

# 2019 年度 入学 試験 問題

## 理 科

(試験時間 10:30~12:10 100分)

1. 解答用紙は、記述解答用紙(「物理」・「化学」・「生物」の3種類)のみです。
2. 問題は、I~IX(「物理」: I~III, 「化学」: IV~VI, 「生物」: VII~IX)の9題あります。そのうち3題を選択して解答してください。「生物」は精密機械工学科, 電気電子情報通信工学科, 応用化学科, 経営システム工学科, 情報工学科, 生命科学科, 人間総合理工学科受験者のみ選択解答できます。数学科, 物理学科, 都市環境学科受験者は、「生物」を選択解答できません。選択した問題には解答用紙の設問番号の右側の選択欄に○を記入してください。(○の記入がない場合は採点の対象となりませんので注意してください。)

なお、4題以上○を記入した場合は、理科の解答はすべて無効となります。

また、「生物」を選択解答できる学科とできない学科を併願した場合、後者の学科においては、「生物」の解答はすべて無効です。

(記入例)

I	選 択	○
---	-----	---

3. 解答は、必ず解答欄に記入してください。解答欄以外に書くと無効となります。
4. 解答は、HBの鉛筆またはシャープペンシルを使用し、訂正する場合は、プラスチック製の消しゴムを使用してください。
5. 解答用紙には、「物理」・「化学」・「生物」すべてに受験番号と氏名を必ず記入してください。(「物理」, 「化学」, 「生物」のいずれかについて1題も選択していない場合でも受験番号, 氏名は必ずすべての解答用紙に記入してください。試験終了後、「物理」・「化学」・「生物」すべての解答用紙を回収します。)

この問題は「生物」の問題です。

数学科，物理学科，都市環境学科においては，「生物」の解答は無効になります。

VII 以下の文章A～Dを読み，問い(1)～(9)に答えなさい。(50点)

A 真核生物の細胞周期の過程を調べるため，以下の実験を行った。ある真核生物の細胞を適切な条件で培養して，一定時間ごとに細胞数を測定した。図1は，さかんに増殖している時期における1 mLの培養液に含まれる細胞数と培養時間の関係を解析した結果で，増殖の様子を片対数目盛りで示したものである。

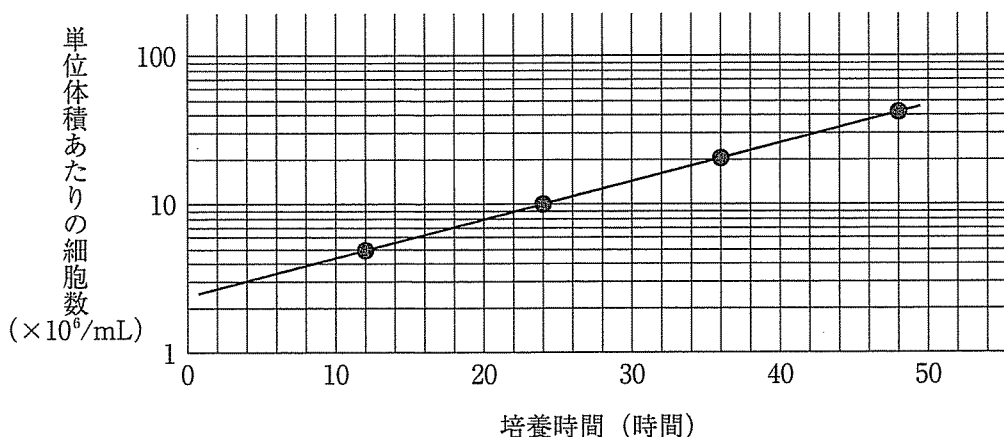


図1 ある真核生物の細胞集団の増殖

問い

(1) この細胞の細胞周期は何時間か。図1から推定し，自然数で答えなさい。

B 文章Aの細胞に，核酸塩基のチミンを含む化合物であるチミジンを与える実験を行った。ただし，ここでは，分子中のHが放射性的の同位元素である<sup>3</sup>Hで標識（置換）された<sup>3</sup>H-チミジンを用いる。<sup>3</sup>H-チミジンを取り込んだ細胞内の部位は，いくつかの処理により写真フィルム上に黒い像として観察できる。このような物質の所在の検出法をオートラジオグラフ法という。この細胞の培養液に<sup>3</sup>H-チミジンを加えて短時間培養し，取り込まれなかった<sup>3</sup>H-チミジンを除去し（この時点を0時

間とする), 培養を続けた (図2)。なお,  $^3\text{H}$ -チミジンを加えて培養した時間は十分に短く, これ以外の時間には非放射性チミジンを加えて培養する。

$^3\text{H}$ -チミジンはS期の細胞にだけ取り込まれ,  $^3\text{H}$ -チミジンで標識されたM期の細胞は2時間後に初めて見つかった (図2)。その後, M期の細胞の中で標識された細胞の割合は増加し, 3時間後に一定になり, 5時間後に減少し始めた (図2)。

この細胞のG<sub>1</sub>期, S期, G<sub>2</sub>期, M期がそれぞれ何時間かを考える。この実験ではさかんに増殖している細胞を使っているので, いろいろな細胞周期のステージの細胞が存在していることになり, S期の開始からS期の終わりまでのいろいろな段階のS期の細胞が標識される。2時間後にM期の標識された細胞が現れていることから, この細胞は0時間のときに細胞周期がS期の終わりであった細胞と推定されるので, G<sub>2</sub>期は (ア) 時間である。また, 3時間後には, 標識されたM期の細胞の割合が一定になっていることから, M期は (イ) 時間であることがわかる。また, 5時間後に標識されたM期の細胞の割合が減少した。これは, 0時間でS期の開始直前だった細胞がM期に進んだためである。すなわち標識された細胞の割合が増え始めてから減り始めるまでの時間がS期であると考えられる。このことからS期は (ウ) 時間であることがわかる。また, 細胞周期全体からS期, G<sub>2</sub>期, M期の長さを引くとG<sub>1</sub>期が (エ) 時間であると推定される。

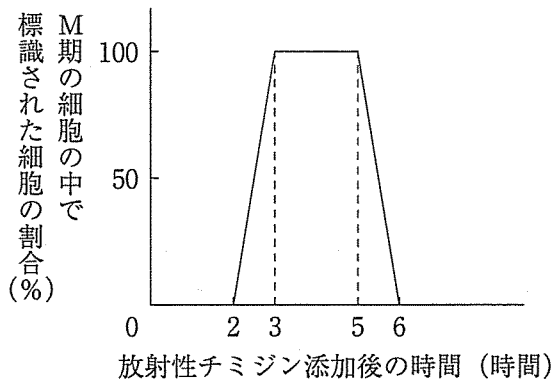


図2 放射性チミジンを添加後のM期の細胞の中で標識された細胞の割合を示したグラフ

問い

- (2) (ア) ~ (エ) に入る適切な数字を答えなさい。

C 文章A, Bの細胞の細胞周期の各時期の割合は, 下記の方法によっても推定することができる。この実験で, さかんに増殖しているある時期の, 各細胞のDNA量を測定し, それぞれの細胞のDNA量との関係をグラフで表した場合, 図3の実線のようになった。また, 細胞あたりのDNA量に基づき, グラフをA, B, Cの3つの区分に分けた。

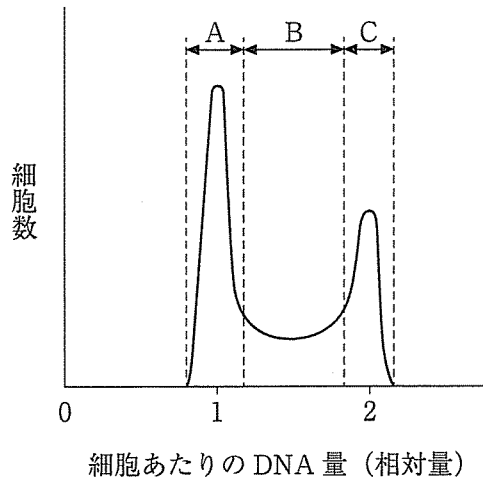


図3 細胞あたりのDNA量を測定し, それぞれのDNA量を有する細胞数を測定したグラフ

#### 問い

- (3) 図3において,  $G_1$ 期, S期,  $G_2$ 期, M期にある細胞は, A~Cのそれぞれの範囲におもに含まれるか。ただし, 核分裂の完了とともに細胞質分裂も完了するものとする。
- (4) DNA複製の開始と進行を阻害する試薬Xをある時間に培養液に添加し, その16時間後に細胞のDNA量(相対量)を測定した。このときのDNA量は図3のA~Cのどの範囲に含まれているか。該当するものをすべて答えなさい。ただし, 試薬XはS期だけを阻害するものとする。
- (5) 問い(4)の実験の後に, 試薬Xを除去して8時間培養し, そこで再びこの試薬Xを加えて, さらに8時間培養した。このとき, 細胞のDNA量(相対量)は, 図3のA~Cのどの範囲に含まれているか。該当するものをすべて答えなさい。ただし, 培養液から試薬Xを除くと停止したDNA複製はその時点から再開するものとする。

D 1957年にTaylor（テイラー）らは文章Bと同様に、 $^3\text{H}$ -チミジンをを用いた実験を行い、真核生物のDNA複製過程のしくみを明らかにした。 $^3\text{H}$ -チミジンを用いて細胞を標識し、取り込まれなかった $^3\text{H}$ -チミジンを除去して、その後標識されていないチミジンを加えて培養し、標識された細胞を追跡する実験を行った。標識された染色体を検出した細胞分裂を第1回とし、さらに培養を続け、第3回まで細胞分裂を行わせた。そして、それぞれの中期染色体のオートラジオグラフを観察した。すると、第1回目では、図4のFの像のみ観察された。

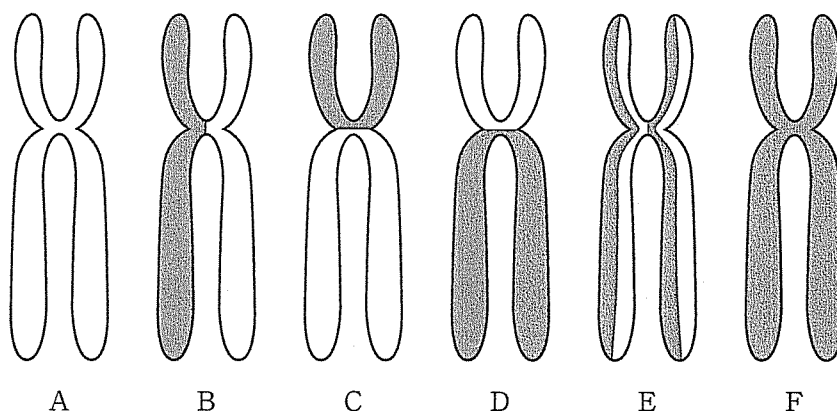


図4 染色体のオートラジオグラフの予想図

縦裂した2本の染色分体からなる1つの中期染色体を示しており、放射能の認められる部分は黒く塗りつぶされている。

#### 問い

(6) 第2回目と第3回目の細胞分裂では、染色体のオートラジオグラフ（図4）はどのような比で出現すると予想されるか、最小の自然数で答えなさい。ただし、観察されない像は0としなさい。たとえば、第1回目の細胞分裂では、以下の解答例のようになる。

解答例

第1回 A : B : C : D : E : F = (0) : (0) : (0) : (0) : (0) : (1)

(7) 今度は第1回目だけでなく、第2回目の細胞分裂の起こる前のS期にも<sup>3</sup>H-チミジンを用いて細胞を標識した。取り込まれなかった<sup>3</sup>H-チミジンを除去した後、標識されていないチミジンを加えて培養し、標識された細胞を追跡した。第2回目と第3回目の細胞分裂において、染色体のオートラジオグラフはどのようになるか。予想される結果を問い(6)にならって解答欄に記入しなさい。

(8) 問い(6), (7)の実験結果からDNA複製の様式について導きだされた結論を以下に記す。以下の文の  と  にあてはまる適切な語句を答えなさい。ただし、 には1本鎖以外の語句を書きなさい。

DNAは2本鎖がわかれ、それぞれが  になって新しい2本鎖が形成されるという  的複製をする。

(9) 問い(6), (7)では、M期の細胞を用いて実験を行っているが、M期以外の細胞周期に存在する細胞を用いると、以下のような不都合があると考えられる。以下の文の  ~  にあてはまる適切な語句を答えなさい。ただし、 は漢字1文字で答えなさい。

染色体の構造は細胞周期に伴って変化する。M期には染色体は  して何重にも折りたたまれ、太く短いひも状になっているので染色体を容易に検出できる。しかし、M期以外の  期の細胞内の核内では、細長い糸状の構造物である  繊維が分散して存在しているため、染色体を検出しにくい。

(設問は次のページにつづく)

この問題は「生物」の問題です。

数学科，物理学科，都市環境学科においては，「生物」の解答は無効になります。

VIII 以下の文章A，Bを読み，問い(1)～(2)に答えなさい。(50点)

A ニューロンの軸索の末端は，わずかなすき間をおいて，隣接する細胞と接している。このすき間を [ア] という。軸索の末端には神経伝達物質を含む [イ] が多数存在する。ニューロンの興奮が軸索の末端に到達すると，[イ] の内側にある神経伝達物質が放出される。抑制性の神経伝達物質として [ウ] などが知られている。一方，興奮性シナプスでは，神経伝達物質が放出されると隣接する細胞の細胞膜のイオンチャネルが開き，主として [エ] 。その結果，隣接する細胞の膜電位が正（プラス）に転じる。これを興奮性シナプス後電位という。続いて，隣接する細胞内に [オ] 電位が生じ，興奮が伝達される。

問い

- (1) 文中の空欄 [ア] ～ [ウ] と， [オ] に適切な語句を入れなさい。
- (2) 文中の [エ] にあてはまる語句を，以下の選択肢から選び，記号で答えなさい。
  - (a)  $H^+$  が細胞内へ流入する
  - (b)  $H^+$  が細胞内から流出する
  - (c)  $Cl^-$  が細胞内へ流入する
  - (d)  $Cl^-$  が細胞内から流出する
  - (e)  $K^+$  が細胞内へ流入する
  - (f)  $K^+$  が細胞内から流出する
  - (g)  $Na^+$  が細胞内へ流入する
  - (h)  $Na^+$  が細胞内から流出する
- (3) 図1は典型的なニューロンの模式図である。次の〔語群〕に挙げる各構造の位置を，「軸索の末端」の例にならって示しなさい。ただし，同じ構造が複数存在するものについては，それらを2箇所示しなさい。

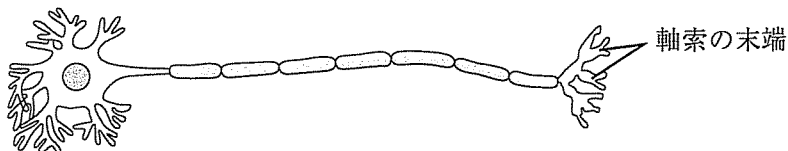


図1 ニューロンの模式図

〔語群〕

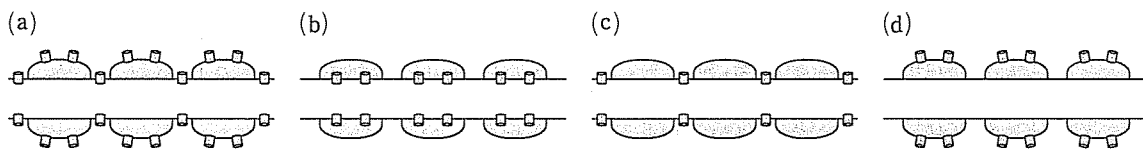
核      細胞体      髄鞘      樹状突起      ランビエ絞輪



(4) 図1に示すようなニューロンを有髄神経といい、同程度の太さをもつ無髄神経に比べて興奮の伝導速度が速い。

(i) このような伝導を何というか答えなさい。

(ii) 有髄神経の軸索中のイオンチャネルの分布様式は、無髄神経の場合とは異なると考えられる。有髄神経軸索中のイオンチャネルの分布様式として、もっとも適切なものを図2から選び、記号で答えなさい。



■：イオンチャネル

図2 有髄神経の断面の模式図

イオンチャネルの分布様式を示す。

(5) 軸索の内部には、双方向の輸送機構が存在する。軸索の中間部を糸でしばり、数日間放置すると、しばった部分の近くにさまざまな物質が蓄積し、膨らみが生じた(図3)。このとき神経伝達物質を含む小胞は、図中のP領域とD領域のどちらに多く存在すると考えられるか答えなさい。またその理由を50字以内で書きなさい。

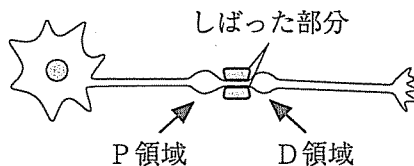


図3 軸索をしばる実験

(6) P領域やD領域の内容物には、輸送に携わるモータータンパク質も含まれる。それぞれの領域に多く含まれるモータータンパク質の名称を1つずつ答えなさい。

B アメリカの大学院生バールが、軸索内の輸送に携わるモータータンパク質を発見するまでの道のりは、「はじめに仮説を立て、検証と修正を繰り返す」という科学的な研究の進め方の好例と言える。

【第1段階】 1983年当時、軸索内の輸送機構についてはほとんど何もわかっていなかった。あるとき彼は、隣の研究チームによる実験を目撃する。それは、ミオシンを結合させた微小なプラスチックビーズがシャジクモの細胞の内側を移動する様子を観察する実験だった。彼は、軸索内の輸送も同じしくみで行われているのだろうと予想し、それに沿った仮説を立て、その真偽を検証するための実験を行った。実験にはヒトの軸索の50倍も太い、イカの軸索（巨大神経軸索）を用いた。しかし残念なことに、<sup>③</sup>実験の結果は彼の予想とは異なっていた。

【第2段階】 そこで彼は、これまでとは異なる方向から研究を進めることにした。軸索から絞り出した内容物（軸索内液）を光学顕微鏡で観察すると、ひも状の構造をレールにして、その上を小胞が運ばれていた。同じ試料を電子顕微鏡で観察したところ、太さの異なる2種類の繊維構造が認められたが、動いていた小胞はすべて、太い方の繊維に結合していた（図4）。後に、この太い方の繊維は微小管であると判明した。

【第3段階】 次に彼は、試験管内で軸索内の輸送を再現することに挑戦する。精製した純粋な微小管と、イカの軸索内液とを混ぜ、軸索内液に含まれる小胞が動くかどうかを調べたのである。小胞には未知のモータータンパク質が結合しているだろうから、小胞と微小管と化学物質Xの3種を混ぜ合わせれば、小胞が動くだろうと予想した。しかし予想はまたもや外れ、<sup>④</sup>小胞はまったく動かなかった。ところが驚いたことに、<sup>⑤</sup>小胞を取り除いた後の軸索内液と微小管と化学物質Xを混ぜたところ、短い微小管が這い回ったのである。軸索内液に含まれていたモータータンパク質がスライドガラスに付着して、それが微小管を繰り出していると考えられた。その後彼は、軸索内液をさらに調べ、探していたモータータンパク質を発見したのである。

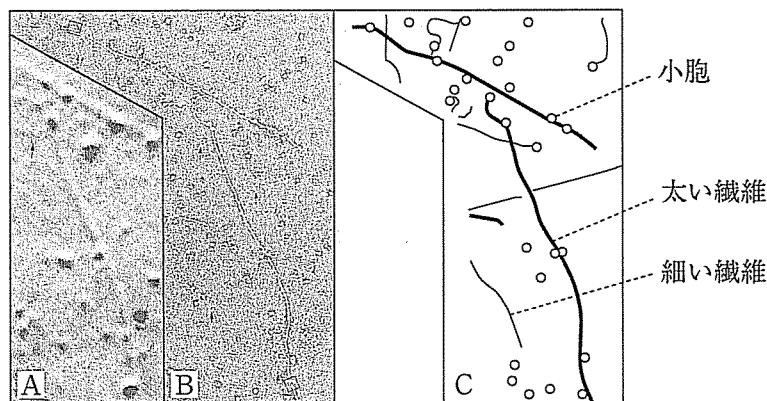


図4 軸索内液の光学顕微鏡像 (A) と電子顕微鏡像 (B) およびその模式図 (C)

Schnapp 他著, 「Single microtubules from squid axoplasm support bidirectional movement of organelles」, 1985年, Cell, 40巻, 455~462ページより改変。

#### 問い

- (7) 下線部①のように, シヤジクモの細胞内部では, 葉緑体や顆粒などが移動する様子が認められる。この運動を何とよぶか答えなさい。またそのしくみを, 運動を構成する2種類のタンパク質の名称を含めて60字以内で説明しなさい。
- (8) 下線部②について, この時点での仮説に基づいてベールが計画した実験は, 以下のどれであると考えられるか, もっとも適切なものを選び, 記号で答えなさい。
- (a) イカの軸索から取り出した小胞をシヤジクモの細胞に導入し, 小胞が動くかどうかを調べる。
- (b) 精製したアクチンフィラメントをイカの軸索に注入し, アクチンフィラメントが動くかどうかを調べる。
- (c) ミオシンを結合させた微小なプラスチックビーズをイカの軸索に注入し, ビーズが動くかどうかを調べる。
- (d) シヤジクモ細胞の破碎物をイカの軸索に注入し, 破碎物に含まれる小胞が動くかどうかを調べる。
- (e) 精製した微小管をイカの軸索に注入し, 微小管が動くかどうかを調べる。
- (f) イカの軸索の抽出物に含まれる小胞が精製した微小管の上を動くかどうかを調べる。

- (9) ベールの実験には、内部の運動を観察しやすく、内容物を取り出しやすい、イカの巨大神経軸索が欠かせなかった（下線部③）。このように、適切な実験材料の選択が重要な発見につながることもある。以下の研究で用いられた実験生物の名称を答えなさい。
- (i) フォークトは、局所生体染色法を用いて胚の予定運命を明らかにした。
  - (ii) モーガンは、染色体数の少ないこの生物をさまざまに交雑させ、弟子の一人とともに染色体地図を作成した。そして、遺伝子が染色体上に存在することを明らかにした。
  - (iii) メンデルは、ある植物の親の形質が次の世代に遺伝する様式を数多く観察し、遺伝の法則性を見出すとともに、遺伝子という概念を提示した。
  - (iv) ビートルとテータムは、この生物にX線を照射して得られた突然変異株の解析から、1つの遺伝子が1つの酵素の合成を支配するという説にたどり着いた。
  - (v) 下村脩は、この生物の発光のしくみを解き明かす過程で緑色蛍光タンパク質（GFP）を発見した。
- (10) 軸索内の輸送のしくみとして、**【第2段階】**の観察から推測できることは何か。以下の選択肢の中から適切なものを2つ選び、記号で答えなさい。
- (a) 微小管が、軸索内の輸送のレールとしてはたらく。
  - (b) 輸送される物質によって異なるモータータンパク質がはたらく。
  - (c) 軸索内の輸送では、物質は小胞に含まれて輸送される。
  - (d) 微小管の伸長によって小胞が押し出される。
  - (e) 小胞ごとに含まれる物質が異なる。
- (11) 下線部④で示す化学物質Xは、生きた細胞の中には豊富に存在し、さまざまな生命活動のエネルギー源として機能する。この物質の名称を答えなさい。

(12) 下線部⑤において、小胞がまったく動かなかった理由として考えられることを以下の選択肢の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (a) 小胞の運動には、レールとしてアクチンフィラメントが必要である。
- (b) モータータンパク質が、小胞に結合していなかった。
- (c) 運動を観察するには、微小なプラスチックビーズが必要である。
- (d) 精製した純粋な微小管は、レールとしてはたらかない。
- (e) 運動を阻害する物質が、軸索内液に含まれていた。

この問題は「生物」の問題です。

数学科，物理学科，都市環境学科においては，「生物」の解答は無効になります。

IX 以下の文章A，Bを読み，問い(1)～(7)に答えなさい。(50点)

A この生物は，外側に炭酸質の殻としての骨格をもつ。殻はらせん状に巻いていることが多いが，なかには直線状のものもある。殻の内部は，外殻と同様の材質からなる壁によって，多数の部屋に仕切られている。体は柔らかく，発達した眼をもち，口を囲むようにして多数の足がある。約6500万年前に絶滅した。この生物と関連した以下の問い(1)～(5)に答えなさい。

問い

- (1) 文章Aの生物ともっとも近縁である生物を〔語群〕から2つ選び，記号で答えなさい。

〔語群〕

- |                |             |            |
|----------------|-------------|------------|
| (a) アサリ        | (b) サンゴ     | (c) ゾウリムシ  |
| (d) ミズクラゲ      | (e) 三葉虫     | (f) ダイオウイカ |
| (g) フズリナ (有孔虫) | (h) クモヒトデ   | (i) ウミホタル  |
| (j) ムラサキウニ     | (k) タツノオトシゴ | (l) ウミユリ   |

- (2) 文章Aの生物が絶滅する直前には，生息・生育していなかった生物または生物群を〔語群〕から2つ選び，記号で答えなさい。

〔語群〕

- |              |         |          |
|--------------|---------|----------|
| (a) シアノバクテリア | (b) 鳥類  | (c) 被子植物 |
| (d) 裸子植物     | (e) 三葉虫 | (f) コケ植物 |
| (g) クジラ類     | (h) 恐竜  |          |

- (3) 文章Aの生物や、その他多くの同時代の生物が大量に絶滅したきっかけとしてもっとも有力視されている現象は何か。また、その現象が起こったために、この生物が絶滅に至った過程は、どのようなものであったと推定されているか。それぞれについて、もっとも適切と考えられるものを、各語群からそれぞれ1つ選び、記号で答えなさい。

なお、過程については、与えられた語群の範囲で、もっとも影響が大きかったと考えられるものを選択すること。

[現象の語群]

- (a) 植生の主体が裸子植物から被子植物へと変化した。
- (b) 新種のウィルスが出現した。
- (c) 地球規模の火山活動が活発になった。
- (d) 水中と大気中の酸素が急減した。
- (e) 小天体が地球に衝突した。
- (f) 地球の磁場が逆転した。
- (g) 太陽の活動が一時的に高まり、地球が強い太陽放射にさらされた。

[過程の語群]

- (a) この生物のもつ方向感覚が狂い、雌雄の個体が生殖時期に出会いにくくなり、絶滅した。
- (b) 噴出したマグマによる熱でこの生物の生息域の温度が急変し、絶滅した。
- (c) この生物の生息域は浅い水中であったため、紫外線の影響を強く受けて絶滅した。
- (d) 生物相が急変したため、草食動物であるこの生物は食物の不消化を起こして絶滅した。
- (e) この生物の生息環境が嫌气的状態となり、呼吸が十分できずに絶滅した。
- (f) この生物の生息環境が酸性化したために、殻がうまく作れなくなるなどの生存に不都合な事態が生じ、絶滅した。
- (g) この生物には免疫系が発達していなかったために、絶滅した。

- (4) 現在の地球環境は、人類の活動によって大きく変化しつつある。多くの生物が絶滅の危機に瀕しており、生物多様性への負の影響も深刻である。この生物多様性には、主に3つの要素がある。それぞれ何の多様性であるか、答えを解答欄に記入しなさい。
- (5) 日本の生物多様性を脅かす現象として、外来生物の増加が問題となっている。その増加がとくに問題とされている外来生物を〔語群〕から3種選び、記号で答えなさい。

〔語群〕

- |             |           |                 |
|-------------|-----------|-----------------|
| (a) ホッキョクグマ | (b) トマト   | (c) セイタカアワダチソウ  |
| (d) エゾシカ    | (e) アライグマ | (f) ビーバー        |
| (g) オオクチバス  | (h) スギ    | (i) トキ (j) ヘラブナ |

**B** 次の図1は、日本のある地域に見られるブナを主体とした森林の写真である。また、図2は、この森林の樹冠の一部を下から見上げた写真である。これらの写真に関する以下の問い(6)、(7)に答えなさい。



図1

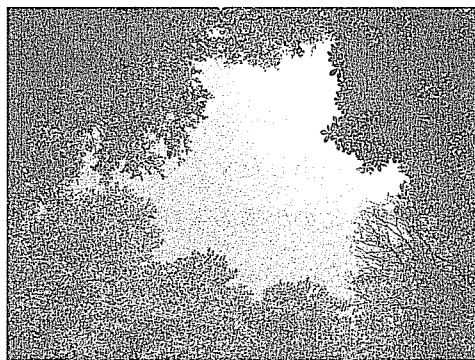


図2



問い

- (6) この森林が属する極相のバイオーム名を、解答欄に記入しなさい。また、このような極相を示す森林は、主に日本のどのあたりで見られるか。次の〔語群〕から2つ選び、記号で答えなさい。

〔語群〕

- (a) 北海道東部の平地 (b) 北海道西南部の平地  
(c) 本州北部の平地 (d) 関東平野の平地  
(e) 標高 3000 m 以上の中部山岳地帯 (f) 近畿地方の平地  
(g) 四国・九州の標高 300 m 以下の地域  
(h) 琉球列島の標高 500 m 以上の地域
- (7) 図2の写真のように、樹冠に穴が開いたように見える状態を何とよぶか。解答欄に記入しなさい。また、このような状態が出現すると、その下の林床部分ではどのような現象が起こると考えられるか。もっともあてはまるものを〔語群〕から1つ選び、記号で答えなさい。

〔語群〕

- (a) 極相をなしている優占種が、新たな生育場所を得て、他種よりも先に成長する。  
(b) 地衣類やコケ植物がまず林床を埋め、それからシダ植物や草本が生育を始める。  
(c) 地表からの酸素供給が増え土壤中の菌類を活性化し、優占種の種子発芽を促進する。  
(d) 草本や陽樹などが一斉に芽を出し、互いに競争しながら局所的に植生が遷移する。  
(e) 大型動物のねぐらがつくられ、しばらく遷移が停止する。





