

臺北市立動物園 109 年動物認養保育計畫

提案日期：108 年 10 月 15 日

主 持 人	臺北市立動物園保育研究中心張廖年鴻助理研究員
計畫編號/ 名 稱	10901_臺灣穿山甲族群遺傳結構研究
計畫期程	109 年 01 月 01 日至 109 年 12 月 31 日
計畫屬性(可複選)	<input checked="" type="checkbox"/> 族群管理 <u>15</u> % <input type="checkbox"/> 保育繁殖 <u> </u> % <input checked="" type="checkbox"/> 域內保育 <u>25</u> % <input checked="" type="checkbox"/> 國際交流 <u>20</u> % <input type="checkbox"/> 動物醫療 <u> </u> % <input type="checkbox"/> 照養管理 <u> </u> % <input type="checkbox"/> 行為豐富化 <u> </u> % <input checked="" type="checkbox"/> 教育推廣 <u>20</u> % <input checked="" type="checkbox"/> 人才培訓 <u>20</u> % <input type="checkbox"/> 動物營養 <u> </u> % <input type="checkbox"/> 其他： <u> </u>
經費需求	認養經費 <u>650,300</u> 元
計畫摘要(需含計畫目標、擬解決問題、重要工作項目)	<p>一、計畫緣起</p> <p>2017 年 12 月 4 日，臺北市立動物園舉辦了一場「整合保育暨穿山甲族群與棲地存續分析國際研討會」(International Conference on One Plan Approach Conservation Planning and Formosan Pangolin PHVA Workshop)。在為期 5 天的會議中，國內關心穿山甲及淺山物種保育議題的學生、學者專家及社會人士齊聚一堂，與來自世界各地的穿山甲研究人員共同討論臺灣穿山甲的現況、困境、保育策略及未來展望。超過 13 國、70 位學者專家的腦力激盪，配合國內第一線研究人員的資料整理及提供，努力地嘗試著勾勒出臺灣穿山甲的族群現況。會議主軸中的「族群與棲地存續分析 (Population and Habitat Viability Assessment; PHVA)」以族群可行性分析 (PVA) 的科學嚴謹性為核心架構，目的為幫助野生動物研究者和資源管理者更具體了解影響野生動物族群受到的威脅有哪些，並幫助人們在廣泛的領域和多角度的觀點中整理和評估手上的資料。通過這種整合，與會者的結論可以為討論物種的保育創造更有效的行動方案，同時也考慮到了當地人類社會、文化和經濟特性及需求，協助當地關心保育的社群就兼顧本身利益的角度自行制定更有可能實施的行動計畫。</p> <p>由於華人對於野生動物「藥補」、「食補」觀念的迷思，加上近年來中國大陸經濟快速發展，其國內對於野生動物需求日增，導致亞洲地區的野生動物非法貿易情況相當嚴重，而穿山甲即為地區走私壓力最為的龐大的哺乳動物之一(Newton et al. 2008; Zhang et al. 2008)。中華穿山甲華南亞種和海南亞種在原棲地都受到很嚴峻的獵捕壓力及棲地破壞，特別是海南亞種在 1997 及 2013 年的調查中幾乎可以確認已在野外絕滅(Challender et al. 2014)。國際自然保護聯盟 (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources；</p>

IUCN) 紅皮書將中華穿山甲列為極危 (Critically Endangered) 物種，離滅絕只有一步之遙(Challender et al. 2014)。在臺灣，由於近年來國民的生態保育意識逐漸普及，對於野生動物的利用及交易逐漸形成嚴格的監督機制，穿山甲的藥用或食用已被政府及大多數國人禁止及抵制，在臺灣的淺山地區還保有少量、但相對於其他地區（中國大陸、海南島、東南亞、南亞）穩定的族群，目前為農委會公告為珍貴稀有保育類野生動物。在臺灣的中華穿山甲是原本廣佈於東南亞的中華穿山甲最後一個安全的家園。

事實上，在 2004 年時臺灣就已舉辦過一次 PHVA 會議，2017 年的會議可說是臺灣穿山甲及淺山物種保育工作 13 年來的總驗收。臺灣穿山甲的境遇雖然比中國大陸、東南半島等周遭地區的穿山甲幸運許多，在全島淺山地區還有一定的數量，但在 2004 年 PHVA 會議中提出的許多生存及保育困境現今仍然存在著，例如盜獵、路殺、棲地破壞及破碎化、犬隻攻擊、流行病學資料短缺等等。而最根本的族群規模現況也因缺乏全國性研究調查而沒能具體呈現，讓保育工作人員及決策者難以進行細緻精準的保育策略規劃。因此 2017 年的會議結論提出了幾個最具急迫性的待解決議題，穿山甲的族群狀況調查首當其衝，與會者一致同意釐清臺灣穿山甲的族群規模及親緣架構現況為要擘畫此物種保育計畫的第一要務。

在國內學者的認知與習慣上，臺灣的穿山甲分類上為中華穿山甲指名亞種 *Manis pentadactyla pentadactyla*，此亞種僅分布於臺灣本島，一般直稱為臺灣穿山甲 (Formosan pangolin)，國人向來以特有亞種的階層對於臺灣穿山甲進行各種保育策略的制訂與考量。中華穿山甲除臺灣還分布於印度東北部、尼泊爾、東南亞北部地區以至中國華南及海南島等。其他另兩個亞種為華南亞種 *M. p. aurita* 和海南亞種 *M. p. pusilla* (Chao, 1991)。然而，出乎意料的是，臺灣穿山甲的分類定位並未被國際學術界廣泛接受。臺灣穿山甲族群的描述年代久遠，早在 1658 年 Bontius 即以來自 Formosa 的樣本進行描述(Allen, 1938)，但是早年分類文獻描述混亂，缺乏模式比對標本或佚失，諸多描述標本及文獻已不可考。近年來又無詳實可信的中華穿山甲分類研究報告可供參考、證實臺灣亞種的分類地位，目前 IUCN 專家群中最新的中華穿山甲的分類共識已排除臺灣亞種的界定，在今年 12 月出版的「Pangolins: Science, Society and Conservation (Biodiversity of the World: Conservation from Genes to Landscapes)」一書中也僅以” Chinese pangolin in Taiwan” 稱呼臺灣的穿山甲族群，不再以亞種視之(Challender et al. 2014; Challender et al., 2019)。在國際穿山甲的整體保育策略上臺灣穿山甲僅被歸類於中華穿山甲華南亞種的一個族群，其可能因島嶼隔離造成的異於其他族群的遺傳結構與有別於幾乎被捕殺殆盡命運的保育現況並未被重視討論，對於我國在穿山甲保育的保育工作有著不利的影響。

早期動物分類研究主要是利用不同地區動物標本測量比對結果來歸納、討論物種的變異及系統發育。近年來分子生物技術的蓬勃發展，DNA 定序技術的改良大大減少了定序所需的時間、金錢及勞力，研究人員可在短時間內取得大

量 DNA 變異訊息。這些 DNA 變異訊息經過分析後可以建立物種間/內的親緣關係、探討高分類階層的物種演化，進而利用單一物種間的遺傳變異討論其動物地理學演變。至今 DNA 定序等分子生物技術已成為分類、演化、地理分佈等生物學領域的重要工具之一。微衛星 DNA (microsatellite DNA) 為一種簡單的重複序列片段，也稱為簡單序列重複片段 (Simple Sequence Repeats, SSRs) 或短串聯重複序列 (short tandem repeats, STRs)，是一種不同數目逢機重複序列，其重複的單元通常介於 2 至 6 個鹼基對 (bp) 之間，可重複十至百次。微衛星 DNA 序列遍布於染色體中，當重複數為 10 或更多時，重複的數量可以在同一物種的不同等位基因上變化。如果一個微衛星的突變不影響其生存能力，那麼此一突變可能會留在族群中，通過後代傳遞下去。因此，物種在經過長久的演化過程後族群中存在大量的微衛星突變等位基因，此一特性讓微衛星在種內及種間具有很高的多型性 (polymorphism)，並且此重複數量的多型性再加上具有共顯性 (co-dominant) 的特性，使得微星序列可用於基因分析及個體辨識，在法醫刑事鑑定、探討物種親緣關係及族群遺傳的研究上是很理想的分子標記 (molecular marker)。過去有關臺灣穿山甲的族群研究，生態上有以洞穴和棲地分布來估算區域族群密度(林敬勛 2010; 范中衍 2005; 賴志恩 2014)；在分子生物學的應用上則可分為粒線體 DNA、主要組織相容性複合體 (MHC) 基因以及微衛星分析三個角度探討臺灣穿山甲的族群結構。在粒線體 DNA 方面，王(2007)利用粒線體細胞色素 *b* (cytochrome *b*) 及控制區 (control region; D-loop) 序列片段架構臺灣穿山甲的族群遺傳結構，由 66 個個體樣本中鑑定出 22 個基因單型 (haplotype)，指出臺灣穿山甲在臺灣北、中、南、東四個區塊間都保有獨特的基因單型；吳(2015)由主要來自北臺灣的樣本進行控制區序列片段的分析，得到 5 個基因單型。劉(2017)利用多組 MHC 基因片段討論 92 件主要來自中北部的臺灣穿山甲樣本，發現 MHC 基因在臺灣穿山甲中遺傳多樣性不高，其基因單型歧異度不足以進行群遺傳變異探討。在微衛星分析方面，張(2014)利用 10 組微衛星引子研究臺東鸞山地區穿山甲的族群結構，並結合無線電追蹤技術分析鸞山族群的社會結構；吳(2015)將微衛星基因座增加到 15 組，應用在北臺灣為主的族群分析上，指出樣本間的近親程度頗低。劉(2017)引用這 15 組微衛星引子擴大分析樣本數至 92 隻個體，確認臺灣中南部及北部族群遺傳結構差異。整體而言，上述的族群遺傳研究中對於臺灣南部及東部的穿山甲族群極少論述，分析的樣本主要來自於北臺灣的救傷個體，對於全島整體性的臺灣穿山甲族群規模及遺傳結構並不清楚。在中華穿山甲其他族群已經幾近滅絕的今日，臺灣穿山甲在中華穿山甲中的比較系統發育學的研究更是越來越難以進行。

臺北市立動物園近年來致力於野生動物保育工作不遺餘力，在主辦 2004 年臺灣穿山甲 PHVA 會議後更是積極致力於穿山甲的域外保育工作中，十餘年來透過上百隻穿山甲救傷案例累積了豐富的醫療經驗，並透過收容個體的照養強化自身對於穿山甲圈養繁殖技術的專業能力，成為世界上極少數具有穿山甲

繁殖及哺育能力的保育機構之一，在國際動物園社群中被公認為穿山甲域外保育的標竿動物園。同時臺北動物園分子生物實驗室的冷凍遺傳樣本庫從2004年開始即有系統地收藏救傷及收容動物在動物醫療健檢後遺留下的血液樣本或死亡個體解剖後的肌肉及肝臟組織樣本，至今已有超過170隻臺灣穿山甲北部個體的遺傳物質典藏，是國內穿山甲族群遺傳研究的重要樣本來源(王佩蓉2007; 吳宇軒 2015; 劉晉廷 2017)。2013年動物園認養計畫支持臺灣大學動科系王佩華教授執行「臺灣穿山甲微衛星標幟開發及臺灣族群遺傳分析之應用」研究計畫，藉著分析27組微衛星標幟之多態性結果篩選出16組對臺灣穿山甲具有專一性的微衛星基因座，並已應用於劉(2017)的研究中。今日我們可站在本園同仁多年來努力的基石上，運用各項定序技術針對現有的臺灣穿山甲族群，包括全島各區域的，甚至華南地區可能殘存的中華穿山甲族群做一個全面性的研究，瞭解各族群的遺傳結構及系統發育自然史，找出臺灣穿山甲適合的分類階層區位及演化史，進而釐清現存臺灣內外各族群的基因組成及交流假說，整理出對於族群健康與保育遺傳變異之建議，提供日後復育計畫族群管理的參考。

二、計畫目標

1. 串連國內各地救傷收容機構，尋求合作機制並建立血液、肌肉組織樣本蒐集管道及運送流程。
2. 完成臺灣北、中、南、東等地至少160件個體樣本的DNA萃取及建庫保存工作。
3. 建立臺灣族群mtDNA、微衛星親緣資料庫，並釐清其族群交流模式。
4. 調查與追蹤臺灣以外其他中華穿山甲野外族群現況。
5. 搭配本園教育推廣計畫，協助將野外調查資訊以教育解說活動方式傳達給來園參訪遊客、教育工作者及淺山棲地在地學生；並預期能增加民眾對於穿山甲保育之認同及保育工作推廣。

三、擬解決問題

1. 釐清臺灣穿山甲族群遺傳結構、遺傳多樣性及其親緣關係。
2. 建構臺灣穿山甲野外族群的基本資訊，提供物種保育策略規劃保育管理單元 (management units) 參考。
3. 探討臺灣穿山甲族群與其他地區中華穿山甲的親緣關係，釐清臺灣穿山甲分類地位。

四、重要工作項目

1. 臺灣穿山甲族群遺傳結構研究調查：與全國各地救傷中心建立聯繫交流管道，完成樣本收集及實驗室遺傳分析。
2. 中國大陸族群狀況追蹤：與香港、大陸等地的穿山甲研究學者進行交流，嘗

	<p>試建立共同合作分析其他族群遺傳特徵，釐清中華穿山甲的族群現況及親緣關係。</p> <p>3. 國際專家群之交流：藉由PHVA會議建立的人脈關係，持續與國際及大陸地區穿山甲專家群聯繫，尋求合作管道，交流中華穿山甲野外調查、遺傳分析等域內保育資訊。</p> <p>4. 國內專家交流及野生動物收容會議：今(109)年受COVID-19疫情影響，原訂國外交流訪問行程取消。為此本計畫將加強國內交流力道，更積極地與國內研究穿山甲之學者或專家進行資訊交流及訪談，也參與「國土生態保育綠色網絡計畫」等相關野生動物收容會議，討論穿山甲保育方式之走向及合作方式，並與民眾推廣相關穿山甲保育議題及研究成果。目前鎖定可能合作的機構與研究者有南投集集特生野生動物急救站、屏東保育類野生動物收容中心、臺東WildOne野灣野生動物保育協會、屏科大博士候選人孫敬閔等等。另金門縣野生動物救援暨保育協會協助林務局進行野生動物救傷及通報系統資料整合等相關業務，亦為本研究資料蒐集及諮詢合作對象。</p>
<p>實施方法與步驟（條列簡要述明）</p>	<p>1. 國內穿山甲救傷樣本平台之建立：</p> <ol style="list-style-type: none"> I. 與特生中心、屏科大及野灣野生動物保育協會等穿山甲救傷醫療機構建立交流平台，尋求合作支援及樣本提供。 II. 制定樣本採樣流程及保存方式，集中至本園冷凍遺傳樣本庫保存。 III. 完成樣本資料建檔保存及資訊回饋。 <p>2. 臺灣族群遺傳結構研究</p> <ol style="list-style-type: none"> I. 先行檢驗救傷個體與當地族群是否具有遺傳上顯著差異，以避免主要採用救傷檢體造成樣本收集偏差而導致族群分析資料不正確。本計畫擬與特生中心合作，以其建構的路殺樣本庫中死亡個體樣本當做非救傷個體，與鄰近地區的救傷樣本個體分析結果進行比對。 II. 選定臺灣北、中、南、東各地樣本至少160件，記錄樣本來源及個體資訊等訊息。 III. 進行樣本DNA萃取，進行mtDNA定序、微衛星分析等實驗室操作。 IV. 整合個體分布資訊及地理位置，完成資料建檔。 V. 進行族群遺傳結構比較，研究地區間族群交流狀況，建立臺灣族群動態假說。 VI. 劃分全島族群遺傳單元，提供穿山甲救傷野放策略之參考基礎。 <p>3. 大陸地區中華穿山甲現況之追蹤：</p> <ol style="list-style-type: none"> I. 聯繫香港嘉道理農場、保育NGO及大陸大學穿山甲研究人員，建立合作管道，瞭解大陸地區中華穿山甲族群現況。 II. 視狀況參加調查活動，收集穿山甲樣本並進行分子檢測，以掌握中華穿山甲的遺傳資訊，作為進行比較系統發育學之基礎。 <p>4. 國際穿山甲專家群之交流：持續與國際專家群交流，借助其專業知識與經驗，提升國內穿山甲保育策略的深度及廣度。同時與大陸、香港地區及中</p>

	<p>南半島穿山甲保育工作者保持聯繫，建立東南亞地區對於穿山甲保育的合作連結。</p> <p>5. 赴美國加州出席保育規劃專家群及世界動物園暨水族館協會2020年年會(1人15日)及緬甸仰光出席東南亞動物園暨水族館協會2020年年會(2人7日)，聯繫國外保育研究單位進行資料整合與技術交流。(後因今(109)年受COVID-19疫情影響取消參與國際會議)</p> <p>6. 國內穿山甲專家交流及教育推廣平台：考量COVID-19疫情現況，調整計畫內國外考察等行程為國內交流。</p> <p>I. 以本計畫所收集樣本分析之mtDNA及微衛星結果與合作機構，如特生中心等，及國內其他研究穿山甲之專家進行資訊分享及交流，並討論後續各機構間之合作方式。另外也積極參與「國土生態保育綠色網絡計畫」等相關野生動物收容會議，討論未來臺灣穿山甲保育合適方案。</p> <p>II. 透過相關教育推廣平台向民眾推廣本計畫研究成果及臺灣穿山甲保育知識，如遇救傷穿山甲如何通報等。</p>
<p>預期成果</p>	<p>1. 掌握臺灣穿山甲完整的族群遺傳結構樣貌，並提供未來族群研究之比較基礎。</p> <p>2. 釐清臺灣穿山甲的分類地位，協助制定區域保育工作的整體規劃。</p> <p>3. 強化國內穿山甲研究團隊與國際專家群之連結，分享族群遺傳研究資訊，增加臺灣穿山甲保育之國際能見度。</p> <p>4. 整合國內動物救傷機構穿山甲個體遺傳物質樣本及資訊。</p> <p>5. 強化民眾對臺灣穿山甲認知及保育知識。</p>
<p>已參與計畫名稱及合作機構</p>	<p>相關專業團隊：<input checked="" type="checkbox"/>有 <input type="checkbox"/>無</p> <p>1. 臺北市立動物園</p> <p>2. 行政院農業委員會特有生物研究保育中心</p> <p>3. IUCN 穿山甲專家群</p> <p>4. 香港嘉道理農場</p> <p>5. 福建東南荒野保育協會</p> <p>6. 其他合作夥伴：行政院農業委員會林務局、野灣野生動物保育協會、臺大生態學與演化生物學研究所野生動物研究室、中興大學生命科學系、屏東科技大學野生動物保育研究所。</p> <p>建立合作平臺可行性： <input checked="" type="checkbox"/>否 <input type="checkbox"/>是，團隊_____</p>
<p>團隊成員在計畫內之角色（擔任之</p>	<p>一、計畫主持人：擬定與規劃計畫、確認工作目標、掌握計畫進度、協調各項工作執行、統整域內保育相關工作、國際交流、撰寫報告。</p> <p>二、專任計畫助理：擬定與執行計畫、確認工作目標、負責實驗室主要工作、</p>

<p>具體工作性質、項目及範圍)</p>	<p>國內外交流、撰寫報告。</p> <p>三、計畫執行人：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 保育研究中心張家睿、譚羽君、侯宣伊、張祐佳、梁彧禎、陳立瑜、林思辰等人協助資料收集、教育訓練等工作之執行及資料分析；侯宣伊協助樣本件庫處理。 2. 動物組同仁協助國內外專家群聯繫。 3. 獸醫室同仁協助救傷個體健檢樣本蒐集流程與對外救傷單位獸醫聯繫。
<p>投入計畫之工作時數(每週平均)或比率(%)</p>	<p>張廖年鴻助理研究員：每週約16小時。</p> <p>張家睿計畫助理：每週約40小時。</p> <p>侯宣伊技工：每週約5小時。</p> <p>譚羽君計畫助理：每週約4小時。</p> <p>動物園其他人員(張祐佳、梁彧禎、陳立瑜、林思辰)協助樣本收集及聯繫共約40小時。</p>
<p>相關專業經驗及過去參與類似計畫之研究成果</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 張廖年鴻助理研究員有分類學背景及多年實驗室研究經驗，熟悉分子生物技術在野生動物族群遺傳變異研究上的應用，已發表相關著作十餘篇。 2. 張家睿、譚羽君、侯宣伊、張祐佳、梁彧禎、陳立瑜、林思辰等人均有野生動物調查研究經驗，可協助樣本收集整理工作；侯宣伊及譚羽君亦熟悉分子實驗操作，可進行DNA萃取及分子檢測等工作。
<p>計畫優勢(可複選並說明)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■獨特性：中華穿山甲僅剩臺灣族群受到妥善保護，並有多所收容救傷機構可協助進行樣本蒐集，在臺灣以外已無穩定的中華穿山甲野外族群可供追蹤研究。 ■國際競爭力：透過穿山甲保育研究計畫成果，爭取國際保育同行的重視，向國際傳送臺灣保育形象之軟實力。 ■核心保育計畫：建立完整、全面性的臺灣穿山甲族群現況研究資訊，提供物種保育計畫可參考之科學背景。
<p>預期效益(可複選)</p>	<p>可量化效益</p> <ul style="list-style-type: none"> ■增進動物福祉 □改善圈養環境 □提升醫療技術 ■保育教育推廣 ■提升動物園形象 ■保育臺灣本土物種 ■建立保育合作平臺 ■培訓專業人才
<p>重要參考文獻(至少五篇)</p>	<p>Challender, D., Baillie, J., Ades, G., Kaspal, P., Chan, B., Khatiwada, A., Xu, L., Chin, S., KC, R., Nash, H. & Hsieh, H. 2014. <i>Manis pentadactyla</i>. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T12764A45222544. http://dx.doi.org/10.2305/</p>

	<p>IUCN.UK.2014- 2.RLTS.T12764A45222544.en. Downloaded on 25 December 2018.</p> <p>Newton, P., Nguyen, T.V., Robertson, S., Bell, D. 2008. Pangolins in peril: using local hunters' knowledge to conserve elusive species in Vietnam. <i>Endangered Species Research</i> 6: 41-53.</p> <p>Zhang, L., Hua, N., Sun, S. 2008. Wildlife trade, consumption and conservation awareness in southwest China. <i>Biodiversity and Conservation</i> 17: 1493-1516.</p> <p>王佩蓉。2007。臺灣穿山甲救傷通報系統在保育上的應用。國立臺灣大學生態學與演化生物學系碩士論文。臺北。</p> <p>吳宇軒。2015。利用微衛星標識與粒線體 DNA 探討臺灣地區穿山甲之遺傳結構與多態性。國立臺灣大學動物科學技術學研究所碩士論文。臺北。</p> <p>林敬勛。2010。臺東鸞山地區臺灣穿山甲 (<i>Manis pentadactyla pentadactyla</i>) 活動範圍與洞穴利用之研究。國立屏東科技大學野生動物保育研究所碩士論文。屏東。</p> <p>范中行。2005。翡翠水庫臺灣穿山甲洞穴棲地研究。國立臺灣大學森林環境暨資源學系碩士論文。臺北。</p> <p>張淑萍。2014。利用微衛星基因座變異探討臺東鸞山地區臺灣穿山甲 (<i>Manis pentadactyla pentadactyla</i>) 之親屬關係及社會結構。國立屏東科技大學野生動物保育研究所碩士論文。屏東。</p> <p>劉晉廷。2017。利用主要組織相容性複合體基因與微衛星標識探討臺灣穿山甲之遺傳多態性與結構。國立臺灣大學動物科學技術學系碩士論文。臺北。</p> <p>賴志恩。2014。以物種分布模式預測海岸山脈穿山甲之棲地分布。國立屏東科技大學野生動物保育研究所碩士論文。屏東。</p>
<p>附 件</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> 無</p> <p><input type="checkbox"/> 文件____種</p> <p><input type="checkbox"/> 圖說____種</p> <p><input type="checkbox"/> 其他_____</p>