

烏山頂泥火山自然保留區地 形變遷調查計畫成果報告

委辦單位：高雄市政府農業局

執行單位：高雄市臺灣地理學會

中華民國 101 年 12 月

一 計畫緣起與目的

烏山頂泥火山因為錐狀泥火山體地形壯觀且活動性高，是進行自然觀察、教育及知性遊憩體驗的絕佳素材。它的地景主要可歸為四類，包括錐狀泥火山的「泥火山外形」；綜合噴發泥漿、氣泡、發出聲音、泥漿水位、溫度與含水量等的「噴泥活動」；泥漿流動、表面逐漸脫水、乾裂、流動擠壓造成的各式各樣紋路，和泥裂等的「泥漿流動和乾縮」；及乾燥、龜裂的泥漿，受雨水、地表逕流侵蝕形成的土指（earth finger）等「侵蝕景觀」。泥火山與其他地景不同，它的自然變動性高，不斷噴出泥漿，覆蓋地表，地表紋路也會受自然侵蝕破壞，是一種「活」的風景。主管機關為妥善保護此特殊地景，於民國 81 年依據文化資產保存法劃定為自然保留區，面積 4.89 公頃，是目前已公告的自然保留區中範圍最小的一個。

烏山頂泥火山雖已依據文化資產保存法劃定為自然保留區，然因其亦為燕巢最具有特色的地景，經常吸引大量參觀民衆，對泥火山地景及區域生態資源產生衝擊。因此，本計畫的目的即在於持續進行烏山頂泥火山自然保留區地景監測，並統計 2008-2011 年的入園參訪者屬性，編印具環境教育功能的解說出版品，讓民衆對烏山頂泥火山自然保留區有較正確、完整的認識，並提升參觀民衆的地景保育觀念，最後依據地形監測與入園參訪者的成果資料，提出經營、管理策略。

本年度計畫目的

1. 烏山頂泥火山地形測繪
2. 編印解說摺頁或海報
3. 提出經營管理建議

二 烏山頂泥火山體的地形測量

在烏山頂泥火山區域，改變地形的的主要外營力包括侵蝕與堆積（圖 1），其中堆積的產生是由泥火山所噴發出泥漿向外溢流而成，侵蝕方面，可以概分為由天然作用與人為作用所形成的地表侵蝕，天然作用是指由降雨和地表逕流所形成的錐狀泥火山體與附近區域侵蝕現象，對於裸露的泥火山而言，是明顯的改變地表作用；而人為作用是指由進入泥火山進行觀察的人移動所造成的地表侵蝕。

98 年度「高雄縣惡地地質公園地景資源調查與整體保育利用規劃研究計畫」，已蒐集烏山頂部分泥火山近十五年來活動的照片，並以以全測站(Total Station)烏山頂主要泥火山體進行兩次測量及建置數值地形模型，期望透過監測的結果判定人為活動造成的影響。測量結果發現，泥火山的堆積與侵蝕都是自然作用的部分，人為所造成的侵蝕則無明顯的痕跡。

在釐清泥火山體變化受自然營力影響程度較大之後，本年度計畫與以往不同的是，除了仍使用解析度達公釐(millimeter)的新型地面型(Terrestrial)3D 雷射掃描測量系統(3D laser scanners)外，為了達到更精確的測量控制，本年度於保留區內以 GPS 靜態測量佈設五個控制基準樁(圖 2 和圖 3)，以此輔助雷射掃描儀在不同站位施測時的控制與鑲嵌點雲需要，由此建置高解度的立體數值地形。現場測量施作狀況如圖 2 至圖 5。初步的測量成果(圖 5 至圖 11)，透過相較於過去全測站(Total Station)的立體數值地形(圖 12)，新型的地面型(Terrestrial)3D 雷射掃描測量系統(3D laser measurement system) RIEGL — VZ 系列，除了解析度更為精細之外，製作完成的 3D 影像也更能表現出泥火山的地形特徵，及其細部地貌如侵蝕溝與泥漿溢流等現象，並可透過此模型進行地形分析，如坡度、波向等。未來建議以此高精細的測量儀器，持續對泥火山作地形測量，累積長時間的資料作不同時間的比較，瞭解地表的變化情形，其結果也可為未來經營管理的重要參考。

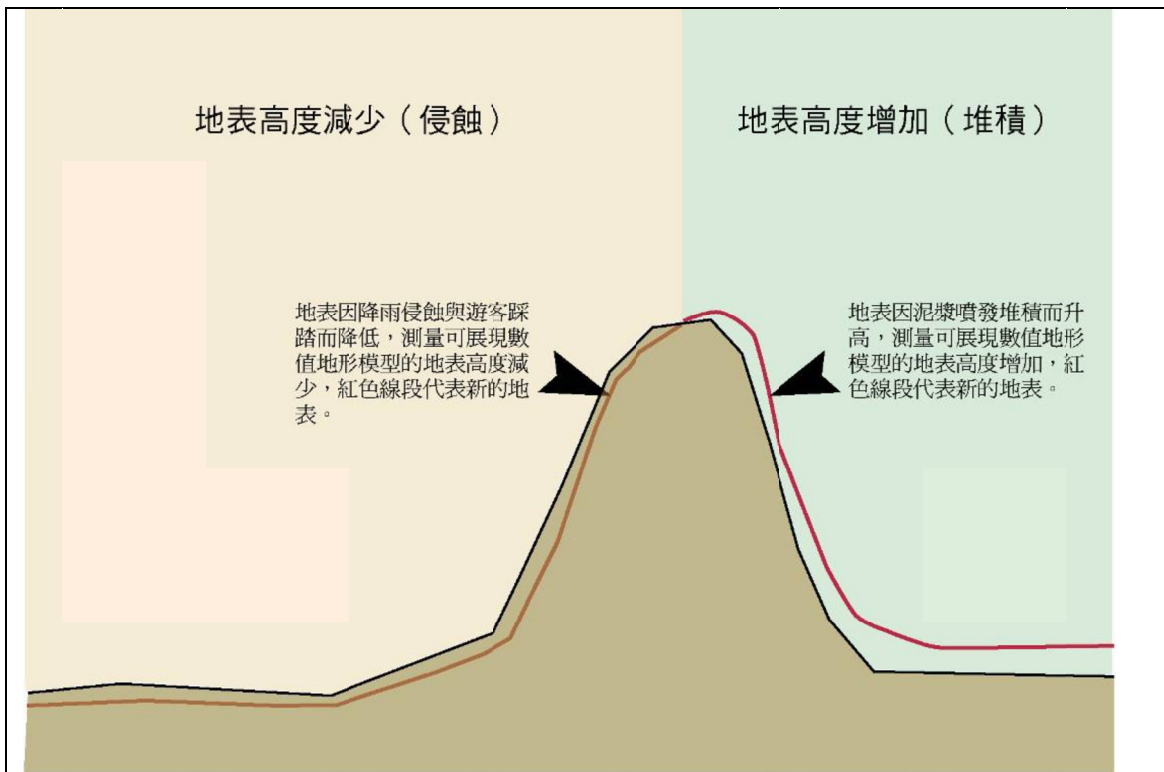


圖 1 泥火山堆積與侵蝕機制



圖 2 基準樁(黃圈)佈設情況

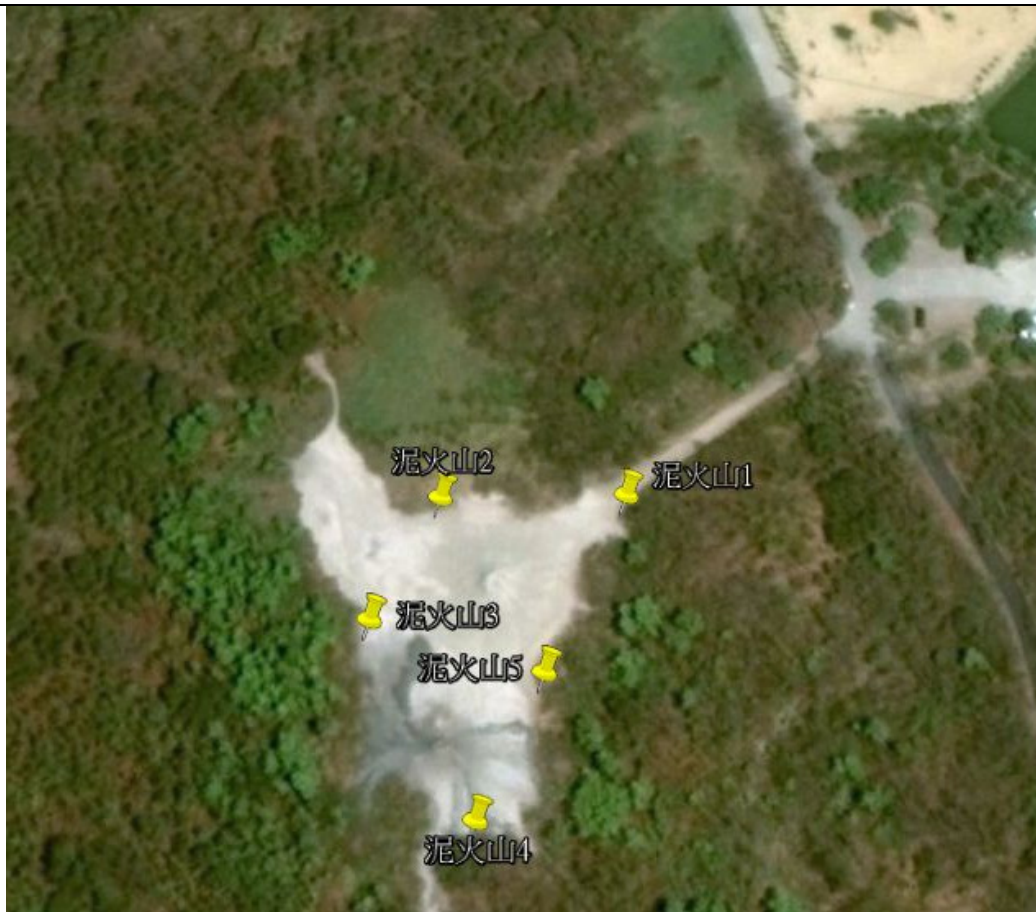


圖 3 基準樁佈設位置



圖 4 以靜態測量引測基準點

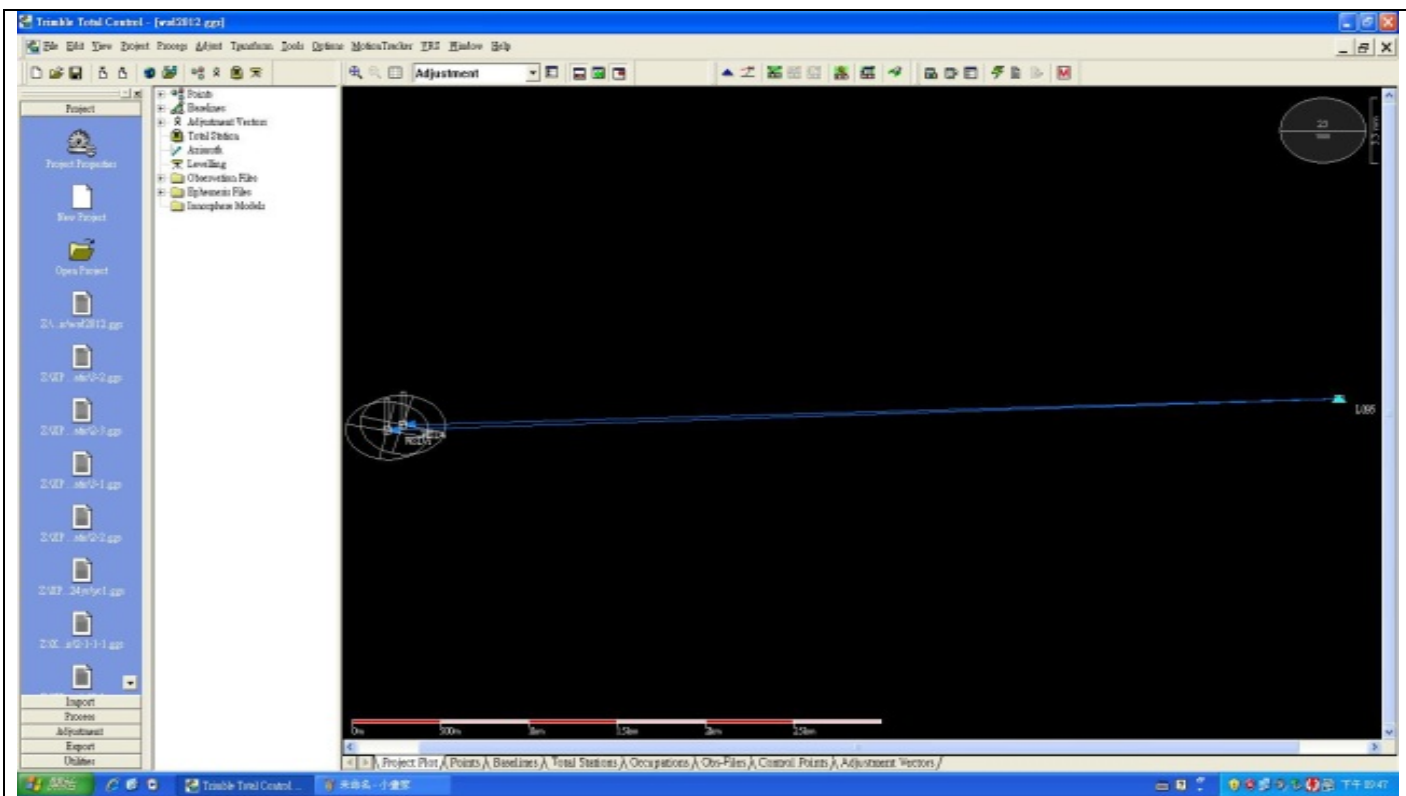


圖 5 解算 GPS 靜態資料



圖 6 地面型 3D 雷射掃描測量系統於烏山頂現場實際施測情形

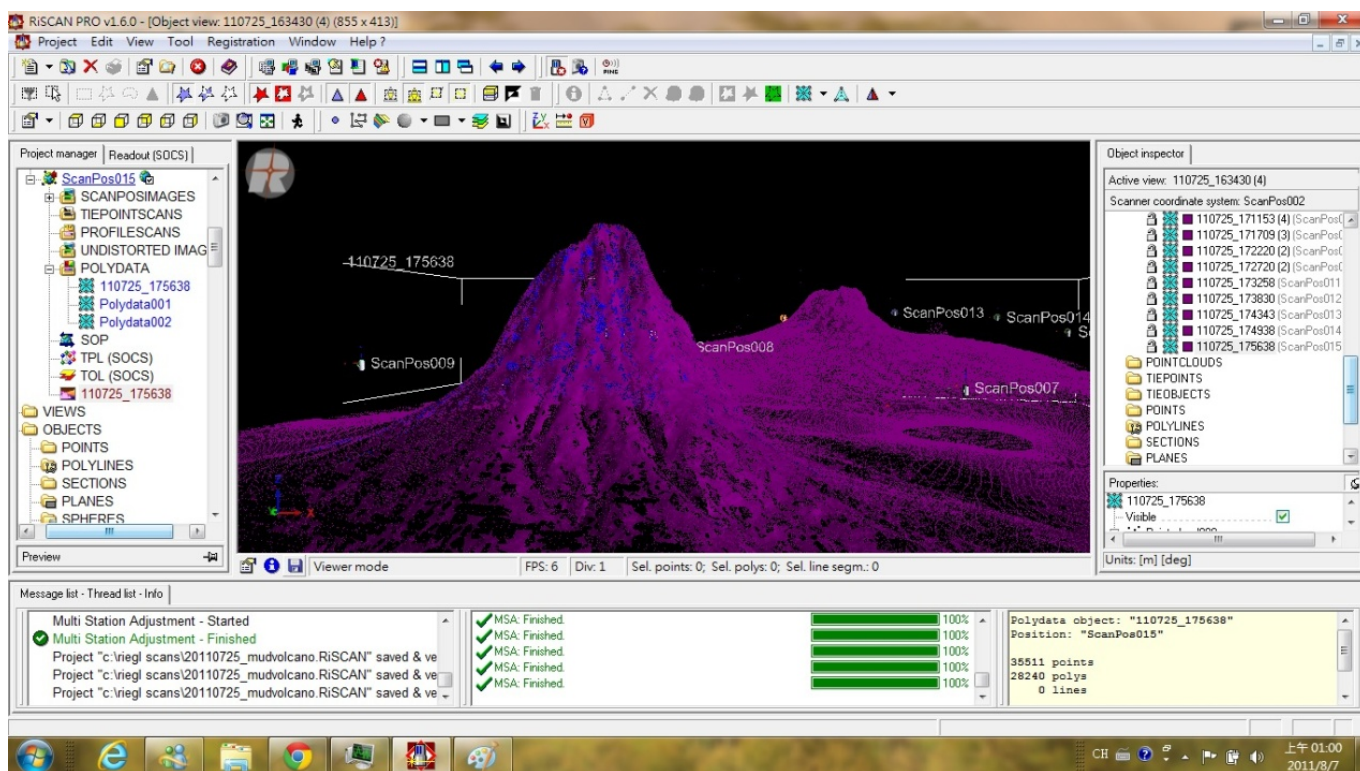


圖 7 地面型 3D 雷射掃描測量系統原始地形資料（泥火山錐）

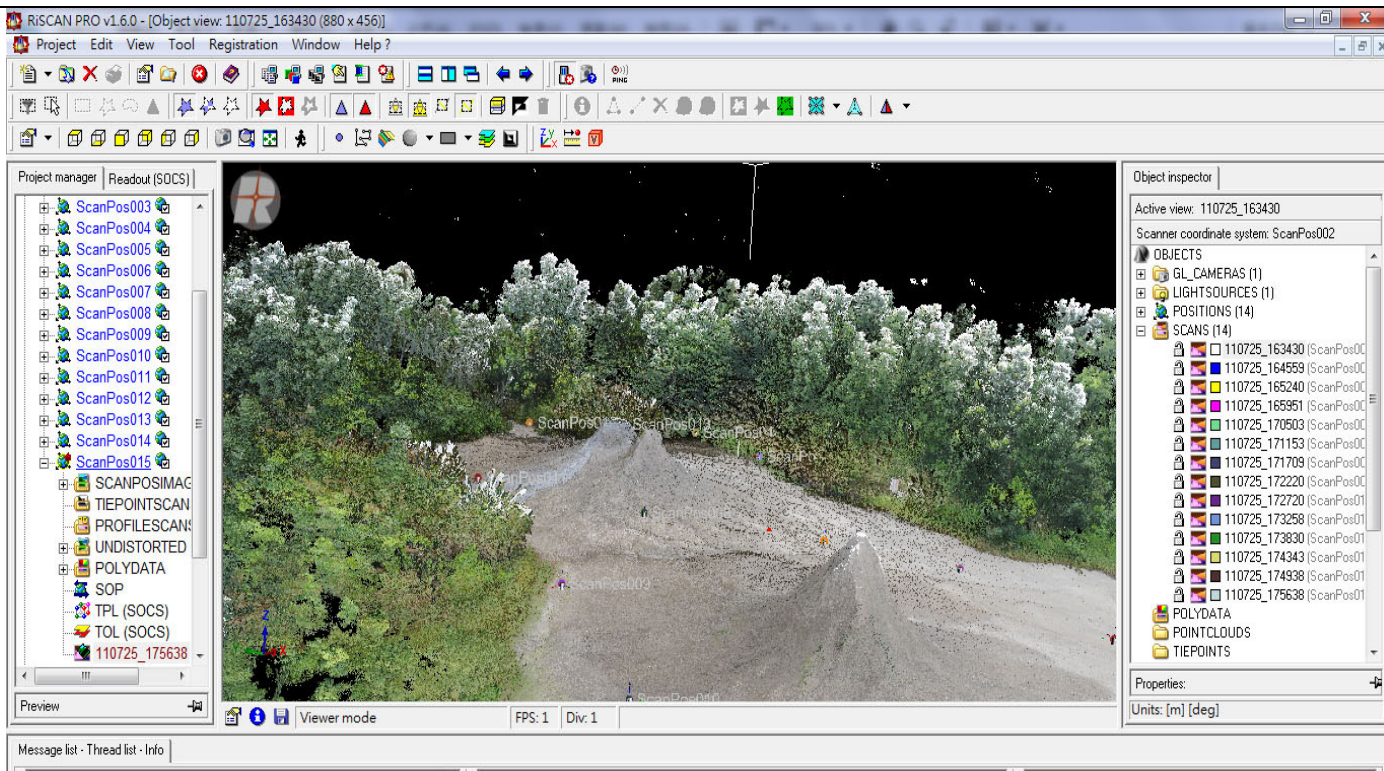


圖 8 今年度雷射掃描儀測量成果，除建置 3D 地形高程模型資料，尚可疊合同時拍攝的相片，獲取更接近真實地表狀況的狀況。

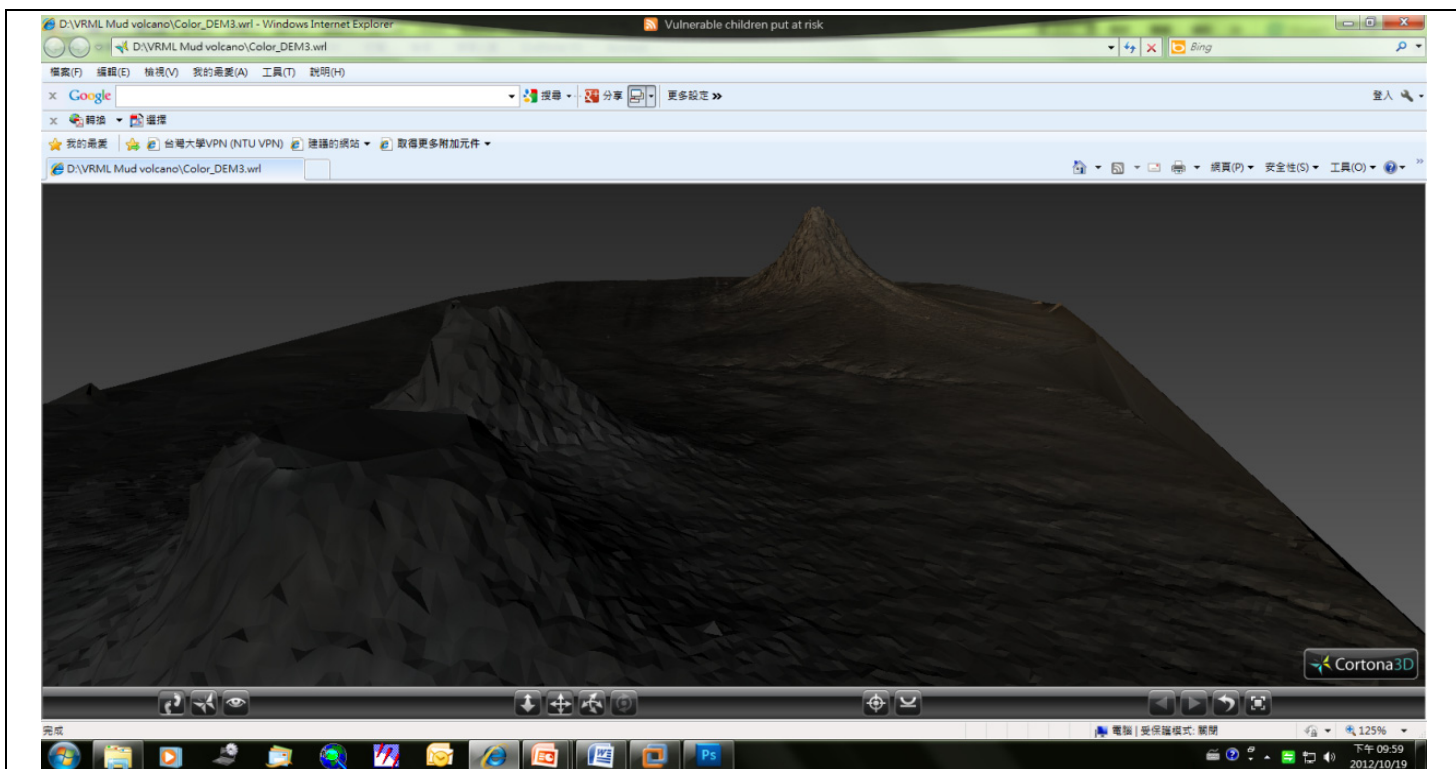


圖 9 除了製作數值地形模型之外，還可以將掃描成果轉變為其他類型檔案進行展示，例如，可轉換成 VRML 格式檔案，以瀏覽器進行 3D 立體瀏覽，如上方範例所示。

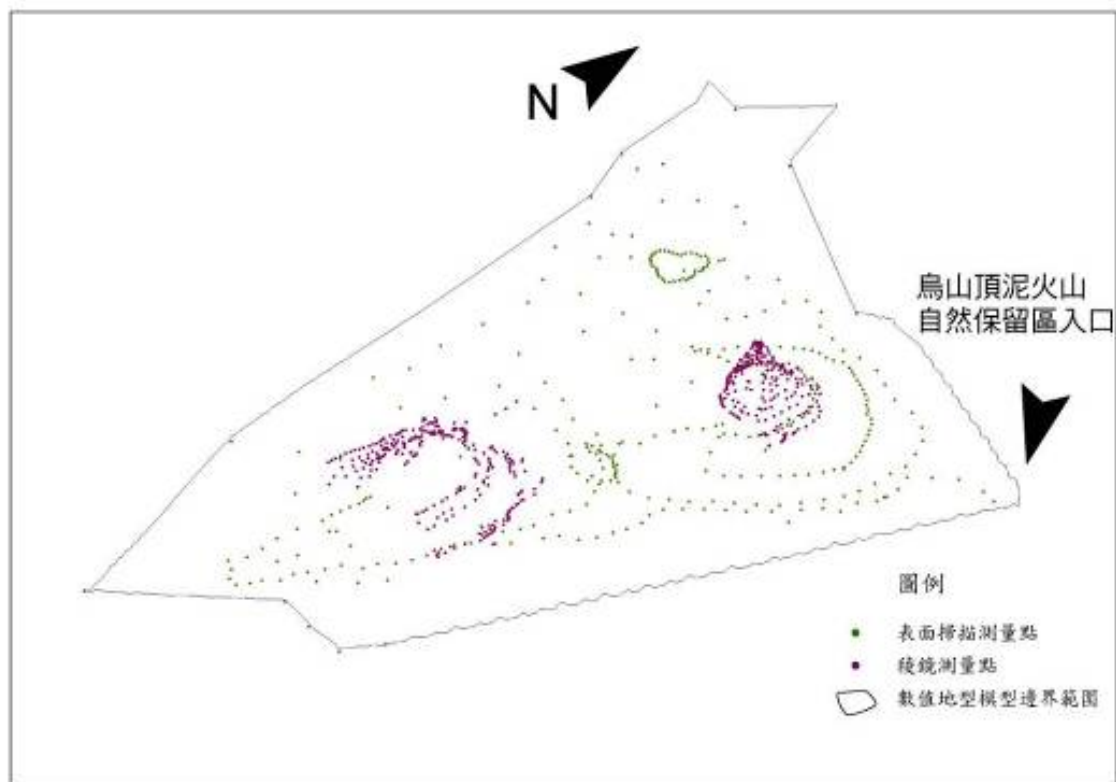


圖 10 傳統全測站製作的立體地形模型

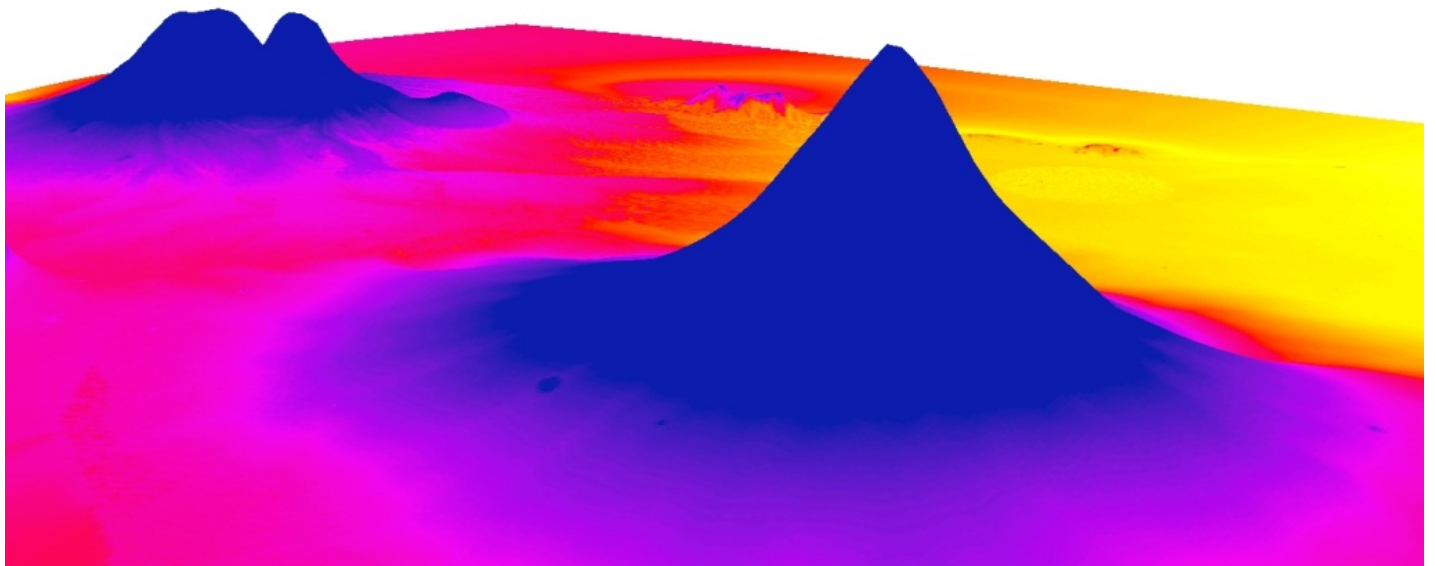


圖 11 烏山頂泥火山高程分析的分層設色圖(不同顏色代表不同高度)

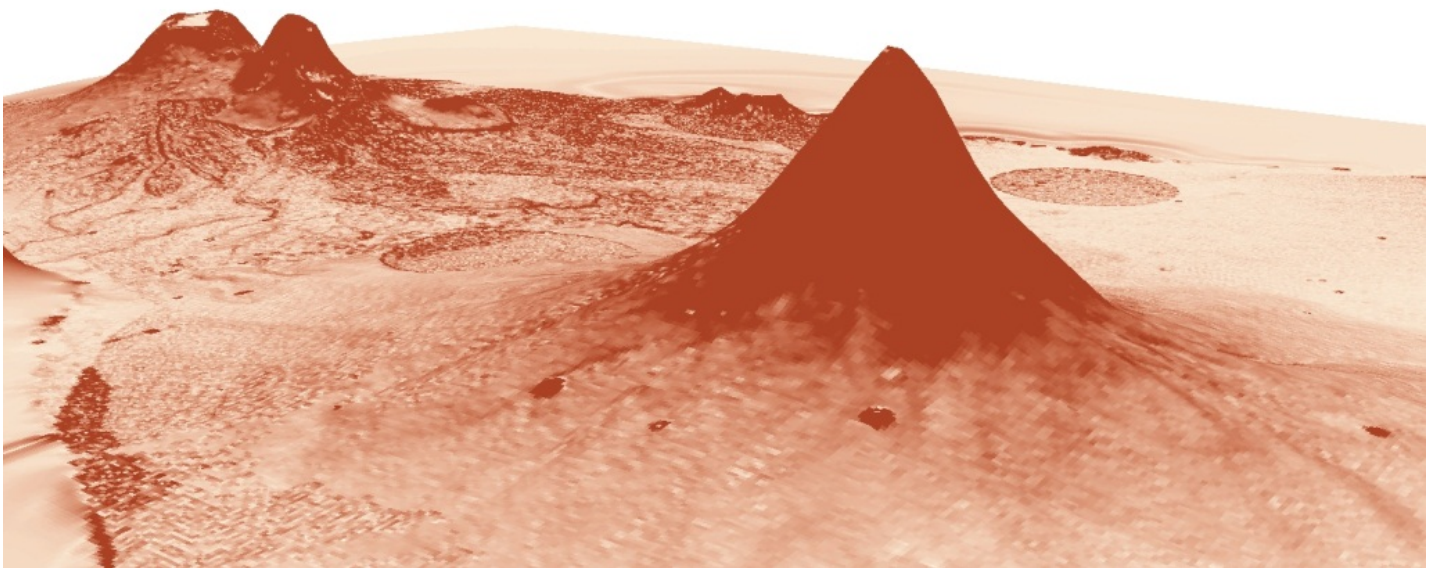


圖 12 烏山頂泥火山的坡度分析(顏色越深者代表坡度越陡)

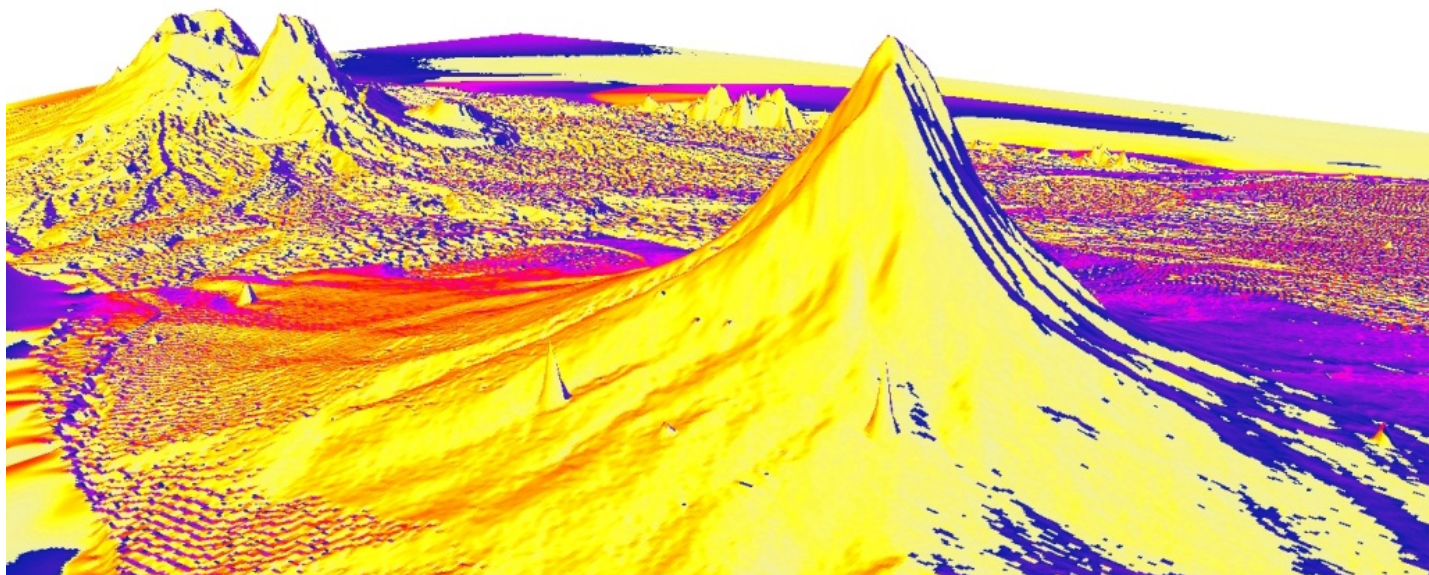


圖 13 烏山頂泥火山的坡向分析(不同顏色代表不同坡向)

三 保留區參訪者人數統計與分析

烏山頂泥火山自然保留區入口處停車場約可停留 3 輛小型巴士，在假日時進入保留區進行環境教育的民衆一天將近一千人次以上，由於入園人數衆多，為了解參訪活動對烏山頂泥火山自然保留區的人為壓力，本計畫蒐集保留區 2008-2012 年的入園登記資料，以此進行統計分析，當中挑選 2011 年作為主要的分析數據，最後並統整 2008-2012 年的完整數據，期待以此瞭解本保留區的人為壓力，據此提出相應的經營管理建議。

(一) 2011 年單一年度入園人數分析

1. 2011 年不同類型團體入園數量百分比

表 1 為計算烏山頂泥火山自然保留區，不同類型團體於 2011 年各月份入園的數量所佔各月分入園總數的百分比，從表 1 及圖 14 看出到烏山頂泥火山進行活動的團體有 80%以上，屬於 5 人以下(一部小車)的團體，其他團體入園數量分佈依照人數增加，而呈現反向的遞減狀態，可以得知來到此區的遊客主要是散客居多。

表 1 2011 年不同類型團體入園數量百分比

	一部小車 (1~5 人)	兩部小車 (6~10 人)	一部中巴 (11~20 人)	二部中巴 (21~40 人)	更大團體 (≥41 人)
2011 年	81%	12%	3%	2%	1%

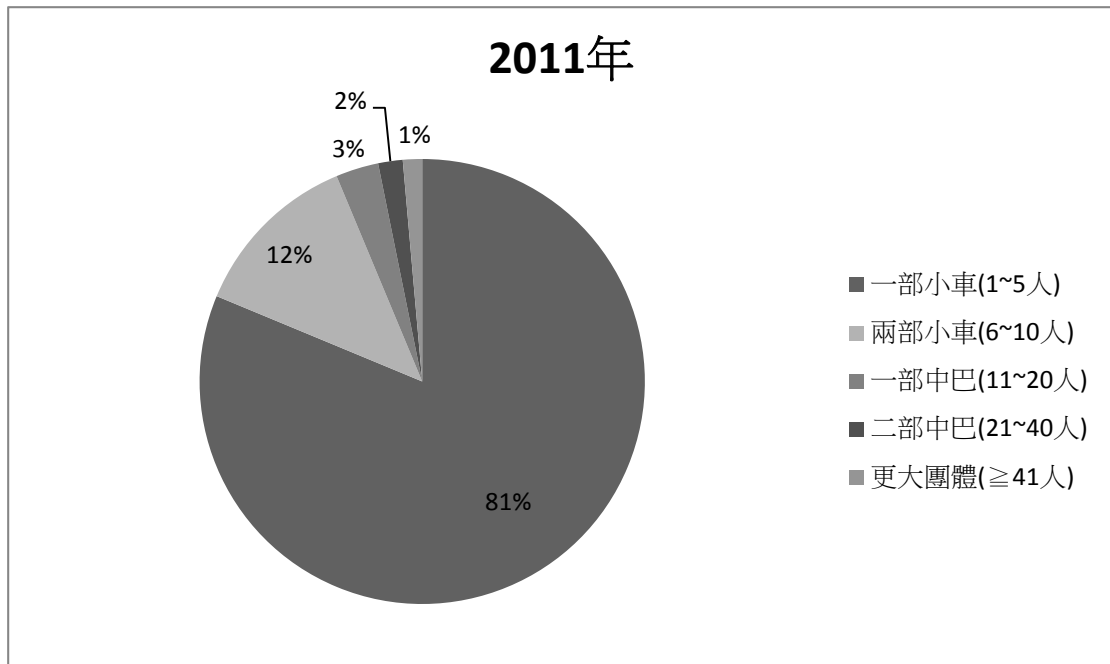


圖 14 2011 年不同類型團體入園數量百分比圓餅圖

2. 2011 年不同月份各類型團體入園情況

以全年度來看各種不同類型團體進入烏山頂泥火山自然保留區的比例，根據表 2 及圖 15 可以看出不管哪個月份，來到烏山頂泥火山的遊客皆以一部小車為大宗，最高者為 2 月份的 13.56%，推測與年假及氣候較涼爽等因素帶動入園的觀光潮；最低者落在 5 月份的 3.96%，根據此區的氣候資料，此時為梅雨季保留區內泥濘難行，使人數降低。但相較一部小車的百分比數量，其他類型的數量都是相對非常稀少的，因此可以知道烏山頂泥火山的遊客以小型團體為主。

表 2 2011 年各月份不同類型團體入園數量佔全年度百分比

	一部小車 (1~5 人)	兩部小車 (6~10 人)	一部中巴 (11~20 人)	二部中巴 (21~40 人)	更大團體 (≥41 人)
1 月份	6.82%	0.91%	0.28%	0.17%	0.18%
2 月份	13.56%	3.42%	1.06%	0.23%	0.09%
3 月份	5.59%	0.65%	0.17%	0.09%	0.10%
4 月份	6.45%	1.03%	0.16%	0.09%	0.09%
5 月份	3.96%	0.54%	0.09%	0.13%	0.09%
6 月份	4.29%	0.54%	0.07%	0.13%	0.09%
7 月份	4.66%	0.91%	0.17%	0.11%	0.10%
8 月份	4.65%	0.75%	0.20%	0.09%	0.06%
9 月份	5.10%	0.66%	0.17%	0.11%	0.13%
10 月份	7.61%	0.99%	0.22%	0.20%	0.15%
11 月份	7.46%	0.87%	0.22%	0.21%	0.12%
12 月份	11.09%	1.18%	0.30%	0.21%	0.19%

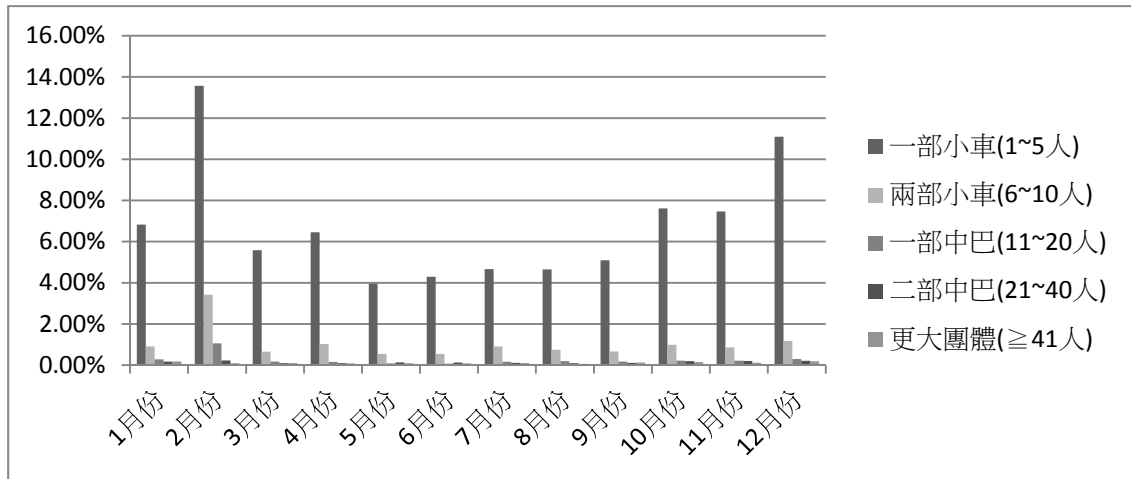


圖 15 2011 年各月份不同類型團體入園數量佔全年度百分比柱狀圖

4. 2011 年各季節內不同類型團體佔各季節的百分比

將烏山頂泥火山自然保留區 2011 年遊客分為春夏秋冬四季來看，一部小車來到的小型團體數量基本上差異不大，四季都維持在 79%~83%；兩部小車的團體也都穩定在 10%~14%上下；值得注意的一點，在冬季有較多的中型團體(一部中巴)來到此區參訪。

表 3 2011 年各季節內不同類型團體佔各季節的百分比

	一部小車 (1~5 人)	兩部小車 (6~10 人)	一部中巴 (11~20 人)	二部中巴 (21~40 人)	更大團體 (≥41 人)
春季(3~5 月)	83%	12%	2%	2%	1%
夏季(6~8 月)	81%	13%	3%	2%	2%
秋季(9~11 月)	83%	10%	3%	2%	2%
冬季(12~2 月)	79%	14%	4%	2%	1%

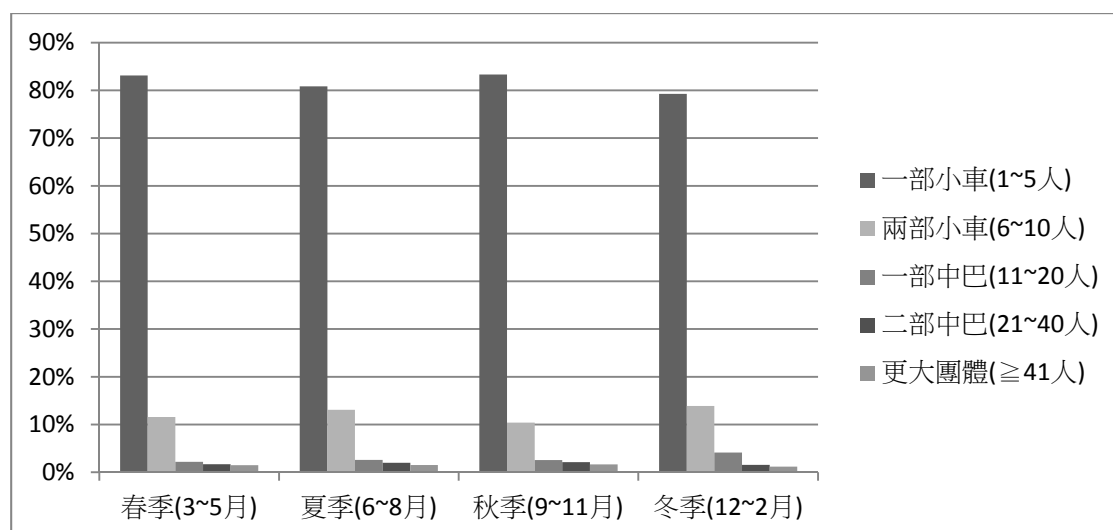


圖 16 2011 年各季節內不同類型團體佔各季節的百分比柱狀圖

5. 2011 年四季各類型團體占整體百分比

表 4 及圖 17 為計算 2011 年四季各類型團體進入烏山頂泥火山自然保留區占整體入園數的百分比，從數據上可以看到中大型團體的遊客數集中在秋冬兩季，可了解氣候因素可能是團體來此區旅遊會考慮的要素。

表 4 2011 年四季各類型團體占整體百分比

	一部小車 (1~5 人)	兩部小車 (6~10 人)	一部中巴 (11~20 人)	二部中巴 (21~40 人)	更大團體 (≥41 人)
春季(3~5 月)	16%	2%	0%	0%	0%
夏季(6~8 月)	14%	2%	0%	0%	0%
秋季(9~11 月)	20%	3%	1%	1%	0%
冬季(12~2 月)	31%	6%	2%	1%	0%

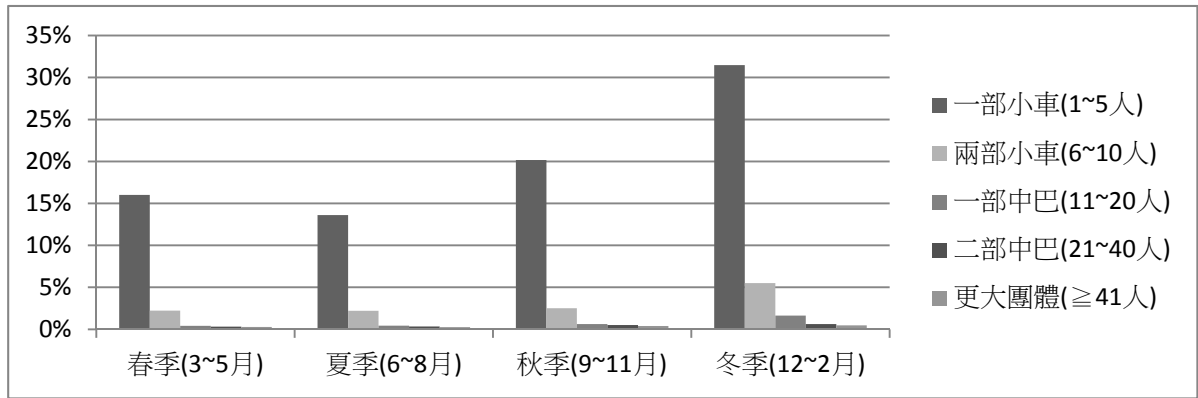


圖 17 2011 年四季各類型團體占整體百分比長條圖

7. 2011 年平、假日、連續假日各類型團體占不同假期百分比

若以平假日、連續假日分類參訪者的入園情況，由表 5 與圖 18 可見，以假日的入園占多數，此應與周休二日的休閒型態有關，因此，本案建議可彈性調整駐園之管理員，或在假日時可協調地方社區團體協助導引與規範參訪者行為，如此一來，可較有效率達到管理保留區之功效。

表 5 2011 年平、假日、連續假日各類型團體占不同假期百分比

	一部小車 (1~5 人)	兩部小車 (6~10 人)	一部中巴 (11~20 人)	二部中巴 (21~40 人)	更大團體 (≥41 人)	總計
平日	27%	2%	1%	1%	1%	32%
假日	40%	6%	1%	1%	1%	49%
連續假日	15%	4%	1%	0%	0%	21%

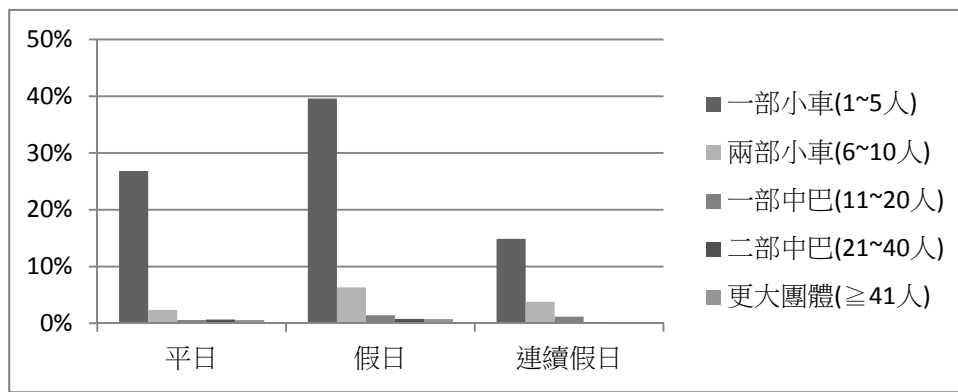


圖 18 2011 年平、假日、連續假日各類型團體占整體百分比柱狀圖

9. 2011 年來自各區域中各類型團體佔整體百分比

此部份的統計目的是了解烏山頂泥火山自然保留區的遊客來源，從表 6 可看出保留區的主要遊客來源，以鄰近的高雄市、台南市及屏東縣為大宗，主要是交通上往來較其他縣市便利。

表 6 2011 年來自各區域中各類型團體佔整體百分比

	一部小車 (1~5 人)	兩部小車 (6~10 人)	一部中巴 (11~20 人)	二部中巴 (21~40 人)	更大團體 (≥41 人)
港陸	0.04%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%
日本	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
東南亞	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
外國	0.21%	0.02%	0.00%	0.01%	0.00%
基隆市	0.15%	0.02%	0.02%	0.02%	0.02%
台北市	2.31%	0.36%	0.10%	0.19%	0.15%
新北市	3.00%	0.47%	0.09%	0.21%	0.25%
桃園縣	1.48%	0.36%	0.04%	0.18%	0.15%
新竹縣	0.46%	0.07%	0.01%	0.03%	0.03%
新竹市	0.43%	0.11%	0.03%	0.02%	0.06%
苗栗縣	0.37%	0.06%	0.01%	0.03%	0.03%

台中市	2.96%	0.57%	0.13%	0.24%	0.30%
彰化縣	1.51%	0.31%	0.06%	0.03%	0.07%
南投縣	0.46%	0.03%	0.02%	0.06%	0.02%
雲林縣	0.51%	0.07%	0.02%	0.06%	0.03%
嘉義縣	0.62%	0.12%	0.02%	0.02%	0.02%
嘉義市	0.47%	0.09%	0.02%	0.00%	0.01%
台南市	8.99%	1.27%	0.30%	0.06%	0.05%
高雄市	52.64%	7.95%	2.10%	0.55%	0.19%
屏東縣	4.05%	0.52%	0.08%	0.01%	0.00%
宜蘭縣	0.25%	0.06%	0.02%	0.02%	0.03%
花蓮縣	0.13%	0.03%	0.00%	0.01%	0.00%
台東縣	0.09%	0.01%	0.01%	0.02%	0.01%
澎湖縣	0.02%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%
金門縣	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

（二）2008~2012 總分析

1. 2008~2012 年不同類型團體入園數佔該年度入園百分比

大致上，由表 7 與圖 19 可知，2008-2012 年不同類型團體入園數的趨勢與 2011 年相同，高達 80% 的參訪者皆是搭乘自用客車來到此區，研判泥火山自然保留區周邊道路狹窄對於參訪者所選擇的交通工具有必然的限制性，無形間也避免過多的參訪者造成自然地景的潛在壓力。如此一來，方可彰顯烏山頂泥火山的自我保護機制，地景亦可自然演替。因此，在這樣的觀點下，自然保留區周邊道路系統的不便利，無形間卻也減緩保留區的人為活動壓力。

表 7 2008~2012 年不同類型團體入園數佔該年度入園百分比

	一部小車 (1~5 人)	兩部小車 (6~10 人)	一部中巴 (11~20 人)	二部中巴 (21~40 人)	更大團體 (≥41 人)
2012 年	81%	13%	3%	2%	2%
2011 年	81%	12%	3%	2%	1%
2010 年	81%	13%	3%	2%	2%
2009 年	81%	13%	3%	1%	1%
2008 年	78%	14%	4%	2%	2%

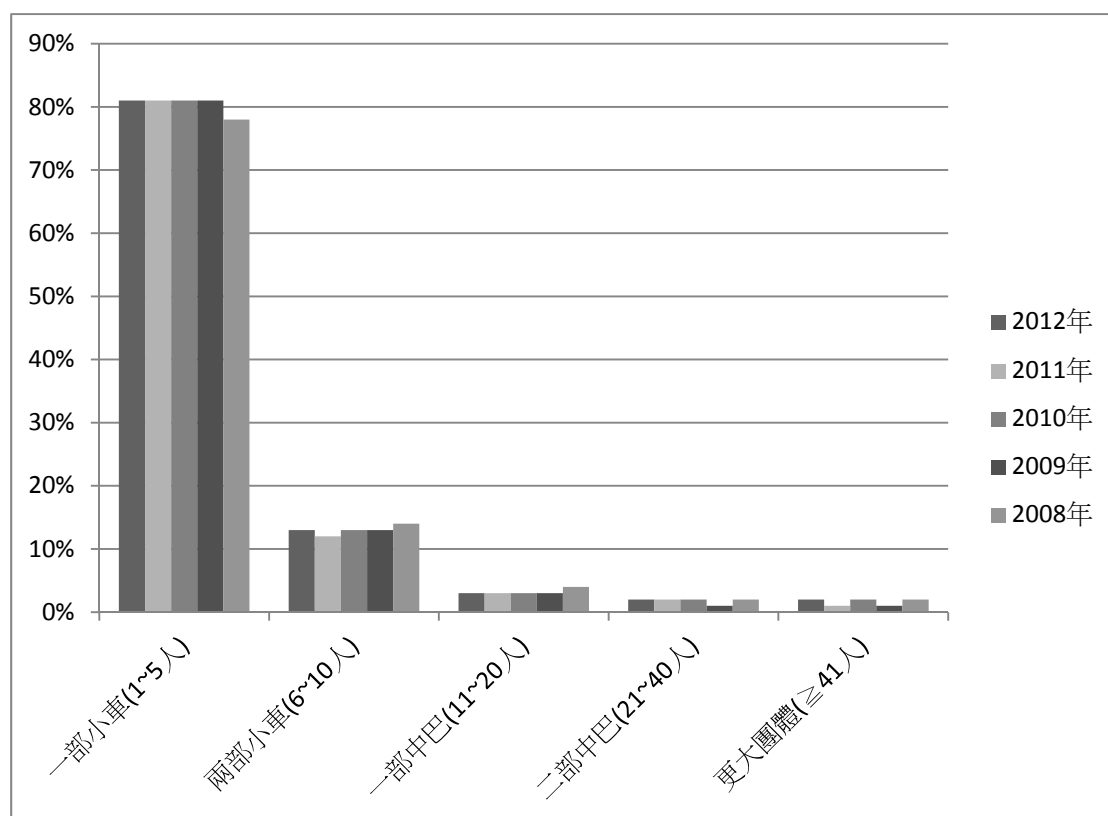


圖 19 2008~2012 年不同類型團體入園數佔該年度入園百分比

2. 2008~2012 年不同區域遊客佔該年度總入園數百分比

在不同區域遊客的參訪情況而言(見表 8 和圖 20),以本國為主要的參訪者來源。2008-2012 間僅有不到 5%的國外參訪者,顯然本保留區在國際的能見度並不高,藉由這幾年間本學會的英文解說摺頁出版,或許可改善這樣的問題,期待如此生動的地景之美,亦可推廣至國際間。

表 8 2008~2012 年不同區域遊客佔該年度總入園數百分比

區域	2012 年	2011 年	2010 年	2009 年	2008 年
港陸	0.13%	0.06%	0.07%	0.05%	0.02%
日本	0.04%	0.02%	0.03%	0.00%	0.00%

東南亞	0.07%	0.03%	0.02%	0.01%	0.00%
外國	0.20%	0.25%	0.23%	0.20%	0.24%
基隆市	0.39%	0.23%	0.36%	0.24%	0.28%
台北市	3.63%	3.12%	2.37%	2.72%	2.82%
台北縣	4.43%	4.03%	3.36%	3.67%	3.76%
桃園縣	2.63%	2.21%	2.34%	2.16%	2.20%
新竹縣	0.96%	0.60%	0.66%	0.61%	0.56%
新竹市	0.45%	0.64%	0.51%	0.53%	0.64%
苗栗縣	0.55%	0.50%	0.50%	0.50%	0.51%
台中市	4.69%	4.19%	1.97%	1.78%	1.94%
台中縣	0.00%	0.00%	2.15%	2.28%	2.01%
彰化縣	1.96%	1.98%	1.89%	1.66%	1.57%
南投縣	0.70%	0.59%	0.75%	0.53%	0.62%
雲林縣	0.78%	0.70%	0.71%	0.57%	0.82%
嘉義縣	0.66%	0.80%	0.85%	0.60%	0.72%
嘉義市	0.51%	0.58%	0.76%	0.74%	0.53%
台南市	9.94%	10.67%	6.02%	5.50%	5.71%
台南縣	0.00%	0.00%	5.66%	5.77%	5.35%
高雄市	62.00%	63.43%	30.29%	29.05%	28.61%

高雄縣	0.00%	0.00%	32.78%	36.05%	36.04%
屏東縣	4.41%	4.66%	5.02%	4.16%	4.40%
宜蘭縣	0.47%	0.38%	0.36%	0.26%	0.26%
花蓮縣	0.17%	0.17%	0.11%	0.09%	0.16%
台東縣	0.15%	0.13%	0.17%	0.18%	0.14%
澎湖縣	0.05%	0.02%	0.04%	0.07%	0.06%
金門縣	0.04%	0.03%	0.01%	0.01%	0.02%
連江縣	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%

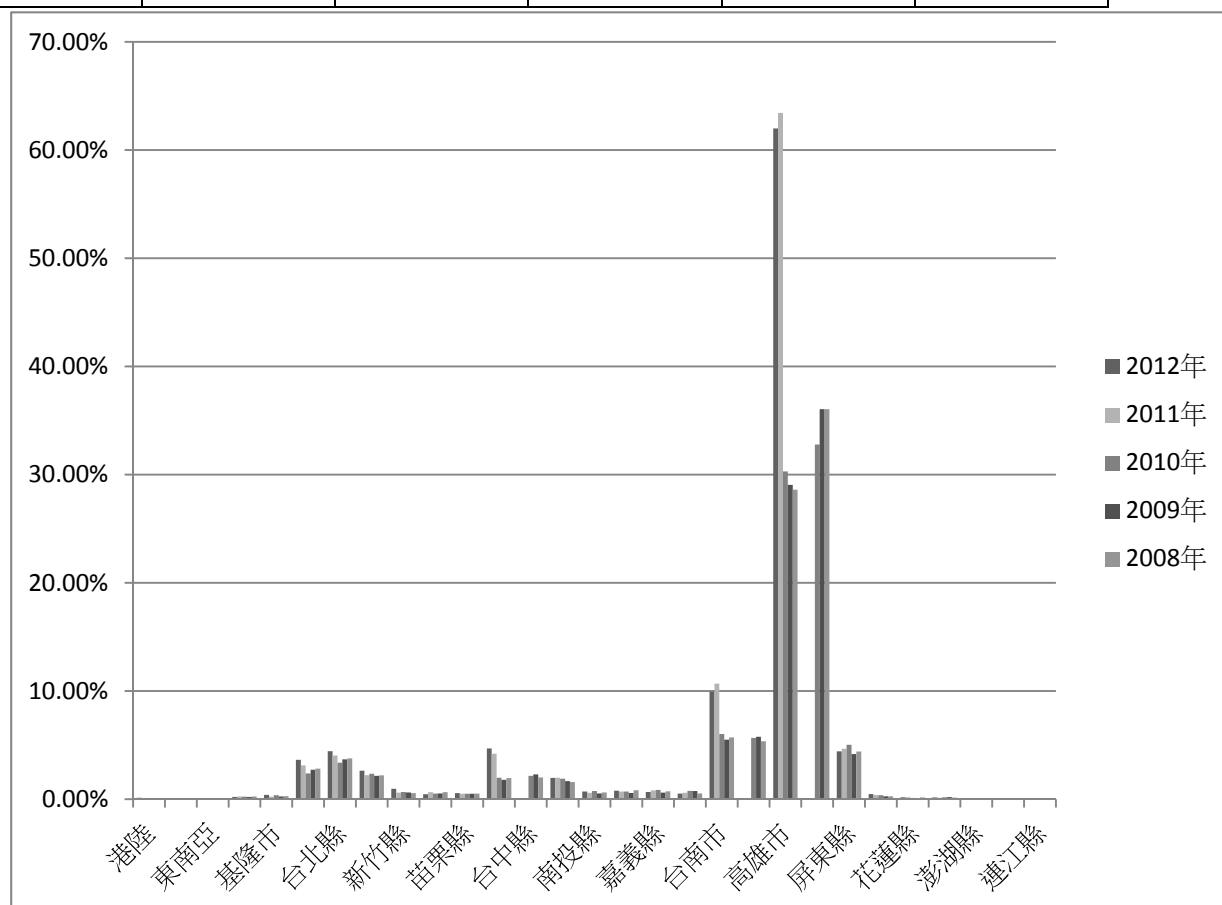


圖 20 2008~2012 年不同區域遊客佔該年度總入園數百分比柱狀圖

根據上述分析烏山頂泥火山的遊客數量及來源，可得知到烏山頂泥火山自然保留區的遊客以一部小車的小型團體為主，佔總遊客數量的 80%以上，中大型團體數量基本上是非常稀少的，並且可能以學校校外教學為主，但由於突然湧入大量遊客勢必會造成泥火山自然地景的破壞，為因應避免同時湧進過多的民衆，建議市府與當地旅行業者配合，事先通報，儘量安排分批進入保留區內，避免同一時間有參訪民衆過多，造成對泥火山地景傷害之情形。在參訪時間的選擇上，以涼爽的秋冬季節為多數遊客參訪的時間；假日與非假日的選擇上，則是以假日參訪者尤多，建議可在人潮較多之季節或假日，彈性調整派駐管理員人數或協調地方社區團體如金山社區、深水社區或是援剿人文發展協會協助導引並規範參訪者行為，並進行環境教育解說，以強化本保留區的經營管理與環境教育功能。

四 解說摺頁及地景海報製作出版

藉由本團隊長期針對泥岩、泥火山的地形景觀資料，以及本年度的生物資源調查結果，出版地景解說海報以及烏山頂自然保留區內的觀察到的地形、動植物種類，希望透過編印具環境教育功能的解說出版品，讓民衆對烏山頂泥火山自然保留區有較正確、完整的認識，並提升參觀民衆的地景保育觀念。

地景海報的製作以自然保留區內最主要的特色，以泥裂與泥漿泡泡為主題，並附註中英文說明兩者地景的成因。說明文字如下「泥漿在流動過程中，因流動-乾縮-擠壓作用，形成不同的泥裂型態(Mud flow could form different patterns of mud crack during flowing-shrinking-compressing process.」;泥漿泡泡的文字說明則為「泥漿泡泡的大小、噴發頻率受氣體流量和泥漿黏稠度影響(The volume of gas emissions and mud viscosity lead to the size of mud bubble and the frequency of eruption.)」

本團隊今年度編撰一英文版解說摺頁，作為提供國際遊客參訪保留區的解說與宣導材料，利於將本保留區的特色與地景保育成果向國際推廣。解說摺頁內容分為三大主題，包含「泥火山地景」、「常見的動物和昆蟲」、「常見的植物」。並將地景位置及生物物種的空間分布標示於地圖上，於保留區內進行教育解說時可以配合摺頁內容與地圖作觀察，同時摺頁內容也說明法令依據、管理單位等自然地景保育的相關資訊，並宣導於保留區內活動時需注意人為活動帶來的影響。宣導品製作成果可見圖 21-圖 24。

地景

Landscape

泥漿在流動過程中，因流動-乾縮-擠壓作用，形成不同的泥裂型態
Mud flow could form different patterns of mud crack during
flowing-shrinking-compressing process.

泥裂
mud crack



行政院農業委員會林務局
Forestry Bureau, Council of Agriculture Executive Yuan



高雄市政府
Kaohsiung City Government



高雄師範大學地理學系
Department of Geography, National Kaohsiung Normal University



高雄市臺灣地理學會
Kaohsiung Geographical Society



圖 21 泥裂地景海報

地景

Landscape

泥漿泡泡的大小、噴發頻率受氣體流量和泥漿黏稠度影響
Volume of gas emissions and mud viscosity lead to the various size of mud bubble and the frequency of eruption.

泥漿泡泡
mud bubble



行政院農業委員會林務局
Forestry Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan



高雄市政府
Kaohsiung City Government



高雄師範大學地理學系
Department of Geography, National Kaohsiung Normal University



高雄市臺灣地理學會
Kaohsiung Geographical Society



圖 22 泥漿泡泡照片



Popular Plants

Taiwan Date Palm

The Taiwan Date is native to Taiwan, and whose flowering season spans March to May. The flowers are small, white, and orange and slowly turn to black. Fruits are not edible. In the past, people made blooms out of Taiwan date palm old leaves. They often bloom in late spring and early summer and are often seen at the Mt. Yoham Reserve.



The flower of Taiwan Date Palm

Shell Flower

Shell flower is a perennial plant with leaf lanceolate, shortened tube inflorescence and butterfly-shaped flower. The labellum of corolla is yellow with red spots. The petals are white and yellow, and the underground stems are edible and often the replacement for ginger itself. It may be found scattered around in the Reserve.



The flower of Shell Flower

Indian Almond

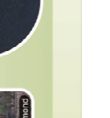
Indian Almond, a native plant to Taiwan, is a species of perennial deciduous tree. The flowers are light yellow and green. The flowering season lasts from April to September. The fruits come in flat oval shape. The leaves turn red, and fall in the winter. Indian Almond can easily be seen at the entrance of the Reserve.



The flower of Indian Almond

Honduras Mahogany

Honduras Mahogany is an imported plant, native to Central America. The trees at maturity can reach heights of 25 kilometers. The flowering season lasts from March to April. The leaves are green and young fruits of about 10 centimeters emerge and the mature phase occurs from February to April of the following year.



The flower of Honduras Mahogany



Common Animals & Insects

Crested Serpent Eagle

The Crested Serpent Eagle is a unique endemic subspecies, with a crest of white and black feathers. The bird is mostly black with a white belly and white bars. The tail has two to three black-white bars. Whether flying or resting, a Crested Serpent Eagle calls often with a long, piercing and sad two-note or three-note call. It is often found flying in the Reserve in the late morning on a clear day.



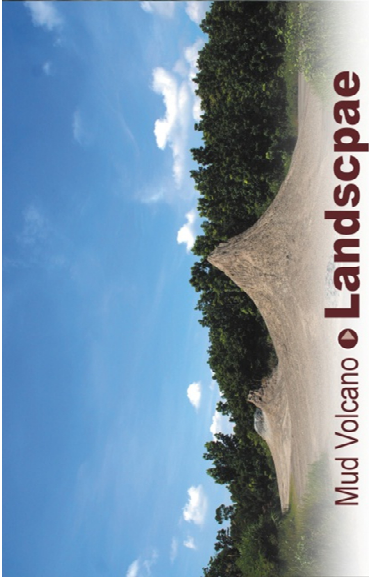
Muller's Barbet

Known as "five-colored bird" for the five colors - green, red, black, golden yellow, and white - Muller's Barbet is a small bird of the Black-bellied species. It is native to Taiwan. Barbets are arboreal. While resting on the branch, Muller's Barbet sings with a sound resembling that of a percussion instrument known as a wooden fish. Muller's Barbet is found everywhere at the Reserve and is easy to see. It is easier to hear its sound than to spot its presence.



Horned Beetle

A native species to Taiwan, the Horned Beetle is a kind of holometamorphosis insect. Only adult males have obviously long antennae. Emergence period and reproduction period are approximately 100 days. After mating, whereas adult females die after laying eggs and reproduction. Larvae live in the soil and survive by relying on the decaying organic matter. Horned beetles are often found at the entrance of the Reserve.



Mud Volcano Landscapes

Mud Volcano

Mud volcanoes are deposits created by the gas-secreting liquids composed of underground mud, mud flow, and sludge. The mud, mud flow, and sludge are composed of mud, mud flow, and sludge. The mud, mud flow, and sludge are composed of mud, mud flow, and sludge. The mud, mud flow, and sludge are composed of mud, mud flow, and sludge.

Shape of Mud Volcano

The shape of mud volcanoes is determined by the viscosity of the mud (water content). The five different types of mud volcanoes are mud cones, mud shields, and mud banks.

Mud Volcano Landscapes

Apart from the shape of mud volcanoes, the emission activities of mud, mud flow, and sludge are also different. In addition, earth fingers formed by rainfall erosion, nature bridges, and small canyons are geological features unique to mud volcanoes.



Volcanic Mud Cone



Mud Flow



Mud Cone



Mud Eruption Activities



Ground of the mud volcano was covered with mud and ash



Volcanic Mud Cone



Mud Flow



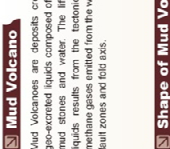
Mud Cone



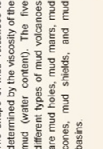
Mud Eruption Activities



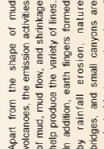
Ground of the mud volcano was covered with mud and ash



Volcanic Mud Cone



Mud Flow



Mud Cone



Mud Eruption Activities



Ground of the mud volcano was covered with mud and ash

圖 23 解說摺頁內文頁

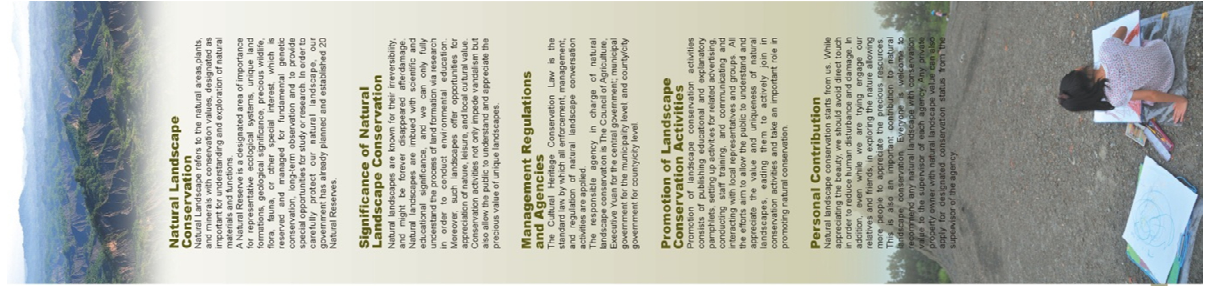


圖 24 解說摺頁封面頁

五 經營管理建議

烏山頂泥火山自然保留區面積 4.89 公頃，泥火山群是進行自然觀察、教育及知性遊憩體驗的絕佳素材。依據近幾年的地形監測成果與本團隊自 1996 年以來的觀察，泥火山的地形變化有兩個特徵，其一是「自我保護」，其二是「自我毀滅」。

1. 泥火山的「自我保護」：

因為泥質地面在雨後最容易因為人的活動而破壞，不過雨後泥濘、濕滑，人不易接近。泥地乾燥後，堅硬如泥岩，又僅表皮紋路較易受損。也就是最易受損的是「泥漿流動和乾縮」，和乾燥、龜裂的泥漿，受雨水、地表逕流形成的「侵蝕景觀」，只要相關的管理措施持續執行，對於一般人的參觀活動而言，主要的泥火山地形結構與噴泥活動，均不容易受到影響。而且，泥火山不斷噴發泥漿，流出並覆蓋地表，參訪民衆的一般性活動影響，多可被泥漿覆蓋而不見，而受破壞而消失的「泥漿流動和乾縮」、「侵蝕景觀」等地景，亦會重複再度出現。不過破壞泥流及其表面紋路，或於其上寫字仍有礙觀瞻。這些是需要加強保育宣導的部份。

2. 泥火山的「自我毀滅」：

因為隨著泥火山體不斷因為附著於噴發口的泥漿而增高，噴泥口的黏稠泥漿柱就愈來愈高，氣體噴發所需累積的氣壓愈大，噴發頻率可能愈低，泥漿柱的泥漿黏滯性愈高、壓力愈大，在這樣的正回饋機制之下，最後泥火山就逐漸停止活動，再轉換噴發點。就如同烏山頂現已停止活動而遭受侵蝕的泥火山體一般，根據過去大約自 1996 年開始的非科學定量標準下的一般定性觀察，它的泥漿黏滯性非常高，泥與水的比值大於 2：1、粒徑較粗且含大量小礫石，當時旁邊尚存有前一期侵蝕殘餘的泥火山體，至 2005 年、2006 年左右，它的噴泥活動已近停止，泥火山體逐漸受侵蝕、變低，而旁邊時而有小規模、暫時性的噴泥活動，

也就是這個泥火山體的「自我毀滅」現象循環發生的週期，可能長達 10 年。其二就是泥與水的比值約在 1：1 至 2：1 而黏滯性稍低的泥漿，自 2006 年前後至今，寄生的泥火山體已經重複發育兩次以上了，寄生泥火山體甚至經常較主泥火山體高，不過逐漸增高的寄生泥火山體，泥漿黏稠度也逐漸增高，乾縮的泥漿常堆積、阻塞不夠大的噴泥口，寄生泥火山就逐漸停止活動，遭受侵蝕而消失，或再轉換噴發點；這樣的形成寄生泥火山體到停止活動、消失的時間長度較短，大約在 3 至 5 年之內。例如目前已停止活動的寄生泥火山體，開始活動的時間大約於 2007 年，3 年之內開始形成、迅速形成較主泥火山體還高的寄生泥火山體，然後逐漸停止活動，目前正遭受侵蝕、崩塌而逐漸降低高度。

雖然泥火山具有自我保護機制，但是依據過去的登記記錄，每年約有 3 至 5 萬參訪民衆。因此，本研究團隊曾進行不同時間的地形測量，以綜合評估在民衆踐踏、雨水與逕流侵蝕、崩塌和噴發泥漿覆蓋的共同影響之下，泥火山的山體的變化情形。結果發現，南側持續噴發、流出泥漿的主泥火山，山體仍持續增高，停止活動的寄生泥火山體高度逐漸降低中；北側已停止活動的泥火山持續受侵蝕而降低高度；參觀民衆進出最頻繁的帶狀地區，高度亦未明顯降低。

依據上述研究結果，在烏山頂泥火山是自然保留區的管理措施上，建議採取相對較為開放的態度。因在現階段的宣導與管理措施下，民衆大多已具相當程度的地景保育意識，參訪活動亦受約束。所謂泥漿可以護膚、泥火山會噴火且泥漿如岩漿而具有危險性、泥火山噴發口很深等，多屬以訛傳訛之錯誤傳言，若能加強宣導，必能大幅降低有損於泥火山的參訪活動。若將其隔離保護，反而將喪失推動地景保育教育與環境教育的機會與功能，非常可惜。未來可應用適當的宣導品，例如統一整理目前的禁制、警告或指示牌，印製相關宣導品，或辦理學校或旅行業者的環境教育活動，以期逐漸發揮功效。

六 結論與建議

1. 本年度計畫應用解析度達公釐等級的地面型 3D 雷射掃描測量系統，針對烏山頂泥火山自然保留區內的錐狀泥火山體進行測試性的測量，成效良好；製作的立體地形模型除了可以將地表的地勢起伏特徵包含植被等作接近現場實際狀況的模擬外，藉由高精細度的測量，能夠了解泥火山體的變化及細部地形如侵蝕溝的體積變化，進而計算堆積與侵蝕的量。未來建議能夠在不同時間點進行多次測量並作比較，以瞭解泥火山體的變化特性。
2. 宣導文宣的製作成果，本年度出版以泥裂與泥漿泡泡為主題的地景海報，以及介紹保留區內可觀察到的地形景觀、動植物和昆蟲及其分布位置的英文解說摺頁，藉以作為國外參訪者的介紹材料，提升本保留區在國際間的知名度並期待增加參觀民衆的地景保育觀念，達到地景保育和解說教育推廣目的。
3. 今年度本團隊統計 2008-2012 年進入烏山頂泥火山的參訪者資訊，據統計資料顯示來到本保留區的遊客主要以一部自用車的小型團體為主，佔總遊客數量的 80%以上，中大型團體數量基本上是非常稀少的，並且可能以學校的校外教學為主。在參訪時間的選擇上，以涼爽的秋冬季節為多數遊客參訪的時間；假日與非假日的選擇上，則是以假日參訪者尤多(佔 42%)，建議可在人潮較多之季節或假日，彈性調整派駐管理員人數或協調地方社區團體如金山社區、深水社區或是援剿人文發展協會協助導引並規範參訪者行為，並進行環境教育解說，以強化本保留區的經營管理與環境教育功能。
4. 經營管理策略方面，由於泥火山具有「自我保護」與「自我毀滅」的機制，同時於過去的地形變化觀察發現人為影響程度小。因此，建議採取開放的態度，並配合適當的警告或指示牌，及印製相關宣導品，或辦理學校或旅行業者的環境教育活動，期望民衆於保留區內參觀時能將人為影響降至最低，又能使參觀民衆欣賞特殊的地景之美。

5. 經營管理的實際操作，應強化與地方保育團體的合作。由於政府管理單位時間有限難以長期就近於保留區作控管，因此，建議與燕巢當地如金山社區協會或援剿人文協會等地方保育團體合作，進行解說兼具保育宣導及實際協助經營工作。