

熱希釈法を用いた吸着材充填カラムにおける流動特性の評価

*¹法政大学大学院理工学研究科応用化学専攻, *²公立小松大学保健医療学部臨床工学科

宇根川 眞然*¹, 木口 崇彦*², 山下 明泰*¹

Marine UNEKAWA, Takayoshi KIGUCHI, Akihiro C. YAMASHITA

1. 目的

血球成分を病因物質とする疾患の治療には、吸着材充填カラムが用いられる。カラム内を血液が均一に流れるとき、吸着材がもつ性能を最大限に引き出すことができる。本研究では、カラム内の流動特性を検討すること、および治療条件に応じたカラム設計の提案を目標として、水系過渡応答試験およびウシ全血系熱希釈法の結果を比較した。

2. 方法

内径(30, 55, 81 mm φ)および有効長が異なる同一体積(324 mL)の3種類のアクリル製パイプで、試験用カラムを作製した。カラムに直径1 mm φのビーズ状吸着材〔イムノピュア[®], 日機装(株)〕を充填し、試験用カラムとした。なお、吸着材を封入していない空カラムも用いた。

吸着材に吸着されない色素(オレンジⅡ)および熱を用いた過渡応答試験を行った。37°Cで粘度が 4.28 ± 0.43 cPとなるように調製したPEG 20000 (polyethylene glycol 20000)水溶液1,500 mLを、一定温度になるまで流量 $Q_B = 30, 90, 270$ mL/minで循環した。回路をシングルパス方式へ変更し、75°Cの色素水10 mLをカラム入口に速やかに注入した時間を0分とし、カラム出口における色素濃度および液温を連続的に測定した。カラム出口で出力される濃度または温度の応答曲線の立ち上がり時間およびそのピーク位置により流動特性を評価した。

3. 結果

内径55 mm φの空カラムでは、流量が大きいほどピーク

に到達する時間が早くなった。また、いずれの流量においても、濃度変化よりも温度変化の方が、立ち上がり時間が短かった。さらに、同じサイズの吸着材充填カラムでも、流量の増大とともに、応答曲線の立ち上がりは早くなり、形状は鋭くなったが、濃度変化の方が短時間で表れた。この結果は流量の小さい30 mL/minで顕著であった。これは吸着材の間隙を流れる際に、色素は物質の交換をしないのに対し、熱希釈法では吸着材との間で熱の移動が生じるためと考えられた。

カラム径30 mm φと81 mm φのカラムにおける過渡応答試験では、温度の応答曲線の方が早くピークに到達した。また、カラム径81 mm φでは、応答曲線が低く幅が広いことから、カラム内で滞留が生じている可能性が示唆された。

水系過渡応答試験において、流れ(対流)と拡散の比を表すペクレ数(無次元数)と応答曲線のピーク時間との間には、濃度と温度のいずれも両対数プロットで高い相関が得られた。また、伝熱の Pe 数は 10^2 以上となり、対流が支配的であるのに対し、物質移動の Pe 数は 10^{-2} 以下となり、拡散が支配的であった。これらの相関を用いて、様々な治療条件に適切なカラムを設計できる可能性がある。

4. まとめ・独創性

吸着材を封入したカラムの過渡応答試験から得られる応答曲線のピーク位置は、ペクレ数の関数となった。これを用いて、治療条件に応じたカラムの設計が可能となる。

本研究のオリジナリティは、古典的な過渡応答試験と熱希釈試験の相関を見ること、およびそこで得られた応答曲線のピーク位置を無次元数の関数で表示したことにある。この一般化により、各デバイスの最適治療条件、または各治療条件を最適化するデバイスデザインを提案することができる。

本稿のすべての著者には規定されたCOIはない。

■ 著者連絡先

法政大学大学院理工学研究科応用化学専攻
(〒184-8584 東京都小金井市梶野町3-7-2)
E-mail. marine.unekawa.9u@stu.hosei.ac.jp