

108-109 年度

「石虎保育行動綱領研擬與密度估算研究案」
成果報告書

委辦單位：行政院農業委員會特有生物研究保育中心

投標廠商：國立嘉義大學

計畫主持人：劉建男助理教授

共同主持人：陳宣汶助理教授

研究人員：陳歆、顏全佑、陳盈如、廖凱鎰、彭翊倫

中華民國 109 年 12 月

摘要

石虎為台灣野生動物保育法所列之瀕臨絕種野生動物，其面臨棲地喪失及破碎化、流浪犬貓的競爭、路殺、疾病等諸多威脅。過去數年，雖然有關石虎的生物學及生態學資料逐漸累積，但其密度估算方法尚未建立，且整體石虎保育策略仍未制定。本研究目的有以下三點：(1)建立以自動相機照片估算石虎族群密度的方法學，(2)進行石虎寄生蟲的研究，了解石虎的寄生蟲種類及相對豐富度，(3)研擬石虎保育行動綱領。以自動相機照片估算石虎族群密度方法學部分，本研究在南投中寮及鄰近地區劃設 2 個樣區，每個樣區劃設 30 個 1 km x 1 km 的網格，每個網格設置 1 個樣點，每個樣點在路徑兩側各架設 1 部相機進行石虎拍攝，以獲得石虎兩側花紋的照片進行個體辨識。自 2019 年 10 月到 12 月，在南投縣南中寮的第一樣區中，以人工辨識可辨識出 18 隻個體，以 CARE-2 軟體估算族群數量約為 18-20 隻，族群密度約為每平方公里 0.34-0.39 隻；2020 年 2 月到 4 月於北中寮的第二樣區，以人工辨識出 16 隻個體，以 CARE-2 軟體估計族群數量約為 17-23 隻，族群密度約為每平方公里 0.38-0.57 隻。在石虎寄生蟲的研究中，解剖 9 隻石虎路殺個體，共發現 5 種內寄生蟲，分別為 2 種圓蟲、2 種條蟲及 1 種棘頭蟲，另發現 1 種外寄生跳蚤。在石虎保育行動綱領研擬部分，已於 2019 年 11 月、2020 年 6 月及 2020 年 11 月召開三次專家會議，並完成保育行動綱領，共擬定 10 個保育策略 14 項保育行動。

關鍵字：保育行動綱領、自動相機、個體辨識、寄生蟲、族群密度

Abstract

Leopard cat (*Prionailurus bengalensis chinensis*) is listed as an endangered species under Taiwan's Wildlife Conservation Act; it suffers several threats including habitat loss and fragmentation, competition with feral cats and dogs, roadkill, disease, etc. Although several studies have focused on the biology and ecology of leopard cat in last few years, a standard method to estimate the population density of leopard cat in Taiwan has not been established. Additionally, effective action plans for leopard cat conservation are still lacking. In this study, we aim to (1) establish a methodology for estimating population density of leopard cat using photos of camera traps, (2) investigate the parasite fauna of leopard cats, and (3) develop the Leopard Cat Conservation Action Plan. To estimate the density of leopard cat, we established 2 study sites in Nantou County, central Taiwan. In each site, we created a grid with 30 1 km x 1 km subsites. In each subsite, we deployed two camera traps in one location to take photos of leopard cat from both sides. In the first site, we identified 18 individuals between October and December, 2019. The population size and population density, respectively, were estimated 18-20 individuals and 0.34-0.39 individual per kilometer square. In the second site, we identified 16 individuals between February and April, 2020. The population size and population density, respectively, were estimated 17-23 individuals and 0.38-0.57 individual per kilometer square. We collected parasites from nine road-killed leopard cats and found five endoparasite species, including 2 species of Nematoda, 2 species of Cestoda and 1 species of Acanthocephala, and 1 ectoparasite species. To collect opinions from experts on the leopard cat conservation, we held three leopard cat experts meeting in November 12, 2019, June 19, 2020 and November 16, 2020. Accordingly, we have developed the Leopard Cat Conservation Action Plan, which includes 10 conservation strategies and 14 actions.

Key word: Conservation Action Plan, camera traps, individual identification, parasite, population density

目錄

摘要.....	1
ABSTRACT.....	2
目錄.....	3
圖目錄.....	4
表目錄.....	5
附錄目錄.....	5
一、 前言.....	6
二、 擬解決問題.....	7
三、 計畫目標.....	8
四、 前人研究概況.....	8
五、 前期計畫成果.....	10
六、 重要工作與實施方法.....	13
七、 結果與討論.....	20
八、 結論與建議.....	59
九、 參考文獻.....	61
十、 附圖.....	67
十一、 附錄.....	68

圖目錄

圖 1、石虎 10 個參數分別改變±5、±10%、±15%和±20%對隨機性族群成長率之 敏感性分析。紅色實線為基礎模型所得之結果(stoc-r=-0.0087)。.....	10
圖 2、利用石虎身上花紋辨識野外石虎個體。A 與 B 為不同的兩隻個體，A1 及 A2、B1 及 B2 為不同時間、地點拍攝之石虎個體。.....	11
圖 3、2018 年 8 月至 2019 年 7 月，南投縣中寮樣區以自動相機照片辨識出的石 虎個體編號及出現點位。.....	12
圖 4、黃色圓圈為南投地區石虎分布之樣點(劉建男等，2016)。紅色框為本計畫 預計設置之樣區。.....	13
圖 5、自動相機架設樣區及點位，南邊紅框為第 1 樣區，北邊紅框為第二樣區， 每個樣區各 30 個點位之位置圖。.....	15
圖 6、第一樣區相機架設位置圖、最凸多邊形範圍、1/2 平均最大移動距離及 1/2 每日連續移動距離隻緩衝範圍。.....	25
圖 7、第二樣區相機架設位置圖、最凸多邊形範圍、1/2 平均最大移動距離及 1/2 每日連續移動距離隻緩衝範圍。.....	26
圖 8、 <i>Ancylostoma</i> spp. 生活史與樣本照片。.....	36
圖 9、 <i>Toxocara</i> spp. 生活史與樣本照片。.....	37
圖 10、 <i>Taenia</i> spp. 生活史與樣本照片。.....	38
圖 11、 <i>Diphyllobothriidea</i> 裂頭條蟲生活史與樣本照片。.....	39
圖 12、 <i>Ctenocephalides</i> spp. 生活史與樣本照片。.....	40
圖 13、棘頭蟲幼蟲樣本照片。.....	41

表目錄

表 1、第一樣區及第二樣區石虎族群量及族群密度估算結果.....	22
表 2、第一樣區以 CARE-2 不同模式估計的族群量.....	23
表 3、第二樣區以 CARE-2 不同模式估計的族群量.....	24
表 4、解剖採樣之石虎樣本資訊.....	29
表 5、9 隻石虎個體的寄生蟲感染種類與數量.....	35

附錄目錄

附錄 1、第一次保育行動綱領專家會議簽到表.....	68
附錄 2、第二次保育行動綱領專家會議簽到表.....	68
附錄 3、第三次保育行動綱領專家會議簽到表.....	70
附錄 4、石虎保育行動計畫.....	73
附錄 5、第一年期末報告審查意見回覆對照表.....	121
附錄 6、第二年期初報告審查意見回覆對照表.....	124
附錄 7、第二年期中報告審查意見回覆對照表.....	125
附錄 8、第二年期末報告審查意見回覆對照表.....	129

一、前言

亞洲豹貓(*Prionailurus bengalensis*)是廣泛分布在亞洲的小型貓科動物，其分布範圍西自阿富汗、巴基斯坦沿著喜馬拉雅山麓延伸至中國，北到俄羅斯遠東地區與朝鮮半島，南至印度、馬來西亞與印尼(Nowell and Jackson, 1996; Hunter, 2015)。亞洲豹貓可分為 12 個亞種，台灣地區的石虎屬於華南豹貓亞種(*Prionailurus bengalensis chinensis*)。

石虎在日據時代時曾普遍分布在台灣低海拔丘陵地區(Kano, 1930)，然而到了 1970 年代，雖然全島都還有分布，但各地數量已不普遍(McCullough, 1974)。近 20 年來的研究資料顯示，石虎主要族群分布在苗栗、台中及南投的淺山地區(楊吉宗等, 2004; 裴家騏, 2008; 裴家騏等, 2014; 劉建男等, 2016; 林良恭等, 2017; 裴家騏及陳美汀, 2017)，其它包括彰化、新竹及嘉義地區皆僅有零星的發現。由於石虎分布範圍侷限、數量稀少，行政院農業委員會於 2008 年依據野生動物保育法將石虎公告為「瀕臨絕種保育類野生動物」，農委會特有生物研究保育中心出版之 2017 台灣陸域哺乳類紅皮書中，將石虎列為國家瀕危(National Endangered, NEN)等級(鄭錫奇等, 2017)。

亞洲豹貓在國外不同地區已累積相當多的生態學資料(e.g. Grassman *et al.*, 2005; Rajaratnam *et al.*, 2007; Izawa *et al.*, 2009; Oh *et al.*, 2010; Bashir *et al.*, 2013; Lee *et al.*, 2015)，但台灣地區的石虎生態學相關資料仍相當有限。陳美汀(2015)追蹤苗栗地區 6 隻石虎，發現其平均活動範圍約為 4.7 km²，劉建男等(2016)在南投地區追蹤 1 隻雌性石虎，其活動範圍僅為 2.2 km²；石虎主要於夜間及晨昏活動，但日間有少許活動跡象(裴家騏, 2008; 陳美汀, 2015; 房兆屏, 2016)。石虎的食性以啮齒類哺乳動物為主，鳥類次之(莊琬琪, 2012)。棲地利用部分，陳美汀(2015)在苗栗的研究發現石虎活動範圍內偏好天然林，其次為非天然林、草生地與農墾地；在南投地區，房兆屏(2016)的研究顯示影響石虎分布最重要的環境因子包括與路寬 16 m 以上道路的距離、森林覆蓋度及海拔。劉建男等(2016)利用已知石虎的分布點位，採用物種分布預測模式之最大熵值法(Maximum Entropy, MaxEnt)來預測南投地區石虎可利用棲地的範圍及面積，並以苗栗地區每隻石虎活動範圍 2-6 km² 為基礎，估算南投地區約有 89 -268 隻石虎，林良恭等(2017)利用相同的方法分析石虎可利用的棲地，結果顯示有石虎分布的重要棲地面積為 2,140 km²，

並依據苗栗通霄地區 21-31 隻/100 km² 的石虎密度(陳美汀未發表資料)，估計全島石虎的族群量約有 468-669 隻。

石虎是淺山生態系的頂級掠食者，其可有效控制野生啮齒類的族群及降低許多疾病傳播的機會(Ostfeld and Holt, 2004; Hofmeester *et al.*, 2017)。然而，石虎正面臨數個嚴重影響其族群存續的威脅，包括棲地喪失及零碎化、道路造成的基因交流受阻及車禍致死、養禽戶與石虎的衝突造成的傷亡、流浪犬貓的競爭、疾病的威脅及農藥、老鼠藥的間接負面影響等(裴家騏等，2011；高嘉孜，2013；裴家騏等，2014；劉建男等，2016；姜博仁等，2018)。以道路致死為例，自 2011 年 11 月至 2019 年 6 月的確定為路殺的案例累積多達 77 起(林育秀，私人通訊)，這些威脅嚴重影響到石虎族群的存續(劉建男等，2018)。石虎對維持生態系統穩定及人類健康都相當重要，因此，積極保育石虎以避免其族群持續減少甚至滅絕，實為刻不容緩。

二、擬解決問題

劉建男等(2016)及林良恭等(2017)曾利用最大熵值法(MaxEnt)預估南投地區及全島的石虎族群數量，但在缺乏準確的族群密度資料的情況下，族群量估算可能會產生極大的偏差。劉建男等(2018)以紅外線自動相機所拍攝之石虎照片，嘗試利用石虎身體的斑紋或特徵來辨識個體，結果顯示該方法雖然可行性高，但在相機架設方式上必須加以調整，同時以兩台相機拍攝石虎個體身體兩側之照片，方可更準確用來辨識個體及估算族群密度。

此外，石虎疾病相關研究甚少，裴家騏等(2011)針對石虎感染犬瘟熱的狀況進行探討，發現苗栗地區篩檢的石虎中有 77% 帶有犬瘟熱抗體，陳貞志(2018)則指出路死的石虎有相當高的比例帶有小病毒，寄生蟲方面則未有研究發表產出。近年來，林務局及所轄林區管理處、臺中市及苗栗縣政府及公路總局等單位皆積極針對石虎進行委託研究，希望從道路預警系統、友善石虎農業及降低人與石虎的衝突著手，以降低石虎的威脅(林育秀等，2018；姜博仁等，2018；姜博仁等，2019)，劉建男等(2018)則針對台灣地區的石虎進行族群存續力分析(Population Viability Assessment, PVA)。這些研究雖有助於經營管理及保育策略優先順序的擬定，但台灣的石虎保育策略仍未有整體的規劃。未來，可透過專家會議的召開及工作坊的舉辦，廣納大家的意見，

並針對不同威脅及保育議題進行討論，最後制定石虎保育行動綱領，作為石虎保育的最高指導原則。

三、計畫目標

- (一) 完成以自動相機照片進行石虎族群密度估算之方法學研究，並完成南投兩個樣區的石虎族群密度估算。
- (二) 完成路殺石虎個體之寄生蟲種類及物種相對豐富度分析。
- (三) 召開專家會議並完成石虎保育行動綱領研擬。

四、前人研究概況

(一) 石虎族群密度估算

野生動物族群量或族群密度估算常用的方法為捕捉標放法(Molles, 2002)，將標的物種個體捕捉後，予以標記後放回原族群，再行捕捉後以模型估算族群量。許多野生動物身上帶有獨特的斑點或特徵，可以用來辨識個體及估算族群密度。

許多貓科動物身上亦具有特殊的花紋或斑點特徵。許多研究利用相機所拍攝貓科動物的花紋或特徵來進行個體辨識，進而推估族群密度，例如華南虎(*Panthera tigris amoyensis*) (Karanth and Nichols, 1998)、孟加拉虎(*Panthera tigris tigris*) (Wang and Macdonald, 2009)、獵豹(*Acinonyx jubatus*) (Marnewick *et al.*, 2008)、豹(*Panthera pardus*)及美洲山獅(*Puma concolor*) (Kelly *et al.*, 2012; Rosas-Rosas and Bender, 2012)、虎貓(*Leopardus pardalis*) (Trolle and Kery, 2003)及豹貓(*Prionailurus bengalensis*) (Bashir *et al.*, 2013)等。這類型的研究中，研究者會將身體分成數個部位進行比較，以貓科動物而言，頭頸、軀幹及四肢的毛皮紋路具有較多變異度較大的自然特徵(Karanth, 1995; Trolle and Kery, 2003; Wallace *et al.*, 2003; Jackson *et al.*, 2006; Karanth *et al.*, 2006; Bashir *et al.*, 2013)。

Bashir *et al.* (2013)在印度錫金的干城嘉章保護區 (Khangchendzonga Biosphere Reserve) (2,620 km²)以自動相機拍攝到的照片進行豹貓的個體辨識，研究者將動物身體部位區分成頭部、頸部、前段、中段、後段和尾部，依照斑點、條紋、尾巴環紋和其他自然標記進行比較。在建立基本的個體資料庫後，利用相機重複拍到的照片作為重複捕捉的資料，估算出族群密度約

為 17 隻/100 km²。Soisalo and Cavalcanti (2006)則結合自動相機照片及無線電追蹤資料，來估算美洲豹(*Panthera onca*)的族群密度。

(二) 石虎寄生蟲種類及相對豐富度研究

台灣地區石虎疾病相關的研究方面，裴家騏等(2011)發現苗栗地區檢測的石虎個體中，有 77%檢測出犬瘟熱抗體，顯示有高比例的個體曾經感染犬瘟熱；陳貞志(2018)則指出路殺的石虎個體檢測出小病毒的比例比野生捕獲的個體高，並推測感染小病毒可能與石虎路殺有關。

寄生蟲是生物多樣性中不可或缺的一環，幾乎所有野生動物或多或少都有寄生蟲感染；寄生蟲對宿主個體生理生態、族群動態、互動關係與物種保育都會造成影響，甚至可能進而改變整體生態系的營養流動(Thompson *et al.*, 2010; Sato *et al.*, 2011; Toscano *et al.*, 2014)。石虎是目前台灣淺山生態系中，少數僅存的高階掠食者；就食物網的觀點來看，高階掠食者是系統中營養與能量流動的最終站，常被視為淺山生態系健全與否的關鍵指標物種(Estes *et al.*, 2011)。然而，石虎的寄生蟲，尤其是透過食物鏈傳遞的複雜生活史寄生蟲，在食物網中比石虎的營養位階更高，且須在中間宿主等食物鏈保存完整狀況下才會存在，可說是比石虎更敏感的生態系統指標(Hudson *et al.*, 2006; Chen *et al.*, 2011)。因此，研究石虎的寄生蟲除了可以了解長期被忽略的寄生生物多樣性之外，對於石虎的食性、營養狀態、族群結構甚至淺山生態系的完整與否，都能提供額外的評估資訊。

(三) 石虎保育行動綱領

台灣地區針對個別物種所制定的保育行動綱領，已有黑鳶(丁宗蘇等，2004)、黑面琵鷺(劉小如等，1995)及台灣黑熊等(黃美秀等，2012)。目前特有生物研究保育中心亦有許多自辦或委辦研究計畫，預計針對水獺、台灣蝙蝠、大紫蛺蝶、金絲蛇、山椒魚等瀕臨絕種保育類野生動物，研擬保育行動綱領。

在保育行動綱領研擬中，有些研究會將族群存續力分析(PVA)結果列為重要參考資料(e.g., 黃美秀等，2012)，尤其是特定參數條件下的物種滅絕機率及利用敏感性分析(Sensitivity Analysis)來找出對造成滅絕影響最大的參數。林容安(2013)針對臺灣黑熊(*Ursus thibetanus formosanus*)的 PVA 分析結果顯

示，發現影響台灣黑熊滅絕率最關鍵的因子是狩獵程度，如有有效的控制雌性死亡率與非法狩獵，將有效提升台灣黑熊的存續力。

五、前期計畫成果

劉建男等(2018)進行台灣地區石虎的 PVA 分析，在基礎模型中，未來 100 年石虎的滅絕機率是 2%，但在加入路殺等因素造成的死亡後(災難模型)，滅絕機率最高可提升到 24%。敏感性分析結果顯示成體雌性繁殖比例及雌性死亡率對族群有較大的影響(圖 1)。

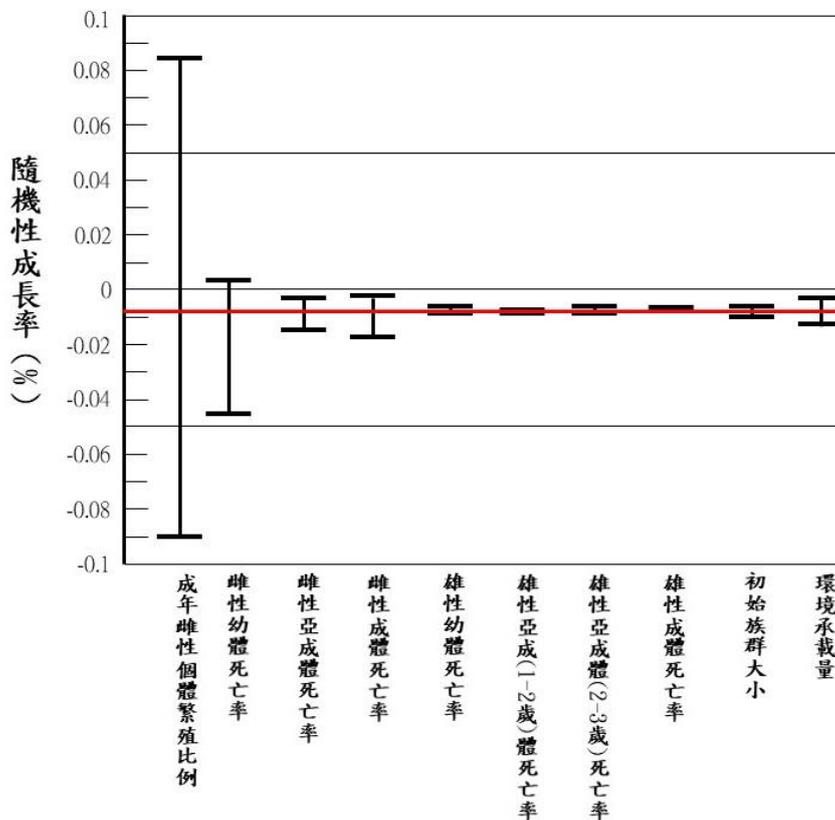


圖 1、石虎 10 個參數分別改變±5%、±10%、±15%和±20%對隨機性族群成長率之敏感性分析。紅色實線為基礎模型所得之結果(stoc-r = -0.0087)。

此外，2018 年 8 月起自 2019 年 7 月間，在南投南中寮地區設置 1 個約 30 km² 的樣區，在 25 個 1km*1km 的小樣區各設置 1 部自動相機進行石虎拍攝。結果共拍到 101 組石虎連拍相片或影片，刪去過度模糊之影像後，依照個體部位呈現的比例分成左半身、右半身與頭胸部；當一影像中以個體左半

身軀幹在影像中面積比例為多定義為左半身影像，以右半身軀幹在影像中面積比例為多定義為右半身影像，頭胸部在影像中面積比例為多定義為頭胸部影像。由研究人員 1 名將影像編碼分類歸檔，並裁切成適當大小、調整適當對比度與亮度後，以人工方式描述個體身上的紋路特徵，並將有類似特徵個體分類為同一隻個體。當一組影像被辨識出獨特特徵後，給予編號並記為一隻個體，後續拍得之影像對照已辨識出個體的影像，若有相同特徵則列為同隻個體，若不同則獨立列為新個體(圖 2)。

結果顯示，101 組照片中，左側身影像有 39 組、右側身影像有 44 組，其餘為頭胸部或過於模糊無法辨識；以 39 組左側影像進行個體辨識可分辨出 15 隻個體。其中有 8 隻個體有多於 1 組連拍相片、3 隻個體在多個小樣區有拍攝記錄(圖 3)。在個體辨識的過程中發現，所有拍到的個體側面影像達到角度一致是有困難度，因此在相機的拍攝方向盡可能應垂直個體移動的方向，而頭/胸部雖然斑塊、紋路對比明顯，但在缺乏誘引物前提下，不易讓個體在相機前停留並拍攝到個體之頭/胸部影像。研究顯示單一樣點僅架設 1 部相機，每次僅能拍攝到單側的照片，個體之左側與右側難以匹配。如果在單一樣點同時架設兩部相機同時拍攝身體兩側，將有助於個體辨識。

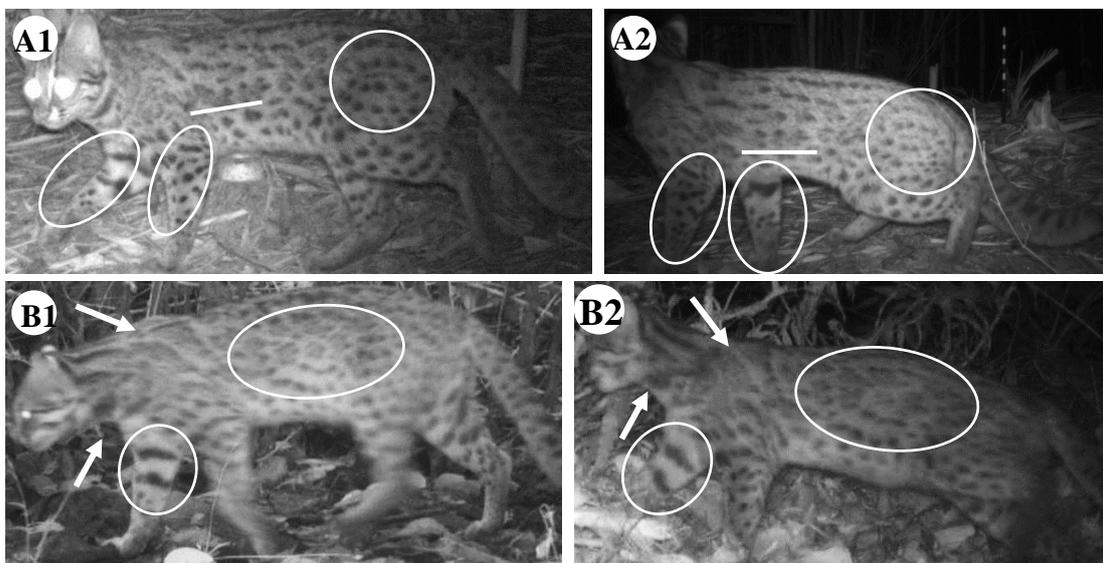


圖 2、利用石虎身上花紋辨識野外石虎個體。A 與 B 為不同的兩隻個體，A1 及 A2、B1 及 B2 為不同時間、地點拍攝之石虎個體。

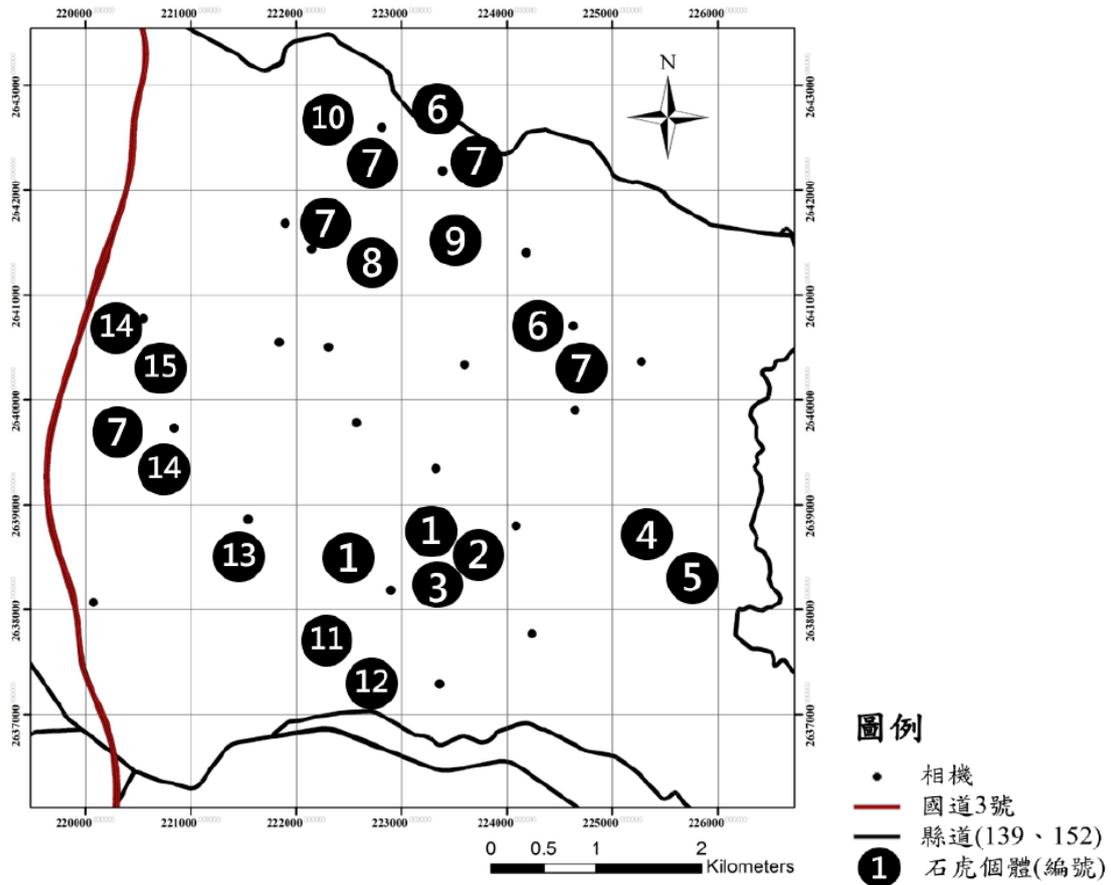


圖 3、2018 年 8 月至 2019 年 7 月，南投縣中寮樣區以自動相機照片辨識出的石虎個體編號及出現點位。

六、重要工作與實施方法

(一) 建立以相機照片進行石虎族群密度估算的方法學

本研究以中寮鄉及鄰近的集集鎮、名間鄉、南投市及草屯鎮部分區域，劃設 2 個各 30 km² 的研究樣區(圖 4)，以下將南中寮樣區稱為第一樣區，北中寮樣區稱為第二樣區。Chen *et al.* (2016)指出石虎活動範圍略小於 5 km² (95% MCP)，本研究樣區大小符合 Maffei and Noss (2008)之建議，亦即利用自動相機來估算動物密度時，樣區範圍應為目標物種活動範圍 3 至 4 倍以上。本研究的兩個樣區皆有石虎分布，且多個樣點有長期相機監測資料(劉建男等，2016；林育秀未發表資料)。

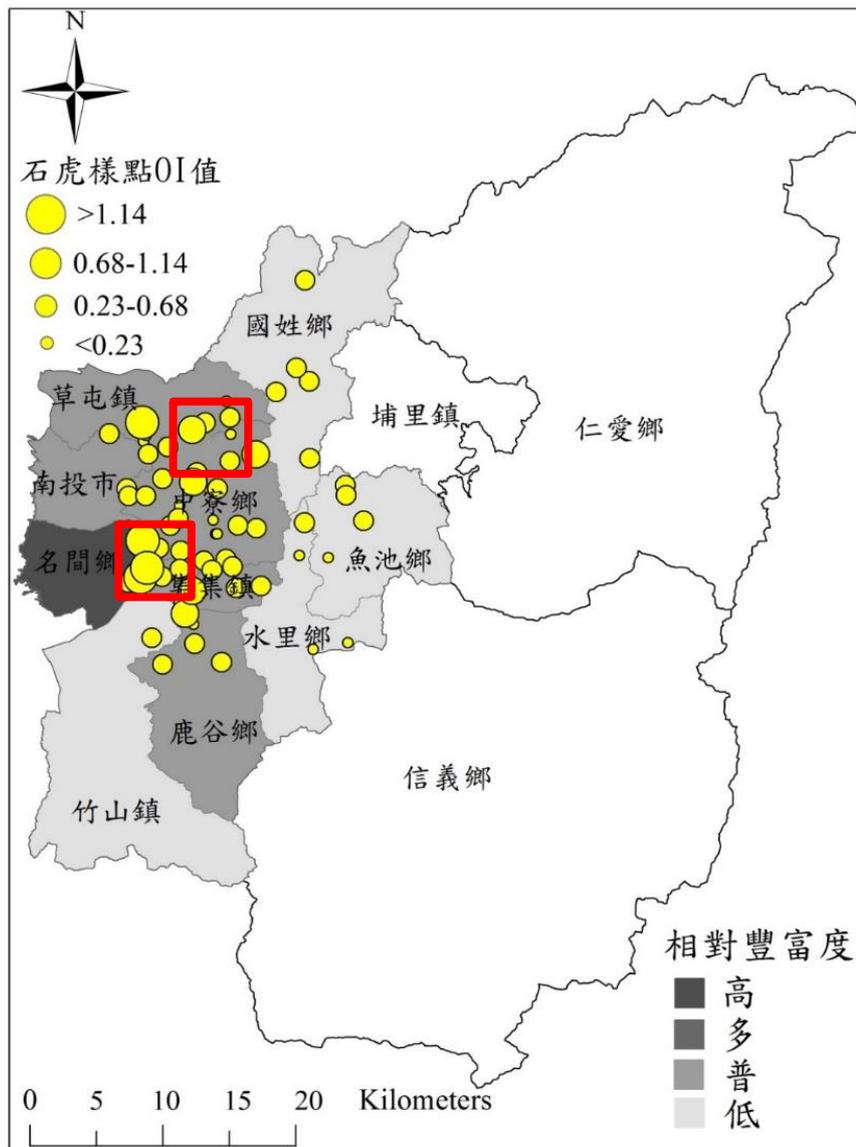


圖 4、黃色圓圈為南投地區石虎分布之樣點(劉建男等，2016)。紅色框為本計畫設置之樣區。

1. 自動相機架設

兩個樣區各劃設 1kmx1km 的網格，每個 1km² 的小樣區選擇 1 個樣點，同時在路徑兩旁架設 2 部自動相機。第一樣區於 2019 年 10 月完成 30 樣點共 60 台自動相機的架設，並持續拍攝到 2020 年 1 月；第二樣區於 2020 年 2 月在北中寮地區完成 30 個樣點共 60 部相機的架設(圖 5)，並持續拍攝到 6 月。相機型號皆為 Reconyx Hyperfire 2TM Professional Series Camera 2 (Reconyx Inc., USA)。相機樣點選擇明顯之獸徑或道路，以離地約 30cm 水平(相對於地面)架設。相機設定為 5 連拍的感應拍照，並於拍照後錄製 10 秒長度之影片以擷取更多影像或記錄行為資訊；快門設為 1/480 秒；感光值(ISO)設定為 3200。當相機架設完成後，記錄架設日期、時間、拍攝環境照片，並以手持 GPS (Garmin Vista HCx)定位樣點座標，誤差值控制於 5 m 以下，地理座標統一採用 TWD97 (Taiwan Datum 1997)系統，並於研究人員離開前確認相機運作正常。

本計畫以 1 小時內同 1 隻個體的連拍視為 1 筆有效照片，以第 1 張照片的時間當作有效活動時間，如 1 張照片裡有 2 隻以上的不同個體，則每隻個體都視為 1 筆有效紀錄。在假設族群數量越多的地區，該物種被自動相機拍攝到的機會也越高之前提下，本計畫以某種動物在某個樣點的出現頻度指數 (Occurrence Index, OI)來作為相對豐富度比較的基準，OI 值之計算採用裴家騏(2008)之計算公式： $OI = (\text{一物種在該樣點的有效照片數} / \text{該樣點的總工作時數}) \times 1,000 \text{ 小時}$ 。

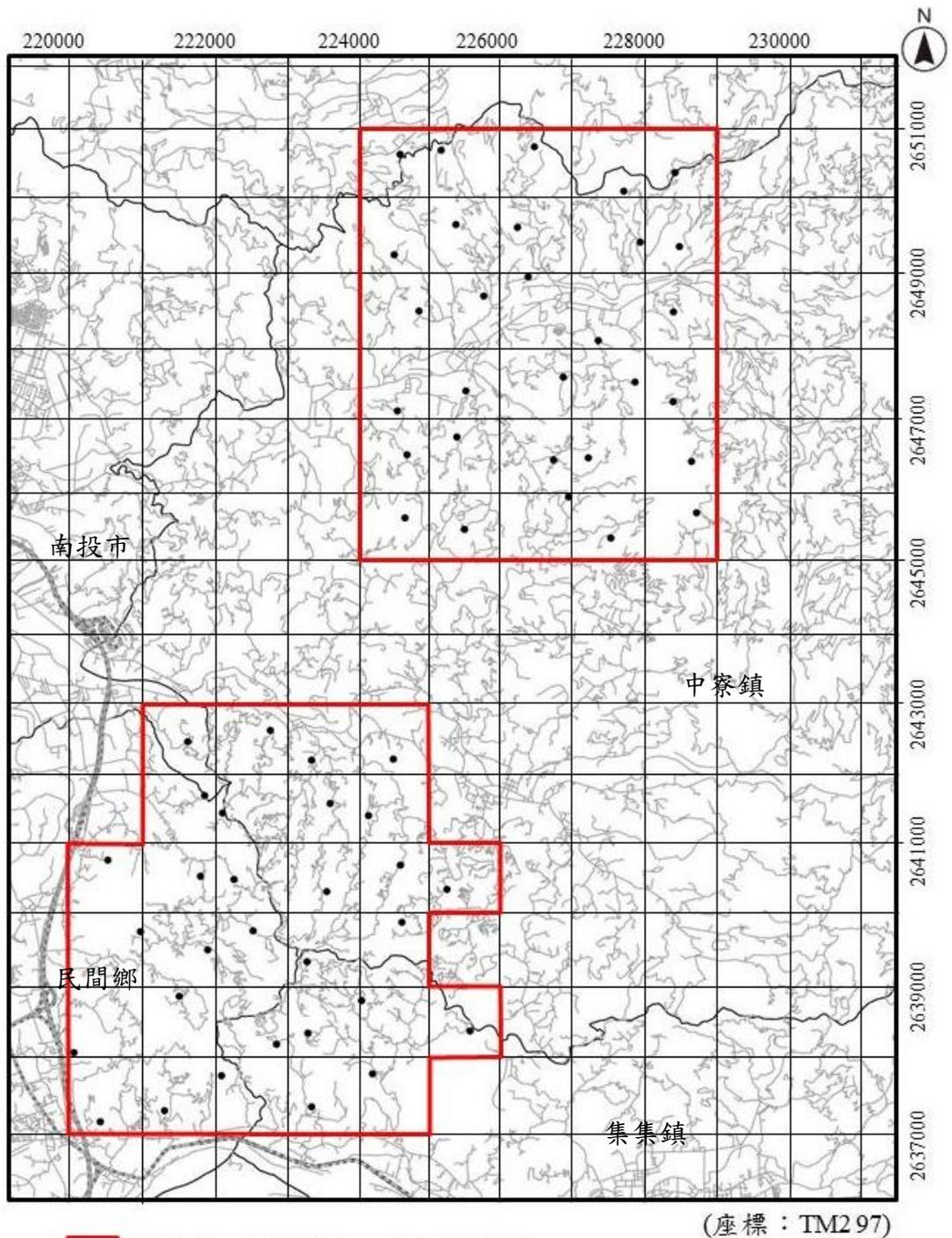


圖 5、自動相機架設樣區及點位，南邊紅框為第一樣區，北邊紅框為第二樣區，每個樣區各 30 個點位之位置圖。

2. 石虎個體辨識及密度估算

- (1) 個體辨識相機拍攝到的石虎照片作為個體辨識使用。石虎主要特徵包括吻端短，身體具黑褐點狀斑，耳後為黑底白斑，額頭有兩條灰白色縱帶，側臉與背部有黑色條紋。本研究以石虎的側身紋路作為個體辨識依據，大致分成第一級、第二級與第三級特徵。第一級特徵包含了側身軀幹中段與肩部紋路。該特徵紋路獨特易與其他個體做出區隔，尤其是肩部斑塊較大且明顯，是進行個體辨識中優先比對、記錄的特徵；第二級特徵包含前肢內側、側胸口、側面部紋路。前肢內側常有一至兩個大型扁狀斑塊，而側胸口常有一至數個斑塊，側面部具兩條深色條紋，條紋間為白色毛區。這幾處特徵雖然在個體間具差異，但有時差異較小，時有不同個體呈現相近的斑塊或紋路型態，但稍作留意後，尚能記錄到明確特徵；第三級特徵包含位於前肢外側、後肢、臀部等處的紋路，多為細小的圓點狀斑，較不易記錄到明顯可辨識的特徵，在必要時可以輔助使用

兩個樣區所收集之石虎個體照片及影像，根據劉建男等(2018)之方法，將石虎個體照片或影像分為左半身與右半身。石虎自頭至尾端以虛擬矢狀切面(sagittal section)分成左半身與右半身影像，當一影像中以個體左半身面積比例為多定義為左半身影像；以右半身面積比例為多定義為右半身影像。由主要辨識人員將影像編碼分類歸檔，並裁切成適當大小、調整適當對比度與亮度後，以人工方式描述個體身上的紋路特徵，並將有類似特徵個體分類為同一隻個體。當一組影像被辨識出獨特特徵後，則記為一隻個體，後續影像對照已辨識影像，若有相同特徵則列為同隻個體，若不同則獨立列為新個體。前期(劉建男等，2018)個體辨識結果作為輔助辨識用。

(2) 盲測

為了測試不同研究人員石虎個體辨識之差異性，將兩樣區所收集之影像資料備份，由另外 2 名盲測辨識員依照石虎側身的紋路規律進行個體辨識盲測(Kelly *et al.*, 2008)，所有盲測辨識員皆無石虎辨識之經驗，於盲測進行前對其介紹石虎之辨識特徵與辨識方法後，始進行個體辨識。本研究對不同辨識人員在不同樣點所得到的石虎辨識個體數進行分析，由於各相機樣點影像所辨識出的石虎個體數量並非連續變量，且為非常態分布，因此以 Scheirer-Ray-Hare test 進行檢測， α 水準定為 0.05。

(3) 族群量估算

本研究以 7 日為一捕捉回合(Trolle and Kery, 2003; Kelly *et al.*, 2008)。將個體辨識之結果製作捕捉史矩陣，記錄每隻個體在每回合中是否被捕捉(拍攝到影像)，該回合捕捉到個體記錄為 1，未捕捉到個體記錄為 0。將石虎兩側之捕捉史矩陣分別以 CARE-2 軟體(Chao, 2001)，以下列捕捉率模式(Otis *et al.*, 1978)進行族群數估算：

M_0 : 捕捉率恆定，不受時間推移、動物行為、個體差異等因素而改變。

M_t : 捕捉率隨時間不同可能具有差異，但同一捕捉回合中動物捕捉率皆相同。例如研究期間陰雨天氣可能使減少動物活動進而降低捕捉率。

M_h : 不同個體間具獨立捕捉率。捕捉率具有差異的原因可能來自於陷阱(自動相機)的可及性、性別差異、個體活動力差異等因素。

M_{th} : M_t 及 M_h 兩種模型的混合。

在不同的捕捉率模型之下，CARE-2 軟體亦採用了多種估計法來估算族群密度，包含：Conditional maximum likelihood estimators (CMLE)、Unconditional maximum likelihood estimators (UMLE)、Estimating equations (EE)、Jackknife (JK, JK1, JK2, IntJK)、Sample coverage (SC, SC1, SC2)(Chao and Yang, 2006)。本研究族群量的估計採標準誤較小的模式之估算結果。

(4) 族群密度估算

本研究石虎密度估算之有效取樣面積(effective sampling size)為自動相機拍攝到石虎點位所圍成的最小凸多邊形面積，加上石虎「平均最大移動距離的一半」($\frac{1}{2}$ mean maximum distance moved, $\frac{1}{2}$ MMDM)往外擴充作為緩衝區面積(Karanth and Nichols, 1998)，並透過 ArcGIS (ESRI Ltd.)軟體計算。 $\frac{1}{2}$ MMDM 資料較難取得，通常以石虎活動範圍之半徑來代表(Karanth and Nichols, 1998; Bashir *et al.*, 2013; Chua *et al.*, 2016)。本研究按照 Karanth and Nichols (1998)的方式，將同一隻個體出現的不同相機點位，計算「相距最遠的兩個相機調查站距離」，並將所有個體的數值取平均值。另外，本研究以 Chen *et al.* (2016)利用無線電追蹤得出之石虎每日移動距離(consecutive daily movement distance, CMD) 2.31 ± 0.90 km 的一半(1.155 km)進行緩衝區面積估計。石虎族群密度為估計的石虎族群數量除以樣區的有效取樣面積。

(二)石虎寄生蟲研究

本研究檢視因路殺致死之石虎個體，視其新鮮程度，檢查其外觀皮毛可收集外寄生蟲(跳蚤、蠅類、蝨蟬等)。之後進行解剖，分別檢查心、肺、腎、肝膽等臟器外觀與內部是否有蠕蟲類寄生蟲；接著分離腸胃道及其內容物，於解剖顯微鏡下檢查是否有寄生蟲。所收集之寄生蟲樣本，線蟲類經生理食鹽水清洗後以 75% 酒精固定保存；條蟲與吸蟲類以清水浸泡清洗後，以 75% 酒精壓平固定保存。寄生蟲種類盡量辨識到種的階層，並分別計算各物種的隻數作為相對豐富度的比較。

在石虎解剖前測量形質包括體重、體長、牙齒及犬齒長度、耳長、乳頭寬度等資訊，並觀察是否有外寄生蟲；解剖後取其內臟檢查是否有寄生蟲。最後計算寄生蟲之感染率(Prevalence)及感染強度(Intensity of infection)，感染率為感染 A 寄生蟲的宿主數量/總宿主數量，感染強度為寄生蟲 A 的總數量/感染 A 寄生蟲的宿主數量。

(三)石虎保育行動綱領

本計畫蒐集所有石虎研究相關的資訊並持續優化PVA的預測結果(劉建男等, 2018), 並參考IUCN物種保育策略計畫手冊(IUCN, 2008), 研擬台灣地區石虎保育行動綱領, 同時召開3次專家會議, 針對初稿給予修正或補充意見。

台灣石虎保育行動綱領涵蓋下列內容：

中文摘要

ABSTRACT

目錄(含圖、表目錄)

一、 前言、願景及目標

1. 願景

2. 目的

二、 生物資訊

1. 物種分類地位

2. 物種描述

3. 族群估算及趨勢變化

4. 繁殖與生活史

5. 食性與主要食物

6. 競爭與掠食者

7. 棲地環境概述

8. 棲地特性

9. 現有保育作為

10. 族群存續力分析(PVA)

11. 生態功能

12. 社會及經濟面

三、 威脅原因分析

1. 主要威脅

2. 其他威脅

3. 潛在威脅

四、 目標與策略

五、 保育行動

策略 A-方法 1

策略 B-方法 2

.....

六、 參考文獻

七、 附錄(包括保育行動簡表、諮詢過程、權益關係人或團體及近期保育成果)

七、結果與討論

(一) 以相機照片進行石虎個體辨識及族群密度估算

1. 第一樣區相機架設石虎拍攝成果

(1) 圈養個體辨識

2019年10月5日至17日，於特有生物研究保育中心之圈養石虎籠舍內架設自動相機，收集影像後由研究人員肉眼辨識能從打散的照片中分出4隻圈養個體。不管是個體左側身或右側身影像皆可以清楚辨識出4隻個體並能列出其對應特徵，顯示出在影像清晰拍攝到個體之前提能夠由照片影像辨識出不同個體。

(2) 野外石虎個體辨識

第一樣區調查期程為2019年10月7日至12月8日，30個樣點中有18個拍攝到石虎，共有71組石虎有效照片，其中夠清楚、可作為辨識之石虎影像左側有50組，右側有49組。結果顯示，完整拍到兩側照片且可辨識的個體有12隻，另僅有左側照片可辨識出的個體有6隻、僅有右側照片可辨識出的個體有6隻；因此，左側及右側分別可辨識出18隻個體(表1)。第一樣區中有9處樣點記錄到2隻以上個體，有6隻個體在2個以上的樣點被記錄到。盲測部分，三位辨識人員在每個相機樣點辨識出的石虎個體數不具統計上的顯著差異($H=0.205$, $P=0.9$)。

第二樣區調查期程為2020年2月28日至4月30日，30個樣點中有18個拍攝到石虎，共46組石虎有效照片，其中夠清楚、可作為辨識之石虎影像左側有32組，右側有28組。結果顯示，完整拍到兩側照片且可辨識的個體有11隻，另僅有左側照片可辨識出的個體有5隻、僅有右側照片可辨識出的個體有4隻；因此，左側及右側分別可辨識出16及15隻個體(表1)。第二樣區中有10處樣點記錄到2隻以上個體，有8隻個體在2個以上的樣點被記錄到。盲測部分，三位辨識人員在每個相機樣點辨識出的石虎個體數不具統計上的顯著差異($H=0.127$, $P=0.94$)。之後個體辨識的結果皆以主要辨識人員的結果為主。

(3) 樣區族群量及密度估算

第一樣區以CARE-2不同模型所估計的族群量如表2。以最小標準誤為標準，左側照片以 M_0 (EE)模式的估計值是18.2隻，範圍為18.0-20.3隻，標準誤為0.76；右側以 M_0 (EE)模式的估計值是18.3隻，範圍是18.0-19.9隻，

標準誤為 0.54。如考量捕捉率隨時間不同可能具有差異，以 M_t 模式進行估算，則左側 $M_t(EE)$ 模式的估計值是 18.7 隻，範圍為 18.0-22.9 隻，標準誤為 1.55；右側以 $M_t(EE)$ 模式的估計值是 18.8 隻，範圍是 18.0-21.6 隻，標準誤為 0.58。

第二樣區左側左側照片以 $M_t(UMLE)$ 模式的估計值為 18.3 隻，範圍是 16.5-21.5 隻，標準誤為 1.98；右側以 $M_0(EE)$ 模式的估計值是 16.5 隻，範圍為 15.0-18.6 隻，標準誤為 1.44，右側以 $M_t(UMLE)$ 模式的估計值是 16.9 隻，範圍是 15.0-20.4 隻，標準誤為 1.81。

以 CARE-2 估計值最小標準差的估計值，第一樣區以 1/2MMDM 計算的有效取樣面積為 52.2 km² (圖 6)，族群密度估算為 0.34-0.38 隻/km²、以 1/2CMD 計算的有效取樣面積為 48.38 km² (圖 6)，族群密度估算為 0.37-0.41 隻/km²；第二樣區以 1/2MMDM 計算的有效取樣面積為 39.92 km² (圖 7)，族群密度估算為 0.38-0.57 隻/km²、以 1/2CMD 計算的有效取樣面積為 46.02 km² (圖 7)，族群密度估算為 0.33-0.49 隻/km² (表 1)。

與其他地區豹貓的族群密度比較，在泰國東北呵叻 (Sakaerat) 保護區，Petersen *et al.* (2019) 架設 60 部自動相機配合捕捉再捕捉法 (spatial-explicit capture-recapture, SECR-maximum-likelihood)，得出豹貓密度為 17.7 隻/100 km²。Chua *et al.* (2016) 於新加坡德光島 (Pulau Tekong) 以自動相機配合捕捉再捕捉法 (CR- M_h) 得出 72.2-106.6 隻/100 km²。馬來西亞沙巴地區，Mohamed *et al.* (2013) 在三處森林保護區中架設自動相機配合捕捉再捕捉法 (SECR-maximum-likelihood) 得出豹貓密度分別為 Deramakot 地區 9.6 隻/100 km² (SE=1.7)、Tangkulap-Pinangah 地區 12.4 隻/100 km² (SE=1.6)，Segaliud Lokan 地區 16.5 隻/100 km² (SE=2.0)。印度東北錫金邦 (Sikkim) 以自動相機配合捕捉再捕捉法估計豹貓密度為 18.01-22.25 隻/100 km² (Bashir *et al.*, 2013)。台灣南投地區的石虎族群密度比新加坡德光島低，但比泰國、馬來西亞沙巴地區及印度的族群密度為高。各地區豹貓的棲息環境、食物資源及人為干擾程度不一，族群密度亦不盡相同。

表 1、第一樣區及第二樣區石虎族群量及族群密度估算結果

樣區		第一樣區	第二樣區
研究期程		2019.10-12	2020.02-04
相機站(個)		30	30
有效影像(組)		71	46
緩衝區寬度(m)	1/2MMDM	1304.65	904.75
	1/2CMD	1155.00	1155.00
有效面積(km ²)	MCP	23.25	21.13
	1/2MMDM 緩衝區	52.25	39.92
	1/2CMD 緩衝區	48.38	46.02
辨識隻數	僅右側	6	4
	僅左側	6	5
	兩側	12	11
族群量估計	左側估計量(隻)	18.0-20.3	16.5-21.5
	左側標準誤	0.76	1.98
	右側估計量(隻)	18.0-19.9	15.0-18.6
	右側標準誤	0.54	1.44
密度(隻/km ²)	1/2MMDM 緩衝區	0.34-0.38	0.38-0.57
	1/2CMD 緩衝區	0.37-0.41	0.33-0.49

註：MCP 為最小凸多邊形範圍；石虎平均最大移動距離的一半(1/2 MMDM)為本研究所拍攝石虎個體平均最大移動距離之半；石虎每日連續移動距離之半(1/2 CMD)取自 Chen *et al.* (2016)。

表 2、第一樣區以 CARE-2 不同模式估計的族群量

模式	左側			右側		
	估計值 (隻)	標準誤	95% CI (隻)	估計值 (隻)	標準誤	95% CI (隻)
M ₀ (CMLE)	19.7	2.10	18.47-24.78	19.4	1.57	18.44-22.75
M ₀ (UMLE)	19.0	1.96	18.00-23.56	18.7	1.09	18.00-22.22
M₀(EE)	18.2	0.76	18.00-20.34	18.3	0.54	18.00-19.89
M _i (CMLE)	19.4	1.74	18.31-23.55	19.2	1.36	18.25-21.65
M _i (UMLE)	18.7	1.55	18.00-23.07	18.5	0.92	18.00-20.93
M _i (EE)	18.7	1.55	18.00-22.85	18.8	0.88	18.00-21.06
M _h (SC1)	26.1	7.22	19.92-44.34	22.5	4.27	18.79-31.72
M _h (SC2)	25.0	7.16	19.12-41.71	21.3	4.23	18.08-30.67
M _h (JK1)	25.1	3.63	21.56-29.56	23.3	3.20	19.78-27.78
M _h (JK2)	28.6	5.67	20.21-36.94	23.9	4.7	18.00-31.94
M _h (lnJK)	25.1	6.92	20.67-46.14	23.3	3.79	19.78-28.21
M _h (EE)	24.3	5.74	18.91-37.83	21.2	3.47	18.00-28.55
M _{th} (SC1)	26.6	9.60	19.97-48.57	22.8	4.54	18.88-35.03
M _{th} (SC2)	25.5	7.58	19.06-45.01	21.6	4.04	18.11-31.93

表 3、第二樣區以 CARE-2 不同模式估計的族群量

模式	左側			右側		
	估計值 (隻)	標準誤	95% CI (隻)	估計值 (隻)	標準誤	95% CI (隻)
M ₀ (CMLE)	19.3	2.41	17.64-23.70	18.1	2.61	16.30-22.88
M ₀ (UMLE)	18.4	2.08	16.80-22.57	17.2	2.15	15.58-20.56
M ₀ (EE)	18.6	2.16	16.25-22.47	16.5	1.44	15.00-18.58
M _t (CMLE)	19.1	2.24	17.30-22.63	17.8	2	16.08-21.22
M_t(UMLE)	18.3	1.98	16.50-21.47	16.9	1.81	15.00-20.42
M _t (EE)	19	2.30	16.74-22.17	17.5	2	15.59-21.01
M _h (SC1)	19.1	3.16	16.50-26.35	18.1	3.12	15.86-24.00
M _h (SC2)	17.9	2.35	16.00-23.90	17.1	2.85	15.00-23.00
M _h (JK1)	20.4	2.86	17.78-24.00	19.4	2.84	16.78-23.00
M _h (JK2)	19.6	3.84	16.00-27.60	19.3	4.32	15.00-27.28
M _h (InJK)	20.4	3.85	16.00-24.00	19.4	5.07	15.00-26.57
M _h (EE)	19.1	2.44	16.00-21.99	17.1	2.24	15.00-20.58
M _{th} (SC1)	19.1	2.98	16.90-25.02	18.1	3.18	15.91-25.18
M _{th} (SC2)	17.9	2.52	16.00-23.50	17.1	3.46	15.00-24.01

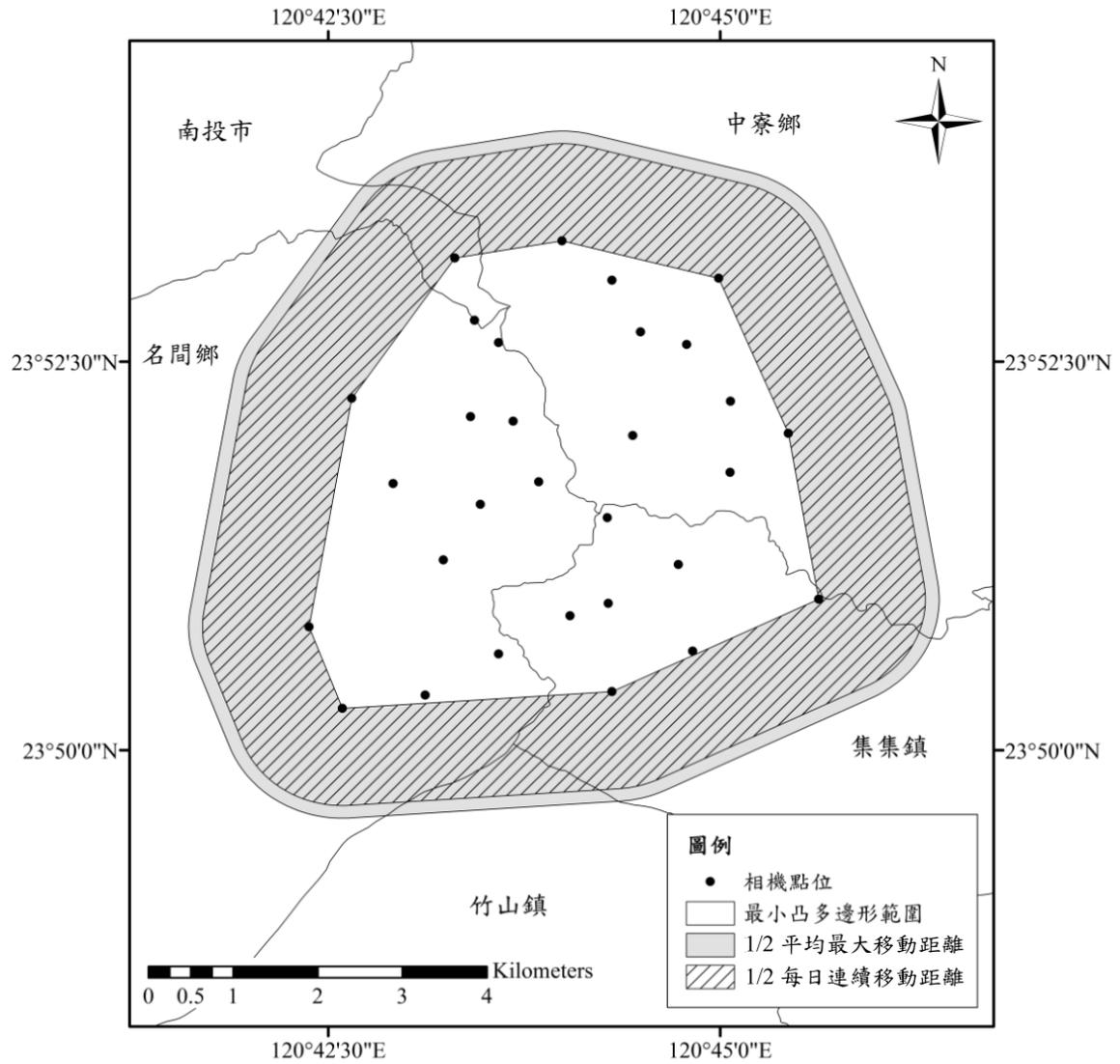


圖 6、第一樣區有效取樣面積，為有拍到石虎點位之最大凸多邊形範圍，加上以石虎平均最大移動距離的一半或每日連續移動距離的一半往外擴張所形成的範圍。

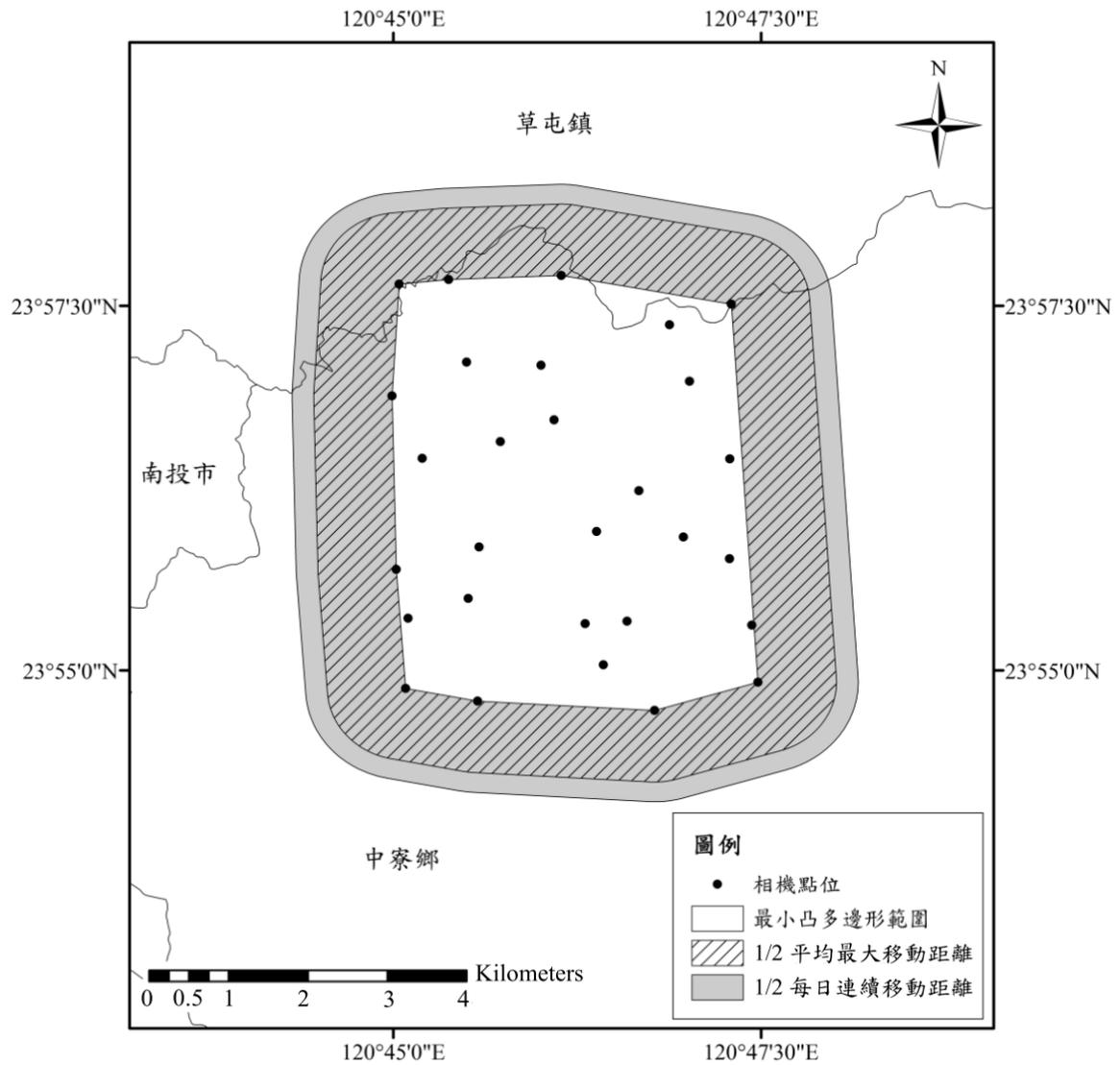


圖 7、第二樣區有效取樣面積，為有拍到石虎點位之最大凸多邊形範圍，加上以石虎平均最大移動距離的一半或每日連續移動距離的一半往外擴張所形成的範圍。

2. 以自動相機照片進行個體辨識及族群數量估算的標準流程：

步驟一：先前準備

- (1) 進行石虎個體辨識人員與架設自動相機者盡可能為同一人或工作團隊，以利後續取得個體辨識之影像之一致性。
- (2) 架設自動相機前，若有先前調查資料，應先觀察自動相機影像中石虎於該處活動狀況，包含行走路徑與相機間的角度、距離、遮地物等，以供實際架設相機之參考。

步驟二：相機架設

- (1) 架設自動相機：建立至少範圍 30 km² 之樣區，劃設為 1km × 1km 網格，在每個網格中挑選 1 個人為干擾較低或有獸徑之處，在路徑兩側各架設 1 台自動相機，即 1 樣區架設 2 台自動相機。相機型號建議相同以避免設備運作時的誤差。相機架設高度為離地面約 30 cm，盡可能垂直於路徑方向以水平拍攝。應現場確認影像拍攝狀況：取一高度約 40 cm、長度至少 50 cm 之紙板或毛巾，盡可能貼地於相機前左右移動並以自動相機拍攝，模擬個體經過相機前之狀況，立即確認所拍攝畫面是否符合需求並調整相機高度及角度。
- (2) 相機設定：相片拍攝張數建議為 5 連拍，影像啟動無延遲。若能錄影，建議於 5 連拍後錄製長度約 10 秒之影像，以擷取更多影像或記錄行為資訊。啟動敏感度建議為高，或依現場實際狀況調整。快門越短、感光值(ISO)較高為佳，以利獲取移動個體之影像。
- (3) 現場環境：架設相機後應記錄架設日期、時間、拍攝現場環境照片，並以手持 GPS 定位樣點座標，誤差值控制於 5 m 下，地理座標統一採用 TWD97 (Taiwan Datum 1997)系統。清理相機周邊 2-3 m 之環境(植株、枯枝等)。
- (4) 測試：建議進行 2 周以上時間測試，觀察石虎實際行走路徑與相機間的角度、距離、遮地物等資訊，並微調相機角度或整理現場環境以利石虎能在適當之角度及距離被記錄。

步驟三：個體辨識及族群量估算

- (1) 將石虎個體影像編碼後分類。以石虎自頭至尾端以虛擬矢狀切面(sagittal section)分成左半身與右半身影像，當一影像中以個體左半身面積比例為多定義為左半身影像；以右半身面積比例為多定義為右半身影像。

- (2) 將收集之影像調整明暗對比至清晰，並適當裁剪。
- (3) 觀察個體影像：以石虎側身紋路為主要辨識特徵，四肢斑塊、側臉紋路等為輔助特徵。當找出個體左右兩側主要特徵後，描述其特徵資訊，將不同特徵之個體給予不同編號並建檔，後續拍攝之石虎個體影像，對照已辨識出之個體特徵，歸類為已辨識出之個體或建立新個體資訊。
- (4) 將所有照片提供其他人員至少 2 位進行盲測，檢視不同人員辨識結果的差異。
- (5) 建議每 1 周當作 1 個捕捉回合，分析每回合相機照片中可辨識個體及尚未建立資料個體的隻數，以族群量估算軟體估算族群量。族群量估算期間建議在 3 個月內完成，視為一個封閉族群，降低出生、死亡、移入、移出等因子的影響。

(二) 路殺石虎之寄生蟲檢查結果

特生中心共提供 9 隻路殺致死的石虎個體進行解剖及寄生蟲的採樣，石虎個體詳細資訊如表 4。結果共發現 5 種內寄生蟲，包含 2 種圓蟲、2 種條蟲及 1 種棘頭蟲，和一種外寄生跳蚤。石虎的寄生蟲感染種類與隻數資料詳見表 5，其中以貓條蟲(*Hydatigera taeniaeformis*)感染率 0.78 最高，而感染強度則以 2 種圓蟲(Nematoda) 5.0 最高；同時，依據其可能的生活史來看，這些寄生蟲均有人畜共通感染(zoonoses)的風險。

表 4、解剖採樣之石虎樣本資訊

編號	性別	石虎發現地點	石虎發現時間
T1751	公	苗栗台三丙	20130822
T2134	母	台中中 44	20150320
T3168	母	竹山	20171012
T2455	公	苗栗縣道 140	20160101
T3291	公	草屯鎮國道 3 號	20180109
T1589	公	信義鄉地利	20121111
T3257	公	139 縣道	20171229
T2491	母	南投鯉魚潭	20160213
T3133	公	彰化芬園	20170915

1. 所發現寄生蟲之威脅

- (1) *Ancylostoma paraduodenale* 鈎蟲：*Ancylostoma* 屬為哺乳類的普遍寄生蟲 (Segue and Gottdenker, 2017)，在臺灣也曾記錄於家貓、犬(domestic cat and dog)中，例如 *A. tubaeforme* 及 *A. caninum* (犬鈎蟲)分別於家貓、犬中，發現高於 40% 以上的感染率(費昌勇和莫康銘，1997)。該屬鈎蟲在卵孵化後，可透過第三期幼蟲從口中進入或是皮下鑽入宿主體內造成感染，寄生於小腸並以宿主血液為食，可能造成感染宿主下痢、消瘦等(王明升等，2010)。而本次發現的物種 *A. paraduodenale* (類十二指腸鈎蟲)首次發現於羅馬動物園中的死去的薮貓 (*Leptailurus serval*) 中(Biocca, 1951)，且 Nihad *et al.* (1988) 於伊朗的家貓中也發現了 *A. paraduodenale* 的感染，然而此種類過去於臺灣

的貓科動物或是其他小型食肉目中皆未曾記錄(於家犬及麝香貓中記錄有 *A. caninum*，於石虎、家貓及白鼻心中僅記錄過 *A. braziliense* (巴西鉤蟲)) (Myers and Kuntz, 1964)，推測可能隨著寵物貿易以及飼主棄養的過程進入臺灣野生環境，並由家動物傳染給共域的石虎，類似的鉤蟲類寄生蟲溢出(parasite spillover) 事件已發生於世界各處(Segue and Gottdenker, 2017)。

- (2) *Toxocara cati* 貓蛔蟲：*Toxocara* 屬為貓、犬科動物的普遍寄生蟲(Irwin and Traub, 2006)。費昌勇與莫康銘(1997)於家貓、犬同樣發現分別有大量的 *T. cati* (貓蛔蟲)及 *T. canis* (犬蛔蟲)感染(大於 40%)。該屬為簡單生活史，藉由宿主攝入蟲卵，於宿主體內發育，並寄生於小腸中攝取宿主營養，進而影響宿主營養狀況甚至發育不良(王明升等，2010)。而於 Myers and Kuntz (1964)在臺灣的哺乳動物線蟲研究中，並未發現 *T. cati* 的感染(在家犬中記錄 *T. canis*，在家貓及麝香貓中則記錄有 *T. mystax*)，可能與 *A. paraduodenale* 有類似的從棄養動物到野生動物的傳染途徑。
- (3) *Hydatigera taeniaeformis* 貓條蟲：*Hydatigera* (*Taenia*) (貓條蟲)為小型食肉目(貓科、犬科及鼬科等)的普遍寄生蟲(Singla *et al.*, 2009)。該屬為複雜生活史寄生蟲，可透過老鼠(rodents)、松鼠及兔等獵物為中間宿主，當中間宿主被捕食後，*Hydatigera* 在轉移至最終宿主小腸內感染並攝取營養(Hutchison, 1959; Singla *et al.*, 2009)，嚴重可能造成宿主下痢甚至死亡(Singla *et al.*, 2009)。*H. taeniaeformis* 主要以貓科為最終宿主並廣泛寄生於全世界的家貓(Hutchison, 1959; Esfandiari and Youssefi, 2010)，如 Scholz *et al.* (2003)於寮國的家貓以及石虎(孟加拉亞種)的人畜共通寄生蟲調查中，皆記錄有 *H. taeniaeformis* 的感染。而在台灣的過往研究中，發現溝鼠(*Rattus norvegicus*)、玄鼠(*R. rattus*)及臭鼩(*Suncus murinus*)體內記錄有該種幼蟲的感染(Tung *et al.*, 2009; Tung *et al.*, 2013)，於家貓中記錄有成蟲的感染(費昌勇和莫康銘，1997)，雖未見於其他台灣食肉目(除家貓、犬外)的研究中，但可以推測當家貓於野外的族群量日益增高時，可能會加劇 *H. taeniaeformis* 在野外傳播的潛在可能。
- (4) *Diphyllobothriidea* 裂頭條蟲與棘頭蟲幼蟲：本次研究發現的 *Diphyllobothriidea* 科條蟲以及棘頭蟲幼蟲因缺乏更多的樣本及形態證據而無法進一步鑑定，但根據過去的研究，*Diphyllobothriidea* 科條蟲於陸生哺乳類的可能的感染類群為 *Diphyllobothrium* 屬(魚肉條蟲屬)及 *Spirometra* 屬

(裂頭條蟲屬)條蟲，皆以水生無脊椎動物為第一中間宿主，並分別透過魚類與兩生類為第二中間宿主，最後以高階消費者為最終宿主(Yamaguti, 1961)。此外，在本次研究中曾發現一筆石虎捕食大型蛙類(無法確定為虎皮蛙或美洲牛蛙)的胃內含物記錄，因此推論該科條蟲為 *Spirometra* 屬的可能性較高。當貓科動物受 *Spirometra* spp. 感染後可能會發生持續性的下痢(Little and Ambrose, 2000)。在費昌勇及莫康銘(1997)的研究中發現家貓受 *S. mansonioides* (曼氏裂頭條蟲)及 *D. latum* (廣節魚肉條蟲)所感染，家犬則受 *D. latum* 感染，均有可能透過獵物與石虎交互感染。棘頭蟲幼生的出現，推測可能在捕食獵物(兩生類、爬行類的棘頭蟲幼生皆以棘頭幼的階段附著於體腔中)時被意外攝入，而無法發展為成蟲。

- (5) *Ctenocephalides canis* 狗蚤：*Ctenocephalides canis* (狗蚤)與 *C. cati* (貓蚤)主要由世界各地的家犬及家貓所攜帶，易溢出感染野外親緣關係相近的其他物種，且體重越小越容易受到感染(Clark *et al.*, 2018)。而當宿主受感染時，會出現搔癢、皮膚過敏等狀況(王明升等，2010)。

總和上述，在石虎身上所發現的內或外寄生蟲，幾乎都與野外的家貓、犬有共同感染的途徑(共同食物或是共域環境)，而當野外的家貓及家犬族群擴張逐漸壓迫石虎時，無論是在食物競爭、打鬥等直接影響外，寄生蟲感染的所帶來的間接影響，都會使得石虎族群的適合度(fitness)降低。

過去在臺灣的哺乳類食肉目的寄生蟲疾病資料非常稀少，在探求相關保育議題時，常缺乏疾病風險資料，需要累積更多食肉目寄生蟲相關資料才能進一步設立在石虎保育醫學上的行動。透過本研究解剖的9隻石虎寄生蟲研究可以發現建立寄生蟲相關名錄，也發現有不少與遊蕩犬貓有相同的感染寄生蟲物種，未來可針對此方向進行研究與保育。

2. 所採集寄生蟲之介紹

以下寄生蟲的鑑定主要是依據 Yamaguti (1961)“Systema Helminthum”、Anderson *et al.* (1974-1983) “CIH Keys to the Nematode Parasites of Vertebrates”，配合相關文獻中的形態特徵描述。

內寄生蟲(括號內數字分別表示感染率與感染強度)

● 圓蟲 Nematoda (75%, 5.3)

1. 鈎蟲 *Ancylostoma paraduodenale* (圖 8) (25%, 5.0)

說明：簡單生活史週期(simple lifecycle) (圖 8A)。人畜共通寄生蟲(parasitic zoonoses) (圖 8B)。具兩對腹側齒(ventrolateral teeth) (外側齒較內側齒大，圖 8C)。所有的外部形態特徵均與過去文獻發表之 *A. paraduodenale* 相似，但雄蟲之內背肋線形態介於 *A. paraduodenale* 與 *A. duodenale* 之間(Biocca, 1951; Xie *et al.*, 2017)。

重要測量形值(important characteristics) (um)：

雄蟲體長：5231.322

雄蟲體寬：202.053

引帶(長 x 寬)：81.033 x 20.046

交尾刺長(一對次等長的細刺)：1319.599, 1351.148

2. 貓蛔蟲 *Toxocara cati* (圖 9) (75 %, 3.67)

說明：簡單生活史週期(圖 9 A)。人畜共通寄生蟲。*Toxocara* spp. 的成蟲消化道系統結構可分為食道(esophagus)、胃室(ventriculus)及腸道(intestine)，因具有胃室構造可與形態相似類群 *Toxascaris* spp. 有所區分。其中，本次發現樣本 *Toxocara cati* 具箭狀的頸翼(arrow-shaped cervical alae) (圖 9B2-4)可與同屬相近物種 *Toxocara canis* (矛狀 spear-shaped) (Sprent, 1956; Sprent, 1958; Tekele, 2003)。

重要測量形值 (um)：

雄蟲頸翼長：1596.36

雄蟲頸翼寬：354.36

雄蟲體長：31196.111

雄蟲體寬：465.47

交尾刺長(為有翼刺)：1430.957

泄殖腔前乳突數量(precloacal papillae)：12 個

泄殖腔後乳突數量(postcloacal papillae)：3 個

● 條蟲 Cestoda (100%, 3.75)

1. 貓條蟲 *Hydatigera taeniaeformis* (syn. *Taenia taeniaeformis*) (圖 10) (100%, 3.75)

說明：複雜生活史(complex lifecycle) (圖 10A)。人畜共通寄生蟲。頭節(scolex)具有 4 個圓形吸盤(suckers)與一大一小兩列鈎(hooks) (圖 10B1-3)。子宮(uterus)位於成熟節片(mature proglottid)之中心部位而生殖孔(genital pore)則位於成熟節片側邊(圖 10B5-7)。在妊娠節片(gravid proglottid)具有主幹及側向分支結構型態的子宮(圖 10B8-9)。睪丸(testes)數量相當龐大(超過 300 個)(Verster, 1969; Loos-Frank, 2000)。 *Hydatigera* 屬與 *Taenia* 屬之外部形態相當接近過去被歸類同為 *Taenia* 屬，但 Nakao *et al.* 在 2013 年提出的親緣證據指出 *Hydatigera* 為獨立於 *Taenia*，且將部分物種(包含 *T. taeniaeformis*)更名為 *Hydatigera* spp. (Nakao *et al.*, 2013ab; Nakao *et al.*, 2016)。

重要測量形值(um)：

鈎總數：38 個

大型鈎數量：10 個

大型鈎長度：400

小型鈎數量：28 個

小型鈎長度：260

2. 裂頭條蟲 Diphyllobothriidae (可能為 *Spirometra* 或 *Diphyllobothrium*) (圖 11) (25%, 1)

說明：複雜生活史(圖 11A)。人畜共通寄生蟲。本次樣本雖因缺乏頭節等重要外部形態特徵，而無法鑑定至科以下的分類位階。但透過觀察數節為魚宿主大腸的妊娠節片，發現其中心部位具有單一套的生殖結構，為典型 Diphyllobothriidae 科的形態特徵(圖 11B)。睪丸數量龐大。在 Diphyllobothriidae 科下的 *Spirometra* 屬及 *Diphyllobothrium* 屬之成蟲可利用陸生哺乳動物最為最終宿主，需要透過分子技術或是新增其頭節構造才能進一步確定物種(Yamaguti, 1961)。

- 棘頭蟲幼蟲(*Acanthocephala larva*) (圖 13) (11%, 1)

說明：屬複雜生活史，於棘頭幼階段(*cystacanth stage*)在小腸中發現。軀幹呈紡錘形。吻部為柱狀(*cylindrical*)內縮於吻鞘中。吻鞘具雙外層。吻部具有 22 排鈎，每排 14 列，且分布於中間的鈎較長，向兩端遞減。通常棘頭幼階段發現於中間宿主中，且以昆蟲較為常見；但亦可透過兩棲及爬蟲類為轉續宿主(*reservoir host*)，以包囊(*cyst*)形式附著於腹腔之中，再透過食物鏈進入合適的最終宿主腸道中發展為成蟲(*Lisitsyna, 2010*)。而本次於石虎腸道中所發現不具包囊的棘頭幼，推測可能在石虎的捕食過程中，於獵物體內被意外攝入的棘頭幼，進入石虎腸道後無法成長為成蟲。

重要測量形值 Important characteristics (um)：

軀幹長(*Trunk length*)：4,406

軀幹寬(*Trunk width*)：1,046

吻部長(*Proboscis length*)：750

吻部寬(*Proboscis width*)：168

吻鞘長(*Proboscis receptor length*)：1,500

吻鞘寬(*Proboscis receptor width*)：366

鈎長範圍(*Hooks length range*)：28-63

外寄生蟲 *Ectoparasite*

- 跳蚤 *Flea*

狗蚤 *Ctenocephalides canis* (圖 12) (25%, 1)

說明：簡單生活史週期(圖 12A)。人畜共通寄生蟲。在 *Lawrence et al. (2015)* 的研究指出 *C. canis* 的第一頰刺較第二頰刺短，且頭部形態較 *C. felis* 圓滑(圖 12B-C)。

表 5、9 隻石虎個體的寄生蟲感染種類與數量

	T1751	T2134	T3168	T2455	T3291	T1589	T3257	T2491	T3133	Total	感染率 Prevalence	感染強度 Intensity of infection
Nematode 圓蟲												
<i>Toxocara cati</i> 貓蛔蟲	6	1	0	4	0	0	3	11	0	25	0.56	5.00
<i>Ancylostoma paraduodenale</i>	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5	0.11	5.00
鉤蟲												
Cestoda 條蟲												
<i>Hydatigera taeniaeformis</i>	4	5	2	3	0	0	1	2	14	31	0.78	4.43
貓條蟲												
Diphyiobothriidae 裂頭條蟲	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0.22	1.00
Acanthocephala 棘頭蟲												
acanthocephala larva	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.11	1.00
Flea 跳蚤												
<i>Ctenocephalides canis</i> 狗蚤	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.11	1.00

註：感染率為感染某種寄生蟲的宿主數量/總宿主數量，感染強度為感染某種寄生蟲的總數量/感染該種寄生蟲的宿主數量

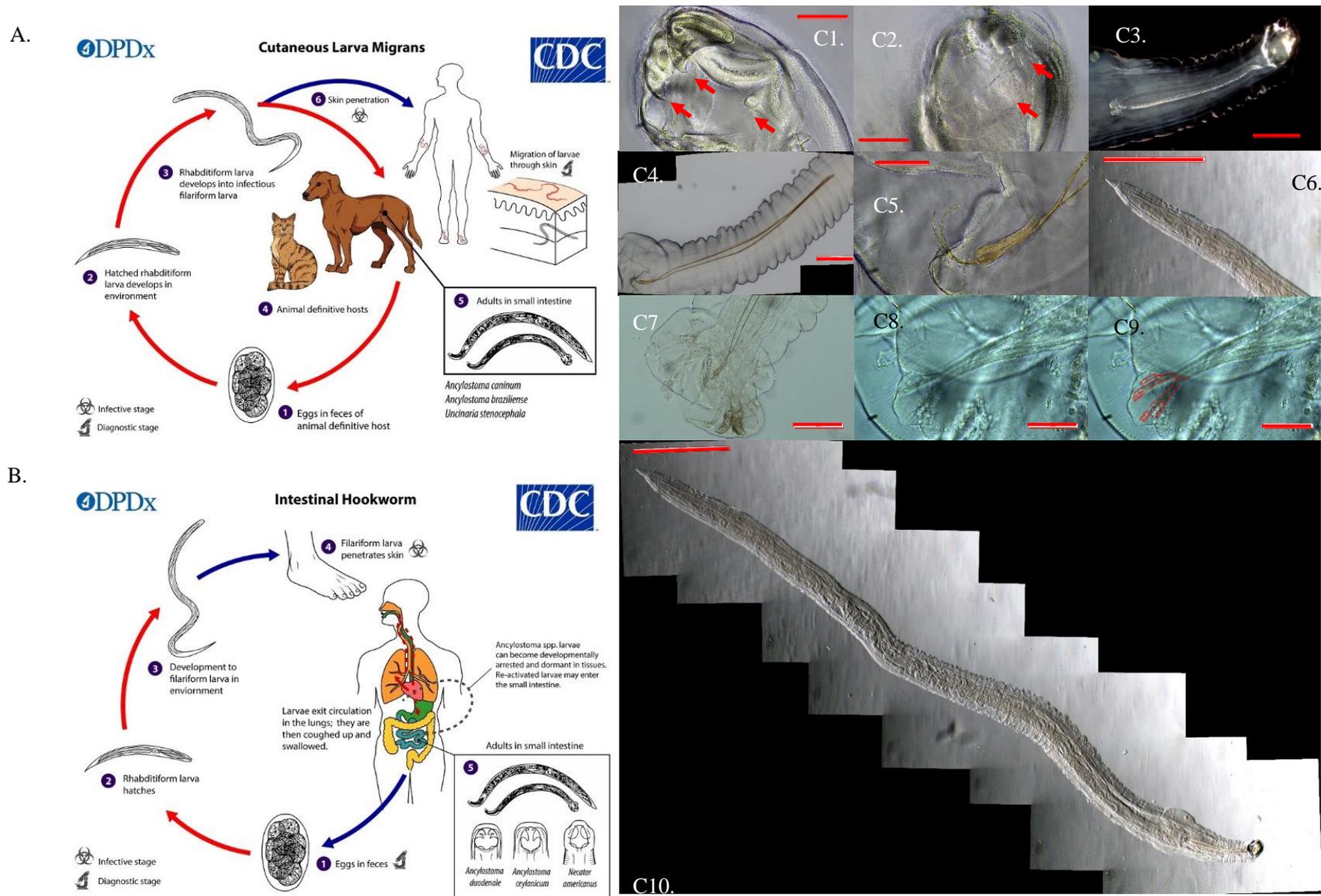


圖 8、*Ancylostoma* spp. 生活史與樣本照片。A) *Ancylostoma* 以哺乳類為最終宿主，可透過攝食或 B) 直接穿透皮膚感染。C1-2) 口腔構造(箭頭所指為齒)。C3) 食道構造。C4) 交尾(配)刺。C5) 引帶。C6) 雌性尾部構造，具尾刺。C7) 雄性交合(配)囊。C8-9) 內背肋線(以紅線標示輪廓)。C10) *Ancylostoma paraduodenale*。 Scale: C1-2,5, 8-9 = 50 um; C3-4,7 scale = 200 um; C6,C10 = 1000 um。生活史示意圖分別來自 CDC：
<https://www.cdc.gov/dpdx/zoonotichookworm/index.html> 及 CDC：
<https://www.cdc.gov/parasites/hookworm/biology.html>

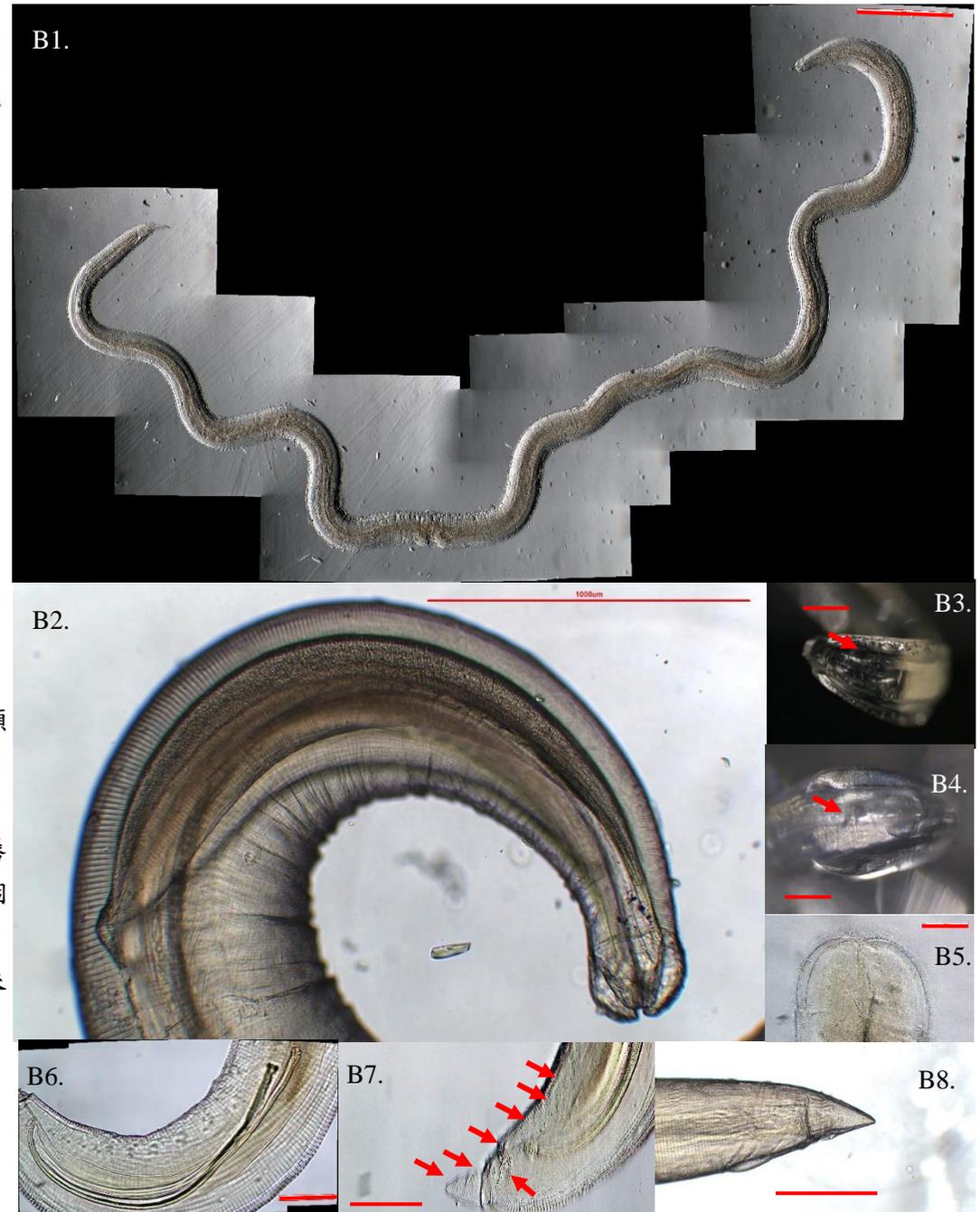
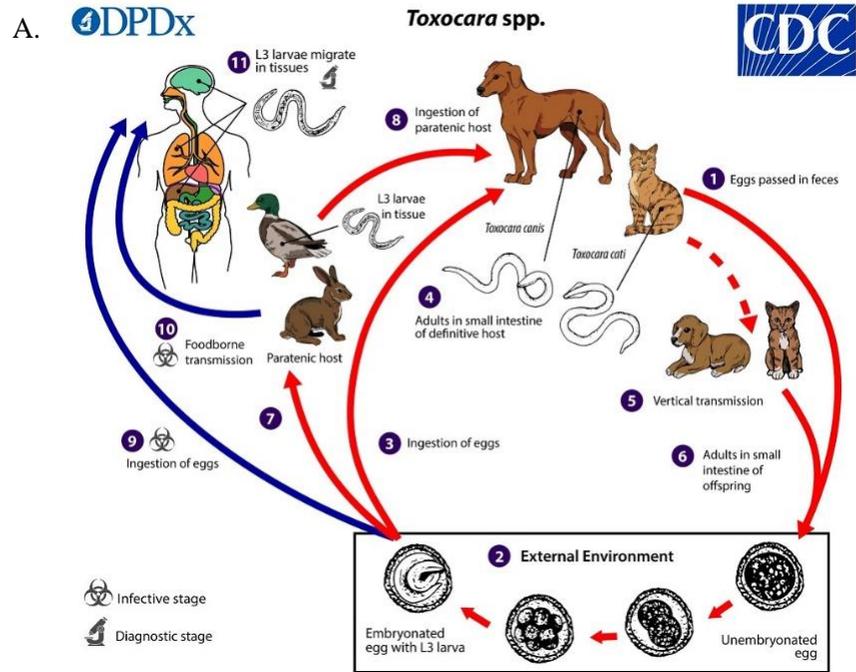


圖 9、*Toxocara* spp. 生活史與樣本照片。A) *Toxocara* 以哺乳類為最終宿主，可透過食物途徑或是直接攝食蟲卵感染人類。B1) *Toxocara cati*。B2) *Toxocara* 前端具頸翼。B3-4) 頸翼呈箭頭狀(以解剖顯微鏡觀察)。B5) 口部唇瓣。B6) 交尾(配)刺。B7) 雄性尾部構造(箭頭標示數個尾部乳突)。B8) 雌性尾部構造。Scale: B5 = 50 μ m; B3-4,6-7 = 200 μ m; B1-2,8 = 1000 μ m。生活史示意圖來自 CDC：

<https://www.cdc.gov/parasites/toxocariasis/biology.html>

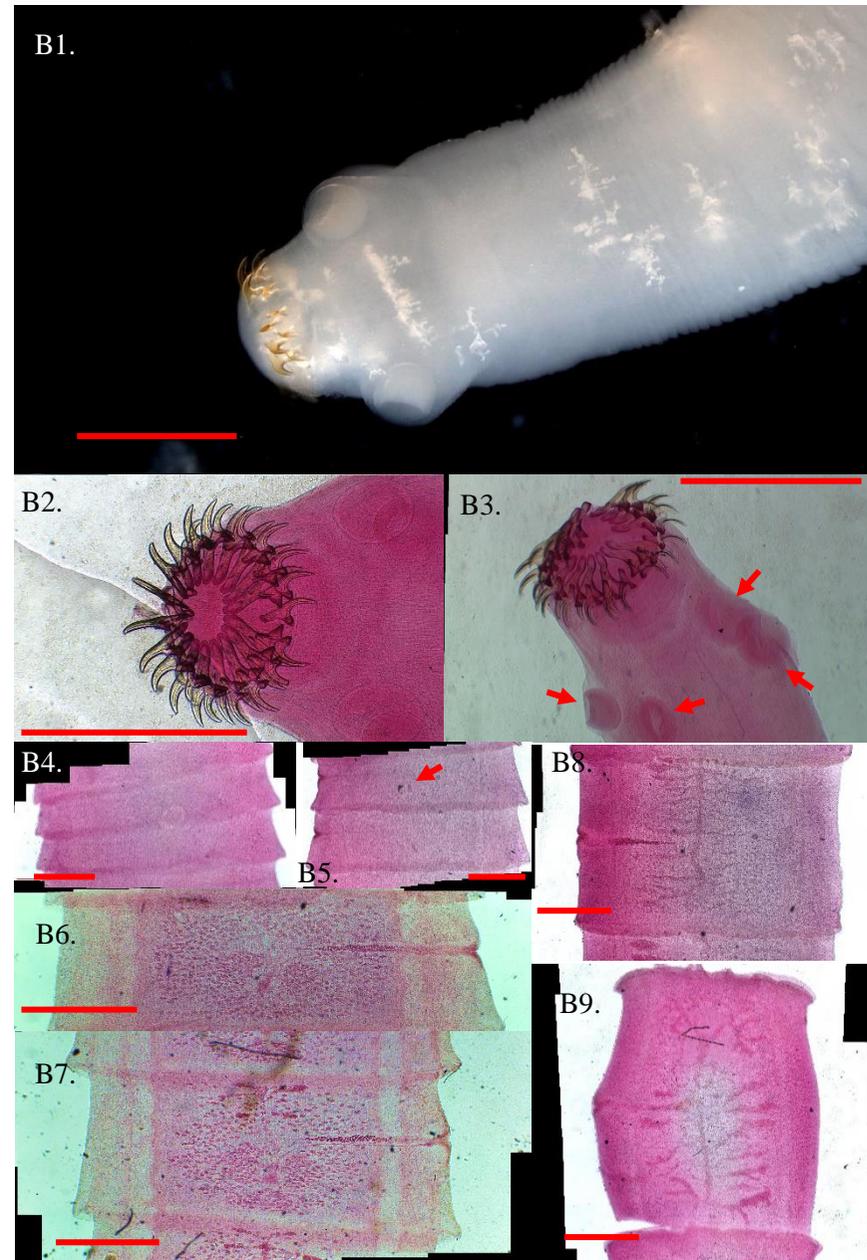
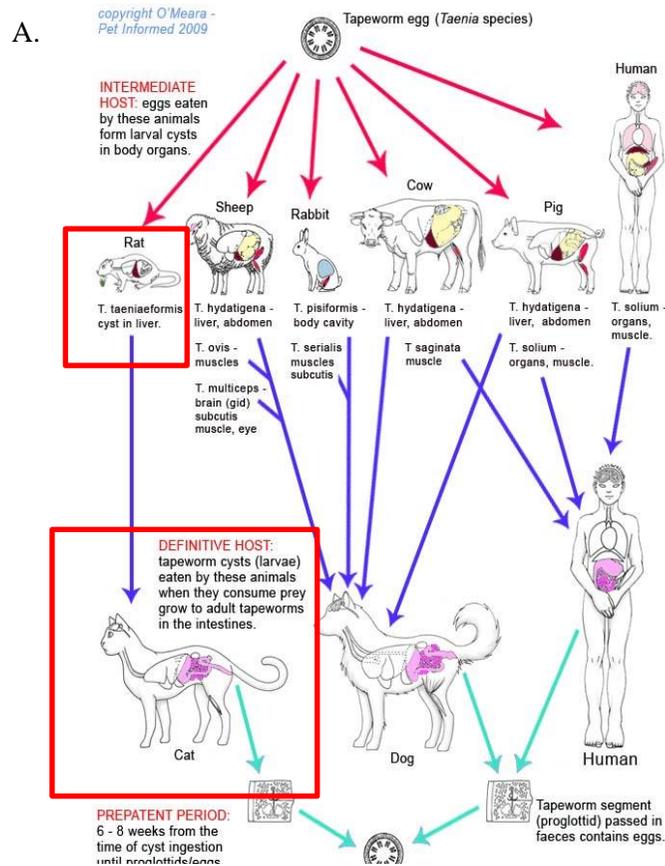
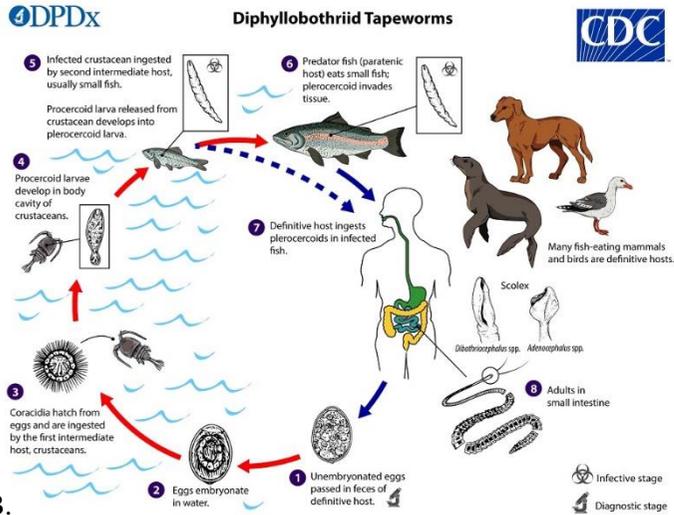


圖 10、*Taenia* spp. 生活史與樣本照片。A) *Taenia* spp. 以草食性哺乳類為中間宿主，並以肉食性哺乳類為最終宿主，形態近似 *Hydatigera* spp.。紅色框處為 *Hydatigera taeniaeformis* 之生活史，以老鼠為中間宿主病貓為最終宿主。B1) *H. taeniaeformis* 前端構造(以解剖顯微鏡觀察)。B2-3) 頭節具有鈎與吸盤的結構。B4-9) 各節片構造，分別為未成熟節片、成熟節片及妊娠節片(箭頭所指為子宮)。All scale = 1000 um。備註：*Taenia* spp. 生活史示意圖來自：

<http://www.pet-informed-veterinary-advice-online.comTaenia.html>

A.



B.

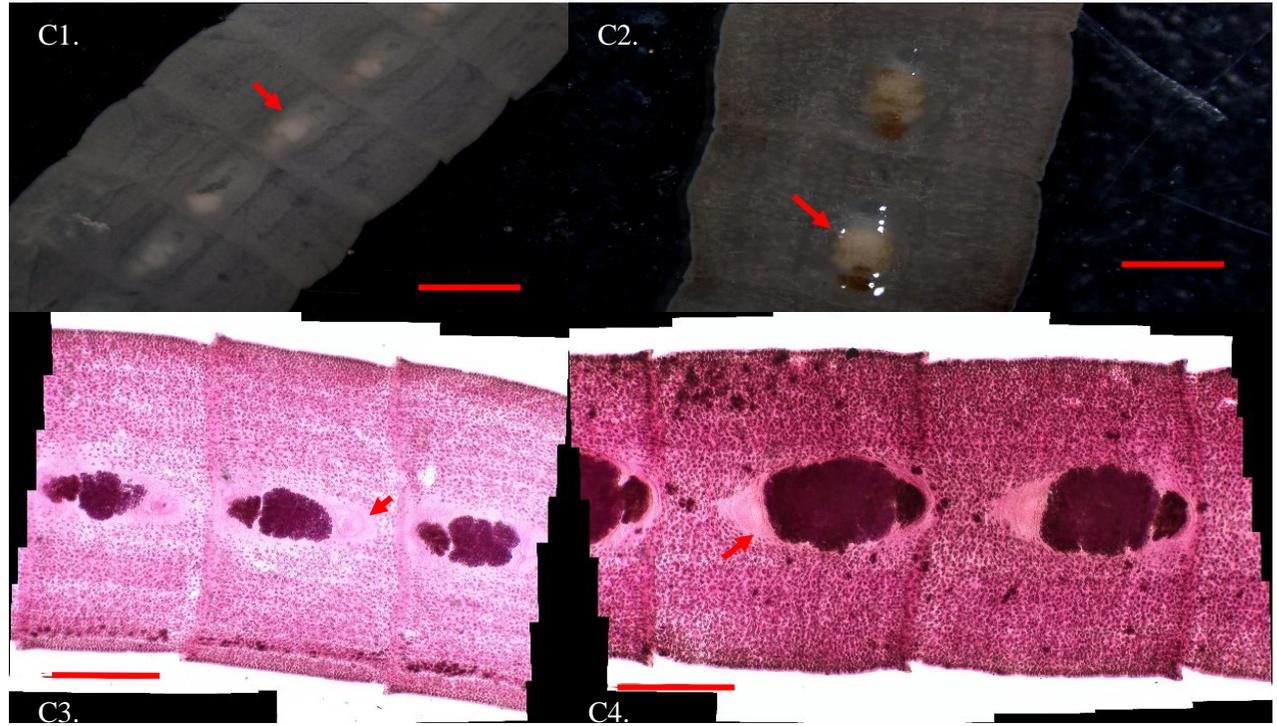
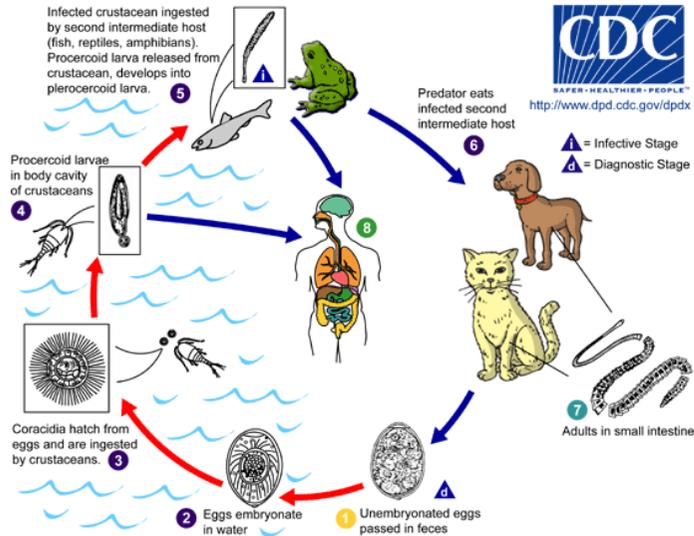


圖 11、Diphyllbothriidea 裂頭條蟲生活史與樣本照片。A) *Diphyllobothrium* spp. 以橈足類為第一中間宿主，並以魚為第二中間宿主，最後以鳥類或是哺乳類為最終宿主。B) *Spirometra* spp. 以橈足類為第一中間宿主，並以魚或兩生類為第二中間宿主，最後哺乳類的貓或是狗為最終宿主。C1-2) 成熟節片與妊娠節片(箭頭所指為生殖結構)(以解剖顯微鏡觀察)。C3-4) 成熟節片與妊娠節片(箭頭所指為生殖孔位置)(以複式顯微鏡觀察)。Scale: C3-4 = 1000 um; C1-C2 = 2000 um。生活史示意圖分別來自 CDC：<https://www.cdc.gov/parasites/diphyllbothrium/biology.html> 及 CDC：<https://www.cdc.gov/dpdx/sparganosis/index.html>

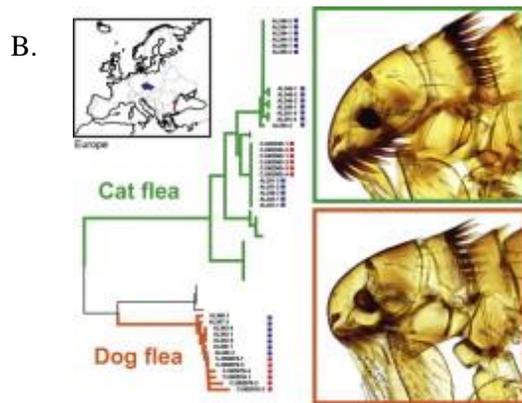
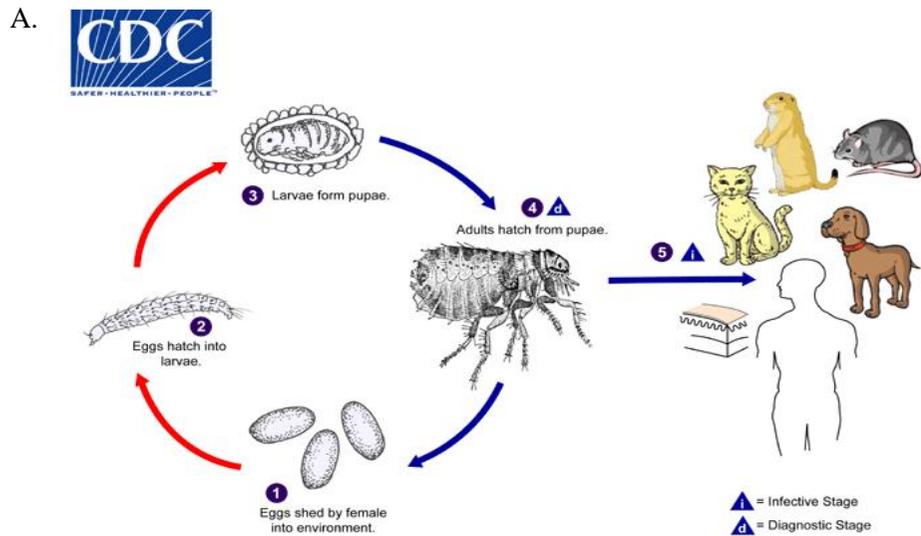


圖 12、*Ctenocephalides* spp. 生活史與樣本照片。A) *Ctenocephalides* spp.成蟲階段以哺乳類為最終宿主。B) 貓蚤(*C. felis*)與犬蚤(*C. canis*)在頭部構造上有所差異 (Lawrence *et al.*, 2015)。C) *C. canis*. D) 頭部較圓滑，且具六至七對頰刺 Scale: C = 1000 μ m; D = 500 μ m。生活史示意圖來自 CDC：
<https://www.cdc.gov/dpdx/fleas/index.html>



圖 13、棘頭蟲幼蟲樣本照片。A) 生活史階段，處於棘頭蟲類群中的棘頭蚴(cystacanth)階段，軀幹(trunk)內部無性腺。B) 吻部(proboscis)，內縮於吻鞘(proboscis receptacle)中，具有 22 排鉤(hook)，每排 14 列。 Scale: A = 1000 μ m; B = 200 μ m。

(三) 石虎保育行動綱領撰寫及專家會議

本計畫蒐集國內外石虎生物學、生態學、威脅等相關研究資料及石虎的族群存續力分析(PVA)，並針對各項威脅提出對應之保育行動。在 2019 年 11 月、2020 年 6 月及 11 月各召開一次專家會議，提供石虎保育行動綱領初稿之修正建議。專家會議重點節錄如下：

1. 第一次專家會議

2019 年 11 月 12 日於國立嘉義大學森林暨自然資源學系召開第一次專家會議，邀請各石虎專家給予初稿修正或補充建議，參與人員詳見附錄 1。會議內容包括石虎保育行動綱領保育行動增修項目、以及族群存續力分析輸入因子修訂：

(1) 石虎保育行動綱領保育行動增修項目。

專家問題及建議	回應
a.保育行動的各項目應列出針對哪些重要應該做的、或哪些應該作但可能會有那些衝突等項目。	a.已於行動綱領中修正。
b.將保育行動列出大表格包含威脅、保育行動、關係人(對象)、重要性分數化等，並可用圖形供執行單位參考。	b.已於行動綱領中列出保育行動檢表。
c.重要石虎棲地的保護及經營管理項目強調「石虎重要棲地的指認」，且依照其重要程度作不同的經營管理方式。盡量避免使用保護區、野生動物重要棲息環境等較敏感名詞。	c.已依照委員意見辦理。
d.加入「保育人文」項目，藉由社會學家針對一般民眾或因石虎造成農損之受害民眾的對石虎的看法提出可進行之保育推廣行動，進而藉由媒體、保育教育者等執行保育教育推廣。	d.已於保育行動中列出保育教育及建議未來研究加入保育人文項目。
e.保育教育改成「保育推廣」，內包含保育傳播與溝通、保育人文等項目，並針對不同對象如國中小、教育系統、當地居民(社區)、受害農民等做不同的保育對策。未來希望能藉由在地居民自主進行石虎保育推廣。	e. 已依照委員意見辦理。
f.保育資訊列出公部門或私部門做了哪些、目前有哪些平台，還缺少哪些資訊可以加強。	f. 已依照委員意見辦理。

<p>g.流浪犬貓問題要分成域內保育及保育醫學部分，域內保育主要針對如何控制流浪犬貓族群(如移除、避孕疫苗施打等)，減少對野生動物的競爭及捕食等。</p>	<p>g. 已依照委員意見辦理。</p>
<p>h.保育醫學部分，因流浪犬貓施打傳染病疫苗後會排毒約 20 天，對野生動物可能有害，是否施打疫苗有待探討。</p>	<p>h.各相關單位討論後決定不施打犬小病毒疫苗。</p>
<p>i.域外保育的人工繁殖部份現階段重要性不高，目前失親幼獸、救傷個體的移地野放相對較為重要。</p>	<p>i.在各專家學者、相關單位討論後決議野放地點評估為優先作業，繁殖部分在有經費人力的情況下再進行研究。</p>
<p>j.域外保育項目可參考 IUCN Conservation Reintroduction Guideline，內包括域外保育、野放地點評估等。</p>	<p>j. 已依照委員意見辦理。</p>
<p>k.基礎資料中石虎的長期監測，強調並非只有放相機，而是要針對石虎的行為、族群動態等進行監測，甚至進行標放了解整個石虎族群的狀態。</p>	<p>k. 已依照委員意見辦理，在保育行動中加入相關研究項目。</p>
<p>l.域內保育部分增加溪流(包括小河川、溝渠)，將水利署、縣府納進來，因今年撿到的小石虎是因水溝清淤被發現的，所以須強調三面光溝渠、清淤等問題。</p>	<p>l. 已依照委員意見辦理。</p>
<p>m.道路切割問題除了將路殺路段分級及路殺熱點評估外，需以較大尺度的角度進行風險評估。</p>	<p>m. 目前苗栗縣已完成大尺度的道路路殺風險評估，其他縣市因路殺較少，無立即性需要進行道路風險評估。</p>
<p>n.雞舍危害部分修改單位為畜牧處。通報個體監測，針對受害農戶進行農舍改善、補貼等，同時立法加強獸夾、陷阱的舉發。</p>	<p>n. 已依照委員意見辦理。</p>

(2) 族群存續力分析(PVA)輸入參數修訂。

專家問題及建議	回應
a.石虎雌性首次繁殖年齡改成 1 歲(12 月齡);最大繁殖年紀 8 歲;最大年紀 10 歲。	a. 已依照委員意見辦理。
b.新增 6 歲以上的死亡率。	b. 已依照委員意見辦理。
c.族群量敏感性分析設到 1,000 隻。	c. 感謝專家意見。已設定 1,000 隻進行敏感性分析。
d.環境乘載量在解釋的時候要解釋清楚。	d. 已依照委員意見辦理。
e.颱風模型繁殖成功率可以小一點。	e. 已依照委員意見辦理。
f.路殺資料加入 2019 資料。	f. 2019 年路殺數量異常的高,可能為離群值(outlier),暫時未加入,未來蒐集更多年路殺資料後再一併修正。
g.雞舍危害資料 10、20、30、40 隻進行預測。	g. 已依照委員意見辦理。
h.入侵雞舍的年齡雌性 1-2 歲 8 隻、2 歲以上 2 隻;雄性 1-2 隻 9 隻、2 歲以上 1 隻。雄性雌性比例雄:雌 7:3。	h. 已依照委員意見辦理。
i.全部威脅因子加在一起進行分析看結果狀況。	i. 已將路殺及雞舍危害合併進行分析。

2. 第二次專家會議

2020年6月19日於國立嘉義大學森林暨自然資源學系召開第二次專家會議，根據特生中心提供的模板及第一次專家會議的建議所研擬的行動綱領初稿進行討論，參與人員詳見附錄2。各專家針對保育行動綱領所列建議如下：

專家學者	專家問題及建議	回應
裴家騏 老師	a.石虎(事實上所有瀕危物種的)復育計畫應該要有明確的目標與時程。以石虎為例，目標可以設定成20(或10)年內調降保育等級一級，從現在的「瀕臨絕種保育類」調降為「珍貴稀有保育類」。因為我國有保育類動物的保育等級分類準則(也有紅皮書制定準則)，因此可以根據該準則，具體的擬定保育等級降級所需要(或最可行)的復育策略。例如，以石虎PVA分析的結果來看，如果基線模型的參數設定合理(建議要進行詳細的同儕審查 Peer review)，則25年後族群量增加到現在的1.5倍(或分布範圍增加為1.5倍)的設定就可以是一個明確的復育計畫策略。並且要採取適應性管理(adaptive management)的原則，對復育計畫進行定期的滾動式檢討。	a.感謝專家意見，最後依照IUCN標準，以PVA模擬結果100年後的滅絕機率小於10%(列為易危等級的標準)為目標進行保育行動策略的擬定。
	b.要讓族群獲得效益，可分成數量及族群範圍，因此所列目的盡量以數量增加多少?族群擴張多少?死亡率下降多少?等實際數據去訂定目標。	b.最後擬定12年後的目標為族群量提升為900隻，每年因路殺及雞舍危害死亡的個體各降為5隻。
	c.目前可以使用保育類分類等級或紅皮書制定準則的標準、或是已產出之PVA基線模型結	c.已依照委員意見辦理。

	<p>果為標準去訂定的目標，有實際數據就用實際數據，有描述就用描述，如果都沒有就使用專家系統。先用專家系統去啟動保育行動，之後再用科學性的資料去檢討。</p>	
	<p>d.有了明確的目標設定與策略訂定後，所有的短、中、長程的工作項目就可以根據重要性、關鍵性、可行性...等條件，排列優先順序。此優先順序將有助於負責執行復育計畫的行政機構，有效的分配或爭取資源。</p>	<p>d. 已依照委員意見辦理。</p>
	<p>e.一些與族群復育無直接相關或非急迫性的學術研究項目，不應該納入復育計畫的優先項目，甚至不應該納入復育計畫。所有工作項目都應該是要以達成復育策略為提案基礎。有關生物學或生態學的資料除非有科技部願意提供經費，再來增加基礎生物學研究。</p>	<p>e. 已依照委員意見辦理。</p>
	<p>f.所有的復育工作項目都應該要根據科學性的原則，進行直接成效評估；除了需要有實驗樣區和對照樣區之外，也應該要有合理的重複(replicates)。如果實務上無法針對每一項工作進行直接成效評估，直接成效評估可與區域性石虎族群量和分布範圍的變動結合。所有工作項目的設計、實施與評估都應該要進行確實的同儕審查(國內許多計畫審查並非嚴謹的同儕審查)。</p>	<p>f.林務局已針對各項行動計畫與各相關單位訂定管考表，進行考核及成效評估。</p>
	<p>g.由於國內的相關專業人才較缺乏，但國際上貓科(或小貓科)動物的專家非常多，國內專家的同儕審查不易，應該要求執行工作項目的團隊，要定期將成果發表於國際期刊，同時，在篩選執行團隊時，也應該逐步將與復育石虎直接相關的國際發表，做為篩選條件之一。</p>	<p>g. 已依照委員意見辦理。</p>

	h.建議石虎復育計畫調整後，再進行一次專家會議。完成專家會議後，是否還需要公聽的過程，則可視規定而定。	h. 已依照委員意見辦理。
	i.有關犬貓的議題應該要提出，解決方案可以與友善野生動物的動保團體進行對話、合作，逐漸降低遊蕩犬貓對石虎及其他野生動物的衝擊。	i. 已依照委員意見辦理。
李玲玲 老師	a.有關石虎現有調查、威脅及後面保育目標前後連結不足，無法從這些文獻回顧看出哪些資料是已經完整的，哪些是不清楚的、有問題的及待發現的，也不清楚整個石虎保育行動主要的關鍵是甚麼。對於這些先前的作為也應該做一些成效評估，要先進行成效評估才能做保育行動的規劃。	a. 已依照委員意見辦理。
	b.林務局應該要先有一個整體的統合，也應該先進行工作坊讓大家做資料的彙整，哪些是有問題的?下一步可以做甚麼?要先盤點、釐清石虎保育的問題關鍵所在，再針對關鍵因素去做一些細部回應。	b.石虎部分過去已辦過數場保育工作坊，彙整各單位或專家學者的意見。本計畫擬定的行動計畫皆有將之前的結論納入。
	c.可以去區分那些目標是可適用於整體野生動物上的(例如遊蕩犬貓問題)，哪些是針對石虎的所設立的保育目標行動，可以分開進行描述。例如棲地的問題，不是只有石虎存在的棲地需要做保護，而是目前所列 24 個瀕危物種所在的棲地都應該受到保護。	c.相關意見已轉知林務局，提供未來其他物種擬定保育行動綱領之參考。
	d.遊蕩犬貓是很大的問題，不能說因為認為難執行就不列入，能不能執行應該是在各單位討論	d. 已依照委員意見辦理。

	<p>辯論後再決定。應該直接列出怎麼去管理好家內的寵物、家畜所或縣市政府該怎麼去處理等。</p>	
	<p>e.在人力物力有限的情況下，最關鍵優先的目標是甚麼，這必須要先釐清。</p>	<p>e. 已依照委員意見辦理。</p>
	<p>f.生態檢核的這個問題也要去關注，目前生態檢核都沒有做得很好，應該不只政府機關，連私人單位在有新工程時都應該要確切執行。</p>	<p>f. 生態檢核已列入保育行動中。生態檢核有沒有確實執行，後續的管考會持續要求。</p>
林良恭老師	<p>a.有關 PVA 颱風的模型，因為西表島的颱風和台灣情況不太一樣，颱風會直接撲上西表島，台灣西部面對東部來的颱風有中央山脈阻隔，所以模型應該要做修正，可能可以減半。</p>	<p>a.感謝專家建議，最後 PVA 的颱風模型改為颱風發生機率 2%、發生後繁殖率 40%、颱風發生後整體族群存活機率 75%。</p>
	<p>b.有關食性的資料，現在育秀有新的資料可以使用，可以更新。</p>	<p>b. 已依照委員意見辦理。</p>
	<p>c.有關保育行動綱領的項目、目標及行動是否再予以精簡，尤其可直接對應石虎生存的兩大影響因子，如棲地條件和管理優先順序，再加以排列。</p>	<p>c.已將保育行動縮減為最優先的 10 項策略及 14 項保育行動。</p>
	<p>d.可以以 PVA 分析之相關因子來做為行動綱領之主要項目或目標之設定。</p>	<p>d. 已將目標訂為 PVA 模擬結果 100 年的滅絕機率小於 10%之結果。</p>

陳貞志 老師	a.模型的預測通常不是 100%，所以要把模型的弱點寫出來，在綱領裡面可能需要多著墨模型不足的地方及預測的準確度，加強說明預測結果的不確定性。	a. 已依照委員意見辦理。
	b.石虎的死亡率及死亡原因為影響族群動態之重要因子，亦為影響模型預測能力之重要因子，但因現階段研究仍然缺乏，建議於綱領中進行說明。	b. 已依照委員意見辦理。
	c.有關犬貓，目前在苗栗有跟台灣之星合作，台灣之星他們在做 TNR，希望去看犬貓 TNR 之後族群的變化。或許有關犬貓的議題可以跟他們合作。	c.TNR 是否有成效能有待評估，暫時未列入保育行動計畫中。
翁嘉駿 科長	a.建議把遊蕩犬貓問題列在主要威脅而非其他威脅，把遊蕩動物的議題及問題凸顯出來。	a. 已依照委員意見辦理。
	b.目前有嘗試把石虎保育觀念透過動保團體打破同溫層給不同類群的人了解。	b. 謝謝委員提供之資訊。
	c.特生、台大團隊和林務局要確認表格及後續管考及責任分配。林務局會分別召開有關研究、棲地、犬貓及教育的工作坊專家會議，再來修正各物種的保育行動綱領。	c. 謝謝委員提供之資訊。
劉威廷 經理	a.P.15 田鱉米是福隆里，石虎米是楓樹里；P.17 石虎平安龜特展只有展到 2015 年，沒有延續至今；P.25 后里沒有保護區，可能是山坡地保育區；P.31 應該不叫區間限速，應該叫區間測速；P.34 短中長程或短中長期，要統一說法。	a.感謝專家意見，已在行動綱領內文中已修正。
	b.PVA 的路殺模型如果可以納入 2019 年及 2020 年資料，平均每年路殺個體應該會增加不少。	b. 2019 年路殺數量異常的高，可能為離群值 (outlier)，暫時未加入，集；2020

		年資料尚不完整，因此未放入。未來蒐集更多年路殺資料後再一併修正。
	c.有關道路方面的主政單位可以直接寫交通部來代表公總、高公局、縣市政府交通單位；公路局應該是公路總局。	c.因為各單位權責不同，所以在權益關係人部分仍分開列。
	d.有關就地保育，公告重要棲地等缺乏法源，應該要一併討論。	d. 已依照委員意見辦理。
	e.重要棲地的公告和嚴格限制開發缺乏法源，嚴格限制開發可行性低，且後面又提到還是可以整治新建和屬私有地作為等，會與嚴格限制開發矛盾。	e. 已於行動綱領中心修正。
	f.林班地研究為何放在目標 1？沒有說明。	f. 已於行動綱領中心修正。
	g.目標 2 和目標 3 建議調換，廊道的棲地品質也應該要提昇。	g. 已於行動綱領中心修正。
	h.生態給付為何只針對雞舍，沒有針對友善農業？	h. 已於行動綱領中心修正。
	i.有關人為設施影響需要釐清那些人為設施有何種負面影響，還有改善措施的成效和適用性。	i. 許多改善措施的成效評估，已列在行動計畫項目中。

3. 第三次專家會議

根據林務局及特生中心多次討論修正保育行動綱領模板，在 2020 年 11 月 16 日於特有生物研究保育中心野生動物急救站召開第三次專家會議，會議中邀請野生動物保育專家學者及石虎保育相關之地方單位、動物園一同參與，參與人員詳見附錄 3。針對保育行動綱領各項提出建議，完整行動綱領詳見附錄 4。專家學者建議如下：

I. 整體架構：

專家學者及相關單位	專家問題及建議	回應
裴家騏老師	a. 策略數量太多，難以面面俱到，可以再做一些整合或刪減。	a. 目前已刪減至 10 個策略，將維持目前 10 個策略，俟未來各單位執行狀況再滾動式修正。
	b. 預期成果無法具體評估者應該要修改。部分預期成果沒有基本值，精確度、範圍多大尚無法確定的情況，每年要減少多少才能有顯著的差異。例如遊蕩犬貓的分布和數量。舉例來說，遊蕩犬貓問題希望能看到在石虎熱點區域遊蕩犬貓明顯減少，可用自動相機長期監測犬隻數量上的變動，若遊蕩犬隻參數(包括繁殖、遺棄、餵食等問題)取得不易的話，最終要看其整體的變化。	b. 已於行動綱領中心修正。
	c. 預期成果是利用族群實際的反應去檢視保育行動是否有效，關鍵參數為分布和數量，是否有辦法用最有效、最短的時間去看整體趨勢的變化。例如可以利用各地區所執行的石虎保育策略(生態給付、路殺改善措施、友善農作等)的貢獻度，檢視不同方案之間的影響，用整體的狀	c. 成效評估部分，將由接續的各項行動計畫的管考來進行。

	況進行成效評估，並規定期程進行階段性的檢討。	
	d.「說明」欄中所提之多數執行方法都有待方法學的確認，建議優先處理。	d. 已依照委員意見辦理。
	e.犬隻問題是關鍵議題，建議提高行政屬級處理。也需要社會學家介入一同討論處理這問題。	e.已提出建議。
林良恭 老師	a.編寫石虎調查技術手冊(參考日本的方式),將方法學明確有共識及參考。	a. 已向林務局提出建議。
鄭錫奇 研究員兼主任秘書	a.列出具體的檢驗方式，目標也要夠可行，例如棲地面積零損失是不太可能的事，應先短期有明確的棲地指認，之後才能進行檢驗。	a. 本計畫是以總面積零損失當作目標，棲地的相關開發可經由生態檢核、環境影響評估及生態補償等方式達到總面積零損失。目前已有初步棲地的指認，未來會每年更新新的資訊。
	b.在目標陳列方式要夠具體，讓執行單位知道如何去執行。	a. 已依照委員意見辦理。細部執行方法將由後續的管考來進行。

II. 石虎密度估算

專家學者及	專家問題及建議	回應
-------	---------	----

相關單位		
裴家騏 老師	a.如何讓各地區的密度估算一致，使可以彙整全台石虎族群密度的估算。避免各區域的方法差異太大導致無法進行比較及彙整。	a. 建議由林務局或特生中心召開會議或工作坊，整合所有研究團隊的方法。
	b.利用通報系統去知道在現有已知石虎分布區域外是否有零星個體出現，在發現有零星個體後，應在那附近進行高強度的自動相機調查，甚至放置引誘物引誘石虎前來。	b. 遵照委員意見辦理。
	c.在族群密度方面，轉換數量是需要有方法學的探討。除了用相機的 Capture-recapture 之外，建議再用另一個方法來估算族群密度，至少用 2 種方法來進行討論。了解不同方法的優缺點，最後再選擇經濟實惠的方法。	c. 建議由林務局或特生中心召開會議或工作坊，討論不同的方法的合適性。
	d.目前南投及台中都是選擇石虎密度較高的地區進行密度估算，之後可能在族群量估算部分會無法運用，建議選用中低密度的區域來進行密度估算。利用豐度和密度的關係進行探討。	d. 遵照委員意見辦理。
姜博仁 博士	a.分布網格多大能看到其族群的狀況是需要確定的。	a 建議由林務局或特生中心召開會議或工作坊，進行相關討論。
	b.在現有的分布範圍外選幾個樣點來看族群是否有擴散。	b. 將由後續的管考來執行。
林務局	a.目前三個縣市的族群調查不太一樣，分布網格也不太一樣，需要統一比較好比較。	a. 目前分布調查皆以 2km x2km 網格進行，密度估算則以 1km x

		1km 進行，並無太大差異。
鄭錫奇 研究員兼主任秘書	a.在資料整合方面可能需要有一個上位者整合三區域石虎分布的狀況。	a.建議由林務局整合。
	b.三區域統一方法或者以結果論的方式進行統合。	b.建議由林務局整合。
林育秀 助理研究員	a.分布範圍作為長期監測的範圍工作量太過龐大，可以參考日本西表山貓的監測方式，10年做一次普查來看族群密度是否有擴散。	a.長期監測執行細節，將由後續的管考來執行。
新竹林管處	a.新竹對石虎一直都有做長期監測，但跟保育行動綱領的目標可能不相同。石虎對林地的利用對管理處林業管理上會有很大的影響。	a.各機關因需要，可進行因地制宜的相關研究。
台中市政府	a.每個縣市政府長官的重點皆不同，要統一規格進行石虎調查是有困難的。	a.各機關因需要，可進行因地制宜的相關研究。但原則上未來研究的方向，希望儘量以行動計畫上列的為優先。

III. 石虎活動範圍及棲地利用、食性及繁殖

專家學者及相關單位	專家問題及建議	回應
陳美汀 博士	a.每個地區狀況很不一樣，大原則是族群分布、密度一定要執行，再根據各地區的狀況進行不同的調查。	a.族群密度、活動範圍及第利用等項目已列入行動

		計畫項目中。
	b.有關活動範圍和棲地利用在南投的狀況可能和苗栗、台中不太一樣，對於資料的整合不易，三地區的資訊流通、調查上是否有甚麼差異等，需要統整一下各區域有做無線電追蹤的個體會使用怎樣的棲地環境、密度上是否有差異。未來在做無線電追蹤時可朝向不同的棲地類型進行追蹤。	b. 建議由林務局或特生中心召開會議或工作坊，進行相關討論。
林育秀 助理研究員	a.棲地利用和活動範圍的資訊比較重要，食性和繁殖優先度比較沒有這麼高。	a. 已依照委員意見辦理。
臺北市立動物園	a.有關石虎繁殖部分，之前有跟苗栗縣政府合作進行繁殖周期性調查，今年特生年輕收容個體可以來進行繁殖的研究，但這部分順位比較沒那麼重要，經費也相對較少，但動物園本身都有一筆經費支持這部分的研究，會用動物園的步調慢慢進行這方面的研究。	a. 感謝提供資訊。
台中市政府	a.台中市的山是高經濟產地，因此台中的石虎棲地是非常破碎的，無法以南投、苗栗的標準來看石虎的調查。	a. 感謝提供資訊。
林良恭 老師	a.活動範圍和棲地利用比較重要需要持續性的監測，食性和繁殖比較不重要可以把它拉出來。	a. 已依照委員意見辦理。
	b.建議與高密度區塊進行個體捕捉標示(需申請)持續半年，此標示個體可做為提供棲地利用、擴散模式等資訊。	b. 遵照委員意見辦理。
東勢林管處	a.東勢處石虎的調查是跟台中市政府分工，台中市政府進行普查，東勢處針對石虎熱區及廊道進行監測和棲地的營造，這部分是持續性的調查。	a. 感謝提供資訊。

IV. 保育遺傳學研究

專家學者及相關單位	專家問題及建議	回應
林良恭	a.遺傳方面優先順序比較次要，有其他經費來源	a. 遵照委員意

老師	再進行研究。	見辦理。
裴家騏 老師	a.目前苗栗石虎的調查發現如果活動範圍有涵蓋道路，該石虎每天至少會經過道路 2 次以上，是高密度通過需求。目前我們所提供的生態廊道使用率不高，部分友善通道遊蕩犬隻使用率更高。	a. 感謝委員提供資訊。
	b.有關減少超速的問題，非科學問題，而是社會科學的問題。	b. 感謝委員提供意見。
	c.遺傳有很多假說無法解決，有關遺傳研究方面重要性較次要。	c. 遵照委員意見辦理。
姜博仁 博士	a.遺傳這部分雖然急迫性沒這麼高，但遺傳資訊在長期規劃會牽扯到棲地連結的部分，對於未來棲地開發政策有很大的影響。	a. 感謝委員提供意見。
朱有田 老師 (紙本建議)	a.目前石虎遺傳結果，南投石虎的遺傳多樣性低，可能是因為樣本數較新竹、苗栗少，建議多收些樣本才能讓資料更加精確。	a. 以列入行動計畫項目中。

V. 域外保育

專家學者及相關單位	專家問題及建議	回應
林育秀 助理研究員	a.石虎路殺個體如果是新鮮的個體應第一時間即時通報臺北市立動物園前來採取精子保存，建議各縣市政府、臺北市立動物園、特生中心建立即時通報群組。	a. 細部執行方法將由後續的管考來進行。
	b.石虎再引入的部分可以從族群邊緣進行野放，比較像是再補充的概念，利用野放個體讓其族群擴散。	b. 遵照委員意見辦理。
林桂賢 助理研究員	a.失親幼獸某些情況在放回原地有時不太恰當，原棲地乘載量有些不足，評估其他可能可野放地點進行野放會比較適合，因此石虎再引入地點的評估有即時的必要。	a. 異地野放的評估已列入行動計畫項目中。
陳美汀 博士	a.苗栗地區有很多地區石虎的生態乘載量有些已飽和，可能真的需要評估其他地點來野放救傷	a. 異地野放的評估已列入

	個體或脫序個體。	行動計畫項目中。
苗栗縣政府	a.有關北虎南送或再引入的這問題，要給縣市政府有完整的報告去佐證說其必要性以及操作的說明。	a. 遵照委員意見辦理。

VI. 教育推廣

專家學者及相關單位	專家問題及建議	回應
林良恭老師	a.火炎山自然教育中心是不錯的場所，可做為石虎保育教育推廣及交流平台。	a. 感謝老師願意提供良好的平台。
	b.有關資訊的整合、小型石虎討論會及工作坊可由火炎山自然教育中心辦理。	b. 遵照委員意見辦理。
苗栗縣政府	a.在苗栗地區的狀況，民眾對石虎的負面觀感可能無法單純透過教育推廣就改變，可能要針對農民真正關心的去著手，比如說以企業介入來進行宣導所得到的效果可能比要大。	a. 感謝委員提供意見。
裴家騏老師	a.大多數人都知道石虎很重要，但認為石虎要保育的很少，但當地區民不想承擔石虎保育的責任，需邀請社會科學家加入復育團隊，甚至利用媒體、客語電台的放送來加強宣導。	a. 遵照委員意見辦理

VII. 保育醫學

專家學者及相關單位	專家問題及建議	回應
陳貞志老師 (紙本建議)	a.保毒宿主的族群數量是影響病原管理之關鍵因素，了解族群數量及其分布後，才能據以評估重點管理區域以及疫苗注射率。於現階段苗栗縣石虎分布的重點區域中，流浪犬貓被認為是主要的小病毒保毒宿主，流浪犬貓的族群數量	a. 提供林務局及縣市政府參考。

	<p>現在仍然未明，應該針對這些區域之流浪犬貓族群量進行估算。</p>	
	<p>b. 流浪動物族群量控制未來應有更有效率之方式，如口服避孕疫苗。</p>	<p>b. 提供林務局、防檢局及縣市政府參考。</p>
	<p>c. 疫苗注射應針對犬貓族群中抗體陽性率低之亞群進行，如此才可精準達到病原防疫之效果，然而現階段並無任何科學資料可用以評估小病毒的抗體陽性率。</p>	<p>c. 目前已決定不施打小病毒的疫苗。</p>
	<p>d. 2c 型小病毒之疫苗保護效力於科學研究領域及犬貓臨床醫學均有許多質疑，以現階段市售疫苗進行動物防疫及保育工作之功效，仍有疑慮。</p>	<p>d. 目前已決定不施打小病毒的疫苗。</p>
	<p>e. 共域野生食肉目動物之小病毒曝露狀況不明，應同時搭配進行血清學檢測，以評估與石虎共域之食肉目物種小病毒曝露情形。</p>	<p>e. 提供林務局、防檢局及縣市政府參考。</p>

八、結論與建議

台灣過去並沒有針對石虎密度的估算進行過方法學的研究，唯一一份密度估計值是陳美汀博士在苗栗利用相機結合配掛無線電發報器的個體被相機拍到的資料，得到每 32 平方公里約 7-10 隻石虎的估計值，之後有關石虎族群量都是用該密度估計值去估算。本計畫建立從自動相機拍到的石虎身體斑點或花紋的差異性來辨識個體，並進行密度估算的方法學，並獲得南投地區兩個樣區的石虎族群密度估計值分別約為 0.34-0.39 隻/km² 及 0.38-0.57 隻/km²。此方法在一個樣點架設兩部相機，可以同時拍攝石虎左側及右側的花紋，對個體辨識及族群密度估算有很大幫助。

在石虎寄生蟲研究方面，9 隻路殺致死的石虎個體共發現 5 種內寄生蟲，包含 2 種圓蟲、2 種條蟲及 1 種棘頭蟲，和一種外寄生跳蚤。這些寄生蟲均有與家犬、貓有共同感染的途徑，也存在人畜共通感染的風險。

石虎保育行動綱領研擬過程，經過 3 次專家會議，最後列出須優先執行的 10 項策略及 14 項行動，並把 8-12 年的目標設定為全台石虎族群量增為 900 隻、每年路殺量及雞舍危害導致致死量減為各 5 隻。如能達到這個目標，以 PVA 預測的石虎 100 年滅絕機率可以從 94.7% 降低為 17%。未來在各項保育行動執行過程中，可以依實際執行狀況進行檢討及滾動式修正。

本研究有以下幾點建議：

1. 雖然已經建立以相機照片來辨識石虎個體並估算族群密度的方法學，但僅有兩個樣區的密度估計值，恐無法用來推估到全台灣的族群量，且各地族群密度可以不一，因此，用相同方法在不同地方進行密度估算，用較多的密度估計值的平均，可以降低樣本數過少產生的誤差。
2. 本研究發現石虎的內、外寄生蟲與犬、貓有共同傳染途徑，可能會隨著遊蕩犬貓感染給石虎，未來應積極降低遊蕩犬貓的數量，尤其在石虎分布的熱區。過去石虎寄生蟲研究較少，未來亦應加強相關基礎研究，了解寄生蟲對犬貓生理及行為的影響。
3. 石虎 PVA 預測的準確性高度依賴石虎生物學及生態學參數的正確性，台灣地區的石虎的許多生物學參數仍嚴重不足，例如族群的年齡結構、出生率、死亡率及遺傳多樣性等。未來仍應鼓勵基礎研究，不僅可提升 PVA 預測結果，對於石虎保育行動的推行亦有相當大的助益。例如了解各地區石虎族群的遺傳多樣性，可作為評估將個體移至新的地區建立新族群的重

要參考依據。未來如持續累積對石虎生物學及生態學的了解，可每隔幾年重新進行 PVA 的分析。

4. 本研究擬定的石虎保育行動計畫包含 10 項策略及 14 項行動，應每隔幾年便檢討各單位的執行成效，了解執行上的困難之處並尋求解決之道，以利達成設定的目標。

九、參考文獻

- 丁宗蘇、沈振中、何華仁、林文宏、林思民、姚正得、袁孝維、蔡乙榮、盧道杰 (2004) 台灣地區黑鳶保育行動綱領。基隆市野鳥學會、台灣猛禽研究會出版。
- 房兆屏 (2016) 南投地區石虎的分布與棲地利用。國立嘉義大學森林暨自然資源學系暨研究所碩士論文。
- 林育秀、林德恩、蔣雅郁、蔡繼鋒(2018)中部地區友善道路改善計畫(苗栗、臺中及南投地區省道)。交通部公路總局，197 頁。
- 林良恭、姜博仁、王豫煌 (2017) 重要石虎棲地保育評析(2/2)。行政院農業委員會林務局 105-林發-07.1-保-30。
- 林容安 (2013) 臺灣黑熊族群存續力分析。國立屏東科技大學碩士論文。
- 姜博仁、王玉婷、蔡作明、曾威 (2018) 石虎捕食利用模式研究-以苗栗地區放養家禽場所及森林作業空隙為例。新竹林區管理處。
- 姜博仁、曾建偉、王逸峰、王玉婷(2019)苗栗縣大尺度之路殺風險評估暨縣道 140 改善建議分析。行政院農業委員會林務局，136 頁。
- 高嘉孜 (2013) 苗栗縣通霄鎮石虎(*Prionailurus bengalensis chinensis*)之移除模式及衝突探討。屏東科技大學野生動物保育研究所碩士論文。
- 莊琬琪 (2012) 苗栗通霄地區石虎(*Prionailurus bengalensis chinensis*)及貓(*Felis catus*)之食性分析。國立屏東科技大學野生動物保育研究所碩士論文。
- 陳貞志、章愛梅、陳逸芸、廖慈惠、江明熹、柯建邦(2018)國立屏東科大學報育類野生動物收容中心疾病監測(1/3) (第 1 年/全程 3 年)。行政院農業委員會林務局 107 年度科技計畫研究報告，22 頁。
- 陳美汀 (2015) 台灣淺山地區石虎(*Prionailurus bengalensis chinensis*)的空間生態學。國立屏東科技大學生物資源研究所博士學位論文。
- 費昌勇、莫康銘(1997)臺北市家犬貓人畜共通內寄生蟲病調查研究。中華民國獸醫學會雜誌, 23(1), 26-33。
- 黃美秀、潘怡如、林容安 (2012) 台灣黑熊分布預測模式及保育行動綱領之建立(二)。行政院農業委員會林務局保育研究系列 100-14 號。
- 楊吉宗、詹芳澤、何東輯、毛嘉洪、劉建男、張簡琳玲 (2004) 特有及稀有哺乳類保育生物學之研究-台灣黑熊及石虎 (3/3)。行政院農委會特有生物研究保育中心 93 年度試驗研究計畫執行成果。16 頁。
- 裴家騏 (2008) 新竹、苗栗之淺山地區小型食肉目動物之現況與保育研究 (3/3)。行政院農業委員會林務局保育研究系列 96-01 號。
- 裴家騏、黃美秀、楊瑋誠、陳貞志、徐維莉、陳美汀、蔡其芯、梁又仁、潘怡如、王常宇 (2011) 瀕臨絕種野生動物保育醫學研究發展之石虎疾病研究 (1/1)。行政院農業委員會林務局 100 年度科技計畫研究報告。
- 裴家騏、盧道杰、黃美秀、趙芝良、陳美汀 (2014) 苗栗地區社區參與石虎保育工作推動計劃。行政院農業委員會林務局保育研究計畫系列 100-02-08-02。

- 裴家麒、陳美汀 (2017) 105 年度臺中地區石虎族群調查及保育計畫。臺中市政府農業局，台中，台灣。81 頁。
- 劉小如、K. Brouser、陳承彥、鄭鍾烈、M. C. Coulter、E. P. R. Poorter、王穎 (1995) 黑面琵鷺(*Platalea minor*)保育行動綱領。中華民國野鳥學會出版。中華民國台灣省台北市。”黑面琵鷺保育行動綱領制定小組”訂定，1995 年 1 月 16-22 日於中華民國台灣省台北市。
- 劉建男、林金樹、林育秀等 (2016) 南投地區石虎族群調查及保育之研究委託計畫(2/2)。行政院農業委員會林務局保育研究系列 103-05 號。
- 劉建男、洪語晨、顏全佑、陳盈如、姚怡瑄 (2018) 107 年度石虎保育策略研擬與研究案。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。
- 鄭錫奇、張簡琳玟、林瑞興、楊正雄、張仕緯 (2017) 2017 臺灣陸域哺乳類紅皮書名錄。農業委員會特有生物研究保育中心，35 頁。
- Anderson, R. C., A. G. Chabaud and S. Willmott ed. 1974-1983. CIH keys to the nematode parasites of vertebrates, Nos. 1-10. Commonwealth Agricultural Bureaux. Farnham Royal, Bucks, England.
- Bashir, T., T. Bhattacharya, K. Poudyal, S. Sathyakumar and Q. Qureshi (2013) Estimating leopard cat *Prionailurus bengalensis* densities using photographic captures and recaptures. *Wildlife Biology* 19:462-472.
- Biocca, E. (1951) On *Ancylostoma paraduodenale*, a new species from felines, closely related to *A. duodenale*. *Journal of Helminthology* 25(1-2): 11-18.
- Chao, A. (2001) An overview of closed capture-recapture models. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics* 6: 158-175.
- Chen, H. W., K. T. Shao, C. W. J Liu, W. H. Lin and W. C. Liu (2011) The reduction of food web robustness by parasitism: fact and artefact. *International Journal for Parasitology* 41: 627-634.
- Chen, M. -T., Y. -J. Liang, C. -C. Kuo and J. -C. Pei (2016) Home ranges, movements and activity patterns of leopard cats (*Prionailurus bengalensis*) and threats to them in Taiwan. *Mammal Study* 41(2): 77-86.
- Chua, M. A., N. Sivasothi and R. Meier (2016) Population density, spatiotemporal use and diet of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) in a human-modified succession forest landscape of Singapore. *Mammal Research* 61(2): 99-108.
- Clark, N. J., J. M. Seddon, J. Šlapeta, and K. Wells (2018) Parasite spread at the domestic animal-wildlife interface: anthropogenic habitat use, phylogeny and body mass drive risk of cat and dog flea (*Ctenocephalides* spp.) infestation in wild mammals. *Parasites and Vectors* 11(1): 1-11.
- Esfandiari, B. and M. R. Youssefi (2010) First report of *Taenia taeniaeformis* in Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor*) in Iran. *Pakistan Veterinary Journal* 30(4): 253-254.

- Estes, J. A., J. Terborgh, J. S. Brashares, M. E. Power, J. Berger, ... & R. J. Marquis (2011) Trophic downgrading of planet earth. *Science* 333(6040): 301-306.
- Grassman, L. I., E. T. Michael, J. S. Nova and K. Kreetiyutanont (2005) Spatial organization and diet of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) in north central Thailand. *Zoology* 266: 45-54.
- Hofmeester, T. R., P. A. Jansen, H. J. Wijnen, E. C. Coipan, M. Fonville, H. H. T. Prins, H. Sprong and S. E. van Wieren (2017) Cascading effects of predator activity on tick-borne disease risk. *Proceeding of Royal Society B* 284:20170453.
- Hudson, P. J., A. P. Dobson and K. D. Lafferty (2006) Is a healthy ecosystem one that is rich in parasites? *Trends in Ecology and Evolution*, 21, 381-385.
- Hunter, L. (2015) *Wild Cats of the World*. Bloomsbury Publishing, London. 240pp.
- Hutchison, W. M. (1959) Studies on *Hydatigera (Taenia) taeniaeformis*. II. Growth of the adult phase. *Experimental Parasitology* 8(6): 557-567.
- IUCN Standards and Petitions Subcommittee. (2010) Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 8.1. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee in March 2010. Downloadable from
- Izawa, M., T. Doi, N. Nakanishi and A. Teranishi (2009) Ecology and conservation of two endangered subspecies of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) on Japanese islands. *Biological Conservation* 142: 1884-1890.
- Jackson, R. M., J. D. Roe, R. Wangchuk and D. O. Hunter (2006) Estimating snow leopard population abundance using photography and capture-recapture techniques. *Wildlife Society Bulletin* 34: 772-781.
- Kano, T. (1930) The distribution and habit of mammals of Formosa (2). *Zoological magazine* 42: 165-173.
- Karanth, K. U. and J. D. Nichols (1998) Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology* 79: 2852-2862.
- Kelly, M. J., A. J. Noss, M. S. Di Bitetti, L. Maffei, R. L. Arispe, A. Paviolo, C. D. De Angelo and Y. E. Di Blanco (2008) Estimating puma densities from camera trapping across three study sites: Bolivia, Argentina, and Belize. *Journal of Mammalogy* 89(2): 408-418.
- Lavikainen, A., T. Iwaki, Haukisalmi, V. Konyaev, S. V., M. Casiraghi, N. E. Dokuchaev, A. Galimberti, A. Halajian, H. Henttonen, M. Ichikawa-Seki, T. Itagaki, A. V. Krivopalov, S. Meri, S. Morand, A. Näreaho, G. E. Olsson, A. Ribas, Y. Terefe and M. Nakao (2016) Reappraisal of *Hydatigera taeniaeformis* (Batsch, 1786) (Cestoda: Taeniidae) sensu lato with description of *Hydatigera kamiyai* sp. *International Journal for Parasitology* 46: 361-374.

- Lawrence, A. L., S. F. Hii, D. Jirsová, L. Panáková, A. M. Ionică, K. Gilchrist, Modrý, D., A. D. Mihalca, C. E. Webb, R. J. Traub and J. Šlapeta (2015) Integrated morphological and molecular identification of cat fleas (*Ctenocephalides felis*) and dog fleas (*Ctenocephalides canis*) vectoring *Rickettsia felis* in central Europe. *Veterinary Parasitology* 210(3-4): 215-223.
- Lee, M.-J., W. Song and S. Lee (2015) Habitat mapping of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) in South Korea using GIS. *Sustainability* 7: 4668-4688.
- Little, S. and D. Ambrose (2000) *Spirometra* infection in cats and dogs. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian* 22(4): 299-305
- Loos-Frank, B. (2000) An up-date of Verster's (1969) Taxonomic revision of the genus *Taenia* Linnaeus'(Cestoda) in table format. *Systematic parasitology* 45(3): 155-184.
- Maffei, L. and A. J. Noss (2008) How small is too small? camera trap survey areas and density estimates for ocelots in the Bolivian Chaco. *Biotropica* 40(1): 71-75.
- Marnewick, K., P. J. Funston, and K. U. Karanth. (2008) Evaluating camera trapping as a method for estimating cheetah abundance in ranching areas. *South African Journal of Wildlife Research* 38:59–65.
- McCullough, D. R. (1974) Status of larger mammals in Taiwan. Tourism Bureau, Taipei, Taiwan. 35pp.
- Mohamed, A. M., R. Sollmann, H. Bernard, L. N. Ambu, P. Lagan, S. Mannan, H. Hofer and A. Wilting (2013) Density and habitat use of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) in three commercial forest reserves in Sabah, Malaysian Borneo. *Journal of Mammalogy* 94(1): 82–89.
- Molles Jr., M. C. (2002) *Ecology: Concepts and applications*. McGraw-Hill Companies Press.
- Nakao, M., A. Lavikainen, T. Iwaki, V. Haukisalmi, S. Konyaev, Y. Oku, M. Okamoto and A. Ito (2013a) Molecular phylogeny of the genus *Taenia* (Cestoda: Taeniidae): proposals for the resurrection of *Hydatigera* Lamarck, 1816 and the creation of a new genus *Versteria*. *International Journal for Parasitology* 43: 427-437.
- Nakao, M., Lavikainen, A., Yanagida, T. and Ito, A. (2013b) Phylogenetic systematics of the genus *Echinococcus* (Cestoda: Taeniidae). *International Journal for Parasitology* 43: 1017-1029.
- Nihad, W., I. Tafiq and A. H. Subber (1988) Internal and external parasites in cats in Mosul, Iraq. *Journal of Veterinary Paras* 2(2): 137-138.

- Nowell, K. and P. Jackson (1996) Wild Cats: Status Survey and Conservation Action Plan. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Gland. 383pp.
- Oh, D. -H., S. Moteki, N. Nakanish and M. Izawa (2010) Effects of human activities on home range size and habitat use of the Tsushima leopard cat *Prionailurus bengalensis euptilurus* in a suburban area on the Tsushima islands, Japan. Ecology and Field Biology 33(1): 3-13.
- Ostfeld, R. S. and R. D. Holt (2004) Are predators good for your health? Evaluating evidence for top-down regulation of zoonotic disease reservoirs. Frontal Ecology and Environment 2(1): 13-20.
- Otis, D., K. Burnham, G. White, and D. Anderson (1978) Statistical inference from capture data on closed animal populations. Wildlife Monographs 62: 3-135.
- Petersen, W. T., T. Savini, R. Steinmetz and D. Ngoprasert (2019) Estimating leopard cat *Prionailurus bengalensis* Kerr, 1792 (carnivora: felidae) density in a degraded tropical forest fragment in northeastern Thailand. Journal of Threatened Taxa 11(4): 13448-13458.
- Rajaratnam, R., M. Sunquist, L. Rajaratnam, and L. Ambu (2007) Diet and habitat selection of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis borneoensis*) in an agricultural landscape in Sabah, Malaysian Borneo. Journal of Tropical Ecology 23: 209-217.
- Rosas-Rosas, O. C. and L. C. Bender (2012) Population status of Jaguars (*Panthera onca*) and Pumas (*Puma concolor*) in northeastern Sonora, Mexico. Acta Zoologica Mexicana 28(1): 86-101.
- Sato, T., K. Watanabe, M. Kanaiwa, Y. Niizuma, Y. Harada and K. D. Lafferty (2011) Nematomorph parasites drive energy flow through a riparian ecosystem. Ecology 92: 201-207.
- Scholz, T., M. Uhlířová and O. Ditrich (2003) Helminth parasites of cats from the Vientiane province, Laos, as indicators of the occurrence of causative agents of human parasitoses. Parasite 10(4): 343-350.
- Seguel, M. and N. Gottdenker (2017) The diversity and impact of hookworm infections in wildlife. International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife 6(3): 177-194.
- Singla, L. D., G. S. Aulakh, R. Sharma, P. D. Juyal and J. Singh (2009) Concurrent infection of *Taenia taeniaeformis* and *Isospora felis* in a stray kitten: a case report. Veterinarni Medicina 54(2): 81-3.
- Soisalo, M. K., and S. M. C. Cavalcanti (2006) Estimating the density of a jaguar population in the Brazilian Pantanal using camera-traps and capture–recapture

- sampling in combination with GPS radio-telemetry. *Biological Conservation* 129: 487-496.
- Sprent, J. F. A. (1956) The life history and development of *Toxocara cati* (Schrank 1788) in the domestic cat. *Parasitology* 46(1-2): 54-78.
- Sprent, J. F. A. (1958) Observations on the development of *Toxocara canis* (Werner, 1782) in the dog. *Parasitology* 48(1-2): 184-209.
- Tekele, G. M. (2003) Aspects of the morphology, life cycle and epidemiology of *Toxocara* species and *Toxascaris Leonina* (Doctoral dissertation, University of the Free State).
- Thompson, R. C. A., A. J. Lymbery and A. Smith (2010) Parasites, emerging disease and wildlife conservation. *International Journal for Parasitology* 40:1163-1170.
- Toscano, B. J., B. Newsome and B. D. Griffen (2014) Parasite modification of predator functional response. *Oecologia* 175:345-352.
- Trolle, M. and M. Kery (2003) Estimation of ocelot density in the Pantanal using capture–recapture analysis of camera-trapping data. *Journal of Mammalogy* 84(2): 607-614.
- Tung, K. C., F. C. Hsiao, C. H. Yang, C. C. Chou, W. M. Lee, K. S. Wang and C. H. Lai (2009) Surveillance of endoparasitic infections and the first report of *Physaloptera* sp. and *Sarcocystis* spp. in farm rodents and shrews in central Taiwan. *Journal of Veterinary Medical Science* 71(1): 43-47.
- Tung, K. C., F. C. Hsiao, K. S. Wang, C. H. Yang and C. H. Lai (2013) Study of the endoparasitic fauna of commensal rats and shrews caught in traditional wet markets in Taichung City, Taiwan. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection* 46(2): 85-88.
- Verster, A. (1969) A taxonomic revision of the genus *Taenia* Linnaeus 1758 s. str. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research* 36: 3-58.
- Wallace, R. B., H. Gomez, G. Ayala and F. Espinoza (2003) Camera trapping for jaguar (*Panthera onca*) in the Tuichi valley, Bolivia. *Journal of Neotropical Mammalogy* 10(1): 133-139.
- Wang, S. W., D. W. Macdonald (2009) The use of camera traps for estimating tiger and leopard populations in the high altitude mountains of Bhutan. *Biological Conservation* 142: 606-613.
- Xie, Y., E. P. Hoberg, Z. Yang, J. F. Urban and G. Yang (2017) *Ancylostoma ailuropodae* n. sp. (Nematoda: Ancylostomatidae), a new hookworm parasite isolated from wild giant pandas in Southwest China. *Parasites & vectors* 10(1): 277.
- Yamaguti, S. (1961) *Systema Helminthum*. Wiley, Interscience Publishers, New York and London.

十、附圖



圖 1. 同一樣點兩台相機架設示意圖。



圖 2. 自動相機拍攝到石虎之畫面。



圖 3. 第一次保育行動綱領之專家會議。



圖 4. 第二次保育行動綱領之專家會議。



圖 5. 第三次保育行動綱領之專家會議。



圖 6. 第三次專家會議-裴家騏老師提供意見。



圖 7. 將路殺石虎解剖取出內臟。



圖 8. 從石虎內臟中取出寄生蟲。

十一、附錄

附錄 1、第一次保育行動綱領專家會議簽到表

石虎保育行動綱領 顧問專家會議

時間：2019 年 11 月 12 日 13 時 30 分

地點：國立嘉義大學森林暨自然資源學系

單位	姓名	簽名
台灣石虎保育協會	陳美汀	陳美汀
國立屏東科技大學野生動物 保育研究所	陳貞志	陳貞志
野聲環境生態顧問有限公司	姜博仁	姜博仁
觀察家生態顧問公司	劉威廷	劉威廷
特有生物研究保育中心	林育秀	林育秀
國立嘉義大學森林暨自然資 源學系	劉建男	劉建男
嘉義大學森林系	尤仁承	尤仁承
嘉義大學森林系	陳歆	陳歆
嘉義大學農碩	陳盈如	陳盈如

附錄 2、第二次保育行動綱領專家會議簽到表

石虎保育行動綱領 顧問專家會議 簽到單

時間：2020 年 06 月 19 日 09 時 30 分

地點：國立嘉義大學森林暨自然資源學系

單位	姓名	簽名
林務局	余連勝	謝其修 林云容
國立台灣大學生態學及演化生物學研究所	李玲玲	李玲玲
東海大學生命科學系	林良恭	林良恭
國立屏東科技大學野生動物保育研究所	裴家騏	裴家騏
國立屏東科技大學野生動物保育研究所	陳貞志	陳貞志
特有生物研究保育中心	林育秀	林育秀
特有生物研究保育中心	林桂賢	林桂賢
野聲環境生態顧問有限公司	姜博仁	請假
台灣石虎保育協會	陳美汀	請假
觀察家生態顧問公司	劉威廷	劉威廷
國立嘉義大學		陳韻 陳盈如 顏全佑 劉建男
特有生物研究保育中心		朱汝復

附錄 3、第三次保育行動綱領專家會議簽到表

哺乳類—石虎專家會議簽到單

- 一、時間：109年11月16日（週一）上午10時
- 二、地點：特有生物研究保育中心 野生動物急救站二樓會議室
- 三、主持人：羅 組長 尤娟、鄭研究員兼主任秘書錫奇、劉建男助理教授
- 四、出席單位及人員：

單位	姓名	職稱	簽名處
苗栗縣政府農業處	陳奕全	技士	陳奕全
臺中市政府農業局	陳盟	技士	陳盟
南投縣政府農業處	蔡沛諭	技士	蔡沛諭
彰化縣政府農業處			請假
臺北市立動物園	翁紹益	區長	翁紹益
	黃珮昀	獸醫師	黃珮昀
國立臺灣大學	李玲玲	教授	請假
國立臺灣大學	朱有田	教授	請假
國立屏東科技大學	裴家騏	教授	裴家騏
東海大學	林良恭	教授	林良恭
國立屏東科技大學	陳貞志	副教授	請假(書面意見)
野聲環境生態顧問有限公司	姜博仁	負責人	姜博仁
台灣石虎保育協會	陳美汀	理事長	陳美汀
觀察家生態顧問有限公司	劉威廷	協理	劉威廷

附錄 3、第三次保育行動綱領專家會議簽到表(續)

單位	姓名	職稱	簽名處
行政院農業委員會 林務局	羅尤娟	組長	羅尤娟 翁嘉駿
	翁嘉駿	科長	
行政院農業委員會林務局 新竹林區管理處	林立峯		林立峯
行政院農業委員會林務局 新竹林區管理處	楊承翰	技正	楊承翰
行政院農業委員會林務局 東勢林區管理處	張敏綺	技士	張敏綺
行政院農業委員會林務局 南投林區管理處	葉旭容	技正	葉旭容
國立嘉義大學	劉建男	助理教授	劉建男 陳歆
	陳歆	計畫助理	
國立臺灣大學 生物多樣性研究中心			謝典修 陳怡如

附錄 3、第三次保育行動綱領專家會議簽到表(續)

單位	姓名	職稱	簽名處
<p>行政院農業委員會 特有生物研究保育中心</p>	鄭錫奇	主任秘書	鄭錫奇
	張仕緯	組長	張仕緯
	林桂賢	助理研究員	林桂賢
	林育秀	助理研究員	林育秀
	林容安	計畫助理	林容安
	莊善翔	計畫助理	莊善翔
	黃銜博	實習生	黃銜博
	蘇愉婷	計畫助理	蘇愉婷
	林冠甫	計畫助理	林冠甫
	曾彥誠	計畫助理	曾彥誠
	詹昆坤	計畫助理	詹昆坤
	吳淑甘	業務	吳淑甘
	陳秀慧	業務助理	陳秀慧
	鍾小晴	實習生	鍾小晴
	邱玉玫	業務助理	邱玉玫
	林沂晨	計畫助理	林沂晨
	蔡牙澤	研究員	蔡牙澤
	謝彤珮	計畫助理	謝彤珮
	張品御	業務助理	張品御
	梁翠芳	業務助理	梁翠芳
羅左維	業務助理	羅左維	

臺灣石虎(*Prionailurus bengalensis chinensis*)保育行動計畫

國立嘉義大學森林暨自然資源學系

指導單位

行政院農業委員會林務局

行政院農業委員會特有生物研究保育中心

專家群 (依姓氏筆畫排序)

李玲玲	國立臺灣大學
林良恭	東海大學
林育秀	特有生物研究保育中心
林桂賢	特有生物研究保育中心
姜博仁	野生環境生態顧問有限公司
陳貞志	國立屏東科技大學
陳美汀	台灣石虎保育協會
裴家騏	國立屏東科技大學
劉威廷	觀察家生態顧問有限公司
劉建男	國立嘉義大學

2020 年 11 月

目錄

目錄.....	74
圖與表.....	76
中文摘要.....	77
ABSTRACT.....	78
一、 前言.....	79
1. 願景.....	79
2. 目的.....	79
二、 生物資訊.....	80
1. 物種分類.....	80
2. 物種描述.....	81
3. 歷史與現況分布.....	82
4. 族群估算及趨勢變化.....	84
5. 繁殖與生活史.....	84
6. 食性與主要食物.....	85
7. 棲地環境特性.....	85
8. 現有保育作為.....	86
9. 族群存續力分析(Population Viability Analysis, PVA).....	91
10. 生態功能.....	99
11. 社會及經濟面.....	99
三、 威脅原因分析.....	100
(一) 主要威脅.....	100
(二) 其他威脅.....	103
(三) 潛在威脅.....	104
四、 保育目標與策略.....	105
(一) 保育目標.....	105
(二) 保育策略.....	105
五、 保育行動.....	106
策略 A：棲地面積零損失。.....	106
策略 B：加強棲地串聯。.....	106

策略 C：降低家禽危害及石虎遭獵捕數量。	106
策略 D：提升石虎棲地品質。	106
策略 E：降低石虎路殺。	106
策略 F：降低非法獵捕。	106
策略 G：降低遊蕩犬貓對石虎的危害。	106
策略 H：提升域外保育量能及建立新族群。	106
策略 I：增加石虎生物學及生態學之知識。	107
策略 J：石虎保育教育推廣及資訊分享平台。	107
六、 參考文獻.....	108
七、 附錄.....	117
附錄一、保育行動簡表.....	117
附錄二、諮詢過程.....	119
附錄三、權益關係人或團體.....	120
附錄四、近期保育成果.....	120

圖與表

圖-1、臺灣石虎重要辨識特徵：(a)頭部兩眼內側至額頭 2 條白灰色斑紋，(b)耳後黑底白斑，(c)身體兩側為圓塊狀斑紋(照片：劉建男提供)。	81
圖-2、石虎棲地分布預測，包括重要棲地(紅色)、潛在區域(紫色)及石虎可能棲地(綠色)(林良恭等，2017)。	83
圖-3、各種模型預測 100 年後之最後族群量：藍色線為基線模型，紅線為路殺模型，綠線為雞舍危害模型，黑線為隨機災難模型，紫線為路殺加雞舍危害模型。	96
圖-4、敏感性分析結果，影響平均隨機成長率(stoch-r)之相對重要因子。紅色線為基線模型所得之結果(stoch-r= 0.02)。	97
圖-5、敏感性分析結果，影響平均最後族群量(N-all)之相對重要因子。紅色線為基線模型所得之結果(N-all = 735.53)。	98
圖-6、2011 年至 2020 年 10 月各縣市通報石虎路殺隻數。	101
表-1、基線模型之參數設定及敏感性分析數值	92
表-2、颱風模型之參數設定	93
表-3、隨機災難模型之參數設定	93
表-4、路殺模型之參數設定	94
表-5、雞舍危害模型之參數設定	94
表-6、基礎模型、災難模型、路殺模型、雞舍模型及路殺加雞舍模型之結果	96

中文摘要

臺灣的石虎(*Prionailurus bengalensis chinensis*)為野生動物保育法所列之瀕臨絕種保育類野生動物，在 2017 年臺灣陸域哺乳類紅皮書名錄中，列為國家瀕危等級。石虎面臨許多的直接或非直接的威脅，包括棲地消失及零碎化、路殺、入侵雞舍導致的捕捉或傷害、流浪犬貓的競爭、疾病及農藥、滅鼠藥或環境毒物等。石虎族群存續力分析(Population Viability Analysis)顯示，石虎在基線模型中滅絕機率低，族群甚至有緩慢正成長趨勢，但在隨機災難模型、路殺模型及雞舍入侵模型中，滅絕機率顯著提升。因此，有必要針對威脅提出並施行具體可行之保育行動，以降低其滅絕機率。本行動計畫除了介紹石虎基礎背景資料及面臨的各項威脅外，亦針對各項威脅列出 10 項保育策略及 14 項具體的保育行動，最終目標為確保石虎能永續生存。

關鍵字：瀕臨絕種、滅絕機率、族群存續力分析

ABSTRACT

The leopard cat (*Prionailurus bengalensis chinensis*) is listed as a Nationally Endangered Species in the Red List of Terrestrial Mammals of Taiwan and an Endangered Species under the Wildlife Conservation Act. The leopard cats are facing multiple direct and indirect threats, including habitat loss and fragmentation, roadkill, illegal hunting due to human-animal conflicts, resource competition with feral dogs and cats, diseases transmission and potential impacts of pesticides and raticide. The Population Viability Analysis showed that under the baseline model the island-wide population of leopard cat will gradually increase within 100 years; the extinction rate within 100 years, however, substantially increases under the catastrophes, roadkill and poultry invasion models. There is an urgent need to develop and implement effective conservation measures to reduce the mortality and extinction rate and increase population size and carrying capacity. This Conservation Action Plan for Taiwanese Leopard Cat provides basic biological and ecological information of leopard cat in Taiwan, and describes its current threats. More importantly, it lists 10 conservation strategies and 14 respective conservation actions to reduce the threats. The ultimate goal is to ensure the sustainable population of leopard cat in Taiwan.

Key words: endangered species, extinction, population viability analysis

一、前言

1. 願景

臺灣的石虎在日據時期曾普遍分布在臺灣低海拔丘陵地區(鹿野忠雄, 1940), 近 20 年來的調查發現其不僅分布侷限且數量稀少。行政院農業委員會(以下統稱農委會)於 2008 年依據野生動物保育法將其公告為瀕臨絕種保育類野生動物, 行政院農委會特有生物研究保育中心(以下統稱特生中心)在 2017 臺灣陸域哺乳類紅皮書中, 將石虎列在國家瀕危等級(鄭錫奇等, 2017)。石虎面臨諸多的威脅, 例如棲地的消失、零碎化及劣質化、道路致死、因入侵禽舍遭毒殺或獵捕、流浪犬貓的競爭與攻擊、小病毒等疾病及農藥、老鼠藥及環境毒物等潛在的不良影響。

本石虎保育行動計畫, 綜整石虎的威脅, 並羅列保育目標、可行的保育行動及相關的權責單位(夥伴關係), 以提供石虎保育政策的擬定及推動有效的保育措施, 達到石虎永續生存的願景。

2. 目的

- (1) 確認影響石虎族群的因子, 擬定保育目標及行動, 短期內避免石虎族群持續下降, 並以提升石虎族群量及分布範圍為中長期目標。
- (2) 確認各項石虎保育行動之優先順序、主政及協助單位。

二、生物資訊

1. 物種分類

亞洲豹貓(*Prionailurus bengalensis*)是廣泛分布在亞洲的小型貓科動物，分為12個亞種。臺灣石虎(*P. b. chinensis*)最早由英國博物學家 Robert Swinhoe 記錄並採集標本(Swinhoe, 1870)，屬於亞洲豹貓的中國華南亞種(*P. b. chinensis*)。在近年的遺傳學研究中發現，臺灣石虎的親緣關係與韓國、日本等東北豹貓亞種較相近(*P. b. euptilurus/euptilura*)較為相近(Tamada *et al.*, 2008; Patel *et al.*, 2017)。

Prionailurus bengalensis (Kerr,1792)

P. b. bengalensis (Kerr, 1792) – Peninsular India, Burma, Thailand, Indochina

P. b. javanensis (Desmarest, 1816) – Java and Bali

P. b. sumstranus (Horsfield, 1821) – Sumatra

P. b. chinensis (Gray, 1837) – China, Taiwan, Hong Kong

P. b. horsfieldii (Gray, 1842) – Kashmir, Kumaon, Nepal and Bhutan

P. b. eutilurus (Elliot, 1871) – Amur and Ussuri regions, Russia, NE China, Korean Peninsula, Tsushima (Japan)

P. b. bomeoensis (Brongersma, 1935) – Borneo

P. b. trevelyani (Pocock, 1939) – Northern Kashmir and the Upper Punjab in the drainage area of the Indus and Jhelum

P. b. alleni (Sody, 1949) – Hainan

P. b. iriomotensis (Imaizumi, 1967) – Iriomote Island (Japan)

P. b. heaneyi (Groves, 1997) – Palawan

P. b. rabori (Groves, 1997) – Negros, Cebu and Panay, Philippines

2. 物種描述

石虎屬於小型貓科動物，體型與貓相似但略大，頭體長 55-68 cm，尾長 27-32 cm，尾長約為頭體長的 40-50%，體重約 2.5-5 kg。特徵包括頭圓吻部短、圓耳朵，體色由灰褐色到黃褐色不一，身上多深褐色斑塊，尾部粗短蓬鬆、具有 15-18 個半環狀斑紋，頭頂至肩部有 3-4 條黑褐色縱紋，中間 2 條沿背脊延伸至尾基部，兩眼內側至額頭有 2 條白灰色縱帶，耳後黑底白斑，是石虎與家貓區別重要的辨識特徵(圖-1) (Sunquist and Sunquist, 2002)。夜視力佳、聽覺敏銳、犬齒發達，全齒數為 30，齒式(上下)為門齒 3/3，犬齒 1/1，前臼齒 3/2，臼齒 1/1 (林良恭等，2009)。



圖-1、臺灣石虎重要辨識特徵：(a)頭部兩眼內側至額頭 2 條白灰色斑紋，(b)耳後黑底白斑，(c)身體兩側為圓塊狀斑紋(照片：劉建男提供)。

3. 歷史與現況分布

臺灣最早在 1685 年臺灣府志(蔣志)提到「山貓」一詞(蔣毓英, 1685), 而最早確認石虎紀錄為英國博物學家 Robert Swinhoe 採集到成體的骨頭、毛皮標本與一隻存活的幼體(Swinhoe, 1870)。根據文獻資料顯示, 日據時代時石虎曾普遍分布在臺灣全島海拔 1,500 公尺以下的丘陵地區(鹿野忠雄, 1940)。在 1970 年代以前, 石虎受到很大的狩獵壓力, 各地區石虎逐漸消失, 各地區消失的可能時間點大致為: 臺東地區約在 1968 年、臺北山區約在 1985 年、雲林地區約在 1988 年、桃園臺地約在 1992 年、嘉義山區約在 1994 年、臺南也可能在 2006 年之後消失, 現在主要族群分布在苗栗、台中及南投(林良恭等, 2017)。

現況分布部分, 苗栗地區於 2005-2008 年進行系統性的調查, 發現石虎以後龍鎮、西湖鄉等鄉鎮較多(裴家騏、陳美汀, 2008); 裴家騏等(2014)於苗栗地區再次調查, 顯示銅鑼鄉、大湖鄉及卓蘭鎮有較高的出現頻率, 與 2008 年調查的結果有明顯差異。南投部分, 劉建男等(2016)於 2014-2016 年在新南投地區海拔 1,000 m 以下區域進行石虎調查, 發現石虎在南投各鄉鎮皆有分布, 但以集集鎮、中寮鄉及鄰近範圍為分布熱點; 此外, 位於南投仁愛、國姓鄉的惠蓀林場在 2016 年時有拍攝到石虎, 並於 2017 年新增 1 筆路殺紀錄, 是全臺灣 10 年內出現最東側的出現紀錄(林良恭等, 2017)。臺中地區則在后里區、北屯區、東勢區、新社區、太平區及霧峰區有石虎紀錄, 其中以后里區及東勢區交接的丘陵山區出現頻率最高(陳美汀等, 2019); 2019 年在海拔約 1,700 m 的雪山坑溪野生動物重要棲息環境拍攝到石虎, 為目前海拔最高的發現點(翁國精、劉建男, 2019)。彰化地區在 2017 年八卦山東側山腳記錄一筆石虎路殺個體後, 特有生物研究保育中心團隊亦透過自動照相機在八卦山拍攝到石虎的身影(林良恭等, 2017)。近年在其他地區亦有零星的石虎發現紀錄, 包括嘉義中埔地區在 2018 年有 1 筆相機拍攝紀錄(劉建男, 私人通訊); 2019 年在新竹的關西鎮也有發現石虎的蹤跡(林育秀, 私人通訊); 2019 年雲林縣林內鄉有石虎拍攝紀錄(蘇秀慧, 私人通訊)。

林良恭等(2017)蒐集 1996-2016 年間包括自動相機、路殺與救傷紀錄等石虎分布點位, 利用物種分布預測模型 Maximum Entropy Model 進行全臺石虎可利用棲地的分布預測, 並將可利用棲地與已知石虎分布區交集的範圍定義為「重要棲地」(2,140 km²)、與重要棲地相鄰可能有石虎分布或可作為石虎族群成長擴散的棲地稱作「潛在棲地」(1,414 km²)及其他模型所預測全臺適合石虎的棲地稱為「可能棲地」(6,799 km²) (圖-2)。

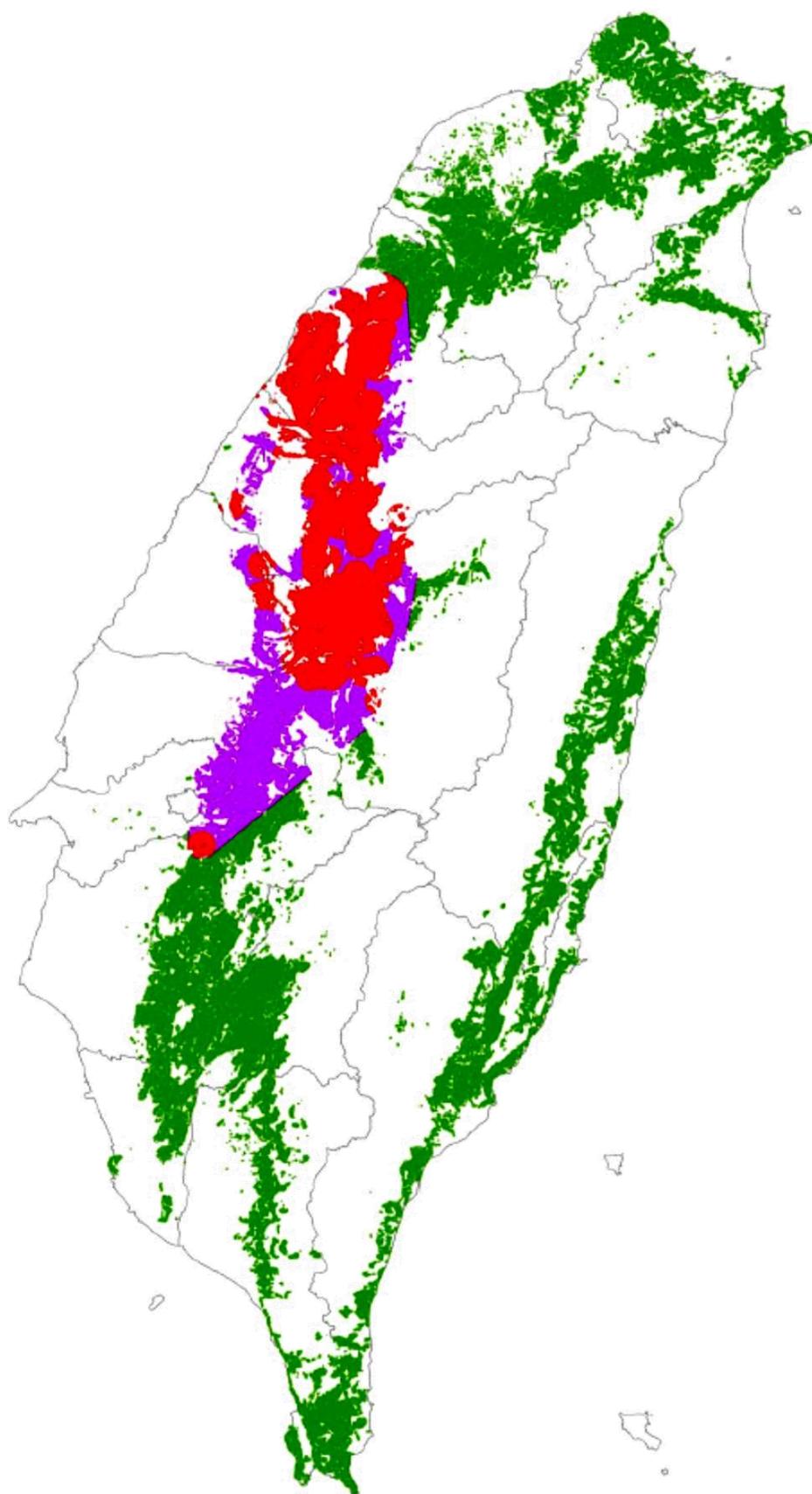


圖-2、石虎棲地分布預測，包括重要棲地(紅色)、潛在區域(紫色)及石虎可能棲地(綠色)(林良恭等，2017)。

4. 族群估算及趨勢變化

陳美汀博士利用無線電追蹤 6 隻石虎結合自動照相機拍攝照片進行石虎數量估算，推估苗栗通霄 32 km² 的研究樣區內約有 7-10 隻個體，換算石虎密度約每 100 km² 有 21-31 隻(陳美汀，私人通訊)。林良恭等(2017)指出石虎重要棲地面積約 2,140 km²，假設在重要棲地的石虎密度呈現均質狀態，以上述密度估算全臺約有 468-669 隻石虎。然而，通霄地區屬於石虎密度較高地區，以此密度估算可能高估族群數量(林良恭等，2017)。林良恭等(2017)預測石虎重要棲地及潛在棲地面積共 3,453 km²，推測可容納至少 755-1,079 隻石虎。劉建男等(2020)在南投石虎相對密度較高的中寮地區，設置 2 個各 30 km² 的樣區，以自動相機照片進行個體辨識，並估算族群密度，結果顯示 2 個樣區的族群密度分別為每 100 km² 34-38 隻及 38-57 隻。

目前並無石虎族群量變動趨勢的確切資料，但在南投地區(劉建男等，未發表資料)及苗栗地區(姜博仁等，私人通訊)皆已設置長期監測樣區。

5. 繁殖與生活史

在與臺灣鄰近的西表山貓研究中，認為其繁殖季無明顯季節性，但多在冬季至春季初期有稍微的高峰，推測和亞熱帶地區氣候條件有關(Okamura *et al.*, 2000)，西表山貓發情期約 11 月至隔年 4 月，生產期則為 4-6 月，懷孕期約為 60 天(Kitchener, 1998)，估算交配高峰期為 2-4 月，育幼期約有 4-4.5 個月(Okamura *et al.*, 2000; Schmidt *et al.*, 2009)。臺灣石虎懷孕期約 60-70 天，每胎約產下 2-4 隻幼獸，通常 2-3 隻(趙明杰，1993；林良恭等，2009)。根據特生中心野生動物急救站及臺北市立動物園石虎配對的經驗，石虎在 2-9 月皆有繁殖紀錄，推測主要發情和交配期與西表山貓類似，為冬季至隔年春季初期；在臺北市立動物園的紀錄中，有幾筆育幼失敗後再懷孕，甚至有同一個體一年產三胎的紀錄，分別為 2 月、5 月及 8 月(趙明杰，1993)，若排除再懷孕的情形，石虎生殖高峰期推測在 2-6 月，交配高峰期可能落在 12 月至隔年 4 月，幼獸大約出生 2 週後睜眼(林育秀等，2013)。

在亞洲豹貓壽命的研究中，日本的對馬山貓捕捉到最年長的紀錄為 10 歲(Murayama, 2008)。臺灣石虎野外石虎目前無明確壽命資料，目前利用遭路殺的石虎犬齒切片來鑑定石虎年齡，發現在檢視 16 隻個體中，0 及 1 輪的個體占多數，最多發現有 6 個生長輪(cementum growth layer)(劉建男等，2018)，Nakanishi *et al.* (2009)指出西表山貓個體牙骨質 1 年生長 1 輪，但臺灣的石虎是否也是一年生長 1 輪有待進一步驗證。在野外亞成體面臨很多的威脅，約在 1-2 歲時遭到路殺及因入侵雞舍遭獵捕等因素造成死亡的比例高(姜博仁、陳美汀，私人通訊)。

6. 食性與主要食物

亞洲豹貓為純肉食性，以齧齒目動物為主，也會取食鳥類、爬行類、兩生類、魚類及無脊椎動物(Watanabe *et al.*, 2003; Shehzad *et al.*, 2012; Lorica and Heaney, 2013; Lee *et al.*, 2014)。臺灣石虎的食性研究，以排遺分析資料顯示，苗栗地區石虎食性以齧齒目的鼠科最高(占 39.4%)，鳥類次之(26.4%)，另外還有少部分野兔、鮑髓、爬行類、魚類及昆蟲等(莊琬琪，2012)；東海大學及特生中心團隊針對南投地區石虎食性分析，結果同以齧齒目的鼠科最高(占 43.3%)，昆蟲次之(25.5%)。石虎的食物種類多樣，在苗栗地區及南投地區的食性區系幅度(Diet niche breadth)的相對計算 Levins index (L_{st} ; Levins, 1968; Colwell and Futuyma, 1971)都屬於高度廣泛，且兩地區的食性重疊度 Pianka index (O_{jk} ; Pianka, 1973)有高度重疊。較為不同的是，在鼠類資源上，苗栗地區石虎以刺鼠(*Niviventer coxingi*)為主，而南投地區以鬼鼠(*Bandicota indica*)為主食，可能與該地鼠類分布相關，在自然棲地中所提供的石虎食物資源不同造成(詹映萱、陳希、林良恭，私人通訊)。

7. 棲地環境特性

石虎主要分布在臺灣海拔 1,000 m 以下的淺山地區(林良恭等，2017)，但也有海拔 1,400 m 以上的分布紀錄(林良恭，2008；翁國精、劉建男，2019)。其他地區的亞洲豹貓研究也指出其分布區域多以低海拔淺山環境為主(Bashir *et al.*, 2014; Mohamed *et al.*, 2016)，可能因為低海拔淺山地區食物來源較容易取得。石虎主要以鼠科動物為食，在臺灣 13 種鼠類中除了臺灣森鼠(*Apodemus semotus*)、高山白腹鼠(*Niviventer culturatus*)、臺灣田鼠(*Mirotus kikuchii*)及黑腹絨(*Eothenomys melanogaster*)等 4 種高山鼠類外，其餘皆在低海拔可發現(祁偉廉、徐偉，2008)。臺灣石虎活動範圍偏好覆蓋度高的天然林(房兆屏，2016; Chen *et al.*, 2015)，其次為非天然林、草生地及農墾地(Chen *et al.*, 2016)；森林覆蓋度高的環境能提供石虎在白天休息時遮蔽的場所(Chua *et al.*, 2016)。近年來發現石虎會利用的河灘的草生地，在台中的調查中從山區延伸至大安溪沿岸的樣點有較高的石虎出現頻率(陳美汀等，2019)。近年特生中心在野放石虎後追蹤發現石虎會利用河灘地草叢進行休息或覓食(林育秀，私人通訊)。

8. 現有保育作為

(1) 保育法規及條例

亞洲豹貓在亞洲是小型貓科動物中分布最廣泛的物種，全世界 IUCN 評估中，除了日本的西表山貓(*P. b. iriomotensis*)屬於極危(Critically Endangered, CE)及菲律賓地區的維薩亞斯豹貓(*P. b. rabori*)屬於易危(Vulnerable, VU)等級之外，其他地區亞種的豹貓皆被列為無危(Least Concern, LC)等級(IUCN, 2020)。但各地亞洲豹貓各亞種皆面臨棲地零碎化、非法貿易及獵捕家禽而遭受捕殺等威脅。瀕臨絕種野生動植物國際貿易公約(Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, CITES)將大多亞洲豹貓亞種列為附錄二(Appendix II)，亦即沒有立即滅絕危機、但須管制交易避免影響族群存續的物種，但孟加拉、印度及泰國的族群列在附錄一(Appendix I)，為有滅絕威脅、除非有特別必要性禁止國際間交易之物種(CITES, 2020)。

華南豹貓亞種(臺灣石虎)在 IUCN 被列為無危(LC)等級，但在臺灣預估石虎數量約僅剩 468-669 隻左右(林良恭等，2017)，且數量可能逐漸下降中。行政院農業委員會在 1989 年將石虎公告為「珍貴稀有」保育類野生動物，並於 2008 年依據野生動物保育法將石虎調升為「瀕臨絕種」保育類野生動物。行政院農業委員會特有生物研究保育中心 2017 年臺灣陸域哺乳類動物之紅皮書名錄，將石虎列為國家瀕危(Nationally Endangered, NEN)野生動物(鄭錫奇等，2017)。

苗栗縣在 2019 年通過石虎保育自治條例，詳列各所屬權責機關單位，規定在石虎棲地內的開發超過一定程度以上，須徵詢專家學者意見並採取友善工法，並針對石虎保護巡守的社區、推行友善環境耕作者及協助降低流浪犬貓與石虎競爭衝突者，給予獎補助經費。臺中市亦已擬定石虎保育自治條例，但尚未通過立法程序。

(2) 降低路殺及友善道路

生態廊道分析方面，觀察家生態顧問有限公司(2017)進行苗栗後龍至南投竹山鹿谷間的廊道分析，指出最佳廊道位置為火炎山稜線由北而南，中間經過第一瓶頸的國道三號、第二瓶頸的國道一號及第三瓶頸的大安溪，跨越大安溪後到達后里淺山地區，之後會經過第四瓶頸的大甲溪進入石崗及豐原的淺山地區，並沿著新社、霧峰穿越第五瓶頸的烏溪，往南進入南投的中寮、集集後，再經過第六瓶頸的濁水溪進入竹山淺山地區(觀察家生態顧問有限公司，2017)。此外，林良恭等(2017)彙整了 1996-2016 年間石虎出沒的點位進行石虎重要棲地預測，並進行石虎主要族群的廊道分析，在苗栗境內，後龍溪的阻隔對於石虎而言有不小的阻力，而國道 1、台 13 及三義市區是阻隔石虎交流的主要地區。在臺中地區北

屯、太平、霧峰淺山地區開發多，棲地破碎嚴重，交流遷徙的阻隔較大，建議應盡量避免這些地區的開發。

石虎友善道路方面，2017 年交通部公路總局推動中部地區(苗栗、臺中及南投地區省道)友善道路改善計畫，由行政院農委會特生中心及國立中興大學合作執行，期望能減少中小型食肉目哺乳動物之路殺與交通事故。林育秀等(2018)整理過往石虎路殺紀錄，提出有效改善路段作為示範樣區，並在動物重要穿越路徑及路殺改善地點架設紅外線自動照相機進行監控；同時開發智慧道路(路殺預警系統)，包含「路人緩速與警示」和「生物緩速」兩大類，當自動化動物辨識系統偵測到靠近道路的動物發出動物生、光波以避免動物衝上道路，同時警示車輛緩速。姜博仁(2019)在苗栗地區評估各路段的路殺風險評估後，在各路段設置路面噪音、反光板、防護網、友善木梯、單向水閘門改造、大型警示牌等設施，減少石虎路殺。

目前部分措施對石虎確實有實際的效用，未來可持續進行道路預警系統或加強涵洞及陸橋的動物通道功能，以減少石虎路殺發生機會。針對目前已實施的各項降低路殺措施，未來應進行成效評估。

(3) 友善農作

林務局與財團法人慈心有機農業發展基金會共同發起「綠色保育標章」，目前已有不少農作針對保育類野生動物進行友善農作，不使用農藥、化學肥料、除草劑、滅鼠藥、捕獸鉗等對野生動物有害的友善農法進行耕種，保留大多數原生动植物及生態環境並增加農田生物多樣性，改善野生動物的棲地品質且能讓民眾吃得更安心。2014 年農委會特生中心石虎研究團隊與慈心基金會、南投縣政府合作，在南投地區石虎的棲地推廣友善石虎農作，目前友善石虎農作包括稻米、梅子、山椒、檸檬、火龍果、將黃、珍珠柑、柑橘等蔬果作物(莊書翔，2017)。苗栗通霄鎮福隆里的居民以友善農作推出「石虎米」，不噴農藥，讓石虎安全的在農田裡打獵，是友善石虎農作標章第 1 號作物。另外，2016 年興連農業科技股份有限公司與特生中心簽訂契約，提供收容救傷石虎的食用安全肉品，並推出石虎好朋友產品石虎蛋，賣出商品即捐出部分保育石虎之經費，更提出雞蛋友善生產系統定義及指南草案(蔡明哲，2015)。2020 年特生中心、林務局和家樂福合作推廣友善石虎農作，協助銷售石虎友善之農產品。

(4) 降低雞舍危害衝突及生態給付措施

姜博仁等(2019)指出有訪談之養禽戶會持續移除石虎個體，且每年達 2-3 隻以上。因此，了解石虎危害家禽的狀況及實行降低石虎家禽危害的措施，有助於

石虎的保育。在南投地區的訪問研究顯示，受訪的 50 位農戶多數認識石虎，並有 80% 表示所飼養的家禽曾受石虎危害，部分受訪者曾獵捕石虎，但大多數農戶表示願意捨棄陷阱並接受減少動物危害的措施，例如禽舍的補強或圍網(劉建男等，2016)。石虎防治圍網高度建議約 200 cm (垂直 150 cm、斜向外彎工 50 cm)，埋入地下加強固定防止食肉目挖掘入侵，加上圍網，預期需要的材料及人工費用高(姜博仁等，2019)。臺灣石虎保育協會有接受民眾捐款，協助養禽戶圍網及其他保育工作。目前苗栗縣依照「輔導農民辦理石虎侵擾放養家禽場域友善防治措施試辦計畫草案」，擬出通報、防治、監測等通報系統，希望能減少石虎傷亡與禽戶損失；並設立「石虎家禽衝突友善防治」臉書專頁，宣導石虎相關與家禽衝突友善防治與石虎保育資訊(姜博仁等，2019)。

2019 年林務局針對苗栗縣通霄鎮及南投縣中寮鄉試辦「友善石虎生態服務給付」措施，獎勵在石虎棲地範圍採友善農法耕種者、參與棲地維護之社區及配合石虎監測通報之家禽飼養戶，期望能透過獎勵辦法，讓更多農民能讓石虎與人共存共榮(林務局，2019)。2020 年苗栗縣政府也推動 109 年友善石虎生態服務給付試辦計畫，針對通霄鎮、苑裡鎮及西湖鎮的友善農戶及石虎巡守隊可獲獎勵金(苗栗縣政府農業處，2020)。

目前生態給付試辦計畫的成效未進行評估，期望未來能進行評估並確認是否擴大正式執行友善石虎生態服務給付計畫。

(5) 域外保育

臺灣目前在臺北市立動物園、苗栗縣政府、特生中心野生動物急救站及國立屏東科技大學有收容救傷石虎。在特生中心急救站幾乎每年皆有死亡或受傷收容個體。2007 年在南投撿拾 2 隻小石虎(小公貓及小母貓)，並送至特生中心急救站，特生中心將其作為圈養繁殖研究的重要使命。2012 年特生中心將小公貓及來自國姓的救傷個體阿姓進行配對並成功懷孕，於 2013 年 3 月產出 1 公 1 母的小石虎，在野化訓練後，進行野放，其中公的石虎追蹤訊號在野放後約 20 天消失，雌性石虎野放後發現有受傷跡象，捕捉回來後評估無法再度野放，移至臺北市立動物園作為保育大使(林育秀等，2014)。特生中心針對失親幼獸或圈養繁殖個體進行野化訓練，2020 年特生中心與台大實驗林合作在內茅圍營林區建立野化訓練場域，讓個體適應環境後直接在當地進行野放(林育秀等，2020)。

圈養繁殖個體、救傷個體或經常造成家禽危害的脫序個體，如無法野放回原棲地，未來可考慮異地野放(translocation)，建立新族群。惟目前尚未針對異地野放地點進行評估。建立即時通報群組讓臺北市立動物園能及時採取新鮮石虎樣本精子。

(6) 疾病

貓、犬帶原的病毒可能傳染給野生食肉目動物(陳貞志等, 2018)。裴家騏等(2011)研究顯示臺灣野生石虎族群感染犬瘟熱的比例高達 77.8%，犬瘟熱對食肉目動物有高度致病性及致死率；在路殺個體病毒分析也發現部分石虎個體感染貓泛白血球減少症病毒與犬小病毒(陳貞志, 2018)，石虎路殺個體犬小病毒感染率高達 82.4% (Chen *et al.*, 2019)。流浪犬貓身上帶原的疾病，加上道路開發造成棲地零碎化可能導致石虎族群基因歧異度下降，增加疾病對石虎族群的衝擊(陳貞志, 2018)。

(7) 解說教育

在石虎的保育上，非常需要當地民眾的認同及參與，成功的教育宣導便是有效且長期的重要保育工具(Izawa *et al.*, 2009)。目前已有非常多石虎相關的工作坊及研習班希望更多民眾能認識石虎，甚至針對社區舉辦保育行動工作訪，將文化、生產融入保育之中(裴家騏等, 2014)。特生中心急救站設計教案辦理環境教育國民小學到校服務、團體預約課程與社區講座，介紹石虎、淺山、野生動物救傷教學等，希望更多人認識野生動物保育工作(林育秀等, 2018)；苗栗縣火炎山生態教育館也有免費預約導覽服務及影片欣賞，且定期會舉辦石虎相關活動；各石虎保育相關單位也會舉辦各種活動、工作坊及課程等給一般民眾及農民參與，讓與石虎相關之利益關係人能認同石虎保育行動的執行(裴家騏等, 2014；劉建男等, 2016；陳美汀等, 2019)。透過這些努力，有研究訪問苗栗地區 150 位居民有關石虎保育的支持度，有一半以上的居民支持石虎保育工作，多數為年輕群眾，透過教育能提升民眾對於石虎保育的意識(Best and Pei, 2019)。

在活動期間為了吸引人的目光，石虎也會被做為吉祥物，例如特生中心的石虎保育大使—阿虎、2018 臺中世界花卉博覽會吉祥物石虎家族等。除了活動或課程外，自然保育季刊或科學人雜誌有時會有石虎相關議題的科普文章；環境資訊中心更舉辦十大傑出綠遊戲，透過一般民眾思考設計具有生態教育意義的桌遊「石虎島」，希望民眾能透過遊戲來認識石虎面臨的危機及可進行的保育行動；近年也陸續推出石虎相關遊戲及虛擬角色，例如春魚工作室與特生中心合作的《瀕臨絕種團 Rescute》、臺灣獨立遊戲團隊的《苗栗國的石虎少女》、曼巴互娛的《夢境連結！Re:Connected》角色石琥等，期望能擴大接觸石虎保育的客群。特生中心將繁殖成功之集寶集利的案例委託視群傳播事業有限公司拍攝「大地的孩子—小石虎返家之路」。

近年來有許多有關石虎的課程活動及展覽。舉例來說，特生中心每年舉辦石虎營隊及石虎週，讓各年齡層的人都能參與活動認識石虎等；行政院農委會林務

局新竹區管理處火炎山生態教育館石虎相關展覽；2013 年集集鎮舉辦「友善環境·守護石虎·彩繪家鄉」活動，從彩繪家鄉進行保育生態宣導；2014 年台北市立動物園舉辦「石虎森林保育與創作特展」引起很大的迴響，特展也移至三義火炎山生態教育館展出，2015 年與國道高速公路局合作延續該特展在西湖服務區辦理「國道·石虎·平安龜—保育與創作特展」；國立自然科學博物館也在 2019 年展出「石虎的美麗家園」特展；2019 年交通部觀光局與南投縣政府在集集鎮舉辦「台灣 500 石虎探險旅程-城市現蹤集集站」；2020 年行政院農委會特生中心與交通部臺灣鐵路管理局打造「集集石虎號」列車等。

9. 族群存續力分析(Population viability analysis, PVA)

族群存續力分析(PVA)最早用於估算物種的最小可存活族群數量(Minimum viable population, MVP)，即一個族群在未來可長時間存活的最少個體數(Shaffer, 1981)。PVA 已廣泛被應用在評估基石物種(Keystone species)、指標物種(Indicator species)、IUCN 紅皮書內所列之受威脅物種等物種的威脅因子及滅絕機率，並據以提出保育及經營管理方案(Reed *et al.*, 2002; Wootton and Bell, 2014; Fantle-Lepczyk *et al.*, 2018)。物種的生態調查資料越詳盡、用於模擬 PVA 模型的參數值越齊全，模擬的結果會越準確。

陳盈如(2020)以 VORTEX 10 (來源網址：<https://scti.tools/vortex/>) 進行臺灣石虎的族群存續力分析。首先蒐集石虎相關參數值(表-1)建立基線模型(baseline model)，起始族群量設定為 500 隻，環境承載量設定為 917 隻，進行 1,000 次族群在 100 年內的滅絕機率模擬。部分參數臺灣石虎缺乏資料，除參考對馬山貓 PVA 研究(Murayama, 2008)的參數值，並加入國內石虎研究人員之建議進行修正。此外，以基線模型為基礎，另外加入各威脅因子進行不同模型的模擬。颱風模型中：臺灣和日本同屬於經常受颱風侵擾的地區，可能會造成食物資源下降。根據中央氣象局(2020)統計，自 1911-2019 年共 188 個颱風有登陸臺灣，而直接影響石虎主要族群所存在的中部地區的機率為 1.6%，同時參考對馬山貓研究之數值，設定為颱風發生機率 2%，發生後繁殖率 40%，颱風發生後整體族群存活率 75% (表-2)。隨機災難模型：不可預測之天災或疾病等可能造成石虎的大量死亡。Reed *et al.* (2003)提出脊椎動物平均每 7 世代可能面臨一次大規模死亡，以石虎 3 年為一世代，模擬每 21 年會經歷一次大災難，隨機災難的機率約為 4.76%，以災難發生後繁殖率為 50%、族群存活率為 50% 進行模擬(表-3)。路殺模型：將每年路殺個體視為額外的死亡，在模擬中設定為「獵捕」；特有生物研究保育中心彙整自 2013-2018 年路殺資料顯示，平均每年遭路殺之成體雌性為 2.17 隻、成體雄性為 4.34 隻、亞成體雌性約 1.9 隻及亞成體雄性為 1.09 隻(表-4)，以此參數進行模擬。雞舍危害模型：以每年 20 隻個體因入侵雞舍遭獵捕導致死亡進行模擬，其中雌、雄比例約為 3:7，雌性成體:亞成體比例約 8:2，雄性成體:亞成體比例約 9:1 進行模擬(陳美汀、姜博仁，私人通訊)(表-5)。

除了預測 100 年的族群滅絕機率，該研究並以敏感性分析(sensitivity analysis)來了解個別因子影響滅絕機率的程度，用來進行敏感性分析的參數值如表-1 至表-5 所列之數值。

表-1、基線模型之參數設定及敏感性分析數值

Parameter	Baseline model	sensitivity analysis
Scenario setting		
Number of Iterations	1000	
Number of years	100	
Duration of each "year" in days	365	
Extinction Definition	only 1 sex remains	
Number of Populations	1	
Species Description		
Inbreeding Depression		
Lethal equivalents	6.29	3.14, 12
Percent due to recessive lethal alleles	50	
EV Concordance of Reproduction & Survival	0.5	
Reproductive System		
Mate	long-term polygynous	
Age of First Offspring Females	2	
Age of First Offspring Males	3	
Maximum Age of Female Reproduction	10	4-10
Maximum Age of Male Reproduction	10	4-10
Maximum lifespan	13	
Maximum Number of Broods per Year	1	
Maximum Number of Progeny per Brood	3	
Sex Ratio at Birth	50	
Density Dependent Reproduction	不模擬	
Reproductive Rates		
Adult Females Breeding%	50	30-70
EV in % Breeding 環境變化(EV)	10	
Distribution of broods per year		
0 Broods	0	
1 Broods	100	
Specify the distribution of number of offspring per female per brood		
1 Offspring	35.5	
2 Offspring	53	
3 Offspring	11.5	
Mate Monopolization		
% Males in breeding pool	100	40-100
Calculate from % males siring		
Calculate from # males / successful sire		

Mortality Rates		
Females age from 0 to 1	50	30-70
SD in females 0 to 1 due to EV	15	
Females age from 1 to 2	20	5-40
SD in females 1 to 2 due to EV	6	
Females after age 2	8	3-30
SD in females after age 2 due to EV	2	
<hr/>		
Males age from 0 to 1	50	30-70
SD in females 0 to 1 due to EV	15	
Males age from 1 to 2	20	5-40
SD in females 1 to 2 due to EV	6	
Males age from 2 to 3	8	3-30
SD in females 2 to 3 due to EV	2	
Males after age 3	8	3-30
SD in females after age 3 due to EV	2	
<hr/>		
Initial Population Size		
Stable/specified age distribution	stable	
Initial population size	500	400-700
<hr/>		
Carrying Capacity		
Carrying capacity (K)	917	750-1,500
SD in K due to EV	10	
<hr/>		
Catastrophes	不模擬	
<hr/>		
Harvest 收穫	不模擬	
<hr/>		

表-2、颱風模型之參數設定

Parameter	Typhoon model	Sensitivity analysis
Catastrophes	1	
Frequency%	2	
Reproduction	0.4	0.5
Survival	0.75	

表-3、隨機災難模型之參數設定

Parameter	Stochastic catastrophes model	Sensitivity analysis
Catastrophes	1	
Frequency%	4.76	
Reproduction	0.5	
Survival	0.5	

表-4、路殺模型之參數設定

Parameter	Roadkill model	sensitivity analysis
Harvest 收穫		
implement as translocation 移除個體皆死亡	0	
First year of harvest 開始年	1	
Last year of harvest 結束年	100	
Interval between harvests 收穫間隔	1	
Optional criteria for harvest 收穫條件	1	
Optional criteria for individuals (0 不收獲, 1 收穫)	1	
Number of females of each age to be harvest		
Harvest from age 1 to 2	1.9	1, 4
Harvest from after age 2	2.17	1, 4
Number of males of each age to be harvest		
Harvest from age 1 to 2	1.09	0.5, 2
Harvest from age 2 to 3	2.17	1, 4
Harvest from after age 3	2.17	1, 4

表-5、雞舍危害模型之參數設定

Parameter	Poultry invasion model	sensitivity analysis
implement as translocation 移除個體皆死亡	0	
First year of harvest 開始年	1	
Last year of harvest 結束年	100	
Interval between harvests 收穫間隔	1	
Optional criteria for harvest 收穫條件	1	
Optional criteria for individuals (0 不收獲, 1 收穫)	1	
Number of females of each age to be harvested		
Harvest from age 1 to 2	4.8	3.6, 7.2, 10.8
Harvest from after age 2	1.2	0.9, 1.8, 2.7
Number of males of each age to be harvested		
Harvest from age 1 to 2	12.6	9.45, 18.9, 28.35
Harvest from age 2 to 3	0.7	0.5, 1.05, 1.55
Harvest from after age 3	0	0.5, 1.05, 1.55

石虎的 PVA 結果顯示(表-6、圖-3)，基線模型的族群成長為正值，100 年後的滅絕機率為 0。隨機災難模型 100 年後的滅絕率為 32.8%，路殺模型的滅絕率為 29.8%，雞舍模型滅絕率為 59.2%。若合併雞舍危害和路殺造成的死亡進行預測，100 年後的滅絕機率高達 94.7%，20 年滅絕機率為 10%，10 年內的滅絕機率為 0，如以 IUCN 單純用滅絕之機率為標準，石虎列為易危(VU)等級。

IUCN 以滅絕機率作為評定物種受威脅的等級，如果 100 年滅絕機率 $>10\%$ ，則列為易危(VU)等級。本研究不同模型的模擬，如果要維持 100 年滅絕機率 $<10\%$ ，最小起始族群量分別為：基線模型 200 隻，路殺模型 950 隻，雞舍危害模型 1,150 隻，隨機災難模型 $>2,000$ 隻，雞舍危害家路殺模型 2,000 隻。

本研究敏感性分析結果顯示，影響族群成長率較明顯的參數為雌性繁殖比例及各年齡層雌性個體的死亡率(圖-4)。影響族群量的明顯參數除了雌性繁殖比例及各年齡層雌性個體的死亡率外，初始族群量及環境承載量也會影響到最後的族群量(圖-5)，並且環境承載量影響較初始族群量顯著，可知棲地環境的維持相當重要。如將每年路殺死亡數量減半，路殺模型 100 年滅絕機率將由 29.8%降為 6.2%；如將每年家禽危害致死的數量減半，100 年滅絕機率將由 59.2%降為 16.4%。如果同時把每年路殺死亡數量及家禽危害致死數量減半，且起始族群設定為 900 隻，則 100 年滅絕機率將由 94.7%降為 17%。

PVA 的模擬有其限制，最主要的限制因子來自物種生物學及生態學參數的準確性。在陳盈如(2020)的研究中，指出臺灣石虎有些參數來自西表山貓或其他貓科動物，是否符合石虎的實際狀況無法得知。目前缺乏的石虎基礎資料包括：近交衰退之致死當量、繁殖系統(首次可繁殖年齡、最大可繁殖年齡、存活年齡等)、各年齡層的繁殖率及死亡率等。此外，犬、貓或疾病等因子對石虎的影響無量化資料，因此並未加入 PVA 的模擬，亦可能影響模擬的結果。目前臺灣的石虎主要分布在苗栗、台中及南投，中間有大安溪、大甲溪及濁水溪等阻隔，雖然近年來的研究顯示石虎會利用河灘的草生地，但目前對於石虎的遷移能力及遷移距離等亦未有資料，不同區域間的石虎族群是否有遺傳上的變異等，皆為未來應積極研究的重點。

表-6、基礎模型、災難模型、路殺模型、雞舍模型及路殺加雞舍模型之結果

	Baseline model	Stochastic catastrophe model	Roadkill model	Poultry invasion model	Roadkill+Poultry invasion model
stoch-r	0.0208	-0.0273	-0.0059	-0.0224	-0.0630
PE	0.0000	0.3280	0.2980	0.5920	0.9470
N-all	724.02	127.14	380.01	195.81	18.03

stoch-r: 平均隨機成長率；PE: 滅絕率；N-all: 平均最後族群量

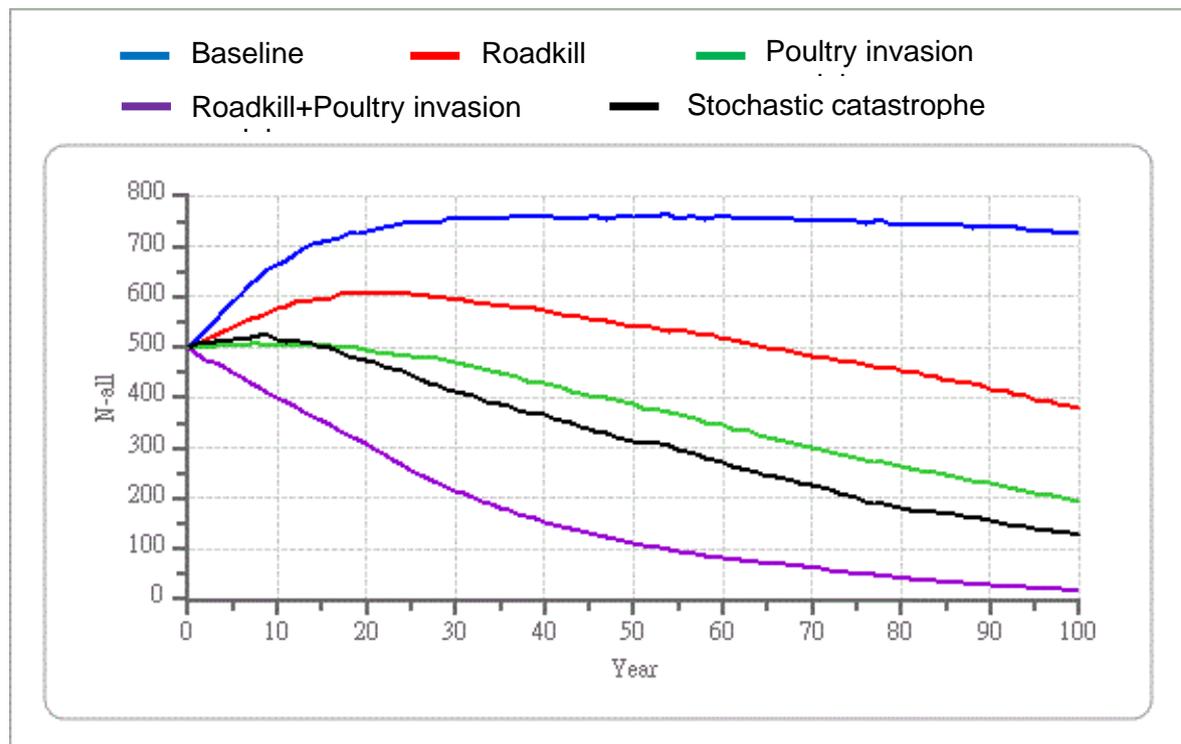


圖-3、各種模型預測 100 年後之最後族群量：藍色線為基線模型，紅線為路殺模型，綠線為雞舍危害模型，黑線為隨機災難模型，紫線為路殺加雞舍危害模型。

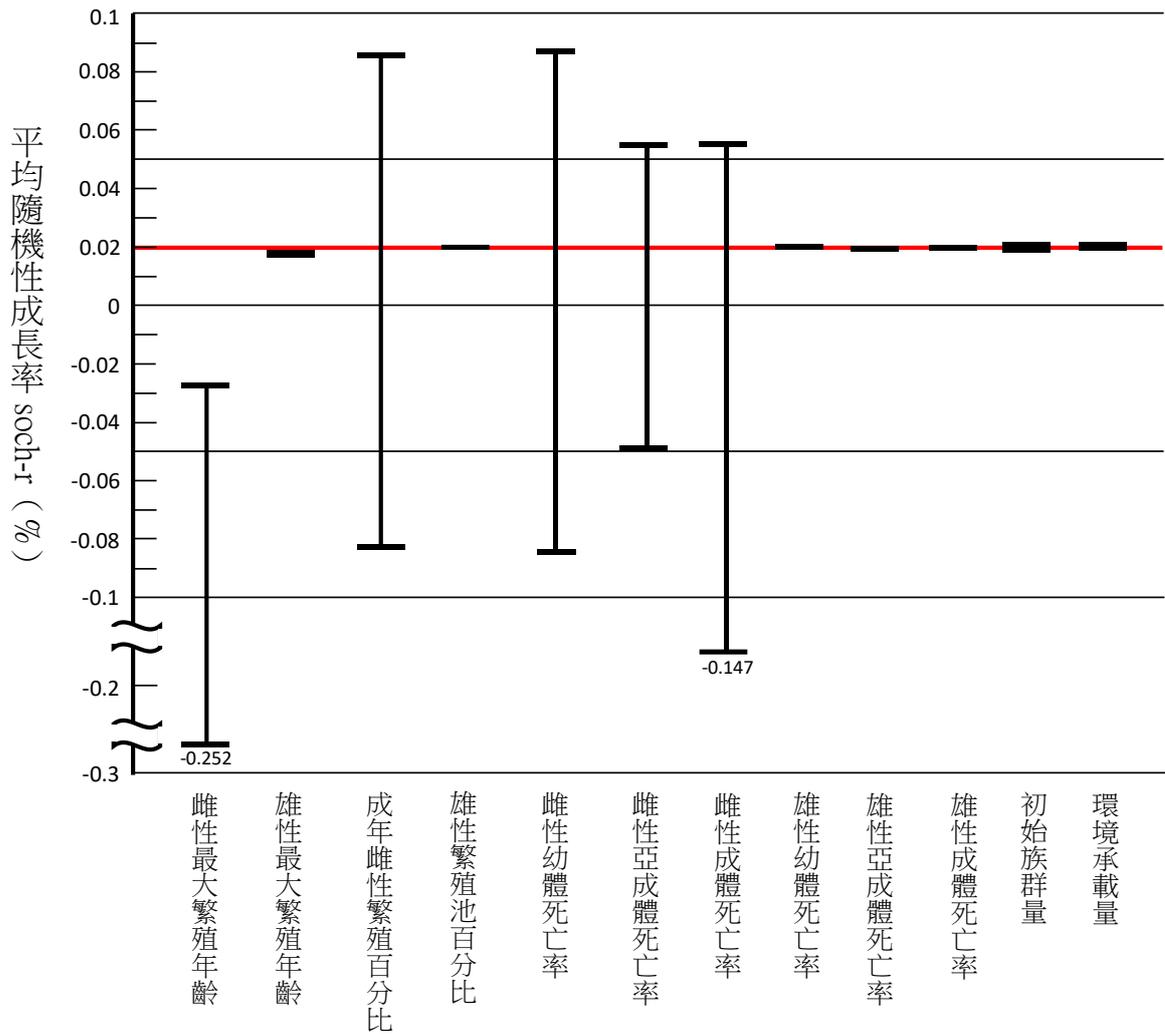


圖-4、敏感性分析結果，影響平均隨機成長率(stoch-r)之相對重要因子。紅色線為基線模型所得之結果(stoch-r= 0.02)。

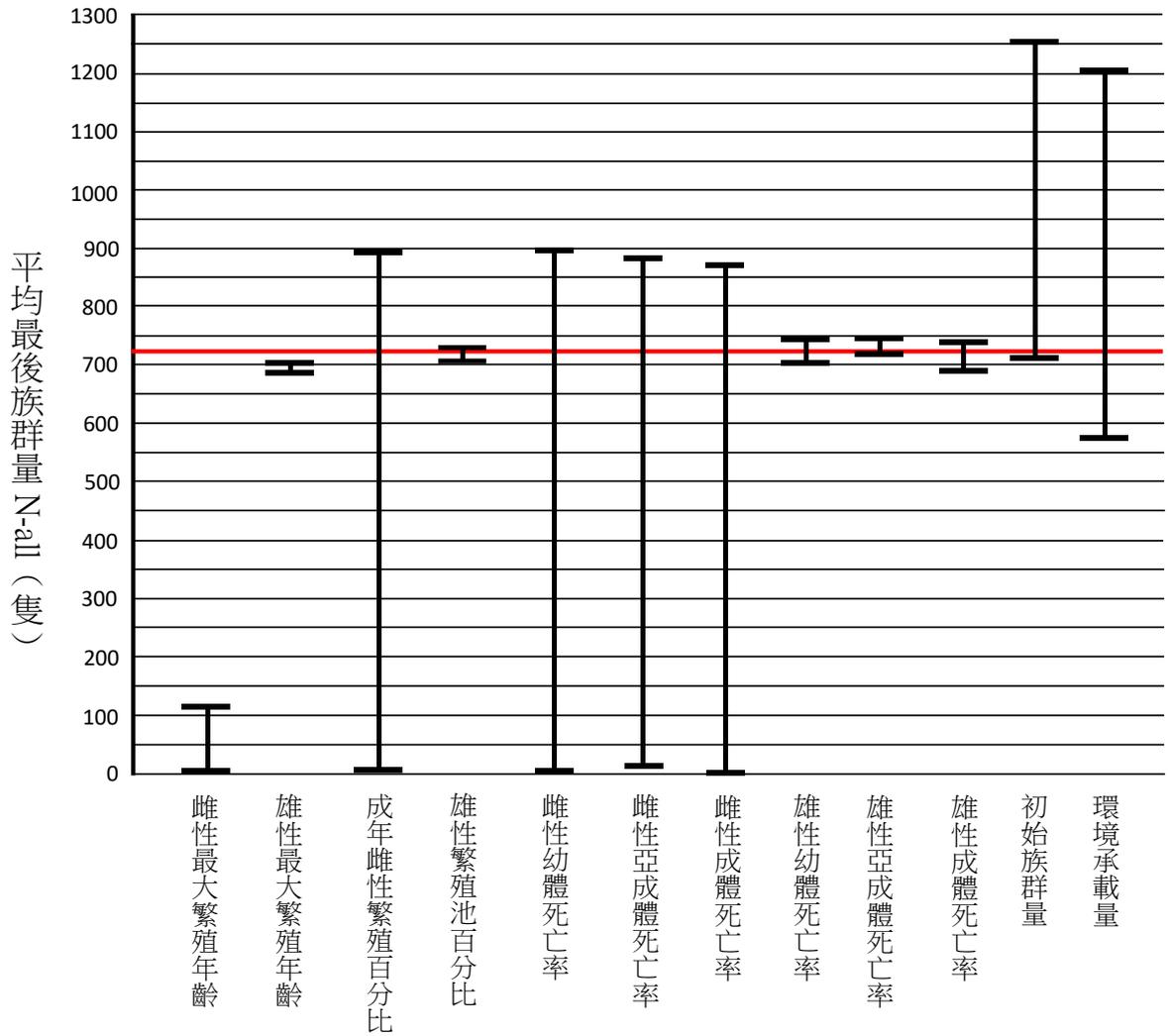


圖-5、敏感性分析結果，影響平均最後族群量(N-all)之相對重要因子。紅色線為基線模型所得之結果(N-all = 735.53)。

10. 生態功能

人類在生態系中直接或間接得到自然資源的利益，即所謂生態系統服務(Ecosystem Services)功能。貓科動物在大自然中屬於頂級消費者，在整個生態系扮演重要的角色，其生態系統服務功能包括文化、生物多樣性、農牧業、娛樂及經濟性功能(Loveridge *et al.*, 2010; Snow Leopard Working Secretariat, 2013; Thinley *et al.*, 2018)。石虎在臺灣淺山生態系食物網中屬於頂級消費者，在整個生態系屬於庇護傘物種(Umbrella species)，保育石虎能控制底層消費者的數量，維持整個食物網。維持石虎淺山生態環境可以提供使用價值(Use value)、存在價值(Existence value)、遺贈價值(Bequest value)及選擇價值(Option value)(徐惠群，2017)。除此之外，石虎的活動範圍與淺山地區農作範圍重疊，加上石虎的主要食物為鼠類，是能有效控制鼠群的益獸。鼠類是鼠疫(Plague)(衛生福利部疾病管制署，2012)、漢他病毒(Hantavirus)(衛生福利部疾病管制署，2016)等人畜共通傳染病的帶原之一，也是人畜共通寄生蟲的帶原，如廣東住血線蟲(*Angiostrongylus cantonensis*)、住肉孢子蟲(*Sarcocystis* spp.)等(張時獻等，2010)。透過石虎捕食鼠類能有效控制鼠類疾病的擴散，且能減少投放滅鼠藥所需之花費。

11. 社會及經濟面

在過去，石虎因其毛皮常被獵捕，在 1852 年「淡水廳志」中有會使用石虎毛做筆的描述，因此受到不小的狩獵壓力。根據日據時期的紀錄，原住民會捕食石虎食用及利用其毛皮，臺灣總督府警務局理蕃課狩獵調查中石虎皮的價格約在 1.5 圓。至 1940 年以後各地仍有山產店經營石虎或毛皮買賣的紀錄(王穎，1988；姜博仁等，2015)。1972 年內政部宣布全面禁獵後，石虎相關的買賣逐漸減少，但也因石虎數量快速減少，山產店的石虎買賣數量急遽減少(王穎，1988)。但即使到了最近仍有狩獵石虎的事件(裴家騏、陳美汀，2008；劉建男等，2016)，而在苗栗地區因自家飼養家禽受到石虎危害所採取的「危害防治」比例占 44%，其次是將狩獵作為「休閒活動」占 25%，另外還有食用、飼養、功效傳說和經濟利益等動機，至今仍有人認為食用石虎可以化骨、避邪、醫治腎臟、改善尿床等功效傳說(裴家騏等，2014)。

三、威脅原因分析

1. 主要威脅

(1) 棲地喪失、零碎化及劣質化¹

野生動物的棲地喪失和零碎化是影響食肉目動物生存的威脅因子之一(Riley *et al.*, 2003)。石虎活動範圍偏好覆蓋度高的森林(房兆屏, 2016; Chen *et al.*, 2016), 近年來石虎重要棲地的苗栗有許多開發案, 石虎棲地受到很大的威脅。2013年銅鑼九湖段陸上砂石開採案因記錄到石虎及當地居民反對而撤銷此開發案(洪維鋒, 2014; 劉建男、林育秀, 2017)。後龍(福祿壽)殯葬園區開發案在2010年有條件通過環評後, 原訂2012年即將動工, 若開發則直接破壞幾十公頃石虎棲地, 因破壞石虎棲地、空氣水質及噪音汙染及破壞文化遺址等爭議遭到當地居民反對, 雖然重啟環評並經過多次環評會議審查, 仍在2017年啟用施工完成啟用園區(反福祿壽殯葬園區自救會, 2012; 聯合新聞網、新媒體中心, 2019)。2014年裕隆三義二廠興建安, 原基地開發規模達78ha, 與當地石虎棲地重疊性高而引起關注及爭議, 2016年裕隆縮減一半開發面積, 並自願進入二階環評, 目前暫緩開發案(風傳媒, 2019)。2018年底一張卓蘭濕地公園空拍圖發現, 大安溪沿岸原本石虎自然棲地及擴散通道, 為了闢建5ha的苗栗縣大安溪生態景觀公園的工程大大干擾石虎棲地, 所進行的水泥工程更破壞當地的水環境資源(環境資訊中心, 2019)。臺中地區石虎棲地也受到開發的危機。2015年臺中市政府原訂在後里辦理臺中世界花卉博覽會, 其預定地因發現石虎而更改展區(自由時報, 2015; 劉建男、林育秀, 2017)。2018年鴻禧太平高爾夫球場變更籌設面積在臺中市太平區預計擴建50ha的園區, 但因開發位置位於石虎出沒潛在棲地, 經歷一年審查後環評委員多數認為對石虎棲地衝擊太大, 決議不得開發(環境保護署, 2018; 聯合新聞網, 2019)。此外, 近年來政府推動再生能源政策, 淺山地區可能被承租大量設置光電板(自由時報, 2020), 將造成石虎棲地的消失或零碎化。

除了石虎棲息地開發利用外, 道路開發或其他如河川工程也會破壞或切割石虎棲地, 影響石虎族群間交流; 研究顯示以苗栗、南投、臺中、嘉義及臺南石虎樣本進行遺傳分析發現臺灣石虎的遺傳多樣性變異度低(王翎, 2014)。苗栗地區在2010年苗50縣道拓寬興建安工程案因道路經過脆弱山坡地、保安林水源保護區、記錄到保育類石虎等因素而暫緩此開發案; 2013年台13線三義外環道新闢工程因穿越石虎棲地引起保育人士反對而暫緩, 2014年環境影響評估決議退回此專案, 該路段可行性檢討及規劃報告決議傾向原線拓寬、不再興建三義外環道(交通部公路總局, 2020); 台中地區2010年大肚區華南路新闢工程準備正式開工, 但因大肚山為石虎及狗花椒等珍貴物種的棲地, 開發會嚴重危害生態環境而受到關注, 但仍在2013年完成道路興建並通車(陳瑜鴻, 2016)。

¹對應 IUCN 1.2 商業/工業區

廊道分析中，國道 1、台 13 及三義市區是阻隔南北兩地石虎交流的主要障礙；臺中地區北屯、太平、霧峰淺山地區開發多，棲地破碎嚴重，交流遷徙的阻隔較大(林良恭等，2017)。除了道路之外，河川整治及三面光的溝渠都可能阻隔野生動物的移動。以苗栗境內來看，石虎要穿越後龍溪的阻隔不小；南投地區族群則主要受烏溪及濁水溪阻隔，降低集集攔河堰上下游的石虎交流。

(2) 道路致死²

石虎主要以森林、草生地為其棲地或活動範圍，道路切割石虎棲地造成一定數量的路殺案件，路殺是直接造成石虎死亡的重要因素之一，根據特生中心統計，自 2011 年至 2020 年 10 月 30 日彙整石虎路殺紀錄共計 114 起(已扣除非路殺案例)，以苗栗地區路殺事件 81 筆(占全臺比例 71%)最為嚴重，南投其次(21 筆，18.4%)(圖-6)。苗栗地區為石虎路殺最嚴重的區域，路殺風險評估結果以筆直、寬廣的道路因為是用路人快速的路段，是石虎路殺高危險路段(姜博仁等，2019)。根據遭路殺石虎的點位分析得知，石虎路殺地點多屬於 6-10 m 寬之道路、非直線、雙向且無分隔島、無警告標語、有路燈、100 m 內無替代通道、道路兩側皆無阻擋、無水溝/渠道且均為斜坡的道路環境，周邊則多屬於森林環境之類型，若未來要針對道路進行改善，可藉由這些方向作為參考(林育秀等，2018)。若以石虎特性來看，主要以公石虎的移動模式、母石虎在繁殖季的食物需求及亞成體或年輕成體擴散尋找領域有關；雄性石虎路殺事件多在秋冬季，可能跟年輕個體擴散及尋覓配偶有關，而雌性石虎則在春夏季遭路殺比例較高，可能與繁殖季能量需求高，因此頻繁獵食或攜帶小石虎移動有關(姜博仁等，2019)，2019 年 8 月即有母石虎攜帶幼獸雙雙遭路殺的事件發生。

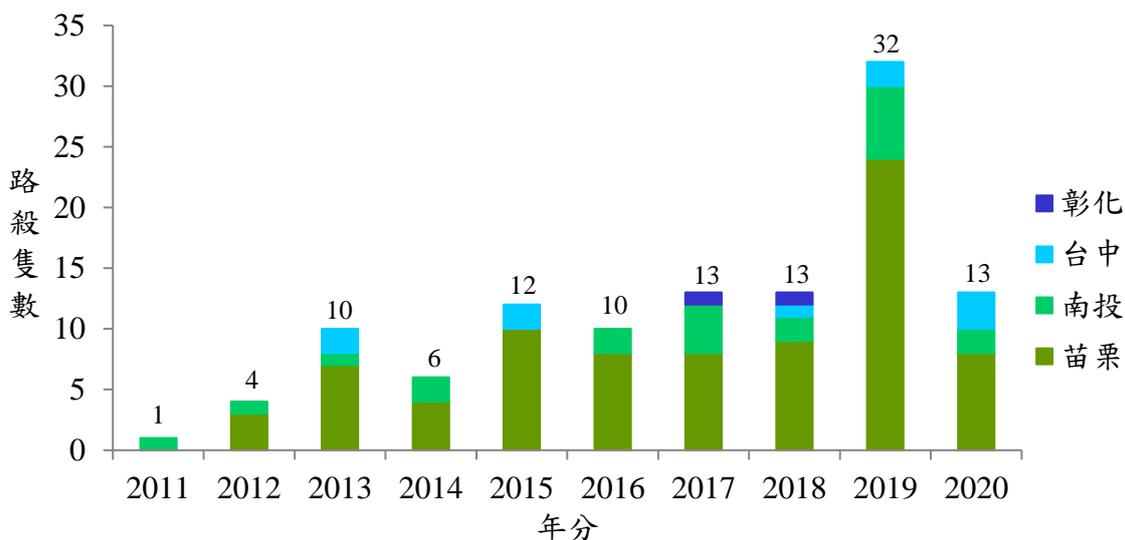


圖-6、2011 年至 2020 年 10 月各縣市通報石虎路殺隻數。

²對應 IUCN 4.1 道路/鐵路

(3) 雞舍入侵、危害及非法獵捕³

野生食肉目動物對人的生命財產安全及農畜產品的危害，是導致食肉目動物與人產生衝突的原因之一(Sillero-Zubiri and Laurenson, 2001; Suhumann *et al.*, 2012)，其中至少有 75% 的野生貓科動物有與人衝突的紀錄(Inskip and Zimmermann, 2009)。臺灣淺山地區放養家禽的農戶多有遭食肉目動物偷獵而有所虧損(裴家騏、陳美汀，2008)。在苗栗地區的訪談中，發現僅有約 24 % (n=58)知道獵殺石虎是違法的，且有將近 10 % 的農戶會聘請獵人來獵捕石虎，約 6 % 會自己獵捕，但有可能因石虎為保育類動物在訪談時有低估的情況(St. John *et al.*, 2015)。姜博仁等(2018)在苗栗後龍鎮及通霄鎮訪談 23 戶與石虎有衝突之放養家禽之農戶，確認是石虎危害的戶數達 83%，會移除石虎的比例約 32%，移除方式以獸鈹最多，其餘有請獵人捕捉、陷阱籠捕捉、用狗追趕並打死等。劉建男等(2016)針對南投縣石虎分布鄉鎮的 50 位農戶進行訪談，有 80% (40 位)表示自家農戶曾受到野生動物危害，其中有 8 位受訪者明確指出是石虎危害。在曾受野生動物危害的農戶中有 40% 使用獸鈹、吊子陷阱、網具、毒餌等陷阱移除獸類。根據特生中心野生動物急救站的收到的石虎救傷個體中，受傷原因以獸鈹夾傷的比例最高(約 63%) (林育秀等，2012)。

裴家騏、陳美汀(2008)在苗栗縣追蹤 6 隻配戴無線電發報器的石虎個體，其中 3 隻是被家禽危害防治所放置的捕獸鈹捉到的救傷野放個體。這 6 隻被追蹤的個體，有 4 隻確定是被捕捉或遭毒死，另外 2 隻也可能遭獵捕。根據當地民眾表示，因家禽經常被野生動物偷吃，會以農藥抹在未吃完的雞隻屍體上，藉以毒死隔天再來偷吃的動物。在這 6 隻追蹤個體幾乎 100% 是人為造成死亡，捕獸鈹或毒殺造成的傷害可能大於路殺對石虎的危害，只是未被發現(裴家騏、陳美汀，2008；姜博仁等，2015)。

除了養禽農戶之外，非養禽戶也會獵捕石虎，苗栗地區的一個研究結果顯示，所有受訪者中有約 80% 的受訪者認為捕捉石虎不會被警察發現，且有 36% 認為即使被警察發現也不會受罰(麥錦萱，2013)。人與石虎衝突是直接影響石虎生存的威脅之一，且當地居民普遍是石虎為害獸，對石虎的容忍度低，不支持保育工作，對未來石虎保育推廣有很大的阻礙(高嘉孜，2013)。

(4) 流浪狗攻擊石虎⁴

家犬(*Canis lupus familiaris*)及家貓(*Felis catus*)具有良好的掠食能力，在臺灣的野生動物急救站常接獲受犬貓攻擊之野生動物(余品煥、張鈞皓，2017)。2016 年底，有民眾發現 4 隻流浪狗成群攻擊 1 隻石虎，在日本也有貓咬死小石虎的紀錄(劉建男、林育秀，2017)。2019 年年初南投縣集集鎮有一隻小石虎陳屍路旁，原以為是遭路殺，後由特生中心石虎研究團隊確認是遭犬隻攻擊死亡；同年(2019 年) 9 月在南投縣中寮鄉又一筆遭犬隻攻擊死亡的雄性幼年石虎(林育秀，私人通訊)。

³對應 IUCN 2.3 畜牧業/牧場

⁴對應 IUCN 8.2 有問題的物種/疾病

2. 其他威脅

(1) 疾病⁵

野生動物傳染性疾病是影響生態平衡的因子之一，流浪貓犬身上所帶的傳染疾病可能造成陸域及水域哺乳動物疾病的感染，2018年有報導指出位於夏威夷群島的瀕臨滅絕物種夏威夷僧海豹(*Neomonachus schauinslandi*)因家貓的糞便感染弓形蟲病而死亡(Roth, 2018)。在臺灣流浪貓犬可能傳染給野生食肉目動物的疾病包括犬瘟熱(Canine Distemper Virus, CDV)、貓泛白血球減少症病毒(Feline panleukopenia virus, FPV)、貓後天免疫缺乏病毒(Feline Immunodeficiency Virus, FIV)、狂犬病(Rabies)及小病毒(Parvovirus)等(陳貞志等, 2018)。

在石虎的疾病檢測中，目前確定石虎有感染犬瘟熱、貓泛白血球減少症病毒及小病毒(裴家騏等, 2011; 陳貞志, 2018; Chen *et al.*, 2019)。犬瘟熱病毒幾乎可感染所有食肉目動物，甚至海水或淡水地區的食肉目皆可能感染，雖然可用疫苗控制，但因擴散途徑很廣難以控制，感染後會引起嚴重致死性疾病(Appel and Summers, 1995; Barrett, 1999)；裴家騏等(2011)針對救傷石虎進行疾病檢測發現，苗栗地區石虎犬瘟熱抗體陽性率高，代表曾經感染犬瘟熱的機率極高。近年來的研究發現犬小病毒第一型(Carnivore protoparvovirus 1, CPPV-1)除了感染狗之外，也會感染貓及其他食肉目動物，且在石虎身上也發現此病毒的感染，Chen *et al.* (2019)檢驗9隻收容石虎個體及17隻苗栗的路殺個體檢驗其犬小病毒的感染率發現，收容個體感染率約33.3%，而路殺個體感染率高達82.4%(Chen *et al.*, 2019)。犬小病毒可能透過糞便接觸就能傳播，攜帶病毒的犬隻進入野生動物活動範圍排便，就可能傳染給石虎，當石虎感染犬小病毒時可能會造成身體虛弱失去警覺，過馬路時未能及時反應而遭到路殺(環境資訊中心, 2018)。

(2) 人為干擾或天然災害導致的石虎幼獸失親⁶

少數石虎幼獸會因人為干擾或天災造成失親的情況，2001年至2017年有11起14隻失親的石虎幼獸被發現，包括因整地被發現的失親幼獸，及3隻幼獸在大雨後受困於水溝被撿拾的案例(劉建男、林育秀, 2017)。2019年9月在苗栗縣公館鄉一處水溝發現2隻石虎幼獸，由特生中心照顧，將視情況野放(上報快訊, 2019)。

⁵對應 IUCN 8.1 有問題的本土物種/疾病

⁶對應 IUCN 7.3 其他生態系統的改變

3. 潛在威脅

(1) 農藥及老鼠藥⁷

石虎的活動範圍包含許多農耕地，慣行農業所噴灑的農藥、除草劑、殺蟲劑及滅鼠藥以減少蟲害或鼠害對農作物的經濟損失，都會造成石虎棲地品質下降。目前雖無研究直接估算其對石虎族群的影響，但可能是普遍存在的威脅之一。若食物中含有農藥或老鼠藥，可能在石虎體內殘留毒物造成的生物累積，對石虎的生存有直接或間接的影響(姜博仁等，2015；劉建男、林育秀，2017)。有研究針對苗栗地區農耕地進行農藥檢測，在石虎會活動的範圍內檢測到高的農藥指數，雖然還未到致死毒量，但在生物累積作用下，可能會對石虎的生存造成威脅(Liao *et al.*, 2020)。

(2) 流浪犬貓的競爭⁸

流浪動物與野生動物間的衝突逐漸受到重視，許多研究發現石虎出沒的地點，同時有不少犬貓的紀錄(裴家騏、陳美汀，2008；房兆屏，2016)，家犬、家貓(包含家中犬貓、流浪犬貓和野化犬貓)所帶來的食物競爭、掠食和疾病傳染，都對石虎有一定的威脅(裴家騏、陳美汀，2008；裴家騏，2014)。家貓與石虎同為貓科動物，行為較相似，食性與其他小型肉食野生動物如石虎、麝香貓、食蟹獾等會有一定的競爭關係(裴家騏、陳美汀，2008)。

(3) 遺傳多樣性低⁹

在目前的研究顯示，石虎在南投地區的遺傳多樣性低，但由於南投地區的石虎樣本較苗栗地區少，因此可能如此造成資料的偏差，應增加樣本數進行分析，才能更確定石虎在臺灣地區的遺傳分布情形(朱有田，私人通訊)。

⁷對應 IUCN 2.3 畜牧業/牧場

⁸對應 IUCN 8.1 有問題的本土物種/疾病

⁹對應 IUCN 12.1 研究資料不足

四、保育目標與策略

(一) 保育目標

綜合以上資料及 PVA 模擬結果，如果不積極採取有效措施以降低石虎的威脅，未來 100 年石虎有極高的滅絕機率。本保育行動計畫以未來 12 年設定 3 個目標，如 3 個目標皆能達成，以 PVA 模擬結果 100 年的滅絕機率為 17%，接近 IUCN 易危的最低標準(100 年>10%)：

目標 1：全臺族群量提升至 900 隻

目標 2：平均每年路殺死亡個體減少為 5 隻

目標 3：平均每年雞舍危害死亡個體減少為 5 隻。

(二) 保育策略

策略 A：棲地面積零損失。

策略 B：加強棲地串聯。

策略 C：降低家禽危害及石虎遭獵捕數量。

策略 D：提升石虎品質。

策略 E：降低石虎路殺。

策略 F：降低非法獵捕。

策略 G：降低遊蕩犬貓對石虎的危害。

策略 H：提升域外保育量能及建立新族群。

策略 I：增加石虎生物學及生態學之知識。

策略 J：石虎保育教育推廣及資訊分享平台。

五、保育行動

本行動計畫列出 10 項保育策略及 14 項保育行動(附錄一)，敘述如下：

策略 A：棲地面積零損失。

行動 A-1：完成石虎棲地的指認：由特生中心定期公布石虎分布模擬範圍圖，相關圖層放在特生中心網站「生物資料庫」項下「生物多樣性圖資專區」。

行動 A-2：加強石虎棲地保護：石虎棲地範圍中，河川及野溪整治，新建工程及光電板設置，落實環境影響評估、生態檢核或棲地補償。

策略 B：加強棲地串聯。

行動 B-1：加強棲地連結及石虎通行廊道：針對可能造成石虎遷移阻礙的區域，採取因地制宜可以降低阻礙或加強棲地連結(例如：生態造林、濱溪綠帶維持等)的措施。

策略 C：降低家禽危害及石虎遭獵捕數量。

行動 C-1：加強石虎禽舍及危害通報的管理，降低石虎與人衝突造成的傷亡：藉由通報健全小型禽舍資料，配合實施「友善石虎生態服務給付」政策，鼓勵禽舍危害通報；協助禽舍的圍網、補強及脫序個體的處理。

策略 D：提升石虎棲地品質。

行動 D-1：減少石虎棲地農藥、滅鼠藥之使用：獎勵友善環境農作及提供技術之協助，不使用除草劑、降低農藥、滅鼠藥之使用，並協助石虎友善農產品的認證(有機認證、綠色保育標章等)、產銷及推廣，提升農民收益。

策略 E：降低石虎路殺。

行動 E-1：建立友善道路措施：檢視現有友善道路措施或聲音、光學警示裝置之成效，針對有效之措施對石虎路殺風險較高路段擴大設置。石虎棲地保持道路下方涵洞之暢通，並於評估路殺風險較高之路段，配合圍籬施作，提供石虎通行的路廊。

策略 F：降低非法獵捕。

行動 F-1：取締非法獵捕：加強非法獵捕的取締，透過「友善石虎生態服務給付」等政策，由社區組成巡守隊，移除非非法狩獵之獸鈹及陷阱，並強化區域保護。

策略 G：降低遊蕩犬貓對石虎的危害。

行動 G-1：加強石虎保育醫學：進行石虎疾病研究及監控，建立疾病檢測交流平台。

行動 G-2：降低因遊蕩犬隻導致的死亡：在石虎的分布熱區，區域性移除犬貓。

策略 H：提升域外保育量能及建立新族群。

行動 H-1：完善救傷體系：建立失親幼獸及受傷石虎個體的通報、救傷及收容，建立路死個體處理及因研究需要採取組織樣本的標準作業流程，並確認各醫療、收容及屍體與組織樣本存放單位的角色及分工。

行動 H-2：建立個體野放標準作業流程：建立石虎野化訓練及野放後追蹤之標準作業流程，並進行適合石虎移置(translocation)或再引入(reintroduction)地點的評估。

策略 I：增加石虎生物學及生態學之知識。

行動 I-1：加強石虎基礎研究，掌握族群變動趨勢：

- 使用 2 種以上的方法進行石虎族群密度估算；大尺度設置長期監測樣區，了解石虎族群變動趨勢。對石虎復育計畫項目較為重要，優先度高。
- 加強石虎活動範圍及棲地利用。對石虎復育計畫項目較為重要，優先度高。
- 石虎繁殖生物學研究。
- 加強石虎保育遺傳學研究，討論亞成體播遷模式、棲地消失、道路及河川造成的零碎化或阻隔對基因交流之影響。

策略 J：石虎保育教育推廣及資訊分享平台。

行動 J-1：提升石虎的保育觀念：舉辦石虎保育教育推廣活動或生態旅遊，並製作石虎保育宣導品。加強石虎保育人文研究，了解養禽農戶及一般民眾對石虎的認知，減輕或消除人對石虎的負面觀感。

行動 J-2：建立石虎保育夥伴關係：加強公私部門石虎相關資訊平台的連結及資訊分享，並爭取企業參與保育工作。

六、參考文獻

- 上報快訊(2019)【耳朵是圓的】 2隻石虎寶寶困水溝獲救 特生中心：牠們是一公一母。網址：https://www.upmedia.mg/news_info.php?SerialNo=71978
- 反濱葬園區自救會(2012)苗栗福祿壽殯葬園區—殯葬開發、葬送鄉土？網址：<https://www.slideshare.net/PNNPTS/20121113-15154022>
- 王翎(2014)利用粒線體與微衛星分子標記分析臺灣石虎族群遺傳結構。國立臺灣大學森林環境暨資源學研究所碩士論文，98頁。
- 王穎(1988)臺灣地區山產店對野生動物資源利用調查(III)。77年農委會生態研究第17號。
- 交通部公路總局(2020)台13線三義外環道新闢工程可行性檢討及規劃(含補充測量及地質探查)服務工作。
- 自由時報(2015)石虎出沒台中 花博開發區改闢他處。網址：<https://news.ltn.com.tw/news/politics/breakingnews/1215449>
- 自由時報(2020)通宵淺山擬設光電 保育團體優毀石虎棲地。網址：<https://news.ltn.com.tw/news/life/paper/1373890>
- 余品奐、張鈞皓(2017)獸醫師在野生動物保育中的角色。自然保育季刊 100: 38-51。
- 房兆屏(2016)南投地區石虎的分布與棲地利用。國立嘉義大學農學院森林暨自然資源學系碩士論文，65頁。
- 林育秀、丁宗蘇、鄭森松、李春霖、詹芳澤、林桂賢、蔡繼峰、林冠甫、房兆屏、莊書翔、林容安、蘇愉婷(2020)失親與脫序石虎處理流程建立與異地野放可行性評估。農委會林務局。
- 林育秀、林桂賢、詹芳澤、林冠甫(2014)石虎之域外保育研究(三)。臺北市立動物園102年度動物認養計畫成果報告，14頁。
- 林育秀、林德恩、蔣雅郁、蔡繼鋒(2018)中部地區友善道路改善計畫(苗栗、臺中及南投地區省道)。交通部公路總局，197頁。
- 林育秀、詹芳澤、林佩羿、王齡敏(2012)石虎之域外保育研究(一)。臺北市立動物園100年度動物認養計畫成果報告，12頁。
- 林育秀、詹芳澤、林桂賢、王齡敏、林冠甫(2013)石虎之域外保育研究(二)。臺北市立動物園101年度動物認養計畫成果報告，13頁。
- 林良恭、姜博仁、王豫煌(2017)重要石虎棲地保育評析(2/2)。行政院農業委員會林務局105-林發-07.1-保-30，68頁。

- 林良恭、姜博仁、陳美汀、陳家鴻、張燕伶(2009)保育類哺乳動物生習現況分析與生態資訊建置。行政院農業委員會林務局保育研究系列 97-03 號,113 頁。
- 林務局(2019)私有地友善生態服務給付方案年底完成 石虎熱點苗栗通霄、南投中寮先行試辦。網址：<https://www.forest.gov.tw/0000013/0064231>
- 祁偉廉、徐偉(1998)臺灣哺乳動物。天下文化，台北，225 頁。
- 姜博仁、林良恭、袁守立(2015)重要石虎棲地保育評析(1/2)。行政院農業委員會林務局 104-林發-07.1-保-30，89 頁。
- 姜博仁、陳美汀、王玉婷、蔡作明、曾威、李佩珍、柯伶樺(2018)石虎捕食利用模式研究—以苗栗地區放養家禽場所及森林作業空隙為例。行政院農業委員會林務局新竹林區管理處，130 頁。
- 姜博仁、曾建偉、王逸峰、王玉婷(2019)苗栗縣大尺度之路殺風險評估暨縣道 140 改善建議分析。行政院農業委員會林務局，136 頁。
- 洪維鋒(2014)參與苗栗縣內有關石虎棲地的各項開發案。生態台灣 44: 48-54。
- 苗栗縣政府農業處(2020) 109 年苗栗縣友善石虎生態服務給付試辦計畫公告正式受理申請 ~ 鄉親快來領獎金。網址：https://www.miaoli.gov.tw/agriculture/News_Content.aspx?n=633&sms=9582&s=297017&fbclid=IwAR2yIt0BRXcOYvmsWFwe8A9n2shWhPik4EFNEpq3EaAZzLw3wYooYR_0cNo
- 風傳媒(2019)石虎保育》爭議太大先暫緩？裕隆三義擴廠案申請展延 1 年再審。網址：<https://www.storm.mg/article/1075229>
- 徐惠群(2017)苗栗地區石虎棲地之里山生態環境效益評估—從非市場財到市場財。國立清華大學環境與文化資源學系社區與社會學習領域碩士在職專班碩士論文，148 頁。
- 翁國精、劉建男(2019)自動相機動物監測整合計畫(2/4)。行政院農業委員會林務局主管一般科技計畫 109 農科-10.10.1-務-e2。
- 高嘉孜(2013)苗栗縣通霄鎮石虎(*Prionailurus bengalensis chinensis*)之移除模式及衝突探討。國立屏東科技大學野生動物保育研究所碩士論文，175 頁。
- 張時獻、盧啟元、李宣信、王凱淞、林詩凡、陳柏霖(2010)臺中地區鼠及螺人畜共通寄生蟲的調查。中山醫學雜誌 21(2): 117-132。
- 莊書翔(2017)臺灣消費者對友善石虎農作隻購買意願分析。國立嘉義大學農學院森林暨自然資源學系碩士論文，82 頁。
- 莊琬琪(2012)苗栗通霄地區石虎(*Prionailurus bengalensis chinensis*)及家貓(*Felis atus*)之食性分析。國立屏東科技大學野生動物保育研究所碩士論文，59 頁。

- 陳盈如(2020)台灣石虎族群存續力分析。國立嘉義大學農學碩士在職專班碩士論文，85 頁。
- 陳美汀、李璟泓、張育誠、陳柏豪、吳佳其(2019)臺中地區淺山生態系及石虎保育推動計畫(1)第二次期中報告。行政院農業委員會林務局東勢林區管理處。81 頁。
- 陳貞志、章愛梅、陳逸芸、廖慈惠、江明熹、柯建邦(2018)國立屏東科技大學報育類野生動物收容中心疾病監測(1/3) (第 1 年/全程 3 年)。行政院農業委員會林務局 107 年度科技計畫研究報告，22 頁。
- 陳瑜鴻(2016)非營利組織反對華南路開發案之經驗分析：以政策倡導聯盟為框架。東海大學公共事務碩士專班碩士論文，194 頁。
- 鹿野忠雄(1940)台灣次高山彙に於ける哺乳類の高度分布。動物學雜誌 52: 71。
- 麥錦萱(2013)苗栗農村小型食肉目動物被獵捕之現況。國立屏東科技大學野生動物保育研究所碩士論文，62 頁。
- 裴家騏、陳美汀(2008)新竹、苗栗之淺山地區小型食肉目動物之現況與保育研究(3/3)。行政院農業委員會林務局保育研究系列 96-01 號，103 頁。
- 裴家騏、黃美秀、楊瑋誠、陳貞志、徐維莉、陳美汀、蔡其芯、梁又仁、潘怡如、王常宇(2011)瀕臨絕種野生動物保育醫學研究發展之石虎疾病研究(第 1 年/全程 1 年)。行政院農業委員會林務局 100 年度科技計畫研究報告，45 頁。
- 裴家騏、盧道杰、黃美秀、趙芝良、陳美汀(2014)苗栗地區社區參與石虎保育工作推動計畫。行政院農業委員會林務局保育研究計畫系列 100-02-08-02，125 頁。
- 趙明杰(1993)石虎的繁殖。動物園雜誌 50: 24-27。
- 劉建男、林育秀(2017)石虎的過去、現在及未來。臺灣林業 43(2): 47-52。
- 劉建男、林金樹、林育秀等(2016)南投地區石虎族群調查及保育之研究委託計畫(2/2)。行政院農業委員會林務局保育研究系列 103-05 號，117 頁。
- 劉建男、洪語晨、顏全佑、陳盈如、姚怡瑄(2018)107 年度國土生態保育綠色網絡建置之瀕危野生物保育優先性評估、行動計畫與推動-石虎保育策略研擬與研究案。行政院農業委員會特有生物研究保育中心，58 頁。
- 劉建男、陳宣汶、陳歆、顏全佑、陳盈如、廖凱鎰、彭翊倫(2020)108-109 年度石虎保育行動綱領研擬與密度估算研究案 第二年期中報告。行政院農業委員會特有生物研究保育中心，106 頁。
- 蔡明哲(2015)推動雞蛋友善生產系統之現況。農政與農情 280: 12-13。
- 蔣毓英(1685)臺灣府志(蔣志)。

- 衛生福利部疾病管制署(2012)鼠疫工作手冊。傳染病防治工作手冊。網址：
<https://www.cdc.gov.tw/Category/DiseaseManual/bU9xd21vK0l5S3gwb3VUTldqdVNnQT09>
- 衛生福利部疾病管制署(2016)漢他病毒症候群手冊。傳染病防治工作手冊。網址：
<https://www.cdc.gov.tw/Category/DiseaseManual/bU9xd21vK0l5S3gwb3VUTldqdVNnQT09>
- 鄭錫奇、張簡琳玟、林瑞興、楊正雄、張世緯(2017) 2017 臺灣陸域哺乳類紅皮書名錄。行政院農業委員會特有生物研究保育中心、行政院農業委員會林務局，35 頁。
- 環境保護署(2018)鴻禧太平高爾夫球場變更籌設面積申請案環境影響說明書。行政院環境保護署環境影響評估審查委員會的 341 次會議議程。
- 環境資訊中心(2018)小病毒讓石虎路殺機率增加 疾病預防不可忽視。網址：
<https://e-info.org.tw/node/211400>
- 環境資訊中心(2019)一手保育一手破壞？ 編 2200 萬救石虎 又以「水環境建設」毀棲地 徹底檢討聲浪起。網址：<https://e-info.org.tw/node/215857>
- 聯合新聞網(2019)守護石虎 鴻禧太平高球場擴建案闖關失敗。網址：
<https://udn.com/news/story/11322/3655633>
- 聯合新聞網、新媒體中心(2019)誰殺了石虎之三。網址：
https://udn.com/upf/newmedia/2019_data/leopardcat/topic3/
- 觀察家生態顧問有限公司(2017)臺灣中西部淺山廊道生態保育策略與架構之實踐。行政院農業委員會林務局委託研究。
- Appel, M. J. G. and B. A. Summers (1995) Pathogenicity of morbilliviruses for terrestrial carnivores. *Veterinary Microbiology* 44: 187-191.
- Barrett, T. (1999) Morbillivirus infections, with special emphasis on morbilliviruses of carnivores. *Veterinary Microbiology* 69: 3-13.
- Bashir, T., T. Bhattacharya, K. Poudyal, S. Sathyakumar and Q. Qureshi (2014) Integrating aspects of ecology and predictive modelling: implications for the conservation of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) in the Eastern Himalaya. *Acta Theriologica* 59: 35-47.
- Best, I. and K. J.-C. Pei (2019) Factors influencing local attitudes towards the conservation of leopard cats *Prionailurus bengalensis* in rural Taiwan. *Oryx*: 1-7.

- Brongersma, L. D. (1935) Notes on some Recent and fossil cats, chiefly from the Malay archipelago. *Zoologische Mededeelingen* 18: 1-89.
- Chen, C.-C., A.-M. Chang, T. Wada, M.-T. Chen and Y.-S. Tu (2019) Distribution of carnivore protoparvovirus 1 in free-living leopard cat (*Prionailurus bengalensis chinensis*) and its association with domestic carnivores in Taiwan. *PLoS ONE* 14(9): 1-10.
- Chen, M.-T., Y.-J. Liang, C.-C. Kuo and K. J.-C. Pei (2016) Home ranges, movements and activity patterns of leopard cats (*Prionailurus bengalensis*) and threats to them in Taiwan. *Mammal Study* 41: 77-86.
- Chua, M. A. H., N. Sivasothi and R. Meier (2016) Population density, spatiotemporal use and diet of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) in a human-modified succession forest landscape of Singapore. *Mammal Research* 61: 99-108.
- CITES (2020) Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. <https://www.cites.org/>
- Colwell, R. K. and D. J. Futuyma (1971) On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology* 52: 567-576.
- Desmarest, A. G. (1816) *Chat*. Nouveau dictionnaire d'histoire naturelle 6: 73-123.
- Elliot, D. G. (1871) Remarks on various species of Felidae with a description of a new species from north-western Siberia. *Proceedings of the Zoological Society of London* 39, 758-761.
- Fantle-Lepczyk, J., A. Taylor, D. C. Duffy, n L. H. Crampto and S. Conant (2018) Using population viability analysis to evaluate management activities for an endangered Hawaiian endemic, the Puaiohi (*Myadestes palmeri*). *Plos One*. 13(6): e0198952
- Gray J. E. (1842) Descriptions of some new genera and fifty unrecorded species of Mammalia. *Annals and Magazine of Natural History* 10: 255-267.
- Groves, C. P. (1997) Leopard-cats, *Prionailurus bengalensis* (Carnivora: Felidae) from Indonesia and the Philippines, with the description of two new subspecies. *Zeitschrift fur Säugetierkunde* 62: 330-338.
- Horsfield T. 1821. *Zoological researches in Java and the neighbouring islands*. Kingbury, Parbury and Allen, London.
- Imaizumi, Y. (1967) A new genus and species of cat from Iriomote, Ryukyu Islands. *Journal of the Mammalogical Society of Japan* 3: 75-106.

- Inskip, C. and A. Zimmermann (2009) Human-field conflict: a review of patterns and priorities worldwide. *Oryx* 43(1): 18-34.
- IUCN (2020) The IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org/>
- Kerr, R. (1792) *The Animal Kingdom or zoological system of the celebrated Sir Charles Linnaeus. Class I. Mammalia: Containing a complete systematic description, arrangement, and nomenclature, of all the known species and varieties of the mammalia, or animals which give suck to their young, being a translation of that part of the Systema Naturae as lately published with great improvements by Professor Gmelin of Goettingen together with numerous additions from more recent zoological writers and illustrated with copper plates.* Printed for A. Strahan, and T. Cadell, London, and W. Creech, Edinburgh.
- Kitchener, A. (1998) *The Natural History of Wild Cats.* Cornell University Press, Comstock Publishing Associates.
- Lee, O., S. Lee, D.-H. Nam and H. Y. Lee (2014) Food habits of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis euptilurus*) in Korea. *Mammal Study* 39: 43-46.
- Levins, R. (1968) *Evolution in changing environments.* Princeton University Press, New Jersey.
- Liao, J.-Y., C. Fan, Y.-Z. Huang and K. J.-C. Pei (2020) Distribution of residual agricultural pesticides and their impact assessment on the survival of an endangered species. *Journal of Hazardous Materials* 389: 121871.
- Lorica, M. R. P. and L. R. Heaney (2013) Survival of a native mammalian Carnivore, the leopard cat *Prionailurus bengalensis* Kerr, 1792 (Carnivora: Felidae), in an agricultural landscape on an oceanic Philippine island. *Journal of Threatened Taxa* 5(10): 4451-4560.
- Loveridge, A. J., S. W. Wang, L. G. Frank and J. Seidensticker (2010) People and wild felids: conservation of cats and management of conflicts. pp.161-195. In D. W. Macdonald and A. J. Loveridge eds. *Biology and Conservation of Wild Feids.* Oxford University Press, UK.
- Mohamed, A., J. Ross, A. J. Hearn, S. M. Cheyne, R. Alfred, H. Bernard, R. Boonratana, H. Samejima, M. Heydon, D. M. Augeri, J. F. Brodie, A. Giordano, G. Fredriksson, J. Hall, B. Loken, Y. Nakashima, J. D. Pilgrim, Rustam, G. Semiadi, T. van Berkel, J. Hon, N. T-L. Lim, A. J. Marshall, J. Mathia, D. W. Macdonald, C. Breitenmoser-Würsten, S. Kramer-Schadt and A. Wilting (2016)

- Predicted distribution of the leopard cat *Prionailurus bengalensis* (Mammalia: Carnivora: Felidae) on Borneo. *Raffles Bulletin of Zoology* 33: 180-185.
- Murayama, A. (2008) The Tsushima leopard cat (*Prionailurus bengalensis euphilura*): population viability analysis and conservation strategy. MSc Thesis, Imperial College London, London.
- Nakanishi, N., F. Ichinose, G. Higa and M. Izawa (2009) Age determination of the Iriomote cat by using cementum annuli. *Journal of Zoology* 279: 338-348.
- Okamura, M., T. Doi, N. Sakaguchi, and M. Izawa. (2000) Annual reproductive cycle of the Iriomote cat *Felis iriomotensis*. *Mammal Study* 25:75-85.
- Patel, R. P., S. Wutke, D. Lenz, S. Mukherjee, U. Ramakrishnan, G. Veron, J. Fickel, A. Wilting and D. W. Förster (2017) Genetic structure and phylogeography of the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) inferred from mitochondrial genomes. *Journal of Heredity* 108(4): 349-360.
- Pianka, E. R. (1973) The structure of lizard communities. *Annual Review Ecological System* 4: 53-74.
- Pocock, R. I. (1939) Fauna of British India, including Ceylon and Burma. Mammalia – Vol. I. Primates and Carnivora (in part), Families Felidae and Viverridae. Taylor & Francis, London.
- Reed, D. H., J. J. O'Grady, J. D. Ballou and R. Frankham (2003) The frequency and severity of catastrophic die-offs in vertebrates. *Animal Conserv.* 6:109-114
- Reed, J. M., L. S. Mills, J. B. Dunning, E. S. Menges, K. S. McKelvey, R. Frye, S.R. Beissinger, M.-C. Anstett and P. Miller (2002) Emerging issues in population viability analysis. *Conservation Biology* 16: 7-19.
- Riley, S. P. D., R. M. Sauvajot, T. K. Fuller, E. C. York, D. A. Kamradt, C. Bromley and R. K. Wayne (2003) Effects of urbanization and habitat fragmentation on bobcats and coyotes in southern California. *Conservation Biology* 17(2): 566-576.
- Roth, A (2018) 'Kitty litter' parasite is wiping out one of Earth's rarest seals. *National Geographic*.
<https://www.nationalgeographic.com/animals/2018/07/seals-endangered-species-health-disease-oceans/>

- Schmidt, K., N. Nakanishi, M. Izawa, M. Okamura, S. Watanabe, S. Tanaka, and T. Doi. (2009) The reproductive tactics and activity patterns of solitary carnivores: the Iriomote cat. *Journal of Ethology* 27:165-174.
- Shaffer, M. L. (1981) Minimum population sizes for species conservation. *Bioscience*. 31: 131-134.
- Shehzad, W., T. Riza, M. A. Nawaz, C. Miquel, C. Poillot, S. A. Shah, F. Pompanon, E. Coissac and P. Taberlet (2012) Carnivore diet analysis based on next-generation sequencing: application to the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) in Pakistan. *Molecular Ecology* 21: 1951-1963.
- Sillero-Zubiri, C. and K. Laurenson (2001) Interactions between carnivores and local communities: conflict or co-existence? pp.282-312. In J. Gittleman, S. Funk, D. W. Macdonald and R. K. Wayne eds. *Carnivore Conservation Symposia*. Zoological of London, UK.
- Snow Leopard Working Secretariat (2013) *Global Snow Leopard and Ecosystem Protection Program* Bishkek, Kyrgyz Republic. 71 pp.
- Sody, H. J. V. (1949) Notes on some Primates, Carnivora and the babirusa from the Indo-Malayan and Indo-Australian regions. *Treubia* 20: 121-190.
- St. John, F. A.V., C.-H. Mai and K. J.-C. Pei (2015) Evaluating deterrents of illegal behavior in conservation: Carnivore killing in rural Taiwan. *Biological Conservation* 189: 86-94.
- Suhumann, B., J. L. Walls and V. Harley (2012) Attitudes towards carnivores: the views of emerging commercial farmers in Namibia. *Oryx* 46(4): 604-613.
- Sunquist, M. and F. Sunquist (2002) *Wild cats of the world*. The University of Chicago Press, Chicago. 462 pp.
- Swinhoe, R. (1870) Catalogue of the Mammals of China (south of the River Yangtze) and of the Island of Formosa. *Proceeding of Zoological Society London*. 347-367.
- Tamada, T., B. Siriaroonrat, V. Subramaniam, M. Hamachi, L.-K. Lin, T. Oshida, W. Rerkamnuaychoke and R. Masuda (2008) Molecular diversity and phylogeography of the Asian leopard cat, *Felis bengalensis*, inferred from Mitochondrial and Y-Chromosomal DNA Sequences. *Zoological Science* 25: 154-163.

- Thinley, P., R. Rajanathan, J. P. Lassoie, S. J. Morreale, P. D. Curtis, K. Vernes, L. Leki, S. Phuntsho, T. Dorji and P. Dorji (2018) The ecological benefit of tigers (*Panthera tigris*) to farmers in reducing crop and livestock losses in the eastern Himalayas: Implications for conservation of large apex predators. *Biological Conservation* 219: 119-125.
- Watanabe, S. (2009) Factors affecting the distribution of the leopard cat *Prionailurus bengalensis* on East Asian islands. *Mammal Study* 34: 201-207.
- Wootton, J. T. and D. A. Bell (2014) Assessing predictions of population viability analysis: Peregrine Falcon populations in California. *Ecological Application* 24: 1251-1257.

8. 外來疾病	8.1 外來物種/疾病侵入	7. 降犬的危險	7-2 因遊蕩導致的死亡	農委會畜牧處、縣市政府	在石虎的分布熱區區域性移除犬貓。	石虎分佈數量下降趨勢	持續性
7. 自然系統改變	7.3 其他系統改變	8. 提升保育及族群	8-1 完善救傷體系	林務局、特生中心、動物科中心	建立失親幼獸及受傷石虎的通報、救傷及處理的標準作業程序、收容及醫療、存放樣本。	石虎收容及處理的組織及標準作業程序 1 份	短期
7. 自然系統改變	7.3 其他系統改變	8. 提升保育及族群	8-2 建立野放標準作業程序	林務局、特生中心	建立石虎野化訓練及野放後追蹤並進行適合石虎移置地點的評估。	石虎野放標準作業程序 1 份；野放點評估結果 1 份	短期
12. 其他項	其選	12.1 研究不足	9. 增加生物學知識	科部、林務局、政府、臺北市動物園	建立石虎長期監測樣區，了解石虎族群變動趨勢。	發表學術文章 1 份	持續型
					加強石虎活動範圍及棲地利用。	發表學術文章 1 份	短期
					加強石虎繁殖生物學研究。	發表學術文章 1 份	長期
					加強石虎保育遺傳學研究，探討亞成體播遷及模式、棲地消失、道路阻隔造成的零碎化或阻礙基因交流之影響。	發表學術文章 1 份	長期
12. 其他項	其選	12.2 教育推廣不足	10. 石虎教育及推廣平台	林務局、特生中心、科技部、縣市政府、NGO	舉辦石虎保育教育推廣活動或生態旅遊，並製作石虎保育宣導品。	每年舉辦石虎相關活動數場	持續性
					加強石虎保育人文研究，了解養禽農戶及一般民眾對石虎的認知，減輕或消除對石虎的負面觀感。	民眾對石虎認知及好感度逐年增加	持續性
					加強公私部門石虎相關資訊平台的連結及資訊分享，並爭取企業參與工作。	完成石虎夥伴關係建立	短期

註 a: 威脅類別參考 IUCN 歸類(<https://www.iucnredlist.org/resources/threat-classification-scheme>)，

計有 12 主項：1 住宅/商業開發；2 農業/水產養殖；3 能源生產/採礦；4 運輸/交通廊道；5 生物資源利用；6 人類入侵/干擾；7 自然系統改變；8 入侵/其他有問題的物種、基因和疾病；9 污染；10 地質事件；11 氣候變化/惡劣天氣；12 其他選項(說明內容)。各主項下還有次項。

b: 執行期程指最後完成時間，分為短期、中期、長期、持續性；分別意指，4 年、8 年、12 年內完成，以及須持續進行者。

附錄二、諮詢過程

- (一) 2016 年 12 月 23 日行政院農業委員會林務局召開「石虎保育行動工作坊第一次會議」，針對石虎保育行動之研究監測、農藥毒鼠藥問題、流浪犬貓或道路改善等涉及科學研究與行政機關專業及權責，透過工作坊各單位報告分享，了解石虎面臨威脅，聚焦相關保育策略規劃面向，擬定行動綱領草案。
- (二) 2019 年 2 月 23 日行政院農業委員會林務局召開「研商石虎保育研究現況與未來規劃會議」，由各研究團隊報告石虎相關研究內容及經驗分享，列出石虎所面臨問題，討論如何規劃未來石虎相關研究與保育方向。
- (三) 2019 年 4 月 3 日行政院農業委員會林務局召開「108 年度第 1 次石虎保育研究專家會議」，針對石虎進行中或已完成執行之研究項目進行討論，持續修改石虎保育行動綱領。針對 2019 年東海大學預計主辦第三屆國際石虎保育研討會與實務工作坊進行報告及討論。
- (四) 2019 年 5 月 27 日苗栗縣政府召開「苗栗縣第一次石虎保育工作坊會議」，針對苗栗縣石虎生態給付獎勵計畫、石虎危害雞舍補償及限制伐採淺山林木補償 3 議題進行討論。
- (五) 2019 年 9 月 26 日行政院農業委員會林務局召開「研商石虎保育措施會議」，討論石虎保育醫學相關議題，決議石虎屍體統一送特生中心完成採樣後，轉送家畜衛生所進行解剖採檢；於同年 11 月 27 日邀集野生動物傷亡監測單位對石虎是否施打疫苗進行討論，最後決議不宜貿然施打疫苗。
- (六) 2019 年 11 月 12 日國立嘉義大學召開「石虎保育行動綱領第一次顧問專家會議」，針對已擬定之石虎保育行動綱領草案進行討論增修，並協助族群存續力分析(PVA)之參數修正。
- (七) 2020 年 6 月 19 日國立嘉義大學召開「石虎保育行動綱領第二次顧問專家會議」，以石虎相關研究成果及族群存續力分析(PVA)之結果，討論未來可執行之保育策略。
- (八) 2020 年 9 月 11 日行政院農業委員會林務局召開瀕危野生動物保育行動計劃「哺乳類-石虎保育平台工作會議」，針對路殺、雞舍衝突及流浪犬貓威脅進行各單位案例分享，列出擬定工作計畫，改善石虎保育行動綱領的擬定及評估其考核標準。
- (九) 2020 年 11 月 16 日於特有生物研究保育中心野生動物急救站召開「石虎保育行動綱領第三次顧問專家會議」，邀集林務局、地方政府、臺北市立動物園及專家學者一同討論保育行動策略及行動。

附錄三、權益關係人或團體

- (一) 政府單位：農委會林務局暨所屬林區管理處、農委會特生中心、農委會防檢局、農委會家衛所、農委會農糧署、農委會水保局、經濟部水利署、交通部高速公路局、交通部公路總局、內政部警政署、臺北市立動物園、科技部等。
- (二) 學術單位：屏東科技大學、嘉義大學、臺灣大學、臺灣師範大學、東海大學、華梵大學等。
- (三) 民間單位：台灣石虎保育協會、野聲環境生態顧問有限公司、觀察家生態顧問有限公司、苗栗縣自然生態學會、社團法人臺北動物保育教育基金會、慈心基金會、台灣之心愛護動物協會、南投縣友善石虎農作促進會等。

附錄四、近期保育成果

- (一) 友善道路及智慧道路系統之建立：2017 年交通部公路總局推動中部地區(苗栗、臺中及南投地區省道)友善道路改善計畫，由行政院農委會特生中心及國立中興大學合作執行，開發分成用「路人緩速與警示」和「生物緩速」兩大類，內容包括車輛感應與警示緩速，同時利用自動化動物辨識系統辨識靠近道路的動物種類。
- (二) 友善石虎生態服務給付：2019 年林務局針對苗栗縣通霄鎮及南投縣中寮鄉辦理，獎勵在石虎棲地範圍採友善農法耕種者、參與棲地維護之社區及配合石虎監測通報之家禽飼養戶。
- (三) 綠色保育標章：2014 年起農委會特生中心石虎研究團隊與慈心基金會、南投縣政府合作，在南投地區石虎的棲地推廣友善石虎農作。
- (四) 流浪犬貓的族群控制：2020 年社團法人台灣之心愛護動物協會與台灣石虎保育協會合作，針對石虎活動區域執行流浪犬絕育計畫。
- (五) 域外保育：2012 年至今特生中心急救站在台北市立動物園動物認養計畫下嘗試多對救傷石虎的配對，除建立石虎繁殖生物學基礎資料外，也期望能訓練足以野放之石虎個體。
- (六) 石虎疾病之鑑定：2018 年屏東科技大學在石虎路殺個體病毒分析發現部分石虎個體感染貓泛白血球減少症病毒與犬小病毒，犬小病毒的感染率發現，路殺個體感染率高。
- (七) 保育推廣：目前已有非常多石虎相關的吉祥物、遊戲、工作坊及研習班等，希望更多民眾能認識石虎，甚至針對社區舉辦保育行動工作坊，將文化、生產融入保育之中。

附錄 5、第一年期末報告審查意見回覆對照表

一、開會時間：108 年 12 月 20 日（星期五） 下午 14 時 00 分

二、開會地點：特生中心研究大樓第一會議室

三、主持人：林研究員兼副主任旭宏

審查委員	審查意見	意見回覆
夏委員榮生	<ol style="list-style-type: none"> 1. 針對族群量之說明建議統一或加強說明。 2. 針對7號個體出現的範圍很大，或出現頻度較高，是否有較詳細可分析或說明的故事。 3. 今年度於原樣區以一地點架2相機方式拍攝，取得諸多影像，如果相較於隨機取樣是否有差異？另跟單邊影像資料是否有納入分析？ 4. 108年7月間農委會推出「友善石虎生態服務給付」措施，中寮是推動點之一，是否有協力可配合之處。 5. 已解剖4隻石虎屍體屍體，均為之前死亡冰凍個體，有否考慮以近期新鮮死亡個體。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 林良恭等(2017)估計全台石虎族群量約有468-669隻，本研究報告統一以此數字論述。 2. 由於相機照片無法準確辨識性別或年齡，因此只能用出現的點位來保守估計其活動範圍。未來該個體如持續被拍攝到，可以進一步分析其活動範圍的季節性差異、活動模式及是否與其他個體有互動關係等資訊。 3. 前一年度僅在單邊使用一台相機拍攝，該資料可以用來分析石虎的分布、活動模式及各樣點的相對豐富度等。單邊拍到的照片有些可以用來辨識個體，但若要更準確的辨識個體並進一步估算族群密度，還是要用雙邊相機，因為石虎兩側的花紋不一致，同時拍攝兩側花紋有助個體判別。 4. 生態給付的相機架設方式與本研究不同，目前資料未能整合。本研究下階段會在北中寮第二樣區進行試驗，會參考石虎生態給付計畫所拍攝到的石虎點位優先使用作為樣點。 5. 現階段新鮮路殺個體皆會送至農委會家畜衛生試驗所，未來會與家衛所接洽取得樣本的方式。冷凍屍體基本上保存恰當的話，多數寄生蟲都能被保存。

	<p>6.本案須辦理3次專家會議進行行動綱領之制定,11月召開之專家會議之專家群均屬相較年輕專家,後續應有不同世代專家,以利後續執行之共識。</p>	<p>6.遵照委員意見辦理。</p>
翁委員國精	<p>1.建議原定想分析每台相機OI值和辨識出個體之相關性,修改成不同時間點之整體OI和辨識出個體較能符合族群概念。</p> <p>2.文獻提及樣區大小,是否有提及應該要有多少相機數量(密度)才足夠去估算族群量。</p> <p>3.文中提及目前檢驗路殺屍體提及大多為亞成,應直接寫出幾隻。</p> <p>4.寄生蟲的結果內文部分應該更為詳述,另確認CDC的圖可否直接使用,確認須授權與否且增加說明。</p> <p>5.行動綱領中文獻回顧和保育行動可明確分開。</p> <p>6.針對密度估算可將時間軸再細分。</p>	<p>1.謝謝委員意見。後續將嘗試依照委員的建議進行分析。</p> <p>2.該文獻並無提及最少相機數量,後續將持續搜尋其他文獻,是否有最小相機數量的相關論述。</p> <p>3.目前檢驗之4隻個體皆判定為亞成體,已於內文修正。</p> <p>4.遵照委員意見辦理。目前CDC的圖已附上來源網址。</p> <p>5.謝謝委員建議,未來保育行動計畫將依照保育中心的模板來撰寫。</p> <p>6.遵照委員意見辦理,結果將於下次報告呈現。</p>
林委員瑞興	<p>1.密度估算方法學的適用性應進行考量,且因為有PVA的分析,這研究是否可提供存活率的資料?</p> <p>2.是否借用其他影像辨識方法解決人力門檻。</p>	<p>1.本研究因相機設置的時程較短,因此從相機資料不容易得到存活率的資料。</p> <p>2.謝謝委員意見。目前有嘗試利用國外已經開發出來利用野生動物斑紋作為個體辨識的軟體來進行石虎的個</p>

	<p>3.可繁殖年齡的界定，直接說明一歲是指幾個月齡。</p> <p>4.針對PVA的結果詮釋在解讀及說明上應較謹慎。</p> <p>5.行動計畫書的格式將統一用相同模板。</p> <p>6.行動計畫應列出經費所需，以利於評估可採取之保育行動。</p> <p>7.行動計畫應有明確目標，建議以10年期為一個評估時程，確定保育行動成功與否，而以5年為一個檢查點確認狀況(理想狀態，畢竟台灣無法源依據)。</p>	<p>體辨識，如有結果將於後續的各期報告中呈現。</p> <p>3.本研究的一歲是指12月齡，已於內文修正。</p> <p>4.遵照委員意見辦理。</p> <p>5.敬悉。未來將依據模板格式來撰寫。</p> <p>6.遵照委員意見辦理。</p> <p>7.遵照委員意見辦理。</p>
--	--	---

附錄 6、第二年期初報告審查意見回覆對照表

一、開會時間：109 年 3 月 18 日（星期三） 上午 10 時 00 分

二、開會地點：特生中心研究大樓第一會議室

三、主持人：林研究員兼副主任旭宏

審查委員	審查意見	意見回覆
鄭委員錫奇	<ol style="list-style-type: none"> 1.石虎的照片辨識率為何？是否影響密度估算？ 2.要選多少樣區才能估算南投地區石虎的密度及數量？ 3.寄生蟲相是否影響石虎個體的健康狀況？在文中描述。 4.是否有最小可存活族群數量（Minimum Viable Population Size, MVP）估算？ 5.PVA的滅絕機率是否納入行動綱領撰寫的考量？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1.石虎個體辨識會有2-3人進行盲測，測試其辨識準確度及不同人辨識的差異。 2.南投地區算是石虎密度較高的地區，因此目前就選擇兩個樣區來進行密度估算。 3.謝謝委員意見。將俟寄生蟲資料蒐集完整後，一併於文中敘述討論。 4.從PVA結果是可以去設定估算MVP。後續將納入分析。 5.未來訂定保育目標時，可用PVA模擬的滅絕機率及估算的MVP來協助訂定。
林委員瑞興	<ol style="list-style-type: none"> 1.估算個體是否針對成體？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1.本研究都是針對成體去進行族群的估算。
林委員旭宏	<ol style="list-style-type: none"> 1.如何運用密度資料以估算族群數量？以現有資料是否會高估族群數量？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1.在密度估算出來後，可以依據前人文獻所預測的石虎重要棲地的面積，進行全台石虎族群量的估算。本研究有兩個密度估算值，目前在苗栗及台中地區也有以個體辨識來進行族群密度估算隻研究，屆時有較多樣區的密度資料，比較不會有高估情形。

附錄 7、第二年期中期報告審查意見回覆對照表

一、開會時間：109 年 7 月 17 日（星期五） 下午 15 時 00 分

二、開會地點：特生中心研究大樓第一會議室

三、主持人：林研究員兼副主任旭宏

審查委員	審查意見	意見回覆
翁委員國精	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有關族群估算的方法學要寫清楚，在結果將左右分開，是左右邊分開分析?還是兩邊一起進行辨識? 2. 為何族群估算模型使用最簡單的Model 0?應該將各模型都列出去選擇標準誤最小的模型。 3. 在內文要多加描述捕獲次數、捕獲地點、捕獲狀況等。 4. 內文表1說明說明其信賴區間。 5. 族群估算的平均值是多少要在內文撰寫。 6. 所計算出的預估值應該比看到的要來的多，但本篇結果是差不多，是這地區真的只有這些個體?還是因為某些限制造成一些個體拍不到?此極端可能要稍微描述探討。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員意見。本計畫族群量估算是左右分開，已補充於內文及表1。族群密度則是取左右兩邊估算的密度值的範圍。 2. 遵照委員意見辦理。已補充於內文、表2及表3。 3. 本計畫目的在建立個體辨識的方法學及估計族群密度。每隻個體在不同地點的捕獲狀況太過繁瑣，因此僅補充有多少隻個體有在2個以上的點位被拍攝到之資訊。 4. 不同模式估計的族群量的95%信賴區間已補充於表2及表3。 5. 不同模式族群量的估計值及區間補充如表2及表3。 6. 石虎的活動範圍約2-6平方公里，本計畫相機架設是每平方公里1台，相機密度算高，所估算的族群密度應有相當高的可信度。但目前無法知道是否有些個體沒被拍到也無法從模型中估算，未來可以設計更久的監測，來了解族群的變動。

	<p>7.族群估算流程現在寫的跟方法一樣，應該依照實際辨識狀況結果進行修正。</p> <p>8.寄生蟲部分，現在寄生蟲在其他貓科是偏多、偏少或其他狀況，應在內文加以描述。</p> <p>9.寄生蟲的參考文獻沒有列出。</p> <p>10.圖目錄中圖8-13可以刪減，不用寫這麼多。</p> <p>11.行動綱領修正及回應各專家的地方應列回應對照表。</p> <p>12.盲測結果沒有顯著差異是在比較甚麼的顯著差異？</p> <p>13.利用單一相機OI值和個體進行比較的結果很好，未來希望能用多台相機平均的OI值和個體進行比較。</p> <p>14.從PVA結果看到雌性個體影響比較大，但在保育策略上不太可能只針對雌性個體，敏感性分析如何用在行動綱領上？</p> <p>15.犬貓及石虎的OI值有甚麼關聯，這可進行分析。</p>	<p>7.遵照委員意見辦理。</p> <p>8.國外其他貓科動物寄生蟲的研究較少。本報告已補充部分國外家貓及豹貓的寄生蟲相關的討論。</p> <p>9.謝謝委員意見，參考文獻已附上。</p> <p>10.已遵照委員意見修正。</p> <p>11.遵照委員意見辦理。</p> <p>12.本報告每個相機樣點的石虎個體數，除了主要辨識人員以外，另有2位人員進行盲測，主要在比較3個人在每個相機樣點所辨識出的石虎個體數是否有顯著差異。</p> <p>13.謝謝委員意見。未來台中或苗栗地區如有類似的樣區，可以每個樣區的平均OI值和個體數，進行樣區間的比較。</p> <p>14.謝謝委員意見。如果某項威脅(例如雞舍入侵)雌性的比例較高，及可針對該項威脅加強保育措施。此外，敏感性分析亦發現起始族群量及族群乘載量亦是重要因子，可提供設定保育策略及行動之參考。</p> <p>15.生物之間的互相影響，不容易以短時間的OI值資料來判斷及解釋，未來可進行較長時間的監測，方能有效分析犬貓與石虎OI值的關聯。</p>
夏委員榮生	1.本篇研究一隻石虎的活動範圍是否和過去研究的活動範圍	1. 本研究兩個樣區的1/2MMDM分別為1,304.65公

	<p>圍相似?</p> <p>2.這些活動範圍是否可以確認是領域範圍、經過或是覓食行為?</p> <p>3.密度估算比過去研究來的高,是所選的樣區本身密度就高,還是因為有個更多研究發現密度其實沒有過去想像來的低?</p> <p>4.行動計畫中專家要求有些難處,或許未來可進行國際研討會邀請國外學者來討論石虎議題。</p> <p>5.有些可能要評估,有些好的政策面可能不用進行評估,可透過國外學者進行討論。</p> <p>6.犬貓還是需要進行討論,應把所有問題都列出來進行討論。</p> <p>7.行動綱領列得太過詳細,有些可以簡化,不要列出53項。</p> <p>8.寄生蟲的結果可以寫得更詳細,可能可作為行動綱領政策</p>	<p>尺及904.75公尺,換算成活動範圍分別為4.22及2.57平方公里,落在過去研究2-6平方公里的範圍內。</p> <p>2.謝謝委員意見,目前多數個體無法知道是領域還是剛好經過被拍到,但有少數個體有較多的拍攝紀錄,亦在部分相機樣點有重複被拍攝,應為領域範圍。</p> <p>3.本研究兩個樣區在南投有石虎分布的範圍是屬於OI值較高的區域,但過去常被使用陳美汀(私人通訊)每32平方公里7-10隻的密度值,也是認為是苗栗地區密度較高的區域。因此,本研究結果支持石虎密度可能比以前認知的高一些,但這有待更多資料佐證。</p> <p>4.謝謝委員意見,會轉知林務局,未來如有機會,可邀請國外貓科專家來提供意見。</p> <p>5. 謝謝委員意見,未來如有機會,可邀請國外貓科專家來提供意見。</p> <p>6. 林務局於2020年9月11日有召開工作會議,邀請農委會防檢局、畜牧處及縣市政府針對犬貓議題進行討論。目前行動計畫針對犬貓部分,已加入可以執行的項目。</p> <p>7.謝謝委員意見。目前已精簡至10個保育策略14個保育行動。</p> <p>8.感謝委員意見,相關資料已補充於報告內文。</p>
--	---	---

	<p>的擬定。</p>	
<p>林委員旭宏</p>	<p>1.雞舍危害可能比現在所列的數量影響更大。</p> <p>2.犬貓到底造成多少危害是否可放在PVA來看其危害。</p>	<p>1.謝謝委員意見。過去對於雞舍危害造成的石虎傷亡數量無法準確估計，的確有可能更多。這兩年林務局推動石虎生態給付方案，鼓勵雞舍危害的通報並給予獎金，已看出成效，因雞舍危害的數量已大為減少。</p> <p>2.目前尚無犬貓危害的量化數據，即使自訂一個數字進行PVA分析，恐怕產生錯誤解讀或結果被誤用。因此，暫不進行該項模擬。</p>

附錄 8、第二年期末報告審查意見回覆對照表

一、開會時間：109 年 12 月 11 日（星期五） 上午 10 時 00 分

二、開會地點：特生中心研究大樓第一會議室

三、主持人：林研究員兼副主任旭宏

審查委員	審查意見	意見回覆
翁委員國經	<p>1.P.8(范振華等，2014)方法學部分不用引用國內文章，盡量使用國外SCI文章。</p> <p>2.為何族群量估算要以7天為一個捕捉回合、3個月為一個Section?如果要做SOP方法流程應該要做不同天數的比較再去確定要以多少天為一回合。</p> <p>3.目前模型用M0的結果和實際狀況差不多，但如果實際情況石虎拍攝可能受時間影響，可以強制使用Mt的模型；或是情況可以使用Mh模型。</p> <p>4.P.17 1/2MMDM代表石虎活動範圍之半徑是甚麼意思?和前面的定義是否有出入?</p> <p>5.P.31 寄生蟲部分”在的研究中”缺引用文獻。</p> <p>6.這9隻石虎的寄生蟲總數算多還是少，在生態學上有甚麼意義?可以在內文說明。</p> <p>7.在PVA的模型結果中，保育行動目標希望將路殺減少到一定數量，但</p>	<p>1.遵照委員意見辦理。</p> <p>2.目前是以2個月為一個周期，主要是希望以較短的時間，視為一個封閉族群。之前曾試過以2周為1回合，但這樣回合數太少。本研究使用7天為一回合，與國際數篇文獻使用的標準一致。</p> <p>3.謝謝委員意見。已於內文第20-21頁補充使用Mt模式的結果。表2及表3則各種模型的結果皆有呈現。</p> <p>4.由於1/2MMDM的實際數據獲得不易，國際文獻多以無線電追蹤所獲得的活動範圍的半徑來代表。已於內文文字修正。</p> <p>5.謝謝委員意見，內文已修正。</p> <p>6.整體上寄生蟲算不少，其在生態學的意義已於內文補充。</p> <p>7. 族群量上升確實可能會造成路殺的數量增加。本次研擬的行動計畫設定具體要實現的目標，但未來執</p>

	<p>路殺數量是否會因為族群數量或密度上升而增加。</p>	<p>行過程，如發現路殺數量與族群量增加有關，再滾動式檢討與修正。</p>
林委員瑞興	<p>1. CARE-2在模型選擇上只用標準誤最小的來選擇嗎?但在實際觀察很多都只有看到1次，代表應該還有一些沒拍到的個體，用M0或許不太適合，可以利用石虎特性來選擇其使用的方法。</p> <p>2. 在PVA中初始族群密度的計算會對基線模型結果有很大的影響。目前所使用的密度是採用本篇研究的密度或是先前苗栗地區所估算的族群密度?</p> <p>3. 路殺、入侵雞舍的數量都會因族群量而影響，通報數量可能會因為族群量上升而增多，僅由通報數量可能不是直接量化的數據。</p> <p>4. 在IUCN的評估5大指標中是只要有一項達到最危險的標準就達標，石虎可能有些標準是無法脫離瀕危的等級，未來論述要注意。</p>	<p>1. 謝謝委員意見。內文已增加用其他模式(Mt)的族群量估算結果。</p> <p>2. 在本研究PVA基線模型使用的起始族群量500隻是參考林良恭等(2017)的估計值，該研究使用的族群密度是以陳美汀博士未發表的族群密度值。所以本計畫PVA使用的密度值是之前使用的值，但PVA有將起始族群量分別以400、600、800及1000隻進行敏感性分析，已包含本篇研究的密度估計值。</p> <p>3. 目前通報數量雖然可能低估，但是能得到的最佳數據。未來族群量上升確實可能會造成路殺或入侵雞舍的數量增加，未來在各保育行動執行過程，如發現路殺與族群量增加有關，會進行滾動式的檢討與修正。</p> <p>4. 感謝委員提醒。</p>
夏委員榮生	<p>1. 在保育目標中訂定全台900隻、路殺及雞舍危害降為一年各5隻，在未來可能不容易有基準去評估是否達到目標。</p>	<p>1. 謝謝委員意見。目前的全台族群量、每年因路殺致死的數量都有實際數據，可以作為比較的基準。這幾年在各單位的努力之下，民眾對於路殺或雞舍危害的通報意願有</p>

	<p>2.在PVA的分析中是否有可能將犬貓危害的數量也納入進行模擬分析?</p> <p>3.P.104石虎分布模擬範圍圖目前應該是有2個版本進行公告，是否可以統一，或是有甚麼情況需要分2個版本進行公告?</p> <p>4.策略G為遊蕩犬貓的危害，但在G-2只有寫到遊蕩犬隻，文字上可能要一致或進行說明。</p> <p>5.行動I-1寫使用2種以上的方法進行族群密度估算是未來執行計劃都必須要2種以上進行估算嗎?</p> <p>6.在整個計畫最後加入結論與建議。</p>	<p>提升，長期累積資料應該建立基準值。</p> <p>2.因為犬貓實際對石虎危害的資料非常不足，難以量化進行分析，因此沒有特別列入模擬。</p> <p>3.特生中心官網「生物多樣性圖資專區」目前有shpfile圖層的版本，專門給開發單位進行環境影響評估時所需的資料。將來可建議林務局及特生中心將兩個模擬範圍圖整合成1個。</p> <p>4. 遊蕩犬隻比較可能直接導致石虎致死，所以第一句文字僅有犬隻。遊蕩的貓可能與石虎競爭石虎資源或傳染疾病，仍需從分布熱區移除，因此第二句移除部分包含遊蕩犬貓。</p> <p>5.此為專家會議時提供的建議，因此列入保育行動中。未來不同研究可探討不同方法估算的密度值是否有顯著差異，僅擇一較佳的估算方法即可。</p> <p>6.遵照委員意見辦理。</p>
<p>鄭委員錫奇</p>	<p>1.在本計畫所計算的密度是否可估算南投的族群量?最後目標族群量900隻是地區性的或是全台的估算量?</p> <p>2.在石虎遺傳方面的問題，對移地野放的議題評估是否適當?</p>	<p>1.本計畫只以南投2個樣區進行密度估算方法學建立及密度估算，如果南投地區棲地不均質，用這兩個密度值來估算可能會產生誤差。目前台中及苗栗區皆有以類似方法進行密度估算，將來把所有密度估計值來估算全南投或是全台灣的族群量，會是較佳的方式。目標族群量900隻是全台的族群量。</p> <p>2.經詢問台大朱有田老師，朱老師表示因南投地區樣本數不足，因此遺傳多樣性的資訊尚不足，應有更多的資料才能評估是否執行移地野放。</p>

	3.有關寄生蟲的研究對石虎保育行動綱領的你訂有甚麼貢獻，可在內文進行討論。	3.謝謝委員意見，已於內文中補充。
--	---------------------------------------	-------------------