受験番号					

自　然　科　学

問　題　冊　子

指　　示

合図があるまでは絶対に中を開けないこと

1. この試験は, 資料を読んで, あなたがその内容をどの程度理解し, 分析し, また総合的に判断することができるかを調べるためのものです.
2. この冊子には, 数学, 物理, 化学, 生物の 4 分野の問題がこの順序で掲載されています. その中から 2 分野を選んで解答して下さい.
3. 配点は各分野とも 40 点満点で, 2 分野の合計で **80 点**満点です.
4. 解答のための時間は,「解答はじめ」の合図があってから正味 **70 分**です.
5. 使用する解答欄は, 問題の前に指示してあります. 解答欄は, 多肢選択マークセンス方式のほか, 一部に記述方式が含まれます.
6. 選んだ分野と答えは, 解答カードの定められたところに指示どおりに鉛筆を用いて書き入れて下さい. 一度書いた答えを訂正するには, 消しゴムできれいに消してから, あらためて正しい答えを書いて下さい.
7. メモにはこの冊子の余白を用い, ほかの紙は使用しないで下さい.
8. 「解答やめ」の合図があったら, ただちにやめて下さい. 試験監督が問題冊子と解答カードを集め終わるまでは, 退室できません.
9. この指示について質問があるときは, 試験監督に聞いて下さい.
10. **解答上の注意**が, 裏表紙に記載してあるので, この問題冊子を裏返して必ず読んで下さい. ただし, 問題冊子を開いてはいけません.

「受験番号」を解答カードの定められたところに忘れずに書き入れること

（余　白）

目　次

数　学 …… 2
物　理 …… 12
化　学 …… 22
生　物 …… 32

数　学

PART Ⅰ， PART Ⅱ の問題がある．マークセンス方式の解答欄ア～ツを使って解答せよ．

PART I

x 座標と y 座標が両方とも整数である平面上の点を格子点とよぶ．実数 $r > 0$ について，原点を中心とする半径 r の円の内部および周上の格子点の集合を $C(r)$ と記す．すなわち格子点 (x, y) について，$(x, y) \in C(r)$ は $x^2 + y^2 \leqq r^2$ と同値である．$C(r)$ の要素の個数を $N(r)$ と記して，$N(r)$ の値を調べてみよう．すると，

- $0 < r < 1$ ならば $C(r) = \{(0, 0)\}$ であり，$N(r) = 1$ である．
- $1 \leqq r < \sqrt{2}$ ならば $C(r) = \{(0, 0), (1, 0), (0, 1), (-1, 0), (0, -1)\}$ であり，$N(r) = 5$ となる．
- 格子点 $(3, 4)$ は $r \geqq 5$ のとき $C(r)$ の要素であり，$(3, 4) \in C(r)$ となっている．

1. $r = 2.1 = \dfrac{21}{10}$ のとき $N(r) = \boxed{ア}\boxed{イ}$ である．

2. $N(r) = 25$ となるのは，$\boxed{ウ} \leqq r^2 < \boxed{エ}$ のときである．

3. $(3, 1) \in C(r)$ となるのは $\sqrt{\boxed{オ}\boxed{カ}} \leqq r$ のときである．また $r = \sqrt{\boxed{オ}\boxed{カ}}$ のとき $N(r) = \boxed{キ}\boxed{ク}$ である．

(このページは空白です．)

4. 2以上の自然数 n と自然数 k について $(n-1,k) \in C(n)$ となる必要十分条件として正しい式を次から選び, 解答欄 $\boxed{\text{ケ}}$ に記せ.

a. $k < \sqrt{2n-1}$

b. $k < \sqrt{2n+1}$

c. $k \leqq \sqrt{2n-1}$

d. $k \leqq \sqrt{2n+1}$

格子点 (x,y) は, $r^2 \geqq x^2+y^2$ であるとき集合 $C(r)$ の要素となる. この事実からすぐに分かるように, 正の実数 r の関数と見た $N(r)$ は単調増加である, すなわち, $0<r<r'$ のとき $N(r) \leqq N(r')$ が成り立つ.

5. $0<r<r'$ について $N(r)<N(r')$ であるとき, $N(r')-N(r)$ は必ず $\boxed{\text{コ}}$ の倍数である.

実は次が確かめられる.

$$\frac{N(5)}{5^2}=\frac{81}{25}=3.24, \quad \frac{N(10)}{10^2}=\frac{317}{100}=3.17$$

r が大きくなると $\dfrac{N(r)}{r^2}$ の値は円周率 π に近づくことが分かっている. 19世紀ドイツの数学者ガウスは, r が十分大きいときに差 $E(r)=N(r)-\pi r^2$ がより精密な不等式 $|E(r)|<2\sqrt{2}\pi r$ を満たすことを示している.

(このページは空白です．)

PART II

大学で共通の知り合いがどのくらいの確率でいるかを計算してみよう．まず, 組み合わせの数と確率について復習する.

異なる n 個のものから異なる r 個取り出す組み合わせの総数は

$$
{}_n\mathrm{C}_r = \frac{n!}{r!(n-r)!}
$$

と計算できる.

さて, 7 個のリンゴから 3 個のリンゴを選ぶことを考えよう.

6.　7 個のリンゴに青リンゴが 2 個だけ含まれているとき, 7 個のリンゴから無作為に 3 個のリンゴを選ばなければならないとしよう．このとき, 青リンゴを少なくとも 1 つ含めて選ぶ確率は $\dfrac{\boxed{\text{サ}}}{\boxed{\text{シ}}}$ である.

別の問題を考えよう．A さんが 10 個のリンゴから 3 つリンゴを選び, 選んだリンゴを元に戻す．B さんも同様に 10 個のリンゴから 3 つリンゴを選び, 選んだリンゴを元に戻す．互いに選んだリンゴがわからないと仮定する.

7.　このとき, B さんが A さんと同じリンゴを<u>選ばない</u>確率は $\dfrac{\boxed{\text{ス}}}{\boxed{\text{セ}}\boxed{\text{ソ}}}$ である.

(このページは空白です．)

大学で共通の知り合いがいる確率を考えよう．Z 大学で学ぶ学生はおおよそ 3000 人である．初めて出会う 2 人の Z 大学生に，共通の知り合いがいることは果たしてよくあることだろうか．それともめずらしいことだろうか．Z 大学の学生数を 3000 として，この 2 人の Z 大学生にそれぞれ 60 人の Z 大学生の知り合いがいると仮定すると，以下のようにおおよそ 70%の確率で共通の知り合いがいるという計算ができる．

Z 大学生の A さんと B さんに，それぞれ 60 人の Z 大学生の知り合いがいるとする．B さんの知り合いの 60 人として考えられる組み合わせの数は

$$C = \frac{3000!}{60! \cdot 2940!}$$

であり，その中で A さんの知り合いを含まない組み合わせの数は

$$D = \frac{2940!}{60! \cdot 2880!}$$

である．したがって，共通の知り合いがいない確率は

$$\frac{D}{C} = \frac{2940!}{60! \cdot 2880!} \cdot \frac{60! \cdot 2940!}{3000!} = \underbrace{\frac{2940}{3000} \cdot \frac{2939}{2999} \cdot \cdots \cdot \frac{2883}{2943} \cdot \frac{2882}{2942} \cdot \frac{2881}{2941}}_{60\text{ 個の分数の積}}$$

である．右辺の 60 個の分数の中で一番大きな分数を L，一番小さな分数を l とすると $l^{60} < \dfrac{D}{C} < L^{60}$ が成り立つ．

8. 上記の $\dfrac{D}{C}$ の計算に現れる 60 個の分数 $\dfrac{2940}{3000}, \cdots, \dfrac{2881}{2941}$ の中で一番大きい分数 L を，次の a ∼ d から選び解答欄 $\boxed{タ}$ に記せ．

a. $\dfrac{2881}{2941}$　　b. $\dfrac{2910}{2970}$　　c. $\dfrac{2911}{2971}$　　d. $\dfrac{2940}{3000}$

(このページは空白です.)

さて $\left(\dfrac{2940}{3000}\right)^{60}$ の計算を, $x = \dfrac{60}{3000} = 0.02$ として $(1-x)^{60}$ の展開を通じて試みよう.

自然数 n について, $(1-x)^n$ を展開すると

$$(1-x)^n = 1 + a_1 x + a_2 x^2 + \cdots + a_n x^n$$

という形である. 2 項定理によれば, x^k の項は ${}_n\mathrm{C}_k\, 1^{n-k}(-x)^k$ として得られるから, x^n の係数 a_n は $(-1)^n$ であることがわかる. また, x の係数は $a_1 = -{}_n\mathrm{C}_1 = -n$ である. 同様に $a_2 = {}_n\mathrm{C}_2$ となる. $(1-x)^{10}$ の展開の (定数項も含めた) 最初の 3 項の和は $1 - 10x + 45x^2$ であり, $x = 0.02$ を代入すると $1 - 0.2 + 0.018 = 0.818$ となる. 展開の第 4 項 -0.00096 は最初の 3 項の和に比べて無視できる.

9. $x = 0.02$ のとき, $(1-x)^{60}$ を上記のように展開するとき, $\dfrac{a_2 x^2}{-a_1 x} = \dfrac{a_2}{-a_1} x$ に最も近い数を, 次の a ～ d から選び解答欄 $\boxed{\text{チ}}$ に記せ.

   a. 0.2　　b. 0.4　　c. 0.6　　d. 0.8

$(1-x)^{60}$ の展開の第 2 項は $-60 \cdot 0.02 = -1.2$ である. また, 問 9 の計算でわかる通り展開の第 3 項は第 2 項に比べて無視できるほど小さくはない. また展開の第 4 項は -0.27 程度である. したがって $(1-x)^{10}$ の計算と比べて, $(1-x)^{60}$ の展開の最初の 3 項による計算はあまり効率的ではない. 元の $\dfrac{D}{C}$ には階乗が現れるが, その近似計算には次のスターリングの公式

$$n! \fallingdotseq \sqrt{2\pi n}\left(\frac{n}{e}\right)^n$$

が有効である. ここで n は自然数で, $e = 2.7182\cdots$ (自然対数の底) は定数である.

10. スターリングの公式の右辺の対数 $\log_e$ をとって得られる式を次の a ～ d から選び解答欄 $\boxed{\text{ツ}}$ に記せ.

   a. $\dfrac{1}{2}\log_e(2\pi) + n\log_e n - n$

   b. $\dfrac{1}{2}\log_e(2\pi) + \left(n + \dfrac{1}{2}\right)\log_e n - n$

   c. $\dfrac{1}{2}\log_e(2\pi) + (n+1)\log_e n - n$

   d. $\dfrac{1}{2}\log_e(2\pi) + n\log_e n - 1$

スターリングの公式から $\log_{10}(3000!)$ を計算して $3000!$ の桁数を求めると, 9131 桁を得る．同様に $\log_{10}\left(\dfrac{D}{C}\right)$ を計算すると値 $-0.531\cdots$ を得て $\dfrac{D}{C} \fallingdotseq 0.2939$ が得られる．一方で, $60\log_{10} l, 60\log_{10} L$ の計算から

$$0.2903 < \frac{D}{C} < 0.2976$$

が得られる．こうして, 共通の知り合いがいない確率はおおよそ 30% であることがわかる．しがたって, A さんと B さんが共通の知り合いを持っている確率はおおよそ 70% である．

物　理

PART Ⅰ， PART Ⅱ の問題がある．マークセンス方式の解答欄ア～サ，および記述方式の解答欄Ａを使って解答せよ．

PART Ⅰ

人工衛星

　人工衛星は文字通り人工的に作られた衛星である．地球の周りを周回しながら，地球上との通信を担う通信衛星や放送衛星，位置情報を提供してくれる測位衛星，また天気をモニターしてくれる気象衛星などその用途はさまざまである．宇宙への進出は，ひと昔前までは国だけができるような事業であったが，最近では「宇宙ベンチャー」とよばれる新興企業が衛星打ち上げや宇宙旅行を目指したさまざまな技術開発を行っている．ここでは人工衛星に関する物理を少し考えてみよう．ただし地球の公転の影響は無視できるものとする．

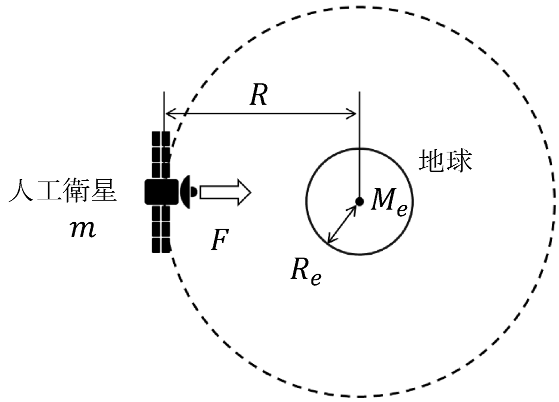


図1　地球を周回する人工衛星

人工衛星は地球に「落ち続けている」とも表現される．それは，木から落ちるりんごと同じように，衛星に加わる地球からの万有引力

$$F = G\frac{M_e m}{R^2}$$

によりその運動が決められるからである（図1）．G = 6.7×10^{-11} N・m^2/kg^2 は万有引力定数，M_e は地球の質量，m は衛星の質量，R は地球の中心から衛星までの距離（軌道半径）である．また地球の半径は R_e = 6400 km とし，地表における重力加速度の大きさは g = 9.8 m/s^2とする．

1. 上記の情報から地球の質量をもとめ，次のうちから最も近いものを選び，解答欄 ア に記せ.

   a. 2.7 ×10^{14} kg
   b. 9.4 ×10^{17} kg
   c. 6.0 ×10^{24} kg
   d. 8.9 ×10^{34} kg

2. ある惑星が半径 $\frac{1}{2}R_e$ の球だとする．その惑星の表面における重力加速度の大きさを，地球における地表での重力加速度の大きさ gを用いてもとめ，次のうちから最も近いものを選び，解答欄 イ に記せ．簡単のため地球も惑星も密度は一様で同じ値とする．

   a. $\frac{1}{8}g$　b. $\frac{1}{4}g$　c. $\frac{1}{2}g$　d. $2g$

衛星軌道が地球を中心とする円だと考えると，衛星にはたらく向心力は

$$F_c = mR\omega^2$$

であたえられる．このとき ω は衛星の角速度である．衛星軌道は地表から十分高く空気抵抗は無視してよい．

3. 地球の中心から人工衛星までの距離 R をG, M_e, m および衛星の周期 T を用いて記述解答欄 A に記せ.

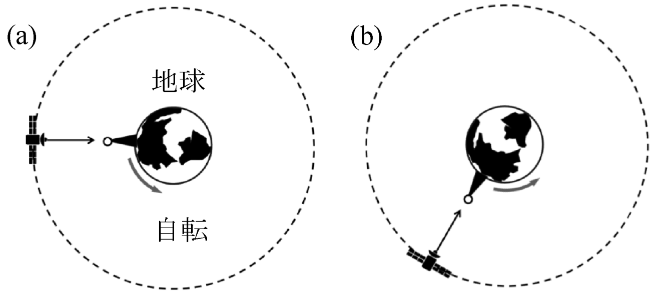


図2　静止衛星の軌道

図2(a)と図2(b)に異なる時間における静止衛星の位置を示す．静止衛星とは地球の自転に合わせて人工衛星が移動していくように高度が調整されている衛星である．衛星の.周期は地球の自転に合わせるのでちょうど1日で，地上から見ると特定の都市や国の上空に衛星が常に止まっているように見える．静止衛星との通信は，アンテナの方向が固定できるなど非常に都合がよい一方，その弱点は地表からの高度が約36,000 km と非常に高いことである．低軌道衛星がおおよそ2,000 km 以下の高度で周回していることを考えると，いかに静止衛星が高高度であるかがわかるであろう．

4. 静止衛星は地球から見ると止まっているように見えるが，実際は周回運動をしている．この周回運動の速さをもとめ，次のうちから最も近いものを選び，解答欄 $\boxed{\text{ウ}}$ に記せ.

   a. 310 m/s
   b. 3,100 m/s
   c. 31,000 m/s
   d. 310,000 m/s

打ち上げ前に地上で静止している衛星を10 m 鉛直に持ち上げたときの仕事をW_1としよう．次に地表から高度2,000 km にある低軌道衛星の高度を10 m 上げて地球から遠ざけることを考える．衛星に搭載されたジェットの噴射により衛星を地球から10 m 遠ざけた．ジェット噴射により衛星を遠ざけるこの行為は，衛星を元の軌道から「10 m 持ち上げている」とも考えることができる．このときの仕事を W_2 とする．

5. 2つの仕事の比 $\dfrac{W_1}{W_2}$ をもとめ，次のうちから最も近いものを選び，解答欄 $\boxed{\text{エ}}$ に記せ． ただし，ジェット噴射による衛星の質量，および速さの変化は無視できるものとする．

   a. 0.6
   b. 1.0
   c. 1.3
   d. 1.7

ある星において物体を星の表面に対して水平に投射することを考える．投射した物体が星の表面に沿って円運動し続ける速度のことを第一宇宙速度とよぶ．大気による抵抗を無視したとき，人工衛星を地表すれすれで周回させることが可能な速さと考えてもよく，地球の第一宇宙速度は7.9 km/s である．

6. 月の質量は地球の質量の約 $\dfrac{1}{80}$ で，月の半径は地球の半径の約 $\dfrac{1}{4}$ である．月の第一宇宙速度をもとめ，次のうちから最も近いものを選び，解答欄 $\boxed{\text{オ}}$ に記せ．

   a. 0.4 km/s
   b. 1.8 km/s
   c. 35 km/s
   d. 160 km/s

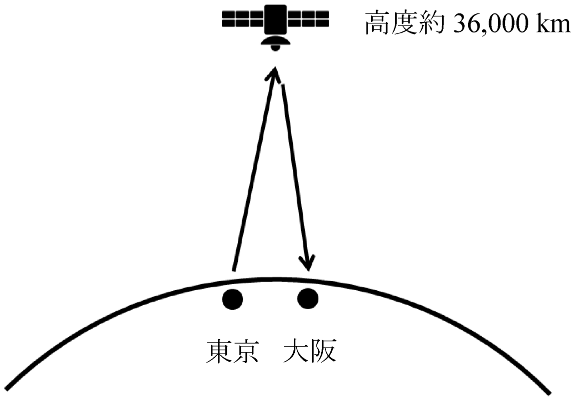


図3　衛星を介した通信

図3は静止衛星を介した東京から大阪への通信の様子を表している．地表から衛星までの距離は東京-大阪間よりも十分長いため，通信時間はおおよそ地表と衛星間の電波の往復時間となる．

7. 静止衛星を用いた通信時間をもとめ，次のうちから最も近いものを選び，解答欄 $\boxed{\text{カ}}$ に記せ．なお，用いる電波の速度は光速 (3.0×10^{8} m/s) とする．

   a. 1.2×10^{-4} s
   b. 2.4×10^{-4} s
   c. 0.12 s
   d. 0.24 s

PART II

物理量と次元

物理学に出てくる量（以下，物理量とよぶ）は，**質量**，**長さ**，**時間**を組み合わせて表されることが多い．たとえば．速さは長さを時間で割って得られる量である．このような事情を明確に表すために，物理量の「次元」とよばれるものが用いられる．質量，長さ，時間の次元をそれぞれ [M]，[L]，[T] と表すことにする．ある物理量 A の次元を [A] と表すと，[A] はこれら [M]，[L]，[T] の組み合わせで表すことができる．

たとえば速さ（=距離÷時間）の次元は[L]÷[T]=[LT^{-1}]，加速度（=速度の変化÷時間）の次元は[LT^{-1}]÷[T]=[LT^{-2}]，つまり加速度 a の次元 $[a]$ は

$$[a] = [\mathrm{L\,T}^{-2}]$$

と表される．また，質量 m の物体が，加速度 a で運動するときに物体にはたらく力 F について，物体の運動方程式は $F = ma$ で表されることから，同様に力の次元 $[F]$ は，

$$[F] = [\mathrm{M\,L\,T}^{-2}]$$

と表されることがわかる．

物理量の次元を考えるだけで有用な情報が得られることがある．このような手法を**次元解析**とよぶ．たとえば，質量 M，半径 R の球体を考えて，この球体がつくる重力によって生じる現象を考える．重力が関わる現象なので，万有引力定数 G も関わってくる可能性がある．M，R，G の3つを組み合わせてつくった

$$\sqrt{\frac{GM}{R}}$$

という量は，速さの次元をもつことが確かめられる．衛星軌道の計算などで頻繁に用いられる，いわゆる第一宇宙速度，第二宇宙速度とよばれる速度の大きさは，実際この量に比例している．なお，以下では単位系としては，通常通り，国際単位系 (SI) に従って考える．

電気や磁気が関わる問題では，質量，長さ，時間以外の次元をもつ物理量が現れる．たとえば，電気量 q の次元は，質量，長さ，時間の次元では表されない．しかし，電磁気現象に現れる物理量の適当な組み合わせをつくると，**質量，長さ，時間の次元の組み合わせで表すことができる**．

たとえば，静電気に関するクーロンの法則を考えてみよう．電気量の大きさ q_1, q_2 の電荷が真空中に距離 r だけ離れて置かれているとき，この2つの電荷の間にはたらく静電気力の大きさは

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

と表される．ε_0 は真空の誘電率である．このような関係式から電気量や磁気が関係する物理量も質量，長さ，時間の次元の組み合わせで表すことができる.

8. 真空の誘電率 ε_0 と電気量 q_1, q_2 から得られる量 $\dfrac{q_1 q_2}{\varepsilon_0}$ の次元 $\left[\dfrac{q_1 q_2}{\varepsilon_0}\right]$ として正しいものを選び，解答欄 $\boxed{\text{キ}}$ に記せ.

   a. $[\mathrm{M\,L\,T^{-2}}]$
   b. $[\mathrm{M\,L^2\,T^{-1}}]$
   c. $[\mathrm{M\,L^2\,T^{-2}}]$
   d. $[\mathrm{M\,L^3\,T^{-2}}]$

電磁場中を運動する荷電粒子は，電場だけでなく磁場からも力（ローレンツ力）を受けることが知られている．電気量 q と磁束密度 B の2つだけからエネルギーの次元をもった量をつくることはできない．しかし，長さの次元をもつ量 d と速度の次元をもつ量 v をさらに組み合わせることによってエネルギーの次元をもつ量をつくることができる.

9. 以下のうちからエネルギーの次元をもつものを選び，解答欄 $\boxed{\text{ク}}$ に記せ.

   a. $\dfrac{qvB}{d}$
   b. $\dfrac{qB}{vd}$
   c. $\dfrac{qBd}{v}$
   d. $qvBd$

10. 静電気力とローレンツ力を組み合わせて考えることにより，電場の強さ E と磁束密度 B の比の次元 $\left[\dfrac{E}{B}\right]$ をもとめ，以下の中から正しいものを選び，解答欄 $\boxed{\text{ケ}}$ に記せ.

a. $[\mathrm{T\,L^{-1}}]$
b. $[\mathrm{L\,T^{-1}}]$
c. $[\mathrm{T}]$
d. $[\mathrm{L}]$

次にコンデンサーの電気容量 C について考えてみよう．電気容量は，コンデンサーに蓄えられている電気量 Q と，極板間の電位差 V の間の比例係数として

$$C = \frac{Q}{V}$$

と定義される．分母と分子に電気量 q をかけると，

$$C = \frac{qQ}{qV}$$

と表される．分母の次元 $[qV]$ は，$\boxed{\text{あ}}$ の次元に等しいので，電気容量の次元は，「電気量の2乗を $\boxed{\text{あ}}$ で割ったもの」の次元に等しいことがわかる．問8でみたように，電気量の2乗を真空の誘電率で割ったものの次元は，質量，長さ，時間の組み合わせで表されるので，電気容量 C を真空の誘電率 ε_0 で割った $\dfrac{C}{\varepsilon_0}$ の次元も，同様に質量，長さ，時間の組み合わせで表されることがわかる．

11. $\boxed{\text{あ}}$ にはいる適当な語句を選び，解答欄 $\boxed{\text{コ}}$ に記せ.

a. 力
b. エネルギー
c. エネルギーの単位時間当たりの変化率
d. 加速度

12. 以下の物理量の中で「仕事」と同じ次元をもつ物理量はいくつあるか，その数を解答欄 $\boxed{\text{サ}}$ に記せ．ただし，p は運動量，m と M は質量，P は圧力，V は体積，h はプランク定数，c は光速，λ は光の波長，G は万有引力定数，r は距離，I は電流，R は電気抵抗である．

- $\dfrac{p^2}{2m}$
- PV
- $\dfrac{hc}{\lambda}$
- $G\dfrac{Mm}{r}$
- IR^2

(このページは空白です．)

化　学

PART Ⅰ， PART Ⅱ の問題がある．マークセンス方式の解答欄ア～コ，および記述方式の解答欄 A ～ C を使って解答せよ．

必要であれば次の値を用いなさい．
原子量　水素：1，炭素：12，窒素：14，酸素：16

PART I

今日の我々の生活において合成高分子は欠かせない化合物である．合成高分子は単量体を重合によって，繰り返し結びつけて合成していく．重合反応は，反応の様式によって，いくつかの種類に分類される．

1. 重合反応に関する以下の文章のうち，正しいものを選び，解答欄 $\boxed{\text{ア}}$ に記せ．

   a. 不飽和結合をもつ単量体が付加反応を繰り返しながら結びつく重合を付加重合とよび，ビニル基同士や，ベンゼン環同士が付加重合を起こすことが知られている．
   b. 単量体の間から水などの分子が取れる縮合反応を繰り返して結びつく重合を縮合重合とよび，単量体に官能基が 1 つあれば進行する．
   c. 付加反応と縮合反応を繰り返して進む重合反応を，付加縮合とよび，フェノール樹脂の合成がその代表例であり，非常に長い一本鎖を形成することが知られている．
   d. 環状構造を持つ単量体が環を開きながら結びつく重合を開環重合とよび，その代表例はナイロン 6 の合成である．

合成高分子は構成単位となる単量体が繰り返し反応して形成されるため，高分子の中に繰り返し構造が現れる．この繰り返し単位の数を重合度とよぶ．重合度は，高分子の平均分子量を繰り返し単位の式量で割ってもとめられる．

2. 平均分子量 1.32×10^4 のポリビニルアルコールの重合度を整数値でもとめ，記述解答欄 $\boxed{\text{A}}$ に記せ．ただし，ポリビニルアルコールの重合度は十分大きく，末端の官能基の存在を無視するものとする．

ポリビニルアルコールはヒドロキシ基をたくさん有するので，水に溶けやすい．ホルムアルデヒド水溶液と反応させると，ポリビニルアルコール中のヒドロキシ基がアセタール化され，その数が減少するので，水に不溶な繊維であるビニロンが得られる．高分子に対して，化学反応を行う際に，試薬との量的関係を決めなければならないが，考え方としてはその高分子中に繰り返し単位がどのくらい含まれているかということを，物質量に換算して考えればわかりやすい．

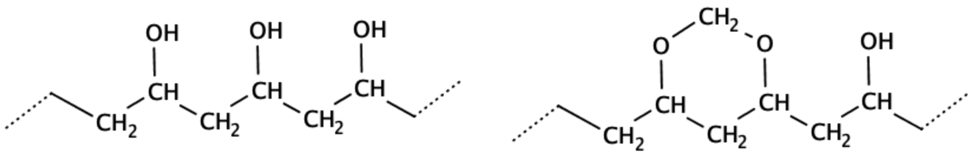


図 1　ポリビニルアルコールとビニロンの化学構造

3. 平均分子量 1.32×10^4 のポリビニルアルコール 44 g に対して，1.0 mol/L のホルムアルデヒド水溶液 250 mL を反応させ，ビニロンとした．もとのポリビニルアルコールの水酸基の数に対する，このビニロン中に残存している水酸基の数の割合(%)を求め，以下の中から一番近いものを選び，解答欄 $\boxed{\text{イ}}$ に記せ．ただし，用いたポリビニルアルコールの重合度は十分大きく，末端の官能基の存在を無視するものとし，ホルムアルデヒドは全て反応したものとする．

a. 1.0
b. 13
c. 25
d. 50

1 種類の単量体を重合させて高分子をつくることもあるが，2 種類以上の単量体を混合して重合を行う場合，これを共重合とよび，合成した重合体を共重合体とよぶ.

4. 以下の高分子のうち，単量体の組合せと得られる共重合体の関係を正しく表しているものを選び，解答欄 ウ に記せ.

a.	エテン＋酢酸	→	ポリ酢酸ビニル
b.	テレフタル酸＋グリセリン	→	ポリエチレンテレフタラート
c.	尿素＋ホルムアルデヒド	→	メラミン樹脂
d.	スチレン＋ブタジエン	→	SBR

アジピン酸 HOOC-$(CH_2)_4$-COOH とヘキサメチレンジアミン H_2N-$(CH_2)_6$-NH_2 が縮合重合し，ナイロン 66 が合成されるが，縮合重合する際には（あ）結合を形成し，形成された高分子間では，（あ）結合同士が（い）結合を形成するため，強度や耐久性に優れている.

5. 上記文章中の（あ），（い）に入る語句を，記述解答欄 B, C にそれぞれ記せ.

アジピン酸とヘキサメチレンジアミンの代わりに，$HOOC\text{-}(CH_2)_m\text{-}COOH$（物質A とする）と $H_2N\text{-}(CH_2)_n\text{-}NH_2$（物質 B とする）とを用いて，縮合重合を行った．生成した重合体を分析すると，質量比で窒素を 10%含有していた．

6. この重合体を合成するのに用いた物質 A と物質 B に含まれる CH_2 基の数の合計（m+n）はいくらか．最も適当な数値を，次から選び，解答欄 $\boxed{\text{エ}}$ に記せ．ただし，重合度は十分大きく，末端の官能基の存在を無視するものとする．

   a. 10
   b. 12
   c. 14
   d. 16

PART II

自然界ではエネルギーが低くなる方向に自発的に変化が起こる．化学反応の進む方向についても，エネルギー変化が正か負かで判断することができる．化学反応に伴って放出または吸収される熱量は，エンタルピーという量（H で表される）の変化 ΔH（$= H_{反応後} - H_{反応前}$）で表され，反応エンタルピーとよばれる．反応エンタルピーの中には，状態変化に伴うエンタルピー変化や，燃焼や溶解に関わるエンタルピー変化がある．エンタルピー変化の絶対値は反応熱と等しい．ただし，符号は逆である． ΔH が正であれば，生成物のエンタルピーは反応物のエンタルピーより大きいことになり，吸熱反応ということになる．逆に，ΔH が負であれば，発熱反応ということになる．

7. 以下の変化に関する文章のうち，正しいものを選び，解答欄 $\boxed{\quad オ \quad}$ に記せ．

   a. 燃焼では，吸熱反応のみ起こる．
   b. 物質が溶媒に溶解するときには，吸熱反応のみ起こる．
   c. 中和反応では，発熱反応のみ起こる．
   d. 水が蒸発するときには，発熱反応のみ起こる．

吸熱反応でも自発的に反応が進行する場合がある．すなわち，物質の構成粒子の散らばりぐあいや乱雑さ（エントロピーという量で表し，記号は S を用いる．）が大きい状態への変化は自発的に進行し，エントロピーが増大する方向である．物質の変化はエンタルピーが減少して安定化する方向の他に，エントロピーが増大する方向に進もうとする．たとえば，固体が溶解すると，固体の構成粒子が規則正しい配列から解き放たれて溶液の中にバラバラになって動き回るので，エントロピーが増大する．エントロピーの変化量は ΔS（$= S_{反応後} - S_{反応前}$）で表される．

エンタルピーとエントロピーを合わせたエネルギーとして**自由エネルギー**というものがあり，G で表される．自由エネルギーの変化量は ΔG（$= G_{反応後} - G_{反応前}$）で表される．反応が自発的に進むかどうか，反応がどの程度進みやすいのかというのは ΔG の符号と絶対値からわかる．ΔG が負であれば，反応が進むことによって自由

エネルギーが低くなるので自発的に反応が進行するが，ΔG が正であればその反応は自発的には進まず，逆反応が進む．また，ΔG の絶対値が大きければ反応が進行しやすい．絶対温度 T を一定にして，ΔG と ΔH，ΔS の関係を調べると，式(A)が成り立つ．

$$\Delta G = \Delta H - T\times\Delta S \qquad \text{(A)}$$

式(A)には T が含まれているため，ΔG には温度依存性があることがわかる．横軸に T，縦軸に ΔG をとって，様々な酸化反応の ΔG の温度依存性を表したものをエリンガム図（図 2）とよぶ．図 2 では，圧力 1 気圧のもとで，単体と 1 mol の酸素が反応するときの ΔG を示している．グラフの直線から ΔG には温度依存性があることが確認でき，式(A)から$-\Delta S$ が直線の傾きであることが分かる．この図から元素の単体とその酸化物が，酸素と同時に存在するときに，反応がどの方向に進むのかを知ることができる．

また，このエリンガム図を用いると，ある金属酸化物を金属の単体に還元するためには，どのような還元剤をどの程度の温度で作用させれば良いかを予測することができる．

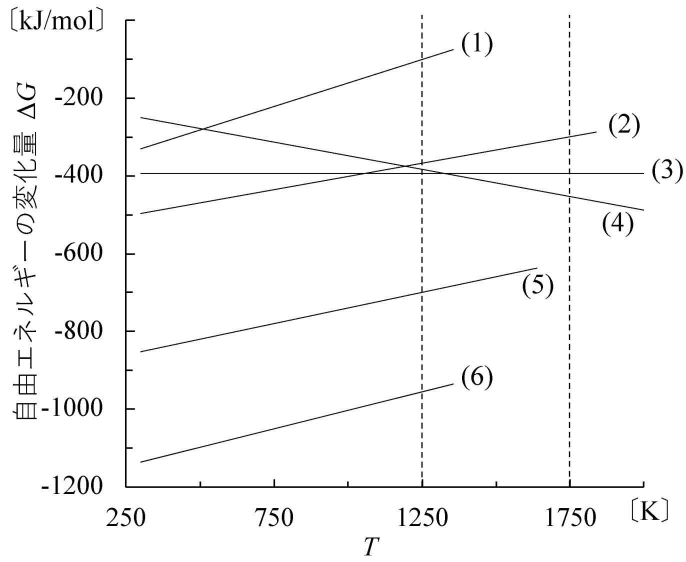


図 2　エリンガム図

エリンガム図中のそれぞれの直線が表す化学反応は，以下の通りである．

$4\ Cu + O_2 \rightarrow 2\ Cu_2O$　(1)

$2\ Fe + O_2 \rightarrow 2\ FeO$　(2)

$C + O_2 \rightarrow CO_2$　(3)

$2\ C + O_2 \rightarrow 2\ CO$　(4)

$Si + O_2 \rightarrow SiO_2$　(5)

$2\ Mg + O_2 \rightarrow 2\ MgO$　(6)

では，実際にエリンガム図を見てみよう．

(2)は鉄の酸化反応である．(2)の ΔG の値は図中の全温度範囲にわたって負の値を取っており，(2)の反応が自発的に進む反応であることが分かる．また，(2)に対応する直線は右肩上がりであるので，式(A)からこの反応の ΔS の値は（う）であることが分かる．高温になれば ΔG の絶対値が小さくなることから，高温になるほど反応が進行（え）ことがわかる．

8. 上記文中の（う），（え）について正しい語句の組合せとして，適切なものを以下の中から選び，解答欄 $\boxed{\text{カ}}$ に記せ.

a. （う）：負　（え）：しにくい
b. （う）：負　（え）：しやすい
c. （う）：正　（え）：しにくい
d. （う）：正　（え）：しやすい

直線(1)は Cu の酸化反応（式(1)）に関する自由エネルギー変化を表した直線である.

9. 1 mol の Cu と O_2 との反応の 1250 K における ΔG の値(kJ/mol)として適切なものを以下の中から選び，解答欄 $\boxed{\text{キ}}$ に記せ.

a. –100
b. –25
c. 25
d. 100

10. 図 2 の中の(1)～(6)で表される反応のうち，ΔS が 0 にもっとも近いものを選び，解答欄 $\boxed{\text{ク}}$ に記せ.

続いて複数の反応を組み合わせる場合を見てみよう．

(4)は炭素が酸素と反応し，一酸化炭素を与える反応に関するものである．図 2 の(2)と(4)を比べると，1200 K より低い温度範囲では (2)が(4)の下側に位置し，1200 K より高い温度範囲では(2)が(4)の上側に位置している．続いて式(7)のような反応を行うことを考えてみよう．

$$2\,FeO + 2\,C \rightarrow 2\,Fe + 2\,CO \qquad (7)$$

式(7)は式(2)の逆反応と式(4)の正反応を，係数はそのままで組み合わせたものである．式(2)も式(4)も自由エネルギーの変化量は負である．逆反応の ΔG は正反応の ΔG の符号を変えた値となるので，式(7)が自発的に進行するためには，図 2 において(2)が(4)より上側に位置する温度範囲でなければならない．例えば，1750 K では，(2)の ΔG が約 –300 kJ/mol であり，(4)の ΔG は約 – 450 kJ/mol である．これらの値を用いて式(7)の ΔG を計算すると – 450 kJ/mol – (–300 kJ/mol) = –150 kJ/mol で，負の値となり，この温度では式(7)の反応は自発的に進行すると予測できる．

11. 2 mol の Mg と 1 mol の SiO_2 との反応について，1250 K における ΔG (kJ/mol) として適切なものを以下の中から選び，解答欄 $\boxed{ケ}$ に記せ．

a. 250
b. 125
c. –125
d. –250

12. 以下の反応は(1)～(6)の反応のうちの 2 つを，係数はそのままで組み合わせたものである．図 2 を用いて，これらの反応の ΔG を見積もり，300 K では反応が自発的に進行しないが，750 K であれば反応が自発的に進行すると予測されるものを選び，解答欄 $\boxed{コ}$ に記せ．

a. $2\,MgO + 2\,C \rightarrow 2\,Mg + 2\,CO$
b. $SiO_2 + C \rightarrow Si + CO_2$
c. $2\,Cu_2O + 2\,C \rightarrow 4\,Cu + 2\,CO$
d. $2\,Cu_2O + 2\,Fe \rightarrow 4\,Cu + 2\,FeO$

(このページは空白です．)

生　物

PART Ⅰ ～ Ⅲ の問題がある．マークセンス方式の解答欄ア～セ，および記述方式の解答欄 A ～ C を使って解答せよ．

PART I

ヒトの生体調節に関する以下の文章を読み，各問に答えよ．

体外環境が変化した時などに，体内環境を一定に保とうとするような身体調節の仕組みを恒常性（ホメオスタシス）という．例えば体温が低くなると，身体は皮膚における $\boxed{①}$ や $\boxed{②}$ をおこなうことで放熱を防ぎつつ，他の必要な仕組みを働かせて体温を上昇させようとする．一方，体温が高くなると，身体は適切な体温を取り戻すために皮膚における $\boxed{③}$ や $\boxed{④}$ などをおこなう．

体温調節に加え，体液濃度の調節にも恒常性が見られる．体液には，タンパク質やグルコース，塩類など多くの物質が含まれており，身体ではこれらの成分が一定の範囲の濃度になるよう調節されている．例えば，食事をとると血糖濃度が上昇するが，この状態が続くと高血糖による合併症が起こる可能性がある．しかしながら，身体には $_1$<u>血糖濃度を下げる仕組み</u>があり，食後に一時的に血糖濃度が上昇したあとしばらくすると，その濃度は正常の範囲にまで減少する．

体温や体液濃度の変化を感知するのに働く体内の場所と，その情報に従って実際に体温や体液濃度に変化をもたらす体内の場所はそれぞれ異なっている．例えば体温調節の場合，体温を感知する場所は間脳の視床下部であり，実際に発熱や放熱を行う場所は皮膚や肝臓，褐色脂肪組織，心臓である．従って，感知した体温の情報は何らかの形でこれらの組織や器官に伝達される必要がある．体温調節の場合，視床下部が感知した体温の情報は $\boxed{⑤}$ 神経系を介してこれら組織や器官に伝達されている．また，内分泌系による体温調節の仕組みとして，甲状腺からの $\boxed{⑥}$ とよばれるホルモンの分泌が知られている．このホルモンは体温低下時に放出され，全身の代謝を高めることにより体温の上昇をもたらす．

1. 上記文章中の $\boxed{①}$ および $\boxed{②}$ として正しい語句の組み合わせをa~dの中から選択し，解答欄 $\boxed{ア}$ に記せ.

a. $\boxed{①}$：立毛筋の収縮， $\boxed{②}$：毛細血管の拡張

b. $\boxed{①}$：立毛筋の収縮， $\boxed{②}$：毛細血管の収縮

c. $\boxed{①}$：立毛筋の弛緩， $\boxed{②}$：毛細血管の拡張

d. $\boxed{①}$：立毛筋の弛緩， $\boxed{②}$：毛細血管の収縮

2. 上記文章中の $\boxed{③}$ および $\boxed{④}$ として正しい語句の組み合わせをa~dの中から選択し，解答欄 $\boxed{イ}$ に記せ.

a. $\boxed{③}$：汗腺からの発汗促進， $\boxed{④}$：毛細血管の血流促進

b. $\boxed{③}$：汗腺からの発汗促進， $\boxed{④}$：毛細血管の血流抑制

c. $\boxed{③}$：汗腺からの発汗抑制， $\boxed{④}$：毛細血管の血流促進

d. $\boxed{③}$：汗腺からの発汗抑制， $\boxed{④}$：毛細血管の血流抑制

3. 上記文章中における下線 1 の「血糖濃度を下げる仕組み」として適切なものを a~d の中から選択し，解答欄 $\boxed{ウ}$ に記せ.

a. 副腎皮質における糖質コルチコイドの分泌

b. 肝臓におけるグリコーゲンの分解

c. すい臓ランゲルハンス島 B 細胞でのインスリンの分泌

d. 副腎髄質でのアドレナリンの分泌

4. 上記文章中の $\boxed{⑤}$ および $\boxed{⑥}$ として正しい語句の組み合わせをa~dの中から選択し，解答欄 $\boxed{エ}$ に記せ.

a. $\boxed{⑤}$：中枢， $\boxed{⑥}$：チロキシン

b. $\boxed{⑤}$：中枢， $\boxed{⑥}$：バソプレシン

c. $\boxed{⑤}$：自律， $\boxed{⑥}$：チロキシン

d. $\boxed{⑤}$：自律， $\boxed{⑥}$：バソプレシン

PART II

突然変異と進化との関係に関する以下の文章を読み，各問に答えよ．

DNA は生命の設計図として機能する有機化合物であり，生命情報が塩基配列のかたちで保存されている．このため，DNA に生じた突然変異は生命の設計図の書き換えをもたらし，細胞や個体の形質を変化させる要因となりうる．突然変異は結果として，個体の生存能力を低下させることがあり，また稀ではあるが，個体の生存能力を増加させることもある．一方，$_2$ 突然変異は必ずしも個体の形質や生存能力の変化を引き起こすわけではない．木村資生により提唱された（A）説によれば，ゲノム中に生じた突然変異の多くは生存に有利でも不利でもない（A）な突然変異であり，このような突然変異も集団の中に広がりうる．個体の生存能力に影響を及ぼさないこのような突然変異には（B）が働かないはずである．それではなぜ（A）な突然変異も集団内に広がりうるのであろうか．

対立遺伝子が世代を伝わるときに，その対立遺伝子の集団内での頻度が偶然により変化することは特に（C）とよばれる．仮に，野生型遺伝子と突然変異遺伝子という二つの対立遺伝子が同頻度で存在している生物集団があるとしよう．もしこの集団における個体数が何らかの原因で $\boxed{⑦}$ した場合，（C）が集団に与える影響がより $\boxed{⑧}$ なり，もとの集団における遺伝子頻度が新集団では大きく変化することがありうる．このとき，突然変異遺伝子の集団内での頻度が偶然増加するような場合は，その突然変異は生存に有利であろうと不利であろうと集団内に高い割合で存在することになる．さらに，このようなことが集団内で繰り返し起これば，その突然変異が集団内に広まることになる．

特定の種が地理的隔離により別の生息域に分かれ，これら集団間で自由な交配ができなくなると，それぞれの集団に固有の突然変異が蓄積し始める．この際，（A）な突然変異として別個のものがおのおのの集団の中で独立に広がるとともに，その地域環境への適応に有利に働く突然変異として別個のものが（B）の結果としておのおのの集団内に広がっていく．また，地理的隔離により生じた集団に対して再び地理的隔離が起こり，これが繰り返されることで，$_3$ 遺伝的背景の異なる多数の集団が生じることになる．このとき，一つの集団から分岐して間もないふたつの集団どうしではまだ交配が可能であるかもしれないが，分岐から長い年月の経った集団どうしでは，個別に蓄積した多数の突然変異に

より，互いに交配ができない，あるいは交配しても生殖能力のない子が形成される状態になることがある．これは $\boxed{⑨}$ とよばれ，新たな種が誕生したとみなすことができる．

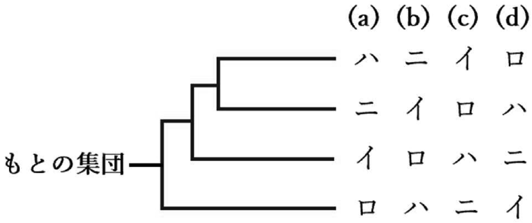
5. 上記文章中の（A），（B），（C）に入る語句を記述解答欄 $\boxed{\text{A}}$，$\boxed{\text{B}}$，$\boxed{\text{C}}$ にそれぞれ記述せよ．

6. 上記文章中の下線 2 に関連して，突然変異と形質の変化との関係について正しく記述しているものを a~d から選択し，解答欄 $\boxed{\text{オ}}$ に記せ．
   a. イントロン部位に生じた突然変異は必ずタンパク質の機能を変化させるので，形質の変化を引き起こす．
   b. タンパク質をコードする遺伝子内領域に生じた突然変異であっても，形質の変化を引き起さないことがある．
   c. RNA に転写される部位以外のゲノム領域に生じた突然変異は，形質の変化を引き起こすことはない．
   d. アミノ酸置換を生じる突然変異には，必ず形質の変化がともなう．

7. 上記文章中の $\boxed{⑦}$ および $\boxed{⑧}$ に入る語句の組み合わせとして最も適切なものを a~d から選択し，解答欄 $\boxed{\text{カ}}$ に記せ．
   a. $\boxed{⑦}$：増加，$\boxed{⑧}$：大きく
   b. $\boxed{⑦}$：増加，$\boxed{⑧}$：小さく
   c. $\boxed{⑦}$：減少，$\boxed{⑧}$：大きく
   d. $\boxed{⑦}$：減少，$\boxed{⑧}$：小さく

8. 上記文章の下線 3 に関して, DNA の塩基配列の変化速度が一定であると仮定すると, 二つの集団間における DNA の違いの程度は, それらが分岐してからの時間が短いほど, すなわちそれらが近縁であるほど小さい. DNA の塩基配列を集団の間で比較する際にこの考えを取り入れると, それぞれの集団が進化の中でどのように分岐したかを探ることができる. 集団（イ）,（ロ）,（ハ）,（ニ）が存在しているとして, それらにおける分岐の道筋を下記の塩基配列のみから判断した場合, 分岐の道筋として最も適切なものを a~d から選択し, 解答欄 キ に記せ. なお, 塩基配列の比較図において, おのおのの縦列における 4 つの塩基のうちで他と異なるものは黒塗りにされている.

集団イ: CATTACGAGGCGTCTCAC
集団ロ: CATTACGAGGCGTCTAAC
集団ハ: CATTACAAGGCGTCTAAA
集団ニ: CGTTACAAGGAGCCTAAC



9. 上記文章中の ⑨ に入る語句として最も適切なものを a~d から選択し, 解答欄 ク に記せ.
   a. びん首効果
   b. 生殖的隔離
   c. 創始者効果
   d. 小進化

PART III

突然変異の利用に関する以下の文章を読み，各問に答えよ．

突然変異は動植物などのゲノムに対して人為的に引き起こすこともできる．例えば，植物の種子を EMS とよばれる突然変異誘起剤で処理したり，植物体に対してガンマ線などの放射線を照射したりすると，ゲノム DNA のランダムな場所に多数の突然変異が誘発され，正常な形質が変化したさまざまな突然変異体が多数得られる．植物に対する人為的な突然変異の誘発は，優良な形質を保持する作物品種を作出する目的のためにも行われている．例えば，突然変異の誘発により作成されたイネ品種「IR8」は，[4]<u>通常のイネと比べ背丈が低く矮性(わいせい)であり，植物の生長促進ホルモンであるジベレリンに関連した特定遺伝子の機能が突然変異により欠損していることが明らかになっている</u>．背丈が低いと風害にあっても倒れにくくなり，また葉や茎自体が小さいため子実（コメの部分）の比率が高くなるので，水田の単位面積当たりの収穫量の増加がもたらされる．

この突然変異のゲノム中の位置を特定することで，その形質がどの遺伝子の変異により引き起こされたのかが明らかになる．いま，この矮性を引き起こす突然変異のゲノム中の位置を特定する方法を考えてみよう．この場合，矮性を示す変異体におけるゲノムの全塩基配列を次世代シーケンサーにより解読し，もとの正常型植物の配列と比較することで，突然変異の変異体ゲノム上の位置を特定することができる．しかしながら，上述したとおり，EMS やガンマ線はゲノム上のランダムな場所に多数の突然変異を同時に誘発する．従って，ゲノム解読とともに，ゲノム上に生じた多数の変異と，矮性を引き起こす目的変異とを区別する作業を行う必要がある．

（次ページに続く）

その方法はおおよそ次の通りである．なお，簡略化のため，矮性を引き起こす突然変異は潜性（劣性），すなわちその突然変異についてヘテロ接合の植物体は正常な背丈を示すこととする．まず，変異処理の後に選抜された矮性変異体と変異処理を行っていない元の植物とを交雑し，F1（雑種第一代）を得る．次に，F1植物を自家受粉させ，F2（雑種第二代）を得る（下図）．

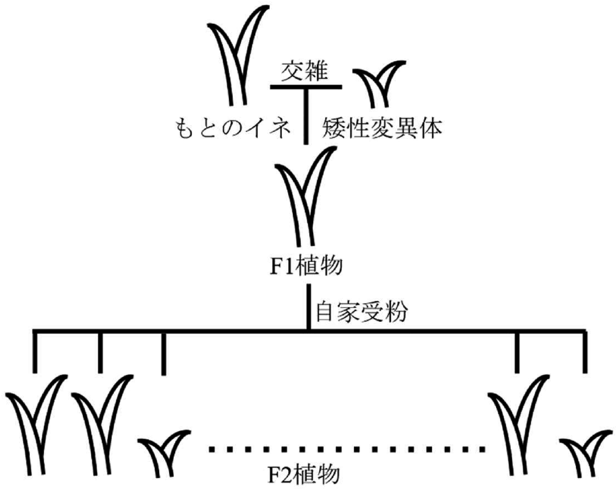


図 F2植物の取得

いま，矮性形質を与える変異型の対立遺伝子を x，その正常型の対立遺伝子を X とし，さらに背丈とは無関係な変異に関して，その変異を持つ対立遺伝子を y，その正常型の対立遺伝子を Y とする．この矮性変異体が x と y の両方においてホモ接合体であるとすると，X および Y 遺伝子座の F1 個体における遺伝子型はそれぞれ Xx および Yy であると想定される．従って，F1 を自家受粉させて得られた F2 の個体集団のなかで，$\boxed{⑩}$ %の割合の個体が矮性の形質を示すことが予測される．このとき，X および Y 遺伝子座が別の染色体に座上している場合，これら矮性を示す個体群では，X 遺伝子座の遺伝子型について $\boxed{⑪}$ と想定でき，さらに Y 遺伝子座の遺伝子型に関しては $\boxed{⑫}$ と想定できる．一方，X および Y 遺伝子座が同一の染色体上で互いにある程度近傍に位置している場合，これら矮性を示す個体群では，X 遺伝子座の遺伝子型については先と同じであるが，Y 遺伝子座の遺伝子型に関しては $\boxed{⑬}$ と想定できる．このように，矮性形質を示す F2 植物の X, Y 遺伝子座における遺伝子型を調査することにより，目的の突然変異と，それとは無関係な突然変異とを区別することが出来る．

10. 上記文章の下線 4 における IR8 に対してジベレリンを投与し，この処理が植物の背丈を回復させるかを調べる実験を行ったとする．背丈の回復が観察された場合, IR8 についての仮説の中で最も妥当なものを a~d の中から選択し，解答欄 [ケ] に記せ.

a. IR8 ではジベレリンの生合成機能が欠損しており，ジベレリンを蓄積できない.

b. IR8 ではジベレリンの分解機能が著しく増強しており，ジベレリンを蓄積できない.

c. IR8 ではジベレリン受容体の機能が欠損しており，ジベレリンの細胞での受容ができない.

d. IR8 ではジベレリンの細胞内での情報伝達機能が欠損しており，ジベレリン情報が細胞内で伝わらない.

11. 仮に前述のジベレリンの投与が IR8 の背丈を回復させることができず，かつ IR8 でのジベレリン含量は通常のイネと同じレベルであったとする．この場合の IR8 についての仮説について妥当なものは下記（イ），（ロ），（ハ），（ニ）のどれか．適切なものを a~d の中から選択し，解答欄 [コ] に記せ.

（イ） ジベレリンの生合成機能が欠損しており，ジベレリンを蓄積できない.

（ロ） ジベレリンの分解機能が著しく増強しており，ジベレリンを蓄積できない.

（ハ） ジベレリン受容体の機能が欠損しており，ジベレリンの細胞での受容ができない.

（ニ） ジベレリンの細胞内での情報伝達機能が欠損しており，ジベレリン情報が細胞内で伝わらない.

a. （イ）と（ロ）

b. （ロ）と（ハ）

c. （ハ）と（ニ）

d. （ニ）と（イ）

12. 上記文章中の $\boxed{⑩}$ に入る数字について，その 10 の位と 1 の位の値をそれぞれ解答欄 $\boxed{サ}$, $\boxed{シ}$ に記せ.

13. 上記文章中の $\boxed{⑪}$ と $\boxed{⑫}$ に入る文として適切な組み合わせのものを a~d から選択し，解答欄 $\boxed{ス}$ に記せ.

a. $\boxed{⑪}$: 全ての個体が *xx* である.
   $\boxed{⑫}$: 全ての個体が *YY* である.

b. $\boxed{⑪}$: 全ての個体が *xx* である.
   $\boxed{⑫}$: *YY*, *Yy*, *yy* を持つ個体が個体群中に 1:2:1 の割合で生じる.

c. $\boxed{⑪}$: *Xx*, *xx* を持つ個体が個体群中に 2:1 の割合で生じる.
   $\boxed{⑫}$: 全ての個体が *YY* である.

d. $\boxed{⑪}$: *Xx*, *xx* を持つ個体が個体群中に 2:1 の割合で生じる.
   $\boxed{⑫}$: *YY*, *Yy*, *yy* を持つ個体が個体群中に 1:2:1 の割合で生じる.

14. 上記文章中の $\boxed{⑬}$ に入る文として適切なものを a~d から選択し，解答欄 $\boxed{セ}$ に記せ．なお，この実験では *X* と *Y* 遺伝子座の間での組換え個体がある程度得られる数の F2 個体を解析したとする.

a. 全ての個体が *YY* である.

b. *YY*, *Yy*, *yy* を持つ個体が個体群中に 1:2:1 の割合で生じる.

c. *YY* を持つ多数の個体と，*Yy* を持つ少数の個体，ならびに *yy* を持つさらに少数の個体が生じる.

d. *yy* を持つ多数の個体と，*Yy* を持つ少数の個体，ならびに *YY* を持つさらに少数の個体が生じる.

解答上の注意

1. 問題の文中の $\boxed{\text{ア}}$, $\boxed{\text{イ}}$ などには, 特別の指示がない限り, 文字（a ～ d）または数字（0 ～ 9）のいずれか一つが入ります．それらを解答カードの解答欄にマークして答えて下さい.
2. 問題の文中の $\boxed{\text{A}}$, $\boxed{\text{B}}$ などには, 記述式の解答が入ります．それらを解答カードの解答欄の<u>枠からはみ出さないように</u>, 明瞭に記入して下さい.
3. 分数形で解答する場合は, それ以上約分できない形で答えて下さい．例えば, $\dfrac{2}{3}$ と答えるところを $\dfrac{4}{6}$ のように答えてはいけません.
4. 根号を含む形で解答する場合は, 根号の中に現れる正の整数が最小となる形で答えて下さい. 例えば, $6\sqrt{2}$, $\dfrac{\sqrt{17}}{3}$ と答えるところを, $3\sqrt{8}$, $\dfrac{\sqrt{68}}{6}$ のように答えてはいけません.