

野柳蕈狀岩風化速率之研究

林裕強* 林雪美*

*國立臺灣師範大學地理學系

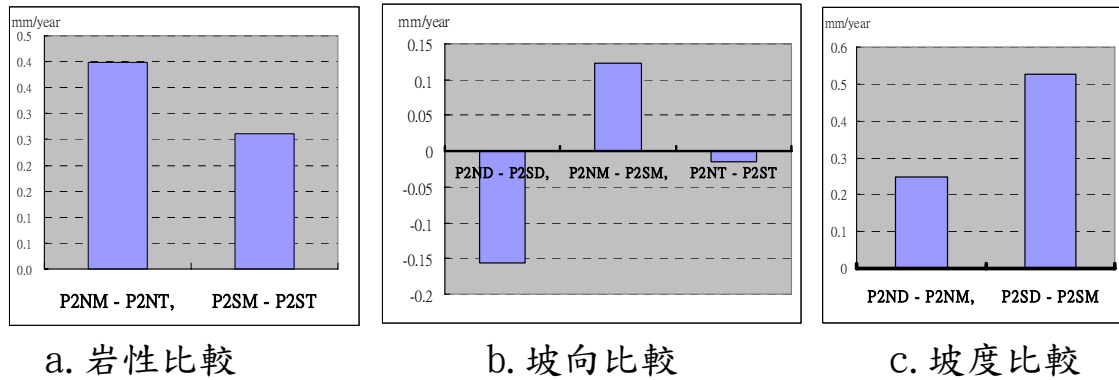
摘要

野柳的蕈狀岩長期以來受到遊客碰觸、踩踏等行為的影響而加速風化，但回顧國內外文獻，卻很少討論到自然環境中遊客行為與蕈狀岩風化速率的關係，因此本研究首先從探索性研究的角度出發，討論風化速率的測量方法，接著進行蕈狀岩自然與人為風化速率的初步測量，結果發現人為壓力對風化速率的影響是顯著存在的，最後嘗試進行遊客行為對風化速率的影響之模擬試驗，以探討各種不同行為的影響程度。

在風化速率的測量方法方面，因為風化作用的過程可能是非線性、複雜、混亂的型態 (Mayer, 1992; Phillips, 2001)，因此我們必須分別從長時間尺度與短時間尺度的風化速率來尋找合適方法。就較長期風化速率的測量方面，本研究首先試著用已知年代的岩石外表形貌來與現況做比對，比對的依據是利用過去文獻上女王頭脖子圍測量資料與歷史照片上的女王頭形貌，結果發現兩種方法估算所得頸部的平均風化速率為每年 0.23~0.25cm 之間，而這個值遠快於國際上最快數據 0.1cm(Grisez, 1960; Paradise, 1995, 2002; Pentecost, 1991; Petuskey, Richardson, and Dolske, 1995; Rögner, 1988; Schmidt, 1989; Turkington and Paradise, 2005)，推測原因除了氣候因素之外，恐怕人為觸摸、踐踏會是更嚴重的影響，這或許可從另一項研究發現得到適當佐證，因為從疊合的照片發現北側頸部岩面後退的距離幾乎是南側的兩倍，除了東北季風可能有影響之外，女王頭北側最易有大量遊客因為拍照而接近觸摸，這更可能是主要的因素。至於人為的影響究竟為何，則必需另外從短期風化速率的角度來探討。

關於短期風化速率的測量，本研究透過比對適當時間間隔的微觀尺度照片，並計算其間崩落砂粒數目，以求出短期風化速率。此外並以實驗設計的方式選取女王頭(代號為 P1)作為實驗組，另選一個自然環境因子相似的蕈狀岩為對照組(代號為 P2)，依據岩性、坡度、坡向等因子在兩個蕈狀岩之南(S)、北(N)面各選取頂(T)、中(M)、底(D)三個區域做樣點，以比較兩個岩石在各樣點之風化速率差異。

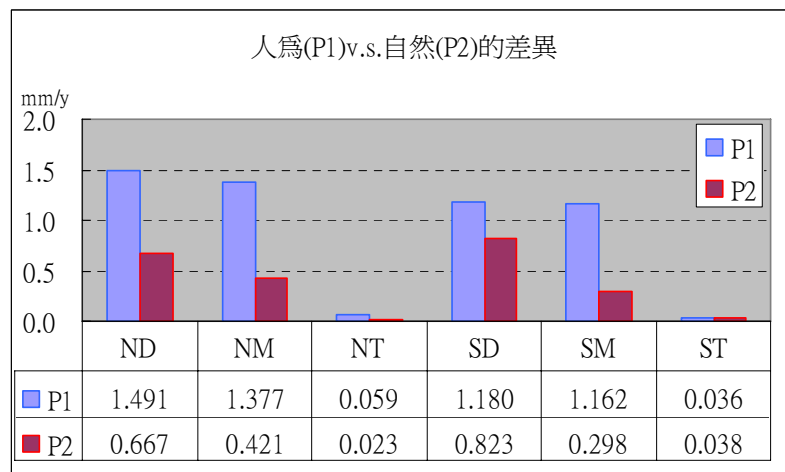
研究結果發現就蕈狀岩的自然風化速率而言，岩性、坡度對岩面的後退速率有明顯的影響，以碳酸鈣膠結為主的蕈狀岩頭部之速率明顯比鐵質膠結為主的頸部還慢，而坡度與風化速率呈現反比的傾向(見圖一)，降水應是反比的主因，至於坡向對於風化速率的影響還有待進一步確認。對照組樣點代表的自然風化速率皆在國際上已知的砂岩風化速率值範圍之內。



圖一 自然營力的三項控制因子對岩面後退速率的影響

關於女王頭風化速率以南側頭部（ST）的 0.036mm/yr 為最慢，而以北側底部（ND）的 1.491mm/yr 為最快；女王頭南、北兩側的底部與頸部之風化速率則皆遠快於國際上相關砂岩研究已知的後退速率 1mm/year。

為了進一步瞭解人為壓力的影響究竟為何，將女王頭與對照組蕈狀岩(僅受自然營力)各 6 個樣點進行風化速率的比較，發現除了南面頭部之外，其他皆是女王頭速率大於對照組，尤其是對於北面底部而言兩者的速率差別最大，北面頸部則次之（見圖二）。這個速率的差異可以推論就是人為壓力所造成，由此可看出女王頭北面的遊客踩踏、觸摸行為對女王頭造成的影響很明顯，管理單位必須特別注意。



圖二 女王頭（P1）與對照組蕈狀岩（P2）風化速率比較圖表

最後本研究進行遊客行為對風化速率影響的模擬測試，發現遊客每次行為的定量影響確實存在，其影響以腳踩的力量最為顯著，其次為手摸，再次為手靠。而後退距離以頸部及底部的影響較明顯，對頭部的影響則較為有限。這些模擬的結果都再度佐證了本研究測量短期風化速率中的發現。

本研究正式觀察時間為 8 個月，以每個樣點各 8 次風化速率資料予以平均來

代表各樣點短期風化速率，因此樣本尚不足夠，不進行 t 檢定等其他統計上的分析，而且相關樣點的風化速率應該經過更長時間的觀察測量，以獲得更為可靠的資料。目前研究結果的重點應在於長期、短期風化速率測量方法的提出，證實了人為壓力造成風化速率的影響確實比自然營力大上許多，而人為壓力之中以踩踏對岩面的影響最劇，手摸則次之。更重要的是，不管長時間尺度或短時間尺度看到的風化速率數據都比國外文獻資料高出許多，非常值得相關管理單位警惕與重視。