

機能性ゲルの応答速度の増加とそのときの力学特性

九州大学工学部 学生員 上原博志
九州大学工学部 学生員 近田泰章
九州大学工学部 正会員 楠田哲也
九州大学機能物質化学研究所 入江正浩

1.はじめに

機能性合成高分子には、温度、電位差、pH、イオン組成と強度、溶媒組成、光照射等の外部刺激に対する応答性あり、ケモメカニカル材料として各方向で利用が期待されている。一般に要求性能としては、操作性、速応性、制御性、安全性、等がある、現在、機能性ゲルにおける第一の課題は、応答を早くすること、出力を高めることである。本研究では、水中の化学エネルギーの変化を機械エネルギーに変化させる際の応答速度を増加させることを目的とし、微小化しに砕いたN-IPAAm-MA (N-イソプロピルアクリルアミド) (官能基としてMA (メタクリル酸) を導入したゲル) を対象として検討とした。

2.実験装置および方法

2-1ゲルの合成

表-1 は共重合ゲルの合成に使用した試薬の組成である。N-Isopropylacryamide (N-IPAAm) は東京化成工業(株)製、Metacrylic acid (MA)、N,N'-Methylene-bis-acrylamide (BIS)、2,2'-Azobis-isobutyronitrile (AIBN)、Dimethylsulfoxide (DMSO) は和光純薬工業製で、いずれも特級である。MA は重合禁止剤 (Hydroquinone) が混入しているため、7-8mmHg、初留40℃、二次留51℃で減圧蒸留したものを使用した (oil bath は68℃で一定)。図-1 に共重合させる方法を概述した。まず、2枚のスライドガラスの間の両端に厚さ1.0mmのスペーサーを挟み込み、その周辺をシリコンで固定した。そして開口部から表-1の組成の混合溶液を流し込み、開口部もシリコンで塞ぎ60℃に調節したDry steriierに約1時間50分入れ重合させた。重合はラディカル反応なので、反応温度を60℃に正確に保つ必要がある。長時間反応させると気泡が発生するので、そうならないように反応時間を適当に制御した。反応済みの共重合ゲルを取り出した後、未反応モノマーを取り除くために蒸留水に約1-2日間浸し、その後、粉破機により粒径1.0-0.01mmの大きさまで破碎し実験に供えた。

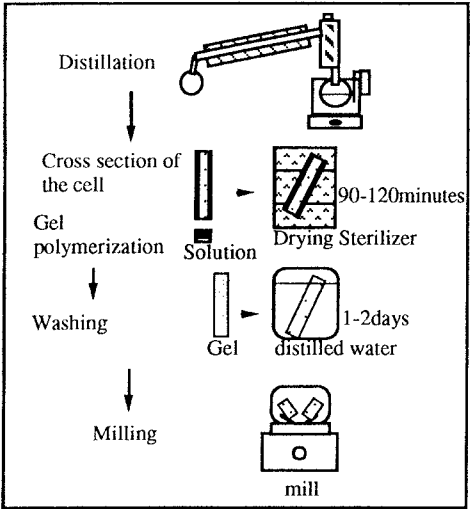


図-1 微小 N-IPAAm-MA ゲル作成法

表-1 N-IPAAm-MA 共重合試薬組成

成分	質量	質量比
N-Isopropylacrylamide (N-IPAAm)	4.2g	30%
Methacrylic acid (MA)	1.8g	
N,N'-Methylen-bis-acrylamide (BIS)	120mg	
2,2'-Azobisisobutyronitrile (AIBN)	90mg	
Dimethyl Sulfoxide (DMSO)	6.0mg	

2-2 ゲル特性の測定

合成したN-IPAAm-MA 共重合ゲルは、pHの変化に伴い膨潤、収縮する。この特性を利用して図-2に示す装置を作成し、化学エネルギーを機械エネルギーに変換させる実験を行った。直径3.5cmの管に作成した微小ゲルを詰め、25gの重りをゲルの上部に載せ、水頭差24cmにて測定を行った。その際、ゲル層の上下端にglass microfiber filterをもうけ、恒温室内(20℃)で、ゲルをpH4(緩衝液)収縮させた後、pH7(緩衝液)を用い膨潤させ定水位試験方式にて、測定した。収縮の際はpH4とpH7とを入れ替えて同様に測定し。pH4とpH7の緩衝液は表-2を示す。

表-2 緩衝液の組成

pH	溶液	混合量 (ml)
pH4	M/10 第二クエン酸ナトリウム	550
	N/10 HCl 4.5	450
pH7	M/15 KH_2PO_4	300
	N/15 NaHPO_4	700

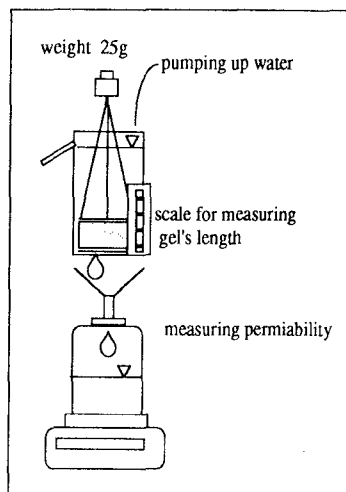


図-2 測定装置

3. 結果及び考察

ゲルのpH4からpH7、pH7からpH4の膨潤長Lの変化を図3、4に、同じく透水速度Qを図5、6に、透水係数kを図7、8に示す。

今回、砕いたゲルを用いたことで、厚さ6.5mmに詰めたゲルで、pH4-7の間で膨潤、収縮ともに約3時間で平衡状態に達している。顕微鏡により砕かれたゲル1.0-0.01mm³の反応速度を測ると、膨張で最大約2分、収縮で最大約35分であった。カラム中では、透水係数の大きいときに反応速度も速くなっている。これらのことから膨潤は装置内を流れる緩衝液の浸透、それに続くゲルのpH変化による影響を受けていることが分かる。したがって、透水係数を決定するために間隙率、粒径を測定し、これらの関係を明らかにする必要がある。また、pH4-7で膨潤、収縮後厚さ0.8mmになっているため、可逆性も充分期待できる。

4. おわりに

今後、pHの変化を機械エネルギーに変換してバルブの開閉操作を行うセンサーの役割等にこの装置を利用するためには、この装置における理論式を導き出し、それをもとに最適の条件を導き出すことにより、さらにレスポンスタイムが短く、出力の高い装置となるようにしていく必要がある。

参考文献

- 1) 入江正浩 長田儀仁 片山誠二 共著 雀部博之 編集「メカノケミストリー」丸善 (1989)
- 2) 木村孟 日下部治 編 新土木実験指導書 (土質編)
- 3) Tanaka, T and Fillmore, D. (1980) Phase transition in ionic gels, Physical review letter, 45, No20, pp.1636-1639
- 4) 田村浩之ら (1993) 土木学会西部支部講演会講演集 pp.264-265

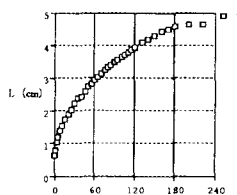


図3 pH4-7における膨潤長

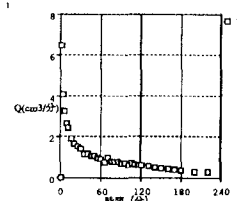


図5 pH4-7における透水速度

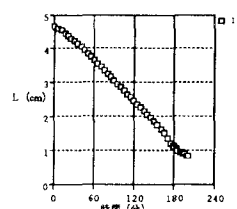


図4 pH7-4における膨潤長

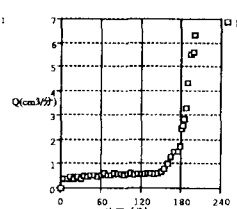


図6 pH7-4における透水速度

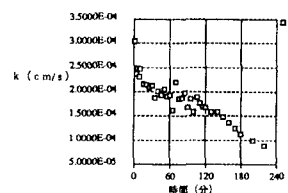


図7 pH4-7における透水係数

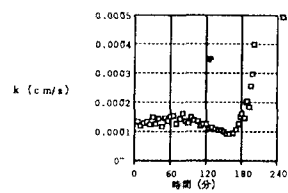


図8 pH7-4における透水係数