

國立臺灣大學生命科學院生態學與演化生物學研究所

碩士論文

Institute of Ecology and Evolutionary Biology

College of Life Science

National Taiwan University

Master Thesis

大肚溪口 1990 至 2014 年的鳥類群集變遷

Changes on waterbird assemblages

in Da-du Estuary of Taiwan from 1990 to 2014

黃彥蓉

Yan-Rong Huang

指導教授：李培芬 博士

Advisor: Pei-Fen Lee, Ph.D.

中華民國 108 年 7 月

July 2019



致謝

這篇研究的完成首先要謝謝李培芬老師的指導；感謝林瑞興與張琪如兩位口委老師提供寶貴的建議，讓研究內容能更加完整；感謝台灣野鳥資訊社長達多年的調查數據；感謝地理系黃偉英老師在遙測影像分析上給予的建議；感謝大成國中、育英國中協助我進修的同事們。

謝謝實驗室的柯媽總是照顧著大家；感謝學長姊瑞興、雅真、小柯、志融、家琪、怡蓓、威捷、偉凱、旻萱、金穎、承恩、俊凱提供研究上的幫忙；以及實驗室其他成員在課業上的幫忙、生活上的互動，都豐富了我的碩士生涯。謝謝偉凱帶領我進入賞鳥的世界，空暇時跟大家一起出去賞鳥是這兩年最快樂的時光。

感謝陪伴著的朋友們，在我低潮不安與失敗時，還是在我身旁默默的支持。

最後要感謝我的爸爸媽媽，你們總是支持我去做自己喜歡的事情，也很抱歉常常讓你們操心；感謝姊姊，工作很忙，還讓妳承擔了許多責任；感謝奶奶、小阿姨、俊衛哥哥以及其他關心我並提供協助的家人們；最後要謝謝自己，取得了碩士學位，也完成了自己設定的目標。



摘要



大肚溪口自 1990 年代起經歷台中火力發電廠興建、彰濱工業區開發等大型工程，為了瞭解工程是否影響地景進而導致鳥類群集改變，本研究使用 1990 至 2014 年大地衛星 (Landsat) 影像，探討大肚溪口自 1990 年後的地景變遷對鳥類群集的影響。研究樣區包含彰濱區、南岸區、電廠區、張玉姑廟區，將樣區範圍的衛星影像以混合監督式與非監督式分類 (Hybrid supervised and unsupervised classification)，分析各地景面積變化。以種豐度、量豐度、Jaccard 相似度指數、Simpson 均勻度指數了解水鳥群集的結構變化，並以簡單線性迴歸計算泥灘涉禽、水域泥岸游涉禽、水岸高草游涉禽三類水鳥同功群每季種豐度與平均量豐度的長期趨勢。最終依本研究分析結果探討大肚溪口的地景變遷、鳥類群集與長期趨勢之關係。

結果顯示，大肚溪口整體同功群水鳥種豐度與平均量豐度下降，且彰濱區下降的最明顯，本研究推測是與大肚溪口整體灘地面積下降、魚塭面積下降、建地面積上升等地景變遷有關。而水鳥的 Jaccard 相似度指數、Simpson 均勻度指數逐漸上升，代表水鳥組成越來越相似且量豐度集中在少數鳥種；2000 年後，大肚溪口整體干擾趨向緩和，部分水鳥雖然量豐度有逐漸回升，但主要集中在少數優勢種鳥種如東方環頸鴒 (*Charadrius alexandrinus*)、黑腹濱鷸 (*Calidris alpina*)、大白鷺 (*Ardea alba*)、蒼鷺 (*Ardea cinerea*)、黃頭鷺 (*Bubulcus ibis*) 等；而雁鴨科、IBA 鳥種黑嘴鸕 (*Chroicocephalus saundersi*) 呈現下降趨勢。至 2014 年為止，南岸區為水鳥種豐度、量豐度最多的樣區；而張玉姑廟區轉為較適合陸鳥生存的地區。

環境管理上建議控制大肚溪口的野狗數量；南岸區魚塭可利用分批曬池、清除堤岸上的雜草使能見度提高，有助於增加水鳥漲潮時的停棲地。

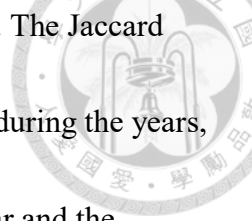
關鍵字：大肚溪口、地景變遷、鳥類群集、生態同功群、衛星影像分類

Abstract



Since the 1990s, Da-du Estuary has experienced large-scale projects such as the construction of Taichung Power Plant and Changhua Coastal Industrial Park. In order to understand whether the projects affect the landscape, thus leading to changes in waterbird assemblages, this study used Landsat satellite images from 1990 to 2014 to explore the effects of landscape changes on waterbird assemblages in Da-du Estuary. Da-du Estuary was divided into Changhua Coastal Industrial Park, South Coast Zone, Taichung Power Plant and Chang Yu-Ku Temple. Hybrid classification (a combination of supervised and unsupervised classification) was applied to a series of Landsat images to explore each landscape area changes in the four zones. We used species richness, average abundance, Jaccard similarity index and Simpson evenness index to examine the changes on waterbird assemblages structure. Then, we focused on three waterbird guilds, which were shore-mudflat, water-shore, and water-shore-highgrass, and used simple linear regression to understand the long-term trend of each season in each guild. Finally, we compared the relationship between landscape changes, waterbird assemblages and long-term trends of waterbirds.

The results showed that the species richness and abundance of the whole waterbird guilds decreased, and the decline in the Changhua Coastal Industrial Park was the most obvious. We speculate that it is related to the total mudflat area decreased, the



area of aquaculture ponds decreased, and the building area increased. The Jaccard similarity index and Simpson evenness index of waterbirds increase during the years, which means that the waterbird assemblages is more and more similar and the abundance is concentrated on a few bird. After 2000, the overall disturbance of Da-du Estuary decreased, although some of the waterbird guilds have gradually increased their abundance, they are mainly concentrated on a few dominant species such as Kentish Plover (*Charadrius alexandrinus*), Dunlin (*Calidris alpina*), Great Egret (*Ardea alba*), Gray Heron (*Ardea cinerea*), Cattle Egret (*Bubulcus ibis*), etc., while Anatidae, and Saunders's Gull (*Chroicocephalus saundersi*) showed a negative trend. As of 2014, the South Coast Zone is the most species richness and abundance of waterbirds. Chang Yu-Ku Temple has turned into a region more suitable for landbirds.

In the environmental management, we recommend controlling the number of roaming dogs in the Da-du Estuary. The aquaculture ponds in the South Coast Zone can take turn to dry pool and clear weeds on the bunds to improve the visibility, and helps increase the roost of the waterbird during high tide period.

Keyword: Da-du Estuary, landscape changes, waterbird assemblages, guild, satellite image classification.

目錄



摘要	i
Abstract.....	ii
目錄	iv
圖目錄	v
表目錄	viii
前言	1
材料與方法	3
研究樣區	3
鳥類資料來源與處理	4
資料分析	5
地景資料來源與分析	7
結果	9
群集組成	9
地景變遷	11
討論	13
地景變遷的影響	13
地景變遷對泥灘涉禽的影響	14
地景變遷對於水域泥岸游涉禽的影響	14
地景變遷對於水岸高草游涉禽的影響	16
地景變遷對於指標鳥種的影響與建議	16
環境管理建議	17
引用文獻	19
附錄一、大肚溪口四樣區調查路線圖	64
附錄二、大肚溪口鳥種之遷徙屬性與生態同功群	65
附錄三、大肚溪口四樣區大地衛星影像	74
附錄四、1990 至 2014 年大肚溪口張玉姑廟區陸鳥每季種豐度、平均量豐度的長期趨勢	78

圖目錄



圖 1、研究樣區	25
圖 2、1990 至 2014 年大肚溪口全區鳥類每季種豐度、平均量豐度的長期趨勢 .	26
圖 3、1990 至 2014 年大肚溪口全區水鳥每季種豐度、平均量豐度的長期趨勢 .	27
圖 4、1990 至 2014 年大肚溪口彰濱區水鳥每季種豐度、平均量豐度的長期趨勢	28
圖 5、1990 至 2014 年大肚溪口南岸區水鳥每季種豐度、平均量豐度的長期趨勢	29
圖 6、1990 至 2014 年大肚溪口電廠區水鳥每季種豐度、平均量豐度的長期趨勢	30
圖 7、1990 至 2014 年大肚溪口張玉姑廟區水鳥每季種豐度、平均量豐度的長期 趨勢	31
圖 8、1990 至 2014 年彰濱區水鳥 Jaccard 季間相似性指數	32
圖 9、1990 至 2014 年南岸廟區水鳥 Jaccard 季間相似性指數	33
圖 10、1990 至 2014 年電廠區水鳥 Jaccard 季間相似性指數	34
圖 11、1990 至 2014 年張玉姑廟區水鳥 Jaccard 季間相似指數	35
圖 12、1990 至 2014 年彰濱區水鳥四季的 Simpson 均勻度指數	36
圖 13、1990 至 2014 年南岸區水鳥四季的 Simpson 均勻度指數	37
圖 14、1990 至 2014 年電廠區水鳥四季的 Simpson 均勻度指數	38
圖 15、1990 至 2014 年張玉姑廟區水鳥四季的 Simpson 均勻度指數	39
圖 16、1990 至 2014 年彰濱區泥灘涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的 簡單線性迴歸	40
圖 17、1990 至 2014 年南岸區泥灘涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的 簡單線性迴歸	41
圖 18、1990 至 2014 年電廠區泥灘涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的	

簡單線性迴歸.....	42
圖 19、1990 至 2014 年張玉姑廟區泥灘涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸.....	43
圖 20、1990 至 2014 年彰濱區水域泥岸游涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸.....	44
圖 21、1990 至 2014 年南岸區水域泥岸游涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸.....	45
圖 22、1990 至 2014 年電廠區水域泥岸游涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸.....	46
圖 23、1990 至 2014 年張玉姑廟區水域泥岸游涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸.....	47
圖 24、1990 至 2014 年彰濱區水岸高草游涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸.....	48
圖 25、1990 至 2014 年南岸區水岸高草游涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸.....	49
圖 26、1990 至 2014 年電廠區水岸高草游涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸.....	50
圖 27、1990 至 2014 年張玉姑廟區水岸高草游涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸.....	51
圖 28、1990 至 2014 年三樣區大杓鷸每年每季量豐度對於年的簡單線性迴歸 ...	52
圖 29、1990 至 2014 年四樣區黑嘴鷗每年每季量豐度對於年的簡單線性迴歸 ...	53
圖 30、1990 至 2014 年大肚溪口四樣區各地景面積長期趨勢及各年地景面積與 1990 年地景面積的相對百分比.....	54
圖 31、彰濱區大地衛星影像分類結果	55
圖 32、南岸區大地衛星影像分類結果	56

圖 33、電廠區大地衛星影像分類結果	57
--------------------------	----

圖 34、張玉姑廟區大地衛星影像分類結果	58
----------------------------	----



表目錄



表 1、各同功群與對應棲地類型	59
表 2、大肚溪口各樣區 1990 至 2014 年水鳥、陸鳥歷年平均相對量豐度	60
表 3、取用遙測影像的類型、時間、潮高與波段組合	61
表 4、1990 至 2014 年大肚溪口各樣區各季的同功群水鳥種豐度與平均量豐度對 於年的簡單線性回歸（調整後的相關係數 R_{adj2} ）	62
表 5、1990 至 2014 年大肚溪口特色鳥種每年量豐度對於年的簡單線性回歸（調 整後的相關係數 R_{adj2} ）	63

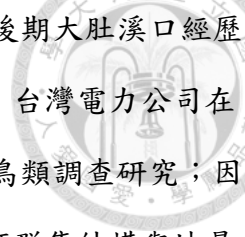
前言

濕地為人類提供許多重要的生態系服務，例如調節氣候、提供食物和工作、娛樂和旅遊、形成人類文化等 (Russi et al. 2013)。同時濕地土壤內蘊涵大量營養鹽，支撐起龐大的無脊椎動物相，包括線蟲與橈足類、軟體動物、甲殼類動物，是高級消費者如鳥類、大型魚類的食物來源 (Levin 2001)。要了解一地區物種的族群變遷，長期調查與監測很重要，並可推測造成群集變動的可能原因。其中水鳥有長期遷徙及群棲在濕地上的特性，使牠們容易觀察及監測，是探討生物多樣性及濕地狀況的良好指標 (Wetlands International 2012)。

臺灣位於世界九大候鳥遷徙線之一的東亞澳遷徙線 (East Asian-Australasian Flyway, EAAF) 上。遷徙線指的是候鳥每年往返度冬地與繁殖地的路線，候鳥會在遷徙線上的休息並覓食補充能量。EAAF 北起阿拉斯加、南至紐澳，每年約有上千萬隻候鳥在 EAAF 上遷徙 (EAAFP 2019)，而臺灣位在此遷徙線上的重要位置，其中沿岸的濕地更是候鳥重要的棲息地點。

位於臺中市與彰化縣河海交界處的大肚溪口被國際自然資源保護聯盟 (International Union for Conservation of Nature, IUCN) 列為國際重要濕地之一，也是 EAAF 上的重要地點 (Bamford et al. 2008)。中華民國野鳥協會 (1992) 及李培芬 (1996) 指出大肚溪口曾為臺灣最大的水鳥棲息地之一，鳥類的種類、隻數、密度均為全台之冠，其擁有廣闊的海域、四公里寬的潮間帶、沙洲、河流、新生地、耕作地、魚塭等；由大肚溪中、下游沖刷而來的有機物質，於此地積聚蘊成豐富的底棲生物，曾每年吸引大量候鳥、過境鳥停留。1987 到 1998 年之間，大肚溪口觀察到的鳥類紀錄共 15 目，48 科，231 種 (吳森雄 1999)。

地景生態學 (Landscape Ecology) 主要探討地景鑲嵌塊的空間分布與地景因子間的交互作用，並可瞭解地景與生態間的交互作用 (Forman and Gordon 1986; Wiens 1992)，進而應用在生物多樣性維護 (Hudson 1991)、自然資源管理 (Harris 2013) 等。



地景改變是造成鳥類群集改變的重要原因之一。1980 年代後期大肚溪口經歷台中火力發電廠建置、彰濱工業區復工等工程使地景產生改變；台灣電力公司在 1987 年台中火力發電廠建置後，委託台灣野鳥資訊社進行長期鳥類調查研究；因此可透過長期鳥類調查資料與地景的變遷，了解大肚溪口的鳥類群集結構與地景變遷的關係。

過往大肚溪口的研究有將 1988 至 1996 年的水鳥分為鸕鶿類、雁鴨科、鷗科、鷺科類群探討群集變動，發現四類群在不同樣區呈現不同的趨勢（呂正仁 1997）、利用 SPOT 衛星影像探討 1987 年、1995 年、1998 年間的地景變遷，發現沿海工業區的開發導致大面積的魚塭與濕地轉為陸地利用型態（陳添水 2002）、探討 1998 年前的地景變遷與涉水鳥同功群的關係，發現魚塭、淺水塘的消失，使雁鴨同功群在大肚溪口消失，而不同的鸕鶿類水鳥，在地景變遷後族群數量恢復的程度不同（尤少彬 2005）；以上研究主要集中在 1998 年前，因目前 1998 年後的地景變遷狀況以及鳥類群集結構的研究較少，故本研究以台灣野鳥資訊社對大肚溪口近二十年的鳥類調查資料進行分析，了解鳥類群集變遷狀況；利用大地衛星影像分析大肚溪口的地景變遷，並主要以地景變化探討水鳥群集的變遷。

材料與方法



研究樣區

大肚溪口位在台中市與彰化縣交界的出海口，研究樣區主要是依照台灣電力公司委託台灣野鳥資訊社進行大肚溪口鳥類調查的分區（台灣電力股份有限公司 2014），分別位於大肚溪口的南岸與北岸，由南到北、由外而內依序為彰濱區、南岸區、電廠區、張玉姑廟區、汙水處理池（圖 1），各區有不同的環境與地景變化，以下分區描述：

彰濱區

位於彰化縣伸港鄉，是海埔新生地，包含彰濱工業區的部分區域，在工業區尚未設廠前，有部分養殖魚塭與養鴨場，宛如沼澤區，1993 年後彰濱工業區復工，此區漸漸填土成為礫石地及木麻黃防風林的環境類型，堤岸外是二至三公里的潮間帶，潮間帶灘地有地方居民養殖青蚵和進行蝦蛄採集（台灣野鳥資訊社 1988；台灣電力股份有限公司 1990；呂正仁 1997）。

南岸區

位於彰化縣伸港鄉，堤岸外為潮差兩公里的潮間帶，潮間帶灘地有蝦蛄採集，堤岸內主要是 1984 至 1990 年建置的養殖魚塭。大肚溪口南岸河床是一大片墾殖地，種植花生、番薯、西瓜等（台灣野鳥資訊社 1988；台灣電力股份有限公司 1990；呂正仁 1997）。吳森雄 (1999) 指出南岸東北側及廢棄魚塭有傾倒廢土垃圾的現象。

電廠區

位於台中市龍井區，位於大肚溪口北岸，北邊鄰接台中港，原為海埔新生地，佔地 281 公頃，在 1985 年已填土成為火力發電廠。主要調查區環境以灘地及防風林為主，而吳森雄 (1999) 指出防風林已招砍伐。電廠南邊排水溝圳沿廠區出海，溝邊泥濘地延伸至大肚溪口，連接電廠南邊堤岸外的潮間帶（台灣野鳥

資訊社 1988；台灣電力股份有限公司 1990；呂正仁 1997)。

張玉姑廟區


位於彰化縣伸港鄉，位於中彰大橋上游約三公里處，廟後到大肚溪口堤岸間有高大的木麻黃和黃槿防風林，早期是鷺鷥營巢處（中華民國野鳥協會，1992），吳森雄（1999）指出大部分樹林已闢為工業用地。堤岸外有沙洲可提供水鳥覓食、棲息，在 1990 年開始有採砂場的設置，而在 1992 年後因為採砂場進行採砂的工作而使得河口沙洲被破壞，採砂場於 2000 年後逐漸停止運作（台灣野鳥資訊社 1988；台灣電力股份有限公司 1990；呂正仁 1997）。

汗水處理池

位在龍井區麗水村，與火力發電廠區以排水溝圳之隔，廢水來自台中港關連工業區，經沉澱、日光曝曬後排除於大肚溪口北岸出海口，主要有十個長寬各為 50 公尺、30 公尺的池子，水位的高度經常有變化，水深為 20 至 50 公分間，其間有小土堆、旱地、蘆葦、香蒲叢。池子中央有一廢棄建物，周圍有榕樹、黃槿、木麻黃等。本區外圍有廢棄農耕地、養殖池（台灣野鳥資訊社 1988；台灣電力股份有限公司 1990；呂正仁 1997）。吳森雄（1999）指出由於汗水曝曬後產生之惡臭及蚊蟲危害，已停止日光曝曬，只保留兩個池子改建為汗水處理場，其餘池子呈乾涸狀態，使高莖植物消失。

鳥類資料來源與處理

資料來源為台灣電力公司委託台灣野鳥資訊社在 1990 至 2014 年進行的大肚溪口鳥類調查數據。本研究主要以其中四個樣區-彰濱區、南岸區、電廠區、張玉姑廟區進行分析（汗水處理池在使用遙測影像做地景分析時，有解析度上的限制，無法清楚的判別池子水位高低或放乾與否，難以探討地景與鳥類群集變遷之關聯，故只有在全區鳥類、水鳥群集分析時有將汗水區納入計算）。調查方式在 1990 至 2006 年為每週一次的穿越線調查法與定點調查法，一年 52 至 53 次；



2007 年至 2014 年改以每週兩次的調查頻度（台灣電力股份有限公司 2019），只以觀察到的鳥種列為紀錄，僅有鳴聲者，不列入紀錄（調查路線在附錄一）（台灣野鳥資訊社 1988）。資料來源的鳥類種類數與個體數為每三個月加總，一月至三月、四月至六月、七月至九月、十月至十二月，以下稱第一季、第二季、第三季、第四季。在進行鳥類群集分析時，鳥種數以每季出現過的種類為種豐度，鳥類數量以每季出現的總個體數除以調查頻度所得的平均數為量豐度，分析時已將 16 種海鳥、迷鳥、籠中逸鳥或引進種鳥種排除（鳥種屬性在附錄二）。在資料缺值上，缺少 2009 年、2010 年的分區資料、1992 年第四季、1993 年第二季、1994 年第一季與第二季資料，而 2014 年僅有第一季資料。

資料分析

生態同功群

生態同功群為生物群集的基本單位 (Simberloff and Dayan 1991)，主要以鳥種對於資源的利用情形加以區分。本研究的生態同功群分類主要參考林明志 (1994)、戴漢彰 (2009) 所分類，將鳥類依照其使用的棲地類型分為泥灘涉禽、水域泥岸游涉禽、水岸高草游涉禽、水岸性陸禽、樹林性陸禽、草原性陸禽、空域飛禽七大類（表 1）。其中又將泥灘涉禽、水域泥岸游涉禽、高草泥岸游涉禽歸類為水鳥同功群；水岸性陸禽、樹林性陸禽、草原性陸禽歸類為陸鳥同功群。各鳥種的生態同功群分類在附錄二。

群集分析

計算全區鳥類、水鳥各季的種豐度、量豐度，以及四樣區水鳥各區、各季的種豐度、量豐度。表 2 為四樣區 1990 至 2014 年平均水鳥與陸鳥量豐度百分比。彰濱區、南岸區、電廠區的水鳥分別佔 85 %、85 %、74 %，故這三區只討論水鳥的群集組成變化，張玉姑廟區水鳥與陸鳥分別佔 41 %與 59 %，此區會分別討論水鳥與陸鳥的群集組成變化。

生態指數分析

使用 Jaccard 相似性指數 (Jaccard 1912) 了解水鳥在不同年間的物種組成相似程度，指數越高代表兩個採樣年間的鳥種組成越相似；使用 Simpson 均勻度指數 (Magurran 2004) 了解水鳥量豐度百分比的均勻程度，指數越高代表各水鳥量豐度百分比組成越均勻。計算公式與定義如下：

$$\text{Jaccard 相似性指數：} C_J = \frac{J}{(A + B - J)}$$

A：出現於 A 單位的水鳥種數；

B：出現於 B 單位的水鳥種數；

J：出現於 A 單位且同時出現於 B 單位的水鳥種數。

$$\text{Simpson 均勻度指數：} E = \frac{H'}{\ln S}$$

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i ;$$

P_i：該次調查中第 i 種水鳥量豐度所佔的百分比；

S：該次調查中的水鳥種數。

同功群長期趨勢分析

為了進一步了解水鳥組成的差異，每樣區水鳥以同功群分群，將每年每季三個水鳥同功群的種豐度、平均量豐度分別對於年進行簡單線性迴歸 (Simple Linear Regression)，得知每年每季水鳥同功群的長期趨勢。

指標水鳥長期趨勢分析

指標水鳥主要有大杓鷸、黑嘴鷗，大肚溪口的大杓鷸族群曾為臺灣地區最大的度冬族群 (劉照國 2002)；符合 IBA (2015) A1 準則的黑嘴鷗曾穩定出現在大肚溪口整區 (王克孝等 2015；廖世卿 2004)。分析方式是以個別鳥種每年每季量豐度對於年進行簡單線性迴歸，了解兩種水鳥在大肚溪口的長期趨勢。

本研究的統計分析皆以 R studio 3.5.1 (R Core Team, 2018) 進行。



地景資料來源與分析

衛星影像選擇

利用衛星影像探討 1990 至 2014 年大肚溪口地景變化。於美國地質調查局 (USGS) 網站下載已經大氣校正的大地衛星 (Landsat-5, 7, 8) 層級二影像，空間解析度為 30 公尺。為了避免 5 月至 9 月大肚溪的豐水期（內政部 2017）導致灘地面積變化太大，選擇十月至四月之間的影像；且退潮的影像才能觀察灘地的面積變化，參考中央氣象局海象測報中心提供的台中港潮高逐時資訊，選擇潮高介於-130 公分至-190 公分之間的影像（表 3）。

衛星影像分類

非監督式分類可由使用者自訂分類後的光譜群集數，由遙測軟體自動依據影像中每個像元 (pixel) 的光譜資訊分類成不同的群集 (cluster)，使類別之間的差異大於相同類別內的差異。混合監督式與非監督式分類 (Hybrid Supervised and Unsupervised Training) 指的是將自訂分類的光譜群集設定成較多類別，再將初步分類後的光譜群集影像細分成少數類別的方式，此法可提升只單獨使用監督式或非監督式分類的準確度。

本研究先利用 ArcGIS 10.6 進行樣區影像切割，再以 ERDAS IMAGINE 內建 K Means 群集分析進行非監督式分類。將各樣區影像像元分為 40 類光譜群集，設定影像重複進行群集歸類的最大迭代次數為 30 次，收斂閾值設定為 100 %（孫筱雲 2012）。再將 40 類的光譜群影像與原始 Landsat 影像（附錄三）、各年 SPOT 衛星影像圖（由國立中央大學太空及遙測研究中心的 SPOT 衛星資料開放平台網站取得 1996 年後的線上衛星影像）、Google Earth Pro 影像進行比對分類，最後分類完的地景類別是灘地、魚塭或海水、建物、植生或稻田、旱地或休耕地（植生覆蓋度低的土地）。並比較自 1990 年至 2014 年各樣區內不同地景的面積與其每年相對於第一年的百分比。

除了使用混合式監督式與非監督式分類來量化各地景變遷面積外，同時使用

Landsat 影像、SPOT 衛星影像圖、Google Earth Pro 的每年影像，判斷大型人造地
景的改變。



結果



群集組成

大肚溪口全區鳥類、水鳥種豐度呈下降趨勢（圖 2、3），全區鳥類、水鳥量豐度在 1992 至 1999 年下降，2000 年後逐漸上升，主要是第一季、第四季回升，且前期量豐度以水鳥為主（圖 2、3）。

四樣區整體水鳥同功群的種豐度呈下降趨勢（圖 4、5、6、7）；量豐度在 1992 至 1999 年下降，2000 年後逐漸上升（圖 4、5、6、7）；而種豐度的下降，Jaccard 相似性指數上升（圖 8、9、10、11）、Simpson 均勻度指數上升（圖 12、13、14、15），表示大肚溪口水鳥群集組成趨向集中於少數鳥種上。

四樣區泥灘涉禽、水域泥岸游涉禽、水岸高草游涉禽水鳥同功群的種豐度、量豐度呈現不同的趨勢，以下分開描述：

彰濱區泥灘涉禽同功群的長期趨勢只有種豐度呈顯著的下降，量豐度無明顯趨勢（圖 16、表 4）；南岸區種豐度呈顯著的下降，而第一、第二、第四季量豐度呈顯著的上升（圖 17、表 4）；電廠區種豐度、量豐度大多呈現顯著的上升（圖 18、表 4）；張玉姑廟則是種豐度、量豐度大多無明顯趨勢，只有第四季量豐度呈顯著的上升（圖 19、表 4）。量豐度在彰濱區、南岸區、張玉姑廟區的個別鳥種上大多呈現下降趨勢，但整體同功群的長期趨勢大多未達顯著下降，甚至還有上升的趨勢，主因為優勢種鳥種東方環頸鴿、黑腹濱鴿量豐度上升所造成。至 2014 年為止，南岸區泥灘涉禽的種豐度、量豐度為四區中最好的地區，一直穩定出現的鳥種除了東方環頸鴿、黑腹濱鴿外，還有灰斑鴿、蒙古鴿、鐵嘴鴿、小環頸鴿、磯鴿、青足鴿、翻石鴿、紅胸濱鴿等鳥種。

彰濱區、南岸區、張玉姑廟區的水域泥岸游涉禽同功群分別呈現不同的長期趨勢，但共通點為水域泥岸游涉禽內的雁鴨科、鷺科鳥類種豐度、量豐度長期趨勢分別呈現下降與上升，使多數分析無明顯趨勢。而彰濱區早期的雁鴨科的種豐

度、量豐度居四區之冠，才導致長期趨勢大多呈現顯著的下降（圖 20、表 4）；南岸區近年雁鴨科量豐度回升，而無明顯趨勢（圖 21、表 4）；張玉姑廟區因大量的雁鴨科消失，使種豐度、量豐度呈顯著的下降，但第二季、第三季的種豐度卻呈顯著的上升，主因為此區水域泥岸游涉禽多樣性較低，易受過境鷗科影響（圖 23、表 4）；電廠區與其他三區不同，2000 年前無雁鴨科存在，第一季種豐度與量豐度顯著的上升是受過境鷗科影響（圖 22、表 4）。至 2014 年為止，南岸區水域泥岸游涉禽的種豐度、量豐度為四區中最好的地區，有小水鴨、琵嘴鴨、花嘴鴨、高蹺鴿、蒼鷺與大白鷺等鳥種。

四個地區的水岸高草游涉禽量豐度長期趨勢主要是單一鳥種黃頭鷺所影響，而種豐度的上升或下降趨勢是黃頭鷺以外的鳥種出現或消失所造成。彰濱區顯示種豐度呈顯著的下降，量豐度只有第四季呈顯著的下降，1998 年後主要為黃頭鷺鳥種（圖 24、表 4）；南岸區種豐度無明顯趨勢、量豐度只有兩季呈顯著的上升（圖 25、表 4）；電廠區種豐度在第一季、第四季呈顯著的上升，主因是 2011 年後出現紅冠水雞、白腹秧雞，量豐度則只有在第一季呈顯著的上升（圖 26、表 4）；張玉姑廟區的種豐度、量豐度呈顯著的下降（圖 27、表 4）。至 2014 年為止，南岸區水岸高草游涉禽的種豐度、量豐度為四區中最好的地區，有黃頭鷺、紅冠水雞、田鴿、彩鴿等鳥種。

張玉姑廟區的陸鳥種豐度呈波動狀態；量豐度在 1990 至 1996 年間呈大幅下降趨勢，1999 年後陸鳥量豐度恢復（附錄四），量豐度下降最多的是夜鷺，其餘陸鳥如綠繡眼、白頭翁、麻雀量豐度上升，至 2014 年為止，張玉姑廟區的陸鳥種豐度多於水鳥，且陸鳥量豐度已達總豐度的 57%。

指標水鳥長期趨勢

大杓鵝在彰濱區呈顯著的下降 ($R^2 = 0.13, p < 0.001$)；南岸區無明顯趨勢；電廠區呈顯著的上升 ($R^2 = 0.15, p < 0.001$)（圖 28、表 5）；張玉姑廟區只有 1990

年、1991 年兩筆大杓鷸紀錄。

黑嘴鷗在彰濱區、南岸區、電廠區、張玉姑廟皆呈顯著的下降 ($R^2 = 0.10, p < 0.01$; $R^2 = 0.16, p < 0.001$; $R^2 = 0.05, p < 0.05$; $R^2 = 0.04, p < 0.05$) (圖 29、表 5)。



地景變遷

彰濱區

此區主要地景變遷為灘地面積、魚塭面積下降，建地面積上升。地景按照面積大小依序為灘地、建物、魚塭，其中灘地面積約占總面積的 50 %。1991 至 2014 年，灘地面積從 701 公頃減少至 575 公頃，只剩原本面積的 82 %，1996 到 1999 年間部分堤防外灘地轉為「台灣招潮蟹的故鄉」人造提岸；建物面積從 208 公頃增加至 284 公頃，為原本面積的 137 %；魚塭面積從 139 公頃減少至 46 公頃，只剩原本面積的 33 % (圖 30)，地景變化主要是 1992 至 1998 年間魚塭轉變成彰濱工業區 (圖 31)。

南岸區

此區主要地景變遷為灘地面積下降，稻田或植生面積的上升，魚塭面積無太大變化。地景按照面積大小依序為灘地、建物與旱地或休耕地、魚塭、稻田或植生，其中灘地面積約占總面積的 40 %。1991 至 2014 年，灘地面積從 1075 公頃減少至 886 公頃，只剩原本面積的 82 %，1991 年的灘地面積明顯大於其他年的灘地面積；建物及旱地或休耕地面積從 347 公頃減少至 298 公頃，只剩原本面積的 86 %；魚塭面積從 147 公頃減少至 126 公頃，只剩原本面積的 86 %，以上三類地景變化主要是 1993 年魚塭西邊新建魚塭堤岸、2012 年後北側魚塭拆除轉為灘地；而部分旱地或休耕地轉為稻田，使稻田或植生面積從 9 公頃增加至 55 公頃，為原本面積的 574 % (圖 30、32)。



電廠區

此區主要地景變遷為建物面積上升、灘地面積、植生面積下降。地景按照面積大小依序為建物、灘地、植生，其中建物面積約占總面積的 57 %。1991 至 2014 年，建物面積從 514 公頃增加至 804 公頃，為原本面積的 156 %；灘地面積從 198 公頃減少至 112 公頃，只剩原本面積的 56 %；植生面積從 77 公頃減少至 35 公頃，只剩原本面積的 46 %（圖 30），地景變化主要有 1997 至 2010 年電廠東北邊由植生轉為工廠以及 2001 至 2014 年電廠西邊填海造陸，灘地轉為建物（圖 33）。

張玉姑廟區

此區主要地景變遷為灘地面積、旱地或休耕地面積下降，建物面積、植生或稻田面積增加。地景按照面積大小依序為灘地、旱地或休耕地、建地、植生或稻田。1991 至 2014 年，灘地面積從 177 公頃減少至 140 公頃，為原本面積的 79 %，灘地的變化與河道的改變有關，尤其 2006 年河道縮窄使灘地比 2002 年增加了 63 公頃；旱地或休耕地面積從 196 公頃減少至 100 公頃，只剩原本面積的 51 %；建地面積從 68 公頃增加 150 公頃，為原本面積的 219 %（圖 30），地景變化主要有西南邊的旱地或休耕地轉為建地、1994 年台 17 線完工以及 2004 年至 2007 年台 17 線再次施工；而防風林與稻田的增加，使植生或稻田面積從 42 公頃增加 86 公頃，為原本面積的 200 %（圖 34）。

討論



地景變遷的影響

地景的變遷造成棲地的改變會使鳥類群集結構也隨之改變 (林明志 1994; 林芳儀 2001; 林佩佩 1995), 人為干擾會影響水鳥休息, 甚至會使水鳥移動到其他地區, 造成數量減少 (Kirby et al. 1993; Pfister et al. 1992)。大肚溪口整體灘地面積下降; 彰濱區在 1998 年前魚塭面積大量下降轉為彰濱工業區; 吳森雄 (1999) 指出南岸東北側及廢棄魚塭有傾倒廢土垃圾的現象; 電廠區在 1985 至 1997 年、2000 到 2005 年間陸續完成了填海造陸、一號機組到十號機組的施工工程 (艾奕康工程顧問股份有限公司 2014); 張玉姑廟區 1990 至 2000 年間多處抽砂廠以及垃圾處理廠 (蘇國治 1998; 蘇國治 1999), 吳森雄 (1999) 指出此區大部分樹林已闢為工業用地。整體而言, 在 1999 年前大肚溪口地景變遷、人為干擾較明顯, 因此推測大肚溪口整體水鳥的種豐度、量豐度約在 1992 至 1999 年減少的原因與整體大肚溪口的地景變遷、人為干擾有關。至 2014 年為止, 量豐度雖有回升, 但種豐度的下降與 Jaccard 相似性指數的上升、Simpson 均勻度指數的上升, 代表大肚溪口水鳥種豐度與量豐度趨於集中在少數鳥種上, 泥灘涉禽主要為東方環頸鴿、黑腹濱鴿; 水域泥岸游涉禽主要為蒼鷺、大白鷺; 水岸高草游涉禽主要為黃頭鷺。

至 2014 年為止, 南岸區為水鳥種豐度、量豐度最多的地區, 此區魚塭面積變化不大, 使泥灘涉禽受到的影響較少; 植生或稻田面積的上升, 使水域泥岸游涉禽、水岸高草游涉禽種豐度、量豐度增加。電廠區灘地面積、植生面積下降, 建物面積上升, 但泥灘涉禽、水域泥岸游涉禽、水岸高草游涉禽的種豐度、量豐度皆上升, 是因為此區大範圍的地景變遷是在 1985 年開始, 比其他樣區早, 使得 1990 年前水鳥的種豐度、量豐度較低, 而 2000 年後地景變遷趨向緩和, 使所有同功群水鳥種豐度、量豐度漸漸回升。張玉姑廟區灘地面積、旱地面積下降,

建物面積、植生面積增加，此區環境與 1990 年初期相比更適合陸鳥生存，陸鳥從 1990 年佔總豐度的 38 %到 2014 年佔總豐度的 57 %。




地景變遷對泥灘涉禽的影響

泥灘涉禽主要有鷸科、鴿科鳥類；漲潮時鷸科、鴿科會選擇天空能見度高的魚塭堤岸群棲休息，以降低掠食風險（黃馨儀 2013；Bai 2018），且偏好距離覓食灘地近的休息地，可節省能量消耗（黃馨儀 2013；Rogers et al. 2006），而休息地又會進一步影響水鳥是否選擇在此區覓食，進而限制族群大小（Rogers et al. 2006）。魚塭面積在彰濱區、南岸區有不同的面積變化，以下分開討論。

1990 初期，彰濱區泥灘涉禽的種豐度、量豐度為四樣區之冠，但隨著魚塭面積下降，水鳥的休息棲地減少，可能導致泥灘涉禽的種豐度、量豐度在 1996 到 1999 年快速下降；2000 年後地景變化趨向緩和，但種豐度並未回升，減少的鳥種集中在鷸科（小青足鷸、鷹斑鷸、赤足鷸、中杓鷸、黠鷸、大杓鷸、黑尾鷸、斑尾鷸、寬嘴鷸、彎嘴濱鷸）；相對於彰濱區，南岸區的地景變化較少，但也因 2000 年前整區大肚溪口干擾甚大，使南岸區的泥灘涉禽種豐度下降（太平洋金斑鷸、反嘴鷸、白腰草鷸、赤足鷸、中杓鷸、大杓鷸、黑尾鷸、斑尾鷸、大濱鷸、寬嘴鷸消失）。兩區的量豐度雖逐漸回升，但主要集中在鴿科、黑腹濱鷸及翻石鷸少數鳥種上；原因之一可能是黑腹濱鷸和翻石鷸相對於赤足鷸、斑尾鷸和大杓鷸更可接受人為干擾的環境（Davidson and Rothwell 1993）。至 2014 年為止，南岸區尚有魚塭、灘地等地景，此區的泥灘涉禽種豐度、量豐度為四區之冠。

地景變遷對於水域泥岸游涉禽的影響

水域泥岸游涉禽適應的棲地主要為水池地、泥灘及淺水開闊地（林明志 1994），水域泥岸游涉禽中的雁鴨科與同群鷺科趨勢不同，以下分開討論。



彰濱區、南岸區、張玉姑廟區雁鴨科鳥類的種豐度、量豐度都在 1995 年後下降，只有南岸區於 2011 年後雁鴨科穩定出現並恢復量豐度，甚至種豐度上升。推測雁鴨科量豐度下降的原因除了有國際溼地組織的水鳥族群估計 (Wetlands International 2018) 雁鴨科普遍族群量豐度下降外；中華民國野鳥協會 (1992) 指出雁鴨科主要出現在彰濱區灘地休息，還會滯留於南岸區沙洲、張玉姑廟區溪段；台灣野鳥資訊社 (1988) 指出彰濱區在工業區未設場前，此處宛如沼澤區；而稻田、積水的台地和閒置土地形成暫時的沼澤環境，提供雁鴨科休息的地方以及大型無脊椎動物、多種植物等食物來源 (Bai et al. 2018; Furuno 2012; Toral and Figuerola 2010)。在 1992 到 1999 年間，彰濱區工業區的設立、灘地建起「台灣招潮蟹的故鄉」，地景的改變及人為干擾使雁鴨科可以利用的環境減少，可能是彰濱區雁鴨科種豐度與量豐度下降的其中一個原因；南岸區的魚塭在 1984 至 1990 年間就已興建完成，1990 年後地景變遷較彰濱區少，又植生地與稻田面積漸漸上升，使雁鴨科種豐度、量豐度再次增加；張玉姑廟區的植生面積上升，但主要是防風林面積上升，並非雁鴨科可以使用的棲地類型。

水域泥岸游涉禽中的鷺科占較大的量豐度百分比，大肚溪口常見的鷺科有小白鷺、大白鷺、蒼鷺，黃郛凱 (2013) 指出此三種水鳥都喜歡水深較深的魚塭跟廢棄水池；彰濱區的魚塭面積與灘地面積的下降，導致此區的小白鷺、大白鷺在 1996 至 1998 年量豐度下降；而南岸區雖灘地面積下降，但魚塭面積並無太大變化，使小白鷺、大白鷺量豐度下降沒有彰濱區明顯；張玉姑廟區的小白鷺、大白鷺則是 1992 年後量豐度下降，推測與灘地的變化，大部分樹林消失轉為工業用地以及多處抽砂廠、傾倒垃圾 (吳森雄 1999；蘇國治 1998；蘇國治 1999) 有關。相較之下雁鴨科在干擾後量豐度回升幅度小，但鷺科在干擾後的量豐度波動較小，與 Sebastián-González 等 (2010) 提出，相較於其他科水鳥，鷺科對棲地的偏好性較低；鷺科較其他水鳥如雁鴨科更能忍受人為干擾，並較易成為優勢種 (Black-faced Spoonbill Conservation Association 2013) 有關。最後，大肚溪口的蒼

鷺在 1990 年代早期量豐度較少，而整區的蒼鷺在 2003 年後量豐度都逐漸上升，到 2011 年已成為鷺科主要鳥種；Mashiko 與 Toquenaga (2014) 指出從 1994 年開始日本的蒼鷺族群無論是數量或範圍都快速擴張，可能是蒼鷺有快速適應食物變化的能力 (Adams and Mitchell 1995)，且蒼鷺能最快速的建立小且獨立的族群，甚至可以在未曾有鷺科建立過的地點建立新族群，推測大肚溪口蒼鷺量豐度的上升可能與適應力有關。

地景變遷對於水岸高草游涉禽的影響

到 2014 年為止，適合水岸高草游涉禽的樣區為南岸區。1992 年前種豐度最高的樣區是彰濱區、南岸區，但彰濱工業區施工後，適合秧雞科的低平原濕地、泥沼地、池塘（劉小如等 2012a）消失，使彰濱區種豐度下降（緋秧雞、田鶺、白腹秧雞、中白鷺消失）；而南岸區植生面積不斷上升，使適合水稻田、草澤灘地、池塘水淺處的彩鶺、田鶺（劉小如 2001；劉小如等 2012a；劉小如等 2012b）於 2011 年後量豐度上升，且到 2014 年止南岸區的種豐度是四區中最高的地區。1992 年前量豐度最高的樣區是張玉姑廟區，主要集中在黃頭鷺鳥種，然而大部分樹林消失轉為工業用地（吳森雄 1999）、旱地面積下降，適合黃頭鷺的地景消失，使張玉姑廟水岸高草游涉禽的量豐度下降；在 2011 年後，黃頭鷺主要出現在地景變化不大的南岸區；且黃頭鷺有群居性，又比同體型的小白鷺在競爭高品質的巢穴和築巢材料上具有較高的侵略性，這也可能是黃頭鷺量豐度上升的原因之一 (Dami et al. 2006)。

地景變遷對於指標鳥種的影響與建議

大杓鶺會選擇距離風力發電機較遠、距道路較遠、能見度較高的地區（林家琪 2015）；蚵架是造成大杓鶺數量較少的原因之一 (Hilgerloh et al. 2001)；大杓

鷗比黑腹濱鷗、鷗科等更容易受到人為干擾 (Davidson and Rothwell 1993)，綜合以上，彰濱區堤岸旁設立風力發電機、灘地上有許多蚵架、離道路近，推測可能是導致大杓鷗在彰濱區減少的原因。

黑嘴鷗在四個區域都顯著的下降，在 1999 年後幾乎大肚溪口整區的黑嘴鷗族群已消失，本研究紀錄黑嘴鷗最高數量發生彰濱區 1993 年第一季的 2734 隻。黑嘴鷗的繁殖地主要在渤海灣、南韓，度冬地主要在日本西南部沿海、臺灣、華南、華中、海南 (BirdLife International 2018)，Wetlands International (2018) 與 IUCN (BirdLife International 2018) 都指出黑嘴鷗的族群數量減少；Jiang et al. (2010) 指出，中國前大三濕地之一的鹽城國家級珍禽自然保護區 (Yancheng National Nature Reserve, NNR) 內，黑嘴鷗量豐度下降快速，從 1992 年的 1300 隻到 1999 年的 923 隻、2007 年的 575 隻，與 NNR 的棲地快速人工化及入侵種植物互花米草的增加有關；然而 Park (2010) 指出在南韓黑嘴鷗繁殖個體量豐度從 1998 年的 300 隻增加到 2009 的 1300 隻；黑嘴鷗覓食地為潮間帶泥質灘地 (劉小如 2012a；del Hoyo et al. 1996)，大肚溪口多年來已由泥質灘地轉為沙質灘地 (王克孝等 2015；廖世卿 2004)，可能是黑嘴鷗在大肚溪口族群數量下降的原因之一。目前只有 Jiang 等 (2002) 針對黑嘴鷗在中國江蘇省繁殖棲地偏好的研究，臺灣對於黑嘴鷗度冬地或族群趨勢仍沒有深入研究，若要保育黑嘴鷗，建議往後能有更多的基礎研究。

環境管理建議

大肚溪口目前仍被列為台灣重要野鳥棲地 (Important Bird Area, IBA) (王克孝等 2015)，也是 EAAF 上的重要地點 (Bamford et al. 2008)，進行環境管理有助於水鳥生存，以下提出兩個環境管理建議。

鳥類受到干擾會轉移到其他棲息地，尤其最容易受到移動的人及狗影響 (Davidson and Rothwell 1993; Kirby et al. 1993)，電廠區常出現釣客、野狗會驚擾

水鳥（蘇國治 1998；蘇國治 1999），本研究在 2019 年 2 月、4 月野外觀察時，的確看到電廠區岸邊有許多釣客；野狗成群出現在電廠區靠近大肚溪口出海口灘地、南岸區魚塢及灘地上，再加上 2011 年後，電廠區、南岸區的灘地是大杓鵝主要出現的地區，建議加以管制人為出入、野狗問題。

魚塢是目前海岸人工化後，水鳥重要的棲息地之一，其中放乾進行曬池的魚塢池底有泥灘環境適合鵝鵲類利用（楊曼瑜 2006），彰化漢寶、王功的魚塢主要是文蛤養殖池，一年一收，每年約有三到七天的曬池時間（賴彥辰 2009），如南岸區能將魚塢進行分批曬池管理，可增加鵝鵲類覓食地、群棲地面積。但因為魚塢的曬池時間較短，魚塢堤岸是另一個鵝鵲類群棲的重要地點，幾乎所有的鵝鵲類都會選擇長度長、天空能見度高的魚塢堤岸群棲（黃馨儀 2013），賴彥辰 (2009) 指出彰化沿岸的優勢鳥種東方環頸鵲、黑腹濱鵲除了會選長度長、能見度高的堤岸，還偏好於堤岸寬度窄、人為干擾少、坡度緩的堤岸，大肚溪口的優勢鳥種與彰化沿岸相同，以東方環頸鵲、黑腹濱鵲為主，本研究在 2019 年 2 月野外觀察中發現南岸區的魚塢堤岸寬、人車干擾多、雜草高、坡度陡，此些因素不利於鵝鵲類群棲，建議將魚塢堤岸環境稍加改善，增加幾條重點堤岸敏感區供水鳥群棲，營造適合鵝鵲類的群棲地。

引用文獻



- 尤少彬。2005。由涉水鳥同功群探討沿海溼地的生態建設。水域與生態工程研討會論文集。國立台灣大學，臺北市。
- 王克孝等人。2015。臺灣重要野鳥棲地手冊第二版。農委會林務局，中華民國野鳥學會，臺北市。
- 內政部。2017。大肚溪口重要濕地（國家級）保育利用計畫（草案）。內政部，26 頁。
- 中華民國野鳥協會。1992。大肚溪口鳥類資源－蒼茫大澤千鳥飛。彰化縣政府，彰化市。
- 台灣電力股份有限公司。2014。台中發電廠第九、十號機發電計畫環境影響說明書環境監測變更內容對照表（定稿本）。台灣電力股份有限公司，臺北市，221-223 頁。
- 台灣電力股份有限公司。2019。台中發電廠新建然氣機組計畫環境影響說明書（修訂本）。台灣電力股份有限公司，臺北市，2526 頁。
- 台灣野鳥資訊社。1988。大肚溪口鳥類生態調查報告（I）。中華民國野鳥資訊社，臺中市。
- 台灣電力股份有限公司。1990。台中發電廠第五至第八號機發電計畫環境影響評估報告（修訂本）。台灣電力股份有限公司，臺北市，6-302 頁。
- 艾奕康工程顧問股份有限公司。2014。台中發電廠第九十號機發電計畫環境影響說明書－環境監測變更內容對照表。
- 呂正仁。1997。大肚溪口鵲形目、雁鴨科、鷺科鳥類群集族群變動之研究。東海大學碩士論文，臺中市。
- 李培芬。1996。臺灣地區的野生動物保護區。行政院農業委員會，臺北市。
- 林明志。1994。關渡地區鳥類群集動態與地景變遷之關係。輔仁大學碩士論文，臺北市。

林佩佩。1995。關渡自然公園預定地地景變遷對鳥類群集結構的影響。台灣大學碩士論文，臺北市。

林芳儀。2001。地景變遷對於鳥類群集時空分布之影響—以關渡自然公園為例。臺灣大學碩士論文，臺北市。

林家琪。2015。探討度冬大杓鷸族群在彰化灘地之分布。臺灣大學碩士論文，臺北市。

吳森雄。1999。大肚溪口鳥類生態調查研究—八十七年研究報告。台灣電力公司環境保護處，臺北市。

孫筱雲。2012。利用遙測影像探討東沙島周圍海草分布。臺灣大學碩士論文，臺北市。

黃郅凱。2013。台灣西南部臨海共域鷺科鳥類棲地利用與成群行為。成功大學碩士論文，臺南市。

陳添水。2002。遙測應用於大肚溪口地區環境變遷分析。特有生物研究，4: 61-74。

黃馨儀。2013。鵲鴝類岸鳥在魚塭環境的群棲地選擇與偏好。臺灣大學碩士論文，臺北市。

楊曼瑜。2006。不同漁塭經營策略對水鳥組成的影響。臺灣大學碩士論文，臺北市。

廖世卿。2004。台灣重要野鳥棲地手冊。中華民國野鳥學會，臺北市。

賴彥辰。2009。彰濱地區兩種鵲鴝科鳥類日間滿潮利用養殖魚塭堤岸為休息地微環境偏好之研究。東海大學碩士論文。臺中市。

劉小如。2001。台灣海岸地區環境生態敏感區鳥類相調查。行政院環保署，臺北市。

劉小如、丁宗蘇、方偉宏、林文宏、蔡牧起、顏重威。2012a。台灣鳥類誌 (上) 第二版。行政院農業委員會林務局。臺北市。

劉小如、丁宗蘇、方偉宏、林文宏、蔡牧起、顏重威。2012b。台灣鳥類誌 (中)

第二版。行政院農業委員會林務局。臺北市。

劉照國。2002。大肚溪口大杓鷸日間活動模式之研究。東海大學碩士論文，台中市。

蘇國治。1998。大肚溪口野生動物保護區鳥類資源調查及環境監測報告。臺中縣政府，臺中縣。

蘇國治。1999。大肚溪口野生動物保護區鳥類資源調查及環境監測報告。臺中縣政府，臺中縣。

戴漢彰。2009。關渡自然公園棲地經營管理對鳥類相的影響。台灣大學碩士論文，台北市。

Adams, C. E., and Mitchell, J. 1995. The response of a grey heron *Ardea cinerea* breeding colony to rapid change in prey species. *Bird Study* 42: 44-49.

Bai, M. L., Chih, W. C., Lai, Y. C., Lee, P. F., and Lien, Y. Y. 2018. Aquaculture ponds as important high-tide habitats for waterbirds along the west coast of Taiwan. *Ornithological science* 17: 55-67.

Bamford, M., Watkins, D., Bancroft, W., Tischler, G., and Wahl, J. 2008. Migratory shorebirds of the East Asian-Australasian flyway. Population Estimates and Internationally Important Sites. Wetlands International, Oceania, Canberra, Australia.

Black-faced Spoonbill Conservation Association. 2013. Quarterly reports of long-term bird census in Chigu. Available at <http://www.bfsa.org.tw/tc/research-in.php?cn=45>. Accessed on 1 May, 2019.

BirdLife International 2018. *Saundersilarus saundersi*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2018:e.T22694436A132551327. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018->



Dami, L., Bennetts, R. E., and Hafner, H. 2006. Do Cattle Egrets exclude Little Egrets from settling at higher quality sites within mixed-species colonies?. *Waterbirds* 29: 154-163.

Davidson, N. C., and Rothwell, P. I. 1993. Human disturbance to waterfowl on estuaries: conservation and coastal management implications of current knowledge. *Wader Study Group Bulletin* 68: 97-105.

del Hoyo, J., Elliott, A. and Sargatal, J. 1996. *Handbook of the birds of the world Hoatzin to Auks*. Lynx Edicions, Barcelona, Spain.

EAAFP, 2019. What is a Flyway? Available at <https://www.eaaflyway.net/about-us/the-flyway/>. Accessed on 14 June, 2019.

Forman, Richard T. T. and M. Godron. 1986. *Landscape Ecology*. Wiley, New York, New York, USA.

Furuno, T. 2012. *The One Duck Revolution*. Lulu. com.

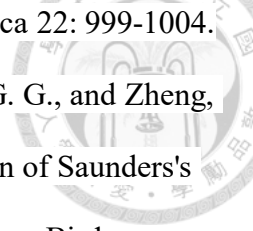
Harris, L.D. 2013. *The fragmented forest: island biogeography theory and the preservation of biotic diversity*. University of Chicago press, Chicago, Illinois, USA.

Hilgerloh, G., O'Halloran, J., Kelly, T. C., and Burnell, G. M. 2001. A preliminary study on the effects of oyster culturing structures on birds in a sheltered Irish estuary. *Hydrobiologia* 465: 175–180.

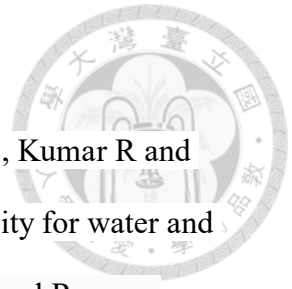
Hudson, W. E. 1991. *Landscape Linkages and Biodiversity*. Island Press, Washington, D.C., USA.

Jaccard, P. 1912. The distribution of the flora in the alpine zone. *New phytologist* 11: 37-50.

Jiang, H., Chu, G., and Hou, Y. 2002. Breeding habitat selection of saunders' gull *Larus*

- 
- saundersi in Yancheng of Jiangsu Province. *Acta Ecologica Sinica* 22: 999-1004.
- Jiang, H. X., Hou, Y. Q., Chu, G. Z., Qian, F. W., Wang, H., Zhang, G. G., and Zheng, G. M. 2010. Breeding population dynamics and habitat transition of Saunders's Gull *Larus saundersi* in Yancheng National Nature Reserve, China. *Bird Conservation International* 20: 13-24.
- Kirby, J. S., Clee, C., and Seager, V. 1993. Impact and extent of recreational disturbance to wader roosts on the Dee estuary: some preliminary results. *Wader Study Group Bulletin* 68: 53-58.
- Levin, L. A., Boesch, D. F., Covich, A., Dahm, C., Erséus, C., Ewel, K. C., Kneib, R. T., Moldenke, A., Palmer, M. A., Snelgrove, P., Strayer, D. and Weslawski, J. M. 2001. The function of marine critical transition zones and the importance of sediment biodiversity. *Ecosystems* 4: 430-451.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring Biological Biversity*. Wiley-Blackwell, Hoboken, USA.
- Mashiko, M., and Toquenaga, Y. 2014. Grey Heron (*Ardea cinerea*) expansion promotes the persistence of mixed-species heron colonies. *Waterbirds* 37: 362-371.
- Park, H. W. 2010. Breeding populations trend of the Saunders' gull (*Larus saundersi Swinhoe*) in Incheon Bay. *Korean Journal of Environmental Biology* 28: 49-55.
- Pfister, C., Harrington, B. A., and Lavine, M. 1992. The impact of human disturbance on shorebirds at a migration staging area. *Biological Conservation* 60: 115-126.
- Rogers, D. I., Battley, P. F., Piersma, T., Van Gils, J. A., and Rogers, K. G. 2006. High-tide habitat choice: insights from modelling roost selection by shorebirds around a tropical bay. *Animal Behaviour* 72: 563-575.
- Rogers, D. I., Piersma, T., and Hassell, C. J. 2006. Roost availability may constrain shorebird distribution: exploring the energetic costs of roosting and disturbance

- around a tropical bay. *Biological Conservation* 133: 225-235.
- Russi, D., ten Brink, P., Farmer, A., Badura, T., Coates, D., Förster, J., Kumar R and Davidson, N. 2013. The economics of ecosystems and biodiversity for water and wetlands. Institute for European Environmental Policy (IEEP) and Ramsar Secretariat, London, UK and Brussels, Belgium.
- Sebastián-González, E., Sánchez-Zapata, J. A., and Botella, F. 2010. Agricultural ponds as alternative habitat for waterbirds: spatial and temporal patterns of abundance and management strategies. *European Journal of wildlife research* 56: 11-20.
- Simberloff, D., and Dayan, T. 1991. The guild concept and the structure of ecological communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 22: 115-143.
- Toral, G. M., and Figuerola, J. 2010. Unraveling the importance of rice fields for waterbird populations in Europe. *Biodiversity and Conservation* 19: 3459-3469.
- Wetlands International. 2012. Waterbird Population Estimates, Fifth Edition. Summary Report. Wetlands International, Wageningen, The Netherlands.
- Wetlands International. 2018. Waterbird Population Estimates. Retrieved from wpe.wetlands.org on 17 Aug 2018.
- Wiens, J. A. 1992. What is landscape ecology, really? *Landscape Ecology* 7: 149-150.



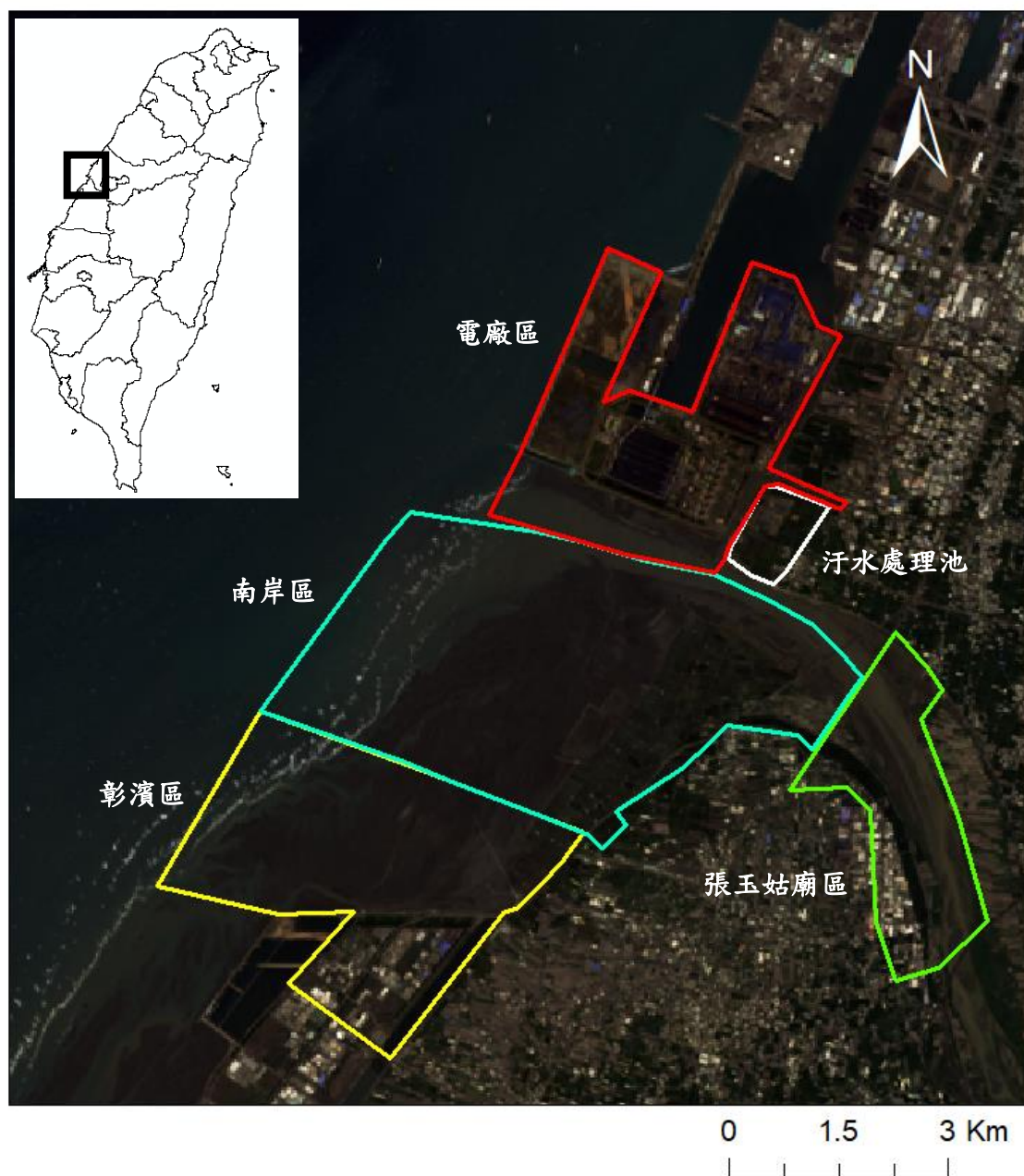


圖 1、研究樣區

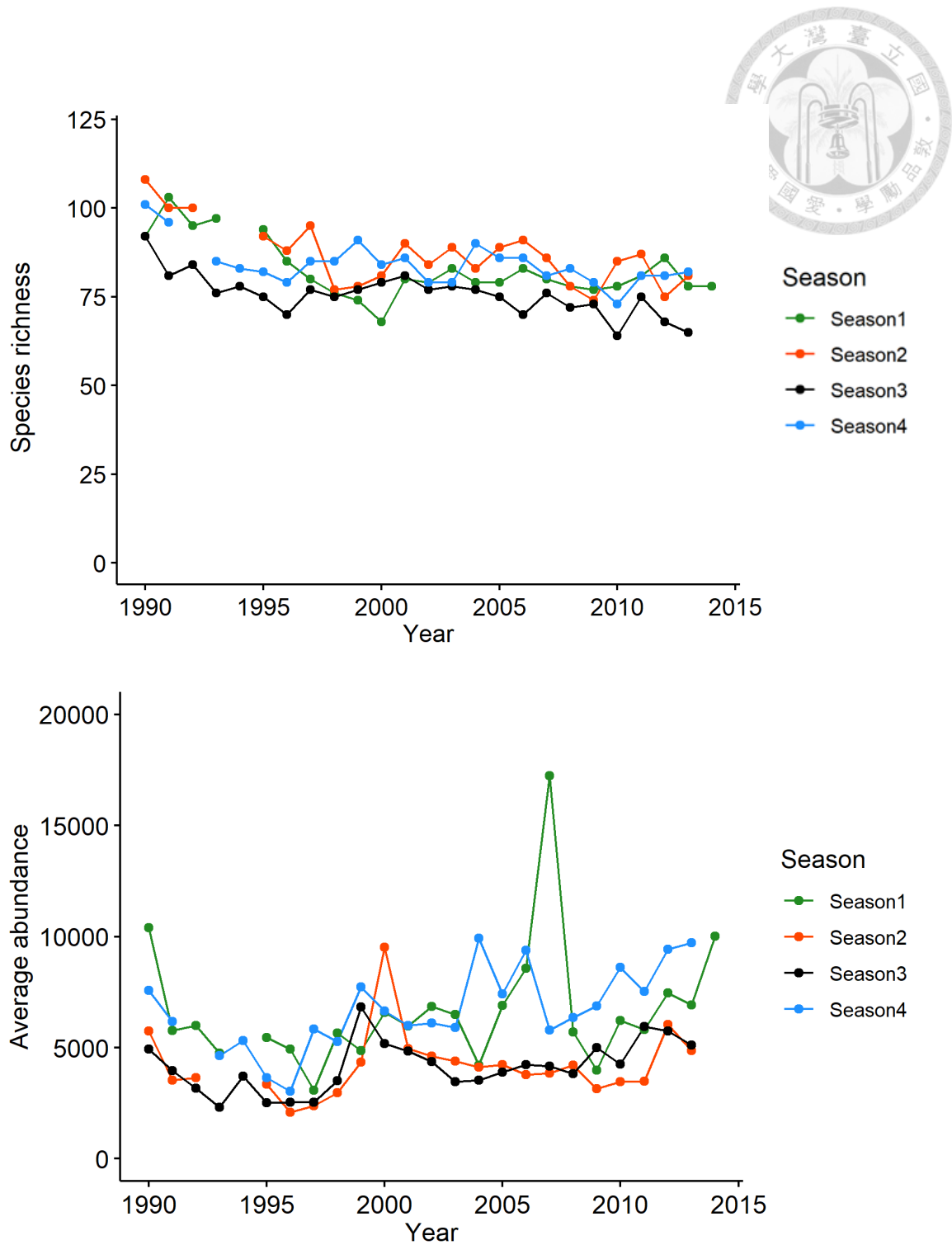


圖 2、1990 至 2014 年大肚溪口全區鳥類每季種豐度、平均量豐度的長期趨勢

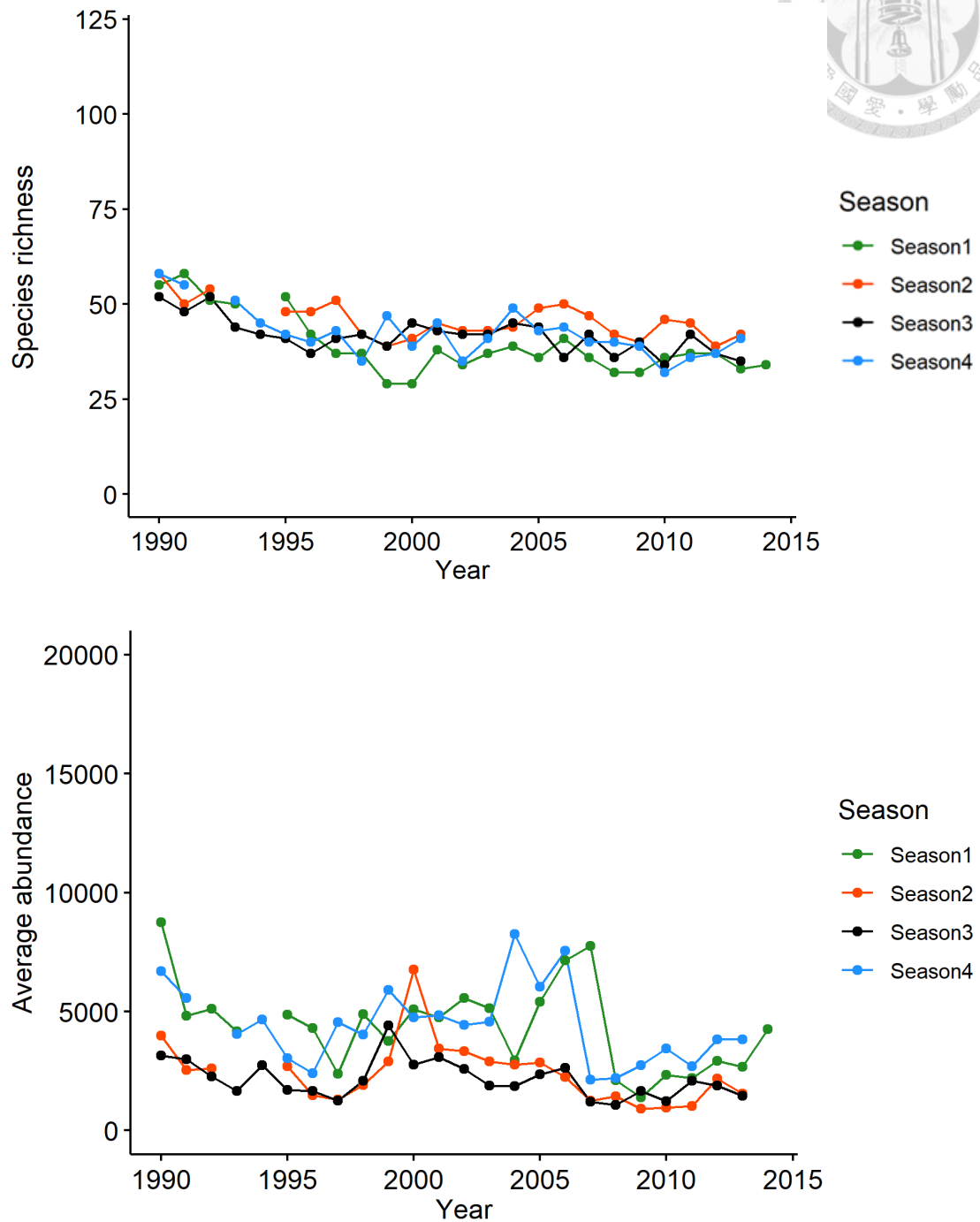


圖 3、1990 至 2014 年大肚溪口全區水鳥每季種豐度、平均量豐度的長期趨勢

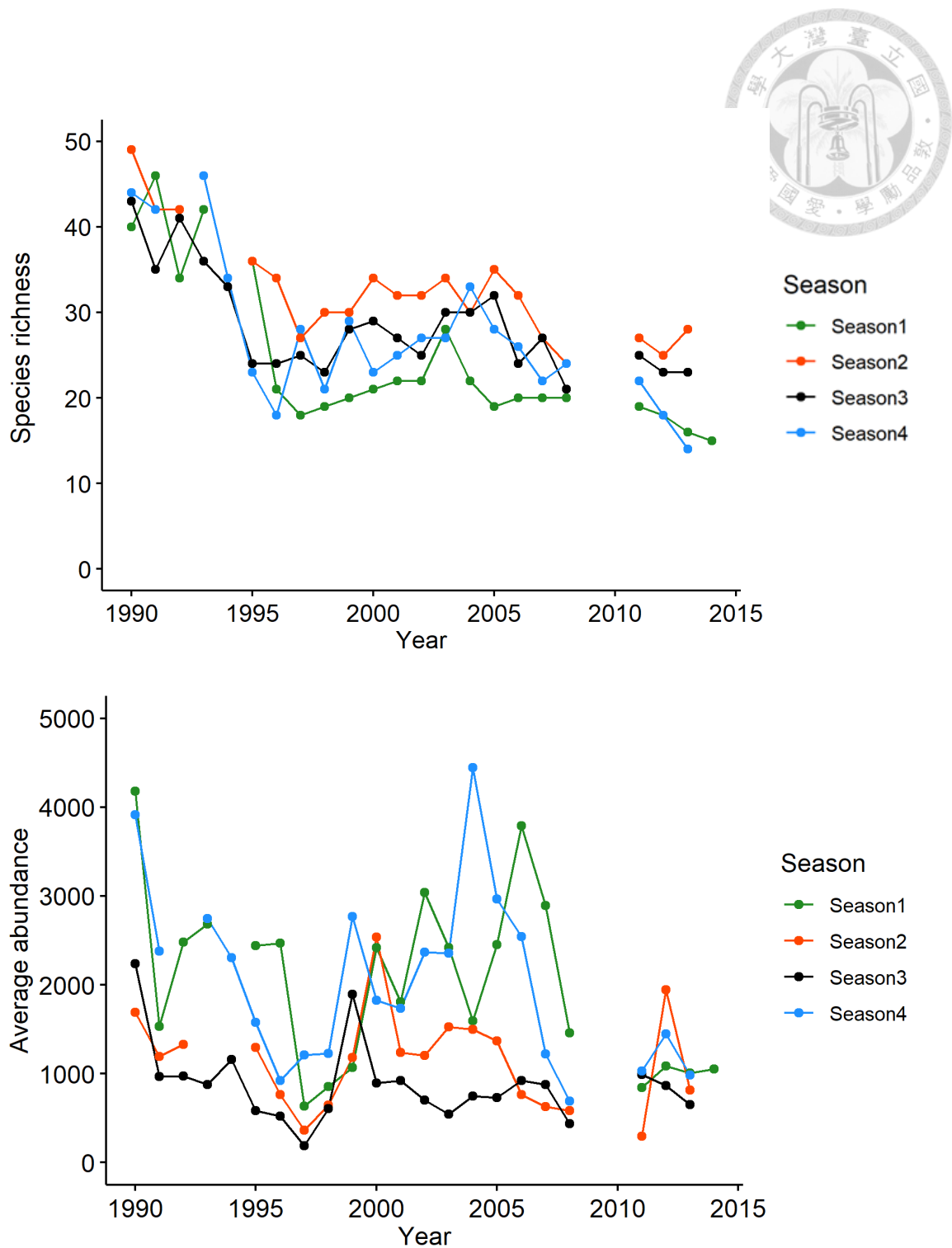


圖 4、1990 至 2014 年大肚溪口彰濱區水鳥每季種豐度、平均量豐度的長期趨勢

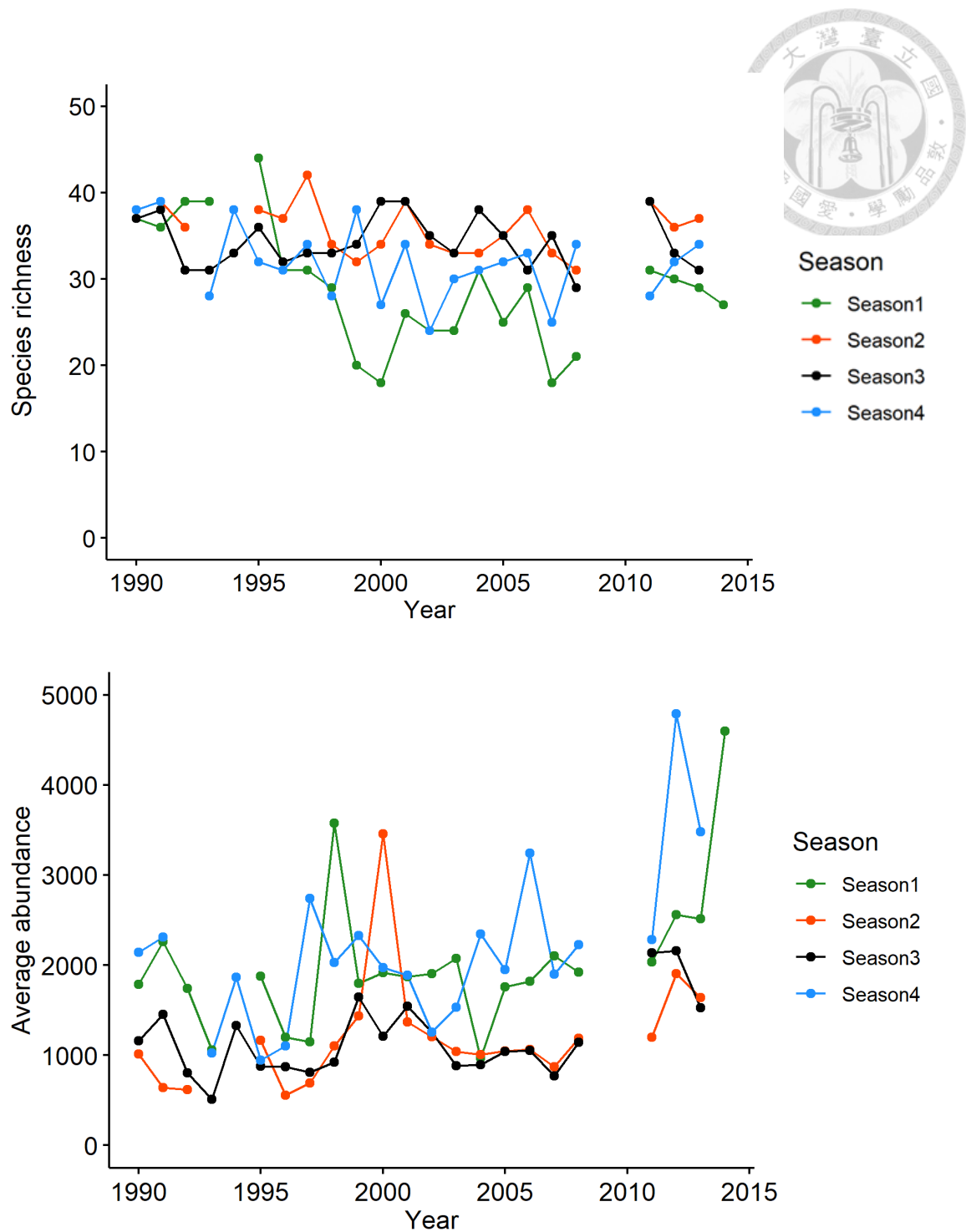


圖 5、1990 至 2014 年大肚溪口南岸區水鳥每季種豐度、平均量豐度的長期趨勢

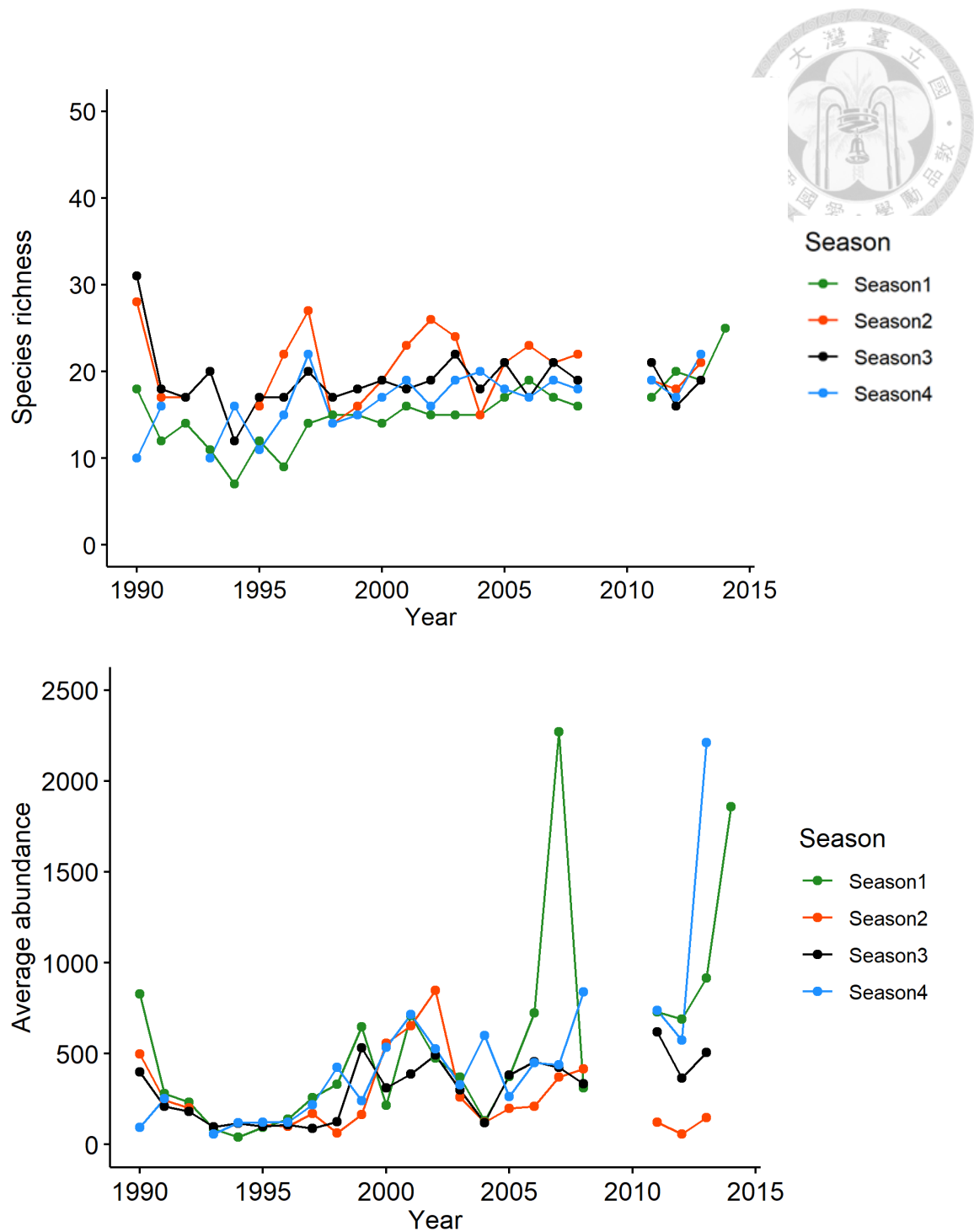


圖 6、1990 至 2014 年大肚溪口電廠區水鳥每季種豐度、平均量豐度的長期趨勢

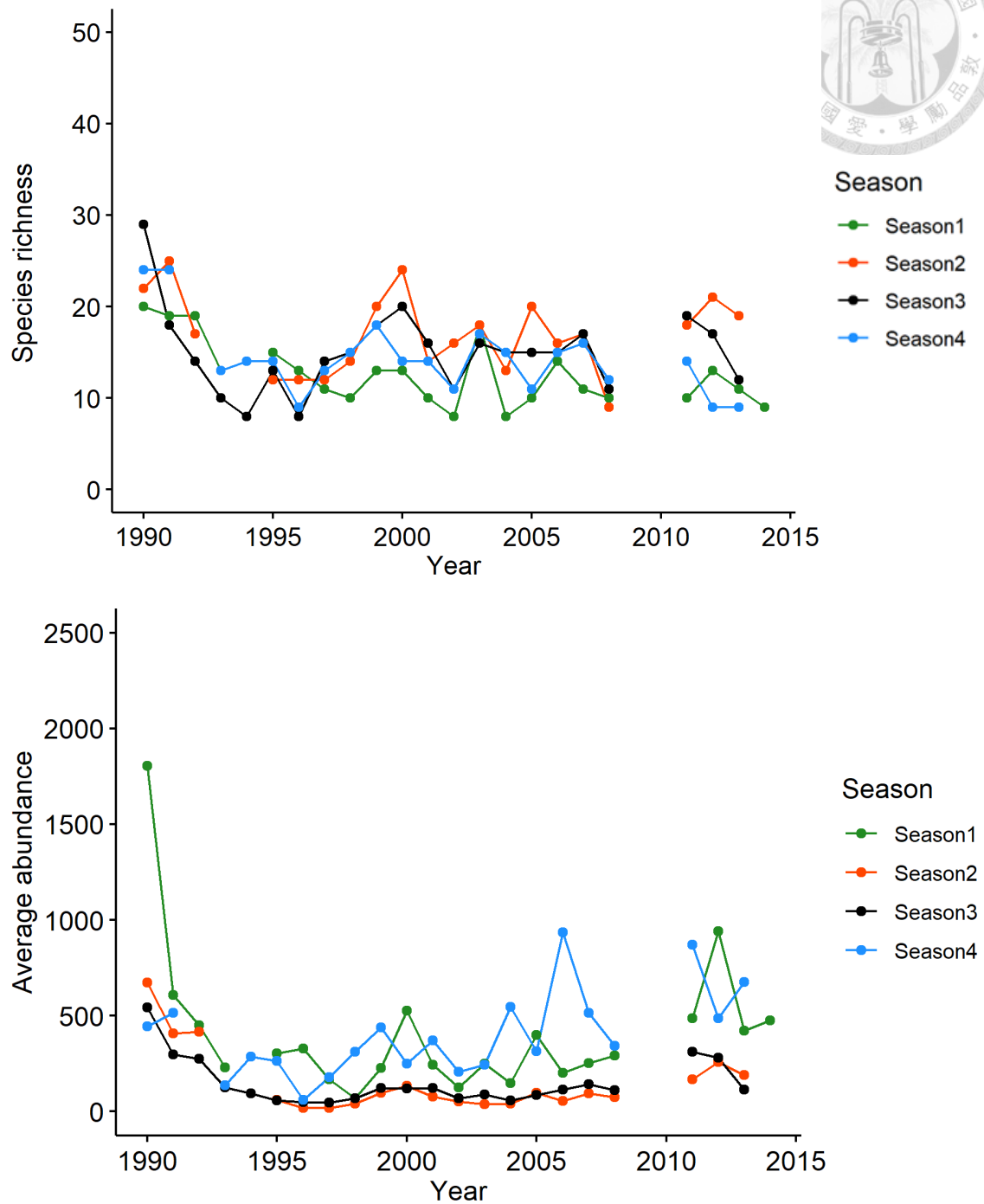


圖 7、1990 至 2014 年大肚溪口張玉姑廟區水鳥每季種豐度、平均量豐度的長期趨勢

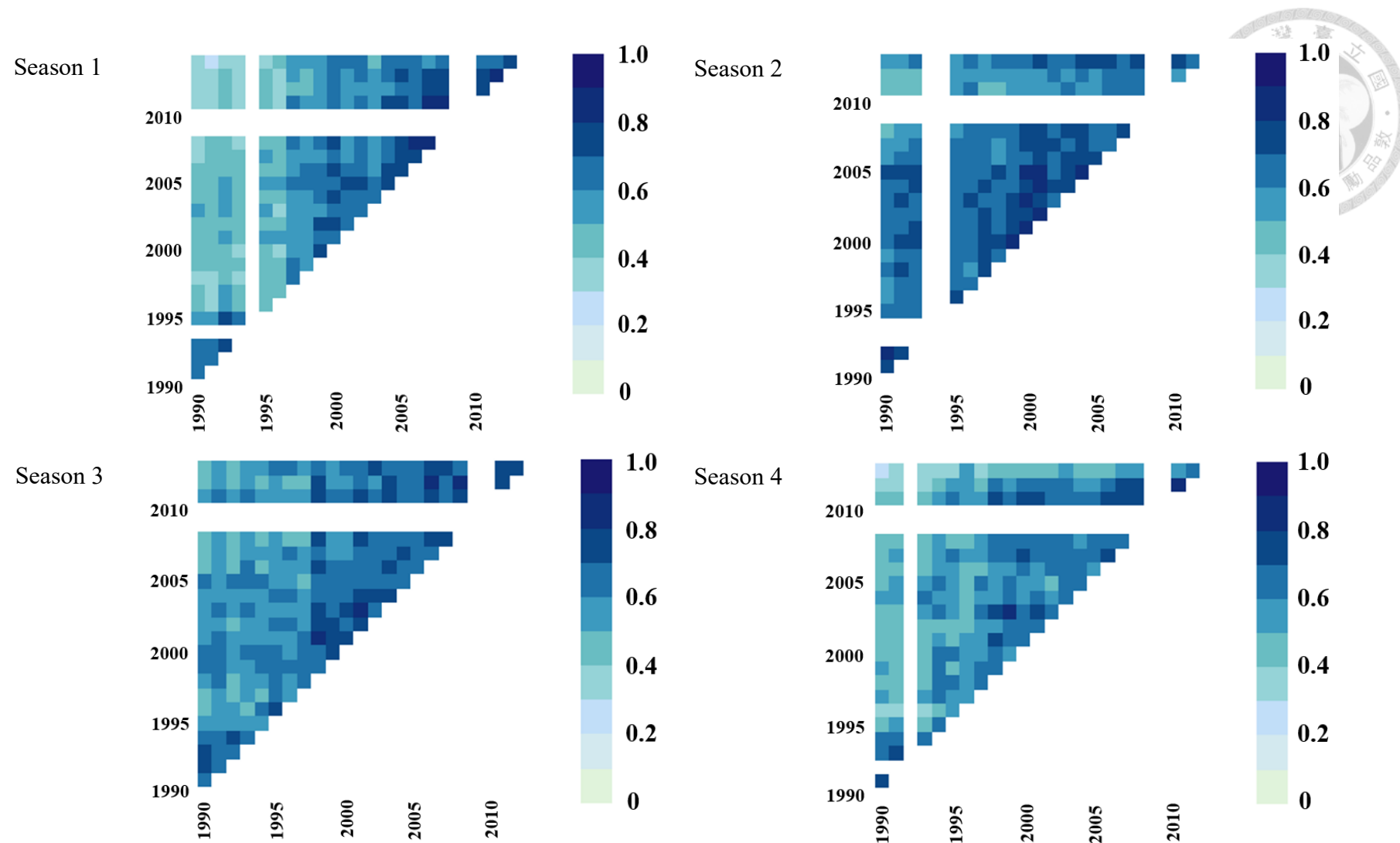


圖 8、1990 至 2014 年彰濱區水鳥 Jaccard 季間相似性指數

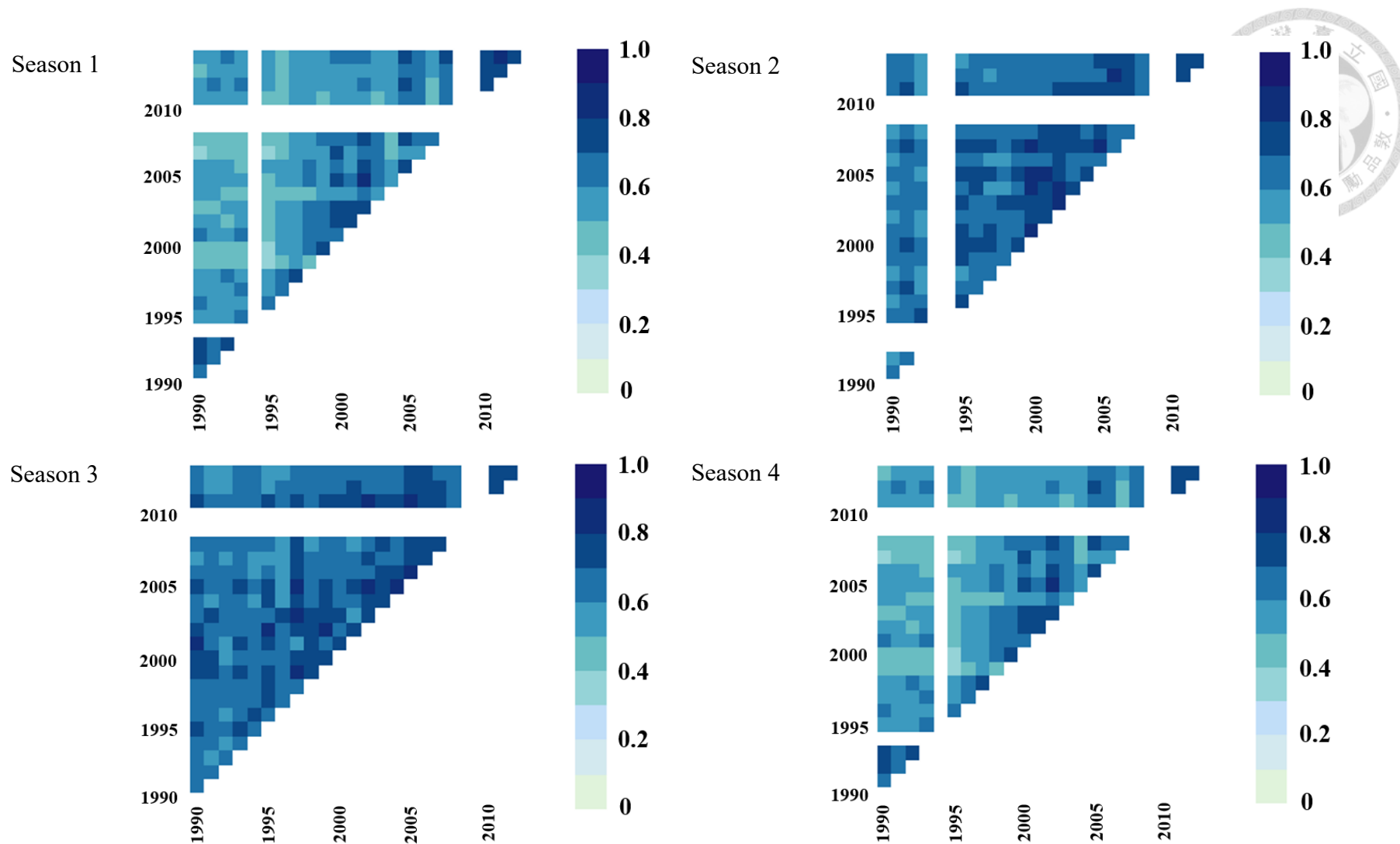


圖 9、1990 至 2014 年南岸廟區水鳥 Jaccard 季間相似性指數

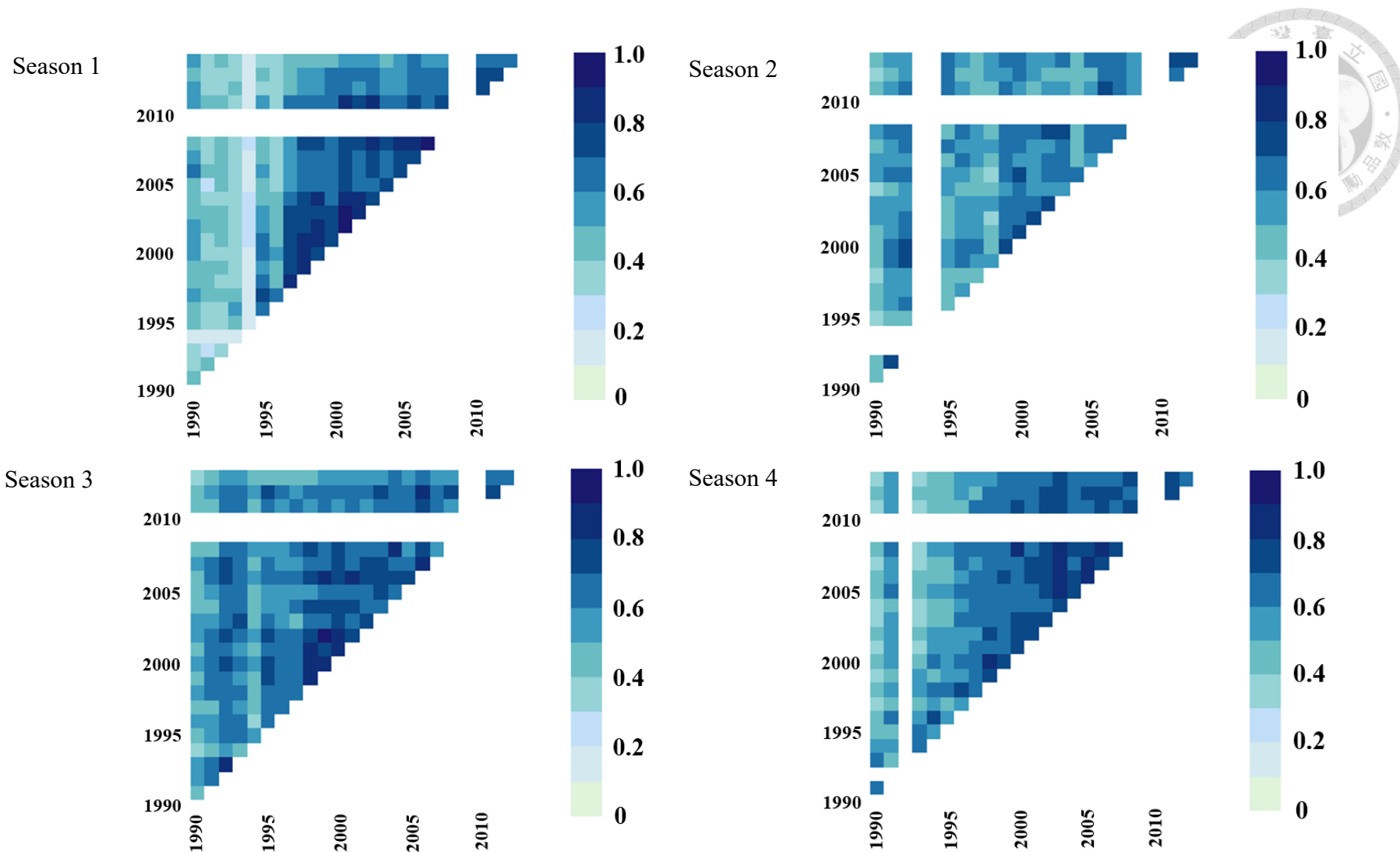


圖 10、1990 至 2014 年電廠區水鳥 Jaccard 季間相似性指數

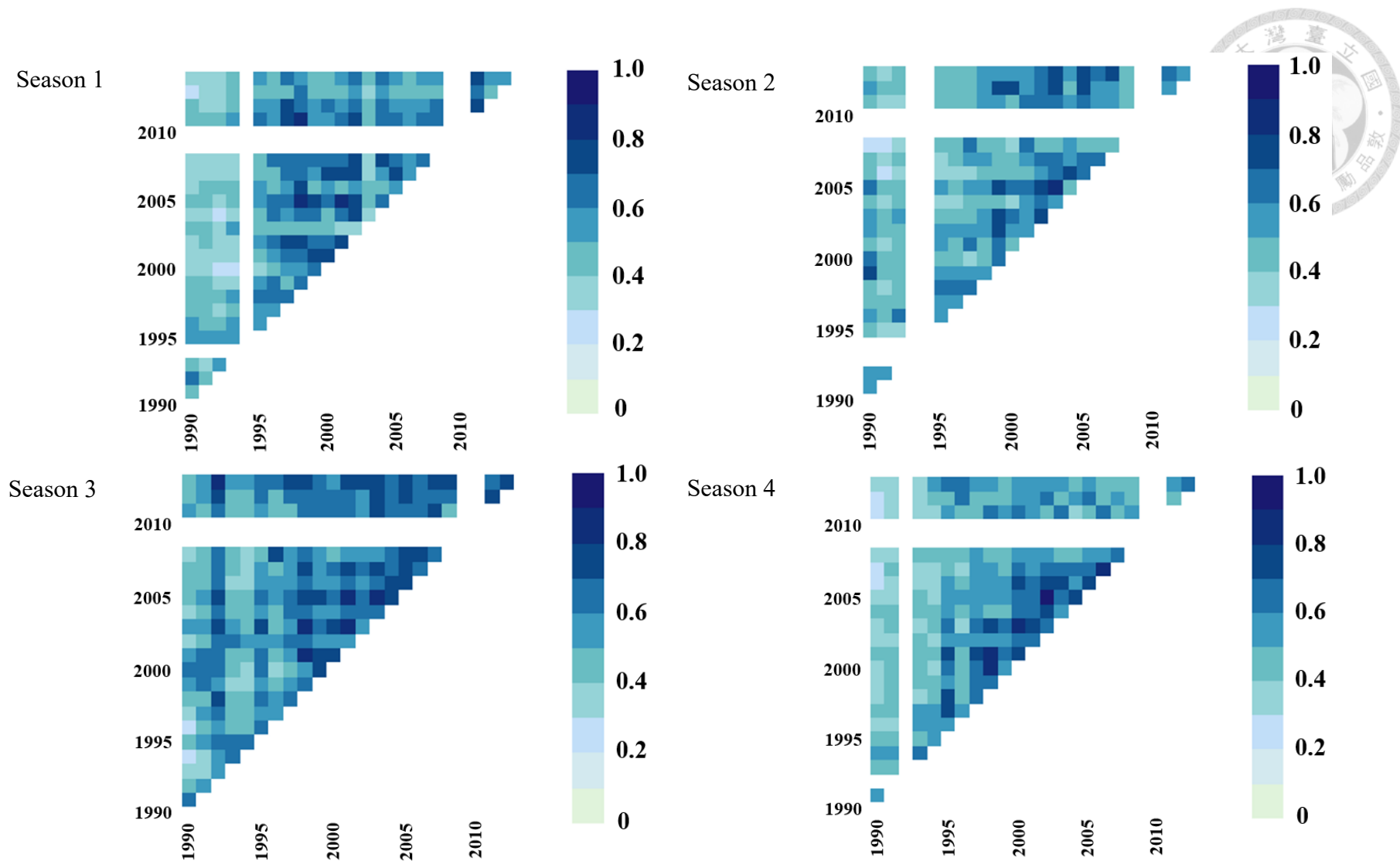
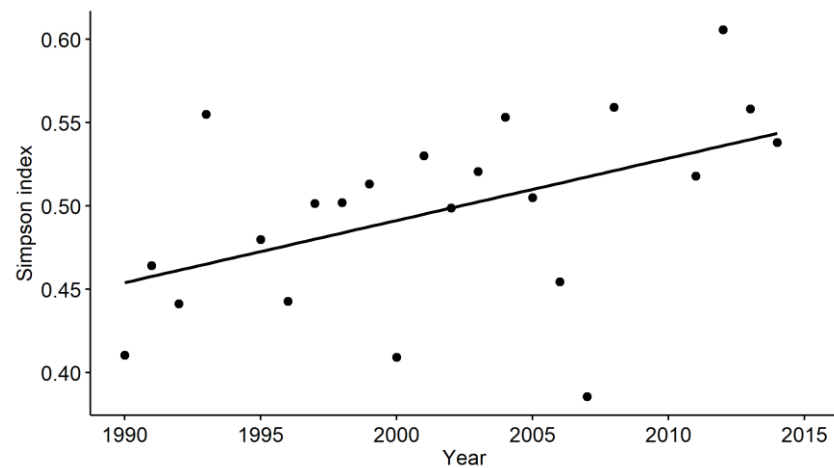


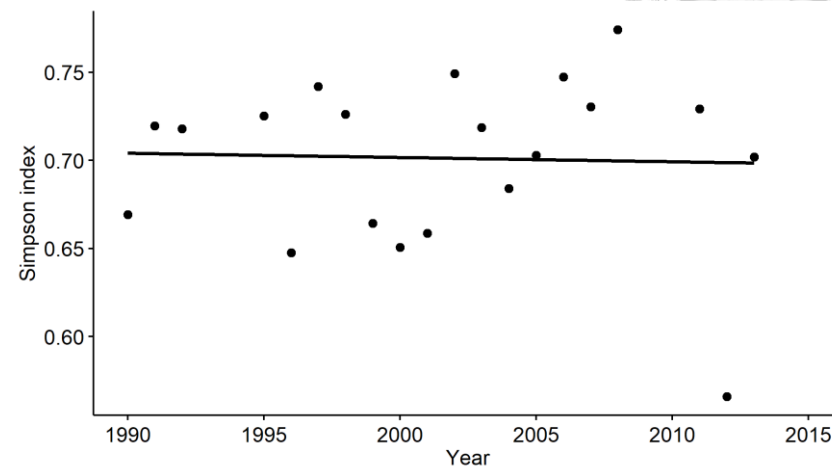
圖 11、1990 至 2014 年張玉姑廟區水鳥 Jaccard 季間相似指數



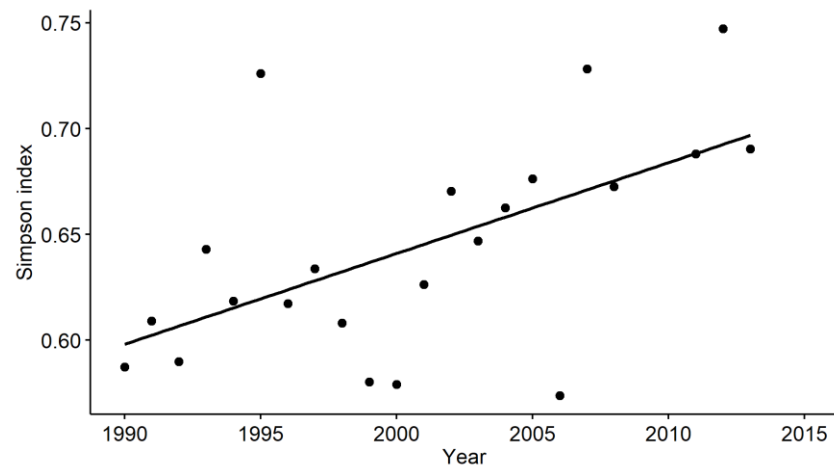
Season 1



Season 2



Season 3



Season 4

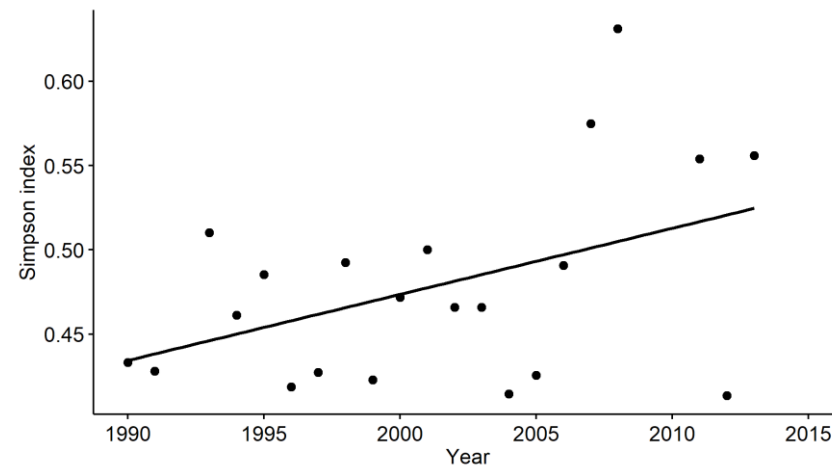
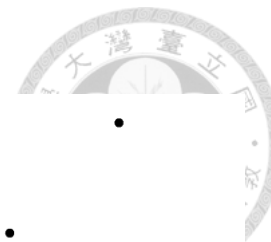
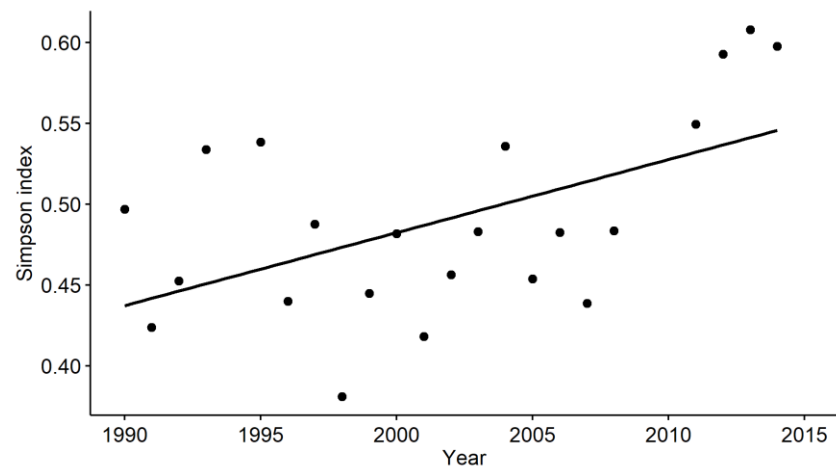


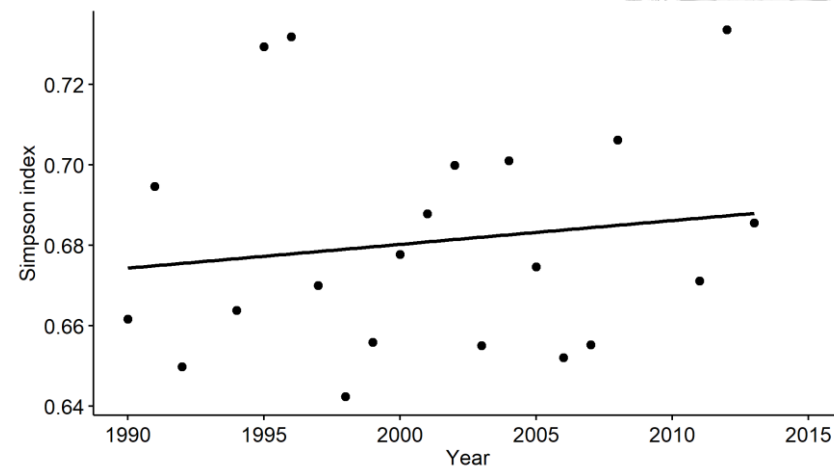
圖 12、1990 至 2014 年彰濱區水鳥四季的 Simpson 均勻度指數



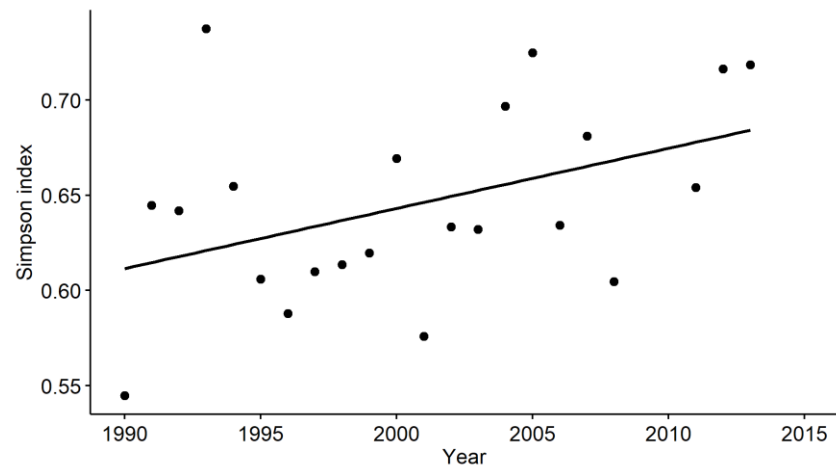
Season 1



Season 2



Season 3



Season 4

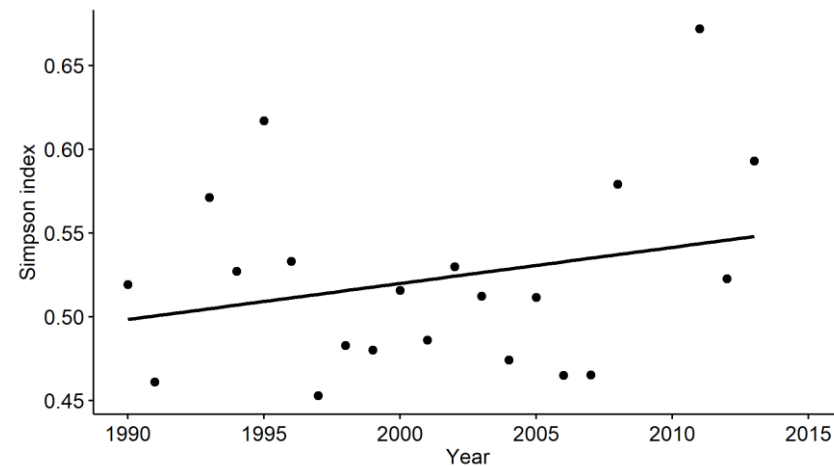
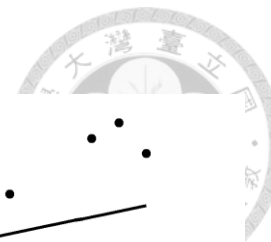
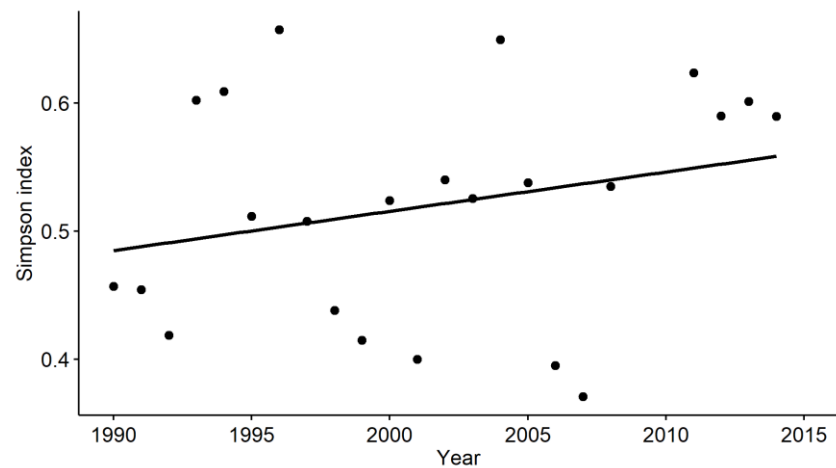


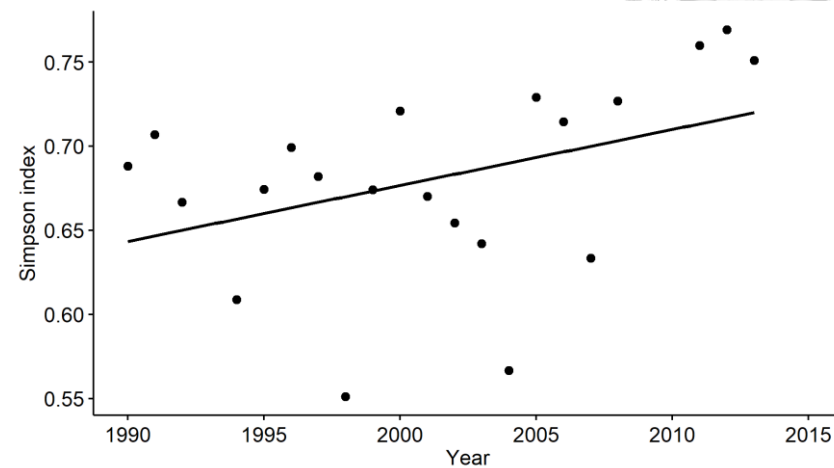
圖 13、1990 至 2014 年南岸區水鳥四季的 Simpson 均勻度指數



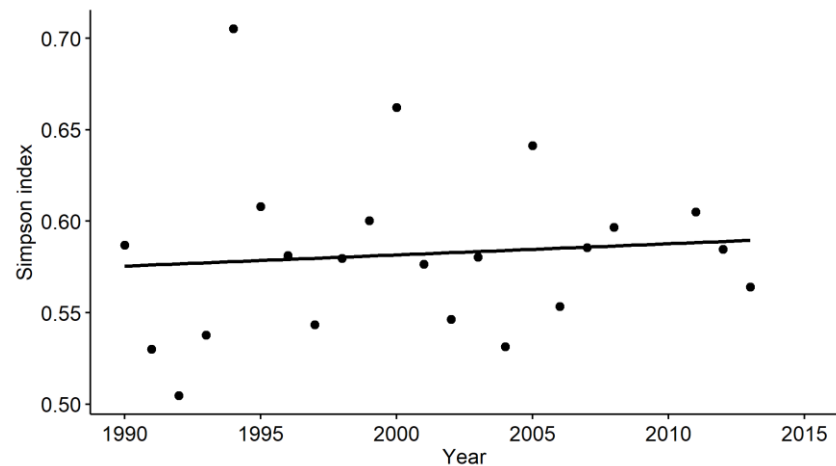
Season 1



Season 2



Season 3



Season 4

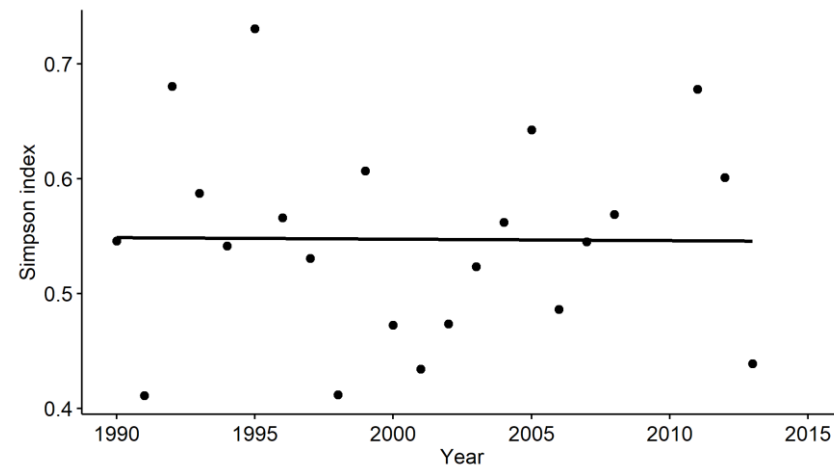
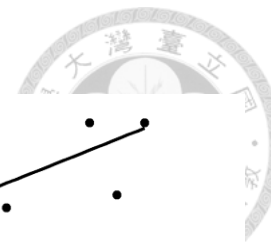
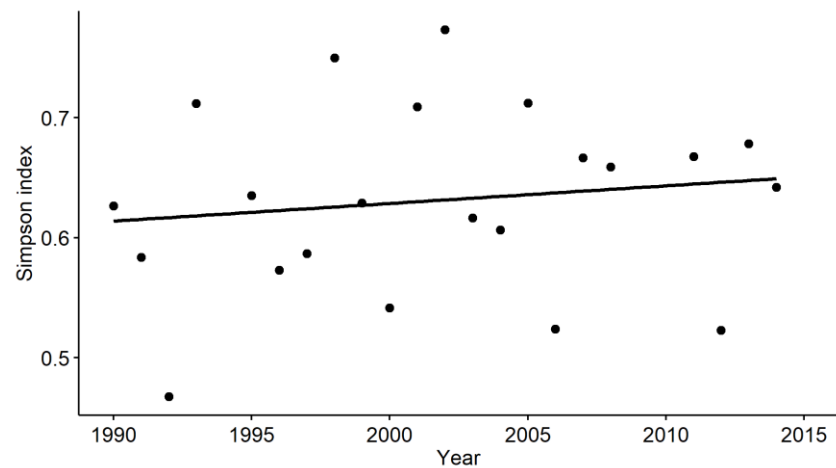


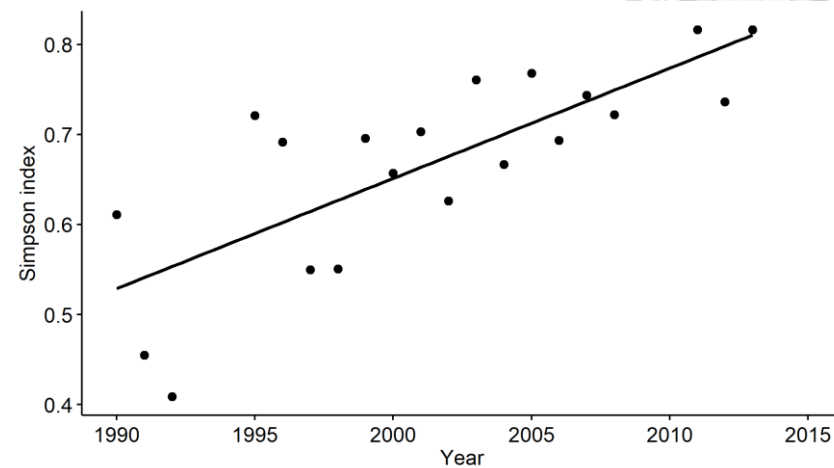
圖 14、1990 至 2014 年電廠區水鳥四季的 Simpson 均勻度指數



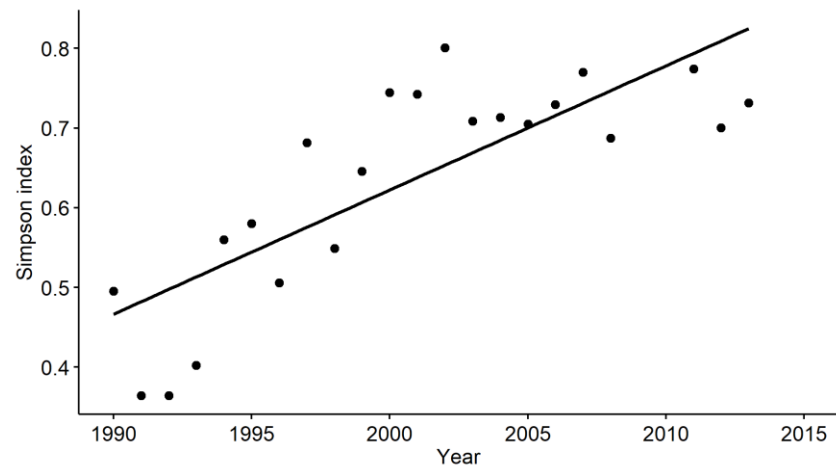
Season 1



Season 2



Season 3



Season 4

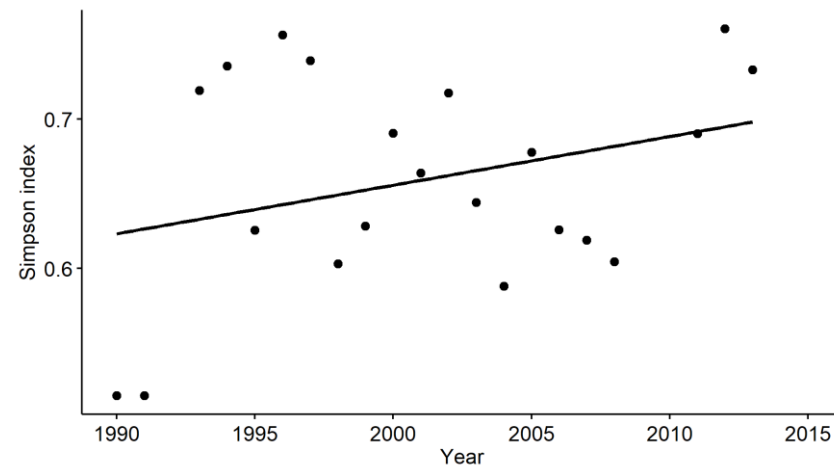
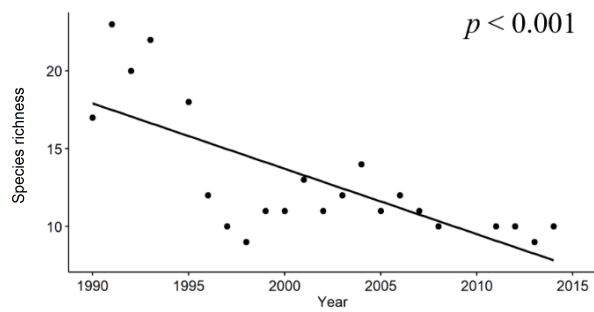


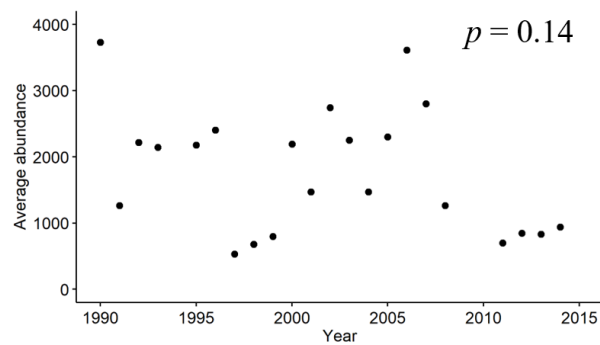
圖 15、1990 至 2014 年張玉姑廟區水鳥四季的 Simpson 均勻度指數

Season 1

Species richness

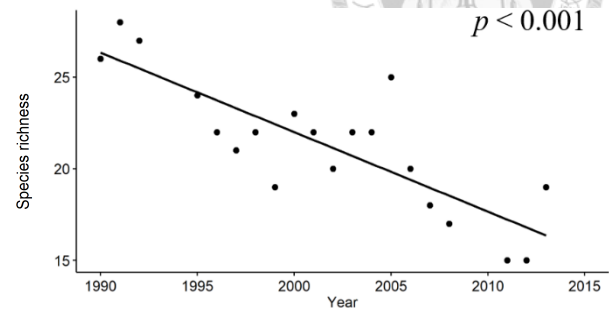


Average abundance

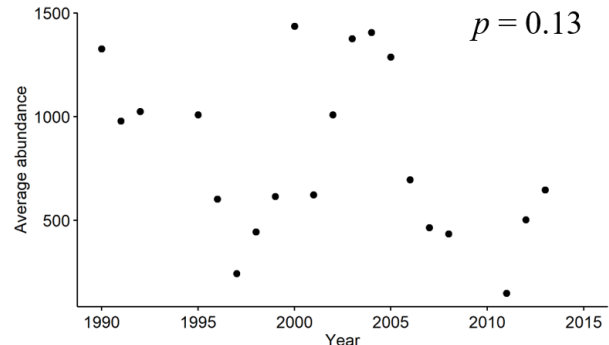


Season 2

Species richness

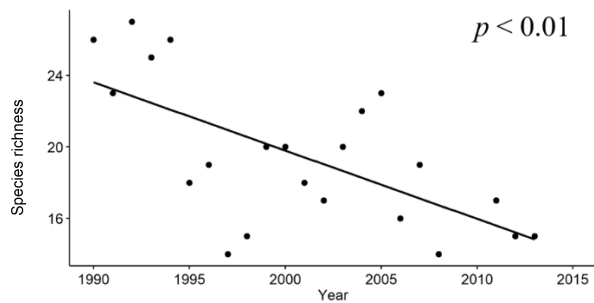


Average abundance

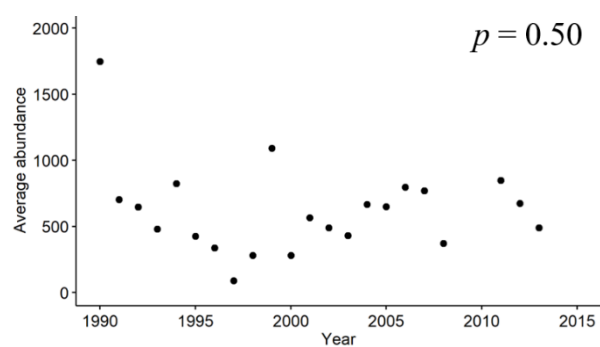


Season 3

Species richness

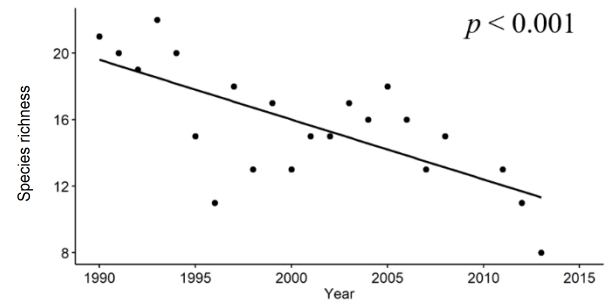


Average abundance



Season 4

Species richness



Average abundance

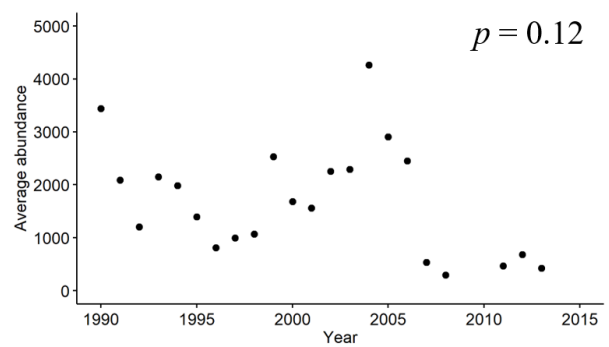
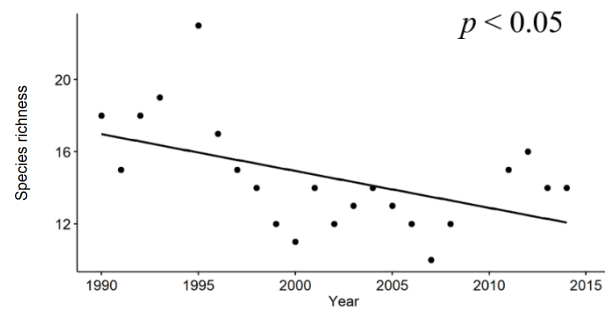


圖 16、1990 至 2014 年彰濱區泥灘涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸

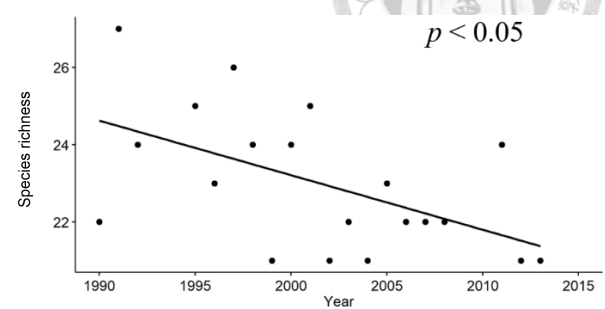
Season 1

Species richness

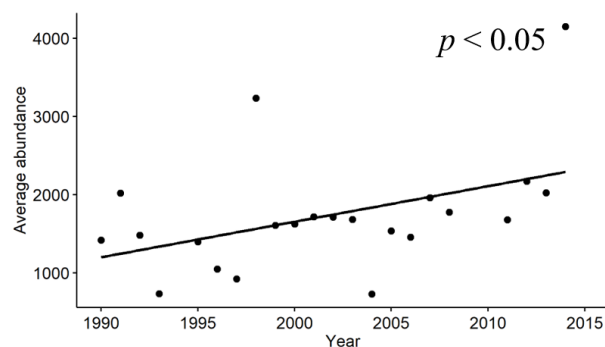


Season 2

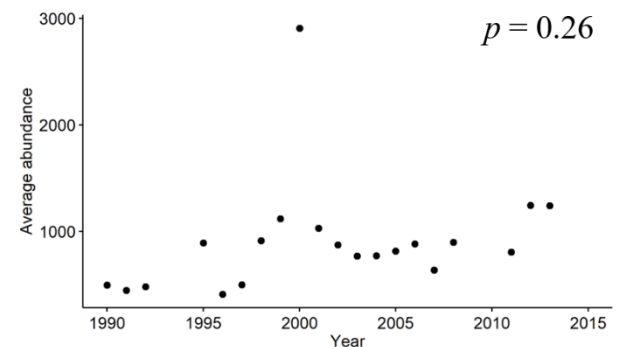
Species richness



Average abundance

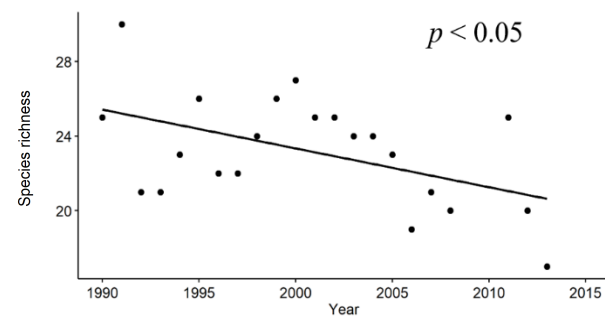


Average abundance



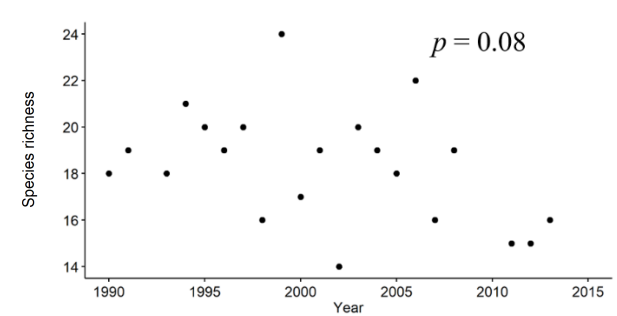
Season 3

Species richness

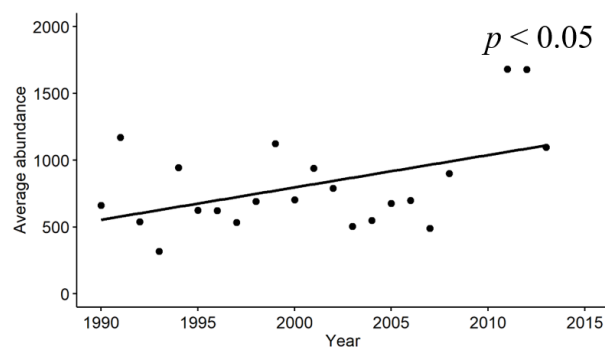


Season 4

Species richness



Average abundance



Average abundance

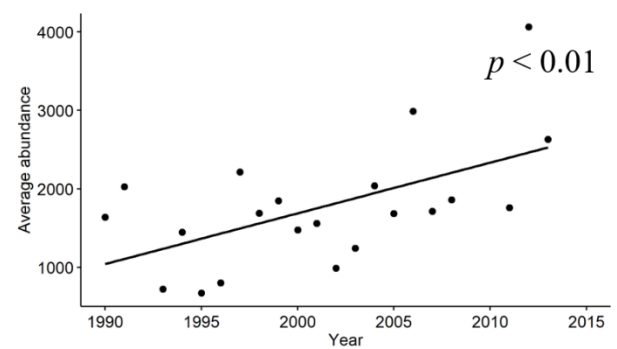
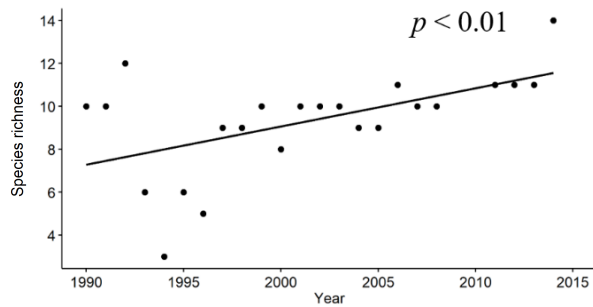
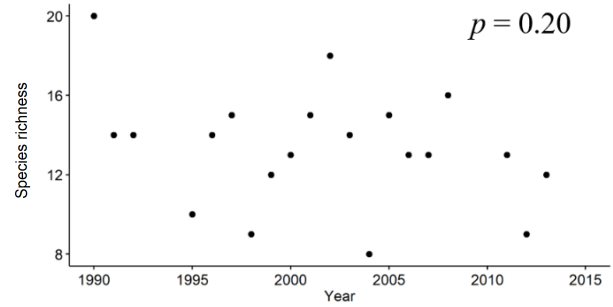


圖 17、1990 至 2014 年南岸區泥灘涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸

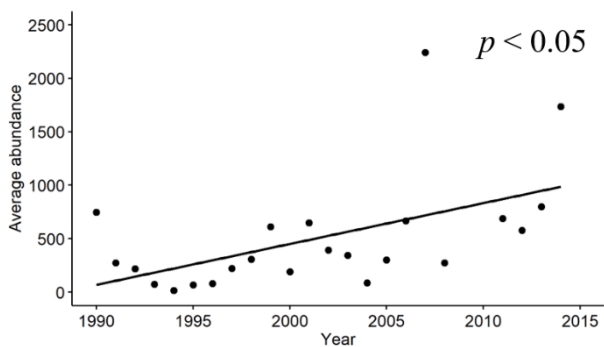
Season 1
Species richness



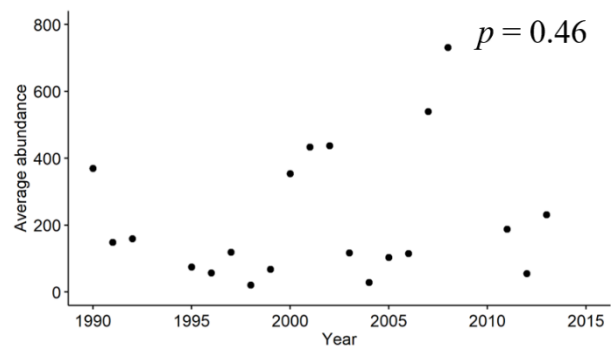
Season 2
Species richness



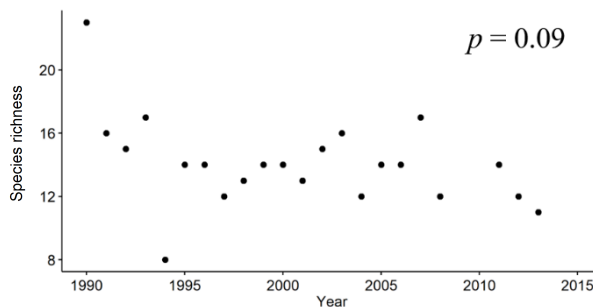
Average abundance



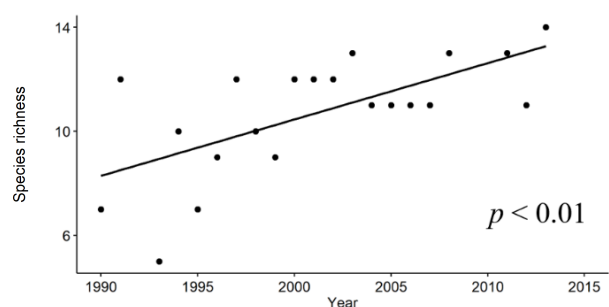
Average abundance



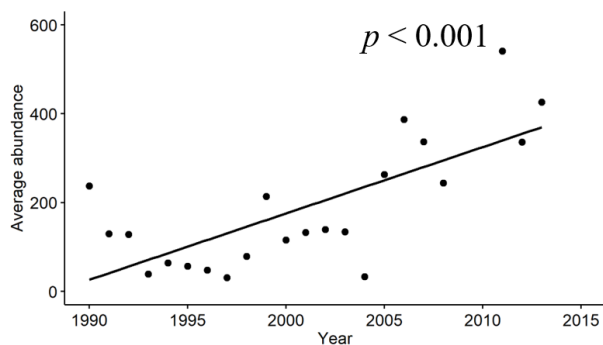
Season 3
Species richness



Season 4
Species richness



Average abundance



Average abundance

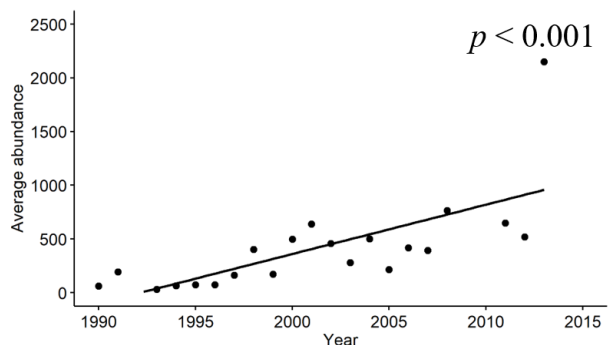
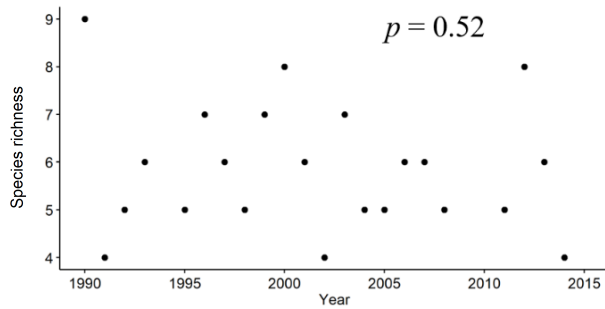
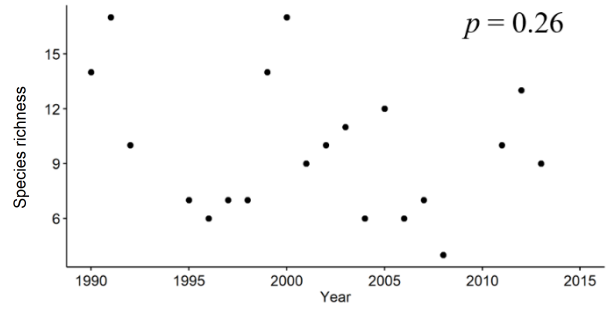


圖 18、1990 至 2014 年電廠區泥灘涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸

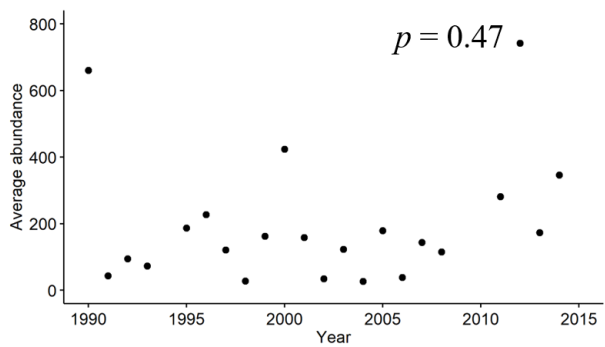
Season 1
Species richness



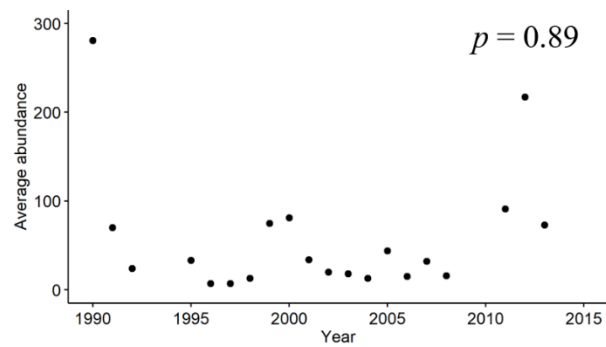
Season 2
Species richness



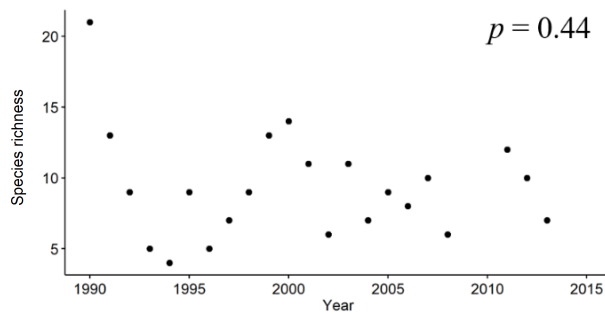
Average abundance



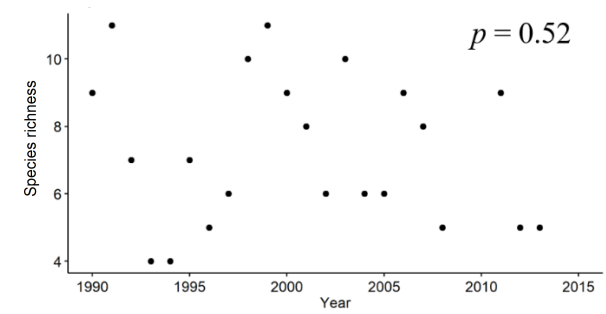
Average abundance



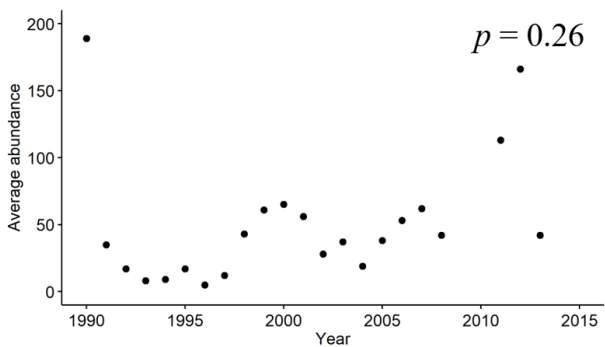
Season 3
Species richness



Season 4
Species richness



Average abundance



Average abundance

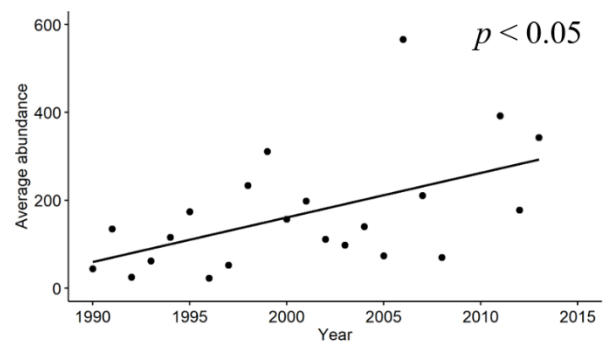
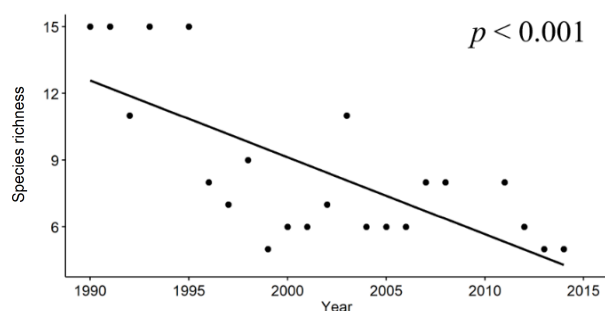
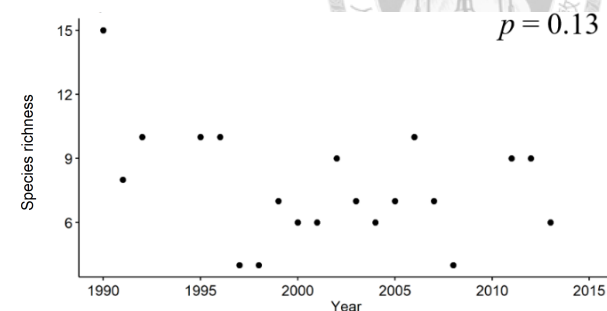


圖 19、1990 至 2014 年張玉姑廟區泥灘涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸

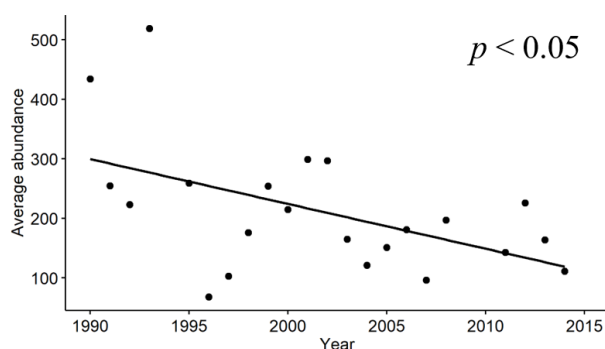
Season 1
Species richness



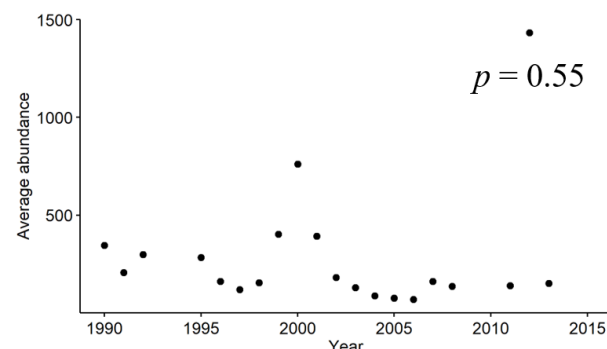
Season 2
Species richness



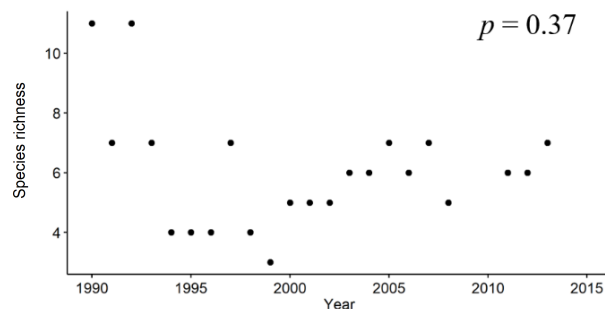
Average abundance



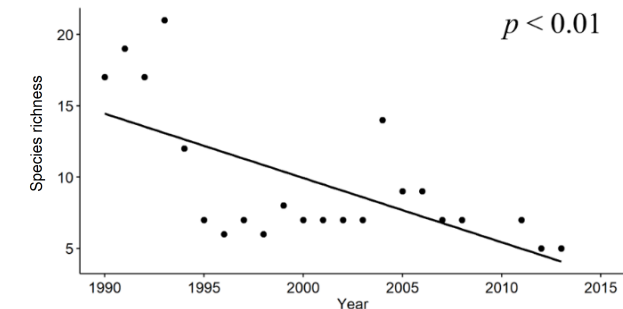
Average abundance



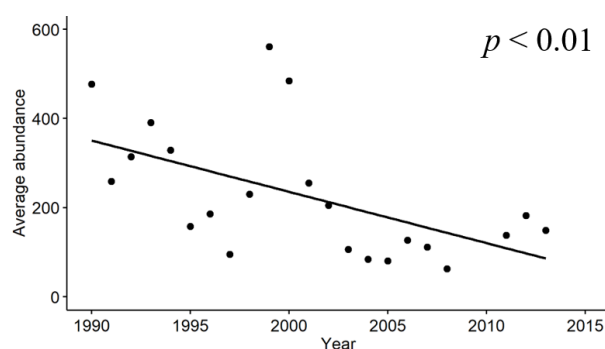
Season 3
Species richness



Season 4
Species richness



Average abundance



Average abundance

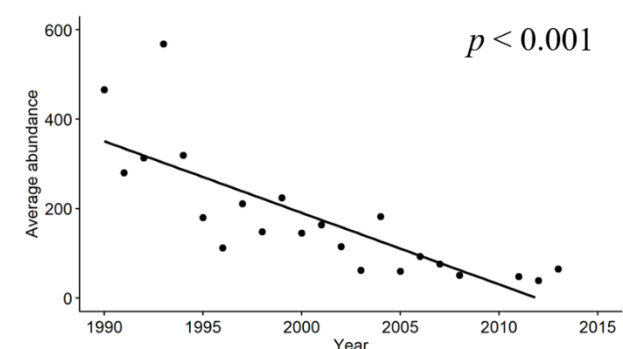
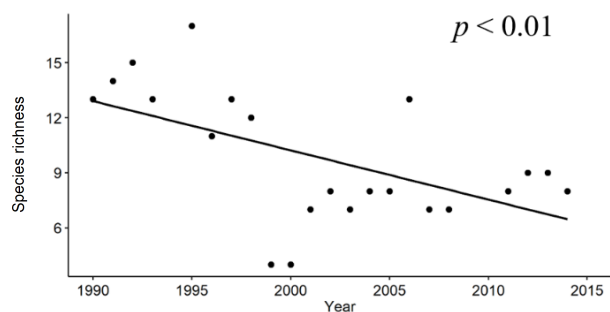
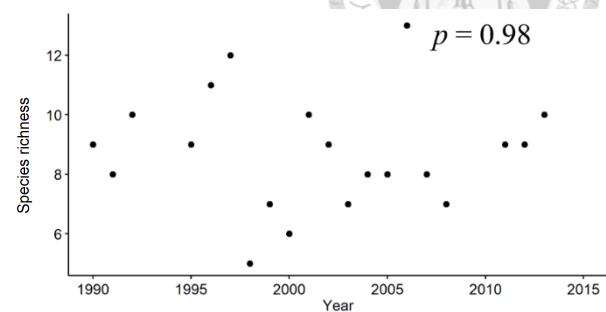


圖 20、1990 至 2014 年彰濱區水域泥岸游涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸

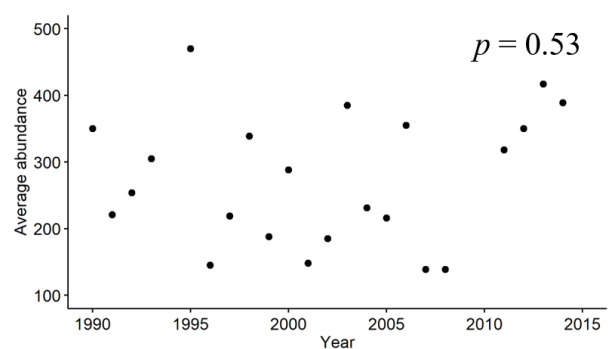
Season 1
Species richness



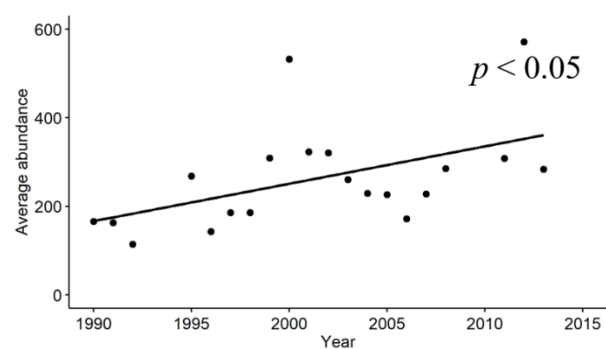
Season 2
Species richness



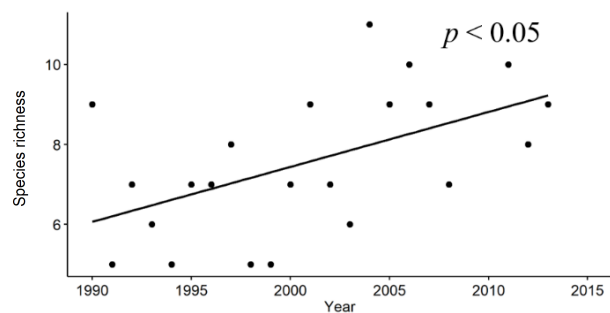
Average abundance



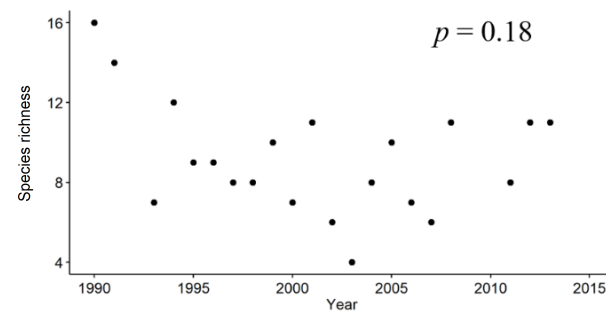
Average abundance



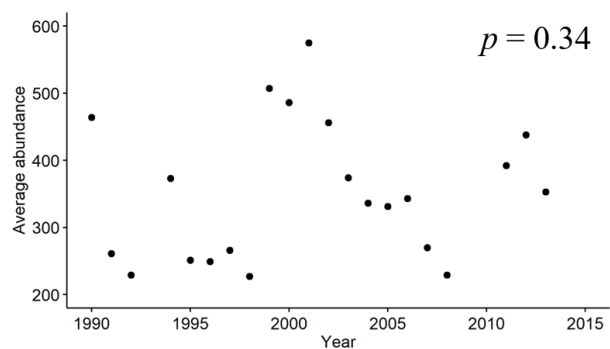
Season 3
Species richness



Season 4
Species richness



Average abundance



Average abundance

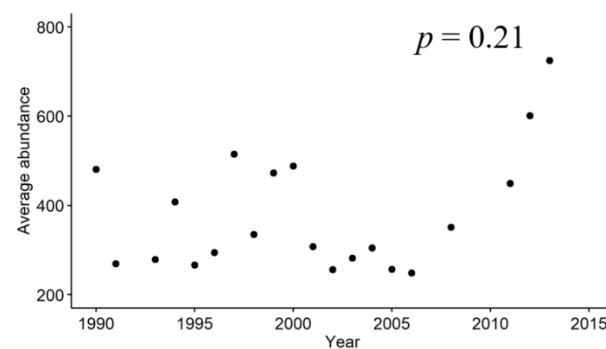
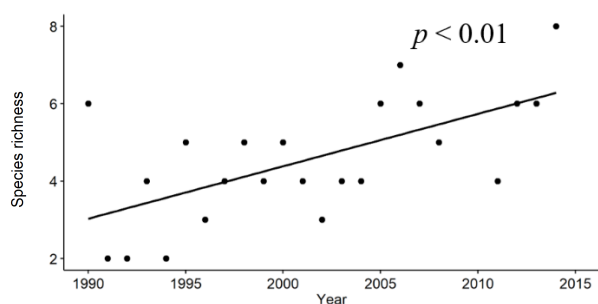
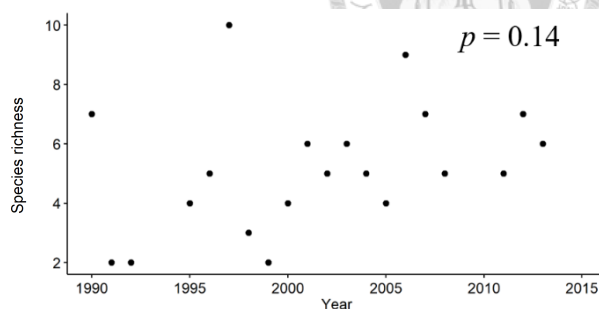


圖 21、1990 至 2014 年南岸區水域泥岸游涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸

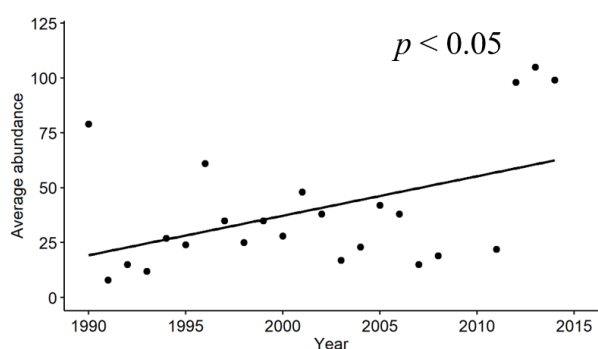
Season 1
Species richness



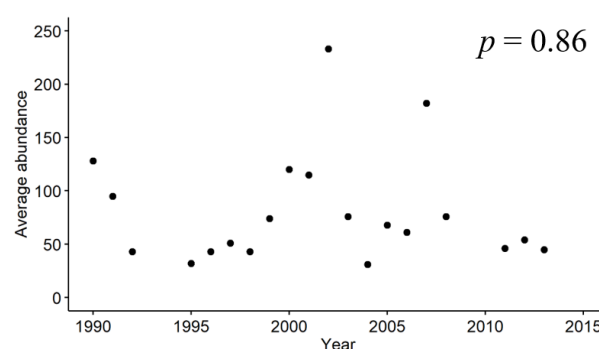
Season 2
Species richness



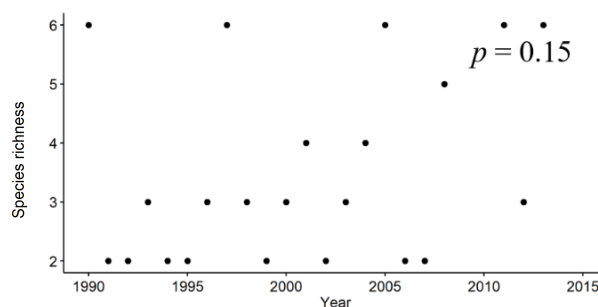
Average abundance



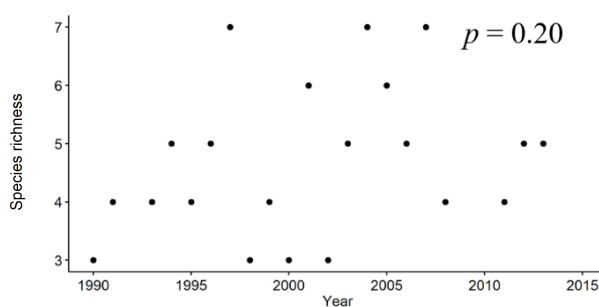
Average abundance



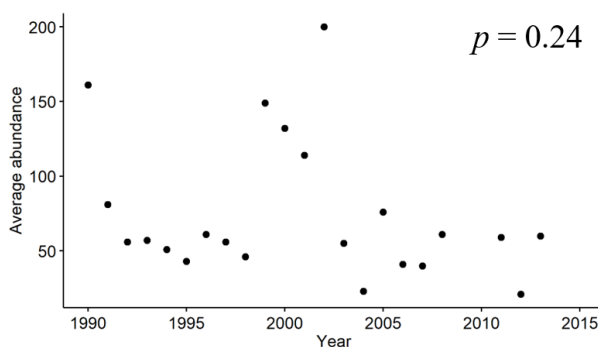
Season 3
Species richness



Season 4
Species richness



Average abundance



Average abundance

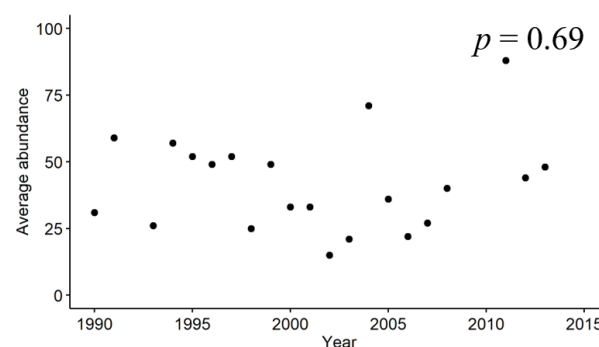
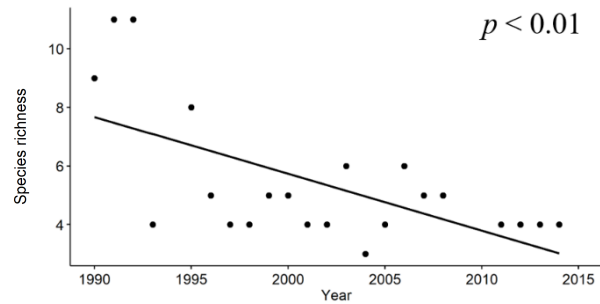
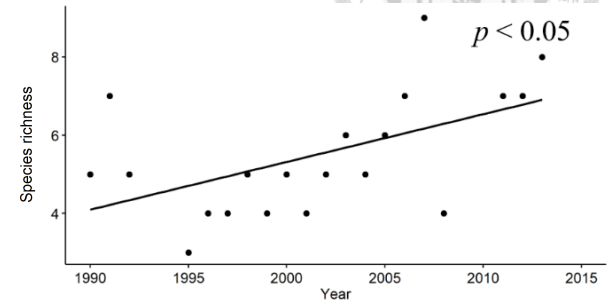


圖 22、1990 至 2014 年電廠區水域泥岸游涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸

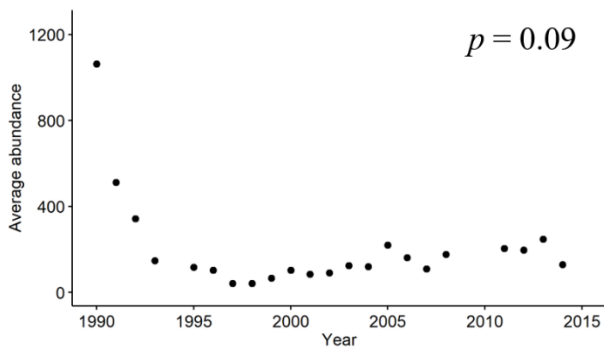
Season 1
Species richness



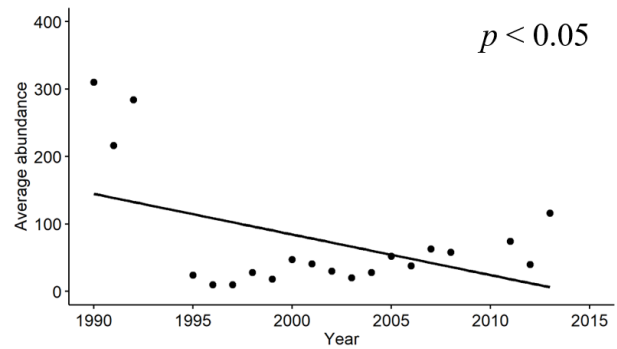
Season 2
Species richness



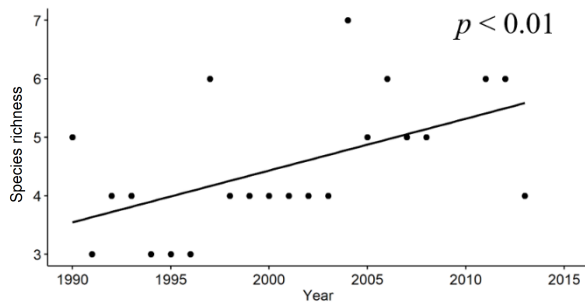
Average abundance



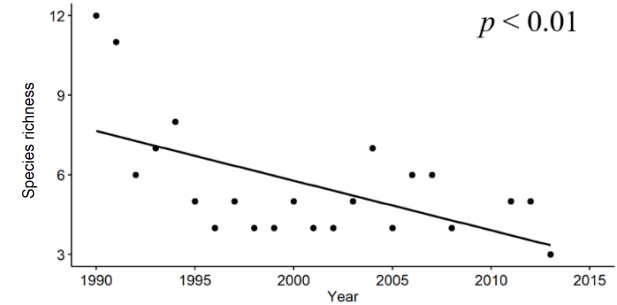
Average abundance



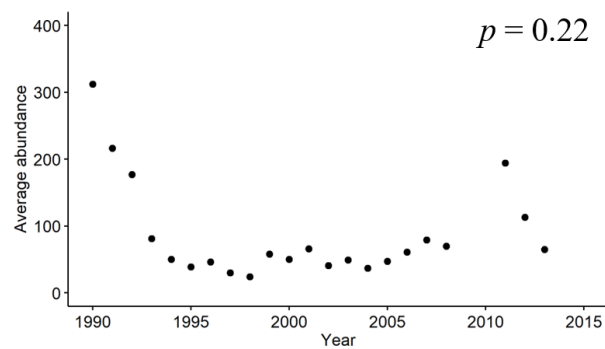
Season 3
Species richness



Season 4
Species richness



Average abundance



Average abundance

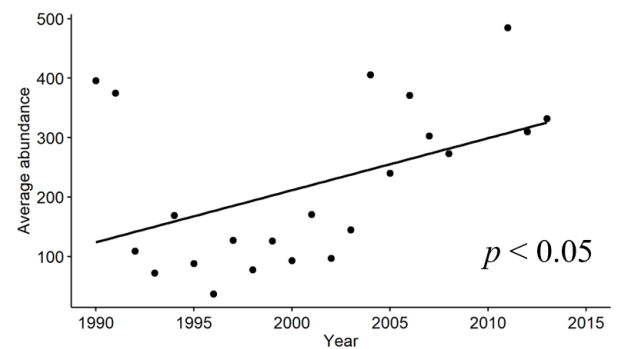
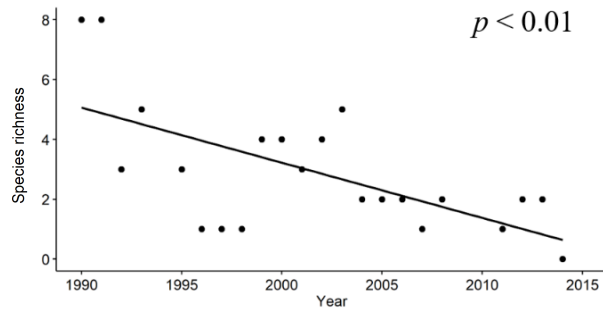


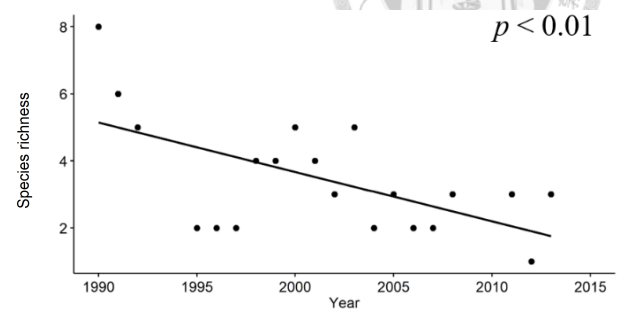
圖 23、1990 至 2014 年張玉姑廟區水域泥岸游涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸



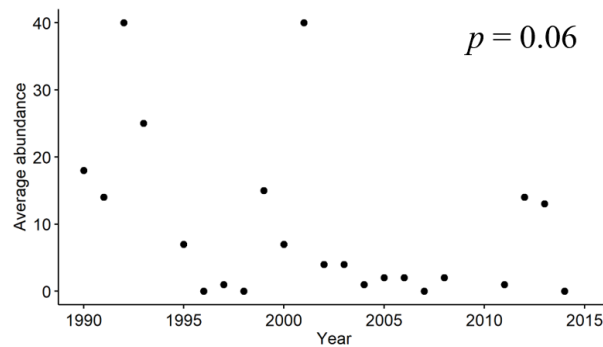
Season 1
Species richness



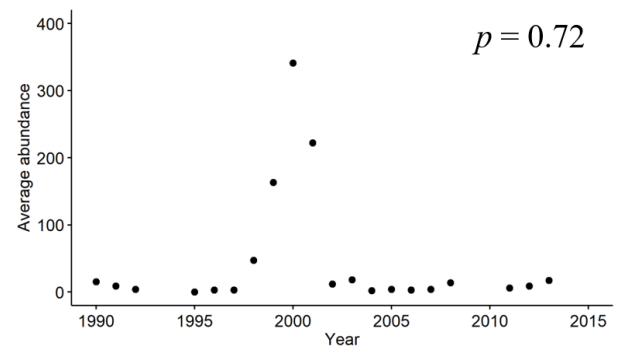
Season 2
Species richness



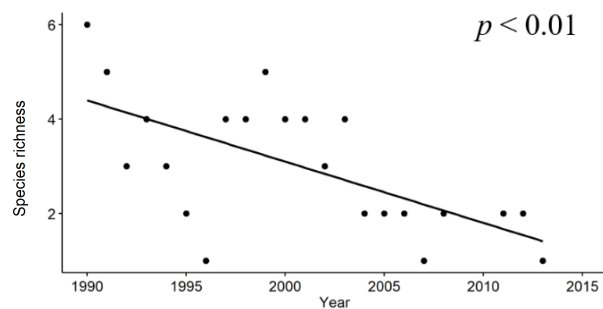
Average abundance



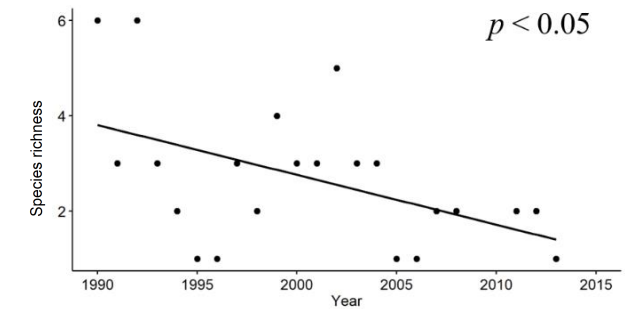
Average abundance



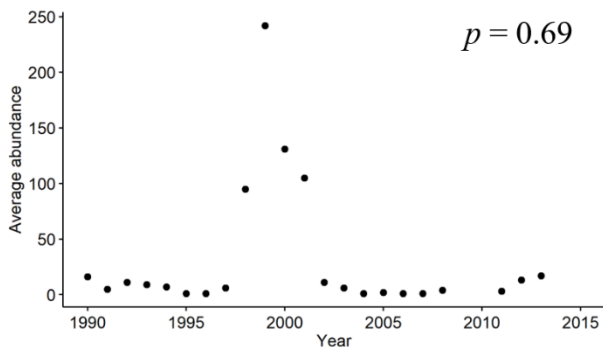
Season 3
Species richness



Season 4
Species richness



Average abundance



Average abundance

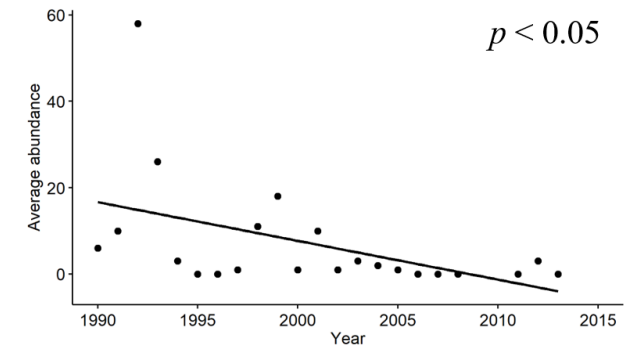
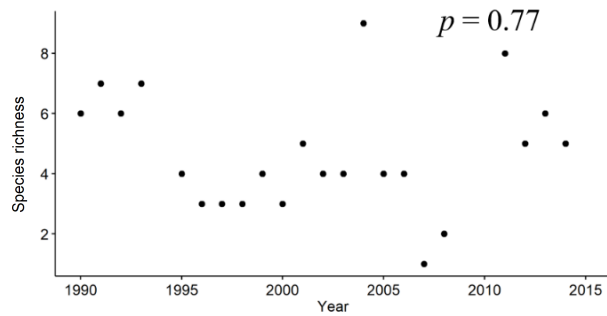
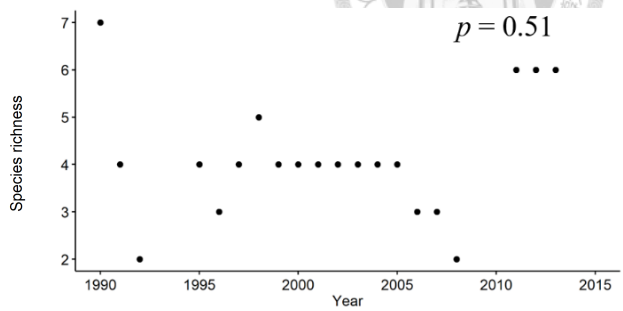


圖 24、1990 至 2014 年彰濱區水岸高草游涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸

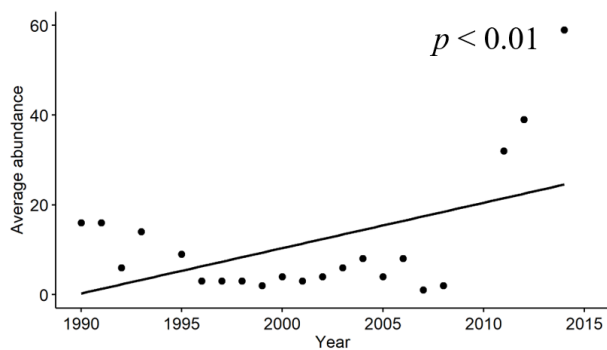
Season 1
Species richness



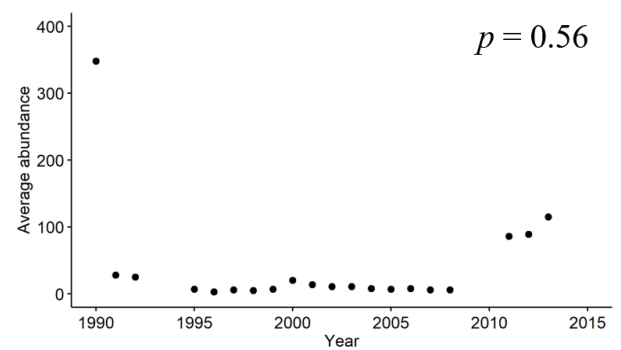
Season 2
Species richness



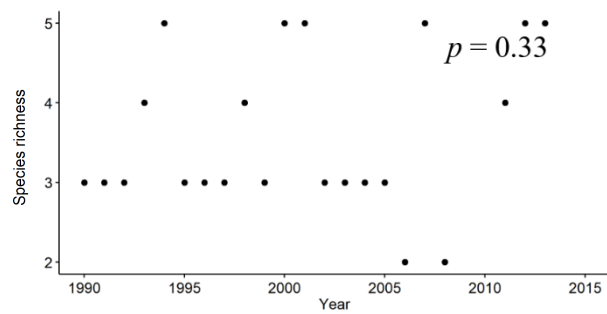
Average abundance



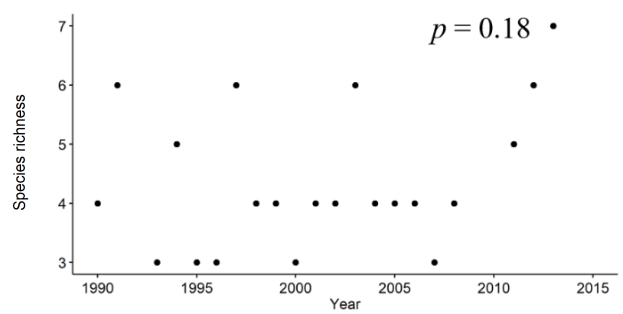
Average abundance



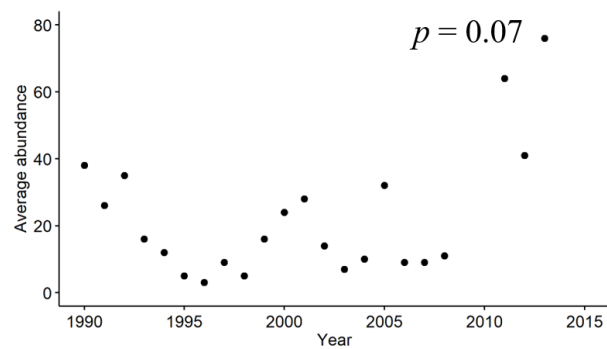
Season 3
Species richness



Season 4
Species richness



Average abundance



Average abundance

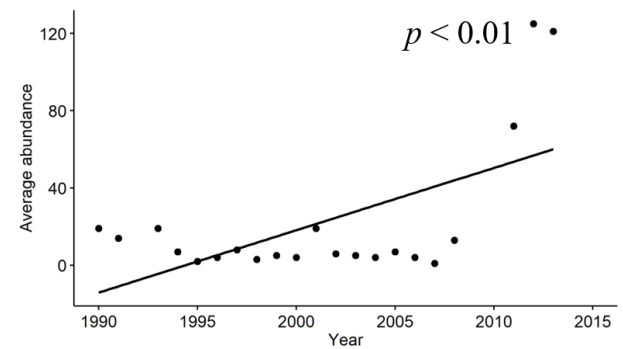
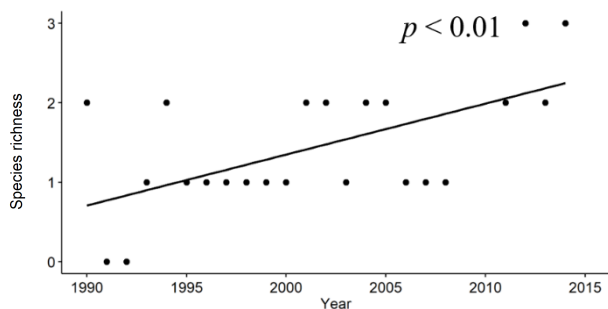
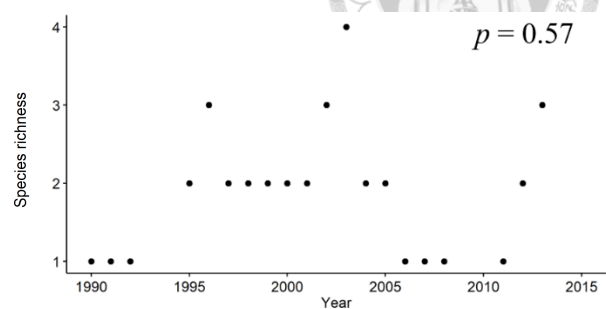


圖 25、1990 至 2014 年南岸區水岸高草游涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸

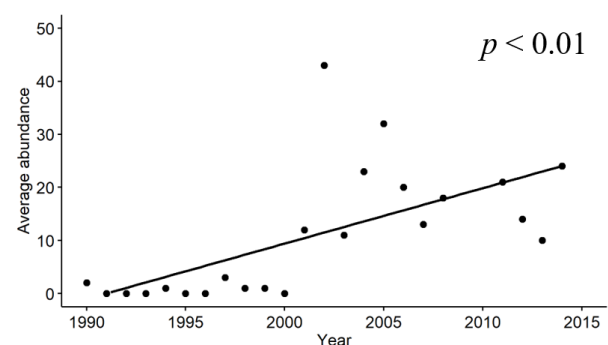
Season 1
Species richness



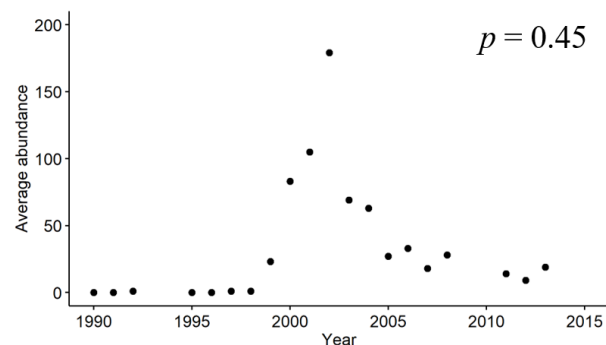
Season 2
Species richness



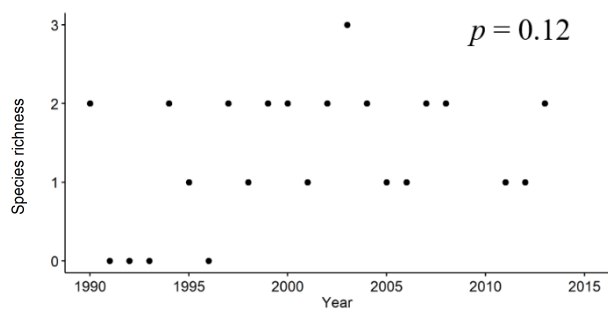
Average abundance



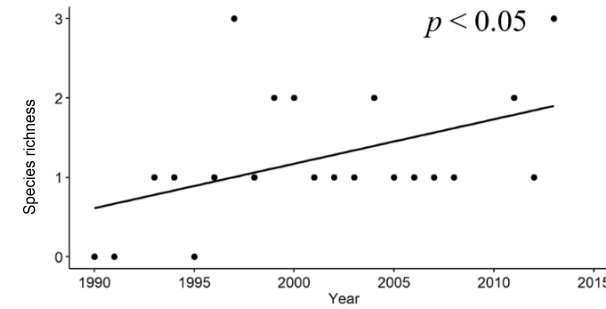
Average abundance



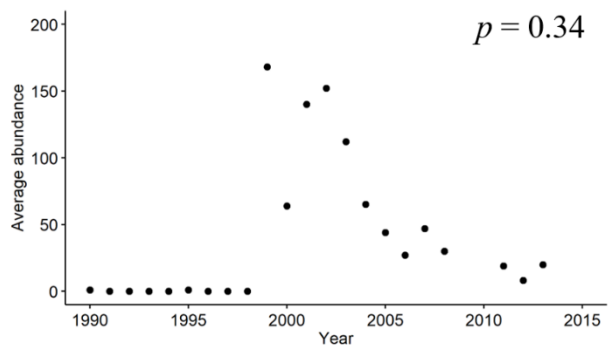
Season 3
Species richness



Season 4
Species richness



Average abundance



Average abundance

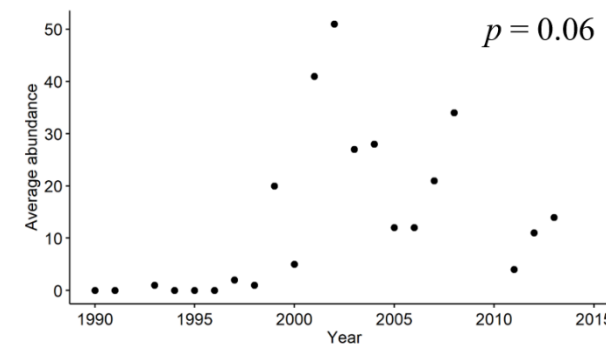
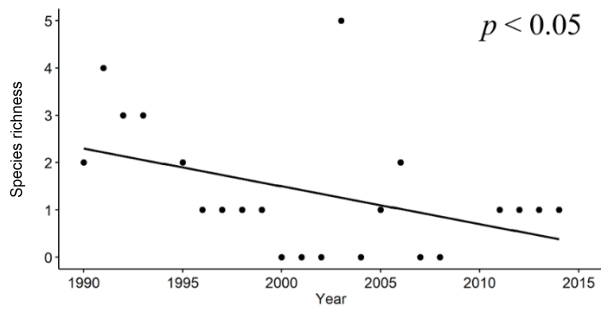


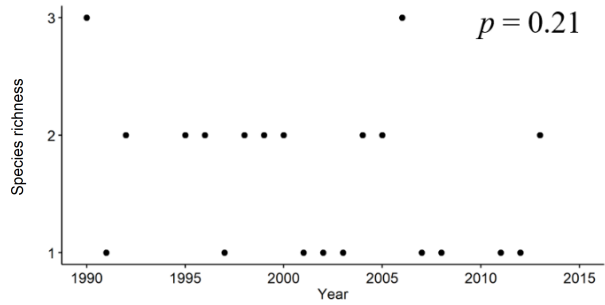
圖 26、1990 至 2014 年電廠區水岸高草游涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸



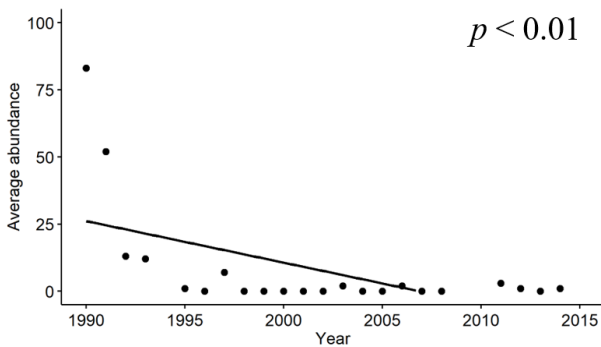
Season 1 Species richness



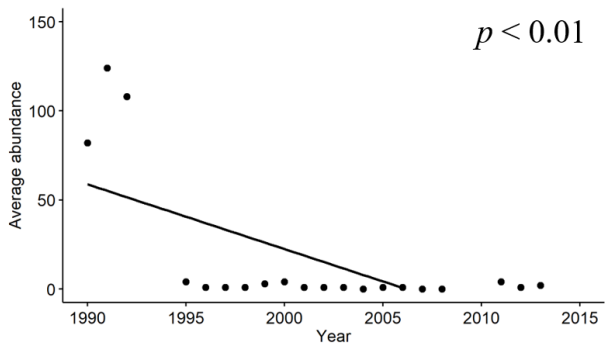
Season 2 Species richness



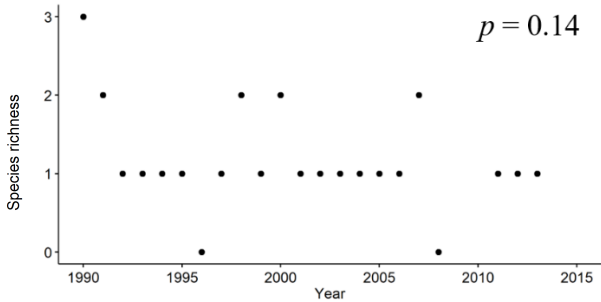
Average abundance



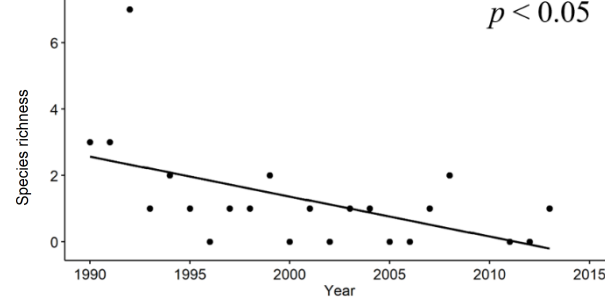
Average abundance



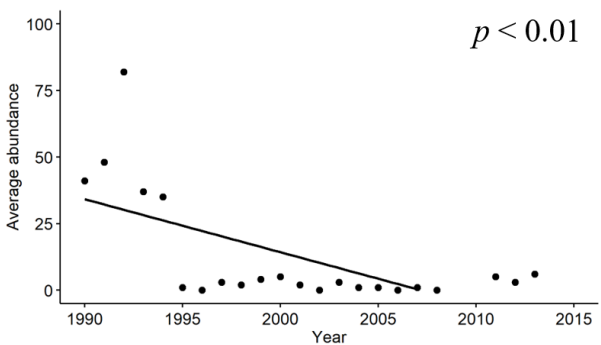
Season 3 Species richness



Season 4 Species richness



Average abundance



Average abundance

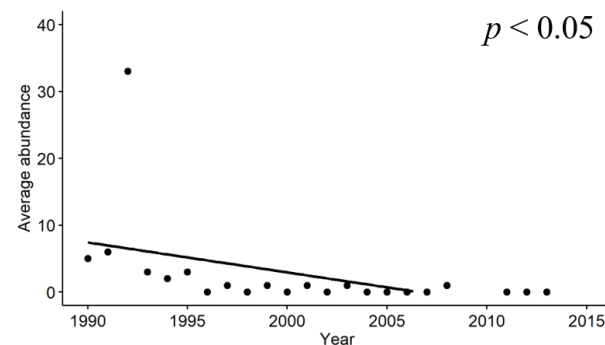
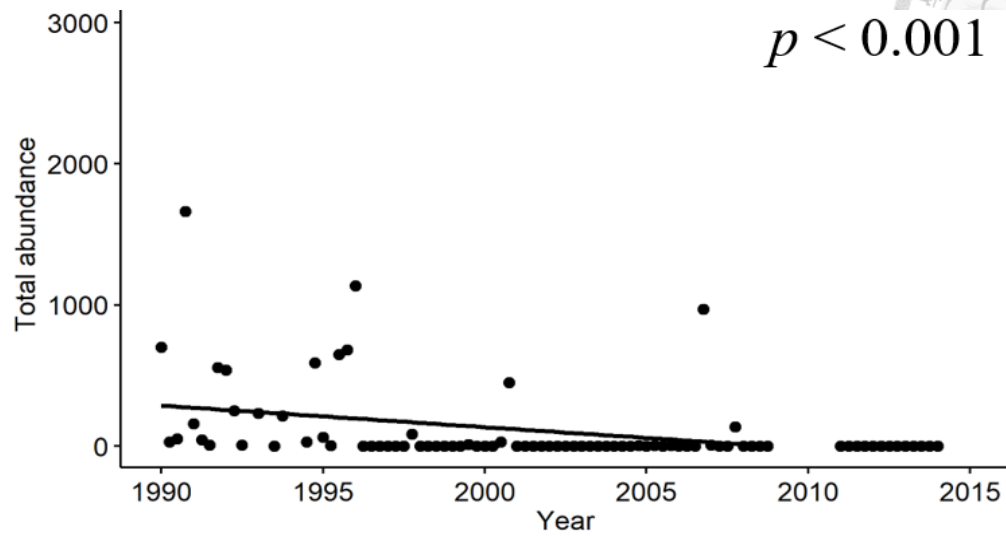
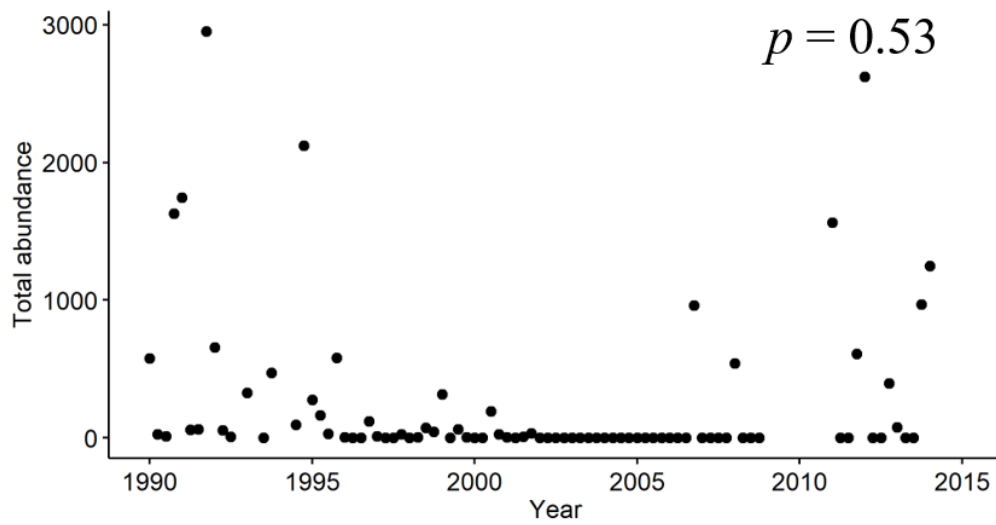


圖 27、1990 至 2014 年張玉姑廟區水岸高草游涉禽同功群四季種豐度、平均量豐度對於年的簡單線性迴歸

彰濱區



南岸區



電廠區

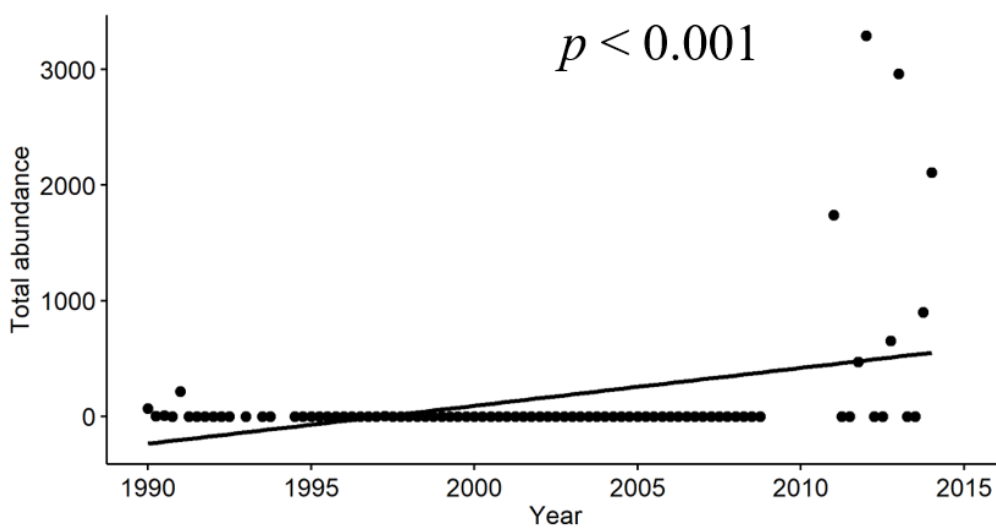
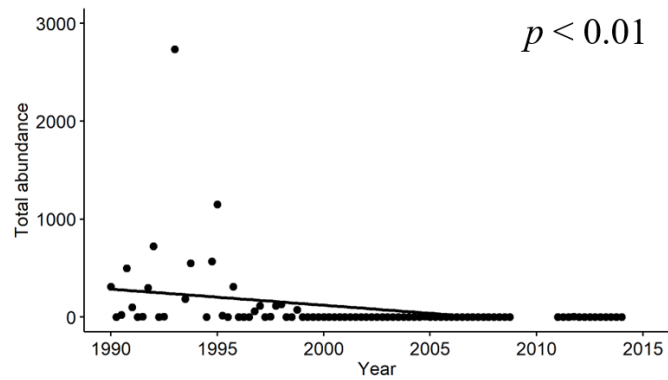


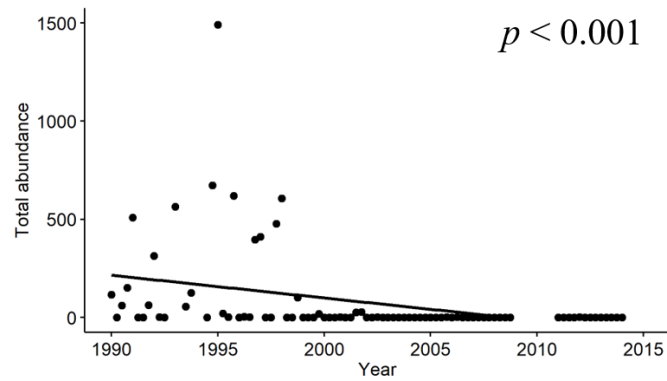
圖 28、1990 至 2014 年三樣區大杓鷸每年每季量豐度對於年的簡單線性迴歸



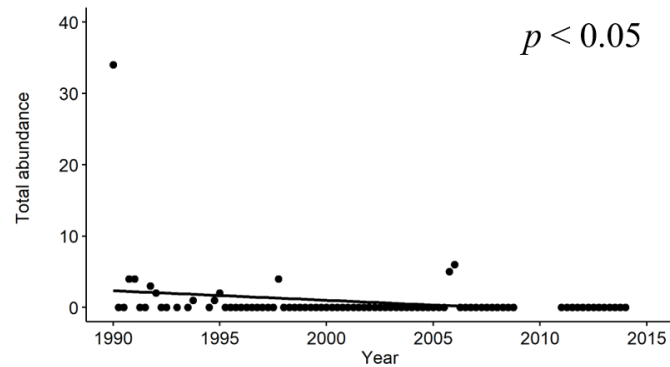
彰濱區



南岸區



電廠區



張玉姑廟區

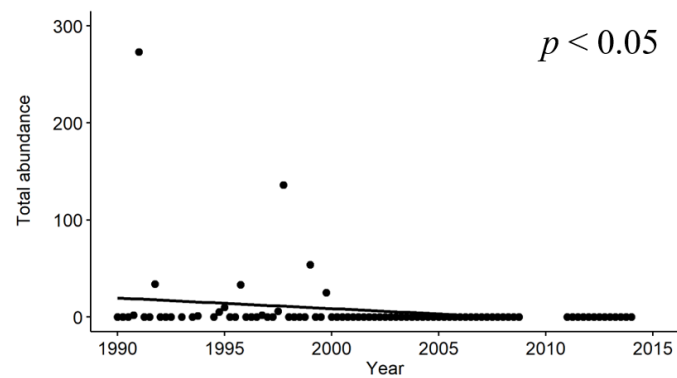
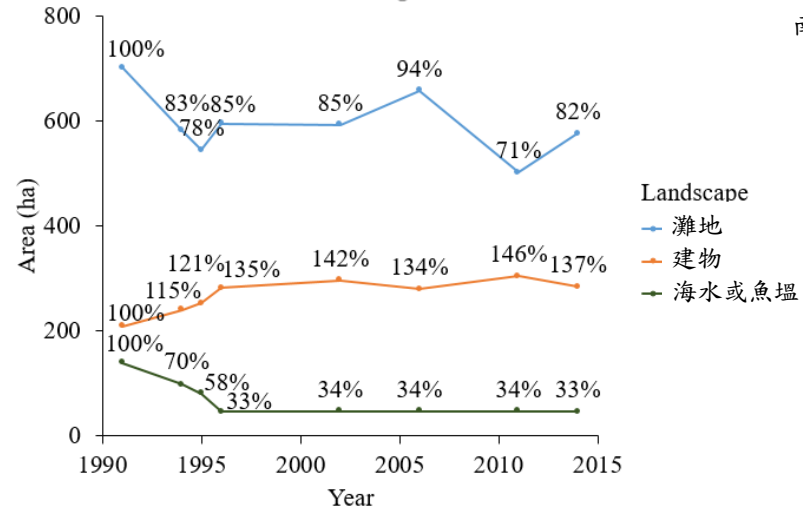
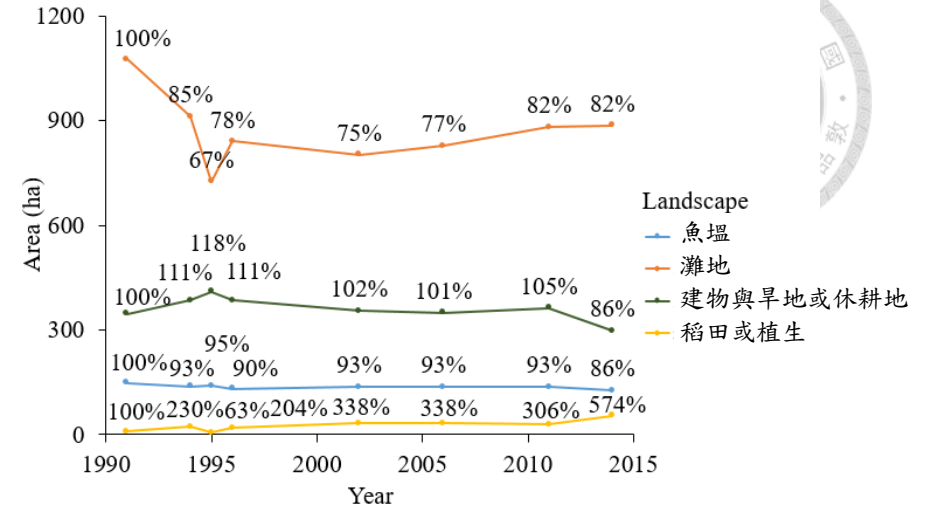


圖 29、1990 至 2014 年四樣區黑嘴鷗每年每季量豐度對於年的簡單線性迴歸

彰濱區

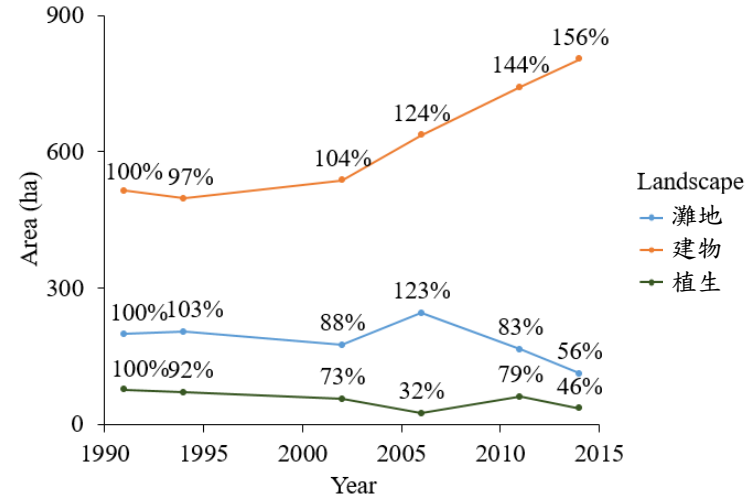


南岸區



54

電廠區



張玉姑廟區

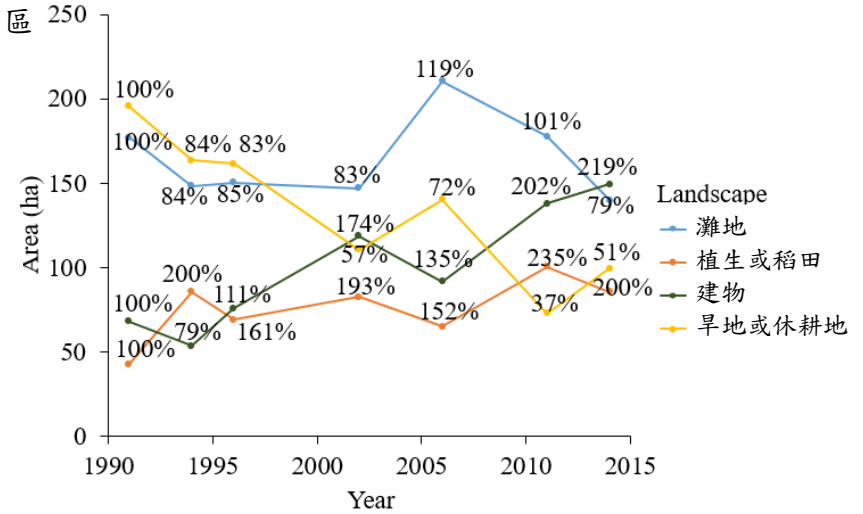
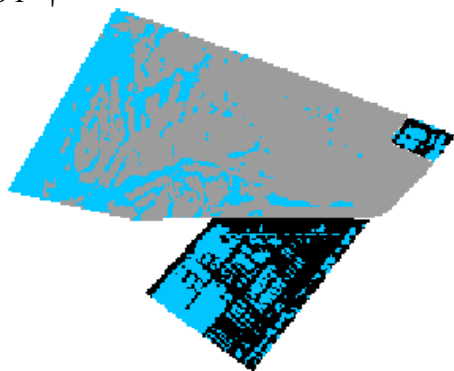
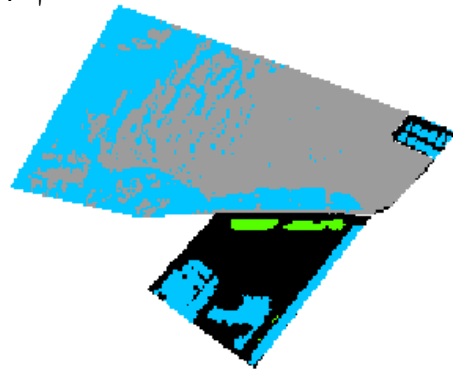


圖 30、1990 至 2014 年大肚溪口四樣區各地景面積長期趨勢及各年地景面積與 1990 年地景面積的相對百分比

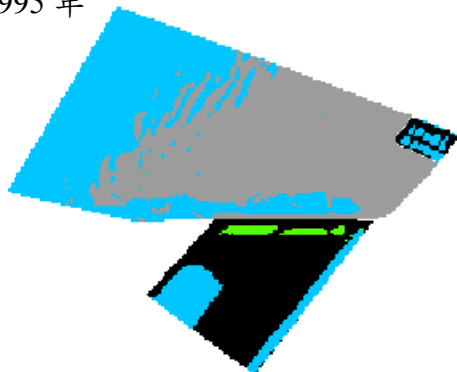
1991 年



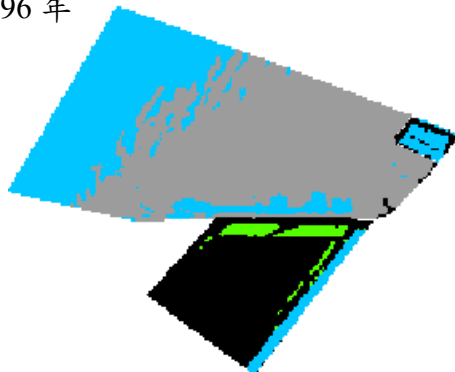
1994 年



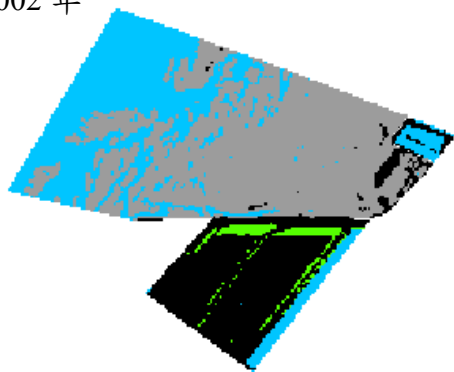
1995 年



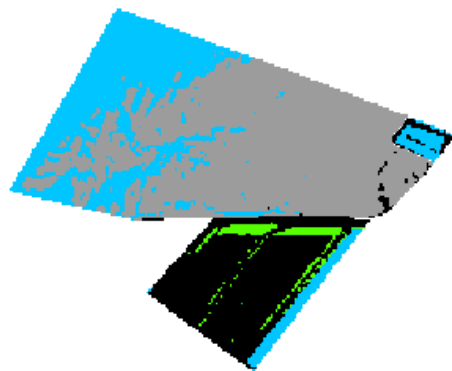
1996 年



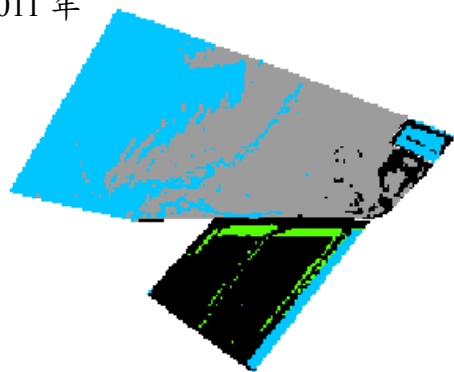
2002 年



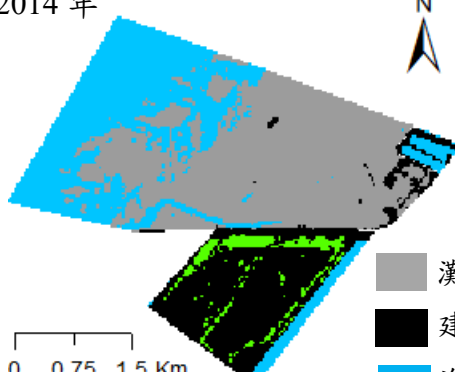
2006 年



2011 年



2014 年



0 0.75 1.5 Km

- 灘地
- 建物
- 海水或魚塭
- 植生

圖 31、彰濱區大地衛星影像分類結果

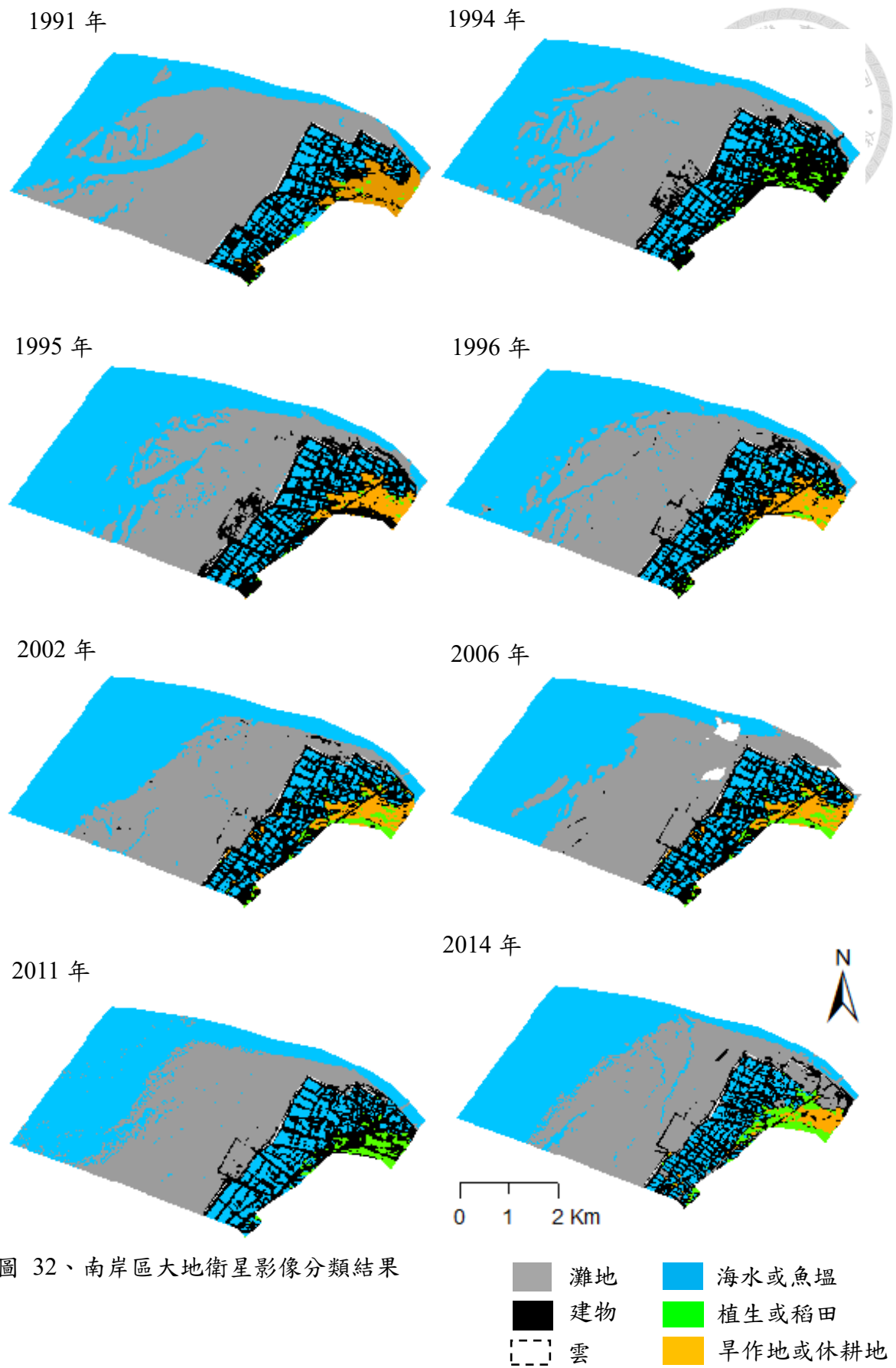


圖 32、南岸區大地衛星影像分類結果

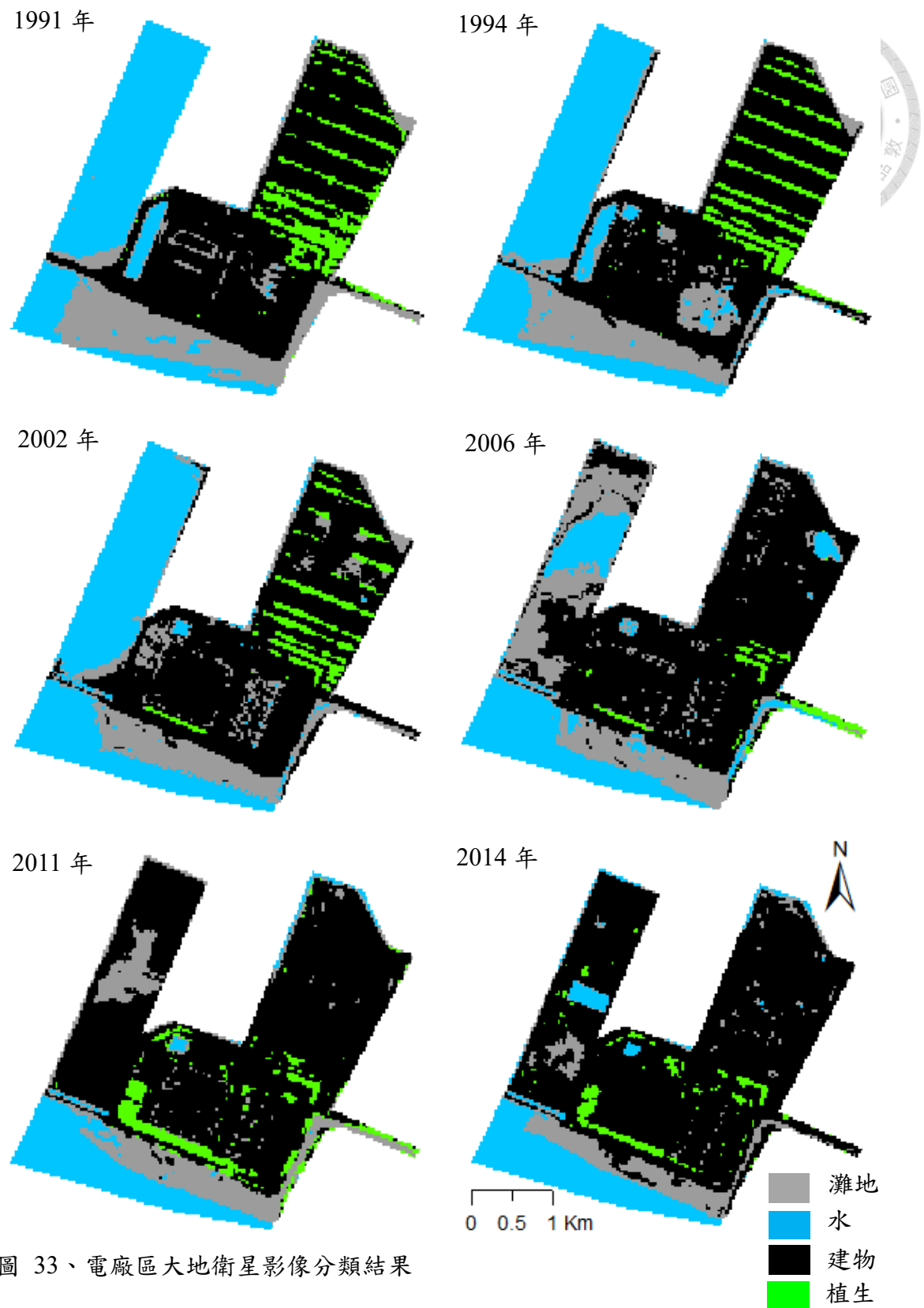


圖 33、電廠區大地衛星影像分類結果

註：其中 1995 年、1996 年的地景狀態與 1991 年相似，故採用 1991 年的分析結果。

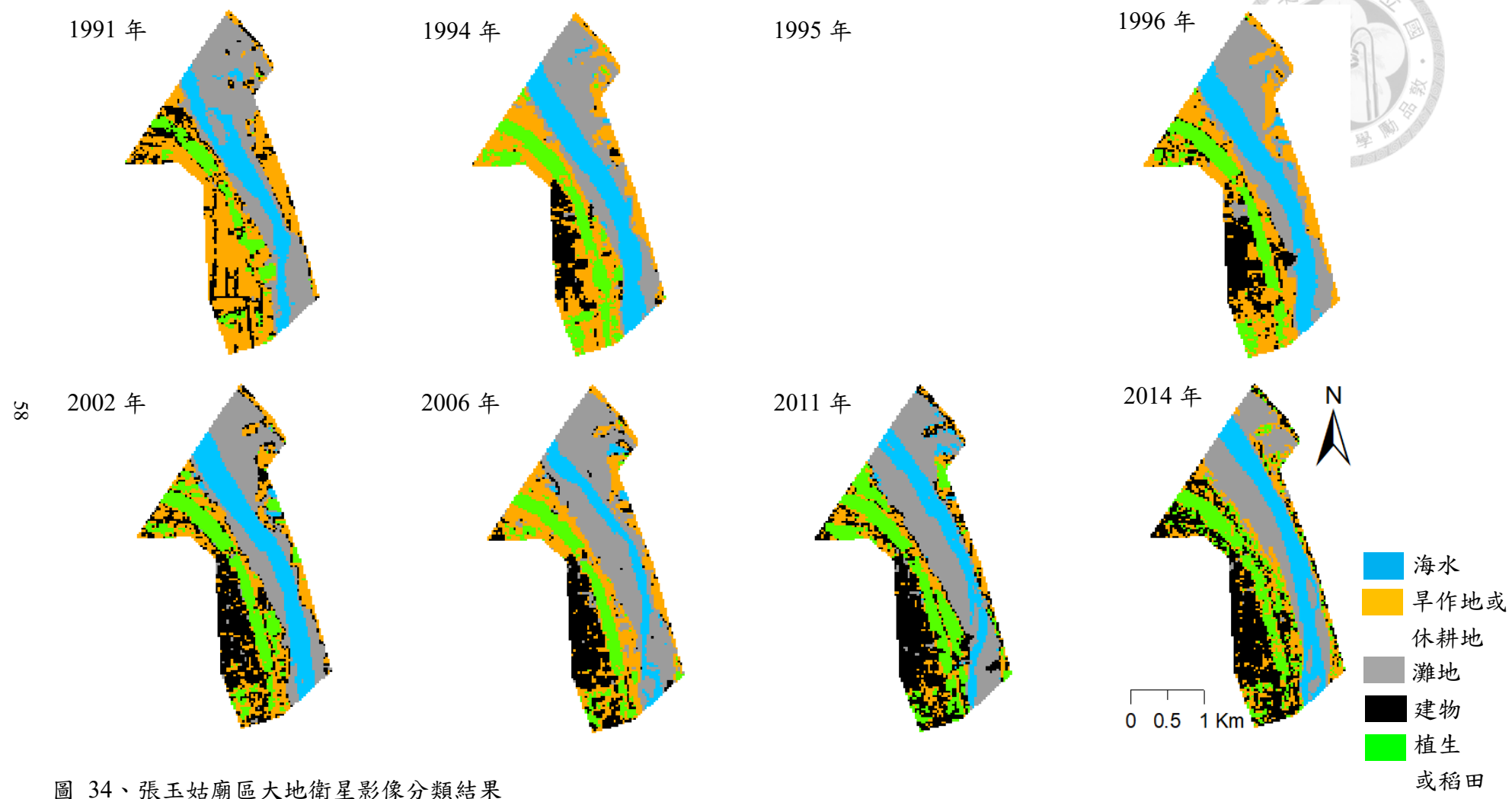
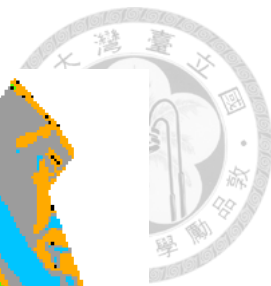


圖 34、張玉姑廟區大地衛星影像分類結果

表 1、各同功群與對應棲地類型

同功群	主要棲地類型
泥灘涉禽	灘地、淺水開闊地
水域泥岸游涉禽	魚塭水池地、灘地及淺水開闊地
水岸高草游涉禽	魚塭水池地、高草叢、混合草地等植生、灘地及淺水開闊地
水岸性陸禽	稻田地、林地、混合草地等植生、灘地及淺水開闊地
樹林性陸禽	林地
草原性陸禽	稻田地、林地、高草叢、混合草地等植生

表 2、大肚溪口各樣區 1990 至 2014 年水鳥、陸鳥歷年平均相對量豐度

地區	相對量豐度	
	水鳥	陸鳥
彰濱區	85 %	12 %
南岸區	85 %	15 %
電廠區	74 %	26 %
張玉姑廟區	41 %	59 %

表 3、取用遙測影像的類型、時間、潮高與波段組合

影像來源	拍攝日期	拍攝時間	RGB 波段組合	潮高(m)
Landsat 5 TM	January 21, 1991	09:47	R: band 4 G: band 5 B: band 3	-1.54
Landsat 5 TM	October 12, 1994	09:42	R: band 4 G: band 5 B: band 3	-1.90
Landsat 5 TM	November 16, 1995	09:26	R: band 4 G: band 5 B: band 3	-1.32
Landsat 5 TM	October 17, 1996	09:46	R: band 4 G: band 5 B: band 3	-1.32
Landsat 5 TM	January 3, 2002	10:05	R: band 4 G: band 5 B: band 3	-1.43
Landsat 5 TM	October 13, 2006	10:20	R: band 4 G: band 5 B: band 3	-1.80
Landsat 7 ETM+	October 19, 2011	10:20	R: band 4 G: band 5 B: band 3	-1.46
Landsat 8 OLI	October 3, 2014	10:26	R: band 5 G: band 4 B: band 3	-1.39

註 1：影像的大地基準為 WGS 1984，投影座標為 UTM 第 51 區。

註 2：波段組合方式是以各衛星的假色組合方式做配對。

註 3：潮高標準為相對臺灣高程基準 (TWVD 2001)，1990 至 1997 年 7 月前為每小時一次潮高資料，1997 至 2013 年為每 6 分鐘一次潮高資料，表格中的潮高數值皆按照比例算出。

表 4、1990 至 2014 年大肚溪口各樣區各季的同功群水鳥種豐度與平均量豐度對於年的簡單線性回歸（調整後的相關係數 R^2_{adj} ）

		泥灘涉禽				水域泥岸游涉禽				水岸高草游涉禽			
		種豐度	趨勢	量豐度	趨勢	種豐度	趨勢	量豐度	趨勢	種豐度	趨勢	量豐度	趨勢
彰濱區	第一季	0.51***	下降	-		0.49***	下降	0.26*	下降	0.37***	下降	-	
	第二季	0.66***	下降	-		-		-		0.32**	下降	-	
	第三季	0.39**	下降	-		-		0.29**	下降	0.37**	下降	-	
	第四季	0.47***	下降	-		0.39**	下降	0.62***	下降	0.20*	下降	0.18*	下降
南岸區	第一季	0.21*	下降	0.15*	上升	0.28**	下降	-		-		0.27**	上升
	第二季	0.25*	下降	-		-		0.20*	上升	-		-	
	第三季	0.20*	下降	0.18*	上升	0.27*	上升	-		-		-	
	第四季	-		0.23**	上升	-		-		-		0.31**	上升
電廠區	第一季	0.26**	上升	0.23*	上升	0.40**	上升	0.14*	上升	0.32**	上升	0.33**	上升
	第二季	-		-		-		-		-		-	
	第三季	-		0.37***	上升	-		-		-		-	
	第四季	0.40**	上升	0.44***	上升	-		-		0.17*	上升	-	
張玉姑廟區	第一季	-		-		0.35**	下降	-		0.14*	下降	0.29**	下降
	第二季	-		-		0.24*	上升	0.19*	下降	-		0.39**	下降
	第三季	-		-		0.25**	上升	-		-		0.38**	下降
	第四季	-		0.20*	上升	0.30**	下降	0.16*	上升	0.24*	下降	0.15*	下降

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, -: $p > 0.05$

表 5、1990 至 2014 年大肚溪口特色鳥種每年量豐度對於年的簡單線性回歸（調整後的相關係數 R^2_{adj} ）

地區	大杓鵲		黑嘴鷗	
	R^2	趨勢	R^2	趨勢
彰濱區	0.13***	下降	0.10**	下降
南岸區	-		0.16***	下降
電廠區	0.15***	上升	0.05*	下降
張玉姑廟區			0.04*	下降

註：資料點須達十筆以上才可做簡單線性回歸，空白處為資料點未達十筆。

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, -: $p > 0.001$

附錄一、大肚溪口四樣區調查路線圖

彰濱區



南岸區



電廠區



張玉姑廟區



..... 調查路線

註：調查路線參考台灣野鳥資訊社 (1988)、吳森雄 (1999)，因年份已久，路線範圍可能會有些所更動。



附錄二、大肚溪口鳥種之遷徙屬性與生態同功群

中文鳥名	學名	屬性*	生態同功群**
雁鴨科	Family Anatidae		
濱鳧	<i>Tadorna ferruginea</i>	MW	WS
赤膀鴨	<i>Mareca strepera</i>	MW	WS
羅紋鴨	<i>Mareca falcata</i>	MW	WS
赤頸鴨	<i>Mareca penelope</i>	MW	WS
綠頭鴨	<i>Anas platyrhynchos</i>	MW	WS
花嘴鴨	<i>Anas zonorhyncha</i>	MW	WS
琵嘴鴨	<i>Spatula clypeata</i>	MW	WS
尖尾鴨	<i>Anas acuta</i>	MW	WS
白眉鴨	<i>Spatula querquedula</i>	MT	WS
巴鴨	<i>Sibirionetta formosa</i>	MW	WS
小水鴨	<i>Anas crecca</i>	MW	WS
帆背潛鴨	<i>Aythya valisineria</i>	L	WS
紅頭潛鴨	<i>Aythya ferina</i>	MW	WS
青頭潛鴨	<i>Aythya baeri</i>	MW	WS
鳳頭潛鴨	<i>Aythya fuligula</i>	MW	WS
斑背潛鴨	<i>Aythya marila</i>	MW	WS
紅胸秋沙	<i>Mergus serrator</i>	MW	WS
雉科	Family Phasianidae		
台灣竹雞	<i>Bambusicola sonorivox</i>	R	TG
環頸雉	<i>Phasianus colchicus</i>	R	TG
鸕鶿科	Family Podicipedidae		
小鸕鶿	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	R	WS
冠鸕鶿	<i>Podiceps cristatus</i>	MW	WS
黑頸鸕鶿	<i>Podiceps nigricollis</i>	MW	WS
鷺科	Family Procellariidae		
穴鳥	<i>Bulweria bulwerii</i>	S	
長尾水薙鳥	<i>Ardenna pacifica</i>	S	
鸛科	Family Ciconiidae		
東方白鸛	<i>Ciconia boyciana</i>	MW	WS
軍艦鳥科	Family Fregatidae		
白斑軍艦鳥	<i>Fregata ariel</i>	S	
鰐鳥科	Family Sulidae		
白腹鰐鳥	<i>Sula leucogaster</i>	S	
鸕鷀科	Family Phalacrocoracidae		

中文鳥名	學名	屬性*	生態同功群**
鷺鸕	<i>Phalacrocorax carbo</i>	MW	WS
鷺科	Family Ardeidae		
大麻鷺	<i>Botaurus stellaris</i>	MW	WSG
黃小鷺	<i>Ixobrychus sinensis</i>	R	WSG
栗小鷺	<i>Ixobrychus cinnamomeus</i>	R	WSG
蒼鷺	<i>Ardea cinerea</i>	MW	WS
紫鷺	<i>Ardea purpurea</i>	MW	WSG
大白鷺	<i>Ardea alba</i>	MW	WS
中白鷺	<i>Ardea intermedia</i>	MW	WSG
唐白鷺	<i>Egretta eulophotes</i>	MT	WS
小白鷺	<i>Egretta garzetta</i>	R	WS
黃頭鷺	<i>Bubulcus ibis</i>	MS	WSG
池鷺	<i>Ardeola bacchus</i>	MW	WSG
綠蓑鷺	<i>Butorides striata</i>	MT	WS
夜鷺	<i>Nycticorax nycticorax</i>	R	SMTG
黑冠麻鷺	<i>Gorsachius melanolophus</i>	R	WS
鵲科	Family Threskiornithidae		
埃及聖鵲	<i>Threskiornis aethiopicus</i>	E	
黑頭白鵲	<i>Threskiornis melanocephalus</i>	MW	
黑面琵鷺	<i>Platalea minor</i>	MW	WS
鵟科	Family Pandionidae		
魚鷹	<i>Pandion haliaetus</i>	MW	F
鷹科	Family Accipitridae		
黑翅鳶	<i>Elanus caeruleus</i>	R	F
東方蜂鷹	<i>Pernis ptilorhynchus</i>	R	F
大冠鳶	<i>Spilornis cheela</i>	R	F
灰面鵟鷹	<i>Butastur indicus</i>	MT	F
東方澤鵟	<i>Circus spilonotus</i>	MW	F
灰澤鵟	<i>Circus cyaneus</i>	MW	F
鳳頭蒼鷹	<i>Accipiter trivirgatus</i>	R	F
赤腹鷹	<i>Accipiter soloensis</i>	MT	F
日本松雀鷹	<i>Accipiter gularis</i>	MW	F
松雀鷹	<i>Accipiter virgatus</i>	MW	F
北雀鷹	<i>Accipiter nisus</i>	MW	F
黑鳶	<i>Milvus migrans</i>	MW	F
東方鵟	<i>Buteo japonicus</i>	MW	F

中文鳥名	學名	屬性*	生態同功群**
大鵟	<i>Buteo hemilasius</i>	MW	F
秧雞科	Family Rallidae		
灰胸秧雞	<i>Lewinia striata</i>	R	WSG
秧雞	<i>Rallus indicus</i>	MW	WSG
白腹秧雞	<i>Amaurornis phoenicurus</i>	R	WSG
緋秧雞	<i>Zapornia fusca</i>	R	WSG
董雞	<i>Gallicrex cinerea</i>	MT	WSG
紅冠水雞	<i>Gallinula chloropus</i>	R	WSG
白冠雞	<i>Fulica atra</i>	MW	WSG
長腳鷸科	Family Recurvirostridae		
高蹺鷸	<i>Himantopus himantopus</i>	R	WS
反嘴鷸	<i>Recurvirostra avosetta</i>	MW	WS
塢鷸科	Family Haematopodidae		
塢鷸	<i>Haematopus ostralegus</i>	MW	SM
鷸科	Family Charadriidae		
灰斑鷸	<i>Pluvialis squatarola</i>	MW	SM
太平洋金斑鷸	<i>Pluvialis fulva</i>	MT	SM
小瓣鷸	<i>Vanellus vanellus</i>	MW	TG
跳鷸	<i>Vanellus cinereus</i>	MW	TG
蒙古鷸	<i>Charadrius mongolus</i>	MT	SM
鐵嘴鷸	<i>Charadrius leschenaultii</i>	MT	SM
東方環頸鷸	<i>Charadrius alexandrinus</i>	MW	SM
小環頸鷸	<i>Charadrius dubius</i>	MW	SM
東方紅胸鷸	<i>Charadrius veredus</i>	MT	TG
彩鷸科	Family Rostratulidae		
彩鷸	<i>Rostratula benghalensis</i>	R	WSG
水雉科	Family Jacanidae		
水雉	<i>Hydrophasianus chirurgus</i>	R	WSG
鷸科	Family Scolopacidae		
反嘴鷸	<i>Xenus cinereus</i>	MT	SM
磯鷸	<i>Actitis hypoleucos</i>	MW	SM
白腰草鷸	<i>Tringa ochropus</i>	MW	SM
黃足鷸	<i>Tringa brevipes</i>	MT	SM
美洲黃足鷸	<i>Tringa incana</i>	L	SM
鶴鷸	<i>Tringa erythropus</i>	MW	SM
青足鷸	<i>Tringa nebularia</i>	MW	SM

中文鳥名	學名	屬性*	生態同功群**
諾氏鷸	<i>Tringa guttifer</i>	MT	
小青足鷸	<i>Tringa stagnatilis</i>	MT	SM
鷹斑鷸	<i>Tringa glareola</i>	MW	SM
赤足鷸	<i>Tringa totanus</i>	MW	SM
小杓鷸	<i>Numenius minutus</i>	MT	TG
中杓鷸	<i>Numenius phaeopus</i>	MT	SM
黥鷸	<i>Numenius madagascariensis</i>	MT	SM
大杓鷸	<i>Numenius arquata</i>	MT	SM
黑尾鷸	<i>Limosa limosa</i>	MT	SM
斑尾鷸	<i>Limosa lapponica</i>	MT	SM
翻石鷸	<i>Arenaria interpres</i>	MT	SM
大濱鷸	<i>Calidris tenuirostris</i>	MT	SM
紅腹濱鷸	<i>Calidris canutus</i>	MT	SM
流蘇鷸	<i>Calidris pugnax</i>	MT	SM
寬嘴鷸	<i>Calidris falcinellus</i>	MT	SM
尖尾濱鷸	<i>Calidris acuminata</i>	MT	SM
彎嘴濱鷸	<i>Calidris ferruginea</i>	MT	SM
丹氏濱鷸	<i>Calidris temminckii</i>	MW	SM
長趾濱鷸	<i>Calidris subminuta</i>	MW	SM
琵嘴鷸	<i>Calidris pygmaea</i>	MT	
紅胸濱鷸	<i>Calidris ruficollis</i>	MW	SM
三趾濱鷸	<i>Calidris alba</i>	MW	SM
黑腹濱鷸	<i>Calidris alpina</i>	MW	SM
西濱鷸	<i>Calidris mauri</i>	L	
長嘴半蹼鷸	<i>Limnodromus scolopaceus</i>	MW	SM
半蹼鷸	<i>Limnodromus semipalmatus</i>	MT	SM
田鷸	<i>Gallinago gallinago</i>	MW	WSG
針尾鷸	<i>Gallinago stenura</i>	MT	WSG
中地鷸	<i>Gallinago megala</i>	MW	WSG
紅領瓣足鷸	<i>Phalaropus lobatus</i>	MT	WS
灰瓣足鷸	<i>Phalaropus fulicarius</i>	MT	
三趾鶉科	Family Turnicidae		
棕三趾鶉	<i>Turnix suscitator</i>	R	TG
燕鵐科	Family Glareolidae		
燕鵐	<i>Glareola maldivarum</i>	MS	TG
鷗科	Family Laridae		

中文鳥名	學名	屬性*	生態同功群**
黑嘴鷗	<i>Saundersilarus saundersi</i>	MW	WS
紅嘴鷗	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	MW	WS
黑尾鷗	<i>Larus crassirostris</i>	MW	WS
海鷗	<i>Larus canus</i>	MW	WS
銀鷗/	<i>Larus argentatus/</i>	MW	WS
小黑背鷗	<i>Larus fuscus</i>		
灰背鷗	<i>Larus schistisagus</i>	MW	
烏領燕鷗	<i>Onychoprion fuscatus</i>	MS	
鷗嘴燕鷗	<i>Gelochelidon nilotica</i>	MT	WS
小燕鷗	<i>Sternula albifrons</i>	MS	WS
裏海燕鷗	<i>Hydroprogne caspia</i>	MW	WS
白翅黑燕鷗	<i>Chlidonias leucopterus</i>	MT	WS
黑腹燕鷗	<i>Chlidonias hybrida</i>	MT	WS
紅燕鷗	<i>Sterna dougallii</i>	MS	WS
蒼燕鷗	<i>Sterna sumatrana</i>	MS	WS
燕鷗	<i>Sterna hirundo</i>	MT	WS
鳳頭燕鷗	<i>Thalasseus bergii</i>	MS	WS
鳩鴿科	Family Columbidae		
金背鳩	<i>Streptopelia orientalis</i>	R	T
紅鳩	<i>Streptopelia tranquebarica</i>	R	T
珠頸斑鳩	<i>Streptopelia chinensis</i>	R	T
杜鵑科	Family Cuculidae		
番鵒	<i>Centropus bengalensis</i>	R	TG
北方中杜鵑	<i>Cuculus optatus</i>	MS	T
鷓鴣科	Family Strigidae		
短耳鴞	<i>Asio flammeus</i>	MT	T
褐鷹鴞	<i>Ninox japonica</i>	R	
夜鷹科	Family Caprimulgidae		
南亞夜鷹	<i>Caprimulgus affinis</i>	R	O
雨燕科	Family Apodidae		
叉尾雨燕	<i>Apus pacificus</i>	MT	
小雨燕	<i>Apus nipalensis</i>	R	O
翠鳥科	Family Alcedinidae		
翠鳥	<i>Alcedo atthis</i>	R	SMTG
黑頭翡翠	<i>Halcyon pileata</i>	MW	SMTG
佛法僧科	Family Coraciidae		

中文鳥名	學名	屬性*	生態同功群**
佛法僧	<i>Eurystomus orientalis</i>	MT	T
戴勝科	Family Upupidae		
戴勝	<i>Upupa epops</i>	MW	
鬚鴛科	Family Megalaimidae		
五色鳥	<i>Psilopogon nuchalis</i>	R	T
啄木鳥科	Family Picidae		
地啄木	<i>Jynx torquilla</i>	MW	
小啄木	<i>Yungipicus canicapillus</i>	R	T
隼科	Family Falconidae		
紅隼	<i>Falco tinnunculus</i>	MW	O
遊隼	<i>Falco peregrinus</i>	R	O
山椒鳥科	Family Campephagidae		
灰山椒鳥	<i>Pericrocotus divaricatus</i>	MT	
花翅山椒鳥	<i>Coracina macei</i>	R	
伯勞科	Family Laniidae		
紅尾伯勞	<i>Lanius cristatus</i>	MW	TG
棕背伯勞	<i>Lanius schach</i>	R	TG
卷尾科	Family Dicruridae		
大卷尾	<i>Dicrurus macrocercus</i>	R	T
王鵲科	Family Monarchidae		
黑枕藍鵲	<i>Hypothymis azurea</i>	R	T
鴉科	Family Corvidae		
灰喜鵲	<i>Cyanopica cyanus</i>	E	
樹鵲	<i>Dendrocitta formosae</i>	R	
喜鵲	<i>Pica serica</i>	R	T
東方寒鴉	<i>Corvus dauuricus</i>	L	
百靈科	Family Alaudidae		
小雲雀	<i>Alauda gulgula</i>	R	TG
燕科	Family Hirundinidae		
棕沙燕	<i>Riparia chinensis</i>	R	O
灰沙燕	<i>Riparia riparia</i>	MT	O
家燕	<i>Hirundo rustica</i>	MW	O
洋燕	<i>Hirundo tahitica</i>	R	O
赤腰燕	<i>Cecropis striolata</i>	R	O
鶇科	Family Pycnonotidae		
白頭翁	<i>Pycnonotus sinensis</i>	R	T

中文鳥名	學名	屬性*	生態同功群**
紅嘴黑鵯	<i>Hypsipetes leucocephalus</i>	R	T
棕耳鵯	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	R	TG
樹鵯科	Family Scotocercidae		
日本樹鵯/	<i>Horornis diphone/</i>	MW	T
遠東樹鵯	<i>Horornis borealis</i>		
柳鵯科	Family Phylloscopidae		
黃眉柳鵯	<i>Phylloscopus inornatus</i>	MW	T
極北柳鵯	<i>Phylloscopus borealis</i>	MT	T
葦鵯科	Family Acrocephalidae		
雙眉葦鵯	<i>Acrocephalus bistrigiceps</i>	MW	
東方大葦鵯	<i>Acrocephalus orientalis</i>	MT	TG
蝗鵯科	Family Locustellidae		
北蝗鵯	<i>Locustella ochotensis</i>	MW	
扇尾鵯科	Family Cisticolidae		
棕扇尾鵯	<i>Cisticola juncidis</i>	R	TG
黃頭扇尾鵯	<i>Cisticola exilis</i>	R	TG
斑紋鷓鴣	<i>Prinia crinigera</i>	R	TG
灰頭鷓鴣	<i>Prinia flaviventris</i>	R	TG
褐頭鷓鴣	<i>Prinia inornata</i>	R	TG
鸚嘴科	Family Paradoxornithidae		
粉紅鸚嘴	<i>Sinosuthora webbiana</i>	R	TG
繡眼科	Family Zosteropidae		
綠繡眼	<i>Zosterops japonicus</i>	R	T
畫眉科	Family Timaliidae		
小彎嘴	<i>Pomatorhinus musicus</i>	R	T
噪眉科	Family Leiothrichidae		
繡眼畫眉	<i>Alcippe morrisonia</i>	R	
大陸畫眉	<i>Garrulax canorus</i>	E	
台灣畫眉	<i>Garrulax taewanus</i>	R	
白耳畫眉	<i>Heterophasia auricularis</i>	E	
鶉科	Family Muscicapidae		
灰斑鶉	<i>Muscicapa griseisticta</i>	MT	T
鵲鶉	<i>Copsychus saularis</i>	E	TG
野鶉	<i>Calliope calliope</i>	MW	TG
白尾鶉	<i>Myiomela leucura</i>	R	
藍尾鶉	<i>Tarsiger cyanurus</i>	MW	T

中文鳥名	學名	屬性*	生態同功群**
黃尾鵪	<i>Phoenicurus aureus</i>	MW	TG
藍磯鶇	<i>Monticola solitarius</i>	MW	T
黑喉鵪	<i>Saxicola maurus</i>	MW	TG
鶇科	Family Turdidae		
白氏地鶇/	<i>Zoothera aurea/</i>	MW	T
虎斑地鶇	<i>Zoothera dauma</i>		
白眉鶇	<i>Turdus obscurus</i>	MW	TG
白腹鶇	<i>Turdus pallidus</i>	MW	T
赤腹鶇	<i>Turdus chrysolaus</i>	MW	T
斑點鶇	<i>Turdus eunomus</i>	MW	
八哥科	Family Sturnidae		
歐洲椋鳥	<i>Sturnus vulgaris</i>	MT	T
小椋鳥	<i>Agropsar philippensis</i>	MT	T
黑領椋鳥	<i>Gracupica nigricollis</i>	E	
灰背椋鳥	<i>Sturnia sinensis</i>	MW	T
灰椋鳥	<i>Spodiopsar cineraceus</i>	MW	SMTG
家八哥	<i>Acridotheres tristis</i>	E	SMTG
白尾八哥	<i>Acridotheres javanicus</i>	E	SMTG
八哥	<i>Acridotheres cristatellus</i>	R	SMTG
鵲鴝科	Family Motacillidae		
東方黃鵲鴝	<i>Motacilla tschutschensis</i>	MT	SMTG
灰鵲鴝	<i>Motacilla cinerea</i>	MW	SMTG
白鵲鴝	<i>Motacilla alba</i>	R	SMTG
大花鵲	<i>Anthus richardi</i>	MW	SMTG
樹鵲	<i>Anthus hodgsoni</i>	MW	TG
白背鵲	<i>Anthus gustavi</i>	MT	SMTG
赤喉鵲	<i>Anthus cervinus</i>	MW	SMTG
黃腹鵲	<i>Anthus rubescens</i>	MW	
鷓鴣科	Family Emberizidae		
小鷓	<i>Emberiza pusilla</i>	MW	TG
黃喉鷓	<i>Emberiza elegans</i>	MT	
金鷓	<i>Emberiza aureola</i>	MT	TG
鏞鷓	<i>Emberiza rutila</i>	MT	
野鷓	<i>Emberiza sulphurata</i>	MT	TG
黑臉鷓	<i>Emberiza spodocephala</i>	MW	TG
雀科	Family Fringillidae		

中文鳥名	學名	屬性*	生態同功群**
花雀	<i>Fringilla montifringilla</i>	MW	TG
黃雀	<i>Spinus spinus</i>	MW	T
臘嘴雀	<i>Coccothraustes</i> <i>coccothraustes</i>	MW	
小桑鴉	<i>Eophona migratoria</i>	MW	
桑鴉	<i>Eophona personata</i>	MW	
麻雀科	Family Passeridae		
麻雀	<i>Passer montanus</i>	R	T
梅花雀科	Family Estrildidae		
白腰文鳥	<i>Lonchura striata</i>	R	TG
斑文鳥	<i>Lonchura punctulata</i>	R	TG
黑頭文鳥	<i>Lonchura atricapilla</i>	R	TG
鸚鵡科	Family Psittacidae		
紅領綠鸚鵡	<i>Psittacula krameri</i>	E	T
牡丹鸚鵡	<i>Agapornis spp.</i>	E	

*：R：留鳥、MT：過境鳥、MW：冬候鳥、MS：夏候鳥、L：迷鳥、E：籠中逸鳥或引進種、S：海鳥。

**：SM：泥灘涉禽、WS：水域泥岸游涉禽、WSG：水岸高草游涉禽、SMTG：水岸性陸禽、T：樹林性陸禽、TG：草原性陸禽、F：空域性。

附錄三、大肚溪口四樣區大地衛星影像
彰濱區

1991 年



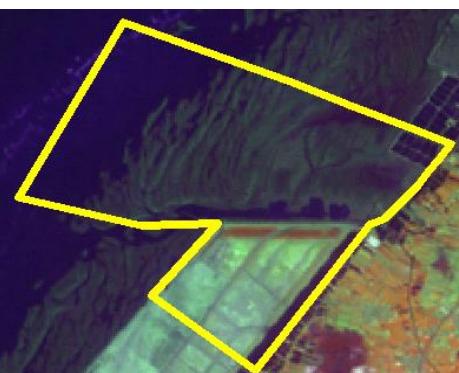
1994 年



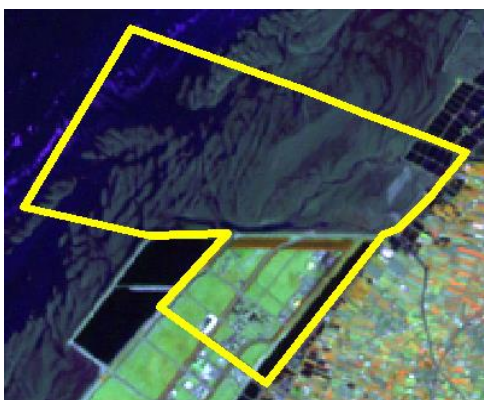
1995 年



1996 年



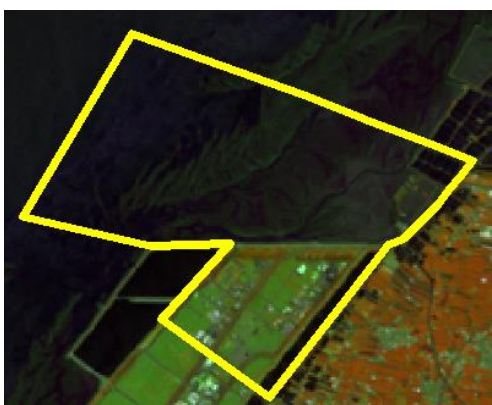
2002 年



2006 年



2011 年



2014 年



0 1 2 Km

南岸區

1991 年



1994 年



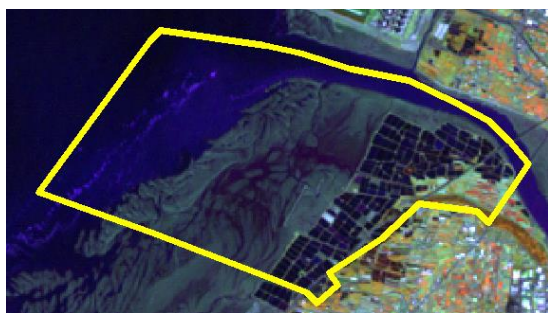
1995 年



1996 年



2002 年



2006 年



2011 年



2014 年



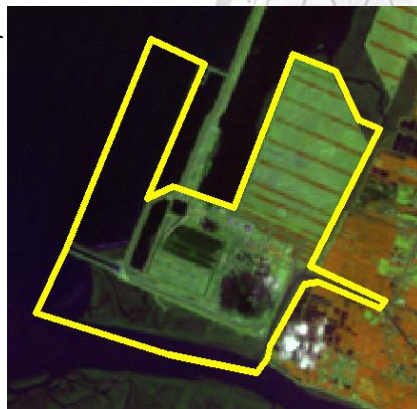
0 1.5 3 Km

電廠區

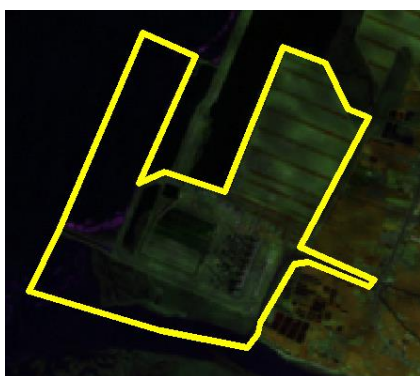
1991 年



1994 年



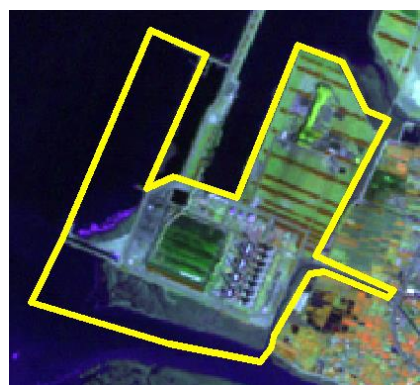
1995 年



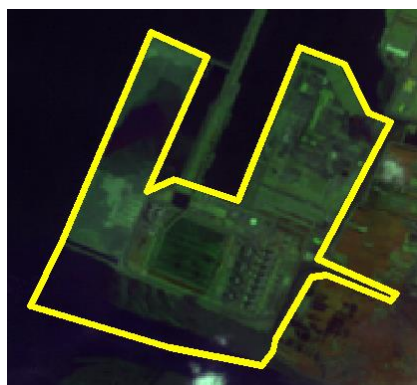
1996 年



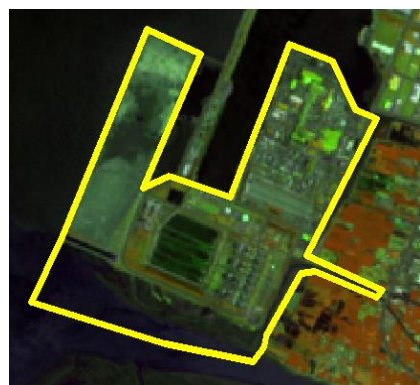
2002 年



2006 年



2011 年



2014 年



0 1 2 Km

張玉姑廟

1991 年



1994 年



1995 年



1996 年



2002 年



2006 年



2011 年



2014 年



0 1 2 Km



附錄四、1990 至 2014 年大肚溪口張玉姑廟區陸鳥每季種豐度、平均量豐度的長期趨勢

