

令和2年度入学者選抜学力検査問題

10時00分——11時30分 **地域デザイン科学部志願者**(社会基盤デザイン学科を志願した者)

9時30分——11時30分 **工学部志願者**(基盤工学科を志願した者)

10時00分——11時30分 **農学部志願者**(生物資源科学科・応用生命化学科・森林科学科を志願した者)

理 科

(本文 29 ページ)

[注意]

1. 検査開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけない。
2. 「受験番号」は、解答用紙の受験番号欄に忘れずに記入すること。
3. この問題冊子には、「物理 1 頁～10 頁(5 問題)」、「化学 11 頁～22 頁(3 問題)」、「生物 23 頁～29 頁(3 問題)」の 3 科目の問題がある。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は、申し出ること。
4. 解答は、必ず解答用紙の解答欄に記入すること。所定の欄以外に記入したものは、無効である。
5. **地域デザイン科学部**「社会基盤デザイン学科」の志願者は、物理の第 1 問～第 4 問を解答すること。
6. **工学部**「基盤工学科」の志願者は、届け出た 1 科目を選択し、物理は第 1 問～第 5 問を、化学は第 1 問～第 3 問を解答すること。
7. **農学部**「生物資源科学科」の志願者は、届け出た 1 科目を選択し、化学は第 1 問～第 2 問を、生物は第 1 問～第 3 問を解答すること。「応用生命化学科」の志願者は、化学の第 1 問～第 2 問を解答すること。「森林科学科」の志願者は、届け出た 1 科目を選択し、物理は第 1 問～第 3 問を、化学は第 1 問～第 2 問を、生物は第 1 問～第 3 問を解答すること。
8. 問題または解答用紙に指示がある場合は、必ず計算過程も記入すること。
9. 計算用紙は別に配付しないので、問題冊子の余白を使うこと。

生 物

第 1 問 次の文章を読み、以下の設問(問 1 ~ 問 4)に答えよ。

近年、生物の遺伝子発現機構の詳細が明らかにされつつあり、またバイオテクノロジーが発達したことから、さまざまな遺伝子をさまざまな生物で発現させることができるようになった。たとえばオワンクラゲが持つ緑色蛍光タンパク質(GFP)を大腸菌で発現させることができる。その手法の概略は次のとおりである。

まず、大腸菌の体内で自立して複製する小型の環状 DNA である の塩基配列の中に GFP 遺伝子を挿入する。次に、これを大腸菌の体内に導入する。ただし、GFP 遺伝子の¹上流には と呼ばれる配列を持つものとする。大腸菌体内では が に結合し GFP 遺伝子の²伝令 RNA (mRNA) を合成する。この反応を という。その後、合成された mRNA の情報をもとに、 で GFP が合成される。この反応を という。

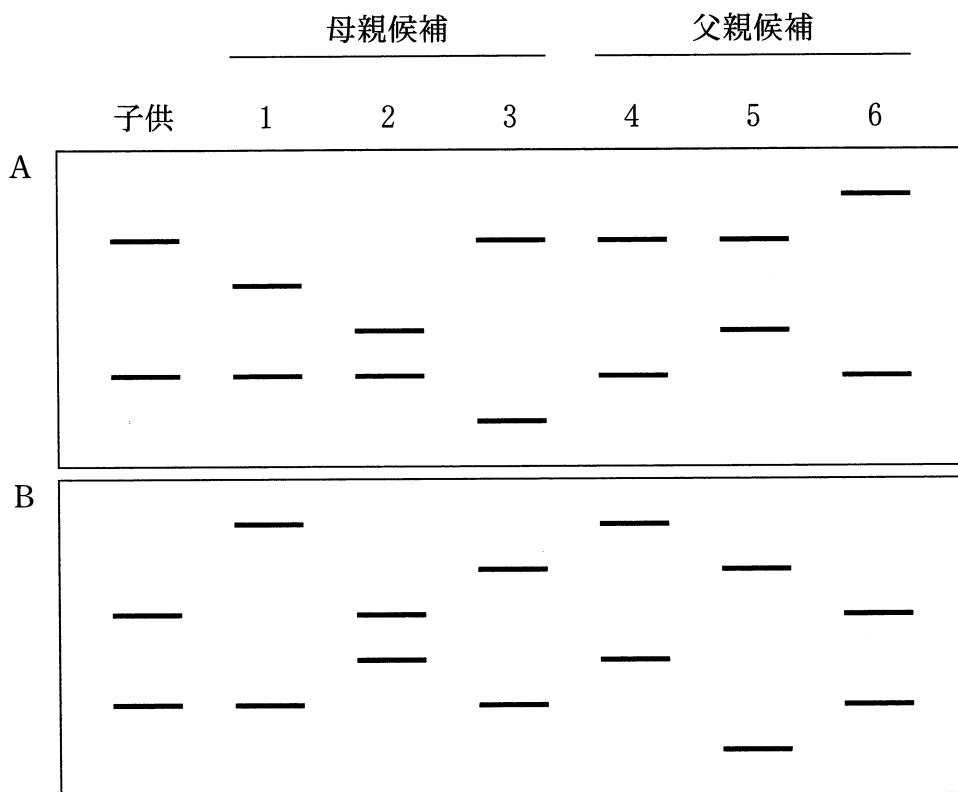
オワンクラゲの細胞において、 は の内側で行われ、その後、 で が行われる。一方、大腸菌の細胞には が¹ないため、どちらの反応も で行われる。

問 1 文章中の ~ に適語を入れよ。

問 2 下線部 1 について、オワンクラゲ染色体上の GFP 遺伝子を導入したとしても大腸菌体内では正常な GFP は作られない。そのため、GFP 遺伝子の mRNA を逆転写して合成した DNA を用いる必要がある。なぜそのような操作が必要なのか、その理由を 90 字以内で説明せよ。

問 3 ポリメラーゼ連鎖反応法(PCR 法)は遺伝子工学実験に限らず、微生物の検出にも用いられる。たとえばパルボウイルスやジェミニウイルスは1本鎖DNAのウイルスであるが、通常のPCR反応(反応1：94℃1分間，反応2：55℃1分間，反応3：72℃1分間を1サイクルとし，これを30サイクル繰り返す)でもDNA断片が増幅される。このように，1本鎖DNAを鋳型とした場合，上記3つの反応ではそれぞれどのような反応が行われているか。1サイクル目の反応3終了時までの各反応後のようすをそれぞれ枠内に図示せよ。なお，PCRプライマーは鋳型DNAの末端に結合するものとし，鋳型DNAと合成されたDNAは直線，PCRプライマーは伸長方向への矢印(→)，耐熱性DNAポリメラーゼは黒丸(●)で表現すること。また，反応に関与しないこれらの物質は図示しないこと。

問 4 ヒトのゲノムにはACACACのような塩基の反復配列が数多く存在し、その反復配列の回数には個体差があることが分かっている。PCR法と電気泳動法によりDNA断片を分離することで違いが分かるため、親子鑑定などのDNA鑑定に用いられている。今、ゲノム上の2か所(A, B)に対してDNA鑑定を行った結果、下図のようになった。この結果より、6名の大人の中からこの子供の両親の可能性のある組み合わせを(1, 4)のように答えよ。なお、この中に両親が存在する可能性が無い場合は「なし」と答えよ。



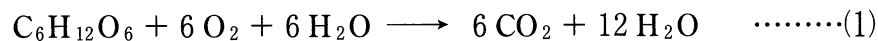
第2問 次の文章ⅠおよびⅡを読み、以下の設問(問1～問7)に答えよ。

Ⅰ 生物は体外から取り入れた物質を他の物質につくり変える を行いさまざまな生命現象に利用している。 には比較的単純な物質から複雑な物質を作り出しエネルギーを蓄積する と、逆に複雑な物質を単純な物質に分解することでエネルギーを取り出す がある。

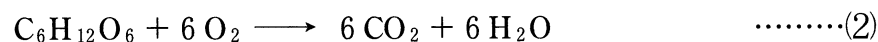
おもな には があり、グルコース(C₆H₁₂O₆)などを基質とし酸素を用いずにATP(アデノシン三リン酸)をつくり出す や、真核生物では酸素を用いてさらに多くのエネルギーを生産するクエン酸回路および電子伝達系が存在する。

問1 文章中の ～ に適語を入れよ。

問2 下線部1について、真核生物がグルコース(C₆H₁₂O₆)を基質として用いすべての反応を行った場合、以下のような反応式(1)が成立する。



(1)の式には両辺にH₂Oが含まれるため、物質の収支のみを考えた場合、(2)のように表すことができる。



これをふまえ、真核生物がC₁₆H₃₂O₂で示される脂肪酸を基質として用いすべての反応を行った場合の反応式を(2)の形式で記せ。

問3 ある動物にグルコース80%、C₁₆H₃₂O₂で示される脂肪酸20%(分子数の比)からなるえさを与えた際に消費する酸素(O₂)の体積を1とする。この場合に生成される二酸化炭素(CO₂)の体積について小数点以下3桁目を四捨五入し、小数点以下2桁まで記せ。ただし、えさはすべて利用されるものとし、同温・同圧のもとで気体の体積は分子数に比例するものとする。

II ユスリカやキイロショウジョウバエなどの幼虫のだ液を分泌する細胞には、細胞分裂のときに観察される染色体の約 200 倍の大きさをもつだ腺染色体と呼ばれる対合した巨大な染色体が存在する。だ腺染色体を [6] などの色素で染色すると多数の横じまが観察される。キイロショウジョウバエ ($2n = 8$) の場合、観察されるだ腺染色体数は [7] 本である。また、だ腺染色体には、[8] と呼ばれる部分的にふくらんだ箇所があり、発生の進行にともな²って [8] の位置が変化するようすが観察される。

キイロショウジョウバエの発生では、受精後、まず核分裂だけが進行して多数の核が形成され、多核体(多核細胞)と呼ばれる状態になる。次に、表層部の核が細胞膜で仕切られ、胚の表面に一層の細胞が並んだ [9] が形成される。原腸が形成されはじめると胚の表面に体節構造が現れる。通常、キイロショウジョウバエの胚は受精後 24 時間で [10] して幼虫となる。幼虫は脱皮を繰り返した後、さなぎを経て成虫になる。このように、幼虫がさなぎを 経た後に体の形・姿を変えて成虫になる過程を完全変態と呼ぶ。⁴

問 4 文章中の [6] ~ [10] に適語を入れよ。

問 5 下線部 2 について、[8] の構造的な特徴と [8] で合成されている物質について記せ。

問 6 下線部 3 について、キイロショウジョウバエではこの時期に胚の前後軸(頭尾軸)が決まる。この前後軸決定の過程を以下の語群の用語をすべて用いて 200 字以内で説明せよ。ただし、同じ用語を何度使ってもかまわない。

<語群>：位置情報，ナノス，濃度勾配，ビコイド，母性効果遺伝子，
mRNA

問 7 下線部 4 について、昆虫が完全変態することによって得られる利点について考えられることを 50 字以内で説明せよ。

第3問 次の文章を読み、以下の設問(問1～問5)に答えよ。

大腸菌は最適な培養条件のもとでは、20分に1回分裂して増殖する。仮に最初に1個体であった大腸菌がこの割合で増加し続けると、個体群全体の質量は、計算上、48時間後には地球全体の質量 6.0×10^{24} kg を超え、 kg になる。しかし、実際には個体数が増加するにつれて、一定の個体数に安定する。このときの成長曲線は 状となる。このようなある環境で存在できる最大の個体数を という。

一定の面積や体積あたりの個体数を個体群密度という。個体群密度が変化すると、同種個体間で起きる などの影響により、個体の発育速度や形態などが変化したり、個体群の成長などにさまざまな影響が現れたりする(図)。これを という。

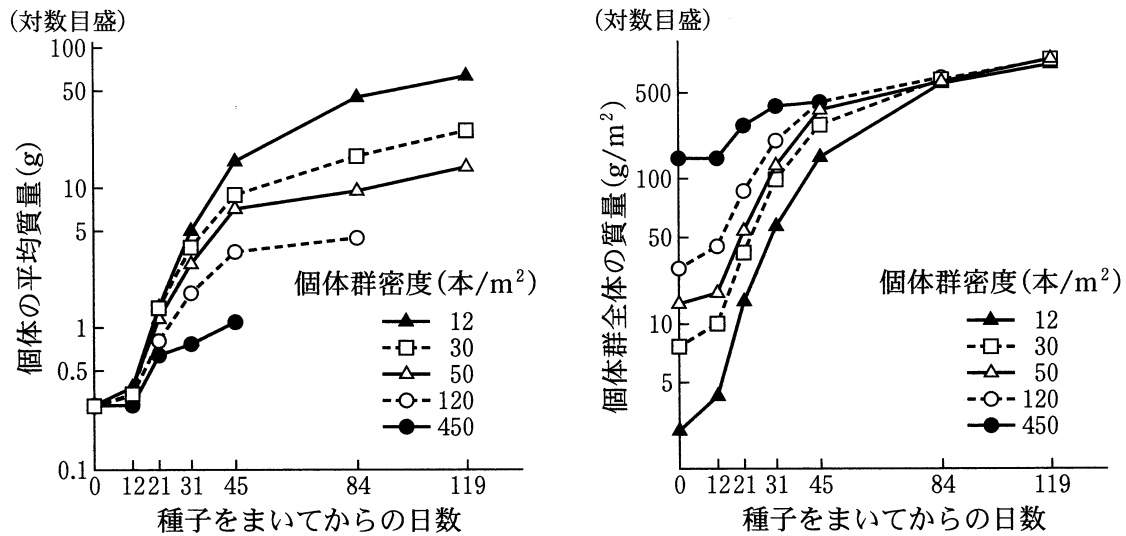


図 さまざまな個体群密度で栽培したダイズの個体の平均質量と個体群全体の質量

問 1 文章中の に当てはまる数値を求めよ。ただし、大腸菌 1 個体の質量を 1.0×10^{-15} kg とし、必要ならば $2^{144} = 2.2 \times 10^{43}$ を用いよ。なお、解答は、たとえば 4.7×10^{21} のように $a \times 10^n$ (a は $1 \leq a < 10$ の範囲の小数点以下 1 桁の数値で、 n は整数) の形で示すこと。

問 2 文章中の ~ に適語を入れよ。

問 3 下線部 1 について、一定の個体数に安定するのはなぜか、60 字以内で説明せよ。

問 4 下線部 2 について、サイズをさまざまな個体群密度で育て、個体の平均質量、個体群全体の質量を得た(図)。この図をもとに、種子をまいてからの時間経過にともなう個体の平均質量および個体群全体の質量の変化について、個体群密度と関連づけて 90 字以内で説明せよ。

問 5 下線部 2 について、針葉樹のヒノキを高い密度で人工的に植栽して林をつくった。個体が十分成長するほど時間が経過した時に、個体の平均質量の大きな太い木からなる林に仕立てたい。図の結果をふまえると、そのためには、ある程度時間が経過した時点で、この林に対してどのような処理(管理)を行えばよいと考えられるか記せ。