

[ 1 ] 以下の文章を読み設問に答えなさい。なお、文中の A, G, Q, X はそれぞれ単一の元素記号に対応しており、 $A_n$ ,  $Q_n$ ,  $X_n$ ,  $GA_m$ ,  $GQ_n$ ,  $A_nQ$  はそれぞれある物質の化学式を表している。  
(注: n, m は整数)

◇ $X_n$ ,  $Q_n$  は、常温ではどちらも無色、無臭の気体である。 $X_n$  は化学的に安定であり、空気の [ ア ] の約 78 % を占めている。 $Q_n$  に強い紫外線を当てると、 $Q_n$  の同素体で分子の形が [ あ ] である [ い ] が発生する。[ い ] は、特異臭がある有毒な気体で、分解されやすく強い [ う ] 作用を示す。 $A_n$ ,  $Q_n$ ,  $X_n$ ,  $GA_m$ ,  $GQ_n$ ,  $A_nQ$  の大気圧 ( $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ) 下における [ え ] を比較すると  $A_nQ > GA_m > Q_n > X_n > A_n$  の順になる。一方で、 $GQ_n$  は大気圧下では  $-78.5 \text{ }^\circ\text{C}$  で [ イ ] である [ お ] から [ か ] し、直接気体へと変化する。[ お ] は、弱い引力である [ き ] によって分子どうしが集合してできている。 $A_nQ$  の [ え ] が高い理由は [ く ] と呼ばれる [ き ] よりも強い [ け ] がはたらいているからである。 $GA_m$  は [ こ ] 構造、 $GQ_n$  は [ さ ] 構造、 $A_nQ$  は [ あ ] 構造である。

◇理想気体では状態方程式が完全に成立するので、[ ウ ] モルの気体について [ エ ] と [ ア ] の積を気体定数と [ オ ] の積で割った値である Z は常に [ ウ ] となる。しかし、Z の値は多くの実在気体で [ ウ ] からずれることが知られている。 $GA_m$  や  $GQ_n$  では [ オ ] 一定のとき、[ エ ] を十分に小さい状態から徐々に大きくしていくと Z の値は [ ウ ] からいったん減少する。これは、実在気体を圧縮すると分子どうしが接近するため [ け ] の影響が強くなり、実在気体の [ ア ] が同条件での理想気体の [ ア ] よりも減少するためである。  
① しかし、[ エ ] をさらに大きくすると Z は再び増加する傾向を示す。一方で、 $A_n$  のように分子量が小さな分子では [ け ] の影響が小さいため、Z の値は減少することなく、[ エ ] の上昇とともに [ ウ ] から増加する振る舞いを示す。

◇ $A_n$ ,  $Q_n$ ,  $X_n$  などの同じ元素間の共有結合では、共有電子対が両原子に均等に引き寄せられている。このため、 $A_n$ ,  $Q_n$ ,  $X_n$  は結合にも [ し ] がなく、分子全体としても [ し ] を示さない。一方で、 $GQ_n$  分子内の  $GQ$  結合では、共有電子対が Q 原子の方に偏って存在するため、結合に [ し ] がある。結合の [ し ] は原子によって電子を引き寄せる力の強さである [ す ] が異なっているために生じる。A, G, Q, X の [ す ] の大小関係は  $Q > X > G > A$  である。

$GA_m$ ,  $GQ_n$ ,  $A_nQ$  分子内の異なる原子間の結合には [ し ] が存在する。②  $GA_m$ ,  $GQ_n$  は分子全体として [ し ] を示さないが,  $A_nQ$  は分子全体としても [ し ] を示す。

◇純物質がさまざまな [ オ ] と [ エ ] のもとで, どのような状態をとるかを示した図を状態図と呼ぶ。状態図の3本の曲線で分割された領域では, 物質は [ イ ], [ カ ], 気体のどれかの状態で存在する。特に [ カ ] と気体を区切る曲線を [ セ ] 曲線, [ イ ] と [ カ ] を区切る曲線を [ ソ ] 曲線, [ イ ] と気体を区切る曲線を [ か ] 曲線という。これらの曲線の交点は [ た ] と呼ばれ, [ イ ], [ カ ], 気体が共存する特殊な平衡状態に対応している。また, 物質の [ オ ] と [ エ ] を上げていくと気体と [ カ ] の区別がつかない状態となる。この点は [ ち ] と呼ばれ, この状態より高温, 高圧の状態にある物質を [ つ ] という。 $GQ_n$  の状態図では, [ ソ ] 曲線は, [ エ ] が上昇するにしたがって [ オ ] も上昇するように変化するが,  $A_nQ$  の [ ソ ] 曲線上では [ エ ] が高くなると [ オ ] が下降する。

【選択肢】

- |             |                |            |            |          |
|-------------|----------------|------------|------------|----------|
| 1. 中和       | 2. 沸点          | 3. 極性      | 4. 融解      | 5. 昇華    |
| 6. 流体       | 7. 会合          | 8. 黒鉛      | 9. 冷却      | 10. 比熱   |
| 11. 三次      | 12. 高次         | 13. 水和     | 14. 中和     | 15. 酸化   |
| 16. 還元      | 17. 重合度        | 18. 充填率    | 19. 凝固点    | 20. 臨界点  |
| 21. 直線形     | 22. 蒸気圧        | 23. らせん形   | 24. 三重点    | 25. 等電点  |
| 26. オゾン     | 27. 状態図        | 28. 緩衝溶液   | 29. 浸透圧    | 30. 過冷却  |
| 31. 分子間力    | 32. 水素結合       | 33. 配位結合   | 34. コロイド   | 35. 折れ線形 |
| 36. 超臨界流体   | 37. 電気陰性度      | 38. イオン化傾向 | 39. 正四面体形  |          |
| 40. エントロピー  | 41. 超伝導合金      | 42. ドライアイス | 43. オクテット則 |          |
| 44. ファントホッフ | 45. ファンデルワールス力 |            |            |          |

設問 1 [ あ ] ~ [ つ ] に入る最も適切な語句を【選択肢】から選び番号で答えなさい。  
(同じ選択肢は 2 回使用しないこと。) また, [ ア ] ~ [ カ ] に入る語句または数字  
を答えなさい。

設問 2 A, G, Q, X に対応する元素を元素記号で答えなさい。また, n, m にあてはまる整数を  
答えなさい。

設問 3 下線部 ① のような傾向がみられる理由について 50 字程度で述べなさい。

設問 4 下線部 ② のように  $GA_m$ ,  $GQ_n$  分子と  $A_nQ$  分子の間で違いがみられる理由を 70 字程度で  
述べなさい。

設問 5 以下に与えられた生成熱および結合エネルギーの値を用いて設問に答えなさい。

$GA_m$  の生成熱 : 75 kJ/mol

$GQ_n$  の生成熱 : 394 kJ/mol

$A_n$  分子の A - A 結合の結合エネルギー : 432 kJ/mol

$A_nQ$  分子の A - Q 結合の結合エネルギー : 459 kJ/mol

$A_nQ$  の蒸発熱 : 44 kJ/mol

$Q_n$  分子の Q - Q 結合の結合エネルギー : 494 kJ/mol

設問 5-1)  $A_nQ$  の生成熱を求めなさい。(途中の計算式, 図などを明記すること。)

設問 5-2)  $GA_m$  の燃焼熱を求めなさい。(途中の計算で使用した熱化学方程式を全て書きなさい。)

[ 2 ] 次の文章を読み，設問に答えなさい。

硫酸 [ ア ] と硫酸 [ イ ] の混合水溶液を濃縮すると，染色や食品添加物に使用されるミョウバンの結晶が得られる。単体の [ ア ] は，① 塩酸と反応して気体の [ ウ ] を発生して溶け，また ② 水酸化ナトリウム水溶液とも反応して気体の [ ウ ] を発生して溶ける。このように，酸の水溶液とも強塩基の水溶液とも反応して塩をつくるような金属を，[ エ ] 金属という。また，[ オ ] [ ア ] も [ ア ] と同様に，③ 塩酸と反応して溶け，④ 水酸化ナトリウム水溶液とも反応して溶ける。さらには，[ カ ] [ ア ] も，⑤ 塩酸と反応して溶け，⑥ 水酸化ナトリウム水溶液とも反応して溶ける。なお，水と反応して酸を生じる [ オ ] 物はあるが，水と反応して酸を生じる [ カ ] 物は存在しない。

[ キ ] は分子内に酸性の [ ク ] 基と塩基性の [ ケ ] 基があり，それらが [ コ ] するので水に溶けやすく有機溶媒に溶けにくいものが多い。[ キ ] は，酸とも塩基とも反応する [ エ ] [ サ ] である。また，結晶中では [ シ ] [ ス ] となっているので，[ シ ] [ ス ] どうしが互いに [ セ ] で引きあうため，その結晶は [ ス ] 結晶に近い構造になっている。

[ ク ] 基と [ ケ ] 基が [ ソ ] すると [ タ ] 結合ができるが，特に [ キ ] どうしの [ タ ] 結合を [ チ ] 結合という。[ ツ ] は，ポリ [ チ ] の構造が基本となっている。[ ツ ] を検出するための反応としては，ビウレット反応やキサントプロテイン反応などがある。ビウレット反応は [ チ ] が [ テ ] イオンと錯イオンを形成して赤紫色に呈色する反応であり，キサントプロテイン反応は [ ツ ] を構成する [ キ ] のうち [ ト ] などに含まれる [ ナ ] が [ ニ ] される反応である。また，分子内に [ ヌ ] 原子をもつ [ キ ] である [ ネ ] などを含む [ ツ ] の水溶液に，水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後に [ ノ ] 水溶液を加えると，(あ) 黑色沈殿が生じる。

設問1 [ ア ] ～ [ ノ ] にあてはまるもっとも適切な語句を書きなさい。

設問2 下線部①～⑥の化学反応式を書きなさい。

設問3 下線部(あ)の黑色沈殿を化学式で書きなさい。

[ 3 ] 次の文章を読み、設問に答えなさい。

(1) 分子量 270 の化合物 A は、炭素、水素、酸素からなり、不斉炭素原子を 3 個もつ。また、化合物 A はエステル結合とアセタール構造をもつ。化合物 A を水酸化ナトリウム水溶液によって加水分解した後、エーテルで抽出したところ、エーテル層から化合物 B が得られた。化合物 B に水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて加熱しても何も変化は起こらなかった。一方、化合物 A の加水分解の際の水層に塩酸を加えて酸性 (pH = 1) とした後、エーテルで抽出したところ、エーテル層から不斉炭素原子を 1 個もつ化合物 C が得られた。化合物 C 5.1 mg を完全に燃焼させたところ、二酸化炭素 11 mg および水 4.5 mg が生成した。つぎに、化合物 B を酸によって加水分解したところ、環状化合物 D および 2 個のヒドロキシ基をもつ鎖状化合物 E が得られた。化合物 D および E は、どちらも不斉炭素原子を 1 個もち、化合物 C と同じ分子式をもつ。化合物 D は、溶液中では、不斉炭素原子をもたない鎖状構造の異性体との平衡状態で存在していた。また、化合物 D をアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて温めると、容器の内壁に銀鏡を生じた。一方、化合物 E に水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて加熱したところ、ヨードホルムの沈殿が生じた。また、化合物 E を触媒の存在下、水素で還元したところ、不斉炭素原子を 2 個もつ化合物が生成した。

(2) ニトロベンゼンにスズと濃塩酸を加えてニトロ基を還元した後、(a) 反応溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えるとアニリンが得られる。ニトロベンゼンの還元反応でスズ Sn が全て  $\text{Sn}^{4+}$  へ変化する場合、1.0 mol のニトロベンゼンを全て還元するためには、スズは [ あ ] mol 以上必要である。工業的には、(b) ニトロベンゼンを白金などの触媒存在下、水素で還元することによりアニリンが合成されている。(c) アニリンに無水酢酸を作用させるとアセトアニリドが生じる。アセトアニリドはかつて解熱剤として用いられていた。また、アニリンを希塩酸に溶かし、5℃以下に冷却しながら亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると [ ① ] が生じる。[ ① ] は低温では安定であるが、30℃にあたためると気体の [ ② ] を発生しながら、[ ③ ] を生じる。

ニトログリセリンは、1分子のグリセリン (1, 2, 3-プロパントリオール) と 3分子の硝酸が脱水縮合した硝酸エステルであり、その構造式は [ ④ ] で示される。ニトログリセリンは、爆薬として用いられる一方、血管を拡張する作用を示すため、[ い ] の対症療法薬としても使われている。ただし、頭痛や吐き気などの [ う ] を示すことがある。

設問 1 化合物 C の組成式を答えなさい。

設問 2 化合物 A ~ E の構造式をそれぞれ示しなさい。

設問 3 [ ① ] ~ [ ④ ] にあてはまる構造式を示しなさい。

設問 4 [ あ ] にあてはまる 2 桁の数値, [ い ] [ う ] にあてはまる適切な語句を答えなさい。

設問 5 下線部 (a) ~ (c) の反応を反応式で示しなさい。ただし, 反応式中の有機化合物は示性式または構造式で示しなさい。

設問 6 下線部 (c) の反応を行う際に, 反応溶液を少量取り出し酸化反応を利用した簡単な呈色反応を用いて, 反応が完全に進行したことを確認することができる。どのような反応を行い, その結果からどのように確認するのかを 35 字程度で答えなさい。