

サイエンスカフェ in 静岡 第9話

「新しい繊維・プラスチックのはなし」

教育学部 総合科学教室 澤渡千枝

多くの人が「繊維」と聞いてまず最初に連想するのは、服の材料でしょう。服の材料ももちろん繊維ですが、細くて長く、しなやかなものは、全て「繊維」です。原料が決まっている訳ではなく、何でできているかを問いません。今、人工で創れる最も細い繊維はナノファイバーと呼ばれ、直径は約 5 nm (1 nm は、 10^{-9} m) ですが、DNA の直径は約 2 nm です。食物繊維は 100 nm, クモの糸は 5 μ m (=5000 nm), 絹繊維は 10 μ m です。繊維は弱いように感じますが、それは細いからです。例えば、クモが自分の巣をつくる時の縦糸は、防弾チョッキにも使われているアラミド繊維並みの強度です。このような強さはなぜ生まれるのでしょうか？

強さの秘密は、分子の鎖が長く、長さが揃っていて、さらに、鎖の方向が揃っている (= 配向性が高い) ことです。

第9話は、「自然に学び、自然を超えた新素材」と題して、クモや蚕が糸を紡ぐ様子を模倣して造り始められた人造繊維と、これらを超える最新の高性能合成繊維 (化石燃料=石油が原料) について、強さや耐熱性は何によって決まるのかを、屈曲性高分子 (PET, PE) と液晶高分子 (PPTA, PMTA, ポリアリレート, PBO) を例に挙げて、繊維の構造から解説しました。さらに、石油資源の枯渇や環境汚染問題の軽減に向けて、地球環境を取り戻すための試みとしてバイオマス由来の生分解性プラスチック (PHB, PLLA) やバクテリアセルロースと、その新しい利用法を紹介しました。

PBO繊維ザイロン (ポリパラフェニレン-2,6-ベンゾビスオキサゾール)

は、有機繊維材料では最高の高耐熱・耐炎・高強度 (強度5.8 GPa, 弾性率280 GPa, 空気中での熱分解温度650 °C, 接炎時収縮ゼロ, 酸素濃度が68%以上でなければ燃えない.)

耐熱性を高めるには...

$$T_m^0 = \Delta H_m / \Delta S_m$$

ΔH_m : 融解エンタルピー変化

分子間水素結合など分子間力が強いと向上

ΔS_m : 融解エントロピー変化

分子の屈曲性が高いほど大きい

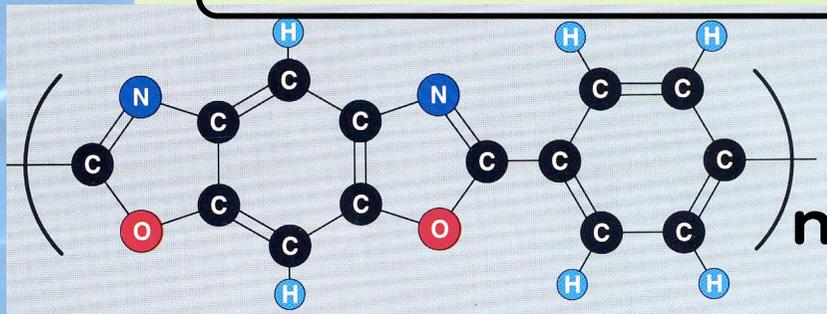
対称性が良い, 剛直性が高いと抑制,

完全な秩序状態でゼロになる.



ライターの炎で加熱中のPBO布

さらに, 分子鎖の結合エネルギーや共鳴エネルギーが熱分解を支配する



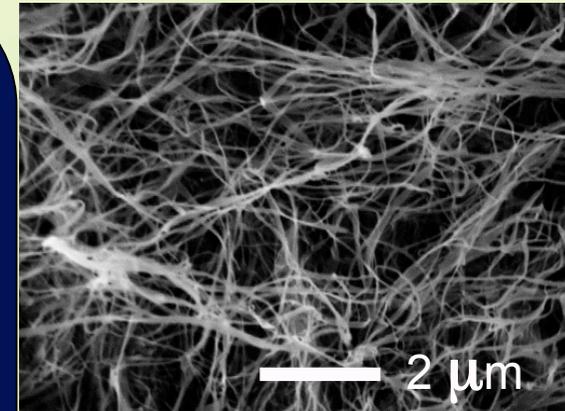
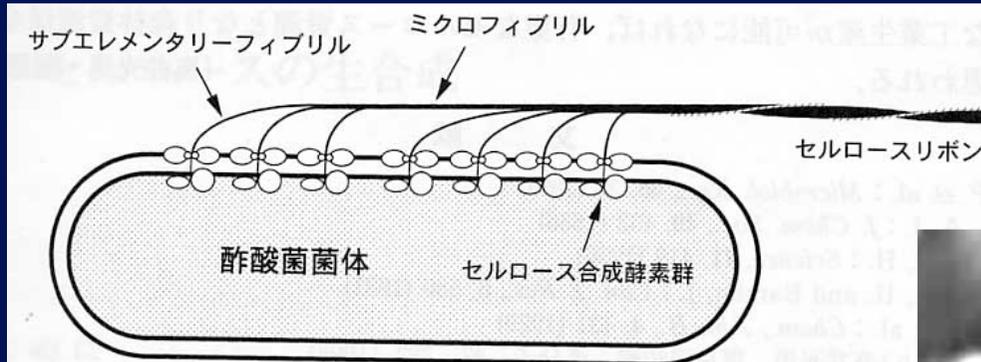
PBOの化学構造

強度を高めるには...

高分子量 + 結晶化度 + 配向度

酢酸菌 (*Acetobacter xylinum*)

が排出するセルロースは、
バクテリアセルロース(BC)と呼ばれる。



乾燥BCのSEM像

セルロース繊維が酢酸菌表面から排出される時のモデル. 右はその電子顕微鏡(SEM)像. 尻尾のように見えるのがBC.



ナタデココ

バクテリアセルロースは結晶性が高く、強い。繊維の太さは植物セルロースの約200分の1と細く、用途は食品（ナタデココ）のほか、絆創膏、スピーカーの振動板、手巻きスピーカー、湾曲液晶モニタなど。さらに、酢酸菌の動きを制御して、新しい集合体構造をもつ新素材を創る方法が研究されている。