

1

そもそも「セルロース」ってなんだろう?

地球上に莫大な量が存在する

セルロースは植物の主成分です。植物は主にセルロース、ヘミセルロース、リグニンの3つの成分から構成されていますが、およそ植物の重量の40%がセルロースです。地球上には1〜2兆トンの植物資源があるので、地球上には4000〜8000億トンのセルロースが存在することになります。ちなみに、セルロースは地球上に最も多く存在する炭水化物です。

植物中でセルロースは繊維として存在し、細胞の中でヘミセルロース、リグニンと複雑に絡み合っています。人間はこのセルロース繊維を取り出し、古くからさまざまな用途に使ってきました。

例えば、紙や綿繊維はセルロース繊維からできています。ただしここで言う「セルロース繊維」は、本書のタイトルに付された「ナノセルロース」とは異なります。

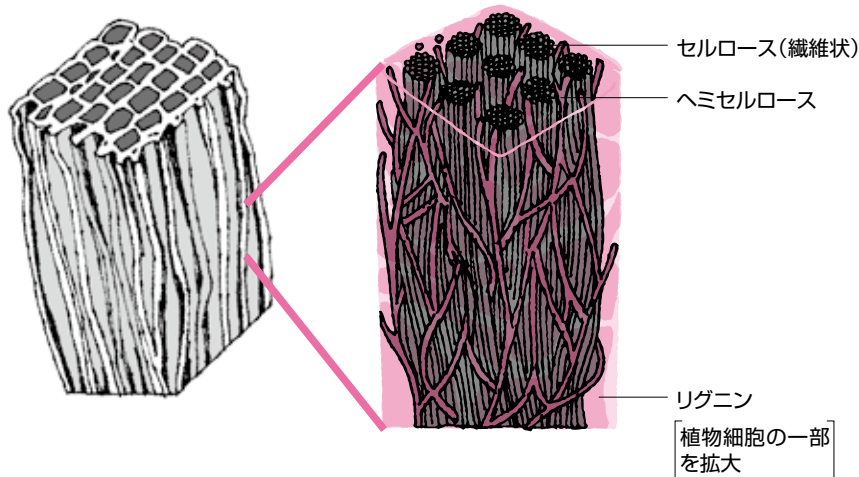
どのようなことかと言えば、「セルロース繊維」は

「ナノセルロース」より径が太く、20〜40マイクロメートル(μm)とされています。1μmは1000分の1mmですので、普通の顕微鏡でも十分に見ることができるとは大きいです。

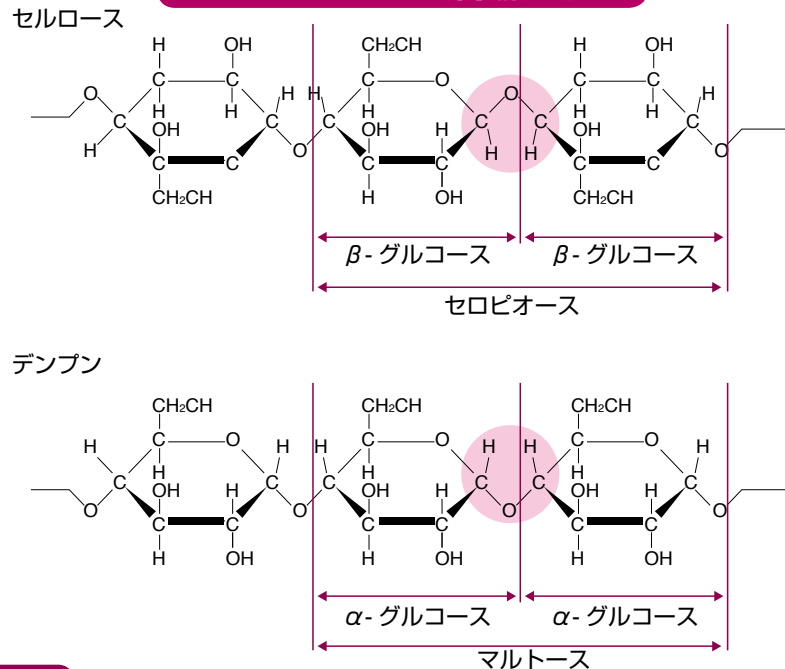
一方で、セルロースはグルコース(ブドウ糖)が結合した高分子で、セルロースはグルコースが500〜1万個つながったものです。少し専門的な解説になりますが、グルコースがβ-1, 4グリコシド結合でつながったものがセルロースで、α-1, 4グリコシド結合でつながったものがデンプンです。したがって、セルロースもデンプンも、分解するとグルコースになります。

ここで説明したセルロースは分子レベルの話で、「セルロース繊維」はこのセルロースの分子鎖が何億本も束になっています。植物中のセルロース、セルロース繊維、ナノセルロース、セルロースの分子鎖は、似た言葉ですが、大きさがまったく異なります。

植物細胞の構造



セルロースとデンプンの分子構造の違い



用語解説

炭水化物: 単糖を構成成分とする有機化合物の総称で、糖質とも言われる。主として炭素、水素、酸素から成り、分子式では $C_mH_{2n}O_n$ と表すことができる。 $C_m(H_2O)_n$ と書けることが、炭水化物と言われる理由である。代表的な炭水化物はセルロース、キシロース、デンプンなど

要点BOX

- セルロースは植物の主成分
- セルロースは繊維状
- セルロースはグルコースから成る高分子

2

セルロース繊維とパルプ

紙として利用するために
余計な成分を取り除く

セルロースは植物の主成分の1つで、地球上に最も多く存在する炭水化物です。一般的に繊維状で、古くから紙や綿繊維として利用されてきました。ところでワタという植物は、その種子の周りに白色の繊維の塊(いわゆる綿花)ができます。これは、ほとんどがセルロースからできています。この繊維を取るために、ワタは紀元前の時代から栽培されてきました。繊維を紡いで糸にし、さらにこれを織ることで織物として使ってきたわけです。ワタのセルロース繊維は、径が12~20 μm 、長さは2~4cmとされています。

一方、木や草の中にもセルロース繊維は含まれており、これらは紙の原料として使われてきました。ただ木や草に含まれるセルロース繊維は、ヘミセルロース、リグニンと絡み合って存在しているため、これを利用するためには、ヘミセルロースやリグニンを取り除かなければなりません。この工程をパルプ化と

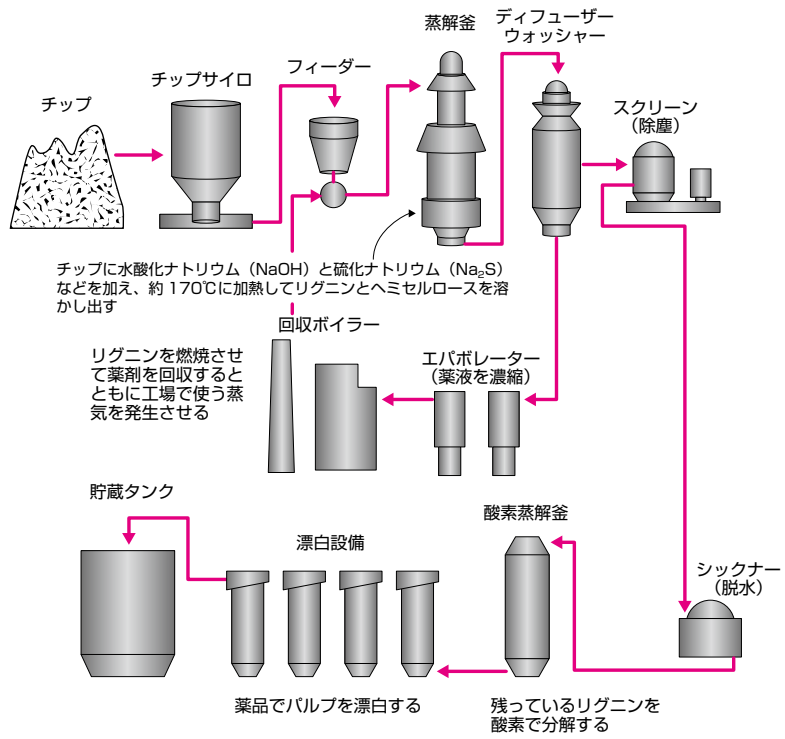
言い、得られたセルロース繊維をパルプと呼んでいます。パルプ化にはいろいろな方法があり、それによって得られるセルロース繊維の性状が異なります。主に機械的な力で木材組織を破壊することにより、セルロース繊維を取り出したものが機械パルプです。繊維が剛直ですが、リグニンが残っています。一方、水酸化ナトリウムや硫化ナトリウムなどの薬品を加えて煮ることでセルロース繊維を取り出したものが化学パルプです。セルロースの純度が高く、しなやかな繊維が得られます。

製造する紙の種類に応じて、さまざまなパルプ化の方法が使われています。現在生産されるパルプの約8割が、化学パルプの一種であるクラフトパルプです。ヘミセルロースやリグニンなどを除去した状態の、木から取り出したセルロース繊維は径が20~40 μm とされています。

綿花



クラフトパルプの作り方



用語解説

パルプ: 主として、紙を作るために植物から取り出したセルロース繊維。木を原料にした木材パルプが多用されるが、ワラ、バガス(サトウキビの搾りかす)、ヨシ、ケナフなど草本類からも作れ、これらを非木材パルプと呼ぶ
クラフトパルプ: 最も一般的なパルプで、水酸化ナトリウムと硫化ナトリウムを主成分とした薬剤にチップ化した木材を入れ、170℃で2時間煮る(蒸解)ことでリグニンとヘミセルロースを除去し、さらに塩素で漂白する

要点BOX

- セルロース繊維は紀元前から使われてきた
- 繊維径は20~40 μm
- 植物から取り出したセルロース繊維がパルプ

3

セルロースマイクロファイブリン とナノセルロース

繊維の径と長さで分類される

木から取り出したセルロース繊維は径が20〜40 μm 、ワタから取り出したセルロース繊維は径が12〜20 μm ですが、これらはさらに細い繊維の束であることがわかってきました。この細い繊維1本1本のことを「セルロースマイクロファイブリン」と呼んでいます。

セルロースマイクロファイブリンの「ミクロ」とは「小さい」という意味で、「ファイブリン」とは「原繊維」という意味です。セルロースマイクロファイブリンは、これ以上細かくして取り出すことはできないので、Cellulose elementary fibril (セルロース単繊維)とも言われます。径は3〜4ナノメートル (nm)です。

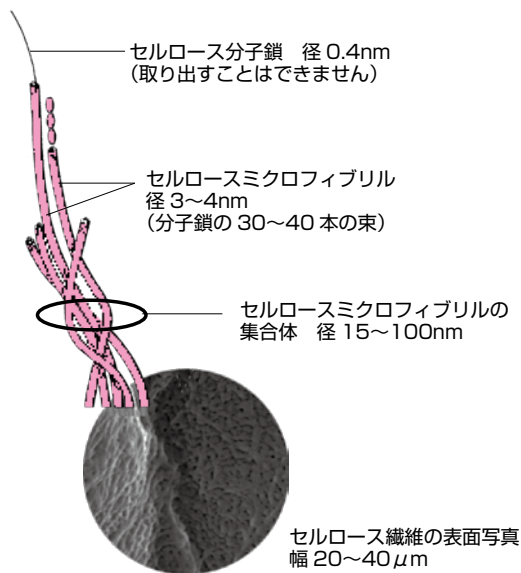
ところでセルロースは、グルコースが β -1, 4グリコシド結合で500〜1万個つながった分子鎖であることは1項で説明しました。セルロースマイクロファイブリンは、このセルロースの分子鎖が30〜40本束になったものです。

それならこの分子鎖に分けることはできないのかと思うかもしれませんが、それはできません。セルロースマイクロファイブリンが、取り出すことができる最小単位です。

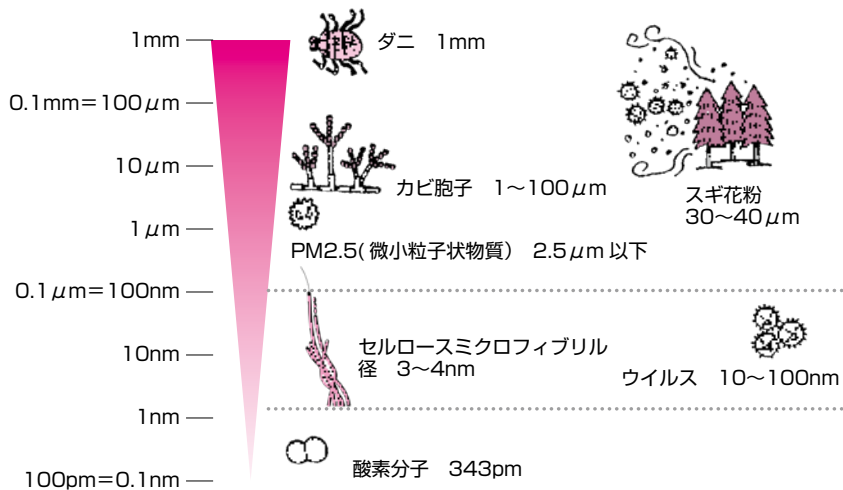
このセルロースマイクロファイブリンが1本1本ばらばらになったもの、あるいはセルロースマイクロファイブリンが束になったもので、その径が1〜100nmのものを総称して、ナノセルロース、あるいはセルロースナノマテリアルと呼びます。

ナノとは10億分の1を示す接頭語で、1nmは100万分の1mmです。セルロース繊維、セルロースマイクロファイブリン、ナノセルロースの関係を次ページに図示しました。ちなみにナノ物質とは、縦、横、高さのいずれかの長さが1〜100nmの範囲にあるものを言います。ナノセルロースの定義も、これにならったものです。

セルロース繊維とナノセルロース



セルロースマイクロファイブリンの大きさ



用語解説

ミリ、マイクロ、ナノ: 長さや質量、時間などの量を表すために、さまざまな単位が用いられる。例えば長さはメートル (m)、質量はグラム (g) だが、これらの単位の前につける記号を接頭語と呼び、ミリは1 / 1,000、マイクロは1 / 1,000,000 (100 万分の1)、ナノは1 / 1,000,000,000 (10 億分の1) となる

要点BOX

- セルロースマイクロファイブリンが最小単位
- ナノセルロースとは径がナノサイズであるセルロースの総称