

屏東縣第 61 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生活應用學科(二)環保與民生

組 別：國中組

作品名稱：

“Color heat” 衣服的顏色，你選對了嗎？

--利用仿生材料人工皮，探討布料的顏色對皮膚保熱與散熱的影響--

關 鍵 詞：顏色、人工皮、保熱率

編 號：B7018



摘要

一、融冰深色棉布依序為：對照組>黑色>深藍>墨綠>深紫>深紅>深橘>深黃>白。其吸收熱量也是對照組>黑色>深藍>墨綠>深紫>深紅>深橘>深黃>白。由此可知，深色布易吸收輻射熱。

二、融冰淺色綿布依序為：對照組>黑色>淺紫>淺藍>淺綠>粉紅>淺黃>白。所以淺色比較容易反射輻射熱。

三、牛奶瓶升降溫最多的依序：對照組>黑>深藍>深紅>深黃>淺藍>粉紅>淺黃>白

四、(一)各色棉布散熱率大小：黑>深藍>深紅>深黃>淺黃>粉紅>淺藍>白，黑色散熱最佳，白色最差。深色的棉布如黑色，吸熱快放熱也快。淺色的棉布如白色，吸熱慢放熱也慢。

(二)各色棉布保熱率大小：白>淺藍>粉紅>淺黃>深黃>深紅>深藍>黑，白色保熱最佳，黑色最差。

五、內、外層無論是紅黑配或黑紅配，保熱效果都不佳，且內、外層為黑白配和紅白配都不好，特別是黑白。布的內外層是淺色（白或淺黃）時，降溫效果較差，保熱效果較好。要內層是深色（紅或黑）的幾乎都會使熱散失較多，保熱效果比較差。

以仿生學的觀點而言，嚴冬時，相同材質的貼身衣物，建議穿淺色的較保暖。而夏天以深色衣物較容易將體熱散去。

壹、研究動機

在自然與生活科技第三冊中第五章我們得知顏色會對吸熱(輻射熱)與放熱造成影響。就課本而言，只有提到深色和淺色會影響吸放熱，但未提出不同顏色的比較，因此我們想要藉由實驗來更進一步地去探討。並且希望能將其運用在生活上，了解服飾在什麼顏色的情況下能得到最好的保暖及散熱。

貳、文獻探討

一、在我們的教科書裡提到:

深色、粗糙物體較易吸收輻射熱，吸熱快，放熱也快；淺色、光滑物體較難吸收輻射熱，吸熱慢，放熱也慢，但事實上深色中還有區分成許多顏色，淺色亦是。

我們因此設計實驗分別來探討深色系與淺色系中各種顏色的比較。

二、科展群傑廳中有一組前輩的作品，是使用不同顏色之噴漆、棉布以及毛呢布來進行實驗，但我們的重點是放在顏色的多樣化，則決定以棉布作為布料的控制變因來進行實驗，且坊間所售布料棉布居多，顏色也較多樣，方便做深淺色之間的比較。光源方面，則是在晴天時進行實驗。然而戶外氣溫差異大，易產生誤差→本次採用鹵素燈照射，可控制光源。

三、根據網路上的資料提到黑色雖然吸熱較多，但其吸收之熱量可促進衣服內熱對流，反而較白色涼爽，但真的是這樣嗎?我們以仿生學的觀點，用仿生材料-人工皮模擬人的皮膚而設計實驗來探討不同顏色布料與皮膚之間的散熱和保熱程度。

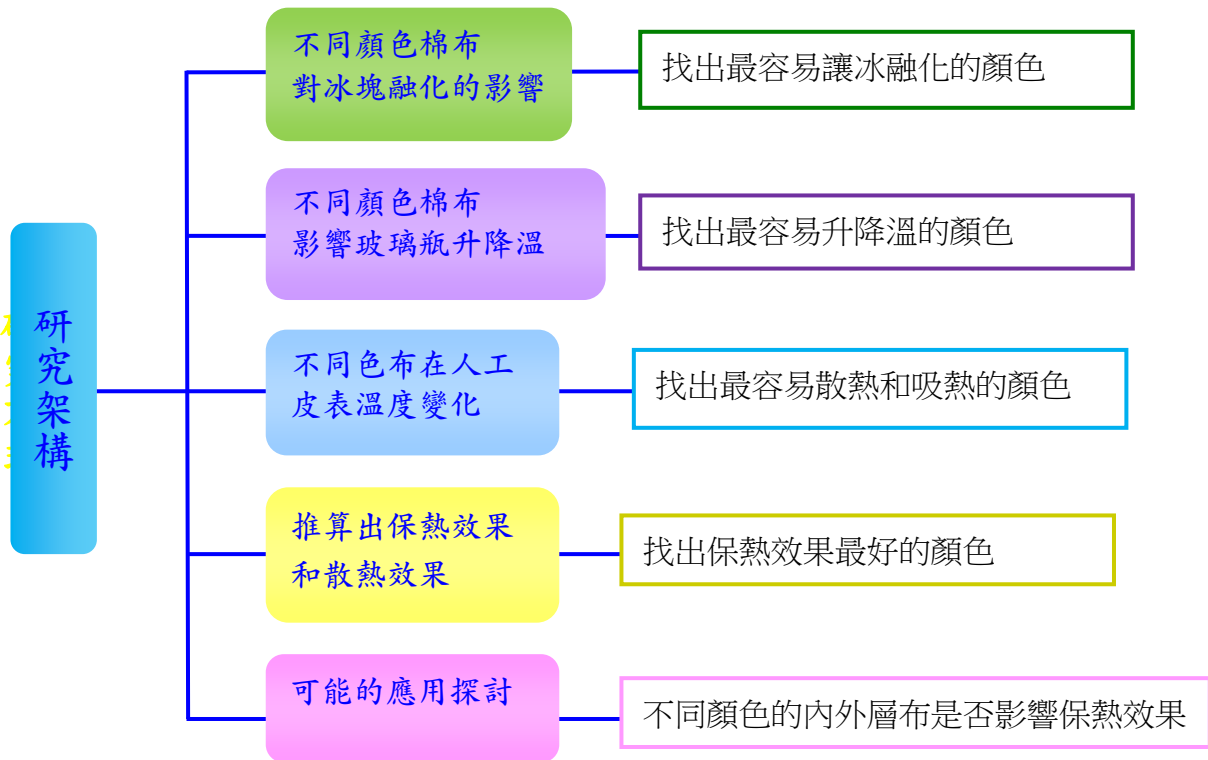
參、研究目的

1. 不同顏色的吸放熱程度差異:教科書僅提供深色較淺色吸(放)熱更快速的資訊，我們則是希望能在此次實驗中探討各種顏色的差異。
2. 不同顏色包布容器所產生的升降溫程度:在實驗二中，探討藉由在各顏色包覆的容器後測量其升降溫情形。
3. 不同顏色布料與人工皮之間的保熱和散熱程度：模擬布料覆蓋人體，探討布料與皮膚之間之保熱程度和散熱程度。
4. 統整各色布料升降溫溫度差:透過整理各種不同顏色布料的吸放熱程度，探討在不同環境中所適合穿的衣料。

肆、實驗器材

玻璃布丁瓶	玻璃牛奶瓶	電子溫度計	各色純棉布
仿生材料--人工皮	鹵素燈	量筒	燒杯
保麗龍盒	紙箱	碎紙屑(保溫用)	橡皮筋
黏土	剪刀	計算機	計時器

伍、研究架構



陸、實驗步驟及方法

<p>實驗一：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 每個布丁罐裝入 50 毫升的水 2. 放入冷凍庫(約-20°C) 3. 完全結凍後包上棉布 4. 鹵素燈照耀，測 30 分鐘 		
<p>實驗二：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 測量牛奶瓶高度分成三等份並畫出上中下界線 2. 三支溫度計插入瓶蓋測上中下的溫度 3. 包上棉布，鹵素燈照射每五分鐘記錄升溫，測 30 分鐘。再紀錄降溫 30 分鐘。 		

實驗三：

1. 將約 40 度的水倒入貼有人工皮的玻璃布丁瓶裡放入塞入紙屑的保麗龍盒
2. 表面蓋上棉布
3. 一支溫度計測量表皮溫度
一支測量水溫，每五分鐘測量一次，直到水溫約 33°C 上下



柒、實驗結果與討論

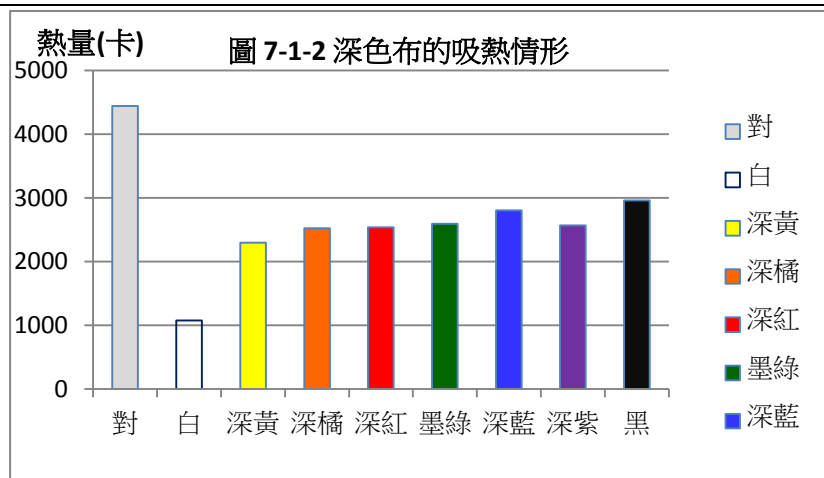
一、實驗一：不同深淺顏色的布讓冰塊融化的情形

各 色 棉 布								
		* 淺橘與皮膚色過於接近，所以本次實驗不採用						
深 色	表 7-1-1 融化體積 mL	圖 7-1-1 深色布的融化的水量						
	對照組	48.8						
	白	11.8						
	深黃	25.2						
	深橘	27.7						
	深紅	27.9						
	墨綠	28.5						
	深藍	30.8						
	深紫	28.2						
	黑	32.5						
<p>由以上資料顯示，融出最多水的是對照組，直接接受光的曝曬。各色布中融出水最多色布就是黑色。融出水最少是白布。雖然其它雖然顏色都是深色，出的水卻不同全部依序為：對照組 > 黑色 > 深藍 > 墨綠 > 深紫 > 深紅 > 深橘 > 深黃 > 白</p>								

除了白色，深黃色融出的體積明顯低於其他顏色。

根據以上實驗，我們想知道在相同的照光時間，各色冰塊到底吸收了多少熱量。

表 7-1-2	熱量(卡)
對照組	4440.8
白	1073.8
深黃	2293.2
深橘	2520.7
深紅	2538.9
墨綠	2593.5
深藍	2802.8
深紫	2566.2
黑	2957.5



每瓶水在 -20°C 的冷凍庫裡面凍 4 天以上，50g 的冰吸收鹵素燈的熱在 30 分鐘之內仍不會融完，在冰-水共存的情形下，水的溫度約 0°C 左右，我們利用熱的公式：

$$H_{\text{冰}} + H_{\text{冰} \rightarrow \text{水}} = m S [0 - (-20)] + m \times 80$$

(m 是融出水的質量 g、冰的比熱 S 為 $0.55 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ 、冰的融化熱為 80 cal/g)

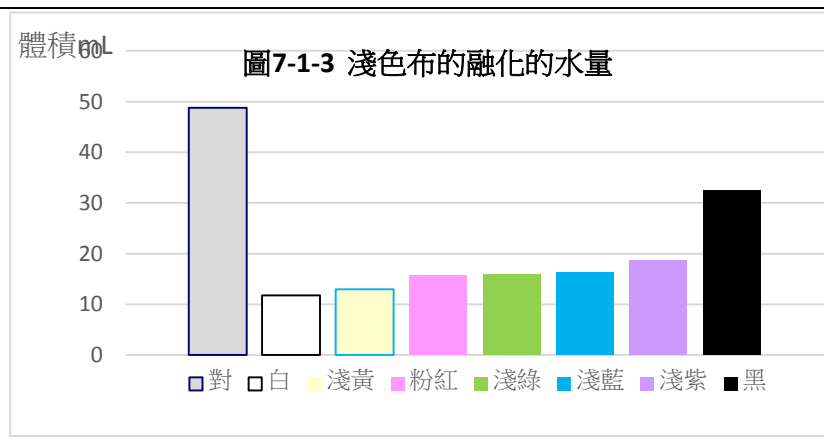
算出 30 分鐘內各色布所吸收的熱量，我們得到以上結果：

對照組，吸熱最多。各色布中吸熱最多色布就是黑色。吸熱最少是白布。雖然其它雖然顏色都是深色，吸收的熱量卻不同。全部依序為：對照組 > 黑色 > 深藍 > 墨綠 > 深紫 > 深紅 > 深橘 > 深黃 > 白。

除了白色，深黃色吸收的熱量明顯低於其他顏色。

以上得知深色的吸熱情形，那麼淺色呢?請看以下分析。

表 7-1-3	融化體積 mL
對照組	48.8
白	11.8
淺黃	13
粉紅	15.6
淺綠	15.9
淺藍	16.3
淺紫	18.7
黑	32.5

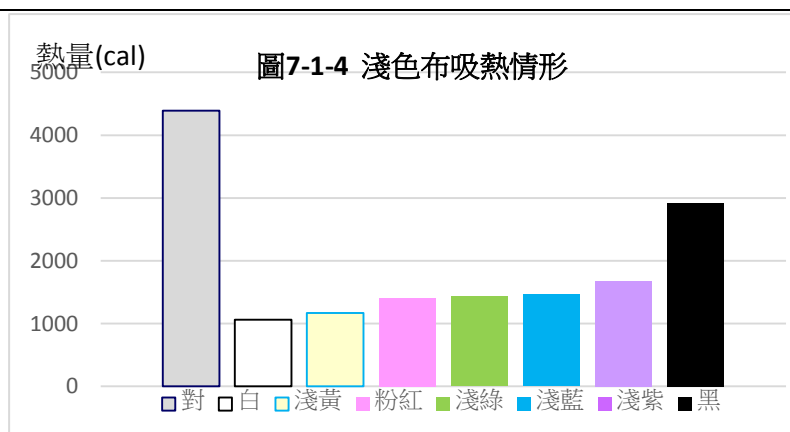


淺

由以上資料顯示，融出最多水的是對照組，直接接受光的曝曬。各色布中融出水最多色布就是黑色。融出水最少是白布。雖然其它雖然顏色都是淺色，融出的水差異約在 3mL 上下。全部依序為：對照組>黑色>淺紫>淺藍>淺綠>粉紅>淺黃>白。除了白色，淺黃色融出的體積明顯低於其他顏色。

雖然淺紫、淺藍、淺綠的順序互有調換，但是它們出水的體積遠遠低於深色組。根據以上實驗，我們想知道在相同的照光時間，各色冰塊到底吸收了多少熱量。

表 7-1-4	熱量(卡)
對照組	4440.8
白	1073.8
淺黃	1183
粉紅	1419.6
淺綠	1446.9
淺藍	1483.3
淺紫	1701.7
黑	2957.5



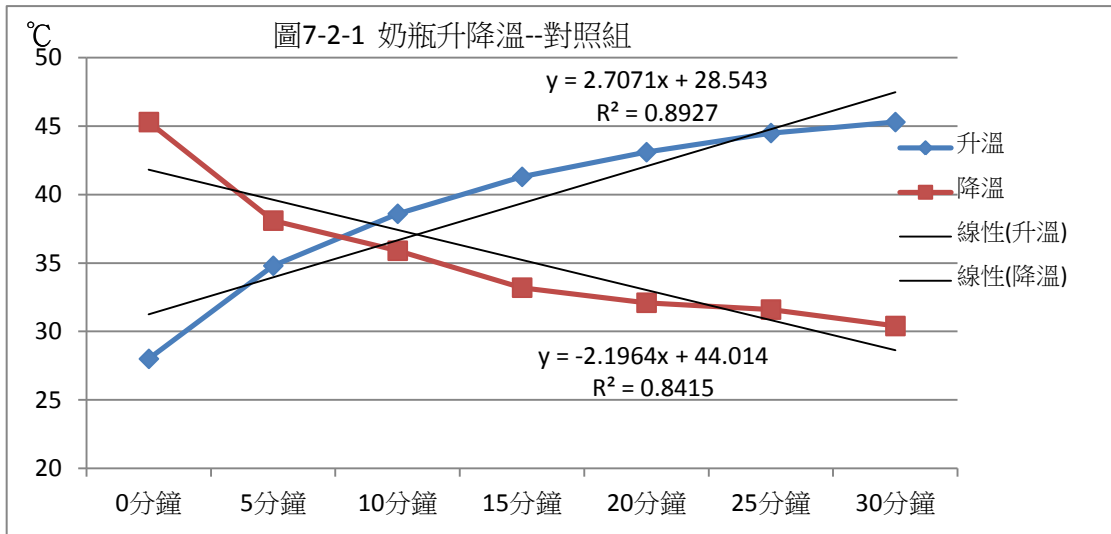
根據以上數據，我們算出 30 分鐘內各色布所吸收的熱量，我們得到以上結果：對照組，吸熱最多。各色布中吸熱最多色布就是黑色。吸熱最少是白布。雖然其它顏色都是淺色，吸收的熱量看起來雖有不同，但是差不多。全部依序為：對照組>黑色>淺紫>淺藍>淺綠>粉紅>淺黃>白。除了白色，淺黃色吸收的熱量明顯低於其他顏色。

由以上的資料顯示，淺色的確比較不容易吸熱。

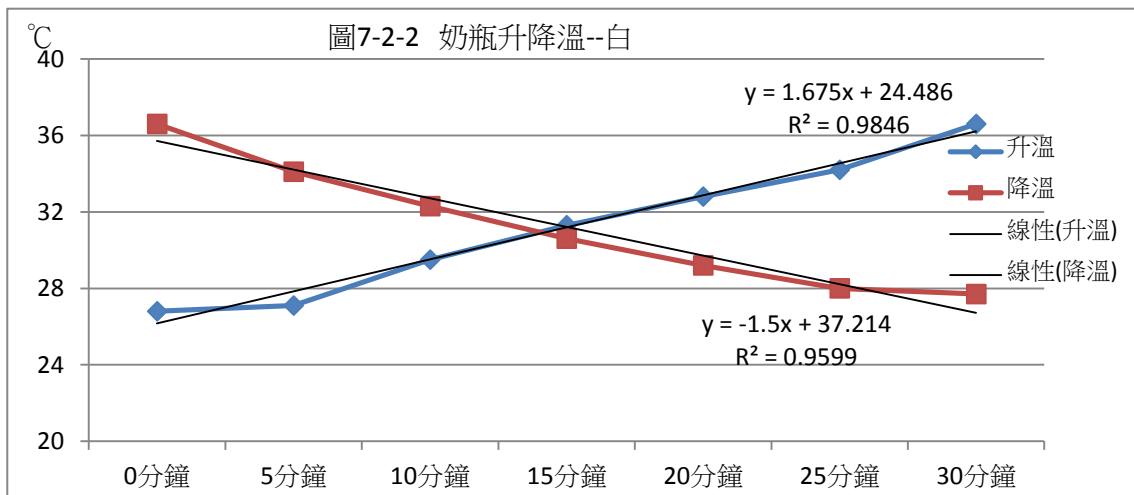
二、實驗二：各色布在牛奶瓶裏 30 分鐘內的升降溫情形

根據實驗一的結果，我們發現深紫色、墨綠色融出的水差不多，很接近深紅色，而深橘色沒有相對應的淺橘色，為了節省時間我們將取深色布屬於暗色系的：深藍和黑色。明色系：深黃色和深紅色並且跟該色的淺色與白色和對照組(未包布)，在 30 分鐘內升降溫做比較。

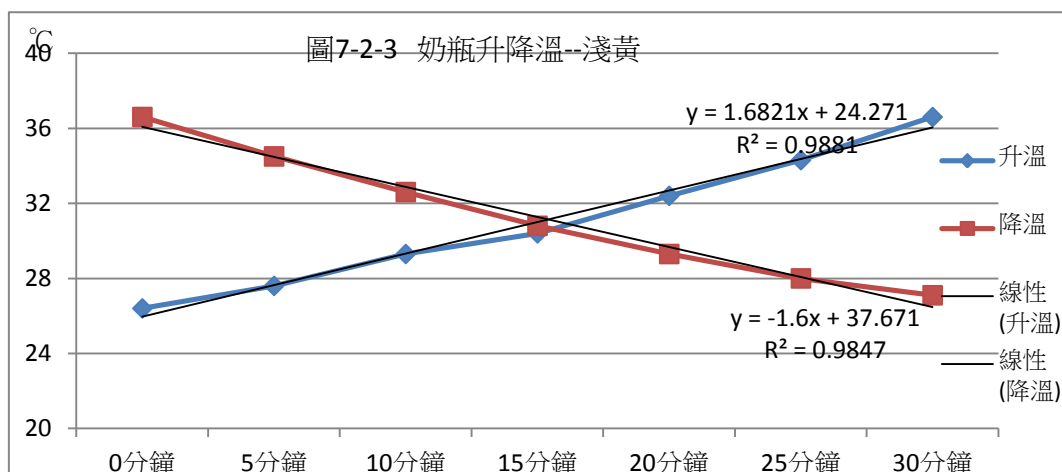
表 7-2-1 各色布在 30 分鐘內玻璃牛奶瓶升降溫情形



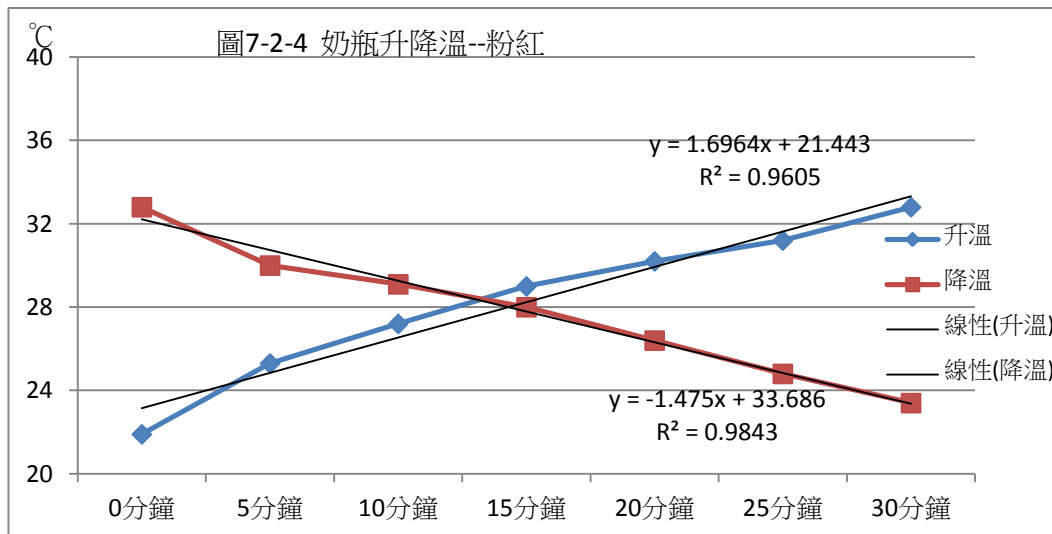
若以線性回歸進行分析，不論升溫還是降溫 30 分鐘內呈現線性關係， R^2 升溫約為 0.8927、降溫約為 0.8415 屬於中強度直線相關



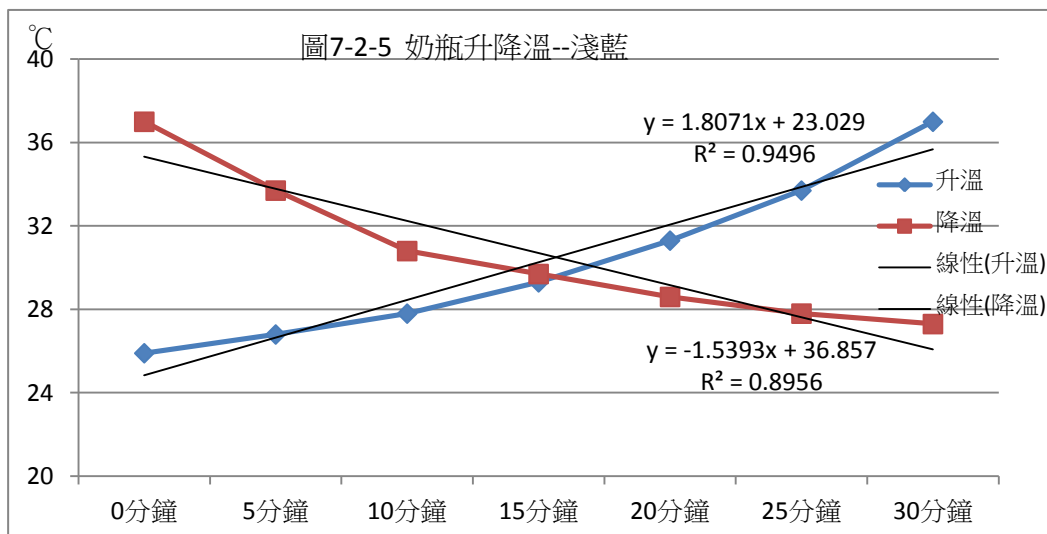
若以線性回歸進行分析，不論升溫還是降溫 30 分鐘內呈現線性關係， R^2 升溫約為 0.9846、降溫約為 0.9599 屬於高度相關的直線



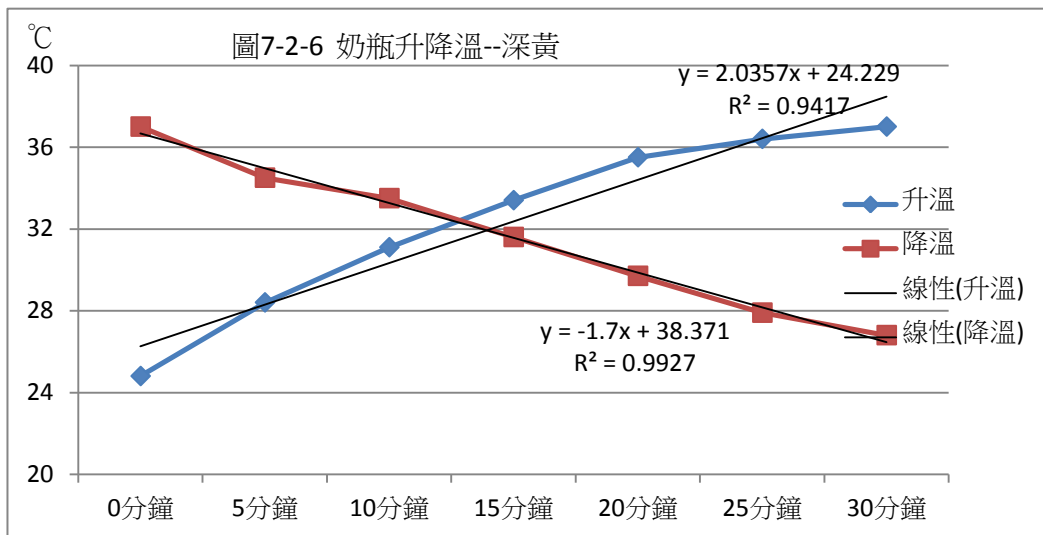
若以線性回歸進行分析，不論升溫還是降溫 30 分鐘內呈現線性關係， R^2 升溫約為 0.9881、降溫約為 0.9847 屬於高度相關的直線



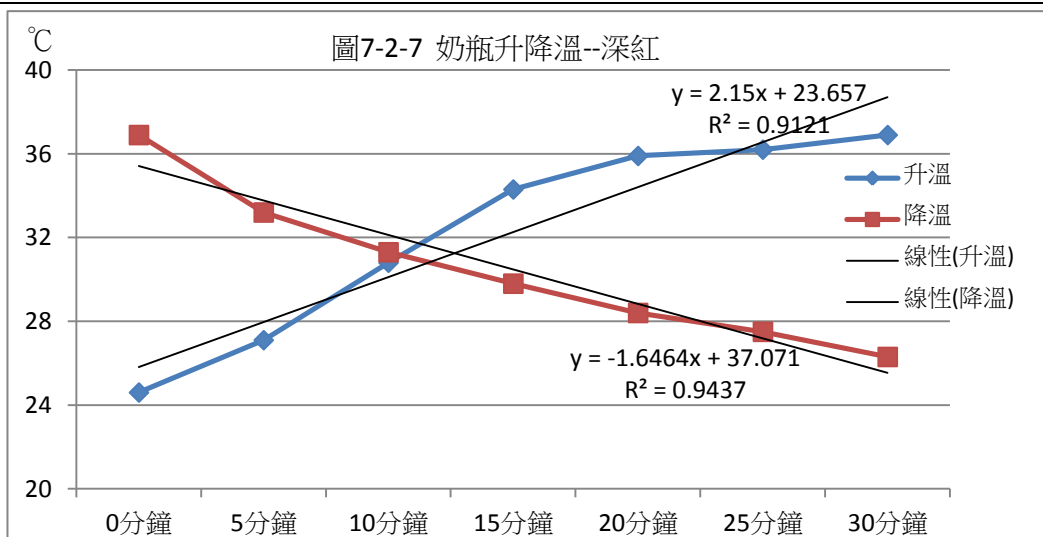
若以線性回歸進行分析，不論升溫還是降溫 30 分鐘內呈現線性關係， R^2 升溫約為 0.9605、降溫約為 0.9843 屬於高度相關的直線



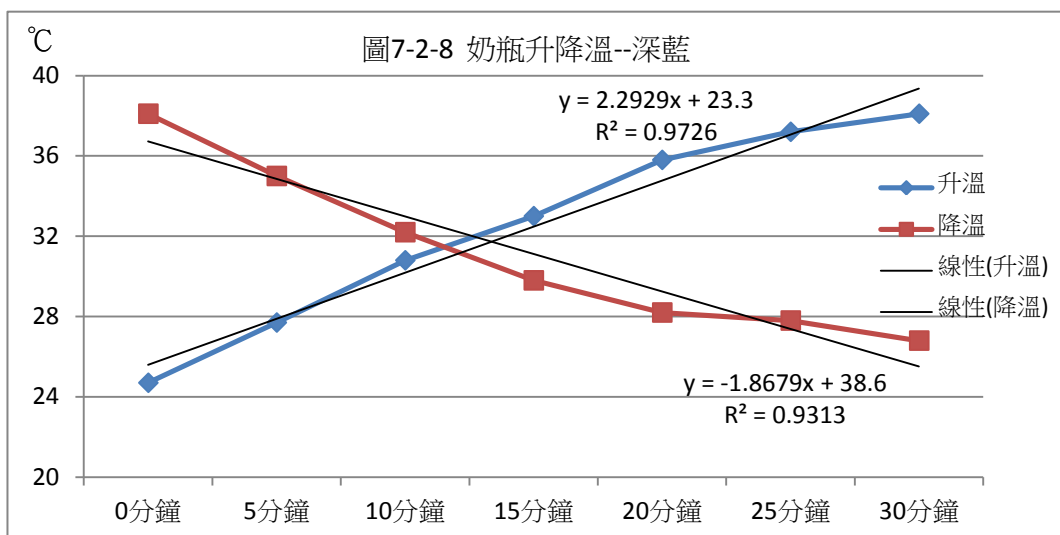
若以線性回歸進行分析，不論升溫還是降溫 30 分鐘內呈現線性關係， R^2 升溫約為 0.9496、屬於高度相關的直線，降溫約為 0.8956 屬於中強度直線相關



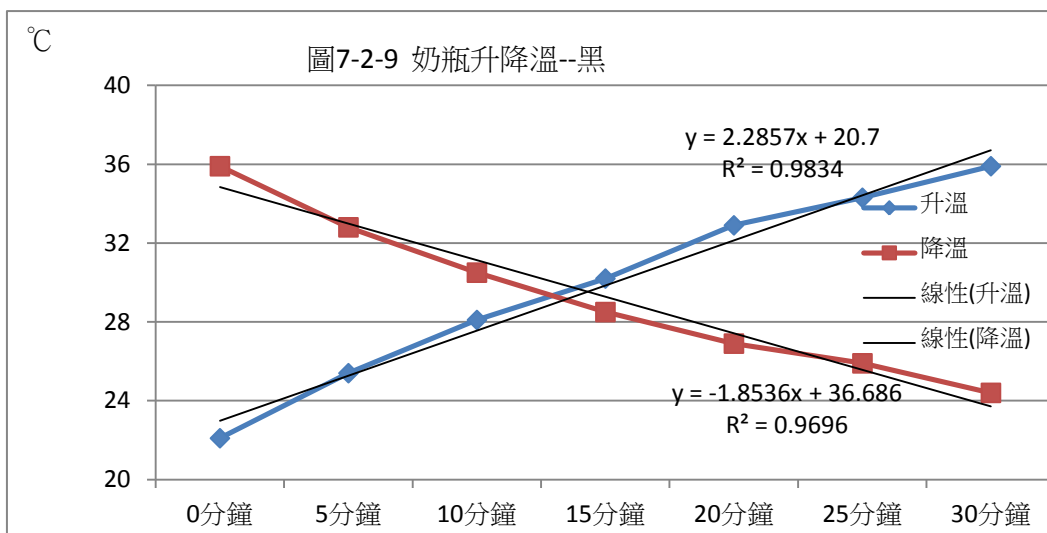
若以線性回歸進行分析，不論升溫還是降溫 30 分鐘內呈現線性關係， R^2 升溫約為 0.9417、降溫約為 0.9927 屬於高度相關的直線



若以線性回歸進行分析，不論升溫還是降溫 30 分鐘內呈現線性關係， R^2 升溫約為 0.9121、降溫約為 0.9437 屬於高度相關的直線



若以線性回歸進行分析，不論升溫還是降溫 30 分鐘內呈現線性關係， R^2 升溫約為 0.9726、降溫約為 0.9313 屬於高度相關的直線



若以線性回歸進行分析，不論升溫還是降溫 30 分鐘內呈現線性關係， R^2 升溫約為 0.9834、降溫約為 0.9696 屬於高度相關的直線

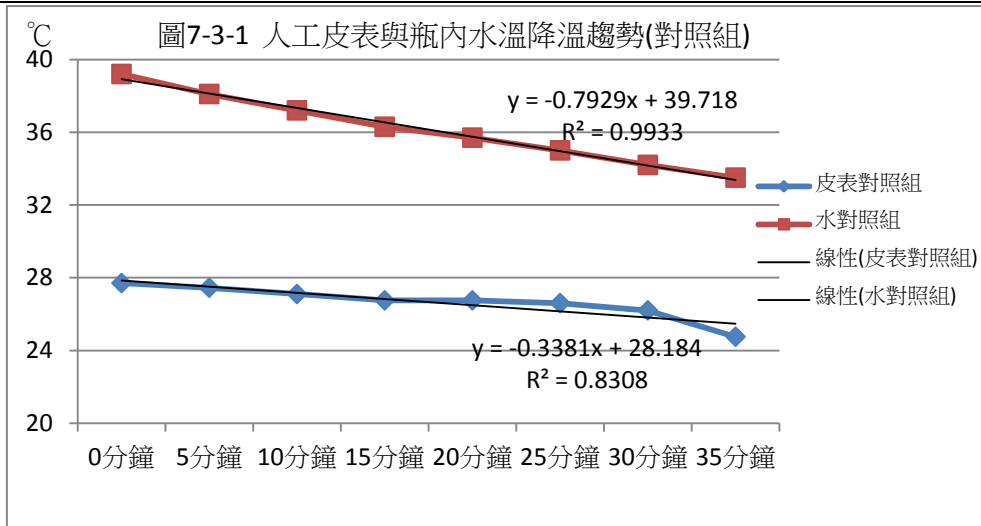
三、實驗三：將色布覆蓋於仿生材料-人工皮上，人工皮表面的溫度變化

由實驗二的結果，我們將裝有 45°C 溫水的玻璃布丁瓶口，貼上人工皮模擬人的皮膚，由實驗二的色布覆蓋於人工皮上，看看皮表的溫度變化，結果如下：

因為人的體溫無論發燒與否，大約在 33~39°C 之間，因此我們把水溫降到 39°C 上下時開始測量人工皮表面溫度，直到水溫 33°C 左右，恰好 35 分鐘。

表 7-3-1

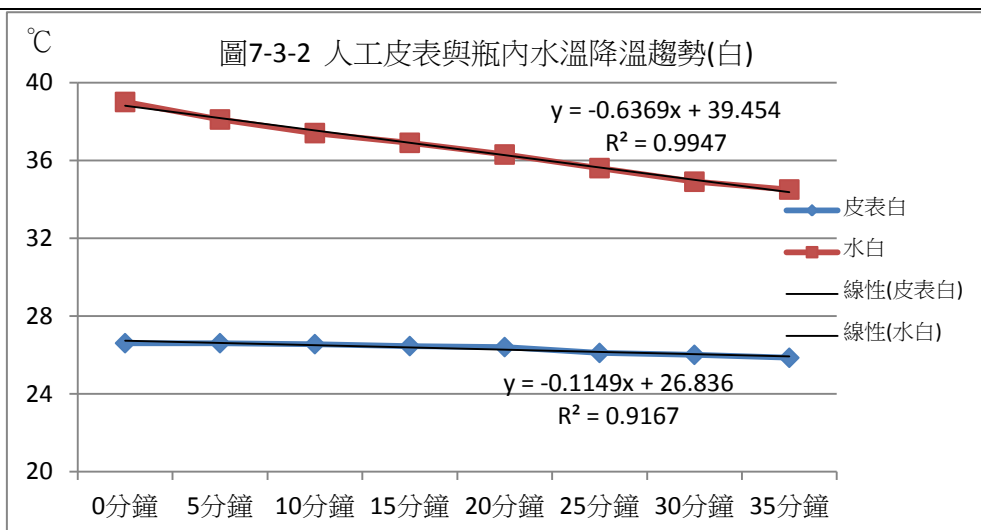
	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	35 分鐘
皮表對照組	27.7	27.45	27.1	26.75	26.75	26.6	26.2	24.75
水對照組	39.2	38.1	37.2	36.3	35.7	35	34.2	33.5



若以線性回歸進行分析，瓶內水溫下降的 35 分鐘內呈線性關係， R^2 約為 0.9933、屬於高強度直線相關。

但在人工皮表面降溫 35 分鐘內呈現線性關係， R^2 約為 0.8308、屬於中強度直線相關，我們認為是因為對照組表面暴露在空氣中，皮表熱量易隨著氣流流失。

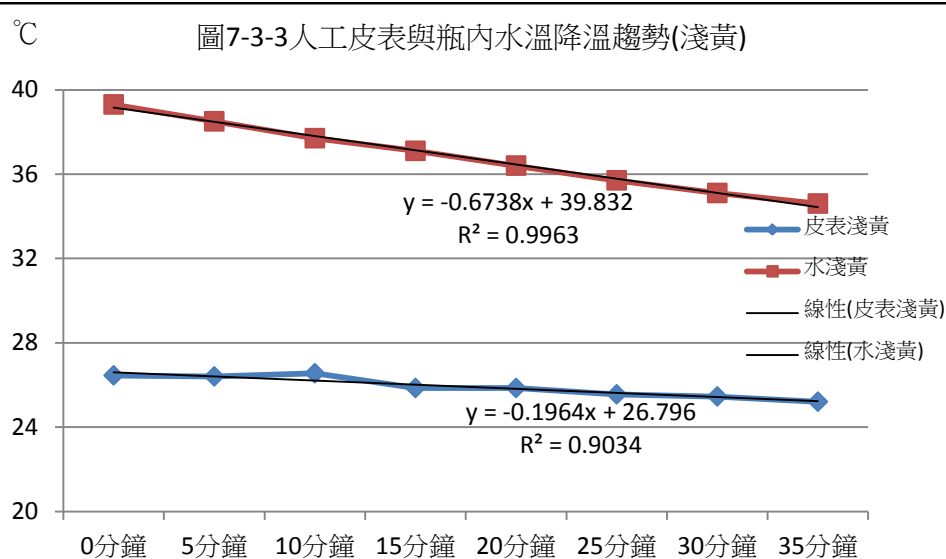
	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	35 分鐘
皮表白	26.6	26.6	26.55	26.45	26.4	26.1	26	25.85
水白	39	38.1	37.4	36.9	36.3	35.6	34.9	34.5



若以線性回歸進行分析，瓶內水溫下降的 35 分鐘內呈線性關係， R^2 約為 0.9947、屬於高強度直線相關。

但若以線性回歸進行分析，降溫 35 分鐘內呈現線性關係， R^2 約為 0.9167 屬於高度相關的直線。我們認為是由於棉布的覆蓋，減緩了人工皮表的熱量散失。

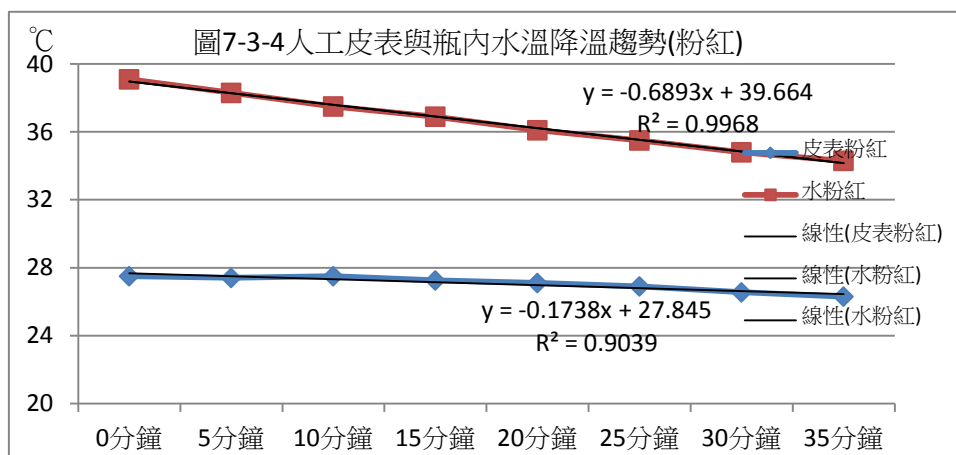
	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	35 分鐘
皮表淺黃	26.45	26.4	26.55	25.85	25.85	25.55	25.45	25.2
水淺黃	39.3	38.5	37.7	37.1	36.4	35.7	35.1	34.6



若以線性回歸進行分析，瓶內水溫下降的 35 分鐘內呈線性關係， R^2 約為 0.9963、屬於高強度直線相關。

但若以線性回歸進行分析，降溫 35 分鐘內呈現線性關係， R^2 約為 0.9034 屬於高度相關的直線。我們認為是由於棉布的覆蓋，減緩了人工皮表的熱量散失。

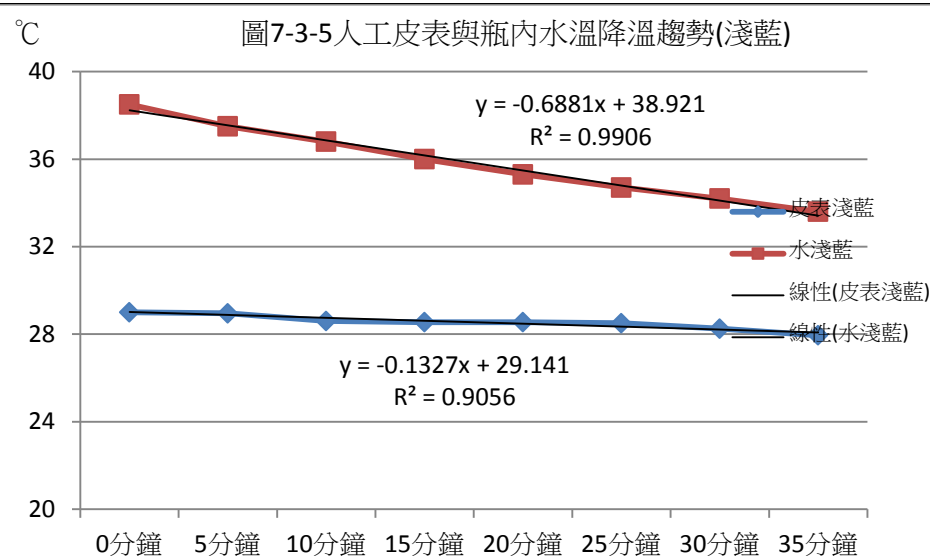
	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	35 分鐘
皮表粉紅	27.5	27.4	27.5	27.25	27.1	26.9	26.55	26.3
水粉紅	39.1	38.3	37.5	36.9	36.1	35.5	34.8	34.3



若以線性回歸進行分析，瓶內水溫下降的 35 分鐘內呈線性關係， R^2 約為 0.9968、屬於高強度直線相關。

但若以線性回歸進行分析，降溫 35 分鐘內呈現線性關係， R^2 約為 0.9039 屬於高度相關的直線。我們認為是由於棉布的覆蓋，減緩了人工皮表的熱量散失。

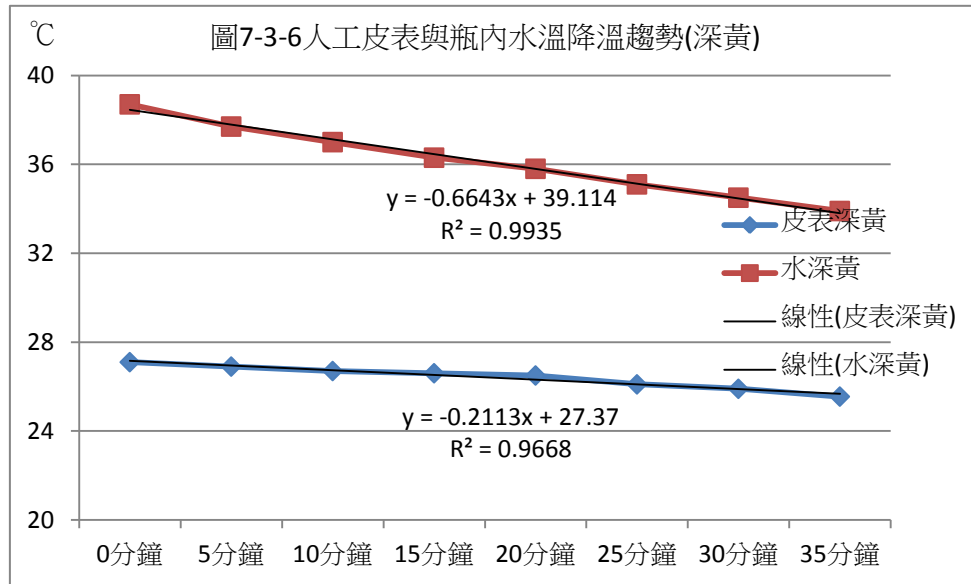
	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	35 分鐘
皮表淺藍	29	28.95	28.6	28.55	28.55	28.5	28.25	27.95
水淺藍	38.5	37.5	36.8	36	35.3	34.7	34.2	33.6



若以線性回歸進行分析，瓶內水溫下降的 35 分鐘內呈線性關係， R^2 約為 0.9906、屬於高強度直線相關。

但若以線性回歸進行分析，降溫 35 分鐘內呈現線性關係， R^2 約為 0.9056 屬於高度相關的直線。棉布的覆蓋減緩了人工皮表的熱量散失。

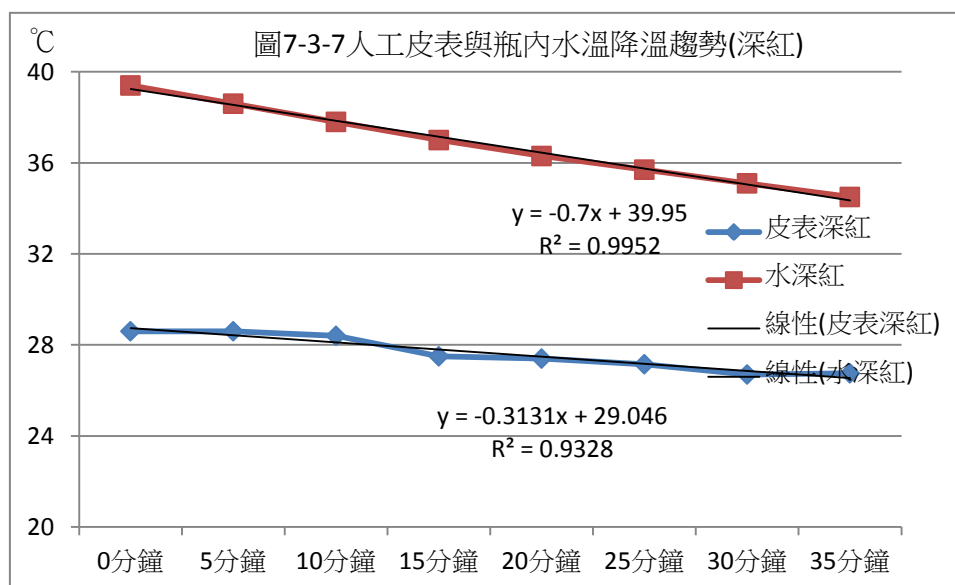
	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	35 分鐘
皮表深黃	27.1	26.9	26.7	26.6	26.5	26.1	25.9	25.55
水深黃	38.7	37.7	37	36.3	35.8	35.1	34.5	33.9



若以線性回歸進行分析，瓶內水溫下降的 35 分鐘內呈線性關係， R^2 約為 0.9935、屬於高強度直線相關。

但若以線性回歸進行分析，降溫 35 分鐘內呈現線性關係， R^2 降溫約為 0.9668 屬於高度相關的直線。我們認為是由於棉布的覆蓋，減緩了人工皮表的熱量散失。

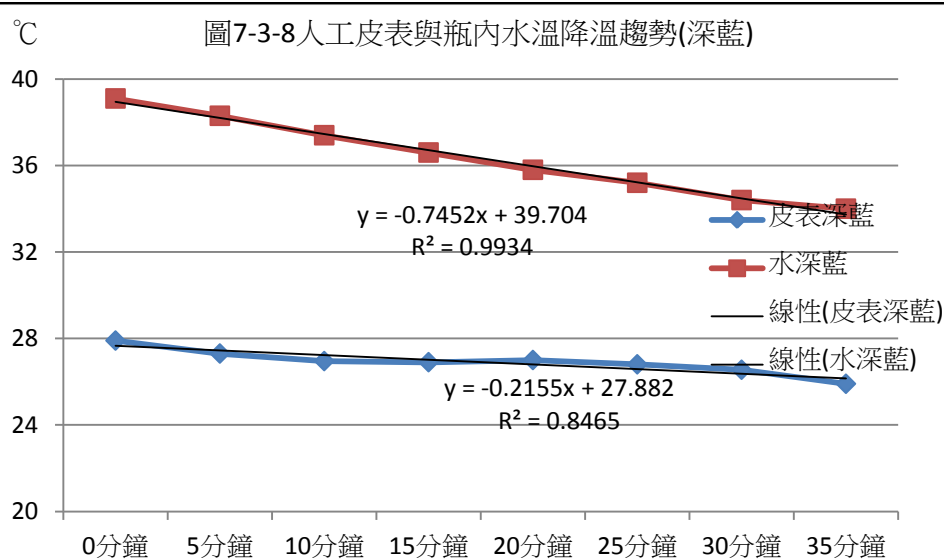
	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	35 分鐘
皮表深紅	28.6	28.6	28.4	27.5	27.4	27.15	26.7	26.75
水深紅	39.4	38.6	37.8	37	36.3	35.7	35.1	34.5



若以線性回歸進行分析，瓶內水溫下降的 35 分鐘內呈線性關係， R^2 約為 0.9952、屬於高強度直線相關。

但若以線性回歸進行分析，降溫 35 分鐘內呈現線性關係， R^2 降溫約為 0.9328 屬於高度相關的直線。我們認為是由於棉布的覆蓋，減緩了人工皮表的熱量散失。

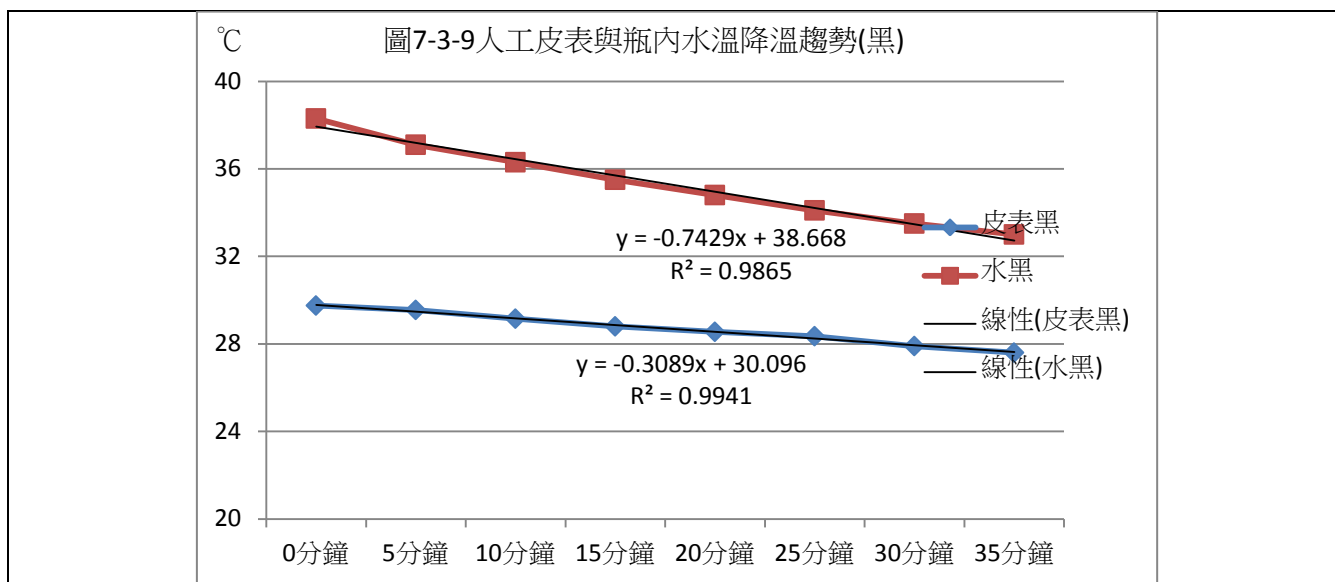
	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	35 分鐘
皮表深藍	27.9	27.3	26.95	26.9	27	26.8	26.55	25.9
水深藍	39.1	38.3	37.4	36.6	35.8	35.2	34.4	34



若以線性回歸進行分析，瓶內水溫下降的 35 分鐘內呈線性關係， R^2 約為 0.9934、屬於高強度直線相關。

但若以線性回歸進行分析，降溫 35 分鐘內呈現線性關係， R^2 降溫約為 0.8465 屬於中強度相關的直線。棉布的覆蓋有減緩人工皮表的熱量散失。

	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	35 分鐘
皮表黑	29.75	29.55	29.15	28.8	28.55	28.35	27.9	27.6
水黑	38.3	37.1	36.3	35.5	34.8	34.1	33.5	33



若以線性回歸進行分析，瓶內水溫下降的 35 分鐘內呈線性關係， R^2 約為 0.9865、屬於高強度直線相關。

但若以線性回歸進行分析，降溫 35 分鐘內呈現線性關係， R^2 降溫約為 0.9941 屬於高度相關的直線。我們認為是由於棉布的覆蓋，減緩了人工皮表的熱量散失。

捌、綜合討論

一、各色棉布包裹在裝有 50g、 -20°C 的冰，接受鹵素燈照 30 分鐘後，其吸熱程度差異為何？

(一) 深色棉布：融出最多水的是對照組，直接接受光的曝曬沒有包裹布。各色棉布中融出水最多的棉布，一如預期就是黑色，經計算後，除了對照組吸熱最多之外，再來就是黑色棉布。融出水最少是白布，吸熱最少。

其它的棉布顏色都是深色，融出的水卻不同。全部依序為：對照組 > 黑色 > 深藍 > 墨綠 > 深紫 > 深紅 > 深橘 > 深黃 > 白。其吸收的熱量也是對照組 > 黑色 > 深藍 > 墨綠 > 深紫 > 深紅 > 深橘 > 深黃 > 白。

(二) 淺色棉布：吸收的熱量看起來雖有不同，但是差不多，我們推測是因為顏色偏淺。全部依序為：對照組 > 黑色 > 淺紫 > 淺藍 > 淺綠 > 粉紅 > 淺黃 > 白。除了白色，淺黃色吸收的熱量明顯低於其他顏色。

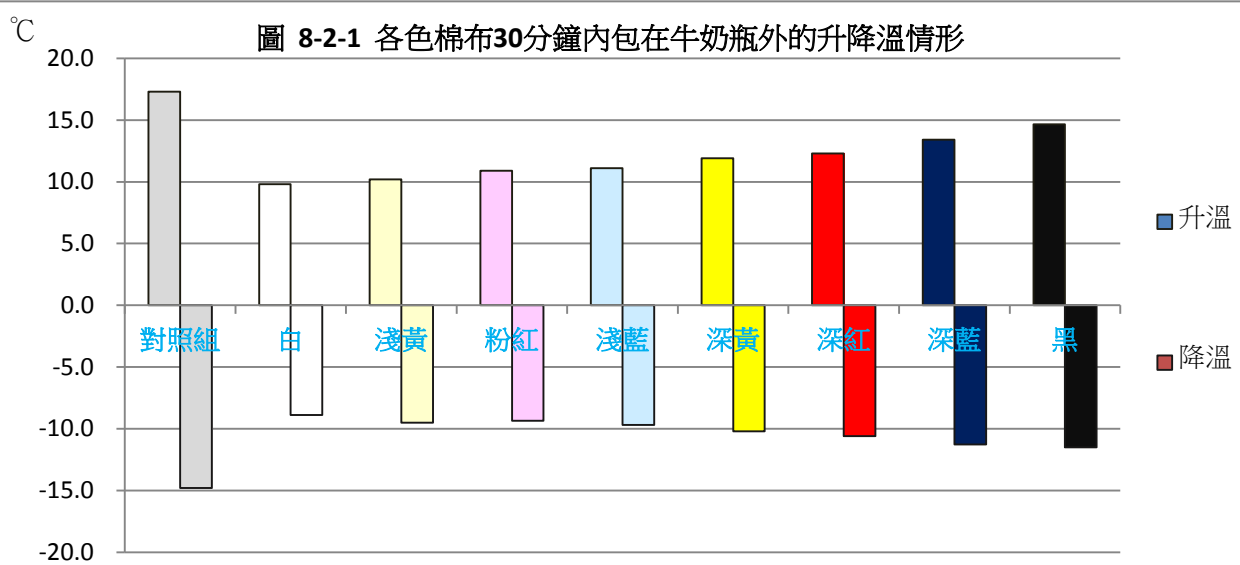
二、不同顏色包布容器所產生升降溫的狀況為何？

我們原先打算測量牛奶瓶(約 15cm 高)上、中、下的溫度，在預備實驗中發現，上中下的溫度，無論升降溫都只差不到 1 度，所以我們就統一測量奶瓶內中間的溫度。

若是各色棉布包覆玻璃奶瓶，以 30 分鐘內的升降溫差來看，是否有所差異呢？請看以下分析

表 8-2-1 各色布 30 分鐘內包在牛奶瓶外的升降溫差

牛奶瓶	對照組	白	淺黃	粉紅	淺藍	深黃	深紅	深藍	黑
升溫	15.9	9.8	10.2	10.9	11.1	11.9	12.3	13.4	14.7
降溫	-14.8	-8.9	-9.5	-9.4	-9.7	-10.2	-10.6	-11.3	-11.5



由表 8-2-1 發現，我們在密閉的教室內進行實驗，我們發現對照組升溫最多降溫也最多，因為沒有包布所以沒有遮蔽，任憑熱量進出。

升溫最多的依序：對照組 > 黑 > 深藍 > 深紅 > 深黃 > 淺藍 > 粉紅 > 淺黃 > 白

有趣的是降溫也是：對照組 > 黑 > 深藍 > 深紅 > 深黃 > 淺藍 > 粉紅 > 淺黃 > 白，但是降溫的幅度卻沒有升溫那麼多，我們認為：

第 1 個原因是除了對照組之外，其他的牛奶瓶有棉布遮蔽包覆，隔開外界的空氣對流。

第 2 個原因奶瓶是厚玻璃製的會保熱，就像溫室一樣。

以上實驗得知，深色的棉布如黑色，吸熱快放熱也快。淺色的棉布如白色，吸熱慢放熱也慢。

三、不同布料與仿生材料-人工皮-之間的保熱和散熱程度：模擬人體與衣料之間，探討布料與皮膚之間之保熱程度和散熱程度。

根據以上表7-3-1的結果，我們發現，無論是對照組還是有覆蓋棉布的裝有熱水的玻璃瓶，它們在 35°C降溫的情形十分規律，而且都呈線性降溫。

而覆蓋棉布的人工皮表面降溫的情況，比對照組(未蓋布)的較規律而穩定。

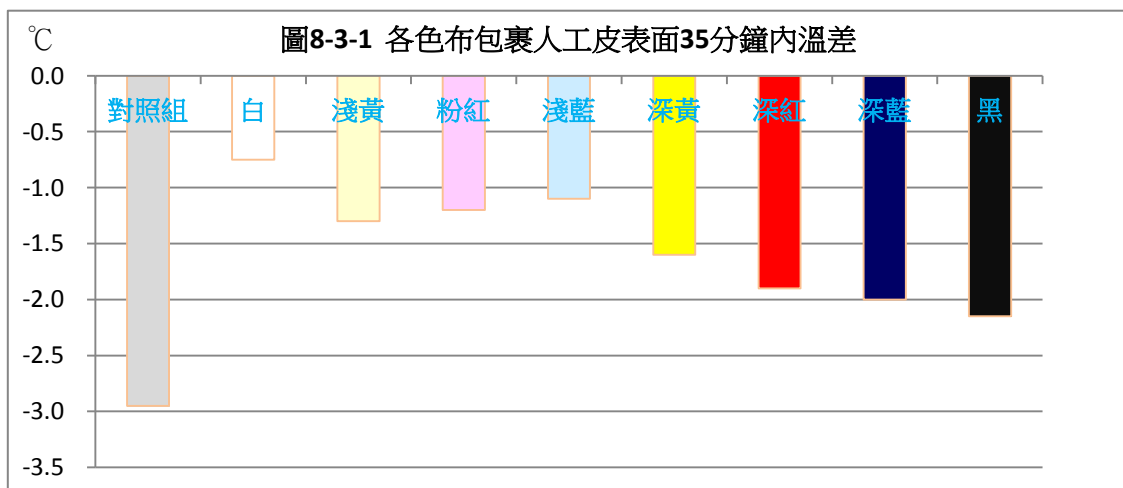
我們知道棉布覆蓋在人工皮的表面可減緩外界空氣帶走體熱，有助於保熱。那麼，我們想知道棉布的顏色和深淺，是否會影響人工皮的散熱和保熱呢？

因此我們把測量 35 分鐘內的各色棉布的溫度差與人工皮下的水下降溫差來做比較，得到以下的資訊：

(一)人工皮表面溫度變化的分析：

表 8-3-1 人工皮表 35 分鐘內降溫情形

皮表 35 分鐘	對照組	白	淺黃	粉紅	淺藍	深黃	深紅	深藍	黑
溫差°C	-3.0	-0.8	-1.3	-1.2	-1.1	-1.6	-1.9	-2.0	-2.2



由表 8-3-1 和圖 8-3-1 得知，熱源是人工皮下的熱水，它的溫度會隨時間下降，當然皮表的溫度也會隨著下降。在外界無其他熱源的情況下，除了對照組之外，溫度的降低依序為：

黑 > 深藍 > 深紅 > 深黃 > 淺黃 > 粉紅 > 淺藍 > 白

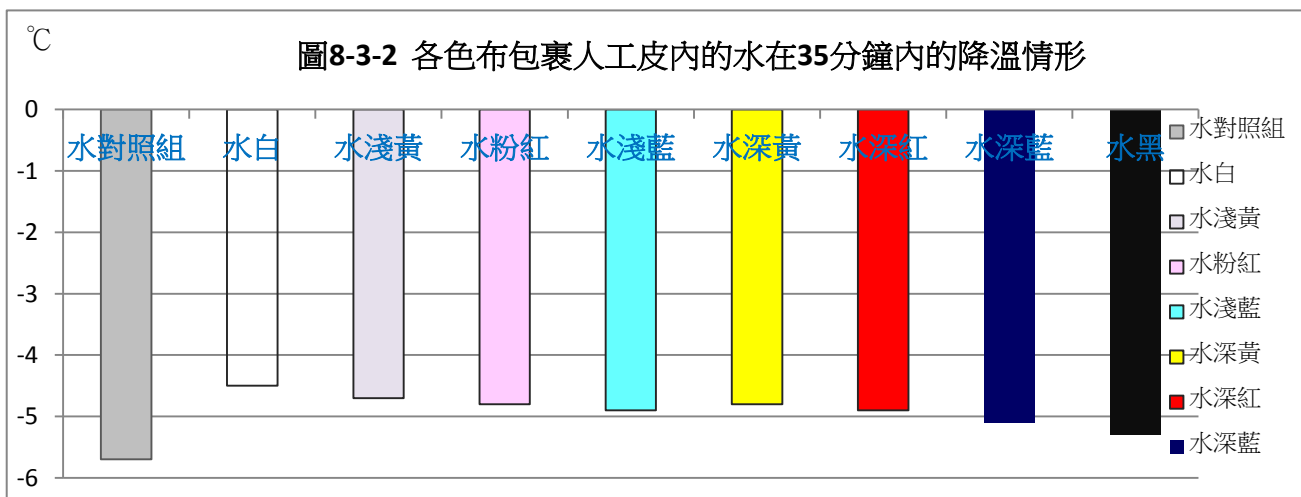
雖然在人工皮的實驗中，淺黃的順序略異於實驗一和實驗二，但是仍和其它淺色的差異

不太大，可能有些許實驗或溫度計的誤差，我們覺得還是在合理範圍內。

(二)人工皮下的水溫變化的分析：

表 8-3-2 各色棉布包裹人工皮下的水在 35 分鐘內降溫情形

皮下水溫 降 35 分鐘	水(對 照組)	水(白)	水(淺黃)	水(粉紅)	水(淺藍)	水(深黃)	水(深紅)	水(深藍)	水(黑)
溫差℃	-5.7	-4.5	-4.7	-4.8	-4.9	-4.8	-4.9	-5.1	-5.3



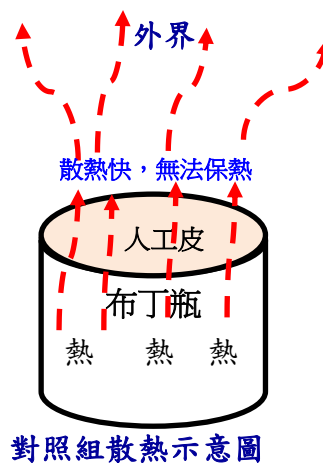
我們發現 35 分鐘內，皮下水溫降的比皮表還要多，且除了對照組之外，溫度下降幅度的順序為：

黑 > 深藍 > 深紅 > 淺藍 > 深黃 > 粉紅 > 淺黃 > 白

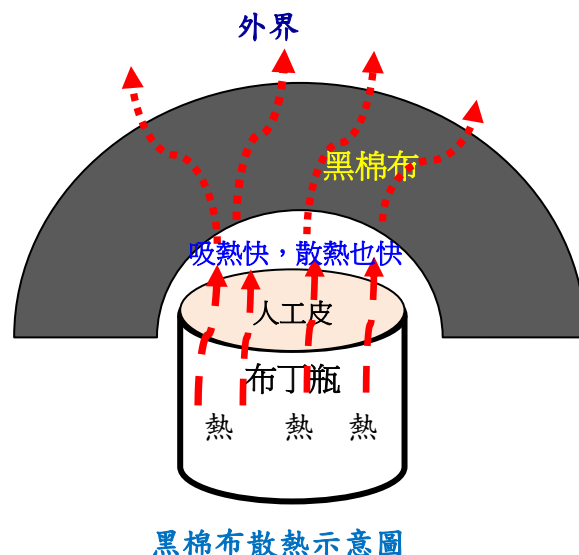
雖然順序略有出入，但差異不大，和人工皮表的溫度差順序接近。讓我們覺得奇怪的是為何布丁瓶內的水溫降的比人工皮表面多？

根據我們的推測：

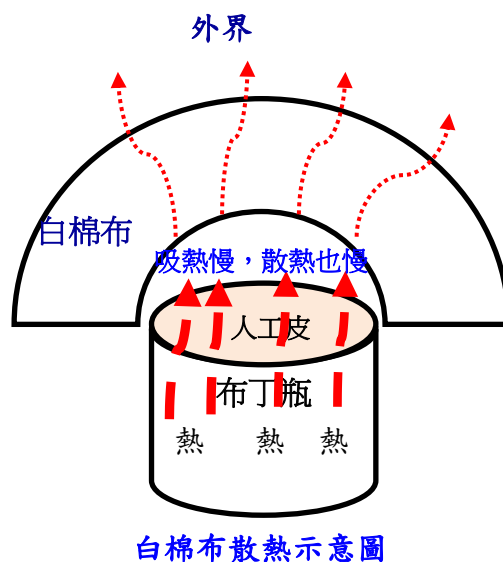
- 1、因為外界溫度較低，對照組人工皮直接和空氣接觸，所以熱量一直從瓶內向外散失，也一直被外界的冷空氣帶走，所以皮表無法達到熱平衡而導致溫度偏低。皮下卻一直有水的熱源供應，因此皮表溫差也不會像瓶內那麼大，但是在 35 分鐘裏，瓶內和瓶外降溫幅度最大，散熱效果好。但完全沒有保熱的能力。



2、深色的布如藍色和黑色，特別是黑色，其瓶內的水溫也降得很明顯，由表 8-2-1 知道黑色棉布吸熱能力最好，而且把熱往外放出的能力也好，導致布丁瓶內水的熱一直被黑棉布快速吸收也快速向外放出，瓶內的水溫才會下降這麼多。而皮表的溫度計雖有棉布遮蔽，稍稍減緩了外界冷空氣的影響，但仍受到黑棉布向內快速吸熱、向外快速放熱的影響，以致於在 35 分鐘內降溫幅度也大。在 35 分鐘裏，瓶內和瓶外降溫幅度第二多，散熱效果好，僅次於沒有遮蔽的對照組。因此黑色棉布保熱能力也很差。



3、由表 8-2-1 知道淺色棉布特別是白棉布，吸熱能力和放熱能力都是最差的，雖然布丁瓶內的水持續放熱至人工皮表外，但是表面覆蓋的白棉布卻不易將熱從白棉布裏放出去，熱只能透過棉布纖維的傳導到外界，所以蓄在白棉布裏的熱較多，溫度計下降幅度較小。白棉布看來保熱能力是最好的，當然散熱效果差。



根據以上，我們發現保熱效果好的，散熱效果就不好。我們綜合表 8-3-1 和圖 8-3-1 的數據，我們想知道相同材質、不同顏色的棉布的保熱效果和散熱效果差異有多少，所以我們用人工皮表面溫差來做比對，所有覆蓋有色棉布的人工皮表溫差都和對照組來比較。

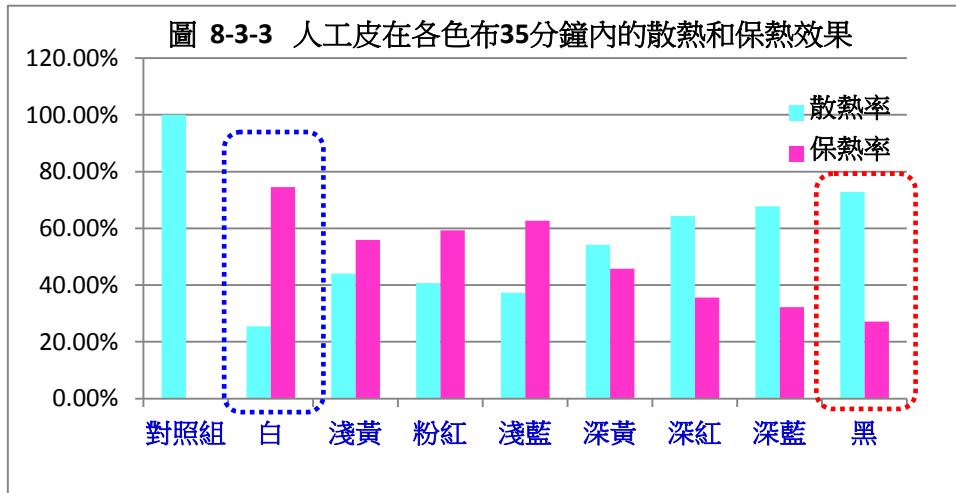
我們依以下公式來計算：

$$\text{散熱率} = (\text{各色棉布的降溫溫差} \div \text{對照組的降溫溫差}) \times 100\%$$

$$\text{保熱率} = 100\% - \text{散熱率}$$

表 8-3-3

皮表 35 分鐘	對照組	白	淺黃	粉紅	淺藍	深黃	深紅	深藍	黑
散熱率	100.00%	25.42%	44.07%	40.68%	37.29%	54.24%	64.41%	67.80%	72.88%
保熱率	0.00%	74.58%	55.93%	59.32%	62.71%	45.76%	35.59%	32.20%	27.12%



由圖、表 8-3-3 知

各色棉布散熱率大小：黑>深藍>深紅>深黃>淺黃>粉紅>淺藍>白

黑色散熱最佳，白色最差。

各色棉布保熱率大小：白>淺藍>粉紅>淺黃>深黃>深紅>深藍>黑

白色保熱最佳，黑色最差。

由此可知，深色的棉布（如黑色、深藍色）吸熱容易，放熱也容易，散熱率佳，但是保熱率卻相對地差。淺色棉布（如白色、淺藍色）雖較深色布不易吸熱，保熱率相對的好。

四、可能的應用

因為深色棉布容易吸熱卻不易保熱，而淺色棉布不易吸熱卻容易保熱。根據我們的研究，夏天在太陽底下穿黑色衣服，比較容易因吸收太陽熱而覺得熱，但是回到教室或陰涼的環境下，黑色衣服也比較容易散熱而覺得涼爽。而白色或淺色則恰好相反。

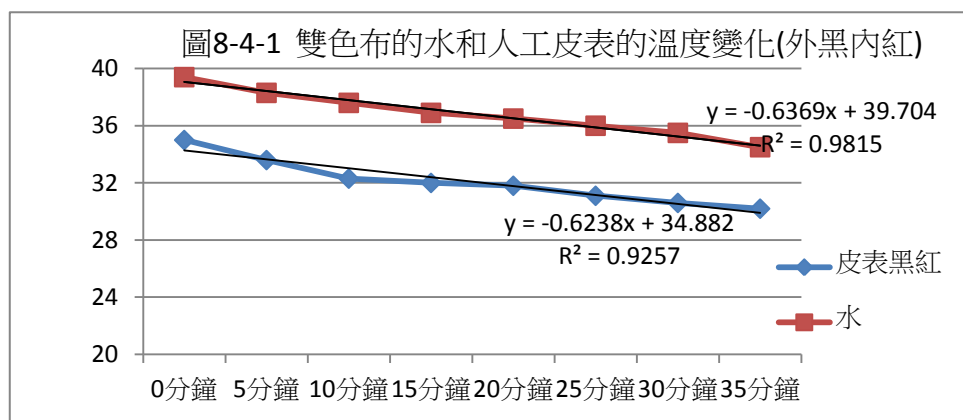
所以如何用顏色來設計合適的季節的衣物，是很重要的。不但如此，用在陽傘和露營帳棚的設計應該也很實用。

由以上的初步探究，引起我們思考：若是製作衣物時，衣服的内層和外層的颜色不同時，保熱效果是否會受到影響。又織布時，順便把兩種颜色的棉線分別織在表層和内層會有何種的保熱效果呢？

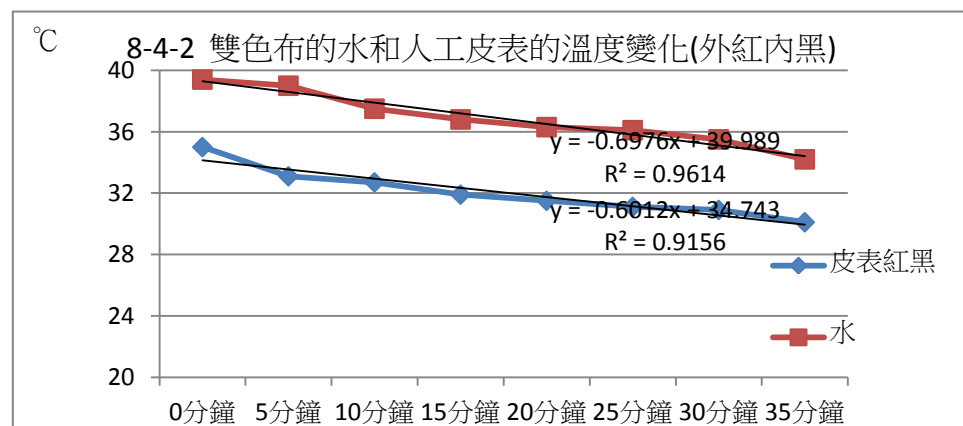
所以我們將能取得散熱效果最好的黑色和紅色、保熱效果較好的白色和淺黃色拿來兩兩配對看其保熱和散熱效果為何。

表 8-4 覆蓋雙色布的水和人工皮的溫度變化情形

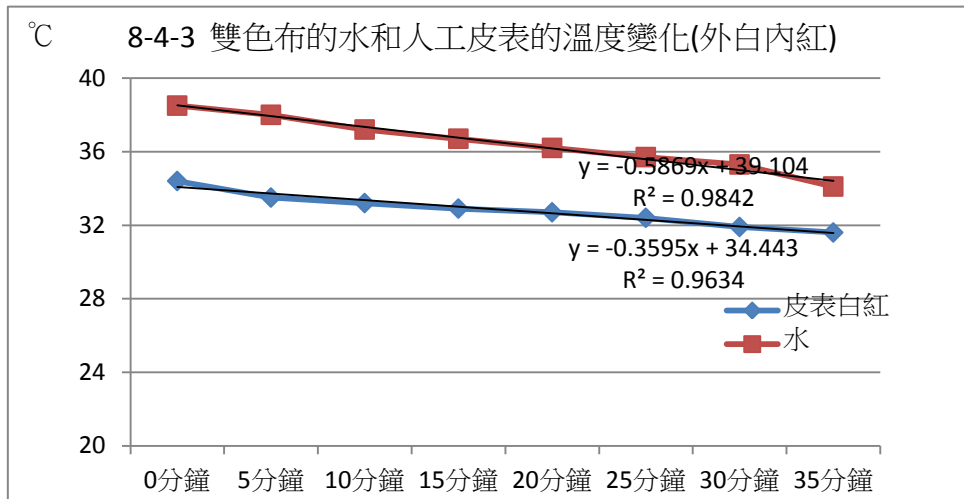
外黑內紅	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	35 分鐘
皮表黑紅	35	33.6	32.3	32	31.8	31.1	30.6	30.2
水	39.4	38.3	37.6	36.9	36.5	36	35.5	34.5



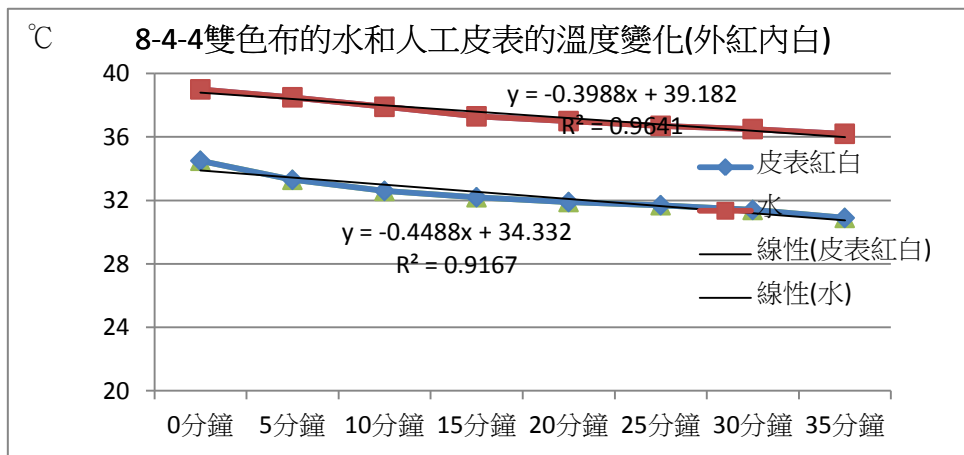
外紅內黑	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	35 分鐘
皮表紅黑	35	33.1	32.7	31.9	31.5	31.1	30.9	30.1
水	39.4	39	37.5	36.8	36.3	36.1	35.5	34.2



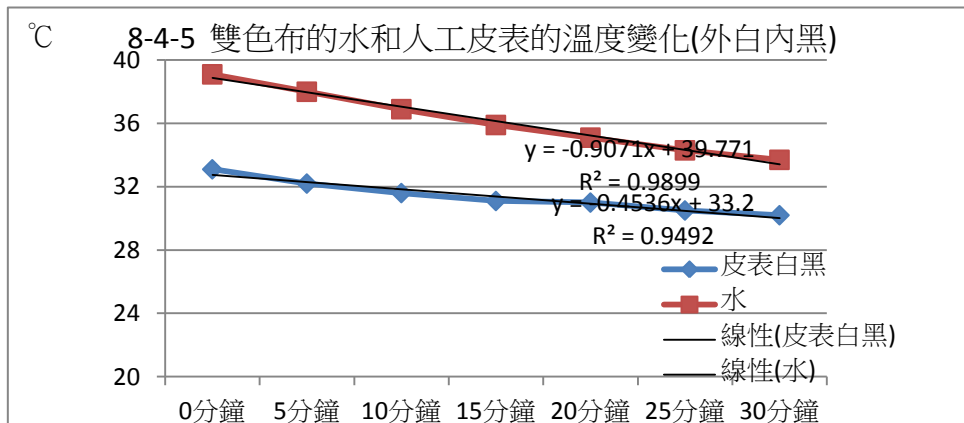
外白內紅	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	35 分鐘
皮表白紅	34.4	33.5	33.2	32.9	32.7	32.4	31.9	31.6
水	38.5	38	37.2	36.7	36.2	35.7	35.3	34.1



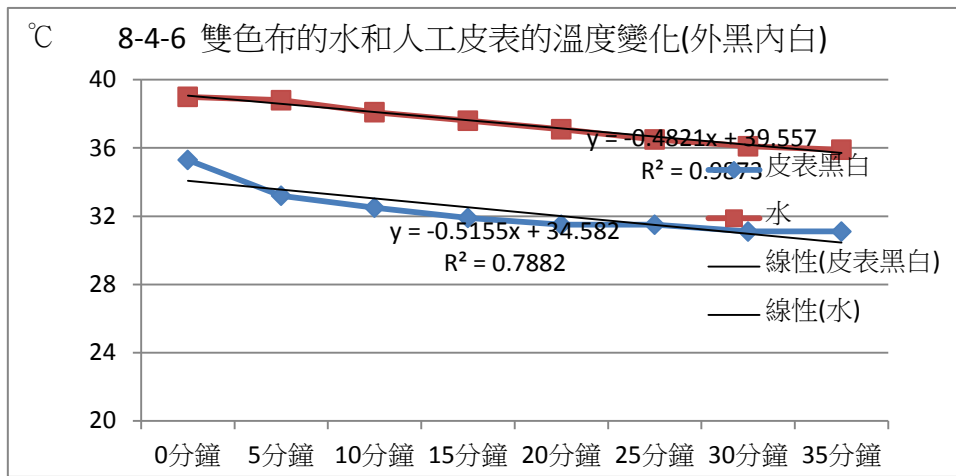
外紅內白	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	35 分鐘
皮表紅白	34.5	33.3	32.6	32.2	31.9	31.7	31.4	30.9
水	39	38.5	37.9	37.3	37	36.7	36.5	36.2



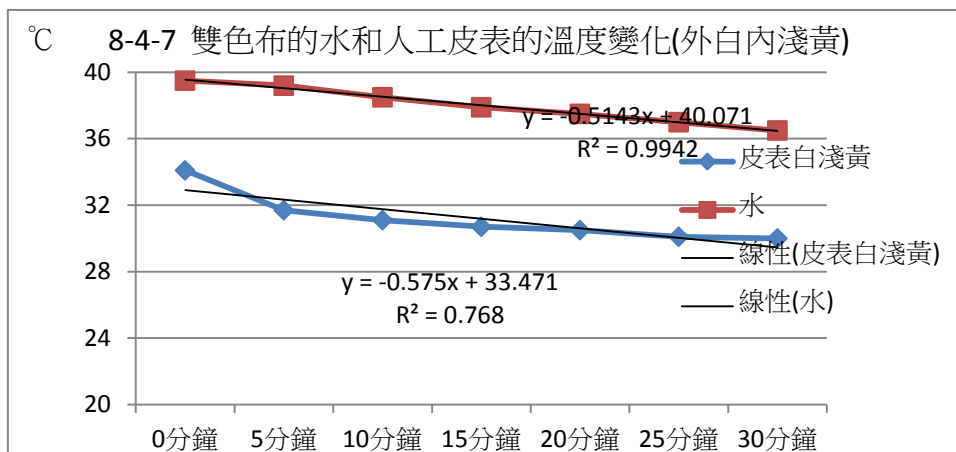
外白內黑	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	35 分鐘
皮表白黑	33.1	32.2	31.6	31.1	31	30.5	30.2	30
水	39.1	38	36.9	35.9	35.1	34.3	33.7	33.6



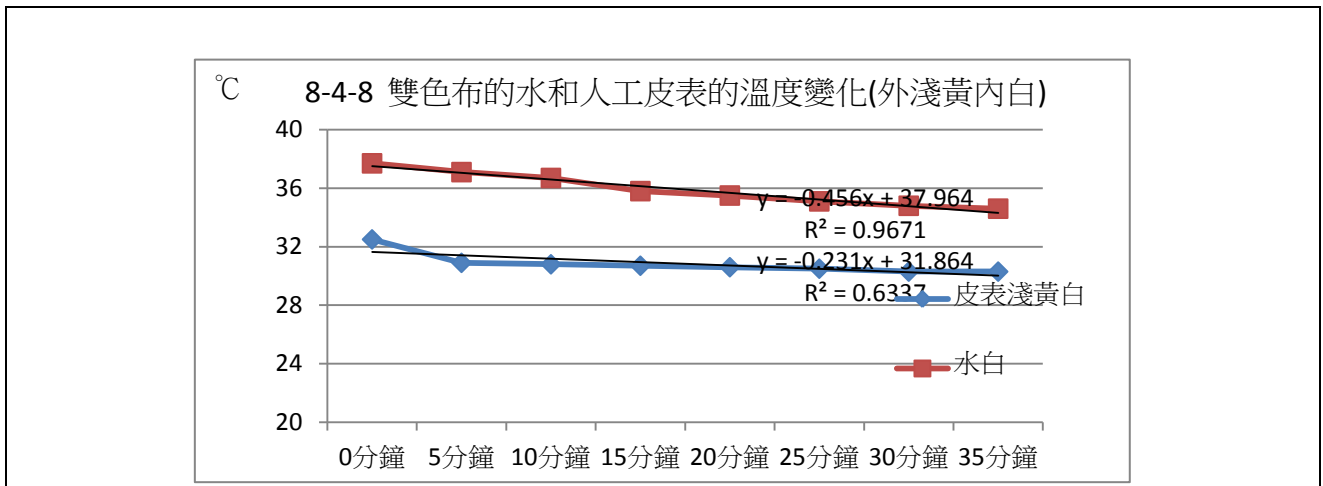
外黑內白	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	35 分鐘
皮表黑白	35.3	33.2	32.5	31.9	31.5	31.5	31.1	31.1
水	39	38.8	38.1	37.6	37.1	36.5	36.1	35.9



外白內淺黃	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	35 分鐘
皮表白淺黃	34.1	31.7	31.1	30.7	30.5	30.1	30	31.4
水	39.5	39.2	38.5	37.9	37.5	37	36.5	36



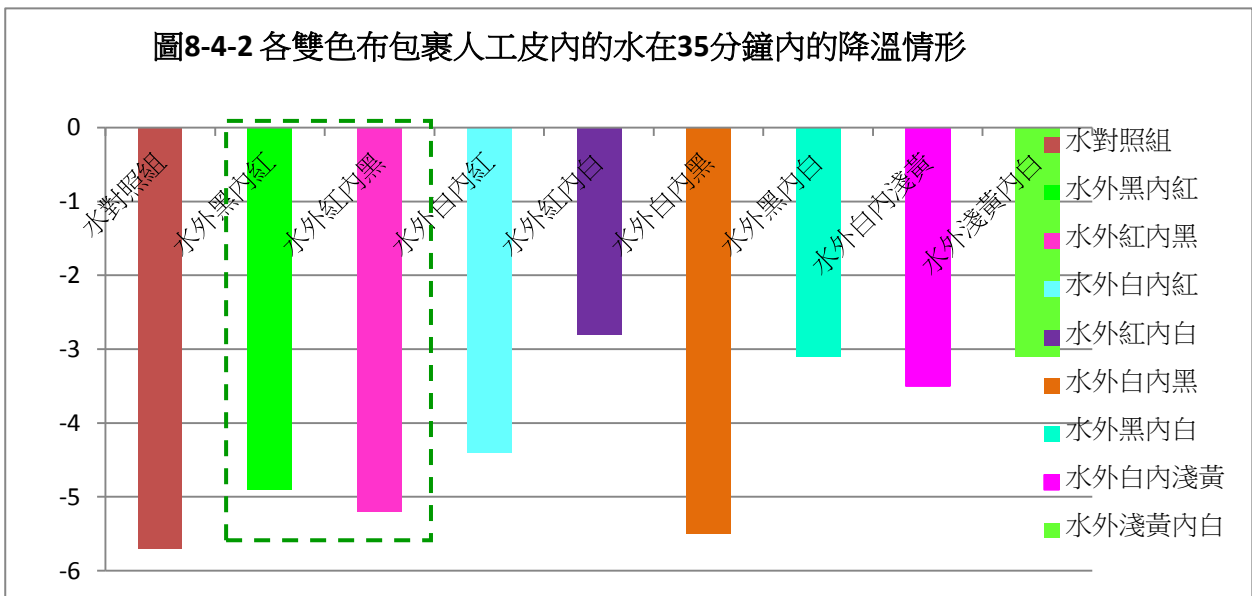
外淺黃內白	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘
皮表淺黃白	32.5	30.9	30.8	30.7	30.6	30.5	30.3
水白	37.7	37.1	36.7	35.8	35.5	35.1	34.8



由以上的實驗圖表得知，瓶內的水溫與皮表遞減多半呈現高度相關直線。且相同時間內降溫的溫差，卻有不同的結果。請看我們下一段的分析。

表 8-4-2 各雙色布包裹人工皮內的水在 35 分鐘內的降溫情形

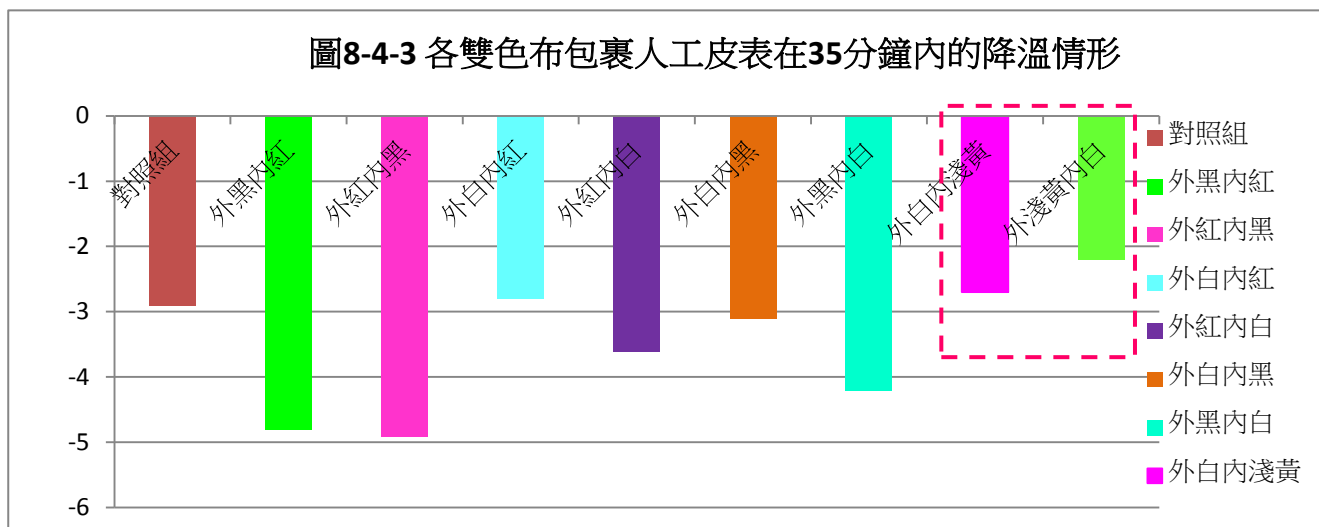
	對照組	外黑內紅	外紅內黑	外白內紅	外紅內白	外白內黑	外黑內白	外白內淺黃	外淺黃內白
水的溫差	-5.7	-4.9	-5.2	-4.4	-2.8	-5.5	-2.1	-3	-2.7



我們發現，布的內外都是深色時，更有助於水的熱量散失，保熱效果較差。內外都是淺色時，熱量散失較少。若是內層是深色外層是淺色，雖然深色散熱多，但是外層淺色或多或少會阻止熱量散失。

表 8-4-3 各雙色布包裹人工皮表在 35 分鐘內的降溫情形

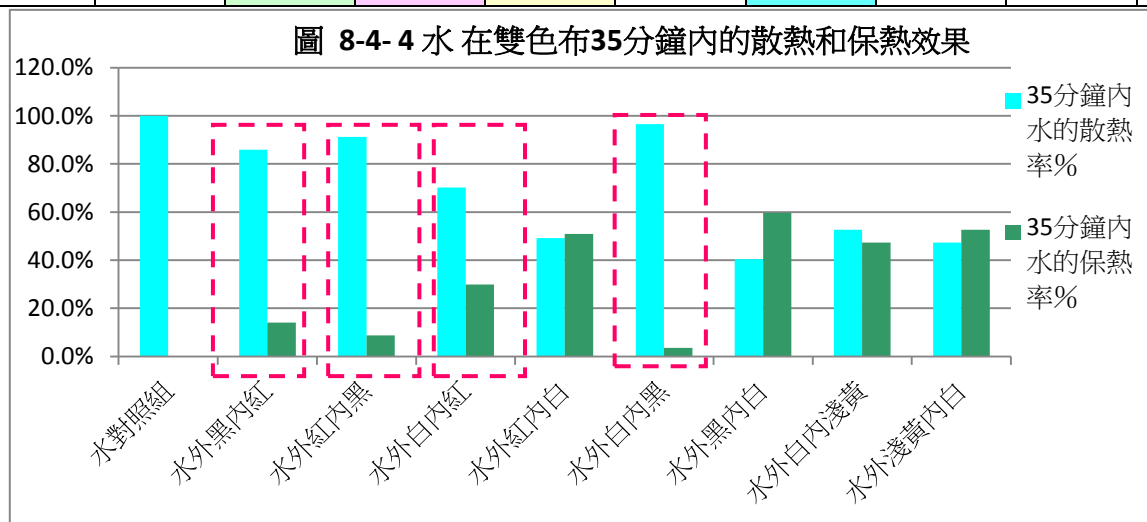
	對照組	外黑內紅	外紅內黑	外白內紅	外紅內白	外白內黑	外黑內白	外白內淺黃	外淺黃內白
皮表的溫差	-2.9	-4.8	-4.9	-2.8	-3.6	-3.1	-4.2	-2.7	-2.2



我們發現，布的内層是淺色時，降溫效果較差，保溫效果較好。若內外都是淺色時，更有利於皮膚的保熱。若是内層是深色外層是淺色，雖然深色散熱多，但是外層淺色或多或少會使熱量散失趨緩。

表 8-4-4 水在雙色布 35 分鐘內的散熱和保熱效果

	對照組	外黑內紅	外紅內黑	外白內紅	外紅內白	外白內黑	外黑內白	外白內淺黃	外淺黃內白
35 分鐘內水的散熱率%	100.0%	86.0%	91.2%	70.2%	49.1%	96.5%	40.4%	52.6%	47.4%
35 分鐘內水的保熱率%	0.0%	14.0%	8.8%	29.8%	50.9%	3.5%	59.6%	47.4%	52.6%



由以上的保熱率和散熱率，我們發現只要內層是深色（紅和黑）的幾乎都會使熱散失較多，保熱效果比較差。而內層是淺色（白和淺黃）的溫度下降較少，保熱效果比較好。所以，我們幾乎肯定嚴冬時，相同材質的貼身衣物，可能要穿淺色的才能保暖。而夏天可能以深色衣物較容易將體熱散去。

玖、研究結論

一、(一)深色棉布包裹裝冰的布丁瓶融出的水：全部依序為：對照組>黑色>深藍>墨綠>深紫>深紅>深橘>深黃>白。其吸收的熱量也是對照組>黑色>深藍>墨綠>深紫>深紅>深橘>深黃>白。由此可知，深色布易吸收輻射熱。

(二)淺色棉布包裹裝冰的布丁瓶融出的水：全部依序為：對照組>黑色>淺紫>淺藍>淺綠>粉紅>淺黃>白。因為顏色偏淺，所以融的水差異不大，所吸的熱量也差異不大。所以淺色比較容易反射輻射熱。

二、牛奶瓶升溫最多的依序：對照組>黑>深藍>深紅>深黃>淺藍>粉紅>淺黃>白

降溫也是：對照組>黑>深藍>深紅>淺藍>粉紅>淺黃>白，但是降溫的幅度卻沒有升溫那麼多。這是因為第1個原因是除了對照組之外，其他的牛奶瓶有布遮蔽包覆，隔開外界的空氣對流。第2個原因奶瓶是厚玻璃作的會保熱，就像溫室一樣。

三、(一)各色棉布散熱率大小：黑>深藍>深紅>深黃>淺黃>粉紅>淺藍>白，黑色散熱最佳，白色最差。

(二)各色棉布保熱率大小：白>淺藍>粉紅>淺黃>深黃>深紅>深藍>黑，白色保熱最佳，黑色最差。

以上結果得知，深色的棉布如黑色，吸熱快放熱也快。淺色的棉布如白色，吸熱慢放熱也慢。保熱效果也是淺色佳，深色差。一如我們更早之前的預實驗中，把包有淺色棉布和深色棉布的密封牛奶瓶，放在冰箱內約4°C的冷藏室中，

其瓶內 35 分鐘的溫度下降，包著深色棉布的瓶子下降最快，淺色棉布下降最慢。

四、在內外層不同色的部分：內、外層無論是紅黑配或黑紅配，保熱效果都不佳，且內、外層為黑白和紅白都不好，特別是黑白。我們推測，是因為黑色吸收輻射熱效果太強了。

(一) 布的內層是淺色（白或淺黃）時，降溫效果較差，保熱效果較好。若內外都是淺色時，更有利於皮膚的保熱。以仿生學的觀點而言，極地動物除了皮下脂肪厚實之外，毛髮多半是白色或淺色，如北極熊，多是避免過多身體的熱向外放出。若是運用在冬天，特別是貼身衣物，選擇淺色容易反射皮膚輻射熱，保暖效果比較好。若是內層是深色外層是淺色，雖然深色散熱多，但是外層淺色或多或少會使熱量散失趨緩。

(二) 內層是深色（紅或黑）的幾乎都會使熱散失較多，保熱效果比較差，若是大熱天運動後，除了排汗散熱外，體內蓄積的熱散到體表，若是穿深色的衣服，或能將體表的熱快速輻射出去。

所以，我們幾乎肯定嚴冬時，相同材質的貼身衣物，可能要穿淺色的才能保暖。而夏天可能以深色衣物較容易將體熱散去。

拾、參考資料

一、南一版，八上自然與生活科技 第 5 章溫度與熱

二、張延瑞等，全國中小學科展作品 第 24 屆物理科第三名

三、康軒版，八上自然科學 第 5 章 熱與溫度