

平成 28 年度入学者選抜学力検査問題

- 13 時 00 分 — 14 時 30 分 **地域デザイン科学部志願者** (社会基盤デザイン学科を志願した者)
- 13 時 00 分 — 14 時 30 分 **工学部志願者** (機械システム工学科・電気電子工学科・情報工学科を志願した者)
- 13 時 00 分 — 15 時 30 分 **工学部志願者** (応用化学科を志願した者)
- 13 時 00 分 — 14 時 30 分 **農学部志願者** (生物資源科学科・森林科学科を志願した者)

**理 科** (本文 29 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. この問題冊子には、「物理 1 頁～7 頁(4 問題)」、「化学 8 頁～21 頁(4 問題)」、「生物 22 頁～29 頁(3 問題)」の 3 科目の問題がある。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつた場合は、申し出ること。
4. 解答は、必ず解答用紙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。
5. **地域デザイン科学部**「社会基盤デザイン学科」の志願者は、物理の第 1 問～第 4 問を解答すること。
6. **工学部**「機械システム工学科・電気電子工学科・情報工学科」の志願者は、物理の第 1 問～第 4 問を解答すること。「応用化学科」の志願者は、化学の第 1 問～第 4 問を解答すること。
7. **農学部**「生物資源科学科」の志願者は、届け出た 1 科目を選択し、化学は第 1 問～第 2 問を、生物は第 1 問～第 3 問を解答すること。「森林科学科」の志願者は、届け出た 1 科目を選択し、物理は第 1 問～第 3 問を、化学は第 1 問～第 2 問を、生物は第 1 問～第 3 問を解答すること。
8. 問題または解答用紙に指示がある場合は、必ず計算過程も記入すること。
9. 計算用紙は別に配付しないので、問題冊子の余白を使うこと。

化学 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。

17 ページ「第 3 問」 問 3 (5) の 1 行目を次のとおり訂正する。

【誤】 質量 [g] 求めよ。

【正】 質量 [g] を 求めよ。

化学 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。

20 ページ「第 4 問」 問2 操作 I の 5 行目を次のとおり訂正する。

【誤】 すべて 333K の …

【正】 すべて 容器内部 と同じ 333K の …

# 化 学

(答えは解答用紙の所定欄に記入せよ。)

第1問から第4問について、必要があれば、次の数値を使うこと。

原子量  $H = 1.0$ ,  $C = 12.0$ ,  $N = 14.0$ ,  $O = 16.0$ ,  $Na = 23.0$ ,  $Al = 27.0$ ,

$Si = 28.0$ ,  $S = 32.0$ ,  $K = 39.0$ ,  $Ca = 40.0$

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** 次の文章を読んで、以下の問い(問1～問7)に答えよ。

地殻を構成する元素の中で、その質量比が高い元素は、酸素、ケイ素、アルミニウムである。

酸素は、反応性に富み、ほとんどの元素と化合して酸化物となる。例えば、第3周期に属する元素であるナトリウム、マグネシウム、アルミニウム、ケイ素、ア、硫黄、塩素は、すべて酸素と化合物をつくる。ナトリウムやマグネシウムの酸化物は、水と反応すると水酸化物を、酸と反応すると塩を生じるため、イ酸化物と呼ばれる。一方、水と反応して酸を、塩基と反応して塩を生じる酸化物は、ウ酸化物と呼ばれる。ウ酸化物と水との反応で生じる酸の多くは、オキソ酸である。塩素のオキソ酸は4種類( $\text{HClO}_n$ ,  $n$ は1～4の整数)ある。

ケイ素は、コンピュータの部品や太陽電池などの材料に利用されているが、自然界では酸化物として存在する。ケイ素の単体を得るには、二酸化ケイ素を電気炉中で溶解し、炭素を用いて還元する。また、二酸化ケイ素は、ウ酸化物であるので、水酸化ナトリウムを加えて加熱すると溶解し、塩を生じる。この

塩に水を加えて加熱すると、無色透明で粘性の大きな液体が得られ、⑤ 続いてその水溶液に塩酸を加え加熱して脱水すると、白色の物質が生成する。

アルミニウムの酸化物である酸化アルミニウムは、水には溶解しないが、⑥ 酸とも強塩基とも反応して塩を生じる。また、硫酸アルミニウム水溶液と硫酸カリウム水溶液の混合溶液を濃縮して作られる化合物は、食品添加物などとして用いられ、⑦  と呼ばれる。 は、複塩であり、結晶中に水分子を水和水として含んでいる。

問 1  ,  ,  および  にあてはまる用語を記せ。

問 2 下線部①について、以下の問い(1)および(2)に答えよ。

(1) 酸化ナトリウムと水との反応を、化学反応式で記せ。

(2) 酸化マグネシウムと塩酸との反応を、化学反応式で記せ。

問 3 下線部②について、以下の問い(1)および(2)に答えよ。

(1) 酸性が最も強いものは、 $n$  がいくつのものか、答えよ。また、その化合物の名称を記せ。

(2) 漂白剤や殺菌剤として用いられ、酸化力の強いものとして知られているものは、 $n$  がいくつのものか、答えよ。また、その化合物の名称を記せ。

問 4 下線部③について、以下の問い(1)および(2)に答えよ。

- (1) ケイ素の単体を 52.0 g 得たい。必要な炭素の質量 [g] を求めよ。なお、計算過程も記せ。ただし、反応後の炭素は、すべて一酸化炭素になるものとし、ケイ素と炭素の化合物は生成しないものとする。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) 下線部③の化学反応におけるケイ素の酸化数の変化を記せ。

問 5 下線部④および⑤について、以下の問い(1)~(3)に答えよ。

- (1) 二酸化ケイ素と水酸化ナトリウムとの反応を、化学反応式で記せ。
- (2) 無色透明で粘性の大きな液体および白色の物質の名称を記せ。
- (3) 白色の物質の構造的な特徴とその特徴にもとづく用途を記せ。

問 6 下線部⑥について、以下の問い(1)~(3)に答えよ。

- (1) 酸化アルミニウムと塩酸との反応が進み、酸化アルミニウムが完全に溶解した後、その水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えてゆくと、白色の沈殿が生じた。この沈殿の化学式を記せ。
- (2) この白色沈殿に、水酸化ナトリウム水溶液を過剰に加えると、その沈殿は溶解したが、アンモニア水溶液を過剰に加えても、沈殿に変化はなかった。この現象は、塩基性の強さによるもので、塩基の電離度に関係する。  
アンモニア水溶液の電離平衡を表す式を記せ。また、アンモニアの電離定数  $K_b$  を表す式を記せ。

- (3) 0.20 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液の pH, および 0.20 mol/L アンモニア水溶液の pH 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。必要があれば, 次の数値を使うこと。

$$\text{水のイオン積 } K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2,$$

$$\text{アンモニアの電離定数 } K_b = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L},$$

$$\log_{10} 2 = 0.30, \log_{10} 5 = 0.70, \sqrt{2} = 1.4, \log_{10} 1.4 = 0.15$$

- 問 7 下線部⑦の  を 160.0 mg はかり取り, 温度を上げながら質量変化を調べたところ, 約 50 °C から質量は減少し, 350 °C になると水和水がすべてなくなり, 質量は 86.0 mg になった。  1 mol 当たりの水和水の物質量 [mol] 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。

**第2問** 次の文章を読んで、以下の問い(問1～問9)に答えよ。

炭素、水素、酸素のみからなり、炭素数が10個でかつ環状構造を持たない化合物Aがある。化合物Aの構造を決定するために、以下の実験1～実験7を行った。なお、実験2～実験7の反応系統図を図2—1に示す。

実験1 化合物A(12.0 mg)を完全燃焼させたところ、二酸化炭素31.4 mgと水10.3 mgを生じた。

実験2 化合物Aを加水分解したところ、化合物BとCが得られた。

実験3 化合物Bと炭酸水素ナトリウム水溶液を反応させたところ、気体①が発生した。

実験4 濃硫酸を触媒に用いて化合物Cを脱水したところ、無色の液体である化合物Dが得られた。この化合物Dを付加重合させたところ、ポリイソブレンが得られた。

実験5 化合物Cと金属ナトリウムを反応させたところ、気体②が発生した。

実験6 白金などの金属触媒を用いて化合物Bおよび化合物Cをそれぞれ水素と反応させた。化合物Bからは化合物Eが生成し、化合物Cからは化合物Fが生成した。なお、図2—1に構造式を示した化合物F(50.0 g)を得るのに、27℃、 $1.0 \times 10^5$  Paで14.2 Lの水素を消費した。

実験7 化合物Fを適当な酸化剤を用いて十分に酸化させると化合物Eが得られた。

問1 化合物Aの組成式と分子式を答えよ。なお、計算過程も記せ。

問2 化合物A、B、Cの一般名を答えよ。例：エーテル、アルデヒド等

問3 気体①および②の物質名を答えよ。

問4 実験6の結果から、化合物Cの分子式を答えよ。なお、計算過程も記せ。



問 5 化合物 B, D, E の分子式を答えよ。

問 6 化合物 B と C はどちらも不斉炭素原子を持つ。化合物 B, C, D, E の構造式を答えよ。

問 7 いま、化合物 F と同じ分子式の化合物 G がある。化合物 G もアルコールであるが、実験 7 と同様の酸化反応を試みても反応しない。このことから化合物 G の構造式を記せ。また、化合物 F と化合物 G の関係を何と呼ぶか答えよ。

問 8 ポリイソプレンは、ある同じ構造が繰り返されている物質として表すことができる。その繰り返し部分の構造式を記せ。なお、解答欄の  $n$  は重合度である。

問 9 化合物 A の構造式を答えよ。

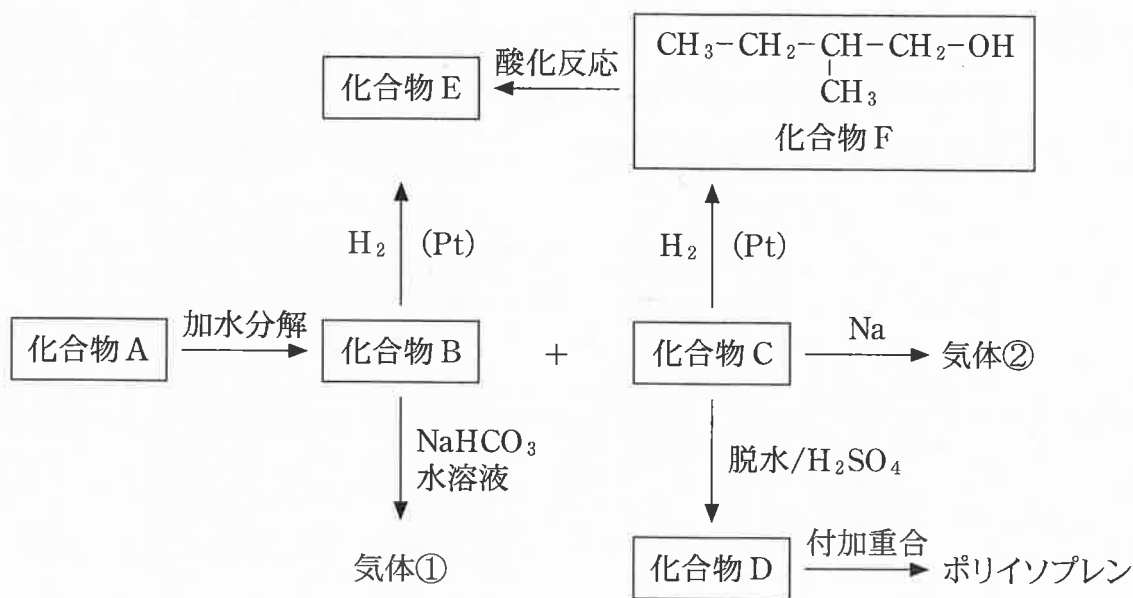


図 2—1 実験 2 ~ 実験 7 の反応系統図

**第3問** 二酸化炭素に関する以下の問い(問1～問3)に答えよ。

問1 二酸化炭素は温室効果ガスの一つである。日本の2013年の二酸化炭素排出量は13.1億t(1tは1000kg)と推定されている。石油に含まれる元素の重量比を、炭素：水素：酸素：窒素：硫黄＝8.00：1.00：0.40：0.10：0.50として以下の問い(1)および(2)に答えよ。

- (1) 石油1.00億tを完全燃焼させたときに排出される二酸化炭素〔億t〕を求めよ。なお、化学反応式と、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) 日本の年間排出量の二酸化炭素がすべて石油の消費で発生したと仮定した場合の石油の体積〔億 $\text{m}^3$ 〕を求めよ。ただし、石油の密度を $0.80\text{ g/cm}^3$ と仮定せよ。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。

問2 物質がある温度や圧力でどのような状態にあるかを表した図を状態図(または相図)という。二酸化炭素の状態図を図3—1に示す。この図に関連する以下の問い(1)～(3)に答えよ。

- (1) 図3—1中の  ,  ,  に当てはまる語句として固体、液体、気体のいずれかを解答欄に記せ。また、 に当てはまる語句を解答欄に記せ。
- (2) 大気中の二酸化炭素を削減する方法の一つとして、1000mより深い石油掘削後の安定地層や海底に貯留する方法が提案されている。この方法の利点を100字以内で説明せよ。

- (3) 温度  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5\text{ Pa}$  の二酸化炭素を、深さ  $3000\text{ m}$ 、水温  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  の海底に貯留した場合、図 3—1 の状態図上で、どこからどこまで移動したことになるか。解答欄の図の中に始点(○)と終点(●)を示せ。ただし、○と●の大きさは臨界点を示す●と同程度とする。また、深さにかかわらず海水の密度を  $1000\text{ kg/m}^3$ 、 $1\text{ kg}$  の質量に作用する重力を  $10\text{ N}$  とする。

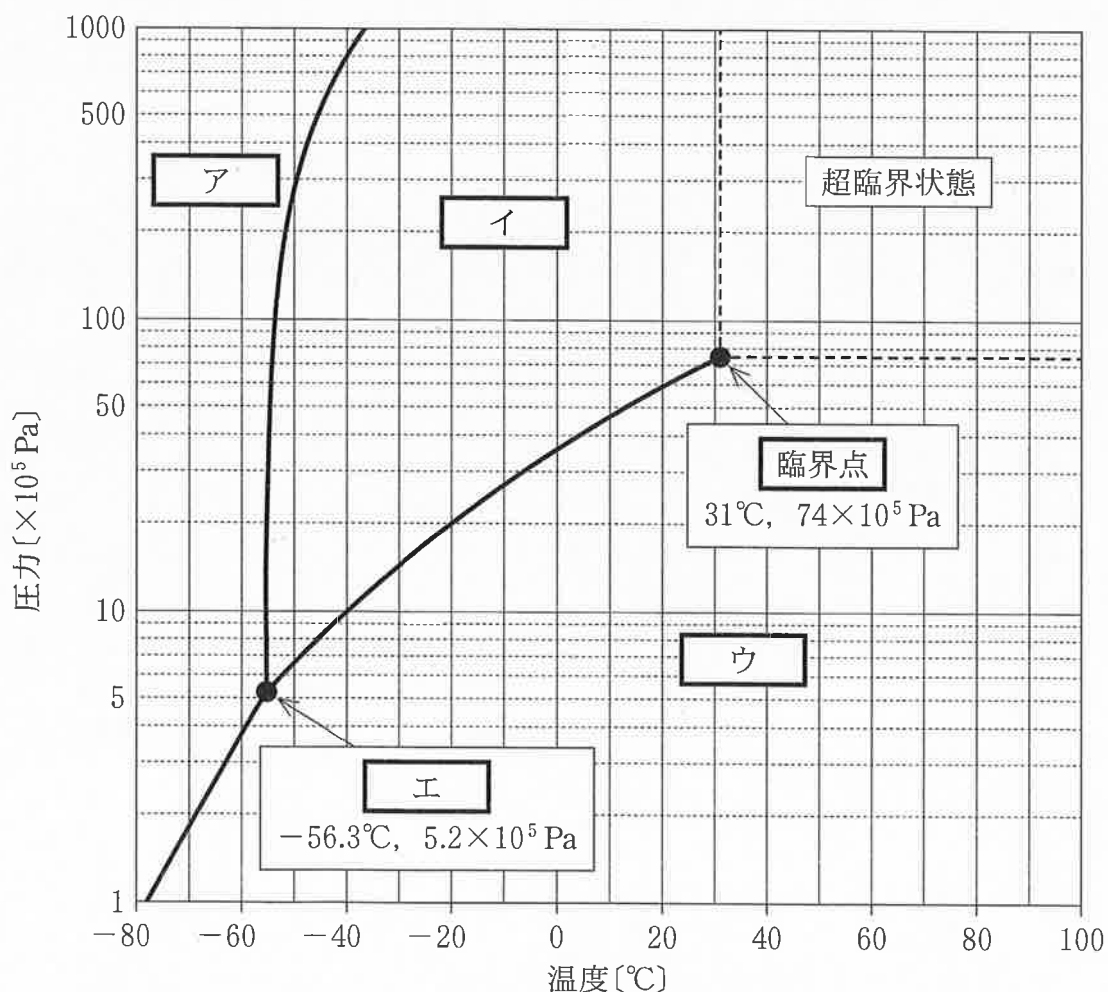
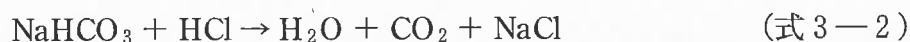


図 3—1 二酸化炭素の状態図(相図)

問 3 二酸化炭素は、水酸化ナトリウム水溶液で吸収すると、炭酸ナトリウムとして回収することができる。次の文章を読んで、以下の問い(1)~(5)に答えよ。

炭酸ナトリウムを塩酸で中和すると、次のように2段階の反応が進行する。



6.36 g の炭酸ナトリウムを水に溶かして 200 mL の溶液 A を作った。この溶液 A から 10.0 mL をとり、0.200 mol/L の塩酸を用いて滴定した。1回目(式 3—1)の中和点における水溶液の pH は 8.5 程度となり、2回目(式 3—2)の中和点の pH は 3.5 程度となった。

次に、水酸化ナトリウム水溶液に二酸化炭素を吸収させて、炭酸ナトリウムとして回収することを試み、水和水を含まない試料 B を得た。この試料 B を 0.320 g とり、水に溶かして上述の実験とほぼ同じ濃度の溶液とし、同様に 0.200 mol/L の塩酸を用いて滴定した。滴定開始時における溶液の pH は、上述の実験における滴定開始時のそれよりやや低い値を示した。また、式 3—1 および式 3—2 の中和反応に要する塩酸の体積には 2.50 mL の差が見られた。

- (1) 炭酸ナトリウムを水に溶かすと塩基性を示す。この理由を化学反応式で示し、60 字以内で説明せよ。
- (2) 中和滴定を行うためのガラス器具の名称を記せ。また、器具の特徴的な部分を示して、その概形を描け。

- (3) 1回目と2回目の中和点に対応する適切なpH指示薬の名称とその色の変化を記せ。
- (4) 炭酸ナトリウム水溶液A, 10.0 mLを, 式3-1および3-2に従って中和するのに要する塩酸(0.200 mol/L)の体積の和[mL]を求めよ。なお, 計算過程を記せ。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。
- (5) 試料B 100 g中に含まれる炭酸ナトリウムの質量[g]求めよ。なお, 計算過程を記せ。解答は, 小数点以下1桁を四捨五入して整数で示せ。

#### 第4問 次の問い(問1 および問2)に答えよ。

問1 燃料電池に関する次の文章を読んで、以下の問い(1)~(6)に答えよ。

図4—1に水素-酸素燃料電池の模式図を示す。この燃料電池は、白金等を含む2枚の電極で仕切られた間にリン酸水溶液が入っている構造をしており、電極Aに水素を、電極Bに酸素をそれぞれ供給して用いる。

燃料電池用の水素を生成するために、メタノールと水を蒸気にして反応させ、水素と二酸化炭素のみに変換する方法を利用することができる。このため、以下の操作を行った。

体積一定の反応容器を真空にした後、同じ物質のメタノールと水を容器内に入れ密閉した。すべて蒸気となるまで反応容器の温度を上げて一定に保ち、触媒を用いて反応を開始すると、反応の進行とともに水素と二酸化炭素が生成して、反応容器内の圧力が表4—1に示すように増大した。このとき、反応開始から10分までの水素の生成速度は $5.1 \times 10^{-3} \text{ mol/min}$ であった。

次に、この生成速度と同じ供給速度で水素を燃料電池の電極Aに導入し、電極Bには十分な酸素を供給して両極を外部回路につないだところ、10.5 Wの電力が得られた。ただし、 $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ である。

- (1) 電極Aおよび電極Bで起こる反応を、電子( $e^-$ )を用いたイオン反応式で記せ。
- (2) 下線部の化学反応式を記せ。
- (3) 反応開始から10分後までに生成した二酸化炭素の物質質量[mol]を求めよ。なお、すべての物質は理想気体として振る舞うものとし、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。

- (4) 反応に用いたメタノールの物質量 [mol] を求めよ。なお、すべての物質は理想気体として振る舞うものとし、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) 容器内の単位時間あたりの圧力増加の割合が時間とともに減少している理由を 40 字以内で述べよ。
- (6) この燃料電池は水素燃焼熱の何% を電気エネルギーに変換したかを求めよ。なお、水素の燃焼熱を  $286 \text{ kJ/mol}$  とし、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。

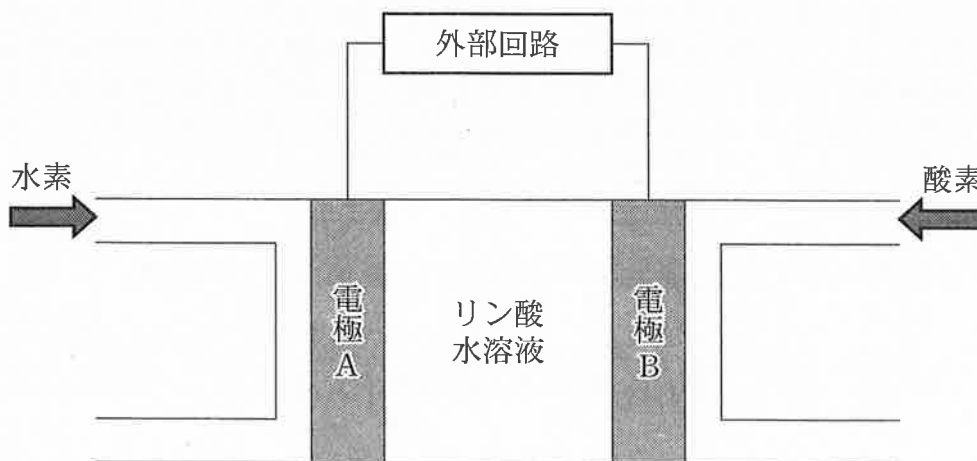


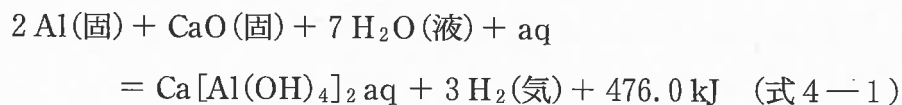
図 4-1 水素-酸素燃料電池の模式図

表 4-1 反応の進行に伴う容器内の圧力変化

時間 [min]	0	10	20	30
圧力 [Pa]	$1.02 \times 10^5$	$1.26 \times 10^5$	$1.43 \times 10^5$	$1.57 \times 10^5$

問 2 次の文章を読んで、以下の問い(1)~(5)に答えよ。

粉末アルミニウムと酸化カルシウムと水を反応させると大量の熱が発生する。これは、式 4—1 に示す熱化学方程式に関係した現象である。



この現象を利用して氷を加熱するために、内容積可変の容器(図 4—2)を用いて以下の操作を行った。この容器は、大気に開放された可動壁および容器内部に突き出た伝熱部を有する。なお、容器下部にはコックが接続しており、容器内部の圧力は大気圧( $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ )と等しく保たれ、容器内部と伝熱部とでは容易に熱の出入りが可能である。

操作 I : 伝熱部に 273 K の氷( $\text{H}_2\text{O(固)}$ ) 36.0 g を入れた。容器内部に、Al(固) 10.8 g, CaO(固) 5.6 g を封入し真空とし、コックを通じて容器内部に  $\text{H}_2\text{O(液)}$  90.0 g を加えてコックを閉じた。その後、容器内部の CaO(固) はすべて反応し、発生した熱により伝熱部の  $\text{H}_2\text{O(固)}$  はすべて 333 K の  $\text{H}_2\text{O(液)}$  となった。なお、容器内部では式 4—1 以外の反応は起こらなかった。

操作 II : 操作 I が終了した後、コックを開き容器内部に存在する液体のうち 45.0 g を排出してコックを閉じた。なお、操作 II における容器内部の温度は 333 K であった。

- (1) 操作 I において、伝熱部の 273 K の氷( $\text{H}_2\text{O(固)}$ ) が 333 K の  $\text{H}_2\text{O(液)}$  になるのに必要な熱量 [kJ] 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。ただし、氷の融解熱は  $6.0 \text{ kJ/mol}$ 、水の比熱は  $4.2 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$  とし、伝熱部における水の蒸発は無視できるものとする。



- (2) 操作 I の反応前後で容器内部に存在している化合物の物質質量 [mol] 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) 操作 I の反応における発熱量 [kJ] 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。
- (4) 操作 I 終了時における、容器内部の気体部分の体積 [L] 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。ただし、333 K における水の飽和蒸気圧は  $0.2 \times 10^5$  Pa とし、溶質による蒸気圧への影響は無いものとする。また、気体の溶液への溶解は無視できるものとする。
- (5) 容器内部の気体部分の体積は、操作 II の前後でどのように変化するか答えよ。また、その理由を 50 字以内で説明せよ。

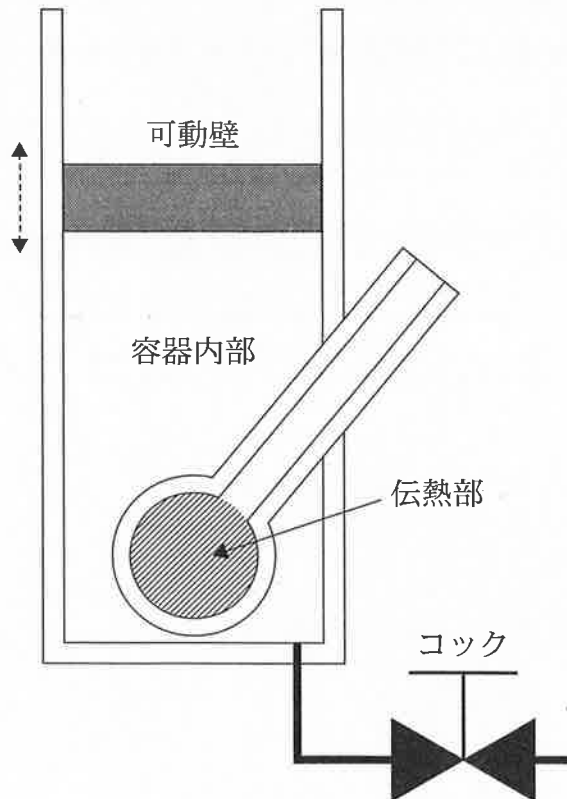


図 4—2 内容積可変の容器