

バイオポリマーを 機能性高分子材料に！？

田 島 健 次

自然界に存在する微生物の中にはさまざまな高分子(多糖)を合成するものが存在し、これらはバイオポリマー(フィルム)として近年注目を集めている。バイオポリマーは微生物の保護、接着、宿主への感染、菌体増殖の足場、水分の保持などに関与していると考えられており、その構造に起因するさまざまな物理的特性を有していることから新規生分解性材料としての応用が期待されている。人類に馴染みの深い微生物である酢酸菌は、一つの菌体が基質の変化に応じて様々なバイオポリマー(図1: セルロース, アセタン, レバン)を合成する。このうちセルロースは自然界に最も豊富に存在する高分子で、我々の生活にはなくてはならない材料の一つである。セルロースは主に植物によって合成されるが、バクテリアによって合成されるバクテリアセルロースは機械的強度が高く、しかも生分解性もあることから、新規材料として注目されている。またアセタンは β 1,4グルカン为主鎖とし、ヘテロオリゴ糖が側鎖として分岐した水溶性多糖である。そしてその構造は増粘剤などとして広く利用されているザンタンガムの構造と類似しており、同様な物理的特性を有している。レバンは β 2,6フラクタンであり、スクロースを炭素源とした場合にレバンスクラゼの作用によって合成される。高分子量のレバンはアセタンと同様に高粘性であり、アセタンと同様に増粘剤としての利用が可能である。またフラクトオリゴ糖には整腸作用があり、食品添加物としての利用も考えられる。

酢酸菌のこれらバイオポリマーの生合成に関しては以下の知見が得られている。セルロース合成酵素遺伝子は、1990年にWongら¹⁾によって初めてクローニングされ、4つのORF (AxCesA-D)を含むオペロンとして存在していた。その後1994年にCMCax (エンドグルカナーゼ) 遺伝子²⁾ 1997年に β -グルコシダーゼ遺伝子³⁾ がそ

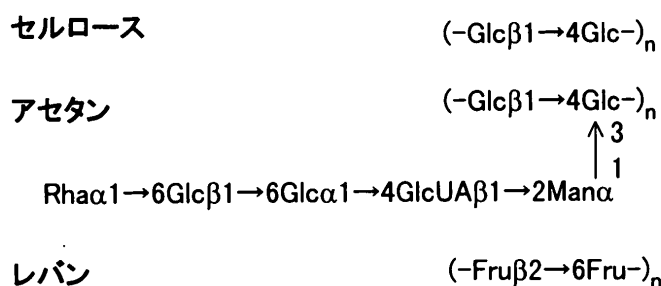


図1. 酢酸菌が合成するバイオポリマーの構造

北海道大学大学院工学研究科分子化学専攻 (助手)
〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目
Tel/Fax: 011-706-7118
E-mail: tajima@dove-mc.eng.hokudai.ac.jp
1993年 北海道大学大学院工学研究科修士課程修了
博士(工学)
現在の興味: バイオポリマーの合成機構

れぞれクローニングされ、これらはいずれもセルロース合成酵素遺伝子オペロンとクラスターを形成していることがわかった。その後、抗体添加⁴⁾ 遺伝子欠損⁵⁾ によってエンドグルカナーゼの活性を抑えるとセルロースの合成が著しく抑制されることが明らかにされたが、セルロースの合成と分解に関与する遺伝子がなぜ合成酵素遺伝子とクラスターをなしているかはまだわかっていない。一方、アセタン合成に関してはその合成経路が1980年代に明らかにされ、合成遺伝子はGriffinら⁶⁾ によってクローニングされた。またレバンスクラゼについては多数の微生物から合成遺伝子が取得されており、グラム陽性菌では高分子量、グラム陰性菌では低分子量レバンが合成される。そしてこの違いがアミノ酸シーケンスの比較、部位特異的変異体を用いた実験から、保存領域の近傍に位置する1アミノ酸残基(ArgかHis)の違いによるものであると考えられていた。しかし最近取得された酢酸菌由来のレバンスクラゼはこれまで報告されているものとは異なっており、この残基以外にも重合活性に影響を与える部位が存在している可能性がある。⁷⁾

このように酢酸菌におけるバイオポリマーの合成機構はまだまだ不明な点が多いが、これらが解明され、遺伝子工学的手法などによってポリマーの鎖長や側鎖の組成をコントロールすることができれば、これまでになく物性や機能を持つポリマーを合成することが可能になるだろう。さらに微生物によって合成されるバイオポリマーは生分解性を有しており、環境調和型の新規材料の開発という観点からも非常に興味深い物資である。

- 1) Wong, H. C. *et al.*: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **87**, 8130 (1990).
- 2) Standal, R. *et al.*: *J. Bacteriol.*, **176**, 665 (1994).
- 3) Tonouchi, N. *et al.*: *Biosci. Biotech. Biochem.*, **61**, 1789 (1997).
- 4) Koo, H. M. *et al.*: *Biosci. Biotech. Biochem.*, **62**, 2257 (1998).
- 5) 中井ら: 日本農芸化学会大会講演要旨集, p. 99 (2001).
- 6) Griffin, A. *et al.*: *DNA Seq. Map.*, **6**, 275 (1996).
- 7) Tajima, K. *et al.*, *DNA Res.*, **7**, 237 (2000).