

科目	化 学
----	-----

理学部・医学部・薬学部・工学部

注 意

1. 開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題は1ページから13ページにわたっています。
3. 解答用紙は5枚、計算用紙は1枚で、問題冊子とは別になっています。  
問題冊子等に不備がある場合は、試験開始の合図後、その旨を申し出てください。
4. すべての解答用紙（5枚）上部の所定欄に志望学部、受験番号（2カ所）を記入してください。
5. 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入してください。
6. すべての解答用紙（5枚）を提出してください。
7. 問題は  I ~  V の5問です。医学部の志望者は  I,  II,  III,  V を解答してください。理・薬・工学部の志望者は  I,  II,  III を必ず解答し、これに加えて、 IV または  V のいずれか1問を選び、解答してください。理・薬・工学部の志望者は、 IV と  V のうち、選んだ問題の解答用紙の所定欄に○印をつけてください。所定の選択欄は問題番号の右側にあります。 IV と  V のどちらにも○印をつけた場合、あるいはどちらにも○印をつけていない場合には、この2間は0点とします。
8. 問題冊子、計算用紙は持ち帰ってください。

(注) 必要ならば、原子量：H=1.0, C=12.0, N=14.0, O=16.0 を用いよ。

また、気体定数は、 $R=8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{l} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ であり、理想気体の標準状態における体積は、 $22.4 \text{ l/mol}$  とする。

I 文章を読み、以下の各問いに答えよ。

硝酸バリウム、硝酸銅(II)、硝酸アルミニウム、硝酸銀の4種類の金属イオンの硝酸塩のうち、何種類かがそれぞれ  $0.01 \text{ mol/l}$  で溶解している試料溶液 A, B, C がある。各試料溶液を  $10 \text{ ml}$  ずつ用いて、下表の実験 1 から実験 4 の4つの操作を別々に行った。実験結果を下表のようにまとめた。沈殿が生じた場合を○、生じなかった場合を×とした。

実験番号	操作	結果 (沈殿生成の有無)		
		試料溶液 A	試料溶液 B	試料溶液 C
1	試料溶液に硫化水素ガスを通じた。	×	○	○
2	試料溶液に $1 \text{ mol/l}$ アンモニア水を数滴加えた。	○	○	○
3	試料溶液に $1 \text{ mol/l}$ 希塩酸を数滴加えた。	×	×	○
4	試料溶液に $1 \text{ mol/l}$ 希硫酸を数滴加えた。	○	○	○

問 (1) アルミニウムイオンの陽子数および電子数を記せ。また、アルミニウムイオンと同じ電子数をもつ希ガス原子の元素記号を記せ。

問 (2) 文章中の4種類の金属イオンの中で、最も還元されやすく、金属原子になりやすいイオンをイオン式で記せ。

問 (3) 実験 1 で用いる硫化水素ガスは、硫化鉄(II)と希硫酸を反応させると発生する。また、硫化水素はヨウ素と反応させると硫黄を生じる。これら2つの反応を化学反応式で記せ。これら2つの化学反応式の中で、還元剤として作用している物質の化学式を○で囲め。また、硫化水素、硫酸、硫黄の中に含まれるそれぞれの硫黄原子の酸化数を記せ。

問（４）実験１～４の結果から、試料溶液 A, B, C 中に溶解している金属イオン、溶解していない金属イオン、および溶解しているか溶解していないか判断できない金属イオンをすべて選び、次の表を完成させよ。金属イオンはイオン式で記せ。該当する金属イオンがない場合は「なし」と記せ。

	試料溶液 A	試料溶液 B	試料溶液 C
溶解している金属イオン			
溶解していない金属イオン			
溶解しているか溶解していないか判断できない金属イオン			

問（５）実験１の操作を行ったとき、試料溶液 B に生じた沈殿の色を記せ。

問（６）４種類の金属イオンすべてについて、各試料中に溶解しているか溶解していないかを決定するために、実験２の操作に続いて下表の実験５を追加し、その観察結果を記した。

実験番号	操作	観察結果		
		試料溶液 A	試料溶液 B	試料溶液 C
5	実験２の沈殿に、さらに 1 mol/l アンモニア水数 ml を徐々に加えた。	沈殿は溶解しなかった。上澄み液は無色だった。	沈殿はすべて溶解した。	沈殿はすべて溶解して無色透明の溶液になった。

実験１～５の結果から、４種類の金属イオンを、各試料溶液に溶解している金属イオンと溶解していない金属イオンに分けて、次の表を完成させよ。金属イオンはイオン式で記せ。該当する金属イオンがない場合は「なし」と記せ。

	試料溶液 A	試料溶液 B	試料溶液 C
溶解している金属イオン			
溶解していない金属イオン			

問（７）実験５の操作を行ったとき、試料溶液 B で沈殿が溶解したあとの溶液の色を記せ。

II 以下の各問いに答えよ。

問(1) 図1は実在気体における圧力と  $\frac{PV}{nRT}$  との関係を表している。

ただし、 $P$ は圧力、 $V$ は体積、 $n$ は物質質量、 $R$ は気体定数、 $T$ は絶対温度とする。

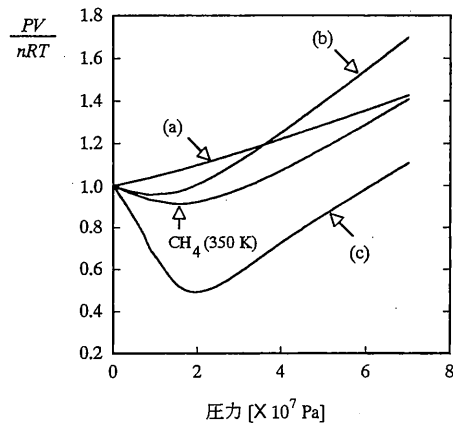


図1 実在気体における圧力と  $\frac{PV}{nRT}$  との関係

1) 理想気体は仮想的な気体である。どのような仮定をしているか、2つあげよ。  
(それぞれ10字程度)

2) 理想気体における圧力と  $\frac{PV}{nRT}$  との関係を、次の図2に表すとどのようになるか。解答用紙の図中に実線で記せ。

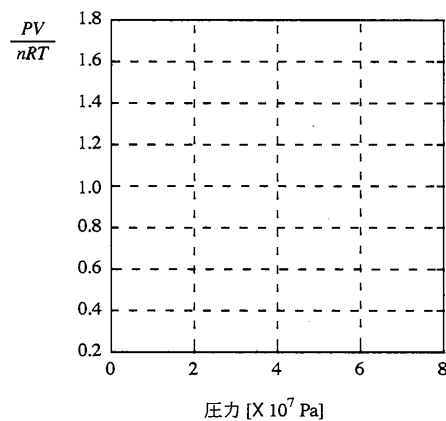


図2 理想気体における圧力と  $\frac{PV}{nRT}$  との関係

- 3) 図1の曲線 (a), (b), (c) は  $N_2$  (250 K),  $N_2$  (500 K),  $CO_2$  (350 K) のいずれかを表している。  
曲線と物質 (温度) との組み合わせのうち正しいものを, 下記のア)~カ)から選び, その記号で記せ。

- |    |                    |                    |                    |
|----|--------------------|--------------------|--------------------|
| ア) | (a) $N_2$ (250 K)  | (b) $N_2$ (500 K)  | (c) $CO_2$ (350 K) |
| イ) | (a) $N_2$ (250 K)  | (b) $CO_2$ (350 K) | (c) $N_2$ (500 K)  |
| ウ) | (a) $N_2$ (500 K)  | (b) $N_2$ (250 K)  | (c) $CO_2$ (350 K) |
| エ) | (a) $N_2$ (500 K)  | (b) $CO_2$ (350 K) | (c) $N_2$ (250 K)  |
| オ) | (a) $CO_2$ (350 K) | (b) $N_2$ (250 K)  | (c) $N_2$ (500 K)  |
| カ) | (a) $CO_2$ (350 K) | (b) $N_2$ (500 K)  | (c) $N_2$ (250 K)  |

- 4) 内容積 10 l の容器に温度 350 K, 圧力  $2.0 \times 10^7$  Pa でメタンが充てんされている。このときのメタンの  $\frac{PV}{nRT}$  の値を 0.92 として, 充てんされているメタンの質量 (kg) を有効数字 2 桁で求めよ。計算過程も示すこと。

(次のページに続く)

(余 白)

問 (2) 密閉容器に水素  $\text{H}_2$  1 mol とヨウ素  $\text{I}_2$  1 mol を入れて 800 K に保つと、ヨウ化水素 HI が生成し、発熱する。一方、生成した HI が分解して、 $\text{H}_2$  と  $\text{I}_2$  に戻る反応も同時に進行し、一定時間後には、正方向の反応速度  $v_1$  と逆方向の反応速度  $v_2$  が等しくなり、見かけ上反応が止まった状態になる。



1) この反応の方向と活性化エネルギーの関係を図 3 に示した。図中の (ア), (イ) に適した化学式を、下記の化学式群 (A)~(D) から選び、(a)~(e) に適した語句を、下記の語句群 (E)~(K) の中から選び、それぞれの記号で答えよ。

化学式群

(A) HI (B)  $\text{H}_2, \text{I}_2$  (C) 2HI (D) H, I

語句群

- (E) 反応熱 (F) 蒸発熱  
 (G) HI の結合エネルギー  
 (H) 逆反応の活性化エネルギー  
 (I)  $\text{H}_2$  と  $\text{I}_2$  の結合エネルギーの和  
 (J) 正反応の活性化エネルギー  
 (K) HI の結合エネルギーの 2 倍

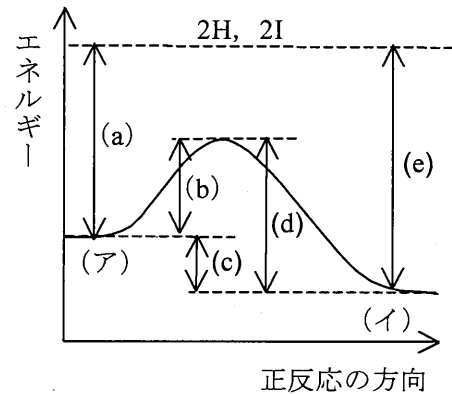


図 3 反応の方向と活性化エネルギーの関係

2) 文章中の { } 内の語句のうち、正しい語句または記号を 1 つ選び、○で囲め。

この反応が逆方向に進行するためには、 $\text{H}_2$  分子と  $\text{I}_2$  分子、2つの HI 分子 が衝突する際、衝突する分子のもつ運動エネルギーの和が、図 3 の (a), (b), (c), (d), (e) より大きい必要がある。

この反応の逆方向の反応速度  $v_2$  は、速度定数を  $k_2$ 、HI 濃度を  $[\text{HI}]$  とすると、 $v_2 = k_2 [\text{HI}]^2$  で表すことができる。触媒を加えて活性化エネルギーが低くなる反応経路をとると、反応速度が 大きく、小さく なるのは、 $k_2, [\text{HI}]$  の値が 大きく、小さく なるためであると考えられる。

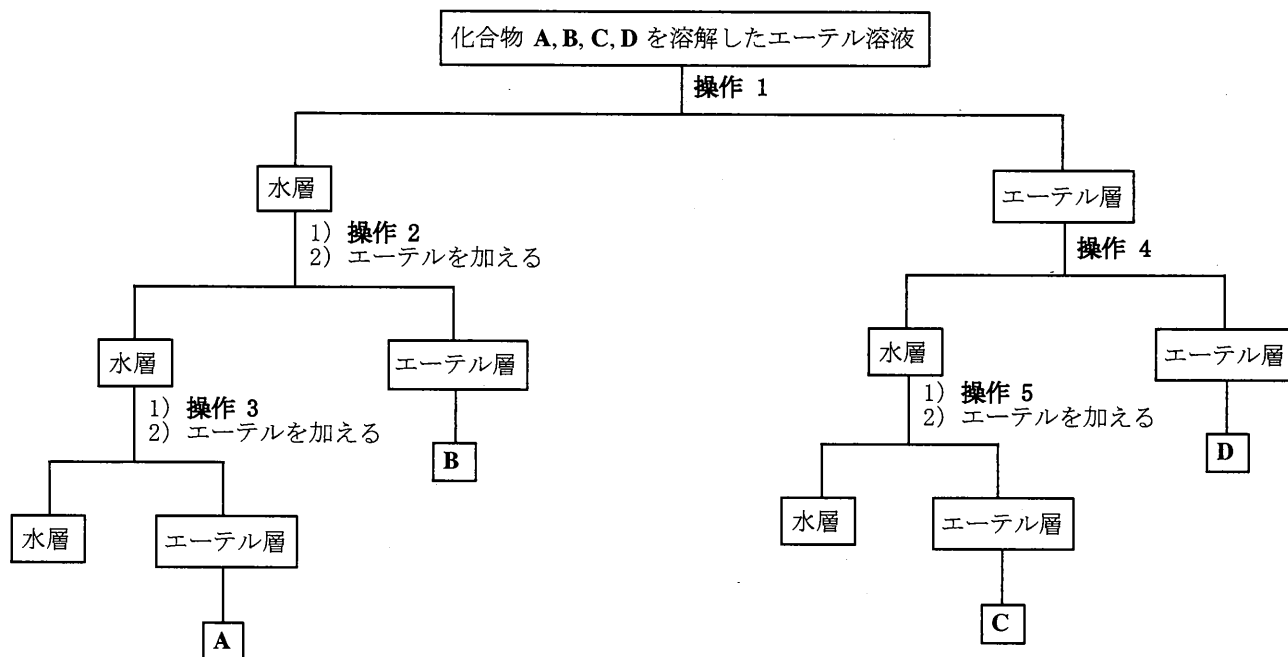
この反応における正・逆両反応の活性化エネルギーを比較すると、逆反応の値のほうが 大きい、小さい ため、逆方向の反応速度定数は正方向の反応速度定数より 大きい、小さい と考えられる。

- 3) 平衡状態において、活性化エネルギーの値が異なる正・逆両方向の反応速度が等しい理由を、式を用いなくて説明せよ。(40字程度)
- 4) 一般に、気体分子の反応において反応温度を上昇させると、温度上昇にともなう衝突頻度の増加以上に反応速度が増加する。その理由を説明せよ。(50字程度)

(余 白)

III 文章を読み、以下の各問いに答えよ。

アニリン、テレフタル酸、ニトロベンゼン、*o*-クレゾールを含むエーテル溶液がある。この溶液について次のような操作を行い、それぞれの化合物を分離した。ただし、各操作において、分離は完全に行われたものとする。



さらに以下に示す実験を行った。

化合物 A とある二価アルコールとの反応によりポリエステルを合成した。

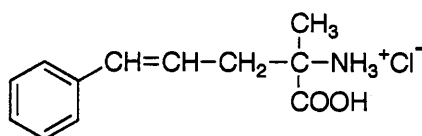
化合物 B に塩化鉄(III) 水溶液を加えると青色を呈した。

化合物 C を 2 段階の反応により、*p*-ヒドロキシアゾベンゼンに導いた。

化合物 D にスズを用いて、ある反応を行った後、中和して化合物 C に導いた。

なお、必要ならば、構造式は例に示すように記せ。不斉炭素原子の立体的な配置は示さないことにする。

例)



問 (1) 分離操作 1~5 として最も適切な操作を、下記の(ア)~(エ)から選び、その記号で記せ。

同じ記号を何度用いてもよい。

(ア) 10% 塩酸を加える。

(イ) 蒸留水を加える。

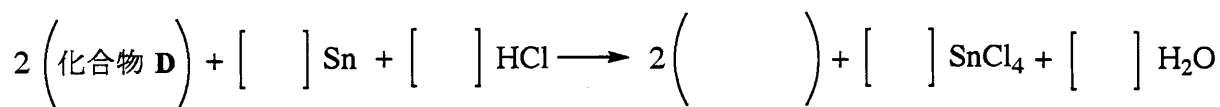
(ウ) 10% 水酸化ナトリウム水溶液を加える。

(エ) ドライアイスを加える。

問(2) 化合物 **A** の構造式を例にならって記せ。

問(3) ベンゼン環を含む芳香族化合物のうち、化合物 **B** の構造異性体は、化合物 **B** を含めていくつあるか。その数を記せ。

問(4) 下線 1) の反応式を以下に示す。



1) [ ]には係数を入れ、( )には構造式を記入して反応式を完成させよ。構造式は例にならって記せ。

2) この反応において、化合物 **D** が受ける化学変化を表す最も適切な語句を、下記の語句群(ア)～(コ)から選び、その記号で記せ。

語句群

(ア) カップリング (イ) 発酵 (ウ) 還元 (エ) 脱水 (オ) 付加  
(カ) けん化 (キ) エステル化 (ク) 酸化 (ケ) 乳化 (コ) 加水分解

問(5) 炭素、水素、酸素から成る化合物 **E** は、分子量 296 で不斉炭素原子をもつ。化合物 **E** 14.8 mg を完全燃焼させたところ、 $\text{H}_2\text{O}$  7.2 mg、 $\text{CO}_2$  39.6 mg が生成した。化合物 **E** を水酸化カリウム水溶液と反応させた後、酸性にすると化合物 **A**、化合物 **F**、化合物 **G** の混合物が得られた。また、化合物 **F** はクメン法という方法によって工業的に生産されている。化合物 **G** を、白金(あるいはニッケル)を触媒として常圧で水素とおだやかに反応させたところ、分子量が2増加した化合物が得られた。

1) これらの情報をもとに化合物 **E** の分子式を記せ。

2) 化合物 **E**、化合物 **F**、化合物 **G** の構造式を例にならって記せ。

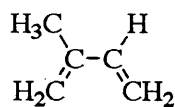
問(6) 化合物 **H** は化合物 **E** と同じ分子式をもち、偏光を当てると偏光面が回転した。化合物 **H** を水酸化カリウム水溶液と反応させた後、酸性にすると化合物 **I**、化合物 **F**、化合物 **J** の混合物が得られた。化合物 **I** は加熱すると容易に水分子を失い、無水フタル酸に変化した。化合物 **J** は、白金(あるいはニッケル)を触媒として常圧で水素とおだやかに反応させても変化しなかった。これらの情報をもとに化合物 **H**、化合物 **I**、化合物 **J** の構造式を例にならって記せ。

IV 文章を読み、以下の各問いに答えよ。

ゴムの木の樹皮を傷つけると流出する白濁液を（ア）という。（ア）に酢酸などの凝固剤を加えて固まらせると生ゴム（天然ゴム）が得られる。生ゴムは、イソプレンが規則的に〔A〕したものであり、生ゴムを加熱するとイソプレンが生じる。

一方、合成ゴムはイソプレンよりも炭素数が 1 個少ないブタジエンや、クロロプレンなどを重合させたもので、タイヤや防振ゴムなどに利用される。また、ブタジエンとスチレンを混ぜて〔B〕させたものはスチレン-ブタジエンゴムといい、耐摩耗性や耐熱性にすぐれ、大量に合成されている。これらのゴムは非常に弾力に富むという特徴的な性質をもつが、これは重合物中に存在する二重結合に由来する。a) この弾性は空気中で徐々に失われるが、これは重合物中の二重結合が酸化されるためである。 b) 生ゴムに 5~8% の硫黄を加え加熱すると、弾力がより大きくなった弾性ゴムが得られる。 このような操作を（イ）と呼ぶ。（イ）によりゴムは石油などの有機溶剤に溶けにくくなり、化学的に安定化する。生ゴムに 30~40% の硫黄を加え加熱すると、（ウ）という硬い物質になる。

また、エテンやプロペンも〔A〕により高分子化合物になる。プロペンの重合物は一般に（エ）と呼ばれている。（エ）は、合成ゴムのような弾性はほとんどないが、加熱すると流動化し、冷却すると再び硬くなる性質をもっている。このような性質を（オ）と呼ぶ。このような性質を有する樹脂は、耐熱性は低い、成形加工しやすいため広く用いられている。

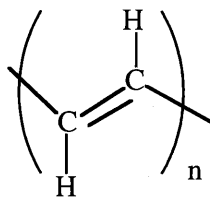


イソプレン

問（1）（ア）～（オ）の空欄に当てはまる適切な語句を入れよ。

問（2）〔A〕，〔B〕に当てはまる重合反応の様式を記せ。

問（3）生ゴム中に含まれるポリイソプレンの構造を下記の例にならい、シス-トランス構造がわかるように記せ。



例) ポリアセチレン

問(4) 下線 a) のように、二重結合が反応している例を、下記の選択肢群 (イ) ~ (ニ) から選び、その記号で記せ。

選択肢群

- (イ) デンプンにヨウ素溶液を加えると青色を示した。
- (ロ) アミノ酸にニンヒドリン水溶液を加えて温めると青紫色になった。
- (ハ) リノール酸に臭素水を加えると臭素の色が消えた。
- (ニ) 陽イオン交換樹脂 (H 型) に塩化ナトリウム水溶液を通すとその水溶液は酸性になった。

問(5) 1.70 g のイソプレンを水素ガス中、触媒の存在下で反応させて完全にアルカンにした。この際に消費された水素ガスの標準状態における体積 ( $V$ ) を、有効数字 3 桁で求めよ。

問(6) イソプレンには構造異性体が存在する。そのうち環状構造をもつものと、もたないものの構造式を、それぞれ 1 つずつ記せ。

問(7) 下線 b) のように硫黄を加えることにより、ゴムは大きな弾性を示すようになる。硫黄がどのように反応し、どのような構造になるため、このような性質を示すようになるのか説明せよ。(30 字程度)

問(8) スチレン-ブタジエンゴムの構成単位の比がスチレン : ブタジエン = 2 : 1 の場合、平均分子量 65500 のスチレン-ブタジエンゴムの平均重合度を、有効数字 3 桁で求めよ。

V

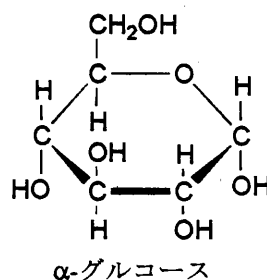
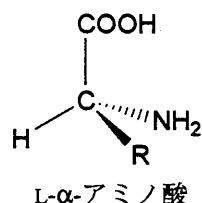
生命と物質について述べた文章を読み、以下の各問いに答えよ。

問(1) 生命体をつくる物質には、タンパク質や糖類、脂質などの有機化合物がある。タンパク質はα-アミノ酸がペプチド結合により縮合した高分子化合物である。下にα-アミノ酸の構造式を示す。タンパク質を構成するα-アミノ酸は、a) 1種類を除き、不斉炭素原子をもち、L体とD体と呼ばれる光学異性体がある。

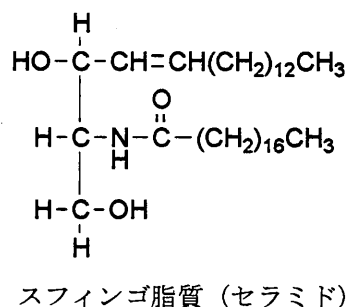
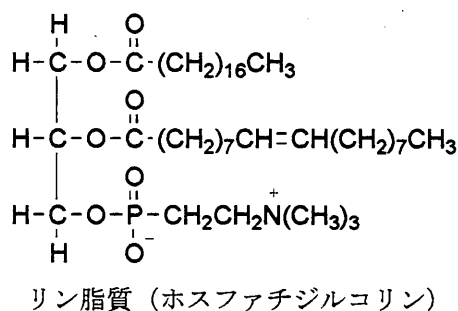
糖類にはそれ以上加水分解されない単糖や、単糖が縮合した二糖、多糖がある。b) 単糖のグルコースは分子内に複数の不斉炭素原子をもつ。

脂質には、生物にとって重要なエネルギー源である油脂や細胞膜の主要構成成分であるリン脂質やスフィンゴ脂質などがある。c) リン脂質やスフィンゴ脂質は不斉炭素原子をもつ。

生命体中のタンパク質はほとんどすべてL-アミノ酸から構成されているが、なぜ、L体となったのか、今なお謎である。



- 下線部 a) について、不斉炭素原子をもたないα-アミノ酸は R がどのような場合か。また、そのα-アミノ酸の名称を書け。
- 下線部 b) について、グルコースを鎖状構造で表すと、いくつの不斉炭素原子をもつか。また、鎖状構造では、光学異性体を含め全部で何種類の立体異性体が存在するか。
- 下線部 c) について、代表的なリン脂質（ホスファチジルコリン）とスフィンゴ脂質（セラミド）の構造式を下に示す。これらの化合物中の不斉炭素原子はどれか。すべての不斉炭素原子を、解答用紙に記載された構造式の C の右肩部分に、\*印で記せ。



問 (2) グリセリン  $C_3H_5(OH)_3$  の3つのヒドロキシ基  $-OH$  のうち、1つの  $-OH$  が脂肪酸とエステル結合したものをモノアシルグリセリド、2つエステル結合したものをジアシルグリセリド、3つエステル結合したものをトリアシルグリセリドという。

グリセリンと酢酸を反応させたとき、考えられるモノ、ジ、トリアシルグリセリドがすべて生成した。生成物の中で、不斉炭素原子をもつ化合物の構造をすべて記せ。構造式は問 (1) の3) で示されたリン脂質の表現法にならって記せ。不斉炭素原子に\*印を記す必要はない。

問 (3) 糖類について述べた文章中の (a) ~ (f) の空欄に当てはまる適切な語句を、下記の語句群 (ア) ~ (ソ) から選び、その記号で記せ。

生物の重要なエネルギー源の1つであるデンプンは直線状の構造の (a) と枝分かれ構造をもつ (b) からなる。セルロースは植物の細胞壁の主成分で直線状の分子のみからなる。ヒトの体液などに含まれる (c) はデンプンの加水分解には作用するが、セルロースには作用しない。このような特性を (d) という。(c) はデンプンの構成単糖である (e) とセルロースの構成単糖である (f) に由来する立体構造の違いを顕著に識別している。

語句群

- |                    |           |             |                      |
|--------------------|-----------|-------------|----------------------|
| (ア) ペプシン           | (イ) 基質特異性 | (ウ) アミロペクチン | (エ) $\alpha$ -グルコース  |
| (オ) グリコーゲン         | (カ) 反応特異性 | (キ) フルクトース  | (ク) セルラーゼ            |
| (ケ) 最適温度           | (コ) マルトース | (サ) アミラーゼ   | (シ) $\alpha$ -ガラクトース |
| (ス) $\beta$ -グルコース | (セ) リパーゼ  | (ソ) アミロース   |                      |

(次のページに続く)

問(4) タンパク質およびペプチドについて述べた文章中の(a)～(e)の空欄に当てはまる適切な語句を、下記の語句群(ア)～(ソ)から選び、その記号で記せ。

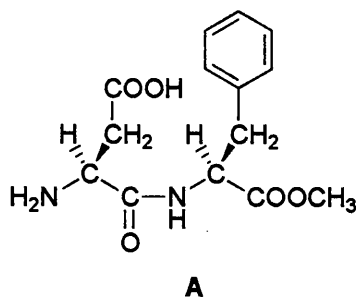
タンパク質を構成する約(a)種の $\alpha$ -アミノ酸のうち、ヒトが体内で合成できないものを(b)アミノ酸といい、食物から摂取しなければならない。食物として摂られたタンパク質は、ペプシンなどの(c)により個々の構成するアミノ酸に分解されたのち、吸収され、体内で他の必要なタンパク質に再合成される。

ヒトのインスリンはアミノ酸51個からなる(d)ペプチドであり、すい臓で合成される。その主な生理作用は血液中の糖分(血糖)量を低下させることであり、糖尿病の治療薬としても用いられている。インスリンを飲み薬とすると、胃腸で(c)によりアミノ酸に分解され、血糖量を低下させる機能が(e)。したがって、インスリンは一般に注射によって投与されている。

語句群

- (ア) モノ (イ) ポリ (ウ) 複合 (エ) 10 (オ) 20 (カ) 必須 (キ) 現れる  
 (ク) 単純 (ケ) 14 (コ) 部分 (サ) アミド (シ) 酵素 (ス) 100  
 (セ) 消失する (ソ) 異常に増加する

問(5) 化合物Aは砂糖の約200倍の甘味を有するL-アスパラギル-L-フェニルアラニンメチルエステル(アスパルテーム)である。



1) Aの水溶液に濃塩酸を加えて密封後加熱し、Aを完全に加水分解した。このとき反応は下式で示される。生成する化合物とイオン(B, C, D)の構造式をAにならい立体構造も含めて記せ。ただし、加水分解反応において、アミノ酸の不斉炭素原子の立体構造は変化しないものとする。



2) L-アスパラギン酸とL-フェニルアラニンから、水1分子が取れて鎖状ジペプチドが形成された場合、理論上何種類のジペプチドが生成するか。