

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 物理科

030102

ㄋㄟㄋㄟ的溫度準不準？

學校名稱：屏東縣立明正國民中學

作者： 國二 張芯瑜 國二 楊允琦 國二 倪曼菱	指導老師： 陳盈吉 鍾梅英
---	-----------------------------

關鍵詞：奶瓶測溫器、熱傳導、對流現象

摘要

本研究實驗結果顯示市售的奶瓶測溫貼因為瓶內外溫度差，及本身顯示的度數極少，造成瓶內真實溫度和瓶外貼片顯示溫度有極大的差別，可能對於嬰兒的喝奶溫度造成誤差而使嬰兒受到傷害。實驗中我們也探討了不同材質的奶瓶，測得誤差值的大小有所不同，並最後也推算出修正函數讓貼片顯示的溫度能夠更準確。最後本實驗以 14.89%的奶水外側以紅外線感測器來測量外側溫度，發現無論為玻璃或是塑膠材質的奶瓶，其外側中間與內側中間的溫度變化趨勢幾乎一致，且兩者相關係數達到 0.92 以上，可用來設計製造出一個更能測得奶瓶內真正溫度的測量儀器。

壹、研究動機

最近媽媽泡牛奶時，因為一時大意沒有試喝，燙到剛足兩歲的小弟弟。一直以來，她都是參考感溫貼片上的標示後還會試喝看看溫度合不合適，但這次忘了，只看上面標示著 OK 就拿給弟弟喝，媽媽說他吸了一兩口後便立刻嚎啕大哭，這時班上正在招募參加科展的人員，我就想是不是可以測試看看感溫貼片的精確度並發明一個更準確的測量方式、工具。

貳、研究目的

- 一、探討市售的奶瓶溫度貼片對於不同材質奶瓶的測量準確度
- 二、探討奶粉與水的沖泡比例對於溫度變化的影響

參、研究設備及器材

玻璃奶瓶及塑膠奶瓶、紅外線溫度感測計、電子溫度計與連續監控面板、感溫貼片、奶粉、黏土、玻璃棒、量杯、電子秤、酒精燈、三腳架、陶瓷纖維網、火槍、電磁爐。

肆、研究過程及方法

一、 實驗前的奶瓶改裝:

本實驗要測量奶瓶貼對於瓶內真正溫度的誤差，需先要知道瓶內的溫度為何。另一方面我們考量到理化熱單元中所教到的熱對流現象，認為瓶內的上方、中間與下方的溫度應是不同的，所以我們預計要測量奶瓶內部與外部上方、中間與下方的溫度，其測量裝置如下列步驟與圖示：

步驟	圖示
(一) 將塑膠片剪成瓶蓋上開口的大小	
(二)在塑膠片上戳出三個洞	

(三)將溫度計按照
奶瓶上方、中
間與下方的高
度放上去並蓋
上黏土



(四)依此步驟完成
塑膠材質的奶瓶、
玻璃材質的奶瓶之
電子溫度計架設

**注意事項:三根溫度計不
可碰觸瓶壁及瓶底，黏土要
將奶瓶開口完全封住



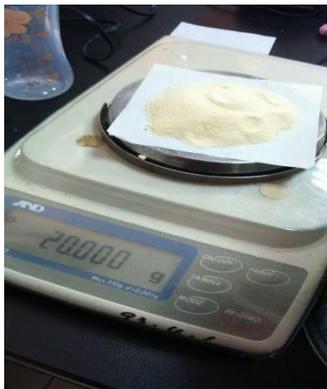
二、 使用奶瓶貼與電子溫度計測量瓶內熱水溫度

- (1). 將 240c.c.45°C 熱水倒入奶瓶(約為八分滿~九分滿)
- (2). 外層放置 3 個感溫貼片，內部分三層，各放置一支溫度計(盡量靠中間)
- (3). 每 30 秒紀錄一次所有溫度計的溫度，實驗 9 分鐘
- (4). 依照此步驟測量塑膠材質、玻璃材質的奶瓶內、外的熱水溫度，並加以記錄。
- (5). 市售感溫貼片共有四個溫度讀數，分別為 31°C、33°C、OK(37°C)、40°C 等四個溫度。



三、 測量不同濃度的奶水之奶瓶內、外溫度差

- (1). 將量好的奶粉(20、25、30、35 公克)倒入 200 毫升 45°C 水的奶瓶中。



- (2)將 200c.c.熱水倒入裝有奶粉的奶瓶
- (3)外層放置 3 個感溫貼片，內部分三層，各放置一支溫度計(盡量靠中間)
- (4)每 30 秒紀錄一次所有溫度計的溫度，實驗 9 分鐘
(右圖為記錄表)
- (5) 玻璃材質與塑膠材質之奶瓶進行相同實驗，每種不同奶粉濃度重複 3 次數據。

伍、研究結果

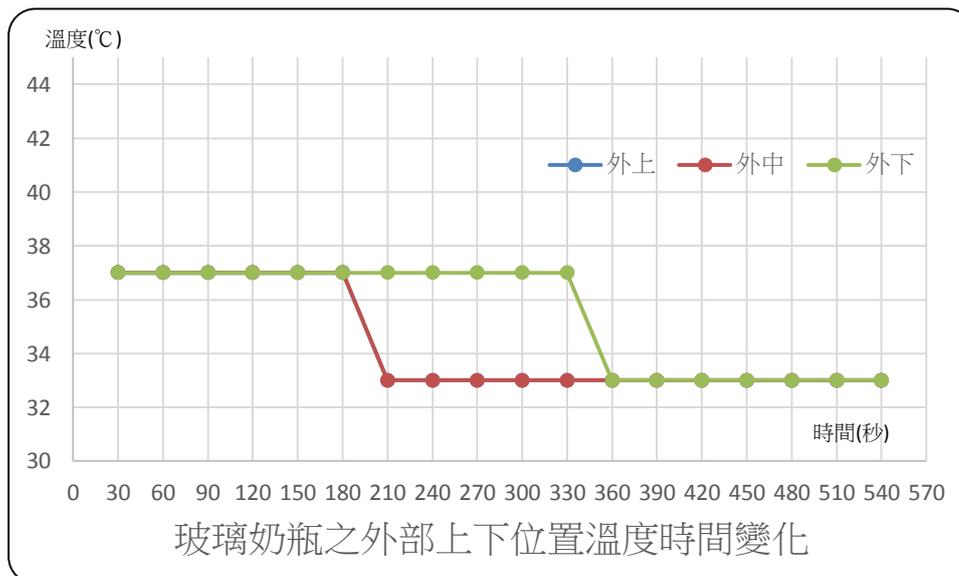
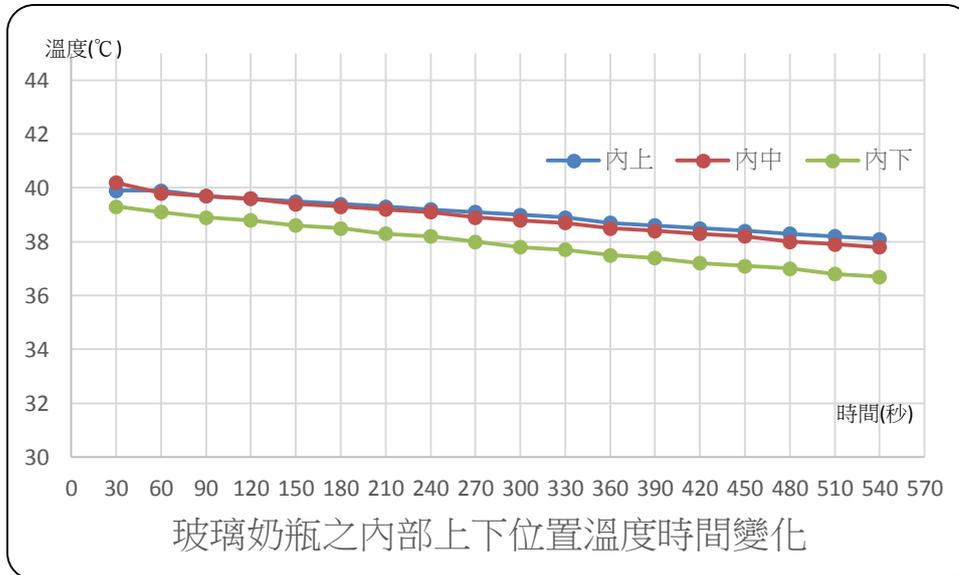
實驗一：使用奶瓶貼與電子溫度計測量瓶內熱水溫度

此實驗我們使用 45°C 的熱水放入玻璃奶瓶、塑膠奶瓶中進行內、外部之上、中、下方的溫度測量，結果如下表與圖示：

表 5-1：玻璃奶瓶、塑膠奶瓶內、外部之上、中、下方溫度測量

玻璃奶瓶									
溫度計	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒	210 秒	240 秒	270 秒
內上(°C)	39.9	39.9	39.7	39.6	39.5	39.4	39.3	39.2	39.1
內中(°C)	40.2	39.8	39.7	39.6	39.4	39.3	39.2	39.1	38.9
內下(°C)	39.3	39.1	38.9	38.8	38.6	38.5	38.3	38.2	38.0
外上(°C)	37	37	37	37	37	37	33	33	33
外中(°C)	37	37	37	37	37	37	33	33	33
外下(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
溫度計	300 秒	330 秒	360 秒	390 秒	420 秒	450 秒	480 秒	510 秒	540 秒
內上(°C)	39.0	38.9	38.7	38.6	38.5	38.4	38.3	38.2	38.1
內中(°C)	38.8	38.7	38.5	38.4	38.3	38.2	38.0	37.9	37.8
內下(°C)	37.8	37.7	37.5	37.4	37.2	37.1	37.0	36.8	36.7
外上(°C)	33	33	33	33	33	33	33	33	33
外中(°C)	33	33	33	33	33	33	33	33	33
外下(°C)	37	37	33	33	33	33	33	33	33
塑膠奶瓶									
溫度計	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒	210 秒	240 秒	270 秒
內上(°C)	40.7	40.5	40.4	40.4	40.2	40.1	40.0	39.8	39.7
內中(°C)	40.3	40.8	40.6	40.5	40.4	40.3	40.2	40.0	39.9
內下(°C)	40.7	40.7	40.5	40.4	40.2	40.1	40.0	39.8	39.7
外上(°C)	33	33	33	33	33	33	33	33	33
外中(°C)	33	33	33	33	33	33	33	33	33
外下(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
溫度計	300 秒	330 秒	360 秒	390 秒	420 秒	450 秒	480 秒	510 秒	540 秒
內上(°C)	39.5	39.4	39.4	39.3	39.2	39.1	38.9	38.9	38.8
內中(°C)	39.8	39.7	39.5	39.4	39.3	39.2	39.1	39.0	38.9
內下(°C)	39.5	39.4	39.3	39.2	39.0	38.9	38.8	38.7	38.5
外上(°C)	33	33	33	33	33	33	33	33	33
外中(°C)	33	33	33	33	33	33	33	33	33
外下(°C)	37	37	37	33	33	33	33	33	33

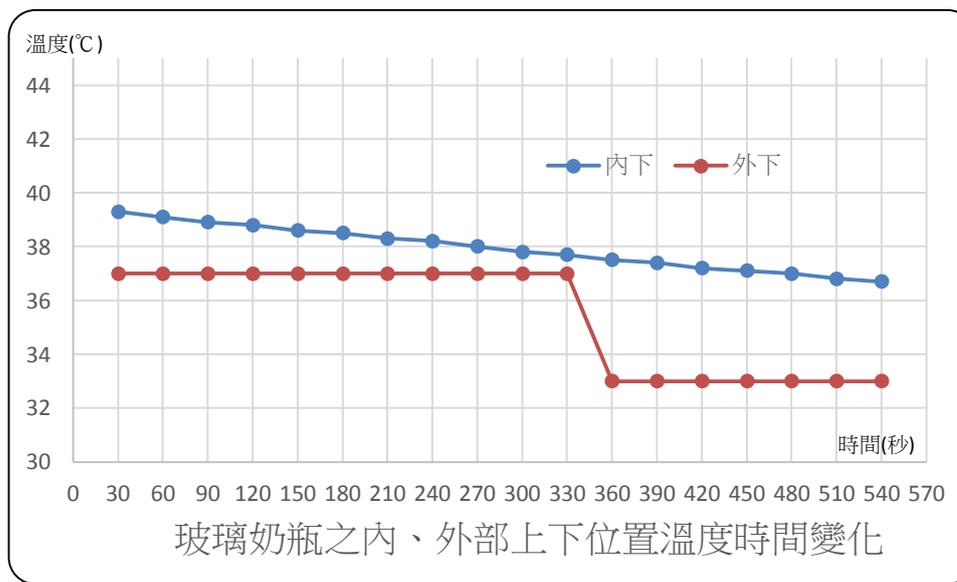
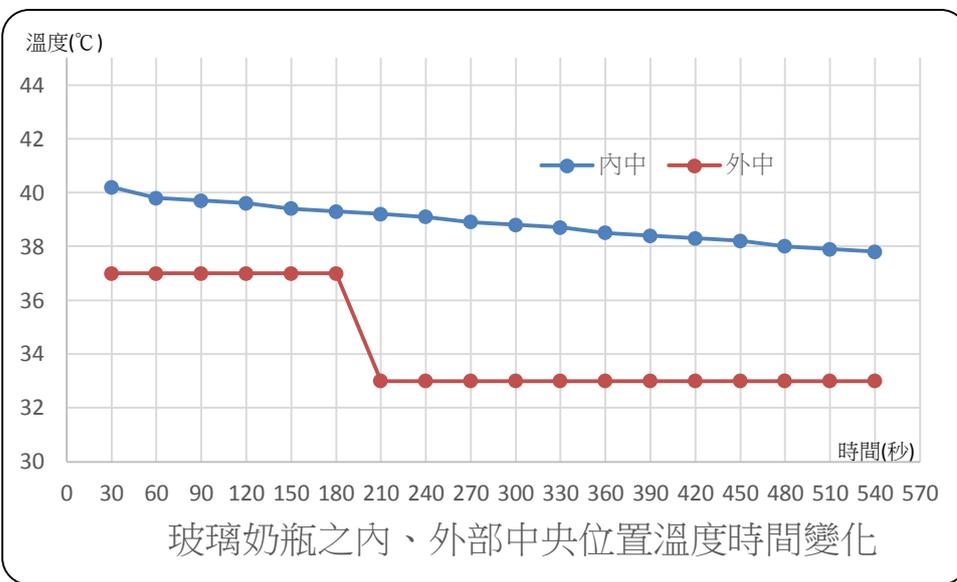
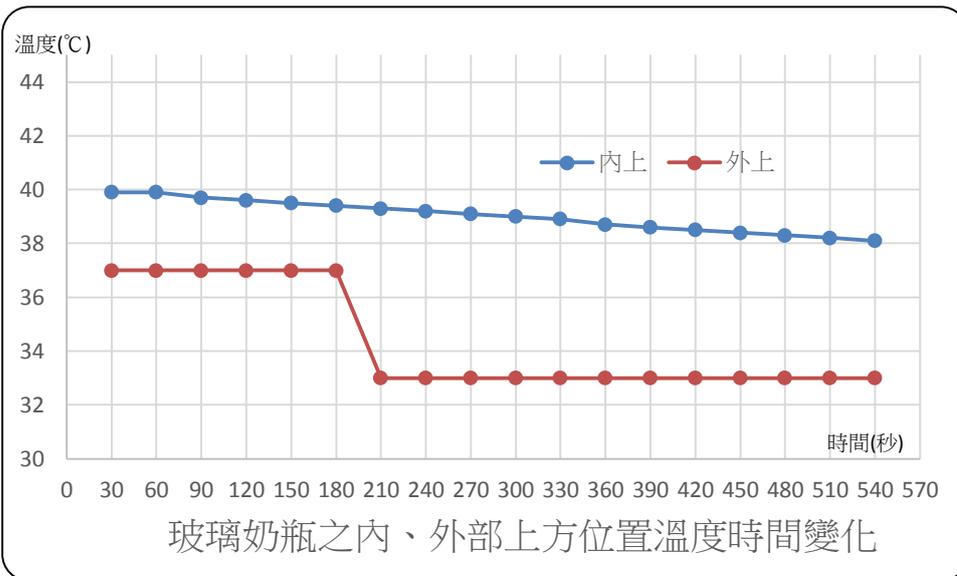
(一) 比較玻璃材質之內、外部之上、中、下方位置之測量差異
測量結果如下方圖示：



由上方兩張圖是可發現

1. 玻璃奶瓶之內部溫度不論是上、中、下都隨著時間增加而降低，以下方下降溫度較為快速，而上方下降溫度較為緩慢。
2. 玻璃奶瓶之外部奶瓶貼之上、中、下方溫度無法呈現明顯的下降趨勢，數據幾乎都重疊，僅在 180 秒~360 秒之間外部中央的溫度有呈現與上方、下方分離的趨勢。

接著我們繼續比較玻璃瓶內部、外部在同一個位置的溫度下降趨勢比較，結果如下圖所示：

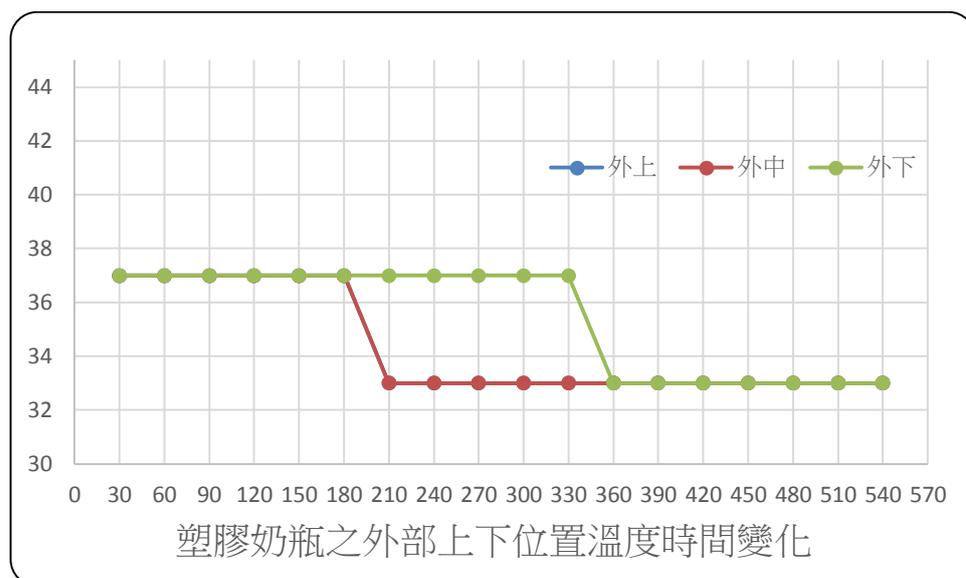
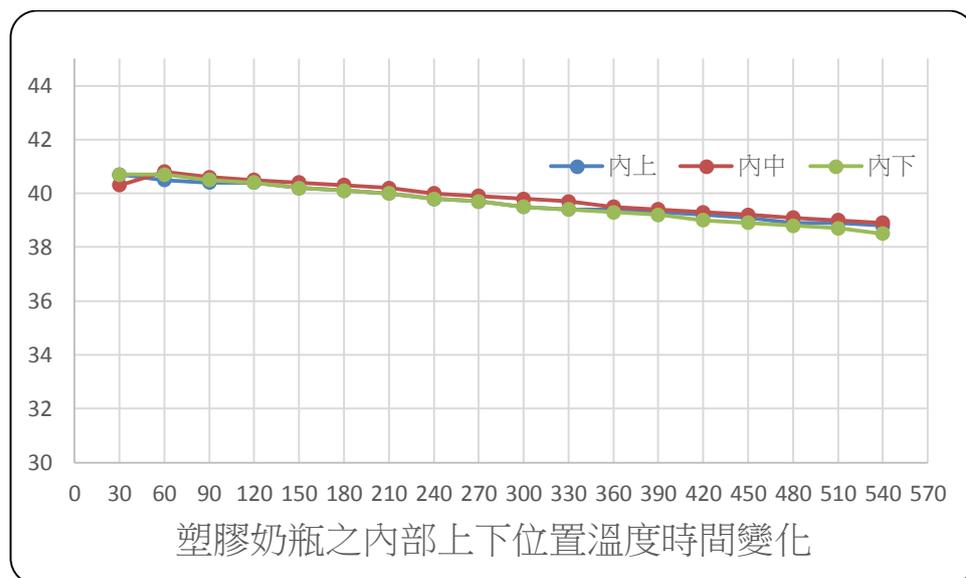


由以上的分析可推知

1. 玻璃材質的內、外部在上中下位置的時候，內部位置的溫度都高於外部溫度。
2. 在上層與中層位置內、外最接近的時間點為 180 秒，但是兩者仍有較大的誤差；而下層溫度的內、外在 330 秒之間最為靠近，誤差較小。
3. 當內部溫度下降至適當的 37°C 的時候，外測的溫度貼都已經顯示為過冷了。
4. 顯示外部的溫度貼與內部實際的溫度都有落差，當奶瓶貼顯示為 OK 的時候，而內部卻是仍高於 37°C，可能會燙傷嬰兒。

接著我們繼續分析若奶瓶材質改為塑膠組成，其內、外部之上、中、下測量的溫度是否有所差異。

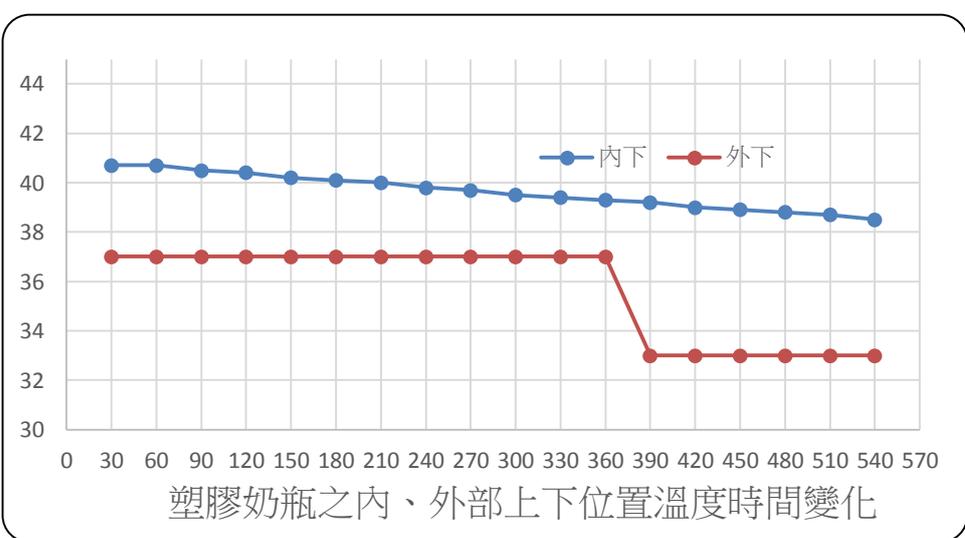
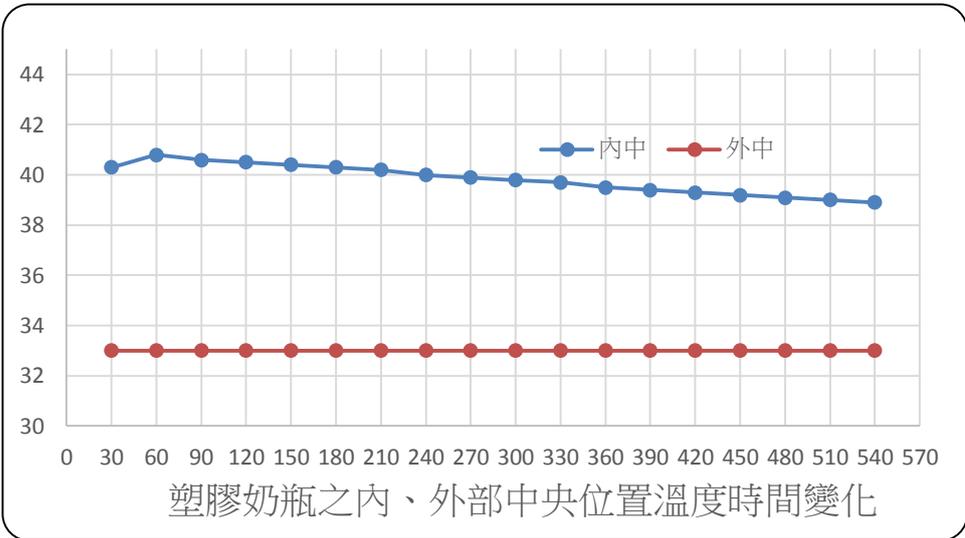
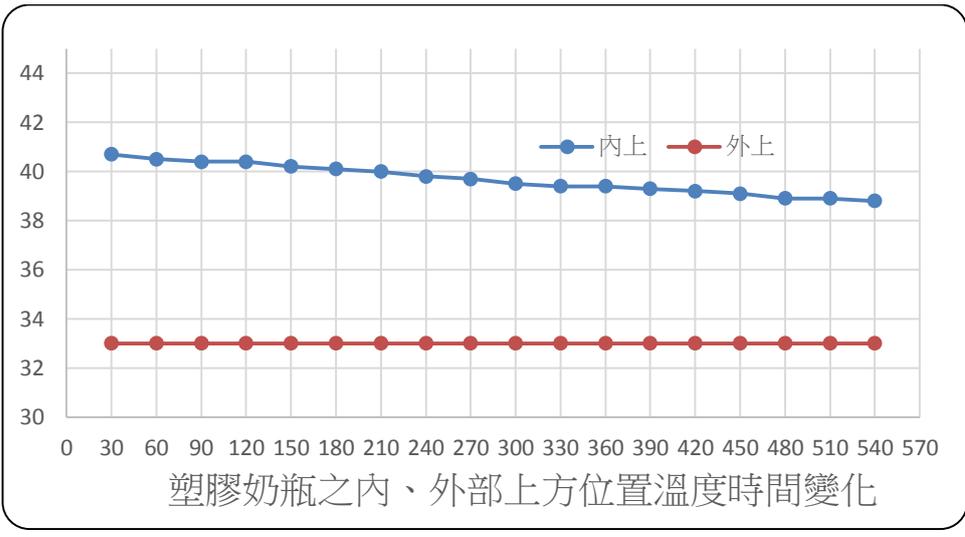
(二) 比較塑膠材質之內、外部之上、中、下方位置之測量差異



由分析塑膠材質的奶瓶中所得的幾點發現：

1. 塑膠材質的內部上、中、下層的溫度變化幾乎一致，沒有太大的溫大差異。
2. 塑膠材質的外部上、中、下層除了中間在 210~330 秒之間有差異之外，期瑜都重疊在 37 度和 33 度。

接著我們分析塑膠材質內、外之相同高度的溫度變化比較：



由分析結果，可得知以下幾點：

1. 塑膠材質的奶瓶在經過 570 秒之後，其內部的上、中、下層都無法到達專家建議的 37°C 的適宜溫度。
2. 外層的奶瓶貼所測出的上層、中層的溫度都只有在 33°C，與內層相對高度的溫度差異較大。
3. 下層的外部溫度與內部溫度在 0~360 秒內相距較小，可是當外部下層的奶瓶貼顯示 37°C OK 的時候，奶瓶內部達到 41°C~39°C，仍未達到專家所建議的嬰兒適飲用溫度 37°C。

綜合以上在玻璃奶瓶、塑膠奶瓶中所測得的熱水內、外部之上、中、下層溫度差異，大約歸納出下列幾點結論：

1. 由圖表我們可以得知玻璃奶瓶的瓶內溫度計與瓶外貼片溫度差約為 2~6 °C，塑膠奶瓶約為 3~7°C，使用玻璃奶瓶時，當貼片顯示 37 度，瓶中溫度為 37.7~40.2 度，顯示 33 度，溫度為 36.7~39.3。使用塑膠奶瓶時，貼片顯示 37 度，瓶中溫度為 39.3~40.7，顯示 33 度，溫度為 38.5~40.7。
2. 奶瓶內，上、中、下三層的溫度，最下層的溫度降得最快，中則其次，而最上層的溫度變化最為緩慢。

接著我們下段開始分析，在奶瓶內以不同濃度的奶水來分析內、外部上、中、下層的溫度變化差異，更接近真實的泡奶粉狀態。

實驗二：測量不同濃度的奶水之奶瓶內、外溫度差

一、奶粉:熱水=20 公克 :200 公克，濃度 9.09%

玻璃奶瓶

溫度計	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒	210 秒	240 秒	270 秒
內上(°C)	42.6	42.5	42.4	42.3	42.2	42.1	42.0	41.9	41.8
內中(°C)	42.5	42.5	42.5	42.5	42.4	42.3	42.2	42.3	42.1
內下(°C)	42.6	42.5	42.5	42.5	42.5	42.4	42.2	42.3	41.6
外上(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
外中(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
外下(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
溫度計	300 秒	330 秒	360 秒	390 秒	420 秒	450 秒	480 秒	510 秒	540 秒
內上(°C)	41.7	41.6	41.5	41.4	41.3	41.2	41.1	41.0	40.9
內中(°C)	41.9	42.0	41.9	41.8	41.7	41.6	41.5	41.3	41.3
內下(°C)	41.8	41.8	41.7	41.6	41.7	41.5	40.9	40.3	39.7
外上(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
外中(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
外下(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37

塑膠奶瓶

溫度計	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒	210 秒	240 秒	270 秒
內上(°C)	45.0	44.8	44.7	44.1	44.5	44.4	44.2	44.1	44.0
內中(°C)	44.9	45.1	45.1	45.0	45.0	44.	44.7	44.6	44.5
內下(°C)	45.3	45.3	45.2	45.3	45.2	45.0	44.9	45.0	45.0
外上(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
外中(°C)	33	33	33	33	33	33	33	33	33
外下(°C)	43	43	43	37	37	37	37	37	37
溫度計	300 秒	330 秒	360 秒	390 秒	420 秒	450 秒	480 秒	510 秒	540 秒
內上(°C)	43.7	43.5	43.5	43.2	42.9	43.0	42.9	42.8	42.7
內中(°C)	44.2	43.9	43.8	43.7	43.7	43.7	43.4	43.1	43.0
內下(°C)	45.0	44.8	44.7	44.7	44.4	44.5	44.5	44.3	44.2
外上(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
外中(°C)	33	33	33	33	33	33	33	33	33
外下(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37

二、奶粉:熱水=25 公克 : 200 公克，濃度 11.11%

玻璃奶瓶

溫度計	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒	210 秒	240 秒	270 秒
內上(°C)	41.0	40.9	40.9	41.0	40.8	40.7	40.6	40.6	40.5
內中(°C)	40.9	40.8	40.8	40.8	40.3	40.8	40.7	40.7	40.6
內下(°C)	40.3	40.0	40.5	40.4	40.8	40.4	40.0	40.2	40.0
外上(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
外中(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
外下(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
溫度計	300 秒	330 秒	360 秒	390 秒	420 秒	450 秒	480 秒	510 秒	540 秒
內上(°C)	40.3	40.3	40.2	40.1	40.0	39.8	39.7	39.4	39.3
內中(°C)	40.6	40.5	40.5	40.4	40.3	40.4	40.3	40.2	39.9
內下(°C)	39.6	39.8	39.7	39.5	9.2	39.0	38.9	39.0	38.8
外上(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
外中(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
外下(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37

塑膠奶瓶

溫度計	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒	210 秒	240 秒	270 秒
內上(°C)	41.6	41.6	41.5	41.5	41.3	41.1	41.1	41.2	40.5
內中(°C)	42.3	42.3	42.2	42.3	42.0	42.0	41.9	41.9	41.5
內下(°C)	39.4	39.4	39.3	38.9	39.6	39.5	40.2	40.1	40.0
外上(°C)	33	33	33	33	33	33	33	33	33
外中(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
外下(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
溫度計	300 秒	330 秒	360 秒	390 秒	420 秒	450 秒	480 秒	510 秒	540 秒
內上(°C)	40.5	40.5	40.5	40.3	40.3	40.0	39.6	39.5	39.7
內中(°C)	41.7	41.8	41.7	41.6	41.6	41.4	40.1	40.6	41.2
內下(°C)	39.8	39.6	39.5	39.5	39.3	39.2	39.0	38.9	38.8
外上(°C)	33	33	33	33	33	33	33	33	33
外中(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
外下(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37

三、奶粉:熱水=30 公克 : 200 公克，濃度 13.04%

玻璃奶瓶

溫度計	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒	210 秒	240 秒	270 秒
內上(°C)	39.5	39.4	39.4	39.3	39.3	39.2	39.1	39.0	38.9
內中(°C)	38.7	38.6	38.6	38.4	38.4	38.4	38.3	38.0	37.9
內下(°C)	39.0	38.8	38.8	38.9	38.9	38.8	38.8	38.7	38.6
外上(°C)	33	33	33	33	33	33	33	33	33
外中(°C)	37	33	33	33	33	33	33	33	33
外下(°C)	37	33	33	33	33	33	33	33	33
溫度計	300 秒	330 秒	360 秒	390 秒	420 秒	450 秒	480 秒	510 秒	540 秒
內上(°C)	38.9	38.8	38.7	38.5	38.4	38.3	38.2	38.1	38.0
內中(°C)	37.8	37.7	37.5	37.4	37.2	37.1	37.0	37.0	36.9
內下(°C)	38.5	38.5	38.3	38.1	38.0	37.9	37.9	37.7	37.6
外上(°C)	33	33	33	33	33	33	33	33	33
外中(°C)	33	33	33	33	33	33	33	33	33
外下(°C)	33	33	33	33	33	33	33	33	33

塑膠奶瓶

溫度計	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒	210 秒	240 秒	270 秒
內上(°C)	38.0	38.9	38.9	38.8	38.8	38.7	38.7	38.6	38.5
內中(°C)	39.2	39.2	39.1	39.1	39.1	39.0	39.0	39.0	39.0
內下(°C)	38.2	38.3	38.1	37.9	36.9	36.9	36.7	36.6	36.2
外上(°C)	33	33	33	33	33	33	33	33	33
外中(°C)	33	33	33	33	33	33	33	33	33
外下(°C)	37	37	37	37	37	33	33	33	33
溫度計	300 秒	330 秒	360 秒	390 秒	420 秒	450 秒	480 秒	510 秒	540 秒
內上(°C)	38.5	38.4	38.3	38.2	38.1	38.0	37.9	37.8	37.7
內中(°C)	38.9	38.9	38.8	38.8	38.7	38.7	38.6	38.4	38.5
內下(°C)	36.2	36.0	35.9	36.0	35.9	35.7	35.6	35.4	35.5
外上(°C)	33	33	33	33	33	33	33	33	33
外中(°C)	33	33	33	33	33	33	33	33	33
外下(°C)	33	33	33	33	33	33	33	33	33

四、奶粉:熱水=35 公克 : 200 公克，濃度 14.89%

玻璃奶瓶

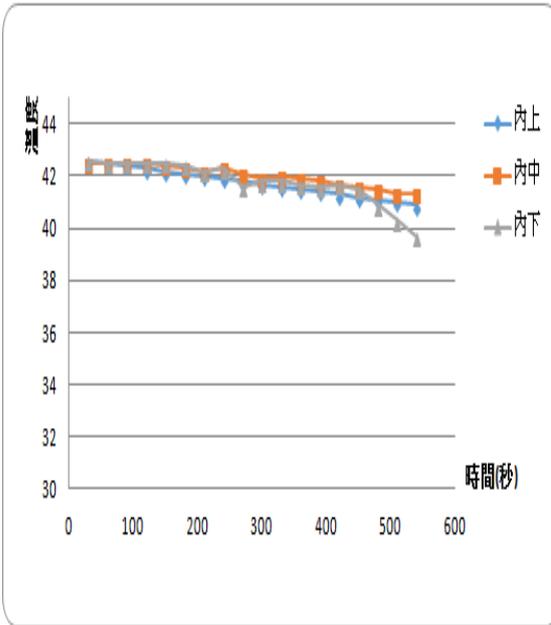
溫度計	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒	210 秒	240 秒	270 秒
內上(°C)	41.3	41.5	41.7	41.7	41.7	41.6	41.7	41.7	41.7
內中(°C)	41.8	41.8	41.9	41.8	41.8	41.8	41.8	41.8	41.7
內下(°C)	41.8	41.8	41.8	41.8	41.8	41.7	41.47	41.4	41.2
外上(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
外中(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
外下(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
溫度計	300 秒	330 秒	360 秒	390 秒	420 秒	450 秒	480 秒	510 秒	540 秒
內上(°C)	41.6	41.6	41.5	41.4	41.2	41.2	41.2	41.1	40.7
內中(°C)	41.7	41.7	41.6	41.5	41.3	41.1	41.0	41.0	40.9
內下(°C)	41.3	41.3	41.0	40.9	40.4	40.3	40.5	40.1	40.0
外上(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
外中(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
外下(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37

塑膠奶瓶

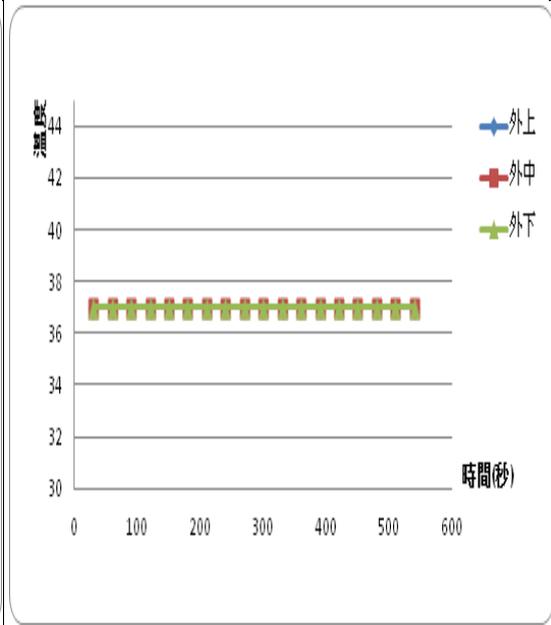
溫度計	30 秒	60 秒	90 秒	120 秒	150 秒	180 秒	210 秒	240 秒	270 秒
內上(°C)	43.6	43.6	43.6	43.6	43.6	43.6	43.5	43.3	43.2
內中(°C)	43.9	43.6	43.8	43.8	43.5	43.4	42.4	43.3	43.0
內下(°C)	43.4	43.2	41.0	42.8	43.5	43.4	43.6	43.6	43.5
外上(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
外中(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
外下(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
溫度計	300 秒	330 秒	360 秒	390 秒	420 秒	450 秒	480 秒	510 秒	540 秒
內上(°C)	43.0	43.2	43.	43.1	43.0	42.8	42.8	42.5	42.4
內中(°C)	43.5	43.5	43.2	43.3	43.5	43.4	43.3	43.3	43.2
內下(°C)	42.7	43.0	43.6	43.5	43.4	43.1	42.9	43.1	42.8
外上(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
外中(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37
外下(°C)	37	37	37	37	37	37	37	37	37

9.09%奶水濃度與不同材質奶瓶之溫度比較

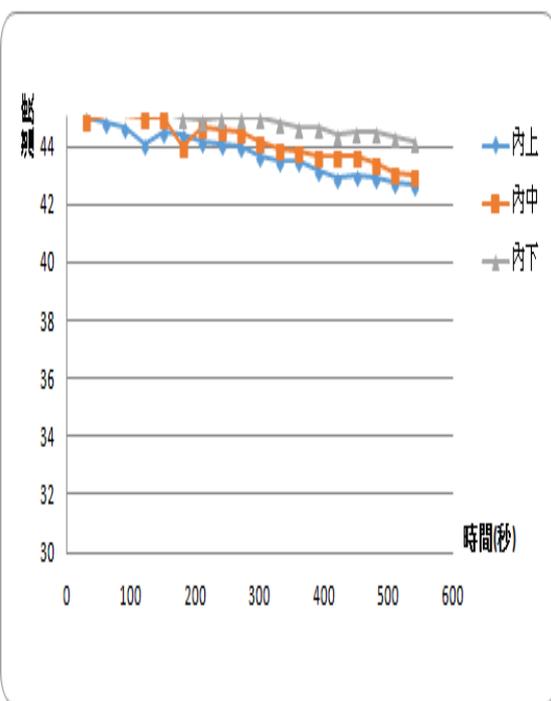
玻璃奶瓶內部



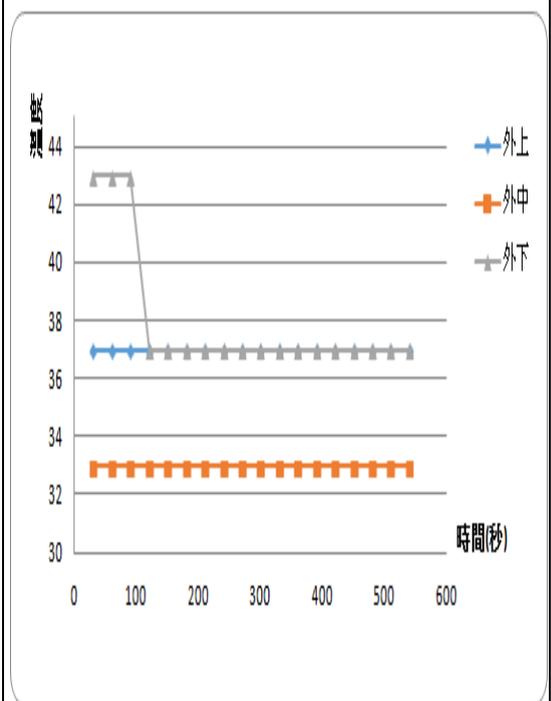
玻璃奶瓶外部



塑膠奶瓶內部

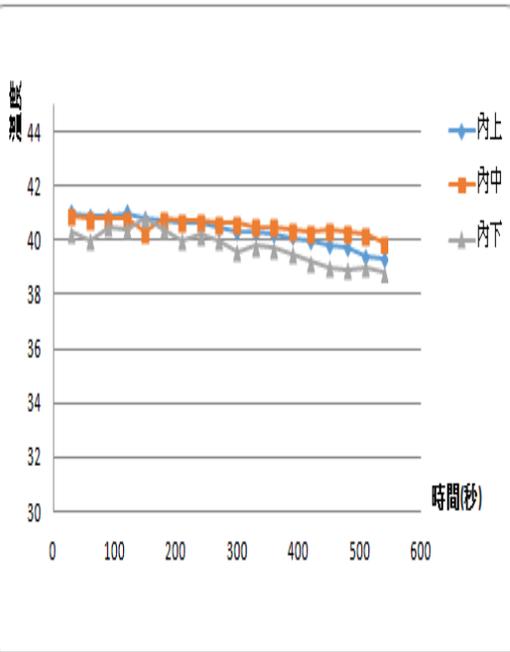


塑膠奶瓶外部

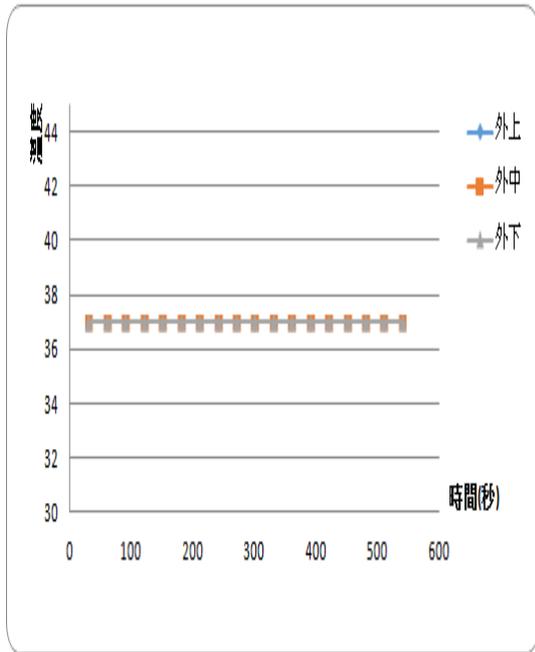


11.11%奶水濃度與不同材質奶瓶之溫度比較

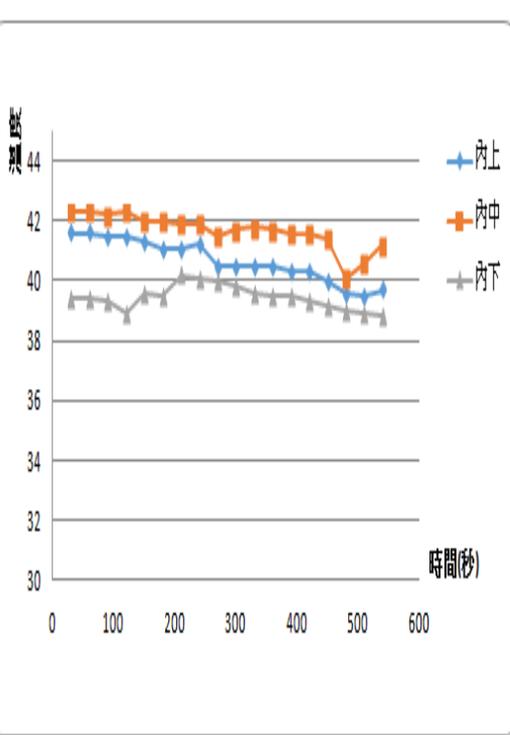
玻璃奶瓶內部



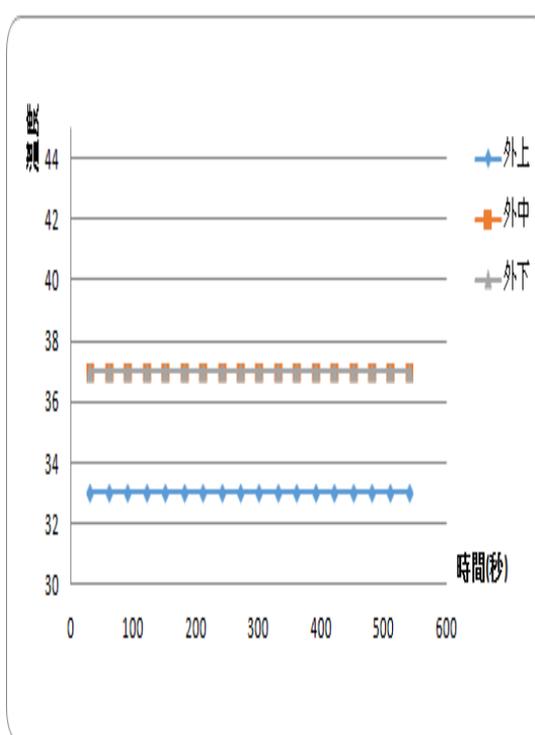
玻璃奶瓶外部



塑膠奶瓶內部

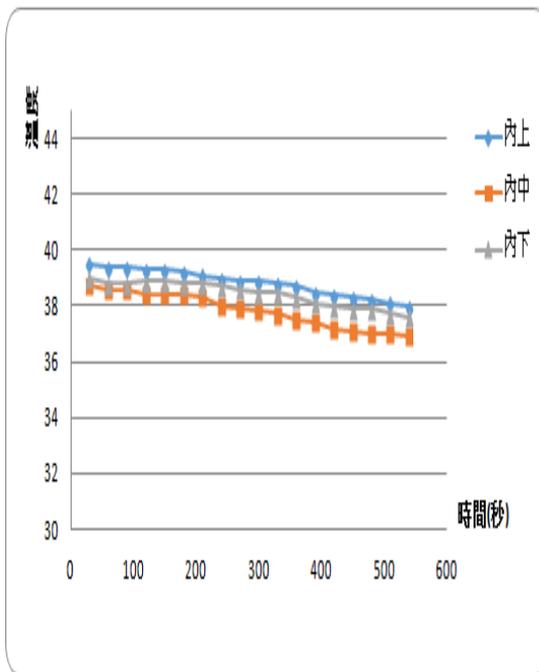


塑膠奶瓶外部

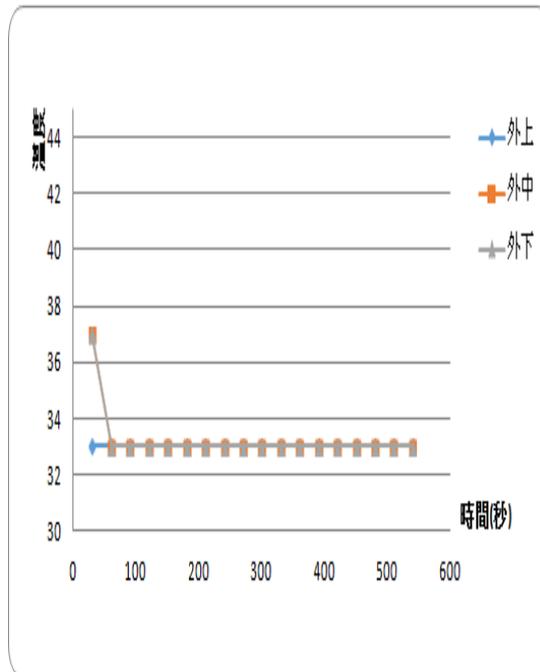


13.04%奶水濃度與不同材質奶瓶之溫度比較

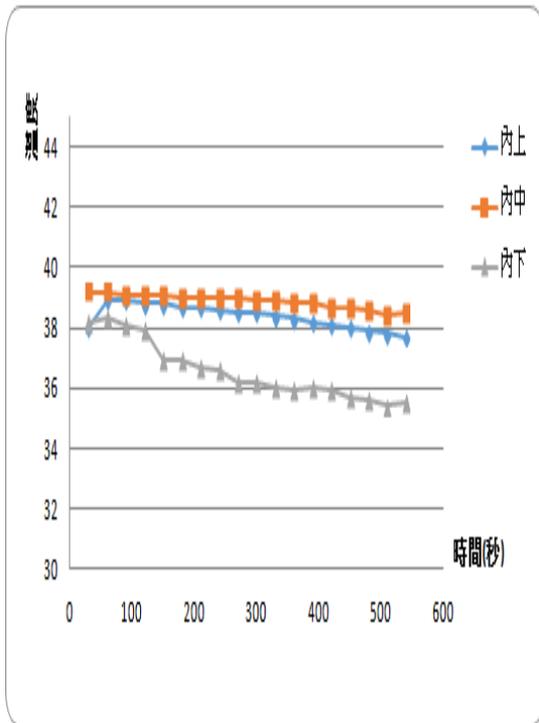
玻璃奶瓶內部



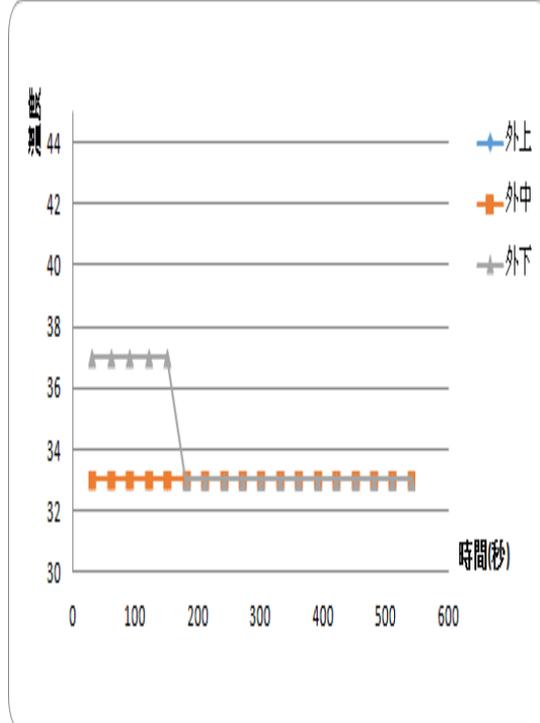
玻璃奶瓶外部



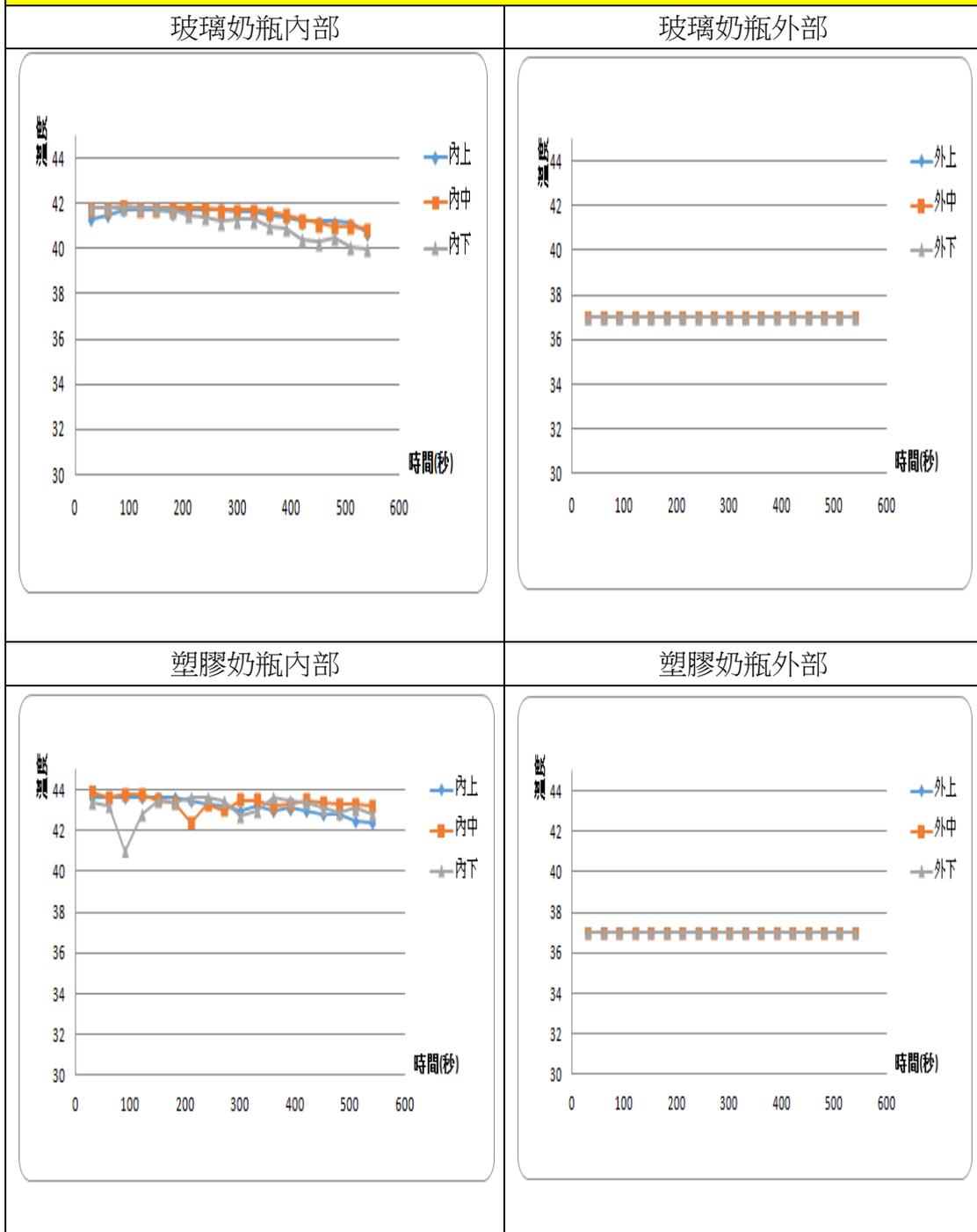
塑膠奶瓶內部



塑膠奶瓶外部



14.89%奶水濃度與不同材質奶瓶之溫度比較



- (1)由此實驗可知，奶粉的比例對溫度變化的速率有一定的影響。在 200:20 的實驗中，塑膠奶瓶上層溫度變化為 1.7 度，而在 200:35 的實驗中為 0.6 度。
- (2)使用玻璃奶瓶時，當貼片顯示 OK，瓶中溫度為 40.3~42.6 度，當貼片顯示 37 度，瓶中溫度為 38.8~42.4 度，顯示 33 度，溫度為 36.9~39.4。使用塑膠奶瓶時，貼片顯示為 43，瓶中溫度為 45.2~45.3 度，顯示 OK，瓶中溫度為 43.6~45.0 度，貼片顯示 37 度，瓶中溫度為 36.9~44.5，顯示 33 度，溫度為 35.5~44.9 度。

陸、討論

一、 不同材質的奶瓶使用貼片的誤差討論

1. 瓶內溫度高於貼片顯示溫度

因為瓶中融業的溫度會傳導至瓶子，不過傳導的速率不同，在熱平衡前，瓶外的溫度會比瓶內的溫度來的低。也因為貼片的準確性沒有很好，造成瓶內及貼片顯示溫度有差別。

2. 玻璃奶瓶的誤差值大約在 0~6°C，塑膠奶瓶的誤差值大約在 0~12°C

因為塑膠奶瓶的傳導性較玻璃的差，因此塑膠奶瓶的誤差值會比玻璃奶瓶來的大。

3. 除了一些誤差之外，下層的溫度變化幾乎都是三者最大的

下層接觸桌面，造成溫度下降速度快，而上層因為有將瓶口封住，所以變化量沒比下層來的高。

4. 塑膠奶瓶的保溫效果較玻璃好

塑膠材質的熱傳導能力比玻璃差，保溫效果比玻璃奶瓶來的好。

二、 奶粉比例對溫度變化速率影響

(1) 奶粉比例越高溫度變化越小。

因為液體濃度高時，對流會受到阻礙。

(2) 玻璃奶瓶的溫度變化比塑膠奶瓶大。

因為玻璃奶瓶的傳導性較塑膠的好，玻璃的傳導係數約 0.75~1.05，而塑膠的傳導係數皆 < 0，所以保溫效果比塑膠得來的差。

三、 市售的奶瓶貼溫度有四種溫度，是否都測量的到呢?

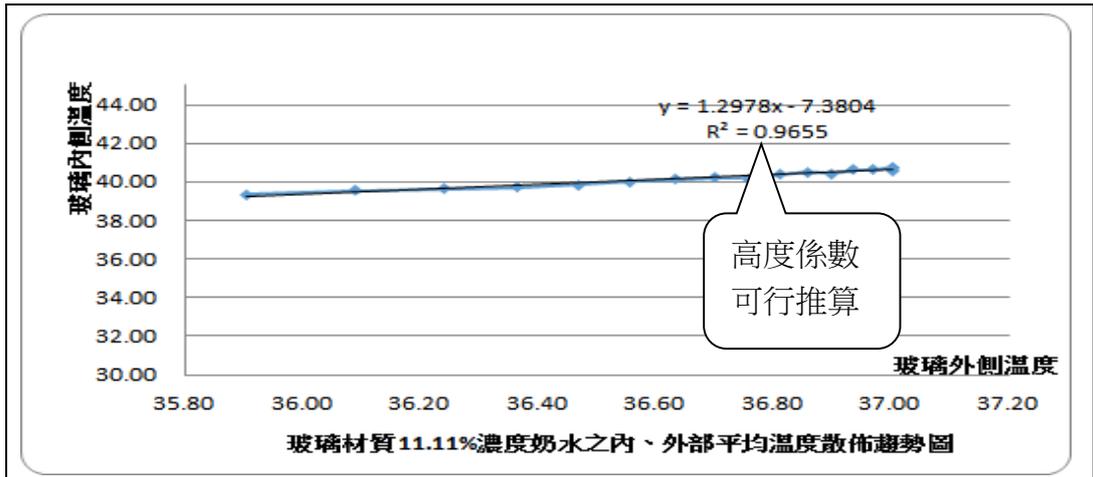
我們使用的市售奶瓶貼上共有 31°C、33°C、0K(37°C)、40°C 等四個溫度，在我們實際將不同溫度的熱水滴到奶瓶貼上時這四種溫度都會顯示，可是當我們貼到奶瓶外側的時候，卻都沒有測量到 31°C 與 40°C。但在我們測量的奶瓶內部溫度在 540 秒的最低溫出現約為 38°C，最高溫度超過 40°C，但外側的奶瓶貼卻都沒有出現 40°C 的顯示溫度，顯示市售的奶瓶貼無法測量內部真正的溫度。

四、發展計算出能使誤差值減少的函數

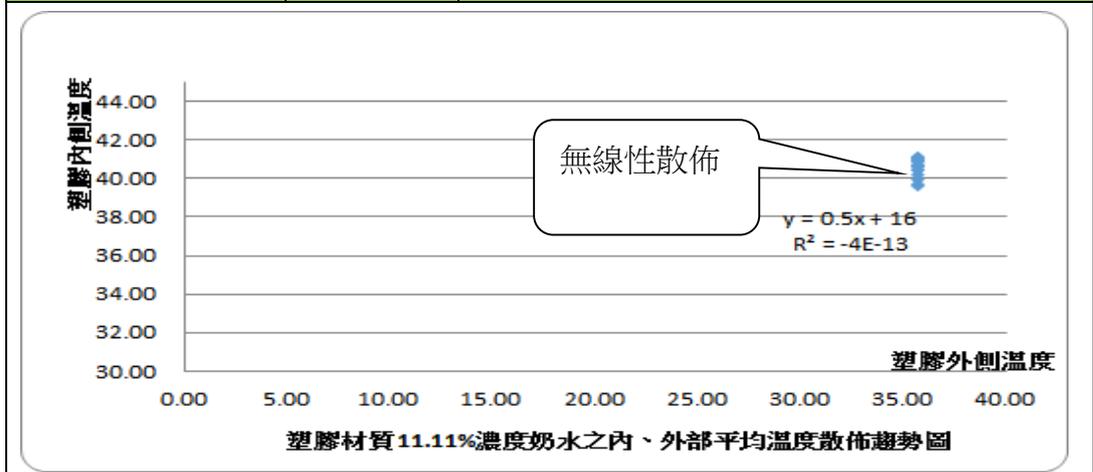
此段討論中我們以上、中、下層的平均溫度來做分析討論。同時考量不同奶粉比例的問題，其結果如下表所示：

表：不同材質、不同奶水濃度之外側奶瓶貼溫度推算內部真正溫度

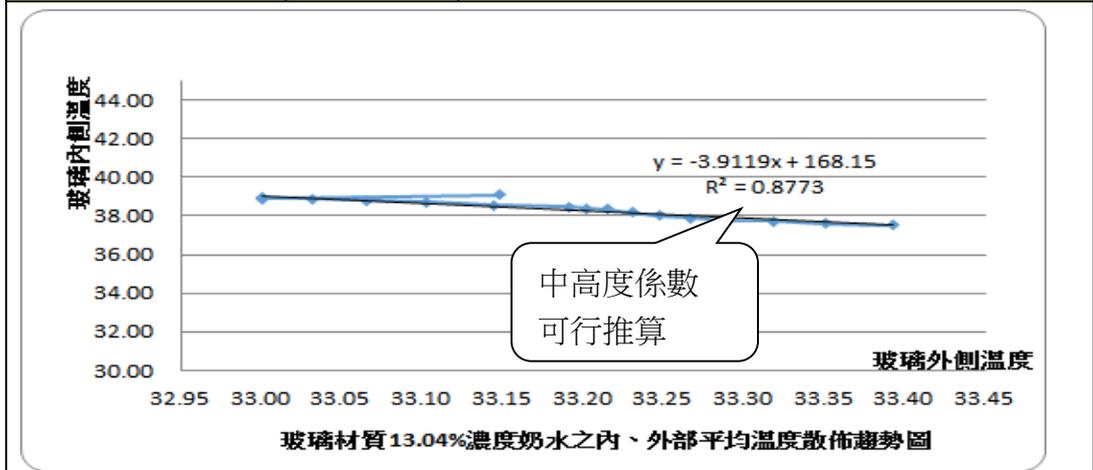
玻璃材質 奶水濃度:9.09%	修正公式	$y = 2.2326x - 40.391$, $R^2 = 0.8827$ (y 為內側溫度, x 為外側溫度)
<p style="text-align: center;">玻璃材質9.09%濃度奶水之內、外部平均溫度散佈趨勢圖</p>		
塑膠材質 奶水濃度: 9.09%	修正公式	$y = 0.4633x + 27.592$, $R^2 = 0.3673$ (y 為內側溫度, x 為外側溫度)
<p style="text-align: center;">塑膠材質9.09%濃度奶水之內、外部平均溫度散佈趨勢圖</p>		
玻璃材質 奶水濃度:11.11 %	修正公式	$y = 1.2978x - 7.3804$, $R^2 = 0.9655$ (y 為內側溫度, x 為外側溫度)



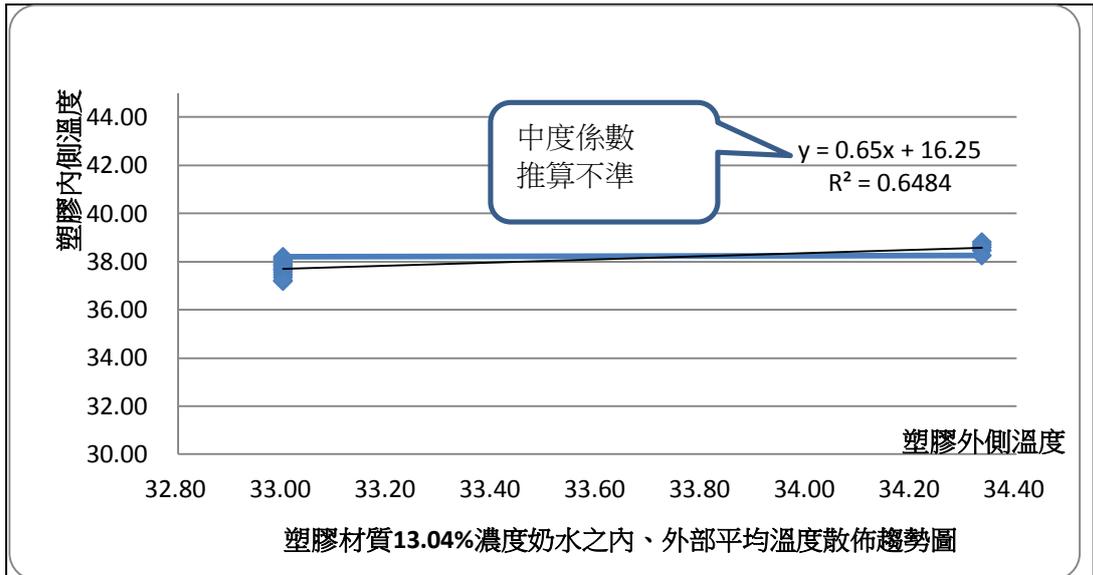
塑膠材質 奶水濃度:11.11 %	修正公式	(y 為內側溫度, x 為外側溫度)
----------------------	------	--------------------



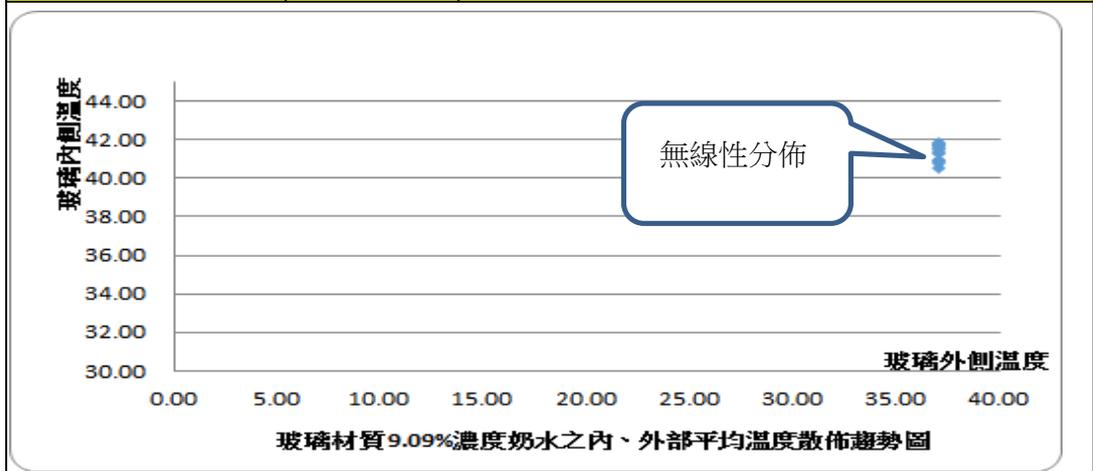
玻璃材質 奶水濃度: 13.04%	修正公式	$y = -3.9119x + 168.15$, $R^2 = 0.8773$ (y 為內側溫度, x 為外側溫度)
----------------------	------	--



塑膠材質 奶水濃度:13.04 %	修正公式	$y = 0.65x + 16.25$, $R^2 = 0.6484$ (y 為內側溫度, x 為外側溫度)
----------------------	------	--



玻璃材質 奶水濃度: 14.89%	修正公式	(y 為內側溫度, x 為外側溫度)
----------------------	------	--------------------



塑膠材質 奶水濃度: 14.89%	修正公式	(y 為內側溫度, x 為外側溫度)
----------------------	------	--------------------

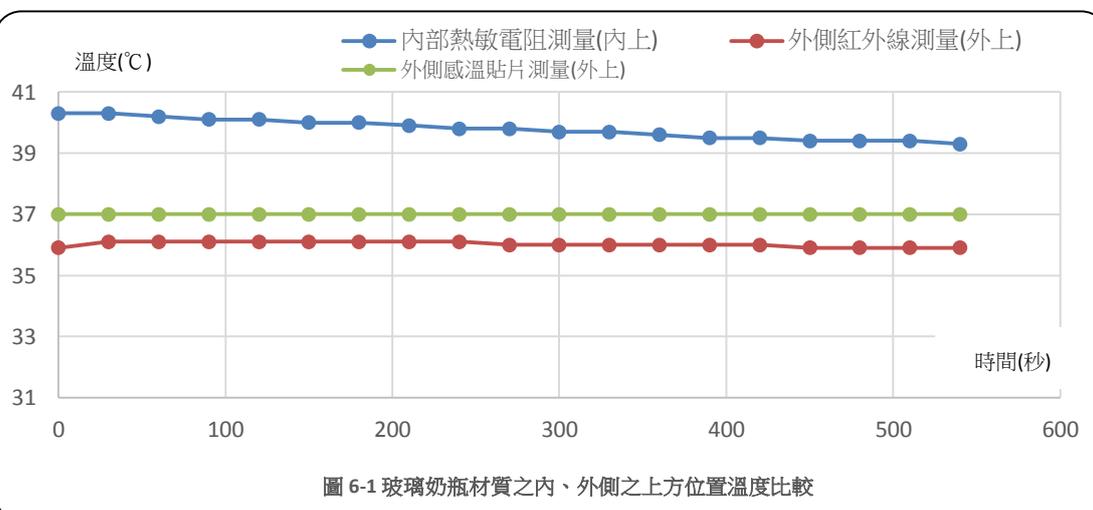
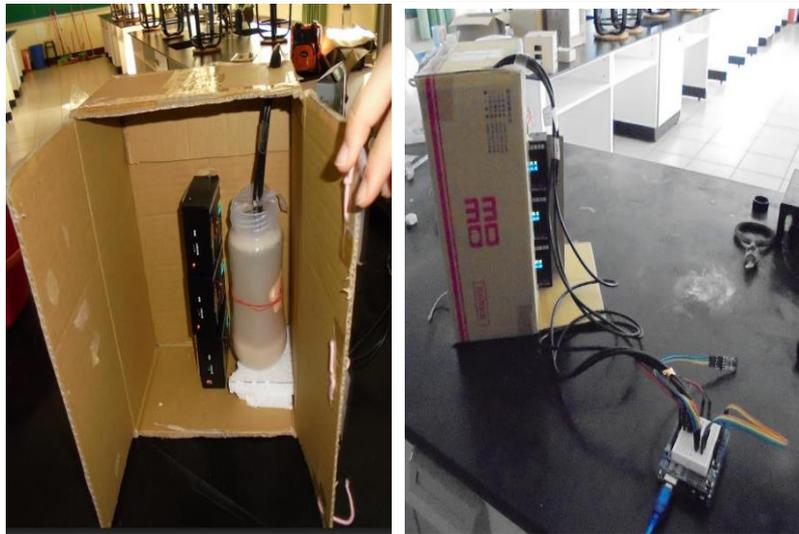


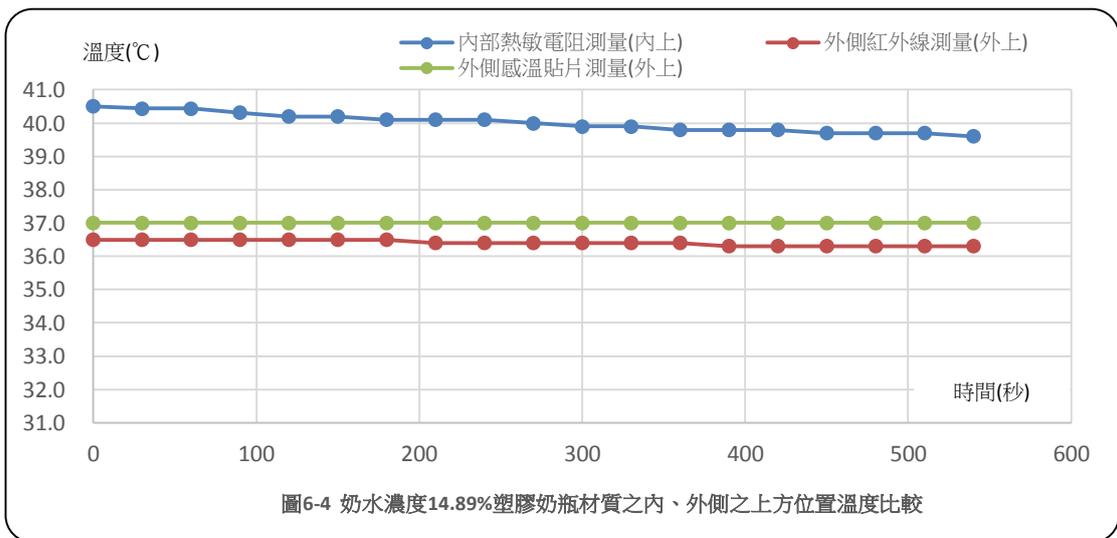
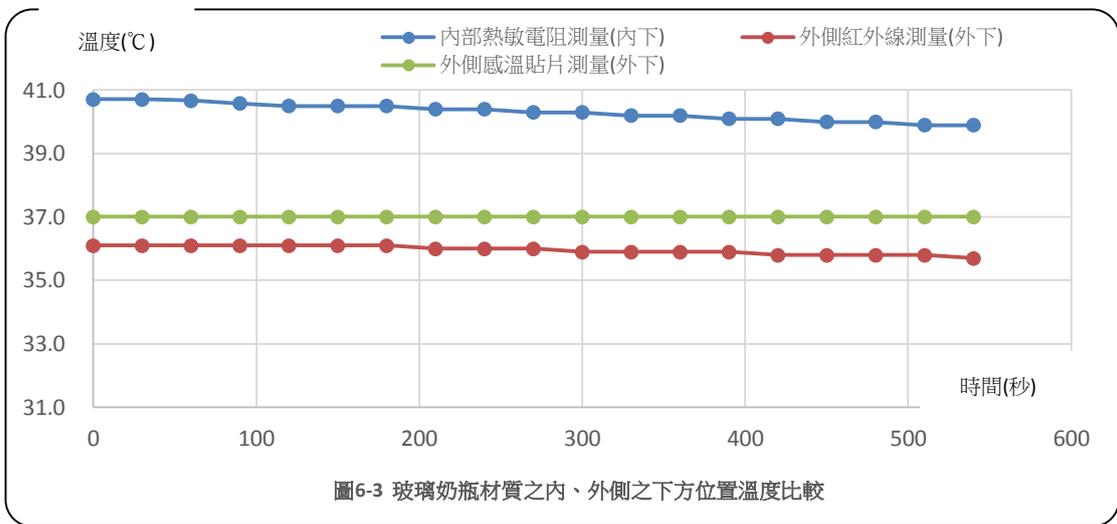
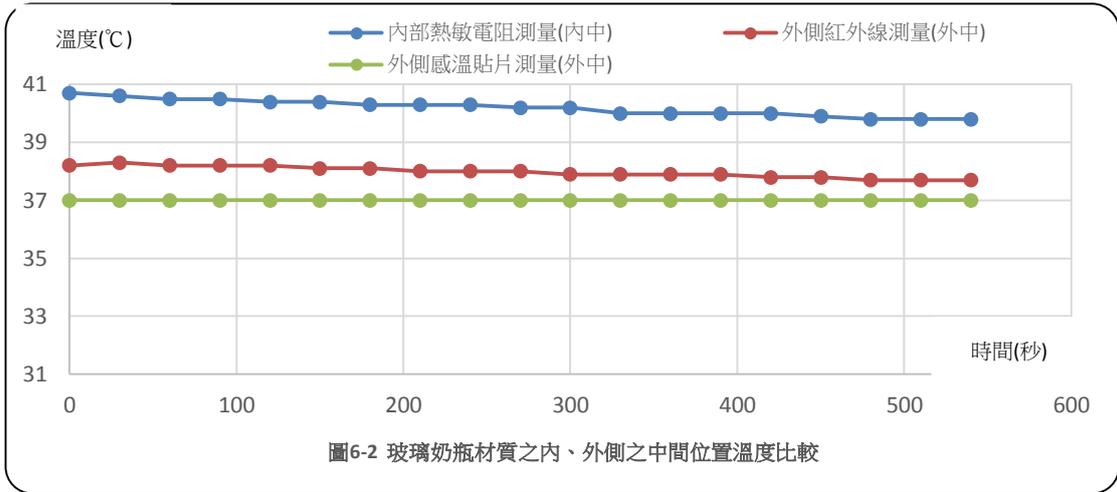
五、 外側的真正溫度測量因素的考量

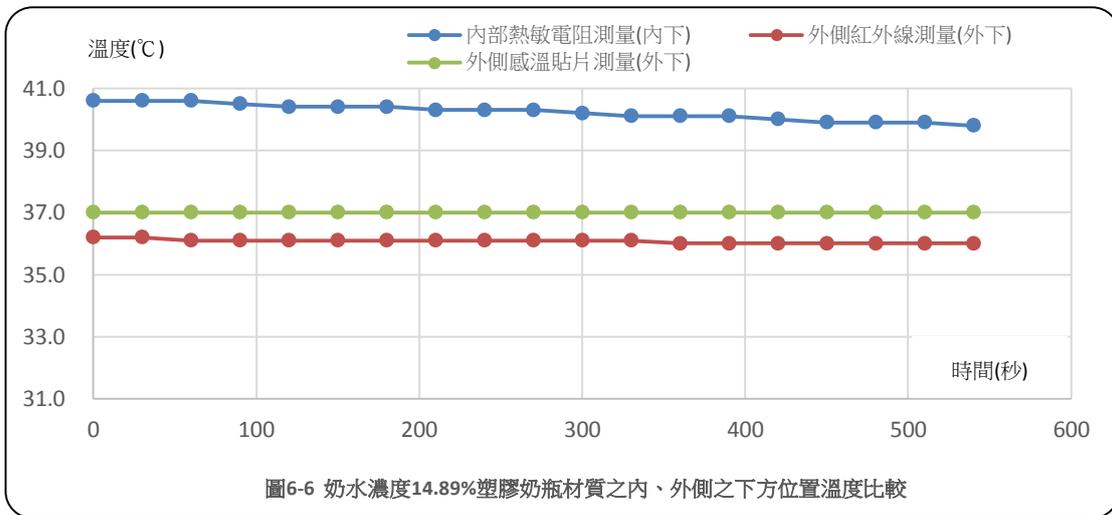
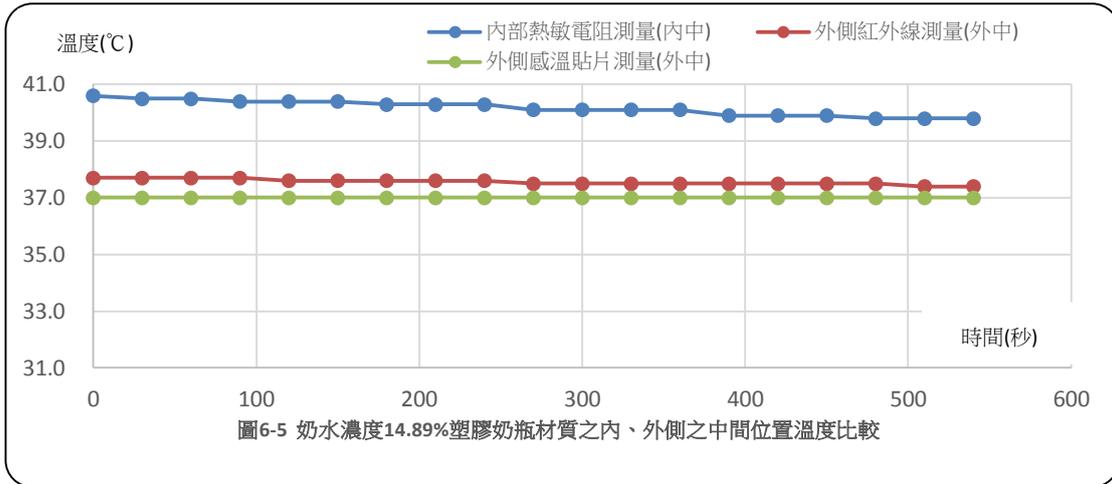
在完成實驗之後，我們思考到我們使用市售的奶瓶貼進行外側溫度的測量，並與內側的上、中、下層溫度進行比較，雖然可以得知市售的奶瓶貼測量溫度不準，需要發展校正公式或是更準確的感溫油墨進行測量，可是我們仍無法得知奶瓶外側的真正溫度。為了解決這樣的問題，我們在整個實驗之後，採濃度最高的 14.89% 的奶水進行額外探究，在奶瓶外側以紅外線感溫測量所測到的溫度當成外側的實際溫度，同時發展自製的熱敏電阻測量內部上中下位置的溫度。所以我們設計了以下的實驗裝置，並測量 2100 內的奶瓶內部、紅外線感測器外側溫度、奶瓶貼外側溫度比較。

本實驗後來採用自製的熱敏電阻，並與電腦連結，連續取得瓶內 2100 秒的上、中、下數據。

(五)設計一只相隔熱系統，內部使用自行改裝之熱敏電阻連接電腦，連續測量 2010 秒內每隔 30 秒的溫度，而外側實際奶瓶的溫度則使用紅外線測量儀進行測量，並每隔 30 秒記錄溫度，最為內部、外不之平行比較。

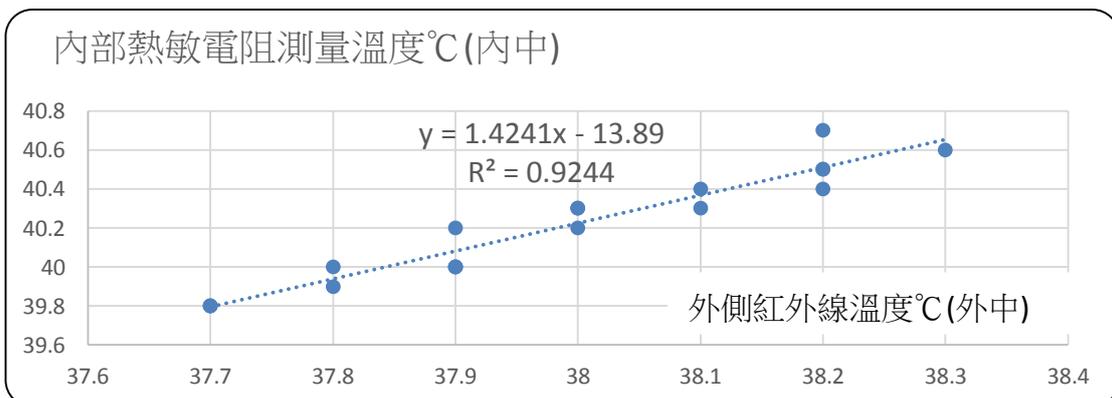




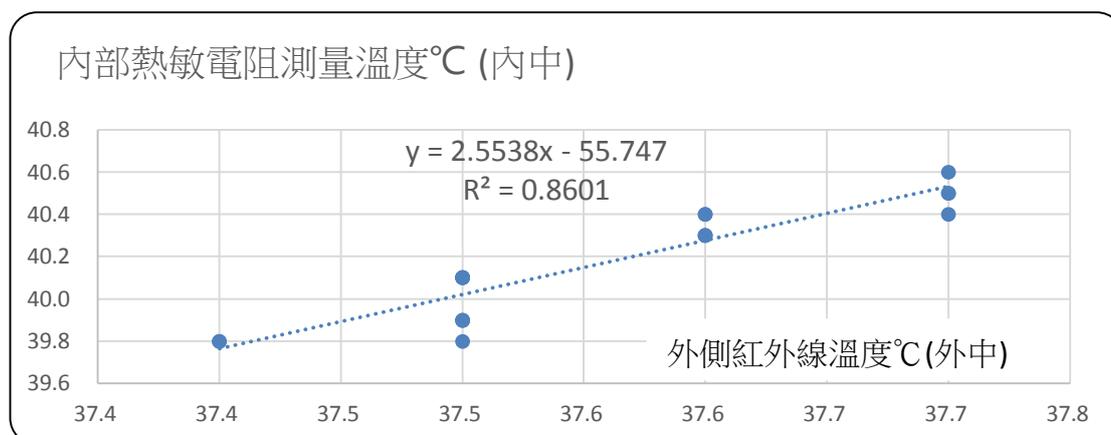


由圖 6-1~6-6 分析中，可得以下結果：

1. 無論玻璃材質或是塑膠材質，其外側上中下位置之紅外線實際溫度仍低於內部溫度，但是其變化趨勢較奶瓶貼更趨近於內部的變化趨勢。
2. 在外側紅外線的實際溫度測量之溫度變化趨勢中，以外側內部位置與內側內部位置的變化趨勢最為相近，可利用此作為預測公式的推算。
3. 若以外側內部的紅外線溫度來推論內側內部位置的實際溫度，所得公式為
(1) 玻璃材質：



(2) 塑膠材質：



****本研究目前正在進行其他奶水濃度外側的紅外線感測溫度計測量數據，與進行紅外線測量儀器校正與發展更靈敏的感溫油墨，會於全國科展期間將數據與結果完成，請評審海涵!!****

柒、結論

- 一、玻璃奶瓶的誤差值比塑膠奶瓶來的少，玻璃奶瓶的誤差值約在 0~6℃，而塑膠奶瓶的誤差值約在 0~12℃。
- 二、玻璃瓶內的溶液溫度變化，因為傳導性較好，所以比塑膠奶瓶大。
- 三、下層的溫度，因為靠近底下的物質，溫度變化較大。
- 四、奶粉比例越高，因為對流受阻礙，溫度變化越小。
- 五、為了能得到更準確的溫度而計算用的函數，玻璃奶瓶較塑膠奶瓶更容易由外界的奶瓶貼推估內側真正溫度。
- 六、在奶水濃度為 9.09%、11.11%、13.04%時，使用外界奶瓶貼可推估內側真正溫度，但是濃度到了 14.89%的時候，玻璃材質的外在奶瓶貼無法與內在溫度成為有直線關係的線性分布，所以無法推算。
- 七、若以紅外線感測溫度計當成瓶外實際溫度的結果，則紅外線外側中間位置與瓶內中間位置的溫度變化趨勢幾乎一致(無論玻璃或是塑膠材質的奶瓶)；若用紅外線所測得溫度以線性關係預測內部中間奶水實際溫度，則會得到高度相關係數的相關，提供未來可發展紅外線溫感測溫度應用於設計測量瓶內奶水真正溫度的儀器參考。

捌、參考資料

1. https://market.cloud.edu.tw/content/vocation/child_care/ks_sd/newmother/dir2253.htm
2. <http://www.landon.com.tw/blog/rewrite.php/read-21.html>
3. <https://tw.bid.yahoo.com/item/天使心寶貝【CPM51419】寶寶奶瓶溫度計-幼兒奶瓶測溫計-100057838716>

【評語】 030102

非常生活化的題材。三位同學合作呈現研究結果的方式也十分可喜。熱學相關問題的研究，溫度與室溫差易造成的熱逸散是不可忽略的關鍵因素，建議應就冷卻定律、熱傳導係數，加強控制變因的相關研究。為了更清楚釐清相關物理因素，建議實驗的溫度範圍至少應為 0-100°C，不應僅限於適口溫度的~5°C 範圍。