

令和2年度

滋賀県立大学大学院環境科学研究科

環境動態学専攻入学試験

専門科目(専攻共通)問題

注意事項

1. 問題は3題あるので、すべての問題を解答すること。
2. 問題ごとに指定された解答欄に記入すること。必要なら解答用紙の裏面を下書きに使っても良い。

問題1 以下の文章を読み、問1から問5に答えよ。

難病指定を受けている MELAS と呼ばれる疾病は、いわゆるミトコンドリア病の一つで、その患者には (a) ミトコンドリア DNA の点変異 (1 塩基の置換) が認められる。また、母系遺伝し、発症率はほぼ 100% であることが知られている。

2019 年 1 月に、日本の厚労省は MELAS の治療薬として (b) タウリン製剤 を承認した。(c) その薬効を証明するための試験 では、10 人の MELAS 患者に対しタウリン製剤が 1 年間投与され、MELAS 特有の発作の頻度が投与前に比べて減少することが確かめられた。

問 1. ミトコンドリアは細胞小器官の一つであるにもかかわらず、下線部 (a) のように独自の DNA を持つのはなぜか、簡潔に説明せよ。

問 2. 図の家系図内の女性 A さんは MELAS 患者で、点変異を起こしたミトコンドリア (以下、変異型ミトコンドリアと呼ぶ) を持つ。この家系図が生物学的な親子関係を正確に反映していて、MELAS が完全に母系遺伝する場合、図中の男性 B さんと女性 C さんが変異型ミトコンドリアを持つ確率はそれぞれ何%か。なお、MELAS は非常にまれな疾病であるので、A さんの血族 (血がつながった親族) 以外が MELAS 患者である可能性は無いものとする。

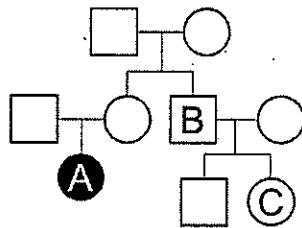


図 患者 A さんを含む家系図。□は男性を、○は女性を表す。

問 3. 下線部 (b) のタウリンは含硫アミノ酸の一種である。栄養学などの分野では例外的にアミノ酸の一つとして扱われることがあるものの、その分子構造は一般的なアミノ酸の定義には当てはまらない。これに関連した次の問いに答えよ。

- 1) アミノ酸の分子構造の特徴を答えよ。
- 2) ヒトのタンパク質を構成するアミノ酸には何種類あるか、答えよ。
- 3) 2) のアミノ酸のうち、最も分子量の小さく構造が単純なものはグリシンである。その構造式を描け。様式は問わない。

問 4. タウリンは自然界にも広く存在し、特にイカやタコに多く含まれることが知られる。下記の動物のうち、系統的にイカやタコに最も近いものはどれか記号で答えよ。また、その動物が含まれる分類群の名前を「〇〇動物門」の呼称で答えよ。

a. チスイビル、b. ミズクラゲ、c. プラナリア、d. ナメクジ、e. ドジョウ

問 5. 下線部 (c) の試験では、タウリンを与えないグループ、すなわち対照群を設けていない。これは、MELAS の症状が重いことや患者数が少ないことなど、本疾病に特有な事情を考慮したものであると考えられる。しかし、医薬品の試験だけでなく、実証的科学研究では一般的に対照群を設けることが理想的である。仮に試験期間中の症状の悪化を考慮する必要はないものとして対照群を設ける場合、どのような人を対照群に割り当てて、どのような点に注意して試験を実施することになるか、説明せよ。

問題2 以下の文章を読み、問1から問5に答えよ。

下図は、②太陽からの放射エネルギーを100とした場合の地球上のエネルギー収支を示したものである。

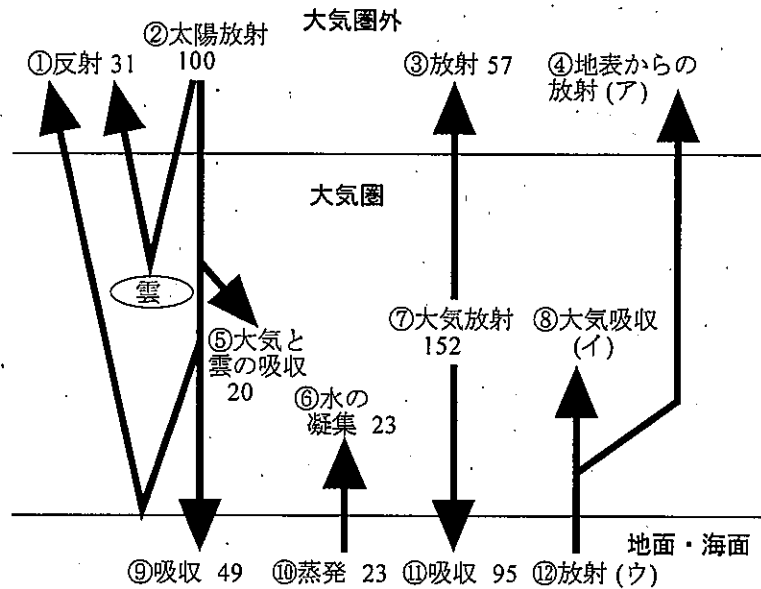


図 地球上のエネルギー収支

問1. 図中の矢印は、a「短波放射」、b「長波放射」、c「どちらでもない」のいずれかである。そこで、①～⑫について、それぞれどれであるかa～cで答えよ。

問2. 図中(ア)～(ウ)に入るべき数値を求めよ。ただし、導出過程も示すこと。

問3. 地表面温度(地温)を観測すると、12時頃にピークが来ることが多い。一方、地面から高さ1.2～1.5mの気温を観測すると午後2時頃にピークが来ることが多い。なぜ気温のピークが地温のピークに遅れるのか、図も参考にして説明せよ。

問4. 主な温暖化効果ガスを2つ以上挙げよ。そして、これらのガスが増加すると図のどの部分にどのように影響するか説明せよ。

問5. ②太陽放射は、観測の結果  $1770\text{W}/\text{m}^2$  であった。もし、休耕田に発電効率20%のソーラーパネルを敷き詰めた場合、出力120万kWの発電所1基に相当する電力を得るためには、何  $\text{km}^2$  の休耕田が必要になるか。ただし、ソーラーパネルが太陽放射を吸収する割合は地面・海面と同じと仮定して、導出過程も示しながら答えよ。

問題3 以下の問1および問2に答えよ。

問1. 琵琶湖水は絶えず流動しており、浅層から深層まで鉛直的に湖水が混合する (a) 循環期と、浅層と深層の湖水がほとんど混合しない (b) 成層期にわかれることが知られている。この湖水の流動プロセスは琵琶湖内の物質動態に大きく影響を与えている。例えば図に示すように、(c) 琵琶湖水中の硝酸イオン濃度は循環期には各深度でほぼ一定になり、成層期には表層で濃度が低く、深層で濃度が高くなる傾向がみられる。

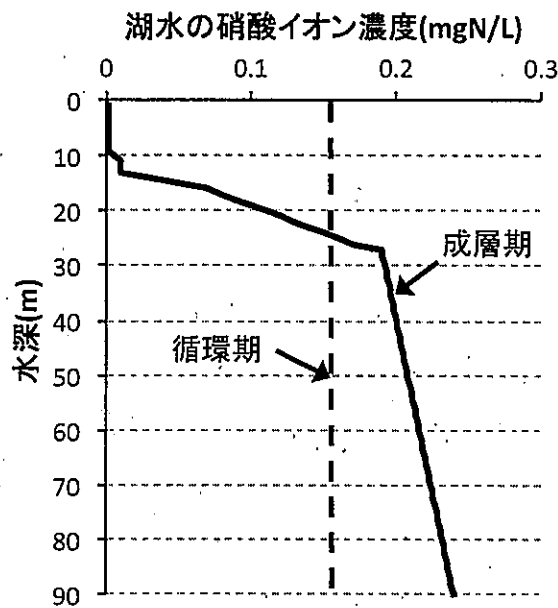


図 琵琶湖水中の硝酸イオン濃度の鉛直プロファイル

- 1) 下線部 (a)、(b) について、琵琶湖で循環期と成層期が形成される理由をそれぞれ 50～100 字程度で説明せよ。
- 2) 下線部 (c) について、成層期の硝酸イオン濃度は琵琶湖の表層で低く、深層で高くなる理由を、下記の5つの用語のうち4つを用いて説明せよ。なお、河川からの窒素化合物の流入に関しては無視してよいものとする。

植物プランクトン、無機化、硝化、脱窒、光合成

問2. 大気中のCO<sub>2</sub>は水に溶存することができ、その電離平衡式は下記の式(1)、(2)で表される。なお式(1)のH<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>はCO<sub>2</sub>(aq)とH<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>の総量とする。



このことは、量の多寡は別として水中にH<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>が同時に存在すること、その存在形態は湖水の(ア)によって大きく変わることを示している。以下では琵琶湖水のpHが8.00であるとき、湖水の主要な溶存無機態炭素が何であるか考えることにする。

式(1)の反応においてH<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、H<sup>+</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度とpK<sub>a1</sub>の関係は式(3)のように表すことができる。

$$\text{pK}_{a1} = -\log_{10} \left( \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \right) \quad \dots (3)$$

式(3)を変形すると、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度とH<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>濃度の比はpHとpK<sub>a1</sub>を用いて式(4)のように表すことができる。

$$\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = ( \text{イ} ) \quad \dots (4)$$

つまり(d)琵琶湖水のpHが(ウ)のとき湖水のHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度とH<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>濃度は等しくなる。

(e)式(2)についても同様に考えると、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度とCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>濃度が等しくなるときのpHがわかる。

- 1) (ア)~(ウ)について、適切な語句、値、またはそれらを含んだ式を記せ。有効数字は3桁とする。
- 2) 下線部(d)、(e)、式(1)、(2)より考えて、琵琶湖水のpHが8.00の場合、琵琶湖水中に最も多く含まれている溶存無機炭素はH<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>のうちどれか答えよ。また、理由を具体的に説明せよ。