生　物

（解答はすべて解答用紙に記入すること）

第１問　次の文章を読み、下の問い（**問１～４**）に答えよ。[**解答番号** 1 ～ 6]

自然の中では、多くの生物個体が他の個体と関わり合いながら生息している。これらの関わりは、大きく分けて、同種個体どうしの種内関係と、異種個体間の種間関係に分けられる。種内関係には縄張りの形成(1)や、群れにおける優位劣位の（　**ア**　）など、多様なものがある。子育て(2)における協力行動も知られており、（　**イ**　）と呼ばれる、つがい以外の成体が存在して共同繁殖を行う種もある。

種間関係には、捕食－被食の関係、競争、共生など、さまざまなものがあり、種間関係が形態や行動などの適応をもたらす場合も知られている。たとえば、ある生物種が周囲の景色や他の生物に似た外見（色や模様）をもつ擬態という現象には、捕食－被食の関係が関与すると考えられている。

捕食されることを回避する擬態は、被食者と捕食者の２種類の生物の関係としてとらえられるだけでなく、擬態する生物（擬態者）と擬態される生物（モデル）、そして捕食者の３種類の生物の関係としてとらえることもできる。植物（モデル）の葉や樹皮などに似た体の色や模様をもち発見されにくくなる擬態は、カモフラージュ型（隠ぺい型）の擬態と呼ばれる。一方、目立つ色や模様をもつ動物をモデルとした擬態者も知られている。こうした擬態（標識型）では、次のような関係が想定できる。鳥などの捕食者が、毒針をもつハチや味の悪いチョウを食べようとして不快な経験をすると(3)、その外見を学習して、以後襲わなくなる。すると、こうしたハチやチョウをモデルとした擬態者も、捕食者に襲われにくくなる。

問1　文中の空欄**ア**・**イ**に入る語句の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥から1つ選べ。 1

	ア	イ
①	定位	コロニー
②	定位	ヘルパー
③	定位	ワーカー
④	順位	コロニー
⑤	順位	ヘルパー
⑥	順位	ワーカー

問２　下線部(1)に関連した次の文を読み、(a)・(b)に答えよ。

図１は、縄張りの大きさに関する概念図である。(p) の曲線は得られる資源の量を表しており、縄張りが一定の大きさ以上になると、得られる資源の量はほとんど変わらなくなることを示している。(q) の曲線は縄張りを守る労力を示しており、縄張りが大きくなると、労力が指数的に増加することを示している。また、労力の大きさは、個体数（個体群密度）の影響を受けると考えられる。

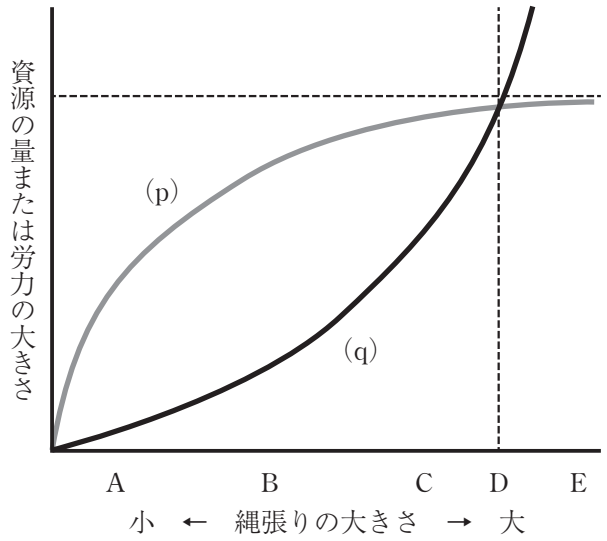


図１

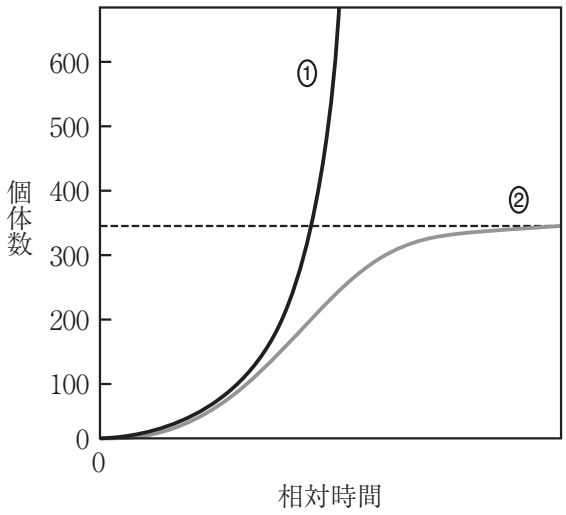
(a)　いま、ある地域において図１の関係が成り立ち、最適な縄張りの大きさがＢであったとする。この地域において、個体数が少なくなり、縄張りを守る労力が縄張りの大きさによらず、図１の半分になった場合を考えてみよう。この時、存在する資源の量が変わらないならば、最適な縄張りの大きさはどのように変化すると予想できるか。予想を述べた文として最も適当なものを、次の①～⑥から１つ選べ。 2

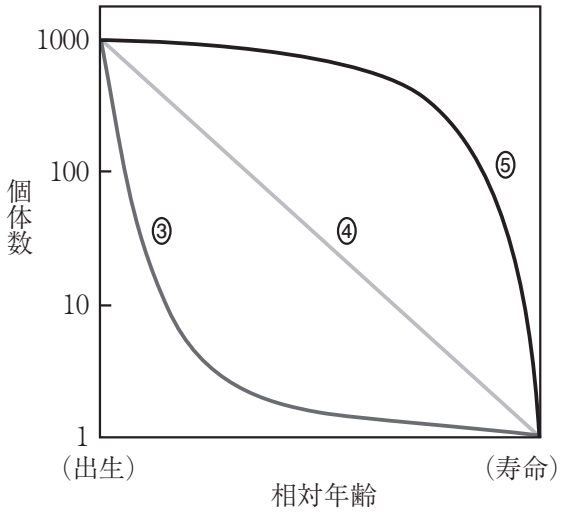
①　ほぼＡになる。
②　Ｂよりも小さくなり、ＡとＢの間になる。
③　Ｂのまま変わらない。
④　Ｂよりも大きくなり、ＢとＣの間になる。
⑤　ＣとＤの間になる。
⑥　ほぼＥになる。

(b)　同じ地域において、存在する資源の量が多くなり、資源を得やすくなった場合を考えてみよう。得られる資源量の上限は変わらず、得られる資源量が上限以下の範囲では縄張りの大きさによらず図１の２倍の量を得られると仮定すると、個体数が変わらないならば、最適な縄張りの大きさはどのように変化すると予想できるか。予想を述べた文として最も適当なものを、次の①～⑤から１つ選べ。 3

①　Ａ以下になる。
②　ＡとＢの平均の大きさに近くなる。
③　Ｂのまま変わらない。
④　ＢとＣの平均の大きさに近くなる。
⑤　Ｃ以上になる。

問３　下線部(2)に関連して、子育てを手厚く行う動物に見られる生存曲線として最も適当なものを、次の①～⑤から１つ選べ。 **4**





問４　下線部(3)に関連して、(a)・(b)に答えよ。

(a)　学習には、神経系が関与し、とくにシナプスが重要な役割を果たしていると考えられている。学習とシナプスについて述べた次の**あ**～**う**の文のうち、正しいもののみを過不足なく含む組合せとして最も適当なものを、下の①～⑦から１つ選べ。 **5**

あ　無害な刺激を繰り返し経験することで、応答の程度が不可逆的に小さくなる学習を慣れという。

い　動物が学習する際には、シナプスにおける情報伝達の効率が上昇することも低下することもある。

う　シナプスの上流側のニューロンの末端において、カルシウムイオンが流出することが引き金となって、神経伝達物質が放出される。

①　あ	②　い	③　う	④　あ・い
⑤　あ・う	⑥　い・う	⑦　あ・い・う	

(b) モデルと標識型の擬態者の両方が存在する地域において、両者の個体群密度の違いが、それぞれの動物の利害にどのように影響するかに関する考察を述べた次の**あ**～**う**の文のうち、正しいもののみを過不足なく含む組合せとして最も適当なものを、下の①～⑦から1つ選べ。ただし、捕食者はモデルを一度でも経験すると、モデルと擬態者を二度と襲わないが、擬態者を繰り返し経験すると、外見を目印に襲う行動の頻度が高まるものとする。 **6**

あ モデルの密度が一定である場合、擬態者の密度は、モデルの利益の大きさに影響しないと考えられる。

い モデルの密度に対して、擬態者の密度が低いときは擬態者の利益が大きく、擬態者の密度が高いときは擬態者の利益が小さいと考えられる。

う 捕食者が10個体生息し、擬態者の密度がモデルの密度の10倍である場合、擬態者が襲われなくなるまでには、モデルが10個体襲われることになる。

① **あ**　② **い**　③ **う**　④ **あ・い**
⑤ **あ・う**　⑥ **い・う**　⑦ **あ・い・う**

第2問 次の文章を読み、下の問い（**問1～5**）に答えよ［**解答番号** 7 ～ 13 ］

現在地球上には多様な生物が存在しており、それぞれが独自の形態や機能をもつ。一方で、すべての生物は、細胞膜で外界から区切られた細胞を基本単位としている点や、DNAが遺伝情報を担っている点、細胞内に含まれる類似した分子が同様の機能を果たす点など、共通する特徴ももつ。このような共通点は、すべての生物が共通の祖先から進化してきたことを示しており、現在では、地球上の生物を3つの大きなグループに分ける3ドメイン説が広く受け入れられている。3ドメイン説では、まず（ **ア** ）と核をもつ（ **イ** ）の共通祖先が（ **ウ** ）の祖先と分かれ、その後、（ **ア** ）と（ **イ** ）の系統が分かれたとされている。

生物進化において、突然変異と自然選択、遺伝的浮動が重要な役割を果たしたと考えられている。これらは、分子進化（塩基配列やアミノ酸配列に見られる進化）にも深く関与している。表1は、5種類の脊椎動物（a種～e種）について、ヘモグロビンα鎖を構成する141個のアミノ酸配列を比較し、それぞれの種の間のアミノ酸の違いの数を示したものであり、図1は表1をもとにした分子系統樹である。ただし、図1の V ～ Z には、a種～e種のいずれかが入る。

表1

	a種	b種	c種	d種	e種
a種	*	23	37	62	68
b種		*	42	65	67
c種			*	71	75
d種				*	74
e種					*

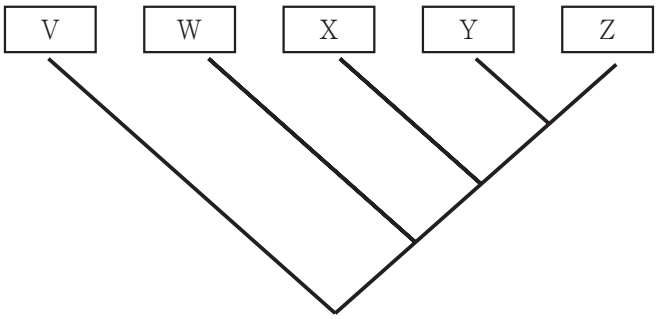


図1

最も古い年代に他の4種と分かれたのは（　**エ**　）であり、最も近縁なのはa種と（　**オ**　）である。仮に、a種がヒトであるとすると（　**オ**　）は（　**カ**　）と考えられる。また、図1の［ Y ］と［ Z ］の分岐が1億4000万年前であるとすると、ヘモグロビンα鎖を構成するアミノ酸が1個置換するのに必要な年数は、およそ（　**キ**　）年と計算できる。そして、（　**エ**　）と他の4種は同じ時点で共通祖先から分かれているため、（　**エ**　）の系統が分岐したのは、およそ（　**ク**　）年前と推定できる。

問1　文中の空欄**ア**～**ウ**に入る語句の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥から1つ選べ。［ 7 ］

	ア	**イ**	**ウ**
①	細菌（バクテリア）	アーキア（古細菌）	真核生物
②	細菌	真核生物	アーキア
③	アーキア	細菌	真核生物
④	アーキア	真核生物	細菌
⑤	真核生物	細菌	アーキア
⑥	真核生物	アーキア	細菌

問2　下線部に関連して、すべての生物はDNAポリメラーゼをもっている。DNAポリメラーゼの機能と役割について述べた次の**あ**～**う**の文のうち、正しいもののみを過不足なく含む組合せとして最も適当なものを、下の①～⑦から1つ選べ。 8

あ　DNAポリメラーゼが、既存の一本鎖DNAを鋳型として、相補的な塩基配列をもつ新生鎖を合成する際の基質は、4種類の塩基である。

い　リーディング鎖を合成するDNAポリメラーゼも、ラギング鎖を合成するDNAポリメラーゼも、新生鎖の3' 末端を伸長する。

う　細胞内には複数種類のDNAポリメラーゼがあり、その中にはプライマーを合成する役割を果たすものがある。

① **あ**　② **い**　③ **う**　④ **あ・い**
⑤ **あ・う**　⑥ **い・う**　⑦ **あ・い・う**

問3　文中の空欄**エ**～**カ**に入る語句として最も適当なものを、次の①～⑧から1つずつ選べ。**エ**： 9　**オ**： 10　**カ**： 11

① b種　② c種　③ d種　④ e種
⑤ イモリ　⑥ コイ　⑦ イヌ　⑧ ニワトリ

問4　文中の空欄**キ**に入る数値として最も適当なものを、次の①～⑥から1つ選べ。ただし、アミノ酸が置換する速度はどの種でも一定で互いに等しく、同じ位置で2回置換が起きたことはないものと仮定する。 12

① 61万　② 122万　③ 243万
④ 609万　⑤ 1217万　⑥ 2434万

問５　文中の空欄**ク**に入る数値として最も適当なものを、次の①～⑥から１つ選べ。ただし、アミノ酸が置換する速度はどの種でも一定で互いに等しく、同じ位置で２回置換が起きたことはないものと仮定する。 **13**

① 4億1300万　② 4億3200万　③ 4億5600万
④ 8億2600万　⑤ 8億6400万　⑥ 9億1200万

第3問 次の文章を読み、下の問い（**問1**～**5**）に答えよ。[**解答番号** 14 ～ 21]

私たちの体は、常に細菌やウイルスなどの病原体にさらされているが、体には、それらの侵入を防ぐしくみや、侵入した病原体を排除するしくみが備わっている。体内に侵入した異物に対しては、まず、自然免疫と呼ばれるしくみがはたらく。自然免疫で中心となる食細胞には、（ **ア** ）や、炎症に関わる（ **イ** ）、樹状細胞などがある。(1)

自然免疫で排除しきれない異物に対しては、適応免疫（獲得免疫）のしくみがはたらく。適応免疫で中心となるのはリンパ球であり、樹状細胞が、自然免疫と適応免疫の間を仲介する役割を果たす。リンパ球は、T細胞とB細胞に大別される。ヒトを含む哺乳類の場合、T細胞の元となる細胞は（ **ウ** ）に存在するが、T細胞に運命づけられると（ **ウ** ）から（ **エ** ）に移動し、（ **エ** ）でT細胞として分化・成熟する。一方、B細胞は、（ **ウ** ）で分化・成熟する。成熟したT細胞・B細胞は、ひ臓やリンパ節に移動して、はたらくようになる。

適応免疫には、抗体によって抗原を排除する体液性免疫と、リンパ球が感染細胞などを直接攻撃する細胞性免疫がある。体液性免疫の一次応答は、次のような過程で進む。

病原体や毒素などの異物が体内に侵入する。
樹状細胞が異物を取り込む。
樹状細胞が異物を部分的に分解し、その断片（抗原X）を（ **オ** ）とともに提示する。
樹状細胞に提示された抗原Xを認識した（ **カ** ）が活性化される。
（ **キ** ）が、（ **ク** ）を介して異物を直接認識し、異物を取り込む。
（ **キ** ）は異物を部分的に分解し、断片（抗原X）を（ **オ** ）とともに提示する。
抗原Xで活性化した（ **カ** ）が、抗原Xを提示している（ **キ** ）を認識すると情報伝達物質を分泌し、（ **キ** ）を活性化させる。
活性化した（ **キ** ）が盛んに分裂・増殖する。

増殖した（　**キ**　）の多くは、形質細胞（抗体産生細胞）に分化し、抗原Xに対する抗体を産生・分泌する。
増殖した（　**キ**　）の一部は記憶細胞となる。

体液性免疫や細胞性免疫は、疾患の原因となる場合もあり、また、さまざまなかたちで医療に応用されている(2)。

問1　文中の空欄**ア**・**イ**に入る語句として最も適当なものを、次の①～⑥から1つずつ選べ。**ア**：[14]　**イ**：[15]

① 赤血球　② 標的細胞
③ 血小板　④ 好中球
⑤ マクロファージ　⑥ バクテリオファージ

問2　文中の空欄**ウ**・**エ**に入る語句として最も適当なものを、次の①～⑨から1つずつ選べ。**ウ**：[16]　**エ**：[17]

① 腎臓　② 肝臓　③ 心臓
④ すい臓　⑤ 胸腺　⑥ 甲状腺
⑦ 副甲状腺　⑧ 副腎　⑨ 骨髄

問３　文中の空欄**オ**～**ク**に入る語句の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑧から１つ選べ。 **18**

	オ	カ	キ	ク
①	MHC 分子	キラー T 細胞	B 細胞	受容体
②	MHC 分子	キラー T 細胞	NK 細胞	受容体
③	MHC 分子	ヘルパー T 細胞	B 細胞	受容体
④	MHC 分子	ヘルパー T 細胞	NK 細胞	受容体
⑤	受容体	キラー T 細胞	B 細胞	MHC 分子
⑥	受容体	キラー T 細胞	NK 細胞	MHC 分子
⑦	受容体	ヘルパー T 細胞	B 細胞	MHC 分子
⑧	受容体	ヘルパー T 細胞	NK 細胞	MHC 分子

問４　下線部(1)に関して、食細胞に関する実験を述べた次の文を読み、(a)・(b)に答えよ。

【実験準備】

３匹のウサギを用意し、１匹（ウサギ１）には生理食塩水に酵母の死菌を懸濁させたものを、繰り返し注射した。別の１匹（ウサギ２）には生理食塩水だけを同様に注射した。それぞれのウサギから血清を採取した。さらに別の１匹（ウサギ３）からは食細胞を単離した。

【実験】

表面に蛍光色素を一様に結合させた酵母の死菌を、ウサギ１の血清（血清１）あるいはウサギ２の血清（血清２）と混合し、37 ℃で 30 分静置した。その後、それぞれの血清から単離した酵母の死菌を、ウサギ３から得た食細胞とともに、37 ℃で２時間培養した。そして、1000 個の食細胞について細胞ごとの蛍光の強さを調べ、蛍光の強さごとに分類し細胞数を数えた。図１は、その結果をまとめたものである。

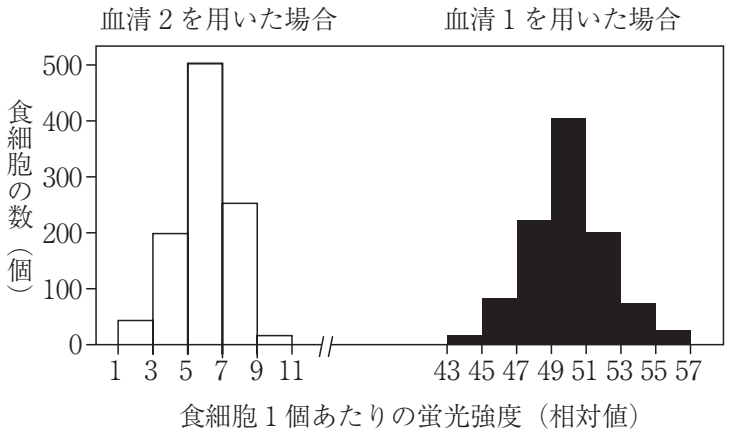


図１

(a) 血清１と血清２で結果が異なる理由について述べた文として最も適当なものを、次の①～⑥から１つ選べ。 **19**

① 酵母死菌に血清１に含まれる抗体が結合することで、食細胞が酵母死菌を取り込む効率が高くなるため。

② 酵母死菌に血清２に含まれる抗体が結合することで、食細胞が酵母死菌を取り込む効率が高くなるため。

③ 酵母死菌に蛍光色素が結合することで、食細胞が酵母死菌を取り込む効率が高くなるため。

④ 酵母死菌に蛍光色素が結合することで、食細胞が酵母死菌を取り込む効率が低くなるため。

⑤ 蛍光色素に血清１に含まれる抗体が結合することで、食細胞が抗体を取り込む効率が高くなるため。

⑥ 蛍光色素に血清２に含まれる抗体が結合することで、食細胞が抗体を取り込む効率が高くなるため。

(b) 血清1および血清2を大量の酵母の死菌と混合し、37℃で30分間静置した後、酵母の死菌を取り除いた。それぞれの血清（血清3および血清4と呼ぶ）をもちいて、実験と同様の操作を行い、細胞が発する蛍光を調べた場合、どのような結果が得られると予想できるか。血清3と血清4の予想の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥から1つ選べ。 **20**

	血清3	血清4
①	血清1に近い	血清1に近い
②	血清1に近い	血清1と血清2の中間になる
③	血清1に近い	血清2に近い
④	血清2に近い	血清1に近い
⑤	血清2に近い	血清1と血清2の中間になる
⑥	血清2に近い	血清2に近い

問5 下線部(2)に関連して、免疫と疾患との関係や医療への応用について述べた次の**あ**～**う**の文のうち、正しいもののみを過不足なく含む組合せとして最も適当なものを、下の①～⑦から1つ選べ。 **21**

あ スギ花粉が抗原として認識され免疫反応が起き、鼻水やかゆみなどの不快な症状が引き起こされる花粉症はアレルギーのひとつである。

い ワクチンを接種して免疫記憶を成立させることで、病原体が侵入しても発症を防ぐことを予防接種という。

う 前もって毒素などの抗原を接種して抗体をつくらせた動物の血清を採取しておき、患者に注射して毒素をすみやかに中和する方法は、現在でも利用されている。

① **あ**　② **い**　③ **う**　④ **あ・い**
⑤ **あ・う**　⑥ **い・う**　⑦ **あ・い・う**

第４問　次の文章を読み、下の問い（**問１～４**）に答えよ。[**解答番号** 22 ～ 26]

多細胞生物では、１つの受精卵が細胞分裂を繰り返して細胞数を増やし、やがて異なる形態や機能をもつ細胞が生じて(1)、複雑な個体を形成する。この過程では、体のどの部分がどこに位置するかという空間的な情報が必要となる。動物の初期発生においては、卵の中にあらかじめ存在する母性因子と呼ばれる物質が、その空間情報の一部を担っている。

ショウジョウバエの発生では、卵の前端に局在するビコイドという母性因子が、頭部の形成に重要な役割を果たすことが知られている。ビコイドは、母親の体内で mRNA として卵に蓄えられ、受精後に翻訳(2)が始まり、前端から後方にかけて、ビコイドタンパク質の濃度勾配が形成される。

ビコイドタンパク質は転写調節タンパク質としてはたらき、特定の遺伝子の発現を促進する。ビコイドタンパク質の作用で発現した遺伝子の産物も転写調節にはたらくことが知られており、それらの遺伝子産物などのはたらきで、ショウジョウバエの胚に体節が形成される。そして、それぞれの体節において、特有のパターンでホメオティック遺伝子(3)が発現することで、体節に特有の構造が形成されることになる。そのため、正常なビコイドタンパク質が発現しない胚では、発生途中で胚が死んでしまうことになる。

受精卵に含まれる母性因子は、母親の遺伝子型によって決まり、子の遺伝子型とは必ずしも一致しない。そのため、同じ遺伝子型の受精卵が、正常に発生したり、正常に発生できず、頭部を正しく形成できなかったりすることがある(4)。

問 1　下線部(1)の現象は細胞分化と呼ばれ、組織分化や器官分化の土台となる。発生と分化について述べた文として**誤っているもの**を、次の①～⑤から１つ選べ。 22

① ショウジョウバエの幼虫の唾腺（だせん）の細胞に含まれる唾腺染色体では、パフと呼ばれる構造が観察され、発生の進行とともに、その位置が変化する。

② パフの部分では活発に RNA 合成が行われており、パフの位置の変化は発現する遺伝子の変化を反映している。

③ 同じ遺伝子から発現したタンパク質の一次構造の一部が、組織によって異なる現象が知られており、この現象には、選択的スプライシングが関係する。

④ 両生類の発生過程で起こる中胚葉誘導では、誘導物質を受容した細胞で、発現する遺伝子が変化する。

⑤ 両生類の発生過程で起こる神経誘導においては、神経に分化した細胞のゲノムが変化し、神経以外の細胞に分化するのに必要な遺伝子が消失する。

問２　下線部(2)に関連して、真核細胞における翻訳および翻訳後の現象について述べた次の**あ**～**え**の文のうち、正しいもののみを含む組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥から１つ選べ。 **23**

あ　mRNA とリボソームが結合した複合体が核膜孔を通って細胞質に移動し、翻訳が始まる。

い　リボソームの内部では、mRNA のコドンと相補的なアンチコドンをもつ tRNA が、コドンの指定するアミノ酸を合成する。

う　mRNA の上を移動していたリボソームが終止コドンに到達すると翻訳が終了し、リボソームは mRNA から離れる。

え　合成されたポリペプチドが折りたたまれて立体構造をもつようになる過程では、シャペロンがはたらく。

① **あ・い**　② **あ・う**　③ **あ・え**　④ **い・う**
⑤ **い・え**　⑥ **う・え**

問３　下線部(3)に関して、ホメオティック遺伝子とその産物、ホメオティック遺伝子の突然変異について述べた次の**あ**～**う**の文のうち、正しいもののみを過不足なく含む組合せとして最も適当なものを、下の①～⑦から１つ選べ。 **24**

あ　ホメオティック遺伝子と同様の役割を果たすホックス（*Hox*）遺伝子群が、マウスやヒトにも存在している。

い　異常な形態の触角や翅（はね）が生じるなど、位置の変わらない形態異常の原因は、ホメオティック遺伝子の突然変異である。

う　ホメオティック遺伝子の産物は、分節遺伝子と総称される遺伝子群の発現を調節している。

① **あ**　② **い**　③ **う**　④ **あ・い**
⑤ **あ・う**　⑥ **い・う**　⑦ **あ・い・う**

問４　下線部(4)に関連した次の文を読み、(a)・(b)に答えよ。なお、正常なビコイド遺伝子を B、機能のない変異遺伝子を b とする。

遺伝子型 Bb の雄の成虫と遺伝子型 Bb の雌の成虫を交配した場合、次世代の成虫に現れる遺伝子型は（　**ア**　）であり、理論的には（　**イ**　）の分離比となる。また、遺伝子型 bb の雄の成虫と遺伝子型 Bb の雌の成虫を交配した場合、次世代の成体に現れる遺伝子型は（　**ウ**　）である。しかし、遺伝子型 Bb の雄の成虫と遺伝子型 bb の雌の成虫を交配した場合は、次世代の成虫は現れない。つまり、遺伝子型が（　**エ**　）の受精卵は、母親の遺伝子型によって、正常発生できる場合とできない場合がある。

(a)　文中の空欄**ア**・**ウ**・**エ**に入る遺伝子型の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑧から１つ選べ。 **25**

	ア	**ウ**	**エ**
①	BB，Bb，bb	Bb，bb	Bb，bb
②	BB，Bb，bb	Bb，bb	Bb
③	BB，Bb，bb	Bb	Bb，bb
④	BB，Bb，bb	Bb	Bb
⑤	BB，Bb	Bb，bb	Bb，bb
⑥	BB，Bb	Bb，bb	Bb
⑦	BB，Bb	Bb	Bb，bb
⑧	BB，Bb	Bb	Bb

(b)　文中の空欄**イ**に入る遺伝子型の比として最も適当なものを、次の①～⑥から１つ選べ。 **26**

① BB：Bb：bb ＝ 1 ： 1 ： 1　　② BB：Bb：bb ＝ 1 ： 2 ： 1

③ BB：Bb：bb ＝ 2 ： 1 ： 1　　④ BB：Bb ＝ 1 ： 1

⑤ BB：Bb ＝ 1 ： 2　　⑥ BB：Bb ＝ 2 ： 1

第５問　次の文章を読み、下の問い（**問１～４**）に答えよ。[**解答番号** 27 ～ 33]

細胞内でのATP生産には、ミトコンドリアが重要な役割を果たしている。ミトコンドリアは、図１に示すように、外膜と内膜の２枚の生体膜で包まれている。外膜は、低分子の有機物やイオンを非特異的に透過する性質をもつのに対して、内膜の透過性は低く、さまざまな物質を選択的に輸送するタンパク質が存在している。また、内膜の内側の空間（空間X）には、多数の酵素からなる回路反応系（反応系A）が存在する。反応系Aでは、脱水素酵素によって有機物が酸化され、（　**ア**　）や（　**イ**　）がつくられる。（　**ア**　）や（　**イ**　）に由来する電子が、内膜に存在するタンパク質複合体に受け渡され、その過程で放出されるエネルギーを利用して、空間Xから空間Yの方向に、H^+（水素イオン）が能動的に輸送される。そして、内膜に存在するATP合成酵素が、内膜を介したH^+の濃度勾配を利用して、ATPを合成する。

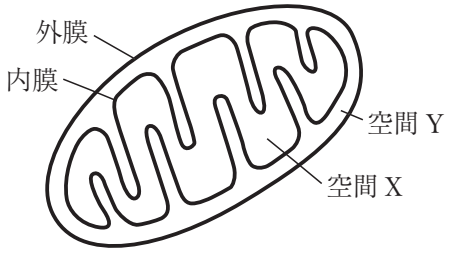


図１

ミトコンドリアでのATP生産には（　**ウ**　）が必要であり、（　**ウ**　）が不十分な状態の筋肉などでは、(1)細胞質基質に存在する酵素系でグルコースがピルビン酸になり、ピルビン酸が（　**ア**　）を利用して乳酸に変換される反応が進行する。（　**ウ**　）が十分にあり、呼吸が進行する場合、(2)ピルビン酸はミトコンドリアの内部に運ばれて利用されることになる。

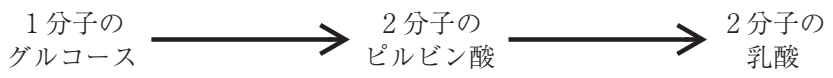
問1　文中の空欄**ア**～**ウ**に入る語句として最も適当なものを、次の①～⑧から1つずつ選べ。**ア**：［27］　**イ**：［28］　**ウ**：［29］

① 酸素	② 窒素	③ コハク酸	④ 二酸化炭素
⑤ NAD^+	⑥ NADH	⑦ FAD	⑧ $FADH_2$

問2　文中の空間Xと反応系Aの名称の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑧から1つ選べ。［30］

	空間X	反応系A
①	ストロマ	カルビン回路
②	ストロマ	クエン酸回路
③	クリステ	カルビン回路
④	クリステ	クエン酸回路
⑤	チラコイド	カルビン回路
⑥	チラコイド	クエン酸回路
⑦	マトリックス	カルビン回路
⑧	マトリックス	クエン酸回路

問３　下線部(1)の反応系における ATP の消費と合成について示した次の図２中の空欄**エ**～**キ**に入る数値の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥から１つ選べ。 **31**



ATP 消費　（ **エ** ）分子　　（ **カ** ）分子

ATP 合成　（ **オ** ）分子　　（ **キ** ）分子

図２

	エ	**オ**	**カ**	**キ**
①	0	0	2	4
②	0	2	0	0
③	0	0	0	2
④	2	4	0	0
⑤	2	0	0	4
⑥	2	2	0	2

問4　下線部(2)に関連して、次のような研究が知られている。

ラットの肝細胞から、適切な組成の溶液（pH は 7.6）を用いて、無傷のミトコンドリアを取り出した。このとき、空間 X も空間 Y も pH は 7.6 になっていると考えられる。その後、無傷のミトコンドリアを反応液（pH は 6.8）に移し、放射性の炭素（^{14}C）で標識したピルビン酸を添加して、ミトコンドリア内部（空間 X）に存在する標識をもつピルビン酸の量を時間を追って調べると、図 3 に示す結果が得られた。この取り込みは、ピルビン酸を輸送するタンパク質（以下、輸送体）を介して起こると考えられた。調べてみると、ある化学物質（以下、物質 A）が、この輸送体を特異的かつ非競争的に阻害することがわかった。

さらに、同様の方法で用意した無傷のミトコンドリアを含む反応液を用い、(i)〜(iv)の条件での反応液の pH の変化を調べることで、水素イオン（H^+）の移動（出入り）を推定したところ、図 4 に示す結果が得られた。なお、(i)〜(iv)における有機酸 B とピルビン酸の濃度は等しいものとする。

(i)　時間＝ 0 で、有機酸 B を添加した。

(ii)　時間＝ 0 で、ピルビン酸を添加した。

(iii)　反応液に物質 A を添加しておき、時間＝ 0 で、有機酸 B を添加した。

(iv)　反応液に物質 A を添加しておき、時間＝ 0 で、ピルビン酸を添加した。

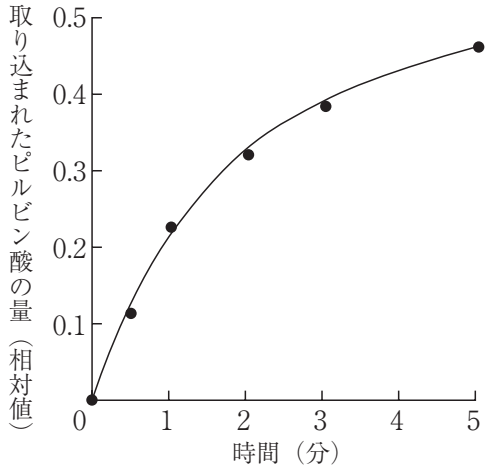


図 3

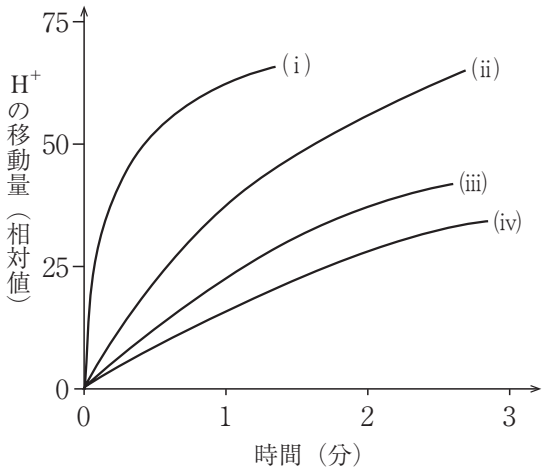


図 4

この実験結果から推論できることおよび、実験について予想できることを述べた文として適当と考えられるものを、次の①～⑥から2つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。 32 、 33

① 細胞内では、輸送体は、H^+ を空間 X から空間 Y に受動的に運ぶのにともなって、ピルビン酸を空間 X から空間 Y に運ぶと推論できる。

② 細胞内では、輸送体は、H^+ を空間 Y から空間 X に受動的に運ぶのにともなって、ピルビン酸を空間 X から空間 Y に運ぶと推論できる。

③ 細胞内では、輸送体は、H^+ を空間 Y から空間 X に受動的に運ぶのにともなって、ピルビン酸を空間 Y から空間 X に運ぶと推論できる。

④ 図 4 の(i)に比べ(ii)での移動量が少ないことから、輸送体はピルビン酸だけを運び、有機酸 B は運ばないことが推論できる。

⑤ 図 4 の(i)に比べ(iii)での移動量が少ないことから、輸送体がピルビン酸だけでなく有機酸 B も運ぶことが推論できる。

⑥ ピルビン酸の取り込みを調べる実験を、有機酸 B も添加して行うと、取り込まれるピルビン酸は、図 3 の場合よりも多くなると予想できる。

解答上の注意

1　解答はすべて解答用紙の解答番号に対応した解答欄にマークしてください。

10

と表示のある問いに対して

（例１）　③と解答する場合は、**解答番号10**の③に**マーク**してください。

解答番号	**解　　答　　欄**
１０	① ② ● ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

（例２）　②と⑦を解答する場合は、**解答番号10**の②と⑦に**マーク**してください。

（複数解答の場合）

解答番号	**解　　答　　欄**
１０	① ● ③ ④ ⑤ ⑥ ● ⑧ ⑨

2　解答用紙に正しく記入・マークされていない場合は、採点できないことがあります。特に、解答用紙の**受験番号欄に正しくマークされていない場合は、その科目は０点**となります。