

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 物理科

030116

燒半壺不如燒一壺

— 影響瓦斯爐加熱效果變因之研究

學校名稱：桃園縣私立復旦高級中學(附設國中)

作者： 國二 傅立威 國二 黃秉洋 國二 袁君豪	指導老師： 羅崑銘
---	------------------

關鍵詞：瓦斯爐、加熱效率、等效燃料

摘要

將水加熱的過程中，會受到容器大小、容器形狀、水量及火力大小等因素，影響使用能源的多寡。因此將這些種種變因做組合，研究將水加熱時間的變化，並利用實驗找出最節省能源的方法。實驗結果：我們發現一次燒一整鍋的水，會比裝半鍋分兩次燒加起來的燃料還要少。但有時候如果使用小火慢慢燒，會比用大火快燒省下更多的能量。

壹、研究動機

因為我們家的人在家的時間比較少，在家裡喝水的機會不多，所以有時會看到媽媽燒開水的時候，水壺水只裝一半，等到喝完再燒下一壺。而且家裡的水壺在水燒開時會嘩嘩大叫，媽媽爲了怕吵會故意用小火來燒。我心想如果燒一整壺的水一口氣燒開，跟把水壺裝一半的水分兩次來燒，總共的加熱時間會不會有不一樣？用大火快快燒水跟用小火慢慢燒水，所用的燃料量會不會有不同？因此我們設計了這個實驗，我們會使用不同大小、形狀的鍋子，並以不同的水量及火量，然後用瓦斯爐將水加熱，希望能知道以何種方式燒開水最能夠節省燃料的使用量。

貳、研究目的

在實驗中我們想要了解以下幾個變因與加熱時間與燃料的關係

- 一、水量與加熱時間的關係
- 二、鍋形與加熱時間的關係
- 三、有蓋無蓋與加熱時間的關係
- 四、火力大小與等效燃料(總使用燃料)的關係
- 五、以不同材質容器確認實驗結果

我們整個實驗與國二上自然與生活科技「溫度與熱」，有關溫度、熱量還有熱的傳播方式有著非常密切的關係外，同時應用了。國二上自然與生活科技教我們的「排水集氣法」來測量瓦斯爐的流量。並學習誤差值估計。

參、研究設備及器材

		
降壓調整器	瓦斯爐	桶裝瓦斯
		
電子溫度計	鍋子	筆記型電腦與軟體
		
酒精溫度計與酒精燈組	碼表	量筒
		
瓷鍋		

表 1：實驗器材

桶裝瓦斯正式名稱爲液化石油氣，爲丙烷(C_3H_8)和丁烷(C_4H_{10})所組成。爲了避免瓦斯桶的存量過少時，影響瓦斯爐所提供的瓦斯流量，因此瓦斯加裝了附有壓力表的降壓調整器，如果壓力顯示過小的時候我們就會換一桶瓦斯，確保瓦斯桶所提供的瓦斯流量是固定的。

本實驗中共用了五個深度及底面積不同的不銹鋼鍋(都有附蓋子)。表 2 中所表示的各種鍋形只是近似的形狀，真正的鍋子鍋底直徑比鍋子口的直徑短一點，也就是從側面看是一個上邊長下邊短的梯形。

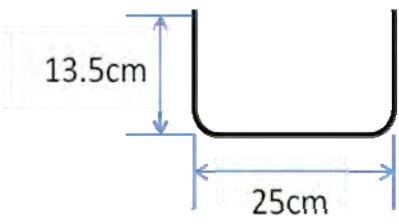
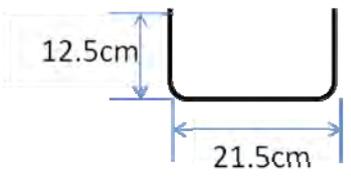
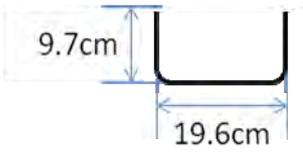
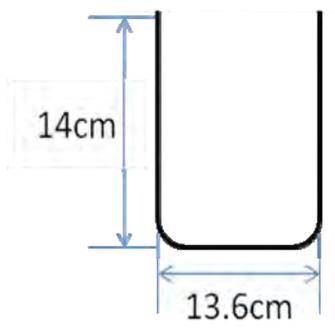
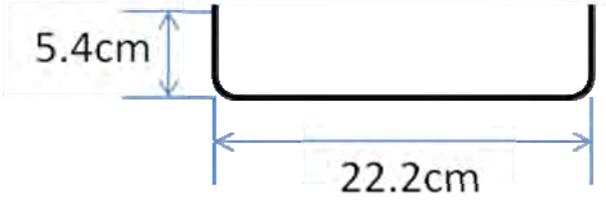
		
大鍋	中鍋	小鍋
		
長鍋	扁鍋	

表 2：實驗所使用的鍋子近似尺寸

肆、研究過程和方法

圖 1 為實驗裝置示意圖，利用鐵架固定兩個電子溫度計，一個在水面下方，一個在水底(未與鍋底接觸)，再將電子溫度計連接至電腦。電腦便可記錄下水溫隨時間的變化。

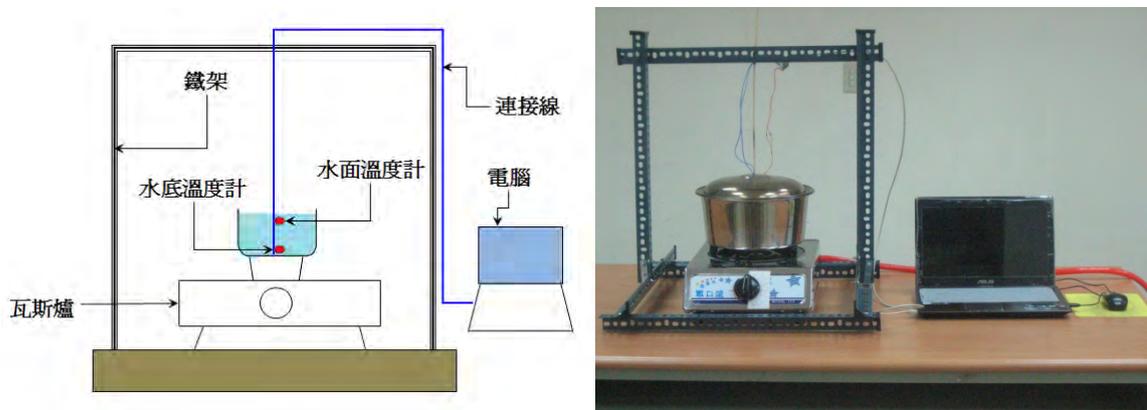


圖 1：實驗裝置圖

我們原本希望測量每次把水煮開時所需要的時間，但是因為從水龍頭裝出來的水溫度都不一定相同，且在每次實驗過程中，我們發現水沸騰的溫度常常都不是剛好 100°C，所以我們選用 30°C 升到 90°C 的溫度時間差做為取數據的基準(圖 2)。

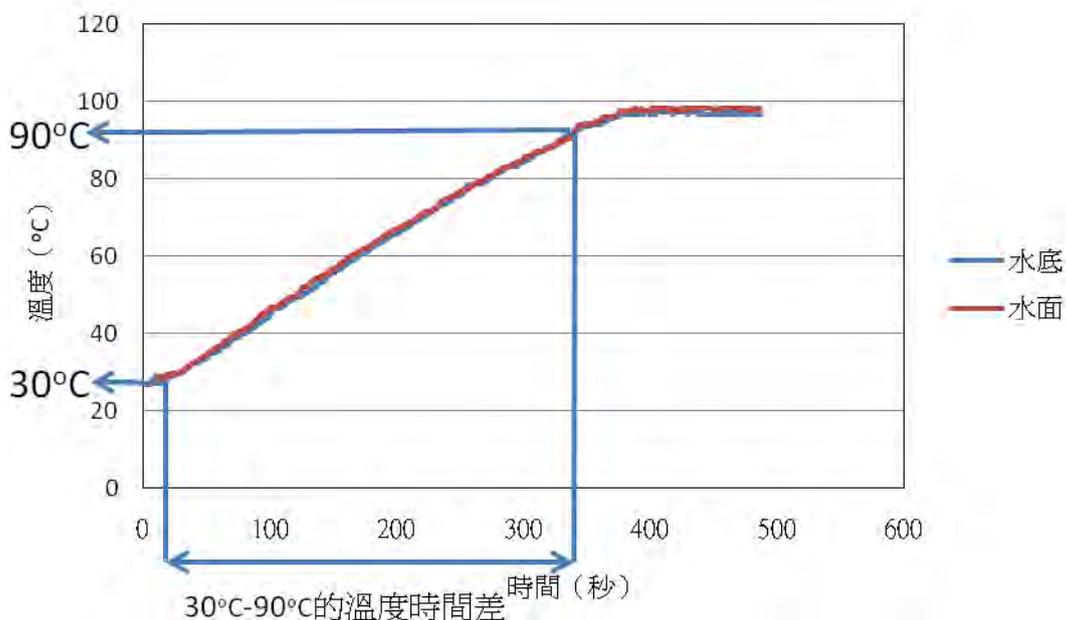


圖2：溫度隨時間變化圖

在我們的實驗中，一共分為鍋子的容量、裝水的量、加蓋與否，及火量大小等四個變因。例如：大鍋子、裝 4500C.C.的水量、有加鍋蓋，並用瓦斯大火，將此稱為一組實驗。將各種變因組合後，共有 84 組實驗 (圖 3)。

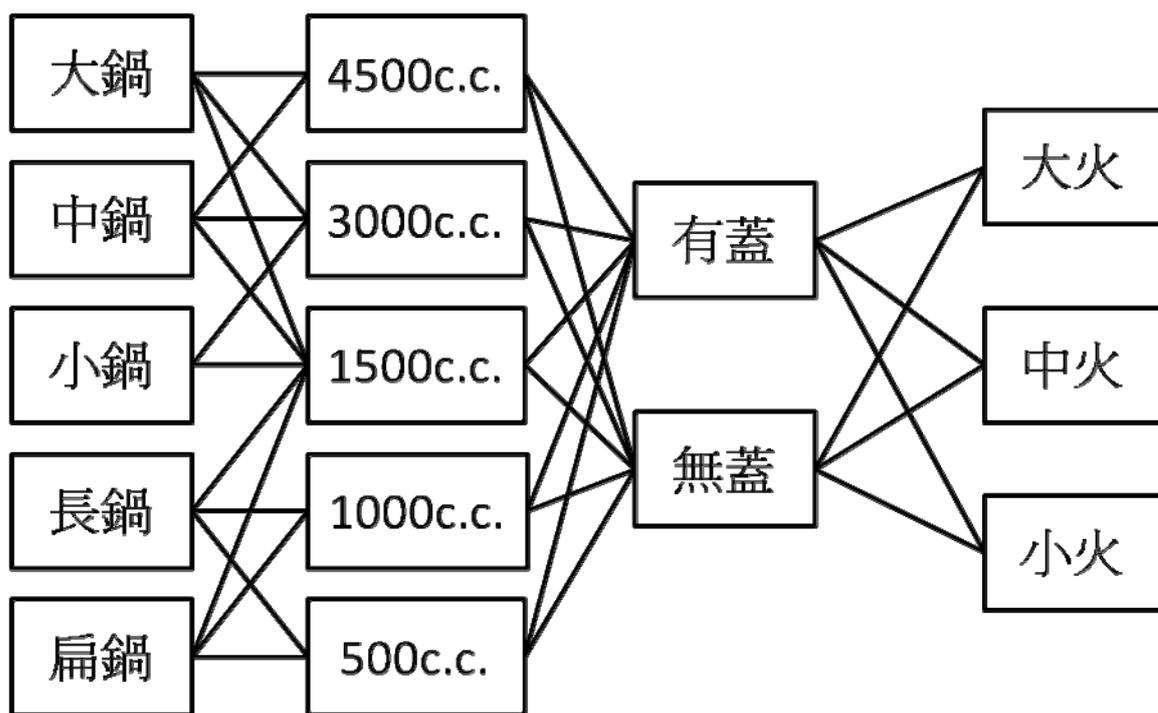


圖3：實驗變因組合圖

我們以簡寫來紀錄資料。例如：



圖 4:簡寫示意圖

水量的部分 45、30、15、10 與 05 分別代表 4500、3000、1500、1000 與 500C.C.的水量。我們利用瓦斯爐上的瓦斯旋鈕，來分成大中小火



圖 5:瓦斯爐旋鈕標記



圖 6：瓦斯旋鈕與火力

我們根據不同的條件，測量水底與水面 30°C 到 90°C 度時所需要的時間(圖 7)，

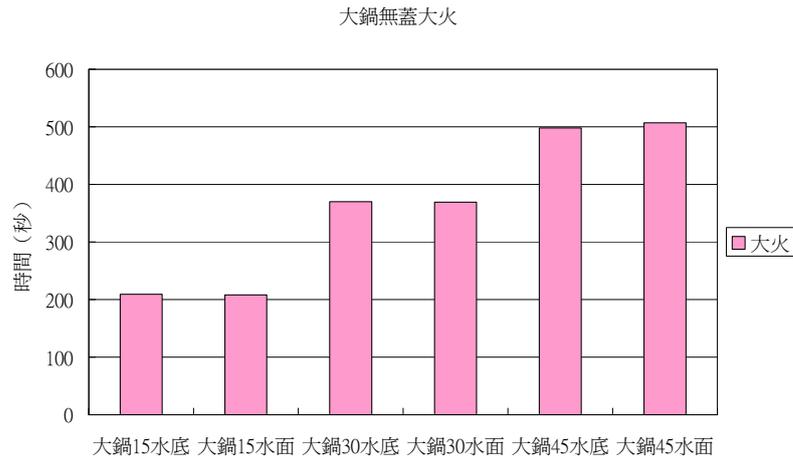


圖 7：大鍋無蓋大火之時間變化圖

很明顯水越多所需要的時間就會越長。由於我們要把水化為相等的量來做比較，所以我們定義了「等效時間」，等效時間是將加熱時間乘上一個比例，使不同的水量都換算成最大值水量(本實驗以 4500C.C.為基準)。以 1500 C.C.為例，若要轉換成最大水量 4500C.C.，我們將 4500C.C.視為 1500C.C.燒 3 次，所以 1500C.C. 從 30°C 升到 90°C 的時間乘以 3，訂義為他的等效時間。

$$\begin{aligned} 500\text{C.C.水量的等效時間} &= (4500 \div 500) \times (500\text{C.C.}, 30^\circ\text{C 升到 } 90^\circ\text{C 的時間}) \\ &= 9 \times (500\text{C.C.}, 30^\circ\text{C 升到 } 90^\circ\text{C 的時間}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1000\text{C.C.水量的等效時間} &= (4500 \div 1000) \times (1000\text{C.C.}, 30^\circ\text{C 升到 } 90^\circ\text{C 的時間}) \\ &= 4.5 \times (1000\text{C.C.}, 30^\circ\text{C 升到 } 90^\circ\text{C 的時間}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1500\text{C.C.水量的等效時間} &= (4500 \div 1500) \times (1500\text{C.C.}, 30^\circ\text{C 升到 } 90^\circ\text{C 的時間}) \\ &= 3 \times (1500\text{C.C.}, 30^\circ\text{C 升到 } 90^\circ\text{C 的時間}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3000\text{C.C.水量的等效時間} &= (4500 \div 3000) \times (3000\text{C.C.}, 30^\circ\text{C 升到 } 90^\circ\text{C 的時間}) \\ &= 1.5 \times (3000\text{C.C.}, 30^\circ\text{C 升到 } 90^\circ\text{C 的時間}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4500\text{C.C.水量的等效時間} &= (4500 \div 4500) \times (4500\text{C.C.}, 30^\circ\text{C 升到 } 90^\circ\text{C 的時間}) \\ &= 1 \times (4500\text{C.C.}, 30^\circ\text{C 升到 } 90^\circ\text{C 的時間}) \end{aligned}$$

我們將圖 7 量到的時間轉換成等效時間後，就得到圖 8 這樣的結果。

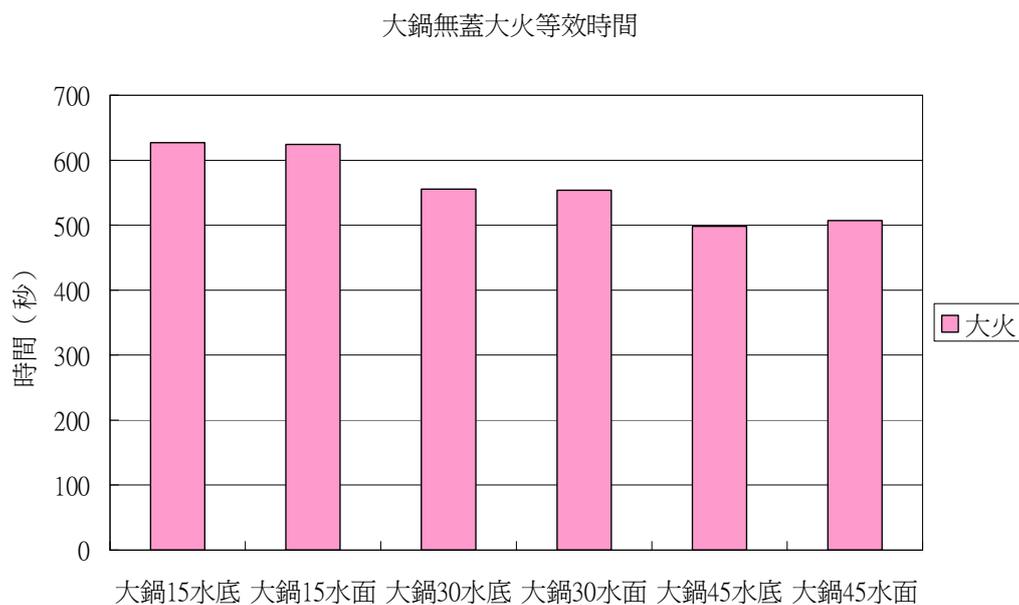


圖 8：大鍋無蓋大火之等效時間圖

大部份的實驗水底與水面溫度計所計算的等效時間都差不多，但通常水面的溫度會上升的快一點點，同時水底溫度變化較穩。如果水底都燒開了，水面一定也燒開了，所以之後的實驗計算都**以水底溫度計的數據作為實驗的結果**。

我們再利用**烷類皆難溶於水**的特性，用**國二上自然與生活科技課本所教的排水集氣法來計算瓦斯量**。我們把橡皮管放到集氣瓶，用碼表測量看需要幾秒填滿集氣瓶，進而推算出每秒所排出的瓦斯流量。集氣瓶容量是 288C.C.，所以我們要將容器瓶 288C.C.的容量除以幾秒填滿容器瓶的數據，就是瓦斯每秒所排出的瓦斯量。



圖 9：用排水集氣法量到的瓦斯爐流量

接著我們計算「等效燃料」，等效燃料的定義是，將**等效時間**的數據，拿來**乘上每一秒鐘燃料的流量**(圖 10)。等效燃料可以告訴我們，不同的加熱方式，對相同的目標(將 4500C.C. 的水從 30°C 加熱到 90°C)所對應的燃料需求。

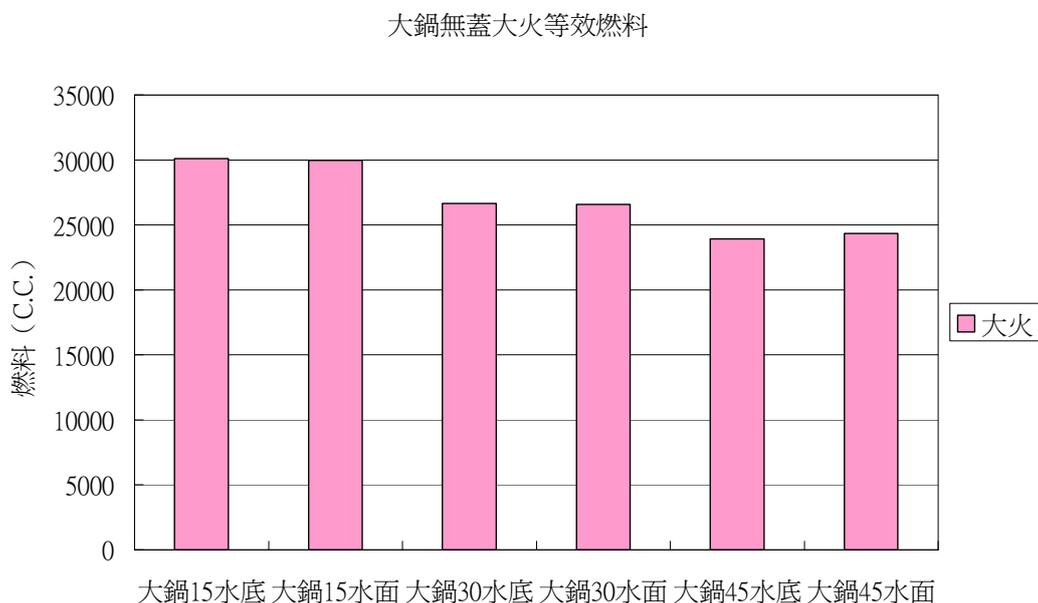


圖 10：大鍋無蓋大火之等效燃料圖

接下來要討論實驗中所可能出現的誤差。

因為我們整個**科展實驗進行過程經過了好幾個月**，**每次實驗時的氣溫、壓力等環境因素都無法控制**。因為**加熱時間越長，由環境所引起的誤差越大**，所以我們在做完所有 84 種實驗組合後，挑出加熱後有確實達到 90°C 所需時間最久的實驗(小鍋 3000C.C.水量無蓋小火)，將它在不同的日子重覆三次，算出加熱時間的標準差為 117 秒。

	第一次	第二次	第三次
30°C 加熱到 90°C 的時間(秒)	1539	1319	1360
標準差(秒)	117		

表 3：加熱時間最長的實驗組合，在不同的日子重覆三次的結果

因為這是用 3000C.C.的水量算出來的標準差，配合我們前面把所有加熱時間都轉換成 4500C.C.等效時間(也就是乘上 1.5 倍)的計算方法，將得到的標準差 117 乘上 1.5，得到 175.5。用這個數字做為所有等效加熱時間的誤差。我們將它稱為**環境誤差**。

計算流量時也有誤生誤差的可能，因此我們將各種火量實驗重覆進行三次，得到各流量的標準差，我們將它稱為**流量誤差**。

	測量次量	集滿廣口瓶 (288C.C.)所需時 間(秒)	流量(C.C./秒)	標準差(C.C./秒)
大火	第一次	6.80	42.35	5.03
	第二次	6.20	46.45	
	第三次	5.50	52.36	
中火	第一次	9.40	30.64	4.14
	第二次	8.32	34.62	
	第三次	7.40	38.92	
小火	第一次	28.20	10.21	1.57
	第二次	24.25	11.88	
	第三次	21.57	13.35	

表 4：瓦斯爐各種火量之瓦斯流量

伍、研究結果

一、水量與加熱時間的關係

無蓋大火等效時間

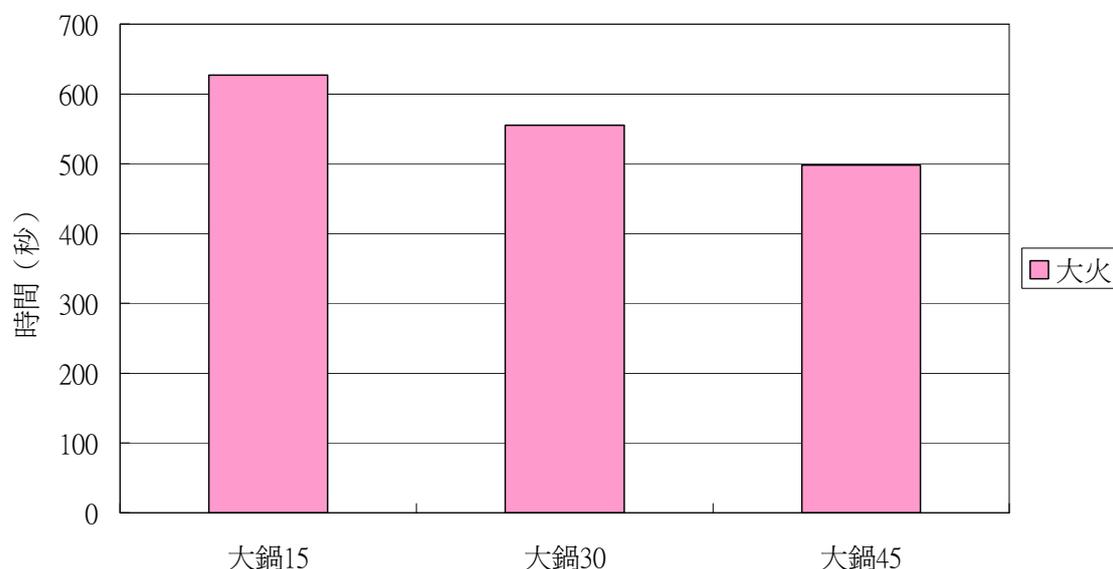


圖 11:大鍋無蓋大火不同水量等效時間

如圖 11 所示，我們將大鍋分別裝內 1500C.C.(標示大鍋 15)、3000C.C.(標示大鍋 30)、4500C.C.(標示大鍋 45)後，在不加蓋子的情形下，分別測量從 30°C 上升到 90°C 的等效時間來看，4500C.C.的時間最短、3000C.C.次之、1500C.C.最長。也就是說，在**大鍋無蓋大火時，一次燒 4500C.C.的水所需要的時間，會比 1500C.C.的水燒 3 次所加起來的時間還要短。**

接著檢查中鍋、小鍋、長鍋與扁鍋，在無蓋大火的结果(圖 12)，都是水裝的越多，等效時間越短。也就是在無蓋大火的情況下，不論容器的形狀與容積，都是一口氣燒比較多的水最省時間與燃料。

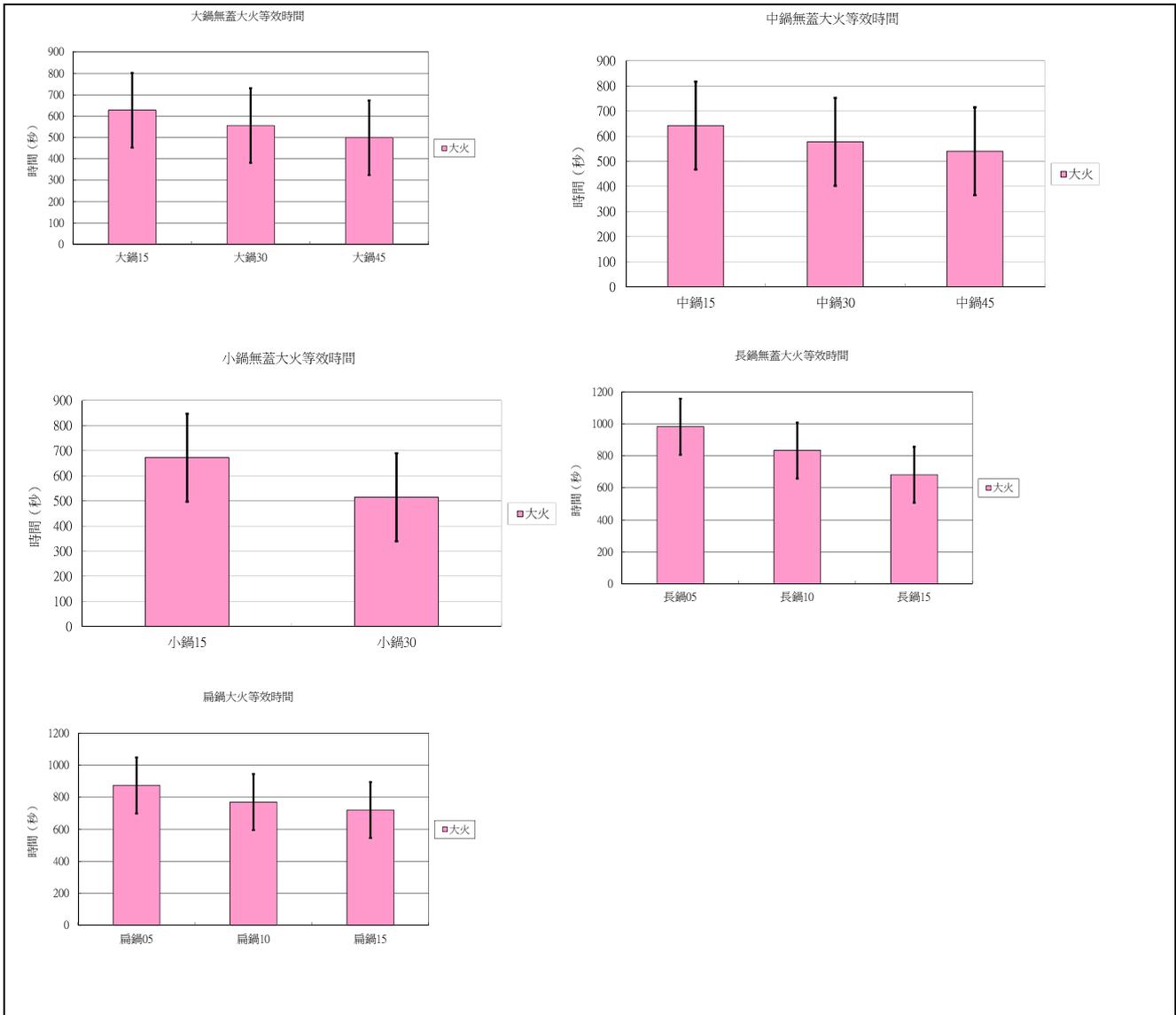


圖 12：各種鍋形無蓋大火不同水量等效時間

接著看看其他鍋形、分別在無蓋(圖 13)與有蓋(圖 14)、用大中小火實驗的結果，發現「一口氣燒比較多的水最省時間」的現象並不是在所有的情形都會出現，甚至於會有中火燒得比大火快的情形(例如圖 13 的大鍋 15 無蓋、長鍋 10 無蓋實驗)，而且有時候用小火加熱再久都沒有辦法讓水溫達到 90°C(例如圖 13 大鍋 30 無蓋、大鍋 45 無蓋實驗)，這個現在我們在討論的那一章再來看。

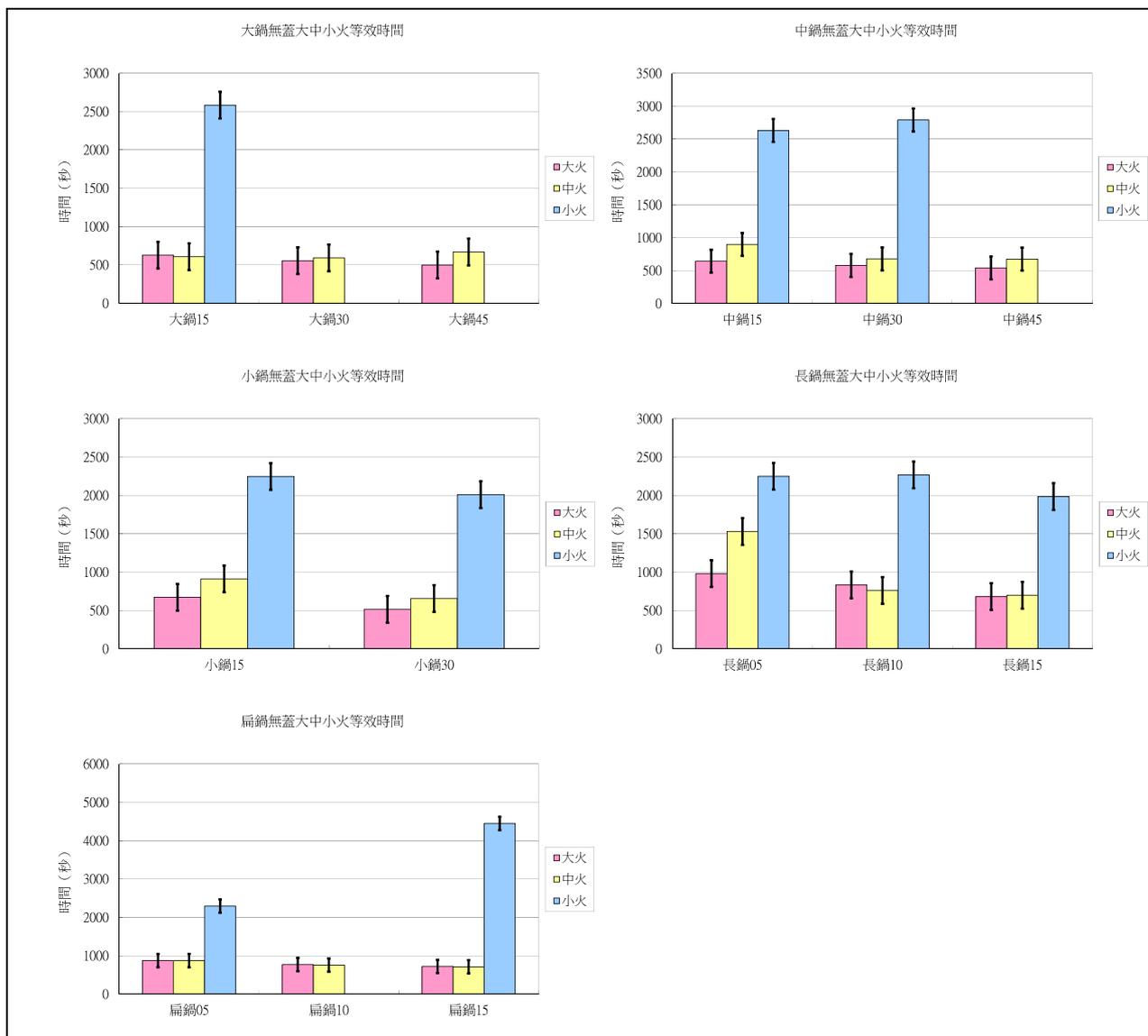


圖 13：各種鍋形無蓋大中小火等效時間

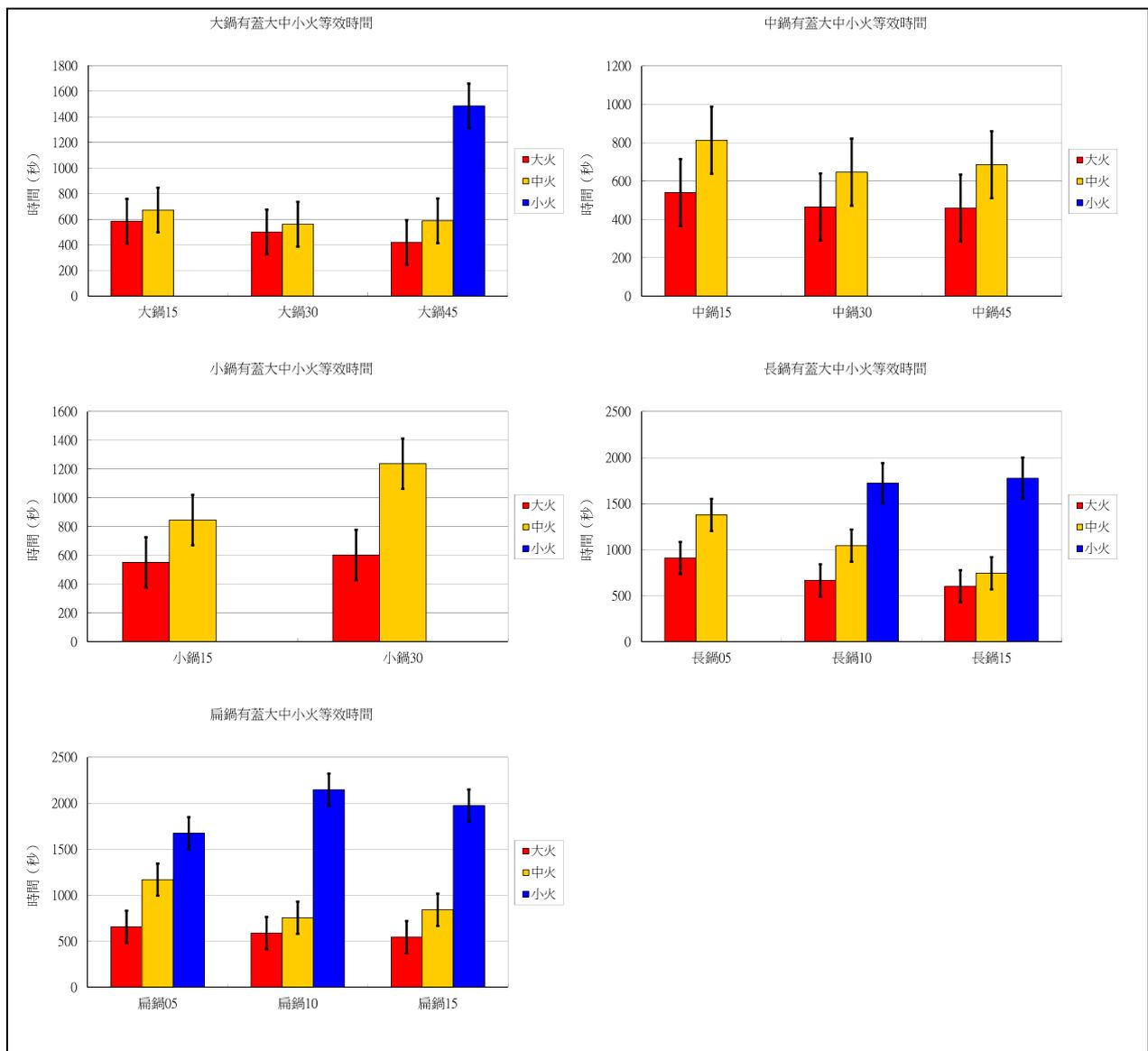


圖 14：各種鍋形有蓋大中小火等效時間

二、鍋形與加熱時間的關係

我們實驗中所有的鍋子都可以裝得下 1500C.C.的水量，所以我們以 1500C.C.來做比較(圖 15)。

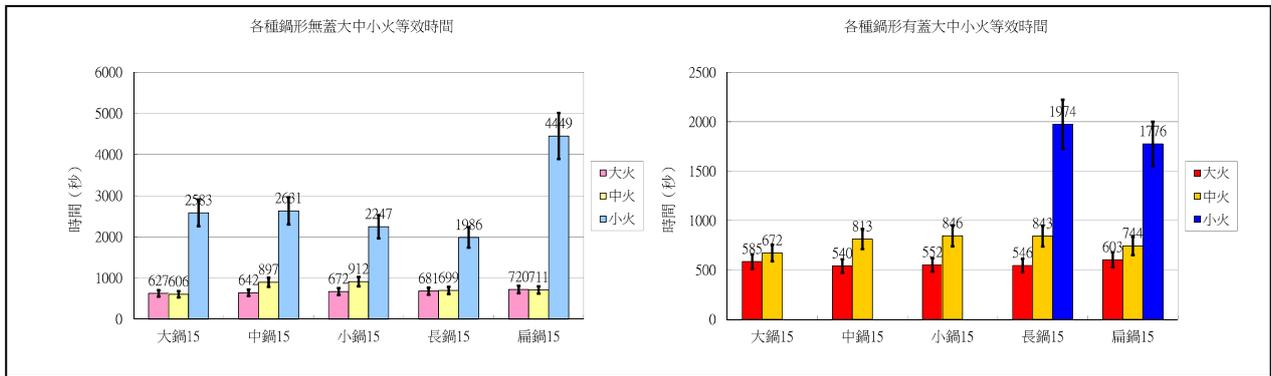


圖 15：各種鍋形 1500C.C.水量有蓋無蓋大中小火等效時間

結果發現 1500C.C.的水量在無蓋小火長鍋時的等效時間最短，而使用扁鍋的等效時間最長，其餘的不是很明顯。在有蓋小火時大中小鍋反而沒辦法加熱到 90°C，長鍋與扁鍋的等效時間沒有很大的差異。

三、有蓋無蓋與加熱時間的關係

我們將所有鍋形水量與火力整理於圖 16。

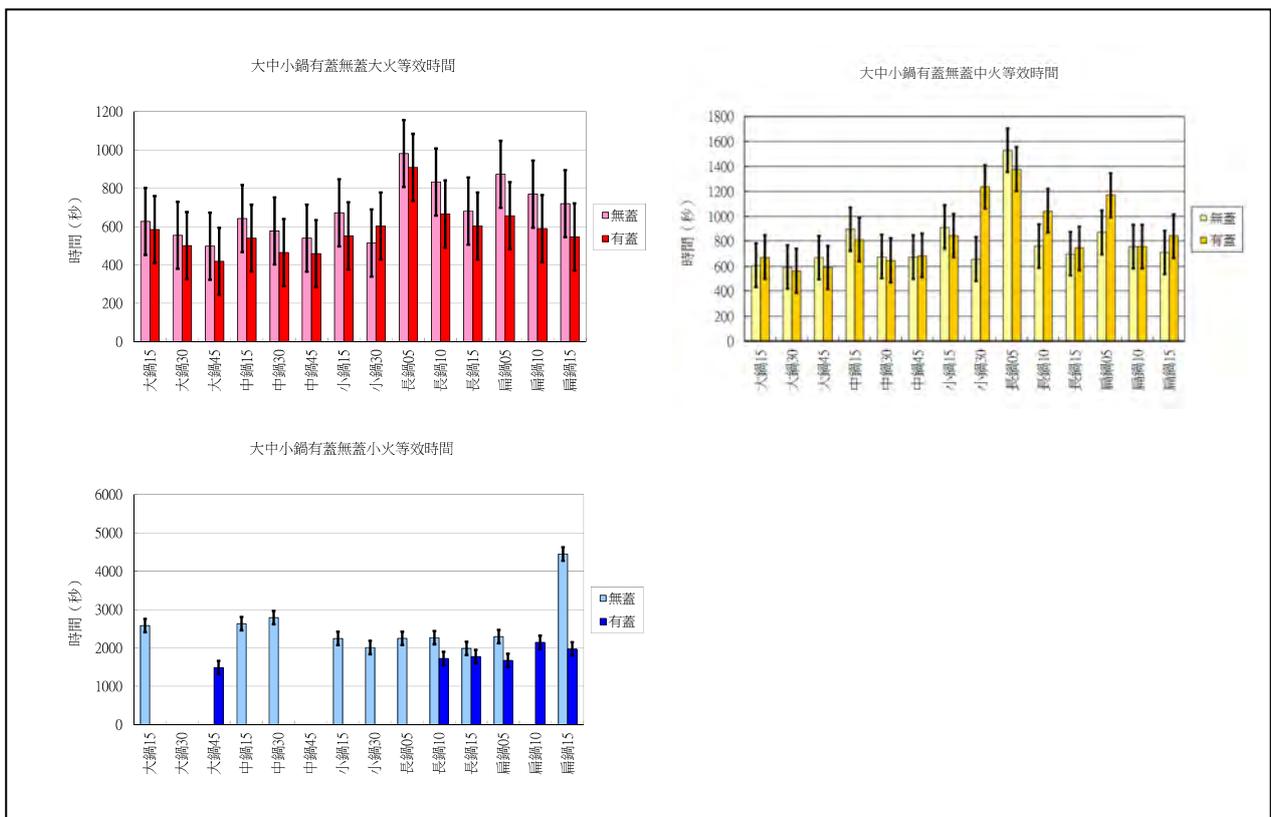


圖 16：各種鍋形水量大中小火的有蓋無蓋等效時間

在大火實驗中，除了小鍋 3000C.C.實驗外，其他大火所有實驗都是有蓋等效時間比無蓋短，中火與看不出明顯結果，小火如果有將水加熱到 90°C，有蓋等效時間也是比無蓋短。

四、火力大小與等效燃料的關係

不同的火力大小可以代表不同的瓦斯燃料流量(C.C./秒)，將等效時間乘上每秒鐘的瓦斯燃料流量，就可以得到過程中的等效燃料。我們分別將各種鍋形與水量，在無蓋(圖 17)與有蓋(圖 18)的等效燃料。理所當然，在同一種火力下，等效時間越短，所用的等效燃料也一定越少。值得注意的是，用小火加熱雖然會需要比較長的時間，但如果可以加熱到目標的 90°C 的話，部分實驗用小火反而比用中火和大火需要比較少的燃料(如小鍋 15 等)，我們在討論的章節對這現象做討論。

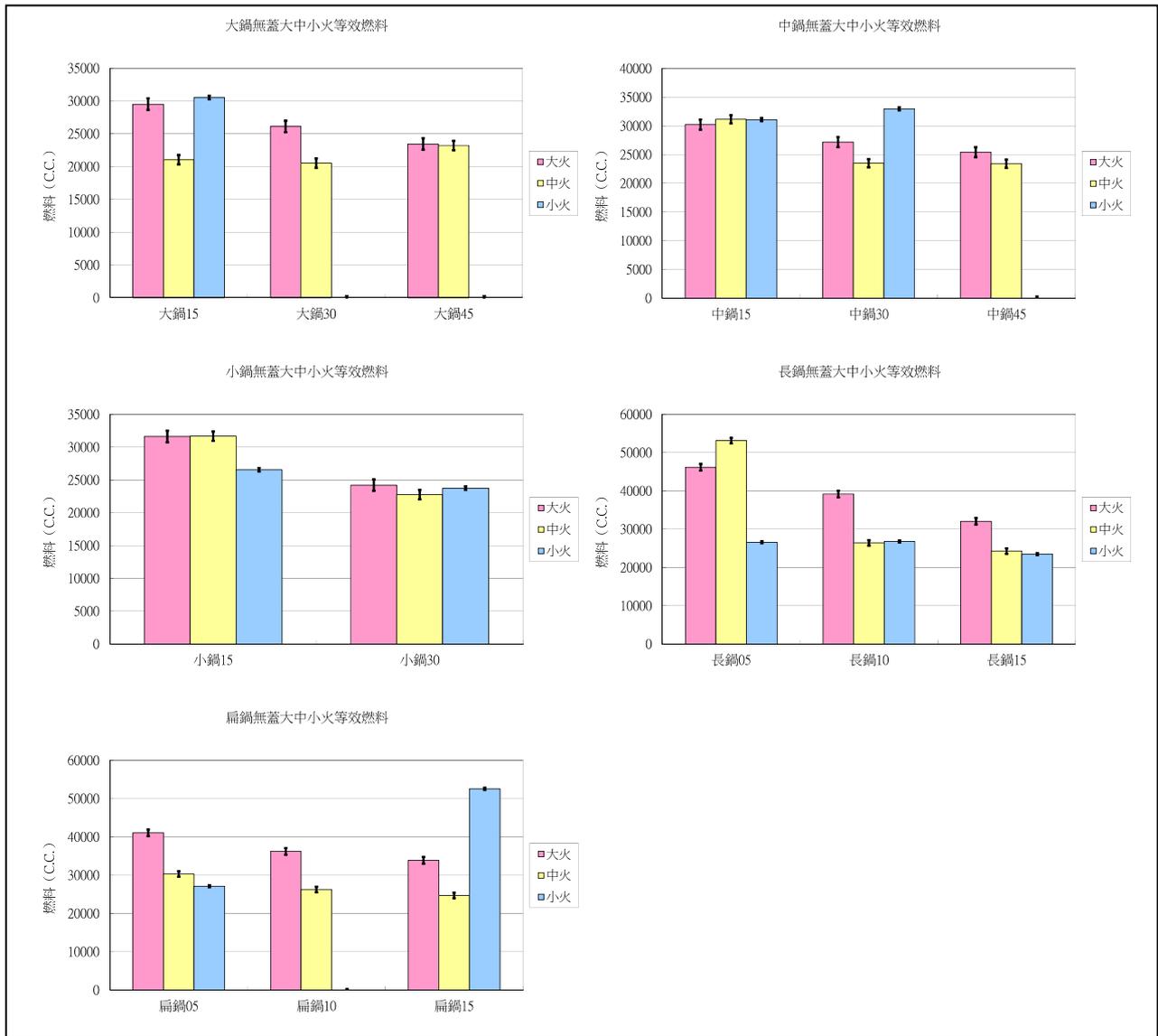


圖 17：各種鍋形無蓋大中小火等效燃料

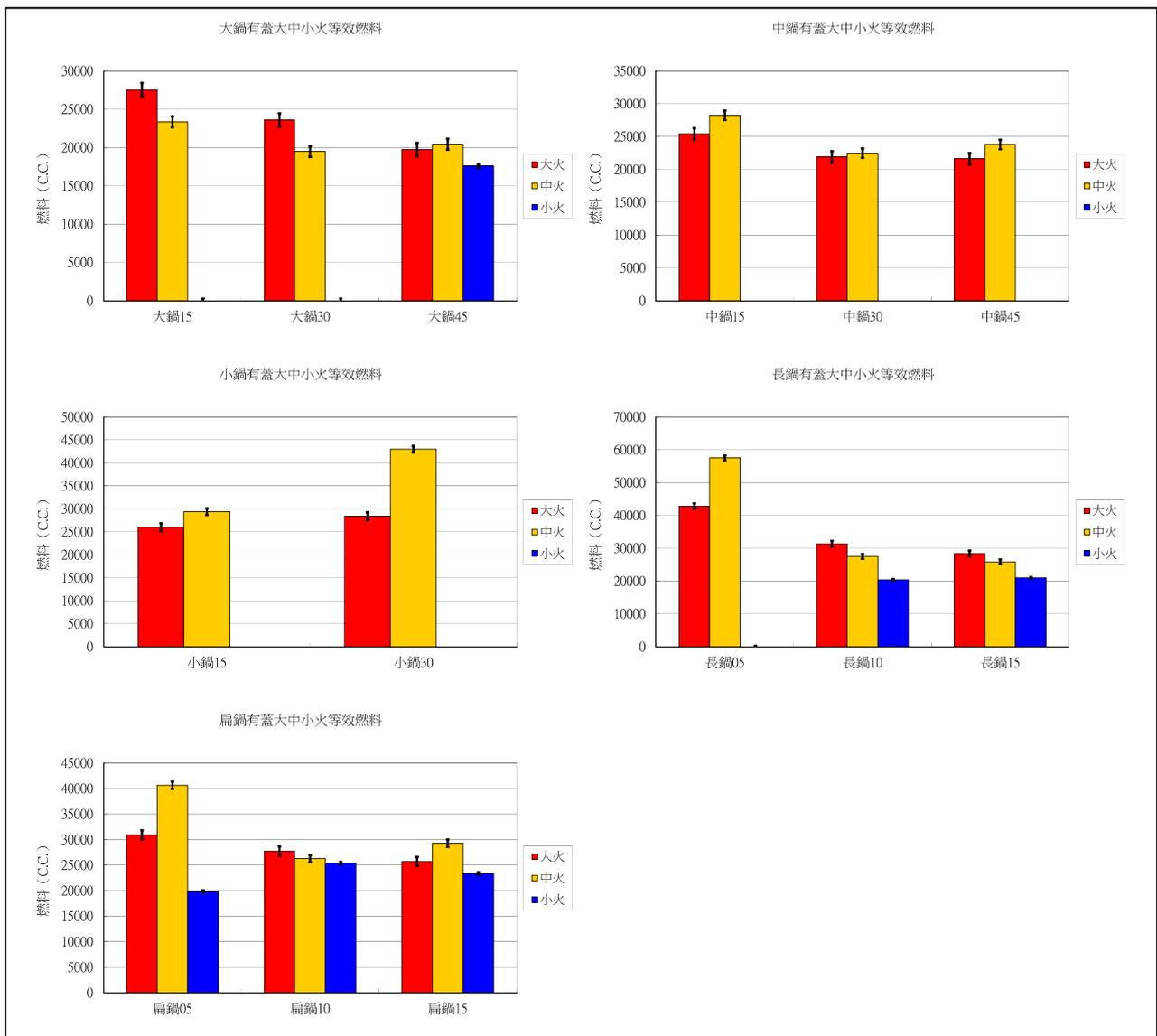


圖 18：各種鍋形有蓋大中小火等效燃料

陸、討論

因為這個實驗是利用課餘的時間在學校做的，每次做實驗時的氣溫、濕度、壓力、水龍頭裝的水一開始的溫度、鍋子一開始的溫度等等變因都不一定一樣，所以我們會到一些和想像中不太一樣的情況：

一、看常常看到水沸騰的溫度不是 100°C 的情形

水一直燒不到 100°C，要怎麼確定情形是「那天的沸點不是 100°C」或是「等不夠久所以燒不到 100°C」。從圖 19 左邊的例子中可看出，長鍋的溫度在接近 96.7°C 忽然有一個停頓，這表示已經達到沸騰；而扁鍋溫度是到後來慢慢升高，雖然我們實驗只做到 90°C，但看起來就是繼續加熱會讓溫度慢慢再上升。圖 19 右邊的例子，很明顯長鍋和扁鍋都已經達到沸騰。

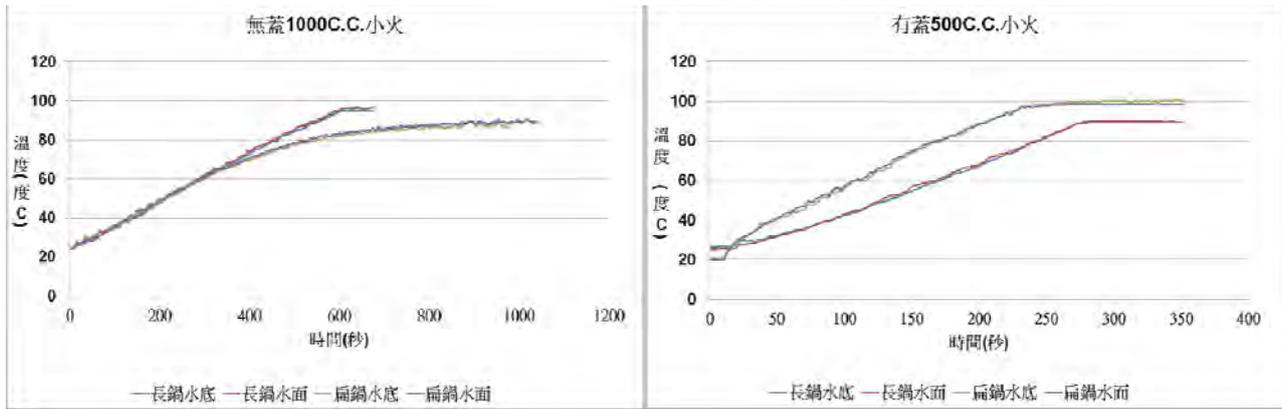


圖 19：溫度隨加熱時間變化圖

二、用中火燒的時間卻比用大火還快一點點

這可能就是因為在進行這些實驗時(例如圖 12 的大鍋 15 無蓋、長鍋 10 無蓋實驗)，**氣溫、濕度、壓力**這些因素無法掌握所引起，而這些因素也會有可能產生一些和常理想像不太符合的誤差，所以我們實驗只能對一些差異較明顯的結果做討論。

接下來對我們四個主要的研究目的做討論

三、水量與加熱時間的關係

首先檢查所有的鍋形無蓋大火等效時間（圖 12），我們發現不管什麼鍋形，要是裝得水越多，等效時間就會越短。這是因為在開大火時，一整個鍋子都會燙起來，如果燒的水量越多，鍋子與水的接觸面積就會越多（不同水量與水的接觸面積詳見附錄），那麼浪費的熱量就會越少，所以就會有「**水裝得越多，等效時間越短**」這樣現象的發生。

我們檢查所有實驗，發現「**水裝得越多，等效時間越短**」都主要發生在**無蓋大火、無蓋中火與大蓋大火(表 5)**。

	無蓋			有蓋		
	大火	中火	小火	大火	中火	小火
大鍋	○			○		
中鍋	○	○		○		
小鍋	○	○	○			
長鍋	○	○		○	○	
扁鍋	○	○		○		

表 5：有「水裝得越多，等效時間越短」現象發生的實驗

水裝得越多，水就會與鍋子有較多的接觸面積(詳見附錄中表 7)；也就是說，**鍋子上可以有更多的熱量用傳導的方式提供給水**。在**無蓋大火與有蓋大火**的實驗中，大部份的實驗中**鍋**

子得到了充分的熱量，所以只要與水的接觸面積越多，相對的散失到空氣中的熱量越少，就可以讓等效時間變短節省能量。

雖然無蓋中火大多有相同的現象，但有蓋中火反而只出現一次。可能是因為蓋子把熱量保留在鍋內的空氣中，鍋子提供給鍋內空氣的熱量沒有跑掉，所以鍋內空氣越多未必會造成等效時間變長。

小火的情況因為鍋子沒辦法充分得到熱量，所以等效時間與鍋子跟水的接觸面積多寡沒有直接的關係。

我們想知道不同材質容器是不是有相同的實驗結果，我們再用酒精燈組、酒精溫度計、碼表與 500C.C.燒杯，分別裝 500C.C.、250C.C.、100C.C.，用有蓋與無蓋的情形各再進行了一組實驗(圖 20)，同樣也有「水裝得越多，等效時間越短」的結果。另外也用瓷鍋，分別裝入 3000C.C.、2000C.C.、1000C.C. 實驗後發現，瓷鍋與酒精燈組有相同之結果，因此可知材質並不會影響「水裝得越多，等效時間越短」的結果。

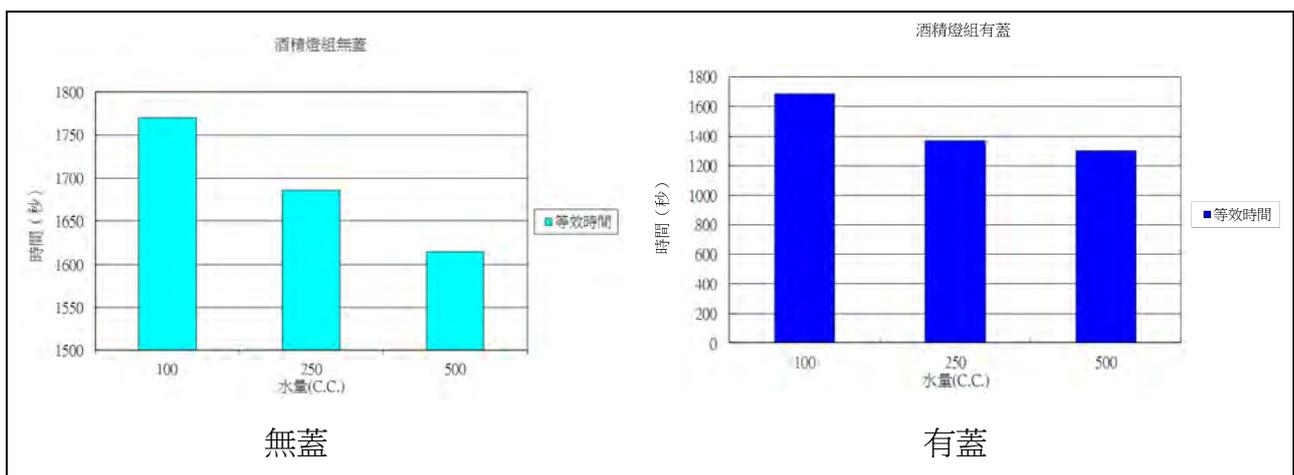


圖 20：用燒杯與酒精燈組的實驗結果

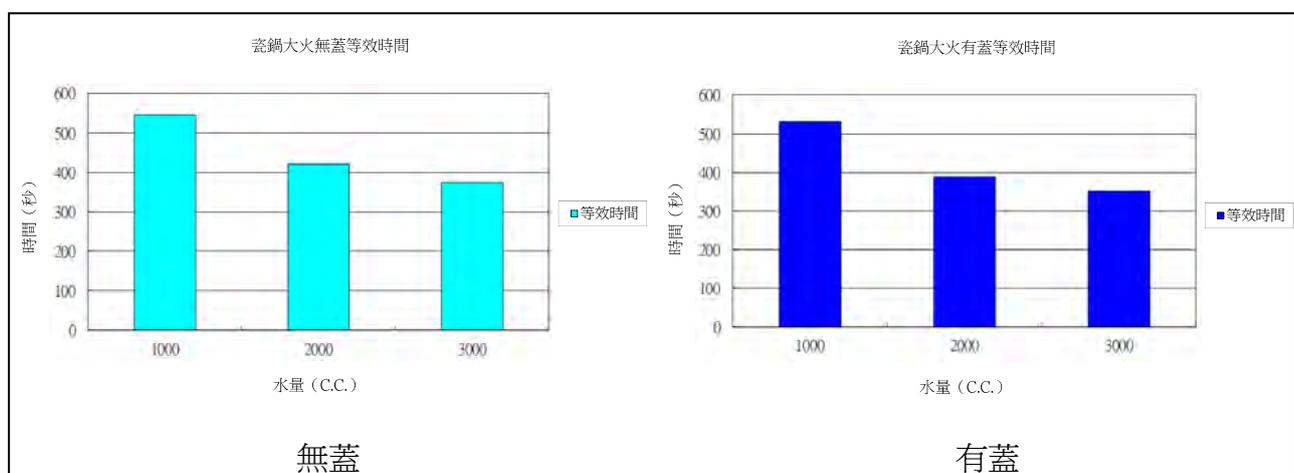


圖 21:瓷鍋的實驗結果

二、鍋形與加熱時間的關係

我們先看看實驗中的熱能傳播關係

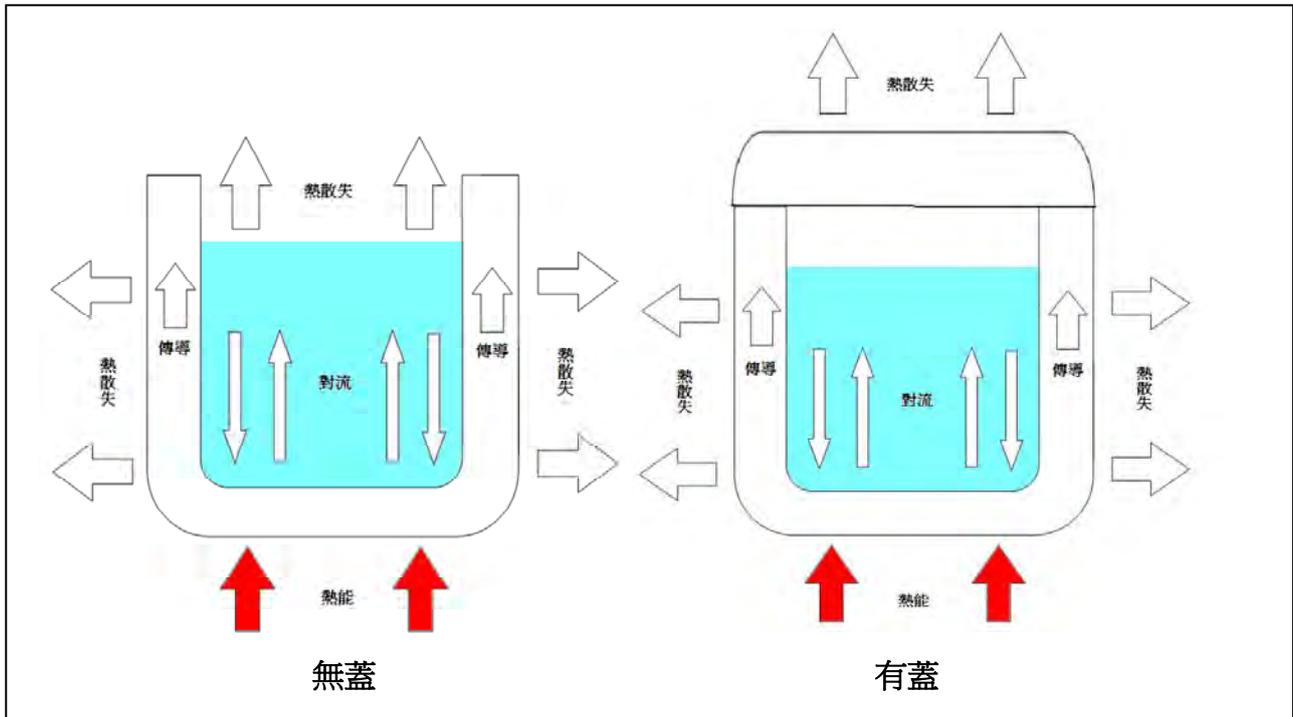


圖 22：實驗熱能傳播圖

在各種鍋子裝入 1500C.C.的無蓋等效時間來看(圖 23)，長鍋有表現最好，尤其是小火時更明顯。我們比較 1500C.C.的水量裝在各種鍋子時的接觸面積、水面面積(我們用鍋底的面積來估算)，還有接觸面積(吸熱面積)與水面面積(放熱面積)的差(有效加熱面積)，發現長鍋的有效加熱面積最大(圖 23)，這可能是長鍋在各種火力時表現都很好的原因。

1500C.C.水量於各種鍋子中之面積關係

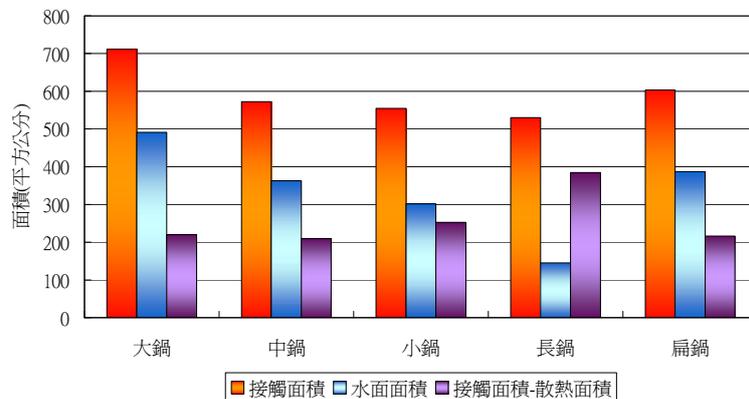


圖 23：1500C.C.水裝在各種鍋形的面積參數

而在無蓋時為什麼這個現象在小火最明顯(圖 24 左)，我們看看火量與長鍋扁鍋這兩種比較極端鍋形的關係。開大火時雖然會有燒到鍋子的旁邊，但也有較多的熱量從旁邊散失；開小火時反而瓦斯爐的熱量比較能被鍋子吸收。所以從小火比較能看出由鍋子形狀所引起的變化。而有蓋實驗中由於大中小鍋小火都沒辦法加熱到 90°C 無法討論(圖 24 右)，而各種火力對於各鍋形幾乎都變化不大，推測是因為鍋內空氣熱量可以被保存下來，所以與水面的熱量散失關係不大。

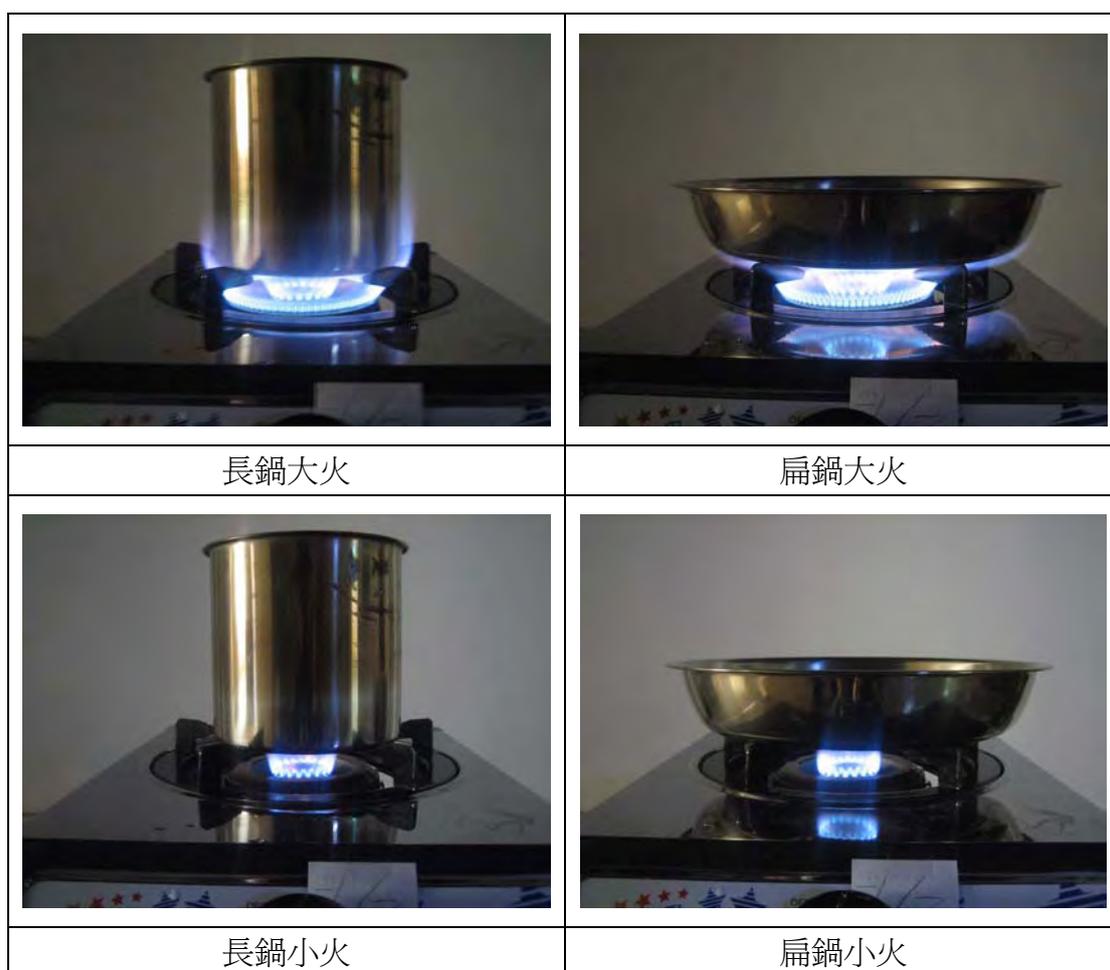


圖 24：長鍋扁鍋與大火小火照片

三、有蓋無蓋與加熱時間的關係

從大火實驗結果看出，除了小鍋 3000C.C.外，等效時間都是有蓋比無蓋時間短。小火如果有加熱到 90°C 的話，也都是有蓋比無蓋時間短。這是因為有蓋的情況可以把熱量保留在鍋中的空氣內。至於中火反而沒有明顯結果，但由於中火實驗中無蓋有蓋並沒有很大的差異，推測可能是實驗中其他環境變因所引起。

四、火力大小與等效燃料(總使用燃料)的關係

等效燃料是想要節省能源最主要的因素。我們直接整理所有組合等效燃料的排名，最省的是大鍋 4500C.C. 有蓋小火實驗。它符合了前面整理出來像是水量裝多、有蓋等會有較佳結果的條件。在所有有蓋的實驗中，只要小火有加熱到 90°C 的話，都是小火的等效燃料使用得

最少。這原因應該是小火提供的熱量都能充分的被鍋子吸收。無蓋的實驗有些小火並不是使用燃料最少，可能是因為水面熱量散失，增加了實驗的變因所致。

五、最有效率的加熱方式

在所有實驗中最節省燃料(4500C.C.大鍋有蓋小火)與最浪費燃料(500C.C.長鍋無蓋中火，燒9份達到4500C.C.)的實驗組合，將所花費燃料計算成「每C.C.瓦斯量，可以提供多少卡的熱量」來看，發現同樣是燒開4500C.C.的水，用最節省燃料的組合需要三分之一的瓦斯量即可。

	水量 (C.C.)	鍋形	加蓋	瓦斯流量 (C.C./秒)	加熱 時間 (秒)	等效 時間 (秒)	等效瓦斯量 (C.C.)	卡/C.C.瓦 斯
最節省	4500	大鍋	有	11.81 (小火)	1487	1487	17561	15.37
最浪費	500	長鍋	無	34.72 (中火)	170	1530	53121	5.08

表 6:最節省與最浪費之比較

柒、結論

節能減碳一直是近年來許多研究的重點。在家中用瓦斯爐加熱時，如果能在鍋形、水量、加蓋與否，還有火力來做調整而讓燃料更為節省的話，就是一個很大的貢獻。

我們發現了以下結論：

- 一、以水量來說，我們發現用鍋子燒開水時，把水裝得多一點，讓水與鍋子有較多的接觸面積，對節約燃料會有幫助。同樣的結論，我們用瓷鍋與實驗室的燒杯(玻璃)有相同的結果。
- 二、以鍋子的形狀來說，如果是沒有蓋子的容器，水面面積較少可以減少熱量的散失，對節約燃料會有幫助。
- 三、以鍋子有蓋與否來說，有加蓋的情形因為可以將熱量保留在鍋內的空氣中，減少熱量散失，尤其以大火時最為明顯。
- 四、雖然把火力調整到最大時，可以節省較多加熱時間；相對的把火力調小時，不止是需要加熱比較長的時間，也有可能無法將水加熱到目標溫度(本實驗為90°C)。但如果利用水量、鍋形、加蓋以及其他環境條件的結果，可以將它達到目標溫度的話，雖然用小火燒開會最浪費時間，但將會是最省燃料的選擇。最浪費燃料的組合每C.C.瓦斯只能提供5.08卡的熱量，但最節省燃料的組合每C.C.瓦斯可以提供15.37卡的熱量。

捌、參考資料及其他

一、國二上自然與生活科技，康軒出版社

二、維基百科網站 <http://zh.wikipedia.org>(液化石油氣、丙烷、丁烷)

附錄 I

	大鍋	中鍋	小鍋	長鍋	扁鍋
500c.c.	底面積			145.26cm ²	380.12cm ²
	總接觸面積			281.98cm ²	463.05cm ²
1000c.c.				145.26cm ²	380.12cm ²
				414.42cm ²	532.17cm ²
1500c.c.	530.91cm ²	422.72cm ²	326.84cm ²	145.26cm ²	380.12cm ²
	739.19cm ²	681.45cm ²	583.18cm ²	546.87cm ²	601.28cm ²
3000c.c.	530.91cm ²	422.72cm ²	326.84cm ²		
	943.39cm ²	896.45cm ²	823.51cm ²		
4500c.c.	530.91cm ²	422.72cm ²			
	1139.42cm ²	1122.39cm ²			

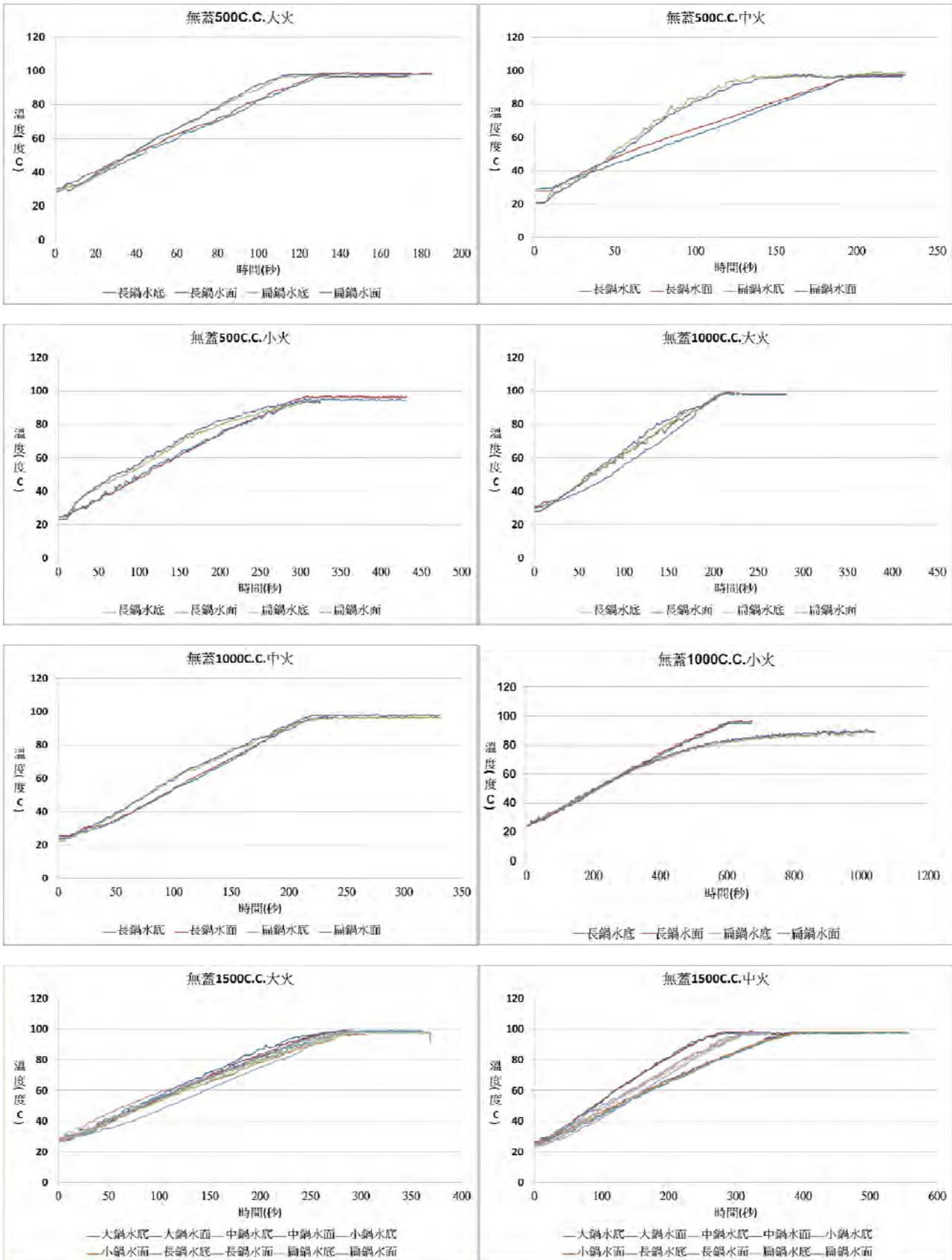
表 7：各種鍋形裝入不同水量時，水與鍋子的接觸面積、水深。

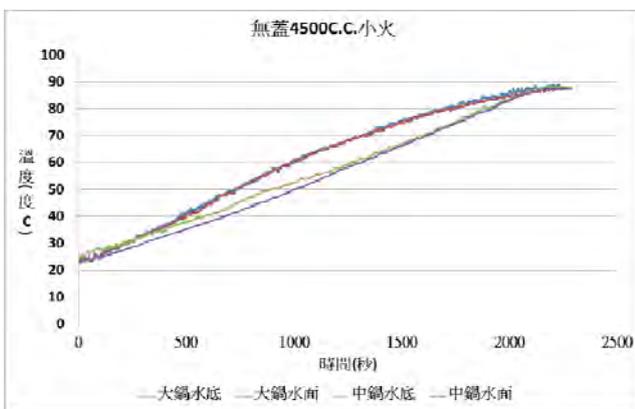
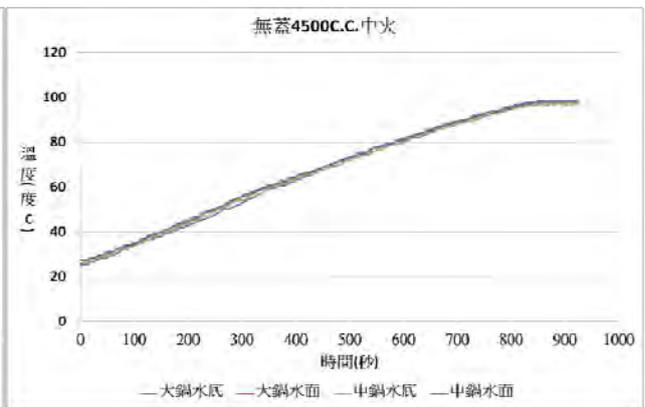
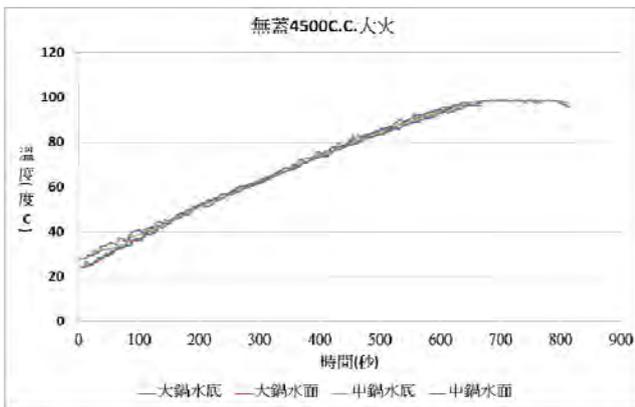
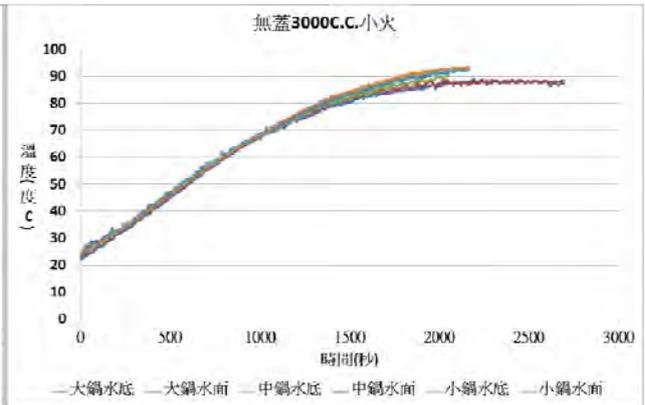
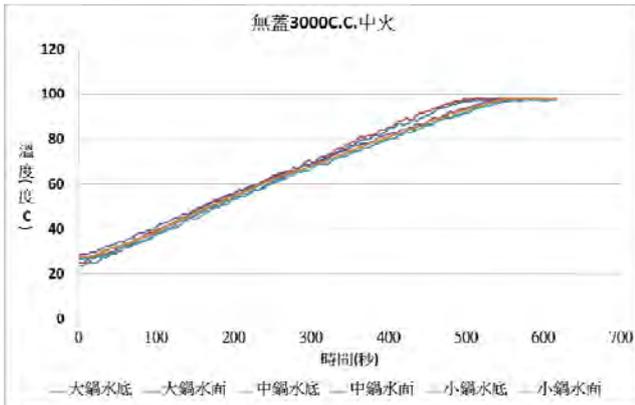
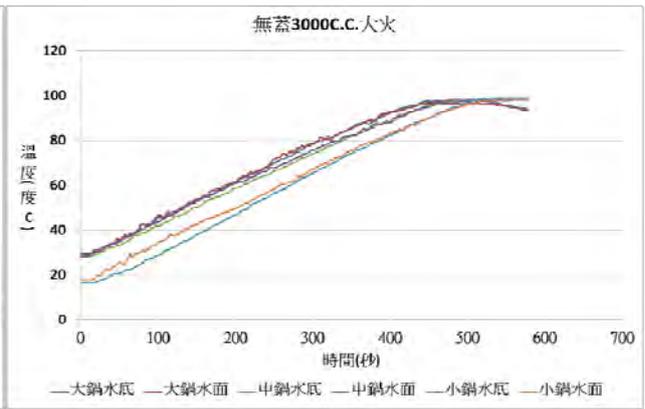
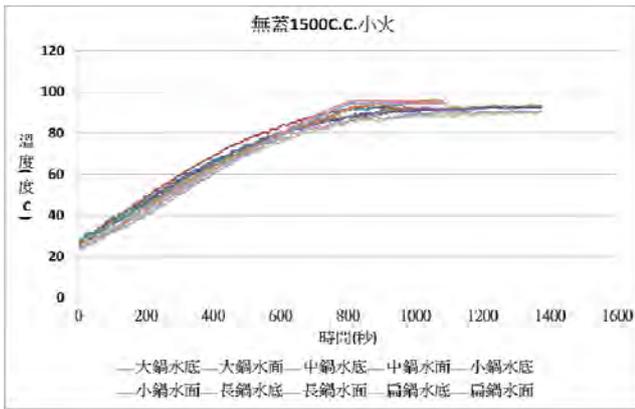
(接觸面積是把鍋子看做是圓柱來計算，事實上鍋子底下的直徑比鍋面的直徑短一些些)

附錄 II

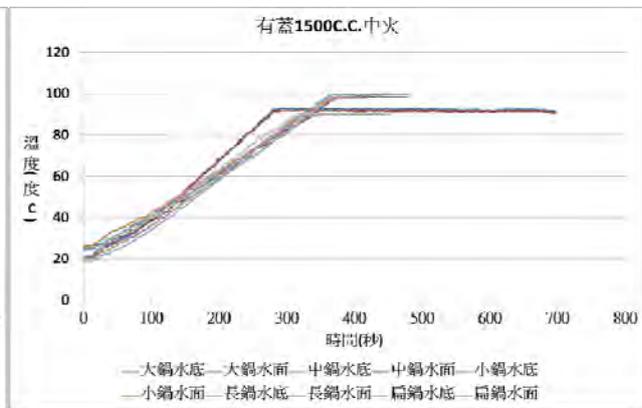
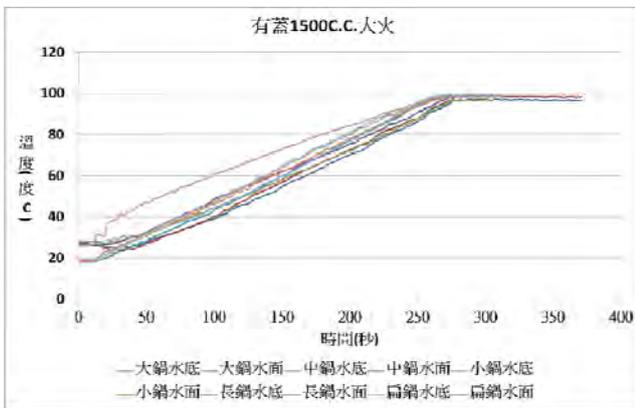
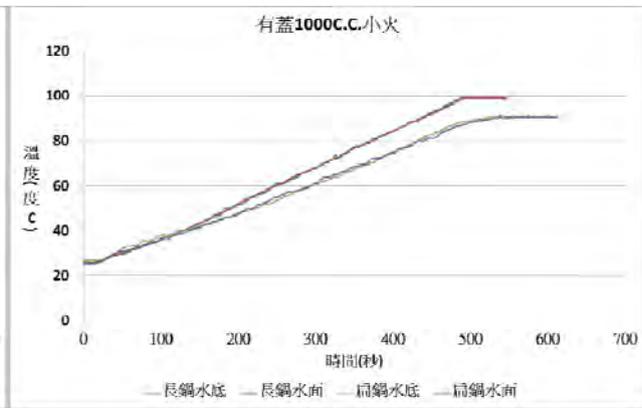
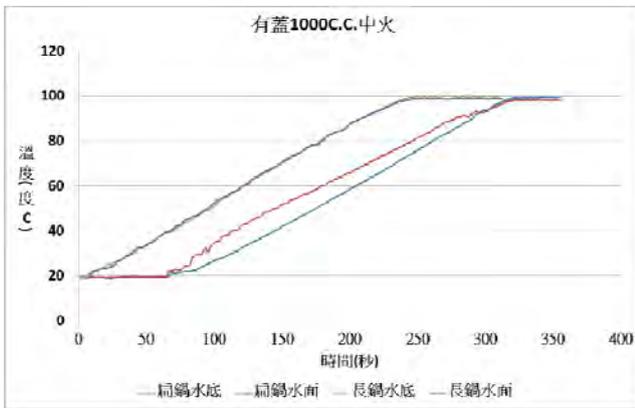
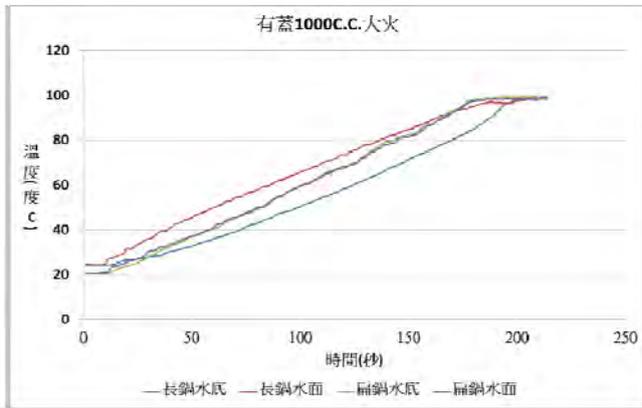
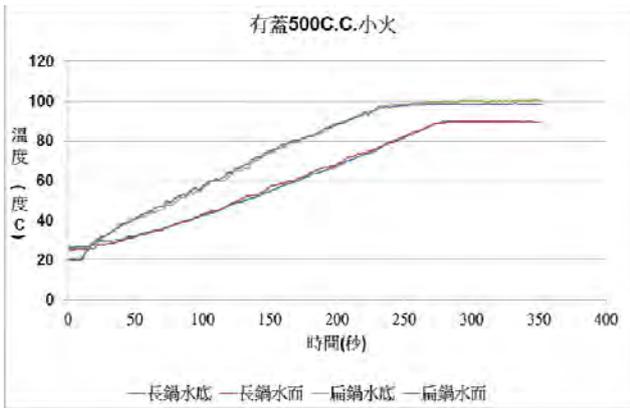
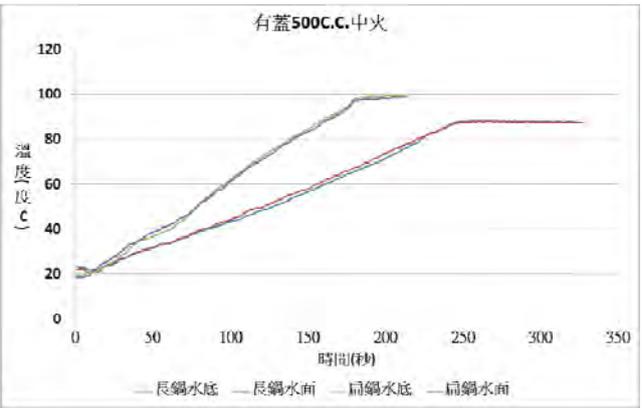
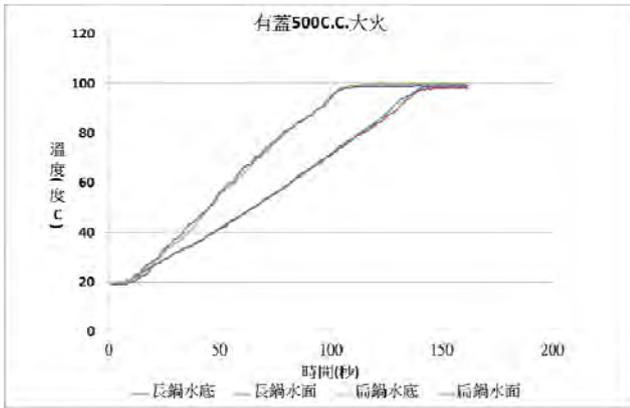
所有實驗溫度隨時間之變化圖

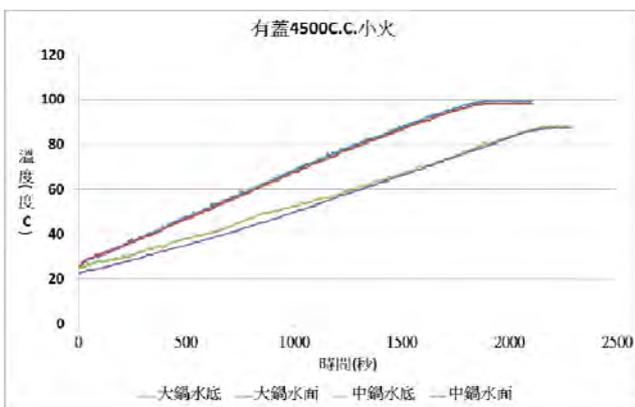
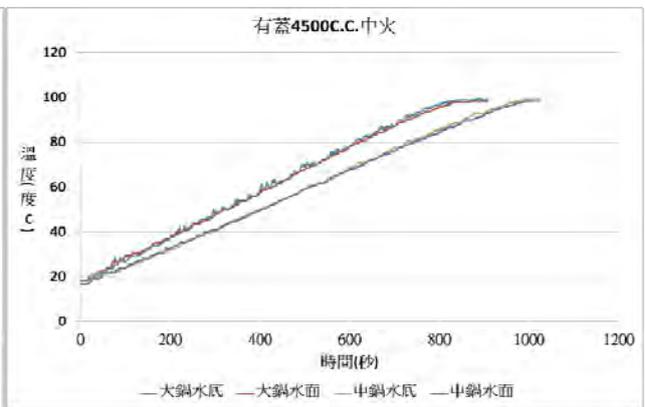
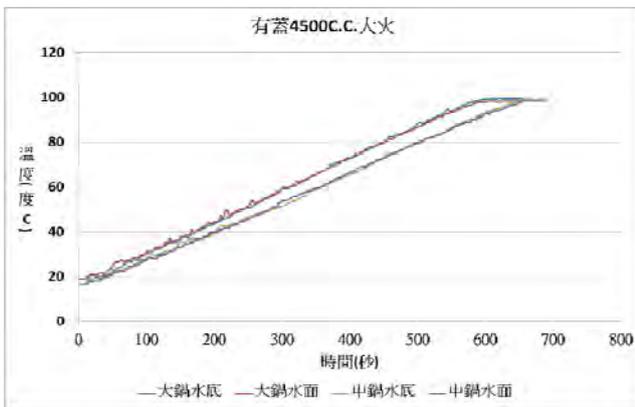
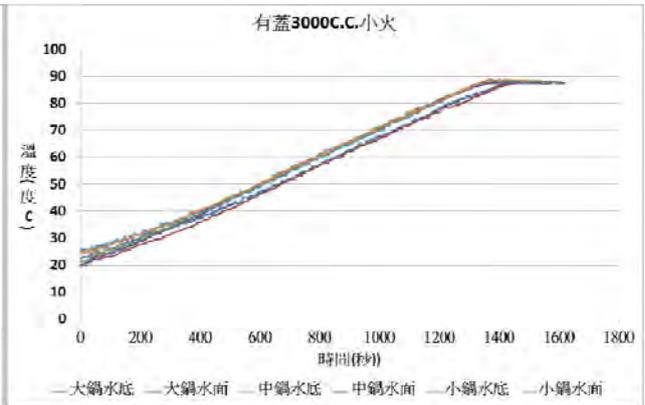
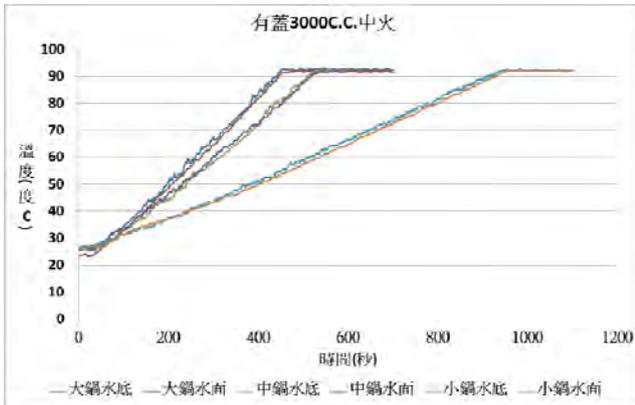
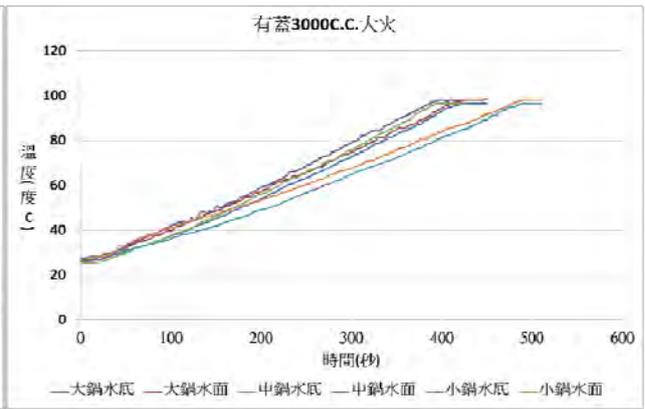
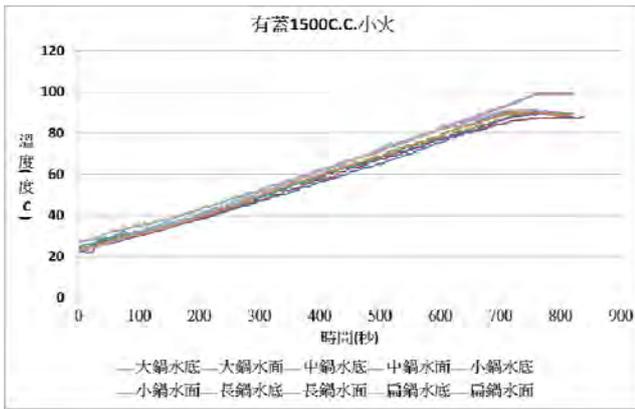
無蓋實驗





有蓋實驗





全文完

【評語】 030116

本件作品從事水壺與瓦斯爐加熱效應探討，實驗上設計數據控制變因，並系統化從事實驗，採取數據，並整理歸納討論。

建議本件作品應更精緻探討分析實驗相關物理變因，及運用相關物理原理定量化分析討論，並應可將得到結果從事從事應用製作並對家用節能建議。