

平成 28 年度入学者選抜学力検査問題

9 時 00 分 — 10 時 30 分

工学部応用化学科志願者

論 述 試 験 (本文 10 ページ)

{ 注意

1. 検査開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけない。
2. 「受験番号」は、解答用紙の受験番号欄に忘れずに記入すること。
3. この冊子には 2 つの問題がある。落丁、乱丁、印刷不鮮明があった場合は申し出ること。
4. 解答は、必ず解答用紙の所定の解答欄に記入すること。所定の欄以外に記入したものは無効である。

論述試験
(工学部応用化学科) 問題訂正

問題訂正があることを口頭で伝え、
次の枠内の事柄を大きな文字で板書してください。

1 ページ「第 1 問」下から 4 行目を次のとおり訂正する。

【誤】 重油 $\frac{\cdot}{\text{ピリド}}$

【正】 重油 $\frac{\gamma}{\text{カンマ}}$

後期日程

論述試験
(工学部応用化学科) 問題訂正

問題訂正があることを口頭で伝え、
次の枠内の事柄を大きな文字で板書してください。

解答用紙(その1) 「第1問」 問1 を次のとおり訂正する。

【誤】 計算過程

【正】 考え方と計算過程

第1問から第2問について、必要があれば、次の数値を使うこと。また、すべての気体は理想気体とする。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$

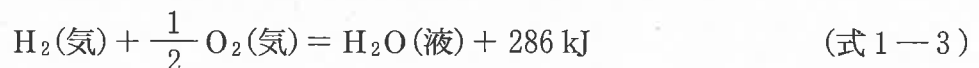
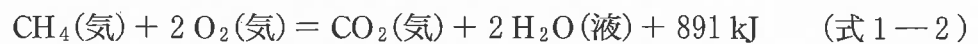
気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

字数が指定されている解答は、以下の例にならって記述せよ。

例

H	2	O	は	,	H	+	と	反	応	す	る	が	,
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

第1問 地球温暖化対策とエネルギー源に関する次の文章を読んで、以下の問い(問1～問7)に答えよ。必要ならば以下の熱化学方程式を参考にせよ。



石炭、石油、天然ガスは代表的な化石燃料であり、エネルギー源として広く利用されている。石炭は炭素を主成分としており、古くから利用されてきた。石油の主成分は炭化水素であり、精製することで、石油ガス、ナフサ(粗製ガソリン)、灯油、軽油、重油などに分離される。石油ガスはプロパンやブタンを主成分としたもので、圧縮して液体にした液化石油ガス(LPG)が圧力容器に入れられた状態で輸送され、かつ小分けして家庭などに供給されている。一方、天然ガスはメタンが主成分であり、一般に生産地で精製することでメタンの純度を高め、さらに液体の液化天然ガス(LNG)とし、LNGタンカーによって運ばれ、消費地で再び気体にしてパイプラインで家庭や工場に供給されている。

近年、地球温暖化対策の面から、利用するエネルギー源の種類が再検討されており、熱を必要とする一部の施設や工場では、石炭、重油、LPGなどから天然ガスへの切り替えが行われている。また、別の地球温暖化対策として、自然エネルギーである太陽光を利用した太陽光発電が注目されており、太陽エネルギーを電気に変換するための太陽電池が人家の屋根や遊休地などに設置されている。な

お、多くの太陽電池には高純度のケイ素が用いられている。

問 1 液化石油ガスの主成分であるプロパンの燃焼反応における熱化学方程式を記せ。なお、燃焼熱を求めるための考え方と計算過程も記せ。また、燃焼熱は、 $a \times 10^n$ (a は小数点以下 3 桁を四捨五入した、 $1 \leq a < 10$ の範囲の小数点以下 2 桁の数値で、 n は整数) の形で示せ。ただし、プロパンの生成熱は 105 kJ/mol とする。

問 2 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ におけるメタン 1.0 m^3 ($1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ L}$) の質量 [kg] を求めよ。なお、計算過程も記せ。解答は、小数点以下 3 桁を四捨五入し、小数点以下 2 桁まで示せ。

問 3 下線部(ア)のようにすることの理由について考え、下の 7 つの用語をすべて用い、100 字以内で説明せよ。なお、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ におけるメタンの沸点での液体の密度は 415 kg/m^3 とする。

用語：メタン、気体、液体、密度、沸点、体積、冷却

問 4 図1—1に示すように、高い圧力に耐えることが可能な2つの耐圧容器がコックで連結されている。容器A(内容積1.0 L)には 1.0×10^5 Paのメタン、容器B(内容積8.0 L)には 2.0×10^5 Paの空気が入っており、両容器ともに 27°C に保持されていた。コックを開いて両容器内の気体を完全に混合した後、コックを閉じて容器B内のメタンのすべてを完全燃焼させた。以下の問い(1)および(2)に答えよ。なお、連結部およびコックの内容積は無視できるものとする。

(1) 生成した二酸化炭素の質量[g]を求めよ。なお、計算過程も記せ。解答は、小数点以下2桁を四捨五入し、小数点以下1桁まで示せ。

(2) メタン燃焼後の容器B内における酸素のモル分率を求めよ。なお、計算過程も記せ。解答は、小数点以下4桁を四捨五入し、小数点以下3桁まで示せ。ただし、メタン燃焼後の容器内に液体は存在しないものとする。また、空気は酸素と窒素のみからなり、酸素は体積で20%とし、窒素は反応しないものとする。

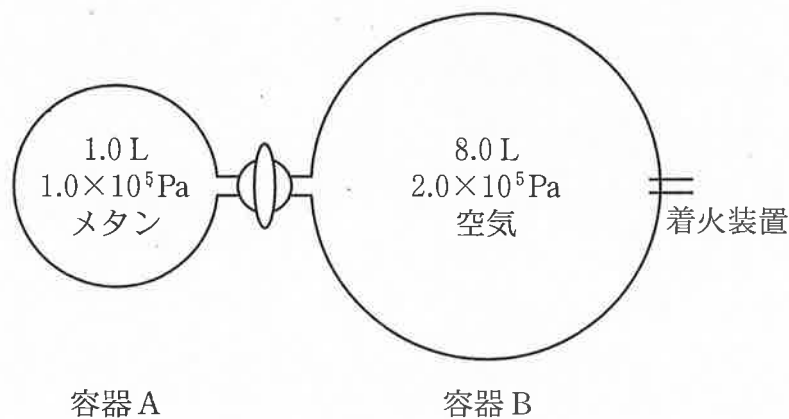


図1—1 耐圧容器の模式図

問 5 下線部(イ)に関係する以下の問いに答えよ。

石炭，石油ガス，天然ガスを，それぞれ黒鉛(固)，プロパン(気)，メタン(気)として考え，燃焼時に発生する熱量と生成物の量の比較から，地球温暖化への影響について，100 字以内で述べよ。

問 6 ケイ素の結晶における結合の種類と，それが太陽電池の材料として用いられる際に必要とされる性質を 20 字以内で説明せよ。

問 7 太陽光発電では，曇りの日に発電量が少なくなり，夜は発電しない。その対策のひとつとして昼間に蓄電池などに充電し，夜間に利用(放電)することが考えられている。以下の問い(1)および(2)に答えよ。

(1) 鉛蓄電池における電池式を記せ。

(2) 鉛蓄電池の放電時における正極および負極での反応と電解液の中で起こる変化について，化学式を用いなくて 80 字以内で説明せよ。

第2問 アミノ酸・糖類・多糖類に関連する以下の問い(問1および問2)に答えよ。

問1 次の文章を読んで、以下の問い(1)~(3)に答えよ。

アミノ酸は、分子中にアミノ基とカルボキシ基をもつ化合物である。アミノ基とカルボキシ基が同じ炭素原子に結合したアミノ酸は α -アミノ酸と呼ばれ、タンパク質を構成する主要な成分である。表2-1に主な α -アミノ酸の例を示す。アミノ酸は、酸と塩基の両方の性質を示す両性化合物であり、結晶中や水中では双性イオンとなる。また、アミノ酸の種類により、その等電点が異なることも知られている。

一つのアミノ酸のアミノ基と別のアミノ酸のカルボキシ基との間で脱水縮合が起こると、アミド結合(-CO-NH-)が生じ、ペプチドが生成する。アミノ酸2分子が縮合したものをジペプチド、3分子が縮合したものをトリペプチド、多数のアミノ酸が縮合したものをポリペプチドという。

- (1) 下線部(ア)に関して、グリシンの双性イオンの構造式を示せ。また、グリシン水溶液に酸および塩基を加えた場合に主に存在するイオンの構造式をそれぞれ示せ。
- (2) 下線部(イ)に関して、等電点はアミノ酸の電荷の総和が0となるpHであり、ほとんどのアミノ酸が双性イオンとなっている。グリシン、グルタミン酸、リシンを等電点の小さな順に並べ、そのように考えた理由を説明せよ。

(3) 下線部(ウ)に関して、表2-1に示したアミノ酸の中から1種類を選んで、それを脱水縮合させて生成したペプチドが以下(a)~(c)の性質を示した。このペプチドを推定してその示性式を示せ。また、そのように考えた理由を140字以内で説明せよ。

(性質 a) ペプチドの水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えた後、少量の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えても呈色しなかった。

(性質 b) ペプチドの水溶液に濃硝酸を加えて加熱すると黄色になり、さらにアンモニア水を加えると橙黄色になった。

(性質 c) ペプチドの水溶液に水酸化ナトリウムの固体を加えて加熱後、酢酸で中和し、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えたが、沈殿物が生成しなかった。

表2-1 アミノ酸の示性式

アミノ酸	示性式
グリシン	$\text{H}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$
グルタミン酸	$\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$
チロシン	$\text{HO}-(\text{C}_6\text{H}_4)-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$
システイン	$\text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$
リシン	$\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$

試験問題は次に続く。

問 2 次の文章を読んで、以下の問い(1)~(7)に答えよ。なお、関係する糖類の構造を図 2-1 および 2-2 に示す。

デンプンは、多数の α -グルコースが縮合重合した高分子化合物であり、分子式 $(C_6H_{10}O_5)_n$ で表される。デンプンは植物体内にて光合成によってつくられ、植物体の種、根および地下茎などに多く含まれている。

デンプンには多数の α -グルコースが①と④のヒドロキシ基で縮合重合したアミロースと、それに加えて一部①と⑥のヒドロキシ基でも縮合して枝分かれしたアミロペクチンが含まれる。デンプンの水溶液にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えると青紫色を呈し、加熱すると色が消える。

デンプンにいくつかの酵素を作用させることで、デンプンが加水分解され二糖類が得られる。二糖類の一種であるマルトースは単糖の α -グルコースどうしが脱水縮合したものである。二糖類には構造の違いによってマルトースの他にも様々な種類が存在する。マルトースは酵素マルターゼの作用により加水分解され、水に易溶の α -グルコースとなる。

- (1) 下線部(エ)に関して、平均分子量 8.10×10^5 のデンプン 1 分子あたりの α -グルコースの繰り返し単位の平均の数を求めよ。なお、計算過程も記せ。解答は、 $a \times 10^n$ (a は、小数点以下 2 桁を四捨五入した、 $1 \leq a < 10$ の範囲の小数点以下 1 桁の数値で、 n は整数) の形で示せ。
- (2) 下線部(エ)に関して、97.2 g のデンプンを完全に加水分解した際に生成する、 α -グルコースの物質量を求めよ。なお、計算過程も記せ。解答は、小数点以下 2 桁を四捨五入し、小数点以下 1 桁まで示せ。

- (3) 下線部(エ)に関して、このデンプンのヒドロキシ基を全て $-\text{OCH}_3$ 基とした後、うすい酸を加え加熱して加水分解すると、 α -グルコースのヒドロキシ基のいくつかが $-\text{OCH}_3$ 基となった化合物 A (図 2-2 参照)、B、C、D が生成した。ここで、化合物 A は α -グルコースの①、②、③、⑥のヒドロキシ基が $-\text{OCH}_3$ 基となったもの、化合物 B は α -グルコースの②、③、④、⑥のヒドロキシ基が $-\text{OCH}_3$ 基となったもの、化合物 C は α -グルコースの②、③、⑥のヒドロキシ基が $-\text{OCH}_3$ 基となったもの、化合物 D は α -グルコースの②、③のヒドロキシ基が $-\text{OCH}_3$ 基となったものである。化合物 C および D の構造式を示せ。
- (4) 下線部(エ)に関して、平均分子量 8.10×10^5 のデンプン 97.2 g に上の問い(3)の処理を行った結果、化合物 A と B が合計で 5.68 g、化合物 C が 122.60 g、化合物 D が 5.00 g 生成した。このデンプン 1 分子あたり平均何か所の枝分かれがあるか推定せよ。なお、推定に用いた計算過程も記せ。解答は、 $a \times 10^n$ (a は、小数点以下 2 桁を四捨五入した、 $1 \leq a < 10$ の範囲の小数点以下 1 桁の数値で、 n は整数) の形で示せ。
- (5) 下線部(オ)の現象が生じる理由について、100 字以内で説明せよ。
- (6) 下線部(カ)に関して、マルトースとスクロースが別々に入った容器の区別がつかなくなったとき、これらを識別する方法について 100 字以内にて説明せよ。

- (7) 下線部(*)に関して、0.011 mol/L のマルトース水溶液の浸透圧は 310 K で 2.8×10^4 Pa であった。この溶液に、酵素マルターゼを加えてある時間が経過したところ、浸透圧は 310 K で 3.2×10^4 Pa であった。マルトースのうち分解されたものの割合 [%] を求めよ。なお、計算過程も記せ。解答は、小数点以下 1 桁を四捨五入し、整数で示せ。ただし、酵素の物質量は無視でき、溶液の体積は一定であるとする。

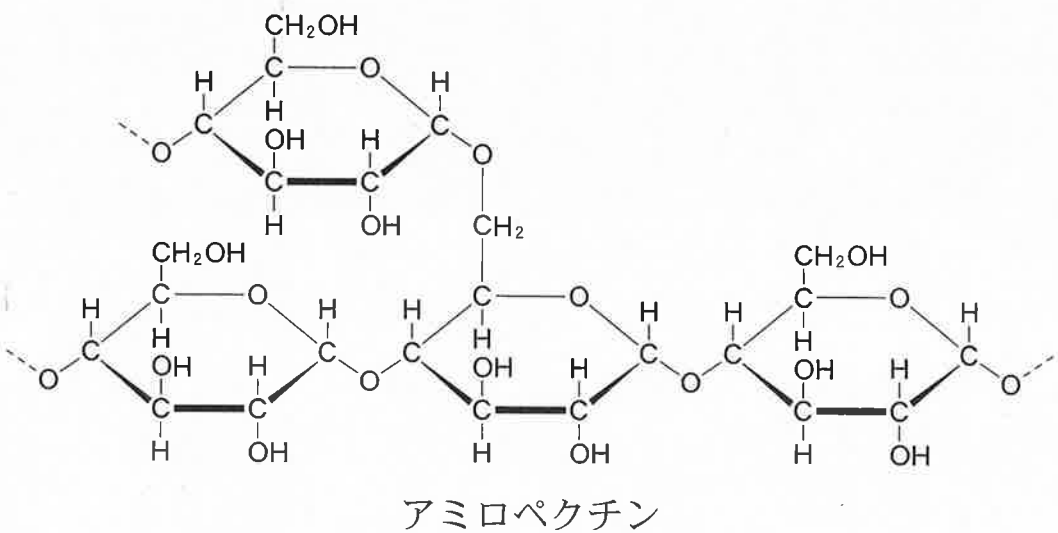
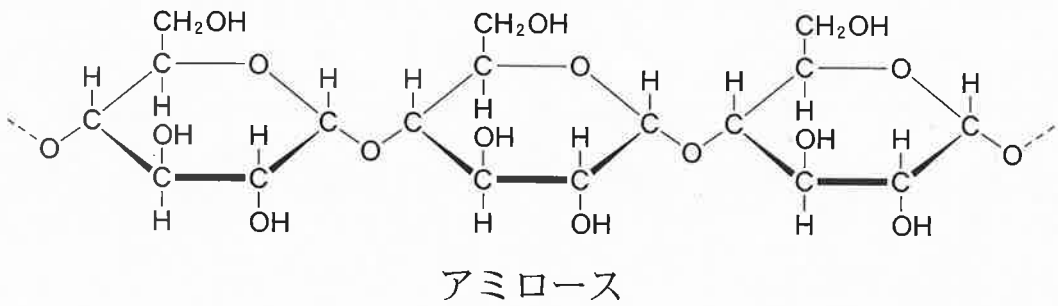
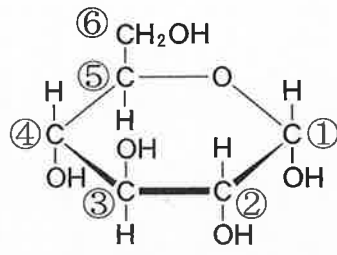
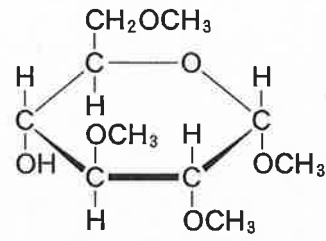


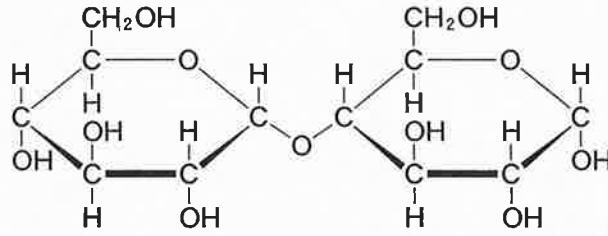
図 2-1 アミロースおよびアミロペクチンの構造



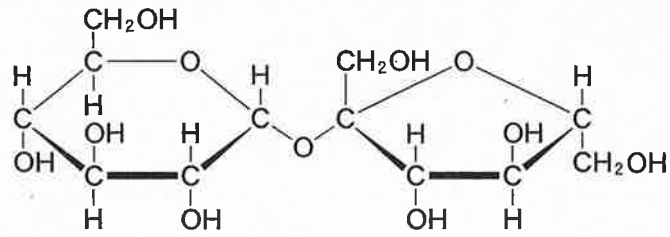
α -グルコース



化合物 A



マルトース



スクロース

図 2-2 単糖類および二糖類の構造