

投稿類別：地球科學科

篇名：

不同物質反照率影響全球暖化程度分析

作者：

李瑋瑄。臺北市立陽明高級中學。高二 11 班

陳孟涵。臺北市立陽明高級中學。高二 11 班

指導老師：

林承恩老師

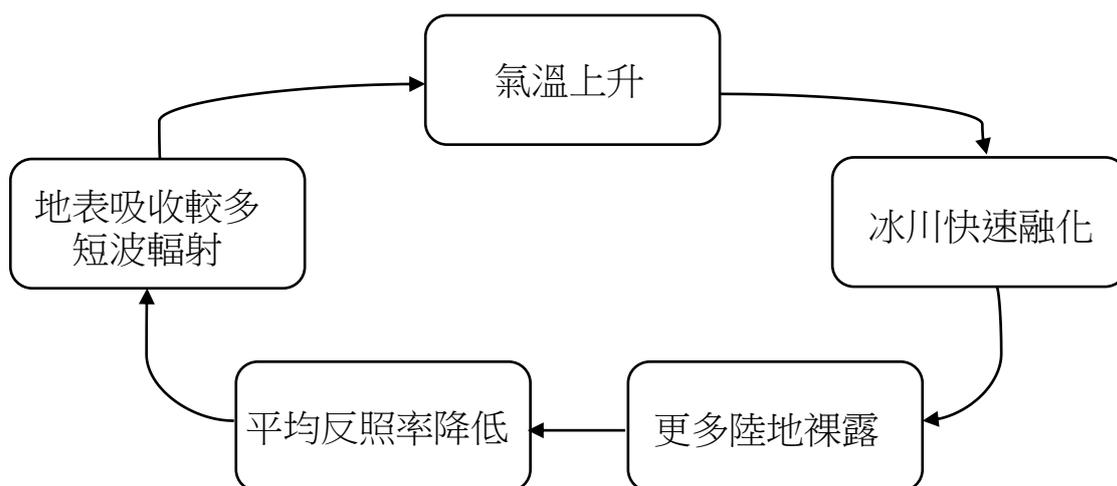
壹、前言

將欲實驗的材料，放入自製的白色壓克力箱中，先測得室內溫度，再給一個穩定的光源，以每 5 分鐘測得一個氣溫數據，將數據變化率列成表格並以公式計算出物體反照率。另外，利用 ImageJ 計算出的物質反照率數據與網路上的數據對照，再加上自製實驗的數據，證實網路數據的準確性。探討反照率與全球暖化的關係，研究各地質的反照率是否真會影響大氣溫度。

貳、正文

一、研究動機

我們看了一期科學人雜誌，文章名為《北極冰融全球暖化》，其中一篇是有關於全球暖化的文章，全球暖化是現在大家最關心的議題，當中提到讓地球暖化的原因有很多種，其中之一就是反照率。當夏季海冰融化，又因海冰與海水對短波輻射的反照率相差懸殊，造成海冰覆蓋率減少，使得海溫增加而大大加速冰塊融化，形成一種冰反照率正回饋機制，也使地球溫度漸漸上升。透過這篇文章讓我們更加了解反照率，以及它對地球的影響，也促使我們對它產生極大的興趣，因此決定深入探究反照率及全球暖化的關聯性。



二、研究目的及研究問題

- (一) 收集不同物質各在 2 個小時的燈光照射下的溫度變化趨勢。
- (二) 用實驗數據計算得到各物質的反照率。
- (三) 用 ImageJ 算出各實驗物的反照率並與網路數據和自製實驗數據對照。
- (四) 計算比較反照率對全球暖化的實際影響。

三、研究設備及器材

- (一) 50公分*50公分白色壓克力箱（無蓋）
- (二) 55公分*55公分透明壓克力板
- (三) 電子溫度計
- (四) LED燈
- (五) 魔術黏土(封箱用)
- (六) 白紙(對照實驗品)
- (七) 相機
- (八) 研究素材：鋁箔紙、水、冰塊、沙子、水泥砂、枯葉、土壤、海水、柏油路

四、研究過程或方法及進行步驟

(一) 反照率簡介：

1. 指物體反射太陽輻射與該物體表面接收太陽總輻射的兩者比率或分數度量。
2. 指反射的輻射通量密度和入射輻射通量密度之比。
3. 受人射光角度分布、大氣透射率、物體表面顏色、物體粗糙度及物體含水量影響。
4. 除了朗伯表面，其分散是以餘弦函數輻射在所有的方向上，因此反照率是獨立分布的事件。
5. 地球的整體平均反照率，是行星反照率，因為雲層的覆蓋，是30到35%，但由於不同的地質環境特徵，不同地區會有不同的反照率。
6. 地球表面反照率是由各種組成表面、不同波長、不同入射角的反射特性的綜合效應。其中包括地表反照率、水面反照率、海面反照率。

(二) 地表反照率主要是受人射角影響，也就是說反照率隨太陽仰角的變動很大。太陽仰角增加反照率便會減小，那是因為直射光和漫射光比例改變。當漫射光所佔比例越大，則反照率隨仰角增減變動幅度便越小。

(三) 水面反照率所受變數很多，對於平靜無波的水面而言，水面反照率是可以用理論方法求出的。平靜時的水面可用菲涅耳方程式求出反照率。菲涅耳方程式用於描述光在兩種不同折射率的介質中傳播時的反射和折射，且方程式建立在反射面是平面，介質是光滑的，入射光是平面波，邊際效應可被忽略的狀態。其中我們也可將入射角與折射角利用司乃耳定律算出折射率。司乃爾定律是指當光從一種介質傳播到另一種具有不同折射率的介質時，會發生折射現象，其入射角與折射角的比值便是折射率，因此也被稱為折射定律。我們可以從菲涅耳方程式中求出，當太陽仰角越大，水面反照率便越大，甚至到達100%。當然對於實際水面而言，其反照率還依賴於水中粒子的反射、水面的粗糙度、漫射光在入射光中所佔的比例而異。水面粗糙度是指波浪峰谷之間的不平度。漫射光則是指來自外太空各個方向的光線。

(四) 海面反照率是太陽天頂角、大氣透射率、海面的粗糙度等函數。首先我們先分為晴天時的海面以及陰天時的海面。晴天時大氣透射率較大(0.60~0.65)，海面反照率變為隨著太陽仰角增加而減小，最小值甚至達0.04。而在陰天時，海面反照率幾乎不受太陽仰角影響，平均值為0.061。剛剛我們所計算的數值皆是將風速定義為4m/sec，但在真正海面上風速也將影響反照率。風速愈大海面愈會起波浪，也就會使水面粗糙度變大。而當風速增加時，反照率受太陽仰角的影響就越小了。

(五) 實驗設計：

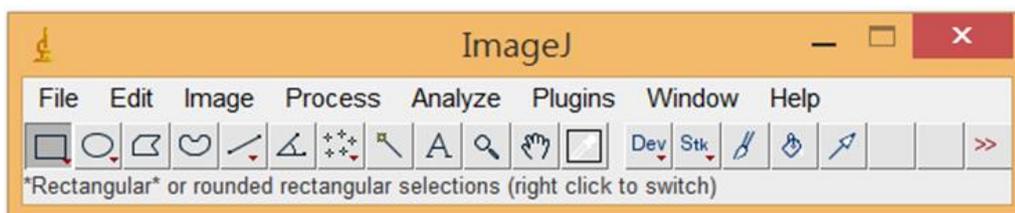
1. 自製白色壓克力箱(50*50)
 - (1)在壓克力箱子中放入要實驗的物質。
 - (2)把光源固定在壓克力箱子上方。
 - (3)把電子溫度計放入箱內。
 - (4)用魔術黏土和透明壓克力板封住箱口。
 - (5)測箱內一開始的溫度。
 - (6)每 5 分鐘測一次箱內溫度。(使用白色箱子是因為，白色反射較多光線，使實驗物的溫度較不會被外界光線影響)
2. 利用 ImageJ 計算出物質的平均反照率
 - (1)拍白紙和其他物質的照片(注意不要有陰影)。(圖二)
 - (2)丟進 ImageJ 裡分析(框起來→analyze→histogram)。(圖三、圖四)
 - (3)白紙的平均亮度值和物質的平均亮度值各取 10 個數值，並刪掉最大和最小值。
 - (4)寫下物質和白紙的平均亮度值(mean)。(圖四)
 - (5)用物質的平均亮度值除以白紙的平均亮度值，再乘以白紙的反照率 0.65，就可以得到物質的反照率。
 - (6)與網路資料對照反照率數值是否相近。



圖一、實驗用自製白色壓克力箱子。

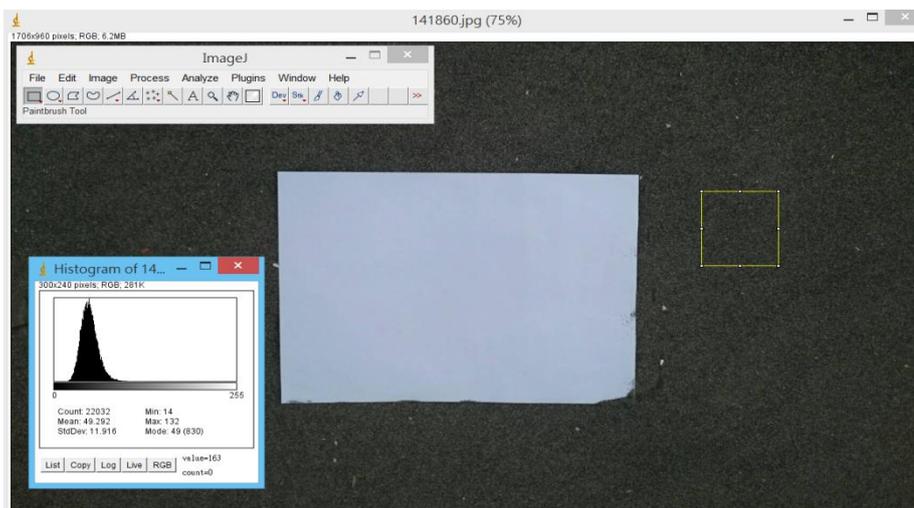


圖二、從正上方拍白紙和沙地，避免產生陰影。



圖三、打開 ImageJ 並將預測量的部分框起來。

不同物質反照率影響全球暖化程度分析



圖四、計算沙地之平均亮度值。分別計算圖中沙地及白紙的平均亮度，得到平均亮度為 49.292。

五、研究結果

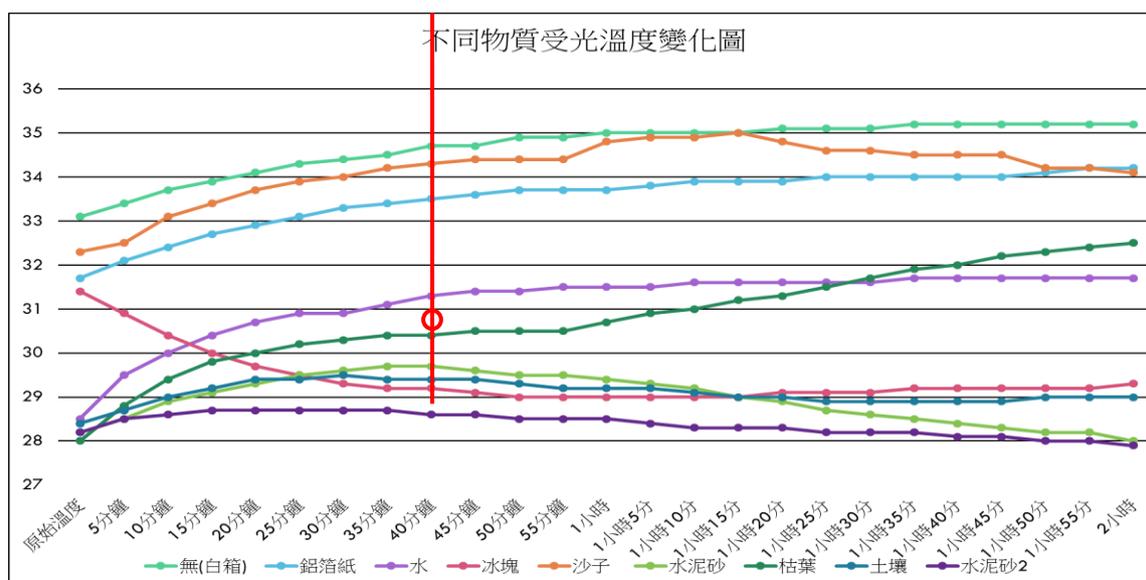
(一) 自製各實驗物持續受光後使密閉空間溫度上升之情形

類別	無	鋁箔紙	沙子	冰塊	水
初溫(°C)	33.1	31.7	32.3	31.4	28.5
最高溫	35.2	34.2	35	31.4	31.7
最低溫	33.1	31.7	32.3	29	28.5
末溫(°C)	35.2	34.2	34.1	29.3	31.7
有無冷氣 24°C	無	無	無	無	有
溫度先上升後下降	無	無	有	有 (先下降後上升)	無

類別	枯葉	土壤	水泥砂 1	水泥砂 2
初溫(°C)	28	28.4	28.2	28.2
最高溫	32.5	29.5	29.7	28.7
最低溫	28	28.4	28	27.9
末溫(°C)	32.5	29	28	27.9
有無冷氣 24°C	有	有	有(40 分開)	有
溫度先上升後下降	無	有	有	有

表一、自製實驗個實驗物溫度上升情形。

不同物質反照率影響全球暖化程度分析



表二、自製實驗結果折線圖。

以下為本次實驗所觀測到的結果：

- 紅線標記代表水泥砂 1 因為在 40 分時開了冷氣，避免影響實驗數據，因此重複進行水泥砂 2 實驗，全程開冷氣恆溫。
- 冰塊為穩定下降，50 分達最低溫後，1 小時 15 分時溫度才漸漸上升，末溫無高於初溫。
- 沙子、土壤、水泥砂 1 與水泥砂 2 實驗過程中達到最高溫後並開始降溫。
 - 沙子溫度穩定上升，1 小時 15 分時達最高溫度後便開始穩定下降，末溫無低於初溫。
 - 土壤溫度先是穩定上升，30 分時達最高溫後便開始穩定下降，但在 1 小時 50 分時又再上升，末溫無低於初溫。
 - 水泥砂 1 溫度先是穩定上升，到了 40 分開冷氣後，45 分溫度開始穩定下降，且末溫低於初溫。
 - 水泥砂 2 全程開著冷氣，溫度先持續上升，在 40 分時便開始持續下降，且末溫低於初溫。
- 由於反照率的大小與物體顏色有所關聯，越淺色或白色物體反照率越接近 1，而越深色或黑色物體反照率越接近 0。由此可知，淺色物體因反照率較大，反射較多光能吸收較少熱能，因此密閉空間之溫度上升應較多，且末溫不容易低於初溫；深色物體則因反照率較小，吸收較多熱能反射較少光能，密閉空間之溫度應上升較小，甚至使末溫低於初溫。而由本實驗中可看出無測量物(白色)、鋁箔紙、沙子、水、枯葉此類顏色較淺之實驗物，最高溫皆比最低溫高 $2^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$ ；土壤、水泥砂此類顏色較深的實驗物最高溫皆比最低溫高 $0.5^{\circ}\text{C}\sim 2^{\circ}\text{C}$ ，此數據與我們推測的結果大同小異。但由於水本身為透明無色，實驗用箱子又不夠深，因此水的顏色會因為實驗箱而呈現白色。冰塊則是持續降溫至定值後又漸漸上升溫度，由於實驗用箱子過大無法裝水放至冰箱，所以我們用了兩個綠色塑膠盒裝滿水冰到冰箱，但兩個盒子無法剛好完整的填滿箱子，使箱子底面的白色露出來，且照射到部分的綠色盒子，此部

分是否會影響實驗數據也需再探討，而冰實驗到最後雖然沒有全部溶化成水但畢竟冰與水的反照率仍有差別因此冰的溶化也是我們必須再探討的問題。

(二) 利用 ImageJ 測出各實驗物之反照率

類別	水 (淡水河)	柏油路	雜草(乾)	草地(綠)	草叢
白紙	174.85	194.75	198.81	239.09	238.08
實驗物	17.08	33.56	49.59	56.67	55.40
計算的反照率		0.1120	0.1621	0.1540	0.1512
文獻中反照率		0.12		0.25	0.15~0.18

類別	沙坑	泥沙 (有石頭)	泥沙 (無石頭)	沼澤
白紙	170.26	206.63	188.21	192.83
實驗物	95.92	25.97	46.59	23.47
計算的反照率	0.3662	0.0817	0.1609	0.0791
文獻中反照率	0.40		0.17	

表三、利用 ImageJ 所計算出的各物質反照率。

1. 水的反照率用此程式無法算出來，需用菲涅耳方程式來計算。因為水是透明無色的，因此水的反照率跟顏色無關，主要是受光的入射角度來取決反照率的大小。菲涅耳方程式為當光垂直照射水面時，水的反照率會最小，而當入射角越小，水的反照率將會越大。這有別於固體的東西，固體入射角越大時反照率則會較大。
2. 利用 ImageJ 算出來的結果與網路上數據幾乎都差不多，有時候可能因為陽光的大小、拍照技巧而使數據差異較大，或是測量物顏色不平均也可能影響數據。為瞭解決這些問題，我們的方法是將框起來的部分放大，這樣平均值較準確，然後從預訂測 10 個數值刪最高值最低值，改成測 16 個數值刪前 2 個最高值和最低值，使誤差降低。

參、結論

- 一、利用 ImageJ 和網路上的數據大同小異。
- 二、顏色較淺的實驗物質在穩定光源下溫度變化較多，相對的顏色較深的實驗物質的溫度變化較少。可能亦須討論物質的其他物化性質。
- 三、以實驗計算所得反照率，嘗試以地表特徵反推溫室效應的應有程度。
- 四、我們未來希望可以找出各地氣候分佈以及地質分佈圖，並觀察他們的關係，最後將我們的實驗結果利用在地球上。

肆、引註資料

Albedo Dreams。取自

http://albedodreams.info/how_to/how-to-calculate-albedo-yourself/

席圖姆 (Matthew Sturm)、裴洛維奇 (Donald K. Perovich)、塞瑞茲 (Mark C. Serreze) (2003)。北極冰融全球暖化。科學人雜誌。取自

<http://sa.ylib.com/MagCont.aspx?Unit=featurearticles&id=328>

菲涅耳方程式。2016年11月24日。取自

<http://www.solartower.com.hk/zh-hant/node/217>

環境教育知識潮。2016年10月30日。取自

<http://eekwave.com/SunnyWeb/showPage.action;jsessionid=BAD545D6606B9B497854D79DB36F3B40?dbCategory>

臺灣 Word 菲涅爾反射 2016年12月2日。取自 <http://www.twword.com/wiki/>

曾忠一(1988)。大氣輻射 (續篇)。台北市：聯經出版事業公司。