

纖維に就て

富田朋介

動植物体の一構成成分たる纖維は纖維素が基であり、その纖維素はこれを分解して行くと葡萄糖が得られる、即ち纖維はブドウ糖を最小単位として出来て居ることが判る。然しこのブドウ糖の分子がどうして纖維素と云う様な複雑な有機体に結合して行くかは判らなかつた、そこで「生命力に拠る結び付き」と云うような特殊な結合力が働いて出来るものと考えていた。尨が今から凡そ三十年ばかり前独乙の科学者スタウディンガーが実験によつて簡単な化合物が結びついて複雑な有機体が出来ることを明かにし、纖維素の場合も普通の分子が出来る方法と同じく化学結合で造られて居る事を証明した。即ち纖維素はその基であるブドウ糖が縦に千個も二千個もつながつて出来た大きな分子だと云う事が明かにされた。こんな大きな分子はそれまでの化学の常識では考えられぬものであつた。植物以外の纖維を始め動植物体の本体もすべて同じような大きな分子であることが判り、ブドウ糖のような簡単な分子（低分子）と區別して巨大分子とか高分子とか呼ばれるようになった。そこで天然の高

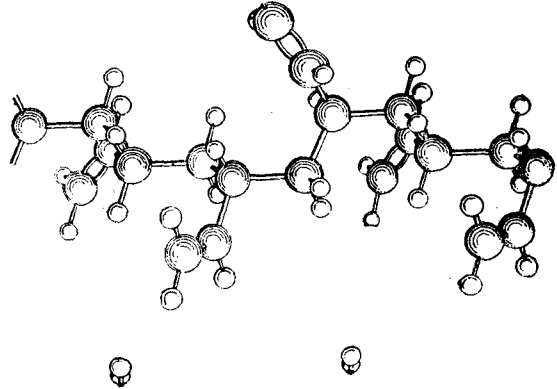
分子の研究が頓に盛んになつて今迄の特殊な「生命力による結びつき」なる秘密は結局長く長く鎖のようになつた分子の大きさにあるらしい事が判り、そこで同じような大きな分子を人間の手で造る事が出来たら動植物から生れた自然（天然）製品に似て、しかもそれ以上に改良された性質をもつものが出来るかも知れぬと云う希望から出発して人工的に色々の纖維の合成が試みられ、ナイロン、プラスチックなど現代の花形を生み出すに至つた。これが今日の合成高分子化学なのである。かくして合成高分子化学は今日めざましい發展を遂げつつあるが、然し天然品と合成品との間にはまだまだかなりの相違がある。

天然品の方は生物の生活環境から生れた丈に強さや化学性質にしてもほぼ自然のままです又複雑なことも自然の姿そのままです特に蛋白質は最も見事な構造を持つ高分子と云われ纖維にしても羊毛はその表面に「ウロコ」のよくな凸凹があつてたくみにからみあつている。兎が合成品になると簡単な低分子を繰り返して行く丈なので出来上つたものは天然のものに較べてどうしても「サラツ」とした一本調子のもとなる。ナイロンの肌ざわり、又プラスチックの感触が天然の持ち味に及ばないのはこの為である。だが一方では天然品に見られない程の強さを持ち、又化学薬品に対しても殊に強い化学的性質を持つものを自由に作る事が出来る。

天然高分子にしろ又今日迄に造り出された合成品にしろその殆んどが炭素C、水素H、窒素Nが主成分で、この外塩素d、硫黄S、等の元素が加つたものである。その最も簡単な合成ゴムの場合を見るに凡そ次の模型の如くである。

この場合分子が大きいと大きい程丈夫になる。例へばアルコール類ではその中に含まれて居るCの数が增へる

○は C
○は H
大きい
小さい



に従い性質が変る。一番分子の小さいメチルアルコールは C の数が一つでこれが二つになるとエチルアルコールとなりこのあたりでは常温でもかなり蒸発する性質をもつておるがだんだん C の数が多くなるに従い蒸発しにくくなり C が十六個あるアセチルアルコールになると常温では既に個体で摂氏五十度位に熱すると初めて溶ける。如斯 C の数がふへるに従つて之の傾向は強くなり遂には高分子の仲間入りをするものが現われる。合成繊維のビニロンはポリビニルアルコールと云う高分子に特殊な処理をしたものでこの一分子中には二千から三千個の C が含まれて居る。こうなると最早熱を加えても簡単にはとけないし繊維の形にすればなかなか切れなくなる。却説、動物体中に含まれて居る繊維の種類は種々あるが俗にいわゆる「すじ」と云われるものは結合繊維又は神経繊維である。

結合繊維と云うのはその名称の示す様に細胞や種々の組織又は器官を互に結び付ける働きをするもので平たく云へば着物の縫糸、又ボタンをとり付ける糸のような役目をするものである。然しこれが又積極的には負傷した場合にその部の治癒に働くものであつて着物のほころびを自ら修理するような機能をもっている。この様に結合繊維は生体に於ては筋繊維や神経繊維などの様には目立たないが隠れた位置にあつて生命保持の上にはなかなか

重要な役目を果しているのである。

結合纖維というものにも色々種類があるが、その代表的なものは何んと云つても膠原纖維であろう。安い牛肉等を食べると噛みにくい「すじ」が沢山あるが、これは主に筋纖維間にある膠原纖維である。この膠原纖維は、その名称からも窺へるように「にかわ」の元であつて、カバンや靴などの皮類はこの纖維が主体である。生体の多くの組織は死ぬと腐敗して亡び行くがこの膠原纖維のみはその生体又は死体から分離されても永く人生に對して役立つものである。人は死して名を残し、虎は死して皮残すとか諺に云うが宜くなる哉である吾々の日常生活に欠くべからざる色々の皮革製品はこの膠原纖維が主体を為すのである。

さて動物性纖維は一本の針金の様に均質のものでなくて一定の間隔を置いて夫々の纖維に特有な特殊構造を備えている。四肢の筋纖維は伸縮自在であるように構成されているし、又心臓の筋纖維は寝ても覺めても一生涯同じ「リズム」で働き続けるように組み立てられている。又神経纖維は刺戟伝導に便宜なように組成されている。此で今回は膠原纖維に就いて少し詳しく述べる事にしよう。

膠原纖維は一般に太さ不定(1~15 μ)の比較的粗大な長糸状の有形体でその内部には多数の縦に走行する微細な線条 \parallel 膠原纖維から成つて居る。弛緩した状態では通例波状を呈して居り白く見えるので白色纖維とも呼ばれる。組織内に於て、或は多数同一方向に集束して並行纖維束例へば腱の如く或は外観不規則に交織して疎密種々の叢状鋪工を呈して居る、例へば筋或は臍の表面をつつむ筋膜、臍膜の如し、

(1)その組織学的構成—膠原纖維はこれを稀薄なピクリン酸、過マンガン酸カリ又は石灰水等に浸して置くと更

に極めて微細な構成単位即ち膠原繊維に分解する、而してこの原繊維は 0.5μ 以下で太さは略々一定且つ分岐しない。長系であつて一種の接合質なる原纖維間物質によつて結束されて膠原繊維即ち結合繊維となつてゐる尚纖維性結合組織では膠原原纖維は常に上の如く集束して含まれることを注意すべきである。

(2) その染色性—膠原繊維は一定の染色液でよく染まる性質を有すが敢て特性と云う訳ではない。例へば「フアンギーソン」の染色法によつて鮮赤色に又「マロリー」の染色法及び「ハイデンハイン」の「アザン」染色法によつて鮮青色に染まる。その他銀嗜好性あるも一般には弱度である。

(3) その物理的性質—全体として柔軟で自由に曲げられ弾性に乏しく特に纖維の長軸の方向に強靱であるが牽引による伸展性は殆んど全くない。光学的には屈折率は比較的小さく又紫外線により螢光を發する其の他膠原纖維はその呈する一軸性形状質屈折性と「レントゲン」線による解析とによつてその構成蛋白分子又は「ミツエル」が纖維長軸に定向する結晶性格子構造を有するものと考えられている。

(4) その化学的性質—この膠原纖維の特徴の一つは稀薄な酸、アルカリに入れると容易に膨化し透明になることである、かの興味ある被纏絡被纖維は膠原纖維であつて稀薄酸を添加すると膨化して纖維の所々が強く絞結せられて特異の像を呈するのである、例へば蜘蛛膜の纖維又は鼠の尾腱纖維を稀薄酸を以て処理すれば容易に実験し得られる、因みにその絞結の本性は今日尚不明である。又この纖維を「クローム」の如き重金属の塩類或は「タンニン」酸で処理すると酸や「アルカリ」に対し不溶性になる彼の鞣革はこの性質の応用である、その他膠原纖維は酸性「ペプシン」液にて消化せられるが「アルカリ性トリプシン」液には抵抗性を

示す。

膠原纖維は一種の蛋白質「コラゲン」^(註)を主成分として居り煮ると加水分解して膠を生ずる、膠原纖維の名はこれに基因するのであつて特に重要な性質の一つである。因に此の膠原纖維は前述の如く纖維性結合組織の主成分の一つである外軟骨組織、骨組織に於ても亦重要な要素である。

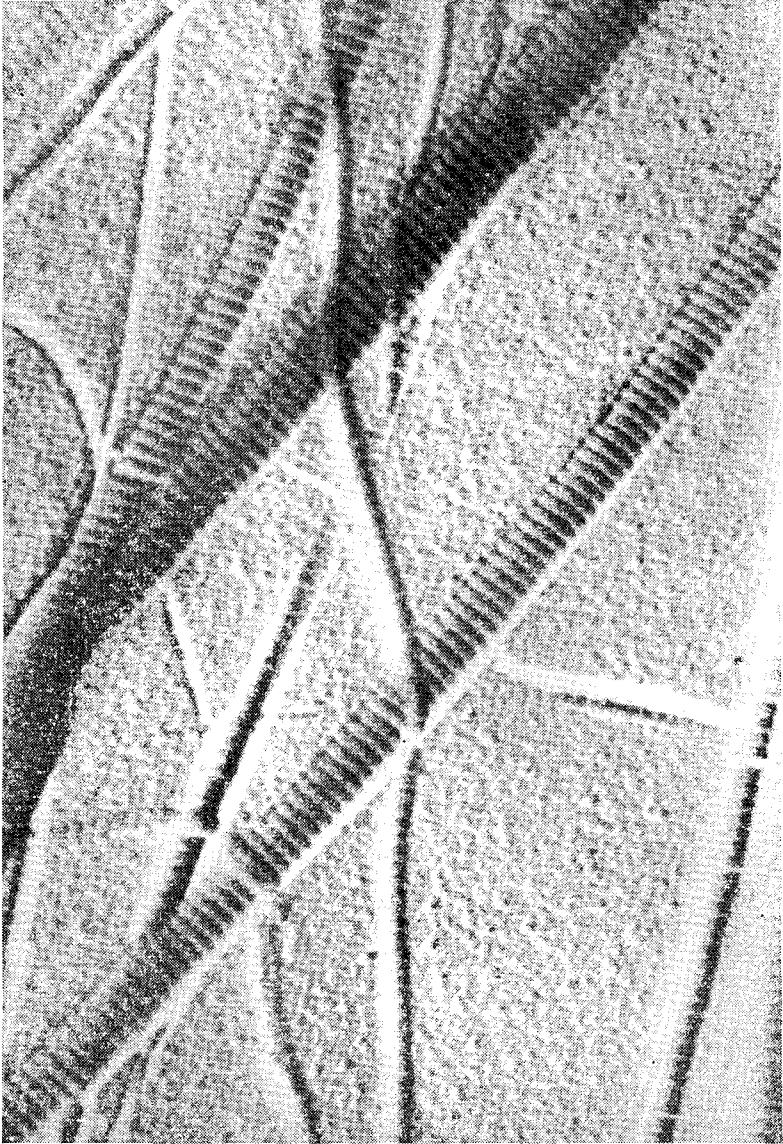
(註) 「コラゲン」は「エラスチン」「クレアチン」と共に単純蛋白質(「アミノ」酸のみから出来た蛋白質、従つて加水分解すればアミノ酸のみを生ずる)中の硬性蛋白質「アルブモイド」である。

(5) 膠原纖維の発生—この問題は現在尙お明確に解決されていない。細胞説によれば膠原纖維は纖維性細胞(一般には間葉性細胞)から発生するこの際或は細胞の外形質の一部より生ずるとなし或は絲粒体がこれに関与する等種々の主張がある反之他の液体説によれば膠原纖維は最初から無定形基質そのものの中で生ずるものであつて細胞はその発生に當つては形態的には直接の關係はない、然し細胞は只生理学的に例へば酵素の分泌の如き機能によつて基質の状態又は纖維の生成を調整する作用を有して纖維の折出を助けるに過ぎないと云う。要之前者は細胞内発生説であり後者は細胞外発生説であつて今日尙その何れか正しいか決定してゐない。

扨而その膠原纖維を光学顕微鏡で見ると少しばかりよじれた殆んど均質の纖維であつて何等特殊な構造を有していない。尠が之れを電子顕微鏡で見ると附図の如く一定の間隔を置いて帯状構造が見へる。此処で参考に目や顕微鏡の分解能に就て述べておこう。

附 図

纖維に就て



六五

膠原纖維の電子顕微鏡像（増40万倍）

吾々の目は 0.1mm まで健康な目であれば眼鏡なしに見ることが出来る。光学顕微鏡では 0.4 (ミクロン) $m\mu \parallel 1/1000mm$ 波長の短かい青色光を光源に用うると (0.2) ミクロン更に又紫外線を用ふると 0.1 ミクロン (1 $m\mu \parallel 10$ オングストローム) の大きさの物までも見ることが出来る更にこれを写真に引き延ばすと 10~40 万倍の映像が得られる換言すると一分の長さを一〇〇〇・四〇〇〇尺にまで拡大したこととなるこの驚異的な分解能によつて今日蛋白質分子のような巨大分子であれば電子顕微鏡でその構造が見られる時代となつて来た。即ち電子顕微鏡と化学が手に手を握らんばかりになつて来た。

さて、再び膠原纖維に話題を転ずることにする。

何故に一本の纖維に一定の間隔毎に一定の構造があるかを吟味したくなるそれには先づ酸や「アルカリ」でどのように構造が変化するかを観察するのが研究の第一段階である前述のように薄い氷醋酸の中にこの纖維を溶れるとたちまちにして全く溶解して液はドロドロになり電子顕微鏡で見ても最早や纖維状のものは見られないで、粒子状のもののみとなるこれを僅かに酸性 (PH: 4.5~5.0) にすると以前と変らない。帯状構造をもつ纖維が再び現われて来る。

生物組織のみならず凡ゆる物質に共通して言へることは破壊することは容易であるが、これを人工的に再構成することは殆んど不可能である。生物組織中で再構成する。ことに成功しているのはこの膠原纖維のみである従つてこの現象の解釈に向つて世界の細胞学者や化学者達が孜孜として研究をつづけており生命の起源にまで發展

しようとしている。然しその解決にはまだしばしの感を抱かせる。

日常生活に於て「なまなまもの」の調理に酢を加へることは味覚のみならずまた殺菌作用（一般に細菌類特に恐るべきコレラ菌等は酸に対して非常に弱い）があるばかりでなく更に消化作用のあることが膠原繊維の例からも肯かれる。

永い間の経験に基く日常生活のしぐさに於て理論的になる程と感心することが多々あるが料理の「すのもの」などはそのよい例の一つである。話の筋が大変ずれて来たが今回は光学顕微鏡では均質に見える膠原繊維も電子顕微鏡で見ると整然たる帯状構造があり、この微細構造の本態の究明に各方面の科学者が精進していることを紹介して筆を止めることにする。

（終り）

（本学教授 生理学）