

選択科目

(医学部)

— 2月3日 —

物理
化学
生物

この中から1科目を選択して解答しなさい。

科目	問題のページ
物理	1～8
化学	9～16
生物	17～27

選択した科目の解答用紙をビニール袋から取り出し、解答はすべて選択した科目の解答用紙に記入して提出しなさい。

1 次の問題文 I, II を読み、以下の問に答えなさい。

I. 生物の体は様々な有機物からできている。有機物は炭素 (C)、水素 (H)、酸素 (O) を基本とする高分子化合物であり生物の活動によってつくられる。有機物を燃焼させると熱エネルギーが発生する。つまり有機物は元素と化学エネルギーから出来ている。一部の生物は自然界からエネルギーを吸収して CO_2 と H_2O から最初の有機物をつくることができる。この有機物は炭素分子に水分子が均等に取り込まれた構造から 1 と呼ばれる。これを出発点として他の有機物がつくられる。逆に有機物を分解すると化学エネルギーを取り出すことができる。生物はこのエネルギーを生命活動の源とする。このような有機物をつくったり分解したりする化学反応は総じて 2 と呼ばれる。生命活動は絶え間ない有機物の変換とエネルギーの出し入れにより成り立っている。

問1 空欄 1 と 2 に入る適切な語句を答えなさい。

問2 下線部 A) の反応について自然界のエネルギーに (a) 太陽光を用いるものと (b) そうでないものがある。それぞれの生物反応の名称を答えるとともに、それをもつ生物例を下の語群から全て選び、記号で答えなさい。

- (語群) (ア) マメ科植物 (イ) 根粒菌 (ウ) 亜硝酸菌
(エ) 紅色イオウ細菌 (オ) シアノバクテリア

問3 2 の反応の中で下線部 A) に対して、下線部 B) の反応を何と呼ぶか答えなさい。

II. 図1はブドウ糖1分子が分解されていく過程と放出されるエネルギーの概算値を示したものである。有機化合物を分解してエネルギーを取り出す反応には酸素を必要とするものとしなないものがあり、①の過程は後者に当たる。この過程は あ と呼ばれる。図中でブドウ糖は い にまで分解され、ATP と NADH と H^+ を生じるが、この時生じた NADH と H^+ が い を還元することで、乳酸等を最終生産物とする。この過程は人間にとって有益なものができる場合は う と呼ばれ、有機物が分解してアンモニアなどの有害な物質が生成される え とは区別される。このように酸素を利用しない分解過程のみでは、多くのエネルギーを残した生成物が環境中に蓄積することになる。すでに乳酸は炭素数3、エタノールは炭素数2であるが、ここから炭素数1の CO_2 にまで分解することは、古代の大部分の生物には出来なかった。図1の②の酸素を用いる過程は進化により獲得されたものである。い は炭素数2の お となった後、炭素数6のクエン酸に合成され、高分子有機物が回路反応系をつくることで CO_2 を段階的に抜き取り、結果として CO_2 までの分解を可能とし、生じた $\text{NADH} + \text{H}^+$ 中の水素は、電子伝達系を経て酸素と結合し H_2O となる。これにより生物は、より多くの化学エネルギーを獲得できるようになった。またこのことにより、植物等の行なう炭酸同化とともに炭素の循環が成立した。

生 物

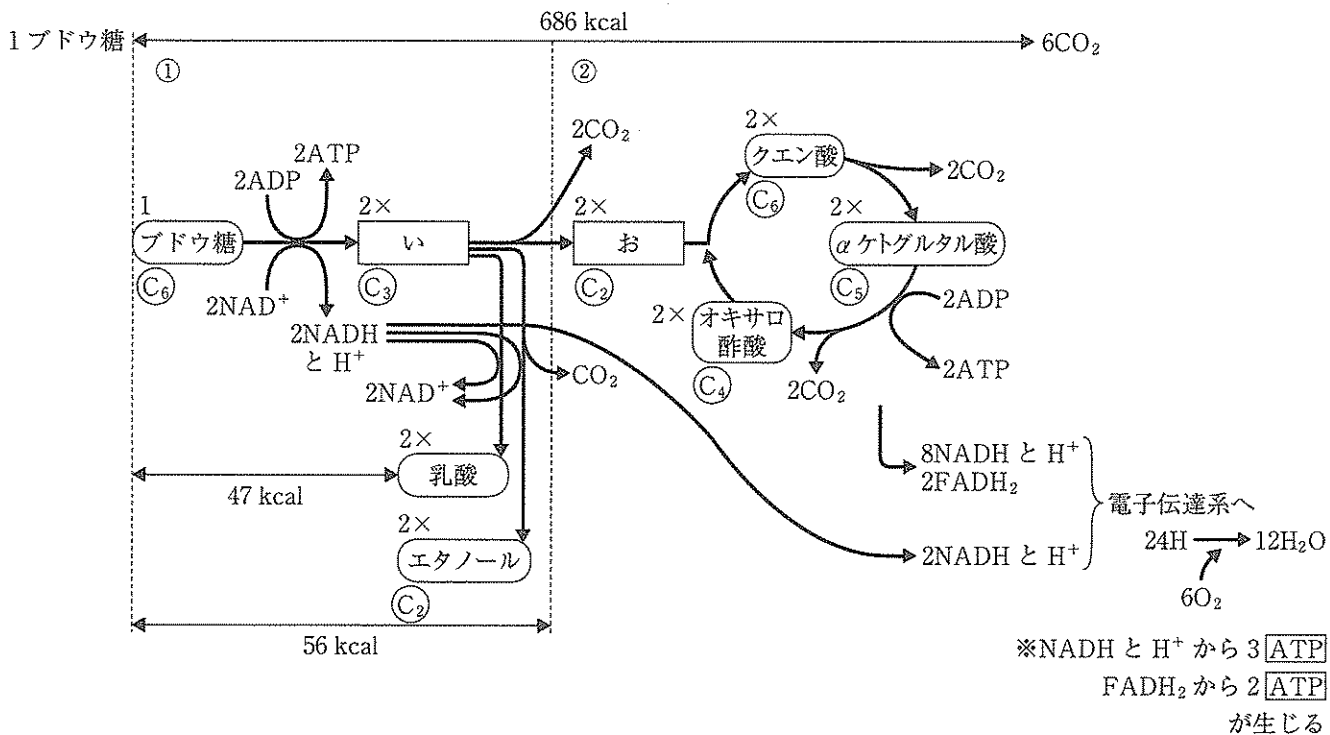


図1 ブドウ糖の分解とエネルギー収支・ATP産生

問4 空欄 から に入る適切な語句を答えなさい。

問5 下線部C)に関し、NADHとH⁺を用いて に戻さないといけない生物学的理由を、句読点を含めて20字以内で簡単に説明しなさい。

問6 ブドウ糖1分子当たり酸素を必要とする過程(a)と、乳酸を最終生産物とする過程(b)のそれぞれについて、ATPに取り込まれるエネルギーの効率を百分率で求めなさい(小数点第2位を四捨五入して小数点第1位までで答えなさい)。ただし、酸素を必要とする過程で得られるATPは理論上の最大値とし、ATPは1分子当たり8kcalのエネルギーを持つものとする。

問7 下線部D)で示される進化の結果出現した生物は、一般的に何と呼ばれる生物か答えなさい。

問8 通常、生体においてブドウ糖や①の反応系で生じた産物である乳酸やエタノールは、②の反応系を使わずに直接CO₂にまで分解されることはない。その理由について、これまでの設問より考えられることを句読点を含めて50字以内で説明しなさい。

2

次の文章Ⅰ～Ⅳを読み、以下の間に答えなさい。

Ⅰ. ヒトを含む動物の発生過程では、配偶子(卵子と精子)が受精することで接合子(受精卵)が形成される。発生初期の受精卵では、卵割と呼ばれる細胞分裂が連続して起こる。多細胞生物の卵では、極体の生じる側を(a), 赤道面をはさんだ反対側の極を(b)と呼ぶ。卵割の過程で細胞数が増えるにしたがって、ウニ・両生類・哺乳類等の胚では中心部に(c)という空間を生じる。その後、卵割が進むにつれて比較的均一な小型細胞でできた胞胚になる。この時期には(c)は大きくなり胞胚腔と呼ばれる。

胞胚期以降の受精卵では、表面の細胞の一部が胚の内部に陥入し空所を形成する。この時期の胚を(d)と呼ぶ。この時期に胚は将来生体を形成する三胚葉(外胚葉・中胚葉・内胚葉)に分けられる。(d)期に生じた胚葉は、胚の特定の領域から合成される様々な物質により適切な細胞・器官へと分化する。胚のある領域が別の領域の影響により特定の分化方向へと決定されることを誘導と呼び、誘導作用のある胚の領域を形成体と呼ぶ。

問1 空欄(a)～(d)に入る適切な語句を答えなさい。

Ⅱ. 形成体の効果を証明するために、サンショウウオの胞胚期の胚から(a)側と(b)側の領域を取り出して培養する実験を行った。図1左側のA, B, Cの部分をそれぞれ別々に培養した場合、またAとCを接着させた状態で培養した場合、どのような組織になるか観察した。

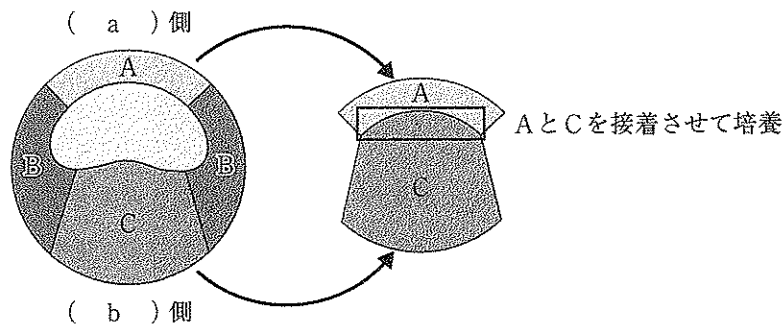


図1 サンショウウオ胚の培養系

問2 図1左側のA, Cの部分をそれぞれ別々に培養した場合、三胚葉のどの胚葉に分化するか。A, Cそれぞれについて答えなさい。

問3 図1の右図の様にAとCの部分を接着させて培養した場合、その接触部位(四角で囲んだ部位)付近のAの組織は問2の答えとは異なる胚葉へと分化する。そのような現象の名称を答えなさい。

Ⅲ. 図2はニワトリ胚を用いた形成体による分化誘導の実験である。様々な時期のニワトリ胚の背中皮膚の表皮およびあしの皮膚の真皮組織を取り出し、その二つを結合して培養した。表1はその実験結果である。

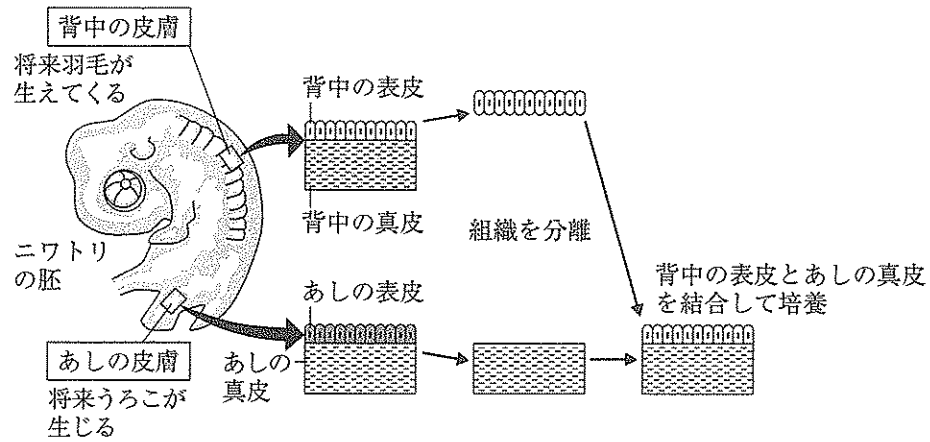


図2 ニワトリ胚を用いた形成体の培養

		結合に用いる 背中の表皮の日数	
		5日目胚	8日目胚
結合に用いる あしの真皮の日数	10日目胚	羽毛	羽毛
	13日目胚	うろこ	羽毛
	15日目胚	うろこ	羽毛

表1 ニワトリ胚の組織培養の結果

問4 表1の実験結果から、以下の時期はニワトリの何日目胚～何日目胚の間か答えよ。答えは、1～2のように数字の間に～を入れればよい。

- (1) 背中の表皮が形成体からの分化誘導を受けなくなる時期
- (2) あしの真皮が形成体としての機能を獲得する時期

IV. 図3にイモリ胚の眼の形成過程を示した。イモリ胚の眼の形成過程では外胚葉から発生した神経管が脳へと分化した後、その一部が左右に膨らんで眼胞を形成する。その後、それぞれの組織の連鎖的誘導によって眼を形成する各細胞が分化する。

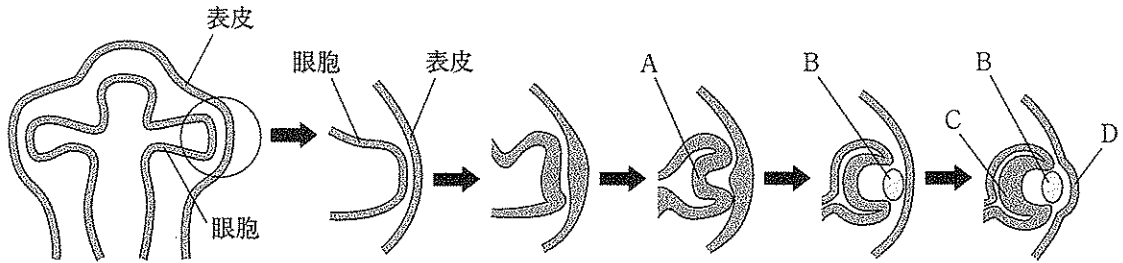


図3 イモリ胚の眼の形成過程

問5 図3のA, B, C, Dにあたる眼の領域の名称をそれぞれ答えなさい。

問6 眼胞および表皮からB, C, Dが形成される過程では形成体が細胞分化を連続的に誘導する“誘導の連鎖”が起こっている。このB, C, Dの形成過程における誘導の連鎖について、句読点を含めて70字以内で説明しなさい (A~Dに関しては、問5で解答した名称に直して記述すること)。

3 ヒトの神経系に関する以下の問に答えなさい。

問1 次の選択肢の項目の中からそれぞれ① 大脳, ② 視床, ③ 視床下部, ④ 中脳, ⑤ 小脳, ⑥ 延髄, ⑦ 脊髄と関連の深いものを選択し記号で答えなさい。なお, 選択肢 a ~ n は, ① ~ ⑦ のいずれかに必ず当てはまる。

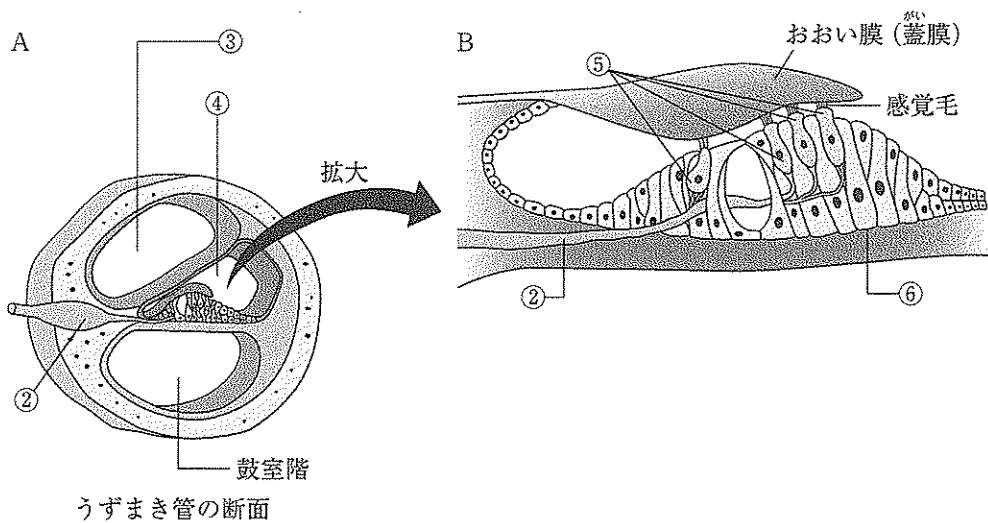
[選択肢]

a. 多くの感覚神経の中継所	b. 眼球運動	c. 伸張反射・屈曲反射
d. 自律神経の中樞	e. 身体の平衡・随意運動の総括的統合	f. 呼吸運動・心拍調節
g. 記憶・判断・創造	h. 血糖・体温・血圧調節	i. 脳と末梢神経の連絡
j. 運動野・感覚野	k. 新皮質	l. 瞳孔反射
m. 食欲・飲水調節	n. 連合野	

問2 図1はある感覚器の一部を示したものである。以下の問について答えなさい。

- (1) 図1の感覚器の名称を, 解答欄①に答えなさい。
- (2) 図中の②～⑥に相当する適切な名称を記入しなさい。
- (3) Bの装置自体を何というかを, 解答欄⑦に答えなさい。
- (4) ヒトの図1の感覚器には検出可能な適刺激の範囲がある。その範囲を, 解答欄⑧に答えなさい。

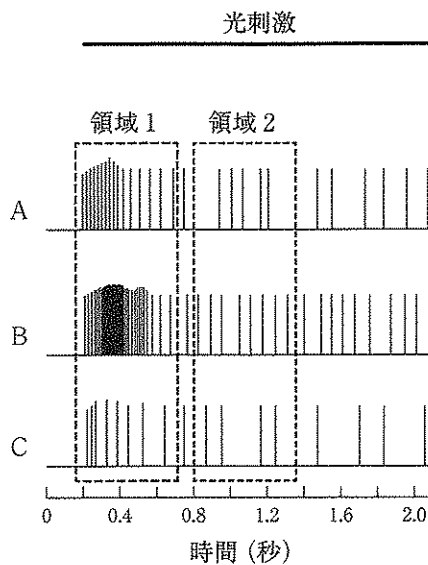
図1 ヒト感覚器の構造



問3 図2はカブトガニの単一視神経にA～C3種類の異なる強度で光刺激を与え、その時の活動電位を記録したものである。以下の各問に答えなさい。

- (1) 最も強い刺激であると考えられるものをA～Cから選び、記号で答えなさい。
- (2) 上記を選択した理由を、句読点を含めて30字以内で答えなさい。
- (3) 領域1に比べ領域2では明らかに活動電位の発生頻度が減少しているが、このデータが証明している現象の名称を答えなさい。
- (4) 全体を通して活動電位の高さがほぼ等しいが、このような現象を説明する語句を答えなさい。

図2 カブトガニ単一視神経における活動電位
(A～Cはそれぞれ異なる強度の光刺激を与えたときのパターンを示している)



4

ヒトの腹部臓器とその働きについて、以下の間に答えなさい。

問1 以下のA～Hの説明は、それぞれ語群(あ)～(く)の腹部臓器の働きあるいは異常についての説明である。どの臓器の説明かを、下の語群(あ)～(く)から選んで記号で答えなさい。

- A. 血糖値が160 mg/dLになるとグルコースからグリコーゲンをつくって貯える。
- B. 胃酸の働きにより、すい液の分泌を促すホルモンを分泌する。
- C. 血液のろ過とグルコース、イオン、アミノ酸、水分の再吸収をおこなう。
- D. 皮質と髄質に分けられ、皮質は体液中のナトリウムイオン濃度やカリウムイオン濃度を調節し、髄質はタンパク質からの糖の生成を促進するホルモンを分泌する。
- E. 自己の免疫細胞による細胞破壊が原因で糖尿病を発症する。
- F. 貯えられている液体は、脂肪を分解する酵素の働きを助ける物質を含み、小腸での脂肪の消化・吸収を促進する。
- G. 腔内は酸性であり、ペプシンが産生されている。
- H. 主な働きとして古くなった赤血球を破壊する。

語群

- (あ) 肝臓 (い) ひ臓 (う) すい臓 (え) 胃 (お) 腎臓
 (か) 副腎 (き) 胆のう (く) 十二指腸

問2 以下の図1の①～③は、横隔膜直下から下方(足側)に存在する腹部臓器及び血管の横断面である。これらの図はすべて下方(足側)から観察したものである。

①～⑧は問1の語群(あ)～(く)のいずれかの腹部臓器を、a～cは血管を示している。(ただし、同じ番号および同じアルファベットは、同一の臓器、血管を示す。)右下の矢印は、各横断面について体の方向を示している。

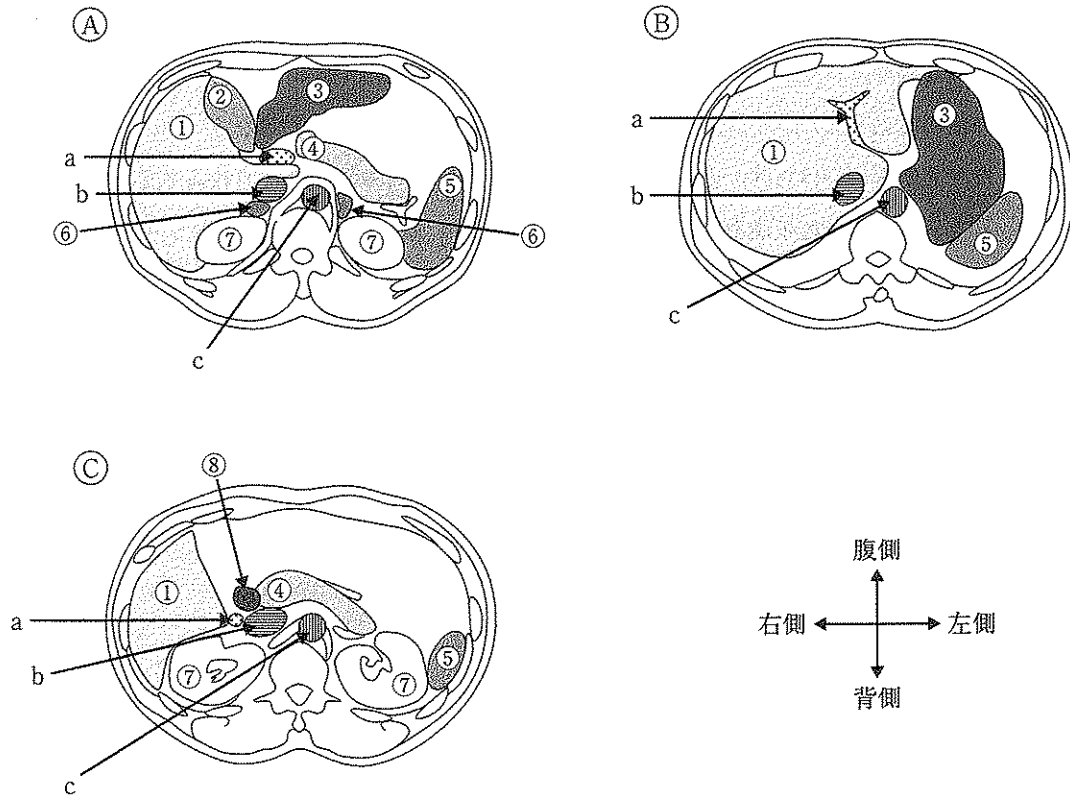


図1 ヒトの腹部臓器の横断面
〔下方(足側)から観察した図〕

(1) aの血管の名称を以下の(ア)～(エ)から選んで答えなさい。

- (ア) 上大静脈 (イ) 肝門脈 (ウ) 大動脈 (エ) 下大静脈

(2) ①～⑧の腹部臓器について、発生学的に由来する胚葉について分類すると以下の表になる。

内胚葉に由来する臓器	①, ②, ③, ④, ⑧
中胚葉に由来する臓器	⑤, ⑦
中胚葉と外胚葉両方に由来する臓器	⑥

この表を参考にして、①～⑧の臓器の名称を問1の語群(あ)～(く)から選んで答えなさい。

(3) A～Cの横断面を上方(頭側)から下方(足側)に向かってあらわれる順番に左から並び、記号で答えなさい。

5

次の文章を読み、以下の問に答えなさい。

免疫制御に関わるリンパ球の性質を調べるために、以下の実験を行った。

実験1. 生後12時間以内にマウスの胸腺を摘出すると、数ヶ月以内にはほぼ全てが感染症に罹って死亡した。

実験2. 実験1で摘出した胸腺を調べると、細胞死を起こしている多数のリンパ球が観察された。

実験3. 生後3日目のマウスから胸腺を摘出すると、感染症には罹らないが、卵巣や唾液腺など全身の組織にリンパ球が浸潤し攻撃することによってその組織が萎縮してしまい、マウスが衰弱していく様子が観察された。

実験4. 実験3のマウスの脾臓やリンパ節などの末梢組織には、胸腺を摘出していない正常なマウスには存在するFoxp3という分子を発現する(Foxp3陽性)リンパ球が存在しなかった。

実験5. Foxp3陽性リンパ球、卵白アルブミン特異的なリンパ球(Foxp3は陰性)、そして樹状細胞の3種類の細胞を試験管内で共存させると、Foxp3陽性リンパ球は樹状細胞と高親和性に接触し、卵白アルブミン特異的なリンパ球が樹状細胞に接触することを阻害した。

実験6. 実験5の試験管に卵白アルブミンを添加しても、卵白アルブミン特異的なリンパ球は反応しなかった。

問1 実験1でマウスが感染症に罹りやすくなった原因について、当てはまるものを(a)～(f)の中から全て選び、記号で答えなさい。

- (a) 未熟T細胞がヘルパーT細胞に分化できないから
- (b) 未熟T細胞がキラーT細胞に分化できないから
- (c) 未熟B細胞が抗体産生B細胞に分化できないから
- (d) 単球がマクロファージに分化できないから
- (e) 胸腺は病原菌やウイルスを排除する器官だから
- (f) 胸腺は病原菌やウイルスを隔離する器官だから

問2 実験2で細胞死を起こしているリンパ球は、胸腺で選択的に細胞死が誘導され生体から排除される細胞である。

どのような性質の細胞が排除されるか。最も適切なものを(i)～(ii)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (i) 自己を自己と認識するT細胞
- (ii) 自己を非自己と認識するT細胞
- (i) 自己を自己と認識するB細胞
- (ii) 自己を非自己と認識するB細胞

問3 実験4から、胸腺において Foxp3 陽性リンパ球と Foxp3 陰性リンパ球の分化・成熟に要する時間に違いがあり、実験3のマウスでは生後数日の間に感染源に対する免疫反応を起こす Foxp3 陰性リンパ球は末梢組織に供給されたが、Foxp3 陽性リンパ球は供給されなかったために実験3のような症状が現れたと推測された。すなわち、実験3のような状況を未然に防ぐために、生体には胸腺だけでなく、末梢組織においても、ある種の免疫反応を制御するいわば二段階のセーフティネットが備わっていると考えられる。前者を中枢性寛容、後者を末梢性寛容と呼ぶ。実験2は中枢性寛容の例である。末梢性寛容における Foxp3 陽性リンパ球の役割について、「自己反応性」という語句を使用して句読点を含めて20字以内で答えなさい。

問4 末梢性寛容における Foxp3 陽性リンパ球の役割を証明するために、胸腺を摘出していない正常なマウスの脾臓から Foxp3 陽性リンパ球を回収した。この細胞を用いて、どのような実験をし、何が確認されれば良いか。最も適切なものを(1)～(6)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (1) 実験1のマウスに細胞を投与すると、感染症に罹りにくくなる
- (2) 実験1のマウスに細胞を投与すると、感染症が悪化する
- (3) 実験2の胸腺と細胞を培養液中で共存させると、細胞死が抑制される
- (4) 実験2の胸腺と細胞を培養液中で共存させると、細胞死が増加する
- (5) 実験3のマウスに細胞を投与すると、症状が治まる
- (6) 実験3のマウスに細胞を投与すると、症状が悪化する

問5 実験3のマウスからリンパ球を回収し、胸腺を摘出することなく成長させたマウスに移植した場合、実験3と同様の症状は現われるか否かを予測し、理由とともに句読点を含めて50字以内で答えなさい。

問6 実験5と実験6の結果から、Foxp3 陽性リンパ球は、実験3のような反応だけでなく、外来抗原に対する免疫反応をも制御していることがわかる。HTLV-1というウイルスはヒトの Foxp3 陽性リンパ球に感染し、そのリンパ球をがん化させる。がん化によって通常はごく少数しか存在しない Foxp3 陽性リンパ球が異常に増殖してしまう。その結果、Foxp3 陽性リンパ球の存在頻度が高まると、正常リンパ球が存在するにも関わらず患者は感染症に罹りやすくなる。その原因について、句読点を含めて50字以内で答えなさい。なお、リンパ球はがん化によって異常に増殖するが、その他の性質は正常な Foxp3 陽性リンパ球と同等であるとする。

問7 ポテリジオは Foxp3 陽性リンパ球を特異的に排除する抗体医薬品である。一連の実験結果からこの薬に特徴的な副作用としてどのような病気が想定されるか。その病気の総称を答えなさい。