

令和7年(2025年)10月入学・

令和8年(2026年)4月入学 山口大学大学院創成科学研究科博士前期課程(農学系専攻)

・修士課程(山口大学・カセサート大学国際連携農学生命科学専攻)

第1回入学試験 専門科目試験問題

【有機化学研究分野】

問1 次の文章を読み、下記の問いに答えなさい。

4つの異なる原子や原子団と結合している炭素原子を(ア)という。分子内に(ア)が一つ存在すると、(イ)個の立体異性体が存在する。この立体異性体を(ウ)といい、(ウ)の1:1の等量混合物を(エ)という。(A)(ウ)の立体異性体間には、生理活性、ニオイ、味の異なる場合がある。また、分子内に(ア)が二つ存在すると、理論上、(オ)個の立体異性体が存在する。例えば、アミノ酸のトレオニンや酒石酸が挙げられるが、(B)トレオニンは(カ)個の、酒石酸は(キ)個の立体異性体が存在する。

(1) (ア)～(キ)へ該当する用語および数字を答えなさい。

(2) 下線部(A)の生理活性、ニオイ、味の異なるそれぞれの例について立体異性体の構造式(透視式)および化合物名(R/S表記も)を書き、その違いを説明しなさい。

(3) 下線部(B)のトレオニンおよび酒石酸のそれぞれの全ての立体異性体の構造式(透視式)を書き、その違いを説明しなさい。

問2 加工食品の酸化を防ぐ目的で、天然の抗酸化剤やBHT、BHAなどの合成保存料が用いられる。天然の抗酸化剤2種およびBHT、BHAのそれぞれの構造式を書き、酸化を防ぐ理由を説明しなさい。

【食品機能化学研究分野】

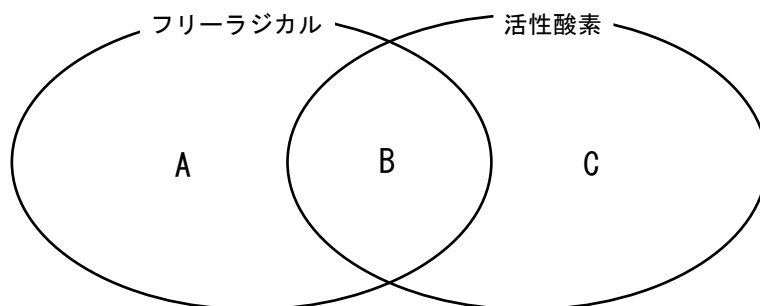
問1 活性酸素とフリーラジカルに関する以下の文章を読んで、問いに答えなさい。

酸素は、生体内における代謝過程で、励起、遷移金属との結合により、反応性が高くなる。この様にして生じる酸素分子より反応性の高い酸素種を活性酸素とよぶ。また、原子は原子核を中心として、各電子軌道に2個の電子が対になって存在するが、まれに対になっていない電子があり、これを不対電子という。不対電子を持つ分子や原子をフリーラジカルという。

(1) 以下の分子種の名称を書きなさい。

- ア) O_2
- イ) $NO\cdot$
- ウ) $RO\cdot$
- エ) $O_2^{\cdot-}$
- オ) $HO\cdot$
- カ) 1O_2
- キ) H_2O_2

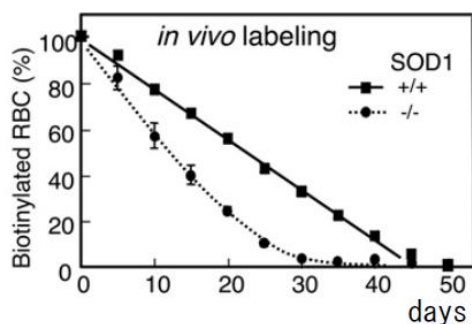
(2) 下図の A、B、C には、それぞれどの分子種が当てはまるか、ア～キの文字を書きなさい。



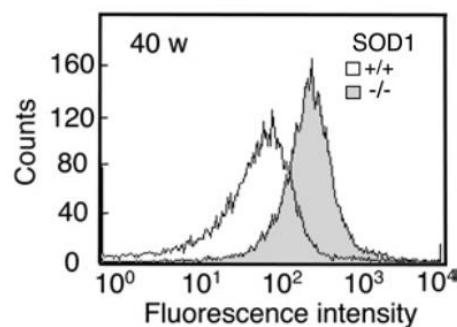
問2 哺乳類では、抗酸化酵素スーパーオキシドディスムターゼ 1 (SOD1) は、細胞質とミトコンドリア膜間腔に、SOD2 はミトコンドリアマトリックスに存在し、SOD3 は細胞外に分泌されて作用する。SOD1 を欠損する (-/-) マウスに関する文章と実験データを参考にして、以下の問いに答えなさい。

SOD1 欠損 (-/-) マウスと野生型 (+/+) マウスに、NHS-LC-ビオチンを静脈注射することによって全赤血球をラベルした。その後、時間を追って採血し、ビオチンに特異的に結合する、蛍光標識ストレプトアビジンを用いてビオチンラベルされた赤血球を検出した結果が図 A である。図 B は、40 週齢の SOD1 欠損マウスと野生型マウスの赤血球の活性酸素量を、活性酸素検出試薬 DHR123 を用いて測定した結果である。

A



B



- (1) 図 A で、ビオチンラベル された赤血球が、徐々に減少している理由を書きなさい。
- (2) 図 B から両マウスの赤血球について何がわかるか、答えなさい。
- (3) 図 A と図 B を参考に、SOD1 欠損マウス赤血球の寿命について、活性酸素と酸化ストレスの関連から考察しなさい。
- (4) SOD1 欠損マウスの表現型は、このように赤血球では顕著な違いが見られるにもかかわらず、個体レベル、組織レベルでは顕著な違いは見られない。その理由について考察しなさい。

問3 老化に関する以下の文章を読んで、問いに答えなさい。

老化の起こる仕組みとして、大きく分けて2つ、「老化のプログラム説」と「老化の傷害蓄積説」がある。老化のプログラム説は、老化や寿命を制御する特定の遺伝子が存在するという考え方であり、老化の傷害蓄積説は、そのような特性の遺伝子は存在しないという考え方である。

正常なヒトよりも早く老化が進行する遺伝性早老症が存在する。ウェルナー症候群の患者における老化は、正常なヒトの老化よりもその速度が速く、特に思春期以降急速に老化が進行する。この患者の細胞を培養すると、正常なヒトの細胞に比べて限界分裂回数が少なく、テロメア短縮の速度も速かった。

ウェルナー症候群の原因遺伝子は、DNA ヘリカーゼの一種であることが明らかになっている。DNA が複製される時、または DNA 傷害が修復される時には、その2重らせんがほどけて1本鎖になるが、それを行う酵素が DNA ヘリカーゼである。

- (1) ウェルナー症候群の患者における老化は、老化のプログラム説、老化の傷害蓄積説、のどちらの影響が大きいと考えられるか、書きなさい。
- (2) ウェルナー症候群の患者における老化がどのように起きているのか、「DNA 修復」、「細胞」の語句を用いて詳しく説明しなさい。

【分析細胞生化学分野】

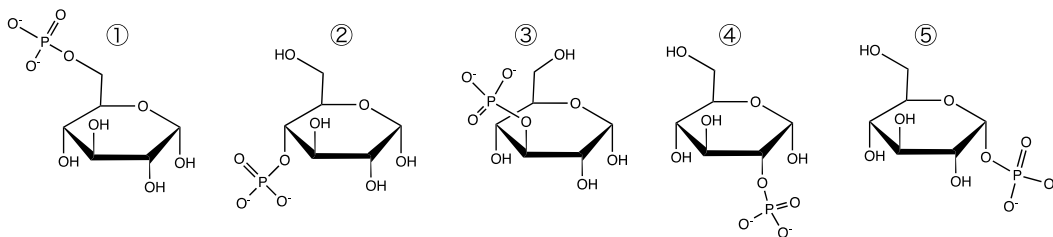
問1 タンパク質を構成する20種類のアミノ酸のうち、塩基性の側鎖を持つアミノ酸の名前を3つ挙げよ。

問2 オワンクラゲの緑色蛍光タンパク質 (avGFP) に関する説明として正しいものを全て

選び、番号で答えよ。

- ① 下村脩博士らによって初めて単離された。
- ② 発色団はタンパク質自身の一部から自発的に生成され、酸素などの補因子を全く必要としない。
- ③ 活性を調べたい遺伝子のプロモーターの下流に avGFP 遺伝子を置くことで、目的遺伝子を発現する細胞を蛍光で光らせることができる。
- ④ 約 27kDa と比較的小さいため、他のタンパク質と融合したとしても、融合相手の機能や細胞内局在への影響は無視できる。
- ⑤ 人為的なアミノ酸置換によって青色や黄色の変異体が作成されている。

問3 グルコース 6-リン酸の化学構造として正しいものを以下の選択肢から1つ選び、番号で答えよ。また、グルコースからグルコース 6-リン酸を合成する酵素の名称を答えよ。



問4 無酸素運動時の筋肉においては、解糖系が ATP の合成を担っている。このとき解糖系の最終産物のピルビン酸がほぼ全て乳酸に変換される理由を説明せよ。

問5 ミトコンドリアにおける ATP 合成に関する下の文章の空欄に入る適切な語句を答えよ。なお、同じカタカナの空欄には同じ語句が入る。

解糖系によって生じたピルビン酸はミトコンドリア内に輸送され、ピルビン酸デヒドロゲナーゼの働きで（ア）へと変換される。また、ミトコンドリア内に運ばれた脂肪酸の（イ）によっても（ア）が生じる。（ア）はオキサロ酢酸と反応して（ウ）へと変換されることで（ウ）回路に入り、さらに7段階の反応を経てオキサロ酢酸へと変換されて（ウ）回路が閉じる。このようにしてピルビン酸がピルビン酸デヒドロゲナーゼや（ウ）回路の反応で代謝される過程で（エ）や FADH_2 が生成する。続いて、（エ）や FADH_2 がミトコンドリア内膜の呼吸鎖複合体で酸化されることで生じた電子が電子伝達系を通過して最終的に酸素に受け渡され、その結果（オ）が生成する。この電子の流れと共役して、マトリックスから内膜を隔てた膜間腔側へと（カ）が輸送され、ミトコンドリア内膜を介して（キ）が形成される。この（キ）によって（カ）が ATP 合成酵素を介してマトリックスに戻る際に発生するエネルギーを用いて ATP が合成される。

問6 以下のような配列の2本鎖DNA断片がある（途中の配列は省略してある）。

5' CTGCTGCCCGACAACCACTACC-----TGAGCTACCAGTCCGCCCTGAGCA 3'
 3' GACGACGGGCTGTTGGTGATGG-----ACTCGATGGTCAGGCGGGACTCGT 5'

このDNA断片を両端からPCRによって増幅したい。プライマーの組み合わせとして適切なものを以下の(a)~(f)から1つ選び、番号で答えよ。なお、配列の左端が5'末端、右端が3'末端である。

- a GTGTTGTCGGGCAGCAG と TGCTCAGGGCGGACTGGT
- b CTGCTGCCCGACACCACT と ACCAGTCCGCCCTGAGCA
- c GACGACGGGCTGTTGGTG と ACGAGTCCCGCCTGACCA
- d CTGCTGCCCGACAACCACT と TGCTCAGGGCGGACTGGT
- e GACGACGGGCTGTTGGTG と TGCTCAGGGCGGACTGGT
- f CTGCTGCCCGACACCACT と ACGAGTCCCGCCTGACCA

問7 アロステリック効果について簡潔に説明し、アロステリック効果が観察される代表的なタンパク質名を1つ挙げよ。

【応用微生物学研究分野】

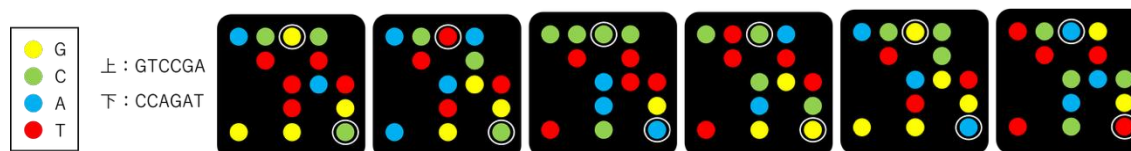
問1 DNAシーケンシング技術に関連する以下の問いに答えなさい。

(1) ジデオキシ法によるDNAシーケンシングのしくみについて、以下のキーワードを全て用いて説明しなさい。

[DNAポリメラーゼ, プライマー, 蛍光標識, ddNTP]

(2) 下図は、イルミナDNAシーケンシングで塩基配列が読み取られる仕組みを示している。以下のキーワードを全て用いて、どのように1塩基ずつ読み取られるのかを説明しなさい。

[ポリメラーゼ, dNTP, 蛍光標識, 3'末端, 保護, 除去, サイクル]

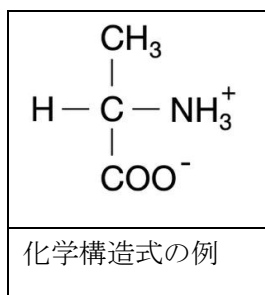


参考: D. Voet 他著, 田宮信雄他訳「ヴォート 基礎生化学 第5版」東京化学同人 (2017年)
 図3-22 (p.38) を基に本学において作成。

- (3) 塩基配列全長を決定した結果、全長 3,400 bp の二本鎖 DNA であり、そのうち 950 個のヌクレオチドがグアニンを含んでいた。この二本鎖 DNA に含まれるチミンの数と水素結合数を答えなさい。

問2 クエン酸サイクルと電子伝達系に関する以下の問いに答えなさい。

- (1) 一分子のアセチル CoA を起点とするとクエン酸サイクル一周では (ア) 分子の二酸化炭素と (イ) 分子の NADH, (ウ) 分子の FADH₂, さらに (エ) 分子の ATP (GTP) を生じる。(ア) ~ (エ) に適切な数字を答えなさい。
- (2) クエン酸サイクルで生じる FADH₂ が再酸化される仕組みを、以下のキーワードを全て用いて説明しなさい。
[複合体III, 複合体IV, シトクロム c, ユビキノン, 酸素]
- (3) クエン酸サイクルから分岐することでグルタミン酸が生合成される。グルタミン酸生合成の最終段階の化学反応式を答えなさい。グルタミン酸とその前駆物質は例にならって化学構造式で、補酵素は化学構造式ではなく「CoASH」のような略称で答えなさい。



- (4) クエン酸サイクルの中間体がアミノ酸などの生合成に使われると、クエン酸サイクルを維持するために中間体を補う反応がおこる。この反応の名称を答え、その一つを化学反応式で答えなさい。化学構造式ではなく、「乳酸」や「CoASH」のような化合物名や略称で答えなさい。

問3 脂質や生体膜に関する以下の問いに答えなさい。

- (1) 脂質と脂肪酸をそれぞれ説明しなさい。
- (2) 膜脂質の分布は膜の表裏で非対称である。原核生物では、ホスファチジルエタノール

アミン (PE) は膜の内側でのみ合成されることが証明されている。この証明方法について以下のキーワードを全て用いて説明しなさい。なお、説明時には略称を用いること。

[膜非透過性, 放射性リン酸, トリニトロベンゼンスルホン酸 (TNBS)]

- (3) 実際の細胞では, PE は膜の外側でも確認される。以下のキーワードを全て用いて, この現象を可能にする2つの仕組みをそれぞれ説明しなさい。

[リン脂質トランスロカーゼ, 促進拡散, フリッパーゼ, 能動輸送]

- (4) 細菌の脂肪酸は, しばしば枝分かれ構造やときには環構造を持つものさえある。こうした脂質は, 直鎖脂肪酸と比較して膜の流動性にどのような影響を与えるかを説明しなさい。

参考: D. Voet 他著, 田宮信雄他訳「ヴォート 基礎生化学 第5版」東京化学同人 (2017年) 9章 (pp. 164-195) を基に本学において作成。

問4 ミカエリス・メンテンの式は

$$v_0 = \frac{V_{\max} [S]}{K_M + [S]}$$

と表される。これに従う酵素の反応速度論に関する以下の問いに答えなさい。

- (1) k_{cat}/K_M が触媒効率の指標と言われる理由を説明しなさい。
- (2) エクセルなどの表計算ソフトを用いて V_{\max} と K_M を求める方法を, 実験の設計から説明しなさい。
- (3) 同一の反応を触媒する酵素 A と酵素 B がある。酵素 A の V_{\max} は酵素 B の2倍高く, 酵素 A の K_M は酵素 B の10倍高い。酵素 A と酵素 B それぞれの, 基質濃度変化に対する酵素反応の初速度を表すグラフ (基質濃度と初速度の起点はいずれもゼロとする) を模式的に書きなさい。一つのグラフに酵素 A と酵素 B を書きなさい。説明を加えても良い。
- (4) (3) の酵素 A と酵素 B を, 同じ酵素濃度, 同じ反応条件 (基質の初期濃度は酵素 A の K_M の10倍高い) でそれぞれ独立に反応を行ったときの, 基質濃度変化を以下のように考察した。(ア) ~ (ウ) に適合する A あるいは B を答えなさい。

反応開始時は酵素 A 酵素 B とともに基質濃度は同一で、基質の減少は酵素（ア）の方が速い。基質濃度が低下するにつれ、基質の減少速度が小さくなるのは酵素（イ）の方である。基質濃度の低下がほとんど見られなくなる反応終盤においては、酵素（ウ）の方が、残存基質濃度が高い。

【植物生理学研究分野】

問1 有糸分裂周期の各段階(G₁期、S期、G₂期、M期)を説明するとともに、その進行を制御する分子機構についても述べなさい。なお、この問題への解答には、以下の語をすべて含めること。

[サイクリン依存性キナーゼ (CDK)、リン酸化、G₁/S チェックポイント、G₂/M チェックポイント]

問2 植物の根端分裂組織 (RAM) がどのように維持されているかについて、幹細胞ニッチとホルモンおよび遺伝子による制御機構を中心に述べなさい。なお、この問題への解答には、以下の語をすべて含めること。

[静止中心、PIN、ARF、PLT、SHR、SCR、WUS、WOX5、ACR4、CRE40]

問3 以下の植物ホルモンのうち 2つを選択し、それぞれのホルモンの特徴（植物体内での機能や他のホルモンとの相互作用など）を述べなさい。

[オーキシン、エチレン、ジベレリン]

【植物代謝生化学研究分野】

問1 植物代謝に関する次の問いに答えなさい。

- (1) 一次代謝と二次代謝の違いがわかるように、(I) 生物学的意義、(II) 生体内での分布、の2点に関して説明しなさい。
- (2) 香気成分であるテルペン系化合物とアントシアニン色素のような水溶性フェノール化合物はそれぞれ、「液胞、油胞、トライコーム」のどこに蓄積されるかを明記し、各化合物の蓄積様式の違いと生理的意義について説明しなさい。
- (3) 植物二次代謝産物の主な輸送体として、ABC 輸送体が挙げられる。その代謝物輸送機構について説明しなさい。

問2 植物ホルモンに関する以下の問いに答えなさい。

- (1) 植物では、食害応答や病原菌の感染に主に2種類のホルモンが関わっている。それら

2種類の植物ホルモン名を答えるとともに、生理学的作用の違いがわかるように述べなさい。

(2) 植物が産生するストリゴラクトンは土壌中でどのような役割を果たし、どのような環境条件でその分泌が促進されるか説明しなさい。また、こうした反応が植物の生存や適応にとってどのような意義を持つか述べなさい。

(3) 次の植物ホルモンのうち、ゲラニルゲラニルニリン酸を経て生合成されるものを選び、その農業上の利用例と生理作用について説明しなさい。

ア) サイトカイニン、 イ) ジャスモン酸、 ウ) オーキシシン、 エ) ジベレリン、
オ) ブラシノステロイド

問3 近年、ゲノム編集技術によってγ-アミノ酪酸 (GABA) が豊富に含まれるトマトが作出され、国内外でゲノム編集技術を用いた有用作物の創出と実用化が進められている。ナス科のモデル植物であるトマトにおける二次代謝産物とゲノム編集に関する下記の問いに答えなさい。

(1) トマトの未熟果実に多い毒性物質の名前を答えなさい。

(2) ゲノム編集に利用される方法のうち CRISPR/Cas9 について、ゲノム上の特定の遺伝子配列が切断される仕組みを簡潔に説明しなさい。

(3) ゲノム編集技術としての CRISPR/Cas9 の欠点を1つ挙げ、説明しなさい。

問4 次の下線の用語をそれぞれ説明しなさい。

(1) 持続的な農業や地球の生態系維持に重要な窒素固定

(2) クローン増殖や遺伝子組換え植物の作出に不可欠な植物の分化全能性

(3) 分子生物学の基本概念であるセントラルドグマ

(4) 植物間コミュニケーションの一つとして機能するアレロケミカル

【環境微生物学研究分野】

問1 褐虫藻以外の共生性・寄生性原生生物を挙げよ。またその宿主との関係性について説明しなさい。

問2 最も特徴が調べられているバクテリアの属名を4つ記載しなさい。

問3 コッホの原則 (Koch's postulates) について説明しなさい。

問4 以下の語句について詳細を説明しなさい。

a) Oxygen minimum zone (OMZ)

b) Isotopic fluctuations (同位体変動)

c) 4',6-diamidino-2-phenylindole (DAPI)

d) Dimethylsulfoniopropionate (DMSP)