

## 3D印刷を使ったソフトマターの創成

須藤 郁馬\*・小川 純\*・古川 英光\*†

\*山形大学理工学研究科 山形県米沢市城南4-3-16 (〒992-8510)

† Corresponding Author, E-mail: swel@yz.yamagata-u.ac.jp

(2021年10月12日受付, 2021年10月28日受理)

## 要 旨

高分子ゲルは高含水率で柔軟性が高く低摩擦であるため、生体適合性が高いという特徴をもつ材料で、ソフトコンタクトレンズや紙おむつなどの製品にも応用されている。本稿は高分子ゲルの基本的な構造から解説をはじめ、高強度なゲル開発と3Dゲルプリントの応用技術までをご紹介します。

キーワード：高分子ゲル, 3Dゲルプリンター, ソフトマター工学

## 1. はじめに

## 1.1 高分子ゲルとその特徴

高分子ゲル<sup>1)</sup>とは高分子の鎖が架橋されて三次元の網目構造を作り、水などの溶媒を吸収して膨潤したものである。簡易的に図解した高分子ゲルの内部構造を図-1に示している。高分子ゲルは高分子の鎖が架橋される方法によって化学ゲルと物理ゲルの二種類に分類される。化学ゲルは一般的に高分子に架橋剤を加えて重合することで得られ、高分子の鎖は共有結合によって架橋されている。この架橋点は非常に強力で安定した結合となっている。一方の物理ゲルは水素結合やイオン結合などの比較的弱い力で高分子の鎖が架橋されている。物理ゲルは製作が容易である一方、加熱やpH、イオン強度などが変化するとゾル-ゲル転移を起こし安定性に欠ける材料として知られている。身近なものの中ではこんにゃくやゼリーなどは化学ゲル、紙おむつの吸収性高分子やソフトコンタクトレンズは物理ゲルに分

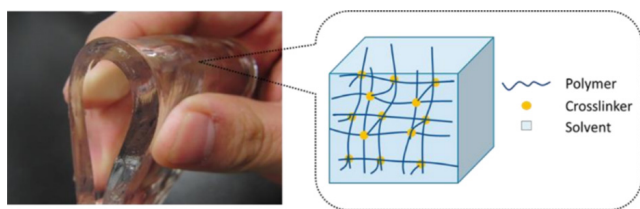
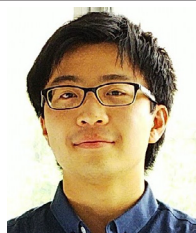


図-1 ゲルの内部構造



【氏名】 すどう いくま  
 【現職】 山形大学理工学研究科 修士2年  
 【趣味】 カフェオレ飲み比べ (酪王カフェオレが現在1位)、ゲーム (Slay The Spireなど)、漫画・アニメ鑑賞、配信サイト鑑賞 (OPENREC)  
 【経歴】 2020年山形大学卒業。学士 (機械工学)。ソフトマターを活用したセンシング技術に興味をもつ。人を識別するドーナツ装着型ソフトデバイスを開発。現在はフクロウ型のソフトロボットを開発中。

類される。また高分子ゲルの中でも溶媒が水であるものはとくにハイドロゲルと呼ばれる。ハイドロゲルは化学ゲルの一つであり、高含水率で柔軟性が高く低摩擦であるため、生体適合性が高いという特徴をもつ。高分子ゲルを構成する高分子や架橋方法を工夫することで、さまざまな特性のゲルを作り出すことができる。次項以降で解説する三つのゲル材料とその造形物がどのような力学特性をもつか理解いただけるように、人体の臓器と比較した簡易的な力学分布の比較を図-2に示させていただく。

## 1.2 ダブルネットワークゲル

従来の高分子ゲルは網目構造の不均一性のため強度が非常に低く材料としての利用は難しいとされてきたが、近年になって優れた強度をもつ高強度ゲルが開発されている。ダブルネットワークゲル (Double Network Gel, DNゲル<sup>3)</sup>) は、天然に存在する高強度ゲルである生体関節軟骨の構造を模倣した構造をもったハイドロゲルである。生体軟骨は三次元的に張り巡らされている剛直なコラーゲン繊維の骨格と、その隙間にあるプロテオグリカンによって成り立っている。この硬さと柔らかさの

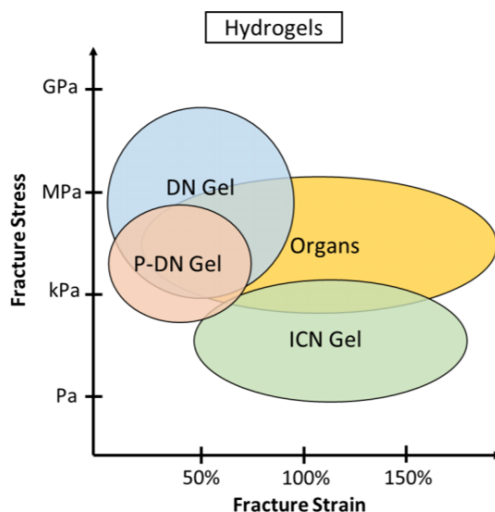


図-2 ゲルの力学的特性の分布

【図表について】 電子ジャーナルサイト「J-STAGE」ではカラーでご覧いただけます。 <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/shikizai-char/ja/>