

VII-111

機能性ゲルの電気場における反応に関する研究

九州大学 工学部 正員 ○李承恩

九州大学 工学部 正員 楠田哲也

1. はじめに

近年、機能性ゲルのあるものはある機能をスイッチ的にこなせることのできる新しい材料として注目されている。これはゲルの周囲環境、すなわち、温度、pH、光、電圧などの刺激に対応して反応する性質を利用しようとするものである。特に、電気刺激応答性ゲルは限界値以上の電氣的刺激がある電場の中で、収縮(contraction)、膨張(swelling)、屈曲(bending)などの挙動を示す。本研究では、電場でのゲルの応答特性と応答メカニズムを調べることににより応用への展開を計ることを目的としている。

2. 実験の概要及び方法

表1 ゲルの組成

	poly(methacrylic acid) : PMAA	poly(2-acrylamido-2-methylpropane) sulfonic acid : PAMPS
monomer (5mol%)	methacrylic acid 1.722g	2-acrylamido-2-methylpropane sulfonic acid 4.146g
bridge (0.5mol%)	N-N'-methylenebisacrylamide 31.2mg	
initiator (0.05mol%)	potassium persulfate 54mg	
solution	water 6.8g	

1) ゲルの合成

表1のような試薬を用いて60℃、反応時間1時間でPoly(methacrylic acid)とPoly(2-acrylamido-2-methylpropanesulfonic acid)ゲルを合成した。合成したゲルを蒸留水中で1週間ほど保存し、未架橋部分を除去した。又、ゲルをmethylene blueで染め、観察を容易にした。

2) 電場におけるゲルの応答特性

電場においてゲルの応答を調べるために図1のような実験装置を制作した。8cm×10cmのアクリルケース中に白金電極を2cm間隔で固定し、その間にゲルを置いた。そして、1Vから14Vまでの直流電圧を印荷し、ゲルに0.05V/cmから4V/cmまでの電氣的刺激を加えた。また、溶液のpHはKH₂PO₄とNa₂HPO₄の緩衝液によって4.7、5.6、6.8、7.9、8.8と変化させ、ゲル厚は1、3、5cm(PAMPSゲルは7cm)と変化させた。溶液の温度を20℃に維持した。

ゲルの応答を測定するためにvideo cameraで挙動を記録し、モニターを通じゲルの曲率半径の変化を求めた。

3. 実験結果と考察

PMAAとPAMPSゲルは0.1V/cm以上の電場で陽極の方へ数秒又は数分以内に屈曲した。図2はゲルの曲がる状況を示している。応答は可逆的で電位差が0になるともとの形態に戻る。この現象はゲル中のイオンの移動、溶液とゲル間の浸透圧など、電気化学的メカニズムと関係がある。まず、電位差が生じるとゲルが保持している陰イオンPMAAゲルはSO₃⁻、PAMPSゲルはCOO⁻は陽極の方へ移動する。その後、この陰イオンは溶液内の陽イオンK⁺、Na⁺と結合する。その結果、ゲルと溶液間の浸透圧差が少なくなり、浸透圧差が0になるまでに陽極の方に曲がる。

また、ゲルの応答速度と応答量は、電位差、pH、ゲルの種類及び大きさによって差があった。

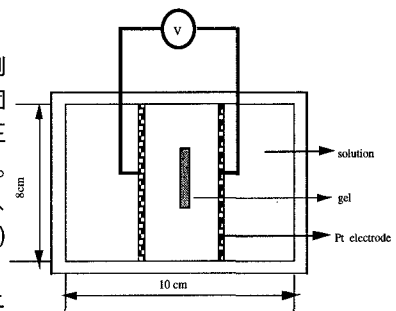


図1 実験装置

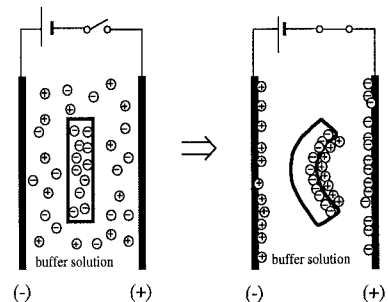


図2 電気場におけるゲルの反応

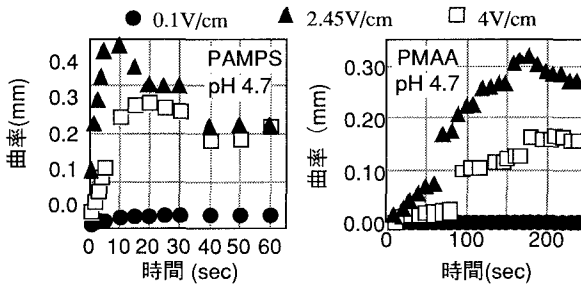


図-4 ゲルの曲率変化

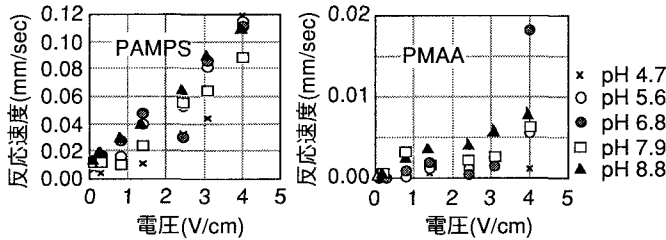


図-5 ゲルの反応速度

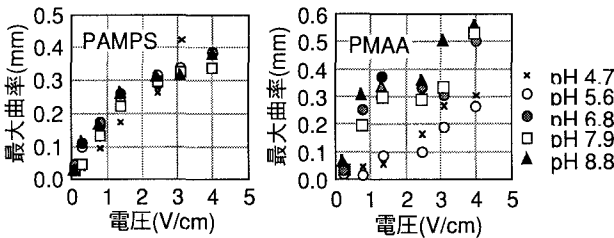


図-6 到達最大曲率

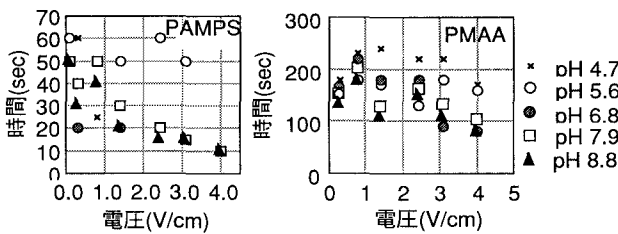


図-7 最大曲率への到達時間

図4はゲルの曲率変化を示している。ゲルの曲率ははじめの段階では急速に増加し、そのあと減少するか、あるいは一定値を維持した。PMAAよりPAMPSゲルの方が速く応答することがわかる。4V/cmの電場でPAMPSゲルは5秒以内に最大曲率に到達する反面、PMAAゲルは2分ほど要した。また、電位差が大きほど曲率変化の速度と変化量が大きくなることもわかる。この結果を図5、6、7に示す。図5はゲルの応答速度を、図6は到達する最大曲率を、図7は最大曲率への到達時間を示す。これらを見ると電位差が大きほど応答速度と到達する最大曲率が大きくなり、最大曲率への到達時間は短くなることがわかる。図8はゲルの厚さを変化させた時の応答特性を比べたものである。ゲルの厚さが薄いほど応答速度が大きいことがわかる。これはゲルが薄いほどゲル内の陰イオンが陽極の方に移動する時間が短くなるためと考えられる。

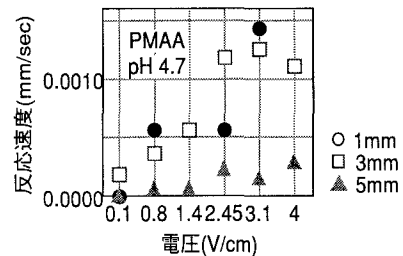
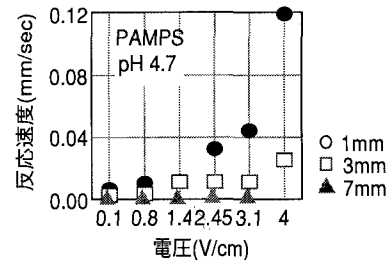


図-8 ゲルの厚さの変化に対する応答の違い

【参考文献】

- Kurauch, T. *et al.*(1991) Deformation behaviors of polymer gels in electric field polymer gels, Plenum Press, New York
- Osada, Y. *et al.*(1987) Anomalous chemomechanical characteristics of electroactivated polyelectrolyte gels : *Journal of Polymer Science: Part C :Polymer Letters* 25, 481-485
- Osada, Y. *et al.*(1992) a Polymer gel with electrically driven motility: *Nature* 355, 242-243
- Tanaka, T. *et al.* (1982) Collapse of gels in an electric field : *Science* 218, 467-469