

令和5年度 生命環境学部 生命分子化学科
学校推薦型選抜 総合問題

必要があれば、次の数値を用いよ。

原子量 H 1.0, C 12, N 14, O 16, Na 23, P 31, S 32, Cl 35.5, Ca 40

【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 この冊子の問題は12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 満点は100点である。
- 8 試験時間中の退室は認めない。
- 9 問題冊子は持ち帰ること。

1 次の英文を読み、問1～問8に答えなさい。

(25点)

(著作権の関係で不掲載)

(blubber : 脂肪, descendant : 子孫, insulate : 断熱する)

(出典 : Scientific America "How Animals Stay Warm with Blubber" から一部抜粋, 改変)

問 1 下線部①を日本語に訳しなさい。

問 2 下線部②を日本語に訳し, その意味を 50 字程度 (句読点を含む) で説明しなさい。

問 3 (A) に入る語句として最も適切でないものを, 以下の中から 1 つ選びなさい。
whales, seals, sea lions, goats, polar bears

問 4 (B) に入る語句として最も適切なものを, 以下の中から 1 つ選びなさい。
northernmost, easternmost, southernmost, westernmost

問 5 (C) に入る最も適切な前置詞を, 以下の中から 1 つ選びなさい。
for, from, in, on, of

問 6 下線部③を日本語に訳しなさい。

問 7 下線部④を日本語に訳しなさい。

問 8 (D) (E) (F) には, Styrofoam (発泡スチロール) か metals が入る。どちらが入るかを答えなさい。

2 O を原点とする xyz 空間に、半径が 3、中心が O の球 S がある。以下の問いに答えなさい。 (25 点)

- (1) S に内接する直円錐のうち、その体積が最大となる直円錐 C の体積を求めなさい。
- (2) C のうち、底面が xy 平面に平行かつ底面の z 座標が負となる直円錐 C_1 の底面を形成する円の方程式を求めなさい。
- (3) C_1 に内接する球の方程式を求めなさい。
- (4) S に内接する正四角錐のうち、その体積が最大となる正四角錐 D の体積を求めなさい。
- (5) D のうち、底面が xy 平面に平行かつ底面の z 座標が負となる正四角錐 D_1 に内接する球の方程式を求めなさい。

(余白)

- 3 次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。ただし、ファラデー定数 F を $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 、 20°C での水の密度を 1.00 g/cm^3 、水の比熱を $4.18 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ とする。 (25点)

太陽は莫大な量のエネルギーを放射している。地球にはそのエネルギーの一部が届く。地球の大気の上端（大気圏上限）で、太陽光に垂直な 1 m^2 の面が毎秒受ける太陽からのエネルギーの量を_(a)太陽定数と呼ぶ。

太陽電池は、（ア）エネルギーを電気エネルギーに直接変換する装置である。太陽からのエネルギーは地球の大気の上端から地表に到達するまでに低減するため、_(b)地表において太陽電池で発電するときは太陽定数より小さいエネルギー量を用いることになる。発電された電気を貯蔵するためには蓄電池が一般的に使われるが、発電された電気_(c)水を電気分解し、生成した（イ）を貯蔵する方法もある。この場合（イ）は、燃料として使用されたり、燃料電池で反応させて（ウ）エネルギーを電気エネルギーに変換して使用されたりする。

太陽からのエネルギーで発電された_(d)電気は日常生活で熱に変換して使われることがしばしばあるが、_(e)太陽熱温水器などを使うと太陽からのエネルギーを直接熱に変換することもできる。

生物の中には（ア）エネルギーを（ウ）エネルギーに変換するものがある。中でも植物は（ア）エネルギーを使って水と（エ）から有機物を合成する。このように、単純な物質から複雑な物質を合成し、物質内に（ウ）エネルギーを蓄える過程を（オ）と言う。一方、合成された有機物は生命活動のエネルギー源としても利用される。生物が生体内で複雑な有機物を分解してエネルギーを取り出す過程を（カ）と言う。呼吸は（カ）の代表的な例である。

問1 （ア）～（カ）に最も適切な語句を答えなさい。

- 問2 下線部(a)の太陽定数が毎秒 $1.37 \times 10^3 \text{ J}$ であるとき、金星の大気の上端において太陽光に垂直な 1 m^2 の面は毎秒何 J のエネルギーを受けるか、有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程もあわせて示しなさい。ただし、太陽から金星の大気の上端までの距離は地球の場合の 0.723 倍であるとする。また、太陽から受けるエネルギー量は太陽からの距離の 2 乗に反比例する。
- 問3 下線部(b)のように、太陽から地表に到達するエネルギーが太陽定数の 50.0% であるとき、エネルギー変換効率が 15.0% で表面積が 20.0 m^2 の太陽電池を地表で太陽光と垂直に設置すると、何 W の電力を発電することができるか、有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程もあわせて示しなさい。
- 問4 下線部(c)の水の電気分解に関して、水に少量の水酸化ナトリウムを加えた溶液を白金電極を用いて電気分解するとき、溶液中の水 0.108 g を分解するためには 1.50 A の電流を何分何秒流す必要があるか、答えなさい。計算過程もあわせて示しなさい。ただし、流した電流は全て水の電気分解に使われるものとする。
- 問5 下線部(d)の例として、卓上電気湯沸かし（電気ケトル）で水を加熱することがあげられる。ある卓上電気湯沸かしを 100 V の電源につないで、 20.0°C の水 1.20 L を入れて加熱すると、 100°C にするために 6 分 36 秒かかった。この時の消費電力量は 0.132 kWh であった。この間に一定の電流が流れていたとすると、電流は何 A であったか、有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程もあわせて示しなさい。

問6 下線部(e)の太陽熱温水器に関して次の様な実験を行った。実験のために作製した簡易的な太陽熱温水器を使って、 20.0°C の水 5.00 L を 40.0°C まで加熱したところ、4時間10分かかった。この間に太陽から毎秒一定量のエネルギーが地表に届いていたとすると、水を加熱するのに使われたエネルギーは毎秒何Jであったか、有効数字2桁で答えなさい。計算過程もあわせて示しなさい。

(余白)

4 次の文章を読み、問1～問9に答えなさい。

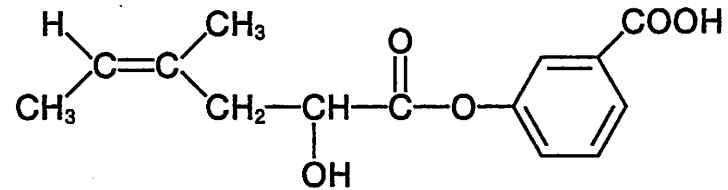
(25点)

動物の三大栄養素として炭水化物(糖質)、⁽ⁱ⁾脂質、(①)が、植物における肥料の三要素として窒素、⁽ⁱⁱ⁾リン酸、カリウムが知られている。この大きな違いは、動物が(②)であるのに対して、植物が独立栄養生物であることに起因している。動物は、エネルギー代謝や生育に必要な栄養源を他の生物が生産した有機化合物に依存するのに対し、植物は光を利用して無機栄養物のみで生育できる。

植物が吸収できる窒素はアンモニウムイオンや(A)イオンなどの無機態であり、⁽ⁱⁱⁱ⁾アミノ酸や^(iv)尿素などの有機態は微生物などによって無機態に分解された後に植物に利用されることが多い。窒素原子は(ア)個の電子を持っており、K殻に(イ)個、L殻に(ウ)個の電子がある。最外殻はL殻であり、窒素原子1つに対して電子対が(エ)組、不対電子が(オ)個ある。窒素分子では、窒素原子1つにつき、お互いに(オ)個の不対電子を出して、窒素原子2つで計(カ)個の電子を共有している。この結合エネルギーが高いために、この結合を切断するのが障壁となり、植物においても窒素源として大気中の窒素を直接利用することはできない。

大気中の窒素分子を、反応性の高い他の窒素化合物に変換するプロセスを(③)と呼ぶ。その主な方法として、自然界では雷の空中放電による方法と^(v)細菌などの生物による方法がある。20世紀初頭に確立されたHaber-Bosch法と、それにより得られた(B)から(A)を生産するOstwald法は、窒素肥料の大量供給を可能とし、高収量品種の導入とともに、穀物の大幅な増産をもたらす「(④)の革命」の実現に大きく寄与した。

構造式の記入例



問1 (①) ~ (④) に入る最も適切な語句を答えなさい。

問2 (A) と (B) に入る最も適切な化合物名を答えなさい。

問3 (ア) ~ (カ) に入る最も適切な数字を答えなさい。

問4 下線部(i)には様々な化合物が存在するが、その中の油脂とは一般に3分子の高級脂肪酸と1分子のグリセリン(グリセロール)がエステル結合したものである。室温において、多くの植物油脂は液体(油)であり、動物油脂は固体(脂)である。この理由をそれらの分子構造に焦点を当てて説明しなさい。

問5 下線部(ii)に関する以下の問いに答えなさい。

- (1) リン鉱石の主成分であるリン酸カルシウムを硫酸で処理すると、肥料に用いられる過リン酸石灰と呼ばれるリン酸二水素カルシウムと硫酸カルシウムの混合物が生成する。このときの化学反応式を表しなさい。
- (2) リン鉱石より過リン酸石灰の方がリン酸を供給する肥料として優れている化学的性質を1つ挙げなさい。

問6 下線部(iii)に関する以下の問いに答えなさい。

- (1) アミノ酸とは、アミノ基とカルボキシ基の両方の官能基を持つ低分子の有機化合物の総称である。生体分子であるタンパク質を構成するアミノ酸の中で、不斉炭素を持つ最も分子量が小さい分子の構造式を記入例にならって表しなさい。また、不斉炭素原子を表す原子記号の右上にアスタリスク(*)を付けなさい。
- (2) Ostwald 研究室に留学経験のある池田菊苗博士が発見したうまみ成分は、あるアミノ酸のナトリウム塩である。このアミノ酸の名称を答えなさい。

問7 下線部(iv)の尿素が、ある酵素を用いて加水分解されるとき化学反応式を表しなさい。ただし、尿素は、構造式の記入例にならって表しなさい。

問 8 下線部(v)の効率が高い微生物を次の語群より1つ選び、記号で答えなさい。

- a) 乳酸菌 b) 根粒菌 c) 大腸菌 d) 酵母 e) コウジカビ

問 9 実験室レベルでは、塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱すると (B) を発生させることができる。

(1) この化学反応式を表しなさい。

(2) 発生した気体をソーダ石灰に通したあとに捕集することとした。その方法として、上方置換、下方置換、水上置換のいずれが適しているかを示し、①ソーダ石灰を通した理由と ②捕集方法を選んだ理由を簡潔に説明しなさい。

(3) 1.07 g の塩化アンモニウムと 2.22 g の水酸化カルシウムをどちらかがなくなるまで十分に反応させたあと、(2)の方法で捕集した気体の体積は、標準状態で何 L となるかを有効数字 2 桁で答えなさい。考え方と計算過程もあわせて示しなさい。