

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

第三名

082910

融化冰凍的心—魔力解凍板

學校名稱：新北市新店區青潭國民小學

作者： 小六 羅靖承 小六 郭瑤恩 小六 曹智鈞	指導老師： 徐潔如 顏佐宇
---	-----------------------------

關鍵詞：解凍板、熱的傳播

摘要

本研究使用鋁板探究快速解凍法，利用熱傳導，嘗試排水導流和增加接觸面積；利用熱對流，使板面立體或加裝風扇，增加空氣對流，解凍速度再升級，自製出第一代魔力解凍板，並且改良研發第二代魔力解凍板成為綠色環保產品。我們發現：

- 一、鋁板厚度達 2mm 時，解凍速度可增加 5~10 倍，但持續加厚解凍效率趨緩。
- 二、「孔洞導流鋁板」兼具排水與接觸面積的優點，因此解凍速度優於其他鋁板。
- 三、增加冰塊與鋁板的接觸面積可以加速解凍，最佳解凍板組合為上層 4mm 下層 2mm，解凍速度較單層快 2.3 倍。
- 四、第二代解凍板使用鋁扁管與第一代解凍板使用風扇之解凍效果相當。
- 五、第二代解凍板解凍豬排的速度優於市售解凍板，較自然解凍快 11.5 倍，低於平均市售價格達 1707 元。

壹、 研究動機

「媽……今天的晚餐怎麼又全是蔬食？難道妳又忘了先將魚、肉退冰嗎？」我不可置信的問。「事情這麼多，很難記得！不知道有什麼方法可以在十分鐘內將魚、肉快速解凍？」媽媽搔首煩惱的說著。為了我的五臟廟著想，我得想想辦法解決這問題，於是上網搜尋，發現現行的解凍法都存在一些問題：

- 一、流水解凍法：把裝袋的肉品浸泡在水中，需定時換水，如此反覆數次，還得費上二個多小時才完成解凍，由於解凍時間過長，易孳生細菌。
- 二、微波爐解凍法：約莫十分鐘完成解凍，但食物本身若水分分布不均勻時，容易導致受熱不均，產生解凍不均的問題。另外，爐中溫度急速變化，使得肉品的組織受損、流失水分，讓口感大打折扣。
- 三、冷藏解凍法：雖低溫能阻慢細菌孳生，但卻得花上一天以上的時間才能解凍。

現在市售解凍板多運用鋁合金的導熱性設計，但宣稱的解凍效果卻有極大差異，解凍冷凍食材速度僅比自然解凍快 2 至 3 倍，無法解決燃眉之急，而價格從數千元到數百元，讓人難以判別！巧婦難為無食材之炊，運用我們自製的「魔力解凍板」，便能解決忙碌上班族忘

了解凍食品的窘境。我們希望運用剛學到熱的傳播方式來研究鋁板快速解凍的各種可能性：我們希望找出在熱傳導上，增加鋁板厚度是否為唯一的方法，並嘗試鋁板立體排水設計和增加冰塊與鋁板的接觸面積，使鋁板充分發揮傳導功效；在熱對流上，市售解凍板並未考量，因此嘗試鋁板的對流設計和加裝簡易風扇的新構想，希望讓解凍板的解凍效能再升級。「魔力解凍板」融化你我冰凍的心，喚醒食物初始的美好滋味。

◎與課程相關單元：【六年級康軒版】第二單元 熱對物質的影響、【四年級康軒版】第四單元 奇妙的電路

貳、 研究目的

- 一、探討不同厚度鋁板對冰塊解凍速度的影響。
- 二、探討鋁板的排水效能與解凍速度的關係。
 - (一) 比較不同形狀的導流鋁板影響冰塊解凍之快慢情形。
 - (二) 比較不同形狀的導流鋁板影響肉塊解凍之快慢情形。
- 三、探討冰塊與鋁板的接觸面積增加對解凍速度的影響。
- 四、比較不同厚度鋁板與接觸面積增加對冰塊解凍之快慢情形。
- 五、探討鋁板與空氣產生的對流強弱對冰塊解凍速度的影響。
 - (一) 鋁板下方增加對流板設計加強空氣對流是否影響冰塊解凍速度。
 - (二) 鋁板下方裝置風扇加強空氣對流是否影響冰塊解凍速度。
- 六、研究自製第一代魔力解凍板對冷凍肉品之解凍效能。
- 七、改良第一代魔力解凍板之解凍效能影響。
 - (一) 探討鋁板上下層位置改變對解凍的影響。(實驗四進階)
 - (二) 分析鋁扁管與空氣接觸面積以達風扇對流之解凍速度。(實驗五進階)
 - (三) 探討導流孔洞數量和位置對解凍的影響。(實驗三進階)
 - (四) 探討第二代魔力解凍板對冷凍肉品之解凍效能。

參、 研究設備及器材

- 一、自製設備：風力調整扇、第一代魔力解凍板、第二代魔力解凍板。

二、測量用具：紅外線測溫器、尺、碼錶、溫濕度計、測溫棒。

三、容器：製冰盒、架高盒。

四、實驗鋁板：鋁材編號 1050，厚度分別為 0.2mm、0.4mm、0.6mm、0.8mm、1.0mm、1.5mm、2.0mm 的 15cmX15cm 正方形。2.0mm、4.0 mm 的 20cmX30cm 長方形。鋁材編號 7075，25.4cmX 12.7cmX1mm 扁管。

五、其他：棉布手套、夾子、滴管。

肆、文獻探討

一、熱傳導係數

由於不同的物體對熱的傳導效果不同，一般而言，傳熱速率為固體>液體>氣體，其中金屬對熱的傳導效果較好，非金屬的傳導效果較差。為了將特定物質熱傳導的能力量化，科學家訂出「熱傳導係數 (conduction coefficient)」K，其定義為「在單位溫差下，單位時間內垂直通過單位面積、單位距離的熱量」，K 值大代表傳熱愈快。

在溫度 20°C 的熱傳導係數 K 值如下表：

金屬名稱	熱傳導係數 K 值	金屬名稱	熱傳導係數 k 值	金屬名稱	熱傳導係數 k 值
銀	411W/m-K	鋁	229W/m-K	鐵	58W/m-K
銅	395W/m-K	鎂鋁合金	116W/m-K	大理石	2.8W/m-K
金	311W/m-K	錫	66W/m-K	玻璃	0.76W/m- K

故傳熱速率的比較「銀>銅>金>鋁>鐵」。由於銀、銅、金在市售價格極高，而鋁的價格相對偏低，而錫、鐵的熱傳導係數 K 值太低，不適合作為解凍板材質，因此鋁材質為最適合作解凍板。(姜志忠、洪連輝，民 98)

二、鋁材與牌號

鋁具有極佳的導熱性，但添加其他元素的鋁合金在導熱上已受影響且成本高，因此本研究使用的鋁材為純鋁。鋁材牌號為 1050，是純鋁系列中，鋁比例最高，導電度及導熱最優，但也最軟，多用於汽車水箱散熱鰭片、電腦 CPU 散熱器模組、沖壓熱管焊接或鑲接的鋁鰭片、鋁箔、實驗室純鋁塊試劑等……。(蘇明德，民 107)

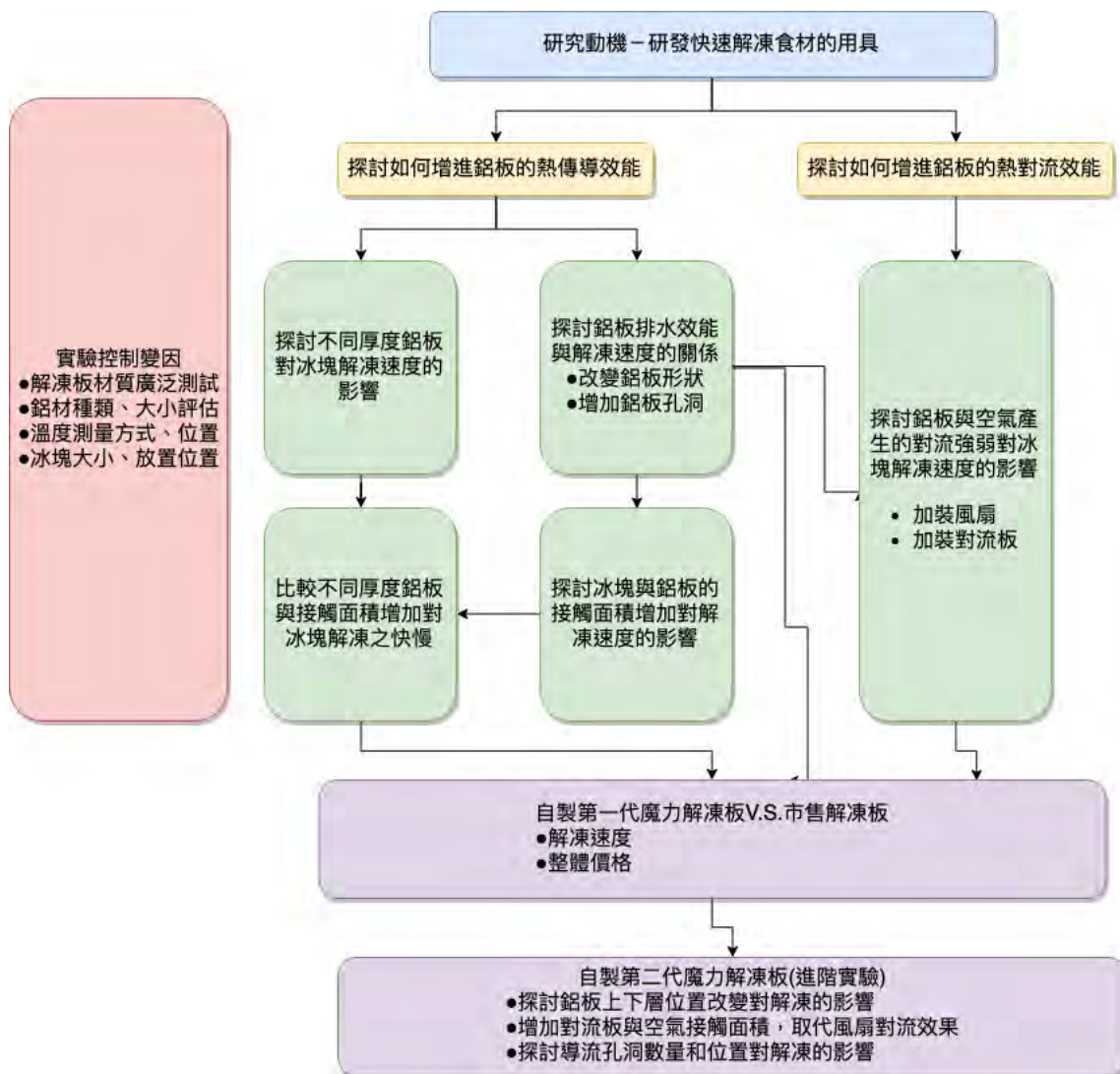
三、市售解凍板分析

市售的解凍板多運用鋁的良好導熱性設計，材質使用鋁合金，並且解凍效果不同。

而一個解凍板的平均售價為 2259 元，價格不斐。

品牌	材質/大小(mm)	原理	宣稱解凍效果	價格
A 牌	鋁合金 365*250*25(mm)	高導熱金屬板身（熱傳導） 內建蓄熱液體	四倍快速解凍	2290
B 牌	HDF 高密度航空金屬 /300*210*20(mm)	高導熱金屬板身（熱傳導）	六倍快速解凍， 22 °C 測試	1099
C 牌	本體鋁，表面耐酸鋁加工/ 259*180*板厚 3(mm)	高導熱金屬板身（熱傳導）	三倍快速解凍	2990
D 牌	本體鋁，表面耐酸鋁加工 /300*180*板厚 4(mm)	高導熱金屬板身（熱傳導）	快速解凍 室溫 21 °C 下測 試	2990
E 牌	HDF 高密度航空合金 /290*210*12(mm)	高導熱金屬板身（熱傳導）	八倍快速解凍	1924

伍、 研究架構



陸、 研究過程與結果

一、探討不同厚度鋁板對冰塊解凍速度的影響

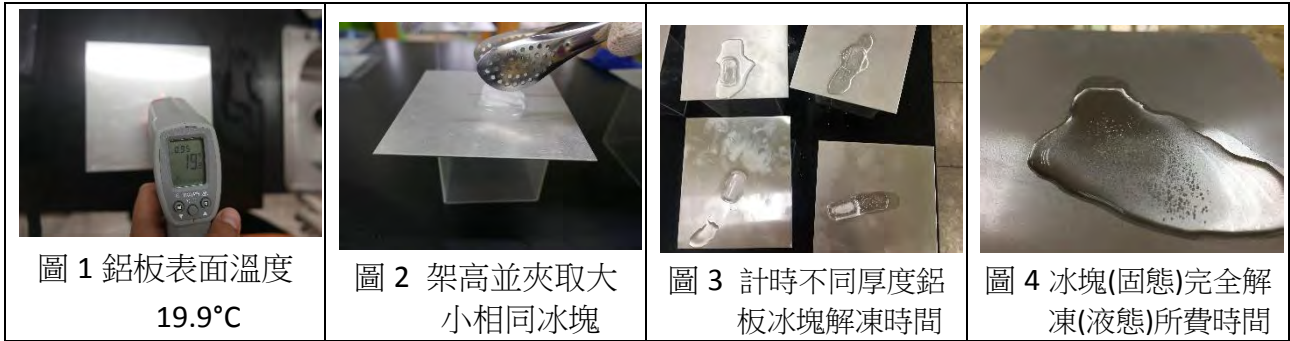
在鋁板大小控制的情況下，從解凍時間的曲線中，找到鋁片的最佳厚度。

(一) 實驗步驟

操作變因	鋁板(0.2mm、0.4mm、0.6mm、0.8mm、1.0mm、1.5mm、2.0mm)
控制變因	鋁板(大小 15cm*15cm、表面溫度 19.9°C)、冰塊(大小 4cm*2cm*1cm、與鋁板接觸面 3.8cm*1.8cm)、測溫位置、角度和高度
應變變因	冰塊完全解凍的時間

1. 室內溫度 19°C，測定鋁板表面溫度一致 19.9°C (如圖 1)。

- 將鋁板(15cm*15cm)架高，使其不直接與桌面接觸，影響導熱變因 (如圖 2)。
- 夾取以 10ml 製成的冰塊，放置於鋁板上方(如圖 2)。
- 紀錄冰塊在不同厚度鋁板解凍的時間 (如圖 3)。
- 待冰塊(固態)完全解凍(液態)結束計時，透過時間差來比較解凍速度 (如圖 4)。



(二) 研究發現

1. 實驗數據

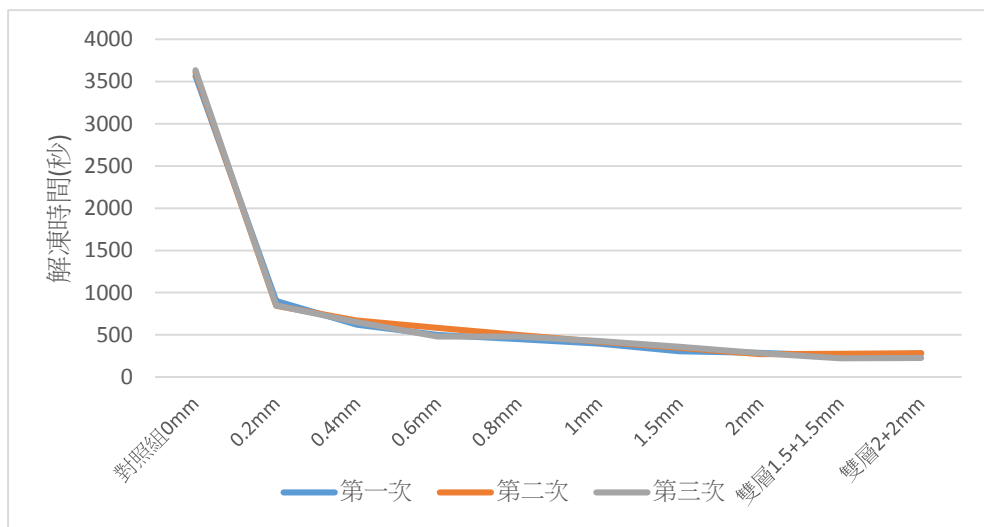


圖 5 不同厚度鋁板影響冰塊解凍時間變化圖

我們為了比較不同條件下冰塊的解凍速度，因此定義：

$$\text{解凍速度} = \text{相同大小冰塊融化成水所需要的時間比值}$$

以便比較各種狀況時，速度之間的差異變化。

表一 不同厚度鋁板冰塊解凍時間和速度統計

鋁板厚度	平均解凍時間(秒)	解凍速度(倍)	較佳解凍厚度	鋁板厚度	平均解凍時間(秒)	解凍速度(倍)	較佳解凍厚度
無鋁板	3605.3 (對照組)	1		1.0mm	414.7	8.8	

0.2mm	865.7	4.2		1.5mm	337.3	10.1	
0.4mm	646.7	5.6		2.0mm	280.7	12.8	◎
0.6mm	520.7	6.9		3.0mm	261.3	13.8	
0.8mm	476	7.6		4.0mm	251	14.4	

2. 研究結果與發現

- (1) 厚度 0.2mm 的鋁板，比鋁罐飲品(0.17mm)稍厚，就有 4.2 倍的解凍速度。
- (2) 厚度 0.2mm 至 1.0mm 的鋁板，每增加 0.2mm，解凍速度在 1.2 倍至 1.4 倍範圍中，可見鋁板厚度越厚，熱傳導的速度越快，冰塊解凍速度也就越快。
- (3) 厚度 1.0mm 至 1.5mm 的鋁板，每次厚度增加 0.5mm，但解凍速度僅增加 1.3 倍；卻在厚度 1.5mm 至 2.0mm 間增加 2.7 倍；2.0mm 之後，鋁板厚度雖增加 1mm，但解凍速度增加緩慢。
- (4) 由此推測解凍板的鋁板厚度至少需達 2mm 以上，才有較佳的解凍效果。若要再增加解凍速度，鋁板增加的厚度需加倍，解凍速度的變化才趨於明顯。

二、探討鋁板的排水效能與解凍速度的關係

我們觀察到冰塊解凍時，解凍後的水會包覆尚未完全解凍完的冰塊，導致冰塊下層與鋁板有了阻隔，影響熱傳導；而冰塊上層也因解凍後的水阻隔與空氣接觸，影響熱對流，所以我們改變鋁板形狀，讓鋁板具有排水導流功能。

(一) 實驗步驟

1. 比較不同形狀的導流鋁板影響冰塊解凍之快慢情形。

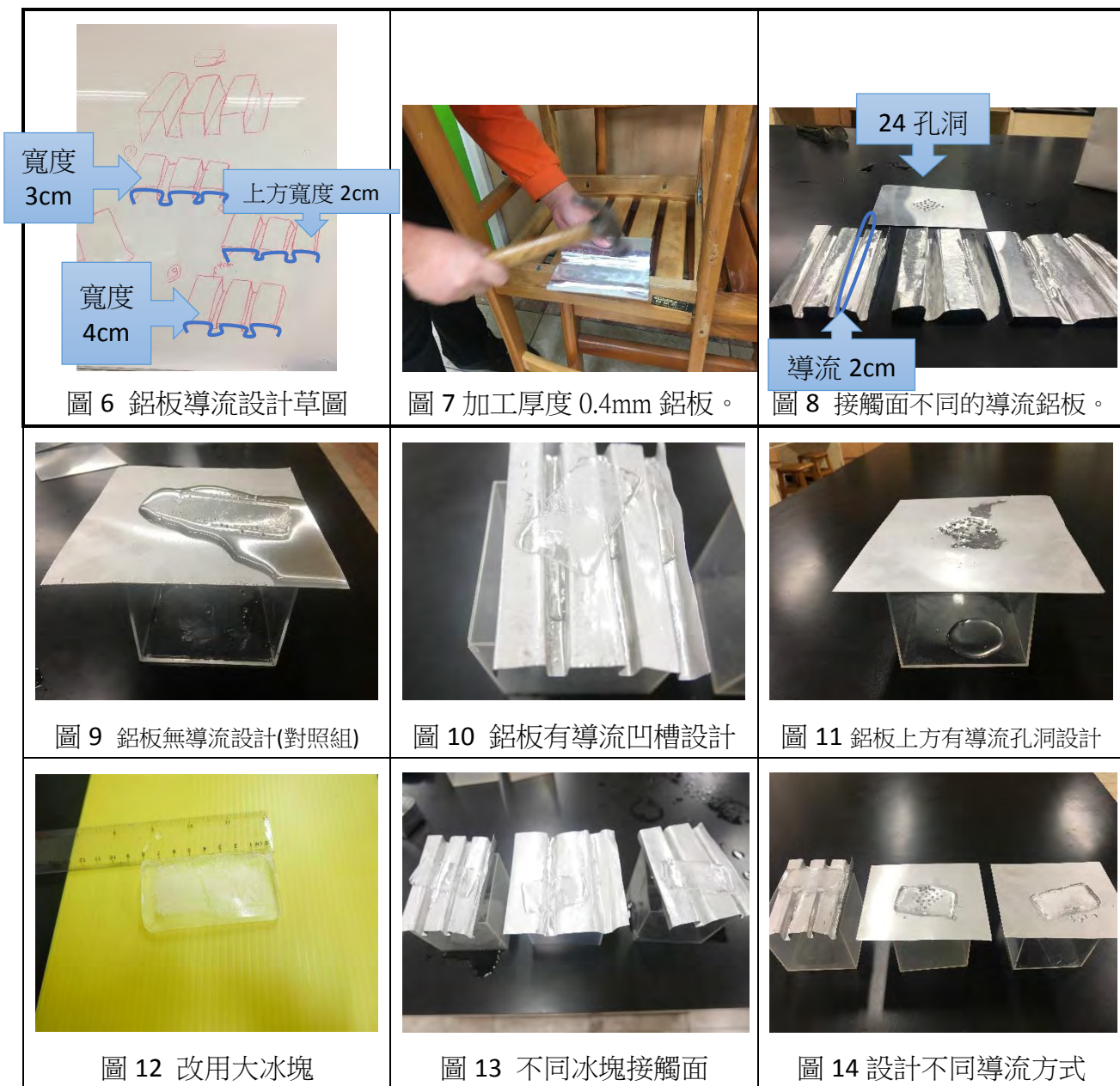
操作變因	不同形狀具導流效能的鋁板
控制變因	鋁板(大小、表面溫度、厚度)、室內溫度、冰塊(大小、接觸面)、測溫方式
應變變因	冰塊完全解凍的時間

準備工作：將 4mm 鋁板依草圖進行加工。城垛導流鋁板：城垛上方寬度為 2cm、3cm、4cm，下方導流凹槽寬度皆為 1cm；24 孔洞導流鋁板(如圖 6、7、8)。

- (1) 測試不同形狀鋁板的導流功能(如圖 9、10、11)。

(2) 原冰塊 4cm*2cm*1cm 於解凍時易滑入導流凹槽，無法順利測得真正的解凍時間，而改用 8cm*4cm*1cm 冰塊 (如圖 12)。

(3) 室溫 19°C，冰塊置於不同形狀鋁板上並測定解凍時間(如圖 13、14)。



2. 比較不同形狀的導流鋁板影響肉塊解凍之快慢情形。

操作變因	不同形狀具導流效能的鋁板
控制變因	鋁板(大小、表面溫度、厚度)、室內溫度、測溫方式、肉塊(大小 6.8cm*3.6cm*1cm、重量 39.2g、接觸面、初始溫度、解凍溫度)
應變變因	肉塊完全解凍的時間

準備工作：冰塊解凍縮小，最後掉入導流凹槽，有影響解凍時間的疑慮。故改

用等大(6.8cm*3.6cm*1cm)、等重(39.2g)肉塊進行解凍實驗。

- (1) 冷凍肉塊初始表面溫度測定皆為-17°C (如圖 15)。
- (2) 將肉塊置於不同形狀的導流鋁板上方，以計時器測定肉塊解凍時間 (如圖 16、17、18)。
- (3) 測量每塊解凍肉塊表面和中心溫度於溫度範圍內(如圖 19、20)。



圖 15 溫濕度測定。



圖 16 冷凍肉塊初始溫度。



圖 17 肉塊置於導流孔洞上



圖 18 血水流入導流凹槽



圖 19 解凍肉塊表面溫度範圍在 3.5°C ~3.7°C



圖 20 解凍肉塊中心溫度範圍在 2.4°C ~2.7°C

(二) 研究發現

1. 比較不同形狀的導流鋁板影響冰塊解凍之快慢情形。

(1) 實驗數據

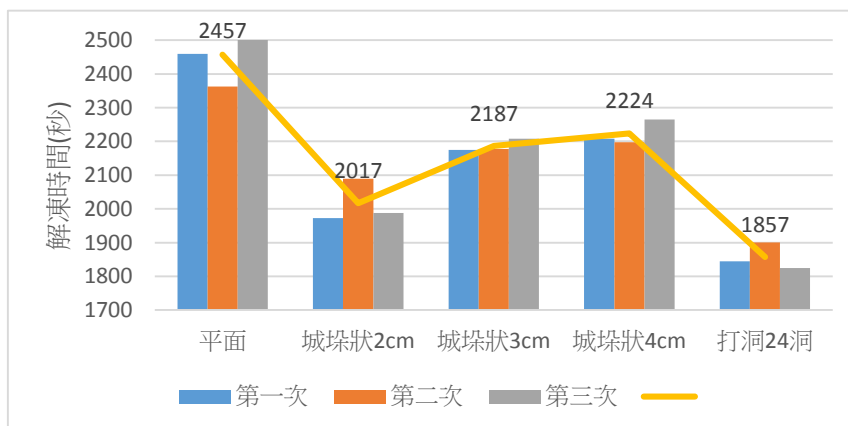


圖 21 不同形狀導流鋁板影響冰塊解凍時間變化圖

鋁板 2mm 厚度太厚，我們無法依草圖進行敲打出各式形狀導流板，因此實驗二皆使用 0.4mm 的鋁板做成各式具有導流功能的形狀板進行解凍實驗，以確認解凍後的水包覆尚未完全解凍完的冰塊，影響解凍速度的假設是否成立。

表二 各式形狀導流板的解凍冰塊時間

厚度 0.4mm		自然解凍	平面	城垛狀 2cm	城垛狀 3cm	城垛狀 4cm	24 孔洞
解凍時間(秒)	第一次	4243	2459	1973	2175	2208	1845
	第二次	4215	2363	2089	2178	2198	1901
	第三次	4265	2549	1988	2208	2265	1825

表三 冰塊解凍速度變化統計

實驗次數	解凍速度比較
第一次	24 孔洞 > 城垛 2cm > 城垛 3cm > 城垛 4cm > 平面
第二次	24 孔洞 > 城垛 2cm > 城垛 3cm > 城垛 4cm > 平面
第三次	24 孔洞 > 城垛 2cm > 城垛 3cm > 城垛 4cm > 平面

(2) 研究結果與發現

- 從三次實驗發現，24 孔洞的導流鋁板解凍速度優於其他形狀導流鋁板。
- 以自然解凍的平均解凍時間為基準，使用 24 孔洞的排水導流鋁板會使解凍速度提升 2.3 倍，而未有導流功能的鋁板的解凍速度僅 1.7 倍。
- 從實驗結果證實，鋁板導流問題亦是影響冰塊解凍速度的因素之一。

2. 比較不同形狀的導流鋁板影響肉塊解凍之快慢情形。

(1) 實驗數據

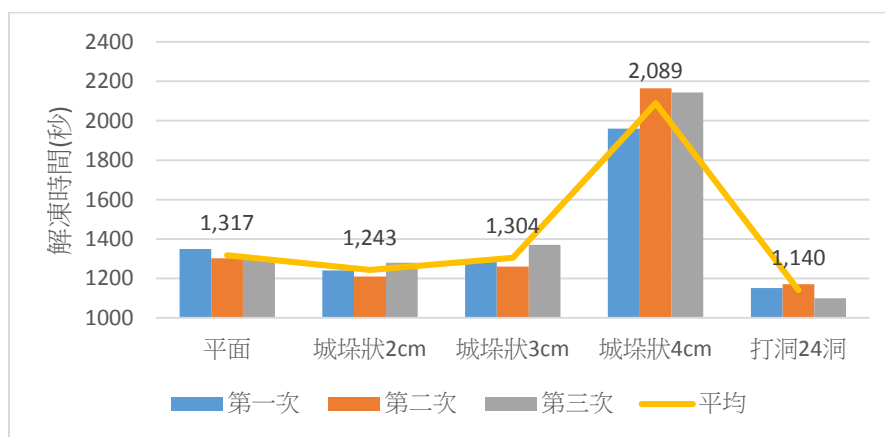


圖 22 不同形狀導流鋁板影響肉塊解凍時間變化圖

不同形狀導流鋁板設計中，城垛狀鋁板會因冰塊解凍後縮小，最後滑落與原先解凍後欲排出的冰水凹槽裡，有影響解凍速度的疑慮。而 24 洞孔設計的導流板則無此問題，為求實驗的正確性，經討論後，決定使用大小、厚度、重量一致的肉塊進行實驗，期能找到解凍速度較佳的導流鋁板。

表四 各式形狀導流板的解凍肉塊時間

厚度 0.4mm		平面	城垛狀 2cm	城垛狀 3cm	城垛狀 4cm	24 孔洞
解凍時間(秒)	第一次	1350	1240	1282	1960	1151
	第二次	1302	1210	1260	2165	1170
	第三次	1300	1280	1370	2143	1100

表五 肉塊解凍速度變化統計

實驗次數	解凍速度比較(快→慢)
第一次	24 孔洞 > 城垛 2cm > 城垛 3cm > 平面 > 城垛 4cm
第二次	24 孔洞 > 城垛 2cm > 城垛 3cm > 平面 > 城垛 4cm
第三次	24 孔洞 > 城垛 2cm > 平面 > 城垛 3cm > 城垛 4cm

(2) 研究結果與發現

- 從三次實驗發現，24 孔洞的導流鋁板解凍速度優於其他形狀導流鋁板。
- 從實驗結果證實，鋁板導流亦是影響冰塊解凍速度的因素之一。由於食材在解凍過程中，不斷融化出水，水包覆食材，導致下方鋁板在熱傳導上無法完全發揮，亦與上方空氣無法順利對流，所以解凍速度受影響。
- 城垛 4cm 的導流鋁板解凍速度比未有導流功能設計的平面鋁板還差，推測城垛 4cm 僅一個導流凹槽設計，因此無法讓鋁板有足夠的熱對流。

三、探討冰塊與鋁板的接觸面積增加對解凍速度的影響

從實驗二發現，24 孔洞的導流板解凍速度優於城垛 2cm 導流板設計，在同樣具有排水功能的鋁板中，我們觀察導流鋁板，發現冰塊與鋁板接觸的面積有明顯差異，因此我們有了新構想，設計增加冰塊與鋁板的接觸面積實驗，探討解凍情形。

(一) 實驗步驟

操作變因	冰塊與鋁板的接觸面積增加
------	--------------

控制變因	鋁板(大小、表面溫度、厚度)、室內溫度、冰塊大小、測溫方式、 冰塊接觸面下層 3.8cm*0.8cm 上層 4cm*2cm
應變變因	冰塊完全解凍的時間

1. 將兩張厚度 2mm 的鋁板疊合，在鋁板總厚度相同時，冰塊下層(單面 3.8cm*0.8cm)接觸鋁板，測量解凍時間，為對照組 (如圖 23)。
2. 在鋁板總厚度相同情況下，將一張厚度 2mm 的鋁板放置下方，另一張厚度 2mm 的鋁板架高 1cm，使冰塊上 4cm*2cm、下 3.8cm*0.8cm 皆能接觸鋁板，測量解凍所需時間，為實驗組 (如圖 24)。
3. 當上層鋁板與下層鋁板貼合時，即冰塊解凍完成 (如圖 25)。

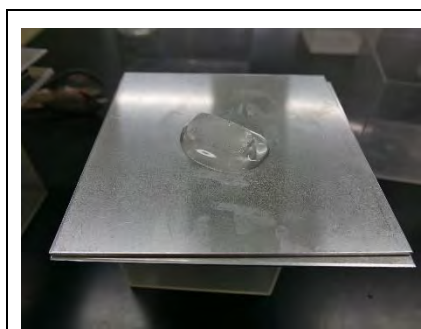


圖 23 冰塊僅下層接觸鋁板，為對照組。



圖 24 冰塊上下層皆能與鋁板接觸。



圖 25 冰塊解凍完成，上、下層鋁板緊密貼合。

(二) 研究發現

1. 實驗數據

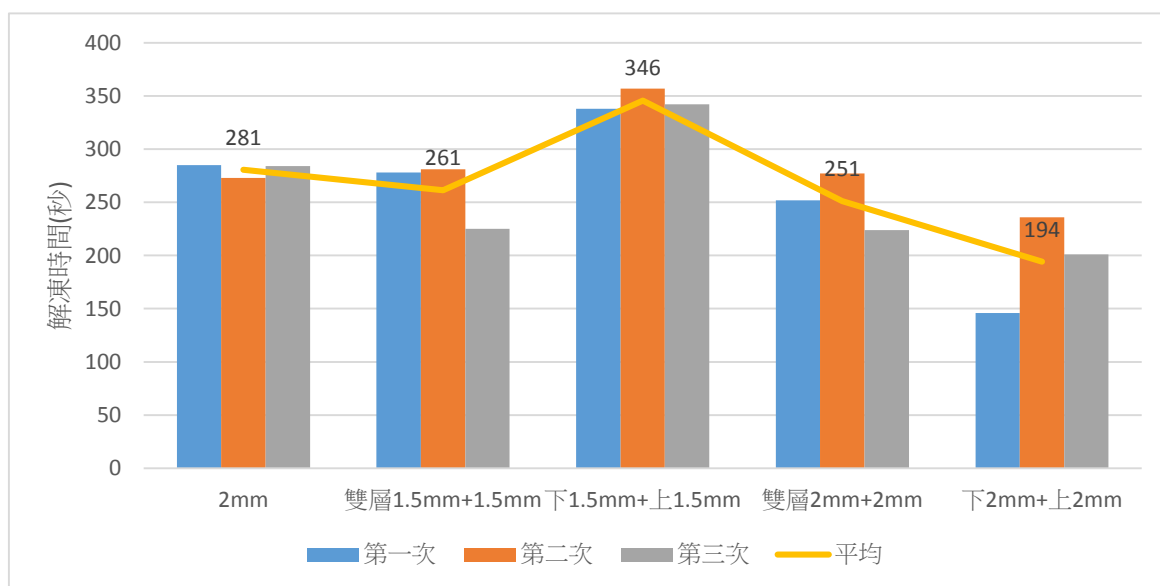


圖 26 冰塊與鋁板接觸面積增加影響冰塊解凍時間變化圖

鋁板總厚度相同下，冰塊單面接觸鋁板和雙面接觸鋁板之解凍時間比較。

表六 接觸面積增加之冰塊解凍時間統計

		鋁板總厚度3mm			鋁板總厚度4mm	
鋁板厚度(mm)		2mm	雙層1.5mm+1.5mm	下1.5mm+上1.5mm	雙層2mm+2mm	下2mm+上2mm
解凍時間 (秒)	第一次	285	278	338	252	146
	第二次	273	281	357	277	236
	第三次	284	225	342	224	201
解凍速度		12.8倍			14.4倍	18.5倍

表七 接觸面積增加之冰塊解凍速度比較

鋁板位置擺	解凍速度比較
放(與冰塊 接觸面積)	下層 2mm+上層 2mm > 雙層 2mm+2mm > 雙層 1.5mm+1.5mm > 下層 2mm > 下層 1.5mm+上層 1.5mm

2. 研究結果與發現

- (1) 雖然增加冰塊與鋁板的接觸面積(下層 1.5mm+上層 1.5mm)，但因下層鋁板厚度僅有 1.5mm，所以無法加快冰塊解凍速度。由上表中推測下層鋁板厚度至少需要 2mm，此為解凍速度增加之關鍵。
- (2) 從實驗結果發現，下層 2mm+上層 2mm > 雙層 2mm+2mm > 雙層 1.5mm+1.5mm，推測增加冰塊與鋁板接觸面積可使冰塊解凍速度加快。
- (3) 以自然解凍時間為基準，鋁板厚度從 2mm 增加到 4mm，解凍速度只從 12.8 倍，提升至 14.4 倍。但在總厚度 (4mm) 相同情況下，改以上層 2mm+下層 2mm 的鋁板設計，解凍速度可提升至 18.5 倍。

四、比較不同厚度鋁板與接觸面積增加對冰塊解凍之快慢情形

增加鋁板厚度和接觸面積都可以提升解凍速度，兩者加以組合，上下層各需要怎樣的厚度，才可以達到最佳的解凍效果呢？

(一) 實驗步驟

操作變因	上下層鋁板不同厚度
控制變因	鋁板(大小、表面溫度、厚度)、室內溫度、冰塊大小、測溫方式、 冰塊接觸面下層 3.8cm*0.8cm 上層 4cm*2cm

應變變因	冰塊完全解凍的時間
------	-----------

- 室溫 19°C，冰塊在上 4cm*2cm 下 3.8cm*0.8cm 層接觸面積相同情形下，逐次增厚下層鋁板，上層鋁板則以 1.5mm 和 2mm 分別配對 (如圖 27、28、29)。
- 以計時器測定每種鋁板厚度組合，冰塊解凍所需時間。

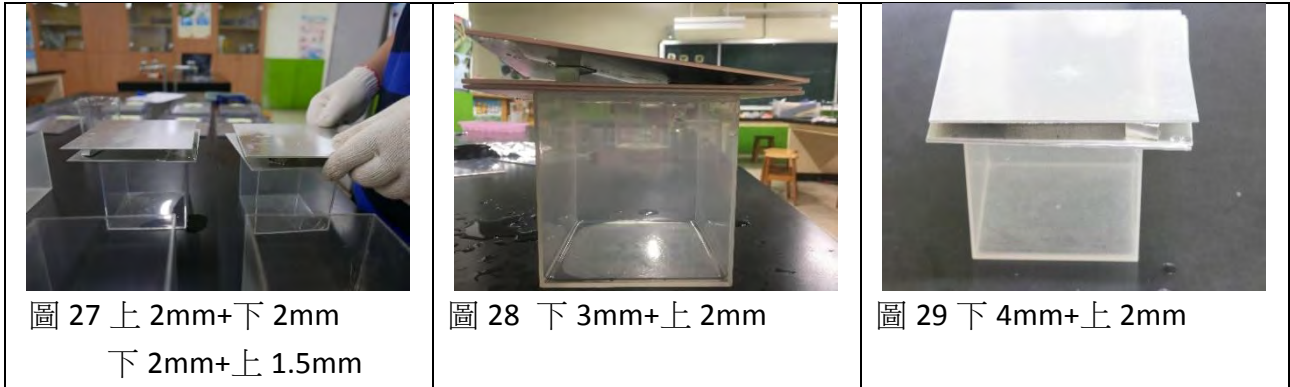


圖 27 上 2mm+下 2mm
下 2mm+上 1.5mm

圖 28 下 3mm+上 2mm

圖 29 下 4mm+上 2mm

(二) 研究發現

1. 實驗數據

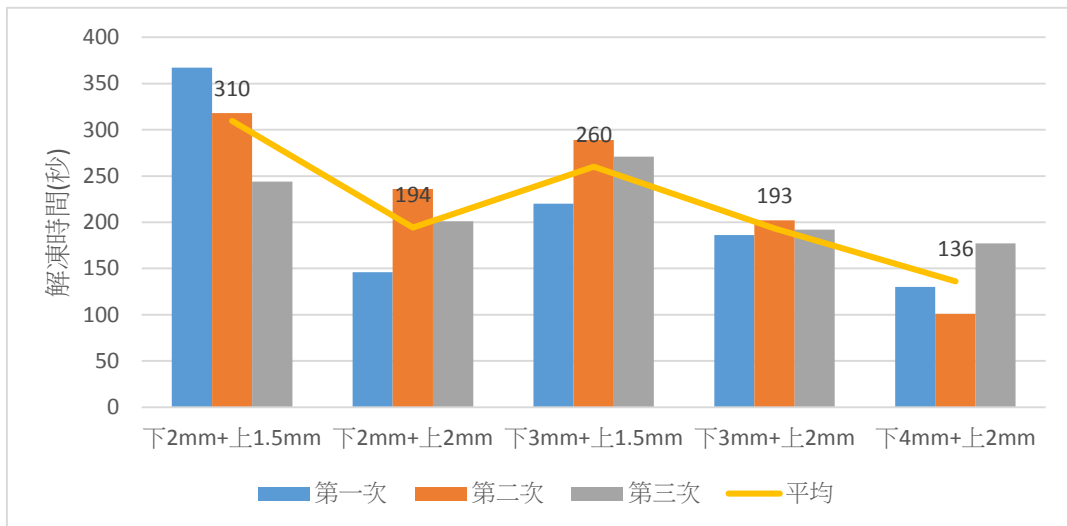


圖 30 不同厚度鋁板組增加接觸冰塊面積影響冰塊解凍時間變化圖

使用冰塊大小一致，冰塊接觸面下層 3.8cm*0.8cm、上層 4cm*2cm。我們考量消費者使用方便，上層宜輕巧，因此上層鋁板厚度 < 下層鋁板厚度做實驗設計。

表八 不同厚度鋁板組增加與冰塊接觸面積之解凍時間變化情形統計

上層鋁板厚度	1.5mm	2mm	1.5mm	2mm	2mm
下層鋁板厚度	2mm	2mm	3mm	3mm	4mm
平均解凍時間	309.7 秒	194.3 秒	260 秒	193.3 秒	136 秒
解凍速度		18.5 倍		18.6 倍	26.5 倍

2. 研究結果與發現

上層 2mm+下層 2mm 的鋁板組合，解凍速度為 18.5 倍，當下層鋁板加厚至 4mm 時，解凍速度可提升為 26.5 倍。自製的魔力解凍板將採用上層 2mm+下層 4mm 的鋁板組合，能達到最佳的解凍效果。

五、探討鋁板與空氣產生的對流強弱對冰塊解凍速度的影響

從實驗二發現，導流板的解凍速度依序為城垛 2cm > 3cm > 4cm，我們從冰塊與鋁板的接觸面探究，冰塊與城垛 4cm 的接觸面積比 2cm 還要大，是什麼因素影響解凍速度呢？推測城垛 2cm 有二個導流凹槽設計，幫助熱對流。鋁板幫助解凍主要受熱傳導影響，但熱對流能否使解凍速度再提升，需透過實驗來詳加實證。

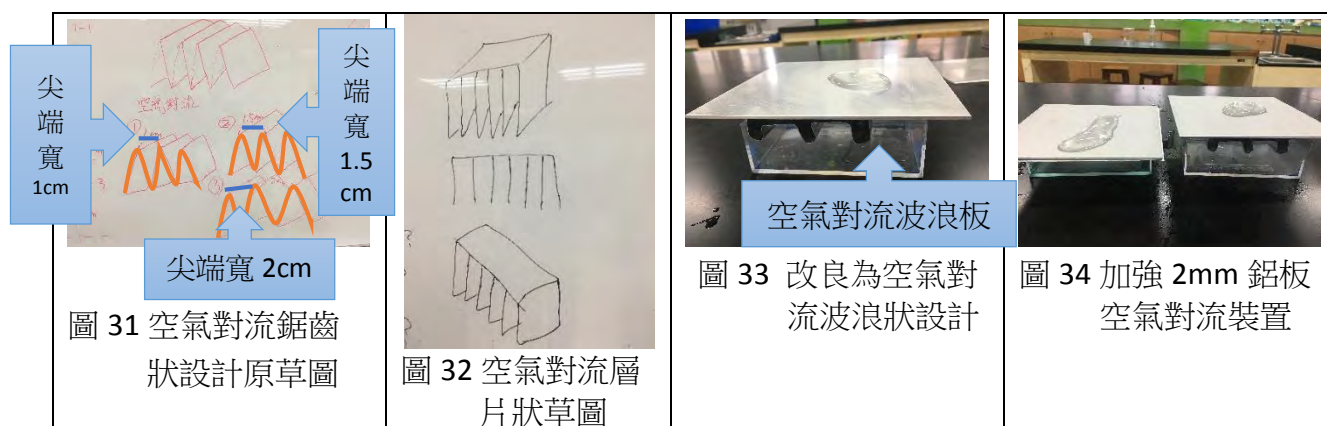
(一) 實驗步驟

1. 鋁板下方增加對流板設計加強空氣對流是否影響冰塊解凍速度

操作變因	鋁板下方增加對流板設計
控制變因	鋁板(大小、表面溫度、厚度)、室內溫度、冰塊大小、測溫方式、冰塊接觸面下層 3.8cm*0.8cm
應變變因	冰塊完全解凍的時間

(1) 空氣對流板設計，雖鋁材延展性大，但鋸齒狀需凹折角度過大，易從折線處斷裂，無法依草圖進行加工，改以波浪狀設計(如圖 31、32、33)。

(2) 鋁板下方加裝厚度 0.4mm 對流板或是維持厚度 0.4mm 平面鋁板，測量冰塊(4cm*2cm*1cm，接觸面 3.8cm*0.8cm)解凍所需時間 (如圖 34)。

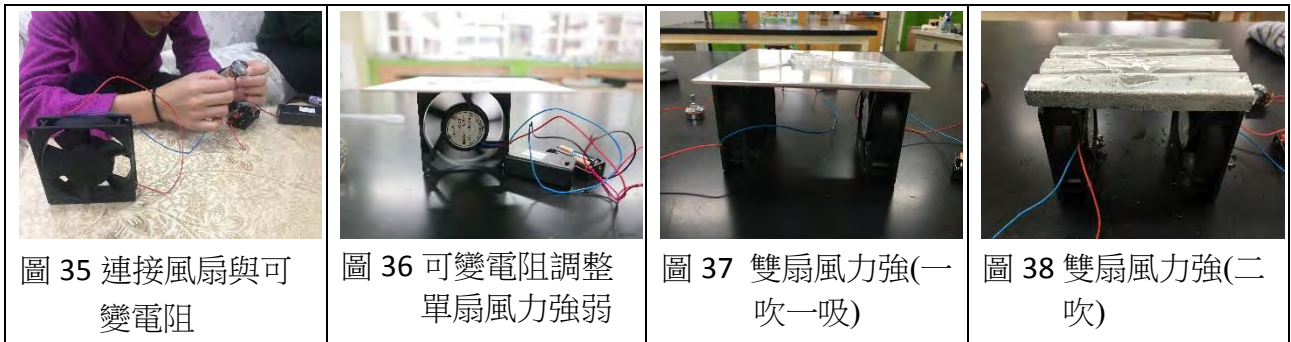


2. 鋁板下方裝置風扇加強空氣對流是否影響冰塊解凍速度

操作變因	風力強弱及風向
------	---------

控制變因	鋁板(大小、表面溫度、厚度)、室內溫度、冰塊大小、測溫方式、冰塊接觸面下層 3.8cm*0.8cm、風扇樣式、可變電阻
應變變因	冰塊完全解凍的時間

- (1) 運用風扇加強空氣對流，連接風扇與可變電阻，經由改變滑動端與兩個固定端間電阻值，使風力有強弱區別 (如圖 35)。
- (2) 將實驗二導流鋁板中解凍速度快，實驗三、四接觸面增加厚度組中解凍速度快，以及實驗五-1 中加裝對流板，皆進行單扇風力強和弱、雙扇風力強(一吹一吸)、雙扇風力強(二吹)之空氣對流實驗 (如圖 36、37、38)。
- (3) 以計時器測定冰塊(4cm*2cm*1cm，接觸面 3.8cm*0.8cm)解凍所需時間。



(二) 研究發現

1. 鋁板下方增加對流板設計加強空氣對流是否影響冰塊解凍速度

(1) 實驗數據

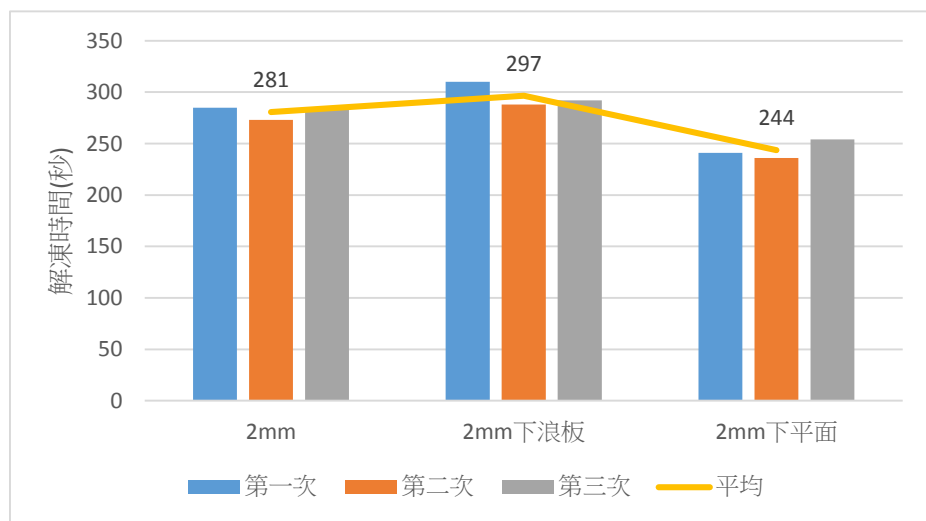


圖 39 空氣對流板裝置影響冰塊解凍時間變化圖

(2) 研究結果與發現

為增加熱對流，在厚度 2mm 的鋁板下方裝置厚度 0.4mm 的對流板，以增加冰塊

解凍速度，但從實驗結果發現，對流板設計並未發揮熱對流效果，使得解凍時間比直接將厚度 0.4mm 的平面鋁板放置下方還要長。

2. 鋁板下方裝置風扇加強空氣對流是否影響冰塊解凍速度。

鋁板有易導熱性，市售解凍板設計運用金屬的熱傳導原理，而未使用熱對流來增加解凍速度，為讓解凍板能發揮最佳效能，因此於鋁板下方裝置風扇，強化空氣熱對流。

綜合前述實驗結果：

實驗二 導流鋁板中，以 24 孔洞的導流設計解凍速度快。

實驗三、四 使用下層 2mm+上層 2mm、下層 3mm+上層 2mm、下層 4mm+上層 2mm 的鋁板厚度組，都讓冰塊在接觸面增加後，解凍速度加快。

實驗五-1 加裝對流鋁板，運用空氣自然對流方式，無加快解凍速度。

為做出魔力解凍板，本實驗將運用**實驗二、三、四、五-1**的實驗結果，進一步進行單扇風力強和弱、雙扇風力強(一吹一吸)、雙扇風力強(二吹)之空氣強制對流實驗。

(1) 實驗數據

■ 24 孔洞和 2cm 城垛導流鋁板進行熱對流實驗比較

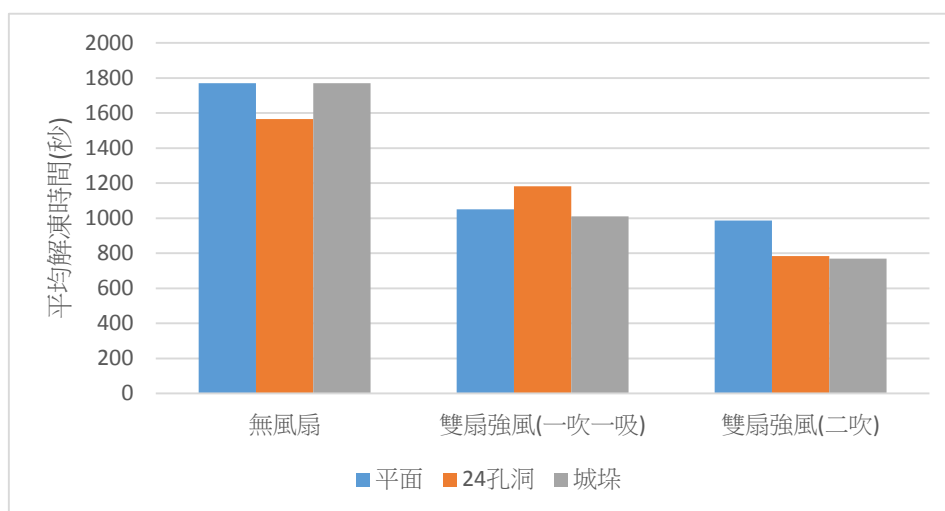


圖 41 對流方式不同之冰塊解凍時間變化圖

■ 增加冰塊接觸面積的不同鋁板厚度組進行熱對流實驗比較

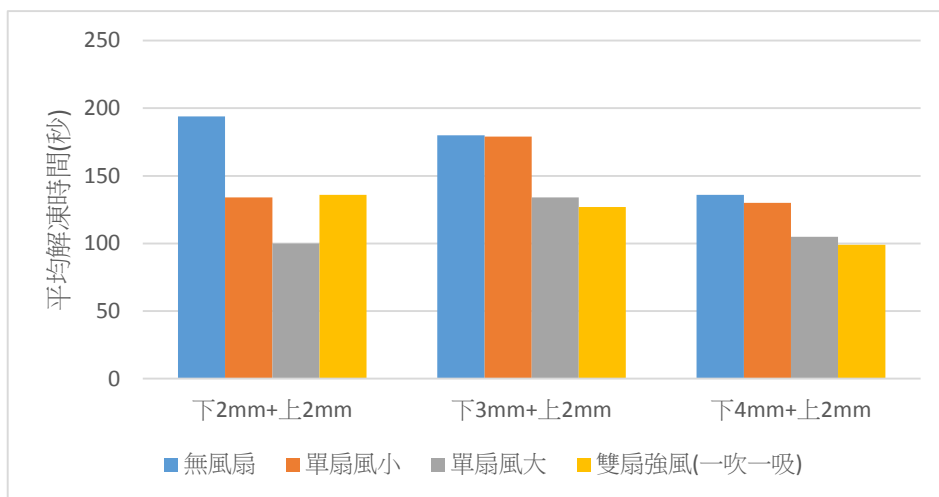


圖 42 風扇對流下不同鋁板厚度組之冰塊解凍時間變化圖

■ 加裝空氣對流波浪鋁板進行熱對流實驗比較

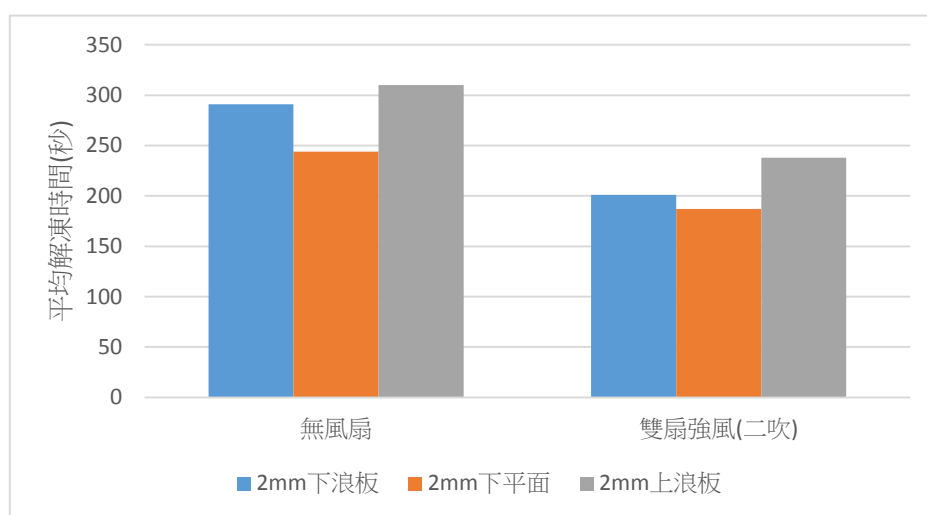


圖 43 加速空氣對流使用對流板之冰塊解凍時間變化圖

運用實驗二、三、四、五-1的實驗結果作為對照組，加裝風扇為實驗組，進行冰塊解凍速度比較。

表九 比較不同方式熱對流之最佳冰塊解凍速度情形統計

		單扇弱風	單扇強風	雙扇強風 (一吹一吸)	雙扇強風 (二吹)
導流 鋁板	0.4mm 24 孔洞	無明顯	1.2 倍	1.3 倍	◎2 倍
	寬度 2cm 城垛	無明顯	1.4 倍	1.8 倍	◎2.2 倍
增加 接觸 面	上層 2mm 下層 2mm	無明顯	◎2.3 倍	1.9 倍	1.4 倍
	上層 2mm 下層 3mm	無明顯	1.3 倍	◎1.4 倍	◎1.4 倍

	上層 2mm 下層 4mm	無明顯	1.2 倍	◎1.4 倍	◎1.4 倍
鋁板下波浪設計		無明顯	無明顯	1.2 倍	◎1.4 倍

(2) 研究結果與發現

- 增加冰塊接觸面積中，上層 2mm 下層 2mm 的鋁板組只需使用單扇強風進行熱對流，比無風扇時，加快解凍速度 2.3 倍。
- 2cm 城垛導流鋁板在無風扇時解凍速度比 24 孔洞導流鋁板慢，經風扇加強熱對流後，在解凍速度上並駕齊驅，加快解凍速度 2.2~2 倍。
- 室溫 19°C，使用第一代魔力解凍板解凍冰塊(4cm*2cm*1cm，接觸面 3.8cm*0.8cm)，比自然解凍快 36 倍。

表十 第一代魔力解凍板解凍速度成長情形

第一代魔力解凍板	自然解凍	鋁厚2mm	鋁厚4mm	鋁厚4mm+24洞	上層2mm下層4mm	上下層+24洞排水	上下層+排水+風扇
平均解凍時間(秒)	3605	280.7	261.3	222	140	118	99
解凍速度	1	12.8倍	13.8倍	16.2倍	25.6倍	30.6倍	36.4倍

六、研究自製第一代魔力解凍板對冷凍肉品之解凍效能

根據實驗一至五，我們製出最佳解凍效能的解凍板，稱為「魔力解凍板」，如圖：

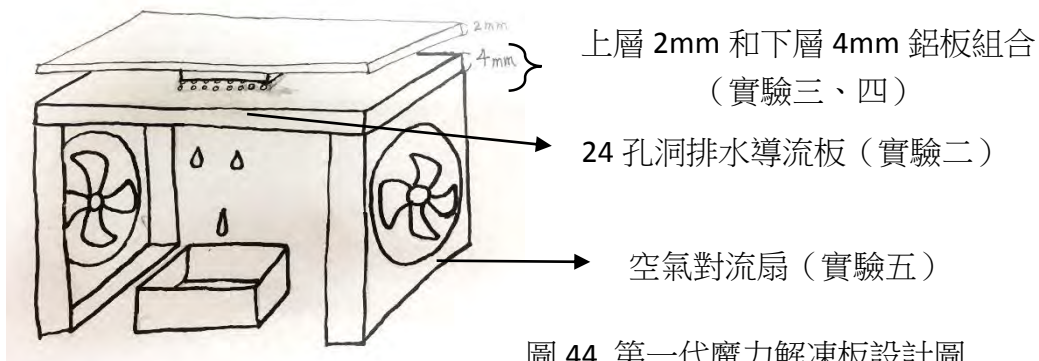


圖 44 第一代魔力解凍板設計圖

我們自製的魔力解凍板是否優於市售解凍板？因此我們進行解凍速度和價格比較。

(一) 實驗步驟

操作變因	市售解凍板宣稱效果、魔力解凍板
控制變因	室內溫度(20.5°C)、豬排大小(18.4cm*8.5cm*1.5cm)、豬排重量(137.2g)、肉塊初始表面溫度、測量方式
應變變因	豬排完全解凍的時間

準備工作：將市售解凍板宣稱解凍豬排的資訊彙整成表，準備大小、重量相近豬排

和室溫控制，降低彼此差異，以能進行解凍板解凍效率的相對性比較。

1. 選擇豬排時，務使接近彙整表中的豬排數據，並進行大小及重量測量。
2. 將冷凍豬排放在盤子上採自然法解凍並測時間 (如圖 45、46、47、48、49)。
3. 冷凍豬排置於魔力解凍板上，測量解凍所需時間(如圖 50、51、52、53、54)



(二) 研究發現

1. 實驗數據

彙整市售解凍板宣稱的資訊和影響解凍的變因，以利與魔力解凍板進行比較。

表十一 市售解凍板和魔力解凍板比較

品牌	室溫	鋁板大小	豬排	宣稱解凍效果 自然解凍→解凍板解凍

A 牌	24 °C	365*250*25(mm)	18.3*8.7*1.5(cm)	135g	50 分鐘→20~25 分鐘
B 牌	22 °C	300*210*20(mm)	18*8.3*1.5(cm)	137g	45 分鐘→20~25 分鐘
C 牌	並無使用冷凍食材測試，僅宣稱為三倍解凍效果				
D 牌	21 °C	300*180*板厚 4(mm)	19*8*1.5 (cm)	137g	100 分鐘→30 分鐘
E 牌	25 °C	300*210*10(mm)	19*8.8*1.5(cm)	150g	45 分鐘→20~25 分鐘

第一代魔力解凍板	19°C	上層 150*150*2(mm) 下層 150*150*4(mm)	18.4*8.5*1.5(cm)	137.2g	100 分鐘 35 秒 → 11 分鐘 53 秒 8.5 倍
----------	------	--	------------------	--------	---

2. 研究結果與發現

- (1) 魔力解凍板同時運用熱傳導和熱對流原理，導流解凍後肉品、海鮮的水灘，更增加冷凍食品與鋁板接觸面積。經實驗證明，室溫 19°C 低於市售解凍板，但魔力解凍板的解凍速度遙遙領先市售的解凍板。
- (2) 鋁板的大小會影響解凍速度，市售解凍板的尺寸大多與砧板差不多大，放置在廚房內太佔空間，而魔力解凍板長寬僅 15cm，擺放和收納極為方便。
- (3) 自然解凍後的豬排經紅外線測溫槍測得 6.1°C，用測溫計插入豬排測量厚度中心溫度為 4°C；魔力解凍板解凍後的豬排經紅外線測溫槍測得 7.8°C，用測溫計插入豬排測得厚度中心溫度為 8.2°C，表示自然解凍是由表面至裡層解凍，裡外解凍速度不均勻，而使用魔力解凍板導熱，使豬排裡外均勻解凍。
- (4) 室溫的高低、豬排的尺寸(接觸面積)都是影響解凍速度的因素，但部分品牌未標示清楚，讓消費者難以比較。

七、改良第一代魔力解凍板之解凍效能影響

第一代魔力解凍板利用風扇進行空氣對流使解凍效果再升級，但風扇轉動需靠電池供給 12V 的電力，電池電力用盡後即丟棄，對環境造成汙染，因此進一步研究改良。

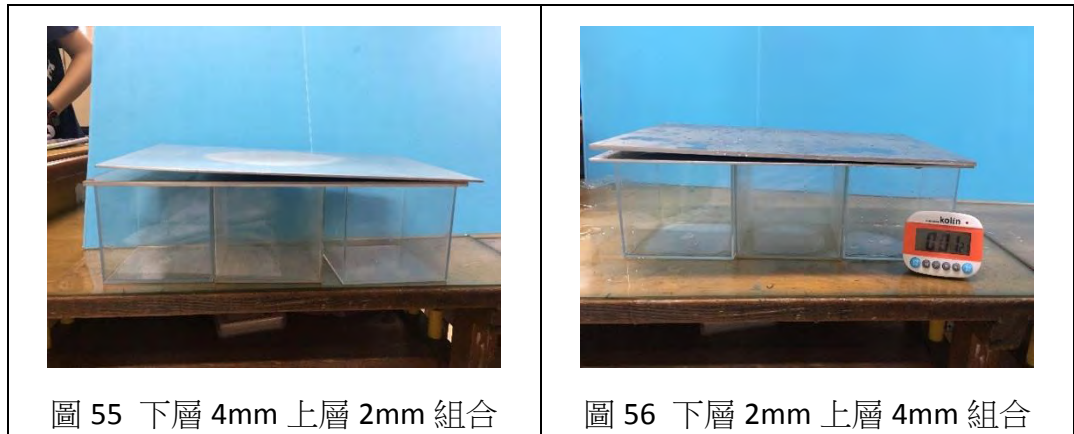
- (一) 探討鋁板上下層位置改變對解凍的影響。(實驗四進階)

在實驗四增加冰塊與鋁板接觸面積中，發現鋁板厚度下層 4mm 上層 2mm 時，

是最佳的鋁板組合，可使解凍速度再提升，作為第一代魔力解凍板設計。但下層厚度>上層厚度，就是最佳的解凍方式嗎？於是我們進一步作探討。

1. 實驗步驟

- (1) 在最佳鋁板組合（2mm 和 4mm）中，進行上、下層鋁板配對 (圖 55、56)。
- (2) 室溫 24°C，計時器測定兩種鋁板組合，冰塊(8cm*4cm*1cm)解凍所需時間。



2. 研究發現

(1) 實驗數據

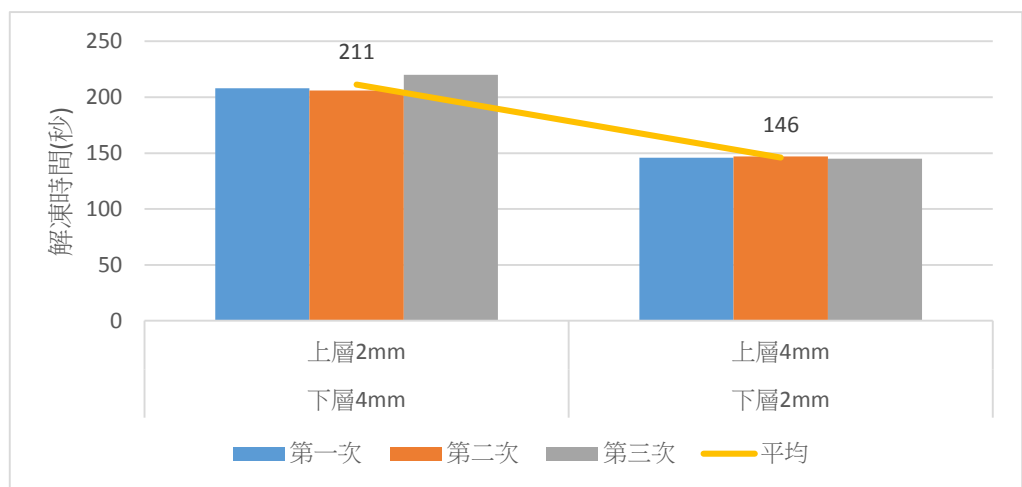


圖 57 上下層鋁板位置改變對冰塊解凍時間之比較圖

以自然解凍時間作為基準，透過解凍時間的比值，比較鋁板上下層位置改變，解凍速度的差異情形，獲得最佳解凍法。

表十二 鋁板上下層位置改變之解凍速度情形統計

	平均解凍時間 (秒)	解凍速度	最佳解凍法
自然解凍	3600 秒	1 倍	

下層 4mm 上層 2mm	211 秒	17 倍	
下層 2mm 上層 4mm	146 秒	24.6 倍	◎

(2) 研究結果與發現

在相同厚度、重量的組合下，改變上下層厚度位置，使下層厚度>上層厚度，發現下層 2mm 上層 4mm 的解凍速度可加快 24.6 倍，遠遠優於第一代魔力解凍板的設計。

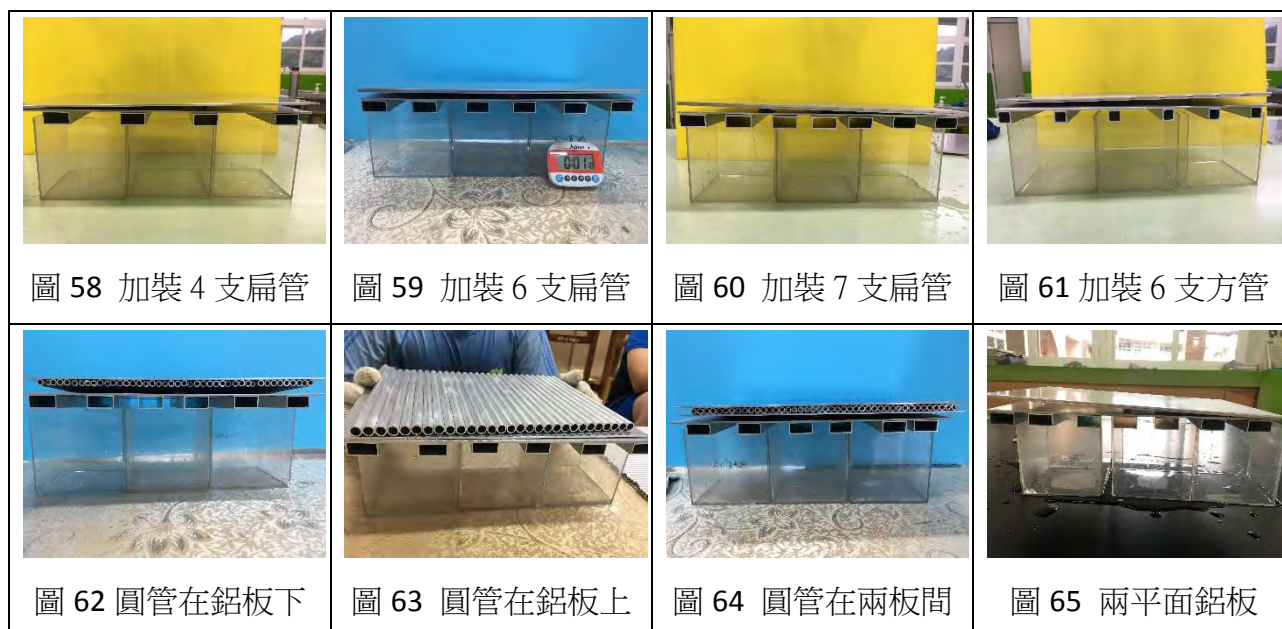
(二) 分析鋁扁管與空氣接觸面積以達風扇對流之解凍速度。(實驗五進階)

為解決風扇使用電池汙染環境問題，[參考散熱鰭片和綠建築中的竹子中空原理](#)，增加鋁板與空氣接觸面積的對流裝置，尋求取代運用風扇產生對流的方式。

1. 實驗步驟

(1) 室溫 24°C，下層鋁板下方加裝方、扁管，依序 3、4、5、6、7 支，分別測量冰塊解凍所需時間 (如圖 58、59、60、61)。

(2) 確認下層鋁板加裝 6 支扁管可取代風扇解凍成效。上層鋁板加裝 43 支圓管，改變鋁板和圓管間的位置，分別測量冰塊(8cm*4cm*1cm)解凍所需時間 (如圖 62、63、64、65)。



2. 研究發現

(1) 實驗數據

■ 解凍板下層

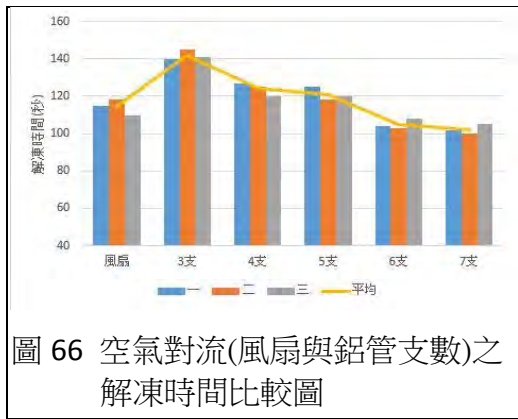


圖 66 空氣對流(風扇與鋁管支數)之解凍時間比較圖

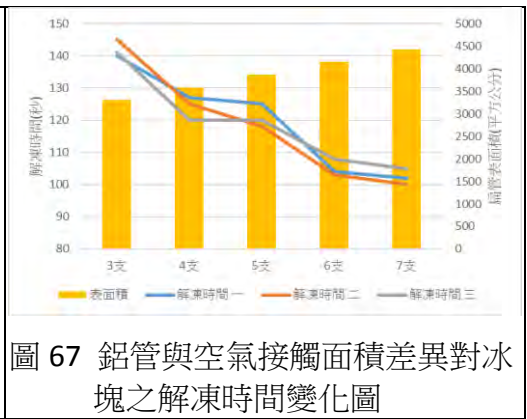


圖 67 鋁管與空氣接觸面積差異對冰塊之解凍時間變化圖

■ 解凍板上層

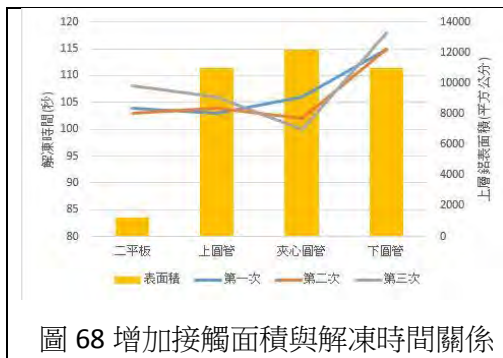


圖 68 增加接觸面積與解凍時間關係

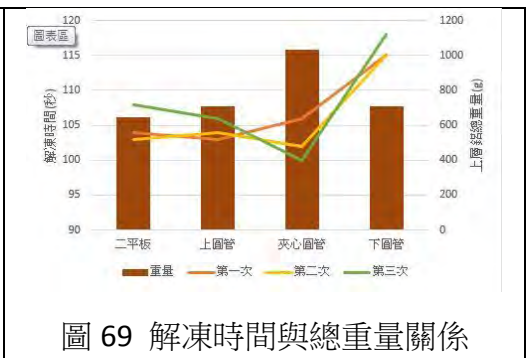


圖 69 解凍時間與總重量關係

解凍板下層鋁扁管接觸面積增加對冰塊解凍時間快慢排序，鋁扁管 7 支>6 支>風扇>5 支>4 支>3 支。

表十三 鋁扁管接觸面積差異與風扇運用與冰塊解凍時間關係

		3 支	4 支	5 支	風扇	6 支	7 支
解凍時間(秒)	第一次	140	127	115	125	104	102
	第二次	145	125	118	118	103	100
	第三次	141	120	110	120	108	105
表面積(cm ²)		3304.2	3585.6	3867	/	4148.4	4429.8
體積(cm ³)		402	416	430		444	458
重量(g)		1080	1117.5	1155		1192.5	1230
最佳解凍法						◎	

解凍板上層改變圓管與鋁板間位置，使其增加冰塊接觸面積或是空氣面積對冰塊解凍時間快慢排序， $\text{〰} = \text{〇〇〇〇} = \text{〇〇〇〇} < \text{〇〇〇〇}$ 。

表十四 圓管接觸面積差異與冰塊解凍時間關係

		〰	〇〇〇〇	〇〇〇〇	〇〇〇〇
	第一次	104	103	106	115

解凍時間(秒)	第二次	103	104	102	115
	第三次	108	106	100	118
表面積(cm ²)		1240	10990	12210	10990
重量(g)		645	708.5	1031	708.5
最佳解凍法		◎			

(2) 研究結果與發現

- 下層鋁板加裝鋁扁管後，增加熱的傳導與對流，使得鋁扁管達六支時，解凍時間降至約 104 秒，優於風扇的 114 秒，故第二代魔力解凍板改以六支鋁扁管取代第一代魔力解凍板的風扇設計。
- 從上層鋁板的不同設計中，增加熱的傳導與對流，就解凍時間無明顯差異 (== =○○○○○ =○○○○○)，但在鋁圓管設計上，表面積和重量則增加許多，故上層鋁板設計仍以 4mm 鋁板較佳。

(三) 探討導流孔洞數量和位置對解凍的影響。(實驗三進階)

魔力解凍板第二代為 20cm*30cm，而第一代僅有 15cm*15cm，相較之下，板面大了許多，因此孔洞數量和位置需平均分散在鋁板上，但令我們感到好奇的是孔洞多寡是否會影響冰塊解凍速度，故在此實驗探究。

1. 實驗步驟

- (1) 利用鑽孔機在鋁板上鑽孔，以能順利進行解凍排水 (如圖 70)。
- (2) 製作兩種下層孔洞鋁板：110 洞和 66 洞，鋁板下方皆有六支扁管。室溫 24°C，分別測量冰塊(8cm*4cm*1cm)解凍所需時間 (如圖 71、72)。



圖 70 利用鑽孔機鑽孔洞



圖 71 110 孔洞排水導流板



圖 72 66 孔洞排水導流板

2. 研究發現

(1) 實驗數據

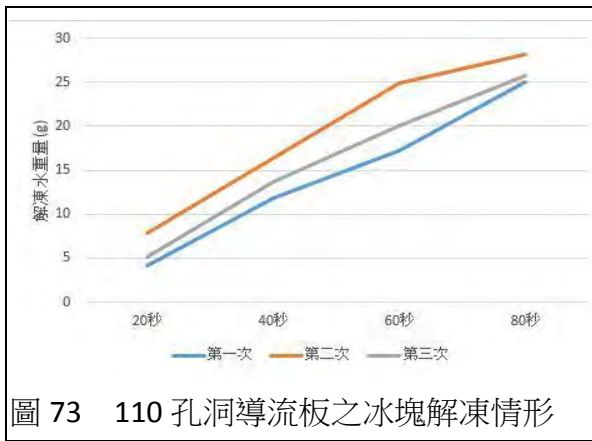


圖 73 110 孔洞導流板之冰塊解凍情形

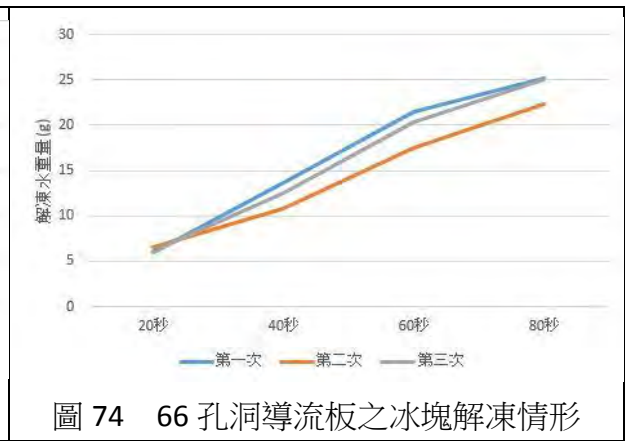


圖 74 66 孔洞導流板之冰塊解凍情形

孔洞導流鋁板可透過導流出的解凍水重量來判斷冰塊解凍時間。

表十五 不同數量孔洞導流板之解凍時間

解凍時間(秒)	第一次	第二次	第三次
110 孔洞導流鋁板	87 秒	73 秒	81 秒
66 孔洞導流鋁板	86 秒	85 秒	85 秒

(2) 研究結果與發現

- 導流鋁板上的孔洞數量雖有明顯差異，但經實驗發現，孔洞位置和數量不同，並不會影響解凍速度。
- 未有孔洞設計的鋁板解凍速度是自然解凍的 24.6 倍，有孔洞設計的導流板解凍速度提升為 30 倍，下層鋁板再加裝 6 扁管解凍速度提升為 42 倍。
- 室溫 24°C，使用第一代魔力解凍板進行解凍冰塊(8cm*4cm*1cm，28g)，解凍速度比自然解凍快 20.9 倍，但第二代魔力解凍板解凍速度快 42 倍。

表十六 第一代魔力解凍板解凍速度成長情形

第一代魔力解凍板	自然解凍	2mm	4mm	上層2mm下層4mm	上下層+24洞排水	上下層+排水+風扇
平均解凍時間(秒)	3600	729	631	273	202	172
解凍速度	1倍	4.9倍	5.7倍	13.2倍	17.8倍	20.9倍

表十七 第二代魔力解凍板解凍速度成長情形

第二代魔力解凍板	自然解凍	2mm	4mm	上層4mm下層2mm	上下層+110洞排水	上下層+排水+鋁扁管
平均解凍時間(秒)	3600	472	253	146	120	85
解凍速度	1倍	7.6倍	14.2倍	24.6倍	30倍	42.3倍

(四) 探討第二代魔力解凍板對冷凍肉品之解凍效能

綜合研究目的七之實驗結果，第二代魔力解凍板如圖所示，與第一代魔力解凍板相較，解凍成效經改良後又兼具環保意識，其解凍速度如何？

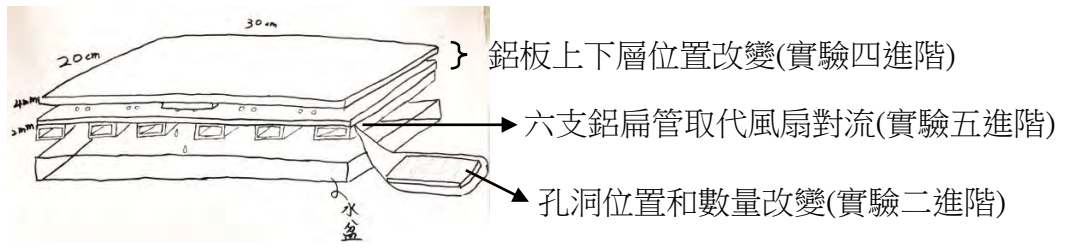


圖 75 第二代魔力解凍板設計圖

1. 實驗步驟

室溫 24°C，將冷凍豬排放置在第二代魔力解凍板上方，以計時器測定豬排解凍所需時間 (如圖 76、77、78、79、80)。



圖 76 豬排初始表面溫度為-16°C



圖 77 第二代魔力解凍板雛形



圖 78 豬排厚度中心溫度 7.8°C



圖 79 豬排解凍後溫度 12°C



圖 80 豬排完成解凍 血水排出

2. 研究發現

(1) 實驗數據

選擇冰塊接觸面積和重量相同、里肌豬排的肉質、大小、厚度和重量相近，進行魔力解凍板第一、二代解凍速度比較。

表十八 第一、二代魔力解凍板比較

	室溫	鋁板	解凍物	解凍效果 自然解凍→解凍板解凍	價格
第一代	24°C	上層 150*150*2(mm) 下層 150*150*4(mm)	冰塊 4*2*1(cm) 5g	43 分鐘 7 秒 → 46 秒 比自然解凍 快 56 倍	644 元
		鋁面 24 孔洞排水	豬排 18.4*8.5*1.5(cm) 137.2g	85 分鐘 32 秒 → 10 分鐘 12 秒	
		風扇 對流		比自然解凍 快 8.3 倍	

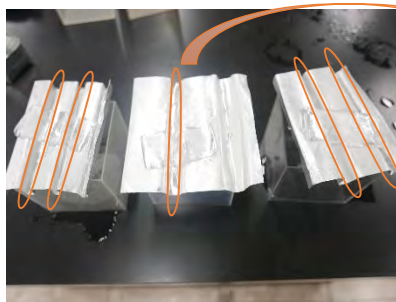
第二代	24°C	上層 300*200*4(mm) 下層 300*200*2(mm)	冰塊	4*2*1(cm) 5g	43 分鐘 7 秒 → 28 秒 比自然解凍快 92 倍	552 元
		鋁面 110 孔洞排水	豬排	18.2*8.6*1.5(cm) 137.3g	85 分鐘 32 秒 →	
		六支鋁扁管 傳導、對流			7 分鐘 27 秒 比自然解凍快 11.5 倍	

(2) 研究結果與發現

第二代魔力解凍板雖捨棄風扇的對流部分，但 6 支扁管的裝置設計，增加熱傳導和熱對流，並發現改變原設計的鋁板上、下層位置，使得冰塊的解凍速度由 56 倍提升為 92 倍；肉排的解凍速度由 8.3 倍提升為 11.5 倍。

柒、 討論

- 一、探究鋁板熱傳導的解凍速度時，我們不知道應該使用實際冷凍食品還是冰塊做為研究對象。經過我們討論有了共識，為了讓實驗結果更準確，多項變因需控制，還需將實驗結果數據化，才能進行進一步的分析和解釋，因此研究對象採用冰塊，無論大小、重量和與鋁板的接觸面積，都能以量化方式準確控制。
- 二、溫溼度是影響實驗結果的重要變因，因此需列為控制變因，但恆濕恆溫的環境或設備難尋，經討論決定同組實驗同時間開始，以能進行組內解凍時間比較，組間進行三次實驗的趨勢性對照。
- 三、研究目的二探討鋁板的排水效能與解凍速度的關係。從研究結果發現，24 孔洞的導流鋁板解凍冰塊的速度最優，因能兼具導流和冰塊與鋁板的接觸面積最大化兩項優點。2cm 城垛狀解凍速度優於 4cm 城垛狀的導流鋁板，在排水導流效果一樣好的情況下，4cm 城垛狀的導流鋁板與冰塊接觸面積最大，為什麼解凍速度卻最差？這與我們假設不同，經過我們討論推測：



導流凹槽的設計有助於空氣對流，從冰塊橫跨的位置來看，2cm 和 3cm 城垛狀的導流鋁板有兩個導流凹槽，但 3cm 的其中一個凹槽已在冰塊邊緣，空氣對流影響力較小，而 4cm 的導流凹槽僅有一個，故冰塊解凍速度較慢。

因此需在空氣對流的實驗予以實證。

- 四、在上加下層鋁版的實驗當中，我們發現冰塊在融解的過程中會滑動而造成實驗誤差或不

易進行，因此我們嘗試了找到增加摩擦力而又可作為控制誤差的方法。我們在冰塊下方放置一塊邊長 5mm 的單層紗布，果然止滑效果顯著並且不致影響解凍時間。這是我們在實驗過程中遇到的困難與解決方法。

五、在研究目的五中，探討加強鋁板與空氣產生的對流強弱是否會影響冰塊解凍速度。我們討論風扇位置，擺放上方與側邊擔憂食品風味與衛生問題，所以決定放置鋁板下方，作為控制變因，而將風扇連接可變電阻，進行風力(強/弱、單/雙)和風向(同向/對吹)對冰塊解凍速度影響的實驗。

六、我們綜合研究目的一至五的實驗結果，自製出第一代魔力解凍板，與市售解凍板比較解凍豬排速度，遙遙領先。唯美中不足處是我們運用風扇形成熱對流，風扇中的電池耗材對環境易造成汙染，因此我們進一步討論，反覆實驗修正，自製出第二代魔力解凍板，使用六支扁管取代風扇，鋁板組合經改良，解凍速度再升級。

七、魔力解凍板的抗菌性亦是我們考量，鋁的金屬離子被證實具有抗菌性(ITIS 產業評析專欄)，也可透過陽極處理形成抗菌性氧化鋁膜，因此若要使魔力解凍板在解凍冷凍食品上安全無虞，建議未來可以透過陽極處理形成抗菌性氧化鋁膜，以使此產品更為完美。

捌、 結論

- 一、鋁板厚度會影響熱的傳導速度，鋁板厚度至少需達 2mm 以上，才有較佳的解凍效果。但隨著鋁板厚度增加，解凍速度趨緩，除非增加的厚度需到 2 倍或 2.5 倍，解凍速度才明顯增加。若只顧及解凍速度而不斷增厚鋁板，此產品的便利性將大打折扣。
- 二、24 孔洞的導流鋁板能兼顧排除冰塊融化的水，以及鋁板與冰塊接觸面積最大化，因此解凍速度優於其他形狀的導流鋁板。
- 三、導流凹槽的設計除了可排除解凍水阻隔冰塊與鋁板間的熱傳導問題，也提供鋁板進行熱對流，因此城垛 2cm 導流板的解凍速度優於較大面積接觸冰塊的城垛 4cm。熱傳導和熱對流間如何達到解凍速度的最大化，可作為後續研究。
- 四、增加冰塊與鋁板的接觸面積可以使冰塊解凍速度加快，但單層鋁板厚度至少需達 2mm。
- 五、第一代魔力解凍板在鋁板下方加裝雙扇，以強風方式對吹，能使 24 孔洞和城垛 2cm 的導流鋁板、上層 2mm 下層 2mm 的鋁板組在解凍速度上再增 2~2.3 倍。第二代魔力解凍

板在鋁板下方加裝六支扁管，與使用風扇相比較，解凍速度可從 1.26 倍提升至 1.5 倍。

六、第一、二代魔力解凍板同時運用熱傳導和熱對流原理，導流解凍後食材的水灘，更增加與鋁板接觸面積。在室溫 24°C、重量和接觸面積條件一致下，和自然解凍比較情形：

	市售解凍板宣稱	第一代魔力解凍板	第二代魔力解凍板
冰塊(5g)	快 10 至 12 倍	快 56 倍	快 92 倍
豬排	快 2 至 3 倍	快 8.3 倍	快 11.5 倍

七、市售解凍板平均售價為 2259 元，其真正解凍成效是否等同宣稱效果，不得而知。自製

「魔力解凍板」所需成本不高，第一代需 644 元，第二代需 552 元，都能達到驚人的解凍效果，CP 值非常高。

(一) 第一代魔力解凍板

品項	2mm 鋁板 15×15(cm)	電池座 9V	3 號電池座	12V 電扇	可變電阻
數量和價格	130*3=390	18*2=36	14*2=28	85*2=170	10*2=20

(二) 第二代魔力解凍板

品項	2mm 鋁板 20×30(cm)	鋁扁管
數量和價格	160*3=480	12*6=72

玖、參考資料及其他

一、鋁材的分類及牌號表示方法(取自：[https://big5news.cnal.com/2010/09-](https://big5news.cnal.com/2010/09-28/1285643837196565.shtml)

[28/1285643837196565.shtml](https://big5news.cnal.com/2010/09-28/1285643837196565.shtml))。

二、廚房解凍神器，飛機引擎散熱原理，不用水不用電快速解凍各種食材(取自：

<https://kknews.cc/zh-tw/home/jrbbqje.html>)。

三、蘇明德(民 107)。鋁的自述。科學發展，546，59-68。

四、姜志忠、洪連輝(民 98)。科學 Online 熱傳導 (取自：

<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=2747>)。

五、自然與生活科技－六上第二單元：熱對物質的影響，康軒出版社。

六、自然與生活科技－四下第四單元：奇妙的電路，康軒出版社。

【評語】 082910

該作品從生活中的冷凍食品解凍問題了解物體熱傳導之物理行為，同時藉由金屬加工設計了解熱對流提升方式解決生活食品解凍問題，符合生活與應用科學。其中值得一提的是運用熱傳導和熱對流原理，系統性探討鋁板厚度、排水導流、接觸面積、風扇強制對流、集熱鰭片等變因的影響，逐步改良自製解凍板的設計，並勇於與市售解凍板比較效能。實驗設計有條有理，論理清晰，研究架構完整。整體來看，從市售產品的原理和功能作為研究主題的發想，成功設計出具有效能且價格低廉的作品。測試過程能清楚辨識各種變因，最終找到最佳效能的設計，研究結果具有實用性。

作品海報



本研究使用鋁板探究快速解凍法。利用熱傳導，嘗試排水導流和增加接觸面積；利用熱對流，使板面立體或加裝風扇，增加空氣對流，自製出第一代魔力解凍板，而後改良研發第二代魔力解凍板成為綠色環保產品。我們發現：

- 一、鋁板厚度達2mm時，解凍速度可增加5~10倍，但持續加厚解凍速度卻趨緩。
- 二、「孔洞導流鋁板」兼具排水與接觸面積的優點，且解凍速度更佳。
- 三、「增加冰塊與鋁板的接觸面積」及使用「上層4mm下層2mm的鋁板組合」，讓解凍速度較單層鋁板快2.3倍。
- 四、第二代解凍板使用鋁扁管的效果與第一代解凍板使用風扇的解凍效果相當。
- 五、第二代解凍板解凍豬排的速度優於市售解凍板，較自然解凍快11.5倍，低於平均市售價格達1707元。

壹 研究動機

現在市售解凍板多運用鋁合金的導熱性設計，解凍食材的速度雖然比自然解凍快，但宣稱的解凍效果也有極大差異，價格更從數百元到數千元，讓人難以判斷，也無法解決燃眉之急！巧婦難為無食材之炊，希望運用我們自製的「魔力解凍板」，能解決忙碌上班族忘了解凍食品的窘境。我們希望運用熱的傳播方式來研究鋁板達快速解凍的各種可能性：在熱傳導上，嘗試增加鋁板厚度，並設計鋁板立體排水和增加冰塊與鋁板的接觸面積，充分發揮傳導功效；在熱對流上，市售解凍板並未考量，因此嘗試增加鋁板的對流設計和加裝簡易風扇的新構想，希望讓「魔力解凍板」的解凍效能再升級。

◎與課程相關單元：

【六年級康軒版】第二單元 熱對物質的影響、【四年級康軒版】第四單元 奇妙的電路

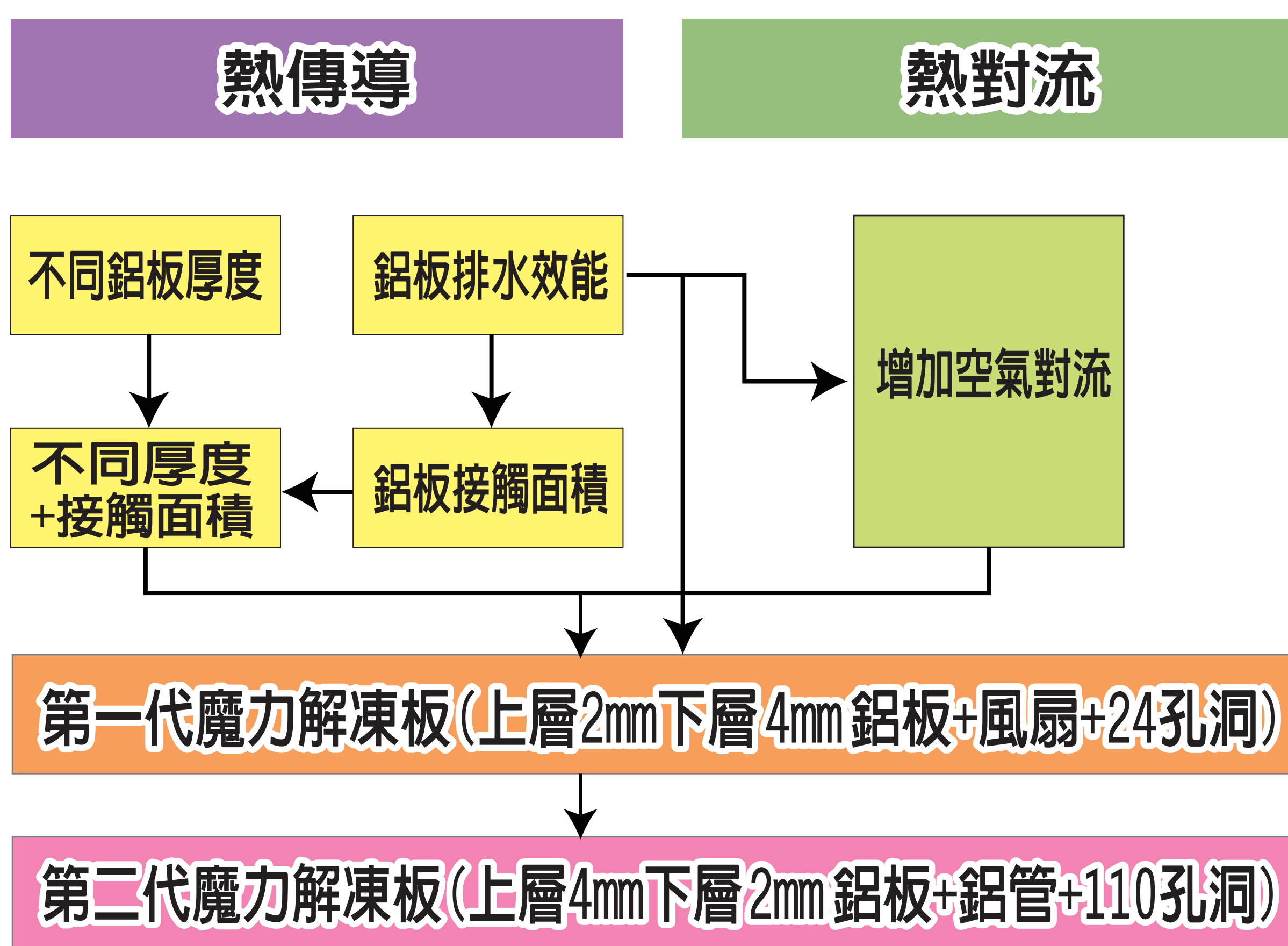
貳 研究目的

- 一、探討不同厚度鋁板對冰塊解凍速度的影響。
- 二、探討鋁板的排水效能與解凍速度的關係。
 - (一) 比較不同形狀的導流鋁板影響冰塊解凍之快慢情形。
 - (二) 比較不同形狀的導流鋁板影響肉塊解凍之快慢情形。
- 三、探討冰塊與鋁板的接觸面積增加對解凍速度的影響。
- 四、比較不同厚度鋁板與接觸面積增加對冰塊解凍之快慢情形。
- 五、探討鋁板與空氣產生對流強弱對冰塊解凍速度的影響。
 - (一) 鋁板下方增加對流板設計加強空氣對流是否影響冰塊解凍速度。
 - (二) 鋁板下方裝置風扇加強空氣對流是否影響冰塊解凍速度。
- 六、研究自製第一代魔力解凍板對冷凍肉品之解凍效能。
- 七、改良第一代魔力解凍板之解凍效能影響。
 - (一) 探討鋁板上下層位置改變對解凍的影響。(實驗四進階)
 - (二) 分析鋁扁管與空氣接觸面積以達風扇對流之解凍速度。(實驗五進階)
 - (三) 探討導流孔洞數量和位置對解凍的影響。(實驗三進階)
 - (四) 探討第二代魔力解凍板對冷凍肉品之解凍效能。

參 研究設備及器材

- 一、自製設備
風力調整扇、第一代、第二代魔力解凍板
- 二、實驗器材
紅外線測溫器、尺、碼錶、溫濕度計、測溫棒、製冰盒、架高盒、鋁管(方、扁、圓)、鋁板(15cmX15cm、30cmX20cm)、棉布手套、夾子、滴管。

肆 研究架構



伍 研究過程與結果

實驗一 探討不同厚度鋁板對冰塊解凍速度的影響

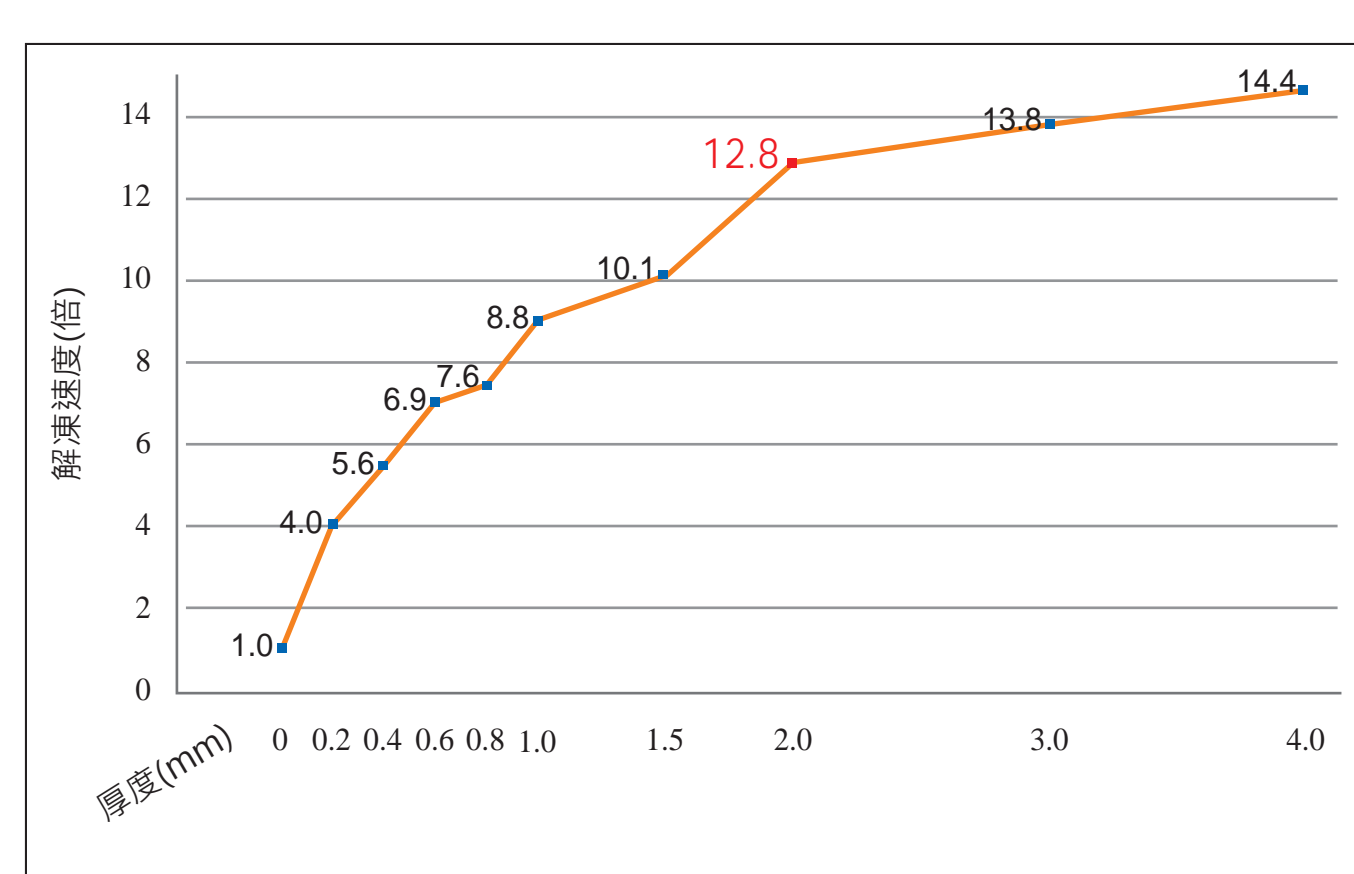
一、實驗步驟



冰塊(固態)完全解凍(液態)結束計時，透過時間差來比較解凍速度。

表一 不同厚度鋁板解凍情形

鋁板厚度	平均解凍時間(秒)	解凍速度(倍)
0mm	3605.3	1
0.2mm	865.7	4.2
0.4mm	646.7	5.6
0.6mm	520.7	6.9
0.8mm	476	7.6
1.0mm	414.7	8.8
1.5mm	337.3	10.1
2.0mm	280.7	12.8
3.0mm	261.3	13.8
4.0mm	251	14.4



圖一 不同厚度鋁板冰塊解凍速度

二、實驗結果與發現

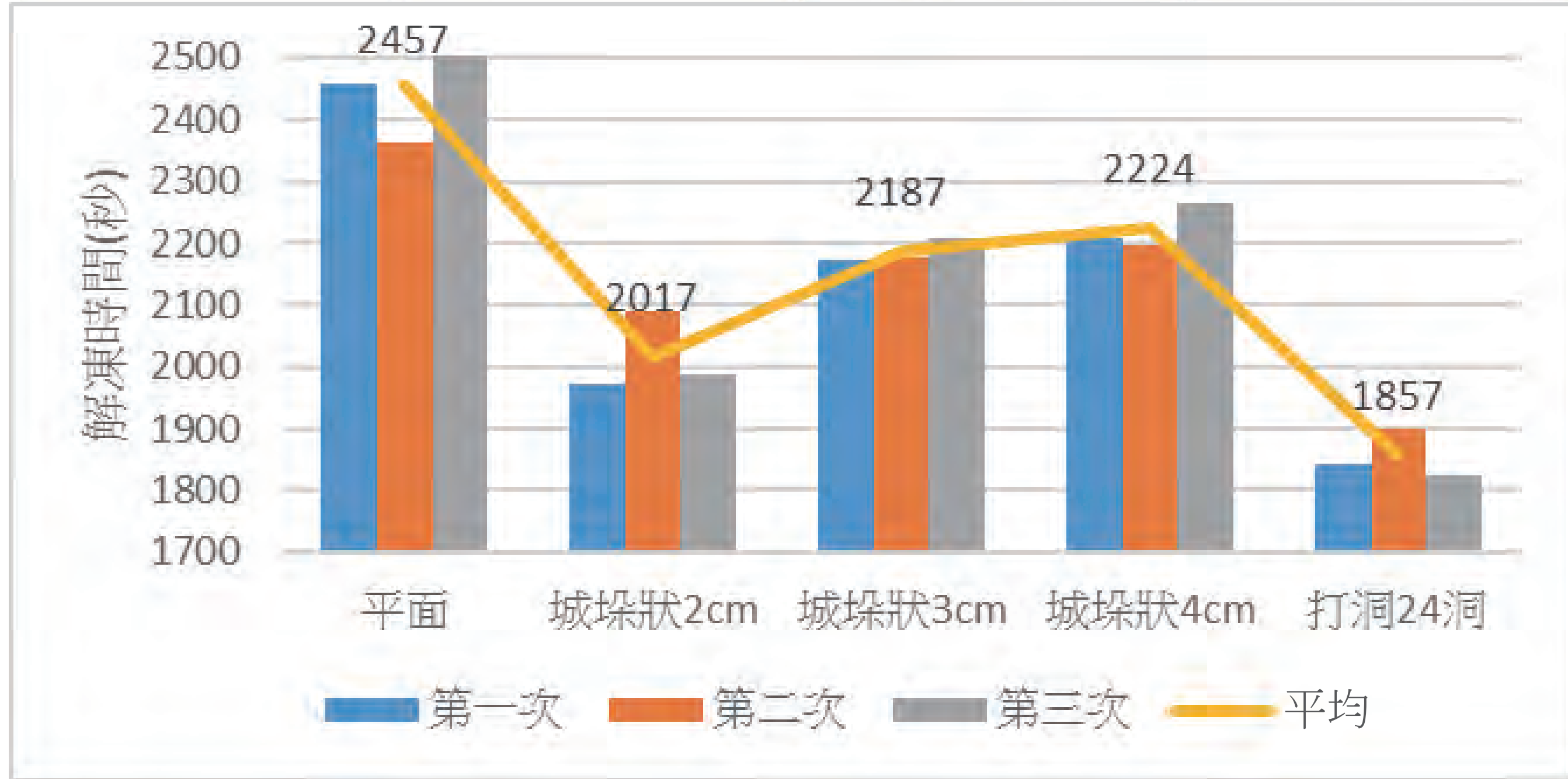
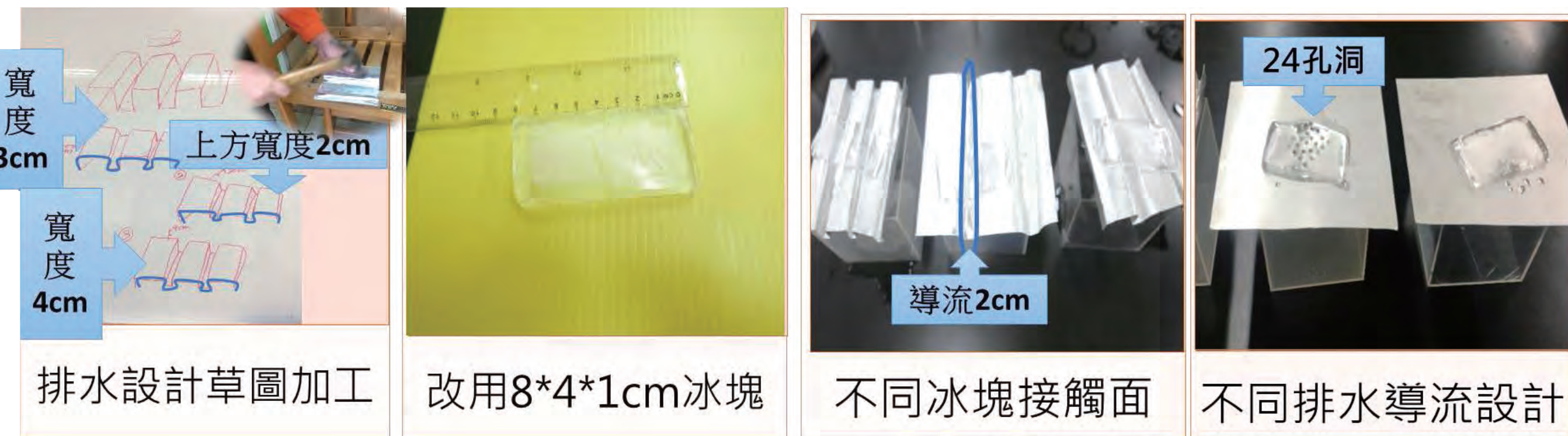
- (一) 厚度0.2mm至1mm的鋁板，解凍速度1.2至1.4倍，鋁板越厚，解凍速度越快。
 - (二) 厚度2mm後，鋁板厚度每增加1mm，解凍速度僅增0.6至1倍，呈現緩慢增加。
- 鋁板厚度至少需2mm，解凍速度較佳。

實驗二 探討鋁板的排水效能與解凍速度的關係

解凍時融化的水包覆食材，導致鋁板在熱傳導上受到阻隔，上方空氣無法順利對流，所以我們改變鋁板形狀，讓鋁板具有排水導流功能。

實驗2-1 比較不同形狀的導流鋁板影響冰塊解凍之快慢情形

一、實驗步驟



圖二 不同形狀導流鋁板影響冰塊解凍時間變化圖

實驗2-2 比較不同形狀的導流鋁板影響肉塊解凍之快慢情形

城垛狀排水鋁板會因冰塊解凍後縮小，最後滑落至解凍後欲排出的冰水凹槽裡，有影響解凍速度的疑慮。

一、實驗步驟



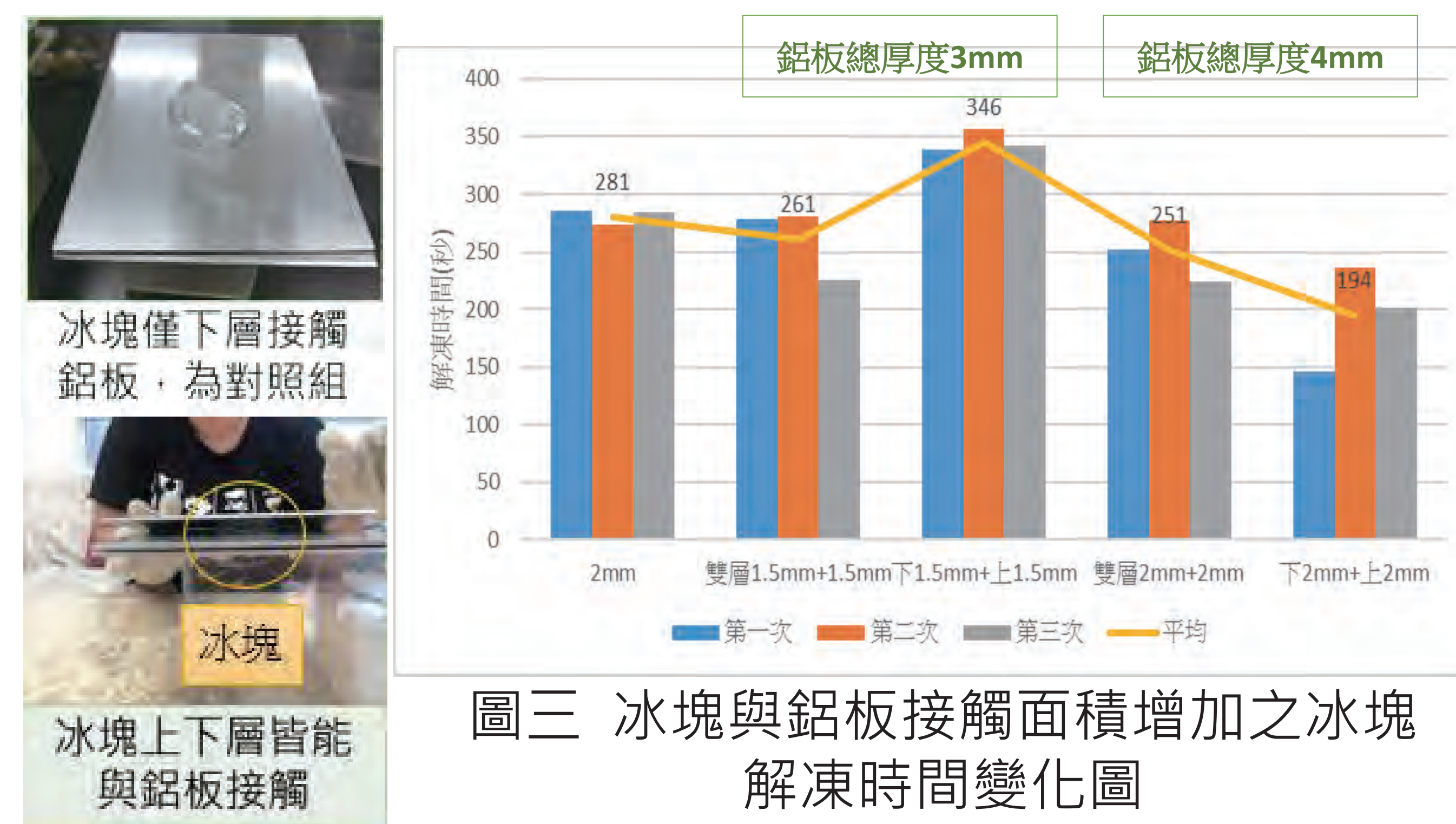
二、實驗結果與發現

- (一) 24孔洞的排水導流鋁板比自然解凍的解凍速度快2.3倍，而未有導流功能的鋁板的解凍速度僅1.7倍。
- (二) 解凍速度：城垛2cm > 3cm > 4cm導流板設計，但城垛4cm與冰塊接觸面積大，解凍速度與假設不符。

實驗三 探討冰塊與鋁板的接觸面積增加對解凍速度的影響

從實驗二發現，24孔洞的導流板解凍速度優於城垛2cm，在同樣具有排水功能的鋁板中，我們發現冰塊與鋁板接觸的面積有明顯差異，所以我們進一步探討接觸面積與解凍關係。

一、實驗步驟



圖三 冰塊與鋁板接觸面積增加之冰塊解凍時間變化圖

表二 接觸面積增加之冰塊解凍速度比較

鋁板位置 (與冰塊接觸面積)	解凍速度比較
	下層2mm+上層2mm > 下雙層2mm+2mm > 下 雙層1.5mm+1.5mm > 下層2mm > 下層1.5mm+上層1.5mm

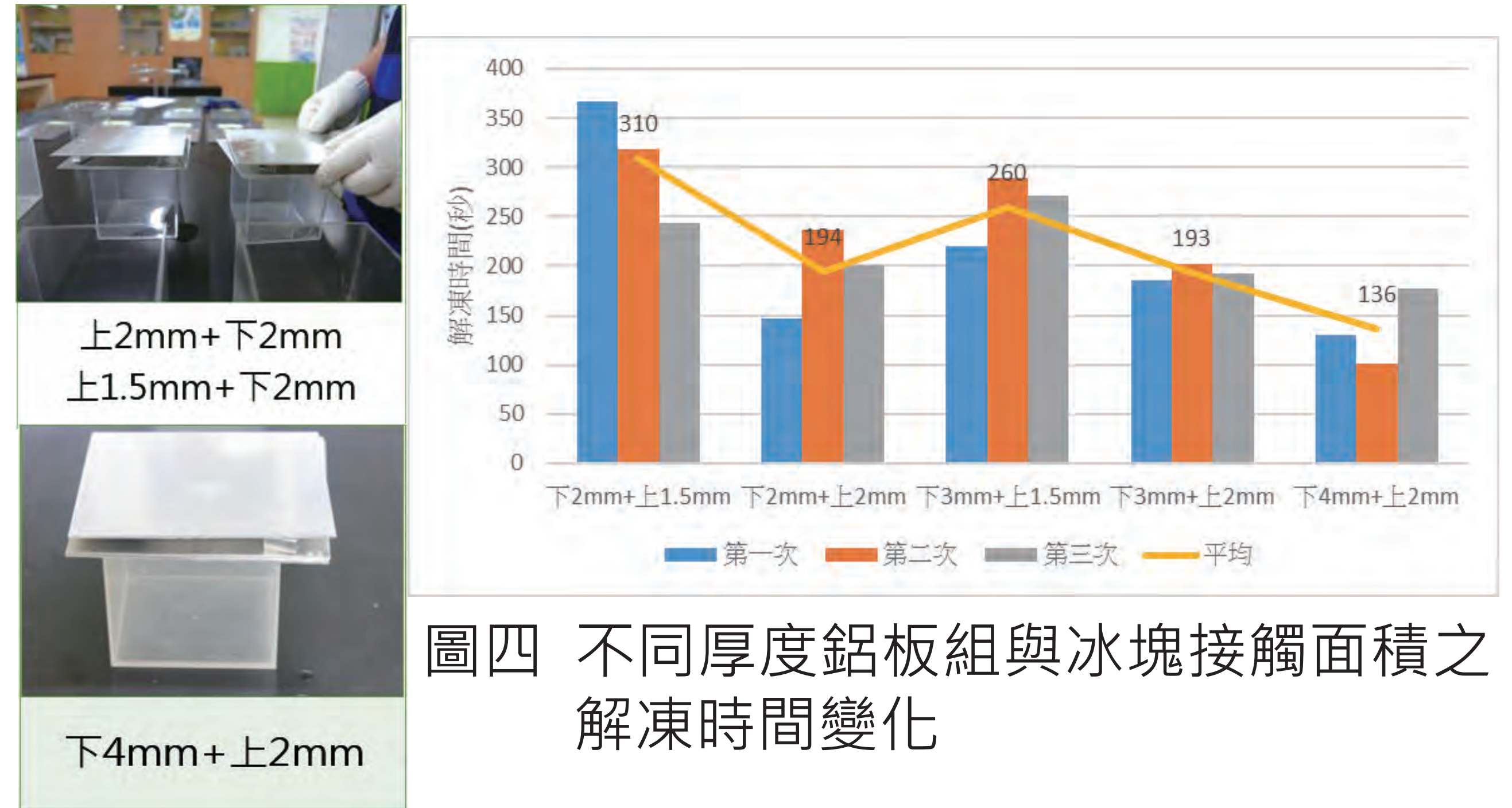
二、實驗結果與發現

- (一) 雖然增加冰塊與鋁板的接觸面積(下層1.5mm+上層1.5mm)，無法加快冰塊解凍。推測單層鋁板厚度至少需要2mm。

- (二) 鋁板厚度從2mm增加到4mm，解凍速度只從12.8倍，提升至14.4倍。但在總厚度(4mm)相同情況下，改以上層2mm+下層2mm的鋁板設計，解凍速度可提升至18.5倍。

實驗四 探討上下層不同厚度鋁板組合與冰塊解凍之關係

一、實驗步驟



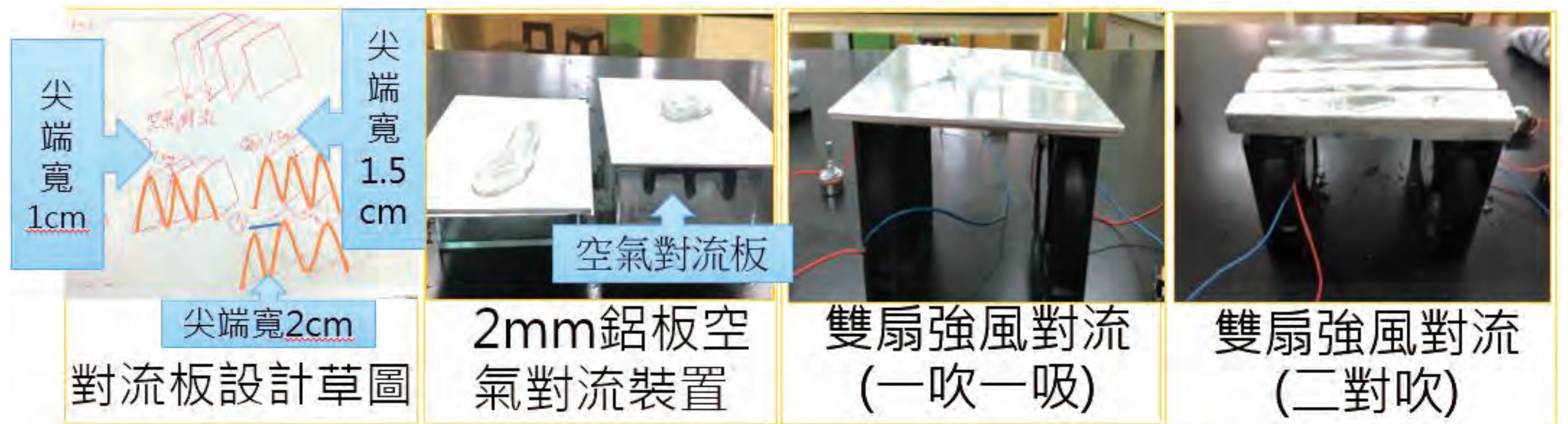
圖四 不同厚度鋁板組與冰塊接觸面積之解凍時間變化

二、實驗結果與發現

- 上層2mm+下層2mm的鋁板組合，解凍速度為18.5倍，當上層2mm+下層4mm鋁板組合時，解凍速度提升為26.5倍，達到最佳解凍效果。

實驗五 探討鋁板與空氣對流強弱對冰塊解凍速度的影響

一、實驗步驟



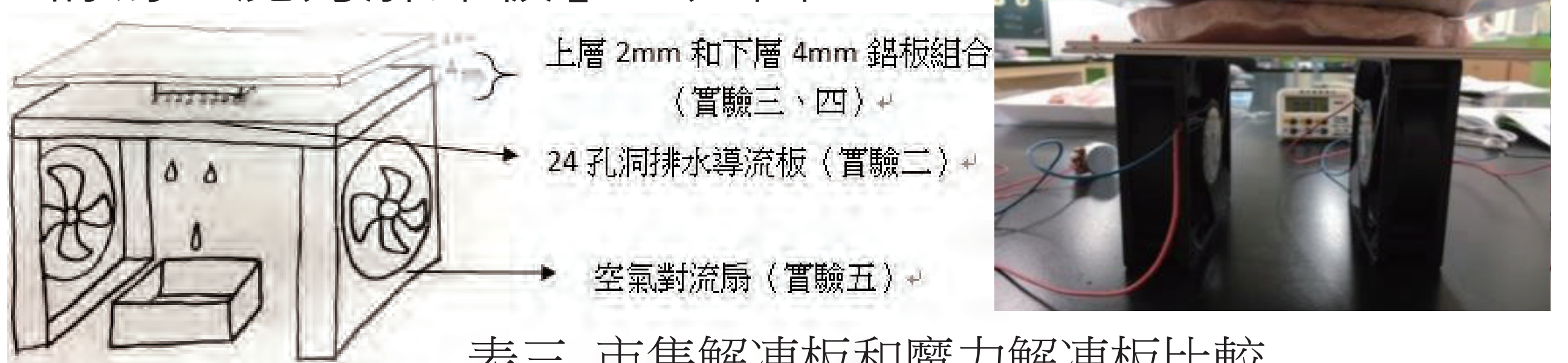
導流鋁板	24孔洞	單扇弱風	單扇強風	雙扇強風 (一吹一吸)	雙扇強風 (二對吹)
		無明顯	1.2倍	1.3倍	◎2倍
增加接觸面積	上層2mm 下層2mm	無明顯	◎2.3倍	1.9倍	1.4倍
	上層2mm 下層3mm	無明顯	1.3倍	◎1.4倍	◎1.4倍
鋁板下波浪設計	上層2mm 下層4mm	無明顯	1.2倍	◎1.4倍	◎1.4倍
	無明顯	無明顯	1.2倍	◎1.4倍	

二、實驗結果與發現

- (一) 風扇熱對流，24孔洞導流鋁板在解凍速度上與2cm城垛並駕齊驅，增加接觸面積上層2mm下層2mm的鋁板組，皆能加快解凍速度2~2.3倍。
- (二) 室溫19°C，使用第一代魔力解凍板解凍冰塊，比自然解凍快36倍。

實驗六 研究第一代魔力解凍板對冷凍肉品之解凍效能

根據實驗一至五，製出最佳解凍效能的解凍板，稱為「魔力解凍板」，如圖：



表三 市售解凍板和魔力解凍板比較

品牌	室溫	鋁板大小	豬排	宣稱解凍效果
A牌	24°C	365*250*25(mm)	18.3*8.7*1.5(cm)	135g 50分鐘→20~25分鐘
B牌	22°C	300*210*20(mm)	18*8.3*1.5(cm)	137g 45分鐘→20~25分鐘
C牌	並無使用冷凍食材測試，僅宣稱為三倍解凍效果			
D牌	21°C	300*180*板厚4(mm)	19*8*1.5 (cm)	137g 100分鐘→30分鐘
E牌	25°C	300*210*10(mm)	19*8.8*1.5 (cm)	150g 45分鐘→20~25分鐘
第一代魔力解凍板	19°C	上層150*150*2(mm) 下層150*150*4(mm)	18.4*8.5*1.5(cm)	137.2g 100分鐘35秒→11分鐘53秒 8.5倍

實驗結果與發現

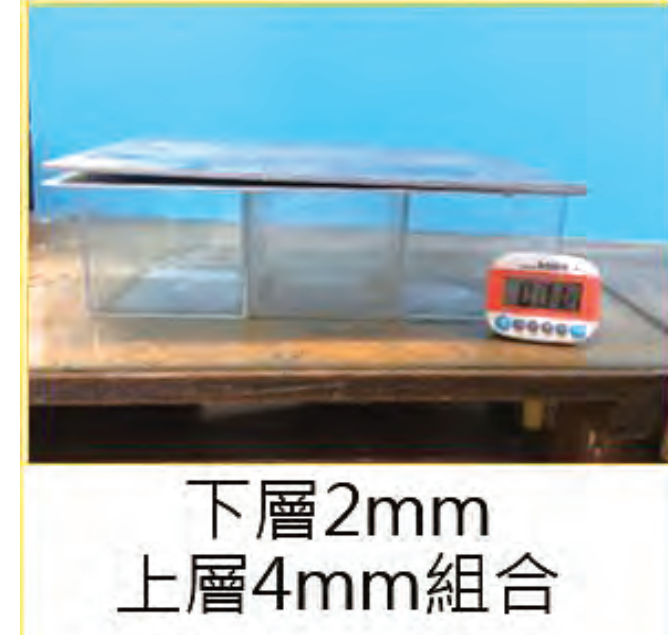
- (1) 使用魔力解凍板導熱，使豬排裡外均勻解凍。
- (2) 市售解凍板解凍速度僅比自然解凍快2~3倍。但第一代魔力解凍板解凍速度為8.5倍。

	豬排表面溫度	豬排厚度中心
自然解凍法	6.1°C	4°C
魔力解凍板	7.8°C	8.2°C

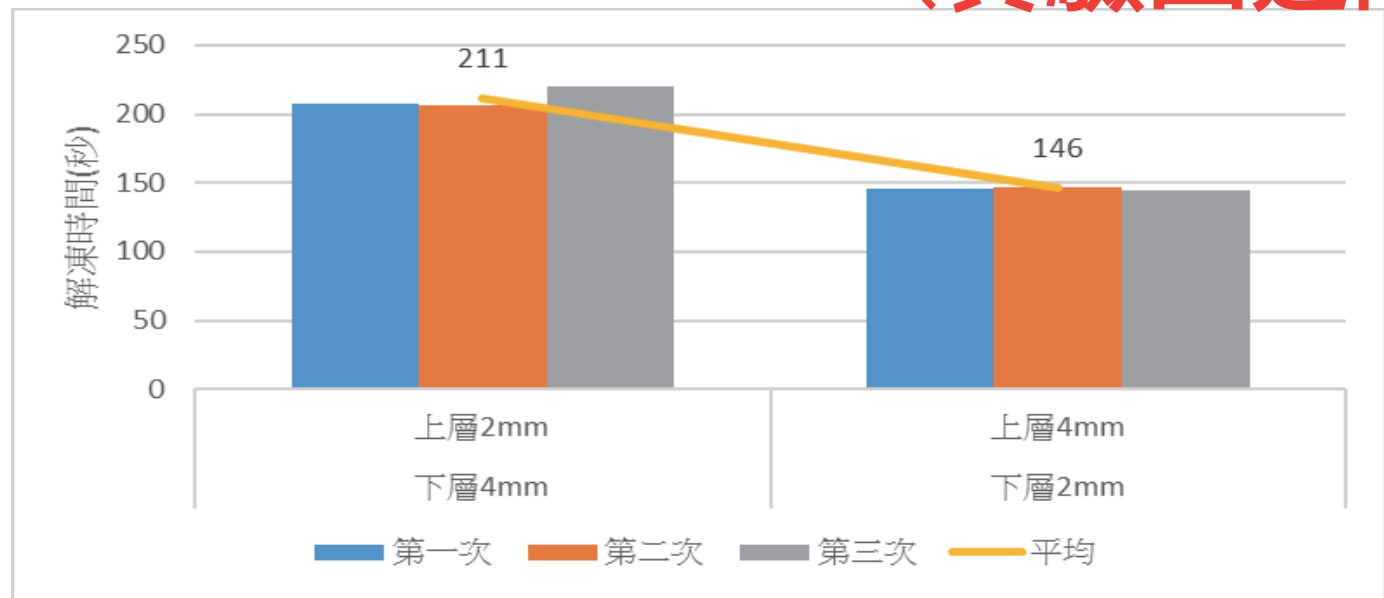
實驗七 改良第一代魔力解凍板之解凍效能影響

第一代魔力解凍板利用風扇對流使解凍效果再升級，但風扇需靠電池供給電力，電池電力用盡後丟棄，對環境造成汙染，因此想進一步改良。

實驗7-1 探討鋁板上下層位置改變對解凍的影響 (實驗四進階)



下層2mm
上層4mm組合



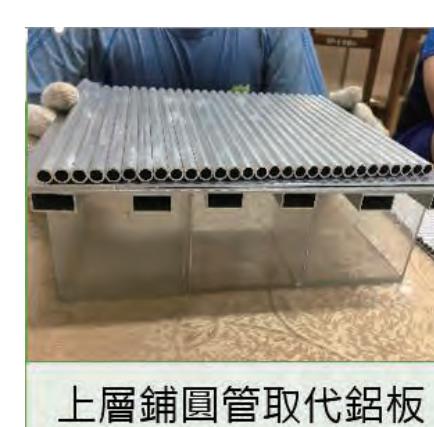
圖五 上下層鋁板位置改變對冰塊解凍時間之比較

二、實驗結果與發現

在相同厚度、重量的組合下，改變上下層厚度位置，發現下層2mm上層4mm的解凍速度可加快24.6倍，遠遠優於第一代魔力解凍板的設計。

實驗7-2 分析鋁扁管與空氣接觸面積以達風扇對流之解凍速度。 (實驗五進階)

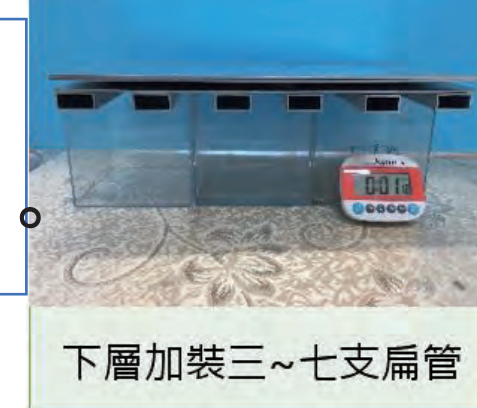
研究構想參考散熱鰭片和綠建築中的竹子中空原理，增加鋁板與空氣接觸面積的對流裝置。



上層改變圓管與鋁板間位置，增加冰塊或是空氣面積對冰塊解凍時間快慢排序，

—— = ○○○○ = ○○○○ < ○○○○。

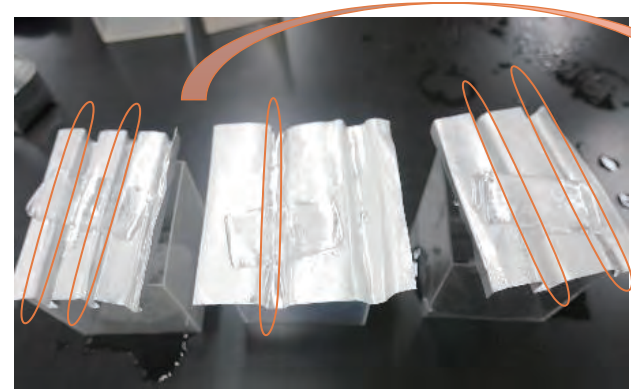
下層鋁扁管支數對冰塊解凍時間快慢排序，7支>6支>風扇>5支>4支>3支。



下層加裝三~七支扁管

陸 討論

- 一. 在文獻探究與討論中，整理出本研究之研究目的與欲探究問題，藉此運用理論研發魔力解凍板。
- 二. 我們應該使用實際冷凍食品還是冰塊做為研究對象？為讓變因控制，結果數據化分析和解釋，因此採用冰塊，無論大小、重量和與鋁板的接觸面積，都能以量化方式準確控制，使實驗結果準確。
- 三. 溫溼度是影響實驗結果的重要變因，需為控制變因，但恆濕恆溫的環境或設備難尋，經討論決定同組實驗同時間開始，以能進行組內解凍時間比較，組間進行三次實驗的趨勢性對照。
- 四. 4cm城垛狀的導流鋁板與冰塊接觸面積最大，解凍速度卻最差，這與我們假設不同，經過我們討論推測：



導流凹槽的設計有助於空氣對流。而在實驗五風扇對流中獲得驗證。

- 五. 在增加接觸面積的實驗中，冰塊融化會滑動而造成實驗誤差或不易進行，嘗試多種方法，我們在冰塊下方放置一塊邊長5mm的單層紗布，果然止滑效果顯著並且不致影響解凍時間。
- 六. 在加強鋁板與空氣對流實驗中，風扇位置擺放上方與側邊擔憂食品風味與衛生問題，所以決定放置鋁板下方為控制變因，而將風扇連接可變電阻，探討風力強弱和風向對冰塊解凍速度關係。
- 七. 第一代魔力解凍板運用風扇形成熱對流，但電池耗材對環境易造成汙染。透過文獻探討形成新構想，反覆實驗討論修正，獲得解決問題方案，而自製出第二代魔力解凍板。
- 八. 建議未來透過陽極處理形成抗菌性氧化鋁膜，使魔力解凍板解凍食品安全無虞，產品更臻完美。

柒 結論

- 一. 鋁板厚度會影響熱的傳導速度，鋁板厚度至少需達2mm，解凍速度可達12.8倍。隨後鋁板厚度增加，解凍增加速度趨緩，除非增加的厚度需到2倍或2.5倍，解凍速度才有明顯的增加。若只顧及解凍速度而不斷增厚鋁板，此產品的便利性將會大打折扣。
- 二. 24孔洞的導流鋁板能兼顧排水、對流和接觸面積最大化，可使解凍速度由1.7倍增加到2.3倍。
- 三. 導流凹槽設計可排除鋁板上的積水問題，也提供鋁板進行熱對流，因此城垛2cm的解凍速度優於較大面積接觸冰塊的城垛4cm。運用熱傳導和熱對流達到解凍速度的最大化，可作為後續研究。
- 四. 增加冰塊與鋁板的接觸面積可以使冰塊解凍速度加快，但單層鋁板厚度至少需達2mm。以第二代魔力解凍板下層2mm上層4mm的鋁板組合，解凍速度達24.6倍效果最佳。
- 五. 第一代魔力解凍板在鋁板下方加裝雙扇強風對吹，皆能使24孔洞和城垛2cm的導流鋁板、上層2mm下層2mm的鋁板組在解凍速度上再增2~2.3倍。第二代魔力解凍板在鋁板下方加裝六支扁管，與使用風扇相比較，解凍速度可從1.26倍提升至1.5倍。
- 六. 第一、二代魔力解凍板同時運用熱傳導和熱對流原理，導流解凍後食材的水灘，更增加與鋁板接觸面積。在室溫24°C、重量和接觸面積一致下，和自然解凍比較情形：

	市售解凍板宣稱	第一代魔力解凍板	第二代魔力解凍板
冰塊 (5g)	快10至12倍	快56倍	快92倍
豬排	快2至3倍	快8.3倍	快11.5倍

- 七. 市售解凍板平均售價為2259元，真正解凍成效是否等同宣稱效果，不得而知。自製「魔力解凍板」所需成本不高，第一代需644元，第二代需552元，都能達到驚人的解凍效果，CP值非常高。

捌 參考資料及其他

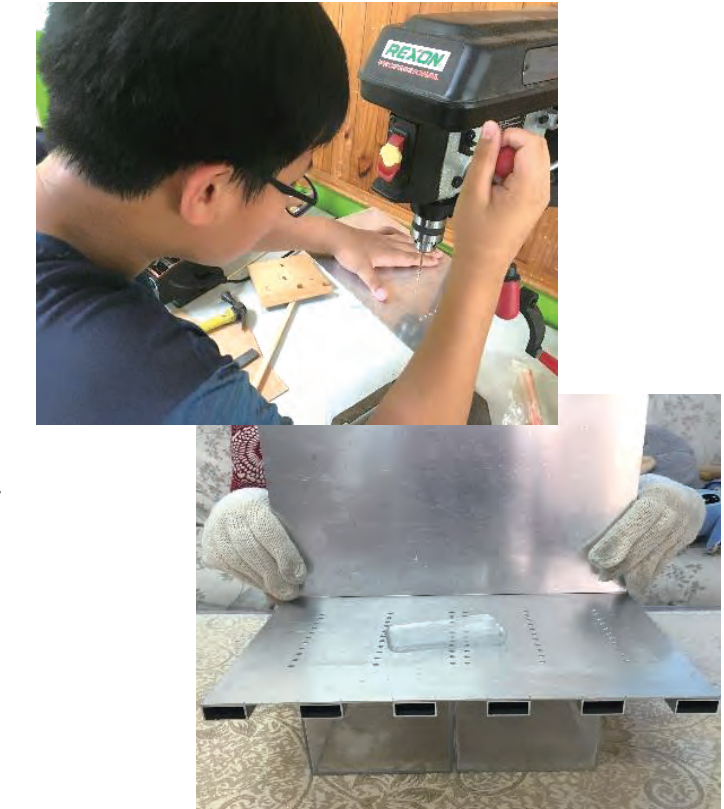
- 一. 廚房解凍神器，飛機引擎散熱原理(取自：<https://kknews.cc/zh-tw/home/jrbbqje.html>)。
- 二. 蘇明德(民107)。鋁的自述。科學發展，546，59-68。
- 三. 洪連輝(民98)。科學Online熱傳導(取自：<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress>)。
- 四. 自然與生活科技 - 六上第二單元：熱對物質的影響，康軒出版社。

實驗結果與發現

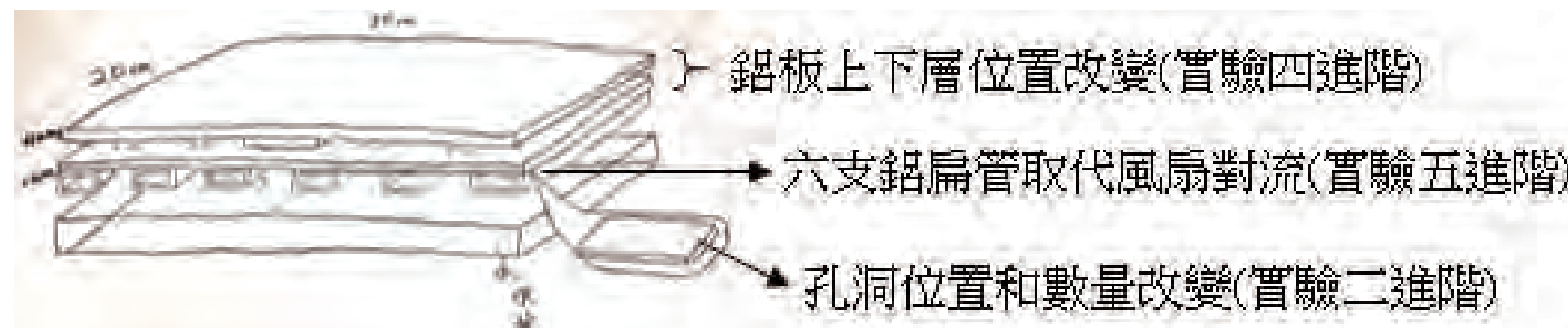
上層以4mm鋁板設計，下層以六支鋁扁管取代第一代魔力解凍板風扇設計。

實驗7-3 探討導流孔洞數量和位置對解凍的影響 (實驗三進階)

- (一)孔洞位置和數量不同，並不會影響解凍速度。
- (二)無排水功能與有排水功能的導流板解凍速度可由24.6倍提升為30倍，下層鋁板再加裝6扁管解凍速度提升為42倍。



實驗7-4 探討第二代魔力解凍板對冷凍肉品之解凍效能



	室溫	解凍板比較	解凍物	解凍效果 (與自然解凍相比)	價格
第一代	24°C	上層 150*150*2(mm)	冰塊 4*2*1(cm) 5g	43分7秒→46秒	644元
		下層 150*150*4(mm)		快56倍	
		鋁面24孔洞排水	豬排 18.4*8.5*1.5 (cm) 137.2g	85分鐘32秒 → 10分鐘12秒	
風扇對流	快8.3倍				
第二代	24°C	上層 300*200*4(mm)	冰塊 4*2*1(cm) 5g	43分7秒→28秒	552元
		下層 300*200*2(mm)		快92倍	
		鋁面110洞排水	豬排 18.2*8.6*1.5 (cm) 137.3g	85分鐘32秒 → 7分鐘27秒	
六支鋁扁管傳導、對流	快11.5倍				