

平成16年度 東北大学工学部編入学試験問題

化学

1. 下の表は元素の周期表の一部である。元素に関する次の文章を読み以下の間に答えよ。

周期表の1族にある金属元素は(ア)と総称され、1個の価電子を放出して安定な(イ)型電子配置をとりやすい。これらの元素の単体は比較的すき間の大きい(ウ)格子の結晶構造となる。3~11族元素は(エ)と呼ばれ、化合物中でさまざまな酸化数を示す。14族に属するケイ素は地殻に化合物として多く存在し、その単体は(オ)結合からなり半導体性を示す。黒鉛とダイヤモンドはともに炭素の(カ)である。炭素の酸化物である二酸化炭素の結晶は分子間に弱い(キ)力が働き、この結晶を室温で放置すると液体にならずに直接気体に変化する。この現象を(ク)という。

表1 元素の周期表 (抜粋)

族 周期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr

- (1) 空欄(ア)~(ク)に適切な語句を入れよ。
- (2) 第3周期に属する元素の中で、その単体が次の(a)~(e)の性質を示すものはそれぞれ何か。元素記号で答えよ。
 - (a) 酸にも塩基にも溶ける。
 - (b) 常温で刺激臭のある気体である。
 - (c) 黄色の炎色反応を示す。
 - (d) 最も融点が高い。
 - (e) 燃やすと刺激臭のある気体の酸化物となる。
- (3) マグネシウム原子はK殻、L殻、M殻にそれぞれ何個の電子をもつか。また、カルシウム原子の場合はどうか。
- (4) クロムとマンガンが化合物中で示す最高の酸化数はそれぞれ何価か。

2. 容積が可変で、常に圧力を1気圧に保つことができる反応容器がある。この容器に273 Kにおいて炭素を1.20 gと空気を22.4 l つめた。この状態で炭素を燃やしたところ、炭素が燃え尽き、容器の温度が273 Kに戻った時にガスの体積は燃焼前に比べてちょうど1%だけ増加していた。このときに次の問に答えよ。ただし、炭素の原子量は12.0、空気の組成を窒素80%、酸素20%とし、炭素の体積は無視でき、気体は理想気体として扱えるものとする。また、炭素の燃焼熱は394 kJ/mol、一酸化炭素の燃焼熱は283 kJ/molとする。

- (1) 炭素の完全燃焼では二酸化炭素、不完全燃焼では一酸化炭素が発生する。それぞれの熱化学方程式を書け。
- (2) 燃焼後の容器の中には二酸化炭素と一酸化炭素のみが生成していた。このときの両者の生成比（モル比）を求めよ。
- (3) この燃焼における正味の発熱量を求めよ。

3. シュウ酸二水和物 $[(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ (式量 126.07) は、酸塩基中和滴定法および酸化還元滴定法の双方において標準物質として利用されている。このことに関して、以下の問に答えよ。

- (1) シュウ酸と水酸化ナトリウムとの中和反応式を書け。
- (2) 硫酸溶液中において、過マンガン酸イオン (MnO_4^-) はシュウ酸と反応してマンガン(II)イオンと二酸化炭素を生成する。この酸化還元反応式を書け。
- (3) シュウ酸二水和物を用いて 0.0500 mol/l シュウ酸標準溶液を調製する手順を説明せよ。
- (4) 0.1 mol/l 程度の酢酸溶液がある。酸塩基中和滴定法によりこの酢酸濃度を正確に決定するためには、(3)で調製したシュウ酸標準溶液を用いてどのような手順をふめばよいかを説明せよ。関連する化学反応式も示せ。
- (5) 0.1 mol/l 程度の鉄(II)イオンを含む溶液があり、その正確な濃度を決定したい。(3)で調製したシュウ酸標準溶液を用い、過マンガン酸カリウム酸化還元滴定法によりその目的を達成するための手順を説明せよ。関連する化学反応式も示せ。

4. 次の文章を読み、(1)～(4)に答えよ。

エチレン分子は平面構造をとり、(ア)炭素(ア)がつくる角度は 116.6° 、(ア)炭素-炭素がつくる角度は(イ) $^\circ$ である。エチレンの炭素-炭素間は(ウ)結合で結ばれ、そのためエチレンはさまざまな(エ)反応を起こす。たとえば、酸触媒存在下、水を反応させると化合物Aが生成する。

エチレンに酸素を作用させて環状の化合物Bとした後、水を作用させると化合物Cとなる。化合物Cとテレフタル酸とを(オ)重合させることにより、高分子化合物Dが得られる。

エチレンの(ア)原子一つをさまざまな置換基でおきかえた化合物の代表的なものに、メチル基でおきかえた化合物E、シアノ基でおきかえた化合物F、フェニル基でおきかえた化合物Gなどが知られている。

- (1) (ア)～(オ)に適切な語句あるいは数字を入れよ。
- (2) 化合物A、化合物B、化合物C、化合物E、化合物F、化合物Gの名称および構造式を書け。
- (3) 高分子化合物Dの名称を書け。
- (4) 高分子化合物Dが得られる反応を化学反応式で示せ。