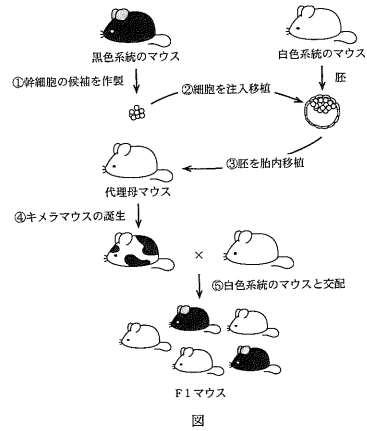


1 次の文を読み、以下の問に答えなさい。文中の①から⑤は、図に示した実験操作に対応している。

今日ではES細胞(胚性幹細胞)やiPS細胞(人工多能性幹細胞)のように、体を構成する全ての細胞へと分化する能力(多能性・多分化能)を持つ幹細胞を人工的に作り出すことが可能である。ES細胞が発生中の胚の一部の細胞集団から作製される一方で、iPS細胞はすでに分化した体細胞に4つの遺伝子を導入すること<sup>(a)</sup>で作製される。今回、黒い毛色の系統のマウスから、幹細胞の候補を作製した①。この細胞が本当に多能性を持っているかどうかを、キメラ<sup>(\*)</sup>動物の作製によって検証した。まずこの細胞を白い毛色の系統のマウスの胚に注入移植した後②、その胚を代理母マウスに胎内移植して③発生させた。その後、代理母から黒色と白色の毛色が適度に混ざり合った健康なキメラマウスが誕生した④。さらにこのキメラマウスを白色系統のマウスと交配しF1個体を得た⑤。F1個体の中に黒い毛色の個体が存在していたことから、作製したこの細胞①は、多能性を持っている幹細胞であると結論した。<sup>(\*)</sup>キメラとは、異なる個体由来の異なる遺伝形質を持つ細胞が同一個体において混在している状態を指す



図

- 問1 下線部(a)に示すiPS細胞の作製において、既に分化した体細胞が多分化能を再び獲得する現象を何というか、答えなさい。
- 問2 異なる遺伝形質を持つ細胞や組織を、移植によって異なる個体に存在させようとしても、通常は上手くいかない。その理由とともに、下線部(b)の方法によって、キメラ個体が作製できる理由を50字以内で答えなさい。
- 問3 今回、一連の実験に用いた黒色系統のマウスと白色系統のマウスを交配した場合、F1マウスの毛色は全て黒色になる。もし下線部(c)に示した交配の結果、白色の毛色を持つF1しか生まれてこなかった場合、キメラマウスの作製に用いた細胞の多分化能について、どのようなことが考えられるか。25字以内で答えなさい。
- 問4 マウスの毛色は複数の遺伝子によって支配されているが、ここでは単純に、遺伝子Aは毛の色を茶色にするが、Aがはたらかないと毛の色は黒色になるものとする。Aは対立遺伝子aに対して顕性(優性)である。茶色の純系マウスから幹細胞を作製し、黒色の純系マウスの胚に移植した。その結果、茶と黒の毛色が混在したキメラマウスが誕生した。
- (ア) Aとaに関して、このキメラマウスが持つ体細胞の遺伝子型を全て答えなさい。
- (イ) このキメラマウスを黒色の純系と交配したところ、全身が茶色の個体と、全身が黒色の個体がそれぞれ生まれた。Aとaに関して、それぞれの個体が持つ体細胞の遺伝子型を全て答えなさい。

2 地衣類は、菌類が緑藻類やシアノバクテリアと形成した共生体である。通常、地衣類の体の大部分は菌類の(1)により構成され、岩や樹木などの表面に張り付いて生活している。菌類は、緑藻類やシアノバクテリアに生活場所を提供し保護する代わりに、これらの生物が(2)により産生する有機物を利用することができる。このような共生関係を(3)と呼ぶ。また地衣類は、栄養分が少なく乾燥した環境でも生育できるため、火山の噴火などにより生じた裸地に最初に進入する(4)となることもある。

- 問1 上の文中の(1)~(4)にあてはまる適切な語句を答えなさい。
- 問2 地衣類は、ウメノキゴケなどのように和名に〇〇ゴケという名称を持つものが多いが、地衣類とコケ植物は大きく異なる生物群である。以下の選択肢からコケ植物について正しい記述を全て選び記号で答えなさい。
- (A) 胞子で繁殖し、通常見られる植物体は胞子体である。  
 (B) 受精の際には、外界に出た精子が造卵器内の卵まで泳いでいくため水が不可欠となる。  
 (C) 胞子が発芽すると前葉体と呼ばれる配偶体となる。  
 (D) 根、莖、葉の区別がなく維管束は発達していない。  
 (E) 細胞の葉緑体にはクロロフィルaとクロロフィルbが含まれる。

問3 シアノバクテリアと紅色硫黄細菌の(2)の反応過程について述べた以下の文中の(5)~(8)にあてはまる適切な語句を答えなさい。

シアノバクテリアと紅色硫黄細菌は、どちらも(2)を行う原核生物である。シアノバクテリアでは(2)の反応に必要な電子を(5)の分解により得るため、(6)を生じるが、紅色硫黄細菌では、(5)の代わりに(7)を分解して電子を得るため、(6)ではなく(8)を生じる。そのため、シアノバクテリアの(2)の反応過程でのみ(6)が生じる。

- 問4 (3)の関係である生物の組み合わせを以下の選択肢から全て選び記号で答えなさい。
- (A) アリとアブラムシ (B) スズメガの幼虫とコマユバチ (C) ヒトデとフジツボ (D) カクレウオとナモコ  
 (E) 根粒菌とダイズ (F) イワナとヤマメ (G) クマノミとイソギンチャク
- 問5 下線部のような場所から出発する植生の経時的変化が以下のように進行したとする。
- 荒原→草原→低木林→陽樹林→陽樹と陰樹の混合林→陰樹林(極相林)
- (ア) このように植生が経時的に変化していく現象を何と呼ぶか答えなさい。
- (イ) 森林を構成する樹種が陽樹から陰樹へと置きかわる理由を100字以内で述べなさい。

3 ウニ卵では最表層に(1)が存在し、その下層に(2)が存在し、さらにその内側に卵の細胞膜が存在する。細胞膜直下には多数の(3)が位置している。ウニの受精過程では、まず、精子が卵の(1)と接触し、先体反応が始まる。先体内の物質が(X)と呼ばれる現象により分泌され、(1)の物質を分解しつつ、精子頭部から(Y)フィラメントが伸びて、先体突起を形成する。先体突起にあるバインディンと呼ばれるタンパク質が(2)の表面に結合し、さらに細胞膜が融合し(4)がもり上がる。この時、海水中のイオン①が卵内に入り込み、卵の細胞膜の(5)の変化による「早い□□□□」が起こる。引き続き、卵内の(6)からイオン②の放出が促進され、これにより(2)の内側に(3)の内容物が(X)により分泌される。これを(Z)反応という。この結果として(2)が細胞膜から引き離され、硬い(7)へと変化する。この(7)により「遅い□□□□」が成立する。卵に入った精子の核は精核となり、同時に入った精子の中心体は(8)を形成し、卵核と精核を近づける。

- 問1 上の文中の(1)~(8)にあてはまる適切な語句を答えなさい。
- 問2 上の文中の①と②のイオンの名称を元素記号で答えなさい。
- 問3 下線部(a)について、Xの現象の名称を答えなさい。
- 問4 上の文中の2箇所の□□□□に入る適切な用語を漢字4文字で答えなさい。
- 問5 下線部(b)について、Yの名称を答えなさい。
- 問6 下線部(c)について、Z反応のZとは何か答えなさい。

生 物 (全3の3)

4 次の文を読み、以下の問いに答えなさい。

ウイルスや細菌などの病原体そのものや、病原体を構成する物質などをもとに作ったワクチンを接種することで、ヒトはその病原体に対する免疫を獲得することができる。弱毒生ワクチンは病原性を弱めた病原体を含んでおり、接種するとその病気に自然にかかった場合とほぼ同じ免疫を獲得することが期待される。不活化ワクチンは感染力をなくした病原体や、病原体を構成するタンパク質からできているが、1回接種しただけでは必要な免疫を獲得したり免疫を維持できないことがあるため、複数回の接種が必要となることが多い。インフルエンザワクチンは不活化ワクチンの代表的な例である。

一方、新型コロナウイルスに対して開発されたワクチンには mRNA ワクチンやウイルスベクターワクチンなどがある。これらのワクチンにはウイルスを構成するタンパク質の遺伝情報が含まれており、その遺伝情報をもとに体内でウイルスのタンパク質を作り、そのタンパク質に対する免疫を獲得するという共通点がある。

新型コロナウイルスに対する mRNA ワクチンは、ウイルスの表面に存在しヒトの細胞へ侵入するために必要となるスパイクタンパク質の遺伝情報を含む RNA にさまざまな修飾を施して作られた mRNA を、脂質でできた小胞で包みこんでできている。このワクチンを接種し、mRNA を含む小胞が( X )によってヒトの細胞内に取り込まれると、取り込まれた mRNA をもとにして細胞内でスパイクタンパク質が産生される。細胞で産生されたスパイクタンパク質は細胞表面に抗原提示され、免疫系によってそのスパイクタンパク質に対する中和抗体産生や細胞性免疫応答が誘導されることで、新型コロナウイルスによる感染症の感染予防や重症化を防ぐことができると考えられている。

また、ウイルスベクターワクチンも新型コロナウイルスに対するワクチンとして実用化されている。このウイルスベクターワクチンは、新型コロナウイルスのスパイクタンパク質の遺伝子を、サルが罹患する風邪ウイルスであるアデノウイルスを改変して増殖できないよう処理が施されたウイルスベクターの DNA に組み込んでできている。このワクチンを接種すると、アデノウイルスが霊長類の細胞に感染すると同様の機構によって DNA が細胞内に取り込まれ、アデノウイルスベクターに組み込まれたスパイクタンパク質の遺伝子を基に細胞内でスパイクタンパク質が産生され、そのスパイクタンパク質に対する中和抗体産生や細胞性免疫応答が誘導される。

問 1 上の文中の( X )にあてはまる適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部a)について、mRNA ワクチンに用いる RNA に施される修飾について述べた以下の文の( 1 )～( 6 )にあてはまる適切な語句を答えなさい。

一般に RNA は寿命が短く、細胞内において RNA 分解酵素によって分解されてしまう。そこで RNA の分解を抑えるために、RNA の 5' 側にはメチル化した( 1 )を結合させて( 2 )と呼ばれる構造を作り、3' 側には 70～250 個の( 3 )を鎖状に結合させた( 4 )と呼ばれる構造を作って、RNA 分解酵素が作用するのを抑えている。またその他にも、mRNA ワクチンに用いる RNA では、RNA にのみ含まれる塩基である( 5 )に化学的修飾を施すことによって、細胞内に取り込まれた mRNA が Toll 様受容体を介して( 6 )を惹起して、スパイクタンパク質を合成する前に細胞が排除されてしまうことを防いでいる。

問 3 下線部b)について、アデノウイルスベクターに組み込まれた遺伝子からスパイクタンパク質が産生される過程は、mRNA ワクチンに含まれる遺伝情報からスパイクタンパク質が産生される過程と大きく相違する部分が存在する。両者の相違点について 100 字以内で答えなさい。