

# (47) 回転円筒内の粒子混合と滞留時間分布

名工大 材研 森山 昭, 菅 哲 男

**緒言** 回転円筒は、ロータリキルン、回転乾燥機、回転混合機などとして広く工業的に用いられているが、円筒内の粒子滞留時間分布は、これら装置の設計、反応操作条件の決定のために欠くことのできない基礎事項の一つである。この問題についてはこれまで森ら<sup>1)</sup>、Rutgers<sup>2)</sup>、杉本<sup>3)</sup>などかなりの報告があるが、実際の現象を反映した滞留時間分布の推算法は、十分に確立されていない。着者らは、粒子滞留時間分布を装置諸元、操作変数および粒子物性から推算する方法について検討しているが、本報では拡散モデルについて報告する。実験装置は、内径19.6 cm、長さ200 cmの塩ビ製円筒である。1.0 cm ~ 1.2 cm (セメント球) および 0.2 cm ~ 0.3 cm (アルミナ球) の球形粒子群の滞留時間分布を測定した。

**拡散モデル** 回転円筒内における非定常の物質収支は(1)式で表わされる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = E_z (\frac{\partial^2 C}{\partial Z^2}) - \bar{u} (\frac{\partial C}{\partial Z}) \quad (1)$$

インディシヤル応答に対応する境界条件を使用して、先づ粒子滞留時間分布関数  $E(\theta)$  を誘導する。すなわち、境界条件(2) ~ (4)式

$$Z > 0, t = 0 \text{ で } C = 0 \quad (2)$$

$$Z = 0, t \geq 0 \text{ で } -E_z (\frac{\partial C}{\partial Z}) = \bar{u} (C_0 - C) \quad (3)$$

$$Z = \infty, t \geq 0 \text{ で } \frac{\partial C}{\partial Z} = 0 \quad (4)$$

のもとで、トレーサ濃度分布および粒子滞留時間分布関数  $E(\theta)$  の(5)および(6)式が導かれる。

$$C = Pe e^{-\frac{Pe \eta}{2}} \int_0^\theta e^{-\frac{Pe \tau}{4}} \left[ \left( \frac{1}{Pe \pi \tau} \right)^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{\eta^2 Pe}{4\tau}} - \frac{1}{2} e^{\frac{Pe \eta}{2} + \frac{Pe \tau}{4}} \cdot \operatorname{erfc} \left\{ \frac{\eta}{2\sqrt{\tau Pe}} + \frac{Pe}{2} \sqrt{\tau Pe} \right\} \right] d\tau \quad (5)$$

$$E(\theta) = Pe e^{-\frac{Pe}{2}} \left[ \frac{1}{\sqrt{\pi Pe \theta}} e^{-\frac{Pe}{4} (\theta + \frac{1}{\theta})} - \frac{1}{2} e^{\frac{Pe}{2}} \cdot \operatorname{erfc} \left\{ \frac{\sqrt{Pe}}{2} \left( \frac{1}{\theta} + \sqrt{\theta} \right) \right\} \right] \quad (6)$$

ここで、使用した無次元変数およびパラメータは、

$$Pe \equiv \bar{u} L / E_z, \theta \equiv t \bar{u} / L, \xi \equiv C / C_0, \eta \equiv Z / L$$

である。(6)式の  $E(\theta)$  の2次元-Fourier変換から、ペクレ数  $Pe$  が分散  $\sigma^2$  の関数として(7)式で与えられる。

$$1/Pe = (-1 + \sqrt{1 + \sigma^2}) / 2 \quad (7)$$

**結果** 着者らの実験結果および他の結果<sup>4), 5)</sup>を(7)式に基づいて解析した一例が図1および2である。

**記号**  $C, C_0$ : トレーサ濃度  $[g/cm^3]$

$E_z$ : 混合拡散係数  $[cm^2/min]$   $F$ : 粒子

供給速度  $[cm^3/cm^2 \cdot min]$   $L$ : 円筒長さ  $[$

$cm]$   $N$ : 回転速度  $[1/min]$   $t$ : 時間

$[min]$   $\bar{u}$ : 粒子群線流速  $[cm/min]$

$Z$ : 円筒内位置  $[cm]$

**文献** 1) 森, 神保, 山崎: 化工, 28,

204 (1964) 2) Rutgers, R.: Chem. Eng.

Sci., 20, 1079 (1965) 3) 杉本: 化

工, 32, 291 (1968) 4) Miskell, F. and

W. R. Marshall: Chem. Eng. Progr., 52,

35 (1956) 5) 松井: 名工大卒論 (1972)

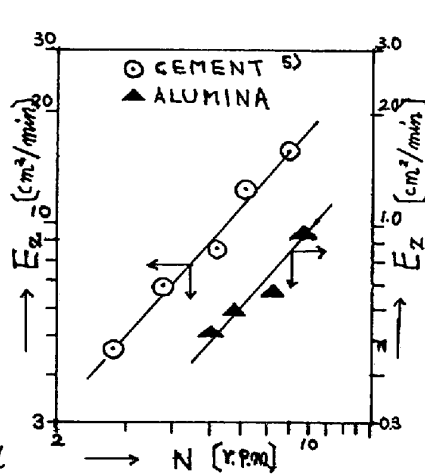


図1. 混合拡散係数と回転速度

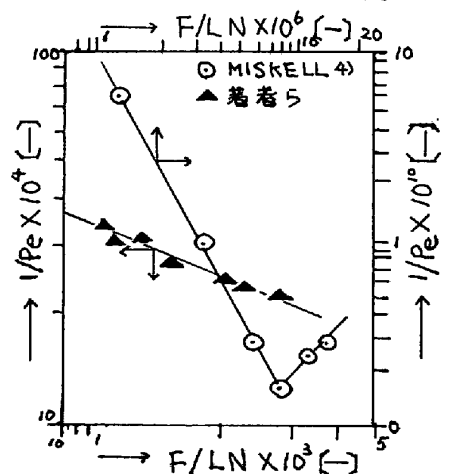


図2. ペクレ数の逆数と無次元操作変数