



內政部營建署玉山國家公園管理處

553 南投縣水里鄉中山路一段 300 號

總機：(049) 2773121 (代表)

傳真：(049) 2774846

玉山國家公園研究叢刊編號：1106

1106

# 玉山國家公園高山生態廁所 設置標準之研究

The Study of Bio-toilet in Yushan National Park



內政部營建署玉山國家公園管理處委託研究報告  
中華民國九十二年十二月

1106 玉山國家公園高山生態廁所設置標準之研究  
內政部營建署玉山國家公園管理處

# 玉山國家公園高山生態廁所設置 標準之研究

The Study of Bio-toilet in Yushan National Park

受委託者：工業技術研究院

研究主持人：陳國帝

協同主持人：謝長良

研究助理員：董時堅

共同研究單位：吳明修 建築師事務所

研究人員：吳明修、陳美如、游晉程、沈光龍

內政部營建署玉山國家公園管理處

中華民國九十二年十二月

## 目次

表次 .....	iii
圖次 .....	iv
摘要 .....	v
第一章 計畫緣起及目的.....	1
第二章 國內外相關文獻及環境法規.....	3
2.1 日本山岳地區公廁興建方式 .....	5
2.2 國外乾式廁所應用現況.....	7
2.2 國內合歡山實驗型乾式生態化廁所應用經驗....	11
2.4 環境法規要求 .....	16
第三章 執行內容與方法.....	18
3.1 生態廁所規劃設計 .....	18
3.2 低溫醱酵系統實驗.....	21
3.3 動力系統規劃.....	22
第四章 執行成果.....	24
4.1 低溫醱酵實驗.....	24
4.2 規劃設計及製作.....	28
4.3 成果發表及宣導.....	31
4.4 清潔維護作業.....	32

4.5 設備操作手冊.....	36
4.6 經常性問題及答覆 (FAQ) .....	49
4.7 緊急應變措施.....	51
第五章 結論與建議.....	53
第六章 重要參考資料.....	54
致 謝 .....	56

## 附件

1. 施工圖
2. 論文
3. 成果發表會資料

## 表次

表 2.1 高山公廁污水處理方法及應用條件與特徵 .....	4
表 2.2 日本高山地區新建公廁型式 .....	6
表 2.2.1 生態廁所設施及功能表 .....	13
表 2.3.2 武嶺生態廁所運轉現況紀錄 .....	15
表 3.1 微生物及最適溫度 .....	21

## 圖次

圖 (2-1)	乾式生態化馬桶.....	8
圖 (2-2)	小型堆肥器.....	9
圖 (2-3)	大型堆肥醱酵.....	9
圖 (2-4)	應用生物可分解塑膠袋之廁所.....	10
圖 (2-5)	焚化方式乾式廁所.....	11
圖 4.1	實驗進行中溫度變化.....	27
圖 4.2	實驗進行二氧化碳濃度變化.....	27
圖 (4-3)	孟祿亭生態化廁所 92.12.05.....	29
圖 (4-4)	白木林乾式生態化廁所 92.12.05.....	30
圖 (4-5)	太陽能電池.....	30
圖 (4-6)	風力發電機及避雷器.....	31

## 摘 要

關鍵字：醱酵 放熱反應 植種

玉山國家公園位於台灣本島中間地帶，跨越嘉義、南投、高雄、花蓮四縣，面積十萬餘公頃，是我國第二座，也是面積最大一座國家公園。園區內有 30 座海拔 3000 公尺以上高山，如玉山群峰、馬博拉斯山、秀姑巒山等；其中玉山主峰海拔 3952 公尺，是東亞第一高峰，因攀登困難度不高，為一種大眾化及國際線登山路線，每年吸引眾多遊客到訪。但高山地區環境特殊如缺水、缺電，冬季下雪結冰等特殊地理條件，傳統式廁所設計，因水電及環保因素，無法應用於高山地區，登山客之排遺成為國家公園管理單位亟待解決之問題。工研院環安中心受玉管處委託，針對玉山主峰登山路線之環境特性，規劃設計兩座乾式生態化廁所，以服務登山遊客及保護生態環境。

生態化乾式廁所應用有機物固態醱酵原理將有機物經分解達到減量及安定化目的，於處理過程因微生物作用為一放熱反應因此溫度上昇，應用溫度及二氧化碳檢測，以顯示微生物活性。應用落葉及表層泥土為植種方式，達到快速啟動目的。本計畫應用風力及太陽能為清潔能源，經規劃設計審查完成後，順利發包製作。乾式生態化廁所於承包商廠內組裝完成後，於 10 月 21 日玉管處舉行成果發表會，再拆解運至工地重新組裝，現場工程於 92 年 12 月中完成，經驗收手續

完成後即開放供遊客使用，將可達到環保及服務之功能，此為國內高山首次應用生態工法處理人體排洩物，後續將持續進行監測計畫以驗證其性能效率及各種天候之適用性。

### **Key words**

Composting, Exothermic, Inoculation

### **Abstract**

Tourist excreta treatment in High Mountain area in Taiwan brought more attention recently as mountain hiking and sight seeing tour become popular. The Yushan National Park is one of the most popular tourist sites in Taiwan. Crowded visitors, freezing temperature and insufficient water supply, so the traditional flushing toilet can't be used in this trail. To solve this problem, Center for Environmental, Safety and Health Technology of Industrial Technology Research Institute (CESH/ITRI) was invited to design an adequate bio- toilet for tourist excreta treatment. There is no electric power, water supply and vehicle can not reach in this site, so the power for ventilation and lighting was supplied by solar power system, rainwater was collected for house cleaning. These two dry toilets have been finished construction and start operation Since Dec.2003. This is the first bio-toilet in Taiwan, the efficiency of the toilet will be monitored to testify the system is an idea process in high mountain area.

## 第一章 計畫緣起及目的

高山旅遊風氣日盛，但遊客排遺問題也成為管理單位面臨難以解決之困境。如 92 年 8 月底，太管處舉辦之「2003 年國家公園登山研討會」，張玉龍等多位先生，論文中都提到登山環保中排遺如何處理問題。92 年 8 月 21-23 日於芬蘭舉行之第 1 屆乾式廁所國際研討會「The 1<sup>st</sup> International Dry Toilet Conference」，多篇論文討論高山及寒冷缺水地區乾式廁所應用方式。92 年 10 月於台北舉行之世界廁所高峰會議，高山廁所也為會議主題之一，因此高山地區因遊客排遺之影響及高山廁所之興建技術問題，已於國內外逐漸受到重視。

玉山國家公園位於台灣本島中間地帶，跨越嘉義、南投、高雄、花蓮四縣，面積十萬餘公頃，是我國第二座，也是面積最大一座國家公園。園區內有 30 座海拔 3000 公尺以上高山，如玉山群峰、馬博拉斯山、秀姑巒山等；其中玉山主峰海拔 3952 公尺，是東亞第一高峰，因攀登困難度不高，為一種大眾化登山路線，每年吸引眾多遊客到訪。但從塔塔加鞍部至排雲山莊，距離 8.5 公里登山步道往往約須 4 小時步行時間，卻無公廁設施造成遊客不便及污染，因此經由現場評估及登山客之問券調查結果，選定於孟祿亭及白木林兩處興建乾式生態化廁所，以服務登山遊客。

高山地區因地理環境於平地完全不同，因此興建廁所除考慮使用者之舒適性之外，更要考慮自然環境如水電供應、交通便利性，及當地環保要求等因素。玉山地區因缺水、缺電及交通不便等因素，經評估國外高山廁所相關建設經驗，應用生態化乾式廁所為設計目標，應用風力及太陽能發電，供應於通風及照明等用途，整體設計除應用木構造材料，易於搬運也與整體環境結合；功能上多用途設計，除提供上廁所主要目的之外，也能應用為緊急避難所等功用。截留雨水為清潔用途，更設計易拆換式衛生設備，清潔保養更為方便。乾式生態化廁所設計因無污水等二次污染，因此可符合寒冷缺水及環境敏感地區應用，經由此兩座乾式生態化廁所設計施工及應用成功經驗，未來可將此經驗技術、推廣於應用高山及水源保護地區。

## 第二章 國內外相關文獻及環境法規

高山地區因地理環境與平地區域不同，如溫度低水電供應不易；因此高山地區公廁之興建方式也往往與平地不同。高山地區公廁建設，從位置選擇，使用人數及尖離峰服務人數、污水處理方法及外觀、能源供應及最終殘餘物質之處理皆應加以考量評估，再據以興建最適合當地環境之設施，以服務公眾之需求。

公廁興建最主要目的再於將人體排洩之糞、尿等經有效處理以免污染及破壞生態，同時廁所環境清潔之維持更為使用者所要求重點。雖然因水電供應等不同方式可選擇不同類型之設施，如常使用微生物處理方式以好氧、厭氧或兼氣性等微生物處理方式；應用設施如化糞池、預鑄式污水處理設施、土壤微生物處理；或以物理處理方式如脫水、乾燥或焚化處理等方式；化學處理方式如固化、除臭滅菌處理等；各種不同處理方式皆有其特點及應用性限制。因此歸納高山公廁污水處理之型式及優缺點將如下表（2.1）所示：

表 2.1 高山公廁污水處理方法及應用條件與特徵

條件及特徵				設備、維護條件								設備面積		系統重量		特徵
				水		電力		汲取 *1								
				必要性	容量	必要性	容量	必要性	容量	頻率						
處理方法				必要性	容量	必要性	容量	頻率	設備面積	系統重量	特徵					
非現場處理，由山上運至山下	非水洗式	汲取式	不要	-	不要	-	要	小	中	中	中	構造簡單、容易管理，但必須有看得到生尿及臭氣的對應方法(亦有將 bio 藥劑投入儲槽，達到除臭、分解效果的例子)				
		Pack 式	不要	-	要	極小	要	小	中	小	小	每次放入袋子內回收				
		凝固式	不要	-	不要	-	要	小	中	微小	微小	排入袋子內，用凝固劑及除臭劑使之凝固。由個人或回收運送。				
	水洗集中式	簡易水洗汲取式	要	1次少量	不要	-	要	中	中	中	中	用少量水洗淨，汲取量變少。(看不到生尿)				
		泡泡洗淨汲取式	要	稀釋泡泡	要	極小	要	小	中	中	中	非水式洗淨，泡式洗淨汲取量變少。(看不到生尿)				
		吸引汲取式	要	1次少量	要	極小	要	小	中	中	中	用吸引方式能以少量的水運送尿。(看不到生尿)				
現場處理	化學性的處理系統	水洗循環式	常流循環式	要	初期水	要	中	要	大	小	中	大	是化學處理，循環再利用的 type。因使洗淨水常流循環，可避免洗淨水不足			
	物理性的處理系統	水洗式	蒸發乾燥(循環式)	要	1次少量(初期水)	要	大	不要	-	-	中	中	由於蒸發乾燥，回收量減少，無需汲取。但必須回收粉末物。			
			焚燒(循環式)	要	初期水	要	大	要	小	小	中	中	用電力炭化，回收量減少，無需汲取。但必須回收炭化灰。			
	生物性的處理系統	水洗式	非水洗式	焚燒式	不要	-	要	大	要	微小	小	中	小	用焚化方式，回收量減少，無需汲取。但必須回收焚化灰。		
			淨化槽放流式	要	1次大量	要	中	要	中	中	大	大	處理能力安定。必須做污泥處理。			
			Bio + 土壤處理式	要	1次少量	要	小	要	中	極小	大	小	尿與固體物排出時即分離，大使用 bio，小便利用土壤處理。原則上不必汲取，maintenance 比較簡單。			
		水洗循環式	腐敗槽 + 土壤處理式	要	1次少量	不要	-	要	中	極小	大	大	腐敗槽兼具嫌氣處理及土壤處理之高效率處理。既是自然流出，無須電力，maintenance 比較簡單。			
淨化槽 + 土壤處理循環式	要	初期水	要	中	要	中	極小	大	大	淨化槽與土壤處理裝置組合而成的系統，洗淨水可循環再利用。						

		腐敗槽 +土壤處理循環式	要	初期水	要	中	要	中	極小	大	大	腐敗槽兼具嫌氣處理及土壤處理之高效率處理。洗淨水可循環再用。
		Bio +土壤處理循環式	要	初期水	不要	-	不要	小	極小	大	中	使用 bio 材料及土壤處理組合處理之。淨化過的洗淨水用腳踏 pump 再循環。(無須電力)
		淨化槽循環+污泥減量裝置	要	初期水	要	中	要	小	極小	大	大	在淨化槽中稀釋淨化水再循環利用。污泥在關閉時使用減量設備使之減少，當做種子污泥再利用。
		淨化循環式	要	初期水	要	中	要	小	小	中	大	使用微生物，膜使洗淨水循環再利用的 type，清除烏污泥的頻率少。有許多種類的系統正在開發中。
	非水洗式	Compost Bio 式	不要	-	要	小	不要	-	-	中	中	糞尿 compost 化，或是分化成水和二酸化炭素。
		ばっ気 +土壤處理式	不要	-	要	小	不要	-	-	大	大	糞尿添加 bio 劑，ばっ気處理之後再做土壤處理。

資料來源：上 幸雄 山岳觀光地廁所及屎尿處理介紹 水環境學會誌

## 2.1 日本山岳地區公廁興建方式

登山、露營、森林浴及生態旅遊等已成為日本最受歡迎活動，以平成 12 年（2001）環境白皮書及載明日本各國家公園每年約有數百萬遊客。因此於各風景區及觀光景點，依當地環境不同，應用不同處理方式，已建造大量公廁，服務從事山岳活動遊客。依各地要求及現地條件不同，日本各地山岳地區所興件公廁型式如下表所示：

表 2.2 日本高山地區新建公廁型式

處理方法	處理設備	裝設地點
生物處理方式	淨化槽+再處理槽	八岳 夏呎礦泉 南阿山 仙仗岳避難小屋 鳥海山 瀧之台公廁
	消化槽+土壤處理	大朝日岳避難小屋
	腐敗槽+土壤處理	丹呎黍殼避難小屋 奧秩父雲取山頂小屋
	厭氣濾床+土壤處理	奧多摩影信山公廁
	曝氣槽+土壤處理	北阿山 橫尾山屋
	堆肥 微生物處理	南阿山 北岳大樺呎 富士山
	淨化循環	北阿山黑部阿曾原小屋
化學處理	常流循環式	御板三 公共廁所 長野市地藏
化學處理	常流循環式	御板三 公共廁所 長野市地藏
物理處理方式	乾燥 蒸發式	富士山 吉田下山道
	燒卻式	
簡易處理	簡易水洗+真空式	
		富士山 5合目公廁
非水洗非處理	攜帶式廁所 (小屋內使用)	後立山 八方尾根公廁 南阿山 鹽見小屋
	攜帶式廁所 (野外使用)	下山口處理 自宅處理

資料來源：上 幸雄 山岳觀光地廁所及屎尿處理介紹 水環境學會誌

各公廁之興建除考慮遊客使用方便性之外，更考慮對環境將造成之影響，因此選用低耗能、無二次污染、對環境友善方式處理，已是目前國內外之趨勢。

## 2.2 國外乾式廁所應用現況

乾式生態化廁所因無廢水等二次污染物質，並不因氣候寒冷產生管路結冰阻塞問題，且處理後殘餘物質可為有機肥具再應用價值，因此國外芬蘭一國即有 3 萬座之應用實績，其他如北歐、日本、尼泊爾及非洲奈及利爾等地都有極多應用成功例子。

乾式生態化廁所所用之衛生器材及污染物處理方式與傳統方式不同，如傳統式沖水馬桶，應用水封設計，阻擋化糞池或管路臭氣擴散至廁所空間。但乾式生態化廁所，為阻隔糞便暫存或醱酵區之臭氣，因此應用通風設計原理，將氣體經由便器往下抽送，防止臭氣漫延至廁所空間；經由強制之通風方式，除供給氧氣供微生物活動作用，更能帶走蒸發之水蒸氣，促使糞便之安定化及減量化。乾式生態化廁所其構造上，因為不使用清水沖洗，人體排洩物將直接掉落至下部貯存木屑之容器，應用木屑將人體排洩物混合以調整水份，營造微生物最佳活動環境以加速分解。為防止糞便沾黏便器，因此其排放孔擴大為約 20 公分直徑；同時應用尿液與糞便分離方式設計，將尿液另以其他容器承接，作為液肥處理；因水份降低也能加速其分解反應，也能延長糞便清理頻率。國外乾式生態化廁所普遍應用之馬桶如下圖（2-1）所示：



圖 (2-1) 乾式生態化馬桶

排洩物處理方式，除尿液將與清水混合直接作為澆灌使用，糞便與木屑等混合，將之充份醱酵後，轉製有機肥。其處理設備將可依環境設計，加以適當通風及攪拌，將可加速其分解，如下圖 (2-2) 及圖 (2-3) 所示。



圖 (2-2) 小型堆肥器



圖 (2-3) 大型堆肥醱酵

部份乾式生態化廁所商品為容易清潔及維護作業，另以生物可分解塑膠製成之袋狀物置放於馬桶上，將糞便及尿液承裝於此生物可分解塑膠袋，再將之清運後，將糞便與生物可分解塑膠袋共同製作成堆肥，如下圖（2-4）。因糞便及尿液主要成份是水，因此國外亦有將排泄物以電熱方式將之焚化減量成灰燼，更方便處理，應用特殊觸媒以分解臭味等先進設計，以降低環境之臭味。另可設計調整於離峰時段自動啟動焚化以降低操作成本，同時經由高溫達到滅菌及減量功能，為一項高效率設備。



圖（2-4） 應用生物可分解塑膠袋之廁所



圖 (2-5) 焚化方式乾式廁所

## 2.2 國內合歡山實驗型乾式生態化廁所應用經驗

國家公園成立目的除了提供國人遊憩目的之外，更富有研究及教育、生態保育等功能。合歡山地區因交通便捷，機動車輛可直達山頂，冬季下雪往往吸引眾多人潮賞雪，現有傳統式廁所於雪季因缺水及管路凍結無法使用；同時合歡山地區也是多條河川發源地，廁所污染若處理不當，將直接污染下游河川影響飲用及遊憩之安全。

生態廁所應用微生物將有機污染物質分解，產生二氧化碳、水蒸氣及微生物菌體，微生物於作用同時產生熱能將溫度提昇至 60-70 °C，將水份蒸發達到有機物減量及安定化目的；因此須提供微生物最

佳生長環境，快速繁殖、增長及新陳代謝，將能提昇有機物減量及安定化處理效率。因為微生物最佳生存環境為含水率為 60%，同時有充足氧氣存在環境與適當溫度，如水份過高氧氣傳遞不易將形成厭氧反應，含水率過低將抑至微生物成長。但人體排洩物中水份含量 90% 以上，同時氮、磷等營養源含量也很高，因此將以添加木屑及稻殼等以調整含水率及碳氮比等，以創造微生物最佳生長環境。工研院於 91 年度接受太管處委託「高山公廁生態工法與水源維護方式之研究」經評估自然環境、能源供應及用永續發展等因素，以乾式生態廁所為當地公廁最適合應用之技術。曾於武嶺地區興建實驗型之乾式生態化廁所，其主要功能及結構如下：

表 2.2.1 生態廁所設施及功能表

主要機構及材料	設施名稱	功能
填充材	木屑 稻殼 腐熟堆肥	水份調整 微生物添加
攪拌裝置	馬達、減速機、攪拌軸	混合 通氣
溫控裝置	電熱、溫控裝置、保溫材	固定溫度利於微生物成長
通風設施	排風扇	改善室內空氣 提供微生物氧氣
安全裝置	電燈開關 攪拌機停止裝置 自動計數裝置	提供照明 使用中自動停止 人數統計
定量裝置	尿液暫存桶管路及泵浦	調整尖離峰時段過超量使用
醱酵槽	兩組醱酵槽、堆肥清除	堆肥完全腐熟

a. 污染防治設備

乾式廁所因無水封裝置，為避免醱酵區內氣體滯留於如廁空間，將以排風機將氣體排至室外，新鮮空氣將經由馬桶及小便斗再向下進入處理區，改善如廁空間空氣同時也提供微生物生長所須氧氣。

b. 攪拌裝置

微生物成長時含水率 60% 左右，將是最佳作用狀況，因此應用攪拌裝置，將人體排洩物與木屑菌種等攪拌均勻，調整水份及與空氣均勻接觸，以加速反應速率。合歡山地區因台電電力供應，以電力帶動攪拌裝置，達到充分混合目的。

### c. 醱酵系統絕熱裝置

高山地區於冬季溫度降至零度以下，乾式生態廁所應用適當絕熱材料，能防止醱酵產生熱量散失，同時控制通風量以降低熱量散失，亦將有助於溫度之維持適當溫度。

合歡山武巔地區生態廁所，於 91 年 9 月初安裝完成開始進行試用及測試，至 92 年 2 月初依自動計數裝置統計已超過 12000 人次使用本廁所，於實驗進行期間，工研院不定時派遣同仁前往查看，確定各項設備運轉維持良好狀況同時委由新竹林管處合歡山莊派員，維護設備之整潔，以方便遊客使用。

本實驗型乾式生態廁所應用微生物將糞、尿等有機廢棄物減量及安定化，達到處理功效。因此由微生物活動所顯現狀態以評估其活動性是否良好。微生物進行活動將因新陳代謝等，提昇其溫度，因此以溫度為最簡便量測方法。同時分析水份、二氧化碳濃度及有機質以判定為生物生存環境是否適合，因此進行操作狀況量測，取樣分析，以了解其運轉狀況，經由不定期至現場量測，其操作狀況如下表。

表 2.3.2 武嶺生態廁所運轉現況紀錄

時間	外界溫度 ℃	槽內溫度 ℃	水份%	有機質%	使用累計
91.09.05	13	35	40	90	啟用
91.10.17	12	53	44.6	88.2	550 人
91.11.12	13	36	68.7	87.4	1010 人
91.11.28	4	35	65.4	85	1920 人
91.12.29	0	35	63	85	6753 (門鎖 破壞無法 統計)
92.01.15	8	41	65	83	9500
92.02.11	4	41	70	80	12935

經 5 個月之運轉，已有 12000 以上人次使用，由以上分析數據顯示，槽內微生物作用正常。槽內外溫度差可達 40℃ 以上，顯示微生物作用良好。微生物活動最佳狀況為含水率 60-30% 之間，在此範圍外不利微生物生長，運轉 5 個月，水份雖偏高，經分析為應用此廁所所以小便為主，有機質較少，同時木屑吸水效率雖高，但分解不易，因此為改善此現象需增加易分解材料以改善其處理效率即可。但 91 年 12 月接連 3 波冷氣團帶來瑞雪，及農曆春節期間連續假期，造成合歡山人滿為患，因武嶺公廁封閉所有遊客使用本實驗公廁，因處理量暴增無法即時完成消化，且糞尿無分離裝置，因此服務品質降低，但此種乾式生態廁所，仍為高山地區人體排洩物最佳處理方式。

## 2.4 環境法規要求

玉山國家公園是一個良好而廣大之集水區，是台灣中部、東部多條重要河川濁水溪、高屏溪、秀姑巒溪發源地，區內荖濃溪、陳有蘭溪、楠梓仙溪、拉庫拉庫溪等，以使用區分大部份為生態保護區、特別景觀區及遊憩區，因此對環境生態保護將特別重要。本區對環境法規等特殊規定經彙整分析將如下：

### 1.廢棄物清理法 第二條

本法所稱廢棄物分為左列二種 一般廢棄物垃圾、糞尿、物動物屍體或其它非事業機構所產生足以污染環境之固體或液體廢棄物。因此於本區遊客所產生之糞尿為一般廢棄物。

### 2.廢棄物清理法 第七條

一般廢棄物除依左列規定清除外其愉在指定清除地區以內者由植執行機關清除之....七.化糞池之污物，由所有人、管理人或使用人清除。因此園區內公共廁所之廢棄物由園區管理單位負責清除

### 3.廢棄物清理法 第八條

一般廢棄物清除、處理之運輸、貯存、工具、方法及設備，應符合主管機關或執行機關規定。

### 4.廢棄物清理法臺灣省施行細則 第十三條

糞尿之處理方法如左 一、生物化學處理方法.....作肥料處理 (1)

腐熟三個月(2)有效之溫度消毒(3)其它效之殺菌。因此糞尿應採用適當處理方法如生物處理方式，如作為肥料用圖除須腐熟三個月以上，同時須經有效之溫度消毒，如醱酵 60°C 10 天以上等方式，達到滅菌效果。

#### 5.水污染防治法 第二條

放流水標準排放水質除要符合一般排放標準，氨氮更限制於 10.0 毫克/公升，磷酸鹽（以三價磷酸根計算）4.0 毫克/公升.....玉山國家公園位於水源水質保護區內，因此相關設施之排放水質，其標準比較高以免形成污染及以保護下游水質及防止優氧化。

#### 5.國家公園法 第十三條

國家公園內禁止.....三.污染水質或空氣

因此國家公園內因遊客所須，增設廁所等設施，對其產生之污染應有適當處理設施以處理水及空氣之污染。

#### 6. 國家公園法 第十六條

第十四條之許可事項，在史蹟保存區，特別景觀區或生態保護區內，除第一項第一款及第六款經許可者外，均應予禁止。因此本計畫將在孟祿亭及白木林兩處興建公廁，因屬於生態保護區內，固應經申請許可才可進行興建。

### 第三章 執行內容與方法

玉山國家公園地區因地理環境與平地區域不同，如溫度低無水電供應，同時為國內熱門登山路線；因此本地區公廁之興建方式及污染物質處理方式也與平地要求不同。公廁建設將考慮位置選擇，服務人數及尖離峰使用人數、污水處理方法及建築物外觀、能源供應及最終殘餘物質之處理皆應加以考量評估，再據以興建最適合當地環境之設施，以滿足公眾之需求。

本計畫為達成一個完整之乾式生態化廁所之規劃設計，因此邀請台灣衛浴文化協會理事長吳明修建築師團隊，共同執行此計畫。由建築師負責景觀及木構造與室內之設備配置，工研院研究團隊負責醱酵槽、風力、太陽能光電系統之規劃設計，同時另案委託吳明修建築師事務所負責監造事宜。為能確保計畫之成功因此也於實驗室中模擬未來實際之低溫狀況，進行微生物之分解作用，進行實驗。本計畫之主要執行內容及方法如下所述：

#### 3.1 生態廁所規劃設計

本計畫經現場勘查評估及問卷調查結果，選定位於塔塔加鞍部至排雲山莊登山步道中 1.5 公里處孟祿亭及 5 公里處白木林兩

處地點，同時與工務課及排雲山莊管理站等單位，確定實際位置，經嘉義林管處量測後進行租地作業。但公廁設計除要達到將污染物處理基本功能，更要從使用者觀點了解需要著手以設計出符合人性化、明亮、乾淨多用途及容易清潔之廁所。設計上主要考量點為下列：

a. 環保功能性設計

玉山地區為生態保育及還境敏感地區，因此廁所之興建將以不產生二次污染處理方式，將糞便以微生物分解及安定化後，再將之運送下山，將可降低環境之破壞。醱酵過程爭過量尿液，應用深埋土中之散水管，以土壤吸附及植物吸收方式，避免二次污染產生。

b. 多功能性設計

公廁設計除維護環境所使用污染防治設施之外，於山區也將考慮多種用途；如雨水截留設計，除可供衛生設備清潔用途，也可供緊急需求使用；公廁也要有緊急避難小屋之功能，因此要能符合登山客避風、雨、雪之功能。因此設計公廁將以內部寬敞，乾燥採光通風良好為主，進口寬大登山背包可直接進入，另有置物架以方便直接取物。因此具有達到遮風避雨，緊急避難等多功能用途。

#### c. 當地地理環境特殊考量

玉山地區高山地區冬季降雪及結冰，地面濕滑，因此有關戶外地面、樓梯之設計，將以防滑及不積存冰雪之設計，樓梯扶手等人體接觸地方，應用木料以取代鐵材。人員進出口位置，也將考慮以避風雪位置及方向，同時環境設計將以明亮、通風、乾燥等方式為設計原則。

#### d. 外觀與自然環境融合

本計畫兩座廁所設置興建，也是國家公園內整體設施之一部份，除提供遊客一個舒適上廁所環境，其整體外觀也要與當地自然景觀、環境融合，避免突兀等景觀產生。因此步道與廁所連接通路以石塊堆積及現地階梯（孟祿亭）及現地開鑿石頭步道（白木林）設計，另以南方松原木經防腐處理後，作為廁所主要建材，使整體廁所外觀與自然環境融合。

#### e. 設備及操作

為維護廁所功能正常運作，因此重要設備應有備份裝置，如通風系統，排風裝置應有兩套裝置，平日輪流運轉，以降低失效無法運作風險。能源應用也以風力及太陽能兩種方式，取得穩定清潔能源。廁所清潔維護也以容易操作為原則。馬桶及小便斗也將以容易拆卸方式設計，未來清潔人員將可輕易拆卸，清潔後再安裝定位。

### 3.2 低溫醱酵系統實驗

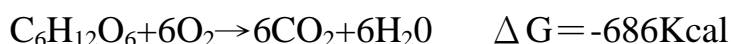
生態化公廁應用微生物將人體排洩物安定及減量化，達到降低污染目的。本地區平均溫度僅 5°C，因微生物受低溫影響，因此其活動較為緩慢，如玉山國家公園白木林地區，雖經長時間，仍留有樹幹不腐爛即為明證。影響有機物分解處理效率主要因素有菌種特性、微生物接種密度、菌種菌齡、微生物生長所須基質之特性和培養環境如水份含量、容積密度，孔隙度、水份保持力、溫度、通氣及基質之 pH、碳源、氮源及無機鹽類等。一般而言溫度降低 10°C，微生物活動能力降低一半，因此本計畫位於於高山寒冷地區，應用微生物之生態化公廁，將設計及維持微生物最適當生存環境，以適當水份及碳氮比和槽體以適當保溫裝置，提昇其溫度以促進有機廢棄物分解。

堆肥法處理有機廢棄物常用之微生物為細菌、真菌、放射性菌等，依其適合生存溫度又可區分為低溫菌、高溫菌與中溫菌等，但堆肥醱酵時並非單一種類微生物進行作用，而是混合多種微生物同時作用，於不同溫度及環境某些菌種將特別活躍。

表 3.1 微生物及最適溫度

菌 種	生長範圍	最佳溫度為
低溫菌	2°C~30 °C	12°C~18°C
中溫菌	10°C~45°C	25°C ~37°C
高溫菌	45°C~75°C	50°C~60°C

人體排洩物中有機質成份，大部份皆可由微生物分解為二氧化碳與水，在過程中並有相當熱能放出，因此可提昇整體性溫度，因此保溫及適當堆肥量之累積，將有助於整體性溫度提昇。有機物醱酵如以碳水化合物為代表



微生物將有機物轉換成二氧化碳與水，同時釋放出熱量，因此以溫度及二氧化碳濃度為微生物活動能力之一種指標。水份將因通風或以水蒸氣型態散發出去，達到降低含水率目的。因此量測槽體溫度及二氧化碳濃度即可了解微生物活動狀況。

### 3.3 動力系統規劃

本計畫所規畫設計之乾式生態化廁所，為環保（通風、除臭、微生物供氧），安全（照明），醱酵槽（攪拌）及服務績效（使用人數統計）等功能，須應用電力系統。但高山地區無電源供應，因此本計畫規劃應用太陽能及風力發電之清潔能源系統，達到永續發展及環保目的。同時為比較何種清潔能源之效率及發電能量較高，應用瓦時計等設施，量測及比較產生能源之效率，作為未來本區選用清潔能源設備應用之參考。

#### 3.3.1 太陽能系統

應用額定輸出功率為 75W 之太陽電池，將太陽光線激發產生之直

流電，經充放電控制器儲入串聯 2 伏特 6 組深度放電電池池，將之儲存，再將此電力應用於 24 小時運轉通風除臭系統，夜間照明及使用人數統計用途。本系統設計若連續幾天無陽光照射，蓄電池無法充電，該系統仍可維持 7 日正常供電能力。

### 3.3.2 風力發電系統

玉山主峰登山路線因易受天候影響，日照不強，往往於午後即起霧，為能廣範應用清潔能源，本計畫另行設計風力發電系統，於夜間、陰天若陽光不足但風力足夠時，應用風力發電機將風力轉換為電力，儲存於電池後再定時推動醱酵槽之攪拌機，補足人力攪拌不足。

## 第四章 執行成果

本計畫為應用研究及規劃設計併行之方案，計畫執行初始，除蒐集比較國內外高山地區廁所興建維護之技術資料，作為本計畫執行之重要參考依據；應用低溫醱酵實驗研究，驗證於 5°C 低溫下，材料調配適當，經由溫度及二氧化碳等指標，證明微生物具有分解能力。依據分析各項處理設備之特性、當地理環境及實驗所得技術資料，配合台灣衛浴文化協會理事長吳明修建築師之團隊，共同完成 2 座乾式生態化之廁所之規劃設計，於 92 年 7 月初完成發包，於 92 年 12 月現場製作完成，驗收後將開放供民眾應用。本計畫主要成果包括下列數項：

### 4.1 低溫醱酵實驗

本計畫有機廢棄物低溫醱酵實驗目的，在於確認高山地區天然菌種能將有機物快速分解能力，同時以實驗分析數據作為未來醱酵槽設計及實際應用之操作條件。

#### 4.1.1 實驗材料

菌源來自合歡山武嶺（3275 公尺海拔）地區天然腐爛之落葉及表層泥土，為低溫菌種來源；另選用工研院堆肥實驗場廚餘堆肥成品，

作為中、高溫菌種來源。另選用木屑作為水份調整材料及調整孔隙比及碳氮比。

#### 4.1.2. 實驗方法

- a. 將木屑（70%）堆肥（20%）及高山菌種（10%）共同混合，另添加尿液 5 公升及豆渣 3 公斤，作為待處理之廢棄物，將所有材料攪拌均勻，再調整含水率至 60% 作為實驗基質。
- b. 取 8 公升基質置入 10 公升容積保溫桶內，作為低溫下小槽醱酵實驗。
- c. 同樣 40 公升基質置入 60 公升容積保溫桶內，作為大容積實驗，了解其溫度累積及活動能力實驗。
- d. 將此兩只保溫桶置入冷藏櫃內，設定溫度為 5°C，每日量測溫度及二養化碳濃度後進行攪拌，提供氧氣及基質水份均勻。

#### 4.1.3 實驗結果與討論

微生物雖可分低溫菌、中溫菌及高溫菌等不同種類，本計畫選用合歡山地區腐爛樹葉及表層土壤，應具有低溫菌種存在；另外選用工研院廚餘堆肥將含有大量之中、高溫菌及易分解有機質，將兩種菌種混合後將可達到順利啟動及將廢棄物快速分解目的。實驗自 4 月 1 日起進行，經由每日量測溫度如圖 4.1 所示，10 公升槽於第 9 天溫度維持在 8°C，60 公升大槽第 5 天後溫度即維持於 18°C。因大型槽體於

好氧分解時，因大量微生物作用及填充材隔熱作用，因此維持於較高溫度。同時由圖 4.2 所示，大型槽體其絕熱較佳，微生物活動狀況較佳，因此其二氧化碳濃度也高於小槽（4300ppm/1800ppm）。由實驗所得可知：

- a. 由高山上取回之落葉及表層泥土，帶有低溫菌種，因此能於低溫狀況下將有機物分解。
- b. 在低溫環境下，較大槽體因具有較多微生物活動及較佳之絕熱材，因此能維持較高溫度，微生物活性較佳。
- c. 於低溫狀況下，水份去除能力較差，因此將以含水率較低之填充材或設計適當之滲出水處理系統，以去除過多水份。

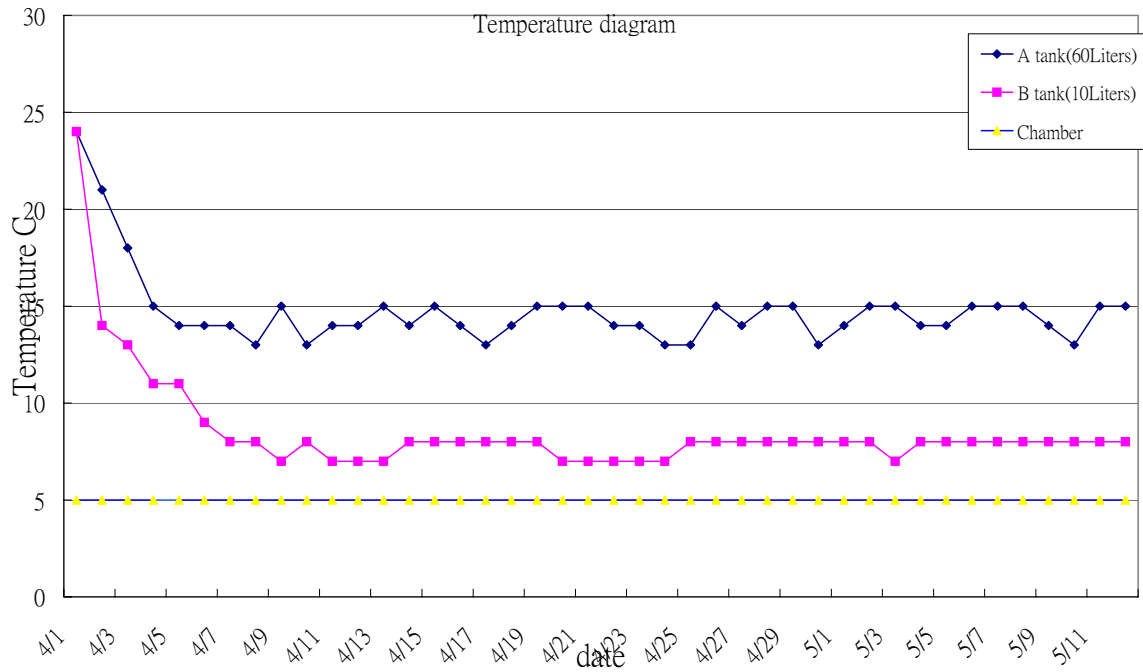


圖 4.1 實驗進行中溫度變化

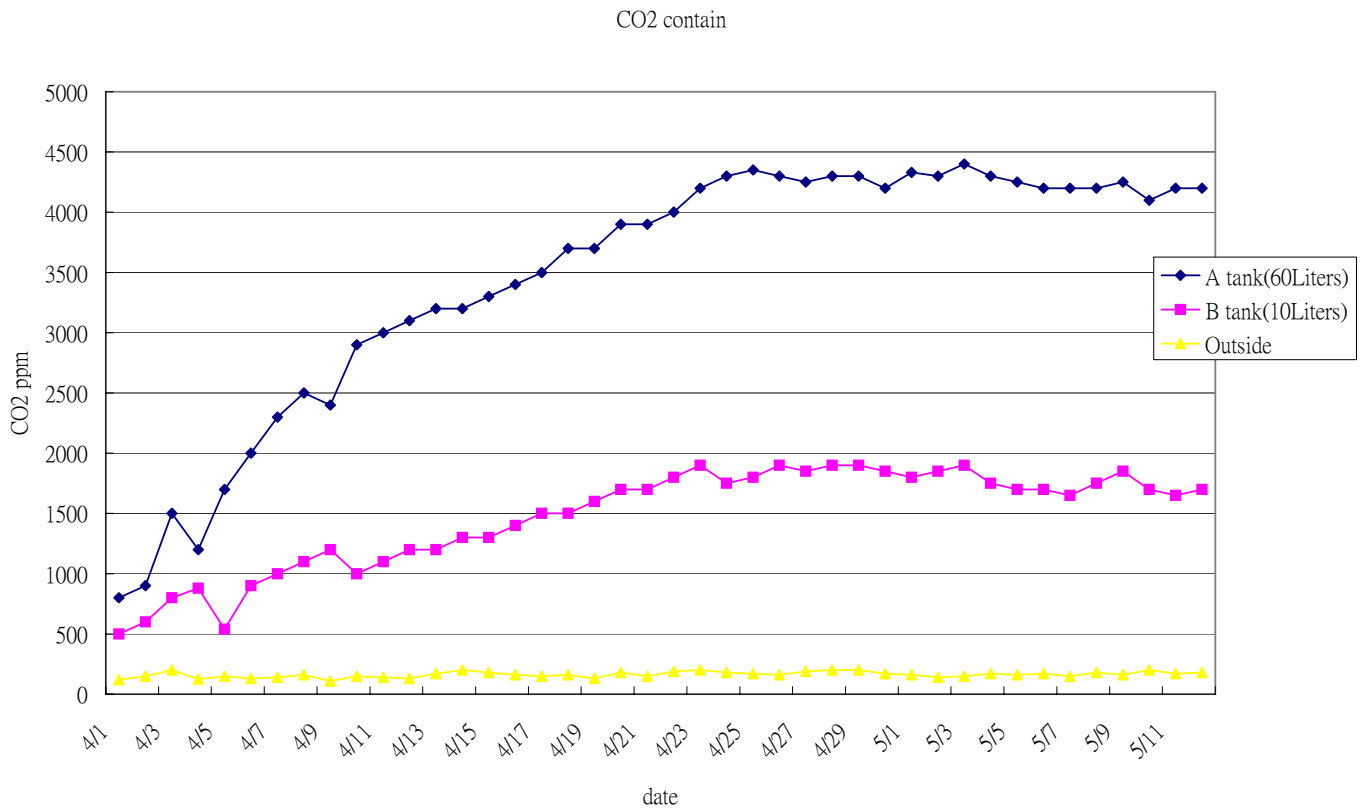


圖 4.2 實驗進行二氧化碳濃度變化

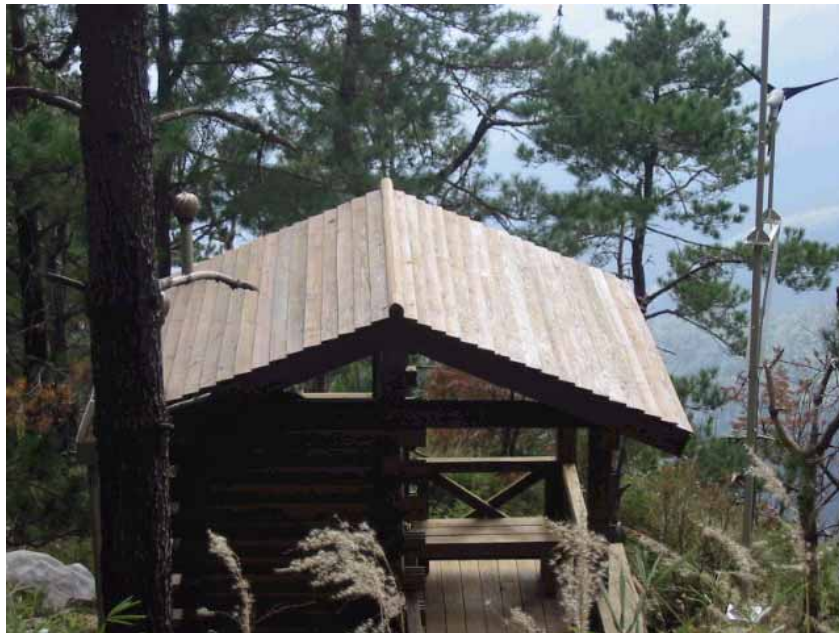
本實驗成果已驗證經適當接種高山上原有為微生物，將可順利存活於寒冷環境下同時進行醱酵。但大槽內因篩選之菌種於寒冷環境下作用良好，且經由堆肥量之增加與微生物活動產生熱量之增加及累積，因此雖然初期溫度下降，應屬於初期微生物啟動階段，微生物活動性較差，但微生物量足夠因此低溫狀況下仍能維持穩定。未來於高山地區應用時，槽體安裝於室內，再加適當保溫及槽體容積增大，容納更多木屑及堆肥微生物量增加，將可使溫度提昇，更加速有機物之處理與水份之去除。

#### 4.2 規劃設計及製作

本計畫於規劃設計之初即參考國內外乾式生態化廁所之設計應用資料，以及計畫初期進行低溫醱酵實驗所得結果，進行規劃。同時經由衛浴文化協會理事長吳明修建築師之團隊，進行整體性之規畫設計。完成兩座乾式生態化廁所，完全不用水清洗，避免廢水造成二次污染，同時適合於高山缺水及結冰等環境。人性化設計，除設計置物架及加大門口等為登山客設計，也應用易拆卸之小便斗及馬桶設計，往後清潔維護作業將更為便利。廁所外觀結構應用 D-log 材料，除抵擋強風之堅固結構，更與當地景觀配合，完成乾式生態化廁所製造圖面，總共 45 張如附件所示。

經由審查核可之製造圖面及編列完成之經費表，協助完成發包作

業程序，經施工說明會，工務會亦等多次會議，設備於承商廠內順利組裝。為分散單一能源之不穩定及增加設備之安全性，增設風力發電機及避雷針及避雷器之設備變更設計案，也順利完成。92年10月21日於玉管處舉行生態化乾式廁所之成果發表會後，將整組設備拆解後運至工地重新組裝，將於12月中完成，經驗收後開放供登山客使用。



圖(4-3) 孟祿亭生態化廁所 92.12.05



圖 (4-4) 白木林乾式生態化廁所 92.12.05



圖 (4-5) 太陽能電池



圖 (4-6) 風力發電機及避雷器

### 4.3 成果發表及宣導

乾式生態化廁所於國外雖已有眾多應用經驗及實例，但北歐國家生態化乾式廁所大都為家庭用途，以小規模為主。日本地區生態化乾式廁所，尿液及糞便混合處理，如尖峰時段使用人數眾多，將造成處理不及，環境及使用者習慣與國內不同，因此將本計畫所規劃設計經驗於 92 年 8 月 22 日於芬蘭舉行之第 1 屆國際性乾式廁所研討會(The 1<sup>ST</sup> International Dry Toilet Conference) 及 10 月 11 日於台北舉行 2003 世界廁所高峰會 (2003 World Toilet Summit) 發表，各國代表皆感興趣。荷蘭國際性之廢棄物技術協會 ([www.waste.nl](http://www.waste.nl))，來函請提供照片將置放其網頁內容；尼泊爾之 Er.Megha Rej Regmi 先生也請求提供照片，作為各國乾式生態廁所之代表。10/21 玉管處

研究成果發表會，也有來自各單位及數家報社、電視媒體報導採訪。公共電視「我們的島」節目採訪小組於 11/21-22 也親自到塔塔加工地採訪生態化乾式廁所，於 92 年 12 月 8 日播出，本計畫之執行，也將玉管處為維護生態及環保之努力廣為國內外大眾週知。

#### 4.4 清潔維護作業

乾式生態化廁所設備與傳統式廁所完全不同，因此不論是使用者及日常清潔維護作業皆完全不相同。但一座廁所其舒適、安全及衛生程度，除設計者於規劃設計階段，應考慮使用者之特性須求，當地環境之特性及水電運輸等各項因素加以考量，務求精確，以利後續施工。使用者之態度及習慣，也關係於整體環境衛生，因乾式生態化廁所，無法以清水將排洩物清除；尤其以國人慣用之蹲式廁所之使用，將更為困難；使用者之愛惜及良好習慣，平日之清潔維護工作，皆是維護廁所環境重要因素。惟有設計者、使用者及清潔維護作業三者能有高水準之表現，才能使廁所之性能效率提昇及提供優良使用環境。因此針對此種設備之特性，擬定使用者之問券調查及日常清潔維護作業卡，讓使用者更了解此項設備之外更提供作為改善方向。

## 乾式生態化廁所使用者意見調查

玉山主峰線登山路徑，因缺水缺電冬季嚴寒結冰等條件下，傳統水洗式廁所無法應用於此一地區。依本地環境設計之生態化乾式廁所，應用木屑將人體排洩物混合後應用微生物，將之轉換成水及二氧化碳排放，達到安定化及減量目的。使用後請您順手清潔給下一位良好使用環境，為能了解您使用本廁所後之寶貴意見，請您撥空完成此問券，提供我們清潔維護及保養工作之參考。謝謝！

a. 使用本廁所後，感覺如何

好       普通       差

b. 目前應改善之處

清潔       空間       臭味

c. 與傳統廁所比較

更好       無差異       無法接受

d. 您認為在玉山國家公園範圍內那些地方應增設生態化乾式廁所？

圓峰       主峰       八通關       其他.....

e. 本廁所那些地方仍可改善

環境衛生如....\_\_\_\_\_

景觀美化部份 如 .\_\_\_\_\_

方便性 .\_\_\_\_\_

其他 .\_\_\_\_\_

請將此問券留於原處我們將定期回收參考統計

如您希望我們與你聯絡 請留下您資料

姓名:

住址:

電話:

e-mail :





### 乾式生態廁所維護保養記錄卡

\_\_\_年\_\_\_月

地點：孟祿亭 白木林

月 / 日期	馬桶 便盆	尿液 便斗	屋內 燈具 和 開關	屋內 行李 架	屋內 地 板	屋內 人工 攪拌器 和攪拌 馬達	屋內 木門 門門	屋內 發酵 槽	屋內 發酵 槽溫度計 ℃	屋外 配電箱 瓦特瓦 時計 KWH	屋外 配電箱 電壓錶 V	屋外 配電箱 電流錶 A	屋外 燈具	屋外 欄竿	屋外 各項 維修 門孔	清潔 人員 簽名
/	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:					<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	
/	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:					<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	
/	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:					<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	
/	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:					<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	
/	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:					<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 故障 現象:	

管理人員：\_\_\_\_\_

## 4.5 設備操作手冊

乾式生態化廁所應用與傳統廁所完全不同之設計，因此其設備、動力能源及污染物質之去除等，皆為一項新式設計，為能讓本設備能發揮其原設計功能，以服務玉山主峰線之游客，因此將規劃設計操作維護手冊，供日常維護操作人員及設備主管與未來進行規劃新設施人員之參考。

### 4.5.1 醱酵系統

#### (一) 醱酵槽槽體工程

(1)淨尺寸(未包括補強材及組材,參照圖 M-02、M-03 及 M-04)

##### 醱酵槽本體：

- ◆ 尺寸為 975mm 高×1000mm 寬×1700mm 長，為 304 不銹鋼板製成。前方 1400mm 長為醱酵區，後方 300mm 長度為出料區。
- ◆ 其頂蓋厚度為 2mmt；側板厚度為 3mmt；底部弧形板-醱酵區為 4mmt，出料區為 3mmt；醱酵區前後端板均為 4mmt，出料區後端板為 3mmt。

##### 醱酵槽底座：

- ◆ 為 100×50×5t 槽鐵製成，材質為 SS41，經熱浸鋅處理，

長 1350mm，共三座，分別銲接於三塊端板下方。

(2)以螺栓組合之各部材料尺寸

(包括補強材及組合材，參照圖 M-05、M-06)

組合時，組合部份與板料同向者，將各板料延伸 25mm，組合部位與板料垂直者，銲以 25×25 不銹鋼角鐵，詳如圖。

醱酵槽本體：

- ◆ 外部尺寸為 1000mm 高×1050mm 寬×1700mm 長，為 304 不銹鋼板製成。前方 1400mm 長為醱酵區，後方 300mm 長度為出料區。
- ◆ 其頂蓋厚度為 2mmt；側板厚度為 3mmt；底部弧形板-醱酵區為 4mmt，出料區為 3mmt；醱酵區前後端板均為 4mmt，出料區後端板為 3mmt。

醱酵槽底座：

- ◆ 為 100×50×5t 槽鐵製成，材質為 SS41，經熱浸鋅處理，長 1350mm，共三座，分別銲接於三塊端板下方。

(二) 驅動機構工程 (圖 M-09、圖 M-10)

整體傳動機構，受限於空間與長度不足，因此先由廁所層之手輪傳動箱定位，並主求緊靠牆壁，始能順序向下向後續傳動箱定位。

(1) 手輪傳動箱組合：受限於空間，傳動箱之厚度儘量求薄。

◆ 手輪：

為求美觀，以市售品之船用舵輪為主，並要求其一定強度，安裝時並注意與廁所層側壁距離。

◆ 傳動箱體

箱體因曝露於廁所，故其製作應力求精美，正面鋼板為 304 不銹鋼材質，背面鋼板可用 SS41 材質，側面以 0.6t 不銹鋼板包，正背面鋼板以螺栓定位，螺帽和螺栓儘量用不銹鋼材質。

箱體之支撐則以槽鐵 100×50，應經熱浸鋅處理，最後以 M12 螺栓鎖定於建築結構用 150×150 方管旁銲接的角鐵上。

二條傳動鍊條，為安全及美觀計，可以二根不銹鋼管分別套入（上或下可加支撐定位），或將不銹鋼對剖做成。

◆ 減速齒輪組合：

包括手輪軸、手輪齒輪、中間軸、中間軸齒輪等，均以鋼料車製，手輪軸直徑至少為 40 ϕ，並應配合所購舵輪中心孔安裝。

齒輪之減速比約 4:1，其製作安裝應力求運轉穩定。

為減少整體厚度，所採用軸承座（含軸承）為凸緣

型，且有約 10mm 左右凸緣可陷入正、背面板中。

◆ 鏈輪組合：

採用 RS80 的鏈輪及鏈條，亦固定於中心軸上，並安裝單向軸承一組於此鏈輪中或中間傳動箱之鏈輪上，視空間許可而定。

(2) 中間傳動箱組合：

◆ 傳動箱體：

以 SS41 鋼板製成，以實用為要，因空間有限，為便於醱酵槽安裝保溫材，傳動箱體亦力求精、薄。

箱體之安裝，箱體係倒掛於建築結構之鋼管樑下側，於鋼管樑下鐸一塊 12t 座板，再將箱體上的 12t，開有長形安裝調整孔的固定板鎖上。

箱體之四週側板可以鐸接或以螺栓固定，上下二側留空，以便鍊條通過，往下之鍊條應設傳統護蓋，以策安全。

◆ 鍊輪組合：

約 40  $\phi$  軸可為 SS41 或 S45C 材質，安裝鍊輪二組，一組為 RS80 規格，配合手輪箱鍊輪，二者並擇適當空間安裝單向軸承。

另一組為 RS60 規格，節圓直徑較小，共有二鍊輪分

別傳動二個攪拌軸。二鍊輪可為獨立或製成一體以減省空間。採用鍊條為 RS60 規格。

(3) 攪拌軸傳動組合：

◆ 鍊輪組合：

二軸獨立設置，均為 RS60 規格，節圓直徑較大，與中間傳動箱鏈輪約為 4：5 之減速比。

為求手輪負載平均，二支軸心於裝鍊條時應注意定位，參照圖 M-07、M-08 之說明。

◆ 軸承座與軸承：

因軸心長，負荷較重，且受限於空間，鍊輪距離較遠，為求運轉穩定，前端軸承座選用較長者，甚或定製以容納多組軸承者更佳。

因醱酵槽內污染質較多，故軸承應選用密封型，內側鄰污染質者更應以 TEFLON 或橡膠質蓋板封閉。後端軸承二側均鄰污染質，故均應封閉。

(三) 攪拌葉片工程（參照圖 M-07、M-08）

因醱酵槽內部含有污染質，故攪拌葉片、軸心、固定夾具、螺栓等均由不銹鋼材質製成。

◆ 軸心：

圖 M-10 所示之軸心供參考，承商應依據所購軸承等，及配合葉排之安裝，自行設計最適用之軸心。

◆ 帶狀攪拌葉片：

為螺旋狀分佈於二軸，二軸之分佈方向相反，如圖右攪拌軸旋轉時，將資材往後推，左攪拌軸同向旋轉時，推進方向相反，該二條葉片各以 4 支以上支撐固定之。

◆ 夾具（支撐）組合：

為便於拆卸，以二片用螺栓組合較妥。圖 M-10 為建議做法。為便於角度定位，可考慮再加鍵槽。

◆ 槳狀葉片 A：

裝於出料區，係為達該小區域範圍內之攪拌功能。

◆ 槳狀葉片 B：

分別位於醱酵區內右側攪拌軸之後端及左側攪拌軸之前端，因注意葉片之製作角度，以便達成左右區間互相撥料之功能。

（四）保溫工程（參照圖 M-11）

◆ 醱酵槽保溫：

槽壁外側全部以 5cm 厚之四季龍（或東佳龍、麥佳龍等同等材質者）貼附，再外加防水布及鋁板，如圖示。弧狀部位若不易施工，可以玻璃棉等其他材質代替，惟

應經審查認可。

◆ 孔蓋：

維修孔或出料口採用一吋厚雙層蓋，內部可以玻璃棉保溫。

(五) 散水管工程 (參照圖 M-11)

◆ 內部連接：

建築內部接管大多為 2 吋 PVC 管 B 級 (厚管)，原則採用南亞管。用以連接小便斗、馬桶之尿液側及醱酵槽等，詳如圖示。

◆ 外部散水管：

自醱酵槽之排水出口連接至室外埋入地下延伸至 15M 遠，應注意其排水坡度，再分岔並做散水施工，採用 3 吋南亞 PVC 管 B 級。

散水管之散水部位 (即鉗孔部位) 之埋設施工，其底部力求寬大，至少 15cm 以上，並就現地鋪設碎石，如圖示。

(六) 排氣管工程 (參照圖 M-01、圖-02)

◆ 位置：

如圖示，並參考配合建築圖，順屋角上升至屋簷下。

◆ 材質：

以 3 吋不銹鋼管製成，並經烤漆處理成近似外牆之

黃褐色（先經審查同意），安裝時應包括醱酵槽內之延伸管、通風扇之斜角底座，尿液之連接管，及穿透外牆之處理，並設置美觀、適宜之支撐。

（七）其他

◆ 溫度表插座：（參照圖 M-03、圖-05）

於醱酵區前端板及出料區後端板中線位置分別安裝一組溫度表插座。注意安裝角度不得左右偏斜，以免被攪拌葉片打到。試車後可將溫度計分別裝妥。

另於鄰外側牆之維修孔旁（圖 M-03、圖-05）設置備用插座一組，須附裝有鍊蓋一個。

◆ 溫度表：

每槽共 4 支，其中 2 支備用，表面為圓盤狀，3 或 4 吋，感測棒長度 50cm 以上。

a. 數目：每座廁所一座

b. 設置地點：生態化乾式廁所底層

c. 材料：本體為不銹鋼材質，外部為保溫材絕熱內部承裝約 200 公升之木屑（80%）、堆肥（10%）、當地表土及腐爛樹葉（10%）

d. 功用：人體排洩物與木屑及堆肥等填充材經混合及調整水份

後，經由為生物之作用將有機物分解成水及二氧化碳，達到減量及安定化之目的。

e. 日常保養維護：以口罩及塑膠手套為基本保護裝備，應用夾子將廢棄物取出，定期清除塑膠袋及衛生棉等無法分解之廢棄物，將之以垃圾袋盛妥後再運下山處理

f. 堆肥處理：將含水率較少之第二槽腐熟堆肥塑膠袋搬運下山供綠化使用，同時添加等量木屑於第一醱酵槽

g. 設計及製造人：

設計人：工研院 董時堅 先生 03—518563

製造人：華碩環保公司 余朝忠 先生 0920092020

#### 4.5.2 光電板

a. 規格：

• 當太陽光源日照度達 1000 瓦/每平方米，光譜 AM1.5 時，

額定輸出工率 ( $P_r$ ): 75 瓦      峰值輸出功率 ( $P_{mpp}$ ): 75 瓦

峰值輸出電壓 ( $V_{mpp}$ ): 17.0 伏特    開路電壓 ( $V_{oc}$ ): 21.7 伏特

短路電流 ( $I_{sc}$ ): 4.8 安培

尺寸：1200mm 長×527mm 寬×56mm 高，重量：7.6 公斤

b. 數量：3 片

c. 設置地點：乾式生態廁所附近 向陽處

d. 功用：將太陽光轉換成直流電經由控制器儲存於電池供應於通風及照明

e. 維護保養：將目視承體構造完整性及將樹葉或塵土等清除

f. 供應商：英國石油公司 (bp)

華碩環保 余朝忠 先生 09200992020

跨世紀太陽能企業 李先生 0932587588

#### **4.5.3 電池系統：**

種類：閥調式鉛酸電池，可深度放電，可同時充電放電

• 操作溫度：充電時 0°C 至 40°C，放電時-15°C 至 50°C

• 保存溫度：-15°C 至 40°C

• 容量：1000 安培小時

電壓：12 伏特直流

尺寸：407mm 長×173mm 寬×243mm 高，重量：39 公斤

數量：2Vdc，300Ah×6（串聯方式）

供應商：

冠宇宙有限公司 04-24750333

#### **4.5.4 風力發電系統**

a. 規格：

- ◆ 型式：永磁式發電機。
- ◆ 額定輸出: 62 瓦以上(在風速 8m/s 以上時)，或 400 瓦 (於風速為 12.5m/s 時)。
- ◆ 輸出電壓: DC 12V，電壓調壓器設定範圍 13.8-17.8V，預設為 14.1V。
- ◆ 轉子直徑：約 1~1.17 公尺。
- ◆ 本體重量：10 公斤以下。

葉片數目： 5 片。

b. 數量：每座廁所一組

c. 設置地點：乾式生態廁所空曠高處，電池位於乾式生態化廁所底層

d 材質：FRP 強化玻璃纖維

e 功用：將風力轉換成直流電力儲存於電池供醱效機攪拌用

f. 維護保養：查看葉片運轉穩定性及接線狀況

供應商：

跨世紀太陽能企業 李先生 0932587588

政雨貿易 04-27075110

#### 4.5.5 照明系統

型式：螺旋式

種類：燈泡，含燈座

• 消耗功率：21 瓦

電壓：12 伏特直流

數量：2 組，

廠牌：東亞電氣

#### 4.5.6 避雷針系統

### 避雷針-共二組，提前放電式避雷針

- ◆ 避雷針係利用自然界能量，當有雷擊之虞即能主動、及早地啟動  
    避雷針之高壓脈衝電極，因而形成電暈效應。
- ◆ 藉電場原理以產生空氣電離作用發揮有效保護電擊功能。
- ◆ 保護角不得超過 60°。
- ◆ 保護範圍：分別保護廁所之建築及設施，包括太陽能板、風力發電機等。有效保護範圍至少 17 米以上。(依現場情況，以風力機為最主要)
- ◆ 突針-避雷針之突針應用直徑 12 mm 以上之銅棒或不銹鋼棒製成。  
    突針之尖端在裝置完成後至少要此保護區中的其他物體高出兩公尺。

供應商：華碩環保 余朝忠 先生 0920092020

#### 4.5.7 雨水截留系統

- a. 規格：300 公升 不銹鋼儲水槽管路及篩網
- b. 數量：每座廁所 1 組
- c. 設置地點：廁所屋頂設雨水截留導溝經由不濾網去除雜物後進入  
    儲槽
- d 材質：不銹鋼
- e 功用：儲存雨水供清潔用途

c. 維護保養：定期清除落葉防止堵塞

供應商：依圖面現場製作

#### 4.5.8 通風除臭系統

- 風扇：1 只，保持發酵處理槽適度的通風
- 電壓：110 伏特交流                      消耗功率：5 瓦
- 管徑：10 公分                              最大風量：50 立方米/每小時
- 附屬裝置：可調整風量大小的閘門 1 只，裝設在風扇馬達入口  
端

#### 4.6 經常性問題及答覆 (FAQ)

a. Q：乾式生態化廁所清潔如何作起？

A：本套乾式生態化廁所因無法用大量清水沖洗，因此清潔方式也與一般傳統廁所不同；進入廁所內先以手動方式攪拌 20 圈，將糞便與木屑澈底混合。穿戴長筒塑膠手套及口罩後，首先進行馬桶及小便器之清潔，以少量水將馬桶及小便斗沖洗後再用刷子刷洗至污物脫離後，再次沖洗後再以可分解擦拭紙擦拭，將擦拭紙放入垃圾袋，帶下山。地板清潔以掃帚將泥巴清掃後於適當地點棄置，將門窗灰塵等物質清除，同時將工作內容及廁所狀況記錄以供長官查核。

b. Q：廁所內臭氣如何消除？

A：乾式生態化廁所因無水封裝置，因此以通風系統將臭氣排至廁所外，同時供應醱酵所需氧氣。若為糞便於便器外所造成惡臭，請穿戴手套及口罩，將糞便清除。如通風機故障，無法運轉則容易產生臭氣。如廁所內臭氣較重首先確認風扇是否運轉，如無運轉則為故障，將另一組備用風扇啟動，同時將狀況回報。糞便累積未能與木屑混合醱酵也產生臭氣，因此混合均勻後將可降低臭氣產生。

c. Q：塑膠袋、衛生棉、罐頭等無法分解垃圾如何處理？

A：生態化乾式廁所應用為生物將糞便分解，因此一般塑膠袋及衛生棉、罐頭等一般無法分解性垃圾，應將之攜帶下山處理。

d. Q：連日陰雨因此系統無電通風該如何處置？

A：光電系統設計能於無法充電狀況下運轉 7 天，如連續陰雨造成無法充電，短期內對系統無害，廁所內可能有臭味產生。請以手動方式將醱酵槽攪拌，將可降低臭味。

e. Q：為什麼醱酵槽要攪拌？

A：微生物進行醱酵作用時，含水率 60% 左右及適當氧氣供應，將有助於醱酵作用之進行。但人體排放糞便含水量高達 80-90% 以上，應用攪拌方式將糞便及木屑混合以調整含水率及提供氧氣將可提高處理效率，所以醱酵槽要進行攪拌。

f. Q：設備故障該如何處理？

A：請報告管理站同時通知原承包廠商

華碩環保股份有限公司

余朝忠 先生 0920-092020

黃銘鵬 先生 0958-671080

#### 4.7 緊急應變措施

設備應用於一般狀態其功能及效率將可符合需求，如遇人力不可抗距因素，如颱風等季節將採取緊急應變措施以保障設施安全。

##### a. 使用人數過多：

本套設備規劃正常使用人數為 180 人/每天，將可維持正常運轉。如突發狀況將使用人數倍增等緊急狀況，僅須添加適量木屑，調整醱酵槽內含水率，同時將備用通風扇啟動，增加通風量以加速水份去除，待尖峰人數使用其過後再調整回原應用狀況及可。

##### b. 颱風來襲

木構造結構於設計時已加強颱風來襲之抵擋能力，因此將可應付颱風之強風。風力發電系統，若颱風來襲為安全因素，應先將源線拆除後將風力機暫時卸下，待颱風過去再安裝回去以保障安全

##### c. 缺水

清水之使用於生態化乾式廁所，僅應用於便器如小便斗、大便器之清潔沖洗用途，因每次使用量約僅 2-300CC，將沾黏之糞便

潤溼後再將之以擦拭紙清潔即可，因此若長其缺水導至儲水槽內無水可用，則由清潔人員攜帶少量水即可達到清潔目的。同時每次定期清潔維護人員也應將集水槽內之落葉清除，提高集水功效。

d. 無法轉動

如醱酵槽內因大型異物（直徑大於 3 公分）混入，將導至攪拌葉片卡死無法轉動。為將異物取出，可先將傳動系統鍊條惰輪放鬆，將鍊條取下後，以反轉方式轉動攪拌軸，待異物與攪拌軸分離後，將異物以挾子取出處理。

## 第五章 結論與建議

本計畫已完成規劃及設計兩座乾式生態化廁所，將於 93 年初起開放使用。但是生態化乾式廁所為國內首次應用於公共廁所，雖然於環保上有極大貢獻，國人之接受程度及應用狀況仍有待監測。因此仍有數項可作為持續改善及努力空間。

1. 生態化乾式廁所之馬桶及小便斗，與目前常用之沖水式設備完全不同，且國外常用坐式馬桶，國人使用意願較低。本設備首次應用於台灣及工期較短時間因素，因此小便斗及蹲式馬桶，均須以手工打造，於品質及價錢，均較缺競爭力，因此未來廠商開發及製造或國外相關產品資訊之蒐集，有待努力。
2. 生態化乾式廁所應用攪拌方式雖將排洩物與木屑等填充材混合攪拌，可縮短醱酵時間及減少槽體容積，但攪拌機構之穩定性及動力來源須考量，因此未來如使用人數較少之地區可考慮不須攪拌之設施，以減化結構及設施。
3. 本套設施首先應用於國內，雖於設計規畫階段已考量各項措施，但為能確實了解應用狀況，作為未來相關設施規劃設計之參考，因此須持續追蹤其性能效率，使用者意見及需修改項目，使計畫應用成功。

## 第六章 重要參考資料

1. 太管處 「國家公園登山研討會」論文集 2003 年 8 月
2. 第一屆國際乾式廁所研討會「The 1<sup>st</sup> International Dry Toilet Conference」論文集 2003 年 8 月 22 日 芬蘭
3. 2003 年世界廁所高峰會議 「2003 World Toilet Summit」論文集 92 年 10 月 11 日台北
4. 陳國帝，「高山公廁生態工法與水源維護方式之研究」期末報告，太魯閣國家公園管理處，2002
5. 謝衣鵑、吳星瑩、林慶福，「微生物再生法處理車量廁所之研究」，微生物與生物技術及農業生產 P333-347，楊盛行編 中華民國微生物協會 1988
6. 溫清光、李志賢、蘇煌池、吳世榮，「污水下水道普及前減輕河川污染負荷之應急措施-自然淨化之應用與強化」，P89-99 下水道工程研討會（1995）
7. 太魯閣國家公園管理站網頁資料
8. <http://www.taroko.gov.tw/FEAST/geography.html>
9. 歐陽嶠暉、王鯤生、韓光榮、洪嘉謨、李亮三，廢棄物能源利用規劃報告，經濟部能源委員會研究報告，（1999）
10. 蔡宜峰、黃祥慶，不同有機資材及通風量對堆肥中營養要素之影

響，台中區農業改良場研究彙報，第 43 期，(1994)

11. 楊秋忠、蘇秋華，有機質分解產物對土壤養份與作物生長之研究，堆肥技術及其利用研討會，(1994)
12. 張思凡，「都市生活污水處理廠污泥資源化再利用之回顧與展望」，中華民國環境工程學會會刊，第 11 卷，第 2 期，59~80，(2000)。
9. 張小道、陳國帝、鄭維薇、陳榮耀、陳文卿，本土型軌道式污泥穩定系統研究，第十三屆廢棄物處理技術研討會，(1998)
10. 楊盛行、鍾仁賜、魏嘉碧，臺灣省北部農家禽畜廢棄物堆肥化之性質探討，中華生質能源學會會誌，第十八卷，第一、二期，(1999)

## 致 謝

台灣地區因水源充足，所以大部份廁所為環保及清潔維護方便行皆以沖水式設備及化糞池為主；但於玉山主峰線，因地理環境完全不同，因此須以完全新設備及觀念設計規劃此一乾式生態化廁所。本計畫自 3 月初開始規劃設計至 12 月完成兩座乾式生態化廁所，特別感謝玉管處林青處長、吳和融課長、林裕修技正之指導協助；吳明修建築師事務所之吳明修建築師、游晉程建築師、陳美如小姐、沈光龍先生；工研院環安中心陳文卿組長、楊俸儒經理、董時堅工程師、謝長良研究員之大力配合及協助，本計畫之承包商偉壩土木包工業之製造，方使此一計畫圓滿完成，再此一併致謝。