マイクロチャネルを用いたCO₂物質移動係数測定に関する予備実験Preliminary measurement of mass-transfer coefficient of CO₂ using micro-channel

板川 剛 (日大 院)

染矢 聡 (産総研)

武居 昌宏 (日大)

Tsuyoshi ITAGAWA, Nihon University

Satoshi SOMEYA, National Institute of
Advanced Industrial Science and Technology

Masahiro TAKEI, Nihon University

Key Words: LIF, micro channel, diffusion

1. 緒言

近年、半導体微細加工技術は目覚ましい進歩を遂げており、コンピュータなどのエレクトロニクス分野が著しく成長している。この微細加工技術の発展はエレクトロニクス以外の分野においても影響を与えている。技術の発展に伴い、マイクロシステムにおけるミクロな反応場を利用した多くのマイクロデバイスが提案され、化学分野や医療分野などの様々な分野の微小空間を利用した研究が現在注目を浴びている。本実験で使用するマイクロチャネルは、幅が 100 μ m、深さ 30 μ m の流路を持つマイクロデバイスのことであり、体積あたりの比表面積が大きく精密な温度制御ができる、分析に使用する試薬の量を削減できると共に、分析にかかる時間も短縮できることから、環境への負荷を軽減できるなどという特徴も持っていることが知られている。また、レイノルズ数が極端に低くなり、チャネル内の流体は層流で流れる。これによりチャネル内で二種類の溶液を混合しようとしても、攪拌による混合が困難となり、主として分子拡散によって混合が進むこととなる。

本研究ではこのマイクロチャネルの特徴を利用し、マイクロ LIF 法を用いて炭酸水の拡散係数を求める実験を行なった。使用する染料の拡散状況を調べるために、予備実験として一方の流体の流れにのみ実験で使用する染料を混入して拡散度合いを調べた。その結果、ほぼ染料の拡散が見られなかったため、染料の拡散は無視できるとする。一様に染料を混入した二液の一方に炭酸水を溶解させ、二つの入り口と二つの出口を持つ Y 字型マイクロチャネルを用い、pH を測定することにより炭酸水の拡散係数を測定した。

2. 実験概要

Fig.1 に本実験で使用するマイクロチャネルの概略図を示した。Y 字型の流入口を持っておりチャネルの幅は 100 μ m、深さは 30 μ m となっている。

Fig.2 に実験装置の概要図を示す。CO₂ の拡散を調べるため、マイクロ LIF 法を使用した。355nm 付近の波長の光に吸収のピークを示すキニーネを蛍光染料として実験に用いた。染料の濃度は約 5×10^{-6} mol/l とした。このキニーネが同濃度で混入された再蒸留水を二つ用意し、一方は CO₂ をバブリングすることによって pH 及び炭酸濃度を変化させ、また、もう一方は再蒸留水に染料を混入しただけの溶液とした。

用意した溶液を容量 1ml のマイクロシリンジにそれぞれ入れ、シリンジポンプを用いて、顕微鏡の下にセットしたチャネルの流入口に溶液を供給する。実験では供給流量を 50 ~ 200 μ m/h まで変化させた。また、測定では 430 ~ 470nm の波長の光を透過する光学フィルタと水銀ランプを用いて落射照明を行い、この励起光に対するキニーネの青白い蛍光を CCD カメラ (画素数 1600 $\times$ 1400 画素, 16bit) を用いて撮影し

た。二液の流速、炭酸水の pH (CO₂ 濃度) に変化を与え、顕微鏡、カメラを通して得られた画像について検討した。

Fig.1 Image of micro channel

Fig.2 Experimental setup

3. 実験結果

Fig.1 のマイクロチャネルの 3 箇所 (合流部, 合流部から 212 μ m) の位置における pH 分布測定結果を Fig.3 ~ 4 に示した。Fig.3 ~ 4 ではチャネル中央部を Y position = 50 μ m として表示した。Y position > 50 μ m が初期状態で CO₂ を含まない溶液, Y position < 50 μ m はバブリングにより初期状態で CO₂ を含む溶液のパスである。なお、片側の液体にのみ染料を混入した実験を行った結果、染料がもう一方の液体に拡散する様子をほとんど観測できず、少なくとも我々の実験装置においては染料

分布の不均一によるノイズはないものとみなした。

Fig.3~4 から下流へいくに従い, CO_2 の拡散が進行し, pHの差が小さくなる様子がわかる。また, チャンネル内の流速が小さいほど, 短い距離でも拡散が進むため, Fig.3~4 の差が小さい。

今後, このpH分布を CO_2 濃度に換算し, CO_2 の物質移動係数を評価するなどして報告する予定である。

Fig.3 pH distribution (合流部)

Fig.4 pH distribution (Fig.1 左, 合流部より 212 μm 下流)

4. 結言

幅は 100 μm , 深さは 30 μm のY字型マイクロチャンネルを用いて, 常圧における CO_2 の拡散について調査した。実験は染料にキニーネを用い, LIF法を用いて行った。その結果, CO_2 の拡散によるpH分布を再現性高く測定できたため, 今後, これらのデータから CO_2 の拡散係数を評価する。