

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 物理科

030101

消「濕」的密室！黑白交錯下溫度震盪效應之探究

學校名稱：臺北市立石牌國民中學

作者： 國二 林宜蓁	指導老師： 陳玉娟 許詩涵
---------------	---------------------

關鍵詞：溫度震盪、熱傳導、濕度

摘要

在相同的熱源下，第一部分，以不同黑白管狀體排列方式，觀察黑、白管狀體表面的溫度震盪現象，當黑白交錯排列時，會出現溫度震盪效應，間接驗證物體的溫度與表面顏色無絕對的關係，而是取決於本身所吸收熱量的多寡。第二部分，當均溫箱內的濕度控制在 30%，水氣的存在會影響黑白管狀體的溫度震盪效應。由實驗結果得知，溫度震盪效應會因黑白管狀體的排列方式有規則性的變化，當黑管狀體的數量增加，溫度差距會變小；黑白管狀體的排列方式也會影響溫度震盪現象出現的時間；在濕度環境下，因液態水的比熱大、溫度上升慢，導致黑管狀體因和水氣溫差較大，熱量會持續由黑管狀體傳遞至水氣，造成黑白管狀體在熱傳導過程中，溫度熱震盪現象消失。

壹、研究動機

八年級理化課本中也有提到表面顏色較深的物體較容易吸收輻射熱，同樣在太陽底下，黑色物體的溫度會高於白色物體的溫度，這讓我想知道物體的顏色與溫度之間的關係。所以我搜尋有關顏色及溫度的實驗去找尋科展的題目，發現歷屆科展文獻有探討黑白物體與溫度的關係，間接看到溫度震盪現象，這引起作科展的興趣。

在新北市107學年度中小學科展優等作品: 黑白勢力-溫度震盪效應之探討,利用黑白管狀體貼在透明板上,針對不同對流方式-單邊開口-單對流、雙邊開口-雙對流、雙邊封口-無對流、不同管徑大小及排列方式來探討黑白管狀體表面的溫度震盪現象。在本次實驗中,我們延續實驗選擇雙邊封口-無對流的形式,並將黑白管狀體直立於均溫箱中,在升溫過程,除了驗證溫度震盪效應的存在,並增加不同排列組合與濕度的變因,進而探討黑白管狀體溫度震盪的現象。

貳、研究目的

- 一、探討黑白管狀體在不同排列組合對溫度震盪的影響(normal)。
- 二、探討黑白管狀體在不同排列組合時，濕度條件(Humidity)對溫度震盪效應 的影響。
- 三、探討溫度震盪效應的熱傳導機制。

參、研究設備及器材

一、研究設備及器材

				
1. 均溫箱	2. 四視窗溫度計	3. 紅外線溫度計	4. Arduino	5. DHT11 感測器
				
6. 水電膠帶	7. 加熱器	8. 燈泡	9. 黑白管狀體	10. 奈米噴霧機

圖3-1 研究設備及器材列表

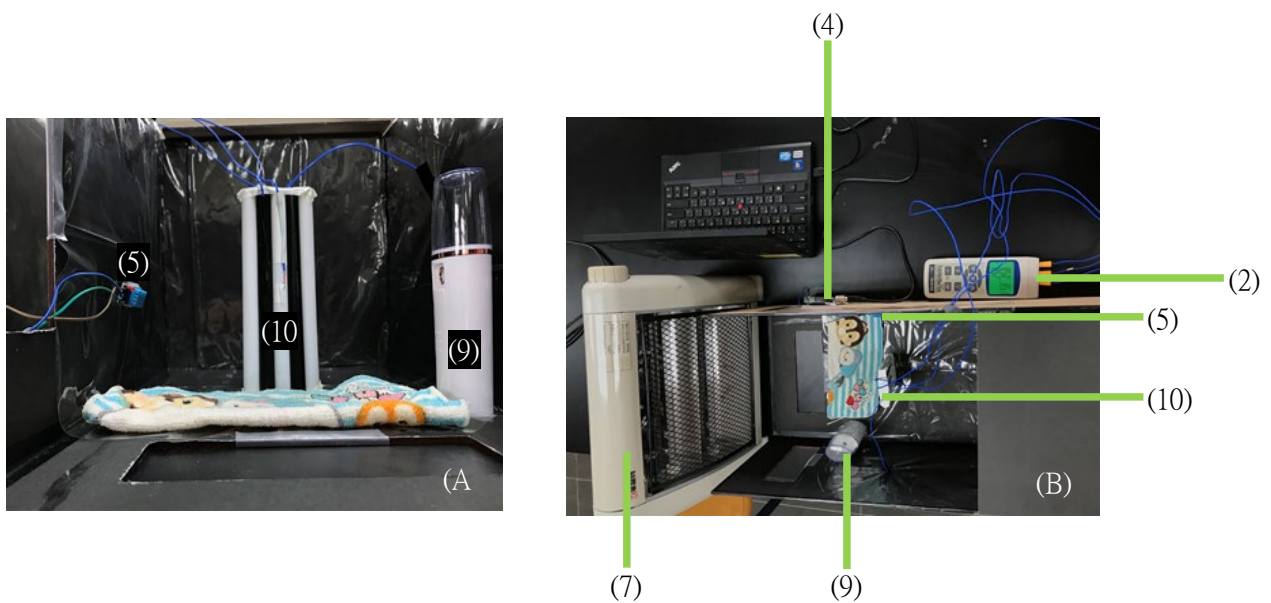


圖3-2 (A) 濕度實驗的前視圖、(B) 濕度實驗的俯視圖

如上圖 3-1、圖 3-2 所示，1~10的規格如下：1.自製均溫箱，尺寸：25 × 25 × 70 cm；2. 記憶式四視窗溫度計，型號:TM-947SD；3. 紅外線溫度計，型號: GE-433A；4. Arduino，型號：782-A000066；5. DHT11 感測器，單匯流排數位溫濕度感測器；6. 黑白水電膠帶；7. 平行光加熱器 (400 W, 800 W)，型號: CT - 808；8. 家庭式燈泡 (200 W, 250 W)；9. 黑白交錯的

管狀體；10. 奈米噴霧機，型號: 21170300001。

二、器材介紹

(一)Arduino：是一種容易操作的微控制器，可以支援許多感應器，不同的感測器能使LED燈發光、蜂鳴器發出聲音，也能感測環境的溫濕度。Arduino 原先是由義大利米蘭互動設計學院所設計出來的開放原始碼的單晶片微控制器電路板，利用 Arduino 板及外接元件，可與真實世界產生互動的產品。圖3 為 Arduino Uno 板，這是大多數入門者擁有的第一塊控制板，它使用了 ATMEL 公司的 ATmega328 當作微控制器，具有14 支數位輸出入腳及6 支類比輸入腳，可以透過 USB 連接埠與電腦連接，除了供電外也可與電腦進行訊息互動。



圖 3-3 Arduino UNO 板（圖片取自 Arduino 官方網站 www.arduino.cc）

(二)DHT11：是一種能直接輸出數字的溫濕度感應器，如圖3-4所示，其溫度測量範圍為 0~50°C，誤差值為 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；溼度的測量範圍為 20%~90% RH，誤差在 $\pm 5\% \text{ RH}$ 。



圖 3-4 DHT11 為數位溫溼度感測器

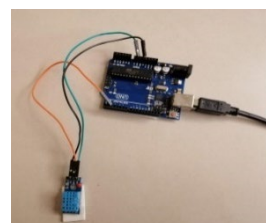


圖 3-5 DHT11+ Arduino連接示意圖

圖 3-5 為DHT11+Arduino連接示意圖，連接方式為：使用電線連接DHT11與Arduino感測器，DHT11的VCC(電源)、GND(接地)及DATA(資訊)分別接Arduino的5V、GND及數位輸入腳位2。

(三)TM-947SD 四視窗自動記錄溫度計

自動記錄器的特性是可以自動偵測及記錄溫度，如圖 3-6 所示，實驗中使用 K type 型式熱電偶及 PT100Ω 溫度計，可以同時間在四視窗顯示溫度，機器顯示器解析度 0.1 度，實驗中搭配記憶 SD 卡，記錄值可同時紀錄年月日時分秒，資料擷取設定時間範圍: 5~20 秒。



圖 3-6

TM-947SD 四視窗自動記錄溫度計

肆、研究過程與方法

一、理論探討

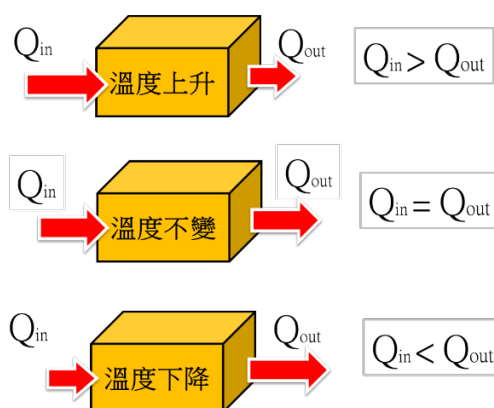
(一)熱傳輸機制

溫度不同的兩物體間會有能量的轉移，這種能量稱為熱能，當環境的溫度與系統的溫度不相同時，在環境與系統中移動的能量就是熱能，可以用符號 Q 表示。系統吸收熱， Q 為正，會使得周遭環境的溫度下降；系統放熱， Q 為負，會使得周遭環境的溫度上升，圖7為示意圖。熱的傳遞方式有熱傳導、熱對流、熱輻射，傳導是固態主要的傳熱方式，對流是流體傳熱的主要方式，而不依賴介質也能傳播的傳熱方式，稱為輻射。

物體吸收熱量 $>$ 物體散出熱量 ($Q_{in} > Q_{out}$) : 物體溫度升高；

物體吸收熱量 = 物體散出熱量 ($Q_{in} = Q_{out}$) : 物體溫度不變；

物體吸收熱量 $<$ 物體散出熱量 ($Q_{in} < Q_{out}$) : 物體溫度下降；



Q : 傳輸的熱量、 T_H : 高溫、 T_L : 低溫

圖4-1 在吸收相同熱源後，熱量傳遞溫度變化示意圖

(二)相對溼度(Relative humidity, RH)

在空氣中，水蒸氣的多寡，會影響到空氣的乾溼程度，稱為「溼度」。空氣中每單位體積內所含水汽之質量，稱為絕對溼度(Absolute Humidity)。換句話說，也是在空氣中水蒸氣的密度，常見單位為公克/立方公尺。一定體積的空氣中含有水蒸氣的最大限度為飽和溼度(Saturated humidity)，也等於相對溼度100%，環境達到飽和溼度時，水分無法再蒸發；相對溼度(relative humidity)是絕對溼度與飽和溼度的比值，其公式為：

$$\text{相對溼度} = \frac{\text{當下空氣中的水氣密度}}{\text{同溫同壓下之飽和水汽密度}} \times 100\%$$

(三)牛頓冷卻定律

一個物體的溫度和周圍環境不相同時，較熱的物體會傳遞熱能給周圍環境，物體溫度會下降，較冷的物體會吸收環境中的熱量，溫度會上升，最終會和環境的溫度一致。一個正在冷卻的物體其「冷卻速率」會與其「溫度與室溫之差」成正比。設此物之溫度為 $T(t)$ ，在 $t=t_0$ 時之溫度為 T_0 ，且室溫為 H ，則牛頓冷卻定律如下所示。

$$T(t) = -\alpha(T(t) - H)$$

其中 $\alpha > 0$ 為與該物體有關之常數。 $-\alpha$ 之負號表示當物溫高於室溫時，物溫會下降。

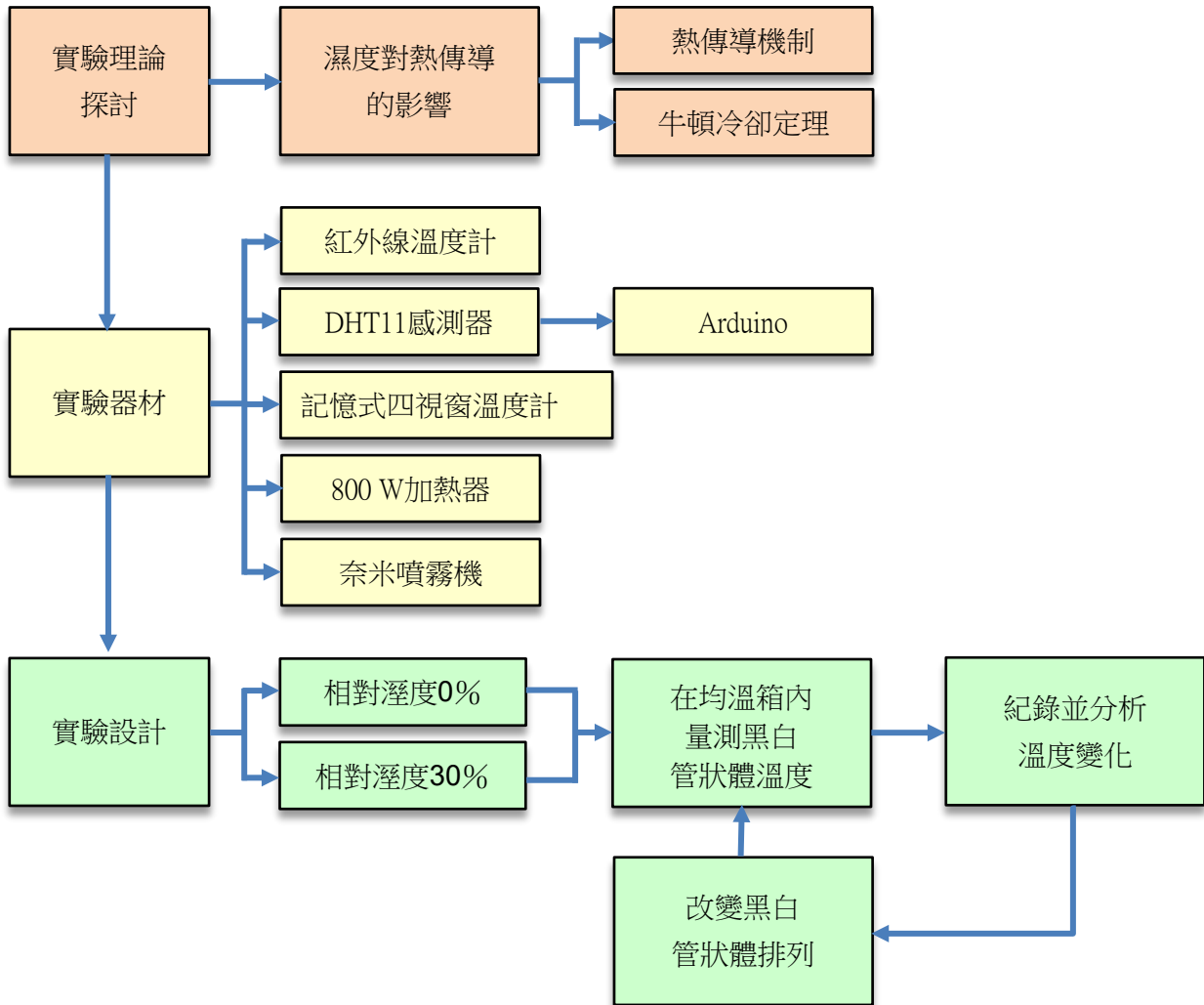
但當物溫低於室溫時，物溫則會升高。

(四)何謂溫度震盪效應:

在黑白管狀體緊靠且吸收相同穩定熱源的條件下，一開始黑管溫度會高於白管溫度，過一段時間後，白管狀體因為吸收熱能，溫度持續升高，當高於黑管溫度時，熱量會在從白管傳遞至黑管，這種狀況會不斷重複，即為溫度震盪現象。

二、研究方法:

本實驗的設計流程圖如下所示。



(一)實驗一：不同黑白管狀體排列的溫度震盪現象

要了解實驗過程中，黑、白管狀體的排列組合及數量多寡是否會影響熱能傳遞。實驗中所需要的管狀體材料尺寸皆為口徑：1.0 cm，管長：15 cm，使用白色水電膠帶做雙邊封口，將長寬度皆相同的黑白管狀體黏緊並排，如圖4-2所示。測量方式：使用 800 W 加熱器，將加熱器預熱，並把熱電偶溫度計黏貼於黑白管狀體表面上，測得均溫箱內四角溫度相同，待黑白管狀體初溫相同後，將管狀體放入均溫箱內距離熱源30公分處。每隔 10秒紀錄一次溫度的變化，加熱 30分鐘後，關閉加熱器。

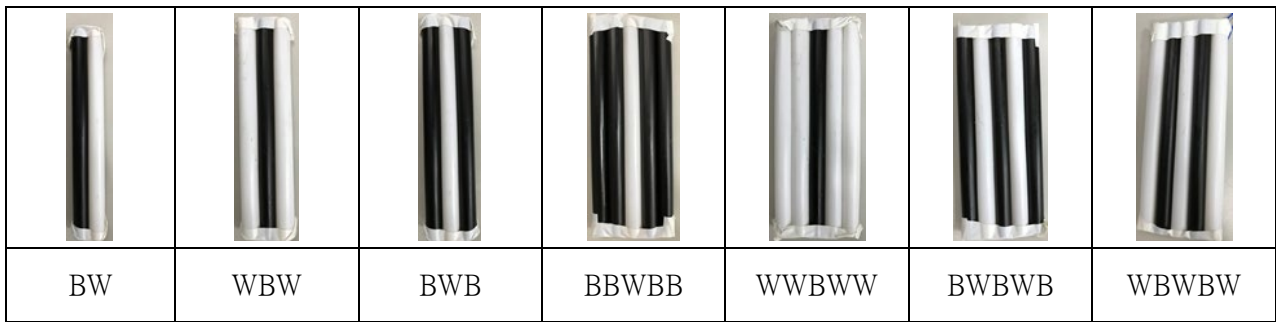


圖4-2 不同排列組合的黑白管狀體

(二)實驗二：黑白交錯的管狀體在濕度條件 (RH= 30 %) 下的溫度震盪現象

固定加熱器為 800 W，加熱 10分鐘後，經過測量，均溫箱內的濕度為零 (0%)，利用奈米噴霧機，在均溫箱內進行噴霧，使得均溫箱的濕度約為 30 % 左右時，再放入不同排列的黑白管狀體(WWBWW、BBWBB、BWBWB、WBWBW)，進行濕度對溫度震盪的影響實驗，如圖 4-3 所示。

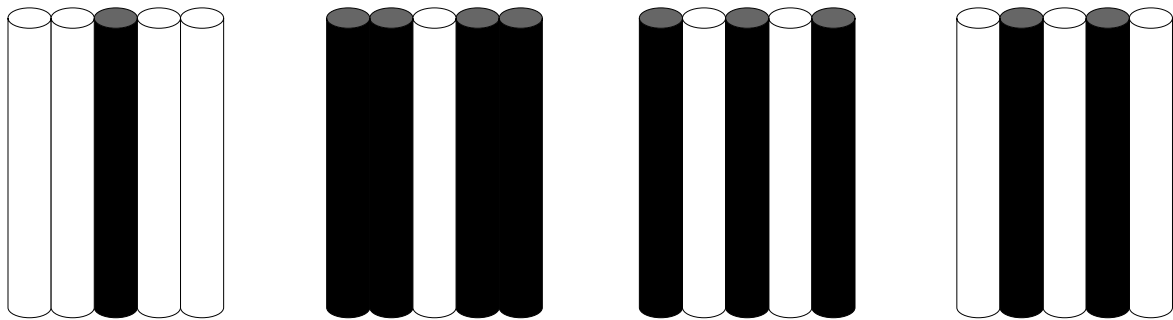


圖4-3 不同黑白管狀體排列 (WWBWW、BBWBB、BWBWB、WBWBW) 示意圖

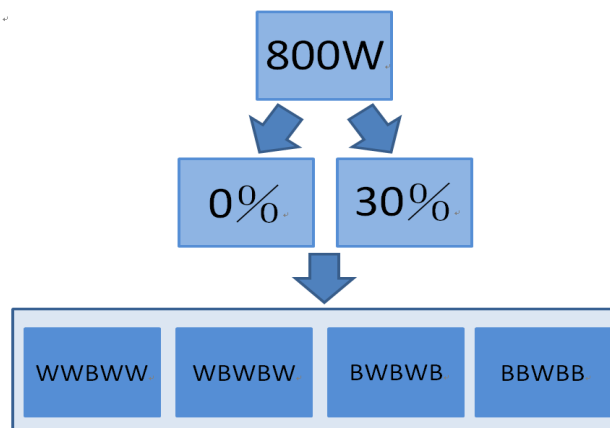


圖4-4 正常與濕度對熱傳導影響的實驗流程圖

圖4-4 為固定燈源 800 W，均溫箱在正常 (RH = 0%) 與濕度 (RH = 30%) 下，不同的黑白管狀體排列對熱傳導影響的實驗流程圖。圖4-5是經過濕度測試、控制及實驗的

簡易步驟流程圖。

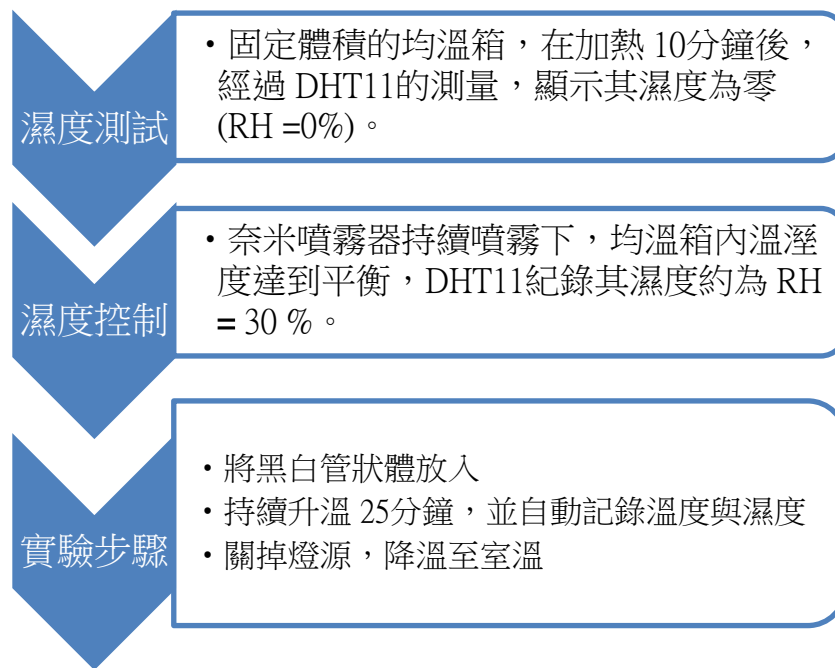

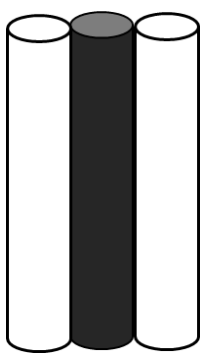
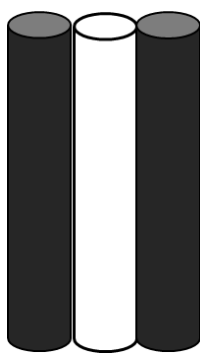


圖 4-5 均溫箱在濕度狀態下(RH = 30 %)實驗步驟簡易流程圖

伍、研究結果

一、不同黑白管狀體排列下的溫度震盪效應：

我們使用黑白管狀體設計七種不同的排列-BW、BWB、WBW、WWBWBW、BWBWB、BBWBB、WWBWW，在固定 800 W 燈源下，距離加熱器 30公分時，持續加熱 30分鐘，紀錄數據並分別作圖如下。

			
BW	WBW	BWB	

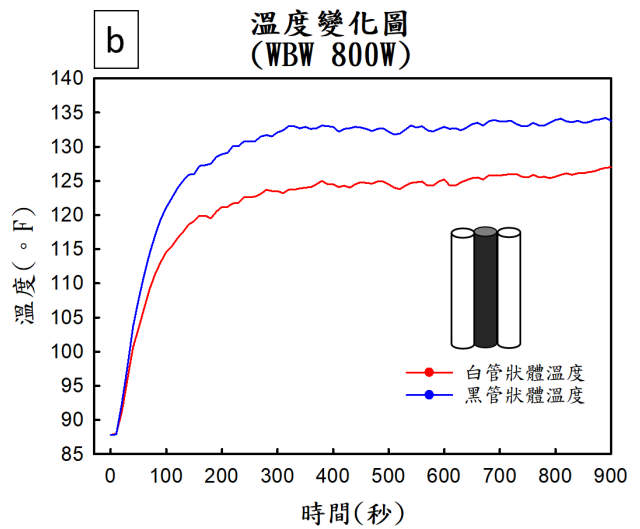
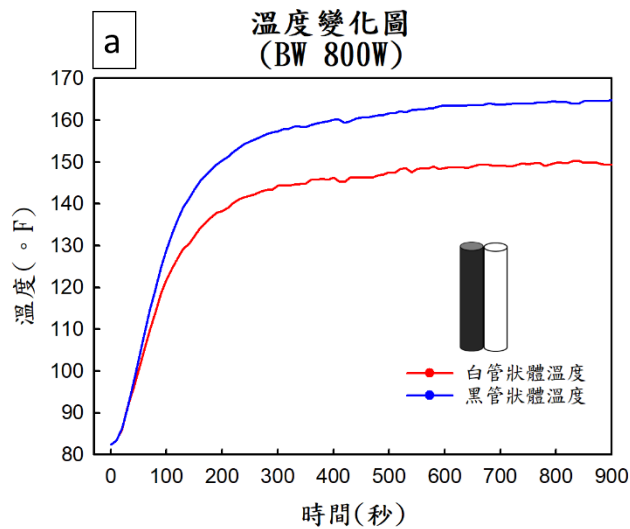
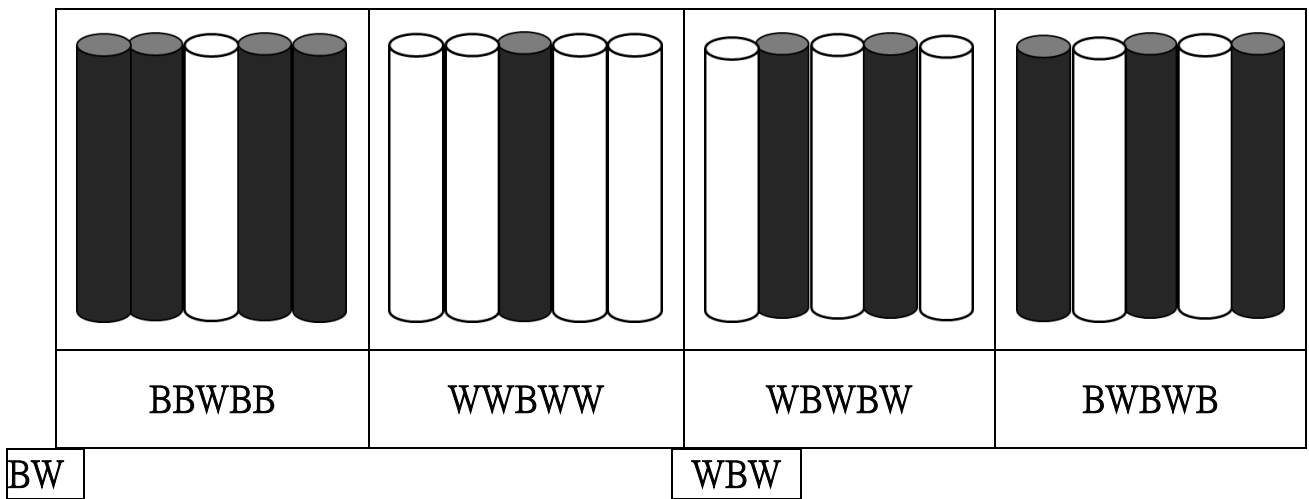


圖5-1 黑白管狀體排列为 (a) BW、(b) WBW 溫度對時間的作圖

從BW及WBW溫度對時間的作圖，發現均無溫度震盪現象，且黑色管狀體溫度皆高於白色管狀體。BW排列中，黑管與白管的溫差約20°F；WBW排列中，黑管與白管溫差約10°F。

BWB

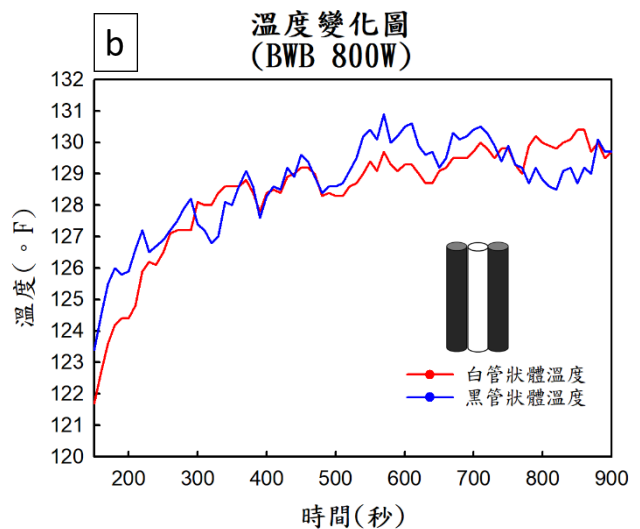
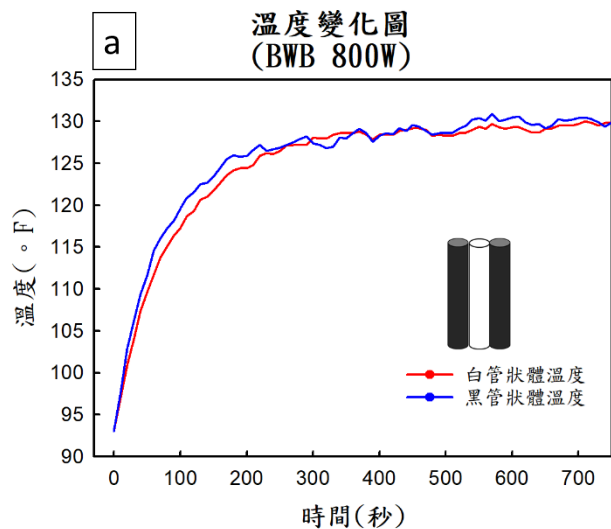


圖5-2 黑白管狀體排列为 BWB 溫度對時間的作圖

圖5-2 BWB 溫度對時間的作圖，可以明顯看出在300~400秒時白管溫度高於黑管溫度，500~700秒時黑管溫度明顯高於白管溫度，750~900秒白管溫度高於黑管溫度，呈現溫度震盪現象。

WWBWW

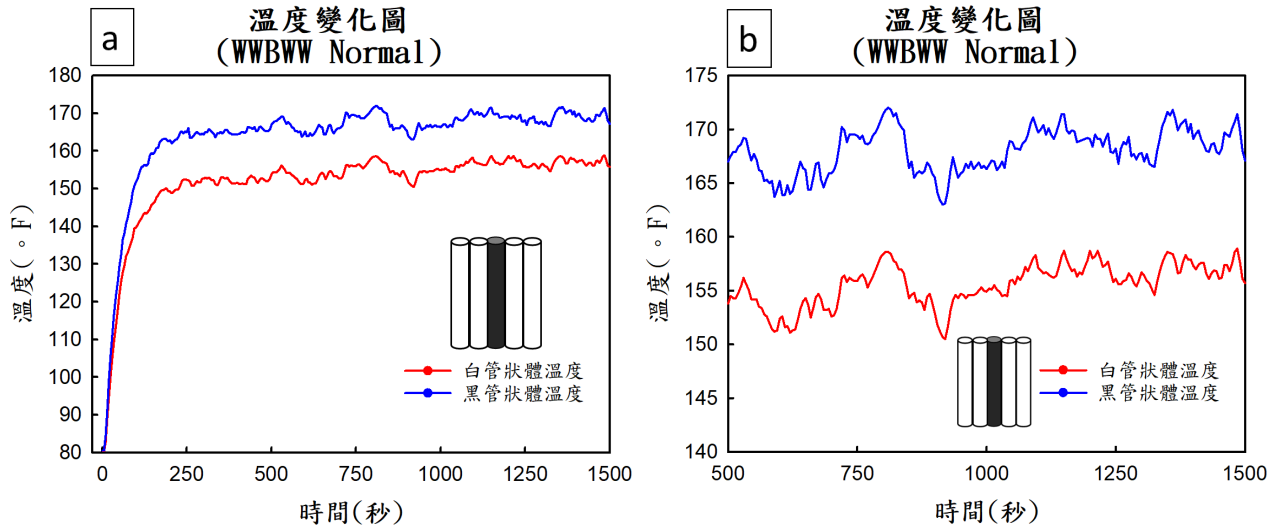


圖5-3 黑白管狀體排列為WWBWW溫度對時間的作圖

從 WWBWW 溫度對時間的作圖，沒有產生溫度震盪現象，且黑色管狀體溫度皆高於白色管狀體20°F。

BBWBB

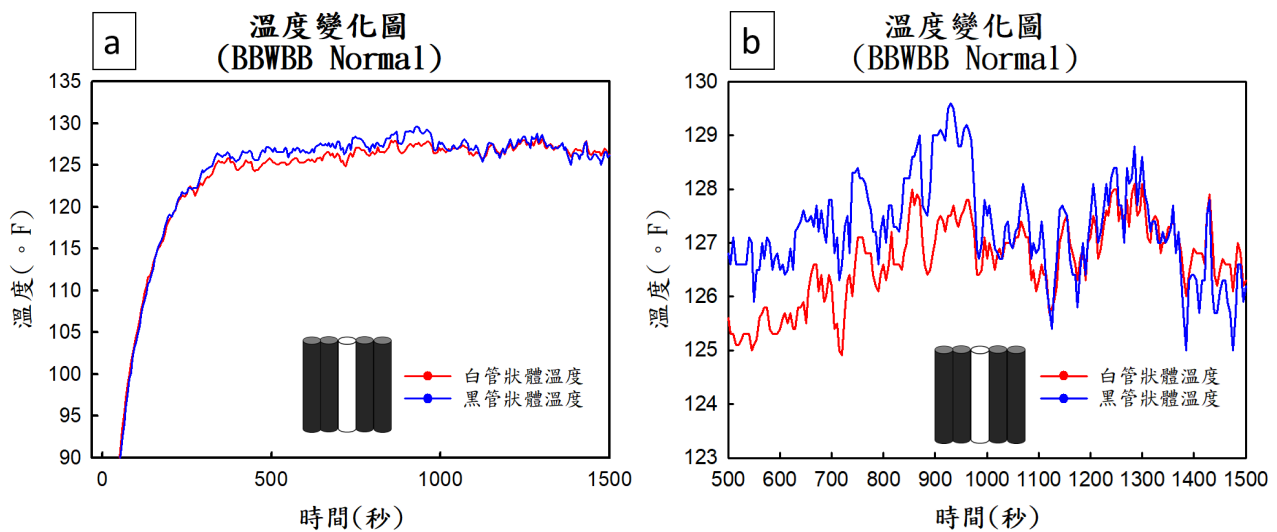


圖5-4 黑白管狀體排列為BBWBB，度對時間的作圖

從圖5-4 WWBWW 溫度對時間的作圖發現黑白管的溫度間距比 圖5-3 BBWBB小，且在1000秒後有出現溫度震盪現象。

WBWBW

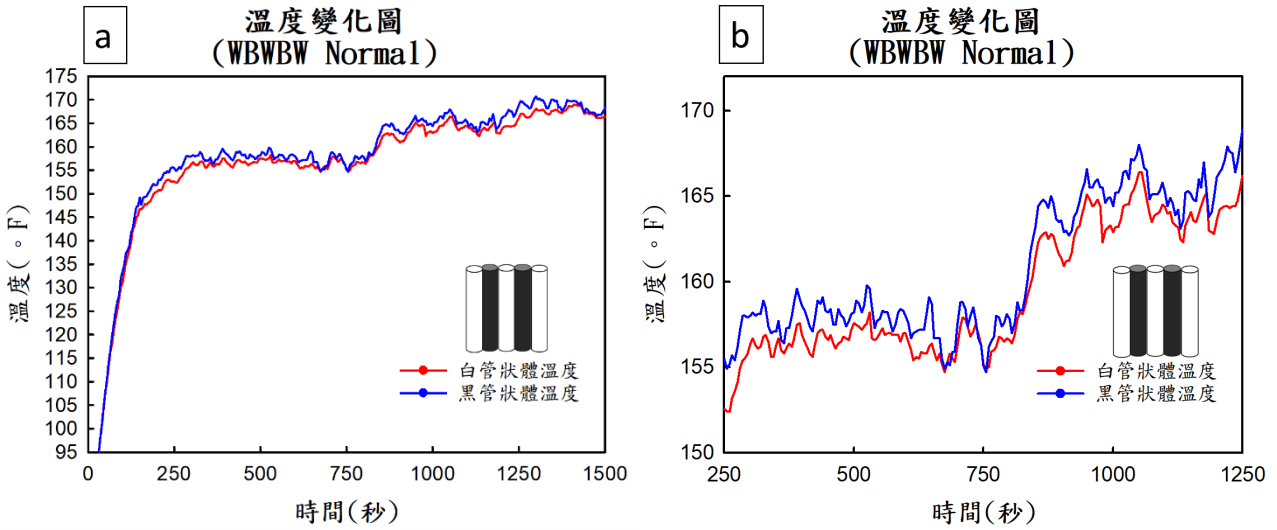


圖 5-5 黑白管狀體排列为 WBWBW 溫度對時間的作圖

BWBWB

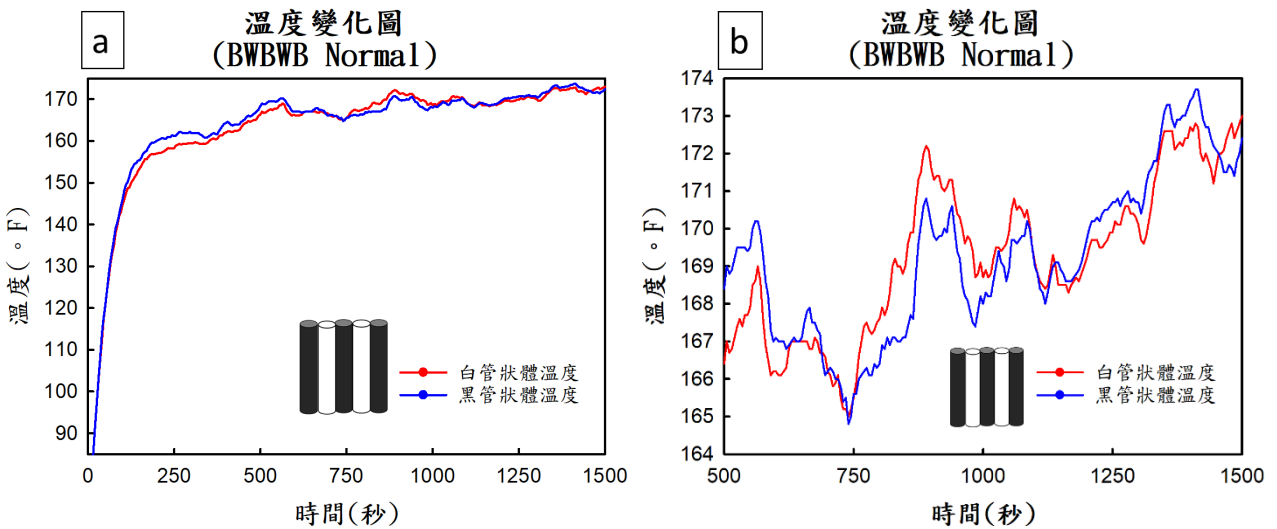


圖 5-6 黑白管狀體排列为 BWBWB 溫度對時間的作圖

比較圖 5-5 WBWBW 與 圖 5-6 BWBWB 溫度對時間的作圖發現，WBWBW 的黑管與白管

的溫度差約在 5 °F，沒有出現溫度震盪現象；而 BWBWB 於 750 秒後出現白管溫度高於黑管溫度，約 1200 秒後，黑管溫度又高於白管溫度。

二、黑白管狀體在相對濕度 RH=30%環境下的溫度震盪效應:

WWBWW，RH = 30%

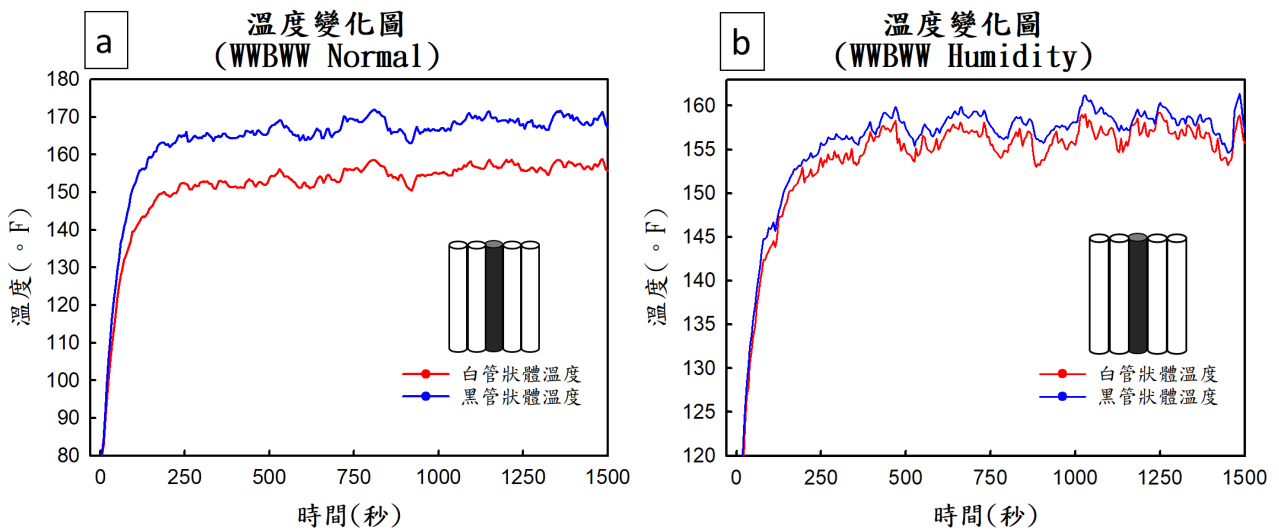


圖 5-7 黑白管狀體排列為 WWBWW (a) RH= 0 % (b)濕度環境 RH = 30 % 下溫度對時間的作圖

BBWBB，RH = 30%

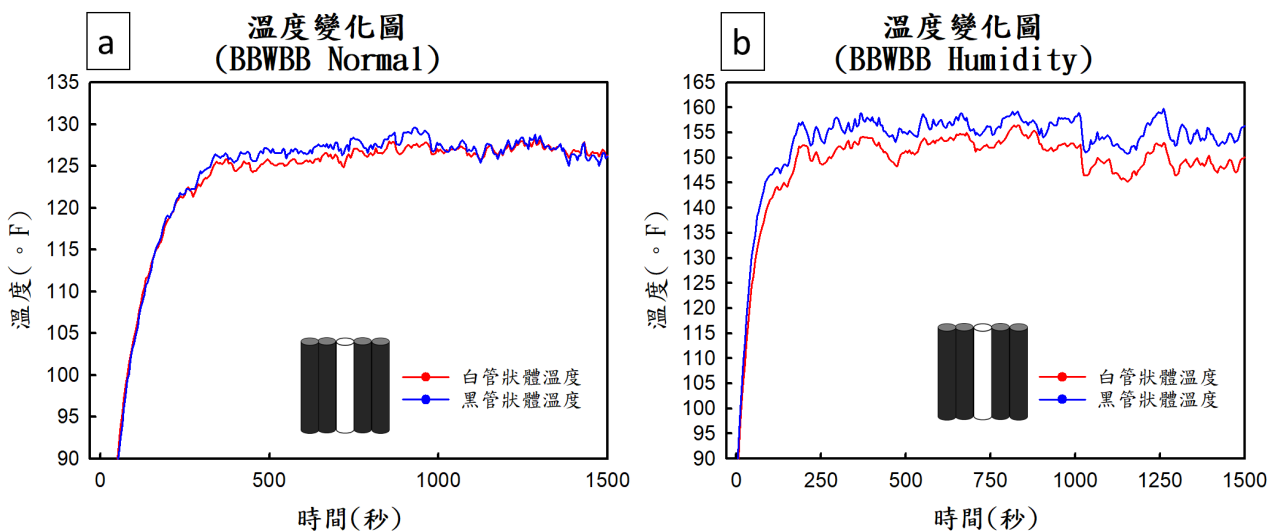


圖5-8 黑白管狀體排列為BBWBB (a) RH= 0 % (b)濕度環境RH = 30 % 下溫度對時間的作圖

在WWBWW的溼度實驗中，從圖 5-7 可以發現濕度組其黑白管狀體的溫度差距會縮小。

在BBWBB的溼度實驗中，RH = 0 % 時會出現溫度震盪效應，而在 RH = 30 %，其黑白管狀體

的溫度效應現象會消失，可以看出濕度環境對溫度震盪效應產生與否有顯著的影響。

WBWBW，RH=30%

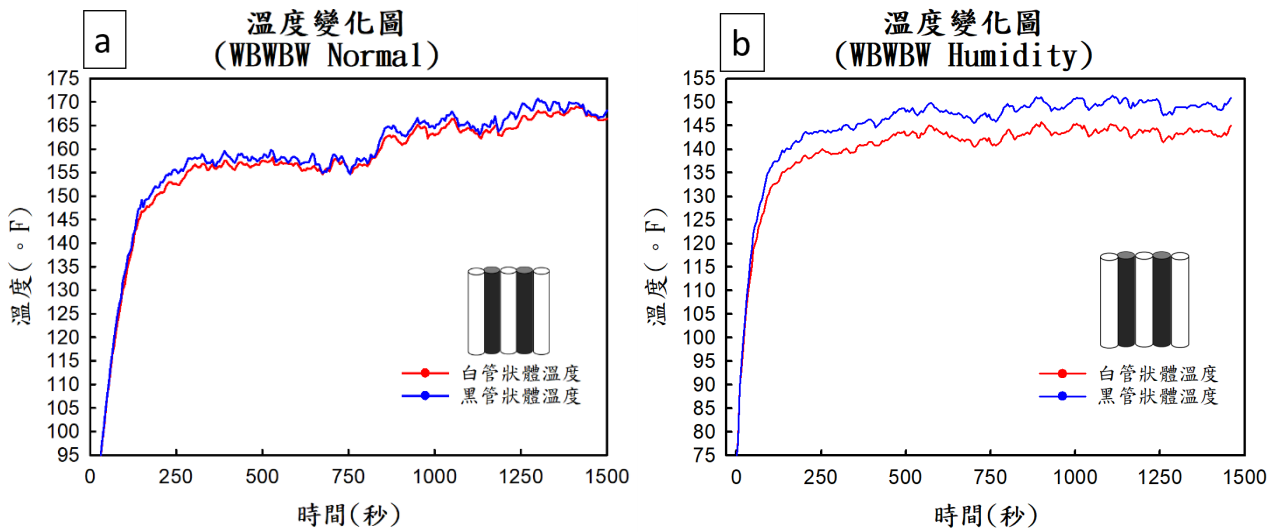


圖5-9 黑白管狀體排列為 (a) RH= 0 % (b)濕度環境RH = 30 %下

WBWBW，800瓦，30公分，溫度對時間的作圖

BWBWB，RH = 30%

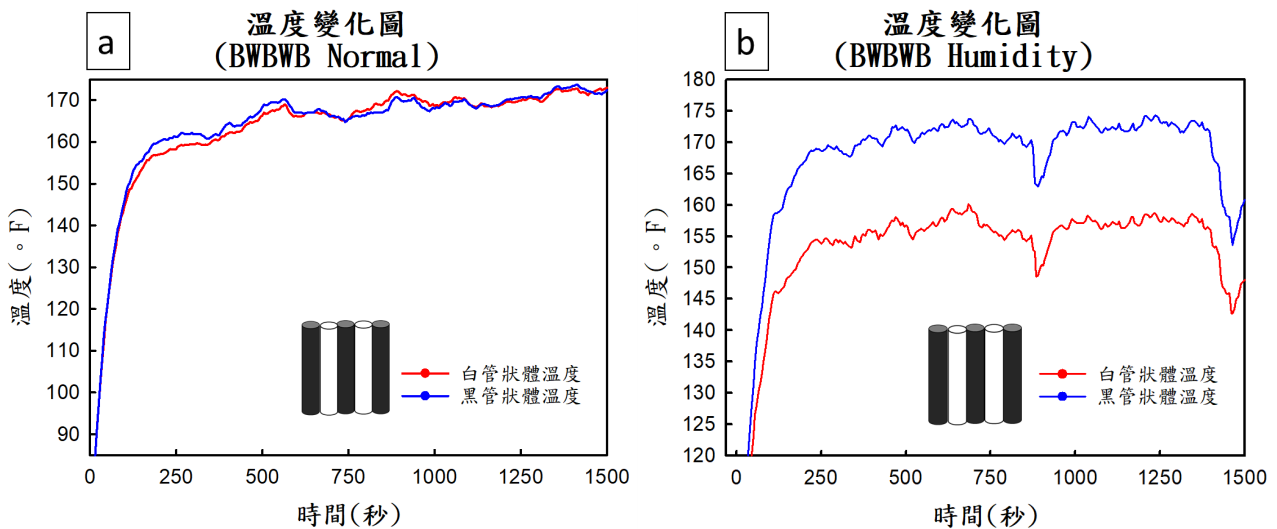


圖5-10 黑白管狀體排列為 (a) RH= 0 % (b)濕度環境RH = 30 %下，

BWBWB，800瓦，30公分，溫度對時間的作圖

在 WBWBW 與 BWBWB 的溼度實驗中，RH = 0 % 時皆會出現溫度震盪效應，在 RH = 30 %，其黑白管狀體的溫度效應現象會消失，可以看出濕度環境對溫度震盪效應產生與否有顯著的影響。

陸、實驗研究討論

一、探討不同黑白管狀體的排列方式對溫度震盪的影響

(一)比較不同排列的黑、白色管狀體溫度震盪效應

從BW及WBW溫度對時間的作圖，發現均無溫度震盪現象，且黑色管狀體溫度皆高於白色管狀體。BW排列中，黑管與白管的溫差約20°F；WBW排列中，黑管與白管溫差約10 °F。當黑白管狀體接收相同熱源時，溫度較高的管狀體會將熱量往管狀體兩邊進行傳遞，而BBWBB的排列，會使得黑色管狀體的熱能只能向中間的白色管狀體傳遞，導致中間白色管狀體吸收熱能後溫度較高，當白色管狀體溫度高於黑色管狀體時，白色管狀體會將熱能傳給黑色管狀體，來回反覆傳遞，進而出現溫度震盪現象。

藉由紀錄數據計算各種排列黑白管狀體黑管及白管的平均溫度差距，整理成下表 6-1，從表中可以發現當白色管狀體在最外圍時，其平均溫度高於黑色管狀體在最外圍。

表 6-1 不同排列的黑白管狀體，黑管與白管的平均溫度差距

排列方式		平均溫度差距
	BW	13.0 °F
白色管狀體 在最外圍	WWBWW	12.23 °F
	WBW	7.44 °F
	WBWBW	1.40 °F
黑色管狀體 在最外圍	BWBWB	0.54 °F
	BBWBB	0.11 °F
	BWB	0.01 °F

(二)在相對溼度RH = 0 %環境比較不同排列的黑白管狀體溫度震盪現象:

表6-2 四種不同排列的黑白管狀體，在正常(Normal， RH = 0 %)的比較

Normal	溫度差距(黑管-白管)	溫度震盪時間範圍
WWBWW	10 °F ~ 12 °F	無溫度震盪
WBWBW	1.0 °F ~ 2.0 °F	650 ~ 850 秒
BWBWB	0.5 °F ~ 1.0 °F	750秒 ~ 1500 秒
BBWBB	0.1 °F ~ 0.5 °F	1050秒 ~ 1500 秒

根據表 6-2，可以發現 WWBWW 排列方式沒有出現溫度震盪現象，而 WBWBW、

BWBWB、BBWBB 這三種排列皆有出現溫度震盪現象，且出現溫度震盪現象的時間遞延，推測原因為 WWBWW 排列下，當黑色管狀體溫度大於白色管狀體時，會將熱量往黑色管狀體左右兩邊的白管狀體傳遞，而白管會繼續將熱量往最外圍的白管傳遞，所以白色管狀體溫度不會高於黑管，且黑管狀體溫度持續高於兩旁的白管，所以無溫度震盪現象發生；而 WBWBW、BWBWB 兩種排列因為管狀體交錯排列，白色管狀體較容易吸收足夠的熱量使得白色管狀體溫度高於黑色管狀體，使的白色管狀體將熱量傳給黑色管狀體，故溫度震盪現象較早出現；BBWBB 因為黑白管狀體沒有交錯排列，因此溫度震盪現象出現的時間較晚，如圖 6-1 所示。

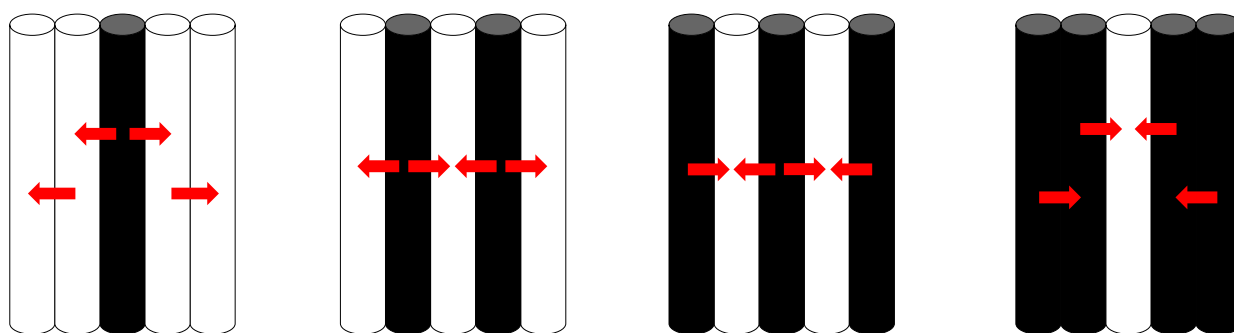


圖 6-1 四種不同排列的黑白管狀體(WWBWW、WBWBW、BWBWB、BBWBB)傳熱示意圖

二、探討不同排列的黑白管狀體，在正常(Normal, RH = 0 %)與濕度(Humidity, RH = 30 %)的環境對溫度震盪的影響。

不同排列的黑白管狀體，在正常(Normal, RH = 0 %)與濕度(Humidity, RH = 30 %)環境作的比較，下表 6-3 ~表 6-6為不同管狀體排列的數據整理。

表 6-3 黑白管狀體排列為 WWBWW，相對溼度 0%及 30%的比較

WWBWW	Normal	Humidity
溫度差距(黑管－白管)	10 °F ~ 12 °F	3 °F
溫度震盪時間範圍	無溫度震盪	無溫度震盪

當均溫箱內有水氣的存在時，觀察到黑白管狀體間沒有溫度震盪效應出現，而且溫度差距變小，在正常(Normal, RH = 0 %)的狀況下，均溫箱內的熱會因為非密閉的空間，對流及輻射至均溫箱外面；反觀在濕度(Humidity, RH = 30 %)的條件下，熱量會被水氣吸收，

使得均溫箱的內部溫度較高。這個現象可以由自動記錄溫度計所量測均溫箱內部的溫度而證實。

表 6-4 黑白管狀體排列为 BBWBB，相對溼度 0%及 30%的比較

BBWBB	Normal	Humidity
溫度差距(黑管-白管)	0.1 °F ~ 0.5°F	7 °F
溫度震盪時間範圍	1050秒 ~ 1500秒	無溫度震盪

在BBWBB的溼度實驗中，從圖5-8可以發現，RH=0 % 時會出現溫度震盪效應，而在RH=30 %，其黑白管狀體的溫度效應現象會消失，可以看出濕度環境對溫度震盪效應產生有顯著的影響。

表 6-5 黑白管狀體排列为 WBWBW，相對溼度 0 %及 30%的比較

WBWBW	Normal	Humidity
溫度差距(黑管-白管)	1.0 °F ~ 2.0 °F	7 °F
溫度震盪時間範圍	650秒 ~ 850秒	無溫度震盪

當黑白管狀體排列为 WBWBW 時，溫度震盪現象會在加熱 650 秒出現，我們推測黑色管狀體與白色管狀體在同一時間接收到相同的熱源，黑色吸收熱量的速度會比較快，待白色管狀體的溫度上升後，則會將熱能再傳給黑色管狀體形成溫度震盪現象。然而在有水氣的條件下，黑管狀體溫度高於水氣溫度，水氣會吸收黑管狀體的熱能，使得熱傳導途徑不會只往低溫的白管狀體傳遞，所以濕度環境下溫度震盪效應消失。

表 6-6 黑白管狀體排列为 BWBWB，相對溼度 0%及 30%的比較

BWBWB	Normal	Humidity
溫度差距(黑管-白管)	0.5°F ~ 1.0°F	15°F
溫度震盪時間範圍	750秒 ~ 1500秒	無溫度震盪

由表 6-3 ~ 6-6 的數據表格分析，在濕度環境下，當黑白管狀體產生溫度差時，其周圍空氣會產生壓力差，使得水氣在管狀體四周吸收熱量後蒸發，間接帶走能量，使得管狀體表面的溫度變低。造成黑白管狀體在熱傳導過程中，溫度熱震盪現象消失。

表 6-7 四種不同排列的黑白管狀體，在相對溼度 0%及 30%的總比較

溫度差距(黑管-白管)	Normal	Humidity
WWBWW	10°F ~ 12°F	3°F
WBWBW	1.0°F ~ 2.0°F	7°F
BBWBB	0.1°F ~ 0.5°F	7°F
BWBWB	0.5°F ~ 1.0°F	15°F

由上表 6-7 不同排列的黑白管狀體，在相對溼度 0%時，WWBWW 這種排列，黑白管狀體溫差相較有溫度震盪現象的排列大。當均溫箱內的相對溼度 30 %時，BWBWB 排列黑白管狀體的溫度差距會比其他排列組大。

三、溫度震盪現象與熱平衡之差異：

黑色物體比白色物體容易吸收輻射熱，在相同熱源下，發現黑色管狀體溫度會高於白色管狀體，一段時間過後，白色管狀體溫度又會高於黑色管狀體，出現溫度震盪現象。由整理表可知在 BBWBB、黑白管狀體交錯排列實驗中，有出現溫度震盪現象，然而在 WWBWW 排列卻未出現溫度震盪現象。

根據圖 6-2，在 750 秒~1500 秒可以發現黑色管狀體和白色管狀體溫度持續上升約 8°F，兩管狀體溫差在震盪的過程中也達 3°F，而管狀體也未和環境達成熱平衡，所以溫度震盪現象並不是熱平衡現象。

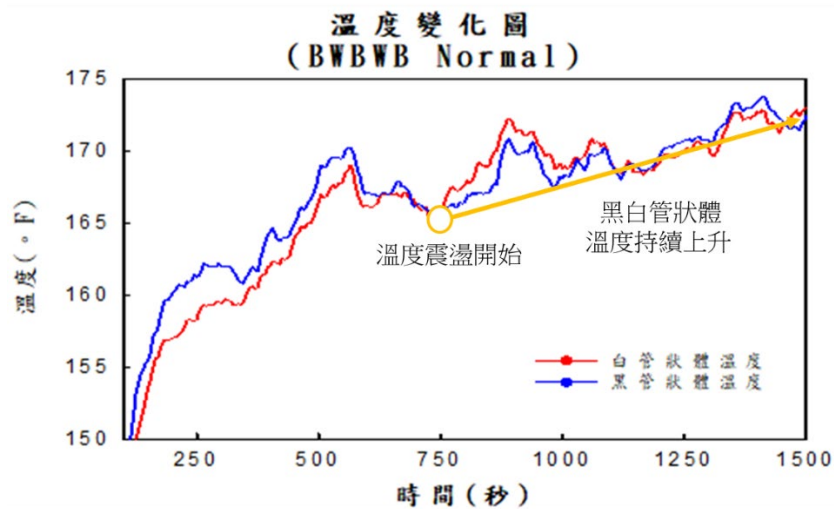


圖 6-2 黑白管狀體排列為 BWBWB，溫度對時間的局部作圖

四、探討不同排列方式對溫度震盪的影響是否有再現性。

為了確保實驗具有再現性，在黑白管狀體排列 BBWBB 及 WWBWW，進行重複實驗，發現實驗數據分析，符合推論結果。

柒、實驗結論與未來展望

一、排列方式對溫度震盪效應出現時間會有明顯的影響。

不同排列方式會影響溫度震盪效應出現的時間，黑管狀體數量越多，溫度震盪效應出現的時間會越慢。

實驗數據顯示，黑白色管狀體的排列方式也會影響溫度震盪現象出現的時間。

Normal	溫度差距(黑管-白管)	溫度震盪時間範圍
WWBWW	10 °F ~ 12 °F	無溫度震盪
WBWBW	1.0 °F ~ 2.0 °F	650 ~ 850 秒
BWBWB	0.5 °F ~ 1.0 °F	750 秒 ~ 1500 秒
BBWBB	0.1 °F ~ 0.5 °F	1050 秒 ~ 1500 秒

二、白色管狀體在最外圍的排列組其平均溫度會高於黑色管狀體在外圍的排列組。

當黑管狀體的排列數量增加，震盪的溫度差距會變小；

排列方式		平均溫度差距
	BW	13.0 °F
白色管狀體 在最外圍	WWBWW	12.23 °F
	WBW	7.44 °F
	WBWBW	1.40 °F
黑色管狀體 在最外圍	BWBWB	0.54 °F
	BBWBB	0.11 °F
	BWB	0.01 °F

三、不同排列導致黑白管狀體的平均溫度差，會影響溫度震盪效應的產生。

當黑色管狀體數量越多時，其白管與黑管溫度差越小，而黑白管平均溫度差距越大，越不容易產生溫度震盪效應。

四、濕度環境下，所有的排列組合皆無法產生溫度震盪效應。

在濕度環境下，當黑白管狀體產生溫度差時，其周圍空氣會產生壓力差，使得水氣在管

狀體四周吸收熱量後蒸發，間接帶走能量，使得管狀體表面的溫度變低，使得在 $RH = 0\%$ 會出現溫度震盪效應的排列組，在濕度環境下，溫度震盪效應現象會消失。

五、未來展望：

(一)利用不同比熱材質交錯排列，探討溫度震盪效應現象。

(二)延伸不同對比色交錯排列下的溫度震盪效應現象。

(三)設計方形管狀體，增加傳導接觸面，利用傅立葉熱傳導定律探討溫度震盪效應。

捌、參考文獻

1. 國中自然與生活科技第三冊第五單元
2. 陳軍愷、江驊家(2018)，黑白勢力-溫度震盪效應之探討，新北市中小學科展。

【評語】 030101

1. 實驗設計架構相當有趣。
2. 研究思路清楚
3. 量化方析上多加著墨可以更加出色。

摘要

實驗一: 不同黑白管狀體排列方式，觀察黑、白管狀體表面的溫度震盪現象。實驗發現，在相同熱源下，當黑白交錯排列時，出現溫度震盪效應，間接驗證物體的溫度與表面顏色無絕對的關係。

實驗二: 當恆溫箱內的濕度控制在 30 %時，由實驗發現黑白管狀體在熱傳導過程中，溫度熱震盪現象消失。由實驗結果得知，在相同的熱源下，黑白管狀體在傳導熱量時也會輻射出熱量，而恆溫箱內的水氣會吸收輻射熱而蒸發，使得黑管傳遞到白管的熱量減少，進而使得溫度盪效應的消失。

壹、研究動機

在學習熱傳導機制時，發現歷屆科展文獻中，有探討黑白管狀體與溫度的關係，間接看到溫度震盪現象，這引起我作科展的興趣。在新北市107學年度中小學科展優等作品：黑白勢力-溫度震盪效應之探討，不同對流方式管徑大小及排列方式來探討黑白管狀體表面的溫度震盪現象。在本次實驗中，我們延續實驗選擇雙邊封口-無對流的形式，並增加不同排列組合與濕度的變因，進而探討黑白管狀體溫度震盪的現象。

貳、研究目的

- 一、黑白管狀體在不同排列組合對溫度震盪的影響。
- 二、探討黑白管狀體在不同排列組合時，濕度條件，對溫度震盪效應的影響。
- 三、探討溫度震盪效應的熱傳導機制。

參、實驗設備與器材

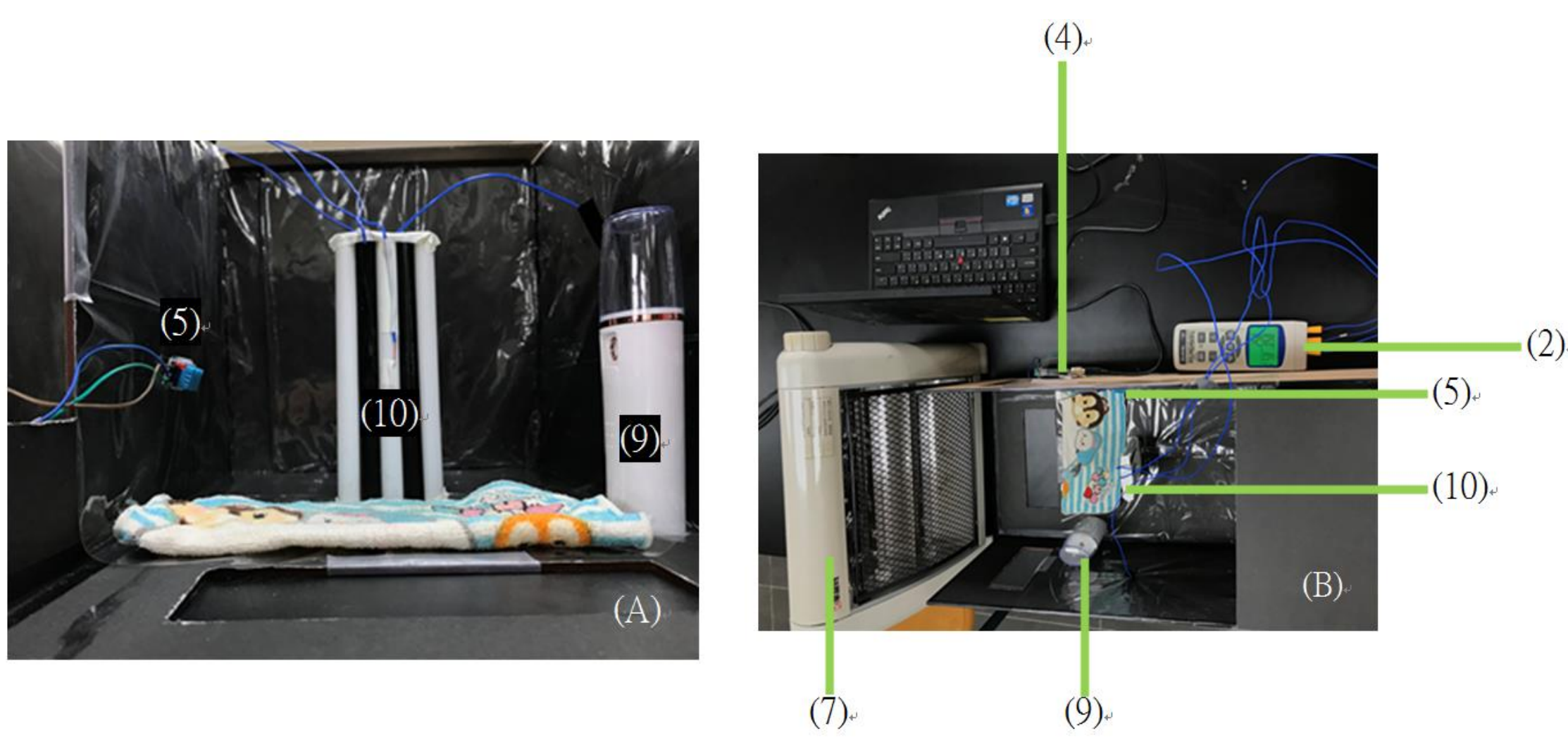
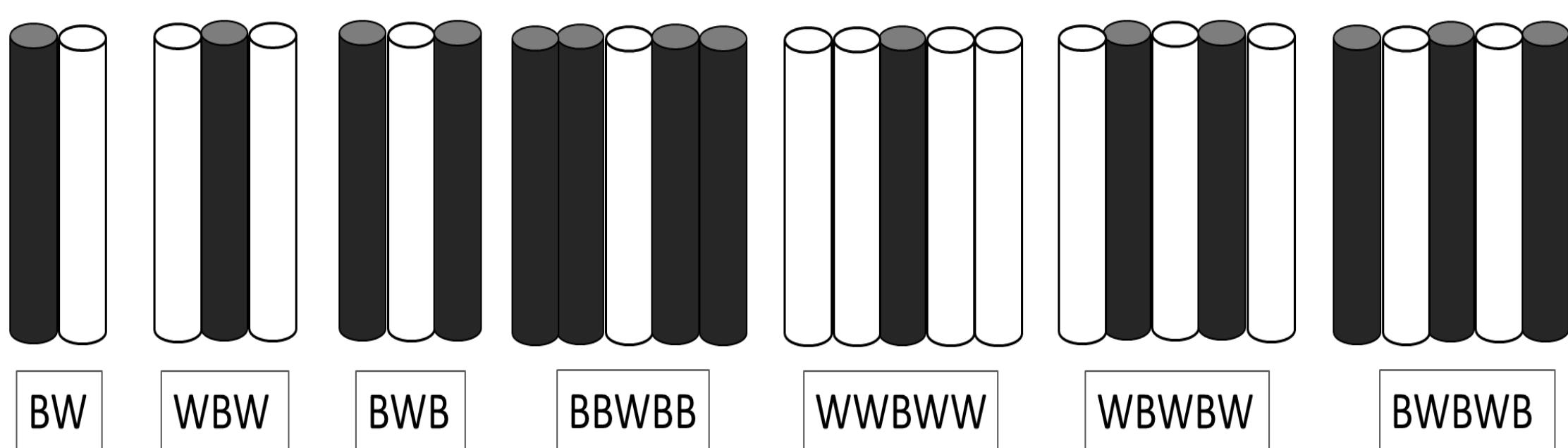


圖1 (A) 濕度實驗的前視圖、(B) 濕度實驗的俯視圖



圖2 研究設備及器材



肆、實驗過程與方法

一、理論探討

(一) 熱傳輸機制:

溫度不同的兩物體間會有能量的轉移，這種能量稱為熱能，可以用符號Q表示。系統吸收熱，Q為正，會使周遭環境的溫度下降；系統放熱，Q為負，會使得周遭環境的溫度上升。

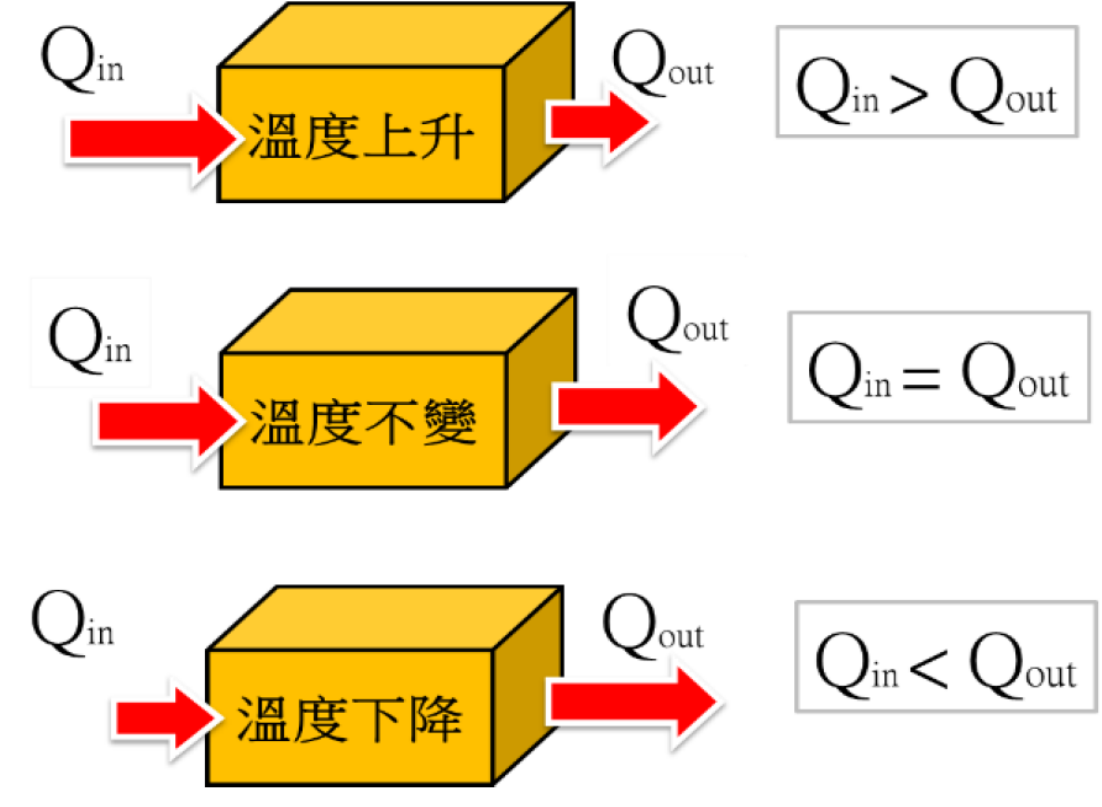
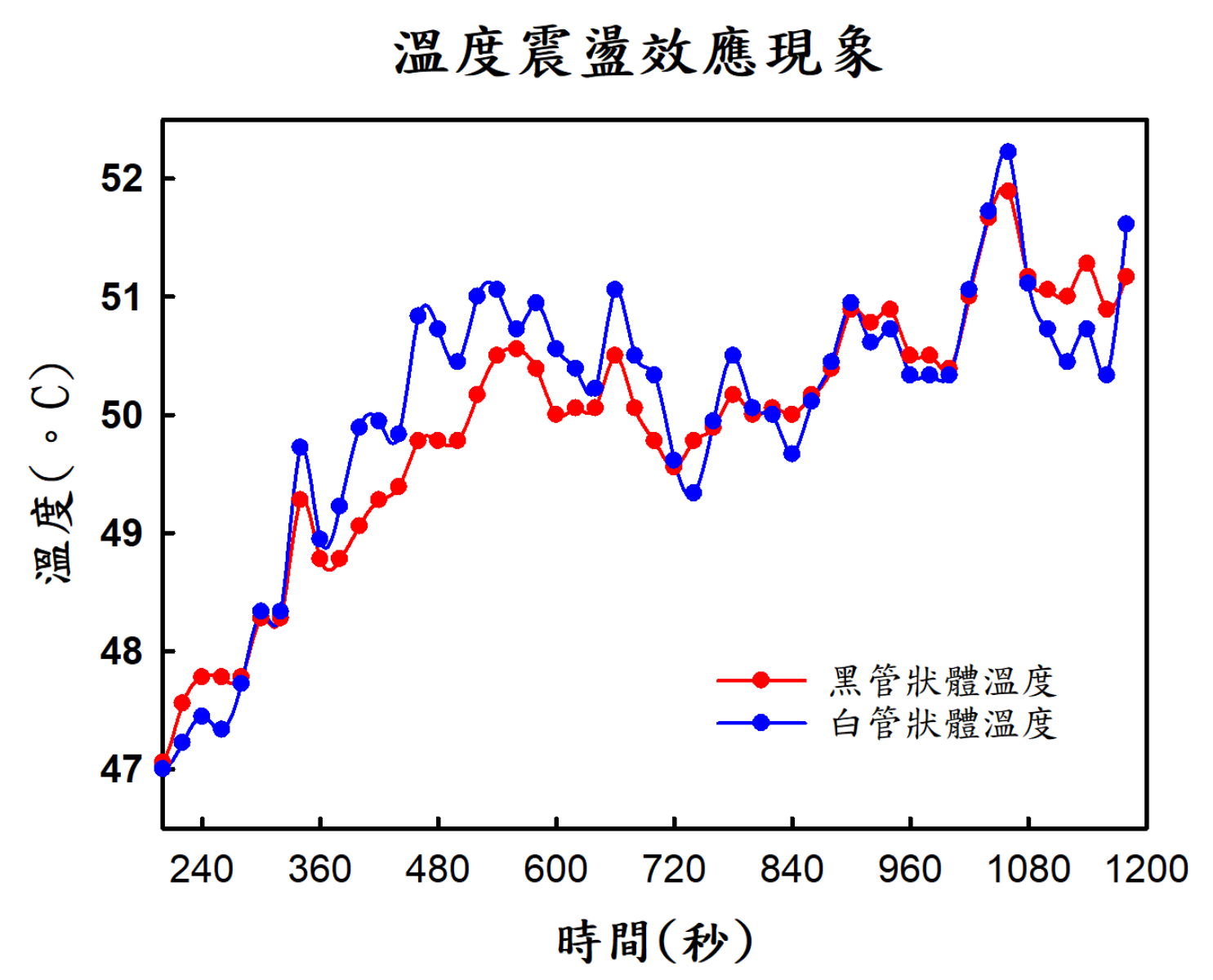


圖3 在吸收相同熱源後，熱量傳遞溫度變化示意圖

(二)何謂溫度震盪效應:

在黑白管狀體緊靠且吸收相同穩定熱源的條件下，一開始黑管溫度會高於白管溫度，過一段時間後，白管狀體因為吸收熱能，溫度持續升高，當高於黑管溫度時，熱量會再從管傳遞至黑管，這種現象會重複出現，即為溫度震盪現象。



二、研究方法

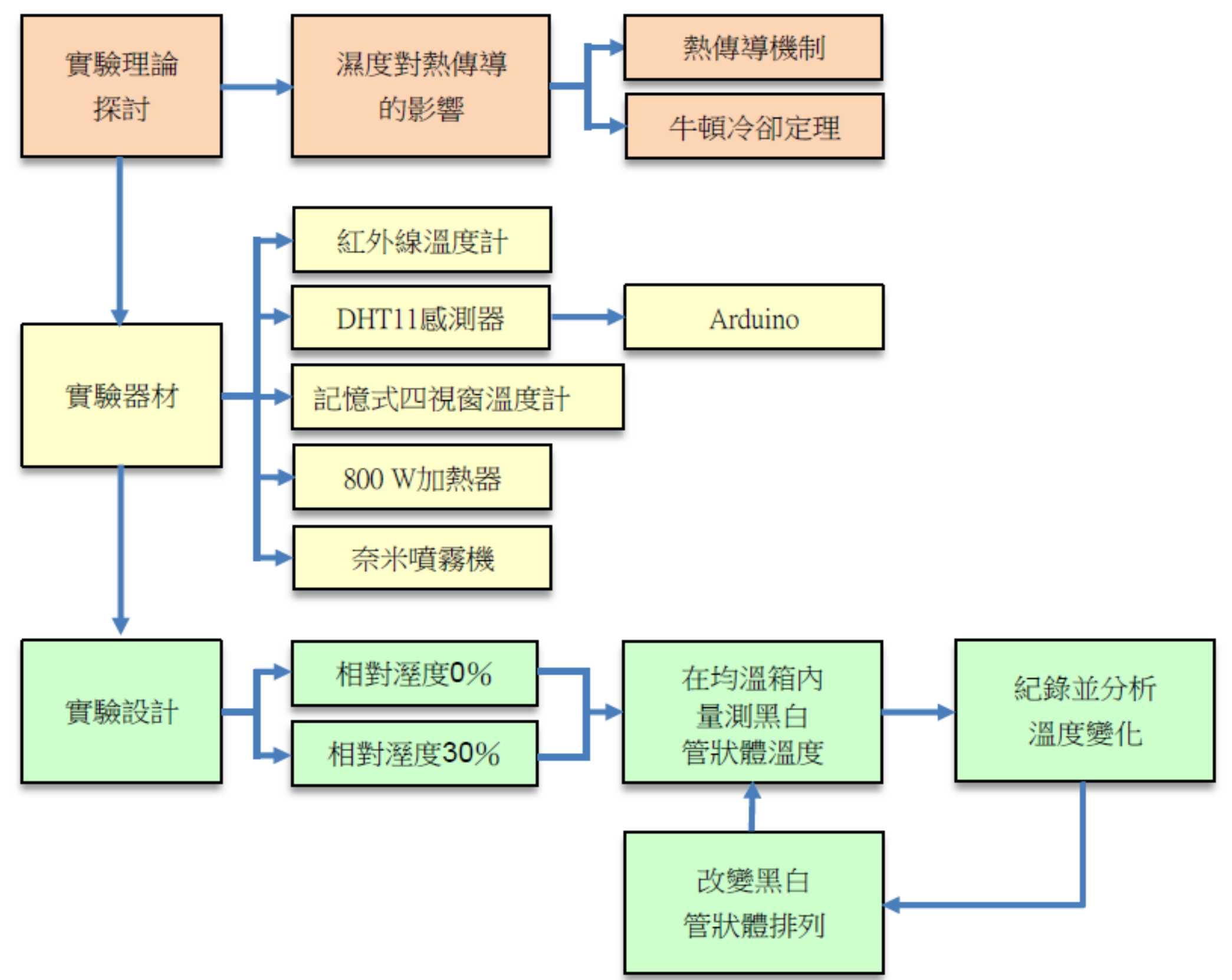


圖4 實驗的設計流程圖

(一)探討不同黑白管狀體排列的溫度震盪現象

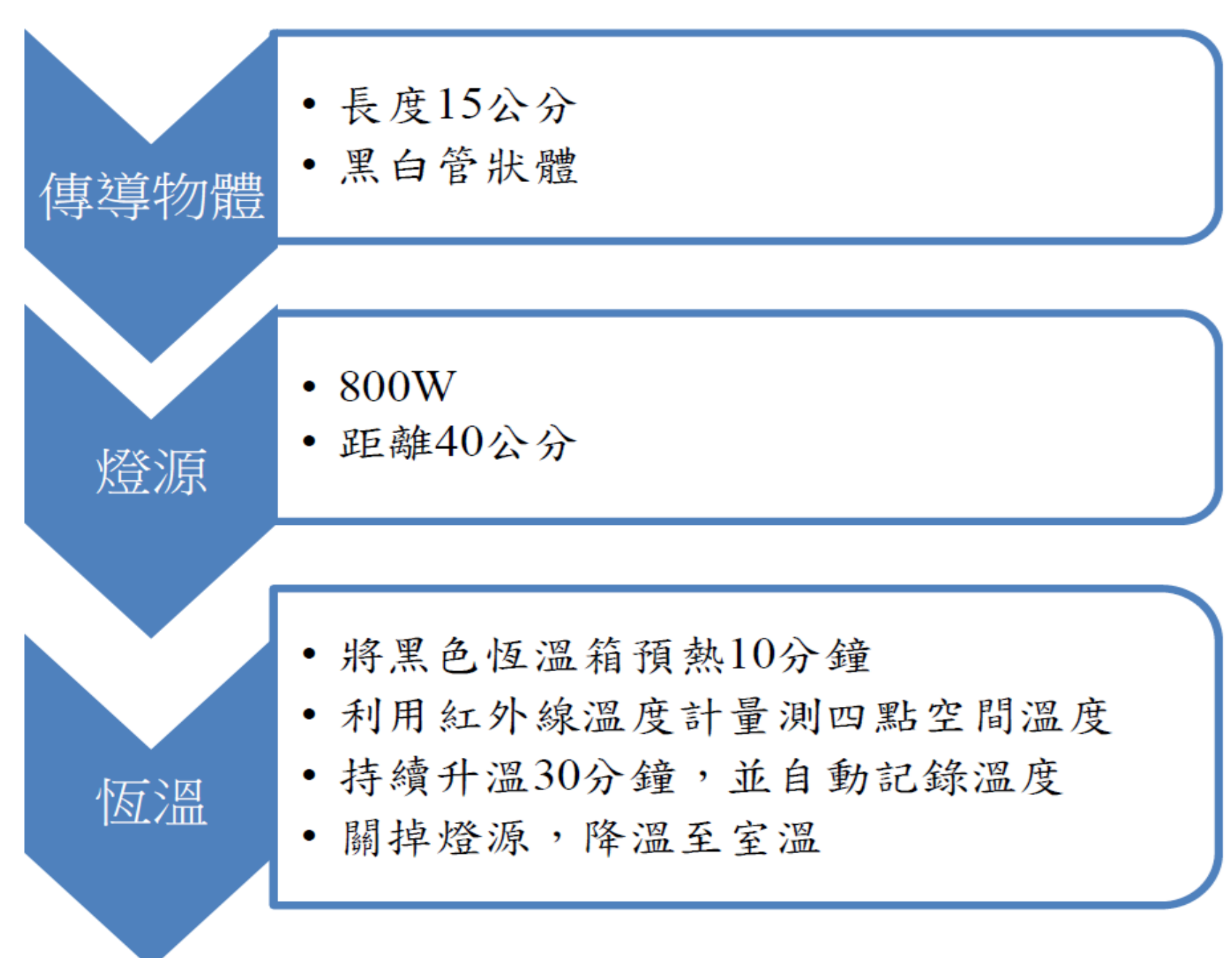


圖5 正常狀態下(Normal) 實驗步驟簡易流程圖

(二) 黑白交錯的管狀體在有濕度條件下的溫度震盪現象

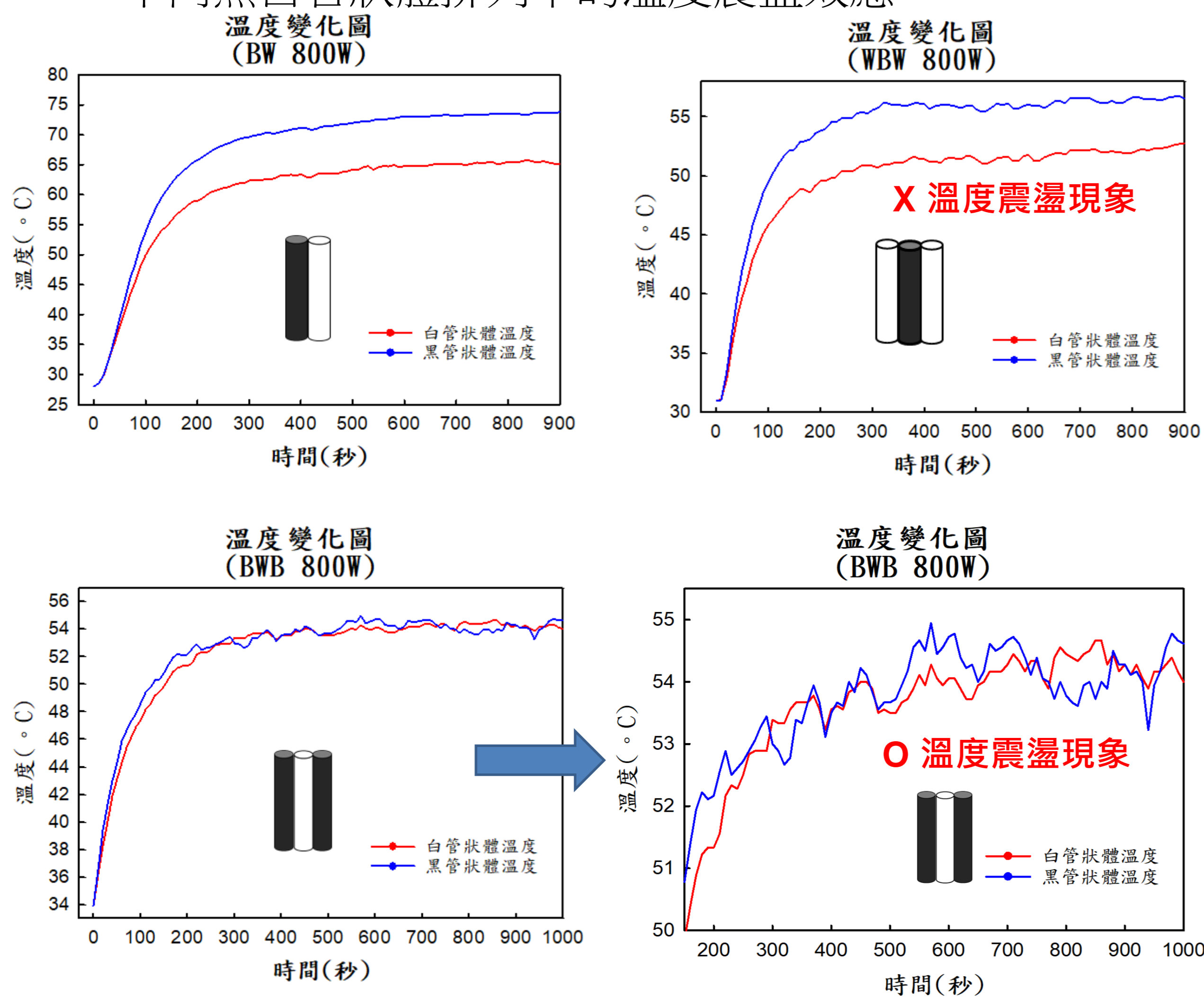
固定加熱器為 800 W，加熱 10分鐘後，經過測量均溫箱內的濕度為0%，利用奈米噴霧機進行噴霧，當均溫箱的濕度達到穩定，約為 30% 左右時，再放入不同排列的黑白管狀體(WWBWW、BBWBB、BWBWB、WBWBW)，進行濕度對溫度震盪的影響。



圖6 均溫箱在濕度狀態下(RH = 30%)實驗步驟簡易流程圖

伍、研究結果

一、不同黑白管狀體排列下的溫度震盪效應



從 BW 及 WBW 溫度對時間的作圖，發現均無溫度震盪現象。BW 及 WBW 排列中，黑白管溫差為 10°C、5°C。從 BWB 溫度對時間的作圖，可以發現在 300 秒到 1000 秒有出現溫度震盪現象。

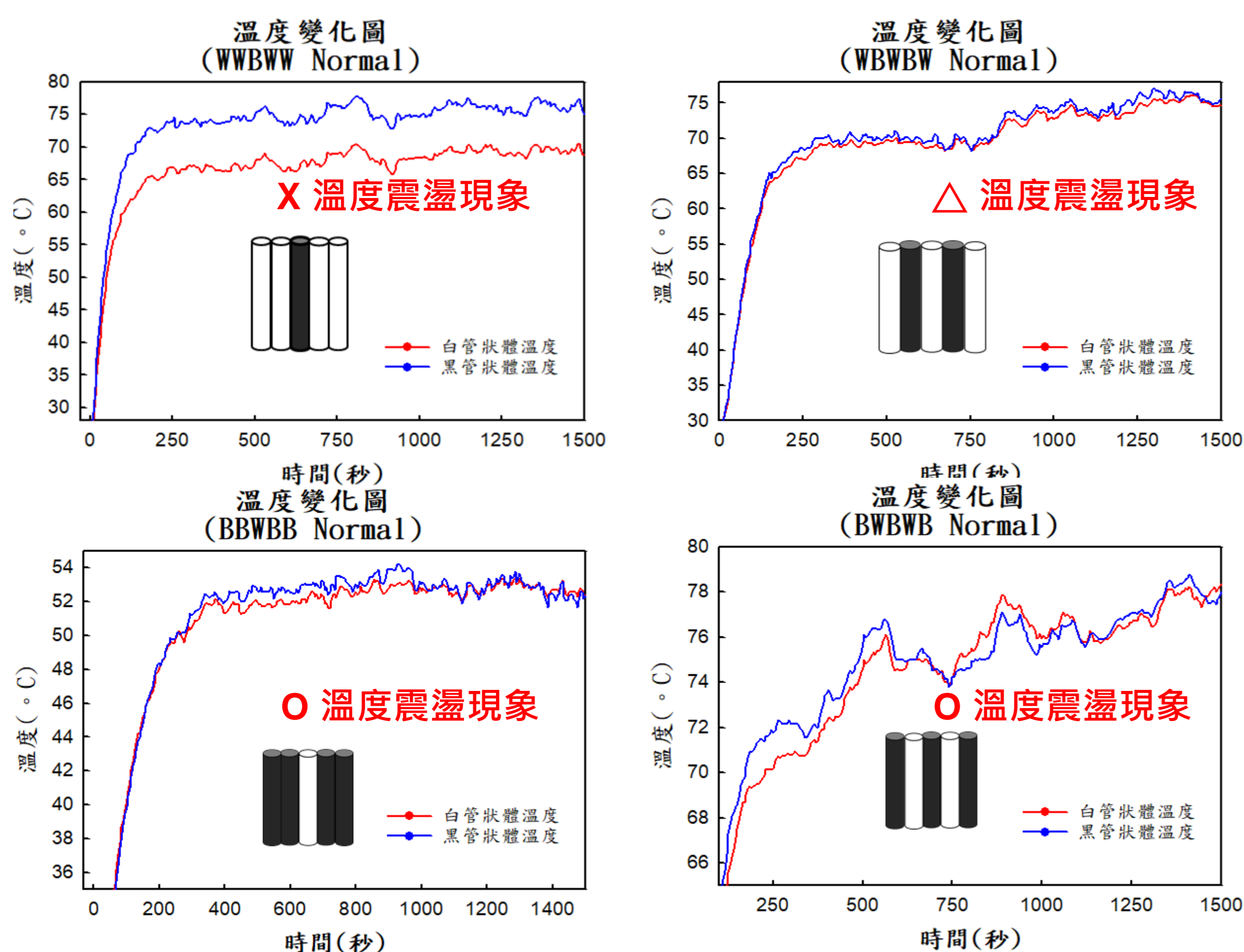
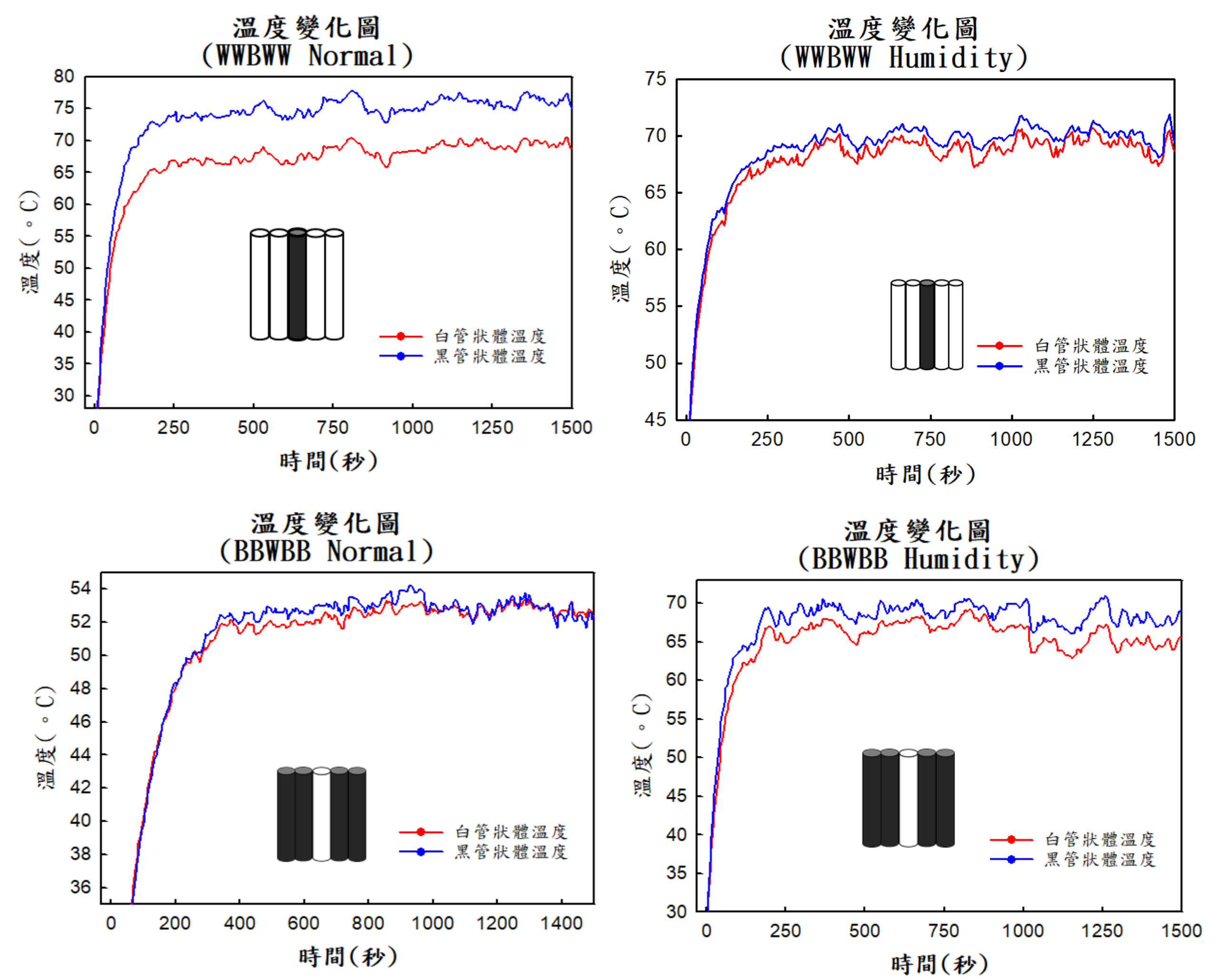
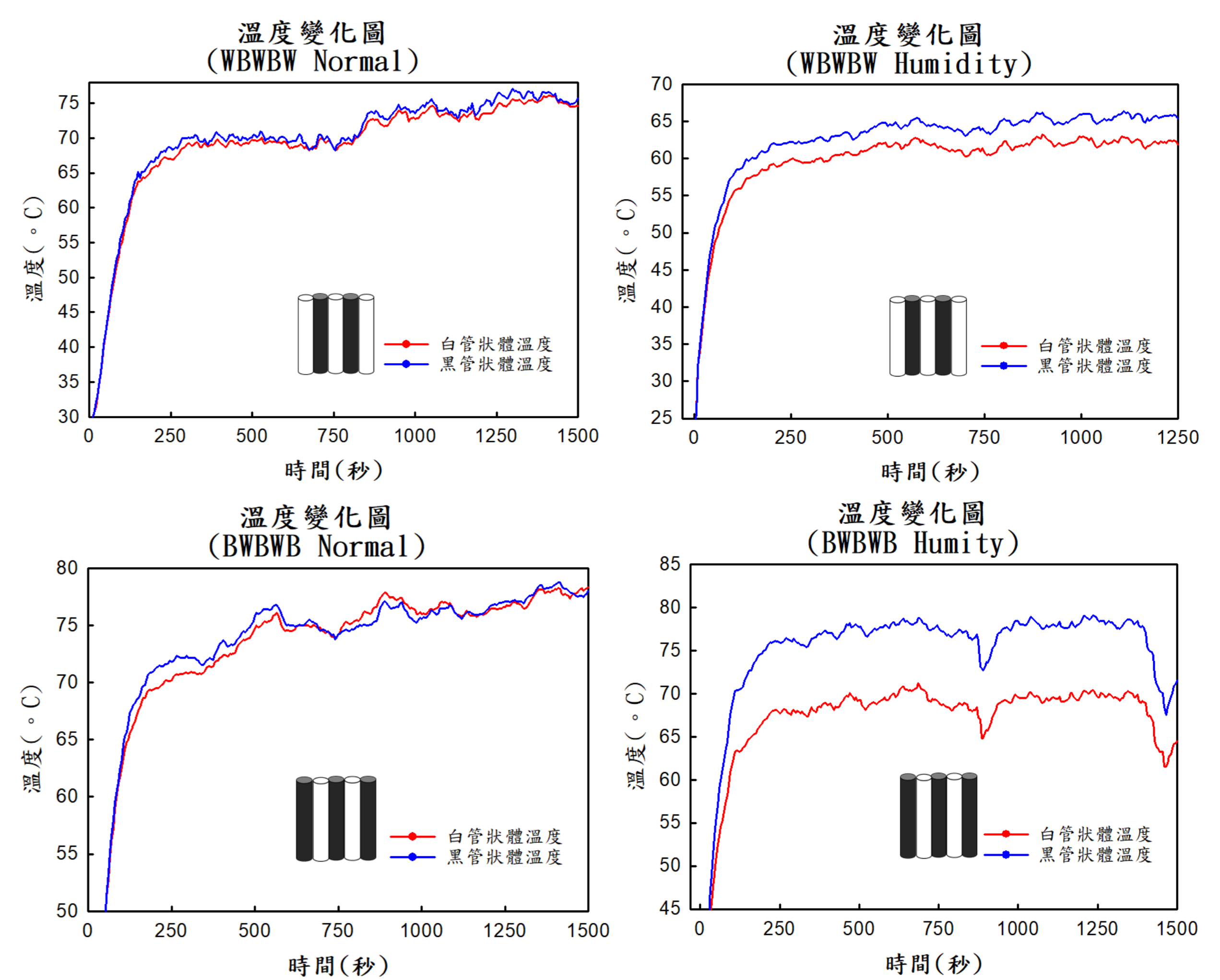


圖8 黑白管狀體排列為 WWBWW、BBWBB、WBWBW 及 BWBWB 溫度對時間的作圖
※黑管在最外圍的黑白交錯排列才會明顯出現溫度震盪現象!

二、黑白管狀體在相對濕度 RH = 30% 環境下的溫度震盪效應

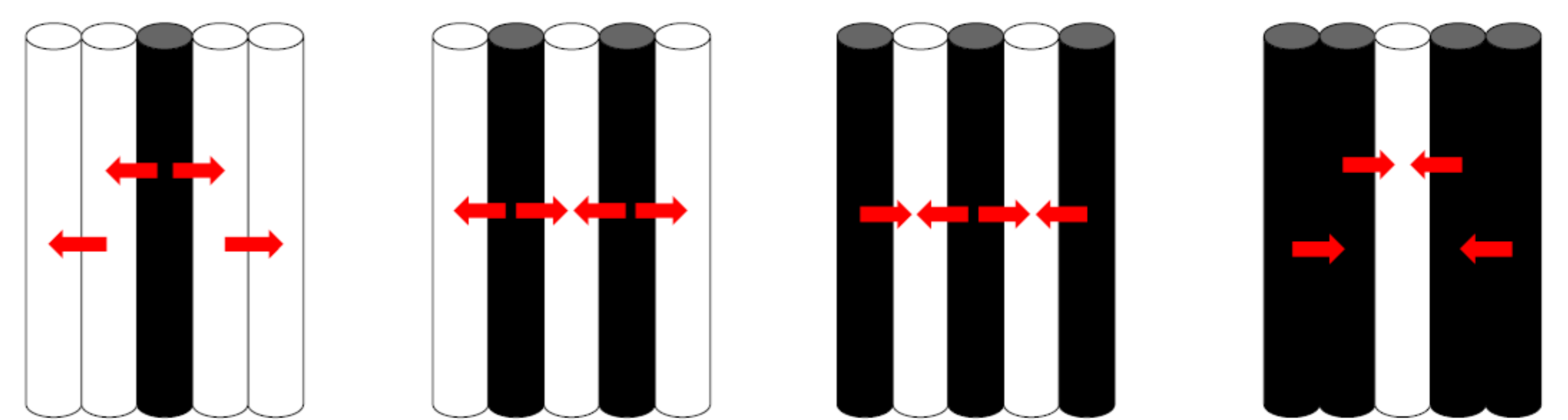


根據圖9，在 WWBWW 的溼度實驗中，可以發現濕度組其黑白管狀體的溫度差距會縮小。在 BBWBB 的溼度實驗中，RH=0% 時會出現溫度震盪效應，而在 RH=30% 時，其黑白管狀體的溫度效應現象會消失，可以看出濕度環境對溫度震盪效應產生與否有顯著的影響。



根據圖10，在 WBWBW 與 BWBWB 的溼度實驗中，RH=0% 時皆會出現溫度震盪效應，而在 RH=30% 時，其黑白管狀體的溫度效應現象會消失，可以看出濕度環境對溫度震盪效應產生與否有顯著的影響。

※在溼度的環境下，溫度震盪現象會消失!



在濕度環境下，當黑白管狀體產生溫度差時，其周圍空氣會產生壓力差，使得水氣在管狀體四周吸收熱量後蒸發，間接帶走能量，造成黑白管狀體在熱傳導過程中，溫度熱震盪現象消失。

陸、討論

從BW、WBW及WWBWW排列方式溫度對時間的作圖，發現均無溫度震盪現象。BWB、WBWBW、BWBWB、BBWBB溫度對時間的作圖有發生溫度震盪現象

表1 不同排列的黑白管狀體，黑管與白管的平均溫度差距

排列方式	平均溫度差距	
BW	7.22 °C	
白色管狀體在最外圍	WWBWW	6.79 °C
	WBW	4.13 °C
	WBWBW	0.78 °C
黑色管狀體在最外圍	BWBWB	0.3 °C
	BBWBB	0.15 °C
	BWB	0.01 °C

※白色管狀體在最外圍時，平均溫度高於黑色管狀體!

在特定的排列下，會出現溫度震盪現象，且出現的震盪現象的時間會遞延，由實驗數據分析原因是當黑白管狀體緊靠加熱時，黑管易吸收輻射熱，溫度較高，會將熱能傳遞給兩側白管，因此排列方式不同，會造成熱能傳遞的方向不同，進而影響溫度震盪出現的時間。

表2 不同排列的黑白管狀體溫差及溫度震盪出現時間的比較

Normal	溫度差距(黑管-白管)	溫度震盪出現時間
WWBWW	5.6 °C ~ 6.7 °C	無溫度震盪
WBWBW	0.6 °C ~ 1.1 °C	650秒△
BWBWB	0.3 °C ~ 0.6 °C	750秒
BBWBB	0.1 °C ~ 0.3 °C	1050秒

※黑白管狀體排列方式會影響溫度震盪效應出現時間

表3 於RH=0%及RH=30%，不同排列的黑白管狀體溫差比較

	Normal		Humidity	
WWBWW	6.0 °C	N	1.7 °C	N
WBWBW	0.8 °C	Y	3.9 °C	N
BBWBB	0.15 °C	Y	4.0 °C	N
BWBWB	0.1 °C	Y	8.3 °C	N

由表3 整理的數據得知在濕度的環境下，黑白管的溫度差距會改變且使得溫度震盪效應消失。

※濕度環境對溫度震盪效應產生有顯著的影響!

根據圖12，在750秒~1500秒可以發現黑色管狀體和白色管狀體溫度持續上升，且未和均溫箱內溫度達成一致。

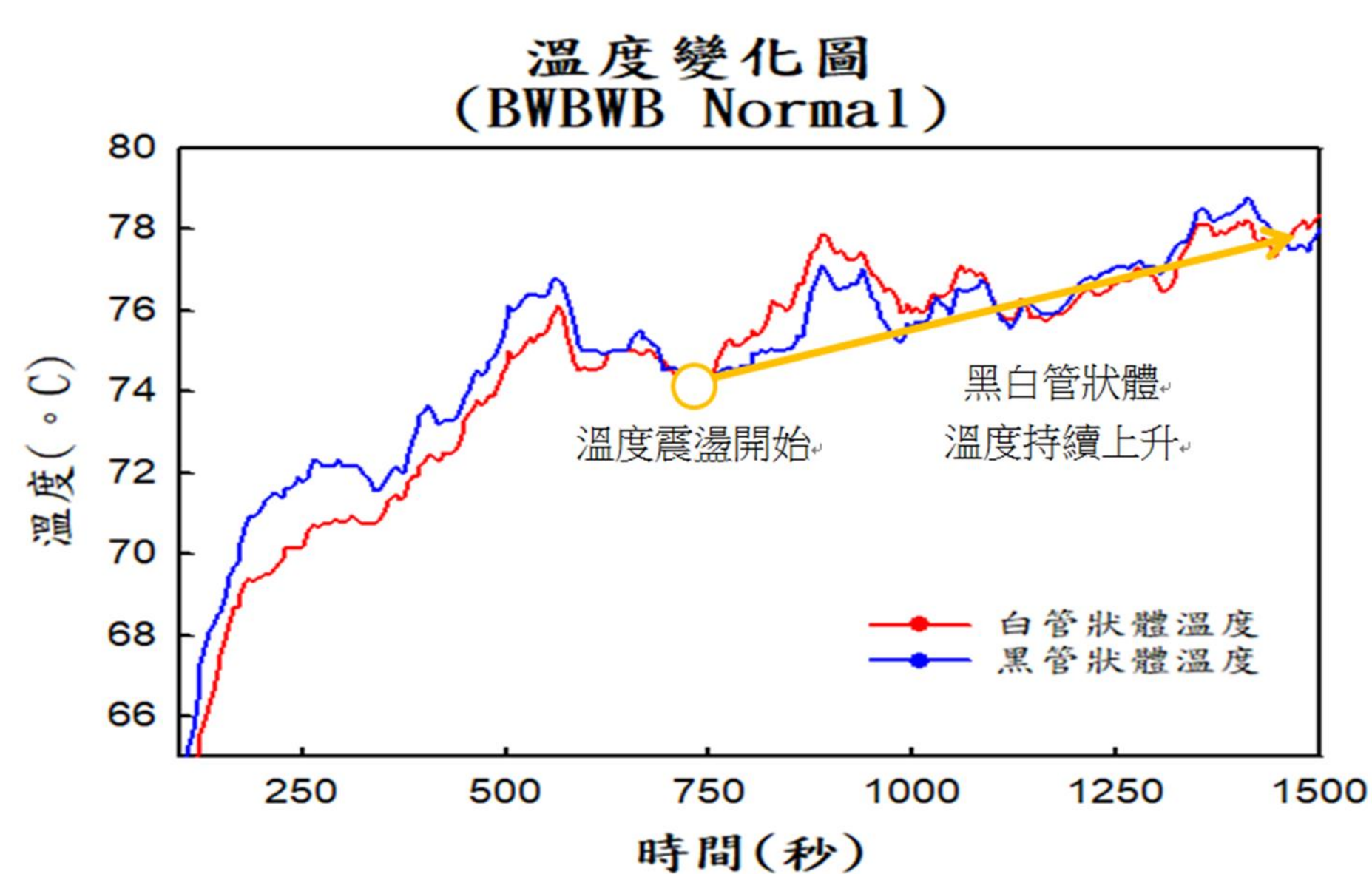


圖12 黑白管狀體排列為BWBWB，溫度對時間的局部作圖

※溫度震盪現象並非熱平衡現象。

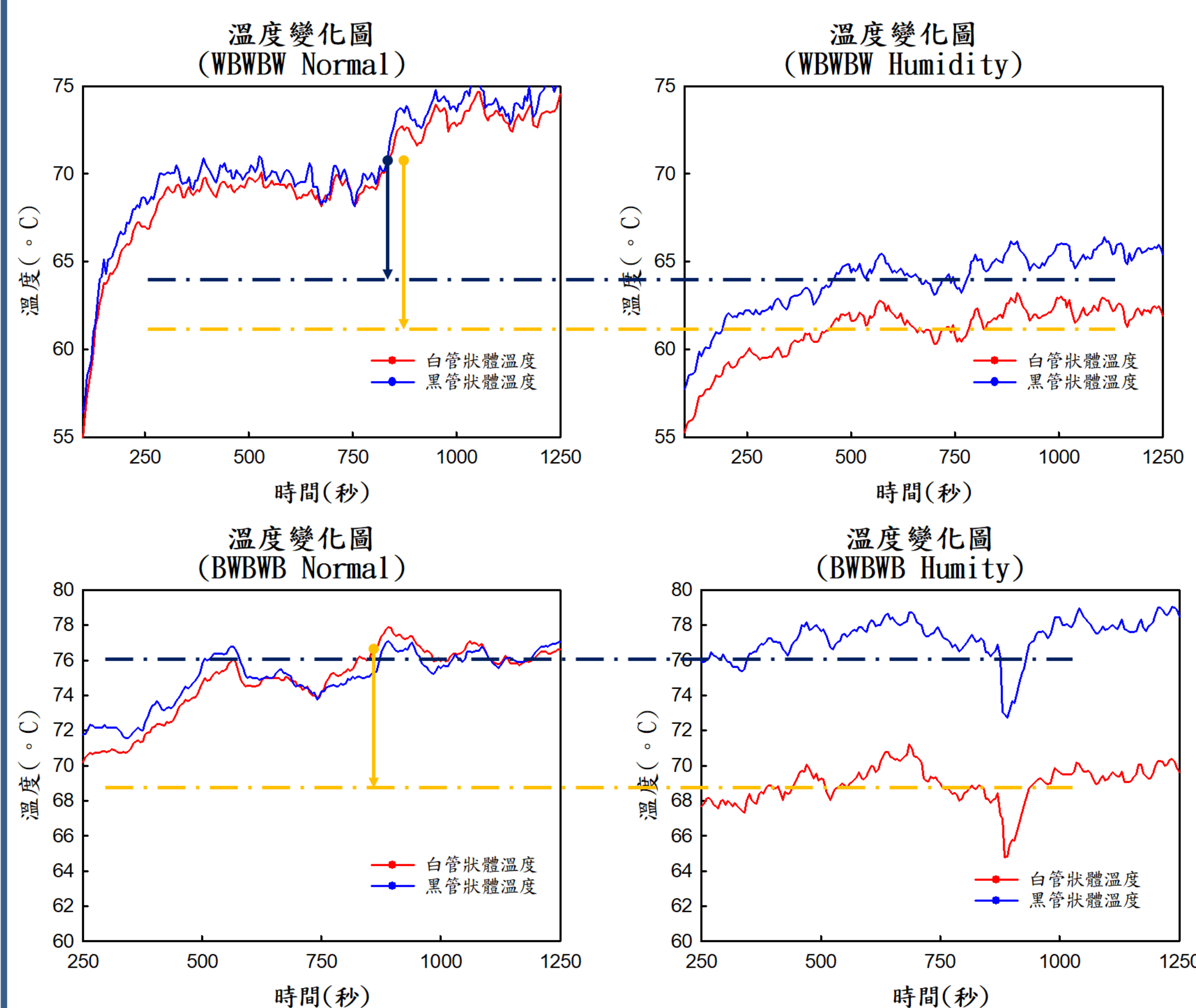


圖13 無濕度與濕度環境下，黑、白管平均溫度的比較

表4無濕度與濕度環境下，黑、白管平均溫度的比較

	黑管平均溫度		白管平均溫度	
	Normal	Humidity	Normal	Humidity
WBWBW	70°C	64°C	70°C	61°C
	76°C	76°C	76°C	68°C

由實驗數據圖 13 及表4 可得知，WBWBW在無濕度及濕度環境下，黑管溫差約為6°C，白管溫差約為9°C；BWBWB在無濕度及濕度環境下，黑管溫差約為0°C，白管溫差約為8°C，可推得在濕度環境下，若比較黑管與白管藉由水氣蒸發吸收的熱能，可知白管傳遞給水氣的熱能較黑管多。

※濕度環境對於白管的溫度影響較為顯著。

柒、實驗結論與未來展望

- 一、特定的黑白交錯排列方式會影響溫度震盪效應出現的時間，黑白管溫差越小，溫度震盪效應出現的時間越晚。
- 二、外圍管狀體顏色會影響黑白管溫度差，白色管狀體在最外圍的排列組其平均溫度差距會高於黑色管狀體在外圍的排列組。
- 三、濕度環境下，所有的排列組合皆無法產生溫度震盪效應。
- 四、為確保實驗具有再現性，在黑白管狀體排進行重複實驗，發現實驗數據分析，符合推論結果。
※溫度震盪現象具有再現性!
- 五、未來展望
 - (一) 使用不同的溼度來探討溫度震盪現象。
 - (二) 利用不同比熱材質交錯排列，探討溫度震盪效應現象。
 - (三) 延伸不同對比色交錯排列下的溫度震盪效應現象。
 - (四) 設計方形管狀體，增加傳導接觸面，利用傅立葉熱傳導定律探討溫度震盪效應。

捌、參考資料

1. 國中自然與生活科技第三冊第五單元
2. 洪宥靖、洪宥靖、鍾芳志(2013)，黑與白的邂逅－探討黑條紋與白條紋升溫降溫的變化，全國中小學第 53 屆科展。
3. 陳軍愷、江驊家(2017)，黑白勢力-溫度震盪效應之探討，新北市中小學科展。