

# 中華民國第 62 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

082904

海海能生，爐餘得水—「太陽爐」加「熱導管」蒸發海水成淡水

學校名稱：臺北市士林區士東國民小學

作者： 小六 張力尹 小六 陳俞佑 小六 李名培 小六 陳至庭	指導老師： 池惠琳 吳玟萱
---	---------------------

關鍵詞：太陽爐、熱導管、海水淡化

# 摘要

太陽是我們最重要的資源，如何以菲聶耳透鏡加熱導管的自製太陽爐進行蒸發海水，取得可供使用的淡水是本研究的主要目標。我們在科學雜誌裡查到海水淡化的發展與技術。經由文獻知道熱導管可以將太陽能擷取的效益提升至最佳，在太陽能擷取系統扮演著非常關鍵的角色；而菲聶耳透鏡在光學系統中能發揮非常好的聚光效果，聚光後的光線強度比一般透鏡高。本實驗採用 16 支中溫型銅水式熱導管和菲聶耳透鏡，以 100 公克的海水進行 3.5 小時的實驗。分別在 2021/10/27 獲得 6.79 公克的水、2022/05/18 獲得 0 公克的水、2022/05/19 獲得 2 公克的水、2022/05/20 獲得 1.5 公克的水、2022/05/29 獲得 2 公克的水。經由研究得知透過菲聶耳透鏡及反射鏡能讓熱導管的溫度提高，但高溫若無法持續則效果不佳，無法有效收集到淡水。

## 壹、前言

### 一、研究動機

還記得，2021 年初台灣面臨缺水之苦，因為 2020 年沒有颱風、梅雨量少，加上台灣地勢高、坡陡流急，因此許多水庫無法蓄積到足夠的水。全球暖化，極端降雨的強度及頻率增加，導致乾旱、水患攀升，目前全球都投入大量相關的開發與創新，位處亞熱帶的台灣四面環海、日照尚且充足，這讓我們想要研究如何有效能的將海水轉換成淡水使用，以太陽做為海水淡化的驅動力定能一舉數得。我們由構想開始，查詢資料，請教相關行業的廠商後得知中溫型銅水式熱導管可以符合本次實驗目標。接著收集工程餘料並請人協助切割鏡片成 4cm × 6.4cm、使用家裡的不鏽鋼鍋和鍋蓋來組裝太陽鍋爐。鏡面固定板的支架製作，是與老師討論、繪圖後再洽詢廠商製作的，希望以這些器材運用在我們本次實驗裡，達到『海海能生，爐餘得水』。

### 二、研究目的

- (一)探討熱導管在不同位置加熱的升溫狀態
- (二)設計並改善太陽爐加熱的成效
- (三)探討太陽光下海水蒸發成淡水之效果

### 三、文獻回顧

我們上網查詢海水淡化的相關資料及研究，發現臺灣藍金、行船人的救星---太陽能「海水淡化槽」有研究水蒸氣蒸發到玻璃板，讓水從不同角度流下來，得知哪一種角度取到淡水最多的海水淡化槽實驗。許地球一個不渴的未來-太陽能海水淡化裝置以微型凸透鏡貼在玻璃瓶上，讓太陽透過凸透鏡來照射在瓶中的海水使其蒸發取得淡水，從他們的研究中我們得知不同的海水不會影響實驗結果。我們也發現許多研究使用了菲聶耳透鏡提升溫度，於是將菲聶耳透鏡作為本次我們實驗的重要器材之一，並參考運用毛細現象以太陽能淡化海水系統的設計與製作的實驗設置，以透鏡距離照射到圓形集中面為24cm的距離來做實驗，好讓光線在熱導管上端成為一個直徑約為3cm的面，而不是集中成一個點，也因為黑色的集熱效果最佳，用黑色膠布來綁住16支熱導管。我們也在光生水起-太陽能聚光發電海水淡化系統的作品中知道使用菲聶耳透鏡可能會因為透鏡的影子影響到蒸發效果，所以在放置透鏡時要注意太陽的方位，才能提升蒸發效率。

菲聶耳透鏡在光學系統中能發揮非常好的聚光效果，比起一般透鏡，它因為厚度薄，當光線穿過透鏡時被鏡片材料吸收的光線較少，所以聚光後的光線強度比一般透鏡高。而且它還有一種特別的性質，就是取透鏡的一部份照光，聚光位置仍然為原本透鏡中心。用塑料製成更輕更經濟的菲聶耳透鏡常被用在太陽灶聚集陽光或用在太陽能熱水器上。

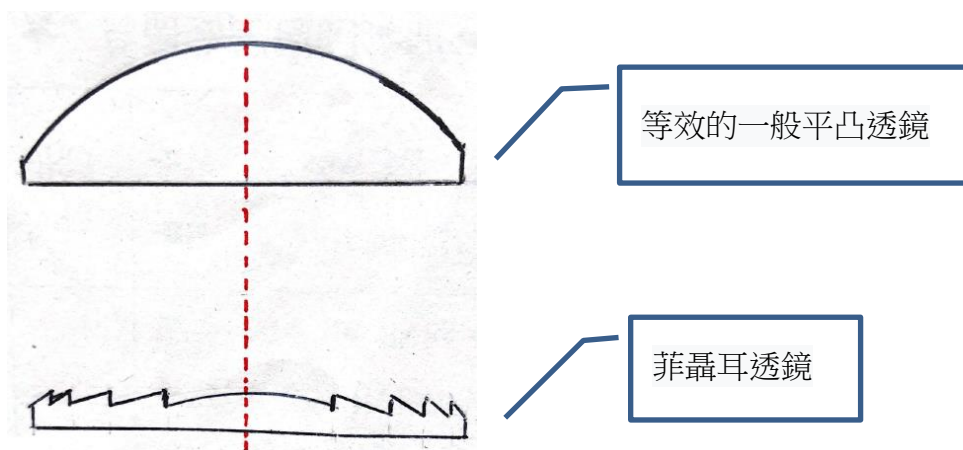


圖1-1 菲聶耳透鏡與一般凸透鏡截面圖之差異






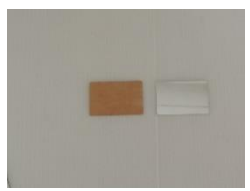


疫情之下，線上上課讓我們使用電腦及筆電的時間增加。我們注意到電腦或筆電的溫度會升高，但又不至於過熱，原來裡面有使用熱導管散熱，就連平時使用的手機裡都有用尺寸較小的熱導管來散熱，這讓我們想利用熱導管做研究。熱導管是一內含會流動液體之封閉腔體，利用物質汽態、液態二相變化和對流原理，達成比純金屬導熱還要快上許多倍的熱量傳遞，使腔體表面呈現快速均溫的特性而達到傳熱的目的。在文獻中發現熱導管是靠液體沸騰的蒸氣將熱量帶到上面，再靠冷凝降下來，所以傳熱快速比一般使用熱傳導或熱對流的速度快很多。而且熱導管利用溶劑沸騰再冷凝來傳遞熱量，所以兩端溫度差可以很小，傳熱效果遠比須要很大溫差的熱傳導或熱對流好很多（蕭季威，2008）。行政院原子委員會研究報告中也提及熱導管可以將太陽能擷取的效益提升至最佳（康尚文，2014）。因此我們想利用菲聶耳透鏡將陽光聚集在熱導管的吸熱區，再利用熱導管具有傳熱能力大、傳熱溫差小、啟動溫度低、均溫性能好以及單向傳熱等特點將海水加溫，達到蒸發海水成淡水的目的。

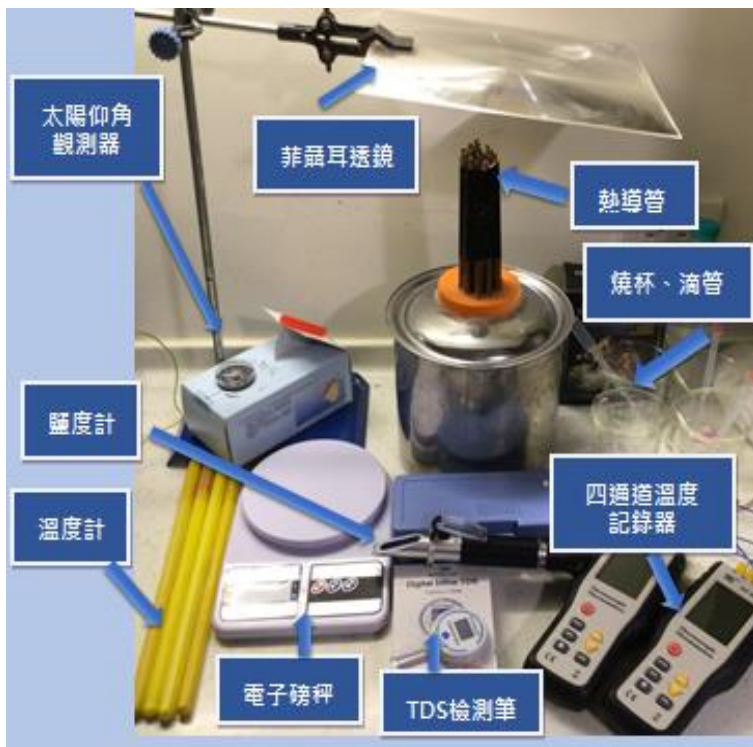


圖1-2 熱導管構造說明

## 貳、研究設備及器材

### 一、原料與儀器設備類：

			
16 根熱導管 長 30 cm 直徑 0.6 cm	菲聶耳透鏡 (26cm×26cm)	鍋蓋 外鍋直徑 19.5cm 內鍋直徑 14.0cm	白鐵鍋 外鍋直徑 19.0cm 高 18.0cm。 內鍋直徑 14.0cm 高 14.0cm。
			
太陽能板架	4cm×6.4cm 鏡片 (組成六組反射鏡)	鹽度計	TDS 檢測筆



四通道溫度記錄器	萬用角座
電線固定器	熱熔膠槍
耐熱矽利康膠水	紙板
吹風機	鹵素燈
紅丹漆銀漆	燒杯
溫度計	白鐵淺盤
電子磅秤	束帶
工具鉗	滴管
金屬導熱膠帶	量角器

## 參、研究過程或方法

### 一、實驗流程

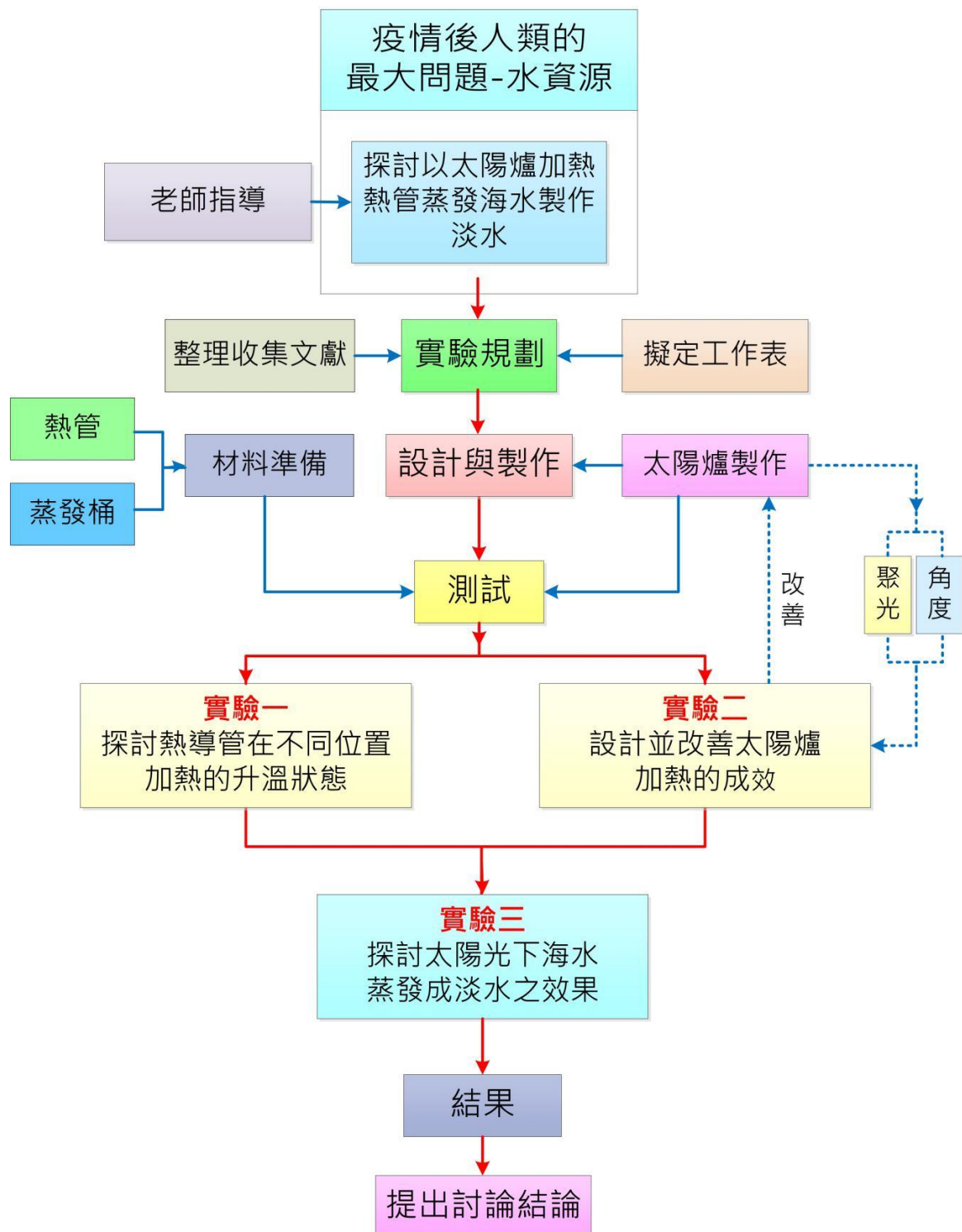


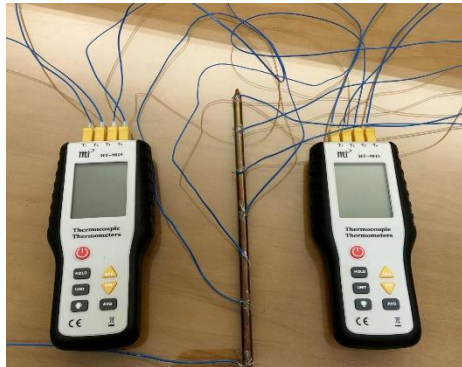
圖3-1 實驗流程



## 二、實驗一：探討熱導管在不同位置加熱的升溫狀態

### (一)實驗設置

- 1.標示熱導管各點加熱位置：熱導管全長 30cm，每 5cm 設置一個溫度設定點，共設置七點。將溫度感應器頭部與熱導管接觸，以銅膠帶固定，如右圖 3-2：
- 2.將熱導管固定在塑膠管架上，減少導熱。



連接上溫度記錄器



避免環境導熱

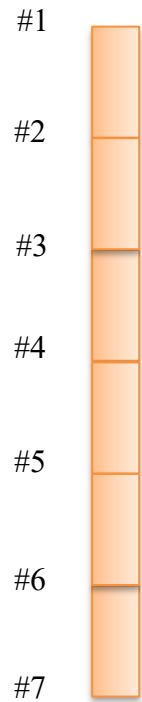


圖 3-2 熱導管

### (二)實驗

- 1.以吹風機分別在#1、#2、#3、#4、#5、#6 位置測量點各以吹風機加熱 2 分鐘。吹風機與加熱點的位置固定為 2cm，每 30 秒記錄熱導管在不同位置測量點加熱後的溫度變化。#7 為最末端，因此不須另做加熱實驗。

- 2.本實驗加熱使用吹風機是因為我們想知道，加熱後不同位置測量點溫度的變化。



吹風機在安全溫度下使用，比酒精燈或蠟燭安全許多，酒精燈的加熱溫度可以達到 400-500°C，蠟燭的溫度從焰心、內焰到外焰也是可達到 250-500°C。此外，使用吹風機也跟室外陽光下實驗的狀態較為貼近。

### 三、實驗二：設計並改善太陽爐加熱的成效

本實驗透過不斷的修正改善加熱的成效：

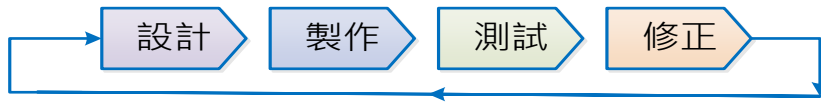


圖 3-3 改善流程

#### (一)光源的調整與改善

- 1.本實驗原僅設計以六座反射鏡收集陽光蒸發海水，但熱度不足，因此本組增加菲聶耳透鏡，增加太陽熱的利用。
- 2.反射鏡面的設計是參考 105 年度新及再生能源技術先期研發－太陽能光熱波段分離之複合發電創新模組技術研究創新前瞻計畫。在太陽能海水淡化系統簡介資料中，有以下 8 種的反射方式(圖 3-4)。本實驗參考資料裡的(c)組，在反光鏡設置時以圓盤面方式使貼上鏡面的紙板彎折，具改變角度效果；再參考資料裡的(f)組，在熱導管上方增加菲聶耳透鏡，以便在中午有限時段內收集更多熱能。

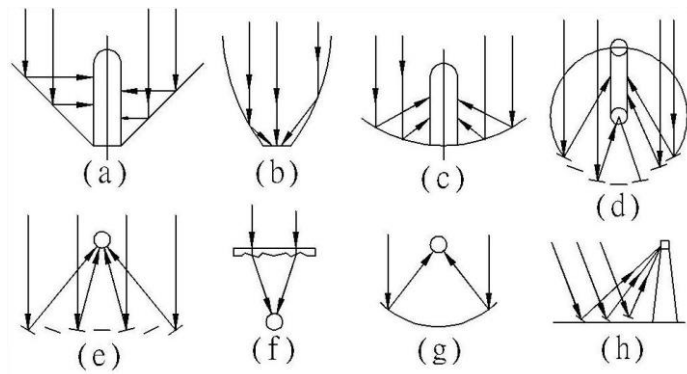


圖 3-4 反射鏡原設計圖

資料來源：工業技術研究院能源知識庫

- 3.配合鏡片大小設計如下圖：因為反射鏡面位置固定較不易，改善變更為以 12 片紙板固定方式。

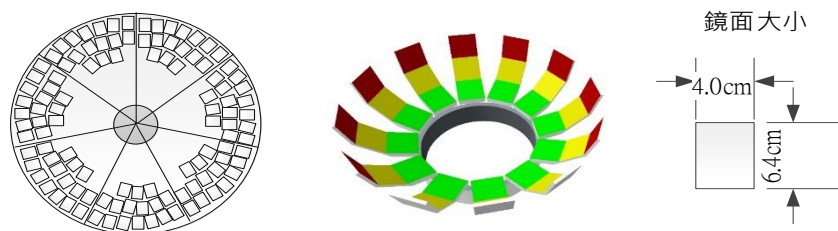


圖 3-5 反射鏡改善圖



#### 4.太陽爐的反射鏡製作

- (1) 取 20 吋電風扇的電風扇扇葉的鐵絲罩網，切割成 6 個部分。
- (2) 將鐵絲罩網清洗晾乾後，為了美觀及防鏽，以紅丹噴漆做底漆，乾燥後再噴上銀色漆。
- (3) 將線卡固定在鏡片背面上，束帶穿過線卡，再將束帶固定在鐵網上。
- (4) 將固定好的鏡面與扇頁固定在萬用角座上，以燈光調整出適當角度，將光反射到實驗一的#3 到#4 位置測量點之間。
- (5) 鏡片角度設計需配合太陽照射角度，我們在 2021/10/3 11:26 進行測試。在氣溫 26.3°C、沒有使用菲聶耳透鏡的情況下，將陽光反射對準黑色導熱膜，可在熱導管上測得 32.3°C。在改善紙板固定並加上菲聶耳透鏡後，熱導管上的溫度可升至 268°C。

		
切成6等份	噴上紅丹漆	鏡面排在扇網上
		
開始組裝	用萬用角座當成支撐架	以燈光測試是否聚焦

圖 3-6 測試鏡面過程

## (二)太陽爐的蒸發罐製作

熱導管上端 14cm，是吸收太陽光的區段。我們將熱導管 16 支排列，每支都是獨立孔，先穿過塑膠蓋，將上端整束熱導管以黑色金屬膠帶捆緊成一束，鍋蓋下半部的熱導管是散熱端，我們把它們分開；這樣可以使熱水容易流動，提高熱導管效率。

我們將 26cm × 26cm 的菲聶耳透鏡以萬用角座架設在距離熱導管上方 24cm 處。因為經測試若為上方 30cm 處會聚集成一個點，若在 24cm 處會是一個直徑約 3cm 大小的圓面積，非點狀聚熱。24cm 的距離能使 16 支熱導管都能接收到高溫，使導管上方的溫度迅速提高，連帶能提高導管下的溫度及水溫。

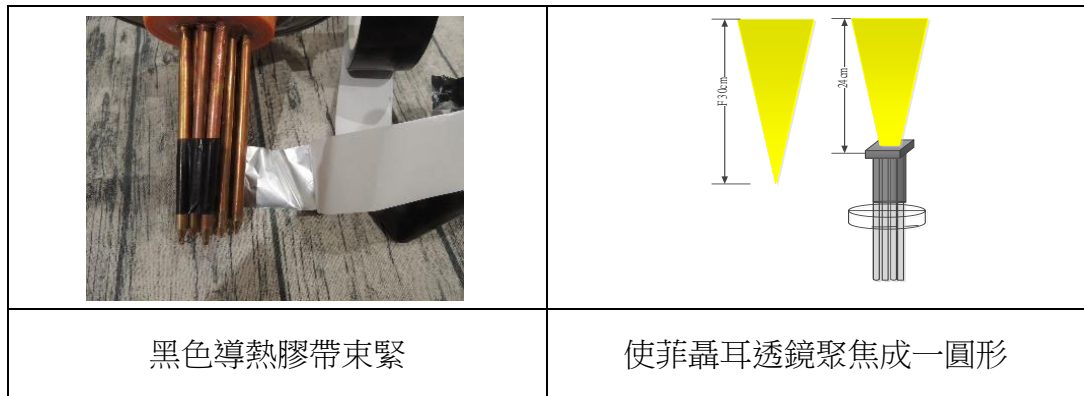


圖 3-7 熱導管貼黑膠帶及透鏡聚焦圖

- 1.白鐵外鍋直徑 19.0cm 高 18.0cm，若含鍋蓋高 18.5cm，內鍋直徑 14.0cm 高 14.0cm。
- 2.將鋁製鍋蓋穿洞讓熱導管分成上下，以木板固定，穿 13 個約 8mm 洞來固定。
- 3.因熱導管長度 30cm，內鍋高度不足，以鐵鉤將內鍋提高至鍋蓋下 2.0cm，使蒸發的蒸氣與無鹽的水能有通道。
- 4.鍋蓋上開孔四處，可放溫度計，不用則以螺絲塞緊。

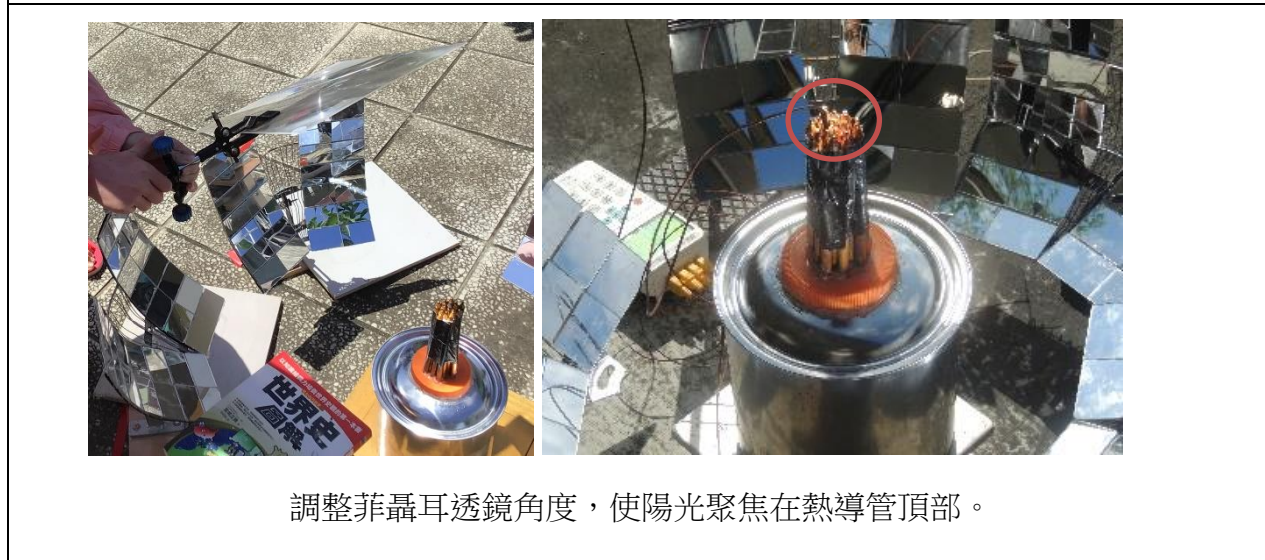
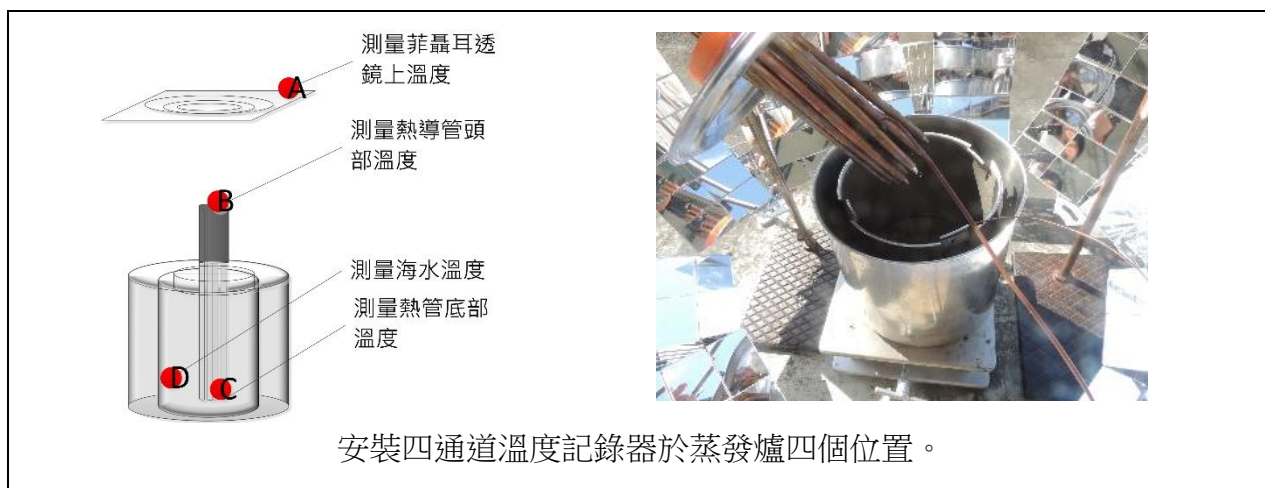


圖 3-8 修正蒸發罐過程

### 三、實驗三：探討太陽光下海水蒸發成淡水之效果

#### (一)實驗設置

- 1.安裝四通道溫度記錄器於蒸發罐的四個位置，記錄各點溫度變化。
- 2.測量太陽方位角與仰角，確認實驗時太陽的仰角與溫度的關係。
- 3.將 100 公克的海水倒入直徑 14.0cm 的內鍋，海水深度為 0.7cm。每 30 分鐘測量一次，每次實驗進行 3.5 小時的測量。
- 4.配合太陽角度，每 30 分鐘進行確認並適時調整菲聶耳透鏡角度、六個反射鏡角度與鏡座距離，讓光透過透鏡與反射鏡能聚焦在熱導管上。
- 5.最後計算所得的蒸發水量，並以鹽度計、TDS 進行水質測量。





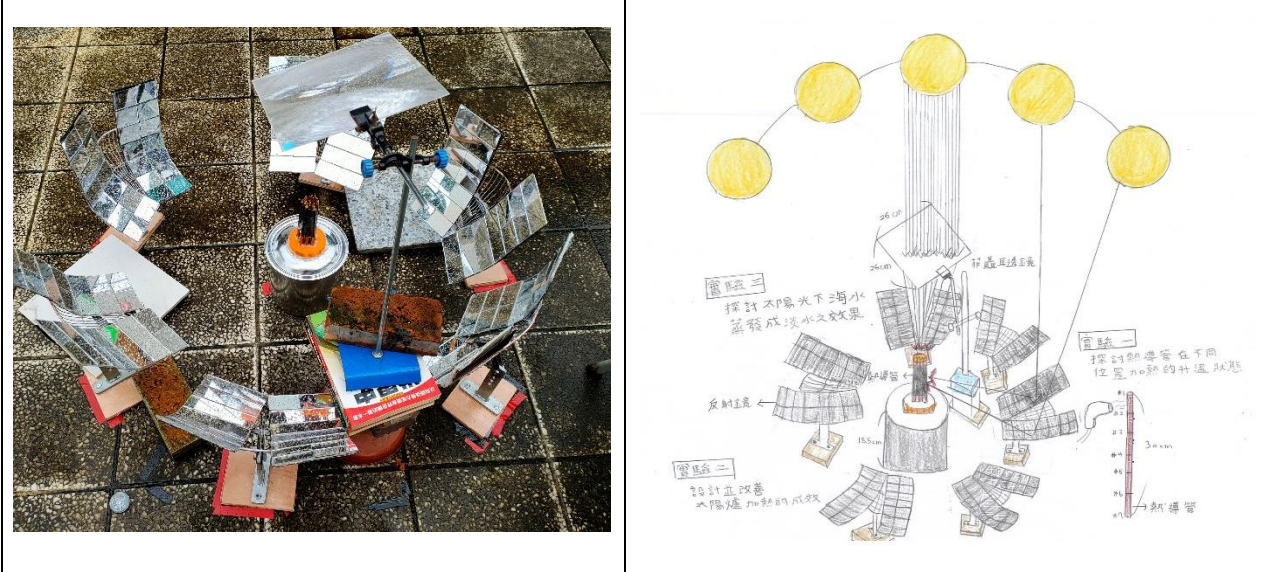
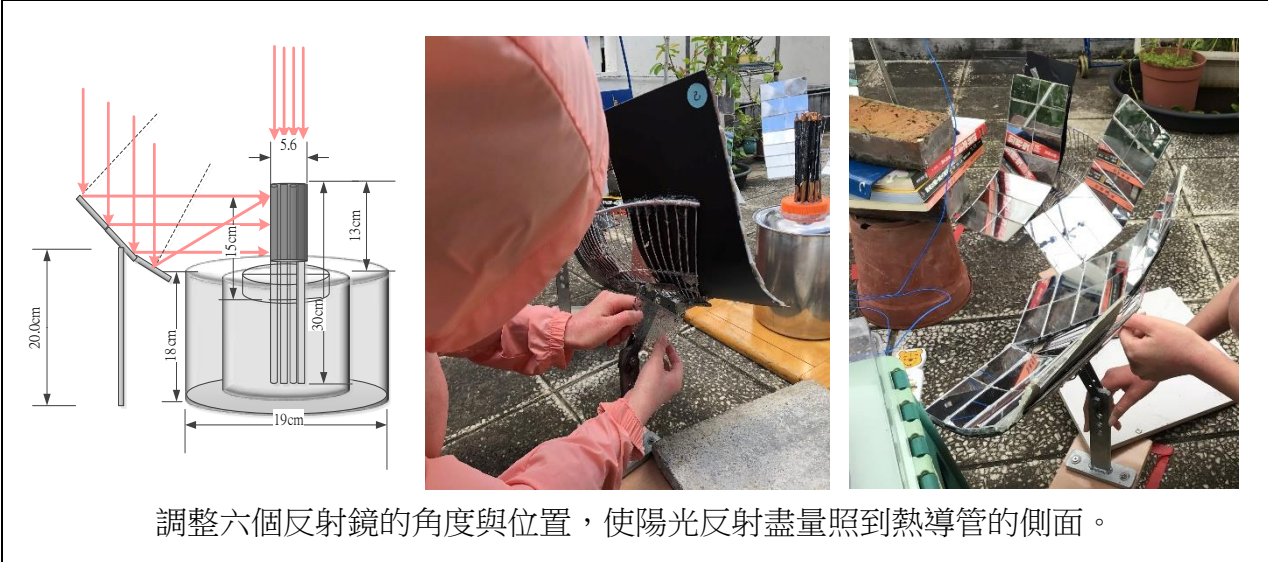


圖 3-9 太陽爐裝置說明

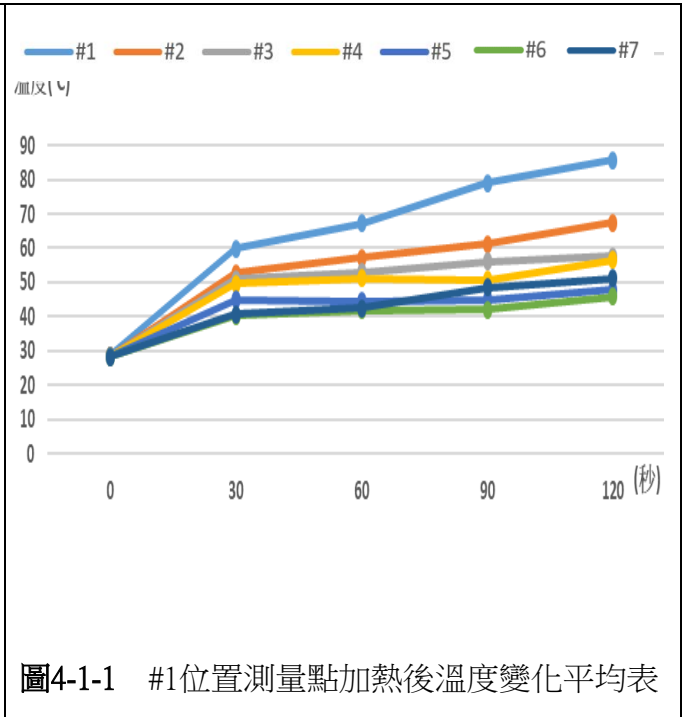
## 肆、研究結果

一、實驗一：探討熱導管在不同位置加熱的升溫狀態

(一)熱導管於#1 測量點加熱後，#1、#2、#3、#4、#5、#6、#7 測量點溫度變化，如表 4-1-1。

**表 4-1-1**      單位：℃

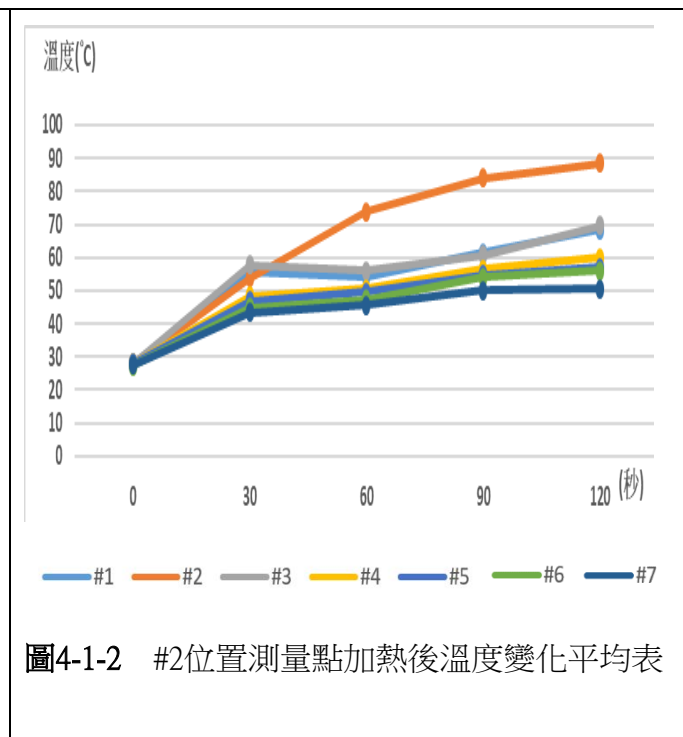
位置/ 時間(秒)	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
0	28.6	28.4	28.4	28.4	28.4	28.3	28.3
30	59.9	52.8	50.9	49.6	44.9	40.2	40.6
60	67.1	57.1	53	51.2	44.4	41.9	42.5
90	79.0	61.1	56.0	50.7	45.0	42.0	48.6
120	85.6	67.4	57.7	56.6	47.9	45.9	51.2



(二)熱導管於#2 測量點加熱後，#1、#2、#3、#4、#5、#6、#7 測量點溫度變化，如表 4-1-2。

**表 4-1-2**      單位：℃

位置/ 時間(秒)	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
0	27.8	28.1	28.1	28.1	28	27.4	27.5
30	55.5	53.9	57.8	48.3	46.8	44.8	43.5
60	54.3	73.9	56.1	50.5	49.6	47.3	45.5
90	61.5	84.0	60.7	56.5	54.7	54.1	50.1
120	68.5	88.5	69.6	59.9	57.1	56.1	50.5



(三)熱導管於#3 測量點加熱後，#1、#2、#3、#4、#5、#6、#7 測量點溫度變化，如表 4-1-3。

**表 4-1-3**                      單位：℃

位置/ 時間(秒)	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
0	27.4	27.8	27.2	27.4	27.3	26.9	26.9
30	38.8	49	61.6	53.2	52.4	48.7	47.9
60	48.8	54	76.3	54.9	52.8	48.5	46.9
90	65.8	72.4	86	73.3	64.4	61.3	53.8
120	71.6	83.3	98.2	84.5	73	70.4	64.5

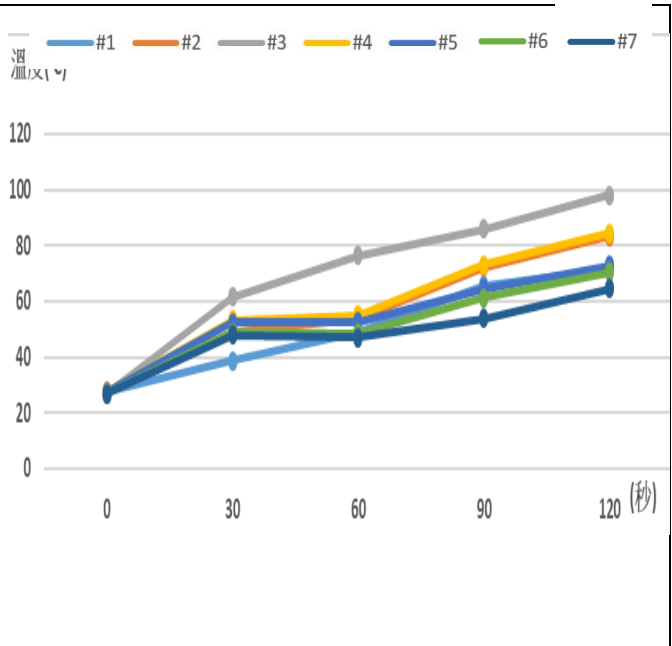


圖4-1-3 #3位置測量點加熱後溫度變化平均表

(四)熱導管於#4 測量點加熱後，#1、#2、#3、#4、#5、#6、#7 測量點溫度變化，如表 4-1-4。

**表 4-1-4**                      單位：℃

位置/ 時間(秒)	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
0	27.1	27.3	27.8	27.7	27.4	27.9	27.8
30	45.7	49	50.4	58.1	46.9	42.8	40.8
60	46.6	50.4	57.5	70.1	56.4	53.7	50.3
90	45.9	54.5	58.7	75.5	59.6	54.8	45.5
120	59.1	69.5	76.7	89.4	70.6	66	62.6

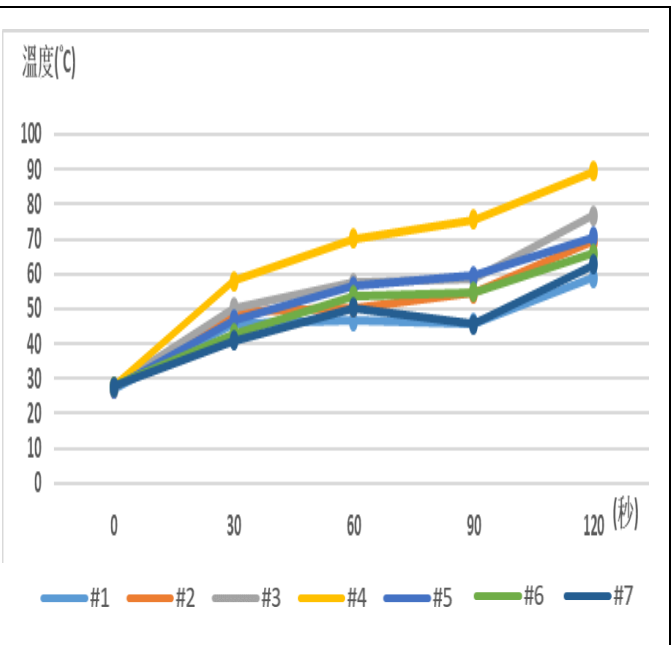


圖4-1-4 #4位置測量點加熱後溫度變化平均表



(五)熱導管於#5 測量點加熱後，#1、#2、#3、#4、#5、#6、#7 測量點溫度變化，如表 4-1-5。

表 4-1-5 單位：℃

位置/ 時間(秒)	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
0	28.6	28.5	27	27.9	28	27	27.2
30	46	49	51.2	55.8	61.8	54.5	53.2
60	48.9	54.3	55.6	63.3	68.9	62	54.7
90	50.4	55.1	61.2	66.2	77.8	69.2	63.1
120	60.6	69.1	71.1	79.1	91.3	78.8	63.7

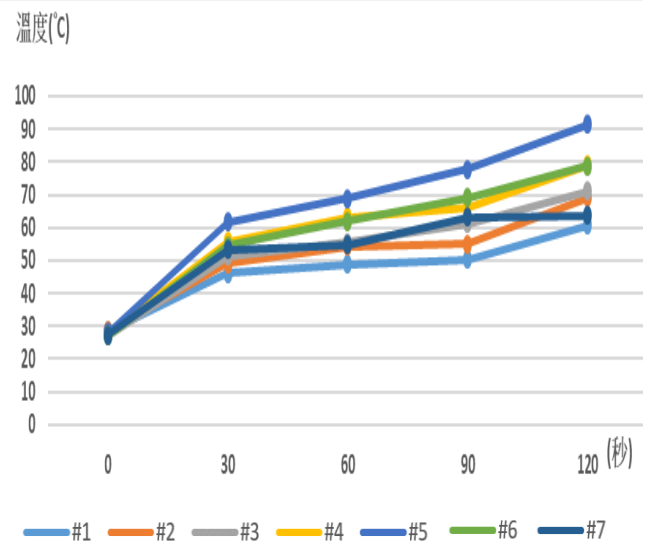


圖4-1-5 #5位置測量點加熱後溫度變化平均表

(六)熱導管於#6 測量點加熱後，#1、#2、#3、#4、#5、#6、#7 測量點溫度變化，如表 4-1-6。

表 4-1-6 單位：℃

位置/ 時間(秒)	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
0	29.4	28.9	28.5	28.9	29	28.6	28.5
30	42.4	44.4	48.9	51	56.5	62	54.5
60	45.2	49.6	53.6	59.7	66.9	74.1	66.9
90	50.2	52.7	60.2	64	71.8	84.5	74.6
120	55.6	60	62.7	68.3	74.5	94.8	74.8

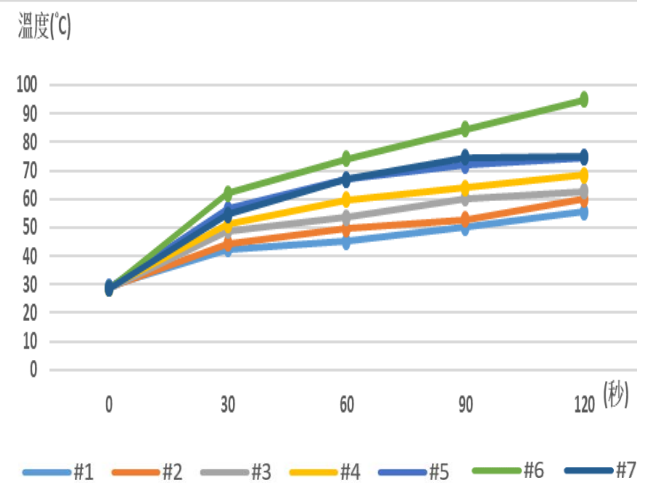


圖4-1-6 #6位置測量點加熱後溫度變化平均表

從實驗結果得知:

- 1.加熱在#1 位置測量點時，經過 120 秒，讓#7 的溫度由 28.3 度升高至 51.2 度。
- 2.加熱在#2 位置測量點時，經過 120 秒，讓#7 的溫度由 27.5 度升高至 50.5 度。
- 3.加熱在#3 位置測量點時，經過 120 秒，讓#7 的溫度由 26.9 度升高至 64.5 度。
- 4.加熱在#4 位置測量點時，經過 120 秒，讓#7 的溫度由 27.8 度升高至 62.6 度。
- 5.加熱在#5 位置測量點時，經過 120 秒，讓#7 的溫度由 27.2 度升高至 63.7 度。
- 6.加熱在#6 位置測量點時，經過 120 秒，讓#7 的溫度由 28.5 度升高至 74.8 度。
- 7.當加熱在不同位置測量點時，加熱的位置溫度會快速的上升，而在#1 位置測量點加熱時，溫度會依序傳到#2~#7。當加熱點是在#2 到#6 時，則溫度會往熱導管的兩邊遞減。
- 8.當吹風機停止加熱時，七個點的溫度也會在 180 秒內隨著不同位置加熱點，依序以每 0.1-0.5 秒的速度降溫，直到與室內溫度相同。

## 二、實驗二 設計並改善太陽爐加熱的成效

組裝完成後，至戶外進行實驗前置測試，發現問題仍多，我們著手進行改善：

### (一)太陽爐的反射鏡改善

#### 1. 設計並委託製作固定座。

支座主桿	可調角度桿	完成品	六座主桿

圖 4-2 太陽能板架規格

2. 以厚紙板改善鏡面放置不平整的反射問題。
3. 改善被風吹倒的現象，支架以束帶連接成圓形。
4. 改善溫度不足，測試菲聶耳透鏡溫度可達 268°C，增加菲聶耳透鏡。

委託製作的固定座	組裝固定座	固定鏡面	束帶捆緊
組裝過程	組裝完成	蒸發實驗狀況	被風吹倒

圖 4-3 實驗前置測試蒸發過程



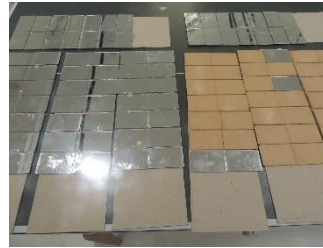





			
拆除原來以束帶綁緊的鏡面	黏貼鏡面在紙板上	用紙板放置使鏡面平整	紙板可彎 150°角測試
			
角度調整	束帶連接扇形使其不倒 菲聶耳透鏡測試溫度	增加黑色集熱板	集熱板移除改善

圖 4-4 反射板改善

(二)太陽爐的蒸發罐改善

1. 原鍋蓋氣密不佳，蒸發出氣體會流失，購置14.0cm鍋蓋改善。
2. 取消懸吊式內鍋的吊鉤，改在內鍋底部加添一金屬盤，以提高內鍋高度。
3. 為使水滴較容易收集，使用幅度較大的圓盤鍋蓋。內鍋的海水蒸發後所形成的水滴會凝結在鍋蓋，再從鍋蓋流到鍋蓋的周邊凹陷處。
4. 熱導管原用 13 支增加為 16 支以提升溫度，並將熱導管上端以導熱金屬黑色膠帶集束，盡量聚一束，使透過菲聶耳透鏡的光束能照在熱導管的頂端。而在內鍋底部的熱導管則分散，提高熱傳導至海水中的效能。
5. 原鍋蓋上用木板來固定熱導管，更換鍋蓋後，改用塑膠罐上的蓋子，穿孔之後再以耐熱矽利康填補熱導管間的縫隙。









		
購置兩組鍋蓋測試	鍋蓋測試密合程度	移除內鍋的鉤子
		
改以塑膠蓋替代木板	露出外部高度 14cm 熱導管集束有利熱收集	加上黑色金屬膠帶 測試太陽爐加熱狀況

圖 4-7 太陽爐改善

(三)太陽爐反射鏡的防水改善及底座穩固改善

2022/5/18時序已進入梅雨季，我們再將太陽爐反射鏡做防水及底座穩固的改善。

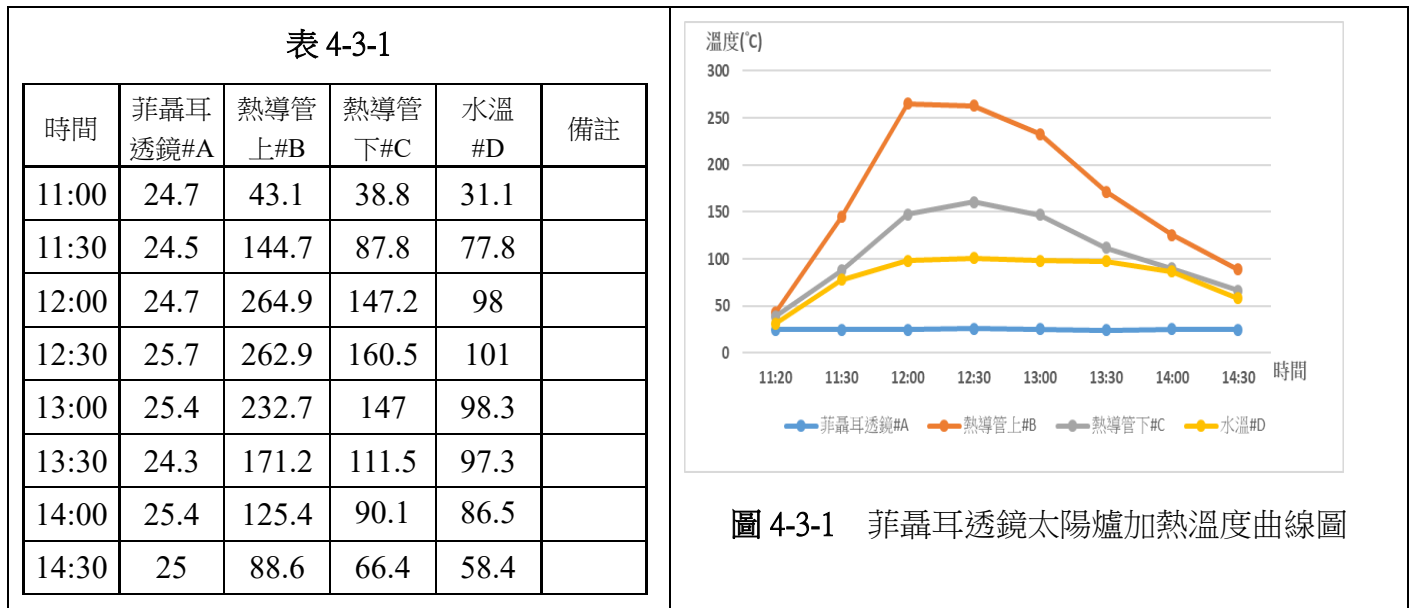
- 1.先拆除原來的紙板鏡片，在紙板後黏貼塑膠板，周圍再塗上一層防水膠。
- 2.裁切長寬高為 15cm × 10cm × 2cm 的木板，做為底座。
- 3.為增加底部的穩固，避免再被強風吹倒，以螺絲將整座反射裝置鎖定在木板上。

		
反射板由紙板改為塑膠板	中間及周圍塗上防水膠	切割長 15cm、寬 10cm、高 2cm 的木板
		
塑膠板完成	將原來的底座以螺絲鎖在木板上	防水及穩定度改善之成品

圖 4-8 太陽爐反射鏡改善

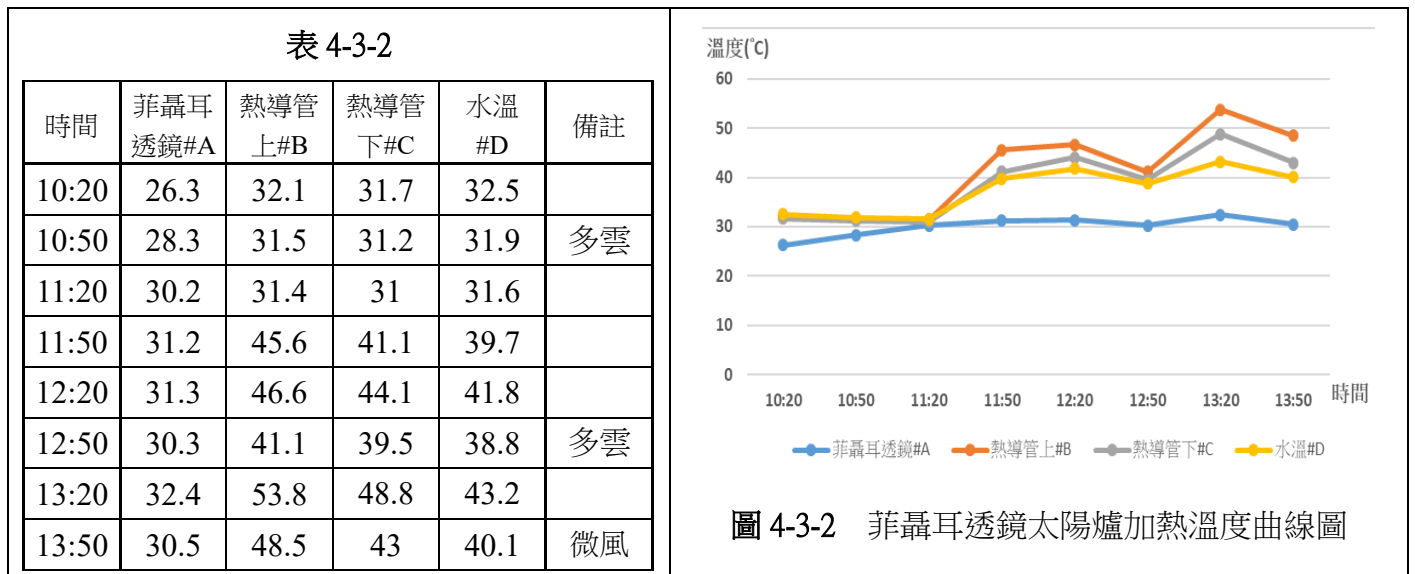
### 三、實驗三 探討太陽光下海水蒸發淡水之效果

(一)第一次實驗時間:2021/10/27 11:00 開始每 30 分鐘記錄一次溫度變化，如表 4-3-1。



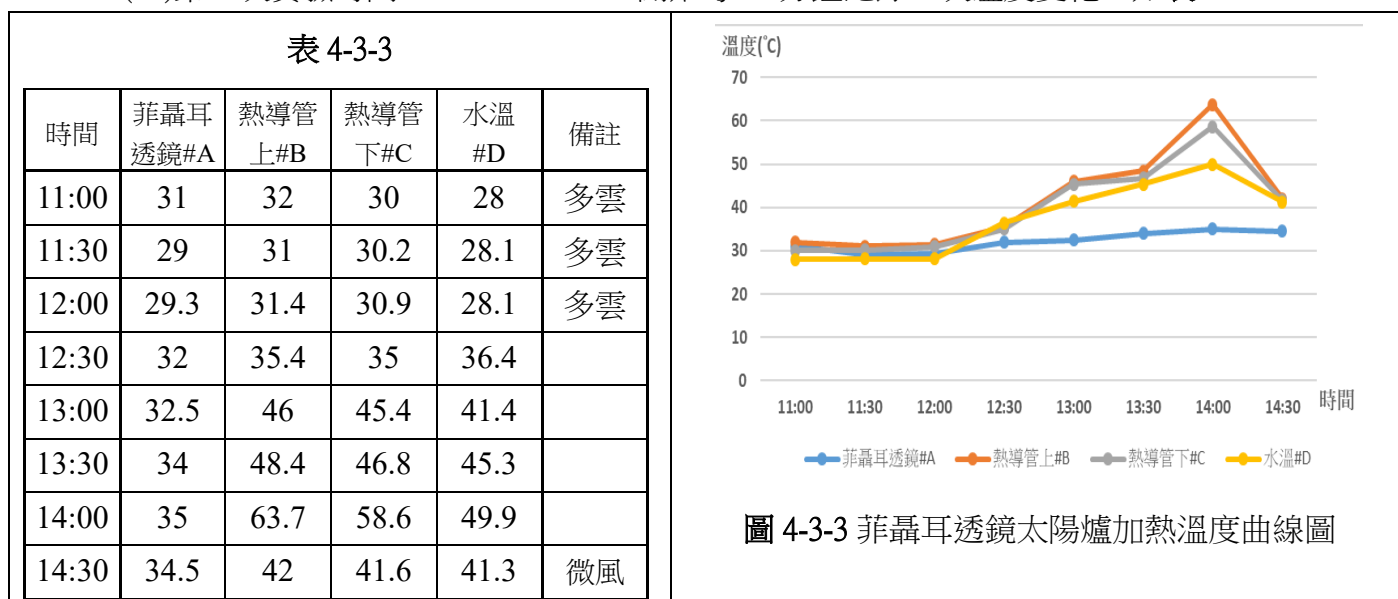
- 結果：1.在菲聶耳透鏡下熱導管上約 20 分鐘，熱導管溫度達到 100°C。
- 2.數據顯示在 11:45-13:51 水溫會維持在 96°C 以上。
- 3.最後收集到 6.79 公克的水，以鹽度計測得水為 1.000，以 TDS 測得為 525。純水的 TDS 為 0，TDS 數值越大表示水中所含雜質越多，因此我們判斷係因鐵鍋未清洗乾淨。

(二)第二次實驗時間:2022/05/18 10:20 開始每 30 分鐘記錄一次溫度變化，如表 4-3-2。



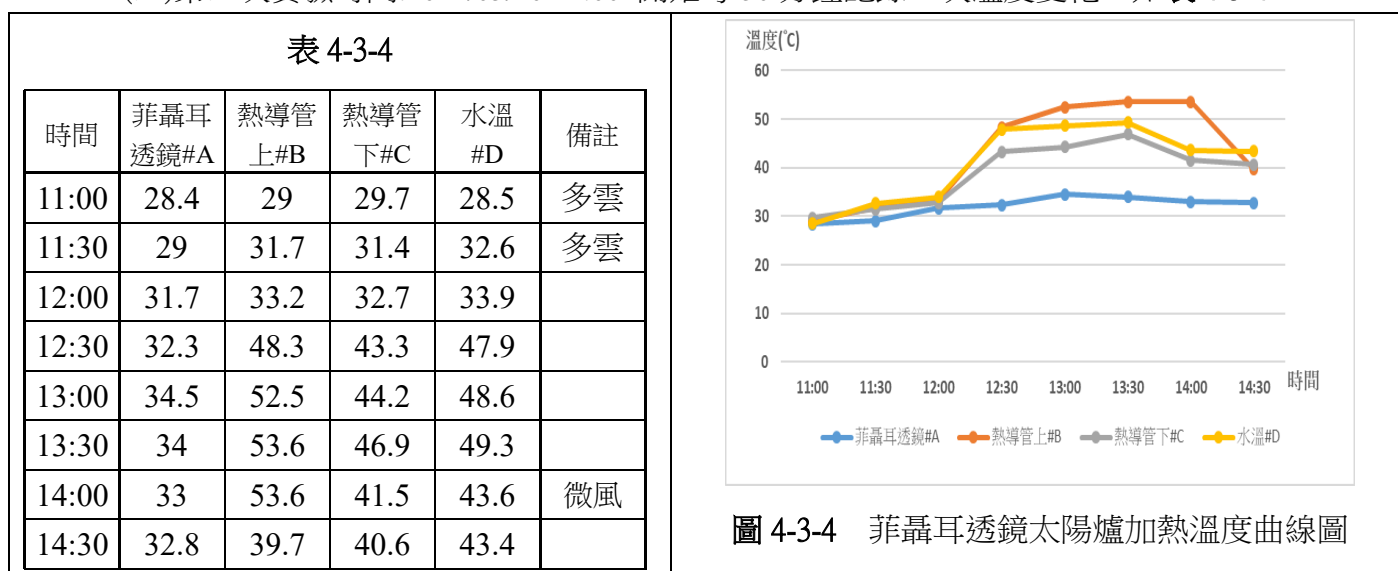
- 結果：1.當地面氣溫由 26 度上升到 32 度時，熱導管上溫度最高只能達到 53.8°C。
- 2.數據顯示在這 3.5 小時內，水溫在 31.6 到 43.2°C 之間。
- 3.最後收集到水量 0 公克，但是消失了 4 公克的海水。

(三)第三次實驗時間:2022/05/19 11:00 開始每 30 分鐘記錄一次溫度變化，如表 4-3-3。



- 結果：1.當地面氣溫由 28 度上升到 36 度時，熱導管上溫度最高只能達到 63.7°C。
- 2.數據顯示在這 3.5 小時內，水溫在 28 到 49.9°C 之間。
- 3.最後收集到水量 2 公克，以鹽度計測得水為 1.000，以 TDS 測得為 41。因為我們有注意到要洗鐵鍋，所以 TDS 的值下降。
- 4.消失了 1 公克的海水。

(四)第四次實驗時間:2022/05/20 11:00 開始每 30 分鐘記錄一次溫度變化，如表 4-3-4。



- 結果：1.當地面氣溫由 28 度上升到 38 度時，熱導管上溫度最高只能達到 53.6°C。
- 2.數據顯示在這 3.5 小時內，水溫在 28.5 到 49.3°C 之間。
- 3.最後收集到水量 1.5 公克，以鹽度計測得水為 1.000，以 TDS 測得為 12。
- 4.消失了 1 公克的海水。



(五)第五次實驗時間:2022/05/29 10:20 開始每 30 分鐘記錄一次溫度變化，如表 4-3-5。

表 4-3-5

時間	菲聶耳透鏡#A	熱導管上#B	熱導管下#C	水溫 #D	備註
10:20	38	83.9	53.2	67.1	
10:50	37	120.1	58.3	66.7	
11:20	37.5	87.5	66.2	68	
11:50	37	226.6	64.5	65.6	
12:20	37.5	104.4	54.5	55.3	
12:50	38	98.6	54.1	56.2	雲/微風
13:20	38	55.1	54.4	40.9	厚雲/微風
13:50	38.5	158.1	67.2	50.4	微風

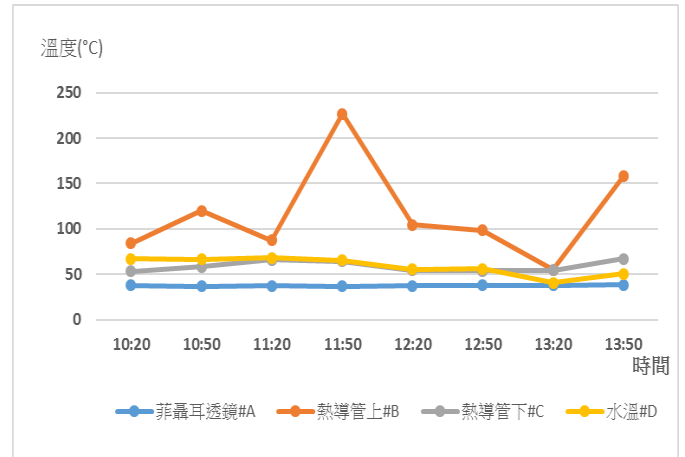


圖 4-3-5 菲聶耳透鏡太陽爐加熱溫度曲線圖

- 結果：1.當地面氣溫由 37 度上升到 38.5 度時，熱導管上溫度最高達到 226.6°C。
- 2.數據顯示在這 3.5 小時內，水溫在 40.9 到 68°C 之間。
- 3.最後收集到水量 2 公克，以鹽度計測得水為 1.000，以 TDS 測得為 16。

## 伍、討論

### 一、實驗一 探討熱導管在不同位置加熱的效果

從實驗結果得知，當加熱在不同位置測量點時，該加熱的位置溫度會快速的上升，而在#1位置測量點加熱時，溫度會依序傳到#2~#7。當加熱點是在#2到#6時，則溫度會往熱導管的兩邊遞減。

我們利用菲聶耳透鏡將陽光聚集#1 位置(熱導管的頂端)，將最大的熱能傳遞到#7 位置(浸在海水中的末端)。為了提升效能，我們以反光鏡將陽光反射到熱導管的#1~#4 位置，將熱能傳遞#7 位置。由#7 溫度變化表(表 5-1)得知，以鏡面將光反射到熱導管#3-#4 之間，傳遞到#7 的溫度較高、散失的溫度較少，是最佳的反射區間。

表 5-1 #7 溫度變化表

加熱點位置	#7 初始溫度(°C)	#7 最後溫度(°C)	溫度變化(°C)
#1	28.3	51.2	上升 22.9
#2	27.5	50.5	上升 23
#3	26.9	64.5	上升 37.6
#4	27.8	62.6	上升 34.8

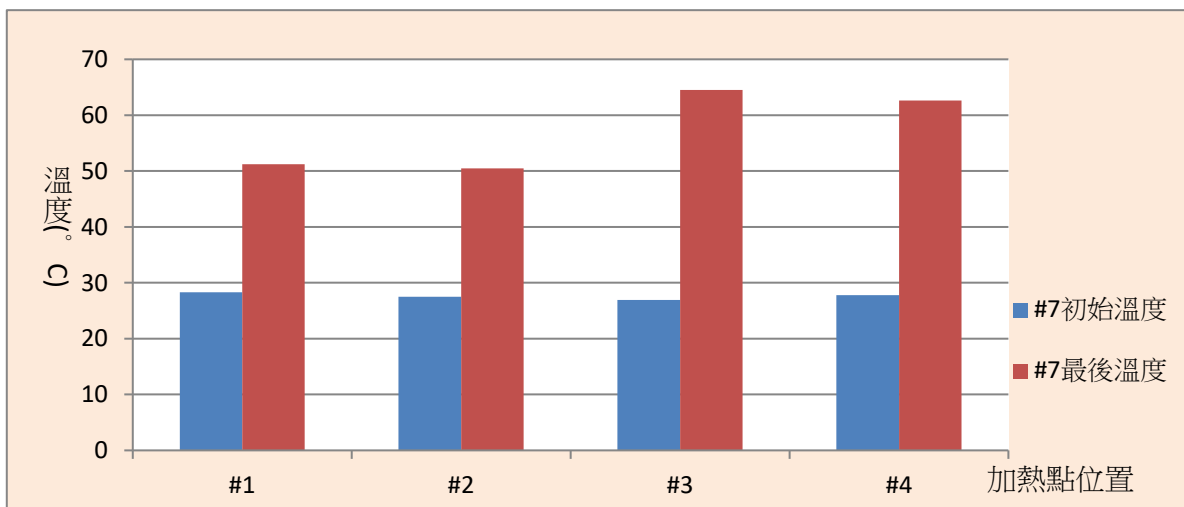
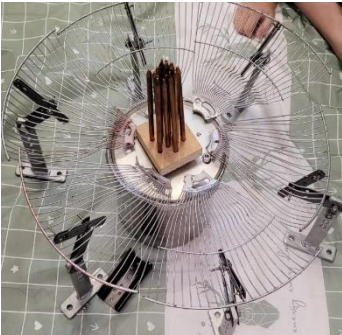


圖 5-1 #7 溫度變化

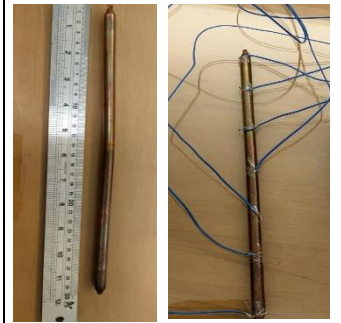
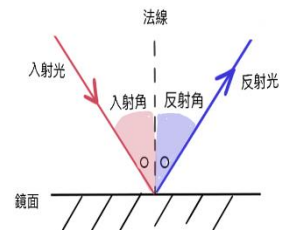
## 二、實驗二 改善太陽爐加熱的效果

### 第一代反射板+太陽爐



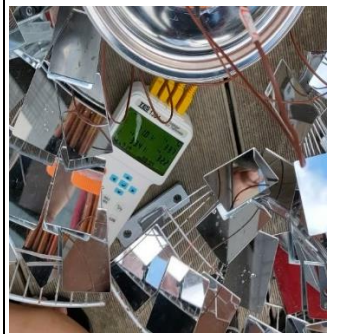
### 實驗前→

- 1.由光的反射定律得知當光射到一個介面時，入射與反射光線成相同角度，入射角等於反射角，所以在組裝好之後以燈光測試，確認了光能從反射鏡面反射到熱導管。
- 2.將熱導管區分為七個不同位置測量點加熱，得知熱可由加熱的一端傳遞到另一端，因此太陽的反射若照在反射板上，便能將反射光線反射到熱導管，再將熱由熱導管上端傳到熱導管下端，使水溫上升。



### 實驗過程→

- 1.將設備放到太陽下實驗，太陽光移動時我們也隨時將反射鏡面的角度做調整，讓光線照到熱導管。此時測得熱導管上的溫度比當時的地面溫度高出1-2度，熱導管下的溫度與熱導管上的溫度相同，水溫一開始略低於地面溫度，經過一小時後溫度能提高到與熱導管下溫度相同。但這樣的溫度不夠高，如何讓溫度再提高，我們繼續改善。
- 2.鏡片與鏡片的間隙太大，無法有效聚集光線，鏡片的不平整使整個支架也不穩固，很容易被風吹倒。



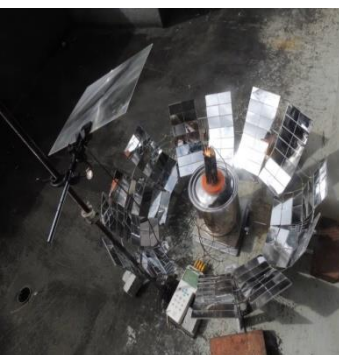
### 實驗結果→

我們原本放置100公克的海水於內鍋，經過3.5小時之後，並未取得蒸發的淡水。因為過程中，風會吹倒鏡架，熱導管穿過木板仍會有小空隙造成水份直接蒸發掉，再加上16隻熱導管之間的距離偏大，我們決定將它們捆成一束，所以繼續改良器材。



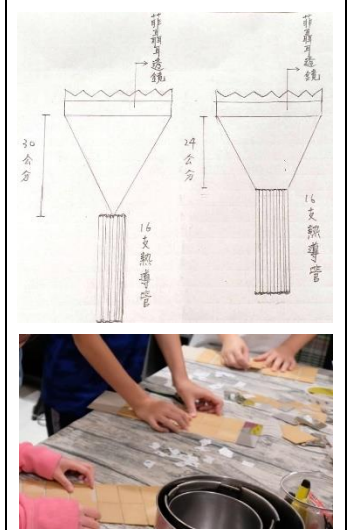


## 第二代反射板+太陽爐



### 實驗前→

- 1.由文獻資料得知使用菲聶耳透鏡能影響太陽能板的發電功率，因此我們架設透鏡在距離熱導管頂部24公分處，這樣的距離能使太陽光的聚焦為一個面而非一個點。太陽光能經由透鏡照到熱導管來增加溫度。
- 2.同時也修改鏡面的固定方式，由原來直接用束帶綁在風扇上改為黏貼在紙板上，讓其光照的面積增大，也減少風吹的問題。



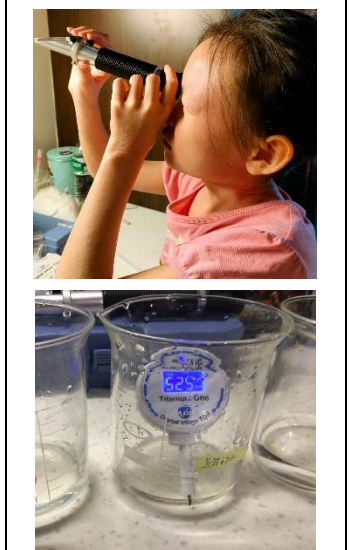
### 實驗過程→

- 1.熱導管的溫度在太陽照射下，於使用菲聶耳透鏡下後約20分鐘，管上溫度可達到100°C，約60分鐘以後，管上溫度可以到達250°C以上。熱導管下溫度則是在30分鐘後達到100°C，持續上升且能維持100°C以上約1小時，水溫從原來的31°C隨著熱導管上下溫度不斷地提升跟著升高，在實驗進行約90分鐘後水溫達到100°C，且能維持水溫90°C以上約120分鐘。
- 2.在太陽光充足的情形下，我們大約每30分鐘就會去移動反射鏡面的角度，並時時注意菲聶耳透鏡是否有將太陽光聚焦在熱導管的頂部，若無，需移動透鏡的角度，使頂部的聚焦能維持。



### 實驗結果→

最後100公克的海水，在蒸發後可以獲得6.79公克的水，並且以鹽度計測試所收集到的水未含鹽份，再以TDS檢測筆測得525的數值，以一般自來水的TDS約為每公升65毫克，顯然我們收集到的水數據偏高，雖然TDS檢測僅是飲用水水質標準的其中一項，不能概括是否含有害物質…等。但我們仍然可以透過檢測了解蒸發的水與其他純水、海水、自來水等的不同。



### 第三代反射板+太陽爐



### 實驗前→

- 1.除了在日照充足、高溫穩定的夏季外，我們想了解其他季節的實驗效果，因此在2022年五月份又持續進行實驗完成觀察記錄。由於接近梅雨季，我們做了反射板的防水加強並且將底座鎖定在木板上增加穩定度。
- 2.除了查詢太陽的仰角與方位角之外，再查詢實驗日當天的雲量及風量。(資料來源:Windguru氣象預測網)



### 實驗過程→

- 1.2022年五月的溫度在中午仍高，因此我們依然有測到使用菲聶耳透鏡能讓熱導管上下及水溫都能提升。然而多雲及風的影響，溫度無法持續一直上升，雲一旦遮住太陽光，即便地面溫度有達30度，仍然無法透過菲聶耳透鏡來增加溫度，使得水溫也未能到達100°C。
- 2.當我們打開鍋蓋時，可見微量的小水滴，但必須快速的收集起來，不然很快就會蒸發掉，同時我們也看到在熱導管下有出現這樣的現象。



### 實驗結果→

我們分別在2022/05/19獲得2公克的水、2022/05/20獲得1.5公克的水、2022/05/29獲得2公克的水，以鹽度計測試結果，皆未測得有海水的鹽分。以TDS檢測筆分別測得41、12及16的值；TDS檢測值與2021/10/27所取得6.79g水所測出的525數據差異很大，是因為2022年五月的實驗有將蒸發鐵桶先清洗乾淨，水中的其他物質含量就比較低了。如果要取得更多的水，氣密性與保溫性和防風及保持高溫是要繼續思考的方向。





### 三、實驗三 探討太陽光下海水蒸發淡水之效果

使用菲聶耳透鏡來提高溫度，再以人工方式做角度調整，使溫度能達最高，本實驗最大的難點在於要有「好天氣」，時時查看氣象預報”好天氣”的日期來規劃實驗。北部要連續幾小時沒有雲來遮蔽很難，做實驗好像「看天吃飯」，校園裡同學圍觀，馬路邊有危險，屋頂陽台風大，將日光反射加熱中的熱導管一吹，竟也立刻降溫達 $1^{\circ}\text{C}$ ，所以要將這些問題一一克服與排除，著實費了一番功夫。

實驗以四通道溫度記錄器，設定每30分鐘記錄一次，由加熱溫度記錄圖，我們討論後得到以下：

- (一)2021/10/27 實驗中，水溫最高維持在  $98^{\circ}\text{C}$  上下一段時間，有時到達  $100^{\circ}\text{C}$  以上的溫度，但未有蒸氣，研判原因可能因大氣壓力影響，因為水面上大氣壓力要阻止水分子蒸發出來，所以氣壓升高時水要化成水蒸氣必須要有更高的溫度。雖然加上菲聶耳透鏡後的溫度可達  $268^{\circ}\text{C}$ ，然測試當天受雲和風及太陽照射角度的影響，導致熱管下是以  $160^{\circ}\text{C}$  的溫度加熱，所以只有在鍋壁出現小泡泡似的蒸發現象。
- (二)2021/10/27 實驗中，水的溫度從 11 點開始的  $31.1^{\circ}\text{C}$  到 11 點 48 分到達  $98^{\circ}\text{C}$ ， $98^{\circ}\text{C}$  左右的水溫一直維持到 12 點 18 分，12 點 24 分水溫達到  $100^{\circ}\text{C}$ ，在 12 點 36 分還測到  $101.3^{\circ}\text{C}$ ，之後溫度在  $100^{\circ}\text{C}$  到  $97^{\circ}\text{C}$  之間維持了 1 小時 12 分便開始往下降，觀測到 14 點 33 分溫度下降到  $55.6^{\circ}\text{C}$ 。在這約三個半小時的時間，獲得的水量有 6.79 公克，顯示出熱量並沒有全部給海水去加熱，這部分的熱可能是被流失了，也就是說密封性越好熱量就越不容易流失，保溫效果越好收集到的水量會更多，保溫與氣密性可以更加強。
- (三)2022/05/18~05/20 我們進行連續三天實驗。5/18 鍋內的水溫度一開始是  $32.5^{\circ}\text{C}$ ，在 13:20 有達到  $43.2^{\circ}\text{C}$ ，雖然在熱導管上的最高溫有測得  $53.8^{\circ}\text{C}$ ，熱導管下的最高溫有測  $48.8^{\circ}\text{C}$ ，但是並沒有收集到淡水。研判是當時打開鍋蓋時，雖然在鍋蓋上可見非常微量的小水滴，當時起風未立即收集，太陽一出來，它消失得很快，所以未收集到淡水，原先 100 g 的海水剩下 96 g，消失了 4 g。5/19 水溫在下午兩點有達到  $49.9^{\circ}\text{C}$ ，這一次在打開鍋蓋時立刻將鍋蓋上的水滴收集起來，獲得了 2g 的淡水。5/20 水溫在  $40^{\circ}\text{C}$  以上有維持了 2 個小時，也因此有順利取到淡水 1.5g。接下來幾天雲層變厚、下雨，溫度漸降。



(四)2022/05/29 在連續降雨後，我們查了氣象局的資料，發現今日高溫能到 30 度以上，查詢雖然仍有雲層，但我們希望能有機會取得更多的淡水，於是再架設裝置。從八點開始地面溫度測到 38°C，在 10:50 測到熱導管上達 120.1°C，13:50 測到熱導管上達 158.1°C，在 11:50 時還測到 226.6°C，此時在熱導管下方的水溫維持在 50.4°C 至 68°C 之間，最後剩餘海水為 98 g，取得淡水 2g。在溫度有升高的情形卻未能取得更多的淡水，我們判斷這跟雲層及風量有非常大的關係。太陽光直接照射在熱導管頂端時能使溫度上升的非常快速，在每 30 分鐘的觀測時間內，熱導管四個點的溫度會隨著太陽是否直射或透過菲聶耳透鏡將光線聚焦在測量點上而有很大的變化，我們發現到太陽光若聚焦 30 秒，就能使原先熱導管上的溫度提高 64°C，在熱導管下的升溫速度雖然沒那麼快，但也能同時隨著管上的溫度提升而提高 2-3°C，但是風一吹來，加上雲層漸厚，陽光時顯時隱，高溫無法一直持續，雖然在每 30 分鐘的觀測時間內能看到熱導管上的溫度飆升到 300°C 以上，但是下降也非常快，因為雲跟風的關係，讓水溫無法持續保持高溫。

## 陸、結論

在台灣的北部地區，以太陽熱能做海水蒸發實驗，每個人都認為不可能，原本規劃並沒有用到菲聶耳透鏡，查閱國外使用太陽爐資料，大多顯示溫度均可達到 300-400°C，烤肉、做菜、燒開水都沒有問題，我們也參考了關於菲聶耳透鏡的文獻，得知利用透鏡能使溫度提高，也實際做了透鏡的測試，所以在環境溫度僅有 24°C 的情況下，因為科技的進步與老天的感動，讓我們能完成此次實驗參加科展，感到很開心。我們這組女同學有異位性皮膚炎，幾乎不能曬太陽，每周實驗後都要去治療，但最後大家能一起完成實驗，覺得很感動，在此特別提出來。

在我們的三個實驗中，從第一個實驗『**探討熱導管在不同位置加熱的升溫狀態**』，使我們確認要讓陽光透過太陽爐的反射鏡反射到熱導管 10 到 15cm(即#3 到#4)的位置，以獲得最大的效益。

第二個實驗『**設計並改善太陽爐加熱的成效**』，這裡分成兩部份改善，其一是**太陽爐的反射鏡改善**，由原本討論設計並委託製作的固定座改成以厚紙板來改善鏡面放置不平整的反射問題。易被風吹倒的現象則以支架加上束帶連接成圓形，讓整座反射鏡架牢固穩定。時序進入梅雨季再做防水的改善，將底座以螺絲鎖在木板上，並且以塑膠板及防水膠加強防水效果。溫度不足的難題則由菲聶耳透鏡來解決，加上菲聶耳透鏡後，使熱導管的溫度可達 268°C，但是需在陽光充足且持續的條件下才能有更好的效果。另一部分則是**太陽爐的蒸發罐改善**，為改善鍋蓋氣密不佳，再購置 14.0cm 鍋蓋。原本懸吊式的內鍋，改在鍋底使用白鐵淺盤，可以穩固不搖動。使用圓盤鍋蓋會讓水滴流到鍋蓋的周邊凹陷處讓我們容易收集，最後的熱導管數量由 13 支增為 16 支以提升溫度，並將熱導管上端以導熱金屬黑色膠帶集束，使底部的熱導管會分散有利於熱傳導。在改善氣密部分原用木板固定熱導管，改用塑膠蓋，以耐熱矽利康填補熱導管間的縫隙。

第三個實驗『探討太陽光下海水蒸發淡水之效果』，在使用菲聶耳透鏡下，如果陽光夠強，熱導管溫度可達到 100°C 以上；由熱導管上的溫度感測器，可以觀測到溫度很容易會受到環境中雲的影響。以 100 公克的海水進行實驗，2021/10/27 在蒸發後可以獲得 6.79 公克的水，並且以鹽度計測試所收集到的水未含鹽份；再以 TDS 測得 525 的數值，此數值跟純水 TDS 為 0、自來水為 65 的數值來比，偏高許多。後續注意鍋內清潔後，2022/05/19 實驗取得蒸發的水 TDS 值為 41、2022/05/20 實驗取得蒸發的水 TDS 值為 12、2022/05/29 實驗取得蒸發的水 TDS 值為 16 的數據。第二次到第五次的實驗我們在時序將進入梅雨季時實驗，得知太陽光透過菲聶耳透鏡及反射鏡能讓熱導管的溫度提高，但是高溫度若無法持續會讓效果不佳，無法有效收集到淡水。

本實驗可延伸的項目很多：短期目標可以研究氣密性與適當保溫性來提高蒸發量；中期目標能利用電位差來穩定供應電力，並增設鹽水循環裝置與升壓器使輸出的電可以充電手機；長期目標則是希望能把太陽爐熱導管裝置放在缺水的離島地區，以及克服北台灣氣候的限制，做出晴雨皆能發揮效用的裝置。目前台灣有 24 座海水淡化廠，多數在離島，面對全球氣候不穩定，除了離島，本島也都有缺水危機，也因此去年有了本島第一座供應民生用水的海淡廠，經濟部水利署也陸續規劃了另外六座本島海淡廠，但是海水淡化廠的高成本和高耗能也會對海洋造成污染，所以希望未來我們能把太陽爐熱導管的研究實踐於民生經濟上。另外將本裝置縮小化發展成便利包，讓在海上活動的人隨時可以使用，或在戰爭急難時成為救己救人輕巧易攜帶的救難包也是我們的目標。

## 柒、參考文獻資料

- 朱柏臻、楊千萱、吳睿羿、許維恩(2010)。光生水起-太陽能聚光發電海水淡化系統。全國中小學第 60 屆科展說明書。
- 李建翔、游承濤、翁慶明(2010)。以菲涅爾透鏡改善太陽能板發電功率探討。全國中小學第 50 屆科展說明書。
- 林秀靜、邱泓佐(2008)。臺灣藍金、行船人的救星---太陽能「海水淡化槽」。全國中小學第 48 屆科展說明書。
- 林威杉、陳宥樺(2009)。『凸』子跟著太陽走，開啓冷熱電光秀 - 運用毛細現象以太陽能淡化海水系統的設計與製作。全國中小學第 59 屆科展說明書。
- 林苡任 (2009)。菲涅爾透鏡(Fresnel lens)之光學設計與精密成形。Optical design and precision molding for Fresnel lens
- 康尚文(2014)。太陽能聚光中溫熱管之開發。行政院原子能委員會委託研究計畫研究報告。
- 陳源滄、劉育、張柔嫻、葉小語(2005)。留住你有何用-----DIY 太陽能熱水器。全國中小學第 45 屆科展說明書。
- 劉岳霖、黃筱絜、廖婕涵、陳致鈞、周睿濬。(2016)。許地球一個不渴的未來-太陽能海水淡化裝置。全國中小學第 56 屆科展說明書。
- 蕭季威(2008)。仿生智慧型熱控制系統。台灣 2008 年國際科學展覽會。

## 【評語】 082904

海水淡化是環境永續利用很重要的議題，本研究以熱導管結合菲涅爾透鏡進行海水淡化的研究，於每一次試驗修正後能讓實驗更趨近於原有的規劃。建議需考量熱導管的銅製材質可能與海水蒸發時產生的結晶進行其他反應或是造成導管的阻塞，蒸發罐設計需要考量整體冷凝、保溫與氣密性的條件，由於利用太陽能將海水淡化在歷屆科展已經有多組作品，建議將相關文獻整理與討論，以過去研究的基礎增進太陽爐熱導管的效能，可讓本實驗更加完整。

## 作品簡報



# 海海能生，爐餘得水

- 「太陽爐」加「熱導管」蒸發海水成淡水

## 研究動機

問題：台灣臨海—缺水嚴重

對策：海水淡化—蒸發海水成淡水

## 研究目的

1. 探討熱導管在不同位置加熱的升溫狀態。
2. 設計並改善太陽爐加熱的成效。
3. 探討太陽光下海水蒸發成淡水之效果。



科 別：生活與應用科學科（二）

組 別：國小組



# 研究設備及器材

## (一) 熱導管：

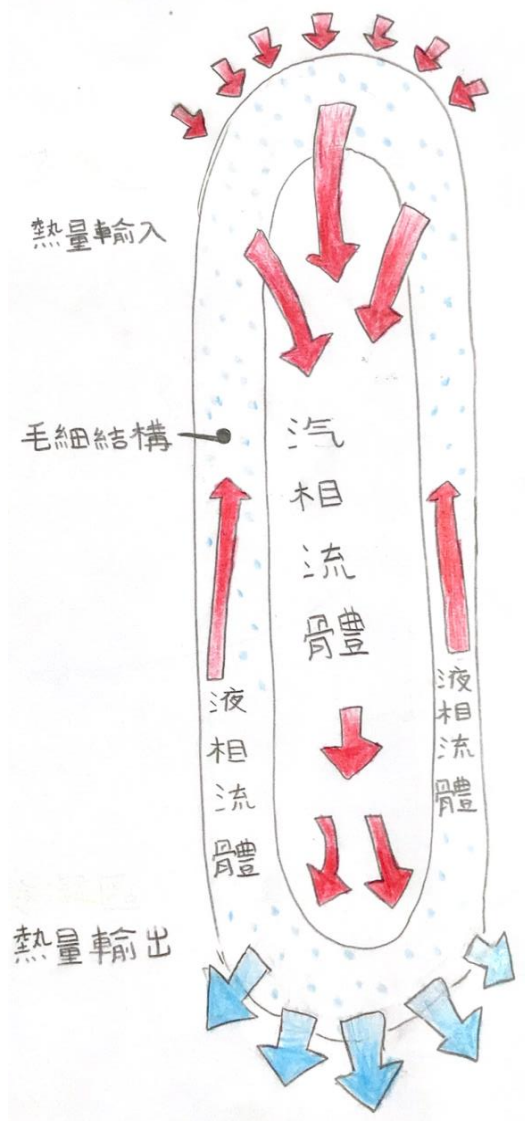


圖2-1

## (二) 菲聶耳透鏡：

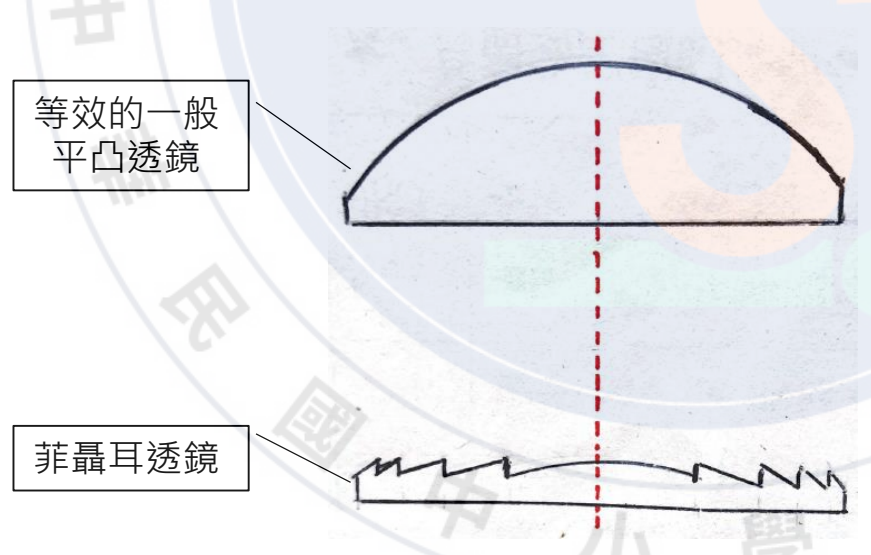


圖2-2

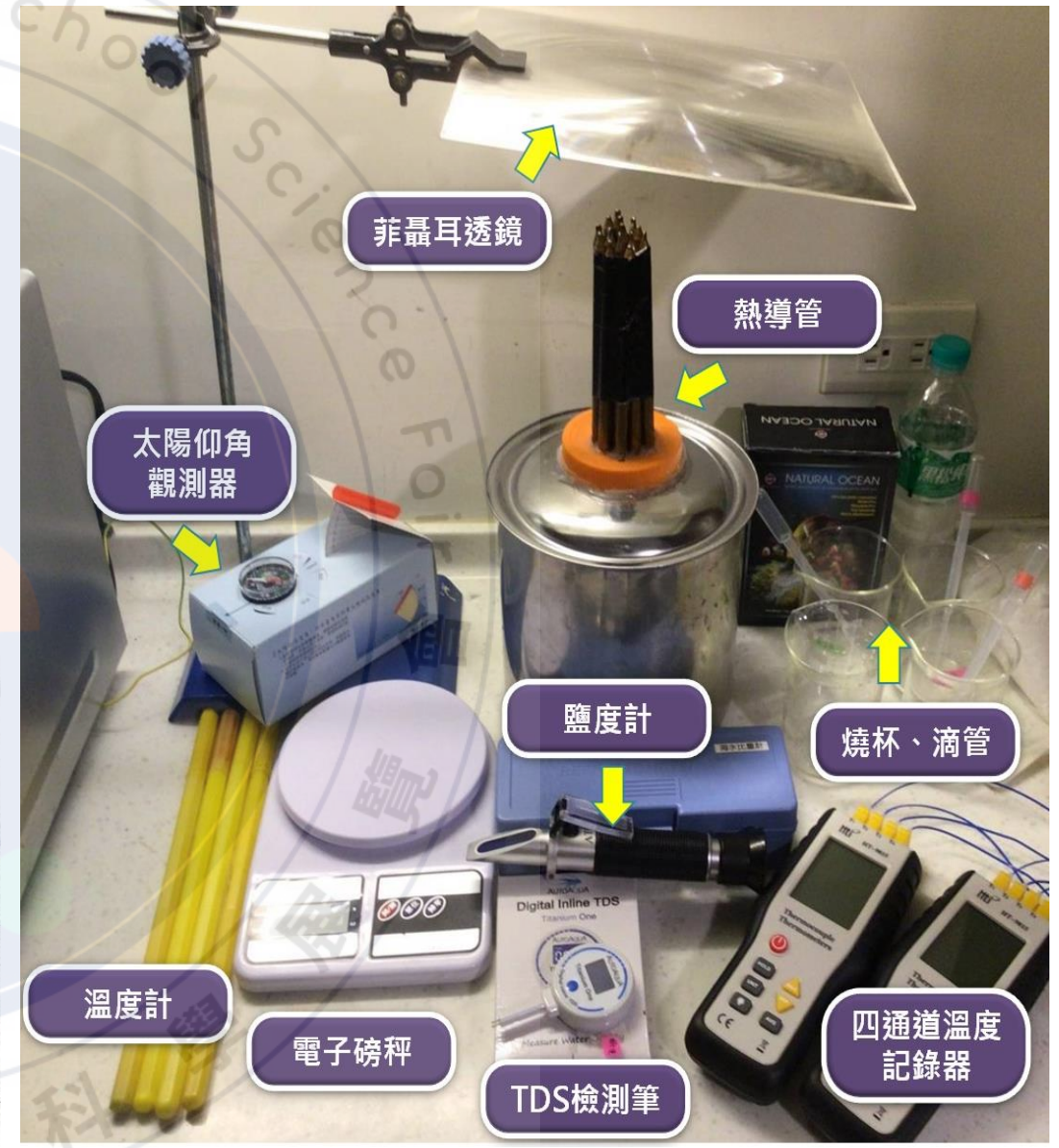


圖2-3



# 研究方法

實驗一：  
探討熱導管在不同位置加熱的升溫狀態

#1

#2

#3

#4

#5

#6

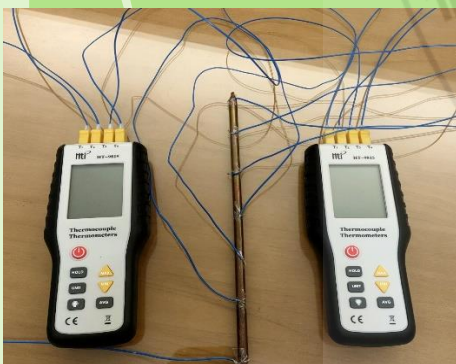
#7

熱導管圖示

圖3-1



加熱#1-#6位置測量點



連接上溫度記錄器

實驗二：  
設計並改善太陽爐加熱的成效

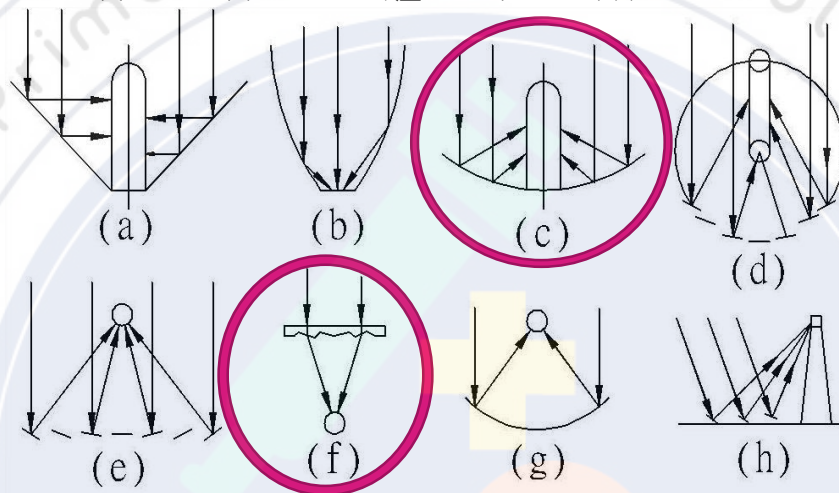
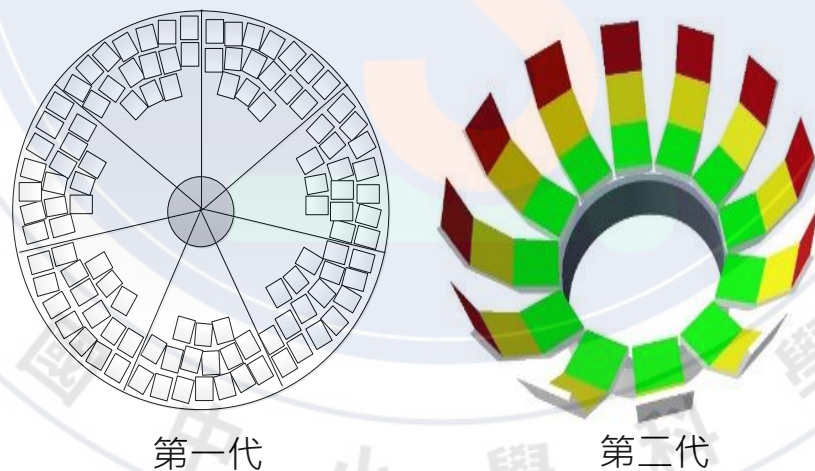


圖3-2

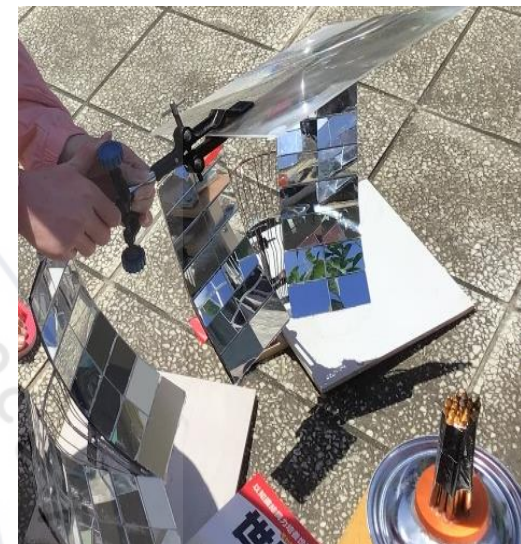
資料來源：工業技術研究院能源知識庫



第一代

第二代

圖3-3



使用菲聶耳透鏡聚焦

圖3-4

#1

#2

#3

#4

#5

#6

#7



熱導管

圖3-5



第一代反射板+太陽爐  
氣密性不夠，鏡片不平整，風吹支架  
會倒，溫度不夠高。

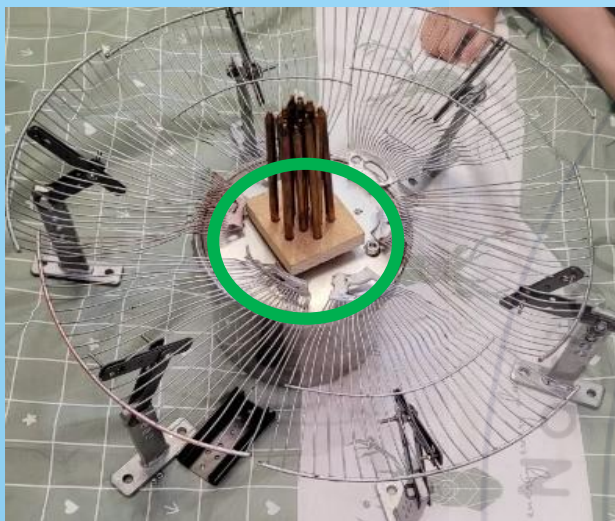


圖4-1

第二代反射板+太陽爐  
鏡片改善並將熱導管數量增加，木板改為  
塑膠蓋，增加菲聶耳透鏡提高溫度。



圖4-2

第三代反射板+太陽爐  
將反射板及蒸發罐改善之後，提升實驗  
效能。



圖4-3



# 實驗三：探討太陽光下海水蒸發成淡水之效果

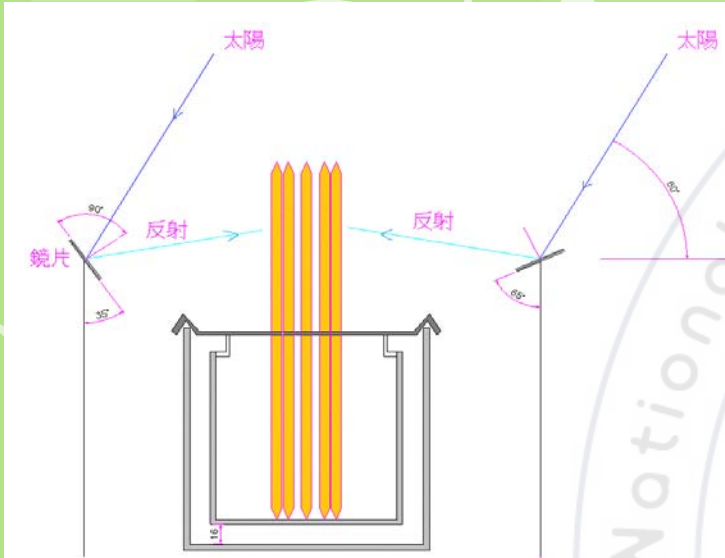


圖5-1

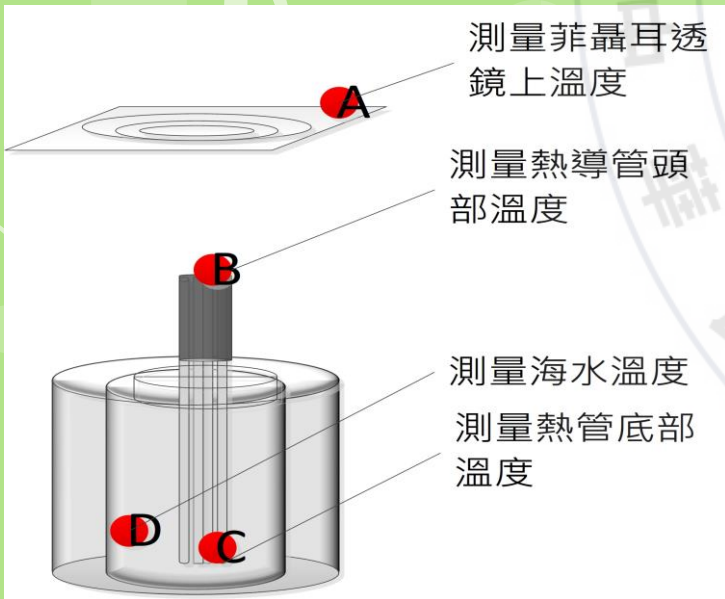


圖5-2

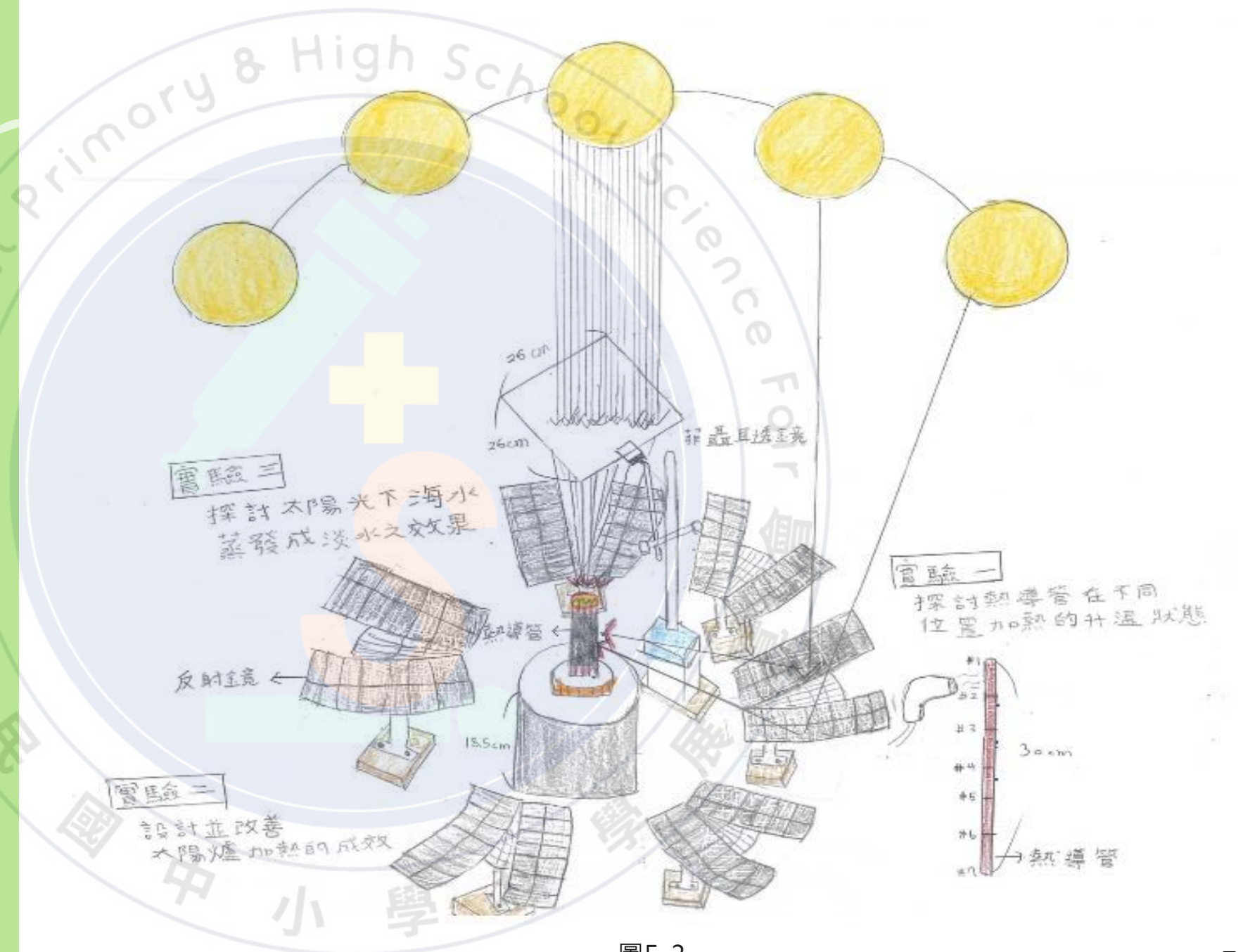


圖5-3



# 研究結果與討論

## 實驗一

探討熱導管在不同位置加熱的升溫狀態



以吹風機加熱#1-#6位置測量點

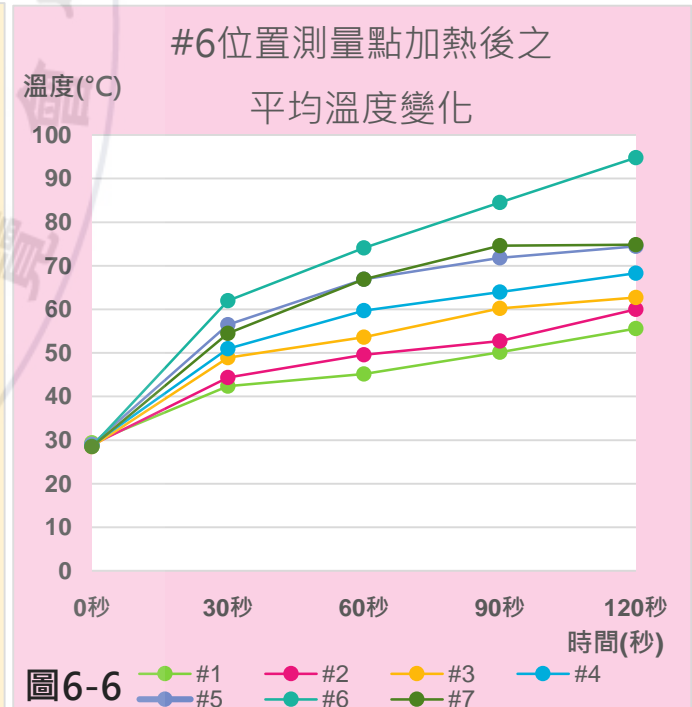
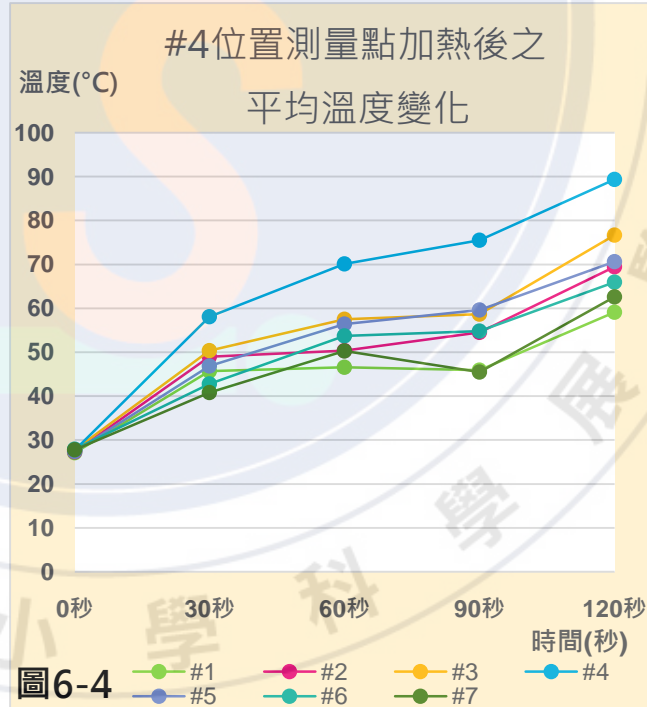
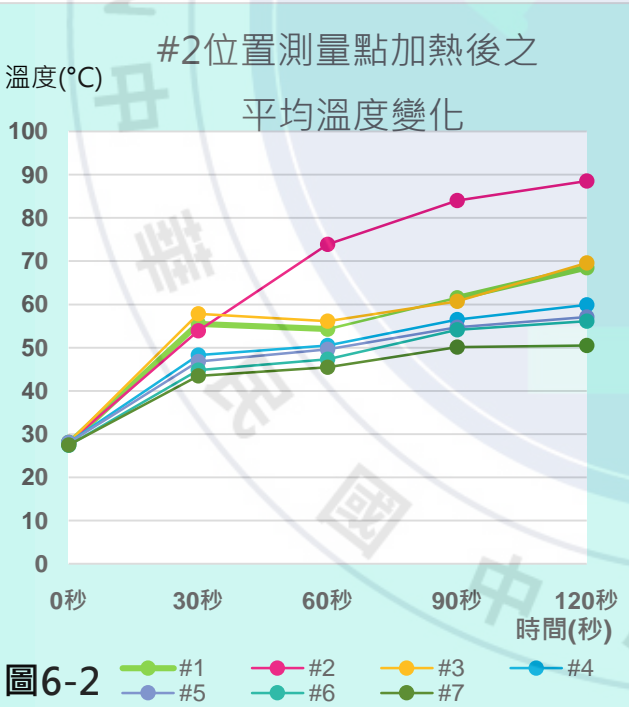
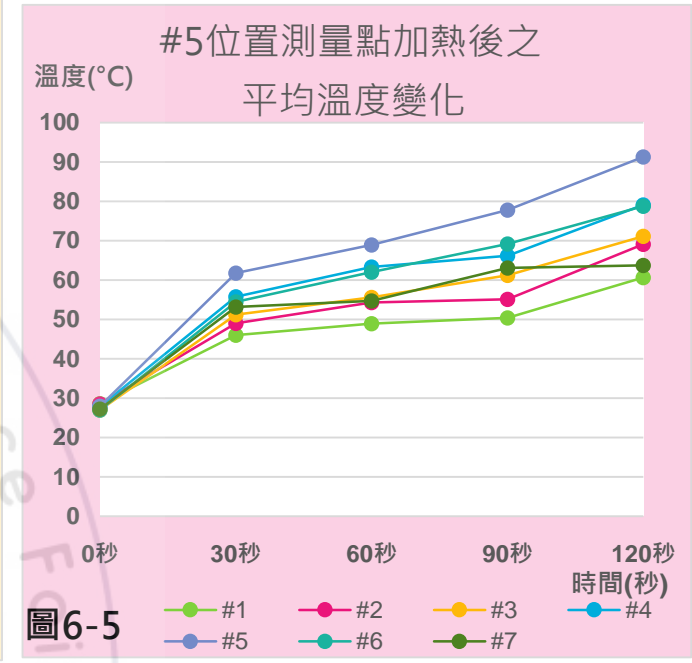
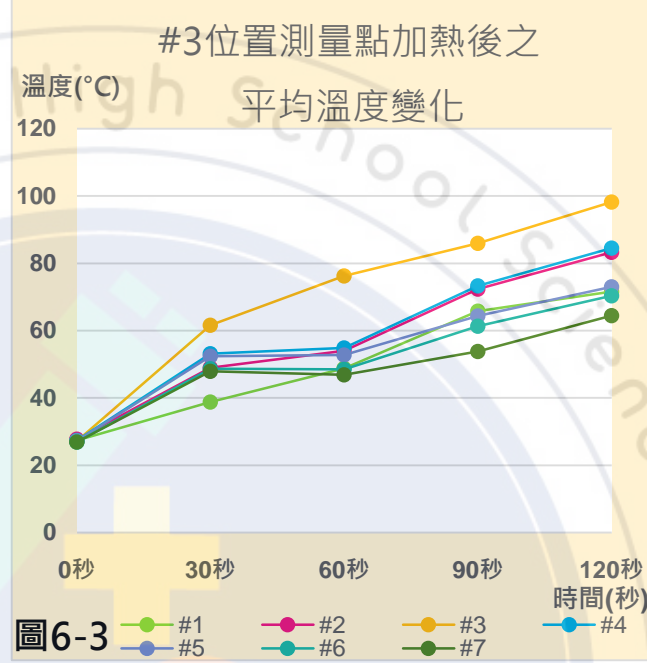
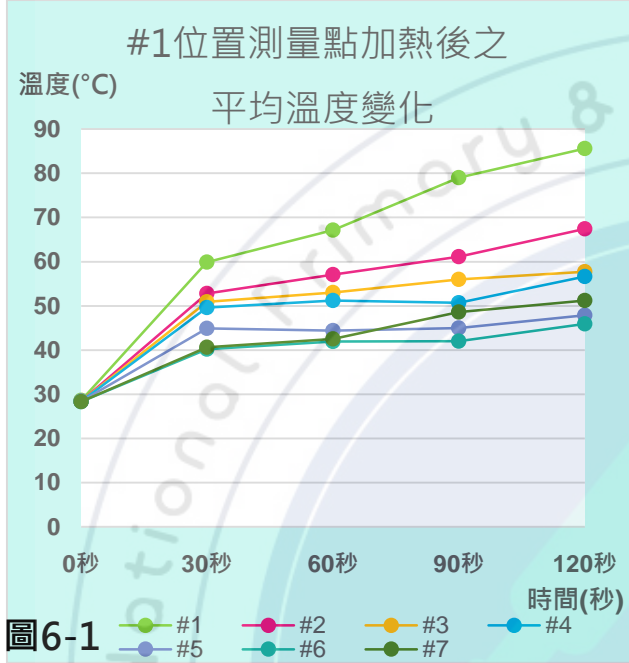
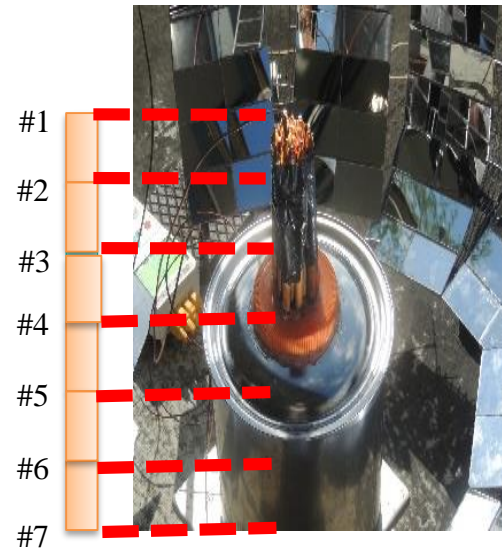


表7-1

#7溫度變化表

加熱點位置	#7初始溫度(°C)	#7最後溫度(°C)	溫度變化(°C)
#1	28.3	51.2	上升 22.9
#2	27.5	50.5	上升 23
#3	26.9	64.5	上升 37.6
#4	27.8	62.6	上升 34.8

由#7溫度變化得知，以鏡面將光反射到熱導管#3~#4之間，傳遞到#7的溫度較高，散失的溫度較少，是最佳的反射區間。



圖7-1



圖7-2



圖7-3



# 實驗二 設計並改善太陽爐加熱的成效

## (一) 太陽爐反射鏡的改善

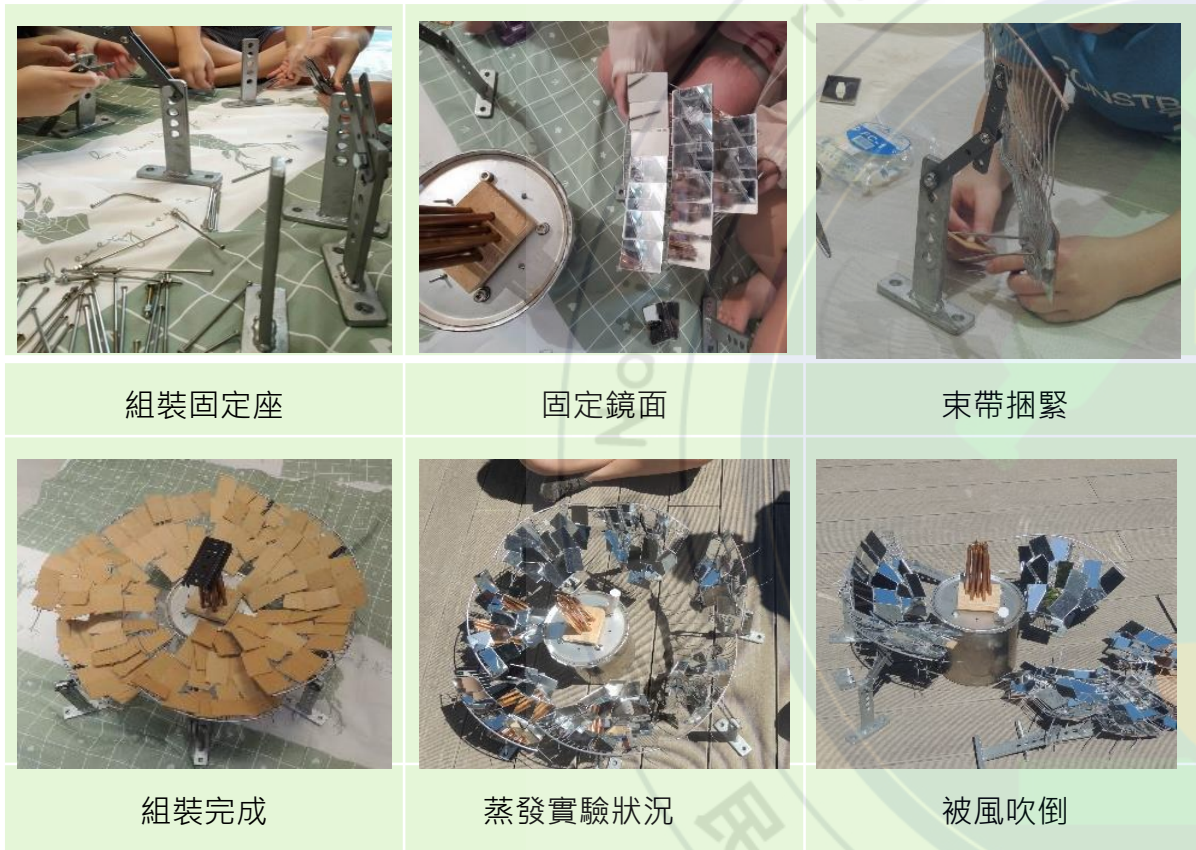


圖8-1 實驗前置測試蒸發過程

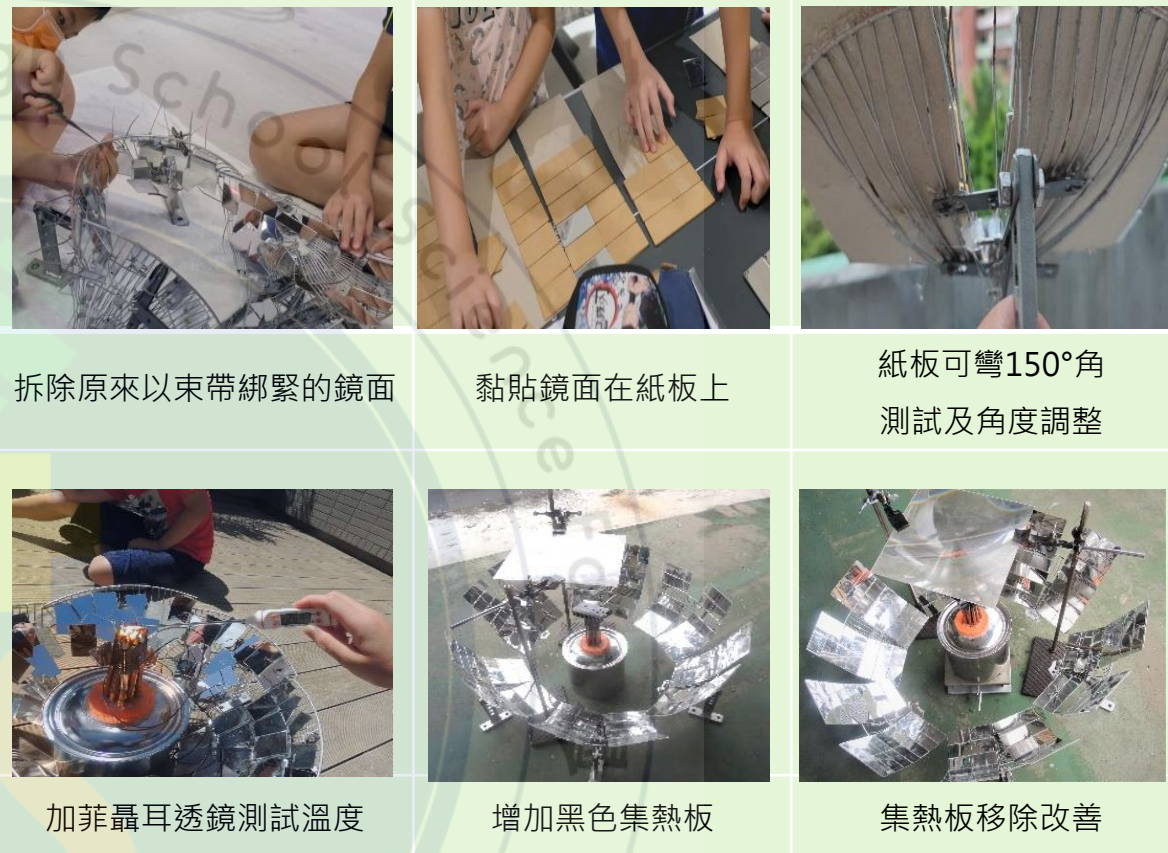


圖8-2 反射板改善

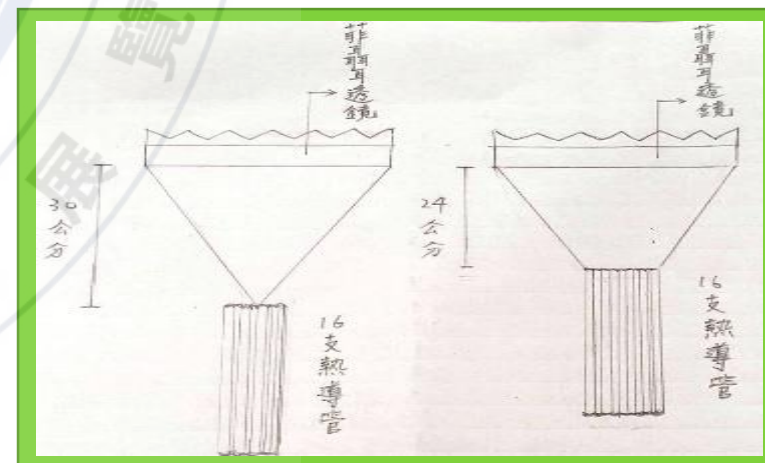


圖8-3 菲聶耳透鏡聚光示意圖



## (二)太陽爐蒸發罐的改善



購置兩組鍋蓋測試

鍋蓋測試密合程度

移除內鍋的鉤子



改以塑膠蓋替代木板以矽利康填補，增加氣密。



露出外部高度14cm  
熱導管集束有利熱收集  
圖9-1 太陽爐改善



加上黑色金屬膠帶  
測試太陽爐加熱狀況

## (三)太陽爐反射鏡的防水改善及底座穩固改善



反射板由紙板加上塑膠板

中間及周圍塗上防水膠

切割長15cm、寬10cm、  
高2cm的木板做為底座。



塑膠板完成



將原來的底座以螺絲  
鎖在木板上



防水及穩定度  
改善之成品

圖9-2太陽爐反射鏡改善



# 實驗三 探討太陽光下海水蒸發成淡水之效果

## ➤使用菲聶耳透鏡

安裝四通道溫度記錄器上紅色標誌共四點。

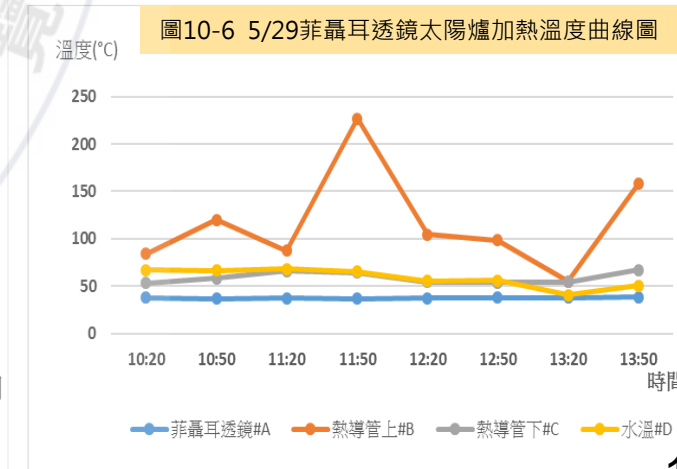
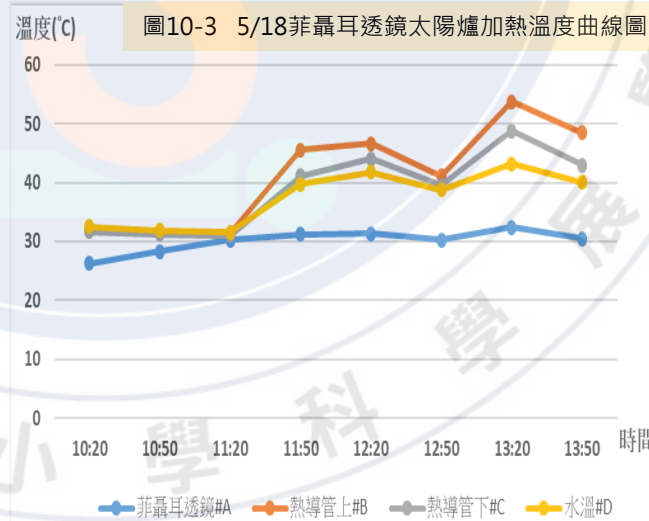
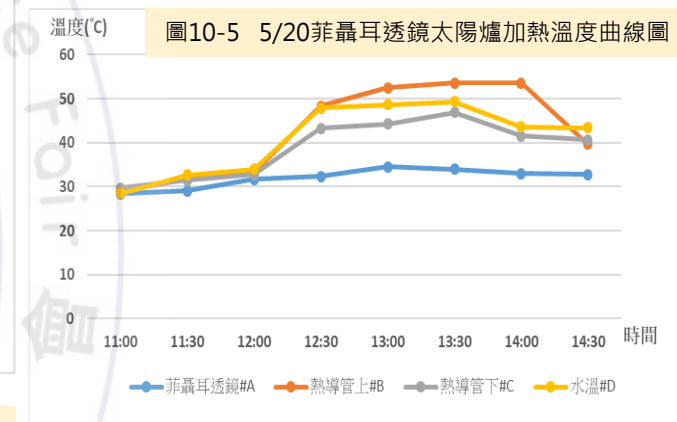
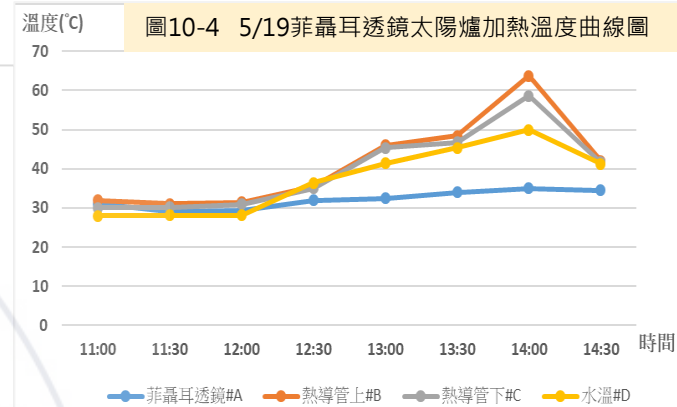
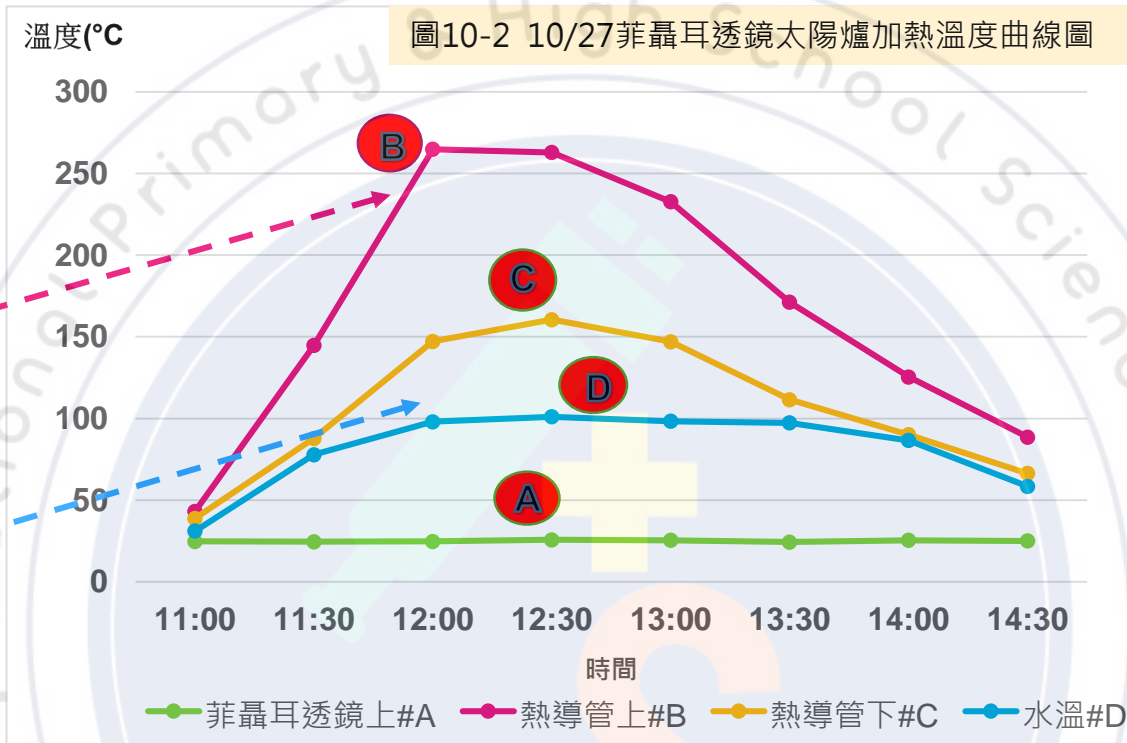
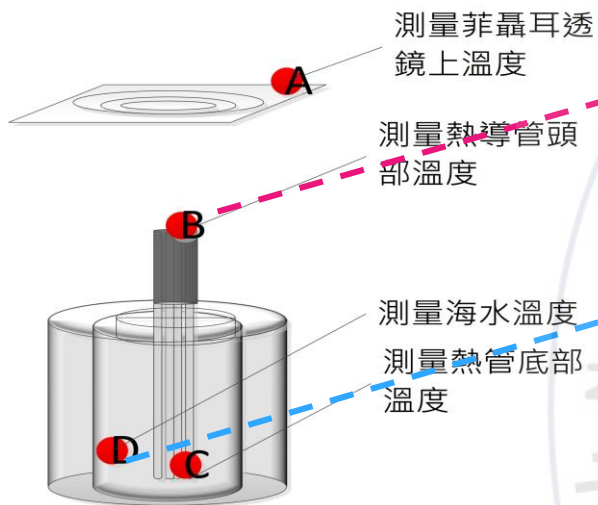


圖10-1



## 2021-2022五次實驗的結果

圖11-1

日期	10/27	5/18	5/19	5/20	5/29
收集水量(公克)	6.79	0	2	1.5	2
鹽度計(ppt)	1.000		1.000	1.000	1.000
TDS(毫克/公升)	525		41	12	16



2021/10/27實驗結果：

- 1.在菲聶耳透鏡下20分鐘  
熱導管溫度達到100°C。
- 2.數據顯示水溫在98°C~  
101.3°C可維持2小時。
- 3.收集到6.79公克的水。
- 4.蒸發的水以鹽度計測得  
為 1.000ppt，TDS檢測  
值為525毫克/公升。



將熱導管上，熱導管下，蒸發桶內的海水溫度比較得知  
蒸發的水量與熱導管上下及水溫持續的高溫有很大的關係。



圖11-2

圖11-3 11

## 結論

### ➤實驗一 探討熱導管在不同位置加熱的升溫狀態

1. 當加熱在不同位置測量點時，溫度會依序傳遞到兩端。
2. 陽光透過太陽爐反射鏡反射到熱導管上方10到15cm的位置，能獲得最大的效益。

### ➤實驗三 探討太陽光下海水蒸發成淡水之效果

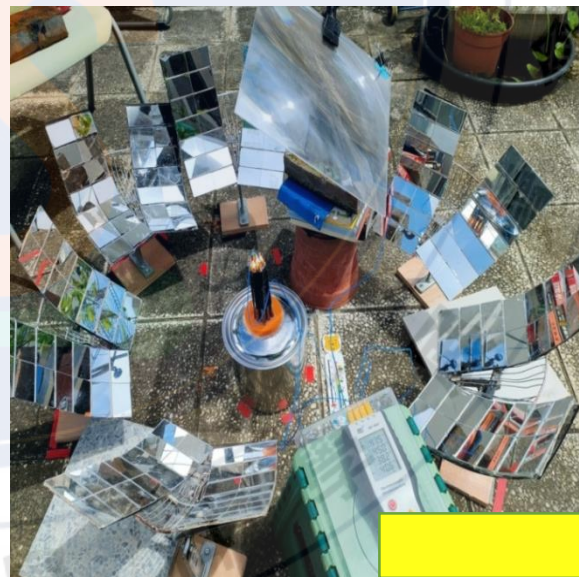
1. 由五次的溫度變化得知蒸發的水量與熱導管上下及水溫持續的高溫有很大的關係，**高溫持續越久獲得的水量越多**。
2. 熱導管上的溫度會因**陽光**照射，**上升的快下降的也快**，**雲量及風量**會影響水溫保持高溫的穩定度。
3. 100公克的海水，蒸發後可以獲得6.79公克的淡水。但在五月高溫且風大多雲下，蒸發後最多只能取得2公克的淡水。

### ➤實驗二 設計並改善太陽爐加熱的成效

1. **太陽爐反射鏡的改善**：提升反射鏡的穩固性以及防水性，加上菲聶耳透鏡後，熱導管上方溫度可達300°C以上。
2. **太陽爐蒸發罐的改善**：增加熱導管數量以提升溫度，並將熱導管上端以導熱金屬黑色膠帶集束，使底部的熱導管分散有利於熱傳導。以塑膠蓋固定熱導管增強氣密。



陽光經由**菲聶耳透鏡**聚焦在**熱導管**的上方，在**持續高溫**下能將蒸發罐內的海水順利蒸發成淡水。我們的海水淡化裝置不須花費太高，而且相當環保，也不會產生污染環境的物質，未來我們希望將這個裝置精簡縮小化，方便攜帶並且能發展成海上便利包和緊急救難包!



海海能生  
爐餘得水

