

令和4年度 生命環境学部 農学生命科学科
学校推薦型選抜 総合問題

【注 意】

- 1 机上に受験票を提示しておくこと。
- 2 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけない。
- 3 解答は必ず別紙の解答用紙の指定された箇所に横書きで記入すること。
- 4 解答用紙の所定の欄に受験番号・氏名を必ず記入すること。
受験番号・氏名が記載されていない答案は無効となる場合がある。
- 5 この冊子は9ページからなっている。
- 6 この冊子のうち、落丁・乱丁、印刷の不鮮明な箇所があれば、手をあげて申し出ること。
- 7 字数制限のある出題では、句読点、括弧は字数に含むこと。

1 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

(24点)

鉄は、酸素、窒素、あるいは硫黄のような電気陰性度の高い原子に対する親和性が高く、これらの原子から供給される電子により結合を形成する。この鉄の性質は、①赤血球において鉄を含むタンパク質であるヘモグロビンが酸素を運搬するのに利用されている。

②天然の鉄は、原子番号は同じだが質量数の異なる4種の同位体 (^{54}Fe , ^{56}Fe , ^{57}Fe , および ^{58}Fe) からなる。鉄は地殻中に2番目に豊富に存在する金属元素だが、③人類は、最も豊富に存在する金属元素であるアルミニウムよりも先に鉄を利用するようになった。掘り出した鉄鉱石をコークスとともに 1000°C 以上の高温で熱し、生じた一酸化炭素を利用して鉄鉱石に含まれる Fe_2O_3 を還元すると、炭素などを含む銑鉄が得られる。銑鉄を熱く融かして酸素を吹き込み、酸化により炭素などの含有量を減らすと、強靱な鋼が得られる。

鉄は -2 から $+7$ までの酸化状態(酸化数)を取りうるが、多くの場合は第一鉄(Fe^{2+})および第二鉄(Fe^{3+})である。④鉄は高温の水蒸気と反応し、酸化物 Fe_3O_4 を生じて水素を発生する。また鉄の小さなかけらを塩酸に入れると、気体を発生しながら溶けてしまう。こうして生じた塩酸酸性の FeCl_2 水溶液に銅片を入れておいても特に変化は見られない。

⑤しかし、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 水溶液に銅片を入れてしばらくすると、銅片の表面が溶けてしまう。このとき、気体は発生しない。

問1 下線部①について、ヒトの血液を構成する赤血球以外の有形成分を2種類あげよ。また、それぞれの有形成分のはたらきを答えよ。

問2 下線部②について、鉄の4種の同位体 (^{54}Fe , ^{56}Fe , ^{57}Fe , および ^{58}Fe) の存在比が、地球上の存在比とは異なる場合を想定する。仮に、同位体の存在比が表1の通りであるとして、鉄の原子量を有効数字3桁で求めよ。ただし、それぞれの同位体の相対質量は表1に書かれている通りとする。考え方と計算式を示せ。

表1

同位体	相対質量	存在比
^{54}Fe	53.9	10.0 %
^{56}Fe	55.9	80.0 %
^{57}Fe	56.9	0 %
^{58}Fe	57.9	10.0 %

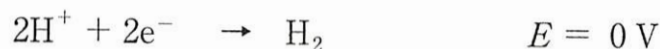
問3 下線部③について、人類がアルミニウムを利用できるようになったのは19世紀後半である（鉄を鉄鉱石から取り出せるようになったのは紀元前15世紀頃と言われている）。なぜ19世紀後半になるまでアルミニウムを利用できなかったのか、アルミニウムの精錬方法に基づいて120字以内で説明せよ。

問4 下線部④について、鉄と高温の水蒸気とが反応して生じる Fe_3O_4 は、 FeO と Fe_2O_3 の混合物である。鉄と高温の水蒸気が反応して FeO と Fe_2O_3 とが生じる反応式をそれぞれ示せ。

問5 下線部⑤について、次の設問(a)～(d)に答えよ。

- (a) 銅片の表面では、銅が酸化される反応が起きている。その反応を電子 e^- を使ったイオン反応式で表せ。
- (b) 銅の酸化によって生じた電子は、水溶液中の陽イオンを還元するのに使われると考えられる。銅片を浸す前の水溶液中に存在する2種の陽イオンを答えよ。
- (c) イオン化傾向とは、水溶液における金属イオンと金属単体との間の標準酸化還元電位の順に、金属を並べたものである。ここで「標準酸化還元電位」とは、物質の電子の放出しやすさ、あるいは受け取りやすさの指標である。単位はボルト (V) が使われ、標準酸化還元電位が小さいほど、イオン化傾向が大きいと表現される。

例えば、アルミニウム、鉛、水素、銅、および銀の標準酸化還元電位 (E) は以下の通りである。



ここで、ある金属 M_1 および金属 M_2 と、それら金属のイオンとの間の標準酸化還元電位をそれぞれ E_1 および E_2 としたとき、 $0.80 \geq E_1 \geq 0.34$ 、 $-0.13 \geq E_2 \geq -1.68$ とする。このとき、金属 M_1 のイオンを含む中性の水溶液に金属 M_2 単体の小片を入れてしばらくすると、どのような変化が予想されるか、適切なものを以下の1～3から選び、番号で答えよ。また、そのように予想した理由を説明せよ。

1. 目に見える変化は生じない。
2. 金属 M_2 小片の表面が溶け、単体の金属 M_1 が金属 M_2 小片の表面に析出する。
3. 金属 M_2 小片は気体を発生しながら溶ける。

(d) Fe^{3+} を穏やかに還元すると Fe^{2+} を生じ、さらに還元すると鉄単体を生じる。それぞれの段階の酸化還元反応の標準酸化還元電位は、以下の通りである。



これらの標準酸化還元電位の値と、設問 (a) ~ (c) で考えてきたことを合わせて、下線部⑤で生じた反応全体を e^{-} を含まないイオン反応式で表せ。

- 2 次の英文は，2020年の5月に科学雑誌 *Science* で発表された論文の内容を紹介している。
この英文を読み，問1～問5に答えよ。

(23点)

(著作権の関係で不掲載)

(著作権の関係で不掲載)

(出典：Jim Daley, 2020, Bumblebees bite plants to force them to flower (seriously). *Scientific American* より一部抜粋, 改変)

pollen：花粉，bumblebee：花粉や花蜜を餌とするミツバチ科マルハナバチ属の昆虫，puncture：穴をあける，Consuelo De Moraes：人名，mandible：昆虫の口器のうち，咀嚼時に用いる太い歯状の構造，proboscis：昆虫の口器における外部に伸長した部分の名称，forceps：ピンセット，saliva：唾液，forage：(食糧を)探し回る，afield：住処から離れて，Mark Mescher：人名，definitively：決定的に，Neal Williams：人名，entomologist：昆虫学者，thrive：繁栄する，upend：大きな影響を与える，pollinator：植物の花粉を運んで受粉に貢献する生物のこと(送粉者)，hibernation：冬眠，disruption：分断

問1 下線部①の昆虫の行動に対して，論文の著者らが当初考えた仮説のうち，開花促進以外の仮説を3つ日本語で答えよ。

問2 下線部②に関して，なぜ開花の促進に昆虫の唾液が関与していると考えられるのか，その根拠となる「実験の内容」と「実験の結果」を日本語で答えよ。

問3 下線部③は，どのような状況下でのどのような昆虫の行動のことを意味しているのか，前後の文章を参考にして70字以内の日本語で答えよ。

問4 下線部④に関して，“eusocial organisms”とはどのような生物であるか，英文から分かる範囲の情報より，日本語で答えよ。

問5 下線部⑤に関して，なぜ今回の発見から「気候変動による送粉者と植物間の分断」を和らげる傾向があると期待できるのか，その理由を英文に基づいて考察し，日本語で説明せよ。

3 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

(23点)

植物 X には、白色の花しかつけない個体（以下、白花個体とする）と赤色の花しかつけない個体（以下、赤花個体とする）の2つのタイプが存在する。図1に示したように、白花個体と赤花個体を交配することで雑種第一代を得たところ、すべて赤花個体となった。次に、雑種第一代の個体を自家受粉させることで雑種第二代を得たところ、赤花個体と白花個体が観察された。雑種第二代では、十分な個体数を育てたとき、赤花個体と白花個体の個体数の比は3:1となる。ただし、植物 X では、すべての個体が十分な数の種子を作り、すべての種子が正常に育つものとする。

なお、赤花と白花は対立形質であり、花色を赤にする遺伝子を R 、花色を白にする遺伝子を r であらわす。よって、植物 X で生じうる遺伝子の組合せは、 RR 、 Rr 、 rr のいずれかである。

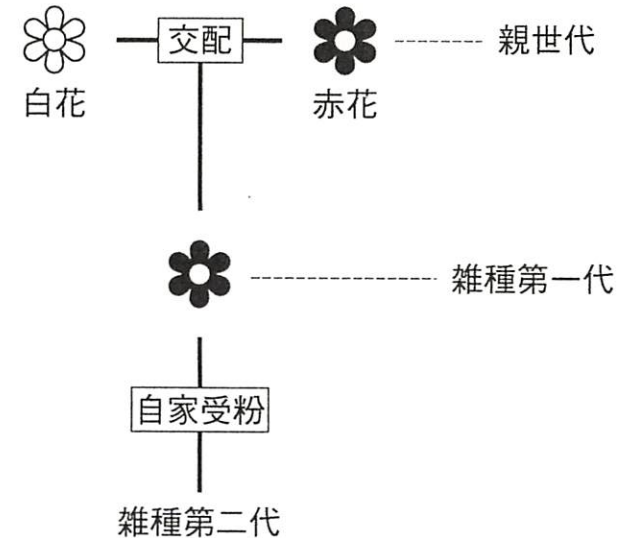


図1

問1 図1に示した雑種第二代で生じうる遺伝子の組合せ、および、その組合せを持つ個体数の比を答えよ。なお、解答には考え方も示せ。

- 問2 図1に示した交配によって得られた雑種第二代のうち、赤花個体をすべて選び出して自家受粉させることで種子を得た。この種子を花が咲くまで育てたときの、赤花個体と白花個体の個体数の比を答えよ。なお、解答には考え方も示せ。ただし、雑種第二代の個体はすべて同じ数の種子を作るものとする。
- 問3 図1に示した親世代の白花個体と赤花個体をそれぞれ自家受粉させることで種子を得た。いま袋の中には、白花個体から得た種子が20個、赤花個体から得た種子が10個入っている。この袋の中から3個の種子を同時に取り出して花が咲くまで育てたとき、すべての個体の花色が同じになる確率を小数第2位まで求めよ。なお、解答には考え方と計算式も示せ。ただし、袋の中から取り出される確率は、いずれの種子も均等である。
- 問4 植物Xでは、個体間で花が咲く時期にばらつきがみられる。Aさん、Bさん、Cさんの3人が、図1に示した雑種第一代から1個体ずつ選び、自家受粉させることで種子を得た。Aさんが得たすべての種子を花壇Aで、Bさんが得たすべての種子を花壇Bで、Cさんが得たすべての種子を花壇Cでそれぞれ花が咲くまで育てた。このとき、最も早くに開花した個体が3つの花壇とも赤花個体となる確率を小数第2位まで求めよ。なお、解答には考え方と計算式も示せ。ただし、花が咲く時期と花色との関係はないものとする。
- 問5 図1に示した雑種第一代から8個体を選び、それぞれ自家受粉させることで種子を得た。1個体から得られたすべての種子を1つの袋に入れた。よって、種子が入った袋は合計で8つある。それぞれの袋の中から、種子を1個ずつ取り出して花が咲くまで育てたとき、赤花が6個体、白花が2個体になる確率を求める式を答えよ。なお、解答には考え方も示せ。ただし、袋の中から取り出される確率は、いずれの種子も均等である。