

嘉義市第 38 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：地球科學科

組 別：國民小學組

作品名稱：發燒的大地要喝水

關 鍵 詞：地面、溫度、透水性

編 號：

摘要

本實驗取材於校園中常見的 7 種地面——草地、柏油、水泥、紅磚、橡膠地墊、沙子地、土地設計實驗，觀察、記錄並分析幾種地面的溫度變化與透水性，探討 7 種地面的特性與日常生活的連結。研究結果顯示，「草地」的地面溫度上升與下降最緩慢，它的平均溫度最接近氣溫，高低溫差最小，且透水性良好，對於人類生活是最舒適的地面表面種類，而且還有綠美化跟環境保護的效果。「柏油、橡膠地墊」在生活中被廣泛的使用，因為對於生活有便利性的功能，但它的溫度變化大且透水性差，可以利用種樹或棚架遮蔭來阻絕太陽光的熱輻射，改善溫度快速上升的狀況，利用地面坡度與排水溝改善地面透水性差產生積水的問題。

面對全球暖化與汛洪防災，綠建築的概念興起，本研究的結果對於日益炎熱的大地，我們建議可以綠化大地，幫大地降溫；面對急降雨，我們可以採用透水性良好的地面組合。因此，在都市開發的同時，綠地保存、樹木種植與鋪面透水排水相當重要，是我們應該重視的一個議題。



照片 1、校園中常見的地面

壹、研究動機

那日午後的體育課，艷陽高照，我們馳騁在跑道上，為即將到來的大隊接力做準備，比賽結束後，坐在陰涼處休息，討論著這酷熱的天氣真不舒服，這時候有人提到剛才跑步的時候有摸到操場的橡膠跑道，簡直熱到可以煎蛋了，我們覺得跑道的溫度似乎比氣溫高的許多，為什麼會這樣呢？於是我們向自然老師提出了疑問：「難道大地中暑發燒了嗎？可以餵它喝水嗎？」

老師說這個問題蠻有趣，要不要來做實驗？康軒版六年級上學期自然科第二單元「熱對物質的影響」可能和這個現象的原因有關係喔！而且地面真的和我們的生活息息相關，看來生活過得舒不舒服這可能也會受到影響，說不定我們還能有改善生活環境的發現！我們決定將好奇心付諸行動，找出答案，於是就展開了這一系列的科學研究。為了實驗的便利性，我們就校園內常見的幾種地面當作觀察記錄的對象，我們採用「草地、柏油、水泥、紅磚、橡膠地墊、沙子地、土地」這幾種校園常見地面來設計實驗。

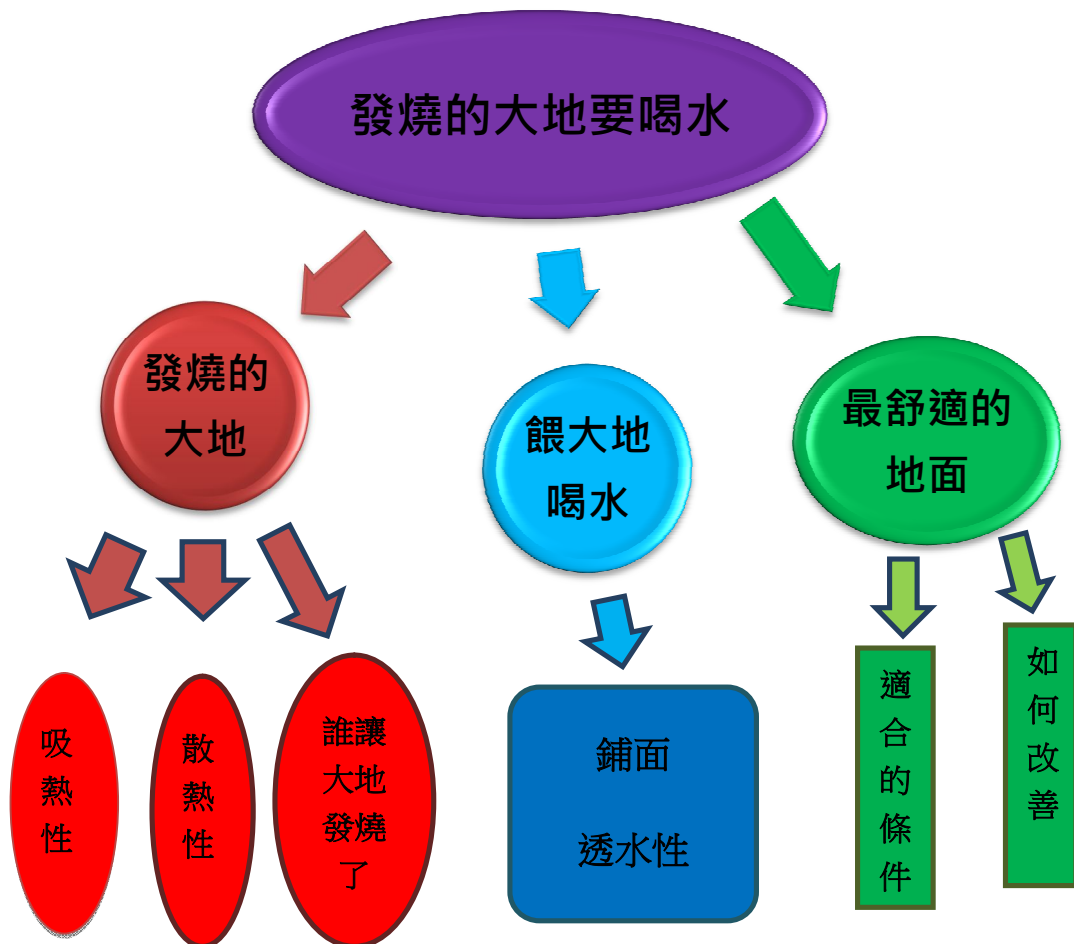


圖 1：研究概念圖

貳、研究目的:

一、探討地面種類與表面溫度之間的關係

- (一)探討幾種校園常見地面的表面一日溫度變化
透過一日地面溫度記錄，分析幾種地面的
 1. 平均表面溫度和氣溫的比較
 2. 吸熱速率：由開始記錄至最高溫的升溫速度
 3. 散熱速率：由最高溫至結束測量的降溫速度
- (二)探討影響校園常見地面表面溫度的主要因素

二、比較幾種校園常見地面的透水能力





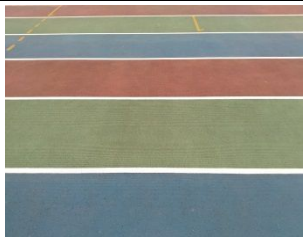


- (一)測量地面的透水時間
- (二)探討地面物質與透水的關係

三、探討幾種校園常見地面與生活的關係

- (一)比較幾種地面對於人類生活的舒適性與便利性
- (二)探討舒適環境與保護環境的關係

參、研究設備及器材

一、校園常見地面選擇

照片 2 本實驗取材的校園常見 7 種地面			
			
草地	柏油	水泥	紅磚
			
橡膠地墊	沙子地	土地	

二、研究設備及器材

照片 3 研究設備及器材		
		
酒精式溫度計	非接觸式紅外線溫度計	碼表
		
遮陽板	量杯	澆水器
		
角錐	橫桿	

肆、研究過程與方法

一、實驗一：探討地面種類與表面溫度之間的關係

(一)【酒精式溫度計】地面表面溫度觀測與記錄

1. 實驗方法

- (1) 地面選擇：草地、柏油、水泥、紅磚、橡膠地墊、沙子地、土地。
- (2) 測量方式：將酒精式溫度計平放於地面上，並於 8 點至 18 點，每隔 2 小時測量一次，一日記錄 6 次。

(3)實驗器材準備: 酒精式溫度計、角錐、橫桿、告示牌、實驗告示牌。

(4)注意事項：需記錄各鋪面日照條件是否相同(有無遮蔭產生)及注意實驗器材是否遭受破壞。

2. 設計地面溫度觀測記錄表(表 1)

表 1：地面溫度觀測記錄表

觀測日期：		天氣狀況：						
記錄單位：度(攝氏溫度)								
鋪面種類	草地	柏油	水泥	紅磚	橡膠地墊	沙子地	土地	
觀測時間								
8:00 氣溫:	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭
10:00 氣溫:	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭
12:00 氣溫:	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭
14:00 氣溫:	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭
16:00 氣溫:	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭
18:00 氣溫:	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭	()度 有 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 遮蔭
平均溫度								

3. 實際測量與觀察

- (1)選定實驗的場地，設置角錐和橫桿，貼上提醒標語，避免同學干擾實驗。
- (2)等待風和日麗、萬里晴空的日子，我們就開始了第一次的觀察記錄。
- (3)將酒精式溫度計平放於要測量之地面(持續放置直到實驗結束)，2個小時去觀察記錄一次表面的溫度。

4. 分析觀察測量結果並討論

(二)【非接觸式紅外線溫度計】地面表面溫度觀測與記錄

- 1.我們選用的非接觸式紅外線溫度計可透過紅外線探測出地面的表面溫度，相較於使用酒精式溫度計，有三項是我們後來主要選擇它進行實驗的原因：
 - (1)測量反應時間短，快速方便。
 - (2)不用擔心被學生誤碰溫度計，比較不受外力干擾。
 - (3)酒精溫度計無法完全接觸測得地面溫度。
- 2.實驗方法：與【酒精式溫度計】的測量方式相同，但不需架設角錐及告示牌。紅外線溫度計可進行多次重覆測量，降低誤差值。
- 3.地面溫度觀測記錄表同【酒精式溫度計】的記錄表。
- 4.分析各地面表面溫度的特性
 - (1) 探討平均表面溫度和氣溫的比較
 - (2) 吸熱速率：由開始記錄至最高溫的升溫速度
 - (3) 散熱速率：由最高溫至結束測量的降溫速度

二、實驗二：探討影響地面表面溫度的主要因素

- (一)實驗假設：因為我們發現中午日照越強烈的時候正好也是地面溫度很高的時候，由於五年級自然科學習過「熱對物質的影響」，因此我們假設陽光的「熱輻射」是造成地面溫度上升與下降的主要因素。
- (二)實驗方法：為證實假設，我們設計了遮蔭對校園常見地面表面溫度的影響實驗，透過遮蔭陽光降低熱輻射，來比較地面在遮蔭有無狀況下的溫度變化。
 - 1.我們將角錐放置在鋪面的周圍，並在角錐上方放置遮陽板，產生遮蔭降低太陽對地面的熱輻射。
 - 2.設計「遮蔭對地面表面溫度影響記錄表」(表 2)，方便我們測量記錄。
 - 3.測量方式：在 7 種鋪面之上放置角錐，在將遮陽板放置角錐上方，藉以降低陽光對鋪面的熱輻射，一段時間後來量測鋪面有遮蔭處與無遮蔭處溫度，測量 12 時、14 時、16 時等 3 次測量記錄。
 - 4.分析與比較：透過計算，比較相同地面遮蔭與無遮蔭兩者溫度的差別。

表 2：遮蔭對地面表面溫度影響記錄表

遮蔭對地面表面溫度影響記錄表(單位：°C)		測量日期： 年 月 日				
測量工具：紅外線溫度計、陽光遮版						
測量項目	12 點有遮蔭處溫度	12 點無遮蔭處溫度	14 點有遮蔭處溫度	14 點無遮蔭處溫度	16 點有遮蔭處溫度	16 點無遮蔭處溫度
鋪面種類						
草地						
柏油						
水泥						
紅磚						
橡膠地墊						
沙子地						
土地						
氣溫						
備註						

二、實驗三：幾種校園常見地面的透水性

(一)透水性實驗過程與方法

1. 實驗設計：經過討論及測試，我們決定使用量杯將 1000ml 的水裝進澆水器，並以澆水方式將水倒在鋪面上，模擬降雨情形，使鋪面產生積水，並計算從水倒完至水消失的時間。
2. 第一次測量將透水性依積水消失時間分為三個等級：
 - (1)在 1 分鐘以內積水消失為良好。
 - (2)超過 1 分鐘至 5 分鐘以內積水消失為中等。
 - (3)超過 5 分鐘積水消失為較差。
3. 實驗器材準備：500ml 量杯、澆水器、碼表、相機。
4. 測量步驟：倒完水開始計時到積水消失時停止記錄秒數
5. 將測量結果記錄在地面透水性觀測記錄表(表三)。
6. 將水量增加為 1500ml，嘗試將積水消失的時間明確記錄。
7. 各地面積水消失時間分析與討論。

表 3：地面透水性觀測記錄表

地面透水性觀測記錄表							
日期和時間:				天氣狀況:			
澆灑水量:		ml		當日氣溫:		°C	
鋪面種類	草地	柏油	水泥	紅磚	橡膠地墊	沙子地	土地
積水消失時間							
文字描述積水消失狀況							
備註							

伍、研究結果

一、實驗一：探討地面種類與表面溫度之間的關係

(一)【酒精式溫度計】地面表面溫度觀測與記錄

鋪面 時間	草地	柏油	水泥	紅磚	橡膠地墊	沙子地	土地	氣溫
8 點	23	27	26	26	30	22	26	24
10 點	30	35	28	29	35	29	32	26
12 點	37	42	38	40	46	41	43	31
14 點	38	47	40	41	43	42	43	32
16 點	28	39	32	35	31	32	34	28
18 點	20	31	26	26	26	25	25	22
平均溫度	29.3	36.8	31.7	32.8	35.2	31.8	33.8	27.2
上升速率(°C/時)	2.5	3.33	2.33	2.5	4	3.33	2.83	1.33
下降速率(°C/時)	-4.5	-4	-3.5	-3.75	-3.33	-4.25	-4.5	-2.5

1.研究結果

- (1)平均溫度：柏油 > 橡膠地墊 > 土地 > 紅磚 > 沙子地 > 水泥 > 草地 > 氣溫
- (2)溫度上升：橡膠地墊 > 柏油 = 沙子地 > 土地 > 紅磚 = 草地 > 水泥 > 氣溫
- (3)溫度下降：草地 = 土地 > 沙子地 > 柏油 > 紅磚 > 水泥 > 橡膠地墊 > 氣溫

2.研究分析

- (1)大部分地面溫度呈現先上升後下降，除草地於 16 時、18 時測得之溫度外，其他地面溫度均高於氣溫。
- (2)當日各地面表面平均溫度均高於平均氣溫，各地面表面溫度上升速率與下降速率均高於氣溫。
- (3)測量結果之氣溫最高為 14 時，但其中橡膠地墊 12 時的溫度高於 14 時，土地的部分兩個時間溫度相等，這部分可能有誤差，因為氣溫是有增加的，而且日照也是持續的，各地面表面溫度應該是同步上升，因此我們判定以【酒精式溫度計】不易測量真實地面溫度，可能有誤差。
- (4)我們針對誤差原因做了討論，並推測影響實驗結果的原因有可能是因為溫度計，因酒精溫度計僅有部分接觸到地面，而溫度計本身也受到陽高照射的熱輻射影響，此外，實驗器具放置在戶外，有沒有被其他學生動過也是變因。
- (5)我們判斷誤差原因之後，想到紅外線溫度計，所以我們透過老師買了一支，改變接下來的幾次觀測工具，希望增加準確度與便利性。

(二) 【非接觸式紅外線溫度計】地面表面溫度觀測與記錄

鋪面種類 時間	草地	柏油	水泥	紅磚	橡膠地墊	沙子地	土地	氣溫
8 點	19	31	23	25	29	20	23	18
10 點	24	38	28	31	39	23	28	20
12 點	28	44	34	36	44	30	32	22
14 點	32	51	40	45	49	38	41	23
16 點	23	36	31	32	34	28	19	20
18 點	17	28	24	25	23	17	21	18
平均溫度	23.8	38.0	30.0	32.3	36.3	26.0	27.3	20.2
高低溫差	15	23	17	20	26	21	22	5
上升速率(℃/時)	2.17	3.33	2.83	3.33	3.33	3.00	3.00	0.83
下降速率(℃/時)	-3.75	-5.75	-4	-5	-6.5	-5.25	-5	-1.25

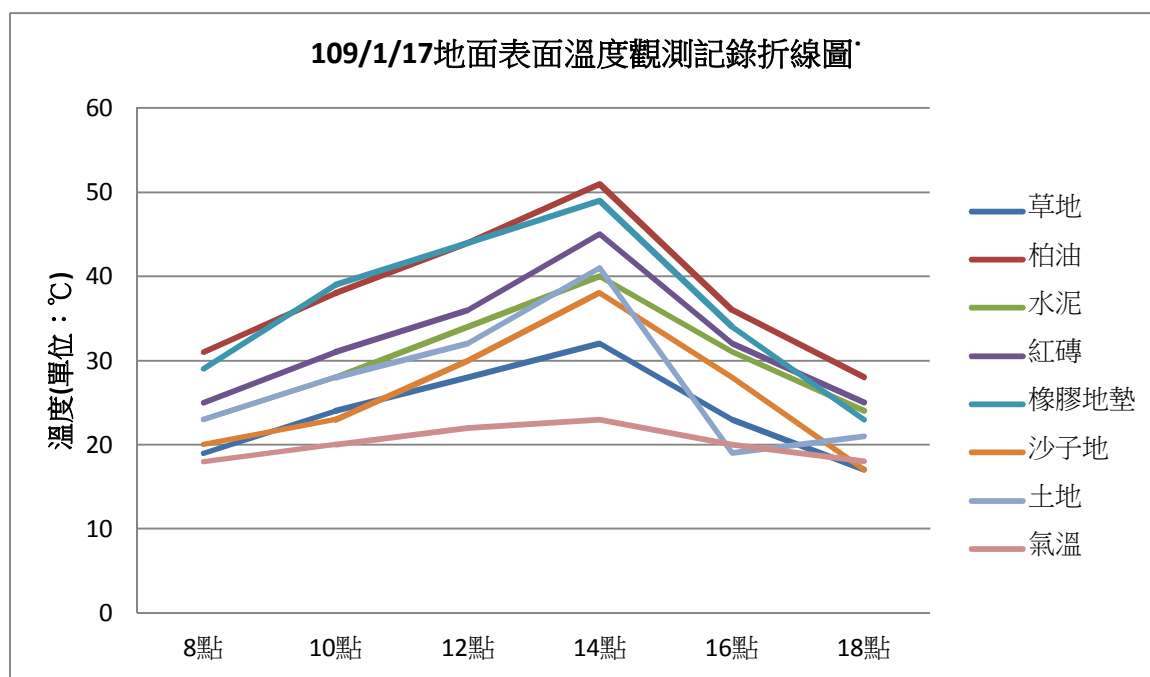


圖 2：【非接觸式紅外線溫度計】地面表面溫度觀測記錄折線圖(109/1/17)

1. 【109 年 1 月 17 日】研究結果

- (1)平均溫度：柏油 > 橡膠地墊 > 紅磚 > 水泥 > 土地 > 沙子地 > 草地 > 氣溫
- (2)溫度上升：橡膠地墊 = 柏油 = 紅磚 > 沙子地 = 土地 > 水泥 > 草地 > 氣溫
- (3)溫度下降：橡膠地墊 > 柏油 > 沙子地 > 紅磚 = 土地 > 水泥 > 草地 > 氣溫

鋪面種類 時間	草地	柏油	水泥	紅磚	橡膠地墊	沙子地	土地	氣溫
8 點	17	28	21	23	26	18	21	17
10 點	22	34	26	29	35	21	26	19
12 點	23	41	31	33	42	27	30	20
14 點	30	48	38	43	46	36	38	21
16 點	21	36	29	32	32	26	28	20
18 點	15	26	22	24	21	15	19	19
平均溫度	21.3	35.5	27.8	30.7	33.7	23.8	27.0	19.3
高低溫差	15	22	17	20	25	21	19	4
上升速率(℃/時)	2.17	3.33	2.83	3.33	3.33	3.00	2.83	0.67
下降速率(℃/時)	-3.75	-5.5	-4	-4.75	-6.25	-5.25	-4.75	-0.5

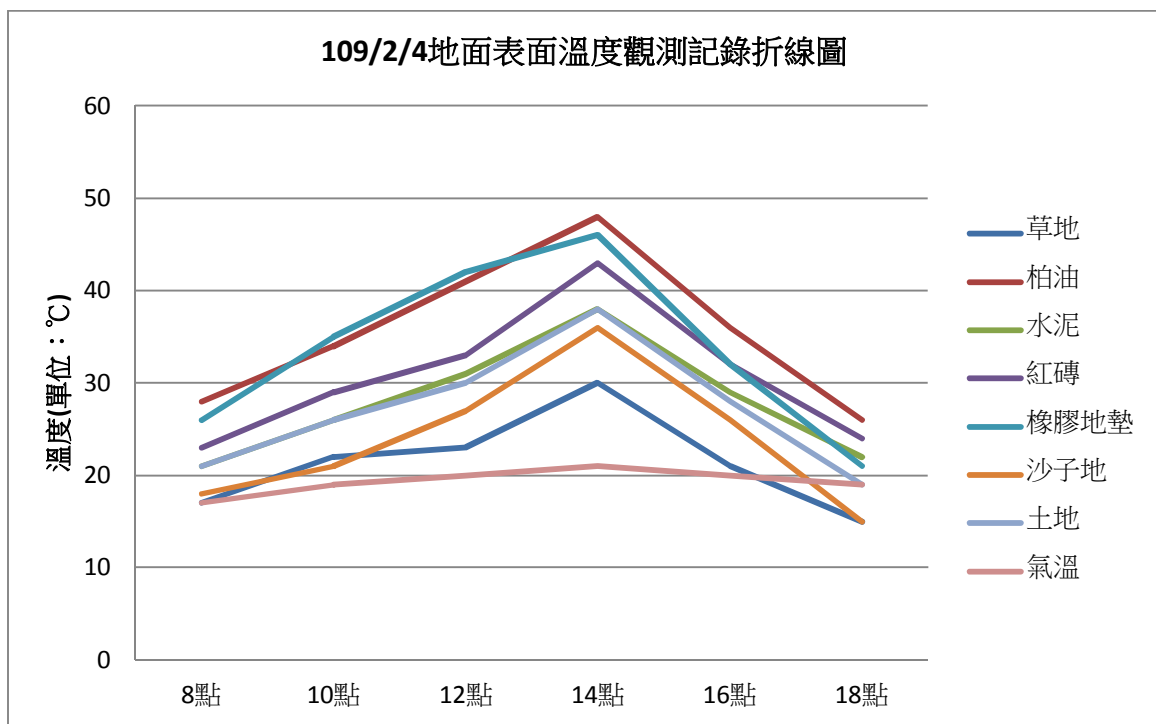


圖 3：【非接觸式紅外線溫度計】地面表面溫度觀測記錄折線圖(109/2/4)

2. 【109 年 2 月 4 日】研究結果

- (1) 平均溫度：柏油 > 橡膠地墊 > 紅磚 > 水泥 > 土地 > 沙子地 > 草地 > 氣溫
- (2) 溫度上升：橡膠地墊 = 柏油 = 紅磚 > 沙子地 > 土地 = 水泥 > 草地 > 氣溫
- (3) 溫度下降：橡膠地墊 > 柏油 > 沙子地 > 紅磚 = 土地 > 水泥 > 草地 > 氣溫

鋪面種類 時間	草地	柏油	水泥	紅磚	橡膠地墊	沙子地	土地	氣溫
8 點	28	40	32	36	39	31	33	24
10 點	40	55	47	50	57	47	47	27
12 點	43	64	51	55	63	54	55	29
14 點	41	60	49	52	56	47	50	28
16 點	32	51	42	45	45	34	40	26
18 點	22	39	32	36	28	23	29	24
平均溫度	34.3	51.5	42.2	45.7	48.0	39.3	42.3	26.3
高低溫差	21	25	19	19	35	31	26	5
上升速率(℃/時)	3.75	6.00	4.75	4.75	6.00	5.75	5.50	1.25
下降速率(℃/時)	-3.50	-4.17	-3.17	-3.17	-5.83	-5.17	-4.33	-0.83

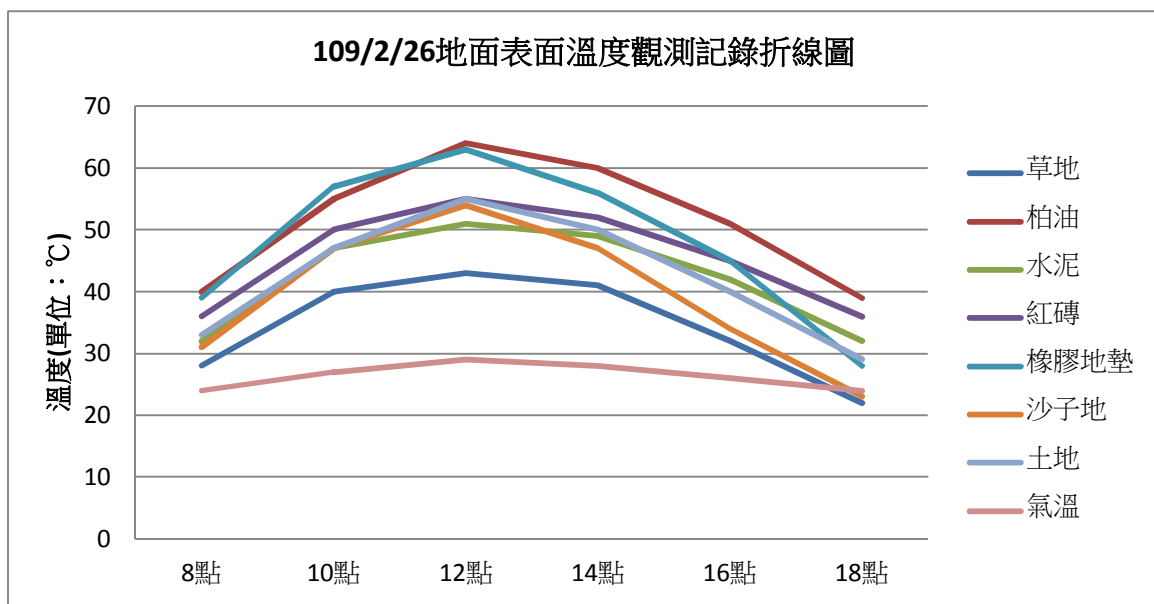


圖 4：【非接觸式紅外線溫度計】地面表面溫度觀測記錄折線圖(109/2/26)

3. 【109 年 2 月 26 日】研究結果

- (1)平均溫度：柏油 > 橡膠地墊 > 紅磚 > 土地 > 水泥 > 沙子地 > 草地 > 氣溫
- (2)溫度上升：橡膠地墊 = 柏油 > 沙子地 > 土地 > 紅磚 = 水泥 > 草地 > 氣溫
- (3)溫度下降：橡膠地墊 > 沙子地 > 土地 > 柏油 > 草地 > 紅磚 = 水泥 > 氣溫

4.研究分析

- (1)三日之各別平均溫度最高均為「柏油」地面和最低均為「草地」地面，與酒精式溫度計測量結果一致。各地面平均溫度均高於氣溫。

- (2)溫度上升速率以「橡膠地墊、柏油」最快，「草地、水泥」最慢，與酒精式溫度計測量結果一致。
- (3)溫度下降速率以「橡膠地墊、柏油」最快，「草地、水泥」最慢，與酒精式溫度計測量結果差異較大，但以物質吸熱快也應該散熱快的比熱特質，判斷紅外線溫度計的測量結果較為準確。
- (4)七種鋪面中，平均溫度最低的是「草地」，最高的是「柏油」，溫差最大的是「橡膠地墊」。
- (5)溫度上升速率比較慢是「草地、水泥」，比較快的則是「橡膠地墊、柏油及紅磚」。
- (6)溫度下降速率比較慢是「草地、水泥」，比較快是「橡膠地墊、柏油及沙子地」。
- (7)測量記錄到的每日氣溫最高溫出現在 12 -14 時，鋪面最高溫也是在 12 -14 時。

(三)各鋪面測量記錄結果檢驗與分析(採用紅外線溫度計測量結果)

*紅色字底表示上升速率相近(不超過 0.5°C) *綠色字底表示下降速率相近(不超過 0.5°C)

日期 \ 時間	1 月 17 日	2 月 4 日	2 月 26 日
8 點	19	17	28
10 點	24	22	40
12 點	28	23	43
14 點	32	30	41
16 點	23	21	32
18 點	17	15	22
平均溫度	23.8	21.3	34.3
平均氣溫	20.2	19.3	26.3
上升速率(°C/時)	2.17	2.17	3.75
下降速率(°C/時)	-3.75	-3.75	-3.50

日期 \ 時間	1 月 17 日	2 月 4 日	2 月 26 日
8 點	31	28	40
10 點	38	34	55
12 點	44	41	64
14 點	51	48	60
16 點	36	36	51
18 點	28	26	39
平均溫度	38.0	35.5	51.5
平均氣溫	20.2	19.3	26.3
上升速率(°C/時)	3.33	3.33	6.00
下降速率(°C/時)	-5.75	-5.5	-4.17

日期	1月17日	2月4日	2月26日
時間			
8點	23	21	32
10點	28	26	47
12點	34	31	51
14點	40	38	49
16點	31	29	42
18點	24	22	32
平均溫度	30.0	27.8	42.2
平均氣溫	20.2	19.3	26.3
上升速率(°C/時)	2.83	2.83	4.75
下降速率(°C/時)	-4	-4	-3.17

日期	1月17日	2月4日	2月26日
時間			
8點	25	23	36
10點	31	29	50
12點	36	33	55
14點	45	43	52
16點	32	32	45
18點	25	24	36
平均溫度	32.3	30.7	45.7
平均氣溫	20.2	19.3	26.3
上升速率(°C/時)	3.33	3.33	4.75
下降速率(°C/時)	-5	-4.75	-3.17

日期	1月17日	2月4日	2月26日
時間			
8點	29	26	39
10點	39	35	57
12點	44	42	63
14點	49	46	56
16點	34	32	45
18點	23	21	28
平均溫度	36.3	33.7	48.0
平均氣溫	20.2	19.3	26.3
上升速率(°C/時)	3.33	3.33	6.00
下降速率(°C/時)	-6.5	-6.25	-5.83

表 13：「沙子地」地面測量結果記錄與分析(單位：°C)

日期 時間	1月17日	2月4日	2月26日
8點	20	18	31
10點	23	21	47
12點	30	27	54
14點	38	36	47
16點	28	26	34
18點	17	15	23
平均溫度	26.0	23.8	39.3
平均氣溫	20.2	19.3	26.3
上升速率(°C/時)	3.00	3.00	5.75
下降速率(°C/時)	-5.25	-5.25	-5.17

表 14：「土地」地面測量結果記錄與分析(單位：°C)

日期 時間	1月17日	2月4日	2月26日
8點	23	21	33
10點	28	26	47
12點	32	30	55
14點	41	38	50
16點	19	28	40
18點	21	19	29
平均溫度	27.3	27.0	42.3
平均氣溫	20.2	19.3	26.3
上升速率(°C/時)	3.00	2.83	5.5
下降速率(°C/時)	-5	-4.75	-4.33

速率	草地	柏油	水泥	紅磚	橡膠地墊	沙子地	土地
平均上升速率(°C/時)	2.17	3.33	2.83	3.33	3.33	3.0	2.92
上升速率快慢排序	7	1	6	1	1	4	5
平均下降速率(°C/時)	-3.67	-5.63	-4.00	-4.88	-6.38	-5.22	-4.69
下降速率快慢排序	7	2	6	4	1	3	5

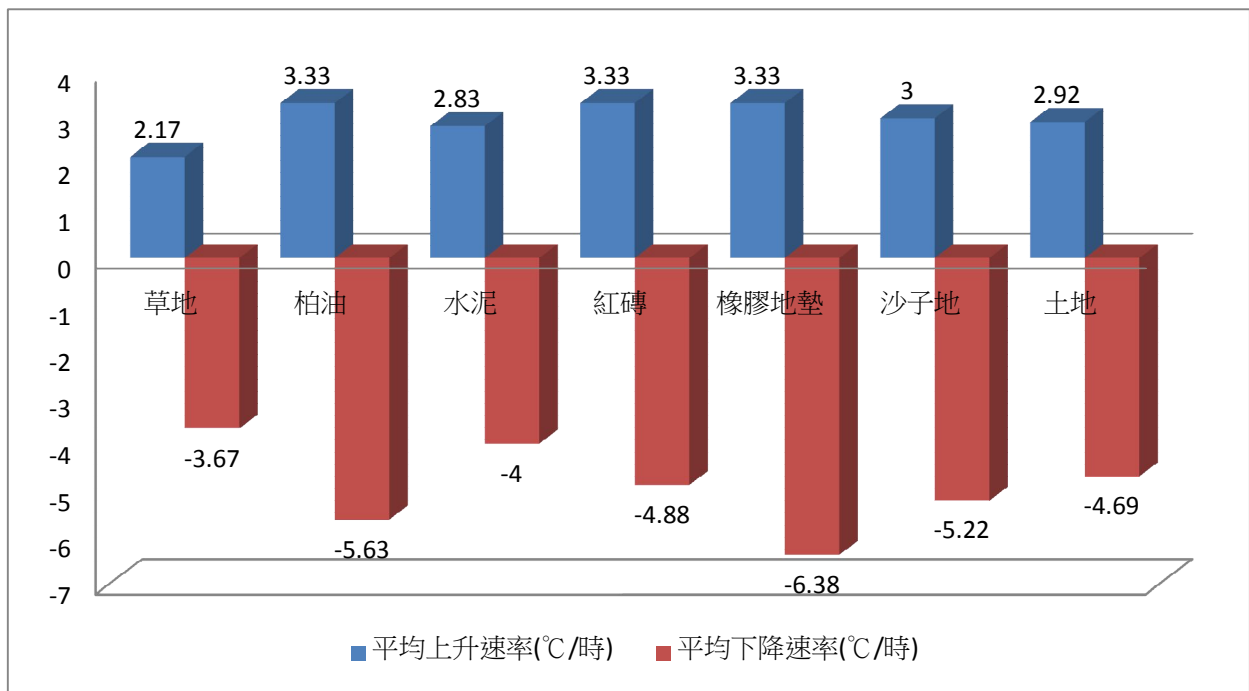


圖 5：各地面表面溫度上升速率與下降速率分析直條圖

1.研究結果

- (1)溫度上升速率：橡膠地墊＝柏油＝紅磚＞沙子地＞土地＞水泥＞草地。
- (2)溫度下降速率：橡膠地墊＞柏油＞沙子地＞紅磚＞土地＞水泥＞草地。

2.研究分析

- (1)各地面表面溫度上升與下降採用紅外線溫度計 3 次不同日期測量之結果符合一定變化規律，溫度上升速率與下降速率同一地面種類相似，因此檢驗測量溫度結果應為有效數據。
- (2)地表溫度以「橡膠地墊、柏油」溫度上升速率較快，溫度下降速率也是較快。
- (3)地表溫度以「草地、水泥」溫度上升速率較慢，溫度下降速率也是較慢。

二、實驗二：探討影響地面表面溫度的主要因素

(一)我們製作遮蔭對校園常見地面表面的溫度影響觀察並記錄如表 16

測量項目	12 點有遮蔭處溫度	12 點無遮蔭處溫度	14 點有遮蔭處溫度	14 點無遮蔭處溫度	16 點有遮蔭處溫度	16 點無遮蔭處溫度
地面種類						
草地	32	43	31	38	27	30
柏油	37	60	33	56	30	42
水泥	31	47	32	50	30	46
紅磚	32	50	30	48	29	45
橡膠地墊	38	61	36	58	33	41
沙子地	29	53	27	50	26	36
土地	33	51	30	49	29	36
氣溫	33		32		30	
備註						

1.研究結果

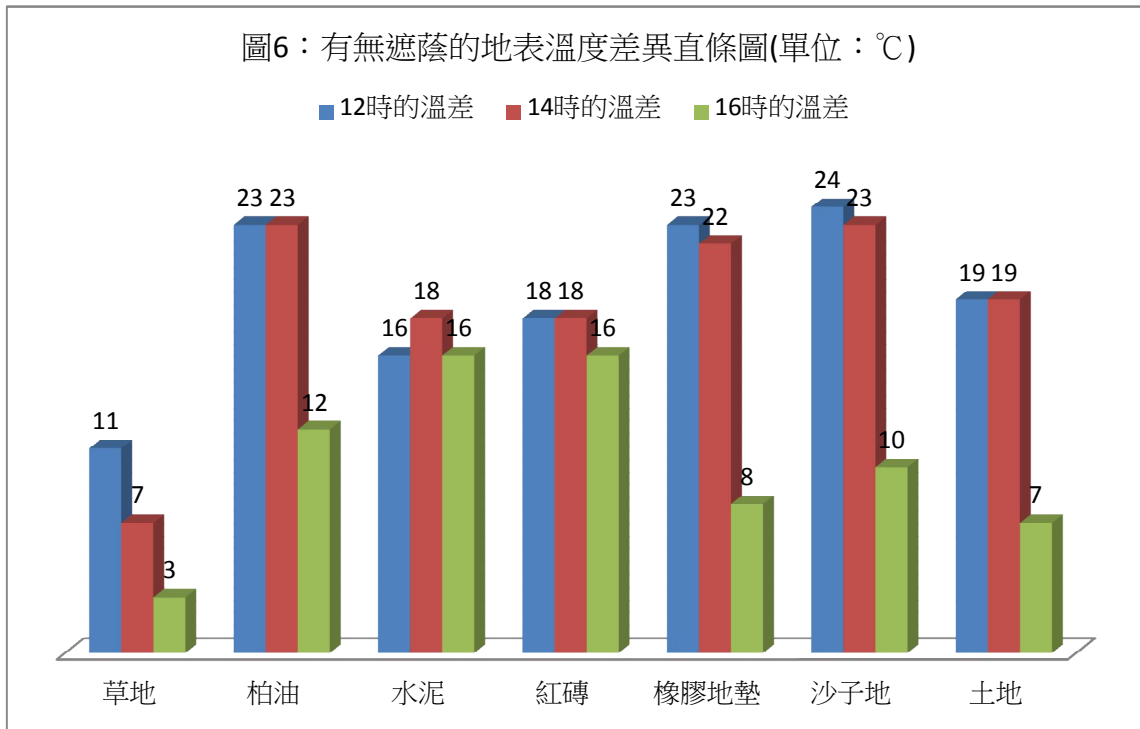
- (1)各地面地表溫度在三個時段，有遮蔭處地面溫度皆低於無遮蔭處地面溫度。
- (2)各地面地表溫度在有遮蔭的形況下，溫度接近氣溫或低於氣溫。
- (3)橡膠地墊與柏油的地面表面溫度，雖然有遮蔭，但是溫度還是比氣溫高出許多。

2.研究分析

- (1)橡膠地墊與柏油地面，有遮蔭處溫度仍高於氣溫，我們猜測可能是周圍無遮蔭處溫度熱傳導的影響，或者是這兩種地面對於周邊的熱輻射還是容易吸收。
- (2)實驗中的地面表面溫度在有遮蔭處溫度皆低於無遮蔭處，可以證明我們的假設「陽光的熱輻射是造成地面溫度上升與下降的主要因素」。

(二)將表 16 各地面所測得之溫度，無遮蔭處溫度減去有遮蔭處溫度，計算溫差結果如表 17

計算項目	12 時的溫差	14 時的溫差	16 時的溫差
鋪面種類			
草地	11	7	3
柏油	23	23	12
水泥	16	18	16
紅磚	18	18	16
橡膠地墊	23	22	8
沙子地	24	23	10
土地	19	19	7



1.研究結果

- (1)依據表 17 與圖 6 中的結果，草地的溫差值是最小的。
- (2)依據表 17 與圖 6 中的結果，橡膠地墊、沙子地與柏油的溫差值較大。

2.研究分析

- (1)草地的溫度與溫差都是最低，我們可以推測因為草地上的草對於熱輻射有良好的阻擋作用。
- (2)草地在陽光下吸熱比較慢、有遮蔭後散熱也比較慢。
- (3)橡膠地墊、沙子地與柏油在陽光下吸熱比較快、有遮蔭後散熱也比較快。

照片 5 有無遮蔭對地面的溫度影響實驗

有遮蔭地面溫度測量(橡膠地墊、草地)

無遮蔭地面溫度測量(橡膠地墊、草地)



三、實驗三：幾種校園常見地面的透水性

(一)我們採用 1000 毫升(ml)的水量，使用級距方式與積水觀察文字描述記錄結果如表 18

表 18 地面透水性觀測記錄表(1000ml)							
日期和時間:109.02.04 10:00AM 天氣狀況: 晴天							
澆灑水量: 1000 ml 當日氣溫: 17.7 °C							
鋪面種類	草地	柏油	水泥	紅磚	橡膠地墊	沙子地	土地
積水消失時間	少於 5 分鐘	多於 10 分鐘	少於 5 分鐘	少於 5 分鐘	多於 10 分鐘	少於 1 分鐘	少於 5 分鐘
文字描述積水消失狀況	草地下方是土地，但草會遮擋視線，所以要使用手指探測有無積水。	積水形成一塊一塊的水窪。	水會流進水泥的縫隙中，產生「嘶~嘶的聲音」。	大部分積水很快消失，邊角的部分會有積水。	水很難滲進鋪面。	水一倒下去，就馬上消失。	積水慢慢消失，但消失後土地就慢慢又變乾了。
備註	這次的測量，我們使用級距的方式來判斷該地面是否為「具良好透水性之鋪面」及透水程度，1 分鐘以內為透水性良好，1 至 5 分鐘為中等，5 分鐘以上為較差，但實驗結束後我們發現這樣有點籠統，因此排定了第二次的透水性實驗。						

1. 研究結果

- (1)透水性良好的地面：沙地。
- (2)透水性中等的地面：草地、水泥、紅磚、土地。
- (3)透水性較差的地面：柏油、橡膠地墊。

2. 研究分析

- (1)我們原本使用級距的方式做記錄，用意在於區分出透水性良好與較差之地面，因此並沒有精準記錄積水消失的時間，但後來討論過後，我們覺得這樣無法明顯比較各地面之間排水能力的差別。
- (2)我們猜測 1000ml 的水量可能不夠多讓地面能分出透水快慢的差別，因此我們決定再做一次實驗，並精準記錄積水消失的時間。

(二)我們採用 1500 毫升(ml)的水量，使用碼表計時方式與積水觀察文字描述記錄結果如表 19

表 19 地面透水性觀測記錄表(1500ml)							
日期和時間: 108.02.10 10:00AM		天氣狀況: 晴天					
澆灑水量: 1500 ml		當日氣溫: 18 °C					
鋪面種類	草地	柏油	水泥	紅磚	橡膠地墊	沙子地	土地
積水消失時間(分鐘)	10	25	5	6	56	0.5	4
文字描述積水消失狀況	水一開始會先積在地面上，過了一段時間，水會慢慢消失。	因柏油地面並非完整的水平地面，因此水會積在地面凹陷處，周圍的水會先消失，凹陷處的水則需要一段時間才消失。	水倒下去之後，將地面縫隙中的空氣擠了出來，產生了冒泡的現象，隨著冒泡的情形逐漸減弱，積水也跟著消失。	大片的紅磚地有著較不平整的凹陷處(縫隙)，積水大部分是由縫隙處消失。	積水消失速度最慢，因地面較為平整，所以積水往四處擴散，形成不深但大面積的積水，幾乎不會滲入地面。	沙與沙之間有空隙，所以積水的消失速度最快。	當水倒入乾燥的土壤，形成了泥巴，但隨著積水消失，恢復成土壤，但與水接觸過的土壤與周邊顏色不同。
備註	這是我們第二次的鋪面透水性實驗，與上次實驗不同的是，我們這次準確記錄各地面的積水消失時間，以比較各地面的透水性。						

1. 研究結果

(1)各地面積水消失時間：橡膠地墊>柏油>草地>紅磚>水泥>土地>沙子地

(2)各地面透水能力由快到慢：沙子地>土地>水泥>紅磚>草地>柏油>橡膠地墊

2. 研究分析














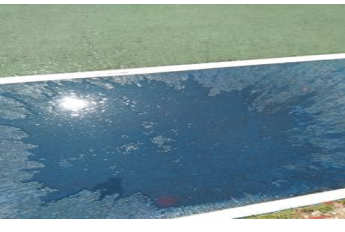







(1) 從研究結果可以推論沙子地的透水能力最好，原因應該是沙與沙之間的縫隙有許多空隙，可讓積水迅速滲透。

(2) 排名第 5 順位的草地雖然底部也是土壤，但沒有長草的土地積水消失速度排名第二順位，我們推測原因可能是草地的底部有植物的根部抓緊土壤，所以積水較不易滲入。

(3) 柏油、橡膠地墊是屬於比較不容易積水消失的，最後積水應該是乾掉的而不是滲透的。

(4) 紅磚雖然積水會消失，但是很多水是因為紅磚間的縫隙流掉的，不是直接滲入紅磚中的。

照片 6 透水性實驗各地面實驗記錄照片

	灑水(實驗前)	積水(實驗中)	積水消退(實驗後)
草地			
柏油			
水泥			
紅磚			
橡膠地墊			
沙子地			
土地			

陸、討論

一、探討地面種類與表面溫度之間的關係

- (一)不同的地面會有不一樣的升溫和降溫情形，我們推論應該和地面的材質有關係。老師說物質有一種特性叫做「比熱」，是熱力學中常用的一個物理量，表示物體吸熱或散熱能力，它指單位質量的某種物質升高或下降單位溫度所吸收或放出的熱量。所以雖然有相同的陽光照射能量，但是因為地面材質的不同，所以溫度上升的速度就不一樣；太陽光線減弱或有遮蔭以後，地面開始散熱，因為地面材質比熱不同，所以溫度下降的速度也就不一樣。
- (二)校園中常見的幾種地面材質，一天的平均溫度實驗結果由高至低分別是「柏油>橡膠地墊>紅磚>水泥>土地>沙子地>草地」，而且溫度都高於氣溫，所以在晴天的時候，地面的溫度都會比氣溫高，而且柏油地面和橡膠地墊測量到的數據，在一日溫度最高時可以和氣溫相差約 30 度；草地的溫差較小，一日最高溫度時和氣溫只差約 10 度。
- (三) 地表溫度以「橡膠地墊、柏油、紅磚、沙地」溫度上升速率較快，溫度下降速率也是較快；地表溫度以「草地、水泥、土地」溫度上升速率較慢，溫度下降速率也是較慢。這項實驗結果符合物質比熱的特性，吸熱快的物質接受相同的能量溫度上升速度較快；當陽光減弱或受到遮蔭時，吸熱快的物質散熱也快，所以溫度下降的速度也比較快。
- (四)地面溫度的上升和下降和氣溫比起來，氣溫的上升和下降都是最緩慢的，所以可見這幾種地面材質的吸熱和散熱能力都比空氣快。
- (五)酒精式溫度計在實驗時對地面溫度測量比較不容易，因為接觸面積不夠大，而且一起放在太陽下曬，溫度計也有自己的比熱，怕會造成影響，如果測量時才放，又不容易即時量出地面溫度，後來想到量體溫有紅外線的額溫槍，上網找到這次用來測量物體表面溫度的紅外線溫度計，增加實驗測量的方便性和準確性。
- (六)由於五年級自然課本中學習到熱的傳播主要靠「輻射、傳導、對流」進行，我們思考的面溫度上的的熱量來源，判斷最有可能的應該是太陽光的輻射熱，雖然同時也會有地面間的傳導和與空氣接觸面的對流發生，但我們假設陽光輻射熱是最主要的影響因素，而經過實驗的結果證明，同一時間有遮蔭跟沒有遮蔭的鄰近同一種地面會有明顯溫差，而且因為材質不同，像「柏油、橡膠地墊、沙地、紅磚」的遮蔭處與沒有遮蔭處的溫差就很明顯，陽光猛烈的中午可以高達溫差約 20 度，因此熱輻射是影響地面表面溫度的主要原因。

二、比較幾種校園常見地面的透水能力

- (一)在我們的實驗中，我們將地面積水消失比較快的，定義成透水性比較好的地面，由實驗結果發現透水能力最好的是沙子地，其次是土地、水泥、紅磚和草地，而柏油和橡膠地墊的透水能力很差。

(二)我們觀察各種材質地面與透水的關係，我們發現透水性應該和地面材質的緊密度有關係，以沙子地來說，它的緊密度最鬆散，所以水能很快速的滲透進入地面；土地、水泥都有孔隙，水分也容易滲入；紅磚的水除了由磚面的孔隙滲入，也會由磚縫的地方滲入；草地雖然底下就是土地，但是由於有草的根抓住土壤，所以水滲入的速度比較慢一點；而柏油和橡膠地墊幾乎是一體成形的，沒有甚麼孔隙和縫隙，所以水不太能滲入，大多是流掉或乾掉的。

三、探討幾種校園常見地面與生活的關係

- (一)就實驗結果來檢視校園中幾種常見地面的特性，以人類生活來討論，就舒適性而言，我們會希望生活中的地面在夏天的時候不要太燙，在冬天的時候不要太冷，也就是如果能「冬暖夏涼」最好。
- (二)以我們就校園中常見的幾種地面的實驗結果，溫度上升與溫度下降比較緩慢的「草地、土地、水泥」的舒適度，應該比「橡膠地墊、柏油、紅磚、沙地」來的好，所以夏天我們在操場跑步時，站在操場中間的草地上會比站在橡膠跑道上感覺比較舒服一些。而新聞報導上也看到有人在夏天到沙灘上玩結果被燙傷的，大太陽中午的柏油路更是可怕的高溫，我們這次的實驗中就有量測到高達 60 度的高溫。
- (三)日常生活中，我們會利用陽光來做許多事，像是曬乾衣服，但若陽光太過強烈，對我們也會造成困擾，尤其是我們活動的大地，若溫度太高可能會造成燙傷或是中暑，那既然我們從研究中發現，透過遮蔭可以使鋪面表面溫度不受熱輻射的影響而快速升高，我們思考或許可以依靠這個方法改善日常生活中的地面舒適性。其實透過增加遮蔭，來改善鋪面舒適性的方法在日常生活中已經被使用，像是車道及人行道都會有種植行道樹，而很多學校的籃球場有頂棚的遮陽設計，天熱的時候會利用樹蔭及騎樓來乘涼，這些都是遮蔭在日常生活中的應用。



照片 6 籃球場的遮陽設計

- (四)在我們實驗中發現橡膠地墊的溫度上升很快，中午也有高達 60 度的高溫出現，但是很多遊戲場的鋪面都採用橡膠地墊，其實這樣子是不適合在大太陽下遊戲的，萬一赤腳就有可能被燙傷，所以我們也發現有很多學校遊戲場的上方都有做遮陽的設施。
- (五)以舒適度而言，我們實驗中的幾種地面應該以「草地」是最好的，它的溫度上升慢、下降也慢，而且平均溫度也比較接近氣溫，所以在草地上活動是比較舒服的，生活中應該多讓地面維持成草地的狀態，對生態環境也是比較環保有益的，我們就看過有綠建築(綠色魔法學校)把草地種在屋頂上，用來降低房子的溫度。



照片 5 綠色魔法學校的花園屋頂

- (六)我們思考著，若對環境友善，又能改善鋪面舒適性的方法是甚麼呢?課堂中老師曾說過綠化的好處及重要性，全球暖化的趨勢下，我們更要透過綠化來讓生活的環境更加友善，7種鋪面中，草地是最為舒適，也對環境最為友善的，而大樹能製造遮蔭，能讓我們有地方乘涼，也能淨化空氣，所以綠化能增加我們生活的舒適度，對環境的降溫是有幫助的，而且又能兼具環保。
- (七)實驗中我們另外發現水泥地面的溫度上升與下降也都是算比較慢的，我們聯想到蓋房子大多都是用水泥，難道會選用水泥是因為以前的人已經有測試過，知道水泥算是照射到陽光之後溫度變化比較小的材質?
- (八)以透水性來說，如果下雨能很快的讓地面把水給滲透掉是很好的一件事，除了不會積水，更能防止淹水。沙子地滲水很快，但是用來做一般生活的地面卻不太方便，因為不好行走，車輛通行也不方便。我們看過有些地方是用空心磚塊加上草地做為地面，或車道是水泥地面而旁邊都是草地，這樣的設計就可以兼顧行走的方便性和透水性。
- (八)根據實驗結果，不論是溫度變化的舒適性和水的透水性，「草地」這種地面都是一項不錯的選擇。

柒、結論

- 一、校園常見的 7 種地面表面溫度和氣溫比較，一日的平均溫度由高至低為：
柏油 > 橡膠地墊 > 紅磚 > 水泥 > 土地 > 沙子地 > 草地 > 氣溫。
- 二、校園常見的 7 種地面表面溫度和氣溫比較，溫度上升速度由快至慢為：
橡膠地墊 = 柏油 = 紅磚 > 沙子地 > 土地 > 水泥 > 草地 > 氣溫。
- 三、校園常見的 7 種地面表面溫度和氣溫比較，溫度下降速度由快至慢為：
橡膠地墊 > 柏油 > 沙子地 > 紅磚 > 土地 > 水泥 > 草地 > 氣溫。
- 四、太陽光的輻射熱是影響校園常見 7 種地面表面溫度的主要因素。
- 五、校園常見的 7 種地面透水能力由快到慢為：
沙子地 > 土地 > 水泥 > 紅磚 > 草地 > 柏油 > 橡膠地墊。
- 六、地面材質鬆散或有縫隙的透水能力高，地面結構緊密的透水能力差。
- 七、草地平均溫度較為接近氣溫，而且溫度上升與下降速度較為緩慢，溫差較小，對人類而言是比較舒適的地面種類，而且是一種具備環境保護的地面。
- 八、透水性以沙地最好，但便利性不佳，可以在步道或車道用空心磚、透水磚或水泥，其他部分用草地的組合地面，可兼顧透水性、舒適性、環保性和環境綠美化。
- 九、柏油及橡膠地面的溫度變化大且透水性差，但因為對於生活有便利性的功能，因此可以利用種樹或棚架遮蔭來改善溫度快速上升，利用地面坡度與排水溝改善地面透水性差產生積水的問題。
- 十、面對全球暖化與汛洪防災，綠建築的概念興起，針對日益炎熱的大地，我們也可以綠化大地，幫大地降溫，面對急降雨，我們可以採用透水性良好的地面組合，因此，在都市開發的同時，綠地與樹木的保存或營造相當重要，是我們應該重視的一個議題。

捌、參考資料及其他

一、中文部分

- (一)王美芬(總主任委員)(2019)。自然與生活科技 6 上。臺北市：康軒文教事業股份有限公司。
- (二)吳志勇等(2015)。圖解能源與環境。臺北市：五南圖書出版股份有限公司。

(三)陳偉民譯(2011)。神奇酷科學 5 地球的生態危機(原作者：尼克·阿諾)。臺北市：天下遠見出版股份有限公司。

(四)湯谷清譯(2000)。發現科學—愛護環境(原作者：Susan V. Bosak)。臺北市：財團法人遠哲科學教育基金會。

(五)蘇曉慧(2011)。我們只有一個地球。臺北市：凱信企業管理有限公司。

二、網路資源

(一)比熱。維基百科。取自

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%AF%94%E7%86%B1%E5%AE%B9>。

(二)何函育等(2011)。退燒—溫室效應之研究探討。中華民國第 51 屆科學展覽會 國小組化學科，國立台灣科學教育館，台北。取自

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=9147>。

(三)涂仕豪等(2016)。人行道透水磚以碎玻璃與環氧樹脂取代水泥系材料之可行性研究。中華民國第 56 屆科學展覽會 高級中等學校組環境學科，國立台灣科學教育館，台北。取自

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=13211>。

(四)綠色魔法學校。取自 <http://www.msgt.org.tw/>。

(五)謝孟翰(1992)。地表土壤溫度日變化之探討。中華民國第 32 屆科學展覽會 高中組地球科學科，國立台灣科學教育館，台北。取自

<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=4190>。