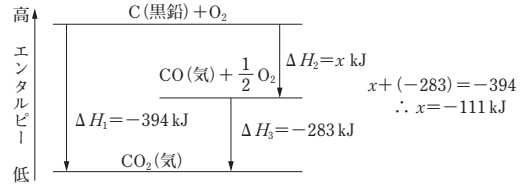
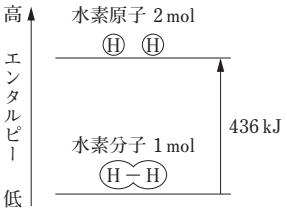
(b)　(カ　　)エンタルピー：液体の物質1 molが気体になるときのエンタルピー変化
(例)　水の蒸発エンタルピー：44 kJ/mol(25℃)
H_2O(液) ⟶ H_2O(気)　$\Delta H=44$ kJ

(5)　**ヘスの法則**
物質が変化するときのエンタルピー変化の総和は，変化の前後の物質の種類と状態だけで決まり，反応経路には無関係である。

(例)





(6)　**結合エネルギー**
気体分子の共有結合を切断するために必要なエネルギーを(キ　　)といい，結合1 molあたりの値で示される。
(例)　H－Hの結合エネルギー：436 kJ/mol
H_2(気) ⟶ 2H(気)　$\Delta H=436$ kJ

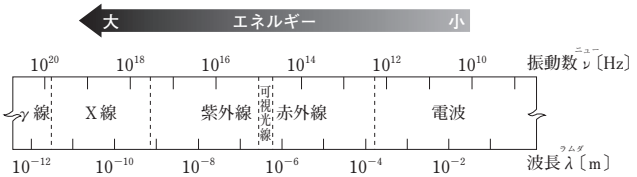
(7)　**化学反応の進む向き**
○エンタルピー変化 ΔH
エネルギーが小さい物質(状態)ほど安定であり，エネルギーが大きい状態から小さい状態に向かう変化は起こりやすい。つまり，燃焼など，エンタルピーが減少する発熱反応の多くは自発的変化である。ただし，自発的変化の全てが発熱反応ではない。
○エントロピー変化 ΔS
粒子は規則正しく集まった状態から広がって乱雑な状態になろうとする傾向がある。一度乱雑な状態になると，元の状態に戻ることはない。このような「乱雑さ」を表す尺度をエントロピー(記号 S)といい，その変化した量をエントロピー変化（ΔS）という。エントロピーが大きな状態が安定であり，エントロピーが増加する方向への変化は起こりやすい。

一般に，反応が自発的に進むかどうかは，エンタルピー変化ΔHとエントロピー変化ΔSとの兼ね合いによって決まる。

エンタルピー	エントロピー	反応の自発性
減少する（発熱）$\Delta H<0$	増加する $\Delta S>0$	自発的に進む
	減少する $\Delta S<0$	予測できない（ΔH，ΔSの大きさ，温度により，進む方向が決まる）
増加する（吸熱）$\Delta H>0$	増加する $\Delta S>0$	
	減少する $\Delta S<0$	自発的に進まない

(8)　**化学反応と光**
(a)　(ク　　)：化学反応の際に，物質のもつ化学エネルギー(またはその一部)が，光エネルギーに変換されて光を発する現象。
(b)　(ケ　　)：可視光線や赤外線などの光の吸収によって引き起こされたり，促進されたりする化学反応。
(c)　(コ　　)：光エネルギーを吸収して，二酸化炭素と水から糖類を合成する緑色植物のはたらき。

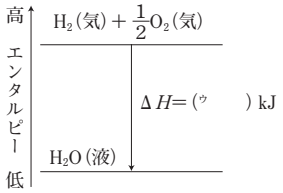
光は電磁波である。物質中でも，真空中でも伝わる波で，その波長により電波，赤外線，可視光線，紫外線，X線などがある。私たちの目に見える光は**可視光線**といい，波長はおよそ3.8×10^{-7}～7.8×10^{-7} mである。光の波長が短いほど，光のエネルギーは大きくなる。



■解答　**ア．燃焼　イ．生成　ウ．中和　エ．溶解　オ．融解　カ．蒸発**
キ．結合エネルギー　ク．化学発光　ケ．光化学反応　コ．光合成

〔基本問題〕

55.（エンタルピー）次の文章中の（　　）に適当な語または数値を入れよ。



物質がもつエネルギーはエンタルピーという量で表すことができ，一定圧力で化学反応に伴って放出・吸収する熱量を反応エンタルピーという。反応エンタルピーは生成物と反応物のもつエンタルピーの差であるエンタルピー変化ΔHで表される。

たとえば，水素2 gが燃焼して水を生じるとき，286 kJの熱が発生する。右図に示すように水素（ア　　）molと酸素（イ　　）molがもつエンタルピーが，化合して水1 molになったときにもつエンタルピーよりも286 kJだけ大きいので，この差が熱として放出される。この反応の反応エンタルピーは（ウ　　）kJ/molであり，これを化学反応式とともに表すと，次のようになる。

H_2(気)＋$\frac{1}{2}O_2$(気) ⟶ H_2O(液)　ΔH＝(ウ　　) kJ

56.（エンタルピー変化と化学反応式）次の変化を，エンタルピー変化を付した反応式で表せ。

(1)　炭素（黒鉛）の燃焼エンタルピーは－394 kJ/molである。

(2)　一酸化窒素NOの生成エンタルピーは90.3 kJ/molである。

(3)　塩酸と水酸化ナトリウム水溶液との中和エンタルピーは－56.5 kJ/molである。

(4)　無水硫酸銅(Ⅱ)$CuSO_4$の水への溶解エンタルピーは－73.2 kJ/molである。

(5)　水の融解エンタルピーは6.0 kJ/molである。

57.（反応エンタルピー）

(1)　3.00 gの炭素（黒鉛）を完全燃焼させたとき，98.5 kJの熱が発生した。炭素（黒鉛）の燃焼エンタルピーは何kJ/molか。

(2)　19.6 gの硫酸を多量の水に溶かしたとき，19.0 kJの熱が発生した。硫酸の溶解エンタルピーは何kJ/molか。

(3)　9.0 gの水が22 kJの熱を吸収してすべて蒸発した。水の蒸発エンタルピーは何kJ/molか。

(4)　標準状態で1.12 LのブタンC_4H_{10}を完全燃焼させたとき，144 kJの熱が発生した。ブタンの燃焼エンタルピーは何kJ/molか。

(5)　水素と窒素から標準状態で2.80 Lのアンモニアを生成したとき，5.74 kJの熱が発生した。アンモニアの生成エンタルピーは何kJ/molか。

58.（発熱量の計算）次の式を利用して，下の各問いに答えよ。

(A)　$\underline{H_2}+\frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O$(液)　　$\Delta H_1=-286$ kJ

(B)　$\underline{CH_4}+2O_2 \longrightarrow CO_2+2H_2O$(液)　　$\Delta H_2=-890$ kJ

(C)　$C_2H_6+\frac{7}{2}O_2 \longrightarrow 2CO_2+3H_2O$(液)　　$\Delta H_3=-1560$ kJ

(1)　式(A)の下線部の物質6.00 gが反応するときの発熱量は何kJか。

(2)　式(B)の下線部の物質が標準状態で5.60 L反応するときの発熱量は何kJか。

(3)　式(C)の反応において，780 kJ発熱するとき，生成する二酸化炭素は標準状態で何Lか。

59.（発熱量の計算） 次の式は，水素，メタンCH_4の燃焼エンタルピーを表したものである。

$H_2+\frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O$(液)　　$\Delta H_1=-286\,kJ$

$CH_4+2O_2 \longrightarrow CO_2+2H_2O$(液)　　$\Delta H_2=-890\,kJ$

体積百分率が，H_2 50.0 %，CH_4 30.0 %，CO_2 20.0 %の混合気体がある。標準状態において，この混合気体22.4 Lを完全燃焼させたときに発生する熱量は何kJか。

60.（反応エンタルピー） 次の文章中の（　　）に適当な語句を下の語群より選び記入せよ。また下の各問いに答えよ。

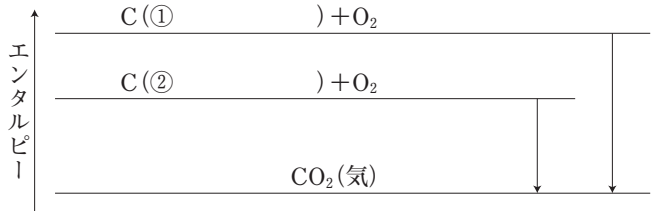
反応物のもつエンタルピーが，生成物のもつエンタルピーよりも（ア　　）とき，その差に相当するエネルギーが放出される。このような反応を（イ　　）という。また，熱を吸収する化学反応もあり，このような反応を（ウ　　）という。

炭素には（エ　　）としてダイヤモンドと黒鉛があり，ダイヤモンドが完全燃焼して二酸化炭素になるとき，396 kJの熱が放出される。一方，黒鉛の完全燃焼では394 kJの熱が放出される。このように（エ）が存在するときには，それぞれで反応エンタルピーが異なる。

語群　同位体　吸熱反応　発熱反応　同素体　大きい　小さい　燃焼熱

(1)　下線部の2つの反応に関するエネルギーの状態を次の図に示し，①，②にはダイヤモンドか黒鉛を入れよ。

(2)　ダイヤモンドと黒鉛のどちらがよりエネルギー的に安定であるか答えよ。



61.（ヘスの法則） 次の文を読み，下の各問いに答えよ。

①炭素（黒鉛）の燃焼エンタルピーは−394 kJ/molであり，②一酸化炭素の燃焼エンタルピーは−283 kJ/molである。

(1)　下線部①，②をそれぞれエンタルピー変化を付した反応式で表せ。

(2)　一酸化炭素の生成エンタルピーは何kJ/molか。

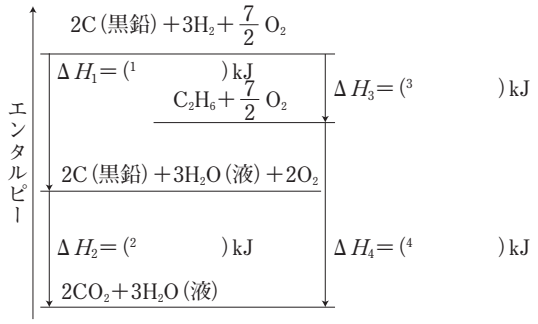
62.（ヘスの法則） 次の式①～③を利用して，エタノールC_2H_6Oの燃焼エンタルピーは何kJ/molか。

C(黒鉛)$+O_2 \longrightarrow CO_2$　　$\Delta H_1=-394\,kJ$…①

$H_2+\frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O$(液)　　$\Delta H_2=-286\,kJ$…②

$2C$(黒鉛)$+3H_2+\frac{1}{2}O_2 \longrightarrow C_2H_6O$(液)　　$\Delta H_3=-277\,kJ$…③

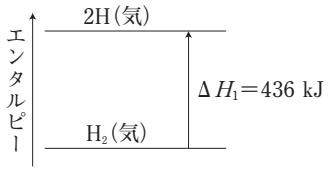
63.（ヘスの法則） 炭素（黒鉛），水素，エタンC_2H_6の燃焼エンタルピーは，それぞれ－394 kJ/mol，－286 kJ/mol，－1561kJ/molである。右図の空欄に適する数値を答えよ。ただし，生成する水はすべて液体であるものとする。

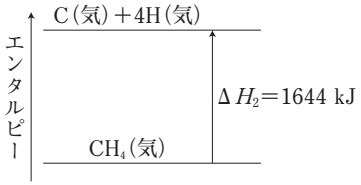


64.（結合エネルギー） 次の文章中の（　　）に最も適切な語，数値，または式を記入せよ。

２個の原子が共有結合をつくっているとき，その共有結合１ molを切断するのに必要なエネルギーを（ア　　）という。たとえば，水素分子１ molを分解して，水素原子２ molにするには436 kJのエネルギーが必要である。この変化を，エンタルピー変化を付した反応式で表すと（イ　　）となる。

メタンCH_4 1 molを原子状態に分解するには，1664 kJのエネルギーが必要である。このことから$C-H$結合の結合エネルギーは（ウ　　）kJ/molとわかる。





65.（化学変化の進む向き） 次の反応が自発的に進む場合はA，自発的には進まない場合はB，自発的に進むかどうかが判断できない場合はCを答えよ。

(1) $KOH(固) + aq \longrightarrow KOH\,aq$　　$\Delta H = -57.6$ kJ

(2) $O_3(気) \longrightarrow \frac{3}{2}O_2(気)$　　$\Delta H = -143$ kJ

(3) $NH_4NO_3(固) + aq \longrightarrow NH_4NO_3\,aq$　　$\Delta H = 26$ kJ

66.（化学反応と光） 次の文の（　　）に適当な語句を入れ，下の問いに答えよ。

ルミノール反応では化学反応が起こるときに，反応物と生成物のエネルギーの差またはその一部が光として放出される。この現象を（ア　　）という。

また，緑色植物は光のエネルギーを使って二酸化炭素と水からグルコース$C_6H_{12}O_6$と酸素をつくり出している。これを（イ　　）という。

問　下線部の反応熱はグルコース1 molあたり，2803 kJの吸熱である。この反応を，エンタルピー変化を付した反応式で表せ。

67.（化学反応と光）次の各文のうち，誤りを含むものを一つ選べ。

⑴　化学発光とは，化学反応の際に放出されるエネルギーを光として発する現象のことをいう。

⑵　ルミノール反応は，血液成分が触媒となって反応が促進されるため，血痕の検出法として利用される。

⑶　可視光線や紫外線などの光エネルギーを物質に与えても，化学反応が起こることはない。

⑷　酸化チタン(Ⅳ)のように，光を吸収して触媒のはたらきを示すものを光触媒という。

⑸　植物が光エネルギーを吸収して，二酸化炭素と水から糖類などの有機物を合成するはたらきを光合成という。

〔標準問題〕

68.（融解エンタルピー）0℃で氷9.0 gを100 gの金属容器に入れ，50℃まで加熱するとき，必要な熱量は何kJか。ただし，この金属の比熱は0.50 J/(g·K)，水の比熱は4.2 J/(g·K)，水の融解エンタルピーは6.0 kJ/molとし，加えた熱は，水と金属容器のみに与えられるものとする。

69.（溶解エンタルピーと中和エンタルピー）次の文章を読み，下の各問いに答えよ。ただし，水溶液の比熱はすべて4.2 J/(g·K)，水溶液の密度はすべて1.0 g/cm^{3}とする。

水酸化ナトリウムNaOHの溶解エンタルピーと中和エンタルピーを求めるために，次のA，Bの実験を行った。

【実験A】

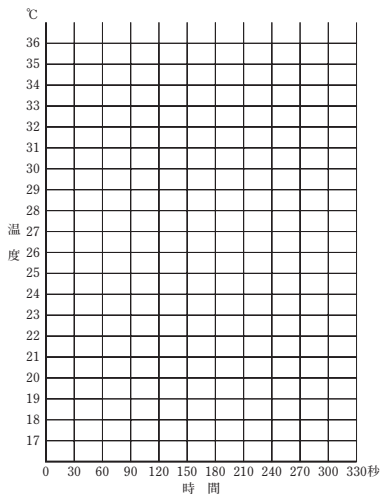
測定開始から30秒後に，6.0 gの水酸化ナトリウムNaOH(固体)を純水100 gに加えると，測定開始からの時間と水溶液の温度との関係は下表のようになった。

時間(秒)	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
温度(℃)	18.0	18.0	22.6	26.5	29.4	31.3	30.8	30.4	30.0	29.5	29.0	28.5

【実験B】

実験Aで調製した水酸化ナトリウム水溶液に，1.0 mol/Lの塩酸500 mLを混合したところ，8.4 kJの熱が発生した。

⑴　実験Aの結果を下図に記入せよ。



⑵　実験Aにおいて図より発熱量を計算する場合，水酸化ナトリウムの溶解による温度上昇は何℃とするのが適当か。

ア．9.5℃　イ．13.3℃　ウ．15.0℃　エ．16.5℃

⑶　水酸化ナトリウムの溶解エンタルピーは何kJ/molか。

⑷　実験Bより水酸化ナトリウム水溶液と塩酸の中和エンタルピーは何kJ/molか。

⑸　24 gの水酸化ナトリウム(固体)を1.0 mol/Lの塩酸500 mLに溶解させたときに発生する熱量は何kJか。

70.（結合エネルギーと生成エンタルピー）次の各問いに答えよ。

⑴　H－H，F－F，H－F結合の結合エネルギーは，それぞれ436 kJ/mol，158 kJ/mol，570 kJ/molである。HF(気)の生成エンタルピーは何kJ/molか。

⑵　気体のアンモニアNH_3 1 molのすべての共有結合を切断するには，1172 kJのエネルギーが必要である。次の各問いに答えよ。ただし，H－H，N≡Nの結合エネルギーはそれぞれ436 kJ/mol，945 kJ/molである。

ア　N－Hの結合エネルギーは何kJ/molか。

イ　アンモニアの生成エンタルピーは何kJ/molか。

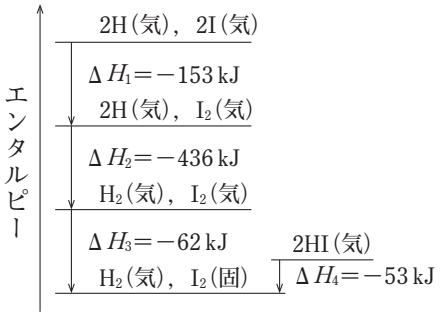
71.（エネルギー図）右図から次の値を求めよ。

⑴　ヨウ素の昇華エンタルピー

⑵　H－Hの結合エネルギー

⑶　H－Iの結合エネルギー

⑷　ヨウ化水素(気)の生成エンタルピー



72.（格子エネルギー）次の文章を読み，下の問いに答えよ。

1 molのイオン結晶のイオン結合を切断して，気体状態のイオンにするのに必要なエネルギーを格子エネルギーという。例えば，塩化ナトリウムNaClの格子エネルギーは次のような式で表すことができる。

$$NaCl(固) \longrightarrow Na^+(気) + Cl^-(気) \qquad \Delta H = Q〔kJ〕$$

格子エネルギーは直接測定できないが，ヘスの法則を用いることによって，以下のような経路から間接的に求めることができる。

①　NaClの生成エンタルピー

$$Na(固) + \frac{1}{2}Cl_2(気) \longrightarrow NaCl(固) \quad \Delta H_1 = -411\ kJ$$

②　Na(固)の昇華エンタルピー

$$Na(固) \longrightarrow Na(気) \qquad \Delta H_2 = 107\ kJ$$

③　Cl－Clの結合エネルギー

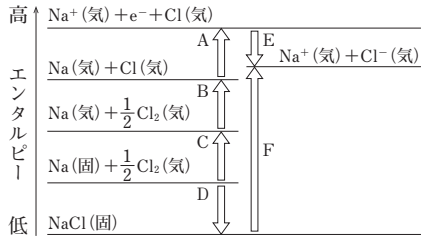
$$Cl_2(気) \longrightarrow 2Cl(気) \qquad \Delta H_3 = 243\ kJ$$

④　Naのイオン化エネルギー

$$Na(気) \longrightarrow Na^+(気) + e^- \qquad \Delta H_4 = 496\ kJ$$

⑤　Clの電子親和力

$$Cl(気) + e^- \longrightarrow Cl^-(気) \qquad \Delta H_5 = -349\ kJ$$



⑴　図中のA～Fのうち，塩化ナトリウムの格子エネルギーに該当するのはどれか。

⑵　塩化ナトリウムの格子エネルギーは何kJ/molか。ΔH_1～ΔH_5の値とエネルギー図を用いて答えよ。

11. 遷移元素の特徴

周期表の３～12族の元素を遷移元素という。

ポイントチェック

・典型元素の原子では，最外殻の電子殻に電子が入っていく。
・遷移元素の原子では，最外殻より１つ内側の電子殻に電子が入っていくので，最外殻電子は（ア　　）個または１個で，同一（イ　　）の隣り合う元素の性質が似ていることが多い。

(1) **遷移元素の特徴**

(a) **単体・化合物の性質**

① 単体は，すべて（ウ　　）元素で，一般に密度が大きく(重金属)，融点が高い。(Scのみが軽金属)

② 同じ元素でも，いろいろな酸化数をとりうる。
例：$\underline{Mn}O_4^-$（＋７），$\underline{Mn}^{2+}$（＋２）

③ イオンや化合物は（エ　　）色のものが多い。
例：Cu^{2+}（青色），CuO（黒色），Cu_2O（赤色）

④ 単体や化合物には，触媒としてはたらくものが多い。
例：Pt（オストワルト法），V_2O_5（接触法），Fe_3O_4（ハーバー・ボッシュ法）

⑤ 同一周期の隣り合う元素の性質が似ている。
例：Fe，Co，Niは，磁性をもつ

■解答　ア．２　イ．周期　ウ．金属　エ．有

〔基本問題〕

174.（遷移元素の特徴） 次の(1)～(9)の文のうち，遷移元素にあてはまるものをすべて選べ。

(1) 一般に，いろいろな酸化数をとることができる。
(2) 性質は，周期表上で，上下のものより左右のものの方がよく似ている。
(3) 最外殻電子はほとんどのものが２個または１個である。
(4) 単体や化合物は触媒に使われるものが多い。
(5) 金属のものもあり，非金属のものもある。
(6) 単原子で陰イオンになるものがある。
(7) 化合物には有色のものが多い。
(8) 酸化物は水に溶けて酸性を示す。
(9) 錯(さく)イオンをつくりやすい。

175.（遷移元素の特徴） 次の文章中の（　　）に適する語句または数値を入れ，下の問いに答えよ。

遷移元素は周期表の（ア　　）族～12族に属する元素である。遷移元素はすべて（イ　　）元素からなる。また，その最外殻の電子数は，典型元素のように原子番号が増えても周期的に変化せず，多くの場合，1個または（ウ　　）個である。このため，元素の性質は周期表の縦に並んだ元素よりも，横に並んだ隣り合う元素の性質が似ている。同じ元素でも価数の異なるイオンになったり，いろいろな酸化数をとるものが多い。また，他の分子･イオンと（エ　　）結合をして，様々な形の（オ　　）イオンをつくる。遷移元素の単体や化合物は，化学反応における活性化エネルギーを変化させるはたらきがあり，（カ　　）として用いられることが多い。

12. 亜鉛とその化合物

ポイントチェック

(1) 単体

性質：両性元素で，酸や強塩基の水溶液に溶けて，H_2を発生する。また，Znの酸化物や水酸化物も酸(HCl)や強塩基(NaOH)の水溶液と反応して溶ける。

$Zn + 2HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2\uparrow$，$Zn + 2NaOH + 2H_2O \longrightarrow Na_2[Zn(OH)_4] + H_2\uparrow$

テトラヒドロキシド亜鉛(Ⅱ)酸ナトリウム

(2) 亜鉛のイオンや化合物の反応

① Zn^{2+}を含む水溶液に，少量の塩基(OH^-)を加えると白色ゲル状の$Zn(OH)_2$（ア　　）が生成する。

$Zn^{2+} + 2OH^- \longrightarrow Zn(OH)_2\downarrow$

② Zn^{2+}を含む水溶液を弱塩基性(または中性)にして，硫化水素(S^{2-})を通じると（イ　　）色のZnSの沈殿が生成する。

$Zn^{2+} + S^{2-} \longrightarrow ZnS\downarrow$

③ 水酸化亜鉛　$Zn(OH)_2$

(ア) 両性水酸化物なので酸(HCl)や強塩基(NaOH)の水溶液と反応して溶ける。

$Zn(OH)_2 + 2HCl \longrightarrow ZnCl_2 + 2H_2O$，$Zn(OH)_2 + 2NaOH \longrightarrow Na_2[Zn(OH)_4]$

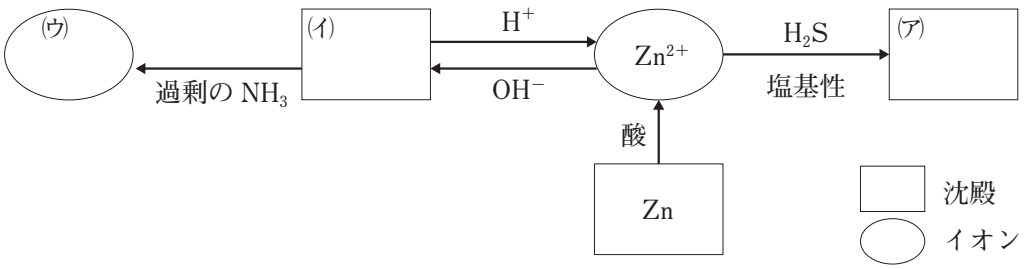
(イ) 過剰のアンモニア水を加えると溶けて，テトラアンミン亜鉛(Ⅱ)イオンが生成し，無色の溶液となる。

$Zn(OH)_2 + 4NH_3 \longrightarrow$（ウ　　）$+ 2OH^-$

■解答　ア．水酸化亜鉛　イ．白　ウ．$[Zn(NH_3)_4]^{2+}$

〔基本問題〕

176.（亜鉛の反応） 亜鉛の反応の概略を図に示した。図中の(ア)～(ウ)に適する生成物の化学式をかけ。



第６章　化学が果たす役割

１．様々な物質と人間生活

ポイントチェック

(1) **無機物質の工業的製法**

① **アンモニアソーダ法**：ソーダガラスやセッケンの原料になる炭酸ナトリウムの製造法

② **ハーバー・ボッシュ法**：窒素肥料の原料となるアンモニアの製造法

③ **接触法**：(ア　　)の製造

④ **イオン交換膜による塩化ナトリウム水溶液の電気分解**：水酸化ナトリウムの製造法

(2) **触媒の利用**

① **光触媒**：酸化チタンTiO_2は紫外線によって油汚れを分解することができる。

② **自動車用触媒**：白金Pt－パラジウムPd－ロジウムRhを用いた触媒（三元触媒）は，自動車の排ガスに含まれる物質を完全燃焼させたり，窒素酸化物を還元して（イ　　）に変えることができる。

(3) **人間生活を支える無機物質**

① **LED（発光ダイオード）**：電気エネルギーを光エネルギーに変える効率が高く，省電力や長寿命，低発熱などの利点があるため，交通信号機やタブレット端末のバックライトなど，様々な製品に用いられている。

※青色LEDは，赤色，緑色にくらべて開発が困難であったが，材料である窒化ガリウムGaNの単結晶化により製造可能となった。

② **ネオジム磁石**：ネオジムNdと鉄Fe，ホウ素Bの合金は，強力な磁石となる。

(4) **医薬品**

病気を治療したり，身体の活動を正常に保つために必要な薬品である。現在ではほとんどが合成された薬品である。

(a) **薬理作用**：医薬品が，体内でいろいろな変化を引き起こすこと。 → 主作用(薬効)―病気を治療する作用のこと。／副作用――――治療目的以外の作用。

(b) **医薬品の種類**

①生薬(しょうやく)：自然界にある植物や動物などをそのまま，または乾燥させたりしたもの。

②対症療法薬：病気の症状を緩和(かんわ)する薬　例：かぜ薬，頭痛薬，胃腸薬

例：解熱鎮痛薬…アセチルサリチル酸，アセトアミノフェンなど

消炎鎮痛薬…サリチル酸メチルなど

③化学療法薬：体内に侵入した病原菌の活動を阻害(そがい)・死滅(しめつ)させる目的で用いる薬。抗菌作用がある。体内に入った病原菌による感染症の治療に効果を発揮した。

例：抗生物質……ペニシリン，ストレプトマイシンなど

サルファ剤…サルバルサン，プロントジルなど

(5) **染料**

色素：固有の色を示す物質。染料：水や有機溶媒に溶け，繊維の染色に用いられる色素。

天然染料	植物染料	インジゴ(アイの葉:青色)，アリザリン(アカネの根:赤色)など
	動物染料	カルミン酸(コチニール虫:赤色)，ジブロモインジゴ(アクキガイ:紫色)など
合成染料	石油などを原料に化学的に合成される染料	例：(ウ　　)染料(分子中にアゾ基－N＝N－をもつ) モーブ(パーキンによりつくられた最初の合成染料:紫色)

⑹ **合成高分子の利用**

ⓐ 合成繊維（5.合成高分子化合物に記載）

ⓑ 合成樹脂（5.合成高分子化合物に記載）

ⓒ 機能性高分子

① **イオン交換樹脂**（5.合成高分子化合物に記載）

② **高吸水性高分子**：多量の水を吸水，保持できる高分子。電解質としての性質をもち，吸水すると電解質が電離し，三次元網目状構造のすき間に水分子が閉じ込められる。

成　分：アクリル酸ナトリウムを重合させたポリアクリル酸ナトリウム。

利用例：紙おむつ，土壌保水剤

③ **導電性高分子**：金属に近い電気伝導性をもつ高分子。

成　分：(例) アセチレンを付加重合させたポリアセチレンにヨウ素を添加したもの。

利用例：携帯電話などのタッチパネル

④ (エ　　) **高分子**：微生物によって，水と二酸化炭素に分解される高分子。

成　分：(例) ポリ乳酸，ポリグリコール酸

利用例：釣り糸，生体内の医療用材料など

⑤ **感光性高分子**（光硬化性樹脂）：光が当たると，重合が進み，溶媒に溶けにくくなる合成樹脂。

⑥ **光透過性高分子**：無色・透明で硬い。

成　分：ポリメタクリル酸メチル　　利用例：有機ガラス，眼鏡のレンズ

⑦ **エンジニアリングプラスチック**(エンプラ)：強度，耐衝撃性が大きく，熱や摩擦に強い。コンパクトディスクやヘルメットの風防に利用される。　例：ポリカーボネート

⑧ **半透膜**：小さな分子は通すが，大きな分子は通さない膜。

利用例：人工透析膜，海水の淡水化(逆浸透)

⑺ **資源の再利用**

ⓐ 金属の再利用

アルミニウム缶やスチール缶をリサイクルすることで鉱物資源の消費を減らすことができる。また，鉱物から製造する場合に比べ，必要なエネルギーも少ない。アルミニウム缶の約9割はリサイクルされている。

ⓑ 合成樹脂（プラスチック）の再利用

ⓐ (オ　　) リサイクル：回収したプラスチックを加熱・融解した後，成形して再利用。

例：PETボトル(ポリエチレンテレフタラート)→ポリエステル繊維(ポリエチレンテレフタラート)

ⓑ ケミカルリサイクル：プラスチックを熱分解して「元の石油成分」にし，燃やして利用する。または，元の単量体や低分子化合物にし，それを原料として新しい高分子化合物をつくる。

例：PETボトル(ポリエチレンテレフタラート) →モノマー(エチレングリコール，テレフタル酸) →ポリエステル繊維(ポリエチレンテレフタラート)

ⓒ サーマルリサイクル：ⓐⓑの方法が難しい場合，プラスチックを燃やして，発生した熱エネルギーを利用する。

⑻ **機器分析の利用**

赤外線分光法（IR)，質量分析法（MS)，核磁気共鳴法（NMR)，X線回折法（XRD)，クロマトグラフィーなどがあり，物質の組成や構造を調べることに利用されている。

■解答　ア．硫酸　イ．窒素　ウ．アゾ　エ．生分解性　オ．マテリアル

〔基本問題〕

300.（機能性高分子） 次の(1)～(6)の説明に該当する物質の名称を下の語群から選べ。

(1)　土の中に埋(う)めると微生物により水と二酸化炭素に分解される高分子。

(2)　電気を通すプラスチックで，タッチパネル，電池の電極材料などに使用されている高分子。

(3)　樹脂の500～1000倍の重さの水を吸収し，紙おむつなどに使われる高分子。

(4)　溶液中の一部の成分は通すが，他の成分は通さない性質があり，人工透析や海水淡水化などに利用される高分子。

(5)　光が当たると重合が進み立体網目状構造となり，溶媒に溶けにくくなる高分子。

語群　光透過性高分子　　半透膜　　導電性高分子
生分解性高分子　　高吸水性高分子　　感光性高分子(光硬化性樹脂)

301.（医薬品） 医薬品に関する次の記述①～⑦に最も関係の深い語を下の語群から１つずつ選べ。また，その構造式をア～キから選び，記号で答えよ。

①　イギリスのフレミングがアオカビの中から発見した抗生物質

②　現在でもよく使用されている解熱鎮痛剤

③　よく知られている湿布薬(消炎鎮痛薬)

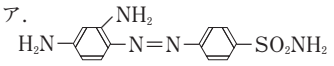
④　*p*-アミノベンゼンスルホンアミドを基本構造にもつ抗菌物質

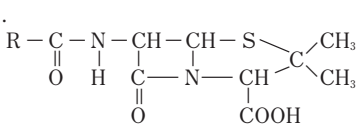
⑤　心臓の血管を拡げることで抗狭心症(きょうしんしょう)剤となる物質

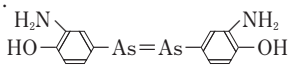
⑥　傷口の病原菌を死滅させたり繁殖を抑えたりする消毒薬

⑦　化学合成でつくりだした最初の医薬品で，梅毒に対する特効薬

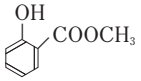
語群　サリチル酸メチル　　アセチルサリチル酸　　プロントジル
エタノール　　ペニシリン　　ニトログリセリン　　サルバルサン

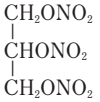
ア.


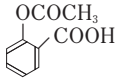
イ.


ウ.


エ.

オ.


カ.


キ.


〔標準問題〕

302.（リサイクル） 次の各問いに答えよ。

(1) リサイクル(再生利用)には，マテリアルリサイクル，ケミカルリサイクル，サーマルリサイクルの3種類がある。次の(ア)～(オ)のリサイクルは，いずれになるか。マテリアルリサイクルはM，ケミカルリサイクルはC，サーマルリサイクルはTの記号で答えよ。

(ア) 燃やして熱エネルギーを回収，利用する。

(イ) こわれたビールびんのケースを回収し，熱や圧力を利用した処理により，プラスチック製品にする。

(ウ) ペットボトルを回収，化学的に分解して元のモノマーなどにもどした上で，再び重合させて成形しペットボトルにする。

(エ) 廃プラスチックに熱や圧力を加え分解して油化(ゆか)し，燃料油とする。

(オ) 回収したペットボトルを，細かく粉砕(ふんさい)，洗浄後，加熱・成形し直して新しい飲料容器やポリエステル繊維として利用する。

(2) 次の説明に適した「プラスチックの識別(しきべつ)マーク(リサイクルマーク)」を下記の①～⑦より選び，番号で答えよ。

(ア) ポリ塩化ビニルのことで，ラップやパイプなどに使われている。

(イ) ポリプロピレンのことで，食品容器や風呂用品，家電製品などに使われている。

(ウ) 半透明で硬めの高密度なポリエチレンのことで，ロープやバケツなどに使われている。

(エ) ポリスチレンのことで，CDケースや食品包装材料，おもちゃなどに使われている。

(オ) 低密度のポリエチレンのことで，ポリ袋や透明フィルムなどに使われている。

(カ) ポリエチレンテレフタラートのことで，清涼飲料水やしょうゆなどの容器などに使われている。

(キ) 上記以外のプラスチックのことで，複合素材(ふくごうそざい)なども含む。

①

②

③

④

⑤

⑥

⑦

303.（二酸化炭素発生量） 表の混合気体A～Dのいずれかを燃料として1 kJのエネルギーを得るとき，二酸化炭素の発生量が最も少なくなる混合気体はどれか。ただし，各気体の燃焼エンタルピーは，水素H_2：－286 kJ/mol，メタンCH_4：－890 kJ/mol，エタンC_2H_6：－1560 kJ/molとする。

成分気体の体積組成

混合気体	水素	メタン	エタン
A	0％	50％	50％
B	0％	60％	40％
C	10％	40％	50％
D	20％	40％	40％

２．化学が築く未来

ポイントチェック

⑴ **次世代型蓄電池**

① **全固体リチウムイオン電池**：電解液のかわりに固体電解質を用いることで，液漏れや発火を防いだり，小型化を図ることができる。

② **希少元素を用いない電池**：貴重なリチウムのかわりに，ナトリウム，カリウム，鉄，マンガンなどを用いた二次電池の開発が進んでいる。

⑵ **情報社会を支える物質**

① **透明電極**：スマートフォンやタブレットなどのタッチパネルに用いられ，導電性高分子を用いた有機EL，グラフェンやカーボンナノチューブを用いた薄膜などがある。

② **磁気抵抗メモリ（MRAM)**：これまでの半導体メモリDRAMと異なり，電源を切っても情報が保たれる。

⑶ **次世代エネルギー**

① **再生可能エネルギー**：太陽光・風力・水力・地熱・太陽熱・バイオマスなど。化石燃料の燃焼にともなう二酸化炭素などの温室効果ガスを発生させず,原子力などに比べて安全性も高い。

② **水素エネルギーの活用**：水素は燃焼時に（ア　　）を排出しないため，温室効果ガス削減につながる。水素は，水の電気分解のほか，石油精製や化学工業の副産物，メタンと水蒸気を反応させる水蒸気改質などによって得ることができる。水素を燃料とした（イ　　）電池で駆動する自動車やバスなどの普及が期待されている。

■解答　ア．二酸化炭素　　イ．燃料

〔基本問題〕

304.（エネルギーの活用） 次の⑴～⑹の文章のうち，誤りを含むものをすべて選べ。

⑴ リチウムイオン電池は一次電池なので，充電して使用することはできない。

⑵ 風力発電は，自然エネルギーを利用した発電法の一つである。

⑶ 天然ガスを燃焼させて電気エネルギーを得る発電では，二酸化炭素は発生しない。

⑷ 太陽電池の放電では，太陽の光エネルギーを電気エネルギーに変換している。

⑸ ガソリンエンジンと二次電池を組み合わせたハイブリッドカーは，すでに実用化されている。

⑹ 水素を燃料とする燃料電池で駆動する自動車を普及させることは，地球温暖化の緩和につながる。

則に動いているように見える現象である。このような運動をブラウン運動という。

(3)(4)セロハン内には，$Fe(OH)_3$のコロイド粒子とH^+，Cl^-(HClの電離で生じる)が存在している。小さな分子やイオンは，セロハンのような半透膜を通過できるが，コロイド粒子のような大きなものは通過できない。そのため，H^+とCl^-がセロハン膜を通過して外に出るが，$Fe(OH)_3$のコロイド粒子はセロハン内に残る。したがって，コロイド粒子を精製することができる。このような操作を透析という。

(5)操作(D)により，$Fe(OH)_3$のコロイド粒子は陰極に移動した。つまり，$Fe(OH)_3$のコロイド粒子は，正(＋)に帯電していることがわかる。$Fe(OH)_3$のコロイド粒子は正電荷を帯び互いに反発している。このコロイド粒子と反対の電荷を帯びたイオン，つまり陰イオンを加えると，コロイド粒子どうしの反発力がなくなり沈殿する(凝析)。

(ア)～(エ)の物質は，次のように電離する。

(ア)$NaCl \longrightarrow Na^+ + Cl^-$　(イ)$CaCl_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2Cl^-$

(ウ)$MgSO_4 \longrightarrow Mg^{2+} + SO_4^{2-}$

(エ)$AlCl_3 \longrightarrow Al^{3+} + 3Cl^-$

したがって，正の電荷を帯びた$Fe(OH)_3$のコロイド粒子を凝析させるのに関係するイオンは，(ア)Cl^-，(イ)$2Cl^-$，(ウ)SO_4^{2-}，(エ)$3Cl^-$　となり，(エ)の$3Cl^-$が最も有効に思えるが，実際は，価数の大きい(ウ)のSO_4^{2-}が最も有効である。価数が1大きくなれば，凝析効果はおよそ数百倍になるといわれている。

第2章　物質の変化

1．化学反応とエネルギー

55. (ア)1　(イ)0.5　(ウ)−286

56. (1) $C(黒鉛) + O_2(気) \longrightarrow CO_2(気)$　$\Delta H = -394\ kJ$

(2) $\frac{1}{2}N_2(気) + \frac{1}{2}O_2(気) \longrightarrow NO(気)$　$\Delta H = 90.3\ kJ$

(3) $HCl aq + NaOH aq \longrightarrow NaCl aq + H_2O(液)$　$\Delta H = -56.5\ kJ$

(4) $CuSO_4(固) + aq \longrightarrow CuSO_4 aq$　$\Delta H = -73.2\ kJ$

(5) $H_2O(固) \longrightarrow H_2O(液)$　$\Delta H = 6.0\ kJ$

〔解説〕(1)燃焼エンタルピーは炭素(黒鉛) 1 molが完全燃焼するときのエンタルピー変化である。

(2)一酸化窒素(NO) 1 molは成分元素の単体である窒素(N_2) 0.5 molと酸素(O_2) 0.5 molから生成される。

(4)溶媒としての水はaqで表す。aqとは多量の水という意味である。

(5)固体のもつエネルギーよりも，液体のもつエネルギーの方が大きいため，融解エンタルピーは必ず正の値となる。

※この問いの解答では各物質の状態（気／液／固）を示したが，物質の状態が明白な場合は省略してもよい。

57. (1)−394 kJ/mol　(2)−95.0 kJ/mol　(3)44 kJ/mol　(4)-2.88×10^3 kJ/mol　(5)−45.9 kJ/mol

〔解説〕(1) $C(黒鉛) + O_2 \longrightarrow CO_2$　$\Delta H = Q$〔kJ〕

炭素1 mol(＝12.0 g)の燃焼エンタルピーをQ〔kJ/mol〕として　12.0 g：3.00 g＝Q：−98.5 kJ

これを解いて−394 kJ/mol

(2) $H_2SO_4 + aq \longrightarrow H_2SO_4 aq$　$\Delta H = Q$〔kJ〕

硫酸1 mol(＝98.0 g)の溶解エンタルピーをQ〔kJ/mol〕として　98.0 g：19.6 g＝Q：−19.0 kJ

これを解いて−95.0 kJ/mol

(3) $H_2O(液) \longrightarrow H_2O(気)$　$\Delta H = Q$〔kJ〕

水の1 mol(＝18 g)の蒸発エンタルピーをQ〔kJ/mol〕として　18 g：9.0 g＝Q：22 kJ

これを解いて44 kJ/mol

(4) $C_4H_{10} + \frac{13}{2}O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 5H_2O(液)$　$\Delta H = Q$〔kJ〕

ブタン1 mol(＝22.4 L)の燃焼エンタルピーをQ〔kJ/mol〕として　22.4 L：1.12 L＝Q：−144 kJ

これを解いて-2.88×10^3 kJ/mol

(5) $\frac{1}{2}N_2 + \frac{3}{2}H_2 \longrightarrow NH_3$　$\Delta H = Q$〔kJ〕

アンモニア1 mol(＝22.4 L)の生成エンタルピーをQ〔kJ/mol〕として　22.4 L：2.80 L＝Q：−5.74 kJ

これを解いて−45.9 kJ/mol

58. (1)858 kJ　(2)223 kJ　(3)22.4 L

〔解説〕(1) H_2＝2.0 g/molより

$$\frac{6.00\ g}{2.0\ g/mol} \times (-286\ kJ/mol) = -858\ kJ$$

よって発熱量は858 kJ

(2) $$\frac{5.6\ L}{22.4\ L/mol} \times (-890\ kJ/mol) = -222.5\ kJ$$

$\fallingdotseq -223$ kJ

よって発熱量は223 kJ

(3)1560 kJ発熱するときにC_2H_6 1 molが反応するので，780 kJ発熱するときにC_2H_6は

$$\frac{-780\ kJ}{-1560\ kJ/mol} = 0.500\ mol$$反応する。

したがって，CO_2は0.500×2 mol＝1.00 mol生成し，標準状態での体積は22.4 Lとなる。

59. 410 kJ

〔解説〕混合気体22.4 L(＝1.00 mol)には水素0.500 mol，メタン0.300 mol，二酸化炭素0.200 molが含ま

れており，このうち二酸化炭素は燃焼反応をしない。
(−286 kJ/mol×0.500 mol)＋(−890 kJ/mol×0.300 mol)＝−410 kJ
よって発生する熱量は 410 kJ である。

60. ㋐**大きい**　㋑**発熱反応**
㋒**吸熱反応**　㋓**同素体**
(1)　①**ダイヤモンド**　②**黒鉛**
(2)　**黒鉛が安定**

〔**解説**〕(1)文中の下線部より，ダイヤモンドの方が黒鉛より2 kJ/molだけ大きな熱を放出している。したがってダイヤモンドの方が大きなエネルギーをもっていることがわかる。(2)安定とはエネルギーがより低い状態のことである。

61. (1)C(黒鉛)$+O_2 \longrightarrow CO_2 \quad \Delta H=-394$ kJ…①

$$CO+\frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 \quad \Delta H=-283 \text{ kJ}\cdots②$$

(2)**−111 kJ/mol**

〔**解説**〕(3)①−②より

$$C(\text{黒鉛})+\frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO \quad \Delta H=-111 \text{ kJ}$$

62.　−1369 kJ/mol

〔**解説**〕①②③式に含まれるC(黒鉛)，H_2を消去するには，①×2＋②×3−③を行えばよい。

	ΔH	
$2C+2O_2 \longrightarrow 2CO_2$	-394×2 kJ	①×2
$3H_2+\frac{3}{2}O_2 \longrightarrow 3H_2O$	-286×3 kJ	②×3
$+)-2C-3H_2-\frac{1}{2}O_2 \longrightarrow -C_2H_6O$	$-277\times(-1)$kJ	③×(−1)
$C_2H_6O+3O_2 \longrightarrow 2CO_2+3H_2O$	$\Delta H=-1369$ kJ	

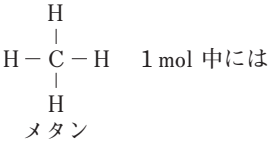
〔**別解**〕生成エンタルピーが与えてあるときは公式が利用できる。
反応エンタルピー
＝(生成物の生成エンタルピーの和)
　　−(反応物の生成エンタルピーの和)
＝{(−394×2)＋(−286×3)−(−277)}
＝−1369 kJ
※O_2は単体なので生成エンタルピーは0 kJ/molである。

63. (1)**−858**　(2)**−788**　(3)**−85**　(4)**−1561**

〔**解説**〕(3)$2C(\text{黒鉛})+3H_2 \longrightarrow C_2H_6 \quad \Delta H_3=Q$〔kJ〕
ΔH_3〔kJ/mol〕はエタンの生成エンタルピーを表す。
エネルギー図より(−858)＋(−788)＝Q＋(−1561)
Q＝−85 kJとなる。

64. ㋐**結合エネルギー**
㋑$H_2 \longrightarrow 2H \quad \Delta H=436$ kJ　㋒**416**

〔**解説**〕㋒



1 mol 中には
C−H結合が4 mol存在するので，C−H結合を原子状に切断するには$\frac{1664 \text{ kJ}}{4 \text{ mol}}=416$ kJ/molのエネルギーが必要となる。

65. (1)**A**　(2)**A**　(3)**C**

〔**解説**〕一般に，発熱反応でエントロピーが増加する反応は自発的に進む。つまり，エンタルピー変化ΔHが負で，エントロピー変化ΔSが正ならば，反応は自発的に進むと判断できる。
(1)，(2)$\Delta H<0$，$\Delta S>0$より自発的に進む。
(3)$\Delta H>0$，$\Delta S>0$より自発的に進むかどうかは判断できない。

66. ㋐**化学発光**　㋑**光合成**
問　$6CO_2+6H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6+6O_2 \quad \Delta H=2803$kJ

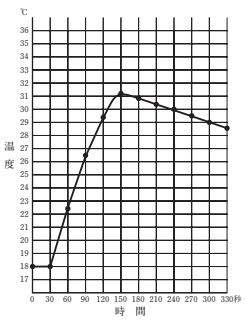
67. (3)

〔**解説**〕化学反応の中には光エネルギーによって反応が進むものがある。例:$H_2+Cl_2 \longrightarrow 2HCl$

68.　7.4 kJ

〔**解説**〕水9.0 gの物質量は$\frac{9.0\text{g}}{18\text{g/mol}}=0.50$ mol
(求める熱量)＝(氷の融解エンタルピー)＋(水の温度上昇に必要な熱量)＋(金属容器の温度上昇に必要な熱量)
＝6.0 kJ/mol×0.50 mol＋4.2×10^{-3} kJ/(g·K)×9.0g×50 K＋0.50×10^{-3} kJ/(g·K)×100 g×50 K
＝7.39 kJ≒7.4 kJ

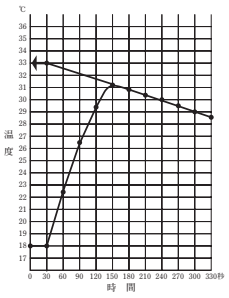
69. (1)



(2)**ウ**　(3)**−45 kJ/mol**　(4)**−56 kJ/mol**
(5)**55 kJ**

〔**解説**〕(2)グラフより，180～330秒は一定の傾きで温度が下がっている。NaOHを加えた瞬間に温度が上昇したとすれば，その傾きのまま,左へ伸ばし30秒の縦軸に交わったところ が，溶液の最高温度と考えられる。つまり, 33.0℃である。したがって,

33.0℃－18.0℃＝15.0℃
⑶4.2 J/(g･K)×(100＋6.0) g
×(33.0－18.0) K
＝6678 J＝6.678 kJ
NaOHの式量＝23＋16＋1
＝40
発熱量が6.678 kJなので，エンタルピー変化は－6.678 kJである。



$$\frac{-6.678\ \mathrm{kJ}}{\frac{6.0\ \mathrm{g}}{40\ \mathrm{g/mol}}} = -44.52\ \mathrm{kJ/mol} \fallingdotseq -45\ \mathrm{kJ/mol}$$

⑷NaOHaq＋HClaq⟶NaClaq＋H_2O(液)　$\Delta H = Q$〔kJ〕

NaOHの物質量は$\frac{6.0\ \mathrm{g}}{40\ \mathrm{g/mol}} = 0.15\ \mathrm{mol}$

HClの物質量は1.0 mol/L×0.500 L＝0.50 mol
NaOH 0.15 molとHCl 0.50 molの反応ではそれぞれ0.15 molずつ反応し，H_2Oが0.15 molできる。このとき8.4 kJ発熱しているので，1 molあたりでは，

$\frac{-8.4\ \mathrm{kJ}}{0.15\ \mathrm{mol}} = -56\ \mathrm{kJ/mol}$となる。

⑸NaOHの物質量は，$\frac{24\ \mathrm{g}}{40\ \mathrm{g/mol}} = 0.60\ \mathrm{mol}$

NaOHの溶解におけるエンタルピー変化
－44.5 kJ/mol×0.60 mol＝－26.7 kJより
NaOHの溶解による発熱量は26.7 kJである。
NaOH 0.60 molと塩酸0.50 molの反応なのでH_2Oは0.50 molできる。よって，中和によるエンタルピー変化は，－56 kJ/mol×0.50 mol＝－28 kJであり，発生した熱量は，26.7 kJ＋28 kJ＝54.7 kJ≒55 kJ

70.　⑴－273 kJ/mol
⑵(ア)391 kJ/mol　(イ)－46 kJ/mol

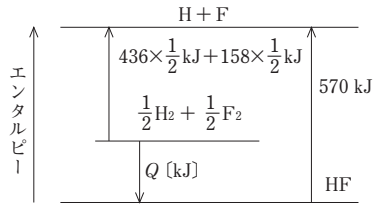
〔解説〕⑴H_2＝2H　ΔH＝436 kJ　……①
F_2＝2F　ΔH＝158 kJ　……②
HF＝H＋F　ΔH＝570 kJ　……③
HFの生成エンタルピーをQ〔kJ/mol〕とすると，

$\frac{1}{2}H_2 + \frac{1}{2}F_2 = HF$　$\Delta H = Q$〔kJ〕……④

①×$\frac{1}{2}$＋②×$\frac{1}{2}$－③より

	ΔH
$\frac{1}{2}H_2 \longrightarrow H$	218 kJ
$\frac{1}{2}F_2 \longrightarrow F$	79 kJ
＋)$-HF \longrightarrow -H-F$	－570 kJ
$\frac{1}{2}H_2 + \frac{1}{2}F_2 \longrightarrow HF$	ΔH＝－273 kJ

〔別解〕

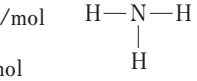


④での結合エネルギーと反応熱との関係は図より

$Q = 436 \times \frac{1}{2}\ \mathrm{kJ} + 158 \times \frac{1}{2}\ \mathrm{kJ} - 570\ \mathrm{kJ} = -273\ \mathrm{kJ}$

⑵(ア)アンモニアは下図の構造式に示されるように，N－H結合が1分子中に3ヶ所ある。つまり，分子1 molにつき，N－H結合が3 mol分含まれることになる。したがって，

$\frac{1172\ \mathrm{kJ}}{3\ \mathrm{mol}} = 390.6\ \mathrm{kJ/mol} \fallingdotseq 391\ \mathrm{kJ/mol}$



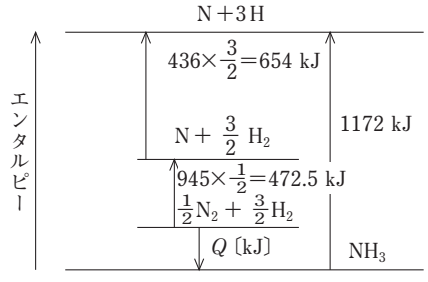
(イ)$H_2 \longrightarrow 2H$　ΔH＝436 kJ　……①
$N_2 \longrightarrow 2N$　ΔH＝945 kJ　……②
$NH_3 \longrightarrow N + 3H$　ΔH＝1172 kJ　……③
アンモニアの生成エンタルピーをQ〔kJ/mol〕とすると，求める式は

$\frac{1}{2}N_2 + \frac{3}{2}H_2 \longrightarrow NH_3$　$\Delta H = Q$〔kJ〕……④

であるので，①×$\frac{3}{2}$＋②×$\frac{1}{2}$－③より

	ΔH
$\frac{3}{2}H_2 \longrightarrow 3H$	654 kJ
$\frac{1}{2}N_2 \longrightarrow N$	472.5 kJ
＋)$-NH_3 \longrightarrow -N-3H$	－1172 kJ
$\frac{1}{2}N_2 + \frac{3}{2}H_2 \longrightarrow NH_3$	ΔH＝－45.5 kJ≒－46 kJ

〔別解〕



④での結合エネルギーと反応エンタルピーとの関係

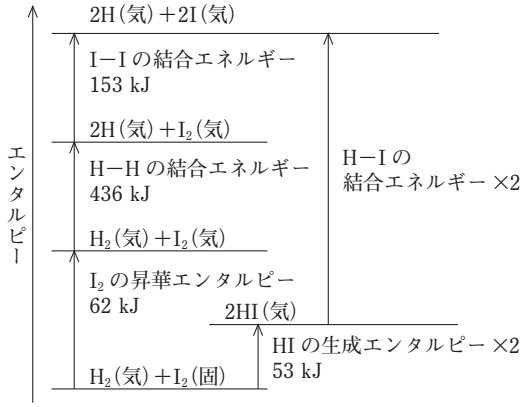
は図より

$Q = 654\ \text{kJ} + 472.5\ \text{kJ} - 1172\ \text{kJ} = -45.5\ \text{kJ}$

$\fallingdotseq -46\ \text{kJ}$

71. (1)**62 kJ/mol**　(2)**436 kJ/mol**　(3)**299 kJ/mol**　(4)**27 kJ/mol**

〔解説〕図には，次の結合エネルギー，反応エンタルピーが示されている。



(3)図より $(153 + 436 + 62 - 53)\ \text{kJ} = 598\ \text{kJ}$

$$\frac{598\ \text{kJ}}{2\ \text{mol}} = 299\ \text{kJ/mol}$$

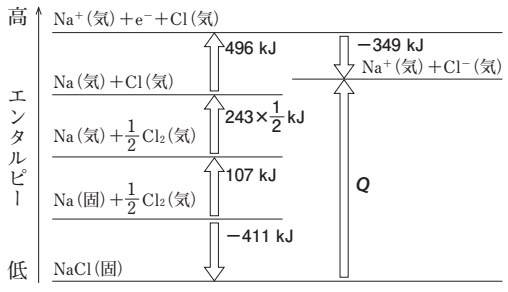
(4)反応エンタルピーは，25℃，1×10^5 Paにおける値で示す。この条件では，I_2は固体である。したがって，ヨウ化水素(気)の生成エンタルピーは，

$$\frac{1}{2}\,H_2(\text{気}) + \frac{1}{2}\,I_2(\text{固}) \longrightarrow HI(\text{気})\quad \Delta H = Q\ [\text{kJ}]$$

$$\frac{53\ \text{kJ}}{2\ \text{mol}} = 26.5\ \text{kJ/mol}\quad \text{吸熱なので}\quad 26.5\ \text{kJ/mol}$$

72. (1)**F**　(2)**787 kJ/mol**

〔解説〕



(2)　図より

格子エネルギー $Q = 496 + 243 \times \frac{1}{2} + 107 + 411$

$- 349 = 786.5\ \text{kJ} \fallingdotseq 787\ \text{kJ}$

2．イオン化傾向と電池

73. (ア)**酸化**　(イ)**還元**　(ウ)**負極活物質**　(エ)**還元**　(オ)**酸化**　(カ)**正極活物質**　(キ)**放電**　(ク)**起電力**　(ケ)**亜鉛**　(コ)**Zn ⟶ $Zn^{2+} + 2e^-$**　(サ)**水素イオン**　(シ)**$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$**　(ス)**亜鉛**　(セ)**銅**　(ソ)**一次**　(タ)**二次**　(チ)**蓄**　((タ)(チ)は順不同)　(ツ)**充電**

74. (ア)**イオン化傾向**　(イ)**負**　(ウ)**正**　(エ)**起電力**　(オ)**大きい**

(1)**負極**　(2)**電子：b，電流：a**

(3)①**Fe**　②**Zn**　③**Zn**　(4)③

〔解説〕(4)イオン化傾向はZn＞Fe＞Cuの順に小さくなる。よって，ZnとCuの組み合わせが起電力最大となる。

75. (1)**負極活物質：Zn　正極活物質：Cu^{2+} ($CuSO_4$)**

(2)**ア**　(3)**亜鉛板**

(4)**亜鉛板：Zn ⟶ $Zn^{2+} + 2e^-$**

銅板　：$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$

(5)**ウ　SO_4^{2-}**　　**エ　Zn^{2+}**

(6)**(−) Zn | $ZnSO_4$aq | $CuSO_4$aq | Cu (+)**

(7)**B**　(8)**b**

〔解説〕(5)硫酸亜鉛水溶液中に陽イオンZn^{2+}が生じ，硫酸銅(Ⅱ)水溶液中の陽イオンCu^{2+}が消費されるので，陽イオンZn^{2+}は硫酸銅(Ⅱ)水溶液の方に，陰イオンSO_4^{2-}は硫酸亜鉛水溶液の方に移動する。

(6)　図1の電池式は

(−) Zn | $ZnSO_4$aq | $CuSO_4$aq | Cu (+)　であるが，図2のように塩橋を用いた場合の電池式は

(−) Zn | $ZnSO_4$aq ‖ $CuSO_4$aq | Cu (+)　である。

(7)　亜鉛板からはZn^{2+}が溶出し，電解液中のZn^{2+}が増加していく。また銅板にはCuが析出し，電解液中のCu^{2+}が減少していく。そのため，始め硫酸亜鉛水溶液の濃度を小さく，硫酸銅(Ⅱ)水溶液の濃度を大きくしておく。

(8)　硫酸銅(Ⅱ)水溶液中のCu^{2+}が減少していくため，不足する正電荷をK^+が補う。

76. (1)(ア)**Pb^{2+}**　(イ)**SO_4^{2-}**　(ウ)**$PbSO_4$**

(エ)**$Pb + SO_4^{2-} \longrightarrow PbSO_4 + 2e^-$**　(オ)**負**

(カ)**H^+**　(キ)**Pb^{2+}**　(ク)**SO_4^{2-}**　(ケ)**$PbSO_4$**

(コ)**負　(Pb)**

(サ)**$PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-} + 2e^- \longrightarrow PbSO_4 + 2H_2O$**

(シ)**正**

(2)　(イ)　(3)　(イ)　(4)　(ア)

(5)**(a)を電源の負極に，(b)を電源の正極につなぐ。**

〔解説〕(2)①のように，放電したとき，2 molの硫酸(分子量98)は2 molの水(分子量18)に変化する。また，希硫酸の体積はほとんど変化しないので，密度は減少する。

(4)⑤のように，PbO_2は電子を受けとるので，還元される。したがって，PbO_2は酸化剤として働く。

77. (1)**4.0×10^{-3} mol**　(2)**0.13 g増加**

〔解説〕ダニエル電池の負極，正極の反応は

負極：Zn ⟶ $Zn^{2+} + 2e^-$…①

11. 遷移元素の特徴

174. (1) (2) (3) (4) (7) (9)

〔解説〕(1)遷移元素　Fe：Fe^{2+}(＋2)，Fe^{3+}(＋3)
Cu：Cu^{+}(＋1)，Cu^{2+}(＋2)
Mn：$\underline{Mn}O_4^{-}$(＋7)，Mn^{2+}(＋2)　など
　典型元素　Na^{+}(＋1)，Ca^{2+}(＋2)，Al^{3+}(＋3)
(2)(3)典型元素では，縦の列(同じ族)は価電子の数が同じで性質が似ている。遷移元素では，価電子の数は1～2個で隣り合う横の行(同じ周期)の性質が似ている。
例：Fe，Co，Niなどには磁性がある。
(4)オストワルト法(硝酸の製法)ではPtが，接触法(硫酸の製法)ではV_2O_5が，ハーバー法(アンモニアの製法)ではFe_3O_4が触媒として用いられる。
(5)遷移元素はすべて金属である。
(6)遷移元素はすべて金属であり，金属は陽イオンになりやすい。
(7)典型金属元素の化合物には白色のものが多いが，遷移元素の化合物やイオンには有色のものが多い。
例：$Cu(OH)_2$（青白色），$Fe(OH)_3$（赤褐色），
　　K_2CrO_4（黄色）
(8)遷移元素はすべて金属元素である。金属の酸化物は，塩基性酸化物で水に溶けて塩基になったり，酸と反応して塩と水になるものが多い。
(9) $[Ag(NH_3)_2]^{+}$，$[Cu(NH_3)_4]^{2+}$など錯イオンをつくりやすい。

175. (ア)3　(イ)金属　(ウ)2　(エ)配位
　　(オ)錯　(カ)触媒

12. 亜鉛とその化合物

176. (ア)ZnS　(イ)$Zn(OH)_2$　(ウ)$[Zn(NH_3)_4]^{2+}$

13. 鉄とその化合物

177. (1)アルミニウム　(2)還元された
(3)テルミット反応
(4)$Fe_2O_3 + 2Al \longrightarrow 2Fe + Al_2O_3$

〔解説〕(1)(2)この反応の化学反応式は
$Fe_2O_3 + 2Al \longrightarrow 2Fe + Al_2O_3$である。
　FeとAlでは，Alの方がイオン化傾向が大きく酸化されやすい。つまり，Alには還元力があるため，AlがFe_2O_3から酸素を奪っている。したがって，Alの方が酸素と結びつきやすい。
　鉄の酸化数は$\underline{Fe_2}O_3$（＋3）$\longrightarrow$ $\underline{Fe}$（0）酸化数が減少しているので還元されている。
(3)アルミニウムはイオン化傾向が大きく酸化される時に多量の熱を発生する。これを利用して金属酸化物を還元して金属にする反応を「テルミット反応」という。

178. (ア)淡緑　(イ)黄褐　(ウ)緑白　(エ)$Fe(OH)_2$
　　(オ)赤褐　(カ)$Fe(OH)_3$　(キ)酸化　(ク)濃青
　　(ケ)血赤　(コ)$K_3[Fe(CN)_6]$

〔解説〕Fe^{2+}(淡緑色)＋$2OH^{-} \longrightarrow Fe(OH)_2\downarrow$(緑白色)
Fe^{3+}(黄褐色)＋$3OH^{-} \longrightarrow Fe(OH)_3\downarrow$(赤褐色)
Fe^{2+}(淡緑色)は酸化されて，Fe^{3+}(黄褐色)になりやすい。

$\underline{Fe^{3+}}$にヘキサシアニド$\underline{鉄(Ⅱ)}$酸カリウム $K_4[\underline{Fe}(CN)_6]$ ─ Fe^{2+} ┐
$\underline{Fe^{2+}}$にヘキサシアニド$\underline{鉄(Ⅲ)}$酸カリウム $K_3[\underline{Fe}(CN)_6]$ ─ Fe^{3+} ┘ ─を加えると濃青色沈殿を生じる(同じ物質である)

Fe^{3+}にチオシアン酸カリウムKSCNを加えると，血赤色溶液になる。

179. (1)粉砕したままで溶鉱炉に入れると，溶鉱炉内が詰まり，熱風または生じた一酸化炭素が炉内に行きわたることができなくなるため。
(2)(ア)
(3)$3Fe_2O_3 + CO \longrightarrow 2Fe_3O_4 + CO_2$
$Fe_3O_4 + CO \longrightarrow 3FeO + CO_2$
$FeO + CO \longrightarrow Fe + CO_2$
(4)5.6×10^2 kg
(5)酸素を吹き込む

〔解説〕(2)(ア)不純物として含まれる二酸化ケイ素は，溶鉱炉内で以下のとおり炭酸カルシウムと反応する。
$CaCO_3 + SiO_2 \longrightarrow CaSiO_3 + CO_2$
(4)Fe_2O_3＝160，Fe＝56　より，

$$1.0\times10^3\times10^3\times\frac{80}{100}\times\frac{2\times56}{160}\times10^{-3}$$
$$=5.6\times10^2[\mathrm{kg}]$$

(5)銑鉄中の炭素は酸素を吹き込むことにより二酸化炭素となり除かれる。

14. 銅，銀とその化合物

180. (ア)硝酸銅(Ⅱ)　(イ)NO_2　(ウ)水酸化銅(Ⅱ)
　　(エ)酸化銅(Ⅱ)　(オ)テトラアンミン銅(Ⅱ)
　　(カ)$[Cu(NH_3)_4]^{2+}$

〔解説〕(ア)銅と希硝酸の反応
$3Cu + 8HNO_3 \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO\uparrow$
　青色はCu^{2+}の色である。希硝酸との反応ではNOが，濃硝酸との反応ではNO_2が発生する。NOは無色の気体である。
(イ)一酸化窒素NOは，空気(酸素)に触れるだけで赤褐色の二酸化窒素NO_2になる。
$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2$
(ウ)Cu^{2+}は，少量の塩基(NaOH，NH_3水)で沈殿する。
$Cu^{2+} + 2OH^{-} \longrightarrow \underset{\text{水酸化銅(Ⅱ)}}{Cu(OH)_2}\downarrow$（青白色）
(エ)
$$Cu(OH)_2 \xrightarrow{\text{加熱}} \underset{\text{酸化銅(Ⅱ)}}{CuO}\downarrow\text{(黒色)} + H_2O$$
(オ)(カ)金属の酸化物であるCuOは塩基性酸化物だから，酸と反応して塩と水になる。
$CuO + H_2SO_4 \longrightarrow \underset{\text{硫酸銅(Ⅱ)}}{CuSO_4} + H_2O$
　青色はCu^{2+}の色である。$CuSO_4$水溶液から水を蒸

第6章　化学が果たす役割

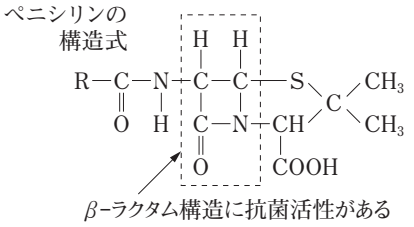
1．様々な物質と人間生活

300. ⑴ **生分解性高分子**　⑵ **導電性高分子**
⑶ **高吸水性高分子**　⑷ **半透膜**
⑸ **感光性高分子（光硬化性樹脂）**

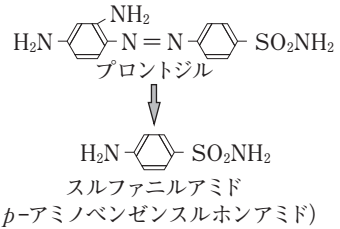
〔解説〕
⑴合成樹脂は，一般に，安定で，廃棄されても分解されにくい。生分解性高分子（生分解性樹脂）は，廃棄されても自然界の微生物によって，水と二酸化炭素に分解されてしまう。
⑵合成樹脂は，一般に，電気を通しにくいが，導電性高分子（導電性樹脂）は，金属に近い電気伝導性がある。
⑶水を吸収するので，高吸水性高分子（高吸水性樹脂）である。
⑷人工透析や海水淡水化には，半透膜が用いられる。
⑸光により重合が進むのは，感光性高分子（光硬化性樹脂）である。

301. ①**ペニシリン，イ**　②**アセチルサリチル酸，キ**
③**サリチル酸メチル，オ**　④**プロントジル，ア**
⑤**ニトログリセリン，カ**　⑥**エタノール，エ**
⑦**サルバルサン，ウ**

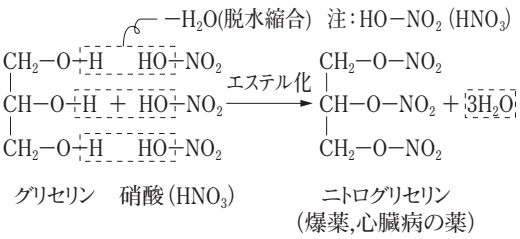
〔解説〕①フレミングがアオカビの中から発見した抗生物質はペニシリンである。ペニシリンは細菌の細胞壁の形成を妨げる。このはたらきは，下図ペニシリン構造式中のb-ラクタム構造にある。この構造を持つのは㋑である。



②解熱鎮痛剤といえば，アセチルサリチル酸である。アセチルサリチル酸は，商品名「アスピリン」ともいい，現在でも使用されている。アセチル基CH_3-CO-をもっている。したがって，㋔である。
③消炎外用薬といえば，サリチル酸メチルである。サリチル酸の$-COOH$が$-COOCH_3$になった構造をもっている。したがって，㋓である。サリチル酸メチルは，皮膚から容易に吸収されるため，湿布薬として用いられる。
④p-アミノベンゼンスルホンアミドの構造を次に示す。ドーマクは，アゾ染料（アゾ基$-N=N-$をもつ）の一種であるプロントジルに抗菌作用があることを発見した。実際に抗菌作用を示すのはプロントジルが体内で分解されたときに生じるスルファニルアミド（p-アミノベンゼンスルホンアミド）であることが後にわかった。
細菌の生育に必要な葉酸を合成する酵素の働きを阻害するため，抗菌作用がある。



⑤血管拡張作用があるのは，ニトログリセリンである。ニトログリセリンは，グリセリンと硝酸のエステルでグリセリンに濃硝酸と濃硫酸を作用させるとニトログリセリンになる。



⑥エタノールは殺菌消毒薬である。エタノールは，細菌の体内に浸透して細菌のタンパク質を変性させるため殺菌作用を示す。注射をするとき，皮膚をエタノールで消毒するのは，皮膚表面の細菌（病原体）を死滅させ，注射針のところから生きた細菌が体内に入らないようにするためである。
⑦梅毒の特効薬といえば，サルバルサンである。梅毒はスピロヘータという病原菌による感染症であり，サルバルサンはドイツのエールリッヒと日本の秦佐八郎が共同で開発した化学療法薬であり，ヒ素（As）を含む有機化合物である。

302. ⑴　㋐ **T**　㋑ **M**　㋒ **C**　㋓ **C**　㋔ **M**
⑵　㋐ ③　㋑ ⑤　㋒ ②　㋓ ⑥　㋔ ④
㋕ ①　㋖ ⑦

〔解説〕⑴マテリアルは material と書き「物質の」，ケミカルは chemical と書き「化学的な」，サーマルは thermal と書き「熱の」という意味。

○ マテリアルリサイクルとは：プラスチック（熱可塑性樹脂）は加熱すると軟らかくなり，冷やすと硬くなる。この性質を利用して，回収したプラスチックを加熱して軟らかくし，型に入れ冷やすと，新しい製品にすることができる。つまり，マテリアルリサイクルでは，物質そのものは変化しない。

○ ケミカルリサイクルとは：プラスチックを熱分解などにより，「もとの石油成分」や「単量体などの原料」まで分解する。石油成分は，燃料として使用する。単量体は，再び重合させてプラスチックにする。重合体→元の石油　または，重合体→単量体→重合体　となるので，ケミカルリサイクルでは，物質の変化がある。

○ サーマルリサイクルとは：プラスチックは石油が原料であるため，可燃性物質である。したがって，マテリアルリサイクル・ケミカルリサイクルが難しい廃棄プラスチックの場合，燃やして熱エネルギーを回収することができる。

(ア)　マテリアルリサイクルやケミカルリサイクルのできない廃棄プラスチックは，燃やして熱エネルギーを回収する。サーマルリサイクルである。

(イ)　ビールびんのケース(熱可塑性樹脂)を加熱して軟らかくした状態で，型に押し込み冷やして，新しい製品にすることができる。マテリアルリサイクルである。

(ウ)　ペットボトル(ポリエチレンテレフタラート)を熱分解により，単量体であるテレフタル酸，エチレングリコールにし，それらを原料にして重合させ，再びポリエチレンテレフタラートにする。重合体→単量体→重合体　と変化するので，ケミカルリサイクルである。

(エ)　プラスチック(石油が原料)を熱分解すると，元の石油になるので，燃料として用いる。プラスチック→石油　の変化であるから，ケミカルリサイクルである。

(オ)　ペットボトル(ポリエチレンテレフタラート，熱可塑性樹脂)を加熱して軟らかくし型に入れ冷やすと，新しい製品になる。物質の変化はないので，マテリアルリサイクルである。

(2)合成樹脂のリサイクルにおいて，ペットボトル飲料の場合，キャップ(ポリエチレン)とペットボトル本体(ポリエチレンテレフタラート)は別々に回収する。数種類の合成樹脂が混じってしまうと，その処理(リサイクル)が困難になるため，識別マークがつけられている。

(ア)　ポリ塩化ビニルは，poly(vinyl chloride)でPVCと略す。

(イ)　ポリプロピレンは，polypropyleneでPPと略す。

(ウ)　ポリエチレン(polyethylene)には，付加重合させる際の条件の違いにより，半透明で硬い高密度(high-density)ポリエチレンと透明で軟らかい低密度(low-density)ポリエチレンがある。したがって，HDPEである。

(エ)　ポリスチレンは，polystyreneでPSと略す。

(オ)　低密度(low-density)のポリエチレン(polyethylene)だから，LDPEである。

(カ)　ポリエチレンテレフタラートは，poly(ethylene terephthalate)でPETと略す。

(キ)　上記(ア)～(カ)以外のプラスチックは，その他(other)である。

303　D

〔解説〕各成分気体が完全燃焼するときの反応式は，次の通り。

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$
$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$$
$$2C_2H_6 + 7O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 6H_2O$$

水素の燃焼では二酸化炭素は発生しない。メタンとエタンがそれぞれ1 mol燃焼するときに生成するCO_2は，CH_4では1 mol，C_2H_6では2 molである。これを1 kJあたりに換算すると，燃焼エンタルピーより，

CH_4では，$\frac{1}{890}$ mol

C_2H_6では，$\frac{2}{1560}$ mol $=\frac{1}{780}$ mol

となる。(メタンよりエタンの方が発生量が大きい。)したがって，水素をより多く，エタンをより少なく含む混合気体が，二酸化炭素の発生量が少ない。A～Dの中で，水素の割合が最も大きく，エタンの割合が最も小さい混合気体はDである。

2．化学が築く未来

304. (1)　(3)

〔解説〕(1)リチウムイオン電池は，充電可能な二次電池であり，スマートフォンや電気自動車の駆動用電源として利用されている。

(2)風力発電，太陽光発電，水力発電，地熱発電は，自然エネルギーを利用した発電方法である。

(3)天然ガスは，化石燃料の一つであり，メタンなどの炭化水素を含むため，燃焼すると二酸化炭素が発生する。

(4)太陽電池は，太陽の光エネルギーを電気エネルギーに変換することで，電池としてはたらく。

(5)いくつかの自動車メーカーでハイブリッドカーが実用化されている。

(6)水素を燃料とした燃料電池では，放電で生成する物質が水だけなので，温室効果ガスである二酸化炭素の増加を抑えることにつながる。