バイオポリマーの抵抗減少効果に関する研究 (麴菌を培養した水溶液の流動特性)

Drag Reduction of Biopolymer Solutions (Flow Characteristics of Malted Rice Solutions)

〇正 渡辺 敬三 (農工大院) 正 小方 聡 (首都大院)

Keizo WATANABE, Tokyo University of Agriculture and Technology, Koganei-shi, Tokyo
Satoshi OGATA, Tokyo Metropolitan University, Minami Ohsawa, Hachioji-shi, Tokyo

Key Words: Drag reduction, Turbulent flow, Pipe friction, Biopolymer, Malted rice solution

1. 結論

近年、地球温暖化防止に密接に関わる省エネルギー化の問題と関連して高分子や界面活性剤を添加する流体の抵抗減少効果に関する研究が注目されている。しかしながら、それらの抵抗減少添加剤を用いた水溶液の廃棄は環境負荷への影響が大きく、その応用は閉回路のパイプラインシステムに限定される。それゆえ、その影響を考慮するならば、今後はバイオポリマーの応用が注目される。一方、著者らはすでに麴菌を培養し、それを添加した水溶液が、最大約40%の抵抗低減を生ずることを明らかにし報告した。これらのバイオポリマーである抵抗低減剤が低減効果を示す要因として、多糖類 (Polysaccharide) の役割の重要性が指摘されているが、抵抗低減に関わる、そのメカニズムの解明は十分なされたとはいえないようである。特に、微生物多糖類に関しては現時点で見出されている抵抗低減を生ずる物質の種類が限られているようであり、そのメカニズムに関しても未だ不明な点が多い。

本研究はバイオポリマーの一種であり、その実験結果の報告例が少ない麴菌水溶液の抵抗減少効果に及ぼす麴菌の種類や培養条件について実験的に明らかにしたものである。

2. 実験装置及び方法

圧力損失実験装置はピストン、シリンジ、測定流路から構成されている。シリンジは硬質耐熱ガラスの容積200mlの注射筒である。シリンジ先端部はロックチップになっており、ワンタッチで測定流路の取り付けが可能である。流量はピストンの押出速度を0.6~9mm/sに変えることにより可変でき、本実験の測定レイノルズ数 Re の範囲は $500 < Re < 8000$ である。

培養器はタイテック社製バイオシェーカー (BR-13UM) で、使用環境温度範囲は+5~30℃、使用温度範囲は室温+5~70℃、温度調節精度は±0.5℃である。この中で麴菌を培養した。乾燥麴菌 (ビオック社製) は以下の順序で培養し、供試水溶液を作成した。①乾燥麴 (蒸米に麴菌を付加し乾燥させたもの) に水道水を加え、一時間、一定温度で放置する、;②残った麴菌抽出液をろ過し水道水を加え、一定温度 (35℃) である時間麴菌を培養する、;③培養終了後、培養液をろ過する、;④ろ過された培養液と水道水を一定量混ぜ合わせたものを、供試麴菌水溶液として実験を行った。

3. 実験結果

図1に供試水溶液の管摩擦係数の実験結果を示す。図中の破線及び実線の記号である L, N 及び M はそれぞれニュートン流体の層流, 乱流そして Virk の最大抵抗減少線である。また、実験値の記号 A, B, H, I は乾燥麴や水分量及び培養条件が異なる供試水溶液に対応している。従来から指摘されているように、バイオポリマーの管摩擦係数の抵抗減少効果は

Type B と分類される。すなわち、その管摩擦係数は遷移挙動が緩和され、乱流域ではニュートン流体のそれと平行に低減する。本実験結果もそれを示し、麴菌を培養した水溶液は Type B であることが判る。

一方、最も抵抗低減量が多い供試水溶液は溶液 I である。培養時間は他の水溶液と比較して短い培養温度は高い。現在のところ抵抗低減量を特定することの可能な培養条件を決めることが出来ない。本研究では乾燥麴を水に戻して培養することで供試水溶液の作成を行っているが、培養液及びそれらをフィルタでろ過した後の供試水溶液の巨視的及び微視的な観点からその物理的性質を調べる必要がある。

本研究で得られた抵抗減少効果の生ずる原因としては、麴菌が水中で生成する多糖類、所謂バイオポリマーによる乱れの緩和を挙げることが出来る。本研究においては、培養条件によって二糖類の生成量に変化し、麴菌の培養によってポリマーが生成されていることを確認している。一方、麴菌の分子孢子柄は培養によって成長し、その長さは大きくなる。その成長過程で多糖類を生成するものと考えられ、当然のことながら麴菌の濃度が抵抗低減量と密接に結びつく。

Fig.1 $1/\sqrt{f}$ versus $Re\sqrt{f}$

4. まとめ

乾燥麴を水に培養して水溶液を作り、その流動特性と乱流域における管摩擦係数を測定した。その結果、その水溶液の粘性における非ニュートン性は無視でき、乱流域では最大40%の抵抗減少効果を生ずることを明らかにした。さらに、劣化特性を明らかにした。