

出國報告（出國類別：研究）

台灣與東亞鳥類基因組之重測序與親緣 地理探討-以小雲雀、環頸雉為例

服務機關：行政院農業委員會特有生物研究保育中心

姓名職稱：姚正得 副研究員兼站主任

派赴國家：中國大陸地區

出國期間：106 年 9 月 20 日至 9 月 27 日

報告日期：106 年 10 月 26 日

摘要

鳥類學研究快速發展，DNA測序技術及分析方法的發展為我們開了一扇窗口，我國的鳥類學研究勢必要迎合國際潮流，發展台灣鳥類學研究的特色。本中心自2002年開始，已建構鳥類野生動物遺傳物質樣本庫，透過與台灣師範大學生命科學系、美國自然史博物館、辛辛那提博物館、明尼蘇達大學生態演化與行為學系、中國科學院動物研究所、北京師範大學、海南師範大學與華南瀕危動物研究所等單位之合作，逐步開展東亞鳥類的系統演化和物種形成等分子遺傳相關之研究，共同探討台灣鳥類與華南、喜馬拉雅山區及東亞鳥類的親緣地理。環形種（ring species）從地理尺度上反映了物種逐漸分化的格局和過程，是研究物種進化的理想模型。然而，自然界中已驗證的環形種寥寥無幾，而對其遺傳分化的研究更是鳳毛麟角。歐亞大陸廣布的雲雀屬複合種曾被認為是環形種，包括形態上漸變且地理上呈環形分布的三個物種，其中雲雀 *Alauda arvensis* 和小雲雀 *A. gulgula* 各亞種間的系統關係尚不明確，而日本雲雀 *A. japonica* 做為雲雀和小雲雀的過渡類型，分類地位存在爭議。本中心與中國中山大學生命科學系劉陽教授、瑞典物種訊息中心Dr. Per Alstrom等專家學者共同進行研究，對雲雀屬物種（雲雀，小雲雀，佛德角雲雀 *A. razae*）多個代表繁殖地種群進行親緣地理學研究，來檢驗該物種的環形分布是否可以支持環形種。異域成種可能是環青藏高原族群遺傳分化的主要模式，而近期的族群擴張導致了閉合的環形分布，青藏高原族群的形成則是單次擴散事件和對高海拔適應的結果。最後，根據鳴聲分析和多基因物種界定的整合分類，我們初步建議將雲雀屬環形複合種劃分為6個獨立的物種，即歐亞雲雀（*A. arvensis*），遠東雲雀（*A. intermedia*），日本雲雀（*A. japonica*），藏雲雀（*A. inopinata*），小雲雀（*A. gulgula*）和維德角雲雀（*A. razae*）。

廣布於歐亞大陸的雉雞（*Phasianus colchicus*）的不同地理亞種具有明顯的表現型和遺傳分化，亞洲大陸的歷史地理事件與氣候變遷影響了環頸雉的地理分布形式、遺傳多樣性和族群規模。粒線體基因和核基因資料均支持將雉雞分為5個主要分支。對於具有獨立遺傳特質的台灣亞種，應該特別加以保護及持續關注。

我們的研究顯示目前台灣在世界上仍屬鳥種豐富度及特有性較低的等級，究其原

因則可能是因為亞洲鳥類研究仍處於起步階段，仍有許多鳥類的分類地位尚未釐清，須要藉由現行的分類技術和理論加以界定。本研究應用已建構之鳥類野生動物遺傳物質樣本庫，透過與世界各國研究單位之合作，共同探討台灣鳥類與東亞鳥類的親緣地理。

目次

一、目的-----	4
二、過程-----	5
三、心得-----	6
四、建議事項-----	8

一、 目的

鳥類學研究快速發展，DNA定序技術及分析方法的發展為我們開了一扇窗口，我國的鳥類學研究勢必要迎合國際潮流，發展台灣鳥類學研究的特色。目前台灣在世界上仍屬低鳥種豐富度及低特有性的等級，究其原因則是因為亞洲鳥類研究仍處於起步階段，仍有許多鳥類的分類地位尚未釐清，須要藉由現行的分類技術和理論加以界定。因為鳥類研究的範疇非常廣泛，無論是從基因、物種、族群或生態系的角度切入，目前的研究人力都不足以涵蓋。應用本中心已建構之野生動物遺傳物質樣本庫，透過與美國自然史博物館、辛辛那提博物館、明尼蘇達大學生態演化與行為學系、中國科學院動物研究所、海南師範大學與華南瀕危動物研究所等單位之合作，逐步開展東亞鳥類的系統演化和物種形成等分子遺傳相關之研究，共同探討台灣鳥類與華南、喜馬拉雅山區及古北區鳥類的親緣地理。

本計畫之長期目標為探討臺灣島嶼上的生物群聚之組成的歷史過程，首先將以分子遺傳工具探討台灣鳥類群聚的播遷歷史。為完成本計畫之長期目標，有必要建立完整的國際合作研究網絡。預期可逐步建立各項計畫之合作研究團隊，共同探討台灣鳥類與東亞地區、喜馬拉雅山區及古北區鳥類的親緣地理關係。

二、 過程

日期	行程地點	工作內容
106 年 9 月 20 日	桃園、西安	去程、陝西地區鳥類觀察
106 年 9 月 21 日	西安	西安地區鳥類觀察
106 年 9 月 22 日	西安	研討鳥類研究及雉類保育
106 年 9 月 23 日	西安	鳥類觀察及鳥類標本測量
106 年 9 月 24 日	西安	秦嶺保護區鳥類保育實務探討
106 年 9 月 25 日	西安	秦嶺太白山保護區雉科鳥類觀察
106 年 9 月 26 日	西安	研討鳥類研究及雉類保育
106 年 9 月 27 日	西安、桃園	小雲雀及雉科鳥類標本測量、返程

三、心得

(一)中國鳥類學研究趨勢(陝西師範大學之考察經驗)

陝西師範大學生命科學院之研究團隊，長期致力於朱鷺復育及生態維生系統之研究，除了在研究與發表具有傑出表現之外，在國際學術交流、教學與人才培育與保護區之經營等，都有長足的投入，值得仿倣與學習。

中國大陸地域覆蓋古北區與東洋界，生態環境多樣且複雜，提供多樣化的鳥類棲息地。最近 20 年間，大陸地區的鳥類學研究迅速發展，對於新進這個領域的學生更是大力投注經費加以培育，使其鳥類學研究在國際上的學術地位也大幅提昇。從 2017 第 14 屆中國鳥類學術研討會暨第 12 屆海峽兩岸鳥類學術研討會中發表報告的研究領域看來，海峽兩岸的鳥類學者分別在鳥類親緣地理學、分子演化學、分類學、繁殖生態和生活史、鳥類監測、公民科學與保育生物學、鳥類行為生態、分子生物學與氣候變遷的應用等領域都有快速的發展。特別是在環境和氣候變遷，以及都市化速度大幅增加所帶來鳥類棲地劣化與喪失，鳥類賴以為生的食物鏈結構中斷等。未來，我國的鳥類學研究與保育勢必要整合，透過台灣鳥類學家共同努力，迎合國際潮流，發展台灣鳥類研究的特色。

(二)發展國際合作網絡

本中心應用已建構之鳥類野生動物遺傳物質樣本庫，透過與美國自然史博物館、辛辛那提博物館、明尼蘇達大學生態演化與行為學系、瑞典物種訊息中心、中國科學院動物研究所、昆明動物研究所、海南師範大學與華南瀕危動物研究所等單位之合作，共同探討台灣鳥類與東亞鳥類的親緣地理。前期研究中，根據粒線體基因與核基因的遺傳分析，臺灣的赤腹山雀和雜色山雀的其他幾個亞種間，具有深刻的分化。也已經將台灣竹雞與灰胸竹雞、白頭翁與烏頭翁的系統發育樹建構完成。並且運用多基因分子遺傳分析工具來重建藪鵲屬(genus *Liocichla*)的親緣地理關係，推估其成種(屬)的最早期間應該介於 5.55-12.87Ma.，屬於第三紀中新世的晚期。

2016-2017年則以小雲雀及環頸雉這兩個複合種為研究標的，分別進行探討。環形

種 (ring species) 從地理尺度上反映了物種逐漸分化的格局和過程，是研究物種進化的理想模型。然而，自然界中已驗證的環形種寥寥無幾，而對其遺傳分化的研究更是鳳毛麟角。歐亞大陸廣布的雲雀屬複合種曾被認為是環形種，包括形態上連續變異且地理上呈環形分布的三個同屬物種，其中雲雀 *Alauda arvensis* 和小雲雀 *A. gulgula* 各亞種間的系統演化關係尚不明確，而日本雲雀 *A. japonica* 做為雲雀和小雲雀的過渡類型，分類地位存在爭議。本研究對雲雀屬物種（雲雀，小雲雀，維德角雲雀 *A. razae*）多個具有代表性的繁殖地族群進行親緣地理學研究，來檢驗該物種的環形分布是否可以支援環形種。異域成種可能是環青藏高原族群遺傳分化的主要模式，而近期的種群擴張導致了閉合的環形分布，青藏高原種群的形成則是單次擴散事件和對高海拔適應的結果。最後，根據鳴聲分析和多基因物種界定的整合分類，我們初步建議將雲雀屬環形複合種劃分為 6 個獨立的物種，即歐亞雲雀 (*A. arvensis*)，遠東雲雀 (*A. intermedia*)，日本雲雀 (*A. japonica*)，藏雲雀 (*A. inopinata*)，小雲雀 (*A. gulgula*) 和維德角雲雀 (*A. razae*)。

廣布於歐亞大陸的雉雞 (*Phasianus colchicus*) 的不同地理亞種具有明顯的表型和遺傳分化。亞洲大陸的歷史地理事件與氣候變遷影響了環頸雉的地理分布形式、遺傳多樣性和族群規模。粒線體基因和核基因資料均支持雉雞分為 5 個主要分支。

目前台灣在世界上仍屬鳥種豐富度及特有性較低的等級，究其原因則是因為亞洲鳥類研究仍處於起步階段，仍有許多鳥類的分類地位尚未釐清，須要藉由現行的分類技術和理論加以界定。本研究應用已建構之鳥類野生動物遺傳物質樣本庫，透過與世界各國研究單位之合作，共同探討台灣鳥類與東亞鳥類的親緣地理。透過野外執行鳥類遺傳物質採樣與形態測量工作，加上本中心鳥類野生動物遺傳物質樣本庫之樣本分析，以進一步探討東亞鳥類之生物地理。

四、建議事項

- (一) DNA 定序技術及分析方法的發展，特別是簡化基因組及次世代測序技術的快速發展，以及綜合分類學的應用大幅促成鳥類種數的增加，對於台灣鳥類的分類地位重新檢視的工作進展也有相當程度的助益。
- (二) 10X 基因組分析技術正在發展，如何從基因體的角度檢測自然選擇、中性過程和族群歷史等力量對於生物演化的影響，也將是探討廣泛分布的物種，異質性的地理環境、氣候條件對於物種遺傳變異影響機制的研究方向。
- (三) 臺灣島嶼的生物群聚特性適合探討其組成的歷史過程，因此，除了國內的物種基礎研究資料有待建立之外，有必要建立一個跨越海峽兩岸，以及國際性的區域合作研究網絡，共同探討台灣鳥類與華南、喜馬拉雅山區及古北區鳥類的親緣地理關係。為研究需要，宜建立更多合作管道，適度擴大研究範圍，包括東亞及喜馬拉雅山地區進行遺傳物質樣本採集。