

太魯閣國家公園鳥類遺傳多樣性研究

受委託單位：國立東華大學

計畫主持人：許育誠副教授

計畫助理：徐中琪

研究期程：107年3月21日至108年12月31日

研究經費：新台幣169萬元

太魯閣國家公園管理處委託辦理報告

中華民國108年12月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

太魯閣國家公園鳥類遺傳多樣性研究

太魯閣國家公園管理處委託辦理報告(計畫年度107~108年)

太魯閣國家公園鳥類遺傳多樣性研究

受委託單位：國立東華大學

計畫主持人：許育誠副教授

研究助理：徐中琪

研究期程：107年3月21日至108年12月31日

研究經費：新台幣169萬元

太魯閣國家公園管理處

中華民國108年12月

本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見

目錄

第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 蒐集之資料、文獻分析	2
第二章 研究方法及過程	5
第一節 研究地點與鳥類繫放	5
第二節 DNA 萃取與粒線體 DNA CO1 基因的定序	6
第三章 研究成果	9
第一節 鳥類繫放	9
一、鳥類繫放作業	9
二、繫放鳥類異地回收紀錄	13
第二節 DNA 條碼序列的篩檢	23
一、粒線體 DNA CO1 基因增幅及定序	23
二、不同海拔樣本的遺傳分化	31
三、台灣畫眉與中國畫眉雜交個體的偵測	33
四、自 DNA 條碼資料庫蒐集序列	34
五、將台灣特有鳥類 CO1 基因序列資料上傳至 BOLD 資料庫	34

第四章 結論與建議.....	37
第一節 結論.....	37
第二節 建議.....	38
參考書目.....	41
附錄一：計畫評選委員會意見及回覆.....	45
附錄二、第 2 次報告書審查會議紀錄.....	48
附錄三：第 3 次報告書審查會議紀錄.....	54
附錄四：第 4 次報告書審查會議紀錄.....	60
附錄五：第 5 次報告書審查會議紀錄.....	65

表次

表 1. 2018 年 1 月至 2019 年 9 月繫放作業結果	9
表 2. 2018 年 1 月至 2019 年 9 月繫放鳥類名錄	10
表 3. 歷年在合歡農場回收來自小風口的繫放個體	14
表 4. 本計畫期間回收到超過 5 歲以上的個體名錄	15
表 5. 2013-2018 年度冬季黑臉鵑的繫放數量與每季跨季回收個體的比例	17
表 6. 太魯閣國家公園境內烏頭翁、白頭翁和不同外型雜交個體的調查數量。	22
表 7. 各鳥種的粒線體 DNA CO1 基因片段的 PCR 條件及定序結果	25
表 8. 37 種台灣特有鳥類的 CO1 基因序列片段遺傳多樣性	28
表 9. 山紅頭 CO1 基因的基因單型在不同海拔的出現數量	32
表 10. 台灣野生生物遺傳物質冷凍典藏計畫資料庫中所典藏的雀形目特有鳥類（含特有種和特有亞種）CO1 基因序列目錄	35
表 11. 國際生命條碼資料庫（Barcode of Life Database）中台灣特有鳥類的 DNA 條碼序列	36

圖次

圖 1. 2018-2019 年間在洛韶繫放的特殊鳥種.....	20
圖 2. 烏頭翁、白頭翁與不同頭部羽色的雜交個體。	21
圖 3. 1991 年與 2013-2018 年，太魯閣國家公園烏頭翁、白頭翁 及雜交個體的分布比例。	22
圖 4. 各基因單型以 neighbor-joining 法建構的親緣關係圖。	30
圖 5. 外觀為台灣畫眉，但 CO1 基因序列與大陸畫眉相同的雜交 畫眉。	303

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

太魯閣國家公園鳥類資源豐富，境內涵蓋了台灣所有特有種鳥類。在過去，國家公園過去進行了許多生物相調查和研究，其範疇大多屬於生物多樣性中『群聚多樣性』和『物種多樣性』層級的研究。而『遺傳多樣性』是生物多樣性的第一個層級，也是生物多樣性三個層級中最基本、但最不易觀察的項目。維持物種的遺傳多樣性，對於生物因應未來氣候變遷的調適，扮演非常重要的角色。

DNA 條碼計畫 (DNA barcoding) 是一項在 2003 年發起的全球物種定序活動，藉由定序一段特定的 DNA 序列，建立全球生物的 DNA 條碼資料庫。原本的主要目的是作為物種鑑定之用。近年來，結合次世代定序 (next generation sequencing)、環境 DNA (eDNA) 的萃取、DNA metabarcoding 等技術，DNA 條碼資料庫的用途更擴大至物種食性、生物多樣性、物種群聚組成等研究領域。

過去在太魯閣國家公園園區內，已經持續進行了多年的鳥類繫放工作。本計畫擬在過去繫放的樣區持續進行繫放作業，除了監測鳥類組成外，同時在繫放作業時收集鳥類的血液樣本，從中萃取 DNA，建立園區鳥類的 DNA 條碼資料，並分析各鳥種在此序列的多樣性。

第二節 蒐集之資料、文獻分析

生物多樣性依照其涵蓋的範疇，可分為遺傳多樣性、物種多樣性和群聚多樣性等三大類。傳統上關於生物多樣性的調查工作，大多集中在物種多樣性和群聚多樣性二大類上，主要是因為此二類的多樣性研究可直接由野外觀察獲得資料。相對地，遺傳多樣性的調查工作不但需要透過野外調查收集生物的遺傳樣本，還必須藉由實驗室的遺傳分析才能得到資料，是生物多樣性三個層級中最基本、但最不易觀察的項目。維持一個物種的遺傳多樣性，對於該物種對環境變遷的適應性非常重要。

自 2009 年起，我們持續在太魯閣地區進行鳥類繫放，目前一共已經累積超過 130 種、13000 隻、將近 20000 隻次鳥類的繫放記錄，是目前台灣地區持續最久的山區鳥類繫放作業。藉由長期的繫放作業，我們發現了太魯閣地區多種新紀錄鳥種（許育誠 2017），也累積了許多鳥類的形值資料（許育誠 2010）。在繫放作業中，我們同時收集每隻鳥的血液樣本，可作為疾病監測和遺傳樣本的來源（許育誠 2011，2012，2016）。

DNA 條碼計畫（DNA barcoding）是由 Herbert 等人於 2003 年發起的一項計畫（Herbert et al. 2003），目的是希望能藉由共同定序動物粒線體 DNA 中細胞色素 C 氧化酶次單元 1（cytochrome c oxidase subunit 1，簡稱 CO1）中一段長度約為 648 bp 的序列，並建立該序列的資料

庫，作為全世界動物物種鑑定的依據。在鳥類，Hebert 等人（2004）藉由比較北美洲 260 種鳥類的這段基因序列，發現所有鳥種在這段基因的序列均不相同，顯示此 CO1 基因片段能夠成功鑑定不同的鳥種；此外，同一研究中也發現 4 種外型上和其他鳥種相同、遺傳上卻有特定的 DNA 序列，成功鑑定出 4 種新的鳥種。由於這段基因條碼在物種間的差異性大、定序費用較低，加上以 PCR 增幅此段 DNA 的引子跨物種的適用性高，可以發展出一套通用的定序標準，不需針對研究對象設計專用的引子，使得 DNA 條碼成為進行物種遺傳多樣性快速檢測的一項技術。除了上述優點外，因為 DNA 條碼的序列長度較短，定序成功率較高，對於一些 DNA 量較少，或是品質較差的樣本，也能成功地進行物種辨識。例如 Rudnick 等人（2008）利用 DNA 條碼技術，分析野外採集的自然脫落的猛禽羽毛，進行白肩鷲（*Aquila heliaca*）分布範圍的鑑定。隨著 DNA 萃取技術的進步和次世代定序（next generation sequencing）的發展，目前已能從一些微量 DNA 樣本中增幅出特定 DNA 片段，更增加了 DNA 條碼技術的應用性，例如可以從腐敗的動物屍體中、鳥擊事件的動物殘骸或是野生動物的產製品中鑑定物種、從動物的糞便或食糞中鑑定出獵物的種類、從土壤、池水中鑑定環境中無脊椎動物的種類，並計算環境中的物種多樣性等（Valentini et al. 2009, Waugh et al. 2011, Kress et al. 2015, Jedlicka et al. 2017, Lopes et al. 2017）。

雖然 DNA 基因條碼資料庫有許多在生態和保育上應用性，但目前在國內並沒有針對鳥類進行 DNA 條碼的定序工作。本研究將結合過去我們在太魯閣地區持續進行了多年的鳥類繫放作業，於繫放過程中收集各種鳥類的遺傳樣本，並以台灣特有種和特有亞種鳥類為對象，定序其粒線體 CO1 基因的序列，建立台灣特有鳥種的 DNA 條碼資料庫，作為各項遺傳多樣性研究工作的參考。

第二章 研究方法及過程

第一節 研究地點與鳥類繫放

持續我們過去在太魯閣國家公園內的鳥類繫放作業，在過去曾經進行鳥類繫放的閣口地區、洛韶、合歡農場等地進行鳥類繫放。除了增加繫放的數量外，也持續收集繫放鳥種的回收記錄，並收集捕獲鳥類的遺傳樣本，供後續分析之用。繫放以霧網進行，預計每月進行1-2次、每次三天的鳥類繫放作業。合歡農場海拔約2700公尺，主要環境為針葉林，繫放對象以留鳥為主，原則上每二個月進行一次繫放，但冬季則必須視合歡山區的降雪狀況調整工作；洛韶地區海拔約1100公尺，主要環境是農田，繫放對象主要是冬季蒞臨的候鳥，工作時間因此著重在冬季候鳥抵達的時間，每月進行一次繫放；閣口地區的繫放對象為低海拔的鳥種，主要繫放種類為園區內數量較多的小型鳥類。依照規定，繫放工作在執行之前需先獲得各主管機關的同意使得進行。本計畫所涉及的單位，包括太魯閣國家公園、花蓮林區管理處和花蓮縣政府等單位。本研究均已獲得上述單位的採集同意文件。

繫放以霧網捕捉 (Ecotone)，每次作業人數為3-6人，每次架設6-10張長度為15或18公尺的霧網。繫放作業大致的流程為：第一天下午架設鳥網，約自下午三點工作至天黑，夜晚將霧網捲起，夜間不進行作業。隔天天亮前將霧網打開，進行整天的繫放，至天黑再將霧網捲起，夜間

不進行作業。第三天天亮前再將霧網打開，至上午約九點收網，結束作業。唯實際執行狀況可能因天候狀況稍做調整。捕捉到的個體分別進行以下操作：1. 記錄捕獲日期和地點；2. 在每隻個體的跗蹠骨套上有編號的金屬環；3. 進行各項形值測量，包括體重、喙長、喙寬、喙深、翼長、尾長、跗蹠骨長、寬等形值，並採集幾根胸羽；4. 於腋下靜脈採集約20 ul的血液，置於600 ul的100 %酒精中保存，供後續DNA萃取與性別鑑定分析用。完成下列操作的個體立即於原地野放。繫放捕獲的鳥若過於虛弱，會提供保暖和飲水，待其恢復飛行能力後再野放。若有發現外寄生蟲（例如硬蜱、蝨蠅或羽蝨），則會採集寄生蟲樣本，提供需要的研究人員使用。繫放使用的金屬環是向中華民國野鳥學會申請，每年年底需繳交繫放成果。期間有回收到其他團隊所標誌的個體，也將透過該中心協助查詢標誌的時間和地點。計畫結束後，也會依規定將繫放物種的分布資料上傳至國家公園生物多樣性資料庫。

第二節 DNA 萃取與粒線體 DNA CO1 基因的定序

從繫放資料中篩選血液樣本數量較多台灣特有鳥類（包含特有種和特有亞種），使用 FavorPrep™ Blood Genomic DNA Extraction Mini Kit (Favorgen) 萃取 DNA，再依照 DNA 條碼計畫（Barcode of Life,

<http://www.barcodeoflife.org/>) 的建議步驟進行定序工作。

首先參考前人研究 (Hebert et al. 2004, Loman et al. 2009, Patel et al. 2010, Yang et al. 2010, Lijtmaer et al. 2012, Saitoh et al. 2014) 實施聚合酶鏈鎖反應 (polymerase chain reaction, 以下簡稱 PCR) 的前測, 以找出適合用來增幅台灣特有鳥種 CO1 基因片段的引子對和溫度控制。PCR 試劑成分如下: 模板 DNA 1ul, TaKaRa Ex Taq™ polymerase 1.5 U (TaKaRa), Ex Taq buffer (10X) 2.0 ul, MgCl₂ (25mM) 1.3 ul, dNTP(2.5mM) 1.3 ul, 引子對(10mM)每條各 0.6 ul, 並加入滅菌去離子蒸餾水至總反應體積為 20 ul。前測 PCR 溫度循環設定使用溫度梯度模式, 第一階段起始溫度 94 °C 3 分鐘, 第二階段是 35 次升降溫循環, 每一循環包括變性反應溫度 (denature temperature) 94 °C 30 秒、黏合反應溫度 (annealing temperature) 59~66 °C 40 秒、延長反應溫度 (extension temperatuer) 72 °C 60 秒, 第三階段為 72 °C 5 分鐘, 最後降溫至 4 °C 保存。PCR 產物以 1.5 % 的瓊脂膠體電泳 (agarose gel electrophoresis) 確認哪一種引子對和黏合溫度能夠增幅出長度正確且不含其他雜訊的 CO1 基因片段。

經確認每種鳥的最佳 PCR 條件後, 分批進行每種鳥 CO1 基因序列的增幅工作, PCR 產物送交陽明大學基因體中心進行定序。所得的序列以 Sequencher 5.4.5 軟體進行序列編修。除了將所得的序列資料上傳至

DNA 條碼計畫的資料庫外，並以 DNA SP 6.11 (Rozas et al. 2017) 建構基因單型 (haplotype) 並計算其基因單型多樣性 (haplotype diversity) (Nei and Tajima 1981) 和核苷酸多樣性 (nucleotide diversity) (Nei and Li 1979)，評估各鳥種遺傳多樣性的差異。以 MEGA X 軟體 (Kumar et al. 2018) 繪製各基因單型的親源關係圖。對於台灣特有亞種鳥類，另自 DNA 條碼資料庫中，下載同種、但不同亞種的序列。

第三章 研究成果

第一節 鳥類繫放

一、鳥類繫放作業

2018 年 1 月至 2019 年 11 月共進行 35 趟次鳥類繫放調查，捕捉 71 種鳥，共 2599 隻個體，其中 2262 隻為本計畫執行期間新增上環的個體，其餘則是回收往年繫放過的個體（表 1）。表 2 是繫放鳥種的完整名錄，包括學名、特有性、保育等級，以及捕捉到的數量。其中東方大葦鶯、紅尾伯勞、遠東樹鶯、極北柳鶯、野鶇、黃尾鶇、白眉鶇、虎斑地鶇、白腹鶇、赤腹鶇、白腹琉璃、樹鶇、黃喉鶇、小鶇、黃眉鶇、鏽鶇、黃喉鶇、黑臉鶇、普通朱雀、花雀、白眉黃鶇等 21 種是在台灣度冬或過境的候鳥、紅尾鶇在台灣是夏候鳥，其餘均為台灣地區的留鳥。

表 1. 2018 年 1 月至 2019 年 9 月繫放作業結果

繫放地點	海拔高度（公尺）	繫放次數	繫放隻數	繫放隻次數
立霧溪口	28	2	58	58
洛韶	1226	21	1880	2913
合歡農場	2668	12	661	876
合計		35	2599	3874

（資料來源：本研究）

表 2. 2018 年 1 月至 2019 年 11 月繫放鳥類名錄

中文名	學名	特有性	保育 等級	個體數	隻次
雉科	Phasianidae				
台灣竹雞	<i>Bambusicola sonorivax</i>	特有種		5	6
鷓鴣科	Strigidae				
鸚鵡	<i>Glaucidium brodiei</i>	特有亞種	II	5	5
鬚鴉科	Megalaimidae				
五色鳥	<i>Psilopogon nuchalis</i>	特有種		2	2
啄木鳥科	Picidae				
綠啄木	<i>Picus canus</i>		II	1	1
山椒鳥科	Campephagidae				
灰喉山椒鳥	<i>Pericrocotus solaris</i>			2	2
伯勞科	Laniidae				
紅尾伯勞	<i>Erpornis zantholeuca</i>		III	3	3
綠鶇科	Vireonidae				
綠畫眉	<i>Lanius cristatus</i>			8	8
卷尾科	Dicruridae				
小卷尾	<i>Dicrurus aeneus</i>			5	5
王鷄科	Monarchidae				
黑枕藍鷄	<i>Hypothymis azurea</i>	特有亞種		6	6
山雀科	Paridae				
煤山雀	<i>Periparus ater</i>	特有亞種	III	25	27
青背山雀	<i>Parus monticolus</i>	特有亞種	III	24	28
黃山雀	<i>Periparus holsti</i>	特有種	II	7	7
長尾山雀科	Aegithalidae				
紅頭山雀	<i>Aegithalos concinnus</i>			51	61
鷓鴣科	Troglodytidae				
鷓鴣	<i>Troglodytes troglodytes</i>	特有亞種		3	3
鶇科	Pycnonotidae				
白環鸚嘴鶇	<i>Spizixos semitorques</i>	特有亞種		51	66

中文名	學名	特有性	保育 等級	個體數	隻次
烏頭翁	<i>Pycnonotus taivanus</i>	特有種	II	29	39
雜頭翁*	<i>P. taivanus</i> x <i>P. sinensis</i>			8	10
紅嘴黑鶇	<i>Hypsipetes leucocephalus</i>	特有亞種		1	1
戴菊科	Regulidae				
火冠戴菊鳥	<i>Regulus goodfellowi</i>	特有種	III	22	26
鷓眉科	Pnoepygidae				
台灣鷓眉	<i>Pnoepyga formosana</i>	特有種		3	3
樹鶯科	Cettiidae				
棕面鶯	<i>Abroscopus albugularis</i>			12	12
遠東樹鶯	<i>Horornis borealis</i>			10	10
小鶯	<i>H. fortipes</i>	特有亞種		25	59
深山鶯	<i>H. acanthizoides</i>	特有亞種		82	116
柳鶯科	Phylloscopidae				
極北柳鶯	<i>Phylloscopus borealis</i>			9	9
葦鶯科	Acrocephalidae				
東方大葦鶯	<i>Acrocephalus orientalis</i>			1	1
蝗鶯科	Locustellidae				
台灣叢樹鶯	<i>Locustella alishanensis</i>	特有種		7	9
扇尾鶯科	Cisticolidae				
灰頭鷓鶯	<i>Prinia flaviventris</i>			3	3
褐頭鷓鶯	<i>Prinia inornata</i>			2	2
鸚嘴科	Paradoxornithidae				
褐頭花翼	<i>Fulvetta formosana</i>	特有種		56	87
粉紅鸚嘴	<i>Sinosuthora webbiana</i>	特有亞種		184	505
黃羽鸚嘴	<i>Suthora verreauxi</i>	特有亞種		21	24
繡眼科	Zosteropidae				
冠羽畫眉	<i>Yuhina brunneiceps</i>	特有種		151	179
綠繡眼	<i>Zosterops japonicus</i>			846	1175
畫眉科	Timaliidae				
山紅頭	<i>Cyanoderma ruficeps</i>	特有亞種		170	355
小彎嘴	<i>Pomatorhinus musicus</i>	特有種		3	8

中文名	學名	特有性	保育 等級	個體數	隻次
大彎嘴	<i>Megapomatorhinus erythrocnemis</i>	特有種		1	3
噪眉科	Leiothrichidae				
繡眼畫眉	<i>Alcippe morrisonia</i>	特有種		35	38
台灣噪眉	<i>Trochalopteron morrisonianum</i>	特有種		26	28
白耳畫眉	<i>Heterophasia auricularis</i>	特有種		13	13
黃胸藪眉	<i>Liocichla steerii</i>	特有種		79	87
紋翼畫眉	<i>Actinodura morrisoniana</i>	特有種		17	19
鶇科	Muscicapidae				
紅尾鶇	<i>Muscicapa ferruginea</i>			10	11
白腹琉璃	<i>Cyanoptila cyanomelana</i>			2	2
小翼鶇	<i>Brachypteryx montana</i>	特有亞種		6	8
台灣紫嘯鶇	<i>Myophonus insularis</i>	特有種		1	1
小剪尾	<i>Enicurus scouleri</i>	特有亞種 II		1	1
野鶇	<i>Calliope calliope</i>			18	28
白尾鶇	<i>Cinclidium leucurum</i>	特有亞種 III		27	41
藍尾鶇	<i>Tarsiger cyanurus</i>			1	1
白眉林鶇	<i>T. indicus</i>	特有亞種 III		44	60
栗背林鶇	<i>T. johnstoniae</i>	特有種		54	75
白眉黃鶇	<i>Ficedula mugimaki</i>			1	1
黃胸青鶇	<i>F. hyperythra</i>	特有亞種		3	3
黃尾鶇	<i>Phoenicurus auroreus</i>			10	10
鶇科	Turdidae				
虎斑地鶇	<i>Zoothera dauma</i>			2	2
白眉鶇	<i>Turdus obscurus</i>			1	1
白腹鶇	<i>T. pallidus</i>			4	4
赤腹鶇	<i>T. chrysolaus</i>			8	8
啄花科	Dicaeidae				
紅胸啄花	<i>Dicaeum ignipectus</i>	特有亞種		1	1
鶇鶇科	Motacillidae				
樹鶇	<i>Anthus hodgsoni</i>			23	27

中文名	學名	特有性	保育等級	個體數	隻次
鸚科	Emberizidae				
黃眉鸚	<i>Emberiza chrysophrys</i>			1	1
小鸚	<i>E. pusilla</i>			56	73
黃喉鸚	<i>E. elegans</i>			3	6
銹鸚	<i>E. rutila</i>			1	1
黑臉鸚	<i>E. spodocephala</i>			193	293
雀科	Fringillidae				
花雀	<i>Fringilla montifringilla</i>			4	4
褐鶯	<i>Pyrrhula nipalensis</i>	特有亞種		2	2
普通朱雀	<i>Carpodacus erythrinus</i>			1	1
台灣朱雀	<i>C. formosanus</i>	特有種		38	44
梅花雀科	Estrildidae				
白腰文鳥	<i>Lonchura striata</i>			68	80
合計 71 種				2599	3847

說明：1.分類標準係依據中華民國野鳥學會所公布的 2017 年台灣鳥類名錄（潘致遠等 2017）。（資料來源：本研究）

2. *雜頭翁是指烏頭翁和白頭翁的雜交個體

二、繫放鳥類異地回收紀錄

（一）高海拔地區地區鳥類的異地回收紀錄

本計畫在合歡農場樣區回收到 8 隻、共 12 筆異地繫放或回收的紀錄（表 3）。其中一隻是我們於合歡農場繫放、隔年在小風口被特有生物保育研究中心（以下簡稱特生中心）的繫放人員回收，牠在半年內和隔年又在合歡農場被我們捕獲 2 次；其餘都是特生中心的研究人員於合歡

山小風口遊客中心後方所標誌的個體，在合歡農場被我們回收 1~2 次。

上述回收的個體包括 5 隻白眉林鴿雄鳥、一隻栗背林鴿雌鳥、一隻台灣噪眉和一隻黃胸藪眉。

表 3. 歷年在合歡農場回收來自小風口的繫放個體

環號	鳥種	繫放日期與地點	回收日期與地點
A35206	栗背林鴿	2014/07/13 小風口	1. 2014/10/11 合歡農場 2. 2015/04/25 合歡農場
D16099	台灣噪眉	2016/09/25 小風口	2016/12/11 合歡農場
A35781	白眉林鴿	2017/07/01 小風口	1. 2018/04/21 合歡農場 2. 2018/10/27 合歡農場
A38261	白眉林鴿	2017/05/27 小風口	2018/10/27 合歡農場
K44540	白眉林鴿	2017/10/28 合歡農場	1. 2018/06/24 小風口 2. 2018/10/26 合歡農場 3. 2019/01/12 合歡農場
B45354	黃胸藪眉	2016/09/09 小風口	2018/07/18 合歡農場
A38201	白眉林鴿	2017/7/23 小風口	2019/04/07 合歡農場
A38234	白眉林鴿	日期查詢中 小風口	2019/09/14 合歡農場

(二) 其他繫放-回收記錄

2018年在洛韶的繫放中，我們回收到一隻2012年1月13日捕獲的烏頭翁（環號B30569）。這隻鳥在過去的繫放作業中，都沒有回收記錄，直到2018年3月18日和8月12日才在同一地點被回收，期間已經間隔了2403天。在候鳥的繫放回收方面：2018年3月17日在洛韶的繫放中，我們回收到一隻冬候鳥黑臉鵑（環號A30168），它是2012年12月22日首次在洛韶被繫放，之後每年冬季都在洛韶被回收，已經連續6個度冬季都回到洛韶度冬，顯示對度冬地點的高度忠誠性。夏候鳥方面，2018年7月18日在合歡農場回收到一隻2013年6月22日於同地點繫放的紅尾鵯，距離首次捕捉的時間已有1852天，期間都沒有回收紀錄。

檢視歷年的繫放紀錄，總計目前為止，在計畫執行期間共有12種、23隻個體的回收日期距繫放日期超過5年以上（表4）。其中在洛韶繫放的山紅頭和粉紅鸚嘴，都有回收到壽命超過7歲的個體。

表 4. 本計畫期間回收到超過5歲以上的個體名錄

鳥種	環號	繫放日期	最近回收日期	間隔天數	間隔年	捕獲次數
山紅頭	K33457	2012/02/14	2019/07/24	2717	7.44	12
粉紅鸚嘴	K33255	2011/12/10	2019/01/28	2606	7.14	16

鳥種	環號	繫放日期	最近回收 日期	間隔 天數	間隔 年	捕獲 次數
金翼白眉	D37682	2012/10/05	2019/07/24	2483	6.80	12
酒紅朱雀	B53226	2011/07/22	2018/04/22	2466	6.76	10
烏頭翁	B30569	2012/01/13	2018/08/12	2403	6.58	3
紅頭山雀	K37157	2013/05/04	2019/09/14	2324	6.37	5
金翼白眉	D37691	2012/12/15	2019/04/07	2304	6.31	6
深山鶯	K36762	2013/03/01	2019/06/07	2289	6.27	34
深山鶯	K35394	2012/08/09	2018/10/27	2270	6.22	12
紅尾鶉	K37037	2013/06/22	2019/06/07	2176	5.96	4
粉紅鸚嘴	K36979	2013/02/21	2019/01/28	2167	5.94	4
綠繡眼	K37271	2013/10/12	2019/08/22	2140	5.86	2
粉紅鸚嘴	A46428	2013/10/12	2019/07/05	2092	5.73	16
灰頭花翼	K37069	2013/08/01	2019/04/07	2075	5.68	15
粉紅鸚嘴	K37222	2013/09/06	2019/03/23	2024	5.55	11
綠繡眼	K35542	2012/10/28	2018/04/14	1994	5.46	6
紅頭山雀	K36806	2012/12/15	2018/04/21	1953	5.35	4
黑臉鵝	A30168	2012/12/22	2018/03/17	1911	5.24	7
紅頭山雀	K36807	2012/12/15	2018/02/25	1898	5.20	4
冠羽畫眉	A30543	2013/06/22	2018/07/17	1851	5.07	7
深山鶯	K39496	2014/08/22	2019/09/13	1850	5.07	10
粉紅鸚嘴	K39987	2014/09/12	2019/09/27	1841	5.04	3
綠繡眼	K39976	2014/09/12	2019/09/27	1841	5.04	8

黑臉鵝是太魯閣地區最常見的冬候鳥，他們每年大約在 11 月抵達太魯閣度冬，至隔年 4 月下旬離開。在過去的繫放中，每年都可回收到之前冬季被標誌的個體。在 2017-2018 度冬季中，我們一共捕捉到了 112 隻黑臉鵝，其中有 9 隻個體為之前度冬季所繫放的個體，佔了當年繫放個體的 8%。而 2018-2019 度冬季中，我們一共捕捉到了 119 隻黑臉鵝，其中有 23 隻個體為跨季回收的個體，佔了當年繫放個體的 19.3%。若整理過去 5 個度冬季黑臉鵝的繫放紀錄，發現每年跨季回收個體所佔的比例變異很大，自 7.9%至 31.6%不等（表 5）。

表 5. 2013-2018 年度冬季黑臉鵝的繫放數量與每季跨季回收個體的比例

度冬季	繫放隻數	跨季回收隻數	跨季回收比例
2018-2019	119	23	19.3%
2017-2018	112	9	8%
2016-2017	76	24	31.6%
2015-2016	89	14	15.7%
2014-2015	177	14	7.9%
2013-2014	149	30	20.1%

(三) 特殊鳥種紀錄

1. 普通朱雀 (圖 1a)

普通朱雀在台灣是稀有的冬候鳥，2018 年 12 月 28 日我們在洛韶繫放了一隻普通朱雀雌鳥。這是我們在太魯閣地區首次繫放的個體。在太魯閣國家公園境內，過去曾於 1986 年 8 月 21 日和 2008 年 12 月 21 日分別在大禹嶺和觀雲山莊被記錄過 (吳建龍 2009)，此筆紀錄的繫放地點是三筆發現紀錄中海拔最低的地區 (約 1200 公尺)。

2. 白眉黃鶺鴒 (圖 1b)

白眉黃鶺鴒在台灣是稀有的冬候鳥或過境鳥，2018 年 11 月 17 日，我們在洛韶繫放了一隻白眉黃鶺鴒雌鳥。這是我們在太魯閣地區第二筆的繫放紀錄，過去我們曾經於 2013 年 12 月 14 日在西寶農田也繫放過一隻。

3. 灰頭鷓鴣 (圖 1c)

灰頭鷓鴣是台灣低海拔草叢常見的留鳥，我們過去在閣口附近有多筆的繫放紀錄，但從未在山區發現過。2019 年 1 月 28 日，我們在洛韶繫放了一隻灰頭鷓鴣，這是我們第一筆在太魯閣山區的繫放紀錄。除了繫放紀錄外，我們從 2018 年 9 月至 2019 年 4 月在洛韶

進行繫放作業時，每次都有聽到灰頭鷓鴣的鳴唱聲，雖無法確定發出鳴唱的個體是否就是此筆繫放個體，但顯示 2018-2019 的冬季，可能有灰頭鷓鴣飛到海拔約 1200 公尺的洛韶山區度冬。

4. 白腹琉璃 (圖 1d, 1e)

白腹琉璃在台灣是稀有的過境鳥。2019 年秋過境期間，連續 2 個月在洛韶樣區各繫放到 1 隻個體。2019 年 9 月 27 日繫放一隻雄性亞成鳥(圖 1d)；2019 年 10 月 19 日繫放 1 隻雄性成鳥(圖 1e)。太魯閣園區內的白腹琉璃第一筆發現紀錄是在 2016 年 11 月，由張玉蓮於布洛灣台地拍攝到 2 隻個體(張玉蓮，私人通訊)，我們繫放到的這 2 隻個體是園區的首次繫放紀錄，同時也是宜花東地區第一筆白腹琉璃的繫放紀錄。全台灣可公開查詢的繫放紀錄中，僅有高雄鳥會曾在高屏溪南星計畫區，於 2008-2015 年期間繫放過 2 隻個體(鄭政卿，2016)。

(a) 普通朱雀 (環號: A39469)



(b) 白眉黃鶇 (環號: K45869)



(c) 灰頭鷓鴣 (環號: K45956)



(d) 白腹琉璃 (環號: A46881)



(e) 白腹琉璃 (環號: K56589)



圖 1. 2018-2019 年間在洛韶繫放的特殊鳥種

(資料來源: 本研究)

5. 烏頭翁、白頭翁和雜交個體在園區內數量的變化

烏頭翁是主要分佈在台灣東部的特有種鳥類，白頭翁則主要分佈在台灣西部和宜蘭地區，二種鳥在分佈的交界帶，包括太魯閣國家公園和屏東恆春半島一帶有明顯的雜交現象。過去太魯閣國家公園曾經調查過烏、白頭翁和雜交個體在園區內數量的分佈狀況（劉小如 1991），利用我們的繫放資料，我們檢視了在經過 20 多年後，不同外型個體的出現頻率是否有明顯變化。我們從 2013-2018 年繫放時所拍攝的照片（共 94 隻個體）中，依照劉小如（1990，1991）的區分方式，將捕獲個體依照頭部羽色型態區分為烏頭翁、白頭翁、雜交白型和雜交烏型等四種（圖 2）。與 1991 年的調查結果相比，發現園區內白頭翁和雜交白型個體所佔的比例大幅減少，相對地，烏頭翁和雜交烏型所佔的比例明顯增加（表 6，圖 3）。

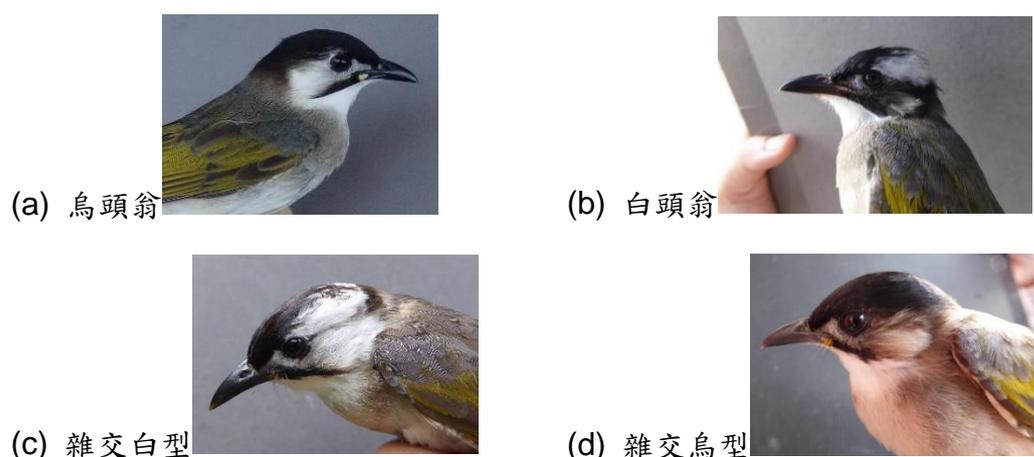


圖 2. 烏頭翁、白頭翁與不同頭部羽色的雜交個體。

（資料來源：本研究）

表 6. 太魯閣國家公園境內烏頭翁、白頭翁和不同外型雜交個體的調查數量。

調查年代	調查方式	隻 次 數					出處
		烏頭翁	雜交	雜交	白頭翁	合計	
			烏型	白型			
1991	目擊	538	127	505	74	1244	劉小如 (1991)
2013-2018	繫放	54	20	19	1	94	本研究

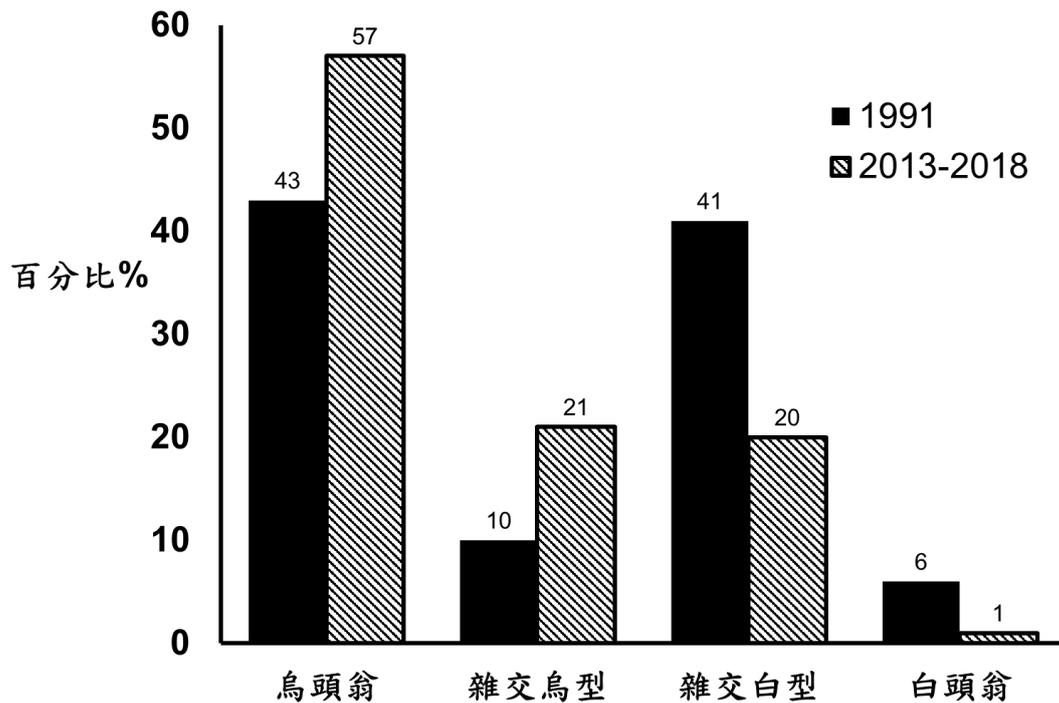


圖 3. 1991 年與 2013-2018 年，太魯閣國家公園烏頭翁、白頭翁及雜交個體的分布比例。

第二節 DNA 條碼序列的篩檢

一、粒線體 DNA CO1 基因增幅及定序

除了完成計畫合約要求產出的 20 種鳥、每種各 15 隻個體的序列資料，我們另外追加 17 個特有鳥類（包括特有種和特有亞種）的定序工作，並增加一些鳥種的定序樣本數。已測試 37 種台灣特有鳥類的 PCR 適合條件，並完成 PCR、定序和序列編修工作。共得到 37 種、436 隻個體的 CO1 基因序列（表 7）。

一共完成 19 種台灣特有種和 18 種台灣特有亞種鳥類、436 個樣本 CO1 基因部分片段的定序。每一樣本的序列長度為 686 bp，每種鳥定序的樣本數自 1-27 隻不等。從完成的序列中，發現此片段的多樣性在鳥種間的變異很大：在定序的 686 bp 序列中，有 139 個多形性點位

（polymorphic site），一共檢測出 126 種基因單型（haplotype）。大部分的變異都是物種之間的差異，種內變異很小，每種鳥種內具多形性的點位只有 0-19 個不等，其中小彎嘴、台灣竹雞、深山鶯、黃山雀、小翼鶉和台灣鷓眉等六種鳥，其序列在所有檢測的樣本中完全沒有差異，而五色鳥、紅嘴黑鶉和黃胸青鶉都只有一條序列，因此不納入遺傳多樣性分析。表 8 為目前每種鳥類已定序的樣本數，以及此序列在各鳥種內的遺傳多樣性，包括多形性點位數、基因單型數、基因單型多樣性

(haplotype diversity)、核苷酸多樣性等 (nucleotide diversity) 等。每種鳥類的低核苷酸多樣性表示種內不同基因單型的差異，只發生在少數的點位上。

將 126 個基因單型的序列，以 Kimura-2-parameter 法計算遺傳距離，再以 neighbor-joining 法繪製親源關係圖，並以台灣竹雞的序列作為外群。顯示各物種間的基因單型有明顯的差異，同一種鳥的基因單型均可以準確地被歸為一群 (圖 4)，顯示此段基因序列可用於鳥種的鑑定。

表 7. 各鳥種的粒線體 DNA CO1 基因片段的 PCR 條件及定序結果

鳥種	引子對名稱	黏合溫度(°C)	定序隻數
大彎嘴	AWC F1/R6 ¹	63	5
小翼鶇	AWC F1/R3 ¹	66	4
小鶯	AWC F1/R3	63	15
	AWC F1/R3	65	1
小彎嘴	AWC F1/R3	63	2
	AWC F1/R3	66	15
山紅頭	AWC F1/R3	63	27
五色鳥	AWC F1/R3	66	1
火冠戴菊	Bird F1/ Bird R1 ²	61	8
	Bird F1/ Bird R1 ²	62.1	2
	AWC F1/R3	63	8
台灣朱雀	Bird F1/ Bird R1	64.3	4
	AWC F1/R3	63	16
台灣竹雞	AWC F1/R3	63	17
台灣畫眉	AWC F1/R6	63	5
台灣噪眉	AWC F1/R3	63	2
	AWC F1/R3	66	15
台灣叢樹鶯	AWC F1/R3	63	17
	AWC F1/R3	65	1
白耳畫眉	AWC F1/R3	60	9
	AWC F1/R3	63	8
白尾鶇	AWC F1/R3	63	15

鳥種	引子對名稱	黏合溫度(°C)	定序隻數
	AWC F1/R3	66	2
白眉林鴿	Bird F1/ Bird R1	62.1	9
	AWC F1/R3	63	6
青背山雀	AWC F1/R3	63	15
冠羽畫眉	AWC F1/R3	60	17
	AWC F1/R3	63	2
紅嘴黑鶇	AWC F1/R6	66	1
栗背林鴿	Bird F1/ Bird R1	62.1	1
	Bird F1/ Bird R1	65.8	3
	AWC F1/R3	60	12
	AWC F1/R3	63	2
烏頭翁	AWC F1/R3	60	16
粉紅鸚嘴	Bird F1/ Bird R1	66	9
	AWC F1/R3	60	3
	AWC F1/R3	63	3
紋翼畫眉	AWC F1/R3	66	5
深山鶯	Bird F1/ Bird R1	62.1	1
	AWC F1/R3	63	2
	AWC F1/R3	66	15
黃山雀	AWC F1/R3	63	7
黃羽鸚嘴	AWC F1/R3	60	5
	AWC F1/R3	63	10
黃胸青鶇	AWC F1/R3	65	1

鳥種	引子對名稱	黏合溫度(°C)	定序隻數
黃胸數眉	Bird F1/ Bird R1	62.1	2
	AWC F1/R3	60	17
黃腹琉璃	AWC F1/R3	63	5
黃嘴角鴉	AWC F1/ Bird R1	63	4
黑枕藍鶺鴒	AWC F1/R3	66	5
煤山雀	AWC F1/R3	60	1
	AWC F1/R3	63	15
褐頭花翼	AWC F1/R3	63	2
	AWC F1/R3	66	11
	AWC F1/R6	66	2
褐頭鷓鴣	AWC F1/R3	66	4
鴿鷓	AWC F1/R3	63	4
繡眼畫眉	AWC F1/R3	63	2
	AWC F1/R3	66	10
台灣鷓鴣	AWC F1/R6	63	3
鷓鴣	AWC F1/R3	63	5

說明：¹ 出處：Herbert et al. (2004)

² 出處：Patel et al. (2010)

表 8. 37 種台灣特有鳥類的 CO1 基因序列片段遺傳多樣性

	定序數	基因單型 數	多形性 點位數	基因單型 多樣性	核苷酸 多樣性
山紅頭	27	12	15	0.766	0.00321
台灣朱雀	20	4	3	0.595	0.001
冠羽畫眉	19	9	10	0.731	0.00208
黃胸藪眉	19	8	10	0.673	0.00206
火冠戴菊	18	3	2	0.307	0.00047
台灣叢樹鶯	18	4	3	0.314	0.00049
栗背林鴿	18	3	2	0.307	0.00047
深山鶯	18	1	0	0	0
小彎嘴	17	1	0	0	0
台灣竹雞	17	1	0	0	0
台灣噪眉	17	5	6	0.713	0.00234
白耳畫眉	17	7	7	0.809	0.0021
白尾鴿	17	4	4	0.713	0.0015
小鶯	16	2	1	0.125	0.00018
烏頭翁	16	6	8	0.767	0.00273
煤山雀	16	3	2	0.425	0.00066
白眉林鴿	15	3	4	0.562	0.00228
青背山雀	15	5	5	0.476	0.00097
粉紅鸚嘴	15	4	4	0.705	0.00194
黃羽鸚嘴	15	4	3	0.79	0.0018
褐頭花翼	15	2	1	0.133	0.00019
繡眼畫眉	12	7	13	0.833	0.00415

	定序數	基因單型 數	多形性 點位數	基因單型 多樣性	核苷酸 多樣性
黃山雀	7	1	0	0	0
大彎嘴	5	2	3	0.4	0.00175
台灣畫眉	5	2	19	0.4	0.011
紋翼畫眉	5	2	1	0.4	0.00058
黃腹琉璃	5	2	1	0.4	0.00058
黑枕藍鶺鴒	5	3	4	0.8	0.0035
鷓鴣	5	3	2	0.7	0.00117
小翼鷓	4	1	0	0	0
黃嘴角鴉	4	3	3	0.833	0.00219
褐頭鷓鴣	4	2	1	0.5	0.0007
鶺鴒	4	3	2	0.833	0.00146
台灣鷓鴣	3	1	0	0	0
五色鳥	1	1	—	—	—
紅嘴黑鶺鴒	1	1	—	—	—
黃胸青鶺鴒	1	1	—	—	—

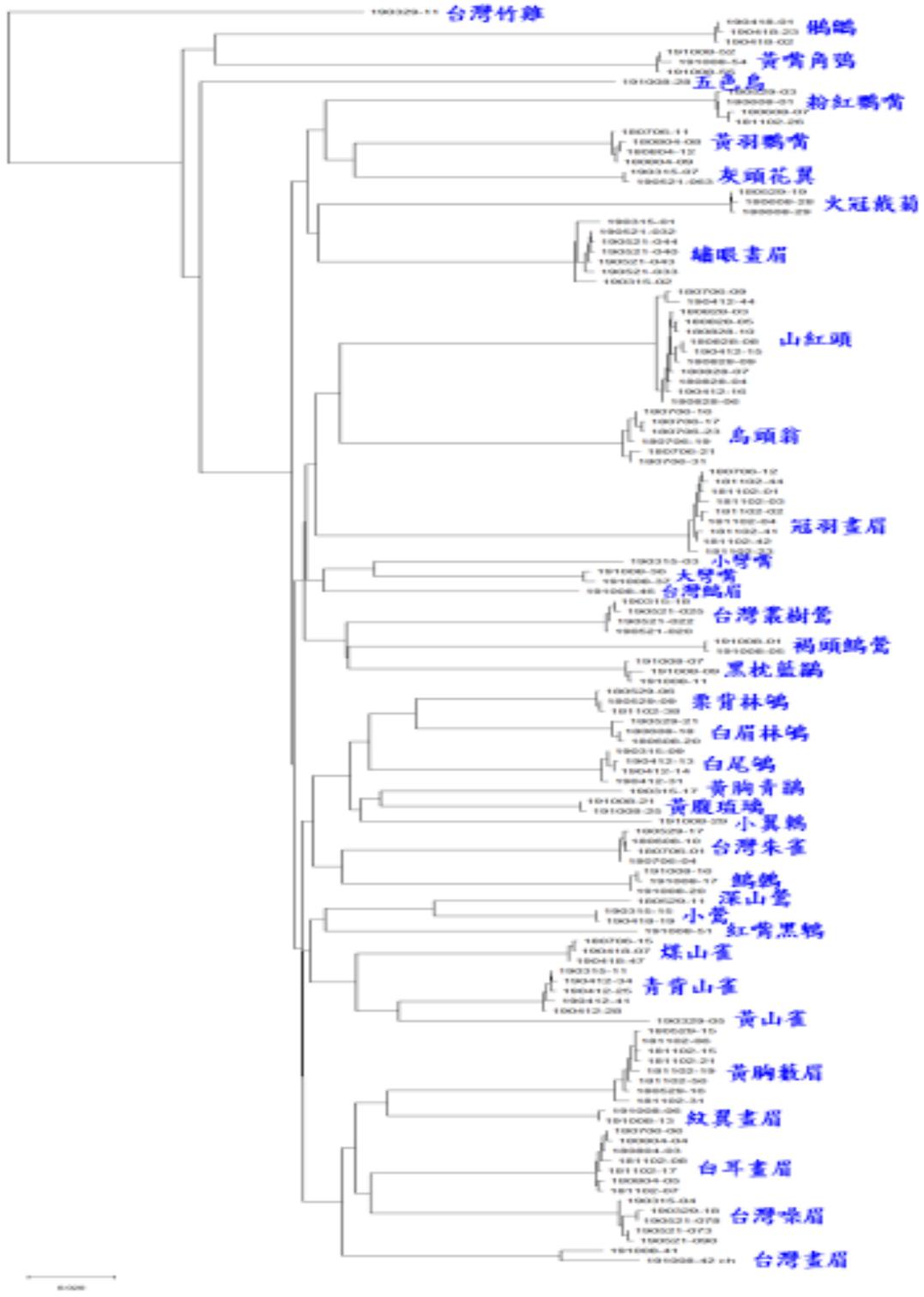


圖 4. 各基因單型以 neighbor-joining 法建構的親緣關係圖。

二、不同海拔樣本的遺傳分化

山紅頭是我們在太魯閣地區繫放的鳥種中海拔分布最廣的種類，從接近海平面的崇德，至海拔約 2700 公尺的合歡農場都普遍可見。我們比較來自高海拔（2500-2700 公尺）、中海拔（1200 公尺）和低海拔（低於 100 公尺）等地區的山紅頭，在粒線體 DNA CO1 基因的序列上是否有遺傳分化的現象。在共 27 隻樣本的序列中，檢測出 12 種基因單型，其中只有一種基因單型是在三個樣區的樣本共有，且有 48.1% 的個體（13/27）帶有此種基因單型。另有一種基因單型見於中海拔和高海拔地區的樣本，其餘 10 種基因單型則僅見於一個地區（表 9）。計算二族群間的遺傳分化指數（ F_{ST} ）（Wright 1969），顯示高海拔與中海拔地區的山紅頭、以及中海拔與低海拔地區的山紅頭族群之間沒有明顯的遺傳分化（ F_{ST} 值分別為 0.077 與 0.075），但是高海拔與低海拔的山紅頭族群之間則有較高的遺傳分化指數（ $F_{ST}=0.199$ ）。此外，三個族群的遺傳多樣性（以基因單型多樣性 H_d 表示）以中海拔的族群最高（ $H_d=0.911$ ），低海拔族群最低（ $H_d=0.464$ ）。

表 9. 山紅頭 CO1 基因的基因單型在不同海拔的出現數量

基因單型 名稱	地 點		
	高海拔 (2500-2700m)	中海拔 (約 1200m)	低海拔 (<100m)
RCB01	2	1	
RCB02	4	3	6
RCB03		1	
RCB04		1	
RCB05			1
RCB06			1
RCB07		2	
RCB08		1	
RCB09		1	
RCB10	1		
RCB11	1		
RCB12	1		
樣本數	9	10	8
基因單型多樣性	0.806	0.911	0.464

三、台灣畫眉與中國畫眉雜交個體的偵測

在本計畫共定序了 5 隻畫眉的 CO1 基因序列，其中 4 隻個體的序列完全相同，但有一隻採自三棧溪口的個體，在定序的 686 bp 序列中，有 19 bp 和其他個體不同，序列的相異度達 2.8%。與國際生命條碼資料庫（Barcode of Life Database, 簡稱 BOLD）

（<http://www.boldsystems.org>）中所收集的序列資料比對後，發現與其中一份中國畫眉（*Garrulax canorus*）的序列 100% 相同（BOLD 編號 GBMNA11341-19，GenBank accession number JQ348398）。顯示這隻外觀為台灣畫眉的個體（圖 5）為台灣畫眉與中國畫眉的雜交後代，其母系曾經來自中國畫眉。



圖 5. 外觀為台灣畫眉，但 CO1 基因序列與大陸畫眉相同的雜交畫眉。

四、自 DNA 條碼資料庫蒐集序列

我們分別自中央研究院野生動物遺傳物質冷凍典藏計畫 (<http://cryobank.sinica.edu.tw/>)，以及 BOLD 中蒐集台灣特有鳥類的 DNA 條碼序列。在中研院資料庫中，鳥類基因條碼資料包含 47 科 150 種將近 300 份粒線體 DNA CO1 基因片段序列。但是台灣特有鳥類 (含特有種和特有亞種) 的資料比例偏低，其中雀形目鳥類只有 8 種 18 隻個體的序列 (表 10)。

在 BOLD 中台灣特有種的資料更少，僅有 5 種特有種各 1 隻個體的序列 (表 11)。在特有亞種鳥類方面，已完成定序的台灣特有亞種鳥類序列中，僅小鶯、山紅頭和粉紅鸚嘴等 3 種鳥在 BOLD 中有同種、但來自不同地區 (亞種) 的序列資料，其中小鶯有 2 筆、山紅頭有 94 筆、粉紅鸚嘴有 3 筆序列資料。

五、將台灣特有鳥類 CO1 基因序列資料上傳至 BOLD 資料庫

本計畫執行完成的 37 種、共 436 隻個體的序列資料，已逐筆上傳至 BOLD 資料庫 (<http://v3.boldsystems.org/>) (Process ID: TRK001-19 ~ TRK436-19)，可使國際遺傳多樣性資料庫涵蓋的範圍更臻完備。

表 10. 台灣野生生物遺傳物質冷凍典藏計畫資料庫中所典藏的雀形目特有鳥類（含特有種和特有亞種）CO1 基因序列目錄

鳥種	序列數	標本編號（序列長度 bp）
黃山雀	3	NMNS9148 (868), NMNS8819 (860), NMNS8874 (859)
煤山雀	2	NMNS8886 (667), NMNS8889 (666)
大彎嘴	2	NMNS9501 (666), NMNS9508 (666)
山紅頭	3	NMNS9569 (869), NMNS11309 (858), NMNS9555 (859)
火冠戴菊	2	NMNS8811 (666), NMNS8841 (666)
紅嘴黑鶉	2	ASIZFZ000298 (640), ASIZFZ000296 (613)
烏頭翁	3	NMN11310 (666), NMNS11329 (666), ASIZFZ000863 (630)
白環鸚嘴鶉	1	NMNS9510 (666)

表 11. 國際生命條碼資料庫 (Barcode of Life Database) 中台灣特

有鳥類的 DNA 條碼序列

鳥種	序列數	序列編號	長度 (bp)
黃胸藪眉	1	GBIR1258-09.COI-5P	630
白耳畫眉	1	GBIR1265-09.COI-5P	630
台灣噪眉	1	GBIR1289-09.COI-5P	630
棕噪眉	1	GBIR1290-09.COI-5P	630
台灣白喉噪眉	1	GBIR1293-09.COI-5P	630

第四章 結論與建議

第一節 結論

- (一) 栗背林鴿、白眉林鴿和台灣噪眉等鳥類會在合歡農場與小風口二地移動。
- (二) 長期繫放-回收的資料，可以收集鳥類壽命的記錄。本計畫至今已有 12 種鳥有超過 5 年的回收記錄。
- (三) 藉由繫放-回收作業，持續發現每年會有許多黑臉鵝會重複回到太魯閣山區度冬。
- (四) 與 1991 年的調查結果相比，園區內烏頭翁、白頭翁和雜交個體的分布狀況有明顯的變化：烏頭翁所佔的比例明顯增加，而白頭翁和雜交個體的比例均大量減少。
- (五) 目前遺傳條碼的定序結果，顯示所使用的基因序列可以正確地區分所定序的鳥種。
- (六) 利用本研究所定序的 DNA 序列資料，發現山紅頭在低海拔和高海拔族群已有中等程度的遺傳分化。

第二節 建議

建議一

持續進行鳥類的長期繫放：中長期建議

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

協辦機關：具鳥類繫放經驗的研究單位或民間團體

自 2009 年起，我們持續在太魯閣地區進行鳥類繫放。在將近 10 年的繫放中，除了增加園區內新物種的記錄外，過去繫放過程中收集的生物檢體，也提供禽流感、血液寄生蟲、體外寄生蟲等疾病篩檢監測的材料，或是作為鳥類分類、族群遺傳、分子性別鑑定等研究所需的遺傳樣本，而各項形值資料則可以用來比較種內或種間型態變異。隨著回收記錄的增加，我們也開始能夠探討山區鳥類的壽命，以及候鳥的度冬地忠誠性。繫放作業需要許多人力的投入，是一持續收集資料的長期監測過程。過去我們已經在太魯閣國家公園內持續進行多年的鳥類繫放，建議之後能持續進行繫放作業，甚至能增加繫放地點，將能收集更多特殊、有趣的發現記錄。而繫放資料的價值，也將隨著資料的逐年累積而有更多的應用。

建議二

追蹤園區鳥類的活動路線：中長期建議

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

協辦機關：鳥類研究單位

由繫放作業的回收記錄，可知園區內有許多鳥種會週期性地在樣區內出現，包括冬候鳥和降遷性留鳥的季節性往返。園區內大部分繫放的鳥種體型都很小，傳統的追蹤裝置（例如衛星發報器）無法安裝在牠們身上。近年來新開發的一些微型裝置，例如 geolocator、GPS tag 等，其重量已經小到能安裝在小型的雀形目鳥類身上，不過安裝這些裝置的鳥必須再被捕獲，才能回收到其中的定位資訊。建議能選定回收記錄較多的鳥種，安裝微型的定位裝置，以追蹤牠們在一年內的活動路線，這些資訊將有助於了解他們的生活史，以及在活動範圍內可能遭遇到的威脅。

建議三

調查園區各地烏頭翁、白頭翁和雜交個體的分布現況：立即可行建議

主辦機關：太魯閣國家公園管理處

協辦機關：鳥類研究單位

烏頭翁和白頭翁的雜交是太魯閣國家公園內特殊的鳥類生態現象，一直以來都是太魯閣國家公園重要的鳥類解說題材。本計畫整理了歷年繫放所拍攝的照片，發現與劉小如（1991）的調查相比，白頭翁和雜交個體所佔的比例明顯減少，外型上判斷為烏頭翁的個體所佔比例大幅增加。唯繫放樣本僅來自園區內少數地點，可能無法反映全區的狀況。建議能重複劉小如（1991）調查的方式和地點，進行野外調查，確認烏頭翁、白頭翁和二者雜交個體在園區內各地的分布現況。所得的結果可謂這個特殊的生態現象提供更新的資料，也可增加新的鳥類解說材料。

參考書目

吳建龍。2006。一筆普通朱雀在中海拔山區的冬季發現紀錄。自然保育季刊 66:24-25。

許育誠。2010。代表性生態系經營研究之霧林帶指標物種棲地問題計畫(二) 鳥類於不同棲地環境的生存適應。太魯閣國家公園管理處。花蓮。

許育誠。2011。代表性生態系經營研究—霧林帶指標物種建立監測第三期。太魯閣國家公園管理處。花蓮。

許育誠。2012。全球氣候變遷生物監測—太魯閣國家公園鳥類長期監測計畫(一)。太魯閣國家公園管理處。花蓮。

許育誠。2016。太魯閣國家公園鳥類族群健康風險監測計畫。太魯閣國家公園管理處。花蓮。

許育誠、張玉蓮、徐中琪、鄭舜仁、蔡佩芳、高欣。2017。太魯閣國家公園2009年至2015年新紀錄鳥類名錄。國家公園學報。27(1): 1-13。

劉小如。1991。太魯閣國家公園烏頭翁與白頭翁生態及行為研究。太魯閣國家公園管理處。花蓮。

潘致遠、丁宗蘇、吳森雄、阮錦松、林瑞興、楊玉祥、蔡乙榮。2017。2017年台灣鳥類名錄。中華民國野鳥學會。台北，台灣。

鄭政卿。2017。南星計畫區2008-2015鳥類繫放報告 Part 01。飛羽世界

331:3-4 ◦

Hebert, P. D. N., S. Ratnasingham, and J. R. DeWaard. 2003. Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences* 270 (suppl 1): S96-S99.

Hebert, P. D. N., M. Y. Stoeckle, T. S. Zemlak, C. M. Francis. 2004. Identification of birds through DNA barcodes. *PLoS Biology* 2:1657-1663.

Jedlicka, J. A., A-T. E. Vo and R. P. P. Almeida. 2017. Molecular scatology and high-throughput sequencing reveal predominately herbivorous insects in the diets of adult and nestling Western Bluebirds (*Sialia mexicana*) in California vineyards. *Auk* 134: 116-127.

Kress, W. J., C. García-Robledo, M. Uriarte and D. L. Erickson. 2015. DNA barcodes for ecology, evolution, and conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 30: 25-30.

Kumar, S., G. Stecher, M. Li, C. Knyaz and K. Tamura. 2018. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution* 35:1547-1549.

Lijtmaer, D. A., K. C. R. Kerr, M. Y. Stoeckle, and P. L. Tubaro. 2012. DNA Barcoding Birds: From Field Collection to Data Analysis. *In: W. J. Kress and D. L. Erickson (eds.): DNA Barcodes: Methods and*

Protocols, Methods in Molecular Biology, vol. 858. Springer Science+Business Media.

Loman, D. J., D. M. Prawiradilaga, and R. Meier. 2009 Improved COI barcoding primers for Southeast Asian perching birds (Aves: Passeriformes). *Molecular Ecology Resources* 9:37-40.

Lopes, C. M., T. Sasso, A. Valentini, T. Dejean, M. Martins, K. R. Zamudio and C. F. B. Haddad. 2017. eDNA metabarcoding: a promising method for anuran surveys in highly diverse tropical forests. *Molecular Ecology Resources* 17: 904-914.

Nei, M. and W.-H. Li. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. *Proceedings of National Academy of Sciences, the United States of America* 76:

Nei, M. and F. Tajima. 1981. DNA polymorphism detectable by restriction endonucleases. *Genetics* 97:145-163.

Patel, S., J. Waugh, C. D. Millar and D. Lambert. 2010. Conserved primers for DNA barcoding historical and modern samples from New Zealand and Antarctic birds. *Molecular Ecology Resources* 10: 431-438.

Rozas, J., A. Ferrer-Mata, J. C. Sánchez-DelBarrio, S. Guirao-Rico, P. Librado, S. E. Ramos-Onsins and A. Sánchez-Gracia. 2017. DnaSP 6: DNA Sequence Polymorphism Analysis of Large Datasets. *Molecular Biology and Evolution* 34: 3299-3302.

- Rudnick, J. A., T. E. Katzner, E. A. Bragin and J. A. DeWoody. 2008. Species identification of birds through genetic analysis of naturally shed feathers. *Molecular Ecology Notes* 7: 757-762.
- Saitoh, T., N. Sugita, S. Someta, Y. Iwami, S. Kobayashi, H. Kamigaichi, A. Higuchi, S. Asi, Y. Yamamoto and Y. Nishiumi. 2015. DNA barcoding reveals 24 distinct lineages as cryptic bird species candidates in and around the Japanese Archipelago. *Molecular Ecology Resources* 15:177-186.
- Valentini, A., F. Pompanon and P. Taberlet. 2009. DNA barcoding for ecologists. *Trends in Ecology and Evolution* 24: 110-117.
- Waugh, J., M. W. Evans, C. D. Millar and D. M. Lambert. 2011. Birdstrikes and barcoding: can DNA methods help make the airways safer? *Molecular Ecology Resources* 11: 38-45.
- Wright, S. 1969. *Evolution and the Genetics of Populations, Vol. II. The Theory of Gene Frequencies*. University of Chicago Press, Chicago.
- Yang, R., X. Wu, P. Yan, and X. Li. 2010 Using DNA barcodes to identify a bird involved in a birdstrike at a Chinese airport. *Molecular Biology Reports* 37:3517-3523.

附錄一：計畫評選委員會意見及回覆

委員或單位	審查意見	廠商回覆
趙磐華委員	<p>(一) 建議在採樣同時，並同採取肛門糞便(拭子)送農委會家畜衛生試驗所進行禽隻流行性感冒病毒監測，更趨於周延完整，以確保人禽共同衛生安全。</p>	<p>有關禽流感的檢體，過去曾經送給淡水家畜衛生試驗所，後因狂犬病疫情爆發，該所人力不足而停止；過去也曾經將檢體送給長庚大學。此項工作非本計畫執行範圍，但若有其他團隊願意進行檢驗，本團隊仍樂意協助提供採樣。</p>
	<p>(二) 本研究計畫應為持續性計畫，係自何年開始？有否發現重複被繫捕(有繫腳圈者)的發現機率多少？</p>	<p>我們從 2009 年開始進行太魯閣地區的鳥類繫放工作。許多鳥類有重複回收的記錄，每種鳥被重複發現的機率差異很大。在太魯閣 2016 年的研究報告中，我們曾經呈現過繫放數量最多的山紅頭和粉紅鸚嘴等二種鳥的回收狀況。</p>
李培芬委員	<p>(一)從以往的繫放資料而言，請說明本案之執行預估可以得到多少種鳥類之台灣特有種鳥類？</p>	<p>如我們在服務建議書中所述，我們預計在計畫進行的二年中完成 20 種（每年 10 種）台灣特有鳥類（包括特有種和特有亞種）、每種至少 15 隻個體的 DNA 條碼資料。所以我們預估可以得到 20 種台灣特有鳥類（包括特有種和特有亞種）的樣本。</p>
	<p>(二)在洛韶地區之繫放鳥類主要對象是各季蒞臨的候鳥，則請問本地區預計會有多少種可執行 DNA 條碼資訊？是否可考慮將本樣區移位到森林樣區，以作為和其他兩處樣區之類型相似？</p>	<p>洛韶地區的繫放環境是森林周邊的農地，繫放的鳥種除了候鳥外，也有許多留鳥，包括一些森林性的鳥種。森林受限於樹木的阻礙，不易有適合架設鳥網的地點，在與洛韶相近的蓮花池是很適合的森林</p>

		環境，過去我們曾經進行多年的繫放，唯因目前入口處坍方，未開放通行，無法進入進行作業。預計在洛韶地區應可採集到約10種可執行DNA條碼資訊的特有鳥類（含特有種和特有亞種）。
	(三)台灣鳥類有垂直降遷之情形，請嘗試比較在11月至2月間在各中、低海拔樣區所發現之DNA條碼與高海拔樣區之差異。	對於會降遷的鳥種，無法於11月至2月間同時在高海拔和中低海拔都採集到足夠的樣本。若有符合建議的鳥種，我們會嘗試進行比較。
	(四)分布資料請上傳到國家公園生物多樣性資料庫。	依合約規定，必須上傳分布資料始能結案，所以本計畫所收集的各項分布資料一定會上傳至資料庫。已在細部工作計畫書中增加說明。
	(五)建議補充定序後之相關分析內容。	已在細部工作計畫書中增加說明。
程建中委員	(一)取樣繫放作業，每月進行2次，此與P5陳述不合，請說明。	已在細部工作計畫書中修正不合之處。
	(二)P5腳環之來源及與國際繫放平台的聯繫如何？	鳥類繫放使用的腳環都是向中華民國野鳥學會繫放中心申請，每次計畫結束都會提交腳環使用的記錄。與國際繫放資料的聯繫也都是透過中華鳥會協助。過去曾經回收過來自南韓的藍磯鶇和來自俄羅斯的黑臉鵙。已在細部工作計畫書中增加說明。
	(三)DNA定序之說明過於簡略，SNP研究對多樣性分析是否有用？	已在細部工作計畫書中增加DNA定序工作說明。本計畫的主要目的是在發展國際通用的DNA條碼，SNP目前沒有國際通用的方法和資料庫，且必須針對每一物種測試適用的方法，與本計畫的目的不同。

劉委員振軒	(一) 捕獲鳥類如有病傷者如何處理？	繫放捕獲的鳥，若是因為中網太久過於虛弱，會提供保暖和飲水，待其恢復飛行能力後再野放。若有發現外寄生蟲（例如硬蜱、蝨蠅或羽蟲），則會採集寄生蟲樣本，提供需要的研究人員使用。已在細部工作計畫書中增加說明。
	(二) 野鳥採血液是否屬於動物保護法管轄之範圍？	有關捕捉鳥類之法令規定，本團隊會在研究調查前取得相關主管機關之同意後，再進行調查。已在細部工作計畫書中增加說明。
	(三) 建議血液寄生蟲檢查送有關單位協助檢驗。	2010-2012年、以及2016年我們已針對太魯閣地區鳥類的血液寄生蟲進行過調查相關結果可見太魯閣研究報告。血液寄生蟲的檢驗非本次計畫工作項目，若有願意持續進行檢測的單位，我們樂意提供相關的樣本。

附錄二、第 2 次報告書審查會議紀錄

- 壹、開會時間：107 年 7 月 25 日（星期三）下午 2 時
- 貳、開會地點：本處大會議室
- 參、主持人：張副處長登文 記錄：陳綺鄉
- 肆、出席單位及人員：如簽到簿
- 伍、主席致詞（略）
- 陸、業務單位說明

一、案係本處 107-108 年度委託辦理計畫「太魯閣國家公園鳥類遺傳多樣性研究」，金額新臺幣 169 萬元整(於 107 年 3 月 21 日簽約，履約期限至 108 年 12 月 31 日止)。

二、依本案契約書第 7 條第 1 項規定，廠商應於 107 年 6 月 20 日前提出第 2 次報告書，本案受託單位於 107 年 6 月 20 日函送第 2 次報告書 1 式 15 份(含電子檔 1 份)，本處於 107 年 6 月 20 日收件，符合契約規定，爰召開本次會議。

- 柒、廠商簡報：國立東華大學（略）
- 捌、討論(委員/出席者意見摘要)

程建中委員

- (一)請確認本計畫執行至今，是否可確定達成計畫目的。
- (二)由繫放所得高山峽谷地區有小族群隔離現象，建議針對 1. 族群遺傳多樣性予以深化研究；2. 族群消長現象，尤以複合族群(meta-population)特徵之研究。
- (三)P20，圖 2，mDNA CO1 基因親緣關係樹，所呈現的是種間親緣關係。建議針對種內族群親緣關係，亦予以研究關注。
- (四)過去大英博物館曾發現現在鳥類的標本較 20、30 年前的標本羽毛毛色較深，係因為空氣污染之緣故，建議請受託團隊調查時可以輕刷鳥毛確認是否為老鳥毛色較深。

天祥管理站高主任欣

有關鳥類對棲息環境的忠誠度為何？以一般發現黃尾鶇的

機會很高，但黃尾鴿重複捕捉的調查資料為何較少，請受託單位說明。

解說教育課鄒技正月娥

請教研究團隊，有關同一隻鳥於不同年被重複捕捉，其外觀上有變化嗎？

解說教育課黃課長志強

- (一) 目前太魯閣的鳥類研究算是較久的監測研究，長期監測本園區鳥類變化的資料可以供本處較具說服力。例如：粉紅鸚嘴、山紅頭可以活 6 歲以上。
- (二) 另請教受託單位，為何高海拔試驗站樣區的鳥類較少飛到合歡農場樣區。

保育研究課張約僱解說員玉蓮

有關第 6 年被捕獲的鳥隻與第 1 次被捕獲時形態、特徵有何不同，請受託單位說明。

企劃經理課賴約聘解說員美麗

受託單位繫放的環圈係向野鳥學會申請，受託單位是否能將鳥會的資料與受託單位調查的資料作比對？

保育研究課陳技佐綺鄉

- (一) 請受託單位注意計畫期程控管。
- (二) 本縣爆發鼬獾感染狂犬病死亡之疫情，請研究團隊在野外執行調查時，注意自身安全，並建議受託單位之調查人員施打狂犬病疫苗作為預防。
- (三) 最近有民眾反映在昆陽至主峰附近有不肖攝影人士取下栗背林鴿的鳥巢，並將鳥巢固定在樹枝上進行擺拍。受託單位在進

行野外調查時，如果有發現可疑人士進行不法行為或可疑車輛請通知本處人員。

(四)建議受託單位可以著手思考如何將生硬的分子生物學之資料，轉譯成普羅大眾可理解的解說資料。

張副處長登文

- (一)有關受託單位擇定 20 種鳥種，這 20 種是受託單位捕獲的 20 種或有其他的擇定標準？
- (二)依期中簡報所提基因定序，其中 2 種與中研院的定序物種重複，受託單位是否考慮刪除或保留及其原因？

玖、受託單位(國立東華大學-許育誠教授)回應內容

- 一、本計畫可以達成契約規定之標的。
- 二、有關程委員所提及隔離現象及種內親緣關係，本計畫目前蒐集樣本數較少，無法回答隔離現象及種內親緣關係。本團隊將在不同的樣區持續蒐集資料，當樣本數較多時再分析種內的差異。
- 三、有關擇定鳥種之標準，係以評估本團隊能否捕獲，並從捕獲的鳥種中選擇。
- 四、有關張副處長所提及 2 個與中研院重複定序之物種，建議保留，較能累積資料，可看出是否有種內分化及遺傳變異的現象。
- 五、有關高主任所提及，本團隊每年會捕獲黃尾鴿，但不同冬天重複回收的樣本並不多。
- 六、透過繫放的好處，可以知道看到同一隻鳥的機率多寡。
- 七、有關鳥類的年齡，小型鳥類於 1 歲之後很難從外觀辨識其年齡，除非透過研究調查標記的腳環，或透過分子生物學染色體中的中心粒(年紀越長中心粒越短)可以辨識。
- 八、有關重複捕捉之鳥類，其外觀無差異。但有些種類年長的毛色，會較年幼時的毛色深。至於是否因為空氣污染所致毛色較深，小型鳥類會以水清洗羽毛，空氣污染所致毛色深的可能性較低。

九、本團隊調查的鳥類資料會回報至鳥會資料庫中，但將鳥會資料庫之資料作比對，可以使用鳥類季節記錄資料，如果需使用較詳細的資料，可能會有研究上的誤差。例如：本團隊在測量鳥類的形值，通常是某一種同一人測量，以免造成形值記錄人為的誤差。

拾、決議

本案第 2 次報告書審查會議簡報經承辦課確認符合預定進度及工作內容，本次簡報原則通過，相關與會人員建議事項請納入後續報告書中修正或執行計畫之參考，並請依契約規定辦理後續事宜。

拾壹、散會時間：15 時 10 分。

委員或單位	審查意見	廠商回覆
程建中委員	(一) 請確認本計畫執行至今，是否可確定達成計畫目的。	本計畫可以達成契約規定之標的。
	(二) 由繫放所得高山峽谷地區有小族群隔離現象，建議針對 1. 族群遺傳多樣性予以深化研究；2. 族群消長現象，尤以複合族群(meta-population) 特徵之研究。	有關程委員所提及隔離現象及種內親緣關係，本計畫目前蒐集樣本數較少，無法回答隔離現象及種內親緣關係。本團隊將在不同的樣區持續蒐集資料，當樣本數較多時再分析種內的差異。
	(三) P20，圖 2，mtDNA CO1 基因親緣關係樹，所呈現的是種間親緣關係。建議針對種內族群親緣關係，亦予以研究關注。	本研究主要是以一跨種通用的方法，快速建立鳥類的遺傳多樣性資料。使用的遺傳標記(mtDNA CO1 基因)在種間的差異較大，而種內的變異較少，較不適用於種內親緣關係的探討。不同鳥種在種內的親緣關係研究，需針對各鳥種設計適當的遺傳標記，在研究目的和經費上都已超過本計畫的預計目標。

委員或單位	審查意見	廠商回覆
	(四) 過去大英博物館曾發現現在鳥類的標本較 20、30 年前的標本羽毛毛色較深，係因為空氣污染之緣故，建議請受託團隊調查時可以輕刷鳥毛確認是否為老鳥毛色較深。	有關重複捕捉之鳥類，其外觀無差異。但有些種類年長的毛色，會較年幼時的毛色深。至於是否因為空氣污染所致毛色較深，小型鳥類會以水清洗羽毛，空氣污染所致毛色深的可能性較低。
天祥管理站高主任伙	(一) 有關鳥類對棲息環境的忠誠度為何？以一般發現黃尾鴿的機會很高，但黃尾鴿重複捕捉的調查資料為何較少，請受託單位說明。	有關高主任所提及，本團隊每年會捕獲黃尾鴿，但不同冬天重複回收的樣本並不多。
解說教育課鄒技正月娥	請教研究團隊，有關同一隻鳥於不同年被重複捕捉，其外觀上有變化嗎？	有關重複捕捉之鳥類，其外觀無差異。但有些種類年長的毛色，會較年幼時的毛色深。
解說教育課黃課長志強	(一) 目前太魯閣的鳥類研究算是較久的監測研究，長期監測本園區鳥類變化的資料可以供本處較具說服力。例如：粉紅鸚嘴、山紅頭可以活 6 歲以上。	長期的繫放資料不止可以累積鳥類的壽命資料，也可以用來探討鳥類的季節性移動、鳥種組成的變化等。繫放時所收集的測量資料和遺傳樣本，還可用來探討體型和遺傳組成的長期變動
	(二) 另請教受託單位，為何高海拔試驗站樣區的鳥類較少飛到合歡農場樣區。	目前已陸續有高海拔試驗站繫放的鳥類在合歡農場被回收到，隨著繫放數量增加，應可累積更多鳥類在二地活動的記錄。
保育研究課張約僱解說員玉蓮	有關第 6 年被捕獲的鳥隻與第 1 次被捕獲時形態、特徵有何不同，請受託單位說明。	沒有發現明顯不同。
企劃經理課賴約聘解說員美麗	受託單位繫放的環圈係向野鳥學會申請，受託單位是否能將鳥會的資料與受託單位調查的資料作比對？	本團隊每年都會將繫放資料繳交中華鳥會。若有研究需求，應可向中華鳥會申請使用。但繫放的測量資料在使用上有些需注意的事項，例如不同測量團隊的測量項目可能

委員或單位	審查意見	廠商回覆
		不同、不同測量人員的結果也可能會有誤差。
保育研究 課陳技佐 綺鄉	(一) 請受託單位注意計畫期程控管。	會持續注意
	(二) 本縣爆發鼬獾感染狂犬病死亡之疫情，請研究團隊在野外執行調查時，注意自身安全，並建議受託單位之調查人員施打狂犬病疫苗作為預防。	謝謝提醒。在我們繫放的環境遇到鼬獾的機會不高，主要工作對象為鳥類，牠們並不會感染狂犬病。
	(三) 最近有民眾反映在昆陽至主峰附近有不肖攝影人士取下栗背林鴿的鳥巢，並將鳥巢固定在樹枝上進行擺拍。受託單位在進行野外調查時，如果有發現可疑人士進行不法行為或可疑車輛請通知本處人員。	會持續注意，若有發現前述情事，會立即向管理處回報。
	(四) 建議受託單位可以著手思考如何將生硬的分子生物學之資料，轉譯成普羅大眾可理解的解說資料。	關於遺傳多樣性保育的部分，可以設計通俗的解說資料，唯關於技術和資料方面，仍必須先備有一些生物學背景較易瞭解。
張副處長 登文	有關受託單位擇定 20 種鳥種，這 20 種是受託單位捕獲的 20 種或有其他的擇定標準？	有關擇定鳥種之標準，首先是以台灣特有鳥類(包括特有種和特有亞種)為對象，再評估本團隊能否捕獲足夠的樣本(每種至少 15 隻)，並從捕獲的鳥種中選擇。除上這些原因外，設定在 20 種也考慮到經費的限制。
	依期中簡報所提基因定序，其中 2 種與中研院的定序物種重複，受託單位是否考慮刪除或保留及其原因？	建議保留與中研院資料庫中相同的物種，主要是因為在該資料庫中，每一物種都只有極少數的序列，無法看出種內遺傳多樣性的狀況。

附錄三：第 3 次報告書審查會議紀錄

壹、開會時間：107 年 11 月 30 日（星期五）上午 10 時

貳、開會地點：本處大會議室

參、主持人：張副處長登文

記錄：

陳綺鄉

肆、出席單位及人員：如簽到簿

伍、主席致詞（略）

陸、業務單位說明

一、案係本處 107-108 年度委託辦理計畫「太魯閣國家公園鳥類遺傳多樣性研究」，金額新臺幣 169 萬元整（於 107 年 3 月 21 日簽約，履約期限至 108 年 12 月 31 日止）。

二、依本案契約書第 7 條第 1 項規定，廠商應於 107 年 11 月 20 日前提交第 3 次報告書 1 式 15 份，廠商於 107 年 11 月 16 日函送前揭第 3 次報告書 15 份（含電子檔 1 份）（本處於 107 年 11 月 16 日收到來文及 11 月 19 日收到附件），符合契約規定，爰召開本次會議。

柒、廠商簡報：國立東華大學（略）

捌、討論（委員/出席者意見摘要）

姚正得委員

（一）長期研究所累積的資料與所呈現的訊息非常珍貴，對於管理處經營管理及解說教育工作的推展助益很大，值得持續支持。

（二）DNA 條碼如果可以透過本研究的一手資料，佐以臺灣師範大學生命科學系李壽先教授與林思民教授過去執行臺灣生命條碼計畫時所累積臺灣鳥類的 DNA Co-I 定序資料，一定更可分析出部分鳥種的遺傳多樣性訊息。

（三）烏頭翁與雜頭翁是否具有類似的遺傳多樣性特質？外型較接近純種白頭翁的個體在園區內是不是很少？

程建中委員

- (五)本研究已有相當成果，由表 2 可知 57 種中，有 23 種回收紀錄。其中粉紅鸚嘴 281/153，小鶯 30/19，山紅頭 196/134，…顯然，在習性、行為、棲地範圍可有更多的論述。
- (六)表 7 在年齡上的呈現，建議有參考文獻的比較。
- (七)表 9，期待有更多得一般語言論述文字說明。
- (八)P22 親緣樹，建議有方法、軟體，其基本假設及限制條件的敘述。
- (九)Geocator 在本研究，或因精準度尚不適使用。
- (十)綠繡眼之外來個體的風險，是否有察覺或評估？建議受託團隊需先建構本土綠繡眼基本基因序列資料。

保育研究課孫課長麗珠

- (五)就國家公園鳥類生物多樣性而言，本處大概已建立鳥類物種多樣性，鳥類遺傳多樣性，對於棲地多樣性是否需要增加棲地的研究？
- (六)另本研究係二年期，在明年受託單位需繳付解說文稿，文稿內容請整合歷年及本研究在低、中、高海拔鳥種介紹、鳥類性別、鳥類年齡(生活史)、鳥類遷移及烏頭翁、雜頭翁變動成果等資料。

保育研究課張約僱解說員玉蓮

請教小卷尾常與一群灰喉山椒鳥一起行動，是哪種原因促成不同種可以一起活動？甚至有時可以發現鴿鷓亦會與灰喉山椒鳥、小卷尾一起活動？

保育研究課陳技佐綺鄉

- (一)有關 P19「…發現每年跨季回收個體所佔的比例變異很大…」，試問是哪方面的變異大？
- (二)有關本報告書內容誤繕的部分，會以書面意見提供給老師。

張副處長登文

本案係為跨年度計畫，建議受託單位於報告書內容補撰目前研究之重要發現。

玖、受託單位(國立東華大學-許育誠教授)回應內容

- 一、感謝姚委員建議，會向李壽先老師及林思民老師詢問相關資料。
- 二、太魯閣園區內發現白頭翁的比例較不常見。
- 三、有關將本研究資料運用在科普及保育，過去太管處曾製作過三本研究調查的科普專書，其中一本是鳥類調查的研究轉譯。且本研究團隊亦曾在天祥有約、志工訓練、演講等，與民眾分享研究成果。
- 四、有關鳥類生活史的研究，因研究有難度，所以參考文獻很難找相關資料。
- 五、有關遺傳多樣性的敘述，本團隊會嘗試調整。
- 六、有關演化樹，會再後續報告書內補充說明。
- 七、有關 geolocator 定位是透過光照追蹤跨緯度的移動，因此較適用候鳥。目前 geolocator 精準度約 30-100 英哩，已比過去 300 英哩較為精準，不過度冬地的研究風險即是回收率較低。有關 GPS tag 較適合留鳥，該 tag 重量約 0.3 克左右。
- 八、有關今年本團隊在洛韶做繫放研究時，捕捉到比往年更多的綠繡眼數量。目前尚未能確定是否為外來綠繡眼，不過本團隊有採血液，未來可以做分析使用。
- 九、有關孫課長提出鳥類棲地之研究，本團隊會先蒐集過往鳥類調查的相關文獻後，再給予太管處建議。洛韶、西寶及合歡山樣區，因現今環境與過去的土地利用方式差異大，以哺乳類動物為例，發現率較以往的比例高。
- 十、有關臺灣鳥類度冬時，不同種結群一起活動之現象，小卷尾、灰喉山椒鳥及鶇鷓在群內各自扮演不同角色，例如：小卷尾習性常

站高處取食，類似哨兵；灰喉山椒鳥成群飛舞驚嚇昆蟲，灰喉山椒鳥及小卷尾各自取用喜好的昆蟲；而鴝鵒扮演偷襲的角色，有時會捕捉群組內個體。

拾、決議

本案第 3 次報告書審查會議簡報經承辦課確認符合預定進度及工作內容，本次簡報原則通過，相關與會人員建議事項請納入後續報告書中修正或執行計畫之參考，並請依契約規定辦理後續事宜。

拾壹、散會時間：11 時 30 分。

委員或單位	審查意見	廠商回覆
姚正得委員	長期研究所累積的資料與所呈現的訊息非常珍貴，對於管理處經營管理及解說教育工作的推展助益很大，值得持續支持。	後續會持續累積更多資料，謝謝指正。
	DNA 條碼如果可以透過本研究的一手資料，佐以臺灣師範大學生命科學系李壽先教授與林思民教授過去執行臺灣生命條碼計畫時所累積臺灣鳥類的 DNA Co-I 定序資料，一定更可分析出部分鳥種的遺傳多樣性訊息。	經與李壽先教授詢問，臺灣生命條碼計畫中鳥類的序列資料確實迄今尚未公開。
	烏頭翁與雜頭翁是否具有類似的遺傳多樣性特質？外型較接近純種白頭翁的個體在園區內是不是很少？	依據我們的觀察和繫放資料，園區內外型接近純種白頭翁的個體確實很少見。由於本計畫的目的之一是在建立台灣特有鳥類的 DNA 條碼資料，在樣本的選取上只採用外型判定為純種烏頭翁的樣本，目前無法確定雜頭翁此段基因序列的狀況。
程建中委員	本研究已有相當成果，由表 2 可知 57 種中，有 23 種回收紀錄。其中粉紅鸚嘴 281/153，小鶯	繫放所收集的回收資料，可以反映個體的壽命和出現狀況，限於人力和經費等限制，我們

委員或單位	審查意見	廠商回覆
	30/19, 山紅頭 196/134, ... 顯然, 在習性、行為、棲地範圍可有更多的論述。	無法觀察繫放個體的行為、並追蹤他們的活動範圍。
	表 7 在年齡上的呈現, 建議有參考文獻的比較。	關於鳥類在野外的年齡和壽命資料非常不易取得, 我們的繫放回收正是試圖建立這些基本的生活史資訊, 目前我們尚未收集到足供比較的文獻。另一方面, 我們的繫放持續時間仍不夠久, 應還無法充分反映台灣山區鳥類的年齡結構。
	表 9, 期待有更多得一般語言論述文字說明。	已在後續版本中增加更多文字敘述。
	P22 親緣樹, 建議有方法、軟體, 其基本假設及限制條件的敘述。	已在後續版本中說明。
	Geolocator 在本研究, 或因精準度尚不適使用。	本研究並沒有使用 geolocator。不過對於太魯閣地區繫放和回收量較多的冬候鳥黑臉鵙, 重量較輕的 geolocator 應是適合研究其遷移路徑的適當工具。
	綠繡眼之外來個體的風險, 是否有察覺或評估? 建議受託團隊需先建構本土綠繡眼基本基因序列資料。	目前我們並沒有在太魯閣地區發現外型似外來種綠繡眼的個體。本計畫是針對台灣特有鳥類收集基因序列資料, 因為綠繡眼並不是特有種或特有亞種, 因此不在本計畫的定序物種名單中。
保育研究 課孫課長 麗珠	就國家公園鳥類生物多樣性而言, 本處大概已建立鳥類物種多樣性, 鳥類遺傳多樣性, 對於棲地多樣性是否需要增加棲地的研究?。	任何一個面向的生態研究, 對於了解國家公園生物多樣性而言, 都是非常重要的工作。
	另本研究係二年期, 在明年受託單位需繳付解說文稿, 文稿內容請整合歷年及本研究在	會依合約規定的內容提供解說文稿資料。

委員或單位	審查意見	廠商回覆
	低、中、高海拔鳥種介紹、鳥類性別、鳥類年齡(生活史)、鳥類遷移及烏頭翁、雜頭翁變動成果等資料。	
保育研究課張約僱解說員玉蓮	請教小卷尾常與一群灰喉山椒鳥一起行動，是哪種原因促成不同種可以一起活動？甚至有時可以發現鴝鵒亦會與灰喉山椒鳥、小卷尾一起活動？	不同鳥種的結群活動，可能會提供彼此在偵測天敵或是覓食上的協助。例如小卷尾常站在樹頂上，有助於偵測到掠食者；而灰喉山椒鳥成群在樹間活動覓食時會驚嚇昆蟲，小卷尾可以藉此捕食，二者藉由結群而各自獲得好處；而鴝鵒尾隨結群鳥類，可能會伺機扮演偷襲的角色，捕捉群組內個體。
保育研究課陳技佐綺鄉	有關 P19「...發現每年跨季回收個體所佔的比例變異很大...」，試問是哪方面的變異大？	指的是當年捕捉到的黑臉鵝中，跨季回收個體佔所有捕獲個體的比例，在不同年間的變動很大。
	有關本報告書內容誤繕的部分，會以書面意見提供給老師。	已依提供的資料修正錯誤
張副處長登文	本案係為跨年度計畫，建議受託單位於報告書內容補撰目前研究之重要發現。	已補充。

附錄四：第 4 次報告書審查會議紀錄

壹、開會時間：108 年 6 月 28 日（星期五）上午 10 時 30 分

貳、開會地點：本處大會議室

參、主持人：游處長登良
智鴻

紀錄：藍

肆、出席單位及人員：如簽到簿

伍、主席致詞（略）

陸、業務單位說明（略）

柒、廠商簡報：國立東華大學（略）

捌、討論(委員/出席者意見摘要)

程建中委員

一、本研究調查繫放作業，偏重中海拔(15/25)，高海拔(8/25)，相對低海拔較少(2/25)。可能與山紅頭遺傳分化之結論相關，建議予以討論。

二、本研究已蒐集 18 種特有種，19 種特有亞種，及其他 30 種。建議加強特有種及特有亞種之 COI 基因定序成果，以符期待。

三、樂於見到山紅頭研究的成果，期望藉此建立地區指標生物物種的特質及代表性。

四、P28. 遺傳分化指數(F_{ST})如何計算？參考資料務必附上。遺傳多樣性(基因單型多樣性, Hd)，亦請比照說明。另外有關山紅頭高、底海拔族群有中等程度的分化，是如何判斷及界定？

五、在 P2. 取樣方法可就季節差異，工作人時、霧網規格、繫放工作時間，及取樣努力量(Sampling Effortness)，予以詳細說明。另取血後之保存溫度條件也請說明。

姚正得委員

一、長期野外生態研究是解答自然史資料的最佳方法，值得持續投注經費支持，長期支持東部山區海拔梯度鳥類研究的成果，已逐一

呈現珍貴成果。

二、持續收集鳥類的形質、分布、血液樣品等，有助於回顧氣候變遷可能造成的變異，還有特定疫病發生的時間點等。

三、本研究的部分成果，已清楚揭示在保育上思考保育的單元時，不只是物種為考量，有些物種的低、中、高海拔族群，須分別加以考慮。未來可以在結論與建議中清楚給予管理處一些建議。

四、相較於已經上傳至公開基因序列的遺傳資料庫現有的台灣鳥類基因條碼數量與種數，本研究報告所呈現的資料已經堪稱臺灣第一或世界第一，相當不容易。

遊憩服務課黃技士瑞諒

一、有連續 6 年繫放回收的樣本，是否可裝設 GPS 定位，確認牠是否有離開？

二、能否標記低、中、高海拔鳥類且如何界定？建議在報告書中標註。

解說教育課鄒技正月娥

一、有關烏頭翁是東部常見的原生種鳥類，在我們園區內之前劉小如老師曾經進行調查，白頭翁似乎是不當放生所致，經過長期觀察，目前看起來白頭翁比例似乎有降低；有關雜交型烏頭翁，雜交鳥型的比例也比雜交白型的比例高，看起來似乎是比較好的，後續可作為避免放生行為造成生態環境破壞的宣導。

二、依據繫放回收資料 6 年前、後烏頭翁在外觀部分是否有差異？

三、感謝鳥類研究長期的觀察記錄，像之前禽流感疫情爆發時，也立即提供相關資料，發佈新聞稿說明本處園區內沒有相關疫情。

環境維護課鄭技士凱文

請教山紅頭有做低、中、高海拔族群的調查，架網環境如空曠區及森林內的族群是否也會有差異。

保育研究課孫課長麗珠

一、請老師將簡報資料及其他委員的建議資料補充至本次報告書內。

- 二、鳥類繫放研究自 2009 年迄今已累積相當多資料，希望能把我們園區內鳥類名冊、海拔分佈等生態幅度的資料，在期末報告時能夠做為附件補充。
- 三、本案計畫結束時需繳交一萬字的解說文稿，能否請老師在 8 月時撥冗來本處討論文稿的編寫方式及內容方向。

保育研究課藍技士智鴻

報告書文字誤繕部分，本處再以書面提供執行單位參考修正。

玖、受託單位(國立東華大學-許育誠教授)回應內容

- 一、有關取樣次數分配的差異主要是因為人力及經費的限制，低海拔取樣次數雖然較少，但以山紅頭的採集樣本數來看，是不會差太多的；中海拔採集次數較多是因為先前計畫及考量個體回收狀況，所以投入的比較多；高海拔部分因人力及氣候限制，原本就是設定 2 個月進行一次，所以依照既定計畫進行。
- 二、有關部分抓到的鳥類尚未做基因定序的部分，目前樣本數量將近 2,000 隻，考量人力及經費問題無法全部處理，目前已完成 17 種，將依據合約要求完成 20 種，每種至少 15 隻，目前未達 15 隻的種類，就暫不處理，如果達到計畫要求後，尚有經費的話會繼續進行特有種的基因定序。
- 三、有關指標生物的部分，先前報告曾有提到過，指標生物用稀有或特有生物在某些情況下未必是好的指標；指標生物的選定要看我們希望獲得何種指標資訊，普遍種因為在各個地方都看得到，有時候會是更好的指標生物。
- 四、有關採樣細節如工作人時、霧網規格、繫放工作時間等取樣努力量的部分每次繫放都有紀錄，在計畫結案時會提報相關資料；有關採血樣本保存溫度的問題，血液樣本採取後放入酒精後即可於室溫保存，因溫度太高酒精容易蒸發，所以會置於陰涼處，回到實驗室後放入 -20°C 冰箱保存。
- 五、有關遺傳分化(F_{ST})計算公式的參考文獻會再補充於報告書內；有關山紅頭遺傳分化有中等程度差異，也是依據 F_{ST} 相關估算

結果所得，但這是比較粗略的結果，因為不同遺傳標記會有差異，相關參考文獻會再補充。

- 六、有關保育單元的議題，我們已經在進行通盤的整理，因本計畫要求結案時需提供可用做解說的資料，我們已經就 10 年來相關的資料、故事著手進行蒐集整理，可提供給國家公園做參考。
- 七、有關黑臉鵑的跨年回收數呈現的並不只是當年的，也有前幾年繫放回收的，繫放回收紀錄有各年度資料，但不容易以表格方式呈現；鳥類調查常見的問題就是無法確定牠們是沒有離開還是沒被抓到，連續 6 年繫放回收紀錄的鳥隻，也有可能沒離開，建議事項裡有提到鵑鵒大小的鳥類可裝設小型追蹤器，但因為小型鳥類追蹤器準確度有限，所以一般追蹤器通常較適合用在候鳥追蹤實驗；低海拔是在海邊，中海拔是 1,000 公尺左右的山區，高海拔是指 2,700 公尺左右的山區。
- 八、有關烏頭翁與白頭翁雜交問題，我們也無法追溯是否為放生或其他原因引入，如果繫放資料結果具代表性，從數量變動來看，當初引入的原因可能已經消失，逐漸恢復為以烏頭翁為主的環境，特別是在峽谷區白頭翁的比例已經在減少，遺傳的滲漏已經沒辦法改變，但型態上有漸漸回復的情形；同一隻烏頭翁 6 年前、後的外觀其實沒有明顯差異；有關鳥類如禽流感等疫情監測的部分，我們之前有提供約 3,000 份的樣本給防疫所檢驗監測，沒有檢測出禽流感疫情，後來因為防疫所的業務調整，著重在狂犬病及西部候（水）鳥的監測，所以暫停要求我們提供樣本，如果後續有需求我們仍可採集提供。
- 九、本計畫在不同海拔架設網具的環境差異不大，都是在森林邊緣，所以森林內、外山紅頭族群的粒線體 DNA 差異應該不大，如有差異應該會是在功能性基因的差別。
- 十、有關鳥類名冊的部分，2015 年國家公園學報已經有發表有關新紀錄鳥類的文章，當時就有整理 215 種鳥類名錄，會再把這個名錄補充至期末報告書；有關鳥類海拔分佈部分，因計畫執行

的繫放地點只有固定 3 處，並沒有針對海拔做現地調查跟繫放，所以我們僅能提供點位的資料；有關文稿討論的部分，配合管理處時間進行討論。

拾、決議

- 一、請受託單位將研究成果撰寫 3~5 篇新聞稿，供本處宣傳保育成果之用。
- 二、本案第 4 次審查會議之報告及簡報經承辦課確認符合預定進度及工作內容，本報告原則通過，相關與會人員建議事項請納入後續報告書中修正或執行計畫之參考，並請依契約規定辦理後續事宜。

拾壹、散會時間：12 時 35 分。

附錄五：第 5 次報告書審查會議紀錄

「太魯閣國家公園鳥類遺傳多樣性研究」

第 5 次報告書審查會議紀錄

壹拾、開會時間：108 年 12 月 6 日（星期五）上午 10 時 00 分

壹拾壹、開會地點：本處大會議室

壹拾貳、主持人：游處長登良 紀

錄：藍智鴻

壹拾參、出席單位及人員：如簽到簿

壹拾肆、主席致詞（略）

壹拾伍、業務單位說明（略）

壹拾陸、廠商簡報：國立東華大學（略）

壹拾柒、討論(委員/出席者意見摘要)

程建中委員(書面意見)

(十一) 確定已達到本研究之預期目的。

(十二) 利用 mt DNA CO1 基因增幅及定序，成果豐碩。P.23 某些特定物種，其物種內變異為零，如：小彎嘴、臺灣竹雞、深山鶯、黃山雀、小翼鶉和臺灣鷓眉。另外五色鳥、紅嘴黑鶉和黃胸青鶉，只有單一定序數，似無法應用。建議針對定序數已超過 10 的物種，應可代表種內變異的現況，甚至可考慮利用為本地族群的特殊標誌。

(十三) (1)P.9 表 1，建議安排繫放次數頻度，儘量平衡分布低、中、高海拔地點。

(2)P.10-13 表 2，建議與表 1 有所連結。

(3)P.15 表 4，本資料可編寫為科普文章、新聞稿。

姚正得委員

(一) 未來在探討全球暖化與氣候變遷對於物種及生態的影響，需要

長期資料的累積，本計畫持續 10~12 年的鳥類調查及繫放資訊，值得建議長期支持，有部分已有具體成果，可先行整理成報告內容，並適時發佈新聞稿。

- (二) 烏、白頭翁及雜交各型的繫放資料，包括證據照片及血液樣本可以初步分析其性別比，未來可執行目擊調查，與 30 年前的報告對比。
- (三) 兩種畫眉-台灣畫眉及中國畫眉在東部的遺傳漸滲，從目前報告中所呈現的狀況，似乎相當普遍，須要後續的研究來驗證。
- (四) 因為長期資料的累積，已經成為具有多功能型態的長期研究計畫，對於太魯閣國家公園可以建立具有特色類型的研究成果。

保育研究課藍技士智鴻

- 一、P.14 表 3，環號 A38234 白眉林鴿繫放日期請查詢更新。
- 二、P.17 黑臉鵑跨季回收比例變異大代表意義為何？是否與繫放地點有關？
- 三、P.18 灰頭鷓鴣是低海拔常見留鳥，為何冬季反而往高海拔度冬？
- 四、首次繫放紀錄或特殊鳥種紀錄應即時提供本處相關資訊，以便本處發佈相關保育訊息。
- 五、有關山紅頭高、低海拔族群遺傳分化，簡報 P.46 說明 $3.F_{ST} > 0.15$ ：高度分化，本研究山紅頭高、低海拔族群遺傳分化指數 $F_{ST} = 0.199$ ，報告書內容應更正為高度分化。

企劃課賴約聘說員美麗

有關烏、白頭翁雜交變化，希望未來能有研究計畫針對 30 年前與現況資料進行比對，相信這會是很有價值的解說素材。

蘇花管理站黃主任瑞諒

- 三、未來如有相關研究計畫，希望能利用微型追蹤器進行研究，針對回收率較高的鳥種追蹤遷徙情形。
- 四、繫放使用的腳環重量大約多少？會不會影響鳥類的遷徙能力？
- 五、有關山紅頭低海拔繫放頻度如能增加，應該能提高遺傳分化檢定準確度。

壹拾捌、受託單位(國立東華大學-許育誠教授)回應內容

- 一、有關氣候變遷、全球暖化會不會反映到鳥類體型變化，本研究比照早期研究繫放紀錄，發現冷的地方鳥類體型較大，也有幾種鳥類因為全球暖化而有體型變小的現象；另外，本研究也同時發現疾病的感染率有所變動，如禽瘧疾預期未來感染區域會往高海拔擴張。
- 二、有關台灣畫眉與中國畫眉是否雜交，須透過核 DNA 分析才能有比較準確的偵測，因為目前使用的基因序列只能分析母系基因資訊。
- 三、有關烏、白頭翁的現地調查本團隊也期望有機會能執行，因為要有 30 年前的資料累積實屬不易，希望未來國家公園能有相關研究充分利用相關資訊。
- 四、如五色鳥等僅有單一定序數的部分，主要受限於實際繫放數量及分析時間，有機會會儘量增加樣本數，所得結果雖無法呈現基因多樣性成果，但仍能提供臺灣鳥類遺傳多樣性資料庫供後人查證對比鳥種使用。
- 五、有關低、中、高海拔繫放頻度的部分在研究方法已說明，本研究會著重於過去持續研究的地點。
- 六、有關科普文章、新聞稿及 1 萬字以上文稿的部分，科普文章已於前次報告後與保育課討論方向，新聞稿也已擬定主題，文稿已完成部分已超過 1 萬字，已符合計畫需求，會加速完成。
- 七、繫放日期查詢部分會再與特生中心洽詢更新。黑臉鵙跨季回收變異應與繫放地點無關，因為相關資料繫放地點大都是在洛韶回收。低海拔鳥類到高海拔度冬原因不明，也有賞鳥人士觀察到其他鳥種有相同現象。未來如有新紀錄鳥種會即時通知管理處。山紅頭遺傳分化程度會進行修正。
- 八、鳥類繫放使用腳環或其他識別物件一般不會超過鳥類體重的 5 % ；山紅頭低海拔繫放頻度雖然較低，但繫放樣本數量多，遺傳分化檢定結果應屬準確。

拾、決議

本案第 5 次審查會議之報告及簡報經承辦課確認符合預定進度及工作內容，本報告原則通過，相關與會人員建議事項請納入後續報告書中修正或執行計畫之參考，並請依契約規定辦理後續事宜。

拾壹、散會時間：11 時 35 分。