

平成 17 年度入学者選抜学力検査問題

(前期日程)

化 学

[教育学部, 医学部]

(注 意)

- 1 問題紙は指示のあるまで開かないこと。
- 2 問題紙は本文 9 ページであり、答案用紙は 2 枚である。
- 3 答えはすべて答案用紙の指定のところに記入すること。
- 4 問題紙と下書き用紙は持ち帰ること。

解答にあたり、必要なら以下の数値を用いよ。

原子量 H 1.0, C 12.0, N 14.0, O 16.0, Al 27.0, Cl 35.5

ファラデー定数 9.65×10^4 C/mol

I 次の文章を読み、問1～問10に答えよ。

アルミニウムは原子番号が13で、13族に属する元素であり、3価の陽イオンになりやすい。その結晶格子では、単位格子となる立方体の各頂点と各面中央に原子が存在している。単体は冷水とは反応しないが、高温の水蒸気とは反応する。

アルミニウムの単体を得るためには、まず**鋳石**であるボーキサイトから純粋な酸化アルミニウムを分離することから始まる。これには、酸化アルミニウムは水酸化ナトリウム水溶液に溶けるが、不純物として含まれる酸化鉄やケイ酸塩は溶けない、という化学的性質を利用する。次に、融解した氷晶石(Na_3AlF_6)に酸化アルミニウムを溶かして電気分解する。アルミニウムの製錬には多大な電気エネルギーが費やされる。アルミニウムが電気の缶詰と言われるゆえんである。

アルミニウムは軽く、腐食しにくいいため、日用品や建築材料、航空機材料などに利用される。アルミニウムの合金であるジュラルミンは、約5%の **ア** を含む。**ア** は11族に属する元素で、単体は赤みをおびた軟らかい金属である。ふつう、実験室で一酸化窒素を製造するときには、**ア** とある希酸との 反応を利用する。アルミ缶もアルミニウムの合金であり、他の金属を数%含んでいる。アルミ缶の胴体部分には **イ** との合金が使われており、軟らかく粘りがある。**イ** は7族に属する元素で、化合物は酸化数で、+2、+4、+7といろいろの状態をとる。また、その酸化物の一つは酸化剤として乾電池に用いられている。一方、アルミ缶のふたの部分には、胴体部分よりも硬くするために **ウ** との合金が使われている。**ウ** はアルカリ土類金属とは性質が異なるが、2族に属する元素である。空気中で強熱すると、まばゆい光を出して燃える。また、還元力が強く、二酸化炭素中でも燃焼し、**ウ**の酸化物と黒色の生成物を与える。

アルミニウム製品のリサイクルは、原材料から生産するのに比べて、電気エネルギー

ギーの大きな節約になるという利点もある。ただし、アルミ缶のリサイクルの工程では、**イ** や **ウ** を除去する必要があり、**ウ** の除去には多量の **エ** が使われる。**エ** はハロゲンの単体であり、常温では黄緑色の気体で、刺激臭がある。微量の **エ** を検出する方法として、ヨウ化カリウムデンプン紙を用いる方法がある。

問 1 下線部(a)のイオンの電子数を記せ。

問 2 下線部(b)のような単位格子の名称を記せ。

問 3 下線部(c)を反応式で記せ。

問 4 下線部(d)を反応式で記せ。

問 5 **ア** ~ **エ** に適切な単体の化学式を記せ。

問 6 下線部(e)を反応式で記せ。

問 7 下線部(f)は何か。化学式で記せ。

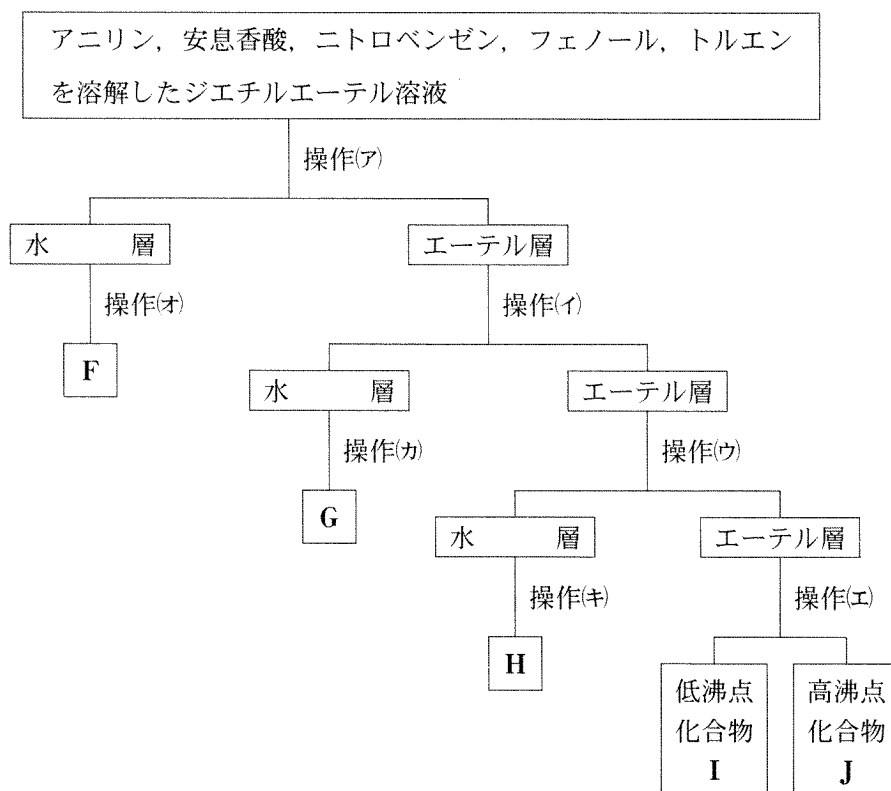
問 8 下線部(g)を反応式で記せ。

問 9 集気ビンに捕集した **エ** に少量の蒸留水を入れて、よく振って溶かした後、これに赤色と青色のリトマス紙を入れた。それぞれのリトマス紙の色の变化について述べよ。

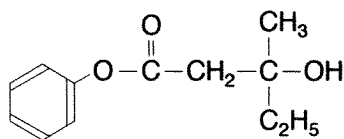
問10 家庭用品として使われているアルミニウムはくこの1巻の質量を測ったところ、270 gであった。この量のアルミニウムを酸化アルミニウムから電気分解で得る場合、必要な電気量は何Cか。答えは四捨五入により、有効数字3桁で求めよ。

II 芳香族化合物の反応と分離に関する次の(1)～(3)の文章を読み、問1～問4に答えよ。

- (1) *o*-キシレンを酸性条件下で過マンガン酸カリウムと穏やかに反応させると、⁽ⁱ⁾ 2価カルボン酸である化合物Aが生成した。Aを230℃付近で加熱したところ⁽ⁱⁱ⁾ 酸無水物である化合物Bが得られた。
- (2) ナトリウムフェノキシドの結晶に高温・高圧の条件で二酸化炭素を反応させたのち、希硫酸を加えて酸性にすると化合物Cが生成した。Cに無水酢酸を反応させると、解熱剤・鎮痛剤として用いられている化合物Dが生成し、Cに硫酸酸性⁽ⁱⁱⁱ⁾ 下でメタノールを反応させると化合物Eが生成した。
- (3) アニリン、安息香酸、ニトロベンゼン、フェノール、トルエンをジエチルエーテルに溶解した混合溶液がある。この混合溶液から下の図に示す操作により、各化合物を分離した。



問 1 化合物 A～E の構造式を下図の例にならって記せ。



問 2 下線部(i)～(iii)の反応として最も適切なものを、以下の(a)～(g)の中から1つ
選び記号で記せ。

- (a) 還元 (b) エステル化 (c) 加水分解 (d) 重合
(e) 酸化 (f) アセチル化 (g) 分子内での脱水

問 3 (ア)～(キ)の操作として最も適切なものを、以下の(a)～(j)の中から1つ選び記
号で記せ。ただし、各記号の使用は一度のみとする。

- (a) 水酸化ナトリウム水溶液を加え、よく振ったのち静置する。
(b) 希塩酸を加え、よく振ったのち静置する。
(c) 塩化ナトリウム水溶液を加え、よく振ったのち静置する。
(d) 炭酸水素ナトリウム水溶液を加え、よく振ったのち静置する。
(e) 蒸留する。
(f) 昇華させる。
(g) 水酸化ナトリウム水溶液を加え、遊離してくる化合物を単離する。
(h) 希塩酸を加え、遊離してくる化合物を単離する。
(i) 塩化ナトリウム水溶液を加え、遊離してくる化合物を単離する。
(j) 二酸化炭素を吹き込み、遊離してくる化合物を単離する。

問 4 アニリン、安息香酸、ニトロベンゼン、フェノール、トルエンの中から、
化合物 F～J にあてはまるものを1つ選び、その構造式を問 1 の例にならっ
て記せ。

Ⅲ 次の文章はボルタ電池と鉛蓄電池に関するものである。□ に適切な語句を、[]には化学式または反応式を記せ。さらに【 】では、最も適したものを一つだけ選んで、その語句または化学式を記せ。

A. ボルタ電池の構造は次のようになっている。ここで aq は水溶液を表す。



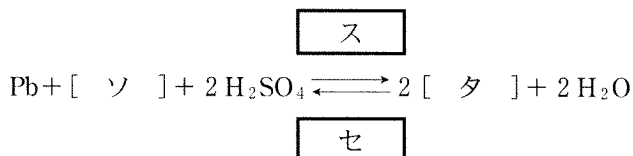
この電池の正極は【ア 亜鉛，銅】である。放電が始まると【イ 正極，負極】から気体 □ が発生する。正極および負極で起こっている変化を e^- を用いた反応式で表せば、それぞれ [エ]，[オ] のようになる。

この電池をしばらく使っていると起電力が落ちてくる。それは【カ 正極，負極】の表面に □ が付着して電気が流れにくくなり、同時に □ がイオン化するからである。これを電池の □ という。これを防ぐには希硫酸中に少量の【ケ CH_3COOH ， NaOH ， H_2O_2 ， ZnSO_4 ， CuSO_4 ， H_2SO_4 】の水溶液を加えればよい。このような物質を電池の □ という。

B. 鉛蓄電池では、 Pb と PbO_2 が両極を構成し、希硫酸の中にひたっている。これを上記ボルタ電池と同様の表現で記せば [サ] のようになる。このうち正極は【シ Pb ， PbO_2 】である。

鉛蓄電池は充電可能で、その酸化還元反応式は以下のとおりである。ただし、

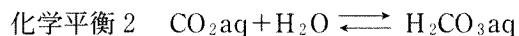
□ ， □ には放電または充電の語句が入る。



C. 鉛蓄電池は充電が可能だが，ボルタ電池は不可能である。前者を ，
後者を という。

Ⅳ 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

人間の血液のpHは、ほぼ7.4に保たれている。肺におけるCO₂の排出が、血液のpHを一定に維持するために重要な役割を果たしている。CO₂排出の影響は、平衡移動の原理(ルシャトリエの原理)にもとづいて考察することができる。血液のpHとCO₂排出との関係を考察するために必要な化学平衡は、以下の化学反応式で表される。



なお、上の化学反応式の中で化合物を表す化学式の後aqは化合物が水中に溶けていることを表し、化学平衡1を表す化学反応式の左辺にあるaqは大量の水を表す。また、血液のpHが正常の値である7.4に近いときはCO₃²⁻の濃度が低く、化学平衡4の影響はほとんど無視できる。

激しい運動をおこなうと筋肉で乳酸が生じる。乳酸から電離したH⁺が血液に加えられることによって、化学平衡3の反応は 。同様のことが化学平衡2と化学平衡1でもおこり、肺の中の空気に含まれるCO₂の割合は 。この空気は、呼気として肺からはき出される。これらのことがおこることにより、血液中のH⁺の濃度は 、血液のpHは 。また、肺の機能障害などがおこると呼気の排出が妨げられ、肺の中の空気に含まれるCO₂の割合が増加する。この結果、化学平衡1の反応は 。同様のことが化学平衡2と化学平衡3でもおこることによって、血液中のH⁺の濃度は 、血液のpHは 。

問 1 化学平衡 1～化学平衡 3 は、それぞれどのようなことに対応しているか、次の(a)～(f)の中から 1 つ選び、その記号を記せ。

- (a) 体内でグルコースから生成した二酸化炭素が、血液に溶解する。
- (b) 血液に溶解していた二酸化炭素が、肺で呼気中に排出される。
- (c) 炭酸が、水和した二酸化炭素と水とに分解される。
- (d) 二酸化炭素が加水分解し、炭酸が生成する。
- (e) 炭酸水素イオンが、酸として働く。
- (f) 炭酸水素イオンが、塩基として働く。

問 2 CO_2 は非極性分子である。この原因として適切なものを次の(a)～(e)の中から 2 つ選び、その記号を記せ。

- (a) 炭素と酸素の電気陰性度が、ほぼ等しい。
- (b) 炭素の電気陰性度が、酸素の電気陰性度より小さい。
- (c) 分子のなかで原子が、酸素、炭素、酸素の順番で結合している。
- (d) 炭素と酸素とが二重結合で結合している。
- (e) 分子の形が直線状である。

問 3 化学平衡 2 の化学反応式で表される反応には、赤血球の中にある炭酸脱水酵素が触媒として働いている。この酵素の触媒としての作用について述べた次の文章のうち、正しいものに○、誤っているものに×をつけよ。

- (a) 酵素の作用で、化学平衡 2 の正反応が吸熱反応から発熱反応に変わるため、 H_2CO_3 の生成量が増加する。
- (b) CO_2 と H_2O が酵素に結合し、これらの熱運動が抑えられるため、反応速度が低下する。
- (c) 酵素の作用で反応の経路が変わるため、反応の活性化エネルギーが低下し、反応速度が増加する。
- (d) 酵素の作用で別の反応がおこるため、平衡定数が変化し、 H_2CO_3 の生成量が増加する。

問 4 血液の pH が 7.4 であるとき H_2CO_3 , HCO_3^- , CO_3^{2-} がどのような比率で存在しているかを知るため, $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ を基準にした 2 種類の比率, $[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$ と $[\text{CO}_3^{2-}]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$ とを求め, 有効数字 2 けたで記せ。ただし, $[\text{H}_2\text{CO}_3]$, $[\text{HCO}_3^-]$, $[\text{CO}_3^{2-}]$ は, それぞれ H_2CO_3 , HCO_3^- , CO_3^{2-} の濃度を表す。化学平衡 3, 化学平衡 4 の平衡定数は, それぞれ $4.5 \times 10^{-7} \text{ mol/l}$, $4.7 \times 10^{-11} \text{ mol/l}$ とする。必要があれば $10^{0.2} = 1.58$, $10^{0.3} = 2.00$ を使うこと。

問 5 文章中の ア ~ キ にあてはまる言葉を, 次の(a)~(c)の中からそれぞれ選び, その記号を記せ。

ア : (a) 正反応の向きに進む (b) 逆反応の向きに進む
(c) どちらにも進まない

イ : (a) 増加する (b) 減少する (c) ほとんど変化しない

ウ : (a) 増加し (b) 減少し (c) ほとんど変化せず

エ : (a) 増加する (b) 減少する (c) ほとんど変化しない

オ : (a) 正反応の向きに進む (b) 逆反応の向きに進む
(c) どちらにも進まない

カ : (a) 増加し (b) 減少し (c) ほとんど変化せず

キ : (a) 増加する (b) 減少する (c) ほとんど変化しない