

平成 25 年度
生命環境科学研究科
生物科学専攻
入学試験問題

専門科目

平成 24 年 8 月 21 日 (火) 10:00 ~ 12:00 実施

[注意]

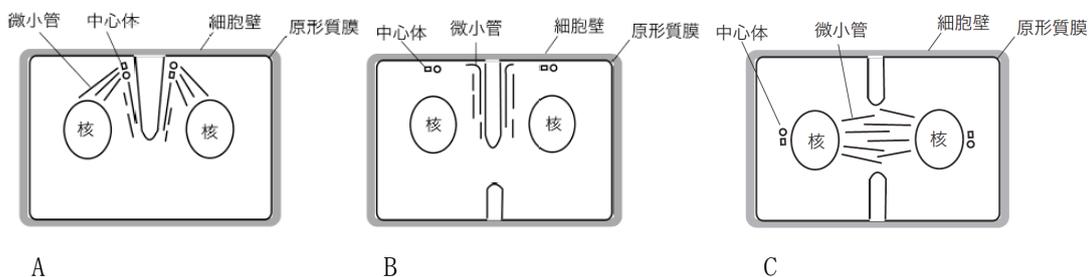
- ① この問題冊子は表紙を含め 18 ページあります。
- ② 問題 1 から問題 11 の中から 4 つを選んで解答しなさい (4 つをこえて解答した場合は無効とします)。
- ③ 提出する答案用紙は 4 枚です。全てについて受験番号を記入しなさい。
- ④ どの問題に解答したか分るように、答案用紙の左上に問題番号を、例えば (問題 1) のように明記しなさい。各問題について答案用紙は 1 枚とします (同一の問題に対して 2 枚以上の答案用紙にわたって解答した場合は無効とします)。
- ⑤ 1 つの問題にいくつかの小問がある場合は、問題の指示に従って、適切に対処しなさい。
- ⑥ 答案用紙の裏面を使用しても結構です。その場合は、綴じ穴の下部 2 cm 程度より下に記入しなさい。
- ⑦ 問題冊子は試験終了後回収します。

問題 1

問1 次の文章を読み、以下の設問（1）～（5）に答えよ。

栄養成長期の被子植物は、根、茎、葉という3つの [1] とその内部の基本組織系、維管束系、 [2] という3つの組織系から成り立っている。このような [1] や組織系は、根や茎の先端の [3] において新たな細胞が作り出されることによって形成される。 [3] における細胞分裂は、前期におけるクロマチンの凝縮、 [4] の消失にはじまり、核膜の断片化、中期における染色体の赤道面への集合、後期における両極への分離、そして終期における娘核形成の順に進行する。最終的には2つの娘核の間で細胞質分裂が起こり、2つの娘細胞ができる。被子植物の場合、後期の後半にはフラグモプラストが細胞質分裂面に現れ、次いで細胞質の分割がおこなわれる。このような、^(a)フラグモプラストの形成を伴う細胞分裂は、陸上植物とシャジクモ藻類に特徴的であり、^(b)多くの緑藻植物とは異なる。

- (1) 空欄 [1] ～ [4] にあてはまる最も適切な語を記せ。
- (2) 単子葉植物の根と真正双子葉植物の根の間に一般的にみられる大きな違いについて2行程度で説明せよ。
- (3) 被子植物において、細胞分裂が始まる前に将来の細胞質分裂面に現れる細胞骨格系の名称を記せ。
- (4) 下線部 (a) 以外に、陸上植物がシャジクモ藻類とのみ共有する特徴を2つあげて、それぞれ2行程度で説明せよ。
- (5) 下線部 (b) について、次の3つの緑藻植物、(ア) 緑藻綱、(イ) アオサ藻綱、(ウ) トレボウクシア藻綱 の細胞質分裂様式にあてはまるものをA～Cの模式図の中からそれぞれ1つ選び、その記号を記せ。



[次のページに続く]

問2 以下の(1)～(6)の用語から3つを選び、それぞれ2行程度で説明せよ。

- (1) オピストコント (opisthokonts)
- (2) 心皮 (carpel)
- (3) 地衣類 (lichen)
- (4) コケ植物のハイドロイド (hydroid of bryophytes)
- (5) フィコビリソーム (phycobilisome)
- (6) 卵生殖 (oogamy)

問題 2

問1 次の文章を読み、以下の設問（1）～（3）に答えよ。

およそ5億4200万年前から始まる化石がたくさん見つかるようになる時代を〔 1 〕と呼んでいる。〔 1 〕の最初の時代は古生代のカンブリア紀と呼ばれ、カンブリア紀の始まりとともに、〔 2 〕がいっせいに進化し、化石に残る硬い骨格を獲得して、短期間で多様なボディプランの動物群が生じた。これを〔 3 〕と呼んでいる。^(a)現生のほとんどの動物門がこのときに生じたと考えられている。ただし、^(b)近年の分析結果からは、各動物門の実際の起源は最初の化石記録よりも約10億年以上前であろうと推測されている。

（藤田敏彦「動物の系統分類と進化」裳華房より一部抜粋・改変）

- （1）文章中の空欄〔 1 〕～〔 3 〕にあてはまる適切な語を記せ。
- （2）下線部（a）には脊索動物門も含まれると考えられている。現生の脊索動物門については、近年一般に頭索動物、尾索動物、脊椎動物の3亜門に分けられることが多い。これら3亜門の特徴をそれぞれ2行程度で説明せよ。
- （3）下線部（b）のように推定法により分岐年代の値は異なる場合がある。化石記録のみに基づく推定法以外で、分岐年代を推定する方法の例の概要を3行程度で説明せよ。

問2 以下の用語から3つを選び、それぞれ2行程度で説明せよ。

- （1）多系統群 (polyphyletic group)
- （2）擬体腔 (pseudocoel)
- （3）異所的種分化 (allopatric speciation)
- （4）固有派生形質 (autapomorphy)
- （5）最尤法 (maximum likelihood method)
- （6）ホロタイプ (holotype)

問題 3

問1 次の文章を読み、以下の設問（1）～（3）に答えよ。

生物集団の中に協力行動がどのように進化してきたのかを理論的に考えるために、「囚人のジレンマ」というゲームの枠組みがよく使われる。このゲームには「協力」と「裏切」という2つの戦略があり、それぞれの戦略を採用した時の利得行列は表1のようになっている。利得行列のそれぞれの要素は、自分が行の戦略をとり、相手が列の戦略をとったときの自分の得点をあらわしている。

表1 囚人のジレンマの利得行列

相手 \ 自分	協力	裏切
協力	3	0
裏切	5	1

- （1） この囚人のジレンマゲームをたった1回行う時、最適な戦略は「協力」と「裏切」のどちらになるかを記せ。
- （2） 相手は最初に「協力」し、その後は自分が前の対戦で出した手をそのままコピーする戦法をとっているとする。この囚人のジレンマゲームを10回繰り返して行う場合、相手よりも高い利得を得るにはどうすればよいか、2行程度で記せ。
- （3） （1）と（2）から、表1の利得行列であらわされる「囚人のジレンマ」ゲームにおいて、協力行動が進化する条件を、2行程度で記せ。

[次のページに続く]

問2 ある農作物を加害する貯穀害虫を駆除するために、この貯穀害虫の幼虫に捕食寄生する寄生蜂の導入を考えた。この貯穀害虫の成虫は卵を穀物表皮に産みつけ、卵から孵った幼虫は貯穀物の内部に食害し、そこで4つの令期からなる幼虫期を過ごした後蛹化し、成虫となって羽化してくる。また、この貯穀害虫には3種類の捕食寄生蜂が知られており、それぞれの寄生方法は以下の通りである。

- (ア) 貯穀害虫の卵に寄生する。
- (イ) 貯穀害虫の3令～4令幼虫の体表面に寄生する。
- (ウ) 貯穀害虫の3令～4令幼虫の体内に寄生する。

貯穀物を害虫から守るという視点にたった場合、どの寄生蜂の導入を検討すればよいか。捕食寄生蜂1種を(ア)～(ウ)の中から選び、その寄生蜂を選んだ理由を2行程度で記せ。

問3 以下の(1)～(5)の用語から2つを選び、それぞれ2行程度で説明せよ。

- (1) 送粉シンドローム (pollination syndrome)
- (2) 赤の女王仮説 (red queen hypothesis)
- (3) 遺伝的浮動 (random genetic drift)
- (4) 形質置換 (character displacement)
- (5) 性的対立 (sexual conflict)

問題 4

問1 次の文章を読み、以下の設問（1）～（4）に答えよ。

真核生物の光合成において、無機炭素を炭水化物に還元する生化学経路を〔 1 〕と呼ぶ。この経路においては、〔 2 〕（酵素名）の働きにより CO_2 が取り込まれる。ただ、〔 2 〕は CO_2 を基質とするカルボキシレーション活性のみならず、〔 3 〕を基質とするオキシゲナーゼ活性も有する。このオキシゲナーゼ反応は、(a)光呼吸の最初の反応で CO_2 の放出が行われる。このカルボキシレーションとオキシゲネーション間の拮抗反応は、(b)光合成効率を低下させている。また、光呼吸は CO_2 濃度が低下した際に、〔 4 〕によって生産される(c)過剰 ATP や還元力の消去に役立っていると考えられている。

- (1) 空欄〔 1 〕～〔 4 〕にあてはまる適切な語を記せ。
- (2) 下線部 (a) に関して、光呼吸の過程では3つの細胞小器官の働きによって CO_2 が放出される。1つは葉緑体であるが、あと2つの細胞小器官名を記せ。
- (3) 下線部 (b) に関して、藻類やある種の植物では光呼吸が抑えられている。どのような機構が関与して光呼吸を抑えているのかを2行程度で説明せよ。
- (4) 下線部 (c) に関して、光呼吸以外にも過剰な光エネルギーを熱に変換・放散させるシステムが存在し、このシステムでは3つのカロテノイド色素が関与している。このシステムの名称を記せ。

問2 次の文章を読み、以下の設問（1）～（3）に答えよ。

植物の胚発生は精子と卵の融合で単細胞の接合子（受精卵）が作られることで始まる。被子植物の場合、花粉からもたらされる2個の精核のうち1つは〔 1 〕の中の卵に存在する核と融合し、接合子を形成する。もう1つは2個の極核と融合して(a)3倍体の核を形成する。このように2個の精核がそれぞれ別の核と融合する現象を〔 2 〕と呼ぶ。

- (1) 空欄〔 1 〕と〔 2 〕にあてはまる適切な語を記せ。
- (2) 下線部 (a) に関して、3倍体の核をもつ細胞は何に発達するか記せ。
- (3) 接合子の核相が $2n$ の植物でも、葉や根では核相が $4n$, $8n$ の細胞が存在する。この現象の名称を記せ。

[次のページに続く]

問3 以下の(1)～(6)の植物生理学用語から3つを選び、それぞれ3行程度で説明せよ。

- (1) サリチル酸 (salicylic acid)
- (2) Zスキーム (Z scheme)
- (3) 限界暗期 (critical nightlength)
- (4) クリマクテリック (climacteric)
- (5) 葉緑体運動 (chloroplast movement)
- (6) 重力屈性 (gravitropism)

問題 5

問1 次の文章を読み、以下の設問（1）～（4）に答えよ。

興奮性細胞の細胞膜の一部で生じた興奮は [1] によって細胞膜全体に広がるが、通常、隣接する細胞には広がらない。一方、特定の細胞の間には特殊な構造があつて、これを介して細胞の興奮は隣接する細胞に伝えられる。これを興奮の [2] という。興奮の [2] は、感覚受容器と感覚神経線維の間、^(a) ニューロンとニューロンの間、^(b) 運動神経線維と骨格筋線維の間、自律神経後線維と効果器の間、心筋細胞と心筋細胞の間などで行われている。

- (1) 空欄 [1] と [2] にあてはまる適切な語を記せ。
- (2) 下線部 (a) に該当する構造の名称を記せ。
- (3) 下線部 (b) に該当する構造の名称を記せ。
- (4) 感覚受容器とその興奮を受け取る感覚神経線維の例を1つあげよ。

問2 動物の免疫系を利用したポリクローナル抗体やモノクローナル抗体は生命科学領域の研究において重要な実験ツールになっている。ポリクローナル抗体とモノクローナル抗体の作製方法についてそれぞれ3行程度で説明せよ。また、両者の差異について2行程度で記せ。

問3 以下の動物生理学分野に関連した（1）～（5）の用語の中から3つを選び、それぞれ2行程度で説明せよ。

- (1) ヘモグロビン (hemoglobin)
- (2) 洞 (房) 結節 (sinoatrial node)
- (3) 筋小胞体 (sarcoplasmic reticulum)
- (4) 膵リパーゼ (pancreatic lipase)
- (5) ホルモン (hormone)

問題 6

問1 次の文章を読み、以下の設問（1）～（4）に答えよ。

動物の体を構成する細胞は、次世代に継承されるか否かという観点から、大きく2種類に分けられる。すなわち、将来的に配偶子（精子や卵子）になるように運命づけられた生殖細胞と、次世代には継承されずに個体の体を構成する [1] とに分類される。生殖細胞は生殖のために特別に分化した細胞であり、^(a)大部分の動物においては、発生過程においてあらかじめ生殖細胞への分化を決定づけるような因子が受精卵の中に存在する。一般に、母親から由来する卵内に蓄積された因子は [2] と呼ばれ、特に生殖細胞への分化を決定する [2] は [3] と呼ばれている。

生殖細胞への分化を決定づける因子の同定は様々な生物を用いて行われてきたが、その中でも岡田益吉らによるショウジョウバエを用いた一連の研究は極めて先駆的なものである。ショウジョウバエでは、受精卵の後端から生殖細胞（極細胞）が分化する。一方、ある強度の紫外線を胚に照射すると、体細胞には異常はないが生殖細胞の分化が生じないという条件を作り出すことが出来る。岡田らは、この紫外線照射胚の後端に、別の正常な受精卵の後端から取った細胞質を移植すると、生殖細胞の分化が復帰することを示した。すなわち、^(b)正常な受精卵の後端には、[3] が存在することが確認された。次いで岡田らは、紫外線照射胚に生殖細胞を分化させる物質の実体は ^(c)タンパク質ではなく RNA であることを実験的に証明した。さらに岡田らは、この実験系で同定された生殖細胞分化能をもつ RNA が、核ゲノムから転写されるものではなく、細胞小器官のゲノムに由来するリボソーム RNA であるという驚くべき事実を明らかにした。

- (1) 空欄 [1] ～ [3] にあてはまる適切な語を記せ。
- (2) 下線部 (a) に関して、次のア～オの動物の中で、一般に生殖細胞への分化を決定づけるような因子が受精卵に明確に存在しないとされるものを全てあげよ。
(ア) アフリカツメガエル (イ) ウマカイチュウ (ウ) カタユレイボヤ
(エ) ハツカネズミ (オ) ヒト
- (3) 下線部 (b) について、生殖細胞への分化を決定づける因子がショウジョウバエ卵の後端に局存するためには、卵内にあらかじめ存在する前後軸の情報が必要である。ショウジョウバエの前後軸の規定に必要な遺伝子のうち、母親から由来して卵内にあらかじめ蓄積している因子を具体的に2つあげ、それぞれの mRNA およびタンパク質のショウジョウバエ卵内での存在様式を図示せよ。図に関する数行の補足説明を付けても構わない。

[次のページに続く]

- (4) 下線部 (c) について, 生殖細胞に分化させるための因子がタンパク質ではなく RNA であると実験的に証明するには, どのような実験を計画すれば良いか, 4行程度で提案せよ。

問2 以下の発生生物学分野の用語 (1) ~ (6) の中から3つを選び, それぞれの内容を3行程度で説明せよ。

- (1) 胚性幹細胞 (embryonic stem cell; ES cell)
- (2) X染色体不活性化 (X-chromosome inactivation)
- (3) 卵割 (cleavage)
- (4) 中胚葉誘導 (mesodermal induction)
- (5) 神経堤細胞 (neural crest cell)
- (6) 非対称分裂 (asymmetric cell division)

問題 7

問1 次の文章を読み、以下の設問（1）～（3）に答えよ。

細胞の表面には様々な種類のシグナル分子受容体群が発現しているが、その代表的なものに[1]と[2]がある。細胞外シグナル分子が[1]に結合すると、(a) 3量体Gタンパク質を介した細胞内シグナル伝達経路が活性化される。また、[2]の細胞内ドメインには[3]をリン酸化する酵素活性があり、自分自身の[3]をリン酸化する。これらの受容体の下流には特徴的なシグナル伝達経路が知られており、経路の代表的なキナーゼとして、A キナーゼ (PKA)、C キナーゼ (PKC)、CaM キナーゼ、[4]、Akt キナーゼなどがあげられる。これらのキナーゼによってリン酸化された標的タンパク質は、遺伝子の発現調節などを通して細胞機能を制御する。たとえば、活性化した[2]にはPI3キナーゼが会合して活性化し、PI(3,4,5)P₃が作られ、ホスホイノシチド依存性プロテインキナーゼ 1 (PDK1)、Akt キナーゼなどを介して細胞の増殖・生存を制御する経路があることが知られている。

- (1) 空欄[1] ～ [4]にあてはまる最も適切な語を記せ。
- (2) 下線部 (a) の経路の1つに環状 AMP を介するものがある。この経路について、GTP, ATP, CRE の語を用いて4行程度で説明せよ。
- (3) 上に述べたシグナル伝達経路の中でCa²⁺を介する過程がある。この過程について3行程度で説明せよ。

問2 以下の（1）～（6）の用語から4つを選び、それぞれ2行程度で説明せよ。

- (1) 細胞接着分子 (cell adhesion molecule)
- (2) アクトミオシン (actomyosin)
- (3) リンパ球 (lymphocyte)
- (4) 食胞 (phagosome)
- (5) ギャップ結合 (gap junction)
- (6) イオンチャンネル (ion channel)

問題 8

問1 次の文章を読み，以下の設問（1）～（3）に答えよ。

細胞をがん化させる遺伝子は，その産物の活性の過剰からがん化をおこすもの（第1群）と，不足からおこすもの（第2群）の2種類に大別される。第1群に属する遺伝子は，機能性獲得変異を起こして過剰活性型または過剰発現型になり，細胞のがん化を起こす遺伝子へと変化する。第1群には，成長因子，^(a)成長因子受容体および^(b)細胞内シグナル伝達因子をコードする遺伝子が含まれ，細胞周期を通じて細胞の生育と分裂に関わる。第2群に属する遺伝子は，機能欠損変異ががん化を起こす。

(Bruce Alberts 他, 著「細胞の分子生物学 第5版」Newton Press 社より一部抜粋・改変)

- (1) 第1群と第2群の遺伝子の一般的な名称をそれぞれ答えよ。
- (2) 下線部 (a) と (b) について，以下の代表的な遺伝子の突然変異が正常細胞をがん化させるしくみについて，それぞれ2行程度で説明せよ。
下線部 (a) の代表的遺伝子： *erbB*
下線部 (b) の代表的遺伝子： *ras*
- (3) がん細胞に多くみられる染色体の異常を2つあげ，それぞれ2行程度で説明せよ。

問2 以下の（1）～（5）の遺伝学分野の用語から3つを選び，それぞれ2行程度で説明せよ。

- (1) 転移因子 (transposon)
- (2) 戻し交配 (backcross)
- (3) 多面発現性 (pleiotropy)
- (4) キアズマ (chiasma)
- (5) 伴性遺伝 (sex-linked inheritance)

問題 9

問1 次の文章を読み、以下の設問（1）～（4）に答えよ。

DNA の塩基配列決定法が 1977 年に 2 種類開発された。1 つは化学的切断法を用いた〔 1 〕法、もう 1 つは DNA 合成を中断させる〔 2 〕法である。〔 2 〕法では〔 3 〕を加えるが、この化合物を取り込むと、3' 末端ヒドロキシル基がないため、^(a)DNA 伸長合成が止まってしまう。現在では〔 3 〕に異なった発色をする蛍光標識を付与して塩基配列の決定を行っている。なお、RNA の塩基配列決定の場合には前処理が必要である。具体的には、〔 4 〕酵素により RNA から^(b)cDNA を合成し、この DNA 配列を決定する。

- (1) 空欄〔 1 〕～〔 4 〕にあてはまる最も適切な語を記せ。
- (2) 下線部 (a) に関して、生体内における DNA 複製でも DNA 伸長が重要な役割を担う。この際、複製フォーク付近のラギング鎖では比較的短い DNA 断片が形成され、不連続的伸長が行われる。この断片の名称を記せ。
- (3) 下線部 (b) に関して、cDNA の c は何の略かを記せ。
- (4) タンパク質 X をコードする遺伝子 x は 5 つのエキソン及び 4 つのイントロンからなる。このタンパク質 X を大腸菌発現系により調製したい。この際、遺伝子 x を大腸菌に形質転換するが、ゲノム DNA と cDNA のどちらを形質転換に用いるのが良いか記せ。また、その理由を 2 行程度で記せ。

問2 次の文章を読み、以下の設問（1）と（2）に答えよ。

タンパク質は翻訳後に様々な修飾を受ける。この中にはタンパク質の結合によって調節される場合も含まれる。タンパク質の結合による修飾において代表的なものは^(a)ユビキチン化である。ユビキチンが付加されたタンパク質は^(b)26S プロテアソームに認識される。

- (1) 下線部 (a) と (b) に関して、ユビキチン及び 26S プロテアソームの主な役割を 2 行程度で記せ。
- (2) 下線部 (b) は 20S 複合体と 2 つの 19S 複合体から構成されている。この S の名称を記せ。また、単純に 20S + 19S + 19S = 58S にならない理由を 2 行程度で記せ。

[次のページに続く]

問3 以下の(1)～(6)の生化学用語から3つを選び、それぞれ2行程度で説明せよ。
必要に応じて図を使ってもよい。

- (1) ターミネーター (terminator)
- (2) ミカエリス定数 (Michaelis constant)
- (3) DNA トポイソメラーゼ (DNA topoisomerase)
- (4) 転移RNA (transfer RNA; tRNA)
- (5) ピリミジン二量体 (pyrimidine dimer)
- (6) 無細胞タンパク質合成系 (cell-free protein synthesis system)

問題 10

問1 次の文章を読み，以下の設問（1）～（3）に答えよ。

発酵細菌によって生産される H_2 は代謝の副産物である。発酵細菌は発酵産物を作ることにより，[1] 合成の過程で生じた $NADH$ から NAD^+ を再生産して，持続的な [1] 合成を可能にする。発酵細菌のうち，イオウ呼吸をする細菌は，固体のイオウから生じた [2] イオンを細胞内に取り込んで電子受容体とすることにより NAD^+ を再生産することができる。一方，電子受容体の非存在下では $NADH$ は H^+ に電子を渡して NAD^+ を再生産する。しかし，この反応は熱力学的には逆方向に向いているので， H_2 による阻害が生じやすい。ところが，メタン菌が共存すると，(i) 式によって H_2 を消費するために発酵細菌にかかる H_2 阻害が緩和される。



このように，発酵細菌にとっては老廃物ともいえる H_2 を，メタン菌が [3] として利用するのが発酵細菌—メタン菌共生のメカニズムである。

- (1) 空欄 [1] ～ [3] にあてはまる最も適切な語を記せ。
- (2) (i) 式から，1 mol の H_2 あたり得られる，あるいは消費されるエネルギーを下記の標準生成自由エネルギー表の値を用いて求めよ。解答においてはエネルギーが得られるか消費されるかを明記せよ。

分子	G_f° (kJ/mol)
H_2	0
CO_2	-394.4
CH_4	-50.75
H_2O	-237.17

- (3) (i) 式の反応は同化か，異化か，答えよ。また，その理由を1行程度で記せ。

[次のページに続く]

問2 以下の微生物学分野の用語(1)～(5)から3つを選び、それぞれ2行程度で説明せよ。

- (1) 硝化細菌 (nitrifier)
- (2) グラム染色 (Gram-staining)
- (3) 光合成従属栄養生物 (photoheterotroph)
- (4) DGGE法 (denaturing gradient gel electrophoresis)
- (5) インシリコ生物学 (*in silico* biology)

問題 11

問1 以下の(1)～(3)の化合物について、それぞれの構造式と分子量を記せ。

- (1) エチレングリコール
- (2) *o*-キシレン
- (3) ベンズアルデヒド

問2 以下の(1)～(5)の用語の中から2つを選び、それぞれ2行程度で説明せよ。
必要に応じて図を使ってよい。

- (1) 非共有電子対 (unshared electron pair)
- (2) 不飽和度 (degree of unsaturation)
- (3) 酸無水物 (acid anhydride)
- (4) 電気陰性度 (electronegativity)
- (5) カルボカチオン (carbocation)

問3 下図に示す反応式について設問(1)～(3)に答えよ。

- (1) 構造式(ア)で示す化合物の慣用名を記せ。
- (2) (ア)と(イ)の化合物のうち酸化型はどちらか記せ。
- (3) 生物の電子伝達系には(ア)を部分構造としてもち電子の受け渡しを行っている物質が存在する。その名称を1つ記せ。

