シュリーレン法による拡散係数測定用セルの改良*

井 上 嘉 亀**・大 杉 彰**

井 上 隆 裕**

神戸大学工学部

1. 結 言

著者らはさきに非定常法の一つであるシュリーレン法による拡散係数の測定についての研究結果を発表^{3,4)}し

Direction of injection

Fig. 1 Positions for dampers

Table 1 Effect of dampers on correction time

Combination of dampers		correction time (sec)
dampersless cell	ordinary type	130
A		100
		100
		100
		95
A, B		90
		75
A, B, C		50
		48
		40
A, B, C, D		34
A, B, C, D, E		30

* <Improvement of the Diffusion Cell for Measurement of Diffusion Coefficient by the Schlieren Knife-edge Method>

Received on November 13, 1964

第 29 年会発表 (化学工学協会)

** Yoshiki Inoue, Akira Osugi, Takahiro Inoue (Faculty of Engineering, Kobe University, Kobe)

たが、二原液の接触界面付近の初期混合の影響のため、接触後短時間の拡散係数を正確に測定することが困難であり、拡散係数の計算過程において誤差の入一因となった。前報³⁾では初期混合を少なくし明瞭な界面をつくるためのセルの改良について述べたが、その後さらにセルの構造を種々変え、初期混合の補正時間を3秒程度まで減少させることができた。またそれらのセルを使用して接触後短時間から正確な拡散係数の値を求めうることがわかった。

2. 実 験 方 法

実験装置は前報³⁾と同じ装置を用いた。拡散には3N KCl-H₂O系 (自然拡散に近い系) とCH₃OH-H₂O系 (配向や渦流を生ずる系) の二種の系について、接触時の混合の少ないセルを種々試作し、それらのセルを使用してシュリーレン写真を撮り、前報³⁾と同じ方法で初期混合の補正時間を求め、混合状態のめやすとした。拡散係数の算出には Boltzmann 変換法を用いて計算した。これらの実験はすべて20°Cで行なった。

3. 実験結果および考察

3・1 ダンパーの影響

従来からよく使用されている無ダンパーセルでは前報³⁾の Fig. 3 のように注入時の流れが大きくなっている。これらの初期混合の異常性を大きくする原因として a) 注入による流れ b) 接触界面の横方向に対する流れまたは渦流、c) 注入液のセル壁によるはね返り d) 注入液によるセル全体の流れなどを見出したので、それらの流れを防ぐ位置にそれぞれ A~E ダンパーをおいて (Fig. 1), 乱れを少なくした。用いたダンパーとそのセルによる補正時間を求めたのが Table 1 である。これは全部 CH₃OH-H₂O 系であって、無ダンパーセルで130秒程度のものが、A~E ダンパーを併用することにより約30秒程度まで下げ得た。また3N KCl-H₂O の系では無ダンパーセルが55秒であるのを約18秒程度まで減少し得た。なお E ダンパーは注入液がセル液によってはね

返す寸前に矢印の方向に下ろし、はね返りを防いだものである。

3・2 倒立型セル

ダンパー型セルでは注入による流れを完全に防げないので、できる限り静止界面から接触しうる方法を試みて Fig. 2 のセルを製作した。このセルの使用方法はたとえば KCl-H₂O のような系では、まずセルを倒立させ H₂O を穴 d から a 室に入れる。f のところはできる限り直線を保つようにして d のところを封じ、セルを静かに矢印のように縦方向に回転させ Fig. 2 のような位置にして、KCl を b から e 室に入れる。両原液が接触直前に注入をとめ、液内部の流れがなくなり静止するのをまって、再び b から静かに注入して f の所で接触させる。このとき界面に気泡が生じて a 室に入らないように、空気は c か b の方向へ押出すように f の中心部から接触させる。このようにしてほとんど静止界面から両原液を接触させると、a 室は d にて封じてあるので重力の影響をなくすことができ、二液間の比重差や、重力の拡散に及ぼす影響を無視しうる。倒立型セルを使用すると 3N KCl-H₂O 系では補正時間を最少 3 秒とし得た。

3・3 各種セルと拡散係数測定

以上実験した無ダンパーセル、ダンパーセル、倒立型

Fig. 2 Invertible type cell

セルについて 3N KCl-H₂O 系の拡散係数を求めたのが Fig. 3 である。図の横の矢印は文献値^{1,2)}の範囲を示している。Fig. 3 からわかるように無ダンパーセルでは測定値が時間的に不規則で、短時間では倒立型セルより大きな値を示し、300 秒後でも一定値を示しにくい。これは初期混合の影響が 300 秒後でも現われているものと考えられる。これに反してダンパー型のセルでは測定時間が 60 秒程度から一定値を示し、倒立型では 20 秒程度から一定値を示す。

Fig. 3 Effect of conc. and time on diffusivity in 3N KCl-H₂O system (at 20°C)

Literature cited

- Edward, W.: International Critical Tables 5, 98
- Kagaku Binran, 465 (1958)
- Takamatsu, T., Hiraoka, M., Tanaka, K., Inoue, Y. and Osugi, A.: *Kagaku Kogaku (Chem. Eng., Japan)*, 28, 451 (1964)
- Takamatsu, T., Hiraoka, M., Tanaka, K., Inoue, Y. and Osugi, A.: *Kagaku Kogaku (Chem. Eng., Japan)*, 28, 755 (1964)

0~60°C の温度範囲で利用できる平衡吸着線

実用上の吸着操作では、ある濃度範囲、ある温度範囲での平衡吸着率が即座に得られる必要がある場合が多い。従って、単に一定温度における平衡吸着線のみを記載したグラフでは不便である。主として、活性炭-溶剤系についてこの様な目的にかなうものとして我々は次の様なグラフを便利に活用しているのでここに紹介する。

ここで、次の三つの仮定を前提としている。

1. 溶剤の飽和蒸気圧はClasius-Clapeyron の式に従う。
2. 溶剤ガスは理想気体の法則に従う。
3. 平衡吸着率は Polanyi の理論に従う。

任意温度におけるいくつかの測定値からグラフ上に平衡吸着線をえがくと、0~60°C の任意の相対圧での吸着率が直ちに図から読みとれる。この横軸は相対圧であるが、重量濃度に換算しなければならない場合が多い。この換算は右側のノモグラフを用いてできる。

[濃度換算法]

- step 1. $t \rightarrow C \rightarrow P^*$ 軸との交点
- step 2. P^* 軸との交点 $\rightarrow M \rightarrow P$
- step 3. $t \rightarrow$ 溶剤の点 $\rightarrow P^*$
(但し、溶剤の点は、二つの温度における飽和蒸気圧から決めておく。)
- step 4. $P^* \rightarrow P \rightarrow P/P^*$

一例として、20(g/m³) ベンゾールの 30°C における平衡吸着率を求める手順を図に示した。

[江口 良友]

[符号の説明]

- C : 重量濃度 [g/m³]
M : 分子量
P : 吸着平衡圧 [mmHg]
P* : 飽和蒸気圧 [mmHg]
t : 吸着温度 [°C]

スクリュウ・エクストルuderによる可塑性樹脂の熔融押出し（平塚幸哉・堀田徳夫，化学工学，29，566～573（1965）） 粘度特性が $\tau = \alpha G^m$ (τ : セン断応力， G : ギリ速度) で与えられる流体をスクリュウ・エクストルuderで押出す場合の，ムカ付け程度を用いる近似解法を求めた。直径 30 mm のエクストルuderを用いて高分子樹脂の熔融押出し実験を行なつて，上記の解法による計算値と比較した結果，吐出量は30%の誤差内で一致するが，消費動力は固体部の影響と考えられる計算値の約2倍の値を取る場合のあることがわかった。

加電繊維層フィルターの集塵実験（井伊谷鋼一・牧野和孝・木村典夫，化学工学，29，574～578（1965）） 黒鉛繊維を充填した繊維層フィルターに直流電圧を加電する新しい形式の静電フィルターにおいて，繊維充填率 ($1-\epsilon_f$)，充填厚さ (L)，流速 (U)，および印加電圧 (V) など，これら諸因子のフィルターの捕集効率におよぼす影響について実験的な研究を行なった。このような形式における電氣的効果は慣性効果など，通常の分離力に比して無視しえないような効果のあることを知った。なお繊維層の形式は2段型式異符号加電の方式による場合に，もっともすぐれた静電分離効果のあることを認めた。

電界を加えたスラリーの圧縮区間における回分沈降特性（油川博，化学工学，29，579～585（1965）） 本報文は，濃縮されて組織化したスラッジに電界を加えた場合の脱水は，おもに電気浸透によって行なわれるとの考えにもとづき，重力沈降による圧縮脱水が完了したときのスラッジを用い，これに電界を加えた場合の脱水過程について解析し，さらに実験的に検討したものである。空間率が時間的に変化する場合の電気浸透脱水の基礎式を Smoluchowski の式から導き，これをもとにして電気浸透による脱水が支配的に行なわれる区間の沈降曲線を求めた。また，スラッジ層の電気浸透圧式を Smoluchowski の式と Kozeny-Carman の式から解析的に求めた。これらの式を実験的に検討した結果，ほぼ妥当性を認めた。電界を加えたスラッジの最大濃度は，スラリー特性および電界強度によって異なるが，クレーの場合はおよそ 60 [wt%]，炭酸カルシウムの場合はおよそ 80 [wt%] であった。

パルスリアクターに関する研究（故斎藤弘太郎・村上雄一・服部忠，化学工学，29，585～590（1965）） 反応物をパルスとして注入するパルスリアクターでは，転化率や生成物分布が定常流通法と著しく異なったり，平衡転化率以上に反応が進むことがある。これは各成分が吸着力の差により触媒層内で分離するためである。数種の反応についてこの問題を理論的に考慮し，つぎの結論を得た。速度過程がすべて一次であれば，転化率は定常流通法に等しく，非線型の速度過程を含む場合には転化率や生成物分布が著しく異なる場合がある。

凝集性懸濁液の円管内乱流（北浦嘉之・長瀬洋一・西居田亨，化学工学，29，591～596（1965）） ビンガム体の降伏応力の管内乱流に対する影響を明らかにするために，2次元満流れに対する Hencky 方程式を2，3の仮定の下に (18) 式のごとく整理した。(18) 式は (20) 式で定義したまさつの速度を用いると，ビンガム流体の速度勾配が，壁近傍の乱流域ではニュートン流体よりも大きく，中心に近づくにつれて，ニュートン流体の値に漸近すること，粘性底層，遷移層の層厚さはニュートン流体よりも大きいことを示す。

管断面上における降伏応力の影響の総和を表わす式，即ちビンガム流体の特性関数を (31) 式に示す Fig. 3は完全ビンガム流体に対して (31) 式がよく一致するが，懸濁粒子が層流で沈降するような不完全なビンガム体のデータについては一致しない。

充填層触媒反応装置の設計（永田進治・橋本健治・種田信夫・堀口靖之・鈴木登・秋田正，化学工学，29，597～605（1965）） 前報において，モデル反応管と比較することによって触媒反応装置の簡便設計法を提案した¹⁾。本報の目的はその設計法の精度を確認することにある。ニッケル・珪藻土触媒上でベンゼンの水添反応を行なっている内径 5 cm の反応管内温度分布と反応率分布を測定した。さらに設計の基礎的なデータである反応速度と充填層内の伝熱特性値も測定された。簡便法によって算出された温度と反応率分布は実験データとよく一致した。

流通反応器の安定性（江口弥・原田誠，化学工学，29，605～611（1965）） 流通反応器の安定性を反応速度の逆数と転化率との関係を示す曲線に基づいて論じた。不安定操作は平均滞留時間対転化率曲線が負の勾配をもつ範囲でおこる。筆者らの提案した安定操作条件の決定法は発熱反応の非等温操作を含む多くの場合に適用でき，また操作を安定化するための限界および臨界条件を明確に求めることができる。

充填層内流体流速分布について（久保田宏・池田稔・西村靖彦，化学工学，29，611～614（1965）） 充填層内部での流体線速度は，層内充填粒子-粒体間熱伝達係数の値に影響を及ぼすという意味では一様とみなすことができる。しかし層内半径方向の空間率の分布が，層単位断面あたりの流量の分布をもたらし，それが層出口直後の管部で流速分布となって現われる。流体が層出口から空管をさらに流れるにしたがって，この分布は通常の放物線状へと転移すると考えた。実験の結果はこの考えを支持し，Smith その他によって観測された流速分布は，この転移の一面面をとらえたものであることを示している。

水平直線管路内気流中における固体粒子の運動状態（森芳郎・菅沼彰，化学工学，29，615～622（1965）） 粉体の風力分級に関する基礎的研究として，水平直線管路内気流中における粒子の運動を研究した。粒子の速度ベクトルは非常に広い分布を示す。運動状態の乱れの程度は新しい無次元数， $S = (18\mu Y)/K D_p^2 \rho_a V$ によって定まり， S が小さいほど乱れは大きい。ここに K は1種の粒子形状係数である。乱れの発生機構は，流路壁面における粒子の不規則反発により，気流方向運動エネルギーが垂直方向のエネルギーに転換されることである。

多孔状浮過体（ウレタンフォーム）の集塵性能について（木村典夫・林福弘・井伊谷鋼一，化学工学，29，622～627（1965）） 三次元網状組織になっているモルトブレンフィルターでは，その単一繊維径の実測が困難であるので，本報では清浄フィルターの圧力損失および空間率などを基準にして平方繊維径を求める方法を提案した。この繊維径によってあらわした単一繊維径の捕集効率はガラス繊維とほぼ同程度のものとなる。また再飛散開始粉塵負荷 m_c を素材特性，および運転条件の関数でまとめることを試みた。

シュリーレン法による拡散係数測定用セルの改良（井上嘉亀・大杉彰・井上隆裕，化学工学，29，628～629（1965）） シュリーレン法による拡散係数測定値の精度をあげるために，二液の混合初期に明確な界面をつくるセルを種々研究した。その結果従来使用されているセルで初期混合の補正時間が約130秒のものが，ダンパー型セルでは30秒に，倒立型セルでは3秒まで減少した。