

II-519

N-IPAAm-AA 共重合ゲルの排水処理への応用に関する基礎研究

九州大学工学部 学生員 ○宮崎浩司
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

1.はじめに

現在、ゲルに関する科学、技術が、基礎研究および応用研究の両面にわたって、著しい発展を見せている。ゲルの基礎研究においては、ゲルの特性に対する関心が高まり、ゲルの基礎科学の重要性が認識されるようになり、ゲル科学の新しい領域が形成されるようになってきた。そこで、ゲルは付加価値を持った機能性新素材の一つとして注目されるようになってきている。

本研究は、ゲルの特性を利用し、水中の化学エネルギー（pH、温度、液体濃度など）の変化を機械エネルギーに変換することによって排水処理への応用の可能性を探るものである。

2.ゲルの特性

ゲルとは、弾力を持ち、流動性がなく形状を保持したものをゲルと称している。ゲルは固体と液体が共存し固体と液体の中間の物質形態を示すものとして定義され、その固体成分は、一般に、長鎖の高分子や架橋された重合体から成り立っており高分子と高分子が絡まって一続きになり三次元網目構造を形成している。その高分子ゲルは、種々の物理化学的条件（溶液の温度、pH、イオンの濃度や種類など）を変化させると多量の媒体を吸収・放出させることによって、その体積を不連続に膨潤・収縮させたりする現象が生じる。この現象を相転移現象といい、大きいものになると数十倍にも達する。

3.ゲルサンプルの作成

(1) ゲルの合成成分

N-Isopropylacrylamide(N-IPAAm)・・・2.1g
Acrylic Acid(AA)・・・0.9g
N,N'-Methylen-bis-acrylamide(BIS)・・・60mg
2,2'-Azobisisobutyronitrile(AIBN)・・・45mg
Dimethyl Sulfoxide(DMSO)・・・3.0ml

(2) 板状ゲルの作成手順

まず、2枚のスライドガラスの間の両わきに細く切った厚さ0.5mmのプレートを含み込み、その周りと底の部分をシリコンで固定する。そして、開口部から(1)の混合溶液を流し込んだ後、その部分もシリコンで塞ぐ。1日静置した後、オイルバスに漬けて重合させた。重合した後、周りのシリコンを取り除き2枚のスライドガラスをはずしてゲルを取り出す。そのゲルは、1日純水の中に浸漬し、その後、約1.5cm角に切る。

4.実験方法

合成したN-IPAAm-AA共重合ゲルは、pHの変化に伴い膨潤・収縮するという特性を利用して写真-1に示す装置を用いて化学エネルギーの変化を機械エネルギーに変換させる実験を行った。

まず、5枚のゲルを装置に挟み込み、そのゲルのpH変化に伴う、厚さ方向の挙動を測定した。測定方法は、装置の最上部と最下部を読み取り顕微鏡を用いて測定し、その2点間の厚さの変化をもとのゲルの厚さで無次元化し、ゲルの膨潤・収縮比を求めた。（写真-2は、ゲルの膨潤・収縮の形状を表している。）

標準状態のpHを4.0とし、その後4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5と上げ、再び、4.0に戻した。

なお、温度は20℃に固定し、あるpHにおける測定時間は5, 15, 30, 50, 70, 90, (110)分とした。

また、比較のために単体のゲルについても測定を行った。この時には、ゲルの1辺の長さを測定した。

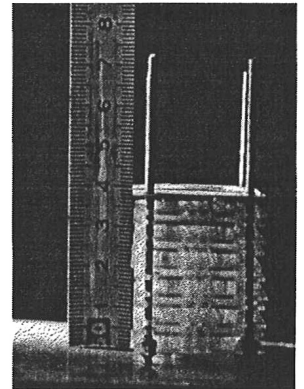


写真-1

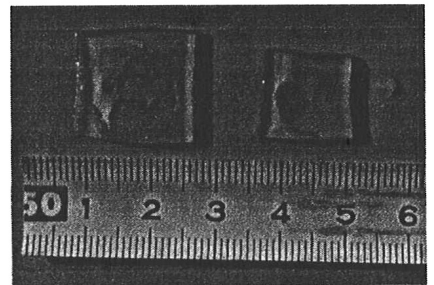


写真-2

5. 結果及び考察

実験結果を表したものが図-1及び図-2である。

図-1は、実験装置に挟んだゲルの膨潤・収縮比、図-2は、単体のゲルの膨潤・収縮比を表している。図中に示す膨潤度 (h/h_0) は、 $\text{pH}=4.0$ で平衡状態に達しているときのゲル厚さ（または長さ）を h_0 、各 pH におけるゲルの厚さ（長さ）を h として求めている。

測定結果によると pH を上げていく段階では、5分ほどでゲルは膨潤・収縮の反応を示し初めた。 pH を下げていく段階では、初めのうちは急激に収縮していったが $\text{pH}=5.5$ 以降は急激な収縮はほとんど生じずゲルは緩やかに収縮していった。

単体のゲル（図-2）を見てみてもこれとほぼ同じような結果が得られ、さらに $\text{pH}=4.0$ のまま12時間静置すると開始時の状態に近くなった。その後、同様に測定を繰り返してもほぼ同じ結果を得た。

そこで、 pH を下げていく段階でゲルが十分に反応するように各 pH において静置時間を12時間にしてみると最終的には開始時の状態に戻ったがその過程は pH を上げていく段階のものと、全く異なっていた（図-3）。また、この単体のゲルの pH 変化に伴う挙動（静置時間を12時間とした）をグラフにしてみると図-4の様な膨潤・収縮のサイクルを描いた。

以上のことをまとめると今回使用したゲルは、膨潤と収縮とではレスポンスタイムが異なっており、可逆的に反応したのは pH が $6.0\sim 6.5$ の範囲であった。

このように、可逆的な反応を示さなかった理由としては、ゲルが一旦収縮したところに、内部テンションが生まれ、そのため収縮したゲルの一部が再び膨潤の相転移を起こすため、あるいは、今回使用したゲルにはヒステリシスがあるためと考えられる。

6. 排水処理の応用の可能性

排水処理への応用の可能性として、まず第一に考えられていることは、温度や pH のよる変化を機械エネルギーに変換して酸素の送気量を制御させるといったバルブ等の開閉操作を行うセンサー的役割である。このようにセンサーとして用いる場合はレスポンスタイムが短く、また、可逆的に反応しなければならない。今回の実験で以上のことがあてはまるのは、 pH が $6.0\sim 6.5$ の範囲であった。応用開発に結び付けていくためには、以上のような基礎研究を積み重ね、広い範囲の pH でレスポンスタイムが短く可逆的に反応するゲルの作成が課題である。

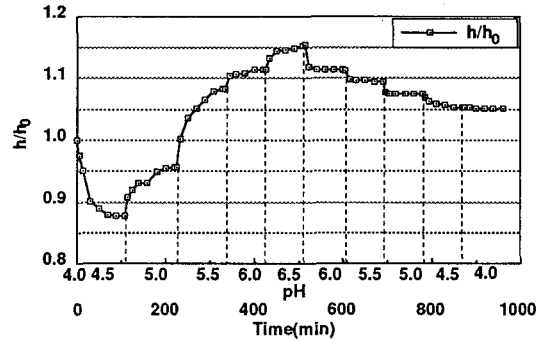


図-1 実験装置に挟んだゲルの膨潤・収縮比

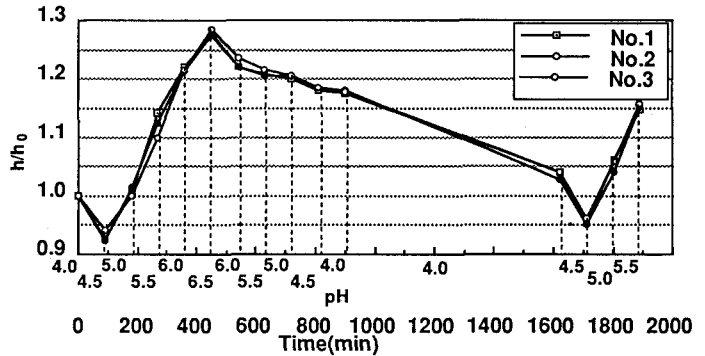


図-2 単体のゲルの膨潤・収縮比

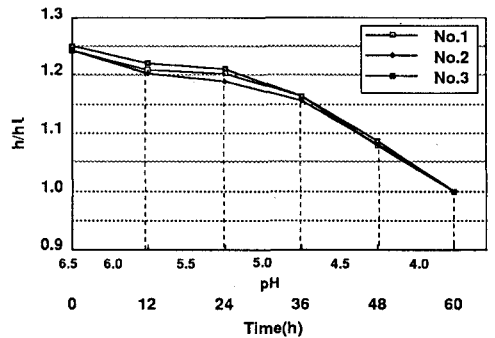


図-3 十分に静置したときのゲルの挙動

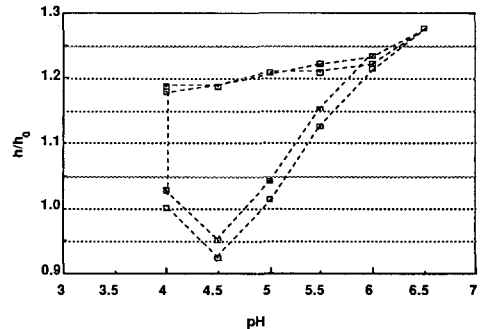


図-4 ゲルの膨潤・収縮サイクル