

環境・エネルギー工学専攻	第1志望 コース		受験 番号	
--------------	-------------	--	----------	--

平成 28 年度入学大学院前期課程

環境・エネルギー工学専攻

<h1>専門・基礎科目 入試問題</h1>

【注意】

- ・ 本紙および全ての問題解答用紙に第1志望コースと受験番号を必ず記入すること。
- ・ 第1志望コースが環境工学コースの受験者は、問1・問2・問3・問4・問5・問7・問8より、2題を選択して解答すること。
- ・ 第1志望コースがエネルギー量子工学コースの受験者は、問1・問2・問3・問4・問5・問6より、2題を選択して解答すること。

専門・基礎科目		第1志望コース	
科目名	出題番号	環境工学コース	エネルギー量子工学コース
数学	問1 (1) (2) (3)	○	○
物理	問2 (1) (2) (3)	○	○
化学	問3 (1) (2) (3)	○	○
生物	問4 (1) (2) (3)	○	○
機械工学	問5 (1) (2) (3)	○	○
電気工学	問6 (1) (2) (3)	×	○
共生環境デザイン学	問7 (1) (2) (3)	○	×
環境科学	問8 (1) (2) (3)	○	×

○:選択可 ×:選択不可

- ・ 以下の空欄に選択した2題の問番号を記入すること。

--	--

平成 27 年 8 月 25 日 (火)
13:00~15:30 実施

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(1) 宝飾品や貨幣並びに様々な工業製品に用いられているある金属は、室温において面心立方格子の最密の結晶構造をとる。この金属の原子量は 108 とし、単位格子の一辺の長さ d は 0.410 nm とする。この金属に関しての以下の問に答えなさい。なお、計算において平方根や円周率が出てきた場合は、それぞれ、 $\sqrt{\quad}$ や π を用いて表記しても良い。また、金属原子は球として考えること。

(a) 原子によって占められていない空所の体積の単位格子体積に対する割合を求めなさい。

(b) 最近接原子の中心間の距離を、単位格子の一辺の長さ d を用いて表しなさい。

(c) この金属の密度を求めなさい。ただし、アボガドロ数は $6.00 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。単位は、 g/cm^3 とすること。

(d) この金属は何か。元素記号で答えなさい。

(e) この金属の工業製品としての用途を一つ答えなさい。

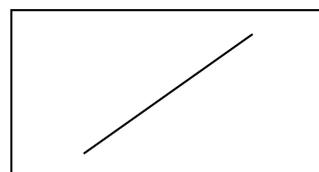
以下に記入すること

(1)

(a)

(b)

【裏面につづく】



以下に記入すること

(c)

(d)

(e)

以下に記入すること

化学【問 3】	第1志望 コース		受験 番号	
---------	-------------	--	----------	--

- (2) 香料や溶剤として工業的に用いられる酢酸エチルは、酸を触媒として以下の反応を起こし、加水分解する。



ここでは逆反応は無視できるものとする。この反応について、以下の間に答えなさい。必要に応じて、 $\ln 2=0.69$ 、 $\ln 2.5=0.92$ 、 $\ln 7.5=2.0$ 、 $\ln 10=2.3$ を用いなさい。

- (a) 上記の反応は本来、2つの出発物質の濃度に依存する二次反応であるが、大量の水中で反応させる場合は一次反応とみなすことができる。この理由を100字程度で述べなさい。
- (b) この反応の反応速度を求めるために、生成物の1つである酢酸の濃度の時間変化を調べたい。どのような方法が考えられるか。100字程度で述べなさい。
- (c) 重量濃度 35 wt.%、密度 1.2 g/cm^3 の濃塩酸がある。触媒として用いるため、この濃塩酸を希釈して 0.50 mol/L の希塩酸を 0.50 L 作りたい。このとき濃塩酸は何 mL 必要であるか。なお HCl の分子量を 37 とする。
- (d) 0.50 mol/L の塩酸濃度のもとで酢酸エチルを 40°C で反応させたところ、30分後に 25% が加水分解した。80% が加水分解するのに要する時間は何分か。ここで加水分解反応は一次反応とみなせるものとする。
- (e) 温度 40°C 、塩酸濃度 $0\sim 1.0 \text{ mol/L}$ の範囲で反応させたところ、この濃度範囲内では、分解の一次反応速度 k と水中の H^+ 濃度 $[\text{H}^+]$ に次の関係があることが分かった。ここで a は定数である。

$$k = a[\text{H}^+]$$

- (d)の結果を利用して、 $\text{pH}=1.0$ の塩酸を触媒として用いたときの酢酸エチルの半減期を求めなさい。

以下に記入すること

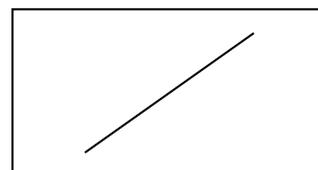
(2)

(a)

(b)

(c)

【裏面につづく】



以下に記入すること

(d)

(e)

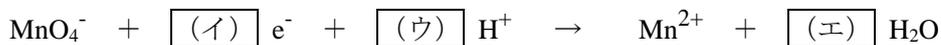
以下に記入すること

化学【問 3】	第1志望 コース		受験 番号	
---------	-------------	--	----------	--

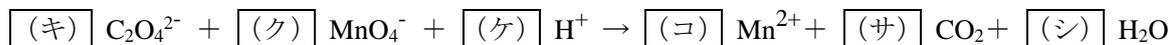
(3) 過マンガン酸カリウム (KMnO_4) を用いた滴定法に関連する以下の間に答えなさい。

- (a) 以下の文章及び反応式の空欄 (ア) ~ (ソ) について、適切な用語もしくは数値を入れなさい。

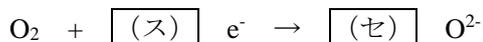
過マンガン酸カリウムは極めて強い 剤である。過マンガン酸カリウム標準液を用いる 滴定法を、過マンガン酸滴定法と呼ぶ。酸性条件下での過マンガン酸イオンの反応は、以下の式で表わされる。



マンガンの酸化数は から に変化している。過マンガン酸カリウム溶液を標定するとき使用する標準物質として、シュウ酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) が用いられる。シュウ酸イオンと過マンガン酸イオンとの反応式は、以下で表わされる。



排水や湖沼水、海水等の汚染度を表す指標として、化学的酸素要求量 (COD) があり、その検査に過マンガン酸滴定法が用いられる。COD は、試料水 1 L 中に含まれる被 性物質による酸素の消費重量で表現する。なお、酸素の 剤としての反応は、以下の式で表わされる。



即ち、滴定操作で過マンガン酸 1.00 mol が消費された場合、COD における酸素消費量は g に換算される。但し、 O_2 の分子量は 32.0 とする。

(b) 滴定に用いる過マンガン酸カリウム溶液の濃度 X (mol/L) を、シュウ酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (分子量: 134) を用いて求める場合について考える。シュウ酸ナトリウムの秤取量が 0.134 グラムの時、過マンガン酸カリウム溶液の滴定量が 20.0 mL で当量点に達した。 X の値を求めなさい。

(c) 過酸化水素水溶液の濃度 Y (mol/L) を、濃度 X (mol/L) の過マンガン酸カリウム溶液の滴定により求める。この過酸化水素水 10.0 mL の滴定に、濃度 X (mol/L) の過マンガン酸カリウム 5.00 mL を必要とした。 Y の値を求めなさい。

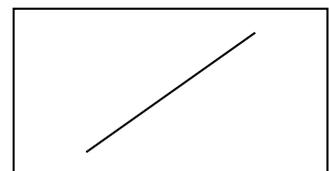
以下に記入すること

(3)

(a)

ア	イ	ウ
エ	オ	カ
キ	ク	ケ
コ	サ	シ
ス	セ	ソ

【裏面につづく】



以下に記入すること

(b)

(c)

以下に記入すること

環境・エネルギー工学専攻	第1志望 コース	環境工学 コース	受験 番号	
--------------	-------------	-------------	----------	--

平成 29 年度入学大学院前期課程

環境・エネルギー工学専攻 環境工学コース

基礎科目・専門科目 入試問題

【注意】

- ・ 指示があるまで問題解答用紙に触れないでください。
- ・ 下表の科目より、基礎科目 1 科目、専門科目 1 科目を選択して解答してください。
- ・ 解答開始後、解答する科目を下表の 4 列目に出題番号を書いて示してください。
- ・ 解答開始後、本紙および受験科目の問題解答用紙に第 1 志望コースと受験番号を必ず記入してください。また、受験科目の問題解答用紙に汚損や破損がないか確認してください。
- ・ 試験終了後、すべての問題解答用紙を回収します。
- ・ 体調不良で退室が必要な場合、トイレに行く必要がある場合、用紙の汚損、破損等があった場合、そのほか質問等がある場合は、挙手をして試験監督に知らせてください。

受験科目一覧

科目分類	科目名	出題番号	受験科目番号記入欄 (1～4の数字を記入)
基礎科目	数学	問 1	
	物理	問 2	
	化学	問 3	
	生物	問 4	
専門科目	共生環境デザイン学	問 1	
	環境科学	問 2	
	環境システム	問 3	
	環境材料	問 4	

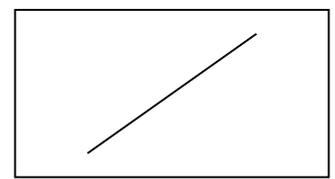
平成 28 年 8 月 24 日 (水)
13:00～15:30 実施

以下に記入すること

(1)

(a)

【裏面につづく】



以下に記入すること

(b)

以下に記入すること

(c)

結合様式	物質名
ファンデルワールス力	
イオン結合	
共有結合	
金属結合	
水素結合	

化学【問 3】	第1志望 コース		受験 番号	
---------	-------------	--	----------	--

(2) 以下の間に答えなさい。

(a) ラウールの法則について、以下の (ア) ~ (エ) の空欄を埋めなさい。

溶媒の蒸発速度と (ア) 速度が釣り合ったとき、蒸気の示す圧力を (イ) という。つまり、(イ) とは溶液と蒸気が (ウ) にあるときの蒸気の圧力である。混合物に含まれているある成分の蒸気分圧は、純物質の (イ) に混合物中のその成分の (エ) をかけたものに等しい。

(b) 硝酸カルシウム四水和物 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ の結晶 50 g を水 250 g に溶解した。 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ の質量百分率を計算しなさい。なお硝酸カルシウム四水和物および水の分子量はそれぞれ 236 および 18 とする。

(c) 質量百分率 35 wt%、密度 1.2 g cm^{-3} の塩酸がある。この塩酸のモル濃度および重量モル濃度を計算しなさい。なお塩酸の分子量を 37 とする。

以下に記入すること

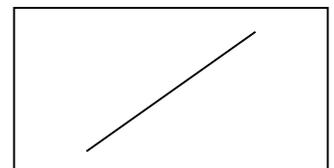
(2)

(a)

ア	イ
ウ	エ

(b)

【裏面につづく】



以下に記入すること

(c)

モル濃度

重量モル濃度

以下に記入すること

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(3) 以下の間に答えなさい。計算に必要であれば、以下の数値を用いること。

系の温度 $T = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$

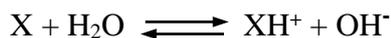
水のイオン積 $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$ (25°C)

常用対数 $\log 2 \doteq 0.30$ $\log 3 \doteq 0.48$ $\log 5 \doteq 0.70$ $\log 7 \doteq 0.85$

- (a) NaOH は強塩基であり、水溶液中で完全に解離しているものとみなして考える。濃度 $0.010 \text{ mol dm}^{-3}$ の NaOH 水溶液の pH はいくらになるか。以下の選択肢 (ア) ~ (セ) の中から最も近い値を選びなさい。

- (ア) 1 (イ) 2 (ウ) 3 (エ) 4 (オ) 5
 (カ) 6 (キ) 7 (ク) 8 (ケ) 9 (コ) 10
 (サ) 11 (シ) 12 (ス) 13 (セ) 14

- (b) 1 価の弱塩基である物質 X が、水溶液中で以下のように解離しているものとする。



X の初期濃度を $[\text{X}_0]$ 、解離度を α_x とした場合、平衡に達した時の各物質の濃度 $[\text{X}]$ 、 $[\text{XH}^+]$ 、 $[\text{OH}^-]$ を、 $[\text{X}_0]$ と α_x を使って示しなさい。

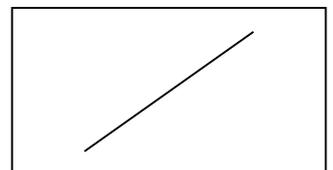
- (c) 物質 X の塩基解離定数 K_x を、 $[\text{X}_0]$ と α_x を使って示しなさい。
- (d) $[\text{X}_0]$ が $0.010 \text{ mol dm}^{-3}$ 、 K_x の値が $1.0 \times 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3}$ とした場合、この溶液の pH はいくらになるか。(a)の選択肢 (ア) ~ (セ) の中から最も近い値を選びなさい。
- (e) この物質 X の水溶液 0.10 dm^3 を、強酸である HCl 水溶液 (濃度 : $0.020 \text{ mol dm}^{-3}$) で滴定する場合について考える。当量点となる滴定量 V_1 を求めなさい。
- (f) さらに HCl 溶液を加え、滴定量が $2V_1$ になった時の pH はいくらになるか。(a)の選択肢 (ア) ~ (セ) の中から最も近い値を選びなさい。

以下に記入すること

(a)

(b)

【裏面につづく】



以下に記入すること

(c)

(d)

以下に記入すること

(e)

(f)

環境・エネルギー工学専攻	第1志望 コース	環境工学 コース	受験 番号	
--------------	-------------	-------------	----------	--

平成30年度入学大学院前期課程

環境・エネルギー工学専攻 環境工学コース

基礎科目・専門科目 入試問題

【注意】

- ・ 指示があるまで問題解答用紙に触れないでください。
- ・ 下表の科目より、基礎科目1科目、専門科目1科目を選択して解答してください。
- ・ 解答開始後、解答する科目を下表の4列目に出題番号を書いて示してください。
- ・ 解答開始後、本紙および受験科目の問題解答用紙に第1志望コースと受験番号を必ず記入してください。また、受験科目の問題解答用紙に汚損や破損がないか確認してください。
- ・ 試験終了後、すべての問題解答用紙を回収します。
- ・ 体調不良で退室が必要な場合、トイレに行く必要がある場合、用紙の汚損、破損等があった場合、そのほか質問等がある場合は、挙手をして試験監督に知らせてください。

受験科目一覧

科目分類	科目名	出題番号	受験科目番号記入欄 (1～4の数字を記入)
基礎科目	数学	問1	
	物理	問2	
	化学	問3	
	生物	問4	
専門科目	共生環境デザイン	問1	
	環境科学	問2	
	環境システム	問3	
	環境材料	問4	

平成29年8月23日(水)
13:00～15:30 実施

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(1) 以下の問に答えなさい。

- (a) 平衡状態にある系に含まれる相の数を P 、成分の数を C 、自由度を F とすると、

$$F = C - P + 2$$

となる。これを Gibbs の相律と言う。以下の言葉を必ず用いて Gibbs の相律を導出しなさい。

化学ポテンシャル、温度、圧力、相、成分

- (b) 硫酸アンモニウムと硫酸ナトリウムの混合物がある。この混合物中の硫酸アンモニウムの含有量を調べるために、混合物 2.00 g を水酸化ナトリウム水溶液に溶かして煮沸し、アンモニアを完全に揮発させた。揮発させたアンモニアを 0.500 mol/l の硫酸 50.0 ml に吸収させた。吸収液に純水を加え 200 ml にし、そのうち 20.0 ml をフラスコにとり、含まれる硫酸の量を 0.200 mol/l の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、中和するのに 11.0 ml 要した。一連の操作に関して以下の問に答えなさい。

- (i) アンモニアを吸収させた硫酸に純水を加えて 200 ml にする操作はなぜ必要なのか説明しなさい。
- (ii) 中和に要した水酸化ナトリウムの物質量は何 mol か答えなさい。
- (iii) 揮発したアンモニアの物質量は何 mol か答えなさい。
- (iv) 混合物中の硫酸アンモニウムの割合を重量% で求めなさい。

ただし、計算に用いる原子量は以下のとおりとする。

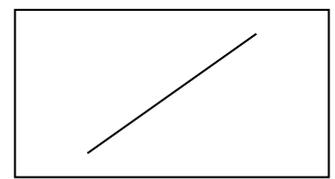
H: 1.00、N: 14.0、O: 16.0、S: 32.1、Na: 23.0

以下に記入すること

(1)

(a)

【裏面につづく】



以下に記入すること

(b)

(i)

(ii)

(iii)

(iv)

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(2) 以下の間に答えなさい。

- (a) ヘスの法則について、以下の (ア) から (エ) の空欄を埋めなさい。

ある化学反応の (ア) は、その反応の始めの状態と (イ) の状態だけで決まり、反応を形の上で何段階かに分けた場合でも、(ウ) は同じとなる。これは熱力学 (エ) 法則を (ア) に応用したものである。

- (b) グラファイト、水素およびエタノールの燃焼反応の反応式を示しなさい。

- (c) エタノールの 25°Cにおける標準生成エンタルピーを計算しなさい。ただし、グラファイト、水素およびエタノールの標準燃焼エンタルピーは 25°Cで、それぞれ $-393.5 \text{ kJ mol}^{-1}$ 、 $-285.8 \text{ kJ mol}^{-1}$ および $-1367 \text{ kJ mol}^{-1}$ とする。

以下に記入すること

(2)

(a)

ア	イ
ウ	エ

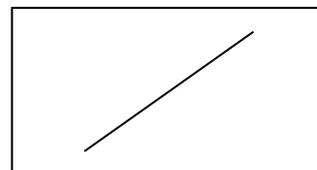
(b)

グラファイト

水素

エタノール

【裏面につづく】



以下に記入すること

(c)

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(3) 以下の文章に関する問に答えなさい。

(ア)とは、中心となる原子(イオン)に数個の原子または原子団が結合して生成した分子または多原子イオンである。中心原子は多くの場合、金属元素の原子である。これを、中心元素が非金属元素の原子である場合と区別して、(イ)ということもある。中心原子に結合している原子または原子団を(ウ)という。また、中心原子を取り巻く(ウ)の数を(エ)と呼ぶ。(ウ)の空間的な配置により、(ア)の幾何学的構造が決まる。

塩化銀は、硝酸銀水溶液と塩化ナトリウム溶液を混合したときにできる白色の沈殿で、水にはほとんど溶けないが、アンモニア水には溶けてジアンミン銀イオンを生成する。このイオンは、中心原子が銀原子、(ウ)がアンモニアである(イ)であり、(エ)は(オ)である。

金属ニッケルは、一酸化炭素と反応してテトラカルボニルニッケルを生成する。テトラカルボニルニッケルも一種の(イ)であって、中心原子のニッケルの酸化数は0という特異的な化合物であり、また(エ)は(カ)である。

- (a) 空欄(ア)から(カ)に入る、適切な用語もしくは数字を答えなさい。
- (b) ジアンミン銀イオンの化学式を書きなさい。
- (c) テトラカルボニルニッケルの化学式を書きなさい。
- (d) 中心原子がM、(ウ)がLの場合について、下線部に示した幾何学的構造について考える。(エ)が2である[ML₂]の場合にとりうる主要な構造は直線型であり、以下のように図示できる。



この例にならって、[ML₄]が取り得る主要な立体構造を2つ、[ML₆]が取り得る主要な立体構造1つを図示しなさい。

- (e) 中心原子Mに対し、2種類の(ウ)(XとY)が結合した[MX₂Y₄]について考える。この化合物が取り得る立体構造には、シス体とトランス体の2種類がある。これら幾何異性体をそれぞれ図示しなさい。

以下に記入すること

(3)

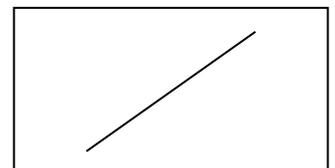
(a)

ア	イ	ウ
エ	オ	カ

(b)

(c)

【裏面につづく】



以下に記入すること

(d)

(e)

環境・エネルギー工学専攻	第1志望 コース	環境工学 コース	受験 番号	
--------------	-------------	-------------	----------	--

平成31年度入学大学院前期課程

環境・エネルギー工学専攻 環境工学コース

基礎科目・専門科目 入試問題

【注意】

- ・ 指示があるまで問題解答用紙に触れないでください。
- ・ 下表の科目より、基礎科目1科目、専門科目1科目を選択して解答してください。
- ・ 解答開始後、解答する科目を下表の4列目に出題番号を書いて示してください。
- ・ 解答開始後、本紙および受験科目の問題解答用紙に第1志望コースと受験番号を必ず記入してください。また、受験科目の問題解答用紙に汚損や破損がないか確認してください。
- ・ 試験終了後、すべての問題解答用紙を回収します。
- ・ 体調不良で退室が必要な場合、トイレに行く必要がある場合、用紙の汚損、破損等があった場合、そのほか質問等がある場合は、挙手をして試験監督に知らせてください。

受験科目一覧

科目分類	科目名	出題番号	受験科目番号記入欄 (1～4の数字を記入)
基礎科目	数学	問1	
	物理	問2	
	化学	問3	
専門科目	共生環境デザイン	問1	
	環境科学	問2	
	環境システム	問3	
	環境材料	問4	

平成30年8月22日(水)
13:00～15:30 実施

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(1) 以下の間に答えなさい。

塩化ナトリウム (NaCl) を例にとって、イオン結晶の結合エネルギーを概算してみよう。

距離 a にある一対の正負イオン (電荷は $\pm e$) を、その間の引力に逆らって無限遠まで引き離すのに必要なエネルギーは、 と表される。このようなイオン対が 1 モルあるとき、それらを引き離すのに必要なエネルギーは、 にアボガドロ定数をかければ良い。しかし、結晶のエネルギーは、このような種類のイオン対についてのみではなく、あらゆるイオン間の対についてのエネルギーの総和として考えなければならない。例えば、結晶中の一つのイオンに着目すると、NaCl 型結晶の場合、ある一つのイオンから近い順に、距離 a (最隣接) のところに 個の異符号のイオンがあり、 a の 倍の距離 (第二隣接) のところに 個の同符号のイオンがあり、そして、 a の 倍の距離 (第三隣接) のところに 個の異符号のイオンがあり、・・・と、正負の項が無限遠まで順次続き、これらを全て加えて計算に反映させなければならない。このような級数は 定数と呼ばれ、結晶構造ごとに数値が定まっている。ちなみに、NaCl 型構造の場合は、約 1.7476 である。

以上より、NaCl の 1 モルあたりの結合エネルギーは、 にアボガドロ定数をかけたものに、さらに 定数をかけることで概算できる。

- (a) (ア) に入る式を、 a 、 e 、 ϵ_0 を用いて表しなさい。ただし、 ϵ_0 は真空の誘電率とする。
- (b) (イ)、(ウ)、(エ)、(オ)、(カ) に入る数字を記しなさい。必要があれば、 $\sqrt{\quad}$ を用いて表すこと。
- (c) (キ) に入る言葉を、カタカナで記しなさい。
- (d) 上記のようにして求めた結果は、必ずしも実測値と一致しない。具体的には、計算結果のほうが 10%ほど実測値より大きくなるようである。なぜ、このような差が生じるのか。考えられる理由を 150 字程度で述べなさい。

以下に記入すること

(1)

(a)

(b) (イ)

(ウ)

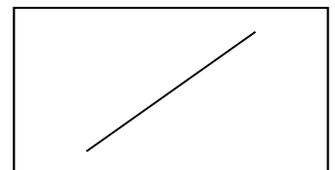
(エ)

(オ)

(カ)

(c) (キ)

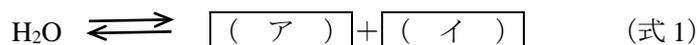
(d)



化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

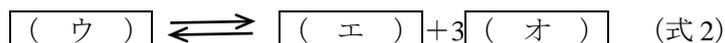
(2) 水溶液中における化学反応について、以下の文章に関する問に答えなさい。

水は極めてわずかであるがイオンに解離している。この化学反応式は以下の通りである。



上記反応式の右辺において、解離したイオン濃度の積を水の $\boxed{\text{(カ)}}$ と呼ぶ。25°C においてはこの値は $\boxed{\text{(キ)}}$ mol² dm⁻⁶ である。酸や塩基が溶解した水溶液でも、温度が一定であればこの関係が成り立っている。したがって、水溶液の酸性と塩基性の度合いは $\boxed{\text{(ア)}}$ の濃度の対数を用いて表され、これは $\boxed{\text{(ク)}}$ と呼ばれる。

これに類似した考え方は難溶性塩の溶解・析出反応にも適用できる。例えば、3価の鉄イオンに塩基を加えたときに生成する水酸化鉄の溶解反応は下記のように表される。



上記反応式の右辺において、溶解により生成したイオン濃度の積を溶解度積 K_{sp} と呼び、温度が一定であれば一定の値をとる。

(a) 空欄 $\boxed{\text{(ア)}}$ ~ $\boxed{\text{(オ)}}$ に入る化学種を、下記の例のように元素記号を用いて表しなさい。

例 : NaCl, Na⁺, Cl⁻

(b) $\boxed{\text{(カ)}}$ 、 $\boxed{\text{(ク)}}$ に入る用語と、 $\boxed{\text{(キ)}}$ に入る数値を記しなさい。

(c) (式 2) における溶解度積 K_{sp} を、 $\boxed{\text{(エ)}}$ 、 $\boxed{\text{(オ)}}$ の濃度を用いて表しなさい。なお、各化学種の濃度は下記の例のように角括弧を用いて表すものとする。

例 : [Na⁺], [Cl⁻]

(d) 2×10^{-3} mol dm⁻³ の 3 価の鉄イオンを含む 25°C の酸性溶液に水酸化ナトリウム溶液を少量ずつ滴下していく場合、水酸化鉄の沈殿生成が起こり始める $\boxed{\text{(ク)}}$ を求めなさい。ただし、25°C における (式 2) の反応の溶解度積を 2×10^{-39} mol⁴ dm⁻¹² とする。

(e) 水溶液の $\boxed{\text{(ク)}}$ を電気化学的に測定するガラス電極の原理について、以下の用語を全て用いて 100 字程度で説明しなさい。

(用語 : ガラス隔膜、内部液、試料溶液)

以下に記入すること

(2)

(a)

ア	イ
ウ	エ
オ	

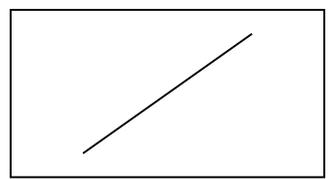
(b)

カ	キ
ク	

(c)

(d)

【裏面につづく】



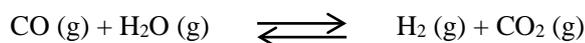
以下に記入すること

(e)

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(3) 以下の間に答えなさい。

一酸化炭素と水から水素ガスを得る反応について考える。



反応に関与する物質は全て理想気体として扱ってよいものとし、また 298 K での標準生成自由エネルギーは以下の値とする。

$$\text{H}_2 \text{ (g)} : 0 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{CO (g)} : -137 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{H}_2\text{O (g)} : -228 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{CO}_2 \text{ (g)} : -394 \text{ kJ/mol}$$

- (a) この反応の 298 K での標準自由エネルギー変化 ΔG° を求めなさい。
- (b) ある温度 T における平衡状態でのそれぞれの物質の分圧を、 P_{H_2} 、 $P_{\text{H}_2\text{O}}$ 、 P_{CO} 、 P_{CO_2} とする。これらの分圧を用いて圧平衡定数 K_p を求める式を書きなさい。
- (c) 圧平衡定数 K_p は、反応の標準自由エネルギー変化 ΔG° から計算することができる。両者の関係を示す式として適切なものを、以下の(i)~(iv)から選びなさい。また、その導出過程も示しなさい。ただし、 R は気体定数、 T は絶対温度とする。

$$(i) \Delta G^\circ = -RT \ln K_p$$

$$(ii) \Delta G^\circ = RT \ln K_p$$

$$(iii) K_p = -RT \ln \Delta G^\circ$$

$$(iv) K_p = RT \ln \Delta G^\circ$$

- (d) 共に 2.00 mol の一酸化炭素と水を密封容器に入れ、700 K で反応させ平衡に到達させたところ、全圧力は $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。この平衡状態における各成分の分圧とモル数を求めなさい。なお、この反応の 700 K での圧平衡定数は、 $K_p = 9.00$ であるとする。

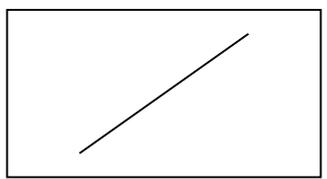
以下に記入すること

(3)

(a)

(b)

【裏面につづく】



以下に記入すること

(c)

以下に記入すること

(d)

環境・エネルギー工学専攻	第1志望 コース	環境工学 コース	受験 番号	
--------------	-------------	-------------	----------	--

令和2年度入学大学院前期課程

環境・エネルギー工学専攻 環境工学コース

基礎科目・専門科目 入試問題

【注意】

- ・ 指示があるまで問題解答用紙に触れないでください。
- ・ 下表の科目より、基礎科目1科目、専門科目1科目を選択して解答してください。
- ・ 解答開始後、解答する科目を下表の4列目に出題番号を書いて示してください。
- ・ 解答開始後、本紙および受験科目の問題解答用紙に第1志望コースと受験番号を必ず記入してください。また、受験科目の問題解答用紙に汚損や破損がないか確認してください。
- ・ 試験終了後、すべての問題解答用紙を回収します。
- ・ 体調不良で退室が必要な場合、トイレに行く必要がある場合、用紙の汚損、破損等があった場合、そのほか質問等がある場合は、挙手をして試験監督に知らせてください。

受験科目一覧

科目分類	科目名	出題番号	受験科目番号記入欄 (1～4の数字を記入)
基礎科目	数学	問1	
	物理	問2	
	化学	問3	
専門科目	共生環境デザイン	問1	
	環境科学	問2	
	環境システム	問3	
	環境材料	問4	

令和元年8月21日(水)
13:00～15:30 実施

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(1) 原子の電子配置に関する以下の問に答えなさい。

- (a) 原子中の電子の軌道は、主量子数 n 、方位量子数 l 、磁気量子数 m 、スピン量子数 M_s の 4 つの量子数によって決定づけられる。 n が 1、2、3 の値をとるとき、 l 、 m はどのような値を取り、またそれぞれどのような副殻 (1s、2s 軌道など) に対応するか、答えなさい。解答は解答欄の表中の (ア) ~ (コ) の括弧内【 】に書き込みなさい。なお同じ記号の部分は同じ数字が入る。

n	l	m	M_s	副殻名称
1	0	(ウ)	+1/2、-1/2	1s
2	(ア)	0	+1/2、-1/2	(ケ)
		(エ)	+1/2、-1/2	
		(オ)	+1/2、-1/2	
3	(ア)	(カ)	+1/2、-1/2	3p
		0	+1/2、-1/2	
		(エ)	+1/2、-1/2	
	(イ)	(キ)	+1/2、-1/2	(コ)
		(エ)	+1/2、-1/2	
		(オ)	+1/2、-1/2	
		(カ)	+1/2、-1/2	
		(ク)	+1/2、-1/2	

- (b) 上記の表に基づいた、原子における電子配置に関係した重要な原理・規則の一つに、パウリの禁制 (排他) 原理がある。パウリの禁制 (排他) 原理について、50~100 字程度で説明しなさい。
- (c) 基底状態において、上記の表中の 1s 軌道から 3s 軌道まで全ての軌道を電子が占有している元素の原子番号と元素記号を答えなさい。
- (d) (c)の元素の単体に希塩酸を加えると水素が発生する。このときの反応を化学反応式で答えなさい。
- (e) (c)の元素の単体に希塩酸を加えると水素が発生するが、銅や銀の単体に希塩酸を加えても水素は発生しない。これはなぜか、50 字程度で説明しなさい。

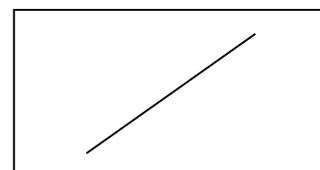
以下に記入すること

(1)

(a)

n	l	m	M_s	副殻名称
1	0	(ウ) 【 】	+1/2、 -1/2	1s
2	0	(ウ)	+1/2、 -1/2	2s
	(ア) 【 】	(エ) 【 】	+1/2、 -1/2	(ケ) 【 】
		(オ) 【 】	+1/2、 -1/2	
		(カ) 【 】	+1/2、 -1/2	
3	0	(ウ)	+1/2、 -1/2	3s
	(ア)	(エ)	+1/2、 -1/2	3p
		(オ)	+1/2、 -1/2	
		(カ)	+1/2、 -1/2	
	(イ) 【 】	(キ) 【 】	+1/2、 -1/2	(コ) 【 】
		(エ)	+1/2、 -1/2	
		(オ)	+1/2、 -1/2	
		(カ)	+1/2、 -1/2	
(ク) 【 】		+1/2、 -1/2		

【裏面につづく】



以下に記入すること

(b)

(c)

原子番号：

元素記号：

(d)

以下に記入すること

(e)

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(2) 以下の問に答えなさい。

- (a) 体心立方格子構造、面心立方格子構造、ダイヤモンド構造について、表 1 の空欄に入るべき数字もしくは元素名を解答欄に記入しなさい。

表 1 各結晶構造の特徴

	体心立方格子構造	面心立方格子構造	ダイヤモンド構造
最近接原子数	(ア)	(イ)	(ウ)
充填率 (注 1)	68 %	(エ) %	34 %
それぞれの構造をとる元素 (注 2)	(オ)	(カ)	(キ)

(注 1) 充填率は剛体球によって占有できる最大体積の単位格子体積に対する割合である。

(注 2) 室温、大気圧条件で安定に存在できる元素名を 1 つあげること。元素記号で示してもよい。

- (b) 基本単位格子ベクトル a, b, c をもつ結晶構造について、図 1 から図 3 にそれぞれ灰色で示された結晶面に相当する面指数 (hkl) を記入しなさい。

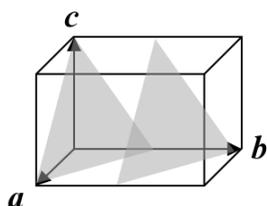


図 1

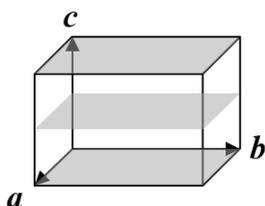


図 2

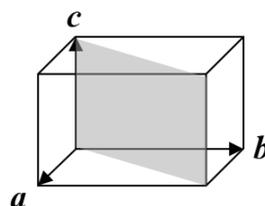


図 3

- (c) 物質に単一波長の X 線を用いて X 線回折測定を行ったところ、特定の結晶面からの回折ピークが観察された。面指数 (hkl) で表される結晶面からの散乱強度は、式(1)で表される結晶構造因子 F の二乗に比例する。 f_i は位置 $i(x_i, y_i, z_i)$ にある原子の原子散乱因子である。

$$F = \sum_i f_i \exp[2\pi i(hx_i + ky_i + lz_i)] \quad (1)$$

原子散乱因子を f として、体心立方格子構造の結晶構造因子 F を求めなさい。また回折ピークが観察されるとき h, k, l の条件を示しなさい。

以下に記入すること

(2)

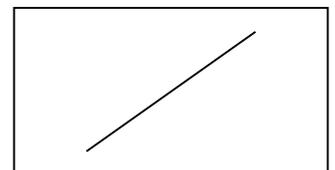
(a)

ア： _____ イ： _____ ウ： _____

エ： _____ %

オ： _____ カ： _____ キ： _____

【裏面につづく】



以下に記入すること

(b)

図 1 : $(hkl) = (\quad \quad \quad)$

図 2 : $(hkl) = (\quad \quad \quad)$

図 3 : $(hkl) = (\quad \quad \quad)$

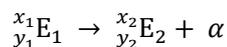
(c)

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(3) 以下の文章に関する問に答えなさい。

原子は物質を構成する基本的な単位で、正の電荷をもつ原子核と、それを取り巻く核外電子とによって構成される。原子核は (ア) と (イ) からなる。(ア) と (イ) は原子核を構成する粒子であり、両者を総称して (ウ) と呼ぶ。(ア) の数を Z 、(イ) の数を N であらわすとき、 $Z+N$ を (エ) と呼び、 A であらわす。原子が中性の場合、核外電子の数は Z と一致する。 Z と N の数が決まると原子の種類は一意に決まる。2 種以上の核種を比較する際、 Z の値が同じで N の値のみが異なる場合がある。これらの核種を (オ) と呼び、 x_yE といった表記法が用いられる。なお、 E は仮想の元素記号とする。(オ) の中には、不安定な原子核が放射線を放出することで、他の安定な核種へと変化するものも存在する。これらの核種は (カ) と呼ばれる。

- (a) 空欄 (ア) から (カ) に入る、適切な用語を答えなさい。
- (b) x_yE という表記法において、 x と y には Z 、 N 、 A のいずれかの数値が入る。それぞれにどの数値が入るかを答えなさい。
- (c) 下線部は、放射性壊変（あるいは放射性崩壊）と呼ばれる現象である。ある核種 E_1 が α 壊変し核種 E_2 が生成する以下の反応式について、 x_1 と x_2 、 y_1 と y_2 の関係を答えなさい。



- (d) (エ) が 14 の炭素原子が β^- 壊変した場合、どのような核種が生成するかを答えなさい。
- (e) 放射性壊変は、一次反応速度式に従うことが知られている。(d) の放射性壊変の半減期を $5.7 \times 10^3 \text{ year}$ とした場合、その壊変定数 λ を計算し求めなさい。ただし、 $\ln 2 = 0.69$ とし計算すること。
- (f) 実験室で (カ) を扱う場合について考える。 α 壊変、 β^- 壊変および γ 壊変により放出される放射線の遮蔽方法について、それぞれ 50 文字程度で説明しなさい。

以下に記入すること

(3)

(a)

ア	イ	ウ
エ	オ	カ

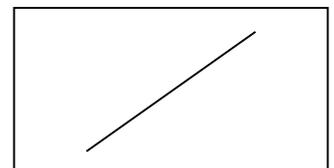
(b)

x	y
-----	-----

(c)

(d)

【裏面につづく】



以下に記入すること

(e)

以下に記入すること

(f)

α 壊変	
β^- 壊変	
γ 壊変	