

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

第三名

080118

庫「蔽」了

學校名稱：臺北市私立復興實驗高級中學(附設國小)

作者：	指導老師：
小四 巫孟璇	王俊貴
小四 黃胤中	張 慎
小四 鄭賢修	
小四 張芯裴	
小四 黃亭瑄	

關鍵詞：水蒸發、遮蔽物、水質

摘要

隨著全球氣候暖化的影響，世界各地紛紛出現乾旱、缺水等嚴重問題。根據資料顯示，臺灣年降雨量遠高於世界年降雨量的平均，但卻排列在世界缺水國家中，原因之一是蒸發掉約 **284 億公噸的水 (2014 年)**。因此，我們利用模擬水庫，以鎢絲燈和 UV 燈來模擬陽光，在模擬水庫上放入實驗遮蔽物，來觀察測量水位和水質的變化；找到最佳遮蔽物後，取水庫水進行戶外遮蔽網的實驗。

實驗結果我們發現，**水面覆蓋率高**的遮蔽物會使水蒸發的速度下降；**黑色**的遮蔽物能降低水蒸發的速度；**小寶特瓶內有抗 UV 黑布的遮蔽物能降低水蒸發速度及對水質維護有最好的效果**。希望我們研究的遮蔽網能資源回收再利用，將來能夠成為大家日常生活上**保水、淨水**，最經濟實惠的好方法。

壹、研究動機



2015年的夏天，因為長久沒有下雨造成嚴重乾旱，或因水庫受熾熱陽光的照射下，水急速被蒸發掉造成水位下降，日月潭九頭蛙重見天日，全臺大量缺水需限水供應，帶來生活上許多的不方便。

接著我們又看到電視媒體報導，在地球的另一端美國加州政府，為了防止水庫裡的水被快速蒸發流失掉，尋求改善加州嚴重缺水的方法。在去年八月初釋放了9600萬顆直徑10公分的黑色「遮陽球」(Shade Ball) 於洛杉磯水庫裡，以覆蓋水面來防止水質受灰塵、野生動物的排泄物、或化學物質污染的影響而變差，同時也可以降低水中藻類植物的孳



生，破壞水質情況的發生，於是我們就結合了自然課所學的「水的變化」、「光的世界」及「多變的天氣」來研究探討，有沒有可能從日常生活隨手可見的環保物品中，找出最經濟實惠的方法，來DIY對水資源不會產生嚴重影響的「遮蔽物」，遮蓋水庫的水讓它不會直接曝曬在陽光下，降低水溫減少蒸發量，並進而保護我們賴以維生的水資源。所以我們想做實驗，找出有哪些物品及哪些方法可以降低水被蒸發流失掉，及如何防止陽光照射的影響而改變水質等。

貳、研究目的

檢測不同遮蔽物樣本，找出哪些形狀、大小、顏色與材質的遮蔽物可以降低水蒸發的速度，利用簡單方便的測試，讓水庫的水降低溫度、減少蒸發量，以維持我們日常生活用水。

一、設計模擬水庫

二、預備實驗：探討相同環境下，不同遮蔽物對降低水蒸發的速度及水質變化

(一) 選擇遮蔽物的形狀及計算覆蓋面積

(二) 選擇燈具及架設高度

(三) 選擇遮蔽物的大小、顏色及材質

三、由預備實驗裡找出最佳遮蔽物，進行不同環境的實驗測試

(一) 實驗一：利用小寶特瓶，添加抗UV物，分別置於寶特瓶內和瓶外的實驗

(二) 實驗二：取水庫的水進行室內的實驗

(三) 實驗三：取水庫的水進行戶外的實驗

(四) 實驗四：利用戶外魚池進行模擬水庫的實驗

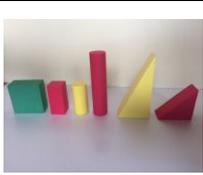
(五) 實驗五：取水庫的水加水草、魚進行戶外遮蔽網的實驗

(六) 實驗六：取自來水進行戶外遮蔽網容量加大的實驗



參、研究設備及器材

一、材料：

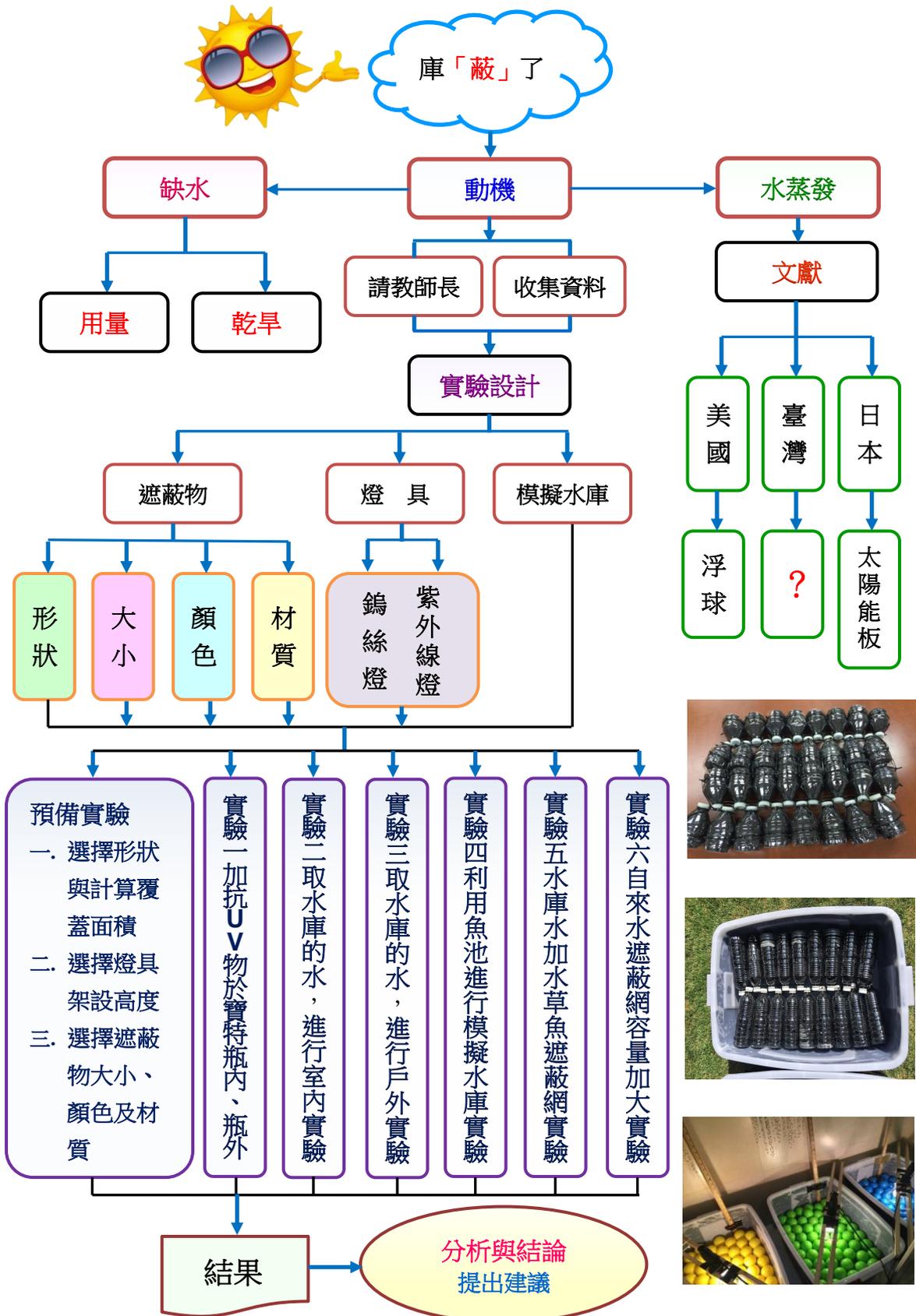
				
積木	保麗龍球	不同顏色乒乓球	不同顏色塑膠球	鋁箔包
				
白色塑膠瓶	黑色塑膠瓶	236ml 小寶特瓶	玻璃瓶	600ml 寶特瓶
				
抗 UV 黑膠帶	一般絕緣黑膠帶	黑束帶	抗 UV 黑布	一般黑布

二、設備與儀器：

				
塑膠水箱	2L 量杯	木尺	黑色瓦楞板	水盆
				
100W 鎢絲燈具	100W 鎢絲燈 + 4W UVA 燈具	照相機	剪刀	照度計
				
溫/溼度計	水質測試計 (水溫、TDS、導電度)	pH 測試筆	魚池 (267cm x 211cm x 76cm)	

肆、研究過程或方法

一、研究架構圖



二、設計模擬水庫

(一) 取置物箱 (74cm x 51.5cm x 42cm)，用黑色封箱膠帶纏繞箱子四周及底部，以減少光源反射。



(二) 用 2000cc 的
量杯裝 20 次
的自來水 40L



(三) 固定量尺
(測量水位)



(四) 架設燈具
(100W 鎢絲燈)



(五) 架設溫度計



(六) 模擬水庫完成



(七) 模擬水庫設置在密閉空間，室溫控制在大約 $33\text{--}34^{\circ}\text{C}$ ，室內溼度大約為 50% ，從鎢絲燈到水平面的垂直距離為 30cm ，照度約為 580 lux 。

三、預備實驗

(一) 選擇遮蔽物的形狀及計算覆蓋面積

模擬水庫水位16cm高時，水面面積約為 $68\text{cm} \times 47\text{cm} = 3196\text{cm}^2$

遮蔽物樣本形狀		名稱	長方體			
			短		長	
		面積 (cm ²)	7(長)X3(寬) = 21cm ²		14(長)X3(寬)=42cm ²	
		使用個數 (個)	135		66	
		覆蓋面積 (cm ²)	2835		2772	
		覆蓋率 (%)	90%		86%	
		名稱	三角柱 (等腰)			
		面積 (cm ²) ^註	7(底)x7(高)/2 = 24.5 cm ²			
		使用個數 (個)	120			
		覆蓋面積 (cm ²)	2646			
		覆蓋率 (%)	83%			
		註：面積計算說明	將兩個三角形拼成正方形，先計算正方形面積後再除以2			
		名稱	圓柱體			
			短		長	
		(截)面積 (cm ²)	7(長)X3.5(直徑)=24.5cm ²		14(長)X3.5(直徑)=49cm ²	
		使用個數 (個)	117		57	
		覆蓋面積 (cm ²)	2866.5		2793	
		覆蓋率 (%)	90%		87%	
		圓球直徑 (cm)	1	2	3	4
		最大(截)面積	0.25π	π	2.25π	4π
使用個數 (個)		3196	782	330	187	
覆蓋面積 (cm ²)		2509	2456	2332	2349	
覆蓋率 (%)		79%	77%	73%	74%	

從以上覆蓋面積計算得知，短長方體(綠色)、短圓柱體(綠色)的覆蓋率最大(90%)，圓球體的覆蓋率最小 (73%)。但是，這是人工排列最大覆蓋率計算法，不是實際遮蔽物在模擬水庫水面上自然漂流的排列狀態。雖然球體的覆蓋率較低，但是考量到未來應用方向是在生態池、水庫等地，若是使用正方體、長方體、三角柱等材料，會因為水流而不能維持原本的排列形狀，反而會使覆蓋率降低，甚至尖角碰撞容易造成遮蔽物的損壞。另外從計算中我們也發現，在模擬水庫中圓球體的直徑愈小，覆蓋面積和覆蓋率就愈大。

實驗發現：由於圓球體和圓柱體比較不容易因為水流而改變覆蓋的排列方式，所以我們選擇圓球體和圓柱體做為遮蔽物的形狀。

				
圓球體	圓柱體	長方體	三角柱	正方體

(二) 選擇燈具及架設高度

以100W鎢絲燈做為模擬陽光時，在不同水平面高度下，觀察對水蒸發變化的影響如何？

表1. 鎢絲燈不同架設高度的比較

燈具架設高度		水位蒸發	水溫	pH 值	TDS	導電度
模擬水庫 1 90cm	Day 1	16	17.9	9.3	50	100
	Day 3	15.6	19.9	9.1	52	101
	Day 7	15.1	21	8.7	53	108
差異		0.9	3.1	0.6	3	8
模擬水庫 2 60cm	Day 1	16	17.9	9.1	50	99
	Day 3	15.4	20.7	9.1	48	104
	Day 7	14.8	21.8	8.6	54	106
差異		1.2	3.9	0.5	4	7
模擬水庫 3 30cm	Day 1	16	18.5	8.7	48	99
	Day 3	15	21.8	9.2	53	104
	Day 7	14	23	8.4	56	113
差異		2	4.5	0.3	8	14

(單位：水位cm、水溫：°C、總溶解固體量TDS：ppm、導電度：uS/cm)

		
光源距離水面90cm 37 lux	光源距離水面60cm 170 lux	光源距離水面30cm 580 lux

實驗發現：鎢絲燈光源離水面30cm有較大的變化，水位下降變化比較明顯，可以得到較好的陽光照射模擬效果，因此決定採用30cm的距離。

(三) 選擇遮蔽物的大小、顏色及材質

1. 實驗 A-1：探討相同顏色、不同大小的保麗龍球對降低水蒸發的速度

表 A-1. 不同大小的白色保麗龍球遮蔽後的水位變化

球體直徑 每日水位		模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫
		1	2	3	4	5
		對照組	4cm	6cm	8cm	10cm
測量水位高度 (原水位 16cm)	Day 1	16.0	16.3	16.1	16.1	16.1
	Day 2	15.8	16.0	16.0	16.0	16.0
	Day 3	15.4	16.0	16.0	16.0	16.0
	Day 4	15.1	15.9	15.6	15.7	15.9
	Day 5	14.7	15.9	15.4	15.6	15.8
	Day 6	14.6	15.8	15.4	15.5	15.5
	Day 7	14.2	15.8	15.4	15.5	15.3
水位下降(cm)		1.8	0.5	0.7	0.6	0.8

(水位單位：公分)

實驗發現：

- 實驗顯示覆蓋直徑4cm的保麗龍球(覆蓋率74%)有較佳的降低水蒸發速度，水位下降0.5cm；而覆蓋直徑10cm的保麗龍球(覆蓋率61%)對於降低水蒸發的速度較差，水位下降0.8cm；沒有遮蔽物的對照組對於降低水蒸發的速度最差，水位下降1.8公分。
- 由於每天水位下降變化不大，不易觀察，所以自實驗B起，只記錄Day 1，3，5，7的水位下降變化。

實驗 A-2：探討相同顏色、不同大小的保麗龍球對水質變化的檢測

表 A-2. 不同大小的白色保麗龍球遮蔽後的水質變化

球體直徑 水質		模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫
		1	2	3	4	5
		對照組	4cm	6cm	8cm	10cm
pH 值	Day 1	8.0	7.9	7.9	7.9	8.0
	Day 7	8.1	7.9	7.9	7.9	7.9
差異		0.1	0.0	0.0	0.0	0.1

TDS	Day 1	54	53	54	53	53
	Day 7	60	56	57	56	57
差異(ppm)		6	3	3	3	4
導電度	Day 1	108	108	108	108	108
	Day 7	131	111	113	113	113
差異(uS/cm)		23	3	5	5	5

(TDS單位：ppm、導電度單位：uS/cm)

實驗發現：

- (1) 沒有遮蔽物的模擬水庫1(對照組), 導電度變化最大 (23us/cm)。
- (2) 模擬水庫2覆蓋直徑4cm的保麗龍球, 水質變化最小。



不同大小保麗龍球實驗

2. 實驗 B-1：探討相同大小、不同顏色的塑膠球對降低水蒸發的速度

表B-1. 相同大小、不同顏色塑膠球遮蔽後的水位下降變化

每日水位		塑膠球	模擬水庫 1	模擬水庫 2	模擬水庫 3	模擬水庫 4	模擬水庫 5
			對照組	紅	藍	黃	綠
測量水位高度 (原水位 16cm)	Day 1		16.0	16.3	16.3	16.3	16.3
	Day 3		15.0	16.0	16.0	16.0	16.0
	Day 5		14.5	15.6	15.7	15.5	15.5
	Day 7		14.0	15.2	15.5	15.0	15.0
水位下降(cm)			2.0	1.1	0.8	1.3	1.3

(水位單位：公分)

實驗發現：

- (1) 實驗顯示所有顏色的塑膠球覆蓋率都是69%，其中藍色的塑膠球有較佳的降低水蒸發速度，水位下降 0.8cm。
- (2) 覆蓋黃色及綠色的塑膠球對於降低水蒸發的速度較差，水位下降1.3cm；沒有遮蔽的對照組對於降低水蒸發的速度最差，水位下降2cm。

- (3) 由於每二天水位的改變依舊很小，不易觀察，所以自實驗C起，只記錄Day1和Day7的水位高度。

實驗 B-2：探討相同大小、不同顏色的塑膠球對水質變化的檢測

表 B-2. 相同大小、不同顏色塑膠球遮蔽後的水質變化

塑膠球		模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫
		1	2	3	4	5
水質		對照組	紅	藍	黃	綠
pH 值	Day 1	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
	Day 7	8.0	8.0	7.8	7.8	7.8
差異		1.1	1.1	0.9	0.9	0.9
TDS	Day 1	56	56	57	57	57
	Day 7	72	68	66	69	66
差異(ppm)		16	12	9	12	9
導電度	Day 1	110	110	110	111	109
	Day 7	135	127	126	135	131
差異(uS/cm)		25	17	16	24	22

(TDS 單位：ppm、導電度單位：uS/cm)

實驗發現：

- (1) 放置藍色塑膠球的模擬水庫3，水質的差異變化較少，而對照組的差異變化較大。
- (2) 觀察水質時發現，長時間的模擬日照，模擬水庫內的水溫上升，也應該做為水蒸發的參考因素，故自實驗C起，加入遮蔽物下水平面的水溫紀錄。



3. 實驗 C-1：探討相同大小、不同顏色的乒乓球對降低水蒸發的速度

表 C-1. 相同大小、不同顏色乒乓球遮蔽後的水位下降變化

乒乓球		模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫
		1	2	3	4	5
每日水位		藍	橘	紅	白	黑
測量水位高度 (原水位 16cm)	Day 1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1
	Day 7	15.9	15.0	15.8	15.5	15.9
水位下降(cm)		0.2	1.1	0.3	0.6	0.2

(水位單位：公分)

實驗發現：

- (1) 實驗顯示所有的乒乓球覆蓋率都是74%，覆蓋同樣材料的乒乓球，藍色及黑色有較佳的降低水蒸發速度，水位下降0.2cm。
- (2) 橘色的乒乓對於降低水蒸發的速度最差，水位下降1.1cm。

實驗 C-2：探討相同大小、不同顏色的乒乓球對水質變化的檢測

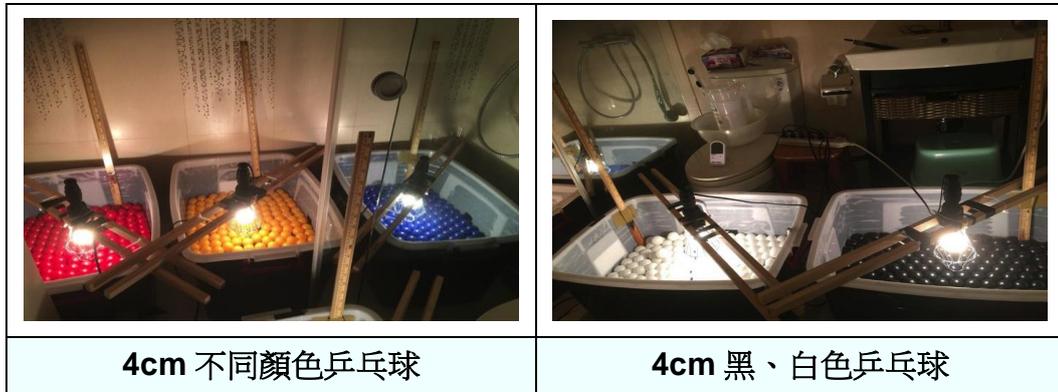
表 C-2. 相同大小、不同顏色乒乓球遮蔽後的水質變化

乒乓球		模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫
		1	2	3	4	5
水質		藍	橘	紅	白	黑
水溫	Day 1	26.6	26.0	24.9	24.8	24.8
	Day 7	35.3	33.0	34.6	34.5	33.0
差異(°C)		8.7	7.0	9.7	9.7	8.2
pH 值	Day 1	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
	Day 7	8.5	8.4	8.4	8.5	8.7
差異		0.2	0.1	0.1	0.2	0.4
TDS	Day 1	58	57	58	58	57
	Day 7	61	60	60	61	62
差異(ppm)		3	3	2	3	5
導電度	Day 1	117	112	113	110	115
	Day 7	119	122	122	121	124
差異(uS/cm)		2	10	9	11	9

(水溫單位：°C、TDS 單位：ppm、導電度單位：uS/cm)

實驗發現：

- (1) 覆蓋紅色與白色乒乓球的水溫差異最大 (9.7°C)，橘色最小 (7.0°C)。
- (2) 覆蓋白球的模擬水庫4，導電度差異最大 (11uS/cm)。



4. 實驗 D-1：探討不同材質的資源回收物對於降低水蒸發的速度

表 D-1. 不同材質資源回收物遮蔽後的水位下降變化

資源回收物		模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫
		1	2	3	4	5
每日水位		白塑瓶	黑塑瓶	小寶特瓶	玻璃瓶	鋁箔包
測量水位高度 (原水位 16cm)	Day 1	16.2	16.2	16.1	17.9	16.1
	Day 7	15.5	15.5	15.6	16.1	15.5
水位下降(cm)		0.7	0.7	0.5	1.8	0.6

(水位單位：公分)

實驗發現：

- (1) 實驗顯示覆蓋小寶特瓶(覆蓋率73%)有較佳的降低水蒸發速度，水位下降0.5cm，因此將利用小寶特瓶進行實驗一的實驗。
- (2) 覆蓋玻璃瓶 (覆蓋率84%)對於降低水蒸發的速度最差，水位下降1.8cm。白、黑色塑膠瓶(覆蓋率66%)，水位下降0.7cm。



實驗 D-2：探討不同材質、大小、顏色資源回收物對水質變化的檢測

表 D-2. 不同材質資源回收物遮蔽後的水質變化

遮蔽物		模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫
		1	2	3	4	5
水質		白塑瓶	黑塑瓶	小寶特瓶	玻璃瓶	鋁箔包
水溫	Day 1	25.8	25.9	25.8	25.8	25.8
	Day 7	35.0	33.0	33.0	32.0	35.0
差異(°C)		9.2	7.1	7.2	6.2	9.2
pH 值	Day 1	8.2	8.2	8.3	8.2	8.3
	Day 7	8.3	8.3	8.3	8.4	8.6
差異		0.1	0.1	0.0	0.2	0.3
TDS	Day 1	55	55	55	55	55
	Day 7	59	58	61	67	60
差異(ppm)		4	3	6	12	5
導電度	Day 1	109	110	110	109	110
	Day 7	118	120	120	134	125
差異(uS/cm)		9	10	10	25	15

(水溫單位：°C、TDS 單位：ppm、導電度單位：uS/cm)

實驗發現：

- (1) 覆蓋玻璃瓶的模擬水庫，其總溶解固體量與導電度，明顯高於其他模擬水庫。
- (2) 覆蓋白塑膠瓶的模擬水庫1及覆蓋鋁箔包的模擬水庫5，其水溫差異最大為9.2°C。

預備實驗總結：綜合上述A、B、C、D四個實驗，我們可以發現會使水蒸發速度下降的因素為水面覆蓋率、黑色遮蔽物及寶特瓶材質的遮蔽物，我們以此為依據，設計後續的實驗。

四、各研究實驗步驟

(一) 實驗一：利用小寶特瓶，添加抗 UV 物分別於寶特瓶內和瓶外的實驗

實驗 1-1：探討小寶特瓶內外添加不同抗 UV 物對於降低水蒸發的速度

實驗步驟：

1. 先將抗UV黑布貼上圓點貼紙，再一一塞入小寶特瓶中，然後在瓶子內側貼上圓點貼紙，再鎖蓋以識辨別。

2. 將一般黑布一一塞入小寶特瓶中，然後鎖蓋。
3. 分別將抗UV黑膠帶及一般絕緣黑膠帶，纏繞小寶特瓶從底部至瓶口，並在纏有抗UV黑膠帶的瓶口內，貼上圓點貼紙以識辨別，然後鎖蓋。
4. 將以上步驟的小寶特瓶分別放入模擬水庫第1~4號中 (水量40L，原水位16cm)，第5號模擬水庫無遮蔽物做為對照組。
5. 打開光源，連續照射7天。
6. 測量並記錄Day 1和Day 7的水位高度。

			
寶特瓶內塞抗UV黑布	寶特瓶外纏一般絕緣黑膠帶	寶特瓶外纏抗UV黑膠帶	寶特瓶內貼圓點貼紙

實驗 1-2：探討小寶特瓶內外添加不同抗 UV 物對水質變化的檢測

實驗步驟：

1. 同實驗1-1前五步驟。
2. 測量並記錄Day 1及Day 7水的溫度、酸鹼值(pH值)、總溶解固體量(TDS)、導電度(EC)的變化。

(二) 實驗二：取水庫的水進行室內的實驗

實驗 2-1：探討室內模擬水庫有無遮蔽物對降低水蒸發的速度

實驗步驟：

1. 將4W的UVA燈及100W的鎢絲燈，分別放入對照組與實驗組中 (水量40L，原水位16cm)。
2. 對照組為無遮蔽物，實驗組內含遮蔽物 (小寶特瓶+抗UV黑布)
3. 打開光源，連續照射21天。
4. 測量並記錄Day 1、Day 7、Day 14、Day 21的水位高度。

實驗 2-2：探討室內模擬水庫有無遮蔽物對水質變化的檢測

實驗步驟：

1. 同實驗2-1前三步驟。
2. 測量並記錄Day 1、Day 7、Day 14、及Day 21水的溫度、酸鹼值(pH值)、總溶解固體量(TDS)、導電度(EC)的變化。



室內模擬水庫：左為對照組，右為實驗組

(三) 實驗三：取水庫的水進行戶外的實驗

實驗 3-1：探討戶外模擬水庫有無遮蔽物對降低水蒸發的速度

實驗步驟：

1. 分別設置實驗組與對照組，對照組為無遮蔽物，實驗組內有遮蔽物(小寶特瓶+抗UV黑布)。
2. 將實驗組與對照組，放置陽光下進行照射。
3. 測量並記錄Day 1、Day 3、Day 5、Day 7的水位高度。



模擬水庫戶外實驗

實驗 3-2：探討戶外模擬水庫有無遮蔽物對水質變化的檢測

實驗步驟：

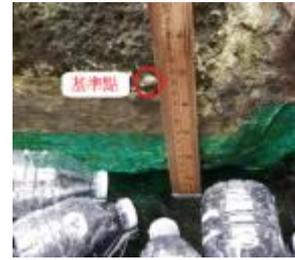
1. 同實驗3-1前兩步驟。
2. 測量並記錄Day 1、Day 3、Day 5及Day 7水的溫度、酸鹼值(pH值)、總溶解固體量(TDS)、導電度(EC)的變化。

(四) 實驗四：利用戶外魚池進行模擬水庫的實驗

實驗 4-1：探討戶外魚池有無遮蔽物對降低水蒸發的速度

實驗步驟：

1. 在魚池內的石頭上畫一個基準點，此基準點與水面距離9公分，每二天測量水位下降情形。
2. 先進行魚池無遮蔽物，在陽光照射下進行實驗。
3. 待步驟(2)完成實驗後，再進行添加遮蔽物(小寶特瓶+抗UV黑布)，在陽光下進行遮蔽的實驗。
4. 若遇下雨，在魚池上方覆蓋透明塑膠布，避免雨水影響實驗數據及結果。
5. 測量並記錄Day 1、Day 3、Day 5、Day 7的水位高度。



			
檢測魚池中的水質	投入遮蔽物	蓋塑膠布防止雨天影響	將遮蔽物放入魚池

實驗 4-2：探討戶外魚池有無遮蔽物對水質變化的檢測

實驗步驟：

1. 同實驗4-1前四步驟。
2. 測量並記錄Day 1、Day 3、Day 5及Day 7水的溫度、酸鹼值(pH值)、總溶解固體量(TDS)、導電度(EC)的變化。

(五) 實驗五：取水庫的水加水草、魚進行戶外遮蔽網的實驗

實驗 5-1：探討模擬魚池於戶外有無遮蔽網對降低水蒸發的速度

實驗步驟：

1. 在二個置物箱內放入條件相同的魚和水草以模擬同樣條件的魚池。
2. 實驗組的水平面添加經束帶綁住的遮蔽物(小寶特瓶+抗UV黑布)，成為8x4的遮蔽網，覆蓋率為60%。
3. 將實驗組與對照組，放置在陽光下進行照射。

4. 測量並記錄Day 1、Day 7、Day 14、Day 21、Day 28 的水位高度。



實驗 5-2：探討模擬魚池於戶外有無遮蔽網對水質變化的檢測

實驗步驟：

1. 同實驗5-1前三步驟。
2. 測量並記錄Day 1、Day 7、Day 14、Day 21、Day 28水的溫度、酸鹼值(pH值)、總溶解固體量(TDS)、導電度(EC)的變化。

(六) 實驗六：取自來水進行戶外遮蔽網容量加大的實驗

實驗 6-1：探討模擬水庫於戶外有無遮蔽物對降低水蒸發的速度

實驗步驟：

1. 取 6 個水箱，3 個對照組、3 個實驗組放入相同容量的水。
2. 其中 3 個實驗組水面上放入遮蔽物 (600ml 寶特瓶內含抗 UV 黑布)，成為 9x2 的遮蔽網，覆蓋率約為 68%。
3. 將實驗組與對照組，放置在陽光下進行照射。
4. 測量並記錄 Day 1、Day 3、Day 5、Day 7 的水位高度。



實驗 6-2：探討模擬水庫於戶外有無遮蔽網對水質變化的檢測

實驗步驟：

1. 同實驗 6-1 前三步驟。
2. 測量並記錄 Day 1 及 Day 7 水的溫度、酸鹼值(pH 值)、總溶解固體量 (TDS)、導電度(EC)的變化。

伍、研究結果

一、實驗一：利用小寶特瓶，添加抗 UV 物，分別於寶特瓶內和瓶外的實驗

(一) 實驗 1-1：探討小寶特瓶內外添加不同抗 UV 物對於降低水蒸發的速度

表 1-1. 小寶特瓶添加不同抗 UV 物遮蔽後的水位變化

抗 UV 物		模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫	模擬水庫
		1	2	3	4	5
每日水位		抗 UV 黑布 (寶特瓶內)	一般黑布 (寶特瓶內)	抗 UV 黑膠 帶(寶特瓶外)	一般黑膠帶 (寶特瓶外)	對照組
	測量水位高度 (原水位 16cm)	Day 1	16.3	16.2	17.2	17.5
	Day 7	16.2	16.0	17.0	16.5	14.0
水位下降(cm)		0.1	0.2	0.2	1.0	2.0

(水位單位：公分)

實驗發現：

1. 實驗顯示所有的小寶特瓶覆蓋率都是73%，**覆蓋小寶特瓶內有抗UV黑布有最佳的降低水蒸發速度，水位下降0.1cm。**
2. 而覆蓋小寶特瓶外部貼上一般絕緣黑膠帶，對於降低水蒸發的速度相較抗UV膠帶來差，水位下降1.0cm。
3. 而未覆蓋任何物體的對照組，降低水蒸發的速度最差，水位下降2cm。



(二) 實驗 1-2：探討寶特瓶內外添加不同抗UV物對水質變化的檢測

表 1-2. 小寶特瓶添加不同抗 UV 物遮蔽後的水質變化

抗 UV 物		模擬水庫 1	模擬水庫 2	模擬水庫 3	模擬水庫 4	模擬水庫 5
		抗 UV 黑布	一般黑布	抗 UV 黑膠帶	一般黑膠帶	對照組
水溫	Day 1	22.8	22.6	22.5	22.5	22.6
	Day 7	29.4	29.6	31.1	30.7	29.3
差異(°C)		6.6	7.0	8.6	8.2	6.7
pH 值	Day 1	7.7	7.6	7.6	7.6	7.6
	Day 7	7.9	7.9	7.7	7.6	7.6
差異		0.2	0.3	0.1	0.0	0.0
TDS	Day 1	58	59	59	58	59
	Day 7	61	62	60	65	64
差異(ppm)		3	3	1	7	5
導電度	Day 1	117	117	117	118	118
	Day 7	122	122	125	129	138
差異(uS/cm)		5	5	8	11	20

(水溫單位：°C、TDS 單位：ppm、導電度單位：uS/cm)

實驗發現：

1. 模擬水庫水面有覆蓋遮蔽物，導電度的差異都比對照組來的低。
2. 覆蓋內有抗UV黑布的小寶特瓶，其導電度差異較低。
3. 覆蓋內有抗UV黑布的小寶特瓶模擬水庫1，水溫上升最小，降低水蒸發速度最好。



二、實驗二：取水庫的水進行室內的實驗

(一) 實驗 2-1：探討室內模擬水庫有無遮蔽物對降低水蒸發的速度

表 2-1. 室內模擬水庫有無遮蔽物在照射下的水位變化

實驗組別		模擬水庫 1	模擬水庫 2
		對照組 (無遮蔽物)	實驗組 (遮蔽物：寶特瓶+ 抗 UV 布)
每日水位			
測量水位高度 (原水位 16cm)	Day 1	16.0	16.2
	Day 7	14.5	15.5
	Day 14	12.5	15.0
	Day 21	11.0	15.0
水位下降(cm)		5.0	1.2

(水位單位：公分)

實驗發現：

- 實驗結果顯示，**實驗組(遮蔽物為小寶特瓶+抗UV黑布)**有最佳的降低水蒸發速度，**水位下降1.2cm**。而**對照組(無遮蔽物)**，對於降低水蒸發的速度最差，水位下降**5.0cm**。

(二) 實驗 2-2：探討室內模擬水庫有無遮蔽物對水質變化的檢測

表 2-2. 室內模擬水庫內有無遮蔽物在照射下的水質變化

水質		水溫	pH 值	TDS	導電度
組別					
對照組	Day 1	20.5	8	115	230
	Day 7	23.1	8.4	125	253
	Day 14	21.3	8.5	128	261
	Day 21	22.5	8.9	124	246
差異		2	0.9	9	16
實驗組	Day 1	20.3	8	111	233
	Day 7	22.8	8.2	113	228
	Day 14	21.1	8.3	118	234
	Day 21	22.2	8.5	117	235
差異		1.9	0.5	6	2

(水溫單位：°C、TDS單位：ppm、導電度單位：uS/cm)

實驗發現：

1. 沒有遮蔽物的模擬水庫1 (對照組)，導電度上升幅度高於有遮蔽物的模擬水庫2 (實驗組)。
2. 有無遮蔽物會影響模擬水庫水質的混濁與總溶解固體量，其中無遮蔽物的水質非常混濁。

無遮蔽物			
	第1天水庫水與鎢絲燈+UVA燈照射下	第21天水質呈黃色混濁	21天後的水樣本
有遮蔽物			
	第1天水庫水與鎢絲燈+UVA燈照射下	第21天將遮蔽物移除後	21天後的水樣本

三、實驗三：取水庫的水進行戶外的實驗

(一) 實驗 3-1：探討戶外模擬水庫有無遮蔽物對降低水蒸發的速度

表 3-1. 戶外模擬水庫有無遮蔽物在陽光照射下的水位變化

實驗組別		模擬水庫 1	模擬水庫 2
		對照組 (無遮蔽物)	實驗組 (遮蔽物:小寶特瓶+ 抗 UV 黑布)
每日水位	Day 1	16	16
	Day 3	15	15.5
	Day 5	14.5	15
	Day 7	14	14.8
測量水位高度 (原水位 16cm)			
水位下降(cm)		2	1.2

(水位單位：公分)

實驗發現：

1. 對照組與實驗組的水位皆有下降，但有遮蔽物覆蓋的實驗組水位下降較少為 1.2cm。

(二) 實驗 3-2：探討戶外模擬水庫有無遮蔽物對水質變化的檢測

表 3-2. 戶外模擬水庫的水有無遮蔽物在陽光照射下的水質變化

組別		水質			
		水溫	pH 值	TDS	導電度
對照組	Day 1	13.7	8	133	266
	Day 3	16.8	8.5	133	258
	Day 5	20.2	8.3	135	269
	Day 7	22.2	8.2	135	267
差異		——	0.2	2	1
實驗組	Day 1	13.7	8.5	137	266
	Day 3	16.6	8.4	133	268
	Day 5	20.4	8.4	134	263
	Day 7	22.6	8.4	135	267
差異		——	0.1	2	1

(水溫單位：°C、TDS單位：ppm、導電度單位：uS/cm)

實驗發現：

1. Day 1 至 Day 3，兩組的水質尚無明顯差異。Day 5 開始，對照組的水質開始呈現黃色；Day 7 顏色加深，水呈現出綠色。
2. 在第七天實驗組的水質依然清澈，這表示有覆蓋遮蔽物可降低水汙染。所以放入遮蔽物，可顯著減緩水分的蒸發，較可保持良好的水質。

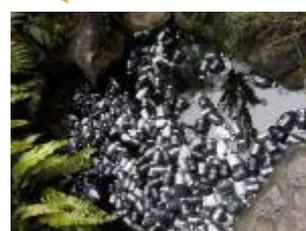


四、實驗四：利用戶外魚池進行模擬水庫的實驗

(一) 實驗 4-1：探討戶外魚池有無遮蔽物對降低水蒸發的速度

表4-1. 戶外魚池有無遮蔽物在陽光照射下的水位變化

實驗組別		魚池	魚池
		無遮蔽物	遮蔽物：小寶特瓶 +抗 UV 黑布
每日水位			
基準點到 水面的高 度	Day 1	9	9
	Day 3	10	9.5
	Day 5	14	12.5
	Day 7	16	13
水位下降(cm)		7	4



戶外魚池實驗

(水位單位：公分)

實驗發現：

1. 有遮蔽物的魚池(覆蓋率 28%) 水位下降 4cm。

(二) 實驗 4-2：探討戶外魚池有無遮蔽物對水質變化的檢測

表 4-2. 戶外魚池有無遮蔽物在陽光照射下的水質變化

檢測項目		水溫	pH 值	TDS	導電度
對照組	Day 1	13.8	8.5	51	103
	Day 3	13.7	9.1	50	100
	Day 5	17.7	8.8	51	102
	Day 7	17.3	8.9	51	102
差異		—	0.4	0	1

檢測項目		水溫	pH 值	TDS	導電度
實驗組	Day 1	14.5	8.7	51	101
	Day 3	15	8.6	45	95
	Day 5	14	8.7	45	100
	Day 7	14	8.8	42	95
差異		—	0.1	9	6

(水溫單位：℃、TDS單位：ppm、導電度單位：uS/cm)

實驗發現：

1. 無遮蔽物的魚池在實驗過程中，可以明顯看見許多青苔在水底石頭上長出的情況產生。

五、實驗五：取水庫的水加水草、魚進行戶外遮蔽網的實驗

(一) 實驗 5-1：探討模擬魚池於戶外有無遮蔽物對降低水蒸發的速度

表5-1. 模擬魚池有無遮蔽物在陽光照射下的水位變化

實驗組別		模擬水庫 1	模擬水庫 2
		對照組 (無遮蔽物)	實驗組 (遮蔽物：小寶特 瓶+抗 UV 黑布)
每日水位			
測量水位高 度(原水位 16cm)	Day 1	16.2	16.0
	Day 7	15.1	15.0
	Day 14	13.0	14.0
	Day 21	12.0	13.9
	Day 28	11	13.5
水位下降(cm)		5.2	2.5

(水位單位：公分)

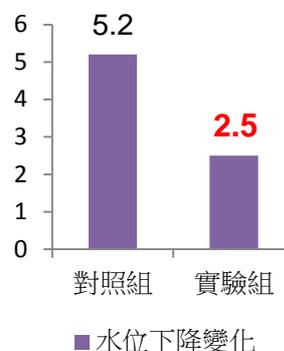


圖5-1 模擬魚池有無遮蔽物在陽光照射下的水位下降變化

實驗發現：

1. 在同樣的戶外測試環境下，對照組的水位下降距離約為實驗組的2倍，顯示在模擬水庫中覆蓋小寶特瓶內有抗UV黑布的8x4遮蔽網，可有效降低水蒸發的速度。

無 遮 蔽 物			
	對照組	Day 21水呈現混濁泛黃	Day 28水呈現黃濁色
有 遮 蔽 物			
	實驗組	Day 21水依然清澈	Day 28水依然清澈

(二) 實驗 5-2：探討模擬魚池於戶外有無遮蔽物對水質變化的檢測

表 5-2. 戶外模擬魚池有無遮蔽物在陽光照射下的水質變化

組別		水質			
		水溫	pH 值	TDS	導電度
對照組	Day 1	21	7.7	108	207
	Day 7	26.8	8.6	116	230
	Day 14	22.3	8.4	124	249
	Day 21	26.0	7.4	145	291
	Day 28	26.9	8.1	168	339
差異		—	0.4	60	132
實驗組	Day 1	22.1	7.7	100	217
	Day 7	26.0	8.1	107	219
	Day 14	22.2	8.1	109	218
	Day 21	26.2	7.3	121	242
	Day 28	27.1	7.8	137	272
差異		—	0.1	37	55

(水溫單位：°C、TDS單位：ppm、導電度單位：uS/cm)

實驗發現：

1. 經過四週的實驗，對照組與實驗組的導電度相比較，對照組明顯上升。
2. 對照組的水顏色呈現泛黃與混濁，實驗組的水質呈現較為清澈。
3. Day 21對照組的第一條魚死亡；Day 28第二條魚死亡。
4. 實驗組的魚目前全都活著。

六、實驗六：取自來水進行戶外遮蔽網容量加大的實驗

(一) 實驗 6-1：探討模擬水庫於戶外有無遮蔽物對降低水蒸發的速度

表6-1. 模擬水庫於戶外有無遮蔽物在陽光照射下的水位變化

實驗組別		A		B		C	
		對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組
測量水位高度 (原水位 16cm)	每日水位						
	Day 1	16	17.5	16	17.5	16	17.5
	Day 3	15.5	17	15	17	15.3	17
	Day 5	14.2	16.5	14.6	16.5	14.2	16.5
	Day 7	13	16	13.1	16	13	16
水位下降(cm)		3	1.5	2.9	1.5	3	1.5

(水位單位：公分)

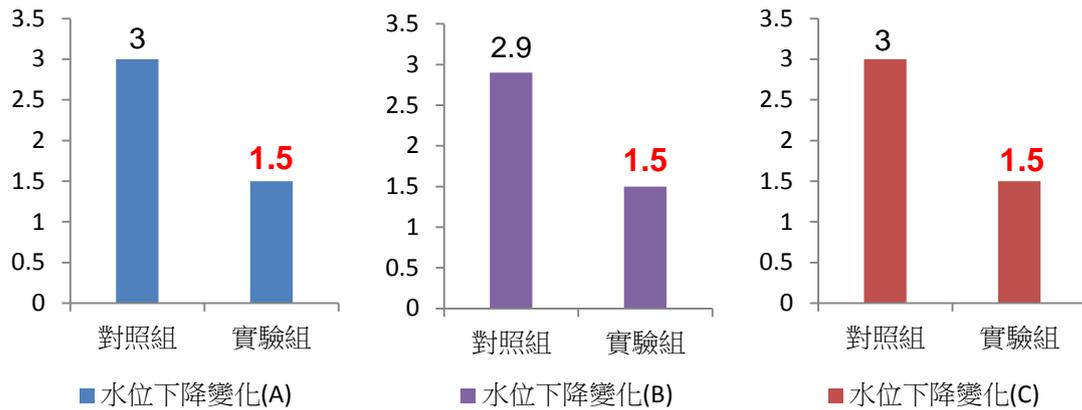


圖 6-1 模擬水庫於戶外有無遮蔽物在陽光照射下的水位下降變化

實驗發現：

1. 在同樣的戶外測試環境下，對照組的水位下降距離約為實驗組的 2 倍，顯示在模擬水庫中覆蓋 600ml 寶特瓶內有抗 UV 黑布的 9x2 遮蔽網，可有效降低水蒸發的速度。

(二) 實驗 6-2：探討模擬水庫於戶外有無遮蔽物對水質變化的檢測

表 6-2. 模擬水庫有無遮蔽物在陽光照射下的水質變化

實驗組別		A		B		C	
		對照組	實驗組	對照組	實驗組	對照組	實驗組
水溫	每日水位						
	Day 1	27.5	27.5	28.5	28.1	29.3	29.6
	Day 7	31.2	31.0	32.1	31.9	33.3	33.1
pH 值	Day 1	8.1	8.3	8.1	7.9	7.9	7.8
	Day 7	7.0	7.0	7.3	7.1	7.2	7.1
差異		1.1	1.3	0.8	0.8	0.7	0.7
TDS	Day 1	51	51	49	50	51	51
	Day 7	54	52	52	52	54	52
差異		3	1	3	2	3	1
導電度	Day 1	101	102	101	100	102	101
	Day 7	105	102	108	104	110	104
差異		4	0	7	4	8	3

(水溫單位：°C、TDS 單位：ppm、導電度單位：uS/cm)

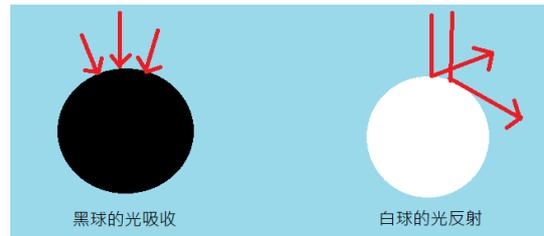
- 實驗發現：** 1. 有無遮蔽物會影響模擬水庫水質的導電度與總溶解固體量。

陸、討論

一、由預備實驗 A 中顯示，在模擬水庫中直徑相對較小的圓球體，球與球的空隙較小，因此在模擬水庫的覆蓋率較高，對降低水蒸發的速度愈好。



二、從預備實驗 C 發現在相同直徑 4cm 的球中，深藍色與黑色的乒乓球水蒸發最少。從文獻中可知，**黑色物體易吸收所有大部分光線，光的反射較少**。而**白色物體易反射光線**。



所以，在相同覆蓋面積之下，照射在白色球的光線經反射後直接照射在水面的面積比黑色球多，因此造成水面水蒸發較多。

三、在預備實驗 D 中時，我們利用資源回收物進行測試不同材質的遮蔽物對水蒸發的影響，發現水位蒸發最多的是棕色玻璃瓶，水位下降 1.8cm，**而水位蒸發最少的是小寶特瓶，水位下降 0.5cm**。因為玻璃瓶的熱傳導係數 k 值為 1.38，因此熱能透過玻璃瓶直接傳導進入到水庫中，造成水分的蒸發較多；而寶特瓶的熱傳導係數 k 值為 0.1-0.2，此種材質影響水的蒸發較少。

在溫度27°C的熱傳導係數 k 值	
銅	401
金	318
鋁	237
鐵	80.4
玻璃	1.38
寶特瓶	0.1 - 0.2
空氣	0.024-0.026

熱傳導係數單位：W/m · K (瓦米開爾文)

四、從實驗一結果得知，裡面**有抗 UV 黑布的小寶特瓶「水蒸發量最少」與「水溫上升溫度最少」**，根據文獻推測：瓶內有抗 UV 黑布，而布本身的編織為**針織較為緊密，布料纖維之間的縫隙較小**，將抗 UV 布塞入寶特瓶時，**因布摺疊層次多、密度高而能阻隔空氣的流動以避免將外部能量傳入水中**，所以會降低水的接收熱能，減少水分蒸發。

五、歸納實驗五和實驗六的結果，可以發現每一個對照組與實驗組，其水蒸發量大約二比一。由此我們可以推論，**有使用黑色遮蔽網可有效的減少一半的水蒸發量**。

六、以我們的模擬水庫為例，我們的遮蔽物(600ml 寶特瓶加抗 UV 黑布)用市售價計算成本只需要新臺幣 2 元；例如今年 10 月將動工的長興淨水廠水池加蓋工程，總面積一萬八千平方公尺，將耗資新臺幣一億五千萬元。若採用我們較佳的遮蔽物(600ml 寶特瓶加抗 UV 黑布)，只需要新臺幣三百萬元便可達到保水的功效。

七、若擴大水庫面積來換算，以石門水庫總面積 8 平方公里為例，水平面上覆蓋有黑色遮蔽物，一年的水蒸發量就可以省下 624 萬公噸之多，大約相當於臺灣 2300 萬人口的一日用水量，相當驚人！

八、一般密閉生態池富有豐富的營養鹽（氮、磷），當藻類接觸到過多日光會過度生長，因此水面覆蓋遮蔽物來控制日光的照射量，也許可減少藻類優氧化的情況。

九、臺灣目前『超限用水』為世界第 18 名缺水的國家，目前現有的水庫，都沒有覆蓋水上遮蔽物，因此導致水蒸發速率上升而產生缺水，水質污染增加，造成自來水廠的污水處理成本增加。目前只有臺北公館的淨水廠有使用玻璃纖維做成的遮蓋物（如圖所示，無直接接觸水面），防止落塵（因設置成本較高，不適用於水庫）。因此，綜合本實驗的結果，黑色含有抗 UV 布的遮蔽物，可作為水庫改善水資源流失的方法，以及維持我們賴以維生 - 「水」的最高品質。



柒、結論

- 一、以圓球體和圓柱體做為遮蔽物的樣本形狀，在水流改變中有較佳的覆蓋面積。
- 二、水面覆蓋率越高降低水位蒸發的速度最好。
- 三、遮蔽物的顏色是黑色降低水蒸發的速度最好。



- 四、寶特瓶內添加抗 UV 黑布的遮蔽物降低水蒸發的速度最佳。
- 五、最好的遮蔽物，寶特瓶內有抗 UV 黑布，用此覆蓋於模擬水庫水平面上，其水蒸發的量是無遮蔽物組的一半。
- 六、覆蓋含有抗 UV 的黑色遮蔽物對維護水質有較佳的效果。
- 七、水庫上有抗 UV 的黑色遮蔽物編織成遮蔽網，不但好收納且可有效降低水蒸發速度和維護水質，使淨水的成本費用下降。



捌、未來展望

以本實驗為基礎，我們將繼續探討更有效的方法來降低水的蒸發：

- 一、目前已將設計的模擬水庫，放入 9x2 寶特瓶 600ml 內有抗 UV 黑布的遮蔽網，來進行戶外水蒸發及水質的測試，希望未來有機會可以繼續與水庫合作實地測試。
- 二、我們已尋求可改進並製造遮蔽物的原物料廠商，期待未來我們所研發新的遮蔽物，可以對水庫或淨水場的保水、淨水有更大的貢獻，相信我們一定可以做到！

玖、參考資料及其他

網路查詢：

- 一、9600 萬顆小黑球全丟進水庫，加州政府抗旱新招，ETtoday 國際新聞，2015/9/12，
取自：<http://www.ettoday.net/news/20150814/549939.htm>
- 二、水質檢測方法 - 行政院環保署環境檢驗所，2015/10/4，取自：
<http://www.niea.gov.tw/analysis/method/ListMethod.asp?methodpye=WATER>
- 三、行政院環保署紫外線輔助教材國小版，2015/10/11，取自：
<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/zh-tw/b12091.aspx>
- 四、環生方舟中的物理，市立安康高中，2015/10/18，取自
<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2012/03/2012033110012706.pdf>

五、熱傳導係數，慶聲科技股份有限公司，2015/11/21，取自：

http://www.kson.com.tw/chinese/study_25.htm

六、臺灣地區民國 101 年各標的用水量統計報告，經濟部水利署，2016/2/27，取自：

<http://wuss.wra.gov.tw/annualreports/20140017>

七、長興淨水廠將加蓋，自由時報社會新聞，2015/12/21，取自：

<http://news.ltn.com.tw/news/local/paper/936603>

參考論文期刊：

八、巫孟翰、洪冠棠、許智恩、余昕叡、陳允崙，太陽來了，布能說的祕密，臺北市第 48 屆科展作品說明書，生活與應用科學科，臺北市私立復興實驗高級中學



【評語】 080118

本作品效仿國外的實例方案，按部就班的控制變因，記錄分析成效與差異，頗有環保應用潛力。