「Z会の映像」 教材見本

こちらの見本は、実際のテキストから1回分を抜き出したものです。

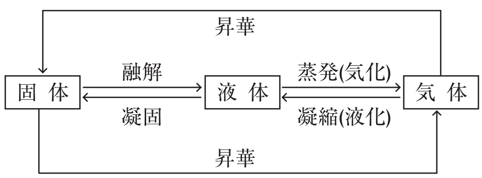
ご受講いただいた際には、郵送にて、冊子をお届けします。
※実際の教材は、問題冊子と解説冊子に分かれています。

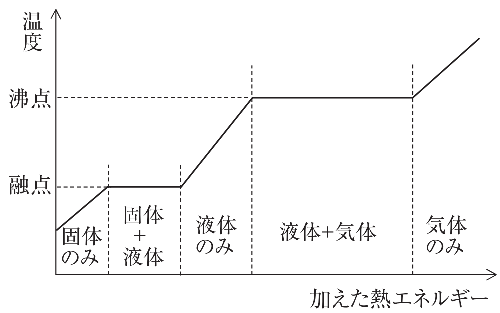
2章　気体②

要点

重要ポイント1　物質の三態

物質のもつエネルギーの大小関係は，気体＞液体＞固体 で示される。したがって，熱エネルギーを加えたり奪ったりすることによって，左下図のように状態変化が起こる。このとき，融解，蒸発，昇華に要するエネルギーを，それぞれ融解熱，蒸発熱，昇華熱という。純物質を加熱する場合，融解や蒸発に際して，熱エネルギーが状態変化のために使われるので，温度は一定に保たれる。このため，加熱にともなう温度変化は，一般に右下図のようになる。





このような状態の変化は，温度だけでなく圧力変化によっても起こる。圧力や温度によって，物質の状態がどうなるかを表したものを**状態図**という。例として，「二酸化炭素の状態図」について説明する。

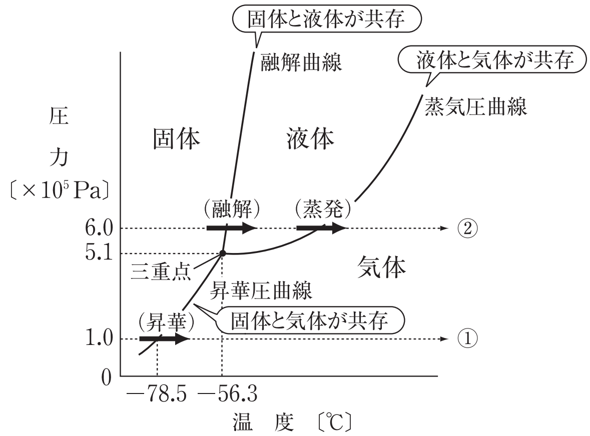
二酸化炭素の状態図において，1.0×10^5Pa の圧力下で，ドライアイス（二酸化炭素の固体）の温度を上げていくと（図の破線①），-78.5℃のときにドライアイスが昇華して気体の二酸化炭素になることがわかる。このように，昇華が起こる温度と圧力の関係を表した曲線を昇華圧曲線という。

1.0×10^5Pa，-78.5℃で昇華が起こるので，この点では，固体と気体が共存している。

また，6.0×10^5Pa の圧力下でドライアイスの温度を上げていくと（図の破線②），ある温度（融点）で状態変化が起こって液体になる（融解する）ことがわかる。このように融解が起こる温度と圧力の関係，つまり圧力変化による融点の変化を表した曲線を融解曲線といい，融解曲線上の各点では固体と液体が共存している。

同様に飽和蒸気圧と温度の関係（圧力変化による沸点の変化）を表した曲線を蒸気圧曲線という。蒸気圧曲線上の各点では液体と気体が共存している。

なお，三重点では，固体，液体，気体が存在する。


固体と液体が共存
融解曲線
液体と気体が共存
蒸気圧曲線
圧
力
〔×10⁵ Pa〕
固体
液体
(融解)
(蒸発)
6.0
5.1
三重点
気体
昇華圧曲線
(昇華)
固体と気体が共存
1.0
0
−78.5
−56.3
温　度〔℃〕
②
①

重要ポイント２　気液平衡

液体中では，粒子は互いに熱運動しながらも分子間力で引き合っているが，とくに大きな運動エネルギーをもった粒子は，分子間力に打ち勝って液体の表面から飛び出す。この現象が**蒸発**である。温度が高くなるほど，大きなエネルギーをもつ粒子の割合が増加するので蒸発はさかんになる（図１）。

一方，分子間力が大きいと，気体中に飛び出た分子が熱運動をして液面に衝突したときに，その運動エネルギーが分子間力に負けて，気体分子は液体中に取り込まれる。この現象を**凝縮**という。分子間力が大きい物質ほど，分子を液体中へと取り込みやすいので，凝縮しやすく，蒸発しにくい（図２）。

密閉容器内に液体物質を入れて十分放置しておくと，蒸発していく粒子数と蒸発した粒子中で再び液体に戻っていく粒子（気化粒子のうちでエネルギーの小さいもの）数が等しくなり，見かけ上蒸発が停止したような状態になる（飽和状態）。これを**気液平衡（蒸発平衡）**という（図３)。この時，空間中の液体の蒸気はこれ以上，増加も減少もしない。これを飽和蒸気といい，このときに気体が示す圧力を，その温度における**飽和蒸気圧**（または単に**蒸気圧**）という。

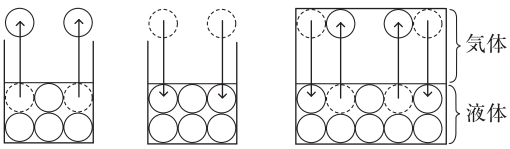
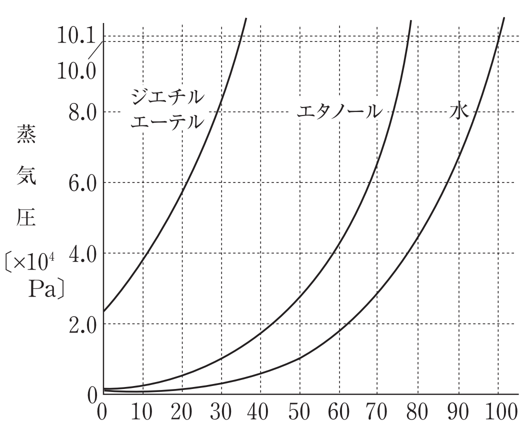


図1　図2　図3

重要ポイント３　蒸気圧曲線

飽和蒸気圧は，高温ほど大きく，また液体の種類によって変わる（液体によって，粒子間の引力が異なることによる)。

液体の飽和蒸気圧と温度との関係を表した曲線を，**蒸気圧曲線**（または**飽和蒸気圧曲線**）という。



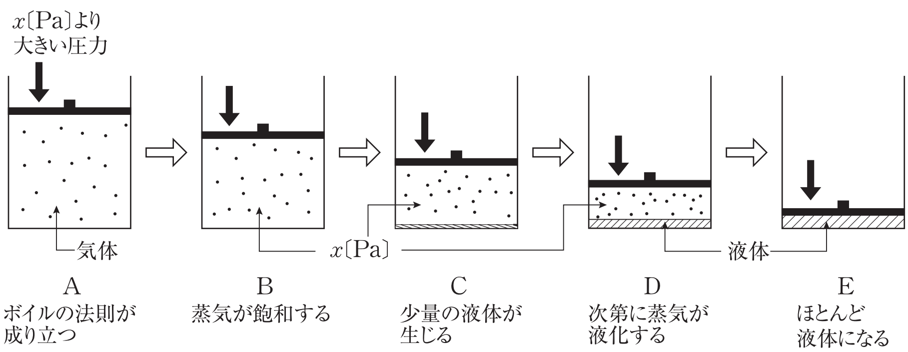
蒸気圧が液面に加わる圧力に等しくなる温度が**沸点**である。通常，沸点は 1.013×10^5Pa（大気圧 1 atm＝760mmHg）のときの値で表す。沸点は圧力によって異なり，圧力が大きくなると沸点は高くなり，圧力が小さくなると沸点は低くなる。たとえば，水の沸点は地上（1.013×10^5Pa）では 100℃であるが，富士山頂（0.62×10^5Pa）では，約 87℃である。

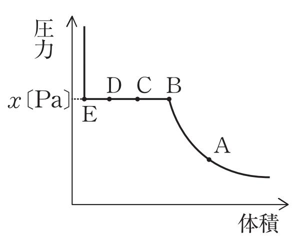
重要ポイント４　液化しやすい物質の気体の圧力

水やエタノールのように液化しやすい物質の圧力を求める場合は，必ず液体が共存しているかどうかを確認する必要がある。物質がすべて気体になっていると仮定したときの圧力を p_1〔Pa〕，飽和蒸気圧を p_2〔Pa〕とすると

> $p_1 \leqq p_2$ の場合…すべて気体として存在する。気体の圧力は p_1〔Pa〕である。
> $p_1 > p_2$ の場合…一部が液化し，液体と気体が共存する。気体の圧力は p_2〔Pa〕（飽和蒸気圧）である。

いま，ピストン付きのシリンダーに 25℃で物質 X の気体（25℃での飽和蒸気圧は x〔Pa〕）が入っている（下図 A）。温度を一定に保ちながらピストンに圧力をかけると，やがて容器内で気体が飽和し，容器内の気体の圧力は x〔Pa〕に達する（下図 B）。さらにピストンに圧力をかけ続けると，気体の一部は液化するが，容器内の気体の圧力は x〔Pa〕のまま一定となる（下図 C, D）。ほとんどすべての気体が液化した後はなかなか体積は小さくならない（下図 E）。





なお，体積一定で温度を変化させたときは次のようになる。

① 液体を体積一定の密閉容器に入れると，液体の一部が蒸発して気体の圧力はその温度での飽和蒸気圧となる。温度を上げていくと，飽和蒸気圧もそれにともなって大きくなる。

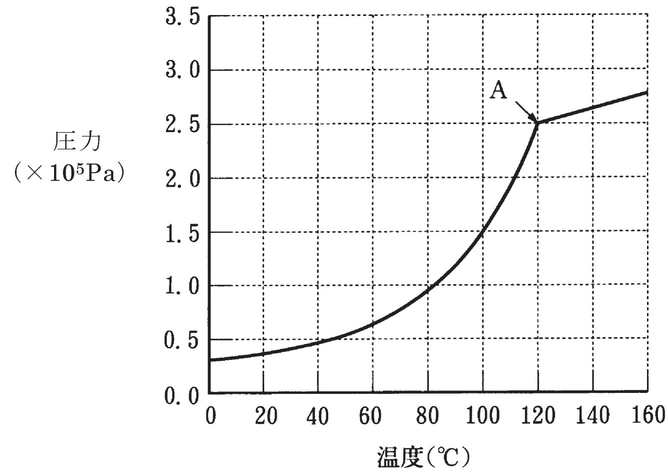
② 液体がすべて蒸発すると，気体のみとなるので，圧力はボイル・シャルルの法則に従うようになる。

■ **確認問題　蒸気圧**

次の文章を読み，問いに有効数字２桁で答えよ。必要ならば次の値を用いよ。

原子量 H；1.0，N；14.0，O；16.0，気体定数 $R=8.31\times10^3$〔Pa・L/(K・mol)〕，100℃における飽和蒸気圧 1.0×10^5Pa

容積 2.0L の密封容器に，０℃において，ある量の水と空気（窒素と酸素の物質量比 4：1 混合気体）を入れ，容積を一定に保ちながら 160℃までゆっくり温度を上げた。このとき液体の水が徐々に水蒸気に変化し，容器内部の圧力は図に示すように，はじめ温度に対して曲線的に増大し，A 点（120℃，2.5×10^5Pa）をこえると直線的に増大した。



問１　容器内の空気の量は何 g か。有効数字 2 桁で答えよ。

問２　A 点における水蒸気の分圧は何 Pa か。有効数字 2 桁で答えよ。

問３　容器に入れた水の総量は何 g か。有効数字 2 桁で答えよ。

■ **解答**

問１　0.93g

問２　2.0×10^5Pa

問３　2.2g

■ **解説**

物質量および体積が一定の気体の圧力は，絶対温度に比例する。しかし，問題文中の図において温度０℃～ 120℃間のグラフが曲線になっているのは，この間では液体の水が存在し，気体の物質量が変化しているからである。120℃からはグラフが直線になっていることより，水はすべて気体となっており，容器内の気体の物質量が一定であることがわかる。

問１　グラフより，温度 100℃における容器内の圧力は 1.5×10^5Pa である。ドルトンの分圧の法則より

（全圧）＝（空気の分圧）＋（水蒸気の分圧）

であり，100℃における水の蒸気圧は 1.0×10^5Pa であることより，100℃における空気の分圧を P〔Pa〕とすると

$$P=(\text{全圧})-(\text{水蒸気の分圧})=(1.5-1.0)\times10^5=5.0\times10^4\ \text{〔Pa〕}$$

ここで，空気は N_2(分子量 28.0)と O_2(分子量 32.0)が物質量の比 4：1 で混合している混合気体なので，その平均分子量は

$$28.0\times\frac{4}{4+1}+32.0\times\frac{1}{4+1}=28.8$$

であるから，求める空気の質量を w〔g〕とすると，気体の状態方程式より

$$5.0\times10^4\times2.0=\frac{w}{28.8}\times8.31\times10^3\times(273+100)$$

$$\therefore\quad w=0.929\ \text{〔g〕}$$

問２　気体の体積と物質量が一定ならば，気体の圧力は絶対温度に比例する。よって，120℃における空気の分圧を P'〔Pa〕とすると，100℃と 120℃の空気について，次式が成り立つ。

$$P'=5.0\times10^4\times\frac{273+120}{273+100}=5.26\times10^4\ \text{〔Pa〕}$$

一方，グラフより，120℃における全圧は 2.5×10^5Pa であるから，ドルトンの分圧の法則より，水蒸気の分圧は

$$(\text{全圧})-P'=2.5\times10^5-5.26\times10^4=1.97\times10^5\ \text{〔Pa〕}$$

問３　A 点（120℃）において水は完全に気体となっているので，このときの水蒸気の物質量は，容器内の水の総物質量に等しい。したがって，求める水（分子量 18.0）の質量を w'〔g〕とすると，A 点における水蒸気についての気体の状態方程式より

$$1.97\times10^5\times2.0=\frac{w'}{18.0}\times8.31\times10^3\times(273+120)$$

$$\therefore\quad w'=2.17\ \text{〔g〕}$$

問題

■演習

★★

【1】

水の状態変化に関する次の文章を読んで，問いに答えよ（1hPa＝1×10^2Pa）。

圧力と温度の変化によって水の状態は変化する。図１は，水が固体，液体，気体のうちどのような状態にあるかを示した模式的な状態図である。縦軸は圧力，横軸は温度を示す。ただし，グラフの目盛りは均一でない（図が巨大になってしまうのを避けるため，部分的に拡大・縮小されている）。点 T は三重点とよばれ，そこでは水の固体，液体，気体が共存する。三重点の圧力と温度は，それぞれ 6.1hPa と 0.01℃である。

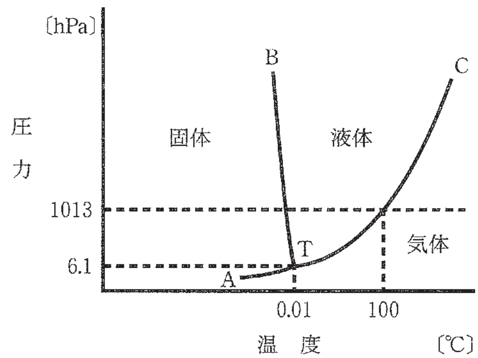


図１

問１　密閉した真空容器に水（液体）を入れ，125℃に保つ。このときの容器内の気体の圧力を予測するためにはどの曲線を利用すればよいか。図１における記号（A，B，C，T）を用いて答えよ。また，この曲線は何とよばれるか。

問２　富士山の山頂でご飯を炊くと，平地で炊くときに比べて芯のあるご飯になりやすい。記号（A，B，C，T）を用いて関係する部分を示しつつ，その理由を説明せよ。

問３　氷の融点は圧力の増減でどのように変化するか。次の（ア）～（ウ）の中から最も適切なものを１つ選んで記号で答えよ。記号（A，B，C，T）を用いて関係する部分を示しつつ，判断の根拠を述べよ。

（ア）　圧力の増大と共に上昇する。

（イ）　圧力の増大と共に低下する。

（ウ）　圧力の増減に対して一定である。

問４　室温において，密閉した容器に氷を入れ，真空ポンプで減圧し，容器内の圧力を２hPa に保ち続ける。このとき容器内ではどのような状態変化が起こるか。次の（ア）～（オ）の中から最も適切なものを１つ選んで記号で答えよ。記号（A，B，C，T）を用いて関係する部分を示しつつ，判断の根拠を述べよ。

（ア）　固体→液体

（イ）　固体→気体

（ウ）　固体→液体→気体

（エ）　固体→液体→固体

（オ）　固体→気体→液体

問５　1013hPa の圧力下で，氷に一定の割合で少しずつ熱を加え続けたところ，その温度は −50℃から 150℃に変化した。熱は外に逃げないものとする。横軸を時間，縦軸を温度とし，０℃から 100℃の範囲において得られた温度変化の様子を図２に示す。−50℃から 150℃までの温度変化の概略図を完成させよ。ただし，氷の融解熱は 6kJ/mol，水の蒸発熱は 41 kJ/mol である。また，氷と水蒸気の比熱（物質１g の温度を１℃上げるのに必要な熱量）はほぼ等しく，かつ水（液体）の比熱の半分とせよ。

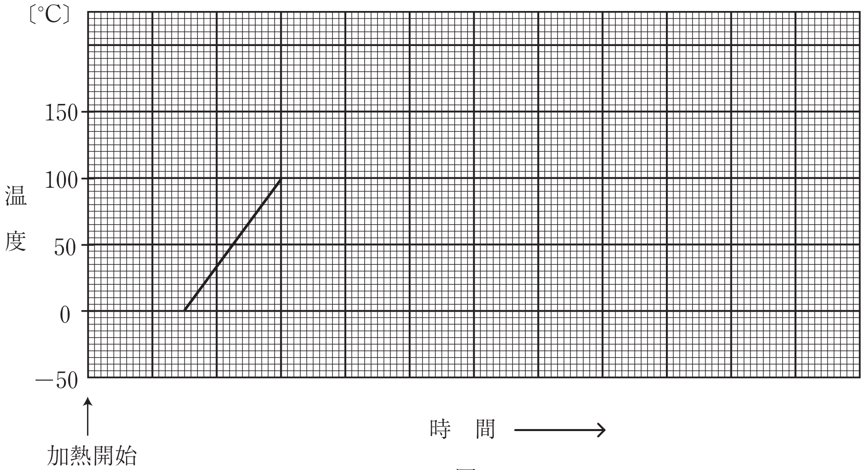


図２

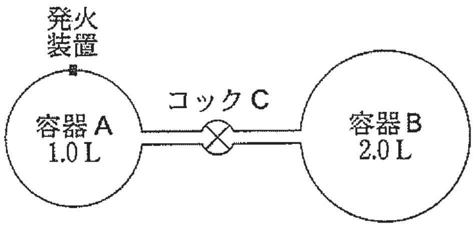
（お茶の水女子大）

★★

【2】

次の文章を読み，問いに答えよ。気体定数は 8.3×10^3Pa·L/(K·mol)，原子量は H＝1，C＝12，O＝16 とする。

下図のようにコック C によって連結された耐圧密閉容器 A，B がある。容器 A，容器 B の内容積はそれぞれ 1.0L, 2.0L である。また，容器 A 内には発火装置が内蔵されている。ここで，容器以外の連結部の内容積および発火装置の体積は無視できるとする。



図

この実験装置を用いて，以下の実験を順に行った。

操作 1　コック C を閉じた状態で，容器 A にメタン 0.096g，容器 B に酸素 0.48g を入れて，ともに 27℃に保った（状態 1）。

操作 2　容器 A，容器 B を 27℃に保ったままコック C を開け，気体を混合した。やがて容器 A，容器 B 内の混合気体は同一の組成となり，圧力も等しくなった（状態 2）。

操作 3　容器 A 内の発火装置を用いて，①容器 A と容器 B の中の混合気体中のすべてのメタンを完全燃焼させた。燃焼後，容器 A，容器 B を 27℃に保ち平衡状態とした（状態 3）。

状態 1 ～ 3 における気体はすべて理想気体とし，液体の体積および液体に対する気体の溶解は無視できるものとする。また，27℃での水の飽和蒸気圧は 3.6×10^3Pa とする。

問 1　状態 1 における容器 A 内の圧力を有効数字 2 桁で求めよ。また，計算過程も示せ。

問 2　状態 2 における混合気体の全圧を有効数字 2 桁で求めよ。また，計算過程も示せ。

問 3　下線部①のメタンの完全燃焼によって生成した水の物質量を有効数字 2 桁で求めよ。また，計算過程も示せ。

問 4　状態 3 において，水は液体と水蒸気の両方の状態で存在する。このうち，液体として存在する水の物質量を有効数字 2 桁で求めよ。また，計算過程も示せ。

問 5　状態 3 において，酸素と二酸化炭素は気体として存在する。水は液体と水蒸気の間の気液平衡に達している。状態 3 における“酸素と二酸化炭素の分圧の和”を有効数字 2 桁で求めよ。また，状態 3 における容器内の全圧を有効数字 2 桁で求めよ。それぞれ，計算過程も示せ。

（埼玉大）

★★★

【3】

温度と容積を変えることができる密閉容器に水だけを入れて，つぎの操作 a ～ d を行った。下の問に答えよ。問 iii については，1 つまたは 2 つの正解がある。ただし，水蒸気は理想気体としてふるまい，凝縮した水の体積は無視できるものとする。また，水の蒸気圧は，360K において 6.21×10^4Pa であり，温度が下がると 1K あたり 2.00×10^3Pa 低下するものとする。

a. 容器の温度を 360K，圧力を 5.76×10^4Pa にすることによって，容器内の水をすべて水蒸気とした。この状態を A とする。

b. 状態 A から，温度を一定に保ちながら容積を減らすことによって，状態 A で水蒸気となっていた水の 25.0% を凝縮させた。この状態を B とする。

c. 状態 A から，圧力が一定に保たれるように温度を調節しながら，容積を減らすことによって，状態 A で水蒸気となっていた水の 25.0% を凝縮させた。この状態を C とする。

d. 状態 A から，容積を一定に保ちながら温度を下げることによって，状態 A で水蒸気となっていた水の 25.0% を凝縮させた。この状態を D とする。

問 i　状態 A の容積は状態 B の容積の何倍か。解答は小数点以下第 2 位を四捨五入して，下の形式により示せ。

$\boxed{}.\boxed{}$ 倍

問 ii　状態 D の温度は状態 A の温度より何 K 低いか。解答は小数点以下第 1 位を四捨五入して，下の形式により示せ。

$\boxed{}\boxed{}$ K

問 iii　つぎの記述のうち，誤っているものはどれか。

1. 操作 b ～ d のうち，水が凝縮し始めてからの操作の過程で，温度を一定に保ったものは，b だけである。
2. 操作 b ～ d のうち，水が凝縮し始めてからの操作の過程で，水蒸気の密度が変化したものは，d だけである。
3. 状態 C は状態 B と比べて，容積が大きい。
4. 状態 C は状態 D と比べて，温度が高い。
5. 状態 C は状態 D と比べて，水蒸気の密度が小さい。

（東京工業大）

2章　気体②

問題

■演習

【1】

解答

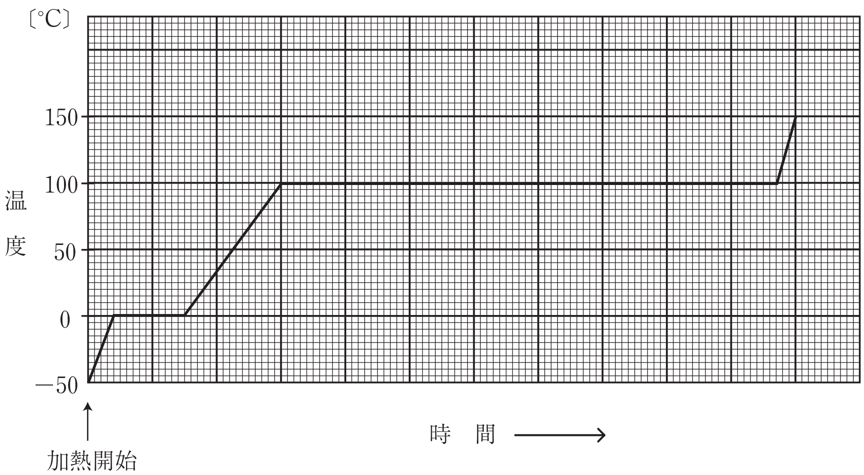
問1　TC，蒸気圧曲線

問2　富士山山頂は高度が高く，平地に比べて気圧が低い。曲線 TC より，気圧の低い地点では沸点が低くなる。したがって，加熱温度が平地に比べ低くなり，デンプンが十分に変化せず，芯が残ってしまう。

問3　（イ）　根拠：曲線 TB は，融点と圧力の関係を示し，右下に傾いているから。

問4　（イ）　根拠：室温，2hPa は，曲線 TC の下側にあり，氷は液体を経ることなく気体となる。

問5



解説

問1　125℃においては，圧力によって水は液体または気体で存在する。圧力は気体と液体の間にある蒸気圧曲線を利用して求める。

問2　米が炊けるのは，高温にすることによって米の構成成分であるデンプンが，水を吸収しにくい β-デンプン（部分的に結晶構造をつくっている）から，水を含み消化されやすい α-デンプン（水分子がデンプンの結晶分子を崩した状態）に変化するためである。温度が下がると，β-デンプンから α-デンプンへの変化が生じにくくなる。

問3　氷の融点は固体と液体の間の状態変化が生じる温度であるから，曲線 TB（融解曲線）を利用する。この曲線は右下に傾いており，融点は圧力の増大とともに低下することがわかる。

問4　図1中に 2hPa の線を書き込むと，水は固体か気体で存在することがわかる（液体にならない）。2hPa，室温の条件では気体として存在するので，氷は固体→気体の変化をする。

問５　水が 0℃から 100℃に変化する際に 15 目盛り分の時間を要する。−50℃から 0℃に変化する際には，氷の比熱が水(液体)の半分で，また温度変化も半分であることから

$$15\times0.5\times0.5=3.75\text{〔目盛〕}$$

の時間を要する。水蒸気も水(液体)の半分の比熱なので，50℃上昇するのに，同様に 3.75 目盛を要する。しかたがって，氷→水(液体)の状態変化にかかる時間(0℃における直線部分)は

$$15-3.75=11.25\text{〔目盛〕}$$

となる。水(液体)→気体の状態変化にかかる時間（100℃における直線部分を x〔目盛〕とする）は，氷の融解熱が 6kJ/mol，水の蒸発熱が 41kJ/mol であることから，次の比により求めることができる。

氷→水(液体)の状態変化：水(液体)→気体の状態変化 ＝6〔kJ/mol〕：41〔kJ/mol〕
＝11.25〔目盛〕：x〔目盛〕

$$\therefore\quad x=\frac{11.25\times41}{6}=76.87\text{〔目盛〕}$$

以上を図示すればよい。

【2】

解答

問１　1.5×10^{4}Pa　（計算過程は「**解説**」参照。問２以降も同様）

問２　1.7×10^{4}Pa

問３　1.2×10^{-2}mol

問４　7.7×10^{-3}mol

問５　分圧の和；7.5×10^{3}Pa　　全圧；1.1×10^{4}Pa

解説

問１　メタン CH_4（分子量 16）の物質量は

$$\frac{0.096}{16}=6.0\times10^{-3}\text{〔mol〕}$$

である。求めるＡ内の圧力を p〔Pa〕として，理想気体の状態方程式に当てはめると

$$p\times1.0=6.0\times10^{-3}\times8.3\times10^{3}\times300 \qquad \therefore\ p=1.49\times10^{4}\text{〔Pa〕}$$

問２　酸素 O_2（分子量 32）の物質量は

$$\frac{0.48}{32}=1.5\times10^{-2}\text{〔mol〕}$$

である。メタンと酸素がＡ，Ｂあわせて 3.0L の容器に存在していることより，求める混合気体の全圧を p'〔Pa〕とすると

$$p'\times3.0=(6.0\times10^{-3}+1.5\times10^{-2})\times8.3\times10^{3}\times300$$

$$\therefore\ p'=1.74\times10^{4}\text{〔Pa〕}$$

問３　メタンの完全燃焼の化学反応式は以下のとおり。

	CH_4	$+\ 2O_2$	$\longrightarrow\ CO_2$	$+\ 2H_2O$	
反応前	6.0×10^{-3}	1.5×10^{-2}			
反応量	6.0×10^{-3}	1.2×10^{-2}	6.0×10^{-3}	1.2×10^{-2}	
反応後	0	3.0×10^{-3}	6.0×10^{-3}	1.2×10^{-2}	（単位 mol）

したがって，生じた水の物質量は 1.2×10^{-2}mol である。

問４　水の飽和蒸気圧は 3.6×10^{3}Pa である。したがって，気体として存在できる水の物質量を n〔mol〕とすると

$$3.6\times10^{3}\times3.0=n\times8.3\times10^{3}\times300 \qquad \therefore\ n=4.33\times10^{-3}\text{〔mol〕}$$

よって，液体として存在する水の物質量は

$$1.2\times10^{-2}-4.33\times10^{-3}=7.67\times10^{-3}\text{〔mol〕}$$

問５　問３の反応式から，酸素は 3.0×10^{-3}mol，二酸化炭素は 6.0×10^{-3}mol あるので，これらの分圧の和を P〔Pa〕とすると

$$P\times3.0=(3.0\times10^{-3}+6.0\times10^{-3})\times8.3\times10^{3}\times300 \qquad \therefore\ P=7.47\times10^{3}\text{〔Pa〕}$$

したがって全圧は

$$7.47\times10^{3}+3.6\times10^{3}=1.10\times10^{4}\text{〔Pa〕}$$

【3】

解答

問 i　1.4 倍

問 ii　10 K

問 iii　1，5

解説

問 i　状態 A の水蒸気の物質量を n〔mol〕として，状態 A と状態 B で水蒸気に関する状態方程式を書くと，次の(A)式，(B)式のようになる。ここで，状態 A と状態 B の水蒸気の体積をそれぞれ V_A〔L〕と V_B〔L〕，気体定数を R〔Pa・L/(K･mol)〕とする。

$$5.76\times10^4\times V_A = n\times R\times 360 \quad \cdots\cdots \text{(A)}$$

$$6.21\times10^4\times V_B = 0.750n\times R\times 360 \quad \cdots\cdots \text{(B)}$$

(A)式÷(B)式より

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{n\times R\times 360}{5.76\times10^4}\times\frac{6.21\times10^4}{0.750n\times R\times 360} = 1.43$$

問 ii　状態 D の体積を V_D〔L〕とすると，$V_A = V_D$ より，(A)式から

$$V_A = \frac{n\times R\times 360}{5.76\times10^4} = V_D$$

となる。また，状態 D の温度 T_D〔K〕が状態 A より x〔K〕低いとすると

$$T_D = (360 - x)\text{〔K〕}$$

である。さらに，状態 D では液体の水が存在しているので，状態 D の水蒸気の圧力 P_D〔Pa〕は，$(360-x)$〔K〕における水の蒸気圧に等しく

$$P_D = (6.21\times10^4 - 2.00\times10^3 x)\text{〔Pa〕}$$

である。これらを状態 D に関する状態方程式

$$P_D\times V_D = 0.750n\times R\times T_D$$

に代入すると，次のようになる。

$$(6.21\times10^4 - 2.00\times10^3 x)\times\frac{n\times R\times 360}{5.76\times10^4} = 0.750n\times R\times(360 - x)$$

$$\therefore\quad x = 10.0\text{〔K〕}$$

問 iii

1. 水が凝縮していると，水蒸気の圧力はその温度における水の蒸気圧に等しくなる。操作 c で水が凝縮し始めてから圧力（水の蒸気圧）を 5.76×10^4Pa に保つためには，温度は一定でなければならない。したがって，操作 c も水が凝縮し始めてからは温度を一定に保っている（誤）。
2. 気体の状態方程式は，水の質量を w〔g〕，水のモル質量を M〔g/mol〕，気体定数を R〔Pa・L/(K･mol)〕とすると，$PV = \frac{w}{M}RT$ より，水蒸気の密度 d〔g/L〕は次のようになる。

$$d = \frac{w}{V} = \frac{PM}{RT}$$

この式で，M〔g/mol〕と R〔Pa・L/(K·mol)〕は一定である。操作 b と c では，水が凝縮し始めてからは水蒸気の圧力（= 水の蒸気圧）P〔Pa〕と T〔K〕が不変なので，d〔g/L〕も不変である。操作 d は，絶対温度 T〔K〕を下げるので,P〔Pa〕は水の蒸気圧曲線に沿って減少するため，$\dfrac{P}{T}$が一定にならず，密度 d が変化する（正）。

3. 1 で述べたように，水が凝縮している状態 C の圧力は，水の蒸気圧 5.76×10^4Pa に等しい。水の蒸気圧がこの値になる温度は

$$360-\frac{6.21\times10^4-5.76\times10^4}{2.00\times10^3}=357.7\text{〔K〕}$$

であり，これが状態 C の温度 T_C〔K〕である。状態 C の体積を V_C〔L〕とすると，このときの気体の状態方程式は，次のようになる。

$$(5.76\times10^4)\times V_C=0.750n\times R\times357.7$$

$$\therefore\quad V_C=\frac{0.750n\times R\times357.7}{5.76\times10^4}=6.210\times10^{-3}\times0.750n\times R$$

また，状態 B に関する状態方程式は，次のようになる。

$$(6.21\times10^4)\times V_B=0.750n\times R\times360$$

$$\therefore\quad V_B=\frac{0.750n\times R\times360}{6.21\times10^4}=5.797\times10^{-3}\times0.750n\times R$$

したがって，$V_C > V_B$ である（正）。

4. 状態 D の温度 T_D〔K〕は，問 ii で求めた x の値から, 350K になる。状態 C の温度 T_C〔K〕は 3 で求めたように 357.7K だから，状態 C は状態 D と比べて温度が高い（正）。

5. 状態 C の水蒸気の密度 d_C〔g/L〕は次のようになる。

$$d_C=\frac{P_CM}{RT_C}=\frac{5.76\times10^4\times M}{R\times357.7}=1.610\times10^2\times\frac{M}{R}\text{〔g/L〕}$$

状態 D の圧力 P_D〔Pa〕は，問 ii で求めた x の値から，4.21×10^4Pa である。よって，状態 D の水蒸気の密度 d_D〔g/L〕は次のようになる。

$$d_D=\frac{P_DM}{RT_D}=\frac{4.21\times10^4\times M}{R\times350}=1.202\times10^2\times\frac{M}{R}\text{〔g/L〕}$$

したがって，$d_C > d_D$ である（誤）。