

科学パズルの答え (Q-18)

Q-18. ゼロ度の氷と零下2度の塩水とがある。同じ重さを用いて水枕に使いたい。どちらが長くたもつだろうか。

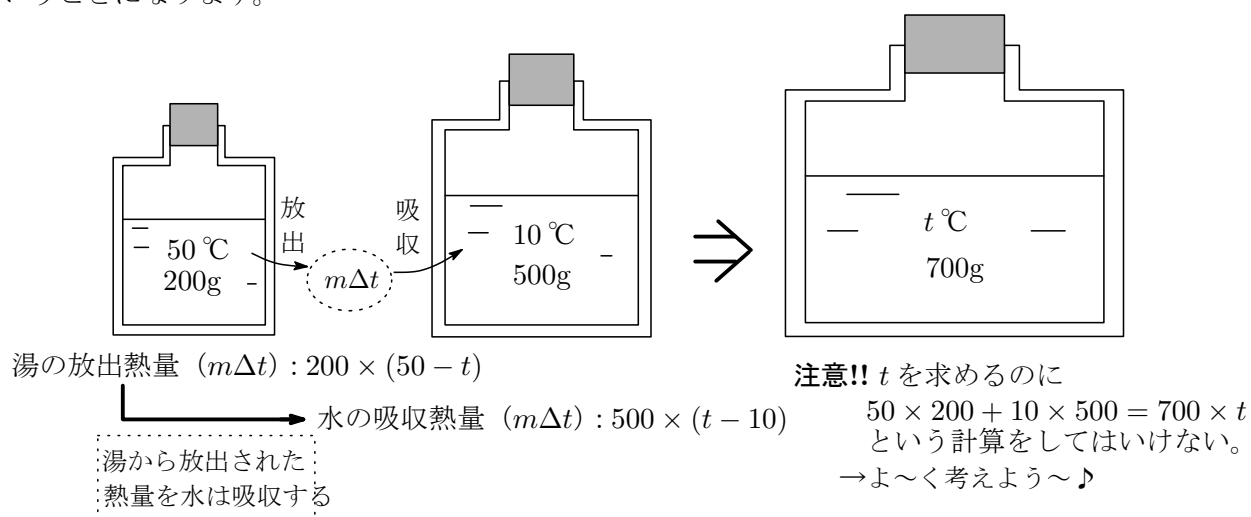
Ans. (答えは最後に載っています)

アルミの薬缶にいれたお湯と土瓶に入れた同じ温度のお湯では、アルミの薬缶にいれたお湯の方が早く冷めますね。アルミの薬缶はお湯で急速に温まり、外気に熱を奪われやすい一方、土瓶の方はなかなか温まらない分、外気に熱を奪われにくく冷めにくいということですね。日常経験で、温まりやすいモノとそうでないモノとがありますが、これは熱容量の違いによるものです。

熱容量というのは、物質の温度を1 K (1°Cでもよい) 上げるのに要する熱量のことで、単位は cal/K です。K はケルビンという温度の単位¹ですが、詳しいことは Q-17 を参照下さい。ついでに比熱というのは、物質 1g の温度を 1K 上げるに要する熱量のことで、単位は cal/gK です。また、熱量²の単位は cal (カロリー) で、1cal とは 1g の水の温度を 1K 上げるに要する熱量です。例えば、10°C の水 500g と 50°C のお湯 200g を魔法瓶のような断熱容器に入れてよくよくかき混ぜたところ、魔法瓶のお湯は t °C になりました。さて、 t °C は何度でしょうか、という問題を通して熱量のイメージをつかむことにしましょう。水の比熱は 1.0 です。熱いお湯から冷たい水へ“熱”が流れ、お湯はその流れでた“熱量”のぶん温度が下がり、一方、水の方は、流れ込んできた“熱量”で暖められる。そしてある平衡温度に達すると熱の流れは止まる、つまり移動する熱量はゼロになるということですね。これを少し一般化して表現すると

「 m g の水が Δt °C 上昇するときは $m\Delta t$ (cal) の熱を吸収し、逆に m g の水が Δt °C 下降するときには $m\Delta t$ (cal) の熱を放出する」

ということになります。



50°C 200g のお湯が冷めて温度 t °C になったとき、お湯から熱量が放出されたこととなります。一方、10°C の水が温度 t °C まで上昇したとき、水は熱量を吸収したこととなります。これをまとめると次のようになりますね。

$$\begin{cases} \text{お湯から放出された熱量} : & 200(50 - t) \text{ cal} \\ \text{水が吸収した熱量} : & 500(t - 10) \text{ cal} \end{cases}$$

¹ -273.15°C を絶対温度のゼロ度 (0K) とする温度単位です。 t °C は絶対温度では $273.15 + t$ K となります。

² 熱を“量”として捉えたものが熱量です。まさに熱の量←少し意味不明かな?。。反省 ;;

で、この2つの熱量は等しい³ですから、

$$200(50 - t) = 500(t - 10) \rightarrow t = 21.4^\circ\text{C}$$

ということになります。

比熱は先ほどいいましたように、質量 1g の物質を温度 1 K 上げるのに要する熱量ですね。代表的な物質の比熱の数値をテーブルにしておきます。

物質	比熱cal/g·K	物質	比熱cal/g·K
鉄	0.11	ガラス	0.16
銅	0.09	氷	0.5
鉛	0.03	水	1.00
アルミ	0.21	空気	0.24

比熱 α cal/g·K の物質 m g が温度 t_1 °C から t_2 °C まで上昇あるいは t_2 °C から t_1 °C に下降した時、物質が吸熱あるいは放熱する熱量 Q cal は

$$\begin{cases} \text{温度上昇 (吸熱)}: Q = \alpha m(t_2 - t_1) = \alpha m \Delta t \text{ cal} & (Q > 0) \\ \text{温度降下 (放熱)}: Q = \alpha m(t_2 - t_1) = \alpha m \Delta t \text{ cal} & (Q < 0) \end{cases}$$

となります。これから $\Delta t = Q/\alpha m$ となり、比熱 α の小さい物質ほど“温まりやすく・冷めやすい”ということになります。

先ほどのお湯と水の話を保熱を用いて一般化しておきます。

温度 t_1 °C ($t_1 > t_2$) の物質 A (比熱 α_1) m_1 g が温度 t_2 °C の物質 B (比熱 α_2) m_2 g に接し、共通の温度 T °C になったとき、A の放出した熱量は B の吸収した熱量に等しい。

$$\alpha_1 m_1 (t_1 - T) = \alpha_2 m_2 (T - t_2) \quad (1)$$

式 (1) の適用問題として、「比熱 0.03cal/g·K の鉛の玉 100g を 50 °C に熱し、30g の水の中に入れたら、両方の温度が 20 °C になった。水の温度は最初何度であったか」というのを考えましょう。 $t_1 = 50$ °C, $T = 20$ °C を式 (1) に入れると、水の比熱は 1 ですから

$$0.03 \times 100 \times (50 - 20) = 1 \times 30 \times (20 - t_2) \rightarrow t_2 = 17^\circ\text{C}$$

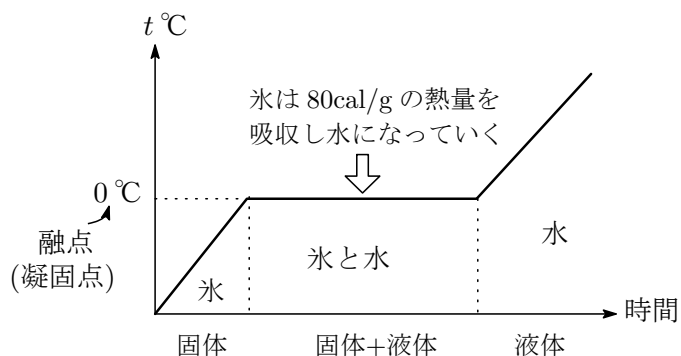
と得られます。

固体が融解して液体になるとき外部から熱を吸収し、逆に液体が凝固するとき外部へ熱を放出します。固体 1g をが融解して同じ温度の液体になるのに要する熱量を融解熱、一方、液体が凝固して同じ温度の固体になる際に放出する熱量を凝固熱といいます。

物質	融解熱 (cal/g)
水 (氷)	80
鉄	5.9
銅	41.1
鉛	5.3

³ 外部への熱の逃げはないものとします。

水→氷の凝固熱は80cal/g（氷→水の融解熱も同じ）で、水の比熱の80倍ですね。1gの水の温度が1℃下がったときに放出する熱量は1calですが、同じ量の水が氷になるときにはその80倍もの熱を放出するわけで、驚くべき量の熱が水の中に潜んでいるということになりますね。逆にいうと、氷から水に変わるときには外部から同じ量の熱を吸収します。水の“熱を容れる量”は大きいですね。



さて、本題に戻ります。零度の氷は外部からねつを吸収して水に融解していきますが、全部水になるまで温度は0℃のままですね。一方、零下2℃の塩水は氷ではなく“水”ですから、氷に比べて外部から熱を吸収した場合、短時間で温度は上昇しやすいですね。つまり、氷の場合は全部水になりきるまでの時間は、0℃で頭を冷やしてくれるので、氷を水枕に使うのが正解ということになります。

(P.S) 凝固点降下と沸点上昇

水は0℃で氷になるのに、-2℃の塩水というのは本当にあるのか?と疑問に思われた方もおられるのではないかと思います。結論から先にいうと“あるのです”。液体になにかモノを溶かしたとき、その液体の凝固点は下がります。これを「凝固点降下」と呼んでいます。水に塩を溶かすと（塩は溶けにくいですが僅かに溶けます）0℃の凝固点が0℃以下に下がります。冬場、凍結した路面に塩化カルシュームを撒いて路面の氷結を溶かしたりしますね。あれは凝固点降下現象を利用しているのです。

一方、液体に不揮発性の物質を溶かすとその液体の沸点は上昇します⁴。これを「沸点上昇」と呼んでいます。食塩水の沸点は100℃より高くなりますので、熱湯に要注意!!。

2008.11.23

by KENZOU

(了)

⁴ 揮発性のものでは温度上昇の途中で揮発してしまうのでまずい。