

化 学

必要ならば，原子量として次の値を使え。

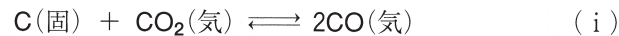
H : 1.0, C : 12, O : 16, Na : 23, Cl : 35, Ca : 40

I

（配点 50）

次の文を読み，（１）～（５）の問いに答えよ。

赤熱したコークス（炭素）と二酸化炭素を反応させると，一酸化炭素が生じて式（i）で表される平衡状態になる。



内容積 $V[\text{L}]$ の密閉できる容器に， $x[\text{mol}]$ のコークスと $x[\text{mol}]$ の二酸化炭素を入れて一定温度に保っておいたところ，全圧が $P[\text{Pa}]$ となり，平衡状態に達した。コークスの体積は無視できるものとし，この反応の平衡定数 K は気体の濃度のみで表されるものとせよ。

- （１） 平衡状態での二酸化炭素および一酸化炭素の濃度をそれぞれ $[\text{CO}_2]$ および $[\text{CO}]$ として，平衡定数 K を表せ。
- （２） 平衡状態に達するまでに反応したコークスの物質量を $y[\text{mol}]$ とすると，
 - １）容器内の二酸化炭素の物質量は何 mol か。文字式で表せ。
 - ２）容器内の一酸化炭素の物質量は何 mol か。文字式で表せ。
 - ３）容器内の一酸化炭素の分圧は何 Pa か。 x ， y および P を用いた文字式で表せ。
 - ４）平衡定数 K はいくらか。 x ， y および V を用いた文字式で表せ。
- （３） 内容積 100 L の密閉できる容器に，1.0 mol のコークスと 1.0 mol の二酸化炭素を入れ，一定温度に保っておいたところ，平衡状態に達した。平衡状態に達するまでに反応したコークスの物質量を 0.80 mol とすると，平衡定数 K はいくらか。有効数字 2 桁で示せ。

(4) 二酸化炭素と一酸化炭素の生成熱は、それぞれ 394 kJ/mol および 111 kJ/mol である。

式 (i) の右向きの反応の反応熱は何 kJ か。**整数値**で示せ。

(5) 式 (i) の反応が平衡状態にあるとき、5) ~ 7) の操作を行うと、容器中の一酸化炭素の物質量はどのように変化するか。**解答群 1** から選び、番号で記せ。

5) 容器内の圧力を大きくする。

6) コークスの物質量を増やす。

7) 容器内の温度を高くする。

解答群 1

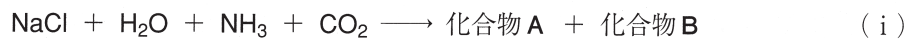
① 増加する ② 減少する ③ 変化しない

Ⅱ

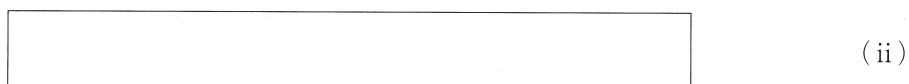
(配点 50)

次の文を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。数値での解答は、有効数字2桁で示せ。

炭酸ナトリウムは、ソルバー法により工業的に製造される。塩化ナトリウムの飽和水溶液にアンモニアと二酸化炭素を吹き込むと、化合物Aと化合物Bが生成する。この反応は、式(i)で表される。



式(i)で生じたAを熱分解すると、炭酸ナトリウムが生成する。この反応は、式(ii)で表される。



また、炭酸カルシウムから塩化カルシウムを得るための反応過程を図1に示す。炭酸カルシウムを熱分解すると、二酸化炭素と化合物Cが生成する(反応I)。続いて、Cを水と反応させると、化合物Dが生成する(反応II)。さらに、DをBと反応させると、塩化カルシウム、アンモニアおよび水が生成する(反応III)。このような反応過程で生じた二酸化炭素とアンモニアは、式(i)の反応の原料として利用される。

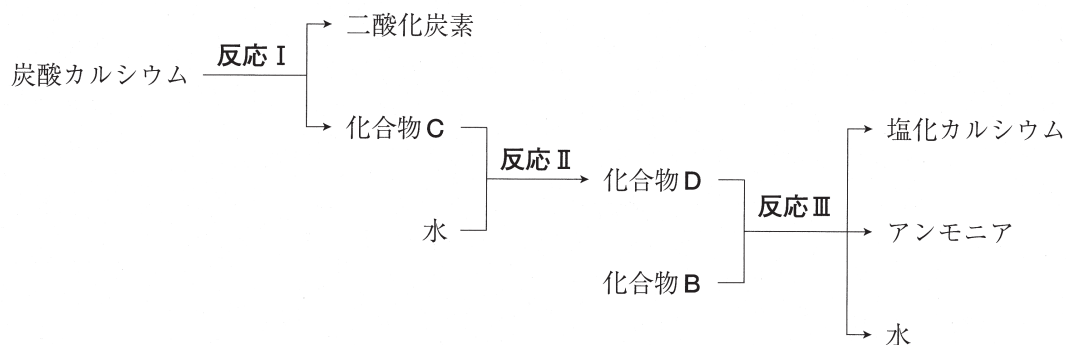


図1

- (1) A～Dの化学式を記せ。
- (2) 式(ii)の にあてはまる化学反応式を記せ。
- (3) 炭酸ナトリウムに関する記述として正しいものを**解答群1**から1つ選び、番号で記せ。

解答群1

- ① 白色の固体で水によく溶け、水溶液は酸性を示す。
- ② 硫酸を加えると反応し、水素を発生する。
- ③ 空気中に放置すると、空気中の水分を吸収して溶ける。
- ④ ガラスやセッケンの製造に使用され、ソーダ灰とも呼ばれる。

- (4) 塩化ナトリウム 290 kg を用いて炭酸ナトリウムを製造した。また、炭酸カルシウム 75 kg を用いて塩化カルシウムを製造した。1)～4)の問いに答えよ。
- 1) 生成するAの物質量は、計算上何 mol か。
- 2) 生成する炭酸ナトリウムの質量は、計算上何 kg か。
- 3) 生成する塩化カルシウムの物質量は、計算上何 mol か。
- 4) 塩化カルシウムを製造する際に発生するアンモニアの物質量は、炭酸ナトリウムを製造する際に用いられるアンモニアの物質量の何倍か。

Ⅲ

(配点 50)

ベンゼン環に1個の置換基をもつ化合物に関する①～⑤の文を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。構造式は例1にならって示せ。

- ① 鉄粉を触媒としてベンゼンに塩素を反応させると、ベンゼンの水素原子の1個が塩素原子に置換された化合物Aが得られた。
- ② ベンゼンに濃硫酸を加えて加熱すると、化合物Bが得られた。Bは無色の結晶で、水に溶けて強酸性を示した。
- ③ ベンゼンに濃硝酸と濃硫酸の混合物(混酸)を作用させると、化合物Cが得られた。Cをスズ(または鉄)と濃塩酸で還元した後、水酸化ナトリウム水溶液を加えると化合物Dが遊離した。
- ④ 化合物Eは、かつてはコールタールの分留で得られていた。Eは、あまり水に溶けなかったが、水酸化ナトリウム水溶液にはよく溶けた。また、Eに塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると紫色を呈した。
- ⑤ トルエンを過マンガン酸カリウム水溶液で酸化すると、化合物Fが得られた。Fはあまり水に溶けなかったが、水酸化ナトリウム水溶液にはよく溶けた。

- (1) A～Fの名称と構造式を記せ。
- (2) 現在、Eは図1に示すクメン法で合成されている。この合成法によってEとともに得られる化合物Gの名称と構造式を記せ。

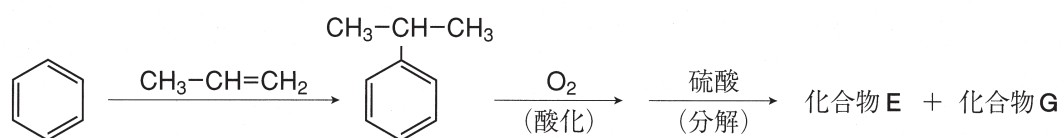


図1

- (3) Eに濃硝酸と濃硫酸の混合物(混酸)を加えて加熱すると、ベンゼン環に4個の置換基をもつ化合物Hが得られた。Hは黄色の結晶で、かつては爆薬の原料として使用された。Hの名称と構造式を記せ。

- (4) ベンゼンに紫外線を照射しながら塩素を作用させると付加反応が起こり、ヘキサクロロシクロヘキサン（ベンゼンヘキサクロリド，BHC）が得られた。ベンゼン 2.6 g から BHC を合成する場合，計算上何 g の BHC が得られるか。有効数字 2 桁で示せ。

例 1

