は、2) で得られた理論値に付着効率の補正を行えば十分に説明できることを明らかにした。

3. 研究を終えて

本研究では、粒子充てん層清澄ろ過器のろ過初期における性能が系の物性値と操作変数から十分に推算できることを示した。このことはろ過装置設計の基礎として有益な知見を与えるものであるが、清澄ろ過装置の設計および操作を可能にするためには、粒子捕捉量の増大に伴う性能および圧力損失の変化の定量化がさらに必要である。したがって、今後はこの方面でのより一層の精力的研究が望まれる。また本研究は、その対象がろ過初期に限定されてはいるものの、ろ過現象の理解に非常に有益な知見を与えると考えられる。この知見によれば、ろ過現象に関与している界面化学的因子の影響の差異を積極的に利用した“充てん層による懸濁粒子の選択的分離 (たとえばサスペンションクロマトグラフィー)”等の応用も可能であると考えられる。

(学位受与 昭和56年3月 京都大学)