高校化学 L01 第 179 講 合成ゴム

この講でできるようになること

・合成ゴムを天然ゴムと区別し、代表的な単量体・構造・用途の違いを説明できる。

合成ゴムとは何か

第 171 講で扱った天然ゴムは、ゴムノキのラテックスから得られる天然由来の高分子であり、主成分は cis-1,4-ポリイソプレンである。一方、合成ゴムは、目的に応じて選んだ単量体を人工的に重合してつくるゴム状高分子である。

ここで重要なのは、「天然」と「合成」は必ずしも分子構造の違いだけを表すわけではないことである。たとえばイソプレンを人工的に重合して、天然ゴムと同じ cis-1,4-ポリイソプレンを主成分とする合成ポリイソプレンをつくることもできる。

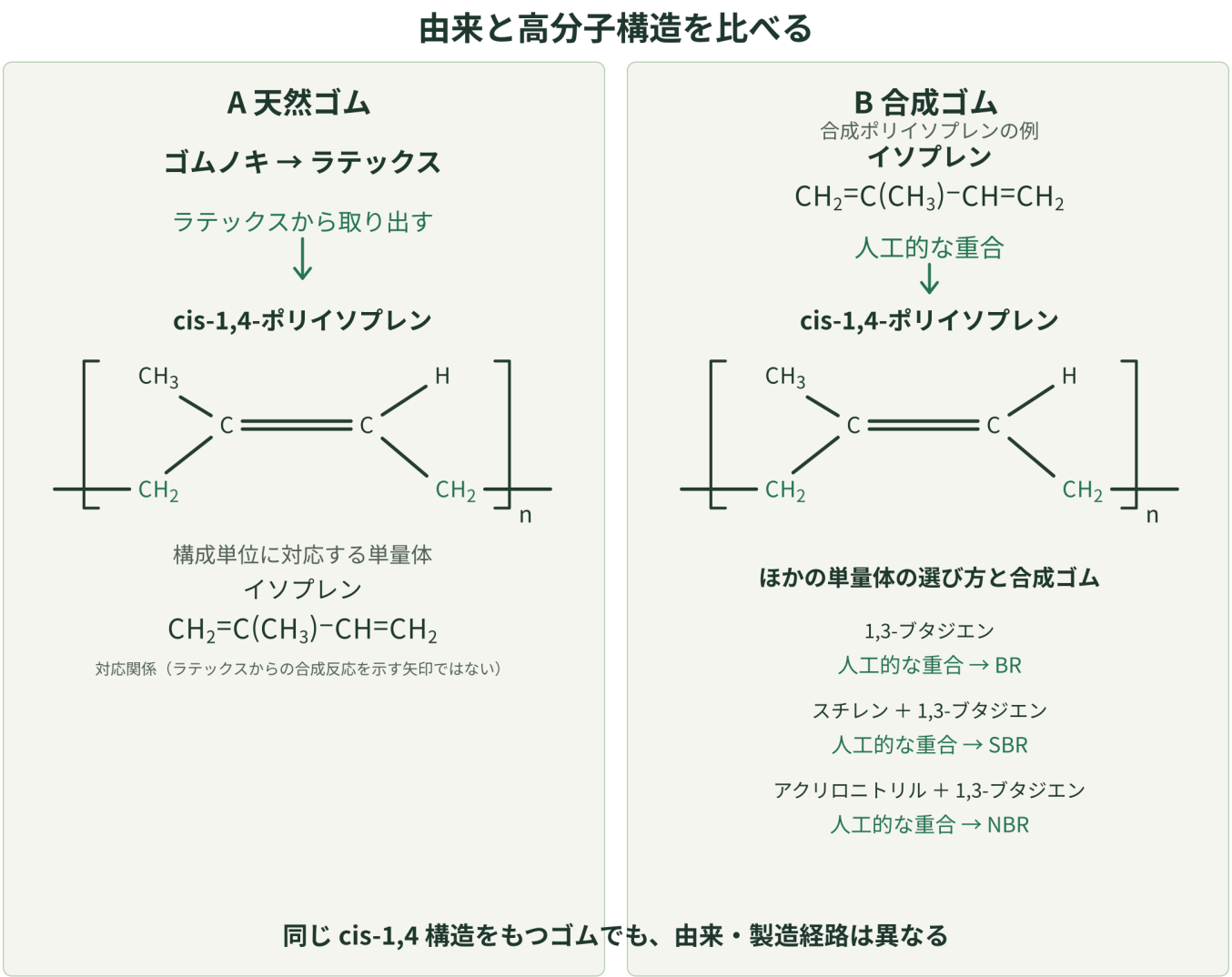


図 1　天然ゴムと合成ゴムの由来と構造

©ミライコーチング

単量体から高分子の構造を見る

第 172 講で扱った付加重合では、二重結合をもつ単量体がつながって高分子になる。単量体の二重結合がすべて消えるとは限らず、どの位置で結合したかによって、高分子中に二重結合が残る場合がある。

代表例として、1,3-ブタジエンを 1,4-付加で重合すると、両端の C1 と C4 が隣の単量体由来部分との結合に使われる。元の C1=C2 と C3=C4 は単結合になり、元の C2–C3 は二重結合になる。繰返し構造は $[-\mathrm{CH_2-CH=CH-CH_2}-]_n$ と表せる。

$$n\,\mathrm{CH_2=CH-CH=CH_2} \rightarrow [-\mathrm{CH_2-CH=CH-CH_2}-]_n$$

イソプレンも同様に 1,4-付加すると、元の C2–C3 が二重結合となり、高分子中にメチル基の結合した C=C ができる。天然ゴムでは、この繰り返し単位が cis-1,4 配置で連なっていることが重要である。

$$n\,\mathrm{CH_2=C(CH_3)-CH=CH_2} \rightarrow [-\mathrm{CH_2-C(CH_3)=CH-CH_2}-]_n$$

上の式は原子のつながりを示す式であり、天然ゴムの cis 配置そのものは式だけでは十分に表せない。構造を比較するときは、単量体の各原子が高分子中のどこに対応し、結合次数がどう変わったかを追う。

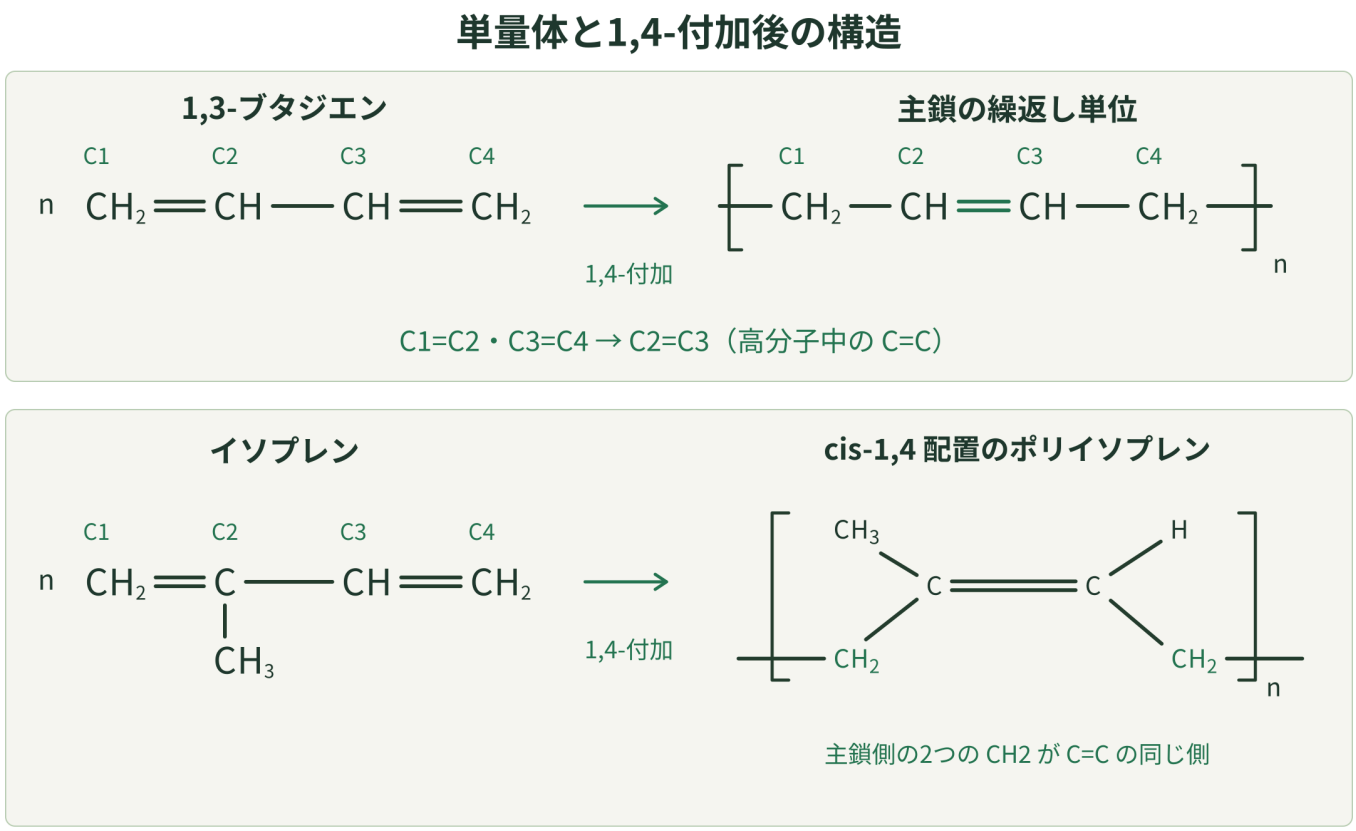


図 2　単量体と 1,4-付加後の構造

代表的な合成ゴムを単量体で分類する

合成ゴムは、使う単量体によって構造と性質が変わる。したがって、名前を丸暗記するよりも「どの単量体からできているか」「高分子中にどんな構造上の目印があるか」「どのような用途で使われるか」を対応させると整理しやすい。

種類	由来・単量体	構造の目印	代表的な用途
天然ゴム（NR）	ゴムノキのラテックス、構成単位に対応する単量体はイソプレン	cis-1,4-ポリイソプレン	タイヤ、ホースなど
合成ポリイソプレン（IR）	イソプレン	ポリイソプレン。cis-1,4 構造をもつものは天然ゴムに近い	タイヤなど
ブタジエンゴム（BR）	1,3-ブタジエン	ポリブタジエン、残存 C=C	タイヤ、靴底など
スチレン-ブタジエンゴム（SBR）	スチレン＋1,3-ブタジエン	スチレン由来の構造とブタジエン由来の構造を同じ鎖に含む	タイヤ、靴底など
ニトリルゴム（NBR）	アクリロニトリル＋1,3-ブタジエン	ニトリル基 −C ≡ N を含む構造	O リング、シール、ニトリル手袋など
クロロプレンゴム（CR）	クロロプレン	塩素原子を含むポリマー鎖	ホース、電線被覆、自動車部品など
ブチルゴム（IIR）	イソブチレン＋少量のイソプレン	イソブチレン由来の部分が多く、一部に不飽和結合を含む	タイヤチューブなど

表の性質や用途は代表例であり、実際の製品では配合や加工なども関係する。この講では工業的な配合設計ではなく、単量体・構造・代表用途の対応に注目する。

©ミライコーチング



図 3　代表的な用途のイメージ

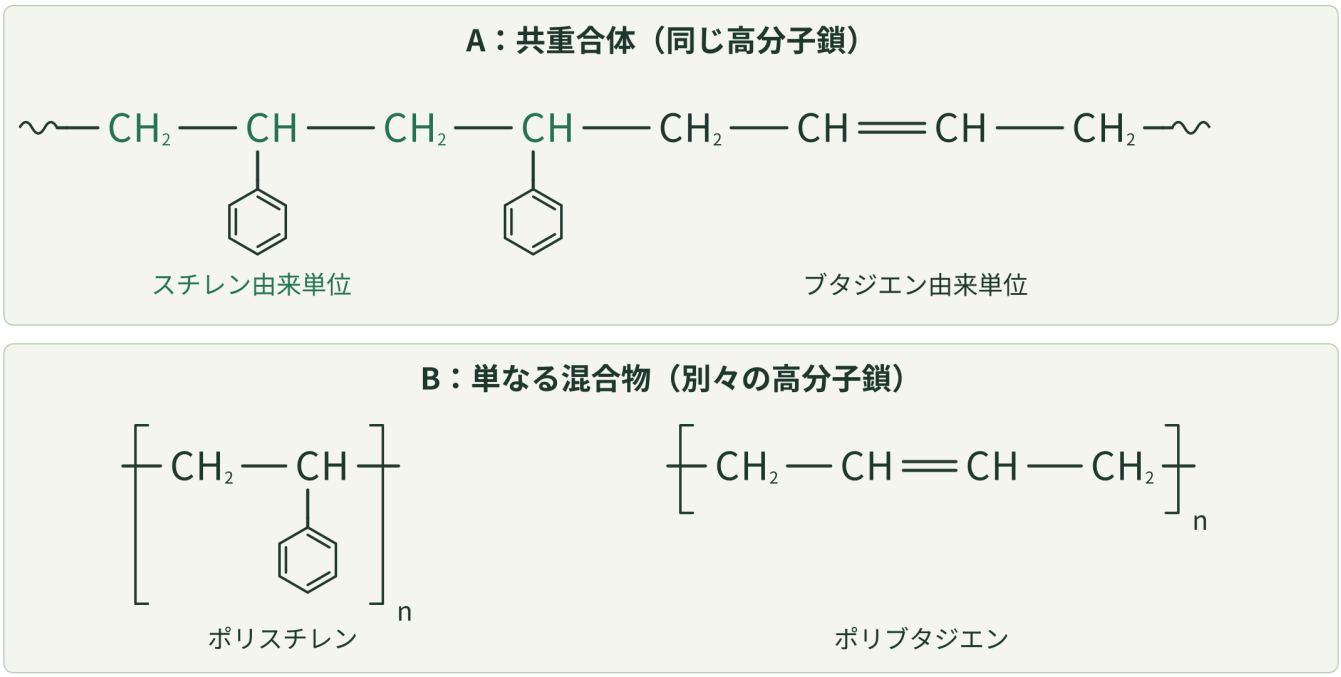
共重合で構造を変える

1 種類の単量体だけからできる高分子を単独重合体という。これに対して、2 種類以上の単量体を同じ高分子鎖へ組み込んだものを共重合体という。

SBR では、スチレン $C_6H_5-CH=CH_2$ と 1,3-ブタジエン $CH_2=CH-CH=CH_2$ を単量体として使う。NBR では、アクリロニトリル $CH_2=CH-C\equiv N$ と 1,3-ブタジエンを使うため、高分子鎖の中にニトリル基をもつ構造が現れる。

共重合体は、異なる 2 種類の高分子を単に混ぜたものではない。異なる単量体に由来する構造単位が、同じ高分子鎖の中で共有結合によってつながっている点が重要である。

©ミライコーチング



鎖の一部を示した模式図。配列を固定するものではない。

図 4　共重合体と別々の高分子鎖

代表例を構造から見分ける

SBR、NBR、IIR のような共重合体では、複数の単量体を使うことが構造上の大きな特徴になる。一方、BR のように 1 種類の単量体からつくられる合成ゴムもあり、合成ゴムだから必ず共重合体になるわけではない。

また、同じブタジエンを単量体に含んでいても、組み合わせる相手によって高分子中に現れる構造が変わる。スチレンなら SBR、アクリロニトリルなら NBR というように、単量体の組合せから分類をたどることができる。

©ミライコーチング

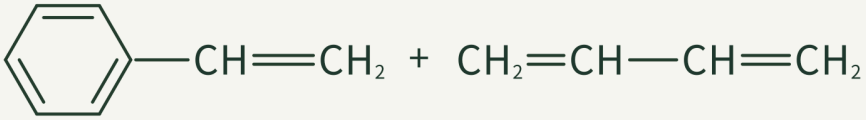
単量体の組合せと合成ゴム

1,3-ブタジエン



→ ポリブタジエン **BR**

スチレン　＋　**1,3-ブタジエン**



→ 共重合体 **SBR**

アクリロニトリル　＋　**1,3-ブタジエン**



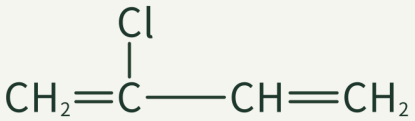
→ 共重合体 **NBR**

イソブチレン　＋　**イソプレン（少量）**



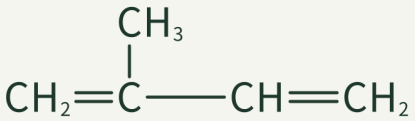
→ 共重合体 **IIR**

クロロプレン



→ ポリクロロプレン **CR**

イソプレン



→ ポリイソプレン **IR**

図 5　単量体と合成ゴムの対応

例題

1

問題

次の重合を考える。

$$n\,\mathrm{CH_2=CH-CH=CH_2} \rightarrow [-\mathrm{CH_2-CH=CH-CH_2}-]_n$$

この高分子に対応する代表的な合成ゴムの名称を答えよ。

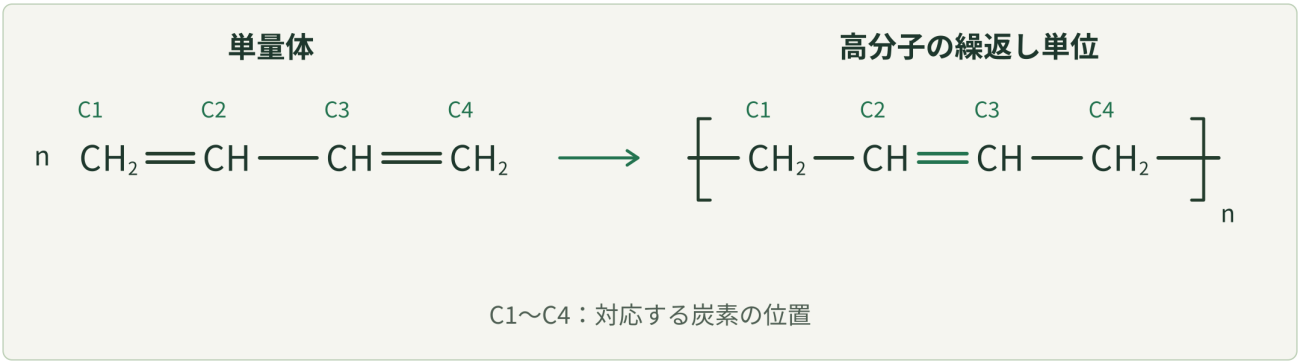


図 6　単量体と高分子の構造

解説

単量体は 1,3-ブタジエンであり、1 種類のブタジエンを重合して得られる代表的な合成ゴムがブタジエンゴム（BR）である。

構造を見ると、単量体の C1=C2 と C3=C4 が、重合後にはそれぞれ単結合となり、元の C2–C3 が二重結合になる。したがって、単量体の構造と繰り返し単位を対応させると、BR を識別できる。

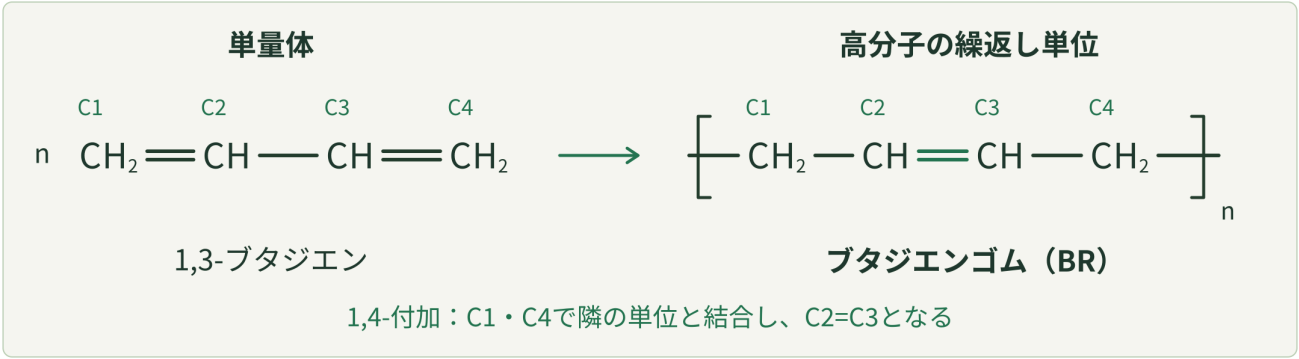


図 7　単量体と高分子の構造対応

2

問題

スチレン $C_6H_5-CH=CH_2$ と 1,3-ブタジエン $CH_2=CH-CH=CH_2$ の 2 種類を単量体として用いる。これらからできる代表的な合成ゴムの名称を答えよ。

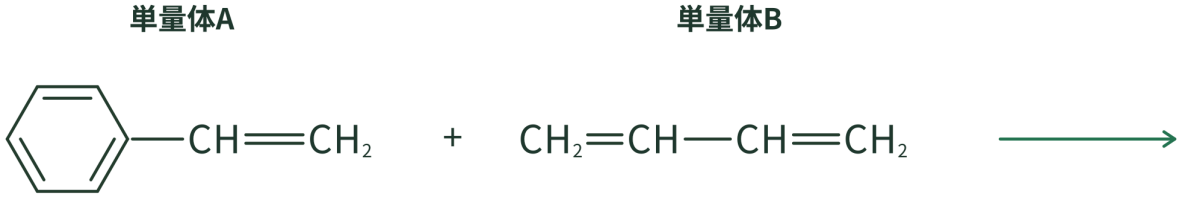


図 8　単量体の組合せ

解説

スチレンと 1,3-ブタジエンを単量体としてつくる代表的な合成ゴムは、スチレン-ブタジエンゴム（SBR）である。

SBR では、スチレン由来の構造単位とブタジエン由来の構造単位が同じ高分子鎖に組み込まれる。タイヤなどでは、このような構造をもつ材料が利用されている。

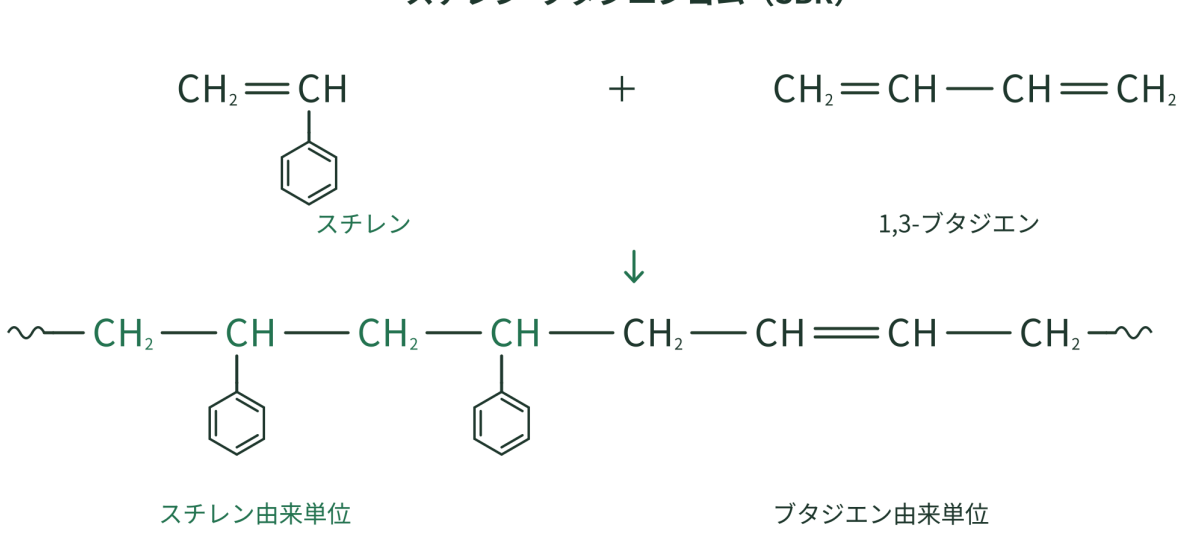


図 9　単量体と同じ高分子鎖の構造

3

問題

次の 2 つのゴムを比較する。

- A：ゴムノキのラテックスから得られ、主成分が cis-1,4-ポリイソプレンである。
- B：イソプレンを人工的に重合して得られ、cis-1,4-ポリイソプレンを主成分とする。

A と B について、天然ゴムに分類されるものと合成ゴムに分類されるものをそれぞれ答えよ。

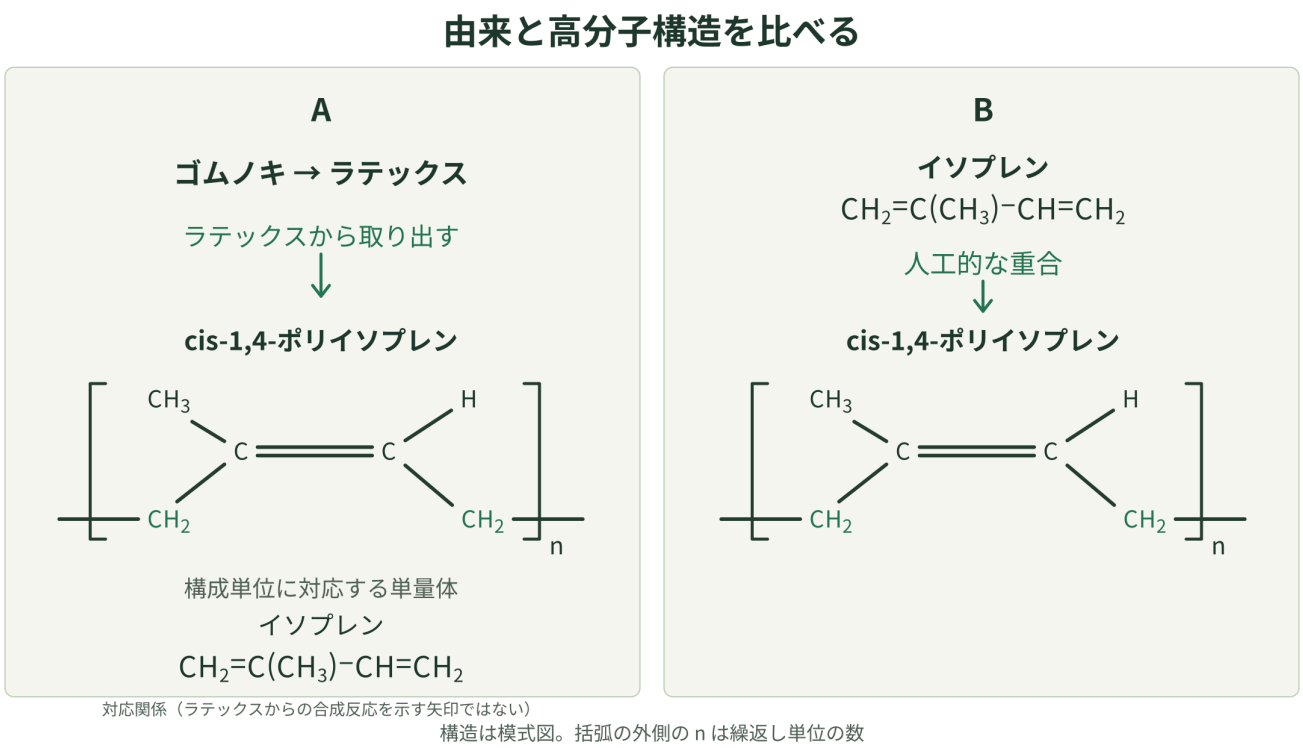


図 10　経路 A・B と高分子構造

解説

A は天然ゴム、B は合成ゴムである。A はゴムノキ由来の天然資源から得られるのに対し、B はイソプレンを人工的に重合して得られるためである。

一方、どちらも cis-1,4-ポリイソプレンを主成分としている。この例から、「天然か合成か」と「どのような高分子構造か」は別の観点で判断する必要がある。

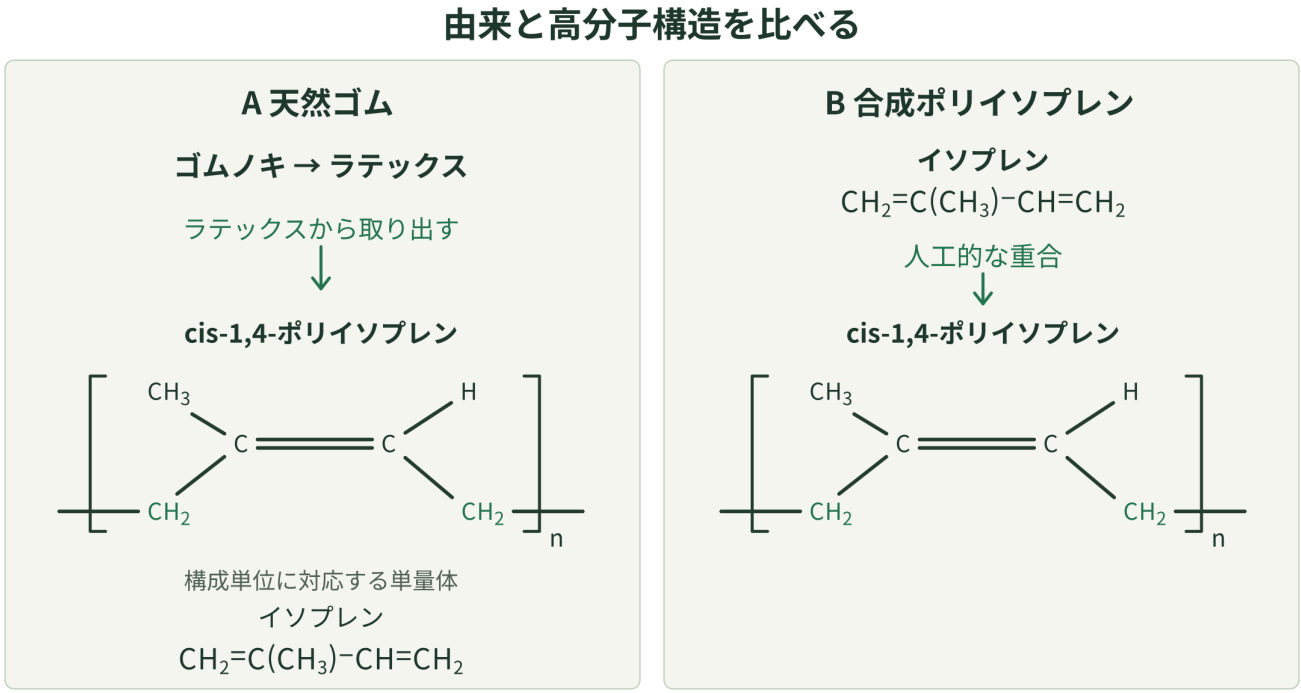


図 11　由来と共通する高分子構造

演習問題

1

次の高分子は、1,3-ブタジエンを 1,4-付加で重合したものとする。

$$[-\mathrm{CH_2}-\mathrm{CH}=\mathrm{CH}-\mathrm{CH_2}-]_n$$

(1) この高分子に対応する代表的な合成ゴムの名称を答えよ。

(2) 重合後、単量体 1 分子に由来する構造単位中の C=C は何本か答えよ。

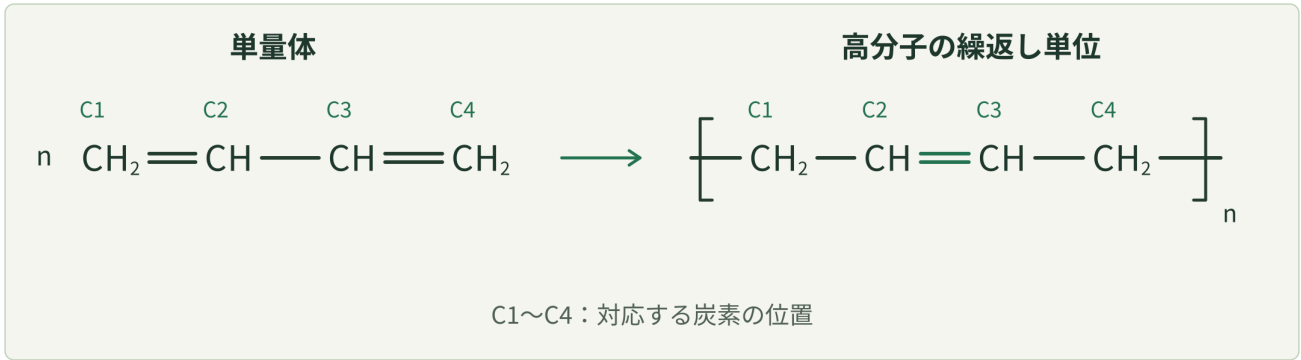


図 12　単量体と高分子の構造

2

次の 2 つの記述について答えよ。

A：ゴムノキのラテックスから得られ、主成分は cis-1,4-ポリイソプレンである。　B：次の単量体 $CH_2=C(CH_3)-CH=CH_2$ を人工的に重合して得られ、cis-1,4-ポリイソプレンを主成分とする。

(1) A、B のうち天然ゴムに分類されるものを答えよ。

(2) A と B の高分子構造に共通する基本構造を、単量体の名称で答えよ。

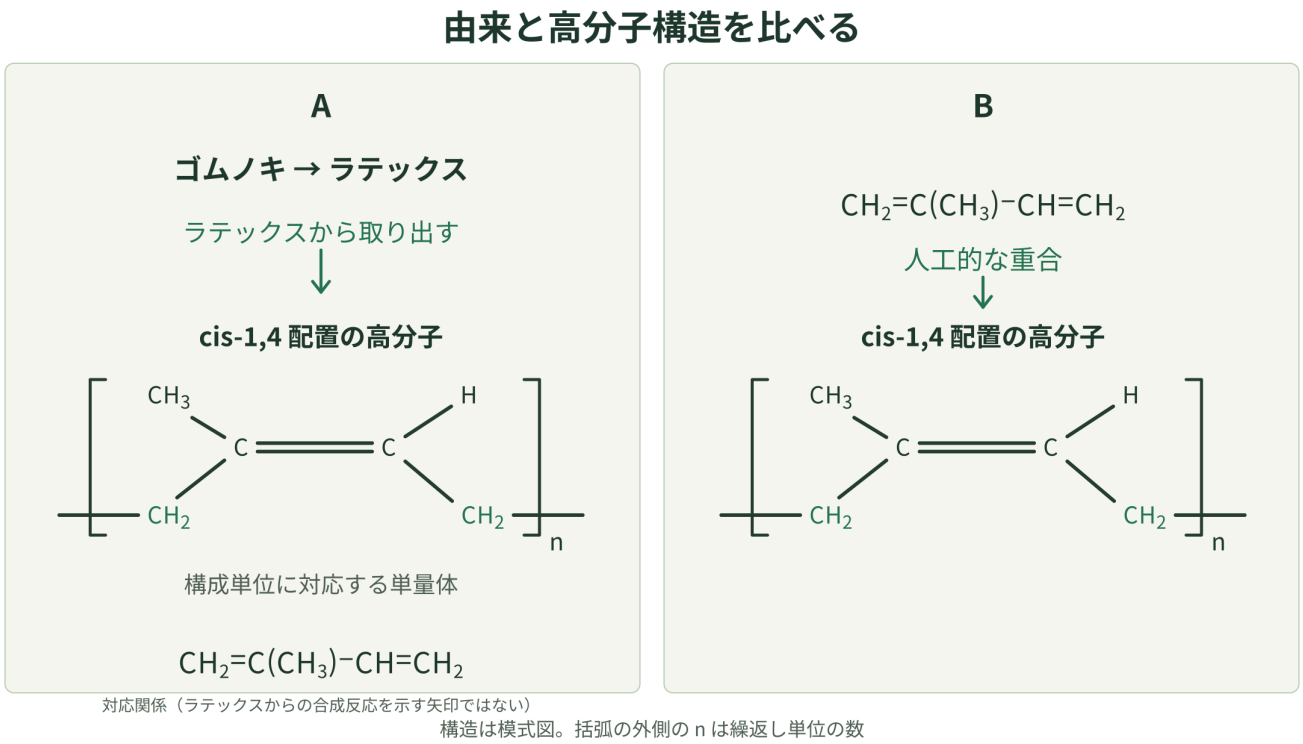


図 13　経路 A・B と高分子構造

3

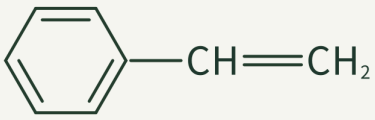
次の単量体の組合せについて答えよ。

X：スチレン $C_6H_5-CH=CH_2$ ＋ 1,3-ブタジエン $CH_2=CH-CH=CH_2$

Y：アクリロニトリル $CH_2=CH-C\equiv N$ ＋ 1,3-ブタジエン $CH_2=CH-CH=CH_2$

(1) X からできる代表的な合成ゴムの名称を答えよ。

(2) Y からできる代表的な合成ゴムの名称を答えよ。

X　　＋　$CH_2=CH-CH=CH_2$

Y　$CH_2=CH-C\equiv N$　＋　$CH_2=CH-CH=CH_2$

図 14　単量体の組合せ X・Y

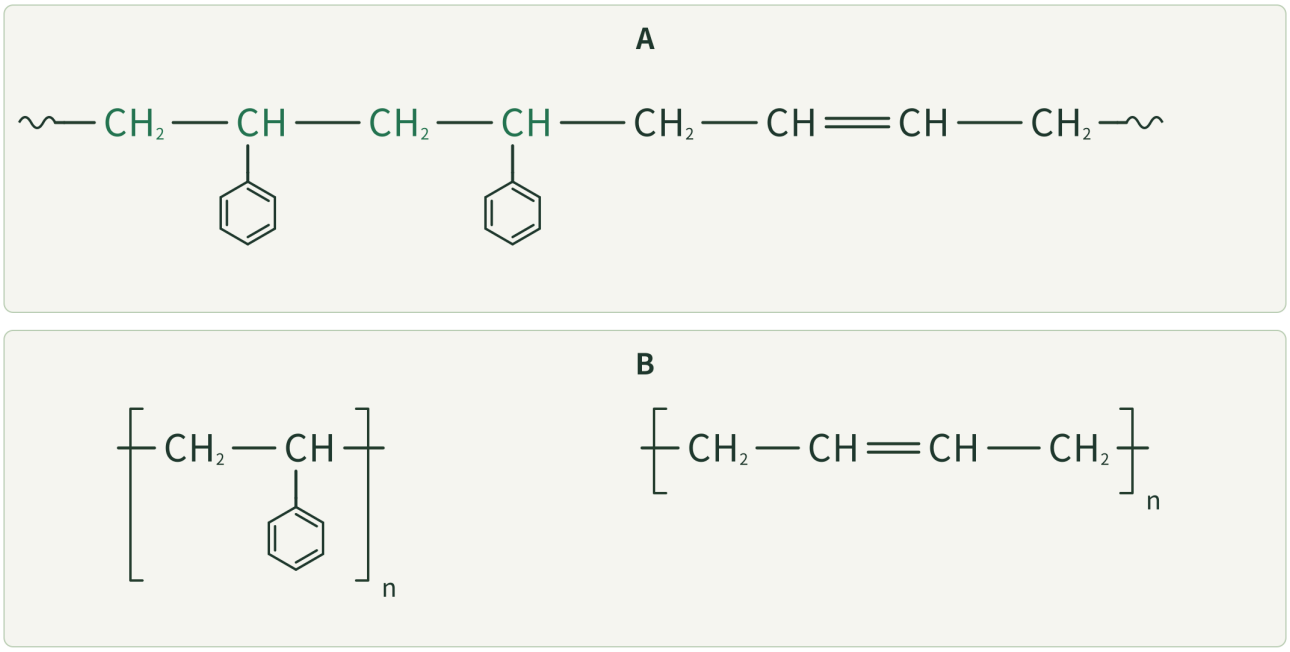
4

次の 2 つの模式図を考える。

- A：スチレン由来の構造単位とブタジエン由来の構造単位が、1 本の高分子鎖の中で共有結合によってつながっている。
- B：ポリスチレンの鎖とポリブタジエンの鎖が、それぞれ別の高分子鎖として同じ場所に存在している。

(1) 共重合体を表しているものを A、B から選べ。

(2) A が単なる 2 種類の高分子の混合物ではない理由を、「高分子鎖」という語を用いて説明せよ。



鎖の一部を示した模式図。配列を固定するものではない。

図 15　高分子鎖 A・B

5

ある合成ゴム X は、イソブチレン $CH_2=C(CH_3)_2$ と少量のイソプレンを共重合してつくられ、タイヤのインナーチューブなどに利用される。X の名称を答えよ。





図 16　タイヤ用インナーチューブのイメージ

演習問題の解答・解説

1

解答

(1) ブタジエンゴム（BR）

(2) 1 本

解説

1,3-ブタジエンは $CH_2=CH-CH=CH_2$ であり、1,4-付加によって両端の C1 と C4 が隣の単量体由来部分との結合に使われる。元の C1=C2 と C3=C4 は単結合になり、元の C2–C3 は二重結合になる。繰返し構造は $[-CH_2-CH=CH-CH_2-]_n$ となる。

したがって、1 種類の 1,3-ブタジエンからできる代表的な合成ゴムはブタジエンゴム（BR）であり、単量体 1 分子に由来する構造単位中に C=C が 1 本ある。

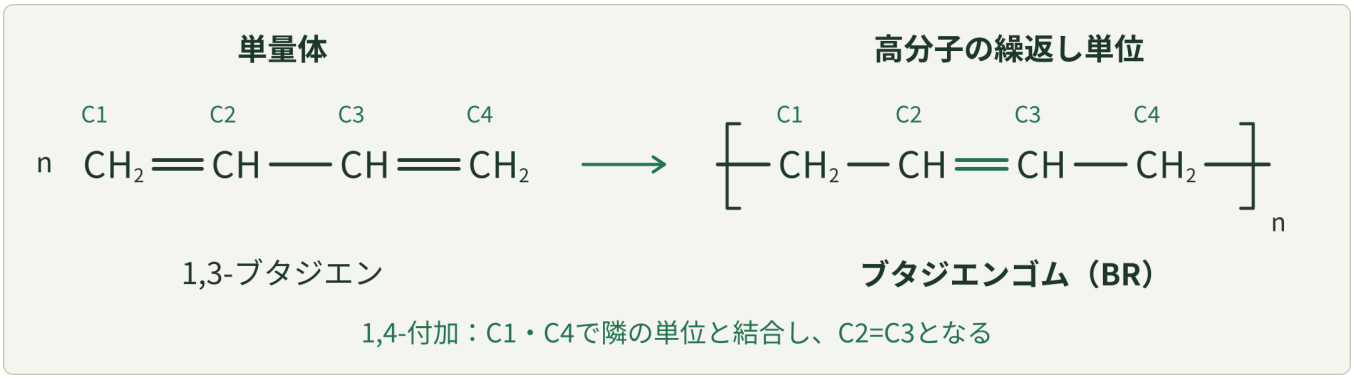


図 17　単量体と高分子の構造対応

2

解答

（1）A

（2）イソプレン

解説

A はゴムノキのラテックスから得られるため天然ゴムである。B はイソプレンを人工的に重合して得られるため合成ゴムに分類される。

一方、両者の高分子の基本構造に対応する単量体はイソプレンである。したがって、天然か合成かを判断するときは「どの高分子構造か」だけでなく、「どのような由来・製造経路か」も見る必要がある。

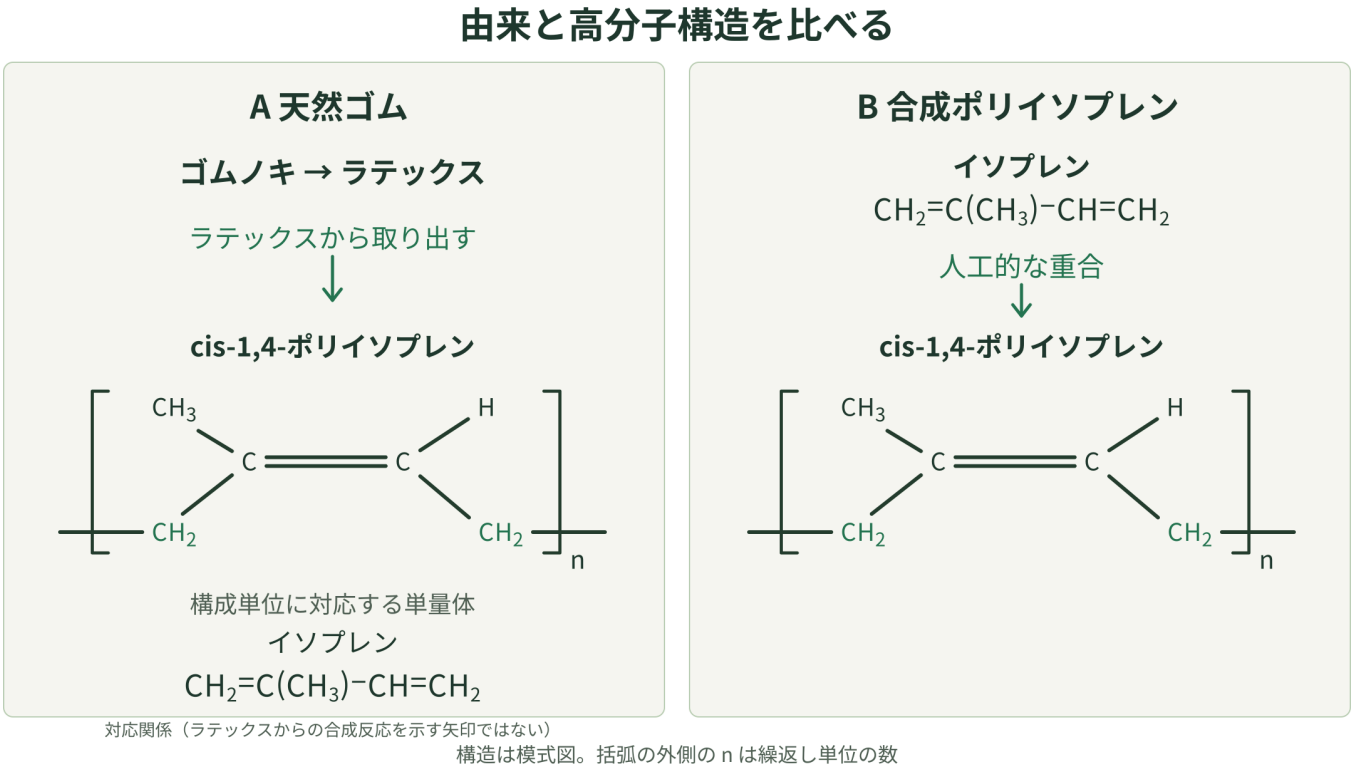


図 18　由来と共通する高分子構造

3

解答

（1）スチレン-ブタジエンゴム（SBR）

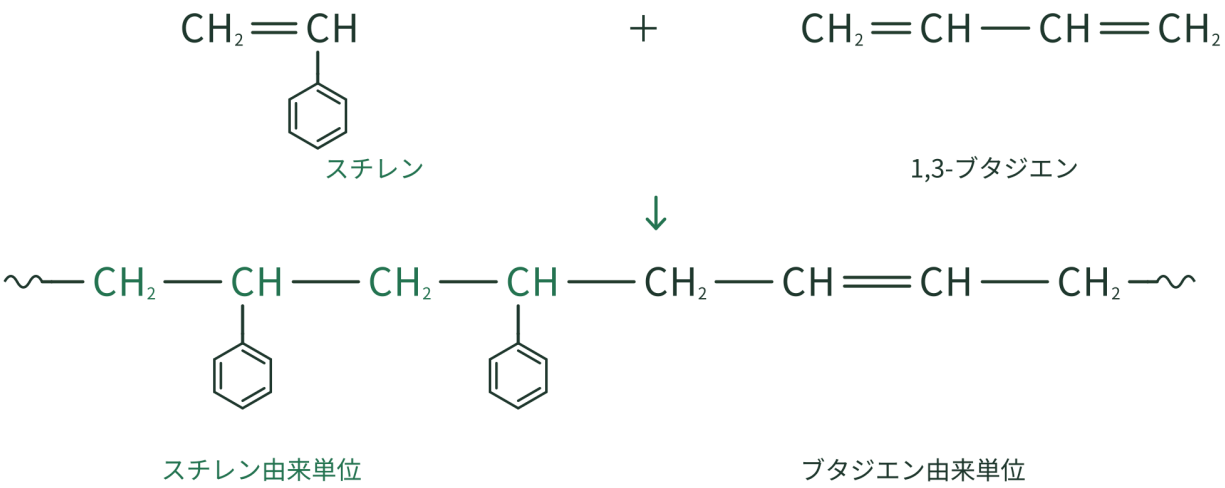
（2）ニトリルゴム（NBR）

解説

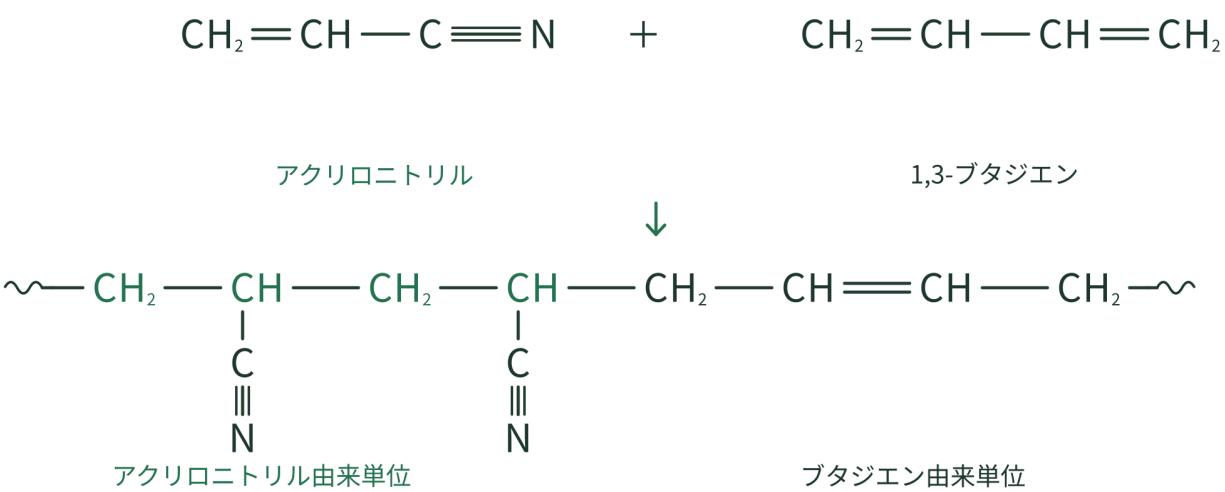
X はスチレンと 1,3-ブタジエンを組み合わせているので、スチレン-ブタジエンゴム（SBR）である。SBR の高分子鎖には、スチレン由来の構造とブタジエン由来の構造が組み込まれる。

Y はアクリロニトリルと 1,3-ブタジエンを組み合わせているので、ニトリルゴム（NBR）である。アクリロニトリル由来のニトリル基 $-C\equiv N$ が高分子中の構造上の目印になる。

X：スチレン–ブタジエンゴム（SBR）



Y：ニトリルゴム（NBR）



鎖の配列は模式例であり、交互配列を意味しない。

図 19　単量体と高分子鎖の対応

4

解答

(1) A

(2) A では、異なる単量体に由来する構造単位が 1 本の高分子鎖の中でつながっているからである。B では、ポリスチレンとポリブタジエンがそれぞれ別の高分子鎖として存在している。

解説

共重合体では、異なる単量体をもとにした構造単位が同じ高分子鎖に組み込まれる。これに対して、単なる混合では、それぞれの高分子鎖そのものは別々のままであり、同じ場所に存在することと同じ鎖になることは区別する必要がある。

なお、共重合体の鎖を模式的に描くとき、2 種類の構造単位を交互に並べると、実際の配列まで固定されているように見える。したがって、配列そのものを問わない図では、代表的な構造単位が同じ鎖に入っていることだけを示す。

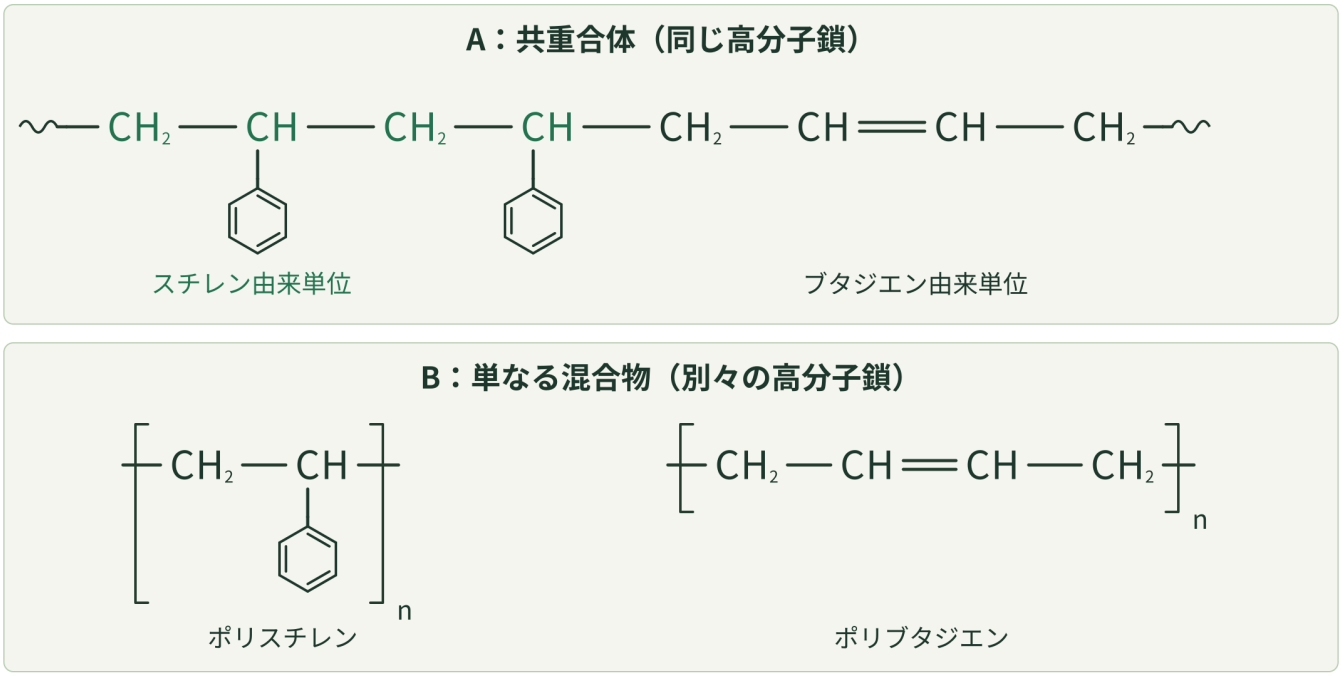


図 20　共重合体と別々の高分子鎖

5

解答

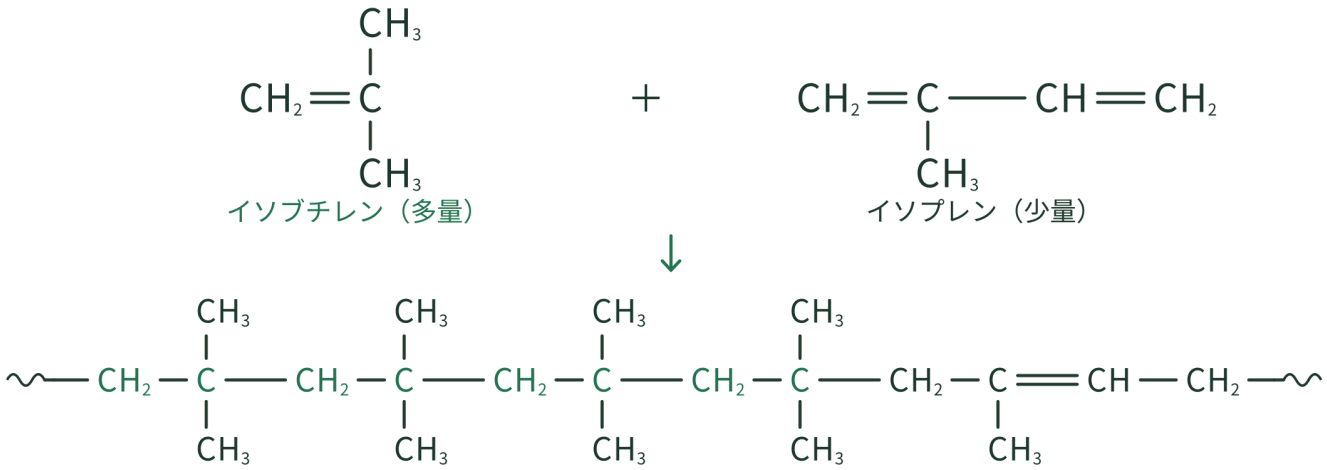
ブチルゴム（IIR）

解説

イソブチレンと少量のイソプレンを共重合してつくられる代表的な合成ゴムがブチルゴム（IIR）である。タイヤのインナーチューブなどでは、空気を通しにくい性質を利用して使われる。

この問題では、用途だけを手掛かりにするのではなく、「イソブチレン＋少量のイソプレン」という単量体の組合せを確認することが重要である。

ブチルゴム（IIR）



イソブチレン由来単位が多い同一鎖に、イソプレン由来単位を含む

部分構造の模式例。実際の組成比・配列を表すものではない。



図 21　タイヤ用インナーチューブのイメージ