

(33) 脈動流れによる充填層内物質移動

大阪大学 工学部 近江宗一 碓井建夫 ○草場芳昭

1. 緒言 酸化鉄ペレット還元反応において脈動流れは、充填層の場合にも物質移動を促進する効果が認められる事を先に報告した。今回 充填層内の圧力と速度分布を測定し、これらから脈動流れの変動成分を求め、ナフタリン球を使って測定した物質移動との関係を調べた。

2. 実験装置と方法 前報と同様、直径130φ、長さ2mの鉛直円管に直径 $d=1.19\phi$ の鋼球を高さ15cmまで充填し、層の中心にナフタリン球を埋め込み、ピストンにより脈動を与え、物質移動量を測定した。流れに関しては、前岐点前方2mmの所に熱線を設置した球を用い、充填層内でこれを移動させて各場所における平均流速と変動速度を測定し、また別にひずみゲージ型圧力変換器を用いて球のまわりの圧力分布を測定した。充填方法は、ランダム ($\epsilon=0.395$)、体心正方格子 ($\epsilon=0.259$) の2種、周波数は $f=0.3\sim 7\text{Hz}$ 、ピストン振幅は $a=1\sim 6\text{cm}$ 、レイノルズ数は、 $Re=U_0 d/\nu=0\sim 250$ とした。

3. 実験結果と考察 図1は、 $a=3\text{cm}$ の定常流れおよび脈動流れにおける Re の変化に対する物質移動を示したものである。定常流れでは、シャウヰット数 Sh は、 Re のほぼ $1/2$ 乗に比例して増加しその値は北浦²⁾やRowe³⁾の式の数倍の大きさとなる。脈動流れでは、 Re が大きくなると Sh は定常の値に漸近してゆく。物質移動に対する変動成分の影響を調べると図2のようになる。層内の変動圧力を0.001~20.00 mmAgまで変化させたが、 Sh は変動速度に強く依存している事がわかる。非定常流れにおいて物質移動に対する非定常流れの影響は、運動方程式中の非定常項 $\partial u/\partial t$ と対流項 $u\partial u/\partial x$ 、粘性項 $\nu\partial^2 u/\partial y^2$ との関係で特徴づけられると考えられる。 $\partial u/\partial t$ 、 $u\partial u/\partial x$ は、変動速度に関したものであり、 $\nu\partial^2 u/\partial y^2$ は、境界層の乱れによる物質移動増加に対して抵抗と考えられるので、 Sh に対する変動成分の効果とあるうちパラメータとして $A_1=(\partial u/\partial t)/(\nu\partial^2 u/\partial y^2)$ 、 $A_2=(u\partial u/\partial x)/(\nu\partial^2 u/\partial y^2)$ を考える。各項のオーダー比較より $A_1=(2\pi a f/U_0)(fd/U_0)=\lambda\cdot Str$ 、 $A_2=(2\pi a f/U_0)^2=\lambda^2$ となる。但し $\lambda=2\pi a f/U_0$ ：脈動速度比、 $Str=fd/U_0$ ：Strouhal数。

A_1/A_2 は $d/(2\pi a)$ となるが、 $d=1.19\text{cm}$ 、 $a=1\sim 6\text{cm}$ であるので、 A_1 と A_2 の物質移動に対する支配力は、同程度と考えられる。そこでパラメータとして $A=A_1+A_2$ をとり、これを用いて物質移動量を整理すると図3のようになる。 Sh は、低・高流量域とも勾配 $1/3$ の直線上に分布し、これによって速度変動の効果が明示される事がわかった。

文献 1) 近江、碓井、草場：鉄と鋼、59(1973)4, S5

2) 北浦、田中、上田、小島：化学工学、33(1969)2, P.175

3) P.N. Rowe and K.T. Claxton: Trans. Inst. Chem. Eng., 43(1965)10, T321

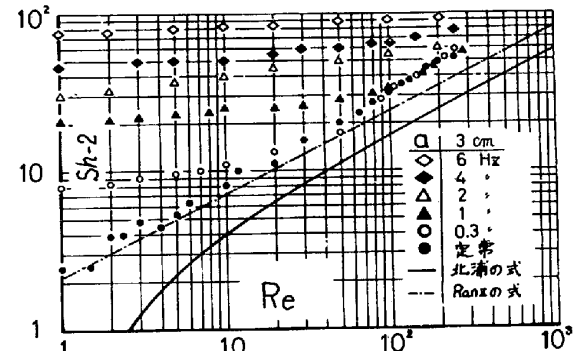


図1 定常流、脈動流の物質移動

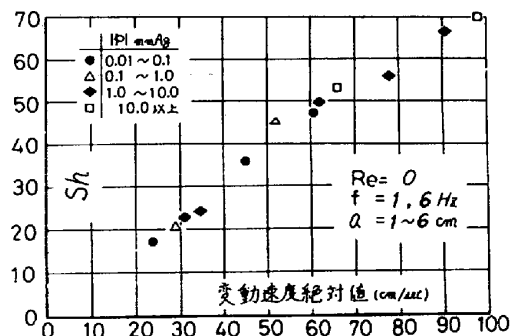


図2 変動成分と物質移動

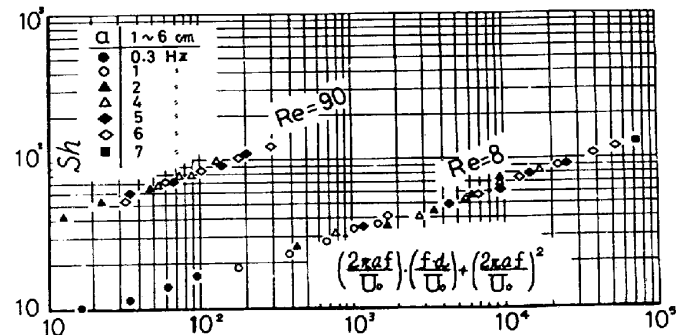


図3 脈動流支配下の物質移動