



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Effect of swelling on network elasticity of hydrogel [an abstract of entire text]
Author(s)	星野, 顕一
Description	この博士論文全文の閲覧方法については、以下のサイトをご参照ください。【担当:理学部図書室】 https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(生命科学)
Dissertation Number	甲第13607号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74477
Type	doctoral thesis
File Information	Kenichi_Hoshino_summary.pdf



学 位 論 文 の 要 約

博士の専攻分野の名称 博士(生命科学) or (薬科学) or (臨床薬学) 氏 名 星 野 顕 一

学 位 論 文 題 名

Effect of swelling on network elasticity of hydrogel
(ゲル網目の弾性に及ぼす膨潤の効果)

本論文では、Tetra-PEG ゲル・分子ステント法・微小電極法によるドナン電位測定との併用により、ゲルの膨潤におけるイオン浸透圧の効果を実験的に検証した結果を報告する。本論文は全 5 章で構成されている。第 2 章では高分子ゲルの分類と高分子材料の力学物性などについての過去の知見を紹介する。ゲルの平衡膨潤度は、理論上、網目の変形に対する抵抗力（弾性、膨潤抑制の効果）とゲル内外の浸透圧差（膨潤促進の効果）との釣り合いで記述されるとされる。前者の弾性の効果については、既にこれまでの研究によって実験的に決定・理解することに成功している。従って、残りの浸透圧の項を決定する因子を実験的に検証することが出来れば、ゲルの組成・膨潤度・物性の関係が解明され、自由なゲル材料設計が可能となることが期待出来る。ゲルの浸透圧は、ゲル中の高分子プロブによる項とカウンターイオンによる項によって記述され、特に高膨潤度域では後者が支配的である。従って、上記課題の実現のためにはゲル中のカウンターイオン濃度を制御・決定し、本データと膨潤度・弾性との関係を系統的に検証すればよい。

第 3 章では、Tetra-PEG ゲルと分子ステント法の併用により、ゲルの膨潤度（網目構造）と弾性率（物性）の関係を、非常に幅広い膨潤度の範囲で実験的に構築した。本ゲルは、構造が極めて精緻に制御されたゲルであることが確認されている。また、Tetra-PEG ゲルの膨潤度は分子ステント法によって制御した。これは、強電解質高分子（分子ステント）をゲル中に導入することにより、ゲル網目の構造を変化させずに浸透圧およびゲルの膨潤度を高める手法である。これにより、構造が既知のゲルの組成・膨潤度・物性の関係、およびその理論的背景を実験的に解明することが可能になる。具体的な実験手法としては、Tetra-PEG ゲル中に様々な濃度の強電解質高分子を導入し（St-TPEG ゲル）、これらを純水または様々な濃度の PEG 水溶液に浸漬させることで、様々な膨潤率 Q まで膨潤させた。ここで、PEG には外部溶媒の浸透圧を上昇させることで膨潤を抑制する効果がある。次に、これらのゲルの代表的な力学物性であるヤング率 E を回転楕円体の押込試験によって求め、 Q と E の比較検討を行った。

第 4 章では微小電極法によるドナン電位測定により、ゲルの膨潤におけるイオン浸透圧の効果を決定し、イオン性ゲルの膨潤理論を実験的に検証した。様々な濃度の強電解質高分子（分子ステント）を含有した Tetra-PEG ゲルを作製し、先の方法で膨潤度と弾性率を測定する。次に、ゲル中のドナン電位測定からゲル中の遊離イオン濃度を決定し、van't Hoff の式によりイオン浸透圧を計算する。この結果を前述の膨潤度と弾性率の関係と合わせることで、ゲルの膨潤における膨潤度・弾性率・イオン浸透圧の三者の関係を正確に記述する。これにより、既存の電解質ゲルの膨潤理論を実験的に検証することが出来た。

第 5 章では全体の結論をまとめる。ゲルの弾性率と膨潤度・イオン浸透圧の関係を議論する研究は、これまでも国内外において数多く行われてきた。しかし、そのいずれの場合でも選択したゲルの網目構造の不均一性、網目構造とイオン濃度のカップリング、および対イオン凝集効果に起因する制約が大きく、正確な議論ができなかった。本研究では、Tetra-PEG ゲル、分子ステント法を用いることによって、構造既知のゲルの膨潤度を幅広くコントロールすることを可能にし、また電解質高分子の問題であったイオン浸透圧の効果と網目の構造とを分離して制御することを初めて可能にした。また、ゲルのドナンポテンシャルを測定することによって、これまで困難であったゲル中の対イオンの凝縮割合を実験的に見積もることも可能になった。本研究は、ゲルの基礎物性の理解において非常に大きな意味を持つものである。