

化学

(解答番号 1 ~ 53)

I 化学結合と結晶構造に関する次の文章〔1〕,〔2〕を読み,空欄 1 ~ 18 にあてはまる最も適切なものを,それぞれの解答群から一つ選び,解答欄にマークせよ。ただし,同じものを繰り返し選んでもよい。また,原子量は $C = 12.0$, $O = 16.0$, アボガドロ定数 $N_A = 6.00 \times 10^{23}/\text{mol}$ とする。なお,計算は3桁で行ない,四捨五入して有効数字2桁で答えよ。

〔1〕 お互いの原子が, 不対電子を出し合って電子対をつくる結合を 1 といい, 多数の原子が 1 により次々と規則正しくつながった結晶を 2 という。例として, 炭素の 3 であるダイヤモンドや黒鉛などがあげられる。

ダイヤモンドは, 炭素原子の 4 個の価電子が次々に隣接する 5 個の他の炭素原子と 1 して, 6 構造が繰り返された立体構造をしている。また, すべての炭素原子が, 1 でつながっているため極めて硬い。

一方, 黒鉛は, 炭素原子の 4 個の価電子のうち 7 個が次々に隣接する他の炭素原子と 1 して, 8 を基本とする網目状の平面構造をつくり, この平面がいくつも重なりあって結晶をつくっている。この平面構造どうしは, 弱い 9 で結びついているので, 黒鉛は軟らかく, 薄片にはがれる。また, 各炭素原子に残る 10 個の価電子は, 平面構造に沿って動くことができるので, 黒鉛は 11 をもつ。

〔2〕 多数の分子が 9 によって引き合い, 規則正しく配列してできた結晶を 12 という。例として, ドライアイスやナフタレンなどがあげられる。

気体の二酸化炭素をある温度以下で加圧すると, 13 して液体となる。また, この液体をポンペから噴出させると急激に 14 して温度が下がり, 一部固体(ドライアイス)ができる。

ドライアイスの結晶構造は, 図に示すように二酸化炭素分子中の炭素原子が, 立方体の各頂点と面の中心に位置する面心立方格子であることが知られている。一つの二酸化炭素分子の周りには,

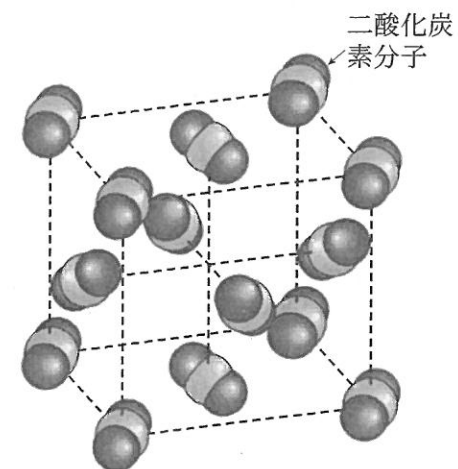


図 ドライアイスの結晶構造

15 個の二酸化炭素分子が近接し, 単位格子中に 16 個の二酸化炭素分子が含まれている。単位格子の一边の長さは $5.60 \times 10^{-8} \text{ cm}$ であり, この結晶の密度を求めると, 17 . 18 g/cm^3 となる。

1, 2, 9, 12 の解答群

- | | | |
|--------|-----------|---------|
| ① 共有結合 | ② イオン結合 | ③ 配位結合 |
| ④ 金属結合 | ⑤ 共有結合の結晶 | ⑥ イオン結晶 |
| ⑦ 金属結晶 | ⑧ 分子結晶 | ⑨ クーロン力 |
| ⑩ 分子間力 | ⑪ 電子親和力 | |

3 の解答群

- | | | |
|---------|---------|---------|
| ① 同位体 | ② 同素体 | ③ 同族体 |
| ④ 構造異性体 | ⑤ 幾何異性体 | ⑥ 光学異性体 |

4, 5, 7, 10, 15 ~ 18

の解答群

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 0 |
| ⑪ 10 | ⑫ 11 | ⑬ 12 | ⑭ 13 | ⑮ 14 |

6, 8, 11 の解答群

- ① 直線形 ② 折れ線形 ③ 正三角形 ④ 正方形
⑤ 正六角形 ⑥ 正四面体形 ⑦ 正八面体形 ⑧ 電気伝導性
⑨ 極性 ⑩ 延性 ⑪ 展性

13, 14 の解答群

- ① 融解 ② 蒸発 ③ 凝縮 ④ 凝固 ⑤ 昇華

Ⅱ 次の文章〔1〕～〔3〕を読み、空欄 19 ～ 38 にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から一つ選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。

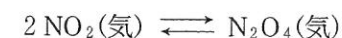
〔1〕窒素および酸素の単体は、通常、二原子分子として存在しており、窒素—窒素間の結合は 19, 酸素—酸素間の結合は 20 として表される。窒素は常温、常圧では化学的に安定な物質であるが、自動車のエンジンなどの高温、高圧の条件下では、酸素と反応し 21 と呼ばれる大気汚染物質を生成する。

一酸化窒素 NO は、実験室では銅に 22 を加えて発生させ、23 で捕集される。NO は 24 色の有毒な気体で、空気中ではすぐに酸化されて二酸化窒素 NO₂ になる。NO₂ は水に溶けやすく、水と反応して 25 と NO になる。25 の工業的な製法には 26 法がある。

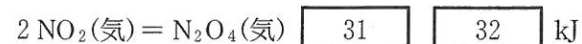
〔2〕一酸化窒素 NO の酸化反応は、 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ で示される。このとき窒素原子の酸化数は 27 から 28 に変化し、その変化量は 29 となる。次の(a)～(d)で指定された原子の酸化数変化量が上の窒素原子の酸化数変化量と同じものは 30 である。

- (a) 二酸化硫黄水溶液とヨウ素—ヨウ化カリウム水溶液の反応における硫黄原子
(b) 硫酸酸性の過酸化水素水とヨウ化カリウム水溶液の反応における酸素原子
(c) 硫酸酸性のシュウ酸水溶液と過マンガン酸カリウム水溶液の反応における炭素原子
(d) 銅の粉末を空気中で加熱したときに起こる反応における銅原子

〔3〕二酸化窒素 NO₂ は常温付近では四酸化二窒素 N₂O₄ と平衡状態にある。



NO₂とN₂O₄の生成熱を、それぞれ、-33.2 kJ/molと-9.2 kJ/molとすると、



となる。したがって、NO₂とN₂O₄の平衡混合気体を注射器に入れ、ピストンを固定せずに加熱して、温度を高くすると $\boxed{33}$ 反応の向きに平衡の移動が起こり、 $\boxed{34}$ 。また、注射器のピストンを押して圧力を高くすると気体分子の総数が $\boxed{35}$ 方向に平衡の移動が起こり、 $\boxed{36}$ 。いま、注射器の中に0.10 molのNO₂を入れ、体積を1.0 Lとして一定温度に保つと平衡状態になり、この時の平衡定数 K が10 L/molであった。NO₂およびN₂O₄の濃度を[NO₂]および[N₂O₄]とすると、この反応の平衡定数を表す式は $\boxed{37}$ となる。このとき注射器の中に生成したN₂O₄の物質量は $\boxed{38}$ molである。

$\boxed{19}$ ~ $\boxed{21}$ の解答群

- ① 単結合 ② 二重結合 ③ 三重結合 ④ 配位結合
 ⑤ イオン結合 ⑥ NO_x ⑦ SO_x ⑧ CO
 ⑨ CO₂ ⑩ O₃

$\boxed{22}$ ~ $\boxed{24}$ の解答群

- ① 濃硝酸 ② 希硝酸 ③ アンモニア水
 ④ 水上置換 ⑤ 上方置換 ⑥ 下方置換
 ⑦ 無 ⑧ 赤褐 ⑨ 黒紫

$\boxed{25}$, $\boxed{26}$ の解答群

- ① 硝酸 ② 硝酸銅(II)
 ③ 窒素 ④ オストワルト
 ⑤ ハーバー・ボッシュ ⑥ ソルベー

$\boxed{27}$ ~ $\boxed{29}$ の解答群

- ① -3 ② -2 ③ -1
 ④ 0 ⑤ +1 ⑥ +2
 ⑦ +3 ⑧ +4 ⑨ +5

$\boxed{30}$ の解答群

- ① (a)と(b) ② (a)と(c) ③ (a)と(d)
 ④ (b)と(c) ⑤ (b)と(d) ⑥ (c)と(d)

$\boxed{31}$ の解答群

- ① + ② -

$\boxed{32}$ の解答群

- ① 24.0 ② 42.4 ③ 57.2 ④ 75.6

$\boxed{33}$, $\boxed{35}$ の解答群

- ① 発熱 ② 吸熱 ③ 酸化 ④ 還元
 ⑤ 不可逆 ⑥ 一定になる ⑦ 多くなる ⑧ 少なくなる
 ⑨ 高くなる ⑩ 低くなる

$\boxed{34}$, $\boxed{36}$ の解答群

- ① NO₂およびN₂O₄がともに変化しない
 ② NO₂が増加してN₂O₄が減少する
 ③ NO₂が減少してN₂O₄が増加する
 ④ NO₂とN₂O₄がともに増加する
 ⑤ NO₂とN₂O₄がともに減少する