中華民國 第50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

080816

流光流熱留光留熱--太陽爐研究

學校名稱：臺北市內湖區內湖國民小學

作者：	指導老師：
小五 李昀峰	陳美月
小五 邱浤嘉	郭秉融
小五 許哲瑋	
小五 王奕涵	
小五 陳芃辰	

關鍵詞：太陽能炊具、太陽爐、節能減碳

名稱：流光流熱留光留熱—太陽爐研究

摘要

我們的研究由文獻探討中獲得很多知識及經驗，然後摸索文獻中箱型、折疊式、拋物線式等各式太陽爐的製作原理、和操作方法。配合太陽仰角、方位和時間的關係，想辦法設計適合台灣地區各季節都可以使用的太陽爐。

綜合了吸收光熱的鍋子「留光」比較，同時配合太陽光移動、及反光板的「流光」聚光調整，加上減少熱量流失、及使用墊架增加熱氣流對流的「流熱」設計，還有箱型天窗、包住鍋子的塑膠袋溫室保溫的「留熱」效果…等研究，我們終於研究出最短在 30 分鐘就可以煮熟食物的太陽爐、和操作方法。

流光、流熱、留光、留熱真是這次科展之旅的寫照。我們的研究，記錄了這次太陽爐實驗所得到的結果與經驗，願繼續努力，以求真、求善、求美。

壹、研究動機

牛頓版自然與生活科技，第二冊第三單元「光的探索」，對光的熱能、直射、反射、折射現象，設計了一些實驗，讓我們探索了光的奇妙。**南一版**自然與生活科技，第五冊第一單元「太陽與四季」介紹：四季太陽方位、仰角，和同學在操場測量太陽的運行軌跡時，強烈的陽光，曬得我們汗流浹背，這太陽真是厲害。曾看過新聞報導，有人利用反射的太陽光，加熱鍋具，烹煮食物，同學們一起蒐集資料發現，只是反射太陽光就能煮食，感覺有些匪夷所思，我們就投入太陽能炊具的探討與研究，希望探索出一些謎底和奧祕。

貳、研究目的

一、探討太陽爐的原理和變因。

二、探討如何用紙箱製作各式太陽爐。

三、探討如何依據本地太陽運行軌跡，製作適合全台灣使用的箱型太陽爐。

四、用紙箱製作可折疊的拋物線式太陽爐，並探討其操作性能。

五、用紙箱製作可折疊的碗狀拋物線式太陽爐，並探討其操作性能。

六、探討本研究中太陽爐的節能減碳效果。

參、研究設備及器材

紙箱、鋁箔、鋁箔紙、雙面膠、保鮮膜、透明塑膠布、手錶、尺、美工刀、黑砂鍋、玻璃蓋黑鐵鍋、不鏽鋼墊架、數位式溫度計、烤箱用溫度計、烤箱用塑膠袋、四合一

風速照度溫濕度計。

肆、文獻探討

一、每天，每平方公尺的面積，約有 2800 仟卡的太陽能照射到地面，大約相當於正常人一天生存所需要來自食物的能量，設計太陽爐時反光板的面積最好在 0.7 平方公尺以上。太陽能的應用、不只是所謂的太陽光電而已，光熱也是很重要的一部分。

二、太陽爐是一種能應用太陽能來煮食物的炊具，運用多面能夠聚集陽光的反光板，把陽光反射且聚集到一個能吸熱的黑色鍋子上，透過熱的引進與保存，將鍋中的水煮沸或食物煮熟。

三、太陽光使地球有晝夜現象，具有輻射太陽能。太陽能有再生和環保的優點，雖然有氣候條件的限制，然而只要適當地利用反射及折射的原理，就可以收集輻射「光熱」。

四、熱能傳遞的方式有傳導、對流、和輻射三種，太陽爐製作的重點就在如何應用這些原理來收集熱能、和儲存熱能。

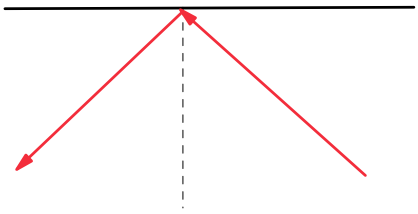
五、使用太陽能炊具煮食 ，可以減少二氧化碳排放，煮食時能減少煙灰的吸入，且慢速烹調可以保存較多營養，實踐樂活的環保生活。

伍、研究過程與結果討論

一 、研究主題一「太陽爐原理基礎研究」

(一)、研究步驟

1、光線反射原理探討



反射角 ＝入射角

2、鍋具吸熱基礎研究

將大、小不銹鋼杯裝、兩個黑砂鍋一加蓋、另一不加蓋、玻璃蓋黑鐵鍋，各裝 100 cc水置太陽光下 60 分鐘後，比較其水溫；

（二）、實驗結果

表一、鍋具吸熱比較數據

	小鋼杯	大鋼杯	黑砂鍋	黑砂鍋開鍋	玻璃蓋黑鐵鍋
水溫(℃)	36.2	35.6	40.6	34.1	42.5

（三）、發現與探討

1、玻璃蓋黑鐵鍋的水溫最高，因爲光線不僅能直接到黑鐵鍋外部，也能透過玻璃蓋來加熱鍋子的內部；鍋蓋很密合，可以有效的保溫、及阻隔熱流的流失；是一種吸收光熱效果好、熱量流失少，是留光、留熱良好的太陽爐鍋具。

2、黑砂鍋的蓋子不透光，雖然沒有玻璃蓋黑鐵鍋那麼好，但是由於吸熱及保溫效果佳，效果也很不錯。

3、不透鋼杯或未加蓋的黑砂鍋，吸熱或留熱效果都比黑砂鍋、玻璃蓋黑鐵鍋差很多。

二、研究主題二「箱型太陽爐研究初步探討」

（一）、箱型太陽爐製作及操作

1、將兩個紙箱打開，設法將四片蓋板面積增大爲原來兩倍，做爲反光板。

2、其中一個箱子貼鋁箔，另一個箱子貼鋁箔紙。

3、將箱子周邊縫隙仔細的以寬膠帶封好。

4、應用不銹鋼墊架、或紙板做成十字型墊架，將黑砂鍋、及玻璃蓋黑鐵鍋分別放入 100 cc水，置墊架上放入箱型太陽爐中。

5、依紙箱的長寬，應用兩片紙板夾住保鮮膜，做成天窗。使用時，將天窗以寬紙膠密貼到箱型太陽爐上，目的在可透光且減少熱能被風吹走而流失，達到保溫與留熱的功能。

6、將數位式溫度計的探針放入爐中，液晶顯示面板放爐外陰涼處。對準太陽方向，調整反光板張開幅度後，以膠帶固定。

7、由中午 12 點開始，每隔 5 分鐘記錄爐溫，55 分鐘後，開爐比較鍋內的水溫。

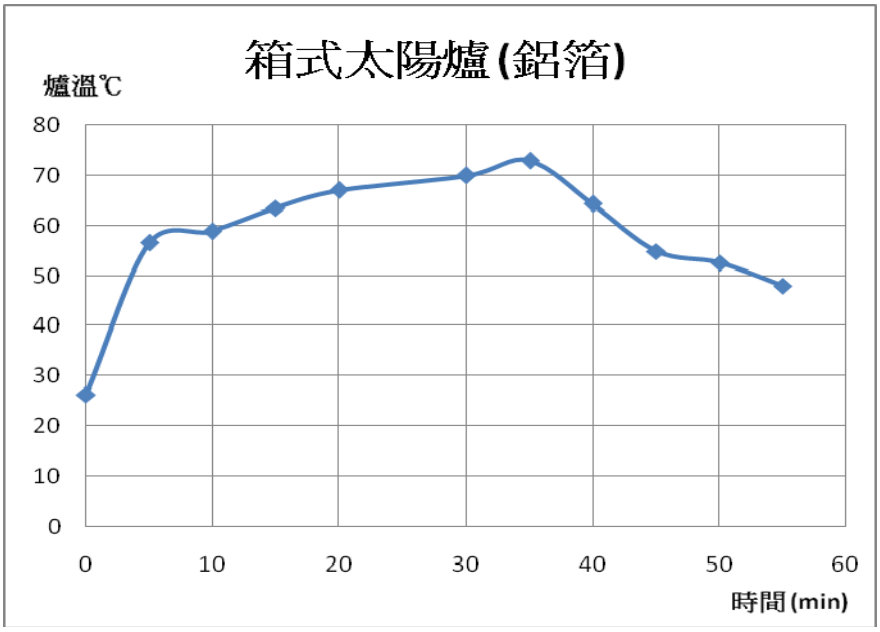
（二）、**實驗結果**

實驗當天(98.10.17)，室溫 26.3℃、風速 1.3 m/s、濕度 47.7%，兩個太陽爐的數據如下：

表二、鋁箔箱型太陽爐數據 (紙箱 LxWxH=42.2x30.3x14.3，玻璃蓋黑鐵鍋)

	12:00	12:05	12:10	12:15	12:20	12:30	12:35	12:40	12:45	12:50	12:55
時間 min	0	5	10	15	20	30	35	40	45	50	55
爐溫 ℃	26.3	56.6	58.9	63.5	67	70	73	64.3	54.8	52.6	48

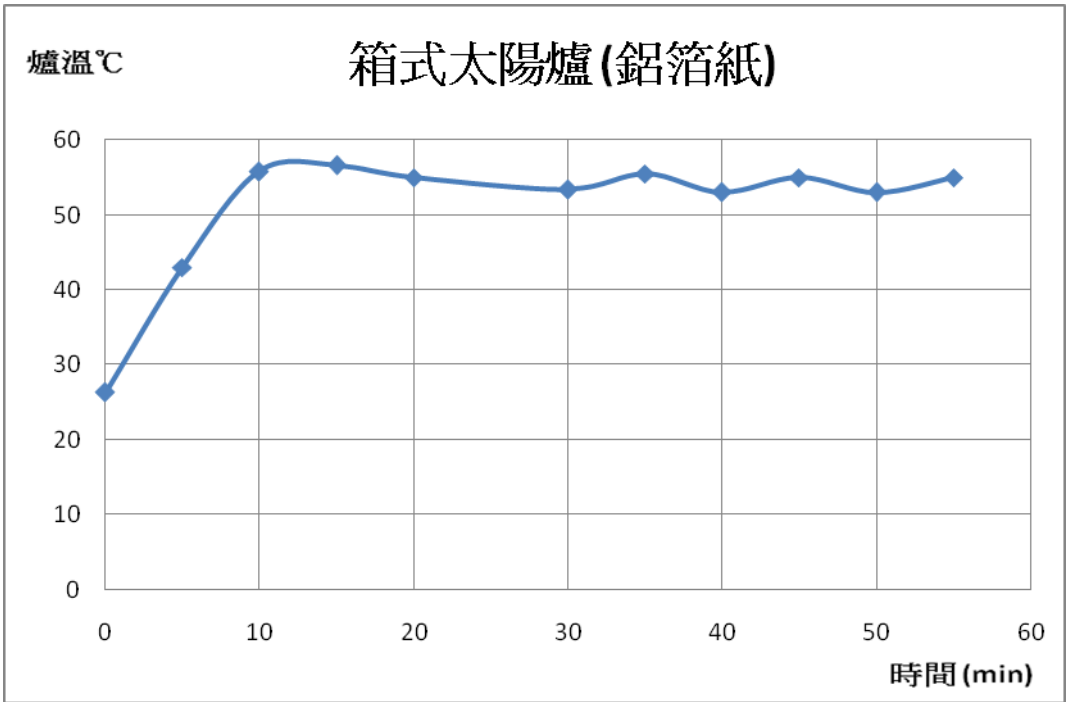
開爐後，鍋內水溫 82.5℃



表三、鋁箔紙箱型太陽爐數據 (紙箱：LxWxH=51x32x25.9，黑砂鍋)

	12:00	12:05	12:10	12:15	12:20	12:30	12:35	12:40	12:45	12:50	12:55
時間 min	0	5	10	15	20	30	35	40	45	50	55
爐溫 ℃	26.3	43	55.8	56.6	55	53.4	55.5	53	55	53	55

開爐後，鍋內水溫 65℃



（三）、發現與探討

1、鋁箔箱型太陽爐，在 35 分鐘上升到 73℃之後，便一直下降到 48℃。而鋁箔紙箱型太陽爐在 15 分鐘內上升到 56.6℃後，一直維持在 53 ~ 55 ℃之間。

2、開爐後，玻璃蓋黑鐵鍋水溫 82.5℃、黑砂鍋水溫 65℃，都比爐溫高約 10℃。

3、鋁箔較亮、但不容易貼平順、會有皺紋。鋁箔紙、雖沒鋁箔亮但是容易貼平順、效果仍很好、兩種反光板亮度影響不大。由於發現鋁箔紙使用較容易，所以之後全部都用鋁箔紙來製作太陽爐並加以比較。

4、陽光除了直射到黑砂鍋或玻璃蓋黑鐵鍋外，也會經由反光板的反射加熱鍋子。

5、使用玻璃蓋黑鐵鍋時，光的路徑有直射黑鐵鍋、經透明玻璃蓋到達黑鐵鍋、由反光板到黑鐵鍋、由天窗內四周的反光板到鍋子等。

6、使用黑砂鍋時除了鍋身吸收光線，不透光的黑鍋蓋也會吸熱，且有密封效果，也是很適合太陽爐使用的鍋子。

7、檢討溫度無法上升的原因，可能是和太陽的仰角、方位角與時間有關，必須進一步研究；

三、研究主題三「太陽的仰角、方位角對箱型太陽爐的影響研究」

（一）、實驗步驟

1、使用太陽仰角觀測儀，每 1 小時記錄太陽的仰角；

2、以箱型太陽爐，放 100 cc水於黑砂鍋。配合太陽的仰角，背部墊高約 5cm，由 10:30 開始，每 10 分鐘記錄溫度，約 70 分鐘；

3、觀察及討論數據後，於 12:30 重新架爐再做一次實驗，每 5 分鐘記錄溫度，約 155 分鐘。

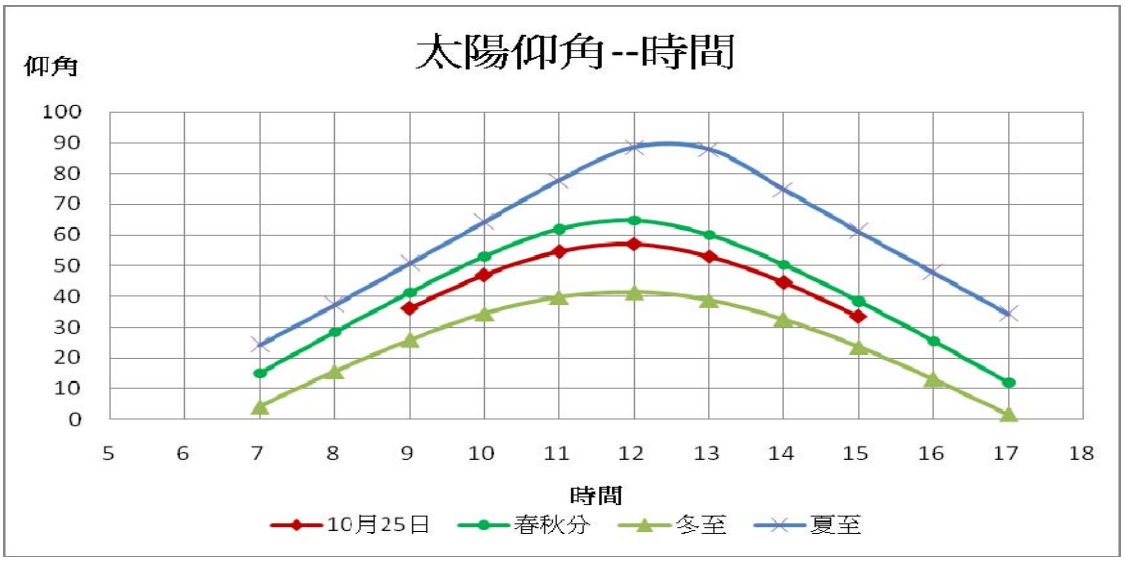
(二)、實驗結果

實驗當天(10 月 25 日)，室溫 26.6℃、風速 1.0 m/s、40.9%RH，太陽仰角與時間關係、及鋁箔紙箱型太陽爐數據如下：

表四、台北地區太陽仰角與時間關係

時間		07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
仰角	10 月 25 日	-	-	36	47	55	57	53	44	33	-	-
	春秋分	15.1	28.5	41.3	53	61.9	64.9	60.2	50.4	38.4	25.4	12.1
	冬至	4.2	15.6	25.9	34.4	39.8	41.4	38.8	32.6	23.6	13.1	1.7
	夏至	24.1	37.3	50.7	64.2	77.8	88.5	87.8	74.7	61.1	47.6	34.2

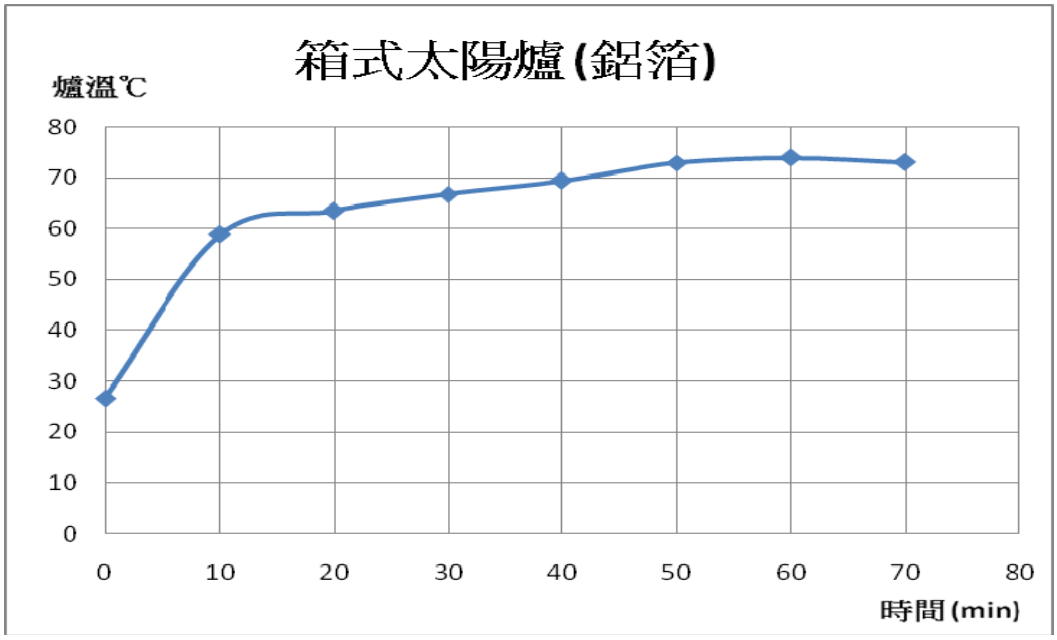
春秋分、冬至、夏至的資料取自中央氣象局



表五、鋁箔紙箱型太陽爐數據（紙箱：L×W×H=51×32×25.9，黑砂鍋)

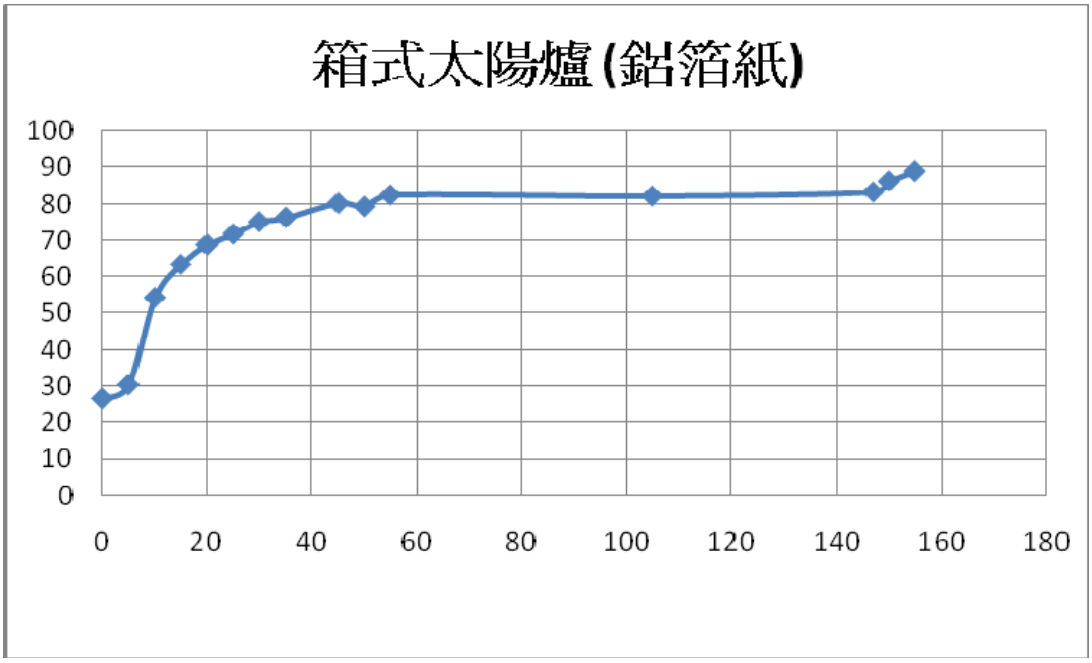
	10:30	10:40	10:50	11:00	11:10	11:20	11:30	11:40
時間 min	0	10	20	30	40	50	60	70
爐溫 ℃	26.6	58.9	63.5	66.7	69.4	72.9	74	73

開爐後，水溫 82℃



表六、鋁箔紙箱型太陽爐數據（黑砂鍋)

	12:30	12:35	12:40	12:45	12:50	12:55	13:00	13:05	13:10	13:15	13:20	14:10	14:52	14:55	15:00
時間 min	0	5	10	15	20	25	30	35	45	50	55	105	147	150	155
爐溫 ℃	26.6	30.3	54.3	63.4	68.8	71.8	75.1	76.3	80.2	79.3	82.5	82.2	83.3	86.3	89



（三）、發現與探討

1、由太陽仰角觀測記錄，在台北秋天最適合使用太陽爐的時間爲 11:00~13:00，太陽仰角維持在 55 度左右。

2、若以冬至 10:00 到 14:00 的 34.4~32.6 度仰角來設計太陽爐，將會是適合全台灣使用的太陽爐，值得進一步探討的功課。

3、箱型太陽爐，第一次配合太陽的仰角將背部墊高 60 分鐘後，最高爐溫 74℃、水溫 82℃，比先前的爐溫 55℃、水溫 65℃，升高爐溫 19℃、水溫 17℃。顯然太陽仰角、方位角對太陽爐的影響很大。

4、於 12:30 重新架爐，於 55 分鐘後爐溫到 82.5℃，太陽雖很強烈，但是長達 90 分鐘爐溫却一直保持在約 82℃無法升高。大家觀察、討論，發現前反光板會產生影子到太陽爐內，14:50 調整背光板讓光線更聚集於爐內後，溫度才再上升到 89℃。

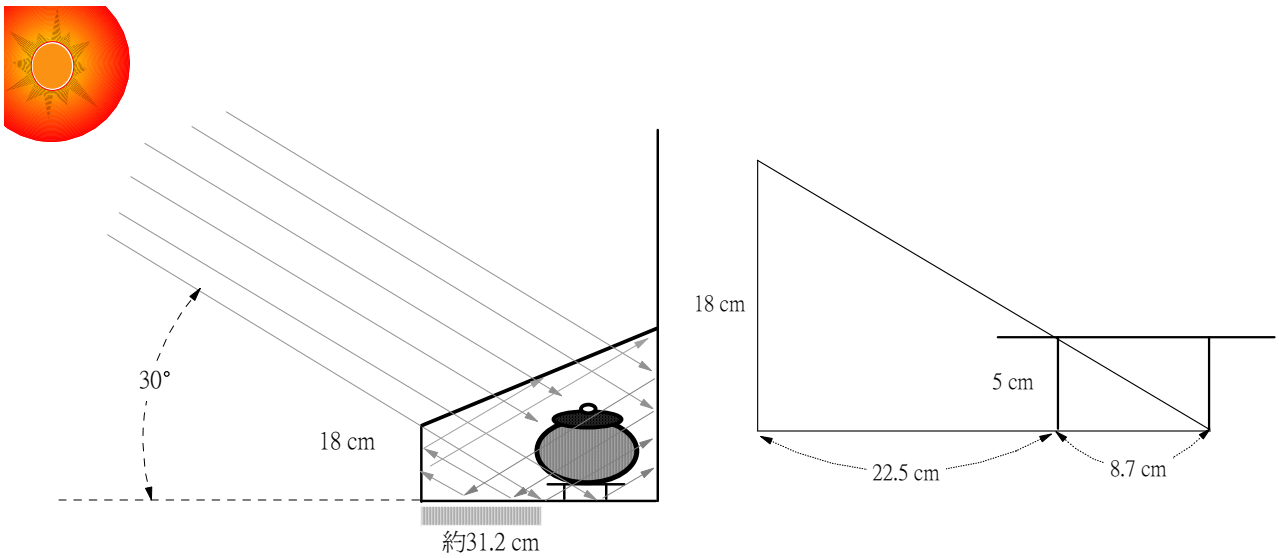
5、於 14:50 時太陽仰角已經降低，能夠在 10 分鐘內由 82.5 上升到 89℃，如果是一開始就注意所有反光板，會是如何？實在令人充滿期待。

6、前反光板太高，陰影會影響太陽光、須設法改善；

7、天窗影響箱型太陽爐的保溫性能很大，保鮮膜天窗太軟會使熱流走，須設法進一步探討及改善。

四、研究主題四「如何配合太陽的運行軌跡，設計適合本地使用的箱型太陽爐 」

（一）、設計的想法



前板陰影最遠長度

1、由前面太陽仰角觀測分析，以太陽仰角 30 度來設計太陽爐，將可適用於全台灣各季節使用，因爲鍋高約 15cm，墊架 5cm，所以將箱子前面切短爲 18cm，那麼陰影最長距離約爲 31.2cm。

2、墊架高 5cm，有助於「光熱」流過鍋子底部，使鍋子更均勻受熱。

3、由於墊架高 5cm，鍋子直徑 18cm，所以只要箱子寬度大於 40.5cm，就能保證鍋子可以完全直接照到太陽光，不會被箱子前緣的影子影響。

4、背面反光板會將陽光反射到陰影區，甚至再反射到鍋子，增加熱光的聚集於箱內。

5、實驗時找到長x寬x高=56x43x36cm 的紙箱，便利用來做成一個前低後高的箱子；再將背光板、及左右反光板增大約一倍，使背光板收起來時可以成爲蓋子，完全覆蓋爐子，並貼好鋁箔紙，成爲改良箱型太陽爐。

6、用木條及透明塑膠布製作天窗；

(二)、實驗步驟

1、將玻璃蓋黑鐵鍋放穩在墊架上，放入三顆蛋，蓋好改良式天窗；

2、用繩子束縛爐箱外部加強密合度、並且使用紙板做爲反光板的調整支架；

3、約每 10 分鐘記錄溫度，直到溫度不再上升、或達 100℃止；

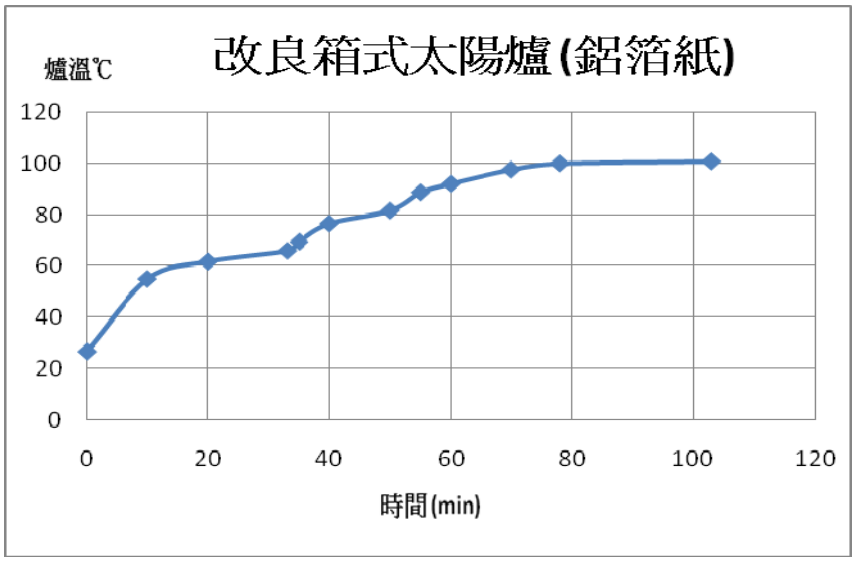
(三)、實驗結果

實驗當天(10 月 31 日)，氣溫 26.6℃、風速 1.1 m/s、66.7%RH，改良式箱型太陽爐數據如下：

表七、改良箱型太陽爐第一次數據(98.10.31 玻璃蓋黑鐵鍋)

	10:00	10:10	10:20	10:33	10:35	10:40	10:50	10:55	11:00	11:10	11:18	11:43
時間 min	0	10	20	33	35	40	50	55	60	70	78	103
爐溫 ℃	26.6	55	61.8	66	69.5	76.6	81.7	88.8	92.2	97.7	100.1	100.9

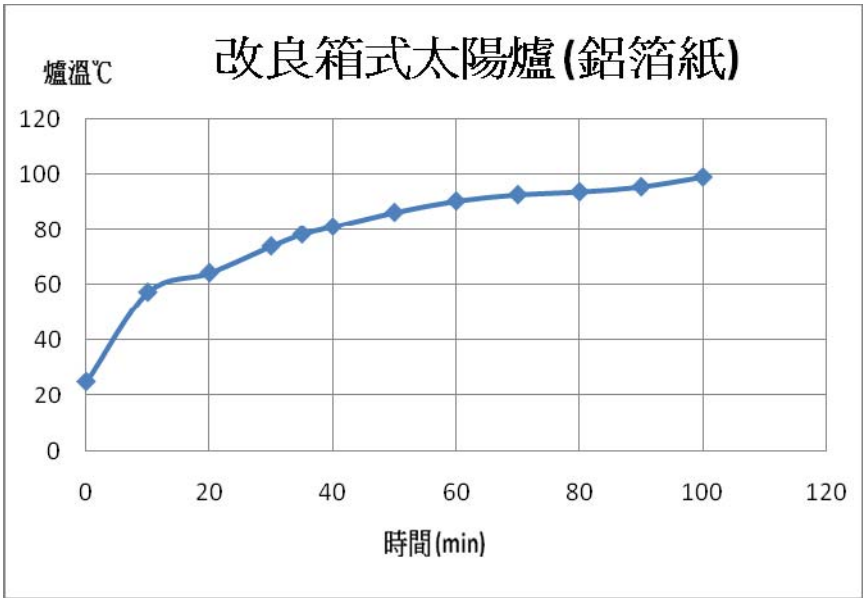
開鍋享用蛋



表八、改良箱型太陽爐第二次數據 (98.11.07 玻璃蓋黑鐵鍋)

	09:00	09:10	09:20	09:30	09:35	09:40	09:50	10:00	10:10	10:20	10:30	10:40
時間 min	0	10	20	30	35	40	50	60	70	80	90	100
爐溫 ℃	25	57.4	64.4	74	78.3	81.1	86.4	90.5	92.8	93.8	95.6	99.1

開鍋享用蛋



（四）、發現與探討

1、改良箱型太陽爐很好用，98.10.31 由 10:00 到 11:18 約 78 分鐘，爐溫就達 100 ℃，煮熟雞蛋，令大家歡呼雀躍不已；

2、實驗時，每當雲層飄來時爐溫上升就較慢，雲朵過後爐溫會再繼續快速上升。

3、98.11.07 嘗試由 09:00 開始實驗，結果到 10:40 約 100 分鐘達 99.1℃，證實可適合全台灣各個季節使用。

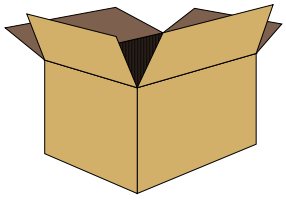
4、98.11.07 由於超過 80℃的時間有 60 分鐘，且先前經驗是鍋溫會比爐溫高，因此開鍋，果然「太陽蛋」已熟了，香噴噴的很美味。

5、由實驗，更清楚認知，有些食物不需 100℃即可煮熟。

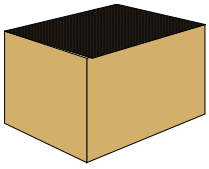
五、研究主題五「折疊式太陽爐初探」

由於箱型太陽爐有收藏不方便的缺點，因此探討文獻上可折疊的太陽爐。經過多次討論、研究、和比較，終於以背反光板爲近拋物線曲面、有底面、且前反射板可依太陽仰角調整高度的折疊式太陽爐爲目標，研究如何製作及操作。

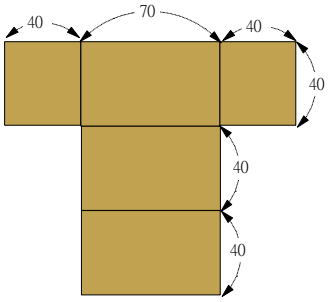
（一）、折疊式太陽爐製作及操作步驟



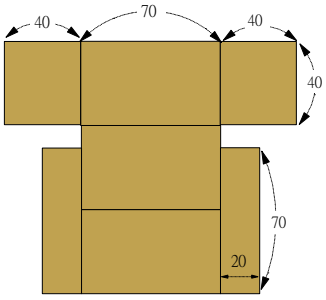
甲



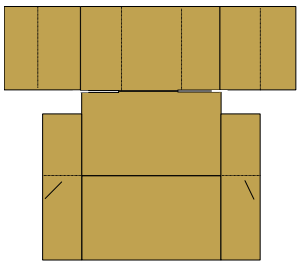
乙



丙



丁



戊

1、長×寬×高=70×40×40cm 的紙箱，依乙圖將上蓋切除後留下，以寬紙膠帶貼於兩旁如丁圖，再將上排 40cm 的板對折成 20cm 並切開中間部分如戊圖，貼上鋁箔紙後，依虛線折疊就成爲折疊式太陽爐。

2、使用時，將戊圖上排依虛線折成近拋物線曲面的背反光板，而前反射板可依太陽仰角調整高度。

3、因高度都相同，不用時可以折疊收存。

4、用烤箱用塑膠袋，隔扭轉數圈後以橡皮筋束緊，代替箱子及天窗，可有效的保溫留熱、且防止風吹走熱能。

5、由 12:00 開始，約每 10 分鐘記錄溫度，直到溫度不再上升、或達 100℃止。

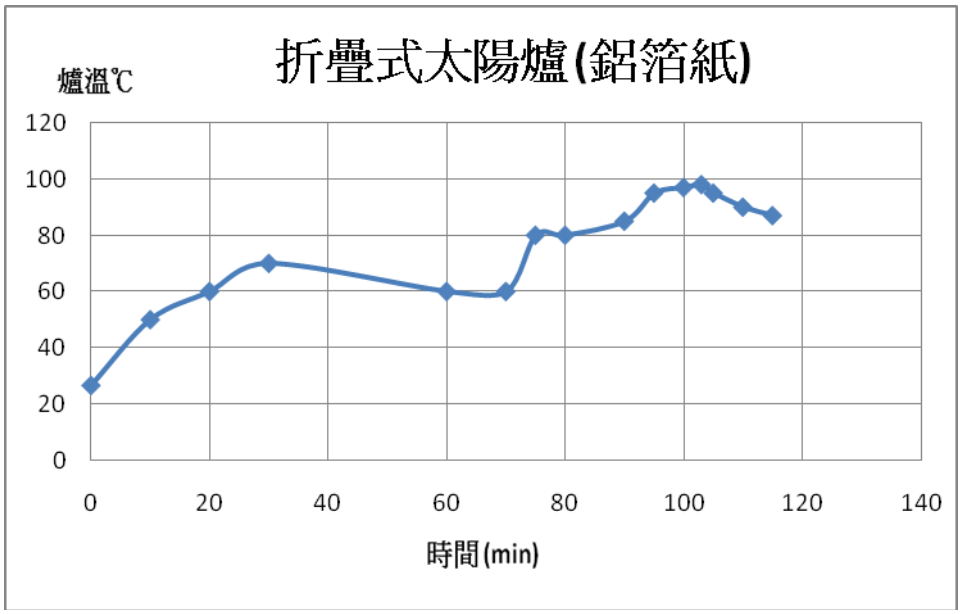
(二)、實驗結果

實驗當天(98.10.31)，室溫 26.6℃、風速 1.3 m/s、44.7%RH，自製的折疊式太陽爐

數據如下：

表九、折疊式太陽爐初探數據

	12:00	12:05	12:10	12:15	12:20	12:30	12:35	12:40	12:45	12:50	12:55	12:58	13:00	13:05	13:15
時間 min	0	10	20	30	60	70	75	80	90	95	100	103	105	110	115
爐溫 ℃	26.6	50	60	70	60	60	80	80	85	95	97	98	95	90	87



（三）、發現與探討

1、烤箱用塑膠袋扭轉數圈後，以橡皮筋束緊，在 30 分鐘時爐溫達 70℃後爐溫開始下降。

2、仔細觀察發現 70 分鐘時塑膠袋會因熱膨脹而旋轉，因此再度旋緊塑膠袋及束緊橡皮筋，爐溫再度快速上升到 80℃。然而發現塑膠袋仍會旋轉，溫度無法上升。

3、於 90 分鐘時再一次旋緊塑膠袋及束緊橡皮筋，爐溫迅速上升，於 103 分鐘時達 98℃，塑膠袋脹得很大且每隔一段時間便發出「啵啵」聲，每發一聲塑膠袋就會旋轉一些、不再那麼脹，但溫度也會下降。

4、實驗中，前反射板不容易固定角度，經常會滑動，造成光無法聚集到鍋子上；

5、繼續觀察到 115 分鐘，發現溫度已下降到 87℃，便中止實驗。

6、折疊式太陽爐，可配合太陽仰角調整前反光板，所以角度不受限制，也是可以適合全台灣各季節使用的太陽爐，且收藏方便，很值得研究。但如何修改前反射板固定方式、及塑膠袋旋轉問題，必須再進一步探討及修改。

六、研究主題六「折疊式太陽爐修改」

（一）、改進措施

1、以燕尾夾固定前反光板來調整角度，可有效防止滑動；將爐子對準太陽、且依太陽方位角約每 30 分鐘修正一次。

2、將黑砂鍋放穩在墊架上，放入洗乾淨的蛋，隨同烤箱用溫度計置入烤箱用塑膠袋，扭轉數圈後以大公文鐵夾將前端夾緊，再將後端的塑膠袋扭緊後用橡皮筋固定於鐵夾上，使塑膠袋不會再旋轉。

3、約每 10 分鐘記錄溫度，直到溫度不再上升、或達 100℃止。

4、第二次煮食時，以使用過的鍋子取出熟蛋後，放入肉片爲第二鍋，約每 10 分鐘記錄溫度，直到溫度不再上升、或達 100℃止。

5、將其餘肉片放入黑砂鍋中，置陽光下先預熱爲第三鍋，待第二鍋取出後置入烤箱用塑膠袋內放好烤箱用溫度計，約每 10 分鐘記錄溫度，直到溫度不再上升、或達 100℃止。

6、99.1.1 寒流來襲，因爲有太陽就趕緊架爐做實驗，測試折疊式太陽爐在寒流下的功效。

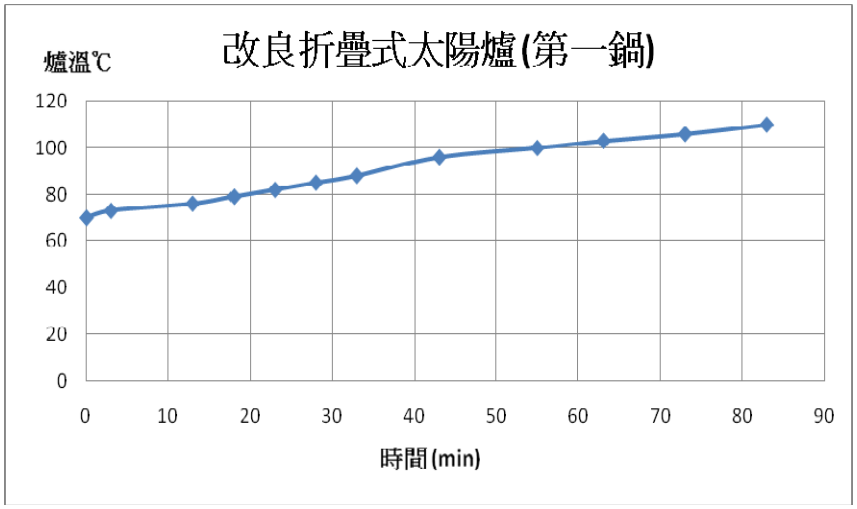
(二)、實驗結果

實驗當天(98.11.07)，室溫 25℃、風速 1.1 m/s、68.4%RH，改良折疊式第一鍋、第二鍋、及第三鍋數據如下：

表十、改良折疊式太陽爐第一鍋(黑砂鍋、煮蛋)數據

	09:17	09:20	09:30	09:35	09:40	09:45	09:50	10:00	10:12	10:20	10:30	10:40
時間 min	0	3	13	18	23	28	33	43	55	63	73	83
爐溫 ℃	70	73	76	79	82	85	88	96	100	103	106	110

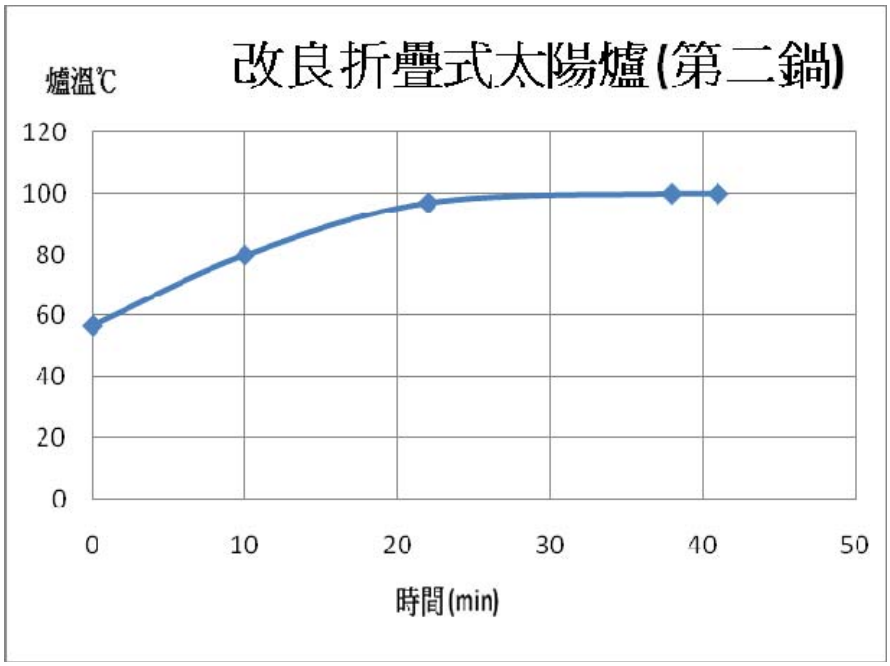
10:41 開鍋吃蛋



表十一、第二鍋(玻璃蓋黑鐵鍋熱鍋煮肉)數據

	10:50	11:00	11:12	11:28	11:31
時間 min	0	10	22	38	41
爐溫 ℃	57	80	97	100	100

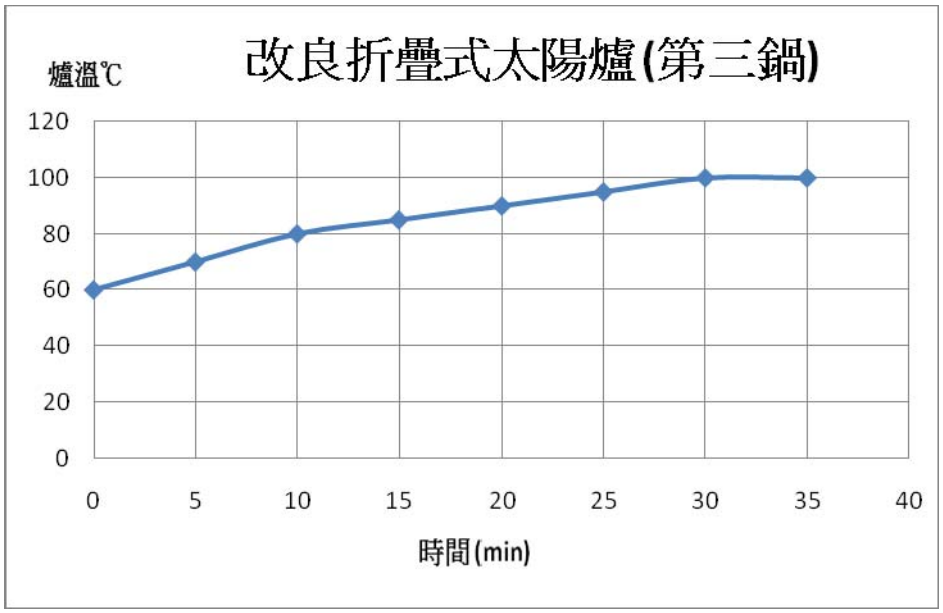
11:32 開鍋吃肉



表十二、第三鍋(黑砂鍋預置肉於鍋內置太陽下)數據

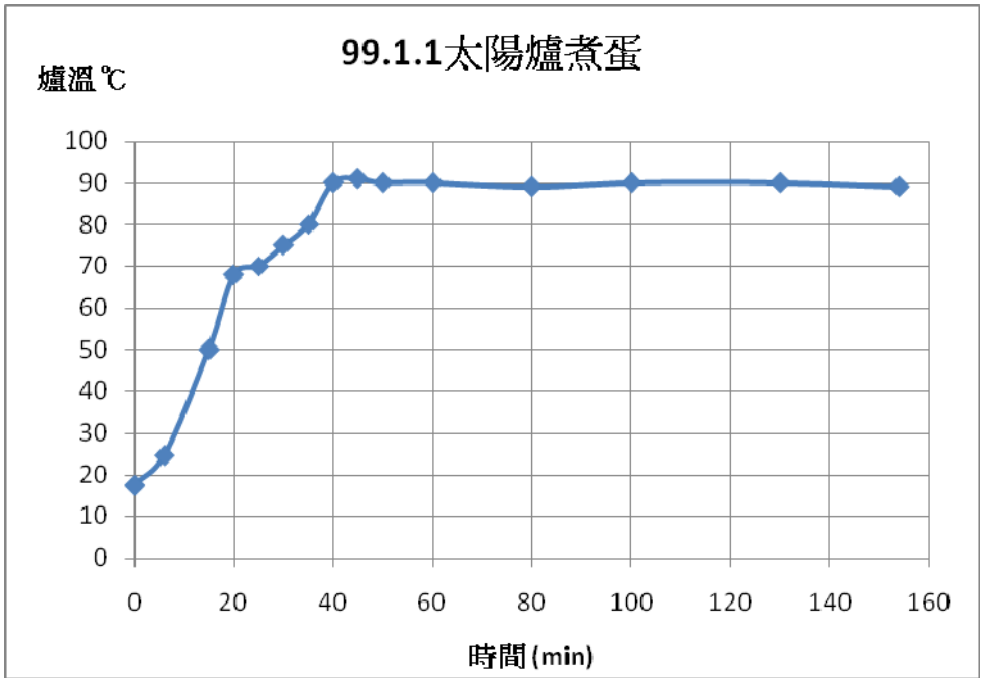
	11:35	11:40	11:45	11:50	11:55	12:00	12:05	12:10
時間 min	0	5	10	15	20	25	30	35
爐溫 ℃	60	70	80	85	90	95	100	100

12:10 開鍋吃肉



表十三、寒流來襲時的太陽爐煮蛋數據

改良折疊式太陽爐　　黑砂鍋　　99.1.1　　17.6℃															
	10:00	10:06	10:15	10:20	10:25	10:30	10:35	10:40	10:45	10:50	11:00	11:20	11:40	12:10	12:34
時間 min	0	6	15	20	25	30	35	40	45	50	60	80	100	130	154
爐溫 ℃	17.6	24.6	50	68	70	75	80	90	91	90	90	89	90	90	89
室溫 ℃	17.6														



（三）、發現與探討

1、初次 09:00 以改良方式，架爐、洗蛋、架鍋、封塑膠袋，09:17 裝妥時爐溫已由 25℃升到 70℃，真是令人振奮。

2、燕尾夾可以有效的固定前反光板角度，使陽光充分的在爐內反射，而大公文鐵夾可以有效夾緊塑膠袋，塑膠袋迅速膨脹，但不會再旋轉也沒有「啵啵」聲，爐溫迅速在 55 分鐘到達 100℃，83 分鐘達 110℃。。

3、第二鍋使用煮蛋的玻璃蓋黑鐵鍋，熱鍋下放火鍋肉片，架好爐具時 10:50 爐溫爲 57℃，爐溫在 11:28 就到 100℃，只用了 38 分鐘，於 11:32 開鍋時，肉片香噴噴的已都熟了，非常美味。

4、第三鍋使用黑砂鍋，由於肉預置於鍋內，在太陽下預熱，11:35 時架好爐時爐溫已有 60℃，於 12:05 爐溫就到 100℃，只用了 30 分鐘。12:10 開鍋時，肉片香噴噴的已都熟了，非常美味。

5、由 09：00 開始準備爐具到 12：10 大約三小時，先煮蛋再煮肉兩次，共煮三鍋，皆達 100℃，最高 110℃。太陽爐煮一頓餐食物，真的是可行。

6、而加熱到 100℃的時間由 55 分鐘→38 分鐘→30 分鐘。原因可能是與太陽仰角及熱鍋有關，愈接近中午太陽仰角愈高，陽光愈直射爐具。

7、使用熱鍋、或將食物裝鍋內，先放陽光下預熱，都是很好的太陽爐使用方式。

8、在寒流來襲的 99.1.1，10：00 架爐，約 40 分鐘爐溫就達 90℃，證實只要有太陽即使寒流來也可用太陽爐煮食。

9、99.1.1 原本預期愈來烈的陽光並沒有出現，在寒風下，爐溫却一直維持在 90℃，無法到達 100℃。我們努力到 12：34，開爐時蛋已熟透，很美味！

七、研究主題七「拋物線式太陽爐探討」

資料上說拋物線最能聚光，在只有背光板近拋物線的折疊式太陽爐完成後，大家很想研究適合台灣使用的拋物線式太陽爐。可是像雷達天線的拋物線我們不會設計，且有不好收藏的缺點，因此以多面體做成像碗狀、可折疊的簡易拋物線式太陽爐爲研究對象。

（一）、可折疊的簡易碗狀拋物線式太陽爐製作及操作步驟

1、用紙箱紙板以直徑 22cm 做一個八角形，而外圈直徑約 50cm，貼上鋁箔紙後做成一個高約 60cm 的碗狀可折疊式太陽爐。

2、將裝蛋的黑砂鍋、及數位溫度計包入烤箱用塑膠袋，扭轉數圈後想用大公文夾來夾緊時，擔心會傷到探針型溫度計的電線，所以不敢使用，而烤箱用溫度計已用在折疊式中，只好將扭緊後的塑膠袋和電線，穿過兩片紙板後以類似大公文夾方式夾緊，再以小公文夾和橡皮筋固定，使塑膠袋不會再旋轉。

3、因爲是八角形，沒有方位角問題，於 09:20 架好裝蛋的黑砂鍋後，直接放陽光下，約每 5 分鐘記錄一次爐溫，直到溫度不再上升、或達 100℃止。

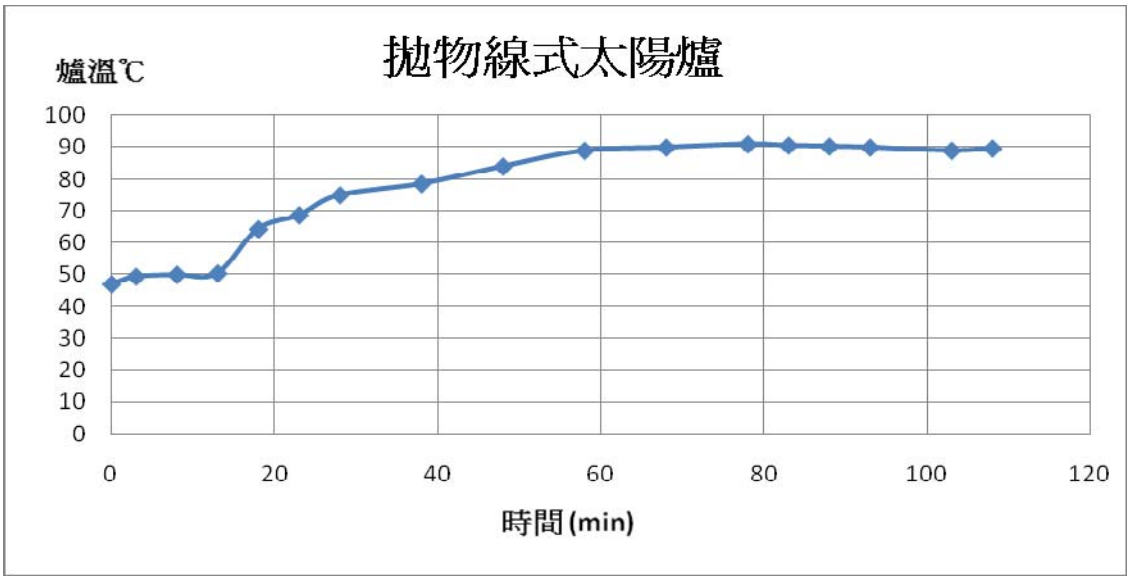
(二)、實驗結果

實驗當天(98.11.07)，室溫 25℃、風速 1.1 m/s、68.4%RH，可折疊的簡易拋物線式太陽爐數據如下：

表十四、可折疊的簡易碗狀拋物線式太陽爐數據

	09:22	09:25	09:30	09:35	09:40	09:45	09:50	10:00	10:10	10:20	10:30	10:40	10:45	10:50	11:00	11:10	11:15
時間 min	0	3	8	13	18	23	28	38	48	58	68	78	83	88	93	103	108
爐溫 ℃	47	49.4	50	50.4	64.3	68.7	75	78.6	84	89	90	91	90.6	90.3	90	89	89.7

溫度於 78 分鐘內升高到 91℃、溫度便無法再上升且開始下降。11:15 開鍋吃蛋



（三）、發現與探討

1、於 09:00 時黑砂鍋包入烤箱用塑膠袋，在 09:22 架好爐子時爐溫 47℃，升到 50℃後一直沒有上升，於 09:35 重新小心再扭緊含電線的塑膠袋後爐溫再度上升，到 10:40 爐溫達約 91℃，但是一直到 11:15 約有 30 分鐘，爐溫一直維持在 90℃左右，沒有明顯變化，由於爐溫不再上升而中止實驗。

2、開鍋後蛋已熟透，再度證明爐溫不到 100℃一樣可以煮熟雞蛋。

3、實驗中，爐溫從 10:20 起就維持在 90℃左右長達 50 分鐘，沒做任何調整爐溫也沒有明顯變化。經仔細觀察和研究，發現可能是高度太高，爐中有很淡的陰影，但是一直沒找到有效提高黑砂鍋位置的方法。

4、太陽由 09:00 到 11:15，方位移動了約 30 度，但是碗狀拋物線式太陽爐仍然不須做調整，就可以持續升溫或維持高溫，使用確實很方便。

5、如何有效的修正碗狀太陽爐，減少陰影增加效率，須再做進一步探討。但因時間及之後的天侯因素，暫時無法於本研究中完成，將在以後持續研究。

八、研究主題八「太陽爐煮食湯品的研究」

煮蛋和肉片成功讓我們不僅享受美食，也在太陽爐研究上向前邁進令人雀躍的一小步。然而食物中以湯品的煮食或燉煮最耗時，以太陽爐來說更是一大挑戰，因此進行太陽爐煮食湯品的研究。

（一）、研究方法

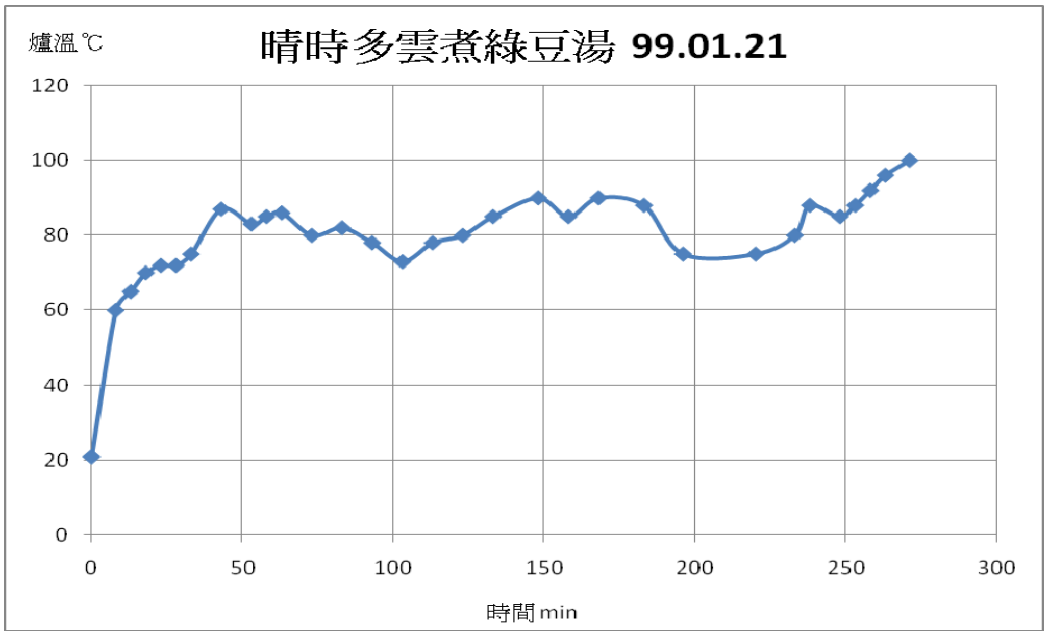
以自製太陽爐煮綠豆湯，綠豆 1 米杯、水 1000 cc、糖 30 克。

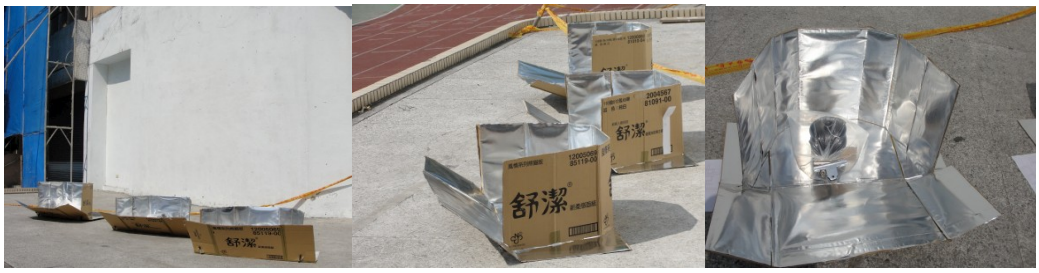
（二）、研究結果

表十五、晴時多雲的冬天以改良折疊式太陽爐煮綠豆湯數據

改良折疊式太陽爐 ： 反光板 (鋁箔紙) , 黑鐵鍋　99.01.21																
	09:47	10:05	10:10	10:15	10:20	10:25	10:30	10:40	10:50	10:55	11:00	11:10	11:20	11:30	11:40	11:50
時間 min	0	8	13	18	23	28	33	43	53	58	63	73	83	93	103	113
爐溫 ℃	21	60	65	70	72	72	75	87	83	85	86	80	82	78	73	78
室溫 ℃	21								晴時多雲					沒太陽		晴時多雲

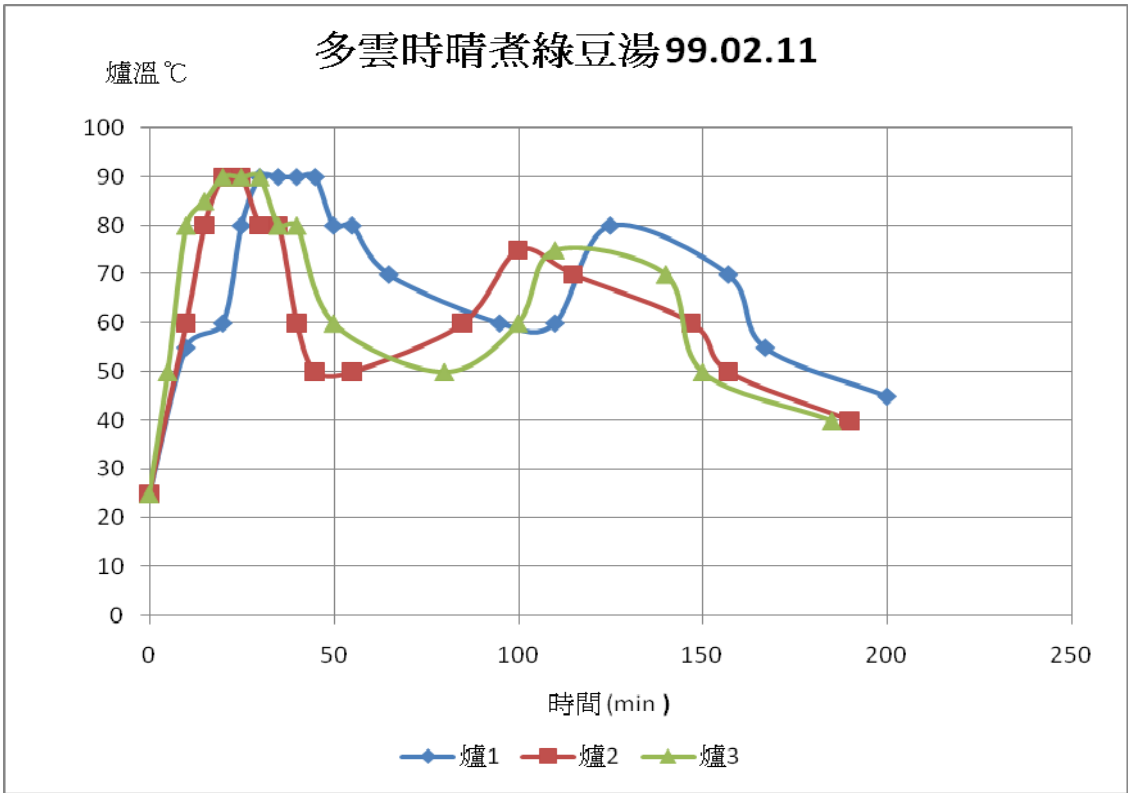
	12:00	12:10	12:25	12:35	12:45	13:00	13:13	13:37	13:50	13:55	14:05	14:10	14:15	14:20	14:28	
時間 min	123	133	148	158	168	183	196	220	233	238	248	253	258	263	271	
爐溫 ℃	80	85	90	85	90	88	75	75	80	88	85	88	92	96	100	
室溫 ℃							沒太陽		晴時多雲							





表十六、三座改良折疊式太陽爐煮綠豆湯數據

改良折疊式太陽爐 ： 反光板 (鋁箔紙)，黑砂鍋 99.02.11																		
爐 1		10:30	10:40	10:50	10:55	11:00	11:05	11:10	11:15	11:20	11:25	11:35	12:05	12:20	12:35	13:07	13:17	13:50
	時間 min	0	10	20	25	30	35	40	45	50	55	65	95	110	125	157	167	200
	爐溫 ℃	25	55	60	80	90	90	90	90	80	80	70	60	60	80	70	55	45
爐 2			10:40	10:50	10:55	11:00	11:05	11:10	11:15	11:20	11:25	11:35	12:05	12:20	12:35	13:07	13:17	13:50
	時間 min		0	10	15	20	25	30	35	40	45	55	85	100	115	147	157	190
	爐溫 ℃		25	60	80	90	90	80	80	60	50	50	60	75	70	60	50	40
爐 3			10:45	10:50	10:55	11:00	11:05	11:10	11:15	11:20	11:25	11:35	12:05	12:25	12:35	13:05	13:15	13:50
	時間 min		0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	80	100	110	140	150	185
	爐溫 ℃		25	50	80	85	90	90	90	80	80	60	50	60	75	70	50	40
	室溫 ℃	25					多雲時晴			沒太陽					多雲時晴	沒太陽		



（三）、發現與探討

1、100℃是一個基本煮食條件，在太陽爐上已是很高的指標了，煮食湯品更是不易。

2、實驗中曾因煮綠豆湯期間，曾發生鍋子被強風吹倒而中止實驗，數據無法使用，冬天在台北做太陽爐研究真辛苦，假日不容易盼到晴天。

3、99.1.21 晴時多雲，雖不是很好的實驗日子，却是好不容易沒下雨的天氣，實驗時爐溫一直被雲層影響，但我們不放棄，實驗總計 271 分鐘。幸好 14：00 左右雲層盡散，在陽光下爐溫迅速在 23 分鐘內由 85℃上昇到 100℃。開爐綠豆已熟，趁熱吃綠豆湯。

4、99.2.11 多雲時晴，更是不容易做實驗，但因有太陽我們還是嘗試進行。將新製的三個折疊式太陽爐同時開爐煮綠豆湯，一開始 30 分鐘三爐都到達 90℃，大家正在興奮的時候雲層陸續飄來，看見爐溫一路下降只能望天興嘆，中間雖有一些起色，奮鬥到 13：50 溫度只剩 40 多度，而且滿天雲層，就決定收攤了。

5、不管怎麼說，我們在冬季的台北，晴時多雲的天候下煮綠豆湯有成功的經驗，所以說只要是晴天，在台灣各地都可用太陽爐煮食。

九、研究主題九「自製太陽爐節能減碳的研究」

（一）、研究方法

1、由網路、及資料研究，煮一餐飯平均會排放多少二氧化碳(CO_2)、或耗多少度電？

2、探討製造一度電會排放多少 CO_2。

3、探討使用太陽爐煮食，可以達成節能減碳的功效。

（二）、研究結果

由 2009 年 7 月份能源報導封面故事三，一度電話題，報導中引用 You Can Prevent Global Warming (and Save Money!)一書的數據。文中指出火力發電廠製造一度電約產生 0.75 公斤的二氧化碳，而臺灣整體的數字爲一度電產生約 0.636 公斤二氧化碳。

因組長同學家正是使用電爐烹煮食物，較容易估算煮一餐的平均耗電量，再應用教育部校園節能減碳資訊平臺，碳足計算器來驗算，並與世界自然基金會-氣候正能量資料比較如下：

表十七、煮一餐食物的平均耗電量、或二氧化碳排放量

	耗電量 (度；瓩時)	排放 CO_2 (公斤)
世界自然基金會-氣候正能量資料	8	5.08
組長同學家	4.5	2.86

2002 年林務局「全民造林運動，二氧化碳吸存潛力之經濟效益評估」的研究報告顯示，1 株 20 年生的樹木，依樹種不同，1 年約可吸收 11~18 公斤的二氧化碳。

（三）、發現與探討

到底煮幾餐食物，就會和 1 株 20 年生的樹木，一整年的二氧化碳吸收量相當呢？我們來算算看

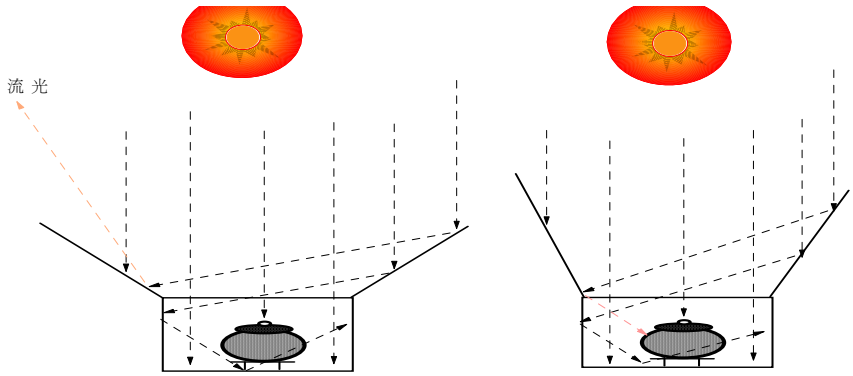
最少　11÷5.08≒2.17(次)

最多　18÷2.86≒6.29(次)

一餐平均產生 2.86~5.08 公斤二氧化碳，如果使用我們研究的太陽爐煮食物，只要大約 2~6 次，就可以相當一棵 20 年的老樹，一整年的二氧化碳吸收量。也可以說，省下一座擁有 365 棵 20 年大樹的森林，從早到晚一整天的二氧化碳吸收量，這個成果相當可觀。

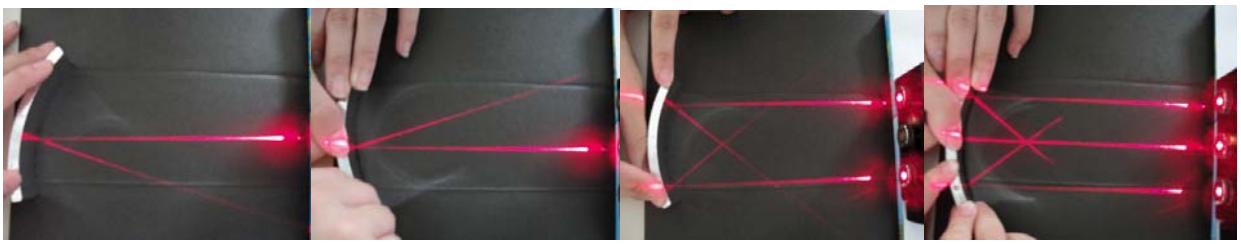
陸、討論

1、箱式太陽爐反光板開度探討



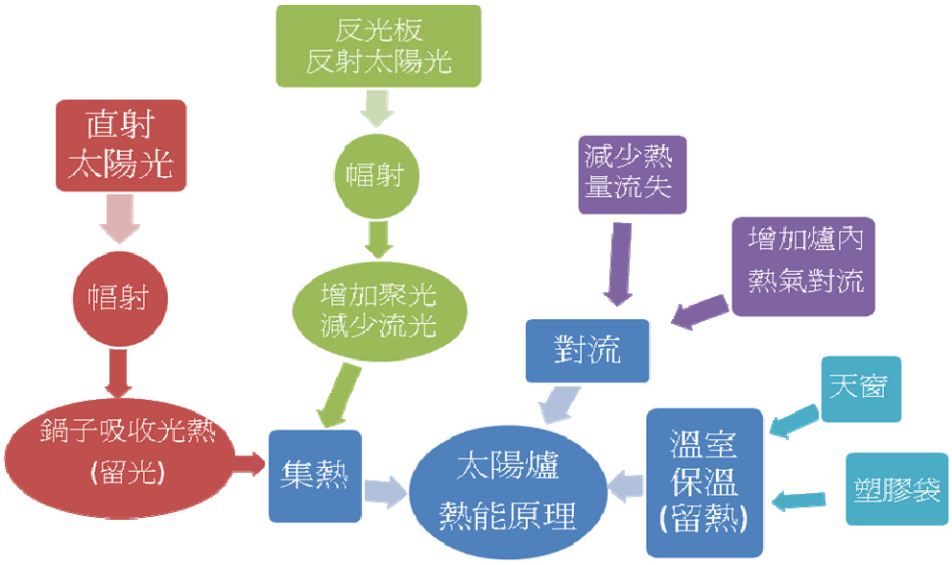
左右反光板的面積要夠大、且依據太陽仰角來調整開度，減少光能流失獲得最多光能；前、後反光板的面積要依太陽仰角調整開度，才能獲得最多光能。

2、曲面光線反射與聚焦實驗研討



我們以雷射光作曲面光線反射與聚焦實驗，結果可應用於折疊式太陽爐曲面的背反光板上，反光聚集的焦點就是鍋具擺放的最佳位置。

3、太陽爐研究中相關原理研討



綜合本研究中所探討的太陽爐原理如上圖所示，說明如下：

(1)、集熱、溫室保溫、及對流爲太陽爐設計及應用中最重要的原理；只要能使聚集熱量的速度大於流失量，爐子的溫度就會不斷上昇。

(2)、當鍋子的溫度高時，熱量的流失速度也較大，此時除了加強反光板來聚集光熱外，更須要注意熱的流失。

(3)、爲了減少熱量流失，得充分應用溫室原理、仔細探討具保溫效果的天窗或塑膠袋、及其使用的方法；

(4)、爐子在高溫時溫度上昇較緩，尤其是當有雲層時溫度都會明顯下降，原因可能都是爐子流失熱量的速度大於聚集所造成；

(5)、加墊架增加熱氣對流於鍋具底部，可均勻加熱鍋子，是重要的對流應用；

(6)、反光板主要在增加陽光的聚集，應用時要盡量減少陽光流失才能獲得最多光能；

(7)、選用吸熱性強的黑色鍋子可以留住較多光熱，充分集熱、發揮留熱作用。

柒、結論

一、玻璃蓋黑鐵鍋和黑砂鍋都是很適合太陽爐使用的鍋子

玻璃蓋黑鐵鍋留熱效果最好，因爲陽光可以加熱黑鐵鍋內外部，而鍋蓋可以有效的保溫、及阻隔熱流的流失，是吸收光熱的留光、留熱效果良好、且熱量流失少的鍋具。

二、用熱鍋 30 分鐘可煮熟食物

我們設計的太陽能爐在天氣良好時，平均約 1 個小時就能夠完全把食物煮熟。如果將煮食物的次序規畫好且使用熱鍋，煮食時間將可縮短到 30 分鐘。

三、熱鍋比冷鍋好

煮食物時，最好將煮熟後可以取出的食物先煮，例如蛋；那麼就可以熱鍋子再使用。而裝好食物的鍋子，先放陽光下照射也是很有效的預熱方式。

四、我們設計出的箱型太陽爐，可適用於全台灣各個季節

我們以太陽仰角 30 度設計出，可適用於全台灣各季節使用的箱式太陽爐，並於秋天 98.10.31 成功的在 11 點左右即將爐溫加熱到 100℃，證明它可適用於全台灣各個季節。

五、碗狀折疊式拋物線式太陽爐是良好的太陽爐，可再進一步探討

碗狀拋物線式太陽爐在 99.11.07 實驗時，爐溫曾快速上昇到 91℃是良好的太陽爐，可惜在秋冬風大容易被吹倒，研究中曾多次因此而實驗中斷，缺乏適當數據，值得再進一步研究。

六、晴時多雲的冬天在台北仍可煮出美味的綠豆湯

實驗時爐溫一直被雲層影響，但只要雲層盡散，在陽光下爐溫就會迅速上昇到 100℃。雖然實驗總計約四小時。因爲不放棄煮綠豆湯還是成功了，趁熱吃綠豆湯，好幸福。

七、即使寒流來襲，只要有太陽就可用太陽爐煮食

在寒流來襲的 99.1.1，早上 10 點架爐約 40 分鐘，爐溫就達 90℃，即使在寒風下，爐溫仍一直維持在 90℃，雖然無法達 100℃，却已證實只要有太陽即使寒流來也可用太陽爐煮食。

八、留光、流光、流熱、留熱是太陽爐設計和操作的重點

熱能傳遞的方式有傳導、對流、和輻射三種，太陽爐製作的重點就在如何應用這些原理來收集熱能、和儲存熱能。配合太陽的方位角、仰角、和運行軌跡來使用太陽爐及調整反光板，也就是流光、流熱、留光、留熱，才能有效的發揮太陽爐的效果。

九、我們的太陽爐煮食物 2~6 次，減碳量就會等於一棵 20 年大樹整年的吸收量

太陽爐可直接將太陽能轉成熱能，在烹飪過程中，完全不需用電、不需燃燒任何燃料，因此不會排放二氧化碳。所以只要用我們研究的太陽爐煮食物 2~6 次，減少的二氧化碳，就會等於一棵 20 年大樹一整年的吸收量，也可以說，省下一座擁有 365 棵 20 年大樹的森林，從早到晚一整天的二氧化碳吸收量，成果很好。未來郊遊、烤肉，值得大家多利用。

感想：在研究的過程，最盼望假日是個大晴天。實驗的過程，大家曬得汗流浹背，沒吵架卻都面紅耳赤，全拜太陽的光、熱所賜。帽子、太陽眼鏡、防曬油、長袖衣物，我們要上海灘了嗎？非也、非也，海灘裝備是太陽爐實驗的必須品，熟悉太陽爐的操作後，就不用再曬成紅蝦公了。最重要的是，這次的研究中每一型太陽爐製作，都經過很多次製作、和實驗，報告只記錄最具代表性的爐具及成功後的數據，每個數據都是辛苦研究才獲得。研究中，我們學會了多方面的思考和推理的科學態度，並養成了細心與耐心的科學精神。

捌、參考資料及其他

1、孟磊 & 江慧儀，太陽能炊具，大地旅人環境教育工作室 ，*earthpassengers.ngo.tw/5.htm*。

2、張 靖、劉馥瑜、林怡伶、張德芯、黃柏元、張詠晴，幫媽媽省瓦斯--太陽能燜燒鍋研究，台北市長安國小，第四十五屆全國科展，國小 生活與應用科學科 佳作。

3、林子雋、王 涵，天然增溫器---太陽能電鍋，第四十八屆全國科學，國小 自然科 最佳創意獎，嘉義縣梅山鄉龍眼國民小學。

4、陳羿瑋、李翊維、熊心瑜、李宜瑾、林聖超，照過來!看我爲太陽能板擺POSE，第四十八屆中小學科學，國小組 自然組 第一名，臺北市北投區明德國民小學。

5、省電小知識 台灣地區平均使用一度電將排放零點625公斤的二氧化碳 http://ecolife.epa.gov.tw/blog/post/816336

6、教育部校園節能減碳資訊平臺，碳足計算器，http://co2.ftis.org.tw/pageA3_2.asp。

7、酷臺灣，溫室氣體計算器，http://www.envi.org.tw/cooltaiwan/calculator_01.html。

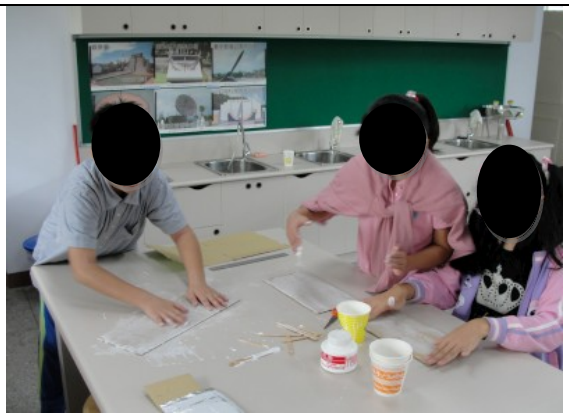
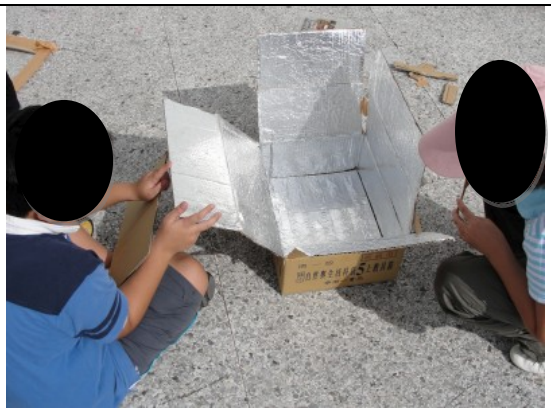
8、世界自然基金會-氣候正能量, 樂活一族如何活得更快樂－ 志淙一家的低碳生活！ http://www.climateers.org/chi/contents/headlines_features_4_1200.php。

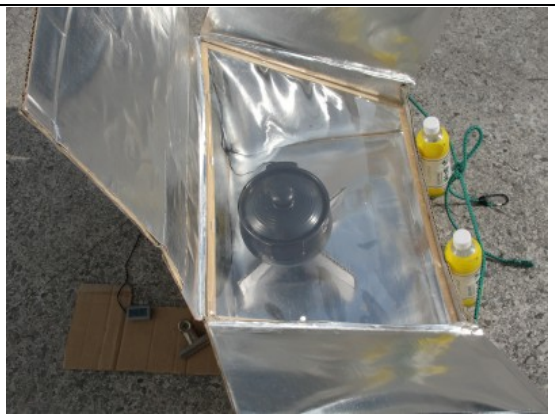
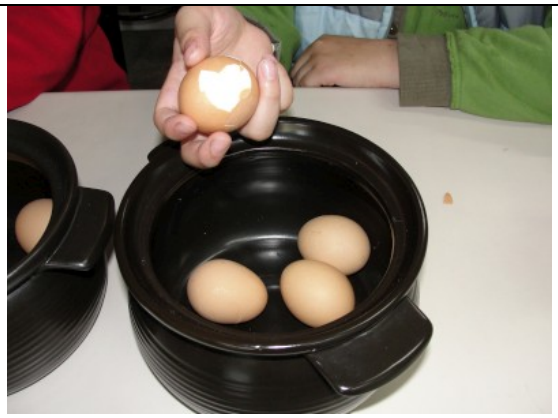
9、張明生，一度電話題，能源報導封面故事三，2009 年 7 月。

10、高雄市政府環境保護局全球資訊網，機車定期保養 減碳功能可抵種植 229 萬 9022 棵樹木，2009 年 9 月 28 日。

11、林俊成等，全民造林運動二氧化碳吸存潛力之經濟效益評估 2002，林務局一生一樹綠海家園 http://lifetree.forest.gov.tw/。

附錄一、實驗照片

 測量溫度溼度風速	 開始動工了
 調整反光板	 拼拼看
 碗狀太陽爐的展開	 品嘗美味的太陽蛋，讚！
 肉片真的熟了，真美味！	 測太陽仰角

 製作太陽爐前先玩紙箱疊疊樂	 製作太陽爐
 雲來了，想什麼辦法呢？	 三爐齊開迎向太陽
 改良式箱型太陽爐	 一起幫忙架爐
 開鍋的太陽蛋和綠豆湯	 剝開已熟的蛋殼

【評語】080816

1.作品對於原理、變因控制與探討，樣品製作與實驗記錄都有完整陳述，非常值得鼓勵。

2.對於利用同樣原理的類似作品，應加強說明其異同，應適當地比較其結果並探討原因。

3.參考資料在作品中應該在所參考、引用或有所比較之處，加以註記。