



以友善態度對待環境 淺談玉山國家公園的 高山生態廁所

The eco-toilet system in the Yushan National Park

黃靜宜 / 行政院農業委員會特有生物研究保育中心助理研究員
Jing-Yi Huang

齊泰榮 / 玉山國家公園管理處高山保育志工
Tai-Jung Chi

吳和融 / 玉山國家公園管理處解說教育課課長
Ho-Jung Wu

前言

話說應該沒有人喜歡掃廁所，更別說是偏遠山區的高山廁所了。近年來因為休閒旅遊及登山健行活動的普及與盛行，加上玉山在國際上享譽盛名，國內外遊客紛紛嚮往攀登玉山，據玉山國家公園管理處(以下簡稱玉管處)統計2003-2010年住宿排雲山莊的人數資料顯示，每年由塔塔加登山口進入園區攀登玉山人數粗略估算有2-4萬人不等。然而，面對如此龐大的遊憩壓力，生態環境的保護工作已是相當艱辛，試想，如果我們還將這幾萬人未處理的排泄物留在水電匱乏、環境惡劣且

交通不便的高山上，會造成什麼後果呢？過去的登山活動，甚至是無痕山林行動準則(leave no trace, LNT)，皆教導我們將自己的排泄物埋在一個10-20 cm深，離水源、營地或步道至少60m遠的貓洞(cat hole)裡，並將貓洞的表面以原來的表土覆蓋。如此做法或許可以將污染情況降到環境可接受的程度，當然如果你願意的話，還可以把它背下山。但又有多少人能夠落實地處理自己的排泄物呢？在國內山林倫理與環境保護觀念不十分成熟且不確實的情況下，造成熱門的登山步道或山屋附近滿是排泄物及衛生紙的情況，往往才是最終的後果。

玉山盛名享譽國際，每年攀登人數多達數萬人。
(吳王麟 攝；玉管處提供)



以玉山國家公園為例，該園區生態環境資源豐饒，是良好而廣大的集水區，也是臺灣秀姑巒溪、濁水溪與高屏溪三大重要水系的發源地，屬於生態保育及環境敏感地區。若以傳統廁所方式處理人類排泄物，恐對山區生態環境及下游河川用水造成污染，也是一種不符合友善環境原則的作為。根據美國蒙大拿大學學者Temple等人(1982)指出，人類的糞便中潛藏著許多腸道致病菌、病毒及寄生蟲卵，而這些細菌或病毒在糞便中可能存活數周或數月，就連以貓洞掩埋的排泄物，短期間雖然可以分解所有固體排遺，不過附近的土壤卻可被檢測出致命的細菌，如大腸桿菌與沙門氏菌等。這些細菌可能會影響周邊的土壤與空氣，而在此登山露營者也可能會經由泥土或水的媒介，接觸到這些排泄物分解所遺留下來的細菌，進而感染疾病。因此，高山地區人類排泄物的處理一直是被重視的課題，尤其是在國家公園設置範圍內，建置低污染、低衝擊且符合環境保護理念的生態廁所，便成為刻不容緩的重要工作了。

玉山國家公園管理處建構對友善環境生態廁所的演進史

草創期

在自然野地環境中，人類排泄物的處理，當考量在地水電供應情形、交通便利性、維護人力與費用，以及氣候環境特性等眾多因素。然而，高山環境有別於平地，常因水電、氣候、交通及地理位置等限制，不僅廁所的興建方式與排泄物處理方式與平地截然不同，就連興建經費也超出平地數倍之多，這種情況使得大部分形式的處理方式都受到侷限。

有鑑於此，玉管處在2003年委託工業技術研究院進行生態廁所設置技術與監測相關研究，同年的

11月，在玉山主峰線(塔塔加鞍部至排雲山莊)步道上的孟祿亭(1.5K)及白木林(5K)兩處，各興建1座乾式生態廁所(以下稱玉山主峰線生態廁所)，其特色為應用好氧發酵原理，將排泄物與木屑均勻混合攪拌，使其發酵分解，並由風力及太陽能來驅動照明、加溫與臭氣排放，期盼排泄物分解後，能回歸自然環境，就此展開對環境友善的行為。然而結果卻不如預期，探究其原因是此款生態廁所在使用後，必須自行轉動手輪帶動攪拌裝置，使排泄物與木屑進行混合。山友往往在使用後忘記攪拌，再加上將家中沖水馬桶的習慣帶入乾式生態廁所的錯誤觀念，使得原本的好氧發酵槽淪為厭氧的糞尿收集槽，而風力系統也因風勢不強及不穩定，無法達到原先設計的效能。2004年玉管處又於觀高與庫哈諾辛山地區各設置1座改良型生態廁所，將前一代設施各項零件構材輕量化，發酵槽體積縮小並模組化，以方便維修搬運。另外，設計定位腳踏板及便器奈米化等處理，然此類生態廁所最終仍因宣導不夠透徹、遊客使用不當，加上山區管理維護不易等問題，致使處理成效不彰。

試驗期

玉山園區營地確有建置廁所的需要，先前所設計的生態廁所，在高山上似有水土不服的情形。在這種情況下，玉管處採取積極作為，於2006年邀集長年協助玉山園區巡山護管及環境維護的保育志工進行研商，決定試著將早期農業時代，以自然堆肥法處理排泄物的方式，引進園區生態廁所來解決這個難題，並以中央金礦山屋為實驗試區。中央金礦山屋周邊腹地狹小且鄰近溪畔，若要求山友以LNT原則處理排泄物，似有其困難度。玉管處秉持服務山友及資源永續利用的理念，以最小的成



玉山主峰線白木林生態廁所外觀。(齊泰榮 攝)



中央金礦山屋旁簡易生態廁所。(齊泰榮 攝)

本，就原已存在的簡易木製廁所進行改建，於是玉山園區首座以堆肥法處理排泄物的生態廁所就此誕生。此座簡易生態廁所仍採乾濕分離便器，最大不同是加設了尿液引流裝置，也因此告別了原本生態廁所發酵桶湯湯水水的恐怖景像，此設計最大特色是，山友在使用後需自行投入適量的腐植土，再由志工隔週定期進行攪拌、翻堆及發酵監測。

要在高海拔山區從事堆肥工作，可不是件簡單的事。除了山路遙遠崎嶇難行外，常年低溫且缺乏營養源，也大大降低分解發酵的速率，再加上可蒐集參考的相關文獻，更是寥寥無幾。在這種窘境下，參與志工仍然秉持大原則，依循堆肥技術的要領與科學家的精神，不斷地進行各種有機質材料試驗，經歷一而再、再而三的失敗，終於找到適合在高山



玉山主峰線第一代生態廁所收集桶全貌，須靠手輪帶動鏈條將排泄物與木屑混合。(齊泰榮 攝)



保育志工協勤過程，有時走的步道是懸崖峭壁。(齊泰榮 攝)

地區發酵的在地有機質材料與微生物菌種混合體(即林下的腐植土)。值得一提的是志工們在翻堆、攪拌這些堆肥資材的過程中，發現原來在地森林中的腐植土是堆肥過程中極佳的吸臭材料。

慶幸的是，此項堆肥試驗目的不在於製作有機肥，而是消化人類排泄物，所以不須考慮氮元素流失的問題，但相對的困擾是在高海拔山區製作堆肥，礙於氣候環境因素，過程中無法達到腐熟所需的高溫(平地堆肥一般溫度可達到攝氏60°C以上)，致使某些病原菌、蟲卵可能無法被殺死。基於安全考量，即便堆肥外觀已呈現鬆軟、氣味不再難聞，除部分做為下一批堆肥製作時之菌種外，其餘仍須持續堆積於大地，使其在自然環境中完成靜菌作用(bacteriostasis)，以確保安全衛生。



玉山主峰線生態廁所硬體結構，上桶為收集桶，下桶為污水桶。(齊泰榮 攝)



堆積於儲存桶等待分解發酵之堆肥資材。(齊泰榮 攝)

曙光期

就在志工團隊於中央金礦地區歷經3年多的試驗與觀察，堆肥技術大致被認為成熟可行的同時，莫拉克颱風襲臺，造成玉山園區登山步道柔腸寸斷，不僅中斷了前往中央金礦的步道，也中斷了這項生態廁所的堆肥試驗。2010年志工們只好另起爐灶，將中央金礦的技巧與經驗導入玉山主峰線生態廁所，以延續這項持續3年的試驗。

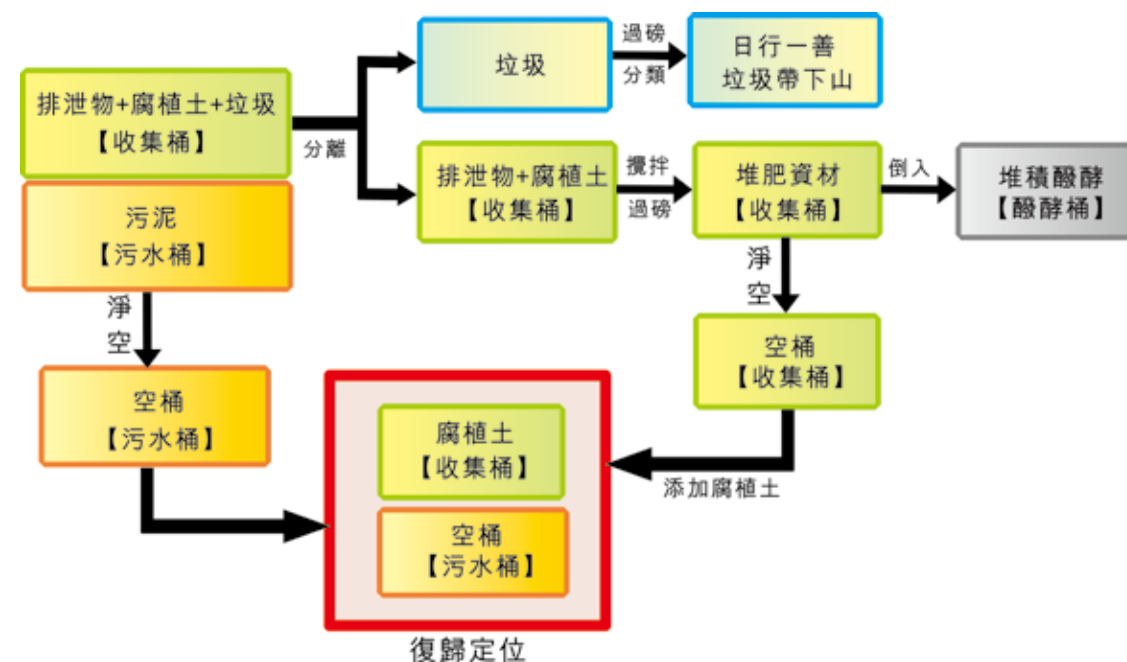
玉山主峰線生態廁所是2003年由工研院研發建構的第一代生態廁所，存在著基本設計上的缺陷。玉管處雖於2009年進行醱酵槽之更換及部分改善，惟仍不盡符合實際操作之理想，2010年該處大膽將這兩座生態廁所交由保育志工團隊主導改善，有了中央金礦的實際操作經驗，志工團隊開始為這2座生態廁所進行大改造。為避免前車之鑑，除導入中央金礦實際經驗外，也考量現地遊客使用量、氣候、腐植土及操作維護等因素，在硬體結構及維護管理模式上，做了必要的變革，期盼以最自然、環保、低碳、在地化的方法，來處理人類留下的排泄物。

穩健期

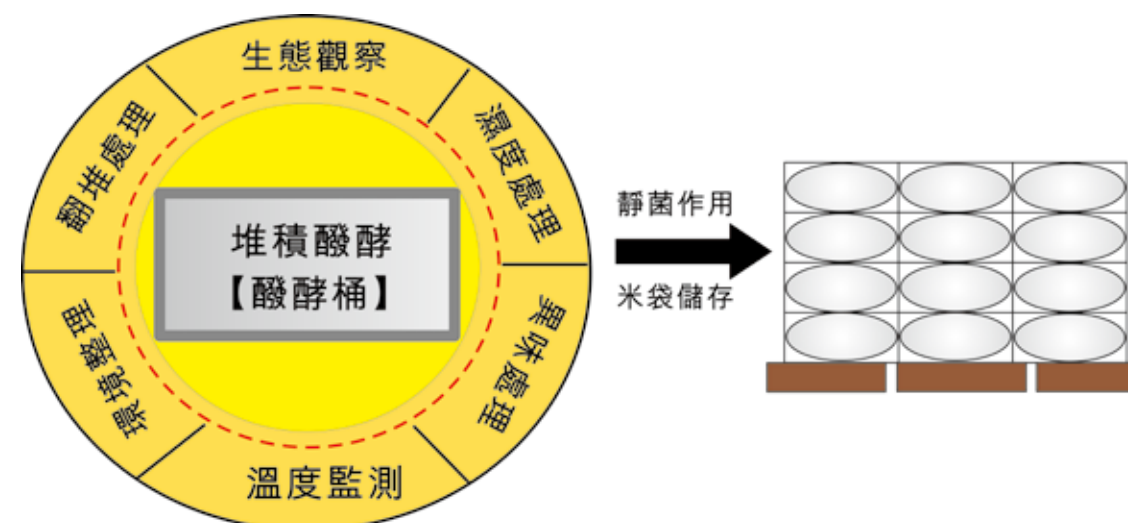
保育志工團隊自2010年3月起接手玉山主峰線生態廁所，即著手徵詢並召集有意願保育志工齊泰榮先生等16人，組成生態廁所維護工班。很快的，在4月份完成場地探勘與規劃、改善器具設施的購置，以及堆積場地設置等工作。除此之外，團隊也辦理堆肥相關教育訓練，增加工班人員業務知能，並訂定維護管理標準作業流程，安排志工分批實際操演。

在硬體結構的改善上，將2座生態廁所設施結構作局部改良，除抽換原本半封閉式、單件式之醱酵槽(同時可作收集儲存與醱酵之用)，改置平口式之收集桶與污水桶，落實乾濕分離，另設置醱酵桶數個，使堆肥好氧醱酵效率更佳，日後翻堆、攪拌更方便。

堆肥處理是一種好氧性化學反應過程，傳統堆肥醱酵最佳條件為含水率約60%，碳氮比為20:30，並具有適當菌種及充分氧氣供應等條件。玉山主峰線生態廁所的改善計畫，即依堆肥醱酵最佳條件進行操作規劃，於排泄物收集桶內層設計乾濕分離



玉山國家公園主峰線生態廁所排泄物堆肥處理標準作業流程。(黃靜宜 繪)



玉山國家公園主峰線生態廁所排泄物醱酵桶監測標準作業流程。(黃靜宜 繪)



觀察是堆肥過程的重要一環。(齊泰榮 攝)

器，過濾出堆多餘的水分，避免造成厭氧發酵。糞便部分採固態好氧發酵方式處理，並應用在地腐植土來調整濕度及改善堆肥基質的結構，輔以志工定期進行攪拌及翻堆，創造微生物有利的生長條件。經由分離器收集至污水桶的尿液，則分散滲流於地層，由微生物分解作用及泥土吸附來降低污染。

為確保每次堆肥處理流程操作品質一致，執行生態廁所維護的志工必須依照「玉山主峰線生態廁所排泄物堆肥處理標準作業流程」確實操作執行。每一次的任務都必須將收集桶中的衛生棉、衛生紙、塑膠、瓶罐等無法分解的垃圾挑出並帶下山，其餘可被分解的排泄物則做為堆肥基材，並將其倒入發酵桶內進行堆積發酵。儲存於發酵桶等待發酵分解之堆肥，亦須進行生態觀察、翻堆處理、濕度處理、異味處理、環境整理及溫度監測等，並將相關數據記錄下來，再利用堆肥外觀、味道、pH值、溫度及種子發芽法的觀察等方式判斷其腐熟程度。根據團隊過去的觀察與經驗值判斷，經過約2個月發酵之堆肥半成品，其色澤變黑，沒有臭味，此時再翻堆溫度也不再提升，就可導入米袋儲存堆積，進入常溫靜菌狀態。

由志工一手操作維護的中央金礦及玉山主峰線生態廁所最大特色與突破，在於有效運用社會資源(志工人力)定期清潔維護，以人工翻堆、攪拌方式

取代穩定性不佳的機械式攪拌系統，並以在地林間腐植土中的微生物取代外來的木屑及分解菌，有效解決高山地區分解菌對低溫環境適應不良及維護管理不易等問題。玉山主峰線生態廁所自2010年操作至今已逾4年，早期堆積腐熟的排泄物堆肥皆已回歸大地，民眾對於此種生態廁所維護管理模式也頗為讚賞。

遊客使用滿意度調查

為瞭解高山生態廁所在自然堆肥維護模式的運作下，山友「對生態廁所的使用觀感」及「對高山生態廁所的使用經驗及認知」，我們在2010年4-11月期間，針對使用生態廁所之山友，以隨機取樣方式進行問卷調查，回收問卷173份，其中有效問卷170份。

在「對生態廁所的使用觀感」的面向，170份有效問卷中，92%認為生態廁所的環境整潔在尚可之上，其中62%認為生態廁所乾淨。對於廁所使用時的氣味感受，87%認為廁所氣味在尚可接受程度之上，其中52%認為可接受，顯示八成以上的山友對於自然堆肥處理模式下的生態廁所，在環境清潔及氣味都在可接受程度之上。

在「對高山生態廁所的使用經驗及認知」的面向，我們對登山者行為態度進行調查，在衛生



外籍遊客也對志工進行堆肥pH值測定充滿好奇心。(齊泰榮 提供)



生態廁所問卷調查。(齊泰榮 攝)

紙(棉)處理上,29%的登山者認為應該要自行帶下山;16%認為可以帶下山,但是有點麻煩;認為可丟在廁所內收集桶為49%,而認為直接丟入便坑者仍有6%。若遇到登山途中及營地無廁所的情況時,有29%會將排泄物挖洞掩埋,有7%會將排泄物帶下山或忍耐到下山,另有65%的登山者會選擇尋找隱密處解決。

在此次填寫問卷登山者的登山經驗分析中,我們得知其中97%的登山者皆有攀登3,000m以上高山的經驗,但對於高山生態廁所的相關資訊認知上,卻有27%的人不知道,甚至不想瞭解。在64位使用過臺灣高山廁所的登山客中,有86%的登山者認為生態環保與否是他們考量廁所好壞的第一要因,另有69%的登山者認為好的高山廁所是需要有人維護的,此外認為髒臭不堪及無人管理是多數人認為廁所環境不佳的主因。

被問到在高海拔山區登山時,排泄物應該如何處理時(複選),81%的登山客認為應該蓋簡易生態廁所,26%認為應該推廣實施LNT準則,11%認為應該建構沖水式廁所;另有7%的登山客認為應該提供袋子讓山友帶下山,或是僱工背下山,4%認為集中由直昇機吊掛下山為妥。對於登山者使用高山生態廁所的態度觀念上(複選),79%及62%的登山客認為需有個人道德觀念,並透過解說教育來增進對生態廁所的瞭解;有17%的登山客則認為高山廁所使用依個人習慣、反正有人維護就好。

從以上問卷分析結果可以得知,國人登山活動雖

已普及,然對高山排泄物的處理,以及高山環境維護的教育上仍須加強,在登山教育上應著重於污染源可能對生態環境與景觀資源,甚至於人類健康所造成影響等議題。藉由強化登山者對環境意識的認知,才能降低對自然資源的衝擊,進而達成資源保育之目標。

結語

如何以友善態度對待環境,單就人類排泄物處理的課題,就有這麼多的困難點必須克服。由玉山主峰線生態廁所的案例來看,以志工人力搭配自然堆肥方式進行維護與運作,我們確認了它的可行性。雖然沒有亮麗的成績,卻也實際執行運轉多年,志工們以嚴謹態度來執行生態廁所維護計畫,讓原本花費鉅資建構的生態廁所,不致淪落為收集排泄物的糞坑,使看似無用的污染物得以轉化回歸大地。高山生態廁所在諸多的環境限制下,其清潔維護作業往往顯得十分困難,此時管理維護的重點就取決於使用者的道德觀了。目前玉山主峰線生態廁所的清潔維護仰賴的是一群默默耕耘、不計辛勞的志工。然自然保育與山林維護工作是一條長遠的道路,不僅僅是少數幾個人的任務,而是生存在這片土地上的你我,必然面對的使命。



為臺灣山林默默付出的快樂志工。(齊泰榮 提供)

道路生態工作坊 暨第2屆路殺社志工年會

The workshop of road ecology and the 2nd annual meeting of roadkill group

林德恩 Te-En Lin