

2024年度

理 科 問 題

(物理・化学・生物・地学)

物理：2～13ページ	解答用紙4枚
化学：14～27ページ	解答用紙5枚
生物：28～47ページ	解答用紙4枚
地学：48～52ページ	解答用紙3枚

注 意 事 項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
- 2 問題冊子や解答用紙に脱落のあった場合には申し出ること。
- 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ受験番号（最後のページは、左右2箇所）、氏名を必ず記入すること。なお、解答用紙は上部で接着してあるので、はがさず解答すること。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
- 5 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
- 6 解答用紙の裏面は計算等に使用してもよいが、採点はしない。
- 7 現代システム科学域の受験者は、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、解答すること。
- 8 理学部の受験者は、次により解答すること。なお、第2・3志望がある場合、志望する学科についても確認すること。
 - (1) 数学科・生物学科・地球学科・生物化学科を志望する者は「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから2科目を選択し、解答すること。
 - (2) 物理学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」とその他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - (3) 化学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
- 9 工学部の受験者は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
- 10 農学部・獣医学部・医学部医学科の受験者は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択し、解答すること。
- 11 生活科学部食栄養学科の受験者は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから1科目を選択し、解答すること。
- 12 問題冊子の余白は下書きに使用してもよい。
- 13 問題冊子及び選択しなかった科目の解答用紙は持ち帰ること。

生 物

第 1 問 (25点)

免疫に関する次の文1と文2を読み、以下の問いに答えよ。

文1

免疫は、ウイルスや細菌などの病原体に対する生体防御として重要な役割をもつ。ヒトの獲得免疫（適応免疫）には、抗体（免疫グロブリン）による防御である（ア）免疫と、（イ）細胞が感染細胞を認識して除去する防御である（ウ）免疫の2つのしくみが存在する。^①樹状細胞などが病原体を取り込んで分解し、分解された病原体がこれらの細胞上に抗原として提示される。その提示を（エ）細胞が認識し、同じ抗原を認識したB細胞を活性化する。

B細胞は、骨の中の（オ）でつくられ、活性化したB細胞は（カ）細胞となり、抗体をつくる。B細胞が増殖し、抗体をつくることができる（カ）細胞に分化するためには、活性化された（エ）細胞が必要である。増殖したB細胞の一部は、^②記憶細胞となり体内に残る。また、（イ）細胞も抗原を認識した（エ）細胞によって増殖を促され、^③ウイルスや細菌などに感染した細胞を認識して攻撃する。

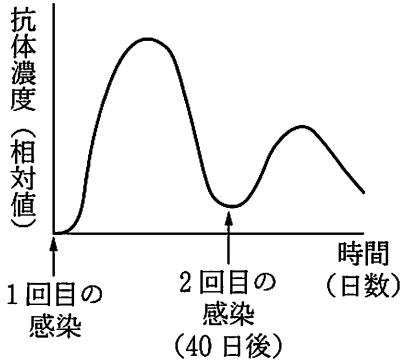
問1 文章中の空欄（ア）～（カ）に入る最も適切な語を答えよ。

問2 下線部①に関して、ヒトの細胞が病原体を取り込み、分解する過程について、以下の4つの語をすべて用いて、70字以内（句読点を含む）で説明せよ。

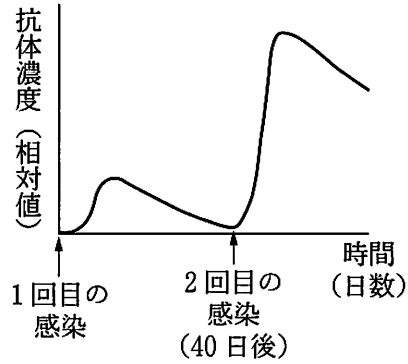
酵素 細胞小器官 細胞膜 受容体

問3 下線部②に関して、ヒトが同じ病原体に2回感染した際の血液中の抗体濃度と経過時間との関係について、最も適切な図を、次の(a)~(d)から1つ選び、記号で答えよ。

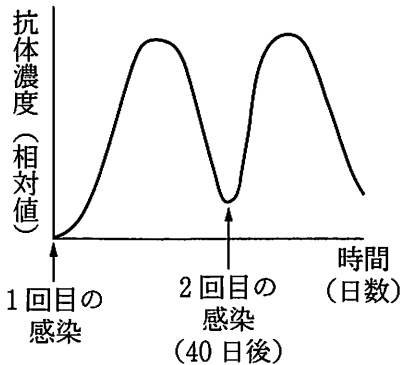
(a)



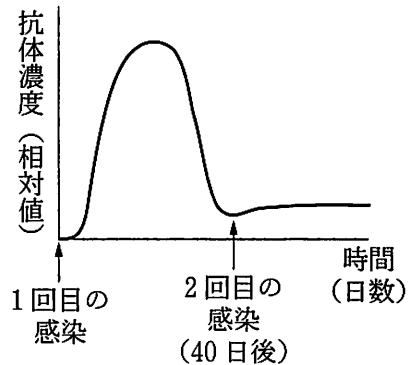
(b)



(c)



(d)



問4 下線部③に関して、ウイルスの特徴として適切なものを、次の(a)~(d)からすべて選び、記号で答えよ。

- (a) ウイルスは細胞膜をもつ。
- (b) ウイルスは分裂して増殖する。
- (c) ウイルスは内部に核酸をもつ。
- (d) ウイルスはタンパク質をもたない。

文 2

重症筋無力症は、④神経細胞の活動に関わる受容体に対して抗体ができることで、筋肉の収縮が起こりにくくなる難病である。また、(キ)病は、すい臓の⑤ランゲルハンス島のB細胞に対して抗体ができ、すい臓の細胞が障害を受け、インスリンの分泌量が不足することが病気の原因となる。これらのような、免疫によって自分自身の細胞やタンパク質が攻撃されることで引き起こされる病気の総称を(ク)疾患という。また、過敏な免疫反応の症状として、花粉症やじんましん、ぜんそくなどが知られ、このような反応を(ケ)という。さらに急激な血圧低下や、呼吸困難などの強い全身性ショック症状を引き起こし、生命に関わる危険な状態におちいる急性(ケ)反応を(コ)という。

問 5 文章中の空欄(キ)～(コ)に入る最も適切な語を答えよ。

問 6 下線部④に関して、神経系の説明として最も適切なものを、次の(a)～(d)から1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 末梢^{しゅう}神経系は、脳と脊髄のみからなる神経系である。
- (b) 運動神経は自律神経系として、からだの各部分から送られる信号を、脳に伝える。
- (c) 中枢神経系は、体性神経系と自律神経系で構成される。
- (d) 視床下部は、自律神経系の中核としてはたらく。

問 7 下線部⑤に関して、ランゲルハンス島で分泌されるグルカゴンの性質として、次の(a)～(d)の文のうち、正しいものには○、誤りがあるものには×を記せ。

- (a) グルカゴンは、ランゲルハンス島において、B細胞が分泌する。
- (b) グルカゴンの分泌には、交感神経が関わる。
- (c) グルカゴンは、血糖値を下げる作用をもつ。
- (d) グルカゴンは、血液で運ばれない。

生 物

第 2 問 (25点)

植物ホルモンに関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

植物ホルモンの1つであるオーキシンは、光屈性や重力屈性における茎や根の屈曲に関与している。光屈性では、(ア)色光受容体である(イ)が(ア)色光を含む光を受容し、オーキシンの輸送に変化が生じることで、茎は(ア)色光を含む光の方向に屈曲する。重力屈性では、植物は茎の内皮細胞内や根の根冠細胞内にある(ウ)の重力方向への移動によって重力の方向を感知し、オーキシンの輸送に変化が生じることで、茎は重力と反対方向に、根は重力の方向に屈曲する。

② オーキシんと(エ)の2つの植物ホルモンは頂芽優勢に関与している。また、オーキシんと(エ)は植物の組織培養にも利用されている。たとえば、ニンジンから組織片を切り出して高濃度のオーキシんと高濃度の(エ)を含む培地で培養すると、細胞は未分化な状態になって増殖し、(オ)とよばれる細胞塊をつくる。

オーキシンの(エ)以外の植物ホルモンもさまざまな反応に関わっている。(カ)は果肉の軟化や果皮の変色など果実の成熟を促す主要な植物ホルモンであり、(キ)は乾燥時に気孔を閉鎖するはたらきを担う主要な植物ホルモンである。また、③ジャスモン酸は昆虫などによる食害に④応答するはたらきを担う。

問1 文章中の空欄(ア)～(キ)に入る最も適切な語を答えよ。

問2 下線部①に関して、図1は右側から照射した光に向かって屈曲している茎の屈曲部位を示している。表皮細胞におけるオーキシンの濃度と細胞の縦方向（長径）の長さをX領域とY領域とで比較すると、それぞれどのような結果になるか、説明せよ。

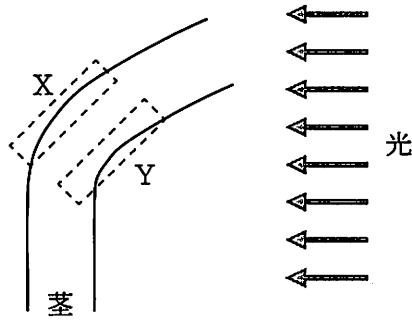


図1

問3 下線部②に関して、頂芽優勢を示す植物の茎の中腹にオーキシンの輸送を止める阻害剤を塗布したところ(図2)、塗布部位の上側と下側の側芽のうち一方の側芽が成長した。この現象の説明として最も適切なものを次の(a)~(d)から1つ選び、記号で答えよ。なお、オーキシンの輸送を止める阻害剤は処理部位からは移動しない。

- (a) 塗布部位より上側の側芽周辺で(エ)の合成が阻害され、上側の側芽が成長する。
- (b) 塗布部位より上側の側芽周辺で(エ)の合成が誘導され、上側の側芽が成長する。
- (c) 塗布部位より下側の側芽周辺で(エ)の合成が阻害され、下側の側芽が成長する。
- (d) 塗布部位より下側の側芽周辺で(エ)の合成が誘導され、下側の側芽が成長する。

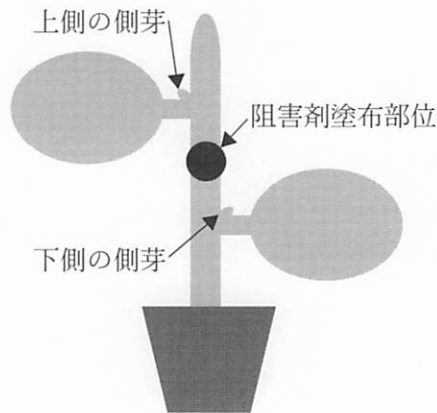


図2

問4 下線部③に関して、(1)と(2)の問いに答えよ。

- (1) 植物が生きていく上で、乾燥時に気孔を閉鎖する意義を説明せよ。
- (2) 気孔が閉鎖する過程について、以下の3つの語をすべて用いて説明せよ。

浸透圧 膨圧 水

問5 下線部④に関して、次の文章を読み、(1)と(2)の問いに答えよ。

昆虫の食害によって葉などに傷を受けたこと（食害刺激）を植物が受容すると、ジャスモン酸が急激に合成される。合成されたジャスモン酸は防御物質の合成を促進し、その結果、食害の拡大が抑えられる（食害拡大抑制）。ある植物の突然変異体を調べていると、食害への応答に関わる突然変異体 i～iiiが見つかった。表1は、野生型、および、それぞれの突然変異体における、食害を受けたときの食害拡大抑制の有無とジャスモン酸の合成量、そして、食害を受けた植物にジャスモン酸を与えたときの食害拡大抑制の有無を示している。

表1

	食害を受けたときの食害拡大抑制の有無	食害を受けたときのジャスモン酸の合成量	食害を受けた植物にジャスモン酸を与えたときの食害拡大抑制の有無
野生型	有	多い	有
突然変異体 i	無	わずか	無
突然変異体 ii	無	わずか	有
突然変異体 iii	無	多い	無

(1) 突然変異体 i～iii は次の(a)～(c)のどの変異体にあたるか、それぞれ記号で答えよ。

- (a) 食害刺激を受容できないが、ジャスモン酸によって合成が促進される防御物質の合成はできる変異体
- (b) 食害刺激を受容できるが、ジャスモン酸によって合成が促進される防御物質の合成はできない変異体
- (c) 食害刺激の受容と防御物質の合成の両方ができない変異体

(2) ジャスモン酸からは揮発性物質が合成されることが知られている。ジャスモン酸から合成される揮発性物質が食害への応答に関わることを、複数の植物個体とそれを食害する昆虫を使って示すためには、どのような実験を行ってどのような結果が得られればよいか、答えよ。

生 物

第 3 問 (25点)

生物の個体群に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

カナダに生息するガの1種は、30年周期で大発生することが知られている。このガの雌の成虫は、7月から8月にかけて、針葉樹の葉に、1回の産卵で平均して20の卵を産みつける。雌の成虫は、場所を変えて産卵を繰り返し、一生を終えるまでに平均して200の卵を産む。卵からふ化した1齢幼虫は、花のつぼみの内側や樹皮の下などに越冬巣を作り、その中で摂食せずに2齢幼虫になり、そのまま越冬する。越冬後の2齢幼虫は5月初旬に越冬巣から出て、針葉樹の葉を食べて成長し、7月初旬に蛹化する。蛹は10日間ほどで成虫に羽化する。

このガの個体群中の個体数は、環境条件が整っていれば、指数的に増加する。しかし、実際の個体数は、初期には指数的な増加を示すが、①やがて個体数の増加にともなって増える周囲の環境からの負の効果によって、個体数の増加、すなわち、個体群の成長はとまる。一般に、②個体群の密度が増加するにつれて、個体の発育、形態、生理、死亡率、産卵数などに変化が生じてくることを（ア）とよぶ。

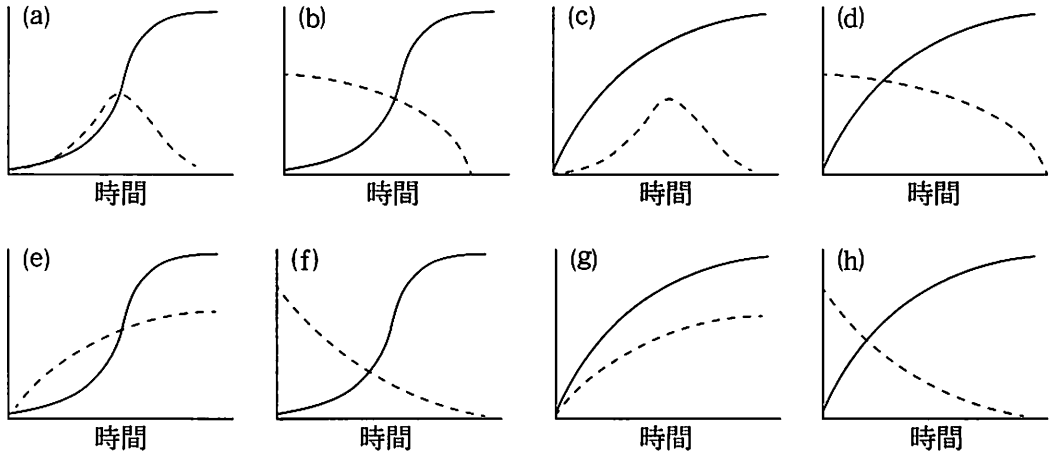
このガの個体群は、同じ地域に生息する異なる種の個体群と、さまざまに関係合いながら生活している。食物や生息場所をめぐる競い合うことを（イ）といい、また、他の生物を捕らえて食べることを捕食という。このように互いに関係合いながら、ある地域に生活している異なる種の個体群の集まりを（ウ）という。

問1 文章中の空欄（ア）～（ウ）に入る最も適切な語を答えよ。

問2 下線部①に関して、以下の(1)と(2)の問いに答えよ。

- (1) 個体群の成長を妨げる要因として天敵の存在があるが、天敵が存在しない場合でも個体群の成長が抑制されることがある。天敵が存在しない場合において、個体群の成長を抑制する代表的な要因を2つ答えよ。

(2) 動物の個体群の個体数と個体群の成長速度を示したグラフとして、最も適切なものを、次の(a)~(h)から1つ選び、記号で答えよ。なお、グラフ中の実線は個体群の個体数を、破線は個体群の成長速度を示す。



問3 下線部②に関して、植物の個体群では、個体群密度が増加すると、各個体の成熟時の重さが減少する。成熟時において、個体群密度が高いときの単位面積あたりの個体群全体の重さは、個体群密度が低い時と比べてどのようになるか、そのようになる理由とともに40字以内（句読点を含む）で答えよ。

問4 表1は、このガのある個体群における生命表である。この生命表に関して、以下の(1)と(2)の問いに答えよ。

表1

発育段階	期間最初の生存数	期間内の死亡数	死亡要因
卵	3,620	308	ふ化の失敗
1 齢幼虫	3,312	1,358	クモによる捕食
越冬幼虫	1,954	195	越冬の失敗
2 齢幼虫	1,759	1,020	クモによる捕食
3～4 齢幼虫	739	666	鳥による捕食
蛹	73	21	鳥による捕食
成虫	52		

(1) 次の(a)～(d)の文について、正しいものには○，誤りがあるものには×を記せ。

- (a) このガでは、卵のふ化の失敗による死亡数が越冬の失敗による死亡数より多く、卵の段階での死亡率は越冬幼虫の段階での死亡率より高い。
- (b) このガの越冬幼虫には、冬の寒さに対する耐性はあるが、それでも死亡する個体は存在する。
- (c) このガの死亡数を最も多くしている天敵はクモだが、発育段階間で死亡率を比較した場合に、死亡率を最も高めている天敵は鳥である。
- (d) このガの生存曲線は、発育段階初期の死亡率が非常に高い早死型である。

(2) 成虫になった個体のうち 80.0 %が交尾し、交尾個体のうちの 75.0 %が産卵したとすれば、この個体群の次世代の卵の数は、表 1 の卵の数と比較してどのようになるか。次の(a)~(e)から 1つ選ぶとともに、選んだ根拠となった計算過程を記せ。ただし、雄と雌の比率は 1 : 1 である。20 %以上の増減を「大きく」、20 %未満の増減を「小さく」、5 %未満の増減を「変化なし」と判断する。

- (a) 大きく増加する (b) 小さく増加する (c) 変化なし
(d) 小さく減少する (e) 大きく減少する

生 物

第 4 問 (25点)

進化に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

生物の進化は、①突然変異によって生じた個体レベルの遺伝的変異が、集団全体に広がることで起こる。また、一般に個体の形質は、各遺伝子座における対立遺伝子の組み合わせ(遺伝子型)で決まる。有性生殖を行う生物では、子の遺伝子型は親と同じであるとは限らない。そのため、②交配が可能な集団がもつ遺伝子全体における対立遺伝子の割合(遺伝子頻度)の変化によって進化を考えることが有効である。

問1 下線部①に関して、ある双子葉植物の種子に突然変異を誘発したところ、図1に示した胚の(ア)～(エ)の各組織の細胞で突然変異が生じた。生じた突然変異が次世代に遺伝する可能性が最も高い組織を1つ選び、記号で答えよ。また、そのように考えられる理由を50字以内(句読点を含む)で説明せよ。

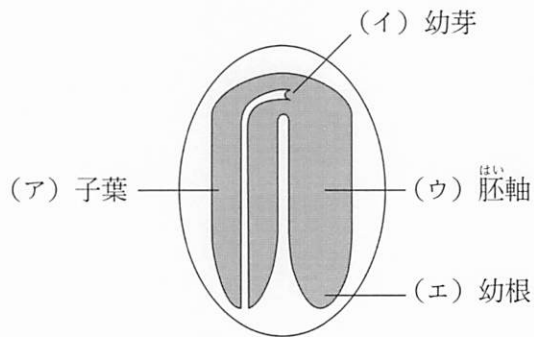


図1

問2 下線部②に関する次の文章を読み、(1)～(3)の問いに答えよ。

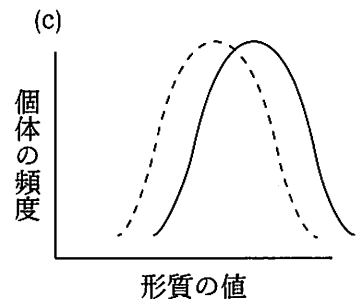
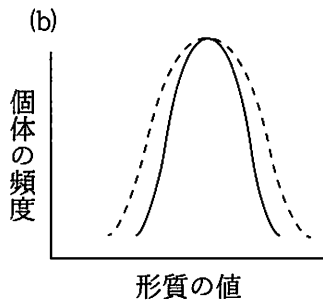
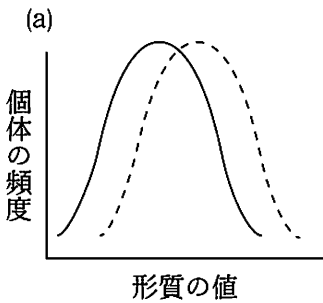
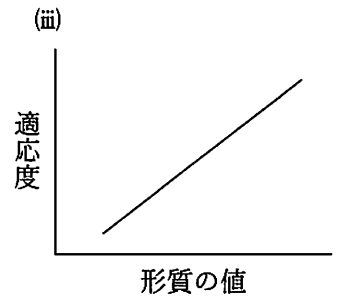
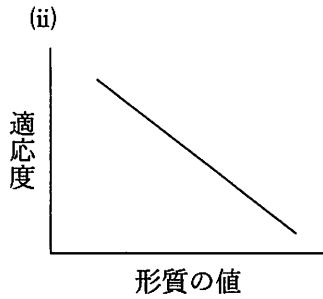
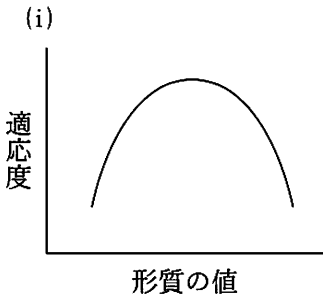
ある植物において、花卉の色が対立遺伝子 A と a によって決まっており、A は顕性（優性）で花卉が赤くなり、a は潜性（劣性）で花卉が白くなるとする。この植物のある集団 2,500 個体について花卉の色を調べたところ、赤い個体は 1,600 個体、白い個体は 900 個体であった。

- (1) ハーディ・ワインベルグの法則が成り立っている場合、この集団における対立遺伝子 A および a の遺伝子頻度を答えよ。

- (2) この集団から 50 個体が隔離されたとする。隔離された集団を集団 i、残りの集団を集団 ii とすると、集団 i は、赤い花卉をもつ個体が 32 個体、白い花卉をもつ個体が 18 個体であった。その後、集団 i の大きさは 2,500 個体まで回復したが、回復した後に花卉の色を調べたところ、すべて白い個体であった。集団 i の花卉の色がすべての個体で白くなった理由として考えられることを 50 字以内（句読点を含む）で説明せよ。ただし、隔離直後の集団 i と集団 ii の対立遺伝子 A と a の遺伝子頻度は隔離前の集団と等しく、集団 i と集団 ii との間に生育環境の違いはない。また、対立遺伝子 A および a は自然選択に対して中立であり、突然変異は起こらないものとする。

- (3) (2)の隔離から時間がたち、集団 i だけでなく集団 ii も 2,500 個体で安定した。その後、集団 i と集団 ii は再び任意交配が可能な 5,000 個体の 1 つの集団になった。1 つになった後の集団における、対立遺伝子 A および a の遺伝子頻度を答えよ。ただし、もとの集団 ii と 1 つになった後の集団では、ハーディ・ワインベルグの法則が成り立っているとする。

問3 自然選択のはたらきに関して、花の大きさや種子の数などの形質の値と適応度との関係が次の(i)~(iii)のグラフで表される場合、自然選択がはたらく前後の形質の値と個体の頻度を示したグラフとして最も適切なものを、それぞれ(a)~(c)から1つずつ選び、記号で答えよ。ただし、(a)~(c)の破線は自然選択がはたらく前の形質の分布、実線は自然選択がはたらいた後の形質の分布を示す。



問4 分子系統樹に関して、次の(1)~(3)の問いに答えよ。

(1) 表1は、5つの種A~Eに共通するある遺伝子の塩基配列を比較し、塩基の相違数を示したものである。この表をもとに分子系統樹を作成したところ、図2の結果が得られた。(ア)~(ウ)に当てはまる最も適切な種を1つずつ選び、記号で答えよ。ただし、この遺伝子の塩基数は種A~Eで等しく、遺伝子の変化の速度は一定であり、図2の縦の線(枝)の長さは塩基の相違数を反映していない。

表1

	種 A	種 B	種 C	種 D	種 E
種 A	-	2	14	6	14
種 B	-	-	14	6	14
種 C	-	-	-	14	4
種 D	-	-	-	-	14
種 E	-	-	-	-	-

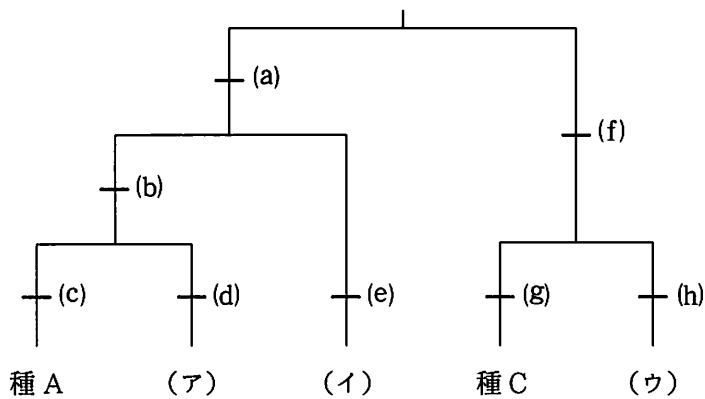


図2

(2) 表2は、ある形質 i ~ iii について、種 A ~ E がもつ場合を「+」、もたない場合を「-」で示したものである。各形質が獲得された系統樹上の位置として最も適切なものを、それぞれ図2の(a)~(h)から1つずつ選び、記号で答えよ。ただし、種 A ~ E の共通祖先は形質 i ~ iii をもっておらず、各形質は獲得後に失われることはない。

表2

	種 A	種 B	種 C	種 D	種 E
形質 i	-	+	-	-	-
形質 ii	+	+	-	+	-
形質 iii	-	-	+	-	+

(3) 図2の種 A と (ア) の共通祖先と (イ) の祖先とが分岐した年代が 60 万年前であったとする。このとき、種 A の祖先と (ア) の祖先が何万年前に分岐したのかを表1の塩基の相違数から推定して答えよ。ただし、この遺伝子の塩基数は種 A ~ E で等しく、遺伝子の変化の速度は一定である。