地理研究 第 77 期 民國 112 年 5 月
Journal of Geographical Research No.77, May 2023
DOI: 10.6234/JGR.202305_(77).0001

晶圓廠區綠帶的鳥類行為在時間和空間上的動態變化 *

Temporal and Spatial Dynamics of Bird Behavior in the Green Belt of the Fab Area

賴梅瑛 [a] 張采依 [b] 劉淑惠 [c] 胡佩青 [d]

Mei-Yin Lai Tsai-Yi Chang Shu-Huei Liu Pei-Ching Hu

Abstract

As the economy develops, green spaces are fragmenting and disappearing at an accelerated pace. Green spaces in cities are oases that provide habitats for wildlife. The purpose of this study was to investigate the composition, activities, and breeding status of birds in the green belts of the Fab area. The results of a year-long survey showed that the Hsinchu and Longtan Fabs were mainly composed of terrestrial birds, whereas the proportion of water birds was low. A total of 31 species of birds from 22 families were recorded in Hsinchu Fab12A and Fab12B. There were nine species of birds breeding in the Fab12A and B Fabs areas, including *Zosterops japonicus*, *Pycnonotus sinensis*, *Dendrocitta formosae*, *Psilopogon nuchalis*, *Streptopelia orientalis orii*, *Hirundo rustica gutturalis*, *Dicrurus macrocercus*, *Gorsachius melanolophus*, and *Gallinula chloropus*. The breeding season of these birds was recorded to be between March and June. Additionally, a total of 23 species of birds from 19 families were recorded in the Fab2/5, Fab3 and Fab7 areas. The breeding season was recorded to be from February till May. There were seven species of breeding birds, including *Pycnonotus sinensis*, *Dendrocitta formosae*, *Streptopelia orientalis orii*, *Streptopelia tranquebarica humili*, *Gorsachius melanolophus*, *Psilopogon nuchalis*, and *Dicrurus macrocercus*. A total of 29 species of birds from 21 families and four species of breeding birds, including *Pycnonotus sinensis*, *Streptopelia orientalis orii*, *Dicrurus macrocercus*, and *P. flavirostris*, were recorded in the Longtan Fab area. The breeding season

---

* 本文初稿曾發表於 2022 年 5 月 28 日「第 26 屆臺灣地理國際學術研討會」

[a] 國立高雄師範大學博士生，通訊作者（email: sunnytreewater@gmail.com）
Corresponding author, Ph.D. student ,Department of Geography, National Kaohsiung Normal University

[b] 臺灣積體電路製造股份有限公司，資深工程師
Senior engineer, No. 8, Lixing 6th Rd., East Dist., Hsinchu City

[c] 國立高雄師範大學地理學系，教授
Professor, Department of Geography, National Taiwan Normal University

[d] 臺灣積體電路製造股份有限公司，副理
Manager, No. 8, Lixing 6th Rd., East Dist., Hsinchu City

of these birds was recorded to be between March till May. The birds in the Fab area eat plant species, such as *Bischofia javanica*, *Cinnamomum camphora*, *Cerasus serrulata*, *Ficus microcarpa*, *Melia azedarach*, *Grevillea robusta*, and *Bombax ceiba*. However, the birds preferred eating the *Melia azedarach* and *Grevillea robusta* species the most. The activity hotspots in the 2 Longtan Fab areas were the flood pond surrounded by *Miscanthus floridulus*; the activity of birds in the hotspots in the Fab12A and Fab12B areas changed with the phytophenology; and, the activity hotspots in Fab2/5, Fab3 and Fab7 areas were mainly on trees on both sides of the streets at Fab3 and Fab7, respectively. From the survey results, we can observe that when the diversity of plant species and habitat types in green belts is high, even if the green belts are small, they can still provide habitats for many birds. In the future, we hope that with urban planning, green belts can be planted to provide for the needs of wildlife, and to ensure peaceful coexistence and co-prosperity.

Keywords: green belt, bird species composition, ecological behavior, wafer manufacturing facility

摘　要

隨著經濟的發展，加速城市中綠地的消失與破碎化，而綠地是城市中的綠洲，提供野生動物在城市中的棲所。本研究目的在探討晶圓園區的綠帶環境，影響周邊環境鳥類組成、活動行為及繁殖狀況。透過整年的調查結果顯示竹科廠區和龍潭廠區，鳥類的組成皆以陸鳥為主，水鳥比例偏低。竹科 Fab12A、Fab12B 廠區總共記錄到 22 科 31 種鳥類，在廠區繁殖的鳥種有斯氏繡眼、白頭鵯、樹鵲、五色鳥、金背鳩、家燕、大卷尾、黑冠麻鷺、紅冠水雞 9 種，繁殖季在 3 月到 6 月。廠區 Fab2/5、Fab3、Fab7 總共記錄到 19 科 23 種鳥類，繁殖季則在 2 月到 5 月，築巢鳥種有白頭鵯、樹鵲、金背鳩、紅鳩、黑冠麻鷺、五色鳥、大卷尾 7 種。龍潭廠區總共記錄到 21 科 29 種鳥類，而築巢的鳥種有白頭鵯、金背鳩、褐頭鷦鶯和大卷尾四種，繁殖季在 3 月到 5 月。廠區內的鳥類會食用的植物種類有茄苳、樟樹、山櫻、榕樹、苦楝、銀樺、木棉等植物，其中又以苦楝和銀樺為鳥類最愛。龍潭廠區的活動熱點在被五節芒包圍的滯洪池；Fab12A、Fab12B 廠區的活動熱點隨著植物物後改變；Fab2/5、Fab3、Fab7 廠區的活動熱點主要在 Fab3 和 Fab7 廠區的道路兩側行道樹。從調查結果顯示，當綠帶中的植物種類和棲地種類的多樣性高時，即使綠帶面積不大，依舊可以提供許多鳥類棲息。期許未來在城市規劃中，在綠帶的植物種類的配置上能以提供野生動物所需來栽種，達到與野生動物共存共榮。

關鍵詞：綠帶、鳥類組成、生態行為、晶圓廠區

前　言

隨著城市逐漸擴張，也加速城市中綠地的消失和破碎化。綠地除了可提供住在城市中人們短暫的休憩活動，同時也是野生動物的棲地（Miller and Hobbs, 2002）。現今也有許多研究在探討城市中的生物的動態、生物多樣性和城市綠地的生態系統服務，並且建立一套管理系統（Grimm *et al.*, 2000；Fernández-Juricic and Jokmäki 2001；Kattwinkel *et al.*, 2011；Gardiner *et al.*, 2013；Shwartz *et al.*, 2014；Norton *et al.*, 2016）。都市生態系統具有一些特殊的特徵，例如鑲嵌現象，特定的擾動機制和熱島現象，這些特徵潛在影響城市人口和社區的動態與結構（Rebele, 1994）。隨著城市發展與其人口的增加，為

實現保護目標以及生態環境支持人類賴以生存的服務，有效規劃城市和城鎮中的生物多樣性變得越來越重要（Norton *et al.*, 2016），有其必要將研究城市生物多樣性並將生態知識納入城市規劃中（Niemelä, 1999；Savard *et al*., 2000）。城市生物多樣性對於確保健康的城市環境至關重要，儘管城市居民對生物多樣性特別是野生生物的保護知之甚少。此外，生物多樣性幾乎沒有受到建築環境實踐的關注（Brown and Grant, 2005；Niemelä, 1999）。

在快速的都市化梯度下，即從農村到城市的梯度，不同分類群的物種數量已顯示出在不同水平上達到峰值，也發現城市中心的繁殖鳥類多樣性下降（Marzluff, 2001；Clergeau *et al.*, 2006）並且降到最低（Blair, 1999；Tratalos *et al.*, 2007）。然而，城市棲地的異質性也提供廣泛而多樣的棲地（DeGraaf *et al.*, 1991），特別是城市中的荒地和棕地，保持著豐富的生物多樣性，並為許多物種，甚至是稀有和瀕危的生物提供棲息地（Kattwinkel *et al.*, 2011）。Clergeau 等人（2001）的研究也指出不論城市周邊景觀的生物多樣性高或低，特定地點的行動（例如種植喬木或灌木、恢復水源和增加植被多樣性）都可以改變城市中鳥類的多樣性，並促進人們與野生動物的友善互動。而人類在城市地區甚至在不同的生物地理區域的活動也產生了相似的生態結構，而鳥類對這些環境變化的反應可能會導致一些優勢的物種在鳥類群落中占主導地位（Bezzel, 1985）。而森林性的鳥種再向外擴散時，以能夠適應都市林的鳥種會優先進到森林邊緣的綠帶中進行繁衍和活動，例如:黑枕藍鶲（*Hypothymis azurea*）、紅嘴黑鵯（*Hypsipetes leucocephalus*）、五色鳥（*Psilopogon nuchalis*）等等鳥類。因此，森林邊緣物種豐富度的提高除了邊緣偏好物種外，還歸因於相鄰棲息地（森林內部和草）的典型物種的存在（Saunders *et al.*, 1991；Magura, 2002；Garbach and Long, 2017）。這突顯了森林邊緣在自然管理中的重要性，因為它們在棲息地破壞後作為擴散過程的源棲息地，有助於鄰近棲息地的鳥類重新定殖，同時也有助於保育（Saunders *et al.*, 1991；Magura, 2002；Garbach and Long, 2017）。

大多數研究城市鳥類都著重在比較不同城市公園的鳥類豐富度和多樣性模式方面的差異（Rebele, 1994）。較少在探討一個區域中棲地類型、植被種類與鳥類物種的組成和其生態行為的關係。植物群落通常是城市環境中唯一直接的管理者，構成動物種群結構的“模板”（Faeth *et al.*, 2011）。在臺灣城市生態研究往往也容易忽略這一區塊，過去研究著重在棲地破碎化對野鳥的影響（葛兆年等，2008）、生態模式的建立（許雅汝，2019）和人類與野生動物的衝突（章肖祺，2018）。而 Karuppannan 等人（2014）研究報告也指出無論綠地的大小如何，常見的城市鳥類在城市綠地中都占主導地位。

環境規劃較好的生態公園，其鳥種的豐富度都偏高（Blair and Johnson, 2008；Carbó-Ramírez and Zuria, 2011；李金穎，2018），但台灣大多數的公園皆以人類的角度來設置，尤其是植物種類多以景觀植栽為主，棲地類型單一，以草地和零散的喬木和灌木叢為主，而水池的設置傾向噴水池或大型空曠水域，缺乏友善的生態規劃，不利於野生動物使用，加上公園的人為干擾度非常高，而鳥種以城市耐受性高（雜食性鳥類）的為主（Conole and Kirkpatrick, 2011）。相較於科學園區的綠帶，人為干擾度偏低，樹冠茂密，植物種類也偏向原生植物為主，因此能提供許多森林性邊緣鳥類的食物來源。科學園區的生態調查目前皆以開發前的環境影響評估為主，缺乏對於園區建設後的綠帶進行長期的研究調查。因此，本研究將焦點放在新竹科學園區的台積電晶圓廠區所建立的綠帶中可以支持多少種類的鳥種在廠區內活動，透過每個月一次的鳥類調查和固定路線來記錄綠帶中鳥類物種的組成和動態變化，以及在廠區內的活動熱點和生態行為。

研究方法

（一）調查樣區

竹科廠區位於北臺灣的新竹縣寶山鄉（24°46'27.9"N, 121°00'57.7"E），鄰近寶山水庫（直線距離約 3.2 公里）與香山濕地（直線距離約 7.6 公里）；龍潭廠區位於桃園市龍潭區、平鎮區與楊梅區交界處（圖 1）。調查的晶圓廠綠帶總面積約為 17 公頃。而竹科和龍潭廠區周圍的淺山環境自然生態豐富，但廠區內的綠帶呈不連續的破碎狀與廠房鑲嵌，在一些廠房外圍與次生林相鄰，因此，有些森林性的鳥種會進入廠區活動。多數綠帶為園藝景觀，鮮少為生態景觀，植栽種類繁多，原生種植物佔約 50%。Fab12A、Fab12B 廠區棲地類型區分為戶外植生牆、行道樹、生態河道、生態池、滯洪池及草坪，廠區內的喬木種類繁多，以樟樹（*Cinnamomum camphora*）、大花紫薇（*Lagerstroemia speciosa*）、波葉垂榕（*Ficus benjamina* L. cv. Exotica）、小葉欖仁（*Terminalia mantaly*）、榕樹（*Ficus microcarpa*）、茄苳（*Bischofia javanica*）、青楓（*Acer serrulatum* Hayata）、臺灣欒樹（*Koelreuteria elegans*）、楓香（*Liquidambar formosana*）和落羽杉（*Taxodium distichum*）為主。Fab2/5、Fab3、Fab7 廠區只有單一種棲地類型，以行道樹包圍在廠房周圍以樟樹、橡膠樹（*Hevea brasiliensis*）、檸檬桉（*Corymbia citriodora*）、榕樹、臺灣欒樹、大花紫薇和、小葉欖仁、山櫻花（*Cerasus serrulata*）和黑板樹（*Alstonia scholaris*）為主。龍潭廠區的棲地類型有滯洪池、喬木、灌木和草地，喬木種類以落羽杉、小葉欖仁和瓊崖海棠（*Calophyllum inophyllum*）為主。這其中以龍潭廠區的面積最小，只有 7.8 公頃；以 Fab12A、Fab12B 廠區最大，占地 33 公頃，棲地類型和植物種類多樣性高。

圖 1　廠區位置圖。黃色圖釘為竹科廠區，藍色圖釘為龍潭廠區。

（二）調查方法

1. 鳥種及數量調查

竹科廠區的調查時間在 2019 年 3 月至 2020 年 2 月，龍潭廠的調查時間在 2019 年 4 月至 2020 年 3 月，總計 12 個月，每一個月在廠區內進行一次鳥種種類和數量調查，調查時間主要為日出後 3 小時或日落前 3 小時的活動高峰期，調查沿穿越線徒步進行，利用 8-10 倍的雙筒望遠鏡觀察沿線鳥類，並輔以鳴叫聲音辨別，記錄沿線所有看到和聽到的鳥類種類、數量，並觀察鳥類活動方向，避免重複計數。透過每次的調查觀察紀錄鳥類的行為、聚集熱點、取食的植物種類。並且依據鳥類群聚數量的多寡和長期固定活動點位來評定在廠區內的活動熱點。

2. 不同棲地的使用

在每個月進行一次的鳥種調查中，觀察記錄廠區內鳥類築巢的鳥種和數量，分析鳥類繁殖季和非繁殖季在廠區各種棲地的使用狀況。園區內的棲地區分為:植生牆、生態池、生態河道、樹林和灌木區、草地、高維護的景觀區以及公共滯洪池，總共區為七大區域（表 2）。各廠區內喬木、灌木和地被植物的百分比如表 1。

表 1　廠區內的喬木、灌木和自然地被的百分比。

	Site					
	Fab12A（P1+P4）	Fab12B（P6+P7）	Fab2/5	Fab3	Fab7	Longtan
總綠化面積（m^2）	37353	62303	16610	16678	25272	7432
喬木（%）	59	51	47	64	65	61
灌木（%）	21	34	16	8	13	7
地被植物（%）	20	15	37	28	22	32

3. 統計分析

所有廠區的調查數據，使用卡方來分析單一廠區每月的種類與數量是否有差異與比較竹科兩個廠區和龍潭廠區間的每月物種與與數量是否有差異。所有數據使用 SPSS Statistics 26 統計軟體來進行數據分析。同時也進行物種歧異度、均勻度、豐富度等指數計算，此計算使用 Excel 計算。使用 SigmaPlot 來繪製圖。

(1)歧異度指數 Diversity index：

主要用於比較同一地區群聚結構在不同時間上的變化，或在同一時間不同棲地的物種組成的差異，以 Shannon’s index 來估計，其公式如下（Simpson, 1949）：

歧異度指數 $H' = -\Sigma(Pi) \times \ln(Pi)$

公式中，Pi=第 i 種生物之個體數佔總數的比值。數值越大，代表多樣性越高，反之則越低。

(2)均勻度指數 Evenness index：

計算公式中 H’為前述 Shannon-Wiener’s 歧異度指數，S 則為該物種類群記錄種數。用來表示區域中每一種物種的個體數數差異，區域中各物種的數目越相近，其物種的均勻度越高，其公式如下

（Pielous, 1966）：

均勻度指數 Es = H’/lnS

公式中，H’=歧異度指數，S=群聚中的種類數，均勻度指數高，表示生物在各種類的數量分布越均勻。

(3)豐富度指數 Richness index：

物種豐富度指數反應物種數目的多寡，物種數目越多，豐富度越大，表示物種多樣性越高，其公式如下（Cruz-Uribe, 1988）：

D=（S-1） / lnN

公式中，N=總個體數，S=群聚中的種類數

(4)優勢度指數 Dominance index：

優勢度指數 $Ds = \Sigma Pi^2$（Simpson, 1949）。公式中 Pi 為某單一物種數佔該物種類群調查紀錄總隻次之比例。此指數給予常見種較大的權重，各生物值相加後，優勢種在總和中占較大的比例，稀有種則反之，這可以呈現物種的優勢度或集中度，值會介於 0 與 1 之間，值越高也表示歧異度越低。

結　果

（一）廠區的鳥類組成

由於竹科廠區植物種類與棲地類型皆不同，鳥類種類數和群聚數量也有所差異。竹科 Fab12A 和 Fab12B 廠區總共記錄到 22 科 31 種鳥類，其陸鳥佔 81%，水鳥佔 19%（圖 2），保育類鳥種僅記錄到大冠鷲（*Spilornis cheela*）一種，在空中盤旋鳴叫。竹科 Fab2/5、Fab3、Fab7 廠區總共記錄到 19 科 23 種鳥類，陸鳥佔 96%，水鳥佔 4%，其中保育類有東方鵟（*Buteo japonicus*）、魚鷹（*Pandion haliatus*）、遊隼（*Falco peregrinus*）3 種。龍潭廠區總共記錄到 21 科 29 種鳥類，保育類鳥種有遊隼和大冠鷲 2 種，其陸鳥佔 76%，水鳥佔 24%；龍潭廠區固定活動的鳥種有褐頭鷦鶯（*Prinia inornata*）、白頭鵯（*Pycnonotus sinensis*）、白尾八哥（*Acridotheres javanicus*）、大卷尾（*Dicrurus macrocercus*）、斯氏繡眼（*Zosterops simplex*）、白鶺鴒（*Motacilla alba*）、金背鳩（*Streptopelia orientalis*）、樹鵲（*Dendrocitta formosae*）及棕背伯勞（*Lanius schach*），總共 9 種。Fab2/5、Fab3、Fab7 廠區固定活動的鳥種有五色鳥、白頭鵯、紅嘴黑鵯、白尾八哥、大卷尾、斯氏繡眼、麻雀（*Passer montanus*）、金背鳩、樹鵲及黑冠麻鷺（*Gorsachius melanolophus*），總共 10 種。Fab12A 和 Fab12B 廠區固定活動的鳥種有五色鳥、白頭鵯、白尾八哥、紅嘴黑鵯、白鶺鴒、大卷尾、斯氏繡眼、黃頭鷺（*Bubulcus ibis*）、金背鳩、樹鵲及棕背伯勞，總共 11 種。

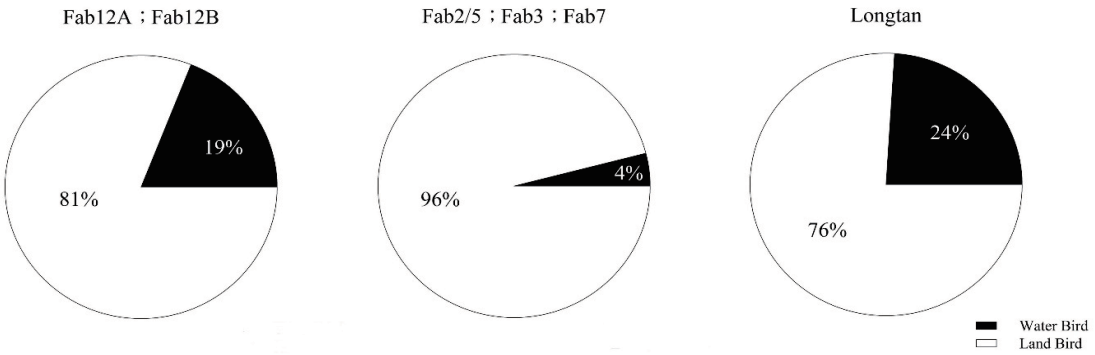

圖 2　廠區的陸鳥和水鳥種類組成百分比。

（二）每月鳥種與生物多樣性指數的波動

竹科廠區和龍潭廠區的綠帶面積大小和栽種植物種類數量不同加上破碎化又鑲崁在廠房周圍，因此每月可以承載的生物總量也不盡相同。竹科 Fab12A、Fab12B 廠區在 2019/03-2020/02 每個月的物種數及數量皆有顯著差異，（x^2 =48.258, p<.001）。以 2019/03 記錄到最多鳥類有 14 科 16 種，在 2019/11 與 2020/01 記錄到最少的鳥種，只有 7 科 8 種。竹科 Fab2/5、Fab3、Fab7 廠區在 2019/03-2020/02 每個月的物種數量有顯著差異（x^2 =28.435, p<.001）。該廠區記錄到最多鳥種月份在 2019/03，有 15 科 17 種，最少的月份在 2020/01，只有 4 科 4 種鳥類。龍潭廠區在 2019/03-2020/02 每個月的物種數量有顯著差異（x^2 =16.310, p<.001）。而龍潭廠區的鳥種最多的月份在 2020/02，記錄到 16 科 18 種鳥類，鳥種最少的月份在 2019/10，記錄到 5 科 5 種鳥類（圖 3）。而這個三廠區在每月的物種數在 K 平均數中 p 值為.058 幾乎已接近顯著水準，（x^2 =5.711）；三個廠區間各別鳥種的數量沒有顯著差異（x^2 =0.780, p>.05）。

從圖 4 的均勻度和優勢度可以看出三個樣區每月鳥種組成是否有單一鳥種佔據優勢，龍潭廠區在 2019/09、11 和 2020/02 這三個月以白頭鶺為優勢種，2020/01 則是斯氏繡眼為優勢種；Fab12A、Fab12B 廠區的整年度優勢種以白頭鶺為主，尤其在 2019/10、11 這兩個月族群群聚數量較多；Fab2/5、Fab3、Fab7 廠區則是在 2020/01 可記錄到大量的白頭鶺群聚在廠區中。從圖 4 的歧異度和豐富度的數值，可以發現龍潭廠區在 2019/09 開始下降，到 2019/12 數值才回升；Fab12A、Fab12B 廠區整年度的歧異度和豐富度沒有太大的浮動，顯示廠區內的鳥種數變化不大；Fab2/5、Fab3、Fab7 廠區整年度的鳥種數變化不大，除了在 2020/01 數值最低之外，其他月份數值變化不大。

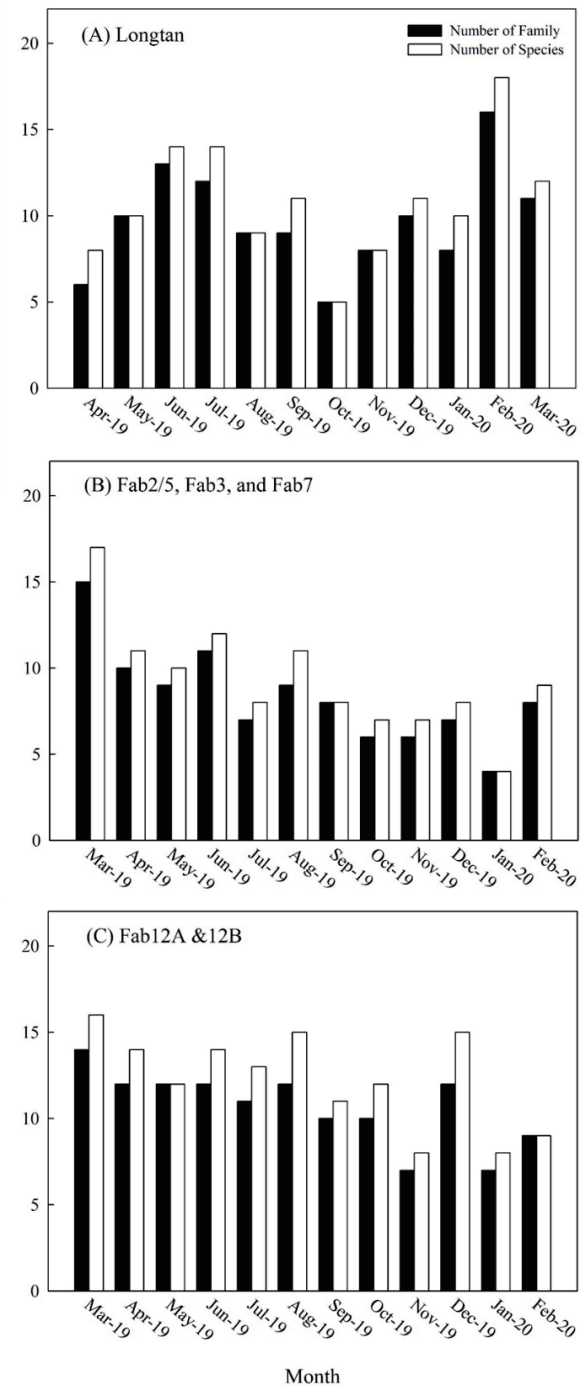

圖 3　不同廠區間每月鳥種數的波動。

A:龍潭；B:Fab2/5、Fab3、Fab7；C:Fab12A&B（p>.05; Tukey test）

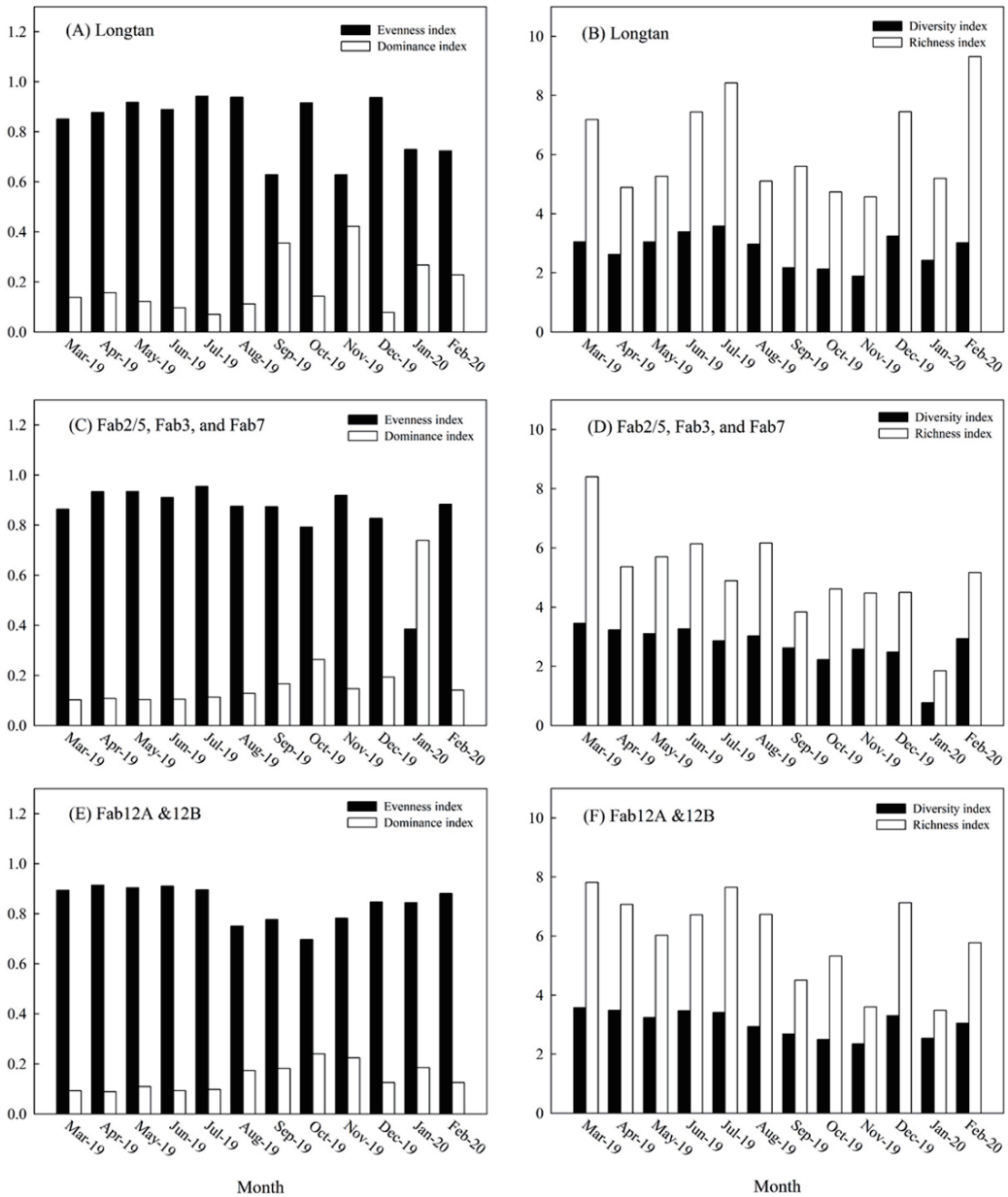

圖 4　不同廠區間每月鳥類生物多樣性指數變化。生物多樣性指數:歧異度指數、均勻度指數、豐富度指數、優勢度指數。龍潭（A）、（B）; Fab2/5、Fab3、Fab7（C）、（D）; Fab12A&B（E）、（F）

* 組間無顯著性差異（p>.05; Tukey test）

* 各指數的數據詳見附錄 1

（三）廠區內的繁殖鳥類種類和築巢月份

龍潭廠區的鳥類繁殖季在 3 月到 5 月，而築巢的鳥種有白頭鵯（3 個巢）、金背鳩（1 個巢）、褐頭鷦鶯（4 個巢）和大卷尾（1 個巢）四種，整個繁殖季總共記錄到 9 個巢。竹科 Fab12A、Fab12B 廠區的繁殖季在 3 月到 6 月，築巢鳥種有斯氏繡眼（5 個巢）、白頭鵯（3 個巢）、樹鵲（5 個巢）、五色鳥（3 個巢）、金背鳩（4 個巢）、家燕（*Hirundo rustica*）（7 個巢）、大卷尾（4 個巢）、黑冠麻鷺（2 個巢）、紅冠水雞（*Gallinula chloropus*）（1 個巢）9 種，此外另外記錄到 8 個鳩鴿科的巢，繁殖季巢數總共紀錄到 41 個。Fab2/5、Fab3、Fab7 廠區的繁殖季則在 2 月到 5 月，築巢鳥種有白頭鵯（1 個巢）、樹鵲（1 個巢）、金背鳩（4 個巢）、紅鳩（*Streptopelia tranquebarica*）（4 個巢）、黑冠麻鷺（2 個巢）、五色鳥（8 個巢）、大卷尾（2 個巢）7 種，該廠也另外記錄到鳩鴿科 4 個巢，總計巢數有 26 個。而鳩鴿科則是因調查時間錯過育雛期，觀察到時幼鳥已經離巢，無法判斷為金背鳩、紅鳩或朱頸斑鳩（*Spilopelia chinensis*）所築的巢。

（四）廠區內鳥類取食的植物種類

三個調查樣區中以竹科 Fab12A、Fab12B 廠區的植物種類較多，其他兩個廠區皆以少數景觀植物為主，因此，整個調查結果將所有廠區鳥類取食的植物種類綜合論述。廠區內的鳥類會食用的植物種類有茄苳（*Bischofia javanica*）、樟樹、山櫻、榕樹、苦楝（*Melia azedarach*）、銀樺（*Grevillea robusta*）、木棉（*Bombax ceiba*）等植物，其中又以苦楝和銀樺為鳥類最愛，而樟樹則因根部病害造成植物體衰弱，樟樹樹幹上布滿臺灣土白蟻（*Odontotermes formosanus*），因此，常吸引白頭鵯、大卷尾、五色鳥、樹鵲在樹幹上捕食白蟻。廠區內的鳥類除了取食茄冬的果實外，也會在樹葉間找尋正在啃食葉片的茄苳斑蛾（*Histia flabellicornis ultima*）幼蟲。

（五）廠區內的活動熱點

龍潭廠區的活動熱點在被五節芒包圍的滯洪池，因廠區的除了佔地面積小外，喬木以落羽杉和小葉欖仁為主，但築巢的位置點則是散佈在廠區和滯洪池周圍的，沒有顯著的集中築巢熱點。竹科的 Fab12A、Fab12B 廠區的活動熱點隨著植物物候改變，而固定活動點為 Fab12B-P4 的植生牆、Fab12A -P1 的停車場、Fab12B-P7 的上下河道和公二的滯洪池。Fab12A、Fab12B 廠區在 9 月和 10 月的傍晚，道路兩側的行道路則為鳥類群聚夜棲點，因為廠房設計的方位，此時這個區域是背風面，不會受到東北季風吹襲。Fab12A、Fab12B 廠區的築巢點位也是散布在整個綠帶區域，築巢高度最低為 1.6 公尺。Fab2/5、Fab3、Fab7 廠區的活動熱點主要在 Fab3 和 Fab7 廠區外圍道路的兩側行道樹，而築巢也是隨機散佈在綠帶區域，沒有明顯的築巢熱點，五色鳥則是依據樹木的健康度來選擇築巢位置。

表 2　園區內鳥類活動的熱點。

Table 2　Hotspots of bird activity in the Green Belt.

Habitat type	Hot spot	Site
Green wall	*****	Fab12B
Grassland	*	Fab12A、Fab12B、Longtan、Fab2/5、Fab3、Fab7
Woods and shrubland	***	Fab12A、Fab12B、Longtan、Fab2/5、Fab3、Fab7
Natural pools	***	Fab12A、Fab12B
Ecological river	*****	Fab12B
High maintenance landscaped area	*	Fab12A、Fab12B、Longtan、Fab2/5、Fab3、 Fab7
Retarding basin	*****	Fab12B、龍潭廠區

* 為低活動區， ***** 為高活動區

* is low activity area, ***** is high activity area.

廠區內的鳥類在不同棲地類型的上使用，多數鳥類偏愛活動於有自然雜木或禾本科植物圍繞生長的滯洪池和樹林及灌木區。而鵯科、鳩鴿科及椋鳥科的鳥類大多數喜愛活動於植生牆。大卷尾及麻雀則喜愛在高維護的景觀區和草地活動覓食。而生態河道則是提供大多數鳥類洗澡及飲水的區域，尤其是在炙熱的午後，可觀察到大量的鳥類在淺灘區洗澡。而生態池則是提供水鳥的活動和繁殖，尤其吸引紅冠水雞、白腹秧雞及翠鳥長期居住於廠區內。因此，當單一廠區內的棲地類型多樣性高時，該廠區內的鳥種多樣性也會隨之提高（表 2、3）。

結論與建議

（一）廠區內的鳥類組成

由於竹科與龍潭廠區皆位於淺山地區的周圍，因此鳥種的主要組成種類都非常相似。在廠區內也多次觀察到猛禽活動，但唯有龍潭廠區的遊隼會固定在廠區旁邊的滯洪池活動外，其他鳥種例如：東方鵟、鳳頭蒼鷹（*Accipiter trivirgatus*）、魚鷹、大冠鷲、普通鸕鷀（*Phalacrocorax carbo*）、埃及聖鷸（*Threskiornis aethiopicus*）以及多數的鷺鷥科鳥類皆是於空中飛越或在廠區上空盤旋，未實際使用廠區內綠帶區域。陸鳥皆以平地淺山地區的鳥種為主，例如白頭鵯、斯氏繡眼、樹鵲、大卷尾、金背鳩等。而取食禾本科植物種子的雀鳥種類較少，造成其結果的原因在於廠區綠帶皆以樹林和行道樹的型式栽種，草原棲地類型少，栽種草種以臺北草（*Zoysia matrella*）和地毯草（*Axonopus compressus*）為主，自然的地被植物以及禾本科植物種類多樣性低且僅佔少數面積（表 1），因此，無法提供雀鳥所需的食物需求。龍潭廠區鳥種最少的月份在 2019 年 10 月，記錄到 5 科 5 種鳥類，造成鳥種數量突然下降的原因推測為鄰近草原區新建工程開始動工，可能受到擾動而影響維持以久的穩定環境，等待鳥類適應工程的擾動後，則慢慢逐漸回來使用這些綠帶。在龍潭廠區和 Fab2/5、Fab 3、Fab 7 可已明顯觀察到鳥類來回周圍樹林，尤其以紅嘴黑鵯、五色鳥、樹鵲為主，經常在周圍樹林中鳴叫後，慢慢往廠區綠帶內移動，等待覓食完後在飛回樹林中。

依據新竹科學園區委託的環境調查報告結果指出，淺山周圍的鳥類種類豐富，水庫區的鳥類生態調查共記錄鳥類 31 科 51 種 1134 隻次，上坪溪流域則記錄到 28 科 55 種 1526 隻次（農業工程研究中心，2012），龍潭基地開發計畫環境影響調查，其鳥類總共調查到 27 科 43 種 216-274 隻次（新竹科學園區，2005）。在竹科 Fab12A 和 Fab12B 廠區總共記錄到 22 科 31 種鳥類；Fab2/5、Fab3、Fab7 廠區總共記錄到 19 科 23 種鳥類；龍潭廠區總共記錄到 21 科 29 種鳥類，顯然廠區綠帶受邊際效應影響促進園區內的鳥種種類和數量的提高，本調查結果也印證 Magura（2002）的研究，在森林邊緣的綠帶能夠提供野生動物的定殖。

（二）每月鳥種動態

竹科樣區的鳥種最少的月份都是落在廠區無法提供食物的時間點，尤其是 Fab2/5、Fab3、Fab7 廠區，主要喬木種類為樟樹、橡膠樹、大花紫薇和檸檬桉等樹種。但 Fab2/5、Fab3、Fab7 廠區在 2 月份可以記錄到很多鳥種的原因在於廠區外圍有種植一整排的木棉樹，木棉樹的開花時間在 2 月，所以吸引周圍的鳥類前來覓食。該廠區也是三個樣區中，五色鳥繁殖的第一選擇，其原因為該廠區為 30 幾年的舊廠，樹木長期深受根部病害的影響，造成樹勢弱化，許多樹幹逐漸枯死或樹木倒塌，加上廠區沒有任何高頻度的擾動，逐漸形成五色鳥育雛最佳場所。

進入冬季後，鳥類活動時間點從早上 7 點半到下午 3 點，下午 3 點過後就很難觀察到鳥類的活動；造成的主要原因為廠區內的植物群落多樣性偏低，加上大多數植栽都為外來種觀賞植物。尤其是食蟲性鳥種-大卷尾，到了冬季很少在廠區的活動，但在周圍附近的地區依舊可觀察該物種在活動，更加證明廠區內的昆蟲在冬季是缺乏的。因此，影響廠區內鳥類群聚的最大因子為廠區內的植物的種類與物後以及東北季風。然而 Palomino 和 Carrascal（2006）的研究報告指出影響城市環境中鳥類物種豐富度和密度的重要因子為棲息地的結構，或許該研究忽略氣候與植物物後的影響因子。本研究的調查結果，廠區內的單一鳥種聚集的數量有時會超過 100 多隻，例如白頭鵯、斯氏繡眼等，因此也驗證 Palomino 和 Carrascal（2006）研究的另一個觀點，與任何自然棲息地相比，城市環境中的鳥類群落在全球範圍內分佈的較少，但族群密度較高。

表 3　三個廠區整年度的個體數、種類數和生物多樣性指數。生物多樣性指數:歧異度指數、均勻度指數、豐富度指數、優勢度指數。

	Site		
	Fab12A、Fab12B	Fab2/5、Fab 3、Fab 7	Longtan
Number of indiviuals	1093	545	485
Number of species	31	23	29
Diversity index	1.74	0.13	0.13
Richness index	9.87	8.04	10.43
Evenness index	0.70	0.74	0.75
Dominance index	3.48	3.36	3.66

* No significant difference among groups（p>.05; Tukey test）

（三）植物組成與鳥類活動

龍潭廠區的總綠帶面積約為 7.8 公頃；Fab2/5、Fab3、Fab7 廠區的總綠帶面積約為 5.8 公頃；Fab12A 和 Fab12B 廠區的總綠帶面積約為 33 公頃，整年度記錄到鳥種數分別為 21 科 29 種；19 科 23 種；22 科 31 種。以棲地面積大小來比較三個廠區的鳥種數，可發現龍潭廠區多於 Fab2/5、Fab3、Fab7 廠區，造成此結果的主要原因，為龍潭廠區緊鄰在自然的淺山森林旁，廠區的主要樹種為落羽杉，棲地類型只有行道樹、景觀帶的草地和被芒草叢包圍的滯洪池，鳥群明顯以開闊的滯洪池為活動區，因此造成棲地面積小，植物單一稀少，但卻可以記錄到許多鳥種，其整體生物多樣性指數也比 Fab2/5、Fab3、Fab7 廠區高（表 3）。Fab2/5、Fab3、Fab7 廠區周圍為科學園區設置的綠帶公園，而廠區內的植物種類以茄苳、樟樹、山櫻花、檸檬桉、臺灣欒樹及橡膠樹等等為主，植物種類和數量皆比龍潭廠區多，但觀察到的鳥種數比龍潭區少，但個體數多。Fab12A 和 Fab12B 廠區的原生植物種類繁多且綠帶相對連續，占地面積大，雖然記錄到較多的鳥種數和個體數，但鳥種數也只比龍潭廠區多 3 種（表 3），此結果更加凸顯出人造綠帶遠不及自然林所能提供的生態系統服務，而城市綠帶也形成過濾帶，城市適應者是喜愛森林環境，這些鳥種具有定棲性（sedentary）、雜食性及廣泛分布等特性，而城市規避者大多將能量消耗於繁殖，這特性是無法適應城市地區等新環境（Croci *et al.*, 2008）。但此結果也呼應 Clergeau 等人（2001）的研究，在報告中也指出局部的地景特徵在決定鳥類物種豐度方面比周圍景觀更重要。無論城郊景觀的生物多樣性質量如何，特定地點的行動，例如灌木和樹木種植、水源恢復和增加植被多樣性，都可以改變城鎮鳥類的多樣性，並提高人類與野生動物的接觸。

（四）廠區內繁殖鳥種及月分

在整體的築巢調查結果也與 Fernández-Juricic 和 Jokimäki（2001）的研究相符，研究報告中指出在樹木繁茂的街道可以在繁殖季節替代野外的棲息地提供鳥類覓食和築巢。在繁殖季的觀察中，也發現廠房周圍的行道樹上有不同種鳥類築巢和育雛，例如樹鵲、五色鳥、黑冠麻鷺及鳩鴿科等，同時也在綠帶中觀察到紅嘴黑鵯成鳥帶著幼鳥在廠區內活動。在築巢的方面，竹科廠區與龍潭廠區中，以竹科廠區 Fab12A 和 Fab12B 廠區記錄到的鳥種類和巢數最多（9 種築巢鳥種以及總計 41 個巢數），其次是竹科廠區 Fab2/5、Fab3、Fab7，以龍潭廠區記錄到最少。造成此結果最大主因為棲地面積大小和植物種類的多寡。三大廠區中以 Fab12A 和 Fab12B 廠區的棲地面積最大，原生植物種類繁多，棲地類型多樣性高，包含生態河道、水池、草地、樹林等等，可以提供的生態系統服務相較其他兩個廠區高。而 Fab2/5、Fab3、Fab7 廠區由於喬木種植都超過 30 年以上，因此樹冠層相較其他廠區厚實，提供很高的隱密性，因此鳥類築巢意願也很高，記錄到了 7 種鳥種築巢，巢數總計 26 個。加上廠區身受樹木根腐病的影響，喬木的健康度較差，容易有枯枝幹形成，提供五色鳥的築巢環境，因此，是所有廠區中記錄到最多五色鳥的廠區。而龍潭廠區是竹科中面積最小、原生植物種類最少（以落羽杉為主要樹種），棲地類型只有行道樹、草地和滯洪池，在可觀察到的範圍內，可以發現的巢數最少，但滯洪池周圍由五節芒（*Miscanthus floridulus*）形成的綠帶，無法觀察記錄築巢狀況，因此有可能低估築巢數。雖然增加廠區內的植物種類和棲地歧異性，可以提供給更多鳥種利用，補足自然棲息地的不足，但城市化改變了自然地景，為生物帶來生存的挑戰，而只有那些生理上能快速適應城市條件調整物候和生

活史的物種才能在這些高度同質的環境中生存和競爭（Crooks *et al.*, 2004；Palomino and Carrascal, 2006；Sandström *et al.*, 2006；Bonier *et al.*, 2007；Bonier, 2012）。

（五）廠區內活動熱點

Bonier（2007）等人的研究也指出廣泛的環境耐受性可能會使某些鳥類在城市棲息地中繁衍，尤其是城市中的鳥類。雖然廠區內的工廠噪音、大卡車來回進出等，但完全不影響廠區鳥類的活動和繁殖行為，在 Nemeth and Brumm（2010）的研究也指出環境中的噪音不會影響到鳥類之間的溝通。在廠區內的活動熱點，以 Fab12B-P4 植生牆、Fab12A-P1 的停車場和 Fab12B-公二的滯洪池為鳥類群聚的喜愛點，在 Francis（2011）也指出城市中的設置複雜的植物種類組合的綠牆，可以提供支持物種的能力，也是城市中潛在的棲息地，有此可說明為何 P4 植生牆終年都有鳥類在此活動的原因。而 P1 的停車場則是因為有種植一棵無患子（*Sapindus mukorossi*），加上緊鄰廠區的小苗圃，特別是在無患子開花結果時，會吸引大批鳥類聚集於此。而 Fab2/5、Fab3、Fab7 廠區為舊廠區，早期的設計上綠帶範圍偏小，棲地類型只有行道樹、灌木叢和小樹林，鳥類聚集的熱點主要在 3 和 7 廠區的道路兩側行道樹，造成此結果的原因是該熱點鄰近自然的樹林，容易吸引鳥類在此區活動。龍潭廠區的鳥類熱點在緊鄰廠區的滯洪池，造成此原因點在廠區的綠帶植物以落羽杉為主，而落羽杉為外來的觀賞植物，無法提供原生鳥類食物來源，但也發現褐頭鷦鶯會築巢在落羽杉的枝條上。從本研究結果可知，雖然晶圓廠區的綠帶面積都不大，但是在植物種類和棲地類型多樣化的條件下，也可以提供 20 幾種類的鳥類在廠區內活動，因此，更加證明城市綠地在提高原生植物種類和棲地的多樣性，對於城市中生物多樣性有保護作用，同時也提供在破碎的棲地間重要的連結，並做作為瀕危物種的半自然保護區（Andersson *et al.*, 2014；Bradley Shafer, 2018）。未來應努力朝向將城市變成友善鳥類的棲息環境，在綠帶的植物種類的配置上能以提供野生動物所需來栽種，並且增加棲地的異質性，達到與野生動物共存，同時也關注外來物種對於本土物種的影響（Shochat *et al.*, 2010）。

（六）綠帶規劃建議

在一整年度的調查，發現廠區內有些不足之處，以下列出幾點建議:1.Fab2/5、Fab3、Fab7 這個 4 個廠區為 30 幾年以上的舊廠，植物種類多以外來種為主，無法提供原生鳥類食物來源，而原生的行道樹種類又過於單一，以樟樹和台灣欒樹為主，加上這些喬木都有褐根病的問題，建議廠區陸續將外來樹種替換為台灣原生樹種，並且增加物種多樣性，可提供不同季節的食物來源。2.廠區內可觀察到在溪流活動的翠鳥在廠區內覓食，建議未來新設的廠區在綠帶景觀配置上可以增加擋土牆的設置，以提供翠鳥繁殖所需的環境。3.龍潭廠區的面積較小，棲地類型只有草地和景觀區，但是在調查期間，可觀察到蛙類在廠區內活動，建議此廠區可以設置永久性的小生態池，提供蛙類活動所需的環境。4.龍潭廠區的植物種類以落羽杉為主，建議增加許多原生樹種，雖然此廠區緊鄰在自然的淺山森林邊緣，但增加園區的植物多樣性，也可延伸原生棲地的範圍，提供更多鳥類繁殖的棲所。5.廠區內植物種類中很少有和本科植物，在調查中鮮少記錄到取食禾本科種子食物的鳥種，例如:斑文鳥、褐頭鷦鶯、粉紅鸚嘴鵐等，建議設置一個禾本科植物的低養護區，提供這些雀鳥穩定的食物來源。6.由於廠區的管理非常嚴謹，外人無法進出，加上園藝廠商與委外的物種調查公司也協助找尋到許多珍貴植物種類，

建議廠區可以朝開放式的戶外植物保種中心來規劃綠帶配置，讓晶圓廠的綠帶價值提高。7.由於竹科廠區現今正在擴大建廠，建議可以進行長時間的生態自主監測，可提供未來的環境影響分析，更可以看出廠區內綠帶的生物動態變化。

引用文獻

李金穎（2018）：台北市公園鳥類群聚變遷：2003-2017 年。台北市：國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所碩士論文。

【Lee, J.Y. (2018). Temporal Changes of Bird Assemblages in Taipei Urban Parks, 2003-2017. Master Thesis, Institute of Ecology and Evolutionary Biology, National Taiwan University, Taipei】

章肖祺（2018）：都市棲地型島嶼之鳥類驚飛距離。臺南市：國立成功大學生命科學系碩士論文。

【Zhang, X.Q. (2018). Avian Flight Initiation Distances in Urban Habitat Islands. Master Thesis, Department of Life Science, National Cheng Kung University, Tainan】

許雅汝（2019）：以電路理論探討都市景觀連接度與鳥類群聚之相關研究。臺北市:國立臺灣大學園藝暨景觀學系碩士論文。

【Hsu, Y.J. (2019). Using Circuit Theory to Model Connectivity for Birds in Urban Landscape. Master Thesis, Department of Horticulture and Landscape Architecture, National Taiwan University, Taipei】

葛兆年、李培芬、邱祈榮（2008）：破碎棲地之面積、孤離度與棲地異質度對都市地景之鳥類群聚組成之影響－以臺北市公園綠地為例，《都市與計畫》，35（2）：144-154。

【Koh, C.N., Lee, P.F., and Chiou, C.R. (2019). Influences of Fragment Size, Isolation and Habitat Heterogeneity on Bird Assemblage Composition in Urban Landscapes-A Case Study of Taipei Parks and Green Areas. City and Planning, 35 (2)：144-154.】

農業工程研究中心（2012）。《石門及寶山第二水庫水質監測與生態環境調查研究計畫成果報告（2/3）》。經濟部水利署北區水資源局。

【Agricultural Engineering Research Center (2012). Water quality monitoring and ecological survry of the Shimen and the 2nd Poshan Reservoir (2/3). Northern RegionWater Resources office, Water Resources Agency Ministry of Economic Affairs】

新竹科學園區（2005）：新竹科學工業園區龍潭基地開發計畫環境影響說明書，《新竹科學園區環境保護資訊網》。https://saturn.sipa.gov.tw/SPAEPI/page_detail.do?&fmeLv1Id=b3dc6b3e-fd2e-42d2-afe7-b1f3a2bccbaa。（2019/10/5 瀏覽）

【Hsinchu Science Park (2005):Hsinchu Science Industrial Park Longtan Base Development Project Environmental Impact Statemen,《Hsinchu Science Park Environmental Protection Information Network》】

Andersson, E., Brthel, S., Borgström, S., Colding, J., Elmqvist, T., Folke,C., and Åsa Grn. (2014). Reconnecting cties to the bosphere: stewardship of green infrastructure and urban ecosysterm services.

AMBIO, 43:445-453.

Bezzel, E. (1985). Birdlife in intensively used rural and urban environments. Ornis Fennica, 62:90-95.

Blair, R.B. (1999). Birds and butterflies along an urban gradient: surrogate taxa for assessing biodiversity? Ecological Applications, 9:164-170.

Blair, R.B., and Johnson, E.M. (2008). Suburban habitats and their role for birds in the urban–rural habitat network: points of local invasion and extinction? Landscape Ecology, 23:1157-1169.

Bonier, F., Martin, P.R., and Wingfield, J.C. (2007). Urban birds have broader environmental tolerance. Biology letter, 3:670-673.

Bonier, F. (2012). Hormones in the city: Endocrine ecology of urban birds. Hormones and Behaviorr, 61:763-772.

Bradley Shafer, H. (2018). Urban biodiversity arks. Nature Sustainability, 1:725-725.

Brown, C., and Marcus, G. (2005). Biodiversity and Human Health: What role for nature in healthy urban planning? Built Environment, 4:326-338.

Carbó-Ramírez, P., and Zuria, I. (2011). The value of small urban greenspaces for birds in a Mexican city. Landscape and Urban Planning, 100:213-222.

Clergeau, P., Jokimäki, J., and Savard, J.L. (2001). Are urban bird communities influenced by the bird diversity of adjacent landscapes? Journal of Applied Ecology, 5:1122-1134.

Clergeau, P., Jokimäki, J., and Snep, R. (2006). Using hierarchical levels for urban ecology. Trends in Ecology and Evolution, 12:660-661.

Conole, L., and Kirkpatrick, J. (2011). Functional and spatial differentiation of urban bird assemblages at the landscape scale. Landscape and Urban Planning, 100:11-23.

Croci, S., Butet, A. and Clergeau, P. (2008). Does urbanization filter birds on the basis of their biological traits. The Condor, 110:223-240.

Crooks, K.R., Suarez, A.V., Bolger, D.T. (2004). Avian assemblages along a gradient of urbanization in a highly fragmented land-scape. Biol. Conserv., 115:451-462.

Cruz-Uribe, K. (1988). The use and meaning of species diversity and richness in Archaeological Faunas. Journal of Archaeological Science, 2:179-196.

DeGraaf, R.M., Geis, A.D. and Healy, P.A. (1991). Bird population and habitat surveys in urban areas. Landscape and Urban Planning, 3:181-188.

Faeth, S.H., Bang, C., and Saari, S. (2011). Urban biodiversity: patterns and mechanisms. Ann. N. Y. Acad. Sci., 1:69-81.

Fernández-Juricic, E., and Jokimäki, J. (2001). A habitat island approach to conserving birds in urban landscapes: case studies from southern and northern Europe. Biodiversity and Conservation, 12:2023-2043.

Francis, R. A. (2011). Wall ecology: A frontier for urban biodiversity and ecological engineering. Progress in Physical Geography, 1:43-63.

Garbach, K., and Long, R.F. (2017). Determinants of field edge habitat restoration on farms in California's Sacramento Valley. Journal of Environmental Management, 189:134-141.

Gardiner, M.M., Burkman, C. and Prajzner, S.P. (2013). The value of urban vacant land to support Arthropod biodiversity and ecosystem services. Environ. Entomol., 6:1123-1136.

Grimm, N. B., Grove, J.M., Pickett, S.T.A., and Redman, C.L. (2000). Integrated approaches to long-term studies of urban ecological systems. Bioscience, 7: 571-584.

Kattwinkel, M., Biedermann, R., ana Kleyer, M. (2011). Temporary conservation for urban biodiversity. Biological Conservation, 9:2335-2343.

Karuppannan, S., Baharuddin, Z.M., Sivam1, A. and Daniels, C.B. (2014). Urban green space and urban biodiversity: Kuala Lumpur, Malaysia. Journal of Sustainable Development, 1:1-16.

Magura, T. (2002). Carabids and forest edge: spatial pattern and edge effect. Forest Ecology and Managemen, 157:23-37.

Marzluff, J. M. (2001). Worldwide urbanization and its effects on birds. Pages 19-47 in J. M. Marzluff, R.

Miller, J.R., and Hobbs, R.J. (2002). Conservation where people live and work. Biological Conservation, 2:330-337.

Nemeth, E and Brumm, H. (2010). Birds and anthropogenic noise: are urban songs adaptive? The American Naturalist, 176:465-475.

Niemelä, J. (1999). Is there a need for a theory of urban ecology? Urban Ecosystems, 1:57-65.

Norton, B.A., Evans, K.L., and Warren, P.H. (2016). Urban biodiversity and landscape ecology: patterns, processes and planning. Curr. Landscape Ecol. Rep., 4:178-192.

Palomino, D., and Carrascal, L.M. (2006). Urban influence on birds at a regional scale: A case study with the avifauna of northern Madrid province. Landscape and Urban Planning, 3:276-290.

Pielous, E.C. (1966). The measurement of diversity in different types of biology collections. Journal of Theoretical Biology, 0:131-144.

Rebele, F. (1994). Urban ecology and special features of urban ecosystems. Global Ecology and Biogeography Letters, 6: 173-187.

Sandström, U.G., Angelstam, P., Mikusiński, G. (2006). Ecological diversity of birds in relation to the structure of urban green space. Landscape and Urban Planning, 77:39-53.

Saunders, D.A., Hobbs, R.J., Margules, C.R. (1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. Conserv. Biol., 5:18-32.

Savard, Jean-Pierre L., Clergeau, P., and Mennechez, G. (2000). Biodiversity concepts and urban ecosystems. Landscape and Urban Planning, 3-4:131-142.

Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. Nature, 163:688.

Shwartz, A., Turbé, A., Simon, L., and Julliard, R. (2014). Enhancing urban biodiversity and its influence on city-dwellers: An experiment. Biological Conservation, 0:82-90.

Shochat, E., Lerman, S., and Fernández-Juricic, E. (2010). Birds in urban ecosystems: population dynamics,

community structure, biodiversity, and conservation. pp.75-86. In: Urban Ecosystem Ecology. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc.

Tratalos, J., Fuller, R.A., Evans, K.L., Davies,R.G., Newson, S.E., Greenwood, J.J.D., and Gaston, K.J.. (2007). Bird densities are associated with household densities. Global Change Biology, 8:1685-1695.

附錄一

附錄 1. 在不同廠區間鳥類多樣性指標的每月變化

生物多樣性指數:歧異度指數、均勻度指數、豐富度指數、優勢度指數。

	Longtan											
	Mar-19	Apr-19	May-19	Jun-19	Jul-19	Aug-19	Sep-19	Oct-19	Nov-19	Dec-19	Jan-20	Feb-20
Number of indiviuals	34	27	51	56	35	37	61	7	34	22	54	67
Number of species	12	8	10	14	14	9	11	5	8	11	10	18
Diversity index	3.05	2.63	3.05	3.39	3.59	2.97	2.18	2.13	1.89	3.24	2.42	3.02
Richness index	7.18	4.89	5.27	7.44	8.42	5.10	5.60	4.73	4.57	7.45	5.20	9.31
Evenness index	0.85	0.88	0.92	0.89	0.94	0.94	0.63	0.92	0.63	0.94	0.73	0.72
Dominance index	0.139	0.157	0.122	0.097	0.071	0.113	0.355	0.143	0.422	0.078	0.268	0.229

	Fab2/5、Fab3、Fab7											
	Mar-19	Apr-19	May-19	Jun-19	Jul-19	Aug-19	Sep-19	Oct-19	Nov-19	Dec-19	Jan-20	Feb-20
Number of indiviuals	61	73	38	62	27	42	67	20	22	36	42	55
Number of species	16	11	10	12	8	11	8	7	7	8	4	10
Diversity index	3.45	3.23	3.11	3.26	2.87	3.03	2.62	2.22	2.58	2.48	0.77	2.93
Richness index	8.40	5.37	5.70	6.14	4.89	6.16	3.83	4.61	4.47	4.50	1.85	5.17
Evenness index	0.86	0.93	0.93	0.91	0.96	0.88	0.87	0.79	0.92	0.83	0.39	0.88
Dominance index	0.10	0.11	0.10	0.11	0.11	0.13	0.17	0.26	0.15	0.19	0.74	0.14

	Fab12A、Fab12B											
	Mar-19	Apr-19	May-19	Jun-19	Jul-19	Aug-19	Sep-19	Oct-19	Nov-19	Dec-19	Jan-20	Feb-20
Number of indiviuals	83	69	67	86	50	120	165	117	88	92	102	54
Number of species	16	14	12	14	14	15	11	12	8	15	8	11
Diversity index	3.58	3.48	3.24	3.46	3.41	2.93	2.69	2.50	2.35	3.31	2.53	3.05
Richness index	7.82	7.07	6.02	6.72	7.65	6.73	4.51	5.32	3.60	7.13	3.49	5.77
Evenness index	0.89	0.91	0.90	0.91	0.90	0.75	0.78	0.70	0.78	0.85	0.84	0.88
Dominance index	0.09	0.09	0.11	0.09	0.10	0.17	0.18	0.24	0.22	0.13	0.19	0.13

* No significant difference among groups (p>.05; Tukey test)

投稿日期：111 年 06 月 13 日
修正日期：111 年 08 月 31 日
接受日期：111 年 10 月 05 日