

化 学 基 礎

(解答番号 ~)

必要があれば、原子量は次の値を使うこと。

H 1.0

C 12

N 14

O 16

Ar 40

第 1 問 次の問い(問 1 ~10)に答えよ。(配点 30)

問 1 単体が常温・常圧で気体である元素はどれか。最も適当なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。

① リチウム

② ベリリウム

③ 塩 素

④ ヨウ素

問 2 第 4 周期までの典型元素に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。

① アルカリ金属元素は、炎色反応により互いを区別することができる。

② 2 族元素の原子は、2 個の価電子をもつ。

③ 17 族元素は、原子番号の小さい元素ほど電気陰性度が大きい。

④ 貴ガス(希ガス)元素の原子は、8 個の最外殻電子をもつ。

問 3 次の記述ア～ウのうち、物質の状態変化(三態間の変化)が含まれている記述はどれか。すべてを正しく選択しているものとして最も適当なものを、後の①～⑦のうちから一つ選べ。 3

ア 海水を蒸留して淡水を得た。

イ 降ってきた雪を手で受けとめると、水になった。

ウ ドライアイスの塊^{かたまり}を室温で放置すると、小さくなった。

- | | | | |
|--------|--------|-----------|--------|
| ① ア | ② イ | ③ ウ | ④ ア, イ |
| ⑤ ア, ウ | ⑥ イ, ウ | ⑦ ア, イ, ウ | |

問 4 化学電池に関する記述として正しいものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

- ① 二次電池は、充電により繰り返し利用できる電池である。
- ② 燃料電池は、燃料の燃焼により生じる高温気体を利用して発電する電池である。
- ③ 電子が流れ込んで酸化反応が起こる電極を正極という。
- ④ 鉛蓄電池の電解質には、希硝酸が使われている。

問 5 ケイ素と二酸化ケイ素に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

- ① ケイ素の結晶は、ダイヤモンドの炭素原子と同じように、ケイ素原子が正四面体構造を形成しながら配列している。
- ② ケイ素は、金属元素ではない。
- ③ 二酸化ケイ素の結晶は、半導体の性質を示す。
- ④ 二酸化ケイ素の結晶では、ケイ素原子と酸素原子が交互に共有結合している。

化学基礎

問 6 純物質の気体が、常温・常圧で容器に詰められている。この気体は、酸素 O_2 、窒素 N_2 、アンモニア NH_3 、アルゴン Ar のいずれかである。この気体には、次の記述ア～ウの性質がある。この気体として最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。 6

ア 無色・無臭である。

イ 容器の中に火のついた線香を入れると、火が消える。

ウ 密度は、同じ温度・圧力の空気と比べて大きい。

① O_2

② N_2

③ NH_3

④ Ar

問 7 メタン CH_4 を完全燃焼させたところ、18 g の水 H_2O が生成した。このとき、生成した二酸化炭素 CO_2 は何 g か。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 7 g

① 9.0

② 22

③ 33

④ 44

⑤ 88

問 8 酸と塩基，および酸性と塩基性に関する記述として，誤りを含むものはどれか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 8

- ① 水は反応する相手によって酸としてはたいたり，塩基としてはたいたりする。
- ② 酸の価数および物質量が同じ強酸と弱酸では，過不足なく中和するのに必要な塩基の物質量は強酸の方が多くなる。
- ③ 水素イオン濃度を用いると，水溶液のもつ酸性や塩基性の強さを表すことができる。
- ④ 酸の水溶液を水でいくら薄めても，25℃ではpHの値は7より大きくなることはない。

問 9 下線を付した原子の酸化数を比べたとき，酸化数が最も大きいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 9

- ① $\underline{\text{S}}\text{O}_4^{2-}$ ② $\text{H}\underline{\text{N}}\text{O}_3$ ③ $\underline{\text{Mn}}\text{O}_2$ ④ $\underline{\text{N}}\text{H}_4^+$

化学基礎

問10 純物質の気体アとイからなる混合気体について、混合気体中のアの物質量の割合と混合気体のモル質量の関係を図1に示した。0℃、 1.0×10^5 Pa の条件で密閉容器にアを封入したとき、アの質量は0.64 gであった。次に、アとイをある割合で混合し、同じ温度・圧力条件で同じ体積の密閉容器に封入したとき、混合気体の質量は1.36 gであった。この混合気体に含まれるアの物質量の割合は何%か。最も適当な数値を、後の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、アとイは反応しないものとする。

10

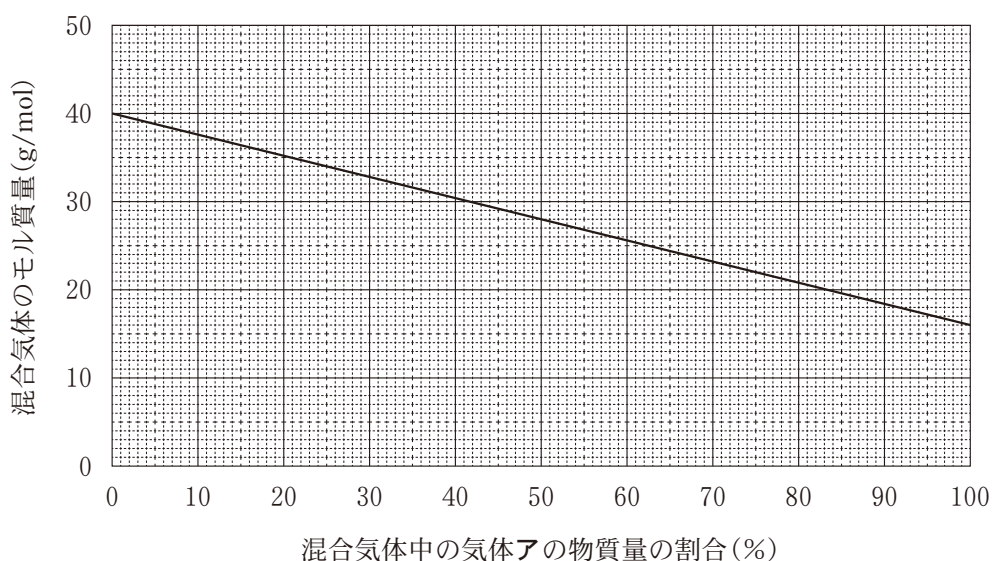
 %

図1 混合気体中の気体アの物質量の割合と混合気体のモル質量の関係

- ① 19 ② 25 ③ 34 ④ 60 ⑤ 75 ⑥ 88

化学基礎

第2問 宇宙ステーションの空気制御システムに関する次の文章を読み、後の問い(問1～3)に答えよ。(配点 20)

宇宙ステーションで人が生活するには、宇宙ステーション内の空気に含まれる酸素 O_2 と二酸化炭素 CO_2 の濃度を適切に管理する空気制御システムが必要である。

空気制御システムでは、次の式(1)に示すように、水 H_2O の電気分解を利用して O_2 が供給される。また、補充する H_2O の量を削減するために、式(2)のサバティエ反応の利用が試みられている(図1)。この反応では、触媒を用いて CO_2 と水素 H_2 からメタン CH_4 と H_2O を生成するため、人の呼気に含まれる CO_2 の酸素原子を H_2O として回収できる。

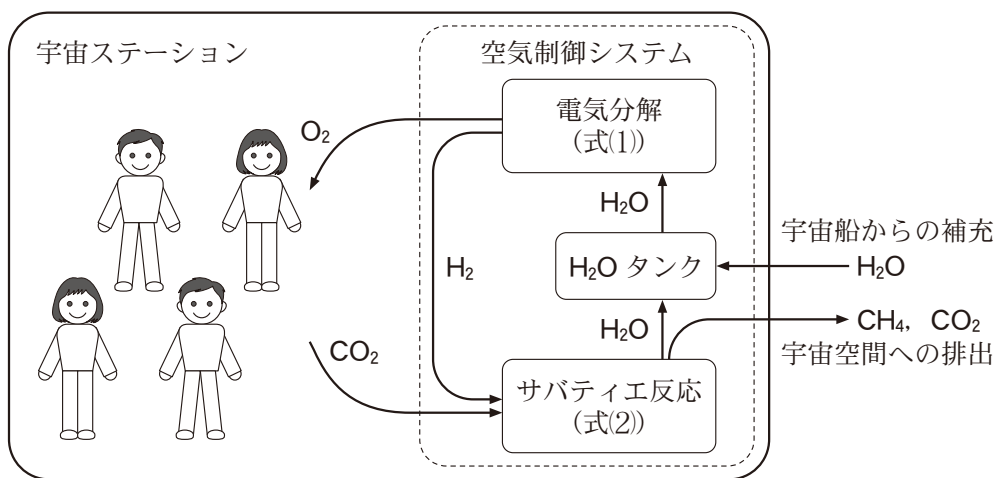


図1 水の電気分解とサバティエ反応を利用した空気制御システムの模式図

問 1 式(1)の電気分解に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 11

- ① 陽極側では O_2 が発生する。
- ② 発生する O_2 は、水上置換法で捕集できる。
- ③ 式(1)の反応は酸化還元反応である。
- ④ 電気分解で発生する H_2 と O_2 の質量比は 1 : 16 となる。

問 2 サバティエ反応の反応物である CO_2 および生成物である CH_4 に関する次の問い(a～c)に答えよ。

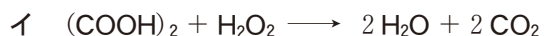
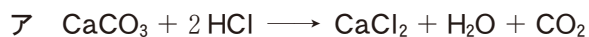
a 式(2)において、 CO_2 の C 原子と O 原子が酸化されるか、還元されるか、酸化も還元もされないかの組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 12

	C 原子	O 原子
①	酸化される	酸化も還元もされない
②	酸化される	還元される
③	酸化も還元もされない	酸化される
④	酸化も還元もされない	還元される
⑤	還元される	酸化される
⑥	還元される	酸化も還元もされない

化学基礎

- b 次の化学反応式ア～エは、いずれも2種類の反応物から CO_2 が生じる化学反応を示している。ア～エの反応において、2種類の反応物をいずれも1 mol だけ用いて反応させるとき、生成できる CO_2 の物質量が最も多い反応はどれか。最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。ただし、いずれも記された反応のみが進行するものとする。

13



① ア

② イ

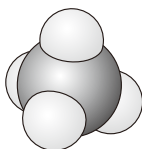
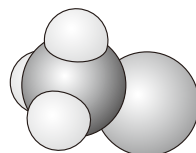
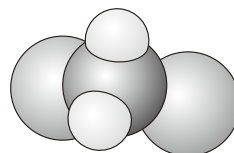
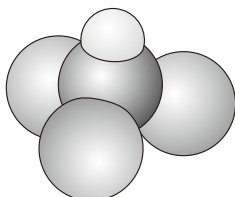
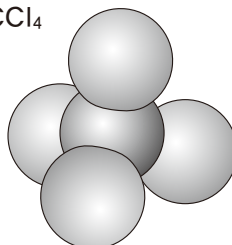
③ ウ

④ エ

- c CH_4 は常温以下の温度で安定である。しかし、十分な量の塩素と混合して光(紫外線)を照射すると CH_4 の水素原子を塩素原子に置き換えた化合物 CH_3Cl , CH_2Cl_2 , CHCl_3 , CCl_4 ができる。 CH_4 を含めた五つの化合物のうち、無極性分子はどれか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから二つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。なお、図は分子の形であり、球の大きさはそれぞれの原子の大きさを反映している。

14

15

① CH_4 ② CH_3Cl ③ CH_2Cl_2 ④ CHCl_3 ⑤ CCl_4 

化学基礎

問 3 図 1 で示した空気制御システムにおける H_2O の量に関する、次の問い (a ~ c) に答えよ。

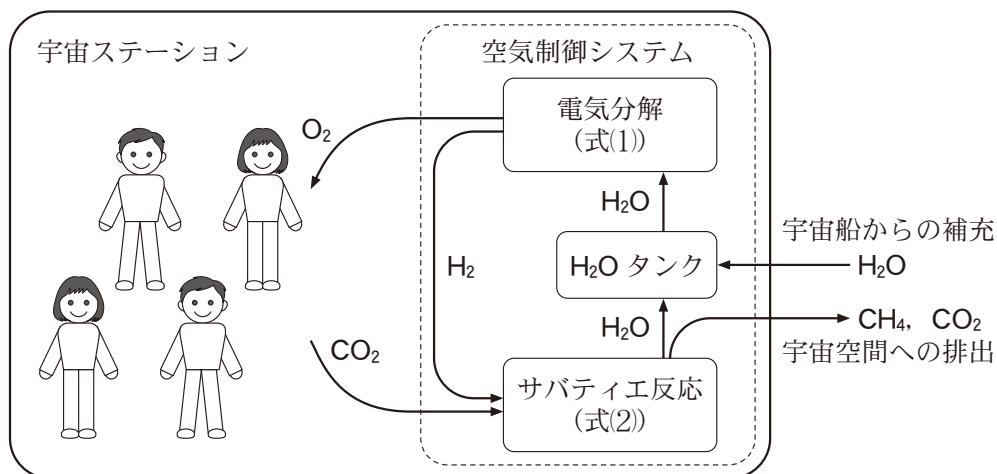


図 1 水の電気分解とサバティエ反応を利用した空気制御システムの模式図(再掲)



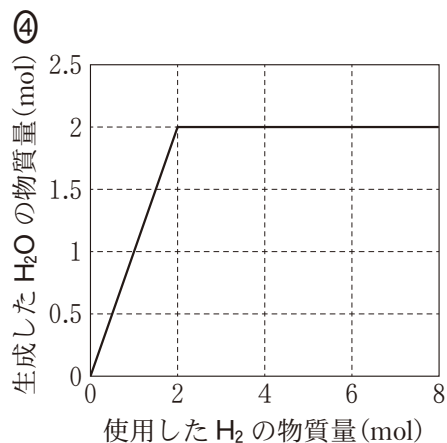
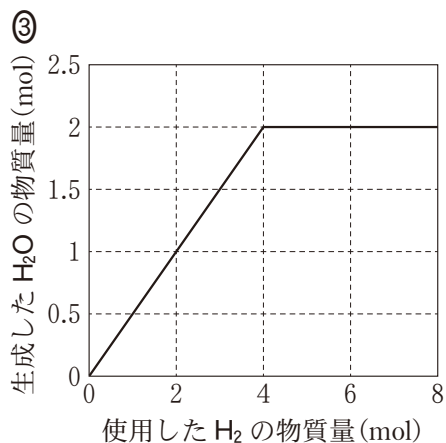
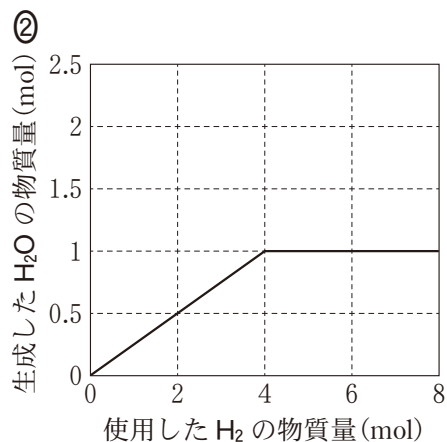
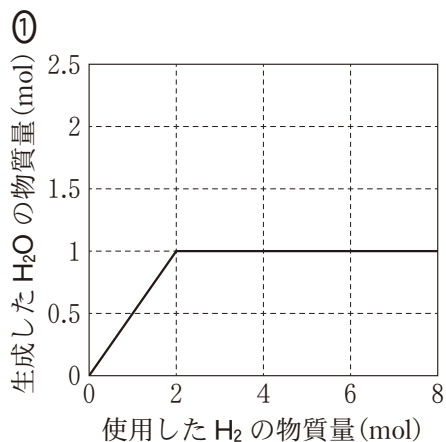
- a 宇宙ステーション内の4人が1日に消費する O_2 の総質量は、およそ 3.2 kg である。式(1)の電気分解で 3.2 kg の O_2 を供給するのに必要な H_2O の質量は何 kg か。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

kg

- ① 0.90 ② 1.6 ③ 1.8 ④ 3.2 ⑤ 3.6 ⑥ 7.2

- b 式(2)の反応において 1 mol の CO_2 を使用するとき、使用した H_2 と生成した H_2O の物質量の関係を表したグラフとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

17



化学基礎

- c 式(1)の反応によって 3.2 kg の O_2 が生成したとき、同時に生成した H_2 だけを用いると、式(2)の反応で得られる H_2O の質量は何 kg か。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、式(2)の反応に用いる CO_2 は十分な量があるものとする。 18 kg

- ① 0.90 ② 1.6 ③ 1.8 ④ 3.2 ⑤ 3.6 ⑥ 6.4