

## 1. 植物分類学

(出題の意図) 植物分類学に関する基礎的事項の理解を問う。

(解答例)

1

胞子体は柄をもたず足と角形の胞子のうから構成される。胞子のうは表面に気孔をもち、内部には軸柱をもつ。胞子のうの基部には持続的な分裂組織があり、先端側に向けて組織の分化と成長が進行し、胞子は成熟したものから胞子のう先端部より順次放出される。

2

命名法上のタイプは、正名か異名かを問わず、ある分類群の学名が永久に結びつけられている要素である。命名法上のタイプが必ずしもその分類群の最も典型的または代表的な要素である必要はない。

3

- 1) 造卵器：フラスコ形の雌性生殖器官。内部に1個の卵細胞をもつ。
- 2) 胞子のう：内部に胞子を形成する袋状の構造。
- 3) 仮根：毛状の構造。植物体を基物に固定させる役割を担う。
- 4) 維管束：管状の構造。水や栄養物を植物体全体に運ぶ役割を担う。

## 2. 植物生態学

(出題の意図) 生態学や古生態学に関する基礎的知識を問う。

(解答例)

1

(a) <解答のポイント>

・C<sub>4</sub>植物：カルビン・ベンソン回路のほか、二酸化炭素を濃縮するしくみを持つ。気孔を閉じ気味にしても二酸化炭素を葉緑体に供給できるため、水分損失を抑えつつ高い光合成速度を実現している。弱光下での光合成速度は一般にC<sub>3</sub>植物よりも低い。トウモロコシやススキがその代表例。

・CAM植物：1) 気温が低下し水分を失いにくい夜間に気孔を開き、そのとき吸収した二酸化炭素を有機酸に結合させて液胞内に蓄積する、2) 高温で乾燥した昼間に気孔を閉じて水分損失を抑え、有機酸から二酸化炭素を取り出し光合成を行うというしくみを持つ。光合成速度は一般にC<sub>3</sub>植物やC<sub>4</sub>植物よりも低い。サボテンやパイナップルがその代表例。

(b) 生態遷移とは、ある地域の生物群集の種組成が比較的短い時間スケールで自然に移り変わる現象である。地球が誕生してからの種分化や絶滅を含む地質学的遷移とは時間スケールが異なり区別される。温暖多雨な日本の場合、火山噴火やがけ崩れ、洪水などによって形成された裸地はやがて極相の森林へと移り変わる。裸地などでは乾燥に耐えられる植物しか生育することができないが、その生物のリター蓄積による環境形成作用によって土壌が徐々に発達して、水分環境が改善されることにより、これまで生育できなかった植

物が生育できるようになる。その一方で、新たな植物が定着することによりこれまで生育してきた種が被圧されて減少・消失する。一次遷移は、基質に種子や植物体を含まない状態から始まる。二次遷移は土壌中に種子・地下茎・切り株・土壌生物などを含む状態から始まる。

(c) <解答のポイント>

それぞれの広域テフラの噴出源、噴出年代および降下火山灰の分布範囲は次の通りである。

- ・阿蘇4テフラ：阿蘇カルデラ，約9万年前，日本列島全域
- ・始良Tnテフラ：始良カルデラ，約3万年前，九州～本州以南
- ・鬼界アカホヤテフラ：鬼界カルデラ，約7.3千年前，九州～本州の東北地方南部

それぞれの広域テフラの噴出年代を海洋酸素同位体ステージと対比すると、阿蘇4テフラはMIS5後期の減暖化を示す時期（最終氷期初期）に、始良TnテフラはMIS3末期の寒冷化がさらに進行する時期（最終氷期最盛期の直前）に、鬼界アカホヤテフラはMIS1の温暖化のピーク頃（現間氷期中頃）にそれぞれ噴出したことが分かる。

2

- 1) カスケード効果：ある栄養段階における相互作用が他の栄養段階に次々と影響を及ぼすこと
- 2) 島嶼生物地理学の平衡仮説：MacArthurとWilsonによって提唱された島の生物の移入と絶滅に関する仮説。島の面積と大陸からの距離によって島の生物の種数が決定されると考えた。
- 3) フィッシュントラック年代測定法： $^{238}\text{U}$ の自発核分裂により鉱物やガラス質物質の中に生じた核分裂飛跡を利用して年代を測定する方法。数億年～数万年前までの年代測定が可能。測定対象試料は火山ガラス、黒曜石、ジルコン、燐灰石、雲母、ザクロ石、普通角閃石などである。
- 4) ギャップ動態：ギャップの形成によっておこるギャップ下での樹木の成長とその後の林冠の修復、およびこの過程で生じる樹種の交代
- 5) 中規模攪乱仮説：生物群種の種多様性と攪乱との関係についての仮説。生物群集において攪乱頻度・強度が低いと競争的な種による競争排除が起こり種多様性は低下する。一方、攪乱頻度・強度が高いと先駆的な種のみが生存できるため同様に種多様性は低下する。中程度の頻度・強度の攪乱では、先駆種も競争的な種も共存できるため種多様性が高くなる。
- 6) 最終氷期最盛期：最終氷期中で最も氷床が分布拡大した寒冷な時期（年代的には約2万年前頃）
- 7) 生活形：生物の生活様式を反映した外部形態に基づく類型化のこと。落葉・常緑、広葉・針葉、高木・低木・つるなどを指す。
- 8) メタ群集：生息地間の個体の移動分散によって相互作用している局所群集の集まり
- 9) 最小存続可能個体数：個体群が長期間存続するために必要な最低限の個体数
- 10) 泥炭：沼沢地、湖など湿潤地に生育していた植物が嫌氣的環境下で堆積し、ある程度

生化学的に分解を受けたもの。主成分はフミン質のゲルで、アルカリで分解される部分が多い。南北緯 45° 以上の地域に多く分布する。

11) 一次生産：独立栄養生物が無機物から有機物を生産すること

12) ソース個体群：他の個体群に個体を供給できる個体群

13) 種多様性：ある生物群集に含まれる種の組み合わせの豊富さの程度。種の豊かさだけでなく、構成種間の出現頻度の均等度も加味した概念である。

14) 比葉面積：葉面積を葉乾燥重量で割った値で、葉の寿命と相関がある。

15) スポロポレニン：花粉の外壁などの主成分で、カロチノイド・カロチノイドエステルの酸化重合体。化学的に安定しているため、これを含む花粉は化石として古い地層に残ることがある。

### 3. 細胞生物学

(出題の意図) 細胞生物学に関する専門的な知識を問う。

(解答例)

1

A セルロース合成酵素複合体は原形質膜に存在し、フリーズフラクチャー法によって観察することが可能である。まず、セルロースマイクロフィブリルを合成している時期の細胞を前固定などの前処理を行わずに、液体窒素や液体プロパンを用いて急速凍結固定する。その後、凍結試料をフリーズフラクチャー装置内（高真空，超低温環境）の所定の場所にセットし、ナイフ等を用いて物理的に割断する。割断面に白金でシャドウイングし、その上から補強するために炭素を蒸着してレプリカ膜を作成する。レプリカ膜を張った試料を装置から取り出し、試料を重クロム硫酸に浸けてレプリカ膜以外を溶解する。試料が完全に溶けたら、レプリカ膜を蒸留水で洗浄して膜を張ったグリッドに載せ、乾燥させる。その後、透過型電子顕微鏡で原形質膜の割断面を観察する。

B 師部要素への積み込みにおける師部要素／伴細胞複合体，あるいは師部要素からシンク細胞にいたる荷下ろしの様々な段階で，師部で輸送される主要同化産物であるショ糖は，アポプラストを通り輸送される。このときに，シンプラストからアポプラストへは濃度勾配による移動が可能であるが，アポプラストから次の細胞のシンプラストに移動するためには能動輸送が必要である。ショ糖-水素イオン共輸送体は，原形質膜 ATP アーゼによる水素イオンのくみ出しにより生じた原動力（アポプラストの高濃度水素イオン）により，上記のショ糖の能動輸送にはたらく。

2

A 三次共生とは，二次共生によって獲得した葉緑体をもつ生物を，葉緑体をもたない真核生物が取り込んで葉緑体化した現象である。

(3つのタイプは，以下のような特徴を記載していれば良い)

1. 渦鞭毛藻＋クリプト藻：葉緑体を成立する前の段階のものとクレプトクロプラスト段

階がある。クロロフィル a, c, フィコビルリン (フィコビルソームなし), 2 枚 (または 3 枚) の包膜をもつ。

2. 渦鞭毛藻+珪藻類：葉緑体として成立した段階のものと葉緑体を成立する前の段階がある。クロロフィル a, c, フコキサンチン, 5 枚 (または 4 枚) の包膜をもつ。

3. 渦鞭毛藻+ハプト藻：葉緑体として成立しており, クロロフィル a, c, 19' -H-フコキサンチン, 4 枚の包膜をもつ。

B シャジクモ節間細胞では, カルシウムイオンの流入により可逆的に原形質流動が停止することが, 無傷の細胞, 脱液胞膜細胞, 原形質膜透過化細胞を用いた実験により示されている。一方, シャジクモ節間細胞の活動電位はカルシウムイオンの流入により引き起こされ, 同イオンの細胞内濃度が  $6\sim 42 \mu\text{M}$  に上昇することが知られている。この濃度は原形質流動を停止させるために十分な濃度であるため一時的に原形質流動が停止する。

### 3

1) コヒーシンは, リング状のタンパク質複合体で, 細胞分裂時に複製された姉妹染色分体を接着し, 染色体の正確な分離を助ける働きを担っている。

2) サイトカラシンはアクチンフィラメントへの結合活性を有し, アクチンの重合と伸長を阻害する菌代謝物である。サイトカラシン類はアクチンフィラメントのプラス端に結合して個々のアクチンモノマーの重合および脱重合の両方を妨げる。

3) ダイニンは分子モーターの一種で, ATP を加水分解して得られるエネルギーで微小管上を運動するタンパク質複合体である。微小管のプラス端からマイナス端に向けて移動し, 物質輸送や細胞の運動に関わる。

4) 色素体 (プラスチド) は植物や藻類などに見られ, 光合成などの同化作用, 糖や脂肪などの貯蔵, 様々な種類の化合物の合成などを担っている半自律的な細胞小器官の総称である。代表的なものとして葉緑体が挙げられる。

5) カスパリー線。根の内皮の細胞壁に形成されるリグニンを含む帯状の構造。水を透過しないため, 水のアポプラスト輸送が内皮の内外で遮断される。

6) エクステンシン。最初に発見された植物細胞壁タンパク質であり, 成長を終えた組織の細胞壁に多く存在する。細胞壁のペルオキシダーゼによりチロシンが酸化・架橋されて, 細胞壁の骨格成分 (セルロース微繊維) を不動化する, という仮説が提唱されている。

7) Nod 因子。根粒菌が分泌するキチンオリゴ糖由来分子で, 植物細胞の受容体 NFR に結合し, 共生受容体キナーゼ SYMRK との相互作用を通じて共生を誘導する。

8) スーパーオキシドディスムターゼ。活性酸素種スーパーオキシドアニオンと水素イオンから過酸化水素と酸素を生じる反応を触媒する。

## 4. 動物生理学

(出題の意図) 生理学における専門用語について理解しているかどうかを判定する。

(解答例)

## 1

神経細胞同士のシナプスにおけるシナプス後電位には、シナプス前細胞より放出される神経伝達物質の種類やシナプス後細胞に存在する受容体の性質に応じて、脱分極を引き起こす興奮性シナプス後電位 (EPSP) と、過分極を引き起こす抑制性シナプス後電位 (IPSP) がある。これらの電位変化は通常数 mV と小さく単独では閾値に達しないことが多い。そのため、複数のシナプス入力が入力が空間的・時間的に加重されることで、はじめて活動電位の発生につながる。

一方、神経筋接合部では、神経伝達物質としてアセチルコリン (ACh) のみが用いられる。ACh は筋細胞膜上のニコチン性 ACh 受容体に結合する。この受容体はリガンド依存性イオンチャネルであり、ACh の結合によって開口し、Na<sup>+</sup>が流入することで筋細胞膜が脱分極する。この脱分極が終板電位であり、通常は閾値を十分に超えるため、筋細胞において必ず活動電位が発生する。

シナプス後電位は脱分極性と過分極性があり加重によって活動電位が生じるのに対し、終板電位は常に脱分極性で単独で活動電位を引き起こすことができる。

## 2

運動単位とは、1本の運動神経とそれに支配される全ての筋線維の集合体と定義される。1本の運動神経は複数の筋線維と接続し、神経からの信号によりこれらの筋線維を同時に収縮させる。一方、1本の筋線維は1本の運動神経にのみ支配を受ける。筋肉は多数の運動単位から構成されており、それぞれの運動単位はその大きさや性質が異なる。筋肉が張力を発生させる際には、まず小さい運動単位が優先的に動員され、必要に応じてより大きい運動単位が順次はたらく。このような運動単位の動員順序をサイズの原理という。

## 3

### 1) 筋ポンプ

筋肉が収縮すると、その周囲の静脈が圧迫される。静脈内には血液の逆流を防ぐ弁があるため、圧迫された静脈内の血液は心臓の方向に押し出される。筋肉がまるでポンプのように作用することで、末梢から心臓への静脈血の還流を促進する。

### 2) 呼吸筋

呼吸運動に関わる筋肉の総称。吸息筋と呼息筋とに分けられる。吸息筋には横隔膜や外肋間筋などが含まれ、収縮することにより胸腔を拡張させる。一方、呼息筋には内肋間筋や腹筋などが含まれ、収縮することにより胸腔を縮小させる。

### 3) 肺泡気-動脈血酸素分圧較差

A-aDO<sub>2</sub> と表記される。肺泡内の酸素分圧と動脈血中の酸素分圧との差を表し、肺のガス交換機能を評価する指標となる。健常者でもわずかな差があり、10 mmHg 以下であれば正常範囲とされる。

### 4) バゾプレッシン

視床下部で合成され、脳下垂体後葉から分泌されるペプチドホルモン。抗利尿ホルモン

ともよばれ、腎臓の集合管に作用して水の再吸収を促進し、体内の水分量と浸透圧を調節する。血漿浸透圧の上昇や循環血液量の減少などで分泌が促進される。

## 5. 魚類学

(出題の意図) 魚類学分野の基礎的知識を問う。

(解答例)

1

学術標本とは、野外の自然物（生物や鉱物）を採集あるいはその一部を採取して標本を作成し、自然史博物館相当施設に登録した標本コレクションとして保管したものである。これらは研究や展示を含む教育普及活動に使用され、自然史研究、特に分類学においては、研究結果を担保する証拠標本となる。その研究結果の科学的再現性は、その証拠標本を再度調査することで検証可能となる。学名において、種階級群の担名タイプを含むタイプシリーズは基本的には学術標本であり、これらは半永久的に保管されて学名の安定性に寄与する。また、分子系統解析などのサンプルが採取された場合、その標本が証拠として保管されていれば、その同定に疑問が生じた際に再同定が可能となる。

2

- 1) リンネ式階層分類体系：カール・リンネが考案し、基本的には高位から順に界、門、綱、目、科、属、種の単位を与え、入れ子状の包含関係がわかる分類体系のこと。種は二語名で、それ以上の階級は一語名である。
- 2) 正中鰭：不對鰭のこと。体の正中線上にあり対をなさない鰭で、背鰭、尾鰭、および臀鰭、その他に分類群により脂鰭や小離鰭がある。
- 3) 楯鱗：軟骨魚類に特有の鱗で、体表から突出した棘と真皮中に広がる基板からなる。棘は外側からエナメル質、象牙質、髓の3層で、歯に似た内部構造をもつ。
- 4) パラレクトタイプ：シントタイプの中からレクトタイプが1つ指定された場合に、残りのシントタイプは担名機能をもたないパラレクトタイプとなり、レクトタイプが失われてもシントタイプとしての地位を回復しない
- 5) systematics：体系学。形態や分子形質などにより推定された生物の系統類縁関係の仮説に基づき、階層的な分類体系を構築する分野のこと。
- 6) Sarcopterygii：肉鰭類。硬骨魚類のうち、柄部が筋肉で覆われた対鰭を持ち、肩帯や腰帯が単一の骨と間接する一群で、シーラカンス類と肺魚類を含み、四肢動物を加えて単系統群となる。
- 7) sister group：姉妹群。分岐学において、系統解析の対象とする内群に対する第1外群のこと。
- 8) synapomorphy：共有派生形質（共有新形質）。共通の祖先が獲得した派生形質を、その複数の子孫が共有するもの。

3

通し回遊のうち遡河回遊と降河回遊では、産卵に伴って海から川、あるいは川から海への移動が起こる。このうち、遡河回遊はサケ科などで知られ、川で生まれた個体は海に降りて成長したのち、産卵のため川に戻る。一方、降河回遊はウナギ属などで知られ、海で生まれた個体は川に入って成長したのち、産卵のために海に戻る。両側回遊は、川と海の双方に成長の場があり、川から海、あるいは海から川への移動は産卵とは直接関係しない。両側回遊のうち、川で産卵するものは淡水型の両側回遊と呼ばれ、アユなどが典型例である。一方、海で産卵するものは海水型の両側回遊と呼ばれ、ボラなどで知られている。

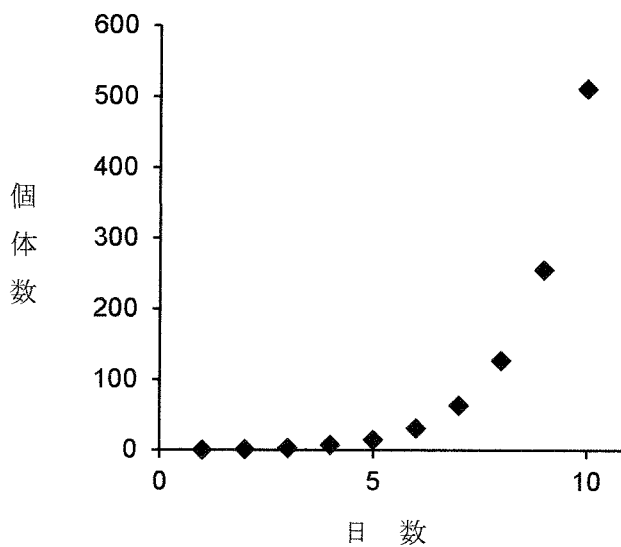
## 6. 理論生物学

(出題の意図) 理論生物学に関する知識を問う。

(解答例)

1

1)



2) オ

3) エ

4)  $n-1$

2

- 1) 水生昆虫 (生活史の中で、水中で過ごす時期のある昆虫)
- 2) 底生藻類 (水底の石に付着して生育する藻類)
- 3) 生態系 (生物集団とその物理化学的環境を合わせて総体とみなした系)
- 4) エラ (水中の溶存酸素を取り込むための呼吸器官)
- 5) 種間競争 (異なる種の間で資源をめぐる競争)
- 6) 捕食者-被食者の関係 (食う側の捕食者と食われる側の餌との関係)
- 7) は虫類 (体がウロコや甲羅でおおわれている変温脊椎動物)

## 7. 海洋植物学

(出題の意図)

- 1 海草と海藻の系統関係の基礎的な知識があるかどうかをみる。
- 2 海洋植物の生活史をよく把握しているかをみる。著しく形態及びサイズが異なる異形世代交代をするワカメについて、世代が季節の変化と共にどのように変化するのかを説明させて、生理学および生態学的知識があるかどうかをみる。
- 3 専門用語を説明させることで、海洋植物学の知識があるかどうかをみる。

(解答例)

1 海草は海産の顕花植物(ヒルムシロ科・トチカガミ科の約 50 種)の総称であり、海産大型藻類の海藻と区別するために草の字があてられる。進化の過程で陸上に進出した種子植物が海で生育できるようになった。そのため、海草は花をつけ、種子を造る。そして体を支える根が発達している。一方、海藻は陸上に進出する進化過程を経たおらず、種子植物とは系統に大きな隔りがある。種子は造らず胞子で増殖し、種子植物の根のように養分を吸い上げる機能をもたない仮根または付着根で体を支える。また、海藻は、系統の異なる紅藻、アオサ藻、褐藻の3つの分類群を含む多系統群である。

2 ワカメは大型で葉状の胞子体と糸状で微小な配偶体が異形世代交代する生活史をもつ。胞子体と配偶体の交代は季節変化に応じて起こり、1年周期で生活史が完結する。胞子体は低温期の冬によく成長し大きな個体では長さ2mを超える。水温が上がる晩春から夏にかけて胞子葉を形成して遊走子を放出し消失する。遊走子から発生した雌雄の糸状の配偶体は、夏の高水温期を耐えて成長し、数mmの大きさに育つ。秋に水温が下がり始めるころに雌性配偶体は卵、雄性配偶体は精子を放出して受精する。受精卵は成長して胞子体になる。

- 3
1. 紅藻アマノリ属の微小胞子体に形成される核相  $2n$  の胞子。発芽してから減数分裂し、核相  $n$  の葉状の配偶体に成長する。
  2. 紅藻類の雌性生殖細胞(卵細胞)のこと。アマノリ類では栄養細胞が変成して造果器となり、精子が付着して受精すると、分裂して果胞子を形成する。真正紅藻類では受精した造果器は雌性配偶体上で果胞子体世代に発達して、多数の果胞子を形成する。
  3. 褐藻類の細胞壁に含まれる粘質性硫酸多糖。海藻多糖の一種。抗血液凝固作用、抗がん作用、抗アレルギー作用などの機能が報告されており、機能性食品としての利用がある。
  4. 大型緑藻が大量繁殖する現象。世界各地の富栄養化した沿岸域で発生し、景観の悪化、海藻の腐敗に伴う悪臭、水質汚濁などが社会問題になっている。

## 8. 動物生態学

(出題の意図)

1 絶滅危惧種や環境の保全に関する各種活動についての理解ができているか、一般的な知識を有するかを問うものである。

2 水域の生態系における物質循環についての理解ができているか、一般的な知識を有するかを問うものである。

(解答例)

1

1) 1. Conservation、2. Nature、3. 国際自然保護連合、4. レッド、5. 有明、6. ハゼ、

7. 生息地(適切であれば他の語でも正解とする)、8. ラムサール

2) アカメ、ニホンウナギ、トサシミズサンショウウオ、アカウミガメ、アオウミガメ、ツキノワグマなど

3) 供給サービス：干潟はアサリやシジミなどの水産資源を提供する場であり、人々の食料として利用されている。

調整サービス：干潟は、水中の有機物を分解し、栄養塩や炭酸ガスを吸収、酸素を供給することで、海水浄化に貢献している。また、干潟は、陸域と海域の緩衝地帯として、高潮や波浪の影響を軽減し、洪水の際には水を吸収して被害を軽減する防災的役割も果たす。

文化的サービス：干潟は潮干狩りやバードウォッチングなどのレクリエーション活動の場となり、人々の学習や楽しみに貢献している。

基盤サービス：干潟は多様な生物に生息地を提供し、食物連鎖の基礎となることで生態系全体を支えている。

2

1. 生食連鎖、2. 腐食連鎖、3. 溶存態有機物 (DOM)、4. 微生物ループ、5. 異地性流入、6. デトリタス、7. 懸濁物食者、8. 堆積物食者、9. 減少、10. 生物攪拌、11. 生態系エンジニア、12. ビーバー、13. ニホンスナモグリ、14. 片害、15. 片利共生

9. 比較生化学

(出題の意図)

1 pH とその算出方法に関する知識を問う。

2 酵素反応の速度論に関する知識を問う。

3 比較生化学に関する基本的な知識を問う。

(解答例)

1 (計算式略)  $\text{pH} = 4.06$

2 (計算式略)  $0.25 \text{ mM}$  のとき、 $1 \mu\text{mol} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$   
 $10 \text{ mM}$  のとき、 $4.5 \mu\text{mol} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

3 (解答省略)

10. 古生物学

(出題の意図)

- 1 地球環境と生物進化の基礎知識を問う。
- 2 古生物学における生物進化の基礎知識を問う。
- 3 古生物学・生物進化に関連する専門用語の知識を問う。

(解答例)

1

- 1) A 二酸化炭素 (もしくは  $\text{CO}_2$ ), B 酸素 (もしくは  $\text{O}_2$ )
- 2) 大酸化事変 (もしくは大酸化イベント)
- 3) 真核生物は、アスガルド古細菌の祖先系において、細胞膜の陥入・伸長が進化して核膜や小胞体になり、細菌 ( $\alpha$ プロテオバクテリア) が細胞内共生によってミトコンドリアとなって誕生したと考えられる。約 24 億年前には、地球上で酸素分圧が急激に高くなり、真核生物のミトコンドリアは酸素を効率的に使い、エネルギー (ATP) を産生することができるようになった。

2

- 1) 両生, 2) 肺, 3) 腎臓, 4) 骨格もしくは骨, 5) シダ, 6) 爬虫, 7) パンゲア, 8) ペルム

3

- 1) 生痕化石のこと。生物の生活や行動の痕跡が地層中に保存されたもので、足跡、巣穴、糞などの化石が挙げられる。
- 2) 相同のこと。共通する祖先より引き継いだと考えられる、形態・構造・塩基配列・アミノ酸配列といった形質が同等であること。
- 3) 収斂進化のこと。異なる系統で、環境要因など同様の選択圧がかかり、類似した形態形質が独立して進化すること。
- 4) 隠蔽種のこと。形態では区別が難しいが、遺伝的に異なる生物学的種。
- 5) 異所的種分化のこと。地理的な障壁によって隔離された集団に、遺伝的な差異が蓄積され、異なる種として分化すること。