

# 目錄

擬漆姑 ( <i>Spergularia marina</i> (L.) Griseb.) : 台灣石竹科新紀錄屬、種.....		
.....許天銓、鐘詩文	1	
臺灣蕨類植物增註(4).....	許天銓、洪信介、張藝翰	7
以半巢式聚合酶連鎖反應方法調查台北市立動物園動物受弓漿蟲感染之情形...		
.....余子安、劉社吟、蒲長恩、陳啓聰、趙齊相、余珍芳、王儷蓓	19	
臺灣中部烏石坑地區森林下層植群與上層的關聯及其環境影響因子.....		
.....范素璋、何東輯、林旭宏、沈明雅	29	
2014年澎湖縣綠蠵龜( <i>Chelonia mydas</i> )繁殖與族群危機調查.....		
.....羅柳墀、陳久林、陳添喜	51	
臺灣新年數鳥嘉年華監測臺灣冬季鳥類相之2015年成果.....		
.....林大利、呂翊維、邱柏瑩、林昆海、林瑞興	69	
棲蘭野生動物重要棲息環境之脆弱度評估.....	黃靜宜	93

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 編印  
Published by Endemic Species Research Institute,  
Council of Agriculture, Taiwan, R. O. C.



GPN : 2009900002

# 台灣生物多樣性研究 Taiwan Journal of Biodiversity

第 18 卷第 1 期 | 中華民國105年1月  
Vol. 18, No. 1 | January 2016





封面圖說／

台灣之新紀錄屬、種—擬漆姑(*Spargularia marina* (L.) Griseb.)。

(鍾詩文 攝)

## 台灣生物多樣性研究

(原為《特有生物研究》半年刊，2010年元月起更名，並以季刊發行)

發行人／方國運  
總編輯／許再文

執行編輯／(依姓氏筆劃序)

何健鎔、李麗華、林瑞興、林春富  
許再文、陳志輝、張和明、范素璋  
詹芳澤、鄭錫奇、薛美莉

編輯諮詢委員／(依姓氏筆劃序)

于宏燦、方力行、王 穎、王震哲  
王 鑫、呂光洋、呂福原、李玲玲  
汪靜明、周昌弘、吳忠宏、吳錫圭  
吳繼光、邵廣昭、林幸助、林耀松  
郭城孟、陳明義、陳章波、許建昌  
張清風、黃 生、游祥平、彭鏡毅  
楊平世、楊政川、廖一久、裴家騏  
趙榮台、劉小如、蔡住發、鄭蕙燕  
歐辰雄、蔣鎮宇

英文編輯／金恒鏞  
出版編輯／李麗華

出版／農委會特有生物研究保育中心  
住址／南投縣集集鎮55244民生東路1號  
電話／049-2761331 轉 315  
網址／<http://www.tesri.gov.tw>  
印刷／綠凌興業社  
出版日期／中華民國 105 年 1 月  
創刊日期／中華民國 88 年元月  
出版登記／局版台誌第 10207 號

## Taiwan Journal of Biodiversity

(Continuation of former journal of “Endemic Species Research”, 1999-2009)

Publisher / Kuo-Yun Fang  
Editor-in-chief / Tsai-Wen Hsu

Executive Editors /

Jen-Zon Ho, Li-Hua Lee,  
Ruey-Shing Lin, Chun-Fu Lin,  
Tsai-Wen Hsu, Chih-Hui Chen,  
Ho-Ming Chang, Su-Wei Fan,  
Fang-Tse Chan, His-Chi Cheng,  
May-Li Hshiu,

Editorial Board /

Hon-Tsen Yu, Lee-Shing Fang,  
Ying Wang, Jenn-Che Wang,  
Shin Wang, Kuang-Yang Lue,  
Fu-Yuan Lue, Ling-Ling Lee,  
Ching-Ming Wang, Chang-Hung Chou,  
Homer C. Wu, Shi-Kuei Wu,  
Chi-Guang Wu, Kwang-Tsao Shao,  
Hsing-Juh Lin, Yao-Sung Lin,  
Chen-Meng Kuo, Ming-Yih Chen,  
Chang-Po Chen, Chien-Chang Hsu,  
Ching-Fong Chang, Shong Huang,  
Hsiang-Ping Yu, Ching-I Peng,  
Ping-Shih Yang, Jeng-Chuan Yang,  
I-Chiu Liao, Kurtis Jai-Chyi Pei,  
Jung-Tai Chao, Lucia Liu Severinghaus,  
Chu-Fa Tsai, Huei-Yann Joann Jeng,  
Chern-Hsiung Ou, Tzen-Yuh Chiang

English Editor / Hen-Biau King  
Publication Editor / Li-Hua Lee  
Published by Endemic Species Research Institute  
1 Ming-Shen E. Road, Jiji, Nantou 55244,  
Taiwan, R.O.C.  
Tel: 886-49-2761331 ext. 315  
<http://tesri.tesri.gov.tw>

Published Date: January 2016

GPN: 2009900002  
ISSN: 2076-6971

# Contents

<i>Spargularia marina</i> (L.) Griseb. ( Caryophyllaceae ), a Newly Recorded Genus and Species in Taiwan.....	Tian-Chuan Hsu and Shih-Wen Chung	1
New Additions to the Fern Flora of Taiwan(4) .....	.....Tian-Chuan Hsu, Hsin-Chieh Hung and Yi-Han Chang	7
Investigation of Toxoplasma Gondii Infection in Animals in Taipei Zoo Using Semi-nest Polymerase Chain Reaction.....	Zih-An Yu1, Chang-En Pu, Chi-Tsong Chen, Chi-Hsiang Chao, Jane-Fang Yu, Lih-Chiann Wang	19
Floristic Associations Between Understory and Overstory Vegetation and Their Relationships to Environmental Factors in Broad-leaved Forests in Wushyrkeng Area, Central Taiwan.....	Su-Wei Fan, Tong-Chi Ho, Hsu-Hong Lin and Ming-Yea Sheng	29
Survey of Green Sea Turtle Reproduction and Population Threat in Penghu County in 2014 .....	.....Liu-Chih Lo, Jo-Lin Cheng and Tien-Chi Cheng	51
2015 New Year Bird Count for the Winter Avifauna Monitoring Project in Taiwan.....	.....Da-Li Lin, Allen Lyu, Bory-Ying Chiu, Kun-Hai Lin and Ruey-Shing Lin	69
Assessment of Environmental Vulnerability in Major Wildlife Habitats in Chilán, Taiwan .....	.....Jing-Yi Huang	93

# 擬漆姑(*Spergularia marina* (L.) Griseb.)：台灣石竹科新 紀錄屬、種

## *Spergularia marina* (L.) Griseb. (Caryophyllaceae), a Newly Recorded Genus and Species in Taiwan

許天銓<sup>1,\*</sup> 鐘詩文<sup>2</sup>

Tian-Chuan Hsu<sup>1,\*</sup> and Shih-Wen Chung<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 國立清華大學 30013 新竹市光復路二段 101 號

<sup>2</sup> 行政院農委會林業試驗所 10066 台北市南海路 53 號

<sup>1</sup> Institute of Molecular & Cellular Biology, National Tsing Hua University, No. 101, Section 2, Kuang-Fu Rd.,  
Hsinchu 30013, Taiwan

<sup>2</sup> Botanic Garden Division, Taiwan Forest Research Institute, No. 53, Nanhai Rd., Taipei 10066, Taiwan

\*通訊作者: lecanorchis@gmail.com

\* Corresponding authors : lecanorchis@gmail.com

### 摘 要

擬漆姑屬(*Spergularia*)，及擬漆姑(*S. marina* (L.) Griseb.)為台灣石竹科(Caryophyllaceae) 之新紀錄分類群。形態上，擬漆姑可依全株被腺毛、葉線形，厚肉質，十字對生、托葉合生為鞘狀、花瓣帶粉紅色、花柱 3 裂、蒴果 3 瓣等特徵易與台灣其他同科物種區分。

### Abstract

The genus *Spergularia* (Caryophyllaceae) and its species *S. marina* (L.) Griseb. are newly recorded in Taiwan. Morphologically, *S. marina* can be easily distinguished from other Caryophyllaceae species in Taiwan by having glandular-hairy habits, linear, fleshy, decussate leaves, sheath-like stipules, pinkish petals, trifold styles and three-valved capsules.

**關鍵詞：**石竹科，新紀錄，擬漆姑，台灣，分類學

**Key words:** Caryophyllaceae, New record, *Spergularia marina*, *Spergularia salina*, Taiwan, taxonomy.

收件日期：2015 年 06 月 05 日      接受日期：2015 年 10 月 30 日

Received: June 05, 2015

Accepted: October 30, 2015

## 緒 言

擬漆姑屬 (*Spergularia*) 隸屬石竹科 (Caryophyllaceae)，約有 25 種，主要分布於北半球溫帶之鹽鹼環境(Lu and Rabeler 2001)，其重要鑑別特徵包含：葉狹窄而肥厚，十字對生；托葉合生為鞘狀；花瓣全緣；花柱 3 裂；果實為 3 瓣之蒴果。2015 年 1 月本文第一作者在新北市進行植物調查時於發現擬漆姑(*S. marina* (L.) Griseb.)的野生族群，此物種廣泛分布於溫帶亞洲、歐洲、北非及北美各地，亦產於金門(呂 2011，學名採用 *S. salina* J. Presl & C. Presl)，但該種及該屬均未曾紀錄於台灣本島與附屬島嶼(Boufford *et al.* 2003; Yang *et al.* 2008; Huang 2012)，故於本文報導為台灣之新紀錄屬、種，並提供相關之形態描述、圖片，以及分類與生態環境之註記。

## 分類處理

*Spergularia* (Persoon) J. Presl & C. Presl, Fl. Cech. 94. 1819. **擬漆姑屬**

*Spergularia marina* (L.) Griseb., Spic. Fl. Rumel. 1: 213. 1843. **擬漆姑** 圖 1-2

**Basionym:** *Arenaria rubra* L. var. *marina* L., Sp. Pl. 1: 423. 1753.

**Homotypic synonym:** *Arenaria marina* (L.) All., Fl. Pedem. 2: 114. 1785.

**Type:** EUROPE, *Herb. Clifford: 173, Arenaria 3, sheet B* (lectotype: BM- 000628543), designated by Rossbach (1940).

**Heterotypic synonym:** *Spergularia salina* J. Presl & C. Presl, Fl. Čech. 95. 1819. — Type: CZECH, *C.B.Presl s.n., s.d.* (PRC).

**形態描述：**一年生或越年生草本，極少多年生，高 10-30 cm，全株被有柄之腺毛，花序尤其明顯。莖通常基部倒伏，末端直立，多分枝。葉十字對生，線形，甚為肥厚，5-40 × 1-2 mm，端具小突尖；托葉闊三角形，合生為鞘狀，長 2-3 mm，寬 1.5-2.5 mm。花序頂生，聚繖狀，長 2-10 cm。花柄長 2-4 mm，於開花時直立，結果時反折。花萼 5 枚，淡綠色，卵形，2.5-4.5 × 1.5-1.8 mm，被腺毛，邊緣膜質，先端銳尖；花瓣 5 枚，粉紅色，基部白色，近橢圓形，1.5-3.0 × 1.5-2.0 mm，末端鈍，略短於花萼，全緣，表面光滑；雄蕊 2-5 枚，花絲長約 0.5 mm。蒴果外側由宿存花萼包裹，卵形，長 5-6 mm，略高於宿存花萼。種子淡褐色，闊卵形，長 0.5-0.7 mm，表面具細小乳突，極少數邊緣具翅，多數無翅。

**地理分布：**亞洲(溫帶及亞熱帶區域)、歐洲、非洲北部及北美。

**生態與物候：**河口附近稍帶鹽分之泥質裸露地，海拔約 2 m，伴生物種包含狗牙根 (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.)、茼蒿 (*Cyperus malaccensis* Lam. subsp. *malaccensis*)、蘆葦 (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.)及帚馬蘭 (*Aster subulatus* Michaux var. *subulatus*) 等。一月至六月間均能觀察到開花及結果。

**引證標本：**新北市(New Taipei City)：五股區(Wugu District)，洲子尾(Choutzuwei)，31 Jan 2015，T. C. Hsu 7449 (TAIF)；28 May 2015，T. C. Hsu 7724 (TAIF)。

**分類註記：**1.本種依全株被疏至密之腺毛、葉線形，厚肉質，十字對生、托葉合生為鞘狀、花瓣帶粉紅色、花柱 3 裂、蒴果 3 瓣等特徵易與台灣其他同科物種區分。

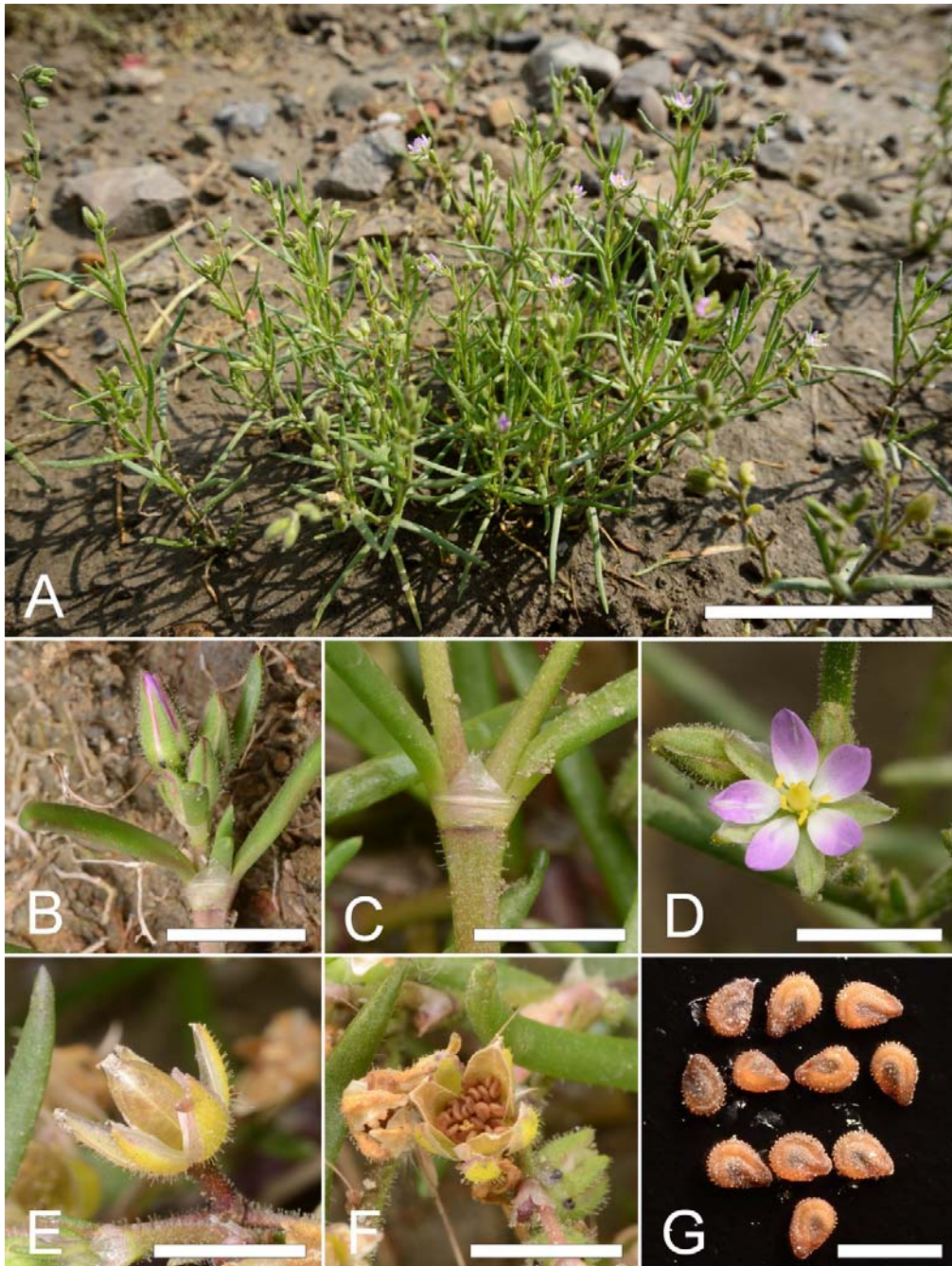
2.文獻記載本種的種子具有多型性，在單一族群或個體內可發現少數種子邊緣具翅 (Salisbury 1958; Sterk 1969)，但目前在台灣採集的標本中尚未觀察到有翅的種子(圖 2-G)。

3.本種學名之使用存在歷史性的爭議，部分研究者認為 *Spergularia salina* J. Presl & C. Presl 方為正確學名(Rabeler and Hartman 2005; 呂 2011)，可能是基於 *S. salina* 之發表(Presl and Presl 1819)早於新組合名 *S. marina* 提出的年代 (Grisebach 1843)；但本文作者同意 Rossbach (1940)之論述，“*marina*”最早被使用在種階實際上是 1785 年發表的 *Arenaria marina* (L.) All.，仍早於“*salina*”。因此，依據現時命名法規(Melbourne Code)之 Art. 11.4 條文：「任何屬下級分類群之正確名稱，係在同級分類群之最早合法名之最後尾名與其所屬正確屬名或種名組合者」(McNeill 2012; 黃等 2013)，“*Spergularia marina* (L.) Griseb.”此一組合名應視為擬漆姑之正確學名。此一學名使用的歧見僅是命名學上的見解不同而非分類地位的爭議，因各文獻作者均視 *S. marina* 與 *S. salina* 為相同物種(Rossbach 1940, Rabeler and Hartman 2005, Lu and Rabeler 2001, 呂 2011)。



圖 1. 擬漆姑的生育地(新北市五股區洲子尾)。

Fig. 1. Habitat of *Spergularia marina* (Choutzuwei, Wugu District, New Taipei City).



**圖 2.** 擬漆姑之形態。A: 植物體。B: 幼嫩花序。C: 托葉。D: 花。E: 蒴果。F: 開裂之蒴果。G: 種子。比例尺：A = 5 cm；B-F = 5 mm；G = 1 mm。

**Fig 2.** Morphology of *Spergularia marina*. A: Habit. B: Young inflorescence. C: Stipule. D: Flower. E: Capsule. F: Dehiscent capsule. G: Seeds. Scale bars: A = 5 cm; B-F = 5 mm; G = 1 mm.

## 引用文獻

- 呂福原。2011。金門植物誌(上卷)。金門國家公園管理處，金門。615 頁。
- 黃增泉，吳明洲，黃星凡。2013。植物命名指南。中華民國行政院農業委員會林務局，台北。331 頁。
- Boufford, D. E., H. Ohashi, T. C. Huang, C. F. Hsieh, J. L. Tsai, K. C. Yang, C. I. Peng, C. S. Kuoh and A. Hsiao. 2003. A Checklist of the Vascular Plants of Taiwan. *In*: Huang, T. C. *et al.* (eds.). Flora of Taiwan, 2nd ed., 6: 15-139. Editorial Committee, Dept. Bot., NTU, Taipei.
- Grisebach, A. 1843. Spicilegium Florae Rumelicae et Bithynicae Exhibens Synopsis Plantarum. Vol. 1. Prostat apud Fridericum Vieweg et Filium, Brunsvigae. 407 pp.
- Huang, S. F. 2012. Caryophyllaceae. *In*: Wang, J. C. and C. T. Lu (eds.), Flora of Taiwan Second Edition Supplement. National Taiwan Normal University, Taipei. pp. 21-22.
- Linnean, C. 1753. Species Plantarum. Vol. 1. Laurentius Salvius, Holmiae. 560 pp.
- Lu, D. and R. K. Rabeler. 2001. *Spergularia*. *In*: McNeill J., F. R. Barrie, W. R. Buck, V. Demoulin, W. Greuter, D. L. Hawksworth, P. S. Herendeen, S. Knapp, K. Marhold, J. Prado, W. F. Prud'homme van Reine, G. F. Smith, J. Wiersema, N. J. Turland (eds.). 2012. International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Melbourne Code). [Regnum vegetabile no. 154.] Koeltz Scientific Books, Königstein. 240 pp.
- Presl, J. S. and C. B. Presl. 1819. Flora Čechica: Indicatis Medicinalibus, Oeconomicis Technologicisque Plantis. J. G. Calvae, Praga. 224 pp.
- Rabeler, R. K. and R. L. Hartman. 2005. Caryophyllaceae. *In*: Flora of North America Editorial Committee (eds.). Flora of North America North of Mexico 5: 3-8. Oxford University Press, New York.
- Rosbach, R. P. 1940. *Spergularia* in North and South America. *Rhodora* 42: 57-83, 105-143, 158-193, 203-213.
- Salisbury, E. J. 1958. *Spergularia salina* and *Spergularia marginata* and their heteromorphic seeds. *Kew Bull.* 1: 41-51.
- Sterk, A. A. 1969. Biosystematic studies on *Spergularia media* and *S. marina* in the Netherlands II. The morphological variation of *S. marina*. *Acta. Bot. Neerli* 18: 467-476.
- Yang, Y. P., C. K. Liao, M. Tang, and C. K. Yang 2008. A Synopsis of Taiwan Seed Plants. The Forestry Bureau, Taipei, Taiwan. 278 pp.



## New Additions to the Fern Flora of Taiwan(4)

### 臺灣蕨類植物增註(4)

Tian-Chuan Hsu<sup>1</sup>, Hsin-Chieh Hung<sup>2</sup>, Yi-Han Chang<sup>3,4,\*</sup>

許天銓<sup>1</sup> 洪信介<sup>2</sup> 張藝翰<sup>3,4,\*</sup>

<sup>1</sup> Institute of Molecular and Cellular Biology, National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan.

<sup>2</sup> Natural photographer; Nantou, Taiwan.

<sup>3</sup> Division of Botanical Garden, Taiwan Forestry Research Institute, Taipei, Taiwan.

<sup>4</sup> Department of Biological Sciences, National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung, Taiwan.

<sup>1</sup> 國立清華大學分子與細胞生物研究所 30013 新竹市光復路二段 101 號

<sup>2</sup> 自然攝影家 54252 南投縣草屯鎮稻香路 59-2 號

<sup>3</sup> 行政院農業委員會林業試驗所植物園組 10066 臺北市南海路 53 號

<sup>4</sup> 國立中山大學生物科學系 80424 高雄市蓮海路 70 號

\* Corresponding author: changii0331@tfri.gov.tw

\* 通訊作者：changii0331@tfri.gov.tw

### Abstract

Two newly recorded fern species, *Hymenophyllum palmatifidum* (Müll. Berol.) Ebihara & K. Iwats. (Hymenophyllaceae) and *Oreogrammitis caespitosa* (Blume) Parris (Polypodiaceae), were found in the foggy forest region of southeastern Taiwan. Their morphological descriptions and illustrations are presented.

### 摘要

本文報導台灣東南部霧林區域發現的兩種台灣新紀錄蕨類：毛緣細口團扇蕨 (*Hymenophyllum palmatifidum* (Müll. Berol.) Ebihara & K. Iwats.，膜蕨科) 與穴孢濱禾蕨 (*Oreogrammitis caespitosa* (Blume) Parris，水龍骨科)，並提供形態描述及圖片。

**Key words:** Hymenophyllaceae, *Hymenophyllum palmatifidum*, *Oreogrammitis caespitosa*, Polypodiaceae, Taiwan.

**關鍵詞：**膜蕨科、毛緣細口團扇蕨、穴孢濱禾蕨、水龍骨科、臺灣。

Received: June 06, 2015

Accepted: October 30, 2015

收件日期：2015年06月06日

接受日期：2015年10月30日

## Introduction

During our recent field investigation in Taiwan, we discovered two new fern species, *Hymenophyllum palmatifidum* (Müll. Berol.) Ebihara & K. Iwats. (Hymenophyllaceae) and *Oreogrammitis caespitosa* (Blume) Parris (Polypodiaceae). Both species were discovered in the foggy and mossy forests in the southern part of the Central Mountain Ridge, a well-known main habitat of several rare and endangered ferns in Taiwan that hosts the most grammitid ferns and a series of filmy ferns (Moore 1999, 2000a, 2000b, 2001, Moore *et al.* 2003). Most of the species found in this region, including the two newly recorded ones, are inhabitants of tropical Asian montane forests with their northernmost distribution in Taiwan. Our recent discoveries (Hsu *et al.* 2014, Hsu *et al.* 2015) add to the understanding of fern diversity in the southern Central Mountain Ridge and southern Taiwan's floristic connection with the tropical southeastern Asia. Herein, morphological descriptions, illustrations,

taxonomic and ecological notes of *H. palmatifidum* and *O. caespitosa* are presented. Their threatened status based on IUCN categories (IUCN 2001, 2003) are evaluated as well.

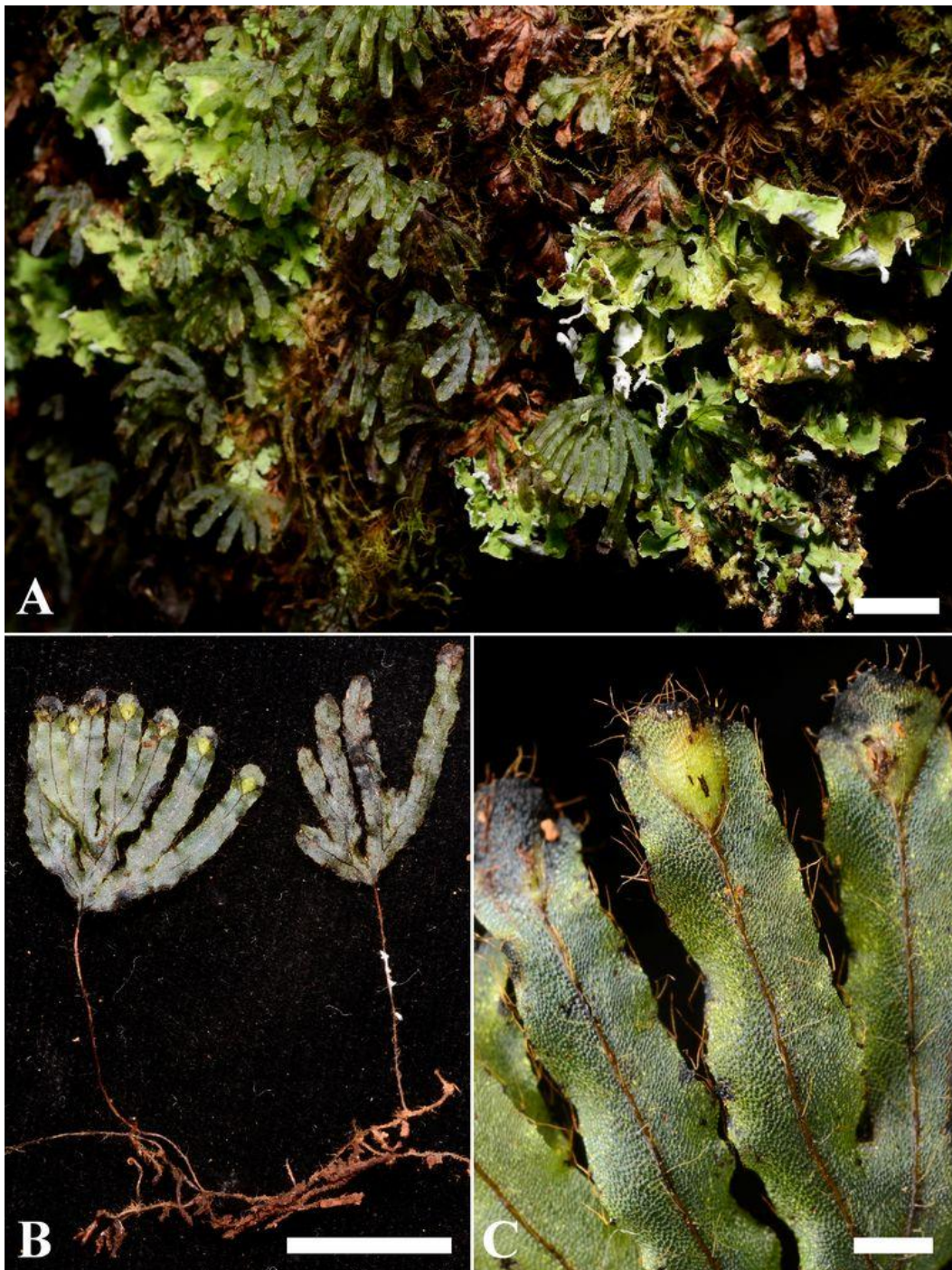
## Taxonomic Treatments

- (1) *Hymenophyllum palmatifidum* (Müll. Berol.) Ebihara & K. Iwats., Taxon 53(4): 941. 2004. 毛緣細口團扇蕨 Fig. 1.

**Basionym:** *Trichomanes palmatifidum* Müll. Berol., Bot. Zeitung (Berlin) 42: 732. 1854.

**Type:** INDONESIA. Java: Zöllinger 1722 (holotype: B photo!; isotypes: K, L, P photo!).

**Synonyms:** *Trichomanes digitatum* Sw. var. *palmatifidum* (Müll. Berol.) Hook. & Baker, Syn. fil. 76. 1867. — *Gonocormus palmatifidus* (Müll. Berol.) Prantl, Unters. Morph. Gefässkrypt. 1: 51. 1875. — *Microtrichomanes palmatifidum* (Müll. Berol.) Copel., Philipp. J. Sci. 67: 36. 1938. — *Sphaerocionium palmatifidum* (Müll. Berol.) K. Iwats., J. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sect. 3, Bot. 13: 211. 1982.



**Fig. 1.** *Hymenophyllum palmatifidum* (Müll. Berol.) Ebihara & K. Iwats. (from T.C. Hsu 7150). A: Habits *in situ*. B: Habit. C: Fertile lobe of lamina, showing the forked marginal setae and obconical involucre. Scale bars: A–B = 1 cm; C = 1 mm. Photographs by T.C. Hsu.

**Morphology:** Rhizome long creeping, filiform, wiry, with simple, brown, downy hairs. Stipe 12~25 mm, very slender, wingless, with sparse brown hairs. Lamina ca. 10~20 mm × 1~1.5 mm, flabellate or obovate, dichotomously branched, often without an distinct rachis; lobes up to 10 mm long, 1.5~2 mm wide; margins setiferous, setae golden brown, stiff, usually basally forked, rarely simple, ca. 0.5 mm long; midribs glabrous or very sparse setiferous adaxially, sparse to scattered setiferous abaxially, setae usually simple, occasionally forked. Sori sunken in apices of lobes; hollow part of involucre obconical; mouth slightly 2-lipped, lips semiorbicular.

**Distribution:** Indonesia, Malaysia, New Guinea and Taiwan.

**Habitat:** Epiphytic on the shaded side of a trunk near tree base in a foggy and mossy broadleaved forest at ca. 2100 m elev.

**Conservation status:** CR [D1]. In Taiwan, only a single small population covering ca. 20 × 40 cm<sup>2</sup> area of a tree trunk was found. The population is threatened by frequently occurring landslides that could directly destroy its habitat or cause extreme habitat fragmentation.

**Voucher specimen:** TAIWAN. Taitung County: Jinfong Township, from Mt. Peitawu to

Mt. Payusen, 2 Jun 2014, *TC Hsu 7150* (TAIF).

**Note:** *Hymenophyllum palmatifidum* belongs to a group of species formerly placed in the genus *Microtrichomanes* and characterized by cup-shaped involucre and dichotomous fronds with neither false veinlets nor specialized cells (Copeland 1938, Iwatsuki 1975, Ebihara *et al.* 2004). However, most species, including *Microtrichomanes palmatifidum*, were found deeply nested within *Hymenophyllum* according to molecular data and hence transferred to *Hymenophyllum* (Ebihara *et al.* 2004). The discovery of *H. palmatifidum* in Taiwan greatly extends its northern boundary of distribution and also strongly suggests that the species also occurs in the Philippines which now represents a gap among its known distribution range.

Morphologically, *H. palmatifidum* resembles *H. digitatum* and *H. nitidulum*, also former members of *Microtrichomanes*, in sharing slender, wiry stipes and flabellately or dichotomously branched fronds. A key to the closely allied species of *H. palmatifidum* as well as the main frame for all known members of genus *Hymenophyllum* in Taiwan is presented here (cf. Ebihara *et al.* 2004, 2006, Liu *et al.* 2013, Tsai and Shieh 1994):

1a. Blades glaucous or covered with whitish multicellular hairs.

..... Subgenus *Pleuromanes* [毛葉蕨亞屬]

..... *H. acutum* (C. Presl) Ebihara et K. Iwats. [疏毛毛葉蕨]

..... *H. pallidum* (Blume) Ebihara et K. Iwats. [毛葉蕨]

1b. Blades neither glaucous nor covered with whitish multicellular hairs. .... 2

2a. Stellate hairs present on blades.

- ..... Subgenus *Sphaerocionium*
- ..... *H. pilosissimum* C. Chr. [星毛膜蕨]
- 2b. Stellate hairs absent on blades. .... 3
- 3a. Involucre lips usually enlarged and somewhat bivalvate, but not deeply cleft; involucre obconic or rarely campanulate, blades digitately or dichotomously branched.
- ..... 4. Subgenus *Sphaerocionium*
- 3b. Involucre lips bivalvate, usually deeply cleft towards bases or nearly so; involucre rounded, ovate, elliptic, or rarely tubular; blades pinnately dissected. .... 7
- 4a. Marginal setae absent.
- ..... *H. nitidulum* (Bosch) Ebihara et K. Iwats. [細口團扇蕨] (old fronds)
- 4b. Marginal setae present. .... 5
- 5a. Marginal setae unicellular, < 0.2 mm.
- ..... *H. digitatum* (Sw.) Fosberg [指裂細口團扇蕨]
- 5b. Marginal setae multicellular, > 0.3 mm. .... 6
- 6a. Marginal setae scarce, simple.
- ..... *H. nitidulum* (young and mature fronds)
- 6b. Marginal setae frequent, usually basally forked.
- ..... *H. palmatifidum* (Müll. Berol.) Ebihara & K. Iwats. [毛緣細口團扇蕨]
- 7a. Margins of blades entire.
- ..... Subgenus *Mecodium* [落蕨亞屬]
- ..... *H. badium* Hook. et Grev. [落蕨]
- ..... *H. fimbriatum* J. Sm. ex Hook. [叢葉落蕨]
- ..... *H. javanicum* Spreng. [爪哇落蕨]
- ..... *H. oligosorum* Makino [長毛落蕨]
- ..... *H. paniculiflorum* C. Presl [圓錐苞落蕨]
- ..... *H. polyanthos* (Sw.) Sw. [細葉落蕨]
- ..... *H. productum* Kunze [南洋落蕨]
- ..... *H. taiwanense* (Tagawa) C.V. Morton [臺灣落蕨]
- 7b. Margins of blades toothed. .... 8
- 8a. Involucre mainly rounded or ovate; receptacles included in involucre.
- ..... *Hymenophyllum* group [膜蕨群] of Subgenus *Hymenophyllum* [膜蕨亞屬]
- ..... *H. barbatum* (Bosch) Baker [華東膜蕨]
- ..... *H. devolii* M.J. Lai [棣氏膜蕨]
- ..... *H. simonsianum* Hook. [寬片膜蕨]
- 8b. Involucre ovate, elliptic or tubular; receptacles far extruded out of involucre.

- ..... *Meringium* group [厚壁蕨群] of Subgenus *Hymenophyllum*  
 ..... *H. blandum* Racib. [爪哇厚壁蕨]  
 ..... *H. denticulatum* Sw. [厚壁蕨]  
 ..... *H. holochilum* (Bosch) C. Chr. [南洋厚壁蕨]

- (2) *Oreogrammitis caespitosa* (Blume) Parris, Gard. Bull. Singapore 58(2): 257. 2007. 穴孢濱禾蕨 Fig. 2.

**Basionym:** *Grammitis caespitosa* Blume, Enum. Pl. Javae 2: 115. 1828.

**Type:** INDONESIA. Java: Mt. Gede, 7 Jan 1913, *Matthew s.n.* [neotype: K photo!, designated by Parris (1983)].

**Morphology:** Rhizome dorsiventral, stipes in two rows, not articulated to rhizome, densely scaly. Scales 2~3 mm × 0.2~0.3 mm, yellowish brown, glabrous, not clathrate. Stipes 10~30 mm × ca. 0.5 mm; setae on stipe dense, pale yellowish, simple or forked, 0.1~0.2 mm long. Laminae 2~9 cm × 0.3~0.6 cm, linear-lanceolate to linear-oblongate, acute to acuminate at apex, cuneate to long-attenuate at base, entire; setae dark reddish, simple, 0.1~0.4 mm long sparse on margin and very sparse on abaxial midrib; midrib immersed adaxially, slightly prominent abaxially, almost concolorous or slightly darker than lamina; lateral veins obscure (occasionally visible in old fronds), 1-forked, ending with small hydathodes on adaxial surface, acroscopic branch sometimes extending beyond sori. Sori circular to elliptic, in apical 1/3~2/3 of lamina but not immediately below the apex, 1 row each side of midrib, 2~16 in each row, approximately midway between margin and midrib, deeply sunken in

steep-sided pits with sometimes slightly elevated rims, slightly elevated adaxially; sporangia glabrous or with 1~2 setae at apices.

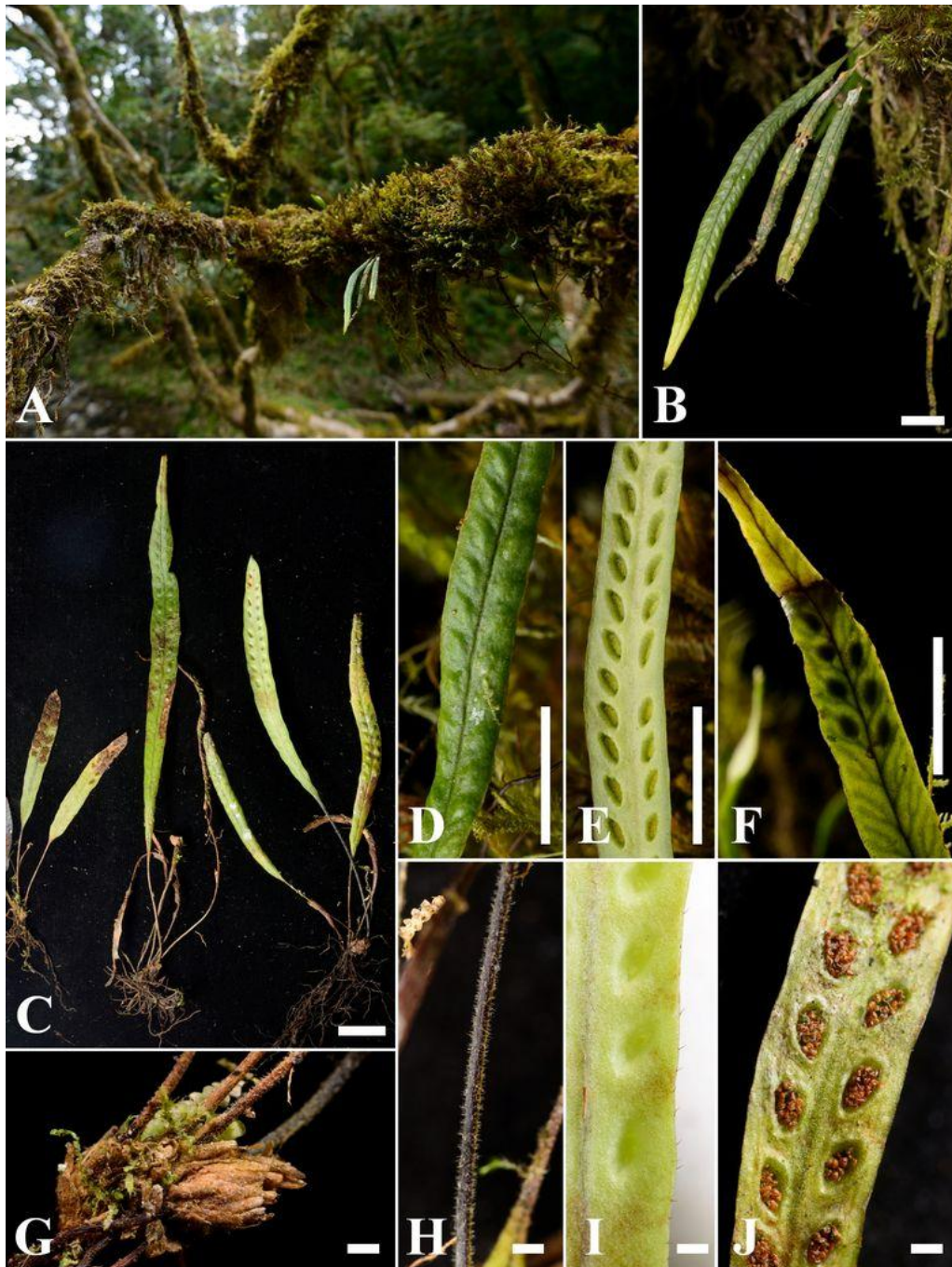
**Distribution:** Indonesia, Malaysia (Sabah), the Philippines and Taiwan.

**Habitat:** In a foggy and mossy predominantly broadleaved forest (with scarce *Chamaecyparis formosensis* Matsum.) at ca. 1800 m elev., typically found epiphytic on moss-covered small- to medium-sized branches along semi-open stream valley.

**Conservation status:** EN [D1]. Only a single locality has been found in Taiwan with an estimated 50~250 mature individuals. No obvious threat is currently detected, but the habitat condition should be continuously monitored since such kind of cloudy forest is often thought to be especially vulnerable to climate change (Markham 1998, Foster 2001).

**Voucher specimens:** TAIWAN. Taitung County: Beinan Township, Ketepola Stream, 5 Feb 2013, *Y.H. Chang 20130205-044* (TAIF); same loc., 16 Feb 2015, *T.C. Hsu 7463* (TAIF).

**Note:** The materials found in Taiwan agree well with the description from New Guinea (Parris 1983) and the specimen collected from Java (*C.W. Chen 2009*, TAIF) except for higher ratio of glabrous sporangia. This distinction is temporarily regarded as regional variation.



**Fig. 2.** *Oreogrammitis caespitosa* (Blume) Parris (from T.C. Hsu 7463). A-B: Habitat and habit *in situ*. C: Habits. D-F: Lamina; D, adaxial view; E, abaxial view, with immature sori; F, adaxial view in transmitted light, showing venation. G: Rhizome and scales. H: Stipe. I: Marginal setae. J: Mature sori. Scale bars: B-F = 1 cm; G-J = 1 mm. Photographs by T.C. Hsu.

Based on frond dissection, the grammitids having simple, linear or lanceolate fronds with circular to somewhat elliptic sori. They were often treated under a broad-sensed genus *Grammitis* Sw. in the past (ex. DeVol 1975, Shieh *et al.* 1994, Zhang 2000), and comprised at least 150 species (Copel and 1947). After several taxonomic works on the grammitid ferns in the latest 20 years (ex. Hirai *et al.* 2011, Kessler *et al.* 2011, Labiak *et al.* 2010a, 2010b, Parris 1997, 1998, 2007 and 2013, Perrie and Parris 2012, Ranker *et al.* 2004, Sundue 2010a, 2010b, 2013, Sundue *et al.* 2010,

2012), a whole new scheme for all grammitids with more than 20 genera (Parris 2010) is formed step by step, and *Grammitis s.str.* becomes a small genus of ca. 23 species with blackish sclerotic lamina margins (Parris 2007).

Materials of *Grammitis s.l.* collected in Taiwan belong to two genera, i.e. *Oreogrammitis* Copel. and *Radiogrammitis* Parris, according to the new scheme just mentioned above. A key to distinguish the grammitid species with simple fronds in Taiwan is presented here (cf. Moore and Parris 2013, Parris 2010, Shieh *et al.* 1994):

- 1a. Sori linear, somewhat parallel to midvein and sunken in grooves in lamina.  
 ..... Genus *Scleroglossum* [革舌蕨屬]  
 ..... *S. sulcatum* (Kuhn) Alderw. [革舌蕨] (= *S. pusillum*; auct. Taiwan.)
- 1b. Sori circular to broadly elliptic, superficial or slightly sunken in broad shallow pits in lamina. .... 2
- 2a. Rhizomes dorsiventral, stipes in two rows.  
 ..... 3. Genus *Oreogrammitis* (the simple-frond part) [濱禾蕨屬]
- 2b. Rhizomes radial, stipes in whorls.  
 ..... 8. Genus *Radiogrammitis* (the simple-frond part) [輻禾蕨屬]
- 3a. Both surfaces of lamina glabrous; sori sunken in pits in lamina. .... 4
- 3b. The degrees of hairiness on laminae varying from nearly glabrous to densely hairy just depending on species; sori superficial. .... 5
- 4a. Stipe 1~3 cm, sori deeply sunken in pits with steep sides and sometimes slightly elevated rims.  
 ..... *O. caespitosa* (Blume) Parris [穴孢濱禾蕨]
- 4b. Stipe < 0.5 cm; sori sunken without steep sides or distinct rims.  
 ..... *O. nuda* (Tagawa) Parris [長孢濱禾蕨]
- 5a. Lateral veins visible clearly on upper surface of lamina.  
 ..... *O. reinwardtii* (Blume) Parris [毛濱禾蕨]
- 5b. Lateral veins hidden and not prominent on either surface of lamina. .... 6
- 6a. Mature lamina glabrous or nearly glabrous with very sparse hairs.  
 ..... *O. adspersa* (Blume) Parris [無毛濱禾蕨]
- 6b. Mature lamina with hairs wholly or at least on midrib. .... 7
- 7a. Lamina usually less than 6 cm; stipes very short, ca. 5 mm long; frond hairs less than 1 mm long

(0.1-0.2 mm); sporangia glabrous.

..... *O. dorsipila* (Christ) Parris [短柄濱禾蕨] (= *Grammitis fenicis*; auct. Taiwan.)

7b. Lamina usually more than 8 cm; stipes 8-40 (-50) mm long; frond hairs longer and up to 1.2 mm long; sporangia setose.

..... *O. congener* (Blume) Parris [南亞濱禾蕨]

8a. Marginal hairs of lamina solitary.

..... *R. setigera* (Blume) Parris [剛毛輻禾蕨] (= *G. intromissa*)

8b. Marginal hairs of lamina solitary and/or in tuft. .... 9

9a. Rhizomes without scales; marginal hairs pale to medium reddish brown, tufted, in 2 lengths.

..... *R. alepidota* (M. G. Price) Parris [無鱗輻禾蕨]

9b. Rhizomes with scales; marginal hairs dark reddish brown, solitary and/or tufted, all in the same length or nearly so. .... 10

10a. Vein endings with hydathodes on adaxial side of lamina; veins 1-forked, branches usually equal in length.

..... *R. moorei* Parris et Knapp [牟氏輻禾蕨]

10b. Vein endings without hydathodes on adaxial side of lamina; veins 1-forked, acroscopic branch much shorter than basicopic one.

..... *R. taiwanensis* Parris et Knapp [臺灣輻禾蕨] (= *G. jagoriana*; auct. Taiwan.)

## Acknowledgements

We deeply thank Ralf Knapp, Pi-Fong Lu and Cheng-Wei Chen for their enthusiastic assistance in field work, literature consultation and specimen examination. We also express our appreciation to the curators of herbaria B, P and K for their kind assistance in investigating essential specimens.

## Literature cited

Copeland, E.B. 1938. Genera Hymenophyllacearum. Philipp. J. Sci. 67: 1-100.  
 Copeland, E. B. 1947. Genera Filicum: The

genera of ferns. Chronica Botanica Co., Waltham, Massachusetts, USA. p 210-212, 214.

DeVol, C.E. 1975. Grammitidaceae. In: H.L. Li, T.S. Liu, T.C. Huang, T. Koyama, and C.E. DeVol (eds.). Flora of Taiwan, Vol. 1. Epoch Publishing, Taipei, Taiwan. p 216-230.

Ebihara, A., J.Y. Dubuisson, K. Iwatsuki, S. Hennequin, and M. Ito. 2006. A taxonomic revision of Hymenophyllaceae. Blumea 51: 221-280.

Ebihara, A., S. Hennequin, K. Iwatsuki, P.D. Bostock, S. Matsumoto, R. Jaman, J.Y. Dubuisson, and M. Ito. 2004. Polyphyletic origin of *Microtrichomanes* (Prantl) Copel.

- (Hymenophyllaceae), with a revision of the species. *Taxon* 53(4): 935–948.
- Hirai, R.Y., G. Rouhan, P.H. Labiak, T.A. Ranker, and J. Prado. 2011. *Moranopteris*: a new Neotropical genus of grammitid ferns (Polypodiaceae) segregated from Asian *Micropolypodium*. *Taxon* 60(4): 1123–37.
- Hsu, T.C., C.Y. Lin, C.W. Chen, W.L. Chiou, and Y.H. Chang. 2014. Confirmation of the occurrence and distribution of three fern species in Taiwan. *Taiwan J. Forest Sci.* 29(2): 157–167.
- Hsu, T.C., H.C. Hung, C.Y. Lin, W.L. Chiou, Y.M. Huang, and Y.H. Chang. 2015. New Additions to the Fern Flora of Taiwan (3). *Taiwan J. Forest Sci.* (in press).
- IUCN. 2001. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission, Gland, Switzerland.
- IUCN. 2003. Guidelines for application of IUCN Red List Criteria at Regional Levels: Version 3.0. IUCN Species Survival Commission, Gland, Switzerland.
- Iwatsuki, K. 1975. Studies in the systematics of filmy ferns: I. A note on the identity of *Microtrichomanes*. *Fern Gaz.* 11: 115–124.
- Moore, S.J., and B.S. Parris. 2013. “Grammitid ferns” of Polypodiaceae. In: Z.Y. Wu, P.H. Raven, and D.Y. Hong (eds.). *Flora of China*, Vol. 2-3 (Pteridophytes). Science Press, Beijing, China; Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, USA. p 839–850.
- Kessler, M., A.L.M. Velazquez, M.A. Sundue, and P.H. Labiak. 2011. *Alansmia*, a new genus of grammitid ferns (Polypodiaceae) segregated from *Terpsichore*. *Brittonia* 63(2): 233–244.
- Labiak, P.H., G. Rouhan, and M.A. Sundue. 2010a. Phylogeny and taxonomy of *Leucotrichum* (Polypodiaceae): a new genus of grammitid ferns from the Neotropics. *Taxon* 59(3): 911–21.
- Labiak, P.H., M.A. Sundue, and G. Rouhan. 2010b. Molecular phylogeny, character evolution, and biogeography of the grammitid fern genus *Lellingeria* (Polypodiaceae). *Amer. J. Bot.* 97(8): 1354–1364.
- Liu, J.X., Q.Y. Zhang, A. Ebihara, and K. Iwatsuki. 2013. Hymenophyllaceae. In: Z.Y. Wu, P.H. Raven, and D.Y. Hong (eds.). *Flora of China*, Vol. 2-3 (Pteridophytes). Science Press, Beijing, China; Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, USA. p 93–109.
- Moore, S.J. 1999. Pteridophytes. In: S.Y. Lu, and W.L. Chiou (eds.). *Rare and Endangered Plants in Taiwan IV*. Council of Agriculture, Taipei, Taiwan. p 1–40.
- Moore, S.J. 2000a. Pteridophytes. In: S.Y. Lu, W.L. Chiou, and Y.P. Yang (eds.). *Rare and Endangered Plants in Taiwan V*. Council of Agriculture, Taipei, Taiwan. p 1–40.
- Moore, S.J. 2000b. Diversity and conservation of Taiwan pteridophytes. In: Y.S. Chow, F.K. Hsieh, S.H. Wu, and W.H. Chou (eds.). *Proceedings of the 2000' Cross-Strait Symposium on Biodiversity and Conservation*. National Museum of Natural Science, Taichung, Taiwan. p 331–359.

- Moore, S.J. 2001. Pteridophytes. In: S.Y. Lu, W.L. Chiou, Y.P. Cheng, and C.W. Chen (eds.). Rare and Endangered Plants in Taiwan VI. Council of Agriculture, Taipei, Taiwan. p 1–40.
- Moore, S.J., H.M. Chang, and J.C. Wang. 2003. *Microtrichomanes digitatum* (Sw.) Copel. (Hymenophyllaceae), a new record from Taiwan. *Taiwania* 48(1): 22–28.
- Parris, B.S. 1983. A taxonomic revision of the genus *Grammitis* Swartz (Grammitidaceae; Filicales) in New Guinea. *Blumea* 29: 13–222.
- Parris, B.S. 1997. *Themelium*, a new genus of Grammitidaceae (Filicales). *Kew Bull.* 52: 737-741.
- Parris, B.S. 1998. *Chrysogrammitis*, a new genus of Grammitidaceae (Filicales). *Kew Bull.* 53: 909-918.
- Parris, B.S. 2013. *Archigrammitis*, a new genus of grammitid fern (Polypodiaceae) from Malesia and Polynesia. *Fern Gaz.* 19(4): 135-138.
- Ranker, T.A., A.R. Smith, B.S. Parris, J.M.O. Geiger, C.H. Haufler, S.C.K. Straub, and H. Schneider. 2004. Phylogeny and evolution of grammitid ferns (Grammitidaceae): a case of rampant morphological homoplasy. *Taxon* 53(2): 415-428.
- Shieh, W.C., W.L. Chiou, and C.E. DeVol. 1994. Grammitidaceae. In: Editorial Committee of Flora of Taiwan (2nd Edition). *Flora of Taiwan* (2nd ed.), Vol. 1. Editorial Committee of the Flora of Taiwan (2nd Edition), Taipei, Taiwan. p 520-534.
- Sundue, M.A. 2010a. A monograph of *Ascogrammitis*, a new genus of grammitid ferns (Polypodiaceae). *Brittonia* 62(4): 357-399.
- Sundue, M.A. 2010b. A morphological cladistic analysis of *Terpsichore* (Polypodiaceae). *Syst. Bot.* 35(4): 716-729.
- Sundue, M.A. 2013. *Mycopteris*, a new neotropical genus of grammitid ferns (Polypodiaceae). *Brittonia*, DOI 10.1007/s12228-013-9322-0.
- Sundue, M.A., M.B. Islam, and T.A. Ranker. 2010. Systematics of grammitid ferns (Polypodiaceae): Using morphology and plastid sequence data to resolve the circumscriptions of *Melpomene* and the polyphyletic genera *Lellingeria* and *Terpsichore*. *Syst. Bot.* 35(4): 701-715.
- Sundue, M.A., P.H. Labiak, J. Mostacero, and A.R. Smith. 2012. *Galactodenia*, a new genus of grammitid ferns segregated from *Terpsichore* (Polypodiaceae). *Syst. Bot.* 37(2): 339-346.
- Tsai, J.L., and W.C. Shieh. 1994. Hymenophyllaceae. In: Editorial Committee of Flora of Taiwan (2nd Edition). *Flora of Taiwan* (2nd ed.), Vol. 1. Editorial Committee of the Flora of Taiwan (2nd Edition), Taipei, Taiwan. p 99-133.
- Zhang, X.C. 2000. Grammitidaceae. In: Y.X. Lin (ed.). *Flora Reipublicae Popularis Sinicae*, Tomus 6(2). Science Press, Beijing, China. p 297-322.



# 以半巢式聚合酶連鎖反應方法調查台北市立動物園動物受弓漿蟲感染之情形

## Investigation of *Toxoplasma gondii* Infection in Animals in Taipei Zoo Using Semi-nest Polymerase Chain Reaction

余子安<sup>1</sup> 劉祉吟<sup>1</sup> 蒲長恩<sup>2</sup> 陳啟聰<sup>2</sup> 趙齊相<sup>2</sup> 余珍芳<sup>3</sup> 王儷蓓<sup>1,\*</sup>

Zih-An Yu<sup>1</sup>, Chih-Yin Liu<sup>1</sup>, Chang-En Pu<sup>2</sup>, Chi-Tsong Chen<sup>2</sup>, Chi-Hsiang Chao<sup>2</sup>,  
Jane-Fang Yu<sup>3</sup>, Lih-Chiann Wang<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> 國立台灣大學獸醫專業學院 10617 台北市羅斯福路四段 1 號

<sup>2</sup> 法務部調查局 23149 新北市新店區中華路 74 號

<sup>3</sup> 台北市立動物園 11656 台北市文山區新光路二段 30 號

<sup>1</sup> School of Veterinary Medicine, National Taiwan University

<sup>2</sup> Scientific and Technical Research Center, Ministry Justice Investigation Bureau

<sup>3</sup> Taipei Zoo

\*通訊作者：lcwang@ntu.edu.tw

\*Corresponding author: lcwang@ntu.edu.tw

### 摘 要

弓漿蟲可感染所有鳥類和哺乳類，也是重要的人畜共通傳染病。台北市立動物園動物物種繁多，遊客人數眾多，因此動物感染弓漿蟲的狀況是個有待研究的課題。本研究收集 1999-2001 年間於台北市立動物園死亡動物肌肉組織之去氧核醣核酸 (deoxyribonucleic acid, DNA)，共計 171 隻個體，橫跨 89 個種別。我們鎖定弓漿蟲 *BI* 基因，以半巢式聚合酶連鎖反應增幅；電泳檢視增幅結果，若出現疑似弓漿蟲感染陽性的條帶，再以定序以及序列比對方法確診，目的在於調查這些動物受到弓漿蟲感染的情況。結果共有 14 隻個體之電泳結果呈現疑似陽性，佔 8.2%，包括 7 隻綠簑鴿、1 隻維多利亞冠鴿、1 隻食火雞、1 隻大紅鶴、1 隻小紅鶴、1 隻智利紅鶴、1 隻灰袋鼠與 1 隻兔

子。其中有 2 隻個體定序成功，分別為灰袋鼠和維多利亞冠鴿，基因序列經比對確為弓漿蟲。本研究的結果，確認了動物園動物感染弓漿蟲的情況，希望提供園方在疾病防治上的參考。

## Abstract

*Toxoplasma gondii* is an important zoonotic agent that can infect all species of birds and mammals. Toxoplasmosis should be an important research subject in Taipei Zoo for the large number of animals the Zoo houses and visitors it receives all year-round. Muscle samples from dead animal bodies covering 171 individuals from 89 species were collected in Taipei Zoo from 1999 to 2001. DNA was extracted and the toxoplasma *BI* gene was amplified using semi-nest polymerase chain reaction. Further gene sequencing and gene aligning and analysis were performed for the positive samples. There were 14 animals (8.2%) showing suspected positive PCR results, including seven nicobar pigeons (*Caloenas nicobarica*), one victoria crowned pigeon (*Goura Victoria*), one southern cassowary (*Casuarius casuarius*), one great flamingo (*Phoenicopterus ruber*), one lesser flamingo (*Phoenicopterus minor*), one Chilean flamingo (*Phoenicopterus chilensis*), one eastern gray kangaroo (*Macropus giganteus*) and one domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). Among these 14 samples, two samples, specifically from gray kangaroo and victoria crowned pigeon, were successfully sequenced and confirmed to be afflicted by *Toxoplasma gondii*. The study proved the occurrence of toxoplasma infection in animals in Taipei Zoo, and the result can be used as a reference for disease diagnosis and prevention.

**關鍵詞：**半巢式聚合酶連鎖反應、弓漿蟲、動物園

**Key words:** semi-nest polymerase chain reaction, *Toxoplasma gondii*, zoo

收件日期：2015 年 07 月 14 日      接受日期：2015 年 11 月 17 日

Received: July 14, 2015

Accepted: November 17, 2015

## 緒 言

弓漿蟲(*Toxoplasma gondii*)是一種絕對細胞內寄生的肉包子蟲科(Sarcocystidae)原蟲(protozoan)，其感染所引發之疾病稱為弓蟲症(Toxoplasmosis)，為重要人畜共通傳染病，在

世界各地均有案例出現。目前已知弓漿蟲可感染所有鳥類和哺乳類(Dubey 2009)，因此在公共衛生以及獸醫學領域上為重要的研究對象。

動物園是人類可能與動物接觸的場所。台北市立動物園有大量的入園人數。此外，動物

園時常有流浪貓和無人飼養的家鴿出沒，此二者在弓漿蟲的散佈中扮演重要角色，尤其貓科動物為弓漿蟲發育成性成熟個體所需的唯一最終宿主(Dubey 2009)。另外，動物園內物種繁多，雖然免疫健全的動物受到弓漿蟲感染時，多數沒有臨床症狀，但研究指出，某一些物種對弓漿蟲感染特別敏感，會引發嚴重症狀，例如：袋鼠科(Macropodidae)以及鴿形目(Columbiformes)動物 (Moré *et al.* 2010; Miller *et al.* 2003; Dubey *et al.* 2002)。

弓漿蟲診斷的方法包括有：1.弓漿蟲蟲體之直接證明或弓漿蟲蟲體之檢出為最正確之診斷黃金準則，其次為檢查其特異性之 IgM 抗體。2.小白鼠腹腔接種陽性病材，一週後自病鼠之腹水可檢出蟲體。3.色素試驗及直接凝集試驗，兩者診斷效率相近。4.免疫螢光法(Immunofluorescence Assay, IFA)、免疫擴散法(immunodiffusion)及免疫組織化學染色法(Immunohistochemistry, IHC)。5.酵素連結免疫吸附(enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)及聚合酶連鎖反應方法(polymerase chain reaction, PCR)(劉等 2009)。

聚合酶連鎖反應方法非常敏感，可以偵測到神經或肌肉組織一個弓漿蟲速殖體(tachyzoite)的 DNA，專一性高，特別適合臨床檢體的快速診斷之用；巢式聚合酶連鎖反應則更增加其敏感度。缺點是可能有交叉污染的發生(Dubey 2009)。

目前以含有 35 個重覆片段的 B1 基因(Burg *et al.* 1989)以及一個含有 300 個重覆片段 529bp 大小的 element (Homan *et al.* 2000)最常作為聚合酶連鎖反應的增幅標的。

當感染的貓隻糞便排出弓漿蟲卵囊(fecal oocysts)，被動物食入，卵囊芽孢化的孢子蟲(sporocysts)分裂為速殖體(tachyzoites)，即在該

動物的神經與肌肉組織形成組織囊包(tissue cyst)，並發育成囊包緩殖體(bradyzoites) (劉等 2009)。感染弓漿蟲的動物，其肌肉組織和神經組織表現最多組織囊包，採樣時可選擇腦、眼、骨骼肌和心肌 (Dubey 2009)。我們選擇肌肉組織作為檢體，其優勢在於肌肉組織內含組織囊包的機率高，聚合酶連鎖反應具診斷意義，缺點在於可能取樣到不具囊包的肌肉組織而無法診斷。

本研究調查 1999-2001 年間，於台北市立動物園死亡的動物，受到弓漿蟲感染之情況；以巢式聚合酶連鎖反應增幅弓漿蟲 B1 基因作為檢測肌肉樣本弓漿蟲的方法，並以基因定序和序列比對的方式來確診弓漿蟲。希望能藉此了解台北市立動物園動物感染弓漿蟲的情況，作為疾病診斷與預防的參考。

## 材料與方法

### 一、樣本來源

本實驗樣本為 1999-2001 年間台北市立動物園死亡動物隨機採樣的肌肉塊檢體，包含哺乳綱動物 51 種計 88 隻、鳥綱動物 36 種計 81 隻、爬蟲綱動物 1 種 1 隻和兩棲綱動物 1 種 1 隻，共計 89 種動物 171 隻，保存於 -80°C。於 2014 年萃取 DNA，以分光光度計(spectrophotometer, WPA UV1101, Biochrom, Cambridge, UK)測得 DNA 濃度介於 1 至 337.7 ng/ $\mu$ l 之間，並保存於 -80°C。陰性控制組的 DNA 模板是以二次過濾水代替，陽性控制組樣本來源，為感染弓漿蟲的灰袋鼠肌肉檢體經過基因選殖得到弓漿蟲質體 DNA。

### 二、核酸引子

弓漿蟲引子 (ToxoB1 1576 F, ToxoB1

2000R 以及 ToxoB1 1995R)為參考前人之研究文獻(Sakae *et al.* 2012)，以半巢式聚合酶連鎖反應(semi-nested PCR)進行增幅，最後產物核酸片段大小為 419 bp。

### 三、聚合酶連鎖反應

使用半巢式聚合酶連鎖反應的方法。第一次增幅過程中將 5  $\mu$ l 模板 DNA 加入 5  $\mu$ l 10 X PCR buffer, 4  $\mu$ l 2.5mM dNTP, 2  $\mu$ l 10  $\mu$ M ToxoB1 1576 F primer, 2  $\mu$ l 10  $\mu$ M ToxoB1 2000R primer, 0.3  $\mu$ l GenTaq Plus (5U/ $\mu$ l) 以及二次蒸餾水 31.7  $\mu$ l，使總體積為 50  $\mu$ l。置於聚合酶連鎖反應儀 (T GRADIENT, Biometra GmbH, Germany)，增幅過程為：94°C 加熱 5 分鐘，再進行 94°C 30 秒、56°C 30 秒、72°C 30 秒共 35 循環，最後於 72°C 持續 2 分鐘，增幅完成後保存於 4°C，以備進行第二階段增幅。第二階段增幅中，以第一階段產物作為模板 DNA，取 1  $\mu$ l 加入 5  $\mu$ l 10X PCR buffer, 4  $\mu$ l 2.5mM dNTP, 2  $\mu$ l 10  $\mu$ M ToxoB1 1576 F primer, 2  $\mu$ l 10  $\mu$ M ToxoB1 1995R primer, 0.3  $\mu$ l GenTaq Plus (5U/ $\mu$ l) 以及二次蒸餾水 35.7  $\mu$ l，使總體積為 50  $\mu$ l。增幅過程與第一次相同，增幅完成後保存於 4°C，以備進行膠體電泳分析。

### 四、電泳分析

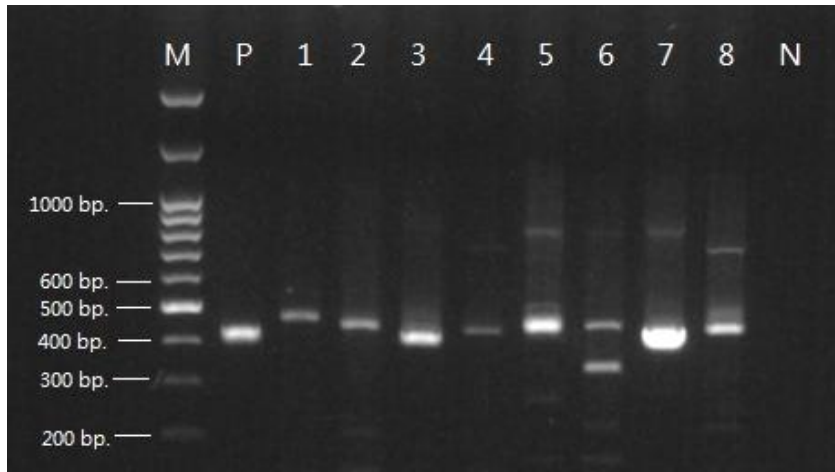
瓊脂凝膠濃度為 1.5%，內含 0.02% Ethidium bromide (1mg/ml)，取半巢式聚合酶連鎖反應之產物 15  $\mu$ l，於 100 伏特電壓下電泳 35 到 40 分鐘，電泳完成後利用紫外光觀察其結果並照相記錄。

### 五、定序與序列比對

電泳分析疑似為陽性反應之 DNA 條帶，經切割後，以瓊脂凝膠 DNA 萃取套組 (QIAquick, QIAGEN, Netherlands) 萃取，產物交由源資國際生物科技股份有限公司（台北，台灣）進行定序。定序結果於 NCBI 網站 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) 上進行 Blast 分析，以確定是否為弓漿蟲的基因。

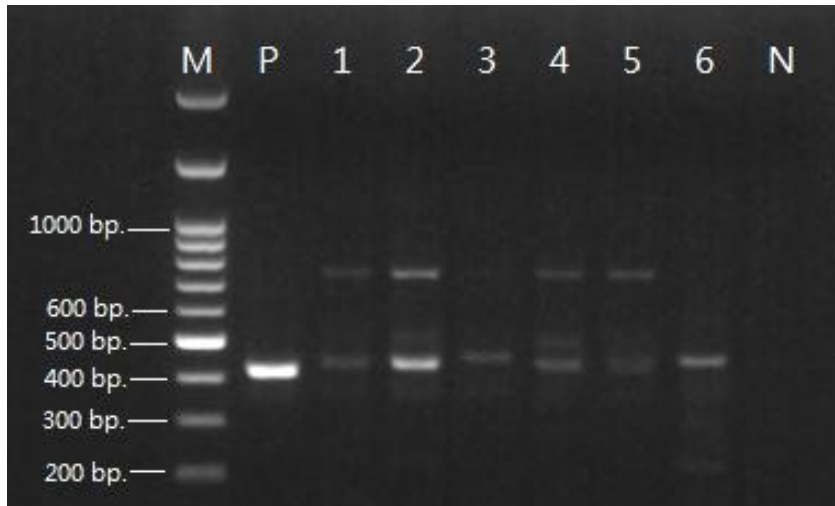
### 結果

根據 PCR 分析的結果，在 171 隻動物肌肉檢體中，弓漿蟲感染疑似陽性的動物共有 14 隻，佔所有死亡動物的 8.2% (14/171)，其中包括 7 隻綠簍鴿、1 隻維多利亞冠鴿、1 隻食火雞、1 隻大紅鶴、1 隻小紅鶴、1 隻智利紅鶴、1 隻灰袋鼠與 1 隻兔子（圖 1 及圖 2）。在疑似弓漿蟲感染陽性的動物中，鳥類佔所有測試鳥綱動物的 14.8% (12/81)，哺乳動物佔所有測試哺乳綱動物的 2.3% (2/88)。鳥類中又以綠簍鴿佔最大比例 58.3% (7/12)。鳥類比例高懷疑與動物園鳥類食物的餵食大多撒在泥土地上有關，相對帶來的野鼠多，野貓也跟著多起來。14 隻 PCR 陽性動物之 DNA 產物皆進行雙向定序，有 2 隻定序成功，包括一隻灰袋鼠和一隻維多利亞冠鴿，其定序結果經過 NCBI 基因庫基因序列比對分析之後，與一 RH 品系弓漿蟲 (Burg *et al.* 1989) 的 BI 基因序列分別有 98.7% 以及 98.9% 的相似度，因此確診受到弓漿蟲感染（圖 3）。



**圖 1.** 電泳分析疑似為陽性之樣本。M: 100 bp 梯狀標誌；P: 陽性對照；N: 陰性對照；Lane 1: 食火雞；Lane 2: 小紅鶴；Lane 3: 維多利亞冠鴿；Lane 4: 綠裳鴿；Lane 5: 歐洲大紅鶴；Lane 6: 智利紅鶴；Lane 7: 灰袋鼠；Lane 8: 綠裳鴿 (不同個體)。

**Fig. 1.** The suspected positive PCR samples. M: 100 bp ladder marker; P: positive control; N: negative control. Lane1: southern cassowary; Lane2: lesser flamingo; Lane 3: victoria crowned pigeon; Lane 4: nicobar pigeon; Lane 5: great flamingo; Lane 6: Chilean flamingo; Lane 7: gray kangaroo; Lane 8: nicobar pigeon (different individual).



**圖 2.** 電泳分析疑似為陽性之樣本。M: 100 bp 梯狀標誌；P: 陽性對照；N: 陰性對照；Lane1 至 Lane 5: 不同個體的綠裳鴿；Lane 6: 兔。

**Fig. 2.** The suspected positive PCR samples. M: 100 bp ladder marker; P: positive control; N: negative control. Lane1-5: different nicobar pigeon individuals; Lane 6: domestic rabbit.

	10	20	30	40	50	
	-----+-----+-----+-----+-----+					
F9	TGCACCTTTCGGACCTCAACAACCGTGCAAAAGGATCGCCATCTGGTGTG					50
I22	-----.....C.....					41
	60	70	80	90	100	
	-----+-----+-----+-----+-----+					
F9	TCTTCAAGCGTCAAAACGAACTATCTGTATATCTCTCAAGGAGGACTGGC					100
I22	.....					91
	110	120	130	140	150	
	-----+-----+-----+-----+-----+					
F9	AACCTGGTGTGCGACAACGAAACAGCTGCAGTCCGGAAATAGAAAGCCATG					150
I22	.....					141
	160	170	180	190	200	
	-----+-----+-----+-----+-----+					
F9	AGGCACTCCAACGGGCGAGTAGCACCTGAGGAGATACAAACTGCTAAACG					200
I22	.....					191
	210	220	230	240	250	
	-----+-----+-----+-----+-----+					
F9	GTCCGGGTGAAACAATAGAGAGTACTAGAACGTCGCCGTTACTGCCCAGT					250
I22	.....					241
	260	270	280	290	300	
	-----+-----+-----+-----+-----+					
F9	TGTCATGCCATTGACGTAGACCCAGAAATGAGGCGAGAAATTAATATTGT					300
I22	.....-----					275
	-----					
F9	T					301
I22	-					

圖 3. DNA 定序結果。F9: 維多利亞冠鴿；I22: 灰袋鼠。點狀符號代表相同鹼基，破折號為 I22 定序後因訊號雜亂而無法判讀之區域。

**Fig. 3.** The DNA sequencing result. F9: victoria crowned pigeon; I22: gray kangaroo. The dot symbolizes the same deoxyribonucleic acid base and the dash symbolizes clutter signal whose base could not be read.

## 討論

動物園是一個人類與動物接觸頻繁的地方，根據台北市立動物園的統計，在民國 88 至 90 年每年的入園人數約有五百萬人，入園人數隨著季節有所變動，1、2 月和 7、8 月的人潮又較其他月份多。台灣地處亞熱帶，溫暖和潮濕利於弓漿蟲卵囊 (oocyst) 的產孢 (sporulate)，而且研究也顯示在 6°C-36°C 的環境中，弓漿蟲卵囊可以存活達 46 天 (Dubey 2009)，因此弓漿蟲在人和動物之間的傳播是值得被考量的公共衛生議題。

弓漿蟲感染野生或圈養的有袋類動物會造成高死亡率。受感染的動物可能出現的臨床症狀包括：下痢、呼吸困難、活動力下降、體重減輕、眼盲或神經損傷 (Miller *et al.* 2003)。紅袋鼠和灰袋鼠感染弓漿蟲會出現沉鬱和突然死亡 (Moré *et al.* 2010)。鵠形目動物感染弓漿蟲所表現出的臨床症狀包括：厭食、消瘦、遲鈍甚至無法維持平衡，尤其是冠鵠類會出現嚴重的弓蟲症 (Dubey 2002)。弓蟲症可以使用 sulfadiazine-pyrimethamine 或 clindamycin 來治療 (Miller *et al.* 2003)。本實驗所檢出的灰袋鼠與維多利亞冠鵠，雖然死亡前的臨床症狀已不可考，但當時皆未確診為弓漿蟲的感染。本實驗的結果，將有助於疾病診斷與治療的參考。由於本研究是蒐集 1999-2001 年間台北市立動物庫存之死亡動物的肌肉樣本，當時並未考慮到弓漿蟲的研究之用。然而對於生前臨床症狀懷疑有弓漿蟲感染的案例，除肌肉組織外，動物的淋巴組織及神經系統應列為優先的採樣樣本，以利於診斷之用。

本實驗所增幅出弓漿蟲核酸產物正確大小為 419 bp，疑似陽性的檢體 PCR 產物大小均落在 419 bp 附近，故稱為疑似陽性。大部分

定序失敗的原因是因為 PCR 增幅出來的產物量太少<sup>2</sup> (電泳膠條帶微弱)，所以不足以成功定序。這可以從 2 隻成功定序的動物在電泳膠上條帶濃厚得到印證 (圖 1 Lane 3 and 7)。而 PCR 增幅產量少的原因可能是該肌肉樣本原本所含的弓蟲組織囊包量就很低。其他定序失敗的原因是因為定序波峰雜訊太多難以判讀，推測 PCR 產物非單一片段的產物<sup>2</sup> (雖然在膠上看起來是連合在一起的一個條帶)。這也說明了疑似陽性者，不一定就是沒有感染。故了解疑似感染陽性動物比率或許可以得到一個動物感染可能的概況，雖然無法明確的證實。

定序成功的灰袋鼠和維多利亞冠鵠的序列經比對分析，發現與一 RH 品系弓漿蟲 (Burg *et al.*, 1989) 相似度接近 100%，RH 品系屬於基因型 I，在小鼠毒性明顯強於其他兩個基因型：基因型 II 和基因型 III (Su *et al.* 2006)。由灰袋鼠和維多利亞冠鵠組織中檢測到的弓漿蟲是否屬於基因型 I，還需要其他分型方法以及標記方法確認，例如：multilocus PCR-RFLP markers (Su *et al.* 2006) 或 microsatellite markers (Ajzenberg *et al.* 2005)，這是我們或後人可以繼續努力的方向。

過去文獻 (de Camps *et al.* 2008; Choi *et al.* 1987; Murata 1989; Sedlá k and Bárto vá 2006; Silva *et al.* 2001) 對動物園的弓漿蟲感染調查以血清學方法為主。PCR 多使用於單一物種零星個體出現臨床症狀或死亡，經屍解懷疑是弓漿蟲之時確診之用 (Basso *et al.* 2005; Harrison *et al.* 2007; Kenny *et al.* 2002; Sedlá k *et al.* 2004)，同時亦會配合細胞培養 (Basso *et al.* 2007)、病理學 (Harrison *et al.* 2007; Kenny *et al.* 2002; Peláez *et al.* 2011; Sedlá k *et al.* 2004) 和生物分析 (Pena *et al.* 2011) 等來共同診斷。

在 de Camps 等作者的美國動物園動物血清學弓漿蟲調查中，檢測出紅袋鼠的陽性率高達 61.8% (de Camps *et al.* 2008)。Murata 亦發現在日本動物園 25 隻紅袋鼠的血清樣本中有 2 隻呈現陽性 (Murata 1989)。Parameswaran 等作者以 PCR 方法檢測了澳洲地區有袋類動物的組織樣本(腦、心和舌)，發現 46 隻中有 12 隻陽性 (Parameswaran *et al.* 2010)。這些研究顯示出袋鼠具有較高的感染率，此與我們 PCR 的結果相應。至於鳥綱動物，Murata 的血清學調查結果顯示紅鶴科鳥類陽性率較其他鳥綱物種高 (14.8%) (Murata 1989)；而我們 PCR 研究的結果是紅鶴科的疑似陽性率佔所有鳥綱動物的 3.7% (3/81)。

不同於前人研究中的血清學檢測，本研究的檢體是從死亡動物的肌肉中萃取出來的 DNA，以半巢式聚合酶連鎖反應和定序的方式直接診斷肌肉組織的弓漿蟲。此外，相較於前人研究中貓科動物都有一定的血清盛行率，本研究所有的貓科動物肌肉檢體皆呈現 PCR 陰性結果；此可能由於貓多為不顯性感染的帶原者，即使感染其肌肉組織亦未帶有弓漿蟲的組織囊包 (tissue cyst)，所以未被檢出。另外由於本研究檢測的樣本是肌肉，採樣方法為任意隨機採樣，故因此不一定採到包含組織囊包的肌肉塊，造成檢測結果的偽陰性，因此動物實際的感染率可能更高。因此如果能夠配合動物生前血清學測試，應能更能提供動物園動物弓蟲感染的全貌。

人類可能藉由食入未煮熟的肉類或青菜而感染弓漿蟲<sup>1</sup> 的肉食動物感染弓漿蟲可能來自生肉中的組織囊包，而草食動物則是食用受到卵囊污染的蔬果 (Sedlák and Bártová 2006)，因此清洗蔬果可能對減少弓漿蟲感染有幫助 (de Camps *et al.* 2008)。污染食用蔬果的

卵囊可能來自於流浪貓 (Sedlák and Bártová 2006)，台北市流浪貓的弓漿蟲血清盛行率有 37% (Lin *et al.* 1998)，在弓漿蟲傳播上應被重視。

另有一篇研究指出台灣作為賽鴿用途之家鴿 (*Columba livia*) 的弓漿蟲血清有一定的盛行率 (Tsai *et al.* 2006)，暗示這種主要在天上啄食的鴿類容易感染弓漿蟲，此與本研究佔 PCR 陽性多數的綠賽鴿及一隻弓漿蟲序列確診的維多利亞冠鴿的狀況不謀而合。

由本研究確診的灰袋鼠和維多利亞冠鴿的食性作分析，前者的感染可能是因為過往動物園食物調配中心週邊有數量不少的流浪貓，蔬果經貓糞的卵囊所汙染且未清洗；而後者的感染可能與冠鴿在泥土地上的啄食行為有關，該飼養場常因動物吃剩的食物引來野鼠，相對的野貓也多起來。因此建議蔬果經過清洗 (劉等 2009) 再餵食動物，動物吃剩的食物要當天清理不要過夜招致鼠類，野貓則要驅離 (劉等 2009)。有文獻指出以 50krads 的能量的輻射照射，可以消滅弓漿蟲卵囊 (Dubey *et al.* 1996 ; Dubey *et al.* 1998)。另外用來清掃環境的掃帚、鏟子和其他器械應該高壓滅菌消毒或加熱 70°C 10 分鐘以上，以杜絕傳染媒介 (Dubey 2009)。

## 引用文獻

<sup>1</sup> <http://www.cdc.gov/parasites/toxoplasmosis/>

<sup>2</sup> [http://www.ibms.sinica.edu.tw/core/sequence/web/main08-3.html#html6\\_3q6](http://www.ibms.sinica.edu.tw/core/sequence/web/main08-3.html#html6_3q6)

劉振軒、張淑美、蔡明翰、李細祥。2009。第八十一章弓形蟲感染症。人畜共通傳染病臨床指引第二版。行政院衛生署疾病管制局出版。343-347 頁。

- Ajzenberg, D., A. Dumètre and M. L. Dardé. 2005. Multiplex PCR for Typing Strains of *Toxoplasma gondii*. *Journal of Clinical Microbiology* 43: 1940-1943.
- Basso, W., M. C. Venturini, G. More', A. Quiroga, D. Bacigalupe, J. M. Unzaga, A. Larsen, R. Laplace and L. Venturini. 2007. Toxoplasmosis in captive Bennett's wallabies (*Macropus rufogriseus*) in Argentina. *Veterinary Parasitology* 144: 157-161.
- Basso, W., R. Edelhofer, W. Zenker, K. Möstl, A. Kübber-Heiss and H. Prosl. 2005. Toxoplasmosis in Pallas' cats (*Otocolobus manul*) raised in captivity. *Parasitology* 130: 293-299.
- Burg, J. L., M. G. Christopher, P. Pouletty and J. C. Boothroyd. 1989. Direct and sensitive detection of a pathogenic protozoan, *Toxoplasma gondii*, by polymerase chain reaction. *Journal of Clinical Microbiology* 27: 1787-1792.
- Choi, W. Y., J. E. Yoo, H. W. Nam, C. Y. Oh, S. W. Kim, K. Katakura and A. Kobayashi. 1987. Toxoplasma antibodies by indirect latex agglutination tests in zoo animals. *The Korean Journal of Parasitology* 25: 13-23.
- de Camps, S., J. P. Dubey and W. J. Saville. 2008. Seroepidemiology of *Toxoplasma gondii* in Zoo Animals in Selected Zoos in the Midwestern United States. *Journal of Parasitology* 94: 648-653.
- Dubey, J. P. 2002. A review of toxoplasmosis in wild birds. *Veterinary Parasitology* 106: 121-153.
- Dubey, J. P. 2009. *Toxoplasmosis of Animals and Humans*. 2nd ed. Beltsville, Maryland. pp1-72.
- Dubey, J. P., J. K. Lunney, S. K. Shen and O. C. H. Kwok. 1998. Immunity to toxoplasmosis in pigs fed irradiated *Toxoplasma gondii* oocyst. *Journal of Parasitology* 84:749-752.
- Dubey, J. P., M. C. Jenkins, D. W. Thayer, O. C. H. Kwok and S. K. Shen. 1996. Killing of *Toxoplasma gondii* oocysts by irradiation and protective immunity induced by vaccination with irradiated oocysts. *Journal of Parasitology* 82:724-727.
- Harrison, T. M., J. B. Moorman, S. R. Bolin, N. L. Grosjean, A. Lim and S. D. Fitzgerald. 2007. *Toxoplasma gondii* in an African crested porcupine (*Hystrix cristata*). *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 19: 191-194.
- Homan, W. L., M. Vercammen, J. de Braekeleer and H. Verschueren. 2000. Identification of a 200-to 300-fold repetitive 529bpDNA fragment in *Toxoplasma gondii*, and its use for diagnostic and quantitative PCR. *International Journal for Parasitology* 30: 67-95.
- Kenny, D. E., M. R. Lappin, F. Knightly, J. Baier, M. Brewer and D. M. Getzy. 2002. Toxoplasmosis in Pallas' Cats (*Otocolobus Felis Manul*) at The Denver Zoological Gardens. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 33: 131-138.
- Lin, D. S., A. C. Y. Fei, H. M. Chow, K. M. Mo and Y.M. Pong. 1998. Prevalences of antibodies to *Toxoplasma gondii* in cats and

- humans in Taipei, Taiwan. *Biological Bulletin of NTNU* 33: 95-103.
- Miller, D. S., C. Faulkner and S. Patton. 2003. Detection of *Toxoplasma gondii* IgG antibodies in juvenile great grey kangaroos, *Macropus giganteus giganteus*. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 34: 189-193.
- Moré, G., L. Pardini, W. Basso, M. Machuca, D. Bacigalupe, M.C. Villanueva, G. Schares, M.C. Venturini and L. Venturini. 2010. Toxoplasmosis and genotyping of *Toxoplasma gondii* in *Macropus rufus* and *Macropus giganteus* in Argentina. *Veterinary Parasitology* 169: 57-61.
- Murata, K. 1989. A serological survey of *Toxoplasma gondii* infection in zoo animals and other Animals. *The Japanese Journal of Veterinary Science* 51: 935-940.
- Parameswaran, N., R. C. A. Thompson, N. Sundar, S. Pan, M. Johnson, N. C. Smith and M. E. Grigg. 2010. Non-archetypal Type II-like and atypical strains of *Toxoplasma gondii* infecting marsupials of Australia. *International Journal for Parasitology* 40: 635-640.
- Cedillo-Peláez, C., C. P. Rico-Torres, C. G. Salas-Garrido and D. Correa. 2011. Acute toxoplasmosis in squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*) in Mexico. *Veterinary Parasitology* 180: 368- 371.
- Pena, H. F., M. F. Marvulo, M. C. Horta, M. A. Silva, J. C. Silva, D. B. Siqueirae, P. A. Lima, S.N. Vitaliano and S. M. Gennari. 2011. Isolation and genetic characterisation of *Toxoplasma gondii* from a red-handed howler monkey (*Alouatta belzebul*), a jaguarundi (*Puma yagouaroundi*), and a black-eared opossum (*Didelphis aurita*) from Brazil. *Veterinary Parasitology* 175: 377-381.
- Sakae, C. and T. Ishida. 2012. Direct evidence for *Toxoplasma gondii* infection in a wild serow (*Capricornis crispus*) from mainland Japan. *Journal of Parasitology* 98: 224-225.
- Sedlk, K. and E. Bártoová. 2006. Seroprevalences of antibodies to *Neospora caninum* and *Toxoplasma gondii* in zoo animals. *Veterinary Parasitology* 136: 223-231.
- Sedlák, K., E. Bártoová, I. Literák, R. Vodicka and J. P. Dubey. 2004. Toxoplasmosis in Nilgais (*Boselaphus Tragocamelus*) and A Saiga antelope (*Saiga Tatarica*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 35: 530-533.
- Silva, J. C., S. Ogassawara, M. F. Marvulo, J. S. Ferreira-Neto and J. P. Dubey. 2001. *Toxoplasma gondii* antibodies in Exotic Wild Felids from Brazilian Zoos. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 32: 349-351.
- Su, C., X. Zhang and J. P. Dubey. 2006. Genotyping of *Toxoplasma gondii* by multilocus PCR-RFLP markers: A high resolution and simple method for identification of parasites. *International Journal for Parasitology* 36: 841-848.
- Tsai, Y. J., W. C. Chung, H. H. Lei and Y. L. Wu. 2006. Prevalence of antibodies to *Toxoplasma gondii* in pigeons (*Columba livia*) in Taiwan. *Journal of Parasitology* 92: 871.

# 臺灣中部烏石坑地區森林下層植群與上層的關聯及其環境 影響因子

## Floristic Associations between Understory and Overstory Vegetation and Their Relationships to Environmental Factors in Broad-leaved Forests in Wushyrkeng Area, Central Taiwan

范素瑋\* 何東輯 林旭宏 沈明雅

Su-Wei Fan\*, Tong-Chi Ho, Hsu-Hong Lin and Ming-Yea Sheng

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路 1 號

Endemic Species Research Institute, Jiji Township, Nantou County, Taiwan

\*通訊作者: suweifan@tesri.gov.tw

\*Corresponding author: suweifan@tesri.gov.tw

### 摘 要

本研究以鮮為人注目的森林下層植群為研究對象，測試烏石坑地區林下植群與上層植群的關聯程度，並探討森林下層植群如何受到外在環境的影響。我們於烏石坑地區選取 3 個樣區進行森林上層及下層植物調查，並蒐集環境因子資料，利用植物社會分群分析及直接梯度分析，探討植物組成與環境因子的關係。結果顯示於相同調查範圍內，森林下層植群植物總種數為上層的 1.2 倍，雖然樣區內林下層植物較上層多樣性低，但樣區間物種組成變化卻較上層植物大。烏石坑地區森林下層植群在跨樣區的大尺度下，大致可與上層植物社會分群對應，主要可區分為 A、B 及 C 三型植物社會，其組成隨海拔梯度變化。而在單一樣區的小尺度下，烏石坑地區之森林上下層無法呈現良好對應，顯示除去強烈的海拔梯度因子後，森林上下層植群各自有其限制因子。我們也發現烏石坑地區的林下植群組成，與上層樹木密度顯著關係，此也印證過去曾經提出林下層植群受到上層林冠結構調控的觀點。

## Abstract

To investigate the rarely studied understory vegetation in broad-leaved forest, we tested the degree of association between understory and overstory vegetation, and explored how understory vegetation is affected by exogenous environmental factors in forests in Wushyrkeng Area, central Taiwan. Three plots were set up and the overstory and understory plants in each plot were identified and measured. Classification analysis of plant communities was conducted to compare species composition between understory and overstory strata. Data of environmental factors were collected for direct gradient analysis to explore the relationships between species composition and environmental factors. The results showed that the total number of species in understory layer was 1.2 times more than that in the overstory layer. Although plant diversity of the understory layer is lower than that of the overstory stratum within a study plot, the variations in understory species composition were more apparent than those in the overstory layer. When all plots are combined, clustering analysis generated three comparable groups (A, B, and C community types) along altitudinal gradient for each forest layer. However, within a single plot, there was no significant correlation between the two forest strata, indicating that each forest layer had its own limited factors after eliminating the effect of elevation. We also found that the patterns of understory vegetation composition in Wushyrkeng Area was significantly related to overstory trees density; this result is also consistent with previous studies in which the canopy structure contributed to the differentiation of understory plant communities.

**關鍵詞：**森林分層、草本層、植物社會、集群分析、排序分析。

**Key words:** forest strata, herbaceous layer, plant community, clustering analysis, ordination

收件日期：2015 年 07 月 09 日      接受日期：2015 年 10 月 30 日

Received: July 09, 2015      Accepted: October 30, 2015

## 緒 言

早年森林學者都以森林中的木本植物作為森林生態系的調查監測對象，森林裡除了上層的木本植物，還包括林下一些高度小於 1-2 m 的小灌木、草本植物、藤蔓及附生

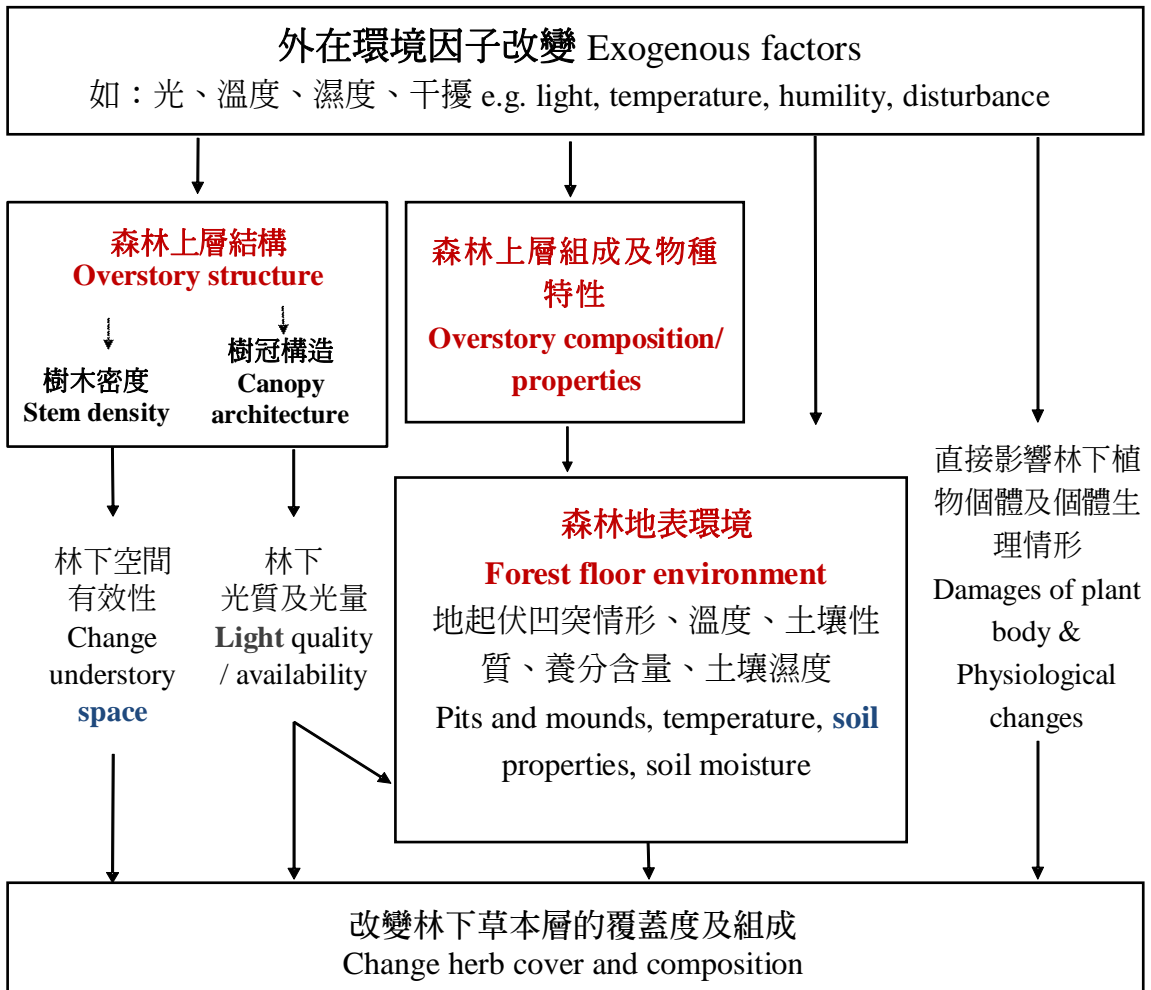
植物，佔有近乎半數的森林物種多樣性 (Gentry and Dodson 1987; Ssegawa and Nkuutu 2006)，然而，這些一般稱為林下層 (understory layer)。在進行森林調查中經常忽略林下層植物，過去甚至於以「踏過去的一層 (a step-over)」來形容 (Gilliam 2007)，或者將森

林上下層視為一體，僅以形體巨大的上層物種作為森林分類依據或監測對象。林下草本層與上層樹木的小苗「共享」了林下的空間，彼此間可能有著相互的影響，因此被包圍在林冠下的植物組成與森林上層有著某種關聯，但是否如同上層植群對外環境因子有一致或相似的影響卻少有人探討。

一般認為位於森林下層的植物會受到上層植物結構與組成的影響(Dirzo *et al.* 1992; Berger and Puettmann 2000; Ford *et al.* 2000; Barbier *et al.* 2008)。森林底層多數的環境因子容易受到上層樹木的影響，其中以穿透的光線對林下植物的影響為最(Clark *et al.* 1996; Battaglia *et al.* 2002; Bartemucci *et al.* 2006)。在北美溫帶森林調查中發現森林下層的種類與上層樹木的組成有關，常綠針葉林底層較為陰暗，有較多的蘚苔植物，而需光性較強的維管束植物，無法適應終年陰暗環境，多出現於落葉闊葉林底層(Hart and Chen 2006)。除了林下光條件，森林土壤性質(如：營養成分，酸鹼值和水分)，也是另一個由林冠植群控制森林下層植群的「中間者」。一些與固氮微生物共生的林冠種類，如：赤楊(*Alnus sp.*)和部分豆科植物(Prescott 2002)，可以增加土壤氮含量。而土壤酸度也因為某些林冠物種而增加，如山毛櫸(*Fagus sp.*)和椴樹(*Tilia sp.*) (Norden 1994; Neirynek *et al.* 2002; Hagen-Thorn *et al.* 2004)。雨水通過林冠攔截及樹根吸收影響土壤水分有效性(Barbier *et al.* 2008)，一般認為穿落水(穿透林冠層的雨水)在落葉林中高於針葉樹，並隨著演替階段的進行而減少；穿透水的總量也受到樹種的葉子形狀，林冠體積和樹木密度所影響(Ford and Deans 1978; Levia and

Frost 2006)。土壤養分亦受到森林上層樹木的影響，例如赤楊(*Alnus SP.*)及豆科植物具有固氮作用，使土壤肥力高(Binkley and Giardina 1998)；而養分充足、生產力佳的林分有比較多草本維管束植物，如 *Cornus sericea* 和 *Galium trifidum* (Chen *et al.* 2004)。綜合以上，森林植物除了受到外在環境因子，如光、氣候(溫度、溼度)、干擾等直接的影響外，森林上層植物可以透過控制林下環境狀態(如穿透光、土壤水分及養分)間接影響林下植物(圖 1)。

林下地被植物的組成可以反應森林的演替及更新的影響。火災干擾後，大部分林冠被移除，不斷增加林下光度，刺激適應干擾的物種大量湧入，林下草本植物的多樣性和覆蓋度迅速增加(Glasgow and Matlack 2007)，爾後隨著林冠鬱閉度的逐漸回復，林下草本植物物種多樣性隨之下降，因為林下植群組成改由少數演替後期物種所主導(Taylor *et al.* 1987; Hart and Chen 2006)。在森林演替過程中土壤因子也受到影響，土壤養分和酸鹼值常隨著火災發生後針葉樹增加而下降(Ewald 2000; Brosfoske *et al.* 2001; Hart and Chen 2006)。另外，有學者發現森林受干擾後，林下植群轉變的主要驅動力是森林地面的改變，而不是光度光質的變化。樹倒 (treefalls)和根拔(uprootings)使森林的地面變得上下起伏，枯倒木及腐爛的木材堆疊、翻起土堆和裸露的礦質土壤的形式，使得森林底層的異質性增加，因此導致林下物種多樣性的增加(Beatty 1984)。干擾的發生往往徹底的改變原有的林下植物組成及分布，因此，認為是打消森林上下層植群關聯的重要因子之一(Gilliam and Roberts 2003)。



**圖 1.** 林下地被層與其外部環境因子的關係。外在環境因子改變如光、氣溫、濕度，以及干擾發生時，可能直接影響林下植物生理或造成植物個體機械傷害而改變草本層覆蓋量或種類組成，或透過改變森林上層結構和組成，而影響林下環境的光及空間分配，亦或因樹木死亡傾倒，造成地表起伏、土壤化學性質改變，而影響林下草本覆蓋度及組成。

**Fig 1.** Relationships between forest understory layer and its environmental factors. Changes of environmental factors, such as light, temperature, humidity, and disturbance, may directly affect understory plant physiology or cause a mechanical damage to understory plants. Subsequently the coverage or species composition in herbaceous layer may be changed, or the coverage and composition of understory herbaceous may be indirectly influenced due to changed overstory structure and composition, which affect understory light, space and humidity, or due to treefalls that cause surface fluctuations of forest floor and changes in the chemical properties of the soil.

林下植群為森林中最多樣性一群，林下植物多樣性可為森林上層的 0.22-18 倍(Gilliam 2007)，林下植群在森林生態系中扮演重要的角色，啟動森林演替，為養份循環的一環，了解林下植群動態才能使森林的保育經營工作更為完整。國外過去的研究曾大量探討林下植物受外部環境與生物因子的影響(Hutchinson *et al.* 1999; Ford *et al.* 2000; Roberts 2004; Gracia *et al.* 2007; Barbier *et al.* 2008; Hart and Chen 2008)，而臺灣地區的研究多重視林下植物對於木本小苗生長的影响(賴 1996; 呂 2003; 張 2005)，有關林下植物如何受到上層植群及環境因子影響的部分卻顯少探討。烏石坑地區海拔高度橫跨 700-1,800 m，長期受到人工造林及偶有風災的干壤，當地森林為原生楠櫛林、櫟木林和低、中海拔次生林型相嵌分布的情形(賴和林 1997; 邱等 2009)，因此，也提供了不同林型可進行森林生態系的比較。本研究以臺灣中部地區烏石坑森林為例，比較森林上下層組成及多樣性，探討森林下層植物社會如何受外部環境因子及森林結構的影響。

## 材料與方法

### 研究地點

研究地點位於臺中市和平區烏石坑地區，行政院農業委員會特有生物研究保育中心低海拔試驗站，本轄屬林務局東勢林管處，大安溪事業區地122林班界內，海拔高度自西北680 m向東南升高至海拔1,834 m的山椒山，主要河川為西界的烏石坑溪及東界的乾溪，兩溪向北匯入大安溪。本區最暖月(7月)均溫為22.4°C，最冷月(1月)均溫12°C，年均溫度約18°C，年平均雨量約2,522 mm，乾、濕季明顯，雨量集中於四至九月，濕度高，年平均濕度約

91%，全年有霧日約三分之一。本區風向以北風為主，平均風速0.85ms<sup>-1</sup>(彭等 1993; 楊等 2011)。該區屬於楠櫛林帶，全區植被可分為荒廢苗圃之草生地、造林地、次生林及半原始林。區域內主要造林樹種為臺灣杉(*Taiwania cryptomerioides*)、柳杉(*Cryptomeria japonica*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)及黃杉(*Pseudotsuga wilsoniana*)。次生林位於林道沿線下坡處及造林地與半原始林的交界處，半原始林分布貫穿全區域，以樟科(Lauraceae)及殼斗科(Fagaceae)植物為最主要的樹種(賴和林 1997)。

依過去植群調查烏石坑地區森林植物社會依海拔高度劃分為三種林型，即 700-1,100 m 的山香圓-白匏子林型，1,100-,1400 m 的長葉木薑子-江某林型，以及海拔 1,400-1,800 m 的錐果櫟-臺灣杜鵑林型(賴和林 1997)，本研究選取不同海拔區域(1,025 m, 1,200 m, 1,450 m a.s.l)分別設立三個 0.72-1.0 公頃樣區(圖 2)，進行上層木本及下層植物調查，以探討森林上下層的組成及多樣性的關聯性。

### 野外調查

於選取的位置上設立樣區，整個樣區的形狀依地形而調整。進行物種調查時，將每樣區切分為 17 至 25 個 20 m × 20 m 樣方，分別進行森林上層及下層植物種類鑑定及定量調查。森林上層植物調查包含胸高直徑(Diameter of Breast Height, DBH) > 5 cm 的所有灌木及喬木植物，進行物種鑑定並測量其胸高直徑。下層植物調查，乃於每一個樣方中距離樣方邊界縱向 5 m，橫向 10 m 處設立兩個 2 m × 2 m 小樣方進行草本植物及高度低於 1 m 之藤本及灌木植物調查，鑑定其物種並估計其覆蓋程度(0-100%)，所有調查資料自野外帶回後經電腦輸入建檔以利後續分析。

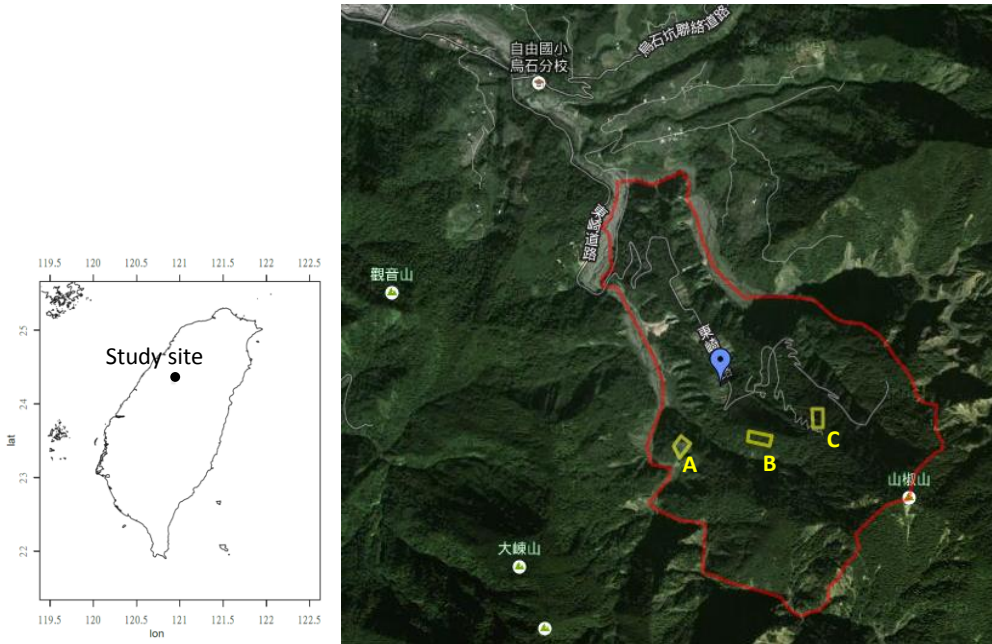


圖 2. 烏石坑地區地形環境與調查樣區位置。

Fig 2. Location of study plots in Wushyrkeng Area, central Taiwan.

### 統計分析

調查資料建檔後進行各樣方各物種優勢程度計算，上層植物以底面積(basal area)總和作為各物種優勢程度估算，而森林下層植群則以覆蓋度(%)作為優勢程度的估算，並分別以所得之優勢結果進行生物多樣性指數計算，以及森林上下層植物社會分群分析及直接梯度分析 (direct gradient analysis)。

$$\text{Total Basal Area of a species} = \sum \frac{\pi \cdot DBH^2}{4}$$

$$\text{生物多樣性指數 Shannon index, } H' = -\sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln p_i$$

$p_i$  為物種  $i$  在區域內的相對優勢度，上層植物為相對底面積，下層植物為相對覆蓋度。

本研究使用集群分析(clustering)進行植物社會分群，程序為先計算兩兩樣方之 Bray-Curtis 距離指數 (Bray-Curtis dissimilarity index, (Bray and Curtis 1957)) 矩陣後，再以 UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) 進行分群，並將森林上層與下層植物社會的分群結果，套疊於樣區地形圖上，以進行森林上下層植群分群比較。

Bray-Curtis dissimilarity between  $j$  and  $k$  sites =

$$\frac{\sum |x_{ij} - x_{ik}|}{\sum (x_{ij} + x_{ik})} = 1 - SQ_{jk}$$

$SQ_{jk}$  = Sørensen similarity index between  $j$  and

$$k \text{ sites} = 1 - \frac{2 \sum c_{jk}}{\sum (x_{ij} + x_{ik})}$$

$x_{ij}$  或  $x_k$  為物種  $i$  在  $j$  或  $k$  樣區的株數或覆蓋度； $c_{jk}$  為那些兩樣區均有的物種其中較小的株數值。Bray-Curtis 距離指數為 1 減去 Sørensen 相似性指數。

為了瞭解森林下層植物社會與環境因子的關係，我們進行直接梯度分析(direct gradient analysis)，本研究以資料轉換冗餘分析(transformed Redundancy Analysis, transformed RDA) (Legendre and Gallagher 2001)進行，其中樣方物種矩陣以進行 Hellinger 轉換後的覆蓋度為介量，而環境資料矩陣包含：海拔高度、坡度、坡向、坡面位置(距山頂的距離)、距溪谷的遠近、與林道距離、樣方樹木密度、樣方樹木底面積和，以及上層植群類型等 9 個環境因子。並以前進選擇法(forward selection)進行顯著環境因子篩選，並繪製樣方分布與環境因子關係圖(transformed RDA Bi-plot)。

為了比較森林上下層植群的關聯程度，森林上層植群資料也以相同方式進行直接梯度分析，並與下層植群的結果進行比較，以了解上下層植群是否對相同的環境因子有相似的反應。在此部分的分析中，上層植群樣方物種矩陣則以樹木底面積作為介量，而環境資料矩陣僅包含：海拔高度、坡度、坡向、坡面位置、距溪谷的遠近及與林道距離。

為了比較森林上下層植群組成於海拔梯度上的變化情形，我們計算主要植物社會分群(即 A、B、C 型植物社會)間上下層植群組成的 Morisita-Horn index of similarity (Horn 1966)。當兩群植物社會之 Morisita-Horn index of similarity 越高時，表示兩植物社會組成越相似；在沿著環境梯度的植物社會間的植群組成越相似時，表示隨環境變化的植群轉變越緩慢，意指具有較小的 beta 歧異度，反之，環境梯度上的植物社會間相似度指數越小，則意指

有較大的 beta 歧異度。

Morisita-Horn index of similarity =

$$\frac{2 \sum_{i=1}^S \frac{x_{ij}}{\sum x_{ij}} \cdot \frac{x_{ik}}{\sum x_{ik}}}{\sum \left( \frac{x_{ij}}{\sum x_{ij}} \right)^2 \sum \left( \frac{x_{ik}}{\sum x_{ik}} \right)^2}$$

$x_{ij}$  或  $x_k$  為物種  $i$  在  $j$  或  $k$  樣區的株數或覆蓋度。

## 結果

### 烏石坑地區森林的物種多樣性

於烏石坑地區三個樣區進行植物調查，森林上下層共紀錄204種，其中木本植物81種、灌木16種、小型灌木13種、草本植物59種、藤本植物35種，分屬於78科147屬。森林上層植物社會共89種37科68屬，以樟科(14種)、茶科(Theaceae, 7種)、殼斗科(7種)種類最多，生長型方面多為喬木植物(79種)。而烏石坑森林下層植物共調查到121種，分屬56科90屬，以茜草科(Rubiaceae, 8種)、水龍骨科(Polypodiaceae, 6種)、鱗毛蕨科(Dryopteridaceae, 6種)、葡萄科(Vitaceae, 5種)、紫金牛科(Myrsinaceae, 5種)及鳳尾蕨科(Pteridaceae, 5種)種類最多，生長型方面以草本植物59種最多，其次為藤本植物35種。二層植群僅具有6種共同植物種類，即山棕(*Arenga tremula*)、黃藤(*Calamus quinquesetinervius*)、銳葉柃木(*Eurya loquaiana*)、秀桂花(*Eustigma oblongifolium*)、山桂花(*Maesa japonica*)、長梗紫麻(*Oreocnide pedunculata*)、九節木(*Psychotria rubra*)，除黃藤為藤本植物外，其餘均為次冠層喬木及灌木植物。上下層的生物多樣性指數(Shannon index)分別為3.47及2.97，烏石坑地區之森林上層植物多樣性仍略大於林下層。

### 烏石坑地區森林植物社會分群

我們依生長型及植株大小將物種歸類為森林上下層2類群，使二層植物種類不重複後，再以集群分析分別對二層植物組成進行植物社會分群。在Bray-Curtis 距離為0.79時，可將67個森林上層植物樣方區分為7群；而在0.82時，可將75個下層植物樣方區分為6群，此時上下層植群社會有良好的對應(圖3)。烏石坑森林上層7群植物社會中，A、B及C三型主要類型分別位於A、B及C三樣區中，呼應本研究之取樣設計，即各樣區植物組成隨海拔不同而有差異(表1)。A型植物社會以樟科植物為優勢種，其中香楠(*Machilus zuihoensis*)、厚殼桂(*Cryptocarya chinensis*)、臺灣雅楠(*Phoebe formosana*)為最優勢。B型植物社會則以殼斗科植物為優勢，以赤栲(*Castanopsis kawakamii*)、狹葉桐(*Cyclobalanopsis stenophylloides*)、黃杞(*Engelhardia roxburghiana*)為前三優勢物種。C型植物社會亦以殼斗科為優勢，以錐果桐(*Cyclobalanopsis longinux*)、黃杞、豬腳楠(*Machilus thunbergii*)為最優勢，優勢種另有綠樟(*Meliosma squamulata*)且該種僅出現於此類型。D型植物社會為受臺灣杉(*Taiwania cryptomerioides*)造林影響的區域，為本次調查樹木密度最高且底面積最大的一型。E、G、H型植物社會均位於A樣區中，為樹木密度低且種類少之干擾區域，以樟科植物為優勢種。由於林下植群大致上可以跟上層分群對應，因此採用相同的類型名稱，A型林下植物社會有最高的林下植物覆蓋度(62.2%)，以冷清草(*Elatostema lineolatum*)為主要優勢。B型平均覆蓋度偏低僅15.9%，覆蓋度達1%的物種有玉山紫金牛(*Ardisia cornudentata* ssp. *morrisonensis*)

及細葉複葉耳蕨(*Arachniodes aristata*)。C型則以臺灣鱗毛蕨(*Dryopteris formosana*)、紅果金粟蘭(*Sarcandra glabra*)、黃鶴蘭(*Phaius flavus*)及倒葉瘤足蕨(*Plagiogyria falcata*)為主，平均林下植物覆蓋度為37%，臺灣杉造林區域的D型林下植物社會，其林下植物覆蓋度低(僅5%)，覆蓋度最高為細葉複葉耳蕨可達到1%。E、F型各僅一個樣區，分布於A樣區受干擾區域。E型以高粱泡(*Rubus lambertianus*)為優勢，覆蓋度10%，F以萊氏線蕨(*Colysis wrightii*)及黃藤為優勢，但其實際覆蓋度均未超過2%。分群結果顯示，無論上層或下層植群組成均隨著海拔梯度而變化。

### 海拔梯度上的植群相似程度

由Morisita-Horn index of similarity 顯示烏石區地區森林的上層植物社會間的相似性較森林下層植物社會類型間有較高的相似性。上層植群組成在低海拔的A與B型最為相似(Morisita-Horn index of similarity 為0.418)，而林下植群則以偏中、高海拔的B與C型植物社會間較為相似(0.235)(表2)。比較各植物社會類型的物種組成，A與B型植物社會上層有32種共同種，B與C型間僅26種共同種，17種上層植物僅出現於C型，為所有類型中森林上層具有最多「特殊森林上層物種」(僅出現於該植物社會類型的植物種類)的類型，其上層植物組成較其他類型為特殊，其中多為分布中、高海拔的物種，如綠樟、忍冬葉冬青(*Ilex lonicerifolia*)、紅檜(*Chamaecyparis formosensis*)、臺灣蘋果(*Malus doumeri*)等。而A型植物社會雖上層僅有10種「特殊植物」，而下層植物社會卻有30種「特殊植物」

為三種主要植物社會類型之冠，顯示在 A 型林下植群較為特殊，而其中有部分為干擾環境常見物種，如：虎葛 (*Cayratia japonica*)、火炭母草 (*Polygonum chinense*)、竹節草 (*Chrysopogon aciculatus*)、地錦 (*Parthenocissus tricuspidata*) 等。

### 森林上下層植群的關聯強度

將植物社會分群結果套疊於樣區地形圖上，可以發現上下層植群分群有良好的對應，顯示二層植群分類有高度的一致性 (圖 3)。此外，分別取出上下層植群 transformed RDA 結果中最具有代表性的第一軸分數，繪製上下層植群組成第一軸分數 X-Y 分布圖 (圖 4, 附錄 1、2)，計算回歸直線斜率達 0.832 ( $p < 0.001$ )，此亦顯示烏石坑地區森林上下層植物組成格局趨勢有著強烈的關聯。我們利用前進選擇法於 transformed RDA 挑選重要環境因子，以探

究林下層植群組成與環境因子的關係。九個環境因子 (即，海拔高度、距溪谷的遠近，坡面位置、與林道距離、坡度、坡向、木本植物社會分群、上層樹木的密度及底面積總和等) 中，除了上層植物社會類型外，林下層植物組成主要受到海拔梯度 ( $r = -0.922$ )、距離溪谷遠近 ( $r = -0.902$ )、距離道路遠近 ( $r = 0.849$ ) 及樣區上層植物密度 ( $r = -0.825$ ) 的影響 (圖 3, 附錄 3)。

為了減少海拔梯度對於植群組成分化的影響，我們以 A 樣區進行上下層植群資料的 transformed RDA，並再次利用前進選擇法挑選顯著環境因子，上層植物組成主要受到距離溪谷遠近 ( $r = 0.731$ ) 影響，而下層植群分析則顯示坡度 ( $r = -0.604$ ) 為更重要之因子 (附錄 4、5)。然而，若以 transformed RDA 之第一軸分數作圖，顯示 A 樣區單一樣區尺度下，森林上下層植群相關性不強 (斜率為 0.101,  $p = 0.5695$ , 附錄 6)。

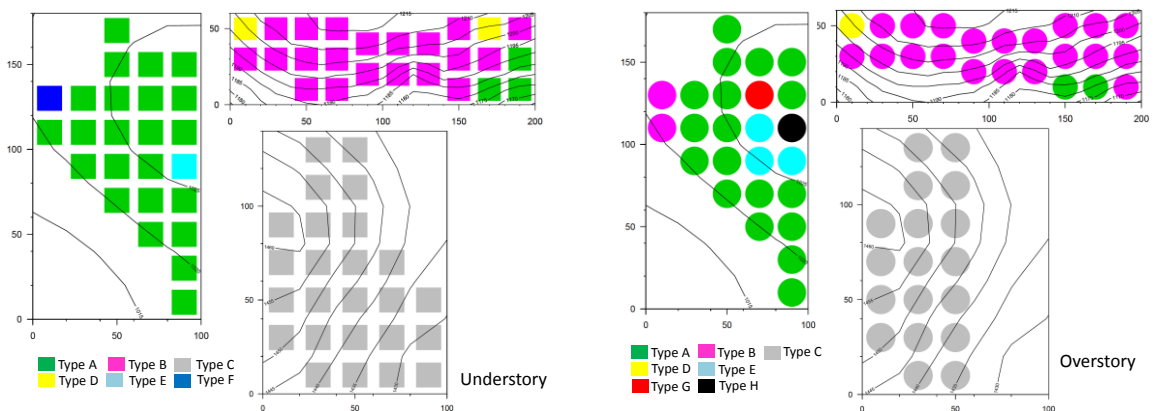


圖 3. 烏石坑地區森林上(右)、下層(左)植群類型於各樣區空間分布情況。

Fig 3. Spatial distribution of overstory (right) and understory (left) vegetation types in forests in Wushykrng Area, central Taiwan.

表 1. 烏石坑地區森林下層及上層各植群類型組成表。

Table 1. Species composition of each overstory and understory type in Wushyrkeng Area, central Taiwan.

Understory vegetation types	Type E	Type A			Type F	Type B	Type D	Type C
Dominant Species	<i>Rubus lambertianus</i> (高粱泡 10.0) <i>Pollicia miranda</i> (小杜若 7.5) <i>Piper kadsura</i> (風藤 2.0) <i>Lycianthes biflora</i> (雙花龍葵 2.0) <i>Pteris wallichiana</i> (瓦氏鳳尾蕨 2.0) <i>Dolichos trilobus</i> var. <i>kosyunensis</i> (三裂葉扁豆 1.0)	<i>Elatostema lineolatum</i> var. <i>major</i> (冷清草 42.4) <i>Diplazium dilatatum</i> (廣葉鋸齒雙蓋蕨 5.5) <i>Alocasia macrorrhiza</i> (姑婆芋 4.4) <i>Calamus quinquesetinerivius</i> (黃藤 1.8) <i>Alpinia intermedia</i> (山月桃 1.5) <i>Strobilanthes rankanensis</i> (蘭嵌馬蘭 1.5)			<i>Colysis wrightii</i> (萊氏線蕨 2.0) <i>Calamus quinquesetinerivius</i> (黃藤 1.0)	<i>Ardisia cornudentata</i> (玉山紫金牛 5.5) <i>Arachniodes aristata</i> (細葉複葉耳蕨 3.4) <i>Arachniodes pseudo-aristata</i> (小葉複葉耳蕨 0.9)	<i>Arachniodes aristata</i> (細葉複葉耳蕨 1) <i>Arachniodes pseudo-aristata</i> (小葉複葉耳蕨 0.5) <i>Diplazium dilatatum</i> (廣葉鋸齒雙蓋蕨 0.5) <i>Colysis wrightii</i> (萊氏線蕨 0.5) <i>Cayratia japonica</i> (虎葛 0.5)	<i>Dryopteris formosana</i> (臺灣鱗毛蕨 8.8) <i>Sarcandra glabra</i> (紅果金粟蘭 5.3) <i>Phaius flavus</i> (黃鶴蘭 3.4) <i>Plagiogyria dumii</i> (倒葉縮足蕨 3.1) <i>Ardisia cornudentata</i> (玉山紫金牛 3.0) <i>Asplenium normale</i> (生芽鐵角蕨 2.6) <i>Stauntonia obovatifoliola</i> (石月 1.5) <i>Lasianthus curtisii</i> (柯氏雞屎樹 1.4) <i>Parathelypteris glanduligera</i> (密腺金星蕨 1.3)
Cumulative Coverage	88%	92%			75%	56%	60%	82%
Number of plots	1	26			1	20	2	25
Number of species	13	45			4	42	13	44
Shannon index	1.91	1.40			1.21	2.43	2.44	2.69
Total coverage (%)	28.0	62.2			4.0	15.9	5.0	37.3
Overstory vegetation types	Type E	Type G	Type H	Type A	Type B		Type D	Type C
Dominant species	<i>Phoebe formosana</i> (臺灣雅楠 10.96) <i>Diospyros morrisiana</i> (山紅柿 8.236) <i>Neolitsea konishii</i> (五掌楠 3.716) <i>Cryptocarya chinensis</i> (厚殼桂 2.48) <i>Ficus nervosa</i> (九丁榕 1.578) <i>Machilus kusanoi</i> (大葉楠 0.95)	<i>Elaeocarpus japonicus</i> (薯豆 3.72) <i>Turpinia formosana</i> (山香圓 2.44)	<i>Phoebe formosana</i> (臺灣雅楠 6.95) <i>Oreocnide pedunculata</i> (長梗紫麻 1.58)	<i>Machilus zuihoensis</i> (香楠 8.34) <i>Cryptocarya chinensis</i> (厚殼桂 2.51) <i>Phoebe formosana</i> (臺灣雅楠 2.48) <i>Castanopsis hystrix</i> (赤栲 1.48) <i>Schefflera octophylla</i> (江某 1.4) <i>Pasania kawakamii</i> (大葉石櫟 1.34) <i>Meliosma rhoifolia</i> (山豬肉 1.33) <i>Turpinia formosana</i> (山香圓 1.3) <i>Pasania hancei</i> var. <i>ternaticupula</i> (三斗柯 1.23) <i>Beilschmiedia erythrophloia</i> (瓊楠 1)	<i>Machilus zuihoensis</i> (香楠 8.34) <i>Cyclobalanopsis stenophylla</i> (狹葉栲 4.73) <i>Engelhardtia roxburghiana</i> (黃杞 4.7) <i>Schefflera octophylla</i> (江某 3.82) <i>Styrax suberifolia</i> (紅皮 3.57) <i>Litsea acuminata</i> (長葉木薑子 3.43) <i>Machilus zuihoensis</i> (香楠 3.39) <i>Michelia compressa</i> (烏心石 2.76) <i>Cryptocarya chinensis</i> (厚殼桂 1.73) <i>Syzygium formosanum</i> (臺灣赤楠 1.62) <i>Diospyros morrisiana</i> (山紅柿 1.29) <i>Machilus thunbergii</i> (豬腳楠 1.09)	<i>Castanopsis hystrix</i> (赤栲 7.62) <i>Cyclobalanopsis stenophylla</i> (狹葉栲 4.73) <i>Engelhardtia roxburghiana</i> (黃杞 4.7) <i>Schefflera octophylla</i> (江某 3.82) <i>Styrax suberifolia</i> (紅皮 3.57) <i>Litsea acuminata</i> (長葉木薑子 3.43) <i>Machilus zuihoensis</i> (香楠 3.39) <i>Michelia compressa</i> (烏心石 2.76) <i>Cryptocarya chinensis</i> (厚殼桂 1.73) <i>Syzygium formosanum</i> (臺灣赤楠 1.62) <i>Diospyros morrisiana</i> (山紅柿 1.29) <i>Machilus thunbergii</i> (豬腳楠 1.09)	<i>Taiwania cryptomerioides</i> (臺灣杉 42.02) <i>Engelhardtia roxburghiana</i> (黃杞 5.58) <i>Schefflera octophylla</i> (江某 2.928) <i>Litsea acuminata</i> (長葉木薑子 1.76) <i>Eriobotrya deflexa</i> (山枇杷 1.20) <i>Glochidion rubrum</i> (細葉饅頭果 1.02) <i>Cleyera japonica</i> var. <i>morii</i> (森氏紅淡比 1.01)	<i>Cyclobalanopsis longinx</i> (錐果栲 13.65) <i>Engelhardtia roxburghiana</i> (黃杞 5.59) <i>Machilus thunbergii</i> (豬腳楠 4.18) <i>Meliosma squamulata</i> (綠樟 3.59) <i>Schima superba</i> (木荷 3.45) <i>Neolitsea aciculata</i> (銳葉新木薑子 1.9) <i>Myrsine seguinii</i> (大明楠 1.89) <i>Cinnamomum subavenium</i> (香桂 1.77) <i>Elaeocarpus japonicus</i> (薯豆 1.75) <i>Diospyros morrisiana</i> (山紅柿 1.03)
Cumulative BA	98%	98%	100%	77%	78%		96%	84%
Number of plots	3	1	1	20	22		1	18
Number of species	10	3	2	42	58		11	43
Shannon index	1.59	0.76	0.48	2.75	2.95		1.10	2.58
BA (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	28.63	6.29	8.53	28.94	47.91		57.62	46.20
Density (tha <sup>-1</sup> )	292	150	300	615	1,277		1,925	1,607

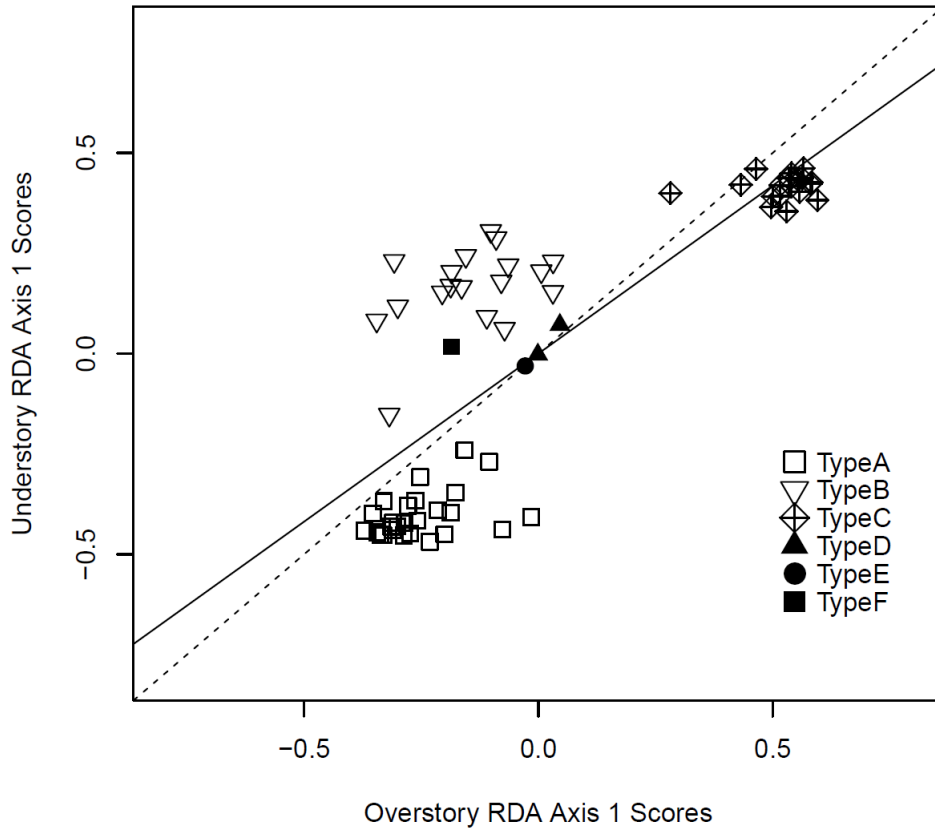


圖 4. 烏石坑地區森林下層及上層植群組成關聯程度，以資料轉換冗餘分析(Transformed Redundancy Analysis)結果之第 1 軸分數繪圖並進行直線回歸分析(slope = 0.837,  $p < 0.001$ )。

Fig 4. Association between overstory and understory vegetation in Wushyrkeng Area, with a linear regression model fitted to the first axis scores in transformed Redundancy Analysis for these two forest strata data. (Slope = 0.837,  $p < 0.001$ ).

### 討論

烏石坑地區森林植物種數上層 89 種，下層 121 種，下層植物種數為上層之 1.36 倍(去除未進行樹木調查的樣方後為 1.20 倍)。由過去森林調查統計顯示樹木多樣性隨緯度上升而減少，草本植物則否，甚至隨者緯度的上升而升高(Gilliam 2007)。因此，森林上下層

物種比例呈現由熱帶環境轉變為溫帶環境而增加情形。由所蒐集的文獻可知森林上下層物種比例落於 0.22-17 之間，緯度 20-35 度森林上下層物種比例約為 1，亦與我們的研究相仿。進一步比較本研究 3 個位於不同海拔的植群型，其森林下層物種比例由海拔低到高依序為 33/35、41/ 53、40/43，各植群類型的森林下層植物均未超過上層物種數，且未

見到因轉入暖溫帶環境後林下植物種數比例增加的趨勢。

本研究顯示烏石坑地區天然原生植群型主要可分為三型，依海拔差異區分，海拔 1,019-1,189 m 為以樟科植物為主的楠櫛林，林下植物以蕁麻科 (*Urticaceae*) 冷清草 (*Elatostema lineolatum* var. *majus*) 為主，海拔上升至 1,183-1,215 m 為以殼斗科為主的楠櫛林，林下植物亦轉變為以紫金牛科的玉山紫金牛為主，隨海拔升高到 1,425 m 以上 (1,395-1,476 m) 則轉變為櫟木林，以殼斗科植物為主，並出現紅檜等針葉樹混生，林下植物則以臺灣鱗毛蕨為主。在臺灣現生天然植群圖中將本區歸於上部山地到低地次生針闊混合林以及造林地 (邱等 2009)，顯示當地森林受到人為干擾頗多，林相外觀仍以次生樹種為主，干擾較低之演替後期森林相嵌其間。本研究在進行樣區劃設時，確實也難以完全避免人工造林地，造成 B 樣區有部份樣方受到臺灣杉造林影響。

若與賴和林 (1997) 於同一地區所作植群調查分群進行比較，本研究中的 A 及 B 型植物社會與賴和林研究中位處低、中海拔分布的山香圓-白匏子林型和長葉木薑子-江某林型較為相似，由於本研究取樣起始海拔較高，未有九芎 (*Lagerstroemia subcostata*) 等偏熱帶性的物種出現，且由於挑選演替較晚期的區域進行調查，白匏子 (*Mallotus paniculatus*)、山黃麻 (*Trema orientalis*) 等先驅樹種優勢度較低。本研究之最高海拔取樣，C 樣區為 C 型植物社會，則與賴與林的研究中位於 1,300-1,700 m 非主稜線的錐果櫟-豬腳楠-大明橘-綠樟亞林型較為相似，可能因為本研究取樣範圍未擴及更高海拔，未有相仿於臺灣杜鵑-錐果櫟亞型出現，本研究調查之森林

類型大致與過去研究相仿。

比較森林上下層植群組成的相似性，森林上層植物組成在 A 與 B 型社會間呈現最為相似 (圖 2)，而下層植群組成則 B 與 C 型社會間最為相似。可能是 A 樣區曾經遭受干擾，而 B 樣區則有造林的歷史，兩樣區均受到干擾的影響出現次生林樹種如白匏子、山黃麻、刺杜密 (*Bridelia balansae*) 等，木本植物形態大、生命週期長更新可能較為緩慢，拉近 A 與 B 型間樹木組成；而森林下層植群也同樣受到干擾影響，可能因為個體小生長速度較快，在種源足夠且干擾休止一段時間後，就能快速地回復。本研究之 C 樣區位於受到干擾程度小且海拔升高，因此出現了不少中海拔雲霧林的物種，如紅檜、綠樟等，因此上層物種組成與 A 及 B 型差距較大。另外，我們發現在海拔梯度上植物種類轉換，林下層似乎比森林上層轉變快速，呈現較高的 Beta 歧異度。林下層植物組成在不同植物社會類型間有較大的差異，各類群之間有較低比例的共有種，單一類型中有較多其餘類型未出現的特殊物種，使林下層植物的總物種累積達 108 種 (相同調查面積中森林上層植物為 88 種/66 樣方)。

本研究中跨樣區 (大尺度, >500 m) 的分群分析及直接梯度分析結果均顯示，烏石坑地區森林上下層植群組成及分布呈現良好的相關聯性，似乎顯示者兩者之間存在某種機制可以互相影響產生關聯。探討影響森林上下層植群的環境因子，transformed RDA 顯示海拔高度是烏石坑地區森林上下層植群組成最有關的環境因子。由於森林上下層植群兩者各自對相同環境因子 (本研究即為海拔變化) 有一致的反應，因而產生森林上下層植物社會分群上良好的對應，並使植物組成的轉變

產生一致性。然而，在單一樣區(小尺度，<180 m)的分析中，森林上下層植物組成的相關性則無法顯現，除去海拔的影響外，林下植群主要受到坡度的影響，而上層樹木組成則與距離溪谷的遠近較為相關，坡度大容易產生嚴重的沖刷，推測草本植物對於地表沖刷可能較為敏感，而距離溪谷的遠近可能表示水源充足性及濕度，大型的木本植物土壤水分的狀態可能篩選樹木種類的關鍵。此外，森林植群會受到干擾的影響，過去的研究曾經提出林下草本植物對環境因子的反應敏銳，甚至在高度的干擾下，可能會使某些敏感的林下物種消失無法回復(Spyreas and Matthews 2006)。而在一連串的干擾事件下，演替中的林下植群，反應環境變化下所產生的干擾適應種可能普遍大量產生使得植物組成分化不明顯，上下層植群可能因干擾而減低彼此間的組成關聯性(Gilliam and Roberts 2003)。A 樣區會受過干擾且樹木密度低，亦可能因為森林上下層物種回復速度及過程不同而產生差異減低彼此的關聯。

直接梯度分析顯示森林下層植群受到海拔、距離溪谷遠近及坡度等環境因子影響，額外加入之森林上層結構因子中，顯示除了森林上層植物社會類型外，樹木密度也有顯著相關(圖 5)。上層樹木密度與下層植群組成的關聯，可能透過樹木密度影響穿透至森林地表的光量(Lieffers *et al.* 1999)或產生空間變異性(Carey 2003)，進而造成林下林下植物覆蓋度及組成的差異。觀察本研究 B 樣區中的 D 型植物社會，臺灣杉造林區，為當地林木密度較高的森林類型，臺灣杉林下因受干擾亦出現特定的下層植物社會類型，具有僅出現於該區的物種，如昭和草

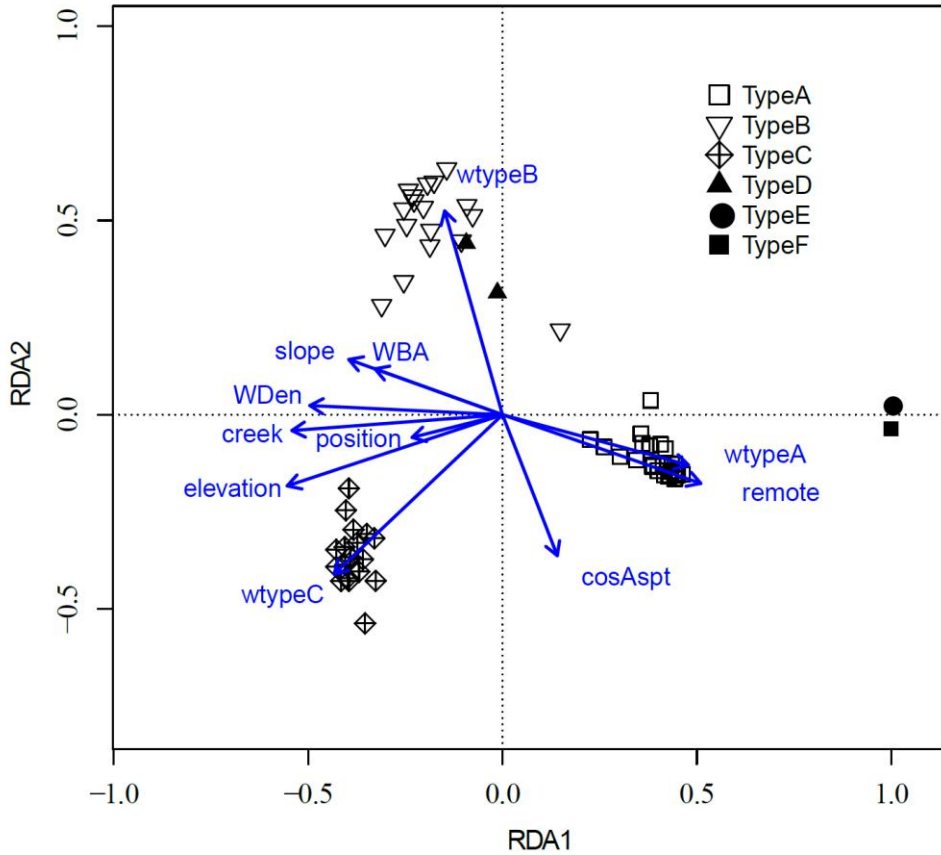
(*Crassocephalum crepidioides*)、臺灣福王草(*Notoseris formosana*)，且覆蓋度偏低，顯示烏石坑地區的林下層可能直接受到環境因子的影響，也同時受到上層樹木結構的調控。

## 結論

烏石坑地區森林上下層植群在跨樣區尺度下(>500 m)有相當良好的關聯對應，也就是各植群類型間無論上下層植群均有種類組成上的特殊性，因此，將當地森林上下層植群視為一體尚且合理。由直接梯度分析推測烏石坑地區良好的森林上下層對應，主要是因為此二層同時受到海拔梯度的影響，與過去學者們認為植群隨海拔梯度改變觀念一致。森林上下層植群良好的對應，可以藉由反應某種強烈的環境限制因子而產生關聯。但烏石坑地區之森林上下層在樣區內尺度下(<180 m)可能無法呈現良好對應，除去強烈的海拔因子後，森林上下層植群可能各自有其限制因子。此外，我們發現烏石坑地區的林下植群組成，與上層樹木密度有關，此也呼應過去的研究所提：林下層植群將受到上層林冠結構的調控。本研究選取演替較後期的區域進行植群調查，調查結果可提供當地大部分受干擾區域植群演變及崩塌地復育選種參考。

## 謝誌

本研究感謝行政院農業委員會特有生物研究保育中心劉敏慧小姐協助資料彙整，以及兩位匿名者協助稿件審查。



**圖 5.** 烏石坑地區林下植物組成與各項環境因子的資料轉換冗餘分析(transformed Redundancy Analysis)結果。cosAspt: 坡向、creek: 距溪谷的遠近、elevation: 海拔高度、position: 坡面位置(距山頂的距離)、remote: 與林道距離、slope: 坡度、WBA: 樣方樹木底面積和、WDen: 樣方樹木密度、wtypeA: A 型上層植物社會、wtypeB: B 型上層植物社會、wtypeC: C 型上層植物社會。

**Fig 5.** Bi-plot of transformed Redundancy Analysis of understory vegetation composition and environmental factors in Wushyrkeng Area. cosAspt, cos Aspect; creek, the distance from the nearest creek; elevation; position, the distance from the nearest hilltop; remote, the distance to forest road; slope; WBA, Basal area of trees in a quadrat; WDen, tree density in a quadrat; wtypeA, overstory vegetation Type A; wtypeB, overstory vegetation Type B; wtypeC, overstory vegetation Type C.

## 引用文獻

- 呂佳陵。2003。臺灣北部福山地區亞熱帶雨林喬木小苗短期動態之研究。國立臺灣大學。(碩士論文)
- 邱祈榮、陳子英、謝長富、劉和義、葉慶龍、王震哲。2009。臺灣現生天然植群圖集。行政院農業委員會林務局。
- 張育群。2005。南橫中之關暖溫帶闊葉林小苗組成及變化。國立臺南大學。(碩士論文)
- 彭仁傑、曾彥學、黃士元、文紀鑾、許在文、孫于卿。1993。烏石坑地區植物資源之調查研究。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。
- 楊育昌、何健鎔、何東輯、黃朝卿、張仕緯、林斯正、劉敏慧、程忠智、胡景瀚。2011。特有生物研究保育中心低海拔試驗站長期生態監測之研究：野生動物普查與氣象因子監測。國立台灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告。25: 1-23。
- 賴宜鈴。1996。南仁山亞熱帶雨林小苗動態及地被層植物組成之研究。國立臺灣大學。(碩士論文)
- 賴國祥、林旭宏。1997。烏石坑森林植群型及其優勢樹種演替趨勢之探討。中華林學季刊 30: 257-268。
- Barbier, S., F. Gosselin and P. Balandier. 2008. Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved - A critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management* 254: 1-15.
- Bartemucci, P., C. Messier and C. D. Canham. 2006. Overstory influences on light attenuation patterns and understory plant community diversity and composition in southern boreal forests of Quebec. *Canadian Journal of Forest Research* 36: 2065-2079.
- Battaglia, M. A., P. Mou, B. Palik and R. J. Mitchell. 2002. The effect of spatially variable overstory on the understory light environment of an open-canopied longleaf pine forest. *Canadian Journal of Forest Research* 32: 1984-1991.
- Beatty, S. W. 1984. Influence of microtopography and canopy species on spatial patterns of forest understory plants. *Ecology* 65: 1406-1419.
- Berger, A. L. and K. J. Puettmann. 2000. Overstory composition and stand structure influence herbaceous plant diversity in the mixed aspen forest of northern Minnesota. *American Midland Naturalist* 143: 111-125.
- Binkley, D. and C. Giardina. 1998. Why do tree species affect soils? The warp and woof of tree-soil interactions. *Biogeochemistry* 42: 89-106.
- Bray, J. R. and J. T. Curtis. 1957. An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27: 326-349.
- Brososke, K. D., J. Chen and T. R. Crow. 2001. Understory vegetation and site factors: implications for a managed Wisconsin landscape *Forest Ecology and Management* 146: 75-87.
- Carey, A. B. 2003. Biocomplexity and restoration of biodiversity in temperate coniferous forest: inducing spatial heterogeneity with variable-density thinning. *Forestry* 76:

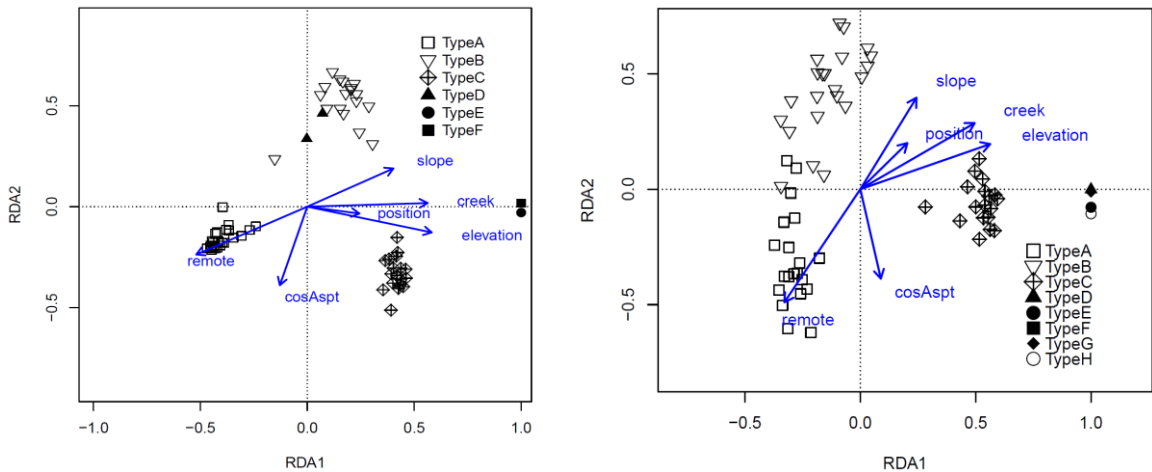
- 127-136.
- Chen, H. Y. H., S. Legare and Y. Bergeron 2004. Variation of the understory composition and diversity along a gradient of productivity in *Populus tremuloides* stands of northern British Columbia, Canada. *Canadian Journal of Botany* 82: 1314-1323.
- Clark, D. B., D. A. Clark, P. M. Rich, S. Weiss and S. F. Oberbauer. 1996. Landscape scale evaluation of understory light and canopy structure: Methods and application in a neotropical lowland rain forest. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere* 26: 747-757.
- Dirzo, R., C. C. Horvitz, H. Quevedo and M. A. Lopez. 1992. The effects of gap size and age on the understory herb community of a tropical mexican rain-forest. *Journal of Ecology* 80: 809-822.
- Ewald, J. 2000. The influence of coniferous canopies on understory vegetation and soils in mountain forests of the northern Calcareous Alps. *Applied Vegetation Science* 3: 123-134.
- Ford, E. D. and J. D. Deans. 1978. Effects of canopy structure on stemflow, throughfall and interception loss in a young Sitka spruce plantation. *Journal of Applied Ecology* 15: 905-917.
- Ford, W. M., R. H. Odom, P. E. Hale and B. R. Chapman. 2000. Stand-age, stand characteristics, and landform effects on understory herbaceous communities in southern Appalachian cove-hardwoods. *Biological Conservation* 93: 237-246.
- Gentry, A. H. and C. Dodson. 1987. Contribution of Nontrees to Species Richness of a Tropical Rain Forest. *Biotropica* 19: 149-156.
- Gilliam, F. S. 2007. The ecological significance of the herbaceous layer in temperate forest ecosystems. *Bioscience* 57: 845-858.
- Gilliam, F. S. and M. R. Roberts. 2003. Interactions between the herbaceous layer and overstory canopy of eastern forests - a mechanism for linkage. pp. 198-223. *In*: Gilliam, F. S. and Roberts, M. R. (eds.) *The herbaceous layer in forest of eastern north America*, Oxford university press, New York.
- Glasgow, L. S. and G. R. Matlack. 2007. Prescribed burning and understory composition in a temperate deciduous forest, Ohio, USA. *Forest Ecology and Management* 238: 54-64.
- Gracia, M., F. Montane, J. Pique and J. Retana. 2007. Overstory structure and topographic gradients determining diversity and abundance of understory shrub species in temperate forests in central Pyrenees (NE Spain). *Forest Ecology and Management* 242: 391-397.
- Hagen-Thorn, A., I. Callesen, K. Armolaitis and B. Nihlgard. 2004. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. *Forest Ecology and Management* 195: 373-384.
- Hart, S. A. and H. Y. H. Chen. 2006. Understory

- vegetation dynamics of North American boreal forests. *Critical Reviews in Plant Sciences* 25: 381-397.
- Hart, S. A. and H. Y. H. Chen. 2008. Fire, logging, and overstory affect understory abundance, diversity, and composition in boreal forest. *Ecological Monographs* 78: 123-140.
- Horn, H. S. 1966. Measurement of "Overlap" in Comparative Ecological Studies. *The American Naturalist* 100: 419-424.
- Hutchinson, T. F., R. E. J. Boerner, L. R. Iverson, S. Sutherland and E. K. Sutherland. 1999. Landscape patterns of understory composition and richness across a moisture and nitrogen mineralization gradient in Ohio (USA) *Quercus* forests. *Plant Ecology* 144: 177-189.
- Legendre, P. and E. D. Gallagher. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* 129: 271-280.
- Levia, D. F. and E. E. Frost. 2006. Variability of throughfall volume and solute inputs in wooded ecosystems. *Progress in Physical Geography* 30: 605-632.
- Lieffers, V. J., C. Messier, K. J. Stadt, F. Gendron and P. G. Comeau. 1999. Predicting and managing light in the understory of boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research* 29: 796-811.
- Neiryneck, J., E. Van Ranst, P. Roskams and N. Lust. 2002. Impact of decreasing throughfall depositions on soil solution chemistry at coniferous monitoring sites in northern Belgium. *Forest Ecology and Management* 160: 127-142.
- Norden, U. 1994. Influence of broad-leaved tree species on pH and organic-matter content of forest topsoils in Scania, South Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9: 1-8.
- Prescott, C. E. 2002. The influence of the forest canopy on nutrient cycling. *Tree Physiology* 22: 1193-1200.
- Roberts, M. R. 2004. Response of the herbaceous layer to natural disturbance in North American forests. *Canadian Journal of Botany* 82: 1273-1283.
- Spyreas, G. and J. W. Matthews. 2006. Floristic conservation value, nested understory floras, and the development of second-growth forest. *Ecological Applications* 16: 1351-1366.
- Ssegawa, P. and D. N. Nkuutu. 2006. Diversity of vascular plants on Ssesse islands in Lake Victoria, central Uganda. *African Journal of Ecology* 44: 22-29.
- Taylor, S. J., T. J. Carleton and P. Adams. 1987. Understorey vegetation change in a *Picea mariana* chronosequence. *Vegetatio* 73: 63-72.

**附錄 1.** 烏石坑上下層植群的資料轉換冗餘分析前 2 軸與各項環境因子的相關性。

**Appendix 1.** Correlations between environmental factors and the first two axes of transformed Redundancy Analysis for the understory and overstory vegetation in Wushyrkeng Area.

	Understory layer		Overstory layer	
	RDA1	RDA2	RDA1	RDA2
elevation	0.9698	-0.21267	0.9380	0.3256
creek	0.9380	0.02973	0.8256	0.4771
position	0.4063	0.05688	0.3400	0.3332
remote	-0.8649	-0.39519	-0.5489	-0.8160
slope	0.6708	0.31541	0.4055	0.6602
cos aspect	-0.2139	0.64868	0.1481	-0.6452
Proportion explained to the variance	29.94	14.28	22.04	10.21
Cumulative proportion of first two axes	44.22		32.25	
Constrained Eigenvalue	0.4856		0.3723	
Unconstrained Eigenvalue	0.5144		0.6277	



**附錄 2.** 烏石坑地區森林下層(左)及上層(右)植群組成與主要環境因子的資料轉換冗餘分析結果兩者有極為相似的模式。cosAspt: 坡度、creek: 距溪谷的遠近、elevation: 海拔高度、position: 坡面位置(距山頂的距離)、remote: 與林道距離、slope: 坡度。

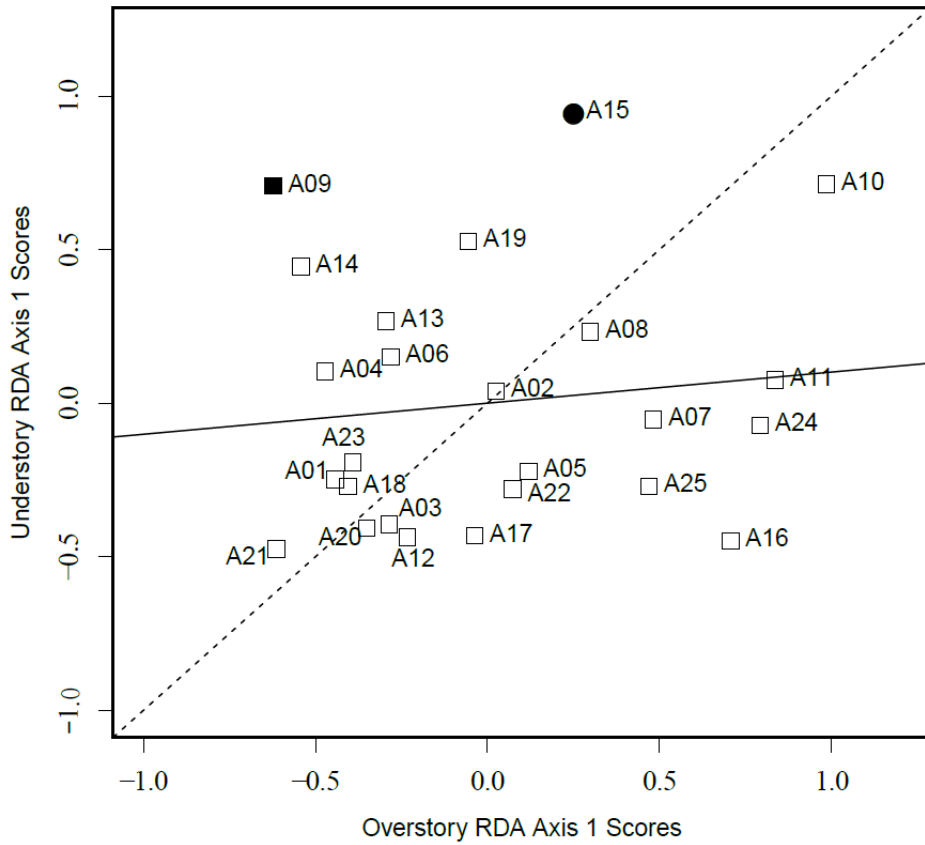
**Appendix 2.** Transformed Redundancy Analysis showing a similar pattern between understory (left) and overstory (right) vegetation composition in Wushyrkeng Area. Environmental factors: cosAspt, cos Aspect; creek, the distance from the nearest creek; elevation; position, the distance from the nearest hilltop; remote, the distance to forest road and slope.

**附錄 3.** 烏石坑森林下層植群的資料轉換冗餘分析前 3 軸與各項環境因子及森林植群類型及其結構因子的相關係數。

**Appendix 3.** Summary of transformed Redundancy Analysis showing correlation coefficients amongst environmental factors, overstory vegetation types, forest structure and the first three axes of transformed Redundancy Analysis for the understory vegetation in Wushyrkeng Area.

Environmental factors	tRDA1	tRDA2	tRDA3
Elevation	<b>-0.922359</b>	-0.30609	0.095594
Distance from the nearest creek	<b>-0.902326</b>	-0.06893	0.067440
Distance from the nearest hilltop	-0.386815	-0.09797	0.322448
Distance to forest road	<b>0.849794</b>	-0.29371	-0.126823
Slope	-0.658207	0.23601	0.313642
cos aspect	0.234391	-0.60360	-0.102175
Tree density	<b>-0.825392</b>	0.03858	-0.085011
Tree BA	-0.546682	0.19620	0.001922
Type A of overstory vegetation	0.796894	-0.21550	0.330405
Type B of overstory vegetation	-0.248212	0.87351	-0.026290
Type C of overstory vegetation	-0.721537	-0.68391	0.046032
Type D of overstory vegetation	-0.004943	0.12053	-0.581625
Type E of overstory vegetation	0.202047	-0.05954	-0.109206
Type G of overstory vegetation	0.152616	-0.05525	-0.164887
Proportion explained to the variance (%)	32.12	15.07	2.78
Cumulative proportion of first three axes (%)	49.97		
Constrained eigenvalue	0.4586		
Unconstrained eigenvalue	0.2929		





**附錄 6.** 烏石坑地區 A 樣區森林下層及上層植群組成關聯程度，以資料轉換冗餘分析結果之第 1 軸分數繪圖並進行直線回歸分析(slope = 0.101,  $p= 0.5695$ )。

**Appendix 6.** Association between overstory and understory vegetation in Plot A of Wushyrkeng Area. A linear regression model is used to fit the first axis scores of transformed Redundancy Analysis for these two forest strata data (slope = 0.101,  $p= 0.5695$ ).



## 2014年澎湖縣綠蠵龜(*Chelonia mydas*)繁殖與族群危機調查

### Survey of Green Sea Turtle Reproduction and Population Threat in Penghu County in 2014

羅柳墀<sup>1,\*</sup> 陳久林<sup>1</sup> 陳添喜<sup>2</sup>

Liu-Chih Lo<sup>1,\*</sup>, Jo-Lin Cheng<sup>1</sup> and Tien-Chi Cheng<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 國立高雄師範大學地理學系 高雄市和平一路 116 號

<sup>2</sup> 國立屏東科技大學野生動物保育研究所 屏東縣內埔鄉學府路 1 號

<sup>1</sup> Department of Geography, National Kaohsiung Normal University, 116, Ho-pin 1st Road, Kaohsiung, Taiwan

<sup>2</sup> Institute of Wildlife Conservation, National Pingtung University of Science and Technology, 1, Shuefu Road, Neipu, Pingtung, Taiwan

\* 通訊作者: robert@nknu.edu.tw

\* Corresponding author: robert@nknu.edu.tw

### 摘 要

綠蠵龜(*Chelonia mydas*)是臺灣和附近離島地區主要上岸產卵的海龜。澎湖望安島綠蠵龜產卵棲地是臺灣唯一政府公告的海龜保護區，更是綠蠵龜繁殖保育的重要區域，當地提供綠蠵龜產卵繁殖的重要棲息環境。但是近年來上岸產卵的母龜數量有逐漸下降的趨勢，對海龜的族群保育出現嚴重的警訊，急需要深入探討和剖析。本研究自 2014 年 5 月綠蠵龜上岸產卵開始，直到 12 月底為止，共執行一整個海龜生殖季調查。本年度調查發現澎湖母龜產卵地區共有望安和嵵裡二處，各有一隻母龜上岸產卵。另外吉貝島僅有當地居民描述一隻母龜上岸產卵。望安保護區中母龜最早於 5 月 9 日產卵，共生下 6 窩蛋，總共產下 506 顆蛋，平均每窩卵數為 84 顆( $n=6$ ;  $sd=7.0$ )，總共孵出 489 隻稚龜，總體孵化率為 96.6% (489/506)。在望安保護區內孵化稚龜的主要天敵為中華沙蟹(*Ocypode sinensis*)和角眼沙蟹(*Ocypode ceratophthalmus*)，共有 21 隻稚龜被捕死亡，平均每窩被捕食 3.5 隻( $n=6$ ;  $sd=5.3$ )，被捕食而死亡的稚龜最嚴重時可達該窩孵出稚龜數的 18.4% (14/76)。因熱休克死亡

的稚龜共有 38 隻，其中有 33 隻未爬出巢而在沙中死亡，有 5 隻是在沙灘上死亡。成功爬入海中的稚龜共有 428 隻，繁殖成功率為 84.6% (428/506)。嵵裡沙灘一隻產卵母龜產下 7 窩，但在挖掘檢驗巢中蛋的發育後，發現均是未受精的蛋。其發生的原因為何？仍不得而知，需要深入持續的調查。

## Abstract

In Taiwan and on its nearby islands, the green sea turtle (*Chelonia mydas*) is the main species of sea turtle found to lay eggs on beaches. Wang-an Island of Penghu County is the single sea turtle refuge designated by the Taiwanese government, making the Penghu area also an important reproductive and conservation habitat of green sea turtle. In recent years the declining number of nesting turtles indicates a serious threat to sea turtle conservation. We studied nesting green sea turtles during their reproductive period on Wang-an Island and in Shi-li, Magong City, from May to December, 2014. Local people's accounts of green sea turtle on Ji-bei Island were also included in our study. There was only one nester in Wang-an in 2014. The earliest nesters laid six nests with a total of 506 eggs on May 9<sup>th</sup>. The average clutch size was 84 eggs ( $n=6$ ,  $sd=7.0$ ), which produced a total of 489 turtle hatchlings and amounting to a hatching rate of 96.6%. The main predators of the hatchlings in the Wang-an refuge were the Chinese ghost crab (*Ocypode sinensis*) and horn-eyed ghost crab (*Ocypode ceratophthalmus*), which accounted for a mortality rate of 3.5 individuals per nest ( $n=6$ ,  $sd=5.3$ ). In the most serious case, mortality from predation was 18.4% in one nest. There were 38 hatchlings that died from heat shock, with 33 individuals found in the sand of their nests while five individuals climbed out of their nests but died on the beach. A total of 428 hatchlings from 506 eggs successfully reached the sea, marking a breeding success rate of 84.6%. One nesting turtle on Shi-li beach laid seven nests but no eggs were found fertilized. The reason for unfertilized eggs remains unclear. More detailed researches are required to understand whether these populations are still declining.

**關鍵詞：**族群、孵化率、存活率、死亡率、掠食者

**Key words:** population, hatching rate, survival rate, mortality, predator

收件日期：2015 年 07 月 20 日      接受日期：2015 年 11 月 17 日

Received: July 20, 2015

Accepted: November 17, 2015

## 緒 言

綠蠓龜(*Chelonia mydas*)是廣泛分布於全球熱帶地區(circumtropical)的物種，長年覓食生活於海洋中，在春末夏初即有產卵母龜到台灣本島和離島中合適的沙灘繁殖。在全世界 7 種海龜中，臺灣有 5 種海龜出現的記錄，其中主要的綠蠓龜在臺灣和附近離島地區繁殖(Chen and Cheng 1995; Chan *et al.* 2007; Cheng *et al.* 2009)。

現今世界上許多地區，人類仍不斷的利用和食用海龜。例如，過度的捕捉海龜和挖掘海龜蛋來食用(Ibrahim 1993; Palma 1993; de Veyra 1994; Limpus 1994; Sloan *et al.* 1994)，因而造成海龜在局部區域消失或整體族群量下降的趨勢(Frazier 1980; Witzell 1994; Chaloupka 2001)。Chaloupka(2001)統計東南亞地區自 1900 年以來綠蠓龜的族群與產卵數量發現：由於過度的捕捉，使族群數量自 1960 年早期以來即快速的下滑，到 1970 年末期下降的更為嚴重(Chan and Liew 1996)。中國大陸官方自 1970 年即已將綠蠓龜公布為瀕危的保護動物，但官方的統計每年仍有 350 噸以上的捕捉量(王 1993)。近年來中國大陸的經濟崛起，出海的漁船比以往更多，為滿足大陸人口大量的需求，海洋資源被撈捕的壓力更甚以往，在中國沿海和臺灣周圍海域的綠蠓龜，被漁船托網混獲和過度捕捉的情況日益嚴重。

臺灣自 1989 年起政府即實施野生動物保護法，將綠蠓龜公告為保育類動物，嚴格規定不准宰殺、販售，也不可撿食龜蛋，在嚴格執法下使綠蠓龜被獵捕的壓力得以緩解。但仍有許多綠蠓龜遭到海上漁船混獲而喪命，也有使用流刺網而致使綠蠓龜慘遭纏

死，綠蠓龜族群的生存危機並未完全解除。自 1990 年以來臺灣經濟逐漸發達，本島和各離島間的開發從不間斷，許多綠蠓龜的產卵地也因開發為港口碼頭；因防止海岸沖刷而被堆置消波塊；因觀光發展而被開闢為休閒度假區等，種種人為開發的衝擊使綠蠓龜的繁殖棲地逐漸消失。

澎湖是臺灣海龜保育的奠基者，光緒六年(1881年)好善堂碑中已銘文記載不可殘殺龜鯢，這是臺灣海龜保育的創始。在綠蠓龜族群日益減少，繁殖棲息地逐漸消失的情況下，政府於 1995 年設立望安島綠蠓龜產卵棲地保護區，是國內第一座海龜繁殖棲地保護區。2002 年在望安成立綠蠓龜觀光保育中心，推動海龜保育與教育的工作。澎湖地區海龜的保育工作一直持續的進行，也是國內海龜保育非常重要的重點地區。

但是望安綠蠓龜產卵棲地保護區的產卵母龜，每年上岸產卵的數量逐年下降(King *et al.* 2013)。由 1998 年的 18 隻上岸母龜下降至 2011 年的 3 隻母龜，在 13 年內產卵母龜的數量降低至最高量的六分之一(16.6%)，如果依此趨勢繼續下去，則望安綠蠓龜產卵保護區也就將失去保育的功能和意義。

依據澎湖縣政府農漁局歷年的調查資料顯示，除了望安島上綠蠓龜每年固定上岸產卵，澎湖其他島嶼也陸續有綠蠓龜上卵的記錄，如山水、林投、峙理、龍門、吉貝、北寮、後帝仔嶼、東嶼坪嶼等沙灘亦偶有海龜上岸產卵。由於綠蠓龜產卵常會受到海水溫度、食物的豐富度和其他的環境因子的影響(Chaloupka 2001; Balazs and Chaloupka 2004)，每隻產卵母龜有 2-3 年的產卵間隔期(Chen and Cheng 1995; Chan *et al.* 2007; Cheng *et al.* 2009)。雖然其他地區產卵狀況不如望安島上的穩定，但對於進

行澎湖縣整體的綠蠓龜保育之完善工作，也應儘速建立其他保護區外繁殖棲地的保護以及海龜生殖生態基礎資料的調查，並試圖找出影響澎湖綠蠓龜族群繁殖的環境因子，提出因應改善的保育方法。

國內的海龜研究已經進行二十多年了，但以往僅由少數研究者所把持(Chen and Cheng 1995; Chan *et al.* 2007; Cheng *et al.* 2009; King *et al.* 2013)，且研究的結果也少見以中文在國內的學術期刊發表。為使國人能注意到目前國內海龜的保育現況與生存危機，本文將澎湖海龜最近繁殖的結果和所面臨的族群危機呈現出來，期望國人能瞭解並重視此議題，並集合同國內外的專家學者積極參與海龜的保育工作，共同為海龜的生存而努力。

## 材料與方法

### 一、研究地點

澎湖群島是由大小不同的島嶼組合而成，擁有超過四百餘公里的延綿海岸線與近海水域，海洋資源特別豐富。而位處澎湖南海的望安島，從島西北部的天台山一直向南延伸的沙灘，為綠蠓龜上岸產卵的絕佳地點，每年固定返回產卵的綠蠓龜多數會到此處來繁殖。澎湖縣政府配合國際海龜保育運動陳報農委會，於民國八十四年一月十七日正式設立望安島綠蠓龜產卵棲地保護區(圖 1)，使綠蠓龜的重要繁殖棲地得以確保。保護區位於東經 119 度 39 分、北緯 23 度 22 分，面積 23.3 ha，年平均溫度 23.4°C。

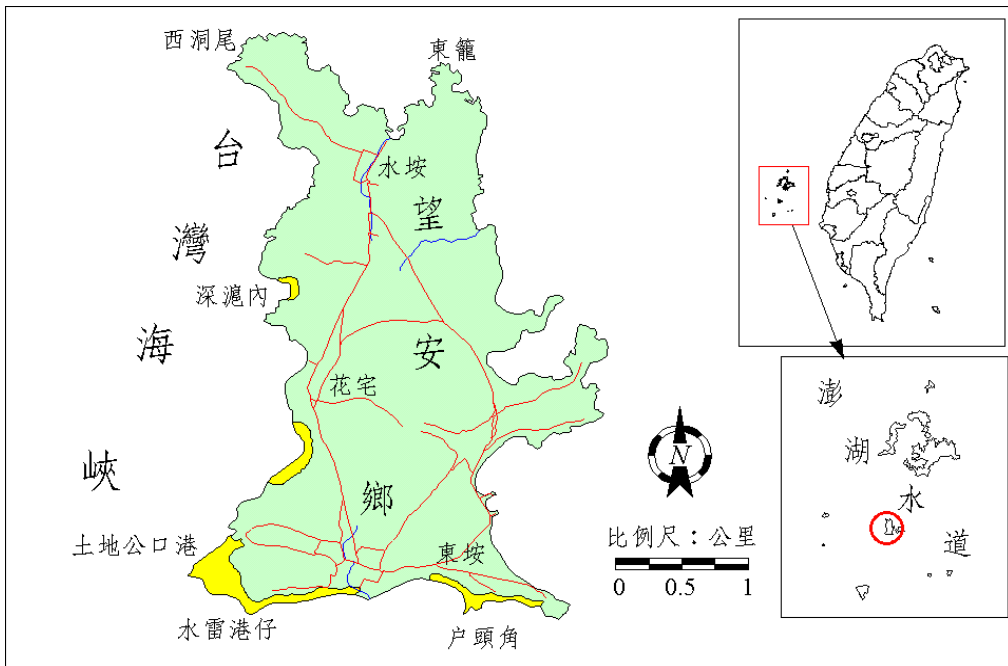


圖1. 望安島綠蠓龜產卵棲地保護區，黃色區域範圍(資料來源: 林務局自然保育網)。

Fig.1. Refuge (yellow area) of green sea turtle (*Chelonia mydas*) on Wang-an Island, Penghu County (resource: Natural Conservation Web of Forestry Bureau).

對望安綠蠵龜產保護區經由進行快速影響評估法(RAPPAM) (Hockings *et al.* 2006; 盧道杰等, 2013)發現, 保護區現存壓力及威脅事項如下: (1) 海上、陸上棲地遭受破壞, 非法捕魚的行為包括電魚、炸魚、使用非法漁具與漁法均會破壞海龜的生存生態。(2) 人工垃圾的汙染會導致海龜誤食並威脅幼龜的成長地。(3) 太多的人工設施導致沙灘可供產卵面積縮小。(4) 人類活動產生的噪音與燈火漁業和人為光害影響母龜產卵(袁孝維等 2010)。

## 二、研究方法

### 1. 產卵母龜調查

自 2014 年 5 月上旬至 9 月下旬綠蠵龜產卵季節, 參照澎湖潮汐表, 於每晚漲潮前後兩小時, 在海龜可能上岸產卵沙灘, 沿沙灘之高潮線巡邏。以不干擾海龜為原則, 觀察記錄海龜產卵行為。若母龜上岸產卵時研究人員不在現場, 將經由訪談在地人士, 得知上岸母龜產卵的日期、地點和孵化狀況。本研究於產卵季前期, 以調查母龜上岸爬痕、出現地點與產卵巢位為主; 產卵季高峰期則加強巡護工作, 觀察母龜重回產卵和稚龜的孵出; 後期則以卵窩孵化和稚龜成功降海為重點。

### 2. 產卵母龜基本資料測量:

我們檢查產卵母龜標號與晶片號碼, 以確認是否為曾上岸產卵的母龜, 或首次到澎湖沙灘產卵的個體。如在身上未被發現標識或晶片, 則在母龜鰭肢上標標號並植入晶片, 並登錄標號與晶片號碼。分別利用皮尺與卡尺測量上岸母龜的背甲曲線長、背甲曲線寬與背甲直線長、背甲直線寬等基本資料。

利用 GPS 定位包含母龜產卵的巢位地

點, 位處保護區位置及經緯度(以度分秒表示), 並記錄巢位與海邊高潮線的距離、沙灘坡度、巢位附近的植被和種類...等環境因子。

### 3. 產卵數、孵化率與稚龜的存活成功率

為了不影響龜卵的孵化, 我們自母龜產卵一直到稚龜孵化爬出後, 才進行產卵數的檢查。產卵數的計算是由稚龜爬出後, 挖掘遺留在巢中的卵皮數量和加以未孵出的卵數而得。利用游標卡尺、電子秤記錄龜卵直徑與重量並記錄產卵數量。

稚龜孵化數量估算: 以塑膠籃倒蓋在巢口上, 集中保護於籃中並加以計算稚龜的數量。每隻稚龜由龜卵中孵出後會留下一張完整的卵皮, 若未能完全直接計算到稚龜的個體數, 我們另以遺留在巢中的卵皮數做為輔助計算稚龜的數量。孵化率的計算為孵出稚龜的數量和產卵數的比值。我們利用皮尺、游標卡尺和電子秤分別記錄稚龜背甲曲線長、背甲曲線寬、背甲直線長、背甲直線寬與稚龜的重量。

稚龜死亡率計算: 由遺留在沙灘死亡的個體, 被天敵捕食的數量和在巢中未能爬出而熱休克死亡的個體數, 來計算稚龜的死亡率; 我們以孵出稚龜數扣除死亡個體數, 認定為成功降海的稚龜數。另外, 稚龜的存活成功率為成功降海的稚龜數和產卵數的比值。

我們將掠食稚龜的角眼沙蟹和中華沙蟹捕獲後, 以游標卡尺測量掠食者的胸甲長和胸甲寬, 並以電子秤量其重量。

### 4. 未受精卵的檢查

在稚龜孵化期過後的第 60 天, 挖出未孵出的龜卵以光源檢查卵中是否有發育的胚胎黑點, 並進一步將龜卵打開倒入培養皿中, 在解剖顯微鏡(MICROTECH 422LED)下檢查發

育的胚胎，以確定龜卵是否有受精或有胚胎發育。

## 結 果

### 一、繁殖地點調查

2014 年澎湖縣綠蠵龜產卵地調查，共計調查到望安、蔴裡和吉貝三處產卵地(表 1)。望安島上母綠蠵龜於 5 月 9 日在天台山下沙灘的瓊麻(*Agave sisalana*)叢旁產下第一窩卵，而後於 5 月 29 日在土地公港沙灘的濱刺麥(*Spinifex littoreus*)群落外緣處產下第 2 窩卵，之後在土

地公港第 2 窩巢附近連續產下 4 窩，在 7 月 27 日產完第六窩卵之後順利離開(圖 2)。天台山下產卵的第一窩母龜沒被直接觀察到，但由於母龜產卵每年會有 1 窩以上的數量，和天台山產卵母時間和土地公港的時間間隔 20 天，為母龜五月產卵可能的時間，推測應為同一隻母龜，2014 年望安島保護區上岸產卵母龜只有 1 頭。產卵的母龜為曾經在望安保護區內產過卵的母龜，晶片號碼為 145151594A，其背甲曲線長為 100.5 cm，背甲直線長為 95.5 cm，背甲曲線寬為 90.5 cm，背甲直線寬為 77 cm。

表 1. 2014 年澎湖地區綠蠵龜產卵棲地卵窩資料

Table 1. Nesting sites and habitat descriptions of green sea turtle in Penghu, 2014.

卵窩編號	產卵日期	產卵地點	緯度 N	經度 E
望安 No.01	5 月 9 日	天台山沙灘	23°22'38.0"	119°29'38.8"
望安 No.02	5 月 29 日	土地公港沙灘	23°21'19.5"	119°29'17.3"
望安 No.03	6 月 12 日	土地公港沙灘	23°21'23.2"	119°29'16.5"
望安 No.04	6 月 28 日	土地公港沙灘	23°21'19.7"	119°29'17.5"
望安 No.05	7 月 13 日	土地公港沙灘	23°21'19.8"	119°29'17.6"
望安 No.06	7 月 27 日	土地公港沙灘	23°21'21.9"	119°29'16.9"
蔴裡 No.01	7 月 25 日	蔴裡海水浴場沙灘	23°31'34.8"	119°33'56.2"
蔴裡 No.02	8 月 7 日	蔴裡海水浴場沙灘	23°31'35.0"	119°33'56.6"
蔴裡 No.03	8 月 23 日	蔴裡海水浴場沙灘	23°31'35.9"	119°33'52.5"
蔴裡 No.04	9 月 7 日	蔴裡海水浴場沙灘	23°31'35.0"	119°33'56.6"
蔴裡 No.05	9 月 20 日	蔴裡海水浴場沙灘	23°31'35.0"	119°33'56.4"
蔴裡 No.06	10 月 5 日	蔴裡海水浴場沙灘	23°31'34.2"	119°33'50.6"
蔴裡 No.07	10 月 23 日	蔴裡海水浴場沙灘	23°31'35.1"	119°33'56.5"
吉貝 No.01	7 月 19 日	吉貝沙嘴沙灘	23°43'45.3"	119°36'10.3"
吉貝 No.02	8 月 2 日	吉貝沙嘴沙灘	23°43'48.2"	119°36'11.0"



圖 2. 2014 年望安保護區之綠蠵龜卵窩位置;紅點為望安島上產卵區,藍點為土地公港沙灘上巢的位置(影像來源: Google earth)。

Fig. 2. Nesting sites of green sea turtles in Wang-an refuge, 2014.

Nesting areas on Wang-an Island (red dot) and nesting sites on Tu-di-gong-gang Beach (blue dot) (image from Google earth).

崙裡沙灘的產卵母龜為未登錄的母龜，於其產卵後置入晶片號碼為 151522726A，其背甲曲線長為 104.5 cm，背甲直線長為 98.2 cm，背甲曲線寬為 91.5 cm，背甲直線寬為 76 cm。於 7 月 25 日在沙灘的西北側黃槿樹(*Hibiscus tiliaceus*)下產下第一窩，在 8 月 7 日產下第二窩時進行基礎資料測量，並上標與晶片，相關資料如表四。之後連續產下 5 窩，直到 10 月 23 日產下第 7 窩(圖 3)。其中除第 1 窩在黃槿樹下，有 4 窩在夾竹桃(*Nerium oleander*)下，1 窩在 11 公尺高的沙丘濱刺麥群落中，另有一窩在瓊麻(*Agave sisalana*)叢下。除了第 3 和第 6 窩距離較遠外，其餘 5 窩緊鄰在一起，其中第 2、4 和第 7 窩甚至有重疊的現象。這 7 窩相當集中，

彼此的距離不超過 100 m。

2014 年在吉貝島上僅記錄到一隻母龜上岸且產下 2 窩(圖 4)，但訪談當地居民得知，可能有產下 4 窩之多，並陸續有小海龜成功順利孵出。吉貝沙尾產卵地上為裸露沙地，並無其他植被生長，不會有植物的根系纏繞阻擋稚龜爬出的問題，且附近並無燈火漁業的干擾。所以吉貝島上綠蠵龜的繁殖現況和棲地條件，可能較望安島上的產卵棲地保護區為佳。

東嶼坪沙灘曾於 2013 年有產卵記錄，但 2014 年經詢問當地居民及執勤的海巡人員後確認無海龜上岸。目前東嶼坪已列入澎湖南方四島國家公園，在國家公園管理處強烈加強保育管理下，未來希望能有更好的保育成果。



圖 3. 2014 年嵵裡沙灘之綠蠓龜卵窩位置，藍點為巢位位置(影像來源: Google earth)。

Fig. 3. Nesting sites of green sea turtle in Shi-li, 2014. Nesting sites (blue dot) (image from Google earth).



圖 4. 2014 年吉貝沙嘴沙灘之綠蠓龜卵窩位置；藍點為巢的位置(影像來源: Google earth)。

Fig. 4. Nesting sites of green sea turtle in Ji-bei, 2014. Nesting sites (blue dot) (image from Google earth).

## 二、產卵日期與產卵間隔

2014 年澎湖產卵母龜的上岸產卵初始日期，在望安、吉貝和嵵裡分別為 5 月 9 日、7 月 19 日和 7 月 25 日，產卵時的平均氣溫和海水溫度均已超過 25°C。但在嵵裡產卵母龜於 10 月 23 日產第 7 窩時，氣溫與海水溫度已略低於 25°C。

望安產卵母龜的產卵間隔平均為 15.8 天 ( $n=5$ ;  $sd=2.4$ )，在第一窩和第二窩之間間隔較長為 20 天，之後隨氣溫和海水溫度升高(圖 5)，而縮短到 14 天。自第一窩到第 6 窩的產卵停留時間共 79 天(圖 5)。嵵裡產卵母龜產卵時間較晚，溫度也較高，平均產卵間隔為 15 天 ( $n=6$ ;  $sd=1.8$ )。自第一窩到第 7 窩的產卵停留時間共 90 天。

## 三、巢位深度

望安產卵母龜產下 6 窩蛋，巢的深度最淺 71 cm，最深 76 cm，平均深度為 73.3 cm ( $n=6$ ;  $sd=2.0$ )。嵵裡產卵母龜產下 7 窩蛋，其中 4 巢經測量後發現巢的深度最淺 72 cm，最深 76 cm，平均深度為 73.2 cm ( $n=4$ ;  $sd=2.0$ ) (圖六)。兩處母龜產卵深度並無顯著差異( $p=0.87, t\text{-test}$ )。

## 四、產卵數

望安產卵母龜產下 6 窩蛋中，最多為 96 顆，最少為 77 顆，平均每窩卵數為 84 顆( $n=6$ ;  $sd=7.0$ )，總共產下 506 顆蛋。嵵裡共挖掘 4 窩，最多為 86 顆，最少為 84 顆，平均每窩卵數為 85 顆( $n=4$ ;  $sd=1.0$ )。兩處母龜產卵顆數並無顯著差異( $p=0.65, t\text{-test}$ )。

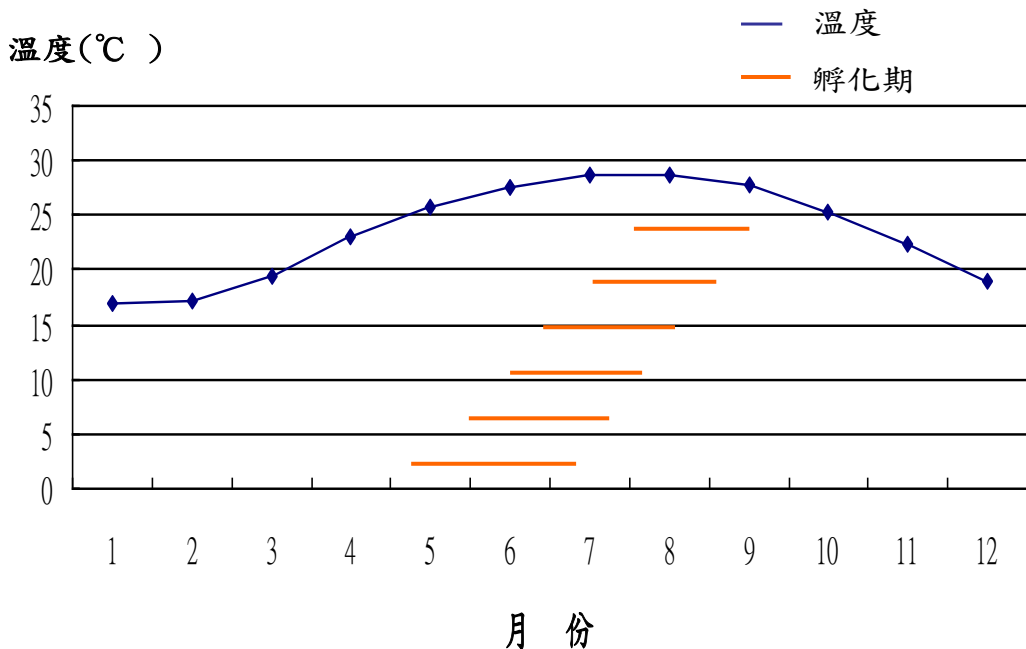


圖 5. 2014 年望安保護區氣溫與綠蠵龜孵化期分布狀況。

Fig. 5. Relationship between temperature and brooding periods of green sea turtle in Wang-an refuge, 2014.

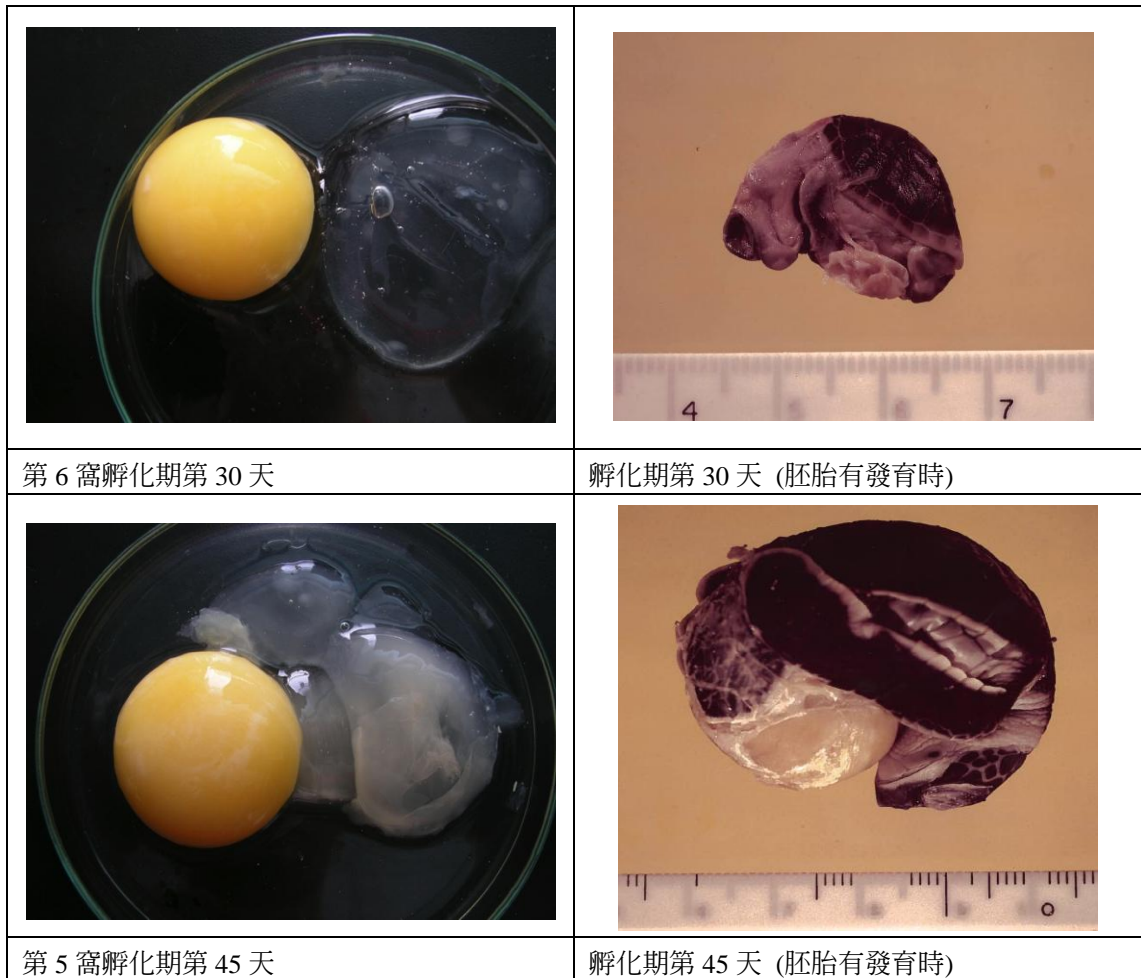


圖 6. 崙裡海灘未受精卵(左)與正常胚胎(G. Balazs 提供)發育時(右)之比較。

Fig. 6. Comparisons of unfertilized eggs (30 and 45 days, respectively) from Shi-li to the normal development of green sea turtle embryo (photos by G. Balazs).

### 五、孵化天數

望安 6 窩巢中稚龜的孵化期最多為 63 天,最少為 47 天,平均為 51.3 天( $n=6$ ;  $sd=6.1$ ),孵化的天數隨著環境溫度的上升而縮短。崙裡在 7 窩巢中,龜卵均為未受精卵,沒有胚胎發育,也無稚龜孵出。

### 六、稚龜孵化率

在望安 6 窩巢 506 顆蛋中,僅發現未受精卵 1 顆,蛋在孵化中死亡的個體有 16 顆,總共孵出 489 隻稚龜,總體孵化率為 96.6%。在 6 窩巢中最高孵化率為第 5 窩的 98.9%,最低為第 1 窩的 93.7%。6 窩的平均孵化率為 96.8% ( $n=6$ ;  $sd=2.1$ ) (表 2)。

表 2. 2014 年望安綠蠵龜產卵棲地保護區繁殖資料統計表

Table 2. Reproduction data of green turtle in Wang-an refuge in 2014.

巢位	深度 (cm)	孵化 期(天)	蛋總 數	孵化 稚龜	孵化 率(%)	未受 精卵	孵化中 死亡	未爬出 而死亡	沙蟹 掠食	曬 死	孵化後 死亡	成功入海 稚龜數	成功率 (%)
No.01	74	63	80	74	92.5%	1	5	2	0	0	2	70	87.50%
No.02	72	52	77	76	98.7%	0	1	6	3	4	13	63	81.80%
No.03	76	51	81	79	97.5%	0	2	3	0	0	3	76	93.80%
No.04	71	47	80	76	95.0%	0	4	7	14	1	22	54	67.50%
No.05	75	47	92	91	98.9%	0	1	1	1	0	2	89	96.70%
No.06	72	48	96	93	96.9%	0	3	14	3	0	17	76	79.20%
平均值	73.3	51.3	84	82	96.6%	0	3	6	4	1	10	71	84.40%
最大值	76	63	96	93	98.9%	1	5	14	14	4	22	89	93.80%
最小值	71	47	77	74	92.5%	0	1	1	0	0	2	54	67.50%
總計			506	489		1	16	33	21	5	59	428	84.60%

2014 年嵵裡地區第一窩於 7 月 25 日產卵於黃瑾樹下，過了 80 天後我們發現並沒有稚龜孵化的現象，於是挖掘卵窩調查，發現窩內 84 顆龜卵並沒有發育的情形，可能是龜卵在孵化初期即死亡或是全都是未受精卵。因此，我們在沙灘不同位置的卵窩(第 5 窩與第 6 窩)分別取樣 2 顆龜卵於解剖顯微鏡下觀察，其孵化天數分別為 45 天與 30 天，結果發現 4 顆全都是未受精卵(圖 6)，且今年到目前為止，嵵裡地區並沒有稚龜的孵化紀錄。

### 七、天敵掠食死亡數

在望安保護區中孵化稚龜的主要天敵為

中華沙蟹和角眼沙蟹，其平均體重分別為 30.9( $n=4$ ;  $sd=5.3$ )和 34.2( $n=10$ ;  $sd=4.4$ ) g (圖 8)，均較剛孵出的稚龜平均體重 21.7( $n=124$ ;  $sd=1.2$ ) g，分別重 1.4 和 1.6 倍。

總計自第 2 窩到第 6 窩在 5 窩中共被捕食 21 隻，其中以第 4 窩被捕食 14 隻稚龜最高，第 3 窩無被捕食最低，平均每窩被捕食 3.5 隻( $n=6$ ;  $sd=5.3$ )。在第 4 窩被嚴重捕食而死亡的稚龜，佔當窩孵出稚龜數的 18.4% (14/76)。

### 八、孵化後死亡數

稚龜自孵出後到成功降海前的死亡數量，在望安保護區內除了天敵捕食外，也有因

為植物根(主要為濱刺麥(*Spinifex littoreus*)與馬鞍藤(*Ipomoea pescaprae*))的生長覆蓋，使其無法順利爬出以致熱休克死亡。總計在第 1 到 6 窩巢中因此原因而死亡的稚龜共有 38 隻，其中有 33 隻是未爬出而在卵窩上方的沙中死亡，有 5 隻已經爬出但在沙灘上熱休克死亡。死亡數最高的為第 6 窩的 14 隻，全死在沙內。最少的為第 5 窩，僅有 1 隻在沙內死亡。第 6 窩熱休克死亡的稚龜佔當窩孵出稚龜的 15.0% (14/93)。

### 九、繁殖成功率

望安產卵母龜產下 6 窩 506 顆蛋中，共有 428 隻稚龜成功爬入海中，繁殖成功率為 84.6%。其中繁殖成功率最高的為第 5 窩 96.7%，最低的為第 4 窩 67.5%。第 4 窩最大的死亡原因是孵化後稚龜的死亡數最高，共有 22 隻稚龜死亡，占當窩稚龜孵出數的 28.9%。

### 十、澎湖地區未產卵沙灘調查

今年 8 月 23 日到 9 月 1 日我們也在澎湖縣馬公市與湖西鄉各地的沙灘，以步行觀察方式進行綠蠓龜產卵棲地調查，並未發現海龜產卵足跡，但在北寮沙灘處則發現疑似舊有的海龜產卵痕跡，在鎖港則發現有海龜的骨骼，其他如山水、隘門、林投、尖山、龍門、菓葉、青螺等地沙灘也可能是海龜的產卵棲地。因此，澎湖地區各地的海龜基礎生態研究，需要普及調查和投入更多人力來完成。

## 討論

### 繁殖地點

2014 年調查雖僅發現望安、吉貝和嵵裡沙灘是綠蠓龜的產卵繁殖地，但依據澎湖縣

政府農漁局歷年綠蠓龜產卵記錄有山水、林投、嵵裡、龍門、吉貝、北寮、後帝仔嶼、東嶼坪嶼等沙灘，也在不同年份有海龜上岸產卵的記錄。綠蠓龜產卵受到海中食物的豐富度、海水溫度和氣候條件等諸多環境因素所影響(Cheng *et al.* 2009; Chaloupka 2001; Balazs and Chaloupka 2004)，再加以每隻產卵母龜也有 2-3 年的產卵間隔(Chen and Cheng 1995; Chan *et al.* 2007; Cheng *et al.* 2009)，因此其他地區產卵狀況雖有幾年空缺，不如望安島上每年有穩定產卵族群，但這對部份繁殖的海龜個體間隔幾年忠誠的回到產卵地，是符合自然的規律。再加以已成熟新產卵的母龜個體，也需要尋覓合適的產卵地。因此，對望安以外綠蠓龜的產卵棲地，需要積極加以保護，以維護綠蠓龜在澎湖的繁殖棲息地，對於進行澎湖縣整體的綠蠓龜保育之完善工作，除目前望安保護區外，也應儘速建立其他保護區外繁殖棲地的保護，與海龜生殖生態資料的調查。

望安保護區內產卵母龜的繁殖族群數量有逐年減少的趨勢(圖 7)(King *et al.* 2013)，2014 年更只有一隻產卵母龜上岸產卵，如果往後連最後一隻產卵母龜都沒上岸產卵，那麼望安綠蠓龜產卵保護區的設立就失去意義了。由 5 月 9 日於天台山下沙灘產卵後，附近的燈火漁業強烈的光源干擾母龜上岸，母龜即遷移到光害影響較弱的土地公港，可知夜間人為光源的干擾對綠蠓龜上岸產卵的意願有明顯的影響。以往的研究指出夜間人為光源的強度，和綠蠓龜產卵的數量成反比，母龜產卵較集中在海岸黑暗處(Mazor *et al.*; 2013)。因此，在管理上需積極排除影響產卵母龜上岸的環境因素，和其他人為光源干擾的因素需嚴格加以禁止。

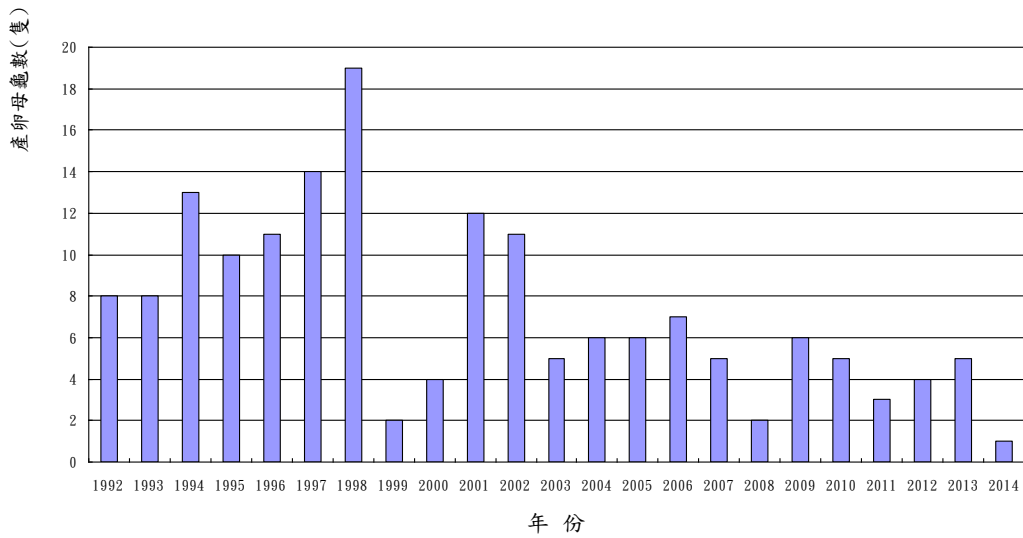


圖 7. 澎湖縣望安綠蠓龜保護區產卵母龜數量之年變化(澎湖縣政府農漁局提供資料)。

Fig. 7. Annual nesting number variations of green sea turtle in Wang-an refuge, Penghu County (data from Agriculture and Fisheries, Penghu County Government).



圖 8. 望安保護區內孵出後的幼龜受角眼沙蟹的掠食。

Fig.8. A green sea turtle hatchling predated by the horn-eyed ghost crab in Wang-an refuge.

### 產卵日期與產卵間隔

綠蠵龜是變溫的爬蟲類動物，較冷的水溫不利於母龜產卵，產卵的海水溫度通常需超過 25°C，可能因為黑潮暖流流經的時間不同，綠蠵龜在澎湖產卵的日期略晚於小琉球(王添正，個人通訊)，2014 年在南方較溫暖的望安也較北方的吉貝和嵵裡為早。

2014 年望安第一窩於 5 月上旬產在天台山沙灘，產卵日期與產卵期程較往年早，望安產卵母龜的產卵間隔平均為 15.8 天，較蘭嶼地區產卵母龜的產卵間隔 10.6 天(Cheng *et al.* 2009)為長，可能原因為產卵時間不同、海水溫度不同、地理環境上不同而造成母龜族群的產卵時間有所差異所致，但實際原因仍不清楚。

### 巢位深度

望安產卵母龜產下 6 窩巢的平均深度為 73.3 cm，較蘭嶼地區的產卵深度 66.2 cm 為深(Cheng *et al.* 2009)，可能與望安地區降雨較少且沙灘的砂子太鬆有關，但詳細的原因仍不清楚。

地表植物生長的根要到達較深的巢位所需時間較長，進而減低影響蛋的孵化率；除此之外，較深的巢位也可能減少巢外真菌對蛋的感染而增加蛋的孵化率(Phillott and Parmenter 2014)。植物的根系常阻礙稚龜孵化後爬出巢外，以致常發現在距地表 10-20 cm 處的沙中，稚龜被根系纏住無法向上爬，而在此熱休克死亡。所以母龜在產卵前，需用強而有力的前肢將表層的砂子，連同植被一起大面積的撥開，以確保稚龜孵化期間植物根系的漫延，而纏蓋在稚龜爬出通道上方，造成稚龜爬出窩巢的障礙。

### 產卵數

望安產卵母龜產下 6 窩蛋中，平均每窩卵數為 84 顆，一隻母龜總共產下 506 顆蛋。比起蘭嶼地區平均每巢 105 顆，和平均每隻母龜的產卵數 769 顆(Cheng *et al.* 2009)明顯為少，也較馬來西亞地區和菲律賓地區為少(Chaloupka 2001)。但產卵數少相對的稚龜的孵化率提高(王 2009)，可彌補卵數量上的短缺。另外，較少的蛋數在巢中所產生的代謝熱較少，巢內的溫度也較低，這將有助於增加雄龜的性別比，至於產卵數少所呈現出來的族群生態學上的意義，未來仍需進一步的探討。

### 孵化天數

望安 6 窩巢中稚龜的孵化期平均為 51.3 天，較蘭嶼地區的平均 55 天為短(Cheng *et al.* 2009)。每巢的孵化天數隨著環境溫度的上升而縮短，但在 10 月以後氣溫逐漸降低，孵化的天數又逐漸增長(Cheng *et al.* 2009)。

### 稚龜孵化率

在望安 6 窩巢 506 顆蛋中，僅發現未受精卵 1 顆，蛋在孵化中死亡的個體有 16 顆，總共孵出 489 隻稚龜，總體孵化率為 96.6%，較蘭嶼地區孵化率 80% 為高。孵化率會受到降雨的影響，雨量越大孵化率越低(Chaloupka 2001; Cheng *et al.* 2009)，產卵期間望安地區的年降雨量遠較蘭嶼為少(2014 年中央氣象局資料)，有助於孵化率的提升。雨量會直接影響巢內的溫度，也會影響巢內稚龜的雌雄性別比例。

2014 年嵵裡沙灘一隻產卵母龜共產下 7 窩的蛋，但經過預估孵化期後仍無稚龜出現，經挖掘其中 4 窩巢，並解剖檢查 4 顆卵後發現全部皆為未受精卵。海龜未受精的現象以往是少見的(Balazs; Limpus 私人通訊)，在夏威夷

和澳洲大堡礁尚未被發現過，但 2011 年在小琉球也曾經發現產卵母龜產下 10 窩蛋，但全部皆為未受精卵(王添正，私人通訊)。最近在香港也有發現相同的情形(伍家恩，私人通訊)。有學者指出在過度捕捉海龜的地區，會造成雌雄性別比例的失衡，也增加海龜未受精卵增加的機會(Chaloupka 2001)。

### 天敵掠食死亡數

在望安保護區中孵化後稚龜的主要天敵為中華沙蟹和角眼沙蟹，但在蘭嶼地區孵化中龜卵的掠食天敵則為赤背松柏根(*Oligodon formosanus*)(Cheng *et al.* 2009)。在小琉球則有赤背松柏根吸食龜卵和沙蟹掠捕稚龜同時存在(王添正，私人通訊)。在澎湖地區赤背松柏根的族群數量很少，對綠蠵龜的蛋與稚龜的威脅較小。在其他地區稚龜還有非常多的天敵，如長鼻浣熊、禿鷹、海鷗和其他鳥類(Frazier 1980; Witzell 1994; Chaloupka 2001; Barton and Roth 2008)。但在望安主要的天敵仍以沙蟹為主，被嚴重捕食而死亡的稚龜，佔當窩孵出稚龜數的 18.4%。如果不在人為的保護下，任其自然的發生，則被沙蟹捕食的稚龜數量將遠高於此。如果在保護區外的自然界中，可以任由天敵捕食而達到演化汰弱留強的生態功能，對綠蠵龜的族群演化有正面的效果。但如果在政府公告的綠蠵龜產卵棲地保護區內，為執行對珍貴稀有保育類目標物種的繁殖保護，以達到保護區設立的法定目標，在管理上則必需盡量減少天敵對稚龜的捕食，以增加產卵母龜繁殖的成功(Barik *et al.* 2014)。

### 孵化後死亡數

稚龜自孵出後到成功降海前的死亡數量，在望安保護區內除了天敵捕食外，植物根

系的生長覆蓋阻礙，使其無法在氣溫較低的夜間或清晨順利爬出下海，以致在溫度高的白天在巢上方的砂內，或在離巢的沙灘上熱休克死亡。2014 年因此一原因死亡的稚龜共有 38 隻，最嚴重的熱休克死亡的稚龜甚至占當窩孵出稚龜的 15.0%，死亡率相當高。

對土壤中築巢的爬蟲類而言，周圍植物生長和其巢位內的繁殖生態息息相關。有文章指出甚至連體型龐大的尼羅河鱷，在孵化期間巢被植物的根系纏繞時，母鱷常會選擇棄巢離去(Lucia 2001)。在崙裡沙灘也發現，產卵於夾竹桃下的巢經過 60 天後，巢中的龜卵已被植物的根緊緊的包裹著。對於族群日益減少的綠蠵龜，為了降低稚龜的死亡率，有時必需進行積極管理(Barik *et al.* 2014)，在稚龜出巢前將植物覆蓋纏繞的根系移除。

### 繁殖成功率

望安產卵母龜產下 6 窩 506 顆蛋中，最後共有 428 隻稚龜成功爬入海中，繁殖成功率高達 84.6%，這是很高的比例遠較蘭嶼地區 71% 的成功率為高(Cheng *et al.* 2009)。繁殖成功率也和孵化期間的降雨量有關(Chaloupka 2001;2002; Cheng *et al.* 2009)，2014 年澎湖的年降雨量為 819.5 mm，遠低於蘭嶼的 2960.3 mm (2014 年中央氣象局統計資料)。2014 年望安地區有較高的繁殖成功率，可能和繁殖期間的降雨較少有關。

由 2014 年的調查結果顯示，在望安地區影響海龜繁殖成功率的最大因素，是孵化後稚龜的死亡數包括被螃蟹吃掉和曬死兩大因素，最高可達稚龜孵出數的 28.9% (22/76)，也就是說有將近三分之一的稚龜在孵出後降海前，可能會面臨立即的死亡。因此，在望安綠蠵龜產卵保護區內對族群量逐漸減少的綠蠵

龜，消除環境中不利生存的因子，減少稚龜的死亡率以增加族群量，是必要的保育措施。

## 建議

依據 2014 年研究結果，謹提供下列建議供有關單位進行經營管理上的參考：

- 一、加強海域資源的管理：綠蠓龜的保育除了陸地上的產卵保護區外，其所生活的海域資源的保育也非常重要。如管制近海的燈火漁業，將可減少產卵母龜對產卵棲息地選擇的干擾與迴避，和稚龜孵出降海時受光線的誤導。禁止在沿海地區使用流刺網，將可減少中、小型龜被誤捕而死亡。
- 二、加強望安綠蠓龜產卵保護區內的管理：如果綠蠓龜是政府依據野生動物保護法公告的瀕危的保育類動物，且是在政府公告的望安綠蠓龜產卵棲地保護區內，我們有需要在保護區內針對目標物種進行積極管理，以人為參與的方式，盡量消除綠蠓龜繁殖上的障礙，提高繁殖成功率，以達到物種保育的目的，符合政府公告的法定意義。
- 三、積極對望安以外綠蠓龜的產卵棲地，如山水、林投、崙理、龍門、吉貝、北寮、後帝仔嶼、東嶼坪嶼等沙灘也偶有海龜上岸產卵記錄的地區，需要積極加以調查與保護，以維護綠蠓龜在澎湖縣全境的繁殖棲息地。對於進行澎湖縣整體的綠蠓龜保育之完善工作，也應儘速建立其他保護區外繁殖棲地的保護，與海龜生殖生態資料的調查。目前吉貝地區海龜的繁殖狀況和族群的穩定性，均不輸於望安地區，且吉貝地區擁有全澎湖最多的石滬和平坦的地形，人和海洋的關係最為密切，也是人類

最容易親近綠蠓龜的地區，未來是否能比照望安成立第二處綠蠓龜的保護區，對綠蠓龜的保育將有重大的意義。

- 四、加強成龜個體的保育：綠蠓龜是長壽命的生物，雖然在幼龜時遭受極高的死亡率，但到成體以後死亡率大減，壽命可延長至近百歲，每隻母龜每隔幾年就可貢獻給族群好幾百隻的子代，因此減少成龜的捕捉將對海龜族群的延續有非常重要的意義。對 2014 年崙裡沙灘一隻產卵母龜共產下 7 窩未受精卵的蛋，經與當地漁民非正式訪談後，推測可能是遭受人為過度捕捉，而造成雌雄性別比例的失衡，甚至出現雄龜個體在交配期消失，而使母龜無法如期受孕。因此加強成龜個體的保育，嚴格進行海上的執法，嚴禁捕捉海龜是當務之急的工作。

## 誌謝

感謝澎湖縣政府農漁局提供研究經費使本研究得以順利完成。

## 參考文獻

- 王亞民 (1993)。我國南海海龜資源的調查與保護研究現狀與展望。生態學雜誌，1993,12(6):60-61。
- 王純君 (2009)。生物與非生物因子對澎湖縣望安島綠蠓龜卵窩含氧量的影響暨氧氣變化之探討，國立海洋大學碩士論文，72pp。
- 程一駿、陳添喜 (1994)。台灣附近海域海龜之生物學的研究 (1) 年度報告初稿：1-34。

- 中華民國自然生態保育協會 (2005)。台灣現有保護區之分類檢討與管理現況分析。林務局保育研究系列。94-23 號。
- 袁孝維、林良恭、陳建志、盧道杰、趙芝良、羅柳墀，2010，檢討與改善現有保護區域與經營策略計畫，林務局委託研究計畫系列: 114-121。
- 盧道杰、趙芝良、羅欣怡、高千雯、陳維立、羅柳墀、葉美智、何立德，2013，臺灣海岸河口溼地型保護區經營管理效能評估，地理學報(68): 19-42。
- Barik, S.K., P.K. Mohanty, P.k. Kar, B. Behear and S.K. Patra. 2014. Environmental cues for mass nesting of sea turtles. *Ocean & Coastal Management* 95:233-240.
- Barton, B.T. and J.D. Roth. 2008. Implications of intraguild predation for sea turtle nest protection. *Biological Conservation* 141: 2139-2145.
- Chaloupka, M. 2001. Historical trends, seasonality and spatial synchrony in green sea turtle egg production. *Biological Conservation* 101: 263-279.
- Chan, E.H. and H.C. Liew. 1996. Decline of the leatherback population in Terengganu, Malaysia, 1956-1995. *Chelonian Conservation and Biology* 2: 196-203.
- Chen, T.H. and I.J. Cheng. 1995. Breeding biology of the green turtle, *Chelonia mydas*, (Reptilia: Cheloniidae) on Wan-an Island, Pen-Hu Archipelago, Taiwan. I. Nesting ecology. *Marine Biology*. 124: 9-15.
- Chan, S., I.J. Cheng, K.F. Zhou, H.I. Wang, H.X. Gu and X.J. Song. 2007. A comprehensive overview on the population and conservation status of sea turtles in China. *Chelonian Conservation Biology* 6: 185-198.
- Cheng, I.J., C.T. Huang, P.Y. Hung, B.Z. Ke, C.W. Kuo and C.L. Fong. 2009. Ten years of monitoring the nesting ecology of the green turtle, *Chelonia mydas*, on Lanyu (Orchid Island), Taiwan. *Zoological Studies* 48(1): 83-94.
- de Veyra, R. 1994. Status of marine turtles in the Philippines. In: Bjorndal, K. A., Bolten, A.B., Johnson, D.A., Eliazar, P.J.(Eds.), *Proceedings of the 14<sup>th</sup> Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*, NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-351. US Department of Commerce, National Technical Information Service Springfield, VA, pp. 123-125.
- Frazier, J. 1980. Exploitation of marine turtles in the Indian Ocean. *Human Ecology* 8: 329-370.
- Hockings, M., S. Stolton, F. Leverington, N. Dudley and J. Courrau. 2006. *Evaluating effectiveness: A framework for assessing management effectiveness of protected area* 2<sup>nd</sup> ed. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN.
- Ibrahim, K. 1993. the status of marine turtle conservation in Peninsula Malaysia. In: Nacu, A., Trono, R., P., Palma, J.A. Torres, D., Agas, F.(Eds.), *Proceedings of the 1st ASEAN Symposium-workshop on marine Turtle conservation*, Manila. World Wild Fund, Manila, Philippine, pp.87-101.
- King, R., W.H. Cheng, C.H. Tsung, H.C. Chen, and I.J. Cheng. 2013. Estimating

- the sex ratio of green sea turtles (*Chelonia mydas*) in Taiwan by the nest temperature and histological methods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 445: 140-147.
- Leslie, A.J. and J.R. Spotila. 2001. Alien plant threatens Nile crocodile (*Crocodylus niloticus*) breeding in Lake St. Lucia, South Africa. *Biological Conservation* 98: 347-355.
- Limpus, C.J. 1994. Current declines in southeast Asian turtle populations. In: Schroeder, B.A., Witherington, B.E. (Eds.) *Proceedings of the 13<sup>th</sup> Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*, NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-341. US Department of Commerce, National Technical Information Service, Springfield, VA, pp. 89-91.
- Mazor, T., L. Noam, H.P. Possingham, Y. Levy, D. Rocchini, A.J. Richardson and S. Kark. 2013. Can satellite-based night lights be used for conservation? The case of nesting sea turtles in the Mediterranean. *Biological Conservation* 159: 63-72.
- Palma, J. 1993. Marine turtle conservation in the Philippines. In: Nacu, A., Trono, R., P., Palma, J.A. Torres, D., Agas, F. (Eds.), *Proceedings of the 1st ASEAN Symposium-workshop on marine Turtle conservation*, Manila. World Wild Fund, Manila, Philippine, pp.105-120.
- Sloan, N.A., A. Wicaksona, T. Tomascik and H. Uktolseya. 1994. Pangubahan sea turtle rookery, Java, Indonesia: toward protection in a complex regulatory regime. *Coastal Management* 22: 251-264.
- Witzell, W.N. 1994. The origin, evolution and demise of the US sea turtle fisheries. *Marine Fisheries Review* 56: 8-23.

# 臺灣新年數鳥嘉年華監測臺灣冬季鳥類相之 2015 年成果

## 2015 New Year Bird Count for the Winter Avifauna Monitoring Project in Taiwan

林大利<sup>1,2</sup> 呂翊維<sup>3</sup> 邱柏瑩<sup>4</sup> 林昆海<sup>5</sup> 林瑞興<sup>1,\*</sup>

Da-Li Lin<sup>1,2</sup>, Allen Lyu<sup>3</sup>, Bory-Ying Chiu<sup>4</sup>, Kun-Hai Lin<sup>5</sup> and Ruey-Shing Lin<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>行政院農業委員會特有生物研究保育中心 55244 南投縣集集鎮民生東路 1 號

<sup>2</sup>國立臺灣大學森林環境暨資源學系 10617 臺北市大安區羅斯福路四段 1 號

<sup>3</sup>社團法人台北市野鳥學會 10664 臺北市大安區復興南路二段 160 巷 3 號 1 樓

<sup>4</sup>社團法人中華民國野鳥學會 11680 臺北市文山區景隆街 36 巷 3 號 1 樓

<sup>5</sup>社團法人高雄市野鳥學會 80042 高雄市新興區林森一路 189 號 12 樓

<sup>1</sup> Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

<sup>2</sup> School of Forestry and Resources Conservation, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

<sup>3</sup> Wild Bird Society of Taipei, Taipei, Taiwan

<sup>4</sup> Chinese Wild Bird Federation, Taipei, Taiwan

<sup>5</sup> Kaohsiung Wild Bird Society, Kaohsiung, Taiwan

\* 通訊作者: pitta.formosa@gmail.com

\* Corresponding author: pitta.formosa@gmail.com

### 摘 要

近年來，東亞-澳洲鳥類遷徙線的候鳥族群量大幅下降。為瞭解臺灣冬季鳥類狀況，「臺灣新年數鳥嘉年華」已自 2014 年執行至今。2014 年底至 2015 年初的 23 天內，由 967 名志工於全國 134 個半徑 3 km 的樣區圓內執行鳥類調查，共記錄 319 種鳥，205,319 隻次的鳥類。以鳥種豐富度及鳥類豐度來看，龍鑾潭、西南沿海及蘭陽平原為重要的熱點。與首年調查成果相較，黑腹濱鵲 (*Calidris alpina*)、小水鴨 (*Anas crecca*)、麻雀 (*Passer montanus*)、太平洋金斑鴿 (*Pluvialis fulva*)、黃頭

鷺(*Bulbulcus ibis*)、棕沙燕(*Riparia chinensis*)及東方環頸鴿(*Charadrius alexandrines*)，共 7 種鳥的數量下降超過 1,000 隻次。雖然兩年的資料上不易深究族群變化，但在努力量提升之下，很可能是暗示這些鳥種族群量下降的重要警訊。未來「臺灣新年數鳥嘉年華」將持續執行冬季鳥類監測，建立完善的冬季鳥類監測系統，監測東亞－澳洲遷徙線候鳥現況。

## Abstract

The population of migratory birds of East Asia-Australasia Flyway is decreasing significantly in recent years. To monitor the status of wintering avifauna, Taiwan New Year Bird Count (NYBC Taiwan) has been conducted since 2014. From December 20<sup>th</sup>, 2014, to January 11<sup>th</sup>, 2015, 967 volunteers recorded 205,319 individuals from 319 species in 134 circular sample areas with a radius of 3 km. Judging by bird species richness and abundance, Longluan Lake, Southwest coastal and Lanyang Plain were important hotspots. Comparing to the results of 2014, abundance of *Calidris alpina*, *Anas crecca*, *Passer montanus*, *Pluvialis fulva*, *Bulbulcus ibis*, *Riparia chinensis* and *Charadrius alexandrines* decreased by over 1,000 individuals. It was difficult to confirm the population trends from the data of only two years. However, with the increased sampling efforts in 2015, it might signal an important alarm of decreasing population size in these species. Taiwan New Year Bird Count as a monitoring system of wintering avifauna will continue to be conducted in order to monitor the status of avian migrants in East Asia-Australasia Flyway.

**關鍵詞：**公民科學、東亞-澳洲遷徙線、新年數鳥嘉年華、臺灣、冬候鳥

**Key words:** citizen science, East Asia-Australasia Flyway, New Year Bird Count, Taiwan, wintering birds

收件日期：2015 年 09 月 01 日      接受日期：2015 年 11 月 17 日

Received: September 01, 2015      Accepted: November 17, 2015

## 緒 言

2014 年，生物多樣性公約(Convention on Biological Diversity)秘書處於第 12 屆締約國大會(12<sup>th</sup> Conference of the Parties)，檢視各締約國執行「愛知生物多樣性目標(Aichi Biodiversity

Targets, Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2010)」的成效。秘書處揉合「生物多樣性指標夥伴關係(Biodiversity Indicators Partnership)」評估各國執行狀況(2010 Biodiversity Indicators Partnership 2010)，最後出版「全球生物多樣性展望第四版 (Global Biodiversity

Outlook 4)」，做為總結報告(Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2014)。

然而，不僅多數目標進展落後，有些項目反而每況愈下，逐漸偏離目標。檢視保育成效的結果顯示，在 20 項子目標中，共有 56 項目標元素，其中只有 4 項有機會在 2020 年達成目標，1 項超出預期進度；其餘 48 項中，33 項進度落後，需要加強才可能達成目標；10 項並未取得重大的進展；5 項卻偏離目標，每況愈下；3 項暫時無法評估。慶幸的是，及早發現這些不足，釐清遇到的困難，趁此會議檢討改進。本次會議以此為依據，以調整後續推動的愛知目標的策略與行動(Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2014)。同時，也更加要求締約國加強對各項生物多樣性指標的監測，掌握國家的生物多樣性的狀態與變化。

東亞—澳洲遷徙路線(East Asia- Australasia flyways)上，候鳥的數量大致呈現下降的趨勢(Delany and Scott 2006; Goriup and Tucker 2007; Kirby *et al.* 2008; Nebel *et al.* 2008)，水鳥中約有 62% 的物種的族群量顯著下降 (Delany and Scott 2006)。Ma *et al.* (2014) 發現中國沿海濕地因為農工業的開發所需，築起近三萬公里的人工海堤，幾乎涵蓋中國所管轄的海岸，長度超過萬里長城，因而稱為「新長城」。中國近年 60% 的國內生產毛額來自沿海 13% 的土地，也意味著海岸面臨嚴重的開發壓力(Ma *et al.* 2014)。中國沿海的溼地大幅流失，對於遷徙水鳥是相當巨大的衝擊。在全球的鳥類遷徙線當中，東亞-澳洲遷徙線中所涵蓋的受脅水鳥的比例最高(19%)，「新長城」威脅了全球超過 25% 的水鳥(Barbier *et al.* 2011)。

臺灣屬於東亞-澳洲遷徙線上的重要中繼站，臺灣本島已記錄 179 種冬候鳥和 153 種

過境鳥(蔡等 2014)。自 2013 年起，中華民國野鳥學會、台北市野鳥學會、高雄市野鳥學會及行政院農業委員會特有生物研究保育中心聯合推動「臺灣新年數鳥嘉年華(Taiwan New Year Bird Count, NYBC Taiwan)」，作為長期監測臺灣冬季鳥類狀況的公民科學(citizen science)活動(林等 2014；林等 2015)。2013 年底至 2014 年初的 16 天內，由 598 名志工於全國 122 個半徑 3 km 的樣區圓內執行鳥類調查，共記錄 292 種鳥，189,280 隻次的鳥類。就鳥種豐富度(bird species richness)及鳥類豐度而言，龍鑾潭、南澳、西南沿海及蘭陽平原為重要的熱點(林等 2014；林等 2015)。

本研究延續首年的調查原則，將方法稍作調整，於 2014 年末至 2015 年初的 23 天內，以公民科學方式於 134 個面積相同樣區圓內執行同步性高的鳥類調查。藉此瞭解：(1)臺灣冬季鳥類相的群聚組成；(2)兩年之間各樣區及各鳥種的數量變化。

## 材料與方法

### 調查範圍

臺灣新年數鳥嘉年華以公民科學為主要的調查原則，由自願者擔任調查樣區負責人，活動中稱為「鳥老大」。樣區負責人於臺灣政府所轄行政區域內，自由選擇一定點，調查範圍以此點之座標為圓心，以半徑 3 km 畫圓所得之範圍，稱為樣區圓。樣區負責人須於調查活動開始前向中華民國野鳥學會登記，並充分瞭解臺灣新年數鳥嘉年華的操作方法與注意事項，始可成為納入分析之樣區圓。若遇樣區圓範圍重疊的狀況，中華民國野鳥學會將協助調整圓心位置。2015 年共計有 134 個樣區圓(圖 1)。

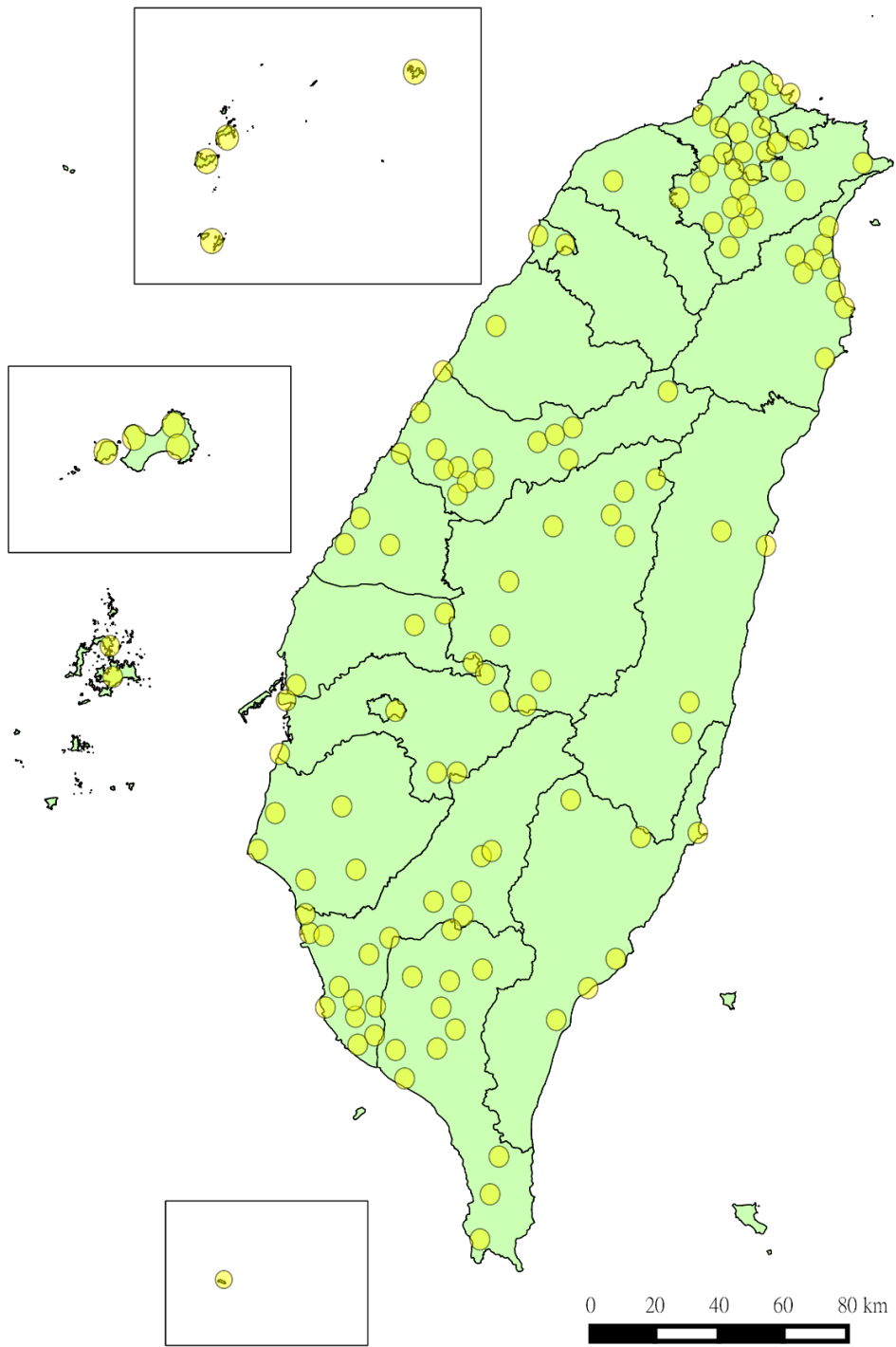


圖 1. 2015 臺灣新年數鳥嘉年華所有樣區圓分布圖。

Fig. 1. The distribution of all circular sample areas in 2015 Taiwan New Year Bird Count

## 調查期間

調查期間為國曆 1 月 1 日前 2 個星期六至 1 月 1 日後的第 2 個星期日。依此原則，2015 年的活動期間為 2014 年 12 月 20 日至 2015 年 1 月 11 日，共 23 天，其中包含 9 天假日。樣區負責人於 23 天中任擇一日調查，調查時間可任擇期間內連續 24 hr 內完成。調查時間至少須涵蓋一天當中的 6 hr，未來各年間的調查日期應盡可能接近。

## 調查人員

各樣區圓之調查人員由樣區負責人招募，參與人數無限制。除樣區負責人之外，可獨立執行鳥類調查者稱為「鳥夥伴」，可與樣區負責人分別於樣區圓內的不同地點執行鳥類調查。無法單獨執行鳥類調查者稱為「鳥鄉民」，跟隨樣區負責人或鳥夥伴參與鳥類調查。

## 調查方法

執行調查之前，必須記錄樣區圓名稱、調查日期、調查起始時間、調查結束時間、天氣狀況、風速及參與人數。

天氣狀況分為以下類別：

- A：沒有雲或零星幾朵雲，
- B：部分有雲或雲層多變，
- C：雲層滿佈或陰天，
- D：濃霧，
- E：毛毛雨，
- F：陣雨。

風速則分為以下幾類：

- 0：無風、樹葉草莖不動，參考風速為 0-0.5 m/s；
- 1：樹葉、草莖及小枝擺動，參考風速為 1.6-5.4 m/s；

2：塵沙飛揚，小樹幹搖動，參考風速為 5.5-10.7 m/s；

3：大樹搖動，雜物可能被吹倒，參考風速為 >10.8 m/s。

樣區負責人須盡可能完整記錄樣區圓內的鳥類種類及數量。各樣區圓內的地景結構及棲地組成不盡相同，因此，不同的環境及現場狀況分別適用不同的鳥類調查方法。

### 一、穿越線法(line transect, Burnham *et al.* 1980)

選定一條固定方向的路線，以固定的速度(約 1-2 km/hr)步行前進，記錄路線兩側目擊與聽見之所有鳥類種類及數量。此方法適用於山區或其他道路系統不密集之處。調查員須記錄調查路線起點及終點之座標。

### 二、群集計數法(counting flocks)：

樣區圓內視野良好且觀察方向順光的觀察點，以望遠鏡掃視，記錄目視可及範圍內的所有鳥類種類及數量。觀察點之間的距離，為調查者輔以望遠鏡可正確辨識鳥種之距離。例如調查者輔以單筒望遠鏡可正確記錄之距離為 100 m，則兩觀察點之間的距離略小於 200 m，以避免遺漏鳥類個體。為避免重複計數，觀察點之間以明顯的標的物作為界線。此方法適用於河口、溼地、海岸、魚塭等開闊環境，以及鳥類大量聚集之夜棲地。由於群集計數法的紀錄容易受鳥類移動影響，觀察時應特別留意鳥類的移動狀況。若於河口或海岸，水鳥的群聚狀況容易受潮汐的影響，須在滿潮前後兩小時內，水鳥聚集於離岸近處時執行調查(Bibby *et al.* 1992)。若已掌握水鳥避潮的停棲地點，則在停棲地點

計數。調查員須記錄調查人員計數時所在位置之座標。

### 三、地區搜尋法(area search, Ambroses 1989)

在設定的調查範圍區內，調查員可於一定時間內，清查區域內的鳥類種類及數量。由於此方法操作自由度高，容易發現一些隱密性較高之鳥種。此方法適用於範圍界線明確、道路系統發達、範圍涵蓋面積步行可及之處，例如校園、公園及農田等。調查員須回報執行地區搜尋之範圍。

### 四、附加紀錄

在上述三種方法規畫之區域及時間以外所觀察到的鳥類個體，均歸屬於附加紀錄。

### 資料彙算與統計分析

對於各鳥種分類歸屬的認定、臺灣族群的特有性及遷留狀況皆以中華民國野鳥學會鳥類紀錄委員會所發布之「2014 台灣鳥類名錄」(蔡等 2014)及「2015 年台灣鳥類紀錄委員會年度報告」(丁等 2015)為主要參考依據。各鳥種保育等級的認定，則以行政院農業委員會於中華民國 103 年 7 月 2 日(農林務字第 1031700771 號)所公告之「保育類野生動物名錄」為依據。樣區圓之鳥種豐富度與鳥類豐度的年間差異，取兩年均執行調查之樣區相減之差值。各鳥種豐度變化亦取兩年調查之總豐度相減之差值。地圖採用 Quantum GIS 2.4.0 版製作，統計採用 R 3.2.1 版(R Core Team 2012)執行。

## 結果

2015 年臺灣新年數鳥嘉年華於 23 天內，由 104 位樣區負責人，967 位自願參與者，在涵蓋臺澎金馬地區的 134 個樣區圓內執行，較 2014 年增加 26 個樣區圓(林等 2015)，覆蓋面積為國土的 11.71%。活動期間共記錄 319 種鳥，205,319 隻次的鳥類，包含 27 種特有種(100%)、55 種特有亞種(95%)；包含瀕臨絕種一級保育類 8 種、珍貴稀有二級保育類 46 種、三級其他應予保育類 12 種(附錄 1)。

臺灣及澎湖地區(不含東沙島)，共記錄 312 種鳥，191,913 隻次的鳥類個體，包含留鳥 143 種(93%)，未記錄小鸕鶿(*Coturnix chinensis*)、灰腳秧雞(*Rallina eurizonoides*)、林三趾鶉(*Turnix sylvaticus*)、長尾鳩(*Macropygia tenuirostris*)、蘭嶼角鴉(*Otus elegans*)、黃魚鴉(*Ketupa flavipes*)、灰喉針尾雨燕(*Hirundapus cochinchinensis*)、綠啄木(*Picus canus*)、紫綬帶(*Terpsiphone atrocaudata*)、低地繡眼(*Zosterops meyeri*)、山麻雀(*Passer rutilans*)，冬候鳥 127 種(71%)、過境鳥 62 種(41%)、夏候鳥 8 種(40%)、迷鳥 3 種(2%)、引進種 23 種(88%，其中 10 種未列於 2014 臺灣鳥類名錄正表中)、海鳥 1 種(4%)、遷留狀況不明 1 種(大紅鸕)。馬祖地區共記錄 64 種鳥，834 隻次的鳥類個體，包含留鳥 19 種(61%)、冬候鳥 21 種(68%)、過境鳥 32 種(14%)、迷鳥 1 種(2%)。金門地區共記錄 107 種鳥，12,572 隻次的鳥類個體，包含留鳥 43 種(96%)、冬候鳥 55 種(54%)、過境鳥 22 種(41%)、夏候鳥 3 種(18%)、迷鳥 1 種(2%)、引進種 2 種(50%)。

**附錄 1.** 2015 年臺灣新年數鳥嘉年華記錄之鳥類名錄。I：瀕臨絕種野生動物，II：珍貴稀有野生動物，III：其他應予保育之野生動物。TW：臺灣，PH：澎湖，KM：金門，MT：馬祖，DS：東沙。

**Appendix 1.** The bird species list of 2014 New Year Bird Count, Taiwan. I: Endangered species; II: Rare and Valuable Species; III: Other Conservation Deserving Wildlife. TW: Taiwan, PH: Penghu, KM: Kinmen, MT: Matsu, DS: Dongsha

Chinese name	Scientific name	TW&PH	KM	MT	DS	Total
寒林豆雁	<i>Anser fabalis</i>	1				1
凍原豆雁	<i>Anser serrirostris</i>	7				7
白額雁	<i>Anser albifrons</i>	7				7
花鳧	<i>Tadorna tadorna</i>	10				10
鴛鴦	II <i>Aix galericulata</i>	40				40
赤膀鴨	<i>Anas strepera</i>	84				84
羅文鴨	<i>Anas falcata</i>	40				40
赤頸鴨	<i>Anas penelope</i>	3779	69			3848
綠頭鴨	<i>Anas platyrhynchos</i>	149	6			155
花嘴鴨	<i>Anas zonorhyncha</i>	2210	139			2349
呂宋鴨	<i>Anas luzonica</i>	2				2
琵嘴鴨	<i>Anas clypeata</i>	7376	12			7388
尖尾鴨	<i>Anas acuta</i>	2392				2392
白眉鴨	<i>Anas querquedula</i>	68				68
小水鴨	<i>Anas crecca</i>	6551	55	2	1	6609
紅頭潛鴨	<i>Aythya ferina</i>	158				158
白眼潛鴨	<i>Aythya nyroca</i>	2				2
鳳頭潛鴨	<i>Aythya fuligula</i>	2171	8			2179
斑背潛鴨	<i>Aythya marila</i>	16				16
鵞鴨	<i>Bucephala clangula</i>	1				1
唐秋沙	<i>Mergus squamatus</i>	1				1
鶺鴒	<i>Coturnix japonica</i>	1	1			2
台灣山鶺鴒	III <i>Arborophila crudigularis</i>	37				37
竹雞	<i>Bambusicola thoracicus</i>	167				167
藍腹鶺鴒	II <i>Lophura swinhoii</i>	15				15
黑長尾雉	II <i>Syrnaticus mikado</i>	4				4
環頸雉	II <i>Phasianus colchicus</i>	37	16			53
小鸕鶿	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	731	91	3		825
冠鸕鶿	<i>Podiceps cristatus</i>	2	19	1		22

黑頸鸕鶿	<i>Podiceps nigricollis</i>	4	3			7
大水薙鳥	<i>Calonectris leucomelas</i>	3				3
東方白鸛	I <i>Ciconia boyciana</i>	3				3
鸕鶿	<i>Phalacrocorax carbo</i>	4799	4683	2	5	9489
大麻鷺	<i>Botaurus stellaris</i>	1				1
黃小鷺	<i>Ixobrychus sinensis</i>	86	1			87
秋小鷺	<i>Ixobrychus eurhythmus</i>	1				1
栗小鷺	<i>Ixobrychus cinnamomeus</i>	36				36
蒼鷺	<i>Ardea cinerea</i>	4940	66	3	27	5036
紫鷺	<i>Ardea purpurea</i>	11		37		48
大白鷺	<i>Ardea alba</i>	3598	143	5	16	3762
中白鷺	<i>Mesophoyx intermedia</i>	243	14		4	261
唐白鷺	II <i>Egretta eulophotes</i>	5				5
小白鷺	<i>Egretta garzetta</i>	6963	143	2	3	7111
岩鷺	<i>Egretta sacra</i>	72	1	3		76
黃頭鷺	<i>Bubulcus ibis</i>	1766	17			1783
池鷺	<i>Ardeola bacchus</i>	25	14			39
綠蓑鷺	<i>Butorides striata</i>	13				13
夜鷺	<i>Nycticorax nycticorax</i>	2596	67	1		2664
黑冠麻鷺	<i>Gorsachius melanolophus</i>	55				55
埃及聖鸚	<i>Threskiornis aethiopicus</i>	771				771
白琵鷺	II <i>Platalea leucorodia</i>	14	2			16
黑面琵鷺	I <i>Platalea minor</i>	1246	4		1	1251
魚鷹	II <i>Pandion haliaetus</i>	105	28	5	1	139
黑翅鳶	II <i>Elanus caeruleus</i>	55	5		1	61
東方蜂鷹	II <i>Pernis ptilorhynchus</i>	10				10
大冠鷲	II <i>Spilornis cheela</i>	161				161
熊鷹	I <i>Nisaetus nipalensis</i>	2				2
林鵟	I <i>Ictinaetus malayensis</i>	20				20
花鵟	II <i>Clanga clanga</i>	1				1
灰面鵟鷹	II <i>Butastur indicus</i>	5				5
東方澤鵟	II <i>Circus spilonotus</i>	4				4
灰澤鵟	II <i>Circus cyaneus</i>	2				2
花澤鵟	II <i>Circus melanoleucos</i>	2				2
鳳頭蒼鷹	II <i>Accipiter trivirgatus</i>	86				86

日本松雀鷹	II <i>Accipiter gularis</i>	2				2
松雀鷹	II <i>Accipiter virgatus</i>	22				22
北雀鷹	II <i>Accipiter nisus</i>				1	1
黑鳶	II <i>Milvus migrans</i>	133	1			134
鳶	II <i>Buteo buteo</i>	6	16	13	3	38
灰胸秧雞	<i>Gallirallus striatus</i>	4				4
秧雞	<i>Rallus indicus</i>	1	4			5
白腹秧雞	<i>Amaurornis phoenicurus</i>	113	87			200
緋秧雞	<i>Porzana fusca</i>	31				31
紅冠水雞	<i>Gallinula chloropus</i>	3206	65			3271
白冠雞	<i>Fulica atra</i>	610	10			620
白鶴	I <i>Leucogeranus leucogeranus</i>	1				1
高蹺鴿	<i>Himantopus himantopus</i>	8408	16			8424
反嘴鴿	<i>Recurvirostra avosetta</i>	1192				1192
鸕鴿	<i>Haematopus ostralegus</i>	1	35			36
灰斑鴿	<i>Pluvialis squatarola</i>	308	37		9	354
太平洋金斑鴿	<i>Pluvialis fulva</i>	3886	1		11	3898
小瓣鴿	<i>Vanellus vanellus</i>	164				164
蒙古鴿	<i>Charadrius mongolus</i>	312	5			317
鐵嘴鴿	<i>Charadrius leschenaultii</i>	18	23		3	44
東方環頸鴿	<i>Charadrius alexandrinus</i>	9669	681	14	5	10363
劍鴿	<i>Charadrius placidus</i>		1			1
小環頸鴿	<i>Charadrius dubius</i>	1082	1			1083
彩鷗	II <i>Rostratula benghalensis</i>	46				46
水雉	II <i>Hydrophasianus chirurgus</i>	391				391
反嘴鷗	<i>Xenus cinereus</i>	1				1
磯鷗	<i>Actitis hypoleucos</i>	401	8	2		411
白腰草鷗	<i>Tringa ochropus</i>	93	2			95
黃足鷗	<i>Tringa brevipes</i>	13			6	19
鶴鷗	<i>Tringa erythropus</i>	7				7
青足鷗	<i>Tringa nebularia</i>	1444	19		1	1464
小青足鷗	<i>Tringa stagnatilis</i>	332				332
鷹斑鷗	<i>Tringa glareola</i>	1522				1522
赤足鷗	<i>Tringa totanus</i>	304	9			313
小杓鷗	<i>Numenius minutus</i>	1				1

中杓鷸	<i>Numenius phaeopus</i>	5	4	1	10
鵞鵝	<i>Numenius madagascariensis</i>	4			4
大杓鷸	III <i>Numenius arquata</i>	1729	37	1	1767
黑尾鷸	<i>Limosa limosa</i>	5			5
斑尾鷸	<i>Limosa lapponica</i>	1		1	2
翻石鷸	<i>Arenaria interpres</i>	800	25	179	1004
大濱鷸	<i>Calidris tenuirostris</i>	6			6
流蘇鷸	<i>Calidris pugnax</i>	4			4
尖尾濱鷸	<i>Calidris acuminata</i>	5			5
彎嘴濱鷸	<i>Calidris ferruginea</i>	1			1
丹氏濱鷸	<i>Calidris temminckii</i>	23			23
長趾濱鷸	<i>Calidris subminuta</i>	481			481
紅胸濱鷸	<i>Calidris ruficollis</i>	526	2	2	530
三趾濱鷸	<i>Calidris alba</i>	111	1	4	116
黑腹濱鷸	<i>Calidris alpina</i>	9342	466	9	9817
長嘴半蹼鷸	<i>Limnodromus scolopaceus</i>	2			2
田鷸	<i>Gallinago gallinago</i>	470			470
山鷸	<i>Scolopax rusticola</i>	3			3
棕三趾鶉	<i>Turnix suscitator</i>	19			19
黑嘴鷗	II <i>Saundersilarus saundersi</i>	24			24
紅嘴鷗	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	2543	1		2544
黑尾鷗	<i>Larus crassirostris</i>	4			4
銀鷗	<i>Larus argentatus</i>	11	1		12
裏海銀鷗	<i>Larus cachinnans</i>	86	7		93
小黑背鷗	<i>Larus fuscus</i>	1			1
灰背鷗	<i>Larus schistisagus</i>		1		1
小燕鷗	II <i>Sternula albifrons</i>	2			2
鷗嘴燕鷗	<i>Gelochelidon nilotica</i>	31			31
裏海燕鷗	<i>Hydroprogne caspia</i>	680	8		688
黑腹燕鷗	<i>Chlidonias hybrida</i>	805			805
野鴿	<i>Columba livia</i>	2668	140		2808
灰林鴿	<i>Columba pulchricollis</i>	79			79
金背鳩	<i>Streptopelia orientalis</i>	397	104	11	517
紅鳩	<i>Streptopelia tranquebarica</i>	5121	284		5405
珠頸斑鳩	<i>Streptopelia chinensis</i>	1282	557	23	1862

翠翼鳩	<i>Chalcophaps indica</i>	22				22
綠鳩	<i>Treron sieboldii</i>	92				92
紅頭綠鳩	II <i>Treron formosae</i>	41				41
小綠鳩	<i>Ptilinopus leclancheri</i>	1				1
褐翅鴉鵂	<i>Centropus sinensis</i>		19			19
番鴉	<i>Centropus bengalensis</i>	19				19
草鴉	I <i>Tyto longimembris</i>	2				2
黃嘴角鴉	II <i>Otus spilocephalus</i>	10				10
領角鴉	II <i>Otus lettia</i>	22				22
鸚鵡	II <i>Glaucidium brodiei</i>	4				4
褐林鴉	II <i>Strix leptogrammica</i>	1				1
東方灰林鴉	II <i>Strix nivicola</i>	1				1
褐鷹鴉	II <i>Ninox japonica</i>	3				3
台灣夜鷹	<i>Caprimulgus affinis</i>	20				20
叉尾雨燕	<i>Apus pacificus</i>	1				1
小雨燕	<i>Apus nipalensis</i>	2235	1			2236
翠鳥	<i>Alcedo atthis</i>	259	6	2		267
蒼翡翠	<i>Halcyon smyrnensis</i>		9			9
黑頭翡翠	<i>Halcyon pileata</i>		1			1
斑翡翠	<i>Ceryle rudis</i>		11			11
戴勝	<i>Upupa epops</i>	5	21	9		35
五色鳥	<i>Psilopogon nuchalis</i>	434				434
小啄木	<i>Dendrocopos canicapillus</i>	163				163
大赤啄木	II <i>Dendrocopos leucotos</i>	9				9
紅隼	II <i>Falco tinnunculus</i>	55	5	3	1	64
遊隼	I <i>Falco peregrinus</i>	28	1	2		31
灰喉山椒鳥	<i>Pericrocotus solaris</i>	567				567
花翅山椒鳥	II <i>Coracina macei</i>	2				2
黑翅山椒鳥	<i>Lalage melaschistos</i>	1				1
紅尾伯勞	III <i>Lanius cristatus</i>	765		2		767
棕背伯勞	<i>Lanius schach</i>	168	38	13		219
綠畫眉	<i>Erpornis zantholeuca</i>	186				186
黃鸝	I <i>Oriolus chinensis</i>	15				15
朱鸝	II <i>Oriolus traillii</i>	29				29
大卷尾	<i>Dicrurus macrocercus</i>	931	2			933

灰卷尾	<i>Dicrurus leucophaeus</i>			1	1
小卷尾	<i>Dicrurus aeneus</i>	216			216
髮冠卷尾	<i>Dicrurus hottentottus</i>	1			1
黑枕藍鶺鴒	<i>Hypothymis azurea</i>	307			307
松鴉	<i>Garrulus glandarius</i>	92			92
灰喜鵲	<i>Cyanopica cyanus</i>	36			36
台灣藍鵲	III <i>Urocissa caerulea</i>	155			155
樹鵲	<i>Dendrocitta formosae</i>	846			846
喜鵲	<i>Pica pica</i>	598	78	2	678
星鴉	<i>Nucifraga caryocatactes</i>	15			15
巨嘴鴉	<i>Corvus macrorhynchos</i>	206			206
玉頸鴉	<i>Corvus torquatus</i>		16		16
歐亞雲雀	<i>Alauda arvensis</i>	11	1		12
小雲雀	<i>Alauda gulgula</i>	94	3		97
棕沙燕	<i>Riparia chinensis</i>	1522			1522
家燕	<i>Hirundo rustica</i>	2186		3	2189
洋燕	<i>Hirundo tahitica</i>	2628			2628
金腰燕	<i>Cecropis daurica</i>	15			15
赤腰燕	<i>Cecropis striolata</i>	1494			1494
東方毛腳燕	<i>Delichon dasypus</i>	484			484
赤腹山雀	II <i>Poecile varius</i>	36			36
煤山雀	III <i>Periparus ater</i>	141			141
青背山雀	III <i>Parus monticolus</i>	202			202
黃山雀	II <i>Parus holsti</i>	56			56
紅頭山雀	<i>Aegithalos concinnus</i>	953		25	978
茶腹鵂	<i>Sitta europaea</i>	46			46
鷓鴣	<i>Troglodytes troglodytes</i>	16			16
河鳥	<i>Cinclus pallasii</i>	24			24
白環鸚嘴鵲	<i>Spizixos semitorques</i>	243			243
烏頭翁	II <i>Pycnonotus taivanus</i>	847			847
白頭翁	<i>Pycnonotus sinensis</i>	8156	157	137	8450
紅嘴黑鵲	<i>Hypsipetes leucocephalus</i>	3437			3437
棕耳鵲	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	1			1
火冠戴菊鳥	III <i>Regulus goodfellowi</i>	88			88
台灣鷓眉	<i>Pnoepyga formosana</i>	27			27

短尾鶯	<i>Urosphena squameiceps</i>	1			1
棕面鶯	<i>Abroscopus albogularis</i>	211		3	214
日本樹鶯	<i>Horornis diphone</i>	1			1
遠東樹鶯	<i>Horornis borealis</i>	39		3	42
小鶯	<i>Horornis fortipes</i>	8		2	10
深山鶯	<i>Horornis acanthizoides</i>	31			31
褐色柳鶯	<i>Phylloscopus fuscatus</i>	6	22	2	30
黃腰柳鶯	<i>Phylloscopus proregulus</i>	9		24	33
黃眉柳鶯	<i>Phylloscopus inornatus</i>	41	5	10	56
極北柳鶯(複合種)	<i>Phylloscopus borealis</i>	83		1	84
東方大葦鶯	<i>Acrocephalus orientalis</i>	13			13
北蝗鶯	<i>Locustella ochotensis</i>	1			1
台灣叢樹鶯	<i>Locustella alishanensis</i>	1			1
棕扇尾鶯	<i>Cisticola juncidis</i>	46			46
黃頭扇尾鶯	<i>Cisticola exilis</i>	14			14
斑紋鷓鶯	<i>Prinia crinigera</i>	0	0		11
灰頭鷓鶯	<i>Prinia flaviventris</i>	241	38		279
褐頭鷓鶯	<i>Prinia inornata</i>	802	17	2	821
褐頭花翼	<i>Fulvetta formosana</i>	81			81
粉紅鸚嘴	<i>Sinosuthora webbiana</i>	373			373
黃羽鸚嘴	<i>Suthora verreauxi</i>	120			120
冠羽畫眉	<i>Yuhina brunneiceps</i>	1675			1675
綠繡眼	<i>Zosterops japonicus</i>	4754	257	48	5059
山紅頭	<i>Cyanoderma ruficeps</i>	672			672
小彎嘴	<i>Pomatorhinus musicus</i>	656			656
大彎嘴	<i>Megapomatorhinus erythrocnemis</i>	166			166
頭烏線	<i>Schoeniparus brunneus</i>	93			93
繡眼畫眉	<i>Alcippe morrisonia</i>	2066			2066
大陸畫眉	II <i>Garrulax canorus</i>			5	5
台灣畫眉	II <i>Garrulax taewanus</i>	53			53
台灣白喉噪眉	II <i>Ianthocincla ruficeps</i>	126			126
黑喉噪眉	<i>Ianthocincla chinensis</i>	7			7
棕噪眉	II <i>Ianthocincla poecilorhyncha</i>	77			77
台灣噪眉	<i>Trochalopteron morrisonianum</i>	90			90
白耳畫眉	<i>Heterophasia auricularis</i>	813			813

黃胸薺眉	<i>Liocichla steerii</i>	285				285
紋翼畫眉	III <i>Actinodura morrisoniana</i>	141				141
紅尾鶇	<i>Muscicapa ferruginea</i>	2				2
鵲鶇	<i>Copsychus saularis</i>	18	191	4		213
白腰鵲鶇	<i>Copsychus malabaricus</i>	16				16
黃腹琉璃	III <i>Niltava vivida</i>	102				102
小翼鶇	<i>Brachypteryx montana</i>	15				15
台灣紫嘯鶇	<i>Myophonus insularis</i>	63				63
白斑紫嘯鶇	<i>Myophonus caeruleus</i>		5	3		8
小剪尾	II <i>Enicurus scouleri</i>	12				12
野鶇	<i>Calliope calliope</i>	86		2		88
白尾鶇	III <i>Cinclidium leucurum</i>	24				24
藍尾鶇	<i>Tarsiger cyanurus</i>	13	2	5		20
白眉林鶇	III <i>Tarsiger indicus</i>	8				8
栗背林鶇	<i>Tarsiger johnstoniae</i>	57				57
黃胸青鶇	<i>Ficedula hyperythra</i>	9				9
紅胸鶇	<i>Ficedula parva</i>	2				2
鉛色水鶇	III <i>Phoenicurus fuliginosus</i>	223				223
黃尾鶇	<i>Phoenicurus auroreus</i>	321	56	36	1	414
藍磯鶇	<i>Monticola solitarius</i>	104	2	23		129
黑喉鶇	<i>Saxicola maurus</i>	10	10	1		21
虎鶇	<i>Zoothera aurea</i>	16		2		18
灰背鶇	<i>Turdus hortulorum</i>	2				2
烏灰鶇	<i>Turdus cardis</i>	1				1
黑鶇	<i>Turdus merula</i>	1	40	1		42
白頭鶇	II <i>Turdus poliocephalus</i>	2				2
白眉鶇	<i>Turdus obscurus</i>	16				16
白腹鶇	<i>Turdus pallidus</i>	965	17	96	12	1090
赤腹鶇	<i>Turdus chrysolaus</i>	400	1			401
斑點鶇	<i>Turdus eunomus</i>	133	8	14		155
紅尾鶇	<i>Turdus naumanni</i>	24	1	1		26
輝棕鳥	<i>Aplonis panayensis</i>	82				82
八哥	II <i>Acridotheres cristatellus</i>	182	2512	7		2701
白尾八哥	<i>Acridotheres javanicus</i>	2957				2957
林八哥	<i>Acridotheres fuscus</i>	9				9

家八哥	<i>Acridotheres tristis</i>	1481			1481
黑領椋鳥	<i>Gracupica nigricollis</i>	191	6		197
灰背椋鳥	<i>Sturnia sinensis</i>	121		3	124
灰頭椋鳥	<i>Sturnia malabarica</i>	127			127
絲光椋鳥	<i>Sturnus sericeus</i>	92		30	122
歐洲椋鳥	<i>Sturnus vulgaris</i>	7			7
灰椋鳥	<i>Sturnus cineraceus</i>	70		7	77
綠啄花	<i>Dicaeum minullum</i>	20			20
紅胸啄花	<i>Dicaeum ignipectus</i>	89			89
叉尾太陽鳥	<i>Aethopyga christinae</i>		4	3	7
岩鷓	<i>Prunella collaris</i>	4			4
東方黃鵲鴿	<i>Motacilla tschutschensis</i>	1264		1	1265
灰鵲鴿	<i>Motacilla cinerea</i>	438	1	3	442
白鵲鴿	<i>Motacilla alba</i>	419	51	19	489
大花鷓	<i>Anthus richardi</i>	60	24	3	87
樹鷓	<i>Anthus hodgsoni</i>	189	42	15	246
赤喉鷓	<i>Anthus cervinus</i>	66			66
黃腹鷓	<i>Anthus rubescens</i>	6			6
黃眉鷓	<i>Emberiza chrysophrys</i>	1		1	2
小鷓	<i>Emberiza pusilla</i>	6		1	7
黃喉鷓	<i>Emberiza elegans</i>	1		2	3
黑臉鷓	<i>Emberiza spodocephala</i>	192	37	27	256
花雀	<i>Fringilla montifringilla</i>	41		7	48
褐鷺	<i>Pyrrhula nipalensis</i>	20			20
灰鷺	<i>Pyrrhula erythaca</i>	24			24
台灣朱雀	<i>Carpodacus formosanus</i>	4			4
金翅雀	<i>Chloris sinica</i>		7	1	8
黃雀	<i>Spinus spinus</i>	45			45
小桑鳴	<i>Eophona migratoria</i>		3		3
麻雀	<i>Passer montanus</i>	17960	453	98	18511
白喉文鳥	<i>Euodice malabarica</i>	3			3
白腰文鳥	<i>Lonchura striata</i>	333			333
斑文鳥	<i>Lonchura punctulata</i>	2354	30		2384
黑頭文鳥	<i>Lonchura atricapilla</i>	151			151
大紅鷓	<i>Phoenicopterus roseus</i>	2			2

孔雀	<i>Pavo cristatus</i>		49	49
斑馬鳩	<i>Geopelia striata</i>	23		23
家鴨	<i>Anas platyrhynchos</i>	2		2
薑母鴨	<i>Cairina moschata</i>	11		11
戈芬氏鳳頭鸚鵡	<i>Cacatua goffiniana</i>	3		3
葵花鳳頭鸚鵡	<i>Cacatua galerita</i>	1		1
虎皮鸚鵡	<i>Melopsittacus undulatus</i>	1		1
紅嘴藍鵲	<i>Urocissa erythrorhyncha</i>	2		2
泰國八哥	<i>Acridotheres grandis</i>	1		1
葡萄胸棕鳥	<i>Acridotheres burmannicus</i>	21		21
無法辨識		47	40	87

鳥種豐富度(bird species richness)方面，所有樣區圓的鳥種豐富度的分布如圖 2，從各樣區圓的鳥種豐富度來看，鳥種數前五高的樣區圓依序是：龍鑾潭(106 種)、關渡(97 種)、香山濕地(96 種)、南澳(94 種)及鰲鼓(90 種)。豐度(abundance)方面，所有樣區圓的豐度的分布如圖 3。鳥隻數的前五名分別是：布袋(14,531 隻次)、茄苳(13,878 隻次)、利澤簡(7,967 隻次)、香山濕地(7,953 隻次)及鰲鼓(7,798 隻次)。

在 108 個兩年皆有調查資料的樣區圓中，共有 12 個樣區圓的鳥種數減少 10 種以上，18 個樣區圓的鳥種數增加 10 種以上(圖 4)。鳥類豐度方面，共有 10 個樣區圓的鳥種數減少 1,000 隻次以上，10 個樣區圓的鳥種數增加 1,000 隻次以上(圖 5)。鳥種方面，黑腹濱鵝(*Calidris alpina*，-2,837 隻次)、小水鴨(*Anas crecca*，-2,039 隻次)、麻雀(*Passer montanus*，-1,968 隻次)、太平洋斑斑鴿(*Pluvialis fulva*，-1,823 隻次)、黃頭鷺(*Bubulcus ibis*，-1,691 隻次)、棕沙燕(*Riparia chinensis*，-1,166 隻次)和東方環頸鴿(*Charadrius alexandrinus*，-1,060

隻次)，調查隻次比去年減少 1,000 隻次以上；琵嘴鴨(*Anas clypeata*，+1,023 隻次)、野鴿(*Columba livia*，+1,153 隻次)、鷓鴣(*Phalacrocorax carbo*，+1,160 隻次)、八哥(*Acridotheres cristatellus*，+2,272 隻次)和小白鷺(*Egretta garzetta*，+2,749 隻次)隻次比去年增加 1,000 隻次以上(圖 6)。

## 討論

「臺灣新年數鳥嘉年華」第二年的調查成果，參與人數、涵蓋空間及調查時間，皆高於第一年(林等 2015)。依據蔡等(2015)，除了灰腳秧雞和短耳鴉(*Asio flammeus*)之外，其餘的普遍及不普遍留鳥及冬候鳥於本次調查中均有紀錄。「臺灣新年數鳥嘉年華」以公民科學方式執行，可有效觀察冬季時普遍和不普遍的留鳥及冬候鳥。努力量相關因素皆提升之後，調查到的鳥種豐富度與豐度皆有所提升，顯示本活動適合瞭解臺灣冬季鳥類相的狀態及變化趨勢，值得長期執行監測。

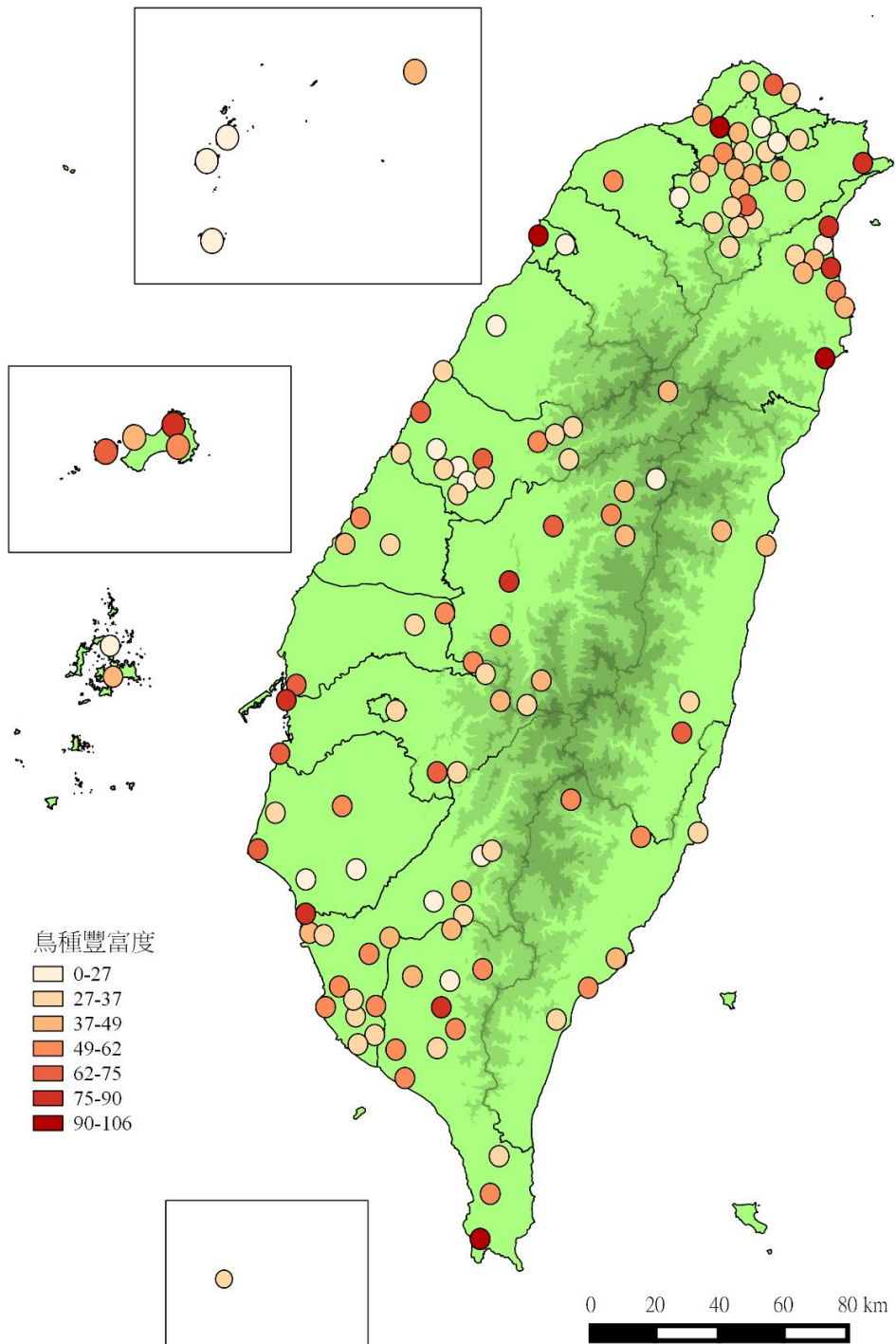


圖 2. 所有樣區圓鳥種豐富度分布圖。

Fig. 2. The distribution of bird species richness of all circular sample areas

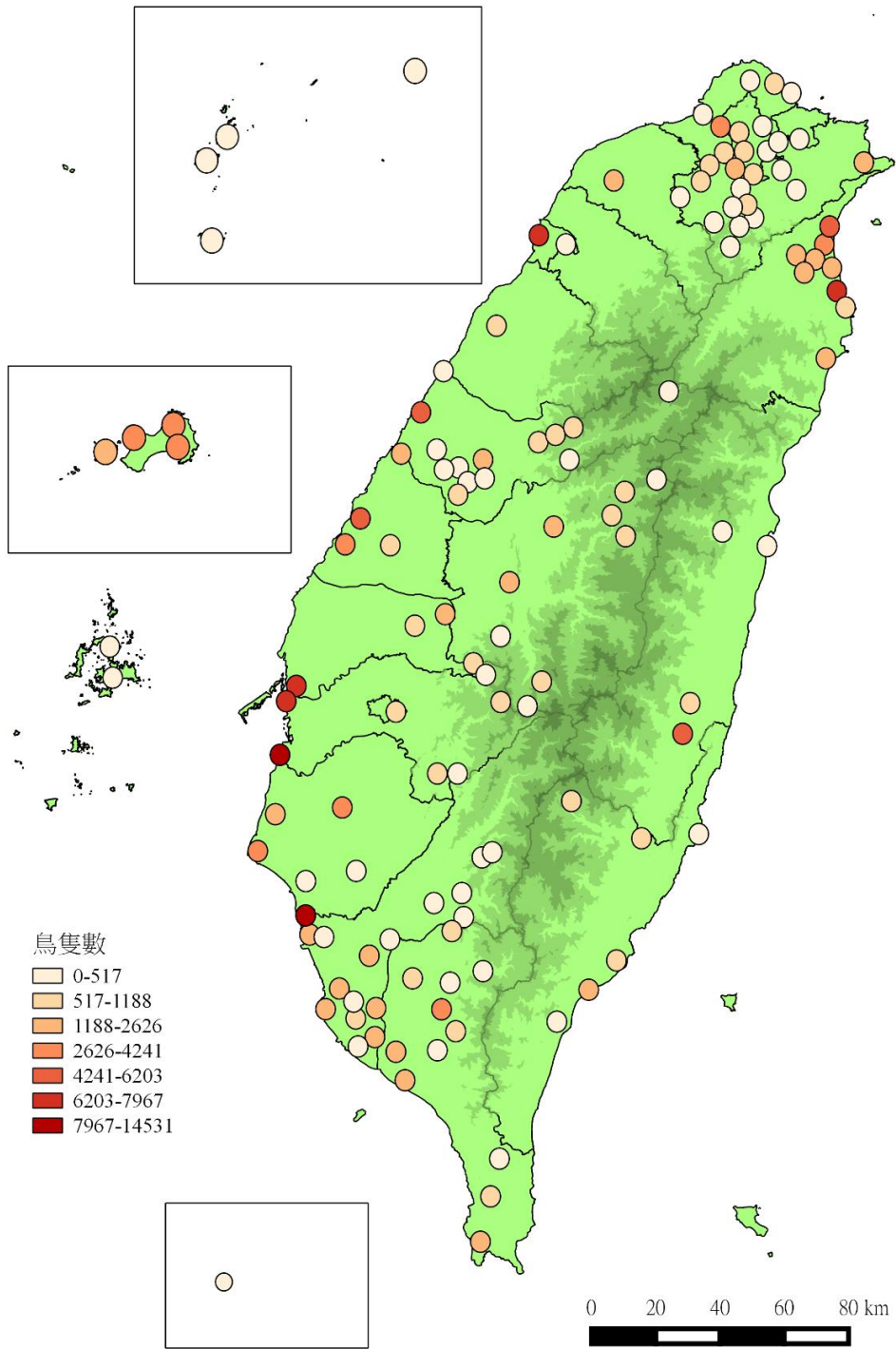


圖 3. 所有樣區圓的鳥類豐度分布圖。

Fig. 3. The distribution of bird abundance of all circular sample areas

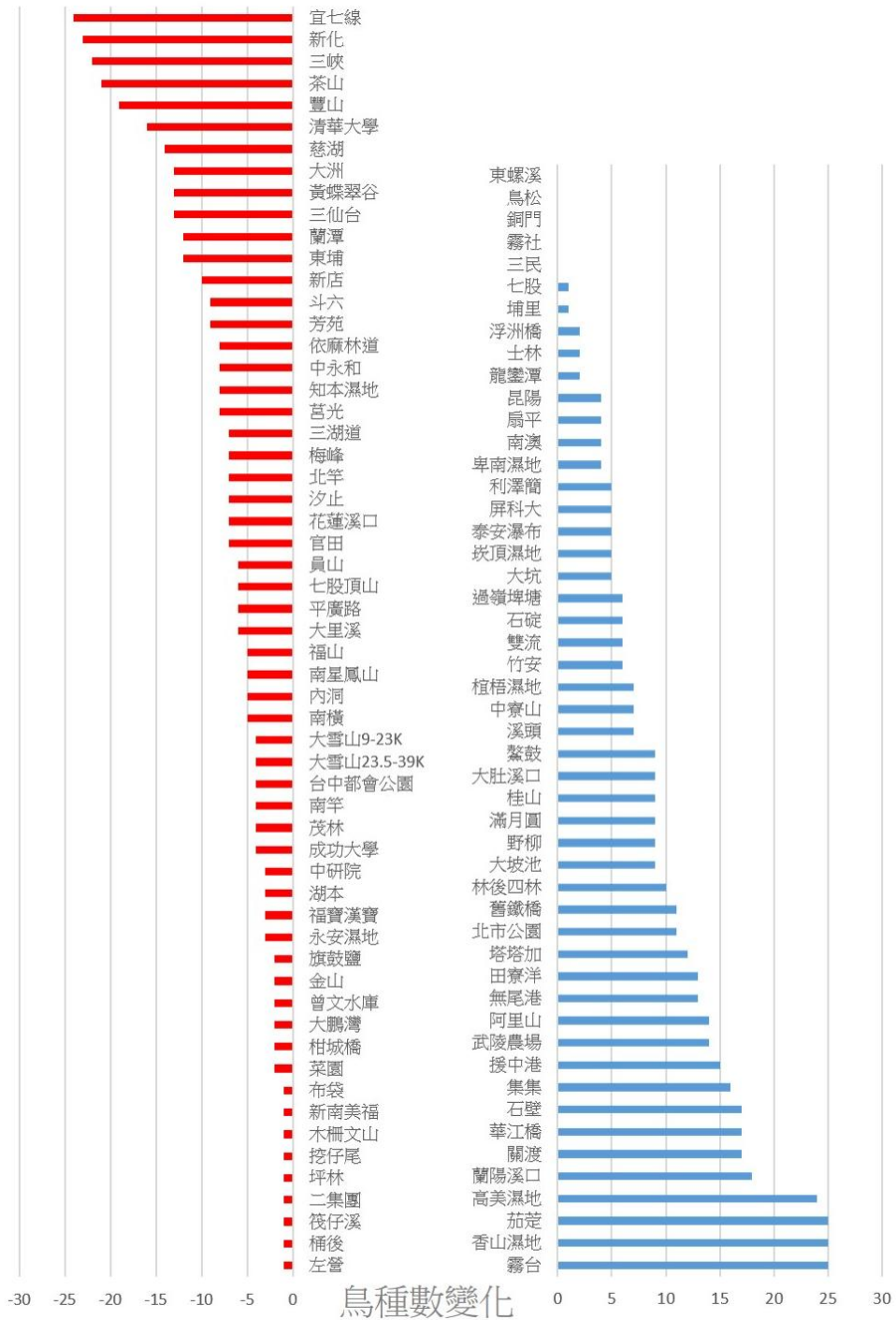


圖 4. 108 處樣區圓鳥種豐富度於 2014 年至 2015 年之差值

Fig. 4. The differences of bird species richness between 2014 and 2015 in 108 circular sample areas



圖 5. 108 處樣區圓鳥類豐度於 2014 年至 2015 年之差值

Fig. 5. The differences of abundance between 2014 and 2015 in 108 circular sample areas

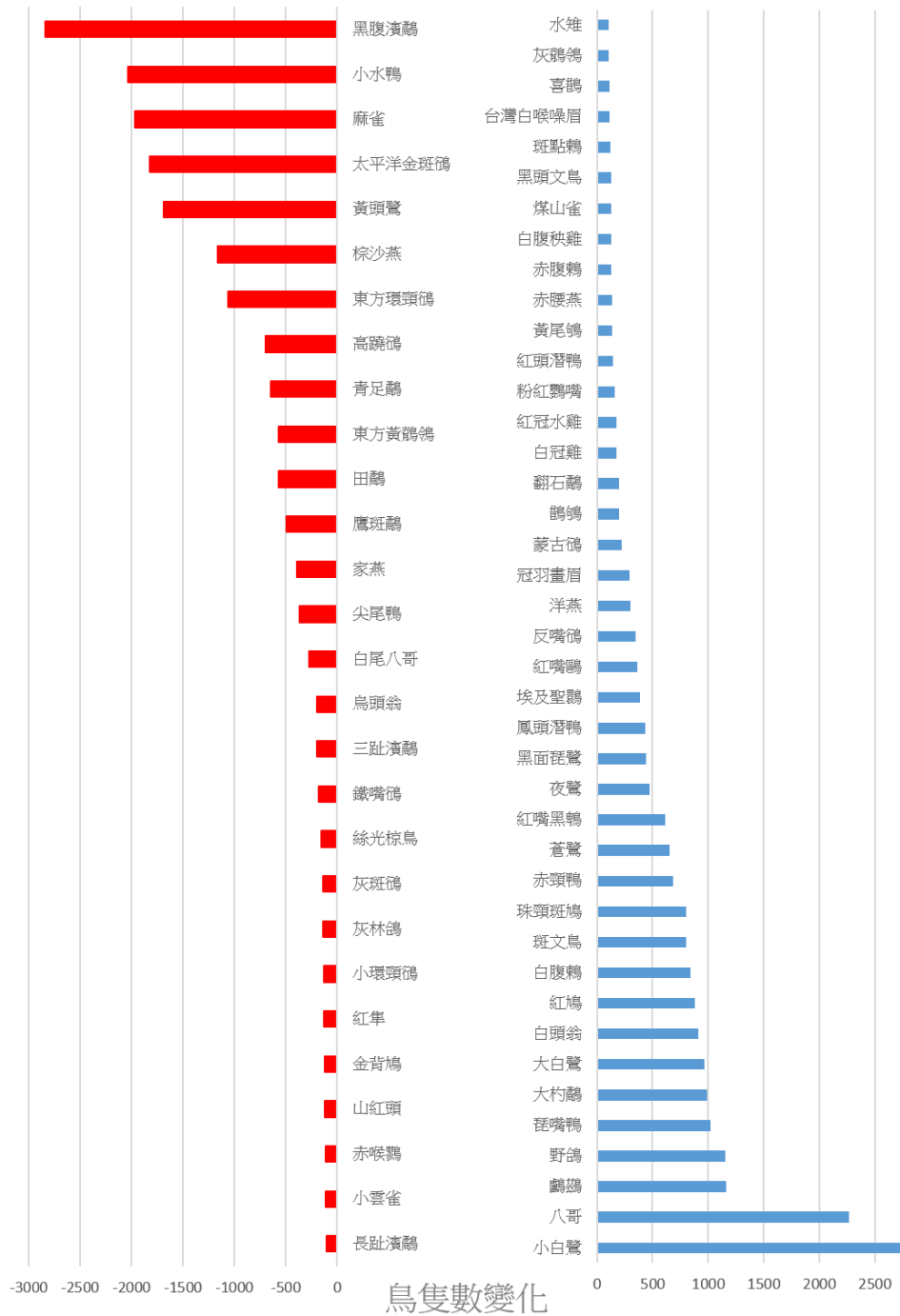


圖 6. 鳥類豐度於 2014 年至 2015 年之差值(僅列出大於 100 隻次及小於-100 隻次之鳥種)

Fig. 6. The differences of bird abundance of each species between 2014 and 2015 (only listing the species of over and less than 100 individuals)

本次調查並無蘭嶼角鴉、長尾鳩和低地繡眼的紀錄，三種鳥種於臺灣行政區域內僅分布於蘭嶼和/或綠島(劉等 2012b; 2012c; 蔡等 2014)。本次調查範圍包括澎湖、金門、馬祖及東沙島，離島圓數量皆有增加，蘭嶼、綠島、龜山島、小琉球及北方三島則無任何樣區圓的設置。馬祖有 60%的鳥種屬於過境鳥(236 種，蔡等 2014)，暗示馬祖為候鳥遷徙過程中停留休息的中繼站。本活動以冬季鳥類為主要監測對象，不一定須投資大量的調查努力量於此類島嶼。因此，在島嶼的調查規劃上，建議先瞭解島嶼鳥類相的遷留屬性，配合實際的現地調查，再行評估是否應作為長期監測冬候鳥的調查樣區。海鳥方面，本次調查記錄 3 隻大水雜鳥(*Calonectris leucomelas*)，沿著在士林樣區圓內，於基隆河上空往汐止方向飛行，屬於少見的狀況。兩年的調查僅有上述紀錄，「臺灣新年數鳥嘉年華」對海鳥調查的成效有限，針對海鳥須另行設計適用的監測系統(Camphuysen *et al.* 2004)。

冬季時期，從鳥種豐富度或豐度來看，面積廣大的溼地仍是臺灣重要的冬候鳥棲息地，以蘭陽平原、嘉南沿海濕地、新竹香山濕地及金門為重要的度冬地區，結果與首年成果(林等 2015)相當相似，屬重要的冬候鳥熱點。臺灣的冬候鳥大多由雁鴨科(Anatidae)、鷺科(Ardeidae)、鶇科(Scolopacidae)、鶺鴒科(Charadriidae)、鷗科(Laridae)、鶯類(Warblers)、鶇科(Turdidae)、鶇鶇科(Motacillidae)及鶇科(Emberizidae)等以濕地及草生地為主要棲地的鳥類所組成(劉等 2012a; 2012b; 2012c)。龍鑾潭地區、西南沿海、香山濕地及蘭陽平原等大面積的溼地環境，可能因為可以提供冬候鳥所需之大量食物資源，而成為冬候鳥熱點。

鳥種豐富度與豐度變化方面，從樣區圓的角度來看，可能因努力量的差異，或是兩年之調查日當天天氣狀況不同所致。然而，從各鳥種的角度來看，在今年努力量大幅提升的狀況下，仍有部分鳥種的豐度下降達 1,000 隻次以上，很有可能是族群量大幅下降的警訊。小水鴨方面，依據蔣(2014)華江橋濕地於 2006 年曾達 7,000 隻的小水鴨，2011 年至 2013 年冬季的小水鴨數量分別僅存 2,090 隻、1,547 隻和 1,097 隻，狀況大不如前。臺灣新年數鳥嘉年華兩年的結果，全國小水鴨數量於 2014 年為 8,452 隻次(林等 2015)，2015 年降為 6,609 隻次；華江橋樣區則分別僅有 124 隻次及 170 隻次，是相當重要族群量下降警訊。

「臺灣新年數鳥嘉年華」以公民科學方式執行，目前雖然僅執行兩年，尚無法理想反映臺灣冬季鳥類種類與數量的變化趨勢。雖然難以明確認定影響鳥類族群數量變化的因素而且無法分析變化的顯著性，調查樣區涵蓋範圍廣大且同步性高的臺灣新年數鳥調查，在兩年之間的調查結果便可快速產出值得注意的預警訊息。未來若能持續執行，將可建立完善的冬季鳥類監測系統，監測東亞-澳洲遷徙線候鳥現況。

## 謝誌

感謝 104 位樣區負責人及 967 位自願者參與 2015 年的數鳥活動，感謝所有捐款人的慷慨捐款。感謝江郁宜小姐、陳湘靜小姐和姚采宜小姐設計及製作各種活動文宣。感謝國家鳥類夥伴關係(State of Taiwan's Birds Partnerships SOTBP)團隊對本活動的指導建議。

## 引用文獻

- 丁宗蘇、吳森雄、阮錦松、林瑞興、楊玉祥、潘致遠、蔡乙榮。2015。2015年台灣鳥類紀錄委員會報告。飛羽 28(3): 22-25。
- 林大利、呂翊維、洪貫捷、何一先、林昆海、林世忠、林瑞興。2015。台灣新年數鳥嘉年華監測我國冬季鳥類相之首年成果。臺灣生物多樣性研究 17(2): 81-100。
- 林大利、呂翊維、洪貫捷、林瑞興、何一先、林昆海。2014。臺灣新年數鳥嘉年華 2014 年度報告。社團法人中華民國野鳥學會。
- 蔡乙榮、丁宗蘇、吳森雄、阮錦松、林瑞興、楊玉祥、潘致遠。2014。2014年台灣鳥類名錄。社團法人中華民國野鳥學會。
- 劉小如、丁宗蘇、方偉宏、林文宏、蔡牧起、顏重威。2012a。臺灣鳥類誌(上) 第二版。行政院農業委員會林務局。
- 劉小如、丁宗蘇、方偉宏、林文宏、蔡牧起、顏重威。2012b。臺灣鳥類誌(中) 第二版。行政院農業委員會林務局。
- 劉小如、丁宗蘇、方偉宏、林文宏、蔡牧起、顏重威。2012c。臺灣鳥類誌(下) 第二版。行政院農業委員會林務局。
- 蔣功國。2014。2013年臺北市野雁保護區暨華江雁鴨自然公園鳥類調查環境監測計畫成果報告書。臺北市動物保護處。
- 2010 Biodiversity Indicators Partnership. 2010. Biodiversity indicators and the 2010 Target: Experiences and lessons learnt from the 2010 Biodiversity Indicators Partnership. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montréal, Canada. Technical Series No. 53.
- Ambroses, S. 1989. The Australia Bird Count: Have we got your numbers? RAOU Newsletter 80: 1-2.
- Barbier, E. B., S. D. Hacker, C. Kennedy, E. W. Koch, A. C. Stier and B. R. Silliman. 2011. The Value of Estuarine and Coastal Ecosystem Services. Ecological Monographs, 81(2): 169-193.
- Bibby, C. J., N. D. Burgess and D. H. Hill. 1992. Bird Census Techniques. Academic Press.
- Burnham, K. P., D. R. Anderson and J. L. Laake. 1980. Estimation of density from line transect sampling of biological population. Wildlife Monography 72: 1-202.
- Camphuysen, K. J., A. D. Fox, M. F. Leopold and I. K. Petersen. 2004. Towards standardised seabirds at sea census techniques in connection with environmental impact assessments for offshore wind farms in the U.K.: a comparison of ship and aerial sampling methods for marine birds, and their applicability to offshore wind farm assessments. NIOZ report to COWRIE, Texel.
- Delany, S. and D. Scott. 2006. Waterbird population estimates. Fourth Edition. Wageningen: Wetlands International.
- Goriup, P. and G. Tucker. 2007. Assessment of the merits of a CMS instrument covering migratory raptors in Africa and Eurasia. Bristol, UK: DEFRA.
- Kirby, J. S., A. J. Stattersfield, S. H. M. Butchart, M. I. Evans, R. F. A. Grimmett, V. R. Jones, J. O'Sullivan, G. M. Tucker and I. Newton. 2008. Key conservation

issues for migratory land- and waterbird species on the world's major flyways. *Bird Conservation International* 18: 49-73.

Ma, Z., D. S. Melville, J. Liu, Y. Chen, H. Yang, W. Ren, Z. Zhang, T. Piersma and B. Li. 2014. Rethinking China's new great wall. *Science*, 346 (6212): 912-914.

Nebel, S., J. L. Porter and R. T. Kingsford. 2008. Long-term trends of shorebird populations in eastern Australia and impacts of freshwater extraction. *Biological Conservation* 141: 971-980.

R Core Team. 2012. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 2010. Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 and the Aichi Targets: "Living in Harmony with Nature". Montréal.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 2014. Global Biodiversity Outlook 4. Montréal.

## 棲蘭野生動物重要棲息環境之脆弱度評估

# Assessment of Environmental Vulnerability in Major Wildlife Habitats in Chilán, Taiwan

黃靜宜\*

Jing-Yi Huang\*

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 55244 南投縣集集镇民生東路 1 號

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

\*通訊作者: lily@tesri.gov.tw

\* Corresponding author: lily@tesri.gov.tw

### 摘 要

本研究整合遙測及地理資訊系統(geographic information system)技術，並搭配模糊邏輯(fuzzy logic)理論與主成分分析(principal component analysis, PCA)，進行棲蘭野生動物重要棲息環境之脆弱度評估。首先，由 2001~2011 年地景變遷分析獲取植生退化區位，將其視為脆弱環境樣本，隨後與 13 項環境變數進行相對頻度分析並建立模糊隸屬函數，再以 PCA 縮減變數及分配各成分權重，藉以建立分析模式，推估脆弱度之空間分布。研究結果顯示，研究區有 12% 的地景受到改變，其中植生退化的脆弱環境占 4.3%，根據模式推估，區內脆弱度可分為輕微、次輕微、普通、次嚴重及嚴重等 5 個等級，嚴重等級主要分布於中高海拔、坡度陡峭且鄰近水系或崩塌地兩側之脆弱區位；輕微等級者，則多位處坡度平緩之中低海拔區位，植被穩定且遠離脆弱環境，抵禦干擾能力相對較佳。

## Abstract

Vulnerability of major wildlife habitats in Chilán was analyzed using remote sensing, geographic information system, fuzzy logic theory, and principal component analysis (PCA). First, we obtained samples of vulnerability based on landscape change analysis from 2001 to 2011. Fuzzy membership functions were then defined for 13 environment factors using the relative frequency of vulnerability. We developed a vulnerability evaluation model through PCA, which reduced the number of environment factors and determined the weight of principal components. The results demonstrate that 12% of the landscape is dynamic and includes the degraded vegetation zone (4.3%). Vulnerability was classified into five levels: slight, light, medial, heavy and extreme level. According to spatial distribution of vulnerability, most areas classified as extreme level are located in relatively high altitude, steep terrain and vulnerable surrounding environment. The preferential place of slight level was found at low altitude, flat terrain, great anti-interference ability and areas largely covered by vegetation.

**關鍵詞：**天然災害、脆弱環境、地景變遷、模糊邏輯、主成分分析

**Key words:** natural disaster, vulnerable area, landscape change, fuzzy logic, PCA

收件日期：2015 年 09 月 02 日      接受日期：2015 年 10 月 30 日

Received: September 02, 2015      Accepted: October 30, 2015

## 緒 言

氣候變遷是一個極為複雜的全球性議題，其所衍生的不利影響與衝擊，不僅攸關人類生活福祉及公共健康，對生物多樣性而言，更可能造成物種組成結構的改變，迫使物種遷移原棲地，甚至導致物種滅絕(黃及葛 2011; Chou *et al.* 2011; Hwang and Koh 2013)。氣溫上升、降雨改變與海平面上升等氣候變遷現象，經常促使環境脆弱度(environment vulnerability)的提升，進而造成災害的衝擊或損失加劇(Brook *et al.* 2005; 洪

等 2014)。為此，聯合國跨國氣候變遷小組(Intergovernmental Panel on Climate Change)以及歐洲氣候變遷計畫(European Climate Change Programme, ECCP)均建議世界各國應及早建立脆弱度評估系統，以瞭解氣候變遷可能引發的災害風險，並制定相關的因應調適策略(ECCP 2006; Solomon *et al.* 2007)。我國行政院國家永續發展委員會也曾於 2013 年著手修正生物多樣性永續發展行動計畫，將陸域生態系脆弱度的評估列為績效指標之一，冀期減輕生物多樣性的直接壓力，並促進自然資源的永續利用。

有關脆弱度的概念，至今尚無明確定義，然而，因應氣候變遷之研究，專家學者們對於環境脆弱度一詞，似乎已逐漸達成共識(Berry *et al.* 2006)，脆弱度的內涵應包含環境的暴露性、敏感性及適應性(或恢復力)等，其中暴露性與敏感性可統稱為潛在衝擊性，係指某一環境系統暴露在人為或自然擾動下可能遭遇到的衝擊程度；適應性則表示當環境受到衝擊後，其系統功能復原之能力，當潛在衝擊性高且適應性低時，即呈現高脆弱的風險(Metzger *et al.* 2005; 2006)。就生態環境系統而言，通常著重探討天然災害對環境所帶來的潛在衝擊性(Li *et al.* 2006; Wang *et al.* 2008a; b; Huang *et al.* 2010)。臺灣位處菲律賓板塊及歐亞板塊交界帶，地理位置特殊，再加上地勢陡峭及地質複雜多變，本質上屬於高災害風險的脆弱環境系統，每每遭受颱風或強降雨侵襲時總是災害頻傳，這也使得生態環境脆弱度的研究逐漸受到關注(陳等 2010；呂及謝 2013)。

棲蘭野生動物重要棲息環境為臺灣中央山脈保育軸上的重要保護區之一，不僅保有全臺面積最大的原始檜木林，更孕育豐富而珍貴的野生物資源。在保護區設立後，颱風或強降雨等極端天氣成爲本區主要的干擾因子，回顧區內的相關文獻(邱等 1993；羅卓等 1997；王 2000b；魏及陳 2007；鍾等 2011；陳等 2015)，大多侷限於生物資源調查及監測工作，尚無針對環境脆弱度進行評估，對經營管理單位而言，如何掌握區內生態環境特性，建立長期監測及環境災害預警系統，乃降低天然災害干擾的一大重要課題。本研究結合遙測、地理資訊系統(geographic information

system, GIS)、模糊理論(fuzzy theory)與主成分分析(principal component analysis, PCA)，評估棲蘭野生動物重要棲息環境的脆弱度，可作爲保護區經營管理之參考。

## 材料與方法

### 一、研究區概述

研究區位處新北市、桃園市、宜蘭縣及新竹縣等 4 縣市行政區交界處，範圍涵蓋烏來、大溪、宜蘭及太平山事業區所轄國有林班(圖 1)，面積廣達 55,991 ha，因保有大面積原始檜木純林，2000 年 2 月 15 日經行政院農業委員會依野生動物保育法核定，公告爲野生動物重要棲息環境，類別爲森林生態系。全區地形極富變化，平均坡度約 29°，海拔介於 200~3,536 m 間，水系則分屬新店溪、石門水庫及蘭陽溪等 3 個集水區。以棲蘭山測站所測得之氣象資料顯示，該區年平均溫度約爲 12°C，區內降雨量豐沛，年雨量多在 2,500 mm 以上，集中在 7~10 月，全年雲霧瀰漫，無乾季，各月分相對濕度達 90% 以上，屬恆濕型氣候，爲臺灣典型山地盛行雲霧帶。地質屬於中央山脈西翼地質區內的雪山山脈帶北段，大多由變硬或變質的第三紀巨厚泥質沈積岩所組成(王 2000b)。土地覆蓋以森林爲主要，林相完整，臺灣扁柏(*Chamaecyparis obtusa* var. *formosana*)、紅檜(*Chamaecyparis formosensis*)、樟科(*Lauraceae*) (*Fagaceae*)及殼斗科等爲優勢物種，經調查被紀錄到的維管束植物有 1,347 種，其中屬臺灣特有者占 38.5%，稀有植物則至少有 62 種(王 2000a；朱 2004)。

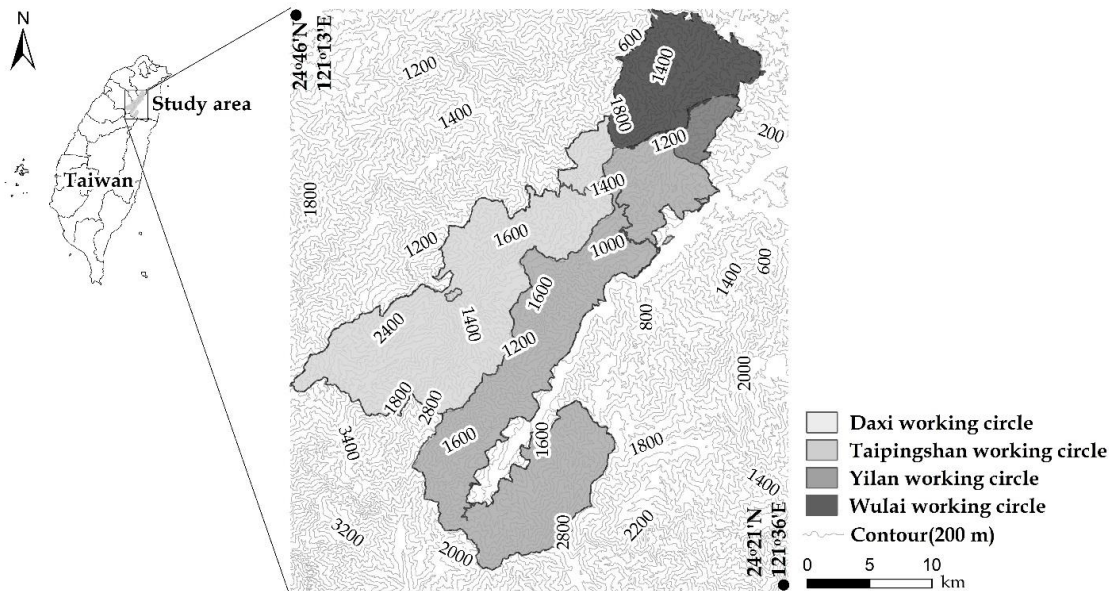


圖 1. 研究區地理位置圖。

Fig. 1. General geographical features of this study site in Cilan area.

## 二、地景變遷監測

### (一) 影像前處理

自美國國家地質調查所(United States Geological Survey, USGS)網站(<http://earthexplorer.usgs.gov/>)下載清晰、雲霧少且完成幾何糾正(level 1T)之 Landsat 衛星影像，作為研究區脆弱環境偵測材料。選用之影像拍攝日期分別為 2001 年 12 月 3 日及 2011 年 2 月 6 日，每一像元符合地面取樣距離(ground sampling distance, GSD)30 m。為降低地形效應及大氣分子與浮懸物質的影響，在影像前處理過程，透過超圓方向餘弦轉換法(hyperspherical direction cosine)及偽恆定地物法(pseudo invariant features)進行校正或消弭(Warner and Chen 2001; 呂及鍾 2007)，研究過程中，所有遙測影像處理程序係利用 ERDAS IMAGINE 軟體執行。

### (二) 地景分類

預設欲分類地景類型為密林、疏林、草原與裸露地等 4 種，並蒐集與兩期 Landsat 影像時間相近之地真(ground truth)資料，以利建立各類型分類用之訓練樣區(training set)與準確度評估時之檢核點，地真資料包含 2001 年農林航空測量所之彩色航空照片；瑞峻科技公司提供之 2011 年 Formosat 2 衛星影像(GSD=2 m)；另針對有疑義之處，輔以全球衛星定位儀進行現地查核。地景分類採用非監督性分類(unsupervised classification)與監督性分類(supervised classification)兩種方法組成之混合式分類法(hybrid classification)，先以非監督性分類法中的反覆自我組織資料分析法(iterative self-organizing data analysis techniques algorithm)，將研究區概略粗分為 20 種地景類型，隨後將光譜特徵相似之類型予以合併，

並參考其對應區域之地真資料，選取均質之訓練樣區，再以監督性分類之最大似法(maximum likelihood)進行分類演算，建立密林、疏林、草原與裸露地等 4 種地景類型，另將分類結果遭雲霧及雲影遮蔽之區位排除，不列入後續地景轉移分析範圍。

分類後準確度評估部分，係以分層逢機取樣，於各年份之分類影像，抽取 500 個檢核點，逐一與地真資料進行比對，判斷各樣點分類正確與否，最後藉由誤差矩陣(error matrix)，計算其生產者準確度(producer's accuracy)、使用者準確度(user's accuracy)、總體準確度(overall accuracy, OA)及 kappa 統計值，評估其分類準

確度(Congalton and Story 1986; Congalton 1991)。

### (三) 地景轉移分析

經由地景分類所獲得之多時期地景類型，可提供有效的地景變遷量化資訊，透過分析地景類型在時間軸上的動態軌跡，有助於瞭解地景變遷與地景破碎化的情形(Southworth *et al.* 2004; Mondal and Southworth 2010)。為利後續環境脆弱度分析，將兩期分類結果依表 1 規則進行重組與歸類，簡化為 3 種變遷類型，分別為植生退化(vegetation degraded)、植生恢復(vegetation recovered)以及無變遷(unchanged)，並以植生退化的區域，作為評估環境脆弱度之依據。

表 1. 2001 與 2011 年地景變遷類型

Table 1. Landscape change categories for 2001 and 2011

Landscape change categories	Change trajectory	
	2001	2011
Unchanged	DF	DF
	OF	OF
	NF	NF
Vegetation degraded	DF	OF or NF
	OF	NF
Vegetation recovered	OF or NF	DF
	NF	OF

DF=dense forest; OF=open forest; NF=bare soil or grass

## 三、建立脆弱度評估模式

### (一) 環境資料蒐集

影響環境脆弱度的因子十分複雜，非單個或數個因子足以評估，因此，在脆弱度模式的推導部分，經文獻回顧(Li *et al.* 2006; Wang *et al.* 2008a; b) 及考量研究區特性，挑選坡度、坡向、海拔高、複合地形指標(compound

topographic index, CTI, Gessler *et al.* 1995)、熱負荷指標(heat load index, HLI, McCune and Keon 2002)、地質、土壤、距道路、水系、非森林、疏林等距離、年均溫及累積雨量等 13 項因子，作為後續模式建立採用之預測變數。

物理環境資料係由 USGS 網站下載之全球數值高程模型(digital elevation model)，以

ArcGIS 10.0 軟體推導坡度、坡向、海拔高、CTI 以及 HLI 等 5 個變數，每一像元 GSD 均為 30 m；地質及土壤型各取自經濟部地質調查所及行政院農業委員會林務局所提供之開放資料；有關距離的變數中，道路及水系係先參考瑞竣科技公司之雲端服務平臺(RiChi GIS Cloud)所提供之 2011 年 Formosat 2 衛星影像，數化道路與河流，疏林及非森林則是取自本研究地景分類結果之非森林及疏林，利用 ArcGIS 10.0 軟體計算全區離道路、河流、疏林與非森林之距離網格圖；氣象資料乃向臺灣氣候變遷推估與資訊平臺(Taiwan Climate Change Projection and Information Platform)申請 1960~2012 年間之年均溫與累積雨量兩變數(GSD=5 km)之圖資，再以普通克力金法(*ordinary kriging*)製作成 GSD 為 30 m 的圖資。

## (二) 模糊邏輯分析

模糊邏輯(fuzzy logic)理論係由 Zadeh (1965)所提出，相較於傳統的二元邏輯(binary logic)，更適合應用於不確定性高的生態環境研究上(Gemitzi *et. al* 2011; Geri *et al.* 2011; Castillo Soto 2012)，模糊邏輯可將這些環境中的不確定性地帶，重新劃定成不同程度的集合，稱為模糊集合(fuzzy set)，基本數學式表示如下：

$$A = \{ (x, \mu_A(x)) | x \in X \} \quad (1)$$

式中  $A$  為模糊集合； $\mu_A(x)$  為隸屬函數(membership function)，表示元素  $x$  屬於  $X$  集合的隸屬程度，以本研究為例， $x$  為某一預測變數的計量(如海拔高、坡度、坡向...等變數)； $X$  為環境脆弱度之集合；隸屬函數則用以表示脆弱度之程度，所產生之隸屬值介於 0~1 之間，愈趨近 1 代表環境愈趨脆弱，趨近 0 則相反。

由式 1 可知，隸屬函數係用於表達模糊集合之工具，因此，建立隸屬函數是模糊邏輯分

析的關鍵步驟，本研究利用頻度分析法(Gemitzi *et.al* 2011; Castillo Soto 2012)，建立各預測變數的隸屬函數。針對地景分類結果中的植生退化類型，萃取每一像元所對應的各環境資料，隨後進行各預測變數的相對頻度分析，另為符合模糊隸屬值 0~1 之標準，各相對頻度值均進行標準化，其演算公式如下：

$$y = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (2)$$

式中  $y$  為標準化之結果， $x_i$  為第  $i$  個變數之原始值， $x_{max}$  與  $x_{min}$  分別為最大值及最小值。為建立每一預測變數之隸屬函數，分別於相對頻度分布曲線上設定隸屬函數之控制點，而控制點取自曲線高峰或低峰的轉折處，再運用 IDRISI Andes 軟體中的 Fuzzy 模組建立隸屬函數(Eastman 2006)，獲取每一預測變數之模糊隸屬值。

## (三) 主成分分析

PCA 是縮減資料維度最常被使用的方法，作法是利用少數變數的線性組合，來解釋原始數據大部分的變異，亦可一併解決變數間共線性的問題。本研究將 13 個預測變數轉換為環境脆弱度之模糊集合，透過 IBM SPSS 20.0 統計軟體進行 PCA，各變數經由 PCA 整合並轉化成數個獨立的新成分後，以累積解釋變異量達 80% 水準做為標準，決定新成分的數目(林及陳 2003)，最後再利用迴歸分析法取得新成分的得點。為判定採用的資料是否適合進行 PCA，在完成分析後以 Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) 指標與 Bartlett 測驗做適合度檢測，若 KMO 小於 0.5 或 Bartlett 測驗未達顯著水準( $p < 0.01$ )，表示採用的資料不適用於 PCA(林及陳 2003)。

因 PCA 構成之統計模型具線性組合特性，可利用各成分之解釋變異量作為權重(Li *et al.*

2006; Hyandy *et al.* 2008; Shao *et al.* 2014; 黃及林 2014), 推估環境脆弱度, 其運算式如下:

$$EVI = \sum_{i=1}^n W_i P_i = W_1 P_1 + W_2 P_2 + \dots + W_n P_n \quad (3)$$

$$W_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^m \lambda_i} \quad (4)$$

式中 EVI 為環境脆弱度指標,  $P_i$  為第  $i$  個新成分之得點,  $W_i$  為第  $i$  個成分的解釋變異量(即權重),  $\lambda_i$  為第  $i$  個成分的特徵值, 當某一像元之 EVI 值愈高, 代表該像元具有愈高的環境脆弱度, 反之則愈低。求得全區的 EVI 後, 採 Jenks 自然間斷分類法(Jenk natural break method)進行脆弱度分級, 自然間斷分類法是一種以數值分配為基礎的分類法, 主要透過統計的方式, 將分類後之各群組之組內差異降至最低, 而組間差異則達至最大(Jenks 1967), 許多相關研究均採用此方法進行脆弱度分級(Li *et al.* 2006; Wang *et al.* 2008a; Shao *et al.* 2014), 可使脆弱度之等級分配更客觀且合理地呈現。

## 結 果

### 一、2001 至 2011 年之地景變遷

2001 及 2011 年 Landsat 影像經分類後, 產生密林、疏林、草原及裸露地等 4 類地景, 經分類後的準確度評估如表 2, 兩年度 OA 均可達到 90% 以上, kappa 統計值則為 0.85 左右, 其中疏林及草原較易產生混淆, 為誤差主要來源。兩期影像變遷類型經表 1 簡化為 3 類, 結果如圖 2 所示, 由各類型面積統計可知, 研究區在 2001~2011 年間, 絕大部分地景維持穩定, 面積約為 49,272 ha, 約占全區面積 88%, 而植生恢復部分為 4,255 ha(7.6%), 植生

產生退化約 2,464 ha, 所占比例不及 5%。將林務局 2009 年所出版之臺灣現生天然植群圖與圖 2 套疊可以發現, 研究區內人工植生範圍約有 6,379 ha, 坐落其中之植生退化面積僅有 185 ha(3%), 而植生恢復面積約 745 ha(11.7%), 維持不變部分為 5,450 ha(85.4%), 由此顯示保護區不僅發揮了就地保育的功效, 透過人為撫育之植生範圍相較於未經撫育之原始林, 也具有較低的退化率及較高的恢復率。

### 二、環境變數與環境脆弱度之模糊隸屬關係

本研究將植生退化區位視為高脆弱環境, 依據相對頻度分布建立各預測變數之隸屬函數, 共產生 13 項預測變數之模糊集合, 其中, 舉海拔高、地質與距水系距離變數的分析結果為例說明(圖 3)。由圖 3a 海拔高變數可發現, 共有 5 個轉折處, 海拔 100 m 之脆弱環境分布最少, 隸屬函數控制點設定為 0, 隨海拔梯度攀升, 脆弱度亦逐漸提升, 至 1,900 m 達到最高, 表示該梯度隸屬於高脆弱環境的程度最高, 設定控制點為 1, 隨後逐漸下降至 2,700 m(控制點設 0.28), 再向上升至 3,200 左右達到次高點(控制點設 0.68), 最終下降止於 3,300 m(控制點設 0.29)。在圖 3b 地質變數的分析結果可知, 地質類別屬於廬山層及蘇樂層者, 出現相對頻度最高(10.3%), 設定控制點為 1; 其次的西村層與嘉陽層設 0.28; 大桶山層、乾溝層與水長流層設 0.13; 四稜砂岩、眉溪砂岩及白冷層等設 0.13; 而出現相對頻度最低的沖積層設 0。距水系距離變數依據曲線轉折設定 13 個控制點(圖 3c), 距離水系 100 m 以內脆弱環境最多, 設定控制點為 1, 隨後驟降至 300 m 趨於平緩, 300 至 1,900 m 控制點計有 10 處, 分別落在 0.1~0.4 間, 1,900 m 以後則不再出現脆弱環境(控制點設 0)。

表 2. 2001 與 2011 年影像分類後之準確度評估

Table 2. Accuracy assessment of land cover maps from 2001 and 2011

Classified data	2001		2011	
	PA	UA	PA	UA
Dense forest	93.43	94.81	94.53	94.18
Open forest	87.76	86.58	85.92	87.77
Grass	87.76	82.69	90.00	84.91
Bare soil	86.67	89.66	91.18	93.94
OA		90.80		91.40
OK		0.85		0.86

UA: user's accuracy (%); PA: producer's accuracy (%); OA: overall accuracy (%); OK: overall kappa value.

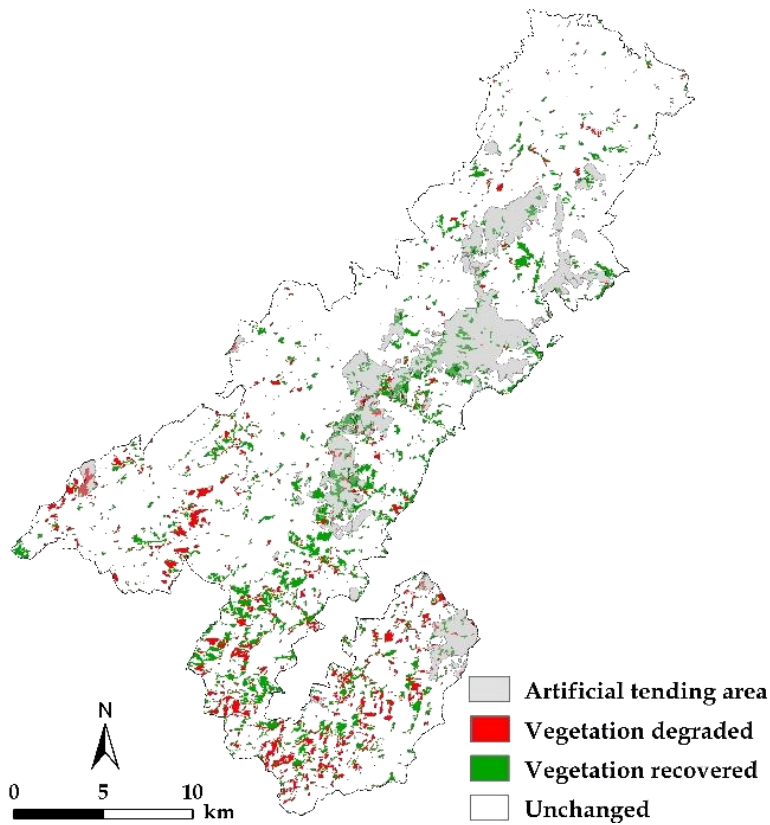
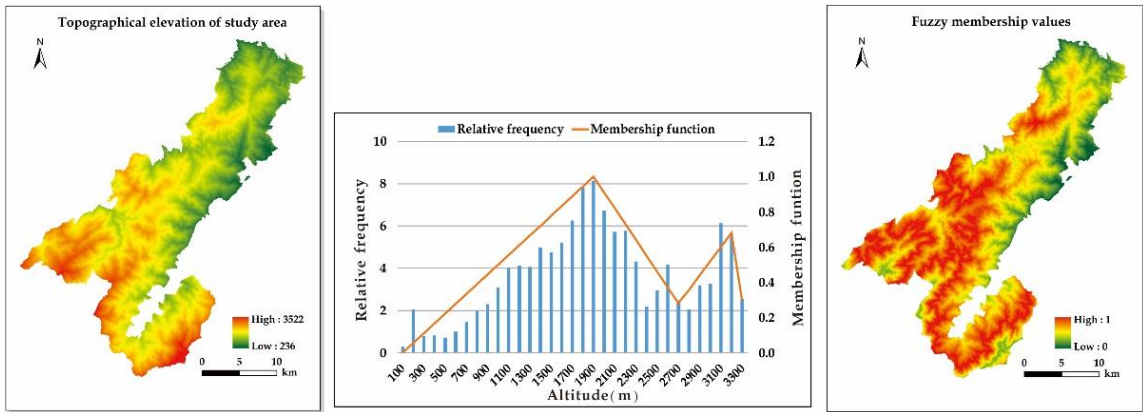


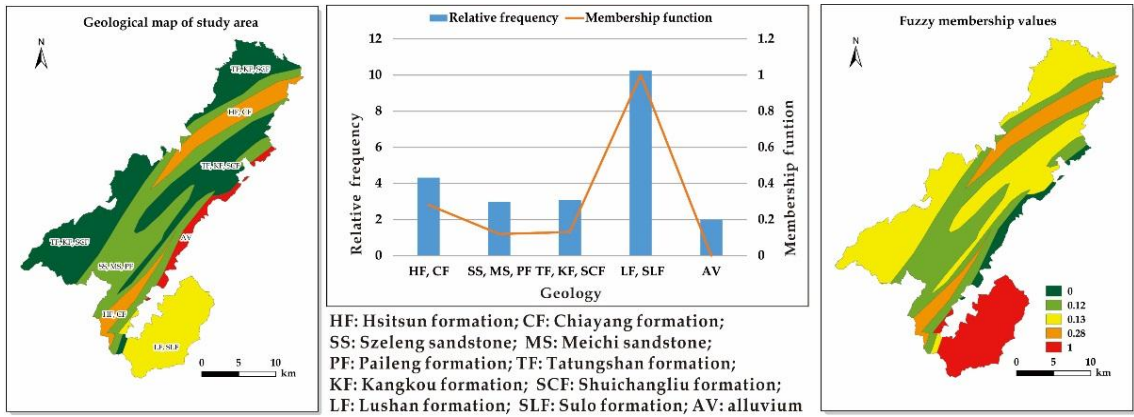
圖 2. 2001~2011 年間地景變遷結果。

Fig. 2. Landscape change trajectory for 2001~2011.

a.



b.



c.

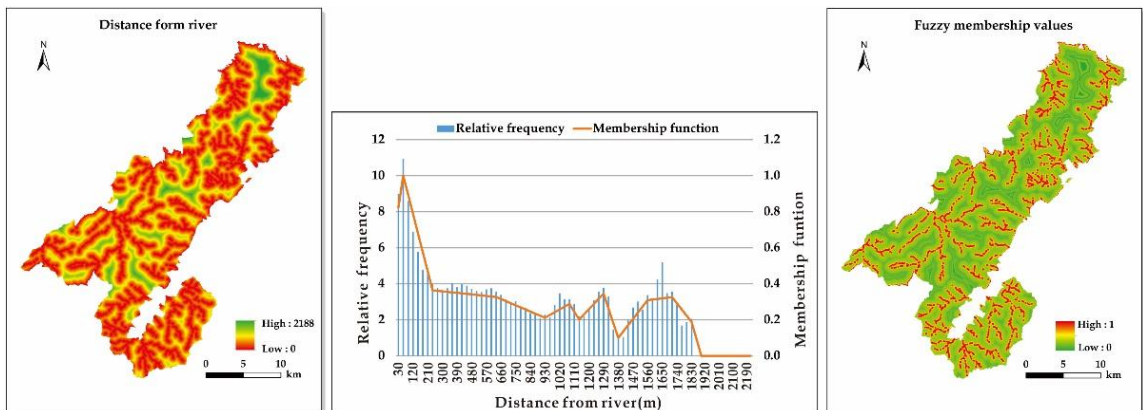


圖 3. 依據海拔高、地質與距水系距離資料獲取模糊隸屬度。

Fig. 3. Fuzzy membership values based on (a) altitude; (b) geology and (c) distance from river.

### 三、環境脆弱度分布

將13項預測變數之模糊集合進行PCA演算後，KMO值為0.691，Bartlett測驗達顯著水準( $p < 0.01$ )，表示本研究資料適合透過PCA達到縮減變數的目的(表3)。為使後續建立之推估模式更具解釋力，以累計解釋變異量達80%以上水準為新成分萃取標準，可從13個變數中萃取9個新成分，其整體解釋變異量為84.21%(表3)，再依式3建立研究區環境脆弱度分布推估模式。

經由推估模式獲得環境脆弱度分布，結果如圖4所示，其色澤愈趨近綠色者，其生態環

境愈趨穩定，不易受外界干擾所影響，反之，愈趨向紅色者，則生態環境愈顯脆弱。本研究採Jenks自然間斷分類法將全區脆弱度分布進行適度分級，分別為輕微、次輕微、普通、次嚴重與嚴重等5級，經計算各級面積及分配百分比(表4)可得知，普通級面積分布最廣，約有16,264 ha，占全區面積約30%左右，其次為次輕微及次嚴重級，所占比例分別為26%與23%，再者為輕微級，面積約6,795 ha(12%)，而嚴重級分布面積為全區最低，僅5,429，所占比例不及10%。各脆弱級區位與各環境資料套疊後，可將各級大致生態環境特性整理如表5。

表3. 主成分分析結果

Table 3. Results of principal component analysis

Selected principal component	Eigenvalue $\lambda_i$	Variance (%)	Cumulative variance (%)
I	2.94	21.00	20.99
II	1.84	13.11	34.10
III	1.46	10.41	44.51
IV	1.07	7.60	52.11
V	1.02	7.30	59.42
VI	0.98	7.00	66.42
VII	0.91	6.50	72.92
VIII	0.80	5.72	78.63
IX	0.78	5.58	84.21

KMO: 0.691

Bartlett's test:  $p < 0.01$

表4. 研究區之環境脆弱度等級面積與分配比例

Table 4. Area and proportion of each environmental vulnerability level within study area

EVI level	Grid number	Area (ha)	Proportion (%)
Slight	75,495	6,794.55	12.13
Light	162,536	14,628.24	26.13
Moderate	180,706	16,263.54	29.05
Heavy	143,068	12,876.12	23.00
Extreme	60,322	5,428.98	9.70

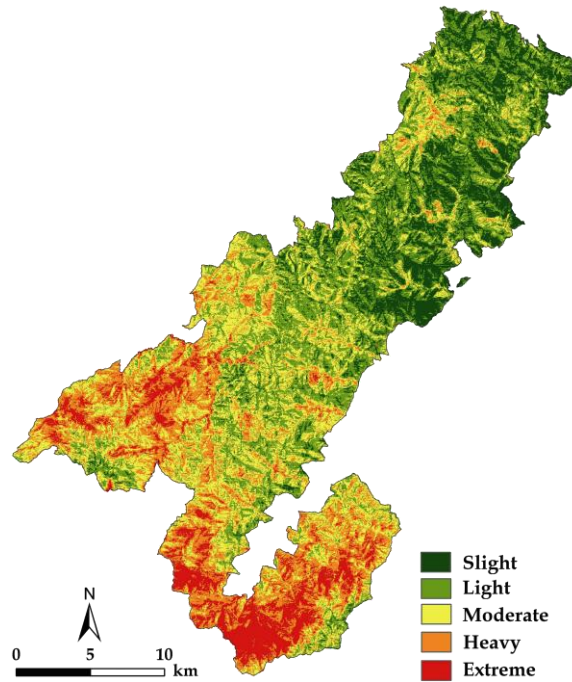


圖4. 環境脆弱度分布圖

Fig. 4. Distribution map of environment vulnerability.

表 5. 研究區各環境脆弱等級特性

Table 5. Environmental vulnerability with evaluation levels and characters in study area

EVI level	EVI value range	Character description
Slight	<-0.31	Extremely stable ecosystem with great anti-interference ability, humid climate, relatively low altitude, flat terrain, great canopy density and away from the environment with opposed vegetation
Light	-0.31~-0.07	Relatively stable ecosystem with high anti-interference ability, comparatively low altitude, and good canopy density
Moderate	-0.07~0.17	Relatively unstable ecosystem with general anti-interference ability, comparatively high altitude, and general canopy density
Heavy	0.17~0.46	Unstable system with poor anti-interference ability, comparatively high altitude and weak canopy density
Extreme	>0.46	Extremely unstable ecosystem with very poor anti-interference ability, relatively high altitude, arid climate, steep terrain, fragmentary vegetation and vulnerable surrounding environment

## 討 論

棲蘭地區因位處高山霧林帶，氣候極適合檜木生長，在保護區設立前(1986~1998年間)，行政院退輔會榮民森林保育處曾針對區內檜木老熟林分，進行過兩期枯立倒木整理保育更新作業，並以自生苗保留、天然下種及人工栽植等方式以促進檜木更新(林世宗 2003)。由地景變遷分析可知(圖2)，劃設保護區以後，除少部分區位呈現植生退化外，區內絕大部分地景均穩定維持，甚至有不少區位出現植生恢復的情形，尤以曾經進行人工撫育作業之範圍成效更彰，顯見適度的擾動作業確實有助於提高林分內的透光量，利於天然下種及更新小苗的成長(羅卓等 1997；林等 2010b；魏及陳 2012)，並提升整體野生動物歧異度(袁等 2004；陳等 2015)。本研究推測在保育更新作業實施多年後，大部分整理區皆已更新成功，逐步恢復為原始天然林樣貌，有助生態系平衡及生物多樣性發展。

模糊邏輯分析有助於瞭解各環境變數與脆弱度之隸屬關係，本研究依據植生退化類型與各變數的相對頻度曲線，建立評估脆弱度之模糊隸屬函數，可直接反應出各種不同環境所呈現出來的脆弱度，例如觀察海拔高、地質及距水系距離變數可發現(圖3)，高脆弱度區位以中高海拔環境居多，乃因該些區位多屬地形陡峭，土層淺薄且貧瘠，一旦發生颱風或強降雨，崩塌發生率極高(郭及楊 2005；壽等 2010；謝等 2010)，易造成植被密度降低甚至退化，進而提升環境脆弱度；在地質變數中，高脆弱環境以廬山層的隸屬度最高，主要係因廬山層劈理發達，易沿劈理扭曲碎裂，國內重大的邊坡滑動災害，多以此板岩特性有關(林等 2010a)，另詹等(2015)的研究中，也明確指出

廬山層是臺灣東北部地區崩場地主要發生地質類別，位處相關地質區之邊坡為崩塌發生的高潛勢區；在距水系距離變數方面，則係因臺灣山區地形陡峭且河流短促，若遇強降雨，河床、河道兩側環境易遭水流沖蝕，其影響包含河岸掏刷及河谷解壓等，致使邊坡崩塌，因此，河岸兩側環境隸屬於脆弱環境程度最高，相關研究甚至指出國內崩塌環境主要為水系所控制，臺灣有高達98.5%的崩場地都發生在主要河道1km以內範圍(郭及楊 2005；陳及馮 2005)。

由脆弱度空間分布可發現(圖4)，脆弱程度由北向南逐漸提升，嚴重及次嚴重等級區位主要分布於大溪與太平山事業區南側，輕微及次輕微等級則多位處烏來、宜蘭事業區以及太平山事業區北側。對照各脆弱等級之環境特性來看(表5)，嚴重等級區位多係屬中高海拔、平均坡度達30°以上，且鄰近水系及裸露地兩側的脆弱環境，為臺灣典型的易崩塌地形，加上土壤淺薄，侵蝕較嚴重，在水分不易保存的情形下，明顯不利於森林的更新與恢復，該些區位未來發展不容忽視，建議進行長期植生監測工作，尤其太平山事業區53~56林班邊界緊鄰區外聚落(米磨登溪、馬當溪及逸久溪交匯處)，更須謹慎注意。值得慶幸的是，暫無發現這些區位與距道路距離存有相依性，顯示區內道路(含林道)開闢尚在環境承载力內，其影響未反應於脆弱度的分布上。而輕微及次輕微等級區位則多坐落於低海拔、坡度平緩、遠離水系及非森林的區位，這些區位不僅植被保存完整且擁有豐沛且分配均勻的降水量，不僅利於植生更新及恢復，其抵抗外在衝擊能力相對較佳，相關的研究(Wang *et al.* 2008b; Shao *et al.* 2014)，亦有相似的結果。

## 結 論

本研究以遙測及GIS技術進行棲蘭地區空間資訊的整合，並搭配模糊邏輯理論與PCA，發展脆弱度評估模式。研究成果可獲得以下重要結論：一、保護區內大部分地景(88%)均可穩定維持，在其餘12%的動態地景中，約有4.3%屬植生退化的脆弱地景，而相較於未經撫育之原始林，過去曾經人工撫育之植生在適度的擾動下，確實具有較少的脆弱環境，其植生恢復狀況也較佳；二、由所製作之脆弱度分布圖顯示，嚴重等級面積約占研究區9.7%，多分布於中高海拔、地形陡峭且鄰近水系或裸露地兩側之脆弱環境，明顯不利植生更新與恢復，未來應特別注意其地景轉移趨勢。除此之外，由於脆弱度並非一成不變，各脆弱等級可能因各種人為與自然因素的影響，隨之改變或轉移，因此，藉由長期的監測與評估計畫，持續探討脆弱度在空間與時間上的動態演變，瞭解其與環境間的相互關係，並適時的制訂因應策略，乃為經營管理必要之手段。

## 誌 謝

本研究承行政院農業委員會科技計畫(104農科-13.9.3-生-W3)經費補助，特此致謝。

## 引用文獻

- 王鎮哲。2000a。棲蘭山檜木林區植物資源調查研究。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。
- 王鑫。2000b。棲蘭山檜木林區地質資源調查研究。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。
- 朱恩良。2004。棲蘭野生動物重要棲息環境植群生態之研究。國立中興大學森林學系碩士論文。
- 呂明倫、謝漢欽。2013。鰲鼓海岸地區之生態環境脆弱度評估。作物、環境與生物資訊 10: 34-43。
- 呂明倫、鍾玉龍。2007。以 SPOT 衛星植生指標推估南仁山次生林之林分結構特徵。臺灣林業科學 22: 183-92。
- 林世宗。2003。棲蘭山林區天然檜木林生態系經營計畫(檜木保育更新作業成效調查)。行政院退輔會榮民森林保育事業管理處。
- 林俐玲、黃振全、顏呈仰、黃貞凱、鄭裕適、張益通。2010a。深層岩體潛移邊坡滑動行為研究-以廬山地滑為例。中華水土保持學報 42: 1-14。
- 林師模、陳苑欽。2003。多變量分析：管理上的應用。臺北：雙葉書廊。
- 林謙佑、邱志明、林世宗、鍾智昕、林進龍。2010b。棲蘭山地區柳杉人工林行列疏伐更新之研究。中華林學季刊 43: 233-247。
- 邱志明、羅卓振南、鍾旭和。1993。棲蘭山檜木天然更新林地林分結構之研究。林業試驗所研究報告季刊 8: 389-402。
- 洪鴻智、劉怡君、簡頌愷。2014。河川流域颱風災害損失死地區脆弱度-莫拉克颱風為例。地理學報 74: 87-106。
- 袁孝維、丁宗蘇、蔡若詩。2004。棲蘭山檜木林枯立倒木整理作業對鳥類群聚之影響。中華林學季刊 37: 29-36。
- 郭基賢、楊貴三。2005。臺灣地區大型崩塌地之地理特性研究。地圖：中華民國地圖學會會刊 15: 103-114。
- 陳一銘、何紋靈、翁瑞鴻、葛兆年。2015。棲蘭檜木林不同林地類型之野生動物群

- 聚。臺灣林業科學 30: 75-88。
- 陳桂嘉、吳守從、陳朝圳。2010。臺東地區土石災害之生態環境脆弱度評估。航測及遙測學刊 15: 51-64。
- 陳樹群、馮智偉。2005。應用 Logistic 迴歸繪製崩塌潛感圖—以濁水溪流域為例。中華水土保持學報 36: 191-201。
- 黃文伯、葛兆年。2011。哈盆自然保留區屍食性甲蟲物種生物多樣性監測與氣候變遷之關係。環境與生物學報 4: 17-34。
- 黃靜宜、林文和。2014。應用遙測技術評估玉山國家公園之植生退化潛勢。臺灣生物多樣性研究 16: 379-391。
- 詹勳全、張嘉琪、陳樹群、魏郁軒、王昭堡、李桃生。2015。臺灣山區淺層崩場地特性調查與分析。中華水土保持學報 16: 19-28。
- 壽克堅、吳秋靜、許惠瑛。2010。以 SPOT 衛星影像探討 1999 集集地震後之崩塌行為。航測及遙測學刊 15: 17-28。
- 謝正倫、黃敏郎、蔡在宗、張維恕。2010。運用福衛二號影像進行莫拉克颱風崩場地判釋。中華防災學刊 2: 35-42。
- 鍾智昕、林世宗、邱志明、林進龍、林謙佑。2011。存活分析應用於棲蘭山檜木直播更新動態之研究。中華林學季刊 44: 413-424。
- 魏瑞廷、陳子英。2007。棲蘭山地區植群之研究。臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告 21: 133-145。
- 魏瑞廷、陳子英。2012。棲蘭山檜木林不同干擾強度下植物多樣性之研究。宜蘭大學生物資源學刊 8: 1-11。
- 羅卓振南、鍾旭和、邱志明、黃進睦。1997。棲蘭山林區柳杉人工林行列疏伐營造複層林之研究。臺灣林業科學 12: 459-465。
- Berry, P. M., M. D. A. Rounsevell, P. A. Harrison and E. Audsley. 2006. Assessing the vulnerability of agricultural land use and species to climate change and the role of policy in facilitating adaptation. *Environmental Science & Policy* 9: 189-204.
- Brooks, N., W. N. Adger and P. M. Kelly. 2005. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change* 15: 151-163.
- Castillo Soto, M. E. 2012. The identification and assessment of areas at risk of forest fire using fuzzy Methodology. *Applied Geography* 35: 199-207.
- Chou, C. H., T. J. Huang, Y. P. Lee, C. Y. Chen, W. H. Hsu and C. H. Chen. 2011. Diversity of the alpine vegetation in central Taiwan is affected by climate change based on a century of floristic inventories. *Botanical Studies* 52: 503-516.
- Congalton, R. G. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment* 37: 35-46.
- Congalton, R. G. and M. Story. 1986. Accuracy assessment: A user's perspective. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 55: 1303-1309.
- Eastman, R. J. 2006. *IDRISI Andes: Guide to GIS and image processing* Clark laboratory. Worcester: Clark University.
- European Climate Change Programme (ECCP).

2006. Urban Planning and Construction Sector Report: ECCP WGII Impacts and Adaptation. European Commission.
- Gemitzi, A., G. Falalakis, P. Eskioglou and C. Petalas. 2011. Evaluating landslide susceptibility using environmental factors, fuzzy membership functions and GIS. *Global NEST Journal* 13: 28-40.
- Geri, F., V. Amici and D. Rocchini. 2011. Spatially-based accuracy assessment of forestation prediction in a Mediterranean landscape. *Applied Geography* 31: 881-890.
- Gessler, P. E., I. D. Moore, N. J. McKenzie and P. J. Ryan. 1995. Soil-landscape modeling and spatial prediction of soil attributes. *International Journal of Geographical Information Systems* 9: 421-432.
- Huang, P. H., J. S. Tsai and W. T. Lin. 2010. Using multiple-criteria decision-making techniques for eco-environmental vulnerability assessment: a case study on the Chi-Jia-Wan Stream watershed, Taiwan. *Environmental Monitoring and Assessment* 168: 141-158.
- Hwang, W. and C. N. Koh. 2013. Application of Necrophilous Beetles to Long-term Monitoring of a Forest Ecosystem Associated with Climatic Change. *Taiwan Journal of Forest Science* 28: 83-96.
- Hyandye, C., W. Tao and C. Z., Hua. 2008. *Evaluation of eco-environmental vulnerability using RS and GIS: case of Ma Keng iron mining area in Fu Jian Province, China.* *Environmental Research Journal* 2: 196-204.
- Jenks, G. 1967. The data model concept in statistical mapping. *International Yearbook of Cartography* 7: 186-190.
- Li, A. N., A. S. Wang, S. L. Liang and W. C. Zhou. 2006. Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS, A case study in the upper reaches of Minjing River, China. *Ecological Modelling* 192: 175-187.
- McCune, B. and D. Keon. 2002. Equations for potential annual direct incident radiation and heat load index. *Journal of Vegetation Science* 13: 603-606.
- Metzger, M. J., M. D. A. Rounsevell, L. Acosta-Michlik, R. Leemans and D. Schröter. 2006. The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114: 69-85.
- Metzger, M. J., R. Leemans and D. Schröter. 2005. A multidisciplinary multi-scale framework for assessing vulnerabilities to global change. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 7: 253-267.
- Mondal, P. and J. Southworth. 2010. Protection vs. commercial management: Spatial and temporal analysis of land cover changes in the tropical forests of Central India. *Forest Ecology and Management* 259: 1009-1017.
- Shao, H., M. Liu, Q. Shao, X. Sun, J. Wu, Z. Xiang and W. Yang. 2014. Research on eco-environmental vulnerability evaluation of the Anning River Basin in the upper reaches of the Yangtze River. *Environmental*

Earth Sciences 72: 1555-1568.

Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller. 2007. Climate change 2007: The physical science basis. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, 996 pp.

Southworth, J., H. Nagendra, L. A. Carlson and C. Tucker. 2004. Assessing the impact of Celaque National Park on forest fragmentation in western Honduras. *Applied Geography* 24: 303-322.

Wang, S. Y., J. S. Liu and C. J. Yang. 2008a. Eco-environmental vulnerability evaluation in the Yellow River Basin, China. *Pedosphere* 18: 171-182.

Wang, X. D., X. H. Zhong, S. Z. Liu, J. G. Liu, Z. Y. Wang and M. H. Li. 2008b. Regional assessment of environmental vulnerability in the Tibetan Plateau: Development and application of a new method. *Journal of Arid environments* 72: 1929-1939.

Warner, T. A. and X. Chen. 2001. Normalization of Landsat thermal imagery for the effects of solar heating and topography. *International Journal of Remote Sensing* 22: 773-788.

Zadeh, L. A. 1965. Fuzzy sets. *Information and Control* 8: 338-353.

# 《台灣生物多樣性研究》稿約

## 壹、一般說明

- 一、《台灣生物多樣性研究》為行政院農業委員會特有生物研究保育中心出版之學術期刊，歡迎國內外學者發表有關生物多樣性或自然保育之學術論文，但以未曾在其他刊物發表之原創研究為限。
- 二、本刊為網路期刊，隨時接受投稿，並於每年 1 月、4 月、7 月及 10 月在中心網站 ([http://tesri.tesri.gov.tw/list\\_protect.php](http://tesri.tesri.gov.tw/list_protect.php))刊登發行。
- 三、撰稿中、英文均可，來稿以完整 WORD 格式文稿電子檔傳送至「台灣生物多樣性研究」期刊編輯委員會電子信箱(email: [tjbd@tesri.gov.tw](mailto:tjbd@tesri.gov.tw))。
- 四、經本刊接受刊登之稿件，投稿著作所有列名作者皆同意授權本刊單位以非專屬授權之方式再授權，並得為重製、公開傳輸、授權用戶下載、列印等行為。為符合資料庫之需求，並得進行格式之變更。
- 五、稿件無稿酬，但經刊登之文稿將提供 Pdf 檔給作者，不另贈送抽印本。
- 六、來稿由本刊送請相關學者專家審查、簽註意見或修改，如需修改者再送請作者自行補充修正，作者應於收稿 2 週內完成修正，如於收稿 2 個月後仍未將修正稿件寄回者，視同放棄投稿。稿件付印前作者應負責校對。
- 七、通訊作者需在期刊出版前簽署文稿版權轉移同意書給期刊編輯室。

## 貳、文稿章節順序

依照 1.題目，2.作者姓名、服務單位、地址，3.通訊作者之 e-mail，4.摘要，5.關鍵詞，6.緒言，7.材料與方法，8.結果與討論(可分列)，9.結論(可省略)，10.謝誌(可省略)，11.引用文獻等順序撰寫；其中 1 至 5 項請中英文並列，本文為中文撰寫者，依先中文後英文順序；本文為英文撰寫者，則先英文後中文。

文章若屬於研究短報(Note)者可不分章節。

另附標題頁(cover page)，註明簡題(short running title)及作者或聯絡人之姓名、電話、傳真、住址、e-mail 位址。

## 參、文稿結構

- 一、題目以 30 字為限。
- 二、作者中英文姓名之右上角以縮小數字標示服務單位註記。作者的英文姓名需列全名，名在前姓在後；複姓複名者，二字間用“-”相連；作者若為兩人，姓名間以“and”連接；若為三人或以上，除最後一人與其前一人間以“and”連接外，其餘之間以半形逗號連接。
- 三、中英文摘要以 500 字為限，摘要內容應以結果及結論為主，目的及方法可簡潔敘述或省略。避免使用條列式的摘要。
- 四、中英文關鍵詞以 5 個為限。

## 肆、文稿書寫應注意事項

- 一、文稿須以 Microsoft Word 可讀取之軟體編輯，以 A4 (30cm×21cm)白紙單面雙空行(double spaces)列印，文稿之天、地、左、右須留白 3 公分，於每頁正下方註記頁碼。
- 二、本文敘述，應用數字編號時，其層次：  
中文用：一、(一)、1、(1)、①...  
英文用：I、(I)、1、(1)、A、a、(a)...
- 三、中英文單位請用公制之符號，例如：kg、mg、ml、ppm、pH、cm 等，數值請以阿拉伯數字表示之，年代一律採用西元。
- 四、插圖請用白紙(或繪圖紙)以黑墨水精繪，亦可採電腦製圖，惟須以雷射印表機列印；照片限原始攝影採光面相紙沖印者，幻燈片限用原片；未按規定之插圖致圖片模糊無法製版者不予受理。
- 五、圖片之標題在下方，表格標題在上方，標題需中英文並列，圖的說明應中英文對照另頁繕打，不可附在繪圖及相片上面。本文中圖表順序以圖 1，圖 2，表 1，表 2...，Fig. 1, Fig. 2, Table 1, Table 2, ...等表示。
- 六、圖表內容請用英文，表格不加縱線。圖、表均以 A4 大小列印，定稿後圖、表請送原稿。
- 七、引用文獻以確經引用者為限，文中提到之文獻，請列出姓氏、年代。
- 八、引用文獻書寫方式：先列中、日、韓文，次列西文，其書寫方法按作者、年份、題目、發表刊物名稱(全名，不採用縮寫)、卷期及頁號順序。

例：1.中、日文期刊：柳樞、徐國士。1971。台灣稀有及有絕滅危機之動植物種類。中華林學季刊 4(4): 89-96。

2.中、日文書籍：徐國士。1980。台灣稀有及有絕滅危機之植物。台灣省教育廳。

3.中、日文彙編書籍：徐國士。1987。台灣的稀有植物。周昌弘、彭鏡毅、趙淑妙撰(編)。台灣植物資源與保育 139-157 頁。中華民國自然生態保育協會。

4.英文期刊：Clough, B. 1998. Mangrove forest productivity and biomass accumulation in Hinchinbrook Channel, Australia. *Mangroves and Salt Marshes* 2: 191-198.

5.英文期刊：Pimm, S. L. and J. L. Gittleman. 1992. Biodiversity : Where is it ? *Science* 255: 940.

6.英文期刊：Baker, C. S., F. Cipriano and S. R. Palumbi. 1996. Molecular genetic identification for whale and dolphin products from commercial markets in Korea and Japan. *Molecular Ecology* 5: 671-685.

7.英文書籍：Soule, M. E. and B. A. Wilco. 1980. *Conservation biology: An evolutionary-ecological, approach*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

8.英文彙編書籍：Jinchu, H. and W. Fuwen. 1990. Development and progress of breeding and rearing giant pandas in captivity within China. pp. 322-325. *In*: H. Jinchu (ed.). *Research and progress in biology of the giant panda*. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Sichuan, People's Republic of China.

## Notice to Contributors

### I. General Guides:

1. The Taiwan Journal of Biodiversity is an online journal (January, April, July and October, [http://tesri.tesri.gov.tw/list\\_protect.php](http://tesri.tesri.gov.tw/list_protect.php)) by the Endemic Species Research Institute, Council of Agriculture. The journal is an academic publication that welcomes the submission of manuscripts of various biological disciplines in the field of biodiversity. The manuscripts are limited to original work previously unpublished in any other journal.
2. The journal accepts manuscripts written in either Chinese or English. Submit manuscript by online in WORD format to the e-mail address: [tjbd@tesri.gov.tw](mailto:tjbd@tesri.gov.tw).
3. Manuscript submitted will be sent to at least two referees in the field of its specialty for peer review and comments. Revised manuscript will be reexamined by the Editorial Board. Author(s) are responsible for proof correction of the printer's copy to ensure accuracy.
4. Corresponding author is required to sign a Copyright Transfer Agreement for the paper accepted for publication to the journal publisher, the Endemic Species Research Institute.

### II. Manuscript Preparation:

1. Manuscript should be written in a sequence of 1) Title, 2) Authors' full name 3) Author(s) affiliations(s) and address(es), 4) Abstract, 5) Key words, 6) Introduction, 7) Materials and methods, 8) Results, 9) Discussion, 10) Conclusions, 11) Acknowledgements, 12) Literature Cited. Of them 1 to 5 should be written in dual languages, Chinese and English.
2. Cover page should contain title of manuscript, author name(s), author's (s') affiliation(s), corresponding author's name, telephone number, fax number and e-mail address, and a short running title.
3. Title should be less than 30 words. Capitalize the first letter of each word except articles, conjunctions and prepositions.
4. Author's name should be first name first followed by surname. For multiple authors, use comma to separate the names but the last two names by "and".
5. Running title should be less than 50 letters including spaces.
6. Abstract must be a single paragraph not exceeding 500 words.
7. Key words should be no more than 5 words.

### III. Manuscript Format:

1. Manuscript must be typed using standard software (Microsoft Word) with top, bottom, left and right. Mark page numbers on the bottom.
2. Manuscript should be typed in a uniform character size. There is no need to differentiate paragraph, title, subtitle or contents by using large or small characters.

3. Measurements should use International System of Units (kg, mg, km, m, cm.... etc.). All numerals or quantities should be expressed in Arabic numbers. Years in the text should use A.D. universally.
4. Figures and tables in the text should be sequenced by Arabic numbers (e.g. Fig.1 and Table 1). Both graphs and photos use same "Fig." designation.
5. Common name of an animal or plant that appears in title and first appears in abstract and text should be accompanied with scientific name. All scientific names in manuscript should be italic.
6. When citing a reference in text, use surname and year, e.g. (Clough 1998) for single author, use "and" to link authors, e.g. (Pimm and Gittleman 1992) for double authors, and use "*et al.*" e.g. (Baker *et al.* 1996) for multiple authors. When citing multiple references, separate them with semi-colons in a chronological order.
7. Using the following system for arranging references in literature cited.

For journals:

Clough, B. 1998. Mangrove forest productivity and biomass accumulation in Hinchinbrook Channel, Australia. *Mangroves and Salt Marshes* 2: 191-198.

Pimm, S. L. and J. L. Gittleman. 1992. Biodiversity: Where is it? *Science* 255: 910-940.

Baker, C. S., F. Cipriano and S. R. Palumbi. 1996. Molecular genetic identification of whale and dolphin products from commercial markets in Korea and Japan. *Molecular Ecology* 5: 671-685.

For books and symposiums:

Soule, M. E. and B. A. Wilco. 1980. *Conservation biology: An evolutionary-ecological approach*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

Jinchu, H. and W. Fuwen. 1990. Development and progress of breeding and rearing giant pandas in captivity within China. pp. 322-325. *In*: H. Jinchu (ed). *Research and progress in biology of the giant panda*. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Sichuan, China.

8. Table should be typed on a separate sheet and be headed by a title of dual languages (Chinese and English). It consists of only horizontal lines and typed with English terms (if possible) and Arabic numerals. If foot notes are required, mark with superscripts <sup>1</sup>, <sup>2</sup>, \*, #, etc.
9. Figure should be drawn with black ink on a separate white tracing paper with a figure legend of the dual languages below. Computer graph made from laser printer is acceptable.
10. Photograph should be a glossy black and white shot with sufficient resolution to be clearly legible after reduction. When multiple photos are employed, the author should arrange them in plates. Micrographs should include bars indicating scales of magnification. Photos should be pasted on white A4 paper loosely with the figure legend below.