

(34) 粒子充填層内の流体の脈動流れとその中の物質移動

大阪大学

工学部

近江京一

碓井建夫

○佐々木正登

1. 緒言 粒子充填層内を通る流体中の流れに脈動を与えた場合熱移動及び物質移動に及ぼす脈動流れの効果が検討されている⁽¹⁾。この場合層内の流れを適確に表現することは重要な課題である。ここではまず充填層内の気体の非定常流れをDarcyの式を用いて解析し、圧力の周波数応答によって実験的に比較検討した。つぎに充填層内でトレー濃度測定を試み、同内物質移動過程に及ぼす脈動流れの効果を検討した。

2. 充填層内の非定常流れの解析 2.1. 実験装置と方法 粒子径 0.102 cm の鋼球を充填した測定管(内径 1.6 cm 長さ 105 cm)にピストンによって脈動空気圧を発生させ、上部と下部に取り付けた圧力変換器によって検出し、電磁オシログラフに記録した後絶対値と位相を採り取る。

2.2. 充填層内の気体の非定常流れ 充填層内の流れを記述するDarcyの式と連続の式、状態方程式、境界条件を用いて解くと次式が得られる。

$$p = p_0 + \frac{\cosh m(x-l) - m l_0 \sinh m(x-l)}{\cosh m l + m l_0 \sinh m l} p_1 e^{i\omega t} \dots (1), \quad m = \sqrt{i\omega/K} \dots (2), \quad K = \frac{k c_0^2 p_0}{\mu \varepsilon} \dots (3)$$

$x=l$ で $p = p_0 + p_2 e^{i\omega t} \dots (4)$ とおくと周波数伝達関数として次式を得る。

$$G = 1 / (\cosh m l + m l_0 \sinh m l) \dots (5)$$

2.3. 実験結果と考察 k の値に定常での測定値を用いて計算した場合の理論曲線と実験値とはよい対応がみられた。これとは別に軸方向の圧力分布の測定においても同様の結果が得られた。しかし $|P|$ を大きくすると $|P_2|/|P_1|$ が小さくなることから仮定に限界があるように思われる。

3. 充填層内の物質移動 3.1. 実験装置と方法 ガラス管に種々の粒径のガラス球を充填した粒子充填層(内径 2.16 cm 長さ 43.1)内の流体を脈動空気圧により脈動させ下部の容器内のトレー(KCl 溶液)の上部容器への移動量を白金電極を利用した濃度測定から求める。管内の濃度分布が定常になるところで $J = S \frac{dC}{dx}$ によって J を評価する。

3.2. 槽列モデルによる計算 粒子充填層内を $N (=l/d_p)$ 個の完全混合槽にわけ物質収支の式を立てる。

$$q_v \geq 0 \quad q_v (C_{n-1} - C_n) = V \partial C_n / \partial t \dots (6)$$

$$q_v < 0 \quad q_v (C_n - C_{n+1}) = V \partial C_n / \partial t \dots (7)$$

$$q_v = a \omega S \cos \omega t \dots (8) \text{ 境界条件 } C_0 = \text{const.}, C_{N+1} = 0 \dots (9)$$

$$J = (\omega / 2\pi) \int_{-\pi/2\omega}^{\pi/2\omega} q_v C_n dt = S \frac{dC}{dx} \dots (10)$$

式(6)~(10)を適当な値を用いて無次元化し数値計算を行なう。

3.3. 実験結果と考察 J/ω の振幅 a に対する実験結果と計算曲線を図1に示す。これより脈動流れは層内の物質移動を非常に増加させることがわかる。モデルとの比較により、粒径が大きくなると物質移動が大きくなることが説明されるが、定量的にはまだ問題がある。

記号 a : 変動の振幅 [cm] c_0 : 音速 [cm/sec] k : 透過係数 [cm²]
 l_0 : 等価導管長さ [cm] S : 有効面積(管横断面積×気孔率) [cm²]
 ε : 気孔率 [-] μ : 粘性係数 [g·sec/cm²] p_0 : 密度 [g·sec/cm²]

文献 (1) R. Yamagaki, Y. Kanagawa, and G. Jimbo: Chem. Eng., 7 (1974) 5, p. 373

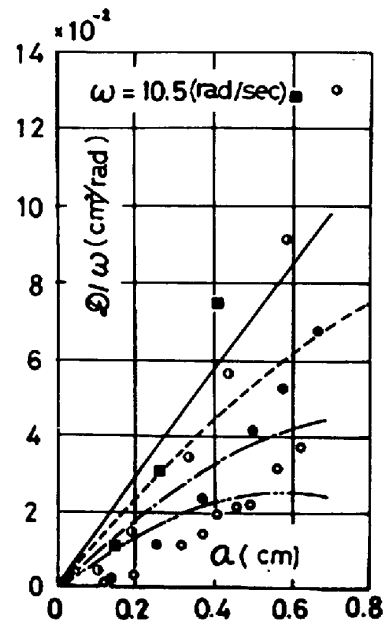


図1 物質移動の測定

	d_p (cm)	ε	J/ω の計算値
○	0.225	0.381	-----
●	0.315	0.366	-----
⊙	0.414	0.359	-----
■	0.506	0.403	-----