宮崎大学

2020 年度　後期日程　化学

（90 分）

問題を解くために必要であれば，以下の数値を用いよ。

原子量：H＝1.0，C＝12.0，O＝16.0，F＝19.0，Na＝23.0，Cl＝35.5，

K＝39.1，Fe＝55.9

アボガドロ定数：6.0×10^{23}/mol

字数を指定している設問の解答では，数字，アルファベット，句読点，括弧，記号はすべて 1 文字とする（例．$^{35}Cl_2$ は 5 文字，25.0 は 4 文字）。

1 次の文章を読み，以下の各問に答えよ。

鉄および鉄系合金は資源として豊富であり，機械的強度が大きいため自動車材料や建築物の構造材料などに使用されている。鉄は，赤鉄鉱（主成分 Fe_2O_3）や磁鉄鉱（主成分［ ア ］）などの鉄の酸化物を多く含む鉄鉱石を，溶鉱炉内でコークスの燃焼で生じた一酸化炭素により還元して得られる。この還元反応は高炉内で 3 つの化学反応に分けて説明できる。最初の還元反応は高炉上部の低温域で起こる$\underset{①}{Fe_2O_3}$ の還元反応である。続いて中温度域で［ ア ］$\underset{②}{}$が還元され，［ イ ］が生成する。最後に高炉下部の高温域で［ イ ］$\underset{③}{}$が還元されて鉄が生成する。

高炉の下部で融解した状態で得られる鉄には約 4％ の炭素が含有しており［ ウ ］と呼ばれる。高温の［ ウ ］を転炉に入れて酸素を吹き込み，炭素含有量を 2.06～0.02％ に減らしたものを［ エ ］という。2.06％ 以上の炭素を含有した鉄を鋳鉄という。

酸化鉄 Fe_2O_3 とアルミニウム粉末の混合物である［ オ ］$\underset{④}{}$に点火すると多量の熱を発生して［ オ ］反応が起こる。この反応で鉄を得る小規模な製錬も可能である。

問 1　文章中の空欄［ ア ］，［ イ ］にあてはまる組成式を，また［ ウ ］～［ オ ］にあてはまる語句を記せ。

問 2　下線部①～③の一酸化炭素による酸化鉄の還元反応を化学反応式で記せ。ただし，鉄への炭素の含有は無視するものとする。

問 3　赤鉄鉱の主成分である Fe_2O_3 を 1.00 kg 完全に還元することで得られる鉄の質量を有効数字 3 桁で答えよ。計算過程も示せ。ただし，鉄への炭素の含有は無視するものとする。

問 4　下線部④で起こる反応を化学反応式で記せ。

2 下の表は，(ア)〜(コ) の元素について，原子の電子配置を示したものである。この表に関連して，以下の各問に答えよ。なお，必要であれば $\sqrt{2} = 1.4$，$\sqrt{3} = 1.7$，$\sqrt{5} = 2.2$ を用いよ。

表　原子の電子配置

元素	電子殻の電子の数			
	K 殻	L 殻	M 殻	N 殻
(ア)	1			
(イ)	2			
(ウ)	2	1		
(エ)	2	2		
(オ)	2	3		
(カ)	2	4		
(キ)	2	7		
(ク)	2	8	1	
(ケ)	2	8	7	
(コ)	2	8	8	2

問 1　(ア)〜(コ) の元素の中で，第一イオン化エネルギーが最も大きいものを選び，元素記号で記せ。

問 2　周期表において，(コ) と同じ族に属する元素を (ア)〜(ケ) の中から選び，元素記号で記せ。

問 3　(オ) には相対質量が 10.0 と 11.0 の同位体が存在し，それぞれの存在比は 20 % および 80 % である。(オ) の原子量を小数第 1 位まで求めよ。計算過程も示せ。

問 4　(カ) の元素からなる単体の物質名を 2 つ答えよ。

問 5　(ケ) が安定なイオンになった時，ある希ガスと同じ電子配置をとる。その希ガスを元素記号で答えよ。

問 6　(ク) の元素からなる単体の結晶は下図のような単位格子の構造をとる。この単位格子の名称を記せ。また，単位格子の一辺の長さを a〔m〕として，原子の半径 r〔m〕を，a を含む有効数字 2 桁の式で表せ。

問 7　**問 6** に関連して，(ク) の結晶の密度〔$\mathrm{kg/m^3}$〕を，a〔m〕を含む有効数字 2 桁の式で表せ。計算過程も示せ。

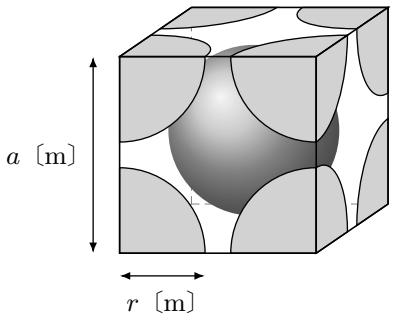
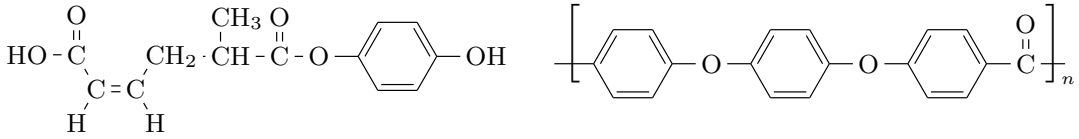


図　単位格子の構造

3 次の有機化合物および高分子化合物に関する文章を読み，以下の各問に答えよ。なお，構造式については記入例にならって記せ。

記入例：



アミノ酸（α －アミノ酸）は同一の炭素原子にアミノ基とカルボキシ基が結合した構造を持っており，結合しているアミノ基およびカルボキシ基はそれぞれ α －アミノ基，α －カルボキシ基と呼ばれる。

ペプチド A は 4 個のアミノ酸が直鎖状に結合したペプチドであり，ペプチド A を構成している可能性のあるアミノ酸は表 1 に示す 6 種のアミノ酸とする。塩基性アミノ酸の α －カルボキシ基で形成されるペプチド結合のみを加水分解する酵素をペプチド A に作用させたところ，3 個のアミノ酸が直鎖状に縮合したペプチド B とアミノ酸 C が得られた。ペプチド A に水酸化ナトリウム水溶液を加え
(a)

て加熱し，酢酸鉛 (II) 水溶液を加えると黒色沈殿が生成した。ペプチド B についても同じ操作を行ったが黒色沈殿は生成しなかった。ペプチド B を塩酸により完全に加水分解した結果，等電点 9.74 である塩基性アミノ酸 D および不斉炭素原子を持たないアミノ酸 E が得られた。

ポリペプチドと同じように不斉炭素原子を繰り返し単位構造内に含む高分子化合物として，生分解性を示す高分子化合物であるポリエステル F がある。ポリエステル F は不斉炭素原子を有する化合物 G（分子量 150 以下）の縮合重合により合成が可能であり，このときポリエステル F と同時に水が生成する。一方，p − キシレンを酸性条件で過マンガン酸カリウムにより強く酸化した結果得られる化合物 H は 2 個の［　ア　］基を有している。2 個の［　イ　］基を有するエチレングリコールと化合物 H との縮合重合により得られる高分子化合物 I は生分解性を持たないポリエステルであるが，近年は使用済み製品の回収およびリサイクルが広く行われている。

表 1

名　　称
アラニン
グリシン
グルタミン酸
システイン
フェニルアラニン
リシン

問 1　文章中の空欄［　ア　］および［　イ　］に入る適当な語句を記せ。

問 2　下線部 (a) について，次の (1) と (2) に答えよ。

(1) 下線部 (a) の結果から，ペプチド A を構成するアミノ酸として含まれると判断できるアミノ酸を表 1 から選び，その名称および構造式を記せ。

(2) 下線部 (a) において生成した黒色沈殿を化学式で記せ。

問 3　ペプチド A・B およびアミノ酸 D・E について，次の (1)〜(3) に答えよ。

(1) アミノ酸 D および E の名称および構造式を記せ。

(2) ペプチド B を構成するアミノ酸の結合順序（アミノ酸配列）を例にならって記せ。ただし，結合に関与していない α －アミノ基を持つ末端（N 末端）が左端になるように記せ。

アミノ酸配列の例：　　アラニン－グリシン－グルタミン酸

(3) ペプチド A のアミノ酸配列を (2) の例にならって記せ。ただし，N 末端が左端になるように記せ。

問 4　ポリエステル F は炭素，水素，酸素からなる高分子化合物である。360 mg のポリエステル F を完全燃焼させたところ，180 mg の水と 660 mg の二酸化炭素が生じた。以下の問いに答えよ。ただし，高分子化合物については繰り返し単位構造を考慮するだけでよく，末端の構造は無視できるものとする。

(1) ポリエステル F の組成式を記せ。

(2) 化合物 G の分子式を記せ。

(3) 化合物 G の構造式について鏡像異性体を区別して記せ。

問 5　化合物 H および高分子化合物 I の構造式を記せ。

4 次の文章を読んで，以下の各問に答えよ。

植物は成長に必要な元素を無機物の形で取り入れる。炭素については，葉緑体に二酸化炭素を取り入れ，太陽エネルギーを利用して炭水化物を合成する。この反応は次式で表される。

$$6\,CO_2 \quad + \quad 6\,H_2O \quad \rightarrow \quad C_6H_{12}O_6 \quad + \quad 6\,O_2$$

デンプンは，α －グルコースが縮合反応した構造を持つ多糖であり，(a) 植物の種子や根茎などに貯蔵糖として含まれる。

一方，動物は成長に必要な元素を有機物の形で取り入れる。例えばヒトがデンプンを摂取すると，(b) デンプンはアミラーゼなどの作用でグルコースに分解されて消化管から吸収され，(c) 好気呼吸によって光合成の逆反応でエネルギーを取り出すことや，必要な生体分子の合成に利用される。(d) タンパク質や脂肪も同様に消化・吸収され，利用される。また，酸素を必要としない嫌気呼吸によってエネルギーを取り出し，必要な生体分子を合成する生物も存在し，(e) 酵母によるアルコール発酵がその一例である。

問 1

(1) 下線部 (a) について，α －グルコースの構造式を記せ。

(2) 下線部 (a) について，デンプンはアミロースとアミロペクチンからなる。アミロースにおいては，α －グルコースの何位の OH 基と何位の OH 基の間で縮合しているか記せ。

また，アミロペクチンにおいて枝分かれ構造を形成する場合は，何位の OH 基と何位の OH 基の間で縮合しているか記せ。

問 2　下線部 (b) について，90 ℃に保ったデンプン水溶液と 37 ℃に保ったデンプン水溶液に，同じアミラーゼ水溶液を同量添加し，それぞれの温度に保ったまま一定時間反応させた。その後，同量のヨウ素溶液をそれぞれのデンプン水溶液に加えたところ，一方のみが青紫色を呈した。青紫色を呈したのはどちらの温度に保ったデンプン水溶液であるか答えよ。また，その理由を 50 字以内で説明せよ。

問 3　下線部 (c) について，ATP（アデノシン三リン酸）の合成も重要な反応である。ATP は下図に示すような塩基と糖が結合したアデノシンにリン酸 3 分子が結合したもので，ヌクレオチドの一種である。ATP に関する以下の問に答えよ。

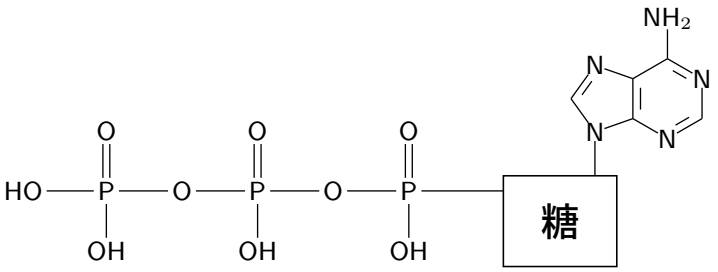


図　ATP の構造

ATP を構成する糖の名称を記せ。また，図中の糖の部分の構造を記せ。

問 4　下線部 (d) について，ヒトの胃液に含まれるタンパク質を分解する消化酵素およびすい臓に含まれる脂肪を分解する消化酵素の名称をそれぞれ記せ。

問 5　下線部 (e) について，酵母がグルコースを利用してアルコール発酵を行う場合の化学反応式を記せ。また，36 kg のグルコースがすべてアルコールに変換された場合，何 L のアルコールが生成するか整数値で記せ。ただし，アルコールの密度は 0.80 g/cm^3 として計算せよ。