

金門地區環頸雉亞種地位鑑定

洪心怡¹，林容仟¹，姚正得²，劉影³，李壽先^{1,4}

¹國立台灣師範大學生命科學研究所；²特有生物研究保育中心；³北京師範大學；⁴通訊作者 (t43028@ntnu.edu.tw)

[摘要] 自 1995 年以來，環頸雉 (*Phasianus colchicus*) 一直被列為珍貴稀有的保育類物種而受到野生動物保育法的保護，然而因為金門地區環頸雉的分類歸屬尚未釐清，其是否適用於野保法長久以來一直有所爭議。本計畫以粒線體 DNA 分子遺傳標記及形態比對來確認金門環頸雉之亞種地位，提供執行當局擬定相關政策時之參考。親緣關係樹結果顯示金門地區環頸雉與台灣環頸雉 (*P. c. formosanus*) 明顯分屬不同的系群，而與華東亞種 (*P. c. torquatus*) 最為接近。另一方面，外部形態比對亦發覺金門地區環頸雉的羽色特徵異於台灣環頸雉，而與環頸雉華東亞種相符。所以本研究的結果判定金門環頸雉應為外來引進的華東亞種，建議可以排除於《野生動物保育法》公告之珍貴稀有保育類野生動物保護範圍之外，必要時可採行適當的經營管理措施。

關鍵字：環頸雉、外來種、遺傳多樣性、金門

Subspecies Identification of Ring-necked Pheasant on Kinmen Island

Hsin-Yi Hung¹, Rong-Chien Lin¹, Cheng-Te Yao², Ying Liu³ and Shou-Hsien Li^{1,4}

¹Department of Life Science, National Taiwan Normal University, ²Division of Habitats and Ecosystems, Endemic Species Research Institute, ³Beijing Normal University, ⁴Corresponding author (t43028@ntnu.edu.tw)

ABSTRACT The ring-necked pheasant on Kinmen Island is currently listed by the *Wildlife Conservation Law* in Taiwan as a rare and endemic subspecies. However, species records suggest that the ring-necked pheasant in Kinmen may be an introduced subspecies of *Phasianus colchicus*, resulting in controversy over its origin and endemism. Moreover, the ring-necked pheasant in Kinmen has bred successfully in the wild and grown in numbers, leading to damages to local agriculture and presenting confliction between conservation and local economy. This project was aimed to verify the ring-necked pheasant on Kinmen Island as an endemic subspecies by studying its mitochondria DNA and plumage pattern. The result could be use as reference for conservational policies. Molecular phylogenetic trees indicated that the pheasant in Taiwan and in Kinmen belonged to different monophyletic clades. The population on Kinmen was closer to *P. c. torquatus* than to *P. c. formosanus*. The plumage pattern of the two populations also was highly differentiated. Considering the phylogenetic data and morphological characteristics, we suggest the ring-necked pheasant in Kinmen was introduced from southern China, and is not an endemic subspecies of Taiwan.

Keywords: Taiwan ring-necked pheasant, exotic species, genetic diversity, Kinmen

前言

由於不同區域間越來越頻繁的商業行為，使得許多物種拓殖到原本並未分佈的區域而形成外來種(Weigle et al. 2005)。由於這些外來種常缺乏當地天敵以控制數量，常會嚴重改變當地生態系統，甚至與該地親緣相近的物種繁殖，造成原生物種的基因汙染(e.g. 大西洋鮭 Atlantic salmon *Salmo salar*, Glover et al. 2009, Naylor et al. 2001)。以畫眉為例，中國畫眉(*Garrulax canorus*)因歌聲悅耳被引進台灣，但長期一直有個體逸出至野外，目前中國畫眉已在台灣野外建立族群，同時也被發現與其近親的台灣畫眉(*G. taewanus*)配對繁殖，並產生至少部份可孕的雜交後代，這使得台灣畫眉的遺傳特有性嚴重受到侵蝕(Li et al. in press)。因此，針對這些逃逸外來種的經營管理，成為擬定保育政策的重要議題；但是由於許多外來種與原生物種外型相似，使得物種辨識造成一定的困難，因此必須先界定物種後，保育機構才能準確而有效率地擬定相對應的保育策略。目前廣泛分布於全世界的環頸雉(ring-necked pheasant, *Phasianus colchicus*)，在金門地區正遭遇類似的管理問題。

環頸雉廣泛分布於歐亞大陸：自東南歐經西伯利亞至日本，向南經大陸至越南北部(Hill 1988)，後來由於狩獵目的而引入其他地區，目前已廣泛分布於歐洲、北美、日本、智利、紐西蘭及澳洲東南方的塔斯梅尼亞島(Delacour 1977, Howard 1991, Johnsgard 1999, Madge and McGowan 2002)。環頸雉目前已知共有 31 個亞種，依地理上的分布及雄性羽色特徵，可分為五大分類群；其中最大的分類群為灰腰雉群(the torquatus group)，含 19 個亞種，分布在中國大陸、台灣、日本、韓國和中蘇交界處(鄭作新 1964, 鄭作新 1994)。台灣環頸雉(*P. c. formosanus*)為台灣特有亞種，同時亦為本國野生動物保育法公告之珍貴稀有保育類野生動物(行政院農業委員會 84 年 12 月 23 日農林字第 4030817A 號公告)。台灣地

區在 1960 及 1980 年代分別自美國進口非台灣亞種的個體飼養繁殖，供禽肉及羽毛加工之用(王穎、陳怡君、高林助 1989, 李志宏 1991)，長期以來，有圈養個體逃逸，亦有圈養個體因狩獵原因被人為釋放至野外，已有研究指出環頸雉外來亞種目前已在台灣野外建立一定的族群量，並且其基因已經有滲入台灣環頸雉野生族群的情況(陳美惠 2003)。外來亞種的入侵，會與本土亞種競爭資源，同時會與本土亞種產生雜交，造成本土亞種遺傳特有性的消逝(遺傳滅絕)(Barrowclough and Flesness 1996, Rhymer and Simberloff 1996)，因此外來種的確認與移除是保育本土生物的重要目標之一。

金門地區的環頸雉因被歸類為台灣環頸雉(*P. c. formosanus*)而受到法令保護，其來源卻一直有所爭議，因為環頸雉是近二十年才在金門出現，應為自圈養環境下逃逸之個體(莊西進，私人通訊)。在台灣本島環頸雉的族群正面臨棲地消失、破碎化及外來亞種競爭的同時，金門地區環頸雉族群則因被視為台灣特有亞種而一直按法受到保護，且在野外無天敵及人為干預下，於金門繁殖迅速；近年來因族群數量增加，取食田野作物，造成農作物損壞，引起農民諸多抱怨，故在金門地區環頸雉的保育價值與經濟價值間之衝突日漸產生。

但受限於野生動物保育法，金門地方政府一直無法針對金門地區環頸雉的族群數量，進行適當的經營管理，所以針對金門地區環頸雉的亞種地位進行確認，應是未來擬定當地環頸雉管理策略的第一步。

本計畫利用粒線體 DNA 控制區序列片段(mitochondrial control region)探討金門地區環頸雉與台灣地區環頸雉間的遺傳差異，並配合雄性羽色特徵的比對，以釐清其分類地位，提供管理經營金門地區環頸雉的政策依據。

材料與方法

一、樣本採集及 DNA 萃取

研究期間共獲得 37 隻環頸雉之組織或血

液樣本，其中 13 隻來自於金門，其來源包括遭車輛輾斃之個體、金門國家公園收容中心保存之屍體，以及研究人員或民眾自野外捕捉之個體，24 隻則來自於台灣(附錄 1)。

組織取樣時若為活體則採取血液 30 μ l，若為死亡個體，則採集 3g 肌肉組織。組織樣本浸泡於 100%酒精後長期保存於實驗室-80 $^{\circ}$ C 冰箱中；DNA 萃取則是將組織樣本先以蛋白酶 K(proteinase K)處理，再以氯化鋰／氯仿方式(LiCl/CHCl₃)萃取其 DNA 後，將 DNA 溶於水中再儲存於-20 $^{\circ}$ C 冰箱，以提供後續遺傳分析使用。

二、亞種鑑定

本研究分別使用粒線體 DNA 與外部形態特徵，鑑定金門地區環頸雉所屬的亞種。

1. 粒線體 DNA 序列分析

本實驗使用陳美惠(2003)所設計的引子 L16877 及 H1350，利用聚合酶連鎖反應(polymerase chain reaction; PCR)擴增所收集之 37 隻環頸雉個體的粒線體 DNA 控制區序列 1032bp。PCR 的反應體積為 10 μ L，包含濃度 0.3 μ M 的一對引子，以及 0.5mM dNTP, 10mM Tris-HCl, 50mM KCl, 1.5mM MgCl₂, 0.4U *Taq* DNA 聚合酶(Amersham Biosciences)，其反應條件如下：首先是 94 $^{\circ}$ C, 4 分鐘，再來是 40 個循環的 94 $^{\circ}$ C, 30 秒; 50.7 $^{\circ}$ C, 30 秒; 72 $^{\circ}$ C, 1.5 分鐘，最後是 72 $^{\circ}$ C, 7 分鐘。PCR 產物接著以 MegaBACE 1000 自動測序儀 (Amersham Bioscience)進行雙向定序反應的毛細管電泳，所得序列利用軟體 SEQUENCHER4.7(Gene Codes)以目視法進行序列校對與合併(alignment)。

除分析台灣與金門地區環頸雉外，同時比對同屬不同亞種環頸雉的粒線體 DNA 控制區序列。共分析五種 38 條其他亞種序列，包含東北亞種序列 22 條(*P. c. pallasi*, GenBank 序列編號 AM709705-AM709722 共 18 個單套型(Kozyrenko et al. 2009; 劉影未發表 4 條)、黑頸雉 1 條(*P. c. colchicus*, GenBank 序列編號

AJ298920, Randi et al. 2001)、華東亞種 5 條(*P. c. torquatus*, 劉影未發表)、河北亞種 5 條(*P. c. karpowi*, 劉影未發表)、內蒙亞種 5 條(*P. c. kiangsuensis*, 劉影未發表)(附錄 3)。利用軟體 MEGA4.0(Tamura et al. 2007)，以鄰接法(Neighbor-joining, NJ)(Saitou and Nei 1987)重建金門地區環頸雉個體，以及其他六個亞種間的演化親緣關係樹。建立親緣關係樹時，選擇同屬不同種之綠雉(*P. versicolor*)作為外群(GenBank 序列編號 AY376861-AY376863，共 3 個單套型)(附錄 3)，並進行 1000 次的 bootstrap 分析以檢測其 NJ 樹型各分枝節點的支持度。

使用軟體 DnaSP4.0(Rozas et al. 2003)進行金門及台灣地區環頸雉族群內粒線體 DNA 控制區序列遺傳多樣性參數的估算，包括單套型個數(number of haplotype)、單套型多樣性(*h*, haplotype diversity)、核苷酸多樣性(π , nucleotide diversity)，以及變異點個數(number of polymorphic sites)，以進行遺傳多樣性分析。

2. 金門環頸雉外部形態比對

台灣與金門地區環頸雉依外型皆屬於普通雉中的灰腰雉群(含 19 個亞種)，且兩者皆有接近完整的白色頸圈，應為此屬 12 個亞種中的某一種，故查閱針對此群各個亞種間的形態檢索表之相關文獻(鄭作新 1964, Johnsgard 1999)，製作這 12 個亞種的檢索表(表 1)後，以進行比對分析。由於環頸雉實體樣本不易取得，故此部分分析來源為自網路及私人鳥類攝影者(附錄 2)。

一共取得台灣環頸雉照片 7 張，金門環頸雉照片 6 張，以及其他相近亞種，包括曾引進台灣的三種外來環頸雉亞種(王穎、陳怡君、高林助 1989, 李志宏 1991, 陳美惠 2003)，包含河北亞種(俗稱高麗雉, *P. c. karpowi*)、華東亞種(*P. c. torquatus*)及東北亞種(*P. c. pallasi*)照片，進行外部形態特徵的比對。由於此屬雌鳥的外部形態不易區分，故所有比對皆以公鳥的形態特徵為準，主要以不同部位羽色差異作為比對特徵。

表 1. 灰腰雉群中 12 種環頸雉亞種分類檢索表

1.	白色頸圈在前頸處中斷.....	2
	白色頸圈完整.....	3
2.	體色較淡；翕部底色淡金黃，胸紫紅而且黑色羽緣，脇淡棕黃而具大型黑色端斑	<i>P. c. torquatus</i>
	體色較暗；翕部底色較深金黃色，脇棕黃.....	<i>P. c. takatsukasae</i>
	體色最淡，翕部底色草黃色，脇棕白.....	<i>P. c. formosanus</i>
3.	頸圈較狹，體色與 <i>torquatus</i> 相似；翕部底色棕黃，胸紫紅，脇棕黃，翅長220-242 mm	<i>P. c. kiangsuensis</i>
	頸圈較寬，翕、胸及兩脇等底色較 <i>kiangsuensis</i> 為淡，翅長240-260 mm	<i>P. c. karpowi</i>
	頸圈較寬，體色最淡，翕草黃，胸栗紅，脇淡棕黃，翅長248-270 mm	<i>P. c. pallasi</i>
4.	胸紫紅，而且較闊的黑色羽緣，脇棕黃，而羽端有黑色點斑.....	<i>P. c. decollatus</i>
	上胸暗綠，下胸紫紅而且具狹細的黑色羽緣，脇淡金棕或淡棕色，而且黑色點斑	<i>P. c. strauchi</i>
	全胸暗綠，中部具藍綠或紫藍色塊斑，脇金棕色，羽端據黑色漬斑.....	5
5.	翕羽栗色，黑紋較多，腰灰藍或灰綠色，翅較短，一般在240 mm以下.....	6
	翕羽砂黃，黑紋較少而成點狀，腰純灰，翅較長，一般在240 mm以上	<i>P. c. valnglii</i>
6.	胸部具紫藍色愾塊斑，翕羽栗色較淡，黑紋較粗著.....	<i>P. c. suescganensis</i>
	胸部紫藍色塊斑較大，翕羽較淡，呈栗棕色，黑紋較細.....	<i>P. c. elegans</i>
	胸部塊斑較小，而沾紅色，翕羽似 <i>elegans</i> ，但更淺淡，而更多金黃色	<i>P. c. rothschildi</i>

註：灰腰雉群共有 19 個亞種，考慮台灣與金門地區環頸雉皆有完整或接近完整的白色頸圈，故此檢索表僅包含具有此特徵的 12 個亞種（鄭 1964, Johnsgard 1999）

表2. 金門環頸雉與台灣環頸雉群內的粒線體DNA控制區序列之遺傳多樣性

	金門環頸雉	台灣環頸雉*
樣本數(N)	11	17
單套型個數(No. of haplotype)	5	10
單套型多樣性(<i>h</i> , haplotype diversity)	0.818	0.875
核苷酸多樣性(π , nucleotide diversity)	0.00148±0.0002	0.00319±0.00086
變異點個數(No. of polymorphic sites)	4	13

* 剔除進行親緣分析時被分配到其他亞種的三隻個體（T5114, T5110, T5109, 圖1）後進行分析

結果

在粒線體 DNA 部份，共得到 11 隻金門環頸雉與 20 隻台灣環頸雉之粒線體控制區序列(附錄 1)，序列全長為 1032bp，發現有 22 個變異位點，佔分析序列長度的 2.1%，共得到 17 個單套型(haplotype)。

本實驗將綠雉(*P. versicolor*)設定為外群，且加入其他六個亞種的序列建構親緣關係圖(劉影所提供之樣本序列長度為 442bp，圖 1)，由圖中可發現，雖然每個節點間的 bootstrap 值並不高(低於 40)，仍可看出金門與台灣的樣本明顯地分屬兩個系群(bootstrap 值為 28)，同時金門及台灣樣本與華東亞種(*P. c. torquatus*)親緣較近。

比較各自族群內的遺傳多樣性，可以發現台灣族群在粒線體單套型多樣性($h = 0.875$)、核苷酸多樣性($\pi = 0.00319$)上都高於金門族群($h = 0.818$; $\pi = 0.00148$)(表 2)。

比對 6 張金門環頸雉照片及 7 張台灣環頸雉照片(照片來源見附錄 2)，發覺金門與台灣地區環頸雉的白色頸圈較狹窄，並且皆不完整，在前頸處中斷；在比對的 12 個具白頸圈的環頸雉亞種中(表 1 檢索表)，白色頸圈不完整的亞種共有 3 種，分別為華東亞種、廣西亞種及台灣亞種。進一步比較脇部顏色，發覺金門地區環頸雉脇部棕黃，與台灣亞種脇部棕白不同，因此排除金門地區環頸雉為台灣亞種的可能；而廣西亞種與華東亞種的外部形態差別在前者體色較暗，肩羽為褐紫色，而後者體色較淡較亮，肩羽為栗色，比對金門地區環頸雉圖片後，發覺金門地區環頸雉肩羽為栗色，故推測金門環頸雉應為華東亞種(*P. c. torquatus*)。

討論

粒線體 DNA 結果顯示金門與台灣的樣本明顯地分屬兩個系群，同時金門及台灣樣本與華東亞種(*P. c. torquatus*)親緣較近(圖 1)。此

外，在金門的類群中，包含一個來自於台灣的樣本(T5114)，該樣本由於無採樣個體的形態照片可供比對，故無法確定其是否為台灣特有亞種。而在台灣族群的系群中，也發現兩隻個體(T5110, T5109)與黑頸雉(*P. c. colchicus*, 代號: Pc)親源較近，這可能有兩種解釋：一方面可能顯示台灣的環頸雉受到外來亞種的遺傳污染，另一方面也有可能是因為此黑頸雉樣本來自於動物園圈養的個體，而該個體的譜系在圈養繁殖過程中，可能曾受到與台灣環頸雉混養而雜交的遺傳污染，導致黑頸雉的個體攜有台灣環頸雉的粒線體單套型。由於此三個樣本皆來自民眾送至特有生物保育中心救傷站收容之個體，並非研究人員自野外所捕捉採取，同時亦無拍照存證，無法對其外部形態進行比對，故亦有可能為逃逸至野外的人工圈養外來亞種。

在遺傳多樣性分析上，顯示金門環頸雉的族群遺傳多樣性($\pi = 0.00148$)低於台灣環頸雉地區族群($\pi = 0.00319$)(表 2)，與陳美惠(2003)研究台灣地區環頸雉四個族群的核苷酸多樣性相比較(台中清泉崗, $\pi = 0.00140$, 台南, $\pi = 0.00557$, 花蓮鳳林, $\pi = 0.00702$, 台東池上, $\pi = 0.00431$)，發覺金門族群的遺傳多樣性低於其中的三個族群。外來種最初入侵時，常常是由小族群開始建立(founder effect)，使得其族群遺傳多樣性會較低(Hawley et al. 2006)，本研究的結果支持了金門地區環頸雉是由逃逸的圈養族群擴張而來。

遺傳標記的結果顯示金門環頸雉遺傳多樣性雖然低於台灣環頸雉，但尚存在有部分變異，推測可能來自兩種原因：1. 最初金門環頸雉並不是僅由極少數圈養的個體繁衍而來，而是短時間內有一定數量的個體逃逸至野外後擴展而來，因此其起始族群量可能原來就不低，故仍能保留遺傳多樣性；2. 金門環頸雉曾發生不只一次圈養個體被釋放或逃逸到野外的狀況，多次入侵的結果使得此外來亞種得以維持其遺傳多樣性。研究顯示外來種必須要維持或增進其遺傳多樣性，才不會因缺乏遺

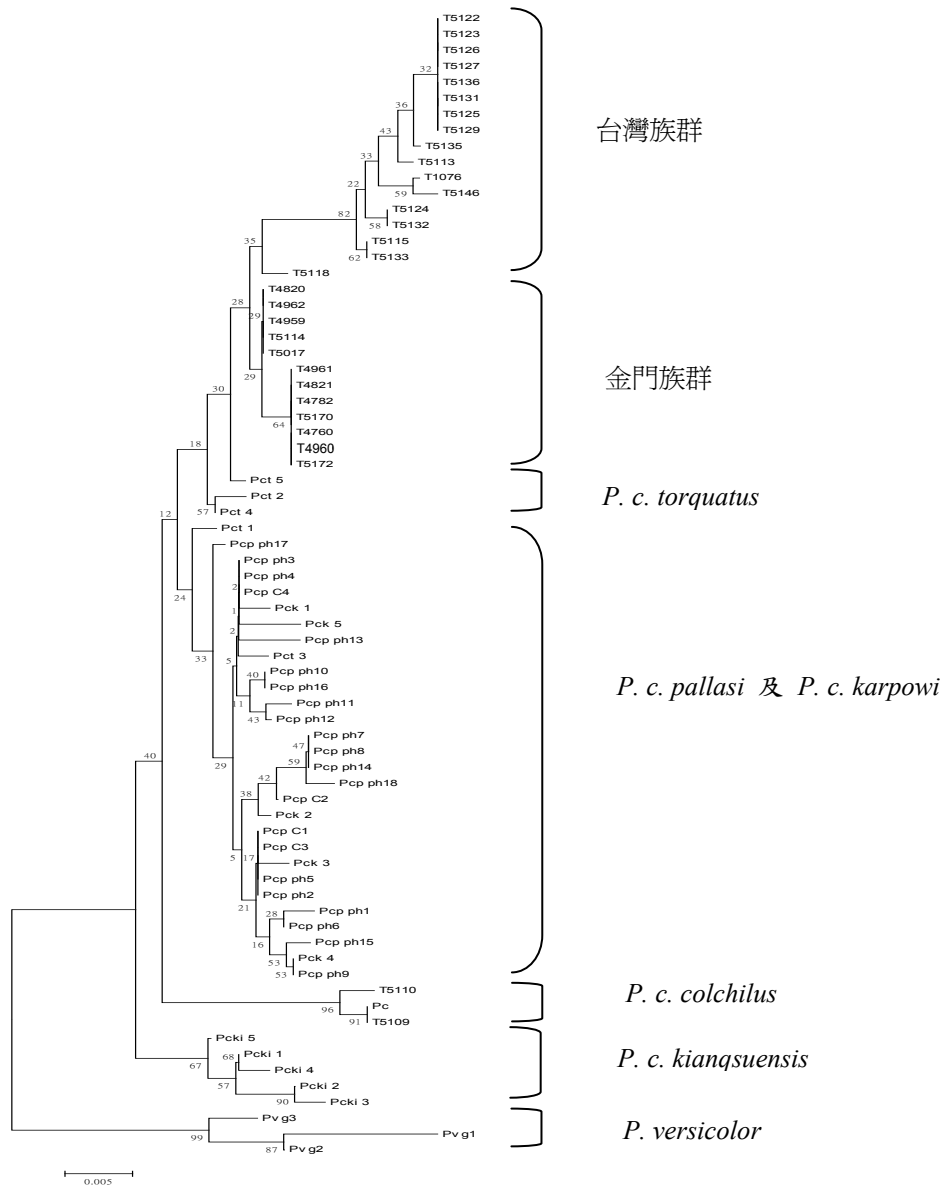


圖 1. 長度 1032bp 的粒線體控制區 DNA 序列所建構之環頸雉親緣關係圖。建構方法為 Neiber-joining 方式，並進行 1000 次 bootstrap 值檢定。設定綠雉 *P. versicolor* 為外群，並將東北亞種(*P. c. pallasi*)、華東亞種(*P. c. torquatus*)、河北亞種(*P. c. karpowi*)、內蒙亞種(*P. c. kiansuensis*)及黑頸雉(*P. c. colchicus*, 代號 Pc)同段序列進行比對 (尺標 0.005 代表遺傳距離 0.5%)

傳變異而無法適應，使得入侵失敗、無法擴張 (Ehrlich 1989, Kolbe et al. 2004)。

本研究顯示金門地區環頸雉具有一定的遺傳多樣性，這可能是此外來亞種能在短時間內(20 年以內)於金門地區建立穩定族群的主因之一。

綜合遺傳標記及外部形態比對結果，本研究推測金門地區環頸雉應不是台灣特有亞種 (*P. c. formosana*)，較有可能為外來的華東亞種 (*P. c. torquatus*)。本實驗所得之結論是假設金門環頸雉為單純亞種，沒有雜交狀況時所得之分析結果，但也須考慮到，實際上外來亞種在圈養過程中，可能會因人為關係，而讓不同亞種間有雜交情況產生的問題。

目前金門當局已將環頸雉排除於野生動物保育法公告之珍貴稀有保育類野生動物之外，本研究支持此一決定：因比對台灣地區和金門地區環頸雉的結果顯示，金門環頸雉不論在遺傳或外型上皆與台灣環頸雉有所差異，應為環頸雉華東亞種，而不是台灣特有亞種。根據此結果，金門政府單位應考慮以管理外來種方式來經營金門環頸雉，須長期監控其族群數量及分布，以便掌握族群變化，準確預估其未來族群是否會繼續成長或維持現狀，再決定是否應採取更積極的移除措施。目前金門環頸雉亦為一吸引賞鳥人士之鳥種，如果其族群一直維持穩定狀況，或侷限於某些地區，基於考量生態觀光收益，可以維持其族群數量，僅於金門地區環頸雉危害較嚴重的農地，適度開放讓農民對環頸雉進行有限度的獵捕。

致謝

感謝金門國家公園提供經費進行此研究，也感謝金門國家公園陳秀竹小姐、蔡水田先生對本計畫的支持及協助，以及李偉強先生提供精細的研究區域地圖，讓研究能順利進行。同時感謝金門鳥會李溫林先生協助進行金門地區野外樣本收集，以進行遺傳分析。感謝師大遺傳多樣性實驗室所有研究生及研究助

理協助收集與整理資料。感謝王力平及洪貫捷提供環頸雉照片以供比對。

引用文獻

- 王穎、陳怡君、高林助。1989。台灣特有亞種環頸雉的棲地調查報告。內政部營建署墾丁國家公園管理處。台灣。
- 李志宏。1991。環頸雉現況及飼養個體釋放後之無線電追蹤研究。國立台灣師範大學碩士論文。
- 陳美惠。2003。台灣環頸雉形態變異與遺傳多樣性之研究。國立臺灣大學森林學研究所博士論文。
- 陳美惠。2004。台灣本土與外來亞種環頸雉族群形質測量分析。臺大實驗林研究報告 18(1): 41-50。
- 鄭作新。1964。中國鳥類系統檢索。科學出版社。
- 鄭作新。1994。鳥類及其亞種分化。科學技術文獻出版社。
- Barrowclough GF and Flesness NR. 1996. Species, sub-species, races: the problem of units of management in conservation. In D. G. Kleiman, M. E. Allen, K. Y. Thompson, S. Lumpkin and H. Harris(eds.), *Wild mammals in captivity: principles and techniques*, University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- Delacour J. 1977. *The pheasants of the world*. The world pheasant association.
- Ehrlich PR. 1989. Attributes of invaders and the invading process: vertebrates. In Drake JA, Mooney HA, Di Castri F, Groves RH, Kruger FJ, Rejmanek M and W. M(eds.), *Biological Invasions: A Global Perspective*, Wiley, Chichester.
- Glover KA, Hansen MM and Skaala O. 2009. Identifying the source of farmed escaped Atlantic salmon (*Salmo salar*): Bayesian clustering analysis increases accuracy of assignment. *Aquaculture* 290(1-2): 37-46.
- Hawley DM, Hanley D, Dhondt aA and Lovette IJ. 2006. Molecular evidence for a founder effect in invasive house finch (*Carpodacus mexicanus*) populations experiencing an emergent disease epidemic *Molecular Ecology* 15(1): 263-273.
- Hill D and Robertson P. 1988. *The Pheasant Ecology. Management and Conservation*. BSP Professional Books, Oxford.
- Howard RMA. 1991. *A complete checklist of the birds of world*. Academic Press, London.
- Johnsgard PA. 1999. *The Pheasants of the World*.

- Smithsonian Institution Press, USA.
- Li SH, Li JW, Huang CJ, Yeung CKL and Han L. 2009. Genetic introgression between an introduced babbler, Hwamei (*Garrulax canorus*), and endemic Taiwan Hwamei (*G. taewanus*): a multiple marker systems analysis. *Journal of Avian Biology*. In press.
- Kolbe JJ, Glor RE, Schettino LRG, Lara aC, Larson A and Losos JB. 2004. Genetic variation increases during biological invasion by a Cuban lizard. *Nature* 431(7005): 177-181.
- Kozyrenko MM, Fisenko PV and Zhuravlev YN. 2009. Genetic variation of Manchurian pheasant (*Phasianus colchicus pallasi* Rotshild, 1903) inferred from mitochondrial DNA control region sequences. *Russian Journal of Genetics* 45(4): 460-468.
- Madge S and McGowan P. 2002. *Pheasants, partridges, and Grouse*. Princeton University Press., NJ. USA.
- Naylor RL, Williams SL and Strong DR. 2001. Ecology - Aquaculture - A gateway for exotic species. *Science* 294(5547): 1655-1656.
- Randi E, Lucchini V, Hennache A, Kimball RT, Braun EL and Ligon JD. 2001. Evolution of the mitochondrial DNA control region and cytochrome b genes and the inference of phylogenetic relationships in the avian genus *Lophura* (Galliformes). *Molecular phylogenetics and evolution* 19(2): 187-201.
- Rhymer JM and Simberloff DS. 1996. Genetic extinction through hybridization and introgression. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27: 83-109.
- Rozas J, Sa`chezDelBarrio JC, Messeguer X and Rozas R. 2003. DnaSP, DNA polymorphism analyses by the coalescent and other methods. *Bioinformatics* 19: 2496-2497.
- Saitou N and Nei M. 1987. The Neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology Evolution* 4: 406-425.
- Tamura K, Dudley J, Nei M and Kumar S. 2007. MEGA4: Molecular evolutionary genetics analysis (MEGA) software version 4.0. *Molecular Biology and Evolution* 24(8): 1596-1599.
- Weigle SM, Smith LD, Carlton JT and Pederson J. 2005. Assessing the risk of introducing exotic species via the live marine species trade. *Conservation Biology* 19(1): 213-223.

附錄 1. 環頸雉樣本總表 (*代表未能取得粒線體 DNA 序列，而未進行後續分析之個體)

個體編號	採集地點	性別	樣本來源
T1076	花蓮吉安	雄性	師大族群遺傳實驗室
T4760	金門	雄性	師大族群遺傳實驗室
T4782	金門安岐之沙崗路口	不明	師大族群遺傳實驗室
T4820	金門下埔	雌性	師大族群遺傳實驗室
T4821	金門安岐	雄性	師大族群遺傳實驗室
T4958*	金門	雄性	金門國家公園
T4959	金門	不明	金門國家公園
T4960	金門	不明	金門國家公園
T4961	金門	不明	金門國家公園
T4962	金門	不明	金門國家公園
T5017	金門	不明	金門國家公園
T5109	嘉義民雄	不明	特有生物保育研究中心(編號:134)
T5110	嘉義民雄	不明	特有生物保育研究中心(編號:135)
T5111*	嘉義民雄	不明	特有生物保育研究中心(編號:136)
T5112*	台中清泉崗	不明	特有生物保育研究中心(編號:2299)
T5113	台中清泉崗	不明	特有生物保育研究中心(編號:2301)
T5114	台中豐原	不明	特有生物保育研究中心(編號:2371)
T5115	台中清泉崗	不明	特有生物保育研究中心(編號:2464)
T5116	台中清泉崗	不明	特有生物保育研究中心(編號:3753)
T5118	彰化田中	不明	特有生物保育研究中心(編號:5946)
T5122	台中清泉崗	雌性	特有生物保育研究中心(編號:1263)
T5123	台中清泉崗	雌性	特有生物保育研究中心(編號:1264)
T5124	台中清泉崗	雌性	特有生物保育研究中心(編號:1265)
T5125	台中清泉崗	雄性	特有生物保育研究中心(編號:1266)
T5126	台中清泉崗	雄性	特有生物保育研究中心(編號:1274)
T5127	台中清泉崗	雄性	特有生物保育研究中心(編號:1303)
T5129	台中清泉崗	雄性	特有生物保育研究中心(編號:1408)
T5131	台中清泉崗	雄性	特有生物保育研究中心(編號:1504)
T5132	台中清泉崗	雄性	特有生物保育研究中心(編號:1506)
T5133	台中清泉崗	雌性	特有生物保育研究中心(編號:1507)
T5135	台中清泉崗	雄性	特有生物保育研究中心(編號:1545)
T5136	台中清泉崗	雄性	特有生物保育研究中心(編號:1548)
T5145*	花蓮縣壽豐鄉台糖加油站附近	雌性	特有生物保育研究中心(編號:2673)
T5146	花蓮縣鳳林鎮兆豐農場	雌性	特有生物保育研究中心(編號:2864)
T5170	金門	不明	金門
T5171*	金門	雄性	金門
T5172	金門	雄性	金門

附錄 2. 金門環頸雉與台灣環頸雉外部形態比對所使用圖片之來源

種名	來源
<i>P. c. torquatus</i>	http://gl.wikipedia.org/wiki/Image:Faisan.jpg
<i>P. c. pallasi</i>	http://www.fegi.ru/PRIMORYE/MUSEUM/muz_ars/ars43.jpg
<i>P. c. karpowi</i>	http://www.science.go.kr/center/kor/html/dbinf/nat/display/2523_1.0_mainimg_1.jpg
台灣 <i>P. c. formosana</i>	http://sjl.csie.chu.edu.tw/phpBB2/files/040612_gk0g3639_308.jpg
台灣 <i>P. c. formosana</i>	http://sjl.csie.chu.edu.tw/phpBB2/viewtopic.php?t=65&sid=21f982c7a03dec5e4ac7c4c2b7e89c61
台灣 <i>P. c. formosana</i>	同上
台灣 <i>P. c. formosana</i>	同上
台灣 <i>P. c. formosana</i>	同上
台灣 <i>P. c. formosana</i>	同上
台灣 <i>P. c. formosana</i>	洪貫捷
金門 種源不明	http://www.vghks.gov.tw/Club/birdView/activityphoto/環頸雉_小順.jpg
金門 種源不明	http://www.sedu.cyc.edu.tw/artedu99/2007_01/7DPP_0685.jpg
金門 種源不明	http://www.sedu.cyc.edu.tw/artedu99/2007_01/7DPP_0691.jpg
金門 種源不明	王力平
金門 種源不明	王力平
金門 種源不明	http://www.photofans.cn/uploads2006/07/userid124608time20060708125025.jpg

由於無法取得網路照片的授權使用，故無法將圖片呈現於本研究報告中

附錄 3. 用於比對之不同亞種序列總表

序列編號	代表亞種	序列來源	參考文獻
Pc	<i>P. c. colchilus</i> (黑頸雉)	GenBank AJ298920	Randi et al 2001
Pcki 1	<i>P. c. kianqsuensis</i> (內蒙亞種)	劉影	未發表
Pcki 2	<i>P. c. kianqsuensis</i> (內蒙亞種)	劉影	未發表
Pcki 3	<i>P. c. kianqsuensis</i> (內蒙亞種)	劉影	未發表
Pcki 4	<i>P. c. kianqsuensis</i> (內蒙亞種)	劉影	未發表
Pcki 5	<i>P. c. kianqsuensis</i> (內蒙亞種)	劉影	未發表
Pck 1	<i>P. c. karpowi</i> (河北亞種)	劉影	未發表
Pck 2	<i>P. c. karpowi</i> (河北亞種)	劉影	未發表
Pck 3	<i>P. c. karpowi</i> (河北亞種)	劉影	未發表
Pck 4	<i>P. c. karpowi</i> (河北亞種)	劉影	未發表
Pck 5	<i>P. c. karpowi</i> (河北亞種)	劉影	未發表
Pcp C1	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	劉影	未發表
Pcp C2	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	劉影	未發表
Pcp C3	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	劉影	未發表
Pcp C4	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	劉影	未發表
Pcp ph1	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	GenBank AM709705	Kozyrenko et al 2009
Pcp ph2	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	GenBank AM709706	Kozyrenko et al 2009
Pcp ph3	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	GenBank AM709707	Kozyrenko et al 2009
Pcp ph4	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	GenBank AM709708	Kozyrenko et al 2009
Pcp ph5	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	GenBank AM709709	Kozyrenko et al 2009
Pcp ph6	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	GenBank AM709710	Kozyrenko et al 2009
Pcp ph7	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	GenBank AM709711	Kozyrenko et al 2009
Pcp ph8	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	GenBank AM709712	Kozyrenko et al 2009
Pcp ph9	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	GenBank AM709713	Kozyrenko et al 2009
Pcp ph10	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	GenBank AM709714	Kozyrenko et al 2009
Pcp ph11	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	GenBank AM709715	Kozyrenko et al 2009
Pcp ph12	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	GenBank AM709716	Kozyrenko et al 2009
Pcp ph13	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	GenBank AM709717	Kozyrenko et al 2009
Pcp ph14	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	GenBank AM709718	Kozyrenko et al 2009
Pcp ph15	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	GenBank AM709719	Kozyrenko et al 2009
Pcp ph16	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	GenBank AM709720	Kozyrenko et al 2009
Pcp ph17	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	GenBank AM709721	Kozyrenko et al 2009
Pcp ph18	<i>P. c. pallasi</i> (東北亞種)	GenBank AM709722	Kozyrenko et al 2009
Pct 1	<i>P. c. torquatus</i> (華東亞種)	劉影	未發表
Pct 2	<i>P. c. torquatus</i> (華東亞種)	劉影	未發表
Pct 3	<i>P. c. torquatus</i> (華東亞種)	劉影	未發表
Pct 4	<i>P. c. torquatus</i> (華東亞種)	劉影	未發表
Pct 5	<i>P. c. torquatus</i> (華東亞種)	劉影	未發表
Pvg 1	<i>P. versicolor</i> (綠雉)	GenBank AY376861	未發表
Pvg 2	<i>P. versicolor</i> (綠雉)	GenBank AY376862	未發表
Pvg 3	<i>P. versicolor</i> (綠雉)	GenBank AY376863	未發表