

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生活與應用科學科

第一名

最佳創意獎

030821

【蒸】的不簡單

學校名稱：臺北市立民生國民中學

作者： 國二 黃國倫 國二 簡翊琳 國二 邱怡瑄 國二 王星文	指導老師： 蘇恭彥 蘇彥學
---	-----------------------------

關鍵詞：自製蒸籠、溫度暴衝、光敏電阻

得獎感言



很高興能夠在全國中小學科學展覽會的競賽中獲得評審委員的肯定，拿到國中組生活應用科技科的第一名外加最佳創意獎；科展的過程中，想必每一組都很辛苦、每一組都很用心，也一定從參與過程中學到了很多東西。

因為我們的指導老師非常重視「品格」，所以他總是在適當的時機糾正我們的行為，也讓我們學到許多待人接物的道理；而且生活中多了一件份量不輕的事情，也使我们學會要好好分配有限的時間；因為參與了科展比賽，比賽結束後，我們都有了相當明顯的成長，無論是在課業還是在人品上；也因為有了這次科展的經驗，相信在未來遇到困難時，可以有更正確、積極的態度面對問題；在這次比賽中，最大的收穫除了得獎之外，也學到了許多知識以外的東西。

【蒸】的不簡單

摘要

本研究是探討蒸籠以電磁爐隔水加熱時，蒸籠內溫度上升的情形。

從研究一知道，加熱過程中，以底層溫度上升最快。研究二中發現蒸籠體積越大，所需加熱時間就越長。從研究三知道蒸籠內的隔層會影響溫度分佈，並且會發生溫度分層暴衝的現象，在研究四發現隔層孔洞越大，溫度暴衝現象就越不明顯。

研究五中，在蒸籠內加裝光敏電阻及扇形雷射光後，發現加熱過程中，蒸籠內的白色水霧量在溫度暴衝發生時，會大幅增加，但之後又會因高溫變成透明水蒸氣，此時，從外接的自製壓力計發現蒸籠內的壓力大於外界壓力。

最後利用前面的研究數據，設計出三款改良式蒸籠。

值得一提的是，完全密封的蒸籠反而不利於加熱，適度將空氣排出蒸籠是有助於加熱的。



圖 1 傳統竹蒸籠

壹、研究動機

在八上自然與生活科技課本第五章介紹熱的傳播方式，根據熱對流的概念，蒸籠是以上層會最先熟，但是我們在進行了初步的實驗後，發現有很大的出入；到底多層小蒸籠在蒸煮食物時到底是哪層先熟，還是一起熟？如何有效的加熱蒸籠，以達節能減碳又省時的功效，是我們好奇的。

貳、研究目的

- 一、在研究一中探討在加熱過程中，蒸籠內溫度分佈與高度的關係。
- 二、在研究二中探討蒸籠體積與加熱時間的關係。
- 三、在研究三中探討在加熱過程中，蒸籠隔層數對溫度的影響。
- 四、在研究四中探討在加熱過程中，雙層蒸籠隔層孔徑大小對溫度的影響。
- 五、在研究五中利用光敏電阻及溫度計測量(隔層)蒸籠內的溫度、白色水霧及透明水蒸氣含量的變化。
- 六、在研究六中設計三款改良式蒸籠。

參、研究設備及器材

竹製傳統小蒸籠	8 個	鍋子	2 個
10.00 公分自製壓克力蒸籠	7 個	長 40.00 公分壓克力直管	1 個
20.00 公分自製壓克力蒸籠	1 個	30.00 公分自製壓克力蒸籠	1 個
電阻式溫度計	9 支	酒精溫度計	13 支
電磁爐	1 台	隔熱墊(美耐皿)	2 個
自製氣壓計(U 形管)	4 個	雷射光源	4 個
光敏電阻	4 個	電池座	1 個
玻璃棒	4 支	瓦斯噴燈	1 個
壓克力膠	2 條	羊毛梭織布	數塊
海綿墊	數塊	鑽孔機	2 台
螺絲釘	數個	螺絲墊片	數個
電錶	4 個	螺帽	數個



圖 2 各式壓克力蒸籠



圖 3 10.00 公分沒有隔層蒸籠



圖 4 電阻式溫度計



圖 5 可調式蒸籠(附鐵碗)



圖 6 撕去壓克力的牛皮紙



圖 7 可偵測多項數據的蒸籠



圖 8 隔層實物




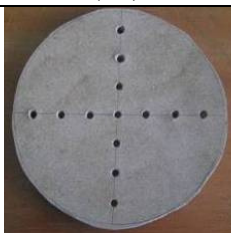


圖 9 隔熱墊(美耐皿)



圖 10 改良式蒸籠中間直管





肆、研究過程或方法

一、第一代蒸籠的製作過程：

(一) 第一代蒸籠－圓形紙筒蒸籠			
			
圖 11	圖 12	圖 13	圖 14
1.紙筒側面鑿洞用於放置溫度計。	2.製作蒸籠頂端的蓋子。	3.蓋子放置 13 支溫度計，觀察蒸籠頂端溫度分佈。	4.將蒸籠放在電磁爐上隔水加熱。






(二) 結論：發現蒸籠頂端溫度分佈以正中央的溫度最高，越接近外圍溫度越低。

二、第二代蒸籠的製作過程：

(一) 第二代蒸籠－圓形鐵桶蒸籠			
			
圖 15	圖 16	圖 17	圖 18
1.使用鑽孔機於側面鑽三個洞(黃色圈圈處)。	2.使用鑽孔機於頂端鑽五個洞。	3.於生活科技教室製作放置蒸籠的木板。	4.將蒸籠放在電磁爐上隔水加熱。

(二) 結論：發現鐵製蒸籠因傳導速度快，可提高效率，但鐵製蒸籠加工不易，且傳導性佳，操作不慎易有燙傷之虞。

三、第三代蒸籠的製作過程：

(一) 第三代蒸籠－方形木頭蒸籠			
			
圖 19	圖 20	圖 21	圖 22
1.將木盒鋸成三段。	2.製作隔層(將長木棍切段，用白膠黏著)。	3.製作放置蒸籠的木板。	4.將蒸籠放在電磁爐上隔水加熱。
			
圖 23 被蒸氣蒸過的變形蒸籠		圖 24 被蒸氣蒸過嚴重變形的蒸籠	

(二) 第三代的缺點：木頭吸水會嚴重變形，進行下一代。

四、第四代蒸籠的材質使用壓克力，發現加熱過程中不易變形，且實驗數據的重複性高。

五、研究一的實驗步驟：(探討在加熱過程中，蒸籠內溫度分佈與高度的關係)。

- (一) 選擇直徑為 8.00 公分，長 40.00 公分的壓克力管為實驗器材(當蒸籠使用)。
- (二) 利用鑽孔機於壓克力管側邊每 5.00 公分打一個小洞，頂端與水溫各使用 9 支電阻式溫度計測量(實驗裝置如圖 28 所示)。
- (三) 放在電磁爐上隔水加熱(鍋內水量 1000.00 毫升)。
- (四) 利用相機，每隔 20.00 秒同時拍下 9 支溫度計讀數，直到壓克力蒸籠內達穩定高溫。
- (五) 分析蒸籠內溫度與高度的分佈情形。



圖 25 電阻式溫度計



圖 26 將隔熱墊(美耐皿)的中間挖空。



圖 27 自製蒸籠實際圖

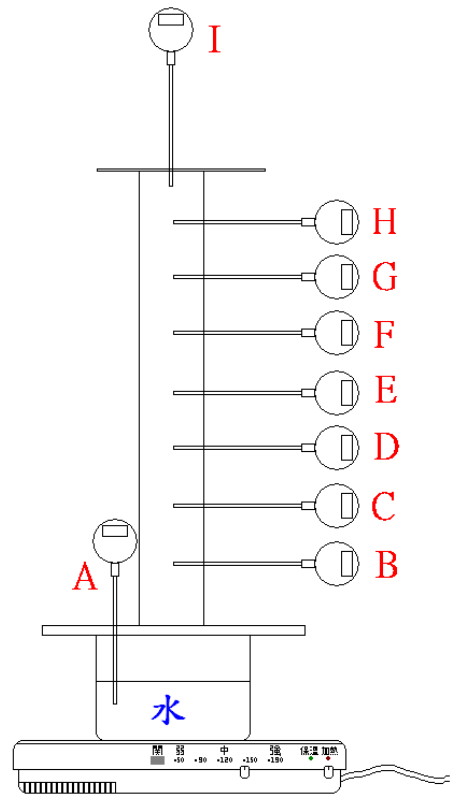


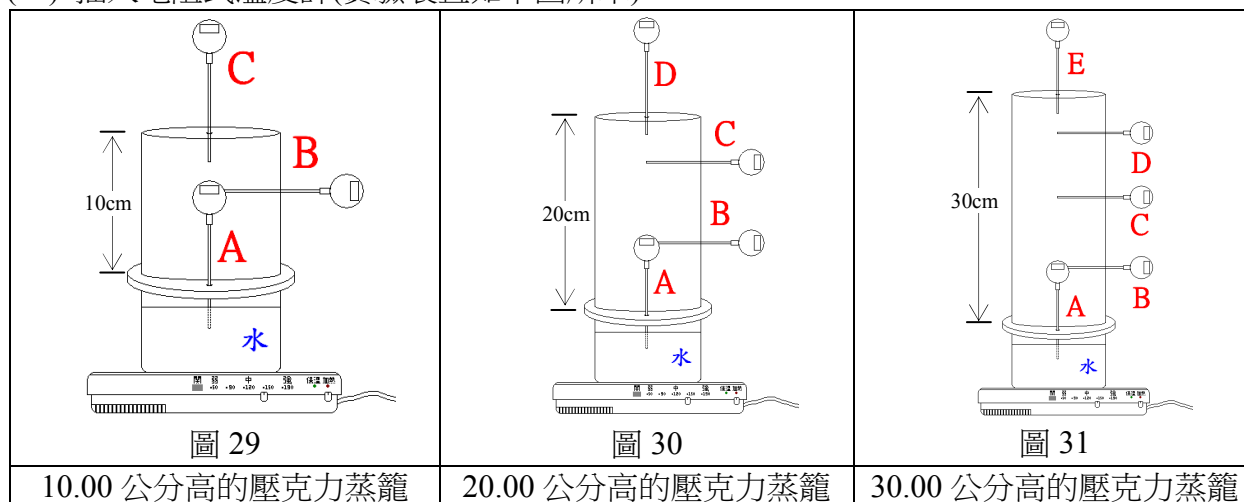
圖 28 自製蒸籠設計圖

六、研究二的實驗步驟：(探討蒸籠體積與加熱時間的關係)。

(一) 自製沒有隔層壓克力蒸籠共 3 個。

蒸籠編號	蒸籠內徑(cm)	蒸籠高度(cm)
1	10.00	10.00
2	10.00	20.00
3	10.00	30.00

(二) 插入電阻式溫度計(實驗裝置如下圖所示)。



(三) 放在電磁爐上隔水加熱(鍋內水量 1000.00 毫升)。

(四) 每隔 20.00 秒同時記錄溫度計讀數，直到蒸籠內溫度達穩定高溫。

(五) 分析蒸籠高度與加熱時間的關係。

七、研究三的實驗步驟：(探討在加熱過程中，蒸籠隔層數對溫度的影響)。

(一) 自製壓克力蒸籠。

蒸籠編號	隔 層	蒸籠內徑(cm)	蒸籠高度(cm)
1	單層(隔層孔徑 0.70cm，共 9 孔)	10.00	10.00
2	雙層(隔層孔徑 0.70cm，共 9 孔)	10.00	20.00
3	三層(隔層孔徑 0.70cm，共 9 孔)	10.00	30.00

(二) 插入電阻式溫度計，測量溫度。

(三) 放在電磁爐上隔水加熱(鍋內水量 1000.00 毫升)。

(四) 每隔 20.00 秒測量電阻式溫度計讀數，直到壓克力蒸籠內溫度達穩定高溫。

八、研究四的實驗步驟：(探討在加熱過程中，雙層蒸籠隔層孔徑大小對溫度的影響)。

(一) 自製有隔層壓克力蒸籠。

蒸籠編號	隔 層	蒸籠內徑(cm)	蒸籠高度(cm)
1	雙層(隔層孔徑 0.50cm，共 9 孔)	10.00	20.00
2	雙層(隔層孔徑 0.70cm，共 9 孔)	10.00	20.00
3	雙層(隔層孔徑 1.00cm，共 9 孔)	10.00	20.00
4	雙層(隔層孔徑 1.30cm，共 9 孔)	10.00	20.00
5	沒有隔層	10.00	20.00

(二) 插入電阻式溫度計，測量溫度。

(三) 放在電磁爐上隔水加熱(鍋內水量 1000.00 毫升)。

(四) 每隔 20.00 秒測量電阻式溫度計讀數，直到壓克力蒸籠內溫度達穩定高溫。

九、研究五的實驗步驟：(利用光敏電阻及溫度計測量有隔層蒸籠內的溫度、白色水霧及透明水蒸氣含量的變化)。

(一) 自製壓克力蒸籠。

表 4：自製壓克力蒸籠			
蒸籠編號	隔層	蒸籠內徑(cm)	蒸籠高度(cm)
1	雙層(隔層孔徑 0.50cm，共 21 孔)	10.00	20.00

(二) 放在電磁爐上隔水加熱(鍋內水量 1000.00 毫升)。

(三) 插入電阻式溫度計、光敏電阻、扇形雷射光、電錶及自製氣壓計，測量在加熱過程時，每隔 20.00 秒測量蒸籠內溫度、電阻及氣壓計讀數，直到蒸籠內溫度達穩定高溫。

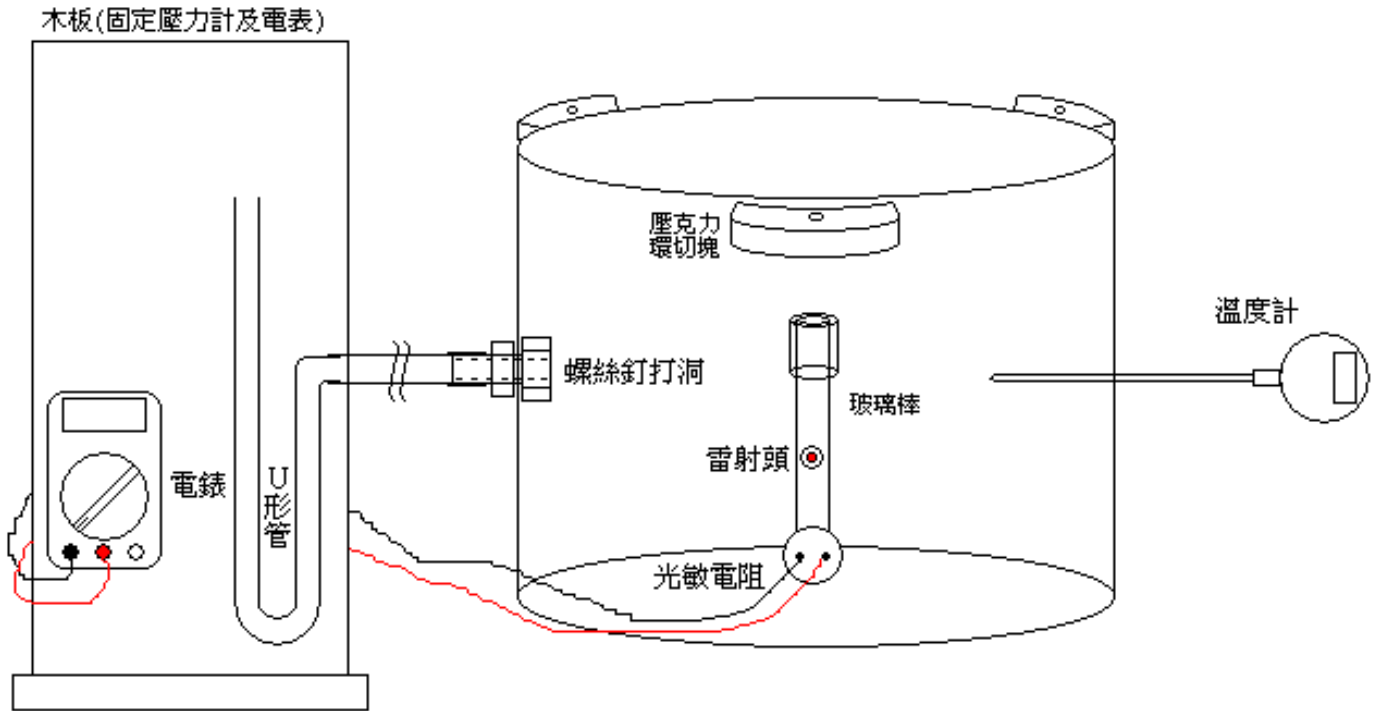


圖 32 可同時測量溫度、氣壓及水霧情形的蒸籠設計圖(光敏電阻裝在雷射頭的正對面)

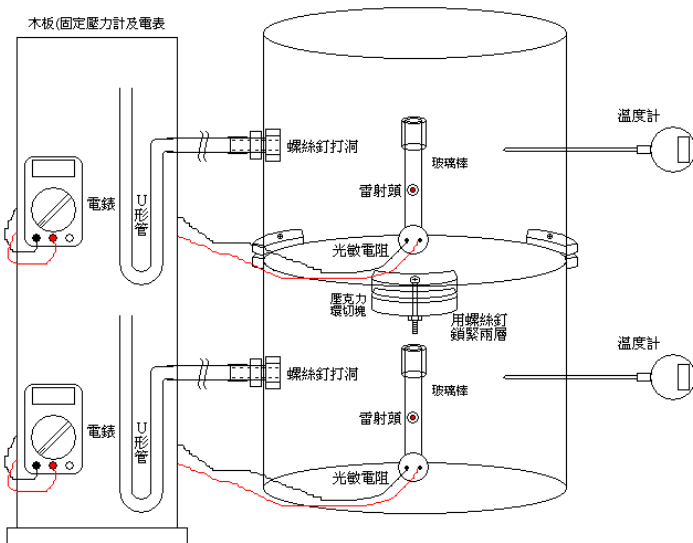


圖 33 自製多層蒸籠設計圖



圖 34 自製可偵測多項數據蒸籠實物

伍、研究結果

一、研究一：探討在加熱過程中，蒸籠內溫度分佈與高度的關係(實驗數據過多詳見實驗日誌)。

(一) 蒸籠內溫度分佈與高度的關係

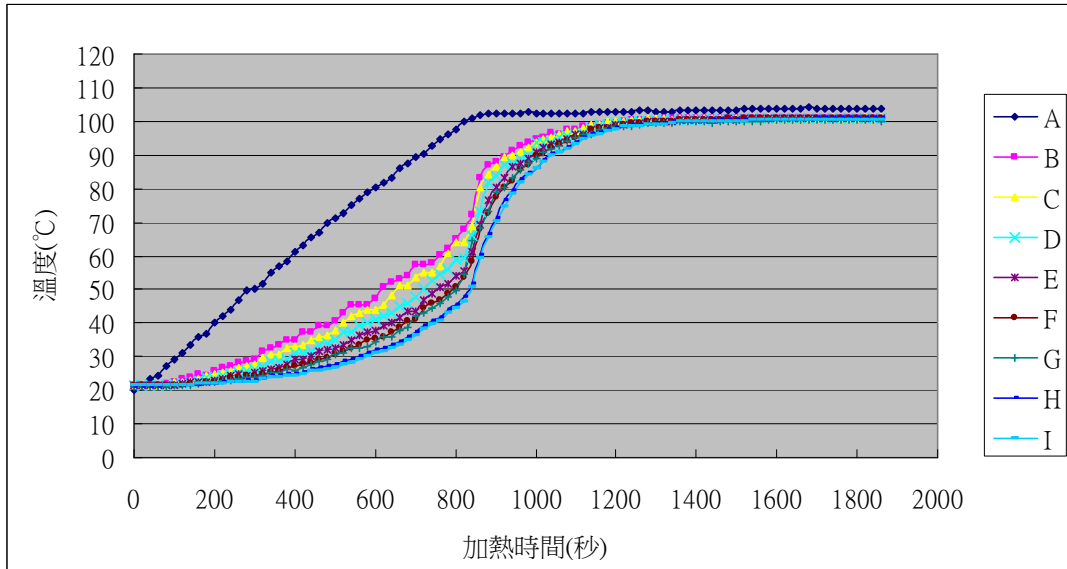


圖 35 壓克力管內的溫度上升情形

說明：

從圖 35 發現

1. 剛開始加熱時，蒸籠內的溫度以下層溫度最高。
2. 加熱過程中由於蒸籠底部較接近熱源，因此蒸籠內的溫度以下層的溫度上升最快速，上層最慢。
3. 蒸籠內溫度的上升情況與加熱時間非正比關係。

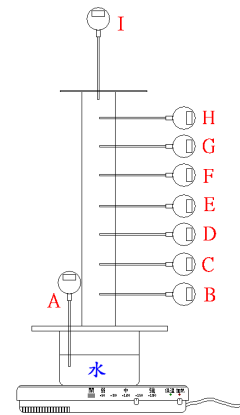


圖 36 壓克力直管示意圖

(二) 分析蒸籠內的溫度變化率(單位時間的溫度變化)。

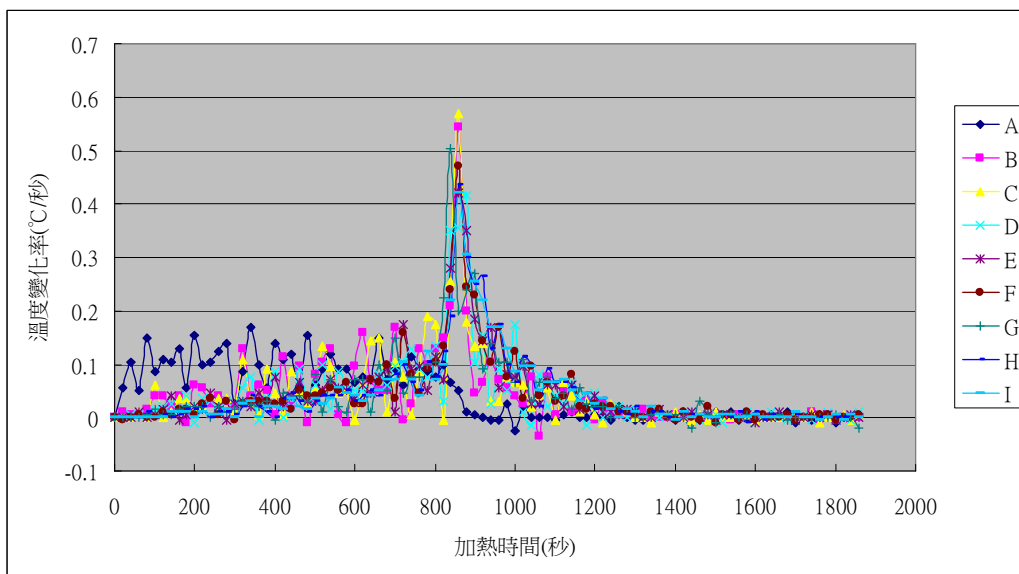


圖 37 單位時間的溫度變化率

說明：

溫度變化率剛開始較小，大約在 860 秒時，單位時間的溫度變化率突然大幅增加。

二、研究二：探討沒有隔層蒸籠體積與加熱時間的關係(實驗數據詳見實驗日誌)。

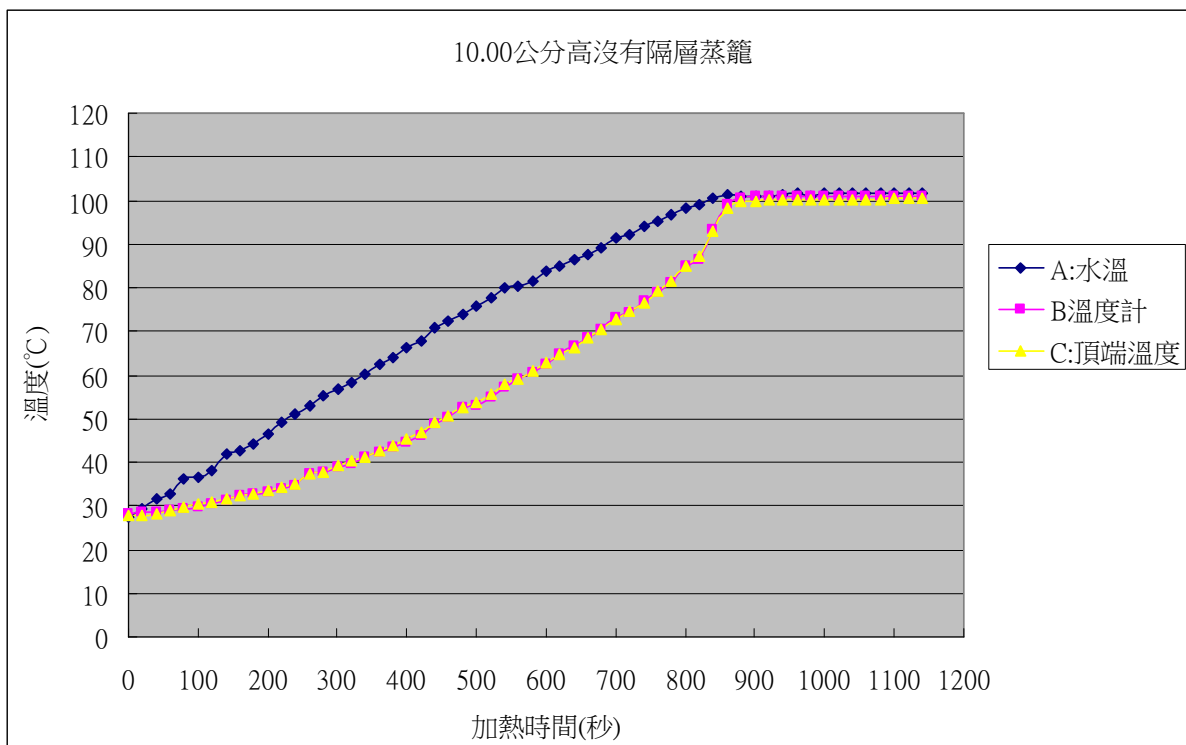


圖 38 自製 10.00 公分高蒸籠，水溫及蒸籠內溫度與加熱時間的關係圖

說明：

- (一)從關係圖發現，在鍋內的水未沸騰前(加熱時間 0 到 820 秒)，水溫與加熱時間成線性關係，
趨勢線方程式： $y = 0.0894x + 29.138$ $R^2 = 0.9957$
(R 為相關係數，R 值大於 0.75 便可表示變因間為高度相關)

- (二)由關係圖發現，蒸籠內溫度的變化，並非線性關係，進一步分析蒸籠內平均溫度讀數與加熱時間：

- (三)分析蒸籠內溫度上升的曲線，發現趨勢線方程式的斜率(如表 5 所示)隨著加熱時間而增加，表示溫度上升幅度越來越大，到了最後，斜率甚至是剛開始加熱的 **10 倍大**(斜率為 0.2115)。

分析原因：蒸籠內的溫度與蒸發的水蒸氣量有關，水溫越高時，水的蒸發速率越快。

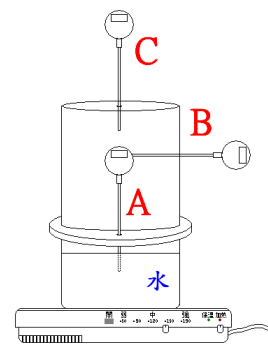


圖 39 蒸籠示意圖

表 5：經由 excel 分析蒸籠內溫度上升趨勢

加熱時間(秒)	趨勢線方程式	相關係數 R	斜率
0 秒~100 秒	$y = 0.0211x + 27.743$	$R^2 = 0.9163$	0.0211
100 秒~200 秒	$y = 0.0326x + 26.845$	$R^2 = 0.9942$	0.0326
200 秒~300 秒	$y = 0.0609x + 20.86$	$R^2 = 0.9656$	0.0609
300 秒~400 秒	$y = 0.0598x + 20.95$	$R^2 = 0.9983$	0.0598
400 秒~500 秒	$y = 0.0879x + 9.9143$	$R^2 = 0.9875$	0.0879
500 秒~600 秒	$y = 0.0926x + 7.1381$	$R^2 = 0.9970$	0.0926
600 秒~700 秒	$y = 0.1019x + 1.4429$	$R^2 = 0.9971$	0.1019
700 秒~800 秒	$y = 0.1185x - 10.583$	$R^2 = 0.9847$	0.1185
800 秒~880 秒	$y = 0.2115x - 84.89$	$R^2 = 0.9611$	0.2115

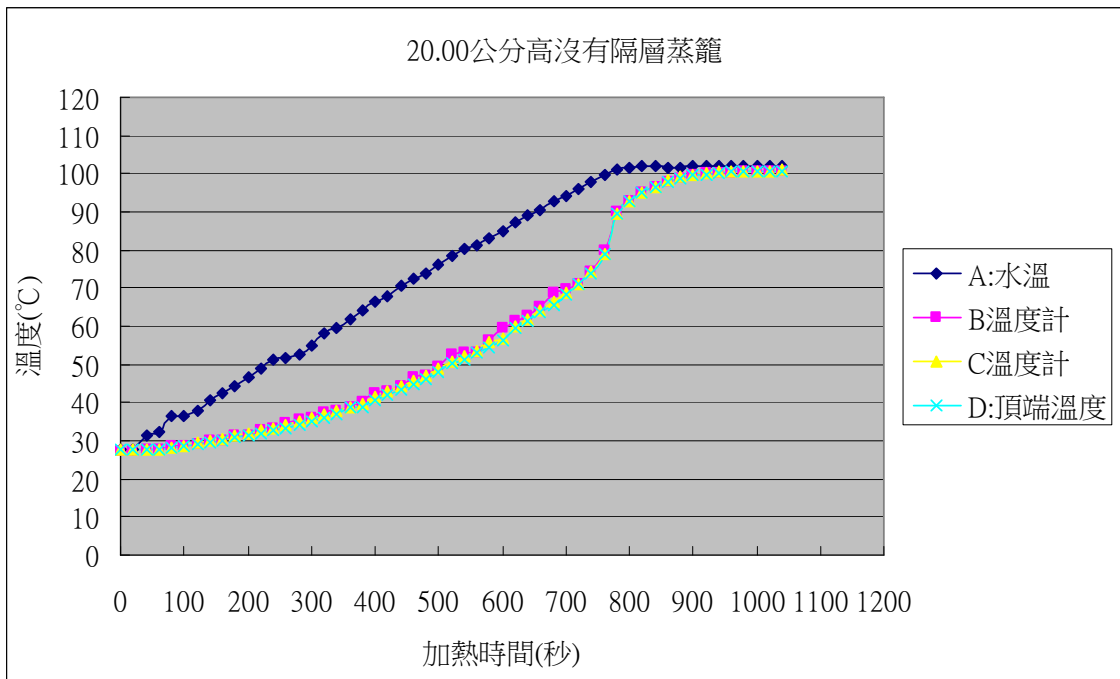


圖 40 自製 20.00 公分高蒸籠，水溫及蒸籠內溫度與加熱時間的關係圖

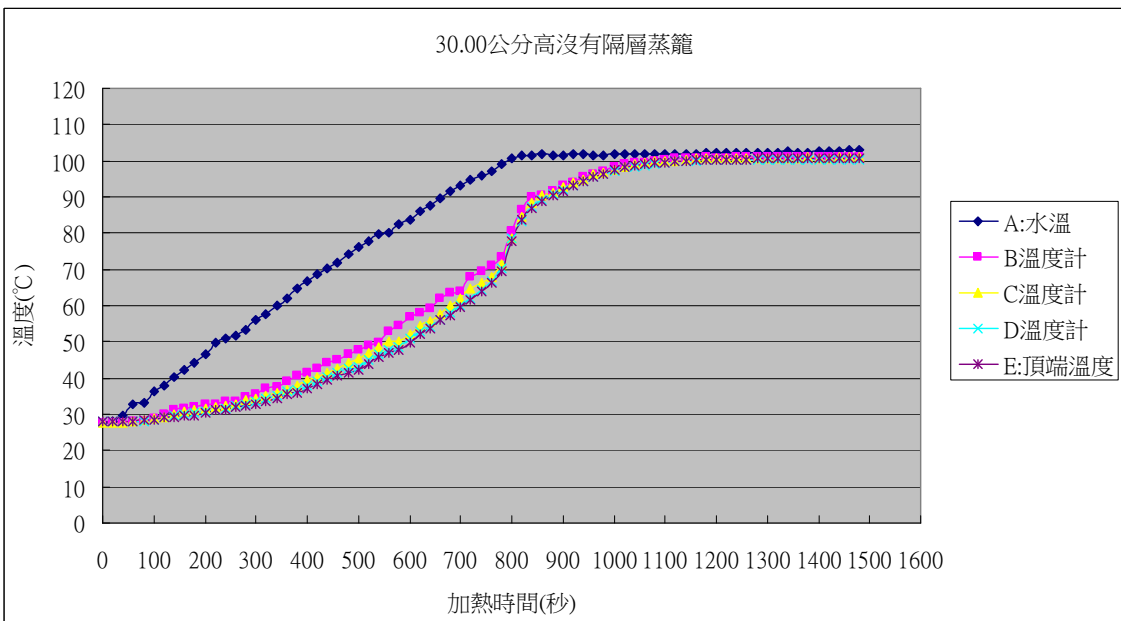


圖 41 自製 30.00 公分高蒸籠，水溫及蒸籠內溫度與加熱時間的關係圖

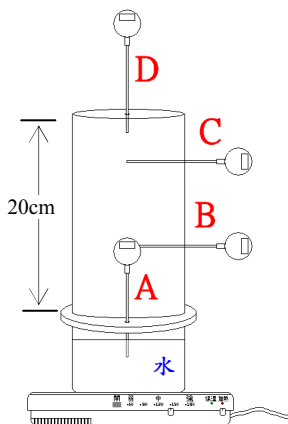


圖 42 20.00 公分沒有隔層壓克力蒸籠

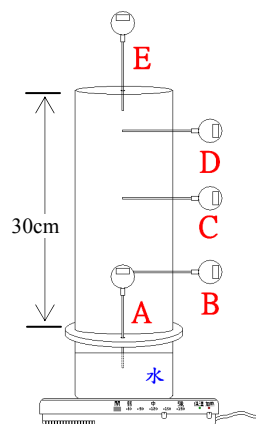


圖 43 30.00 公分沒有隔層壓克力蒸籠

表 6：不同高度蒸籠由 27.5°C 加熱到 100°C 所需的時間

自製蒸籠內徑(cm)	自製蒸籠高度(cm)	由 27.5°C 加熱至 100°C 所需時間(秒)
10.00	10.00	880
10.00	20.00	940
10.00	30.00	1120

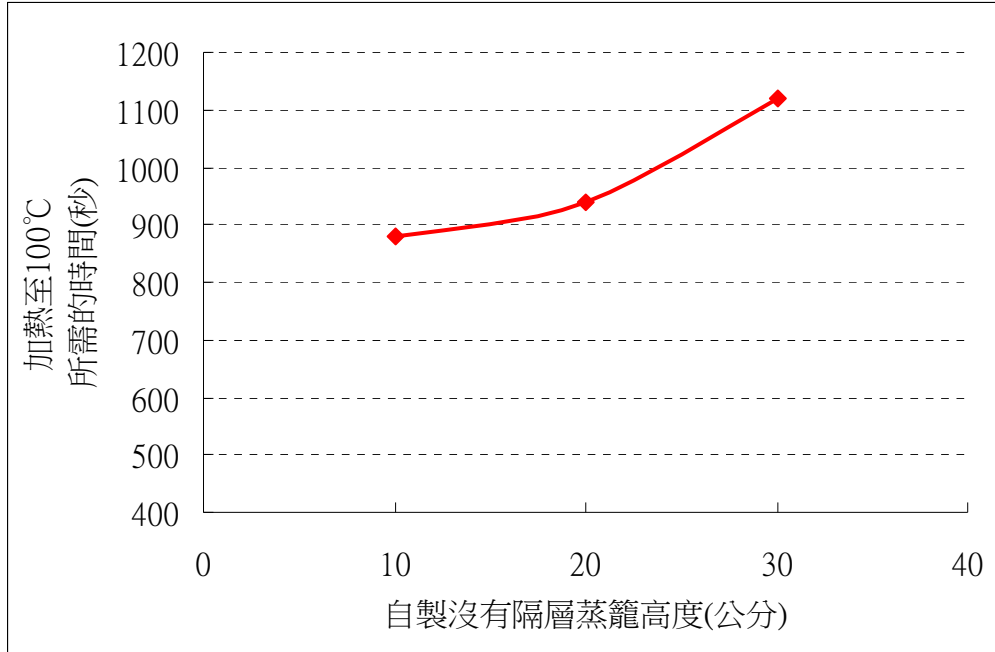


圖 44 不同高度的蒸籠與所需加熱時間的關係圖

說明：

- (一) 比較圖 38、圖 40、圖 41 發現，10.00 公分高的蒸籠內溫度最快達到穩定高溫。
- (二) 從圖 38、圖 40、圖 41 可以看到，越高的蒸籠，溫度上升曲線越平緩(溫度上升速度越慢)。
- (三) 蒸籠高度越高(也就是說體積越大)，所需的加熱時間越長(請見表 6 及圖 44)。

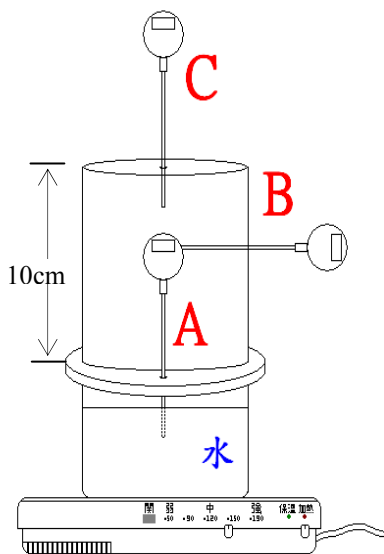


圖 45

10.00 公分高的壓克力蒸籠

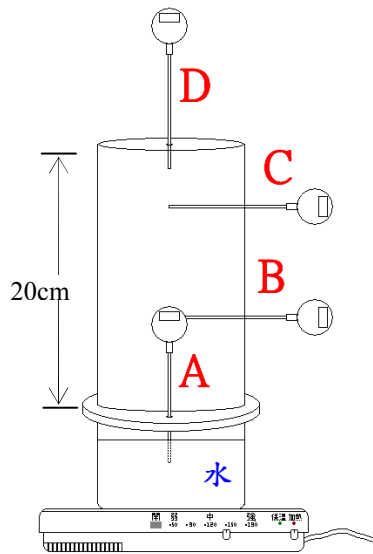


圖 46

20.00 公分高的壓克力蒸籠

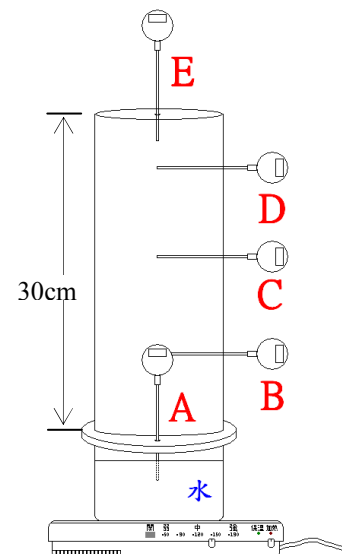


圖 47

30.00 公分高的壓克力蒸籠

三、在研究三中探討在加熱過程中，蒸籠隔層數對溫度的影響。

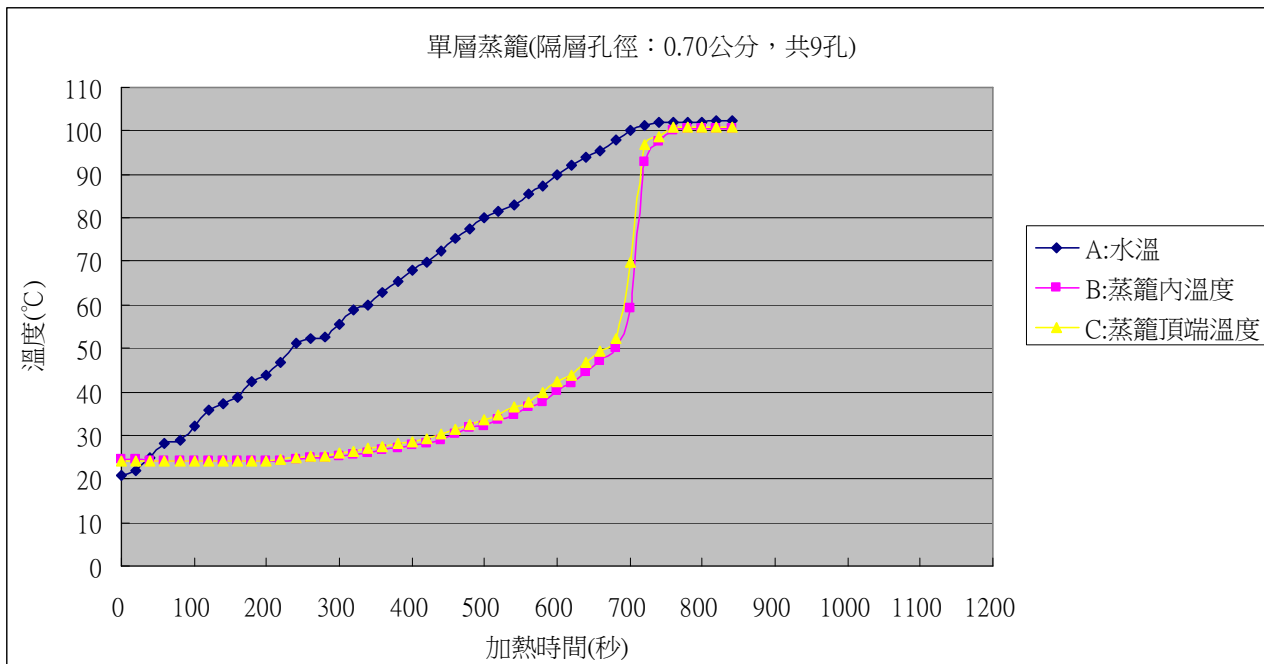


圖 48 10.00 公分單層蒸籠溫度上升情形

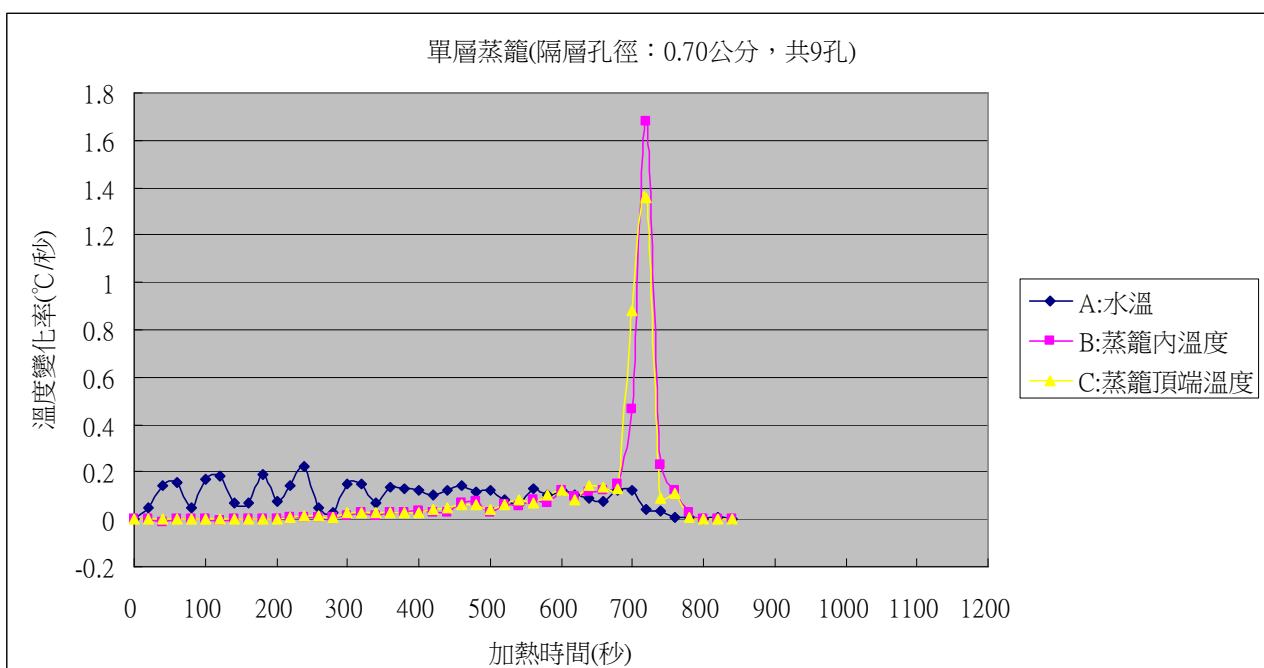


圖 49 10.00 公分單層蒸籠單位時間溫度變化率

說明：

- (一) 由圖 48 分析，沸騰前水溫與加熱時間呈線性關係。
- (二) 由圖 49 發現，蒸籠內的溫度在加熱時間 720 秒時溫度變化率為 $1.68(^{\circ}\text{C}/\text{秒})$ ，比加熱時間在 680 秒時溫度變化率為 $0.15(^{\circ}\text{C}/\text{秒})$ 大了 **11.2 倍**。
- (三) 分析原因：由於 100°C 水蒸氣遇到蒸籠內的冷空氣凝結時，會釋放大量的熱，使蒸籠內部發生了溫度暴衝現象。(溫度暴衝現象將在研究五中詳細的說明)

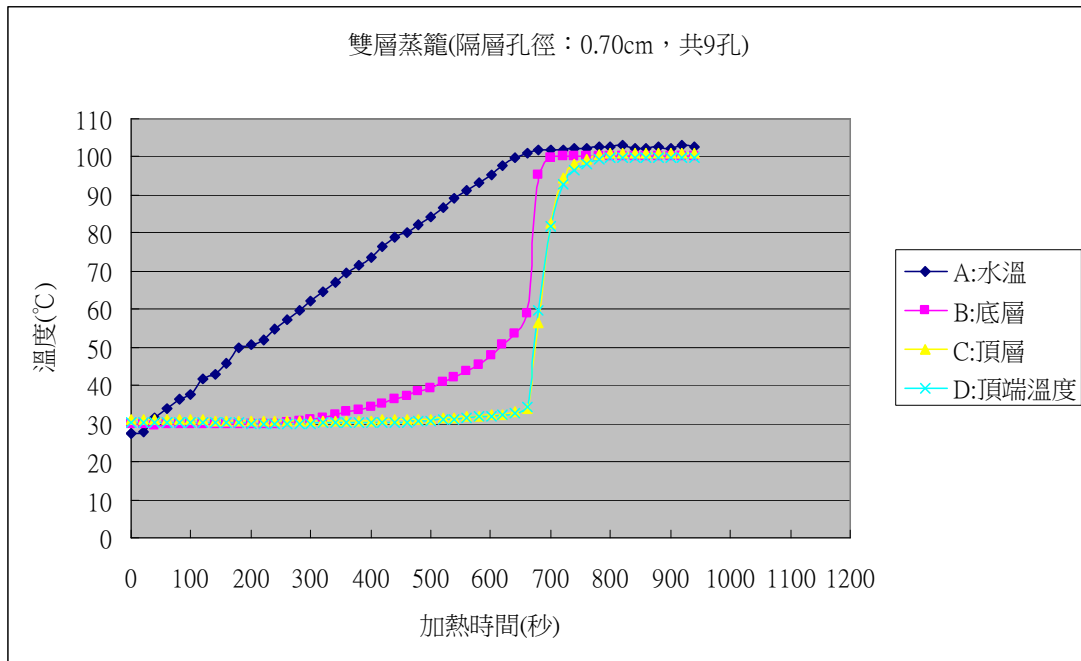


圖 50 20.00 公分雙層蒸籠溫度上升情形

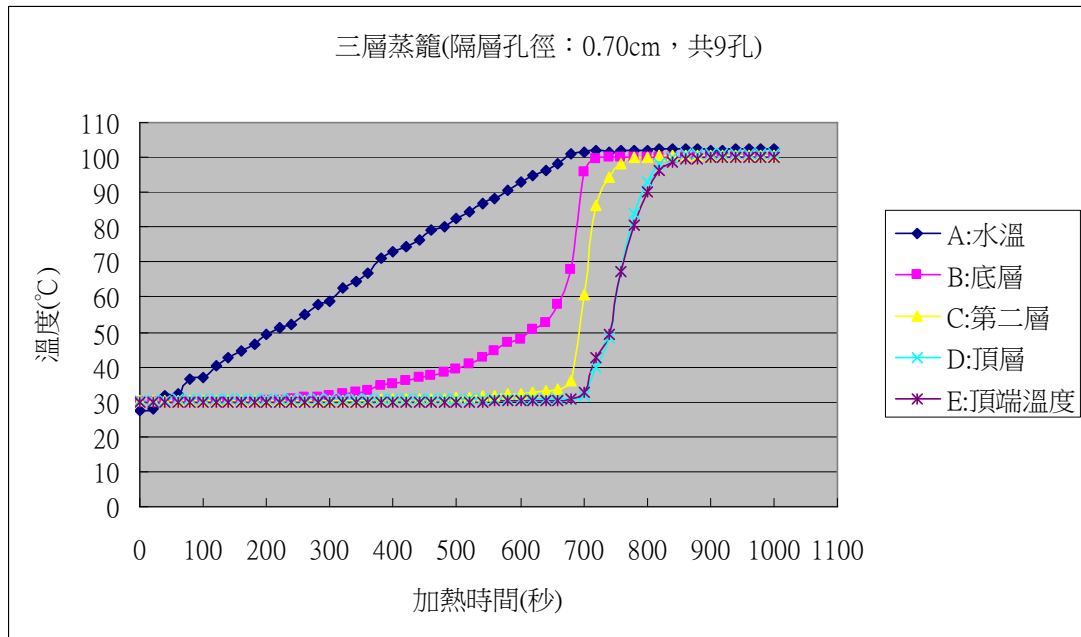


圖 51 30.00 公分三層蒸籠溫度上升情形

說明：

有隔層的蒸籠，溫度暴衝現象發生的時間順序不一，可藉由溫度上升的曲線清楚的分辨。

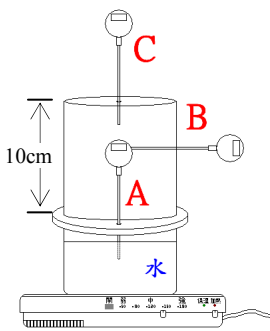


圖 52

10.00 公分高有隔層蒸籠

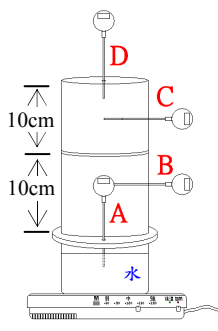


圖 53

20.00 公分高有隔層蒸籠

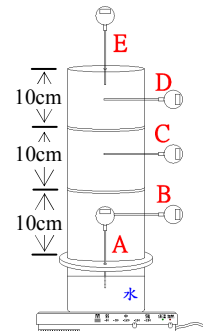


圖 54

30.00 公分高有隔層蒸籠

四、在研究四中探討加熱過程中雙層蒸籠隔層孔徑大小對溫度的影響(數據詳見實驗日誌)。

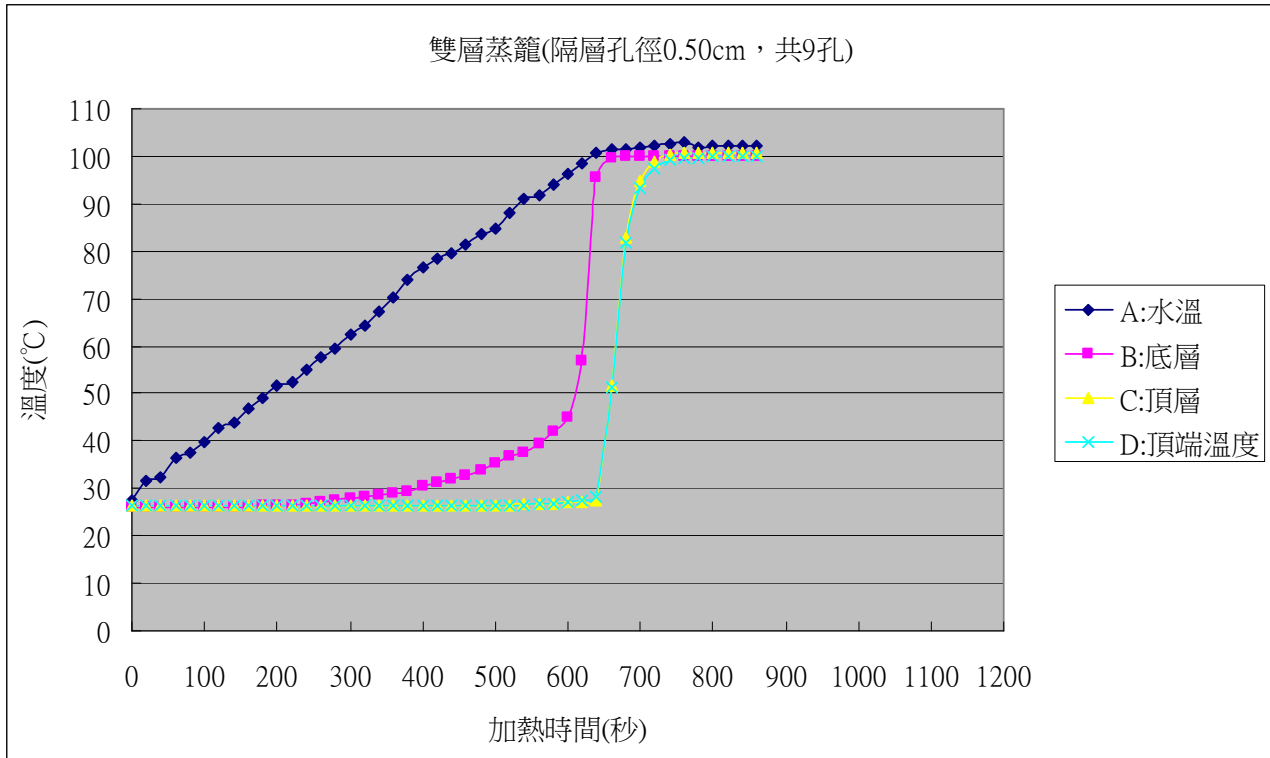


圖 55 20.00 公分高雙層 (隔層孔徑：0.50cm)蒸籠溫度上升情形

說明：

- (一) 由關係圖分析，水溫在沸騰前與加熱時間呈線性關係。
- (二) 由於溫度計 C 與溫度計 D 同樣是在第三層(請見圖 68 的蒸籠示意圖，D 溫度計為頂端的溫度計)，所以溫度上升曲線幾乎重疊。
- (三) 大約在水沸騰的時候，蒸籠內的溫度會大幅的上升，並有明顯溫度暴衝現象的發生。
- (四) 可以從圖 55 發現，底層的蒸籠先發生溫度暴衝現象，並達高溫後，頂層蒸籠才出現溫度暴衝現象，同樣也達到高溫。
- (五) 可以從圖 55 很明顯的發現，第二層的溫度暴衝現象較第一層明顯(溫度暴衝的幅度較大)。

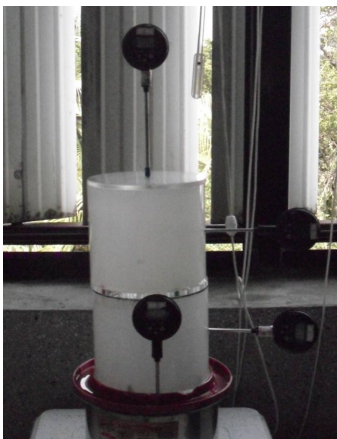


圖 56
20.00 公分高蒸籠
(有隔層) 實物圖

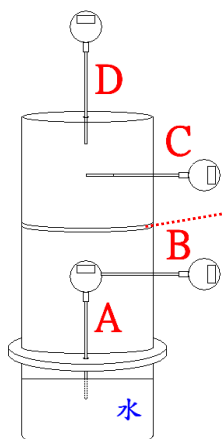


圖 57
20.00 公分高蒸籠
(有隔層) 示意圖

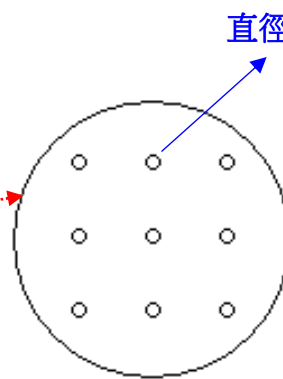


圖 58
隔層孔徑 0.50 公分
(共 9 孔)示意圖

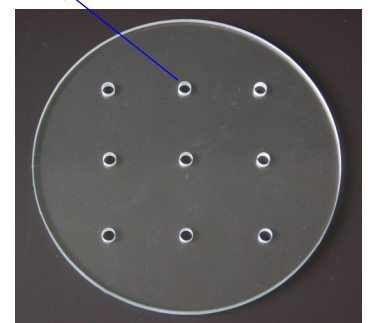


圖 59
隔層孔徑 0.50 公分
(共 9 孔)隔層實物

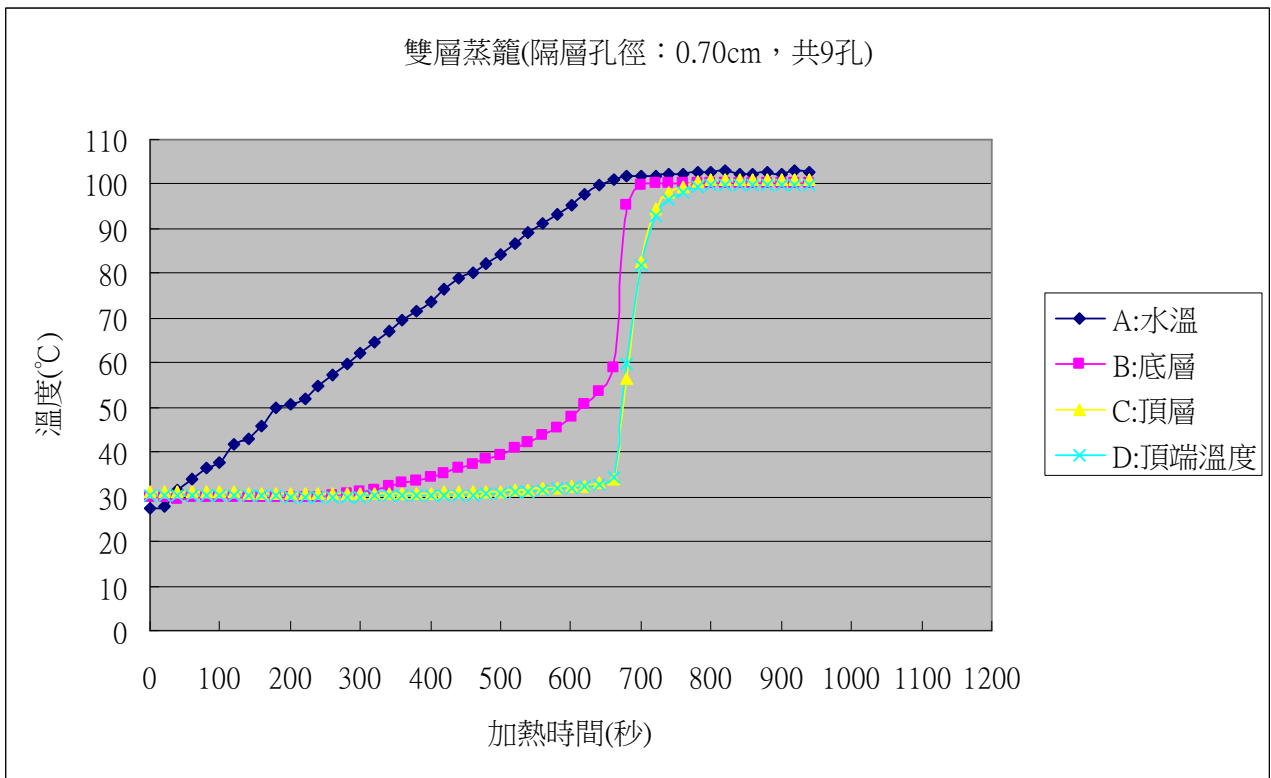


圖 60 20.00 公分高雙層 (隔層孔徑：0.70cm)蒸籠溫度上升情形

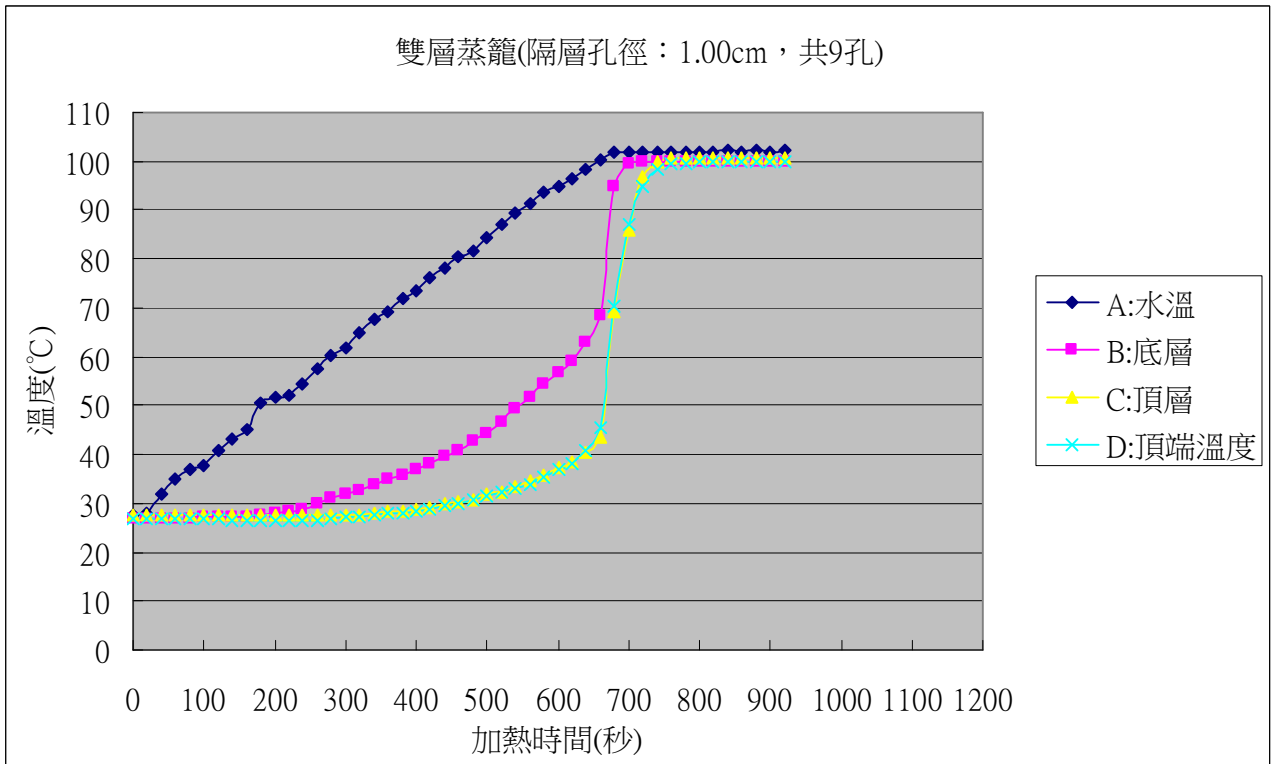


圖 61 20.00 公分高雙層 (隔層孔徑：1.00cm)蒸籠溫度上升情形

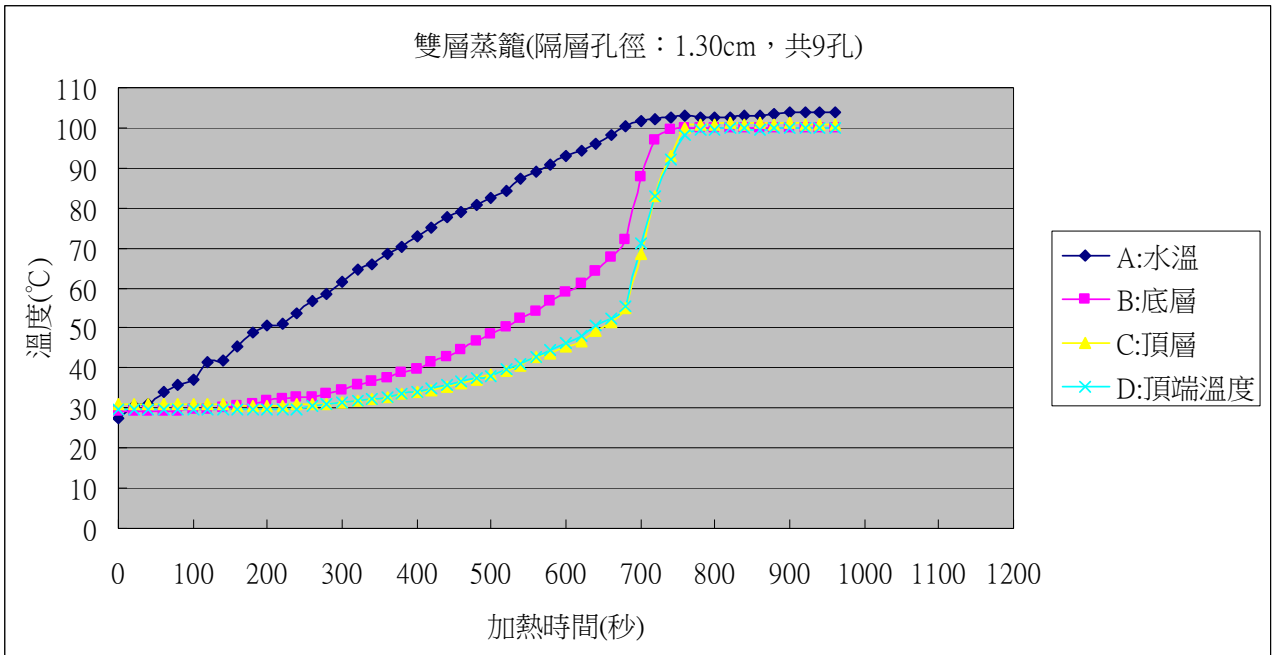


圖 62 20.00 公分高雙層 (隔層孔徑：1.30cm)蒸籠溫度上升情形

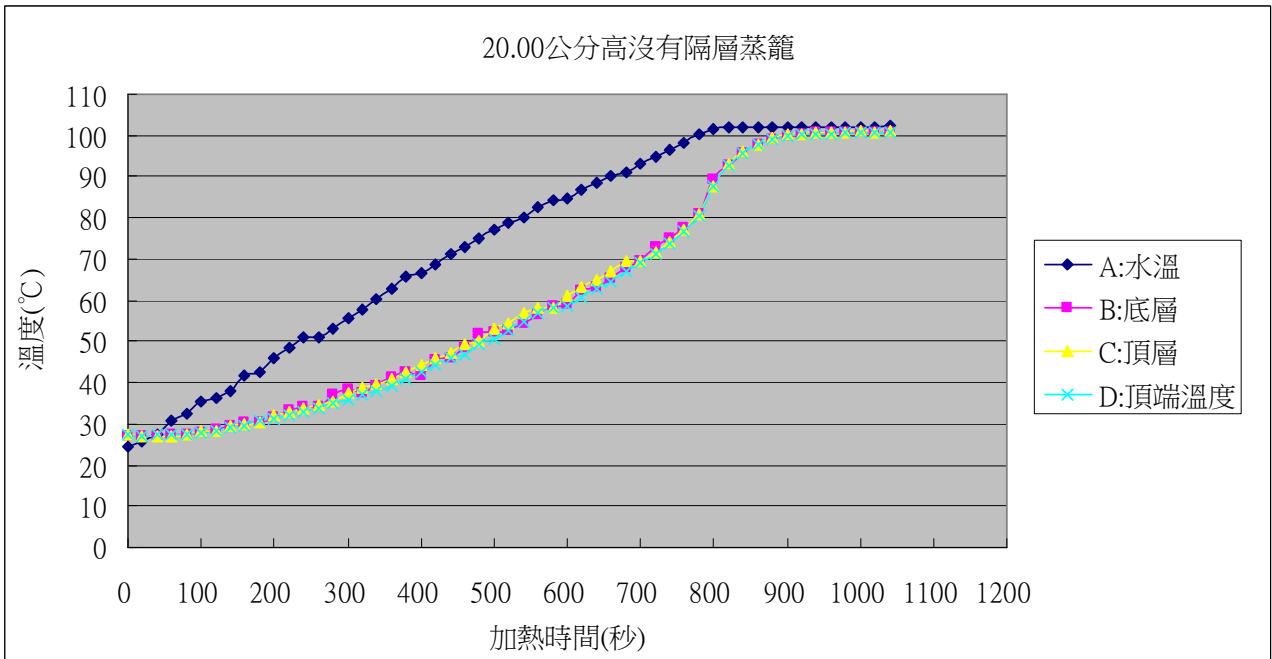


圖 63 20.00 公分高沒有隔層蒸籠

說明：

分析圖 55、圖 60、圖 61、圖 62 及圖 63 後發現，**隔層孔徑越大者，其溫度暴衝現象越不明顯，沒有隔層蒸籠則沒有明顯溫度暴衝現象。**

圖 64	圖 65	圖 66	圖 67
隔層孔徑 0.50 公分 (共 9 孔)	隔層孔徑 0.70 公分 (共 9 孔)	隔層孔徑.1.00 公分 (共 9 孔)	隔層孔徑 1.30 公分 (共 9 孔)

五、利用光敏電阻及溫度計測量蒸籠(有隔層)內的溫度、水霧及水蒸氣含量的變化。



圖 68 實驗圖

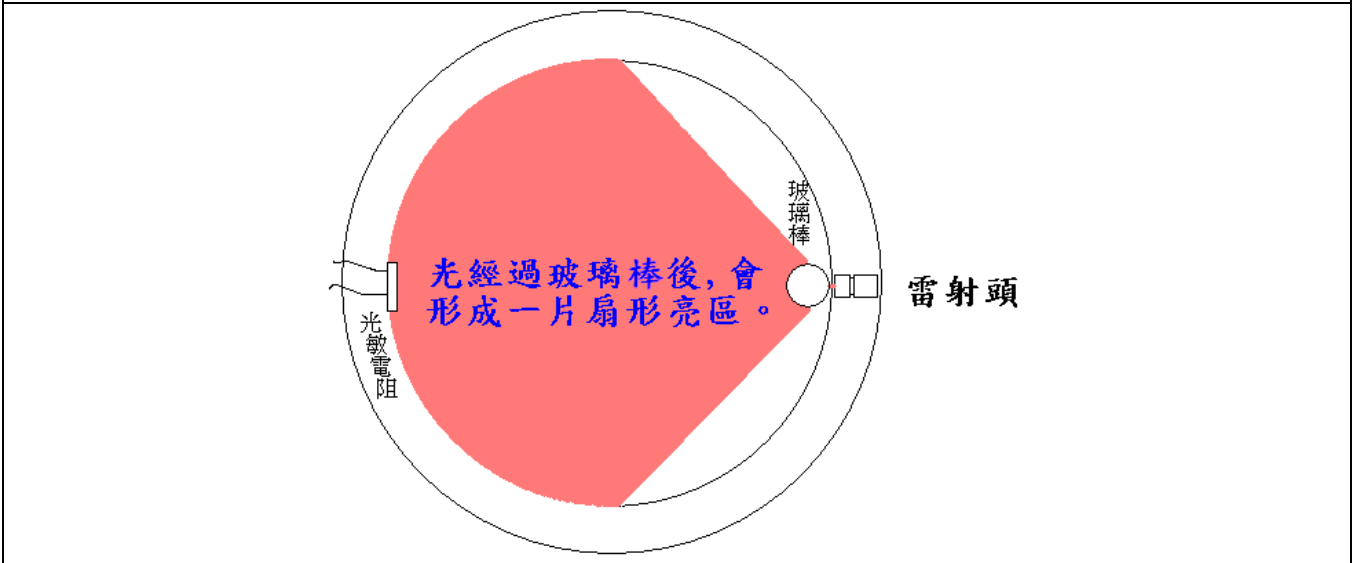


圖 69 在雷射頭前面加裝一根玻璃棒，雷射光會因玻璃棒的折射，形成一個扇形的面。

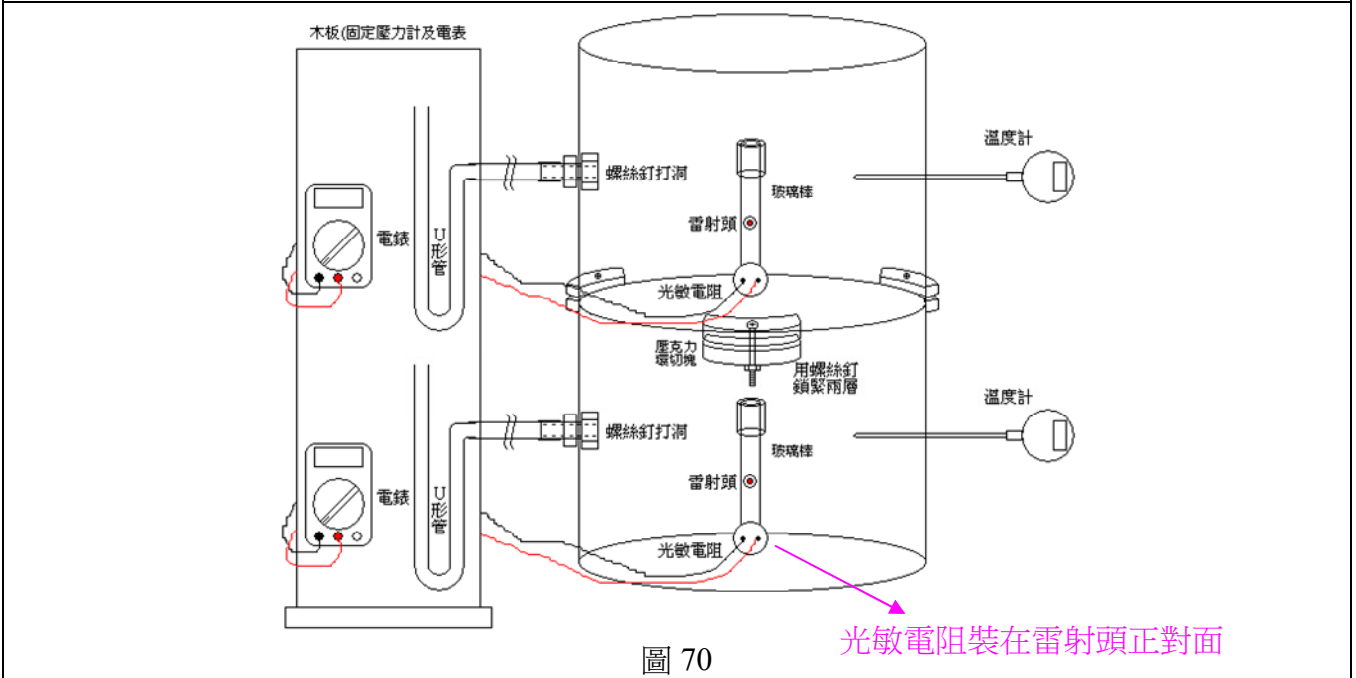


圖 70

水霧量增加時，光敏電阻接收到較少的雷射光，電阻值增加，可以藉此觀察水霧量。

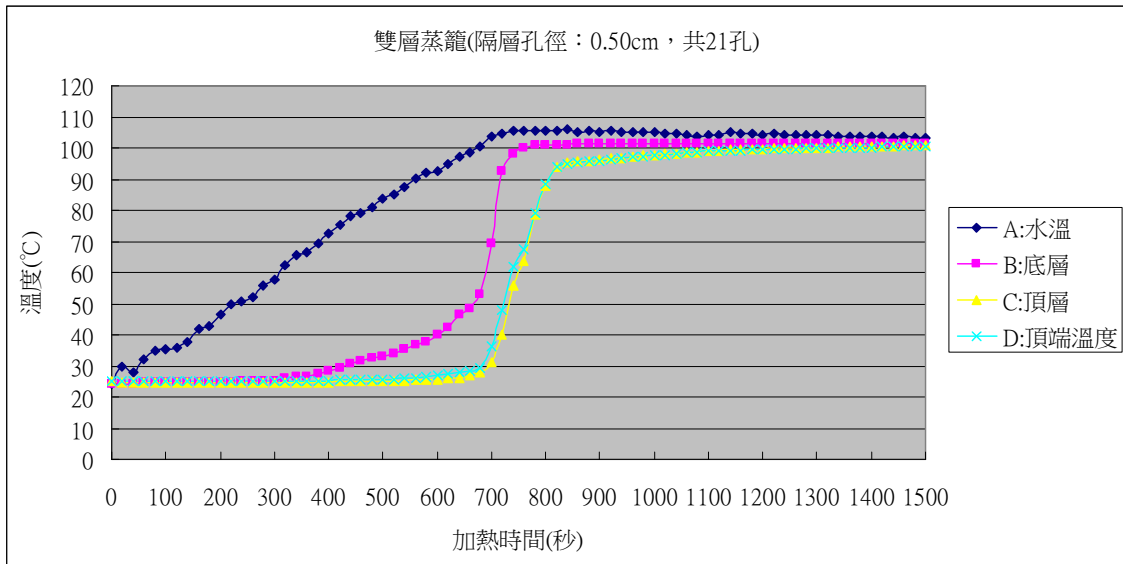


圖 71 20.00 公分高雙層蒸籠內溫度與加熱時間的關係圖

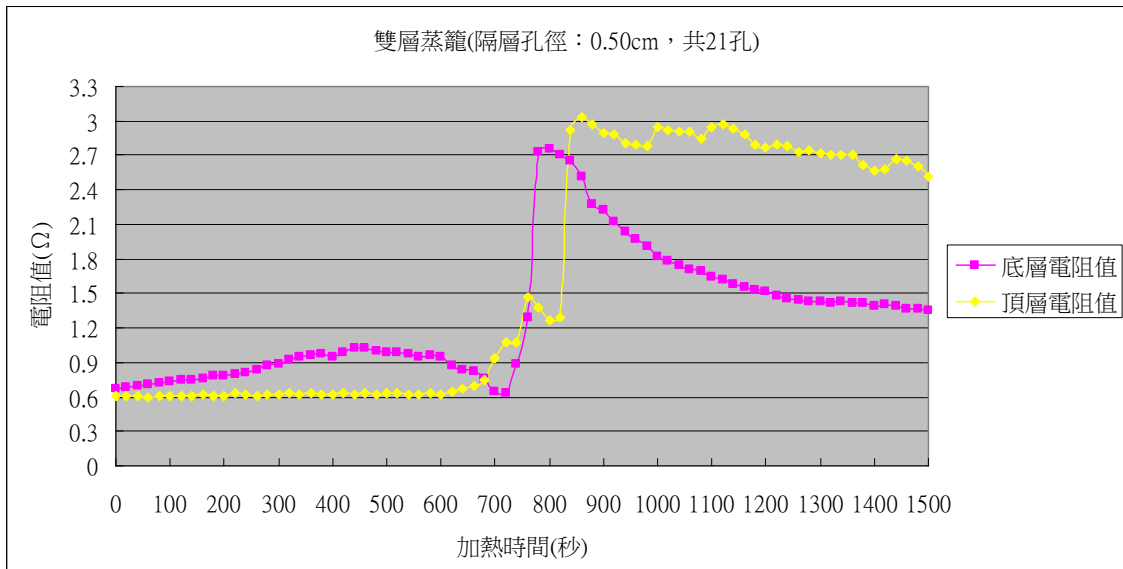


圖 72 20.00 公分高雙層蒸籠內利用光敏電阻所測電阻值與加熱時間的關係圖

說明：

- (一)剛開始加熱時，最底層蒸籠內白色水霧量增加，所以光敏電阻數值增加。
- (二)接著，電阻下降，分析原因是因為光敏電阻本身因為溫度上升而使電阻值下降。
- (三)當底層蒸籠溫度暴衝現象發生時，蒸籠內產生大量的白色小水滴，阻擋了雷射光的行進，因此光敏電阻的電阻值大幅增加。
- (四)當蒸籠內溫度到達 100°C 左右時，電阻值又慢慢的下降，代表小水滴已變成高溫透明水蒸氣，此時，利用自製壓力計發現蒸籠內的氣壓大於外界的壓力。

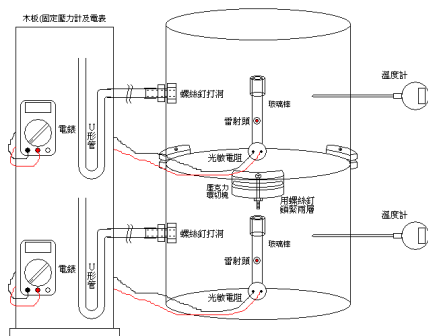


圖 73 多層蒸籠設計圖



圖 74 多層蒸籠實物圖

六、設計三款改良式蒸籠。

(一) 改良式蒸籠第一型：從研究二可以知道，蒸籠體積越小，加熱蒸籠所需的時間就越短，因此設計可以調整蒸籠容積的可調式蒸籠，便可以控制加熱時間，並使食物同時蒸熟。

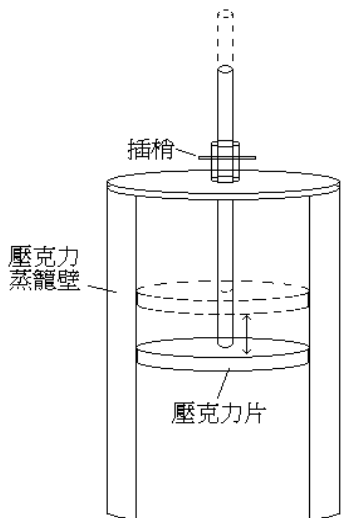


圖 75 設計圖(在壓克力棒上鑽洞，並以插梢固定)



圖 76 可調式蒸籠實物圖

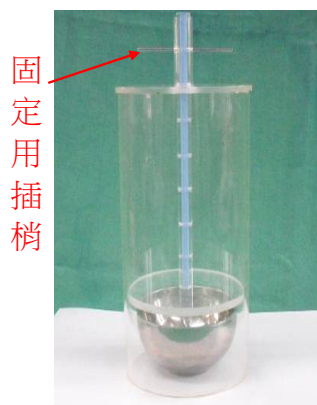


圖 77
可調式蒸籠內附一個鐵碗



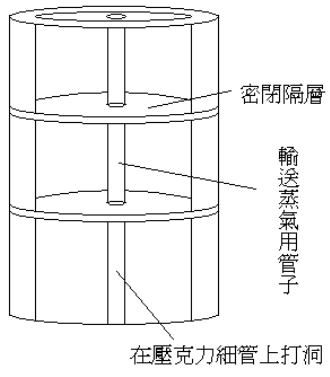
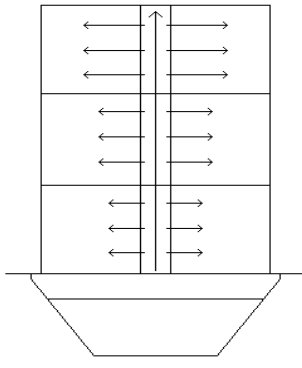
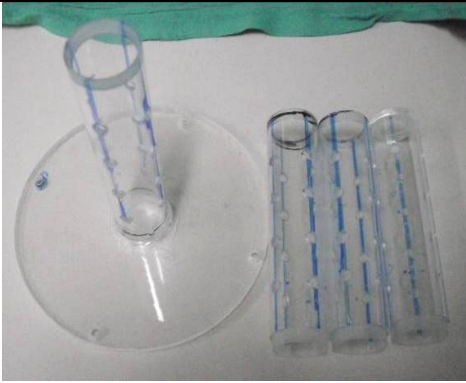

圖 78
可調式蒸籠內附兩個鐵碗



圖 79
可調式蒸籠內附三個鐵碗

(二) 改良式有隔層蒸籠(第二型)：

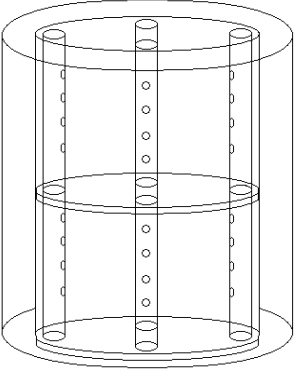
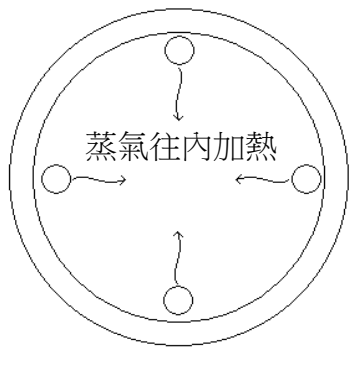
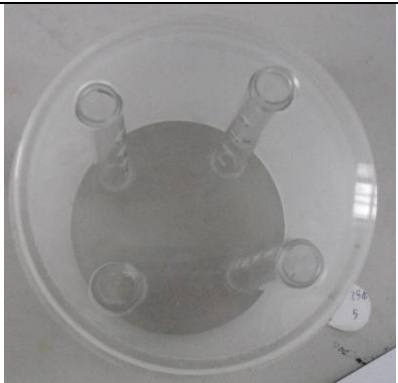
於蒸籠中間使用一根管子來輸送蒸氣，可以幾乎同時加熱每一層蒸籠，或控制頂層先熟。

 <p>圖 80</p>	 <p>圖 81</p>
<p>改良式蒸籠示意圖</p>	<p>蒸氣出孔在中央</p>
 <p>圖 82</p>	 <p>圖 83</p>
<p>中間的壓克力細管實物</p>	<p>中間管子組裝後的實物</p>

由實際研究發現，傳統多層蒸籠是最下層先熟，需將底層蒸籠取出，較為費力。而且當第二層食物蒸熟時，最底層蒸籠內水氣量已經太高，通常上層熟之後，最下層的食物已經糊掉了，若是可以控制上層先熟，則可以較輕易的拿取。

缺點：若食物太大，蒸籠內中間的管子會卡到食物。




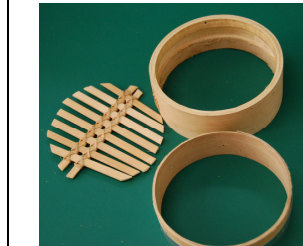
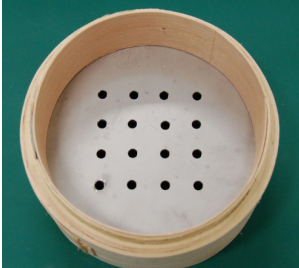

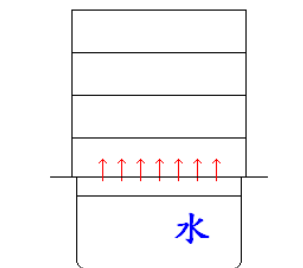


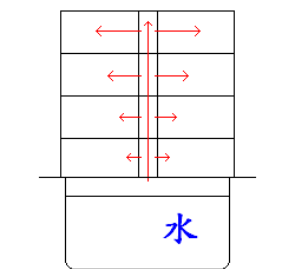


(三) 改良式有隔層蒸籠(第三型)：將輸送蒸氣用的管子移製蒸籠側邊，做更有效的空間利用。

 <p>圖 84</p>	 <p>圖 85</p>	 <p>圖 86</p>
<p>改良式蒸籠示意圖 (將蒸氣輸送管由中央移至側邊)</p>	<p>改良式蒸籠俯視圖： 管子輸送蒸氣</p>	<p>改良式蒸籠的實物(最底層)</p>

優點：除了有第一代的優點(使上層先熟)之外，且克服了第一代的缺點，不會有食物放置位置的問題

(四) 改良實際傳統竹製蒸籠：

1. 運用溫度暴衝現象加以改良傳統蒸籠。
2. 我們將傳統蒸籠的隔層拆掉(如圖 87~圖 90)，換上打有 16 個洞的鐵片當成實驗對照組(如圖 91、圖 92)。實驗數據關係圖請見圖 99。
3. 換上用白鐵製作的鐵管(如圖 94、圖 95)，發現設計出來的改良式蒸籠(如圖 97)可以大幅的提高效率。實驗數據關係圖請見圖 100。
4. 使用改良式蒸籠實際蒸煮食物(如圖 98)。實際蒸過食物發現，改良式蒸籠的確可以使頂層的效率提高，並且方便拿取。

			
<p>圖 87</p>	<p>圖 88</p>	<p>圖 89</p>	<p>圖 90</p>
<p>拆掉蒸籠的上環</p>	<p>拆下來的上環</p>	<p>拆掉蒸籠的隔層</p>	<p>完成拆卸</p>
			
<p>圖 91</p>	<p>圖 92</p>	<p>圖 93</p>	<p>圖 94</p>
<p>放入已鑽孔鐵片 (製作傳統蒸籠加熱方式的隔層蒸籠)</p>	<p>三層隔層蒸籠 (隔層孔徑 0.50cm 共 16 孔)</p>	<p>傳統式蒸籠加熱方式 示意圖 (下層較快達到高溫)</p>	<p>改良式蒸籠實物 (可以接成多層)</p>
			
<p>圖 95</p>	<p>圖 96</p>	<p>圖 97</p>	<p>圖 98</p>
<p>改良式蒸籠實物 (最頂層的蒸籠層)</p>	<p>改良式蒸籠加熱方式 示意圖 (上層較快達到高溫)</p>	<p>三層改良式蒸籠及蓋子</p>	<p>使用改良式蒸籠 實際蒸煮食物</p>

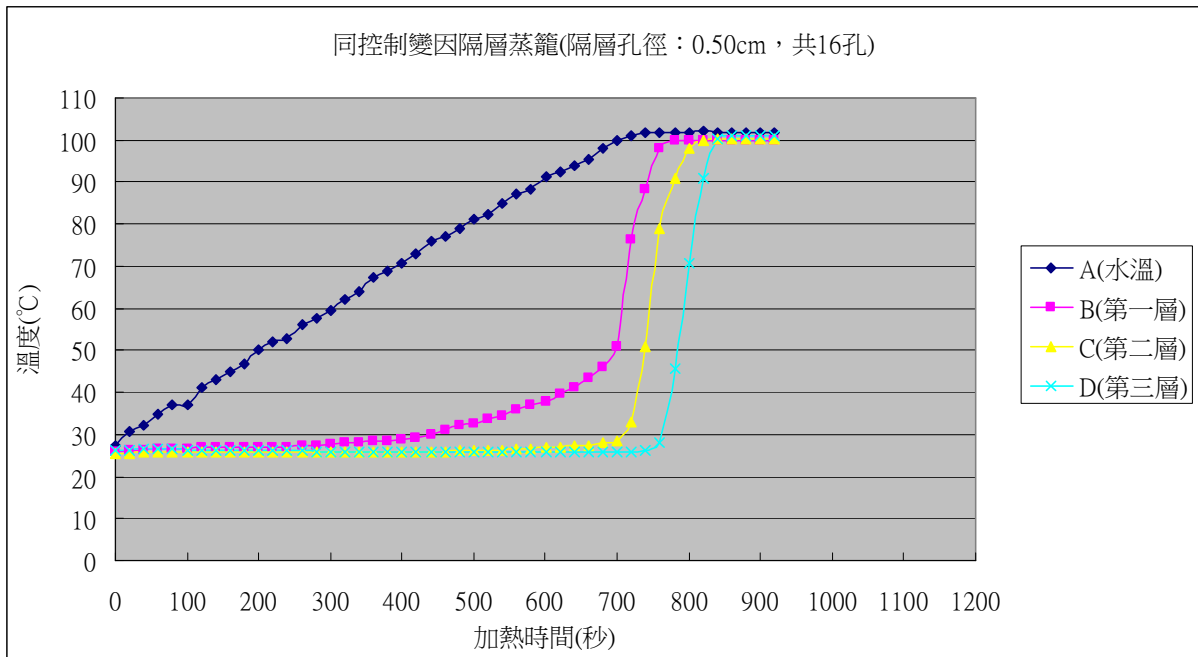


圖 99 傳統隔層蒸籠三層(隔層孔徑 0.50cm，共 16 孔)

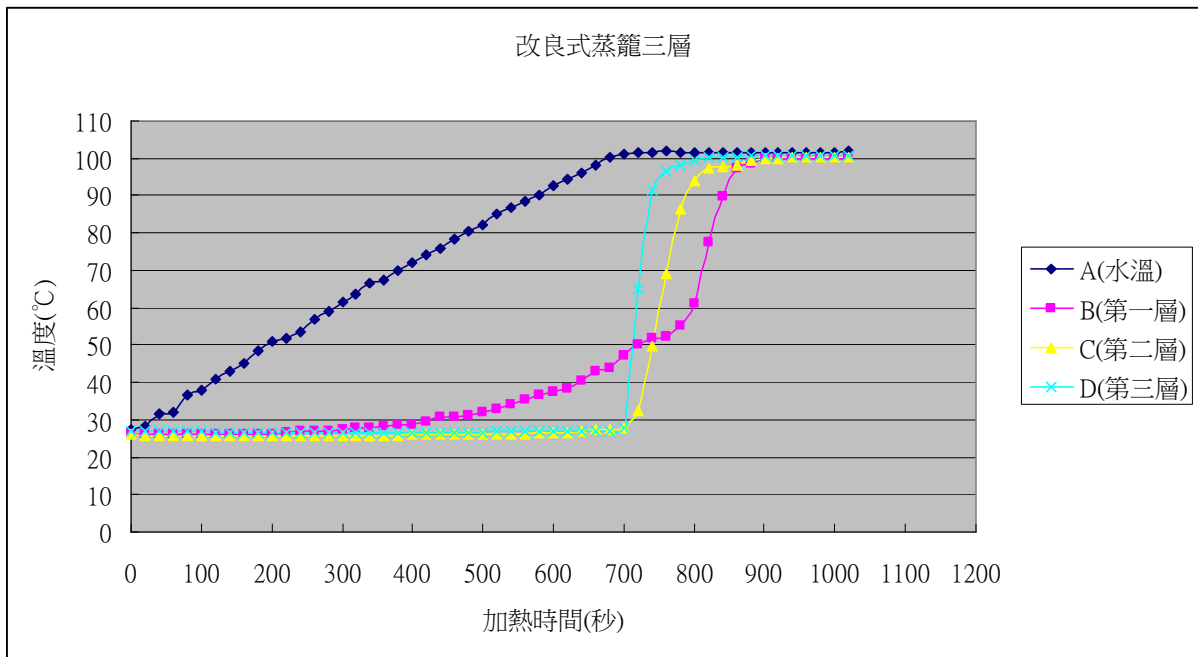


圖 100 改良式三層蒸籠(蒸氣出孔在中央，孔徑 0.50cm，共 16 孔)

說明：

- (1)從圖 101 可以看到，傳統式的蒸籠加熱到達高溫的順序是由第一層慢慢往上加熱。
- (2)從圖 102 可以看到，改良式蒸籠的第三層較其他兩層快達到高溫，最後第一層才達到高溫。



圖 101

實驗用的小饅頭



圖 102

使用 16 洞隔層蒸籠蒸饅頭



圖 103

使用改良式蒸籠蒸饅頭



圖 104

饅頭蒸熟囉！

陸、討論

一、溫度暴衝現象：

分析數據時發現，壓克力直管內溫度的溫度變化率會在某個時間大幅上升，經對照水溫發現，由於水的溫度突破沸點時，會使蒸氣量大增，這時從自製的蒸氣觀察裝置觀察到有大量的水蒸氣凝結成小水滴，從八上的理化課本知道，水要從 100°C 的水變成 100°C 的水蒸氣需要吸收相當大的熱，每公克的水大約可以吸收 540 卡的熱量，當水蒸氣大量的凝結成小水滴時，為放熱反應，會放出巨大的能量，所以可以使蒸籠內的溫度大幅的上升。

※ 溫度變化率： $(\text{這個時間點的溫度}-\text{前一個時間點的溫度})\div\text{時間差}$ ，舉例來說，40 秒時為 20°C，20 秒為 19°C，20 秒到 40 秒的溫度變化率就是 $(20-19)\div 20=0.05(\text{°C}/\text{秒})$

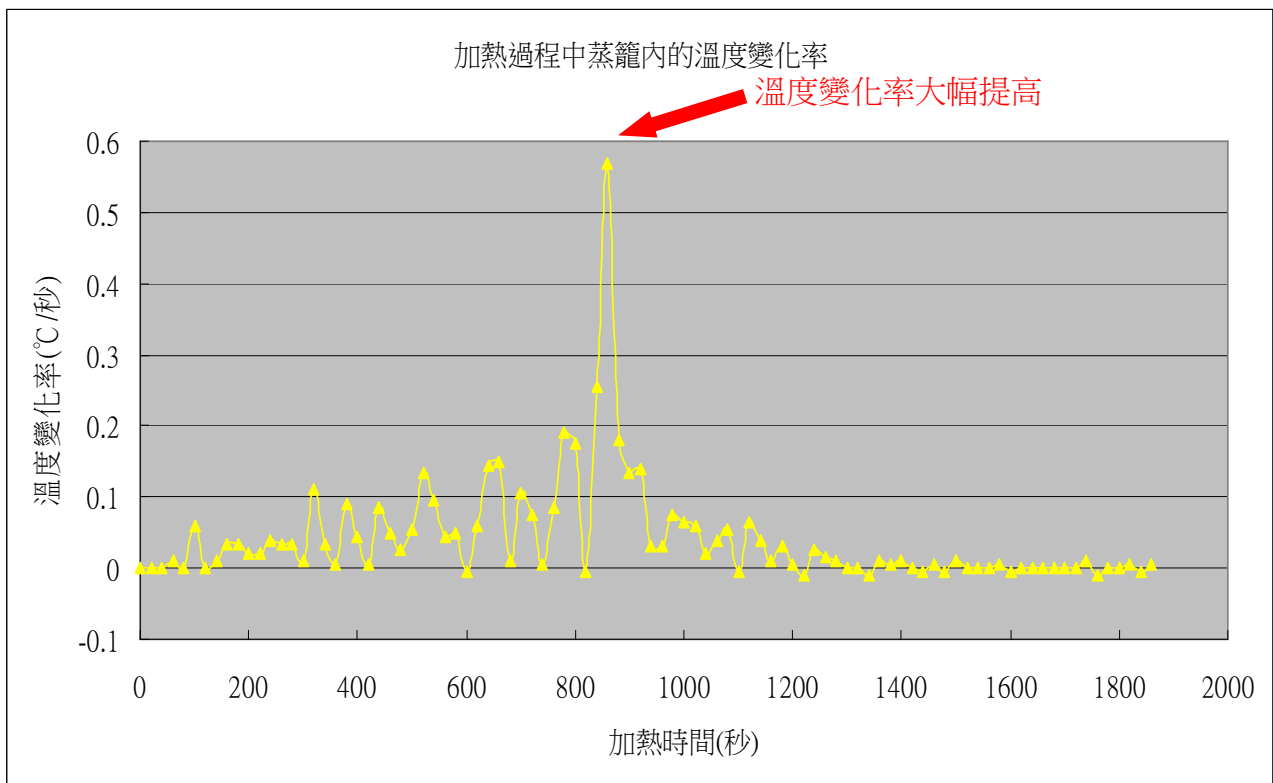


圖 105 壓克力直管內單位時間的溫度變化率

在 860 秒時，有一個明顯的峰值，因為這時的水溫，達到沸點，水蒸氣大量增加，同時大量的凝結成小水滴，放出大量的熱，造成蒸籠內的溫度大幅提高

二、溫度停止上升(分階段溫度暴衝現象)

(一)在分析數據時發現，蒸籠只要有隔層，自製壓克力蒸籠就會有溫度暴衝現象。

(二)但是我們發現，有時候三層的自製壓克力蒸籠頂端的溫度並非直接上升到高溫，而是會維持在大約九十幾度的溫度，甚至稍微下降，這時其他層的溫度都已經超過 100°C 了，我們在很多的實驗中，都有發現這種現象。

(三)後來在某一次的實驗中，又發生了溫度無法上升的情形(如圖 106 所示)，我們試著抽掉一支溫度計，蒸籠頂端的溫度便快速達到 100°C 左右的高溫(藍色線段標示處)。

(四)經過分析後，原來是因為壓克力蒸籠的密閉環境使得蒸籠內原本低溫的空氣被推擠至上層，這時的空氣密度大，不容易加熱，造成上層的溫度始終停留在八九十度或是沒有隨著溫度暴衝現象到達高溫，經反覆實驗後發現，適度的洩壓可以幫助蒸籠將不容易加熱的空氣排出蒸籠，使蒸籠較容易達到高溫。

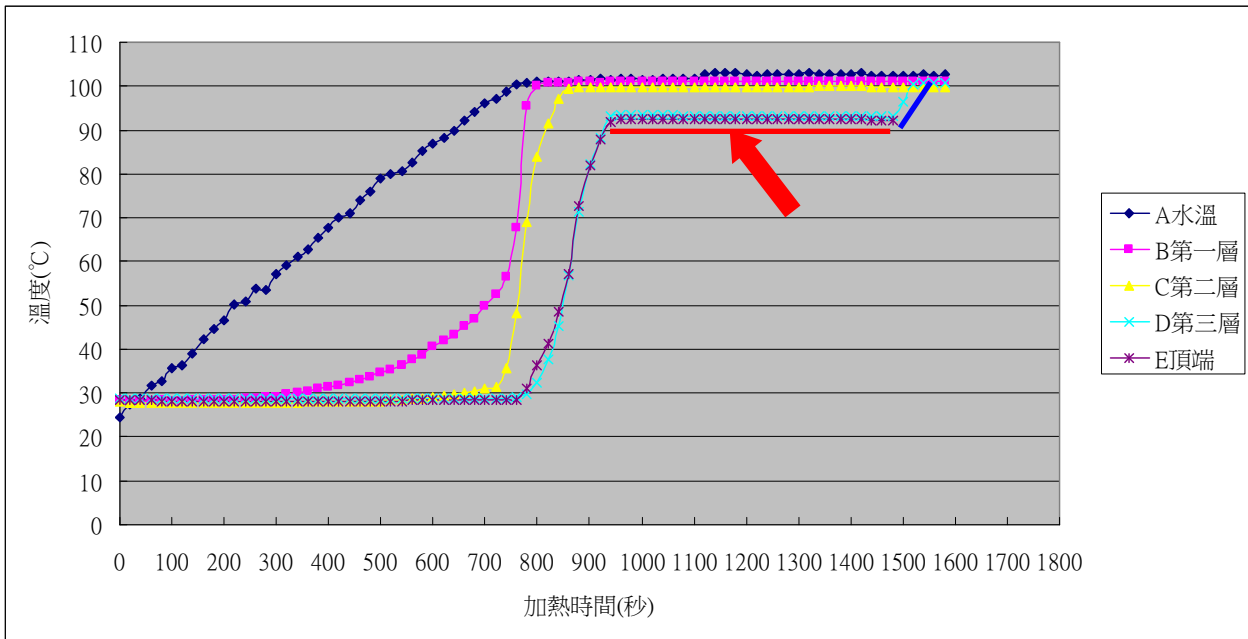


圖 106 圖中的紅色箭頭標示的地方為第三層的溫度，一直維持在 93.1°C 左右抽掉頂端的溫度計後(藍色標線處)，溫度便快速達到高溫(100.8°C)



圖 107 抽掉頂端的溫度計，結果，蒸籠第三層的溫度快速上升至 100°C。

三、蒸籠因為是靠水蒸氣在加熱的，而水蒸氣多的時候(加熱至高溫時)，會造成蒸籠內的壓力會比外界來得大。如下圖所示。

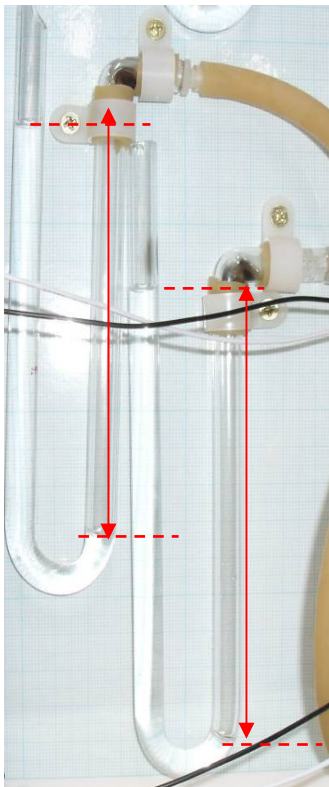


圖 108 蒸籠內的壓力大於外界壓力

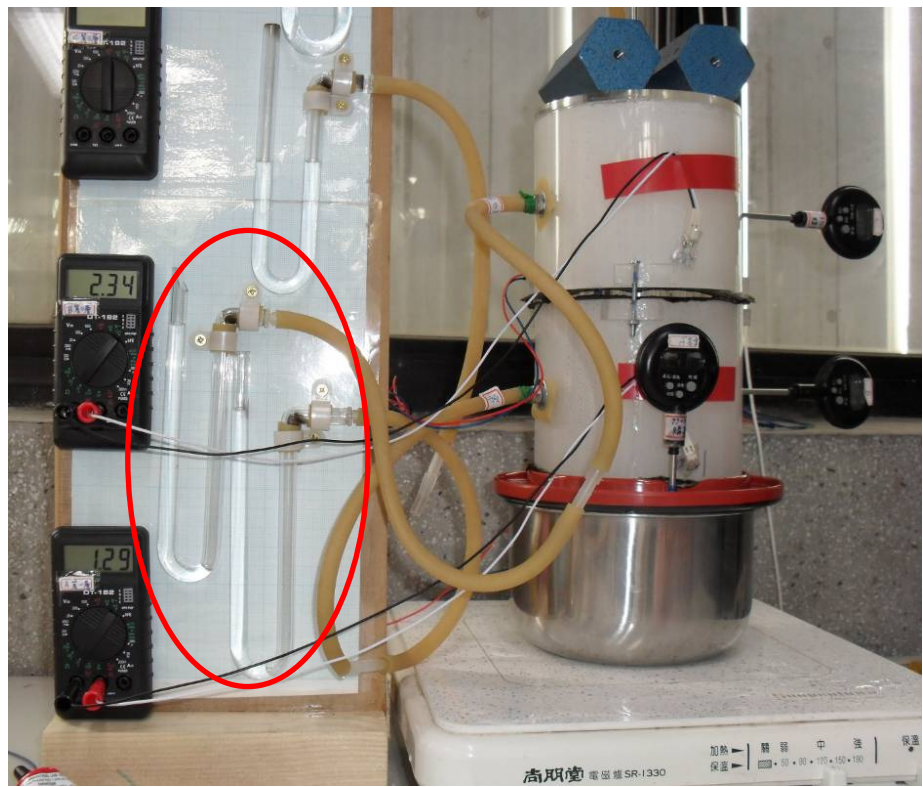
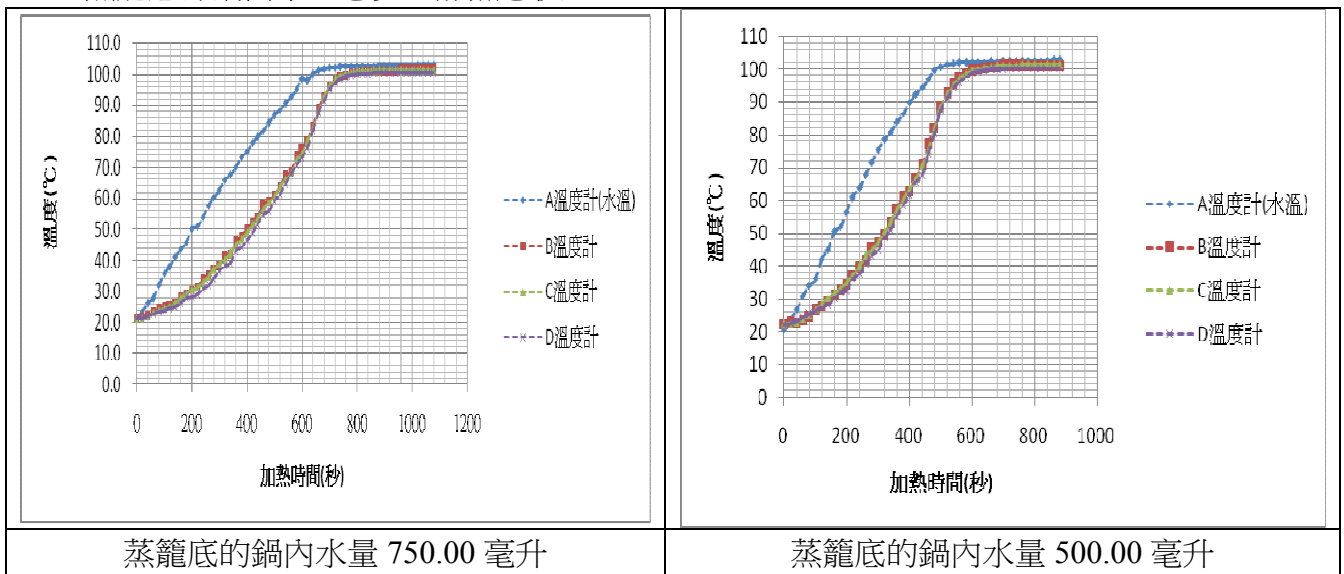


圖 109 可偵測壓力蒸籠的實際加熱情形(紅色圓圈處為自製壓力計)

四、蒸籠底部鍋內水量愈少，加熱愈快。



可以發現，水量越少，溫度上升的曲線越往 Y 軸(溫度軸)偏移，代表水沸騰的時間縮短，可以使蒸籠內的溫度更快達到高溫

柒、結論

- 一、從研究一可以知道，加熱過程中蒸籠內的溫度未達熱平衡時，溫度以底層溫度最高。
- 二、從研究二可以知道，蒸籠體積越大，所需加熱時間越久。
- 三、從研究三可以知道，蒸籠內的隔層會影響溫度分佈，並有溫度分層暴衝的現象。
- 四、在研究四中知道，蒸籠隔層孔洞越小，以底層最先達穩定高溫。並且溫度會有暴衝的現象。隔層的孔徑越大，溫度暴衝現象就越不明顯。
- 五、從研究五可以知道蒸籠內的水霧量在溫度暴衝現象發生時，會大幅提高，但是之後又會變成透明的高溫水蒸氣。可以推得，溫度暴衝現象是由於水發生相變時(水蒸氣→水)，會放出大量的熱，造成蒸籠內溫度急遽上升。
- 六、在研究六中利用前面研究數據設計出三款改良式蒸籠，以及實際成品。

捌、參考資料

- 一、尤丁玫等編著(民國 98 年)，自然與生活科技 2 上(P.122~P.151)，康軒出版
- 二、管傑雄等編著(民國 90 年)，物質科學-物理篇下(161-200 頁)，三民書局出版

【評語】 030821

以國中生具有之理化知識，探究傳統蒸籠之基本原理，並予改良，相當具有創意。實演內容豐富完整，對溫度變化的討論，亦析理明白，是難得之作品。未來可朝更廣泛應用，如自民生用延伸至工業應用等發展，可更提高其應用價值。