

機能性ゲルの水処理への応用の可能性

九州大学工学部 学生員 ○田村浩之

九州大学工学部 正会員 楠田哲也

九州大学機能物質科学研究所 入江正浩

1. はじめに

機能性物質（インテリジェント材料）の中の一つである高分子ゲルは、現在、その吸水性、膨潤・収縮に伴う間隙液体の放出挙動や生体触媒担体として注目され、衛生用品、電気産業、医学や薬学などの分野で応用が始まっている。土木工学の分野においても、シーリング材、岩盤斜面緑化資材、コンクリート混和・改質剤、土壌保水剤や土壌改質剤など、多方面に応用され始めている。本研究ではこの特性を利用し、水中の化学エネルギー（pH、温度や液体濃度など）の変化を機械エネルギーに変換したり、種々の刺激に応答させることによって、水処理・廃水処理を含む水質変換プロセスにおけるセンサーとコンピューターによって制御している系の単純化や、全く新規の方法の開発の可能性を探るものである。

2. ゲルの特性

高分子ゲルは、溶液の温度、pH、液体組成、イオン組成、電場や光照射などの刺激によりLCST (Lower Critical Solution Temperature) を境に多量の水を吸収・放出し、その体積を不連続に膨潤・収縮させる。この相転移は、可逆的であり、乾燥状態と比較して12倍の体積変化を起こすゲルもあり、1gの粒体メカノケミカルシステムの発生する仕事は、 $2\sim 3 \times 10^{-4}$ calである。また、このゲルは、官能基を導入することによって、イオン化が可能であり、導入した官能基に応じて、LCSTが決定される。ゲルをイオン化することで、対イオンによる浸透圧と網目のイオン間の斥力からゲルに内圧を生じさせ、体積変化を不連続に、より大きな変化とすることが可能である。さらに、導入する官能基により相転移を起こすpHも異なる。この相転移は、温度によるものと同様に可逆的であり、イオン化度が大きいゲルでは、転移点における体積変化率が大きくなる。

3. ゲルの特性の測定

(1) サンプルの合成・製作方法

以下の試薬を共重合させ、マイクロチューブ（約径6mm）を用いてゲル化する。サンプルチューブを取り出し、精製水に浸し未架橋部分を取り除いた後、サンプルチューブを厚さ約2mmにスライスし、供試体を製作した。

① DMSO (溶媒) (ジメチルスルフォキシド :

4.0ml) + BIS (架橋剤) (メチレン-bis-
アクリルアミド : 80.0mg) + AIBN (開始
剤) (アゾイソブチルニトリル : 60.0mg) +
IPAAm (モノマー) (イソプロピルアクリ
ルアミド : 4.0g)

② ① + AA (アクリル酸) (IPAAm置換重
量比10% : 0.4g)③ ① + MA (メタクリル酸) (IPAAm置換
重量比10% : 0.4g)

④ ① + MA (IPAAm置換重量比15% : 0.6g)

⑤ ① + 4-ビニルピリジン (IPAAm置換重
量比10% : 0.4g)

①に共重合させる試薬の構造を図-1に示す。

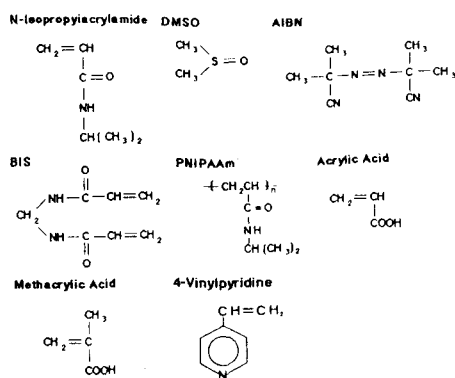


図1 使用物質の化学構造

(2) 膨潤・縮小特性の測定

測定にはウォーターバス・スクリー管を用い、供試体毎の環境を作る。各環境が定常になったのを確認した後、供試体を投入し、定常状態での径を測定する。ゲルの場合、直径方向の膨潤と軸方向の膨潤割合が等しい。これは、内部構造の網目は直径方向には拡散し膨潤するが、軸方向には、ずれ弾性の緩和と伸びていくことによる。つまり、この特性を利用すれば、定常状態における直径だけを測定することにより、その膨潤度を導き出すことができる。

供試体①に関しては温度による体積変化のみを測定し、供試体②、③、④に関しては相転移に及ぼす導入基の影響を見るために、酸性側 (pH 4.0) とアルカリ性側 (pH 8.0) における相転移を測定した。また、供試体⑤に関しては排出水を考慮し、pH 5.8 における相転移も測定した。

4. 結果及び考察

測定結果を体積比で表した一例が図-2、3である。これらの図に示すのは、メタクリル酸と4-ビニルピリジンをそれぞれ置換重量比10%で共重合させたゲルとIPAAmゲルの比較を表したものである。図中に示す膨潤度 (V/V_0) は、理論的に最も膨潤している低温における体積 (ここでは10℃) を V_0 、各温度における体積を V として求めている。

図-2においては、メタクリル酸導入前に比べて、メタクリル酸中のカルボキシル基の影響を受けて酸性側では相転移温度が低く、アルカリ性側では高くなっている。これは、アルカリ性では、カルボキシル基が電離しており、高分子鎖が帯電し、その斥力で高温においても収縮しづらくなっている。それとは逆に酸性側では、カルボキシル基は電離しないために、メタクリル酸を導入していないものよりも低温で相転移している。

図-3においては、酸性側で、4-ビニルピリジンはプロトンの影響を受けて帯電し、相転移温度が高くなっている。また、10℃よりも20℃、30℃が膨潤しているのは、4-ビニルピリジンの重量比が大きく、その疎水性が現れていることによる。

5. 応用の可能性

水処理への応用の可能性としては、直接的には、温度やpHの変化を機械的運動に変換してバルブなどの開閉操作を行うことが考えられる。次の段階としては、水中のDOの変化に対する対応が考えられる。ゲルを微生物を付着させる担体として用い、分子状のDO濃度の変化を微生物がもたらすpHの変化としてゲルの体積変化で読み取り、この刺激応答を運動機械に組み込ませることが考えられる。さらには、包括担体やフィルターなどにゲルの薄膜を付着させ、その体積変化を利用して、表面に付着した汚物を除去することも可能である (再生処理)。

このように高分子ゲルは、様々な応用の可能性を秘めており、今後、検討を続けていく予定である。

6. 参考文献

- (1) 「ゲル—ソフトマテリアルの基礎と応用—」 荻野一善・長田善仁・伏見隆夫・山内愛造共著 産業図書
- (2) 「機能性ゲル」 高分子学会編集 共立出版
- (3) 「季刊・化学総説No.8 (1990) 有機高分子ゲル」 日本化学学会編 学会出版センター
- (4) 「メカノケミストリー」 入江正浩・長田義仁・片山誠二 共著 雀部博之 編集 丸善
- (5) 「高分子実験学第7巻・機能性高分子」 神原周ら編集 共立出版

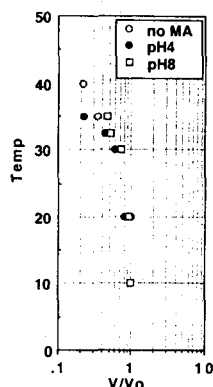


図2 MA置換重量比10%と no MA との相転移

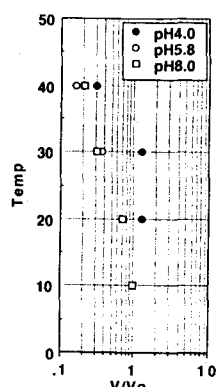


図3 4-vinylpyridine置換重量比10%相転移