高校化学 L01 第 178 講 合成繊維・再生繊維

この講でできるようになること

- 繊維を、原料となる高分子とその成り立ちから天然繊維・再生繊維・合成繊維に分類できる。
- ナイロンとポリエステルについて、代表的な原料、高分子の種類、アミド結合・エステル結合の違いを対応させて説明できる。
- レーヨンと綿の主成分がともにセルロースであることを踏まえ、製造過程の違いから分類を説明できる。

繊維を分類する基本の視点

天然繊維と化学繊維

繊維は細長い形をもつ材料であり、その分類を考えるときは「何からできているか」だけでなく、「その高分子がどのように繊維になったか」に注目する。天然に得られる高分子をもとから繊維として利用するものが天然繊維であり、化学的な処理や合成によって繊維にするものを化学繊維として区別する。

天然繊維には綿や麻などの植物由来の繊維、羊毛や絹などの動物由来の繊維がある。綿の主成分はセルロースであり、植物中でつくられたセルロースを繊維として利用している。

本講では、化学繊維の代表的な分類として再生繊維と合成繊維を扱う。再生繊維は天然高分子を原料としていったん繊維にできる状態へ処理し、再びその高分子を繊維として得るもの、合成繊維は化学的に合成した高分子を用いてつくるものである。

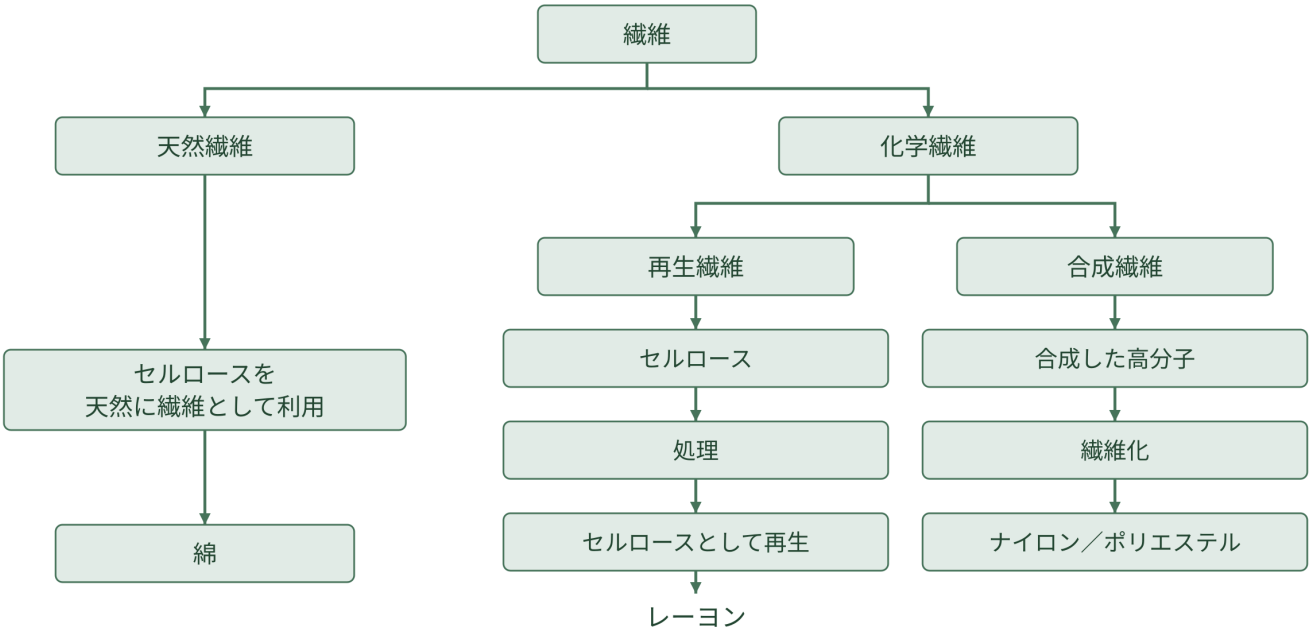


図 1　繊維の分類と繊維化の経路（本講で扱う代表例）

再生繊維と合成繊維

再生繊維では、原料となる天然高分子そのものが最終的な繊維の主成分になる。代表例のレーヨンはセルロースを原料とし、セルロースを化学的に処理して繊維化できる状態にした後、最終的にセルロースとして再生する。

ここでいう「再生」は、使用済みの繊維を回収して再利用するという意味ではない。天然高分子をいったん加工し、繊維として再び得るという意味である。

一方、合成繊維では、単量体などから化学反応によって新たな高分子を合成し、その高分子を繊維として利用する。ナイロンやポリエステルは、合成高分子を用いる代表的な合成繊維である。

ナイロンとポリエステルの構造

ナイロンはポリアミド系の合成繊維

ナイロンはポリアミド系の合成繊維である。ナイロンにはナイロン 6 やナイロン 66 などがあり、本講では代表例としてナイロン 66 を構造の対応に用いる。

ナイロン 66 は、ヘキサメチレンジアミン $\mathrm{H_2N-(CH_2)_6-NH_2}$ とアジピン酸 $\mathrm{HOOC-(CH_2)_4-COOH}$ を原料とする。高分子の主鎖にはアミド結合 $\mathrm{-C(=O)-NH-}$ が繰り返し現れるため、ポリアミドに分類される。

ナイロン 66 の繰返し単位は、末端を省略して $\left[\mathrm{-NH-(CH_2)_6-NH-C(=O)-(CH_2)_4-C(=O)-}\right]_n$ と表せる。アミド結合を見つけるときは、カルボニル炭素 $\mathrm{C(=O)}$ に単結合で直接つながっている原子が N であることに注目する。

ポリエステルはエステル結合をもつ合成高分子

本講で扱うポリエステルは、主鎖にエステル結合を繰り返しもつ合成高分子である。代表例の PET は、エチレングリコール $\mathrm{HO-CH_2-CH_2-OH}$ とテレフタル酸 $\mathrm{HOOC-C_6H_4-COOH}$ を原料とする。

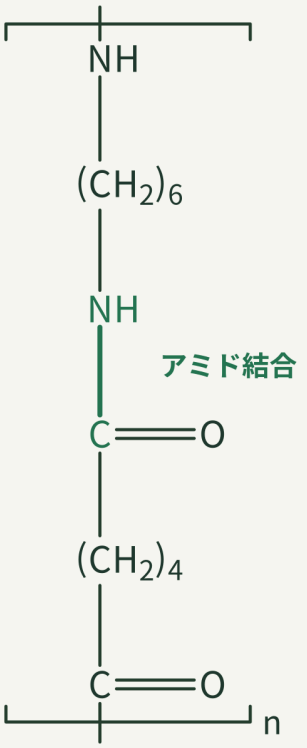
PET の繰返し単位は $\mathrm{[-O-CH_2-CH_2-O-C(=O)-p-C_6H_4-C(=O)-]_n}$ と表せる。ここで p はベンゼン環の 1,4 位、すなわちパラ位を表す。

エステル結合は $\mathrm{-C(=O)-O-}$ であり、カルボニル炭素に単結合で直接つながる原子が O である。したがって、$\mathrm{-C(=O)-NH-}$ ならアミド結合、$\mathrm{-C(=O)-O-}$ ならエステル結合と判定できる。

ナイロン66

ポリアミド

繰返し単位



合成高分子

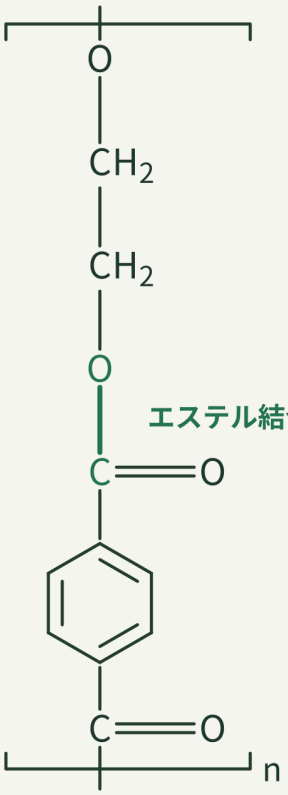
合成繊維

括弧を貫く結合は
隣の単位へ続く

PET

ポリエステル

繰返し単位



パラ位（1,4位）

合成高分子

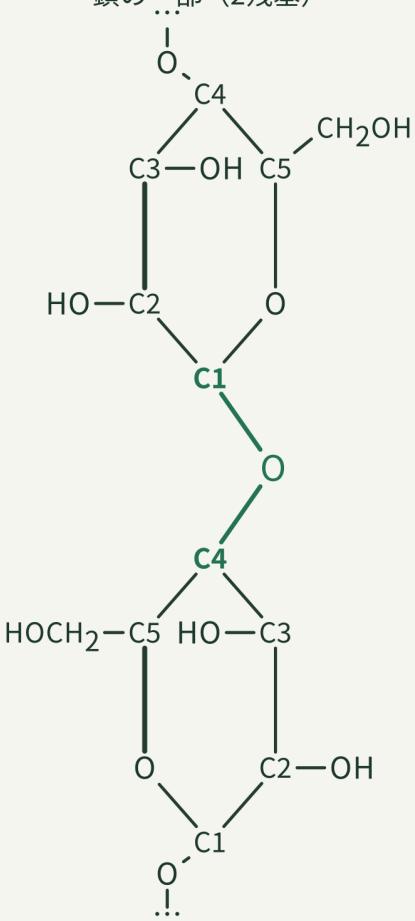
合成繊維

n：繰返し単位の数
末端は省略

セルロース

天然高分子（多糖類）

鎖の一部（2残基）



β(1→4)結合

C1 – O – C4

炭素に付くHは省略
… は鎖の続き

1残基の組成単位

$C_6H_{10}O_5$

綿：天然繊維

レーヨン：再生繊維

図 2　ナイロン 66・PET・セルロースの構造比較

レーヨンとセルロース

レーヨンはセルロースからつくられる再生繊維

レーヨンはセルロースを原料とする再生繊維である。セルロースはグルコースが $\beta(1 \to 4)$ 結合でつながった天然高分子で、繰返し単位を $C_6H_{10}O_5$ と表せる。

レーヨンをつくるときは、セルロースをそのまま植物中の形で取り出して使うのではなく、繊維にできる状態へ化学的に処理し、その後にセルロースとして再生する。このため、最終的な主成分はセルロースでありながら、分類は天然繊維ではなく再生繊維となる。



図 3　セルロースからレーヨンへの工程

綿とレーヨンは同じセルロースでも分類が異なる

綿とレーヨンは、どちらも主成分がセルロースである。しかし、綿は植物中でつくられたセルロースを天然の繊維として利用する天然繊維であり、レーヨンはセルロースをいったん処理してから再び繊維として得る再生繊維である。

したがって、「セルロースだから天然繊維」と判断するのは誤りである。繊維の分類では、高分子の種類だけでなく、その高分子がどのような経路で繊維になったかまで確認する必要がある。

©ミライコーチング

代表的な繊維と用途

構造と分類を実物の繊維につなげる

代表的な繊維を比べると、同じ「布になる材料」でも、高分子の成り立ちや構造が異なることが分かる。綿とレーヨンはセルロースを共通点とし、ナイロンとポリエステルは合成高分子を共通点とする。

繊維	分類	主な高分子	構造上の着目点	用途例
綿	天然繊維	セルロース	β(1→4)結合	衣料、タオルなど
レーヨン	再生繊維	セルロース	セルロースを再生	衣料、布地など
ナイロン	合成繊維	ポリアミド	アミド結合 $-C(=O)-NH-$	衣料、ロープなど
ポリエステル	合成繊維	ポリエステル	エステル結合 $-C(=O)-O-$	衣料、各種繊維製品など



図 4　繊維製品のイメージ（左から綿・レーヨン・ナイロン・ポリエステル）

例題

1

問題

A〜C は、それぞれ次のような繊維である。

- A：植物中でつくられたセルロースを、そのまま繊維として利用する。
- B：セルロースを化学的に処理し、最終的にセルロースとして繊維にする。
- C：単量体から合成したポリアミドを繊維として利用する。

(1) A〜C を、天然繊維・再生繊維・合成繊維に分類せよ。

(2) B と C について、それぞれ分類の決め手となる原料・高分子の成り立ちを説明せよ。

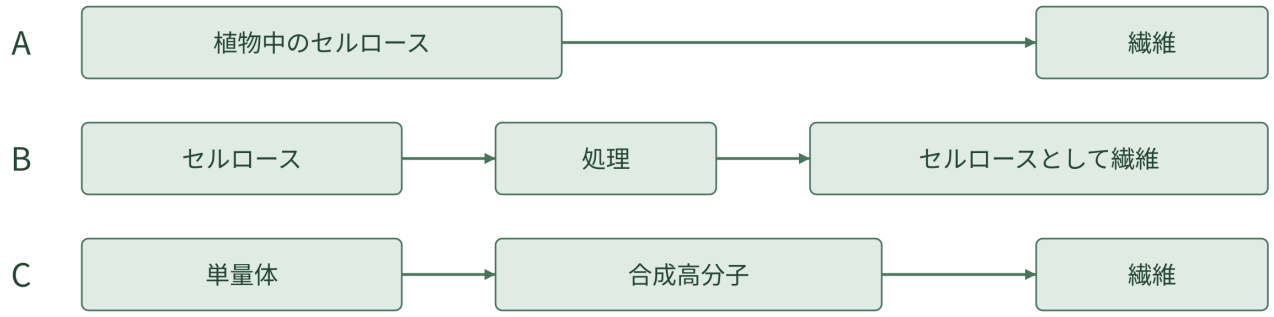


図 5　条件 A・B・C の繊維化経路

解説

(1) A は天然繊維、B は再生繊維、C は合成繊維である。A は天然に存在するセルロースを繊維として利用し、B は天然高分子であるセルロースを処理して再びセルロースの繊維にしているため再生繊維となる。

C では、単量体から新たに合成したポリアミドを利用しているため合成繊維である。

(2) B の原料は天然高分子のセルロースであり、処理後にセルロースとして再生することが分類の決め手となる。C は単量体から化学的に合成したポリアミドを用いるため、合成繊維に分類される。

「天然由来の原料を使っているか」だけを見るのではなく、最終的に利用する高分子がどのように得られたかを確認することが重要である。

©ミライコーチング

2

問題

ナイロン 66 と PET について、次の構造上の特徴を考える。

(1) ナイロン 66 の主鎖に見られる $-C(=O)-NH-$ と、PET の主鎖に見られる $-C(=O)-O-$ は、それぞれ何結合か答えよ。

(2) ナイロン 66 と PET を、それぞれポリアミド・ポリエステルのどちらに分類するか答えよ。また、その判断で注目する原子を説明せよ。



図 6　構造 A・B

解説

(1) $-C(=O)-NH-$ はアミド結合、$-C(=O)-O-$ はエステル結合である。

(2) ナイロン 66 はアミド結合を主鎖に繰り返しもつためポリアミド、PET はエステル結合を主鎖に繰り返しもつためポリエステルである。判定では、カルボニル炭素 $C(=O)$ に単結合で直接つながる原子を見るとよい。

ナイロン 66 ではその原子が N、PET では O である。単に「窒素を含む」「酸素を含む」と数えるのではなく、結合の位置を見ることがポイントである。

3

問題

綿とレーヨンはいずれもセルロースを主成分とする。

(1) 綿とレーヨンを、それぞれ天然繊維・再生繊維のどちらに分類するか答えよ。

(2) 「レーヨンはセルロースからできているので天然繊維である」という説明が誤っている理由を説明せよ。

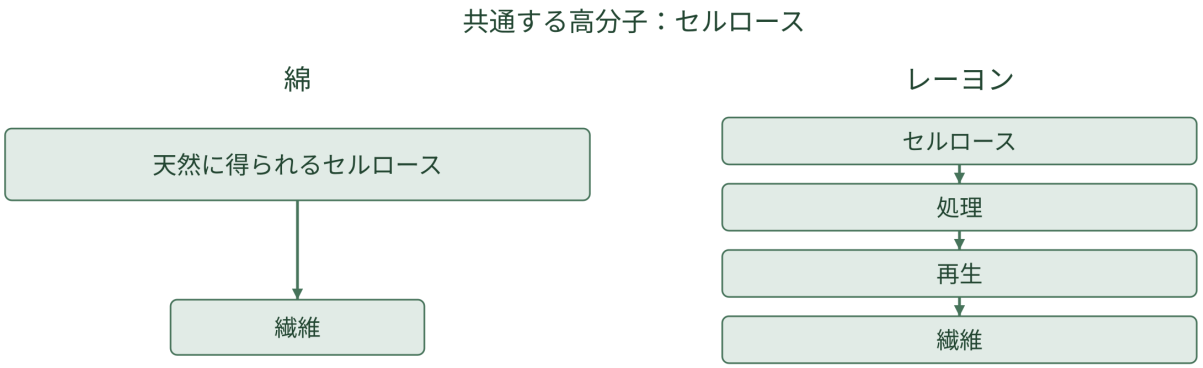


図 7　綿とレーヨンの高分子・繊維化経路

解説

(1) 綿は天然繊維、レーヨンは再生繊維である。

(2) 綿は植物中でつくられたセルロースを天然の繊維として利用する。一方、レーヨンはセルロースを化学的に処理して繊維化できる状態にした後、セルロースとして再生するため、再生繊維に分類される。

したがって、繊維の分類は高分子の名前だけでは決まらない。綿とレーヨンのように主成分が同じでも、繊維になるまでの経路が異なれば分類も異なる。

演習問題

1

次の繊維を分類せよ。

(1) 植物中でつくられたセルロースを天然の繊維として利用する綿。

(2) セルロースを原料として処理し、セルロースとして再び繊維にしたレーヨン。

2

次の原料の組合せから得られる代表的な高分子と繊維を答えよ。

(1) ヘキサメチレンジアミン $H_2N-(CH_2)_6-NH_2$ とアジピン酸 $HOOC-(CH_2)_4-COOH$ を原料とするもの。

(2) エチレングリコール $HO-CH_2-CH_2-OH$ とテレフタル酸 $HOOC-C_6H_4-COOH$ を原料とするもの。

3

次の高分子構造を見て答えよ。

(1) 主鎖に $-C(=O)-NH-$ が繰り返し現れる高分子を、ポリアミド・ポリエステルのどちらに分類するか答えよ。

(2) 主鎖に $-C(=O)-O-$ が繰り返し現れる高分子を、ポリアミド・ポリエステルのどちらに分類するか答えよ。

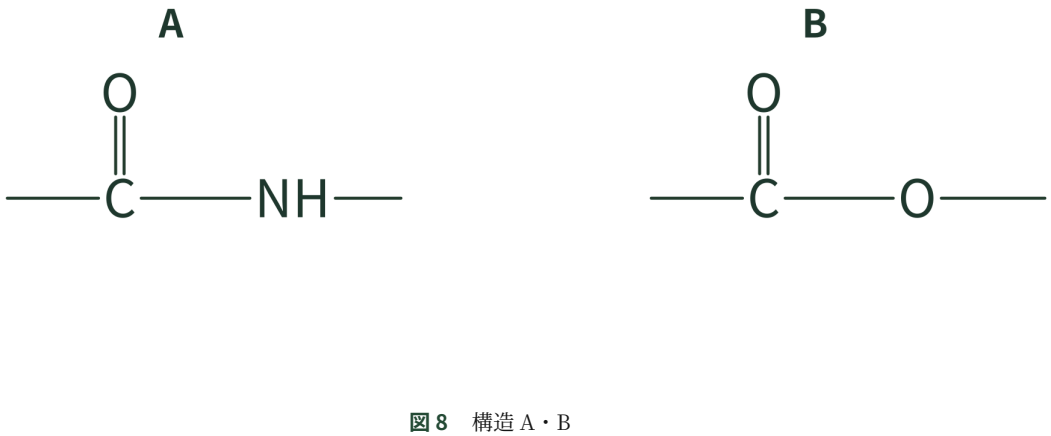


図 8　構造 A・B

4

綿とレーヨンについて答えよ。

(1) 綿とレーヨンの主成分として共通する高分子名を答えよ。

(2) 綿が天然繊維、レーヨンが再生繊維となる理由を、それぞれの繊維になるまでの過程に触れて説明せよ。

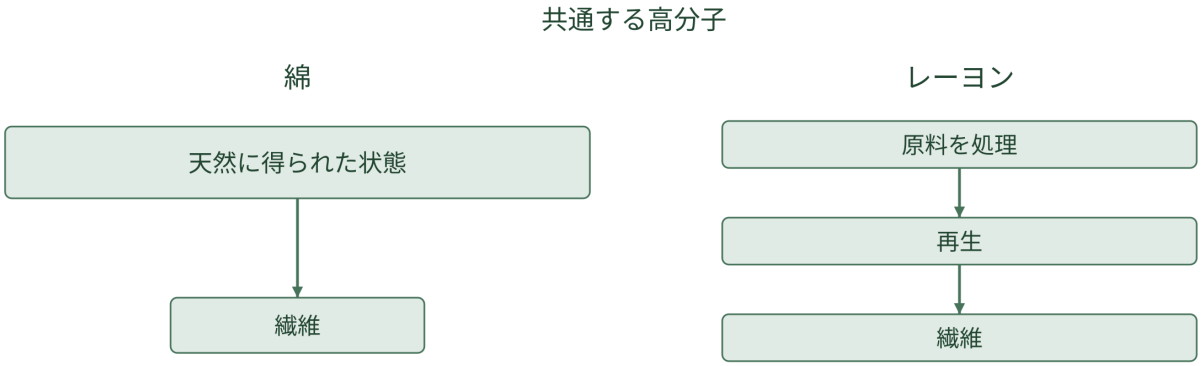


図 9　綿とレーヨンの繊維化経路

5

ある繊維 X は、天然に存在するセルロースを原料とし、化学的に処理して繊維化できる状態にした後、セルロースとして再び繊維にしたものである。本講で扱った代表例として、繊維 X の名称と分類を答えよ。

6

ある合成高分子 Y は、主鎖に $-\mathrm{C}(=\mathrm{O})-\mathrm{O}-$ を繰り返しもつ。本講で扱った代表例として、Y を合成繊維に利用したものの名称を答え、その高分子の分類を答えよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

(1) 天然繊維である。綿は植物中でつくられたセルロースを、天然の繊維として利用しているためである。

(2) 再生繊維である。レーヨンはセルロースを原料とし、いったん処理してからセルロースとして再び繊維にしているためである。

両者は主成分が同じセルロースでも、繊維になるまでの経路が異なるため分類が異なる。

解答 2

(1) ナイロン 66、ポリアミドである。ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸からできる高分子で、主鎖にアミド結合 $-C(=O)-NH-$ をもつ。ナイロン 66 は代表的な合成繊維である。

(2) PET、ポリエステルである。エチレングリコールとテレフタル酸からできる高分子で、主鎖にエステル結合 $-C(=O)-O-$ をもつ。PET は代表的な合成繊維である。

解答 3

(1) ポリアミドである。$-C(=O)-NH-$ では、カルボニル炭素に N が単結合で直接つながっており、このアミド結合が主鎖に繰り返し現れる。

(2) ポリエステルである。$-C(=O)-O-$ では、カルボニル炭素に O が単結合で直接つながっており、このエステル結合が主鎖に繰り返し現れる。

判定するときは、分子全体に含まれる N や O の数ではなく、カルボニル炭素の隣にどの原子が直接結合しているかを見る。

解答 4

(1) セルロースである。綿とレーヨンはいずれもセルロースを主成分とする。

(2) 綿は、植物中で天然に形成されたセルロースを繊維として利用するため天然繊維である。一方、レーヨンはセルロースを化学的に処理して繊維化できる状態にし、その後セルロースとして再生するため再生繊維である。

したがって、同じセルロースを主成分としていても、天然の状態で繊維として利用するか、いったん処理して再生するかによって分類が異なる。

解答 5

繊維 X はレーヨンで、再生繊維である。

レーヨンはセルロースを原料とする。セルロースを処理して繊維として得られる状態にし、最終的にセルロースとして再生するため、再生繊維に分類される。「再生」は使用済み繊維の再利用を意味するのではなく、原料の天然高分子を処理した後に再び繊維として得ることを意味する。

解答 6

代表例は PET であり、高分子の分類はポリエステルである。

$-C(=O)-O-$ はエステル結合であり、これが主鎖に繰り返し現れる高分子はポリエステルに分類される。PET はエチレングリコールとテレフタル酸を原料として合成される代表的なポリエステルで、繊維として利用される場合は合成繊維に分類される。

©ミライコーチング