

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 生活與應用科學科

最佳創意獎

080831

太陽公公無限好

學校名稱：基隆市安樂區建德國民小學

作者： 小六 陳奕儒	指導老師： 李麗蘭
---------------	--------------

關鍵詞：太陽能鍋、反射、聚熱

## 壹、 摘要

這學期自然課第一單元老師講到「熱和我們的生活」，使我燃起對太陽能爐的熱情。於是，我和老師討論後決定做個研究。老師建議我：先瞭解一些問題，譬如：有哪些方法能聚集太陽熱能？什麼顏色的玻璃當太陽光穿透後溫度最高？什麼材質（顏色）的反射板反射出來的光線最強？於是我先參考書中的知識來做一些實驗，結果發現：

- 一、透明玻璃較各種有色玻璃在鎢絲燈(仿太陽光)的照射下，光穿透的強度最強。
- 二、太陽光經反射板反射後，陽光的亮度與溫度與反射板的反射面積大小及表面光滑度成正比，且聚光愈集中，溫度愈高。
- 三、黑色鍋具的聚、吸熱效果最佳。

依據上面實驗結論及網站上前人的經驗，我們選用較經濟實用的鋁箔、自黏式鋁箔膠帶及自黏式 PE 鏡面板做成反射板，並加以組合成近似拋物面(錐形)的反射聚熱爐具，再以透明玻璃容器充當保溫罩，內置易吸熱的黑色鍋，並以 185W 赤光燈模擬太陽光照射爐具，經多次實驗改良驗證，終於設計出聚熱效果佳、爐具輕巧好攜帶、製作組裝容易的太陽能爐具。接著我們將這個太陽能爐具放在太陽光下測試，結果真的證實太陽光能將生米、綠豆、雞肉煮熟喔（如圖 1、2、3）！



圖 1：煮熟的白米飯



圖 2：香菇雞湯



圖 3：綠豆糊（水已蒸發光了）

## 貳、 研究動機

這學期自然課老師講解第一單元：〈熱和我們的生活〉，讓我對於傳導、對流和輻射等熱傳播的方法有了初步的認識，老師也告訴我們：太陽產生的光和熱是地球多采多姿的原動力，並藉著輻射、對流使地球上的萬物生生不息。這也引領我想進一步探索有關太陽熱能的奧秘。

台灣地屬亞熱帶，全年均有充足的太陽光照射。書上、網路上也說太陽能取之不盡用之不竭，甚至說「太陽照射到地面上的熱量，1 平方公尺的面積內，照射 1 小時可使普通 6 個裝滿水的茶壺由攝氏零度燒成開水」，平常只知道站在太陽底下很熱，但如果說可以把水燒開倒真的很難想像。我想我如果能應用最簡單、經濟的材料製作出一個重量輕且攜帶方便的太陽能爐具，偶爾幫媽媽煮一頓飯或野餐時燉一鍋熱騰騰的香菇雞湯或清涼解渴的綠豆湯，那一定帥呆了！因為一來節省能源，再者很有環保概念，如果能夠加以推廣，相信每個家庭在享受「晴空萬里」的度假氣氛時，既能輕鬆煮食又不會製造環境的汙染與負擔，可算是「日行一善」啊！.



圖 4：太陽能燜燒鍋裝置



圖 5：黑陶鍋白米飯

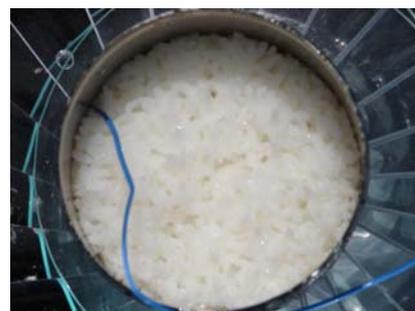


圖 6：黑便當鍋白米飯

## 參、 研究目的

- 一、 透過實驗瞭解光行經的路徑。
- 二、 透過實驗瞭解有哪些方法能聚集太陽熱能。
- 三、 瞭解何種顏色玻璃經太陽光穿透後溫度最高（或太陽光最易穿透）。
- 四、 瞭解何種材質的反射板反射出來的光線最強。
- 五、 瞭解何種顏色的鍋子最容易吸熱。
- 六、 瞭解如何保持並提高太陽能爐具的聚熱溫度。
- 七、 製作簡單、經濟且攜帶方便的太陽能燜燒鍋。

## 肆、 研究設備與器材

為完成本實驗，於研究過程所需之設備器材如下表一及圖 7、圖 8：

表 1：研究設備與器材

物品	用途	物品	用途
1.鏡子	光行進及反射的路徑實驗	8..鋁箔、 PE 鏡面板、 鋁板、鋁箔膠帶、 鋼板、各種色紙	對光反射強度之測試
2.平面鏡、凹面鏡 凸透鏡	光聚焦（集）實驗	9. 玻璃紙+透明玻璃	各種顏色玻璃透光後之 溫度實驗
3.雷射筆	光的入射角反射角實驗	10. 赤外線燈、鎢絲燈	代替太陽光源
4.線感測試溫度計 溫度計	溫度量測	11. 陶鍋、黑色鋼杯 銀色鋼杯	吸熱試驗用
5. 光度計	測量光的強度	12. 玻璃罩、玻璃墊片	保溫試驗用
6. 木板、發泡板	做太陽能鍋體的主要材料	13. 紙筒	束制光反射路徑
7.太陽能爐體	匯聚太陽光熱能		



圖 7：研究設備及器材



圖 8：太陽能爐具之展開與摺疊（共 5 個）

## 伍、研究過程或方法

為使研究結果更加客觀，本項實驗過程分為測試與實作兩個階段，做法如以下所述：

### 一、 測試階段

#### (一) 研究如何收集太陽光（熱能）

1. 測試太陽光行經的路徑。
2. 觀察太陽光的移動。
3. 瞭解太陽光的反射路徑。
4. 測試太陽光的聚集與溫度的變化。
5. 瞭解反射面積與溫度的關係。

#### (二) 研究如何保留太陽光熱能

1. 光的穿透材料選用測試。
2. 光的反射板材質選用測試（如圖 9.10.11）。
3. 鍋具選用測試（如圖 12.13）。
4. 爐具反射光源之聚熱試驗（如圖 14.15）。



圖 9：自黏式鋁箔反射板測試

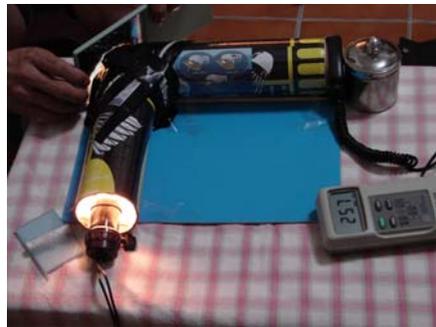


圖 10：鏡子反射測試

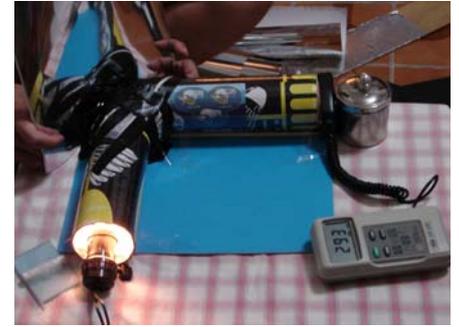


圖 11：PE 鏡面板反射測試



圖 12：鍋具選用測試--黑色鋼杯



圖 13：鍋具選用測試—淺色不鏽鋼杯

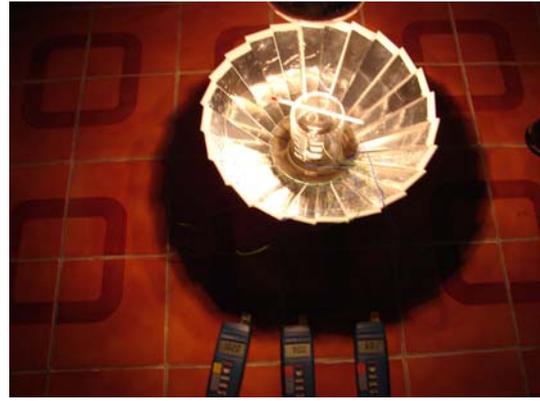


圖 14：爐具反射光源之聚熱測試—無太陽能爐 圖 15：爐具反射光源聚熱測試—有太陽能爐

## 二、 實作階段

(一) 傳統太陽能爐包括保溫箱式 (Box-Style Cookers)、平板聚熱式 (Panel Cookers)、拋物面式 (Parabolic Cookers) 主要以鋁箔貼面反射太陽光聚集熱能及箱式保溫箱保存熱能以達到煮食的效果。但這些太陽能爐的例子在和老師討論後發現它們有的體積龐大攜帶不易、有的組裝拆解不便或聚焦不易控制、溫度提升緩慢且大多製作程序複雜以致不容易吸引人主動嘗試製作。

(二) 針對「一、測試階段」的實驗結果及傳統式太陽能爐的優缺點，同時為了兼顧太陽能爐必須具備集熱和保溫的功能，我們經多次測試後，決定製作 24 片相同尺寸 (10 cm×60 cm) 的長方形板，在板上打三個洞再以棉線串連後，就排成「盃型」鋁箔集熱太陽能爐 (其組裝步驟如附圖)。此盃型太陽能爐結構穩定，中間置入玻璃墊、鍋具及保溫罩就像媽媽煮飯的爐子一般。



圖 16：組裝步驟 1



圖 17：組裝步驟 2



圖 18：組裝步驟 3



圖 19：組裝步驟 4



圖 20：組裝步驟 5



圖 21：組裝步驟 6

(

### 三) 太陽能爐效果確認

1. 玻璃罩保溫測試 (如圖 22.23.24)。
2. 爐具之光源反射聚熱試驗 (如圖)。
3. 太陽能爐具.實地煮食試驗 (如圖)。

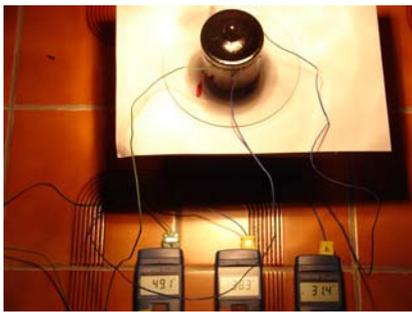


圖 22：無玻璃罩保溫測試



圖 23：有玻璃罩不鏽鋼杯保溫測試

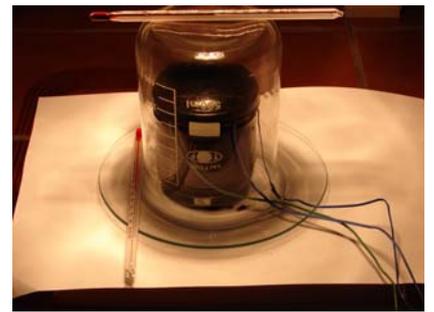


圖 24：有玻璃罩黑色鋼杯保溫測試



圖 25：赤外線燈照射聚熱試驗



圖 26：太陽光照射聚熱試驗

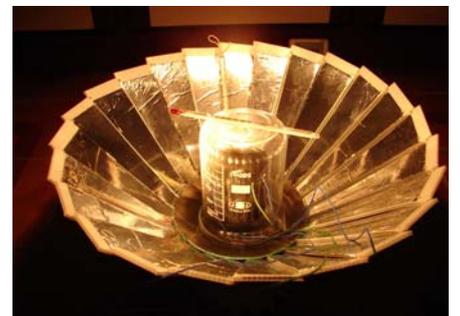


圖 27：赤外線燈照射聚熱試驗



圖 28：戶外黑鐵氟龍煮食試驗



圖 29：戶外黑陶鍋煮食試驗



圖 30：戶外黑便當盒煮食試驗

## 陸、研究結果

經過測試及實作階段，我把研究結果歸納成以下幾點：

一、關於收集太陽光（熱能）的部份：

（一）太陽光行經的路徑是直線前進的。

（二）太陽能爐具應隨太陽上升調整角度，使反射板隨時對準太陽吸收最多熱能。

（三）透過鏡子的反射，發現把鏡子對準陽光將可以反射陽光；但是如果放在有陰影的地方就不能反射陽光，而且用鏡子反射過來的陽光是可以再用鏡子反射回去。

（四）太陽光的聚集與溫度變化：發現將溫度計移到放大鏡聚焦最小的一個光點上，溫度上升最快。

（五）反射板面積愈大溫度聚集光源愈多也就愈高。

（六）黑色不鏽鋼鍋、黑色陶鍋較一般銀色不鏽鋼鍋吸熱效果佳。

（七）實際測試成果：

1. 以 185W 紫外線燈距離 40 cm 垂直照射由 24 片（5 cm×30 cm）鋁箔膠帶貼面板組成的太陽能爐內之黑色不鏽鋼杯，其杯體頂面及側面溫度約在 14-18 分鐘可達 95°C-110°C。其中鍋體頂面溫度的上昇，是因紫外線燈直接照射所致，而側面溫度上升是因反射板反射紫外線燈集熱所造成。由前述杯體溫度上升趨勢發現杯體側面與頂面相同時間之溫度上升量約相等，此表示本太陽能爐對紫外線燈光的反射集熱已如同直接照射集熱的效果。另由有使用太陽能爐與無使用太陽能爐之鍋具溫度上升趨勢亦發現：有使用太陽能爐之鍋具其溫度約高出無使用太陽能爐之鍋具約 50°C~60°C。
2. 太陽光下煮食：以 24 片（5 cm×30 cm）鋁箔膠帶貼面太陽能爐及 24 片（10 cm×60 cm）PE 鏡面板太陽能爐煮飯，在近中午 11:00-13:00 的太陽光照射下(室外溫度 35°C —

43°C)約 60 分鐘可將米飯煮熟。

## 二、關於保留太陽光熱能的部份

(一) 保留太陽熱能(使如同燜燒鍋之功能)除傳統上採用箱型保麗龍箱保溫及阻止熱氣外滲之外，本爐具設計為獲得更大受熱面積及必要的保溫效果，經多次試驗後，發現在鍋體外罩上無色透明玻璃罩，確實能提升聚熱與保溫效果。

(二) 實際測試成果

發現以相同的爐具及鍋具在赤外線燈照射下，有外罩玻璃罩的鍋具所達到的聚熱保溫溫度約較無外罩玻璃罩的鍋具溫度約高出 20°C。

## 三、關於太陽能爐設計製作的部份

太陽能爐主要由反射板組立而成。而反射板貼面材質反射率又決定可否把太陽光完全反射聚集於鍋體使食物煮熟，經試驗後發現：淺色系反射板且表面光滑其反射率較高，其中又以鏡面及鋁箔貼面反射板、自黏式鋁箔膠帶貼面反射板及 PE 鏡面貼面反射板反射率最高，但鏡子因較重且易破碎不採用，而易於切割製作且成品重量輕易於攜帶的鋁箔貼面、鋁箔膠帶貼面及 PE 鏡面板的為太陽能鍋體之反射面板應為較佳的選擇（如圖 31.32.33）。



圖 31：PE 鏡面板組成之爐具



圖 32：鋁箔貼面組成之爐具



圖 33：鋁箔膠帶組成之爐具

## 柒、討論

### 一、如何收集太陽光（熱能）

#### （一）測試太陽光行經的路徑

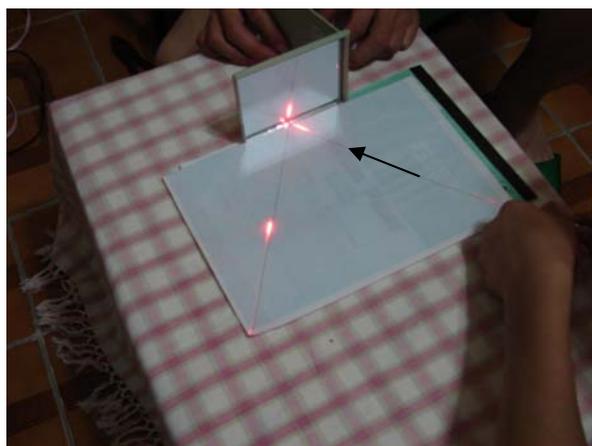
我們用鏡子反射陽光至白色牆上再將鏡子向下移動至地面，看見一條長長的亮線，後來我們用藍玻璃紙放在這條亮線中間，發現玻璃紙以後的光都變成藍色了，所以我們確定光是直線前進的。

#### （二）觀察太陽光的移動

我們將鏡子固定在一個對準陽光且無陰影的位置上，發現的鏡子所反射出來的陽光會慢慢的移動，由此可知從鏡子反射出來的陽光是和太陽一起移動的，所以太陽能鍋應設計成隨太陽上升角度轉動，使反射板隨時對準太陽吸收最多熱能。

#### （三）太陽光的反射路徑

我們透過鏡子的反射，發現把鏡子對準陽光將可以反射陽光；但是如果放在有陰影的地方就不能反射陽光，而且用鏡子反射過來的陽光是可以再用鏡子反射回去。爲了進一步了解光反射的情形，我們在暗室中使用雷射筆照射鏡子發現：雷射筆光點行進路



線與鏡面形成之夾角與雷射光點反射後與鏡面形成之夾角約相等。(如圖 34)

圖 34：太陽光的反射路徑

#### （四）太陽光聚集與溫度的變化

我們將溫度計放入一個箱子裡，然後用放大鏡將陽光聚集至溫度計頂點，我們發現將溫度計移到放大鏡聚光最小的個光點上，溫度上升最快，因此證明光源聚集後溫度會上升在，亦即假設若將多個不同角度放大鏡組合成開口朝下之虛擬圓錐體或拋物面錐體，則其下方焦點處應可將食物煮熟。(如圖 35) 反之以開口朝上之圓錐體或拋物面聚集太陽熱能則其上方焦點處亦應可將食物煮熟。

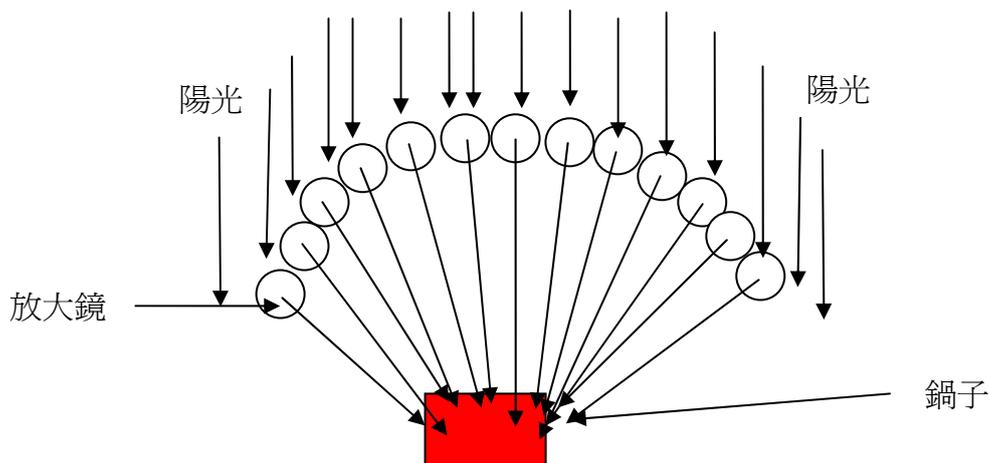


圖 35：太陽光聚焦與溫度

#### (五) 反射面積與溫度的關係

我們將三面鏡子同時將陽光反射在同一處，這時我們發現這一處的溫度與亮度皆比一面平面鏡之反射光來得強，因此我們可以得知：反射的面積愈大溫度也就愈高。綜合（四）及（五）實驗可知如將多面小鏡子（或反射板）組合成開口朝太陽之圓錐體或拋物面體（形成最大反射面積），則其焦點處應可將食物煮熟（如圖 36）。

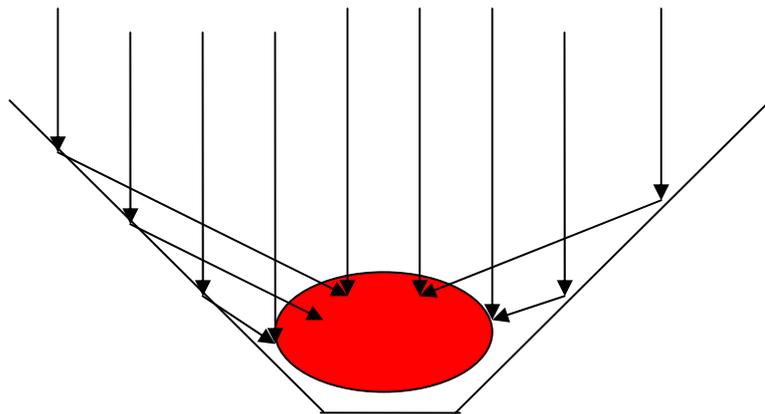


圖 36

## 二、如何保留太陽光熱能

經過上面的實驗，我們已初步瞭解太陽光的行進路線及反射原理並可將太陽光線（熱能）

聚集並將溫度提升，接著我們要測試如何製造一個容器能將太陽光的熱能有效保持。

### (一) 光穿透材料選用測試

我們將有色玻璃紙+透明玻璃片模擬各種顏色玻璃在鎢絲燈（代替太陽光）的照射下，運用光度計測試瞭解各色玻璃紙穿透的光線強度（假設穿透過的光線強度較高則可匯聚保留較多太陽熱能），由此實驗可知透明玻璃較適合太陽光穿透，亦即如使用無色透明玻璃罩可匯集保留較多太陽熱能(使如同燜燒鍋之功能) 採用無色透明玻璃罩為最佳。實驗結果如表 2：

表 2：光穿透材料選用測試結果

顏色	第一次測試		第二次測試		平均	
	光源亮度單位 (LUX)	光經顏色後的亮度 (LUX)	光源亮度單位 (LUX)	光經顏色後的亮度 (LUX)	光源亮度單位 (LUX)	光經顏色後的亮度
橘色玻璃紙+透明玻璃片	139	101	139	100	138.4	100.5
藍色玻璃紙+透明玻璃片	138	66	139	67		66.5
紅色玻璃紙+透明玻璃片	138	88	138	90		89
綠色玻璃紙+透明玻璃片	138	70	138	73		72
透明玻璃片	139	124	138	124		124

### (二) 反射板材質選用測試

接著我們將各種材質（顏色）反射板放在成 90 度之兩紙筒後，再開啓鎢絲燈，同時以光度計量測其反射之光線強度（如圖 37），最後我們實驗的結果如表 3：

鎢絲燈經第一個紙筒測得的光線強度為：680(LUX)

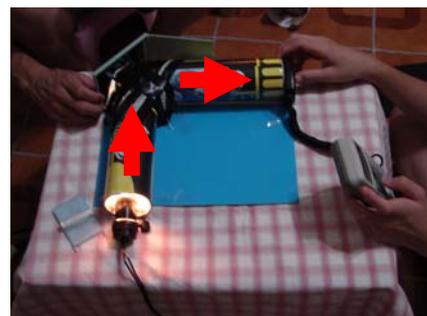


圖 37：反射板材質選用測

反射板材質選用測試						
反射板	照度	反射後光的強度 (LUX)			反射率(反射後光的強度/鎢絲燈經第一個紙筒測得的光線強度:680LUX)	備註
		試驗一	試驗二	平均		
PE貼面反射板		286	283	284.5	0.42	
鋁箔貼面反射板		270	275	272.5	0.40	
鋁箔膠帶貼面反射板		280	283	281.5	0.41	
鏡子貼面反射板		280	285	282.5	0.42	
黑色紙貼面反射板		163	163	163	0.24	
深綠色紙貼面反射板		189	193	191	0.28	
深藍色紙貼面反射板		187	188	187.5	0.28	
深紅色紙貼面反射板		216	215	215.5	0.32	
紫色紙貼面反射板		206	207	206.5	0.30	
橘色紙貼面反射板		223	218	220.5	0.32	
白紙貼面反射板		245	246	245.5	0.36	
淺綠色紙貼面反射板		211	215	213	0.31	
淺藍色紙貼面反射板		204	208	206	0.30	
淺紅色紙貼面反射板		228	231	229.5	0.34	
黃色紙貼面反射板		228	231	229.5	0.34	

表 3：反射板材質選用測試一覽表

由本實驗可知淺色系反射板且表面光滑其反射率較高，其中又以鏡子及鋁箔、自黏式鋁箔膠帶、自黏式 PE 鏡面板反射率最高，但鏡子較重且易破碎，故選用鋁箔、自黏式鋁箔膠帶、自黏式 PE 鏡面板為所做成之太陽能爐進行後續之測試。

### (三) 鍋具材質選用測試

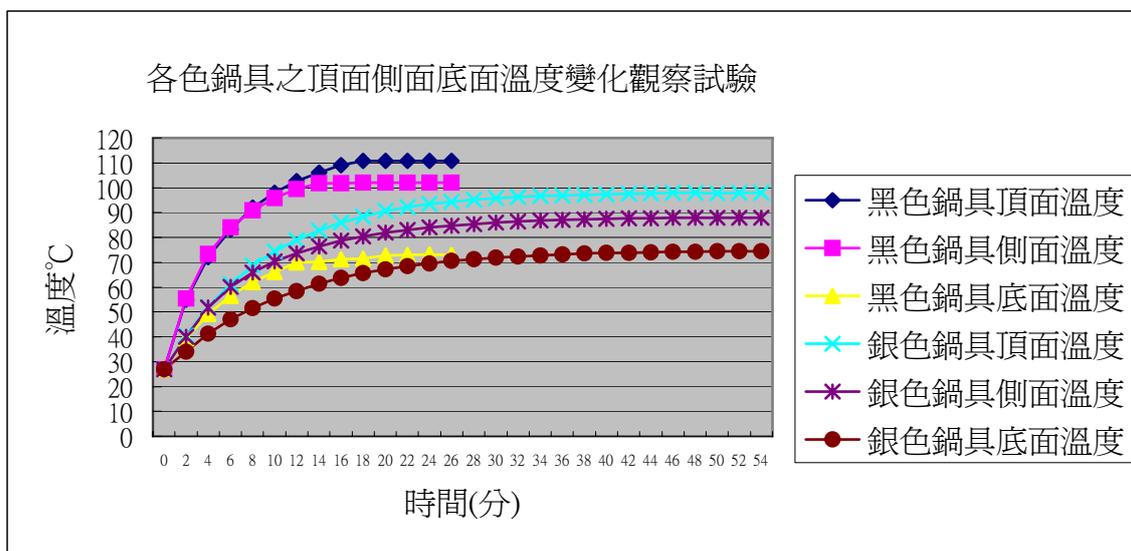
由上項實驗我們同時發現黑色反射板反射率最低 (0.24)，亦即可吸收最多熱能，因此我們就將不鏽鋼杯塗上黑色油漆並與普通銀色不鏽鋼杯之杯體內側頂面側面底面黏上感測溫度線後分別放入相同爐具中觀察杯體內側上、中、下溫度變化，以確認黑色鍋具是否具有最佳的吸熱效果。

#### 1. 試驗方法：

- (1) 將 3 組溫度感測線分別黏貼於黑色鍋具之頂蓋之內面、鍋體內之側面及鍋體之底面後蓋上頂蓋。
- (2) 將裝置完妥之鍋具置入爐具玻璃墊板上。
- (3) 將鍋具罩上玻璃保溫罩。
- (4) 將 110V 185W 紫外線燈安裝於玻璃墊板上方 40cm 處。
- (5) 開啓紫外線燈、溫度計電源，觀察溫度變化，直至溫度無明顯變化為止。

## (6) 重複上述步驟觀察銀色不鏽鋼鍋具之溫度變化

### 2. 試驗結果：



### 3. 討論：

由試驗結果發現：在相同紫外線燈及相同時間照射下黑色不銹鋼杯鍋具之杯體內面之頂面及側面溫度上升趨勢均遠大於銀色普通不銹鋼杯鍋具頂面及側面溫度(約相差 $20^{\circ}\text{C}$ )，由此可知黑色鍋具有較佳之吸熱效果。

## (四) 爐具聚熱效果測試

綜合上述實驗結果，我們使用貼上鋁箔的發泡版和薄木板，來作為反射陽光的工具。為了達到集熱的效果，我們將反射板排列成許多不同的形狀來測試，發現以扇形圓錐最能達到集熱效果。為確認我們設計製作的爐具是否有聚熱的效果，我們特別量測以紫外線燈照射置於太陽能爐中的鍋體頂面側面及底面的溫度與沒有使用太陽能爐具的鍋體頂面、側面底面的溫度差異，藉以確認爐具之聚熱效果。

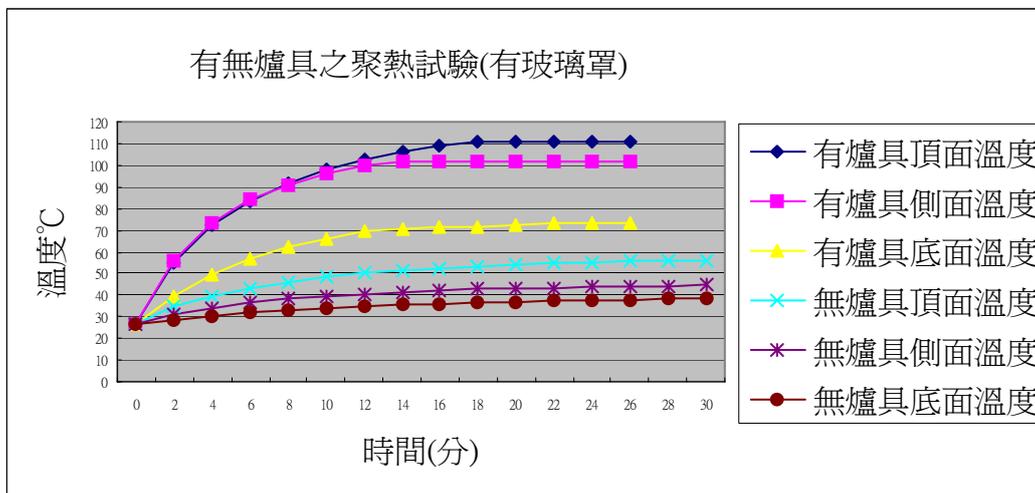
### 1. 試驗方法

- (1) 將 3 組溫度感測線分別黏貼於黑色鍋具之頂蓋內面、鍋體內側面及鍋體內底面後蓋上頂蓋。
- (2) 將裝置完妥之鍋具置入太陽能爐具玻璃墊板上。
- (3) 將鍋具罩上玻璃保溫罩。
- (4) 將 110V 185W 紫外線燈安裝於玻璃墊板上方 40cm 處。
- (5) 開啓紫外線燈、溫度計電源，觀察溫度變化，直至溫度無明顯變化為止。

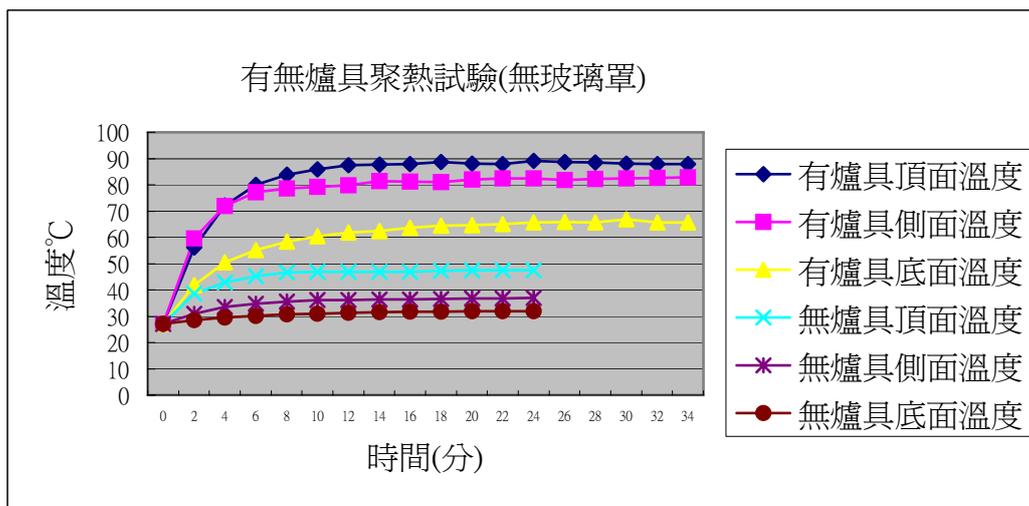
(6) 重複上述步驟，但裝置完妥的鍋具不放入爐具內，觀察溫度變化，直至溫度無明顯變化為止。

## 2. 試驗結果

### (1) 爐具聚熱試驗 1



### (2) 爐具聚熱試驗 2



## 3. 討論

由上面爐具聚熱試驗發現：

- (1) 無論鍋具上面是否罩玻璃罩，由赤外線燈直接照射鍋具之頂面溫度與反射板反射後之側面溫度相當，由此可知：太陽能爐已確實把太陽熱能集中到鍋體側面。
- (2) 無使用太陽能爐具以赤外線燈經相同時間照射後之鍋體頂面、側面、底面之溫度約只有使用太陽能爐具相對位置的二分之一（約相差 50°C -60°C），由此證明太陽能爐的聚熱效果非常好。

(五) 赤外燈照射下，鍋體各部位溫度比較：

爲了進一步測試爐具與鍋具的改變對整體溫度上升的影響，我們將鍋具與爐具交互搭配，做了下面試驗：

1. 試驗方法

我們先將鍋具分爲 A B C D 四種：

A、15 cm  $\phi$  玻璃墊配 6.5 cm  $\phi$  高 6.2cm 黑色不鏽鋼有蓋鋼杯及 8 cm  $\phi$  高 11 cm 玻璃罩

B、15 cm  $\phi$  玻璃墊配 6.5 cm  $\phi$  高 6.2cm 銀色不鏽鋼有蓋鋼杯及 8 cm  $\phi$  高 11 cm 玻璃罩

C、15 cm  $\phi$  玻璃墊配 6.5 cm  $\phi$  高 6.2cm 黑色不鏽鋼有蓋鋼杯（無玻璃罩）

D、15 cm  $\phi$  玻璃墊配 6.5 cm  $\phi$  高 6.2cm 銀色不鏽鋼有蓋鋼杯（無玻璃罩）

爐具分爲 A、B 兩種：

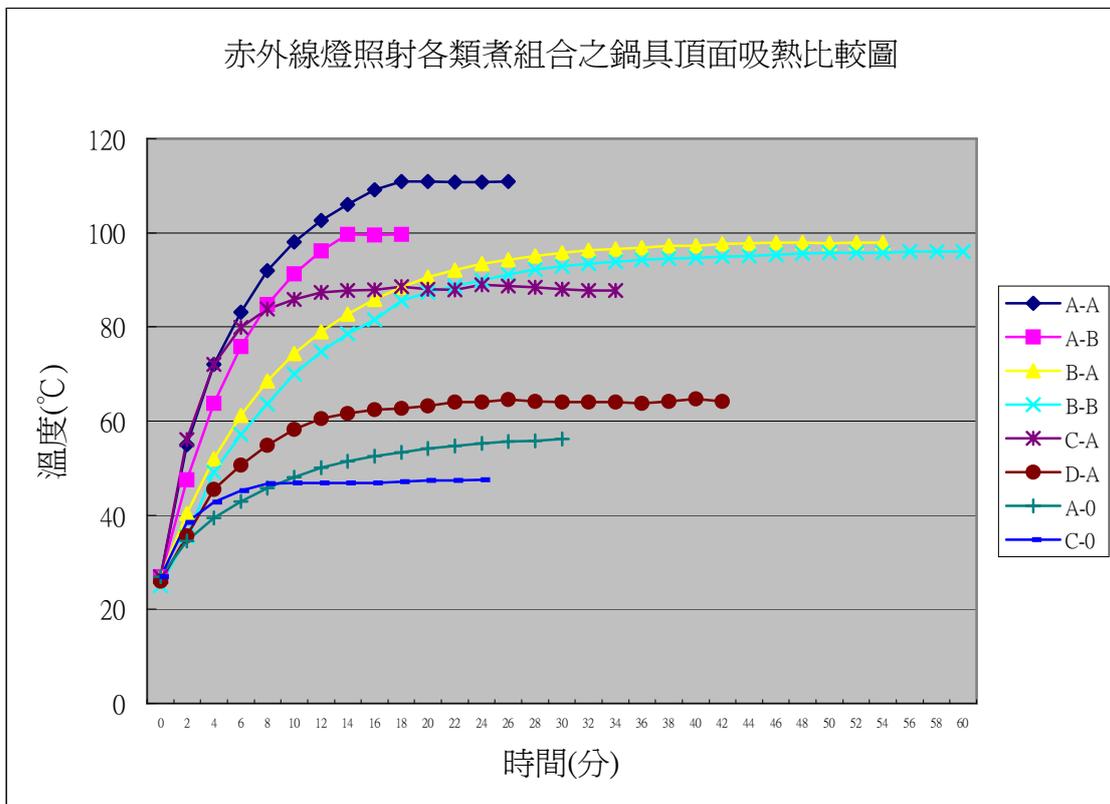
A、24 片（5 cm $\times$ 30 cm）鋁箔膠帶貼面太陽爐

B、24 片（5 cm $\times$ 30 cm）鋁箔膠帶貼面太陽爐（玻璃墊下放黑色紙，阻隔陽光）

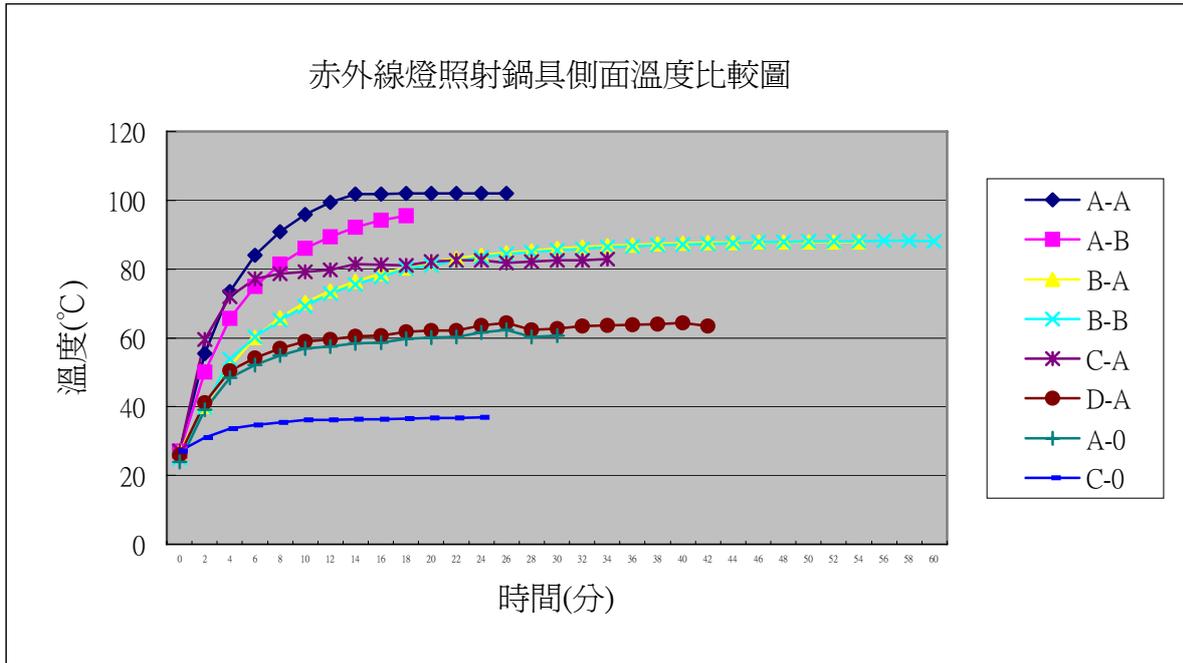
分別按鍋具-爐具以 A-A、A-B、B-A、B-B、C-A、D-A、A-0、C-0 之組合，以赤外線燈照射觀察紀錄其溫度變化。

2. 試驗結果

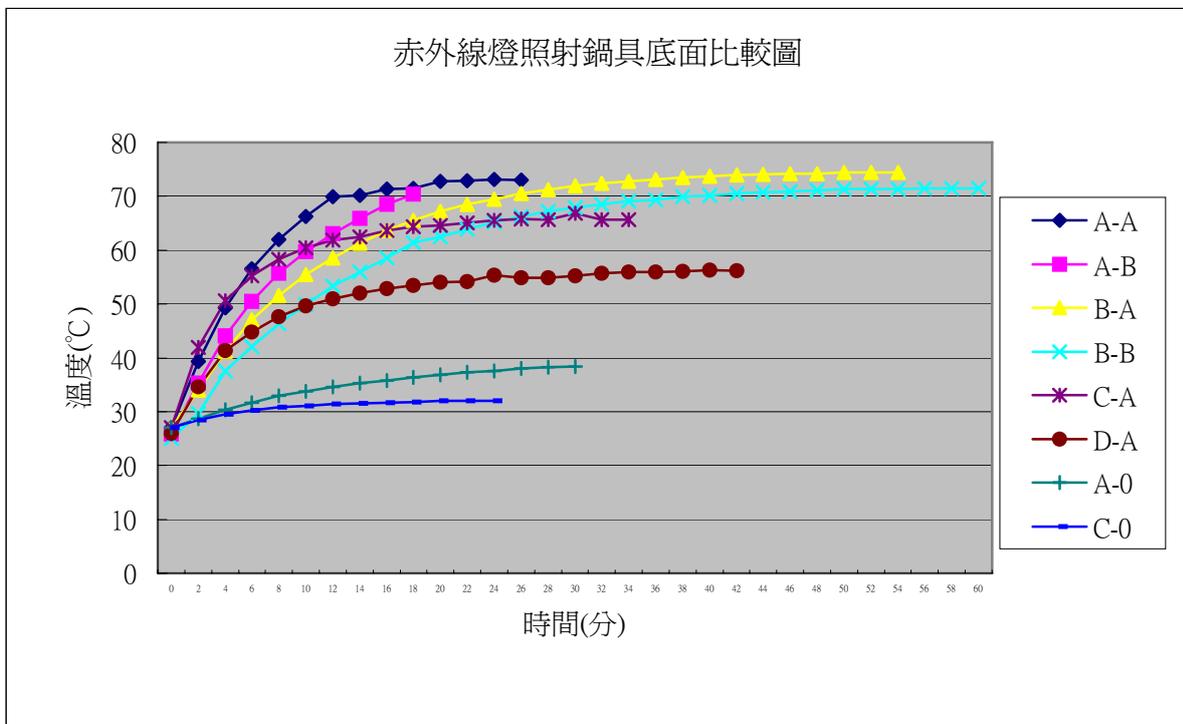
(1) 各項組合鍋體內的頂面溫度變化



(2) 各項組合鍋體內之側面溫度變化



(3) 各項組合鍋體底面溫度變化



### 3.討論

(1) 驗證此太陽能爐的集熱效果，我們直接以 185W 赤外線燈照射太陽能爐，發現太陽能爐中黑色鍋具頂面約 15 分鐘即可將溫度提升至 100°C，銀色鍋具約五十分鐘才可達 95°C；而無玻璃罩之黑色鍋具頂面約 30 分鐘溫度可達 88°C 但接著雖繼續以赤外線燈照射溫度卻無法持續上昇。而銀色鍋具頂面約 40 分終達 64°C 但溫度亦無法繼續上升。另外無爐具之鍋具頂面溫度最高僅達 40°C-50°C。另外各種鍋具組合亦發現側面溫度的上升約與頂面溫度上升相當。

(2) 由上述試驗發現：將太陽能爐的玻璃墊下以黑色紙阻隔陽光後（減少受熱面積）鍋具之頂面及側面溫度上升趨勢均減緩。

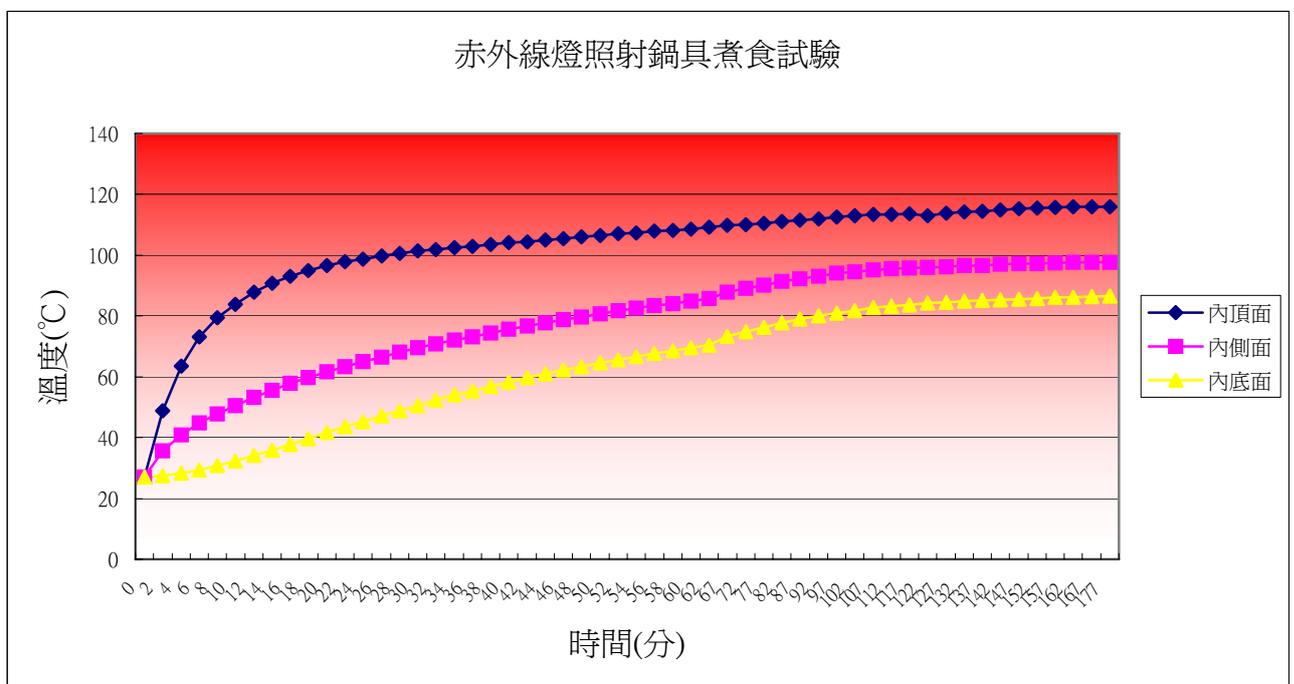
(3) 綜合上面結論：太陽能爐加上黑色鍋具及玻璃罩可獲得最好的集熱效果。

#### (六) 赤外線燈照射下煮水試驗

##### 1. 試驗方法:

將 15 cm  $\phi$  玻璃墊配 6.5 cm  $\phi$  高 6.2cm 黑色不鏽鋼有蓋鋼杯加水 100ml 罩上 8 cm  $\phi$  高 11 cm 玻璃罩後置入 24 片 (5 cm $\times$ 30 cm) 鋁箔膠帶貼面太陽爐中，以 185W 赤外線燈照射。

##### 2. 試驗結果：



### 2.討論

赤外線燈照射雖可將水煮開，但因赤外線燈僅離玻璃墊 40 公分，致光源與太陽能反

射板角度部分接近 90°C 使部分光源反射出爐體致聚熱效果變差，亦即此情形與設計時假設太陽光係垂直照射太陽爐反射板後反射至鍋體的假設不符，以致溫度上升緩慢（約 6 小時溫度才上升至 98°C），此情形經討論後認為本爐具如置於太陽下煮食，因太陽光是以接近垂直角度反射入太陽能爐之反射板，其反射後熱源大部分直接集中於鍋體，所以應可在較短的時間將水煮熟。

### （七）太陽光下煮食試驗

經過上面各項赤外線燈照射鍋具、爐具試驗已知本爐具有良好之聚熱效果，玻璃罩亦可充分保溫。然而，還是要回到自然現場—太陽下，再做一次驗證，才能證明太陽能爐具確實好用。

#### 1. 米飯煮食試驗

##### （1）試驗方法：

我們先將鍋具分為 A B C 三種：

A、27 cm  $\phi$  玻璃墊配 15 cm  $\phi$  高 12cm 黑色有蓋陶鍋及 21 cm  $\phi$  高 16 cm 玻璃罩

B、15 cm  $\phi$  玻璃墊配 9.6 cm  $\phi$  高 9.1cm 銀色有蓋鋼杯及 10 cm  $\phi$  高 15 cm 玻璃罩

C、15 cm  $\phi$  玻璃墊配 6.5 cm  $\phi$  高 6.2cm 黑色有蓋鋼杯及 8 cm  $\phi$  高 11 cm 玻璃罩

爐具分為 A、B、C 兩種：

A、24 片（10 cm×60 cm）PE 鏡面板貼面太陽爐

B、24 片（5 cm×30 cm）PE 鏡面板貼面太陽爐

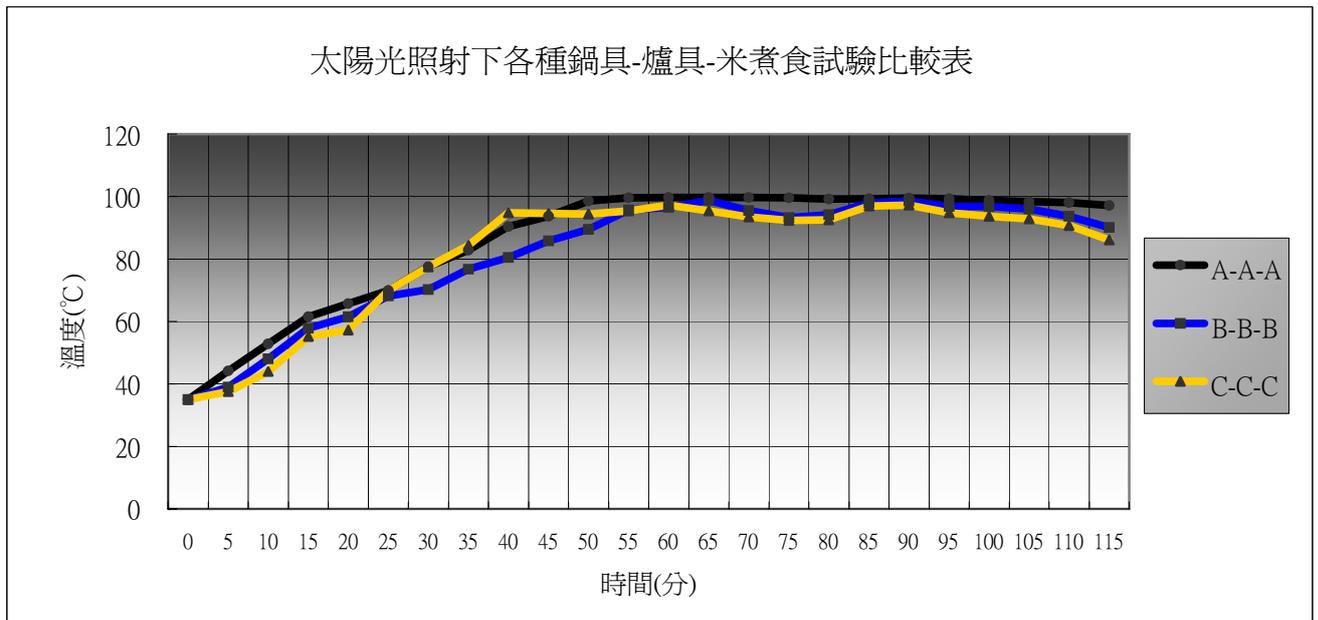
C、24 片（5 cm×30 cm）鋁箔膠帶貼面太陽爐（玻璃墊下放黑色紙，阻隔陽光）

煮食材料：

A（米 1 杯、水 1/2 杯）；B（米 1/2 杯、水 2/3 杯）；C（米 1/3 杯、水 1/2 杯）

再分別按鍋具-爐具-食材，以 A-A-A、B-B-B、C-C-C 之組合，放置於室外太陽光下煮食，觀察紀錄其溫度變化。

## (2) 試驗結果



## (3) 討論

本項試驗於中午 11 點至 1 點間進行，天空中有些許雲朵，各項鍋具及爐具組合煮食，約在 50-70 分鐘之間可達 90°C 以上。經 115 分鐘後，各項組合之米飯皆煮熟，其中 A-A-A 黑色陶鍋中的米飯並已焦黃。

由上面各種鍋具、爐具的米飯煮食溫度變化曲線與太陽光照射下大氣溫度變化曲線比較圖發現：較大型爐具如 A-A-A 的組合比較不會受到太陽暫時被雲遮住、大氣溫度降低的影響。反觀小型爐具的溫度變化起伏則較大（亦可能是受到玻璃罩與玻璃墊間密合不良的影響）。

### 2. 綠豆、雞肉煮食試驗

#### (1) 試驗方法

我們先將鍋具分為 AB 二種：

A、27 cm  $\phi$  玻璃墊配 20 cm  $\phi$  高 9 cm 黑色有蓋鐵氟龍鍋及 21 cm  $\phi$  高 20 cm 玻璃罩

B、20 cm  $\phi$  網狀蒸盤墊配 15 cm  $\phi$  高 20 cm 深咖啡色陶鍋(無玻璃罩)

爐具分為 A、B 兩種：

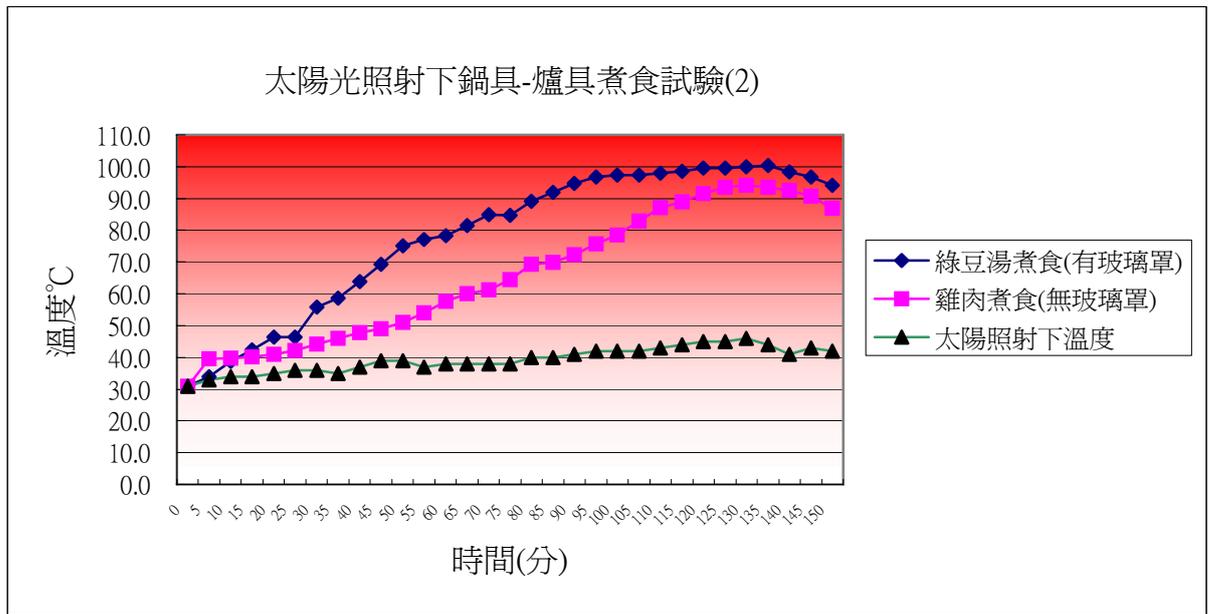
A、24 片 (10 cm $\times$ 60 cm) 鋁箔]貼面太陽爐

B、24 片 (10 cm $\times$ 60 cm) PE 鏡面板貼面太陽爐

食材種類：A、綠豆 1 又 1/2 杯 水 4 杯；B、雞腿雞翅約 600 公克

再以 A-A-A、B-B-B 之組合，放置於室外太陽光下煮食，觀察紀錄其溫度變化。

## (2) 試驗結果



## (3) 討論：

本項實驗由早上 8 點進行到下午 2 點，實驗當天天空多雲，最後雖將食物煮熟，但煮食時間甚長，溫度上升緩慢。由上面各種鍋具、爐具的綠豆、雞肉煮食溫度變化曲線與太陽光照射下大氣溫度變化曲線比較圖發現：

- 早上 8 點到 10 點，由於太陽斜射，溫度提升緩慢。因此建議利用太陽能爐煮食應於上午 10 點至下午 2 點，太陽垂直照射的時段間效果較好。
- 上圖雞肉煮食過程中因陶鍋未罩玻璃罩，故溫度一時間變化平緩，且較綠豆煮食延後到達沸點。
- 經太陽能煮食後的綠豆及香菇雞肉湯，品嚐它的味道，發覺綠豆熟爛，吃起來粉粉的很有綠豆的香甜；至於香菇雞湯，在掀開鍋蓋的瞬間，不僅聞到香菇雞的香味，湯頭美味、雞肉軟嫩，可口極了。

## 捌、結論

經由實驗結果與討論，對於這個新鮮有趣的「太陽能燜燒鍋」的研究結論，我們歸納如下列幾點：

### 一、光線行進與溫度變化

- (一) 太陽光是直線前進的，所以當太陽光照射到淺色或明亮光滑的表面時，會被反射到別處，所以精確控制太陽光使太陽光全部反射到鍋體（提高反射率）是可進一步探索改良的方向。
- (二) 太陽能爐應隨太陽上升，自動調整角度，使反射板隨時對準太陽吸收最多熱能，這部分值得進一步研究改良太陽能爐的構造。
- (三) 太陽光的亮度及溫度與反射板的反射面積大小及表面光滑度成正比，且聚光愈集中溫度愈高。換言之，反射面積愈大溫度也就愈高。
- (四) 當太陽光照射在深色的物體表面，會轉變成紅外線輻射熱，這種熱能是可以藉由玻璃罩被保存起來的。

### 二、太陽能爐具製作

- (一) 反射板材質應選用淺色系反射板且表面光滑其反射率較高，其中又以鏡面、鋁箔、自黏式鋁箔膠帶、自黏式 PE 鏡面板反射率最高，但鏡子因較重且易破碎，故鋁箔、自黏式鋁箔膠帶、自黏式 PE 鏡面板為適合太陽能爐體之反射面板
- (二) 反射板貼面因黏貼不良所產生的縐褶對光的反射影響很大，因此尋找易於黏貼且反射率高的反射板貼面材料是決定太陽能爐能否發揮更大聚熱效果的重要因素。
- (三) 太陽能爐具長期以來推展不易，應是受爐具製造繁複、攜帶不易以致無法吸引一般人的興趣。本次設計實驗的爐具製作簡單、拆裝容易、重量輕，如能透過適當管道宣導推廣，應能讓更多小朋友認識太陽能的威力，對於推廣太陽能應用，應有莫大的助益。

## 二、太陽能聚熱煮食

- (一) 傳統式太陽能爐煮食效果，主要受聚熱及保溫兩大因素所決定。本試驗之爐具採用錐形爐體再加上透明玻璃罩，經多次試驗後證明聚熱保溫效果良好。
- (二) 黑色鍋具如塗黑漆之不繡鋼杯、鐵鍋及陶鍋經試驗後證明吸熱效果較淺色普通不銹鋼杯佳。
- (三) 在中午時間煮食，約 50 至 90 分鐘可將米煮熟，應可符合假日宿營的需求。
- (四) 經由實際太陽光下煮食發現黑色鍋具放入太陽爐中約 3 分鐘，鍋蓋即燙熱無法觸摸，實驗過程中亦曾有 5 mm厚度的玻璃墊被聚集之太陽熾熱燒裂及鍋蓋提把被熔燬等情形，可見太陽熱能之強大。
- (五) 大型太陽能爐（60 cm反射板組成），相較於小型太陽能爐（30 cm反射板組成）因集熱面積較大，除可獲得更多太陽熱能外，即使因天候轉變、大氣溫度略降，鍋具內的溫度也不易瞬間陡降，影響煮食。

回顧整個實驗過程，十足充滿驚奇。由原來參加主婦聯盟的太陽能燜燒鍋創意競賽開始到這次為參加市內科展、全國科展，再接再厲反覆改進爐具，竟發現在爐具組合板上加一小洞、穿入繩子就有意想不到的效果—太陽能爐變得容易組裝攜帶。還有為了要尋找製作反射板的材料，我們找遍台北太原路的五金行、特力屋等處，終於找到塑膠瓦楞板、PE 鏡面板等合適製作爐具的材料，這一趟發現之旅真是獲益良多，也令我更期待暑假的來臨，因為我將帶著心愛的太陽能爐和家人去野餐。

## 玖、參考資料及其他

### 參考資料

呂炳炎編譯（1989）。光復科學圖鑑—能源，台北：光復書局。

陳育仁等（1998）。小牛頓科學百科，台北：牛頓出版社。

黃惠良（1994）。太陽能，台北：錦繡文化出版社。

葉錫溶（1994）。能源的世界，台北：錦繡文化出版社。

太陽能鍋 [http：/www.solarccoking.org/plans.htm](http://www.solarccoking.org/plans.htm)

## 評 語

080831 太陽公公無限好

本作品利用光反射原理設計一中心為柱狀體的太陽能集能燜燒鍋裝置，具備創意；實驗過程也能充份探究光原理及材質材料特性對於集能的效應，相當重視科學方法的運用，所完成作品並實際運用於食物煮食，實用價值充份展現。