

高分子材料研究室

教授：宇山 浩、講師：中野英之、講師：景山 弘

URL: <http://www.chem.eng.osaka-u.ac.jp/~uyamaken/>

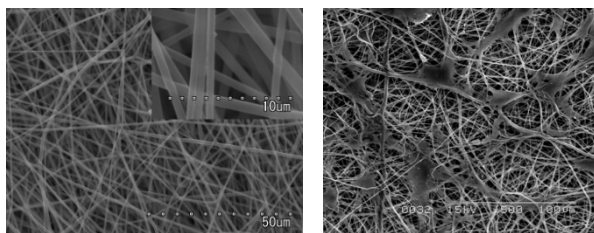
E-mail: uyama@chem.eng.osaka-u.ac.jp



ナノファイバー化技術によるバイオ新素材開発

近年、繊維状材料のパフォーマンスを高機能化し、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る。その新しいアプローチとして、電界紡糸法が注目されている。電界紡糸によるファイバー作製法の特徴として、①直径 50~500nm の直径を持ち、新しいモルフォロジーや性質を持つナノファイバーが生成する、②ファイバーの表面積が大きい、③長繊維が得られる、④生成する不織布の微細構造が制御可能である、⑤幅広いポリマー液からファイバーが作製できる、⑥簡便な操作、⑦安価な装置などが挙げられる。

我々は生体内吸収性を有するゼラチンとポリ乳酸を電界紡糸により複合化することで、新しい細胞足場材料を開発した。ゼラチン/ポリ乳酸複合ファイバーシート上で、対応するフィルムと比較して間葉系幹細胞が良好に接着・増殖した。また、デキサメサゾンを添加することで間葉系幹細胞が分化し、良好な骨形成が確認された。また、生分解性ポリマーのナノファイバーシートが極めて迅速な酵素分解を受けることを見出した。この現象を利用することで、これまでは日単位の長期間を必要とした材料の酵素分解性評価を、ナノファイバーシートとすることで時間単位へと大幅に短縮可能となる。

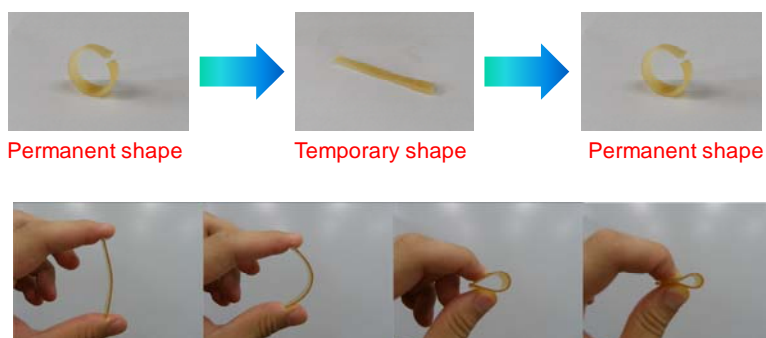


バイオマスプラスチック

地球温暖化防止に向け、カーボンニュートラルのプラスチックが社会的に求められており、地球環境に優しい高分子材料として、天然物を中心とする再生可能資源を出発原料とする“バイオマスプラスチック”が注目されている。バイオマスプラスチックは自然界の物質循環の組み込まれるものであるため、循環型社会構築に大きく寄与する未来型材料として期待されている。我々は油脂を基盤とする新しいバイオマスプラスチックの開発に系統的に取り組んできた。植物油は全世界で年間約一億トン以上生産されていることから、化石資源から製造される汎用高分子材料の代替出発物質として高い潜在性を有している。

我々は電界紡糸により作製したポリ乳酸ナノファイバー不織布を補強材に用いてエポキシ化大豆油（ESO）の硬化を行うことで、オール植物資源からなる透明に優れたフィルム材料を開発した。また、天然に最も豊富に存在するバイオマス資源であるセルロースが高強度の繊維であることに着目し、木質パルプの機械的な解繊によって直径がナノからマイクロメートルオーダーにまで微細化されたミクロフィブリル化セルロース（MFC）を用いて油脂ポリマーとの複合化を行った。複合化により貯蔵弾性率が向上し、MFCの補強効果により ESO 硬化物のゴム領域における貯蔵弾性率の減少が大きく低減された。また、ESO / MFC 複合材料は ESO 単独硬化物や MFC シートより高い破断応力を示した。

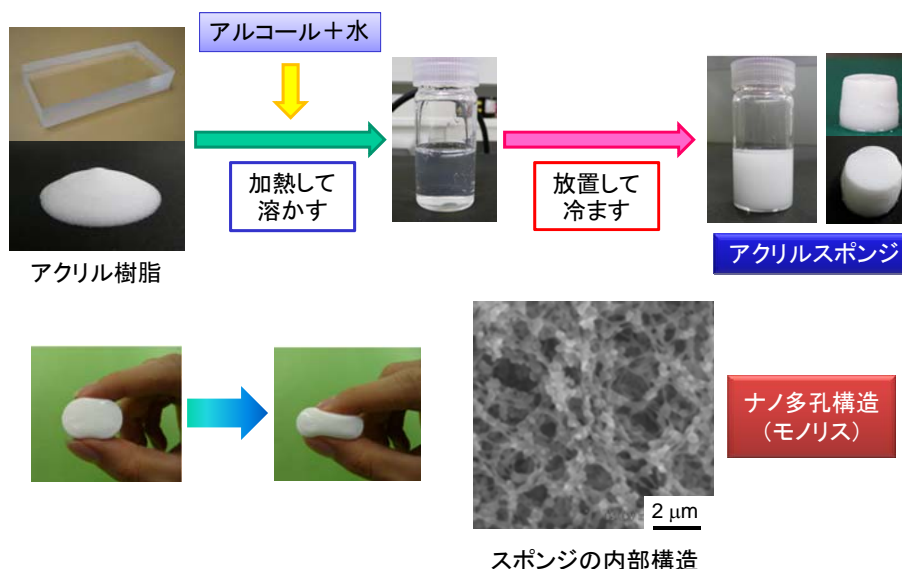
代表的な生分解性ポリエステルであるポリカプロラク



トン (PCL) は融点 60°C の結晶性ポリマーであり、耐熱性の低さが問題視されている。我々は ESO の硬化ポリマーネットワーク中にナノレベルで PCL を分散化させる手法を開発し、セミ IPN 型 ESO/PCL 複合材料を合成した。この複合材料は PCL の相転移 (融点) を利用して鋭敏な形状記憶機能を示した。また、天然物であるロジン (松脂) 誘導体との複合化では破断ひずみが大幅に向上し、同時に優れた曲げ強度が発現した。

機能性高分子ナノ多孔体

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おり、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ある。我々は透明アクリル板として幅広く使われているアクリル樹脂 (ポリメタクリル酸メチル) が 60°C 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た。アクリル樹脂は水にもアルコールにも溶解しないが、加熱した混合液には溶解し、更に冷却することで 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) が得られた。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るが、その製造工程が複雑であるといった問題点がある。一方、我々が開発した技術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る。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様々な応用が期待される。



References (main papers in 2007)

- (1) Polymeric Flavonoids: Synthesis and Applications, Hiroshi Uyama, *Macromol. Biosci.*, **7** (4), 410-422 (2007).
- (2) High-performance Nanofiber-reinforced Composite from All Bio-based Materials, Naokichi Imai, Hiroshi Kageyama, and Hiroshi Uyama, *Chem. Lett.*, **36** (6), 698-699 (2007).
- (3) Laccase-Catalyzed Curing of Natural Phenolic Lipids and Product Properties, Takashi Tsujimoto, Nobuyuki Ando, Hiroshi Oyabu, Hiroshi Uyama, and Shiro Kobayashi, *J. Macromol. Sci., Part A: Pure Appl. Chem.*, **44** (9), 1055-1060 (2007).
- (4) New Biodegradable and Thermoresponsive Polymers Based on Amphiphilic Poly(asparagine) Derivatives, Eiji Watanabe, Naoki Tomoshige, and Hiroshi Uyama, *Macromol. Symp.*, **149/150**, 509-514 (2007).
- (5) Enzymatic Polymerization, Hiroshi Uyama, "Future Directions in Biocatalysis", ed by T. Matsuda, Elsevier (Amsterdam), pp205-251 (2007).

For other papers, see: <http://www.chem.eng.osaka-u.ac.jp/~uyamaken/>