

屏東縣第64屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：物理科

組 別：國中組

作品名稱：超派冰塊：探索派克瑞特與不同添加物對冰塊融
化速率的影響

關 鍵 詞： 派克瑞特、纖維、冰塊（最多三個）

編號：B2006

作品名稱: 超派冰塊：探索不同添加物對冰塊融化速率的影響

摘要

本研究探討冰塊添加不同物質後對冰塊融化率的影響。發想自派克瑞特（英語：Pykrete）是一種添加鋸末或紙漿，結冰做成的複合材料，這些物質會像樹根抓住土壤一樣抓住冰塊，使冰塊結構穩定，融化的速度極慢，有極高的強度，甚至會接近混凝土的強度。我們分別把不同物質、分別放入固定模具製成的冰塊，測量其融化率。操作變因有相同添加物不同質量，及相同質量不同材料的比較。實驗結果發現，添加材料質量越多，都能減少冰塊的融化率，以及棉花是所有添加物中最不容易使冰融化的，而添加木屑也有相似的抗融效果。

壹、前言

一、研究動機

某次在書中看到二戰期間英國的皇家軍艦竟是由冰塊構成的，在冰塊裡放入紙漿，冰塊就會變成一種叫派克瑞特的物質，這種冰塊非常堅硬且不易融化，後來在網路上查找資料時看到棉花似乎也有這種功效，於是我們決定研究物質加入冰塊的融化速度。

二、研究目的






- (一) 研究冰塊不加添加物的融化速度。
- (二) 研究在冰塊加入不同質量添加物是否會影響融化速度。
- (三) 研究在冰塊加入相同質量不同添加物是否會影響融化速度。

三、原理

派克瑞特是一種使用大約14%（重量比）的木屑或其他紙漿86%（重量比）的冰做成的複合材料。二戰期間傑弗里·派克建議使用這種材料為英國皇家海軍製造一所巨大的、無法擊沉的航空母艦——也就是哈巴谷工程。它有很多有趣的特度極慢性，比如說它融化的速（導熱率極低），和一般的冰塊比，有極高的強度，甚至會接近混凝土的強度。而添加木屑、紙漿與棉花都具有纖維，致使纖維會像樹根抓住土壤一樣抓住冰塊，使冰塊結構穩定，不容易融化。

貳、研究設備及器材

一、實驗材料

脫脂棉	碎紙	木屑	鋁箔紙	鋼絲絨
				

二、實驗器材

圖一 鐵杯	圖二 鐵杯蓋	圖三 冰塊模具	圖四 淺盤	圖五 加熱板	圖六 電子秤
					

(二)實驗冰塊樣本準備

- (1) 我們選用的添加物均為不溶於水，為了讓添加物均勻散布，將添加物碎片化，並放置在固定大小的冰塊模具，以控制冰塊的體積大小。
- (2) 而冰塊體積雖然相同，但實際上水的含量隨著添加物的增加而變小，無法統一，因此我們是以冰塊融化速率(簡稱融冰率)變化來作為測量數據。
- (3) 測量未融化冰塊的原始重(A)=(冰+杯)重量－杯子重，以及融化成水的重量(B)。

$$\text{融冰率} = \frac{B}{A} \times 100\%$$

- (4) 又因為每次實驗的室溫都不同，所以利用加熱板作為控制溫度的方法，並且一次放置三組，並且測量過程力求迅速，以期減少室內溫度不一的影響。

參、研究過程或方法

一、實驗步驟

實驗 1-1：純水冰塊的融化速度

步驟1：將水倒入冰塊模具內結冰約24小時，一共準備三塊。

步驟2：取出放置個別鋼杯，測量重量(含鋼杯)。

步驟3：同時放置在加熱板上，保持定溫(40攝氏度)。

步驟4：每隔5分鐘倒出融化的水，測量重量(含鋼杯)，共5次25分鐘。

實驗 2-1：不同質量的棉花添加冰塊的融化速度

步驟1：分別取0.5g、1.0g、1.5g、2.0g的脫指棉置入冰塊模具，加水結冰約24小時。

每個質量一共準備三塊。

步驟2：將相同質量的冰塊三塊，取出放置個別鋼杯，測量重量(含鋼杯)。

步驟3：同時放置在加熱板上，保持定溫(40攝氏度)。

步驟4：每隔5分鐘倒出融化的水，測量個別的重量(含鋼杯)，共5次25分鐘。

步驟5：依次完成0.5g、1.0g、1.5g、2.0g的脫指棉完成測量。

步驟6：分別添加不同質量的碎紙(實驗 2-2)、木屑(實驗 2-3)、鋁箔(實驗 2-4)、

鋼絲絨(2-5)，重複步驟1到步驟5，依次完成測量。

實驗 3-1：相同質量的不同添加物對冰塊的融化速度

步驟1：分別取1.0g的水、棉花、碎紙、木屑、鋁箔、鋼絲絨置入冰塊模具，

加水結冰約24小時。每種添加物一共準備三塊。

步驟2：將不同種類添加物的冰塊一塊，取出放置個別鋼杯，測量重量(含鋼杯)。

步驟3：同時放置在實驗室內的實驗桌面上。




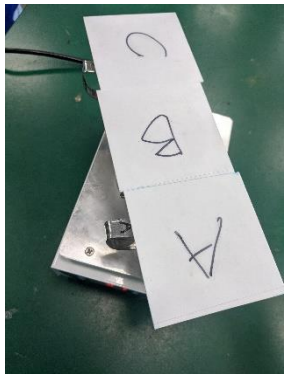

步驟4：每隔5分鐘倒出融化的水，測量個別的重量(含鋼杯)，共5次25分鐘。

步驟5：依次完成三次測量。

備註：因加熱板太小，無法同時加熱所有樣本，所以將冰塊放在室溫下

(約28度攝氏度)測量

二、實驗流程圖示意圖

1.秤添加物質量	2.加水至固定模具	3.製成體積相同冰塊	4.放上加熱板控溫
			
5.每五分鐘測量一次	6.倒掉融掉的水	7.秤重，計算融冰率	
			

肆、研究結果

一、變因

同物質不同量實驗

操縱變因:物質的重量(0.5g、1.0g、1.5g、2.0g)

應變變因:融化量的百分比

不變變因:放入冰塊的物質種類

實驗 1-1：純水冰塊的融化速度

融化時間(分)		重量(g)	純水			
			A	B	C	平均
0 分	冰+杯子		130.6	131.9	132.7	
	杯子重		78.2	78.3	79.7	
	冰塊重		52.4	53.6	53.0	
5 分	冰+杯子		118.7	120.1	124.0	
	融化的水		11.9	11.8	8.7	
	融冰率		22.71%	22.01%	16.42%	20.38%
10 分	冰+杯子		104.0	105.2	110.6	
	融化的水		26.6	26.7	22.1	
	融冰率		50.76%	49.81%	41.70%	47.42%
15 分	冰+杯子		91.3	91.1	97.2	
	融化的水		39.3	40.8	35.5	
	融冰率		75.00%	76.12%	66.98%	72.70%
20 分	冰+杯子		81.6	79.8	84.9	
	融化的水		49	52.1	47.8	
	融冰率		93.51%	97.20%	90.19%	93.63%
25 分	冰+杯子		78.2	78.3	79.7	
	融化的水		52.4	53.6	53	
	融冰率		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

實驗 2-1：不同質量的棉花添加冰塊的融化速度

融化時間(分)		重量(g)	0.5 棉花				1.0g 棉花			
		A	B	C	平均	A	B	C	平均	
0 分	冰+杯子	132.3	132	134.4		130.5	132.3	132.2		
	杯子重	78.5	78.5	80		78.3	78.3	79.8		
	冰塊重	53.8	53.5	54.4		52.2	54	52.4		
5 分	冰+杯子	125.9	121.7	126.5		124.4	123	123.6		
	融化的水	5.9	9.8	7.4		5.1	8.3	7.6		
	融冰率	10.97%	18.32%	13.60%	14.30%	9.77%	15.37%	14.50%	13.21%	
10 分	冰+杯子	117.6	114.3	118.9		117.8	115	119.4		
	融化的水	14.2	17.2	15		11.7	16.3	11.8		
	融冰率	26.39%	32.15%	27.57%	28.71%	22.41%	30.19%	22.52%	25.04%	
15 分	冰+杯子	109.0	109.0	112.3		111.5	108.4	111.3		
	融化的水	22.8	22.5	21.6		18.0	22.9	19.9		
	融冰率	42.38%	42.06%	39.71%	41.38%	34.48%	42.41%	37.98%	38.29%	
20 分	冰+杯子	104.9	105.0	105.8		104.1	104.6	106.6		
	融化的水	26.9	26.5	28.1		25.4	26.7	24.6		
	融冰率	50.00%	49.53%	51.65%	50.40%	48.66%	49.44%	46.95%	48.35%	
25 分	冰+杯子	93.2	97.8	100.9		98.8	100.5	102.1		
	融化的水	38.6	33.7	33.0		30.7	30.8	29.1		
	融冰率	71.75%	62.99%	60.66%	65.13%	58.81%	57.04%	55.53%	57.13%	

融化時間(分)		重量(g)	1.5g 棉花				2.0g 棉花			
		A	B	C	平均	A	B	C	平均	
0 分	冰+杯子	132.6	137.2	129.3		132	131	129.3		
	杯子重	78.2	78.3	79.8		78.2	78.4	79.8		
	冰塊重	54.4	58.9	49.5		53.8	52.6	49.5		
5 分	冰+杯子	126.9	130.5	123.9		127.3	128	123.9		
	融化的水	4.2	5.2	3.9		2.7	1	3.4		
	融冰率	7.72%	8.83%	7.88%	8.14%	5.02%	1.90%	6.87%	4.60%	
10 分	冰+杯子	122.9	124.2	119.7		123.7	120.1	119.7		
	融化的水	8.2	11.5	8.1		6.3	8.9	7.6		
	融冰率	15.07%	19.52%	16.36%	16.99%	11.71%	16.92%	15.35%	14.66%	
15 分	冰+杯子	117.6	118.8	115.8		120.4	116	115.8		
	融化的水	13.5	16.9	12		9.6	13	11.5		
	融冰率	24.82%	28.69%	24.24%	25.92%	17.84%	24.71%	23.23%	21.93%	
20 分	冰+杯子	113.5	114.2	113		117.1	113.1	113		
	融化的水	17.6	21.5	14.8		12.9	15.9	14.3		
	融冰率	32.35%	36.50%	29.90%	32.92%	23.98%	30.23%	28.89%	27.70%	
25 分	冰+杯子	108	109.7	109.6		114.3	108.8	109.6		
	融化的水	23.1	26	18.2		15.7	20.2	17.7		
	融冰率	42.46%	44.14%	36.77%	41.12%	29.18%	38.40%	35.76%	34.45%	

實驗 2-2：不同質量的碎紙添加冰塊的融化速度

融化時間(分)		重量(g)	0.5 碎紙				1.0g 碎紙			
			A	B	C	平均	A	B	C	平均
0 分	冰+杯子		132.8	131.7	134.4		132.7	132.6	133.4	
	杯子重		78.2	78.5	79.9		78.4	78.3	79.9	
	冰塊重		54.6	53.2	54.5		54.3	54.3	53.5	
5 分	冰+杯子		123.3	119.8	125.7		123.2	123.2	126.1	
	融化的水		9.5	11.4	8.2		9.5	8.4	6.3	
	融冰率		17.40%	21.43%	15.05%	17.96%	17.50%	15.47%	11.78%	14.91%
10 分	冰+杯子		114.2	109.5	116.2		111	114.5	118.5	
	融化的水		18.6	21.7	17.7		21.7	17.1	13.9	
	融冰率		34.07%	40.79%	32.48%	35.78%	39.96%	31.49%	25.98%	32.48%
15 分	冰+杯子		107.4	99.2	108		102.6	106.2	111.9	
	融化的水		25.4	32	25.9		30.1	25.4	20.5	
	融冰率		46.52%	60.15%	47.52%	51.40%	55.43%	46.78%	38.32%	46.84%
20 分	冰+杯子		100.4	91	96.3		94.6	102.5	106	
	融化的水		31.9	40.2	37.6		38.1	29.1	26.4	
	融冰率		58.42%	75.56%	68.99%	67.66%	70.17%	53.59%	49.35%	57.70%
25 分	冰+杯子		90.6	81.4	89.1		88.2	93	98.9	
	融化的水		41.7	49.8	44.8		44.5	38.6	33.5	
	融冰率		76.37%	93.61%	82.20%	84.06%	81.95%	71.09%	62.62%	71.89%

融化時間(分)		重量(g)	1.5g 碎紙				2.0g 碎紙			
			A	B	C	平均	A	B	C	平均
0 分	冰+杯子		131.7	131.9	133.4		133	132.1	133.4	
	杯子重		78.3	78.4	79.9		78.5	78.5	80	
	冰塊重		53.4	53.5	53.5		54.5	53.6	53.4	
5 分	冰+杯子		125.2	125.5	126.1		127	120.8	126.1	
	融化的水		5	4.9	5.8		4	9.3	5.3	
	融冰率		9.36%	9.16%	10.84%	9.79%	7.34%	17.35%	9.93%	11.54%
10 分	冰+杯子		115.1	115.8	118.5		118.6	110.8	119.3	
	融化的水		15.1	14.6	13.4		12.4	19.3	12.1	
	融冰率		28.28%	27.29%	25.05%	26.87%	22.75%	36.01%	22.66%	27.14%
15 分	冰+杯子		106.2	106.2	111.9		111.2	105.2	113.5	
	融化的水		24	24.2	20		19.8	24.9	17.9	
	融冰率		44.94%	45.23%	37.38%	42.52%	36.33%	46.46%	33.52%	38.77%
20 分	冰+杯子		100.5	102.5	106.9		106.8	98.6	106.6	
	融化的水		29.7	27.9	25		24.2	31.5	24.8	
	融冰率		55.62%	52.15%	46.73%	51.50%	44.40%	58.77%	46.44%	49.87%
25 分	冰+杯子		94.3	96.2	98.9		100.6	96.1	102	
	融化的水		35.9	34.2	33		30.4	34	29.4	
	融冰率		67.23%	63.93%	61.68%	64.28%	55.78%	63.43%	55.06%	58.09%

實驗 2-3：不同質量的木屑添加冰塊的融化速度

融化時間(分)		重量(g)	0.5 木屑				1.0g 木屑			
		A	B	C	平均	A	B	C	平均	
0 分	冰+杯子	130.9	132.2	132.2		131.4	132.7	130.9		
	杯子重	78.3	78.3	80		78.4	78.4	80		
	冰塊重	52.6	53.9	52.2		53	54.3	50.9		
5 分	冰+杯子	124.2	126.2	125.3		122.3	125.3	128.8		
	融化的水	6.2	5.5	6.4		8.1	6.4	1.1		
	融冰率	11.79%	10.20%	12.26%	11.42%	15.28%	11.79%	2.16%	9.74%	
10 分	冰+杯子	110.2	118.9	118		118.5	120.2	126.9		
	融化的水	20.2	12.8	13.7		11.9	11.5	3		
	融冰率	38.40%	23.75%	26.25%	29.47%	22.45%	21.18%	5.89%	16.51%	
15 分	冰+杯子	102.5	114.7	108.6		115.4	114.6	123.2		
	融化的水	27.9	17	23.1		15	17.1	6.7		
	融冰率	53.04%	31.54%	44.25%	42.94%	28.30%	31.49%	13.16%	24.32%	
20 分	冰+杯子	93.6	111.1	101.3		111.5	107	120.4		
	融化的水	36.8	20.6	30.4		18.9	24.7	9.5		
	融冰率	69.96%	38.22%	58.24%	55.47%	35.66%	45.49%	18.66%	33.27%	
25 分	冰+杯子	90.4	107	97.5		107.9	102.7	118.8		
	融化的水	40	24.7	34.2		22.5	29	11.1		
	融冰率	76.05%	45.83%	65.52%	62.46%	42.45%	53.41%	21.81%	39.22%	

融化時間(分)		重量(g)	1.5g 木屑				2.0g 木屑			
		A	B	C	平均	A	B	C	平均	
0 分	冰+杯子	130	128.4	130.9		127.5	129.3	130.6		
	杯子重	78.5	78.5	80		78.5	78.5	80		
	冰塊重	51.5	49.9	50.9		49	50.8	50.6		
5 分	冰+杯子	126.9	126.2	128.8		124.1	125.7	129.3		
	融化的水	1.6	0.7	0.6		1.4	1.6	1.3		
	融冰率	3.11%	1.40%	1.18%	1.90%	2.86%	3.15%	2.57%	2.86%	
10 分	冰+杯子	124.7	124.7	126.9		122.2	124.3	128.2		
	融化的水	3.8	2.2	2.5		3.3	3	2.4		
	融冰率	7.38%	4.41%	4.91%	5.57%	6.73%	5.91%	4.74%	5.79%	
15 分	冰+杯子	121.6	121.6	123.2		120.3	122	124.5		
	融化的水	6.9	5.3	6.2		5.2	5.3	4.1		
	融冰率	13.40%	10.62%	12.18%	12.07%	10.61%	10.43%	8.10%	9.72%	
20 分	冰+杯子	117.8	119.2	120.4		118.2	119.8	121.4		
	融化的水	10.7	7.7	9		7.3	7.5	7.2		
	融冰率	20.78%	15.43%	17.68%	17.96%	14.90%	14.76%	14.23%	14.63%	
25 分	冰+杯子	115.7	117	118.8		118	117.5	116.7		
	融化的水	12.8	9.9	10.6		7.5	9.8	11.9		
	融冰率	24.85%	19.84%	20.83%	21.84%	15.31%	19.29%	23.52%	19.37%	

實驗 2-4：不同質量的鋁箔紙添加冰塊的融化速度

融化時間(分)		重量(g)	0.5 鋁箔紙				1.0g 鋁箔紙			
			A	B	C	平均	A	B	C	平均
0 分	冰+杯子		127.3	133.5	130.9		131.9	128.4	133.9	
	杯子重		78.2	78.3	80		78.2	78.3	79.8	
	冰塊重		49.1	55.2	50.9		53.7	50.1	54.1	
5 分	冰+杯子		120.6	124.6	121.6		124.6	121.9	127.6	
	融化的水		6.2	8.4	8.8		6.3	5.5	5.3	
	融冰率		12.63%	15.22%	17.29%	15.04%	11.73%	10.98%	9.80%	10.84%
10 分	冰+杯子		116.4	118.6	112.5		115.9	116.2	120	
	融化的水		10.4	14.4	17.9		15	11.2	12.9	
	融冰率		21.18%	26.09%	35.17%	27.48%	27.93%	22.36%	23.84%	24.71%
15 分	冰+杯子		107.6	112.5	103.9		109	110.2	115	
	融化的水		19.2	20.5	26.5		21.9	17.2	17.9	
	融冰率		39.10%	37.14%	52.06%	42.77%	40.78%	34.33%	33.09%	36.07%
20 分	冰+杯子		102.6	106.1	98.9		105.3	100	111.8	
	融化的水		24.2	26.9	31.5		25.6	27.4	21.1	
	融冰率		49.29%	48.73%	61.89%	53.30%	47.67%	54.69%	39.00%	47.12%
25 分	冰+杯子		97.3	102.1	97		99.6	95.3	101.9	
	融化的水		29.5	30.9	33.4		31.3	32.1	31	
	融冰率		60.08%	55.98%	65.62%	60.56%	58.29%	64.07%	57.30%	59.89%

融化時間(分)		重量(g)	1.5g 鋁箔紙				2.0g 鋁箔紙			
			A	B	C	平均	A	B	C	平均
0 分	冰+杯子		132.8	130.5	131.7		131.2	129.9	132.3	
	杯子重		78.2	78.3	79.8		78.4	78.5	80	
	冰塊重		54.6	52.2	51.9		52.8	51.4	52.3	
5 分	冰+杯子		128.3	126.7	128.5		124.8	125.2	126.1	
	融化的水		3	2.3	1.7		4.4	2.7	4.2	
	融冰率		5.49%	4.41%	3.28%	4.39%	8.33%	5.25%	8.03%	7.21%
10 分	冰+杯子		122.7	119.5	121.7		117.9	119.3	121.1	
	融化的水		8.6	9.5	8.5		11.3	8.6	9.2	
	融冰率		15.75%	18.20%	16.38%	16.78%	21.40%	16.73%	17.59%	18.57%
15 分	冰+杯子		115.3	113.8	117.6		111.3	114.5	117.1	
	融化的水		16	15.2	12.6		17.9	13.4	13.2	
	融冰率		29.30%	29.12%	24.28%	27.57%	33.90%	26.07%	25.24%	28.40%
20 分	冰+杯子		110.2	109.9	111.8		110.3	104.8	111.3	
	融化的水		21.1	19.1	18.4		18.9	23.1	19	
	融冰率		38.64%	36.59%	35.45%	36.90%	35.80%	44.94%	36.33%	39.02%
25 分	冰+杯子		103.5	104.3	107.7		101.2	107.2	109.3	
	融化的水		27.8	24.7	22.5		28	20.7	21	
	融冰率		50.92%	47.32%	43.35%	47.20%	53.03%	40.27%	40.15%	44.49%

實驗 2-5：不同質量的鋼絲絨添加冰塊的融化速度

融化時間(分)		重量(g)	0.5 鋼絲絨				1.0g 鋼絲絨			
			A	B	C	平均	A	B	C	平均
0 分	冰+杯子		138	135.8	134		132.5	134.1	135.1	
	杯子重		78.2	78.3	79.8		78.2	78.3	79.8	
	冰塊重		59.8	57.5	54.2		54.3	55.8	55.3	
5 分	冰+杯子		128.3	127.8	128.5		125.4	126.3	127	
	融化的水		9.2	7.5	5		6.1	6.8	7.1	
	融冰率		15.38%	13.04%	9.23%	12.55%	11.23%	12.19%	12.84%	12.09%
10 分	冰+杯子		118.9	118.7	121.8		117.7	116.7	117.4	
	融化的水		18.6	16.6	11.7		13.8	16.4	16.7	
	融冰率		31.10%	28.87%	21.59%	27.19%	25.41%	29.39%	30.20%	28.33%
15 分	冰+杯子		111.9	111	116.1		112.1	109.5	111.6	
	融化的水		25.6	24.3	17.4		19.4	23.6	22.5	
	融冰率		42.81%	42.26%	32.10%	39.06%	35.73%	42.29%	40.69%	39.57%
20 分	冰+杯子		101.2	104.2	110.6		106.9	104.3	108.6	
	融化的水		36.3	31.1	22.9		24.6	28.8	25.5	
	融冰率		60.70%	54.09%	42.25%	52.35%	45.30%	51.61%	46.11%	47.68%
25 分	冰+杯子		96.2	99.4	104.3		102.2	103.7	104.5	
	融化的水		41.3	35.9	29.2		29.3	29.4	29.6	
	融冰率		69.06%	62.43%	53.87%	61.79%	53.96%	52.69%	53.53%	53.39%

融化時間(分)		重量(g)	1.5g 鋼絲絨				2.0g 鋼絲絨			
			A	B	C	平均	A	B	C	平均
0 分	冰+杯子		132.7	132.6	131.4		134.7	132	135.2	
	杯子重		78.3	78.4	80		78.3	78.3	79.8	
	冰塊重		54.4	54.2	51.4		56.4	53.7	55.4	
5 分	冰+杯子		123.6	123.1	124.3		125.2	127.6	131.8	
	融化的水		7.6	8	5.6		7.5	2.4	1.4	
	融冰率		13.97%	14.76%	10.89%	13.21%	13.30%	4.47%	2.53%	6.76%
10 分	冰+杯子		117.1	114.7	116.1		118	123.7	126.1	
	融化的水		14.1	16.4	13.8		14.7	6.3	7.1	
	融冰率		25.92%	30.26%	26.85%	27.68%	26.06%	11.73%	12.82%	16.87%
15 分	冰+杯子		110.7	109.8	112.1		112	121	123.8	
	融化的水		20.5	21.3	17.8		20.7	9	9.4	
	融冰率		37.68%	39.30%	34.63%	37.20%	36.70%	16.76%	16.97%	23.48%
20 分	冰+杯子		109	102.7	109.9		110.5	117.4	118.6	
	融化的水		22.2	28.4	20		22.2	12.6	14.6	
	融冰率		40.81%	52.40%	38.91%	44.04%	39.36%	23.46%	26.35%	29.73%
25 分	冰+杯子		106.4	99.8	107.8		105.2	112.7	117	
	融化的水		24.8	31.3	22.1		27.5	17.3	16.2	
	融冰率		45.59%	57.75%	43.00%	48.78%	48.76%	32.22%	29.24%	36.74%

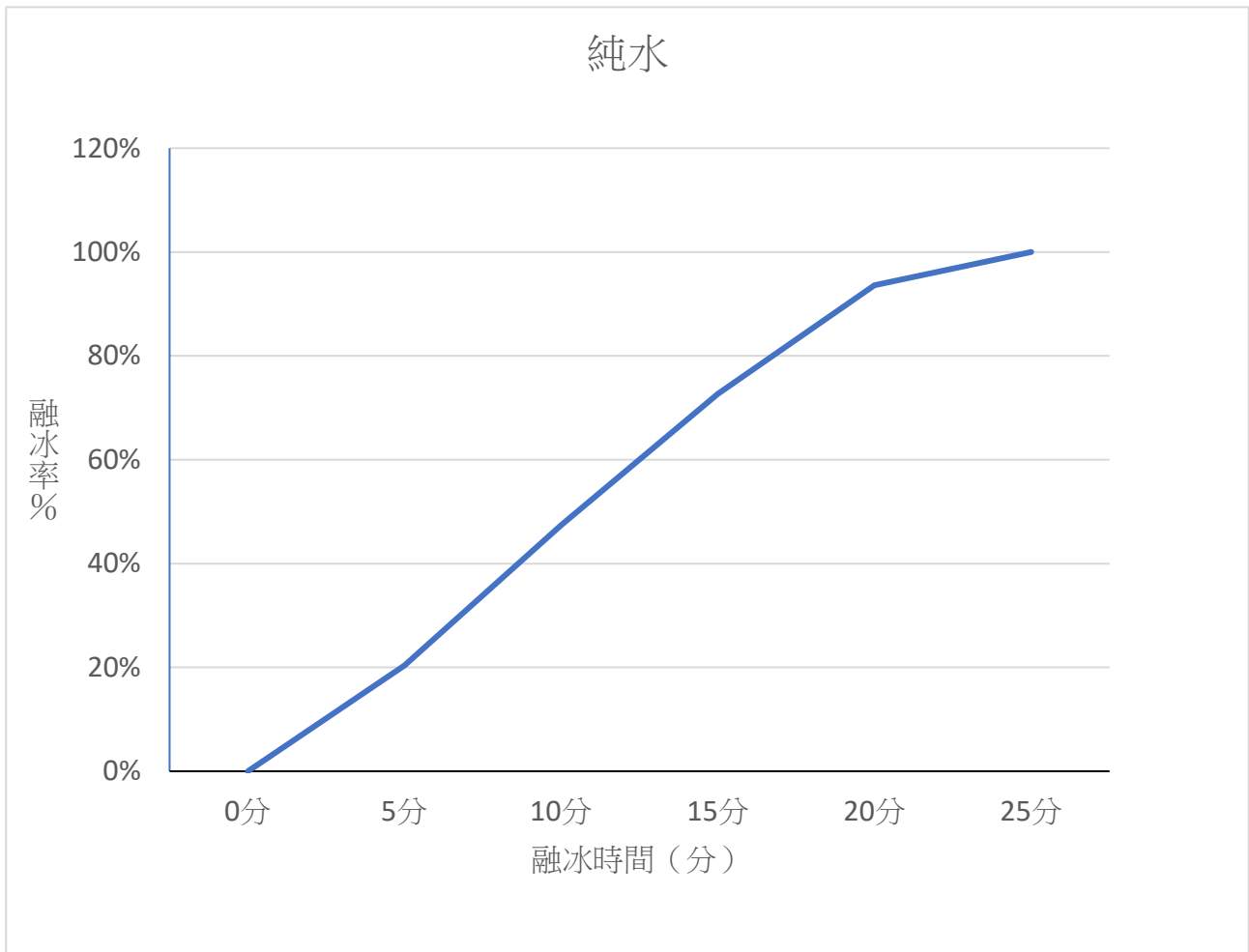
實驗 3-1：相同質量的不同添加物對冰塊的融化速度

種類		純水				1.0g 棉花				1.0g 碎紙			
		A	B	C	平均	A	B	C	平均	A	B	C	平均
0 分	冰+杯子	131.4	132.3	132.1		132.8	134.2	134.2		131.2	132.8	133.5	
	杯子重	78.2	78.4	78.5		79.8	79.8	79.9		79.9	80	80.1	
	冰塊重	53.2	53.9	53.6		53	54.4	54.3		51.3	52.8	53.4	
5 分	冰+杯子	127	128.4	128.2		130.3	132.5	132.5		127.1	129.9	130.1	
	融化的水	3.4	2.9	2.9		1.5	0.7	0.7		3.1	1.9	2.4	
	融冰率	6.39%	5.38%	5.41%	5.73%	2.83%	1.29%	1.29%	1.80%	6.04%	3.60%	4.49%	4.71%
10 分	冰+杯子	122.9	123.3	122.2		127.4	129.3	130.6		123.9	125.5	126.2	
	融化的水	7.5	8	8.9		4.4	3.9	2.6		6.3	6.3	6.3	
	融冰率	14.10%	14.84%	16.60%	15.18%	8.30%	7.17%	4.79%	6.75%	12.28%	11.93%	11.80%	12.00%
15 分	冰+杯子	118.7	118.5	118.5		125.1	126.6	128.6		120	122.9	122	
	融化的水	11.7	12.8	12.6		6.7	6.6	4.6		10.2	8.9	10.5	
	融冰率	21.99%	23.75%	23.51%	23.08%	12.64%	12.13%	8.47%	11.08%	19.88%	16.86%	19.66%	18.80%
20 分	冰+杯子	113.1	113.8	113.9		121.9	123.7	126.1		116.6	119.1	118.8	
	融化的水	17.3	17.5	17.2		9.9	9.5	7.1		13.6	12.7	13.7	
	融冰率	32.52%	32.47%	32.09%	32.36%	18.68%	17.46%	13.08%	16.41%	26.51%	24.05%	25.66%	25.41%
25 分	冰+杯子	110	109.3	108.8		120.4	120.5	123.8		112.8	117.3	115.5	
	融化的水	20.4	22	22.3		11.4	12.7	9.4		17.4	14.5	17	
	融冰率	38.35%	40.82%	41.60%	40.26%	21.51%	23.35%	17.31%	20.72%	33.92%	27.46%	31.84%	31.07%

種類		1.0g 木屑				1.0g 鋁箔紙				1.0g 鋼絲絨			
		A	B	C	平均	A	B	C	平均	A	B	C	平均
0 分	冰+杯子	132.4	130.5	129.5		135.5	131.1	132.8		135.1	131.5	134.8	
	杯子重	78.3	78.5	78.8		79.4	79.6	79.4		79.8	80.3	79.8	
	冰塊重	54.1	52	50.7		56.1	51.5	53.4		55.3	51.2	55	
5 分	冰+杯子	129.4	128.8	128		131.2	127.2	131.7		131	128.7	133.1	
	融化的水	2	0.7	0.5		3.3	2.9	0.1		3.1	1.8	0.7	
	融冰率	3.70%	1.35%	0.99%	2.01%	5.88%	5.63%	0.19%	3.90%	5.61%	3.52%	1.27%	3.46%
10 分	冰+杯子	126.7	124.9	125.7		127.7	123.5	128.7		127.1	125.2	129.1	
	融化的水	2	0.7	0.5		6.8	6.6	3.1		7	5.3	4.7	
	融冰率	3.70%	1.35%	0.99%	2.01%	12.12%	12.82%	5.81%	10.25%	12.66%	10.35%	8.55%	10.52%
15 分	冰+杯子	124.7	122.2	122.4		124.5	120.7	125.8		123.2	121.1	125.2	
	融化的水	6.7	7.3	6.1		10	9.4	6		10.9	9.4	8.6	
	融冰率	12.38%	14.04%	12.03%	12.82%	17.83%	18.25%	11.24%	15.77%	19.71%	18.36%	15.64%	17.90%
20 分	冰+杯子	122.2	120.2	119.9		121.5	117.7	123.4		119.4	117.8	122.9	
	融化的水	9.2	9.3	8.6		13	12.4	8.4		14.7	12.7	10.9	
	融冰率	17.01%	17.88%	16.96%	17.28%	23.17%	24.08%	15.73%	20.99%	26.58%	24.80%	19.82%	23.74%
25 分	冰+杯子	120	118.2	117.8		118.6	115.7	119.8		114.9	115.9	119.7	
	融化的水	11.4	11.3	10.7		15.9	14.4	12		19.2	14.6	14.1	
	融冰率	21.07%	21.73%	21.10%	21.30%	28.34%	27.96%	22.47%	26.26%	34.72%	28.52%	25.64%	29.62%

伍、討論

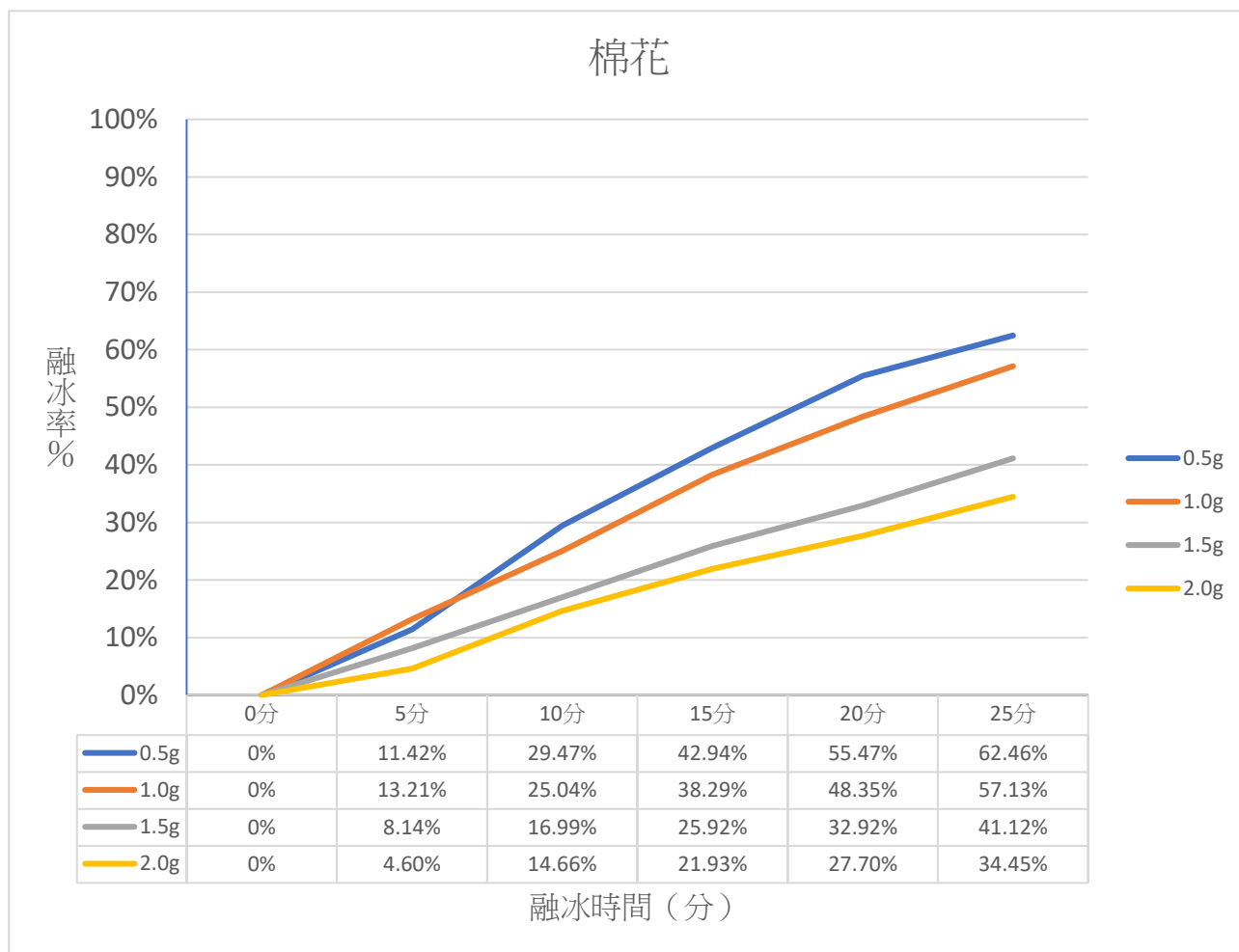
實驗 1-1：純水冰塊的融化速度



實驗結果顯示:

1. 純水冰塊會在加熱25分鐘後完全融化，所以我們以每5分鐘測一次，共25分鐘作為其他添加物的測量時間。

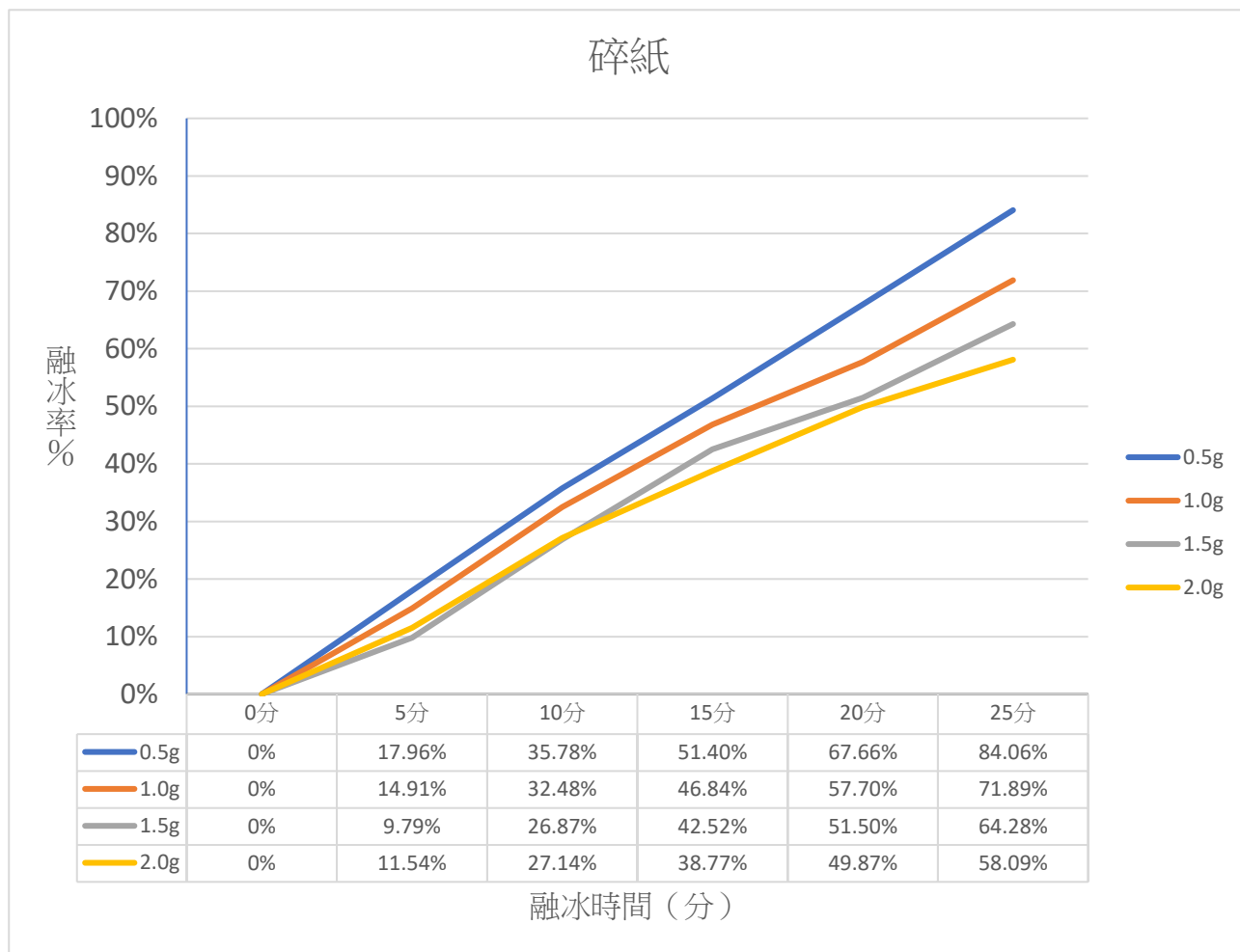
實驗 2-1：不同質量的棉花添加冰塊的融化速度



實驗結果顯示:

1. 因為我們選用的製冰模具，在棉花超過2公克時，就無法塞進去，會撐開蓋子，所以最多加到2公克作為各添加物的測量基準。
2. 添加質量越多，融冰率越低，代表冰塊添加物越多(2公克內)越不容易融化。
3. 棉花各質量融冰率減少都很平均，但0.5公克和1.0公克在五分鐘時交叉，有可能為誤差。
4. 實驗過程中，發現因棉花比較容易吸水，所以並無法倒出來全部融水，可能使測量值比實際融化量減少。

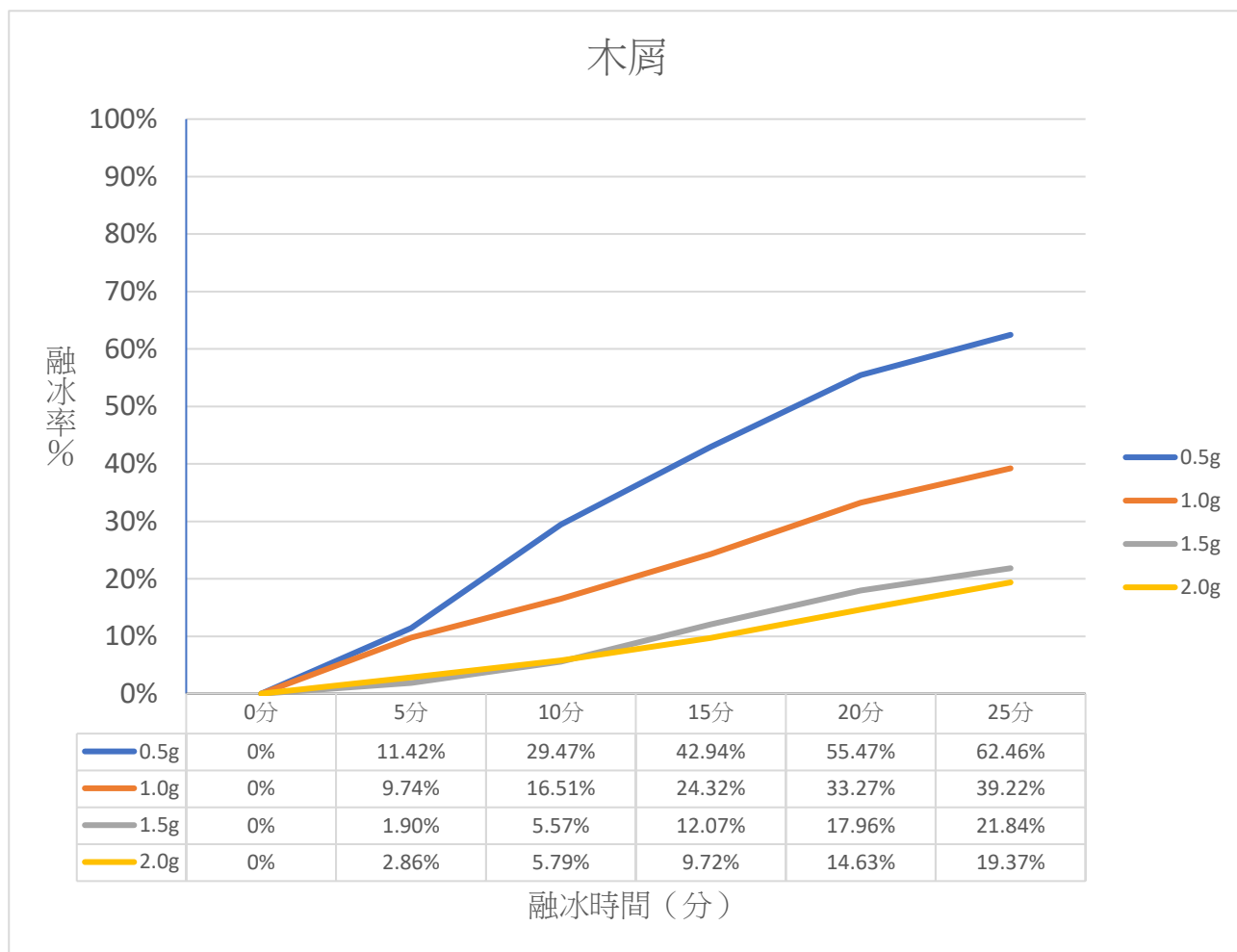
實驗 2-2：不同質量的碎紙添加冰塊的融化速度



實驗結果顯示:

- 1、添加質量越多，融冰率越低，代表冰塊添加物越多(2公克內)越不容易融化。
- 2、相比棉花，碎紙的融冰率比較大，推測有可能是碎紙比較不容易吸水。

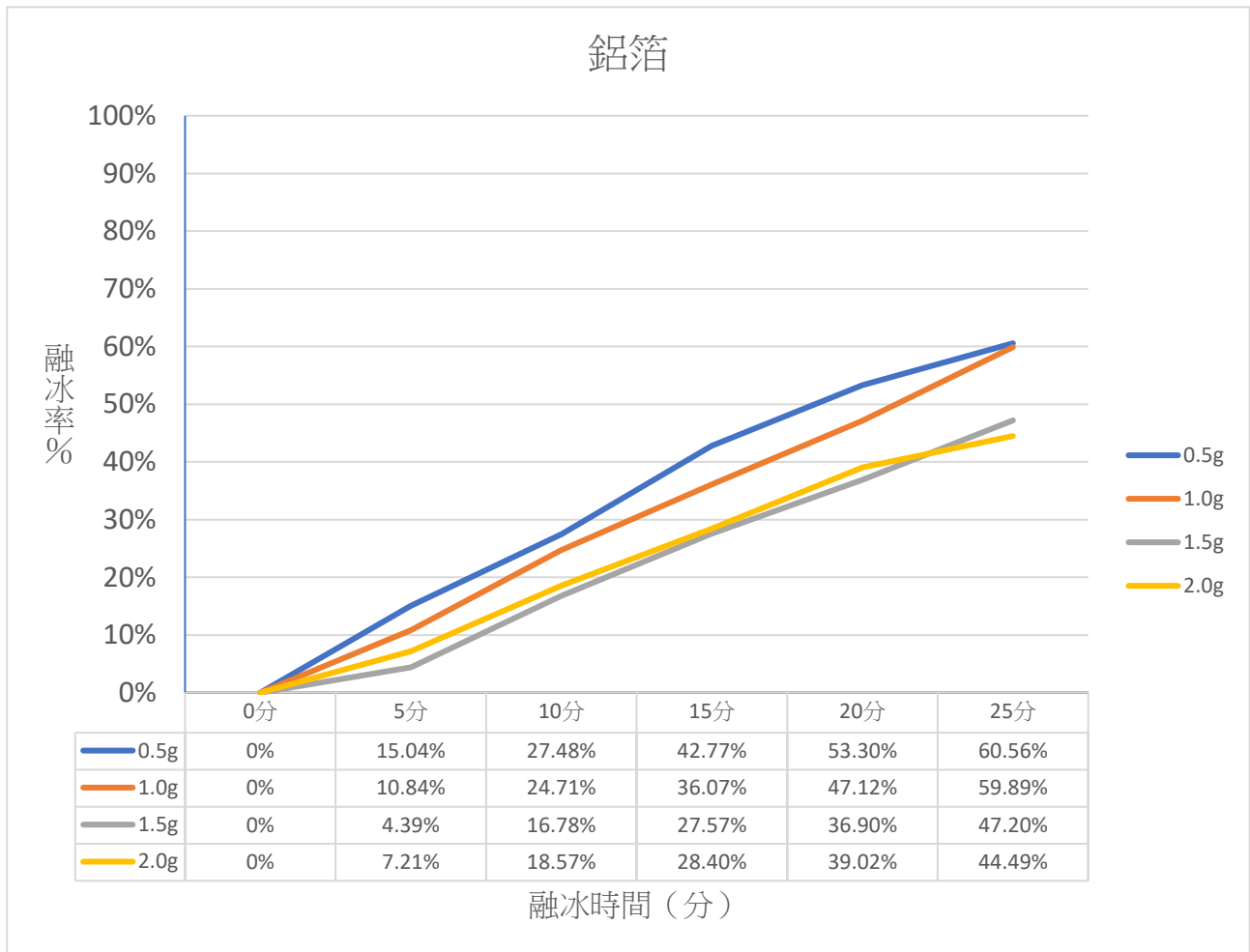
實驗 2-3：不同質量的木屑添加冰塊的融化速度



實驗結果顯示:

- 1、添加質量越多，融冰率越低，代表冰塊添加物越多(2公克內)越不容易融化。
- 2、1.5公克的木屑和2.0公克的木屑關係有重合現象，推測兩者在相同模具中，密集的程度雷同，容易與整塊冰交纏，導致融化量也差不多。而0.5公克與1.0公克則無法與整塊冰交纏，所以融冰率比較高。

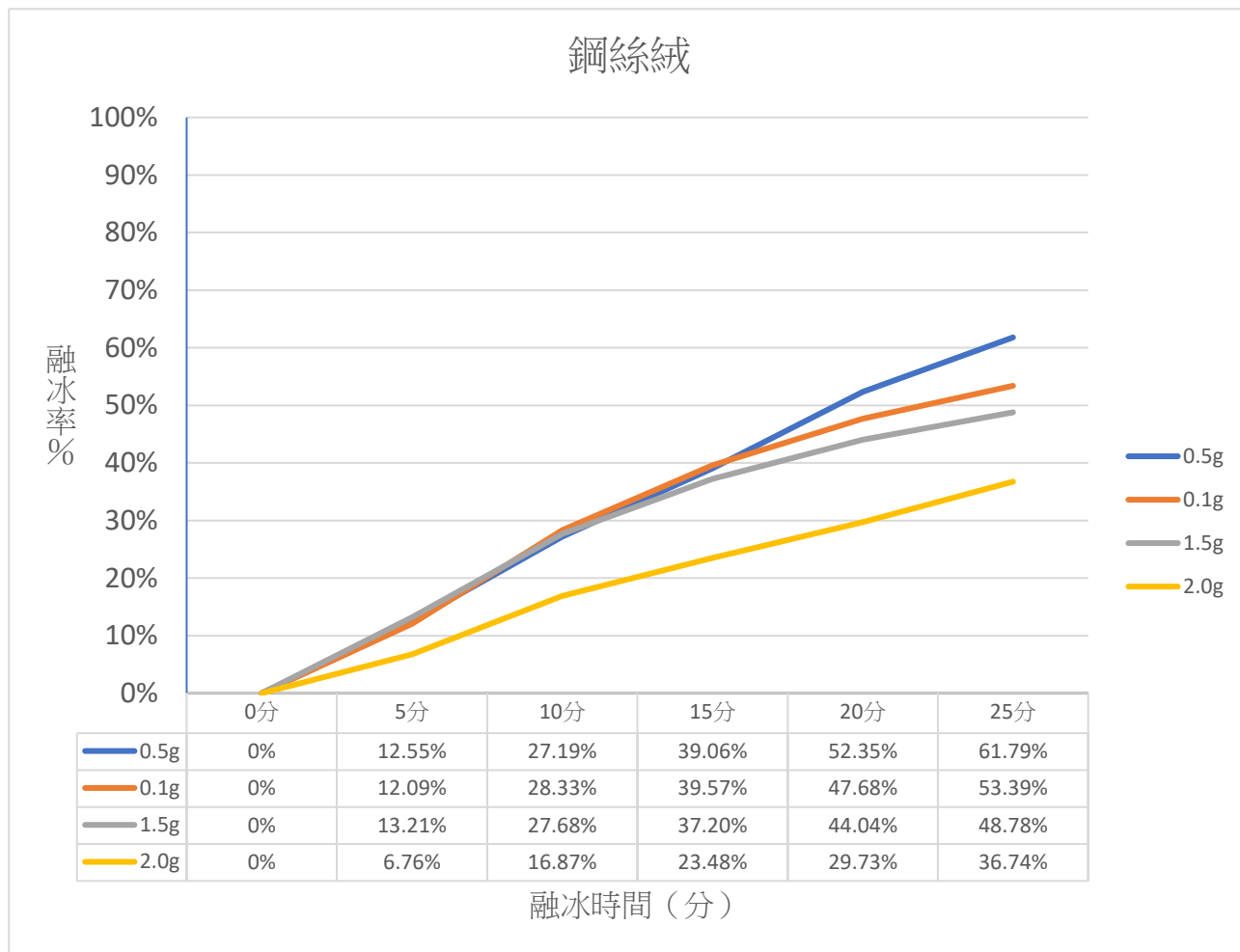
實驗 2-4：不同質量的鋁箔紙添加冰塊的融化速度



實驗結果顯示:

- 1、添加質量越多，融冰率越低，代表冰塊添加物越多(2公克內)越不容易融化。
- 2、因為添加物皆為碎片狀，所以我們剪成長條，並揉成與模具差不多大小的球狀置入。
- 3、0.5公克與1.0公克比較不密集，冰比較容易融化，但1.5公克與2.0公克相對比較密集，容易與冰塊交纏，不容易融化。
- 4、另外鋁箔因為不吸水，所以融化的水大多可以流出。

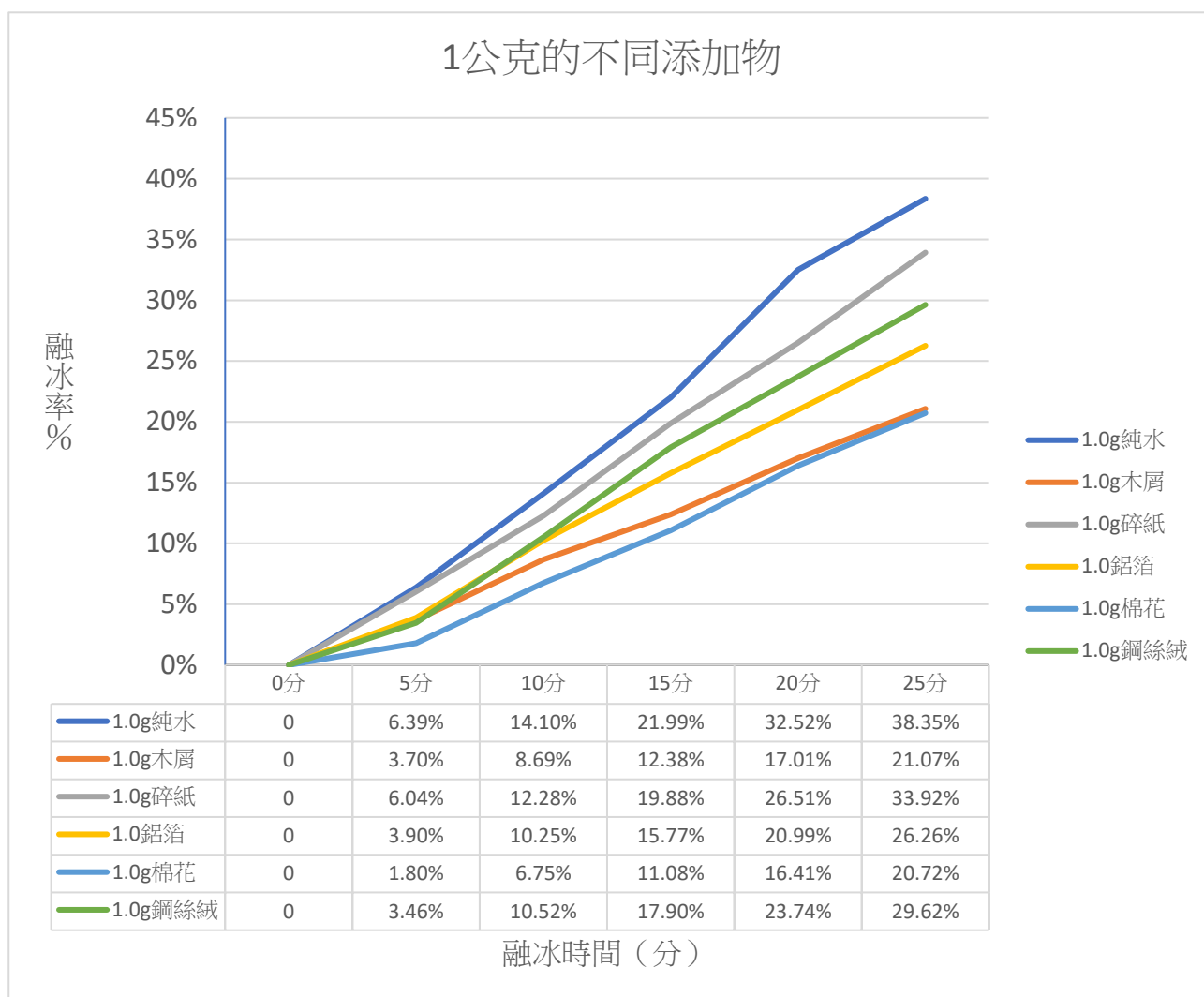
實驗 2-5：不同質量的鋼絲絨添加冰塊的融化速度



實驗結果顯示:

- 1、添加質量越多，融冰率越低，代表冰塊添加物越多(2公克內)越不容易融化。
- 2、鋼絲絨在2.0公克，融冰率明顯低於其他添加質量，可能對比其他質量，2.0公克更加密集，更容易與水交纏。
- 3、另外鋼絲絨因為不吸水，所以融化的水大多可以流出。

實驗 3-1：相同質量的不同添加物對冰塊的融化速度



實驗結果顯示:

- 1、因為加熱板不大，無法放下整個樣本，故在室溫下操作實驗。
- 2、抗融效果：棉花>木屑>鋁箔>鋼絲絨>碎紙>純水。
- 3、雖然木屑是第二個不容易融化的物質，但在10分前都被被鋼絲絨超過，我們推測一開始冰塊融化量不多，鋼絲絨的纖維可以穩定結構，但水融多了之後冰塊和鋼絲絨無法緊密貼合，所以鋼絲絨就失去了功效，所以鋁箔也是一樣的問題。
- 4、棉花彈性佳吸水強，纖維更綿細，所以較可以穩定結構，使冰塊不容易融化。
- 5、木屑也有吸水跟纖維，抗融效果略小於棉花，但也能增加抗融率。
- 6、碎紙在之前實驗融化率就偏高，推測可能選用影印紙碎紙，1公克質量比較少，無法均勻分布模具，交纏冰塊的效果不好。

陸、結論

- 一、依實驗結果來看，添加物質的冰塊皆有抗融效果，添加物越密集，抗融效果越好。
- 二、可以明顯增加冰塊抗融率的物質：木屑、棉花。
- 三、從實驗數據可發現像木屑、棉花等具有纖維的物質可使冰塊明顯不易融化，與添加樹根一樣，纖維間的空隙可以像抓住土壤的效果抓著冰塊，使冰塊結構穩定，不易融化。
- 四、本實驗可以證實派克瑞特的理論，添加纖維可以增加冰塊結構，讓冰塊不容易融化，但增加冰塊強度的結論，則不在本實驗目的。

柒、參考資料及其他

- 一、維基百科：派克瑞特

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B4%BE%E5%85%8B%E7%91%9E%E7%89%B9>

- 二、How Strong is Pykrete? Hydraulic Press Test!

https://youtu.be/T6-1_ydiWqQ?si=erDlt-gkl_CTWcCA

- 三、嘉義市第 38 屆中小學科學展覽會，「冰」山美人隔層「砂」—玻璃砂延緩冰塊融化速度之研究