

# 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學(二)科

032923

據理力"蒸"，"冷冷"稱第一

學校名稱：臺中市立豐東國民中學

作者：  國二 李彥呈  國二 呂權恆  國二 陳韋丞	指導老師：  王瓊誼  楊裕琦
---	-----------------------------

關鍵詞：免插電、保冷、蒸發式冷卻

## 摘要

藉由模具的設計與製作，自製出免插電、水泥製的保冷箱。接著，利用 Arduino UNO 控制板、Arduino IDE 軟體以及溫溼度感測器 DHT22，建立了一個簡易的溫溼度感測裝置。此外，在此溫溼度感測裝置的測量下，僅僅 400ml 的水蒸發，便能使保冷箱內的溫度下降共 3.6°C，與當下的室溫比較更是差了 4.7°C。

## 研究動機

炎炎夏日，大家都想來杯冰涼的飲料，但是飲品並不會自動降溫，需要耗費大量電能，且電能的生產過程往往殘害了地球的生態與環境，同處於地球上的我們也著實受到大大的影響。具有強烈環保意識的我們便有了這樣的發想：「如果冰箱也能像太陽能相關商品一樣，在不使用電能只利用再生能源的情況下，還能進行有效的降溫，那想必是個“創舉”！」。於是我們上網查詢了一番，發現一名印度陶土技工—馬蘇克巴亥(Mansukhbhai Prajapati)發明了一種免電的黏土冰箱，這種冰箱既不用電，又能有效降溫至攝氏 8 度。我們實際了解它的原理後，發現是利用水蒸發時吸收了周圍熱量，促使冰箱內部的空氣開始進行降溫，這和我們目前所學的熱的概念相仿。因此，我們希望利用目前所學，參考黏土冰箱的降溫概念，製作出一款同時具有節省用電和降溫效果優點的環保水泥保冷箱。

## 研究目的

### (一) 小型成品的製程

- 小型模具製作
- 不同材料的灌漿成形
  - (a) 不同種類的材料
  - (b) 不同比例的混合材料
  - (c) 不同顏色的白水泥材料

### (二) 小型成品的效能比較

- 水的滲透速率比較
  - (a) 滴定管法
  - (b) 微量移液管法
- 最高承載水量比較
  - (a) 體積量測法
  - (b) 質量量測法
- 蒸發速率比較

### (三) 大型模具的設計和製作

- 第一代模具與其改良
- 第二代模具

(四) 保冷箱的製作

— 灌漿成形的製程

(a) 不同種類的材料

(b) 不同厚度的保冷箱

— 門的製程

— 儲水槽的製程

(五) 溫濕度量測的程式設計與執行

(六) 保冷箱的溫溼度實測比較

— 不同種類的材料

— 不同厚度的箱體

— 不同材料的門

研究設備及器材

(一) 小型成品的製程

pp板、瞬間膠、直尺、美工刀、剪刀、白水泥、細灰水泥、粗灰水泥、水泥砂、水泥專用色粉、塑膠湯匙、塑膠杯、量筒、玻棒、電子天平



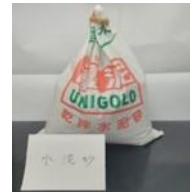
圖一：白水泥



圖二：粗灰水泥



圖三：細灰水泥



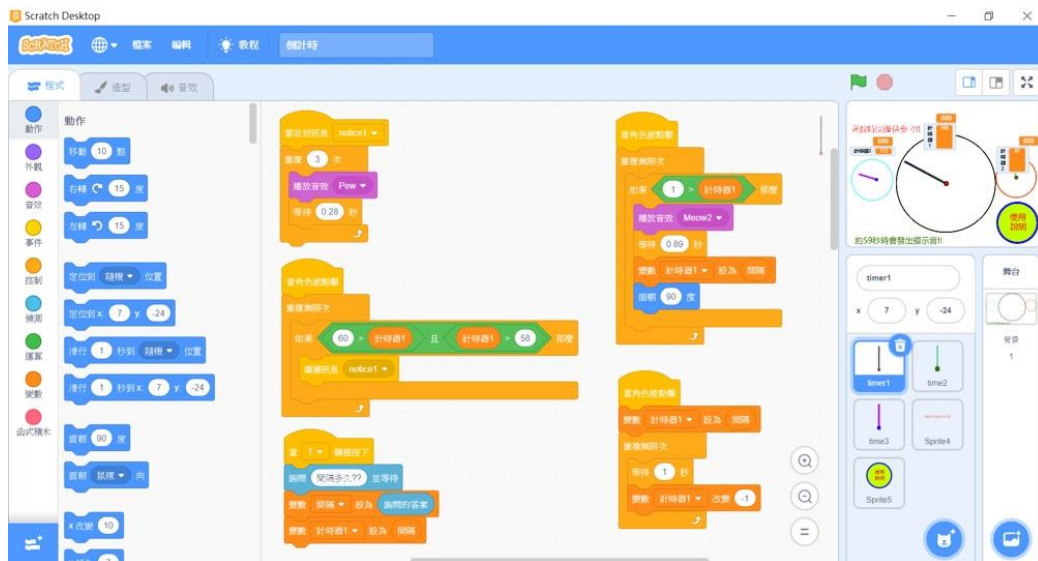
圖四：水泥砂



圖五：水泥專用色粉

(二) 小型成品的效能比較

電子天平、滴定管、計時器、氯化亞鈷試紙、自製 scratch 倒數計時程式、微量移液管、微量吸管尖、紙碗



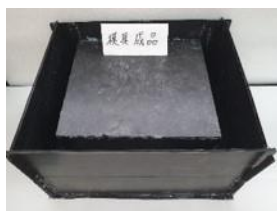
圖六：自製 scratch 倒數計時程式

### (三) 大型模具的設計和製作

紙板、透明塑膠片、pp板、竹筷、直尺、美工刀、剪刀、透明膠帶、雙面膠、熱熔膠條、熱熔膠槍

### (四) 保冷箱的製作

第二代大型模具、白水泥、細灰水泥、粗灰水泥、塑膠湯匙、塑膠杯、量筒、玻棒、電子天平、f 型夾具、EPE 發泡塊、保麗龍、壓克力板、pp 板、直尺、美工刀、剪刀、保麗龍切割器、雷射切割機、圖畫紙、紙板、熱熔膠條、熱熔膠槍、瞬間膠、透明塑膠片、牆面修補膏



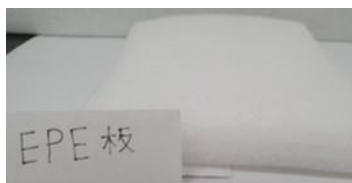
圖七：第二代大型模具



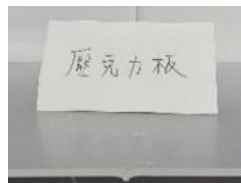
圖八：f 型夾具



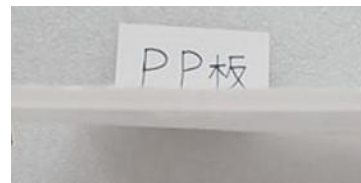
圖九：牆面修補膏



圖十：EPE 發泡塊



圖十一：壓克力板



圖十二：pp 板

### (五) 溫濕度量測的程式設計與執行

Arduino UNO 控制板、溫溼度感測器 DHT22、針腳、杜邦線、USB 方口資料連接線、筆記型電腦、Arduino IDE 軟體、Adafruit DHT Unified 程式庫、DHT Sensor Library 程式庫、溫溼度感測程式碼(參考於傑森創工的 DHT11 程式碼入門範例)



圖十三：Arduino UNO 控制板



圖十四：DHT22 溫溼度感測器

#### (六) 保冷箱的溫溼度實測比較

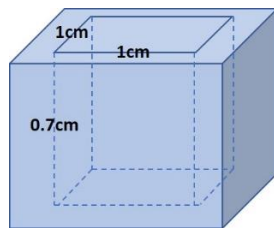
各種保冷箱成品、量筒、Arduino UNO 控制板、溫溼度感測器 DHT22、針腳、杜邦線、USB 方口資料連接線、筆記型電腦、Arduino IDE 軟體、Adafruit DHT Unified 程式庫、DHT Sensor Library 程式庫、溫溼度感測程式碼(參考於傑森創工的 DHT11 程式碼入門範例)

### 研究過程及方法

#### 研究一：小型成品的製程

##### (一) 小型模具製作

1. 將 pp 板裁剪成兩個  $1\text{ cm} \times 0.7\text{ cm}$ 、兩個  $1.5\text{ cm} \times 0.7\text{ cm}$  和一個  $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$  的尺寸
2. 把步驟 1 裁剪好的 pp 板，利用瞬間膠進行組裝黏貼，使其內圍尺寸為長  $1\text{ cm}$ 、寬  $1\text{ cm}$ 、高  $0.7\text{ cm}$ ，如圖十五所示，此成品即為小型模具。



圖十五：小型模具示意圖

##### (二) 不同材料的灌漿成形

###### (a) 不同種類的材料

1. 依據白水泥及其拌合水量的質量比為  $100:34$ ，分別量取適當的白水泥粉末與其對應的拌合水量，並將兩者攪拌至均勻混合(註：緩慢攪拌可以減緩過多氣泡的產生)
2. 將步驟 1 製成的水泥漿倒入小型模具中，再將整個小型模具對著桌子輕輕擊打，以去除水泥漿中殘留的氣泡
3. 靜置模具中的水泥漿至完全乾燥硬化，再將外部模具拆解，即可得到白水泥的小型成品
4. 將步驟 1 中的白水泥依序改成細灰水泥和粗灰水泥，根據細灰水泥和粗灰水泥分別與其拌合水量的質量比為  $100:23$  和  $100:29$ ，重複步驟 1~3，即可獲得細灰水泥和粗灰水泥的小型成品

(b) 不同比例的混合材料

1. 根據表一，分別秤取白水泥和細灰水泥質量比為 1:1、2:1、1:2 的混合粉末，各自加入所需拌合水量後，攪拌至均勻混合(註：緩慢攪拌可以減緩過多氣泡的產生)

	白水泥+細灰水泥					
混合質量比	1:1		1:2		2:1	
粉末克數(g)	白水泥	細灰水泥	白水泥	細灰水泥	白水泥	細灰水泥
		3	3	2	4	4
拌合水量(ml)	1.71		1.6		1.82	

表一：白水泥和細灰水泥的混合水泥漿比例

2. 將步驟 1 製成的水泥漿倒入小型模具中，再將整個小型模具對著桌子輕輕擊打，以去除水泥漿中殘留的氣泡
3. 靜置模具中的水泥漿至完全乾燥硬化，再將外部模具拆解，即可得到白水泥和細灰水泥質量比分別為 1:1、2:1、1:2 的小型成品
4. 將步驟 1 中的表一依序改成表二和表三，重複步驟 1~3，即可獲得粗灰水泥和水泥砂分別與白水泥混合的小型成品

	白水泥+粗灰水泥					
混合質量比	1:1		1:2		2:1	
粉末克數(g)	白水泥	粗灰水泥	白水泥	粗灰水泥	白水泥	粗灰水泥
		3	3	2	4	4
拌合水量(ml)	1.89		1.84		1.94	

表二：白水泥和粗灰水泥的混合水泥漿比例

	白水泥+水泥砂					
混合質量比	1:1		1:2		2:1	
粉末克數(g)	白水泥	水泥砂	白水泥	水泥砂	白水泥	水泥砂
		3	3	2	4	4
拌合水量(ml)	1.56		1.4		1.72	

表三：白水泥和水泥砂的混合水泥漿比例

(c) 不同顏色的白水泥材料

1. 依據白水泥及其拌合水量的質量比為 100:34，量取 6g 的白水泥粉末與其對應的拌合水量，再秤取適量的紅色色粉，並將三者攪拌至均勻混合(註：緩慢攪拌可以減緩過多氣泡的產生)
2. 將步驟 1 製成的水泥漿倒入小型模具中，再將整個小型模具對著桌子輕輕擊打，以去除水泥漿中殘留的氣泡
3. 靜置模具中的水泥漿至完全乾燥硬化，再將外部模具拆解，即可得到紅色水泥的小型成品
4. 將步驟 1 中的紅色色粉依序改成綠色色粉、藍色色粉、黃色色粉和黑色色粉，重複步驟 1~3，即可獲得各種顏色的小型成品



## 研究二：小型成品的效能比較

### (一) 水的滲透速率比較

#### (a) 滴定管法

1. 使用滴定管在小型成品上滴一滴水，並開始計時
2. 觀察在小型成品上的水滴，並且在水滴完全滲入小型成品時停止計時
3. 記錄水滴完全滲入小型成品所耗費的時間

#### (b) 微量移液管法

1. 使用微量移液管在小型成品上滴下 10 微升的水滴，並開始計時
2. 觀察在小型成品上的水滴，並且在水滴完全滲入小型成品時停止計時
3. 記錄水滴完全滲入小型成品所耗費的時間

### (二) 最高承載水量比較

#### (a) 體積量測法

1. 將乾燥的氯化亞鈷試紙放在小型成品底下，並記錄當下滴定管的讀數（即為初始讀數）
2. 使滴定管以慢速的方式持續滴下水滴，直至氯化亞鈷試紙變色
3. 紀錄滴定管關閉轉閥時的讀數（即為最終讀數）
4. 計算最終讀數與初始讀數的差值，即為小型成品的最高承載水量。

#### (b) 質量量測法

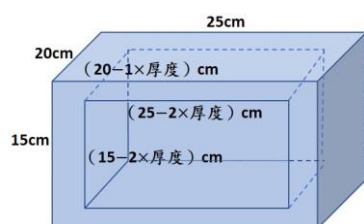
1. 對小型成品進行秤重（即為初始質量）
2. 將小型成品放入紙碗，並在紙碗中裝水使小型成品完全沒入水中
3. 靜置 10 分鐘後，將小型成品取出進行第二次秤重（即為最終質量）
4. 計算最終質量與初始質量的差值，即為小型成品的最高承載水量。

### (三) 蒸發速率比較

1. 接續最高承載水量之質量量測法的步驟，在計算結束後，利用自製的 scratch 計時器開始計時
2. 定時秤取小型成品的質量，直至其恢復原重為止
3. 紀錄小型成品從計時開始至恢復原重所花費的總時間，即為小型成品蒸發最高承載水量所需花費時間（蒸發時間）。
4. 計算蒸發時間÷最高承載水量的數值，即為小型成品的蒸發速率。

## 研究三：大型模具的設計和製作

將保冷箱外圍設計為長 25cm、寬 20cm、高 15cm 的尺寸，厚度則分為 1cm 和 2cm 兩種，如圖十六所示

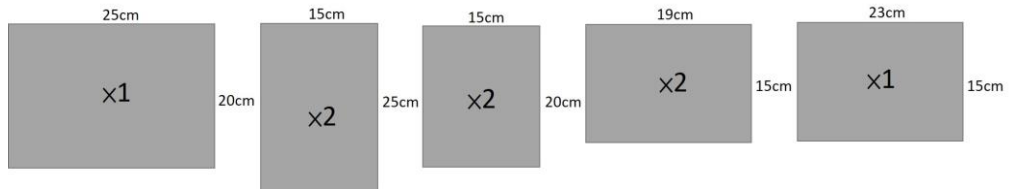


圖十六：保冷箱示意圖

### (一) 第一代模具與其改良

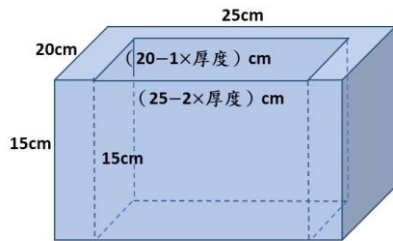
將保冷箱分成“側邊門字型”、“底部”和“頂部”三個部份，首先製作出“側邊門字型”的水泥塊，在其乾燥硬化後，接續將此部分以灌漿的方式接合製作出“底部”和“頂部”，屬於分次接合的方法

1. 將紙板進行裁切，使其尺寸如圖十七所示，再將裁切好的紙板都黏貼上一片透明塑膠片



圖十七：第一代模具的拆解零件圖(厚度 1cm)

2. 使用熱熔膠將步驟 1 製作好的紙板依序貼好，使其內、外圍尺寸如圖十八所示，此成品即為第一代模具



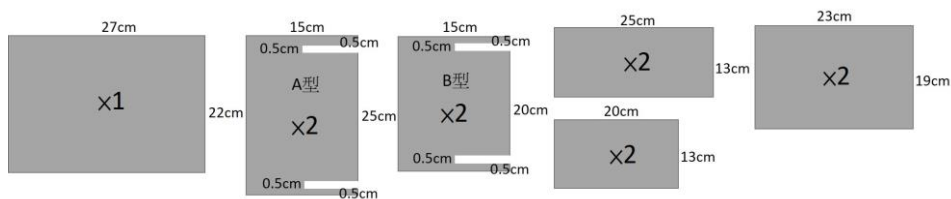
圖十八：第一代模具示意圖

3. 重複步驟 1~2，但將紙板直接改為 pp 板(不需再貼透明塑膠片)，此成品即為第一代模具改良版

### (二) 第二代模具

保冷箱的製作直接以一次灌漿完成，屬於一體成型的方法

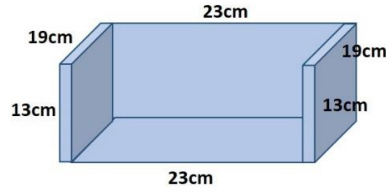
1. 將 pp 板進行裁切，使其尺寸如圖十九所示



圖十九：第二代模具的拆解零件圖(厚度 1cm)

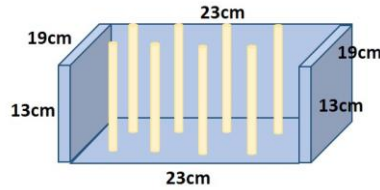
2. 從步驟 1 所裁切好的 pp 板中，取出兩片尺寸為 19cm×13cm、一片尺寸為 23cm×13cm 以及一片尺寸為 23cm×19cm 的 pp 板，使用熱熔膠將其黏貼成一個不完整的內圍立方體部分，如圖二十所示





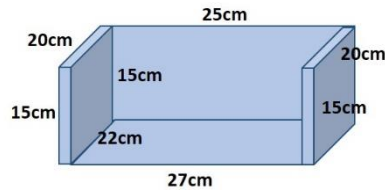
圖二十：第二代模具之不完整的內圍立方體部分(厚度 1cm)

- 將適當長度的竹筷，以熱熔膠黏貼於步驟 2 所製成的半成品中，如圖二十一所示



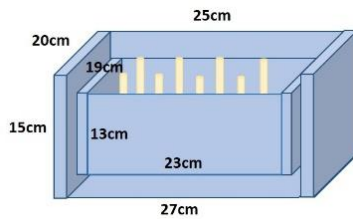
圖二十一：第二代模具之不完整的內圍立方體部分  
(厚度 1cm，含竹筷)

- 從步驟 1 所裁切好的 pp 板中，取出一片尺寸為 27cm×22cm、一片具有卡榫的 A 型 pp 板和兩片具有卡榫的 B 型 pp 板，將其組裝成一個不完整的外圍立方體後，使用熱熔膠將卡榫處加以黏貼固定，如圖二十二所示



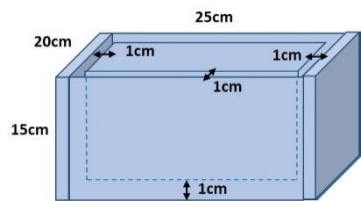
圖二十二：第二代模具之不完整的外圍立方體部分(厚度 1cm)

- 將步驟 3 所製成的內圍半成品和步驟 4 所製成的外圍半成品，使用熱熔膠進行接合，如圖二十三所示



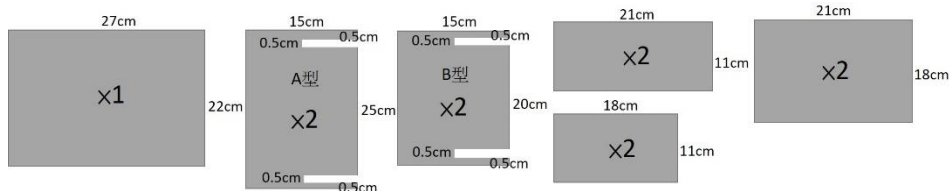
圖二十三：第二代模具之內、外圍半成品接合部分(厚度 1cm)

- 藉由熱熔膠，將尚未使用的一片 A 型 pp 板，黏貼於步驟 5 所製成的半成品之外圍缺口；將尚未使用且尺寸為 23cm×19cm 的一片 pp 板，黏貼於步驟 5 所製成的半成品之內圍上方，以作為內圍頂蓋，如圖二十四所示，此一成品即為第二代模具(厚度 1cm)



圖二十四：第二代模具示意圖(厚度 1cm)

7. 重複步驟 1~6，但將 pp 板裁切尺寸改為如圖二十五所示，並且根據圖中模具拆解零件的對應位置，對其他步驟的細節進行調整，即可獲得厚度為 2cm 的第二代模具



圖二十五：第二代模具的拆解零件圖(厚度 2cm)

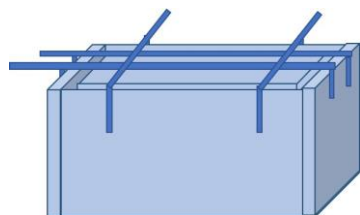
#### 研究四：保冷箱的製作

##### (一) 灌漿成形的製程

灌漿前，需先在模具中裝水進行測試，觀察是否會有水漏出的現象，以確保模具緊密貼合，灌漿時不會從縫隙漏出

##### (a) 不同種類的材料

1. 根據小型成品的效能比較結果，選出表現較佳的材料
2. 依據水泥粉末及其拌合水量的質量比，分別量取適當的水泥粉末與其對應的拌合水量，並將兩者攪拌至均勻混合(註：緩慢攪拌可以減緩過多氣泡的產生)
3. 將步驟 2 製成的水泥漿分次倒入厚度為 1cm 的第二代大型模具，過程中需適時的將模具稍微傾斜，以利水泥漿可以均勻的流到模具各處(註：灌漿過程要迅速，以防先前倒入的水泥漿已經乾燥硬化，無法和之後倒入的水泥漿有緊密的接合)
4. 待水泥漿填滿模具後，使用 f 型夾具固定住模具外圍，以防水泥漿的液體壓力使得模具外圍變形，如圖二十六所示



圖二十六：灌漿後以 f 型夾具固定的示意圖

5. 靜置模具中的水泥漿至完全乾燥硬化，再將外部模具進行拆解，最後在製成的水泥箱體內圍以牆面修補膏進行薄層塗敷，作為內部的防水層

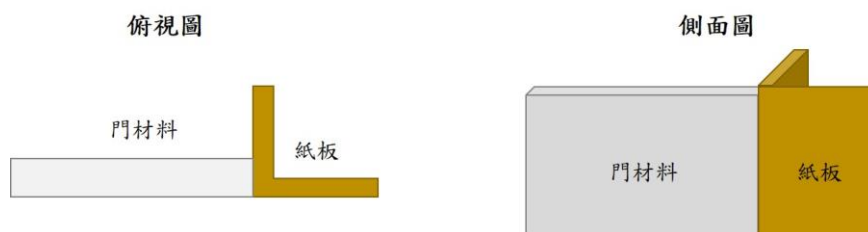
6. 以其他表現較佳的材料，重複步驟 1~5，即可得到各種材料的保冷箱半成品

(b)不同厚度的保冷箱

1. 依據白水泥及其拌合水量的質量比為 100：34，分別量取適當的白水泥粉末與其對應的拌合水量，並將兩者攪拌至均勻混合(註：緩慢攪拌可以減緩過多氣泡的產生)
2. 將步驟 1 製成的水泥漿分次倒入厚度為 1cm 的第二代大型模具，過程中需適時的將模具稍微傾斜，以利水泥漿可以均勻的流到模具各處(註：灌漿過程要迅速，以防先前倒入的水泥漿已經乾燥硬化，無法和之後倒入的水泥漿有緊密的接合)
3. 待水泥漿填滿模具後，使用 f 型夾具固定住模具外圍，以防水泥漿的液體壓力使得模具外圍變形
4. 靜置模具中的水泥漿至完全乾燥硬化，再將外部模具進行拆解，最後在製成的水泥箱體內圍以牆面修補膏進行薄層塗敷，作為內部的防水層
5. 重複步驟 1~4，但改成使用厚度為 2cm 的第二代大型模具，即可得到厚度分別為 1cm 和 2cm 的保冷箱半成品

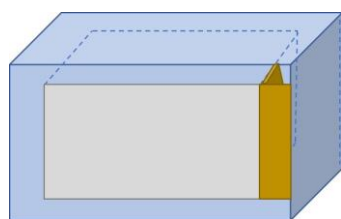
(二) 門的製程

1. 將 EPE 發泡塊裁切成：長 22.5cm、寬 13cm、厚度 2.1cm 的尺寸、紙板裁切成：長 13cm、寬為保冷箱厚度兩倍的尺寸，並且將裁切好的紙板折成 L 型直角
2. 將步驟 1 準備好的紙板作為門門、發泡塊作為門的材料，依圖二十七的方式，使用瞬間膠與熱熔膠進行黏貼



圖二十七：紙板門門與門材料的位置關係圖

3. 將步驟 2 黏貼好的半成品，以瞬間膠固定於保冷箱的半成品上，如圖二十八所示，即為封閉式的保冷箱體



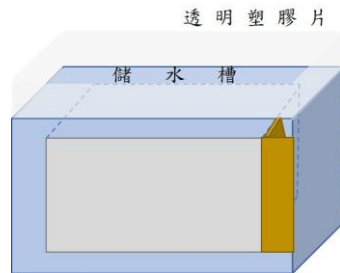
圖二十八：封閉式保冷箱體的示意圖

4. 重複步驟 1~3，但將 EPE 發泡塊改為保麗龍、白色 pp 板、壓克力板，黏貼於厚度為 1cm 的保冷箱半成品上，即可獲得不同門材料的封閉式保

冷箱體(註：當材料本身厚度未達 2.1cm 時，將此種材料以多層黏貼方式增厚至 2.1cm；當材料具有透光性，則在此材料的兩側貼上白色圖畫紙使其不透光)

### (三) 儲水槽的製程

1. 將透明塑膠片裁剪成兩片尺寸為 25cm×8cm、兩片尺寸為 20cm×8cm 的大小
2. 使用熱熔膠將步驟 1 裁切好的塑膠片沿邊固定於封閉式的保冷箱體上方，作為保冷箱的儲水槽，如圖二十九所示



圖二十九：儲水槽與保冷箱的位置關係圖

3. 為了確保塑膠片有緊密貼合於保冷箱上，在儲水槽中加入適量的水進行測試，觀察是否會有水漏出的現象
4. 完成上述完整步驟所做出的作品，即為保冷箱的成品

### 研究五：溫濕度量測的程式設計與執行

1. 參考傑森創工的 DHT11 程式碼入門範例，再依據我們的溫溼度測量目標和測量工具進程式碼調整，調整結果如圖三十所示

```
#include "DHT.h" 將程式庫 "DHT.h" 引入
#define DHTPIN 2 將DHTPIN代換為2
#define DHTTYPE 22 將DHTTYPE代換為22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); 將Arduino Uno板上的D2數位端子設定為溫溼度感測器的資料傳輸端
                          將使用的溫溼度感測器種類設定為DHT22

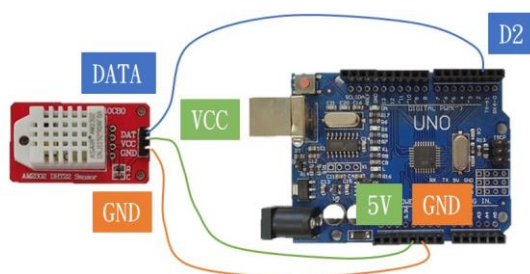
void setup() 將下方 { } 內的動作執行一次，作為初始化
{
  Serial.begin(9600); 設定序列埠的速率為9600
  Serial.println("DHT22 starts measuring!"); 要求序列埠將 "DHT22 starts measuring!" 這行字在監控視窗中顯示出來
  dht.begin(); 啟動溫溼度感測器
}

void loop() 將下方 { } 內的動作不斷重複執行
{
  delay(30000); 延遲30s
  float h = dht.readHumidity(); 將溫溼度感測器讀到的溼度數值設定為浮動點h
  float t = dht.readTemperature(); 將溫溼度感測器讀到的溫度數值設定為浮動點t

  Serial.print("Humidity: "); 要求序列埠將 "Humidity:" 這行字在監控視窗中顯示出來
  Serial.print(h); 要求序列埠將浮動點h在監控視窗中顯示出來
  Serial.print("%t"); 要求序列埠將 "%t" 這行字在監控視窗中顯示出來
  Serial.print("Temperature: "); 要求序列埠將 "Temperature:" 這行字在監控視窗中顯示出來
  Serial.print(t); 要求序列埠將浮動點t在監控視窗中顯示出來
  Serial.println(" *C "); 要求序列埠將 "*C" 這行字在監控視窗中顯示出來
}
```

圖三十：溫溼度量測的程式碼說明圖

2. 利用杜邦線和針腳，將溫溼度感測器 DHT22 和 Arduino UNO 控制板進行連接，其連接方式如圖三十一所示



圖三十一：DHT22 和 Arduino UNO 控制板的連接說明圖

3. 以 USB 方口資料連接線，將步驟 2 已經接上 DHT22 的 Arduino UNO 控制板連接於筆記型電腦
4. 以電腦開啟 Arduino IDE 軟體，並將步驟 1 設計好的程式碼匯入 Arduino IDE 軟體中
5. 按下 Arduino IDE 軟體中的上傳鈕，將匯入的程式碼寫進 Arduino UNO 控制板
6. 在 Arduino IDE 軟體中，點出工具列並按下序列埠監控視窗，即可透過序列埠監控視窗看到溫溼度感測器即時的量測結果

#### 研究六：保冷箱的溫溼度實測比較

##### (一) 不同種類的材料

1. 依據研究五的步驟 1~5，準備 4 組溫溼度感測的裝備，並將其中 3 組裝備的 DHT22 分別置於白水泥、細灰水泥和粗灰水泥的保冷箱內，剩餘 1 組的 DHT22 則直接置於空氣中作為偵測室溫的對照組
2. 同時打開所有裝置的序列埠監控視窗，開始進行溫溼度的測量
3. 在水槽尚無水分的情況下，維持 10 分鐘的測量，以確保箱內的溫溼度測量達到穩定
4. 分別在每個保冷箱的儲水槽中，同時倒入 400ml 水，並開始將序列埠監視視窗所顯示的數據儲存於記事本中(註：400ml 的水量在完全滲入保冷箱後，可以觀察到最初滲入箱內的水已經到達箱體的底部)
5. 持續 48 小時的量測後，將儲存的數據以 excel 進行計算、整理與比較

##### (二) 不同厚度的箱體

1. 依據研究五的步驟 1~5，準備 2 組溫溼度感測的裝備，並將裝備中的 DHT22 分別置於厚度為 1cm 和 2cm 的白水泥保冷箱內
2. 同時打開所有裝置的序列埠監控視窗，開始進行溫溼度的測量
3. 在水槽尚無水分的情況下，維持 10 分鐘的測量，以確保箱內的溫溼度測量達到穩定
4. 在厚度為 1cm 和 2cm 保冷箱的儲水槽中，分別同時倒入 400ml 和 500ml 水，並開始將序列埠監視視窗所顯示的數據儲存於記事本中(註：400 和 500ml 的水量，在完全滲入其保冷箱後，可以觀察到最初滲入箱內的



水已經到達箱體的底部)

5. 持續 48 小時的量測後，將儲存的數據以 excel 進行計算、整理與比較

### (三) 不同材料的門

1. 依據研究五的步驟 1~5，準備 3 組溫溼度感測的裝備，並將裝備中的 DHT22 分別置於門材料為保麗龍、壓克力和 pp 板的白水泥保冷箱內
2. 同時打開所有裝置的序列埠監控視窗，開始進行溫溼度的測量
3. 在水槽尚無水分的情況下，維持 10 分鐘的測量，以確保箱內的溫溼度測量達到穩定
4. 分別在每個保冷箱的儲水槽中，同時倒入 400ml 水，並開始將序列埠監視視窗所顯示的數據儲存於記事本中(註：400ml 的水量在完全滲入保冷箱後，可以觀察到最初滲入箱內的水已經到達箱體的底部)
5. 持續 48 小時的量測後，將儲存的數據以 excel 進行計算、整理與比較

## 研究結果及分析

### 研究一：小型成品的製程

#### (一) 小型模具製作

小型模具的成品圖，如圖三十二所示



圖三十二：小型模具

#### (二) 不同材料的灌漿成形

##### (a) 不同種類的材料

白水泥、細灰水泥和粗灰水泥的小型成品，如圖三十三所示



圖三十三：不同種類的小型成品

##### (b) 不同比例的混合材料

白水泥與細灰水泥之質量混合比例分別為 1:1、1:2 與 2:1 的小型成品，如圖三十四所示



圖三十四：白水泥與細灰水泥之不同混合比例的小型成品

白水泥與粗灰水泥之質量混合比例分別為 1:1、1:2 與 2:1 的小型成品，如圖三十五所示





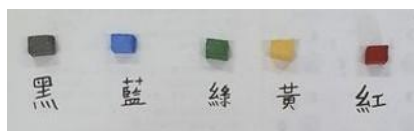
圖三十五：白水泥與粗灰水泥之不同混合比例的小型成品  
白水泥與水泥砂之質量混合比例分別為 1：1、1：2 與 2：1 的小型成品，如圖三十六所示



圖三十六：白水泥與水泥砂之不同混合比例的小型成品

(c)不同顏色的白水泥材料

黑色、藍色、綠色、黃色和紅色之白水泥的小型成品，如圖三十七所示



圖三十七：不同顏色之白水泥的小型成品

研究二：小型成品的效能比較

(一) 水的滲透速率比較

在進行**滴定管法**的過程中，發現有時滴下的水滴水量過多，以致於這一滴水滴無法集中於小型成品的一個面上進行滲透，部分過多的水會沿著小型成品的高流下，如此一來便**無法固定水在滲透時所接觸的面積**，得到的數據結果便不再具有說服力

因此，重新設計了實驗的步驟，改為**微量移液管法**，下列圖三十八、三十九與四十中的滲透時間便是使用微量移液管法所得的數據分析結果

(二) 最高承載水量比較

在進行**體積量測法**的過程中，發現有時**當氯化亞鈷試紙變色時**，在試紙旁邊會有殘餘的一些水滴，若我們利用滴定管實驗前後的讀數差值，作為小型成品的最高承載水量，則**會有些許的實驗誤差**

因此，重新設計了實驗的步驟，改為**質量量測法**，下列圖三十八、三十九與四十中的最高承載水量便是使用質量量測法所得的數據分析結果

(三) 蒸發速率比較

下列圖三十八、三十九與四十中的蒸發速率是將(測量而得的蒸發時間)除以(利用質量量測法所得的最高承載水量)而得，即為**各個小型成品在蒸發相同單位水量所花費的時間**



圖三十八：不同材料的小型成品與最高承載水量、滲透時間和蒸發速率之關係圖

根據圖三十八的數據結果，有以下幾點分析：

- (1) **粗灰水泥**的小型成品無論是在最高承載水量或是滲透速率皆具有最佳的表現，不過在蒸發速率的表現上則是最差的，然而保冷箱降溫效果的來源就是來自於水的蒸發，因此我們推斷粗灰水泥並不適合作為保冷箱的材料
- (2) **細灰水泥**的小型成品在蒸發速率有著最佳的表現，在最高承載水量上也有不錯的佳績，但是其滲透速率卻是明顯的與其他二者有著極大的差異。雖然蒸發速率是影響保冷箱降溫的主因，但水若沒有足夠快速的滲透速率，無法及時補足保冷箱所需的水分，則蒸發所帶來的降溫效果亦不彰顯，因此我們推斷細灰水泥作為保冷箱的材料可能不會有極佳的表現
- (3) 相較於上述二者，**白水泥**的小型成品雖在各項效能的比較中，皆未拔得頭籌，但在滲透速率和蒸發速率的表現上都與第一名相距不遠，因此我們推斷白水泥作為保冷箱的材料，或許能有不錯的降溫效果



圖三十九：不同混合比例的小型成品與最高承載水量、滲透時間和蒸發速率之關係圖

根據圖三十九的數據結果，有以下幾點分析：

- (1) 無論是粗灰水泥或是細灰水泥，皆因為添加了白水泥的關係，中和了原先它們各自具有的缺點
- (2) 在眾多的混合小型成品中，白水泥與粗灰水泥以質量比 1:2 所製成的小型成品，無論是在滲透速率或是蒸發速率皆有極佳的表現，因此推斷若將之做成保冷箱，應該會有彰顯的保冷效果。不過，在測量的過程中發現粗灰水泥的小型成品與其製成的混合小型成品在邊緣皆有出現粉末掉落的情況，擔心若將之製成大型的保冷箱，在硬度方面的耐受度可能略顯不足



圖四十：不同顏色的小型成品與最高承載水量、滲透時間和蒸發速率之關係圖

根據圖四十的數據結果，有以下幾點分析：

- (1) 雖然同為白水泥材料所製成的小型成品，但在各項效能上卻有著不相同的表現，可見加入的色粉不僅僅是作為調色使用，可能還具有改變水泥顆粒結構的效果。藉由混合含有不同色粉的白水泥漿，發現混合後的顏色不同於對應顏色的顏料混合結果，由此可知色粉促使白水泥具有顏色的原理，並非是單純的物理因素，實際上是進行了化學反應，如此一來便能說明不同顏色的白水泥顆粒為何具有不同的結構
- (2) 在此項目的比較中，藍色的白水泥小型成品具有最佳的蒸發速率，不過與純白水泥之小型成品相提並論的話，它的表現仍然是差強人意，因此白水泥於後續的保冷箱製作上，將以不添加色粉的方式進行

### 研究三：大型模具的設計和製作

#### (一) 第一代模具與其改良

第一代模具的成品圖，如圖四十一和四十二所示



圖四十一：第一代模具的俯視圖

圖四十二：第一代模具的側視圖

第一代模具改良後的成品圖，如圖四十三所示



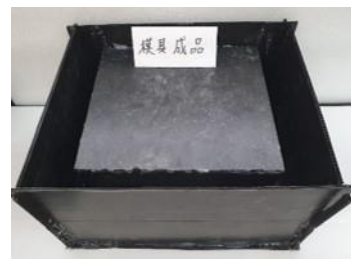
圖四十三：第一代模具之改良版的俯視圖

## (二) 第二代模具

第二代模具的半成品及成品圖，分別如圖四十四和四十五所示



圖四十四：第二代模具之半成品圖



圖四十五：第二代模具之成品圖

## 研究四：保冷箱的製作

### (一) 灌漿成形的製程

利用 **第一代模具** 的改良版進行水泥的分次灌漿與接合時，發現各部分的接合處較為脆弱，甚至粗灰水泥在接合的過程中分崩離析、無法完整成形

因此重新設計了 **第二代模具**，如此一來水泥的灌漿將一次完成，保冷箱便可依一體成形的的方式進行製作，解決上一代模具在製作時碰到的問題

#### (a) 不同種類的材料

根據小型成品在最高承載水量、水的滲透速率和蒸發速率的結果比較，以及在保冷箱灌漿成形時知悉的材料硬度差異，我們選用了白水泥、細



灰水泥及粗灰水泥進行保冷箱的製作，以備後續進行不同材料的保冷效果比較

(b)不同厚度的保冷箱

考量保冷箱不可過重，我們選用 1cm 和 2cm 作為保冷箱的厚度，以備後續進行不同厚度的保冷效果比較

(二) 門的製程

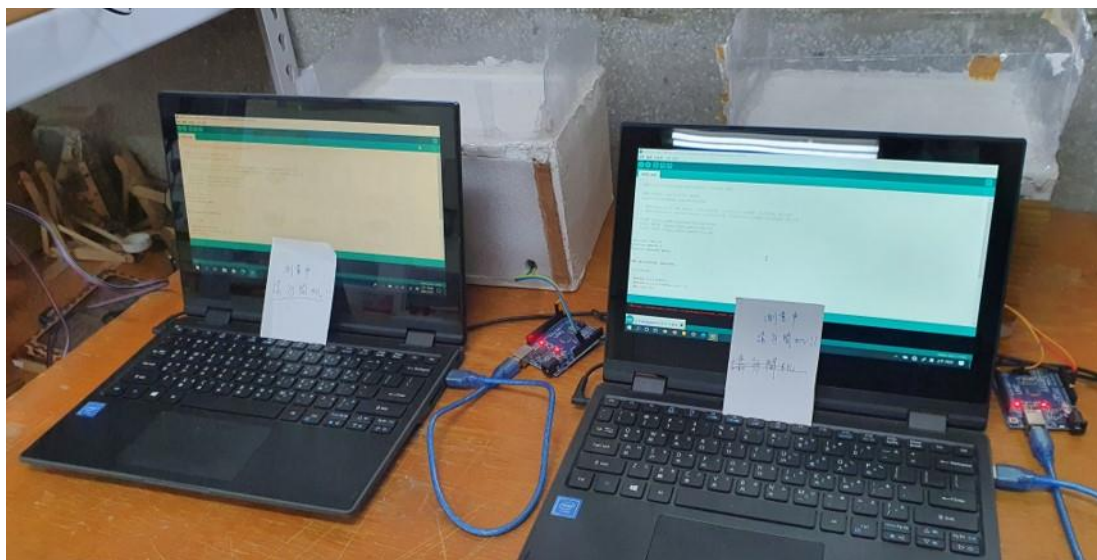
保冷箱的門需要同時具有隔絕外界的熱，又要具有防止滲透的水將其毀壞的功能，因此我們選用保麗龍、壓克力和 pp 板作為門的材料

(三) 儲水槽的製程

保冷箱的儲水槽需要同時具有防水且能容納水的功能，因此我們選用透明塑膠片作為儲水槽的材料

研究五：溫溼度量測的程式設計與執行

保冷箱利用我們設計出的溫濕度感測裝置進行實際測量，如圖四十六所示

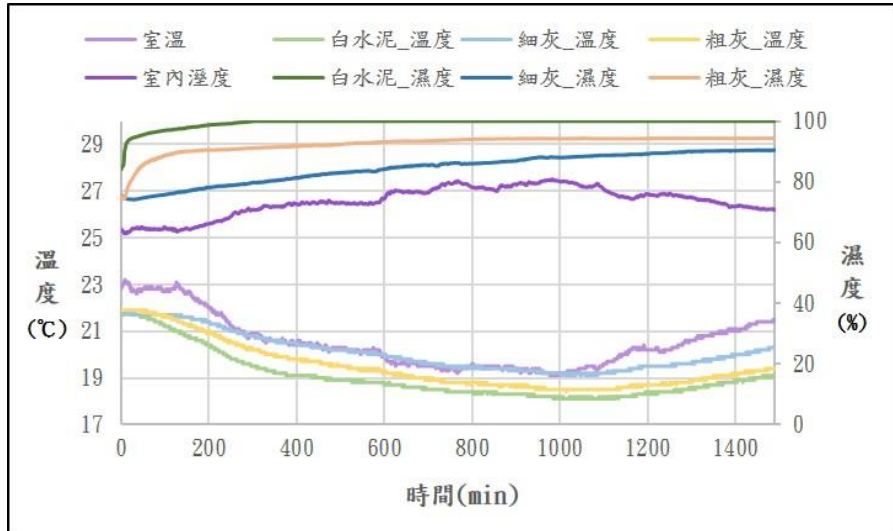


圖四十六：保冷箱之實際溫溼度感測實況

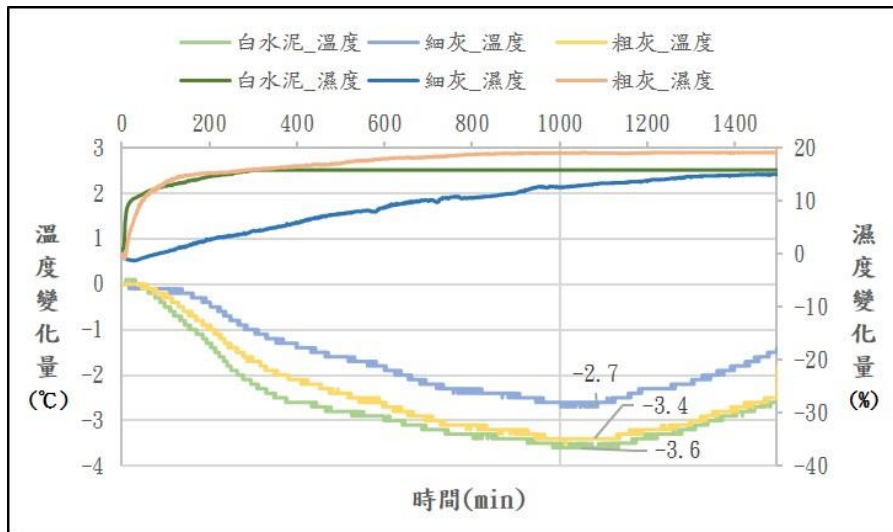
研究六：保冷箱的溫溼度實測比較

(一) 不同種類的材料

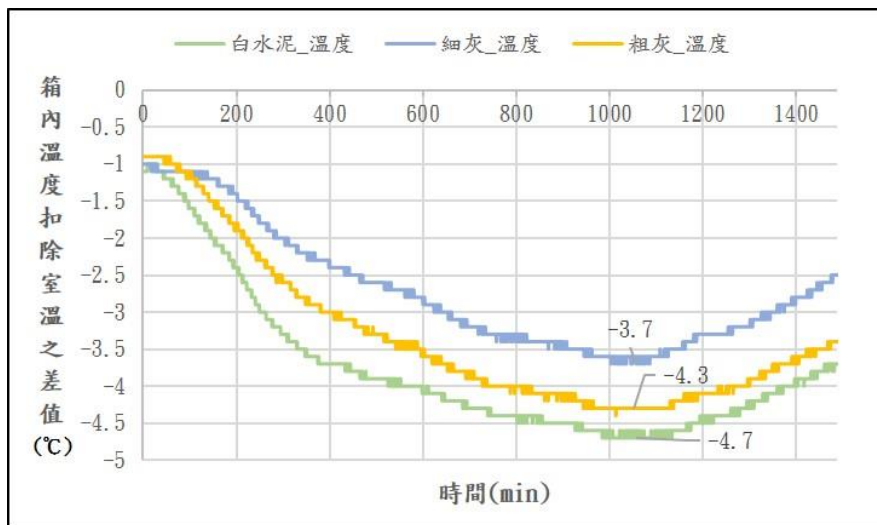
不同材料的保冷箱利用溫溼度感測裝置所測得的數據結果，如圖四十七、四十八與四十九所示



圖四十七：不同材料的保冷箱與周邊環境之時間對於溫溼度的關係圖



圖四十八：不同材料的保冷箱之時間對於溫溼度變化的關係圖



圖四十九：不同材料的保冷箱之時間對於(箱內溫度-室溫)之關係圖

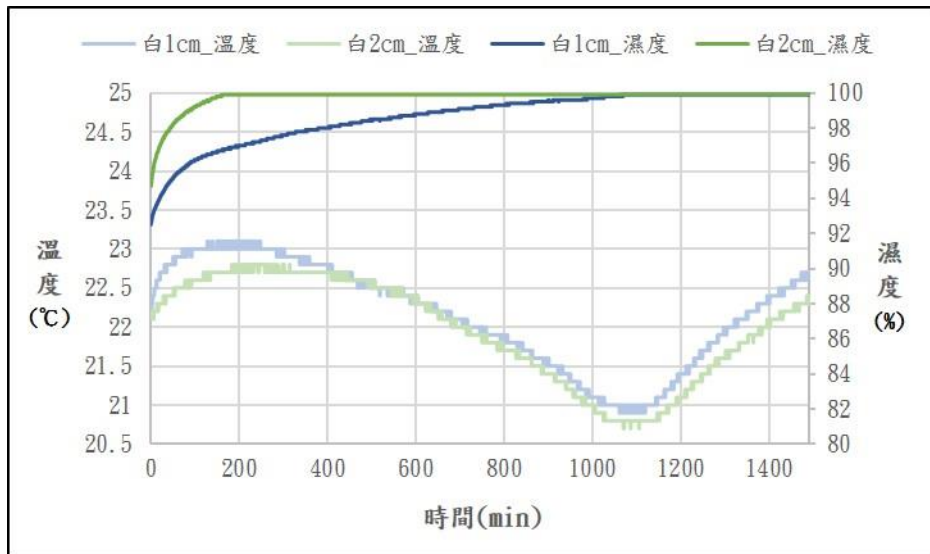


根據圖四十七、四十八與四十九的數據結果，有以下幾點分析：

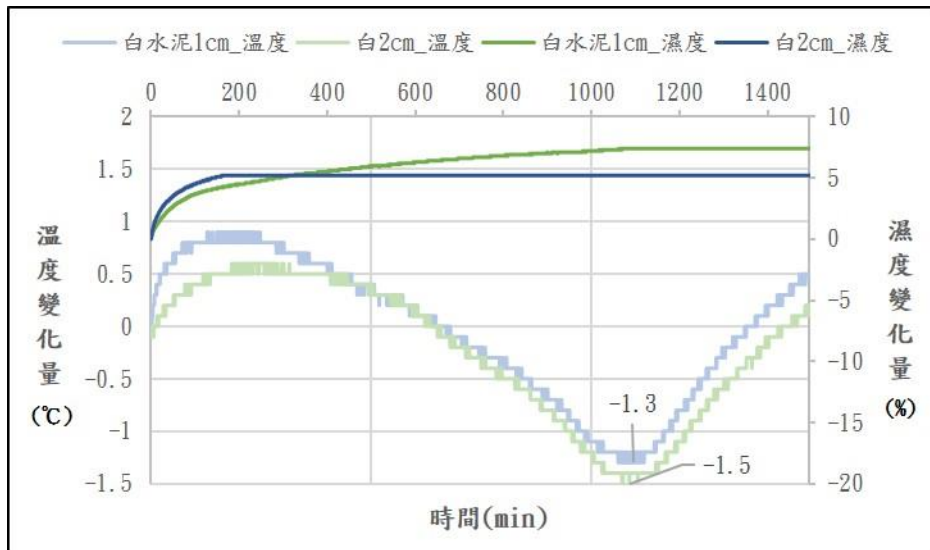
- (1) 在三種不同材料的保冷箱中，白水泥所製成的保冷箱具有最佳的降溫效果，和我們在小件成品的效能分析中所預估的結果相似
- (2) 在室溫為 19~23°C、環境濕度為 60~85% 的情況下，藉由 400ml 水分的完全蒸發，白水泥保冷箱可以降溫共 3.6°C，若與當下室溫比較則可以降溫共 4.7°C

(二) 不同厚度的箱體

不同厚度的保冷箱利用溫溼度感測裝置所測得的數據結果，如圖五十與五十一所示



圖五十：不同厚度的保冷箱之時間對於溫度的關係圖



圖五十一：不同厚度的保冷箱之時間對於溫度變化的關係圖

根據圖五十與五十一的數據結果，有以下幾點分析：

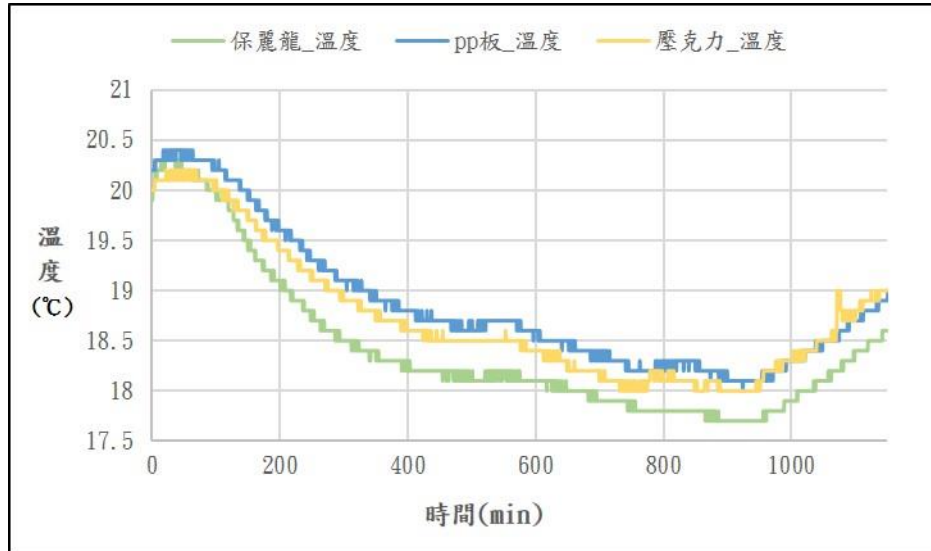
- (1) 在兩種不同厚度的保冷箱中，厚度 2cm 的保冷箱具有較佳的降溫效果，不過若是將材料成本和重量納入考量，則厚度 2cm 的保冷

箱並未提供相對應的效果

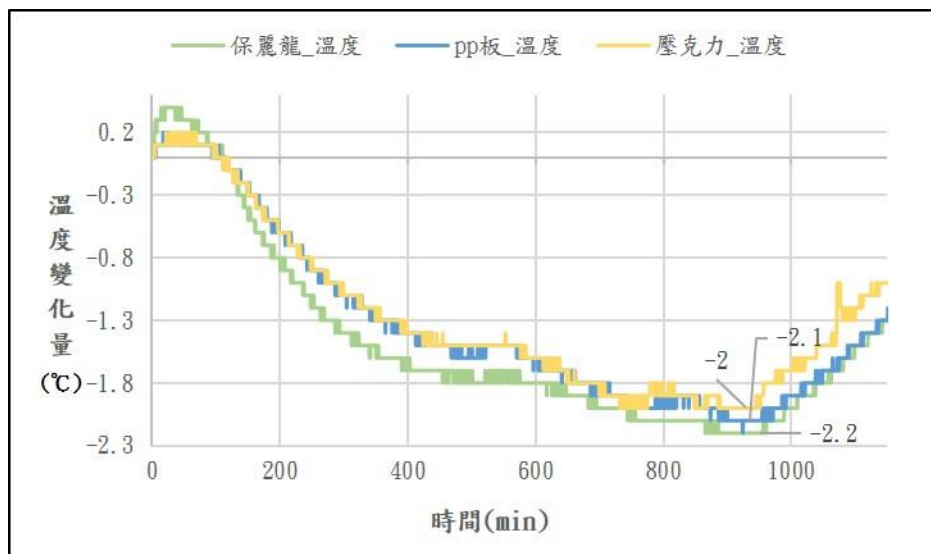
(2) 藉由 500ml 水分的完全蒸發，厚度 2cm 的保冷箱可以降溫共 1.5 °C

(三) 不同材料的門

不同門材料的保冷箱利用溫溼度感測裝置所測得的數據結果，如圖五十二與五十三所示



圖五十二：不同門材料的保冷箱之時間對於溫溼度的關係圖



圖五十三：不同門材料的保冷箱之時間對於溫溼度變化的關係圖

根據圖五十二與五十三的數據結果，有以下幾點分析：

- (1) 在三種不同門材料的保冷箱中，門材料為保麗龍的保冷箱具有最佳的降溫效果，這應該與保麗龍絕佳的隔熱效果有關
- (2) 藉由 400ml 水分的完全蒸發，門材料為保麗龍的保冷箱可以降溫共 2.2°C

## 結論

藉由設計出的第二代模具，我們成功的製作出具有降溫效果的保冷箱。目前，利用我們準備的溫溼度感測裝置，測出其最佳降溫效果可降溫共  $3.6^{\circ}\text{C}$ ，與當下室溫比較則可降溫達  $4.7^{\circ}\text{C}$ 。之後，可以再將其他會影響降溫的因素納入考量，對目前的保冷箱進行改造，使其具有更佳的降溫效果。至於儲水槽的部分，則可以進一步作為種植植栽的區域，如此一來便可以在綠化環境且善用水資源的同時，具有額外降溫物品的效果。

## 參考資料

1. 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會-免電冰箱-汽化熱的研究
2. MittiCool 陶土冰箱的相關資訊
3. 國立臺灣師範大學物理系之物理教學示範實驗教室網站的汽化熱與蒸發熱討論
4. 傑森創工的入門教學網
5. C 語言程式設計教學講義

## 【評語】 032923

本作品是免插電水泥製的保冷箱，藉由水吸收熱量蒸發的原理，達到降溫效果。探討內容有材料種類、混合材料的比例、顏色等，保冷箱的溫溼度實測中，比較材料的種類、箱體的厚度以及不同材料的門。400 ml 的水能使保冷箱內外有 3.6°C 的溫差。本作品能運用科學解決生活中問題，善用科技輔助實驗，控因及變因清楚，實驗記錄詳實，團隊合作表現良好。建議：建築材料也常使用保麗龍加水泥於裝潢隔間上，可多加探討。提供確認數據可重複性的實驗，研究目的為保冷還是降溫需明確。

## 作品簡報

# 據理力 “蒸” “冷冷” 稱第一

組別：國中組

科別：應用科學(二)環保與民生

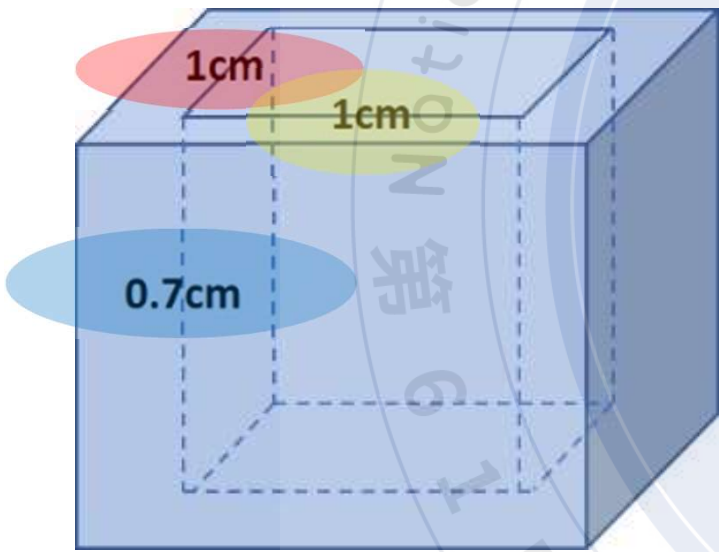


## 研究動機

炎炎夏日，大家都想來杯冰涼的飲料，但是飲品並不會自動降溫，需要耗費大量電能。於是我們上網查詢了一番，發現一名印度陶土技工發明了一種免電的黏土冰箱，這種冰箱既不用電，又能有效降溫至攝氏8度。它是利用水蒸發時吸收了周圍熱量，促使冰箱內部的空氣開始進行降溫，我們參考黏土冰箱的降溫概念，製作出一款同時具有節省用電和降溫效果優點的環保水泥保冷箱。

# 研究過程及方法

## 小型成品的製程



小型模具示意圖



選用材料



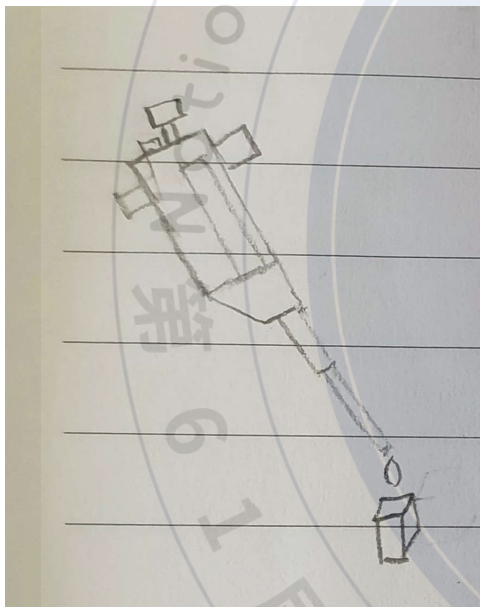
水泥專用色粉

色粉

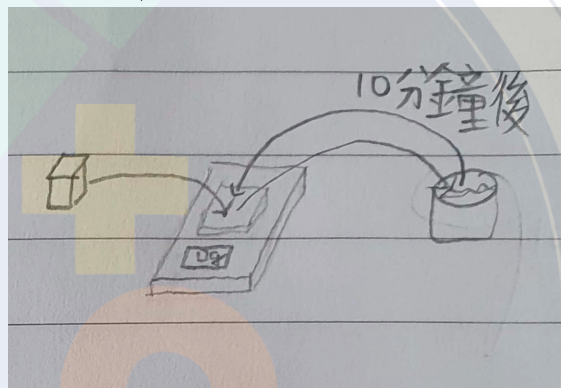
# 小型成品的效能比較

質量量測法(最高承載水量與蒸發速率)

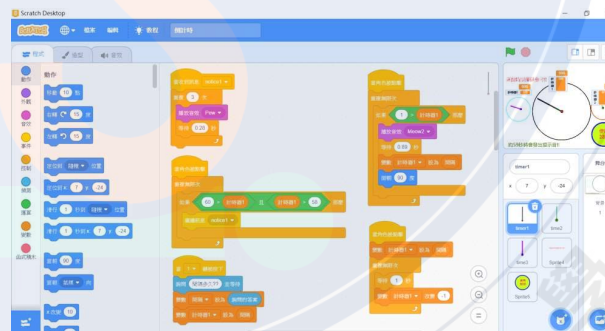
微量移液管法(滲透速率)



微量移液管法示意圖



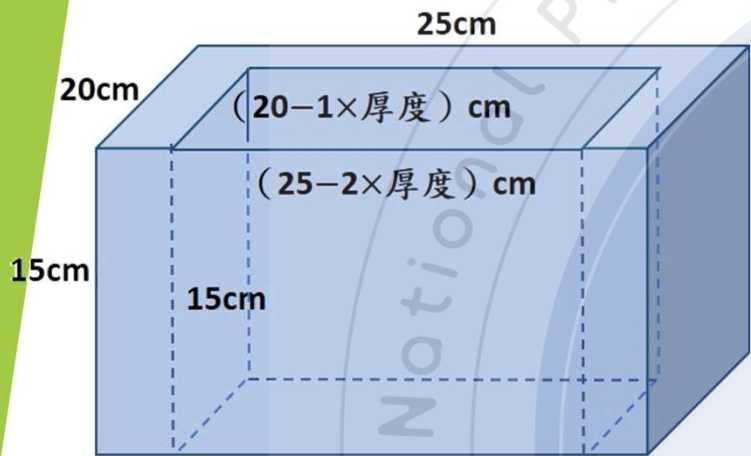
秤重示意圖



自製scratch倒數計時程式



# 模具設計及灌漿方法



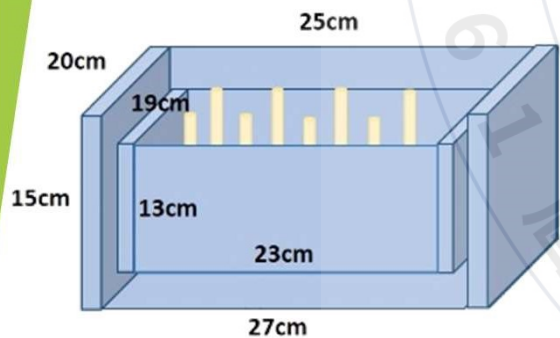
第一代模具成品示意圖



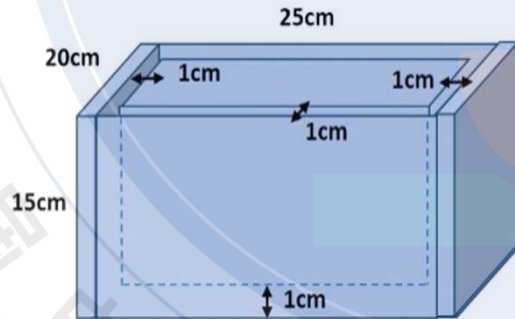
第一代模具成品(紙板製)



第一代模具成品(pp板製)



第二代模具半成品及成品示意圖

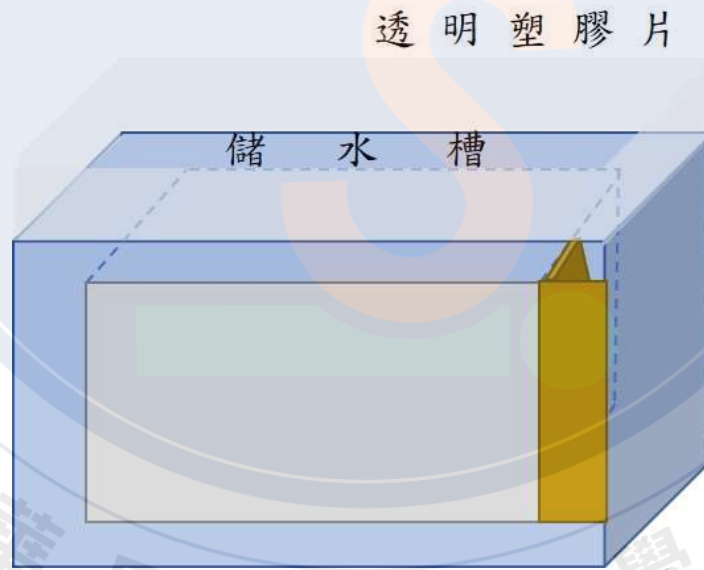
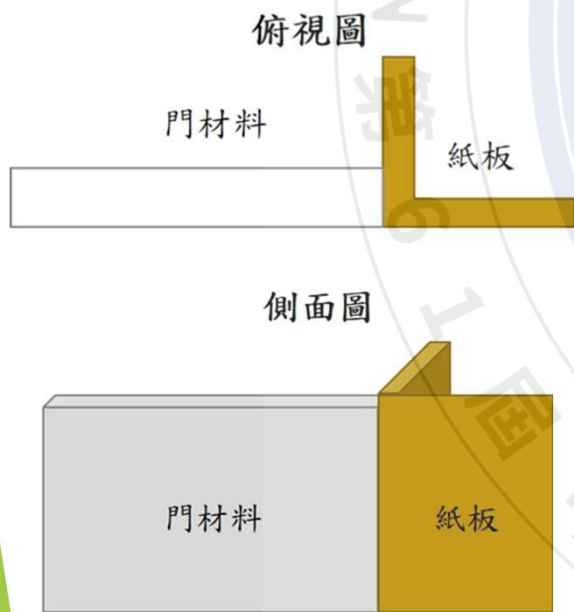


第二代模具半成品及成品



# 門及儲水槽的製程

門是保冷箱中相當重要的一個部分，我們選用了3種材料來製作門板，分別為白色PP板、保麗龍及壓克力板。若門板材質本身具有透光性，則會在兩側貼上白色圖畫紙，使其不透光。



# 研究結果及分析

## 不同材料的小型成品比較



白水泥  
滲透、蒸發速率  
有不錯表現

不同材料的小型成品與最高承載水量、滲透時間和蒸發速率之關係圖



# 不同混合比例&不同顏色之小型成品比較

相較於純白水泥，混合材料和各色材料的表現較差



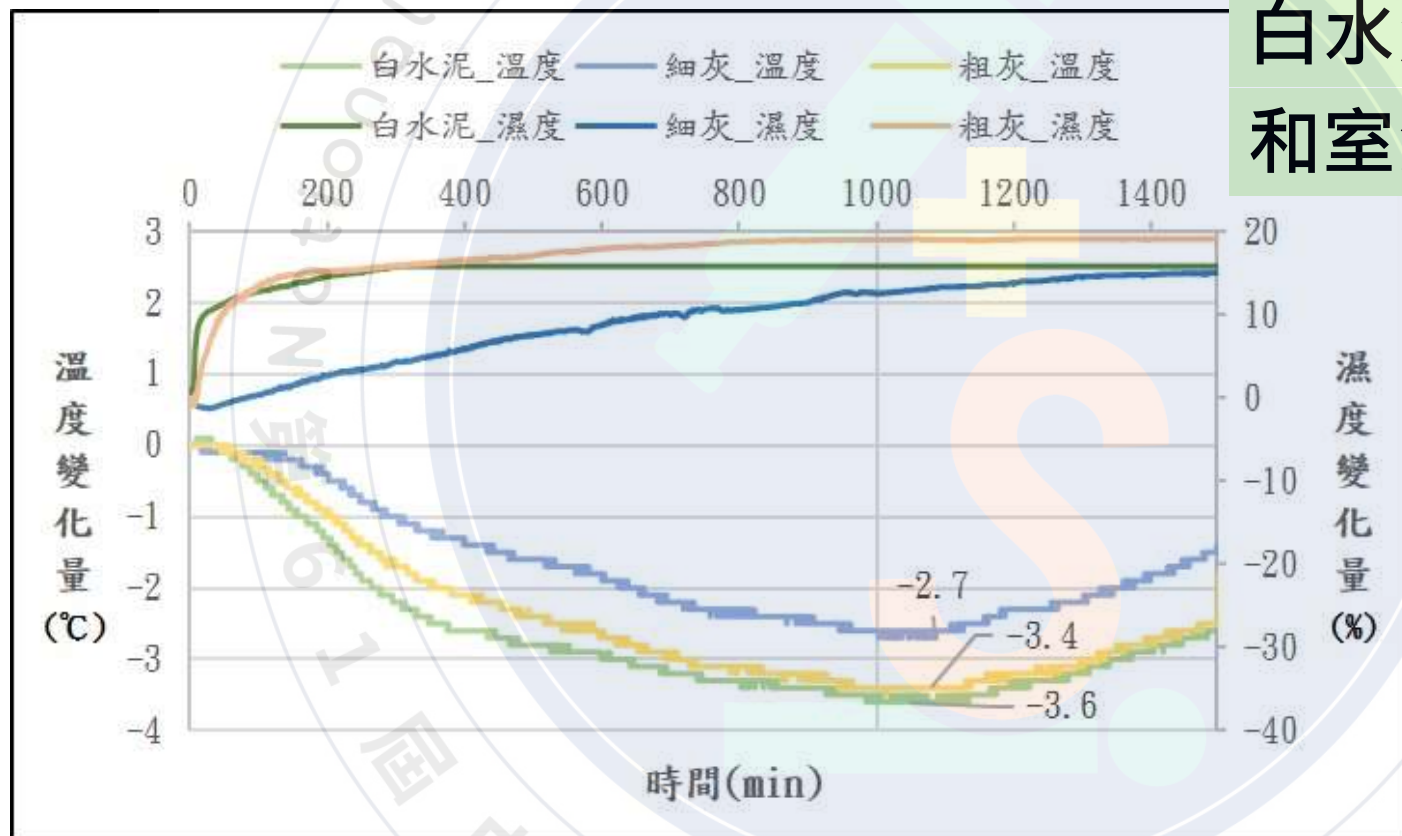
不同混合比例的小型成品與最高承載水量、滲透時間和蒸發速率之關係圖

不同顏色的小型成品與最高承載水量、滲透時間和蒸發速率之關係圖

# 不同材料的保冷箱對於降溫效果的比較

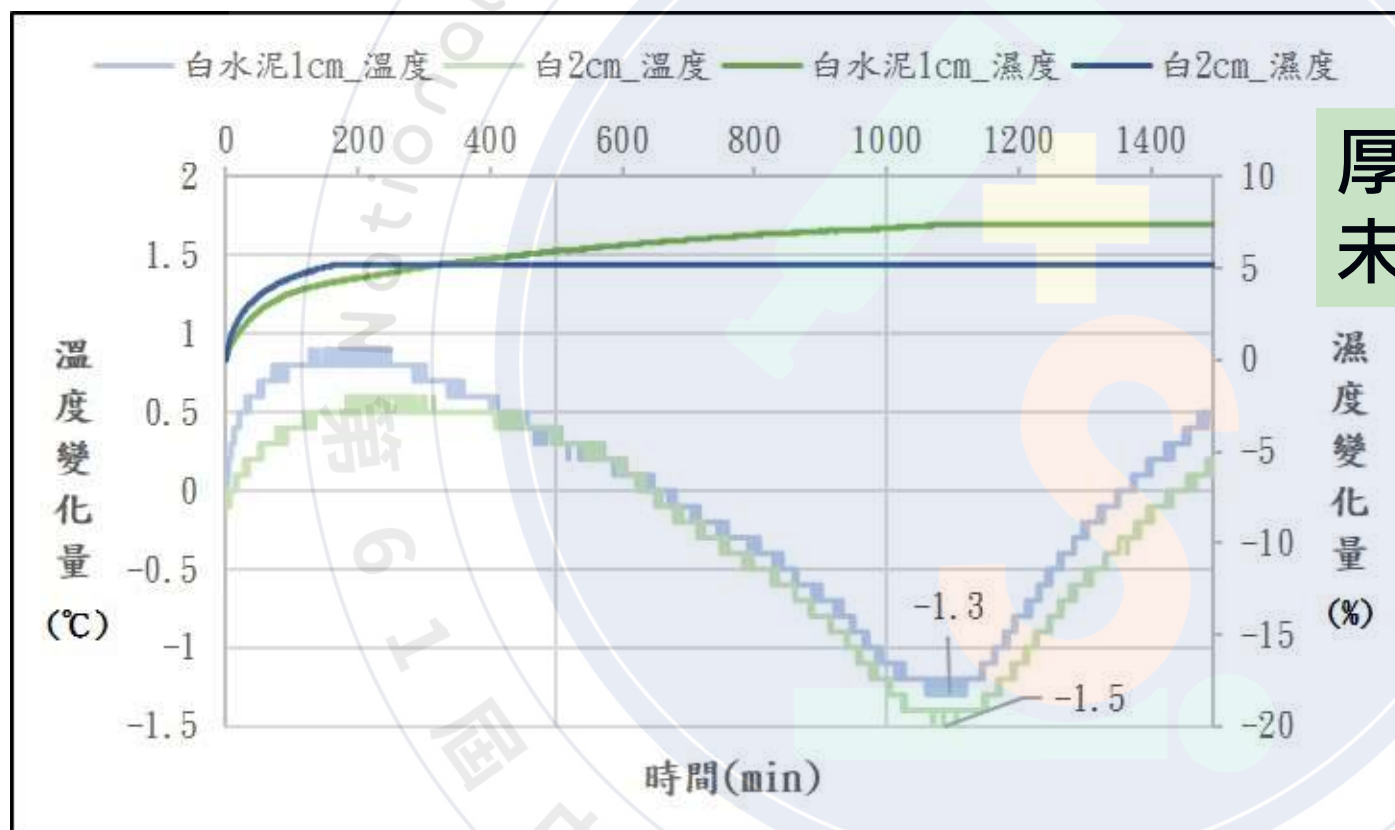
白水泥:

和室溫比較，相差 $4.7^{\circ}\text{C}$



不同材料的保冷箱之時間對於溫溼度變化的關係圖

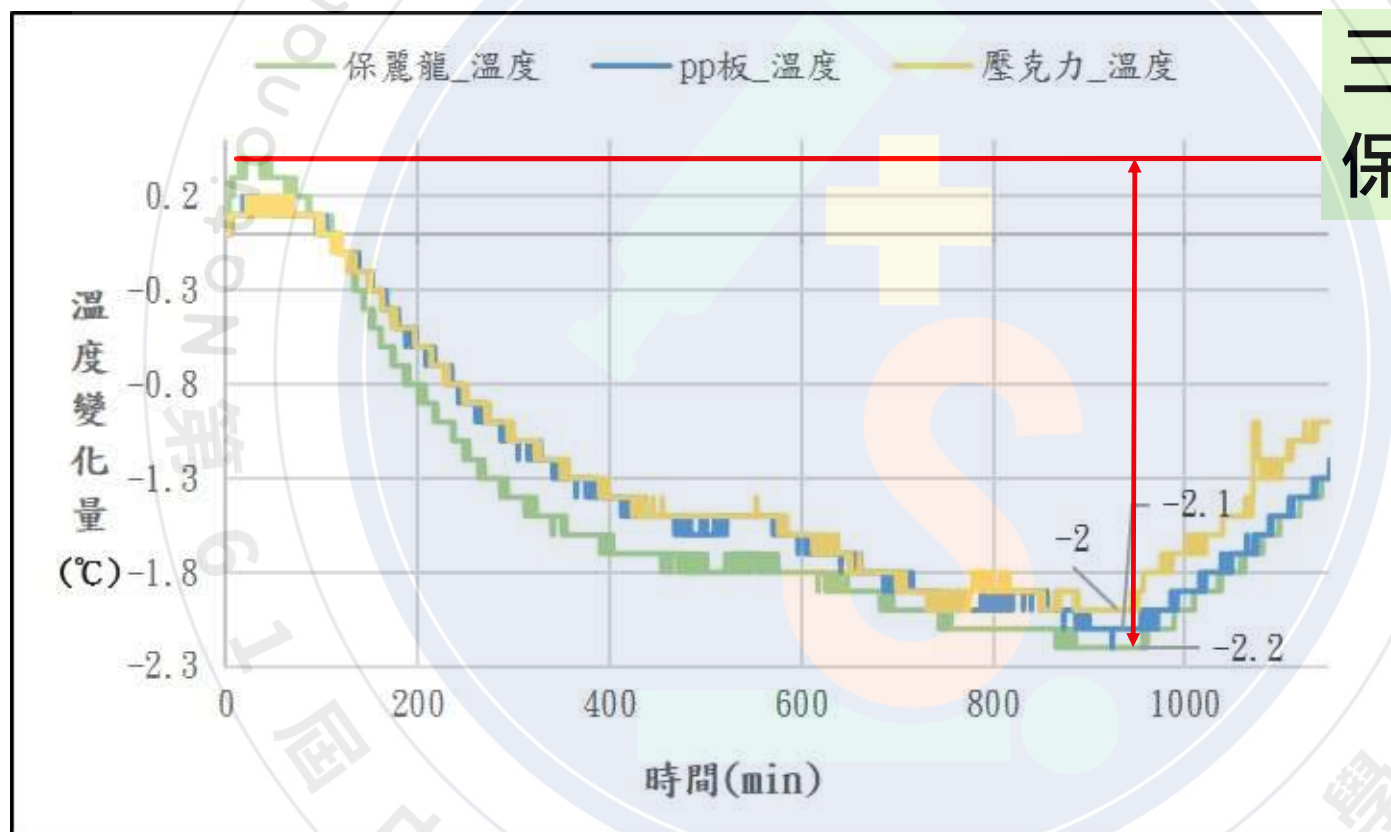
# 不同厚度的保冷箱對於降溫效果的比較



厚度兩公分的保冷箱，  
未提供對應的成本效益

不同厚度的保冷箱之時間對於溫度變化的關係圖

# 不同門材料的保冷箱對於降溫效果的比較



三者之中，  
保麗龍的表現最佳

不同門材料的保冷箱之時間對於溫溼度變化的關係圖



# 結論

- ▶ 我們利用第二代模具成功製作出了**具有保冷效果的保冷箱**。
- ▶ 目前使用**白水泥**及**保麗龍**製作出的**厚度1公分保冷箱**，在400ml的水量下，可以得到最佳降溫效果為約**3.6°C**，與當下室溫比較更是**降了4.7°C**。
- ▶ 未來可以將儲水槽部份**改裝成花圃**，如此一來在**栽種植物的同時**也可以達到降溫效果。