

# 流水による容器内の濃度変化

1年3組 入江 優美    1年4組 大塚 愛里    1年4組 久保 汐  
1年4組 白江 遥奈    1年4組 松下 華菜  
指導者 高橋 寛

## 1 課題設定の理由

化学基礎の授業で実験を行ったあと試験管を洗っているとき、水を勢いよく出してしまうと入口で水が跳ね返り、試験管中の液体がしっかり洗い出されていないと感じることがあった。私たちは、水の勢いが激しいほど中がきれいになると考えていたので、この疑問を解決したいと考えた。文献によると、円管内を流れる水などの流体の挙動は、流体の速度の大小によって異なると書かれていた<sup>(1)</sup>。また、流れの状態を表す物理量として Reynolds 数という値があるが、今回の研究は円管の入り口部分なので適用することは難しいと考えた。今回、私たちはこの現象が流量だけでなく管の太さにも影響を受けているのではないかと考え、身近にある試験管を使って、流量と太さを変えながら容器内の濃度の変化を調べることにした。

## 2 仮説

- (1) 試験管の管径が大きくなるにつれて、試験管内の濃度が薄くなる。
- (2) 流量を増やすにつれて、試験管内の濃度が薄くなる。

## 3 実験の方法

### (1) 濃度測定のための検量線の作成

容器内の水の濃度を調べるために、吸光光度計(UVmini-1240)を用いた。その理由は、濃度変化を数値化しやすいからである。次の手順により、濃度と吸光度の検量線を作成した。

ア 市販の食紅(赤)を用いて、0.30 g/L の水溶液を作る。

イ 手順アで得られた水溶液を 0.03, 0.06, 0.09, 0.12 g/L に薄める。

ウ 各濃度における吸光度を吸光光度計で測定し、506 nm の波長における吸光度を用いて、濃度と吸光度の関係を算出した。

### (2) 流水による容器内の濃度変化の評価

容器内の濃度の変化を以下の手順で調べた。試験管は、管径がそれぞれ 15、22、27 mm で、長さがどれも 18 cm のものを用いた。結果を安定させるため、それぞれの実験について5本ずつ測定を行った。

ア 容器を 0.30 g/L の水溶液で満たした水道水の流量を固定し、メスシリンダーが満たされるまでの時間を計測することで、流量を数値化した。

イ 容器に手順アで決めた流量の水を流し、ストップウォッチを用いて試験管に流した。水を流す時間は 10 秒で固定した。

ウ 水を流した後、容器内の濃度を均一にして評価するために、大きめのビーカーに移し混合した。また、その濃度を吸光光度計を使って測定した。

## 4 結果と考察

### (1) 濃度測定のための検量線の作成

図1に濃度と吸光度の関係を示す。図のように、506 nm の波長における溶液中の濃度と吸光度の間には「吸光度 = 5.5173 × 濃度」の関係がある。

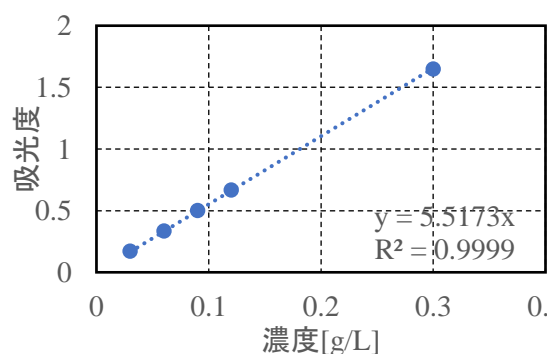


図1 食紅溶液の検量線

ることが分かった。

(2) 流水による容器内の濃度変化の評価

図2に試験管の管径を変え、水道水の流量を固定して10秒間流したときの試験管内の濃度変化を示す。同じ時間水を流したとき、試験管の管径が太くなるにつれて濃度が薄まるということが分かった。また、どの流量においても同じ傾向の結果だった。これは私たちの立てた仮説通りの結果である。管の太さは異なるものの長さは同じ18cmのため、管内の液量(体積)は太い方が多くなる。液量が多いのであれば薄まりにくくなるはずだが、結果はそうならなかった。

管径が太くなるほど管内の濃度が薄くなる理由として、図3のようなモデルを考えた。左の図のように管が細いときは管の断面積に対して流れ込む水の面積(図の網掛け部分)が大きく、水が入れ替わって流れ出ることのできる部分(図の白色部分)が少ない。それに比べて右の図のように管が太いときは管の断面積に対して流れ込む水の面積が小さく、流れ出る部分が多くなり、水が入れ替わりやすくなると考察した。

図4に水道水の流量を変え、10秒間水を流したときの試験管内の濃度変化を示す。どの太さの試験管を用いても、流量が50~60 mL/sのあたりで濃度が薄まりにくくなる流量があり、さらに流量を増やすと濃度が薄まるという結果が得られた。ただ、流量の調節に手間取り、100 mL/s程度の値の評価ができていないため、60~150 mL/sの間にさらに濃度が下がりにくくなっている可能性もある。しかし、この結果は私たちが立てた「流量を増やすにつれて、試験管内の濃度が薄まる」という仮説通りではなかった。図4の結果より、試験管の内部の濃度を効率的に下げするためには、流量が40 mL/sより小さいか、流量が150 mL/sよりも大きくする必要があると考えられる。水の跳ね返りを考慮すると、流量が少ない40mL/s以下が望ましいと考える。

5 まとめと今後の課題

流量を揃えて流すとき、試験管の管径が太いほど試験管内の濃度が薄まりやすいことが明らかになった。また、流量を変えた場合は、50 mL/s~60 mL/sのあたりで濃度が薄まりにくくなる傾向があると分かった。今回は形が同じで太さだけが違う容器が試験管しか準備できなかったため、他の身近にある様々な形の容器でも実験したいと思った。

参考文献

(1) 化学工学会『基礎化学工学』、培風館、1999、p188

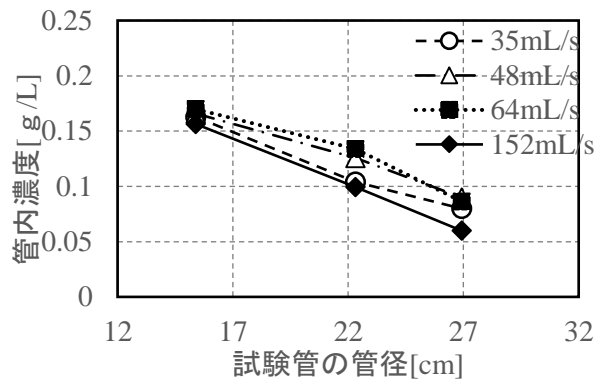


図2 試験管の管径を変えたときの濃度変化

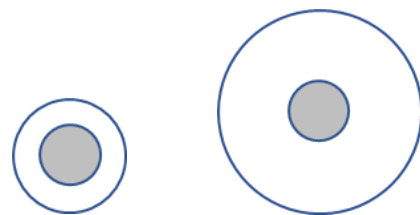


図3 管の断面積のモデル

■ : 水が流れ込む領域、□ : 水が流れ出る領域

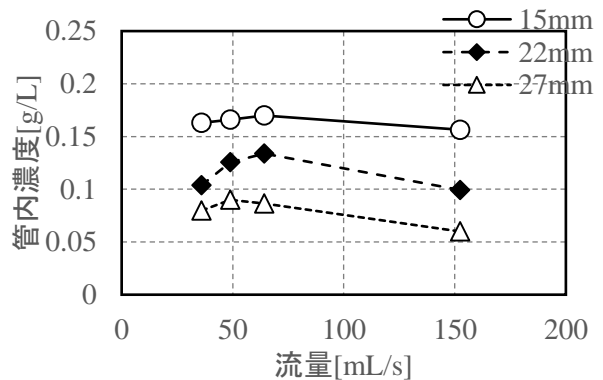


図4 流量を変えたときの濃度変化