



あら不思議！ 硬いアクリル樹脂が柔らかいスポンジに変身！

ナノ多孔体の極めて簡単な作り方

21世紀をリードするキーテクノロジーであるナノテクノロジーは材料、エレクトロニクス、環境・エネルギー、バイオなどの幅広い分野でブレークスルーをもたらすと強い期待が寄せられています。そのなかでナノレベルでの材料の加工技術は極めて重要です。

我々は透明アクリル板として多く使われている**アクリル樹脂**が、60℃に加熱したアルコールと水の混合液に溶解し、これを室温に戻すと**スポンジ状**になることを見出しました。アクリル樹脂は水にもアルコールにも溶けませんが、混合液には溶けることがわかりました。アクリル板は硬く丈夫な材料ですが、不思議なことに **温めて溶かし、冷ます**、といった極めて簡単な操作で柔らかいスポンジが得られました。(図1、2)。興味深いことに、このスポンジは300nm程度の大きさの粒子状のものが連なった**ナノ多孔構造体(モノリス)**であることがわかりました(図3)。

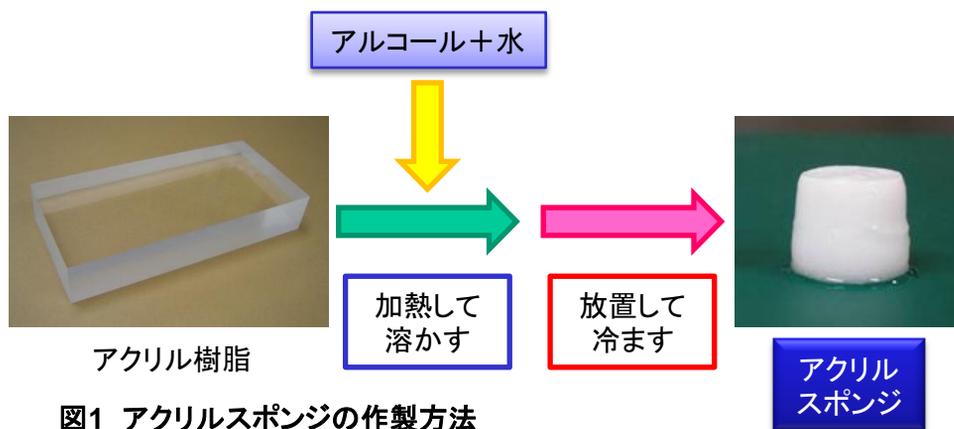


図1 アクリルスポンジの作製方法

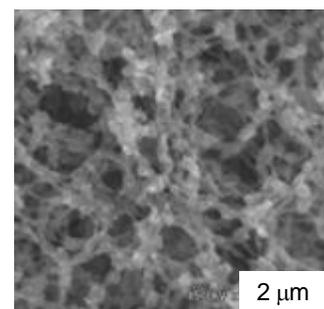


図3 スポンジの内部構造

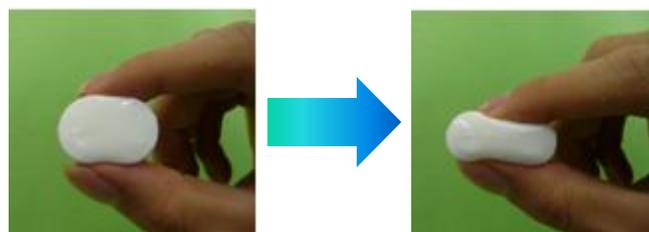


図2 アクリルスポンジの変形

ナノ多孔体は医療、バイオ、化粧品、日用品などの多くの分野で分離剤、吸着剤として使われていますが、その製造工程が複雑であるといった問題点があります。一方、本法は**アクリル樹脂**といった汎用かつ安価な材料を使用し、**アルコールと水**といった安全な液体を用い、**極めて簡単な方法で多孔構造を作ることができます**。更に**任意の形状に多孔体を成形**できることから、バイオ用途を中心に用途拡張や新用途の開発が期待されます。

また、この方法は**アクリル樹脂のリサイクル**にも適用できます。現在、アクリル樹脂の一部は400℃といった極めて過酷な条件でモノマー(原料)に変換し、リサイクルされています(ケミカルリサイクル)。今回見出した方法は、①樹脂としてリサイクルが可能(**マテリアルリサイクル**)であり、原料に戻す必要がない、②リサイクル条件が温和である、③樹脂の加熱溶解及び冷却析出時に不純物が除去できる(精製ができる)、④スポンジ状アクリル樹脂の乾燥により粉末状樹脂を製造できる、といった点で既存法を凌駕すると考えられます。

※**アクリル樹脂**: アクリル酸エステルやメタクリル酸エステルの重合体(ポリマー)で透明性の高い非晶質の合成樹脂。今回用いたアクリル樹脂は**ポリメタクリル酸メチル**(PMMA)で、透明ガラスとして幅広く用いられる。

※**モノリス**: 連続した多孔構造を有する一体型材料。無機(シリカ)のモノリスは液体クロマトグラフ用カラムやDNA分離剤として市販されている。



シートがブロックに、スティックに変身！ ナノファイバーの魅せるマジックの世界

繊維状材料の高機能化による世界に先駆けた新規繊維状部材の開発が強く求められています。高機能化により、省エネ繊維部材、先進産業部材、医療衛生材料部材、情報エレクトロニクス先進部材の開発が期待されています。その中で、ナノファイバーは高機能フィルター、再生医療用材料、デバイス、センサー等の用途が想定され、新しい繊維材料として活発に研究されています。

我々は**アクリル樹脂のナノファイバー**からなる**シート**(図1左)がアルコールと水の混合液中で大幅に収縮し、**ブロック**状(図1右中、図2)や**スティック**状(図1右端)に変化することを見出しました。アクリル樹脂ナノファイバーは電界紡糸という方法により作製しました。この方法ではナノファイバーからなるシート状(不織布)を簡単に作ることができます。このシートを40°Cのアルコール(エタノール)と水の混合液に浸したところ、シート面が急速に収縮し(**数秒で面積が1/10以下に!**)、同時に縦方向には大きくなりました(模式図を図3に示す)。また、アルコールと水の混合割合を変えることで最終形状を自在に変えることができ(図1)、最も形状変化の大きい場合には、変形後のシートの面積は百分の一、シートの厚みは50倍になりました。

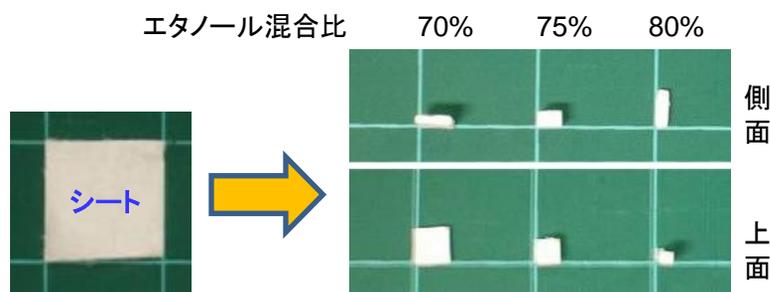


図1 アクリル樹脂ナノファイバーシートの形状変化



図2 ナノファイバーシートから作製したブロック

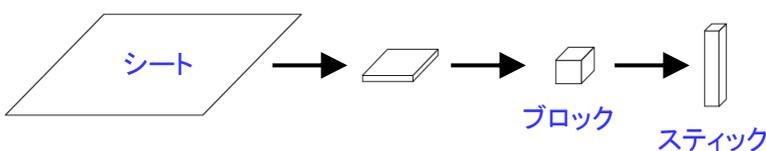


図3 ナノファイバーシートの形状変化(模式図)

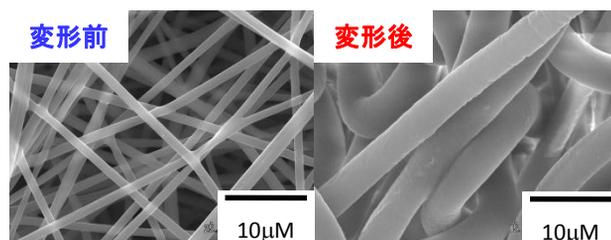


図4 変形前後のファイバーの形状変化

この変形時にナノファイバー自体が大きく収縮し、ファイバー径は約3倍になりました(図4)。このファイバー1本1本の収縮がシート的大幅な収縮・変形の駆動力になったと考えられます。このような大きな変形を伴う材料は未だ知られておらず、興味深い新現象であるのみならず、新材料としても有望です。**アクリル樹脂**といった汎用かつ**安価な原料**を使用し、**アルコールと水**といった**安全な液体**を用いて**変形**できる点で用途範囲は極めて広く、センサー、化粧品、日用雑貨、医療材料等への応用が想定されます。

※**アクリル樹脂**: アクリル酸エステルやメタクリル酸エステルの重合体(ポリマー)で透明性の高い非晶質の合成樹脂。今回用いたアクリル樹脂は**ポリメタクリル酸メチル**(PMMA)で、透明ガラスとして幅広く用いられる。

※**電界紡糸**: ポリマー溶液に高電圧を印加することによって溶液をスプレーして**ナノファイバー**を形成させる方法。簡単な装置で多くの種類のポリマーの紡糸ができ、立体的な網目をもつ3次元構造のシートを作ることができる。