

問題・解答  
用紙番号

4

の解答用紙に解答しなさい。

## 生 物

〈受験学部・学科〉

理工学部(生命科学科【化学プラス型】), 薬学部【化学プラス型】, 農学部【理系型】

問題は100点満点で作成しています。

I 生命の誕生と進化に関する次の文を読み、問1～5に答えよ。(20点)

生命が誕生する前の原始地球には、無機物しか存在しておらず、a)生命が誕生するには、その材料となる有機物が生成される必要があった。無機物から単純な有機物を経て複雑な有機物が生成されていった過程は、アとよばれ、この過程で生じた有機物が、外界と膜で隔離され、代謝や自己複製するしくみができたことによって、生命が誕生したとされている。初期の生命では、現在とは異なりイが遺伝情報を保存し、複製する能力をもつと同時に、特定の化学反応を促進する触媒としても機能していたという説が提唱されている。

生物は生命活動を維持するために、エネルギー源となる化学物質を必要とする。原始的な生物は、環境中から取り入れた有機物を、酸素を用いずに分解してエネルギーを得るウ生物と、無機物から有機物を合成するエ生物であったと考えられる。その後、光エネルギーを利用する生物が出現した。なかでもオは、水を分解して大量にカを発生させ、地球の環境を大きく変えた。

これらの生物は核をもたない原核生物であり、核をもつ真核生物は原核生物からb)進化したと考えられている。真核生物はさまざまな細胞小器官をもつが、その起源については、ミトコンドリアは細胞内に取り込まれたキ、葉緑体は細胞内に取り込まれたオであるとするc)細胞内共生説が提唱されている。

生物が世代を経るにしたがって生じる、DNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列の変化をd)分子進化という。二つの種間における同一遺伝子の塩基配列を比較すると、塩基置換の数は、種が共通の祖先から分岐してから現在に至るまでの年数にほぼ比例する。このことから、同一遺伝子の塩基置換の数を種間で比較することにより、種が分かれた時期を推定することができる。

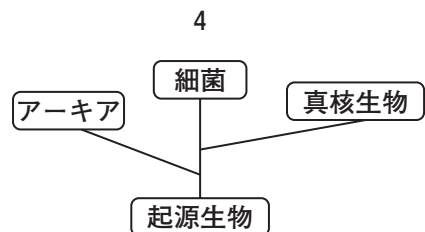
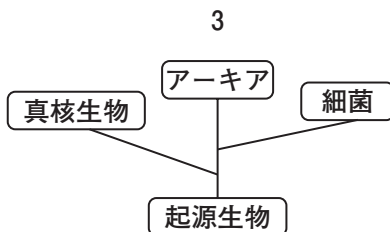
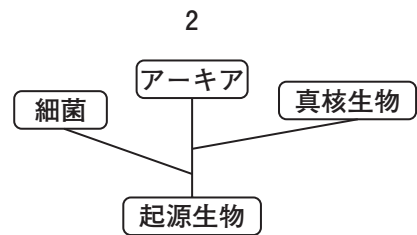
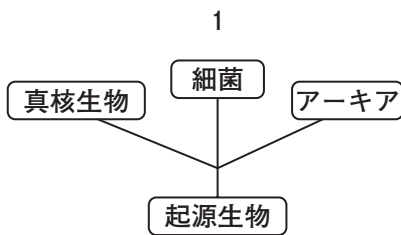
問1 文中の [ア] ~ [キ] に入る最も適当な語句を次の1~20からそれぞれ一つ選んでマークせよ。

- |             |              |             |
|-------------|--------------|-------------|
| 1. 化学進化     | 2. 物理進化      | 3. DNA ワールド |
| 4. RNA ワールド | 5. DNA       | 6. RNA      |
| 7. タンパク質    | 8. 従属栄養      | 9. 独立栄養     |
| 10. 一酸化炭素   | 11. メタン      | 12. 酸素      |
| 13. 二酸化炭素   | 14. アーキア     | 15. 好気性細菌   |
| 16. 嫌気性細菌   | 17. シアノバクテリア | 18. 原生生物    |
| 19. 緑藻類     | 20. コケ植物     |             |

問2 下線部 a) について、1953年にミラーは原始地球の大気を想定した混合気体として、水、水素、および二つの物質をガラス容器に封入し放電することで、アミノ酸などの有機物を生成することに成功した。二つの物質として適当なものを次の1~7から二つ選んでマークせよ。

- |         |          |          |          |
|---------|----------|----------|----------|
| 1. グリシン | 2. グルコース | 3. アンモニア | 4. 一酸化炭素 |
| 5. メタン  | 6. 硫化水素  | 7. 窒素    |          |

問3 下線部 b) について、ウーズは、rRNA の塩基配列をもとに全生物を細菌、アーキア（古細菌）、真核生物の三つのドメインに分ける説を提唱した。三つのドメインの系統樹として最も適当なものを次の1~4から一つ選んでマークせよ。



問4 下線部c)の説の根拠となるものであり、ミトコンドリアと葉緑体に共通する特徴として適当なものを次の1～5から一つ選んでマークせよ。

1. 二重膜の構造を欠く。
2. リン脂質からなる細胞壁をもつ。
3. リソソームと融合して不要物を分解する。
4. 独自のDNAをもつ。
5. DNAが核膜で隔てられている。

問5 下線部d)について、生物種A, B, Cに共通する遺伝子Xの領域Rの塩基配列を調べ、分子系統樹を作成した(図1)。共通の祖先から9千万年前に分かれた生物種Aと3千万年前に分かれた生物種Cでは、100塩基あたり6個の塩基が異なっていた。この遺伝子について(1)～(4)に答えよ。

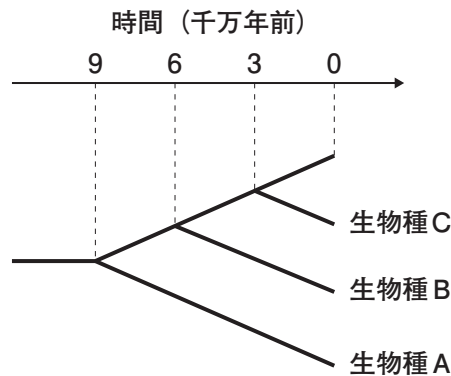


図1 遺伝子Xの領域Rの分子系統樹

(1) 生物種Aの領域Rでは9千万年間で100塩基あたり何個の塩基が変化すると推定できるか。最も近いものを次の1～6から一つ選んでマークせよ

- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 1. 1個 | 2. 2個 | 3. 3個 |
| 4. 4個 | 5. 6個 | 6. 8個 |

(2) 6千万年前に分かれた生物種Bと3千万年前に分かれた生物種Cでは、領域Rにおいて100塩基あたり何個の塩基が異なると推定できるか。最も近いものを次の1～6から一つ選んでマークせよ。

- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 1. 1個 | 2. 2個 | 3. 3個 |
| 4. 4個 | 5. 6個 | 6. 8個 |

(3) 生物種 A と別の生物種 D を比較したところ、領域 R において100塩基あたり 8 個の塩基が異なっていた。生物種 D は共通の祖先から分かれたのは何年前と推定できるか。最も近いものを次の 1～5 から一つ選んでマークせよ。

1.  $1.2 \times 10^7$  年前                      2.  $6 \times 10^7$  年前                      3.  $1.2 \times 10^8$  年前  
4.  $6 \times 10^8$  年前                      5.  $1.2 \times 10^9$  年前

(4) 遺伝子 X から翻訳されたタンパク質のアミノ酸配列を比較すると、多くの動物で非常によく似た配列が存在することがわかった。この理由として最も適当なものを次の 1～4 から一つ選んでマークせよ。

1. アミノ酸配列を指定しているヌクレオチド間の結合が強固で変異を受けにくいいため。
2. アミノ酸配列のペプチド結合が強固で置換を受けにくいいため。
3. アミノ酸配列がタンパク質の機能に重要で、それが置換されると生存に不利になるため。
4. アミノ酸配列を指定しているヌクレオチド鎖は、ヒストンとの結合部位であり、変異を受けにくいいため。

Ⅱ 生物を構成する物質に関する次の文（AとB）を読み、問1～7に答えよ。（20点）

A 生物を構成する物質には、タンパク質・核酸・脂質・炭水化物・無機塩類・水などがある。質量で比較すると、最も多く含まれる物質は、動物細胞と植物細胞の両方で **ア** である。次に多く含まれる物質は、動物細胞では **イ** であるのに対し、植物細胞では **ウ** である。この違いが生じるのは、植物細胞の細胞壁を構成する **エ** の存在が主な原因である。

問1 文中の **ア** ～ **エ** に入る最も適当な語句を次の1～9からそれぞれ一つ選んでマークせよ。

- |          |           |         |
|----------|-----------|---------|
| 1. タンパク質 | 2. 核酸     | 3. 脂質   |
| 4. 炭水化物  | 5. 無機塩類   | 6. 水    |
| 7. セルロース | 8. グリコーゲン | 9. デンプン |

問2 物質を構成する元素について、タンパク質の構成元素であるが、核酸の構成元素ではないものはどれか。次の1～6から一つ選んでマークせよ。

- |      |      |      |
|------|------|------|
| 1. C | 2. H | 3. O |
| 4. N | 5. S | 6. P |

問3 タンパク質を構成するアミノ酸の種類は決まっている。仮にタンパク質を構成するアミノ酸が100個並ぶとすると、その組み合わせは理論上何通り考えられるか。最も適当な数値を次の1～8から一つ選んでマークせよ。

- |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|
| 1. $100^{10}$ | 2. $100^{20}$ | 3. $200^{10}$ |
| 4. $200^{20}$ | 5. $10^{100}$ | 6. $20^{100}$ |
| 7. $10^{200}$ | 8. $20^{200}$ |               |

B 生体内や細胞内では a) 生体触媒として働く酵素, b) チャネルやポンプなどの輸送タンパク質, c) 生体情報を受け取る受容体など, さまざまなタンパク質が働くことで生命活動を支えている。また, d) 細胞の形の維持や細胞分裂, 細胞小器官の保持などにもタンパク質が関わっている。

問4 下線部 a) について, 図1の実線は, ある酵素反応における基質濃度と反応速度の関係を示したものである。(1)と(2)に答えよ。

(1) 他の条件を変えずに, 酵素濃度を高くするとどのようなグラフになるか。最も適当なものを図1の破線1~5から一つ選んでマークせよ。

(2) 他の条件を変えずに, 反応液に基質の競合的阻害物質を一定量加えるとどのようなグラフになるか。最も適当なものを図1の破線1~5から一つ選んでマークせよ。

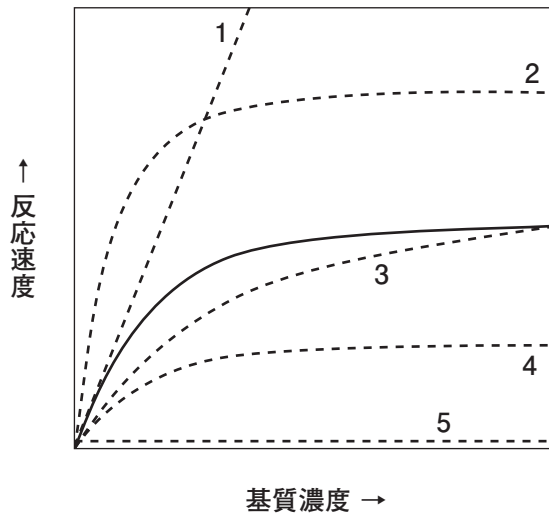


図1 基質濃度と反応速度の関係

問5 下線部 b) に関する記述として, 最も適当なものを次の1~5から一つ選んでマークせよ。

1. チャネルは, 濃度勾配に逆らって能動輸送をする。
2. 生体膜には水分子を通過させるアクアポリンというポンプが存在している。
3. ナトリウムポンプは, ATPのエネルギーを用いて,  $\text{Na}^+$ を細胞内に取り込んでいる。
4. ニューロンの膜電位における静止電位の維持には, ポンプとチャネルの両方が関わっている。
5. ポンプやチャネルは, 細胞小器官の生体膜には存在しない。

問6 下線部c)について、ステロイドホルモンが細胞内の受容体に結合したあとに起こる現象として最も適当なものを次の1～5から一つ選んでマークせよ。

1. Gタンパク質に結合しているGDPがGTPに置き換わる。
2. ATPからcAMPという情報伝達物質が作られる。
3. 受容体が特定の遺伝子の転写調節領域に結合し、その遺伝子の発現を調節する。
4. 受容体の構造が変化し、特定のイオンが濃度勾配に従って通過する。
5. 活性化した部分がリン酸化を促進する酵素として働く。

問7 下線部d)に関する記述として、適当なものを次の1～5から二つ選んでマークせよ。

1. 微小管が最も太く、アクチンフィラメントが最も細い。
2. 中間径フィラメントは、チューブリンという球状タンパク質が多数重合したものである。
3. 微小管は、アメーバ運動に働く。
4. 中間径フィラメントは、細胞の形や核の形および位置を保つのに働く。
5. アクチンフィラメントは、動物細胞では中心体を起点とし、細胞の周辺に向かって放射状に伸びる。



問2 下線部 a) に関する記述として、適当なものを次の1～5から二つ選んでマークせよ。

1. DNA の複製は、細胞周期の S 期に起こる。
2. リン酸を三つもつヌクレオチド（デオキシリボヌクレオシド三リン酸）は、二つのリン酸が外されてから、DNA のヌクレオチド鎖の伸長に使われる。
3. 真核細胞の DNA には、複製起点とよばれる DNA 領域が1か所あり、複製起点から DNA の複製が開始する。
4. DNA は保存的複製により複製される。
5. DNA 複製は、アデニンとウラシル、グアニンとシトシンといった塩基の相補性を利用して正確に行われる。

問3 下線部 b) に関連して、ポリメラーゼ連鎖反応（PCR）法において、鋳型の二本鎖 DNA を一本鎖にほぐく方法として最も適当なものを次の1～5から一つ選んでマークせよ。

1. 反応液を約 4℃で遠心分離する。
2. 反応液の温度を約55℃に保つ。
3. 反応液の温度を約72℃に加熱する。
4. 反応液の温度を約95℃に加熱する。
5. 反応液を急速冷凍する。

問4 下線部 c) に関する記述として、誤っているものを次の1～6から二つ選んでマークせよ。

1. 真核生物も原核生物も核内で転写が行われる。
2. 原核生物では、転写によって合成された mRNA はそのまま翻訳に利用される。
3. 真核生物では、転写とスプライシングは核内で行われる。
4. 原核生物では、mRNA の転写が終了する前にリボソームが付着して翻訳が行われる。
5. 真核生物では、選択的スプライシングによって一つの遺伝子から複数の異なるタンパク質がつくられることがある。
6. 原核生物では、機能的に関連のある遺伝子が隣り合って存在し、同時に転写されることがあり、この遺伝子のまとまりをオペレーターという。

問5 下線部d)について、下の一本鎖DNAを鋳型とした転写によって合成されるRNAの塩基配列として最も適当なものを次の1～8から一つ選んでマークせよ。なお、……はDNAあるいはRNAの塩基配列の表記を省略したものである。

5' -ATGCCC.....TGATAG-3'

- |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. 5' -ATGCCC.....TGATAG-3' | 2. 5' -AUGCCC.....UGAUAG-3' |
| 3. 5' -TACGGG.....ACTATC-3' | 4. 5' -UACGGG.....ACUAUC-3' |
| 5. 5' -CTATCA.....GGGCAT-3' | 6. 5' -CUAUCA.....GGGCAU-3' |
| 7. 5' -GATAGT.....CCCGTA-3' | 8. 5' -GAUAGU.....CCCGUA-3' |

Ⅳ 発生に関する次の文を読み、問1～4に答えよ。(20点)

カエルの未受精卵は、色素が多い [ア] 極と色素が少ない [イ] 極に区分できる。受精の際に、精子は [ア] 半球から卵に進入して、精子の [ウ] と卵の [ウ] が融合する。受精卵が一回目の卵割をするまでに、卵の表層全体が内部の細胞質に対して約 [エ] 度回転する。これによって、精子進入点の反対側の卵表層に、周囲と色が異なる灰色三日月環ができる。灰色三日月環の側が将来の個体の [オ] 側となり、精子進入点の側は [カ] 側となる。

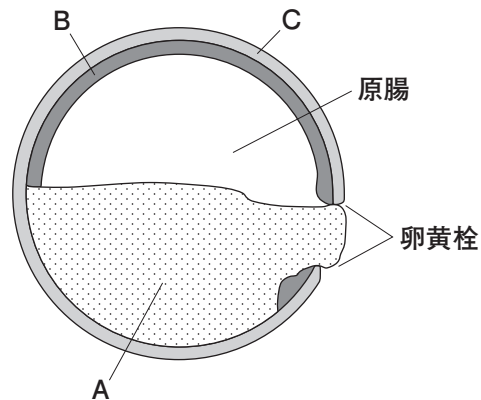
一回目の卵割は [ア] 極と [イ] 極、さらには精子進入点の近くを通る面で起こり、その結果として反対側の灰色三日月環は二分される。二回目の卵割は、第一卵割面と直交する面で起こるが、三回目の卵割は [ア] 極側に偏った水平な面で起こる。その後、卵割が進むと桑実胚になり、さらに胚の内部の卵割腔が大きくなった [キ] とよばれる胚を経て、<sub>a)</sub>原腸胚になり、[ク]、[ケ]へと発生していく。[ケ]の段階でふ化し、幼生(おたまじゃくし)となり、やがて変態して成体となる。

発生の過程で細胞の数が増えてくると、物質が仲介する細胞間での相互作用により、未分化の細胞の分化を促して、それぞれの組織・器官が形成されるようになる。このように、<sub>b)</sub>特定の胚の部分 が近くの細胞集団に働きかけて特定の器官に分化させることを誘導という。また、このような働きをもつ胚の領域を <sub>c)</sub>形成体という。

問1 文中の [ア] ～ [ケ] に入る最も適当なものを次の1～20からそれぞれ一つ選んでマークせよ。

- |           |            |         |        |
|-----------|------------|---------|--------|
| 1. ゴルジ体   | 2. ミトコンドリア | 3. 尾    | 4. 10  |
| 5. 頭      | 6. 植物      | 7. 小胞体  | 8. 30  |
| 9. 胞胚     | 10. 核      | 11. 中心体 | 12. 50 |
| 13. 尾芽胚   | 14. 背      | 15. 動物  | 16. 60 |
| 17. リソソーム | 18. 神経胚    | 19. 腹   | 20. 90 |

問2 下線部 a) について、**図1**はカエルの発生における原腸胚の後期の正中断面を模式的に描いたものである。この図に関して、(1)～(3)に答えよ。



**図1** 原腸胚後期の正中断面の模式図

(1) **図1**において、内胚葉に相当するのはA～Cのうちどれか。最も適当なものを次の1～3から一つ選んでマークせよ。

1. A                      2. B                      3. C

(2) **図1**のAの胚葉からは分化しない器官として最も適当なものを次の1～4から一つ選んでマークせよ。

1. 肺                      2. すい臓                      3. 肝臓                      4. 心臓

(3) **図1**のBの胚葉から最初に分化し、のちに退化・消失する器官として最も適当なものを次の1～4から一つ選んでマークせよ。

1. 表皮                      2. 脊髄                      3. 脊索                      4. 脳

問3 下線部b)について、カエルの キ を用いた実験に関する以下の説明文を読み、実験の結果から推察できることとして、最も適当なものを次の1～3から一つ選んでマークせよ。

説明文

アニマルキャップとよばれる予定外胚葉域と、植物極側の予定内胚葉域を別々に培養した結果、それぞれの部位は外胚葉性の組織と内胚葉性の組織に分化した。しかし、植物極側の予定内胚葉域とアニマルキャップを接触させて培養したところ、アニマルキャップから、単独培養では生じなかった中胚葉性の組織が形成された。

1. アニマルキャップは内胚葉への誘導作用をもつ。
2. アニマルキャップは単独で中胚葉へと分化できる。
3. 植物極側の予定内胚葉域は中胚葉への誘導作用をもつ。

問4 下線部c)について、(1)と(2)に答えよ。

(1) 形成体を発見した人物名として最も適当なものを次の1～7から一つ選んでマークせよ。

- |           |         |          |          |
|-----------|---------|----------|----------|
| 1. グリフィス  | 2. メンデル | 3. ワトソン  | 4. メセルソン |
| 5. シュペーマン | 6. ハーシー | 7. フォークト |          |

(2) 外胚葉から分化し、眼の形成過程において形成体の働きをする部位として最も適当なものを次の1～4から一つ選んでマークせよ。

- |       |       |        |        |
|-------|-------|--------|--------|
| 1. 表皮 | 2. 角膜 | 3. 水晶体 | 4. 神経管 |
|-------|-------|--------|--------|

V 被子植物の受精と発生および花芽形成のしくみに関する次の文を読み、問1～5に答えよ。  
(20点)

被子植物の花では、おしべの<sup>やく</sup>葯の中で花粉がつくられ、めしべの胚珠内で胚のうが形成される。胚のう内の卵細胞は、花粉管内に生じた精細胞と受精して、新しい個体を生じる。葯の中では、花粉母細胞が減数分裂を行って<sup>a)</sup>花粉四分子となり、それぞれの細胞が細胞分裂を経て、と花粉管細胞をもつ花粉となる。一方、子房内の胚珠では、胚のう母細胞の減数分裂とその後の核分裂により、卵細胞、助細胞、とからなる胚のうが形成される。

花粉が柱頭に付着し、発芽すると、胚のうに向かって花粉管を伸ばす。は分裂して精細胞になり、花粉管が胚のうに達すると花粉管から精細胞が胚のうに放出される。<sup>b)</sup>精細胞と卵細胞が融合してできた受精卵は、細胞分裂によって, 幼芽、胚軸、幼根をそなえたになる。一方、精細胞と融合したは胚乳細胞となり、核分裂を繰り返した後、核の周囲に細胞膜が形成されて<sup>c)</sup>胚乳となる。胚乳は発芽するときの養分を含む。受精卵はとなり、珠皮は種皮となる。種子は、内部にと胚乳をもち、それらが種皮で囲まれている。

種子が発芽すると、分裂組織と分裂組織が活発に体細胞分裂を行う。根は分裂組織、茎と葉は分裂組織から形づくられる。また、展開すると花になる花芽も分裂組織から形成される。

シロイヌナズナでは、花を咲かせる時期になると、日長を感知して葉で合成されたFT遺伝子が発現し、産生されたFTタンパク質が茎のを通過して分裂組織に移動する。FTタンパク質は、分裂組織で別のタンパク質とともに複合体を形成し、この複合体が調節タンパク質として<sup>d)</sup>花芽の分化に関係する一群の遺伝子の発現を誘導する。

問1 文中の～に入る最も適切な語句を次の1～15からそれぞれ一つずつ選んでマークせよ。

- |          |          |          |
|----------|----------|----------|
| 1. 根端    | 2. 形成層   | 3. 雄原細胞  |
| 4. 胚柄    | 5. 茎頂    | 6. 子葉    |
| 7. 胚     | 8. 孔辺細胞  | 9. 胚球    |
| 10. 反足細胞 | 11. 道管   | 12. 精原細胞 |
| 13. 中央細胞 | 14. 精母細胞 | 15. 師管   |

問2 下線部 a) と c) について、花粉四分子と胚乳の核相として最も適当なものを次の1～4からそれぞれ一つずつ選んでマークせよ。

花粉四分子：  ケ

胚乳：  コ

1.  $n$

2.  $2n$

3.  $3n$

4.  $4n$

問3 下線部 b) について、卵細胞の核内の DNA 量を1としたとき、 $G_2$  期の胚のう母細胞の核内の DNA 量として最も適切な数値を次の1～5から一つ選んでマークせよ。

1. 1

2. 2

3. 3

4. 4

5. 5

問4 下線部 c) について、種子は、胚乳の発達の度合いで有胚乳種子と無胚乳種子に分けられる。有胚乳種子をもつ植物の組み合わせを次の1～6から一つ選んでマークせよ。

1	ダイズ・カキ
2	イネ・シロイヌナズナ
3	カキ・エンドウ
4	イネ・カキ
5	シロイヌナズナ・エンドウ
6	エンドウ・ダイズ

問5 下線部d)に関連して、以下の文の [サ] ~ [ソ] に入る最も適当な語句を次の1~10からそれぞれ一つずつ選んでマークせよ。

被子植物の花は、外側から順にがく片、花弁、おしべ、めしべがあり、上からみるとそれらは四つの同心円状の領域に配置される (図1)。シロイヌナズナでは花の構造に関する突然変異体が多く得られている。それらの遺伝子を解析した結果、花の形成にはAクラス、Bクラス、Cクラスの3種類の調節遺伝子が関わり、その組み合わせにより、各領域が花のどの部分になるかが決まる。これをABCモデルという。正常花ではAクラス遺伝子は領域1と2、Bクラス遺伝子は領域2と3、Cクラス遺伝子は領域3と4で発現している。つまり、Aクラス遺伝子とCクラス遺伝子が単独で発現する領域1と4では、それぞれがく片とめしべが形成され、Aクラス遺伝子とBクラス遺伝子、Bクラス遺伝子とCクラス遺伝子がともに発現する領域2と3では、それぞれ花弁とおしべが形成される。Aクラス遺伝子が欠損した突然変異体は [サ] と [シ]、Bクラス遺伝子が欠損した突然変異体は [サ] と [ス]、Cクラス遺伝子が欠損した突然変異体は [ス] と [セ] を形成する。また、全ての調節遺伝子が欠損した突然変異体では、領域1から4が [ソ] を形成することになる。

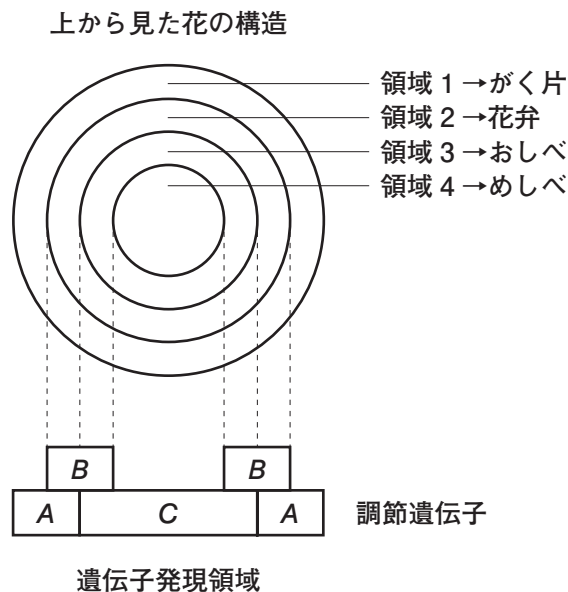


図1 シロイヌナズナの花の構造と調節遺伝子の関係

- |        |        |       |        |
|--------|--------|-------|--------|
| 1. おしべ | 2. 葉   | 3. 子房 | 4. めしべ |
| 5. がく片 | 6. 花弁  | 7. 胚珠 | 8. 花芽  |
| 9. 茎   | 10. 根毛 |       |        |