行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

建立氣候變遷對環境與生態永續性衝擊預警指標與機制--子計畫四：建立氣候變遷對陸域動物生態衝擊預警指標與機制

研究成果報告(完整版)

計 畫 類 別 ：整合型
計 畫 編 號 ：NSC 95-EPA-Z-002-003-
執 行 期 間 ：95 年 03 月 01 日至 95 年 12 月 31 日
執 行 單 位 ：國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所

計 畫 主 持 人 ：李培芬

計畫參與人員：碩士級-專任助理：柯智仁

處 理 方 式 ：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 96 年 01 月 31 日

95 年度「環保署/國科會空污防制科研合作計畫」

成果完整報告

建立氣候變遷對環境生態永續性衝擊預警指標與機制

子計畫四：建立氣候變遷對陸域生態衝擊衝擊預警指標與機制

Early Warning Indicators and Framework of Climate Change to Terrestrial Ecosystem in Taiwan

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC 95－EPA－Z－002－003－

執行期間： 95 年 03 月 01 日 至 95 年 12 月 31 日

總計畫主持人：童慶斌

計畫主持人：李培芬

共同主持人：

計畫參與人員：柯智仁

執行單位：國立台灣大學生態學與演化生物研究所

中 華 民 國 95 年 12 月 31 日

目 錄

目錄 i
表次 ii
圖次 iii
中文摘要 v
Abstract vi
一、前言 1
研究背景 1
研究目的 5
二、研究方法 7
研究流程 7
選定鳥類監測地區 7
建立上述三個區域之鳥類分布、豐度資料庫 10
繁殖季期間進行鳥類調查 13
發展以鳥類為評估之陸域動物生物多樣性預警指標 15
指標模擬分析工具驗證 15
不確定性分析 15
結合氣候變遷衝擊評估方法，建立長期預警機制 15
三、研究成果 17
2006 年監測結果與歷年結果 17
都市生態系 17
低海拔生態系 20
高海拔生態系 23
指標建立 31
指標驗證 33
四、討論 37
不確定性分析 37
結合氣候變遷衝擊評估方法，建立長期預警機制 38
子計畫間的橫向連接關係 38
五、主要建議意見 41
可調適長期規劃策略 41
參考文獻 43
計畫成果自評 46

表次

表 1、本研究擬採用的繁殖鳥類名錄及其特有性、保育等級、體重、體長及地理分布範圍 11
表 2、石門水庫歷年的調查點數量、記錄到八色鳥的總數量及平均每調查點記錄的八色鳥數量 20
表 3、湖山水庫及鄰近地區歷年的調查點數量、記錄到八色鳥的總數量及平均每調查點記錄的八色鳥數量 21
表 4、主要建議事項 42

圖次

圖 1、氣候變遷下陸域生態在不同層面的交互影響 1
圖 2、亞洲地區已發佈之早期預警訊息示意圖 2
圖 3、英國生物多樣性指標之中的繁殖鳥類族群指標 3
圖 4、台灣現今（左）與RSM2（右）模擬情境下的繁殖鳥類物種豐富度 4
圖 5、台灣現今（深紫）與RSM2（淡紫）模擬情境下的兩生類分布熱點 5
圖 6、台灣現今（左）與RSM2（右）模擬情境下的兩生類物種豐富度 5
圖 7、本計畫研究流程圖 7
圖 8、2003-2005 年台北市公園綠地鳥類調查位置 8
圖 9、2001-2003 與 2005 年台灣八色鳥調查之位置 9
圖 10、1992 年玉山到東埔沿線繁殖鳥類調查之位置 10
圖 11、都市生態系 2004 至 2006 年繁殖鳥類種豐富度歷年變化
（R:留鳥、S:夏候鳥、E:外來種） 18
圖 12、都市生態系 2004 至 2006 年留鳥（R）、夏候鳥（S），
以及外來種（E）的種數歷年變化 18
圖 13、都市生態系 2004 至 2006 年繁殖鳥類量豐富度歷年變化
（R:留鳥、S:夏候鳥、E:外來種） 19
圖 14、都市生態系 2004 年至 2006 年繁殖鳥類量豐度的變化圖
（R:留鳥、S:夏候鳥、E:外來種、ALL:所有繁殖鳥類） 20
圖 15、石門水庫 2001 至 2006 年前期（Early）、中期（Medium），
以及後期（Later）三個時期的八色鳥調查點平均數量變化 22
圖 16、湖山水庫 2001 至 2006 年前期（Early）、中期（Medium），
以及後期（Later）三個時期的八色鳥調查點平均數量變化 22
圖 17、玉山高海拔生態系，2006 年時海拔分布明顯高於 1992 年的鳥種海拔分布圖 .. 25
圖 18、玉山高海拔生態系，2006 年時海拔分布明顯低於 1992 年的鳥種海拔分布圖 .. 25
圖 19、玉山高海拔生態系，2006 與 1992 年海拔分布差異不大的鳥種 26
圖 20、玉山高海拔生態系，地層蟲食者（GI）之海拔分布 27
圖 21、玉山高海拔生態系，灌層蟲食者（SI）之海拔分布 28
圖 22、玉山高海拔生態系，樹層蟲食者（TI）之海拔分布 28
圖 23、玉山高海拔生態系，地層植食者（GH）之海拔分布 29
圖 24、玉山高海拔生態系，地層雜食者（GO）之海拔分布 29
圖 25、玉山高海拔生態系，樹層雜食者（TO）之海拔分布 29
圖 26、玉山高海拔生態系，多樣性指數Shannon-Weiner’s Diversity Index之海拔分布 . 30
圖 27、玉山高海拔生態系，均勻度指數Evenness Index之海拔分布 30
圖 28、玉山高海拔生態系，2006 年與 1992 年鳥種多樣性沿海拔之分布 31

圖 29、都市 2004 年至 2006 年繁殖鳥種豐度變化 33
圖 30、都市 2004 年至 2006 年外來種種豐度變化 33
圖 31、都市 2004 年至 2006 年外來種量豐度變化 34
圖 32、2001 年至 2006 年湖山水庫與石門水庫之八色鳥繁殖族群變化 34
圖 33、玉山地區高海拔繁殖鳥種豐度 2006 年與 1992 年之海拔分布比較 35

中文摘要

本計畫之目的在於針對氣候變遷對陸域動物生態衝擊，建立預警指標與機制。依據美國與英國之範例，我們建議以鳥類為環境品質的指標，運用過去之鳥類調查資料庫，配合本年度之調查，建立基礎性之監測資料庫，以作為探討台灣地區長期環境監測與變動趨勢之資訊。

本計劃擬以前一年執行空污計畫內鳥類分布預測的成果，以鳥類為研究主體，針對氣候變遷對陸域動物生態之衝擊，選定台灣島上數處重要生態地區（都市生態系、低海拔生態系、中低高海拔環境梯度、中至高海拔原始林生態系）。選定台北市公園綠地、低、中海拔山坡地(此部分將侷限於石門水庫、湖山水庫兩區域，八色鳥為主要對象)，與玉山至東埔沿線原始林為長期之監測地點。這些地點在過去已陸續建立了相關的資料，包括台北市公園綠地 (2003-2005 年)、低中海拔山坡地 (2001-2002, 2005 年)、玉山-東埔（1992 年）。本年擬以定期、定時、固定方法之監測，進行繁殖期鳥類調查，建立生態資料庫，發展以鳥類為評估之陸域動物生物多樣性預警指標，透過指標模擬分析工具驗證與不確定性分析，並結合以往氣候變遷衝擊評估方法，建立長期預警機制，以作為探討氣候變遷對於陸域生物多樣性衝擊之評估依據。

本計畫依據監測結果，建立以下五個指標：(1)都市公園綠地繁殖鳥種豐度，(2)都市公園綠地外來種種豐富度，(3)都市公園綠地外來種量豐度，(4)八色鳥繁殖族群量，(5)高海拔繁殖鳥種豐富度之海拔分布。各指標分別反映出都市生態系的繁殖鳥類多樣性下降、外來種族群擴張，低海拔生態系的八色鳥族群下降，以及高海拔生態系的繁殖鳥種豐富度 8 種的上限朝更高海拔偏移了 100 公尺的趨勢。本計畫依據此一結果提出長期監測與預警機制之重要性，以及相因應之調適策略。

關鍵詞: 全球變遷、預警系統、陸域生態系、八色鳥、海拔分布、物種多樣性

Abstract

The purposes of this project are to study the climate change impact to terrestrial ecosystem and establish an early warning system. Based on the developments in the UK and US, we propose to use breeding bird species as the environmental indicators. With the help of previous bird inventory databases, and the field survey to be conducted in 2006, we propose to establish a long-term database that can serve as the basic information for long-term environmental monitoring in Taiwan.

This project tried to integrate the current year's research of predicting distribution trend of avian species under climate change. We select sites with previous bird inventory and representative of Taiwan's ecosystem as the study area. Selected sites include urban ecosystem (Taipei city, with 2003-2005 data), low-elevation ecosystem (Fairy Pitta study, with 2001-2002 and 2005 data), and high alpine ecosystem of Yushan-Tongpu region (1992 survey data). In this year, we use standardized bird inventory method (point count) to conduct field survey and establish database. These databases provide the foundation for designing the indicators of an early-warming system for ecological condition in Taiwan. Through the validation of these indicators and an uncertainty analysis, we expect to refine the indicators. Finally, we use the distribution models predicted under climate change to evaluate the efficiency of our indicator system and establish a long-term monitoring system that will eventually serves as the foundation to assess climate change impact to ecological system in Taiwan.

Based on the data we collected in this project, we proposed 5 indicators for monitoring the impact of global warming on Taiwan's terrestrial ecosystems: (1) Urban Breeding Bird Richness, (2) Urban Exotic Bird Richness, (3) Urban Exotic Bird Abundance, (4) Fairy Pitta's Breeding Population, and (5) Breeding Bird's Elevation Range Shift in the Alpine Ecosystem. Our results show that (1) a breeding bird richness decline and growing population of exotic bird species in the urban ecosystem, (2) a decline of breeding Fairy Pitta population, and (3) a shift of bird species richness highest altitude in the Primary forests of Yushan-Tongpu region. Based on our results, we emphasize the importance of long-term monitoring for establishing warning system and urge government to develop some adapting strategies for global warming.

Keywords: Climate change, Early warning system, terrestrial ecosystem, Fairy Pitta, Elevation Range, Species Richness

一、前言

研究背景

有關氣候變遷對於生態之衝擊，在國際間相關的研究很多。然而在台灣，這方面的成果卻非常有限，在缺乏基礎的科學資料與研究之下，將難以分析氣候變遷所可能帶來的衝擊，難以訂立適宜的調適策略去因應衝擊，難以建立預警系統，以提早察覺變化，並即時因應，也將難以在氣候變遷的趨勢下維持生態系正常的運作及永續的發展。因此藉由彙整國內外過去的相關研究資料與報告，針對台灣生態之特色，探討氣候變遷對於台灣的生態衝擊與不確定性，並參考國際間的作法，分析國內減輕衝擊之對策與調適策略，歸納整理台灣尚欠缺的研究與資料，建議未來科學研究可以推動之項目與方向，皆是當前刻不容緩的工作。

陸域生態系包含豐富多樣的生態環境，從森林、草原、沙漠，到極地與高山生態系，各自蘊含了豐富的生物物種，也提供了多樣的產品與服務。但在氣候變遷的影響下，陸域生態系將在不同的層面遭受衝擊（圖 1）。由國際間的研究已知，在物種的層面上，生物可能因而消失或改變其分布，而且在族群數量上有明顯的改變。這種改變將直接地造成生物群聚內物種組成的改變（IPCC, 2001），或者造成生態系中成員間相互關係的調整，進而造成生態系統的功能與類型上的改變（Thomas et al., 2004; Thuiller, 2004），甚至造成整個生態系的瓦解（Bakkenes et al., 2002, Erasmus et al., 2002, Peterson et al., 2002）。其中對於稀有性生物的影響將更為顯著，因為其生理適應範圍較為狹小，一旦環境因為氣候變遷而有所變動，勢必影響其有限棲地之品質，進而影響其整體族群的存活（Pasinelli et al., 2001, Carey and Alexander, 2003）。

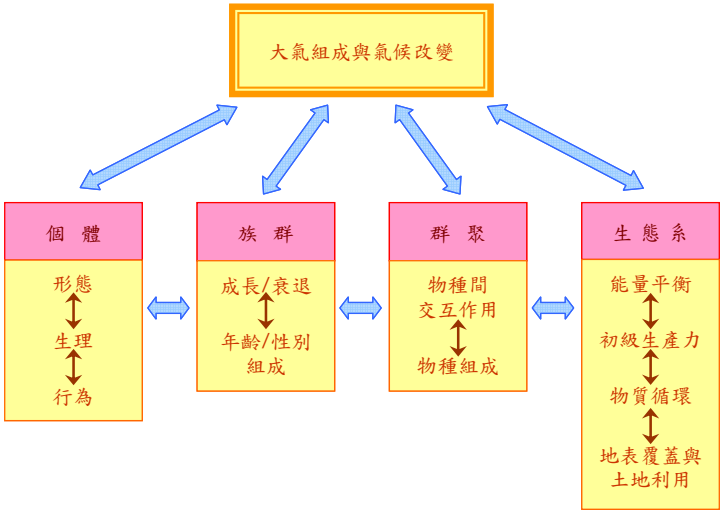


圖 1、氣候變遷下陸域生態在不同層面的交互影響

生物分布的改變，整體的趨勢為向兩極和高海拔地區移動，同時也會促使許多區域外來種的突然增加，造成物種間相互關係的改變，生態系內的食物網結構也將因而調整（Blackburn et al. 1999）。此外，氣候變遷也將造成地景的變遷，影響地景單元在其組成與空間分布上產生改變，進而造成分布於此地景中物種種類和組成之改變。由生產者之角度而言，樹種分布會因為氣候變遷而改變，森林植群與林相也會面臨改變。許多關於北半球高緯度地區森林線的研究，已發現有向極區移動的情形（Hamburg and Cogbill, 1988; Briffa et al., 1998），可能的原因是在氣候變遷的影響下，因水資源分布、蟲害、紫外線的改變，以及融雪時間的提早所造成。此外，高山草原的分布也有往高海拔地區移動的現象（Grabherr et al., 1994）。

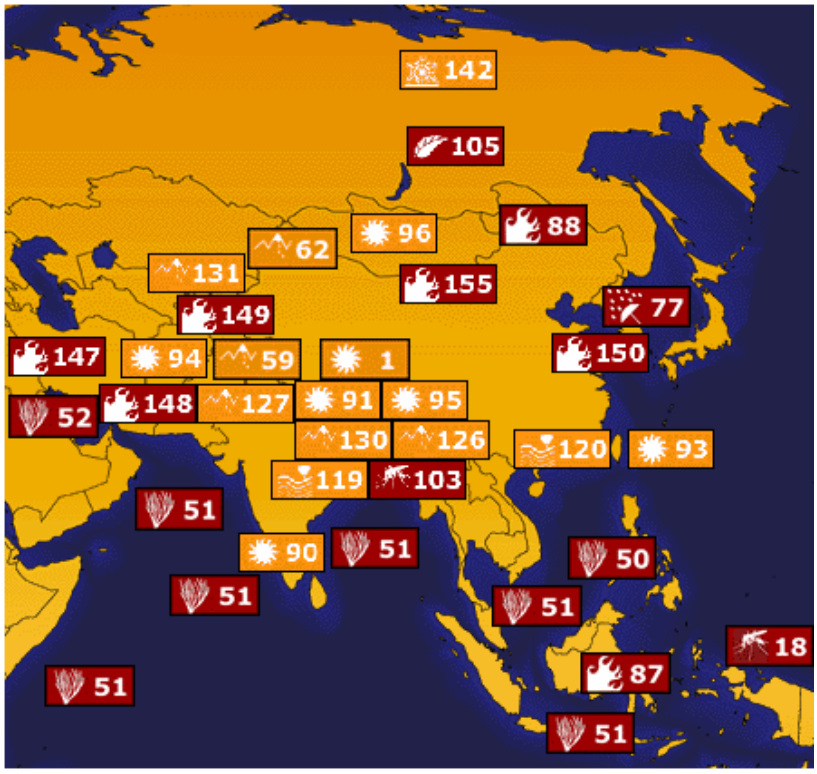


圖 2、亞洲地區已發佈之早期預警訊息示意圖

動物方面的研究也顯示出相類似的情形，在歐洲與北美已經發現，在溫度上升的情形之下，蝴蝶的分布範圍有向兩極和高海拔移動的情形（Pollard, 1979; Parmesan, 1996; Parmesan et al., 1999）。鳥類的分布範圍在南極、北美、歐洲、澳洲（Emslie et al., 1998; Prop et al., 1998），也都已發現有向兩極移動的情形。而哺乳動物分布的改變，多是由於食物資源或傳染疾病病媒分布受到氣候變遷影響而改變的結果（Hart et al., 1985）。陸域動植物分布或物候上的改變、海域珊瑚礁因海水溫度升高而產生的白化現象，以及氣溫上生或異常氣候的出現情形，已開始被視為是氣候變遷的早期預警訊息（Early Warning Signs）（圖 2，取自http://www.climatehotmap.org/index.html）並彙整提出。

物種分布的改變，是一種自發性的調適，可以減輕氣候變遷對物種生存的衝擊，但在某些受限的狀況之下，或是氣候改變的程度過大、速度過快時，這種自發性的調適將無法補償氣候變遷帶來的負面影響，最終將造成族群的滅絕。例如高山生態系的物種分布已被觀察到有向高海拔移動的情形，但某些原侷限生存於高山的物種，因為更高海拔環境的侷限，也有滅絕的情形發生（Grabherr et al., 1994）。又例如在哥斯大黎加 Monteverde Cloud Forest Reserve，Golden Toad (*Bufo periglenes*) 和 Harlequin Frog (*Atelopus varius*)的消失，被認為是極度乾旱氣候所造成（Pounds and Crump, 1994），而另外也有四種蛙類與兩種蜥蜴族群的崩潰，被證實與氣溫上升、乾季時霧氣的減少等因素相關（Pounds et al., 1999）。生物多樣性(biodiversity)的減少是當前台灣以及全球面臨最嚴重的環境課題。生物多樣性保育已漸被世界各國所重視；在台灣，行政院亦已於 2001 年 8 月通過生物多樣性推動方案。

本計畫將針對氣候變遷對陸域動物生態衝擊，建立預警指標與機制。動物由於位於食物鏈的高階位置，對於環境之改變非常敏感，非常適合作為氣候變遷的指標。過去在英國就有運用長期之生物資料庫，以鳥類為環境品質的指標，監測環境長期之變動趨勢，如 2002 年英國環境部（Secretary of State for Environment, Food and Rural Affairs）所制訂的生物多樣性策略(Working with the Grain of Nature - The Strategy)之中的繁殖鳥類族群量指標（圖 3）；而美國在這方面的範例，也非常多，如 BBS (Breeding Bird Survey) 與 CBS (Christmas Bird Count)等。相較而言，我國在這方面的進展非常欠缺。

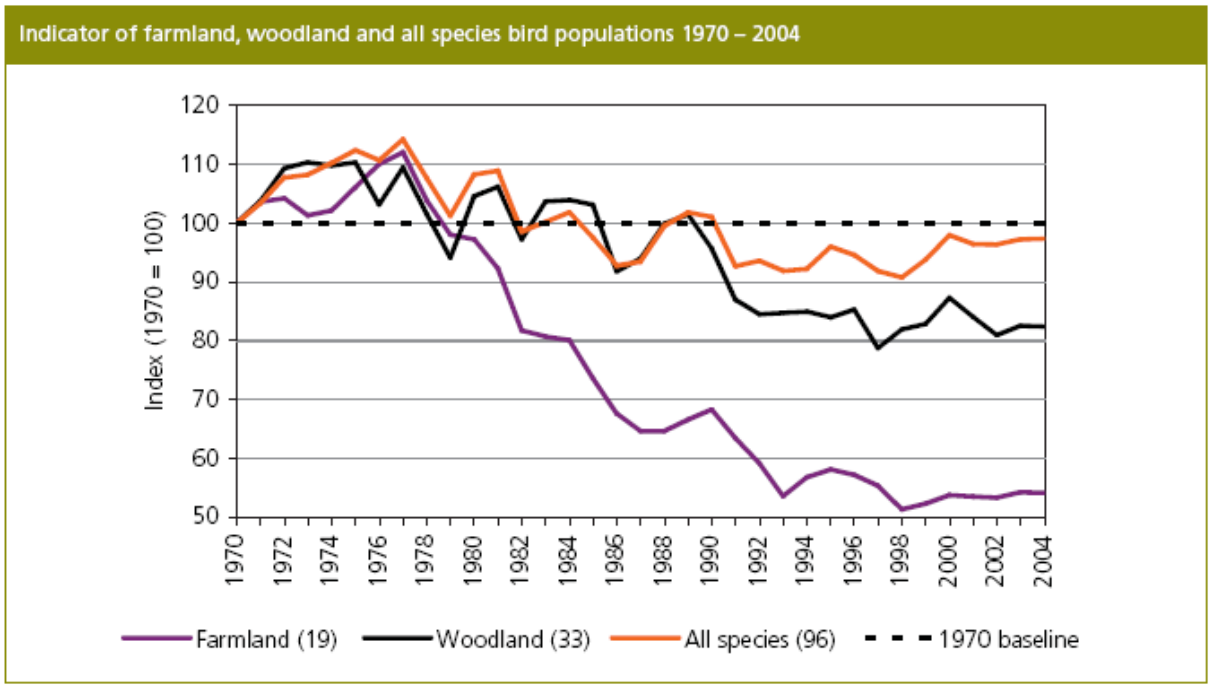


圖 3、英國生物多樣性指標之中的繁殖鳥類族群指標

本計劃擬以前兩年執行空污計畫之成果，針對氣候變遷對陸域動物生態之衝擊，選定台灣島上數處重要生態地區，建立預警指標與機制，利用定期、定時、固定方法之監測，建立生態資料庫，以作為探討氣候變遷對於陸域生物多樣性衝擊之評估依據。根據前兩年的研究顯示，生物之分布會因為氣候之改變造成影響，有可能會離開原生活區域至其他較適合之區域，如鳥類和淡水魚類，也可能因為缺乏活動能力，而縮小其活動範圍，如兩生類。動物族群分布的改變結果，將造成物種多樣性與熱點的分布狀況改變，如鳥類與淡水魚類將產生低海拔生物多樣性降低，高海拔生物多樣性升高（如圖 4，以鳥類為例），並致使熱點分布朝高海拔推移（如圖 5，以淡水魚類為例）。而播遷能力不強的物種如兩生類則可能產生多樣性高的地區逐漸縮小（圖 6）。因為台灣地區之動物分布資料，以鳥類與兩生類較豐富，本計畫擬以鳥類動物為主要依據，選定高、中、低海拔生態系與都市生態系，作為監測之地點與種類。

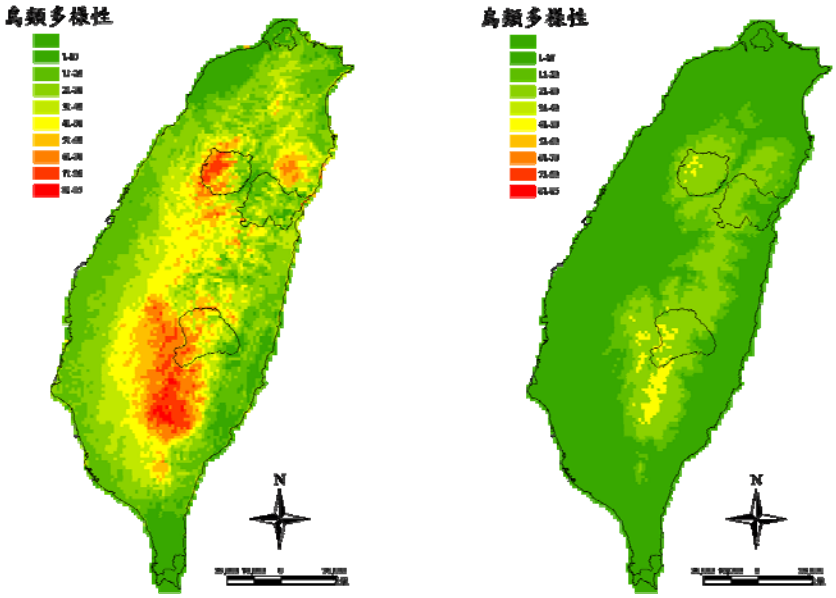


圖 4、台灣現今（左）與 RSM2（右）模擬情境下的繁殖鳥類物種豐富度

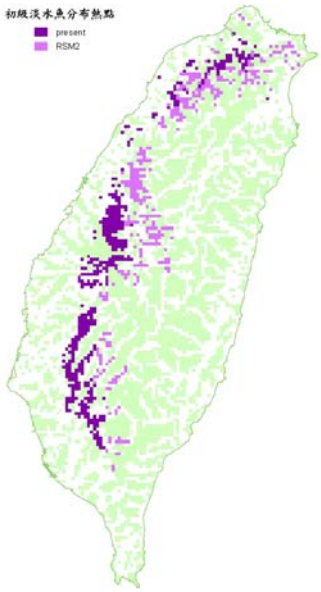


圖 5、台灣現今（深紫）與 RSM2（淡紫）模擬情境下的兩生類分布熱點

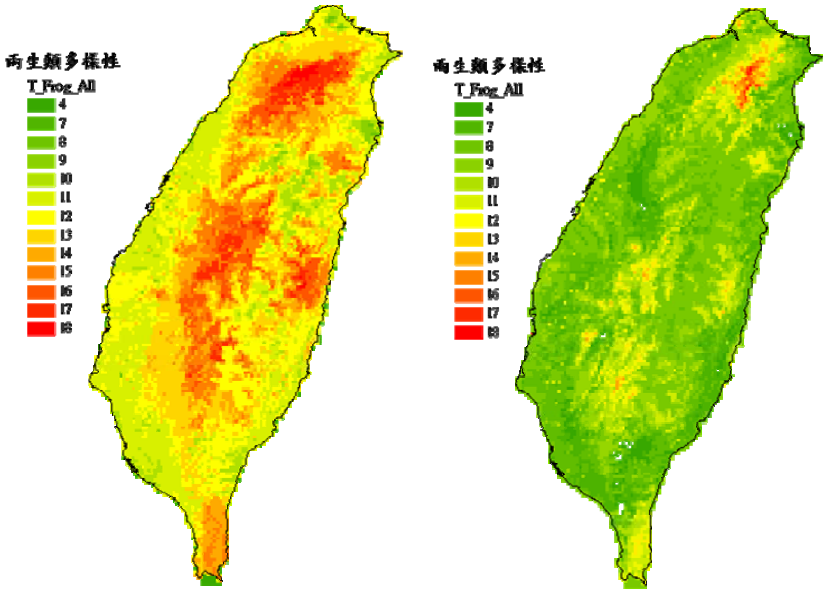


圖 6、台灣現今（左）與 RSM2（右）模擬情境下的兩生類物種豐富度

研究目的

本計畫之目的在於針對氣候變遷對陸域動物生態衝擊，建立預警指標與機制。以鳥類為環境品質的指標，運用過去之鳥類調查資料庫，配合本年度之調查，建立基礎性之監測資料庫，以作為探討台灣地區長期環境監測與變動趨勢之資訊。

二、研究方法

研究流程

整體研究流程如圖 7，以下逐一描述之：

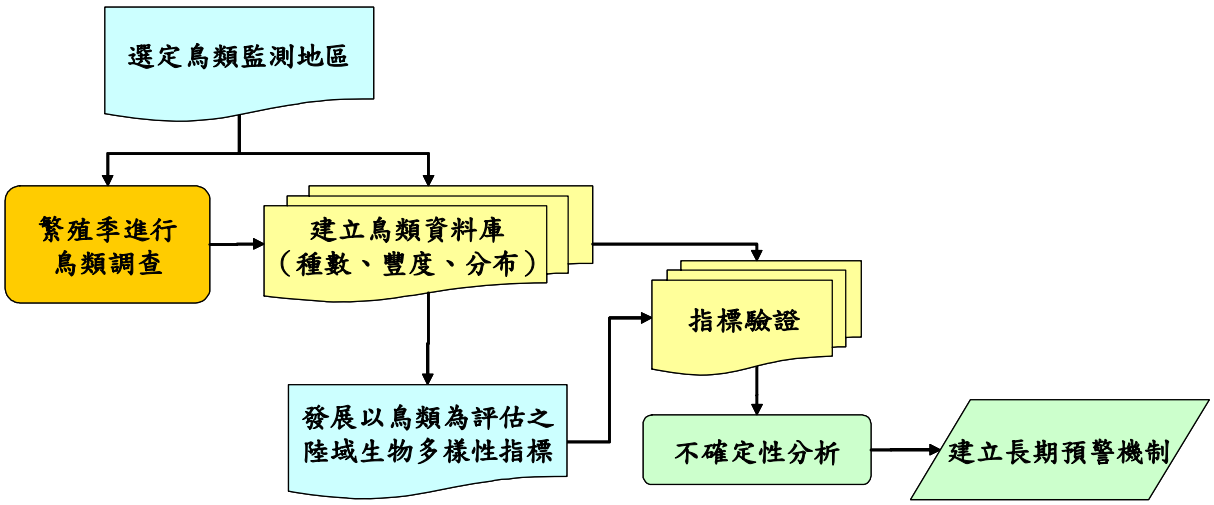


圖 7、本計畫研究流程圖

選定鳥類監測地區

本研究以鳥類為研究主體。我們預計選定都市生態系、低海拔生態系、中低高海拔環境梯度、中至高海拔原始林生態系，為建立基礎鳥類生態資料的地區，作為監測氣候變遷對於台灣生態影響之位置。選定之區域在於過去已有相當程度的資料累積。依此原則，我們選定台北市公園綠地(約 300 處，圖 8)、與低、中海拔山坡地(圖 9，約 1000 個調查點，為了節省時間與人力，此部分將侷限於石門水庫、湖山水庫兩區域)為長期之監測地點。選定這些地點之主要原因在於我們在過去已陸續建立了相關之資料，其中台北市公園綠地已有 3 年(2003-2005)之繁殖期鳥類調查，而低中海拔山坡地有 3 年(2001-2002, 2005) 之八色鳥（*Pitta nympha*）調查。

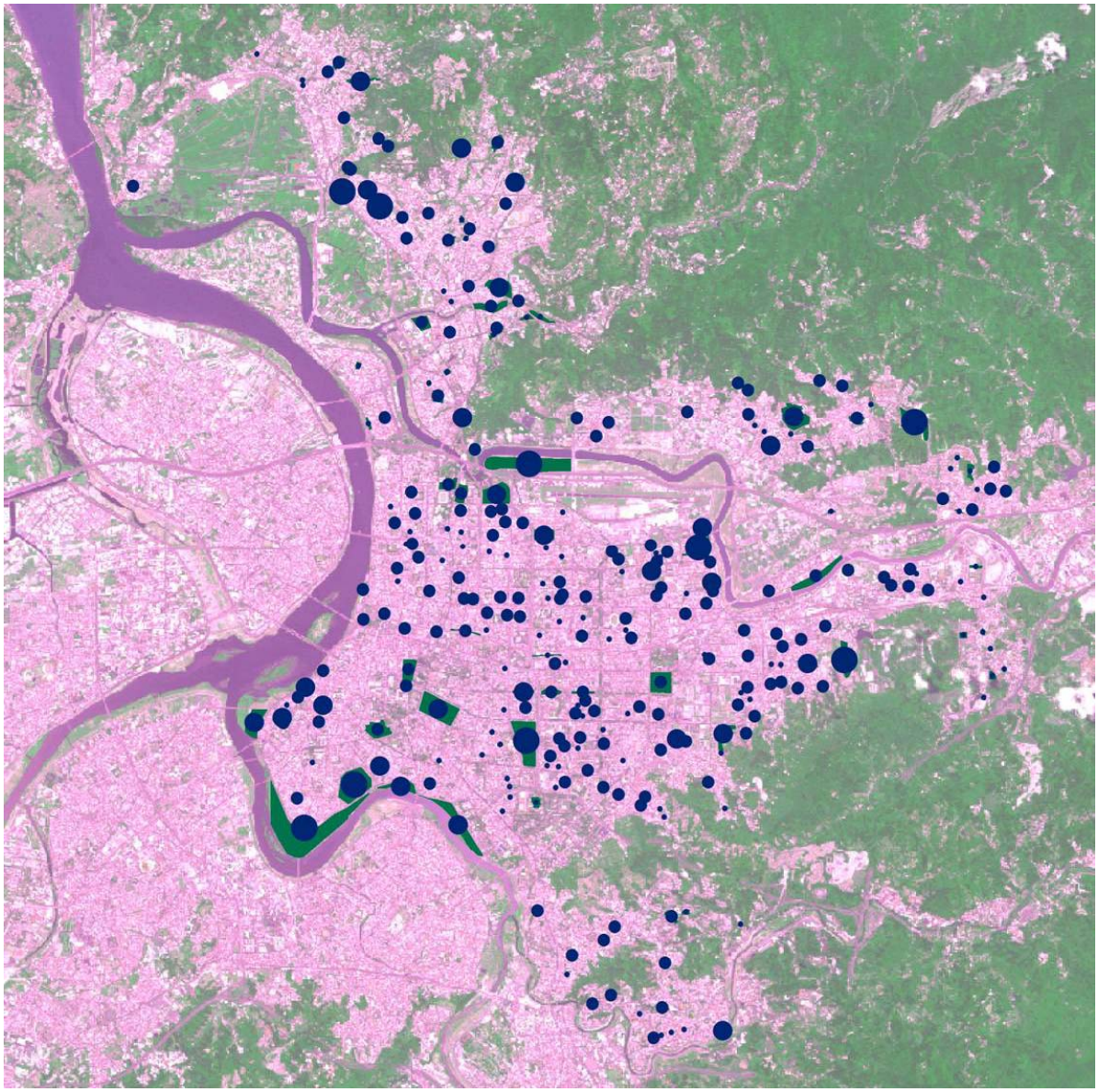


圖 8、2003-2005 年台北市公園綠地鳥類調查位置

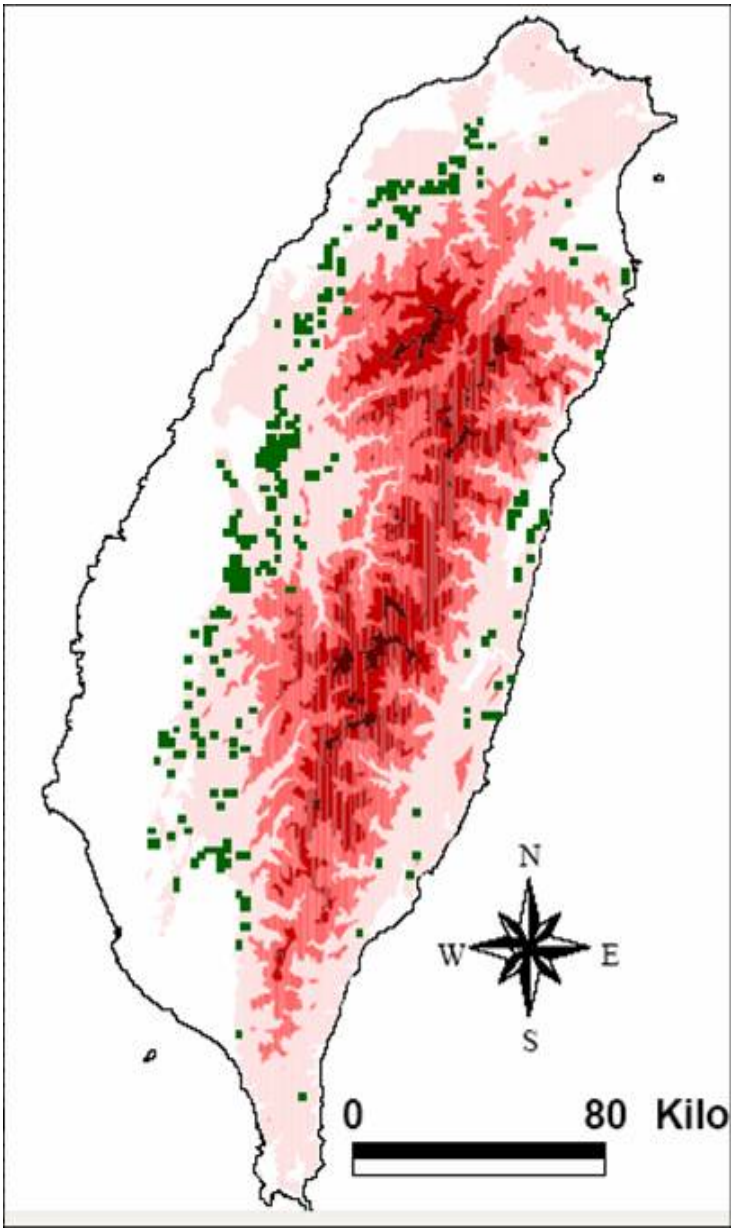


圖 9、2001-2003 與 2005 年台灣八色鳥調查之位置

此外，我們也將增加玉山至東埔沿線的鳥類監測點，該區海拔範圍約 3000 公尺至 3700 公尺，屬高海拔生態系（圖 10）。我們曾於 1992 年得到國科會生物處的補助，於此區域進行不同海拔梯度之下，留鳥生物多樣性之研究，本年我們將上述研究配合新的地景資訊，撰寫成一篇文章發表於 Global Ecology and Biogeography 雜誌後（Ding et al., 2005），獲得國外研究者的重視，希望能將這些地點與鳥類觀測數值納入全球氣候變遷的觀測系統內。相較於其他兩個生態系，高海拔生態系擁有調查資料的年份雖最少，但所擁有的時間尺度是最長的，且該區位於玉山國家公園生態保護區內，人為干擾較少，應可看出鳥類群聚與全球氣候變遷更為直接的關係。

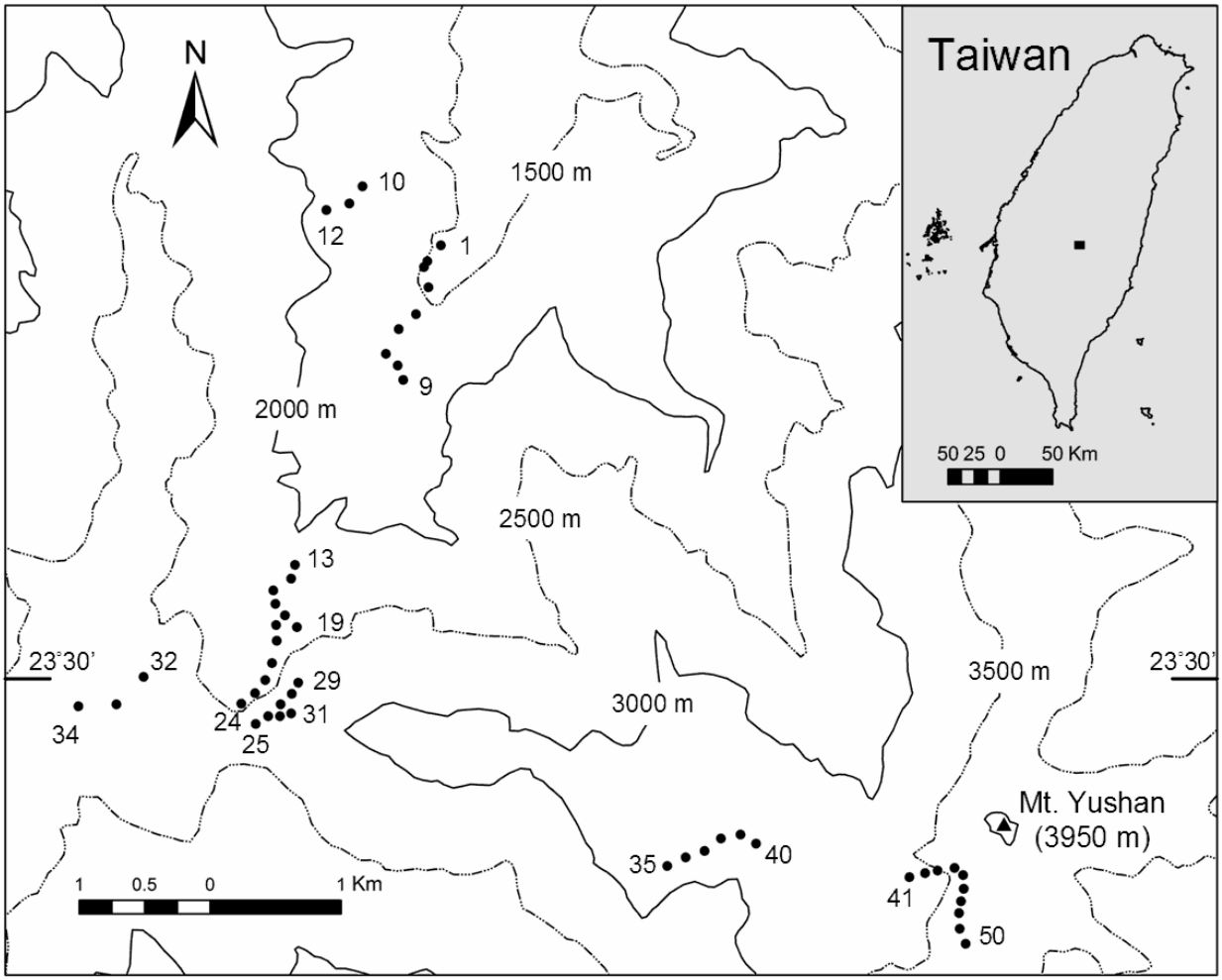


圖 10、1992 年玉山到東埔沿線繁殖鳥類調查之位置

建立上述三個區域之鳥類分布、豐度資料庫

由於這些資料當年建置時，均已含有 GPS 的資料，本計畫將以固定格式，將調查座標點、鳥類分布、豐度、群聚組成、多樣性指標、環境特徵等資訊建檔。所針對的鳥種將以台灣繁殖鳥類（表 1）為主。

此外，我們也將運用遙測影像與 GIS 圖層，獲取每一處調查點的地景特徵。目前，將至少包括 NDVI （植生指標）、DTM (Digital Terrain Model)、DTM 複雜度、坡度、坡向、植被類型、道路密度、人為影響等。

表 1、本研究擬採用的繁殖鳥類名錄及其特有性、保育等級、體重、體長及地理分布範圍

代號[a]	中文名	學名	特有性	保育等級[b]	體重(g)[c]	體長(cm)	分布範圍(格)[d]
B0007	小鷿	*Tachybaptus ruficollis*		0	201.0	270	295
B0042	黃頭鷺	*Bubulcus ibis*		0	264.2	475	665
B0043	綠簑鷺	*Butorides striatus*		0	212.0	405	533
B0053	黑冠麻鷺	*Gorsachius melanolophus*		0	472.8	405	171*
B0054	栗小鷺	*Ixobrychus cinnamomeus*		0	106.0	305	340
B0056	黃小鷺	*Ixobrychus sinensis*		0	98.0	305	148*
B0058	夜鷺	*Nycticorax nycticorax*		0	883.0	620	708
B0068	鴛鴦	*Aix galericulata*		2	570.0	405	121*
B0146	深山竹雞	*Arborophila crudigularis*	特有種	3	261.5	240	580
B0147	竹雞	*Bambusicola thoracica*	特有亞種	0	270.3	300	1107
B0148	小鶴鶉	*Coturnix chinensis*		0	31.4	140	63*
B0150	藍腹鷴	*Lophura swinhoii*	特有種	1	1100.0	810	408
B0151	環頸雉	*Phasianus colchicus*	特有亞種	2	1396.0	750	48*
B0152	帝雉	*Syrmaticus mikado*	特有種	1	1157.5	860	268
B0153	棕三趾鶉	*Turnix suscitator*	特有亞種	0	59.5	153	413
B0154	三趾鶉	*Turnix sylvatica*		0	39.5	140	0
B0159	白腹秧雞	*Amaurornis phoenicurus*		0	173.0	320	640
B0162	紅冠水雞	*Gallinula chloropus*		0	302.5	320	490
B0164	緋秧雞	*Porzana fusca*		0	60.0	190	305
B0166	灰腳秧雞	*Rallina eurizonoides*	特有亞種	0	110.0	255	177*
B0168	秧雞	*Rallus aquaticus*		0	120.0	280	37*
B0169	灰胸秧雞	*Rallus striatus*	特有亞種	0	121.0	250	63*
B0175	水雉	*Hydrophasianus chirurgus*	特有亞種	2	178.5	680	38*
B0176	彩鷸	*Rostratula benghalensis*		2	149.4	255	124*
B0178	東方環頸	*Charadrius alexandrinus*		0	49.3	165	313
B0221	磯鷸	*Tringa hypoleucos*		0	50.7	160	743
B0267	翠翼鳩	*Chalcophaps indica*		2	124.0	255	371
B0269	家鴿	*Columba livia*		0	354.5	305	92*
B0270	灰林鴿	*Columba pulchricollis*		0	139.5	305	460
B0273	斑頸鳩	*Streptopelia chinensis*	特有亞種	0	159.0	305	900
B0274	金背鳩	*Streptopelia orientalis*	特有亞種	0	214.5	330	725
B0275	紅鳩	*Streptopelia tranquebarica*		0	104.0	205	659
B0277	紅頭綠鳩	*Treron formosae*	特有亞種	2	156.9	320	38*
B0278	綠鳩	*Treron sieboldii*	特有亞種	0	169.2	330	686
B0279	番鵑	*Centropus bengalensis*		0	120.0	340	686
B0290	草鴞	*Tyto capensis*	特有亞種	2	419.0	460	1*
B0293	鵂鶹	*Glaucidium brodiei*		2	57.8	165	427
B0294	黃魚鴞	*Ketupa flavipes*		1	760.4	610	37*
B0295	褐鷹鴞	*Ninox scutulata*		2	195.0	320	85*
B0296	領角鴞	*Otus bakkamoena*		2	131.8	230	378
B0298	角鴞	*Otus scops*	特有亞種	2	92.0	190	7*
B0299	黃嘴角鴞	*Otus spilocephalus*	特有亞種	2	67.5	205	478
B0300	灰林鴞	*Strix aluco*		1	475.0	405	64*
B0301	褐林鴞	*Strix leptogrammica*		1	490.7	510	160*
B0302	夜鷹	*Caprimulgus affinis*		0	75.0	255	41*
B0307	翠鳥	*Alcedo atthis*		0	30.9	180	910
B0315	五色鳥	*Megalaima oorti*	特有亞種	0	87.1	205	1109
B0316	小啄木	*Dendrocopos canicapillus*		0	22.7	148	656
B0317	大赤啄木	*Dendrocopos leucotos*	特有亞種	2	108.0	255	360
B0319	綠啄木	*Picus canus*	特有亞種	2	137.0	280	274

代號[a]	中文名	學名	特有性	保育等級[b]	體重(g)[c]	體長(cm)	分布範圍(格)[d]
B0321	小雲雀	*Alauda gulgula*	特有亞種	0	26.3	165	431
B0330	花翅山椒	*Coracina novaehollandiae*		2	93.3	295	111*
B0332	紅山椒	*Pericrocotus solaris*		3	14.0	190	727
B0333	小卷尾	*Dicrurus aeneus*		0	26.5	230	747
B0335	大卷尾	*Dicrurus macrocercus*		0	55.6	300	921
B0337	黃鸝	*Oriolus chinensis*		2	82.0	265	77*
B0338	朱鸝	*Oriolus traillii*	特有亞種	1	74.0	255	203*
B0343	巨嘴鴉	*Corvus macrorhynchos*		0	517.5	540	980
B0347	樹鵲	*Crypsirina formosae*	特有亞種	0	103.8	330	1023
B0348	松鴉	*Garrulus glandarius*	特有亞種	3	161.0	330	510
B0349	星鴉	*Nucifraga caryocatactes*	特有亞種	0	172.5	330	325
B0350	喜鵲	*Pica pica*		3	177.5	448	163*
B0351	台灣藍鵲	*Urocissa caerulea*	特有種	2	235.1	685	449
B0352	黃羽鸚嘴	*Paradoxornis gularis*	特有亞種	0	5.9	180	186*
B0353	粉紅鸚嘴	*Paradoxornis webbianus*		0	9.1	115	767
B0355	紅頭山雀	*Aegithalos concinnus*		3	6.1	100	599
B0356	煤山雀	*Parus ater*	特有亞種	3	9.1	100	336
B0357	黃山雀	*Parus holsti*	特有種	2	16.4	127	282
B0359	青背山雀	*Parus monticolus*	特有亞種	3	12.3	127	694
B0360	赤腹山雀	*Parus varius*	特有亞種	2	17.0	127	266
B0361	茶腹	*Sitta europaea*		0	22.0	121	489
B0362	紋翼畫眉	*Actinodura morrisoniana*	特有種	3	32.8	180	338
B0363	頭烏線	*Alcippe brunnea*	特有亞種	0	18.8	130	988
B0364	灰頭花翼	*Alcippe cinereiceps*	特有亞種	0	10.1	115	342
B0365	繡眼畫眉	*Alcippe morrisonia*	特有亞種	0	14.1	140	1165
B0366	白喉笑鶇	*Garrulax albogularis*	特有亞種	2	98.5	280	248*
B0367	畫眉	*Garrulax canorus*	特有亞種	2	55.0	215	636
B0368	金翼白眉	*Garrulax morrisonianus*	特有種	3	77.0	180	361
B0369	竹鳥	*Garrulax poecilorhynchus*	特有亞種	2	92.2	280	530
B0370	白耳畫眉	*Heterophasia auricularis*	特有種	3	48.0	230	811
B0371	藪鳥	*Liocichla steerii*	特有種	3	31.8	180	740
B0372	鱗胸鷦鷯	*Pnoepyga pusilla*	特有亞種	0	12.0	90	394
B0373	大彎嘴	*Pomatorhinus erythrogenys*	特有亞種	0	37.6	255	928
B0374	小彎嘴	*Pomatorhinus ruficollis*	特有亞種	0	31.7	178	1192
B0375	山紅頭	*Stachyris ruficeps*	特有亞種	0	10.4	115	1217
B0376	冠羽畫眉	*Yuhina brunneiceps*	特有種	3	12.3	130	788
B0377	綠畫眉	*Yuhina zantholeuca*		0	11.2	115	745
B0379	棕耳鵯	*Ixos amaurotis*	特有亞種	0	113.2	280	29*
B0380	紅嘴黑鵯	*Hypsipetes madagascariensis*	特有亞種	0	52.8	200	1104
B0381	白頭翁	*Pycnonotus sinensis*	特有亞種	0	29.2	190	1149
B0382	烏頭翁	*Pycnonotus taivanus*	特有種	3	46.7	195	137*
B0383	白環鸚嘴鵯	*Spizixos semitorques*	特有亞種	0	52.8	205	818
B0385	河烏	*Cinclus pallasii*		0	76.0	205	514
B0386	鷦鷯	*Troglodytes troglodytes*	特有亞種	0	8.9	95	244*
B0387	小翼鶇	*Brachypteryx montana*	特有亞種	3	21.6	127	378
B0389	小剪尾	*Enicurus scouleri*	特有亞種	2	15.9	127	414
B0394	藍磯鶇	*Monticola solitarius*		0	50.5	205	876
B0396	紫嘯鶇	*Myiophonus insularis*	特有種	3	113.2	280	810
B0397	白尾鴝	*Myzomela leucura*	特有亞種	3	24.5	170	618
B0400	鉛色水鶇	*Rhyacornis fuliginosus*	特有亞種	3	17.0	127	905
B0404	白眉林鴝	*Erithacus indicus*	特有亞種	0	14.6	152	168*
B0405	栗背林鴝	*Erithacus johnstoniae*	特有種	3	14.6	120	383
B0408	虎鶇	*Zoothera dauma*		0	104.0	265	539

代號[a]	中文名	學名	特有性	保育等級[b]	體重(g)[c]	體長(cm)	分布範圍(格)[d]
B0414	白頭鶇	*Turdus poliocephalus*	特有亞種	3	61.7	205	123*
B0421	棕面鶯	*Abroscopus albogularis*		0	5.8	90	758
B0424	褐色叢樹鶯	*Bradypterus seebohmi*		0	20.8	140	406
B0425	深山鶯	*Cettia acanthizoides*	特有亞種	0	9.1	100	407
B0427	小鶯	*Cettia fortipes*	特有亞種	0	9.8	115	580
B0429	白頭錦鴒	*Cisticola exilis*	特有亞種	0	7.1	103	330
B0430	錦鴒	*Cisticola juncidis*		0	7.9	95	533
B0440	斑紋鷦鶯	*Prinia criniger*	特有亞種	0	15.1	180	655
B0441	灰頭鷦鶯	*Prinia flaviventris*		0	7.2	127	856
B0442	褐頭鷦鶯	*Prinia subflava*	特有亞種	0	8.3	150	985
B0443	火冠戴菊鳥	*Regulus goodfellowi*	特有種	3	7.0	90	317
B0448	黃胸青鶲	*Ficedula hyperythra*	特有亞種	3	8.5	115	408
B0453	黑枕藍鶲	*Hypothymis azurea*	特有亞種	0	11.1	150	1039
B0454	紅尾鶲	*Muscicapa ferruginea*		0	12.0	127	470
B0458	黃腹琉璃	*Niltava vivida*	特有亞種	3	33.0	175	421
B0459	綬帶鳥	*Terpsiphone atrocaudata*		2	18.7	485	35*
B0461	岩鷚	*Prunella collaris*	特有亞種	0	43.7	165	189*
B0468	白鶺鴒	*Motacilla alba*		0	20.5	180	1052
B0478	棕背伯勞	*Lanius schach*	特有亞種	0	38.4	233	381
B0481	八哥	*Acridotheres cristatellus*	特有亞種	0	113.0	265	700
B0497	綠啄花鳥	*Dicaeum concolor*	特有亞種	0	6.2	75	275
B0498	紅胸啄花鳥	*Dicaeum ignipectus*	特有亞種	0	5.9	75	443
B0499	綠繡眼	*Zosterops japonicus*		0	9.0	107	1124
B0501	黑頭文鳥	*Lonchura malacca*	特有亞種	0	12.6	100	139*
B0502	斑文鳥	*Lonchura punctulata*		0	12.8	100	795
B0503	白腰文鳥	*Lonchura striata*		0	10.5	100	931
B0511	酒紅朱雀	*Carpodacus vinaceus*	特有亞種	0	22.7	127	278
B0516	灰鷽	*Pyrrhula erythaca*	特有亞種	0	21.8	150	264
B0517	褐鷽	*Pyrrhula nipalensis*	特有亞種	0	31.0	165	267
B0537	麻雀	*Passer montanus*		0	22.0	140	1039
B0538	山麻雀	*Passer rutilans*		0	18.4	130	306

註：

a. 鳥類代號為「台灣地區野生動物分布資料庫之建立」（李培芬等 1998）之代號。

b. 保育等級“1”為瀕臨絕種，“2”為珍貴稀有，“3”為其他應予保育之物種，“0”為非保育類。

c. 有關體長和體重之來源，以及相關的分析，請參見 Lee et al. (1999)與 Shiu et al. (2005)

d. 分布範圍係台灣野生動物分布資料庫內各鳥種之分布網格數，網格數後加 * 號者，代表分布範圍最少之前 25%物種，共 33 種。

繁殖季期間進行鳥類調查

台北市公園綠地於 3-6 月間執行、八色鳥調查使用 play-back response 方法於 4-5 月進行、玉山的調查亦於 5-7 月間執行。除了八色鳥調查外，鳥類調查均以定點計數法(point count)進行。本計劃之標準調查方式如下：

- 各地樣點數：

  1. 鳥類密度估算調查：每一個地點已設有 7-10 個調查站不等，以 point count 作密度估算。
  2. 鳥類名錄調查：結束密度估算後，在路線上其他地點至少選定一點蒐集鳥類名錄。

- 密度估算調查方法：
  1. 調查在晴天或陰天(小雨)進行，自日出至日出後 3 小時內完成。（四月初日出時間約 5：40 左右，一般約工作至 9：30）
  2. 每一地點原先已設有 7-10 個調查站（均有 GPS 定位座標），請依序在既定的調查點上作鳥類密度估算。若無法找到原先的調查點，則新調查點的 XY 座標與既定調查點間的差距必須在 50 公尺內，並記錄座標數值。
  3. 每一調查站停留 6 分鐘，依序記錄期間所目擊或聽到的鳥種與數量。

- 記錄事項：
  1. 調查地點名稱、日期（年月日）、天氣及調查者姓名
  2. 地理座標：請將每調查點用 GPS 定位
  3. 海拔：高度計/GPS 之高度
  4. 林冠高度：目測
  5. 地形位置：主觀評估之，如稜線、山谷、邊坡、鞍部等
  6. 棲地類型：文字敘述，如芒草地、柳杉造林、相思樹林、楠栲林等等，請務必盡量描述，以供修正之參考
  7. 調查站號及時間：每一調查站號碼及起始時間為__點__分
  8. 鳥種、數量、距離：依時間順序（分為 0-1min、1-2min、2-3min、3-4min、4-5min、5-6min），記錄各個體之數量及距離（＜50m 或 50-100m），當數量無法判別時請估計概數，如：1-5，10-20 等
  9. 附加紀錄：鳴唱方式 song(s)/call(c)、結群出現－flock(f)，若持續在林冠上層飛行的鳥種則請備註之

發展以鳥類為評估之陸域動物生物多樣性預警指標

目前美國的研究以利用多年的 BBS 鳥類資料，建立了一些指標，如 Biotic Integrity Index，或與美國 EPA 的 EMAP (Ecological Mapping and Assessment Program)整合，美國的 National Science Foundation 並有 NEON (National Ecological Observatory Network)計畫，均以大尺度大範圍的生態基礎資料為標準設置。本計畫也將以台灣為對象，發展以鳥類為評估之陸域動物生物多樣性預警指標。

由於目前諸多的研究顯示，鳥類會受到氣候變遷而往高海拔移動。因此，本計畫先將以物種與其所在之空間為基礎，發展出指標系統，選定數種特定之鳥類為重點，此部分將為以族群基礎之指標。此外，也將考慮生態同功群 (guild) 之特徵，選定足以反應生態變遷的同功群，作為另一種指標，此部分將為以群聚(community)基礎之指標。最後，也將運用群聚指標，如 Shannon diversity index, evenness index, …等，為可能之指標。

指標的發展除了考量空間的異質性外，也將運用已有資料的時間變化，以期能設計適合的預警指標。

指標模擬分析工具驗證

利用前述發展之族群與群聚指標，我們以不同年間的資料帶入，比較都市環境、次生林環境、原生林環境下，各指標的變化情形，以作為工具驗證各項指標的效能，並據此建立基準性的指標基礎。

不確定性分析

由於我們所建立的資料庫具有空間的異質性，加上已有 4 年以上的基礎，從較長程的資料中，可以比較出這些指標的適用性，並可以分析其不確定性。大致上而言，在較原始性的森林內，由於環境本身變動不大，本計畫所研議的指標應可反應氣候變遷下的可能衝擊。相對的，位於動態變化的環境下，如都市生態系與受干擾較大的生態系，指標的類型與種類必須慎重選取，避免無法反應現況之情形，透過不確定性分析，可以降低這種風險。

結合氣候變遷衝擊評估方法，建立長期預警機制

由於本研究先前（94 年度的空污計畫）已發展出鳥類分布變遷的預測模式，我們擬將這些模式與現有的分布資料比較，以檢驗現有資料的代表性與是否可以反應出環境變遷的趨勢。並進而修正可能的不完整性，進而建立初步的台灣地區氣候變遷長期預警機制。

三、研究成果

2006 年監測結果與歷年結果

都市生態系

本年度的都市公園綠地繁殖鳥類群聚調查於 3 月至 6 月間，針對台北市境內共 315 個公園綠地，進行每月一次的鳥類監測。調查共發現 29 科 53 種鳥類，其中繁殖鳥類共 44 種，包括留鳥 32 種、夏候鳥 3 種，以及外來種 9 種。

歷年的資料整理，由於 2003 年的調查方法與 2004 至 2006 年有頗大的差異，暫不將其列入歷年的繁殖鳥類群聚趨勢變化分析內。2004 至 2006 年，共紀錄 30 科 72 種鳥類，其中繁殖鳥類共 55 種，包括留鳥 39 種、夏候鳥 4 種，以及外來種 12 種。都市公園綠地的鳥類群聚之優勢種（以族群量大於總族群量的 5%的鳥種屬之）為麻雀（*Passer montanus*）、白頭翁（*Pycnonotus sinensis*）、綠繡眼（*Zosterops japonicus*），以及珠頸斑鳩（*Streptopelia chinensis*）；留鳥之優勢種（以族群量大於留鳥總族群量 5%的留鳥屬之）為麻雀、白頭翁、綠繡眼，以及珠頸斑鳩，與整體鳥類群聚相同；夏候鳥的優勢種為家燕（*Hirundo rustica*）；外來種的優勢種則為家八哥（*Acridotheres tristis*）、輝椋鳥（*Aplonis panayensis*），以及白尾八哥（*Acridotheres javanicus*）。

以下分別就繁殖鳥類種豐富度（species richness）與量豐富度（abundance）於 2004 年至 2006 年之趨勢分析結果進行描述：

鳥類種豐富度

歷年的繁殖鳥類種豐富度呈下降趨勢（圖 11），變化幅度雖不大，但 2006 年之鳥類種豐富度已較 2004 下降近 10%。繁殖鳥類種豐富度的下降主要是因為留鳥種數的持續減少，2006 年時繁殖留鳥種數已較 2004 年下降約 8%，夏候鳥與外來種的種數相對留鳥種數較少，變化亦不大（圖 12）。

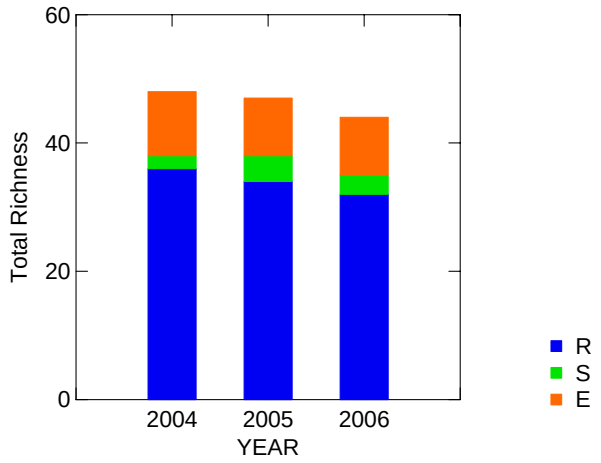


圖 11、都市生態系 2004 至 2006 年繁殖鳥類種豐富度歷年變化
（R:留鳥、S:夏候鳥、E:外來種）

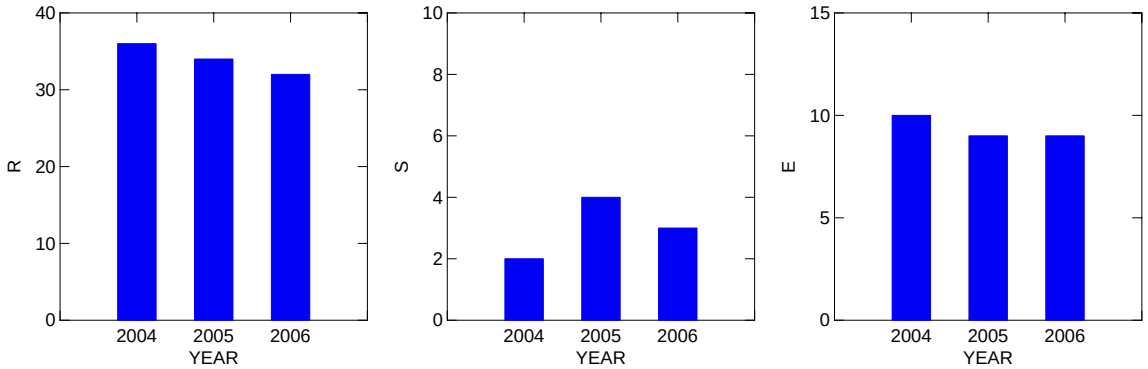


圖 12、都市生態系 2004 至 2006 年留鳥（R）、夏候鳥（S），
以及外來種（E）的種數歷年變化

鳥類量豐富度

歷年的繁殖鳥類量豐度無規則趨勢變化（圖 13），但 2006 年的鳥類量豐富度相較 2004 年降低近 10%。觀測個別遷徙屬性之歷年趨勢（圖 14），則發現留鳥與繁殖鳥類群聚雷同，呈不規則趨勢變化；夏候鳥之量豐度呈持續下降趨勢，2006 年已較 2004 年減少了 50%以上，而由於家燕的族群量佔了夏候鳥總族群量的 90%以上，這樣的下降趨勢主要是家燕的逐年遞減造成；外來種之量豐度歷年變化則與夏候鳥相反，呈持續上生趨勢，2006 年之量豐度已較 2004 年增加 50%以上，增加的族群量主要由族群持續成長擴

張的家八哥與輝椋鳥貢獻。並非所有的外來種的族群量都在成長，早自 1970 年即已廣泛分佈的白尾八哥相對於家八哥與輝椋鳥則成逐年減少之趨勢。

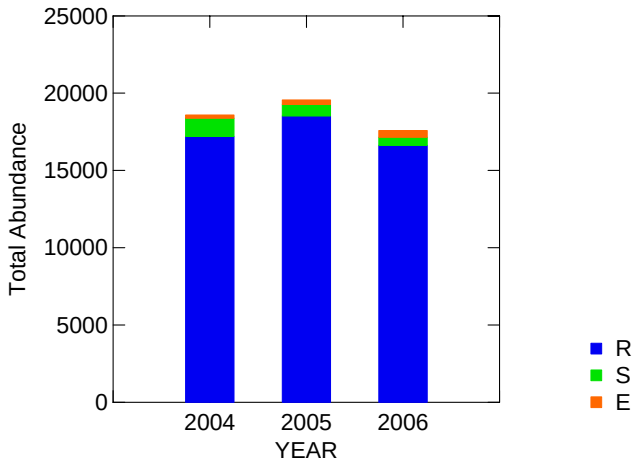
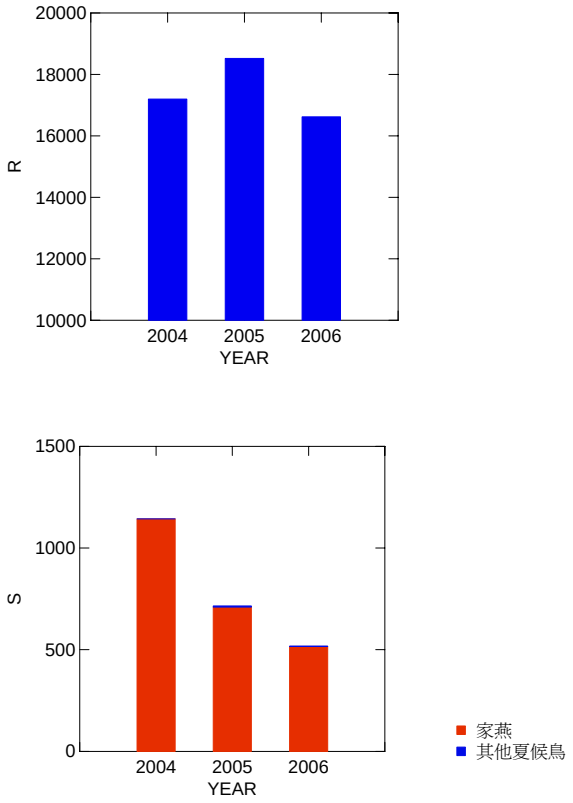


圖 13、都市生態系 2004 至 2006 年繁殖鳥類量豐富度歷年變化
（R:留鳥、S:夏候鳥、E:外來種）



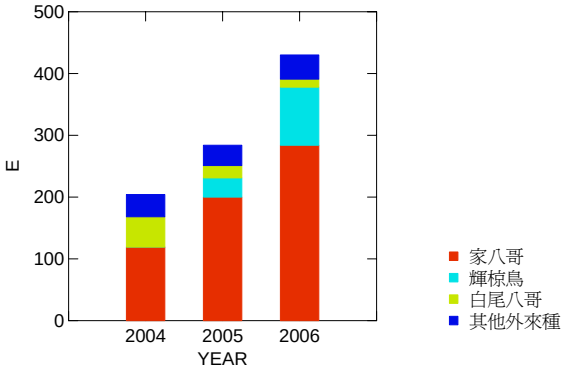


圖 14、都市生態系 2004 年至 2006 年繁殖鳥類量豐度的變化圖
（R:留鳥、S:夏候鳥、E:外來種、ALL:所有繁殖鳥類）

低海拔生態系

2006 年度的八色鳥族群監測於 4 月底至 5 月中，針對石門水庫與湖山水庫預定區之八色鳥族群，進行前期、中期、，以及後期共 3 次的族群監測。調查共發現石門水庫最高族群量 30 隻，湖山水庫最高族群量 164 隻。

歷年的資料整理，石門水庫地區僅 2001 年與 2006 年前、中、後期三期資料完整，2002 年僅有前期與中期之資料，2005 年則僅有中期之資料，2003 年與 2004 年均無調查資料（表 2）。湖山水庫極其鄰近地區的資料則非常完整，2001 年至 2006 年前、中、後三期均有進行調查（表 3）。

歷年的趨勢變化，由每調查點平均數量可發現不論石門水庫，或湖山水庫及其鄰近的地區的哪一個時期，均呈現八色鳥繁殖族群逐年遞減的現象（圖 15、圖 16）。

表 2、石門水庫歷年的調查點數量、記錄到八色鳥的總數量及平均每調查點記錄的八色鳥數量

時間	調查點數	八色鳥總數量	每調查點平均數量
前期			
2001 年	78	46	0.59
2002 年	40	18	0.45
2006 年	132	25	0.18
中期			
2001 年	36	15	0.42
2002 年	8	2	0.25

時間	調查點數	八色鳥 總數量	每調查點 平均數量
2005 年	127	22	0.17
2006 年	144	13	0.09
後期			
2001 年	43	4	0.09
2006 年	144	6	0.04

表 3、湖山水庫及鄰近地區歷年的調查點數量、記錄到八色鳥的總數量及平均每調查點記錄的八色鳥數量

時間	調查點數	八色鳥 總數量	每調查點 平均數量
前期			
2001 年	28	29	1.04
2002 年	77	51	0.66
2003 年	9	9	1.00
2004 年	186	166	0.89
2005 年	279	159	0.57
2006 年	314	162	0.55
中期			
2001 年	17	8	0.47
2002 年	6	5	0.83
2003 年	117	47	0.40
2004 年	220	126	0.57
2005 年	164	60	0.37
2006 年	163	69	0.34
後期			
2001 年	60	30	0.50
2002 年	9	4	0.44
2003 年	13	4	0.31
2004 年	119	46	0.39
2005 年	87	24	0.28
2006 年	91	12	0.13

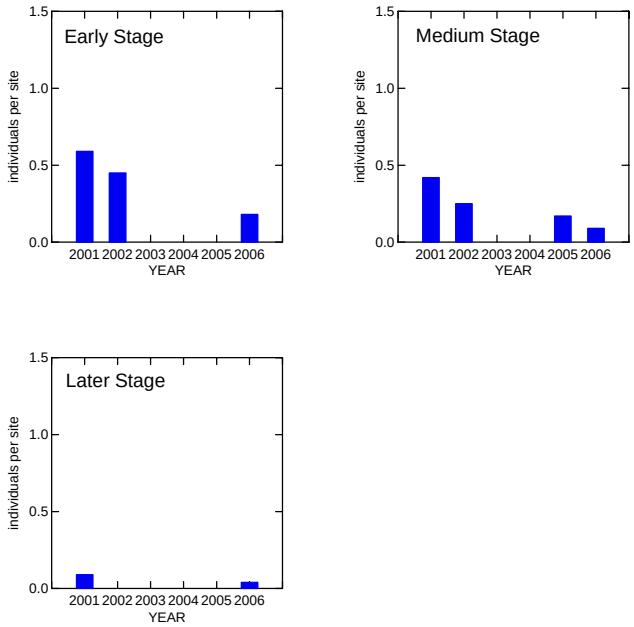


圖 15、石門水庫 2001 至 2006 年前期（Early）、中期（Medium），以及後期（Later）三個時期的八色鳥調查點平均數量變化

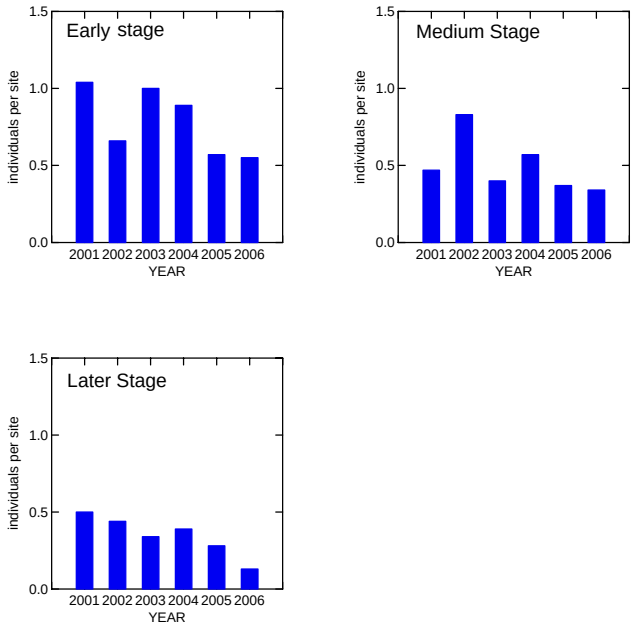


圖 16、湖山水庫 2001 至 2006 年前期（Early）、中期（Medium），以及後期（Later）三個時期的八色鳥調查點平均數量變化

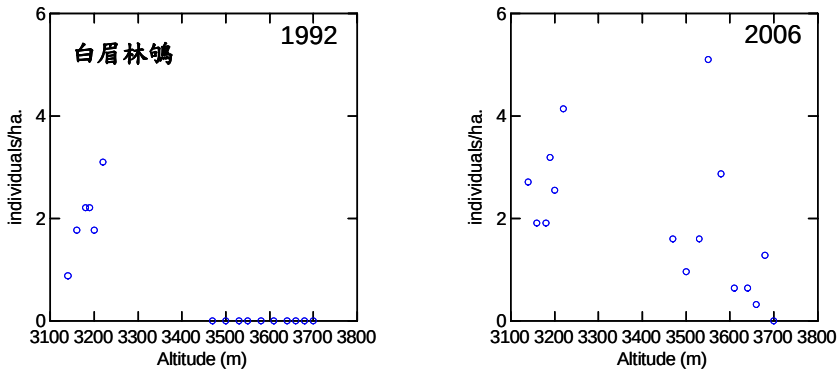
高海拔生態系

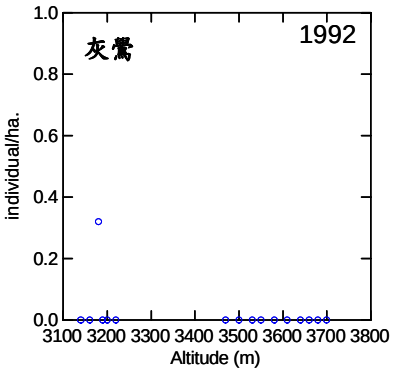
2006 年度的玉山高海拔鳥類群聚調查於 5 月至 7 月間進行，針對東埔至玉山主峰，海拔 3000 公尺至 3700 公尺的成熟林相進行鳥類監測，調查區域環境於 3000 公尺至 3600 公尺主要為鐵杉與冷杉林，3600 公尺為森林界線，3600 公尺至 3700 公尺之環境為圓柏灌叢。調查共發現 11 科 21 種鳥類，優勢種（以族群密度大於密度總和 5%的鳥種屬之）依序為火冠戴菊鳥（*Regulus goodfellowi*）、白眉林鵐（*Luscinia indica*）、褐頭花翼畫眉（*Alcippe cinereiceps*）、酒紅朱雀（*Carpodacus vinaceus*）、栗背林鵐（*Luscinia johnstoniae*）、鷦鷯（*Troglodytes troglodytes*），以及煤山雀（*Parus ater*）。

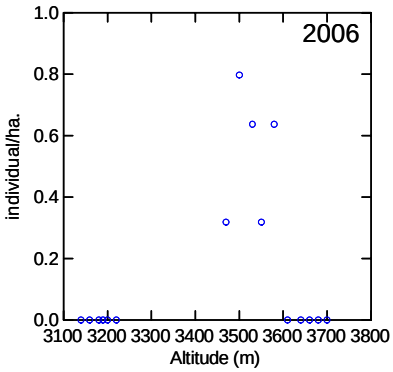
歷年的資料整理，發現兩年共計紀錄 12 科 22 種鳥類，其中 1992 年發現 19 種鳥類，2006 年則發現 21 種鳥類。1992 年獨有的種類為帝雉（Syrmaticus mikado），2006 年獨有的種類則有大赤啄木（Dendrocopos leucotos）、灰林鴿（Columba pulchricollis），以及黃羽鸚嘴（Paradoxornis verreauxi）。

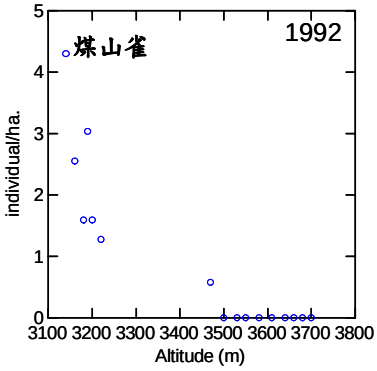
鳥種之海拔分布

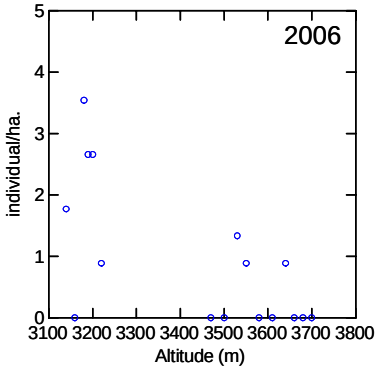
進行歷年的趨勢變化分析時，為避免稀有鳥種干擾分析，僅取至少其中一年出現於五個樣點以上的鳥種進行年間比較，共得 12 種。此 12 種中，2006 年海拔分布與 1992 年有明顯改變的鳥種共計 7 種，其中有 6 種海拔上限朝較高海拔提升超過 100 公尺以上，包括白眉林鵐、灰鷽（*Pyrrhula erythaca*）、煤山雀、火冠戴菊鳥、深山鶯（*Cettia acanthizoides*），以及褐頭花翼畫眉（圖 17），其中並以白眉林鵐海拔上限上升 400 多公尺最多；而 1992 年時海拔上限未超過海拔 3600 公尺之森林界線，但 2006 年超過的則有白眉林鵐、煤山雀、火冠戴菊鳥，以及深山鶯。海拔分布上限朝較低海拔下降的鳥種僅 1 種，為小翼鶇（*Brachypteryx montana*），2006 年其海拔上限相較於 1992 年下降了近 300 公尺（圖 18）。其餘 5 種金翼白眉（*Garrulax morrisonianus*）、鷦鷯、栗背林鵐、岩鷚（*Prunella collaris*），以及酒紅朱雀海拔分布則無明顯變化（圖 19），其中岩鷚為台灣海拔分布最高的鳥種，2006 年與 1992 年之間海拔上下限無變化，但整體族群量較為減少。

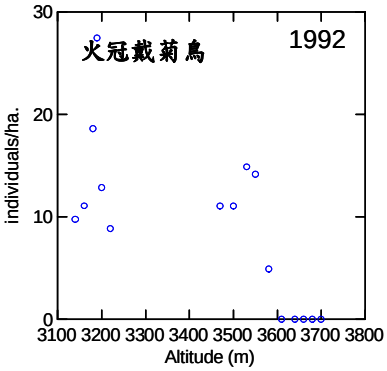


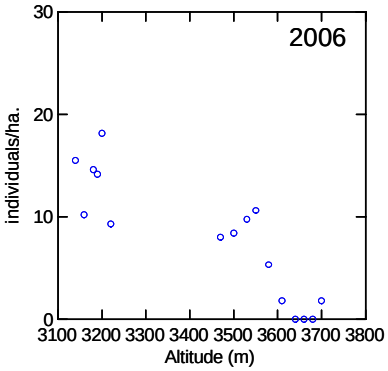

灰鶯
1992
individual/ha.
Altitude (m)

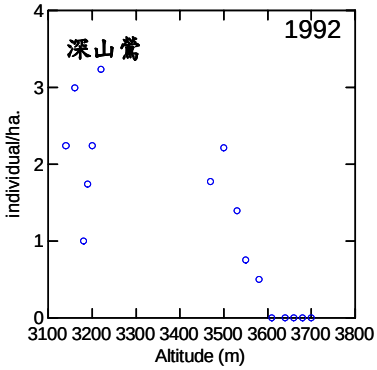

2006
individual/ha.
Altitude (m)

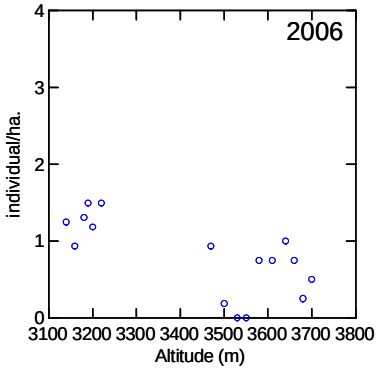

煤山雀
1992
individual/ha.
Altitude (m)


2006
individual/ha.
Altitude (m)


火冠戴菊鳥
1992
individuals/ha.
Altitude (m)


2006
individuals/ha.
Altitude (m)


深山鶯
1992
individual/ha.
Altitude (m)


2006
individual/ha.
Altitude (m)

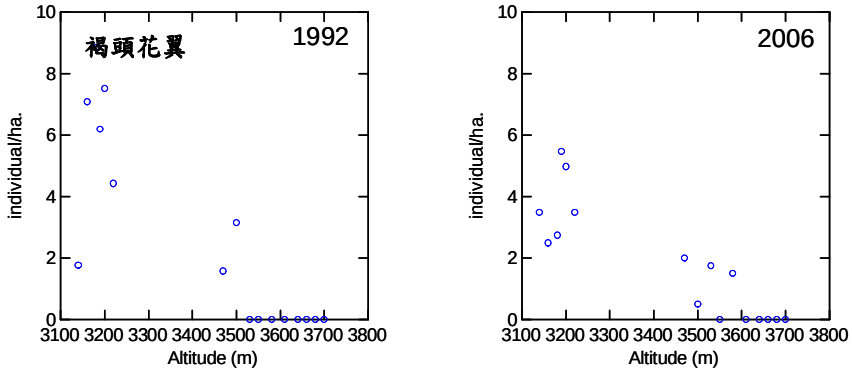


圖 17、玉山高海拔生態系，2006 年時海拔分布明顯高於 1992 年的鳥種海拔分布圖

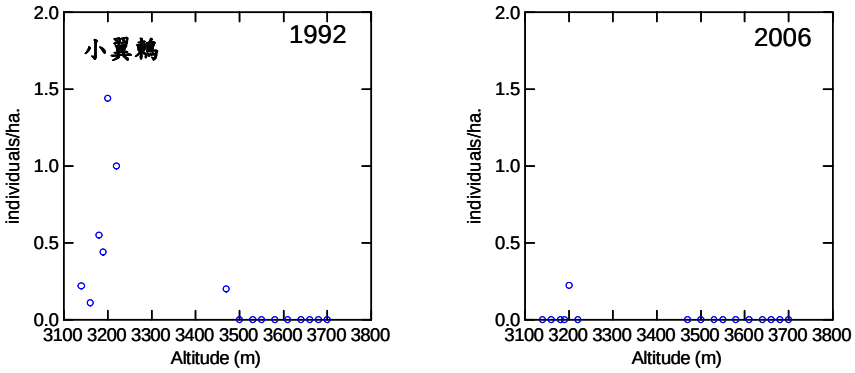
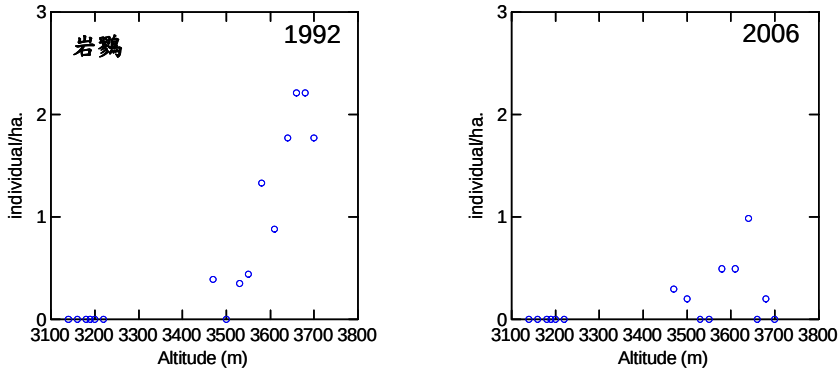


圖 18、玉山高海拔生態系，2006 年時海拔分布明顯低於 1992 年的鳥種海拔分布圖



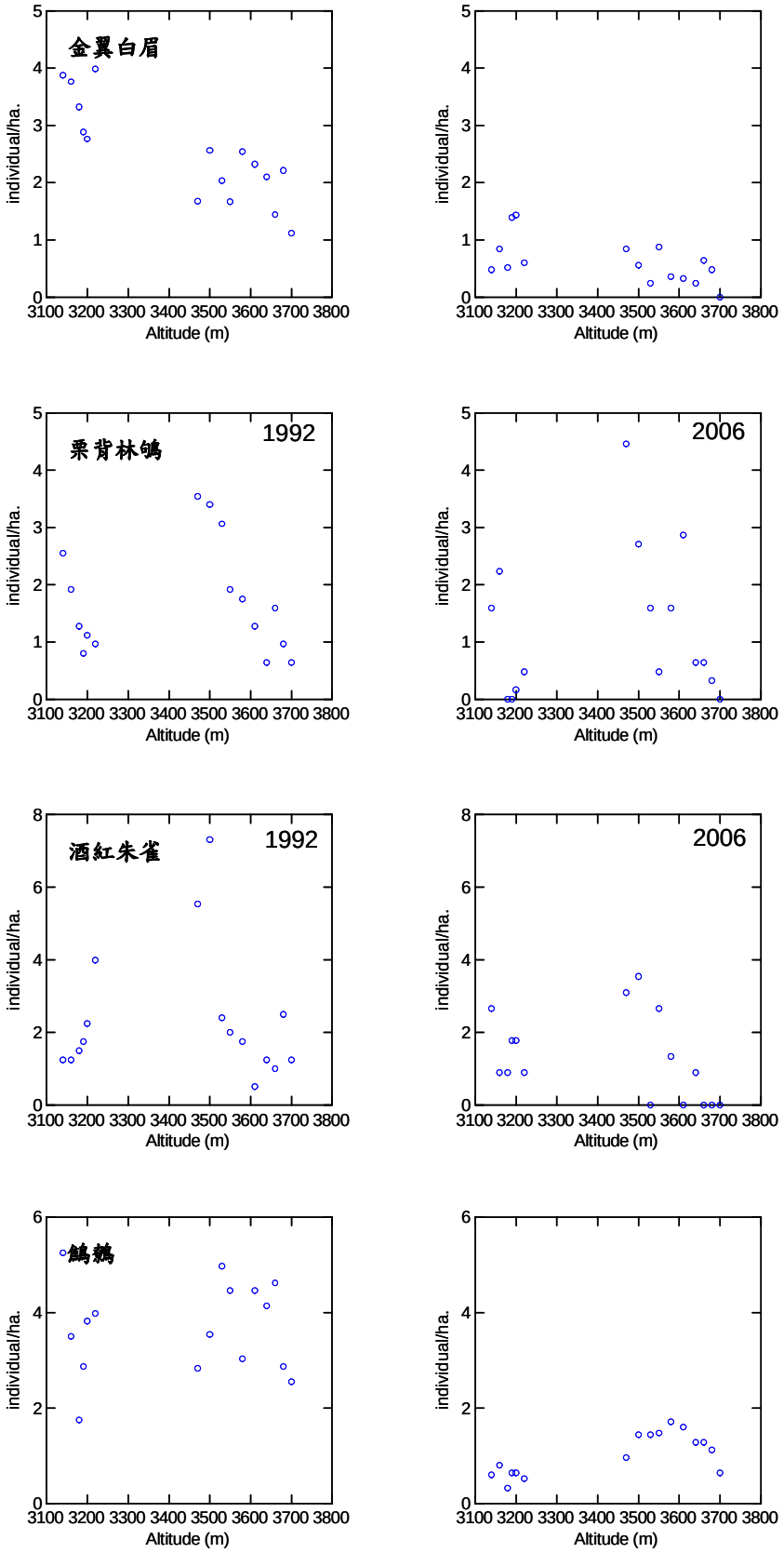


圖 19、玉山高海拔生態系，2006 與 1992 年海拔分布差異不大的鳥種

生態同功群之海拔分布

依據食物類型與覓食方式，玉山高海拔生態系的此 12 種鳥類共可分成 6 種生態同功群，包括地層蟲食者（Ground Insectivore，GI）、地層植食者（Ground Herbivore，GH）、地層雜食者（Ground Omnivore，GO）、灌層蟲食者（Shrub Insectivore，SI）、樹層蟲食者（Tree Insectivore，TI），以及樹層雜食者（Tree Omnivore，TO）。其中地層蟲食者所含有的鳥種數最多，包括岩鷚、鷦鷯、小翼鶇、白眉林鴝，以及栗背林鴝 5 種；其次為灌層蟲食者（含有深山鶯與灰頭花翼畫眉 2 種）和樹層蟲食者（含有火冠戴菊鳥與煤山雀 2 種）；而地層植食者（酒紅朱雀）、地層雜食者（金翼白眉），以及樹層雜食者（灰鷽）均為單一種構成的生態同功群。整體而言，高海拔生態系的生態同功群以蟲食者為主。以下分別探討各生態同功群於 1992 年與 2006 年間的海拔分布變化。

地層蟲食者（GI）之海拔分布於 1992 年時由 3100 公尺向 3700 公尺逐步遞減，2006 年時則呈現以海拔 3400 公尺至 3600 公尺較高之波峰式變化（圖 20），但整體而言除 2006 年之同功群族群量略較 1992 年下降外，年間差異不大。地層蟲食者包含的鳥種之中，白眉林鴝為海拔上限提升最多的物種，而小翼鶇則為唯一海拔上限下降的鳥種，此 2 種鳥種在同一同功群內族群又恰好此消彼長，原因除對環境變遷的適應力不同外，亦可能為彼此競爭（competition）的結果。

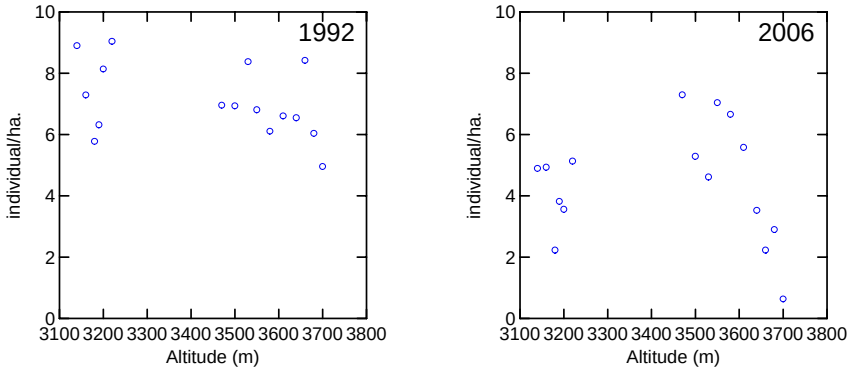


圖 20、玉山高海拔生態系，地層蟲食者（GI）之海拔分布

灌層蟲食者（SI）於 1992 年時分布未超過海拔 3600 公尺，2006 時則可分布至 3700 公尺，海拔上限提升了 100 公尺（圖 21）。灌層蟲食者包含的 2 種鳥類深山鶯和灰頭花翼均為海拔上限於 2006 年明顯較 1992 年高的物種，此同功群的海拔上限提升則可能表示海拔 3600 公尺以上（已超過森林界線）之環境已可容許此類型的鳥種在此繁殖生存。

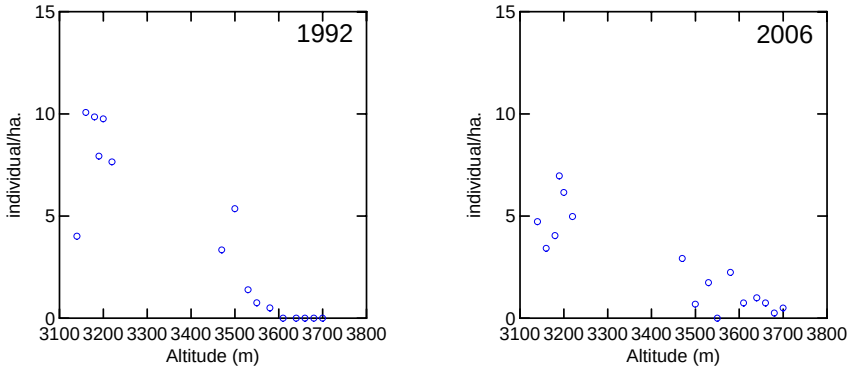


圖 21、玉山高海拔生態系，灌層蟲食者（SI）之海拔分布

樹層蟲食者(TI)不論兩年間的差異或海拔分布模式均與灌層蟲食者非常相似(圖22)，樹層蟲食者於 1992 的分布亦未超過海拔 3600 公尺，但於 2006 年已有少數族群分布至海拔 3700 公尺了。樹層蟲食者之組成物種火冠戴菊鳥與煤山雀亦同為 2006 年海拔上限明顯高於 1992 年的鳥種。

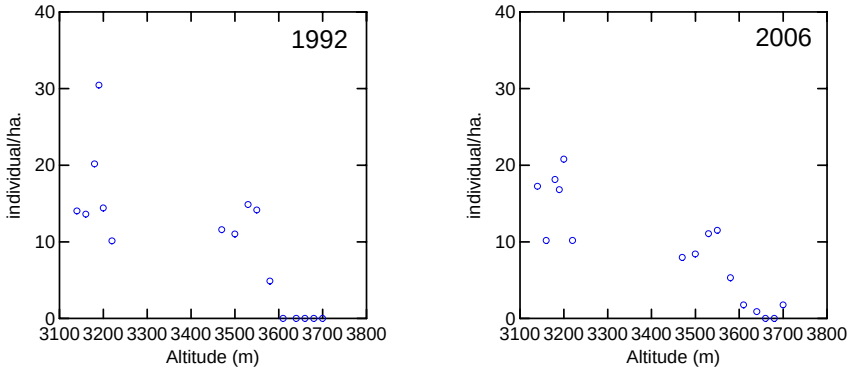


圖 22、玉山高海拔生態系，樹層蟲食者（TI）之海拔分布

由單一物種構成的生態同功群地層植食者（GH）、地層雜食者（GO）以及樹層雜食者（TO），除樹層雜食者外，其餘兩者在 1992 年與 2006 年間海拔分布差異不大，但族群量均略有下滑(圖 23、圖 24)。樹層雜食者則於 2006 年時海拔上限較 1992 年提升，族群量也成長較多（圖 25）。

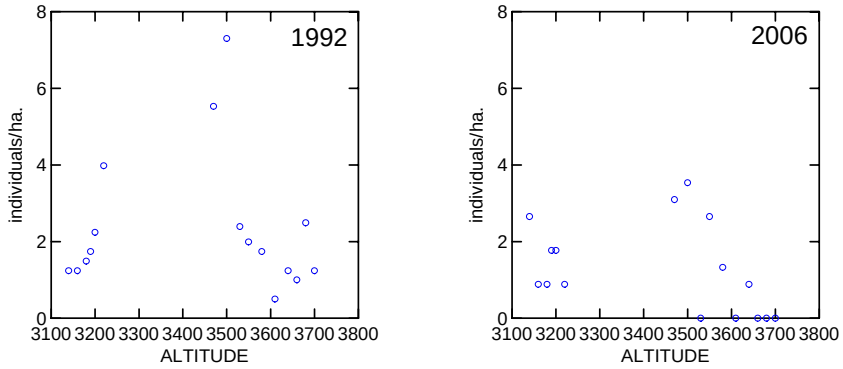


圖 23、玉山高海拔生態系，地層植食者（GH）之海拔分布

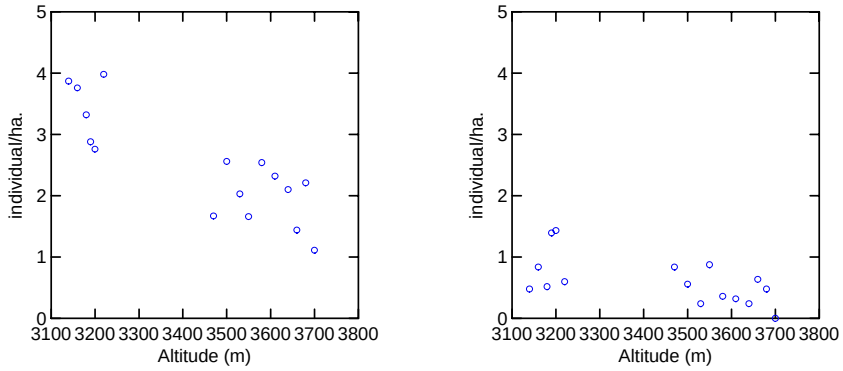


圖 24、玉山高海拔生態系，地層雜食者（GO）之海拔分布

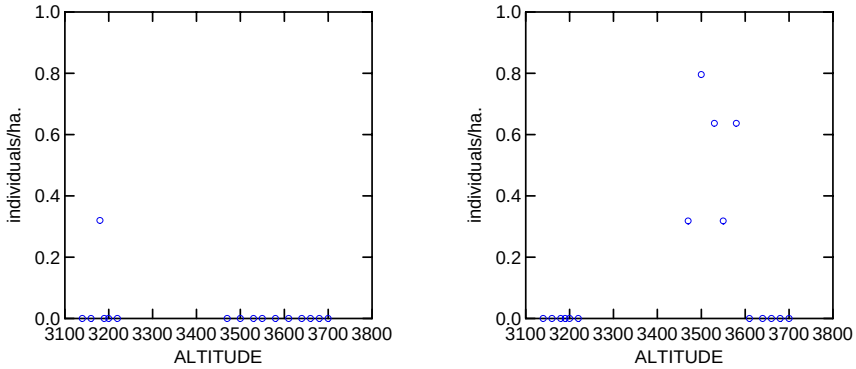


圖 25、玉山高海拔生態系，樹層雜食者（TO）之海拔分布

綜合而言，生態同功群之中以灌層與樹層的蟲食者與雜食者經歷 14 年後有海拔分布上限提升、族群量不變或成長的現象，其他生態同功群之海拔分布則無明顯改

變，但族群量略微降低。本研究無探討高海拔之植群是否在 14 年有明顯改變（如森林界線朝較高海拔移動），但以灌層與樹層活動為主的蟲食性鳥類已朝高海拔移動的現象極可能反映出植群在高海拔也已出現分布上的變化。

鳥類多樣性指數之海拔分布

鳥類多樣性指數（Shannon-Weiner’s Diversity Index）於 2006 年和 1992 年之間的海拔分布差異不大（圖 26）。海拔 3100 公尺至 3300 公尺處於 1992 年多樣性略高、海拔 3400 至海拔 3700 公尺處則於 2006 年多樣性較高，但年間差異不大。均勻度指數（Evenness Index）在海拔分布上的年間差異亦不大，唯 2006 年海拔 3600 公尺以下之均勻度均較 1992 年略低（圖 27）。

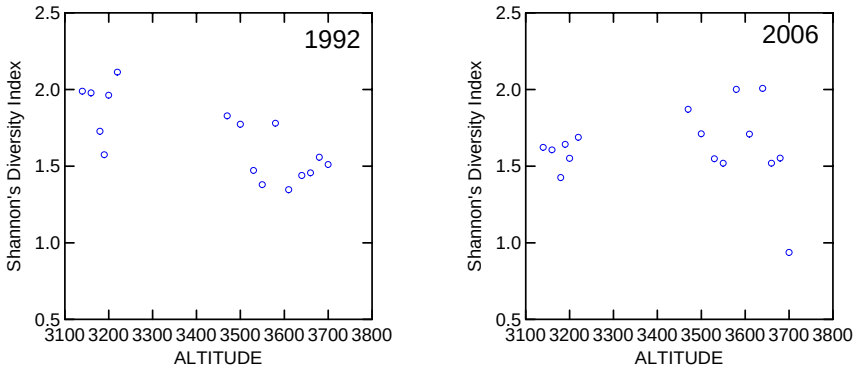


圖 26、玉山高海拔生態系，多樣性指數 Shannon-Weiner’s Diversity Index 之海拔分布

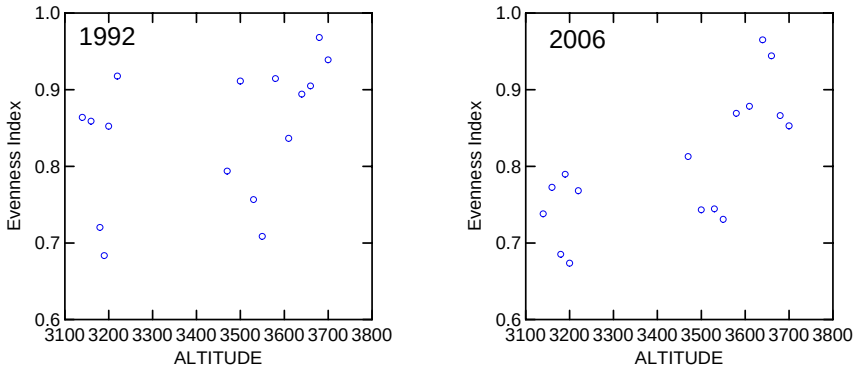


圖 27、玉山高海拔生態系，均勻度指數 Evenness Index 之海拔分布

鳥種豐富度之海拔分布

以此 12 種鳥類建立 1992 年與 2006 年的鳥種豐富度沿海拔分布，兩年於海拔 3100 公尺至 3500 公尺之鳥種豐富度大致相似，約在 10 種上下（圖 28），但 2006 年海拔 3500 公尺至 3600 公尺處之鳥種豐富度較 1992 年時增加了 1 至 3 種，增加的種數雖不多，但由於參與分析的鳥類僅 12 種，增加 3 種即增加了 25%的鳥種豐富度，可見高海拔的鳥種豐富度增加的情形頗為顯著。

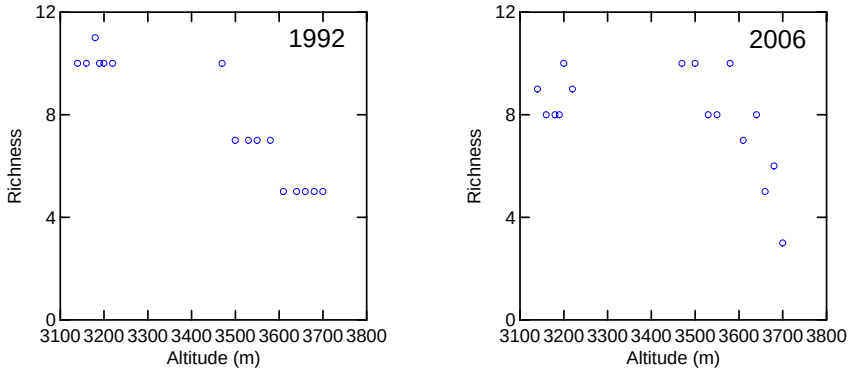


圖 28、玉山高海拔生態系，2006 年與 1992 年鳥種多樣性沿海拔之分布

指標建立

針對本年度所進行監測的三個生態系，我們依據歷年趨勢變化分析內，具有良好之指標意義且結果較明確的類群，整理成以下數個指標，作為監測全球變遷對台灣陸域生態系之可能影響的依據。

1. 都市公園綠地繁殖鳥種豐富度
（Urban Breeding Bird Richness，UBBR）

此指標代表都市生態系內，繁殖鳥種的總種數，可反映出都市生態系內，鳥類群聚的整體現況。當環境改變對某些物種有害時，很可能反而對其他物種有利，因此在氣候變遷下並不易預期此指標將增加還是減少。此指標若持續一直下降，將代表著環境逐步趨於惡劣不適於生物生存，需盡早擬定鳥類多樣性救治對策；指標若持續增長，則可能反映出現有的環境變化對較少物種有害，而對較多數物種有利，但須注意受益的物種是否為外來入侵種等。以下兩個指標將可補充此方面的資訊。

2. 都市公園綠地外來種種豐富度
（Urban Exotic Bird Richness，UEBR）

此指標代表都市生態系內，外來種的總種數，可反映出都市生態系內之鳥類群聚遭外來種入侵之狀況。氣候暖化所造成的全球變遷，預期將會使熱帶的物種侵入原氣溫較低的亞熱帶或溫帶地區的機率升高，進而造成這些地區的外來種豐富度增加，因此外來種相關的監測指標為一相當重要的資訊。此指標若持續上升，代表都市生態系內的外來種入侵情形日益嚴重，需盡早擬定外來種防制對策，以防原生物種受到無法回復的衝擊。

3. 都市公園綠地外來種量豐度
（Urban Exotic Bird Abundance，UEBA）

此指標代表都市生態系內，所有外來種的總族群量。由於 UEBR 雖可反應入侵都市生態系的外來種數多寡，但物種數的增加對環境與原生物種的影響可能不比少數外來種族群急遽擴張的影像大，此外 UEBR 亦可能會遭受都市內寵物鳥逸出多寡的影響。相對的 UEBA 可更明確的反映出外來種族群在都市生態系的建立與擴張情形。若 UEBR 沒有明顯增加但 UEBA 持續成長，則代表著部分外來種族群持續擴張，需對特定外來種進行族群偵測與對原生種的衝擊探討，以研擬防治對策。

4. 八色鳥繁殖族群量
（Fairy Pitta’s Breeding Population，FPBP）

此指標代表低海拔生態系內，八色鳥繁殖族群的總族群量。八色鳥為典型低海拔森林生態係的繁殖鳥種，其在台灣的繁殖族群量增減可反映出低海拔生態系內環境的優良或衰敗。此指標若持續下降，則反映出台灣低海拔生態系的棲地環境很可能逐步惡化，需盡早擬定棲地保護對策。

5. 高海拔繁殖鳥種豐富度之海拔分布
（Mountain Breeding Bird’s Elevation Range，MBBER）

此指標代表台灣高海拔生態系（海拔 3000 公尺以上）繁殖鳥種的種豐富度之海拔分布情形。高海拔生態系為台灣受人為干擾最小的生態系，但同時也為受全球暖化衝擊最大的區域。此一指標可綜合高海拔生態系鳥類群聚的海拔分佈變化，提供一綜觀的資訊：台灣山區的鳥類分布主要由海拔決定，植群的影響較為次之，而海拔之所以可左右鳥類的分布則主要是溫度的變化，因此若鳥種豐富度在高海拔地區持續上升，可明確反應出全球暖化對台灣的高海拔生態系已造成影響。台灣高海拔山區腹地狹小，鳥類分布持續朝高海拔移動的結果將會造成原本即生存於高海拔地區的鳥類（如岩鷚、鷦鷯等等）的棲地環境逐漸減少，最後造成其族群滅絕，進而使台灣的生物多樣性降低。因此本指標實則極為重要，為觀察台灣受全球暖化影響之重要指標。

指標驗證

1. 都市公園綠地繁殖鳥種豐度
（Urban Breeding Bird Richness，UBBR）

由於 2003 年的資料與 2004 年至 2006 年有取樣上之不同處，在此僅取 2004、2005，以及 2006 年三年的資料，建立此指標。三年來此一指標呈現下滑的趨勢，代表著都市公園綠地的繁殖鳥類多樣性正逐步下滑（圖 29）。

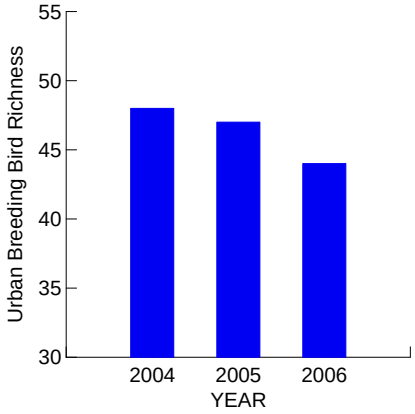


圖 29、都市 2004 年至 2006 年繁殖鳥種豐度變化

2. 都市公園綠地外來種種豐度
（Urban Exotic Bird Richness，UEBR）

同上，僅取 2004 年至 2006 年三年的資料建立此一指標。三年來外來種種豐富度變化極微，此一指標暫無法反映出任何狀態（圖 30）。

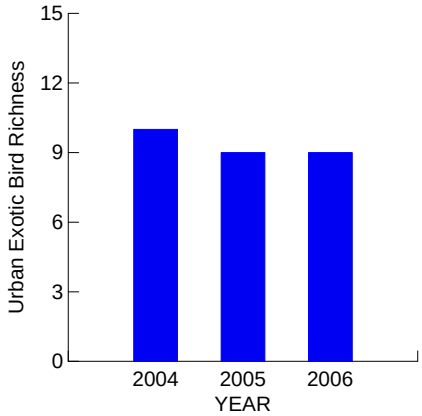


圖 30、都市 2004 年至 2006 年外來種種豐度變化

3. 都市公園綠地外來種量豐度

（Urban Exotic Bird Abundance，UEBA）

同上，僅取 2004 年至 2006 年三年的資料建立此一指標。三年來外來種的量豐度穩定上升，幾乎以一年上升一成的快速速度成長著。此一指標與 UEBR 共同呈現，則可瞭解在都市公園綠地之中，外來種鳥類的族群正呈現穩定成長之勢（圖 31）。

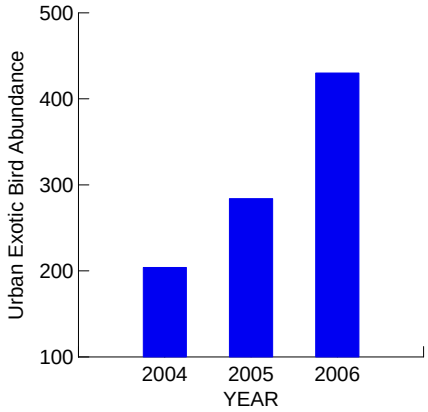


圖 31、都市 2004 年至 2006 年外來種量豐度變化

4. 八色鳥繁殖族群量

（Fairy Pitta’s Breeding Population，FPBP）

此指標以湖山水庫（左圖）與石門水庫（右圖）分別呈現，石門水庫之指標在 2003 年和 2004 年兩年缺乏資料。此二地區在 FPBP 都呈現逐年下滑之趨勢，代表著八色鳥的繁殖族群正逐年減少（圖 32）。

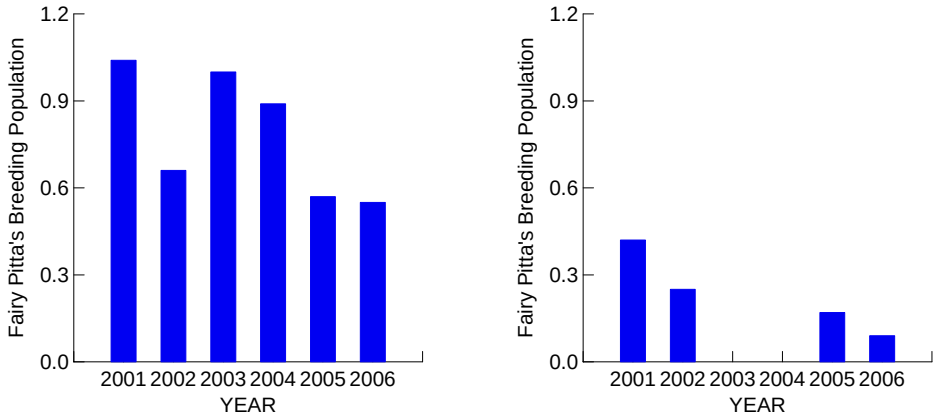


圖 32、2001 年至 2006 年湖山水庫與石門水庫之八色鳥繁殖族群變化

5. 高海拔繁殖鳥種豐度之海拔分布

（Mountain Breeding Bird’ s Elevation Range，MBBER）

此指標將本年度 2006 年與 1992 年之鳥種豐富度沿海拔梯度分布的資料相比較，為本計畫之中，時間尺度最長的一項指標。兩年間比較結果，可發現鳥種豐富度達 8 種的海拔上限，由 1992 年的 3500 公尺上升至 2006 年的 3600 公尺，顯示出高海拔鳥類群聚沿海拔梯度之分布，有逐漸朝高海拔偏移的趨勢（圖 33）。

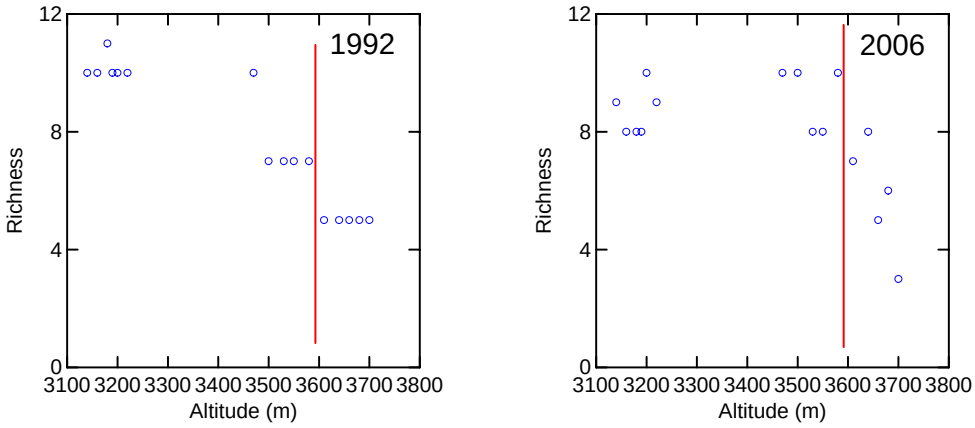


圖 33、玉山地區高海拔繁殖鳥種豐度 2006 年與 1992 年之海拔分布比較

四、討論

不確定性分析

生物指標的變化可以反映出環境改變對生物類群的影響。全球變遷已是眾所皆知會對生物類群產生影響的環境變化，但在我們所選擇的指標之中，造成其變化的可能原因極可能與全球變遷的關係甚微。不同的指標反映出不同層面的狀況，同時，也可能遭受不同層面的干擾因子影響。

在我們所選取的五項指標之中，首以八色鳥繁殖族群量（FPBP）最難以掌控。八色鳥主要生活在台灣的低海拔生態系之中，此生態系所在的位置受人為干擾相當的嚴重，即使所選擇的監測位置因為水庫集水區而有較好的環境控管，但仍易因山坡地開發、盜獵等因素而影響其族群量。此外，八色鳥為夏候鳥，其族群在度冬地的存活率，也會明顯影響每年的繁殖族群的量，而度冬地的存活率同樣也受該地區的人為干擾影響。

都市所建立的三相指標，所存在的不確定性亦以人為干擾最為重要。都市生態系的存在形式，往往都是由都市發展決策所控制的。以台北市近年發展河濱親水公園與環河腳踏車步道的情形為例，河濱公園的建立代表原有的河岸長草棲息地將由短草並多人工設施的環境取代，這樣的改變勢必會對原先以河岸長草地為主要棲地的物種族群量開始下降甚或滅絕，但同樣的也會吸引部分喜好於公園形式的疏林短草地棲息的物種開始進駐。我們在 2004 年至 2006 年三年中的都市生態系鳥類群聚調查就觀察到喜好中長草環境的斑文鳥（*Lonchura punctulata*）族群逐年減少，而喜好短草環境的小雲雀（*Alauda gulgula*）族群逐年成長的情形；在另一方面，國人與政府對植樹與森林公園等價值觀之重視與執行，也可能是造成平地低海拔森林性物種如黑冠麻鷺（*Gorsachius melanolophus*）的族群逐年增加的原因。這樣的變化自然會使繁殖鳥種豐度的變化原因變的更為複雜。而外來種的兩個指標，受到人為干擾的影響主要來自於的放生鳥或寵物鳥的逃逸情形，且外來種種豐度（UEBR）受到的影響將比外來種量豐度（UEBA）嚴重。UEBA 是否有顯著的增加取決於逸出的外來種的野外族群能否有效建立，因此指標值的變化可較明確的代表外來種影響的嚴重性。

相對於其他的指標，高海拔繁殖鳥類種豐度之海拔分布（MBBER）所受的人為干擾影響小非常多。由於監測位置位在玉山國家公園的生態保護區內，該地區的鳥類族群變化可較直接的反映出其受到大環境的變遷的影響。但高海拔地區的鳥類族群常會受前一年冬天的天候影響而有明顯年間變化，此指標目前所擁有的年份資料僅有兩年，無法看出目前所觀測到的變化是否為正常之年間變化。

除指標的選定外，構成指標內容的資料品質亦為構成不確定性的一大原因。本計畫

所選取的指標中，以低海拔生態系的湖山水庫八色鳥繁殖族群所擁有的資料年份最多（6 年），都市生態系可供分析的僅有 3 年資料，高海拔生態系雖時間尺度間隔最長(達 14 年)，但僅有 2 年資料相比較；嚴格說起來，這樣的資料量不足，更缺乏許多長期背景資料給予指標支持或解釋。然而此現象亦反映出國內在長期監測與資料庫建立上之不足。本計畫選取這些指標即希望透過初步的分析與成果展現，表達長期監測之重要性即可預期之豐厚成果。

綜合而言，縱使指標的訊息常會受到許多雜訊影響，但目前在生態領域內，設立指標與驗證指標所面對的最大問題都是資料量的不足以及可能供比較的資料累積年份太短。全球變遷為一大尺度的環境變化，若無長時期的累積監測資料，均不易觀測出直接相關的變化。

結合氣候變遷衝擊評估方法，建立長期預警機制

本研究室在過去曾針對 RSM2 模擬氣候在二氧化碳倍增的情況下，鳥類多樣性的分布情形變化，預測出 RSM2 情境下所有 2 x 2 公里的網格平均起來會較現在少 15 種，且繁殖鳥類物種豐富度最高的地方有向高海拔推移的趨勢（圖 3），亦即平地與低海拔地區的鳥種多樣性將降低、高海拔的鳥種多樣性則將升高。以目前指標的呈現情形而言，都市公園綠地繁殖鳥類（UBBR）的下降趨勢與高海拔繁殖鳥種分布朝高海拔推移的趨勢都與當初的預測相符合，顯示出這兩項指標的具有代表性，值得進行長期之持續監測，並且證實台灣的陸域生態系之中，都市生態系與高海拔生態系的鳥類群聚正在產生改變。

本子計畫在 94 年度提出計畫構想時本擬結合另一子計畫「建立氣候變遷對陸域植物生態衝擊預警指標與機制」之研究成果，共同探討陸域生態氣候變遷下之預警機制。該子計畫後未實際執行，本子計畫亦因人力與經費之限制，無法對植物生態的預警制度多做著墨，甚憾。植物生態乃一生態系之根本，瞭解植物生態在氣候變遷下所可能遭受的衝擊將能幫助解釋與預測動物生態的變化。未來若能加入此部分的研究，將可建立更為完整可靠的陸域生態預警制度。

子計畫間的橫向連接關係

相較於子計畫一以河川涵容能力與子計畫二以空氣品質涵容能力為計畫主軸，子計畫三與本子計畫之對象是以生物層面為主的生態系，不同類型的研究，在基礎資料的取得、監測方式的進行與預警指標的選定上，都有相當不同的層面考量。而且，即使是子

計畫三，由於以珊瑚礁為主要的研究對象，也與本子計畫之鳥類指標，有相當的不同之處。但由於各子計畫所探討的生態系不同，例如子計畫一屬溪流生態系、子計畫三屬海域生態系、子計畫二與本子計畫屬陸域生態系，在台灣各主要生態系類型上，均有囊括，而各生態系實質上也是彼此環環相扣，所以，以此分工、卻又整合的方式，藉由整體計畫之執行，通過各子計畫間的溝通與討論，可獲得對台灣生態在遭受氣候變遷較全面的視野，也比較不會因為重視某一環節或生態系，而忽略了探討另一些重要的生態系。

五、主要建議意見

可調適長期規劃策略

1. 監測機制之建立與貫徹

國內長期、定時，且方法一致的陸域生態監測研究實則相當缺乏，本研究的期望之一即希冀研究成果能反映出長期監測機制之實用性與重要性。因此，在台灣建立長期監測制度與監測站（Terrestrial Ecosystem Monitoring Sites，TEMS）應為首要之進行措施。

以國內現有狀況而言，長期監測制度實可由政府與地方鳥會合作以達資源之節省，監測之頻度亦不需太過頻繁，只需設置適當之間隔並徹底執行。可參考本研究之進行方式，由學術機關給予地方鳥會監測方法的指導，與政府基本支出上的補助，如此獲得的資料雖較為粗糙，但仍非常有效，且亦不會耗費太多資金。

2. 鼓勵生物物候學（Phenology）研究

生物物候學是研究自然界植物和動物的季節性現象同環境的周期性變化之間的相互關係的科學，它主要通過觀測和紀錄一年中植物的生長榮枯，動物的遷徙繁殖和環境的變化等，比較其時空分布的差異，探索動植物發育和活動過程的周期性規律，及其對周圍環境條件的依賴關係，進而了解氣候的變化規律，及其對動植物的影響。它是介於生物學和氣象學之間的邊緣學科。

本研究之結果已顯示出外來種族群在台灣都市生態系之增長情形，外來種的入侵亦被認為是全球變遷下一個附帶會引發的現象。然而國內對於外來種的入侵是否與全球變遷有關，以及外來種對原生物種的相關衝擊，均較少深入研究。此外，透過生物物候學的研究，對於以探討全球變遷對陸域生態系的影響之生物指標的設立將能提供更強而有力的根據，並且增加其準確性。然而國內在陸域生態的生物物候學研究發展空間仍非常大，許多生物的基礎研究均相當缺乏，因此鼓勵此一相關之研究實為必須。

3. 敏感性物種與保育類物種策略調整

不同生物對全球變遷所造成的環境改變反應不同，現有稀有保育物種可能遭受重創，亦可能獲利而成普遍物種，因此對於保育類生物名錄的定義實有視環境變動情形而進行調整與修改之必要。以鳥類為例，在全球暖化的影響下，台灣海拔分布最高的岩鷚、鷦鷯等物種勢必第一個面臨環境改變、溫度過熱，棲地減少等衝擊，在保存生物多樣性的考量下，這些在高海拔現況仍相當普遍的鳥種再未來可能必須列

入保育類物種，以盡可能減緩其他任何對其族群的衝擊。

表 4、主要建議事項

主要建議事項	**理由**	**作法**	**主、協辦單位**
鳥類族群監測機制之建立與貫徹	氣候變遷對生態之衝擊乃大尺度之影響，需長期監測方能獲得可靠之資料	由學術單位召開工作室協助中華民國野鳥學會或各地野鳥學會進行鳥類族群監測、並由政府提供經費補助	中華民國野鳥學會與各縣市鳥會 各大學相關野生動物研究室 相關政府機關
鼓勵生物物候學（Phenology）研究	生物族群監測所觀測的是氣候變遷下生物改變的現象，若欲瞭解其機制需對該生物族群之生物物候學進行研究	由學術單位針對氣候變遷敏感物種進行生物物候學研究	各大學相關學院
敏感性物種與保育類物種策略調整	氣候變遷下受影響的生物與生物分布的改變將使現有法律保護之保育類動植物與野生動物保護區失去原有之效力，因此重新調整物種棲地保育策略是為必須	由國科會委託相關學術單位進行敏感性物種與保護區效率評估，再由相關政府單位召集生態界人士進行研討	國家科學委員會 各大學相關學院 行政院農業委員會 生態界與保育界人士

參考文獻

李培芬、呂光洋、李玉琪、謝佳君、潘彥宏、陳宣汶、潘天祺、丁宗蘇. 1998. 台灣地區野生動物分布資料庫之建立. 行政院農業委員會, 台北, 406 頁.

林瑞興，2004，”九十三年湖山水庫及鄰近地區八色鳥(*Pitta nympha*)族群數量調查”，經濟部水利署中區水資局，台中。

Bakkenes, M., J.R.M. Alkemade, F. Ihle, R. Leemans, and J.B. Latour, 2002, “Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050.” Global Change Biology, 8, 390-407.

Blackburn, T.M., K.J. Gaston, R.M. Quinn, and R.D. Gregory, 1999, “Do local abundances of British birds change with proximity to range edge?” Journal of Biogeography, 26, 493-505.

Briffa, K.R., F.H. Schweingruber, P.D. Jones, T.J. Osborn, S.G. Shiyatov, and E.A. Vaganov. 1998. Reduced sensitivity of recent tree-growth to temperature at high northern latitudes. Nature 391:678–682.

Burton, J. F. 1995. Birds and climate change. A & C Black, London.

Carey, C., and M.A. Alexander, 2003, “Climate change and amphibian declines: is there a link?” Diversity and Distributions, 9, 111-121.

Ding, T. Z., H. W. Yuan, S. Geng, Y. S. Lin, and P. F. Lee. 2005. Energy, body size, and diversity in relation to bird species richness along an elevational in Taiwan. Global Ecology and Biogeography 14:299-306.

Emslie, S.D., W. Fraser, R.C. Smith, and W. Walker. 1998. Abandoned penguin colonies and environmental change in the Palmer Station area, Anvers Island, Anatarctic Peninsula. Antarctic Science 10:257–268.

Erasmus, B.F.N., A.S. Van Jaarsveld, S.L. Chown, M. Kshatriya, and K.J. Wessels., 2002, “Vulnerability of South African animal taxa to climate change.” Global Change Biology, 8, 679-693.

Grabherr, G., M. Gottfried, and H. Pauli., 1994, “Climate effects on mountain plants.”

Nature, 369, 448.

Hamburg , S . P. and C.V. Cogbill., 1988, “Historical decline of red spruce population and climatic warming.” Nature, 331, 428–431.

Hart, R.P., S.D. Bradshaw, and J.B. Iveson., 1985, “Salmonella infections in a marsupial, the Quokka (Setonix brachyurus), in relation to seasonal changes in condition and environmental stress.” Applied and Environmental Microbiology, 49, 1276–1281.

IPCC. 2001. Climate Change 2001: Impacts, Adaptations and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, New York.

Lee, P. F., T. S. Ding, and H. J. Shiu. 1998. Relationship between body mass and body length of resident bird species in Taiwan. Acta Zoologica Taiwanica 9(2): 67-79.

Norris, K., and D. J. Pain, editors. 2002. Conserving bird biodiversity. Cambridge University Press, London.

Parmesan, C., 1996, “Climate and species’ range.” Nature, 382, 765–766.

Parmesan, C., N. Ryrholm, C. Stefanescu, J.K. Hill, C.D. Thomas, H. Descimon, B. Huntley, L. Kaila, J. Kullberg, T. Tammaru, W.J. Tennent, J.A. Thomas, and M. Warren. 1999. Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. Nature 399:579–583.

Parmesan, C., T. L. Root, and M. R. Willig. 2000. Impacts of extreme weather and climate on terrestrial biota. Bulletin of the American Meteorological Society 81:443–450.

Pasinelli, G., B. Naef-Daenzer, H. Schmid, V. Keller, O. Holzgang, R. Graf, and N. Zbinden., 2001, “An avifaunal zonation of Switzerland and its relation to environmental conditions.” Global Ecology and Biogeography, 10, 261-274.

Peterson, A.T., M.A. Ortega-Huerta, J. Bartley, V. Sánchez-Cordero, J. Soberón, R.H. Buddemeier, and D.R.B. Stockwell., 2002, “Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios.” Nature, 416, 626-629.

Pollard, E, 1979, “Population ecology and change in range of the white admiral butterfly Ladoga camilla L. in England.” Ecological Entomology, 4, 61–74.

Pounds, J.A. and M.L. Crump, 1987, “Harlequin frogs along a tropical montane stream:

aggregation and the risk of predation by frog-eating flies." Biotropica, 19, 306–309.

Pounds, J.A., M.P.L. Fogden, and J.H. Campbell. 1999. Biological response to climate change on a tropical mountain. Nature 398:611–615.

Prop, J., J.M. Black, P. Shimmings, and M. Owen. 1998. The spring range of barnacle geese Branta leucopsis in relation to changes in land management and climate. Biological Conservation 86:339–346.

Shiu, H. J., T. S. Ding, J. E. Sheu, R. S. Lin, C. N. Koh, and P. F. Lee. 2005. Morphological characters of bird species in Taiwan. Taiwania 50(2):80-92.

Thomas, C.D., A. Cameron, R.E. Green, M. Bakkenes, L.J. Beaumont, Y.C. Collingham, B.F.N. Erasmus, M.F. de Siqueira, A. Grainger, L. Hannah, L. Hughes, B. Huntley, A.S. van Jaarsveld, G.F. Midgley, L. Miles, M.A. Ortega-Huerta, A.T. Peterson, O.L. Phillips, and S.E. Williams., 2004, "Extinction risk from climate change". Nature, 427, 145-148.

Thuiller, W. 2003. BIOMOD – optimizing predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change. Global Change Biology 9:1353-1362.

Thuiller, W. 2004. Patterns and uncertainties of species' range shifts under climate change. Global Change Biology 10:2020-2027.

計畫成果自評

本計畫於本年度之工作俾已完成都市生態系、低海拔生態系，以及高海拔生態系三大陸域生態系的繁殖鳥類族群監測、歷年資料彙整與分析。本計畫並自此三個生態系中設立五項預警指標，各項指標均能反映各生態系中陸域動物生態某一層面的變遷形式，其中高海拔生態系指標並明確反映出台灣生態系受氣候變遷下的變遷現象，成果頗豐。在預警制度之建立上，由於長程背景資料之缺乏，與現有氣象預測資料不易套合在生態預測模式上，本計畫亦以提出相關重點建議，並將於後續研究中持續收集其他生態系之長程資料，期能累積更為足夠的監測資料，以作為建立有效預警制度之基礎。