

平成 30 年度前期日程入学試験学力検査問題

平成 30 年 2 月 25 日

理 科

物 理…… 4 ～19ページ, 化 学……20～41ページ

生 物……42～57ページ, 地 学……58～67ページ

志 望 学 部	試 験 科 目	試 験 時 間
理 学 部 農 学 部	物理, 化学, 生物, 地学のうちから 2 科目選択	13 : 30～16 : 00 (150 分)
医 学 部 歯 学 部	物理, 化学, 生物のうちから 2 科目選択	
薬 学 部 工 学 部	物理(指定), 化学(指定)	

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この問題冊子, 解答用紙を開いてはいけない。
2. この問題冊子は, 67 ページである。問題冊子の白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。ただし, 冊子の留め金を外したり, ページを切り離しては使用しないこと。なお, ページの脱落, 印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答は, 必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し, ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. 解答用紙の受験記号番号欄(1 枚につき 2 か所)には, 忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入すること。
5. 解答は, 必ず選択した科目の解答用紙の指定された箇所に記入すること。
6. 解答用紙を持ち帰ってはいけない。
7. 試験終了後, この問題冊子は持ち帰ること。

生 物

解答に字数の指定がある場合、字数には句読点、数字、アルファベット、および記号も1字として数えよ。

1 次の〔Ⅰ〕と〔Ⅱ〕の文章を読み、以下の問(1)～(7)に答えよ。

〔Ⅰ〕 グルコース(ブドウ糖)は、さまざまな生物においてきわめて重要なエネルギー源である。デンプンはグルコースが多数結合した炭水化物であり、ヒトの食物中に豊富に含まれている。ヒトがデンプンを摂取すると、デンプンはだ液およびすい液の中に分泌される消化酵素 によって、二糖類である へと分解される。 は、小腸の上皮細胞に膜タンパク質として存在する消化酵素 により、単糖であるグルコースへと分解される。 グルコースはグルコース輸送体によって小腸の上皮細胞内へと輸送される。 ^(b) 上皮細胞内のグルコースは、別のグルコース輸送体により組織液へと放出され、さらに拡散により毛細血管内に入り全身にいきわたる。

問(1) ～ に適切な語句を入れよ。

問(2) 下線部 (a) について、 が分泌タンパク質ではなく膜タンパク質である利点を、小腸上皮細胞の機能を考慮して 50 字以内で記せ。

問(3) 下線部 (b) について、細胞膜を介したグルコースの輸送には輸送体が必要である。その理由を 50 字以内で記せ。

〔Ⅱ〕 血糖値(血液中のグルコース濃度)は、インスリンによって調節されている。血糖値が上昇すると、すい臓の内分泌腺である エ のB細胞からインスリンが分泌される。B細胞内に取り込まれたグルコースは、まず解糖系によって代謝される。B細胞における解糖系の最初のステップでは、グルコキナーゼという酵素によって、グルコースからグルコース-6-リン酸
(c) が生成される。この過程は解糖系全体の反応速度に大きく影響を与える。グルコース-6-リン酸はさらに代謝され、解糖系の最終産物であるピルビン酸が生じる。ピルビン酸は オ 内に取り込まれて、クエン酸回路に入り、さらに電子伝達系でのATP産生に寄与する。B細胞には細胞内ATP濃度変^(d)
化によって開閉する K^+ チャネルが存在しており、このチャネルは膜電位に
大きな影響を与える。細胞内で十分量のATPが合成されると、細胞膜が脱分極し、電位依存性の Ca^{2+} チャネルが開いて、細胞内へと Ca^{2+} が流入する。細胞内 Ca^{2+} 濃度の上昇に伴い、分泌顆粒内にたくわえられているインスリンが カ という過程を経て分泌される。血糖値に応じたインスリンの分泌は、正常な血糖値の維持に必須であり、インスリン分泌が低下すると糖尿病を発症する。糖尿病患者にインスリン製剤を投与する場合には、インスリン製剤の皮下注射が行われている。
(e)

問(4) エ ~ カ に適切な語句を入れよ。

問(5) 下線部(c)について、以下の(i)~(iii)に答えよ。

- (i) ある濃度のグルコキナーゼを用いて、水素イオン指数(pH)7、37℃の条件下でグルコース濃度を変化させ、試験管内で反応速度を測定したところ、図1のようになった。この実験において、グルコース濃度が十分に高くなると、反応速度が上限に達するが、その理由を60字以内で記せ。

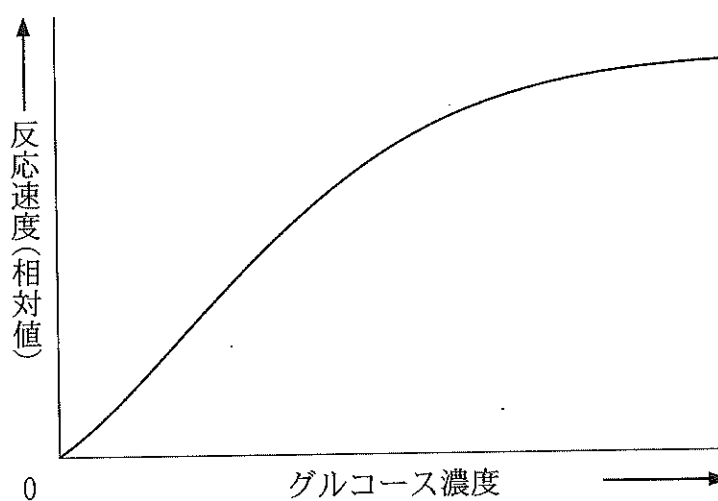
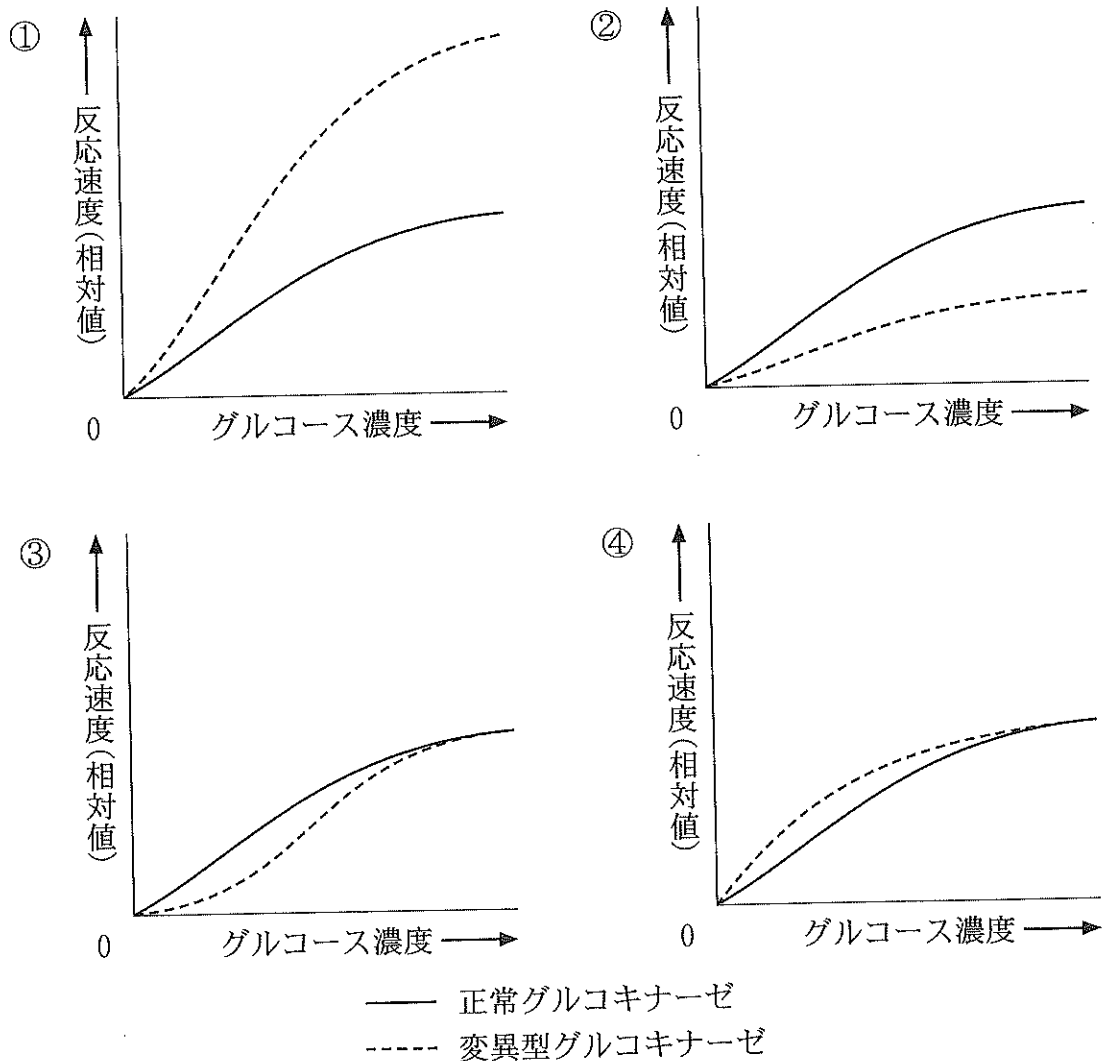


図1 グルコース濃度と反応速度

- (ii) グルコキナーゼの特徴として、反応生成物であるグルコース-6-リン酸による負のフィードバック調節を受けないことがあげられる。もしグルコキナーゼが負のフィードバック調節を受けると、血糖値の調節にどのような影響が出ると予想されるか、次の語群の用語をすべて用いて100字以内で記せ。

〔語群〕 グルコース-6-リン酸 ATP インスリン分泌

(iii) グルコキナーゼ遺伝子に変異をもつ A さんは、空腹時の血しょうインスリン値が低下し、血糖値が上昇していた。しかし、食後の血しょうインスリン値・血糖値は正常値とほぼ同様であった。正常グルコキナーゼと、A さんのグルコキナーゼと同じアミノ酸配列をもつ変異型グルコキナーゼを合成し、(i)と同様の実験をおこなった。変異型グルコキナーゼの反応速度はどのようになっていると予想されるか、下の①～④から最も適切なものを1つ選び、番号を記せ。実線は正常グルコキナーゼの反応速度、点線は変異型グルコキナーゼの反応速度を示す。



問(6) 下線部(d)の K^+ チャネルを用いた脱分極のしくみについて、最も適切な記述を下の①～④から1つ選び、番号を記せ。

- ① 細胞内ATP濃度が低いときは K^+ チャネルが閉じており、ATP濃度が上昇すると開いて細胞内から細胞外へと K^+ が移動し、脱分極が生じる。
- ② 細胞内ATP濃度が低いときは K^+ チャネルが閉じており、ATP濃度が上昇すると開いて細胞外から細胞内へと K^+ が移動し、脱分極が生じる。
- ③ 細胞内ATP濃度が低いときは K^+ チャネルが開いており、細胞内から細胞外へと K^+ が移動する。ATP濃度が上昇すると、チャネルが閉じて脱分極が生じる。
- ④ 細胞内ATP濃度が低いときは K^+ チャネルが開いており、細胞外から細胞内へと K^+ が移動する。ATP濃度が上昇すると、チャネルが閉じて脱分極が生じる。

問(7) 下線部(e)のように、インスリン製剤は皮下に注射することが多いが、これは飲み薬として使用しても効果がないからである。インスリン製剤を飲み薬として使用すると効果が認められない理由を、50字以内で記せ。

——このページは白紙——

2 次の文章を読み、以下の問(1)~(4)に答えよ。

動物は、外部からの刺激をさまざまな器官で受容し、環境に応じた行動をとるように進化してきた。受容器には、それぞれ適刺激がある。たとえば、ヒトの耳は、外耳、中耳、内耳^(a)で構成されており、内耳のうずまき管は音波を検出するのに適した構造をもつ受容器である。音波による鼓膜の振動は、聴細胞^(b)の受容電位へと変換される。

コウモリには、エサなどの移動物体や環境に存在する構造物を、聴覚を利用して検出する種^{しゅ}が存在する。そのような種は、みずから発した超音波(ヒトの可聴周波数を超える音波)の反響音を分析することにより、標的となる物体の位置を定める。この検出方法を反響定位^(c)とよぶ。飛翔^{ひしょう}する昆虫を捕食する際にも反響定位が用いられる。

反響定位を行うコウモリを天敵とする昆虫のなかで、超音波を検知し回避行動をとるように適応した種は、進化上有利であると考えられている。これらの昆虫^(d)の鼓膜器官は超音波に対して高い感度をもつが、その構造は多くの場合に単純である。超音波を受容した昆虫は、飛翔方向の変更や急旋回、自然落下などのさまざまな回避行動をとることで、捕食を逃れる。

問(1) 下線部(a)について、次の表1に、ヒトの受容器と適刺激の種類を示した。ア ~ エ に適切な語句を入れよ。

表1

受容器		適刺激	感 覚
耳	うずまき管	音波(可聴音)	聴 覚
眼	ア	光(可視光)	視 覚
舌	イ	液体中の化学物質	味 覚
鼻	ウ	気体中の化学物質	嗅 覚
筋 肉	エ	伸 張	深部感覚

問(2) 下線部(b)について、以下の(i)~(iv)に答えよ。

- (i) 聴細胞は複数の感覚毛をもち、うずまき管内のリンパ液に伝えられた微弱な機械刺激を、感覚毛の変形により受容する。聴細胞の感覚毛と直接接している部位を何とよぶか、その名称を記せ。
- (ii) 感覚毛をもった感覚細胞は、うずまき管だけでなく、半規管(A)と前庭(B)にも存在する。(A)と(B)が受容する適刺激はそれぞれ何か、その名称を記せ。
- (iii) 半規管の感覚細胞の感覚毛が接している構造の名称を記せ。
- (iv) 聴細胞で生じた受容電位は、シナプスを介して聴神経を興奮させ、活動電位を発生させる。これとは異なり、受容細胞と求心性の感覚神経が同一である感覚を以下の①~④から2つ選び、番号を記せ。

① 嗅 覚 ② 味 覚 ③ 視 覚 ④ 痛 覚

問(3) 下線部(c)について、以下の(i)~(iii)に答えよ。

- (i) コウモリには、反響定位を行わない種も存在する(図1)。これと比較し、反響定位を行うコウモリの^{じかく}耳殻と眼はどのような特徴をもつか、30字以内で記せ。

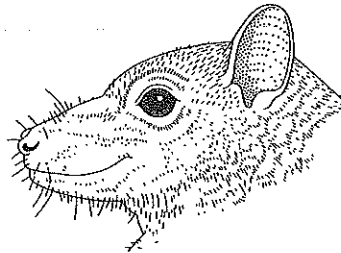


図1 反響定位を行わないコウモリの頭部

- (ii) コウモリと同様に、クジラの仲間にも、水中で超音波を使った反響定位を行う種が存在する。これは^{しゅう}収れん(収束)進化だと考えられているが、反響定位が両者に共通のどのような環境に適応するものであると考えられるか、35字以内で記せ。
- (iii) コウモリは捕食の際に特定の周波数のパターンをもつ鳴き声を発し、その反響音との時間差(C)および周波数の差(D)を検出している。(C)と(D)からコウモリは何の情報を得ているか、それぞれ10字以内で記せ。

問(4) 下線部(d)について、以下の(i)と(ii)に答えよ。

- (i) 多くの昆虫の鼓膜器官は、鼓膜に付着している気管囊^{のう}という空気の袋で鼓膜の振動を増幅する。この機能と同様に、陸生脊椎動物の耳において鼓膜の振動の増幅に関わるものとして、最も適切なものを、以下の①~④から1つ選び、番号を記せ。

① コルチ器 ② 耳管 ③ 耳小骨 ④ 卵円窓

- (ii) 超音波を受容するガ類の聴覚器は、周波数の差を識別することはできないと考えられている。一方で、ヒトは20 Hz~20,000 Hzの範囲の音を検出することができる。ヒトが低音と高音を聞き分けるしくみを60字以内で記せ。

——このページは白紙——

3 次の文章を読み、以下の問(1)~(4)に答えよ。

植物は、葉で日の長さを感知して花成ホルモンを合成する。合成された花成ホルモンは茎を通過して茎頂分裂組織に運ばれ、そこで受容体に受容されて花芽形成が起きる。形成された花芽では、4つの同心円領域に4種類の花器官が分化し、^(a)花に成長する。このようにして、植物は適切な季節に花を咲かせる。

問(1) 長日植物と短日植物における、日の長さと花芽形成の関係は図1のように表される。

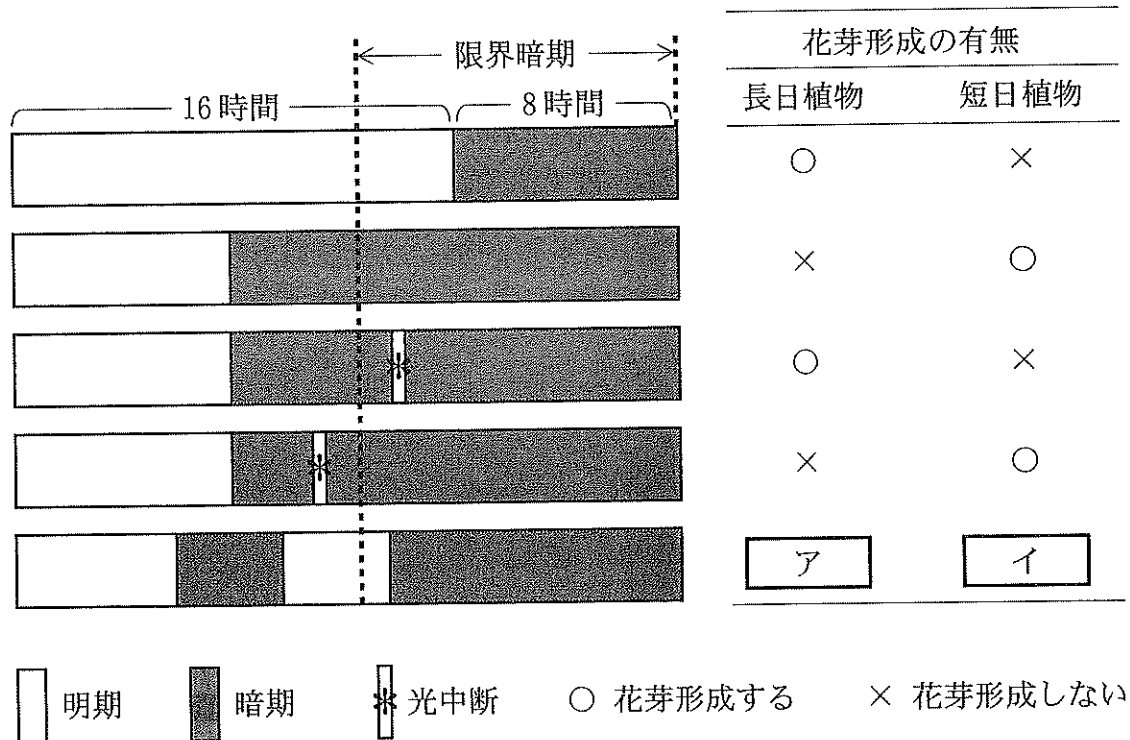


図1 日長条件による植物の花芽形成

(i) 長日植物(A)と短日植物(B)において花芽形成が引き起こされる日長条件を、それぞれ20字以内で記せ。

(ii) アとイにあてはまる花芽形成の表現型を、○または×で記せ。

問(2) ある長日植物の F 遺伝子が花成ホルモンを合成し、 R 遺伝子は花成ホルモン受容体を合成する。 F は f に対して優性、 R は r に対して優性であり、 f ホモ接合体および r ホモ接合体では、それぞれ、花成ホルモンおよび花成ホルモン受容体が合成されず、花芽が形成されない。なお、 F と R は異なる染色体上に存在する。この長日植物を用いて、図 2 に示すような接ぎ木を行い、接ぎ穂の花芽形成を調べたところ、表 1 に示した結果が得られた。

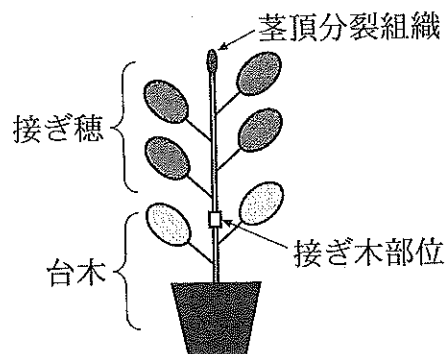


図 2 接ぎ木の模式図

表 1 ある長日植物の、台木および接ぎ穂の遺伝子型と、接ぎ穂における花芽形成

接ぎ木	接ぎ穂の遺伝子型 台木の遺伝子型	$ffrr$ $ffrr$	$FfRr$ $FfRr$	$ffRR$ $FfRR$	$ffRR$ $FFrr$	$ffrr$ $FFRR$	$FFrr$ $ffRR$
接ぎ穂の花芽形成(長日条件)		×	○	○	ウ	エ	オ

○ 花芽形成する × 花芽形成しない

- (i) ウ ~ オ にあてはまる花芽形成の表現型を、○または×で記せ。なお、接ぎ木による花成への影響は考慮しなくてよい。
- (ii) ある長日植物の野生型($FFRR$)の台木に $ffRR$ ホモ接合体を接ぎ穂として接ぎ木し、接ぎ穂に形成された花と $FFRr$ ヘテロ接合体の花を交配した。得られた F_1 から 100 個体を無作為に選び長日条件下で育てた場合に、花芽をつける個体数を記せ。なお、 ff および rr ホモ接合体では種子形成や発芽は正常に起きることとする。
- (iii) (ii) で花芽をつけた F_1 個体をすべて自殖(自家受粉)し、それぞれの F_1 個体について F_2 種子を 100 粒ずつ無作為に選んだ。選抜したすべての種子を長日条件下で育てた場合に、花芽が形成される個体と形成されない個体の分離比を求めよ。

問(3) 秋まきコムギに見られるように、ある種の植物では、日長条件に加えて一定期間、低温にさらされることによって花芽形成が促進される。

(i) この現象は何とよばれるか、その名称を記せ。

(ii) 植物の成長における、この現象の利点を 40 字以内で記せ。

(iii) 一定期間、低温にさらされることが花芽形成に必要である植物を用いて、花成ホルモンが常に合成される遺伝子組換え体を作出した。この遺伝子組換え体を台木として、遺伝子組換え体ではない野生型を接ぎ穂とする接ぎ木を行ったところ、低温にさらされなくても接ぎ穂に花芽が形成された。この植物の野生型における低温要求性に関してこの結果からわかることとして、最も適切なものを①～⑤から 1 つ選び、番号を記せ。

① 低温にさらされる前は、日長を感受できない。

② 低温にさらされる前は、花成ホルモンを合成できない。

③ 低温にさらされる前は、花成ホルモンが分解される。

④ 低温にさらされる前は、花成ホルモンを輸送できない。

⑤ 低温にさらされる前は、花成ホルモンを受容できない。

問(4) 下線部(a)について、野生型とは異なる器官が分化する一連の突然変異体の解析から花の器官形成を説明する ABC モデル(図 3)が、提唱された。このモデルにおいて、クラス A とクラス C の遺伝子は、お互いに発現を抑制する。

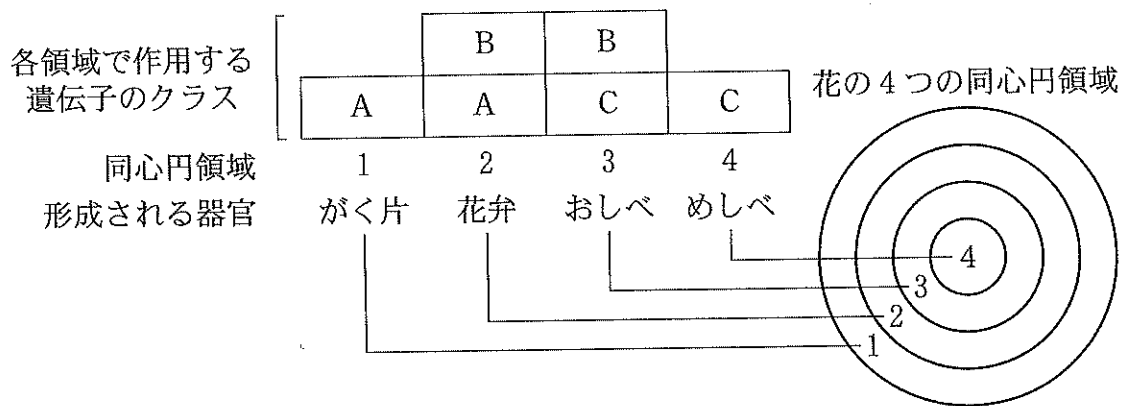


図 3 花の器官形成を説明する ABC モデル

- (i) ある器官が形成されるべき部位に、別の器官が形成される突然変異体は何とよばれるか、その名称を記せ。
- (ii) クラス A, B, C のすべての遺伝子の機能が失われた植物において、花の 4 つの同心円領域に形成される器官を、外側から順に記せ。
- (iii) クラス A 遺伝子の機能が失われた植物において、花の 4 つの同心円領域に形成される器官を、外側から順に記せ。
- (iv) すべての同心円領域で機能するように操作したクラス B 遺伝子を、クラス C 遺伝子の機能が失われた植物体に遺伝子組換えにより導入した。この植物において、花の 4 つの同心円領域に形成される器官を、外側から順に記せ。
- (v) (iv) の花において、花器官の種類の変更に加えて起きる変化を 15 字以内で記せ。