

台灣地區外來梅花雀科(Estrildidae)鳥種 販賣與野外分布之探討

Pet Sales of Exotic Estrildid Birds in Relation to the Field-Records in Taiwan

李崇禕 謝寶森*

Tsung-Wei Lee and Bao-Sen Shieh*

高雄醫學大學生物醫學暨環境生物學系 高雄市三民區十全一路100號

Department of Biomedical Science and Environmental Biology, Kaohsiung Medical University, Kaohsiung, Taiwan

*通訊作者

*Corresponding author

摘要

過去研究顯示，台灣野外發現的外來鳥種，60%以上為鳥店販賣的種類，且野外種與販售種的重疊比例以梅花雀科最高。因此，本研究於2004年2月至9月調查台灣梅花雀科在北、中、南部公開販售的狀況，探討其與野外發現紀錄的關聯性。結果顯示，所調查146家寵物鳥店中，有130家鳥店販售梅花雀科鳥種，且93.3% (28/30)梅花雀科種類為外來種，而販售的種數不因地區(北、中、南部)而有差異。針對販售數量最多的前5名鳥種，依次為爪哇雀(*Padda oryzivora*)、十姐妹(*Lonchura domestica*)、斑胸草雀(*Taeniopygia guttata*)、七彩文鳥(*Chloebia gouldiae*)及錦靜(*Poephila acuticauda*)，和1994-2003年間有野外紀錄的11種梅花雀，分別為栗腹文鳥(*Lonchura atricapilla*)、白頭文鳥(*Lonchura maja*)、印度銀嘴文鳥(*Lonchura malabarica*)、十姐妹、爪哇雀、橙頰梅花雀(*Estrilda melpoda*)、橫斑梅花雀(*Estrilda astrild*)、紅梅花雀(*Amandava amandava*)、斑胸草雀、橙腹紅梅花雀(*Amandava subflava*)及黑腰梅花雀(*Estrilda troglodytes*)共13種做資料比對分析，發現3種梅花雀(爪哇雀、橙腹紅梅花雀及紅梅花雀)，其販賣與區域有顯著的相關性；再根據鳥會等公開的通報紀錄，發現可以成功在野外繁殖並建立穩定族群的為白頭文鳥、印度銀嘴文鳥，此兩種鳥並非販賣數量最多的前5名。販賣數量最多的前5名鳥種中，僅有爪哇雀在野外有持續的紀錄，其他4名鳥種近五年的野外紀錄則僅2筆(十姐妹)或無紀錄(斑胸草雀、七彩文鳥及錦靜)，推測這些野外紀錄稀少而高販賣數的鳥種，可能因對台灣的野外環境適應不佳，因此即使有機會逃逸至野外，亦因存活率低而少被發現。

Abstract

It has been previously shown that over 60% of exotic species of birds in Taiwan were originated from house pets. Most of them belonged to the families Sturnidae, Estrildidae, Cakatuidae and Psittacidae, of which estrildid finches were most common for sales in pet stores. The objectives of this study were (1) to investigate the current sale status of estrildid finches in pet stores in the northern, central, and the southern regions of Taiwan, February to September 2004, (2) to review field records of these bird species, and (3) to determine the relationship between the sales and the records. There were 28 exotic species of the estrildid finches sold in 130 petstores out of 146 investigated. The five most common species were the Java sparrow (*Padda oryzivora*), the Bengalese finch (*Lonchura domestica*), the zebra finch (*Taeniopygia guttata*), the Gouldian finch (*Chloebia gouldiae*), and the long-tailed finch (*Poephila acuticauda*). Based on the field records, there were 11 exotic species of estrildid finches that had been found in the wild. They were the Java sparrow, Bengalese finch, red avadavat (*Amandava amandava*), white-headed munia (*Lonchura maja*), white-throated munia (*Lonchura malabarica*), chestnut munia (*Lonchura atricapilla*), orange-cheeked waxbill (*Estrilda melpoda*), zebra waxbill (*Amandava subflava*), zebra finch (*Taeniopygia guttata*), common waxbill (*Estrilda astrild*), and black-rumped waxbill (*Estrilda troglodytes*). Numbers of the Java sparrow, the zebra waxbill, and the red avadavat sold in the pet stores were significantly related with the regions of Taiwan. For the five most commonly species sold, the Java sparrow was the only species that have been recorded in the wild every year, suggesting that it has established a natural population in the wild. For the other four species, there were only two field records of the Bengalese finch, and no record for the zebra finch, Gouldian finch, and long-tailed finch from 1999 to 2003. Apparently, natural environments of Taiwan are not suitable for these four species of exotic estrildid finches commonly sold in the pet stores to propagate in the wild.

關鍵詞：梅花雀科、外來種、入侵種、寵物鳥

Key words: Estrildidae, exotic species, invasive species, pet birds

收件日期：93年12月6日

接受日期：94年5月23日

Received: December 6, 2004

Accepted: May 23, 2005

緒 言

外來種(exotic species)的引進為影響全球生物多樣性的主要原因之一，並造成許多原

生種的滅亡(Hunter 1996; Foin *et al.* 1998; Stiling 2002)，對當地生態系造成嚴重衝擊(Elton 1958; Rhymer and Simberloff 1996)。外來鳥種若對於本土生物多樣性造成危害，則

稱之為入侵種(invasive species)，入侵危害大致上可歸類為掠食、競爭、排擠、雜交、疾病或寄生蟲傳染，其中最著名的例子莫過於被引進北美的歐椋鳥(*Sturnus vulgaris*)，大量繁殖後造成農作物損失至少達10億美金，甚至與原生種的東知更鳥(*Sialia sialis*)競爭有限的巢洞，因而造成東知更鳥族群數量大減(Pimentel *et al.* 2000)。

外來鳥種的入侵包含運輸、引進、建立族群及擴張四個階段(Williamson 1996)。逃逸到野生環境中的外來種約僅10%有機會存活(Williamson 1996; Goodwin *et al.* 1999, cited by Kolar and Lodge 2001)；如果能夠於野外繁殖後代並建立穩定的族群，就表示已經入侵成功；入侵成功後，能夠拓殖且加以擴張的機率約為2%-3%(di Castri *et al.* 1990)。外來種能在野外建立族群的機率與釋放的頻度、數量及引入的次數呈現正相關；如果被入侵地區的生態環境與原棲地相似的話，外來鳥種較能成功在野外生存、繁衍更多的後代，形成入侵種(Kolar and Lodge 2001)。島嶼在人為引進陸鳥及水鳥的拓殖成功率大致上高於大陸地區(Case 1996)，因此預期外來鳥種對台灣島嶼生態環境的影響將不可忽視。

根據劉(1999)報告，自1994年到1999年間，在台灣野外可發現75種外來鳥種，外來鳥種種數占台灣留鳥種數(154種，王等 1991)的比例高達48.7%，其中以椋鳥科(Sturnidae)、梅花雀科(Estrildidae)及鸚鵡科(Cacatuidae and Psittacidae)最為常見。梅花雀科同時也是野外種與販售種重疊比例(58.3%)最高的一科(劉 1999)。台灣地區雖然有一般外來鳥種的相關調查(劉 1999)，或是針對單一椋鳥科分布的調查(Lin 2001)，但卻缺乏對梅花雀科種類成為入侵鳥種的更進一步調查分析，所以本研究的目的包括：

一、實地調查外來梅花雀科鳥種在台灣北、

中、南部寵物鳥店的販售情況。

二、整理過去外來梅花雀科鳥種的野外紀錄，以探討在台灣地區野外分布的現況是否與寵物店販售相關。

三、針對最有可能入侵台灣的外來梅花雀科鳥種，分析其入侵台灣的潛力。

材料與方法

2004年2月到9月間，針對台北縣市、新竹縣市、台中縣市、嘉義市、台南縣市、高雄縣市及屏東市，以相關圖鑑(Harrison *et al.* 1993; MacKinnon and Philipps 2000; Sinclair *et al.* 2002; van Perlo 2002; Strange 2003)、錄音、攝影等輔助工具，實際調查販售外來梅花雀科鳥種的現況。各縣市依地理位置分區：北部包含台北縣市及新竹縣市，中部包括台中縣市及嘉義市，南部則包含台南縣市、高雄縣市及屏東縣市。

整理1994至2003年的野外逃逸種紀錄，1994至1999年間的以劉(1999)整理的資料為主，而1999到2003年的野外紀錄資料則包括中華鳥會所發行的中華飛羽(127-188期)、高雄鳥會所發行的鳥語(223-260期)及其他鳥會公開網路資料(<http://www.geocities.com/~smewmao/observer/bird/current/ntt1999.html>, <http://www.geocities.com/~smewmao/indexbsd.html>, <http://dns.haes.cy.edu.tw/syf/birds/birds.htm>)。

鳥種名錄(學名、英文俗名)、分類根據及原產地資料以Clements (2000)為主，其中栗腹文鳥(chestnut munia, *Lonchura atricapilla*)及十姐妹(Bengalese finch, *Lonchura domestica*)在分類上有爭議：Clements (2000)指出栗腹文鳥原本是黑頭文鳥(black-headed munia, *Lonchura malacca*)中的一個亞種，從1996年後才從黑頭文鳥中分出；在進行鳥店調查

時，如果為國外進口且胸部是栗子色，就歸為外來種栗腹文鳥。十姐妹為人工雜交 *Lonchura* 屬繁殖培育的鳥種，學名則以 *Lonchura domestica* 表示。

鳥店販售各鳥種數量計算法以每次調查的個體數表示，若同一鳥店調查2次以上時則取平均值，所以各種數量為各鳥店單次調查販售量。資料以SYSTAT (2000)軟體分析。利用卡方檢定做相關性分析，以無母數變方分析(2組以上的比較採用Kruskal-Wallis one-way analysis, 2組的比較用Mann-Whitney U test)比較，所有測試都是雙尾(two-tailed)檢定，顯著水準為0.05。

結果與討論

一、外來梅花雀科在鳥店販售狀況

共調查146家寵物鳥店：南部75家，中部38家，北部33家，其中130家鳥店販售梅花雀科鳥種，所販售的梅花雀科鳥種數共有30種，28種為外來種(表1)，本地種僅白腰文鳥(white-rumped munia, *Lonchura striata*)及斑文鳥(nutmeg mannikin, *Lonchura punctulata*)；販售梅花雀科的鳥店比例以中部最高(94.5%)，南部次之(93.3%)，北部最低(72.7%)；各寵物鳥店所販售的外來梅花雀科鳥種數分布並不因在台灣的區域(北、中、南)而有差異($\chi^2=3.99$, $df=4$, $p=0.41$) (圖1)。

在最多鳥店販售且數量最多的前5名梅花雀科鳥種依次為爪哇雀(Java sparrow, *Padda oryzivora*)、十姐妹、斑胸草雀(zebra finch, *Taeniopygia guttata*)、七彩文鳥(Gouldian finch, *Chloebia gouldiae*)及錦靜(long-tailed finch, *Poephila acuticauda*) (表1)，將這些販賣數量最多的前5名鳥種及過去有野外紀錄的另外8種：白頭文鳥(white-headed munia, *Lonchura maja*)、印度銀嘴文鳥(又稱白喉文

鳥；Indian silverbill/ white-throated munia, *Lonchura malabarica*)、栗腹文鳥、橫斑梅花雀(common waxbill, *Estrilda astrild*)、橙頰梅花雀(orange-cheeked waxbill, *Estrilda melpoda*)、紅梅花雀(red avadavat, *Amandava amandava*)、橙腹紅梅花雀(zebra waxbill, *Amandava subflava*)及黑腰梅花雀(black-rumped waxbill, *Estrilda troglodytes*)，共13鳥種，以鳥店為單位，探討其販售與否與台灣區域關係，發現只有3種(爪哇雀、紅梅花雀和橙腹紅梅花雀)其販售與否與台灣北、中、南部，呈現明顯相關(表2)，其中爪哇雀以中部的販售比例最高，而紅梅花雀和橙腹紅梅花雀則以北部販售比例為最高(圖2)；針對有販賣的鳥店分析這3個鳥種北、中、南部販賣隻數，卻沒有顯著差異(Kruskal-Wallis test, $p>0.05$)。

其餘9鳥種(十姐妹、七彩文鳥、斑胸草雀、錦靜、橙頰梅花雀、白頭文鳥、栗腹文鳥、橫斑梅花雀和印度銀嘴文鳥)不管是販售與否(表2)或販售數量在北、中、南，皆沒有顯著差異(Kruskal-Wallis test, $p>0.05$)；黑腰梅花雀雖有野外發現紀錄，但因在本次鳥店調查中只出現在1家鳥店中(表1)，所以無統計比較。

二、外來梅花雀科之野外紀錄

根據鳥會公開的通報紀錄，在1999-2003年共有11種外來梅花雀出現在台灣野外(表3)，其中6種(白頭文鳥、印度銀嘴文鳥、栗腹文鳥、爪哇雀、橫斑梅花雀及橙頰梅花雀)不僅最近五年每年持續有野外通報，更有野外繁殖紀錄；野外紀錄稀少而不持續的為十姐妹、斑胸草雀、黑腰梅花雀及橙腹紅梅花雀。

比較逃逸種(有野外紀錄的種類， $n=11$)與非逃逸種(無野外紀錄的種類， $n=17$)的販賣狀

表1. 外來梅花雀科鳥種販售情形及原產地資料

Table 1. Sales of exotic estrildid finches in Taiwan and their native ranges

Selling ranks	Common names	Scientific names	Numbers	Numbers	Native ranges ^a
			of individuals	of stores	
1	Java sparrow	<i>Padda oryzivora</i>	7975	125	Southeast Asia
2	Bengalese finch	<i>Lonchura domestica</i>	3068	89	Artificial breeding
3	Zebra finch	<i>Taeniopygia guttata</i>	2072	89	Africa
4	Gouldian finch	<i>Chloebia gouldiae</i>	1404	95	Australia
5	Long-tailed finch	<i>Poephila acuticauda</i>	439	58	Australia
6	White-headed munia	<i>Lonchura maja</i>	256	20	Southeast Asia
7	Chestnut munia	<i>Lonchura atricapilla</i>	193	16	Southeast Asia
8	Pin-tailed parrotfinch	<i>Erythrura prasina</i>	156	5	Southeast Asia
9	Common waxbill	<i>Estrilda astrild</i>	149	16	Africa
10	Orange-cheeked waxbill	<i>Estrilda melpoda</i>	132	23	Africa
11	Star finch	<i>Neochmia ruficauda</i>	126	19	Australia
12	Blue-breasted cordonbleu	<i>Uraeginthus angolensis</i>	112	4	Africa
13	Zebra waxbill	<i>Amandava subflava</i>	42	5	Africa
14	White-throated munia	<i>Lonchura malabarica</i>	26	7	South Asia
15	Red avadavat	<i>Amandava amandava</i>	23	9	Southeast Asia
16	Crimson-rumped waxbill	<i>Estrilda rhodopyga</i>	19	6	Africa
17	Green-winged pytilia	<i>Pytilia melba</i>	17	3	Africa
18	Green-backed twinspot	<i>Mandingoa nitidula</i>	10	3	Africa
19	Cut-throat finch	<i>Amadina fasciata</i>	4	2	Africa
20	African quailfinch	<i>Ortygospiza atricollis</i>	4	2	Africa
21	Jameson's firefinch	<i>Lagonosticta rhodopareia</i>	3	2	Africa
22	Black-rumped waxbill	<i>Estrilda troglodytes</i>	3	1	Africa
23	Black-tailed waxbill	<i>Estrilda perreini</i>	2	2	Africa
24	Black-throated finch	<i>Poephila cincta</i>	2	1	Australia
25	Masked finch	<i>Poephila personata</i>	2	1	Australia
26	Purple grenadier	<i>Uraeginthus ianthinogaster</i>	2	1	Africa
27	Cinderella waxbill	<i>Estrilda thomensis</i>	1	1	Africa
28	White-capped munia	<i>Lonchura ferruginosa</i>	1	1	Southeast Asia

^aClements (2000).

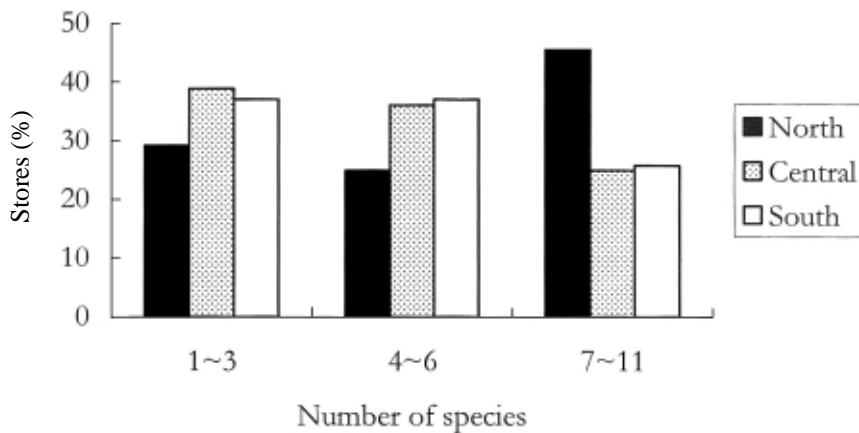


圖1. 北、中、南部鳥店於2004年調查期間販售外來梅花雀科鳥種數的分布比例。

Fig. 1. Numbers of exotic species of Estrildidae sold in the three regions of Taiwan.

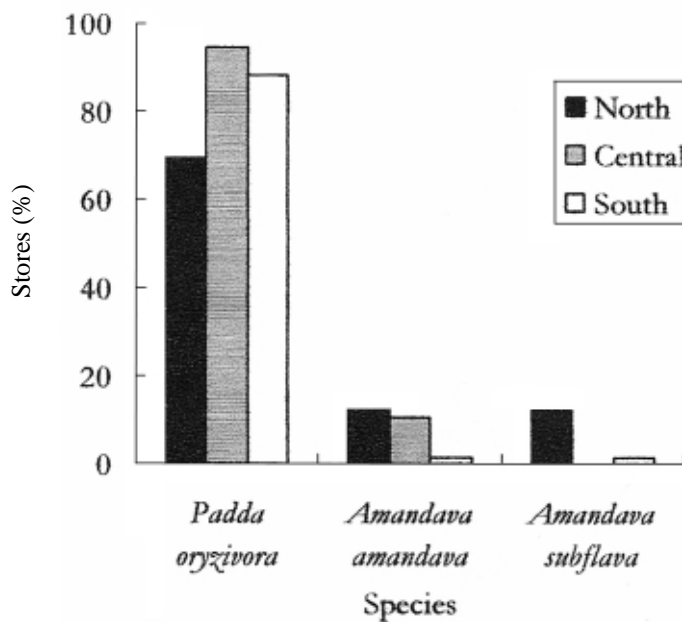


圖2. 三種外來梅花雀科鳥種在台灣北、中、南部所調查的鳥店中有販售的比例分布。

Fig. 2. The percentage of pet stores selling the three exotic species of estrildid finches in the three regions of Taiwan.

表2. 鳥店販售量最多的前5種和有野外分布紀錄梅花雀科外來鳥種的統計分析

Table 2. Results of Chi-square analyses for 13 exotic species of Estrildidae

Selling ranks	Species	χ^2
1	<i>Padda oryzivora</i>	9.70**
2	<i>Lonchura domestica</i>	5.42
3	<i>Taeniopygia guttata</i>	1.61
4	<i>Chloebia gouldiae</i>	1.48
5	<i>Poephila acuticauda</i>	3.19
6	<i>Lonchura maja</i>	0.22
7	<i>Lonchura atricapilla</i>	3.30
9	<i>Estrilda astrilda</i>	2.92
10	<i>Estrilda melpoda</i>	2.97
13	<i>Amandava subflava</i>	9.45**
14	<i>Lonchura malabarica</i>	2.61
15	<i>Amandava amandava</i>	9.89*
22	<i>Estrilda troglodytes</i>	--

** $p < 0.01$.

* $p < 0.05$.

表3. 外來梅花雀科鳥種野外紀錄

Table 3. The field and breeding records of the exotic species of Estrildidae (Y, present; N, absent; selling ranks denoted to those in Table 1)

Species	Field records						Breeding record ^{abf}	Selling ranks
	1994-1999 ^a	1999 ^{bcd}	2000 ^{bcd}	2001 ^{bcd}	2002 ^{bcd}	2003 ^{bcd}		
<i>Lonchura maja</i>	Y	22	18	18	12	18	Y	6
<i>Lonchura malabarica</i>	Y	5	21	23	16	28	Y	14
<i>Estrilda astrild</i>	Y	2	6	20	13	13	Y	9
<i>Estrilda melpoda</i>	Y	3	2	6	11	7	Y	10
<i>Lonchura atricapilla</i>	Y	10	5	4	3	5	Y	7
<i>Padda oryzivora</i>	Y	12	10	4	4	1	Y	1
<i>Amandava amandava</i>	Y	1	2	1	1	5	N	15
<i>Taeniopygia guttata</i>	Y	0	0	0	0	0	N	3
<i>Amandava subflava</i>	Y	0	0	0	0	0	N	13
<i>Estrilda troglodytes</i>	Y	0	0	0	0	0	N	22
<i>Lonchura domestica</i>	N	0	0	0	2	0	N	2
<i>Chloebia gouldiae</i>	N	0	0	0	0	0	N	4
<i>Poephila acuticauda</i>	N	0	0	0	0	0	N	5

^aSeveringhaus (1999).

^bWild Bird Federation Taiwan (1999-2003) and Kaohsiung Wild Bird Society (1999-2003).

^c<http://www.geocities.com/~smewmao/observer/bird/current/ntt1999.html>

^d<http://www.geocities.com/~smewmao/indexbsd.html>

^e<http://dns.haes.cy.edu.tw/syf/birds/birds.htm>

^fLin (2004).

況，發現在販售數量(Mann-Whitney U test, $U=35.5$, $p=0.006$)與販售店家數(Mann-Whitney U test, $U=37$, $p=0.007$)逃逸種與非逃逸種呈現顯著差異；能逃逸到野外的鳥種在販售的店家數及販售的隻數上都高於沒有逃逸出的鳥種(圖3)。

三、外來梅花雀科鳥種入侵台灣潛力分析

Kolar及Lodge (2001)曾指出販賣鳥種的隻數愈多，釋放頻度愈大，該鳥種將愈有可能逃逸到野外，因此販賣數量愈多的鳥種應

該比販賣數量較少的鳥種在野外有更多的通報紀錄。本研究結果顯示，所有能夠逃逸到野外的鳥種，其在販賣的頻度與個體數的確有較高的趨勢(圖3)；但針對單一鳥種分析時，並非所有的鳥種都符合這項推論，今將各鳥種在野外的紀錄及鳥店販售現況做比對，針對最有可能形成入侵物種的13鳥種(販賣數量最多的前5名鳥種及過去有野外紀錄的另外8種)，依其可能入侵的階段，分別探討其入侵的潛力。

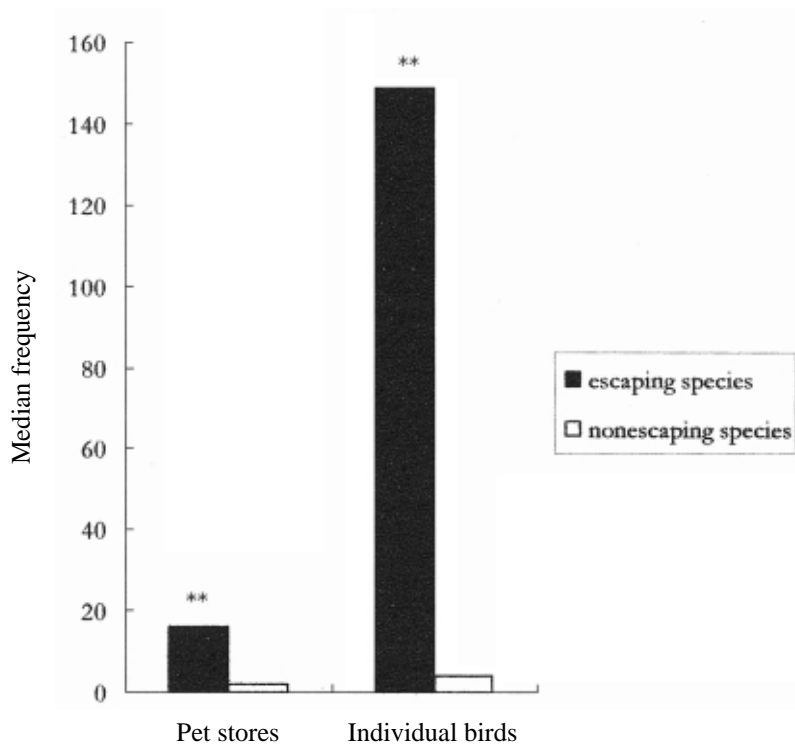


圖3. 逃逸梅花雀科鳥種與非逃逸梅花雀科鳥種在鳥店販售數量及販售店家數比較(Kruskal-Wallis test, **: $p < 0.01$)。

Fig. 3. Comparisons in median numbers of pet stores and individual birds for sales between escaping species and nonescaping species of exotic estrildid finches (Kruskal-Wallis test, **: $p < 0.01$).

(一)可以成功在野外繁殖並建立穩定族群的鳥種

白頭文鳥及印度銀嘴文鳥有野外繁殖的紀錄，且連續幾年都持續有野外的通報紀錄(表3)，每次記錄的數量大約都有50隻，甚至有450隻之多，但其在鳥店販售的數量卻不是最多(表1)。雖然野外分布可能是反映出幾年前的販售情況，但根據祁(1995)十年前的鳥店調查結果，白頭文鳥販售量亦不高，甚至亦無印度銀嘴文鳥的販售紀錄；目前白頭文鳥野外分布紀錄卻遍及幾乎整個台灣西半部，印度銀嘴文鳥則遍及整個大高雄地區。在此次調查中印度銀嘴文鳥在南部地區的販售量占了總販售隻數的75%以上，也許就是因為其販售情形偏重於南部及高雄鳥會的資料僅有高雄地區，而導致其野外分布地區幾乎只在大高雄地區。蘇(2000)在台南的調查曾指出印度銀嘴文鳥甚至會與本地種斑文鳥共域繁殖，顯示兩者的生態棲位(niche)在時間及空間上有相當程度的重疊現象；根據高斯定理(Gause's hypothesis)(Gause 1932, cited by Stiling 2002)，利用相同資源的生物間會有競爭排擠的作用，往往競爭力較弱的物種則會有滅絕的危險。外來鳥類是否能夠成功的入侵當地是取決於對入侵地區環境因子(如：環境、氣候等)的適應力(Williamson and Fitter 1996; Blackburn and Duncan 2001)，因此推測此2種鳥類應是對台灣的環境適應頗佳，所以即使販賣數量並不特別高、逃逸至野外數量不多，亦可以在野外成功繁殖並建立穩定的族群，其入侵潛力不容忽視，應加強監測。

另一個造成白頭文鳥在野外分布廣及數量多的原因，則可能是宗教放生的結果(林瑞興 2002)。宗教放生的動物以鳥類居多，且販賣的價格高低往往是鳥種是否被買為放生的重要考量(Severinghaus and Chi 1999;林良恭 2002)。在台灣動物社會研究會(2004)訪查鳥

店放生研究結果顯示白頭文鳥及黑頭碧鳥常作為放生用，其中黑頭碧鳥就是栗腹文鳥；本次的調查紀錄中另有2種梅花雀科放生鳥種，即十姐妹及爪哇雀。因為放生活動有50%以上集中在鳥類繁殖的春季(林良恭 2002)，且放生的數量往往遠大於寵物鳥逃逸的數量，白頭文鳥如再配合適當的棲地適應力，在野外能成功建立族群甚而擴散至全台的機會則比其他適應力差的放生鳥種高。白頭文鳥在台灣適應力是否真的較強，其對台灣本土鳥種的衝擊影響如何，應是日後台灣入侵鳥種研究不可忽視的問題。

(二)僅可以在野外存活或繁殖，目前尚無證據顯示建立穩定族群的鳥種

橙頰梅花雀及橫斑梅花雀有頗多野外發現紀錄，且有繁殖紀錄。橙頰梅花雀在祁(1995)調查中的販賣量不到30隻，此次調查其販售數量有明顯的增加，其中有70%集中在南部地區，野外分布從2001年至2003年所觀察到的時間都集中在6-11月間，而且都在高雄縣市，推測其可以在南部度過這段時期。在祁(1995)的鳥店調查中，並沒有橫斑梅花雀的販售紀錄，故推測此鳥種是近幾年才被引入；此次調查其販售情形較集中在北部地區，但野外分布卻多集中在彰化烏溪及高雄縣市，造成野外分布與販售情況不符的可能原因有二：(1)現在野外分布情形是反映幾年前的販售狀況，也許當時的販售是以中南部為主，以及(2)逃逸後較可以適應中南部地區的環境而在野外成功的存活。所以針對此2種鳥類應加強野外繁殖的調查，才能進一步評估其入侵潛力。

爪哇雀及栗腹文鳥有野外繁殖紀錄，但野外發現通報紀錄及數量都不多(表3)，顯示其野外族群尚未穩定。其中爪哇雀於鳥店販售數量達7,975隻，位居第一(表1)，在祁(1995)的鳥店調查中爪哇雀的販售量亦是所有

梅花雀科鳥類之冠，但野外紀錄幾乎都集中在台北地區，且其通報資料筆數逐年下降，因此我們推測爪哇雀因為販賣數量多，雖有較高的逃逸機率與數量，但其適應台灣環境的能力可能不佳，所以縱使有繁殖的可能，但後代的存活率可能很低，所以野外存活隻數不多，導致發現紀錄少。如果此推論正確，則即使爪哇雀販賣的數量非常多，其入侵台灣的潛力應不高，然此項推論須對爪哇雀野外繁殖的成功率做進一步的調查，才能證實之。

(三)近十年野外發現紀錄稀少或無的鳥種

紅梅花雀、斑胸草雀、橙腹紅梅花雀、黑腰梅花雀及十姐妹等5個鳥種近十年有零星的野外發現紀錄，但無繁殖紀錄，七彩文鳥及錦靜等2鳥種則全無野外及繁殖紀錄(表3)。

十姐妹的販售數量位居第二，達3000多隻(表1)，但野外發現紀錄卻不多(表3)，推測可能原因有二：(1)十姐妹為人工繁殖培育的物種，本身就只適合在籠中飼養，一旦逃逸到野外並不會適應野外的嚴苛環境，所以因存活率極低，而能被發現的機率就少；(2)十姐妹中的一個品系與台灣原生種白腰文鳥有幾分相似，也許是誤認成原生種的白腰文鳥，而使記錄資料不準確。十姐妹在全球是很暢銷的一種人工繁殖鳥種，根據林良恭(2002)的調查曾指出十姐妹是宗教放生活動中被大量放生的外來鳥種之一，在台灣從1999年至2003年間的鳥會通報紀錄僅有2筆，可能是在大量放生時所觀察到。劉(1999)的調查中亦無十姐妹的野外分布紀錄，甚至於在全球也沒有任何十姐妹的野外入侵報告，所以認為野外發現紀錄少應非錯認的結果，而是因野外適應力差。此較差的野外適應力亦可能是其無法形成野外穩定族群的主因。

就時間的次序而言，應是販售在前，逃逸在後，所以逃逸鳥的野外分布現況應該是

反映過去的的販售狀況。此次的研究，則是嘗試將販賣的現況與累積至今的野外分布資料做關聯性的檢測，並分析這些有可能形成入侵鳥種的入侵潛力，如果販賣的現況與過去並無多大的改變，則目前關聯性檢測的結果具有很高的參考性，如果販賣的現況與過去有很大的差別，則目前調查的販賣現況所影響的應是往後(而非過去)外來鳥種的野外分布，所以未來應該持續監測及調查這些外來鳥種的野外分布，以做確切的關聯性檢測。再者，本研究的野外分布資料主要來源為中華鳥會發行的中華飛羽及高雄鳥會發行的鳥語，前者的通報紀錄較偏重於北部地區，後者幾乎只有高雄縣市的資料，其餘網路公開資料只是零星幾筆，缺乏全面的調查資料，未來應該系統化的實地調查全台灣外來鳥種分布，才能確實了解外來鳥種入侵的狀況。

謝 誌

本研究承蒙國科會經費補助得以完成(NSC 92-3114-B-002-013-)，李崇禕獲高雄醫學大學暑期大學生研究補助，林雅惠、張家捷及鄭光洲協助調查及資料整理，祁偉廉醫師、中華鳥會及高雄鳥會提供文獻參考，三位審查者的寶貴意見，謹此致謝。

引用文獻

- 王嘉雄、吳森雄、黃光瀛、楊秀英、蔡仲晃、蔡牧起、蕭慶亮。1991。台灣野鳥圖鑑。亞舍圖書有限公司。
- 台灣動物社會研究會。2004。台灣北中南鳥店販賣「放生物」訪查報告。
<http://www.east.org.tw/01/3-32-1.pdf>。

- 祁偉廉。1995。寵物鳥類在台灣之貿易狀況調查報告。財團法人綠消費者基金會。
- 林良恭。2002。台灣外來種脊椎動物現況。全球環境變遷通訊33: 8-13。
- 林瑞興。2002。台灣入侵鳥種之現況與因應措施。入侵種生物管理研討會120-127。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。南投。
- 林瑞興。2004。希區考克的黑色恐懼—台灣入侵鳥種現況。自然保育季刊48: 38-43。
- 劉小如。1999。台灣地區外來種鳥類之探討。野鳥7: 45-58。
- 蘇銘言。2000。外來種之印度銀嘴文鳥與本地種之斑文鳥共域繁殖記錄。鳥語233 : 18-20。
- Blackburn, T. M. and R. P. Duncan. 2001. Determinants of establishment success in introduced birds. *Nature* 414: 195-197.
- Case, T. J. 1996. Global patterns in the establishment and distribution of exotic birds. *Biological Conservation* 78: 69-96.
- Clements, J. F. 2000. *Birds of the world: A checklist* (5th ed.). Ibis Publication, California.
- di Castri, F., A. J. Hansen and M. Debussche. 1990. *Biological invasions in Europe and Mediterranean Basin*. Kluwer Academic Publication, London.
- Elton, C. S. 1958. *The ecology of invasions by animals and plants*. University of Chicago Press, Chicago.
- Foin, T. C., S. P. D. Riley, A. L. Pawley, D. R. Ayres, T. M. Carlsen, P. J. Hodum and P. V. Switzer. 1998. Improving recovery planning for threatened and endangered species. *Bioscience* 48: 177-184.
- Gause, G. F. 1932. Experimental studies on the struggle for existence: I. Mixed population of two species of yeast. *The Journal of Experimental Biology* 9: 389-402.
- Goodwin, B. J., A. J. McAllister and L. Fahrig. 1999. Predicting invasiveness of plant species based on biological information. *Conservation Biology* 13: 422-426.
- Harrison, C., A. Greensmith and M. B. Robbins. 1993. *Birds of the world*. Dorling Kindersley Publication, New York.
- Hunter, M. L. Jr. 1996. *Fundamentals of conservation biology*. Blackwell Science, Cambridge, Massachusetts.
- Kolar, C. S. and D. M. Lodge. 2001. Progress in invasion biology: Predicting invaders. *Trends in Ecology and Evolution* 16: 199-204.
- Lin, R. S. 2001. The occurrence, distribution and relative abundance of exotic starlings and mynas in Taiwan. *Endemic Species Research* 3: 13-23.
- MacKinnon, J. and K. Philipps. 2000. *A field guide to the birds of China*. Oxford University Press, New York.
- Pimentel, D., L. Lach, R. Zuniga and D. Morrison. 2000. Environmental and economic costs associated with non-indigenous species in the United States. *Bioscience* 50: 53-65.
- Rhymer, J. M. and D. Simberloff. 1996. Extinction by hybridization and introgression. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27: 83-109.
- Severinghaus, L. L. and L. Chi. 1999. Prayer animal release in Taiwan. *Biological Conservation* 89: 301-304.

- Sinclair, I., P. Hockey and W. Tarboton. 2002. Birds of southern Africa (3th ed.). Princeton University Press, New Jersey.
- Stiling, P. 2002. Ecology: Theories and applications (4th ed.). Prentice-Hall Publication, New Jersey.
- Strange, M. 2003. A photographic guide to the birds of southeast Asia: Including the Philippines and Borneo. Princeton University Press, New Jersey.
- SYSTAT. 2000. Version 10. Illinois. SPSS Science, Chicago.
- van Perlo, B. 2002. Birds of western and central Africa. Princeton University Press, New Jersey.
- Williamson, M. H. 1996. Biological invasions. Chapman & Hall, London.
- Williamson, M. H. and A. Fitter. 1996. The characters of successful invaders. *Biological Conservation* 78: 163-170.

埔里中華爬岩鰍棲地環境之需求

Habitat Requirements of the Puli Loach *Sinogastromyzon puliensis* Liang

李德旺¹ 于錫亮^{2,*}

Teh-Wang Lee¹ and Shyi-Liang Yu^{2,*}

¹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

²澎湖技術學院休閒事業管理系 澎湖縣馬公市六合路300號

¹Endemic Species Research Institute, Jiji, Taiwan

²Department of Leisure Management, National Penghu Institute of Technology, Penghu, Taiwan

*通訊作者

*Corresponding author

摘 要

本研究從1996年7月至1999年6月以三年間調查埔里中華爬岩鰍在台灣之分布及其與棲地環境的關係，發現於台灣西部的高屏溪、曾文溪、濁水溪、烏溪及大甲溪等流域海拔25-340m有埔里中華爬岩鰍分布之河段，流速、底質、導電度和海拔高度為影響埔里中華爬岩鰍單位努力捕獲量(catch per unit effort, CPUE)和分布的最重要環境因子，根據資料顯示，其偏好的環境條件中最適合流速為1.0 m/s，導電度為366 μ mhos/cm，水深為38 cm，底質為卵石(直徑 7.7-30.5 cm)。

Abstract

Distribution and environmental requirements of *Sinogastromyzon puliensis*, an endemic species of fish in Taiwan, were investigated from July 1996 to June 1999. The fish were found in the Kaoping, Tsengwen, Choshui, Wu and Tachia rivers in the western portion of Taiwan at altitudes from 25m to 340 m. Velocity, substrate, conductivity and altitude were the important environmental factors affecting the population density (catch per unit effort, CPUE) and the distribution. The preferred habitats of the fish were at velocity of 1.0 m/s, conductivity of 366 μ mhos/cm, water depth of 38 cm, and substrate of 7.7-30.5 cm in diameter.

關鍵詞：埔里中華爬岩鰍、族群分布、棲地、台灣

Key words: *Sinogastromyzon puliensis*, distribution, habitat, Taiwan

收件日期：94年3月23日

接受日期：94年7月4日

Received: March 23, 2005

Accepted: July 4, 2005

緒 言

魚類會選擇不同的棲地，以增加個體對環境的適合程度 (Fretwell 1972)，在適宜的環境時，其族群量高，出現頻度亦高，在不適宜的環境，其族群量及出現頻度就降低，因此魚類族群分布會受到許多環境因子的影響。Yu *et al.* (1995) 發現水溫(temperature)、水深(depth)和流速(velocity)的交互作用會對魚類的出現頻率產生影響。李等(1998)發現水溫、水深和海拔高度(altitude)是影響高身鏟頰魚在卑南溪流域分布的重要因子。海拔高度、底質、遮蓋物、溶氧量(DO)、流量等也曾經被認為是影響魚類分布的重要因子 (Moyle and Cech 1988; Yu and Peters 1997)。

埔里中華爬岩鰍 (*Sinogastromyzon puliensis*) 為台灣特有種魚類，在系統分類方面已有詳細的研究 (梁 1974；曾 1981，1986；沈 1984，1993；陳 1986)。根據文獻記載，本魚種分布於大甲溪、烏溪、濁水溪、曾文溪、高屏溪流域 (Liang 1984；王 1985；Tzeng 1986；何 1990；林等 1992；汪 1992，1993a，1993b；詹 1991；李 1995，1997)。且知埔里中華爬岩鰍分布在台灣西部的高屏溪、曾文溪、濁水溪、烏溪及大甲溪等5條溪流之海拔50-340m的河段中。高屏溪主流，埔里中華爬岩鰍分布於高屏大橋至新發大橋的河段；曾文溪主流，埔里中華爬岩鰍分布於走馬瀨至楠西吊橋之河段；濁水溪

主流，埔里中華爬岩鰍分布於彰雲大橋至冷破石間之河段；烏溪主流，埔里中華爬岩鰍分布於追分及溪底仔到柑仔林的河段；大甲溪在主流未發現埔里中華爬岩鰍的分布 (李 2000)。然而此種魚類在高屏溪、曾文溪、濁水溪、烏溪及大甲溪等5條溪流的支流及高屏溪以南的溪流則缺少調查，且對其棲地環境的需要亦毫無所悉。因此，本研究的主要目的是：(1)探討埔里中華爬岩鰍與環境因子的關係，(2)埔里中華爬岩鰍對棲地的需求。所得結果將做為未來埔里中華爬岩鰍保育之用。

材料與方法

一、族群分布調查

為避免該魚種的分布資料有所遺漏，除於1996年7月至1997年6月針對高屏溪、曾文溪、濁水溪、烏溪、大甲溪及大安溪等6條溪流之相關支流進行調查，並於1998年7月至1999年6月在東港溪、林邊溪、枋山溪、楓港溪、四重溪等5條水系亦進行調查，依河川的序級、海拔高度，來選定樣點 (圖 1)。以背負式土製電魚器(12伏特)，每次電魚30分鐘，人員採Z字型途徑由下游往上游前進，進行魚類採樣，每次採集完畢後，立刻鑑別魚種、計算數目、量其全長、體重和體高後放回原溪段。

收集環境因子資料包括經緯度、海拔高

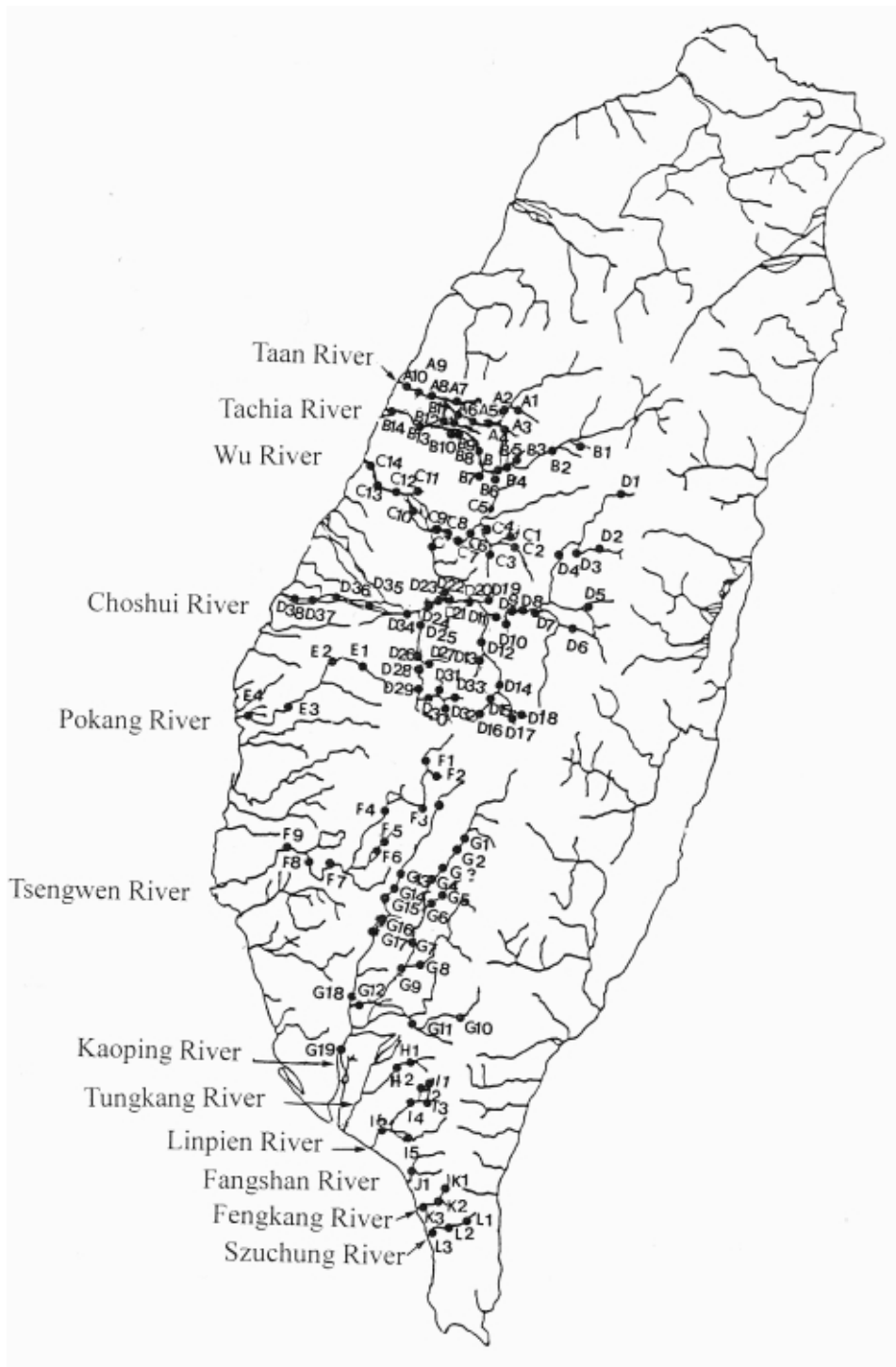


圖1. 調查流域樣點分布圖。

Fig. 1. Sampling sites in the study area.

度、河寬(width)、水深、流速、水溫、濁度(turbidity)、導電度(conductivity)、溶氧量、酸鹼度(pH)和總固體溶解量(TDS)。經緯度以衛星定位儀 (Silva, model x 11000)測量,海拔高度以海拔高度計 (Thommen) 測量,河寬以望遠測距儀 (Leica, 7X42 BDA) 測量,流速和水深以流速計 (Swoffer model 2100) 測量。

水溫、導電度、溶氧量、酸鹼度和總固體溶解量,均以水質分析儀器 (WTW型號) 校正直接測量,濁度以濁度計 (Hach 2100p) 測量。

二、族群分布與環境因子的關係

1997年7月至1999年6月在烏溪、濁水溪、曾文溪、高屏溪共選定21個樣點,並在每一樣點選3條垂直水流之穿越線,每條間隔5m,在前述穿越線取6-9個2m x 5m的長方形小樣區 (sampling grids),每一小樣區間隔4m;如水流狀況無法取垂直水流之穿越線時,改取平行水流之穿越線。一人以背負式土製電魚器進行魚類採樣,2人在後以手撈網撈魚,將每個小樣區內的魚類全部採集,完畢後立刻鑑別魚種、計算數目,量其全長、體重和體高後放回原溪段。

收集環境因子資料:包括經緯度、海拔高度、河寬、水深、流速、底質、水溫、濁度、導電度、溶氧量、酸鹼度和總固體溶解量。經緯度、海拔高度、河寬、水溫、濁度、導電度、溶氧量、酸鹼度和總固體溶解量亦採前述的方法測量,而流速和水深以流速計測量每一小樣區及相隔的區域非小樣區之4個角及正中心,距離水面3/5深度的流速平均值,底質則在每一小樣區及相隔的區域之前後正中線,隨機取5粒底石,測量其直徑,準確度為0.1cm,底質大小分類參照Bozek and Rahel (1992) 分為7種,依序為泥土(代號1:直徑<0.1cm)、細砂(代號2:直徑0.1-0.5cm)、小礫石(代號3:直徑0.6-

2.5cm)、大礫石(代號4:直徑2.6-7.6cm)、卵石(代號5:直徑7.7-30.5cm)、小巨石(代號6:直徑30.6-61.0cm)、大巨石(代號7:直徑>61.0cm)。

三、資料分析

族群分布與環境因子之關係,因為採樣之季節資料不足,我們將所有月份收集的資料使用SAS(1985)進行多項式迴歸分析,埔里中華爬岩鰍族群量以單位努力捕獲量(catch per unit effort, CPUE)表示,迴歸分析應變數包括每一小樣區捕獲量出現頻度(frequency of occurrence)或單位努力捕獲量(No./10m²)。

結 果

本研究發現埔里中華爬岩鰍在高屏溪支流旗山溪分布於月眉至寶隆的河段,支流隘寮溪則分布於山地門附近河段。濁水溪支流清水溪、北勢溪及集集清水溪,以及烏溪之支流平林溪亦有埔里中華爬岩鰍分布的紀錄。大甲溪在主流雖仍未發現埔里中華爬岩鰍的分布,但在支流沙連溪中、下游則有發現。東港溪、林邊溪、枋山溪、楓港溪及四重溪在1998-1999年度調查,未發現該魚種的分布。

表1列出各項環境因子之最小值與最大值的資料。分析各項環境因子的相關係數,其中流量與河寬、水深、流速有顯著的正相關,與導電度、總固體溶解量呈負相關;海拔高度與河寬及水溫有顯著的負相關,與酸鹼度呈正相關;濁度與總固體溶解量亦呈正相關;導電度與河寬、流量,總固體溶解量與河寬、流量、底質呈負相關,與導電度呈正相關(表2)。

由前述相關分析得知,流量與河寬、水深、流速有顯著的正相關,與導電度、總固

表1. 埔里中華爬岩鰍分布地區各環境因子之描述統計值

Table 1. Descriptive statistics of environmental variables in the distribution ranges of *Sinogastromyzon puliensis* studied

Variables	Minimum	Maximum	Mean	Mode	Median	SD
Altitude (m)	25.00	340.00	197.00	249.00	196.00	64.00
Width (m)	14.00	141.00	53.30	50.00	52.00	24.90
Depth (m)	0.07	0.90	0.36	0.31	0.35	0.14
Velocity (m/s)	0.12	2.32	0.95	1.32	0.95	0.39
Discharge (m ³ /s)	0.18	102.60	18.83	4.48	15.29	15.62
Substrate (cm)	0.10	114.00	24.40	30.40	24.00	10.80
Temperature (°C)	17.90	29.80	22.90	24.50	23.20	2.40
Turbidity (NTU)	1.16	6744.00	151.80	9.50	21.20	470.00
Conductivity (μmhos/cm)	90.00	649.00	371.00	393.00	395.00	100.00
DO (mg/l)	4.92	9.68	8.14	10.89	8.10	1.47
pH	6.18	10.90	8.20	8.42	8.39	0.51
TDS (mg/l)	47.00	419.00	229.00	164.00	237.00	53.50

表2. 各環境因子之皮爾遜相關係數

Table 2. Pearson correlation coefficients among environmental variables

	Altitude	Width	Depth	Velocity	Discharge	Temperature	Turbidity	Conductivity	DO	pH	TDS	Substrate
Altitude	1.00	-0.39*	0.08	0.03	-0.15	-0.35*	0.11	0.16	0.05	0.42*	0.01	0.15
Width		1.00	-0.09	0.03	0.58**	0.25*	0.12	-0.34*	0.18	-0.04	-0.28*	0.13
Depth			1.00	0.08	0.57**	0.01	0.20	-0.11	-0.05	0.05	-0.09	0.15
Velocity				1.00	0.53**	0.16	-0.11	-0.13	-0.02	0.19	-0.18	0.18
Discharge					1.00	0.19	0.08	-0.32*	0.07	0.12	-0.26*	0.24
Temperature						1.00	-0.14	-0.24	0.11	0.09	-0.24	0.03
Turbidity							1.00	0.12	-0.04	-0.04	0.25*	-0.13
Conductivity								1.00	-0.12	0.01	0.76**	-0.22
DO									1.00	0.15	-0.21	0.18
pH										1.00	-0.18	0.35*
TDS											1.00	-0.40*
Substrate												1.00

* : significance level 5%.

** : significance level 1%.

DO: Dissolved oxygen.

TDS: Total dissolved solids.

體溶解量呈負相關；海拔高度與河寬及水溫有顯著的負相關，與酸鹼度呈正相關；濁度與總固體溶解量呈正相關；總固體溶解量與河寬、流量、底質呈負相關，與導電度呈正相關；為避免在作迴歸分析中產生共線性(collinearity)的問題，所以流量、河寬、水溫、酸鹼度和總固體溶解量不加入分析。將單位努力捕獲量(Y)當作應變數，海拔高度(X₁)、水深(X₂)、流速(X₃)、導電度(X₄)、底質(X₅)、溶氧量(X₆)、濁度(X₇)作為自變數，採用迴歸分析，以找出有影響的環境因子。以下為迴歸模式：

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon \quad (i, j=1-7)$$

經迴歸分析，其相關模式估計為：

$$\begin{aligned} \text{CPUE} = & 17.71 + 0.27X_1 - 7.91X_3 - 0.07X_4 - \\ & 0.53X_5 + 0.002X_1X_2 - 0.09X_1X_3 - \\ & 0.003X_1X_5 + 0.06X_3X_4 + 0.71X_3X_5 + \\ & 0.003X_4X_5 + 0.01X_6X_7 + \varepsilon \quad (p < 0.0001) \end{aligned}$$

其迴歸分析結果顯示流速是影響埔里中華爬岩鰍分布最重要的因子，底質、導電度、海拔高度是選擇進入迴歸方程式的顯著因子，海拔高度與水深、海拔高度與流速、海拔高度與底質、流速與導電度、流速與底質、導電度與底質、溶氧量與濁度有顯著的交互作用。

埔里中華爬岩鰍在不同的流速均有發現，在流速0.8 m/s發現的頻率最高，在流速小於0.6 m/s和大於1.4 m/s發現的頻率較低，由趨勢線知其最適合流速為1.0 m/s (圖2A)；在導電度90-647 $\mu\text{mhos/cm}$ 均可發現該魚種，在導電度400 $\mu\text{mhos/cm}$ 發現的頻率最高，在導電度小於300 $\mu\text{mhos/cm}$ 和大於500 $\mu\text{mhos/cm}$ 發現的頻率較低，由趨勢線知其最適合導電度為366 $\mu\text{mhos/cm}$ (圖3A)；在不同直徑的底質亦均有發現，但在卵石(直徑7.7-30.5 cm)發現的頻率最高，在直徑小於7.7 cm和大於30.5 cm發現的頻率較低，由趨勢線知其最適合底質為卵石(直徑7.7-30.5 cm) (圖4A)；埔里中華爬岩鰍在

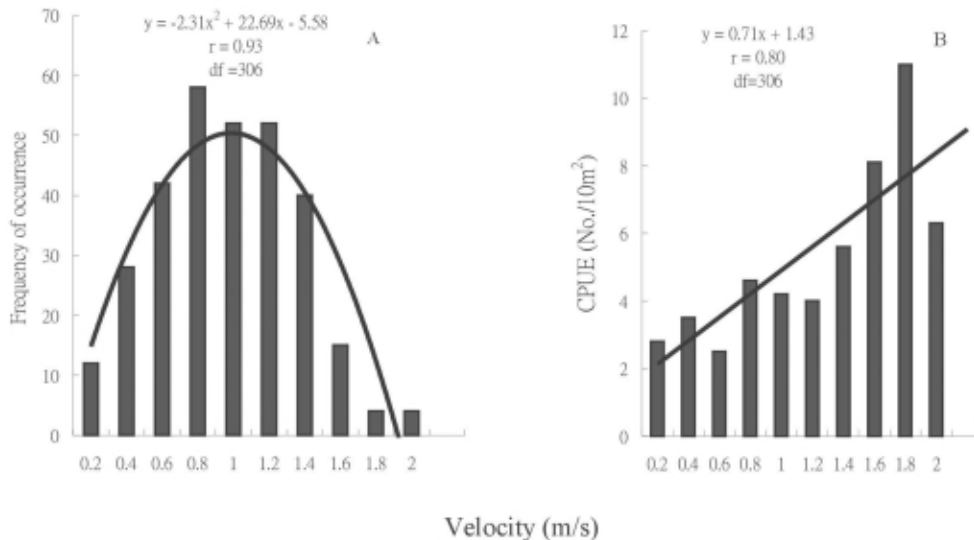


圖2. 10 m²電魚法埔里中華爬岩鰍不同流速之出現頻度 (A) 和 CPUEs (B)。

Fig. 2. Frequencies of occurrence (A) and CPUEs (B) of *Sinogastromyzon puliensis* collected with electro-fishing at different current velocities.

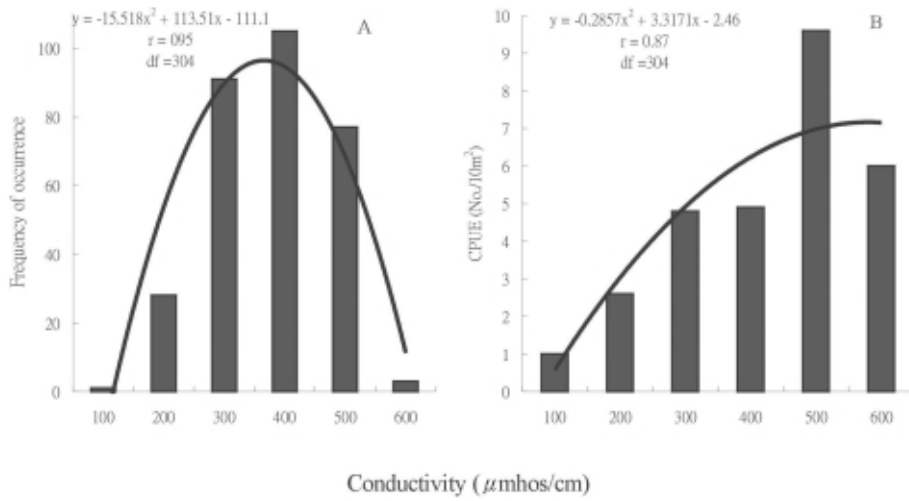


圖3. 10 m²電魚法埔里中華爬岩鰍不同電導度之出現頻度 (A)和CPUEs (B)。
Fig. 3. Frequencies of occurrence (A) and CPUEs (B) of *Sinogastromyzon puliensis* collected with electro-fishing at different water conductivities.

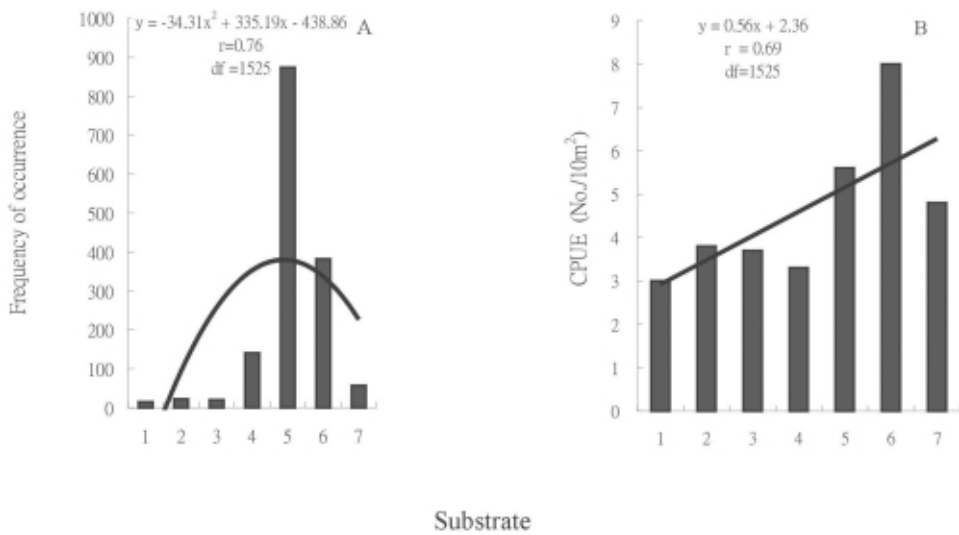


圖4. 10 m²電魚法埔里中華爬岩鰍不同底質之出現頻度 (A)和CPUEs (B)。
Fig. 4. Frequencies of occurrence (A) and CPUEs (B) of *Sinogastromyzon puliensis* collected with electro-fishing at different bottom substrates.

不同水深均有發現，水深 40 cm 發現的頻率最高，在水深小於 20 cm 和大於 40 cm 發現的頻率較低，由趨勢線知其最適合水深為 38 cm (圖 5A)。

以 CPUE 的方法，結果顯示在流速 2.0 m/s 以下，流速與其 CPUE 亦呈線性關係，且流速愈快愈適合埔里中華爬岩鰍生存 (圖 2B)；導電度與其 CPUE 呈二次方程式的關係，在導電度 500 μ mhos/cm，其 CPUE 最高 (圖 3B)；底質與 CPUE 呈線性關係，且底質直徑愈大愈適合埔里中華爬岩鰍生存 (圖 4B)；水深與 CPUE 呈線性關係，且水深愈深愈不適合埔里中華爬岩鰍生存 (圖 5B)。

討 論

本研究發現埔里中華爬岩鰍在高屏溪、曾文溪之分布範圍與其他研究調查結果吻合

(方等 1996；韓及方 1997)。一般來說，我們發現埔里中華爬岩鰍分布之範圍更大，推測原因可能是採樣點及採樣時間不同所致。特有生物研究保育中心在 1993 年曾在濁水溪的靜觀溪段發現埔里中華爬岩鰍的分布，以背負式電魚器電魚 30 分鐘僅採獲 3 尾，此溪段為該魚種在濁水溪分布的最高點，惟 1996 年的調查已不見埔里中華爬岩鰍的蹤跡，該溪段位處攔砂壩的上方且此魚種族群量極小，可能是因攔砂壩上方的族群絕滅且下方的族群因攔砂壩阻隔未能上溯有關。汪靜明(1993b)記錄在大甲溪主流之后里及大茅埔河段發現埔里中華爬岩鰍分布，而本研究僅在支流沙連溪發現該魚種分布，可能原因是近年來大甲溪的魚類棲地及水流型態發生變化所致。詹見平(1991)在大安溪發現有埔里中華爬岩鰍分布的紀錄，惟特有生物研究保育中心在 1993 年至 1996 年四年間在大安溪的調查並未

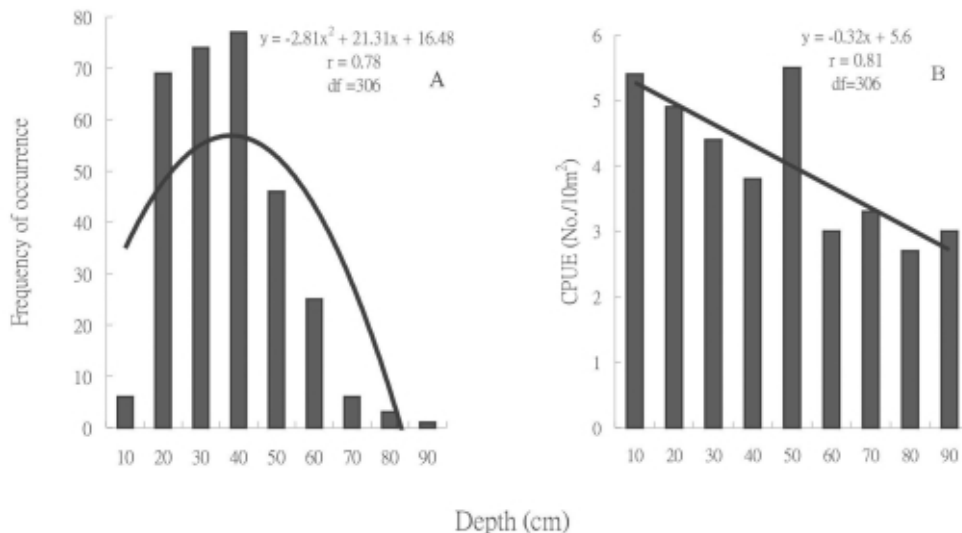


圖 5. 10 m²電魚法埔里中華爬岩鰍不同水深之出現頻度 (A)和 CPUEs(B)。

Fig. 5. Frequencies of occurrence (A) and CPUEs (B) of *Sinogastromyzon puliensis* collected with electro-fishing at different depths.

發現該魚種的分布，且1997年在詹見平(1991)發現埔里中華爬岩鰍分布的溪段選定 9 個樣點作更進一步詳細的調查，亦未發現該魚種的分布；詹見平(1991) 描述埔里中華爬岩鰍分布的河段相當廣，該魚種不太可能一、二年間在大安溪消失無蹤，可能是將體色類似埔里中華爬岩鰍的台灣間爬岩鰍誤認是埔里中華爬岩鰍的緣故。

流速、底質和海拔高度是影響埔里中華爬岩鰍族群量和分布的重要因子，估計此種魚類喜好急瀨和卵石的棲息環境，此與其他的研究結果描述相類似 (梁 1974；王 1985；Tzeng 1986；曾 1986；沈 1993；何 1990；詹 1991；林等 1992；汪 1992, 1993b)。導電度是影響埔里中華爬岩鰍族群量和分布的重要因子之一，此項結果並未曾見於過去國內其他研究報告，Moyle and Cech (1988)曾指出導電度會影響魚類的分布和數量。迴歸分析顯示出水深未達到統計上一般的顯著水準，但卻非常接近 ($0.05 < p < 0.1$)，Yu and Peters (1997)發現水深和流速是決定布萊得河18種主要魚類棲地環境最重要的二個因子，流速與底質的交互作用也顯示出埔里中華爬岩鰍此種底棲性魚類喜好卵石與急瀨的棲息環境，原因是埔里中華爬岩鰍必須吸附在較其本身吸盤大之卵石上，而此種較大之卵石多在溪流的急瀨環境中。

根據資料分析顯示，埔里中華爬岩鰍其偏好的環境條件中最適合流速為1.0 m/s，導電度為366 μ mhos/cm，水深為38 cm，底質為卵石(直徑 7.7-30.5 cm)。本研究更進一步比較埔里中華爬岩鰍發現頻率和單位努力捕獲量2種變量與環境因子之間的關係，我們發現單位努力捕獲量作為應變數時(圖2-5B)所獲得的結果，與出現頻率作為應變數時(圖2-5A)所獲得的結果不一致，可能是棲地環境會影響埔里中華爬岩鰍出現頻率與實際族群量。所以，僅使用出現頻度可能不足以代表埔里中

華爬岩鰍的棲地喜好環境，應輔以單位努力捕獲量的資料作為加強保育該魚種棲地之參考。

謝 誌

首先感謝行政院農業委員會林務局和特有生物研究保育中心對本計畫的支持，其次調查期間顏局長仁德、何主任源三、彭副主任國棟、楊主任秘書吉宗對相關工作的督促與協助，使本研究得以順利完成，其它相關研究人員與專業技工幫助野外採集，在此致上最誠摯之感謝。我們要特別感謝汪教授靜明與蔡博士住發在本文撰寫期間與完成修改給予相關建議和統計分析的指導，最後，二位審查委員費心審閱文章並提供寶貴意見，謹此致上無限謝意。

引用文獻

- 王漢泉。1985。高屏溪魚種分布調查。中國水產 357：7-16。
- 方力行、陳義雄、韓僑權。1996。高雄縣河川魚類誌。高雄縣政府。215頁。
- 何德宏。1990。森林溪流淡水魚類保育工作報告。林務局。25頁。
- 汪靜明。1992。丹大事業區卡社溪動物相調查研究報告。林務局保育系列研究 83-03號。64頁。
- 汪靜明。1993a。大甲溪魚類棲地改善計畫之三年生態評估研究第三年研究報告。國立台灣師範大學環境教育研究所。285頁。
- 汪靜明。1993b。台中縣魚類資源。台中縣政府。158頁。
- 沈世傑。1984。台灣魚類檢索誌。南天書局。台北市。533頁。
- 沈世傑。1993。台灣魚類誌。國立台灣大學

- 動物系。台北市。960頁。
- 李德旺。1995。南投縣生物資源調查成果彙編。135-164頁。台灣省特有生物研究保育中心。
- 李德旺。1997。八十六年度試驗研究計畫執行成果。160-199頁。台灣省特有生物研究保育中心。
- 李德旺、邱健介、林維玲、于錫亮。1998。卑南溪流域高身鏟頰魚之分布與環境因子的關係。中華林學季刊 31(3): 219-225。
- 李德旺。2000。台灣產埔里中華爬岩鰍之分布與相對族群量。特有生物研究 2(1): 13-20。
- 林曜松、張明雄、莊鈴川、張仁爲。1992。高雄縣淡水魚資源調查報告。國立台灣大學動物學系生態研究室。22頁。
- 陳兼善原著(于名振增訂)。1986。台灣脊椎動物誌：上冊，第二次增訂版。台灣商務印書館。台北市。442頁。
- 梁潤生。1974。平鰭鰍科之分布與適應構造並記載台灣產平鰭鰍科之一新種。生物與環境專題研討會講稿集。141-156頁。
- 曾晴賢。1981。台灣產平鰭鰍科魚類之研究。文化大學海洋所碩士論文。74頁。
- 曾晴賢。1986。台灣的淡水魚類。台灣省政府教育廳。183頁。
- 詹見平。1991。大安溪的魚類生態。中國水產 463: 21-61。
- 韓僑權、方力行。1997。台南縣河川湖泊魚類誌。台南縣政府。178頁。
- Bozek, M. A. and F. J. Rahel. 1992. Generality of microhabitat suitability models for young Colorado River cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki pleuriticus*) across sites and among years in Wyoming streams. Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences 49: 552-564.
- Fretwell, S. D. 1972. Population in changing environments. Princeton University Press, Princeton, NJ. 256 pp.
- Liang, Y. S. 1984. Preliminary notes on the distribution of fresh-water fishes found from Taiwan. Journal Taiwan Museum 37: 59-62.
- Moyle, P. B. and J. J. Cech. 1988. Fishes: An introduction to ichthyology. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. 559 pp.
- SAS Institute. 1985. SAS User's Guide: Statistics. Version 5 ed. SAS Institute, Cary, NC. 1028 pp.
- Tzeng, C. S. 1986. Distribution of the freshwater fishes of Taiwan. Journal Taiwan Museum 39: 127-146.
- Yu, S. L., E. J. Peters and W. W. Stroup. 1995. Application of logistic regression to develop habitat suitability criteria for sand shiner, *Notropis stramineus*. Rivers 5: 22-34.
- Yu, S. L. and E. J. Peters. 1997. Use of Froude numbers to determine habitat selection by fishes. Rivers 6: 10-18.

A Preliminary Study on Land Planarians of Taiwan

台灣陸生渦蟲初步研究

Shi-Kuei Wu¹, Masaharu Kawakatsu², Kuang-Yang Lue³, Jeng-Di Lee⁴,
Chi-Li Tsai⁵, Hsu-Hong Lin⁵, Ronald Sluys⁶ and Gen-Yu Sasaki⁷

吳錫圭¹ 川勝正治² 呂光洋³ 李政諦⁴ 蔡奇立⁵ 林旭宏⁵
羅納德·斯路伊⁶ 佐佐木玄祐⁷

¹University of Colorado Museum, Boulder, CO 80309-0265, USA

²9 jō 9 chōme 1-8, Shinkotoni, Kita-ku, Sapporo (Hokkaidō) 001-0909, Japan

³Department of Life Science, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan

⁴Department of Social Medicine, China Medical University, Taichung, Taiwan

⁵Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

⁶Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics, University of Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands

⁷Roppongi 1-3-49, Minato-ku, Tōkyō 106-0032, Japan

¹美國科羅拉多大學博物館

²日本札幌市北區新琴似9條9丁目1番8號

³國立台灣師範大學生命科學系 台北市和平東路一段162號

⁴中國醫藥大學醫學系 台中市學士路91號

⁵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

⁶荷蘭阿姆斯特丹大學生物多樣性暨動力生態學所

⁷日本東京都港區六本木1-3-49

Abstract

This paper provides an overview of the current status of land planarian taxonomy. Familial and subfamilial definitions of Bipaliidae, Rhynchodemidae (Rhynchodeminae and Microplaninae) and Geoplanidae (Geoplaninae, Caenoplaninae and Pematoplaninae) are detailed in Systematic Account on the various taxa. Previous taxonomical studies of Taiwan land planarians are discussed. Based on material collected by Lue in 1982-1985, Lee in 2002, and Wu, Tsai and Lin in 2002, this preliminary study identified a total of 18 species: one species of *Bipalium kewense* Moseley, 1878 and 13 species of *Diversibipalium* from the family Bipaliidae, one species from the family Rhynchodemidae; two species

from the subfamily Caenoplaninae, family Geoplanidae and one species of *Australopacifica* from the subfamily Caenoplaninae, family Geoplanidae. For each species, the material examined, description, distribution in Taiwan, remarks and specimen figures (if available) are provided in order to promote further studies on the Taiwanese land planarian fauna.

摘要

本文備有現有陸生渦蟲分類大綱，並在系統分類(systematic account)部門詳述各科和亞科之定義。科及亞科擬命名如下：廣頭地渦蟲科(Bipaliidae)；雙眼地渦蟲科(Rhynchodemidae)含有雙眼地渦蟲亞科(Rhynchodeminae)和小雙眼地渦蟲亞科(Microplaninae)；多眼地渦蟲科(Geoplanidae)含有多眼地渦蟲亞科(Geoplaninae)、青色多眼地渦蟲亞科(Caenoplaninae)和狹蹠多眼地渦蟲亞科(Pelmatoplaninae)。本文也描述台灣陸生渦蟲研究歷史。根據呂(1982-1985)、李(2002)和吳、蔡、林(2002)採集材料，經鑑定共有18種：1種已確實定名為*Bipalium kewense* Moseley, 1878；其餘17種尚未確實定名—13種屬於廣頭地渦蟲科之*Diversibipalium*屬、1種(屬名未定)屬於雙眼地渦蟲科、2種(屬名未定)屬於青色多眼地渦蟲亞科和1種屬於青色多眼地渦蟲亞科的*Australopacifica*屬。為促進將來台灣陸生渦蟲的研究，每一種紀錄備有檢驗材料、描述、在台灣的分佈、觀察和照片(僅10種)。

Key words : taxonomy, Taiwan land planarians, Bipaliidae, Rhynchodemidae, Geoplanidae

關鍵詞 : 分類、台灣陸生渦蟲、廣頭地渦蟲科、雙眼地渦蟲科、多眼地渦蟲科

Received: September 6, 2004

Accepted: March 22, 2005

收件日期：93年9月6日

接受日期：94年3月22日

Introduction

The present status of taxonomic studies of land planarians

Land planarians have been studied for the past 150 years or more. von Graff (1899) published the first Monograph for this group of animals. During 1912-1917 he also published a comprehensive review in the Bronn's Klassen

und Ordnungen des Tier-Reichs. Next to these fundamental but classical studies, several European and American authors published their taxonomic studies while in Asia, Kaburaki (1920a, 1920b, 1922a, 1922b) was the first specialist in this research field (cf. Kawakatsu 1991; Kawakatsu and Lue 1984; Lue and Kawakatsu 1986; Kawakatsu *et al.* 2001).

The most important taxonomic characters for identification of land planarians reside in the

anatomy and histology of their copulatory apparatus. Although this identification method was established already in the late 19th Century, nevertheless, numerous land planarians were described as new species based on the external morphology of non-sexual specimens. In addition, these published records, notes, and information are scattered in various journals and magazines. All of these greatly complicate the construction of a modern classification of this group of animals.

Recent modern taxonomic review of land planarians were published by Ogren, Kawakatsu, Froehlich and Jones in their serial articles entitled the "Land Planarian Indices Series" (Ogren and Kawakatsu 1987, 1988, 1990, 1991; Ogren *et al.* 1992, 1997; Kawakatsu and Sasaki 2001; Kawakatsu *et al.* 2001, 2002, 2003) (see the last part of Literature Cited in the present publication). This series has been published annually since 1987, containing a complete list of published literature on land planarians.

Land planarians belong to the phylum Platyhelminthes, class "Turbellaria" (non homogenous group at present), order Seriata Bresslau 1933, suborder Tricladida Lang 1884, infraorder Terricola Hallez 1892. According to Ogren *et al.* (1997), the Terricola (land or terrestrial planarians) is now classified into 3 families and 5 subfamilies: Bipaliidae von Graff, 1896, Rhychodemidae von Graff, 1896 (with 2 subfamilies: Rhychodeminae Corrêa, 1947 and Microplaninae Pantin, 1953), and family Geoplanidae Stimpson, 1857 (with 3 subfamilies: Geoplaninae Stimpson, 1857; Caenoplaninae Ogren & Kawakatsu, 1991; Pelmatoplaninae Ogren & Kawakatsu, 1991). For the familial and subfamilial definitions, see

Systematic Account. For the geographical distribution ranges, see Ogren *et al.* (1992: 99-103, pls. I-IV, and also Kawakatsu *et al.* 2001 in web articles).

According to Ogren *et al.* (1997, 4 tables), a total of 44 genera and 808 species were reported in the above-mentioned 3 families and 5 subfamilies. Among these known species, nearly half of them (ca. 53.9% of the whole) were described adequately on the basis of sexually matured specimens with a reproductive apparatus, the rest of 46.1% was described insufficiently on the basis of non-sexual or immature specimens. Additionally, several new species and a few genera were reported after the year 1998.

It must be emphasized that numerous species of land planarians described cursorily in the past 230 years are actually poorly known. Their external features are incompletely known and internal, anatomical features are totally unknown. Because of this they cannot be accurately placed in one of the currently known genera.

Therefore, Kawakatsu and his coauthors proposed 5 collective groups for these poorly known species (genera without type species, ICZN, 3rd Ed., 1985, Art. 42c, i; ICZN, 4th Ed., 1999, Art. 42.3.1). They are as follows:

Diversibipalium Kawakatsu, Ogren, Froehlich & Sasaki, 2002, for *Bipalium* species inquirendae.

Anisorhynchodemus Kawakatsu, Froehlich, Jones, Ogren & Sasaki, 2003, for *Rhychodemus* species inquirendae.

Statomicoplana Kawakatsu, Froehlich, Jones, Ogren & Sasaki, 2003, for *Microplana* species inquirendae.

Pseudogeoplana Ogren & Kawakatsu, 1990, for *Geoplana* species inquirendae from North, Central and South America.

Australopacifica Ogren & Kawakatsu, 1991, for *Geoplana* species inquirendae from Australia and Pacific.

Many species for which only external features are known cannot be assigned to the appropriate genera, but they should be placed in one of these 5 collective groups until their anatomical features are described. Species incertae sedis and undescribed species should also be placed in one of these collective groups.

In the family Bipaliidae, 4 genera are currently known, including the collective group *Diversibipalium*. The other 3 genera are: *Bipalium* Stimpson, 1857, *Novibipalium* Kawakatsu, Ogren & Froehlich, 1998, and *Humbertium* Ogren & Sluys, 2001. Although the generic separation of the bipaliid species by their external appearance is impossible, the external morphology of each animal (i.e., shape of head, coloration, color patterns and longitudinal stripes on both dorsal and ventral sides of body) may have secondary taxonomic value. A tentative separation of the samples as different *Diversibipalium* species (spp.) sometimes is possible. The same may hold true in the families Rhynchodemidae and Geoplanidae. For this reason, a detailed description of external morphology of presently

unidentified animals will contribute to the future progress in land planarian taxonomy.

For the correct identification of the material, several sets of serial sections of fully sexually mature specimens will be necessary. Usually, sagittal sections of the prepharyngeal, pharyngeal and copulatory apparatus pieces will be prepared for microscopic examination of histology and reconstruction of the anatomy of the copulatory apparatus. Additional transverse sections of a part of the prepharyngeal region are also necessary for the examination of body muscle layers. Horizontal sections of the copulatory apparatus are also desirable for close examination of the genital anatomy.

Previous studies on Taiwan land planarians and the purposes of this preliminary study

Kaburaki (1922a) studied the taxonomy of planarians of Japan, reporting two bipaliid species from the vicinity of Taipei, Taiwan, of which one is a new species *Bipalium ruteofulvum* and the other is "*Placocephalus virgatus* (Stimpson)" (nec *Bipalium virgatum* Stimpson, 1857). Later, he also added another occurrence of "*P. virgatus*" from the vicinity of Taipei (Kaburaki 1922b). His identifications of *B. ruteofulvum* and "*P. virgatus*" were based merely on the external morphology of non-sexual immature specimens.

Kawakatsu *et al.* (1985, 1986) reported additional localities of Taiwan land planarians. Although he prepared serial histological sections of the additional specimens for later study, he had not been able to study these material prior to his retirement in 1999. These serial histological sections are now deposited at the Zoological

Museum, University of Amsterdam.

Winsor (1983) considered that "*Placoccephalus virgatus*" (sensu Kaburaki 1922a, 1922b) is conspecific with the cosmopolitan species *Bipalium kewense* Moseley, 1878. This opinion is now accepted among turbellariologists (Ogren *et al.* 1997; Kawakatsu and Sasaki 2001; Kawakatsu *et al.* 2005).

Kaburaki's (1922a) *Bipalium ruteofulvum* is now tentatively classified as *Diversibipalium ruteofulvum*, a species inquirenda (Kawakatsu *et al.* 1998; Kawakatsu and Sasaki 2001; Kawakatsu *et al.* 2005; Kawakatsu *et al.* 2005a). In addition, Stimpson's (1857) *B. virgatum*, a species inquirenda, was reported from the Ryûkyû Islands in the Southwest Islands of Japan (Ogren and Kawakatsu 1987; Kawakatsu and Sasaki 2001). *B. virgatum* is now classified as *D. virgatum* (Stimpson 1857).

For a more detailed taxonomic history of Taiwan land planarians, see a bibliographic web article by Kawakatsu *et al.* (2005).

The present report aims to present a general outline of the modern taxonomy of land planarians, together with the tentative taxonomic results for this animal group in Taiwan. Part of the detailed taxonomic study (Lue's 1985-1986 Collection) will be published in detail elsewhere.

This preliminary study on Taiwan land planarians is based on material collected by Lue in the 1980's, Lee in 2002, and Wu, Tsai and Lin in 2002 (Table 1). For each species, material examined, locality, brief diagnostic character, figures (Fig.1 except Lue's samples, i.e. *Diversibipalium* spp. 沱-汭 which were strongly contracted and partly broken in some cases), distribution and remarks are provided. The distribution map (Fig. 2) shows the known

localities of land planarians in Taiwan. This report is also intended to promote further studies on the Taiwanese land planarian fauna.

Material and Methods

Lue's collection from the 1980's (eight unidentifiable bipaliids from 13 localities) was assigned with Kawakatsu's Specimen Lot Number (abbreviated as KSL) (Table 1). After photographing the animals, histological sections (7-8 micrometers, stained with Delafield's hematoxylin-eosin) were prepared for taxonomic study by Kawakatsu at the Fuji Women's College, Sapporo, Japan. Upon the retirement of Kawakatsu in March, 1999, the serial sections of about 800 glass slides and images, including sketch figures, monochrome films, etc. were transferred to Sluys' laboratory at the University of Amsterdam, The Netherlands.

The recent collections of preserved specimens and color transparencies made by Lee, Wu, Tsai and Lin in 2002 (Table 1) were also deposited at Sluys' laboratory.

Systematic Account

Order Seriata Bresslau, 1933

Suborder Tricladida Lang, 1884

Infraorder Terricola Hallez, 1892

Family Bipaliidae von Graff, 1896

Land planarians having a broad, transverse, head plate, possessing numerous small eyes along the border and having the creeping sole begin at the base of the head piece. The

Table 1. Taiwan land planarians used for this preliminary study[©]

Sta#	KSL#	GPS#	Spec#	Locality	Date collected	Tentative classification
59	1695	—	1*	Taipei City: Normal Taiwan Univ.	1982/07/09	<i>Diversibipalium</i> sp. 1
60	1753	—	1*	Taipei City: Normal Taiwan Univ.	1984/09/	<i>Diversibipalium</i> sp. 2
61	1694	—	1*	Taipei County: Shiting	1982/06/27	<i>Diversibipalium</i> sp. 1
62	1749	—	1+	Hualien County: Lienhua Pond	1983/06/25	<i>Diversibipalium</i> sp. 3
63	1750	—	1+	Hualien County: Chilai, Mt. Hohoan	1983/08/08	<i>Diversibipalium</i> sp. 4
64	1693	—	1+	Chiayi County: Mt. Ali	1982/06/21	<i>Diversibipalium</i> sp. 4
65	1751	—	1+	Chiayi County: Mt. Ali	1983/11/09	<i>Diversibipalium</i> sp. 5
66	1752A	—	1+	Pingtung County: Mt. Wutou	1983/01/24	<i>Diversibipalium</i> sp. 6
67	1752B	—	1+	Pingtung County: Mt. Wutou	1983/01/24	<i>Diversibipalium</i> sp. 7
79	1807-08	—	2+*	Taipei County: Harpen near Ulai	1985/07/30	<i>Diversibipalium</i> sp. 1
80	1809	—	1+	Nantou County: Tienchi, Nengkau	1985/07/26	<i>Diversibipalium</i> sp. 8
81	1810	—	1+	Nantou County: Tienchi, Nengkau	1985/07/26	<i>Diversibipalium</i> sp. 5
82	1811	—	2+*	Nantou County: Patongkoan	1985/07/04	<i>Diversibipalium</i> sp. 5
14	—	—	1+?	Chiayi County: Mt. Ali	2002/07/	<i>Bipalium kewense</i>
15	—	—	1+	Chiayi County: Mt. Ali	2002/07/	<i>Diversibipalium</i> sp. 9
16	—	—	1+?	Taichung City	2002/10/	<i>Diversibipalium</i> sp. 10
17	—	—	1*?	Taichung City	2002/10/	Rhynchodemidae sp. 1
18	—	—	1+?	Taichung City	2002/10/	<i>Australopacifica</i> sp. 1
19	—	232	2++?	Nantou County: South of Wushe	2002/10/17	<i>Diversibipalium</i> sp. 11
19	—	232	1+?	Nantou County: South of Wushe	2002/10/17	<i>Diversibipalium</i> sp. 12
19	—	232	1+	Nantou County: South of Wushe	2002/10/17	<i>Diversibipalium</i> sp. 13
19	—	232	1+?	Nantou County: South of Wushe	2002/10/17	?Caenoplaninae sp. 1
20	—	217	1*?	Nantou County: South of Wushe	2002/10/16	?Caenoplaninae sp. 2

[©]Sexually matured (+), immature (*), questionable (?); Sta. Nos. 59-67, 79-82 were collected by Lue; Sta. Nos. 14-18 were collected by Lee; Sta. Nos. 19-20 were collected by Wu, Tsai & Lin.

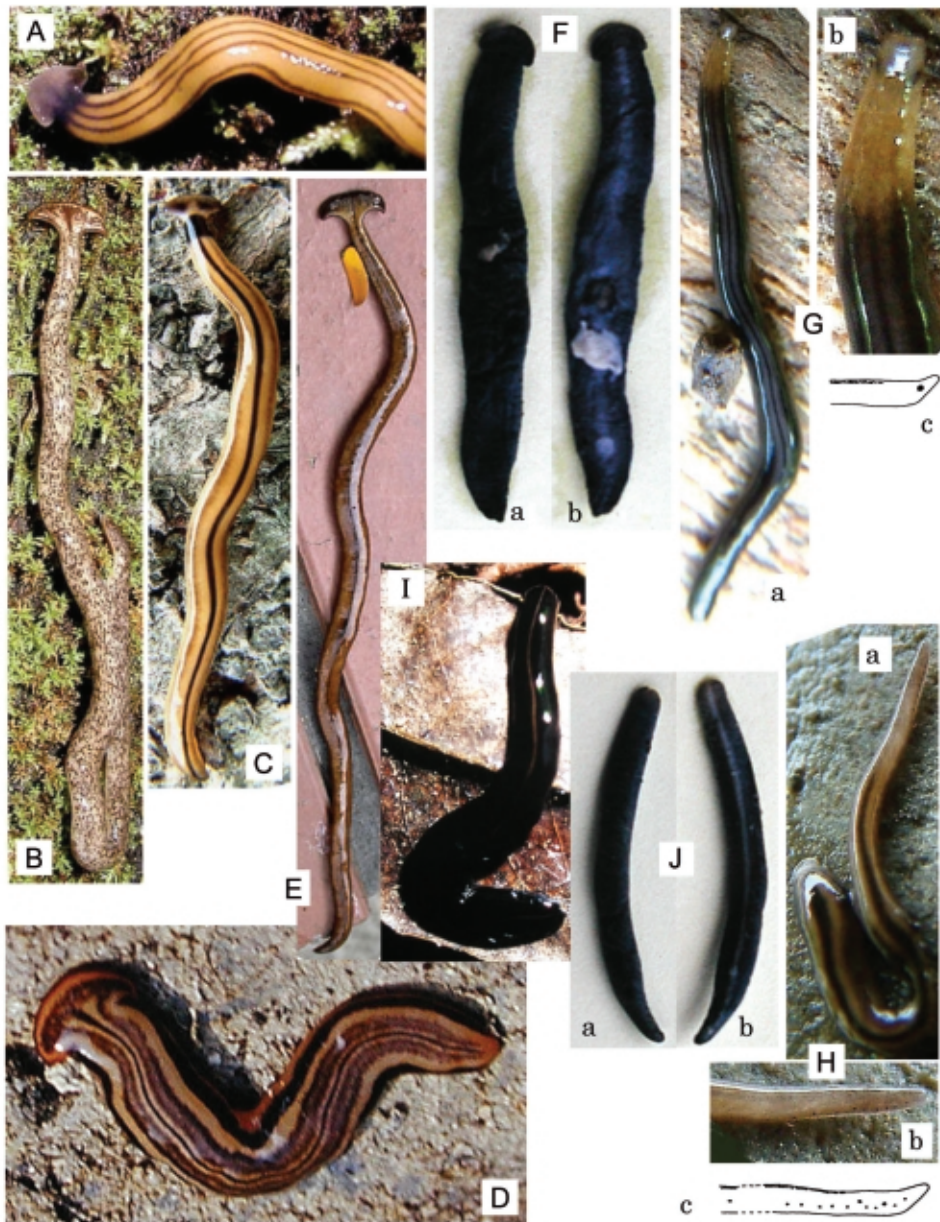


Fig. 1. External features of Taiwan's land planarians: A. *Bipalium kewense* Moseley, 1878; B. *Diversibipalium* sp. 9; C. *Diversibipalium* sp. 10; D. *Diversibipalium* sp. 11; E. *Diversibipalium* sp. 12; F. *Diversibipalium* sp. 13 (a, dorsal view; b, ventral view); G. Rhynchodemidae sp. 1 (a, dorsal view; b, dorsal view of the anterior part of the body; c, a sketch of the side view of the head; notice the large, right-side eye.); H. *Australopacifica* sp. 1 (a, dorsal view; b, side view of the anterior part of the body; c, a sketch of the side view of the head; notice many small eyes on the right side of the head); I. ?Caenoplaninae sp. 1; J. ?Caenoplaninae sp. 2 (a, dorsal view; b, ventral view).

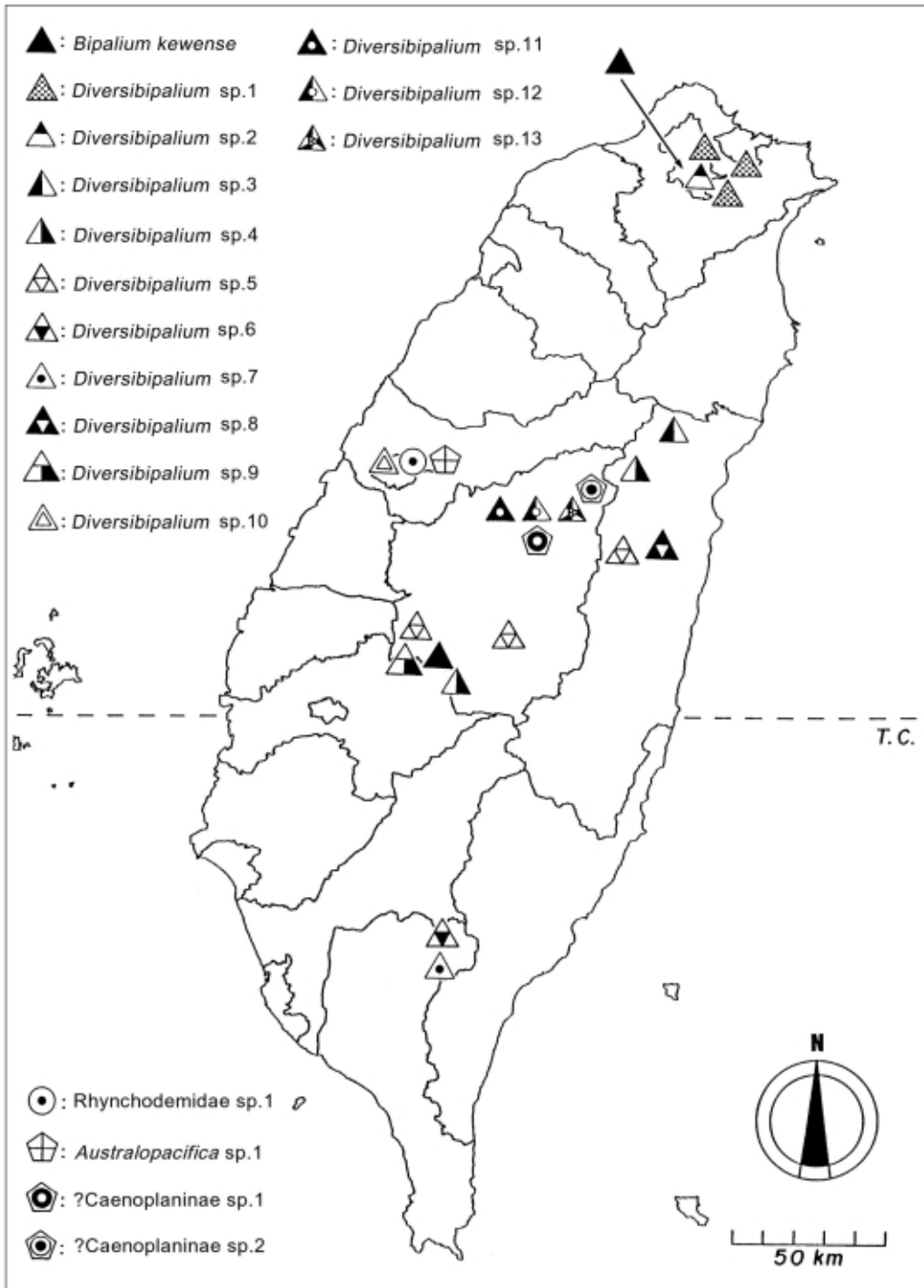


Fig. 2. The geographical distribution of Taiwan land planarians (from Kaburaki, 1922a and b; Kawakatsu *et al.* 1985; and the present study; the Taiwan map also showing county and city lines and adjacent islands).

copulatory organs are simple, without accessory ducts, or copulatory bursa, while the male and female exit ducts are separated by a fold of tissue before they enter the common genital antrum. (Ogren and Kawakatsu 1987: 79-80.)

Genus *Bipalium* Stimpson, 1857

Bipalium kewense Moseley, 1878

Fig. 1A

Material Examined:

Chiayi County: Mt. Ali at elevation 2,600 m: Station 14 (Lee collection).

Description:

The living sexual matured (?) specimen with a typical appearance of *Bipalium kewense*: a semicircular head, pale brownish purple in color with a pair of moderately developed auricles and a pair of dark, narrow transverse patches at the "neck", 5 longitudinal stripes on dorsal side (1 mid-dorsal, 2 laterals and 2 marginals abbreviated as 1 md + 2 la + 2 mg) (Fig. 1A), 2 longitudinal lateral stripes (abbreviated as 2 vla) on ventral side.

Distribution in Taiwan:

Taipei City and its vicinity (Kaburaki, 1922a, b); Mt. Ali.

Remarks:

This cosmopolitan bipaliid species has been considered as one of the old exotic animals in Taiwan. However, judging from Kaburaki's (1922a, 1922b) *Bipalium reteofulvum* (= *B. kewense*) and Lue's samples from Taipei City and its vicinity, this species might be a natural habitant of Taiwan. In recent years *B. kewense*

may have expanded its range by asexual reproduction and through the commercial distribution of potted garden plants (Kawakatsu *et al.* 2001).

Genus *Diversibipalium* Kawakatsu, Ogren, Froehlich & Sasaki, 2002

In this section, descriptions of *Diversibipalium* spp. 沝-洄 are based upon the data presented in two previous papers (Kawakatsu *et al.* 1985: 120-122, fig. 8 and 1986: 70-71, fig. 6).

Diversibipalium sp. 1

Material Examined:

Taipei City: Campus of Taiwan Normal University (KSL No. 1965).

Taipei County: Shiting (KSL No. 1694); Harpen near Ulai (KSL Nos. 1807 and sexual specimen 1808).

Description:

Body 32-150 mm long and 2-4 mm wide; pale yellowish brown (fixed in Bouin's fluid); three or 5 longitudinal stripes (1 md + 2 la + 2 mg) on dorsal side and 2 longitudinal stripes (2 vla) on ventral side.

Distribution in Taiwan:

Taipei City.

Taipei County: Shiting, Harpen near Ulai.

Remarks:

It is highly probable that *Diversibipalium* sp. 1 is conspecific with *Bipalium kewense* (see "Remarks" on *B. kewense* above).

Diversibipalium sp. 2

Material Examined:

Taipei City: Campus of College of Science, Taiwan Normal University (KSL No. 1753).

Description:

The single sexual immature specimen measured 62 mm long and 2.5 mm wide. Live specimen pale yellowish brown above, with a single mid-dorsal longitudinal stripe (1 md), no stripes on ventral side, lateral margins of body slightly serrulate.

Distribution in Taiwan:

Taipei City.

Remarks:

5S rRNA has been sequenced by Dr. H. Hori of Nagoya University, Nagoya, Japan (Kawakatsu personal communication).

Diversibipalium sp. 3

Material Examined:

Hualien County: The vicinity of Lienhua Pond along the East-West Cross Mountain Highway at elevation 1,100m (KSL No. 1749).

Description:

The single sexual specimen (fixed in Bouin's fluid) measured 52 mm long and 2.5 mm wide. Body pale-yellowish brown with 5 longitudinal stripes (1 md + 2 la + 2 mg) on dorsal side and 2 longitudinal stripes (2 vla) on ventral side.

Distribution in Taiwan:

The Central Mountain Range: Lienhua

Pond, Hualien County.

Diversibipalium sp. 4

Material Examined:

Hualien County: Mt. Hohoan at the vicinity of Chilai Cottage, elevation 3,200m (KSL No. 1750).

Chiayi County: Mt. Ali at elevation 2,100m (KSL No. 1693).

Description:

The sexual specimens (fixed in Bouin's fluid) measured 25-29 mm long and 3.5-4 mm wide. Body pale yellowish brown with 2 thin mid-dorsal and 2 wide lateral longitudinal stripes (2 md + 2 la) on dorsal side, no ventral stripe, lateral margin slightly serrulate.

Distribution in Taiwan:

The Central Mountain Range: Mt. Hohoan and Mt. Ali.

Diversibipalium sp. 5

Material Examined:

Chiayi County: Mt. Ali at elevation 2,100m (KSL No. 1751).

Nantou County: The vicinity of Nengkau Tienchi at elevation 2,900m (KSL No. 1810); Patongkuan at elevation 2,800m (KSL No. 1811a, b).

Description:

The sexual specimens measured 45-92 mm long and 6-9 mm wide and asexual specimens (fixed in Bouin's fluid) measured 43 mm long and 3 mm wide. Body blackish grayish on both

dorsal and ventral sides.

Distribution in Taiwan:

The Central Mountain Range: Nengkau Trail in Chiayi and Nantou Counties.

Diversibipalium sp. 6

Material Examined:

Pingtung County: The vicinity of Lake Takuei, Mt. Wutou at elevation 2,280m (KSL No. 1752 A).

Description:

The single sexual specimen (fixed in Bouin's fluid) measured 31 mm long and 4 mm wide. Body yellowish orange brown with a pair of brown deltoid marks on head plate and 2 longitudinal blackish brown marginal stripes (2 mg) on dorsal side and no stripe on ventral side.

Distribution in Taiwan:

The Central Mountain Range: Mt. Wutou, Pingtung County.

Diversibipalium sp. 7

Material Examined:

Pingtung County: The vicinity of Lake Takuei, Mt. Wutou at elevation 2,280m (KSL No. 1752 B).

Description:

The single sexual specimen (fixed in Bouin's fluid) measured 23 mm long and 3 mm wide. Body pale gray on both dorsal and ventral sides, lateral margin serrulate.

Distribution in Taiwan:

The Central Mountain Range: Mt. Wutou, Pingtung County.

Diversibipalium sp. 8

Material Examined:

Nantou County: The vicinity of Nengkau Trail, Tienchi at elevation 2,900m (KSL No. 1809).

Description:

The single sexual specimen (fixed in Bouin's fluid) measured 35 mm long and 3.5 mm wide. Body nearly black on dorsal side and dark brown with a pair of wide reddish-brown longitudinal band (2 vla) on ventral side.

Distribution in Taiwan:

The Central Mountain Range: Nengkau Trail.

Diversibipalium sp. 9

Fig. 1B

Material Examined:

Chiayi County: Mt. Ali at elevation 2,600m: Station 15 (Lee collection).

Description:

The living sexual specimen measured 200 mm long and 8 mm wide, with a conspicuous, crescent-shaped head and well-developed and pointed auricles. Body pale brown with numerous small dark brown spots on dorsal side.

Distribution in Taiwan:

The Central Mountain Range: Mt. Ali.

Diversibipalium sp. 10

Fig. 1C

Material Examined:

Taichung City: Station 16 (Lee Collection).

Description:

The living sexual (?) specimen measured 20-30 mm long and 2 mm wide, with a crescent-shaped head, moderately developed, non-recurved auricles, and a pair of indistinct, blackish spots on head plate. Body is pale yellowish brown with 3 longitudinal stripes (1 md + 2 la) on dorsal side, "neck" with a wide black band.

Distribution in Taiwan:

West side of the Central Taiwan.

Diversibipalium sp. 11

Fig. 1D

Material Examined:

Nantou County: Roadside on Hwy 83 at 16 km sign (Wu *et al.* Collection: GPS No. 232).

Description:

Two living sexual (?) specimens measured about 18 mm long and 3 mm wide, with a large, lunate head and well-developed and recurved auricles. Brownish body rather stocky with bluntly pointed posterior end, a blackish, mid-dorsal longitudinal stripe with an oblongate anterior end at the head plate, a dark, broad, bipaliid-shaped pattern around the mid-dorsal stripe, a pair of blackish lateral stripes, the margin of the head and auricles surrounded by an inner, crescent-shaped, orange brown band

and outer, thin, semicircular edge, two conspicuous rather broad and blackish marginal stripes. Color pattern: 1 md + 2 la + 2 mg.

Distribution in Taiwan:

The Central Mountain Range: Wushe area.

Diversibipalium sp. 12

Fig. 1E

Material Examined:

Nantou County: Roadside on Hwy 83 at 16 km sign, south of Wushe (Wu *et al.* Collection: GPS No. 232).

Description:

The living sexual (?) specimen measured 100 mm and 5 mm wide, with a very large, lunate head and a pair of well-developed and recurved auricles. The entire head plate is dark brown. The brownish gray body with a thin, blackish mid-dorsal stripe reaching the anterior end of the head, and a pair of thin, blackish marginal stripes (1 md + 2 mg).

Distribution in Taiwan:

The Central Mountain Range near the Wushe area.

Remarks:

The coloration of head plate is frequently different from that of dorsal side of the body. The differing color patterns between head plate and body have a great value in the land planarian taxonomy.

Diversibipalium sp. 13

Figs. 1F (a, b)

Material Examined:

Nantou County: Roadside on Hwy 83 at 16 km sign, south of Wushe (Wu *et al.* Collection: GPS No. 232).

Description:

The fixed sexual specimen measured 25 mm long and 3.5 mm wide, with a rotundate head and a pair of rather short rounded auricle. Dark blue body (both dorsal and ventral sides) rather stocky and without stripes.

Distribution in Taiwan:

The Central Mountain Range near the Wushe area.

Family Rhynchodemidae von Graff, 1896

Land planarians of elongate cylindroid form with two eyes near the simple, tapered anterior end; no tentacles or head plate; with well-defined creeping sole occupying part of the ventral surface. Anterior end may have a sucker organ on ventral surface (*Cotyloplana*). (Ogren and Kawakatsu 1988: 44.)

Subfamily Rhynchodeminae Corrêa, 1947

Rhynchodemidae with strong cortical musculature in which the subepithelial longitudinal muscle fibers are grouped into large, definite bundles; penis papilla absent or greatly reduced (*Platydemus* in part). (Ogren and Kawakatsu 1988: 44.)

Subfamily Microplaninae Pantin, 1953

Rhynchodemidae of generally short, plump,

cylindroid form, anterior end often blunt; eyes often small or may be retrogressed; body wall with weak subepithelial musculature consisting of thin outer circular layer and single layer of longitudinal fibers inconspicuously developed and not aggregated into large bundles; male copulatory organ often complicated with well-developed penis papilla; female copulatory organ simple or complex, may have genito-intestinal connection, with or without seminal bursa with one or more exits. (Ogren and Kawakatsu 1988: 46.)

Rhynchodemidae sp. 1

Figs. 1G (a, b, c)

Material Examined:

Taichung City: Station 17 (Lee Collection).

Description:

The living immature (?) specimen measured 20 mm long and 2 mm wide in a tube-like shape. The bluntly pointed head is yellowish-orange in color with a pair of eyes near the anterior end; the rest of the body bluish in color with a conspicuous blackish mid-dorsal longitudinal stripe (1 md).

Distribution in Taiwan:

West-Central Taiwan.

Remarks:

The two-eyed animal is undoubtedly a member of the family Rhynchodemidae. The subfamily and genus are not known until microscopic examination of subepidermal muscle layers and genital morphology is studied.

Family Geoplanidae Stimpson, 1857

Land planarians having numerous small eyes concentrated around the anterior, and along the sides, sometimes located dorsally, or without eyes; without auricular or tentacular organs, or semilunar headplate. (Ogren and Kawakatsu 1990: 83.)

Subfamily Geoplaninae Stimpson, 1857

Geoplaninae with broad ciliated creeping sole covering most of ventral surface (or sparse body cilia as in the *Geobia*); mouth just behind midbody (since in *Polycladus* mouth is in posterior fourth); dorsal testes; subepithelial or cutaneous longitudinal musculature, well developed, arranged in bundles; longitudinal parenchymal muscle absent, or not well developed, nor forming a ring zone. (Ogren and Kawakatsu 1990: 83.)

Subfamily Caenoplaninae Ogren &
Kawakatsu, 1991

Geoplanidae of testes ventrally situated; subepithelial longitudinal musculature in large bundles; mouth in third quarter; eyes often in single row around anterior, continuing posteriorly ; but not usually extending dorsally. (Ogren and Kawakatsu 1991: 28).

?Caenoplaninae sp. 1

Fig. 1I

Material Examined:

Nantou County: Roadside on Hwy 83 at 16 km sign, south of Wushe (Wu *et al.* Collection:

GPS No. 232).

Description:

The living sexual (?) specimen measured 50 mm long and 5 mm wide, with a small, rotundate head without conspicuous auricles. Body is dark brown to blackish, rather stocky with bluntly pointed posterior end. Anterior edge of head and margin of body with a thin dark-orange line. Except for the regions of pharynx and copulatory apparatus, this species has a rather wide, dark orange mid-dorsal longitudinal stripe. Color pattern: 1 md + 2 mg.

Distribution in Taiwan:

The Central Mountain Range near the Wushe area.

Remarks:

Examination of the preserved specimens is necessary for identification of this sample.

?Caenoplaninae sp. 2

Figs. 1J (a, b)

Material Examined:

Nantou County: Roadside on Highway 85 (=Hocho Agriculture Route) at 1.2 km place, north of Wushe (Wu *et al.* Collection: GPS No. 217).

Description:

The living asexual (?) specimen measured 40 mm long and 4 mm wide, with a rotundate head without auricles (slightly damaged). Dark blue body is slender with pointed end.

Distribution in Taiwan:

The Central Mountain Range near the Wushe area.

Remarks:

Examination of the preserved specimen is necessary for identification of this sample.

Genus *Australopacifica* Ogren & Kawakatsu, 1991

Australopacifica sp. 1
Figs. 1H (a, b, c)

Material Examined:

Taichung City: Station 18 (Lee Collection).

Description:

The living sexual (?) specimen measured 43 mm long and 2 mm wide, with a rather pointed head of pale-grayish brown in color and several small eye spots at both sides of the head; the rest of body had grayish brown coloration with a rather wide, blackish mid-dorsal stripe (except for head) and a pair of thin, blackish lateral stripes (1 md + 2 la).

Distribution in Taiwan:

West-Central Taiwan.

Remarks:

Examination of the preserved specimen is necessary for identification.

Subfamily Pelmatoplaninae Ogren & Kawakatsu, 1991

Geoplanidae of elongated narrow body with tapered anterior; numerous eyes clustered along

sides of anterior, but usually not extending behind the mouth; cylindrical pharynx; creeping sole narrow, about 25% of ventral area; testes ventral; tegmentary subepithelial longitudinal muscle weak not in bundles; parenchymal longitudinal musculature very strong and forming annular ring zone; male copulatory organ with a well-developed penis papilla. (Ogren and Kawakatsu 1991: 33.)

Literature Cited

- Bresslau, E. 1933. Vermes Amera: Plathelminthes: Turbellaria. *In*: Kukenthal, W. and T. Krumbach. (eds.) Handbuch der Zoologie, Volume II, Part 1. xiv + 52-320. Walter de Gruyter & Co., Berlin.
- Corrêa, D. D. 1947. A primeira *Dolichoplana* (Tricladida Terricola) do Brasil. *Boletins da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, Zoologia* (12): 52-82.
- Hallez, P. 1892. Catalogue des Turbellariés (Rhabdocoelides, Triclades et Polyclades) du Nord de la France & de la Cote Boulonnaise. *Introduction au Catalogue des Triclades. Revus Biologique du Nord de la France* 4: 304-326.
- International Commission on Zoological Nomenclature. 1985. *International Code of Zoological Nomenclature, Third Edition* adopted by the XX General Assembly of the International Union of Biological Sciences. Pp. i-xx + 1-338. The International Trust for Zoological Nomenclature in association with British Museum (Natural History), London.
- International Commission on Zoological

- Nomenclature. 1999. International Code of Zoological Nomenclature, Fourth Edition adopted by the International Union of Biological Sciences. Pp. i-xxix + 1-306. The International Trust for Zoological Nomenclature 1999. c/o The Natural History Museum, London.
- Kaburaki, T. 1920a. On the occurrence of *Placocephalus javanus* (Loman) in Siam. Records of the Indian Museum 19 (2): 39-40.
- Kaburaki, T. 1920b. On the terrestrial planarians from the Islands of Mauritius and Rodriguez; with a note upon the canal connecting the female genital organ with the intestine. Quarterly Journal of the Microscopic Society 65: 129-155.
- Kaburaki, T. 1922a. On the terrestrial planarians from Japanese territories. Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo 44 (4): 1-54.
- Kaburaki, T. 1922b. Notes on some terrestrial planarians. Annotationes Zoologicae Japonenses 10: 155-159.
- Kawakatsu, M. 1991. History of the study of Turbellaria in Japan. Hydrobiologia 227: 389-398.
- Kawakatsu, M., E. M. Froehlich, H. D. Jones, R. E. Ogren and Gen-yu Sasaki. 2003. Miscellaneous papers on Turbellarians. Article II. Additions and corrections of the previous land planarian indices of the world (Turbellaria, Seriata, Tricladida, Terricola). Additions and Corrections, etc. -11. Bulletin of Fuji Women's University (41) II: 97-114. Digital version is: <http://planarian.net/db/lpindex/ix2003.pdf>
- Kawakatsu, M. and K. Y. Lue. 1984. History of the Study of Turbellaria in China. Part 2. Age of studies by Japanese and Chinese turbellariologists. Bulletin of Fuji Women's College (22) II: 105-117.
- Kawakatsu, M., K. Y. Lue, M. Takai, H. Hori, A. Muto and S. Osawa. 1985. A new series of studies on the freshwater and land planarians from Taiwan. I. An additional list of localities (1980-1984). Bulletin of Fuji Women's College (23) II: 111-125.
- Kawakatsu, M., K. Y. Lue, M. Takai, H. Hori, A. Muto and S. Osawa. 1986. A new series of studies on the freshwater and land planarians from Taiwan. III. An additional list of localities (1985-1986). Bulletin of Fuji Women's College (24) II: 63-74.
- Kawakatsu, M., R. E. Ogren and E. M. Froehlich. 1998. The taxonomic revision of several homonyms in the genus *Bipalium*, family Bipaliidae (Turbellaria, Seriata, Tricladida, Terricola). Bulletin of Fuji Women's College (36) II: 83-93.
- Kawakatsu, M., R. E. Ogren, E. M. Froehlich and H. Murayama. 2001. On the places of origin of three, very large bipaliid land planarians from Japan (Turbellaria, Seriata, Tricladida, Terricola). Shibukitsubo (Niigata Shell Club) (22): 39-52. Digital versions are: <http://www.ct.sakura.ne.jp/~gen-yu/lp/shibukitsubo/lp.html> and <http://www.ct.sakura.ne.jp/~gen-yu/lp/shibukitsubo/lp.pdf>
- Kawakatsu, M., R. E. Ogren, E. M. Froehlich and G. Y. Sasaki. 2002. Miscellaneous papers on Turbellarians. Article II. Additions and corrections of the previous land palanarian indices of the world (Turbellaria, Seriata, Tricladida, Terricola).

- Additions and corrections, etc. -10. Bulletin of Fuji Women's University (40) II: 162-177. Digital version is: <http://planarian.net/db/lpindex/ix2002.pdf>
- Kawakatsu, M. and G. Y. Sasaki. 2001. An electronic reproduction of the late Dr. T. Kaburaki's three color plates attached to his 1922 papers on Japanese marine, freshwater and land planarians (Platyhelminthes, Turbellaria, Tricladida), with a taxonomic commentary. Web article: <http://planarian.net/kswp/36/kaburaki.pkf>
- Kawakatsu, M., R. Sluys, and R. E. Ogren. 2005. Seven new species of land planarian from Japan and China (Platyhelminthes, Tricladida, Bipaliidae), with a morphological review of all Japanese bipaliids and a biogeographic overview of Far Eastern species. *Belgian Journal of Zoology* 135. (In press)
- Kawakatsu, M., S. K. Wu, R. Sluys and G. Y. Sasaki. 2005a. An annotated bibliography of Taiwan land planarians, with lists of linked papers on this animal group. Web article only. <http://planarian.net/kswp/45/taiwan.pdf>
- Lang, A. 1884. Die Polycladen (Seeplanarien) des Golfes von Neapel und der angrenzenden Meeresabschnitte. *Fauna und Flora des Golfes von Neapel, Monographie* 11: 1-688. Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- Lue, K. Y. and M. Kawakatsu. 1986. History of the study of Turbellaria in China. Part 1: Ages of Materia Medica and of early expeditions by westerners. *Hydrobiologia* 132: 317-322.
- Moseley, H. N. 1878. Description of a new species of land planarian from the hothouses at Kew Gardens. *Annals and Magazine of Natural History* V (1): 237-239.
- Ogren, R. E. and M. Kawakatsu. 1987. Index to the species of the genus *Bipalium* (Turbellaria, Tricladida, Terricola). *Bulletin of Fuji Women's College* (25) II: 79-119.
- Ogren, R. E. and M. Kawakatsu. 1988. Index to the species of the family Rhynchodemidae (Turbellaria, Tricladida, Terricola). Part I: Rhynchodeminae. *Bulletin of Fuji Women's College* (26) II: 39-91.
- Ogren, R. E. and M. Kawakatsu. 1990. Index to the species of the family Geoplanidae (Turbellaria, Tricladida, Terricola). Part I: Geoplaninae. *Bulletin of Fuji Women's College* (28) II: 79-166.
- Ogren, R. E. and M. Kawakatsu. 1991. Index to the species of the family Geoplanidae (Turbellaria, Tricladida, Terricola). Part II: Caenoplaninae and Pelmatoplaninae. *Bulletin of Fuji Women's College* (29) II: 25-102.
- Ogren, R. E., M. Kawakatsu and E. M. Froehlich. 1992. Additions and corrections of the previous land planarian indices of the world (Turbellaria, Seriata, Tricladida, Terricola). *Bulletin of Fuji Women's College* (30) II: 59-103.
- Ogren, R. E., M. Kawakatsu and E. M. Froehlich. 1997. Additions and corrections of the previous land planarian indices of the world (Turbellaria, Seriata, Tricladida, Terricola). Addendum IV. Geographic locus index: Bipaliidae; Rhynchodemidae (Rhynchodeminae; Microplaninae); Geoplanidae (Geoplaninae; Caenoplaninae; Pelmatoplaninae). *Bulletin of Fuji Women's*

- College (35) II: 63-103.
- Ogren, R. E. and R. Sluys. 2001. The genus *Humbertium* gen. nov., a new taxon of the land planarian family Bipaliidae (Tricladida, Terricola). *Belgian Journal of Zoology* 131 (Supplement 1): 201-204.
- Pantin, C. F. A. 1953. On the name of the ground fluke *Fasciola terrestris* O. F. Müller, on *Othelosoma symondsi* Gray, and on the genus *Ambiplana* von Graff. *Journal of the Linnean Society of London, Zoology* 42: 207-218.
- Stimpson, W. 1857. Prodrum descriptions animalium evertibratorum quae in Expeditione ad Oceanum, Pacificum Septentrionalem a Republica Federata missa, Johanne Rodgers Duce, observavi et descripsit. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 9: 19-31.
- von Graff, L. 1896. Über das System und die geographische Verbreitung der Landplanarien. *Verhandlungen Deutschen Zoologisch Gesellschaft* 6: 75-93.
- von Graff, L. 1899. Monographie der Turbellarien. II. Tricladida Terricola (Landplanarien). Pp. i-ixv + 1-574. Atlas von Achtundfunfzig Tafeln zur Mongraphie der Turbellarien. II. Tricladida Terricola (Landplanarien). Pls. I-LVIII. Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- von Graff, L. 1912-1917. Turbellaria. *In*: Dr. H. G. Bronn's Klassen und Ordnungen des Tier-Reichs, Bd. 4 (Würmer: Vermes), Abt. Ic (Turbellaria), Abt. (Part) 2. Pp. i-xxxvii + 2601-3369; pls. XXXI-LXIV. C. F. Winter'sche Verlagshandlung, Leipzig.
- Winsor, L. 1983. A revision of the cosmopolitan land planarian *Bipalium kewense* Moseley, 1878 (Turbellaria: Tricladida: Terricola). *Zoological Journal of the Linnean Society* 79: 61-100.
- For the complete list of "Land Planarian Indices Series (1987-2004)", see the following web articles:
<http://www.ct.sakura.ne.jp/~gen-yu/pla/lpindex>
<http://www.ct.sakura.ne.jp/~gen-yu/pla/lpindex/ixintro.pdf>
<http://planarian.net>
 (Click the year in planarian indices series: 2001, 2002, 2003, 2004.)

台灣產四種黏液蛞蝓之比較

Comparison of Four Philomycid Slugs (Gastropoda: Stylommatophora: Philomycidae) of Taiwan

蔡奇立¹ 林旭宏¹ 吳錫圭²

Chi-Li Tsai¹, Hsu-Hong Lin¹ and Shi-Kuei Wu²

¹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

²美國科羅拉多大學博物館

¹Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

²University of Colorado Museum, Boulder, CO 80309-0265, USA

摘要

本篇報告針對台灣陸生蝸牛資源調查時，在各地所採集到的黏液蛞蝓34樣本，共21個採集點，進行外觀及生殖系統研究以及棲地分布調查。研究鑑定有2種已紀錄種為雙線蛞蝓 *Meghimatium bilineatum* (Benson, 1842) 和山蛞蝓 *M. fruhstorferi* Collinge, 1901；與2種新紀錄種為蕙花蛞蝓 *M. pictum* (Stoliczka, 1873) 和皺紋蛞蝓 *M. rugosum* (Chen and Gao, 1982)。根據體型大小可分為兩組：(一) 雙線蛞蝓和蕙花蛞蝓為體中型，外觀顏色、體表顏色及一般生殖系統約略相近，但主要差異在於兩性腺大小、儲精囊管長度及陰莖與儲精囊管開口於共殖腔的位置；(二) 山蛞蝓和皺紋蛞蝓為體大型，外觀及生殖系統也相似，主要差別為皺紋蛞蝓有較瘦長的陰莖。上述兩組不但可由體型來區別，也可由完全兩樣的儲精囊管形態及陰莖開口於共殖腔不同位置來區分。

Abstract

During the investigation on Taiwan land snail resource, 34 philomycid slugs were collected from 21 localities. This study examined external appearances and reproductive system; and it recorded habitats and distribution in Taiwan as well. This study identified two already recorded species, *Meghimatium bilineatum* (Benson, 1842) and *M. fruhstorferi* Collinge, 1901 and two newly recorded species *M. pictum* (Stoliczka, 1873) and *M. rugosum* (Chen and Gao, 1982). Based on size, four Taiwan *Meghimatium* can be divided into two groups: 1. *M. bilineatum* and *M. pictum* are medium-sized with almost similar external color pattern and reproductive system as well. The main differences between them are ovotestis size, length of spermathecal duct and the opening position of spermathecal duct, vagina and penis to the

terminal atrium, 2. *M. fruhstorferi* and *M. rugosum* are large-sized with almost similar external appearances and reproductive system but *M. rugosum* can be distinguished from *M. fruhstorferi* in having a longer and narrower penis. The aforementioned two groups can be distinguished not only from differences in size, but also from distinct spermathecal duct morphology and opening position of penis into the terminal atrium.

關鍵詞：黏液蛞蝓科、分類、生殖系統解剖、新紀錄種、台灣

Key words: Philomycidae, taxonomy, anatomy of reproductive system, new record, Taiwan

收件日期：93年12月10日

接受日期：94年5月23日

Received: December 10, 2004

Accepted: May 23, 2005

緒 言

台灣四面環海，氣候溫暖多雨，且多高山森林與河流，故孕育了豐富的陸生蝸牛資源。從過去一些台灣陸生蝸牛的資源調查報告指出(Adams 1868; Pilsbry and Hirase 1905; Kuroda 1941; 賴 1990)，台灣已記錄黏液蛞蝓科(Philomycidae)共有雙線蛞蝓*Meghimatium bilineatum* (Benson, 1842)、山蛞蝓*M. fruhstorferi* Collinge, 1901、蓬萊蛞蝓*M. formosensis* Cockerell, 1890和台灣蛞蝓*M. taiwanensis* Simroth, 1902等1屬4種。由於本科體型顏色差異很大，很難單從外形做種的鑑別，故產生了相當多的同種異名，如Hoffmann (1924)和Wiktor等人(2000)認為蓬萊蛞蝓與台灣蛞蝓是雙線蛞蝓的同種異名，而山蛞蝓有些報告認為是有效種(valid species) (Azuma 1982)，但有些報告卻認為它也是雙線蛞蝓的同種異名(Wiktor *et al.* 2000)，故台灣究竟有多少種黏液蛞蝓是有再重新鑑定之必要。

在陸生蝸牛傳統分類上主要是依據蝸牛的外殼形態、顏色與生殖系統(reproductive

system)來區分，由於本科並無外殼，且體型顏色差異很大，故生殖系統構造型式成為分類上主要依據(Hoffmann 1924)。本研究的目的是希望藉由從台灣各地所採集到的黏液蛞蝓，除形態描述外，並配合生殖系統解剖，期能對台灣黏液蛞蝓分類有更清楚的了解。

材料與方法

本篇研究材料來源是從1998至2004年針對台灣陸生蝸牛資源調查時，在各地所採集到的及吳書平、張仕緯先生所採集贈與的黏液蛞蝓樣本，共21個採集點34個樣本(表1)，並帶回實驗室飼育、觀察記錄，或浸入水中整夜鬆弛後，再浸泡於70%酒精中固定及保存，用Leica Wild MZ8解剖顯微鏡進行生殖系統解剖觀察與繪圖，並以Nikon Coolpix 995數位像機照相記錄。

結 果

由於本科體型顏色差異很大，很難單從外形做種的鑑別，故本篇根據研究材料生殖

表1. 台灣黏液蛞蝓採集分布表(1998-2004年)

Table 1. The collection localities of the philomycid slugs from Taiwan, 1998-2004

Species	Date (year/month/day)	Locations	Number of specimen
<i>Meghimatium bilineatum</i>	2001/02/18	Lujhou City, Taipei County [⊙]	4 ⁺
	2001/05/29	Taiwan University Agricultural Farm [⊙]	1 [*]
	2002/12/24	Jiji Township, Nantou County	7 ⁺
	2003/10/16	Shoufong Township, Hualien County	1 [*]
	2004/05/23	Sinshe Township, Taichung County	2 [*]
<i>Meghimatium pictum</i>	1998/03/28	Orchid Island, Taitung Conuty [⊙]	1 [*]
	2001/03/09	Fushan Research Station, Yuanshan Township, Yilan County [⊙]	1 ⁺
	2001/04/07	Taman, Wulai Township, Taipei County [⊙]	1 ⁺
	2001/04/16	Taman, Wulai Township, Taipei County [⊙]	2 [*]
	2002/04	Meifeng, Ren-ai Township, Nantou County [⊙]	1 [*]
	2002/10/09	Yuanfeng, Ren-ai Township, Nantou County	1 [*]
	2002/10/16	Lushan, Ren-ai Township, Nantou County	1 [*]
	2003/10/18	Zhongxing village., Nantou City	1 [*]
	2004/05/23	Sinshe Township, Taichung County	2 [*]
2004/08/17	Zhongxing village., Nantou City	1 [*]	
<i>Meghimatium fruhstorferi</i>	1999/04/24	Neilinger Mt., Zhuoxi Township, Hualien County [⊙]	1 ⁺
	1999/04/27	Rueisuei Township, Hualien County [⊙]	1 [*]
	1999/07	Mingchi, Datong Township, Yilan County [⊙]	1 ⁺
	2004/9/2	Dongyan Mt., Fusing Township, Taoyuan County [*]	2 ⁺
<i>Meghimatium rugosum</i>	1999/07/20	Taman, Wulai Township, Taipei County [⊙]	1 ⁺
	1999/08	Mingchi, Datong Township, Yilan County [⊙]	1 ⁺

⁺ Sexually matured, ^{*} Immature, [⊙] Collected by Shu-Ping Wu, ^{*} Collected by Shih-Wei Chang, others were collected by Wu, Tsai and Lin.

系統構造型式並參酌相關報告 (Collinge 1903; Hoffmann 1924; Azuma 1982; Wiktor *et al.* 2000)，共可分為4種：2種為已紀錄種，另2種為新紀錄種(new records)，茲分別描述如下：

黏液蛞蝓科 Family Philomycidae Gray, 1847

Wiktor *et al.* (2000)對本科特徵描述如下：體呈瘦長、半圓柱形，體長可達130 mm。外套膜(mantle)幾乎覆蓋整個體長，兩側幾乎可達蹠部(sole)邊緣。在靜止時身體縱長，但不會向兩側彎曲。當蛞蝓活動時，頭和身體末端會分別從外套膜下方突出。外套膜表面平滑，肺孔(pneumostome)位在身體右側前端，約身體長1/8處。身體尾端呈圓形，無尾腺(caudal gland)。身體足部不被縱狀溝所區分。無殼，外套膜內部為體液填滿的腔室。消化系統由兩個環狀的消化管組成，第一個較長，兩個在體軸線周圍有點扭轉。身體右側和左側收縮肌與後方各自獨立分開，心臟傾斜與身體軸線成45°。輸精管(vas deferens)長，陰莖(penis)發育良好，陰莖鞘(epiphallus)缺，在亞洲種類也缺少陰莖附屬器官(accessory organs)。儲精囊(spermatheca)相對小，但儲精囊管(spermathecal duct)大且壁厚，共殖腔(atrium)內部有舌狀的唇舌(ligula)。本科約有20種，分布在亞洲東部與東南部，也分布從北美洲、中美洲至哥倫比亞南部，在亞洲僅*Meghimatium* van Hasselt, 1823一屬，而美國則有*Philomycus* Rafinesque, 1820 和 *Pallifera* Morse, 1864二屬。

黏液蛞蝓屬 Genus *Meghimatium* van Hasselt, 1823

在亞洲先前記錄有*Meghimatium*和*Inciliaria*兩屬，主要依體型大小與外套膜是否覆蓋頭部來區分。Wiktor *et al.* (2000)認為僅有*Meghimatium*一屬。此外，*Meghimatium*屬

不同於美國*Philomycus*和*Pallifera*兩屬，主要差別為：(一)生殖腔周圍無外部腺體；(二)缺少鈣化似矢狀刺戟裝置(dart-like stimulator)。目前此屬分布範圍為亞洲大部分東部與南部，和一些鄰近島嶼，從蘇聯伯力市(Khabarovsk)北部，通過韓國、日本、中國、印度、婆羅洲、蘇門達臘、爪哇、西里伯(Celebes)和菲律賓。

1. *Meghimatium bilineatum* (Benson, 1842) 雙線蛞蝓 (圖1A-B及圖2A)

外觀：一般酒精標本體長45 mm，體寬11 mm，體表淡白色或淡黃色，背面具有兩條縱黑色條紋及外套膜兩側邊緣具有交密集棕色紋，其餘部位散布不規則條紋，蹠部白色或淡白色。(圖1A)

生殖系統：兩性腺(ovotestis)特大，長約10 mm，寬約7 mm，兩性管細長旋繞(convoluted)，約15 mm，與蛋白腺管(duct of albumin gland)開口處，連接於精卵管(spermoviduct)，精卵管是雌雄不易區分的混合體，通常肥大，末端分開為雌性之輸卵管(oviduct)及雄性輸精管，輸精管細長，前進到共殖腔處，再折向後方，在陰莖收縮肌處進入陰莖，陰莖似蠕狀約三彎後進入共殖腔。輸卵管細短，儲精囊呈卵圓形或球形，儲精囊管短，陰道(vagina)極短或無，約同開口於桶狀之共殖腔中。

棲息地：本種常出現在農田及園藝作物之中，造成農民不小負擔，主要喜棲息於灌木下潮濕落葉或苔蘚地上，偶而在下雨後一些裸露的石塊上亦會發現其蹤跡。

採集點：台北縣蘆洲、台北市台大農場、南投縣集集鎮、花蓮縣壽豐鄉、台中縣新社鄉。

附註：此種蛞蝓特徵是個體間有很大的顏色變化，尤其是幼生標本有更豐富顏色對比和身體圖案區分更明顯。因此，產



圖1. 台灣黏液蛞蝓外部形態標本照 (bar = 1 cm)。A-B, 雙線蛞蝓 (A, 集集 ; B, 蘆洲) ; C-D, 繭花蛞蝓 (C, 塔曼 ; D, 福山植物園) ; E-G, 山蛞蝓 (E, 內嶺爾山 ; F, 明池 ; G, 東眼山) ; H, 皺紋蛞蝓 (明池)。

Fig. 1. The external views of philomycid slugs from Taiwan. (bar = 1 cm). A-B, *Meghimatium bilineatum* (A, Jiji; B, Lujhou); C-D, *Meghimatium pictum* (C, Taman; D, Fushan Research Station); E-G, *Meghimatium fruhstorferi* (E, Neilinger Mt.; F, Mingchi; G, Dongyan Mt.); H, *Meghimatium rugosum* (H, Mingchi).

生許多同種異名的主因是描述種顏色的變化，但其他特徵所提供證據卻是同種，故 Hoffmann (1924)認為大部分種類為同種異名。此外，本種生殖系統構造也可參酌 Wiktor *et al.* (2000)所描述之型式。

2. *Meghimatium pictum* (Stoliczka, 1873) 綉花蛞蝓 (圖1C-D及圖2B)

外觀：體表顏色斑紋與雙線蛞蝓相似，但背面中縱線比較清楚。(圖1C-D)

生殖系統：兩性腺小，橢圓形，長 5 mm，寬 3.5 mm，兩性管細長，略為旋

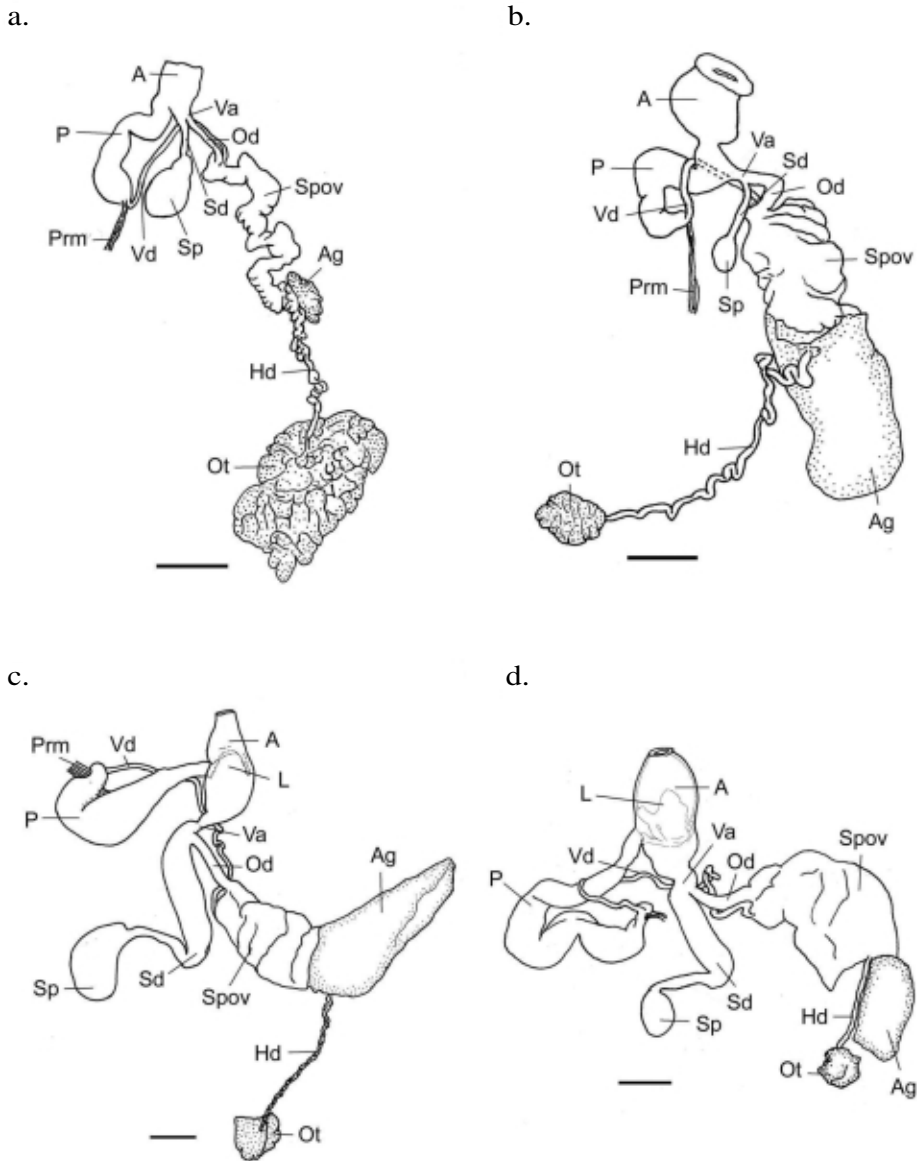


圖2. 台灣黏液蛞蝓生殖系統解剖圖(bar=5 mm)。a, 雙線蛞蝓 (集集)；b, 蕙花蛞蝓 (福山植物園)；c, 山蛞蝓 (內嶺爾山)；d, 皺紋蛞蝓 (明池) (A, 共殖腔；Ag, 蛋白腺；Hd, 兩性管；L, 唇舌；Od, 輸卵管；Ot, 兩性腺；Prm, 陰莖收縮肌；P, 陰莖；Sd, 儲精囊管；Sp, 儲精囊；Spov, 精卵管；Va, 陰道；Vd, 輸精管)。

Fig. 2. The reproductive system of Taiwan philomycids (bar =5 mm). a, *Meghimatium bilineatum* (Jiji); b, *Meghimatium pictum* (Fushan Research Station); c, *Meghimatium fruhstorferi* (Neilinger mountain); d, *Meghimatium rugosum* (Mingchi) (A, Atrium; Ag, Albumin gland; Hd, Hermaphroditic duct; L, Ligula; Od, Oviduct; Ot, Ovotestis; Prm, Penial retractor muscle; P, Penis; Sd, Spermathecal duct; Sp, Spermatheca; Spov, Spermoviduct; Va, Vagina; Vd, vas deferens).

繞，蛋白腺略呈長方形，輸卵管短，儲精囊呈小橢圓形，儲精囊管長，約儲精囊2-3倍長，陰道極短。陰莖約三彎後與陰道開口於共殖腔上方較窄之腔室，共殖腔成圓桶狀。(圖2B)

棲息地：本種棲息環境與*M. bilineatum*相同，且兩種的棲息環境常會重疊。

採集點：蘭嶼朗島、宜蘭縣員山鄉福山植物園、台北縣烏來鄉塔曼、南投縣仁愛鄉梅峰、南投縣仁愛鄉鳶峰、南投縣仁愛鄉廬山、南投市中興新村、台中縣新社鄉。

附註：雖然*M. pictum* 和 *M. bilineatum* 分布有部分重疊，根據Hoffmann (1924)指出，*M. pictum*不同於*M. bilineatum*主要因本種較小、體表有更明顯網狀圖案、較大斑點排成松樹狀條紋、彎曲棍棒狀陰莖和沒有環狀的腎臟。

3. *Meghimatium fruhstorferi* Collinge, 1901 山蛭蝨(圖1E-G及圖2C)

外觀：體巨大，滑行之時可達130-160 mm，酒精固定標本約80 mm，體呈棕色(圖1E)、黑褐色(圖1G)或淡棕色，兩側黑色較濃(圖1F)，背面兩側有明顯的兩條縱腺，背中線明顯。

生殖系統：兩性腺小，長約6 mm，寬約6 mm；儲精囊圓形，儲精囊管分兩段，上段正常管狀，下段膨大約為上段2倍長、4-5倍寬，上段及下段呈180°折角。管口及輸卵管開口於很短的陰道，陰道進入共殖腔。輸精管細長，約30 mm；陰莖大，約25 mm，中段膨大，開口於共殖腔中部，共殖腔長桶狀，開口處略收斂。(圖2C)

棲息地：本種主要棲息於中海拔山區林下潮濕地上，在平地則出現於一些較少人為開發的闊葉林或廢農地之中。

採集點：花蓮縣卓源鄉內嶺爾山、花

蓮縣瑞穗鄉、宜蘭縣大同鄉明池、桃園縣復興鄉東眼山。

附註：雖Hoffmann(1924)與Wiktor *et al.* (2000)皆認為*M. fruhstorferi*為*Meghimatium bilineatum*之同種異名，但*M. fruhstorferi*儲精囊管下段肥厚，異於本文所描述的*M. bilineatum*及Wiktor *et al.*描述的*M. bilineatum* (fig.13, 2000)。Collinge(1901, 1903)所描述外形與Azuma所描述生殖系統(fig.290, 1982)與本種一致，故認定*M. fruhstorferi*為一有效種。

4. *Meghimatium rugosum* (Chen and Gao, 1982) 皺紋蛭蝨(圖1H及圖2D)

外觀：個體大型、滑行之時體長可達140 mm，酒精保存標本長66 mm、寬15 mm。體色呈黃棕色或深棕色，酒精保存標本則呈淡黃棕色，帶有棕黑色不規則窄紋。此外，有一相當複雜灰色圖案在背部與兩側間，而且也有一些黑色的斑點。(圖1H)

生殖系統：生殖系統解剖與山蛭蝨相似，不同處為陰莖特別長，且不像山蛭蝨中段特別膨大，約同寬度，陰莖也開口於共殖腔中部。(圖2D)

棲息地：本種棲息於中海拔山區林下潮濕地上。

採集點：台北縣烏來鄉塔曼、宜蘭縣大同鄉明池。

附註：此種與*M. fruhstorferi*不僅大小相近，且單從外表也很難區分，其主要之不同在於*M. rugosum*有較長的輸精管和陰莖。

討 論

本篇報告主要以外觀形態描述，並配合生殖系統構造解剖型式，來區分台灣目前各

類的黏液蛞蝓。從目前結果來看，花紋顏色實難區分各類黏液蛞蝓，但從成熟個體的體型大小大致可區分成二個群體：(1)大型(6 cm以上)：*Meghimatium fruhstorferi* 和 *M. rugosum*；(2)中型(3-6 cm)：*M. pictum* 和 *M. bilineatum*。其中 *M. fruhstorferi* 和 *M. rugosum*之差異主要在於生殖器官陰莖長短及膨脹程度不同來區分，其餘特徵皆相近；而 *M. pictum* 和 *M. bilineatum*之差異主要在於儲精囊管長短與陰道連接位置來區分，其餘特徵也很相近。

Hoffmann (1924)提到亞洲產 *Philomycus* 屬(現今改為 *Meghimatium* 屬)有20種，可分為 *bilineatus*、*pictus*、*striatus* 和 *tarmes* 等4組。台灣產有 *bilineatus* 組的 *M. bilineatum* 和 *M. fruhstorferi* 兩種，*pictus* 組有一種 *M. pictum*，而 *striatus* 和 *tarmes* 兩組本次採集未有發現，但發現 Chen and Gao 1982年所發表的 *M. rugosum*。

從本次研究調查結果，雖很成功將台灣黏液蛞蝓鑑定為4種，但由於本科豐富多變的體色花紋，實讓我們對種的斷定倍感困擾，此也不能免除有相同生殖系統型式卻又是不同種之疑慮，或者其中也潛藏許多隱藏種(cryptic species)，故未來擬將這些樣本輔以分子親緣鑑定技術再重新鑑定 (Folmer *et al.* 1994; Holland and Hadfield 2004; Rundell *et al.* 2004)，期對本科有更深一層的認識。

謝 誌

本篇報告材料來源承蒙沈明晃先生協助採集與吳書平先生和張仕緯先生不吝提供自各地所採集的標本，使實驗材料不虞匱乏，而在文章內容撰寫部分，也承蒙盧博士重成提供各種修正意見，使本篇報告得以順利完成，特此感謝。

引用文獻

- 賴景陽。1990。蝸牛的世界。台灣省立博物館。
- Adams, A. 1868. On the species of Helicidae found in Japan. *Annals and Magazine of Natural History* 1(4): 459-472.
- Azuma, M. 1982. Colored illustrations of the land snail of Japan. Hoikusha, Japan.
- Benson, W. H. 1842. Mollusca. In: T. E Cantor (ed.). General features of Chusan, with remarks on the flora and fauna of that island. *Annals of Natural History, First Series* 9: 486-489.
- Chen, D. N. and J. X. Gao. 1982. A new species of slug of the family Philomycidae from Zhejiang Province, China. *Sinozoologia* 2: 119-121.
- Cockerell, T. D. A. 1890. Notes on slugs, chiefly in the collection at the British Museum. *Annals and Magazine of Natural History* 6: 380-390.
- Collinge, W. E. 1901. Description of some new species of slug collected by Mr. H. Fruhstorfer. *The Journal of Malacology* 8: 118-121.
- Collinge, W. E. 1903. On some species of slugs collected by Mr. Fruhstorfer. *The Journal of Malacology* 10: 16-17, Pl. 1.
- Folmer, O., M. Black, W. Hoeh, R. Lutz and R. Vrijenhoek. 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology Biotechnology* 3: 294-299.
- Gray, J. E. 1847. A list of the genera of recent Mollusca, their synonymy and types.

- Proceedings of the Zoological Society of London 15: 129-206.
- Hasselt, J. C. van. 1823. Uittreksel uit een' brief van Dr. J. C. van Hasselt, aan den Professor van Swinderen. *Algem Konst-en Letterbode* 2: 230-233.
- Hoffmann, H. 1924. Zur anatomie und systematic der Philomyziden. *Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft* 16: 363-391.
- Holland, B. S. and M. G. Hadfield. 2004. Origin and diversification of the endemic Hawaiian tree snails (Achatinellidae: Achatinellinae) based on molecular evidence. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 32: 588-600.
- Kuroda, T. 1941. A catalogue of molluscan shells from Taiwan (Formosa), with descriptions of new species. *Memories of Faculty of Science and Agriculture Taihoku Imperial University* 22(4): 65-216.
- Morse, E. S. 1864. Observations on the terrestrial pulmonifera of Maine. *Journal of the Portland Society of Natural History* 1(1): 1-63.
- Pilsbry, H. A. and Y. Hirase. 1905. Catalogue of the land and fresh-water Mollusca of Taiwan (Formosa), with descriptions of new species. *Proceedings of Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 57: 720-752.
- Rafinesque, C. S. 1820. *Annales of nature, or annual synopsis of new genera and species of animals, plants etc. discovered in North America*. First Annual Number, Lexington.
- Rundell, R. J., B. S. Holland and R. H. Cowie. 2004. Molecular phylogeny and biogeography of the endemic Hawaiian Succineidae (Gastropoda: Pulmonata). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 31: 246-255.
- Simroth, H. 1902. Über einige kürzlich beschriebene neue Nacktschnecken, ein Wort zur Aufklärung systematischer Verwirrung. *Zoologischer Anzeiger* 25: 355-357.
- Stoliczka, F. 1873. On the land-shells of Penang Island, with descriptions of the animals and anatomical notes. Pt. 2 Helicacea. *Journal of the Asiatic Society of Bengal* 42: 11-38.
- Wiktor, A., D. N. Chen and M. Wu. 2000. Stylommatophoran slugs of China (Gastropoda: Pulmonata)-*Prodromus. Folia Malacologica* 8(1): 3-35.

地景異質性演變之研究—以南仁山生態 保護區為例

Changes in Landscape Heterogeneity of Taiwan: A Case Study at the Nanjen Mountain Ecological Reserve

鍾玉龍 陳朝圳 呂明倫*

Yuh-Lurng Chung, Chaur-Tzuhn Chen and Ming-Lun Lu*

國立屏東科技大學森林系 屏東縣內埔鄉學府路1號

Department of Forestry, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung, Taiwan

*通訊作者

*Corresponding author

摘 要

本研究以南仁山生態保護區為例，應用航測與地理資訊系統技術，結合傳統生態學之定量表示方法，探討地景異質性之演變過程。採用1976與1997年之航空照片為材料，判釋出9種土地利用型，並繪製成1/5,000之向量式圖層。為利於地景類型之分析，則以像片基本圖為基礎，將研究區劃分為15個樣區，並繪製地景優勢度之網格式分布圖，再利用相對優勢度與相對頻度，分別探討各樣區地景類型之變異，結果顯示南仁山森林生態系之演替已趨於穩定之現象。除此之外，本研究結果亦可提供生物多樣性相關研究之參考資訊，進而促進國家自然保育與永續發展之規劃。

Abstract

This paper presents a case study of changes in landscape heterogeneity of Taiwan conducted at the Nanjen Mountain Ecological Reserve. The techniques of photogrammetry, geographic information system (GIS), and traditional ecology analyses were used. According to the aerial photographs (1/5,000) of 1976 and 1997, the study area was divided into 15 plots, and landscape patterns were identified with nine land-use categories. For each plot a distribution of landscape patterns was established with a grid map, and relative dominance and relative frequency of land use categories were calculated. The result of this study suggested that the forest ecosystem succession is stable at the Nanjen Mountain Ecological

Reserve. It also provided information useful for biodiversity related studies, natural conservation, and sustainable development of Taiwan.

關鍵詞：地景類型、地理資訊系統、航空照片、土地利用

Key words: landscape pattern, GIS, aerial photograph, land use

收件日期：94年4月8日

接受日期：94年7月7日

Received: April 8, 2005

Accepted: July 7, 2005

緒 言

生態系統在長期間的演替過程中，常導致空間結構產生異質性(heterogeneity)的演變，近代科學研究中多以地景類型(landscape pattern)的組成、大小及排列等觀點，敘述空間之異質性，其有助於瞭解整個系統的穩定性與動態變化(Gustafson 1998)。地景類型係空間異質性的具體表現，可反映出自然、生物及社會各種生態過程在不同空間尺度上相互影響之結果，如族群遷移、動物行為、生物多樣性等(肖及李 1997)。目前，地景類型的研究基礎主要集中在兩大層面，其一為空間的異質性問題；其二為時間的異質性問題，即地景變遷(Forman and Godron 1986)，若透過時間的動態分析更能夠詮釋地景類型的演變規律。

國內外之研究結果顯示，植群對生態衝擊具有較高之敏感度且易於觀測，更經常被用來做為衝擊監測上之指標(Graefe *et al.* 1986; 蘇 1987)。一般用來描述植群衝擊的介量(parameters)(劉及蘇 1983)並不多，常見者如計算優勢度與均勻度之表現方法(Fujihara and Kikuchi 2005)，且這些介量所需的植群生態學知識簡單易懂，因此植群衝擊之研究在整個生態學的領域裡占有非常重要的地位

(Hammitt and Cole 1998)。本島環境崇山峻嶺，傳統的生態調查尚需仰賴取樣技術，以取得較具代表性之林分介量，但先決條件須顧慮到諸多事項，如林分之等質性(homogeneity)、重現性(reoccurrence)等，欲徹底瞭解整個林分的空間結構，尚須花費許多人力、物力，且取樣分析之結果實有加以評估之必要性。遙感探測(remote sensing)與地理資訊系統(geographic information system, GIS)的興起，有助於生態學家與地理學家迅速地瞭解錯綜複雜的地表特徵，在大尺度的地景研究中，土地利用型可藉由航空照片判釋技術，以獲得較高的準確度(Olson 1998)，此基礎可更進一步探討空間結構與異質性的演變(Turner and Carpenter 1998)。

自然資源的保育，為政府近年來積極推動的政策，因此如何掌握保護區內生態環境之狀況與變化，並針對可能威脅區內生物多樣性健全之因素加以妥善處理，是保護區達成資源維護所不可或缺的要件。本研究之目的即嘗試利用近代航測與GIS技術，結合傳統生態學理論中的定量表示方法，用以描述南仁山生態保護區之地景類型，並探討在不同時期(1976與1997年)生態環境之演變過程，期望能提供更多空間性資訊，做為日後研究自然資源保育與規劃之參考依據。

材料與方法

一、研究區地理生態環境

本研究區位於墾丁國家公園所轄，地理位置於屏東縣滿州鄉境內，範圍介於九棚溪以南、港口溪以北、東瀕太平洋、西以港口溪為界，占地面積約5,800 ha，為一天然熱帶季風林雨林，是國內少數僅存之低海拔原始林。由於位置偏僻交通不便，罕見人跡，大部分地區均屬國有林班地，小部分地區為濫墾地或人工造林地外，多為濃密原始林所覆蓋，其間孕育著上千種植生與各類野生動物，因此於1984年劃定為南仁山生態保護區，其地理位置如圖1所示。海拔526m之萬里得山為本區之最高點，次高點則為479m高之南仁山，每年10月至隔年3月盛行之東北季風，對於南仁山區的植物生態，造成極大的

影響。在東北季風與地形等環境因子的影響下，南仁山地區之植群社會大致可分為向風坡型、背風坡型及溪谷型等3群植物社會，其樹種組成、歧異度、密度、高度等均不同(謝等 1991)。

二、研究材料

(一) 航空照片

蒐集林務局農林航空測量所出版之航空照片，拍攝日期為1976/11/13(共25張)與1997/10/25(共39張)，用以判釋研究區之土地利用型。

(二) 像片基本圖

林務局農林航空測量所於1997年繪製，南仁山生態保護區之像片基本圖涵蓋範圍共計15張，採用之比例尺為1/5,000，用以輔助航照判釋。

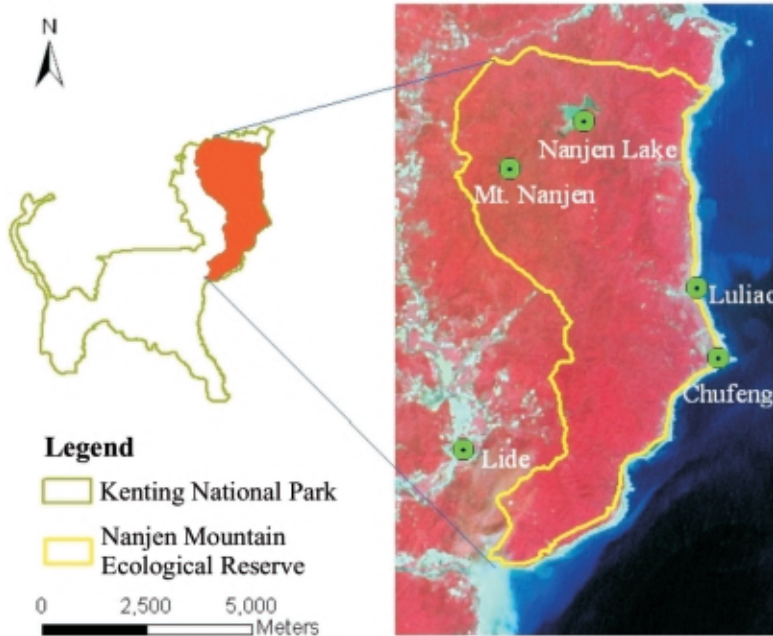


圖1. 研究區—南仁山生態保護區。

Fig. 1. The study area- the Nanjen Mountain Ecological Reserve.

三、研究方法

林型圖之產生可利用航照判釋技術予以達成，本研究以1976與1997年兩時期航空照片(共64張)輔以像片基本圖，使用立體鏡判釋不同種類之林型與人為土地利用型，可藉由航空照片立體像對結果，參照影像之大小、形狀、陰影、色調、結構、型態等6項因子判釋之(吳 1986)，若對判釋結果有疑慮之處，則進行野外校對與GPS定位，予以修正更新，判釋之結果再經由GIS軟體進行數化建檔，產生兩期1/5,000之不同土地利用型向量式圖層。

為探討南仁山生態保護區之地景異質性演變，本研究蒐集涵蓋研究區範圍之15張1/5,000像片基本圖，將其擬定為15個樣區(A至O，如圖2所示)，並以每一個樣區為單元，

各自劃分為100個小網格(10 x 10)，產生之圖層則依據研究區實際地理座標位置，以GIS軟體之螢幕數化繪製而成。各期土地利用圖層透過GIS之套疊(overlay)分析結果，即可瞭解1976與1997年時期，各土地利用型在15個樣區內之優勢度分布，判別方法係以每一小網格中各類型面積占最大比例者，將其視為優勢類型，以利後續地景類型之變遷分析。進一步則利用定量表示方法，分別計算各個樣區土地利用型之相對優勢度(relative dominance, RD)、相對頻度(relative frequency, RF)，其計算過程分述如下：

(一) 相對優勢度

相對優勢度意指每一樣區內各土地利用型優勢度之相對比值，可用以表示南仁山生態保護區之地景優勢度，其演算方法如下：

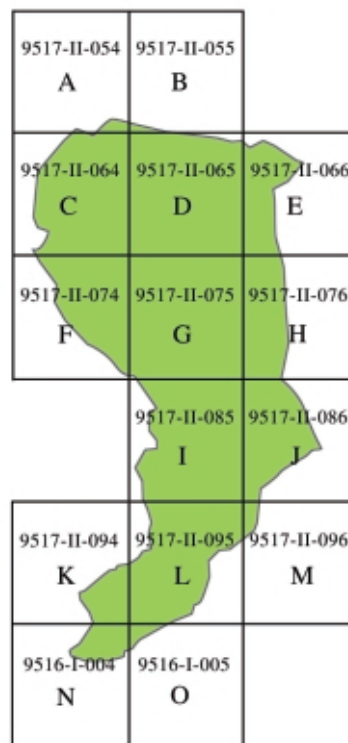


圖2. 以1/5,000像片基本圖劃分為15個樣區圖。

Fig. 2. The study area divided by 15 plots (A to O) based on 1/5,000 photo base map.

$$RD(\%) = \frac{\text{某一土地利用型之優勢度}}{\text{所有土地利用型優勢度之總和}} \times 100$$

(二) 相對頻度

相對頻度意指每一樣區內各土地利用型頻度之相對比值，可用以表示南仁山生態保護區之地景均勻度，其演算方法如下：

$$RF(\%) = \frac{\text{某一土地利用型之頻度}}{\text{所有土地利用型頻度之總和}} \times 100$$

上述指標之演算結果將用以討論1976至1997年間南仁山生態保護區之地景異質性演變情形。

結 果

一、建立土地利用型資料庫

本研究利用航照判釋技術與野外校對，將研究區分為1976與1997年兩期土地利用型，在林型判釋部分，據劉及劉(1977)、謝等(1991)對於南仁山區之植群調查指出，此區林型可利用平均樹高，進行樹冠層次分化程度之劃分，因此將樹高歸納為5m以下之矮叢、5-10m之中喬木、10m以上之3種等級加以判

釋(陳及陳 2003)，而竹林之判釋原則，即針對航空照片上樹冠小、層次不明顯、排列不整齊之特徵加以區別，林型之判釋結果可獲得4種類型，另劃分5種其他天然與人為構成之土地利用型，此5種類型之形狀、結構、色調較易辨識，因此除航照判釋外則配合GPS定位得知分布位置，各類型之定義如表1所示，經由GIS進行數化建檔，產生兩期不同土地利用型之1/5,000向量式圖層資料庫，其結果如圖3所示，共可分為9種土地利用型。

二、繪製地景優勢度分布圖

為利於瞭解南仁山生態保護區之地景異質性演變，即利用航照判釋所建立之土地利用型資料庫，配合GIS之套疊分析技術，繪製研究區內9種土地利用型於15個樣區之優勢度分布圖，結果如圖4所示，1976與1997年時期，A、B、C、D、F、G等6個樣區之地景類型變異最為明顯。圖中顯示1976年A、B、C、D樣區內有多處網格為農耕地與矮叢占據，該時期南仁山地區尚未規劃為生態保護區，因此人為干擾之情形頻傳，如農耕地開墾、森林砍伐等行為，至1997年南仁山生態保護區設立後15年，由於人為干擾受限制，

表1. 研究區之土地利用型

Table 1. Land use categories in the study area

Land use categories	Definitions
Big tree	Tree higher than 10m
Middle tree	Tree between 5-10m
Shrub	Tree lower than 5m
Bamboo	Bamboo forest
Orchard	Coconut, betel nut
Farmland	Rice field, dry land, and pasture
Building	Human exploitation
Riverbed	Sandy beach
Water	Stream, lake, fishpond, and pool

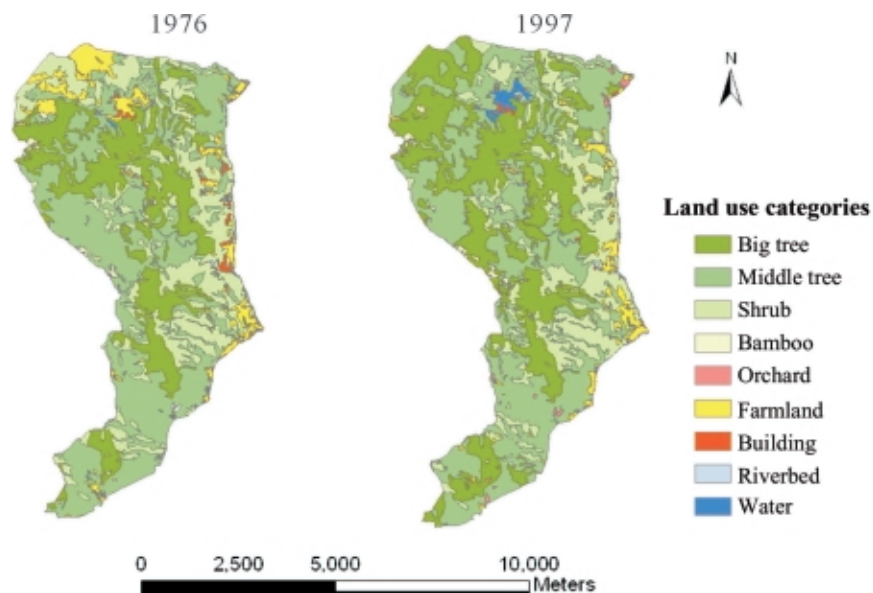


圖3. 研究區1976與1997年土地利用型圖。

Fig. 3. Land use map of the study area in 1976 and 1997.

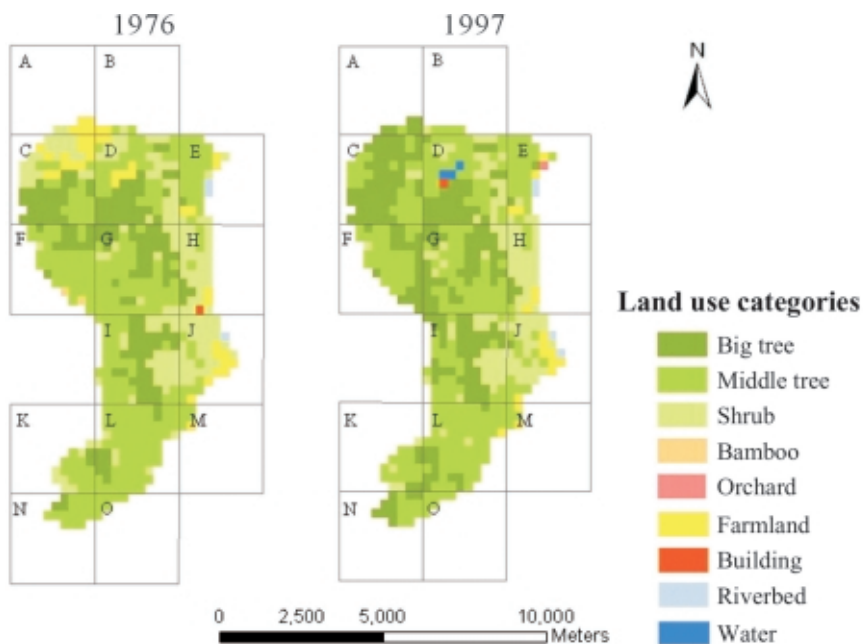


圖4. 研究區土地利用型優勢度分布圖。

Fig. 4. Distribution patterns of the dominant land use categories in the study area.

在逐漸減緩情況下，地景類型產生自然演變，多處矮叢與農耕地之網格，已被中喬木與大喬木取代，此外南仁山屬低海拔的丘陵地，在部分較開闊的盆地因缺少出水口，易形成小型的湖泊，即所謂D樣區中的水體類型—南仁湖。陳等(2001)與陳及陳(2003)研究報告中皆指出，南仁山森林生態系於1976至1997年間，整體的地景系統演替產生巨幅轉變，有趨於穩定的現象。生態保護區的設立是為人類謀求健全穩定的自然環境與自然資源的供應，本研究結果對應前人研究，即驗證南仁山生態保護區已落實當初設立之宗旨。

三、地景類型變遷分析

植群生態學者在研究植物社會之特徵時，須對其加以定量表示，因此本研究計算1976與1997年兩時期，各樣區土地利用型之相對優勢度與相對頻度，用以表示地景類型之變異。圖5即每一樣區之相對優勢度計算結果，其顯示15個樣區中除M樣區外，其餘之森林回復皆呈現良好的狀態，又以A、B、C樣區回復狀態最佳，A、C樣區以大喬木最具優勢，B樣區以中喬木最具優勢，而M樣區中農耕地則有增加的現象；頻度意指某一族群在樣區間所出現之均勻度，通常被定義為觀察多樣性與最高多樣性之比率，圖6即每一樣區之相對頻度計算結果，其顯示E、K、O樣區至1997年時期，皆有不同土地利用型出現之疑慮，值得管理單位加以重視。

A、B、C樣區分別為分水嶺、九棚與南仁山，其中包含南仁山生態保護區之主要遊憩步道，研究結果雖顯示此3個樣區森林覆蓋有明顯的增加，但由1997年時期所判釋之道路分布圖(圖7)可知，這些區域與E、K、O等樣區皆有道路通過，且為本研究區道路密度較高之處。吳及陳(2004)應用數位航測技術探討南仁山林分高生長量之動態變化，研究結

果顯示，道路開闢所伴隨之人為活動行為，即便於生態保護區成立後，仍一定程度的影響林分高生長量。為滿足國人育樂之需求，墾丁國家公園管理處近年來積極提倡環境教育，並將南仁山生態保護區之遊客數維持一定之數量(每日400人)，此為妥善之有效措施，可避免生態環境遭受衝擊，以及生物多樣性的衰退，建議管理單位應繼續維持生態保護區之遊客數量管制。

討 論

生物多樣性為人類帶來各樣的福祉，同時也是當今環境保育與永續經營理念下，最重要的課題之一，有鑑於世界潮流之趨勢，國內目前正積極推動生物多樣性研究計畫，而建構一整合性之台灣生物多樣性資料庫，為自然資源保育發展之重要過程，但由於過去的調查與研究資料記錄方式較為籠統，不易確定生物之出沒地點，因此利用網格式的方法重新找出物種的分布位置，係一折衷可行之辦法(李等 1995)。本研究結合航測與GIS技術，利用網格式資料為基礎，探討各種林型與人為土地利用型在空間上之分布與時間上之演變，其結果可提供生態研究者進行取樣位置之參考訊息，並協助建立資訊交換機制，進而促進自然保育與永續發展之規劃。

廣大的森林孕育了豐富的生物資源，許多研究報告指出局部地區環境特性會隨空間產生變異，亦會造成物種分布之空間差異性(葛及李 2003; 林 2004; 許等 2004)，生物與環境間因而具有相互作用之關係，因此在生物多樣性研究中，研究區之林分型態與結構等空間資訊顯得格外重要，若能適時提供相關資料，勢必有助於監測野生動物之行為。利用航照判釋技術製作林型圖，雖可提升較精確之準確度，惟技術人員需有豐富的經驗累積，方可獲得理想之判釋結果，在人力與時

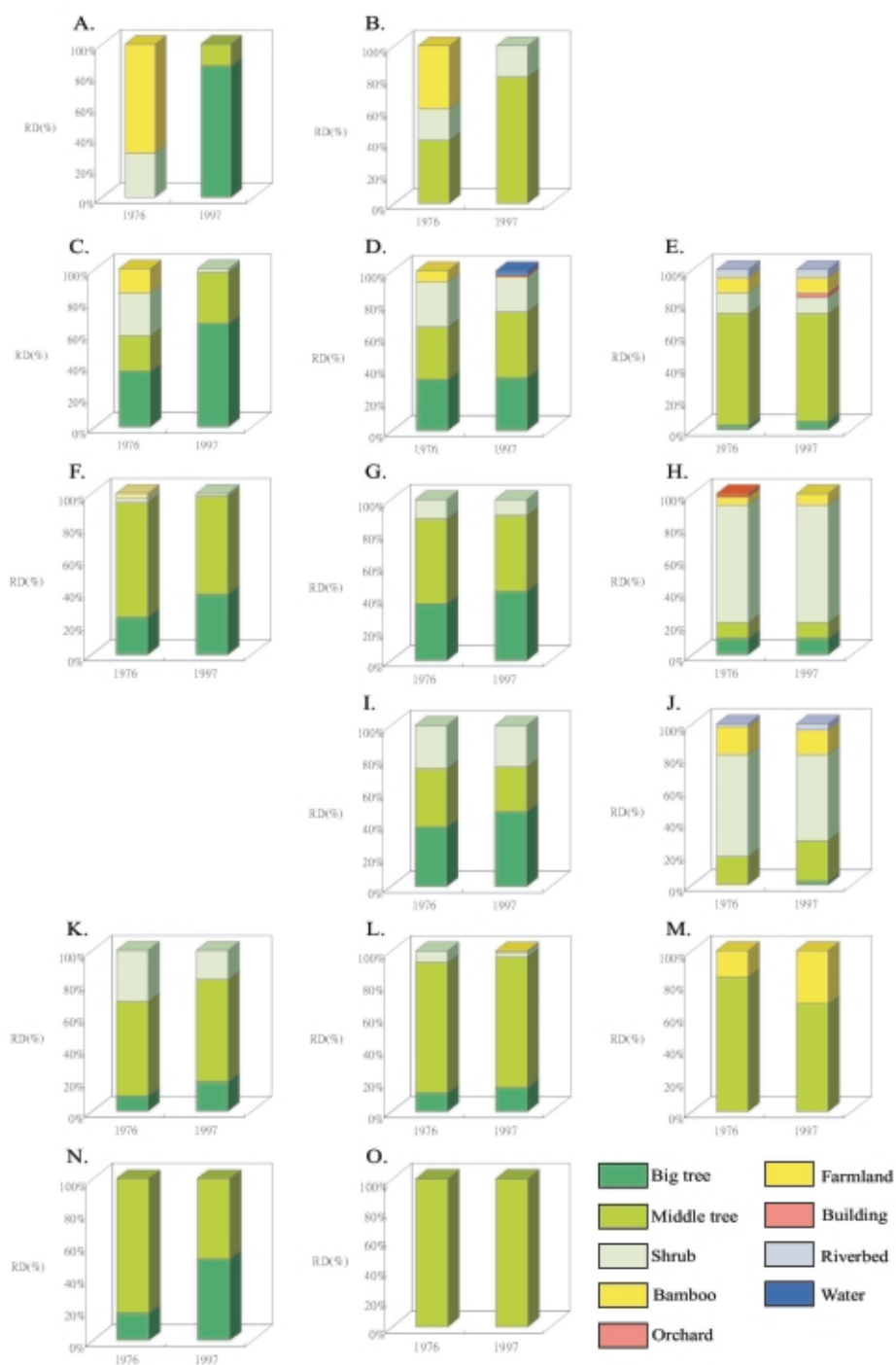


圖5. 1976與1997年15個樣區相對優勢度之計算結果。

Fig. 5. Relative dominance (%) of the land use categories in the 15 plots (A-O) of the study area in 1976 and 1997.

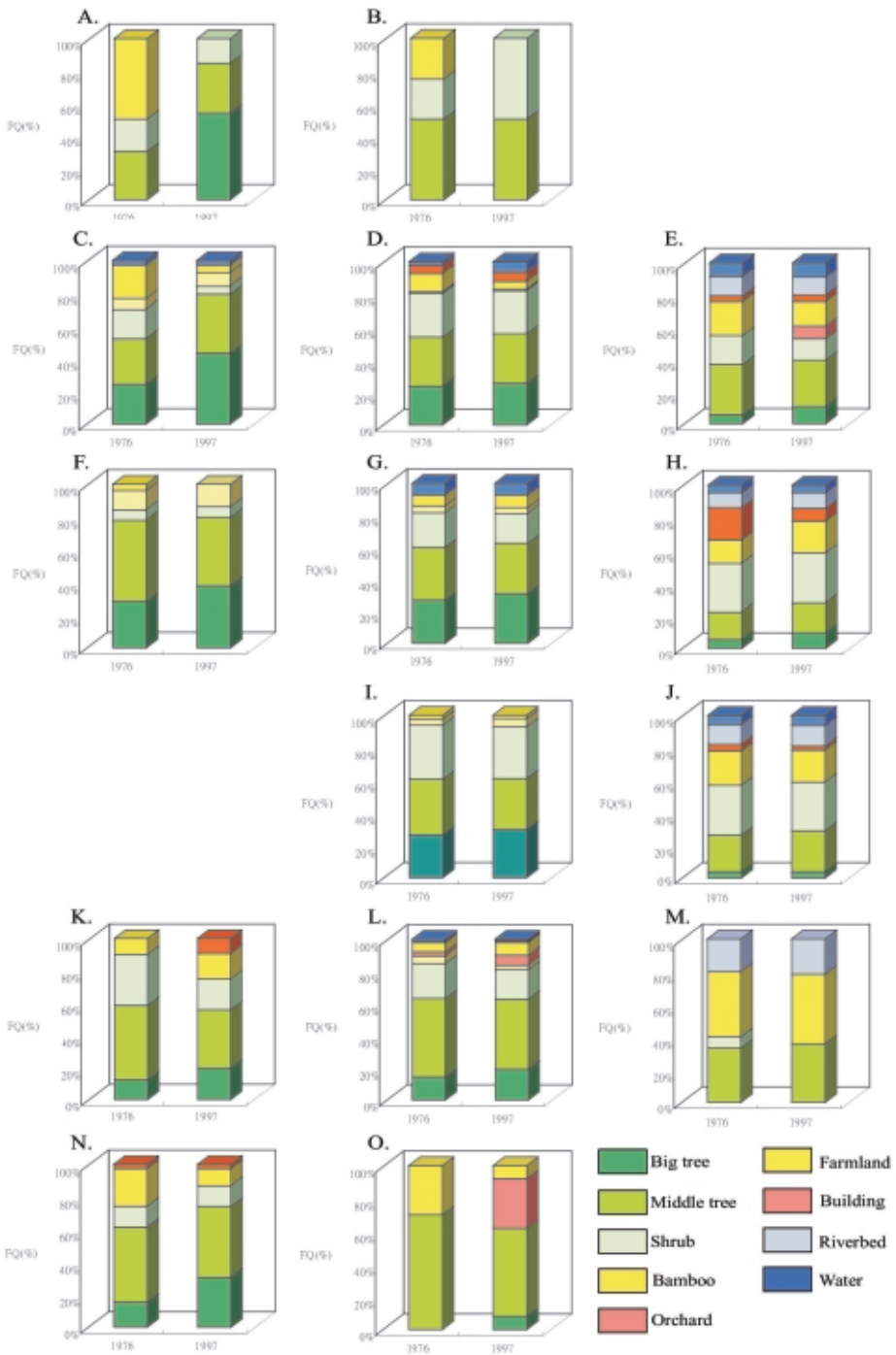


圖6. 1976與1997年15個樣區相對頻度之計算結果。

Fig. 6. Relative frequency (%) of land use categories in the 15 plots (A-O) of the study area in 1976 and 1997.

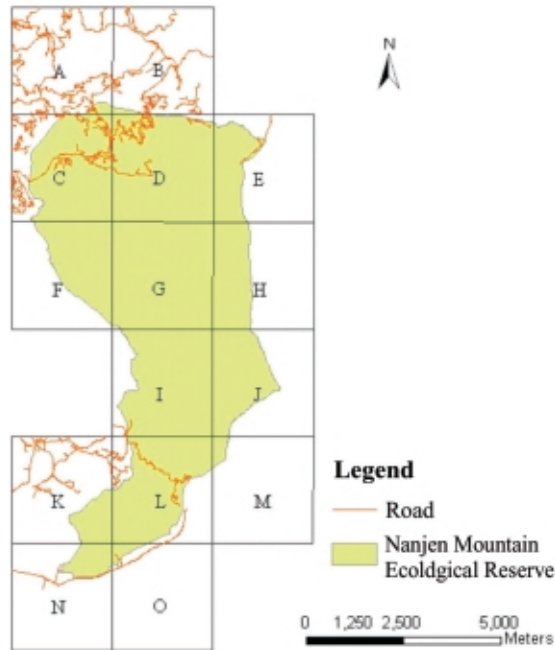


圖7. 1997年時期之道路分布圖。

Fig. 7. Distribution of roads in the 15 plots (A-O) of the study area in 1997.

間成本上須予考量。本研究後續將著重於衛星遙測影像之應用，採用國內正積極推廣之產品—福衛2號衛星影像，克服以往進行衛星影像分類時，空間解析力不足之問題，期望能更迅速地製作詳細的林型圖，供應日後生物多樣性相關領域之研究。

結 論

台灣長期生態學研究，乃行政院國家科學委員會進行中之一項大型研究計畫，南仁山生態保護區為重要之研究站，因地理環境特殊，許多學者以此作為研究要項，因此本研究以該區為例，嘗試以航測與GIS空間套疊分析技術，結合生態學之定量表示方法，探討地景異質性之演變過程，結果顯示南仁山森林生態系之演替已趨於穩定之現象，由此

可知生態保護區之成立對自然資源的永續發展具積極正面之作用，惟少數道路密度較高區域仍有遊憩壓力與土地利用變遷之疑慮，因此管理單位維持南仁山生態保護區之遊客數量管制，為一可行之措施。此外依網格式資料計算之結果，除可監測研究區之地景類型外，亦可做為生物多樣性相關研究之參考資訊，進而促進國家自然保育與永續發展之規劃。

謝 誌

本研究承行政院國家科學委員會92年度(NSC 92-3114-B-020-001)、93年度(NSC 93-2625-Z-020-003)研究計畫、93年度內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究計畫之經費補助，以及國立中興大學森林學系博士班

陳正華小姐、林務局農林航空測量所褚明洲先生協助判釋土地利用型，特此致謝。

引用文獻

吳守從、陳永寬。2004。應用數位航測技術探討南仁山生態保護區林分高生長量。航測及遙測學刊 9(4): 21-34。

吳英陵。1986。林木資源航測調查及其規劃之探討。航空測量及遙感探測 6-20。

李培芬、林曜松、許嘉恩。1995。台灣地區國家公園脊椎動物分布資料庫建立。國家公園學報 6(1): 47-58。

肖篤寧、李秀真。1997。生態空間理論與地景異質性。生態學報 17(5): 453-461。

林金樹。2004。應用GIS技術於野生動物物種多樣性空間分布型態之研究。航測及遙測學刊 9(1): 77-94。

許富雄、姚正得、林瑞興、楊吉宗、賴肅如。2004。台灣南部地區的鳥種組成與海拔分布。特有生物研究 6(2): 41-66。

陳朝圳、陳正華、吳守從。2001。人為干擾對南仁山生態保護區地景之影響。林業研究季刊 23(2): 25-34。

陳朝圳、陳正華。2003。以地景生態理論探討東北季風對南仁山森林生態系之影響。中華林學季刊 36(4): 389-396。

葛兆年、李培芬。2003。台灣北部繁殖鳥類之海拔分布型態。台灣林業科學 18: 349-361。

劉棠瑞、劉儒淵。1977。恆春半島南仁山區植群生態與植物區系之研究。台灣省立博物館科學年刊 30: 151-178。

劉棠瑞、蘇鴻傑。1983。森林植物生態學。臺灣商務印書館。

謝長富、孫義方、謝宗欣、王國雄。1991。墾丁國家公園亞熱帶雨林永久樣區之調查研究。墾丁國家公園保育研究報告第

76號。

蘇鴻傑。1987。森林生育地因子及其定量評估。中華林學季刊 20(1): 1-14。

Forman, R. T. T. and M. Godron. 1986. Landscape Ecology. John Wiley and Sons, New York. 679 pp.

Fujihara, M. and T. Kikuchi. 2005. Changes in the landscape structure of the Nagara River Basin, central Japan. Landscape and Urban Planning 70: 271-281.

Graefe, A. R., J. J. Vaskey and F. R. Kuss. 1986. Visitor Impact Management- The Planning Framework. National Parks and Conservation Association Washington, DC.

Gustafson, E. J. 1998. Quantifying landscape spatial pattern: What is the state of the art? Ecosystems 1: 143-156.

Hammit, W. and D. Cole. 1998. Wildland recreation: Ecology and management. Second edition. John Wiley and Sons, Inc. 361 pp.

Olson, J. D. 1998. A digital model of pattern and productivity in an agroforestry landscape. Landscape and Urban Planning 42: 169-189.

Turner, M. and S. Carpenter. 1998. At last: A journal devoted to ecosystems. Ecosystems 11: 1-4.

九九峰地區九二一地震崩塌植生指數變遷分析

Change Detection for Vegetation from Landslides of the 921 Earthquake at Mt. Jiujiufong with the NDVI Analysis

陳添水

Tien-Shui Chen

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, Nantou, Taiwan

摘要

本研究主要蒐集九九峰地區1999年至2004年之SPOT衛星影像進行影像植生指數分析，以探討該地區九二一地震崩塌後植群逐年之變遷情形。本研究區以埔里事業區第8至20林班為研究分析範圍，由常態化差異植生指數 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) 變遷分析結果，顯示九二一地震前植被覆蓋極為茂密，NDVI之平均值高達0.61，而地震後多數山頭崩落之土石大量堆積於局部溪谷坡腳，平均值劇降為0.37；地震後至桃芝颱風前為植被回復期，此近二年期間氣候較為穩定，植被逐漸回復覆蓋，2001年平均值已提高至0.54；桃芝颱風後至敏督利颱風後期間為變動期，此三年期間歷經桃芝與敏督利颱風挾帶豪雨之沖刷，植生指數則呈現變動情形。

Abstract

Vegetation recovery at Mt. Jiujiufong after the 921 earthquake of 21 September 1999 in Taiwan was investigated with the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) analysis. The time-series of seven SPOT satellite images for a period between 1999 to 2004 for an area covered by the 8th to 20th forest compartments in the Puli Working Circle were used. The results showed that the vegetation was flourished with the NDVI value of 0.61 prior to the earthquake, the value reduced to 0.37 immediately after the earthquake due to severe landslides. Then, the vegetation recovered gradually for nearly two years under stable weather conditions, and the NDVI value increased to 0.54 prior to Typhoon Toraji. For the three-year period between Typhoon Toraji of July 2001 and Typhoon Mindulle of July 2004, the NDVI values fluctuated widely with weather conditions at the mean value of 0.45, due to land erosion from rainfalls.

關鍵詞：常態化差異植生指數、植生、變遷、崩塌、九九峰

Key words: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), vegetation, change, landslide, Mt. Jiujiufong

收件日期：94年3月4日

接受日期：94年5月31日

Received: March 4, 2005

Accepted: May 31, 2005

緒 言

由於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊之相互碰撞，使得台灣之地層易變形、斷裂錯動引發地震，地震次數相當頻繁。1999年9月21日凌晨所發生芮氏規模7.3之強烈地震，造成位於震央附近之南投縣及台中縣市重大災害，其中位於烏溪北岸之九九峰因地層屬頭料山層，岩性多為膠結差之礫石且坡度陡峭，產生嚴重崩塌，山頭呈現一片光禿景象。國內外專家學者基於自然生態保育、教育與觀光價值，殷切建議將該地劃設為自然保留區，行政院農業委員會遂依據文化資產保存法於2000年5月22日公告成立「九九峰自然保留區」，面積為1,198.4466 ha。九二一地震造成中部山區多處崩塌，大量土石崩落在山區河谷，於2001年7月底桃芝颱風侵襲，挾帶豐沛雨量引發土石流，2004年7月初又受敏督利颱風暨強盛西南氣流帶來強風豪雨之影響，亦造成中南部地區嚴重災情。

九二一地震前有關九九峰地區之調查報告僅廖(1992)研究該區之植群生態，發現維管束植物有112科295屬393種，並區分為4個植群型，惟該研究範圍僅限於南投縣草屯鎮與國姓鄉區域，並未涵括台中縣霧峰鄉與太平市區域。九二一地震後諸多研究單位積極投入九九峰地區之調查與研究，相關研究報告

陸續發表，如林等(2000)曾應用地理資訊系統之空間分析方法，評估九九峰集水區內崩塌地之特性，並推算崩塌地治理權重，以評估崩塌地治理之優先順序。林等(2001)曾以九九峰地震前後之SPOT衛星影像進行分析，量化崩塌區位及植生復育之情形，提供植生復育區位資訊，作為崩塌地監測與治理評估之用。黃(2002)曾以九二一地震與桃芝颱風前後4期SPOT衛星影像評估九九峰崩塌地植生恢復之狀態，發現歷經二年多植生稍有恢復，並建議該區崩塌地除急需處置者外，仍以自然恢復為宜。林等(2003)曾研究比較九九峰山坡基腳殘存樹林與崩塌土石掩埋區鳥類組成差異，評估地震後鳥類組成變化與植被回復之關係，指出該區地震後植被大都處於間歇性干擾的演替初期，而棲息的鳥類也以樹林邊緣及次生林鳥種為主，建議九九峰自然保留區之經營管理應注意非邊緣性森林鳥種之生態需求。林等(2004)曾以衛星影像資料監測九九峰地區九二一震災前後之崩塌地變遷及植生復育情形，結果顯示地震後二年(桃芝颱風前)植生已恢復50%以上。陳(2005)曾蒐集九九峰地區相關圖層資料，以地理資訊系統及影像處理軟體進行處理與分析，數據顯示海拔高度及坡度皆與九二一地震造成之崩塌有密切相關。本研究主要以九九峰地區之衛星影像進行影像植生指數分析，探討該地區

九二一地震崩塌植群逐年之變遷情形，俾提供相關單位擬定經營管理計畫及決策之參考。

材料與方法

一、研究區環境概況

九九峰地區位於南投縣與台中縣交界處之烏溪北岸，涵括南投縣草屯鎮、國姓鄉及台中縣霧峰鄉、太平市等4個鄉鎮市(圖1)。本研究區以埔里事業區第8至20林班為研究分析範圍，海拔高度由100多公尺至最高790.2m(第五版像片基本圖火炎山9520-II-

082)，其中位於300m至500m之間面積將近占61.57%，坡度為五級坡以上(>40%)面積約占68.34%，顯見該區多為陡峭尖銳之山峰與深溝。九二一地震前之土地利用類型多為天然植被，人為開墾區域多位於鄰近村落或溪谷較平緩之處，其中以天然闊葉混淆林面積最大，將近占58.65%。九九峰自然保留區內海拔高度大多超過400m，坡度為六級坡以上面積占70.10%，地勢較區外高且陡峭，甚易崩塌，為九二一地震主要崩塌區域(陳 2005)。九二一地震後林務局南投林區管理處曾於九九峰保留區外之溪谷土石崩塌堆積處以原生樹種進行人工造林；另一財團法人基金會亦

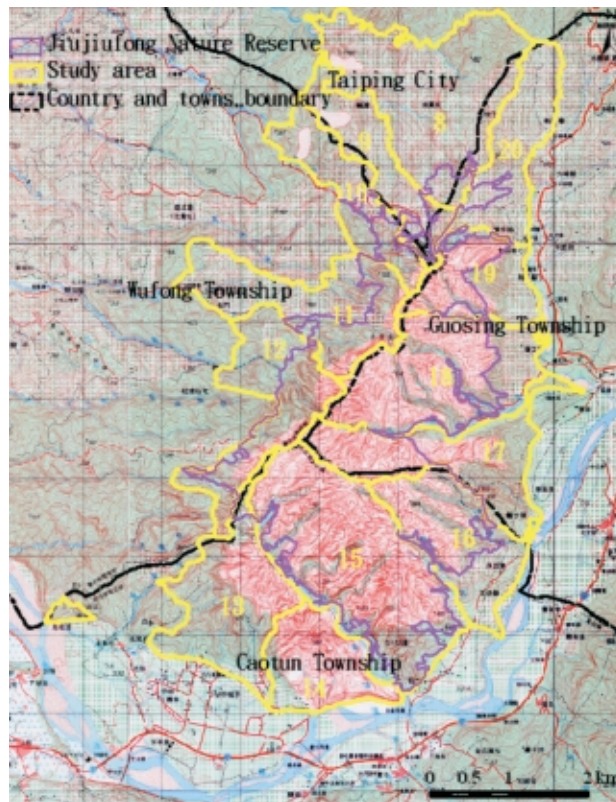


圖1. 九九峰地區研究範圍圖(黃色數字及黃線為第8至20林班)。

Fig. 1. The study area at Mt. Jiujiufong, Taiwan (yellow numbers and lines, the 8th to 20th forest compartments).

曾委託民間航空公司於九九峰外圍山壁崩塌地，以直昇機撒播方式進行造林試驗，惟歷經幾次豪雨與土石流之沖刷後，其成效難以彰顯。

距離九九峰地區較近之氣象觀測站為中央氣象局草屯雙冬站(C1H940)，惟該站僅有降雨資料，其1994年至2003年之統計資料見表1。降雨量主要集中於6月至8月，月平均降雨量皆超過400 mm，其中以8月之463.8 mm為最大；10月至翌年1月降雨量稀少，尤以11月之5.4 mm為最少，年平均降雨量為2,220.9 mm。月平均降雨日數與月平均降雨量情況相仿，以8月之19.0日為最多，最少為11月之2.7日，年平均降雨日數為113.2日。惟九二一地震後重要之氣候變化有2001年10月至2002年4月連續長達7個月乾早期合計雨量僅78.5 mm；另根據該觀測站之逐日雨量資料，達到24小時累積雨量達130 mm以上之「豪雨」標準計有6日，分別為2001年7月30日(桃芝颱風)與8月28日單日降雨各為203.5 mm與143.0 mm；2004年7月2日至4日(敏督利颱風)單日降雨分別為134.0 mm、160.5 mm、250.5 mm，此3日合計為545.0 mm，以及當年8月25日(艾利颱風)單日降雨為220.5 mm。

二、材料與設備

(一)衛星影像資料

本研究所使用之法國SPOT衛星影像資料是向中央大學太空及遙測研究中心價購，影像皆為等級3(即之前Level 10)處理之產品，已

作系統改正，且使用地面控制點及林務局農航所40m網格數值地形模型資料完成精密幾何糾正，並以最近法(Nearest Neighborhood, NN)之重新取樣方式投影套合在台灣二度橫麥卡脫地圖投影座標系統上。所使用影像中2幅為1999年九二一地震前後拍攝，之後每年(2000年至2004年)各取1幅影像，共計挑選7幅影像，其屬性資料詳見表2，其中除1幅(1999年9月)為九二一地震後不久影像外，餘6幅影像為6月或7月拍攝，適值植被之生長期，影像為SPOT 1或SPOT 2衛星所拍攝之多波段影像，具有綠光、紅光及近紅外光等3個波段，影像之解像力為20m，拍攝當時之衛星入射角、太陽方位角與仰角除1999年9月影像差異較大外，其餘影像因拍攝日期相近，所以上述各種角度相差在8°之內，以降低植被生長與地形陰影所產生之差異。

(二)其它圖檔資料

其它圖檔資料包括康訊科技所提供之1/25,000地形圖影像、行政院主計處所提供之村里行政界線資料庫、林務局所提供之林小班圖與林班圖等。

(三)主要研究工具

主要研究分析軟體包括ERDAS IMAGINE遙測影像處理系統軟體、ESRI ArcView地理資訊系統軟體、Ulead PhotoImpact影像處理軟體、Microsoft Excel統計分析軟體及Microsoft Word文書處理軟體等。

表1. 中央氣象局草屯雙冬氣象觀測站(C1H940)1994年至2003年降雨統計資料

Table 1. Monthly and yearly means of precipitations (mm) and numbers of precipitation (days) at the Shuangtung Observatory of Taiwan Central Weather Bureau for 1994 to 2003

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Yearly
Precipitation (mm)	42.8	97.0	85.4	139.2	259.1	446.9	434.3	463.8	175.8	41.5	5.4	30.0	2220.9
Number of precipitation (days)	6.7	9.0	8.8	10.2	13.1	17.4	17.8	19.0	10.5	4.3	2.7	4.6	113.2

表2. 九九峰地區SPOT XS影像之屬性表

Table 2. Sources of SPOT XS images for Mt. Jiujiufong

Date	Time (a.m.)	Image code	Satellite number	Incidence	Azimuth	Elevation
24 June 1999	10:34:15	I0004105	SPOT2	-18.9°	87.2°	71.5°
27 Sep. 1999	10:37:15	I0003776	SPOT1	-10.4°	144.3°	60.2°
25 July 2000	10:29:37	I0003777	SPOT1	-24.8°	96.6°	68.8°
2 July 2001	10:54:36	I0004353	SPOT1	18.9°	89.9°	75.7°
20 June 2002	10:33:33	I0005456	SPOT2	-16.8°	87.3°	70.8°
10 July 2003	10:28:09	I0007688	SPOT2	-24.4°	89.4°	68.5°
12 July 2004	10:50:45	I0007038	SPOT2	-20.9°	93.2°	73.8°

三、研究方法

(一)文獻及圖檔資料蒐集

蒐集整理相關調查報告與參考文獻，並取得研究區之相關數值影像資料等。

(二)現場勘查

攜帶相關地圖、照片及影像至現場勘查比對，以瞭解研究區植被覆蓋及崩塌之變化情形。

(三)影像資料處理與分析

1.植生指數分析

因研究區多為陡峭尖銳之山峰與深溝，易受地形陰影效應之影響，Lillesand and Kiefer (1994)指出常態化差異植生指數(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)可消除坡度與坡向造成不同太陽照射之影響，而Lyon *et al.* (1998)曾以7種植生指數偵測Mexico Chiapas地區之植被變遷指出NDVI最不受地形因子影響且直方圖唯一呈常態分布，NDVI差異方法於變遷偵測產生最佳結果。本研究遂採用目前已被廣泛應用之NDVI進行變遷分析，此植生指數是由Rouse *et al.*於1973年最早提出應用在Landsat MSS影像上(Jensen 1986)，其計算式為

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

其中NDVI：常態化差異植生指數

NIR：近紅外光輻射值

R：紅光輻射值

為瞭解植被空間變化之情形，以IMAGINE軟體求算各期衛星影像之NDVI值後，分別作植生指數之分級，惟植被因類型、覆蓋度與地形等呈現不同輻射值之變化，研究文獻亦多決定其變遷門檻值少有予以分級，僅謝及鄭(1995)曾將福山地區分為0.0-0.3、0.3-1.0間以0.1值等級距分級，共分為8級；謝(1996)曾將東勢林區之大安事業區以控制聚集演算分為5級(非等級距)，然本研究區陡峭之地形實難以詳細區分類別等級，遂僅將NDVI值分為3個等級，分別為低指數區(值小於0.3，主要為崩塌裸露區及少許植被覆蓋)、中指數區(值介於0.3與0.5之間，主要為草地、灌叢或稀疏森林)、高指數區(值為0.5以上，主要為茂密森林)。

2.其它圖檔資料處理與研究區切取

為排除人為嚴重干擾區域，本研究以埔里事業區第8至20林班為研究分析範圍(圖1)，總面積約為3,050 ha。本研究以ArcView軟體將獲取之其它圖檔資料轉換為(.shp)向量式圖層，並製成第8至20林班研究區與自然保留

區向量圖層，另以Spatial Analyst模組將其轉換為(.img)網格檔作為切取網格影像或圖層之基準。

3.圖層製作與資料分析

將NDVI影像之直方圖以PhotoImpact軟體進行截取處理，以ArcView軟體套疊相關圖層與地圖物件後轉檔輸出，另將所蒐集降雨、影像與切取圖層屬性資料等以Excel軟體處理分析。

結果與討論

本研究所使用之7幅SPOT衛星影像如圖2，為了解各影像之實際情況與利於比對影像間之差異，所有影像未作任何顯揚(enhancement)，影像中紅色代表植被覆蓋良好區域，水藍色則代表崩塌裸露、溪流或雲層，由圖顯示僅1999年9月與2000年7月此2幅小部分區域有雲層。研究區於九二一地震前水藍色主要位於溪流外，植被覆蓋極為茂密(圖2A)；地震後水藍色區域劇增，顯示地震造成大量崩塌裸露(圖2B)；於桃芝颱風之前水藍色區域漸減，顯示崩塌裸露區植被逐漸回復(圖2C, 2D)；桃芝颱風後水藍色區域增加(圖2E)，之後水藍色區域又減少(圖2F)，至敏督利颱風之後水藍色區域又稍增且主要位於溪谷(圖2G)，顯示受颱風挾帶豪雨之沖刷，植被覆蓋呈現變動。茲將影像植生指數分析結果區隔3期分述如下：

一、九二一地震前後期間

研究區1999年6月NDVI影像之直方圖呈現單峰分布(圖3A)，NDVI之平均值高達0.61，值小於0.3之面積有21.31 ha，僅占研究區面積之0.7%(表3)，主要位於仙洞指坑溪與乾溪溪床(圖5A)，而大於0.5面積有2,878.73 ha，占高達94.39%，顯示研究區在九二一地震前植被覆蓋甚為茂密；1999年9月地震後影

像之直方圖大幅向左位移，轉變為左低右高之雙峰分布(圖3B)，NDVI平均值劇降為0.37，小於0.3之面積劇增為1,075.75 ha (35.27%)(表3)，大於0.5之面積劇降為1,063.12 ha (34.86%)，顯示九二一地震造成研究區大量崩塌裸露(圖5B)，而位於研究區北端之第20林班據陳(2005)研究分析結果六級坡以上(>55%)面積僅23.91%，為所有林班中較平緩者，崩塌面積僅占5.85%為最小者。

九九峰自然保留區於九二一地震前NDVI影像之直方圖為單峰分布(圖4A)，NDVI平均值為0.60與上述研究區相近，值小於0.3之面積僅1.44 ha，占保留區面積之0.12%(表4)，大於0.5面積有1,147.17 ha(高達95.67%)，顯示地震前區內植被覆蓋亦相當茂密(圖5A)；九二一地震之後影像NDVI直方圖大幅向左位移，轉變為左高右低之雙峰分布(圖4B)，平均值劇降為0.25，此與研究區為左低右高之雙峰分布，平均值為0.37，兩者相較顯示保留區崩塌裸露之相對面積較高，小於0.3之面積劇增為750.11 ha (62.56%)(表4)，大於0.5之面積劇降為136.93 ha (11.42%)，以及由圖亦顯示保留區為地震主要崩塌裸露區(圖5B)。

二、地震後至桃芝颱風前期間

研究區2000年7月(地震後近一年)NDVI影像直方圖轉變為左偏斜單峰分布(圖3C)，平均值稍提高至0.44，小於0.3之面積降為702.71 ha (23.04%)(表3)，大於0.5之面積增為1,541.69 ha (50.55%)，顯示植被已稍微回復(圖5C)；2001年7月(地震後近二年)影像直方圖仍為左偏斜單峰分布(圖3D)，但已向右移集中，平均值已提高至0.54，小於0.3之面積降為232.13 ha (7.61%)(表3)，大於0.5之面積增為2,148.61 ha (70.45%)，顯示植被覆蓋漸密(圖5D)，而黃(2002)就二年多之監測分析結果崩塌地植生已稍有恢復，然大多出現在基腳及近山腰處。



圖2. 九九峰研究區SPOT衛星3/2/1波段組合影像。

Fig. 2. The images of Mt. Jiujufong by SPOT 3/2/1 on 24 June 1999 (A), 27 Sep. 1999 (B), 25 July 2000 (C), 2 July 2001 (D), 20 June 2002 (E), 10 July 2003 (F), and 12 July 2004 (G) (red hues, the areas with vegetation; blue hues, areas with landslide).

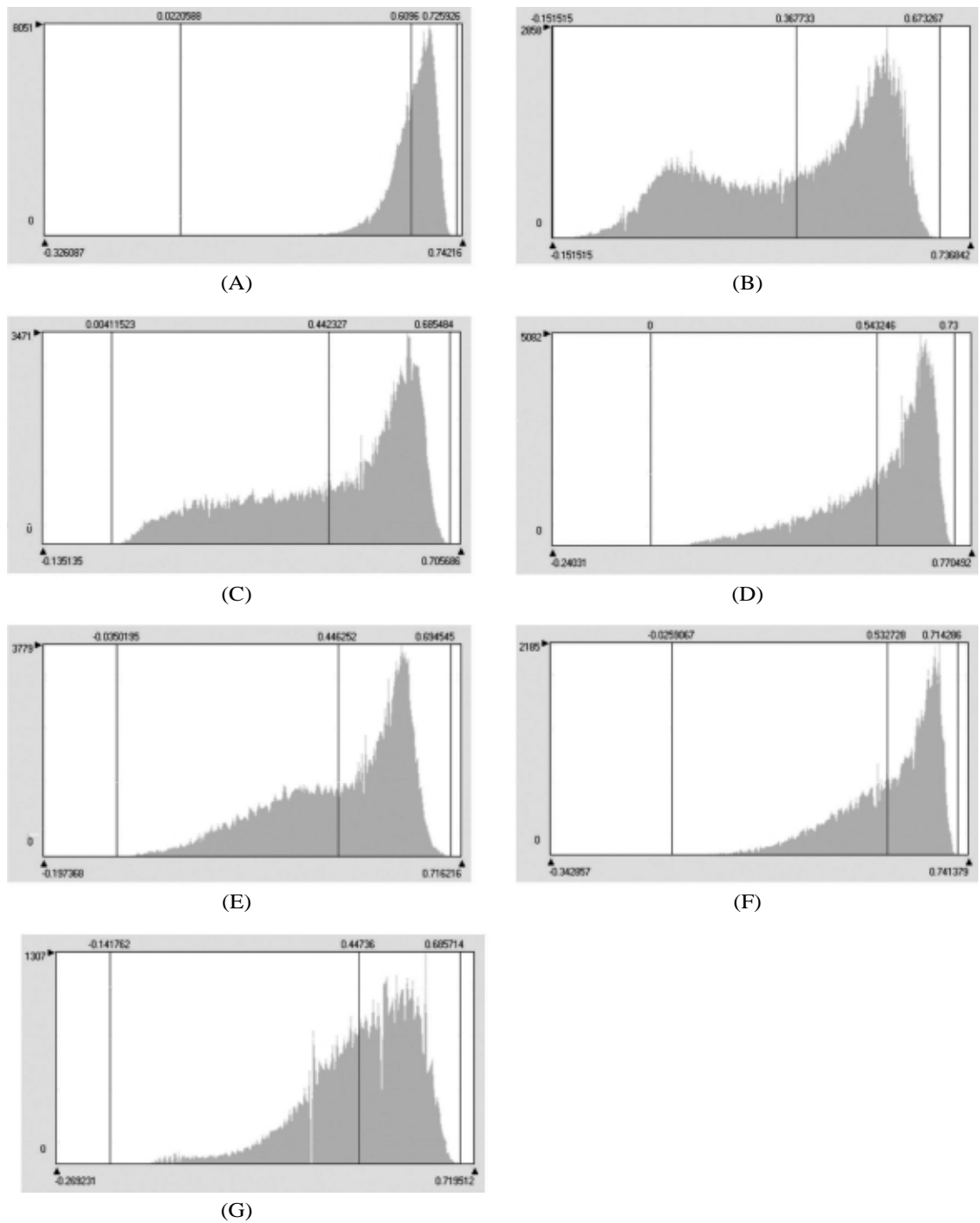


圖3. 九九峰研究區NDVI影像直方圖。

Fig. 3. The histograms of the NDVI images of Mt. Jiujufong on 24 June 1999 (A), 27 Sep. 1999 (B), 25 July 2000 (C), 2 July 2001 (D), 20 June 2002 (E), 10 July 2003 (F), and 12 July 2004 (G).

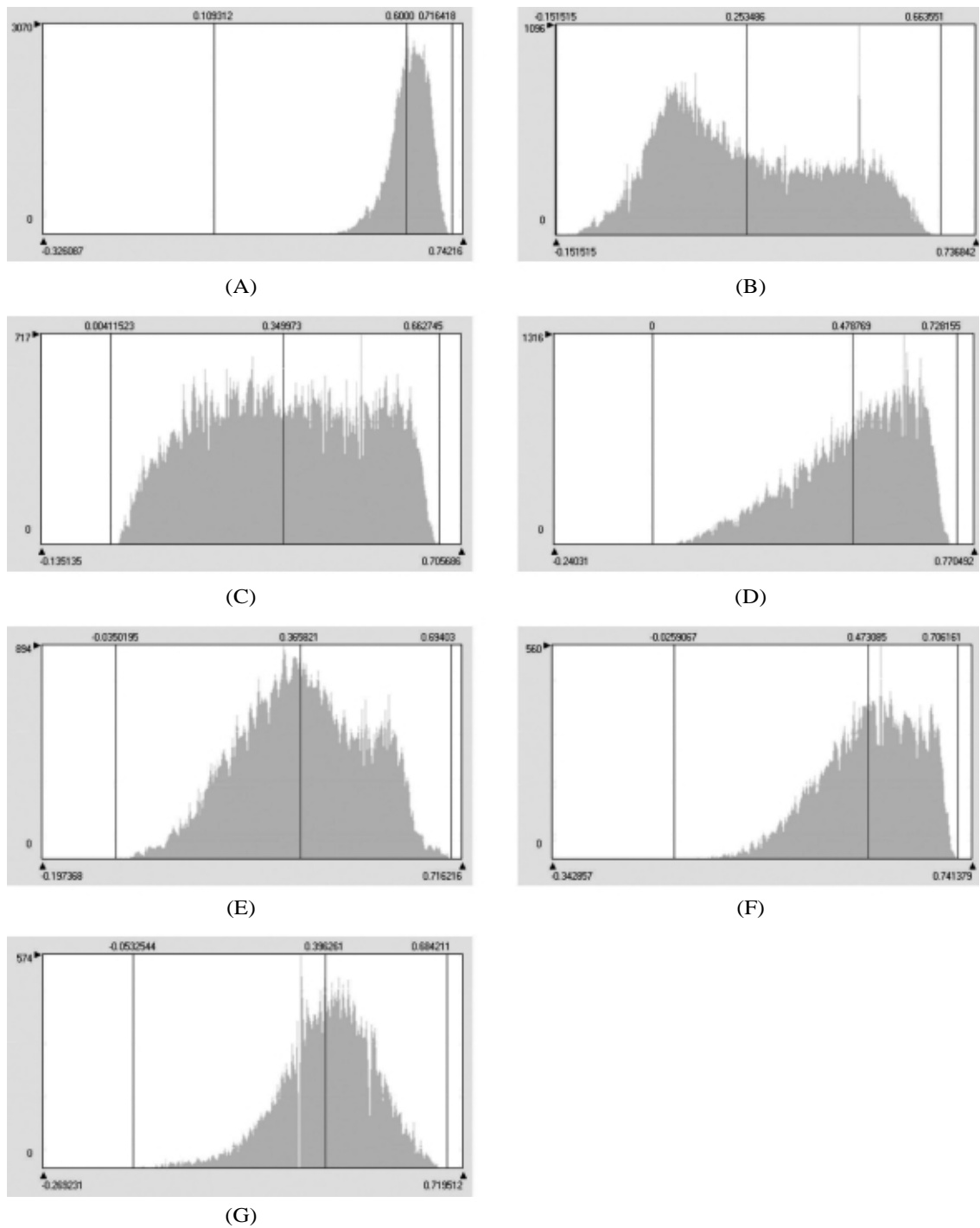


圖4. 九九峰自然保留區NDVI影像直方圖。

Fig. 4. The histograms of the NDVI images of the Jiujufong Nature Reserve on 24 June 1999 (A), 27 Sep. 1999 (B), 25 July 2000 (C), 2 July 2001 (D), 20 June 2002 (E), 10 July 2003 (F), and 12 July 2004(G).

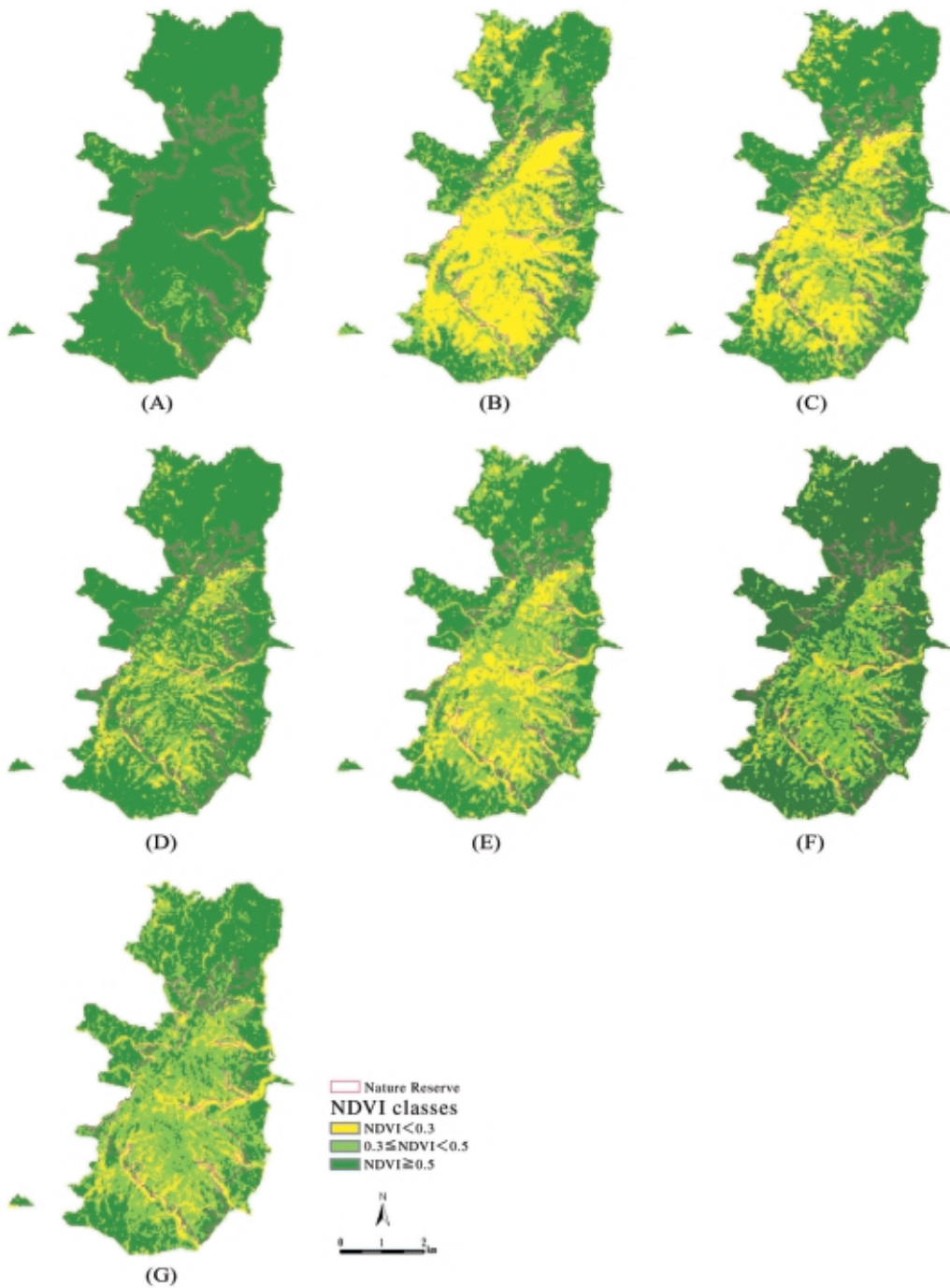


圖5. 九九峰研究區NDVI值分級影像。

Fig. 5. The NDVI classified images of Mt. Jiujufong on 24 June 1999 (A), 27 Sep. 1999 (B), 25 July 2000 (C), 2 July 2001 (D), 20 June 2002 (E), 10 July 2003 (F), and 12 July 2004 (G).

表3. 九九峰研究區NDVI值分級面積

Table 3. Areas (ha) (relative areas, % in parentheses) of NDVI classes at Mt. Jiujiufong

Date	NDVI<0.3	0.3≤NDVI<0.5	NDVI≥0.5
24 June 1999	21.31 (0.70)	149.83 (4.91)	2878.73 (94.39)
27 Sep. 1999	1075.75 (35.27)	911.00 (29.87)	1063.12 (34.86)
25 July 2000	702.71 (23.04)	805.47 (26.41)	1541.69 (50.55)
2 July 2001	232.13 (7.61)	669.13 (21.94)	2148.61 (70.45)
20 June 2002	557.06 (18.27)	1045.81 (34.29)	1447.00 (47.44)
10 July 2003	190.24 (6.24)	818.38 (26.83)	2041.25 (66.93)
12 July 2004	380.40 (12.47)	1392.87 (45.67)	1276.60 (41.86)

表4. 九九峰自然保留區NDVI值分級面積

Table 4. Areas (ha) (relative areas, % in parentheses) of NDVI classes at the Jiujiufong Nature Reserve

Date	NDVI<0.3	0.3≤NDVI<0.5	NDVI≥0.5
24 June 1999	1.44 (0.12)	50.45 (4.21)	1147.17 (95.67)
27 Sep. 1999	750.11 (62.56)	312.02 (26.02)	136.93 (11.42)
25 July 2000	495.08 (41.29)	435.95 (36.36)	268.03 (22.35)
2 July 2001	155.07 (12.93)	434.32 (36.22)	609.67 (50.85)
20 June 2002	389.19 (32.46)	582.30 (48.56)	227.57 (18.98)
10 July 2003	117.29 (9.78)	540.52 (45.08)	541.25 (45.14)
12 July 2004	206.74 (17.24)	782.99 (65.30)	209.33 (17.46)

自然保留區2000年7月NDVI影像直方圖轉變為平緩之單峰分布(圖4C)，平均值稍提高至0.35，小於0.3之面積降為495.08 ha (41.29%)(表4)，大於0.5之面積增至268.03 ha (22.35%)，植被已稍微回復(圖5C)；2001年7月影像直方圖轉變為左偏斜單峰分布(圖4D)，平均值提高至0.48，小於0.3之面積降為155.07 ha (12.93%)(表4)，大於0.5之面積增至609.67 ha (50.85%)，顯示保留區內植被亦逐漸回復覆蓋(圖5D)。

三、桃芝颱風後至敏督利颱風後期間

2001年7月底遇桃芝颱風挾帶豪雨侵襲，且歷經2001年10月至2002年4月長達7個月之異常乾旱期，研究區2002年6月(桃芝颱風後近一年即地震後近三年) NDVI影像直方圖卻反向左位移，轉變為左偏斜之近似雙峰分布(圖3E)，平均值降為0.45，小於0.3之面積增為557.06 ha (18.27%)(表3)，大於0.5之面積降為1,447.00 ha (47.44%)，顯然原有植被受颶風豪雨沖刷與長期乾旱致使落葉或枯黃，導致植物綠度降低(圖5E)；至2003年7月(桃芝颱風後二年即地震後近四年) 影像直方圖又回復為左偏斜單峰分布(圖3F)，平均值提高至0.53，

小於0.3之面積降至190.24 ha (6.24%)(表3)，大於0.5之面積增為2,041.25 ha (66.93%)，顯示植被歷經一年多較穩定之氣候後又有回復現象(圖5F)；然2004年7月初再遇敏督利颱風侵襲，連續3日降下豪雨，由該颱風過後9日之影像(地震後近五年)直方圖雖仍為左偏斜單峰分布(圖3G)，但向左位移，平均值又降為0.45，小於0.3面積增為380.40 ha (12.47%)(表3)，大多位於山谷與溪床，而大於0.5之面積降為1,276.60 ha (41.86%)，顯然植被受颱風豪雨沖刷或土石覆蓋之影響，植物指數再次降低(圖5G)。

自然保留區於歷經桃芝颱風挾帶豪雨侵襲與乾旱後，其2002年6月NDVI影像直方圖反向左位移，轉變為左偏斜之近似雙峰分布(圖4E)，平均值降為0.37，小於0.3之面積增為389.19 ha (32.46%)(表4)，大於0.5之面積增為227.57 ha (18.98%)，顯然植被受颱風豪雨與長期乾旱之影響(圖5E)；至2003年7月影像直方圖又回復為左偏斜單峰分布(圖4F)，平均值提高至0.47，小於0.3之面積降至117.29 ha (9.78%)(表4)，大於0.5之面積增為541.25 ha (45.14%)，顯示植被又有回復狀況(圖5F)；但2004年7月初再受敏督利颱風豪雨侵襲，影像直方圖向左位移轉變為單峰分布(圖4G)，平均值降為0.40，小於0.3面積增為206.74 ha (17.24%)(表4)，而大於0.5之面積降為209.33 ha (17.46%)，顯示植被再次受颱風豪雨沖刷而覆蓋度降低(圖5G)。

以植生指數進行變遷分析時，影像接收日期、太陽高度角、衛星入射角、雲層、植被生長狀況等皆為其重要之影響因子，尤如九九峰地區多為陡峭尖銳之山峰與深溝，受地形陰影效應影響嚴重，於挑選影像須審慎考量上述影響因子，以減低誤差。有關九九峰地區九二一地震崩塌變遷監測研究，如黃(2002)述及其所選用1999年至2001年4期SPOT影像為春季3月與冬季11月，可能對於草本植

生產生存在與否之差異，進而影響NDVI值變異與植生恢復之判定，另雖使用多期影像相對幅射同態化，但難以消除不同生長季節之植生差異。林等(2004)亦選用1999年至2001年SPOT影像，然所用5期影像之接收日期皆為不同月份。本研究所用1999年至2004年7幅影像，除1幅為9月外，餘6幅影像為6月或7月拍攝，適值植被之生長期，且影像之太陽高度角介於 60.2° - 75.7° ，較前者之 43.7° - 55.0° 高，故較能消除前述之困擾，並降低地形陰影效應之影響。

結 論

由植生指數變遷分析結果，本研究區於九二一地震前除溪床植被易遭豪雨洪水沖刷裸露外，幾乎為植物所覆蓋，NDVI之平均值高達0.61，而地震後多數山頭崩落之土石大量堆積於局部溪谷坡腳，部分溪床植被猶存，NDVI平均值劇降為0.37；九二一地震後至桃芝颱風前為回復期，此近二年期間氣候較為穩定，植被逐漸回復覆蓋，2001年NDVI平均值已提高至0.54；桃芝颱風後至敏督利颱風後期間為變動期，此三年期間歷經桃芝與敏督利颱風挾帶豪雨之沖刷，植生指數呈現(0.45-0.53-0.45)變動。綜觀地震後近五年九九峰地區植被已逐漸回復覆蓋，惟溪谷區域之植被易遭洪水沖刷，而自然保留區因為地震主要崩塌裸露區，植被雖有回復，仍尚未很穩定，植生指數易受颱風豪雨之影響而變動。

謝 誌

承蒙特有生物研究保育中心長官對本研究計畫之支持、督促與勉勵，林務局、行政院主計處及康訊科技公司等單位提供相關圖檔資料，組內同仁蘇小姐美如協助圖檔資料

取得及陳小姐怡姝協助資料蒐集與繕打，謹申謝忱。

引用文獻

- 林昭遠、林文賜、王清賢、陳素珠。2000。應用地理資訊系統於集集震災崩塌地之評估。水土保持學報32(3): 139-148。
- 林昭遠、吳瑞鵬、林文賜。2001。921震災崩塌地植生復育監測與評估。中華水土保持學報32(1): 59-66。
- 林文賜、黃碧慧、林昭遠、周文杰。2004。921震災崩塌地特性分析及變遷監測之研究。中華水土保持學報 35(2): 141-149。
- 林瑞興、許富雄、姚正得、艾台霖。2003。九二一地震後台灣九九峰鳥類組成變化與植被回復之關係。特有生物研究5(2): 47-59。
- 陳添水。2005。應用地理資訊系統於九九峰九二一地震崩塌分析。特有生物研究 7(1): 69-87。
- 黃凱易。2002。九九峰自然保留區地覆變遷之監測與分析。林業研究季刊 24(3): 35-48。
- 廖秋成。1992。南投雙冬火災山地區植群生態與植物區系之研究。國立中興大學實驗林研究報告14(1): 1-60。
- 謝漢欽、鄭祈全。1995。福山地區SPOT多期影像植生綠度分析。林業試驗所研究報告季刊 10(1): 105-120。
- 謝漢欽。1996。應用SPOT衛星影像與地理資訊林地土地利用型綠度分析。台灣林業科學 11(1): 77-86。
- Jensen, J. R. 1986. Introductory digital image processing: A remote sensing perspective. Prentice-Hall, New Jersey.
- Lillesand, T. M. and R. W. Kiefer. 1994. Remote sensing and image interpretation. John

Wiley and Sons.

- Lyon, J. G., D. Yuan, R. S. Lunetta and C. D. Elvidge. 1998. A change detection experiment using vegetation indices. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 64(2): 143-150.

Occurrence of a Pelagic Pteropod *Diacavolinia bandaensis* van der Spoel, Bleeker & Kobayasi, 1993 (Gastropoda: Cavoliniidae) in Nearshore Waters of Northwestern Taiwan

台灣駝蝶螺科翼足動物新紀錄種班達駝蝶螺
Diacavolinia bandaensis van der Spoel, Bleeker & Kobayasi, 1993

Chun-Yi Chang and Pan-Wen Hsueh *

張君屹 薛攀文 *

Department of Life Sciences, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan

國立中興大學生命科學系 台中市國光路250號

*Corresponding author

*通訊作者

Abstract

Diacavolinia bandaensis van der Spoel, Bleeker & Kobayasi, 1993, a pelagic cavolinid pteropod which has been known only from the Banda Sea, Indonesia, is reported herein as a species newly recorded to coastal waters of the northwestern Taiwan. The morphological differences to its related congeneric species as well as its distribution are discussed.

摘要

本文描述一種原分布地局限於印尼班達海域(Banda Sea, Indonesia)駝蝶螺科翼足動物 *Diacavolinia bandaensis* van der Spoel, Bleeker & Kobayasi, 1993 (班達駝蝶螺)之台灣新紀錄。有關此種與同屬近似種間之形態差異與此種之分布問題，一併於本文中討論。

Key words: new record, cavolinid pteropod, *Diacavolinia bandaensis*

關鍵詞：台灣新紀錄、駝蝶螺、*Diacavolinia bandaensis*

Received: April 15, 2005

Accepted: June 29, 2005

收件日期：94年4月15日

接受日期：94年6月29日

Pelagic mollusks in the vicinity waters of Taiwan were sporadically studied in the past few decades (Zhang 1964, 1966; Dai 1989; Huang *et al.* 1993; Hsueh 1995; Ling 1999) with a total of 67 species and subspecies (mostly pteropods) that have been reported so far (Zhang 1964, 1966; Dai 1989; Huang *et al.* 1993; Hsueh 1995; Ling 1999). In our recent zooplankton study in the nearshore waters of northwestern Taiwan, a specimen of *Diacavolinia bandaensis* van der Spoel, Bleeker & Kobayasi, 1993, an unrecorded species of pelagic cavolinid pteropods (Gastropoda: Cavoliniidae), was collected. The species was originally known only from the Banda Sea, Indonesia (van der Spoel *et al.* 1997). Finding of this species in the West Pacific, particularly in the nearshore waters environment as compared to open oceanic environments, provides interesting information on the zoogeographic distribution of the species.

The specimen of *D. bandaensis* collected in this study had the shell length (tip of dorsal lip to tip of posterior margin; SL) 4.5 mm, shell width (between tips of lateral spines; SW) 4.8 mm, rostrum length (tip to base of rostrum; RL) 0.4 mm (Fig. 1). It was collected by P. W. Hsueh from surface water near the Yun-Ann Fishing Port (25° 00.325' N, 121° 00.247' E), Tau-Yuan County, northwestern Taiwan, 5 May, 2002, and

deposited at the National Museum of Natural Science Taichung, Taiwan (NMNS 4780-001).

Diacavolinia bandaensis is closely related to its three congeneric species, *Diacavolinia angulosa* (Gray, 1850), *Diacavolinia pacifica* van der Spoel, Bleeker & Kobayasi, 1993 and *Diacavolinia grayi* van der Spoel, Bleeker & Kobayasi, 1993 by sharing the character of fairly similar shell form. However, *D. bandaensis* is distinguishable easily from the latter three species. *Diacavolinia bandaensis* has no notch on rostrum whereas *D. angulosa* and *D. pacifica* have a fully developed notch (Fig. 1a, 1c, 1d). *Diacavolinia bandaensis* has the similar level between the caudal joint and the lateral spine tips (Fig. 1a, 1c, 1d) (van der Spoel *et al.* 1993; van der Spoel *et al.* 1997), whereas *D. grayi* has the caudal joint projected posteriorly below the lateral spine tips.

It is surprising to find *D. bandaensis* in nearshore waters of the northwestern Taiwan, where is thousands kilometers away from its known original home range in the Banda Sea, Indonesia (van der Spoel *et al.* 1997). It is difficult to explain this disconnected distribution by ocean current transportation alone. The Banda Sea and northwestern waters of Taiwan are located in two different hemispheres. It is difficult for pelagic oceanic animals to cross the

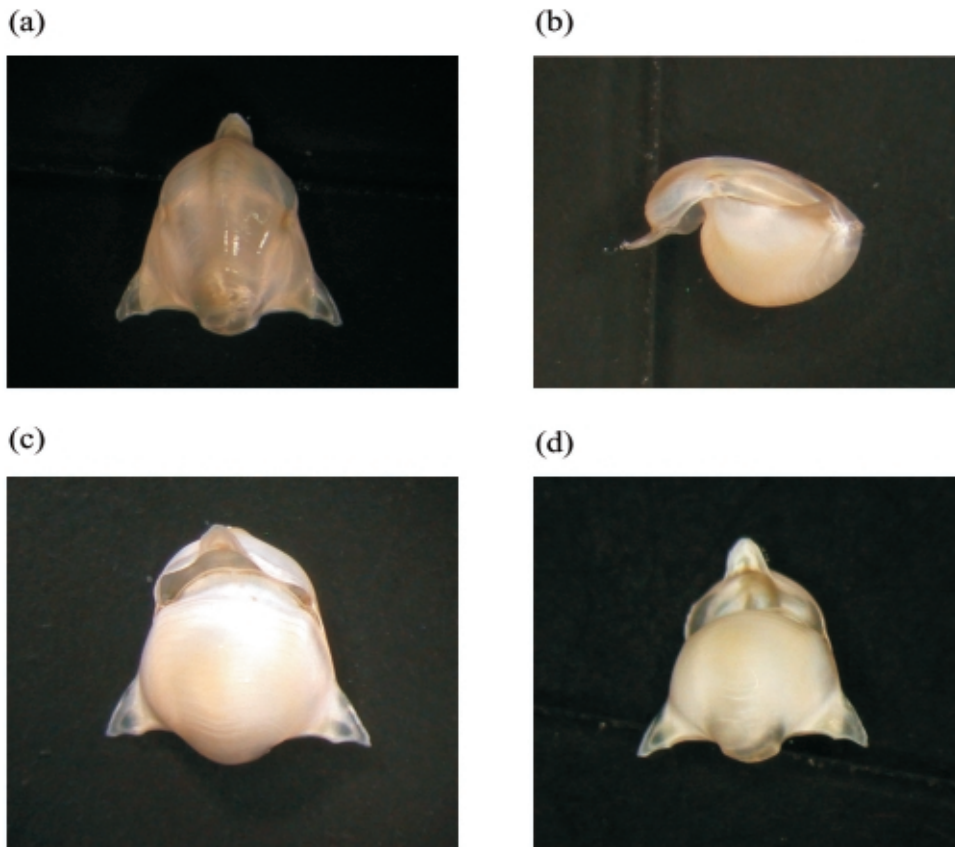


Fig. 1. Dorsal view (a), lateral view (b), ventral view (c), and ventral view with posterior margin elevated (showing the cone-shaped rostrum without a notch and the similar level between caudal joint and the lateral spine) of the shell (SL 4.5 mm; SW 4.8 mm; RL 0.4 mm) of a specimen of *Diacavolinia bandaensis* van der Spoel, Bleeker & Kobayasi, 1993 collected from nearshore waters of Northwestern Taiwan.

equator via surface oceanic currents. Therefore, it is hypothesized that *D. bandaensis* in the nearshore waters of the northwestern Taiwan is one of the populations or subpopulations of the species in the western Pacific. However, because of its extremely rarity, it was not found in the past. In this study we made 72 plankton samplings, but only a single specimen was collected. The surface water habitat found in this study corresponds with the shallow water

distribution of the species noted by van der Spoel *et al.* (1997).

We thank Mr. Chin-Ling Chen and Shou-Yu Chen for their assistance in laboratory sorting. This study is supported in part by the grant of National Science Council (NSC92-2621-005-002) of Taiwan. We also appreciate logistic support from National Museum of Natural Science, Taiwan.

Literature Cited

- Dai, Y. 1989. Distribution of pelagic mollusks in western Taiwan Strait. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait* 8: 54-59. (in Chinese with English abstract)
- Hsueh, P. W. 1995. Abundance of larval *Creseis virgula conica* (Mollusca: Thecosomata) in daytime and nighttime high tides. *Bulletin of National Museum of Natural Science* 6: 131-134.
- Huang, J., C. Zhu and S. Li. 1993. Distribution on planktonic mollusca in Minnan-Taiwan shoal fishing ground. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait* 12: 164-170. (in Chinese with English abstract)
- Ling, S. T. 1999. Spatial and Temporal Distribution of Thecosomes in the Adjacent Waters of Kaohsiung and Liu-chiu Yu Island. Master's thesis, National Sun Yat-Sen University. 86 pp.
- van der Spoel, S., J. Bleeker and H. Kobayasi. 1993. From *Cavolinia longirostris* to twenty-four *Diacavolinia* taxa, with a phylogenetic discussion (Mollusca, Gastropoda). *Bijdragen de Dierkunde* 62: 127-166.
- van der Spoel, S., L. Newman and K. W. Estep. 1997. Pelagic mollusks of the world. World Biodiversity Database, CR-ROM series. Expert Center for Taxonomic Identification (ETI), Amsterdam, the Netherlands, UNESCO, Paris. An electronic guide for the identification and distribution of the pelagic mollusks of the world.
- Zhang, F. S. 1964. The pelagic mollusks off the China coast. I. A systematic study of Pteropoda (Opisthobranchia), Heteropoda (Prosobranchia) and Janthinidae (Ptenoglossa, Prosobranchia). *Studia Marina Sinica* 5: 125-226.
- Zhang, F. S. 1966. The pelagic mollusks off the China coast. II. On the ecology of the pelagic mollusks of the Yellow Sea and the East China Sea. *Studia Marina Sinica* 8: 1-27.

Taxonomic Status of *Aphnaeus hirayamae* Matsumura, 1919 (Lepidoptera: Lycaenidae)

「平山虎灰蝶」分類地位之檢討 (鱗翅目：灰蝶科)

Yu-Feng Hsu¹, Shou-Ming Wang² and Ying-Chuan Yang¹

徐堉峰¹ 王守民² 楊滢娟¹

¹Department of Life Science, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan

²Conservation Section, Forestry Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan, Taipei, Taiwan

¹國立台灣師範大學生命科學系 台北市汀州路四段88號

²行政院農業委員會林務局保育組 台北市杭州南路一段2號

Abstract

Aphnaeus hirayamae Matsumura, 1919 of Taiwan has been considered a synonym of *Spindasis syama* (Horsfield, 1829) for a long time. We examined this unique holotype of *A. hirayamae* and compared it with the specimens of *S. syama* and *Spindasis vulcanus* (Fabricius, 1775), and found that characters of the holotype differ from those of *S. syama*, but are undistinguishable from those of *S. vulcanus*, which is known mainly from the Indian subcontinent. Accordingly, we assigned *Aphnaeus hirayamae* Matsumura, 1919 as a synonym nov. to *Spindasis vulcanus* (Fabricius, 1775). As *A. hirayamae* has not been found in Taiwan since it was originally described in 1919, it seems unlikely that *S. vulcanus* (= *A. hirayamae*) occurs in Taiwan. It is suspected that the holotype of *A. hirayamae* is more likely a mislabeled specimen of the museum, rather than an individual accidentally introduced to Taiwan.

摘要

「平山虎灰蝶」又被稱為平山雙尾燕蝶，過去被認為係三斑虎灰蝶(三星雙尾燕蝶)之同物異名。經檢查其模式標本，發現該標本之形態特徵與三斑虎灰蝶殊異，而與分布於印度、斯里蘭卡

等地之南亞虎灰蝶相符，應視為其同物異名。南亞虎灰蝶分布於台灣的可能性不高，因此平山虎灰蝶之模式標本可能係源自意外引入之個體，抑或是錯誤的標籤。

Key words: The Matsumura collection, *Spindasis syama*, *Spindasis vulcanus*, Taiwan, India

關鍵詞：松村收藏、三斑虎灰蝶、南亞虎灰蝶、台灣、印度

Received: April 1, 2005

Accepted: July 4, 2005

收件日期：94年4月1日

接受日期：94年7月4日

Aphnaeus hirayamae Matsumura is a hairstreak butterfly described by Matsumura (1919) based upon a male specimen (holotype) from Taiwan. It was transferred to the genus *Spindasis* Wallengren, 1857 by Shirôzu (1960), and then subsequently considered to be a synonym of *Spindasis syama* (Horsfield, 1829) by Shirôzu and Ueda (1992). This unique holotype of *A. hirayamae* (Fig. 1) has been deposited in the Matsumura collection of the Systematic Entomology Laboratory, Hokkaido University (SEHU), Sapporo, Japan.

We examined the holotype of *A. hirayamae* and found it to agree well with the illustrations of pl. 48, Fig. 7 in the original description (Matsumura 1919) and that in page 546 of Matsumura (1931). We compared the characters of the holotype with those of the specimens (38 males and 25 females) of *S. syama* (17 males and 5 females from Taiwan; one male and one female from East China; one male and one female from Central China; one male and two females from West China; two males and three females from Hong Kong; nine males and six females from the Philippines; three males and two females from Thailand; and four males and

four females from Borneo), and found that the holotype differs specifically from *S. syama* in the following characters (terminology of wing patterns after Nijhout 1991):

1. Two prominent longitudinal orange streaks are present on forewing uppersides of *A. hirayamae*, (Fig. 1A), but such streaks are absent in *S. syama*.
2. Proximal band of the central symmetry system on hindwing underside of *A. hirayamae* forms a continuous band (Fig. 1B), whereas it is consisted of several detached spots in *S. syama*.
3. Basal symmetry system on forewing underside of *A. hirayamae* is represented as a bar that is attenuated basally and enlarged into a circle distally (Fig. 1B), whereas that of *S. syama* is a simple bar.
4. Parafoveal element on hindwing underside is attached to the distal band of the central symmetry system in *A. hirayamae* (Fig. 1B), whereas these two bands are separated each other in *S. syama*.

We also compared the holotype of *A. hirayamae* with *Spindasis vulcanus* (Fabricius, 1775) (Fig. 2), for which we examined the

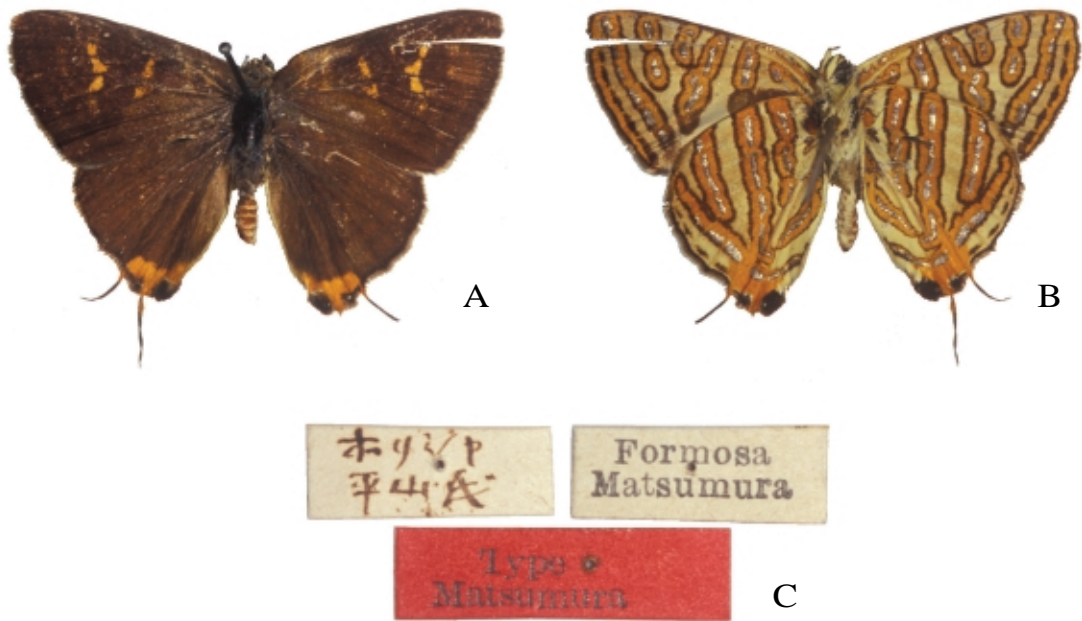


Fig. 1. Holotype of *Aphnaeus hirayamae* Matsumura (SEHU): A, upperside; B, underside; C, labels.

圖1. 日本北海道大學館藏之「平山虎灰蝶」的正模式標本：A, 背面觀; B, 腹面觀; C. 標籤。

specimens of five males and four females from India and two males and one female from Sri Lanka. We found that the characters of the holotype of *A. hirayamae* agree fully with those of *S. vulcanus*, which is distributed in India (Nicéville 1890; Evans 1925, 1932; Gay *et al.* 1992; Kunte 2000), Sri Lanka (Evans 1925, 1932; Woodhouse 1952; D'Abrera 1986; Banks and Banks 1985), Sikkim (Haribal 1992), Nepal (Smith 1989, 1994), northern Thailand (Pinratana 1981), and Java (D'Abrera 1986).

Accordingly, *A. hirayamae* is synonymous to *S. vulcanus*, not to *S. syama* as previously considered (Shirôzu and Ueda 1992). Therefore, we herein assign *Aphnaeus hirayamae* Matsumura, 1919 as a junior synonym of *Aphnaeus vulcanus* (Fabricius, 1775).

S. vulcanus is distributed primarily in the Indian subcontinent (Kunte 2000), extends eastwardly to the central Indochina (Pinratana 1981), and has an isolated population in Java (D'Abrera 1986). It seems unlikely that it occurs in Taiwan, as no butterfly species is known to occur in the Indian subcontinent and Taiwan without presence also in mainland China. Furthermore, no more specimen of this lycaenid butterfly has been collected from Taiwan, besides the holotype of *A. hirayamae*. We strongly suspect that the holotype of *A. hirayamae* is an individual that was accidentally introduced to Taiwan, or a mislabeled specimen of the museum; it is more likely for the latter than the former. Its museum label is Holotype male: Formosa Matsumura | Horisha Hirayama |



Fig. 2. A specimen of male *Spindasis vulcanus* (data of label: India: Calcutta, 14-19 Oct 1978, JAP-IND CO TR, SEHU) :A, upperside; B, underside.

圖2. 印度產之南亞虎灰蝶標本：A,背面觀; B,腹面觀。

Type Matsumura [red label] (SEHU) (Fig. 1C).

A synonymic list of *Spindasis vulcanus* (Fabricius 1775) modified by Nicéville (1890) and Evans (1932) is revised as follows:

***Spindasis vulcanus* (Fabricius, 1775)**

- Papilio vulcanus* Fabricius, 1775: 519.
Papilio etolus Cramer 1779: pl. ccviii, figs. E, F.
Polyommatus vulcanus Godart, 1823: 644.
Amblypodia vulcanus Horsfield, 1829: 106.
Aphnaeus vulcanus Hübner, 1816-1841:
Aphnaeus etolus Hewitson, 1865: 61.
Aphnaeus bracteatus Butler, 1883: 147.
Aphnaeus tigrinus Moore, 1884: 25.
Spindasis tigrina de Nicéville, 1885: 25.
Aphnaeus hirayamae Matsumura 1919: 613.

syn. nov. and stat. rev.

- Spindasis vulcanus* Evans 1925: 758.
Spindasis etolus Evans 1932: 276.
Spindasis tigrinus Evans 1932: 276.
Spindasis hirayamae Shirôzu 1960: 455.

Acknowledgements: We thank Kazunori Yoshizawa and Kazuhiro Sugisima (SEHU, Sapporo), Frederick W. Stehr (Michigan State University, East Lansing), James J. Young (Hong Kong Lepidopterists' Society), Shen-Horn Yen (National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung), and Chi-Feng Lee (Research Center for Biodiversity, Academia Sinica, Taipei) for kind assistances on examination of the type material and the other specimens relevant to this study. This study was financially supported in part by the Council of Agriculture, R.O.C. (grant 89-AST-1.5-FOD-04).

Literature Cited

- Banks, J. and J. Banks. 1985. A Selection of the Butterflies of Sri Lanka. Stamford Lake (PVT) Ltd.
D'Abbrera, B. 1986. Butterflies of the Oriental Region, Part III. Hill House, Victoria.

- D'Abrera, B. 1998. *The Butterflies of Ceylon*. Hill House, Victoria.
- Evans, W. H. 1932. *The Identification of Indian Butterflies*. 2nd ed. The Bombay Natural History Society, Madras.
- Gay, T., I. D. Kehimkar and J. C. Punetha. 1992. *Common Butterflies of India*. Oxford University Press.
- Haribal, M. 1992. *The Butterflies of Sikkim and Their Natural History*. Sikkim Nature Conservation Foundation, Gangtok.
- Kunte, K. 2000. *India-Lifescape, Butterflies of Peninsular India*. Universities Press (India).
- Matsumura, S. 1919. *Thousand Insects of Japan (Additamenta)*, Vol. 3, Keiseisha, Tokyo. (In Japanese)
- Matsumura, S. 1931. *6000 Illustrations of the Insects of the Japanese Empire*. Toukoushoin, Tokyo. (In Japanese)
- Nicéville, de L. 1890. *The Butterflies of India, Burma and Ceylon*, Vol. 3. Calcutta Central Press, Calcutta.
- Nijhout, H. F. 1991. *The development and evolution of butterfly wing patterns*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC and London.
- Pinratana, B. A. 1981. *Butterflies in Thailand*. Vol. 4, Lycaenidae. Viratham Press, Bangkok.
- Shirôzu, T. 1960. *Butterflies of Formosa in Colour*. Hoikusha, Osaka. (In Japanese)
- Shirôzu, T. and K. Ueda. 1992. Lycaenidae. pp. 136-139. *In*: Heppner, J. N. and H. Inoue (eds.). *Lepidoptera of Taiwan*, Vol. 1, part 2: checklist. Association for Tropical Lepidoptera, Gainesville, Florida.
- Smith, C. 1989. *Butterflies of Nepal*. Tecpress Service, Bangkok.
- Smith, C. 1994. *Butterflies of Nepal*, revised edition. Tecpress Service, Bangkok.
- Woodhouse, L. G. O. 1952. *The Butterfly Fauna of Ceylon*. 2nd complete edition. The Colombo Apothecaries Co., Ltd., Colombo.

「特有生物研究」稿約

壹、一般說明

- 一、「特有生物研究」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自然保育之學術論文，但以未曾在其他刊物發表者為限。
- 二、本刊為半年刊，每年元月及七月出版，隨時接受投稿。
- 三、刊登稿件分四類：
 - (一) 研究報告(Research article)：學理或事實探討之原始研究報告，需分章節。
 - (二) 研究短報(Research note)：試驗技術發展與改進之摘要報告，或正在進行而有初步結果者，不需分章節。
 - (三) 學術論述(Review)：針對某一專題就已發表之研究成果加以綜合性評論。
 - (四) 專論(Monograph)：針對專門議題之論著或分析探討。
- 四、撰稿中、英文均可，來稿請寄送完整文稿一式三份。原圖、表及電腦磁片俟審查通過後再通知寄送。
- 五、經本刊接受刊登之稿件，作者即自動放棄著作權，版權歸行政院農業委員會特有生物研究保育中心所有。
- 六、稿件無稿酬，但經刊登之文稿贈送抽印本50冊，作者如需額外的抽印本，可於校稿時登記份數，並負擔其費用。
- 七、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，作者應於收稿二週內完成修正，如於收稿二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。
- 八、來稿請寄：南投縣集集鎮(郵遞區號552)民生東路1號 特有生物研究保育中心「特有生物研究」期刊編輯委員會 收。

貳、文稿章節順序

依照1.題目，2.作者姓名、服務單位、地址，3.摘要，4.關鍵詞，5.緒言，6.材料與方法，7.結果與討論(可分列)，8.結論(可省略)，9.謝誌(可省略)，10.引用文獻等順序撰寫；其中1.至4.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。

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；作者若為兩名，姓名間以“and”連接；若為三名或以上，除最後一名與其前一名間以“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。

五、稿件全部內容包括文字、圖、表、相片及引用文獻等，研究報告以不超過10印刷頁(約18,000字)為原則；學術論述及專論以不超過15印刷頁(約27,000字)為原則；研究短報則以不超過4印刷頁(約7,200字)為原則。

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)、~A...

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：柳檜、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.