

オール樹脂化したマイクロ流体チップの開発と用途展開

機能素材加工課 大永 崇

富山大学工学部 加賀谷重浩

1. はじめに

これまでに筆者らが医療向けに開発してきたマイクロ流体チップについて、オール樹脂化検討と共に他用途への展開を図るための基礎検討を行っている。本チップは自ら開発した樹脂素材技術により、様々な機能分子や機能性ポリマーを表面に導入することができ、広範囲な用途展開が期待できる。本研究ではこれまでに化学分析用途への展開を検討し、イオンクロマトグラフィー用の分離・濃縮カラムとしての可能性を探ってきた。これまでの検討から、チップ表面にテトラエチレンペンタミン (TEPA) が固定でき、Cu イオン、Ni イオンを迅速に捕捉可能であることを明らかにしている。そこで本年度は、このような TEPA 固定チップの金属イオン捕捉容量を評価したので報告する。

2. 実験方法

2.1 評価システムの構築

Cu(II)の捕捉容量を評価するために、図1に示す評価システムを構築した。オールプラスチック製シリンジ (容量 50 mL) をシリンジポンプにセットし、2つの四方バルブにてチップに Cu(II)溶液、純水、1 mol/L 硝酸をそれぞれ通液した。

2.2 アミノ化チップの調製

TEPA-2-プロパノール混合溶液をデジチューブ (GL サイエンス) に入れ、未処理チップ 2 枚を浸漬させ密栓し

た後、ビニール袋に密閉して 50 °C で 20 h 放置した。その後、室温で容器からチップを取り出し、メタノール、純水で順次洗浄して純水中に一晩放置した。翌日チップを取り出し、純水、メタノールで洗浄して乾燥させた。

2.3 Cu(II)捕捉容量評価

硫酸銅(II)五水和物 (FW 249.69) 1.25 g を純水 50 mL に溶解し、0.1 mol/L Cu(II)溶液を調製した。これを純水で希釈し、5 mmol/L Cu(II)溶液を調製した。TEPA 固定化チップに純水を 0.05 mL/min で通液して洗浄し、次いで 5 mmol/L Cu(II)溶液を 20 min 通液し Cu(II)を捕捉した。通液後の溶液は全て採取した。その後、再び純水を 60 min 通液し、20 min 毎に通液後の溶液を全て採取した。続いて 1 mol/L 硝酸を 60 min 通液し、20 min 毎に通液後の溶液を全て採取した。最後に純水を 60 min 通液し、同様に 20 min 毎に通液後の溶液を全て採取した。この一連の操作を続けて 2 回行った。また比較のため、未処理チップを用い同様に通液、採取を行った。採取した溶液は 5 mL

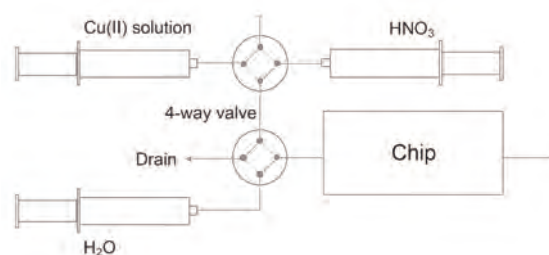


Fig. 1 Cu イオン捕捉容量評価システム

Table I TEPA 固定チップの銅イオン捕捉結果

Time (min)	Operation	Cu(II) (μg)	
		1	2
0 - 20	Flow of Cu(II) solution	168	209
20 - 40	Washing with H ₂ O	47	42
40 - 60		1.1	0.8
60 - 80		0.5	0.4
80 - 100		62	50
100 - 120	Flow of 1 mol/L HNO ₃	9.9	13
120 - 140		0.4	0.5
140 - 160		0.8	0.5
160 - 180	Washing with H ₂ O	0.3	0.4
180 - 200		0.3	0.3
Initial amount of Cu(II) calculated, 301 μg .			

Table II 未処理チップの銅イオン捕捉結果

Time (min)	Operation	Cu(II) (μg)	
		1	2
0 - 20	Flow of Cu(II) solution	214	274
20 - 40	Washing with H ₂ O	48	36
40 - 60		0.3	0.4
60 - 80		0.2	0.3
80 - 100	Flow of 1 mol/L HNO ₃	6.6	8.2
100 - 120		0.3	0.3
120 - 140		0.4	0.3
140 - 160	Washing with H ₂ O	0.4	0.3
160 - 180		0.3	0.3
180 - 200		0.3	0.3

Initial amount of Cu(II) calculated, 303 μg .

に希釈し、マイクロ波プラズマ原子発光分光分析にてCuを定量した。

3. 結果と考察

TEPA 固定化チップでCu(II)捕捉容量を評価した結果を表Iにまとめた。Cu(II)溶液の20分間の通液量は1 mLで、この溶液中にはCu(II) 301 μg が含まれていた。表Iのとおり、Cu(II)溶液通液後の溶液(0 - 20 min)ならびに次の純水通液後の溶液(20 - 80 min)に含まれるCu(II)の合計は、1回目216.6 μg 、2回目252.2 μg であった。したがってこのチップには1回目84.4 μg 、2回目48.8 μg のCu(II)が捕捉されたことになる(Cu(II)の捕捉は、チップの流路が青く染まったことでも確認された)。1 mol/L 硝酸通液後の溶液(80 - 140 min)ならびに次の純水通液後の溶液(140 - 200 min)に含まれるCu(II)の合計は、1回目73.7 μg 、2回目64.7 μg となり、溶出率(捕捉量に対する溶出量の割合)はそれぞれ87.3%、132%となり差異が見られた。2回の合計から平均溶出率をもとめたところ、104%となった。これ

より1回目に捕捉されたCu(II)の一部は、溶出されずに残り2回目に溶出した可能性が考えられる。

次に同様の検討を未処理チップについて行ない、その結果を表IIにまとめた。上記同様に計算するとCu(II)捕捉量は、1回目40.5 μg 、2回目7.7 μg となった。未処理チップではCu(II)はほとんど捕捉されないはずなので1回目の結果の原因は不明だが、実験時に流路の色変化は観察されなかったこと、硝酸によるCu(II)溶出は少なかったことを考えると、測定エラーの可能性が高い。

4. おわりに

本チップの新たな用途開拓の一環として、流路表面にTEPAを固定化し元素分離場としての機能を評価したところ、70 μg 程度のCu(II)を捕捉する能力を有し、Cu(II)の高濃縮場としての可能性が示された。再現性の確認や流路構造の最適化などが今後の改題であり、本チップの独自性を活かして科学研究費補助金、A-STEPなどの研究資金獲得を目指しながら検討を継続する。

キーワード：マイクロ流体チップ、イオンクロマトグラフィー、カラム、樹脂化

Application of Polymer Microfluidic Chips to Ion Enrichment

Material Technology Section; Takashi OHNAGA University of Toyama; Shigehiro KAGAYA

Polymer microfluidic chips we had developed so far were applied to ion enrichment. Tetraethylenepentamine (TEPA) was covalently bonded to the surface of the chip channel and aqueous solution containing Cu ion was sent through the channel. Then, nitric acid was sent to release the ion captured with TEPA and 70 μg of Cu was confirmed to be successfully captured for the single microfluidic chip. Therefore, this chip was shown to be useful for metal ion enrichment.