



第6回 科学の甲子園ジュニア 全国大会

実技競技①

「溶解熱はふたつある～発熱と吸熱～」

⌘ 解答例と解説 ⌘

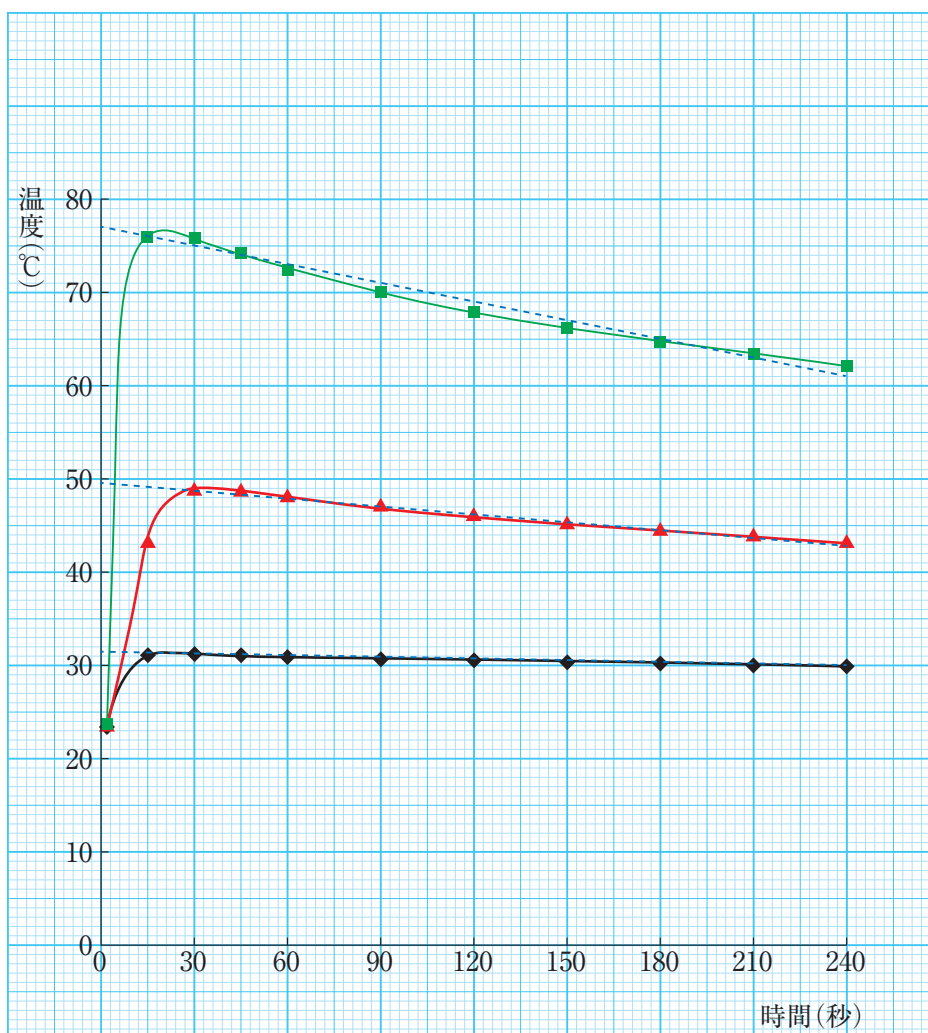
【解答例】 試行実験の結果

(1) 塩化カルシウム (CaCl₂) の実験の結果

① 測定温度 (°C) を記入せよ。

時間 CaCl ₂	0 秒 (00' 00")	15 秒 (00' 15")	30 秒 (00' 30")	45 秒 (00' 45")	60 秒 (01' 00")	90 秒 (01' 30")	120 秒 (02' 00")	150 秒 (02' 30")	180 秒 (03' 00")	210 秒 (03' 30")	240 秒 (04' 00")
0.5 g	23.4	31.1	31.2	31.1	30.9	30.7	30.5	30.3	30.2	30.0	29.9
1.5 g	23.4	43.1	48.7	48.6	48.0	47.0	46.0	45.1	44.4	43.8	43.1
3.0 g	23.7	76.0	75.8	74.5	72.4	70.0	67.9	66.2	64.7	63.4	62.1

② ①の表に基づいてグラフを作成し、 Δt を求める補助線を青色でそれぞれに記入せよ。

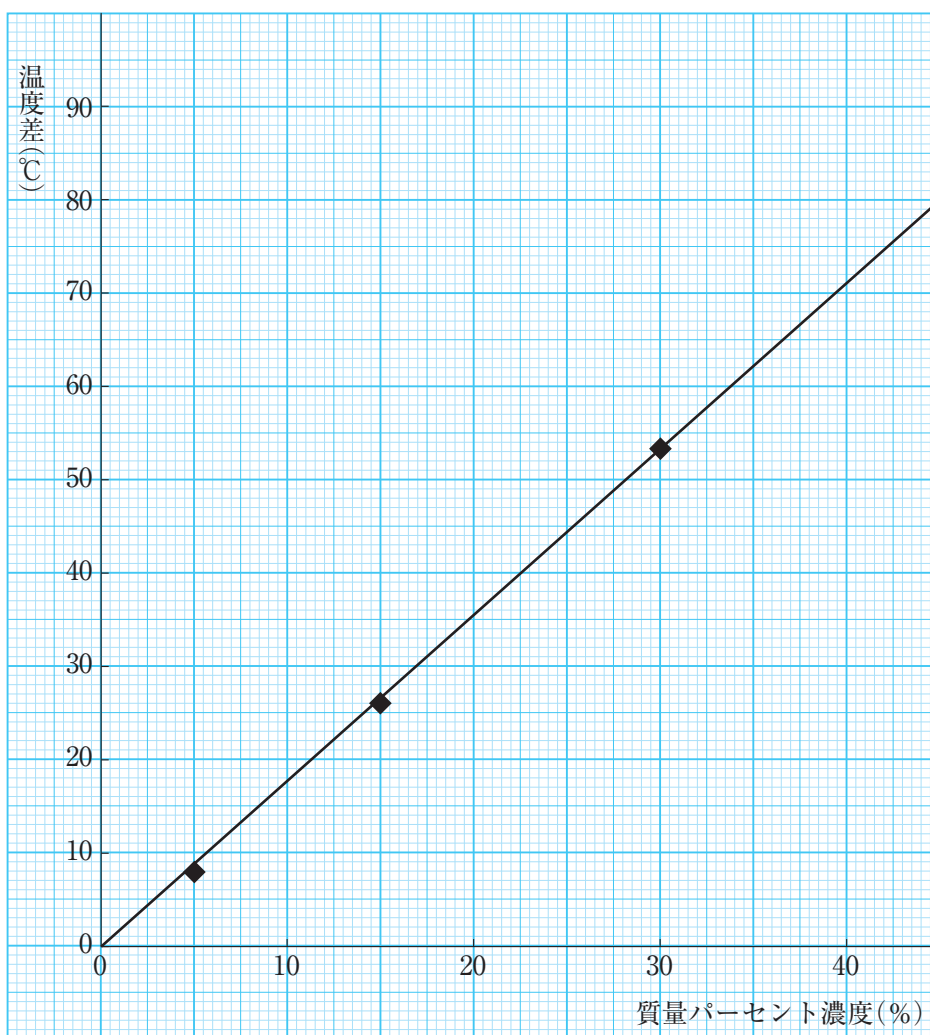


発熱反応の実験値のグラフ

- ③ 塩化カルシウムの質量パーセント濃度に対する温度差 Δt を記入せよ。

CaCl ₂ の質量パーセント濃度(%)	温度差 Δt (°C)
5	8.0
15	26.1
30	53.4

- ④ ③の表に基づいてグラフを作成せよ。



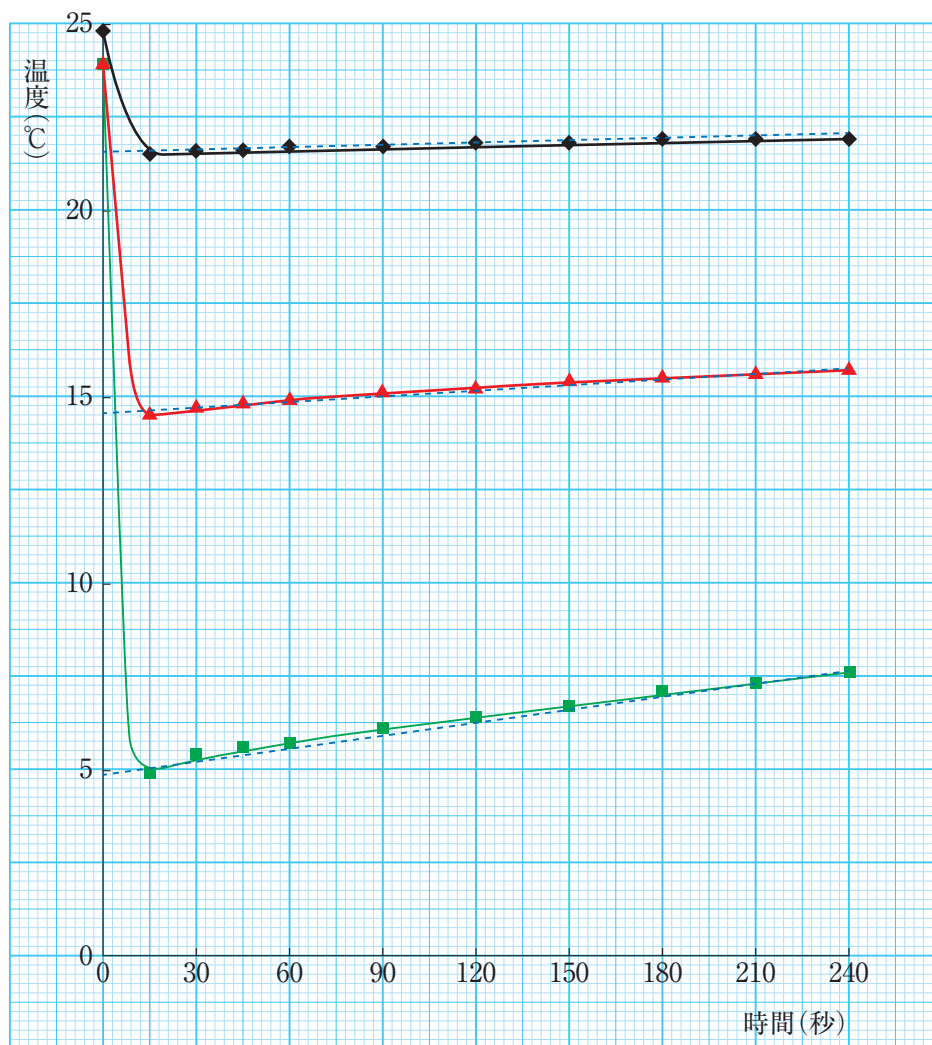
質量パーセント濃度に対する温度差のグラフ

(2) 硝酸アンモニウム (NH_4NO_3) の実験の結果

① 測定温度 ($^{\circ}\text{C}$) を記入せよ。

時間 NH_4NO_3	0 秒 (00' 00")	15 秒 (00' 15")	30 秒 (00' 30")	45 秒 (00' 45")	60 秒 (01' 00")	90 秒 (01' 30")	120 秒 (02' 00")	150 秒 (02' 30")	180 秒 (03' 00")	210 秒 (03' 30")	240 秒 (04' 00")
0.5 g	24.8	21.5	21.6	21.6	21.7	21.7	21.8	21.8	21.9	21.9	21.9
1.5 g	23.9	14.5	14.7	14.8	14.9	15.1	15.2	15.4	15.5	15.6	15.7
3.0 g	23.9	4.9	5.4	5.6	5.7	6.1	6.4	6.7	7.1	7.3	7.6

② ①の表に基づいてグラフを作成し、 Δt を求める補助線を青色でそれぞれに記入せよ。

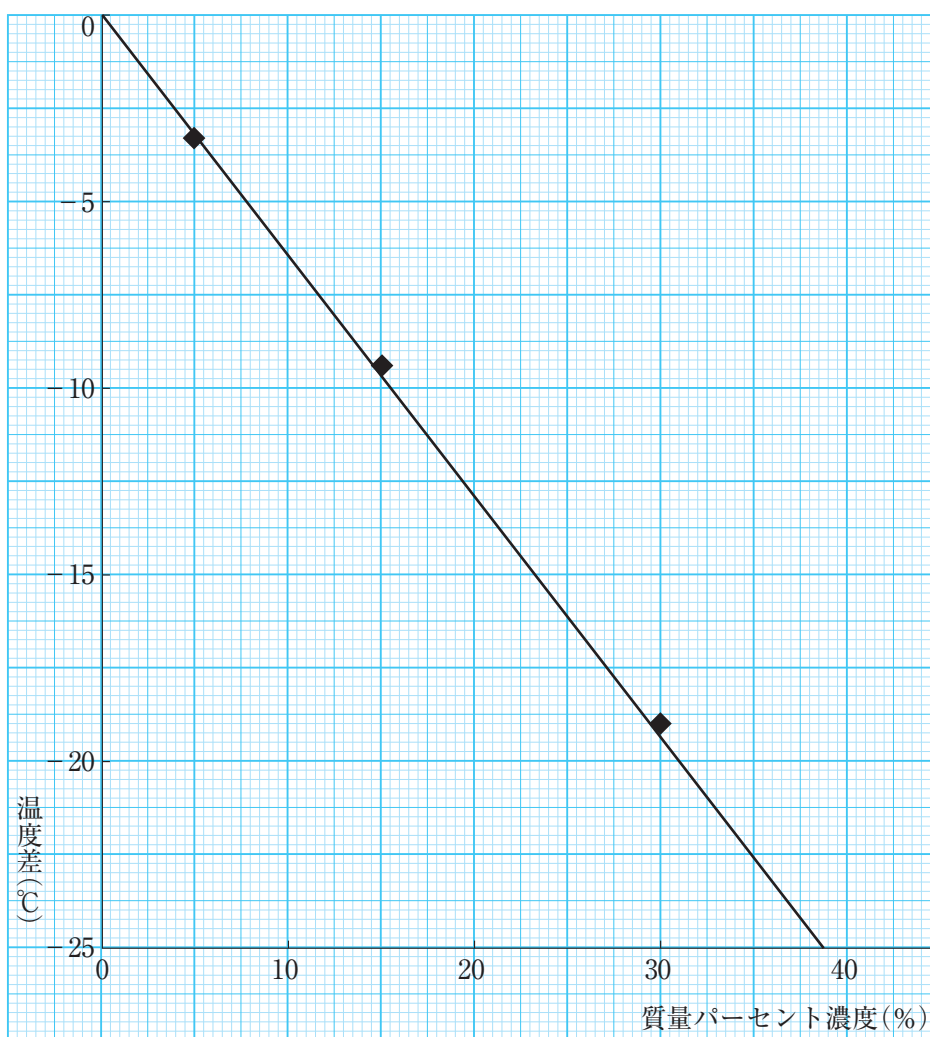


吸熱反応の実験値のグラフ

③ 硝酸アンモニウムの質量パーセント濃度に対する温度差 Δt を記入せよ。

NH ₄ NO ₃ の質量パーセント濃度(%)	温度差 Δt (°C)
5	-3.3
15	-9.4
30	-19.0

④ ③の表に基づいてグラフを作成せよ。



質量パーセント濃度に対する温度差のグラフ

【試行実験の結果に基づいた計算例（問1，問3，問4）】

問1	<p>塩化カルシウムの溶解熱（計算式と答え）</p> <p>グラフ④の直線の質量パーセント濃度10%の時の温度差17.7℃より，溶解熱（J/g）を求めると次式より，</p> $Q(\text{J/g}) = 17.7 \times 10 \times 4.2 \text{ J}/(\text{℃} \cdot \text{g})$ $= 743.4$ <p>となる。よって，</p> <p style="text-align: right;"><u>答え 743 J/g</u></p>
	<p>硝酸アンモニウムの溶解熱（計算式と答え）</p> <p>グラフ④の直線の質量パーセント濃度10%の時の温度差-6.4℃より，溶解熱（J/g）を求めると次式より，</p> $Q(\text{J/g}) = -6.4 \times 10 \times 4.2 \text{ J}/(\text{℃} \cdot \text{g})$ $= -268.8$ <p>となる。よって，</p> <p style="text-align: right;"><u>答え -269 J/g</u></p>
問2	<p>外部に逃げた（容器などに奪われた）熱の分を考慮し，正味の発生した熱量とするためにこのような補正が必要となる。</p>
問3	<p>計算式と答え</p> <p>グラフ④より60℃温度が上昇する時の質量パーセントは34%なので，溶質の質量xを求めると次式より，</p> $34 = \{x/(x+20)\} \times 100$ $x = 10.30$ <p>となる。よって，</p> <p style="text-align: right;"><u>答え 10.3 g</u></p>
問4	<p>計算式と答え</p> <p>グラフ④より15℃温度が下降する時の質量パーセントは23%なので，溶質の質量xを求めると次式より，</p> $23 = \{x/(x+15)\} \times 100$ $x = 4.48$ <p>となる。よって，</p> <p style="text-align: right;"><u>答え 4.5 g</u></p>

【解説】

(1) 塩化カルシウム (CaCl_2) の実験の結果

塩化カルシウムの水への溶解は、発熱反応なので水溶液の温度は上がる。3つの実験値をプロットしたグラフは図1のようになる(グラフ②)。このグラフでは、各点を結ぶ線は折れ線ではなく、なめらかな変化を表すように曲線や直線を引くようにする。また、縦軸は必ずしも0から始めて目盛を割り振る必要はない。限られたスペースでは、出来るだけ余白となる部分を減らし、グラフのスペースが最大限になるように目盛を振ると、より精密なデータを得ることができる。引き続き、補助線を引いてそれぞれの濃度における補正值から温度差を求め、質量パーセント濃度が5%のときの温度差 Δt_1 を、15%のときの温度差を Δt_2 、30%のときの温度差を Δt_3 とすると質量パーセント濃度に対する温度差のグラフは図2のようになる(グラフ④)。

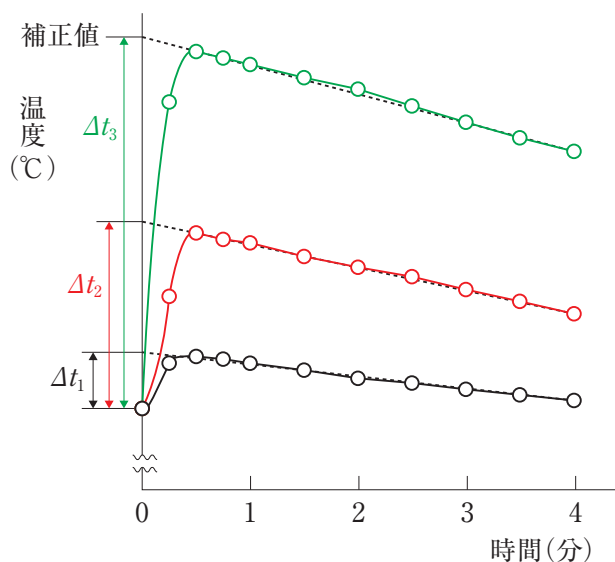


図1 発熱反応の実験値のグラフ

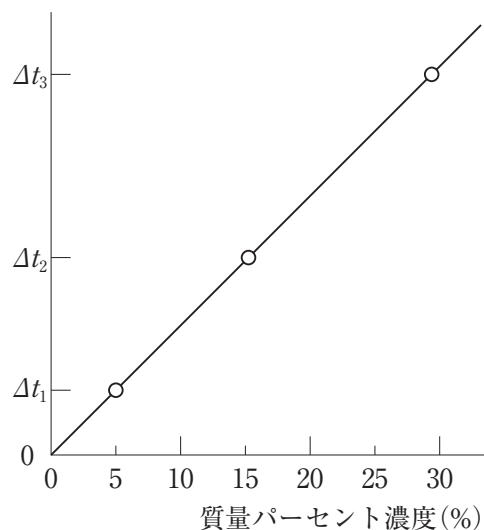


図2 質量パーセント濃度に対する温度差のグラフ

図2のグラフは、溶液の濃度と発熱の温度差が比例関係にあることを示している。また、濃度0における発熱は0だから、原点を通り全ての点のなるべく近くを通るように直線を引く。

(2) 硝酸アンモニウム (NH_4NO_3) の実験の結果

硝酸アンモニウムの水への溶解は吸熱反応なので、水溶液の温度は下がる。したがって、これらの実験のデータをプロットしたグラフは図3のようになる(グラフ②)。

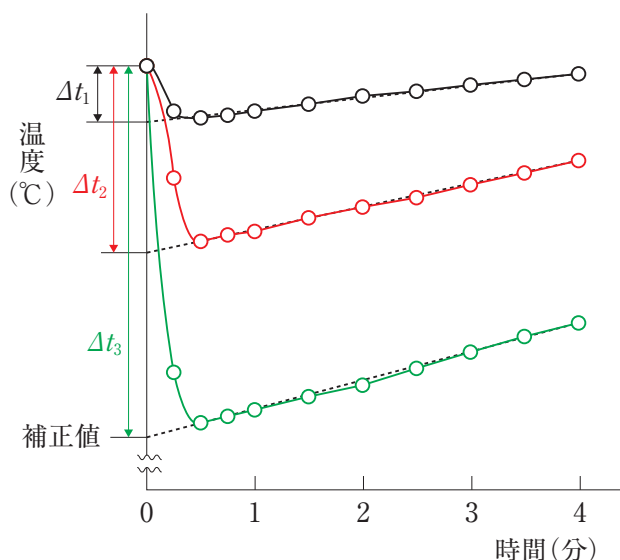


図3 吸熱反応の実験値のグラフ

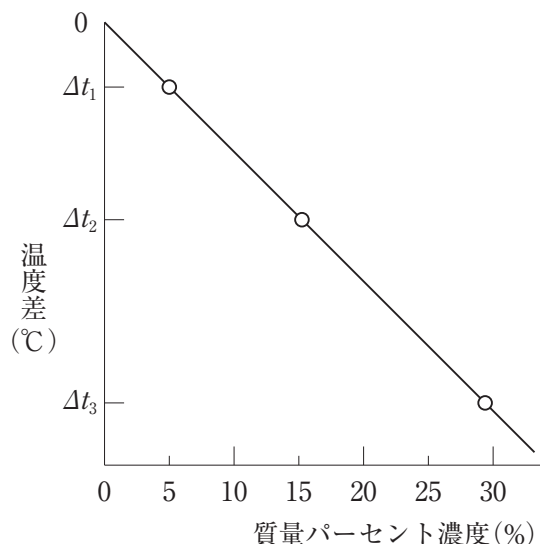


図4 質量パーセント濃度に対する
温度差のグラフ

補助線を引いてそれぞれの濃度における補正值から温度差を求め、質量パーセント濃度が5%のときの温度差を Δt_1 、15%のときの温度差を Δt_2 、30%のときの温度差を Δt_3 とすると、質量パーセント濃度に対する温度差のグラフは図4のようになる(グラフ④)。濃度が高くなるほど水溶液の温度が低くなるので、負の傾きをもつ直線となる。

図2、図4のような直線のグラフでは、実験値の各点が直線に近いほど誤差の少ないデータが得られていることになる。また、今回用いた各薬品の標準的な溶解熱が知られているので、その値から傾きの理論値を得ることができる。この理論値に近いほど正確な実験値が得られたことになる。今回、事前におこなった実験では、塩化カルシウムではほぼ理論値通りの傾きが得られており、硝酸アンモニウムでは15%程度低い値であった。その主な原因は薬品の純度によるものと考えられる。

問1 一般的に水溶液の熱量は下式より求めることができる。

$$\text{熱量 } Q(\text{J}) = \Delta t(^{\circ}\text{C}) \times \text{水溶液の質量}(\text{g}) \times 4.2 \text{ J}/(^{\circ}\text{C} \cdot \text{g})$$

今回の実験では水溶液の質量を10.0 gに統一したとみなせる。

溶解した物質1.0 gあたりの熱量 $(\text{J/g}) = Q(\text{J}) / \text{溶解した物質の質量}(\text{g})$ だから、グラフ④の質量パーセント濃度10%での交点より求めた Δt_{10} ($^{\circ}\text{C}$)を用いて、

$$\text{薬品 } 1.0 \text{ g あたりの熱量 } Q(\text{J/g}) = \Delta t_{10} (^{\circ}\text{C/g}) \times 10(\text{g}) \times 4.2 \text{ J}/(^{\circ}\text{C} \cdot \text{g})$$

または、グラフの傾きを用いて、

薬品1.0 gあたりの熱量 $Q(\text{J/g}) = \text{グラフの傾き} (^{\circ}\text{C}/(\text{g} \cdot \%)) \times 10(\%) \times 10(\text{g}) \times 4.2 \text{ J}/(^{\circ}\text{C} \cdot \text{g})$ から求めることができる。

標準的な溶解熱

- ・塩化カルシウムの溶解熱：733 J/g
- ・硝酸アンモニウムの溶解熱：- 321 J/g

問2 外部に逃げた（容器などに奪われた）熱の分を考慮し、正味の発生した熱量とするためにこのような補正が必要となる。

【解説】 発熱反応の場合、反応が進むにつれて温度が上昇し、反応が終わると水温が一定の割合で低下する。この間、常に一定の割合で外部に熱が逃げている。したがって、反応開始直後に全ての反応熱が放出され、全ての熱が溶液に吸収されたとすると、温度はグラフの中の最も高い温度よりも上昇したと考えられる。この温度は、図1のように右下がりの直線を反応開始時点まで延長することによって求めることができる。吸熱反応の場合にも同様に説明することができる。

問3 実験(1)のグラフ④から 60℃温度が上がる時の直線の交点から質量パーセント濃度を求める。

$$(\text{求めた質量パーセント濃度}) = \frac{x}{x+20} \times 100 \quad \text{より、溶質の質量 } x \text{ を求める。}$$

問4 実験(2)のグラフ④から 15℃温度が下がる時の直線の交点から質量パーセント濃度を求める。

$$(\text{求めた質量パーセント濃度}) = \frac{x}{x+15} \times 100 \quad \text{より、溶質の質量 } x \text{ を求める。}$$

