

〔1〕研究目的

本研究の目的は、時々刻々とその成分を変える水をマイクロ流路に導入し、その成分の変化を保存可能な水質検査用マイクロセルの開発を行う事である。

工業廃水や生活排水にメチル水銀や環境ホルモンなどの有害物質が混入し、その水を利用した人間の健康に重大な影響を与えた事例が多く存在する。このため、水質を管理することは非常に重要であり、現在では周囲で生活する人間に健康被害を出さないように、様々な箇所で水質を定期的にモニタリングしている。現状の水質測定方法は、バケツに水をくんでその透明度やpHをみたり、化学反応を利用した検定を行ったり、液体クロマトグラフィーなどの分析器を用いて測定することが一般的な手法である。しかし、これらの素法では水をサンプリングした時点の分析しかできず、サンプリング時点とサンプリング時点の間において水質測定は行えていない。つまり、サンプリング時点の間で瞬間的に水質変化が起こるような場合に対応した水質測定はできていない。それに対し、配水管の内部に各種計測器を設置し、水質を常時モニタリングする手法がある。確かにこの手法は常に水質検査ができるが、水に溶けた物質を具体的に特定することが難しく、設置コストも高いため、様々な箇所で水質検査を行うには現実的ではない。そのため、安価で常時水質をモニタリングできる装置の開発が求められている。

本研究では現在の手法の持つ「ある一時点の水質データしか取得できない」という課題を克服し、水質データを常に取得可能なマイクロセルの開発を行う。具体的にはジグザグ状マイクロ流路を実装した図1のようなマイクロセルを提案する。マイクロ流路内ではレイノルズ数が極めて小さいために、液体に乱流が発生しなくなる。その結果、マイクロ流路内における液の混合を大幅に抑えることが可能となる。これにより、マイクロ流路内に継続的に水を導入すれば、導入した水は取得期間すべてにわたる水質データをマイクロ流路内部に混合を極力抑えた状態で保持することが可能となる。これにより、マイクロ流路内に工場や家庭の排水管や河川、湖沼などの水を継続的に導入しておけば、後からその液体に対して高感度分析により水質検査を行うことができる。

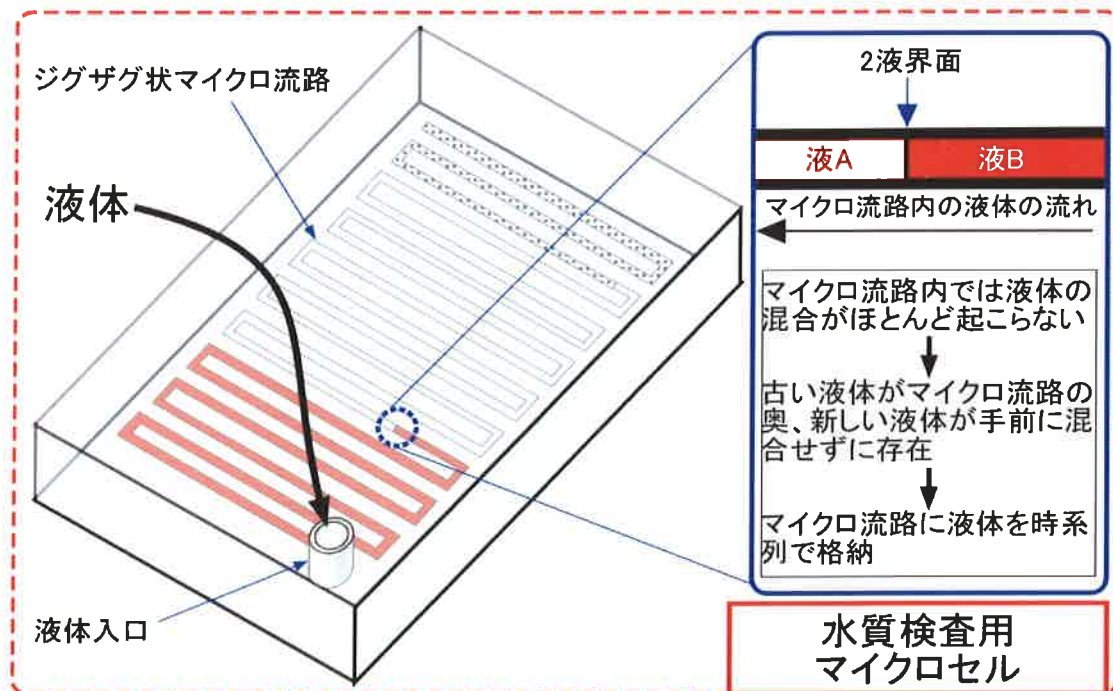


図1 水質検査用マイクロセル。 マイクロ流路に液体を格納する。格納した液体は混合が非常に抑制された空間に存在するため、液体の時間データを一本のマイクロ流路に格納することが可能である。

[2] 研究の内容・方法

■ 研究内容

本研究では、水質検査用マクロセルの実証試験を行う。具体的には、マイクロ流路を実装した水質検査用マイクロセルを開発し、それを用いてマイクロ流路内での液体の混合が抑制されることを確認する。

■ 研究方法

本研究では、水質検査用マイクロセルのためのマイクロ流路を設計・製作し、そのマイクロ流路に2色の着色液を導入する。その二色の水の界面を観察・計測することで、その混合具合の進展を評価する。

① マイクロ流路の設計・製作

マイクロ流路の製作には、感光性ネガレジストであるSU-8を用いてマイクロ流路の鋳型を作成し、それにPDMSという樹脂材料を流し込むことで、マイクロ流路をPDMSに転写する。マイクロ流路を持つPDMSを酸素プラズマで表面活性化し、ガラスに接合する。これにより、水質検査用のマイクロセルが完成する。

② マイクロ流路への液体の格納

マイクロ流路の入口にシリンジポンプを接続し、圧力を加えることで、マイクロ流路内に着色水を導入・格納する。

③ マイクロ流路内での液体の混合

マイクロ流路に格納する二色の着色水を時間差で導入し、その接触界面がどのように変化するか観察する。また時間とともに二色の着色水の表面における様子を調べることで、水質検査用マイクロセルの実証試験を行う。

[3] 結論・考察

3.1 開発した水質検査用マイクロセル

開発した水質検査用マイクロセルを図2に示す(マイクロ流路を可視化するために、マイクロ流路に青色水を格納している)。水質検査用マイクロセルはジグザグ状のマイクロ流路を備えており、その断面形状は $100\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$ である。マイクロ流路をジグザグ状に配置することで、流路に垂直な方向へのライン上の顕微分光により、マイクロ流路に導入した液体の成分分析を時系列に行うことが可能である。今回は着色水を用いた実験を行っており、ライン上の顕微分光に代わって、ライン上の輝度分布の評価により、色素の濃度変化を分析することにした。

3.2 実験結果

青色着色水と無色の水をマイクロ流路に導入し、その境界がどのように事務化を計測した。図3に導入直後、導入1時間後、2時間後のマイクロ流路に閉じ込めた水の様子を示す。導入から2時間の間に液体の混合は確認できなかった。さらに詳しく調べるために、マイクロ流路の輝度分布を調べた。流路に沿って調べた輝度の変化を図4に示す。混合幅と二色の輝度の差(最も濃い青と透明部分の輝度の差)について調べた。導入直後の混合幅は7.5 mm、輝度差は114であった。これあ1時間後にはそれぞれ7.5、113、2時間後にはそれぞれ10 mm、115となった。この結果から2時間の混合時間ではほとんど二色の界面において混合は確認できなかった。

3.3 結論

本研究で開発した水質検査用マイクロセルは、長時間にわたって液体をサンプリングしても液体の混合がほとんどない状態で液体を保管することができ、保管した液体の成分の時間変化を計測することが可能である。今後は、マイクロ流路形状の最適化により、更なる液体の混合の抑制と、高い時間分解能を実現し、実際に水質に影響を与える化学物質の時間変化の計測を目指す。

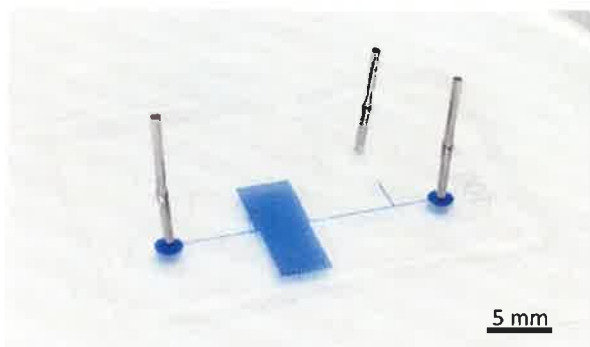


図2 開発した水質検査用マイクロセル。

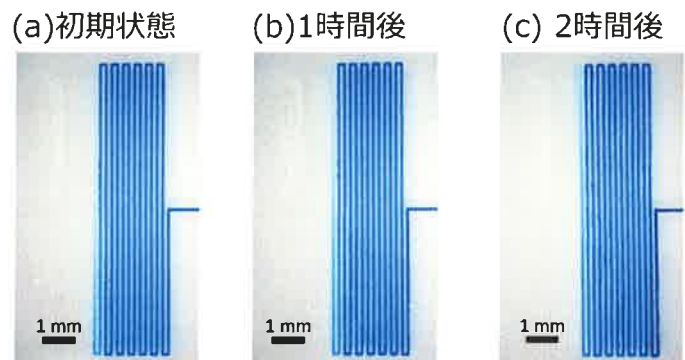


図3 マイクロセルに格納した2色の水の様子。(a)導入直後、(b)1時間後、(c)2時間後。

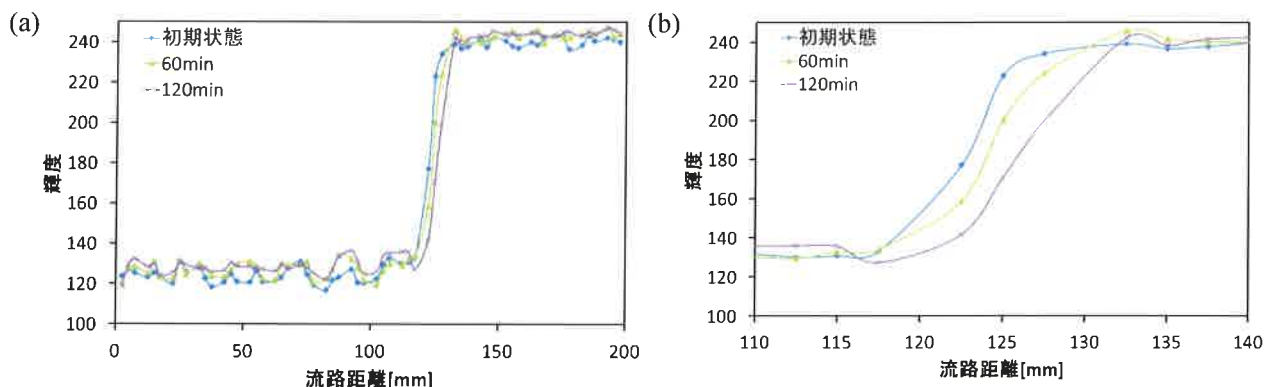


図4 マイクロセルに格納した二色の着色水の流路に沿った輝度変化。(a)全流路。(b)混合部分。