

16 族元素

1. 酸素原子 O は 2 個の (ア) をもち、1 個の酸素原子 O がそれぞれの (ア) を出し合っ
て酸素分子 O₂ ができる。このようにしてできる結合を共有結合というが、共有結合を
切るために必要なエネルギーを結合エネルギーという。

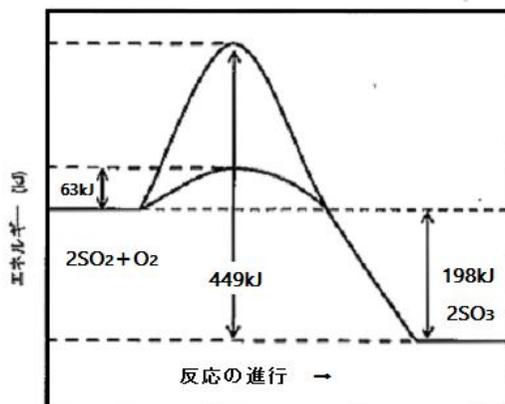
二酸化硫黄 SO₂ 2mol と酸素 O₂ 1mol を混合して過熱した酸化バナジウム (V) V₂O₅
中を通して接触させると三酸化硫黄 SO₃ が生成される。この反応は、可逆反応であり、
式 (1) に示すとおり発熱反応であるとともに生成物の分子の総数が反応物の分子の総数
より減少する。そのため (イ) の原理により、加圧すれば正反応が進み、加熱すれば逆
反応が進むことになる。三酸化硫黄 SO₃ を生成する化学反応に伴って出入りするエネル
ギーのことを (ウ) という。三酸化硫黄 SO₃ の生成反応において、酸化バナジウム
(V) V₂O₅ は、固体表面で作用する (エ) 触媒として働き、活性化エネルギーを小さくさ
せることから、生成反応の速さは (エ) 触媒を用いない場合と比べて (オ) なる。



(問 1) 上の文章中の (ア) ~ (オ) にあてはまる語句を記せ。

(問 2) 今、25°C、1.0 × 10⁵Pa における酸素分子 O₂ の結合エネルギーが 494kJ/mol、
二酸化硫黄分子 SO₂ の二つの結合エネルギーの和が 1096kJ/であるとき、三酸化硫黄
SO₃ の三つの結合エネルギーの和 [kJ/mol] を求め、整数で記せ。

(問 3) 右の図を参考にして、三
酸化硫黄 SO₃ の生成反応で酸化
バナジウム (V) V₂O₅ を用いない
場合の活性化エネルギー
[kJ/mol] を求めよ。



(問4) 二酸化硫黄 SO_2 と酸素 O_2 から三酸化硫黄 SO_3 が生成する反応が、式(2)に示す平衡状態にあるとき、それぞれの物質のモル濃度を $[\text{SO}_2]$ 、 $[\text{O}_2]$ および $[\text{SO}_3]$ で表した場合に平衡定数 K_c はどのように表されるか記せ。



(問5) 今、容積 1.0L の容器に二酸化硫黄 SO_2 4.0mol と酸素 O_2 2.0mol を入れて一定量に保った時、反応 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ が平衡状態に達し、生成した三酸化硫黄 SO_3 は 2.0mol であった。この温度における平衡定数 K_c を求め、単位も含めて記せ。

(2013 県立広島大)

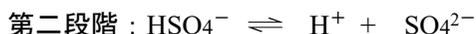
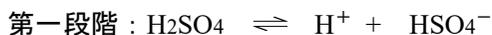
2. 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。数値は有効数字2桁で記せ。

硫黄は、周期表16族に属する元素であり、その単体には、斜方硫黄、単斜硫黄、ゴム状硫黄などの〔①〕が存在する。硫黄は、空气中で点火すると炎をあげて燃え、二酸化硫黄を生じる。二酸化硫黄は硫酸の製造に用いられる。まず、酸化バナジウム(V)を触媒として、二酸化硫黄を酸素と反応させて三酸化硫黄をつくる。これを濃硫酸に吸収させて〔②〕とし、希硫酸で薄めて濃硫酸にする。この工業的製法を〔③〕という。硫酸は、その性質が濃度や温度によって異なるため、いろいろな化学反応や化合物の合成に利用されている。

(問1) 文中の〔①〕～〔③〕に、適切な語句や物質名を入れよ。

(問2) 硫黄原子の原子番号と電子配置を、例にならって記せ。(例) ${}^6\text{C} : \text{K}2, \text{L}4$

(問3) 硫酸は2価の酸で、水溶液中では、次のように二段階に電離している。



第一段階の電離は完全に進み、第二段階の電離定数は、 25°C で、 $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ として、次の(1)、(2)に答えよ。

(1) 25°C で、 $\text{pH}2.0$ の硫酸水溶液のモル濃度はいくらか。

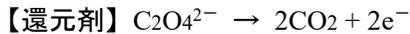
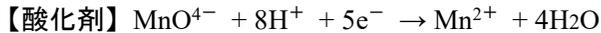
(2) (1)の硫酸水溶液に、ある量の硫酸ナトリウムを溶かした水溶液の pH は、もとの硫酸水溶液の pH の値と同じか、あるいは大きいか、小さいか、理由とともに述べよ。ただし、水溶液の体積は、硫酸ナトリウムを溶かしても変化しないものとする。

(問4) (1)希硫酸、(2)熱濃硫酸のそれぞれに銅片を入れたとき、どのような反応が起こるか。化学反応式を書け。反応が起こらない場合には「反応しない」と書け。

(問5) チオ硫酸ナトリウム($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)の水溶液は、酸化還元滴定によく用いられる。この場合、チオ硫酸ナトリウム水溶液の正確な濃度を決めておくことが必須である。そのためにはまず、シュウ酸ナトリウムを標準物質として、過マンガン酸カリウム水溶液の正確な濃度を求める。ついで、過マンガン酸カリウムと過剰なヨウ化カリウムとの反応で過マンガン酸カリウムに相当するヨウ素を生成させ、生成したヨウ素をチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定すればよい。

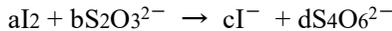
【実験 1】シュウ酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 式量 134) 2.01g に水を加えて溶かし、さらに水を加えて全量を正確に 200mL とする。

【実験 2】実権 1 でつくったシュウ酸ナトリウム水溶液から①10.0mL を正確にコニカルビーカーにとり、水約 20mL を加え、さらに 3mol/L 硫酸 5mL を加える。これを約 70°C に温めた後、過マンガン酸カリウム水溶液をビュレットから滴下する。ここでの酸化剤および還元剤のはたらきを、電子 e^- を用いたイオン反応式で表す。



【実験 3】実験 2 の過マンガン酸カリウム水溶液 10.0mL を正確に別のコニカルビーカーにとり、3mol/L 硫酸 5mL を加え、さらに、1mol/L ヨウ化カリウム水溶液 10mL を加える。

【実験 4】実験 3 の反応水溶液に水約 20mL を加えた後、チオ硫酸ナトリウム水溶液をビュレットから滴下する。ここでは、次の反応が起こる。ただし、 $a \sim d$ は係数である。



滴定の終点を特定するのに、②ヨウ素デンプン反応を利用する。

次の(ア)～(ク)に答えよ。

- (ア) 過マンガン酸カリウム水溶液を保存する場合、留意することを理由とともに述べよ。
- (イ) 実験 2 の下線①の操作に最も適切なガラス器具を 1 つ上げよ。
- (ウ) 実験 2 における滴定の終点は、どのように判定されるか。
- (エ) 実験 2 では、過マンガン酸カリウム水溶液の滴下量が 12.0mL のところで終点に達した。過マンガン酸カリウム水溶液のモル濃度はいくらか。
- (オ) 実験 2 において、硫酸のかわりに塩酸あるいは硝酸を用いることができるか。それぞれ、理由とともに述べよ。
- (カ) 実験 3 で起こる反応を、イオン反応式で表せ。
- (キ) 実験 2 のヨウ素デンプン反応で呈色するのはなぜか。
- (ク) 実験 4 では、チオ硫酸ナトリウム水溶液の滴下量が 12.5mL のところで終点に達した。チオ硫酸ナトリウムのモル濃度はいくらと決定されるか。

3. 次の文章を読んで、問1～問4に答えよ。

単体の硫黄の同素体には、斜方硫黄, [(1)], [(2)] などがある。斜方硫黄と [(1)] は環状分子 S_8 からなり、水には溶けないが [(3)] にはよく溶ける。 [(2)] は多数の硫黄原子からなる長い鎖状分子 S_x であり、水や [(3)] に溶けにくい。代表的な硫黄の化合物である [(4)] は腐卵臭をもつ [(5)] 色の有毒な気体で、水に溶けやすい。水溶液は弱酸性を示す。

硫黄の酸化物である二酸化硫黄は、工業的には、硫黄または (a) 黄鉄鉱を空気中で完全燃焼させる ことによってつくられる。実験室では、(b) 亜硫酸ナトリウムまたは亜硫酸水素ナトリウムに希硫酸を加える か、(c) 銅に濃硫酸を加えて加熱する ことにより得られる。

硫酸は、工業的には接触法で製造される。初めに [(6)] を触媒にして二酸化硫黄を [(7)] に酸化する。次に [(7)] を濃硫酸に吸収させて [(8)] をつくり、最後に [(8)] を希硫酸で薄めて濃硫酸とする。硫酸は、強酸性や吸湿性の他に、(d) 脱水作用、(e) 酸化作用、(f) 不揮発性 の性質をもつ。

(問1) 空欄 [(1)] ~ [(8)] にあてはまる最も適切な語句または物質名を次の語群から選んで書け。

三酸化硫黄、ゴム状硫黄、単斜硫黄、二酸化炭素、二硫化炭素
硫化水素、濃塩酸、濃硝酸、発煙硫酸、エタノール、ベンゼン
ベンゼンスルホン酸、酸化マンガン(IV)、酸化バナジウム(V)
過マンガン酸カリウム、無、白、黒、黄

(問2) 下線部 (a) ~ (c) の操作によって起こる反応を、それぞれ化学反応式で書け。ただし、(a) の黄鉄鉱は FeS_2 とする。

(問3) 下線部 (d) ~ (f) の性質に最も関係のある記述を、次の①~③からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

- ① 加熱した濃硫酸に銀を加えると、二酸化硫黄が発生する。
- ② 砂糖に濃硫酸を加えると、砂糖が変化する。
- ③ 塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱すると、塩化水素が発生する。

(問4) 144g の FeS_2 に含まれる硫黄をすべて反応させて濃硫酸を得た。この時の濃硫酸の体積を L 単位で求めよ。ただし、濃硫酸の密度は 1.8g/cm^3 、質量パーセント濃度は 98% とする。また、有効数字は 2 桁とし、計算の過程も示せ。

4. 周期 16 族の硫黄の単体は、火山地帯で産出されるほか、石油精製の際に副産物として多量に得られる。硫黄の単体には、斜方晶系硫黄、単斜晶系硫黄、ゴム状硫黄などの [] が存在する。

火山性ガスの中には、有毒な硫化水素や二酸化硫黄が含まれている。実験室では、硫化水素は、酸化鉄(Ⅱ)に希硫酸を加えると発生する。

(問 1) 文中の [] に最も適当な語句を記せ。

(問 2) 下線部で見られる化学変化を反応式で記せ。

(2014 広島市大改)

5. 次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。

16族の酸素が多くの元素と反応してつくる酸化物は、(a) 酸性酸化物、(b) 塩基性酸化物、両性酸化物などに分類される。非金属元素の酸化物の多くは酸性酸化物である。酸性酸化物は水と反応してオキソ酸を、また塩基と反応して塩を生じる。塩基性酸化物の多くは金属元素の酸化物であり、水と反応して塩基を、また酸と反応して塩を生じる。酸とも塩基とも反応して塩を生じる酸化物は両性酸化物とよばれる。

酸素分子の同素体であるオゾンは、強い酸化作用があるため、(c) 湿ったヨウ化カリウムデンプン紙を用いて検出できる。

酸素と同じ16族に属する元素には、硫黄(第3周期)、セレンSe(第4周期)、テルルTe(第5周期)などがある。これらの元素の水素化合物(d) H₂O, H₂S, H₂Se, H₂Teの沸点を比較した場合、H₂Oの沸点が一番高い。

(e) H₂Sの気体は水に溶け、水に溶けたH₂Sの一部は電離する。H₂Sの電離により生じる硫化物イオンS²⁻は、さまざまな重金属イオンと反応して沈殿を生じる。

(問1) 下線部(a)について、三酸化硫黄と水との化学反応式と、この反応で生じるオキソ酸の名称を書け。

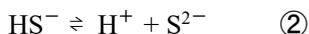
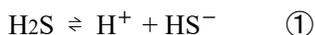
(問2) 下線部(b)について、次の酸化物から塩基性酸化物をすべて選んで化学式を書け。

NO₂ ZnO BaO Fe₂O₃ P₄O₁₀ CO₂

(問3) 下線部(c)で示す方法では、オゾンとヨウ化カリウムと水の反応、およびこの反応により生じる物質Aとデンプンの呈色反応を利用してオゾンを検出する。オゾンとヨウ化カリウムと水の化学反応式ならびに物質Aの名称を書け。

(問4) 下線部(d)について、H₂S, H₂Se, H₂Teを沸点の高い順に並べよ。

(問5) 下線部(e)について、水に溶解した H_2S は下に示す2段階の反応により H^+ , HS^- , S^{2-} に電離する。



式①と式②の電離定数をそれぞれ K_{a1}, K_{a2} とすると、その値は $K_{a1} = 8.5 \times 10^{-8} \text{mol/L}$, $K_{a2} = 6.3 \times 10^{-13} \text{mol/L}$ である。次の(1)~(3)に答えよ。ただし、 $[\text{X}]$ は物質Xのモル濃度を表す。

- (1) $[\text{H}_2\text{S}]$, $[\text{H}^+]$, $[\text{HS}^-]$, $[\text{S}^{2-}]$ の中から必要なものを用い、 K_{a1} と K_{a2} をそれぞれ表せ。
- (2) $[\text{H}_2\text{S}]$, $[\text{H}^+]$, K_{a1} , K_{a2} を用い、 $[\text{S}^{2-}]$ を表せ。
- (3) 二価の重金属イオン M^{2+} の硫化物 MS の溶解度積は $K_{sp} = 1.0 \times 10^{-16} \text{mol}^2/\text{L}^2$ である。 $1.0 \times 10^{-3} \text{mol/L}$ の M^{2+} を含む pH2.0 の水溶液に H_2S の気体を通じて $[\text{H}_2\text{S}]$ を 0.10mol/L としたとき、 MS が沈殿するかしないかを、その理由とともに書け。ただし、 H_2S の気体を通じても、水溶液の温度と pH は H_2S の気体を通じる前と変わらないものとする。

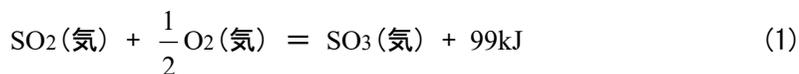
(2016 新潟大)

6. 次の文章を読み、問1～問9に答えよ。ただし、必要に応じて、以下の値を用いよ。
 $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 5 = 0.70$

酸素と硫黄は、周期表の同族元素であり、それらの原子の価電子の数はいずれも [ア] 個である。酸素は、空気や水、地殻中の鉱物などの構成元素で、単体には、酸素とオゾンがある。酸素は、工業的には液体空気の [あ] によって得られる。

(a) オゾンは酸素中で放電を行ったり紫外線を当てたりすると生じる気体であり、強い酸化作用をもつため、(b) ヨウ化カリウム水溶液にオゾンを通じるとヨウ素が遊離する。また、酸素を含む化合物には、(c) 水との反応でオキシ酸を生成する酸性酸化物や、水酸化物を生成する塩基性酸化物などがある。一般に、(d) 元素 X のオキシ酸では、X の電気陰性度が大きく、X に結合する酸素原子の数が多いほど強い酸になる。

硫黄は、地殻中の鉱物の構成元素として存在する。単体には、斜方硫黄および [い] 硫黄があり、いずれも [イ] 原子分子である。硫黄が空気中で燃焼すると二酸化硫黄になる。二酸化硫黄は、(e) 酸化剤にも還元剤にもなる無色の気体であり、触媒を用いてさらに酸素と反応させると、次の式(1)の熱化学方程式で示すような可逆反応が起こる。



この反応で生じる三酸化硫黄を水と反応させると、硫酸が得られる。自然界で大気中に含まれる二酸化硫黄が、同じような変化によって硫酸となり、酸性の雨に変わる場合がある。このような雨は (f) 酸性雨 と呼ばれている。

(問1) 文章中の [ア] および [イ] にあてはまる数値を答えよ。

(問2) 文章中の [あ] および [い] にあてはまる最も適当な語句を答えよ。

(問3) 文章中の下線部 (a) の変化について、25°C で 200mL の酸素中で放電すると、気体の全体積が 185mL であった。生じたオゾンの体積 [mL] を計算し、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、気体の体積は、同温、同圧のもとで測ったものとする。

(問4) 文章中の下線部 (b) の変化を示す化学反応式を書け。

(問5) 文章中の下線部 (c) の酸性酸化物にあてはまる物質をすべて選び、その番号を答えよ。

- ① CO ② NO₂ ③ Na₂O ④ Al₂O₃ ⑤ P₄O₁₀ ⑥ CaO

(問6) 文章中の下線部(d)について、周期表の第3周期の元素Xのオキシ酸のうち、最も強い酸であると考えられるオキシ酸の化学式を書け。

(問7) 文章中の下線部(e)について、二酸化硫黄が還元剤として働いている変化を下の選択肢の中からすべて選べ。

- ① 二酸化硫黄を水に溶かすと、水溶液は弱い酸性を示す。
- ② 二酸化硫黄の水溶液に過酸化水素水を加えると、水溶液は強い酸性を示す。
- ③ 硫化水素の水溶液に二酸化硫黄を通じると、水溶液が白濁する。
- ④ 水酸化ナトリウム水溶液に二酸化硫黄を通じると、水溶液のpHが小さくなる。
- ⑤ ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液(ヨウ素溶液)に二酸化硫黄を通じると、水溶液の赤褐色が消える。

(問8) 文章中の式(1)の反応について、平衡時の三酸化硫黄の生成量を増加させるのに適当な条件を下の選択肢の中からすべて選べ。

- ① 反応容器の温度を高くする。
- ② 反応容器の体積を小さくし、圧力を大きくする。
- ③ 触媒量を増やす。
- ④ 反応容器の体積を一定に保ちながらヘリウムを加える。

(問9) 文章中の下線部(f)について、質量百分率で1.6%の硫黄を含む石油100gを完全に燃焼させた。このとき生じる二酸化硫黄がさらに酸化され、硫酸に変化して1000Lの雨水になったとする。硫酸は水溶液中で完全に電離しているものとして、この雨水のpHを計算し、整数値で答えよ。

(2016 立命館大)

7. 次の文章を読んで、続く問いに答えよ。

硫黄は、周期表の 16 族に属し、[①]個の価電子をもつ。単体の硫黄には[②]硫黄、単斜硫黄、[③]状硫黄などの[④]がある。

硫黄は、空気中で点火すると青い炎をあげて燃え、有毒な[⑤]を生じる。[⑤]は、多くの場合には還元剤としてはたらき、紙や繊維などの漂白剤に利用されるが、硫化水素のような強い還元剤と反応するときには酸化剤としてはたらく。

酸化バナジウム(V)を触媒にして、[⑤]を空気中の酸素と反応させて、[⑥]が得られる。[⑥]を濃硫酸に吸収させて発煙硫酸とし、これを希硫酸で薄めて濃硫酸とする。このような硫酸の工業的製法を[⑦]式硫酸製造法、または[⑦]法ともいう。

(問1) 空欄[①]～[⑦]にあてはまる語句または数字を記せ。ただし、物質を答えるときには、化学式ではなく物質名を用いること。

(問2) 下線部について、[⑤]と硫化水素の反応を化学反応式で表せ。

(問3) 上述した[⑦]式硫酸製造法により、硫黄 8.0kg をすべて硫酸に変えたとする、質量パーセント濃度が 98%の濃硫酸を何 kg 得ることができるか。ただし、 $H=1.0$ 、 $O=16$ 、 $S=32$ とし、計算結果は有効数字 2 桁で表せ。

(2017 酪農学園大)

8. 次の文章を読み下記の設問に答えよ。

硫黄は硫化物として地殻中に多く存在する塩素であり、第[ア]周期、[イ]族元素に属し、価電子は[ウ]個ある。硫黄には複数の[エ]があるが、分子の形の違いから二つに分けることができる。一つは[オ]を構成分子とする結晶であり、もう一つは硫黄原子が(1)鎖状につながった構造をもつ[カ]硫黄である。

硫黄を燃焼すると、酸化数+4の[キ]となる。(2)[ク]を触媒として[キ]を空気中の酸素によって酸化して三酸化硫黄をつくり、さらにこれを水と反応させて硫酸を得る工業的製法を[ケ]という。

問1 [ア]～[ウ]に適切な数字を記せ。また、[エ]～[ケ]に適切な語句を下記の選択肢から選び、その記号を記せ。

- a. 直線分子 S_6 b. 直線分子 S_8 c. 環状分子 S_6 d. 環状分子 S_8 e. 接触法
f. ソルベー法 g. クメン法 h. 同位体 i. 同素体 j. 同属体 k. 斜方 l. 体心立方
m. 亜硫酸 n. 層状 o. ゴム状 p. 二酸化硫黄 q. 硫化水素
r. 過マンガン酸カリウム s. 酸化バナジウム t. 二酸化マンガン

問2 下線部(1)の硫黄を得るための適切な方法を以下の中から一つ選び、その記号を記せ。

- A. 硫黄を沸騰した水中に注ぐ。
B. 沸点近くまで加熱した硫黄を、冷水中に注ぎ急冷する。
C. 沸点近くまで加熱した硫黄をゆっくり冷やす。
D. 硫黄を四塩化炭素に溶かし放置する。

問3 下線部(2)の2つの化学反応式を記せ。

(2008 法政大)

9. 硫黄の化合物に関する次の文章を読んで以下の問1～問5に答えよ。

硫化水素は腐卵臭のする有毒な気体であり、実験室では①硫化鉄(Ⅱ)に希塩酸または希硫酸を加えて発生させる。硫化水素は常温・常圧で空気より(ア)く。水に(イ)。その水溶液は硫化水素水と呼ばれ(ウ)性を示す。②硫化水素水に酸素を吹き込むと白く濁る。

二酸化硫黄は刺激臭のある有毒な気体で、実験室的製法としては、銅と濃硝酸とを加熱する方法や、③亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加える方法がある。

硫酸の工業的製法には(エ)法がある。これは(オ)を触媒として使用する方法である。濃硫酸と希硫酸とでは性質が異なり、濃硫酸は(カ)作用がある。

問1 文中の(ア)～(カ)に適切な語句を語群から選び、記号で記せ。

A: アルカリ	B: 五酸化バナジウム	C: 酸化	D: オストワルド	
E: 白金	F: 還元	G: よく溶ける	H: 少し溶ける	I: 接触
J: 酸	K: 重	L: 軽		

問2 下線①において硝酸を使用しないのはなぜか。

問3 下線②の反応を化学反応式で示せ。

問4 下線③の反応を化学反応式で示せ。

問5 アルミニウムは濃硫酸に溶けにくい。この理由を述べよ。

(2013 兵庫県立大)

10. 硫黄に関する次の文章を読み、各問いに答えよ。

硫黄は、酸素と同じく周期表の[ア]族に属する[イ]元素である。硫黄の単体には、斜方硫黄、単斜硫黄、[ウ]硫黄があり、それらは[エ]という。

硫化水素は、[オ]に希硫酸を加えると発生する無色の有毒な気体である。①硫化水素を、金属イオンを含む水溶液に通じると、水に溶けにくい沈殿が生成する。

②二酸化硫黄は、[カ]に希硫酸を加えると発生する無色の有毒な気体である。二酸化硫黄は水に溶かすと[キ]性を示す。

硫酸を工業的に製法するときには、次のように行われている。[ク]を触媒として、二酸化硫黄を空気中の酸素と反応させると、[ケ]が生成する。これを、98~99%の濃硫酸に吸収させて、含まれる水と反応させて製造する。

③濃硫酸と塩化ナトリウムを混合して加熱すると、[コ]の気体が発生する。また、④濃硫酸と蛍石を混合して加熱すると、[サ]の気体が発生する。(A)濃硫酸を水に溶かすと、希硫酸となる。酸化銅(Ⅱ)を希硫酸と反応させて溶解した後、十分な水酸化ナトリウムを加えると、[シ]の沈殿が発生する。⑤この溶液にアンモニア水を加えると、[シ]の沈殿が溶解する。

問1 [ア]~[シ]に当てはまる適切な語、数値あるいは化学式を答えよ。

問2 下線部①に関して、(a)銀イオン、(b)鉛イオン、(c)カドミニウムイオン、(d)亜鉛イオン(塩基性)が含まれるそれぞれの試験管に硫化水素を通じると、それぞれどのような沈殿を生じるか。化学式で答えよ。また、その沈殿の色も答えよ。

問3 下線部②~⑤の化学反応式を記せ。

問4 [サ]の水様液をガラス製の容器に保存することは不適切である。その理由4を説明せよ。

問5 下線部(A)の操作を安全に行うために、具体的な実験手順を理由とともに記せ。

(2017 高知大)

11. 次の文章を読み、各問いに答えよ。

硫化水素は、無色、[ア]臭の気体であり、その水溶液は[イ]性を示す。①硫化水素は、酸化鉄(Ⅱ)に希硫酸を加えることによって得られる。二酸化硫黄は、[ウ]色、刺激臭の気体であり、②亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加えて発生させることができる。白金または[エ]を触媒に用いて、二酸化硫黄を酸素で酸化すると、[オ]が得られる。これを水と反応させると、[カ]が得られる。

銅は希硫酸や塩酸とは反応しないが、③熱濃硫酸に反応して溶ける。熱濃硫酸との反応液から④[キ]色の結晶が得られる。⑤この結晶の水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると、[ク]色の沈殿を生じる。生じた沈殿の一部をとり、⑥加熱すると、[ケ]色に変化する。また、残りの沈殿を含む水溶液にアンモニア水を加えると、⑦[コ]色の水溶液になる。

問1 上記文中の[ア]～[コ]に適切な語句を記せ。

問2 硫化水素の水溶液に二酸化硫黄を通じるとどのような反応が起こるか化学反応式で記せ。この反応において、還元剤として作用している物質を記せ。

問3 下線部①, ②, ③, ⑥の変化を化学反応式で、また⑤の変化をイオン反応式で記せ。

問4 ④で得られた結晶の化学式を記せ。

問5 ⑦の水溶液に含まれる錯イオンの化学式を記せ。

(2011 高知大)

12. 二酸化硫黄について次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

①硫黄を空気中で燃焼させたり、②亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加えると〔ア〕臭のある二酸化硫黄が発生する。二酸化硫黄は水に溶けやすく空気より重いので下線部②の実験において発生した時は〔イ〕で捕集する。また、二酸化硫黄は〔ウ〕剤として作用し、うすい過マンガン酸カリウム溶液に吹き込むと、 MnO_4^- は〔エ〕となり、溶液の色は〔オ〕色から〔カ〕色となる。

一方、③硫化水素水溶液に吹き込むと溶液中に〔キ〕の黄色いコロイドが生じ、けん濁する。このとき二酸化硫黄は〔ク〕剤として作用している。また、④二酸化硫黄を水に溶かすと〔ケ〕を生成する。この現象が大気中で生じた場合、〔コ〕の原因の一つになり、さまざまな⑤環境問題が起きている。

問1 文章中の〔ア〕～〔コ〕に適切な語または記号を下から選び記入せよ。

酸、塩基、硫酸、亜硫酸、塩酸、亜硝酸、硫黄、酸化、還元、無、赤紫、白、褐、黄、上方置換、下方置換、水上置換、刺激、芳香、 Mn^+ 、 Mn^{2+} 、 K^+ 、白煙、重金属汚染、酸性雨、スモッグ、花粉症

問2 下線部①の化学反応式を記せ。

問3 下線部②の化学反応式を記せ。

問4 下線部③の化学反応式を記せ。

問5 下線部④の化学反応式を記せ。

問6 下線部⑤の被害について該当しないものを2つ選び記号で記入せよ。

- (a) 森林の立ち枯れや湖沼の酸性化による自然環境の破壊をおこす。
- (b) コンクリートや金属の腐食をおこし、建築物への被害をあたえる。
- (c) 大気中にばいじんが発生し、視界が非常に悪くなる。
- (d) 歴史的建造物を溶かし、文化財への被害をあたえる。
- (e) 地下水が枯渇し、土壌表層に塩類が析出し農作物への被害をあたえる。

13. 硫黄に関する次の文を読み、問1～8に答えよ。計算問題の有効数字は2桁とし、計算過程も記せ。

硫黄は我々にとって身近な元素である。硫黄は環境中に様々な形で存在し、①人体にも0.2%程度含まれている。火山の噴気口に析出した黄色い個体は②硫黄の単体であり、火山ガスや温泉水などには③硫化水素が含まれる。SO₂やSO₃などの硫黄酸化物はSO_x(ソックス)と呼ばれ、大気汚染の原因物質となる。石油や④石炭を燃やすと、含まれていた硫黄の化合物は硫黄酸化物になる。大気中に放出された⑤SO₂はさらに酸化され、空気中にある⑥水蒸気または水滴と速やかに反応して硫酸になる。その結果、雨水二酸化硫黄あ硫酸イオンが含まれるようになる。しかし、雨水の中に含まれる硫酸イオンがすべて燃焼由来であるとは限らない。⑦大気中には海塩粒子と呼ばれる。海水の液滴が蒸発して生じる微小な粒子が浮遊している。硫酸イオンは排水にも含まれているため、⑧雨水中には海塩粒子の溶解に由来する硫酸イオンも含まれる。

問1 下線部①について、タンパク質を構成するアミノ酸のうち硫黄を含むものの名称をすべて答えよ。

問2 下線部②について、大気圧、常温で安定な同素体の名称を答えよ。

問3 下線部③について、実験室で発生させるための化学反応式を書け。

問4 下線部④は複雑な物質である。ある石炭の組成がC₁₃₅H₉₆O₉NSで表される場合、この石炭に含まれる硫黄の質量の割合は何%か。

問5 下線部⑤、⑥について、以下の問(ア)～(エ)に答えよ。

(ア) 下線部⑤および⑥をそれぞれ化学反応式で記せ。

(イ) これらの反応は硫酸の工業的な製法に用いられている。この方法の名称を答えよ。

(ウ) (イ)の方法において用いられる触媒に含まれる金属元素名称を答えよ。

(エ) 工業的な製法では下線部⑤の生成物を吸収させるために水でなく何を用いるか答えよ。

問6 下線部⑦について、問(ア)、(イ)に答えよ。

(ア) 下線部⑦のように、気体中に固体や液体が浮遊したコロイドを何とよぶか。

(イ) 気体ではなく、水中に水に不溶の個体が分散しているコロイドを何とよぶか。

問7 下線部⑧について、雨水中に含まれる硫酸イオンのうち、海塩粒子起源でない硫酸イオンを推定する方法がある。雨水中に含まれるナトリウムイオンがすべて海塩起源だとみなし、かつ、海塩起源成分の濃度の比率が変化しないとするのである。雨水を採集し、その中に含まれる硫酸イオン、ナトリウムイオンの濃度を測定したところ、それぞれ $0.15 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 、 $0.50 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ であった。問(ア)～(ウ)に答えよ。

(ア) 海水 1kg 中にナトリウムイオンは 10.56g 含まれる。20°Cの海水中のナトリウムイオンのモル濃度を求めよ。20°Cでの海水の密度は 1.02 g/cm^3 である。

(イ) 海水 1kg 中に硫酸イオンは 2.65g 含まれる。海水中のナトリウムイオンに対する硫酸イオンのモル濃度比を求めよ。

(ウ) 採集された雨水中の硫酸イオンのうち海塩起源でない硫酸イオンの割合は何%か計算せよ。

問8 燃焼によって生じた硫黄酸化物は大気汚染物質であるため、燃焼後に SO_2 を取り除く処理が行われる。その一例として、石灰石の粉末に水を加えて泥状にしたものに排煙を吹き込む方法がある。排煙を十分に吹き込んだ後の泥状物質を加熱した結果、得られる物質名と考えられるその理由を答えよ。

(2016 日本女子大)

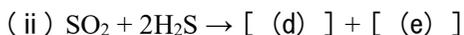
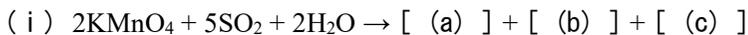
14. 次の問 1, 2 に答えよ。

問 1 次の文中の①～⑩には適切な語・語句または数字、(a)～(d)には化学式を入れよ。

酸素と硫黄は周期表[①]に属する元素で、原子はいずれも[②]個の価電子を持つ。これらの原子は水素原子と[③]結合により、折れ線形の分子[(a)]および[(b)]をつくる。[(a)]は同族元素の水素化合物と比べて分子量は最も小さいが、[④]や[⑤]は最も高い。これは分子間に存在する[⑥]のためである。[(b)]を Cd^{2+} と Zn^{2+} を含む弱酸性水溶液に通じると[⑦]色の[(c)]沈殿が生成する。沈殿をろ過し、ろ液を塩基性にしてから再び[(b)]を通じると、[(b)]の電離によって生じる[⑧]イオンの濃度が高くなり、[⑨]積の大きい[⑩]色の[(d)]も沈殿する。

問 2 次の問(ア), (イ)に答えよ。

(ア) 次の反応式を完成せよ。(a)～(c), (d)および(e)の順序は問わない。



(イ) 次の文中の①～⑤に適切な数字または語句を入れよ。

上記(i)において硫黄の酸化数は[①]から[②]へ変化するので、二酸化硫黄は[③]剤として働く。また(ii)において二酸化硫黄の硫黄の酸化数は[①]から[④]へ変化するので、二酸化硫黄は[⑤]剤として働く。

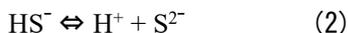
(2007 日本女子大)

15. 硫黄に関する以下の文章を読み、各問いに答えよ。

硫黄の単体として主に3種類の[ア]が知られており、常温では環状の分子である[イ]が安定に存在している。硫黄を燃焼させて得られる二酸化硫黄を酸化バナジウム(IV)触媒のもとで空気酸化すると[ウ]が得られる。[ウ]を濃硫酸に吸収させて[エ]とし、これに希硫酸を加えて濃硫酸にしている。このような硫酸の工業的製法を[オ]という。

濃硫酸の沸点は約300℃と高く、気体になりにくいため、揮発性の酸の生成に用いられる。例えば、①塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱すると塩化水素が生成するが、このとき塩化水素は揮発性、濃硫酸は不揮発性のため、塩化水素のみを気体として取り出すことができる。また、濃硫酸はヒドロキシ基をもつ有機化合物から、HとOHを脱離させる[カ]作用があるため、例えばグルコースに濃硫酸を加えると、炭素が遊離して黒くなる。なお、濃硫酸の水への[キ]熱は極めて大きいので、濃硫酸に水を注ぐと容器から硫酸が飛び散る危険がある。そこで濃硫酸を薄めるときには、水に濃硫酸を少しずつ加えていく必要がある。このようにして得られる希硫酸は亜鉛や鉄などの金属と反応して[ク]を発生する。

二酸化硫黄は、実験室では②亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加えるか、③銅に熱濃硫酸を加えることで得られる。二酸化硫黄は亜硫酸ガスとも呼ばれる刺激性がする有毒な気体であるが、紙や繊維などの漂白剤として用いられている。硫化水素は腐卵臭のする有毒気体で、実験室では④硫化鉄(II)に希硫酸を加えて発生させる。硫化水素は水に溶解すると式(1)および(2)にしたがって2段階で電離し、弱酸性を示す。



式(1)、(2)の電離定数 K_1 、 K_2 はそれぞれ $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ 、 $4.0 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$ である。式(2)で得られる硫化物イオン S^{2-} は多くの金属イオンと反応して硫化物の沈殿を生成することが知られており、例えば中性や塩基性溶液中で亜鉛イオンと反応すると、[ケ]色の硫化亜鉛が沈殿する。

問1 []内のアからカにあてはまる適切な語を入れよ。

問2 下線①から④に関わる反応を化学反応式で答えよ。

問3 硫化水素が溶解している水溶液中の $[\text{HS}^-]$ を K_1 , $[\text{H}_2\text{S}]$, $[\text{H}^+]$ を用いて表せ。また、 $[\text{S}^{2-}]$ を K_1 , K_2 , $[\text{H}_2\text{S}]$, $[\text{H}^+]$ を用いて表せ。ただし、 $[\text{H}_2\text{S}]$, $[\text{HS}^-]$, $[\text{S}^{2-}]$, $[\text{H}^+]$ は各成分のモル濃度(mol/L)を表すものとする。

問4 硫化水素は、常温常圧で水に飽和させると、水溶液中の濃度は0.10mol/Lとなる。硫化水素飽和溶液のpHを計算せよ。計算の過程を示し、答えは有効数字2桁で求めよ。ただし、硫化水素の電離度は1に比べて極めて小さいと仮定してよい。また K_2 は K_1 に比べて無視できるほど小さいので、式(1)の反応のみを考えればよい。

問5 0.10mol/Lの硫化水素水溶液を $\text{pH} = 2.0$ としたときの $[\text{S}^{2-}]$ を求めよ。計算の過程を示し、答えは有効数字2桁で求めよ。

問6 Cu^{2+} と Zn^{2+} の混合水溶液を酸性にして硫化水素を通じると CuS のみが沈殿し、水溶液を中性や塩基性にする、溶液中に残った Zn^{2+} も ZnS として沈殿するようになる。その理由を、「溶解度積」および「硫化物イオン濃度」という語を用いて説明せよ。なお、「硫化物イオン濃度」は $[\text{S}^{2-}]$ と記載してよい。

(2019 弘前大)

16. 次の文章を読み、下の(1)～(5)の問いに答えなさい。

硫黄は、多くの元素と化合物をつくり、地殻中に鉱物として多量に存在するほか、単体としても自然界に存在している。硫黄の単体は(a)斜方硫黄、単斜硫黄、ゴム状硫黄などが存在し、医薬品、農薬、ゴム、硫酸などの製造に利用されている。

硫酸は、金属精錬、製紙、食品工業、薬品製造など、化学工業で広く用いられており、工業的には次のようにつくられる。すなわち、(b)空気中で硫黄を燃焼し、Aをつくる。次に、触媒を用いて、(c)空気中の酸素でAを酸化し、Bをつくる。続いて、Bを濃硫酸中に吸収させて、(d)Bと水を反応させる。濃硫酸は無色で粘性および沸点の高い液体であり、(e)吸湿性、脱水作用、不揮発性を示し、また、熱濃硫酸は酸化作用を示す。

(1) 下線部(a)に記された硫黄の単体の中で二硫化炭素に溶解しないものをすべて記しなさい。

(2) 下線部(b)～(d)の反応を化学反応式で記しなさい。

(3) 下のⅠ～Ⅲは下線部(e)で示された4つの硫酸の特徴のうちどれを利用したものか。その特徴を次の[]内から1つ選び、記しなさい。また、それぞれの反応を化学反応式で記しなさい。

[吸湿性、脱水作用、不揮発性、酸化作用]

Ⅰ スクロース（ショ糖）に濃硫酸を加えると黒色に変化した。

Ⅱ 塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて熱したところ。反応して酸が遊離した。

Ⅲ 銅に濃硫酸を加えて熱したところ、反応して気体が発生した。

(2019 山形大)

17. 次の文章を読み、以下の問1～8に答えなさい。

硫黄は周期表[ア]族の元素であり、[イ]個の価電子を持っている。単体の硫黄には、①斜方硫黄、単斜硫黄、ゴム状硫黄などの[ウ]がある。確黄を燃焼させると二酸化硫黄が生成する。指示薬としてプロモチモールブルーを加えた水に、二酸化硫黄を通じると、その色は[エ]から[オ]へと変化する。

硫化水素は、実験室においては希塩酸や希硫酸を加えて発生させた気体を②[キ]置換で捕集することで得られる。③二酸化硫黄は、硫化水素に対しては[ク]剤として働く。工業的に硫酸を製造するには、酸化バナジウム(V)を触媒として二酸化硫黄を酸化し、生じた三酸化硫黄を水と反応させる。このような硫酸の製造方法を[ケ]という。

問1 [ア]および[イ]にあてはまる適切な数字、[ウ]～[ケ]にあてはまる適切な語句をそれぞれかきなさい。

問2 下線部①に関連する次の(1)および(2)に答えなさい。

- (1) 室温で最も安定なものを一つかきなさい。
- (2) 二硫化炭素に溶けるものをすべてかきなさい。

問3 硫化水素を下線部②の方法で捕集する理由を20字以内で説明しなさい。

問4 下線部③の反応について、次の(1)および(2)に答えなさい。

- (1) 化学反応式を示しなさい。
- (2) 化学反応式中のすべての硫黄Sについて、酸化数を化学反応式の元素記号の下に示しなさい。

(2014 千葉大)

18. 次の文を読み、問に答えよ。

硫化鉄(Ⅱ)に希塩酸を作用させると得られる(1)は空気より重い無色の気体で、腐卵臭に似た悪臭をもち有毒である。(1)は水に少し溶け、水溶液は弱い(2)性を示す。(1)は金属イオンと反応してその金属ごとに特有な色の硫化物の沈殿を生じるため、金属イオンの検出や分離に用いられる。銅(Ⅱ)イオンを含む水溶液に(1)を吹き込むと、溶液のpHに関わらず(3)の黒色沈殿を生じる。(1)の硫黄原子の酸化数は(4)であり、酸化されやすく強力な還元剤として働く。

二酸化硫黄は(5)色、刺激臭のある有毒な気体で亜硫酸ガスと呼ばれ、(a)銅に濃硫酸を加えて加熱すると得られる。また、工業的には、(b)黄鉄鉱の燃焼によって得られる。二酸化硫黄は還元作用があるため紙や繊維の漂白に用いられる。しかし(1)との反応で、酸化剤として作用する際には、二酸化硫黄の硫黄原子の酸化数は(6)から(7)へと変化する。

二酸化硫黄を、白金または酸化バナジウムなどの触媒を用いて酸素の存在下で酸化すると(8)になる。(8)は水と激しく反応して硫酸を生じる。硫酸を98.0%(質量パーセント濃度)含む濃硫酸は密度 1.84g/cm^3 の無色で粘性のある液体である。硫酸の硫黄原子の酸化数は(9)である。単体の鉄に希硫酸を加えると(c)硫酸鉄(Ⅱ)を生じる。この反応で鉄原子の酸化数は(10)から(11)へと変化している。

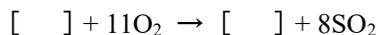
問1 (1)(3)(8)の化学式(組成式)を記せ。

問2 (2)(4)(5)(6)(7)(9)(10)(11)にあてはまる語句を記せ。

問3 下線部(a)の反応式を完成させよ。



問4 下線部(b)の反応式を完成させよ。ただし、黄鉄鉱の主成分は二硫化鉄であるとす



問5 下線部(c)の化学式(組成式)を記せ。

問6 濃硫酸98%(質量パーセント濃度)1kgを製造するのに必要な黄鉄鉱(純度100%の二硫化鉄とする)は何kg必要か求め、四捨五入により小数点以下1位で記せ。

(2017 昭和大)

19. 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

酸素 O_2 は、乾燥空気の体積の約 [A] % を占める気体である。酸素は、実験室においては [B] の水溶液に触媒として [C] を加えるか、または、① [C] を触媒として、塩素酸カリウムを加熱することによって得られる。 酸素の [D] にはオゾンがあり、② オゾンは幾つかの方法によって発生させることができる。 オゾンの確認方法の一つとして、③ 湿ったヨウ化カリウムデンプン紙を用いる方法がある。

一方、酸素は多くの金属と酸化物を作る。身近なところでは鉄の赤さびがある。これは赤褐色の酸化物であり、この酸化物における鉄の酸化数は [E] である。また、亜鉛の酸化物は、酸とも塩基とも反応するので [F] 酸化物とよばれる。

問1 [A] にあてはまる適切な数値を以下のア～オの中から一つ選び、記号で記せ。

ア 10 イ 15 ウ 20 エ 25 オ 30

問2 [B] と [C] のそれぞれにあてはまる適切な化学式を、また、[E] にあてはまる適切な数値を記せ。

問3 [E] と [F] のそれぞれにあてはまる適切な語句を記せ。

問4 下線部①について、反応が終了したとき、酸素の他に生成する物質を化学式で記せ。

問5 下線部②に関連して、オゾンを発生させる方法を以下のア～オの中からすべて選び、記号で記せ。

ア 次亜塩素酸ナトリウム水溶液に塩酸を加える。

イ 酸素に強い紫外線を照射する。

ウ フッ化カルシウムに濃硫酸を加えて加熱する。

エ 水にリチウムを加える。

オ 乾燥した酸素中で放電する。

問6 下線部③について、湿ったヨウ化カリウムデンプン紙のどのような視覚的な変化からオゾンの存在を確認することができるか。起こる変化を具体的に解答欄の「ヨウ化カリウムデンプン紙」に続けて10字以内で記せ。ただし句読点は文字数に含めないものとする。

(2008 岡山大)

20. 酸素は、工業的にも生命活動の維持においても不可欠な元素である。酸素に関する以下の問 1～5 に答えなさい。

問 1 空気には酸素 (O_2) が含まれる。乾燥空気の体百分率が窒素 80.0%、酸素 20.0% のとき、標準状態での空気の密度を有効数字 3 桁で求めなさい。

問 2 工業的に O_2 は、空気の圧縮と膨張を繰り返しながら冷却して得られる液体空気から、酸素と窒素の沸点の差を利用した [(a)] により製造される。空欄(a)に入る適切な語句を答えなさい。

問 3 実験室で O_2 は、塩素酸カリウムに酸化マンガン(IV)を触媒として加え加熱すると得られる。この酸素生成反応の化学反応式を書きなさい。

問 4 酸素の単体には O_2 のほか、 O_2 の [(b)] であるオゾンがある。オゾンは O_2 に強い紫外線をあてるか、 O_2 中で放電を行うと生夜する。空欄(b)に入る最も適切な語句を答えなさい。

問 5 標準状態で 5.00L の O_2 中で放電を行ったところオゾンが一部生成し、全体の体積が 10.0%減少した。このときに生成したオゾンの物質量を有効数字 3 桁で求めなさい。ただし、すべての気体を理想気体とし、標準状態での値を求めなさい。

(2016 中央大)

解答

1. 2013 県立広島大

問1 ア 対電子 イ ルシャトリエ ウ 反応熱 エ 正 オ 大きく

問2 1442kJ/mol 問3 125.5kJ/mol 問4 1.0L/mol

2. 2015 滋賀医科大

問1 ① 同素体 ② 発煙硫酸 ③ 接触法 問2 16S : K2L8M6

問3 $6.7 \times 10^{-3} \text{mol/L}$ 問4 (1) 反応しない (2) $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$

問5 ア 過マンガン酸カリウム水様液は熱と光で分解しやすいので、褐色ビンで冷暗所に保存する。 イ ホールピペット ウ 過マンガン酸カリウム水様液の赤紫色が消えてなくなったとき エ $2.5 \times 10^{-2} \text{mol/L}$ オ 塩酸は還元剤として働き、硝酸は酸化剤として働くためいずれも正確な滴定ができず、用いることはできない。

カ $2\text{MnO}_4^- + 10\text{I}^- + 16\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$ キ でんぷんのらせん構造の中にヨウ素分子が取り込まれるため。 ク 0.10mol/L

3. 2017 新潟大

問1 (1) 単斜硫黄 (2) ゴム状硫黄 (3) 二硫化炭素 (4) 硫化水素 (5) 無

(6) 酸化バナジウム(V) (7) 三酸化硫黄 (8) 発煙硫酸

問2 (a) $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$ (b) $\text{NaHSO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$

(c) $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$ 問3 (d) ② (e) ① (f) ③

問4 0.13L

4. 2014 広島市大

問1 同素体 問2 $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$

5. 2016 新潟大

問1 $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ 硫酸 問2 BaO, Fe₂O₃

問3 $2\text{KI} + \text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{I}_2 + \text{O}_2 + 2\text{KOH}$ ヨウ素 問4 $\text{H}_2\text{Te} > \text{H}_2\text{Se} > \text{H}_2\text{S}$

問5 (1) $K_{a1} = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]}$, $K_{a2} = \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]}$ (2) $[\text{S}^{2-}] = \frac{[\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2} K_{a1} K_{a2}$

(3) MS は沈殿しない

6. 2016 立命館大

問1 ア 6 イ 8 問2 あ 分留 い 単斜 問3 30mL

問4 $2\text{KI} + \text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{KOH} + \text{I}_2 + \text{O}_2$ 問5 ②, ⑤ 問6 HClO_4

問7 ②, ⑤ 問8 ② 問9 $\text{pH} = 4$

7. 2017 酪農学園大

問1 ① 6 ② 斜方 ③ ゴム ④ 同素体 ⑤ 二酸化硫黄 ⑥ 三酸化硫黄 ⑦ 接触

問2 $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \rightarrow 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ 問3 25kg

8. 2008 法政大

問1 ア 3 イ 16 ウ 6 エ i オ c カ k キ p ク s ケ e

問2 D 問3 $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$

9. 2013 兵庫県立大

問1 ア K イ G ウ J エ I オ B カ C

問2 硝酸は酸化作用があるので、 H_2S ではなく SO_2 が発生するから。

問3 $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{S}$

問4 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$

問5 濃硫酸によって表面が酸化され、酸化被膜ができて、内部を保護するから。

10. 2017 高知大

問1 ア 16 イ 典型 ウ ゴム状 エ 同素体 オ 硫化鉄(II) カ 亜硫酸ナトリウム
キ 酸 ク 酸化バナジウム ケ 三酸化硫黄 コ 塩化水素 サ フッ化水素
シ 水酸化銅

問2 (a) Ag_2S 黒 (b) PbS 黒 (c) CdS 黄 (d) AnS 白

問3 ② $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$ ③ $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}$

④ $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + 2\text{HF}$ ⑤ $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 4\text{NH}_3 \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^+ + 2\text{OH}^-$

問4 フッ化水素酸は、ガラスの主成分である二酸化ケイ素と反応し、ガラスを溶かすため。

問5 濃硫酸の溶解熱は非常に大きいため、突沸を防ぐために水を冷やしてから、少しずつ濃硫酸を加える。

11. 2011 高知大

問1 ア 腐卵 イ 弱酸 ウ 無 エ 酸化バナジウム オ 三酸化硫黄 カ 硫酸
キ 青 ク 青白 ケ 黒 コ 深青

問2 $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \rightarrow 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ 還元剤 硫化水素

問3 ① $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$ ② $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$

③ $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$ ⑥ $\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$

⑤ $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2$

問4 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 問5 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^+$

12. 2009 宮崎大

問1 ア 刺激 イ 下方置換 ウ 還元 エ Mn^{2+} オ 赤紫 カ 無 キ 硫黄
ク 酸化 ケ 亜硫酸 コ 酸性雨

問2 $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$ 問3 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$

問4 $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \rightarrow 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ 問5 $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$ 問6 c, e

13. 2016 日本女子大

問1 システイン, メチオニン 問2 斜方硫黄 問3 $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$

問4 1.7% 問5 ア⑤ $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ ⑥ $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$

イ 接触法 ウ バナジウム エ 濃硫酸 問6 ア エアロゾル イ ゼル

問7 ア 0.47mol/L イ 0.060 ウ 80% 問8 セッコウ 建築材料他

14. 2007 日本女子大

問1 ① 16 ② 6 ③ 共有 ④ 融点 ⑤ 沸点 ⑥ 水素結合 ⑦ 黄

⑧ 硫化物 ⑨ 溶解度 ⑩ 白 a H_2O b H_2S c CdS d ZnS

問2 ア a $2\text{H}_2\text{SO}_4$ b K_2SO_4 c 2MnSO_4 d 3S e $2\text{H}_2\text{O}$

イ ① +4 ② +6 ③ 還元 ④ 0 ⑤ 酸化

15. 2019 弘前大

問1 ア 同素体 イ 斜方(S_8)硫黄 ウ 三酸化硫黄 エ 発煙硫酸 オ 接触
カ 脱水 キ 溶解 ク 水素 ケ 白

問2 ① $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}$ ② $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$

③ $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$ ④ $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$

問3 $[\text{HS}^-] = \frac{K_1[\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]}$ $[\text{S}^{2-}] = \frac{K_1K_2[\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2}$

問4 pH = 4.0 問5 $[\text{S}^{2-}] = 4.0 \times 10^{-17} \text{ mol/L}$

問6 CuS の溶解度積は ZnS の溶解度積に比べてはるかに小さく、酸性で硫化物イオンが減っても、その影響が小さく、CuS は沈殿したままである。

ちばだ

16. 2019 山形大

- (1) 単斜硫黄、斜方硫黄 (2) (b) $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$ (c) $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$
 (d) $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ (3) I 脱水作用 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 6\text{C} + 6\text{H}_2\text{O}$
 II 不揮発性 $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}$
 III 酸化作用 $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$

17. 2014 千葉大

- 問1 ア 16 イ 6 ウ 同素体 エ 緑色 オ 黄色 カ 硫化鉄 キ 下方 ク 酸化
 ケ 接触法 問2 (1) 斜方硫黄 (2) 単斜硫黄, 斜方硫黄
 問3 硫化水素は水に溶け、空気より重いため 問4 (1) $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
 (2) -2 +4 0

18. 2017 昭和大

- 問1 1 H_2S 3 CuS 8 SO_3 問2 2 酸 4 -2 5 無 6 +4 7 0
 9 +6 10 0 11 +2 問3 $\text{CuSO}_4, \text{SO}_2$ 問4 $4\text{FeS}_2, 2\text{Fe}_2\text{S}_3$ 問5 FeSO_4
 問6 0.6kg

19. 2008 岡山大

- 問1 ウ 問2 B : H_2O_2 C : MnO_2 E : +3 問3 D : 同素体 F : 両性
 問4 KCl 問5 イ, オ 問6 青紫色に変色する

20. 2016 中央大

- 問1 1.29g/L 問2 分留 問3 $2\text{KClO}_3 \rightarrow 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$
 問4 同素体 問5 $4.46 \times 10^{-2} \text{ mol}$