

科技部補助專題研究計畫成果報告

(☐期中進度報告/☒期末報告)

臺灣南部石灰岩洞穴化石群落與年代分析研究

計畫類別：☒個別型計畫 ☐整合型計畫

計畫編號：MOST 108-2116-M-178-002 -

執行期間：108 年 08 月 01 日至 109 年 07 月 31 日

執行機構及系所：國立自然科學博物館地質學組

計畫主持人：張鈞翔

共同主持人：

計畫參與人員：

本計畫除繳交成果報告外，另含下列出國報告，共 0 份：

☐執行國際合作與移地研究心得報告

☐出席國際學術會議心得報告

☐出國參訪及考察心得報告

中 華 民 國 108 年 10 月 25 日

目錄

中文摘要.....	II
英文摘要.....	III
壹、前言.....	1
貳、研究目的.....	2
參、研究背景.....	2
肆、研究方法.....	4
伍、結果與討論.....	8
參考文獻.....	22

中文摘要

本研究計畫針對臺灣第四紀石灰岩洞穴陸相哺乳動物化石群，進行系統性發掘與採集，經由化石的特徵鑑別、年代測定，建立臺灣地區洞穴動物群，並與鄰近地區（中國大陸與日本）進行現生動物與化石群之物種比對。這是國內首度於洞穴內進行化石密集層之發掘採集與沉積層序分析，這項研究發掘工作已經進行了 6 年，在位於臺灣南部（墾丁國家公園內）的石灰岩洞穴進行挖掘調查。根據目前所累積的 6 年研究成果，已發現數種臺灣地區未曾出現且深具特色的陸相哺乳動物化石，包括食肉類花豹、嚙齒類豪豬，以及鹿科動物型態變異的物種等。基於古生物化石研究本應著重於野外的深入調查與化石採集資料的累積，本研究計畫將持續地進行密集且細部挖掘，發掘各類哺乳動物化石，深入進行物種鑑別分析，並建構沉積層序，紀錄各樣本之層位，伴隨沉積層序組成關係與放射性同位素分析，釐清各物種生存之年代與環境特色。今年度更將側重洞穴內沉積物的超微化石分析，以期能進一步推演洞穴化石群的年代與沉積環境。本研究計畫建立了臺灣第四紀之墾丁洞穴動物群，以及相對應之年代，並分析該洞穴哺乳動物化石與現生哺乳動物之型態特徵與地理分佈之差異，氣候變遷與動物適應分佈之相關性。並藉由國際合作與動物群之比對，分析臺灣第四紀更新世古哺乳動物群之親緣地理關係，瞭解臺灣哺乳動物在亞洲地區哺乳動物演化的地位及重要性。

關鍵字：哺乳動物、石灰岩洞穴、化石密集層、系統分類、古生態

英文摘要

This research focused on the terrestrial mammalian remains from the limestone caves in the Quaternary from the Kenting National Park, South Taiwan. The fossils had been collected and identified by a series of field work. The research work comprised sedimentary sequences, isotope dating, paleoenvironment analysis and make comparison with adjacent faunas from China and Japan to demonstrate the rise, development and evolution of mammals in Taiwan. It is the first task in Taiwan to try to recover mammalian remains from mud exposed in limestone cave by using a fine-mesh screen to collect remains. Based on the fossil *in situ*, especially the concentrated fossil bed, the study will analyze the age and the paleoecology from the sedimentary context and to establish the Cave Fauna from Taiwan in Pleistocene, Quaternary. Based on the previous excavated work, we have found rich and brilliant fossils in the cave, such leopard and porcupine, which is the first found in Taiwan, and several deer but varied in their morphology. This research emphasized on the nannofossil analysis from the sediment to speculate the highly possible age of the fossil assemblage in the cave. This study also clarified the taxonomy of mammal fossils from Limestone Caves and their relationship with living ones from Taiwan by their feature comparison. The result of this study showed clearly the difference in morphology and distribution between extant mammals and fossil ones and make inference on the climatic changes and animal's adaptation. By way of the international cooperation, we can demonstrate the phylogenetic relationship and the biogeography of mammals from Taiwan, China and Japan. Also this project provides a comprehensible concept on the importance and evolutionary status of the mammals in Taiwan.

Keywords: Mammal, Limestone Cave, Concentrated Fossil Bed, Phylogeny, Paleoecology

壹、前言

墾丁國家公園位於臺灣南端恆春半島上，在地質構造上，恆春半島本體為南中國海板塊隱沒至菲律賓海板塊所形成的增積岩體，激烈的地殼運動及近代抬升作用使隆起珊瑚礁遍布此區，形成覆蓋於此區域的恆春石灰岩。發達的石灰岩地形同時也孕育了大量的石灰岩裂隙及洞穴，洞穴創造了一個累積沉積物的良好環境，砂、礫夾帶生物遺骸等沉積物，在相對安定及低營力作用的石灰岩洞穴內逐漸堆積，形成一個保存良好的陸相古環境紀錄。

然而，台灣對於洞穴沉積物的挖掘及研究一直都相對稀少，許多良好的地質保存也因此未被發現與重視，因此，2010年時，本研究團隊與日本愛知教育大學河村善也教授合作，在臺灣南部恆春半島尋找未被發現而富含化石材料的地點，爰此找到了位於墾丁森林遊樂區內的龍蝦洞，龍蝦洞內之沉積物中富含陸生脊椎動物化石，且此洞穴因未被開發成觀光景點而能保存其原始的樣貌，是一個保存良好且穩定的環境。龍蝦洞內所出土的化石數量豐富而且種類繁多，其產狀和保存情況皆十分良好，是一個適合進行長期發掘的地點，也因此，於龍蝦洞的挖掘與研究工作由2010年一直持續至今。

本研究區域為墾丁國家森林遊樂區內之龍蝦洞，於此區域之工作內容，包含採集方法、化石研究步驟等，參照Kawamura (1992)以及化石の研究法(2000)，並以此次研究工作環境進行微調，以建立洞穴內發掘及後續研究工作之準則。工作方法大致上以環境與性質分成野外調查挖掘工作以及室內研究工作，野外發掘工作之工作流程包括定位量測、表面清理、挖掘採樣、篩洗、回填保護以及區域野外調查；室內研究工作則包含標本處理與分析、沉積物組成判視與化石標本的量測與比對等工作。

龍蝦洞內之沉積物中保存大量陸生脊椎動物化石，除挖掘過程中對於中大型化石之直接採樣外，透過定點小範圍的挖掘方式，以及使用立體顯微鏡輔助挑選沉積物中之化石，同時能確保小型動物化石的取得與完整度。

由龍蝦洞所採集的化石樣本皆蒐藏至國立自然科學博物館地質學組，給予每一個標本一組編號，系統化地進行化石資料登錄、整理及蒐藏等工作，對較為破碎的化石進行修復及固化，並為數量稀少珍貴或具有重要特徵的化石以樹脂和石膏翻模製作複製品，以保護原件標本。本實驗室之標本編號以L為開頭代表發掘自龍蝦洞(Lobster Cave)，後接標本出土之區域以及深度，再接5位數字之流水號作為墾丁龍蝦洞化石標本採集編號，並以清單紀錄各標本挖掘時間、區域、深度、物種分類、化石部位及標本狀況等資訊，提供後人進行研究及標本調閱檢視。

經過2010至2018共七年的挖掘，已有超過千件標本在本實驗室中被登錄、研究及蒐藏。並於這將近兩千件的標本中，挑選出完整度較高、保存情況良好、具重要特徵的化石標本，尤其以數量稀少且珍貴的標本為首要選擇，編列進入國立自然科學博物館之館藏標本，放置於符合恆溫恆濕標準的地質學組蒐藏庫中分門別類保存，以達到良好的保存條件。目前已整理了5批、總共1100件來自龍蝦洞的標本入庫典藏，成為博物館重要古生物類蒐藏品，提供國內外學者進行相關研究。

目前已發現的哺乳動物化石包含靈長目的獼猴屬(*Macaca* sp.)、翼手目的蹄蝠屬(*Hipposideros* sp.)、偶蹄目的梅花鹿(*Cervus nippon*)與山羌(*Muntiacus reevesi*)、食肉目的豹(*Panther pardus*)與白鼻心(*Paguma larvata*)、齧齒目的缺齒鼯屬(*Mogera* sp.)；齧齒目中田鼠屬的高山田鼠(*Microtus kikuchii*)、白腹鼠屬的臺灣刺鼠(*Niviventer coxingi*)、家鼠屬(*Rattus* sp.)、麗松鼠屬(*Callosciurus* sp.)，以及豪豬屬(*Hystrix* sp.)等物種，如圖1至圖9之化石圖版所示，詳細的脊椎動物物種名錄列於表1。而在所有脊椎動物化石中，以鹿科動物的化石豐度最高，且化石保存相對比其他物種也較為完整，除數量最多的肢骨、牙齒、下顎骨、犄角之外，相對脆弱而難以保存的頭骨、脊椎骨、肩胛骨及髌骨也有出土於龍蝦洞，雖數量較少，且破碎受損程度較高，但經過修復與拼黏之後，相當程度上仍可以辨識出形態特徵，尤其頭骨具有重要的鑑定意義，更是未來重要的研究對象。

貳、研究目的

本研究乃透過臺灣南部墾丁國家公園內石灰岩洞穴哺乳動物化石的調查，進行化石的物種比對及鑑定，建立臺灣南部第四紀洞穴哺乳動物相，並探討該動物群之特色。藉由超微化石的分類與鑑定進行定年，界定臺灣石灰岩洞穴化石動物群之生物地層，推定化石密集層的古環境、古氣候與古地理等資訊。與鄰近地區(中國大陸與日本)的第四紀洞穴動物群進行比對，探討臺灣第四紀洞穴動物群之遷徙演化與滅絕事件，瞭解臺灣第四紀洞穴哺乳動物群所棲息的年代、古生態環境與適應。

這是國內首度在洞穴內實際進行哺乳動物化石密集層之發掘與採集，詳細記錄化石出土層位，以細緻的採集和篩洗作業模式挑出小型哺乳動物化石，彌補臺灣其他化石產地難以保存與發掘小型哺乳動物化石所造成之物種偏差。並可推論臺灣南部地區更新世哺乳動物群之來源與年代資訊，建立臺灣更新世石灰岩洞穴動物群，以分析臺灣更新世哺乳動物群之親緣地理關係，可瞭解臺灣哺乳動物在亞洲地區哺乳動物演化與遷徙的地位及重要性。

參、研究背景

本研究之石灰岩洞穴被當地人稱作龍蝦洞，位於墾丁森林遊客園區遊客中心之北方約 300 公尺處，北緯 21°57'55"，東經 120°48'46"，現今海拔約為 260 公尺高，洞穴發育於石灰岩體之下。

龍蝦洞為一開放之石灰岩洞穴，整體相當開闊，洞口寬約 8 m，洞穴深約 30~40 m，洞穴內部整體平緩向下延伸，由洞口往內之內部空間維持相似寬度，洞穴最深處常有積水。龍蝦洞本體發育於恆春石灰岩，底部沉積紅土沉積物，兩者之明確接觸界線未知，洞穴內沉積物包覆有大量石灰岩塊體及脊椎動物骨骼化石，由王國全 (2015) 對於龍蝦洞沉積物之判視結果，龍蝦洞內之沉積物以紅土細泥夾雜部分石灰岩碎塊為主，紅土細泥與前人所認為形成鵝鑾鼻層紅

土相似，含有砂與圓礫之部分則是靠水流搬運，同時搬運了化石與其餘小體積之沉積物；石灰岩碎塊則是洞穴頂岩之恆春石灰岩崩落的岩塊。洞底的沉積物表層覆有較為近期、約在全新世以後至現代的沖積物，為黑色細泥與淡黃色粉砂；此區域之地層未經構造翻轉，因此層位先後順序由古至今應為恆春石灰岩，紅土沉積物，最後流石生長於紅土沉積物之上。所出土之化石則包含中型大型哺乳動物之單顆牙齒、肢骨、下頷骨、犄角、頭骨碎塊等較為完整之部位，以及化石碎骨片與小型動物牙齒及下頷骨等化石。淘選度極差，沉積物包含極細的紅土到大塊崩落的石灰岩碎塊；圓度極差，包含稜角的石灰岩碎塊、保存完整的下頷骨與肢骨，顯示此區域沉積物未經長距離的搬運。

龍蝦洞的年代方面目前尚未有明確的絕對定年資料，只能從地層上下形成時間夾擠之相對年代為準，推測墾丁龍蝦洞的動物生存年代是年輕於 13 萬年前。因此本研究也嘗試不同的定年方法試圖解決年代問題。

墾丁龍蝦洞所出土之化石則包含中型大型哺乳動物之單顆牙齒、肢骨、下頷骨、犄角、頭骨碎塊等較為完整之部位，以及化石碎骨片與小型動物牙齒及下頷骨等化石。目前發現的主要物種包含：臺灣已滅絕的花豹 (甘怡, 2016)、新竹梅花鹿 (林芝瑜, 2017)、豪豬以及臺灣仍有現生種的高山田鼠 (王國全, 2015)、臺灣刺鼠、家鼠、羌、獼猴及蹄鼻蝠。將近 1/3 的已滅絕物種比例也顯示墾丁動物群集的年代離現代有一段差距。墾丁動物群所存在的古環境透過動物群集的習性可以推測墾丁當時有多種棲地類型但主要為森林型之環境。而小型食肉目動物的研究則更能確定森林有一定的規模能支持一個穩定的生態系。在動物群來源的比對研究中，墾丁動物群在屬的分類層級和台灣的「左鎮動物群」、「澎湖動物群」以及「中國華南動物群」的組成較相似 (林芝瑜, 2017)。

「墾丁石灰岩洞穴動物群」是近年才開啟採集與挖掘的化石產地，也是臺灣第一次進行的洞穴化石長期發掘研究計畫。與臺灣地區其他的古脊椎動物化石產地相比，墾丁動物群的研究在古生物學上有著許多優勢，如：層位明確、保存良好、數量豐富、種類繁多、環境安定且受保護等，相較於其他產地侵蝕作用旺盛的環境，石灰岩洞穴屬於安定的空間，是一個相對低漥、安穩而不易受外界環境干擾的區域。在此地之發掘計畫，採用細緻且繁複的野外工作程序，可以得到更為仔細且豐富的地質資訊，並能找出臺灣哺乳動物化石研究中長期被忽略的小型脊椎動物化石，以更完整明確地了解此化石密集帶之內容。

在臺灣的哺乳動物大概分為三個時期「更新世動物群」、「考古動物群」以及「現代動物群」。三者之間在時間上有前後接續，而物種上則有繁衍競爭演化的關係，因此要研究臺灣的化石物種，需要先認識現生動物，並且串聯起考古遺址的物種紀錄，才能更加了解族群興衰遷徙的脈絡。陳光祖 (2000a) 參考每個時代的化石紀錄，才能推測物種來到臺灣以及滅絕的時間。本研究目標為食肉目，因此列出臺灣各時期的食肉目動物來供比對和參考。

更新世動物群，臺灣自更新世 (258 萬年~1 萬 1 千年前) 以來，在與中國大陸多次相連的背景之下，原先分布於中國大陸的動物能夠遷徙來台灣，並在臺灣的更新世地層中留下紀錄。以地質年代先後來看，最早的紀錄來自臺南菜寮河流域更新世地層中的虎近似種 (*Panthera cf. tigris*; Otsuka, 1984)，接著是澎湖海溝更新世晚期的似浣熊貉 (*Nyctereutes procyonoides*)、棕

熊 (*Ursus arctos*)、最後鬣狗 (*Crocota ultima*)、虎 (*Panthera tigris*; Asahara & Chang, 2015)，最後是墾丁龍蝦洞更新世晚期 (*Panthera pardus*; 甘怡, 2016)。

考古動物群，指的是於史前時代(3 萬~400 年前)的考古遺址中所出現的動物種類，可以呈現在史前人類生活時臺灣的動物使用的情況，也能反映出部分史前時期動物群。陳光祖(2000a)的回顧整理中，臺灣的考古遺址有石虎、麝香貓、白鼻心、狗(或熊?)。另外在楊琇瑩 (2012) 台中南勢坑遺址的發掘報告中，則是有先發現到狗獾和水獺。

現代動物群，指的是從 400 年前至今包含文獻紀錄，臺灣島上現存的食肉目一共有 10 種，包括台灣黑熊、台灣雲豹、石虎、水獺、黃喉貂、黃鼠狼、臺灣小黃鼠狼、鼬獾、白鼻心、麝香貓、以及食蟹獾。另外再加上臺灣古文獻記錄中的水獺 (陳光祖, 2000b)。

肆、研究方法

1. 在臺灣南部墾丁國家公園內針對石灰岩洞穴內之哺乳動物化石密集層，進行調查與記錄，進行哺乳動物化石採集，並詳細記錄化石出土層位。
(墾丁國家公園管理處申請獲准在園區內進行調查與採集工作)。
2. 發掘石灰岩洞穴化石並同時進行沉積物組成判視與沉積層序分析，綜合化石產狀與埋葬學特徵，解構化石密集層之可能成因與形成歷史。
3. 採集石灰岩與洞穴內沉積物，進行篩網分離，挑選出哺乳動物化石並進行物種鑑別分析。
4. 劃定地層剖面，對洞穴內部進行沉積物採樣，製作成薄片之後使用光學顯微鏡及電子顯微鏡進行超微化石之分類與鑑定，搭配放射性定年資訊以建立洞穴形成與化石堆積之年代。

本研究於龍蝦洞內做連續的地層剖面觀測紀錄及化石樣本採集，採集樣本時，主要選以泥質含量較高的沉積物為對象，總共選取三條地層剖面，以及兩個可對應深度之定點採集。其中兩條地層剖面選於化石密集區域，另一條則選於洞穴深處似海洋軟泥之沉積物，每間隔5 cm採集一組樣本，在採集之前，先於剖面上欲採集之位置插入鋼釘、標記深度，並將剖面繪圖紀錄(如圖1、2)。樣本採集時為避免風化作用影響研究結果，於採集前先刮除沉積物外部風化層及碳酸鈣膠結層，向沉積物內部挖掘新鮮樣本；定點採集則針對洞穴深處似海洋軟泥之沉積物作為目標，於採集前同樣先刮除表面風化層，盡可能向深處挖掘新鮮沉積物。

挖掘過程中，為避免剖面上不同高度及不同定點之沉積物樣本互相汙染，每當採集完一組樣本，便將刮除沉積物所使用之刮刀及沉積物採集工具以乾淨清水清洗並擦拭，再進行下一組的取樣，取樣時須注意工具是水平向內挖掘，以避免上下5 cm之內不同位置點的沉積物汙染，採集完成之沉積物樣本以標本袋封口，帶回實驗室作後續處理與研究工作。

沉積物樣本帶回實驗室之後，每一組樣本各取5 g放入玻璃杯中，加入水均勻攪拌，以超音波震盪3 min後靜置1.5 min，取上層懸浮液以2000/sec離心40 sec後取下層沉積物，並重複數

次。接著，加水均勻攪拌後以滴管吸取中層懸浮液，於小玻璃館內滴入2滴懸浮液，加入1滴 Poly-vinyl Alcohol (PVA)，再以吸管吸取混合溶液滴在蓋玻片上，再將蓋玻片溶液烘乾，透過封片膠液(Entellan New)封片完成。

薄片製作完成之後，使用偏光顯微鏡觀察物種特徵，進行化石鑑定工作，如遇部分光學性質及形貌相似的化石種，則再使用電子顯微鏡進一步鑑別物種。



圖 1、地層剖面一和二與採樣點標記



圖 2、地層剖面三與採樣點標記

5. 定年分析

同位素鈾系定年

龍蝦洞洞穴體為屬石灰岩洞穴，而鈾系定年可以應用於洞穴碳酸鹽沈積物(洞穴岩)的分析中，為探索第四紀環境變化的工作提供了一個重要的技術(Burns et al., 2001)。墾丁龍蝦洞之研究在 2015 年與 2017 年分別採集龍蝦洞內之石灰岩、Flow Stone 與沉積物中的再結晶方解石，送至國立臺灣大學地質科學系高精度質譜儀與環境變遷實驗室進行同位素鈾系定年測定，藉此瞭解龍蝦洞之發育時間、沉積物沉積時間等資訊。

碳酸鹽沉積物中易有以 ^{238}U 、 ^{235}U 、 ^{232}Th 放射性系列元素殘留，這些「鈾系」元素將隨著

時間，衰變成為鉛的穩定同位素，透過計算樣本中鈾系元素的含量與其衰變後的所形成的元素比例，決定礦物或岩石之絕對年代。本實驗室從洞穴中的石灰岩、流石採集了 11 個樣本，另也從化石密集層的沉積物中採集 5 個再結晶方解石，總計 16 個樣本進行檢定。實驗方法參照 Shen et al. (2012) 的做法。

微體古生物地層比對

雖然龍蝦洞雖屬於陸相沉積環境，但沉積物中夾雜的海相化石使得嘗試使用以有孔蟲與超微化石進行古環境與生物地層對比與分析的可能性存在。微體古生物具有體積小、產量多、分布範圍廣泛，並有演化快，選汰速率高等特點，樣本可輕易使用顯微鏡快速鑑定，使得大部分微體古生物的鑑定方法都較為簡單快速，是地質學中最常使用的生物地層定年工具之一，並在許多地區之生物地層與古環境的建立中發揮重要角色(Kennett, 1982)。

有孔蟲樣本為本實驗室進行沉積物淘選、篩洗時收集，並透過文獻比對進行物種分類鑑定。如前文所述，這些標本推測為經搬運後沉積於洞穴內，樣本經過磨損而使得形態鑑定上易產生誤差，故只鑑定到屬的分類層級，並比對樣本古環境與現生環境之差異(Bemis, 1998；Gooday, 2003)。

超微化石採樣地點主要位於洞穴後半部，總共採集了三個剖面與兩個洞穴沉積點。在剖面的處理上，先使用水平儀和洞口高度進行相對水平校正，後以每 5 公分的標記分隔區間，各區間會分別採樣。採樣時先以地質槌等工具剝除表土層，以鏟子挖掘深部的沉積物。每個採樣點採樣後皆會清洗鏟子，以避免鏟子將前一個採樣點的樣本混到其他採樣點的樣本中造成汙染與誤差。取回樣本後，將其製作成抹片，以在顯微鏡下檢視超微化石之型態，詳細步驟參照莊智凱(2008)的方法。

古花粉地層比對

龍蝦洞內的化石主要以陸相生物為主，但目前在該處已完成的研究多著眼於動物化石，缺乏植物的化石證據。沉積物中的花粉化石是重建古植被生態學與氣候變遷的良好指標，花粉的外壁由一種名為孢粉質(sporopollenin)的蛋白質所包裹，使得花粉得以免受環境中的強酸及強鹼侵蝕，並提高花粉在高溫與高壓環境下的保存率，使得花粉得以留存在沉積物中(汪良奇，2011)。值得注意的是，即使如此，留存對不同種類花粉而言，仍是種選汰的過程，因此研究者也無法以沉積物中的花粉相完整還原至原始植被環境(Jones & Rowe, 1999)。

樣本前處理：

1. 取沉積物樣本 5 ml(由於預期花粉量低，故取較多樣本)，加入一粒石松孢子錠(每粒約含 10,680 顆孢子)與 5 ml 10% 的鹽酸，於燒杯中靜置 5 分鐘。以 3,500 rpm 離心 5 分鐘，將廢液清除後以蒸餾水清洗兩遍。
2. 加入 5 ml 10% 的氫氧化鉀，以攝氏 90 度隔水加熱 2 小時。後以 3,500 rpm 離心 5 分

鐘，將廢液清除後以蒸餾水清洗兩遍。(本步驟屬非必要進程序)

3. 加入 5 ml 48% 的氫氟酸，略加攪拌後靜置 7 天。後以 3500rpm 離心 5 分鐘，將廢液清除後以蒸餾水清洗兩遍。
4. 加入 5 ml 醋酸硫酸混合液(以體積 9：1 比例調製而成)，90 度水浴 5 分鐘，以 3,500 rpm 離心 5 分鐘，將廢液清除後以蒸餾水清洗兩遍。
5. 將沉積物倒於 5 μ m 濾網上，並進行超音波震盪，取震盪後留於濾網上的殘渣，震盪時間依樣本情形而有所不同。
6. 加入蒸餾水，保存於 1.5 ml 離心管中。

抹片製作：

1. 在加熱板上放置載玻片及甘油膠塊，並將溫度設定為攝氏 40 度。
2. 將裝有濃縮液的離心管進行離心，倒出上清液。
3. 取濃縮液 5 μ l，與融化的甘油膠混合。
4. 蓋上蓋玻片，並旋轉蓋玻片使沉積物均勻分布。

伍、結果與討論

1. 地形調查：

本研究地點位於台灣南部屏東縣恆春鎮墾丁國家公園森林遊樂區內的龍蝦洞，座標為北緯 $21^{\circ}57'55''$ 、東經 $120^{\circ}48'46''$ ，海拔高度約為260公尺，首先針對墾丁國家森林遊樂區之龍蝦洞(二度分帶座標：229806，2429985)外圍進行地形等高線測量描繪(見圖3)，以瞭解該地區之地形特色。龍蝦洞位於一露天音樂臺後，洞穴空間由外往內變窄，洞穴外部與內部形貌如圖4至7所示。

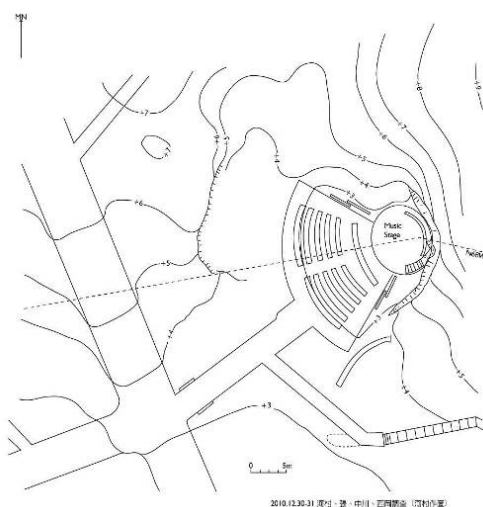


圖3、龍蝦洞外圍地形等高線圖



圖4、龍蝦洞外圍



圖5、龍蝦洞入口



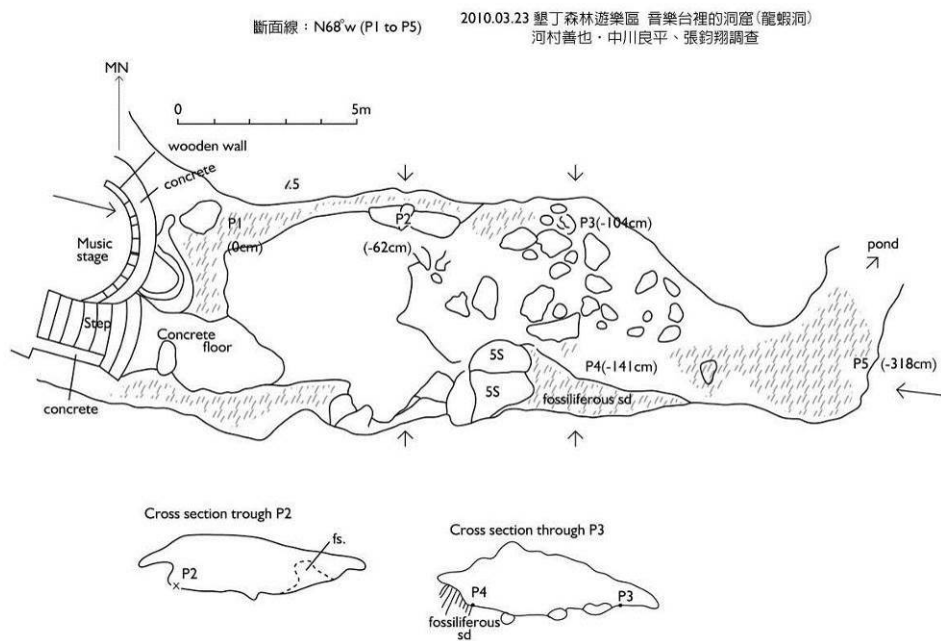
圖6、進入龍蝦洞之階梯



圖7、龍蝦洞內部形貌

2. 龍蝦洞之內部特徵

初步探勘與繪製，龍蝦洞內部平面及剖面圖如圖8所示，化石密集帶位於圖中P4之位置，距離洞口約9公尺，上覆質地堅硬的石灰質砂岩與石筍，以不破壞該石灰岩景觀的前提下，挖掘其後的沉積物與化石。



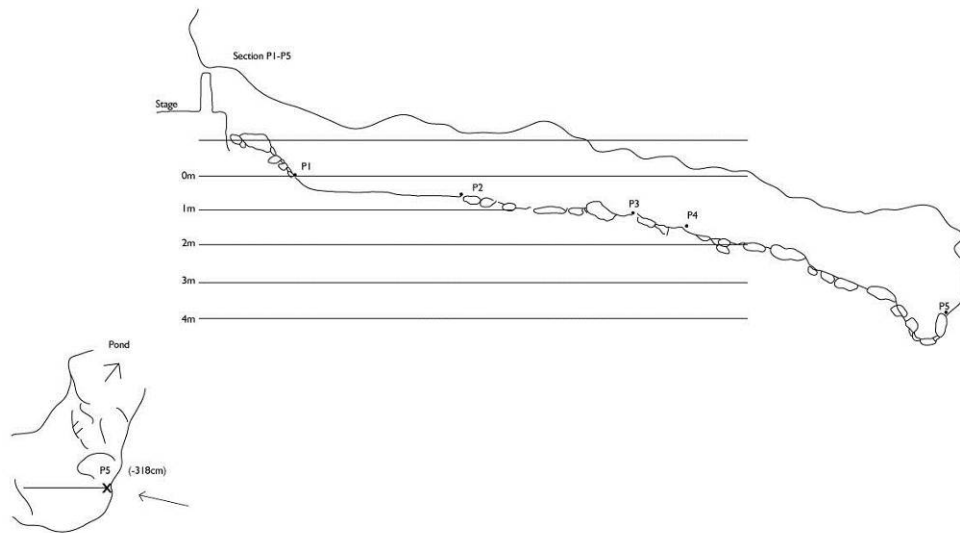


圖 8、龍蝦洞內部平面及剖面圖

3 墾丁龍蝦洞年代結果

碳14定年

本研究之碳14定年以化石本體作為定年材料，以山羌下顎化石送往國立台灣大學地質科學系加速器質譜實驗室以AMS的方式得到的年代為 $4110 \pm 195 \text{ B.P.}$ 的年代。

若 $4110 \pm 195 \text{ B.P.}$ 為可信任之定年數據，可以說墾丁動物群的年代就是這個年代範圍，而在恆春地區5000B.P.開始已經有人類活動，年代比較可以參考圖9。這個定年資料提供了一個墾丁動物群和恆春人類活動可能會有所關聯的想法，未來可以藉由考古遺址的獸骨與墾丁動物群之化石物種做比對，去了解在同個時空下人類對於動物群的影響。

雖然以墾丁曾經發現過豪豬、花豹等過去臺灣考古至現代紀錄從沒出現過的動物，被認為這個動物群生存的年代和現今有萬年以上的差距。但在考古遺址的獸骨紀錄不完整，以及人類及動物群活動範圍不重疊等因素，均有可能造成我們從考古遺址中低估了古生態的多樣性，錯估許多動物在臺灣的滅絕時間。有待未來臺灣考古學與古生物更多的合作研究，把臺灣不同時期的古多樣性做一個串聯和整合。

時 間	空 間	海岸低地、平原、臺地	河谷平原丘陵地	丘陵高地山地
		河 口 臺 地	低	
O.B.P. 300B.P. 500B.P. 1,500B.P. 2,500B.P. 3,500B.P. 4,500B.P. 5,000B.P.		漢 文 化 相	阿 美 文 化 相	排 灣 文 化 相
		西 拉 雅 文 化 相		
	龜 山 史 前 文 化 相	鵝鑾鼻第四史前文化相	嚮林史前文化相	
		鵝鑾鼻第一史前文化相		

註：B.P. 指 before 1950.

圖9 墾丁文化層年代(黃士強等人, 1987)

鈾系定年

在 Geyh 與 Henning 在 1968 年發表的中提到,碳酸鈣的再結晶會對沉積物中的鈾含量造成影響,使得定年結果較沉積物實際生成年代來得更老。

表 1、鈾系定年樣本資訊

編號	位置	離地高度(cm)	岩石種類	定年結果 kya)
1	G4/F4 交界	150	流石	121
2	G4/G5/F4/F5 交點	200	洞壁石灰岩	509
3	G4/F4 交界	0	流石	68
4	H4	-50 ~ -45	沉積物內方解石	390
5	I4	-25 ~ -20	沉積物內方解石	90

根據 ESR 定年的結果，恆春石灰岩約發育於 50 萬年前之海進期(石再添等人，1989)，樣本 2 之洞穴岩壁定年結果(約 50 萬年前)和前人研究是吻合的。而流石樣本 1、3 和方解石樣本 5 的定年(約 12、6、9 萬年前)結果指出此洞穴之沉積物沉積時間可能在 12 至 6 萬年前。

微體古生物地層比對

超微化石部分，採集之樣本經過處理後於顯微鏡下的觀察均無發現超微化石。龍蝦洞沉積條件雖有海相地層但無超微化石。

有孔蟲經初步的鑑定，也沒有適合做為地層定年的浮游性有孔蟲材料。在微體古生物的部分無法解決洞穴年代之問題。

古花粉

由於洞穴內的供氧充分，對花粉化石的保存而言是相對差的沉積環境，花粉粒容易因氧化而降解。本次採樣的樣本在花粉的種類及數目均低，可能反應龍蝦洞內沉積環境不利花粉保存，或沉積速率較快所致。下列將詳列本次樣本中的物種清單、環境指標意義(見表 2)、主要花粉圖片(見圖 10)。

表 2、主要花粉組成與其環境指標意義(林政圻等人，2018)

編號	學名	中文名	類別	環境意義
1-1	<i>Cyperaceae</i>	莎草科	草本	濕地環境
1-2	<i>Peucedanum</i>	前胡屬	草本	各類環境均有分布
1-3	<i>Poaceae</i>	禾本科	草本	荒地與乾燥環境
1-4	<i>Typha</i>	香蒲屬	草本	濕地環境
2-1	<i>Alnus</i>	檜木屬	木本	中海拔林與山崩地
2-2	<i>Castanopsis</i>	苦槠屬	木本	低海拔林
2-3	<i>Glochidion</i>	饅頭果屬	木本	低海拔林
2-4	<i>Ilex</i>	冬青屬	木本	中海拔林
2-5	<i>Lagerstroemia</i>	紫薇屬	木本	低海拔林
2-6	<i>Mallotus</i>	野桐屬	木本	低海拔林
2-7	<i>Quercus</i>	麻櫟屬	木本	中海拔林
2-8	<i>Schefflera</i>	鵝掌楸屬	木本	中海拔林

2-9	<i>Tsuga</i>	鐵杉屬	木本	高海拔林
-----	--------------	-----	----	------

(編號以草本與木本別分為 1、2 大類，而後依照學名字母進行排序)

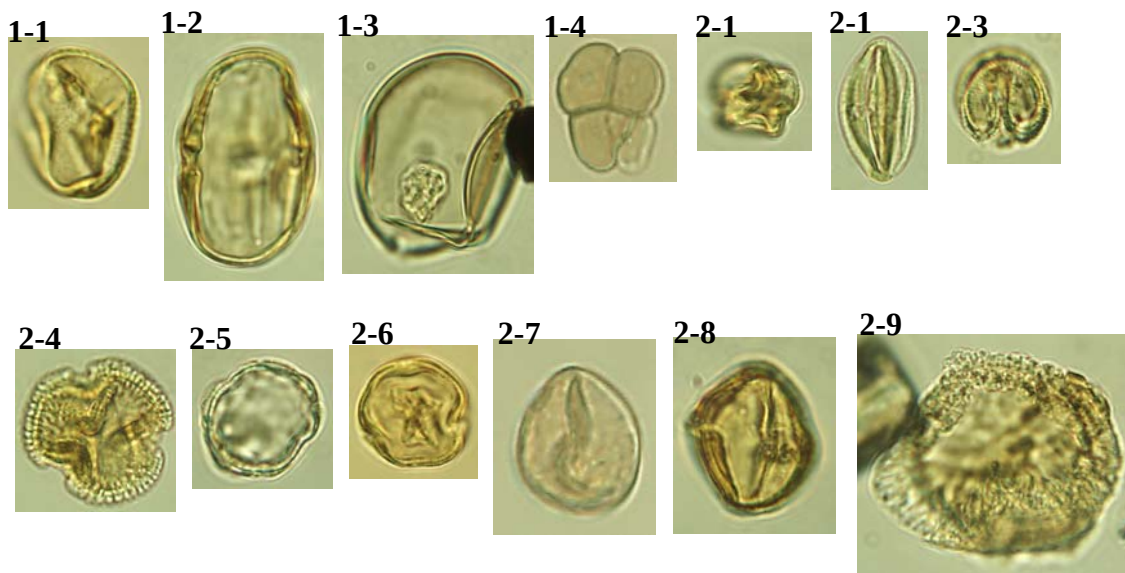


圖 10、主要花粉化石。編號與對應科屬請見表 2 (林玫圻等人，2018)。

本次樣本中，LS3-50(位於 H4 離地高度 50 cm 處)及 LS5-50(位於化石區外，無樣區編碼離地高度 50 cm 處)兩樣本花粉保存狀況較佳，石松孢子與花粉粒的比例分別為 23.68 % 與 10.03 %，其餘樣本花粉數過低，因此本研究僅採此二者之紀錄資料進行後續古環境的討論。

表 3、LS3-50 樣點花粉組成(林玫圻等人，2018)

編號	學名	中文名	類別	環境意義	單數	比例
1-1	<i>Cyperaceae</i>	莎草科	草本	濕地環境	16	12.70%
1-2	<i>Peucedanum</i>	前胡屬	草本	各類環境均有分布	2	1.59%
1-3	<i>Poaceae</i>	禾本科	草本	荒地與乾燥環境	47	37.30%
1-4	<i>Typha</i>	香蒲屬	草本	濕地環境	3	2.38%
1	草本植物花粉計數總量				68	53.97%
2-1	<i>Alnus</i>	檜木屬	木本	中海拔林與山崩地	5	3.97%
2-2	<i>Castanopsis</i>	苦槠屬	木本	低海拔林	6	4.76%

2-3	<i>Glochidion</i>	饅頭果屬	木本	低海拔林	15	11.90%
2-4	<i>Ilex</i>	冬青屬	木本	中海拔林	3	2.38%
2-5	<i>Lagerstroemia</i>	紫薇屬	木本	低海拔林	16	12.70%
2-6	<i>Mallotus</i>	野桐屬	木本	低海拔林	4	3.17%
2-7	<i>Quercus</i>	麻櫟屬	木本	中海拔林	2	1.59%
2-8	<i>Schefflera</i>	鵝掌楸屬	木本	中海拔林	2	1.59%
2-9	<i>Tsuga</i>	鐵杉屬	木本	高海拔林	5	3.97%
2	木本植物花粉計數總數				58	46.03%
	花粉計數總數				126	100.00%
0-1	<i>Lycopodium</i>	石松屬		計數定量用	406	N/A
0	計數總量				532	N/A

LS3-50 樣區花粉濃度為 663 顆花粉/立方公分，樣本花粉含量低。該樣本木本花粉含量達 46%，主要優勢木本花粉為低海拔森林樹種紫薇屬(13%)與饅頭果屬(12%)。草本花粉則以禾本科(37%)與莎草科(13%)為優勢。結合上述資料，該樣本可能反應當時環境為低海拔林周圍乾燥草地。

表 4、LS5-50 樣點花粉組成(林玟圻等人，2018)

編號	學名	中文名	類別	環境意義	單數	比例
1-1	<i>Cyperaceae</i>	莎草科	草本	濕地環境	13	12.04%
1-2	<i>Peucedanum</i>	前胡屬	草本	各類環境均有分布	0	0.00%
1-3	<i>Poaceae</i>	禾本科	草本	荒地與乾燥環境	55	50.93%
1-4	<i>Typha</i>	香蒲屬	草本	濕地環境	3	2.78%
1	草本植物花粉計數總量				71	65.74%
2-1	<i>Alnus</i>	檜木屬	木本	中海拔林與山崩地	4	3.70%
2-2	<i>Castanopsis</i>	苦槠屬	木本	低海拔林	2	1.85%

2-3	<i>Glochidion</i>	饅頭果屬	木本	低海拔林	4	3.70%
2-4	<i>Ilex</i>	冬青屬	木本	中海拔林	1	0.93%
2-5	<i>Lagerstroemia</i>	紫薇屬	木本	低海拔林	9	8.33%
2-6	<i>Mallotus</i>	野桐屬	木本	低海拔林	3	2.78%
2-7	<i>Quercus</i>	麻櫟屬	木本	中海拔林	2	1.85%
2-8	<i>Schefflera</i>	鵝掌楸屬	木本	中海拔林	0	0.00%
2-9	<i>Tsuga</i>	鐵杉屬	木本	高海拔林	12	11.11%
2	木本植物花粉計數總量				37	34.26%
	花粉計數總數				108	100.00%
0-1	<i>Lycopodium</i>	石松屬		計數定量用	968	N/A
0	計數總數				1076	N/A

LS5-50 花粉濃度為 238 顆花粉/立方公分，樣本花粉含量極低。該樣本木本花粉含量為 34 %，主要優勢木本花粉為鐵杉屬(11.11%)與低海拔森林樹種紫薇屬(8%)。草本花粉則以禾本科(51%)與莎草科(12%)為優勢。顯微鏡觀察時，該樣本含有大量有機碎屑。

雖鐵杉屬在木本植物花粉中數量最多，但由於其重量低、易於隨風傳播至低海拔處的特性，不足以作為判定沉積物原始環境為高海拔的證據。結合上述資料，該樣本可能反應當時環境為低海拔林周圍草地。

雖兩樣本在花粉數量上均遠低於一般於湖泊沉積的花粉化石數，但兩者在數量及物種分布比例上仍有差距，加上在 LS5-50 發現大量有機物碎屑、LS3-50 則否，推測是多次事件或不同來源之沉積結果。

因鑑定有花粉的存在，在鑑定花粉的同時也將含有花粉之沉積物由採集樣區直接採出後直接定年送樣，藉由沉積物內含的炭屑及花粉粒進行的沉積物碳 14 定年，其定年結果為 3415±25 年前以及 760±15 年前。

總結來說，龍蝦洞的沉積狀況雖然混亂，花粉的定年結果也說明了有多次的堆積事件，有海相與陸相地層，加上內部又有崩塌跡象，層位也不明確。但是有化石本體的定年資料可以直接和動物群生存年代做連結，為 4110±195B.P.，早於花粉做出來的堆積事件，晚於洞穴材料的流石以及方解石的年代，符合堆積的順序，是一個合理的結果。

臺灣現代哺乳動物群的發展起源討論

回顧過去臺灣的化石動物群紀錄，包括「左鎮動物群」、「澎湖動物群」與「墾丁動物群」，其組成均與現生動物群有一定的落差。在本研究中把動物群比對縮小到食肉目來看，臺南菜寮溪流的虎近似種(*Panthera cf. tigris*; Otsuka, 1984)，澎湖海溝的似浣熊貉(*Nyctereutes procyonoides*)、棕熊(*Ursus arctos*)、最後鬣狗(*Crocota ultima*)、虎(*Panthera tigris*; Asahara & Chang, 2015)，墾丁龍蝦洞的花豹(*Panthera pardus*; 甘怡, 2016)。這些化石動物群中，食肉目動物在屬這個分類層級在臺灣均已滅絕，無法直接連接到現生的臺灣動物群中。

本研究首度鑑定出 4 種至少在屬這個分類等級與現生動物相同的小型食肉目物種，包括菜寮的獾(*Herpestes* sp.)、水獺(*Lutra lutra*)、石虎(*Prionailurus bengalensis*)與墾丁的鼬獾(*Melogale moschata*)，此發現對於現生臺灣哺乳動物群的起源來說是一大進展，可以把臺灣現生食肉目動物起源時間的可能性往前推到中期更新世。

以物種的角度出發，透過找出與本研究之食肉目動物有同屬物種之動物群，來找出臺灣動物群來源更多的可能性，比對如表 5。

表 5、小型食肉目出現之動物群

動物群地點	福建更新世地層(晚期)	廣東獅頭山馬壩人遺址	廣西田東雲霧洞	貴州盤縣大洞遺址-盤縣大洞動物群	廣西合江洞	安徽蕪湖金盆洞-金盆洞動物群	南京湯山葫蘆洞	四川鹽井溝動物群	河北山羊寨洞穴堆積
年代	晚更新世	中更新世	中更新世	中更新世	中更新世	中更新世	中更新世	中更新世	中更新世
豬獾屬 (<i>Arctonyx</i>)	●	●	●			●	●	●	
水獺屬 (<i>Lutra</i>)									●
靈貓科 (<i>Viverridae</i>)		●		●				●	
鼬獾屬 (<i>Melogale</i>)					●				
豹貓屬 (<i>Prionailurus</i>)									
獾屬 (<i>Herpestes</i>)									

豬獾屬(*Arctonyx*) 與大型靈貓科(Viverridae) 這兩種食肉目動物可以對應到華南動物群中的「萬縣鹽井溝動物群」以及「廣東獅頭山馬壩人遺址」，其中「左鎮動物群」繼金絲猴之後再次發現與四川鹽井溝動物相似的物種紀錄。廣東獅頭山馬壩人遺址就生物地理的觀點，離臺灣最為接近，是這些食肉目動物之來源的可能性也非常高。

水獺的紀錄雖然連結到河北，但是在小型貓科、鼬科、獾科這些種類中，現生的物種多樣性高，分布非常廣，但是在化石紀錄中十分罕見無太多可比對紀錄，其原因為這幾種食肉目的牙齒化石體積較小，形狀尖銳，在沒有使用特定方法的挖掘中較難以發現，因此沒有相對應的化石紀錄或者對應到的動物群在生物地理分布中十分遙遠，並不代表這些小型食肉目的來源在這些遙遠的地方，而應該另有起源只是還沒被發現。

對現生食肉目動物保育工作的訊息提供

第四紀的古生物學所研究的物種和現生物種最為接近甚至相同，其建立的古生態、古環境資料和現代的保育生物的生態調查環境調查可以相輔相成，古生物學的學者利用現生生物的習性來回推古生態環境，現生的生物學家可以透過古生物的物種紀錄去了解一個生態系更完整更原始的樣貌，並做為評估一個物種是否能野放復育的重要考量標準。

臺灣的梅花鹿復育計畫就曾經利用過由古生物資料來重新檢視，墾丁國家公園自1986年開始展開臺灣梅花鹿復育計畫中野放的梅花鹿種類，(朱有田，2015)透過考古遺址宜蘭淇午蘭考古遺址出土梅花鹿骨骼，成功的定序了這古粒線體DNA，證實了墾丁復育梅花鹿的粒線體DNA與450年前的宜蘭梅花鹿是一樣的，顯示當年提供個體參與復育計畫的圈養鹿群應該都沒有受到其他鹿種的雜交，不算是引入外來種。

然而在這個梅花鹿復育計畫例子中野生復育的梅花鹿已經在墾丁地區站穩腳步，不過牠們並沒有明顯的天敵，而隨著野外族群數量的快速增加，梅花鹿的啃食、踐踏和磨角行為，已經開始對當地珍貴的熱帶森林生態系統的苗木更新產生壓力造成負面的影響(吳郁娟，2007)。而從古生態系的資料來看可以預估到這個問題，從墾丁龍蝦洞先前的研究可以知道恆春地區過去曾經有花豹這樣的食肉目動物作為食物鏈頂層的消費者來控制梅花鹿的數量，這個就是古生物學另一個可以明確來知道過去是甚麼物種佔據甚麼生態棲位，讓整個復育計畫多一個生態系的方向作為考量，有明確的物種生存過的紀錄可以作為參考，而不只是一個生態區位的空缺。

目前生存在臺灣的野生食肉目動物共有11種，包括：臺灣黑熊、臺灣雲豹、石虎、水獺、黃喉貂、黃鼠狼、臺灣小黃鼠狼、鼬獾、白鼻心、麝香貓、以及食蟹獾。其中就有8種名列於臺灣「野生動物保育法」的保育類野生動物名錄中，包括瀕臨絕種保育類4種：臺灣雲豹、石虎、水獺和臺灣黑熊，珍貴稀有保育類2種：黃喉貂、麝香貓，以及其他應與保育類兩種：食蟹獾和臺灣小黃鼠狼(鄭錫奇與張簡琳玟，2013；林務局，2018)。其中的石虎以及水獺正是本研究的化石物種。

歐亞水獺現僅於金門地區仍保有穩定族群，為當地的代表性物種，但因數量稀少，被列為

瀕臨絕種保育類野生動物。由古文獻以及考古紀錄來看臺灣全島山區的溪流附近都曾是歐亞水獺的棲息地，但因多年再無任何發現，推測可能已消失。近年來人為活動與土地開發的幅度也越來越大，使得金門地區自然環境的地形地貌、水文、植被都產生相當大的變動，內陸水道與海岸水泥化、用水量增加與水質汙染的問題也日益嚴重；而水域連結則因為開發、道路、缺水、陸化而阻隔，再加上道路闢建拓寬與交通量增加，遭遇「路殺」案件時有耳聞，使得金門地區歐亞水獺的族群分布明顯地的限縮與衰退（林良恭等人，2018）。

金門島面積不大，所能承載的水獺數量有限。從族群遺傳的考量，若是無法與其他地區的歐亞水獺有所交流，小族群長久的維繫可能因為基因多樣性降低而發生大問題。儘管目前的保育工作讓金門地區的各项棲地條件可逐漸獲得改善，水獺族群將得以復甦，但當水獺回來時，金門現有的水域棲地空間或許已不能滿足新增加的個體需求，在未來金門的水獺數量逐漸達飽和的時候，為延續歐亞水獺的族群生命，或許臺灣的山林中仍有適合水獺棲息的空間，水獺再引入回臺灣本島應為納入保育選項考量之一。

為了印證這個想法的可行性，確認臺灣本島的水獺種類以及可能的周邊生態就十分重要，本研究的化石就可以扮演這樣的角色。臺灣本島現生歐亞水獺的狀況未明，也缺乏系統化的調查數據以釐清族群現況。化石的出現就直接證明了水獺曾經地出現，也能確定臺灣本島土生土長的種類。菜寮溪的化石年代落在 99 萬與 46 萬年前之間，說明了歐亞水獺是臺灣很早期就存在的物種。為歐亞水獺引入臺灣做一個重要的背景資料，本研究其他在菜寮的物種也能作為水獺生存評估的考量，同時有石虎及獐屬物種在菜寮和水獺同時生存可以推測水獺的再引入不會太嚴重的影響到臺灣現生石虎及食蟹獐的生活，因為他們過去曾經長期活在同一個時空下仍然能延續到近代。

石虎是臺灣低海拔淺山地帶野生動物的代表物種。石虎在臺灣全島1500公尺以下低海拔地區都有分布，常出沒於農林地與果園，捕獵兔、鼠、鳥、蛇、蛙、魚、昆蟲等近地面的小動物為食，其他亞種在世界上分布的範圍也很廣泛，石虎向來被認為適應能力很強，應無滅絕之虞。

日治時期，石虎仍然全島分布，然而因狩獵、皮毛交易、棲地消失、中毒（人為毒殺或滅鼠藥）、路殺等原因，族群逐漸減少。根據文獻與剪報資料，推測石虎地區性消失的可能時間點，台東約1968年之後、台北山區約1985年之後、雲林約1988年之後、桃園臺地約1992年之後、嘉義山區約1994年之後、台南可能也在2006年之後消失，在近期的調查中以苗栗（裴家騏與陳美汀，2008）、集集、中寮及周邊（劉建男，2015）為主要分布地區，目前石虎的分布範圍大大縮減，僅苗栗、台中、南投等部分低海拔環境有確實的紀錄。透過「棲地模擬」的方式，來推估範圍內可容納的石虎數量，由現在確實有石虎出沒紀錄的關鍵棲地，加上與關鍵棲地相鄰、可能還有石虎或石虎族群可成長擴散的棲地，兩者合成石虎的「重要棲地」，也僅「可容納」1,000隻石虎的生存。面臨嚴峻的生存考驗。

石虎偏好的棲地集中在人類活動的聚落邊緣的淺山丘陵地帶，過去農業時代不利耕種的淺山地帶少有人類干擾，是低海拔野生動物棲息的絕佳環境。近年來各類經濟活動轉向郊區，道路與開發壓力朝向淺山丘陵延伸，對於石虎的生存帶來最嚴重的衝擊，近年數量快速攀升的石虎路殺數量是一個明顯的警訊。

雖然石虎路殺近年引起許多媒體報導，也獲得相當程度的關注。但在苗栗通宵的石虎無線電追蹤，石虎活動範圍不傾向穿越較大之道路（陳美汀，2015）。且通宵地區 6 隻無線電追蹤的石虎，6 隻在一年內全部死於捕獵與毒殺（陳美汀 2015）。在許多地方仍有盜獵與人虎衝突導致的毒殺持續發生。捕獸鉗、盜獵與毒殺造成的石虎死亡數量應遠遠大於路殺（姜博仁等人，2015）。

臺灣的淺山地區多為私人土地，不利於保護區的設置，道路的開發不但切割了棲地阻礙族群交流、甚至開發的土地增值後的頻繁買賣有著更大的利益讓當地居民因為保育阻撓開發而惡性循環造成更多的人虎衝突（St. John et al., 2015）。

從上述例子可以看出石虎面臨的兩大威脅為人類開發導致嚴重的棲地破碎化與消失以及人虎衝突造成的盜獵毒殺，因此提升居民對土地及生物的認同感，讓石虎在居民心中建立石虎重要性的共識。如同日本石虎的亞種西表山貓的保育成功經驗，除了數十年持之以恆的投入經費在相關保育研究，以了解西表山貓的保育關鍵點之外，主要在於多數居民已經形成共識，西表山貓也成為西表島的觀光象徵之一。菜寮溪流域石虎化石的發現，說明石虎已經在這塊土地生活了數十萬年之久，是比我們更早許多的臺灣住民，希望藉此提高石虎和在地的連結，增加居民認同感，幫助保育工作。

陸、參考文獻

- 石再添、蔡文彩、許民陽、目崎茂和、木庭元晴，1989，墾丁國家公園地區的珊瑚礁定年及地形研究，墾丁國家公園管理處，保育研究報告，第 57 期，共 36 頁。
- 何傳坤、祁國琴、張鈞翔，1997，臺灣澎湖海溝更新世晚期食肉類化石的初步研究。臺灣省立博物館年刊 Annual of Taiwan Museum，第 40 卷，第 195 頁至第 224 頁。
- 林朝榮，1952，臺灣一百萬年前之野獸 臺灣風物。第 2 卷，第 1 期，第 2 頁至第 5 頁、第 23 頁。
- 宮守業，1982，恆春石灰岩沈積環境之研究。國立台灣大學地質研究所碩士論文，共 60 頁。
- 陳文山、李偉彰、黃能偉、顏一勤、楊志成、楊小青、宋時驊，2005，恆春半島增積岩體的構造與地層特性：全新世恆春斷層的活動性。西太平洋地質科學，第 5 卷，第 129 頁至第 154 頁。
- 陳文山、鄭穎敏、黃奇瑜，1985，臺灣南部恆春半島之地質。地質，第 6 卷，第 2 期，第 21 頁至第 38 頁。
- 陳光祖，2000a，試論臺灣各時代的哺乳動物群及其相關問題—臺灣地區動物考古學研究的基礎資料之一(上篇)。中央研究院歷史語言研究所集刊，第 71 卷，第 1 期，第 129 頁至第 198 頁。
- 陳光祖，2000b，試論臺灣各時代的哺乳動物群及其相關問題—臺灣地區動物考古學研究的基礎資料之一(下篇)。中央研究院歷史語言研究所集刊第 71 卷，第 2 期，第 367 頁至第 457 頁。
- 賴景陽，1989，臺灣的哺乳動物化石紀錄。臺灣動物地理淵源研討會專集，第 1 期，第 27 頁至第 49 頁。
- 魏國彥，1991，臺灣第四紀哺乳動物化石研究的回顧與前瞻。經濟部中央地質調查所特刊，第 18 號，第 261 頁至第 286 頁。
- 河村善也，1992，第 35 回シンポジウム記録「日本における博物館等の哺乳類標本—その現状と今後—」，小型哺乳類化石標本の採集と保管。Honyurui Kagaku (Mammalian Science)，第 31 卷，第 2 期，第 99 頁至第 104 頁。
- Adams, D. C., Rohlf, F. J. and Slice, D. E. 2004. Geometric morphometrics: ten years of progress following the “revolution”. Italian Journal of Zoology. 71:5–16.
- Christiansen, P. 2008. Species distinction and evolutionary differences in the clouded leopard (*Neofelis nebulose*) and Diard's clouded leopard (*Neofelis diardi*). Journal of Mammalogy. 89:1435–1446.
- Christiansen, P. and Kitchener, A. C. 2011. A neotype of the clouded leopard (*Neofelis nebulosa* Griffith, 1821). Mammalian Biology. 76:325–331.
- Ghezzo, E. and Rook, L. 2015. The remarkable *Panthera pardus* (Felidae, Mammalia) record from Equi (Massa, Italy): taphonomy, morphology, and paleoecology. Quaternary Science Reviews. 110:131–151.
- Gunz, P. and Mitteroecker, P. 2013. Semilandmarks: a method for quantifying curves

and surfaces. *Hystrix*. 24:103 – 109.

- Hankó, E. P. 2007. A revision of three Pleistocene subspecies of *Panthera*, based on mandible and teeth remains stored in Hungarian collections. *Fragmenta Palaeontologica Hungarica*. 30:25–43.
- Hillson, S. 2005. *Teeth*. 2nd edition. Cambridge University Press, London.
- Kimmerle, E. H., Ross, A. and Slice, D. 2008. Sexual dimorphism in America: geometric morphometric analysis of the craniofacial region. *Journal of forensic sciences*. 53:54–57.
- King, L. M. 2012. Phylogeny of *Panthera*, Including *P. atrox*, Based on Cranialmandibular Characters. Ph.D. thesis. Retrieved from <http://dc.etsu.edu/etd/1444>
- Kitchener, A. C. and Dugmore, A. J. 2000. Biogeographical change in the tiger, *Panthera tigris*. *Animal Conservation*. 3:113–124.
- Kitchener, A. C., Beaumont, M. A. and Richardson, D. 2006. Geographical variation in the clouded leopard, *Neofelis nebulosa*, reveals two species. *Current Biology*. 16:2377–2383.
- Martinón-Torres, M., Bastir, M., De Castro, J. B., Gómez, A., Sarmiento, S., Muela, A. and Arsuaga, J. L. 2006. Hominin lower second premolar morphology: evolutionary inferences through geometric morphometric analysis. *Journal of Human Evolution*. 50:523–533.
- Meachen-Samuels, J. and Van Valkenburgh, B. 2009. Craniodental indicators of prey size preference in the Felidae. *Biological Journal of the Linnean Society*. 96:784–799.
- Mitteroecker, P. and Gunz, P. 2009. Advances in geometric morphometrics. *Evolutionary Biology*. 36:235–247.
- Pocock, R. I. 1930. The panthers and ounces of Asia. *Journal of Bombay Natural History Society*, 34:63–82, 307–336.
- Rohlf, F. J. and Marcus, L. F. 1993. A revolution morphometrics. *Trends in Ecology & Evolution*. 8:129–132.
- Stander, P. E. 1997. Field age determination of leopards by tooth wear. *African Journal of Ecology*. 35:156–161.
- Uphyrkina, O., Johnson, W. E., Quigley, H., Miquelle, D., Marker, L., Bush, M. and O'Brien, S. J. 2001. Phylogenetics, genome diversity and origin of modern leopard, *Panthera pardus*. *Molecular ecology*. 10:2617–2633.