

令和6年度 福岡県スキルアップ講座

「化学」

凝固点降下を利用した未知物質の決定

令和6年12月8日（日）

会場：福岡県立城南高等学校

次の文章を読み、以下の課題1～4に答えよ。

純粋な水は1気圧 ($1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) のもとでは 0°C で凝固する。しかし、溶媒の水に食塩やグルコースなどの溶質を溶かした水溶液は、 0°C より低い温度にしなければ凝固しない。

一般に、不揮発性の溶質を溶媒に溶かした希薄溶液の凝固点は、純粋な溶媒の凝固点より低くなる。この現象を凝固点降下という。また、純粋な溶媒の凝固点と希薄溶液の凝固点の差を凝固点降下度と呼び、絶対温度の単位 [K] (ケルビン) で表す。

凝固点降下度は、溶液の濃度を、溶媒 1 kg に溶けている溶質の物質質量 [mol] で表した質量モル濃度 [mol/kg] に比例し、比例定数をモル凝固点降下 [$\text{K} \cdot \text{kg/mol}$] という。

したがって、凝固点降下度 Δt は、モル凝固点降下 K_f 、質量モル濃度 m を用いて、①式のように表すことができる。

$$\Delta t = K_f \cdot m \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$

さらに、質量モル濃度 m は、溶媒の質量 W [kg]、溶質の質量 w [g]、溶質のモル質量 M [g/mol] を用いると、②式のように表すことができる。ただし、溶質が電解質の場合、質量モル濃度は溶液中に存在するすべての化学種の和となる。

$$m = \frac{w}{M} \times \frac{1}{W} \quad \cdots \cdots \textcircled{2}$$

今回のスキルアップ講座では、「実験の手引き」 ページの「3.実験方法と実験の流れ」により、水を溶媒とし2種類の未知の物質 X, Y を溶質とした溶液の凝固点を測定する実験を行い、X, Y を同定する。

なお、水を溶媒としたときのモル凝固点降下を $K_f = 1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ とする。

課題1

- (1) 溶媒の水を寒剤（氷＋食塩）で冷却し、冷却時間に対する水の温度の変化を測定せよ。また、測定データから、冷却時間（横軸）と温度（縦軸）の関係を表す冷却曲線を作成し、水の凝固点〔°C〕を小数第1位まで決定せよ。
- (2) 水に異なる量の未知物質Xを溶かし、それらの溶液を寒剤で冷却して、冷却時間に対する溶液の温度変化を測定せよ。また、測定データから冷却曲線を作成し、それぞれの濃度の溶液について、凝固点〔°C〕を小数第1位まで求めよ。

課題2

- (1) 課題1 (1)と同様の測定を行って水の冷却曲線を作成し、凝固点〔°C〕を小数第1位まで決定せよ。
- (2) 未知物質Yについて、課題1 (2)と同様の測定を行って冷却曲線を作成し、それぞれの濃度の溶液について、凝固点〔°C〕を小数第1位まで求めよ。

課題3

- (1) 未知物質X, Yそれぞれについて、溶かした質量（横軸）と凝固点降下度（縦軸）の関係を表すグラフを作成せよ。
- (2) 上記(1)のグラフから, X, Yを同定せよ。ただし, 未知物質X, Yは示したグルコース(分子式 $C_6H_{12}O_6$), 塩化ナトリウム (NaCl), 尿素 (分子式 $(NH_2)_2CO$) のいずれかであり, 原子量は H 1.0, C 12, N 14, O 16, Na 23, Cl 35.5 とする。

課題4 この実験の結果や観察したことについて考察せよ。

令和6年度 福岡県スキルアップ講座

「化学」

凝固点降下を利用した未知物質の決定

<<実験の手引き>>

1. 実験で使用する試薬類と器具類

■試薬類

NO	名称	数量	使用方法など
1	水 (蒸留水)	1 本	50 g ビーカーに入っている
2	未知物質 X	1 本	約 2 g がサンプル管に入っている
3	未知物質 Y	1 本	約 2 g がサンプル管に入っている
4	氷	1 袋	袋の中に寒剤用の氷が入っている
5	塩化ナトリウム	1 本	寒剤用としてビーカーの中に入っている

■器具類

NO	名称	数量	使用方法など
1	試験管	4 本	
2	試験管立て	1 台	
3	デジタル温度計	1 本	試験管内の溶液の温度を測定する
4	薬品さじ	3 本	
5	ストップウォッチ	1 個	
6	電卓	1 台	
7	鉄製スタンド	1 台	自在ばさみつき
8	電子天秤	1 台	A C アダプター付
9	洗浄ビン	1 本	蒸留水が入っている
10	下書き用グラフ用紙	3 枚	グラフの下書きに使用できる
11	キムワイプ	5 枚	ティッシュの様に使うことができる
12	ビーカー (200 mL)	1 個	
13	スプーン (大)	1 個	寒剤の氷を割るために使用する
14	薬包紙	3 枚	
15	メスシリンダー (10mL)	1 個	

2 器具類の準備と使い方

(1) デジタル温度計

■測定範囲 $^{\circ}\text{C}\sim^{\circ}\text{C}$ ，分解能 0.1°C ，測定精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$

■温度の測り方

①カバーを外す

②電源ボタンを押して電源を入れ，測定対象物に感知部（先端約 20mm の部分）を接近もしくは接触させる。測定対象物が液体の場合は感知部が浸るようにする。

■温度計先端の付着物の洗い落とし方

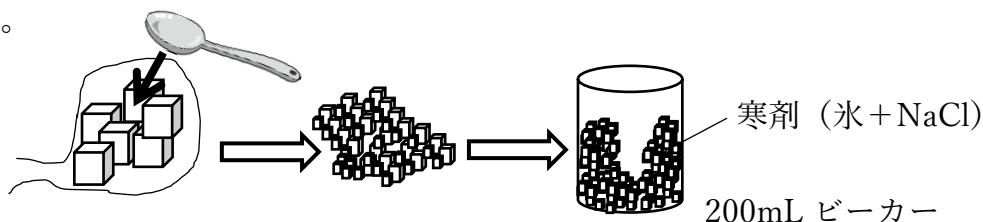
①洗瓶に入っている蒸留水でよく洗い流し，キムワイプで軽く拭き取る。

3 実験方法と実験の流れ

■実験方法

【準備】

- (1) 氷 100 g を袋に入れ、スプーン（大）の背で細かく砕き、塩化ナトリウム薬さじ大さじ 5 杯を加え混ぜる。寒剤準備の後、200mL ビーカーに入れる。* 試験を差し込むので中央をくぼませる。



- (2) 課題で指定された溶媒または溶液を調製する。

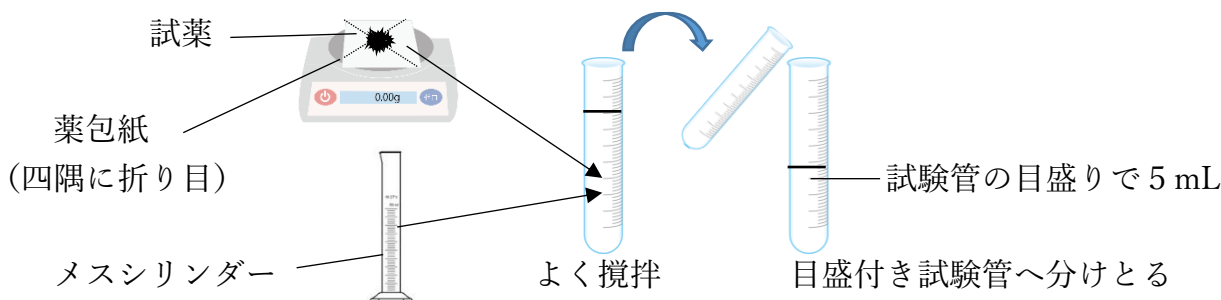
● 課題 1 および 2

- (1) 純溶媒（純水）メスシリンダーで純水 5 mL をはかり取る。

● 課題 1 および 2

- (2) について

- ㊦ 指定された未知物質 X, Y を電子天秤ではかり取り、試験管に入れる。
㊧ メスシリンダーで純水 10 mL をはかり取り、試薬の入った試験管に加えよく振る。
㊨ 目盛付き試験管に㊧で作成した溶液を 5 mL 分け取る（試験管の目盛りでよい）。

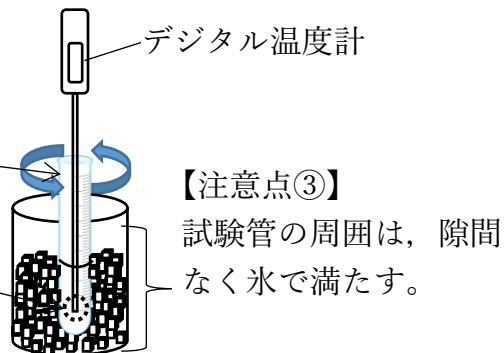


【課題】

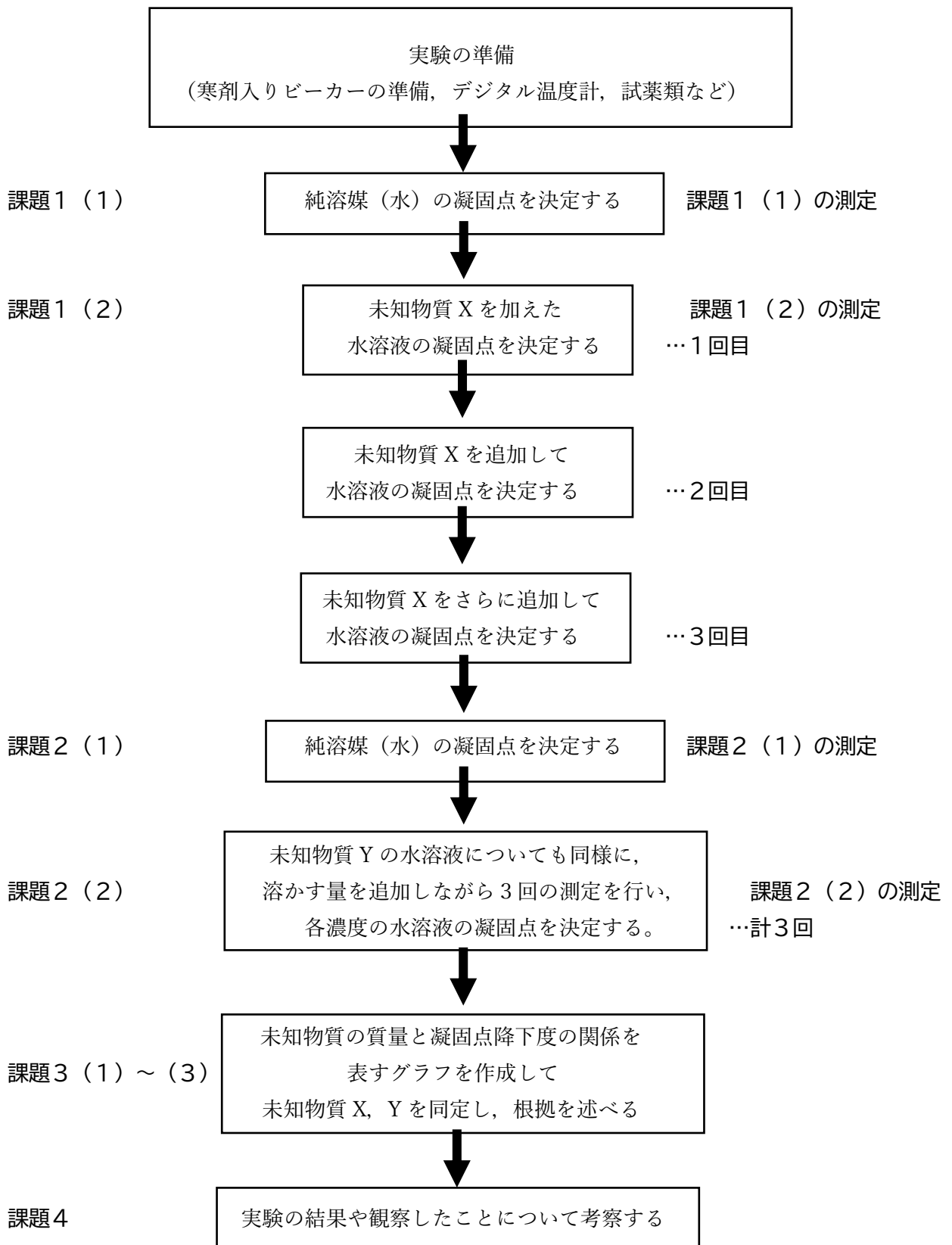
デジタル温度計を目盛付き試験管に入れ、準備（1）で作成した寒剤入りビーカーに差し込み測定を開始する。

- 【注意点①】 温度が 2°C になるまでは、試験管を回転させながら計測する。
* 2°C 以下は、静置。

- 【注意点②】 最初から終わりまで温度計の先端が試験管の底に付かないようにする。



■実験の流れ



課題1 (1)

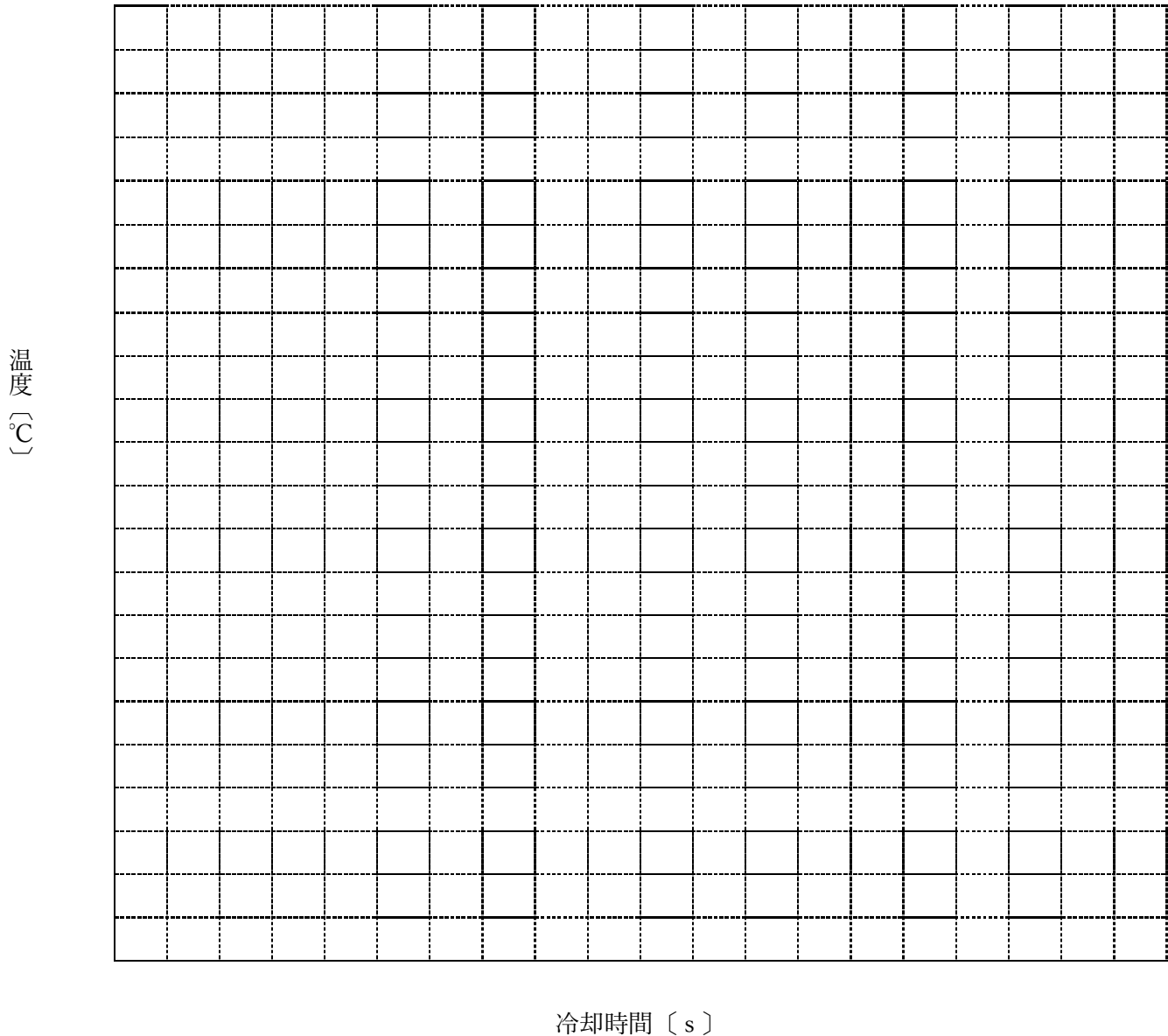
1. 実験で使用した水の質量 (密度 $d = 1.00 \text{ g/cm}^3$)

	g
--	---

2. 水の冷却時間と温度〔°C〕の測定データ

冷却時間	0秒	10秒	20秒	30秒	40秒	50秒
0分						
1分						
2分						
3分						
4分						
5分						

3. 冷却曲線 課題1 (1) (2) で使用



4. 水の凝固点

	°C
--	----

課題 1 (2)

1. 課題 1 (1) の水に加えた未知物質 X の質量 (積算値)

1 回目	2 回目	3 回目
g	g	g

2. 未知物質 X の水溶液の冷却時間と温度 [°C] の測定データ

1 回目の測定結果

冷却時間	0 秒	1 0 秒	2 0 秒	3 0 秒	4 0 秒	5 0 秒
0 分						
1 分						
2 分						
3 分						
4 分						
5 分						

2 回目の測定結果

冷却時間	0 秒	1 0 秒	2 0 秒	3 0 秒	4 0 秒	5 0 秒
0 分						
1 分						
2 分						
3 分						
4 分						
5 分						

3 回目の測定結果

冷却時間	0 秒	1 0 秒	2 0 秒	3 0 秒	4 0 秒	5 0 秒
0 分						
1 分						
2 分						
3 分						
4 分						
5 分						

3. 冷却曲線 課題 1 (1) と同じグラフに記入

4. 未知物質 X の水溶液の凝固点

1 回目	2 回目	3 回目
°C	°C	°C

課題2 (1)

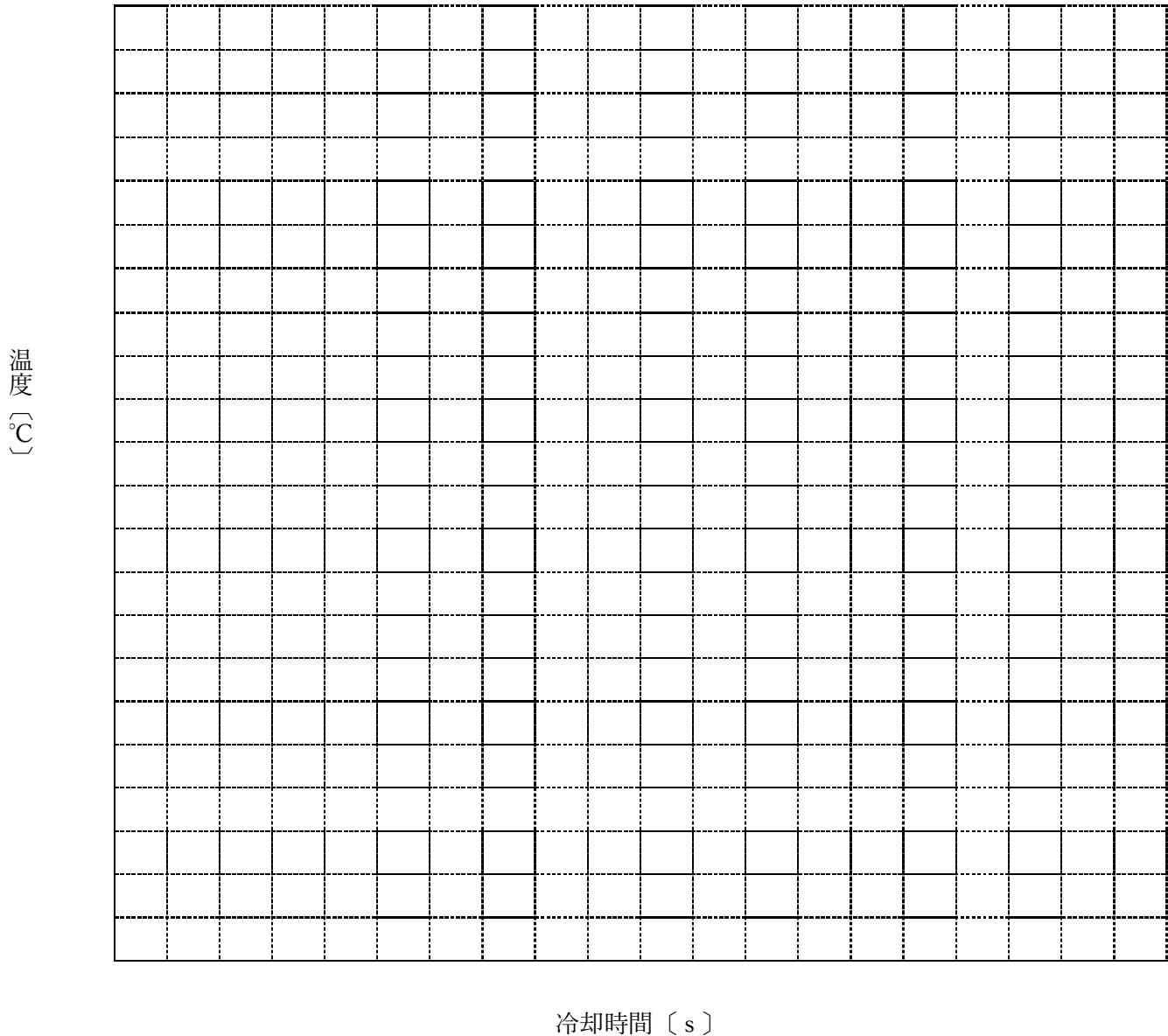
1. 実験で使用した水の質量 (密度 $d = 1.00 \text{ g/cm}^3$)

	g
--	---

2. 水の冷却時間と温度〔°C〕の測定データ

冷却時間	0秒	10秒	20秒	30秒	40秒	50秒
0分						
1分						
2分						
3分						
4分						
5分						

3. 冷却曲線 課題2 (1) (2) で使用



4. 水の凝固点

	°C
--	----

課題2 (2)

1. 課題1 (1) の水に加えた未知物質 Y の質量 (積算値)

1 回目	2 回目	3 回目
g	g	g

2. 未知物質 Y の水溶液の冷却時間と温度 [°C] の測定データ

1 回目の測定結果

冷却時間	0 秒	1 0 秒	2 0 秒	3 0 秒	4 0 秒	5 0 秒
0 分						
1 分						
2 分						
3 分						
4 分						
5 分						

2 回目の測定結果

冷却時間	0 秒	1 0 秒	2 0 秒	3 0 秒	4 0 秒	5 0 秒
0 分						
1 分						
2 分						
3 分						
4 分						
5 分						

3 回目の測定結果

冷却時間	0 秒	1 0 秒	2 0 秒	3 0 秒	4 0 秒	5 0 秒
0 分						
1 分						
2 分						
3 分						
4 分						
5 分						

3. 冷却曲線 課題1 (1) と同じグラフに記入

4. 未知物質 Y の水溶液の凝固点

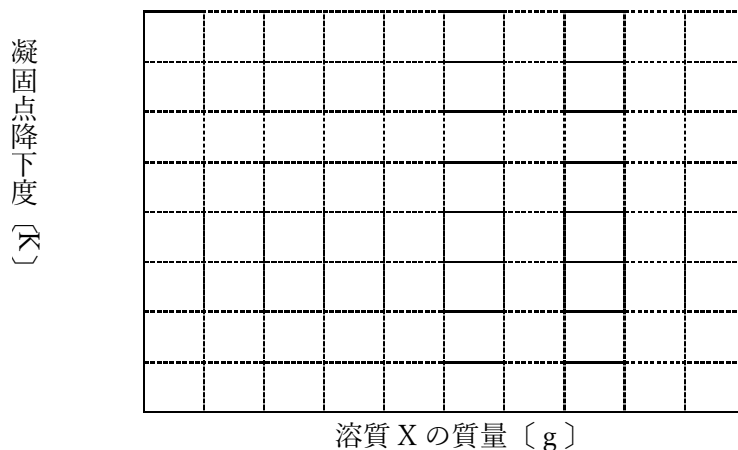
1 回目	2 回目	3 回目
°C	°C	°C

課題3

(1) 溶質の質量 w [g] と凝固点降下度 Δt [K] の関係を表すグラフ

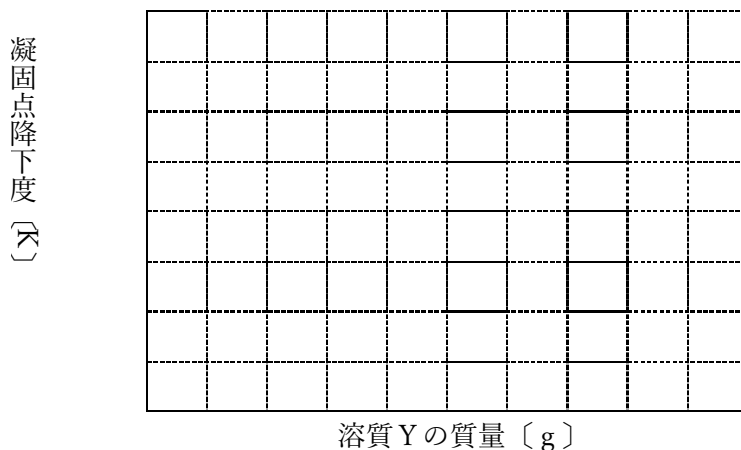
溶質 X	w			
	Δt			
溶質 Y	w			
	Δt			

グラフ用紙3



未知物質 X の質量と凝固点降下度の関係

グラフ用紙4



未知物質 Y の質量と凝固点降下度の関係

(2) 未知物質 X, Y を同定した結果

未知物質の候補	グルコース	塩化ナトリウム	尿素
分子量・式量 (理論値)	180	58.5	60

分子量・式量の計算結果

・ $w - \Delta t$ グラフ (グラフ用紙3, 4) の直線の傾きから求めた分子量・式量

X	Y

同定の結果

未知物質	X	Y
物質名		

