

バイオテクノロジーで拓く 21 世紀の繊維

(財) 日本化学繊維検査協会

生物試験センター

センター長 和田 邦身

1. はじめに

これまで天然繊維の改良には、優れた品種による伝統的な交配が行われていた。しかし、近年遺伝子を操作する技術がめざましく発展し、新しい可能性を持った繊維の誕生が期待できる状況になった。

ここではバイオテクノロジーによって期待される新しい繊維について紹介する。

2. 綿

2. 1. 害虫抵抗綿

綿の遺伝子組み換えの研究は比較的早くからスタートしている。アメリカの南部および西部地域の綿花の栽培面積は、1,000 万エーカーに上り、年間 40 億ドルの生産がある。しかし、害虫の被害やその駆除のため、およそ 6 億 5,000 万ドルが失われている。このような被害に対して、細菌の遺伝子を導入したトランスジェニック綿が開発され、すでにアメリカで栽培されている。この細菌の遺伝子はトウモロコシにも導入されて、アメリカ産のトウモロコシの 1/3 はこの遺伝子組み換え作物である。

Bacillus thuringiensis という細菌の遺伝子は δ エンドトキシンを産生して、鞘翅目や鱗翅目の幼虫に対して殺虫性を示すため、綿花の害虫である *cotton bollworm* (オオタバコガ)、*pink bollworm* (ワタキバガ)、*tabacco budworm*, *boll weevi* の被害を抑えることができる。この *Bacillus thuringiensis* は、日本のカイコの卒倒病の原因としてよく知られている。

2. 2. 除草剤抵抗綿

綿花の栽培には多量の除草剤を必要とする。そこで除草剤の影響を受けない酵素を合成する遺伝子を組み込んだ綿が開発された。除草剤プロモキシニルに耐性を示す綿花が 1996 年にカルジーン社によって商品化された。その後、1997 年に

モンサント社からグリセフォート耐性綿、デュポン社からはスルファニルウレア耐性綿が相次いで商品化されている。

2. 3. カラー綿

綿は通常白色と考えられているが、紀元前 2700 年頃から、インドやパキスタン、エジプト、ペルーではモカ（コーヒー色）や黄褐色、灰色、赤茶など、天然で着色した綿花が栽培されている。このようなカラー綿を利用することができれば、染色工程を省くことができ、環境汚染としてやっかいな染色廃液問題の解決の糸口となる可能性がある。しかし、現時点では耐光堅牢度の問題が残っている。モンサント社は、青色の花の遺伝子を綿花に導入して、ブルーコットンを 2005 年までに商品化すると発表している。これはアメリカで 100 億ドル、イギリスで 8 億ポンドというジーンズ市場をねらったものである。商品化されれば染色しなくてもすむ環境に優しいブルージーンズとなる。

2. 4. その他のトランスジェニック綿

Alcaligenes eutrophus という細菌の遺伝子を組み込んだトランスジェニック綿がアメリカの Agracetus 社によって開発された。この綿のルーメンにはポリエステル様物質 PHB (polyhydroxybutyrate) が産生される。現在は PHB を 1 % 産生することができる。この綿は通常の綿と比較して保温性が 8 ~ 9 % 向上するといわれている。PHB は生分解されるため、Zeneca 社はこれを生分解生ポリマーとして手術用縫合糸や漁網として商品開発している。

この他、ペルオキシダーゼ遺伝子を導入して綿の強度向上や東洋紡績㈱が行った研究でエンドウのカタラーゼ遺伝子を導入して繊維長を増大する研究が成果を上げている。

3. 羊毛

バイオテクノロジーによる羊毛の研究は、オーストラリアとニュージーランドに集中している。技術的には優れた性能を持つクモの遺伝子を導入することも可能で大きな期待が寄せられている。

マイクロインジェクション法という非常に細いガラス製のピペットを使って、外来遺伝子を細胞の核の中に入れる方法がある。この手法を用いた研究によると、

羊のインスリン様増殖因子(IGF1)とマウスの超高イオウケラチンプロモーターをリンクし 591 個の胚にマイクロインジェクションを行った結果、5 匹のトランスジェニック羊が誕生し、オス・メス一匹ずつの皮膚に IGF1 の発現がみられた。このオスと非トランスジェニック羊のメス 43 匹と掛け合わせた結果、85 匹の子羊が誕生し 43 匹(50.6%)がトランスジェニック羊であった。満一歳の子羊のフリース重量は、非トランスジェニック羊と比べて平均 6.2%増加した。また、オスのトランスジェニック羊はメスのそれよりステーブル強度が低く、非トランスジェニック羊では大きな違いはなかった。

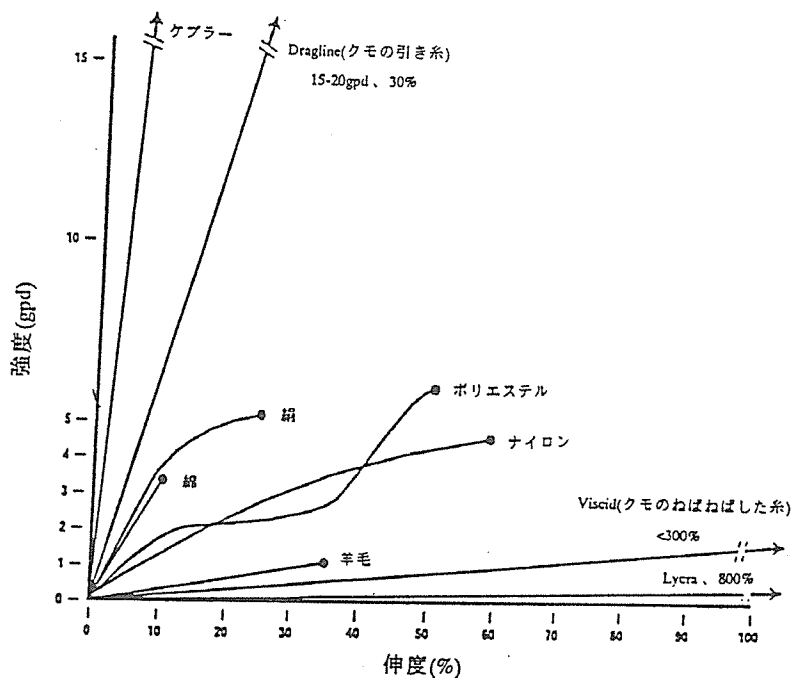
また、羊毛が皮膚の中で発生する瀰胞の部分に対して、外来遺伝子の形質発現の可能性を探るため、細菌クロラムフェニコールアセチルトランスフェラーゼ(CAT)遺伝子を用いた研究が行われた。それによると、31 匹の子羊が誕生し、4 匹がトランスジェニック羊であった。2 匹のトランスジェニックとメスの非トランスジェニック羊 2 匹と掛け合わせ、その子孫に遺伝子が伝達したことが確認された。CAT 遺伝子は子羊と掛け合わせた子孫の 26 匹のうち 9 匹の皮膚に形質が発現した。in situ ハイブリダイゼーションによると、皮膚に発現した導入遺伝子は羊毛の瀰胞の角質領域に限定していることが確認された。

この他、羊毛のタイプⅡ中間径フィラメント(IF)ケラチン遺伝子 K2.10 を皮膚に発現させると、羊毛の微細構造とマクロ構造を変えることができ、羊毛は光沢が増し、クリンプが減少したという研究が報告されている。

4. スパイダーシルク

クモの糸はすばらしい性能を持っていることはよく知られている。特に dragline (引き糸) という糸は高強度、高伸度という合成繊維ではまねのできない優れた性能を持っている。その性能は一次構造のアミノ酸の配列と立体構造にあるといわれ、結晶化度 30%の半結晶タンパク質である。

スパイダーシルクをバイオテクノロジーで作る研究は、クモの遺伝子を導入した大腸菌に作らせる手法がデュポン社で行われている。対象となるクモは *Nephala clavipes*, *Golden Orb spiders* という種である。



クモの糸の独特な stress-strain 曲線

また、カナダの Nexia Biotechnologies 社では、世界初のクローンヤギを誕生 (Clint, Arnold, Danny の 3 頭) させ、そのクローンヤギのミルクの中にスパイダーシルクを作することに成功した。

スパイダーシルクはその強度がケブラー並に強く、比重が軽くケブラー製の防弾チョッキにとって代わる可能性があり、自動車、タイヤへの用途が考えられている。さらに、スパイダーシルクは生分解性があるため、縫合糸にも利用でき、21 世紀の注目の繊維となるであろう。

5. おわりに

20 世紀の天然繊維の利用は、化学的な修飾に止まり限界があった。一方、合成繊維にはその原料である石油の枯渇という問題が浮上した。しかし、近年、急速に進展のみられるバイオテクノロジーによって、これまで夢の繊維であったものが現実となる日が来ると考えられる。21 世紀は情報科学や生命科学、材料科学などの異分野の協力の下、新しい力による繊維化学が誕生することを期待したい。