

生命科学専攻 専門科目

第1分野 第1問

振動分光学に関する以下の各問に答えなさい。

問1. 下の文章の①～⑥に適切な数または式を入れなさい。

N原子分子について考える。各原子の運動の自由度は①なので、分子全体の運動の自由度は②となる。並進と回転の自由度を差し引くと、非直線分子の振動の自由度すなわち基準振動の数は③であり、直線分子の基準振動の数は④である。このことから、 CO_2 の基準振動の数は⑤であり、 H_2O_2 の基準振動の数は⑥である。

問2. ある振動モードがラマン活性であるか、赤外活性であるかはどのようにして決まるか答えなさい。また、相互禁制律を満たす振動モードを持つ分子の特徴は何か答えなさい。

問3. CO_2 の振動モードの概形を描き、それぞれラマン活性か赤外活性かを答えなさい。

問4. 共鳴ラマン散乱の生命科学への応用について、例を挙げて知る所を述べなさい。

第1分野 第2問

次の文を読んで、問いに答えなさい。

電場におけるイオンの移動は生体分子の分析に広く利用されている。電場の強さを E とした時、電荷 q のイオンに働く静電力 F_c は E と q によって次の式で表される。

$$F_c = \boxed{\text{ア}}$$

これに対して、溶液中のイオンの動きは摩擦力 F_f によって妨害される。 F_f はイオンの移動速度 v と摩擦係数 f により次の式で表される。

$$F_f = \boxed{\text{イ}}$$

一定の電場ではこの2つの力が釣り合い各イオンは一定の速さで動くことになる。

問1. $\boxed{\text{ア}}$ 、 $\boxed{\text{イ}}$ を埋めなさい。

問2. 一般にタンパク質の分子量を決めるのに SDS-PAGE が用いられる。SDS-PAGE を略さず英語で綴りなさい。

問3. SDS の構造を書きなさい。

問4. 上に述べたように電場内でのタンパク質の移動度はそのイオン(タンパク質)の電荷による。個々のタンパク質の電荷が異なるにもかかわらず SDS-PAGE でタンパク質の分子量が決定できるのは何故か。200字以内で説明しなさい。

問5. SDS-PAGE は還元状態、非還元状態いずれかまたは両方の条件下で行われる。この時用いられる還元剤の例を一つ挙げなさい。

問6. 還元状態と非還元状態で SDS-PAGE を行うことでどのような情報が得られるのか、75字以内で説明しなさい。

問7. タンパク質を精製し SDS-PAGE を行ったところ、複数のポリペプチド鎖から成っている事がわかった。活性のある複合体全体の大きさを求める方法を2つ挙げよ。また、その内1つについて200字程度でその原理を簡潔に説明しなさい。

生命科学専攻 専門科目

第2分野 第1問

問1.天然に存在するアミノ酸は、側鎖の化学的性質に基づいて以下のように大別することが出来る。

- 1)無極性アミノ酸
- 2)極性非荷電アミノ酸 (側鎖が中性水溶液中で荷電を持たない)
- 3)極性荷電アミノ酸 (側鎖が中性水溶液中で荷電を持つ)

上記 1), 2), 3)に属するアミノ酸それぞれ2種の名称と最も安定な側鎖の立体構造を示せ。(ただし、グリシンは除く。)

問2. 生命圏(biosphere)での窒素の循環について述べよ。

問3. 窒素原子がアミノ酸に導入される化学反応過程について述べよ。

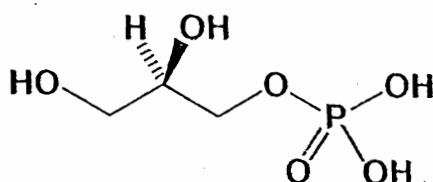
問4. 酵素の活性中心を構成するアミノ酸の機能(役割)について述べよ。

第2分野 第2問

以下の文章を読み、各設問に答えよ。

脂質で最も一般的なものはグリセリン（グリセロール）のエステルである。グリセリン自体はキラルではないが、両端にある2つの第1級アルコールは立体化学的には な関係にある。そのうちのひとつをリン酸エステル化すると分子はキラルになる。図1はそのようにして出来たグリセロール3-リン酸であるが、中央の炭素の立体配置は である。

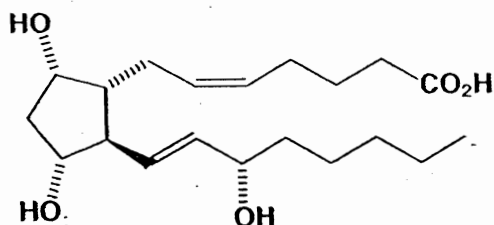
図1:



オリーブ油にはグリセリンと からできているトリエステル化合物が多く含まれている。一般的にこのようなトリエステル化合物を と呼ぶ。 は、炭素長18で二重結合を1つ含む脂肪酸(18:1)である。 の二重結合は分子のほぼ中央にあり、その二重結合の立体配置が であるために分子が折れ曲がった状態になる。同じ炭素長の飽和脂肪酸は とよばれる。①水面にオリーブ油をごく少量、静かに垂らすと薄い層になって広がる。

グリセリン脂質ではグリセロール骨格の1位と2位の炭素に脂肪酸がエステル結合している。天然グリセリン脂質では、20:4と表示される不飽和脂肪酸である はグリセロール骨格の2位の炭素にエステル結合していることが多い。この結合を加水分解により切断する酵素は と呼ばれ、さらに、切り出された は、 という酵素により図2の物質の前駆体を作り出す。

図2:



第2分野 第2問 つづき

問1. 文中 ~ に入るのに最も適した語、あるいは、記号を以下の語群より選び、解答欄に記入しなさい。

語群 A (, , 用) : E, R, re, S, si, Z, アイソトピック, エナンチオトピック, カオトロピック, ジアステレオトピック, ヘテロトロピック, ホモトロピック, ポリトピック

語群 B (, , 用) : アラキドシ酸, エイコサペンタエン酸, オレイン酸, ステアリン酸, ドコサヘキサエン酸, パルミチン酸, パルミトレイン酸, ミリスチン酸, ラウリン酸, リノール酸, リノレン酸

語群 C (用) : モノグリセリド, モノテルペン, ジグリセリド, ジテルペン, トリグリセリド, トリテルペン, イソプレノイド

語群 D (, 用) : シクロオキシゲナーゼ, ジアシルグリセロールキナーゼ, ヘムオキシゲナーゼ, ホスホリパーゼ A₁, ホスホリパーゼ A₂, ホスホリパーゼ C, ホスホリパーゼ D, リボキシゲナーゼ

問2. と では融点はどちらが高いか? その理由をつけて 120 字以内で述べよ。

問3. 植物に同位体元素で標識したマロニル CoA (HOOC-C*H₂-CO-SCoA : *をつけた炭素が ¹³C 標識されている) を添加すると, ¹³C 標識された が生じる。解答用紙の の構造式 (炭素骨格のみ線で表示) において, ¹³C 標識される炭素に該当する点をもれなく○で囲め。

問4. 下線部 (1) のように水面上に広がったオリーブ油中の は、どのような状態で存在すると思われるか? グリセリン骨格と炭化水素の部分がそれぞれわかるように模式化し、図示する等により説明せよ

問5. 図 2 の構造式の物質が含まれる 一群の生理活性物質 を何と呼ぶか? 解答欄に略号を用いずに記せ。また、解答用紙にあるこの物質の構造式中に、この分子の全てのキラル中心を○で書き込め。

生命科学専攻 専門科目

第3分野 第1問

次の文章を読み、以下の問いになるべく簡潔に答えよ。

DNAの塩基配列に起きた何らかの変化を突然変異という。自然に起きる突然変異(自然突然変異)の最も主要な原因は、複製の誤りである。①生物界に見られる多くのDNAポリメラーゼは、複製の過程で起きた誤りを自ら修正する機能を備えている。
②突然変異には中立的なものが多く、遺伝子産物の機能に重大な影響が出る変異は、むしろまれである。

嚢胞性繊維症(Cystic fibrosis)は常染色体性劣性遺伝病であり、③白人の20人に1人が保因者といわれる。この病気の患者では、膵臓や肺などの粘膜上皮からの粘液の異常分泌が見られ、患者の多くは、慢性の肺感染症のために30歳頃までに死亡する。この病気の原因遺伝子は、④ポジショナルクローニングによって同定された代表的な例として有名である。この遺伝子がコードするタンパク質はCFTR(Cystic fibrosis transmembrane conductance regulator)とよばれる。CFTRは⑤粘膜上皮細胞の細胞膜に存在する膜貫通タンパク質であり、塩化物イオンの分泌に参与する輸送体としてはたらく。

問1. 下線部①について、DNAポリメラーゼのこの機能がどのようなものを説明せよ。

問2. 下線部②について次の問いに答えよ。

(1) 遺伝子のタンパク質コード領域内の変異では、1個のアミノ酸を他のアミノ酸に置換する変異よりも、1個の塩基の欠失または挿入の方が、遺伝子の機能に対してはるかに重大な影響を及ぼすことが多い。それはなぜか。

(2) これら以外に、遺伝子内の1塩基の置換による突然変異の中で、遺伝子の機能に重大な変化をもたらすものを2つあげ、説明せよ。

問3. 下線部③について次の問いに答えよ。

(1) この病気がメンデルの法則にしたがって遺伝するとすれば、白人の新生児では何人に1人が患者になると予想されるか。

(2) 白人における変異CFTR遺伝子の遺伝子頻度は、自然突然変異率を考えた場合、異常に高い値である。「CFTRは、チフス菌が上皮細胞に寄生する際の侵入路となる」という説があるが、これにもとづいて、遺伝子頻度が高い理由を考察せよ。黄色人や黒人については考えなくてよい。

問4. 下線部④について、ポジショナルクローニングの出発点となる遺伝子マッピング（病気の原因遺伝子を染色体上に位置づけること）の概略を、以下の語句をすべて用いて述べよ。

<家系、連鎖、組換え、遺伝マーカー>

問5. 下線部⑤について、嚢胞性線維症患者で最も多く見られる変異は、CFTRのN末端から508番目のアミノ酸残基であるフェニルアラニンの欠失である。この変異によってCFTRの機能が失われることを証明するには、どのような実験を行えばよいか。

第3分野 第2問

神経伝達に関する次の文章を読み、下の問いに答えよ。

①活動電位が伝える情報はデジタル信号と同じで全か無（1か0）でしかなく、シナプスを介して伝えられた信号を受け取った次の神経細胞が発する情報もやはり全か無の電気信号でしかない。神経細胞は最初に発せられた情報の単なる受け渡しをしているにすぎないのであるか。シナプスには2種類あり、それぞれ相反する作用をもつ化学信号（神経伝達物質）が分泌される。正負2種類の化学信号を組み合わせることにより、シナプスと次の神経細胞で情報の統合が行われているのである。

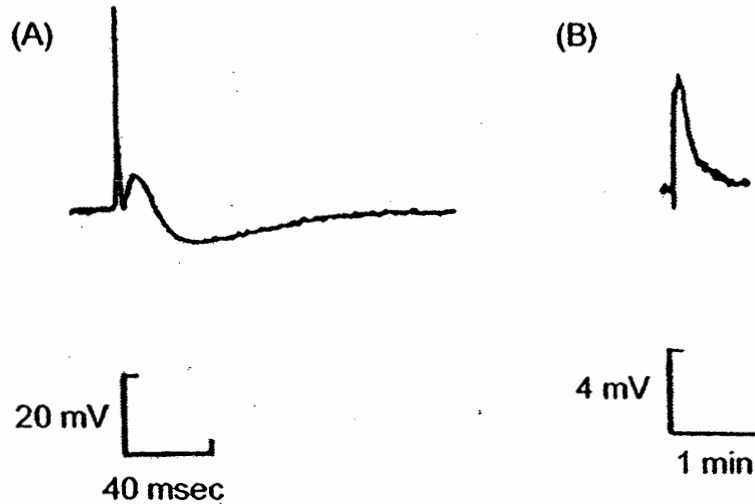
次の神経細胞に活動電位を生じさせるシナプスを興奮性シナプス、活動電位を抑制するシナプスを抑制性シナプスという。興奮性シナプスでは神経伝達物質の（ア）や（イ）が分泌される。これらの伝達物質が到達すると、シナプス後膜では（ウ）チャンネルが開き、②興奮性シナプス後電位（EPSP）が生じる。EPSPによる脱分極が十分に大きいとシナプス後細胞に活動電位が発生する。一方、抑制性シナプスでは神経伝達物質の（エ）や（オ）が分泌される。抑制性神経伝達物質がシナプス後膜に達し、膜の受容体が感知すると塩化物イオン（Cl⁻）チャンネルが開き、負の電荷をもつ塩化物イオンが流入して細胞膜の内側の電荷がよりマイナス側に傾く。したがって抑制性シナプスは興奮性シナプスと拮抗することになる。神経細胞は1つの神経細胞の興奮を次の神経細胞へと伝えていくばかりでなく、③興奮性の刺激と抑制性の刺激を受け取り、これらの情報の量や頻度を総合的に判断して次の情報を発していく。こうした情報処理システムが記憶や複雑な思考を可能にしている。

問1. 文中の（ア）～（オ）にあてはまる適当な語句を記入せよ。

問2. 下線部①に関して、活動電位が「全か無かの法則」にしたがうのは、あるイオンチャンネルの性質によるものである。このイオンチャンネルの名称と、それがもつどのような性質によって活動電位が「全か無かの法則」にしたがうのかを述べよ。

問3. 下線部②について、次の問いに答えよ。

下図 (A)、(B) はいずれもカエルの交感神経で記録された EPSP である。どちらの EPSP も、同じ神経伝達物質がシナプス後細胞に作用したときにみられたが、時間経過や電位の大きさが大きく異なっていた。(A) と (B) で観察された現象の違いの原因として考えられることを述べよ。



問4. 下線部③に関して、記憶や学習などの脳の高次機能には、シナプスに起こる持続性の変化、すなわちシナプス可塑性が重要な役割を担っている。シナプス可塑性の関与が知られている現象の具体例をあげ、その場合のシナプス可塑性が生じるしくみを簡潔に説明せよ。

第4分野 第1問

結晶の対称性、格子、性質についての下記の問1～7に答えよ。

問1 結晶で可能な、1以外の対称要素7種を全て記号(1など)で書け。加えて、何故にそれら以外の対称要素が結晶では存在しないかを説明せよ。

問2 (1)メタン、(2)ジクロロメタン、(3)トリクロロメタン、(4)ベンゼンの各分子が持つ、1以外の対称要素を全て記号で書け。

問3 単純格子、体心格子、面心格子、底心格子の違いを図などを用いて説明せよ。

問4 正方晶系では底心格子はない。その理由を図などを用いて説明せよ。

問5 理想六方最密構造における格子定数 a と c の関係はいくらか。結果を求めるための過程も述べよ。

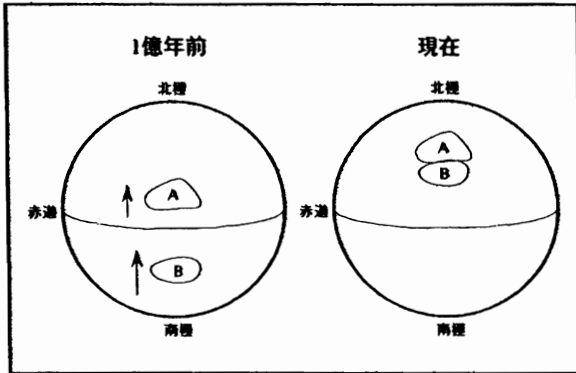
問6 六方最密構造をとる、単原子からなる結晶の密度(ただし単位は g/cm^3) を求める式を、格子定数 a と c (格子定数の単位は \AA)、アボガドロ定数 N 、結晶を構成する原子の原子量 M を用いて書け。

問7 ダイヤモンドは面心立方構造をとり、C-C結合距離は 1.54 \AA である。ダイヤモンドの格子定数はいくらか。結果を求めるための過程も述べよ。

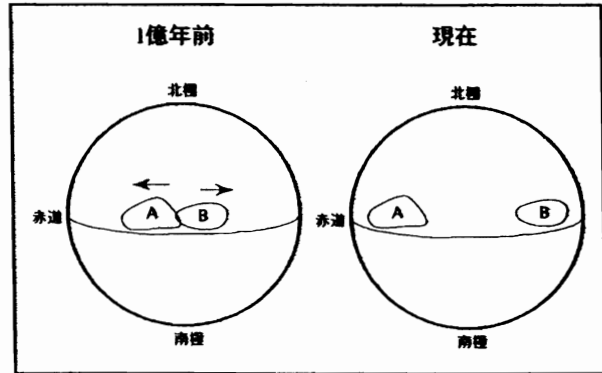
第4分野 第2問

問1 以下の模式図(a)、(b)で示される、1億年かけて徐々に進行した大陸の合体・分裂の過程を証明したい。

(a) 大陸合体



(b) 大陸分裂



- (1) 何を調べ、どういう結果が得られれば、それぞれの過程の証拠となるか？ (a)、(b)の場合、それぞれ別に答えなさい。
- (2) (a)、(b)それぞれの場合、両大陸の間にできなければならない、プレートテクトニクスにおいて重要な構造とは何か？ また、それらの構造ではどんな現象が起こっているか？
- (3) このように大陸はこれまでも数回、離散・集合を繰り返してきた。現在起こっている過程が進行すればどういうことが起こるか？ 太平洋と大西洋の行く末を中心に答えよ？

問2 地球内部を構成する物質の種類や状態を知りたい。以下の要素を調べることによって何が明らかになる、もしくは予想できるようになると思うか？

- (1) 地震波の伝わり方
- (2) 地球磁場の存在と強度
- (3) 重力加速度(g)
- (4) 地殻熱流量
- (5) 地球の形

問3 地球には磁場が存在する。では？

- (1) 火星や月には弱い磁場しか存在しない？ なぜか？
- (2) 同じく金星にも磁場がほとんど存在しない？ なぜか？
- (3) 以上のことにより、地球型惑星が磁場を持つために必要な条件とは何か？ 3つの必要な条件を挙げなさい。