

【研究報告】

臺灣雪山西稜線史前石屋遺址群的年代及選址探討

Dating and Siting of the Prehistoric Stone Houses on the West Ridge of Syue Mountain in Taiwan

林秋婷 Lin, Chiou-tingⁱ 許勝發 Hsu, Sheng-faⁱⁱ
鍾坤煒 Chung, Kun-weiⁱⁱⁱ 王雅恬 Wang, Ya-tian^{iv}
李御齊 Lee, Yu-chi^v

■ 摘要

雪霸國家公園之雪山西稜於海拔 2,800 至 3,600 公尺間沿線分布多處史前石屋遺址。鄰近的泰雅族及賽夏族曾流傳，於其傳統領域內居住著其他異族群。然而，考古證據的缺乏使得這些史前石屋遺址的所屬族群、選址與建造原因至今仍未釐清。放射性碳 14 定年結果表明遺址年代屬金屬器時代晚期。石屋遺址的建築係由塊狀、長方體或厚板狀之變質砂岩所堆疊而成。基於建材鑑定與地層岩性的對比，不排除為就地取材。根據空載光達測製之 1 公尺數值地形模型顯示，這些石屋遺址多數建於雪山西稜線的平緩崩塌地，且鄰近於溪流最上游，選址可能與地勢及取水考量有關。值得注意的是多戶數的大型遺址群，如志樂溪遺址、火石山及奇峻山遺址，皆分布於志樂溪不同支流的上游處，暗示志樂溪一帶可能為選址的核心區域。其他如翠池、可汗池、拾丸谷遺址為孤立或零星石屋，其特徵為周邊皆有高山湖泊。大型遺址群中，奇峻山遺址年代（西元 648 - 718）早於志樂溪與火石山遺址（西元 1292 - 1400）。這兩個年代皆對應著古氣候史上較為溫暖的時期，尤其後兩個遺址年代介於中世紀暖期與小冰河期的過渡期間，推測這些史前聚落可能伴隨著小冰河期的到來而遷離。

關鍵詞：雪山西稜、史前石屋、志樂溪、空載光達、小冰河期

ⁱ 臺南市政府文化局文化資產科學檢測研究中心研究員（通訊作者 / maruko1123@gmail.com）

ⁱⁱ 國立臺北藝術大學建築與文化資產研究所助理教授

ⁱⁱⁱ 國立自然科學博物館地質學組技術員

^{iv} 國立成功大學建築學系研究助理

^v 國立成功大學考古學研究所研究助理

收件日期：2022/5/26；接受日期：2022/8/9

■ Abstract

Numerous prehistoric stone houses are located along the west ridge of Syue Mountain (2,800–3,600 m above sea level) in Shei-Pa National Park in Taiwan. According to legends, people of different ethnic groups dwelt in the traditional territory of Atayal and Saisiyat peoples adjacent to the west ridge. However, because of the lack of relevant archaeological evidence, the sites and reasons for the construction of these prehistoric stone houses, as well as the ethnic groups by which they were constructed, remain unknown. The results of carbon-14 dating indicated that these houses were constructed in the Late Metal Age. The structures of these stone houses consist of different shapes of metasandstone blocks, such as cuboids and slabs. According to the building materials and a lithologic comparison of the strata, the materials were presumably collected on site. According to images from a 1-m digital elevation model (DEM) constructed using airborne light detection and ranging (LiDAR), these stone houses were mostly constructed on gentle landslide terrain along the west ridge of Syue Mountain and adjacent to the uppermost streams of Zhile Creek. Therefore, the sites were probably selected on the basis of topography and water accessibility. Notably, the large-scale sites with numerous households, such as the Zhile Creek, Huoshi Mountain, and Qijun Mountain sites, are all distributed around the upper-stream tributaries of Zhile Creek, suggesting that the construction of the houses was most concentrated around the creek. At other sites, such as the Cui Pond, Kehan Pond, and Shi-Wan Valley sites, the stone houses are isolated or dispersed and surrounded by high mountains and lakes. Among the large-scale sites, the Qijun Mountain site (648–718 A.D.) predates those of the Zhile Creek and Huoshi Mountain sites (1292–1400 A.D.). The construction of the Zhile Creek and Huoshi Mountain sites coincided with relatively warm climatological periods, specifically during the transition period between the Medieval Warm Period and the Little Ice Age. Therefore, these prehistoric settlements may have moved away following the arrival of the Little Ice Age.

Keywords: West Ridge of Syue Mountain, Prehistoric Stone House, Zhile Creek, Airborne Light Detection and Ranging (LiDAR), Little Ice Age

ⁱ Researcher, Research Center of Cultural Heritage Science, Cultural Affairs Bureau, Tainan City Government (Corresponding Author / maruko1123@gmail.com)

ⁱⁱ Assistant professor, Graduate Institute of Architecture and Cultural Heritage, Taipei National University of the Arts

ⁱⁱⁱ Technician, Geology Department, National Museum of Natural Science

^{iv} Research Assistant, Department of Architecture, National Cheng Kung University

^v Research Assistant, Institute of Archaeology, National Cheng Kung University

Received Date: 2022/5/26; Accepted Date: 2022/8/9

一、前言

雪霸國家公園區域內的雪山山脈及雪山西稜線遺留有多處史前石屋建築群，包含黑熊基地、翠池、志樂溪、火石山、奇峻山、大雪山北峰、可汗池、拾丸谷等遺址（圖 1）。雪山西稜石屋群最早的研究始於志樂溪遺址的調查與測繪（楊南郡，1991；劉益昌，1998，2000）。雖然石屋群主要有明顯的堆石建築結構，並具有聚落規模，但考古發掘至今始終未發現任何文化遺留。過去研究認為這些史前石屋群在 658 至 550 B.P. 已經存在，屬於臺灣史前文化之金屬器時代後期（顏廷仔、劉益昌，2017：93、155-156）。過去研究認為此期間交集了氣候史上著名的全球性古氣候事件——小冰河期。此時期氣候嚴寒，農耕難以施作，亦無相對豐富的中大型哺乳類動物可供狩獵。這些史前屋群坐落於難以居住的陡峭稜線上，就生態及地理環境而言，石屋建築群的位置與型態都背離了現今對於聚落理想居址條件的認知。

考古發掘證據的缺乏，導致至今無法進一步深入瞭解建造石屋群的族群及遷徙，其選址及目的性也難以得到合理的解釋。過去調查研究報告指出，日治時期博物學家鹿野忠雄曾於雪山地區發現冰河遺跡，因而推論雪山西稜史前石屋群的選址，可能與末次冰期遺留的冰河地形有關（顏廷仔、劉益昌，2017：16-17）。然而，這個假設至今並未獲得驗證。臺灣島植生茂密，原始地表地形受到大面積的覆蓋，是進行山區田野調查最大的困難。傳統航空照片、像片基本圖、正射影像圖、福衛影像圖等影像亦受到植被及雲霧覆

蓋的影響，導致難以使用該影像直接觀察到石屋遺址，並分析其所在地之地質與地形關係。空載光達技術應用在考古學研究上已經行之有年（郭素秋、鄭玠甫、黃鐘、林柏丞、胡植慶，2017；Chase et al., 2011；Devereux, Amable, Crow, & Cliff, 2005；Doneus, Briese, Fera, & Janner, 2008；Johnson & Ouimet, 2014），此技術可以克服植被地覆蓋的問題，直接得到地表高程，即數值高程模型（Digital Elevation Model, DEM）。¹

本研究為雪霸國家公園委託調查研究案的一部分。其中，先期（顏廷仔、劉益昌，2017）及此次考古發掘工作（由協同主持人顏廷仔團隊執行），已對雪山西稜各石屋遺址進行考古遺跡清理、小平板測量，並針對遺址周遭區域進行擴大調查，並大致確認各石屋遺址的位址及範圍（圖 1）。然而，雪山西稜的考古發掘一直以來皆未發現與史前人類活動遺留之陶片或相關器物等。因此，本研究試圖以地質學方法，進行雪山西稜石屋遺址群的建材鑑定與地形特徵判釋，由此視角檢視史前人類在建造石屋群時之選址考量，並探討是否有空間分布上的規律性。此外，本文將試圖從石屋遺址中殘留之木炭標本定年結果，對比過去已發表的古氣候資料特徵，以瞭解這些高海拔史前石屋的年代與可能的氣候對應關係。

二、雪山西稜沿線遺址所在之地質背景

雪霸國家公園境內含括三套主要地層，地質年代由老至新為白冷層、水長流

¹ 數值地形模型（digital terrain model, DTM）包含數值高程模型（digital elevation model, DEM）及數值地表模型（digital surface model, DSM）。

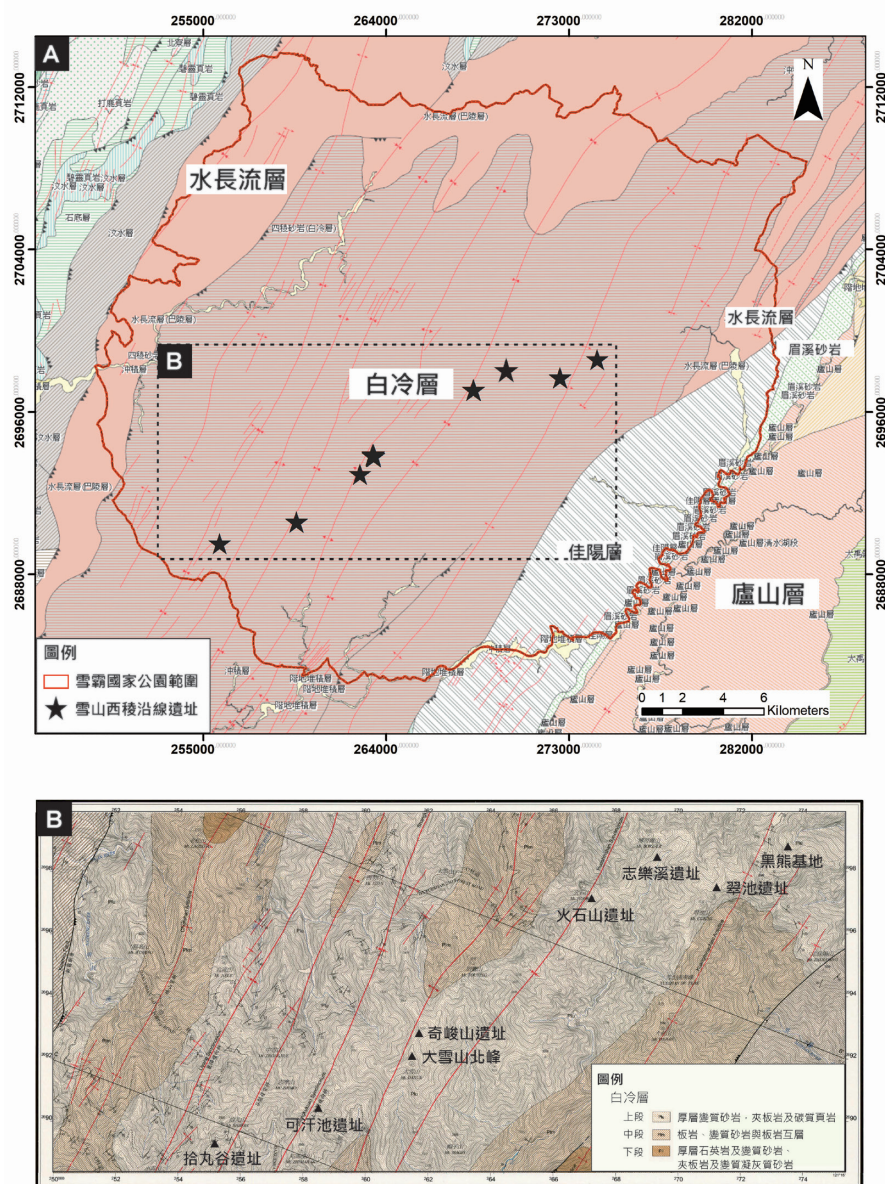


圖 2. (A) 雪霸國家公園境內地質圖及雪山西稜沿線遺址分布圖；³(B) 白冷層各岩段與岩性的分布及遺址關係圖⁴
 Fig 2. (A) Geological map of the Shei-Pa National Park and distribution of sites along the west ridge of Syue Mountain; (B) Lithology and stratigraphic units of Paileng Formation

資料來源：作者繪製

三、雪山西稜石屋遺址群研究回顧

(一) 考古發掘成果回顧

雪霸國家公園以雪山山脈的河谷稜線

為界，東起羅葉尾山，西迄東洗水山；南至宇羅尾山，北抵境界山，總面積 76,850 公頃。含括新竹縣五峰鄉、新竹縣尖石鄉、苗栗縣泰安鄉及臺中市和平區。雪山

³ 底圖為經濟部中央地質調查所「山崩地質資訊雲端服務平臺」WMTS 之《五萬分之一全島無接縫地質圖》。

⁴ 底圖為中央地質調查所《五萬分之一臺灣地質圖說明書—圖幅第 19 號—梨山》(劉桓吉、高銘健, 2010)。

西稜石屋群最早被研究的為志樂溪遺址。該遺址最初為 1991 年楊南郡執行「雪山、大霸尖山國家公園登山步道系統調查」計畫時所記錄，當時可見約有 25 座以上的石屋，房屋呈聚集狀，且有通道、小平臺等結構，顯示是一個小聚落。當時的調查報告曾列舉石屋可能為泰雅族古部落、獵屋群、野獸圍場、抗日志士的游擊基地、小矮人部落等五種可能性。然而，由於該遺址未見日常生活用具，因此較難判斷其用途（楊南郡，1991：68-70）。1998 年劉益昌主持「大甲溪上游史前遺址及早期原住民活動調查（二）」計畫，對該遺址進行測繪調查，雖然未發現任何文化遺物或遺跡現象，但是從石屋的結構初步判斷，認為可能屬於一種半地穴式的房屋（劉益昌，1998：74-78）。2014 至 2017 年之「志樂溪人文史蹟遺址調查研究計畫」，認為志樂溪遺址及火石山遺址可能為特定文化群體者間歇性使用之獵寮（顏廷仔、劉益昌，2017：152）。在該調查中亦發現翠池石屋與黑熊基地石屋的戶數與建築型態較為相似，有可能是晚近時期由泰雅族人所建造，並於後續有多次的人為再利用，包括原住民狩獵、登山隊伍住宿等。2017 年全蔣清、金志偉於奇峻山發現大規模石屋群，位於奇峻山南鞍營地東側約 85 公尺處（麥覺明，2017）；而後又陸續於大雪山北峰、可汗池、拾丸谷陸續發現其他石屋遺址。雪山西稜史前石屋群建造於海拔 2,800 至 3,600 公尺之間，是臺灣罕見的高海拔史前遺址。

（二）雪山西稜石屋遺址群與周邊族群活動的可能性

雪山西稜線史前石屋聚落遺址群位於近代泰雅族的傳統領域內，處於北勢

群（大安河流域）、Salamao 群（大甲溪上游梨山地區）、Sqoyaw 群（大甲溪上游環山地區）交界區域，與周邊的泰雅族聚落皆保有一段距離。這個區域是近代泰雅族人的狩獵活動區之一，但並無至此區耕作或設置聚落的相關紀錄。

泰雅族與賽德克族（現今賽德克族、太魯閣族）因物質文化特質及宗教信仰、社群組織相似，日治時期曾被歸屬於同一族，可暫時視為一「泛泰雅族群」的大群體（圖 3(A)），這整個「泛泰雅族群」的分布領域廣大，含括雪山山脈、中央山脈北段的兩側區域（東側緊臨太平洋），海拔大抵位於 500–2,500 公尺之間，由於居住環境具相當之地域性差異，表現之文化風格亦有各自之地方性差異，其中泰雅族可區分為塞考列克、澤敖利兩個地方群系統，各有其起源傳說地，且皆不同於賽德克族的起源傳說地（圖 3(B)）。以下為三個主要之地方性群體各自之傳說祖源地（臺北帝國大學土俗·人種學研究室，2011）。

1. 賓沙布甘（Pinsbkan）

泰雅族塞考列克群的創世神話中，人類是從南投縣仁愛鄉瑞岩村北港溪上游附近斯巴洋（Sbayan）臺地上裂開的 Pinsbkan 巨石中誕生（圖 3(C)）。

2. 大霸尖山（Papak-Waqa）

大霸尖山主峰（海拔 3,492 公尺），屬於泰雅族澤敖利系統的傳說起源地，為雪山聖稜線之端點。澤敖利系統可能是較塞考列克系統更早往北方移動分出之群體，由於分出年代久遠，因此將大霸尖山比擬為新的起源地（圖 3(D)）（馬淵東一，2014：102）。

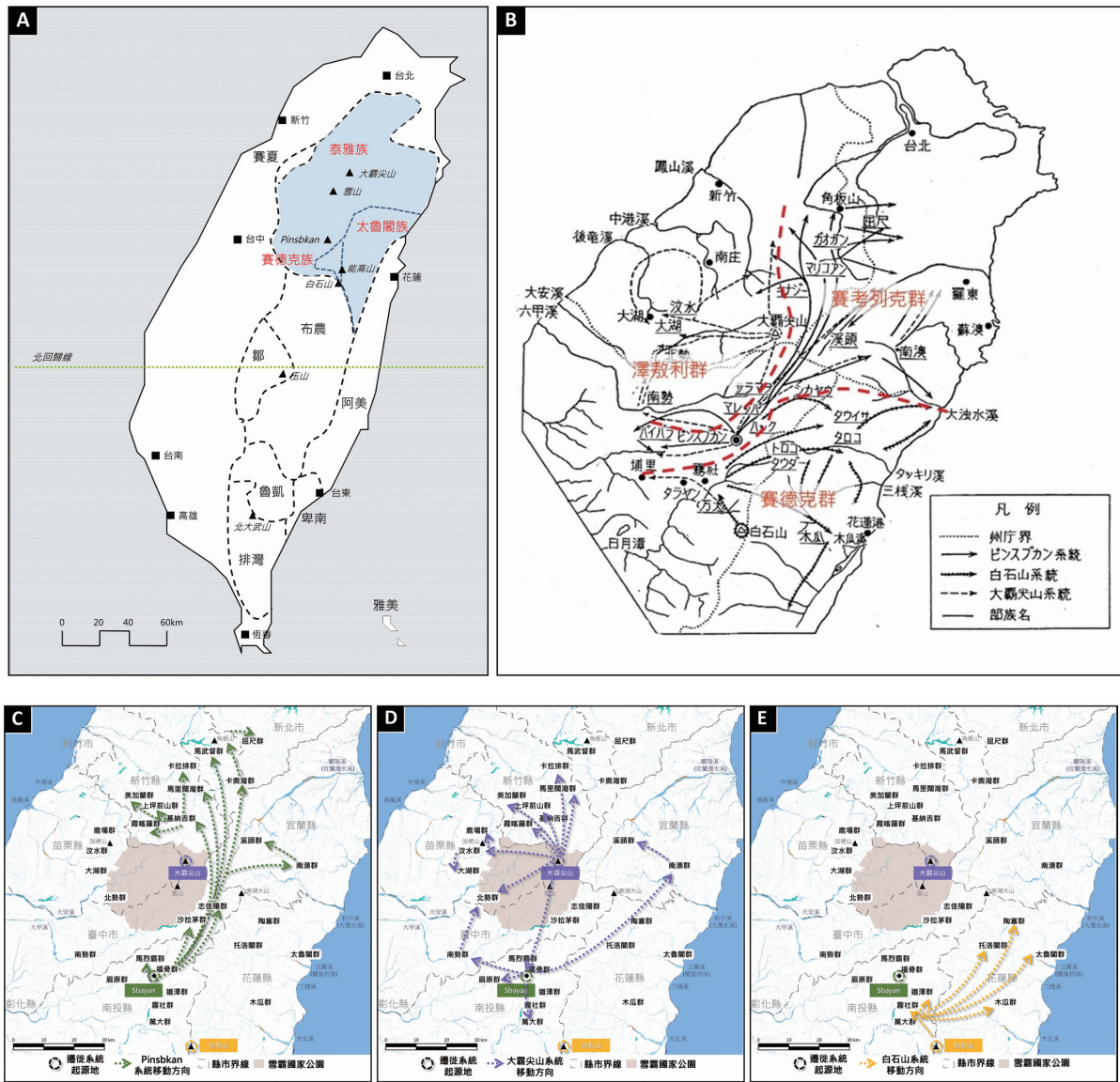


圖 3. (A) 泛泰雅族（含泰雅族、賽德克族、太魯閣族）分布示意圖；(B) 泰雅族分群與移動示意圖；(C) 塞考列克系統起源自 Pinsbkan 之遷徙方向；(D) 澤敖利系統起源自大霸尖山系統之遷徙方向；(E) 賽德克系統自白石山之遷徙方向

Fig 3. (A) Distribution of Pan-Atayal peoples (including the Atayal, Seediq, and Taroko peoples); (B) grouping and migration of Atayal peoples; (C) direction of migration of Sqliq-speaking Atayal people, which originated in Pinsbkan; (D) direction of migration of Ci'uli-speaking Atayal people, which originated in the Dabajian Mountain system; (E) direction of the migration of Seediq-speaking Atayal people, which originated on Baishi Mountain

資料來源：(A)、(C)、(D)、(E) 作者繪製、(B) 修改自《臺灣高砂族の住家》（千千岩助太郎，1960：5）

3. 白石山 (Bunohon)

白石山上一座突出之岩石（牡丹岩，知亞干山東稜白色巨石，海拔約 2,800 公尺）上的老樹，屬於賽德克族的傳說起源地（圖 3(E)）。

前述泰雅族塞考列克系統的移動，大致由起源地 Pinsbkan 往北，沿著北港溪、大甲溪、蘭陽溪、和平溪主要河流兩岸移動（圖 3(C)），期間並無明顯穿越雪山西稜的紀錄（馬淵東一，2014：83-

119)。澤敖利系統起源自大霸尖山傳說者的一部分群體流傳著先祖自大霸尖山南下至大甲溪上游，再沿溪向西下降移動，成為後來的部分大湖群、中部北勢群者之事蹟，期間由大霸尖山南下到大甲河流域上游之路徑，即可能穿越雪山西稜地區，其在稜線的南側則由石屋群主要分布區域的志樂溪源頭南下，並且這一支的移動趨勢主要是由山區高地往丘陵低地移動（圖 3(D)）。

泰雅族及其西北方的賽夏族皆曾流傳其傳統領域內居住著其他的異族群。靠近泰雅族分布區域西側者（由北部角板山一帶往南到達大甲溪白毛附近）稱這個異族群為 *skamayun*（指矮人或人很多之意）人，之後遭泰雅族驅離，往西部低地離去（臺北帝國大學土俗·人種學研究室，2011：57）。泰雅族澤敖利系統者認為 *skamayun* 人就是賽夏族（馬淵東一，2014：100-101）。而環山地區的泰雅族人則認為雪山西稜的石屋群就是 *skamayun* 人遺留的聚落，但不知道 *skamayun* 人確實的族群歸屬。而賽夏族普遍流傳著 *taai* 矮人曾與族人共同居住，但後來因故遭族人誘殺殲滅的傳說，*taai* 殘留者最後往東方逃逸消失。至於 *taai*、*skamayun*、賽夏族與雪山西稜線石屋群的關係，雖有環山地區泰雅族的口述傳說，指稱這些石屋可能為 *skamayun* 人所建造，而日治時期的調查亦曾指出泰雅族與賽夏族傳統領域中遺留之石砌構造群，包含二本松地區、雪山西稜線的石屋群都是賽夏族遺留者（臺北帝國大學土俗·人種學研究室，2011：121），但前述的 *taai*、*skamayun*、賽夏三者活動領域，似乎皆未曾往較高的區域拓展到雪山西稜一帶，且由日治時期的賽夏族建築調查

資料（千千岩助太郎，1960：25-26）顯示該族群為竹屋構造系統者觀之，亦與石砌構造遺留缺乏傳承脈絡，其間關聯仍待釐清。

綜合前述，*taai*、*skamayun*、賽夏、泰雅四個族群中，*taai* 的相關活動區域可能僅侷限於現今賽夏族的東側區域。*skamayun* 可能是較早期的賽夏族或早於賽夏族的異族群，是最早活動於現今泰雅族分布區域西側及賽夏族區域的群體，為靠近平原的丘陵環境。*skamayun* 稍後陸續遭晚期賽夏族、泰雅族排擠而消失。此外，晚期賽夏族又比泰雅族更早活動於西側靠平原的區域，亦受到泰雅族由山區往低地移動排擠，而退居於現今新竹、苗栗交界之淺山地區。而族群遷徙過程中曾途經雪山西稜線者，可能主要為泰雅族澤敖利系統的一部分，且呈現由高地往低地的移動趨勢。雪山西稜石屋群的建造者，由族群移動的觀點來看，只能初步歸納是早於環山地區泰雅族人的另一群人，其餘則目前仍不明確。

四、研究方法

雪山西稜沿線史前石屋群的建材分析，首先透過現地調查建材的型態與周邊地層厚度及節理特性的關係，依此進行系統採樣、顯微光薄片製作，使用偏光顯微鏡進行岩象鑑定與礦物比例分析。每一片薄片需以固定間格計數 2,000 點以上資料，並進行計算。礦物鑑定所使用的偏光顯微鏡型號為 Carl Zeiss MicroImaging GmbH Axio Imager. A1 LED/DL，照相系統為 ForeverPlus FPC-U510。地形特徵及選址規則判釋，主要使用內政部地政司國土測繪中心所產製的 108 年度空載光達（Airborne LiDAR）技術更新數值地形模

型 (DEM) 資料，解析度為 1 公尺。以 ArcMap 10.1 進行 DEM 資料的坡度分析、陰影分析，並使用 ArcScene 10.1 進行三維影像處理，以更直觀瞭解石屋群遺址位址，與周邊地貌及水系的關係。文化層出土的木炭標本檢送至美國 Beta 實驗室，使用 NEC 加速器質譜儀 (AMS) 和 Thermo/RMS 進行放射性碳 14 定年。

五、研究結果

(一) 雪山西稜的地質與史前石屋建材

根據中央地質調查所出版的《五萬分之一臺灣地質圖說明書—圖幅第 19 號—梨山》(劉桓吉、高銘健, 2010)，所有石屋遺址皆位於所謂白冷層上段(圖 2(B))。主要岩性以變質砂岩夾板岩或硬

頁岩為特徵。根據前述地質背景可知，白冷層上段的岩性及年代與鄰近的水長流層及佳陽層有顯著差異。因此，石屋遺址的岩性與周邊地層岩性的對比將成為判斷建材來源的重要依據。

雪山西稜沿線石屋遺址所使用的建材為塊狀、長方體或厚板狀型態的變質砂岩。鄰近地層可觀察到的變質砂岩層常見有兩組不同方向的節理面(圖 4(A))，在凍融作用、侵蝕或風化作用的影響下容易沿著節理面而碎裂成塊狀、長方體或厚板狀。由於缺乏長距離搬運及掏選，岩塊形態呈現尖銳的稜角狀。經觀察石屋所使用之石材表面無切割、琢磨現象，判斷未有人為加工的特徵。初步調查結果顯示，除了翠池石屋及大雪山北峰遺址之

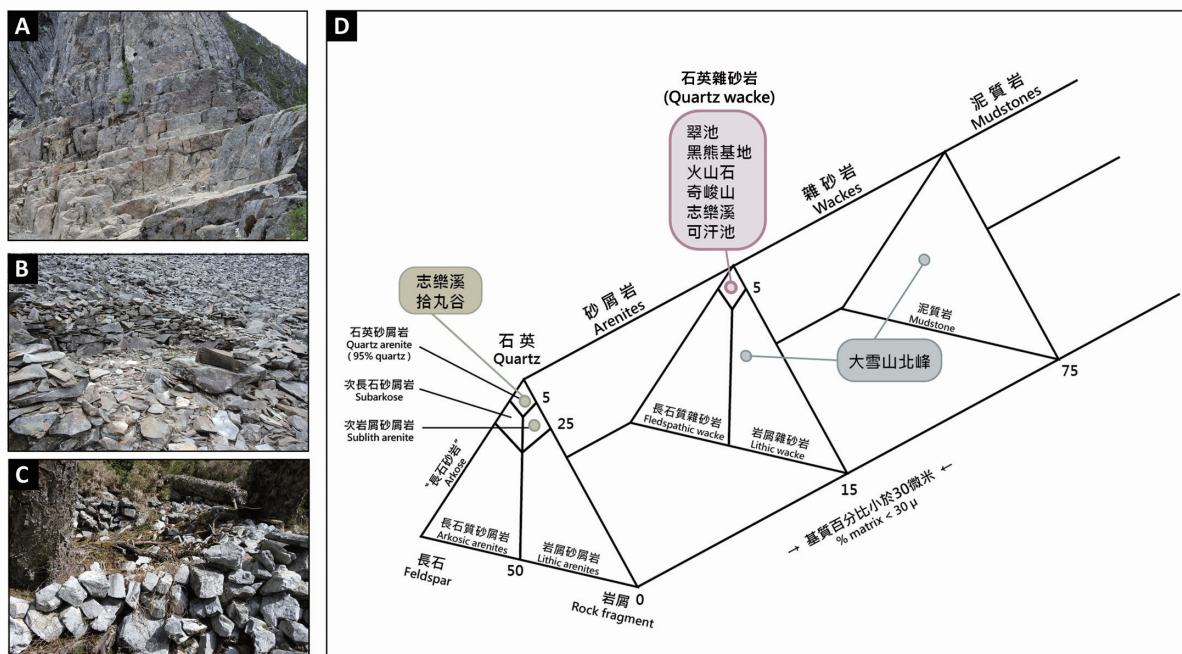


圖 4. 雪山西稜沿線考古遺址建材型態及分析。(A) 具有兩組不同方向節理面的變質砂岩地層；(B) 厚板狀變質石英砂岩堆砌的石屋遺址；(C) 塊狀變質石英砂岩堆砌的石屋遺址；(D) 碎屑砂岩分類標準

Fig 4. Types and analysis of building materials used at archaeological sites along the west ridge of Syue Mountain. (A) Metasedimentary sandstone stratum containing two vertical and orthogonal systematic joint sets; (B) site of a stone house laid with quartzite metasedimentary slabs; (C) site of a stone house laid with quartzite metasedimentary blocks; (D) classification of sandstone

資料來源：(A)-(C) 作者拍攝、(D) 參考自 *Sand and Sandstone* (Pettijohn, Potter, & Siever, 1973)

石屋為厚板狀變質砂岩（圖 4(B)）及硬頁岩堆疊而成；其餘如黑熊基地、志樂溪、火石山、奇峻山、可汗池、拾丸谷遺址之石屋建材主要為塊狀變質砂岩（圖 4(C)）。

雪山西稜石屋建材主要為低度變質之砂岩，仍可見砂岩之礦物組成，故石屋建材的岩象學分析主要依據國際慣用之碎屑砂岩分類標準進行材料鑑定分類（圖 4(D)）（Pettijohn et al., 1973）。雪山山脈白冷層的變質砂岩之特徵，據砂岩之礦物組成及粒徑大小，肉眼可觀察到含碎屑較多的淺灰色或含石英顆粒較多的灰白色砂岩。粒徑大小的不同可分為細粒、極粗粒的石英砂岩，或細礫級的石英礫岩。研究結果指出，建成翠池石屋所使用的變質砂岩之原岩主要為石英雜砂岩（quartz wacke）（圖 5(A)）。由大約 > 95% 的石英顆粒與 < 5% 的碎屑所組成，並含有泥質基質填充其中（matrix 含量約為 15–75%），並非過去調查報告中所認為的黏板岩（顏廷仔、劉益昌，2017：17）。黑熊基地（圖 5(B)）、火石山（圖 5(C)）、奇峻山（圖 5(D)）、可汗池與少數志樂溪遺址皆有出現與翠池遺址相同的建材。

大多數的志樂溪與拾丸谷遺址所使用的建材與翠池遺址有顯著不同，前兩者使用的建材主要為低度變質的石英砂屑岩（quartz arenite）（圖 6(A)）、碎屑砂岩（sublithic-arenite）（圖 6(B)）及石英雜砂岩（quartz wacke）。石英砂屑岩主要由 > 90% 的碎屑石英組成的砂岩，含少量的岩屑。碎屑砂岩以石英占比最高，但其中夾帶有 5–25% 較小，且基質含量較前述的板岩碎屑和長石，不含泥質基質

填充（matrix 含量 < 15%）。石英雜砂岩粒徑兩者高，與前述黑熊基地等石屋建材相同。相較於其他遺址，志樂溪遺址所使用的建材變質砂岩粒徑較大，且石英含量相對較高。需注意的是野外實際調查與地質圖繪製的差異與製圖精度有關，本研究主要以判斷遺址建材是否為就地取材，因此遺址所在地層的岩性仍以現場實際調查為主。

大雪山北峰遺址所使用的建材與前述各遺址皆不同，主要差異在於粒徑較小。分別有變質石英岩屑雜砂岩（lithic wacke）（圖 6(C)），粒徑為 62.5–3.9 μm ，其中含有約 65% 的石英顆粒。及硬頁岩（argillite）（圖 6(D)），粒徑 < 3.9 μm 。成分主要以石英、碎屑和黏土為主構成，建材的特性粒徑較小，相較於上述其他遺址建材更為細緻。

（二）雪山西稜史前石屋群的選址特徵

1. 七家灣溪支流上游遺址 — 黑熊基地

黑熊基地石屋位於七家灣溪上游，雪山主峰東北側 1 號圈谷下側。行政區屬於臺中市和平區，為雪霸國家公園轄區及林務局東勢林區管理處轄下之大甲溪第 30 林班。由於黑熊調查曾以此地為據點，因而得名。黑熊基地可見兩棟石屋，一棟為雙室型平面，可見出入口，另一為單室型平面，因保存狀況不佳，出入口難以辨識。考古發掘調查可見石屋內部有厚層石板平鋪以及木炭碎屑火燒遺跡，無其他生活遺物出土。

從航照圖可知，由圈谷往七家灣溪方向延伸，目前為碎石坡及植被所覆蓋。本調查利用空載光達所測製的 1 m DEM 進行原始地形分析發現，除了雪山 1 號圈

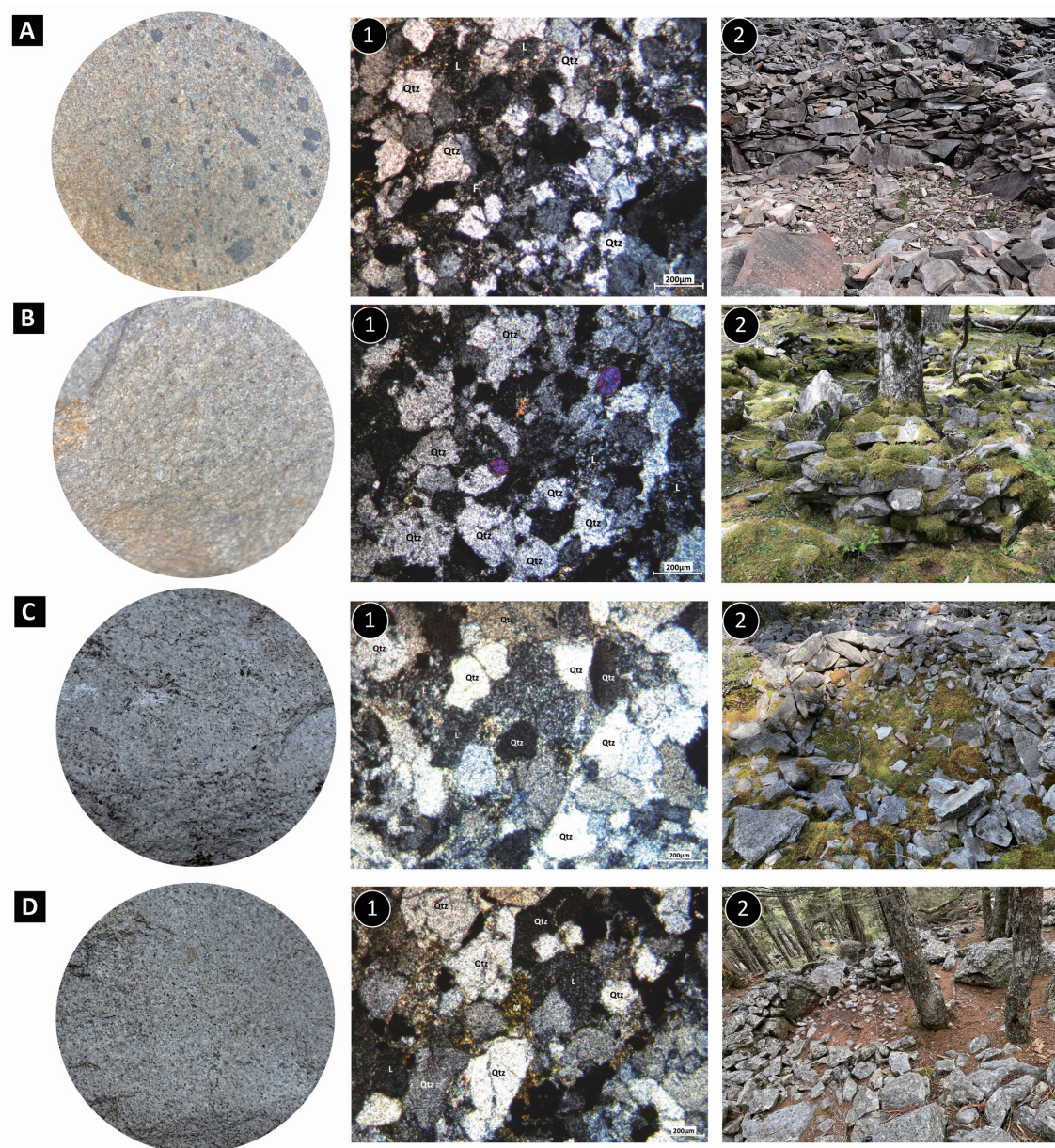


圖 5. (A) 翠池石屋；(B) 黑熊基地石屋；(C) 火石山石屋；(D) 奇峻山石屋所使用的低度變質之石英雜砂岩（quartz wacke）之手標本（hand specimen）影像，及所對應的(1) 偏光顯微影像與(2) 各石屋遺址之現況圖

Fig 5. Images of hand specimens of quartz wacke through low-grade metamorphism used in stone houses at the sites at (A) Cuei Pond; (B) Black Bear Base; (C) Huoshi Mountain, and (D) Qijun Mountain as well as their corresponding (1) polarized light microscopy -based images and (2) current states

資料來源：作者拍攝及繪製

谷為明顯的冰河地形以外，遺址東北側七家灣溪上游處冰河地形並不顯著。遺址東側存在順向坡地形及發育有未來可能會發生崩場的弱面。河道中存在的地形起伏由其走向判斷，應為過去沿著順向坡滑落

的多次崩塌。黑熊基地石屋選址於七家灣溪北側逆向坡坡腳處傾角相對低緩穩定的地層面上（圖 7(C)），而非冰河成因的地形之上。該位址近七家灣溪上游，選址的目的可能以方便取水為主要考量。

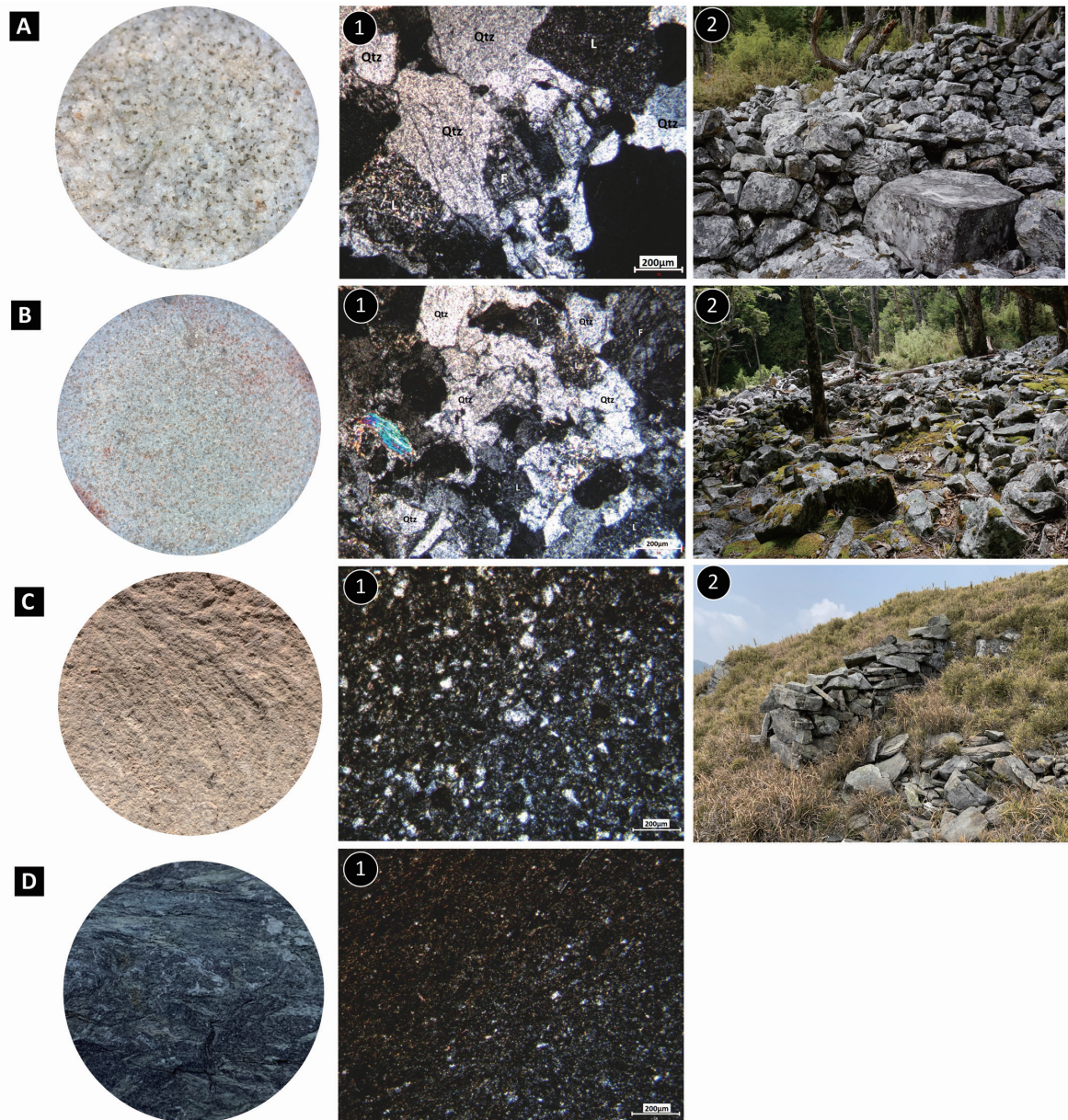


圖 6. 志樂溪及大雪山北峰遺址所使用之變質砂岩手標本 (hand specimen) 組構與所對應的偏光顯微影像 (1) 及各遺址石屋現況 (2)。(A) 志樂溪遺址：原岩為石英砂屑岩 (quartz arenite)；(B) 志樂溪遺址：原岩為碎屑砂岩 (sublitharenite)；(C) 大雪山北峰遺址：原岩為石英岩屑雜砂岩 (lithic wacke)；(D) 大雪山北峰遺址：硬頁岩 (argillite)，原岩為泥質岩 (mudstone)

Fig 6. Image of hand specimens of metasandstone used at the sites at Zhile Creek and Mount Dasyue North Peak, as well as (1) their corresponding light microscopy -based images and (2) the current states of the stone houses at each site. (A) Quartz arenite and (B) sublitharenite at the Zhile Creek site and (C) lithic wacke and (D) argillite (originally mudstone) at the site on the Mount Dasyue North Peak

資料來源：作者拍攝及繪製

2. 志樂溪支流上游的大型遺址群 — 志樂溪、火石山、奇峻山

過去所指的志樂溪遺址，指的是博

可爾草原附近的志樂溪源的遺址。然而，本調查研究由空載光達測製之 1 m DEM 首次發現，火石山、奇峻山及大雪山北

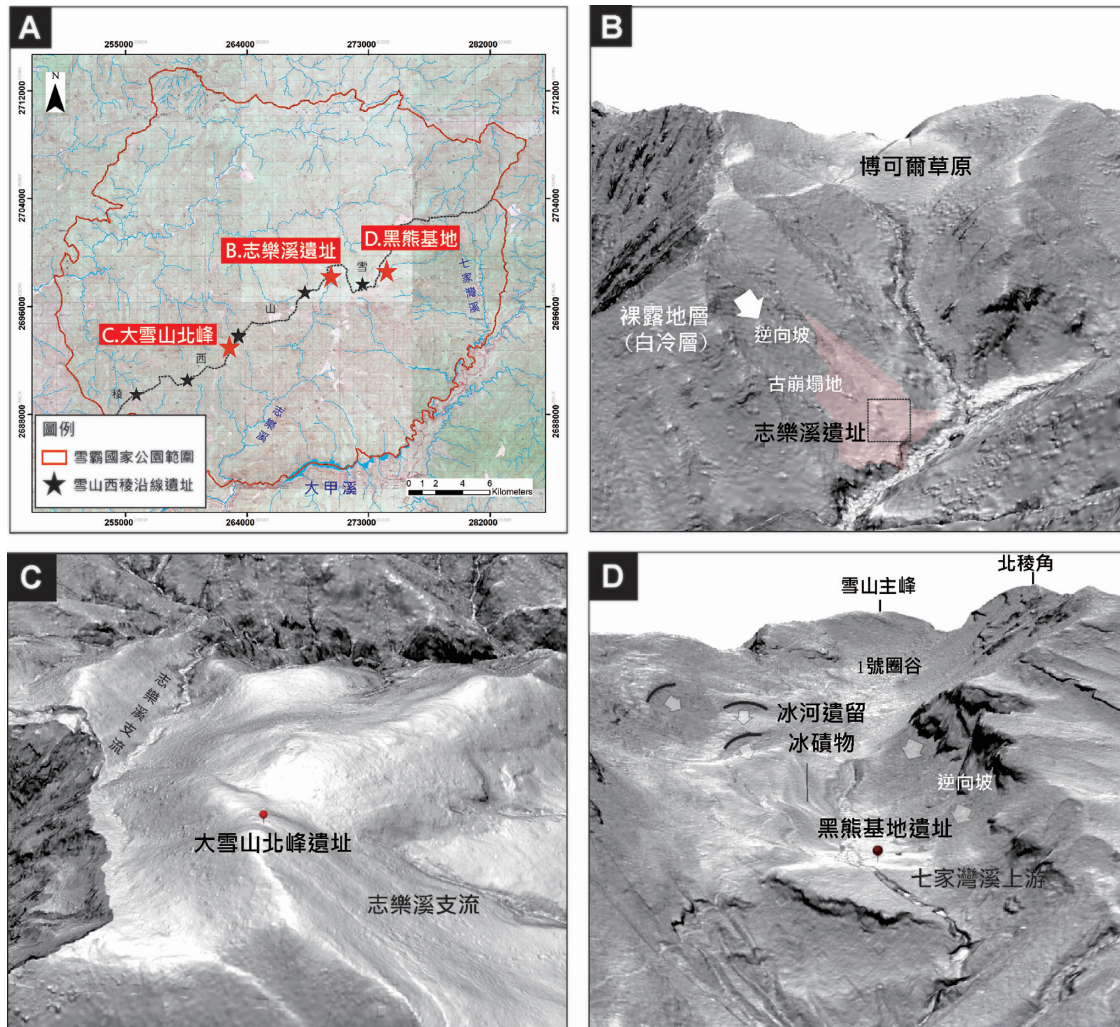


圖 7. 黑熊基地、志樂溪遺址、大雪山北峰遺址地形分析。(A) 遺址位置圖；(B) 大雪山北峰遺址；(C) 黑熊基地遺址鄰近地形分析；(D) 志樂溪遺址及鄰近地形分析

Fig 7. Sites at Zhile Creek, Mount Dasyue North Peak and Black Bear Base. (A) Location map. High-resolution topographical analysis and corresponding geomorphic interpretation of (B) the Zhile Creek site, (C) the Mount Dasyue North Peak site, and (D) the Black Bear Base site

資料來源：作者繪製

峰亦為於志樂溪其他支流上游處的遺址。志樂溪各支流上游的遺址共同特徵為多戶數的大型遺址群，志樂溪源石屋數約 25 棟、奇峻山有 27 棟、火石山 11 棟。

志樂溪遺址位於雪山西峰東南約 1,000 公尺處，位於志樂溪上游溪側之碎石崩場地。行政區屬於臺中市和平區，為雪霸國家公園的史蹟保存區，以及林務局東勢林區管理處轄下的八仙山事業區

第 80 林班地。遺址建築形式取現地石材，以丁砌或順砌方式砌築壁體，形成單棟或 2 至 3 棟併攏的石屋群；空間呈現單室圓或矩形平面，室內地坪較室外高，呈現豎穴式型態。部分石屋能辨識出入口，部分石屋僅留四周壁體但無出入口。

DEM 中顯示志樂溪遺址西側出露地層，地層走向約為東北—西南向，傾角向西，即地質圖始新世的白冷層。志樂溪

遺址位於變質砂岩層的逆向坡，為落石好發之處。石屋建材皆為就地取材並建於崩場地落石堆之上（圖 7(D)）。出露的地層往東南延伸至河谷方向，起伏平緩，可能是為岩屑覆蓋的古崩場地。志樂溪遺址下方可觀察到新崩場的地形，是由於志樂溪的攻擊坡處引發的坡腳侵蝕導致的崩場。對於往來於稜線的族群而言，志樂溪的區位建於取水便利溪溝附近的崩場地，已是相對宜居的場所，可能曾

經有一些頻繁活動於此發生，但並非長年穩定發展的聚落。

火石山石屋群位於火石山東南側約 500 公尺的平緩崩場地，亦位於志樂溪支流上游（圖 8），鄰近雪山西稜線火石山下營地西側步道。行政區屬於苗栗縣泰安鄉，為雪霸國家公園轄區以及林務局東勢林區管理處轄下的八仙山事業區第 80 林班地。火石山石屋群可辨識的石屋有 11 座，壁體由不規則石塊砌築而成。

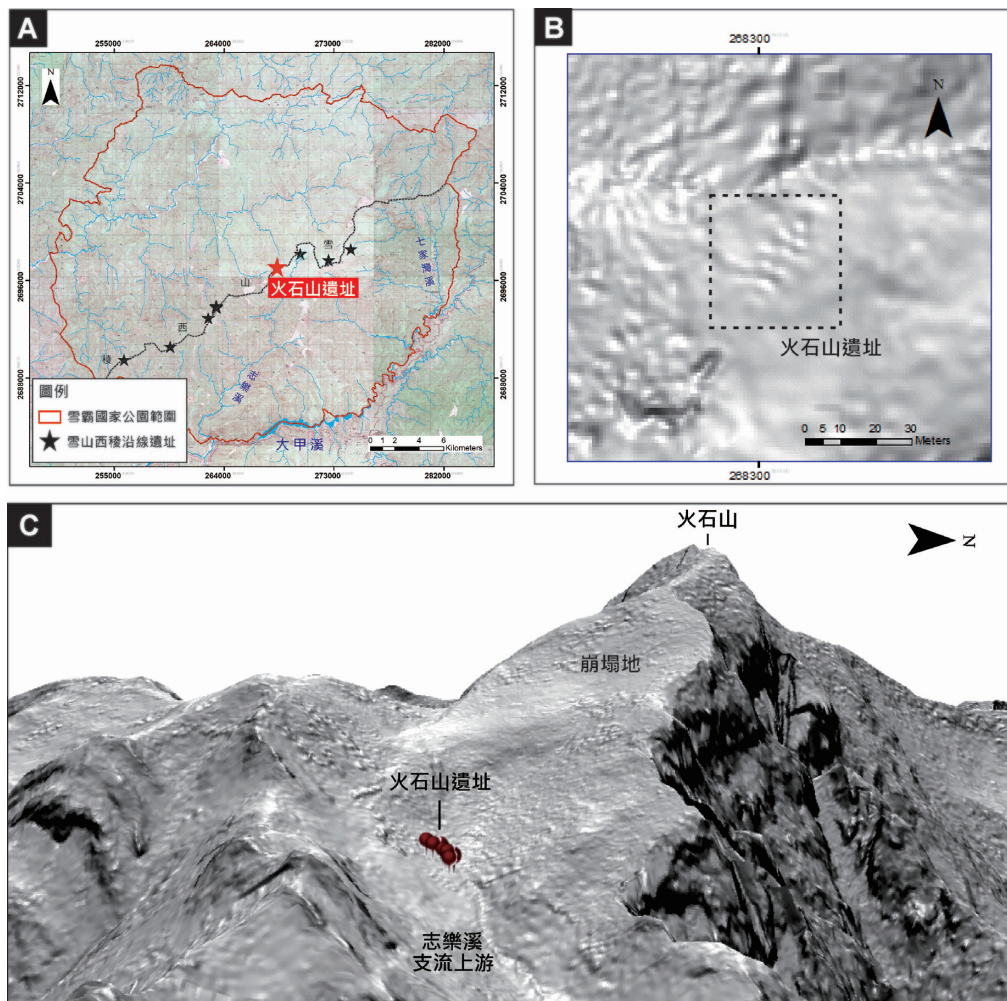


圖 8. 火石山遺址。(A) 遺址位置圖；(B) 火石山遺址於空載光達 1 公尺 DEM 計算之坡度圖中清楚呈現石屋分布；(C) 火石山遺址鄰近地形分析

Fig 8. Huoshi Mountain site. (A) Map; (B) distribution of local stone houses on a slope map analyzed from 1-m digital elevation model obtained using LiDAR, and (C) topographic analysis of surrounding area

資料來源：作者繪製

考古發掘結果顯示，文化層內能見淺凹盆狀火塘遺跡、木炭碎屑、獸骨以及石板鋪面等遺跡。1 m DEM 顯示，火石山遺址選址與志樂溪遺址相似，可能與此處地勢相對平緩、取水便利等條件有關。

奇峻山遺址位於奇峻山西南側的碎石坡，亦位於志樂溪支流的上游，建於稜線附近坡度較小的平緩崩塌地上(圖9)。行政區屬於臺中市和平區和苗栗縣泰安鄉，為雪霸國家公園轄區、臺中市和平區大雪山段地1地號及林務局東勢林區

管理處轄下之八仙山第78林班地。奇峻山石屋群可辨識的石屋有27座，建造方式有以原地既有大型落石及就地取材的石材堆砌(圖10(A))或皆以石材砌築(圖10(B))成牆體兩類。空間型態有單棟及連棟兩類，後者包括兩棟併用一組圍牆呈現平行排列狀、2-3棟石屋併用相連背牆呈現上下排列狀，或3棟以上連棟者。1 m DEM 顯示，奇峻山遺址選址與志樂溪及火石山遺址相似，可能與此處地勢相對平緩、取水便利等條件有關。

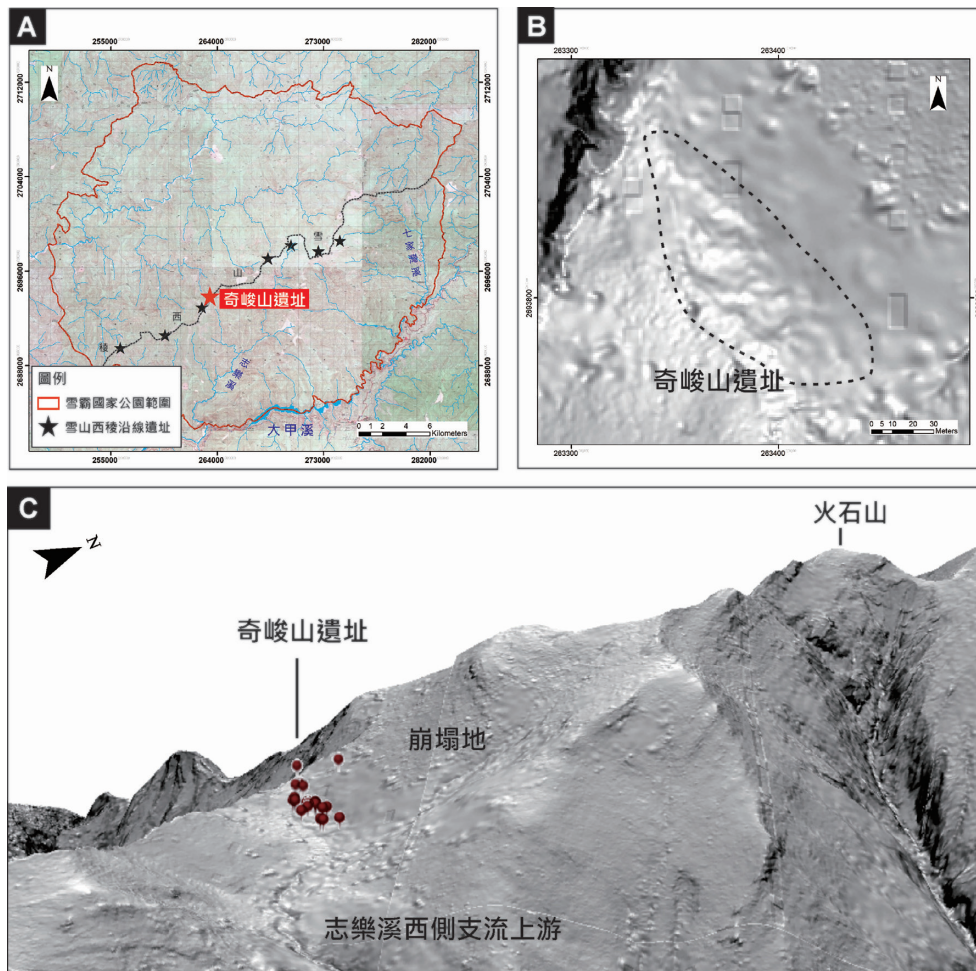


圖 9. 奇峻山遺址。(A) 遺址位置圖；(B) 奇峻山遺址於空載光達 1 公尺 DEM 計算之坡度圖中清楚呈現石屋分布；(C) 奇峻山遺址鄰近地形分析

Fig 9. Qijun Mountain site. (A) Map; (B) distribution of local stone houses on a slope map analyzed from a 1-m digital elevation model obtained using LiDAR, and (C) topographic analysis of surrounding area

資料來源：作者繪製

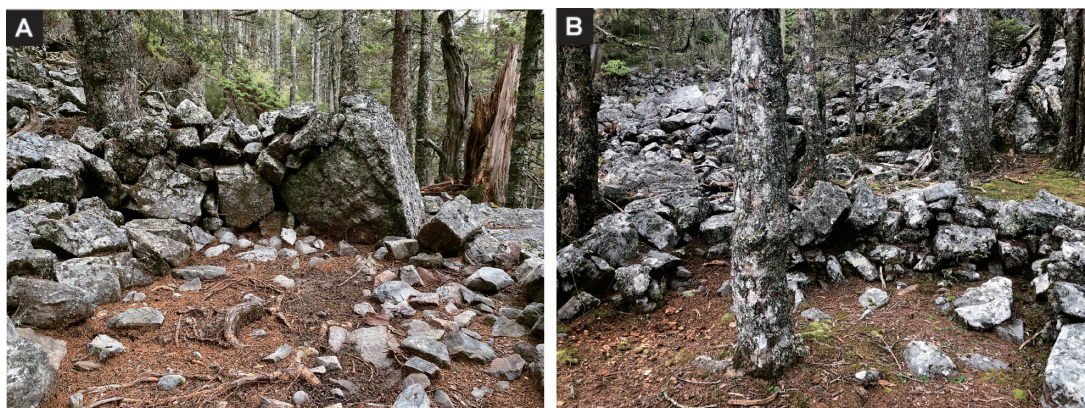


圖 10. (A) 奇峻山以原地大型岩石及就地取材的石材堆砌成牆體之實例；(B) 全以石材砌築之實例
 Fig 10. (A) The wall of Mount Qijun site is built of large in-situ rockfalls and locally obtained rocks; (B) The walls of the stone house are all built using in-situ rocks

資料來源：作者拍攝

3. 高山湖泊與小戶數石屋遺址 — 翠池、可汗池、拾丸谷

翠池石屋位於雪山主峰西北側約 1 公里處的翠池旁。行政區屬於臺中市和平區，為雪霸國家公園轄區及林務局東勢林區管理處轄下大安溪事業區第 61 林班地。翠池石屋共計有 3 棟，空間型態呈現長方形平面，一棟的砌石壁體保留完整，入口仍可辨識，另兩棟砌石壁體部分已崩塌。考古發掘調查可見石屋室內為鋪石地面，有大量木炭碎屑、火塘遺跡、獸骨及近代文化遺物，如燈泡、捕獸夾、電池等，可能為歷史時期原住民族群作為獵寮使用，晚近又被登山客再次利用。

空載光達 1 m DEM 顯示，翠池可能位於冰河造成的冰斗地形之下的冰斗湖，及附近仍可見疑似冰碛沉積物（圖 11）。此外，圖中顯示翠池與次高溪支流最上游處相接。雖翠池石屋遺址位於冰斗地形的脊下崩塌坡腳處，可能有發生落石的風險，但圖中顯示翠池與次高溪支流最上游處相接，且鄰近翠池，取水便利，可能為該石屋選址的考量。

可汗池遺址位於可汗山與知馬漢山北峰溪側約 750 公尺的鞍部處。行政區屬於臺中市和平區，為雪霸國家公園的轄區及行政院農業委員會林務局東勢林區管理處轄下之八仙山第 72 林班地。石屋數量共計 3 座，單室圓或矩形平面，各有一開向水池方向的門道，留存壁體為不規則變質砂岩石塊砌築之矮牆。考古發掘調查出土有木炭碎屑、細長條鐵絲、馬口鐵殘件等，可能為晚近登山隊伍或狩獵者之二次利用情形。

可汗池遺址所處鞍部為古崩場地所覆蓋，地勢相對平緩。遺址位於可汗池邊，鄰接匹亞桑溪上游，選址考量應與取水有關（圖 12(B)）。可汗池周邊有發育規律方向且幾乎等距的多重脊（multiple ridge）及斷陷凹地（sag zone）。斷陷凹地為崩塌發生後位於崩場地地上方與脊之間的地形相對低處，通常地勢平緩易積水成池。此外，可汗池及其周邊相關凹地另一成因認為可能與古冰蝕地形有關，但由於在野外調查中並沒有發現冰蝕擦痕等相關遺跡，故目前證據仍尚不足以解

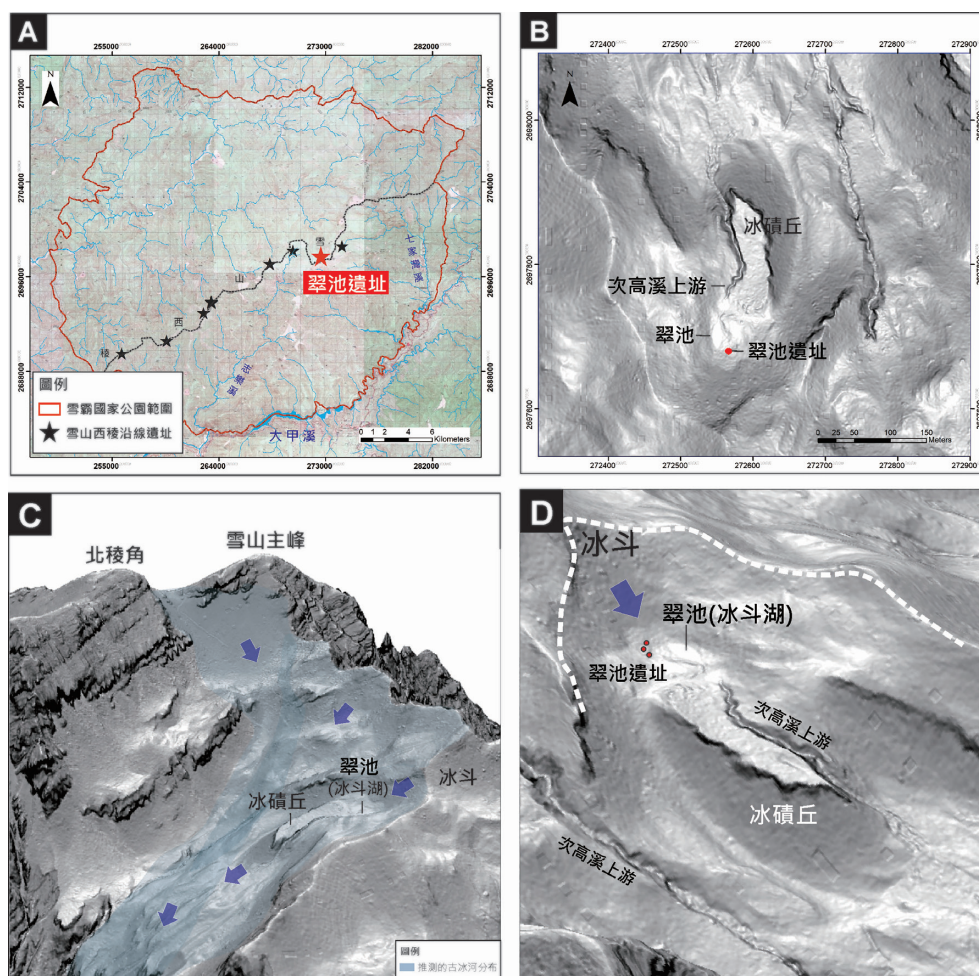


圖 11. 翠池遺址。(A) 遺址位置圖；(B) 翠池遺址周邊地形相對關係；(C) 翠池遺址周邊疑似古冰河位置；(D) 冰河遺跡與翠池遺址的相對關係

Fig 11. Cuei Pond site. (A) Map; (B) topographic analysis of the terrain around the site; (C) locations of the suspected ancient glaciers near the site; (D) spatial relationship between the glacial remains and the site

資料來源：作者繪製

釋其與冰河地形的關聯。由 1 m DEM 所產製的坡度圖判斷，這些稜線附近的低地之成因也可能與稜線附近所發生的局部崩塌有關。

拾丸谷遺址位於拾丸谷東側緩坡地上，行政區屬於苗栗縣泰安鄉，為雪霸國家公園的轄區及苗栗縣泰安鄉拾丸段 29 地號、大安溪第 96 林班。石屋數量共計 1 座，雙室矩形平面，北室可見一出入口，留存壁體為不規則變質砂岩石塊砌築之

矮牆。考古發掘調查僅見木炭碎屑。石屋位處於稜線與崩場地之間所形成的低平凹谷之中，在凹谷中有一水池。拾丸谷遺址建於水池邊，並鄰接南坑溪上游支流處（圖 12(C)）。與前述可汗池遺址相同，地勢平緩與取水便利應為選址的主要考量。

綜上所述，翠池、可汗池、拾丸谷遺址型態為孤立或零星石屋，三者各分別位於次高溪上游、匹亞桑溪上游及南坑溪上

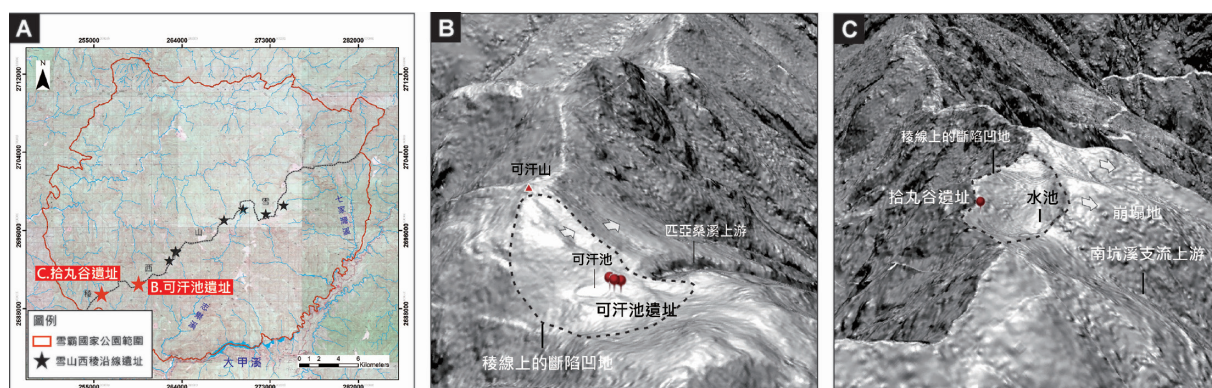


圖 12. 可汗池及拾丸谷石屋遺址。(A) 遺址位置圖；(B) 可汗池石屋及鄰近地形分析；(C) 拾丸谷石屋及鄰近地形分析
Fig 12. Sites at Kehan Pond and in Shi-Wan Valley. (A) Map and stone houses at and topographical analysis of the areas surrounding; (B) the Kehan Pond site; (C) the Shi-Wan Valley site

資料來源：作者繪製

游近稜線處的緩坡，並且周邊皆有高山湖泊，表現出與周遭自然環境的共伴關係。此外，大雪山北峰以及黑熊基地遺址兩處亦可歸屬為孤立石屋，前者位於志樂溪支流上游，後者位於雪山一號圈谷下七家灣溪上游。遺址位置均與取水便利有關。

(三) 雪山西稜石屋群定年結果

根據雪山西稜各遺址文化層出土的木炭標本的碳 14 定年結果表明（表 1），志樂溪、火石山遺址等二處的木炭標本年代表測定結果 620 ± 30 B.P.，經校正後約為

658–550 B.P.（顏廷仔、劉益昌，2017：93）。奇峻山遺址的木炭標本定年經校正後，分別為 1302–1232 B.P.、880–796 B.P.。

六、討論

(一) 石屋的選址與建材

雪山山脈的冰河遺跡最早由鹿野忠雄（1934）所報導，位於亞熱帶的臺灣高山是否存在過末次冰期（約一萬八千年前）遺留的冰河地形，是一直以來備受關

表 1. 雪山西稜石屋遺址探坑出土木炭標本年代表測定結果

Tab 1. Results of AMS Carbon-14 dating of charcoal specimens unearthed from the exploration pits at the stone house sites of the west ridge of Syue Mountain

遺址名稱	樣品編號	坑號／層位	材質	測定結果	校正年代	換算年代	參考文獻
志樂溪	Beta-465282	TP4-L2a (F1-L1)	炭	620 ± 30 B.P.	658–550 B.P.	西元 1292–1400	顏廷仔、劉益昌 (2017)
火石山	Beta-465283	TP1-L2a (F1-L2)	炭	620 ± 30 B.P.	658–550 B.P.	西元 1292–1400	顏廷仔、劉益昌 (2017)
奇峻山	Beta-575660	TP2-L2 (F21)	炭	1330 ± 30 B.P.	1302–1232 B.P.	西元 648–718	本研究調查
	Beta-561670	TP1-L1b (F6)	炭	980 ± 30 B.P.	880–796 B.P.	西元 1070–1154	本研究調查

資料來源：《志樂溪人文史蹟遺址調查成果報告書》（顏廷仔、劉益昌，2017）、本研究調查

注的議題。鹿野認為雪山山脈的冰河遺跡主要分布於大劍山以北至大霸尖山一帶。日治時期以後的雪山西稜的調查指出，翠池、下翠池及中翠池皆可能是當年冰斗湖的殘留，而博可爾山東南側坡面志樂溪源頭、火石山東側坡面也曾被報導過有圈谷地形（王鑫、楊建夫、郭彥超，2001）。

過去對雪山西稜史前石屋群的研究報告中認為，火石山、志樂溪、翠池遺址的所在地東側有較厚的積雪帶及圈谷出現的地方（田中薰、鹿野忠雄，1934），因此推測這些石屋遺址可能建造於冰河地形之上，且建材與冰河所遺留的冰磧石有關（顏廷仔、劉益昌，2017：16-17）。然而，冰磧石最常被作為判釋的代表特徵——擦痕與漕溝，在現今雪山西稜是幾乎不可見的。即使是雪山圈谷附近的碎石坡現今也很難見到此特徵。雪山山脈主要岩性為具有兩組不同方向節理面的變質砂岩，在臺灣高侵蝕速率與凍融作用的過程中，砂岩往往容易沿著節理面而碎裂成塊狀、長方體或厚板狀，並經塊體運動由陡崖上的岩石崩落而形成落石堆，雪山山脈之低度變質砂岩亦具該特性。因此，本研究不排除大量的崩積物掩蓋了萬年前形成的冰河地形的可能性。此外，雪山西稜石屋遺址所使用的建材皆為變質砂岩，與雪山山脈所出露的地層——白冷層的岩性一致，判斷應為就地取材。根據上述 1 m DEM 的判釋結果指出，雪山西稜的石屋群遺址並非位於典型的冰河地形之上，主要是建於溪流支流上游靠近稜線附近的古崩場地（志樂溪、火石山、奇峻山遺址）、緩稜（大雪山北峰遺址）、陷落低地（翠池、可汗池、拾丸谷遺址）

或地層層面（黑熊基地遺址）上，其選址應與冰河地形無關。

（二）雪山西稜石屋群的年代意義

空載光達所產製之 1 m DEM 清楚顯示原志樂溪遺址、火石山、奇峻山等遺址皆位於志樂溪各支流上游近稜線處的平緩地形處。志樂溪最下游鄰接大甲溪青山發電廠，為今德基水庫與谷關水庫之間。由於位於志樂溪各支流上游處，遺址的共同特色為出土的石屋數量較多，應已具小型聚落或游團的規模。但是為何這幾處聚落的選址皆與志樂溪有關，其關鍵原因目前仍未明。

放射性碳 14 定年結果表明，奇峻山遺址早於志樂溪與火石山遺址。奇峻山於西元 648–718 年（7–8 世紀）就已經存在，而志樂溪與火石山遺址存在時間為西元 1292–1400 年（13–15 世紀）左右，屬於金屬器時代晚期（顏廷仔、劉益昌，2017）。值得注意的是，根據已發表的臺灣南部大崗山的石筍所紀錄的古氣候事件，西元 700–1200 年和西元 1810–1933 年兩個時期表現出溫暖濕潤且植被覆蓋良好的氣候型態，西元 1200–1400 年轉為相對乾燥趨勢；寒冷的氣候型態主要是發生在西元 1400–1810 年期間 (Li et al., 2015)。這暗示著奇峻山、志樂溪與火石山遺址可能存在於臺灣古氣候史上的暖期階段。其中，志樂溪與火石山的年代更是對應至全球古氣候事件上的中世紀暖期（medieval warm period，西元 1000–1300）轉換至小冰河期（little ice age，西元 1300–1850）的過渡期間。定年結果暗示雪山西稜史前石屋群可能是在全球氣候相對較溫暖的時期，遷徙至約 3,000 公

尺左右的高海拔山區，隨著小冰河期的到來，氣候逐漸變冷而遷離。

翠池、可汗池、拾丸谷主要特徵為孤立或零星石屋，除了鄰近溪流上游以外，且位於高山湖泊邊。定年結果表明最早年代約為距今 229–225 年前（西元 1721–1725 年），大約相當於清領時期。石屋的建造原因推測為臨時獵寮使用。雖然與前述奇峻山、火石山與志樂溪所使用的建材相似，皆就地取材於雪山山脈的變質砂岩，但建築的年代、選址考量與使用方式可能有所不同。

（三）文化資產價值

雪山西稜的石屋建築群為臺灣目前所知海拔最高的聚落建築群，為史前時期已有人群曾居住於高海拔山區的明確證據，其留存標誌了人群在山岳環境中地理環境利用的垂直及水平向度縱深可能性，對於理解聚落與地理環境關係，提供了更多元的理解可能性，是臺灣聚落建築群化多樣性表現的例證。而其間歇性與重複使用的現象，也提示了理解臺灣歷史發展過程中，人群移動頻繁的可能線索。而從空間及構造型態而言，空間圍閉不具一致性，疊石砌法不規則，則提示了使用機能的多樣性及人群可能群聚卻不具組織性的可能。

七、結論

本研究使用內政部地政司國土測繪中心所產製的 1 m DEM 資料，首次釐清

雪山西稜沿線石屋遺址的空間分布特性，及其與周邊自然條件的關係。目前調查研究發現志樂溪上游為雪山西稜線聚落型石屋遺址的核心區域。志樂溪遺址、火石山及奇峻山遺址皆位於志樂溪不同支流的上游處。這三個與志樂溪相關的遺址特徵為多戶數的大型遺址群。其他如翠池、可汗池、拾丸谷遺址型態為孤立或零星石屋，石屋周邊皆有高山湖泊。所有建於稜線附近崩塌而成的相關地形之上，且鄰近於溪流最上游，這可能與取水考量有關。建材及地層岩性的對比及型態判斷不排除為就地取材。

根據考古發掘木炭遺跡的放射性碳 14 定年結果，奇峻山遺址年代（西元 648–718）早於志樂溪與火石山（西元 1292–1400）。這兩個時代與臺灣南部大崗山石筍紀錄的古氣候資料類比，顯示屬於相對溫暖的時期。其中，志樂溪與火石山的年代更是對應至全球古氣候事件上的中世紀暖期轉換至小冰河期的過渡期間，暗示這些聚落很可能隨著小冰河期的到來而遷離。

誌謝

本文為雪霸國家公園管理處勞務委託計畫「雪山西稜線及雪山山脈史蹟與遺址調查」（案號：SP109122）之一部分。感謝文化大學曾佳漢教授在地形判釋的建議，及顏廷仔、蕭清松、郭意嵐、胥鴻恩等人協助考古發掘，江甫晏協助繪圖。

參考文獻

- 王鑫、楊建夫、郭彥超（2001）。《雪山圈谷群第四紀冰河遺跡研究（III）》。臺北：內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 馬淵東一（2014）。《臺灣原住民族移動與分布》（楊南郡譯）。新北：原住民族委員會。（原著出版於 1935 年）
- 郭素秋、鄭玠甫、黃鐘、林柏丞、胡植慶（2017）。〈空載光達技術在臺灣山區舊社考古學研究的應用：以排灣族文樂舊社為例〉。《考古人類學刊》，87，67-88。doi:10.6152/jaa.2017.12.0003
- 陳肇夏（1977）。〈臺灣雪山山脈的一些地層問題〉。《中國地質學會會刊》，20，61-70。
- 麥覺明（導演）（2017）。〈雪山西稜我們來了 奇美峻秀奇峻山 石頭屋夢幻聚落〉〔電視節目〕。在麥覺明（製作），《MIT 臺灣誌》（第 794 集）。臺北：大麥影像傳播工作室。
- 楊南郡（1991）。《雪山、大霸尖山國家公園登山步道系統調查研究報告》（內政部營建署委託研究報告，未出版）。
- 臺北帝國大學土俗・人種學研究室（2011）。《臺灣原住民族系統所屬之研究（第一冊）》（楊南郡譯）。臺北：行政院原住民族委員會。（原著出版於 1935 年）。
- 劉桓吉、高銘健（2010）。《五萬分之一臺灣地質圖說明書一圖幅第 19 號 — 梨山》。臺北：經濟部中央地質調查所。
- 劉益昌（1998）。《大甲溪上游史前遺址及早期原住民活動調查（二）》（內政部營建署雪霸國家公園管理處研究報告，未出版）。
- 劉益昌（2000）。《七家灣遺址受國民賓館影響範圍發掘報告》。臺中：行政院國軍退除役官兵輔導委員會武陵農場。
- 顏廷仔、劉益昌（2017）。《志樂溪人文史蹟遺址調查成果報告書》（雪霸國家公園管理處委託報告，未出版）。
- 千千岩助太郎（1960）。《臺灣高砂族の住家》。臺北：南天書局。
- 田中薰、鹿野忠雄（1934）。〈臺灣南湖大山山彙に於ける氷蝕地形に就いて〉。《地理學評論》，10（3），169-190。
- 鳥居敬造（1935）。《東勢圖幅說明書》。東京：臺灣總督府殖產局。
- 鹿野忠雄（1934）。〈臺灣次高山彙に於ける氷河地形研究（第 1 報）1〉。《地理學評論》，10（7），606-623。
- 臺北帝國大學理農學部地質學教室（1936）。〈昭和十年臺灣地震震害地域地質調查報告〉。在臺灣總督府主編，《昭和十年臺灣震災誌》。臺北：臺灣總督府。
- Chase, A. F., Chase, D. Z., Weishampel, J. F., Drake, J. B., Shrestha, R. L., Slatton, K. C., ... Carter, W. E. (2011). Airborne LiDAR, archaeology, and the ancient Maya landscape at Caracol, Belize. *Journal of Archaeological*

Science, 38(2), 387-398. doi:10.1016/j.jas.2010.09.018

Devereux, B. J., Amable, G. S., Crow, P., & Cliff, A. D. (2005). The potential of airborne lidar for detection of archaeological features under woodland canopies. *Antiquity*, 79(305), 648-660. doi:10.1017/S0003598X00114589

Doneus, M., Briese, C., Fera, M., & Janner, M. (2008). Archaeological prospection of forested areas using full-waveform airborne laser scanning. *Journal of Archaeological Science*, 35(4), 882-893. doi:10.1016/j.jas.2007.06.013

Johnson, K. M., & Ouimet, W. B. (2014). Rediscovering the lost archaeological

landscape of southern New England using airborne light detection and ranging (LiDAR). *Journal of Archaeological Science*, 43, 9-20. doi:10.1016/j.jas.2013.12.004

Li, H.-C., Zhao, M., Tsai, C.-H., Mii, H.-S., Chang, Q., & Wei, K.-Y. (2015). The first high-resolution stalagmite record from Taiwan: Climate and environmental changes during the past 1300 years. *Journal of Asian Earth Sciences*, 114(3), 574-587. doi:10.1016/j.jseaes.2015.07.025

Pettijohn, F. J., Potter, P. E., & Siever, R. (1973). *Sand and sandstone*. New York, NY: Springer.