

九州大学工学部 正会員 要谷陽一

正会員 楠田哲也

学生員 伊藤九一

1. まえがき フロックグラネット層内のれれが降濁に大きな効果を与えることが実験的に認められている。この解明のために流体や粒子の拡散現象を取り上げなければならない。流動層内の拡散現象をよく取り扱っている化学工学の分野でもガラス球又は砂等の高い密度を有する粒子を高流速で流動化させた場合の実験的研究しか報告されおらずフロックグラネットの様に低流速で流動化させて行なった実験は余り見受けられない。そこで今回は基礎実験としてフロック粒子の様な凝集性粒子でなく取扱い容易な密度がフロック粒子のそれに近い 1.047 のポリスケロールを用いて低流速での実験を行ない流体の横方向と縦方向の拡散係数を求めたので報告する。

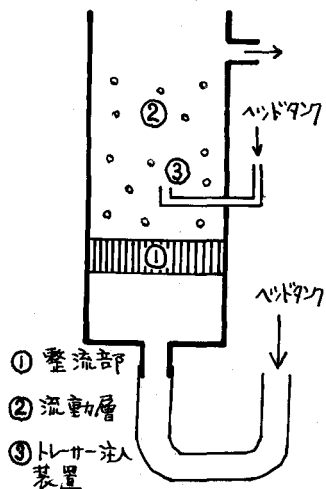
2. 実験装置と方法

流動層を形成する装置。横方向の拡散を測定する装置としては 13×3.5 cmの矩形断面をもつ長さ 79 cmのアクリル樹脂製、縦方向の装置としては 5.5×5.5 cmの正方形断面をもつ長さ 83 cmの同じアクリル樹脂製の2種類を使用した。整流装置はこの種の実験では注意を要する。整流装置の材料としては径 0.21 cmの鉛の散弾を厚 10 cm充填して整流を行った。

トレーサー注入装置 横方向の拡散の場合のトレーサー注入管として外径 0.4 cm、内径 0.2 cmの真鍮管を整流部分の上方 10 cm、パイプの中央に取り付けてヘッドタンクより定常的に連続して注入した。縦方向の拡散の場合にはトレーサーを平面に瞬間的に一様に注入する装置として外径 0.3 cm、内径 0.2 cmの真鍮管2本の両側に 0.06 cmの穴をそれぞれ 20 個穿ったものを整流部分の上方 0.5 cmのところに取付けた。

トレーサー濃度の測定 横方向の拡散の場合、定常的に注入されたトレーサー濃度検出する電極を注入点から $3, 5, 7$ 、あるいは $5, 10, 15$ cmの各点でパイプの一方の壁より 0.5 cmずつ他方に移動させて 10 秒間の電圧の平均値をデジタルで読み取った。縦方向の場合、注入点から $10, 30, 50$ cmのところに電極を取り付けてトレーサー濃度の時間変化曲線をペンオンシログラフに記録させた。

図 1



3. 理論

2次元の拡散方程式は(1) であらわされる

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} = D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} \quad (1)$$

ここで u : トレーサーの上昇流速 D_x : 縦方向の拡散係数 D_y : 横方向の拡散係数

トレーサーが連続して注入される場合流下方向(x 方向)の濃度勾配は横方向(y 方向)の濃度勾配に比べて非常に小さいことが認められている。即ち $\frac{\partial c}{\partial x} \ll \frac{\partial c}{\partial y}$ で(1)の右辺第1項が省略され定常状態に対しては $\frac{\partial c}{\partial t} = 0$ となる左辺第1項は不用となり(1)は次の(2)の一次元方程式に書き直せる。

$$u \frac{\partial c}{\partial x} = D_y \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} \quad (2)$$

この解は $C = \frac{Q}{2b u \sqrt{\pi D_y x}} e^{-\frac{y^2}{4 D_y x}}$ となり横方向の拡散係数が求められる。

一方トレーサーが $t=0$, $x=0$ で plane source として注入される場合については $\frac{\partial c}{\partial y} = 0$ となるから(1)は(3)となる。

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} = D_x \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \quad (3)$$

(3)の解は $C = \frac{Q}{2A \sqrt{\pi D_x t}} e^{-\frac{(x-ut)^2}{4 D_x t}}$ これより縦方向の拡散係数が求められる。

4. 実験結果と考察

この実験により求めた結果を図-2に示す。横軸は空間率、縦軸はプラントル数である。横方向の曲線群はかなり一致しているがわかる。これは粒子がゲループを形成している結果であろうと思われる。縦方向の曲線群は一致していないことがわかる。これは粒子が縦に沈降していることが原因ではないかと思われる。拡散係数のオーダーは横方向では $0.004 \sim 0.046 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 縦方向では $0.10 \sim 0.710 \text{ cm}^2/\text{sec}$ である。又空間率が0.7付近でよく乱れているのがわかる。

参考文献

- (1) Thomas J Hammett, George Latimer, and Richard Wilhelm, A. I. Ch. E, 1956
- (2) 柳, 間室, 佐々木, 化学工学 vol 25, 1961

