

# 陽明山國家公園紗帽山地區真黏菌 生物多樣性之研究

## Biodiversity of the True Slime Molds (Myxomycetes) at Mt. Shamao of the Yangmingshan National Park

張仲豪 黃盈嘉 劉錦惠\*

Jong-How Chang, Ing-Gia Huang and Chin-Hui Liu\*

國立台灣大學植物系 台北市羅斯福路四段1號

Department of Botany, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

\*通訊作者

\* Corresponding author

### 摘 要

真黏菌為森林中常見的棲息生物，然針對物種資源豐富的陽明山地區，所做的真黏菌生態調查卻不多。本實驗自2000年8月至2001年8月，於陽明山國家公園紗帽山地區以直接採集和濕室培養收集標本。總計採收真黏菌標本243份，共41種又3變種。其中以亮皮黏菌 (*Lamproderma scintillans* (Berk. & Br.) Morgan)、半圓雙皮黏菌 (*Diderma hemisphaericum* (Bull.) Hornem)、墊形雙皮黏菌承名變種 (*Diderma effusum* var. *effusum* (Schw.) Morgan)為此區優勢種。而白頭高杯黏菌無柄變種 (*Craterium leucocephalum* var. *sessile* Liu, Huang & Chang)為世界性新變種，另粗柄亮皮黏菌 (*Lamproderma muscorum* (Lév.) Hagelst.)和光孢絨泡黏菌 (*Physarum laevisporum* Agnihotrudu)為台灣新紀錄種。

### Abstract

A monthly survey was conducted to investigate the true slime molds (Myxomycetes) at Mt. Shamao of the Yangmingshan National Park from August 2000 to August 2001. A total of 41 species and three varieties were identified from 243 specimens collected from the field or cultivated by the moist-chamber technique. *Lamproderma scintillans* (Berk. & Br.) Morgan, *Diderma hemisphaericum* (Bull.) Hornem, and *Diderma effusum* var. *effusum* (Schw.) Morgan were the dominant species. *Lamproderma muscorum* (Lév.) Hagelst. and *Physarum laevisporum* Agnihotrudu were found to be the new records to Taiwan, while *Craterium leucocephalum* var. *sessile* Liu, Huang & Chang was a new variety.

**關鍵詞：**粗柄亮皮黏菌、真黏菌、黏菌、台灣、陽明山國家公園

**Key words:** *Lamproderma muscorum*, Myxomycetes, slime molds, Taiwan, Yangmingshan National Park

收件日期：91年7月18日

接受日期：92年2月10日

Received: July 18, 2002

Accepted: February 10, 2003

## 緒言

陽明山是台灣地區唯一的火山地形地質景觀區，其中紗帽山是七星山南面的一個寄生火山，為典型的鐘狀火山，且位於水源保護區內，擁有珍稀的動植物資源 (叢 2000)。年均溫約為15-19°C (黃等 1983)，且雨量充沛，每年平均降雨量多在4,000 mm以上。此篇報導的採集樣區位於陽明山國家公園最南側 (圖1)，於北緯25°05' 719"，東經121°32' 960"；在行政區域劃分上，屬於台北市北投區，海拔約450m。

關於陽明山真黏菌的研究，施惠曾於1981年時，報導陽明山地區真黏菌野外調查結果，以直接採集的方式，共獲得15種真黏菌 (Shi 1981)。Wang *et al.* (1981)、Chung and Liu (1995a) 和 Liu and Chen (1999) 也曾報導數種陽明山的真黏菌。而目前已知的陽明山地區的真黏菌已達50種 (personal collections; Nakazawa 1929; Liu 1980, 1981, 1982, 1983; Shi 1981; Wang *et al.* 1981; Chiang and Liu 1991; Chung and Liu 1995a, 1995b, 1997a, 1997b, 1997c; Liu *et al.* 2001)。為進一步瞭解國家公園內真黏菌的物種組成，本實驗選取固定樣區，定期進行研究調查，並整理已知的陽明山真黏菌物種。

## 材料與方法

本實驗自2000年8月至2001年8月間，每月至台北市陽明山國家公園採集一次，採集地點為紗帽路及前山公園。以直接採集子實體和室內濕室培養同時進行。在鑑定上是依據Martin and Alexopoulos (1969), Nannenga-Bremekamp (1991), Yamamoto (1998)。以解剖顯微鏡觀察子實體外型，並解剖子實體以觀察內部構造，再將其製成玻片檢查其顯微構造。必要時補以掃描式電子顯微鏡 (SEM) 檢查子實體的細部構造。

玻片製作：於解剖開的子實體滴上99.5%酒精，待其未完全乾燥前滴上2%的KOH，蓋上蓋玻片，置於光學顯微鏡下檢查。

野外採集：將有真黏菌子實體的基質，包括倒木、枯枝、落葉、活樹樹皮等，以小刀割取，或直接撿拾有黏菌的基質，再以白膠黏於紙盒內，並記錄生態資料和標本編號於紙盒上。採集之標本待自然風乾和低溫冷凍後再收藏於標本櫃中。

濕室培養：為調查樣區內真黏菌的生物多樣性，每月收集枯枝落葉及樹皮攜回實驗室。準備直徑9 cm的玻璃培養皿，內襯等徑濾紙，滅菌後，將所採得的基質置入培養皿內，加入pH 7水，浸泡一晚後測定基質之pH值，並記錄之。倒掉培養皿中過多的水，置

於25°C下，並以12小時光照和12小時黑暗的循環培養一個月。培養期間利用解剖顯微鏡檢查，並做記錄，需要時再加水以維持濕潤。發現有子實體產生時，待其成熟後，以白膠將子實體連同基質貼黏於標本盒內。

資料分析：總頻度 (abundance)即豐富度，代表所得之標本份數。種豐富度 (richness)代表出現的種數。

## 結果與討論

研究期間共得真黏菌標本243份，分屬於3亞綱6目11科16屬41種又3變種 (表1)。所得真黏菌屬名如下：*Arcyria*、*Ceratiomyxa*、*Clastoderma*、*Collaria*、*Craterium*、*Cribraria*、*Diachea*、*Diderma*、*Didymium*、*Echinostelium*、*Hemitrichia*、*Lamproderma*、*Perichaena*、*Physarum*、*Stemonitis*、*Tubifera*。其中以*Lamproderma scintillans* (14.6%)、*Diderma hemisphaericum* (12.2%)、*Diderma effusum* var. *effusum* (10.1%)為前三名優勢種。而研究期間獲得1個世界性新變種—白頭高杯黏菌無柄變種 (*Craterium leucocephalum* var. *sessile* Liu, Huang & Chang) (Liu *et al.* 2001)，2個台灣新紀錄種，分別為粗柄亮皮黏菌 (*Lamproderma muscorum* (Lév.) Hagelst.)和光孢絨泡黏菌 (*Physarum laevisporum* Agnihothrudu) (Liu *et al.* 2001)。整理陽明山地區已知的真黏菌物種，總共統計52種又4變種 (表2)。圖3A-F為陽明山較大型的真黏菌。

紗帽山樣區中，由基質所測得的pH值幾乎皆為酸性，範圍在5.36-7.34之間 (表3)，而大多的真黏菌都生長在偏酸性的基質上。Emoto (1938, cf. Gray and Alexopoulos 1968)採自野外的106份以上之黏菌標本，著生基質皆為酸性。陳 (1997) 並提出樹皮的pH值會影響真黏菌的生長，不同的真黏菌生長的樹皮

pH值範圍各有不同；有些偏好較低的pH值，有些則偏好較高的pH值，但皆在酸性範圍內。楊 (2000) 提出有些真黏菌的生長確實和其基質的pH值有關，但非絕對相關，推測應有其他生長因子調控黏菌的生長。

一般而言，真黏菌在溫暖潮濕的環境下，較易生長。在紗帽山樣區中，真黏菌出現的種類及頻率在8、9、10月時較高，這可能是因為在這段期間雨量較豐沛的緣故，且氣溫均在21°C以上 (圖2)。然颱風會帶來大量的雨水，豪雨會沖刷樹皮或枯枝落葉上的真黏菌孢子，因而使11月所採得的標本數量明顯減少。2000年8月及2001年8月相較下，發現兩月溫度相近，但後者採集所得的標本數明顯比前者少很多 (表4)，可能是因為2001年8月降雨量明顯不夠充分 (圖2, 表5)，使真黏菌的孢子不易達到萌發條件。

陳 (1997) 曾提到一般的樹皮黏菌，在實驗室中以濕室方法可培養出較多的黏菌，但室內條件與野外環境不同，可能只是反映該時期樹皮上黏菌孢子較多而已。此次研究也顯示相似結果，2001年1月、3月、5月、7月直接採集所得標本數量很少，但以所收集基質做濕室培養的結果，卻得到了相當多的黏菌 (表4)。

在野外採集時，主要是在樹皮上及落葉堆中找尋真黏菌，結果發現樣區中的樹皮上，很少有黏菌生長，可能和此區中陽光充足及風勢較大有關連，導致樹皮易快速乾燥，使孢子不易萌發。此區中所得到的標本多生長在楓香落葉或腐木表面上，而其他種類的落葉，真黏菌所出現的比例較低，這可能和基質所能提供的養分有關連 (表1)。本研究所得之白頭高杯黏菌無柄變種和光孢絨泡黏菌已於2001年發表 (Liu *et al.* 2001)，本報告不再加以描述，僅將台灣的新紀錄粗柄亮皮黏菌描述如下：

表1. 紗帽山地區真黏菌物種、生長基質及出現月份

**Table 1.** Taxa, substrates, and monthly occurrences at Mt. Shamao of the Yangmingshan National Park, August 2000 to August 2001

Taxa	Substrate	Month of occurrence*
<i>Arcyria cinerea</i> 灰團網黏菌	dead wood	4, 6-8, 10, 11
<i>Arcyria minuta</i> 小團網黏菌	dead wood	7
<i>Ceratomyxa fruticulosa</i> var. <i>fruticulosa</i> 鵝絨黏菌承名變種	dead wood	4
<i>Clastoderma debryanum</i> var. <i>debryanum</i> 碎皮黏菌承名變種	fallen leaves of <i>Liquidambar formosana</i> and other leaf litter	1, 3
<i>Collaria elegans</i> var. <i>elegans</i> 圓頭項圈黏菌承名變種	dead wood	2
<i>Collaria lurida</i> 紫褐項圈黏菌	leaf litter	1, 3
<i>Collaria rubens</i> 紅褐項圈黏菌	fallen leaves of <i>Liquidambar formosana</i>	3
<i>Craterium aureum</i> 黃高杯黏菌	fallen leaves of <i>Liquidambar formosana</i> and other leaf litter	2, 4, 9-11
<i>Craterium leucocephalum</i> var. <i>leucocephalum</i> 白頭高杯黏菌承名變種	leaf litter	10
<i>Craterium leucocephalum</i> var. <i>scyphoides</i> 白頭高杯黏菌杯狀變種	fallen leaves of <i>Liquidambar formosana</i> , <i>Cinnamomum camphora</i> and other leaf litter	8
<i>Craterium leucocephalum</i> var. <i>sessile</i> 白頭高杯黏菌無柄變種	leaf litter	9
<i>Craterium minutum</i> 微高杯黏菌	leaf litter	10
<i>Cribraria aurantiaca</i> 橘黃篩黏菌	dead wood	8
<i>Cribraria confusa</i> 迷篩囊黏菌	dead wood	4, 10
<i>Cribraria microcarpa</i> 小篩黏菌	dead wood	4, 8, 10
<i>Diachea leucopodia</i> 白柄黏菌	leaf litter	1, 3, 5, 8, 11, 12
<i>Diachea subsessiles</i> 短白柄黏菌	fallen leaves of <i>Liquidambar formosana</i> and <i>Crinum asiaticum</i>	3, 8, 10
<i>Diderma effusum</i> var. <i>effusum</i> 墊形雙皮黏菌承名變種	fallen leaves of <i>Liquidambar formosana</i> and other leaf litter	1-9, 10
<i>Diderma hemisphaericum</i> 半圓雙皮黏菌	fallen leaves of <i>Liquidambar formosana</i> and other leaf litter	1-8
<i>Diderma platycarpum</i> var. <i>berkeleyanum</i> 薄雙皮黏菌柏克萊變種	bark and fallen leaves of <i>Liquidambar formosana</i> and other leaf litter	7, 8

Taxa	Substrate	Month of occurrence *
<i>Diderma testaceum</i> 粉紅雙皮黏菌	fallen leaves of <i>Liquidambar formosana</i>	5
<i>Didymium iridis</i> 鈣皮黏菌	fallen leaves of <i>Liquidambar formosana</i>	2, 3, 4, 10, 11
<i>Didymium leoninum</i> 黃鈣皮黏菌	leaf litter	8
<i>Didymium melanospermum</i> 暗孢鈣皮黏菌	leaf litter	10
<i>Didymium nigripes</i> 黑足鈣皮黏菌	fallen leaves of <i>Liquidambar formosana</i>	7, 8, 10, 12
<i>Didymium squamulosum</i> 鱗鈣皮黏菌	fallen leaves of <i>Liquidambar formosana</i> and other leaf litter	3, 5, 8, 9
<i>Didymium verrucosporum</i> 瘤孢鈣皮黏菌	leaf litter	7
<i>Echinstelium minutum</i> 小刺絲黏菌	fallen leaves of <i>Liquidambar formosana</i>	1
<i>Hemitrichia serpula</i> 蛇形半網黏菌	dead wood	6
<i>Lamproderma muscorum</i> 粗柄亮皮黏菌	fallen leaves of <i>Liquidambar formosana</i> and other leaf litter	1, 2, 7, 10
<i>Lamproderma scintillans</i> 亮皮黏菌	fallen leaves of <i>Liquidambar formosana</i> and other leaf litter	1-5, 7, 12
<i>Perichaena chrysosperma</i> 黃蓋碗黏菌	fallen leaves of <i>Liquidambar formosana</i>	5, 6, 8
<i>Physarum bivalve</i> 雙瓣絨泡黏菌	leaf litter	10
<i>Physarum bogoriense</i> 星裂絨泡黏菌	fallen leaves of <i>Crinum asiaticum</i> and other leaf litter	4, 7, 8
<i>Physarum laevisporum</i> 光孢絨泡黏菌	fallen leaves of <i>Liquidambar formosana</i>	3
<i>Physarum melleum</i> 蜂蜜絨泡黏菌	fallen leaves of <i>Liquidambar formosana</i>	1-5, 10
<i>Physarum psittacinum</i> 鸚鵡絨泡黏菌	leaf litter	10
<i>Physarum rigidum</i> 鋼絲絨泡黏菌	bark	7
<i>Physarum roseum</i> 薔薇絨泡黏菌	leaf litter	10
<i>Physarum sessile</i> 無柄絨泡黏菌	leaf litter	10
<i>Physarum vernum</i> 板節絨泡黏菌	fallen leaves of <i>Liquidambar formosana</i>	6
<i>Physarum viride</i> var. <i>viride</i> 綠絨泡黏菌承名變種	dead wood	10
<i>Stemonitis flavogenita</i> 黃髮網黏菌	dead wood	8
<i>Tubifera microsperma</i> 叢立筒黏菌	dead wood	5

\* Number of 1-12 denote to January to December.

表2. 陽明山真黏菌組成(1981-2001年)

**Table 2.** A list of the species of Myxomycetes reported from the Yangmingshan National Park for the period from 1981 to 2001

1. <i>Arcyria cinerea</i> (Bull) Pers.	29. <i>Didymium ovoideum</i> Nann.-Bremek.
2. <i>Arcyria denudata</i> (L.) Wettst.	30. <i>Didymium squamulosum</i> (Alb. & Schw.) Fr.
3. <i>Arcyria insignis</i> Kalchbr. & Cooke	31. <i>Didymium verrucosporum</i> Welden
4. <i>Arcyria minuta</i> Buchet	32. <i>Echinostelium minutum</i> de Bary
5. <i>Ceratiomyxa fruticulosa</i> (Mueller) T. Macbr.	33. <i>Hemitrichia serpula</i> (Scop.) Rostaf.
6. <i>Clastoderma debaryanum</i> Blytt	34. <i>Lamproderma muscorum</i> (Lév.) Hagelist.
7. <i>Collaria elegans</i> (Racib.) Dhillon & Nann.-Bremek.	35. <i>Lamproderma scintillans</i> (Berk. & Br.) Morgan
8. <i>Collaria lurida</i> (Lister) Nann.-Bremek.	36. <i>Licea biforis</i> Morgan
9. <i>Collaria rubens</i> (Lister) Nann.-Bremek.	37. <i>Licea minima</i> Fr.
10. <i>Craterium aureum</i> (Schum.) Rostaf	38. <i>Licea operculata</i> (Wingate) G. W. Martin
11. <i>Craterium leucocephalum</i> (Pers.) Ditmar	39. <i>Perichaena chrysoesperma</i> (Currey) Lister
12. <i>Craterium leucocephalum</i> var. <i>scyphoides</i> (Cooke & Balf.) G. Lister	40. <i>Physarum bivalve</i> Pers.
13. <i>Craterium leucocephalum</i> var. <i>sessile</i> Liu, Huang & Chang	41. <i>Physarum bogoriense</i> Racib.
14. <i>Craterium minutum</i> (Leers) Fr.	42. <i>Physarum laevisporum</i> Agnihotrudu
15. <i>Cribraria aurantiaca</i> Schrad.	43. <i>Physarum melleum</i> (Berk. & Br.) Massee
16. <i>Cribraria confusa</i> Nann.-Bremek. & Y. Yamam.	44. <i>Physarum oblatum</i> T. Macbr.
17. <i>Cribraria microcarpa</i> (Schrad.) Pers.	45. <i>Physarum psittacinum</i> Ditmar
18. <i>Diachea leucopodia</i> (Bull.) Rostaf.	46. <i>Physarum rigidum</i> (G. Lister) G. Lister
19. <i>Diachea subsessiles</i> Peck	47. <i>Physarum roseum</i> Berk. & Br.
20. <i>Diderma effusum</i> var. <i>effusum</i> (Schw.) Morgan	48. <i>Physarum sessile</i> Brandza
21. <i>Diderma hemisphaericum</i> (Bull.) Hornem.	49. <i>Physarum vernum</i> Sommerf.
22. <i>Diderma platycarpum</i> var. <i>berkeleyanum</i> Nann.-Bremek.	50. <i>Physarum viride</i> (Bull.) Pers.
23. <i>Diderma testaceum</i> (Schrad.) Pers.	51. <i>Stemonitis axifera</i> var. <i>smithii</i> (T. Macbr.) Hagelist.
24. <i>Didymium clavus</i> (Alb. & Schw.) Rab.	52. <i>Stemonitis flavogenita</i> Jahn
25. <i>Didymium iridis</i> (Ditmar) Fr.	53. <i>Stemonitis fusca</i> Roth
26. <i>Didymium leoninum</i> Berk. & Br.	54. <i>Stemonitis herbatica</i> Peck
27. <i>Didymium melanospermum</i> (Pers.) T. Macbr.	55. <i>Trichia decipiens</i> (Pers.) T. Macbr.
28. <i>Didymium nigripes</i> (Link) Fr.	56. <i>Tubifera microsperma</i> (Berk. & Curt.) G. W. Martin

Total: 52 species and 4 varieties

表3. 紗帽山地區真黏菌生長基質的pH值範圍(濕室培養)

**Table 3.** The pH ranges of substrates for Myxomycetes producing fruiting bodies in the moist-chamber culture

Taxa	pH
<i>Arcyria cinerea</i>	6.68
<i>Arcyria minuta</i>	5.36
<i>Clastoderma debryanum</i>	6.49-6.75
<i>Collaria lurida</i>	6.54-6.86
<i>Collaria rubens</i>	7.18
<i>Craterium aureum</i>	6.28-6.70
<i>Diachea leucopodia</i>	6.07
<i>Diachea subsessiles</i>	6.87
<i>Diderma effusum</i>	6.06-6.78
<i>Diderma hemisphaericum</i>	5.90-6.99
<i>Diderma platycarpum</i> var. <i>berkeleyanum</i>	6.07-6.68
<i>Diderma testaceum</i>	6.52
<i>Didymium nigripes</i>	6.79
<i>Didymium squamulosum</i>	6.52-7.18
<i>Didymium verrucosporum</i>	6.79
<i>Echinostelium minutum</i>	6.79
<i>Lamproderma muscorum</i>	5.36-6.79
<i>Lamproderma scintillans</i>	5.36-7.17
<i>Perichaena chrysosperma</i>	6.42-7.34
<i>Physarum bogoriense</i>	6.43
<i>Physarum laevisporum</i>	6.57
<i>Physarum melleum</i>	6.49-7.17
<i>Physarum vernum</i>	5.94

表4. 紗帽山地區真黏菌總頻度及種豐度統計表(2000年8月-2001年8月)

**Table 4.** Monthly abundance (numbers of samples) and richness (numbers of collections) of Myxomycetes collected at Mt. Shamao , August 2000 to August 2001

	2000					2001							
	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug
Abundance													
Field collection	15	8	27	11	4	1	7	8	6	3	5	2	5
Abundance													
Moist-chamber cultures	-	-	-	-	-	19	14	36	12	25	6	19	10
Richness	10	4	18	4	3	9	8	9	11	10	5	11	8

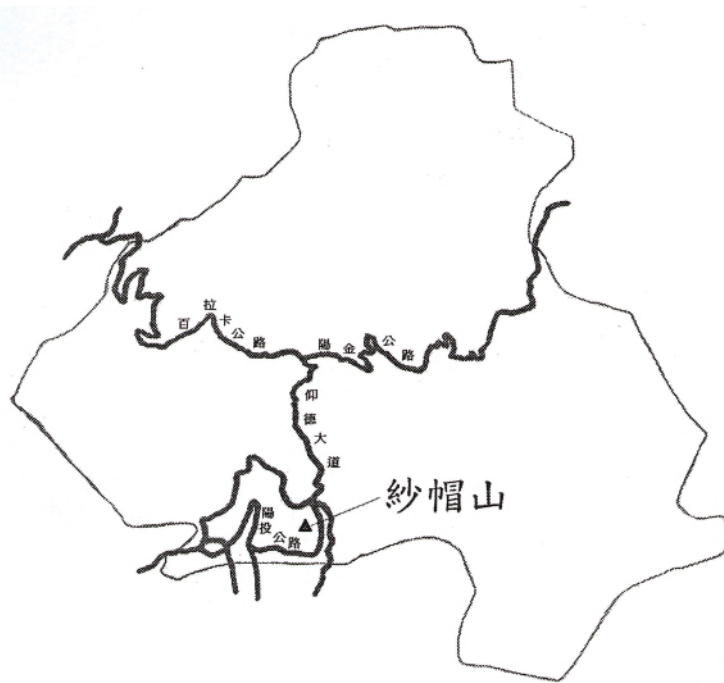


圖1. 陽明山國家公園地圖。

Fig. 1. A map of the Yangmingshan National Park, showing the location of Mt. Shamao.

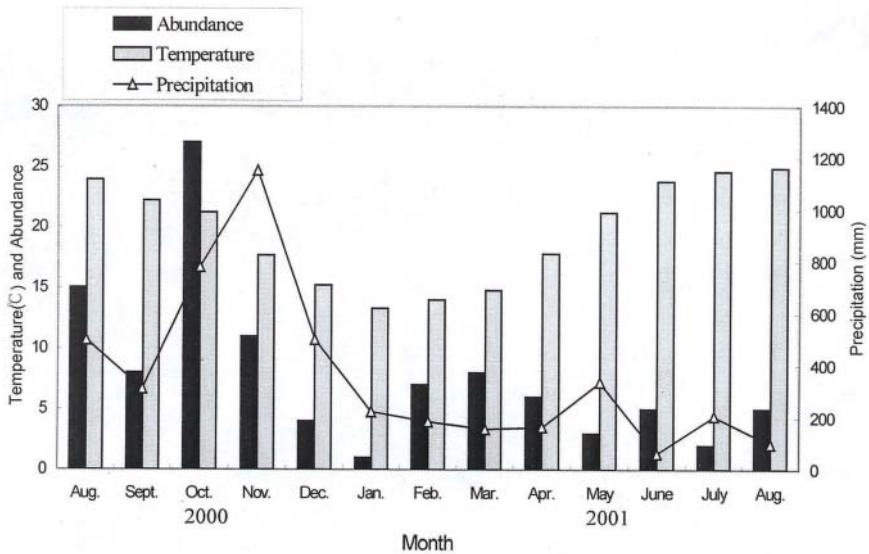


圖2. 溫度、降雨量與真黏菌豐富度關係(野外採集)。

Fig. 2. Relationships of sporulation frequencies of Myxomycetes observed in the field (open triangles with solid line) to temperature (solid columns) and precipitation (dotted columns), August 2000 to August 2001.



圖3. A和B，白柄黏菌。A，子實體，線段等於 $500\mu\text{m}$ ；B，孢子囊中的白色中軸，線段等於 $200\mu\text{m}$ 。C，短白柄黏菌的子實體，線段等於 $200\mu\text{m}$ 。D，黃蓋碗黏菌的幼嫩子實體，線段等於 $500\mu\text{m}$ 。E-F，半圓雙皮黏菌的子實體，線段等於 $500\mu\text{m}$ 。

**Fig. 3.** A&B, *Diachia leucopodia*. A, Fruiting bodies, bar = $500\mu\text{m}$ ; B, Sporangium showing the white columella, bar = $200\mu\text{m}$ . C, Sporangia of *Diachia subsessiles*, bar = $200\mu\text{m}$ . D, Young fruiting bodies of *Perichaena chryso sperma*, bar = $500\mu\text{m}$ . E-F, Fruiting bodies of *Diderma hemisphaericum*, bar = $500\mu\text{m}$ .

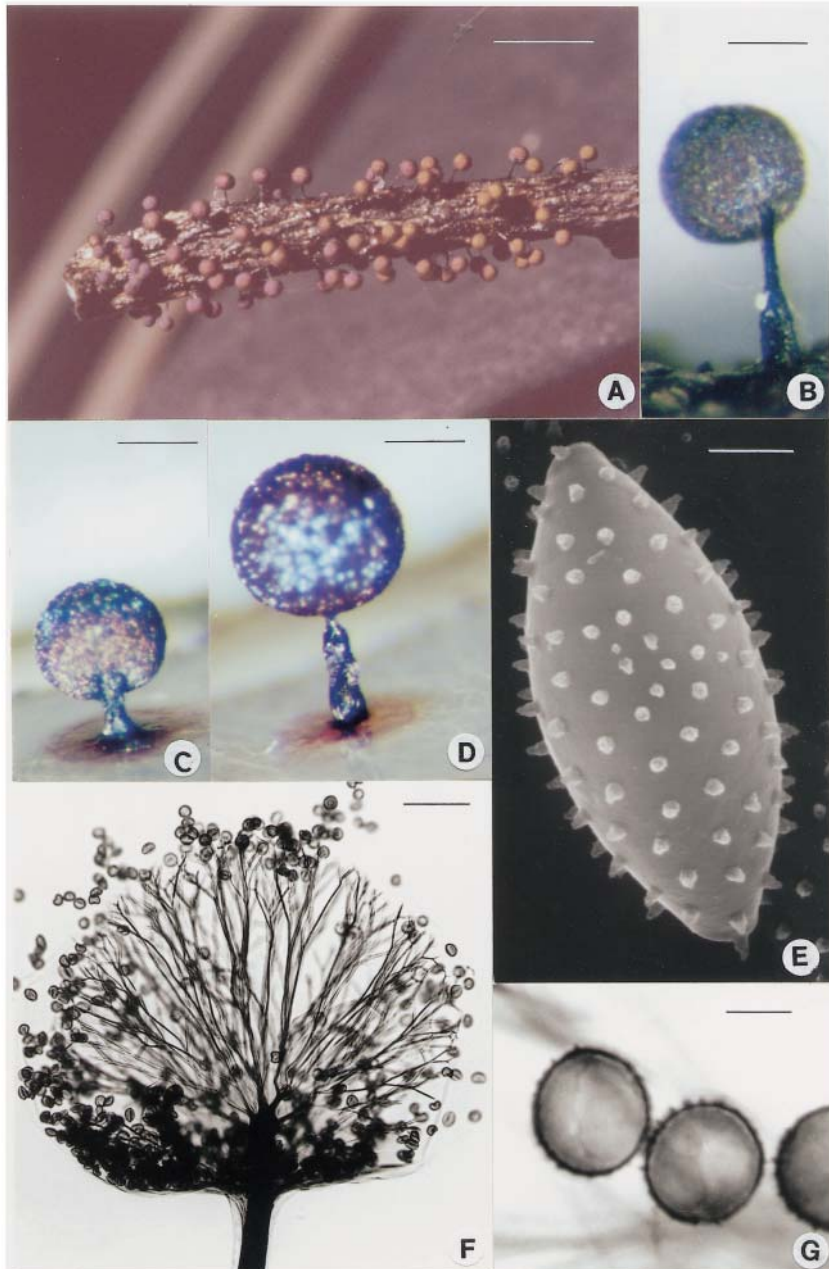


圖4. 粗柄亮皮黏菌。A，基質上的子實體，線段等於 $2000\mu\text{m}$ ；B-D，各種大小的子實體，線段等於 $150\mu\text{m}$ ；E，掃描式電子顯微鏡下的孢子表面突起，線段等於 $1.5\mu\text{m}$ ；F，裂開孢子囊中叉狀分支的細毛體，線段等於 $50\mu\text{m}$ ；G，孢子側面觀，線段等於 $5\mu\text{m}$ 。

**Fig. 4.** *Lamproderma muscorum*. A, Fruiting bodies in habit, bar =  $2000\mu\text{m}$ ; B-D, Fruiting bodies of various size, bar =  $150\mu\text{m}$ ; E, SEM of spore surface markings, bar =  $1.5\mu\text{m}$ ; F, Dehiscent sporangium, showing the dichotomously branched capillitium, bar =  $50\mu\text{m}$ ; G, Spores, marginal view, bar =  $5\mu\text{m}$ .



圖5. 粗柄亮皮黏菌。A，子實體中軸達到孢子囊1/2的位置，線段等於200  $\mu\text{m}$ ；B，孢子表面觀，線段等於5  $\mu\text{m}$ 。

Fig. 5. *Lamproderma muscorum*. A, Fruiting body, showing the columella reaching to the center of sporangial cavity, bar =200  $\mu\text{m}$ ; B, Spores, surface view, bar =5  $\mu\text{m}$ .

表5. 陽明山氣象資料(2000年8月-2001年8月)

Table 5. Monthly mean temperature and precipitation at the Yangmingshan National Park, August 2000 to August 2001<sup>1</sup>

	2000					2001							
	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	Jul	Aug
Precipitation (mm)	499	311	780	1153	501	224	185	156	165	336	61.3	206	99
Temperature (°C)	23.9	22.2	21.2	17.7	15.2	13.3	14	14.8	17.8	21.2	23.8	24.6	24.9

<sup>1</sup> Weather statistics collected at Chutzu Lake Observatory (竹子湖氣象觀測站).

*Lamproderma muscorum* (Lév.) Hagelst.,  
Mycologia 27: 88. 1935. (Figs. 4A-G, 5A-B)

**Fructifications** sporangiate, scattered or gregarious, 0.36-0.88 mm in total height.

**Sporangia** globose, steel blue with bronze iridescence, 0.17-0.48 mm in diameter. **Stalk** erect, thick, black, 0.20-0.56 mm tall, about 1/2-2/3 of the total height. **Peridium** thin,

membranous, shining, transparent, persistent or fugacious with few remnants at base. **Columella** black, attaining the center of the sporangia, the end obtuse. **Hypothallus** dark brown, membranous, discoid. **Capillitium** dense, dark brown, arising from the tip of the columella, consisting of rigid and dichotomously branched thread. **Spores** globose or subglobose, (5.5-) 7.0-10.0 (-15.0)  $\mu$  m, blackish brown in mass, light brown by transmitted light, prominently spinulate on the surface, the spines often irregularly scattered. **Plasmodium** white.

**Specimens examined:** Pingtung County: Kenting National Park, CHL B137a, Jul. 5, 1982 (moist-chamber culture: 6/18-7/5/1982), on leaf litter; CHL B157b, Sep. 23, 1982 (moist-chamber culture: 8/20-9/23/1982), on leaf litter. Taoyuan County: Fu-Hsing Hsiang, Mountain La-La, CHL B189, Feb. 4, 1983 (moist-chamber culture: 1/18-2/4/1983), on leaf litter; CHL B190, Feb. 7, 1983 (moist-chamber culture: 1/18-2/7/1983), on leaf litter. Taipei City: Peitou, Yangmingshan National Park, CHL B2210, Oct. 10, 2000, on leaf litter; CHL B2297, Jan. 31, 2001 (moist-chamber culture: 1/15-1/31/2001), on fallen leaves of *Liquidambar formosana*; CHL B2298, Apr. 6, 2001 (moist-chamber culture: 2/15-4/6/2001), on fallen leaves of *Liquidambar formosana*; CHL B2299, Apr. 4, 2001 (moist-chamber culture: 2/15-4/4/2001), on fallen leaves of *Liquidambar formosana*; CHL B2300, Aug. 10, 2001 (moist-chamber culture: 7/19-8/10/2001), on fallen leaves of *Liquidambar formosana*; CHL B2301, Sep. 3, 2001 (moist-chamber culture: 7/19-9/3/2001), on fallen leaves of *Liquidambar formosana*; CHL B2302, Sep. 19, 2001 (moist-chamber culture: 7/19-9/19/2001), on fallen leaves of

*Liquidambar formosana*.

**Distribution:** Colombia, Costa Rica, New York, Pennsylvania, Taiwan, Venezuela.

**Remarks:** *Lamproderma muscorum* is characterized by having relatively short stalk and dense, rigid capillitium. The basal parts of the dichotomously branched capillitium are not pale but brown, as the other parts. This character differs from that of *L. scintillans*. White plasmodium was observed in one of the specimens obtained by moist-chamber culture (CHLB 157b).

## 引用文獻

- 陳雅芬。1997。南仁山亞熱帶雨林樹皮黏菌之組成及分佈類型。國立台灣大學植物學研究所碩士論文。
- 黃增泉、謝長富、楊國禎、湯惟新。1983。陽明山國家公園植物生態景觀資源。內政部營建署。94頁。
- 楊馥鴻。2000。文山植物園真黏菌生物多樣性之研究。國立台灣大學植物學研究所碩士論文。
- 叢培芝。2000。陽明山國家公園解說叢書(5) 步道篇。內政部營建署。183頁。
- Chiang, Y. C., and C. H. Liu. 1991. Corticolous Myxomycetes of Taiwan: On the bark of *Pinus* trees from central and northern Taiwan. *Taiwania* 36: 248-264.
- Chung, C. H., and C. H. Liu. 1995a. First report of fimicolous Myxomycetes from Taiwan. *Fungal Science* 10: 33-35.
- Chung, C. H., and C. H. Liu. 1995b. Notes on distribution and phenology of some Myxomycetes in Taipei district. *Fungal Science* 10: 45-52.
- Chung, C. H., and C. H. Liu. 1997a. Myx-

- omycetes of Taiwan VIII. *Taiwania* 42: 274-288.
- Chung, C. H., and C. H. Liu. 1997b. Notes on slime molds from Changhua County, Taiwan (II). *Fungal Science* 12: 93-98.
- Chung, C. H., and C. H. Liu. 1997c. Notes on slime molds (Myxomycota: Myxomycetes) from Tainan City, Taiwan. *Journal of Taiwan Museum* 50: 57-65.
- Emoto, Y. 1938. Untersuchungen über die Entwicklung der Myxomyceten auf Faulenden Holzern. *Botanical Magazine Tokyo* 52: 253-257. (cf. Gray & Alexopoulos, 1968)
- Hagelstein, R. 1935. An Adirondack myxomycete. *Mycologia* 27: 86-88.
- Liu, C. H. 1980. Myxomycetes of Taiwan I. *Taiwania* 25: 141-151.
- Liu, C. H. 1981. Myxomycetes of Taiwan II. *Taiwania* 26: 58-67.
- Liu, C. H. 1982. Myxomycetes of Taiwan III. *Taiwania* 27: 64-85.
- Liu, C. H. 1983. Myxomycetes of Taiwan IV. *Taiwania* 28: 89-116.
- Liu, C. H., and Y. F. Chen. 1999. Myxomycetes of Taiwan-XII. New records and newly rediscovered species. *Taiwania* 44: 368-375.
- Liu, C. H., J. H. Chang, and I. G. Huang. 2001. Myxomycetes of Taiwan XIII. One new record and one new variety. *Taiwania* 46: 325-331.
- Martin, G. W., and C. J. Alexopoulos. 1969. *The Myxomycetes*. 477 pp. University of Iowa Press, Iowa City, U S A.
- Nakazawa, R. 1929. A list of Formosan Mycetozoa. *Transactions of the Natural and Historical Society Formosa* 19(100): 16-30.
- Nannenga-Bremekamp, N. E. 1991. *A guide to temperate Myxomycetes*. 409 pp. Biopress Limited, Bristol; England.
- Shi, H. 1981. Myxomycetes in Yangmingshan Area, I. *Bulletin of the Hsin-Chu Teacher's College* 7: 392-410.
- Wang, S. M., Y. W. Wang, and S. Huang. 1981. The revised checklist of Myxomycetes in Taiwan. *Biological Bulletin of the National Taiwan Normal University* 16: 1-12.
- Yamamoto, Y. 1998. *The Myxomycetes Biota of Japan*. 700 pp. Toyo Shorin Publishing Co. Ltd., Tokyo, Japan.

## 台灣櫻花鉤吻鮭域外放流棲地之評估

# Habitat Assessment of Creeks for the Propagation of *Oncorhynchus masou formosanus* ( Jordan & Oshima) in Taiwan

葉明峰 張世倉 林斯正

Ming-Fon Yeh, Shi-Tsang Chang and S-Jeng Lin

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, Chichi, Nantou, Taiwan

### 摘要

本研究選擇源頭與七家灣溪較為接近的雪山溪、白石溪、馬達拉溪及卡社溪等4條高山溪流，深入保有較原始生態環境之河段進行棲地調查評估，為台灣櫻花鉤吻鮭找尋大甲溪上游以外的新家，為未來可能進行的域外放流預作準備。在列入評估的4條溪流中，卡社溪海拔高度1,885-2,050m的調查河段流量變化小，雖歷經颱風、豪雨及921大地震，但河道改變不大，濱溪植物對於水面的覆蓋較為完整，水溫、水質皆佳，水棲昆蟲數量豐富，河道坡度與七家灣溪最為接近且無任何攔砂壩阻隔，流水型態比例亦較其他溪流均勻及穩定，是較適合台灣櫻花鉤吻鮭生存的棲地。

### Abstract

In order to assess the feasibility of the propagation of *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan & Oshima) outside its present range at Chichiawan Creek, four streams of which altitudes and environmental conditions were fairly similar to those of the Chichiawan Creek were selected for the habitat assessment. They were Kashe Creek, Matala Creek, Paishin Creek and Hsuehshan Creek. For each creek, hydrological and hydraulic conditions, water quality, aquatic insects, and fishes were investigated. The results indicated that the Kashe Creek, a headwater creek of the Choshui River, is favorable for the propagation of *O. masou formosanus*.

**關鍵詞：**台灣櫻花鉤吻鮭、棲地、放流

**Key words:** *Oncorhynchus masou formosanus*, habitat, propogation

收件日期：91年12月18日

接受日期：92年7月11日

Received: December 18, 2002

Accepted: July 11, 2003

## 緒言

台灣櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan & Oshima)) 終生棲息於淡水域，為不降海的陸封型鮭魚族群，台灣特有亞種，為政府加強保育的瀕臨絕種保育類野生動物。台灣地處亞熱帶，卻擁有冰河時期子遺的冷水性魚類，其所蘊藏的遺傳、演化與生物地理學上的意義，具有相當重要的學術價值，多年來國內、外專家學者對台灣櫻花鉤吻鮭著墨不少，是台灣珍貴的自然文化資產。台灣櫻花鉤吻鮭因早期不當的電魚、毒魚以及過度的人為開發，造成棲地惡化，族群量逐年銳減，近年來不當獵捕行為雖不復聞，政府亦陸續投入許多人力、物力加強棲地復育，並在大甲溪上游台灣櫻花鉤吻鮭曾經分布的數條支流及現存唯一棲地七家灣溪進行人工放流工作，惟棲地破壞後的復舊(restoration) 相當困難，更非一蹴可幾，現今七家灣溪部分溪段之生物承载力已不復以往，雪霸國家公園管理處2001年10月(冬季)的調查報告顯示台灣櫻花鉤吻鮭族群量僅剩408尾(曾 2001)(圖1)。2002年雪霸國家公園管理處未進行人工放流，但10月的族群量卻暴增到4,221尾(曾 2002)，其中一齡幼魚高達2,933尾，以七家灣溪棲地現況，未來有多少幼魚能順利成長、繁殖，非常值得有關單位持續關注。另近年來七家灣溪附近的梨山地

區森林火災頻傳，復以水質污染、人類活動、颱風、洪水及既有7座攔砂壩的威脅，未來縱使台灣櫻花鉤吻鮭族群量可以高達數千尾，但現況如同將僅有的雞蛋集中放在一個破損的籃子裡，隨時有滅絕的可能。

林等(1993, 1994)曾就台灣櫻花鉤吻鮭的歷史棲地大甲溪上游的雪山(武陵)溪、南湖溪、司界蘭溪、合歡溪、有勝溪及七家灣溪等6條支流進行棲地之調查研究，發現其緩流區先天稀少，後天又迭遭破壞，在產卵場缺乏、天然繁殖不易，復以洪水及攔砂壩的加成效應下，致台灣櫻花鉤吻鮭自上游溪段逐步消失。林等並建議重新擬訂整體復育計畫，擇地放流。棲地復育是持久戰，需要長期投入人力與物力，難收立竿見影之效，今族群又面臨瀕絕危機，在持續就地保育工作的同時另外尋找大甲溪以外適合的域外放流棲地進行移地保育，建立健康的衛星族群以分散滅絕的風險，似乎是突破當前保育困境相當值得嘗試的出路。本研究選擇發源地與七家灣溪較為接近的卡社溪、雪山溪、白石溪及馬達拉溪等4條高山溪流(圖2)，深入海拔1,200m以上舟車難達、人煙罕至，保有較原始生態環境之河段進行棲地調查評估，為台灣櫻花鉤吻鮭找尋大甲溪上游以外的新家，為未來可能進行的域外放流工作預作準備。

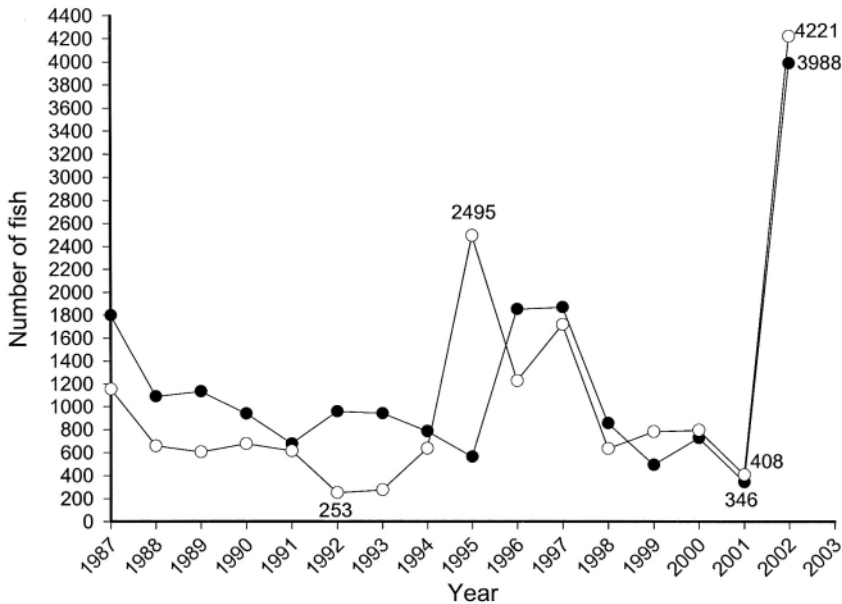


圖1. 七家灣溪台灣櫻花鉤吻鮭族群量。

Fig. 1. The population size of *Oncorhynchus masou formosanus* in the Chichiawan Creek, 1987 to 2002 (solid circles, spring; open circles, winter).

## 材料與方法

### 一、調查樣點

本研究於1996至1998年間，以淡水河重要支流大漢溪上游養老部落附近的白石溪 (又稱薩克亞金溪)、大安溪上游支流雪霸國家公園境內能甲山附近的雪山溪與觀霧附近的馬達拉溪 (原住民俗稱紅溪)，以及濁水溪上游丹大林區第5、第7林班境內的卡社溪為調查範圍，分別選取4、3、3、4個樣點於每年的乾季進行魚類相、水生昆蟲相及棲地環境之調查，並與七家灣溪之棲地環境比較。白石溪計調查3次，時間分別為1997年11月與1998年4月、6月；雪山溪計調查3次，時間分別為1996年12月、1997年11月及1998年7月；馬達拉溪計調查2次，時間分別為1997年1月、12月；卡社溪計調查7次，時間分別為1996年9

月、1997年2月、10月與11月及1998年1月、4月，2002年2月為瞭解921大地震後卡社溪棲地的變化情形，再次前往進行補充調查。

### 二、棲地環境調查

於選定的樣點進行物理環境 (含海拔高度、坡度、河寬、河深、流速、流量、流水型態、覆蓋度)、水質狀況 (包括溶氧量、pH值、導電度、濁度及水溫等) 等調查。海拔高度使用瑞士製Thommem高度計 (精度10m) 實地量測，樣點之坡度則以光波經緯儀 (Topcon CTS-2/2B) 實地測量樣點內行水面實際坡度，流速調查使用螺旋槳數字型流速計 (digital flowmeter, Swoffer-model 2100)，覆蓋度以球面遮蔽計 (Spherical Densimeter, Model-C) 記錄在該樣點受到溪畔林木所遮蔽的百分比。另棲地流水型態係於每樣點選取200m的

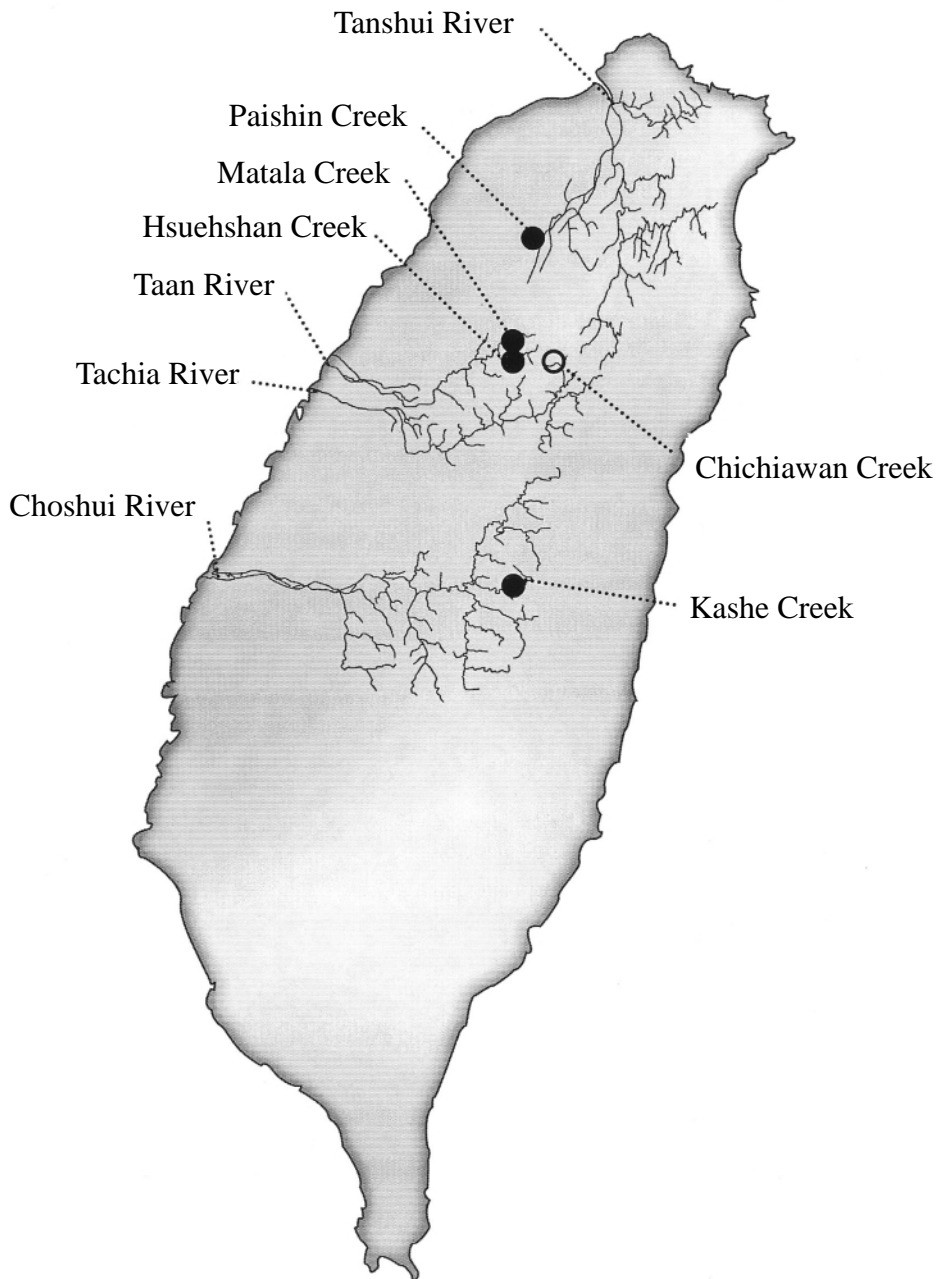


圖2. 調查溪流位置圖。

**Fig. 2.** Locations of the native creek of *Oncorhynchus masou formosanus* (open circle) and creeks investigated (solid circles).

溪段，以目測估計淺瀨( riffle, 水深小於30 cm、流速大於30 cm/s、水面起伏不定並有水花)、緩流( slow flow, 水深大於30 cm、流速小於30 cm/s、水面起伏較緩但無水花)、急流( rapid flow, 水深大於30 cm、流速大於30 cm/s、水面起伏不定偶有水花)、水潭( pool, 水深大於30 cm、流速小於30 cm/s、水面平順無起伏且無水花) 所占的面積比例，再將各樣點各流水型態比例加總平均，以代表該溪段的流水型態狀況。水質狀況採用 Wissenschaftlich - Technische Werkstätten (WTW) 公司製造之綜合水質測定儀 (Multiline P4 Universal Meter, F/SET-3) 量測各樣點之水溫、pH值、溶氧量、導電度等諸項因子，以當年各次調查各樣點之平均值比較不同溪段之水質差異。為瞭解棲地長期之水溫變化，另於各溪段放置 onset computer corporation製造的光學型自動溫度記錄器 (optic StowAway temp)，每小時1次長期監測水溫變化。因馬達拉溪水體富含鐵質，水色及河床底石皆呈黃褐色，明顯不適台灣櫻花鉤吻鮭生存，未免儀器流失或遭土砂掩埋，該溪段並未放置長期溫度記錄器。

### 三、魚類相調查

主要以電魚法採捕河川魚類，使用漁具為台製8 volt直流電背負式電魚器，採捕時以Z字形路線由下游往上游間歇性放電捕撈，採樣時間30分鐘。採捕完畢後當場鑑定種類、計數並記錄體長與體重等資料後立即將漁獲釋放回原採捕溪段。

### 四、水生昆蟲相調查

以50 cm x 50 cm之蘇伯氏定面積水網 (Surber net sampler) (24 mesh) 於各樣點逢機採集3網次，現場逕行挑出個體置入75%酒精保存後攜回研究室鑑定計數。

### 五、生物相資料分析

族群相對豐度以每一樣點之單位努力捕獲量(catch per unit effort, CPUE)，即每30分鐘漁獲個體數或每50 cm x 50 cm之定面積(網次)捕獲之水生昆蟲為族群豐度指數。各樣點間生物相相似度以 Sorensen's similarity coefficient

$$S_s = \frac{2a}{2a+2b+2c}$$

(*a*, 在二地都會出現的種類數; *b*, 只會在甲地出現的種類數; *c*, 只會在乙地出現的種類數) 表示 (Krebs 1989)。

## 結果

### 一、調查樣點

於卡社溪選定的4個樣點海拔高度介於1,885m (丹野農場下方) 至2,230m間(圖3)，河道總長約9.62 km，坡度約2.8%；於白石溪選定的3個樣點海拔高度介於1,000m (養老) 至1,400m間，河道長約8.32 km，坡度約4.8%；於雪山溪選定的3個樣點海拔高度介於1,177m (與馬達拉溪匯流點) 至1,400m間，河道長約9.6 km，坡度約3.2%；於馬達拉溪選定的3個樣點海拔高度介於1,720-1,920m間，河道長約5.2 km，坡度約3.9% (表1)。上述各溪段坡度以白石溪最為陡峭，卡社溪最為平緩，且與七家灣溪 (3%) 最為接近。另以樣點海拔高度而言，以卡社溪、馬達拉溪與七家灣溪台灣櫻花鉤吻鮭現存範圍 (1,720-2,000m) (汪 1994a) 重疊較多，雪山溪及白石溪因上游河道縮減、坡陡流急，在考量其他的棲地條件下，調查樣點之海拔高度分布遠較七家灣溪現存棲地為低。

### 二、棲地環境調查

#### (一) 溶氧 (dissolved oxygen)

一般淡水魚類溶氧需求在5 mg/l左右，台灣櫻花鉤吻鮭係冷水性魚種，溶氧需求須達

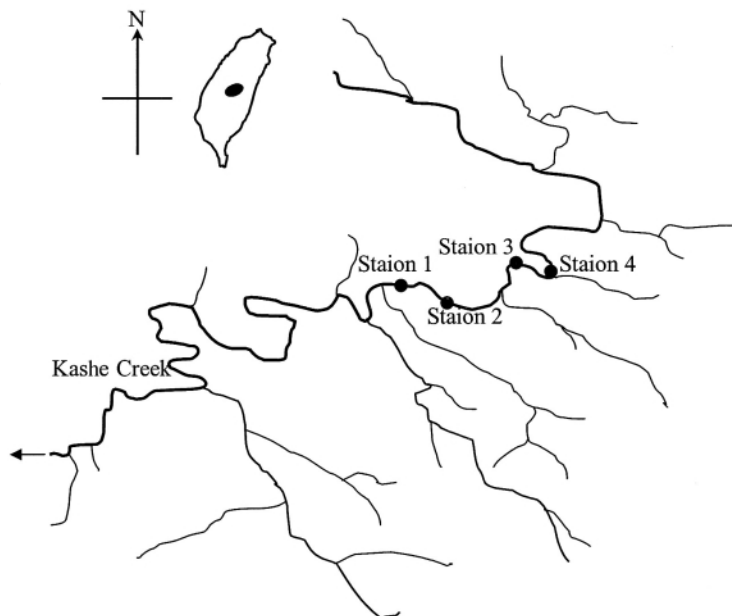


圖3. 卡社溪樣點位置圖。

Fig. 3. Sampling stations at the Kashe Creek.

表1. 1997年至1998年卡社溪、雪山溪、白石溪、馬達拉溪與2002年卡社溪調查樣點之水質、溪流坡度與海拔高度

Table 1. Water quality, stream gradient and elevation at sample stations of the Kashe, Hsuehshan, Paishin and Matala creeks, 1997-1998 and 2002

	Kashe			Hsuehshan		Matala	Paishin	
	1997	1998	2002	1997	1998	1997	1997	1998
Temperature (°C)	12.3	8.8	11.4	12.0	14.2	10.3	14.4	14.4
DO (mg/L)	8.17	10.6	9.84	9.05	8.42	9.10	10.4	10.4
pH	8.17	8.03	8.98	8.51	8.38	7.02	7.55	7.66
Conductivity ( $\mu$ s/cm)	142	158	210	275	250	303	195	203
Turbidity (NTU)	1.48	0.74	0.89	0.83	0.64	2.10	1.85	2.44
Overhead cover (%)	87.21	84.67	86.15	81.20	80.78	81.53	81.69	78.70
Stream width (m)	15.0	13.5	12.8	9.0	13.2	7.7	10.8	10.4
Flow velocity (m/sec)	0.28	0.27	0.22	1.64	0.44	0.18	0.30	0.32
Discharge (cms)	1.23	1.06	0.60	1.57	1.74	0.20	0.61	1.57
Stream gradient (%)	2.81			4.81		3.85	3.2	
Elevation of stations (m)	1885-2050			1200-1400		1710-1920	1250-1400	

6 mg/l (汪 1994a) , 而同屬冷水性的鱒魚在溶氧8 mg/l以下的環境罹病率較高溶氧時為高(林及梁 1986) 。調查期間各溪段水體平均溶氧如表1所示, 不僅均符合甲類河川水質標準, 且皆在較易罹病溶氧閾值8 mg/l以上, 若較諸於武陵地區1996年6月至1997年5月溪水溶氧狀況 (5.2-11.7 mg/l) (陳及楊 1997) , 二者並無大異, 台灣櫻花鉤吻鮭適應應無問題。

#### (二)pH值

一般水產淡水用水pH值標準在6.5-8.5間, pH值低於6.5時魚類之繁殖量會降低(Mount 1973) , 而武陵地區1996年6月至1997年5月溪水pH值則介於6.6-8.8間 (陳及楊 1997) 。調查期間各溪段水體pH值皆在6.5以上 (表1) , 不僅符合一般水產淡水用水標準, 亦與七家灣溪極為近似。

#### (三)導電度 (conductivity)

目前甲類陸域地面水體之導電度標準在750  $\mu\text{s/cm}$ 以下, 武陵地區溪段1996年6月至1997年5月導電度介於110-387  $\mu\text{s/cm}$ 間 (陳及楊 1997) 。本研究各溪段平均導電度以卡社溪最低, 馬達拉溪最高 (表1) , 且皆符合甲類陸域地面水體標準, 變化範圍亦未超出武陵地區。

#### (四)濁度 (turbidity)

溪水中泥砂等懸浮物質會使其透光度降低, 影響水質, 亦可能因水流的搬運作用磨擦或衝撞魚體, 輕者影響魚類族群之行爲, 重者可能使魚體受傷, 增加染病機率。泥漿造成的高濁度 (39 NTU以上) 不但會妨礙魚類受精卵的孵化, 也會使稚魚及成魚窒息死亡(余等 1987) 。本研究各溪段濁度變化皆在2.44 NTU以下 (表1) , 水質清澈, 低於1996年6月至1997年5月武陵地區的溪水濁度3.66 NTU (陳及楊 1997) , 對鮭鱒魚類生存、繁衍而言應屬優良水體。

#### (五)水溫

水溫的高低會影響鮭魚的成長率、代謝

率、食物的消耗量 (Brett and Groves 1979 ; Wood and McDonald 1997) 與受精卵孵化時間及成功率 (余等 1987) , 在10-19°C的範圍內, 亦會對與台灣櫻花鉤吻鮭同屬於太平洋鮭屬 (*Oncorhynchus*)的虹鱒 (*Oncorhynchus mykiss*) 之游泳能力產生顯著的影響 (Myrick and Cech 2000) , 故水溫對於魚類能否永續生存扮演相當重要的角色。台灣櫻花鉤吻鮭屬狹溫性 (stenothermal) 及冷水性魚類, 僅適於低溫水域生存, 每年10月至11月之生殖季水溫需在10-15°C間 (汪 1994a) , 夏季最高水溫需在17°C以下 (鄧 1959) , 而林等 (1987, 1988)發現最高水溫18°C可能是限制其往下游分布的因子。以此標準觀之, 大甲溪中下游 (谷關至石岡壩間)年平均水溫高達20°C (汪 1993) , 以鯉科魚類為優勢魚種, 已不適合台灣櫻花鉤吻鮭生存, 上游現存棲地下限七家灣溪迎賓橋近年來之夏季水溫已經超出17°C, 迫使分布下限往上游退縮至露營場附近(曾等 2000) , 其生存空間已面臨被壓縮的危機。

綜上, 未來可能的域外放流棲地必須擁有終年水溫不得高於18°C的先決條件。調查期間各溪段平均水溫如表1所示, 就生殖季而言, 1997年10月至11月間, 卡社溪平均水溫約為13.32°C, 白石溪約為12.3°C, 雪山溪約為12.8°C, 皆在台灣櫻花鉤吻鮭生殖季適水溫的範圍內。另就水溫長期監測結果觀之, 卡社溪自1997年10月至1998年1月之冬季水溫變化 (圖4) 在6.53-15.85°C之間, 1999年2月至2000年1月一整年度之水溫變化 (圖5)顯示, 縱使在夏季亦未高過台灣櫻花鉤吻鮭的分布上限18°C。另2001年7月至2002年2月最下游第1樣點的最高水溫為17.96°C (圖6) , 仍低於18°C, 就水溫而言, 卡社溪是相當適合台灣櫻花鉤吻鮭生存的棲地。白石溪1997年11月5日至1998年4月7日水溫變化在6.58-14.84°C間 (圖7) , 最高水溫雖亦在18°C以下, 但1998年6月至8月卻連續3個月出現18°C以上的水溫,

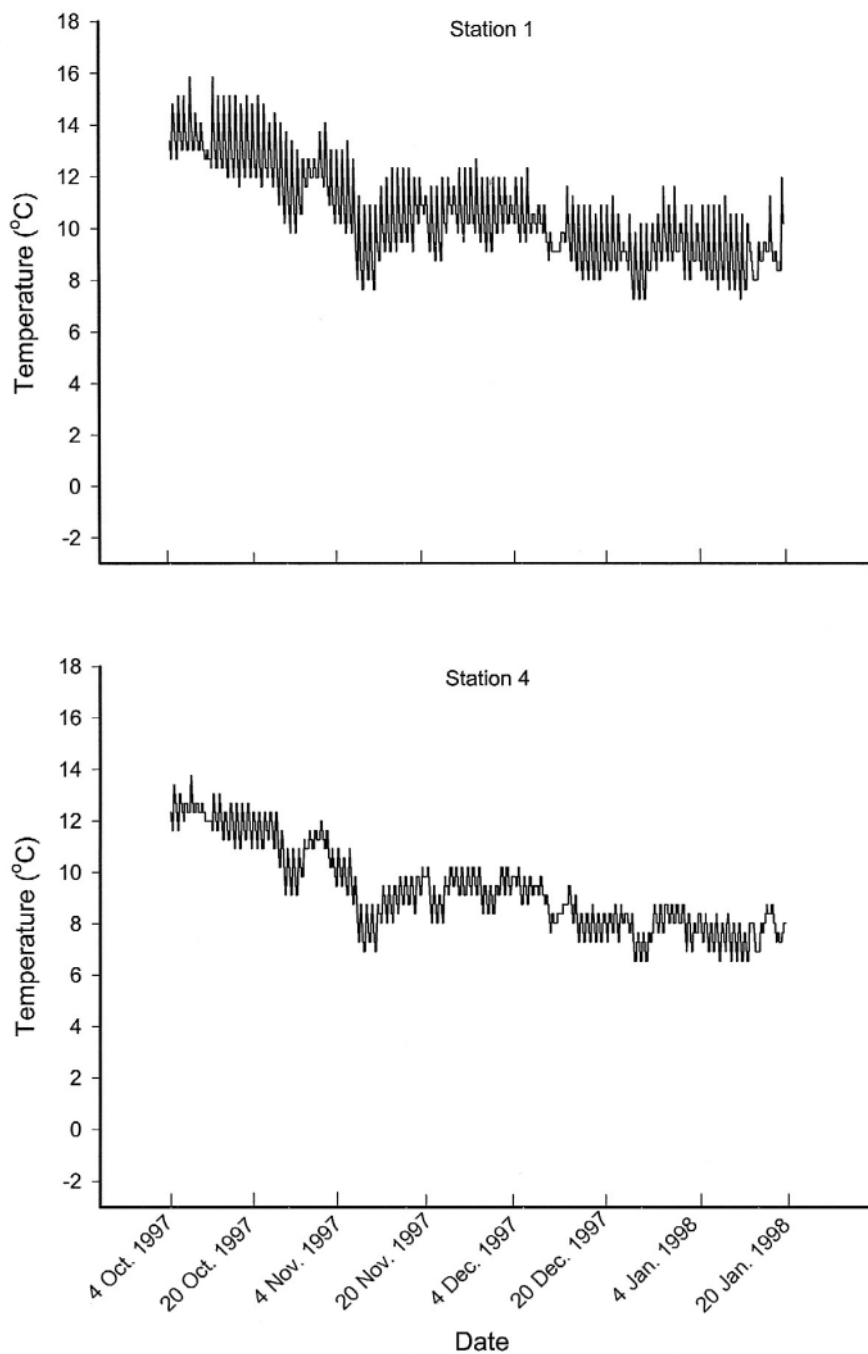


圖4. 1997年10月4日至1998年1月20日卡社溪第1樣點與第4樣點水溫。

**Fig. 4.** Daily water temperatures of the Kashe Creek at Station 1 and Station 4 from 4 October 1997 to 20 January 1998.

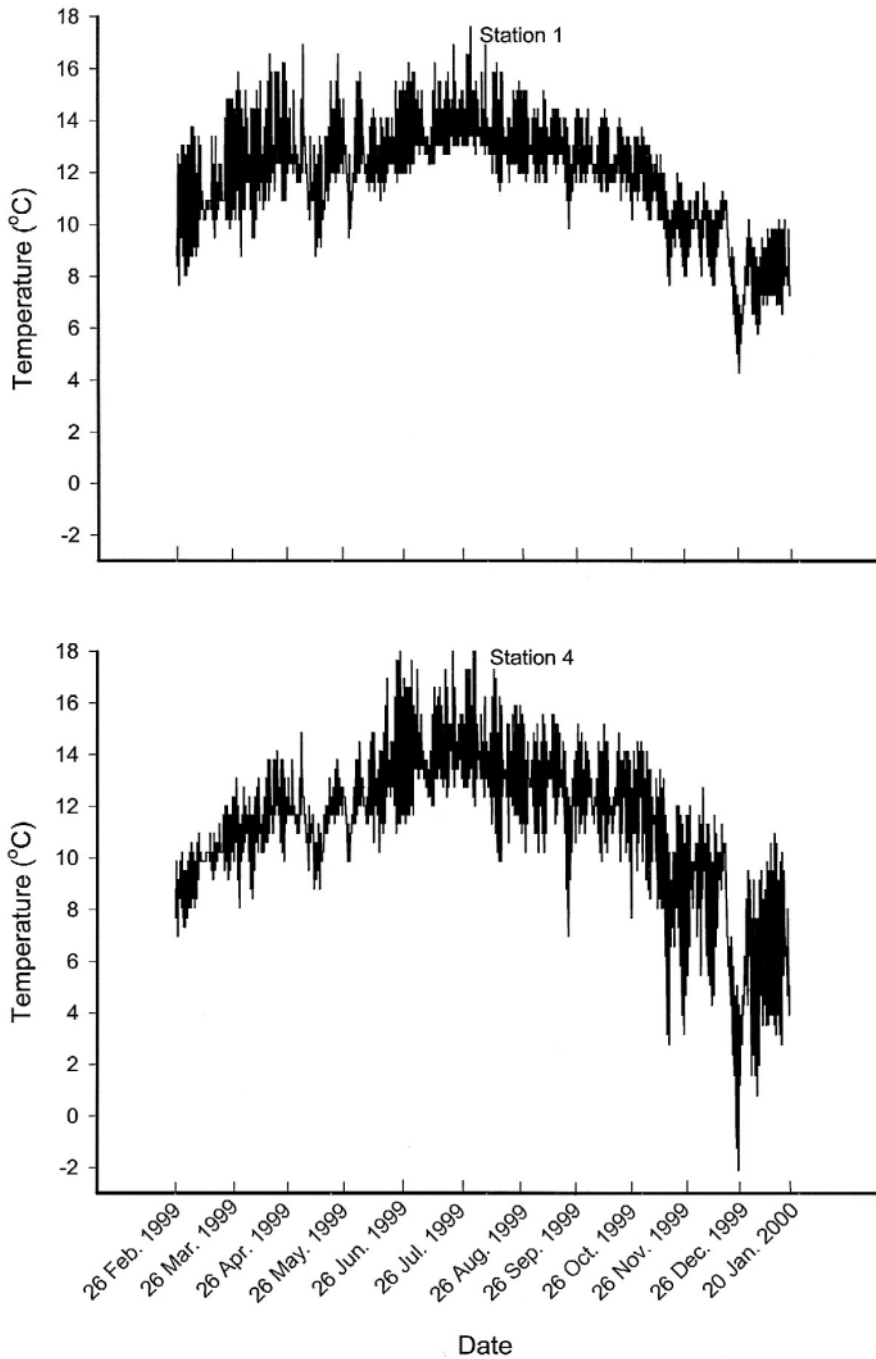


圖5. 1999年2月26日至2000年1月20日卡社溪第1樣點與第4樣點水溫。

**Fig. 5.** Daily water temperatures of the Kashe Creek at Station 1 and Station 4 from 26 February 1999 to 20 January 2000.

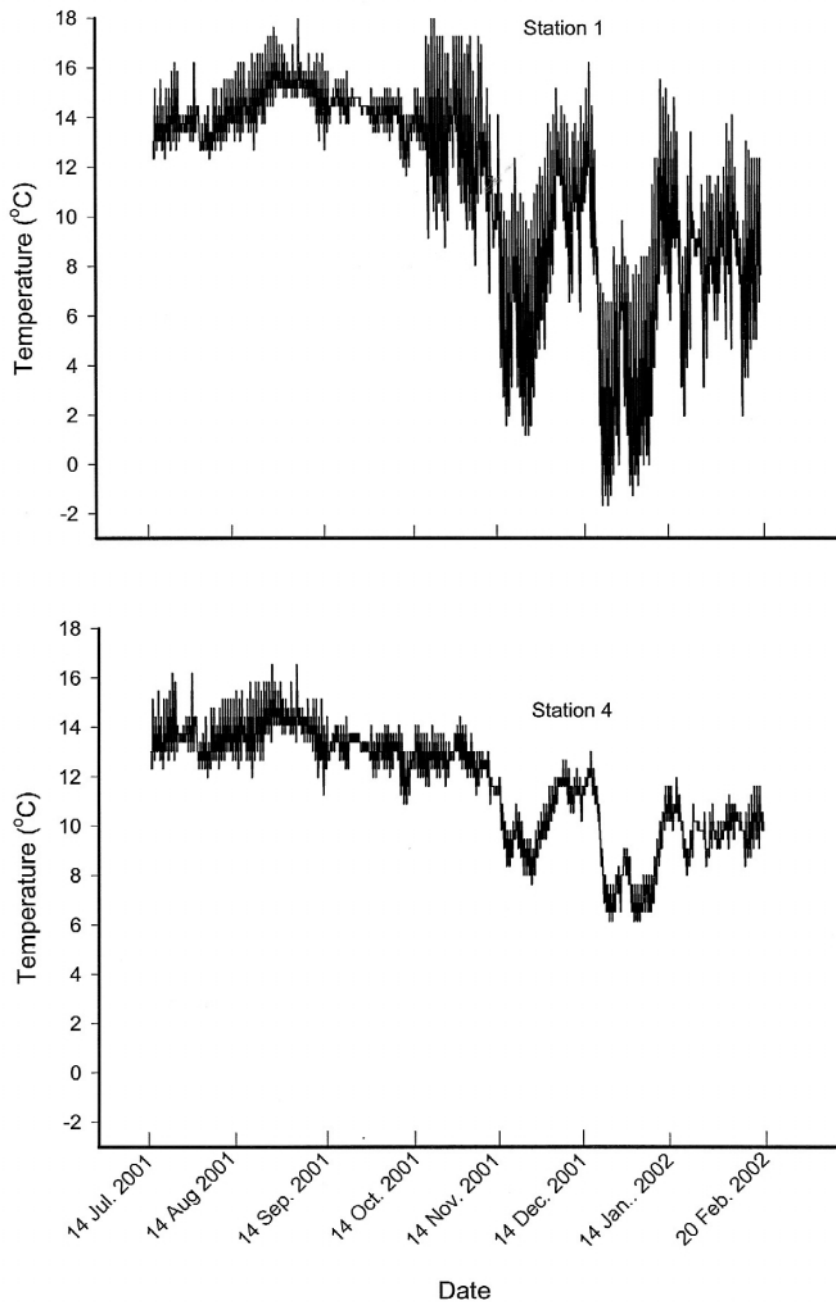


圖6. 2001年7月14日至2002年2月20日卡社溪第1樣點與第4樣點水溫。

**Fig. 6.** Daily water temperatures of the Kashe Creek at Station 1 and Station 4 from 14 July 2001 to 20 February 2002.

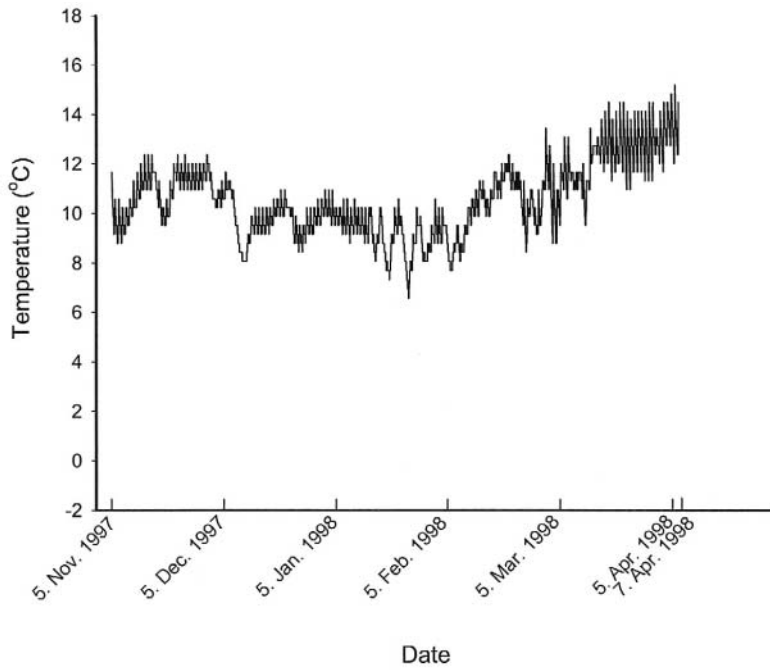


圖7. 1997年11月5日至 1998年4月7日白石溪水溫。

**Fig. 7.** Daily water temperatures of the Paishin Creek from 5 November 1997 to 7 April 1998.

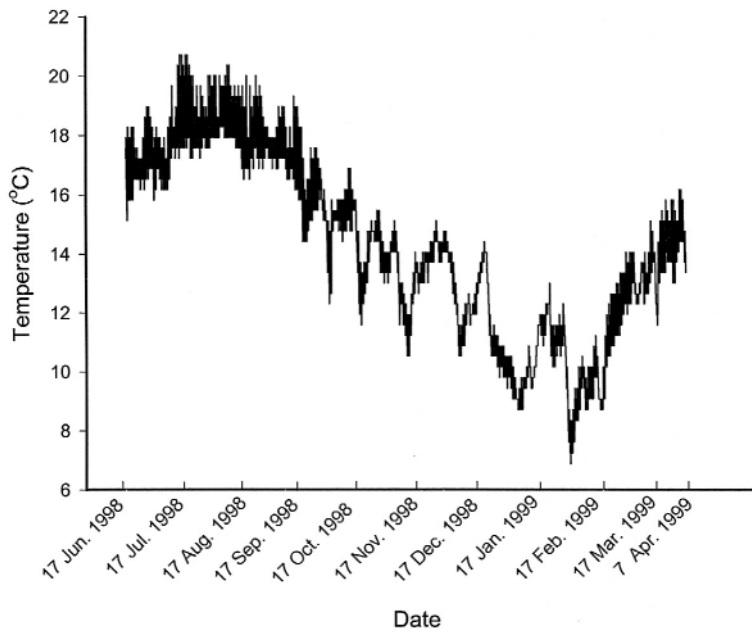


圖8. 1998年6月17日至 1999年4月7日白石溪水溫。

**Fig. 8.** Daily water temperatures of the Paishin Creek from 17 June 1998 to 7 April 1999.

最高甚至達20.72 (圖8), 恐不利於台灣櫻花鉤吻鮭生存。另先前設置於雪山溪之長期自動水溫記錄器或因溪水側蝕嚴重、流心變動遭砂石掩埋, 或因雨季時遭洪水沖失, 致遺失珍貴水溫資料, 實為本計畫一大憾事。惟據現場量測資料顯示, 1998年7月接近馬達拉溪匯流口雪山溪第1樣點水溫高達20.9, 台灣櫻花鉤吻鮭恐不適於該地生存。

#### (六)河寬、河深、流速、流量

七家灣溪之平均溪寬約6.8m, 平均溪深約42 cm, 平均流速約0.30 m/sec, 平均流量約0.54 m<sup>3</sup>/sec (cubic meter per second, cms) (曹及林 1997), 又台灣櫻花鉤吻鮭產卵巢水深在0.1-0.6m (平均0.25m), 表面水流速度低於0.6 m/s (平均0.09 m/s), 底層流速低於0.45 m/s (平均0.06 m/s) (林等 1989)。調查期間各溪段平均河寬及平均流速如表1, 除馬達拉溪平均流速、平均流量遠低於七家灣溪外, 其餘3溪段與七家灣溪並無太大差異, 亦

不乏適合台灣櫻花鉤吻鮭築巢產卵的淺灘。

#### (七)水上覆蓋度 (overhead cover)

增加濱溪植群對於溪流行水面的覆蓋度可以減少日照、降低水溫, 亦可提高昆蟲、枯枝落葉等有機碎屑之掉落量, 增加台灣櫻花鉤吻鮭的食物來源。調查期間各溪段覆蓋度皆在78.70%以上 (表1), 其中以卡社溪的86.12%最高, 雪山溪的80.98%次之。

#### (八)棲地流水型態 (flow regime)

不同體型大小的台灣櫻花鉤吻鮭在不同季節內對溪流棲地物理性因子的需求不同 (戴 1992)。淺流區的流速、深度與底質結構適合台灣櫻花鉤吻鮭求偶與產卵, 深潭區有較大空間供大型魚類活動, 岸邊緩流區適合稚鮭與幼鮭棲息, 淺灘區則為重要的覓食場所 (汪 1994a)。為因應不同時期、不同體型大小魚類的需求, 棲地流水型態應具高度之多樣性。圖9顯示各溪段棲地流水型態組成, 其中以卡社溪流水型態組成較為均勻且穩定, 急

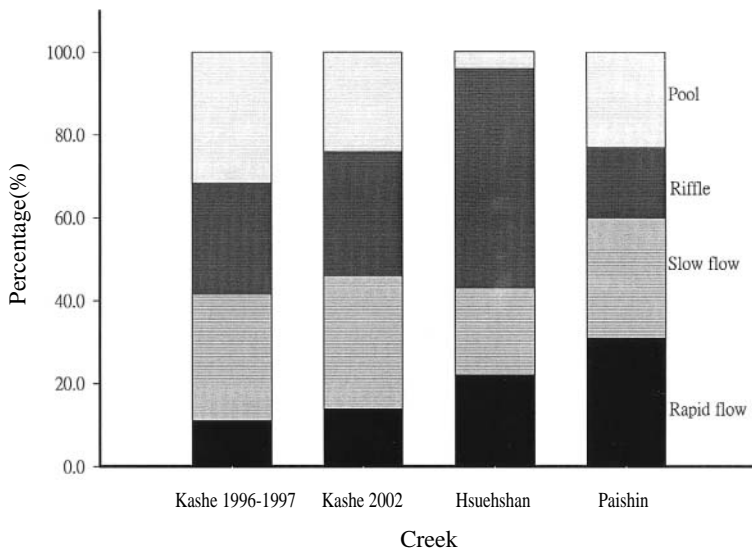


圖9. 卡社溪、雪山溪與白石溪棲地流水型態。

**Fig. 9.** Percentage composition of flow regimes at the Kashe, Hsuehshan and Paishin creeks.

流、緩流、瀨、水潭分別占15%、38%、23%、25%，期間雖數度經歷颱風、豪雨來襲及1999年921大地震的考驗，但2002年2月的調查資料顯示，其流水型態組成變化不大，對於河川生物的永續生存相當有利。雪山溪多瀨區 (53%)，水潭數量少 (4%)，缺乏越冬、避難及可供大型魚活動的空間，為不利放流之因子。

### 三、魚類相

表2為各調查溪段魚類相組成，卡社溪從海拔1,885m以上之水域經電魚法採集結果僅記錄到外來種冷水性魚類虹鱒的分布，在2月及3月分別發現其自行繁衍的稚魚出現，2月份體長2.3-3.4 cm，3月份體長3.4-4.8 cm，與七家灣溪1月初台灣櫻花鉤吻鮭稚魚體長2.5 cm左右 (林等 1988) 相當，顯見數年前人工放流的虹鱒已適應卡社溪棲地環境並自行建立健康的野生族群。另白石溪記錄到台灣鏟頰魚 (*Scaphesthes barbatulus*)、台灣間爬岩鰍 (*Hemimyzon formosanum*) 及台灣纓口鰍 (*Crossostoma lacustre*) 3種魚類，雪山溪有台灣鏟頰魚及台灣間爬岩鰍2種魚類，馬達拉溪則僅發現台灣鏟頰魚的蹤跡。CPUE以卡社溪

較高，白石溪次之，雪山溪及馬達拉溪每30分鐘之平均漁獲量皆未達1尾，推測當地魚類族群量相當有限。

### 四、水生昆蟲相

水生昆蟲為台灣櫻花鉤吻鮭最主要食物來源，占胃容物總量的74%以上 (楊等 1986)，此尚未包括半水棲的陸生昆蟲，因此水生昆蟲相為考慮放流的重要參考因子。調查期間卡社溪計採集55網次，捕獲6目25科的水生昆蟲；白石溪計採集43網次，捕獲6目22科；雪山溪計採集39網次，捕獲5目17科 (表3)。各溪段之水生昆蟲相與七家灣溪之相似程度皆在0.60以上，其中以白石溪0.81最高，卡社溪0.79次之。另就豐度論之，馬達拉溪的每網次捕獲113隻最高，卡社溪每網次96隻次之 (表4)。

## 討 論

台灣櫻花鉤吻鮭在歷史上曾廣布於大甲溪上游武陵地區和環山地區之溪流，過去50年由於天災人禍造成棲息環境消失達90%以上 (汪 1994a)，多年來許多專家學者紛紛投入

表2. 1997年至1998年卡社溪、雪山溪、白石溪、馬達拉溪與2002年卡社溪的魚種組成與單位努力捕獲量

Table 2. CPUEs ( number/ 30 min) of fishes collected from the Kashe, Hsuehshan, Paishin and Matala creeks, 1997-1998 and 2002

Fish	Kashe		Hsuehshan	Paishin	Matala
	2002	1997-1998	1997-1998	1997-1998	1997-1998
<i>Scaphesthes barbatulus</i>	-	-	0.33	5.00	0.33
<i>Hemimyzon formosanum</i>	-	-	0.33	0.33	-
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	13.50	28.25	-	-	-
<i>Crossostoma lacustre</i>	-	-	-	0.33	-
Total	13.5	28.25	0.66	5.66	0.33

表3. 七家灣溪、卡社溪、雪山溪、馬達拉溪與白石溪的水生昆蟲相

Table 3. The aquatic insects of the Chichiawan, Kashe, Hsuehshan, Matala and Paishin creeks

Order	Family	Chichiawan	Kashe	Hsuehshan	Matala	Paishin
Plecoptera						
	Leuctridae	○	○			○
	Nemouridae	○	○			
	Perlidae	○	○	○	○	○
	Peltoperlidae		○			
	Taeniopterygidae	○				
	Capniidae	○				
	Chloroperlidae	○				
Odonata						
	Gomphidae	○				○
Ephemeroptera						
	Ephemeridae	○	○		○	○
	Leptophlebiidae	○	○	○	○	○
	Heptageniidae	○	○	○	○	○
	Caenidae	○	○			
	Ephemerellidae	○	○	○	○	○
	Baetidae	○	○	○		○
Megaloptera						
	Corydalidae		○			
Trichoptera						
	Stenopsychidae	○	○	○	○	○
	Hydropsychidae	○	○	○	○	○
	Glossosomatidae	○		○		○
	Rhyacophilidae	○	○	○	○	○
	Philopotamidae		○		○	○
	Polycentropodidae	○				
	Sericostomatidae	○	○	○		
	Lepidostomatidae	○	○			
	Hydroptilidae					
	Psychomyiidae	○				
	Limnephilidae	○				
Coleoptera						
	Psephenidae	○				○
	Helodidae	○	○	○	○	○
	Elmidae	○	○	○	○	○
Diptera						
	Blepharoceridae	○	○	○		○
	Simuliidae	○	○	○		○
	Ceratopogonidae	○	○	○	○	○
	Chironomidae	○	○	○	○	○
	Tipulidae	○	○	○	○	○
	Tabanidae				○	
	Athericidae	○	○			○
Number ( order/ family)		6/31	6/25	5/17	5/15	6/22
Species similarity indices as compared with the Chichiawan Creek		1.00	0.79	0.72	0.60	0.81

表4. 卡社溪、雪山溪、馬達拉溪與白石溪的水生昆蟲數量與單位努力捕獲量

**Table 4.** The number and CPUEs of aquatic insects collected from the Kashe, Hsuehshan, Matala and Paishin creeks

	Kashe	Hsuehshan	Matala	Paishin
Number	4189	1719	3060	3164
Effort ( number of net )	43	24	27	38
CPUEs ( number/ net )	96	72	113	78

台灣櫻花鉤吻鮭的研究、保育工作，對於其面臨的生存危機已有許多深入的剖析，歸納之不外乎颱風及洪水造成的土砂災害、農業及遊憩活動造成的水質污染、防砂壩造成的族群隔離與棲地碎裂化、森林火災的威脅以及不法的獵捕。前揭危機如遊憩活動或不法獵捕可以透過落實河川生態系的經營管理在短時間內有效降低衝擊，但有些卻猶如在大地劃下的傷口，縱使事後有妥善的醫療，仍需相當時日才得以痊癒。在此之前，多年來在七家灣溪持續進行的人工放流工作，對於殘存的台灣櫻花鉤吻鮭族群是使其不致滅絕的必要措施，或是加速野生族群基因均質化走向滅絕之路的催化劑，雖然不同專家學者各有論述，迄今未有共識，但可以肯定的事實是七家灣溪棲地仍不復以往，台灣櫻花鉤吻鮭迄今依然瀕危。選擇其他適合的溪流進行域外放流，透過完善的配套措施及經營管理制度，建立健康且能自我繁衍的衛星族群以分散族群滅絕的風險，是現今相當值得嘗試的保育行動策略。

汪(1992, 1994b)自1991年11月至1993年7月曾於丹大林區第5、第7林班交界與第5、第8林班交界的卡社溪分別進行動物相、溪流生態及其魚類調查研究(調查樣點海拔高度較本研究之樣點稍低)，就其非生物因子觀之，pH值(7.4-8.1)、溶氧(7.5 mg/l以上)、導電度(154-190  $\mu$ s/cm)、濁度(0.4-1.7 NTU)及流量(0.5-1.7

cms)皆與本研究調查結果(表1)相近，顯示卡社溪不僅終年有水，水溫、水質亦佳，受颱風、豪雨影響小，河道相當穩定，另相較於其他列入評估的河段，其河道坡度與七家灣溪最為接近且無任何攔砂壩阻隔，流水型態比例、濱溪植物之水面覆蓋亦較為均勻、完整，2002年的調查結果更顯示其棲地環境之穩定性。復以人煙遠少於梨山地區，邇來雖偶傳森林火災，但皆未發現對調查溪段產生立即與直接性的威脅，七家灣溪現存的顯性、隱性危機都不存在於卡社溪，相當適合成為國寶魚的新家。生物因子部分，台灣櫻花鉤吻鮭主要以水生昆蟲為食，上野氏(1937)曾對於11隻台灣櫻花鉤吻鮭進行食性分析研究，發現胃內容物中共有4目11科的水生昆蟲，占胃內容物總體積的74%。若進一步與本研究及汪(1992, 1994b)之卡社溪調查結果比對，發現其中僅有長角石蛾科(Leptoceridae)與二尾蜉蝣科(Siphonuridae)等2科不在本研究採集到的25科中，長角石蛾科與姬石蛾科(Hydroptilidae)等2科不在汪(1992, 1994b)採集到的21科中。換言之，台灣櫻花鉤吻鮭胃內容物中的11科水生昆蟲有高達10科曾在卡社溪歷年的調查資料中出現，就食物之供給而言相當適合台灣櫻花鉤吻鮭的生息。另魚類相部分，汪(1992, 1994b)與本研究在卡社溪上游皆僅調查到多年前民間人士人工放流且已能自行繁殖的外來種魚類虹鱒，虹鱒對於台

灣櫻花鉤吻鮭的影響為何？競爭力孰優孰劣？二者能否和平共存？由於台灣櫻花鉤吻鮭屬於瀕危的台灣特有亞種保育類動物，迄今尚未發現國內、外有相關的文獻可稽，是否必須移除卡社溪的虹鱒有待究明。惟縱使為保育瀕危的台灣櫻花鉤吻鮭而必須將台灣原無分布且族群量龐大無滅絕之虞的外來經濟性養殖魚種虹鱒從卡社溪移除，就維持生物多樣性的立場觀之未嘗不是可行之道。虹鱒在分類上與台灣櫻花鉤吻鮭同屬太平洋鮭屬的冷水性魚類，經民間人士人工放流後已成功在卡社溪自行建立健康的野生族群，從另一個角度審視，此一現象是否代表未來可能進行同屬的台灣櫻花鉤吻鮭域外放流工作亦會有相同的成果，相當令人期待。

## 結 論

良好的域外放流棲地不僅必須滿足台灣櫻花鉤吻鮭的基本生存條件，且不得有七家灣溪現存無法立即改善的不利環境因子。換言之，域外放流的溪流必須有受颱風及洪水影響小、少有森林火災發生、無農業活動、無防砂壩等條件。茲就上述標準分析列入評估的4條溪流：

一、馬達拉溪上游河段坡度陡峭，又有大型瀑布及4座攔砂壩阻礙魚類洄游，另部分支流水質導電度高，含鐵成份甚濃，溪水呈黃褐色且有異味，不適合台灣櫻花鉤吻鮭的放流。

二、白石溪河段水質雖佳，惟調查期間夏季水溫(1999年6、7、8月)曾逾 $18^{\circ}\text{C}$ ，且底層大多由頁岩組成，河床裸露，底質組成單純，恐無法滿足不同時期台灣櫻花鉤吻鮭對於棲地的需求。另水生昆蟲相雖然與七家灣溪的相似度最高，但族群量卻不多，台灣櫻花鉤吻鮭的食物來源堪虞。

三、雪山溪河岸崩塌情形嚴重，下游側

蝕作用旺盛，流心改變甚劇，棲地並不穩定，復因流水型態多瀨少潭，缺乏越冬、避難及大型鮭魚活動的空間，並不利於台灣櫻花鉤吻鮭生存。

四、卡社溪之調查樣點位於丹大林區第5、第7林班海拔1,885-2,050m間的上游河段，該溪段河床穩定且兩旁具有堅硬穩定的基石岩盤與叢密的森林覆蓋，保土蓄水功能良好，底質歧異度大，瀨潭比例適當。近10年來卡社溪歷經颱風、豪雨及921大地震，但河道改變小，水溫、水質皆佳，河道坡度與七家灣溪最為接近且無任何攔砂壩阻隔，流水型態比例、濱溪植物之水面覆蓋亦較其他溪流均勻、完整，2002年的調查結果更顯示其棲地環境之穩定性。復以人煙遠少於梨山地區，邇來雖偶傳森林火災，但皆未發現對調查溪段產生立即與直接性的威脅，種種條件皆符合台灣櫻花鉤吻鮭對於生存棲地的嚴苛要求。

綜上，初步評估以卡社溪海拔1,885-2,050m的溪段較適合成為台灣櫻花鉤吻鮭域外放流棲地。卡社溪不僅與七家灣溪生態環境相似，同時蘊涵豐富而類似的水生昆蟲，極具供養高冷性嗜食水生昆蟲之國寶魚生存與繁殖之潛力(汪 1994b)，未來若以此為域外放流地點，劃設野生動物保護區加強保護台灣櫻花鉤吻鮭的棲息環境是必要的措施，如何研擬周延完善的保護區經營管理辦法，避免人為森林火災發生並有效管制任何可能破壞保護區棲地環境的人類活動，是有關單位未來必須審慎面對的課題。另在棲地的選擇之外，域外放流尚需考量諸多因素，如放流時機、放流魚源、魚體大小、搬運方式、放流後的長期監測、評估與管理等。本研究僅就未來可能進行的域外放流工作尋找台灣櫻花鉤吻鮭在大甲溪以外可能的新家，可視為域外放流的先期準備工作，未來實施域外放流與否、放流地點的決定與後續相關配套措

施的制定，亟待有關單位進一步的決策。

## 謝 誌

承蒙農委會對於本研究經費之補助及本中心長官提供良好的研究環境與資源，使本研究得以順利完成，在此謹致萬分謝忱。另本中心國外顧問蔡住發博士的耐心指導及諄諄教誨，本中心前助理研究員邱啓銘先生(現服務於嘉義縣政府)協助計畫的執行及棲地生態組張仁川、沈明晃、李芬芳、林宗政、賴佳郎(現服務於林務局)、薛士毅(現服務於林務局)等人對於野外調查工作的熱心協助，在此亦一併致謝。

## 引用文獻

- 余廷基、賴仲義、吳聲森。1987。櫻花鉤吻鮭繁殖試驗。農委會76年生態研究第006號。41頁。
- 汪靜明。1992。丹大事業區卡社溪動物相調查研究。台灣省農林廳林務局。保育研究系列-82-10號。64頁。
- 汪靜明。1993。大甲溪魚類棲地生態研究及改善計畫三年總結成果報告。台灣電力公司81年度研究發展計畫。40頁。
- 汪靜明。1994a。子遺的國寶—台灣櫻花鉤吻鮭專輯。內政部營建署雪霸國家公園管理處。185頁。
- 汪靜明。1994b。丹大事業區卡社溪溪流生態及其魚類調查研究。台灣省農林廳林務局。保育研究系列-83-03號。93頁。
- 林曜松、梁世雄。1986。鮭鱒魚類生態。農委會林業特刊第九號。21-38頁。
- 林曜松、楊平世、梁世雄、曹先紹、莊鈴川。1987。櫻花鉤吻鮭生態之研究(一)魚群分布與環境因子關係之初步研究。行政院農業委員會。76年生態研究第023號。66頁。
- 林曜松、曹先紹、張崑雄、楊平世。1988。櫻花鉤吻鮭生態之研究(二)族群分佈與環境因子間關係之研究。農委會77年生態研究第012號。93頁。
- 林曜松、曹先紹、張崑雄。1989。櫻花鉤吻鮭之生殖生態與行為研究。農委會78年生態研究第8號。18頁。
- 林曜松、曹先紹、莊鈴川、戴永禎。1993。櫻花鉤吻鮭棲地之調查研究(I)-以七家灣溪上游、武陵溪為主。台灣省農林廳林務局。保育研究系列-82-07號。
- 林曜松、張明雄、莊鈴川、曹先紹。1994。櫻花鉤吻鮭棲地之調查研究(II)-大甲溪上游六條支流。台灣省農林廳林務局。保育研究系列-83-09號。
- 曹先紹、林曜松。1997。櫻花鉤吻鮭棲地之調查研究。林務局86年度溪流環境保育研討會。20頁。
- 陳弘成、楊喜男。1997。武陵地區一溪流之水源水質監測系統之規劃與調查。內政部營建署雪霸國家公園管理處86年度研究報告。88頁。
- 曾晴賢、游智閔、楊正雄。2000。櫻花鉤吻鮭族群之監測與生態研究。櫻花鉤吻鮭保育研究研討會論文集 115-135頁。
- 曾晴賢。2001。櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(四)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 曾晴賢。2002。櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(五)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 楊平世、林曜松、黃國靖、梁世雄、謝森和、曾晴賢。1986。武陵農場河域之水棲昆蟲相及生態調查。農委會林業特刊第九號 14-20頁。
- 鄧火土。1959。台灣高地產陸封鮭魚的形態與生態。台灣水產試驗所報告5: 77- 82。

- 戴永禔。1992。台灣櫻花鉤吻鮭之族群生態學研究。國立台灣大學動物學研究所博士論文。121頁。
- 上野益三。1937。台灣大甲溪の鱒關の食性と寄生蟲。台灣博物學會會報27(116): 153-159。
- Brett, J. R., and T. D. D. Groves. 1979. Physiological energetics. pp. 279-352. *In*: W. S. Hoar, D. J. Randall, and J. R. Brett(eds.). *Fish Physiology*. Vol. VIII. Academic Press, New York.
- Krebs, C. J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper & Row, N. Y.
- Mount, D. I. 1973. Chronic effect of low pH on fathead minnow survival, growth and reproduction. *Water Research* 7: 987-993.
- Myrick, C. A., and J. J. Cech Jr. 2000. Temperature influences on California rainbow trout physiological performance. *Fish Physiology and Biochemistry* 22: 245-254.
- Wood, C. M., and D. G. McDonald. 1997. *Global warming: Implications for fresh water and marine fish*. Cambridge University Press, Cambridge.

# 外來種淡水魚類及蝦類在台灣河川之分布概況

## Distribution of Exotic Freshwater Fishes and Shrimps in Taiwan

陳榮宗<sup>1</sup> 何平合<sup>2</sup> 李訓煌<sup>1</sup>

Ruong-Tzung Chen<sup>1</sup>, Ping- Ho Ho<sup>2</sup> and Hsun-Hwang Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup>國立海洋生物博物館 屏東縣車城鄉後灣村後灣路2號

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

<sup>2</sup>National Museum of Marine Biology & Aquarium, Checheng, Pingtung, Taiwan

### 摘 要

依據文獻記載及本研究從2000-2002年所作之野外調查，在台灣51條河川中已有49條河川發現到外來種淡水魚類或蝦類，共記錄15種外來淡水魚類及2種外來淡水蝦類，分別為吳郭魚 cichlids、大肚魚*Gambusia affinis* (Baird et Girard)、琵琶鼠*Pterygoplichthys multiradiatus* (Hancock)、三星鬥魚*Trichogaster trichopterus* (Pallas)、香魚*Plecoglossus altivelis* (Temminck et Schlegel)、泰國鱧*Channa striata* (Bloch)、日本鯽*Carassius cuvieri* Temminck et Schlegel、虹鱒*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)、帆鰭胎生鱗魚*Poecilia velifera* Regan、劍尾魚*Xiphophorus hellerii* Heckel、孔雀魚*Poecilia reticulata* Peters、高體四鬚魮*Barbodes pierrei* Sauvage、珍珠石斑*Cichlasoma managuense* Günther、泰國鯽*Barbodes schwanefeldii* (Bleeker)、大口鱸*Micropterus salmoides* Lacepède、美國螯蝦*Procambarus clarkii* (Girard)及羅氏沼蝦*Macrobrachium rosenbergii* (de Man)。其中珍珠石斑及泰國鱧為本研究新紀錄外來種。吳郭魚分布最廣且數量最多，從河口至海拔高度700m均有其分布；其次為大肚魚，從河口分布至海拔高度1,340m；琵琶鼠則以中部及南部河川較多，從河口分布至海拔高度300m；香魚則限於北部及中部河川，分布之海拔高度為30-1,472m；虹鱒集中於中部河川，分布之海拔高度介於600-2,050m。外來種種數最多的河川為高屏溪有8種，其次為八掌溪、曾文溪、東港溪及宜蘭河各有7種。楓港溪及和平溪乃現在未有外來種淡水魚類、蝦類之河川。隨著海拔高度遞增，外來種淡水魚類、蝦類種數遞減。本研究自行調查之河川有26條，與文獻相較在中部河川之外來種種數減少且海拔高度降低，南部河川之外來魚種數量則增加且海拔分布提高。

## Abstract

According to the literature and our field investigation in 2000 to 2002, there were 15 species of exotic freshwater fishes and two species of exotic freshwater shrimps in 49 of 51 rivers and creeks of Taiwan. They were cichlids, *Gambusia affinis*, *Pterygoplichthys multiradiatus*, *Trichogaster trichopterus*, *Plecoglossus altivelis*, *Channa striata*, *Carassius cuvieri*, *Oncorhynchus mykiss*, *Poecilia velifera*, *Xiphophorus hellerii*, *Poecilia reticulata*, *Barbodes pierrei*, *Cichlasoma managuense*, *Barbodes schwanenfeldii*, *Micropterus salmoides*, *Procambarus clarkii*, and *Macrobrachium rosenbergii*. Of them *C. striata* and *C. managuense* were the exotic species newly recorded to Taiwan. Cichlids were the most abundant and widely distributed fishes. They occurred from river mouth to an elevation of 700m. *G. affinis* was the second most abundant and widely distributed species from river mouth to 1,340m in elevation. *P. multiradiatus* occurred in the central and southern Taiwan from river mouth to 300m. *P. altivelis* was found in the northern and central Taiwan in elevations between 30-1,472m, while *O. mykiss* was in the central Taiwan between 600-2,059m in elevation. Kaoping River had eight exotic species, while Pachang, Tsengwen, Tunkang and Yilan rivers each had seven species. Fengkang River and Hoping River were the only two rivers where no exotic species were present. The number of exotic species decreased with the increase in elevation. When the exotic species in 26 rivers investigated in this study were compared to those reported previously in literature, the number of the exotic species and their altitudinal distributions decreased in the central Taiwan but increased in the southern Taiwan.

關鍵詞：外來種、淡水魚類、淡水蝦類、海拔高度

**Key words:** exotic species, freshwater fishes, freshwater shrimps, elevation

收件日期：92年1月15日

接受日期：92年6月9日

Received: January 15, 2003

Accepted: June 9, 2003

## 緒言

依生態角度來看，外來種生物入侵後適應當地環境並建立族群，經常改變當地棲地環境、生態平衡及減少物種歧異度，影響其生物多樣性。近年來全球外來種生物的入侵已嚴重影響淡水生態系統及降低淡水生物多

樣性(Sala *et al.* 2000)。縱觀全球有關外來種生物的侵入，絕大部分起因於人為活動，包括全球化的貿易、運河之構築、不當的漁業管理或放流、供觀賞或養殖時不慎逸出或任意棄養等，提供了外來種生物入侵的媒介(Lodge *et al.* 2000)。而在各種生態系統中，以淡水域生態系所面臨外來種生物入侵的衝擊

勝於陸域生態系(Master 1990), 如北美因外來種生物入侵已嚴重影響該區域之魚類、軟體動物或原生種螯蝦的棲地環境(Williams *et al.* 1989; Williams *et al.* 1993; Taylor *et al.* 1996)。

台灣為島嶼生態系, 任何不當的外來種引入, 皆可能對本土既存的生態體系造成危害, 其中尤以溪流生態系更顯脆弱。根據以往文獻的記載台灣的淡水魚類有150種以上(曾 1986; 邵等 1992), 而近年來因較多的學者投入研究, 使已知的台灣淡水魚類(包含河口魚類部分)高達224種之多(陳及方 1999)。然而, 淡水魚近年來除了因水土保持不良、農藥濫用、家庭及工廠污水排放, 以及非法電魚及毒魚的威脅, 使其棲地環境惡劣外, 外來種的引進, 更是原生種魚類減少或瀕臨滅絕的一大因素(Lodge *et al.* 1998)。

本研究針對台灣本島之河川蒐集整理相關調查文獻及進行野外採集調查, 以瞭解目前的外來淡水魚類、蝦類之種類及分布情形。

## 材料與方法

本研究範圍為台灣本島之河川, 不包括水庫、湖泊、池塘、埤及人工蓄水池等, 所謂外來種淡水魚類、蝦類係指1895年日據時代開始以後引進台灣者, 包括邵及曾(1993)所著「觀賞魚准許或不准許進口名錄之修訂研究(II)」中所稱之外來種, 惟不包含湖泊等水域採集之外來種及早期由大陸引進台灣之五大魚族(鯉魚、青魚、草魚、鱧魚及鯪魚)。

本研究蒐集並整理1985-2002年有關河川之調查文獻共38篇(附錄 )及2000年1月至2002年11月自行調查之資料, 共有河川51條(表1), 包括雙溪、基隆河、淡水河、新店溪、大漢溪、南坎溪、老街溪、社子溪、鳳山溪、頭前溪、中港溪、後龍溪、西湖溪、通宵溪、苑裡溪、房裡溪、大安溪、大甲

溪、烏溪、濁水溪、新虎尾溪、虎尾溪、北港溪、朴子溪、八掌溪、急水溪、將軍溪、曾文溪、鹽水溪、二仁溪、阿公店溪、高屏溪、東港溪、林邊溪、率芒溪、枋山溪、楓港溪、四重溪、保力溪、港口溪、宜蘭河、蘭陽溪、南澳溪、和平溪、立霧溪、吉安溪、太平溪、花蓮溪、秀姑巒溪、馬武溪及卑南溪等。本研究自行調查之河川, 則包括基隆河、新店溪、大漢溪、鳳山溪、頭前溪、中港溪、後龍溪、大安溪、大甲溪、烏溪、濁水溪、北港溪、朴子溪、八掌溪、急水溪、曾文溪、鹽水溪、二仁溪、阿公店溪、高屏溪、東港溪、林邊溪、四重溪、蘭陽溪、花蓮溪及卑南溪等26條河川。

引用所蒐集之文獻(附錄 ), 調查有外來種魚類、蝦類之樣點位置(坐標位置如記錄為經緯度則換算成二度分帶坐標)、樣點名稱、海拔高度及種類, 如文獻中僅記錄樣點名稱者, 則自行按地圖至該文獻所稱樣點位置以GPS (global position system; 機型: Garmin GPS12XL) 定出二度分帶坐標及海拔高度。

本研究所進行之野外調查, 魚類採集主要使用台製直流電12伏特背負式電魚器, 以Z字形路線由下游往上游間歇性放電捕撈30分鐘, 蝦類調查則用市售蝦蟹籠陷阱(籠口直徑10 cm、長30 cm), 由下游往上游依序放置5個內置秋刀魚誘餌之蝦蟹籠及5個無誘餌蝦蟹籠, 籠口朝向下流, 放置整夜於隔天上午取出, 時間為18-20小時。採捕完畢後當場記錄外來種魚類、蝦類之種類、數量、樣點位置、樣點名稱及海拔高度等基本資料後, 立即將樣本釋放回原採捕溪段, 若有當場未能鑑定的種類則以75%之酒精浸泡後攜回實驗室再行鑑定。

## 結果

彙整所蒐集之文獻(附錄 )及自行調查之

表1. 文獻及自行調查之河川

Table 1. The rivers investigated in this study and those listed in literature

	River name	This study	Literature
Northern Taiwan	雙溪	Shuang River	*
	基隆河	Chilung River	*
	淡水河	Tanshui River	*
	新店溪	Hsintien River	*
	大漢溪	Tahan River	*
	南坎溪	Nankan River	*
	老街溪	Laochien River	*
	社子溪	Shetzu River	*
	鳳山溪	Fengshan River	*
	頭前溪	Touchien River	*
	中港溪	Chungkang River	*
	後龍溪	Houlung River	*
	西湖溪	Hsihu River	*
	通宵溪	Tunghsia River	*
	苑裡溪	Yuanli River	*
房裡溪	Fangli River	*	
Central Taiwan	大安溪	Taan River	*
	大甲溪	Tachia River	*
	烏溪	Wu River	*
	濁水溪	Choshui River	*
	新虎尾溪	Hsinhuwei River	*
	虎尾溪	Huwei River	*
Southern Taiwan	北港溪	Peikang River	*
	朴子溪	Putzu River	*
	八掌溪	Pachang River	*
	急水溪	Chishui River	*
	將軍溪	Chiangchun River	*
	曾文溪	Tsengwen River	*
	鹽水溪	Yenshui River	*
	二仁溪	Ernjen River	*
	阿公店溪	Akungtien River	*
	高屏溪	Kaopin River	*
	東港溪	Tungkuang River	*
	林邊溪	Linpien River	*
	率芒溪	Shuaimang River	*
	枋山溪	Fangshan River	*
	楓港溪	Fengkang River	*
	四重溪	Szuchung River	*
	保力溪	Paoli River	*
Eastern Taiwan	港口溪	Kangkou River	*
	宜蘭河	Yilan River	*
	蘭陽溪	Lanyang River	*
	南澳溪	Nanao River	*
	和平溪	Hoping River	*
	立霧溪	Liwu River	*
	吉安溪	Chian River	*
	太平溪	Taiping River	*
	花蓮溪	Hualien River	*
	秀姑巒溪	Hsiukulua River	*
馬武溪	Mawu River	*	
卑南溪	Peinan River	*	
Total		26	51

No exotic species were present.

資料，發現在51條河川中有外來淡水魚類、蝦類之河川共49條，樣點331個，資料為573筆(自行調查者有188筆)(圖1)。共記錄15種外來淡水魚類及2種外來淡水蝦類，依分布範圍大小依序為吳郭魚cichlids,其包括*Oreochromis mossambicus* (Peter), *Oreochromis niloticus* (Linnaeus)及 *Tilapia zillii* Smith 3種，因文獻

中該3種常合稱為吳郭魚，故本研究亦將之統稱為吳郭魚以利比較，其次為大肚魚 *Gambusia affinis* (Baird et Girard)、琵琶鼠 *Pterygoplichthys multiradiatus* (Hancock)、三星鬥魚 *Trichogaster trichopterus* (Pallas)、香魚 *Plecoglossus altivelis* (Temminck et Schlegel)、泰國鱧 *Channa striata* (Bloch)(文獻中記錄之外

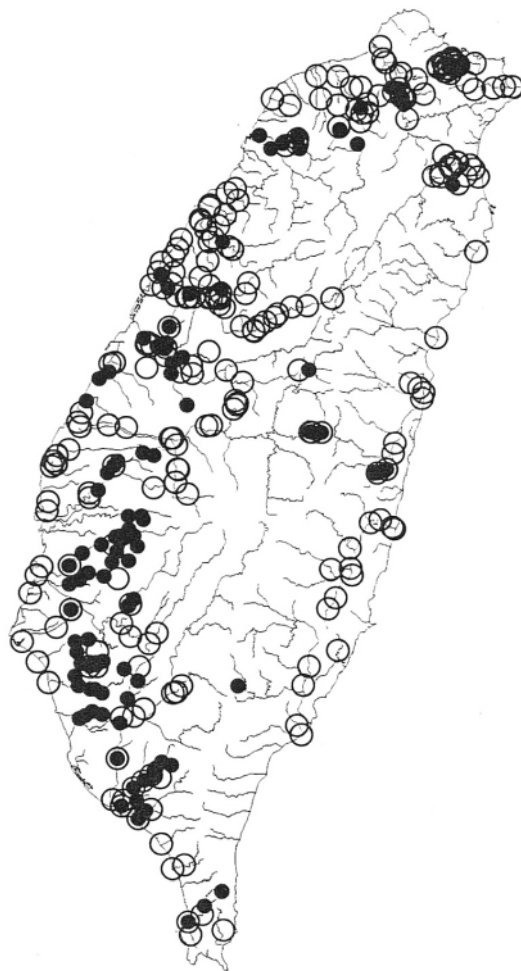


圖 1. 外來種淡水魚類、蝦類分布圖(實心圓，本研究自行調查；空心圓，文獻資料)。

Fig. 1. Localities of exotic freshwater fishes and shrimps collected in Taiwan (solid circles, this study; open circles, literature).

來種鱧魚，以泰國鱧及寬額鱧稱之，惟學名均以*Channa* sp.表示，未鑑定種別，而本研究自行採集之外來種鱧魚，經鑑定為*Channa striata*，因此為利相互比較，文章中均以泰國鱧統稱之)、日本鯽 *Carassius cuvieri* Temminck et Schlegel、虹鱒 *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)、帆鰭胎生鱗魚 *Poecilia velifera* Regan、劍尾魚 *Xiphophorus hellerii* Heckel、孔雀魚 *Poecilia reticulata* Peters、高體四鬚魮 *Barbodes pierrei* Sauvage、珍珠石斑 *Cichlasoma managuense* Günther 泰國鯽 *Barbodes schwanenfeldii* (Bleeker)、大口鱸

*Micropterus salmoides* Lacepède(為目視記錄資料)、美國螯蝦 *Procambarus clarkii* (Girad)及羅氏沼蝦 *Macrobrachium rosenbergii* (de Man)，如表2。本研究自行調查之河川有26條，共採集11種外來淡水魚類及2種蝦類，相較所蒐集的文獻，未捕獲到的有帆鰭胎生鱗魚、孔雀魚、大口鱸及泰國鯽4種，而珍珠石斑及泰國鱧則在以往的河川相關調查文獻中完全未曾記載，為本研究首次發現之新記錄兩種外來種淡水魚類(表2)。另高體四鬚魮、日本鯽、美國螯蝦及羅氏沼蝦則在文獻中僅說明概略之分布區域或地名，未詳述出現之

表2. 外來種淡水魚類、蝦類名錄

Table 2. A list of 17 exotic species of freshwater fishes and shrimps in Taiwan

	Species	Year introduced	Native homes
<b>Newly recorded</b>			
1. 泰國鱧 <sup>1</sup>	<i>Channa striata</i>	?	China, India, Ceylon, Philippine and Thailand
2. 珍珠石斑	<i>Cichlasoma managuense</i>	1987	East Africa and Tanzania
<b>Recorded in literature and this study</b>			
3. 吳郭魚 <sup>2</sup>	Cichlids	1946	Africa, South America and Eurasia
4. 大肚魚	<i>Gambusia affinis</i>	1911	North America
5. 琵琶鼠	<i>Pterygoplichthys multiradiatus</i>	Before 1978	South America
6. 三星鬥魚	<i>Trichogaster trichopterus</i>	After 1985	Vietnam, Thailand and Cambodia
7. 香魚	<i>Plecoglossus altivelis</i>	After 1980	Japan and Korea
8. 日本鯽 <sup>3</sup>	<i>Carassius cuvieri</i>	After 1960	Japan
9. 虹鱒	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	1957	North America
10. 劍尾魚	<i>Xiphophorus hellerii</i>	?	Central America
11. 高體四鬚魮 <sup>3</sup>	<i>Barbodes pierrei</i>	?	Vietnam, Thailand And Malaysia
12. 美國螯蝦 <sup>3</sup>	<i>Procambarus clarkii</i>	Before 1970	Southwest America
13. 羅氏沼蝦 <sup>3</sup>	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	1970	Tropics and Subtropics between Indian Ocean and Pacific Ocean
<b>Recorded only in literature</b>			
14. 帆鰭胎生鱗魚	<i>Poecilia velifera</i>	After 1970	Central America
15. 孔雀魚	<i>Poecilia reticulata</i>	1970	South America
16. 泰國鯽	<i>Barbodes schwanenfeldii</i>	?	Vietnam, Malaysia and Sumatera
17. 大口鱸	<i>Micropterus salmoides</i>	?	North America

<sup>1</sup> *Channa* sp. in literature.

<sup>2</sup> *Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis niloticus* and *Tilapia zillii* combined.

<sup>3</sup> No mention on locations of collection in literature.

河川名稱。

在51條河川中，僅有屏東縣的楓港溪、宜蘭縣和花蓮縣交界的和平溪未記錄有外來淡水魚類、蝦類，其餘河川則均存在著外來種，其分布之海拔高度情形如圖2。其中以吳郭魚分布最廣且數量最多(圖3A)，僅有楓港溪、和平溪及立霧溪未出現，分布從河口至海拔高度700m。其次為大肚魚，僅有18條河川未曾記載(圖3B)，分布從河口至海拔高度1,340m。琵琶鼠則出現於基隆河、後龍溪、大甲溪、烏溪、北港溪、八掌溪、急水溪、曾文溪、鹽水溪、二仁溪、阿公店溪、高屏溪、東港溪、宜蘭河及花蓮溪，以中部及南部河川較多(圖3C)，分布從河口至海拔高度300m。三星鬥魚分布集中於南部河川，包括新虎尾溪、北港溪、八掌溪、急水溪、曾文

溪、鹽水溪、二仁溪、阿公店溪、高屏溪及東港溪(圖3D)，分布從河口至海拔高度100m。香魚分布限於北部及中部河川，包括新店溪、大漢溪、大安溪、大甲溪、濁水溪、宜蘭河及蘭陽溪，虹鱒則集中於中部河川，包括大安溪、大甲溪及濁水溪(圖4A)，分布之海拔高度分別為30-1,472m及600-2,050m。泰國鱧分布於基隆河、淡水河、新店溪、大漢溪、宜蘭河、蘭陽溪及高屏溪(圖3C)，從河口至海拔高度80m均有分布。日本鯽分布於大安溪、北港溪、八掌溪、急水溪、鹽水溪、二仁溪、東港溪、四重溪及花蓮溪(圖4B)，海拔高度為35-321m。帆鱗胎生鱗魚僅出現於曾文溪、高屏溪、東港溪及率芒溪等南部河川(圖3D)，分布從河口至海拔高度40m。劍尾魚僅於宜蘭河及蘭陽溪(如

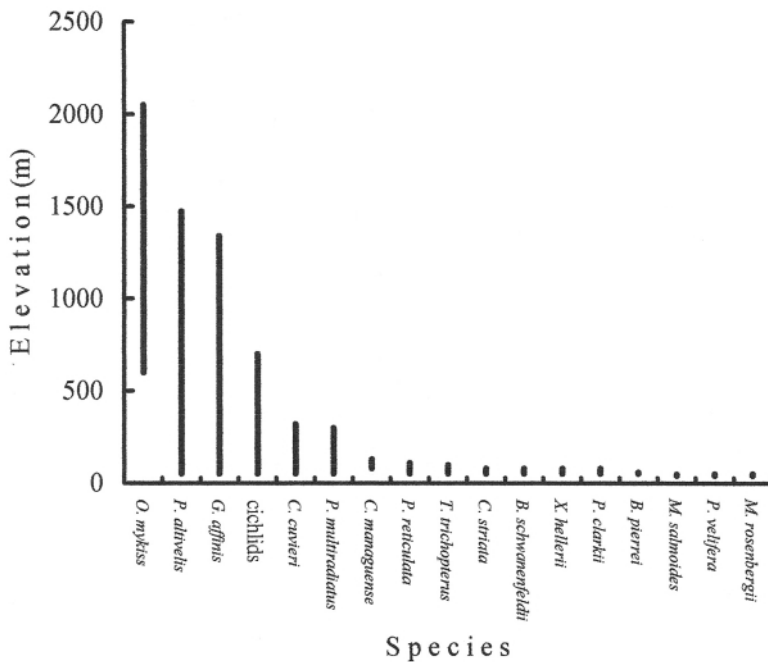


圖2. 外來種淡水魚類、蝦類海拔高度分布。

Fig. 2. Distribution of exotic species of freshwater fishes and shrimps at different elevations in Taiwan.

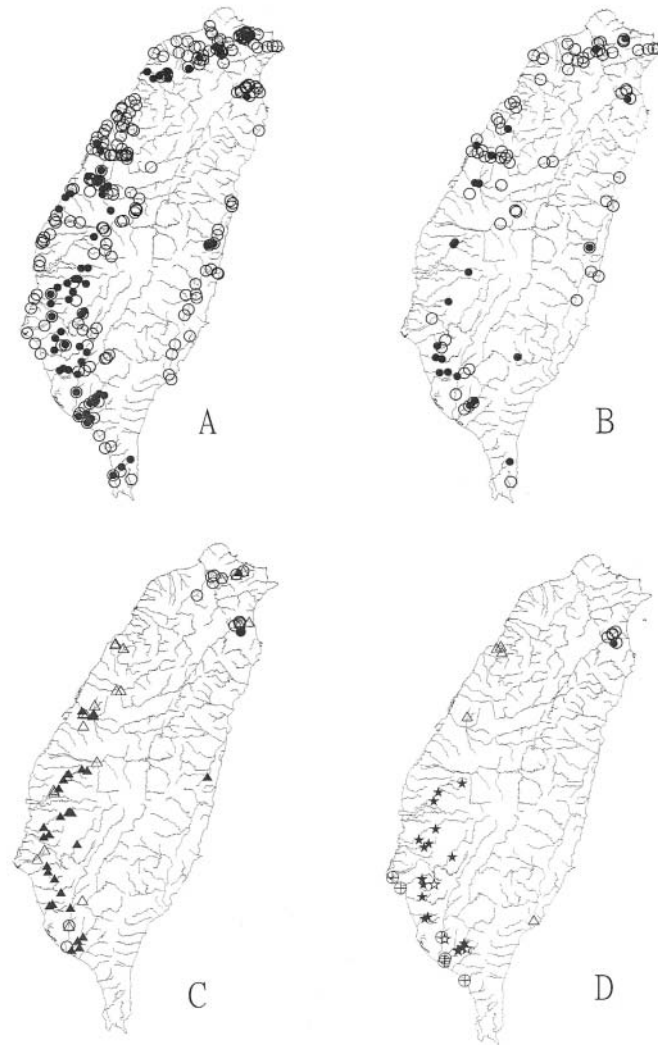


圖 3. 吳郭魚(A)及大肚魚(B)分布圖 (●, 本研究自行調查; ○, 文獻資料); C, 琵琶鼠 (▲, 本研究自行調查; △, 文獻資料)及泰國鱧 (●, 本研究自行調查; ○, 文獻資料)分布圖; D, 三星鬥魚(●, 本研究自行調查; ○, 文獻資料)、劍尾魚 (★, 本研究自行調查; ☆, 文獻資料)、帆鰭胎生鱒魚及孔雀魚 (○、△, 文獻資料)分布圖。

**Fig. 3.** Distributions of some common species of exotic fishes in Taiwan: (A) cichlids (solid circles, this study; open circles, literature), (B) *Gambusia affinis* (solid circles, this study; open circles, literature), (C) *Pterygoplichthys multiradiatus* (solid triangles, this study; open triangles, literature) and *Channa striata* (solid circles, this study; open circles, literature), and (D) *Trichogaster trichopterus* (solid stars, this study; open stars, literature), *Xiphophorus hellerii* (solid circles, this study; open circles, literature), *Poecilia velifera* (open circles with crosses, literature), and *Poecilia reticulata* (open triangles, literature).



圖 4. A, 香魚 (實心圓, 本研究自行調查; 空心圓, 文獻資料) 及虹鱒 ( , 本研究自行調查; , 文獻資料) 分布圖; B, 日本鯽 ( , 本研究自行調查)、泰國鯽 ( , 文獻資料)、珍珠石斑 ( , 本研究自行調查)、高體四鬚魮 ( , 本研究自行調查)、大口鱸 ( , 文獻資料)、美國螯蝦 ( , 本研究自行調查) 及羅氏沼蝦 ( , 本研究自行調查) 分布圖。

**Fig. 4.** Distributions of some species of exotic fishes and shrimps in Taiwan: (A) *Plecoglossus altivelis* (solid circles, this study; open circles, literature) and *Onchorhynchus mykiss* (solid triangles, this study; open triangles, literature), and (B) *Carassius cuvieri* (double open circles, this study), *Barbodes schwanenfeldii* (open circles with crosses, literature), *Cichlasoma managuense* (solid circles, this study), *Barbodes pierrei* (open circles, this study), *Micropterus salmoides* (open circles with central solid circles, literature), *Procambarus clarkii* (solid triangles, this study), and *Macrobrachium rosenbergii* (solid stars, this study).

圖3D), 海拔高度為31-80m。孔雀魚僅出現於中港溪、烏溪及太平溪(圖3D), 分布之海拔高度為20-110m。高體四鬚鮠僅分布於朴子溪及高屏溪(圖4B), 海拔高度為28-60m。珍珠石斑出現於八掌溪、急水溪及高屏溪(圖4B), 分布之海拔高度為80-130m。泰國鯽僅出現於台南縣之八掌溪及曾文溪(圖3B), 分布之海拔高度為10-80m。大口鱸僅於宜蘭河一個樣站中發現(圖4B)且為目視觀察紀錄, 海拔高度為49m。美國螯蝦及羅氏沼蝦於本研究野外調查中, 分別在基隆河、新店溪、蘭陽溪與曾文溪、東港溪出現(圖4B), 分布之海拔高度分別為40-80m與30m。

出現外來種魚類、蝦類種數最多之河川為高屏溪有8種之多, 其次為八掌溪、曾文溪、東港溪及宜蘭河各有7種。隨著海拔高度遞增, 外來種淡水魚類、蝦類種數遞減(圖5)。海拔高度分布情形如圖2, 其中香魚及虹鱒屬冷水魚類(cold water fishes), 分布集中於高海拔地區, 其餘溫水魚類(warm water

fishes)除吳郭魚及大肚魚外, 均集中分布於低海拔地區。

## 討論

Elvira(1995)研究發現在西班牙主要的10條河川流域中, 外來種淡水魚占所有淡水魚(包括初級、次級及周緣性)比率達37%, 義大利則高達44%, 希臘為12%, 本研究發現在台灣現有15種外來種淡水魚類占台灣所有初級、次級及周緣性淡水魚類224種(陳及方1999)的6.7%, 而2種外來種淡水蝦類占台灣的32種淡水蝦類(施 1994; 施及游 1998)的6.25%, 與上述歐洲國家相較低許多。另研究指出外來種生物在進口引入時有10%會在當地的野外發現, 而所發現的外來生物中有10%會在當地建立族群(Williamson and Fitter 1996), 如果引用其10%的說法, 則台灣地區已發現的17種外來種淡水魚蝦類, 推估起碼有1至2種已在野外建立族群, 而以往則將近

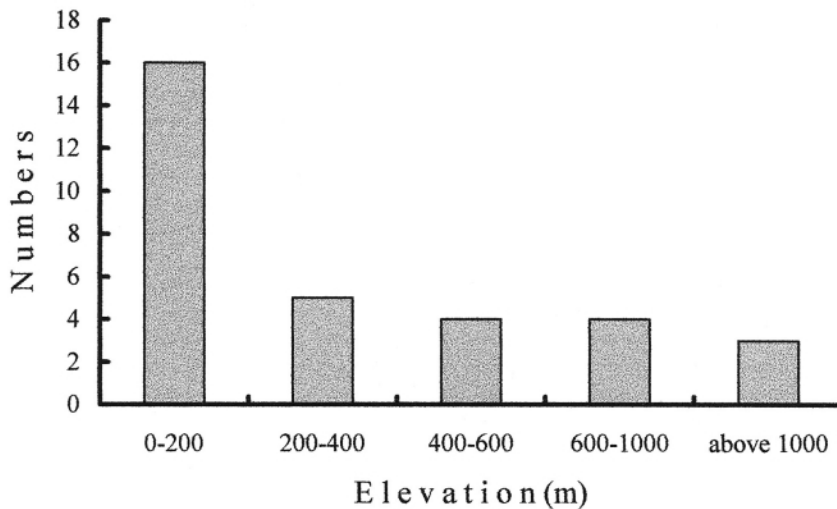


圖 5. 不同海拔高度外來種淡水魚類、蝦類之出現頻度。

Fig. 5. The number of exotic species of freshwater fishes and shrimps at different elevations in Taiwan.

有170種外來的淡水魚蝦由國外進口引入。

文獻記錄與自行調查資料相較，中部河川之外來種魚類種數較以往減少且海拔高度較往低海拔分布，如中港溪曾記錄有吳郭魚、大肚魚及孔雀魚，而本研究則未發現任何外來種；後龍溪曾有吳郭魚及琵琶鼠，本研究僅採集到大肚魚；大安溪曾記錄有吳郭魚、大肚魚、香魚及虹鱒，本研究則採集到吳郭魚、大肚魚及日本鯽，其中吳郭魚及大肚魚由原先皆分布於河口至海拔高度480m左右下降至海拔高度30m；大甲溪曾記錄有吳郭魚、大肚魚、琵琶鼠、香魚及虹鱒，本研究僅採集到吳郭魚及大肚魚，且該兩魚種原先分布分別為河口至海拔高度700m與河口至海拔高度1,340m，本研究則分別下降至海拔高度170m與300m；烏溪曾記錄有吳郭魚、大肚魚、琵琶鼠及孔雀魚，本研究則未採集到孔雀魚；濁水溪原先記錄中有吳郭魚、大肚魚及虹鱒，本研究則未發現大肚魚而另採集到香魚，其中吳郭魚海拔高度分布由600m下降至130m左右。南部河川之外來淡水魚類、蝦類種數不僅增加且分布同時往上游或較高海拔擴散，如北港溪在文獻中僅記錄有吳郭魚及琵琶鼠，本研究則多出了三星鬥魚、大肚魚及日本鯽，其中吳郭魚由河口至海拔高度30m擴散至海拔高度100m；朴子溪在文獻中並無外來種之紀錄，本研究則發現有大肚魚及吳郭魚，海拔高度分布則分別為150m與140-266m；八掌溪曾有吳郭魚及泰國鯽之發現紀錄，本研究除未採集到泰國鯽之外，另多出了日本鯽、琵琶鼠、三星鬥魚、高體四鬚魮、珍珠石斑及美國螯蝦共7種之多；急水溪曾記錄有吳郭魚，而本研究除吳郭魚之外，另發現日本鯽、琵琶鼠、三星鬥魚、大肚魚及珍珠石斑；二仁溪僅記錄有吳郭魚，本研究則另採集到日本鯽、琵琶鼠、三星鬥魚及大肚魚，而吳郭魚之分布由河口擴散至海拔高度100m左右；阿公店溪未記錄有外來

種，本研究則採集到吳郭魚、琵琶鼠、三星鬥魚及大肚魚；東港溪文獻記錄有吳郭魚、大肚魚、三星鬥魚及帆鰭胎生鱗魚，本研究除未採集到帆鰭胎生鱗魚外，另多出日本鯽、琵琶鼠及美國螯蝦，而原先存在之外來種其海拔高度均往上分布。東部蘭陽溪曾記錄有吳郭魚、大肚魚及劍尾魚，本研究則另採集到泰國鯽、香魚及美國螯蝦。

Fang *et al.* (2002)在大甲河流域針對兩種台灣特有種魚類粗首鱚 *Zacco pachycephalus* (Günther)及台灣石鱚 *Acrossochellus paradoxus* Temminck et Schlegel之調查發現921集集大地震後，該兩魚種仔魚(1-3 cm)數量瞬間大量減少，其可能原因是成魚棲息地減少且環境劇變，包括地震及降雨引發土石流所造成河川環境改變後，影響其正常的生殖生理。本研究調查期間為921集集大地震之後，亦發現中部河川之外來種魚類種數較以往文獻之紀錄減少且海拔高度較往低海拔分布之情形，可推估地震後一連串之河川環境劇變亦對外來種魚類造成重大的影響。

以往均認為東部溪流山高水急加上地理屏障，除粗首鱚不當的放流外，應少有外來種入侵，惟本研究發現在蘭陽溪上游安農溪竟有6種外來種存在，且族群數量不少；花蓮溪上游嘉農溪除吳郭魚(最高占58.6%)外，亦發現有大肚魚及琵琶鼠，甚至其上游鯉魚潭也有珍珠石斑；而卑南溪則有吳郭魚及大肚魚，可見外來種淡水魚類、蝦類正持續擴張中。

## 謝 誌

感謝本中心客座專家蔡住發博士對本研究論文及魚種鑑定上的指導。還有研究室同仁張世倉先生及葉明峰先生相關資料之提供及森林生態研究室林旭宏先生協助資料庫之建立與相關軟體之應用，張仁川、吳福正、

李芬芳、陳宏柏、李銘展、張傳宜、楊德介、林柏宏及謝宗原等先生協助野外採集一併感謝於斯。

## 引用文獻

- 邵廣昭、沈世傑、丘臺生、曾晴賢。1992。台灣魚類之分布及其資料庫。彭鏡毅(編)：「台灣生物資源調查及資訊管理研習會」論文集。中央研究院植物研究所專刊第十一號173-206頁。
- 邵廣昭、曾晴賢。1993。觀賞魚准許或不准許進口名錄之修訂研究(II)。台灣省漁業局及行政院農業委員會委託。國立台灣海洋大學海洋生物研究所、國立清華大學生命科學系。97頁。
- 施志昫。1994。台灣淡水蝦蟹類分類。國立台灣海洋大學漁業科學研究所博士論文。
- 施志昫、游祥平。1998。台灣的淡水蝦。國立海洋生物博物館籌備處出版。103頁。
- 陳義雄、方力行。1999。台灣淡水及河口魚類誌。國立海洋生物博物館籌備處出版本土性教材(一)。287頁。
- 曾晴賢。1986。台灣的淡水魚類。台灣省教育廳。台中縣。198頁。
- Elvira, B. 1995. Native and exotic freshwater fishes in Spanish river basins. *Freshwater Biology* 33: 103-108.
- Fang, L. S., I. S. Chen, K. S. Tew, C. C. H., T. F. L., and I. M. Chen. 2002. Impact of the 1999 earthquake on mountain stream fishes in Taiwan. *Fisheries Science* 68: 446-448.
- Lodge, D. M., R. A. Stein, K. M. Brown, A. P. Covich, C. Bronmark, J. E. Garvey, and S. P. Klosiewski. 1998. Predicting impact of freshwater exotic species on native biodiversity: Challenges in spatial scaling. *Australian Journal of Ecology* 23: 53-67.
- Lodge, D. M., C. A. Taylor, D. M. Holdich, and J. Skurdal. 2000. Nonindigenous crayfishes threaten North American freshwater biodiversity: Lessons from Europe. *Fisheries* 25(8): 7-20.
- Master, L. 1990. The imperiled status of North American aquatic animals. *Biodiversity Network News* 3: 1-2, 7-8.
- Sala, O. E., F. S. Chapin, J. J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sannwald, L. Huenneke, R. B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, H. A. Mooney, M. Oesterheld, N. L. Poff, M. T. Sykes, B. H. Walker, M. Walker, and D. H. Wall. 2000. Biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287: 1770-1774.
- Taylor, C. A., M. L. Warren Jr., J. F. Fitzpatrick Jr., H. H. Hobbs, R. F. Jezerinac, W. L. Pflieger, and H. W. Robison. 1996. Conservation status of crayfish of the United States and Canada. *Fisheries* 21(4): 25-38.
- Williams, J. E., J. E. Johnson, D. A. Hendrickson, W. Contreras-Balderas, J. D. Williams, M. Navarro-Mendoza, D. E. McAllister, and J. E. Deacon. 1989. Fishes of North America endangered, threatened, or of special concern. *Fisheries* 14(6): 2-20.
- Williams, G. W., M. L. Warren Jr., K. S. Cummings, J. L. Harris, and R. J. Neves. 1993. Conservation status of freshwater mussels of the United States and Canada. *Fisheries* 18(9): 6-22.
- Williamson, M., and A. Fitter. 1996. The varying success of invaders. *Ecology* 77(6): 1661-1666.

## 附錄I. 台灣外來種淡水魚類及蝦類參考文獻

## Appendix I. References related to exotic species of freshwater fishes and shrimps in Taiwan

- 方力行、陳義雄、韓僑權。1996。高雄縣河川魚類誌。高雄縣政府。高雄縣。215頁。
- 方力行、韓僑權、李展榮、錢興華。1999。「河川攔河堰及防洪防砂設施對生態影響改善研究與宣導訓練」計畫之枋山溪及四重溪河川生態調查研究。行政院農業委員會林務局及行政院農業委員會特有生物研究保育中心委託。國立海洋生物博物館籌備處執行。59頁。
- 方力行、韓僑權、陳義雄。2000。蘭陽溪河川魚類生態調查研究。行政院農業委員會特有生物研究保育中心委託。國立海洋生物博物館執行。18頁。
- 方力行、韓僑權、陳義雄。2001。合歡溪、畢祿溪、南湖溪河川魚類分布調查研究。行政院農業委員會特有生物研究保育中心委託。國立海洋生物博物館執行。16頁。
- 方力行、韓僑權、陳義雄。2002。吉安溪、太平溪、大武溪河川魚類分布調查研究。行政院農業委員會特有生物研究保育中心委託。國立海洋生物博物館執行。14頁。
- 王慎之、邵廣昭。1997。基隆地區河川魚種之組成、分布與豐度。生物科學40(1) : 20-32頁。
- 王慎之、張廖年鴻、邵廣昭。1998。淡水河系污染整治對生物相群聚動態影響。行政院環境保護署委託。中央研究院執行。7-1 - 7-31頁。
- 王漢泉。1985。高屏溪魚類分布調查。中國水產392 : 24-29頁。
- 王漢泉。1985。淡水河流域的吳郭魚與溪哥。中國水產386 : 18-22頁。
- 王漢泉。1986。淡水河水系魚類分布與生態環境關係之研究。經濟部水資源統一規劃委員會委託調查。48頁。
- 李德旺。1995。南投縣河川魚類之調查。南投縣生物資源調查成果彙編。台灣省特有生物研究保育中心。南投縣。135-164頁。
- 李德旺、邱啟銘、蔡昕皓。1996。雲林縣河川魚類之調查。雲林縣生物資源調查成果彙編。台灣省特有生物研究保育中心。南投縣。77-91頁。
- 李德旺、邱啟銘、蔡昕皓。1997。彰化縣河川魚類之調查。彰化縣生物資源調查成果彙編。台灣省特有生物研究保育中心。南投縣。73-87頁。
- 李德旺。1998。台東縣的河川魚類。台灣省特有生物研究保育中心。南投縣。79頁。
- 李德旺。1999。花蓮縣的河川魚類。台灣省特有生物研究保育中心。南投縣。95頁。
- 汪靜明。1993。大甲溪魚類棲地生態研究及改善計畫。台灣電力公司81年發展研究計畫。國立彰化師範大學生物系。40頁。
- 林曜松、張明雄。1992。大甲溪魚類生態調查計劃研究報告( )。台灣電力公司79年度發展研究計畫。國立臺灣大學動物學系生態研究室。91頁。
- 林曜松、莊鈴川。1999。鳳山溪河川生態調查研究。台灣省特有生物研究保育中心委託。國立台灣大學漁業生物試驗所執行。49頁。
- 林曜松、楊懿如、劉奇璋、莊鈴川、謝伯娟、黃永慶。1999。和平溪河川生態調查研究。行政院農業委員會特有生物研究保育中心委託。國立台灣大學動物系

- 執行。29頁。
- 邵廣昭、張廖年鴻。1998。南澳溪溪流生態資源調查報告。台灣省政府農林廳水土保持局及特有生物研究保育中心委託。中央研究院動物研究所執行。43頁。
- 屏東縣進步社會促進會。1997。東港溪生態資料庫調查。台灣省特有生物研究保育中心委託。屏東縣進步社會促進會執行。77頁。
- 屏東縣進步社會促進會。1999。「河川攔河堰及防洪防砂設施對生態影響改善研究與宣導訓練(第二階段)計畫」林邊溪河川生態調查研究。台灣省特有生物研究保育中心委託。屏東縣進步社會促進會執行。73頁。
- 張明雄、王慎之、張廖年鴻、邵廣昭。1999。淡水河系生物相調查及生物指標手冊建立。行政院環境保護署委託。中央研究院執行。7-1 - 7-29頁。
- 張簡琳玟、許富雄、洪典戊、林春富、蔡昕皓、楊耀隆。1998。苗栗縣的野生動物。台灣省特有生物研究保育中心。南投縣。207頁。
- 張簡琳玟、許富雄、朱賢斌、林春富、蔡昕皓、賴肅如。1999。嘉義縣市的野生動物。台灣省特有生物研究保育中心。南投縣。223頁。
- 莊鈴川、李承恩、林曜松。2002。桃園縣南崁溪、老街溪及社子溪河川魚類生態調查研究。行政院農業委員會特有生物研究保育中心委託。國立台灣大學漁業生物試驗所執行。14頁。
- 曾晴賢。1994。秀姑巒溪河川資源保育及利用之研究。交通部觀光局東部海岸風景特定區管理處委託。中華民國自然與生態攝影學會研究。78頁。
- 曾晴賢、曾萬年。1997。立霧溪河川生態資料庫之研究。台灣省特有生物研究保育中心委託。中華民國環境溪流協會執行。台北市。45頁。
- 葉明峰、張世倉、李訓煌、林斯正。1998。櫻花鉤吻鮭域外放流棲地可行性之評估研究。台灣省特有生物研究保育中心八十七年度試驗研究計畫執行成果(棲地生態組)1-17頁。
- 詹見平。1991。大安溪的魚類生態。中國水產463: 21-61頁。
- 詹見平。1994。大甲溪生物誌。台中縣新社鄉大林國民小學。111頁。
- 劉奇璋、莊鈴川、林曜松。2000。宜蘭河河川生態調查研究。行政院農業委員會特有生物研究保育中心委託。國立台灣大學動物研究所執行。31頁。
- 鄭明修、詹榮桂、馮豐隆、曾晴賢。1997。東北角海岸風景特定區自然生態資源調查與監測(三)。交通部觀光局東北角海岸國家風景區管理處委託。中華民國溪流環境協會執行。194頁。
- 鄭錫奇、陳立禎、洪典戊、林麗紅、蔡昕皓、楊耀隆。1997。台中縣市的野生動物。台灣省特有生物研究保育中心。南投縣。235頁。
- 戴永禎。1999。楓港溪與保力溪河川生態調查。行政院農業委員會林務局及行政院農業委員會特有生物研究保育中心委託。國立屏東科技大學野生動物保育系執行。42頁。
- 戴永禎。2000。率芒溪與港口溪河川生態調查。行政院農業委員會特有生物研究保育中心委託。國立屏東科技大學野生動物保育系執行。50頁。
- 韓僑權、方力行。1997。台南縣河川湖泊魚類誌。台南縣政府。台南縣。177頁。
- Chang, M.-H., Y.-S. Lin, and L.-C. Chaung. 1999. Effect of dams on fish assemblages of the Tachia River, Taiwan. *Acta Zoologica Taiwanica* 10(2): 77-90.

# 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

## Bird Assemblages in Relation to Vegetation Recovery at Mt. Jeou-jeou-fen of Taiwan after the 921 Earthquake

林瑞興 許富雄 姚正得 艾台霖

Scott Ruey-Shing Lin, Fu-Hsiung Hsu, Cheng-Te Yao and Tai-Lin Ai

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, Chichi, Nantou, Taiwan

### 摘 要

1999年九二一地震於九九峰地區造成大面積的崩塌，並導致山腳形成土石掩埋區與殘存樹林鑲嵌的棲地型態。本研究比較兩類棲地2000-2002年4-7月生殖季的鳥類組成，以決定地震後鳥類組成與植被回復間的關係。在兩個棲地類型內各選擇5個半徑30m的調查點進行鳥類計數與植被測量。在三年的調查期內，樹林組於植被覆蓋度、枝葉高度歧異度及鳥類數量都顯著多於掩埋組，而其差異主要在於樹林蟲食者。掩埋組的植被覆蓋度及鳥類數量雖有逐年增加，但相較於樹林組，其樣點間的變異很大。樹林組與掩埋組的鳥種豐富度無顯著差異，推測與個別土石掩埋區面積小且和殘存樹林鑲嵌分布有很大的關係。

### Abstract

Mt. Jeou-jeou-fen of the central Taiwan had an extensive landslide in the 921 Earthquake of 1999, resulting in patchy formation of rubble-piled areas and remained wooded areas on its mountain slope. This study compared bird assemblages between the two areas during the bird breeding months of April to July in 2000 to 2002 to determine the relationship between the bird assemblages and vegetation recovery after the earthquake. At each of the areas, five plots, each with a radius of 30m, were select for bird counts and vegetation measurements. During the three-year study period, percent coverage of vegetation, diversity of foliage height, and the number of bird were significantly higher in the wooded areas than in the rubble-piled areas. The latter was particularly obvious for the forest insectivorous birds. The vegetation coverage and the number of bird in the rubble-pile areas increased with the years but had

wider variation among the plots, as to compared to those in the wooded areas. There was no significant difference in the species richness of the birds between the two areas, perhaps due to their patchy distribution.

**關鍵詞：**九九峰、九二一地震、鳥類組成、植被回復

**Key words:** Mt. Jeou-jeou-fen, 921 Earthquake, bird assemblage, vegetation recovery

收件日期：92年2月26日

接受日期：92年7月11日

Received: February 26, 2003

Accepted: July 11, 2003

## 緒 言

大地震是改變森林結構與功能的重要因子之一(Pickett and White 1985)，但若無陡峭的地形，罕見地震造成大規模的棲地變化，加上地震難以準確預測的特性，欲於大地震後評估地震對生物的影響相當不容易。由於植物固著於地表，已有少數研究探討地震引起的山崩對森林的影響(Allen *et al.* 1999)：相較於植物的研究，或因地形限制、或因動物反應迅速，地震對動物族群或群聚影響的研究始終付之闕如。

陸地鳥類的分布與植被有直接的關係，而大地震導致的植被變化，當然也會改變鳥類群聚的組成與數量。鳥類群聚受植被結構(physiognomy)及植物種組成 floristics)的影響(Rotenberry 1985; Bersier and Meyer 1994)。植被的形相結構主要包括垂直層次與水平叢塊(patch)分布，愈複雜的結構能提供愈多的生態棲位(niche)，鳥類多樣性亦隨之增加(MacArthur and MacArthur 1961; Karr 1968; Karr and Roth 1971; Wilson 1974)。而愈多樣的植物種組成則可提供愈多樣的食物資源，在類似的植被形相結構下，植物種組成較多

樣的棲地有較多的鳥種棲息(Karr 1971; Rotenberry 1985)。此外，植物種組成與植被形相結構息息相關，不同植物種類具備不同的結構形態，而予鳥類造就不同的覓食棲位(Holmes *et al.* 1978)。在量化植被形相結構時，覆蓋度(vegetation cover)與枝葉高度歧異度(foliage height diversity)為二個經常被使用的介量(parameter)(MacArthur and MacArthur 1961; Karr 1968; Wilson 1974; 方 1996)。已有研究發現枝葉高度歧異度可用以預測鳥種歧異度(MacArthur and MacArthur 1961; Karr 1968; Wilson 1974)，而總覆蓋度增加與鳥種歧異度亦有顯著非線性關係(Karr 1968; Wilson 1974)。

1999年9月21日，台灣發生芮氏規模7.3的大地震，造成九九峰地區嚴重的崩塌，其山坡崩塌面積屬該次地震中最大者(陳 2001; 黃 2002)。本研究利用大地震後九九峰地區地景(landscape)的改變，比較山坡基腳殘存樹林與崩塌土石掩埋區之間的鳥類組成差異，並透過地震發生後連續三年的鳥類與植被調查，觀察演替初期植被結構與鳥類組成的變化。

## 材料與方法

### 一、研究地點描述

九九峰位於台灣中部，地處台中縣霧峰鄉與南投縣草屯鎮及國姓鄉的交界。整個區域面積約15 km<sup>2</sup>，海拔在200-700m之間。區域內侵蝕溝發達，大小山峰林立且邊坡陡達50°-85°。九九峰原為中央山脈受到侵蝕、沖刷等地質作用沖積下，所形成的卵礫石堆積，復因造山運動，使得深埋地底的礫岩層逐漸露出地表，再受風化、侵蝕及地震等作用而形成(陳 2001)。本研究在南投縣草屯鎮北側石灼子的乾溪與田尾坑溪間進行，溪谷通常在濕季期間才有明顯水流跡象。依據雙冬雨量站的資料顯示，2000-2001年該區年平

均雨量約2,260 mm，全年分乾濕兩季，主要降雨期為4-9月，是為濕季。10月起至隔年3月則為乾季。年均溫23.3°C，一年中以7月或8月最熱(最高月均溫29°C)，最冷的月份則在12-2月間(最低月均溫16.6°C)。

研究區內因九二一大地震而於山坡基腳形成許多大小不一且不連續的土石掩埋區，山坡下方及溪谷兩側的棲地因而大幅改變或為崩場地所隔離。由於各個土石掩埋區的面積並不大，透過地震後的航空照片及現場勘查，在殘存樹林與掩埋區各設立5個半徑30m的調查樣點(圖1)，同性質樣點距離均在150m以上。

樹林組各樣點都位於次生林或廢耕多時的果園內，各樣點的植被種組成雖然略有不同

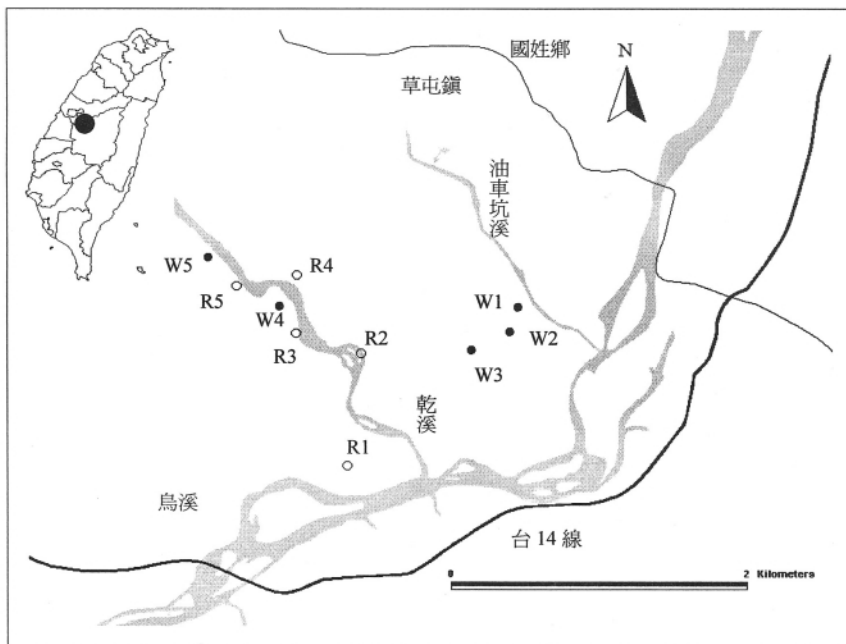


圖1. 本研究樹林組及掩埋組樣點於九九峰地區位置圖。

**Fig. 1.** A map showing the localities of the wooded plots (solid circles with W1 to W5) and the rubble-piled plots (open circles with R1 to R5) at Mt. Jeou-jeou-fen in this study.

同，但其樹冠層常以血桐(*Macaranga tanarius*)、刺竹(*Bambusa stenostachya*)、山黃麻(*Trema orientalis*)、白匏子(*Mallotus paniculatus*)、龍眼(*Euphoria longana*)、荔枝(*Litchi chinensis*)等植種為主，台灣鐵莧(*Acalypha angatensis*)、蟲屎(*Melanolepis multiglandulosa*)、相思樹(*Acacia confusa*)、糙葉榕(*Ficus irisana*)、無患子(*Sapindus mukorossii*)也頗為常見，灌木層則以龍眼、山柑(*Capparis sikkimensis*)、小梗黃肉楠(*Litsea kruckovii*)、龍船花(*Clerodendrum paniculatum*)、九節木(*Psychotria rubra*)、土肉桂(*Cinnamomum osmophloeum*)等為主；猿尾藤(*Hiptage benghalensis*)、老荊藤(*Millettia reticulata*)、菊花木(*Bauhinia championii*)、葛藤(*Pueraria lobata*)、血藤(*Mucuna macrocarpa*)、七日暈(*Breynia officinalis*)等則為常見的爬藤。掩埋組各樣點的原生植被幾全遭地震崩落的土石所掩埋，僅二個樣點殘存數株山黃麻。地震後大量快速生長的本植物以山黃麻、白匏子、白柏(*Sapium discolor*)、血桐、山鹽青(*Rhus javanica*)等陽性樹種為主，而小花蔓澤蘭(*Mikania micrantha*)、毛西蕃蓮(*Passiflora suberosa*)、台灣蘆竹(*Arundo formosana*)、臭茉莉(*Clerodendrum philloppinum*)、大黍(*Panicum maximum*)、五節芒(*Miscanthus floridulus*)、杜虹花(*Callicarpa formaosana*)等則攀爬於地表或叢生於地面。

## 二、鳥類相對數量估算

本研究以30m固定半徑點調查法(fixed-radius point count method)(Bibby *et. al.* 1992)進行生殖季鳥種相對數量估算。於2000-2002年，每年4-7月中旬鳥類生殖季期間，由一位固定人員於10樣點依序進行調查。每年進行同向與反向各3次的重複調查，調查於天亮後開始進行，除一次遲至10:40完成外，其餘均

在10:00前結束。此外，下雨及強風天候不調查。各樣點記錄8 min，而為了減少行進對鳥類活動可能的干擾，在到達樣點後先靜止2 min再開始記錄。調查時依聲音及目擊，記錄位於30m半徑內所有覺察的鳥種及數量，移動的個體以最初發現位置為記錄地點，持續於空中飛行的鳥種則不列入記錄。

## 三、垂直高度分層覆蓋度

為量化各樣點的植被形相結構，本研究採用與Wunderle *et al.* (1987) 類似的方法進行測量。首先以樣點為中心，沿東西向設一條長40m的直線，再於此線上每隔10m向南北拉一條長20m的直線。在這5條長20m的直線上，每隔1m取一調查點以畫有高度標記的長竿垂直地表，並檢視0-0.5m、0.5-1m、1-1.5m、1.5-2m、2-3m、3-4m、4-6m、6-8m、8-10m、10-14m及14-18m等11個高度層次有無碰觸枝葉，以其百分率作為覆蓋度。本研究分別於2000年12月至2001年1月對樹林及掩埋組進行第一次覆蓋度調查，除樹林組第3樣點，因地勢崎嶇，僅測得2樣線、42個點資料外，其餘各樣點均測量105個點。2001年10月及2002年7月再以同樣方法對掩埋組5個樣點，重複進行覆蓋度調查。

## 四、資料分析

本研究鳥類群聚之分析僅包含可能於研究區內繁殖的鳥種。同功群(guild)為一群利用相似資源物種的組合(Root 1967)，本研究以各同功群數量的變化來反應鳥類群聚結構的改變趨勢，而其分類則參考翟(1977)、李(1995)、方(1996)及尤(1999)等之研究，依據棲所、活動層次及食性來加以區分並略作修改。棲所類別包括次生灌草叢及次生樹林；活動層次依據高度區分為上層、下層及地表層；此處的上層相當於森林層次的中層至樹冠層，下層則相當於灌木層至地表層；食性

則區分為雜食、蟲食及植食。

鳥類群聚介量則包括數量(number of bird)、種豐富度(species richness)以及歧異度(species diversity)。歧異度採用Shannon's diversity index ( $H'$ )，計算公式為：

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

其中  $P_i$  為各鳥種數量占總數量的比例 (Krebs 1989)。

植被結構分析的介量則包括各高度分層覆蓋度(coverage of each stratum)、總覆蓋度(total coverage)及枝葉高度歧異度(foliage height diversity)。總覆蓋度為各高度分層覆蓋度的總和。枝葉高度歧異度仍採用Shannon's diversity index，但  $P_i$  為各分層覆蓋度占總覆蓋度的比例。

樹林及掩埋組組內不同年度間的平均鳥類數量及覆蓋度比較以Wilcoxon matched-pairs test分析。兩組間鳥種豐富度以Contingency table analysis來進行比較，鳥類數量則以Mann-Whitney U-test分析。簡單相關分析(Simple linear correlation)則用以檢測植被總覆蓋度、枝葉高度歧異度與各樣點鳥類平均數量、鳥種豐富度及鳥類歧異度的關係。上述分析均以StatView套裝軟體運算 (SAS institute 1998)。

兩組不同年度及組間的鳥種組成相似性以Jaccard's similarity index (Krebs 1989)計算，係數值介於0到1之間，其計算公式如下：

$$S_j = a/a+b+c$$

其中  $S_j$  為Jaccard's similarity index， $a$ 代表在比較的二類別都出現的種類數， $b$ 及 $c$ 分別代表只在單一類別出現的種類數。另外，鳥種組成及數量的相似性則以Modified Morisita's similarity index (Horn 1966)計算，係數值亦介於0到1之間，計算公式如下：

$$C_H = 2 \sum X_{ij}X_{ik} / [(\sum X_{ij}^2/N_j^2) + (\sum X_{ik}^2/N_k^2)] N_j N_k$$

其中  $C_H$  為Modified Morisita's similarity index， $X_{ij}$ 與 $X_{ik}$ 為物種 $i$ 在樣點 $j$ 及 $k$ 發現的數量， $N_j = \sum X_{ij}$  在樣點 $j$ 發現的總數量， $N_k = \sum X_{ik}$  在樣點 $k$ 發現的總數量。求得相似性後，再以平均聯結法(average linkage)中的UPGMA法(unweighted pair-group method)，依相似度高低來建構樹狀圖(dendrogram)。相似性的運算及樹狀圖的導出以MVSP (Multi-Variate Statistical Package)程式來進行(Kovach 1999)。

## 結果

### 一、鳥種豐富度與鳥類數量

2000-2002年生殖季期間，於九九峰地區10個樣點共記錄留鳥26種、927隻次，其中樹林組5個樣點記錄16種、662隻次，掩埋組5個樣點記錄22種、265隻次，各年發現的鳥種、數量及其同功群之分類如表1。樹林組鳥種記錄在12-13種之間，掩埋組則在12-15種之間，兩組間所發現的鳥種豐富度無顯著差異 ( $p > 0.05$ )(表1)。

各年每樣點平均記錄鳥類數量，樹林組在7-7.8隻間，掩埋組則在1.9-3.67隻之間(表2)。樹林組組內各年記錄數量無顯著變化 ( $p > 0.05$ )；掩埋組方面，2000-2001年數量有顯著增加 ( $Z$ -value = 2.023,  $p < 0.05$ )，但2002年與2000及2001年無顯著差異 ( $p > 0.05$ )。而比較兩組各年度間的鳥類數量發現2000年(Mann-Whitney U-test,  $Z$ -value = 2.611,  $p < 0.01$ )及2001年 ( $Z$ -value = 2.522,  $p < 0.05$ )樹林組數量均顯著多於掩埋組，但2002年兩組間的差異則未達顯著水準 ( $p > 0.05$ )，這主要是因為2002年掩埋組各樣點間記錄數量的變異很大(表2)。

在同功群方面，樹林組以上層蟲食者、上層雜食者及下層蟲食者的種類及數量較為普遍，掩埋組則僅上層的雜食者數量稍多(表

表1. 2000-2002年九九峰樹林組及掩埋組樣區鳥種記錄、同功群分類及各年記錄總數量

Table 1. Guilds and species of birds and their numbers observed at the wooded plots and the rubble-piled plots of Mt. Jeou-jeou-fen in 2000 to 2002

Guild	Species	Wooded plots			Rubble-piled plots		
		2000	2001	2002	2000	2001	2002
Overstorey insectivores	繡眼畫眉 ( <i>Alcippe morrisonia</i> )	60	40	52	6	4	2
	黑枕藍鶇 ( <i>Hypothymis azurea</i> )	24	39	38	3	2	1
	綠畫眉 ( <i>Yuhina zantholeuca</i> )	17	-	1	3	-	-
	棕面鶇 ( <i>Abroscopus albugularis</i> )	-	2	-	-	-	-
Overstorey insectivores	白頭翁 ( <i>Pycnonotus sinensis</i> )	18	50	29	18	24	36
	紅嘴黑鵯 ( <i>Hypsipetes leucocephalus</i> )	15	20	13	10	32	6
	綠繡眼 ( <i>Zosterops japonicus</i> )	2	13	27	3	22	20
	五色鳥 ( <i>Megalaima oorti</i> )	19	1	1	3	1	-
	樹鵲 ( <i>Dedrocitta formosae</i> )	-	3	-	-	-	-
	台灣藍鵲 ( <i>Urocissa caerulea</i> )	-	-	-	-	-	4
Overstorey plantivores	白環鸚嘴鵯 ( <i>Spizixos semitorques</i> )	9	3	8	3	-	2
Bark feeders	小啄木 ( <i>Dendrocopos canicapillus</i> )	-	-	-	-	2	-
Understorey insectivores	山紅頭 ( <i>Stachyris ruficeps</i> )	33	14	19	3	1	1
	頭烏線 ( <i>Alcippe brunnea</i> )	19	4	1	1	1	-
	小彎嘴 ( <i>Pomatorhinus ruficollis</i> )	5	26	20	1	4	-
	大彎嘴 ( <i>Pomatorhinus erythrocnemis</i> )	1	-	-	-	-	-
Ground omnivores	竹雞 ( <i>Bambusicola thoracica</i> )	12	3	-	1	-	-
Bush insectivores	褐頭鷓鴣 ( <i>Prinia criniger</i> )	-	-	-	-	7	7
	灰頭鷓鴣 ( <i>Prinia flaviventris</i> )	-	-	-	-	1	3
	斑紋鷓鴣 ( <i>Prinia inornata</i> )	-	-	-	-	1	-
	畫眉 ( <i>Garrulax canorus</i> )	-	-	-	-	1	-
	大卷尾 ( <i>Dicrurus macrocerus</i> )	-	-	1	-	-	-
Bush omnivores	粉紅鸚嘴 ( <i>Paradoxornis webbianus</i> )	-	-	-	-	7	7
Bush seed eaters	斑文鳥 ( <i>Lonchura punctulata</i> )	-	-	-	-	-	9
Bare ground insectivores	白鵲鴿 ( <i>Motacilla alba</i> )	-	-	-	1	-	-
Bare ground omnivores	巨嘴鵯 ( <i>Corvus macrorhynchos</i> )	-	-	-	1	-	-
Total number of species	26	13	13	12	14	15	12
Total number of birds	927	234	218	210	57	110	98

**表2.** 2000-2002年九九峰樹林組及掩埋組樣區6類主要同功群每樣點平均記錄數量(mean ± SE, n = 5)  
**Table 2.** Relative abundance (mean ± SE, n = 5) of six major bird guilds observed at the wooded plots and the rubble-piled plots of Mt. Jeou-jeou-fen in 2000 to 2002

Guild	Wooded plots			Rubble-piled plots		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002
Overstorey insectivores	3.37 ± 0.89	2.70 ± 0.51	3.03 ± 0.86	0.40 ± 0.55	0.20 ± 0.22	0.10 ± 0.22
Overstorey omnivores	1.80 ± 0.95	2.90 ± 1.07	2.33 ± 0.57	1.13 ± 1.33	2.63 ± 1.82	2.20 ± 2.10
Overstorey plantivores	0.30 ± 0.30	0.10 ± 0.22	0.27 ± 0.26	0.10 ± 0.15	-	0.07 ± 0.15
Understorey insectivores	1.93 ± 1.08	1.47 ± 0.59	1.33 ± 0.31	0.17 ± 0.24	0.20 ± 0.30	0.03 ± 0.08
Ground omnivores	0.40 ± 0.25	0.10 ± 0.15	-	0.03 ± 0.08	-	-
Bush insectivores	-	-	0.03 ± 0.08	-	0.33 ± 0.31	0.33 ± 0.66
All species combined	7.80 ± 1.61	7.27 ± 1.41	7.00 ± 0.41	1.90 ± 1.51	3.67 ± 2.24	3.27 ± 4.36

2)。樹林組3年間，除上層雜食者於2001年顯著多於2000年(Wilcoxon matched-paired test, Z-value = 2.023,  $p < 0.05$ )及地面雜食者數量於2001年(Z-value = 2.023,  $p < 0.05$ )及2002年(Z-value = 2.023,  $p < 0.05$ )顯著少於2000年外，其餘同功群在不同年度間的數量均無顯著差異( $p > 0.05$ )。在掩埋組的年間變化方面，最大的改變在於生活於灌草叢的同功群於2001年後開始出現，但數量仍不多，差異均未達顯著水準( $p > 0.05$ )。比較相同年度不同組間幾個主要同功群的數量發現，依賴樹林生活的蟲食者，無論是上層或下層蟲食者，樹林組數量均顯著多於掩埋組(Mann-Whitney U-test, Z-value > 2.54,  $p < 0.05$ )；此外，2000年樹林組地面雜食者的數量亦顯著多於掩埋組(Z-value = 2.629,  $p < 0.01$ )。掩埋組則僅於2001年在灌草叢蟲食者的數量上顯著多於樹林組(Z-value = 2.372,  $p < 0.05$ )。另數量普遍的上層雜食者在兩組間並無差異( $p > 0.05$ ) (表2)。

由連續3年的調查結果發現樹林組鳥類數量比掩埋組多，而兩組間數量差異主要在於樹林蟲食者。掩埋組數量有逐漸增加的趨勢，但調查點間的變異很大。另樹林及掩埋

組鳥種豐度無顯著差異。

## 二、鳥類組成相似性

以Jaccard's similarity indices來看鳥種組成的變化，樹林組3年間的相似性係數介於0.667-0.786之間，均比掩埋組各年間的相似性係數來得高(介於0.368-0.500)，顯示樹林組鳥種組成比掩埋組穩定。不同組別年度間的鳥種組成相似性係數在0.389-0.800間，變異頗大，其中2000年掩埋組鳥種組成與樹林組3年間的相似性係數在0.688-0.800間，遠高於其餘組間相似度(0.389-0.500)，甚至高於樹林組3年彼此間相似性，顯示地震後初期掩埋組出現的鳥種與樹林組相當相近，但第2年起鳥類相即有所改變。兩組不同年度間鳥種組成的相似性關係也可由圖2分群的結果明顯看出。

除了鳥種組成外，再加入平均發現數量，以Modified Morisita's similarity indices來看群聚的改變，與單比較鳥種組成的結果有所不同。在加入數量後，組內的相似性係數一般都高於組間的比較。樹林組3年間相似性係數在0.747-0.932間，略高於掩埋組的0.771-

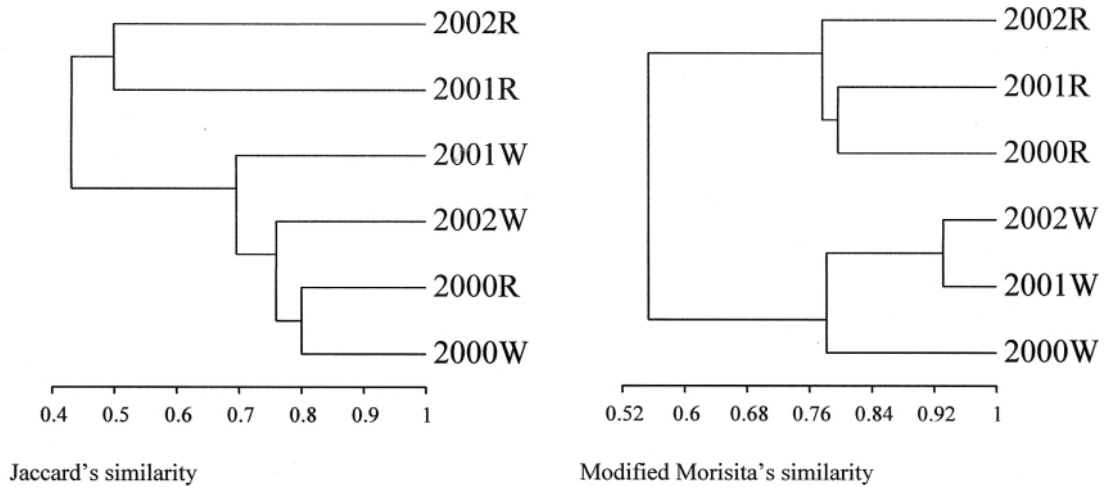


圖2. 利用2000-2002年九九峰樹林組(W)及掩埋組(R)樣區鳥類組成之Jaccard's similarity indices及 modified Morisita's similarity indices 矩陣畫出之樹狀圖。

**Fig. 2.** Dendrogram constructed by a matrix of Jaccard's similarity indices and that of modified Morisita's similarity indices of the bird assemblages observed at the wooded plots (W) and the rubble-piled plots (R) of Mt. Jeou-jeou-fen for the years of 2000, 2001, and 2002.

0.797。組間比較除2001年樹林組與2000年掩埋組達0.824外，其餘均在0.678以下(0.256-0.678)。群集分析的結果也顯示同組間相似性較高(圖2)。

### 三、鳥類組成與植被結構

掩埋組由2000-2001年總覆蓋度並無顯著變化( $p > 0.05$ )，但2002年與2000年相較覆蓋度則有顯著的增加(Wilcoxon matched-pairs test,  $Z$ -value = 2.023,  $p < 0.05$ ) (表3)；在枝葉高度歧異度方面，3年間並無顯著改變( $p > 0.05$ ) (表4)。整體而言，掩埋組在地震3年後，總覆蓋度雖有增加(表3)，但無論是總覆蓋度(Mann-Whitney  $U$ -test,  $Z$ -value  $> 2.4$ ,  $p < 0.05$ ) (表3)或枝葉高度歧異度( $Z$ -value = 2.611,  $p < 0.01$ ) (表4)仍舊顯著少於樹林組。

雖然2000-2002年掩埋組總覆蓋度增加，但各樣點年度間的差異很大且各點並非均呈持續性增加(表3)。掩埋組5樣點中，第1點植被成長遠比其餘4點來得快(表3)，其原因主要是因為崩塌土石中包含一併掉落但未完全死亡的樹木，在崩塌地上迅速重新生長，此外，雨水沖刷或土石流的影響也比較小。覆蓋度非持續增加的情形在第3及5點最為明顯(表3)，2001年颱風所造成的土石流，使得上述兩樣點再次遭到沖刷，第5樣點殘存的山黃麻也因此於2001-2002年間陸續死亡；在枝葉高度歧異度上也顯現類似的趨勢，土石流影響大的樣區，枝葉高度歧異度因而降低(表4)。因此，在進行各樣點植被結構與鳥類平均記錄數量的相關分析時，為使植被調查所得數值與鳥類調查期間各樣點實際植被結構

表3. 2000-2002年九九峰樹林組及掩埋組樣區各樣點的總覆蓋度

**Table 3.** Total coverage of vegetation at the wooded plots and the rubble-piled plots of Mt. Jeou-jeou-fen in 2000 to 2002

Year	Plot					Mean ± SD
	1	2	3	4	5	
Wooded plots						
2000	349.5	297.1	400.0	341.9	425.7	362.9 ± 50.67
Rubble-piled plots						
2000	178.1	91.4	41.0	11.4	78.1	80.0 ± 63.21
2001	319.1	116.2	13.3	30.5	64.8	108.8 ± 123.94
2002	312.4	154.3	48.6	56.2	105.7	135.4 ± 107.67

表4. 2000-2002年九九峰樹林組及掩埋組樣區的枝葉高度歧異度

**Table 4.** The foliage height diversity at the wooded plots and the rubble-piled plots of Mt. Jeou-jeou-fen in 2000 to 2002

Year	Plot					Mean ± SD
	1	2	3	4	5	
Wooded plots						
2000	2.163	2.205	2.289	2.257	2.346	2.25 ± 0.071
Rubble-piled plots						
2000	1.688	0.684	1.1	0	2.004	1.095 ± 0.798
2001	1.891	0.859	0.257	0.377	1.998	1.076 ± 0.825
2002	1.875	1.056	0.456	0.492	1.062	0.988 ± 0.576

較為接近，將2001年受土石流嚴重影響的掩埋組第3及第5點資料去除。

相關分析發現，掩埋組植被總覆蓋度與鳥類數量有顯著正相關( $r = 0.823, p < 0.001$ )，但與鳥類歧異度( $r = 0.257, p > 0.05$ )及鳥種豐度( $r = 0.48, p > 0.05$ )之間，並無顯著相關性(表5)。植被枝葉高度歧異度同樣與鳥類數量有顯著正相關( $r = 0.694, p < 0.01$ )，但相關性不及總覆蓋度與鳥類數量之間，不過枝葉高度歧異度卻與鳥種豐度有顯著正相關( $r =$

$0.696, p < 0.01$ )，與鳥類歧異度也有接近顯著之正相關( $r = 0.545, p = 0.067$ ) (表5)。

地震過後3年樹林及掩埋組間在覆蓋度及枝葉高度歧異度上仍有很大的差距。掩埋組的植被覆蓋度雖有增加，但點間及年間的變異頗大。植被結構的複雜化確實與鳥種豐度、鳥類數量及歧異度有正相關，但不同植被結構介量(覆蓋度及枝葉高度歧異度)間顯現的趨勢並不完全一致。

表5. 九九峰掩埋組樣區植被結構與鳥類組成介量的相關係數及其顯著性

Table 5. Correlation coefficient (r-values) and their significant levels (p-values) between vegetation structures and bird assemblage parameters observed at the rubble-piled plots of Mt. Jeou-jeou-fen

Vegetation structure	Bird assemblage parameters	r-value	p-value
Total coverage	Number of bird	0.832	<0.001
	Species diversity	0.257	0.421
	Species richness	0.480	0.074
Foliage height diversity	Number of bird	0.694	<0.01
	Species diversity	0.545	0.067
	Species richness	0.696	<0.01

## 討 論

九二一大地震導致九九峰地區裸露地面積大幅增加，改變當地植被形態(黃 2002)。而如同許多研究已經證明植被結構與鳥類群聚間密切的關連性(如 MacArthur and MacArthur 1961; Karr 1968; Wilson 1974; Mills *et al.* 1991; Shankar Raman *et al.* 1998)，本研究也發現，相較於掩埋組，在植被覆蓋度及枝葉高度歧異度都顯著較高的樹林組，其鳥類數量明顯較多，群聚組成及數量也較為穩定；此外，透過植被結構與鳥種群聚介量的相關分析，更可看見掩埋組鳥種豐度、數量及歧異度隨著植被結構的複雜化而增加。

大地震為自然界的干擾之一，其對鳥類的影響與颶風(hurricane)具相似性。颶風對鳥類的影響中與地震較為近似者，包括直接導致鳥類的死亡，以及間接導致食物、覓食場所、巢位的喪失與增加暴露蹤跡的危險、微氣候的改變；而在災難之後，鳥類的反應則包括食性、覓食場所、棲地及生殖狀況的調整；此外，對應於災難後次生環境的增加也會使適應次生環境的鳥種族群量增加(Wiley and Wunderle 1993)。鳥類因颶風的風雨而直接死亡的比例並不高(Wiley and Wunderle

1993)，相較於颶風影響的面積，衝擊面積更小的地震對移動迅速的鳥類而言，直接致死的比例將更低，因此地震對鳥類主要為間接的影響。由於地震後適合生存的棲地減少，可能逼使某些鳥類改變或移動至剩餘的棲地，使殘存的樹林在地震後初期有更高的密度。竹雞(*Bambusicola thoracica*)、綠畫眉(*Yuhina zantholeuca*)、山紅頭(*Stachyris ruficeps*)、五色鳥(*Megalaima oorti*)及頭烏線(*Alcippe brunnea*)等鳥種，於地震後初期在樹林組樣區有最高的數量紀錄(表1)，即或許與棲地減少，鳥種集中於殘存樹林有關。地震後數量變動較大的鳥種散布在不同的同功群，與颶風後以食果性、食蜜性及種食性等鳥種所受衝擊較大，蟲食性鳥種所受影響較小，有所不同(Askins and Ewert 1991; Lynch 1991; Wiley and Wunderle 1993)，此乃因地震對植被的影響不若颶風具選擇性。不過，本研究調查人員的不一致也可能是導致特定鳥種記錄變異較大的原因之一(Faanes and Bystrak 1981)。

掩埋組的鳥類數量顯著少於樹林組，但在鳥種豐度上兩組之間並無差異，在掩埋組發現的總鳥種數甚至超過樹林組。空曠的掩埋組環境使活動其中的鳥類有很高的偵測度

(detectivity)(Wunderle 1995)；然而，兩組間的差異主要為生活於次生灌草叢的鳥種，如鷓鴣類(*Prinia* spp.) (表1)，而此類鳥種並不出現在樹林組，加上本研究調查半徑僅30m，故偵測度應不是影響鳥種豐度的主要因子。本研究掩埋組樣點常與殘存樹林接壤，並在溪谷與陡峭山坡之間彼此鑲嵌。在碎裂化(fragmented)樹林彼此距離不遠時，對於生活於樹林但善於移動的鳥種來說，隔離的效應並不嚴重(Andreas 1994)。因此，當鳥類沿著山腳移向其他樹林或短暫覓食於樹林邊緣時，便增加了樹林鳥種在掩埋組樣點被記錄的機會。再者，樹林組的優勢鳥種，如繡眼畫眉(*Alcippe morrisonia*)、小彎嘴(*Pomatorhinus ruficollis*)、山紅頭、竹雞、紅嘴黑鵯(*Hypsipetes leucocephalus*)等，都屬於偏好森林邊緣環境的鳥種(陳 1996)，所以於距離樹林不遠的掩埋組樣點也有較高的發現機會。另部分掩埋組樣點，在地震後仍殘存數棵大樹，這些樹可充作鳥類移動時的休憩地點或提供少量的食物(McClanahan and Wolfe 1993)，因而也增加掩埋組的鳥種豐度。整體而言，樹林與掩埋地鑲嵌的地景對掩埋組樣區的鳥種豐度有很大的影響，這影響在地震後初期，生活於灌草叢的鳥種尚未出現前最為明顯，彼時樹林組與掩埋組鳥種非常相似(圖2a)。

本研究利用植被總覆蓋度與枝葉高度歧異度來分析植被結構改變與鳥種豐度、數量及多樣性間的關係。相關分析結果發現，總覆蓋度與枝葉高度歧異度與不同鳥類群聚量間顯現的趨勢並不完全一致。在數量上，總覆蓋度比起枝葉高度歧異度具有較高的相關性，但枝葉高度歧異度與鳥種豐度及鳥類歧異度有較高的相關性(表5)。總覆蓋度或枝葉量(foliage volume)為植物生產力的象徵，其量的多寡反應植物能提供給鳥類利用的資源量(Mills *et al.* 1991)，Wolda (1978)及Brown

and Southwood (1983)的研究即發現新葉量或植物量增加，昆蟲量亦隨之增加。因此植被總覆蓋度常與鳥類密度成正相關(Mills *et al.* 1991)。然而，不同鳥種在食物種類、覓食方法、覓食位置以及巢位、避敵場所等皆有所不同，大量的資源若未均勻分布在森林不同的垂直層次，往往只有少數物種能利用。枝葉高度歧異度代表枝葉量在各垂直層分布的均勻度，而每一植被層次常包含某些鳥種所需的特定棲位，因此當枝葉量的垂直層次分布越均勻，生活其中的鳥種就越多(Moss 1978)，這可解釋為何在相同枝葉量下，枝葉高度歧異度比起總覆蓋度，在與鳥種豐度及歧異度的關係上有更高的相關性。

台灣地區的鳥類多樣性隨海拔而呈現先增加而後逐漸減少的峰形(hump-shaped)分布，低海拔生態環境的嚴重開發導致原生環境減少即可能是此種分布型態的形成原因之一(Ding 2001; 許等 2004)。位於低海拔的九九峰地區雖然地勢十分陡峭，但在山腳，甚至坡度極大的山坡及稜線兩側仍不乏檳榔園、果園的種植，因此九九峰地區的棲地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，所以就九九峰自然保留區的經營管理而言，更應該注意的是非邊緣性森林鳥種(non-edged and forest species)，如大彎嘴(*Pomatorhinus erythrocnemis*)、深山竹雞(*Arborophila crudigularis*)的生態需求(Wiley and Wunderle 1993)。九九峰自然保留區廣達1,198 ha，在適當的保護之下，應可為非邊緣性森林鳥種在台灣低海拔地區增加適合生存的棲息環境。

## 謝 誌

本研究為科技計畫89科技-1.5-林-07、90農科-1.3.3-生-W1及91農科- 2.4.1-生-W1之成

果。研究期間承蒙劉寶華、楊順良、黃秀珍及陳志鵬協助野外工作。另蒙曾彥學、許再文及李權裕指導植物辨識、陳添水提供雨量資料、賴國祥博士的行政協調及兩位審查委員與蔡住發博士提供諸多寶貴意見，在此一併致謝。

## 引用文獻

- 方韻如。1996。森林結構與鳥類群聚的關係—以台灣北部中海拔林相改良作業之影響為例。台灣大學森林研究所碩士論文。
- 尤少彬。1999。關刀溪非繁殖季鳥類同功群之研究。林業研究季刊 21(2): 61-74。
- 李欽國。1995。人造針葉林與天然闊葉林鳥類群聚之比較。台灣大學動物學研究所碩士論文。
- 陳宏宇。2001。九九峰的石頭。行政院農委會特有生物研究保育中心。
- 陳恩理。1996。邊緣效應對於福山鳥類群聚的影響。台灣大學動物學研究所碩士論文。
- 許富雄、姚正得、林瑞興、楊吉宗。2004。台灣南部地區的鳥種組成與海拔分布。特有生物研究 6(1): 已接受。
- 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。
- 翟鵬。1977。台灣鳥類生態隔離的研究。東海大學生物學研究所碩士論文。
- Allen, R. B., P. J. Bellingham, and S. K. Wiser. 1999. Immediate damage by an earthquake to a temperate montane forest. *Ecology* 80: 708-714.
- Andreas, H. 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: A review. *Oikos* 71: 355-366.
- Askins, R. A., and D. N. Ewert. 1991. Impact of Hurricane Hugo on bird populations on St. John, U. S. Virgin Islands. *Biotropica* 23: 481-487.
- Bersier, L.-F., and D. R. Meyer. 1994. Bird assemblages in mosaic forests: The relative importance of vegetation structure and floristic composition along the successional gradient. *Acta Oecologia* 15: 561-576.
- Bibby, C. J., N. D. Burgess, and D. A. Hill. 1992. Bird census techniques. Academic Press, NorFolk, London.
- Brown, V. K., and T. R. E. Southwood. 1983. Trophic diversity, niche breadth and generation times of exopterygote insects in a secondary succession. *Oecologia* 56: 220-225.
- Ding, T.-S. 2001. Species diversity at different spatial scales: Birds in Yushan, Taiwan, and East Asia. PH. D. thesis, University of California at Davis, CA.
- Faanes, C. A., and D. Bystrak. 1981. The role of observer bias in the North American breeding bird survey. *Studies in Avian Biology* 6: 353-359.
- Holmes, R. T., R. E. Bonney Jr., and S. W. Pacala. 1978. Guild structure of the Hubbard Brook bird community: A multivariate approach. *Ecology* 60: 512-520.
- Horn, H. S. 1966. Measurement of "overlap" in comparative ecological studies. *American Naturalist* 100: 419-424.
- Karr, J. R. 1968. Habitat and avian diversity on strip-mined land in east-central Illinois. *Condor* 70: 348-357.

- Karr, J. R. 1971. Structure of avian communities in selected Panama and Illinois habitats. *Ecological Monograph* 41: 207-233.
- Karr, J. R., and R. R. Roth. 1971. Vegetation structure and avian diversity in several new world areas. *American Naturalist* 105: 423-435.
- Kovach, W. L. 1999. MVSP-Multi-Variate Statistical Package for window, version 3.1. Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, UK.
- Krebs, C. J. 1989. *Ecological methodology*. Harper & Row, Publishers, New York.
- Lynch, J. F. 1991. Effects of Hurricane Gilbert on birds in a dry tropical forest in the Yucatan Peninsula. *Biotropica* 23: 488-491.
- MacArthur, R. H., and J. W. MacArthur. 1961. On bird species diversity. *Ecology* 42: 594-598.
- McClanahan, T. R., and R. W. Wolfe. 1993. Accelerating forest succession in a fragmented landscape: The role of birds and perches. *Conservation Biology* 7: 279-288.
- Mills, G. S., J. B. Dunning, and J. M. Bates. 1991. The relationship between breeding bird density and vegetation volume. *Wilson Bulletin* 103: 468-479.
- Moss, D. 1978. Diversity of woodland song-bird populations. *Journal of Animal Ecology* 47: 521-527.
- Pickett, S. T., and P. S. White. 1985. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press. New York, USA.
- Root, R. B. 1967. The niche exploitation patterns of the blue-gray gnatcatcher. *Ecological Monographs* 37: 317-350.
- Rotenberry, J. T. 1985. The role of habitat in avian community composition: Physiology or floristics?. *Oecologia* 67: 213-217.
- SAS institute. 1998. *StatView*. Second ed. SAS institute Inc., Raleigh.
- Shankar Raman, T. R., G. S. Rawat, and A. J. T. Johnsingh. 1998. Recovery of tropical rainforest avifauna in relation to vegetation succession following shifting cultivation in Mizoram, north-east India. *Journal of Applied Ecology* 35: 214-231.
- Wiley, J. W., and J. M. Wunderle Jr. 1993. The effects of hurricanes on birds, with special reference to Caribbean islands. *Bird Conservation International* 3: 319-349.
- Wilson, M. F. 1974. Avian community organization and habitat structure. *Ecology* 55: 1017-1029.
- Wolda, H. 1978. Seasonal fluctuation in rainfall, food and abundance of tropical insects. *Journal of Animal Ecology* 47: 369-381.
- Wunderle, J. M. Jr. 1995. Responses of bird population in a Puerto Rican forest to Hurricane Hugo: The first 18 months. *Condor* 97: 879-896.
- Wunderle, J. M. Jr., A. Diaz, I. Velazquez, and R. Scharron. 1987. Forest openings and the distribution of understory birds in Puerto Rican rainforest. *Wilson Bulletin* 99: 22-37.

# 應用遙測於濁水溪口海岸地區土地覆蓋變遷分析

## Remote Sensing Analyses for the Land-cover Changes in the Coastal Zone of the Choshui Estuary

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, Chichi, Nantou, Taiwan

### 摘 要

本研究以不同年份之衛星影像為材料，配合航空照片及地面調查資料進行影像變遷分析，以瞭解濁水溪口地區之變遷情況。主要以1993/12/08、1996/10/18、1998/11/12與2001/10/23等4幅SPOT衛星影像，採用分類後比較法進行定量變遷分析。由1993年至2001年影像變遷分析結果顯示濁水溪口海岸地區於該8年期間，土地覆蓋之變化相當劇烈，主要為開發沿海工業區，於海岸淺水域大量抽砂造地，使陸域朝海擴張；河口海埔地遭濫墾闢設為魚塭，引入海水進行養殖。工業區開發與魚塭闢設改變了河口海岸地區之地形、景觀及生態環境，而颱風挾帶豪雨沖刷亦造成濱海地區地形之劇變。

### Abstract

Remote sensing images taken by French SPOT satellites 1 and 2, available aerial photos and maps, and our field investigation, showed that there were great changes in land-cover in the coastal zone of the Choshui Estuary from 1993 to 2001. Many of the shallow coastal water areas were filled up, the land areas were expanded, and industrial parks were established. Illegal fishponds were constructed for marine fish cultures in many parts of the coastal zone. The above industrial and fish culture developments have modified the terrain, landscape and environments. Also, washes of typhoons altered the surface of the beach areas.

**關鍵詞：**遙測、變遷、海岸地區、濁水溪口

**Key words:** remote sensing, change, coastal zone, Choshui Estuary

收件日期：92年3月7日

接受日期：92年6月2日

Received: March 7, 2003

Accepted: June 2, 2003

## 緒言

遙測技術可經常且正確提供地球上自然資源、人文資料以及人類在空中、水中以及陸地上活動情況；此項獲得之資料，可供人們做資源開發及土地利用政策上之有效依據(謝 1992)。遙測資料由空中俯瞰，具有綜觀覽要、多時攝像、大面積涵蓋及快速分析優點，並可與累積數十年之舊有影像比對，進而得知遞變過程及根據資料追蹤變遷因素，且推估將來可能發生之事件，做為事先之規劃與防範(蕭等 1994)。因此，應用遙測資料於觀測大面積、長時間的地貌變遷動態，是一項重要的技術(周等 1992)。

台灣西南海岸大多為砂岸，尤其河口地區更擁有寬廣的海埔地及沙洲，但由於河川上興建水庫、密築攔砂壩、濫採砂石等工程，已影響河川之輸砂能力，加上海岸地區地價低廉及政府各項獎勵措施，導致海埔地遭大規模開發，大肆興建濱海工業區、港灣、發電廠、海域休閒、垃圾掩埋場等多項工程之開發與興建等，大量抽砂填海造地，以致海岸侵蝕嚴重改變海岸地形，造成海岸環境惡化。

濁水溪源自中央山脈，納入多條支流後，流經南投縣由彰化縣大城鄉與雲林縣麥寮鄉交界處出海，為台灣最長的河川。濁水溪口擁有廣闊的海埔地，河床上沙地、水澤及草澤鑲嵌分布，吸引許多水鳥來此渡冬，出海口原有的鹽生草澤已隨著工業區之開發而消失。海埔地遭濫墾闢設魚塭由來已久，濫墾情況嚴重，而重大工程開發有經濟部工業局規劃之雲林離島工業區，涵括雲林縣2/3

以上之海岸，其中包括麥寮工業區、隔離水道、麥寮工業專用港等工程建設，西濱快速道路的開闢，經濟部水利署規劃於濁水溪河口開發麥寮人工湖，政府並計畫在離島工業區以東開發新市鎮特定區，如此諸多已開發與規劃中之重大工程，勢必造成該地區之劇烈變化。

有關濁水溪口地區之相關研究有黃等(1994)曾進行濁水溪口生物資源調查，發現該溪口具豐富的生物相，因擁有許多草澤及沙丘植物相，成為動物棲息及覓食之最佳棲地。謝等(1994)曾研究濁水溪口附近海岸地形變動，發現1972-1991年間濁水溪口海岸地形變動以淤積為主，且其淤積形態受波浪之影響最大。林(1998)曾研究雲林海岸的風砂活動，結果顯示風砂活動主要是在冬季強烈的東北季風下進行，因海岸線均已被海堤所包圍，以濁水溪口南側寬廣的高潮汐灘地為主要區域。周等(2001)曾以不同年份之航照圖影像針對濁水溪口風飛砂現象進行比對分析，結果顯示1978-1984年間，濁水溪口的砂灘被大量開發為旱田與魚池等，砂地面積大幅減少，之後淤砂量開始回升。而1991-1998年間，因濁水溪大量採砂的影響，淤砂量的增量逐漸降低。馮等(2001)曾進行麥寮人工湖工程可行性規劃研究，其計畫構想為利用濁水溪口南岸河口區域之河川浮覆地(占地約200 ha)，於四周圍堤以形成蓄水空間。蕭等(1993)雖曾以1972-1992年衛星影像研究濁水溪口20年間之環境變遷，但該研究距今已9年矣，而近10年來對於海岸開發步伐急遽加快，該河口地區因許多工程開發案已有重大程度之改變，且其僅採用定性方法之重疊法

做變遷分析。本研究以衛星影像為材料，配合航空照片及地面調查資料進行影像定量變遷分析，定量方法更能獲悉變化量，以瞭解1993年後濁水溪口地區之變遷情況，俾提供相關單位在決策、規劃及經營管理之參考。

### 材料與方法

#### 一、研究區環境概況

濁水溪發源於合歡山主峰與東峰之間，流經嘉義縣、南投縣、彰化縣及雲林縣4個行政區，最後於彰化縣大城鄉與雲林縣麥寮鄉間流入台灣海峽。河流長度為186.6 km，流域面積為3,156.9 km<sup>2</sup>，豐水期為5-9月。

本研究區涵括西濱大橋以西河口，以及大城鄉、麥寮鄉與台西鄉海岸以西地區，主要包括海域、沙灘、麥寮工業區、魚塢、防風林、河床旱作地等(圖1)，面積為14,023.22 ha。在大城鄉海堤外多已開挖為魚池進行養殖，濁水溪口高灘地的河床植物以甜根子草為主，近堤防之河床多已開墾種植瓜類、花生與蔬菜等農作物，然因2001年7月桃芝颱風

侵襲，遭受洪水沖毀與泥沙覆蓋，僅在土堤岸還留存些許的木麻黃。濁水溪口南岸河岸到堤防之間，在靠近河岸、海岸區域為新開挖之魚池，其中有幾處為養鴨池，另在靠近堤防區域則是廢棄魚池，大多已演替為草地與灌木林。再往南則是防風林，主要樹種為木麻黃，在內陸區域則多為養殖魚池，其間夾雜著房舍、旱田及幾處鴨池，部分廢棄魚池也已成爲草地。另外麥寮工業區目前已廠房林立，在它的東南側則是海埔地，大多被開闢為養殖魚池。

研究區之氣象概況引述自中央氣象局大城台西氣象站1993-2001年紀錄資料，其統計資料見表1。平均氣溫以7月之28.2°C為最高，1月及2月之16.4°C最低，年平均氣溫為22.8°C。雨季與旱季之雨量變化大，降雨量集中於4-8月，以6月之平均降雨量208.4 mm為最高，10月至翌年1月降雨量稀少，尤以11月之7.3 mm最低，年平均降雨量為1,066.3 mm，平均降雨日數以8月之12.4日最多，11月之1.4日最少，年平均降雨日數為78日。每年10月至翌年3月為東北季風期，主要

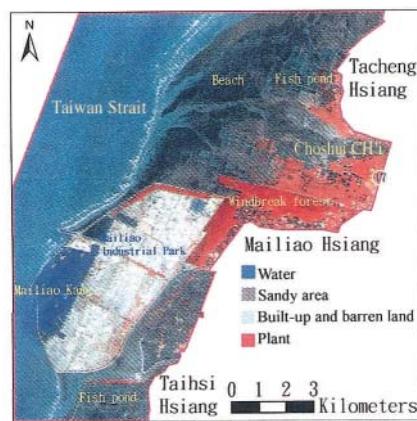


圖1. 濁水溪口研究範圍圖。

Fig. 1. The map showing the coastal zone of the Choshui Estuary on 4 Mar. 2001.

表1. 中央氣象局大城台西氣象站(C0G710)1993-2001年部分氣象統計資料

Table 1. Weather statistics (monthly mean) collected at the Taihsi Observatory of Taiwan Central Weather Bureau, 1993 to 2001

Item	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean or total
Temperature(°C)	16.4	16.4	19.0	22.7	25.4	27.5	28.2	27.9	26.8	24.6	21.7	18.4	22.8
Precipitation(mm)	19.8	56.3	54.7	98.2	171.8	208.4	191.4	204.1	50.5	16.8	7.3	14.4	1066.3
No. of precipitation days(days)	3.9	11	10	11	10	11	8	10	6	2	1	3	90
Prevailing wind direction	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	S	S	S	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE
Wind speed(m/sec)	6.9	6.7	5.7	4.5	3.4	3.6	3.2	3.2	3.6	5.5	5.9	7.1	5.0

為北北東風向，平均風速5.5-7.1 m/sec，6-8月為西南季風期，以南風向為主，風速較緩，平均風速皆在4 m/sec以下。

## 二、材料與設備

### (一) 衛星影像資料

本研究所使用法國SPOT衛星影像資料是向中央大學太空及遙測研究中心購得，影像皆為Level 10處理之產品，已作輻射糾正，且使用地面控制點及數值地形模型資料完成幾何糾正，旋轉對齊，並以KD16重新取樣方法投影在台灣地區二度TM座標系統上。所挑選4幅影像分別於1993、1996、1998及2001年拍攝，皆為冬季與低潮影像(圖2)，其屬性資料詳見表2，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。

### (二) 航空照片

航空照片則是向林務局農林航空測量所請購，取得1993、1996、1998及2001年等4年合計157張黑白照片，因部分區域欠缺航空照片或不完整，僅作為衛星影像分類時輔助判釋地覆類別用。

### (三) 其它圖籍資料

包括內政部經建二版1/50,000地形圖2張及經建三版1/25,000地形圖2張，為向科隆特

科技公司購得。另第四版1/5,000像片基本圖18張則向林務局農林航空測量所購得。

### (四) 主要研究工具

軟體：ERDAS IMAGINE 8.4影像處理軟體、ESRI ArcView 8.2 地理資訊系統軟體及Microsoft Office 2000整合應用軟體。

硬體：Pentium III-667個人電腦及ALPS MD-5000彩色乾式印表機。

## 三、研究方法

### (一) 資料、圖籍及圖檔之蒐集與處理

蒐集整理相關調查報告與參考文獻，並取得研究區之地形圖、像片基本圖、航空照片、數值影像資料及SPOT衛星影像資料等，取回之衛星影像資料須先作資料轉檔才可運用及分析。

### (二) 現場勘查

攜帶相關地圖、照片及影像至現場勘查比對，瞭解研究區土地利用及植被分布覆蓋情形，以輔助分類體系之初擬及訓練樣本之選取。

### (三) 影像處理與分析

使用ERDAS IMAGINE軟體將所獲取之1/5,000像片基本圖影像作定位與鑲嵌處理，以及將經Level 10處理之SPOT 衛星多波段影像作影像處理與變遷分析。

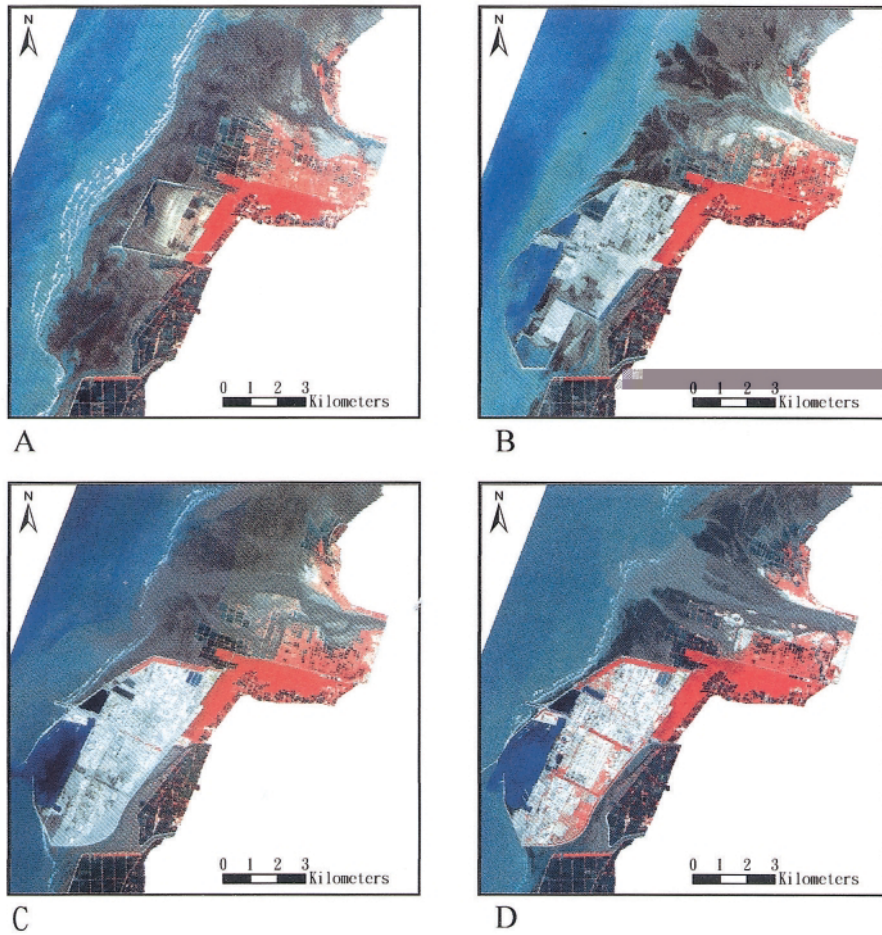


圖2. 濁水溪口地區SPOT衛星3/2/1波段組合影像。

Fig. 2. The imagery of the coastal zone of the Choshui Estuary by SPOT 3/2/1 on 8 Dec. 1993(A), 18 Oct. 1996(B), 12 Nov. 1998(C) and 23 Oct. 2001(D).

表2. 濁水溪口地區 SPOT XS 影像之屬性

Table 2. Sources of SPOT images for the coastal zone of the Choshui Estuary

Date	Time(a.m.)	Image code	Satellite number	Incidence	Azimuth	Elevation
8 Dec. 1993	10:55:39	I0004127	SPOT2	R23.7°	164.4°	42.2°
18 Oct. 1996	10:57:56	I0004126	SPOT2	R28.9°	161.5°	54.4°
12 Nov. 1998	10:41:32	I0004107	SPOT2	L7.3°	159.8°	46.6°
23 Oct. 2001	10:48:29	I0004825	SPOT2	R8.0°	159.0°	53.0°

### 1. 研究區影像切取

將獲取之衛星影像作初步判釋比對，因內陸區域各地覆區塊小且複雜，以地面解像力20m之SPOT衛星影像區分不易，故將影像內陸區域沿道路或水道切除，惟保留防風林區域及部分魚塢。

### 2. 影像變遷分析

本研究採用分類後比較法(post-classification comparison)進行變遷分析，此法為常用的定量變遷偵測方法，須對當時現況相當程度之瞭解或參考地面真實資料，才易於進行與分析。必須將每幅影像以影像分類方法各自分類地覆類別，然後比較及探討其變化，此法較為繁複，其詳細步驟見陳(2002)，茲簡述修改如下：

#### (1) 初擬分類體系

本研究挑選訓練樣區時，原先將地覆類別分為7類(海域、溪流、水池、沙地、植物、建物、荒地等)。

#### (2) 選取訓練樣本

訓練樣本之選取採小區塊(本研究以2x2區塊為限)多樣區之原則。

#### (3) 訓練樣本分離度分析

對性質相近或選取不適當的組類予以合併或刪除。

#### (4) 影像分類

本研究採用常用之高斯最大概似分類法(Gaussian maximum likelihood classifier)進行

影像分類。然後反覆進行樣本分析、影像分類與評估，將光譜值接近而不易區分之類別合併或刪除，最後僅分為水域、沙地、建地與荒地、植物等4大類，並以1-4代碼表示(表3)。另由於各期影像海域上有波浪造成的泡沫線，影像分類時易被歸類為第3類(建地與荒地)，須將分類影像該位置改為第1類(水域)，以提高分類準確度。

#### (5) 分類準確度評估

各期分類影像以隨機方式每類挑選50個檢核點，合計200個，配合像片基本圖、各期航空照片及未分類影像逐點核對檢核點地物類別，之後進行分類準確度評估，並作成誤差矩陣表加以分析比較。

#### (6) 分類後比較

將欲比較之兩期影像類別代號作修改，前期影像類別代號1-4依序改為4, 3, 2及1，後期影像類別代號1-4依序改為5, 9, 13及17，再以後期影像減掉前期影像，如此各類別之變化可得唯一值(1-16)，如表4所示。再將相減影像各類別變化之像元數換算為面積及百分比。

## 結果與討論

4期分類影像見圖3，其整體分類準確度皆超過90% (表5-8)，Kappa係數大於0.87，其中前3期分類影像第2類之誤授超過14%，主

表3. 濁水溪口地區影像分類體系

Table 3. The classification system of SPOT images of the coastal zone of the Choshui Estuary

Class	Code	Subclass
Water	1	Sea, streams, canals and ponds
Sandy area	2	Beach and sandy areas
Built-up and barren land	3	Built-up lands, barren lands, roads and dikes
Plant	4	Windbreak forest, trees, grassland, corp

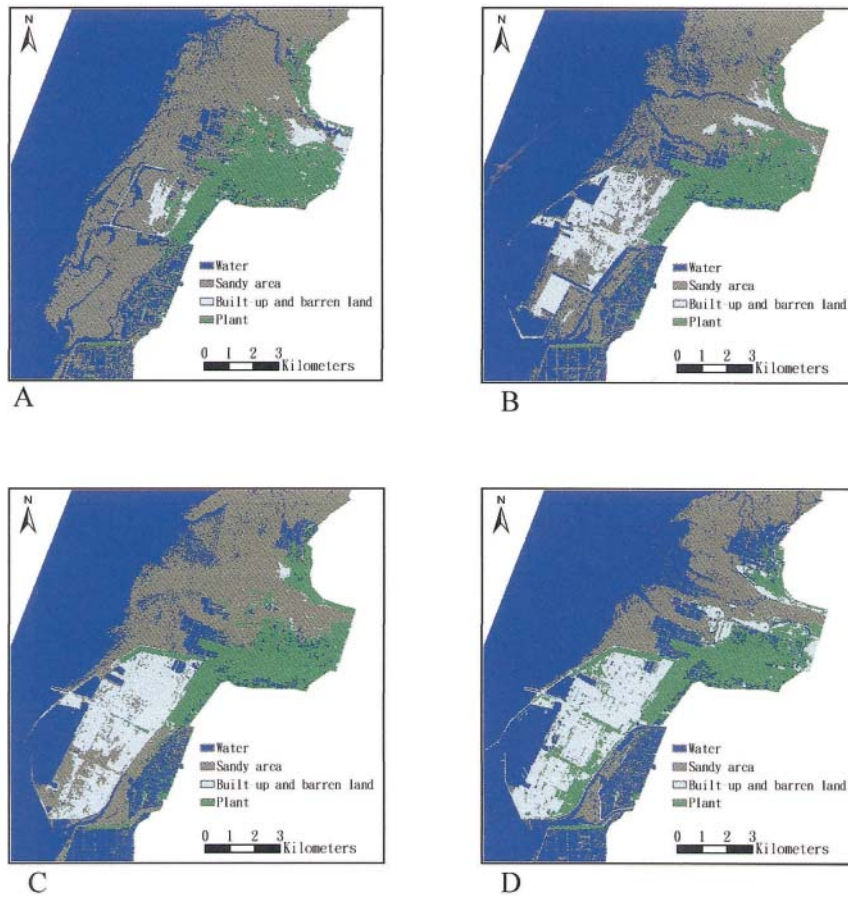


圖3. 濁水溪口地區分類影像。

Fig. 3. The classified imagery of the coastal zone of the Choshui Estuary on 8 Dec. 1993(A), 18 Oct. 1996(B), 12 Nov. 1998(C) and 23 Oct. 2001(D).

表4. 分類後比較法兩期分類影像地覆類別代碼表

Table 4. The codes of two-dates images used in the post-classification comparison method for the coastal zone of the Choshui Estuary (original codes in the parentheses)

Earlier stage classified image	Later stage classified image			
	5(1)	9(2)	13(3)	17(4)
4(1)	1	5	9	13
3(2)	2	6	10	14
2(3)	3	7	11	15
1(4)	4	8	12	16

表5. 濁水溪口1993年影像分類準確度評估之誤差矩陣表

**Table 5.** An error matrix of classification accuracy for the 1993 image of the coastal zone of the Choshui Estuary

Classification data code	Reference data code					Reference data total	Classification data total	Correct number	Producer's accuracy	User's accuracy	Omission error	Commission error
	1	2	3	4	Row total							
1	46	4	0	0	50	53	50	46	86.8%	92.0%	13.2%	8.0%
2	5	42	2	1	50	47	50	42	89.4%	84.0%	10.6%	16.0%
3	0	1	46	3	50	49	50	46	93.9%	92.0%	6.1%	8.0%
4	2	0	1	47	50	51	50	47	92.2%	94.0%	7.8%	6.0%
Total	53	47	49	51	200	200	200	181				

Overall accuracy=90.5%, Kappa=0.87

表6. 濁水溪口1996年影像分類準確度評估之誤差矩陣表

**Table 6.** An error matrix of classification accuracy for the 1996 image of the coastal zone of the Choshui Estuary

Classification data code	Reference data code					Reference data total	Classification data total	Correct number	Producer's accuracy	User's accuracy	Omission error	Commission error
	1	2	3	4	Row total							
1	47	2	1	0	50	52	50	47	90.4%	94.0%	9.6%	8.0%
2	2	43	4	1	50	48	50	43	89.6%	86.0%	10.4%	14.0%
3	0	3	47	0	50	55	50	47	85.5%	94.0%	14.5%	6.0%
4	3	0	3	44	50	45	50	44	97.8%	88.0%	2.2%	12.0%
Total	52	48	55	45	200	200	200	181				

Overall accuracy=90.5%, Kappa=0.87

表7. 濁水溪口1998年影像分類準確度評估之誤差矩陣表

**Table 7.** An error matrix of classification accuracy for the 1998 image of the coastal zone of the Choshui Estuary

Classification data code	Reference data code					Reference data total	Classification data total	Correct number	Producer's accuracy	User's accuracy	Omission error	Commission error
	1	2	3	4	Row total							
1	45	5	0	0	50	52	50	45	86.5%	90.0%	13.5%	10.0%
2	6	41	3	0	50	49	50	41	83.7%	82.0%	16.3%	18.0%
3	0	1	48	1	50	52	50	48	96.0%	96.0%	7.7%	4.0%
4	1	2	1	46	50	47	50	46	92.0%	92.0%	2.1%	8.0%
Total	52	49	52	47	200	200	200	180				

Overall accuracy=90.0%, Kappa=0.87

表8. 濁水溪口2001年影像分類準確度評估之誤差矩陣表

**Table 8.** An error matrix of classification accuracy for the 2001 image of the coastal zone of the Choshui Estuary

Classification data code	Reference data code					Reference data total	Classification data total	Correct number	Producer's accuracy	User's accuracy	Omission error	Commission error
	1	2	3	4	Row total							
1	48	2	0	0	50	54	50	48	88.9%	96.0%	11.1%	4.0%
2	3	47	0	0	50	49	50	47	95.9%	94.0%	4.1%	6.0%
3	1	0	45	4	50	47	50	45	90.0%	90.0%	4.3%	10.0%
4	2	0	2	46	50	50	50	46	92.0%	92.0%	8.0%	8.0%
Total	54	49	47	50	200	200	200	186				

Overall accuracy=93.0%, Kappa=0.91

要是因潮濕沙地與水域波譜反射值相近，又乾燥沙地與荒地反射值相近，易造成錯誤分類，而2001年分類影像第2類之誤授降至6%，乃河口大片沙灘因桃芝颱風暴雨沖刷劇變，以及麥寮工業區基地之沙地多已轉變為荒地與建物，致使沙地銳減。至於各類別地覆空間變化見圖4，其面積變化詳見表9-11，影像變遷分析結果分階段列舉敘述如下：

一、1993至1996年之變化

原為第1類(水域)有610.28 ha轉變為第2類

(沙地)(表9)，主要是魚池因1996年7月賀伯颱風時遭洪水沖毀沙埋及河道改變。原為第2類(沙地)有1235.33 ha轉變為第1類(水域)，主要是河道改變及麥寮工業區基地抽沙。原為第2類(沙地)有816.48 ha轉變為第3類(建地與荒地)，主要是麥寮工業區基地填土整地。原為第3類(建地與荒地)有127.78 ha轉變為第4類(植物)，主要是河床種植作物。原為第4類(植物)分別有119.48 ha及338.97 ha轉變為第1類(水域)及第2類(沙地)，主要是溪口南岸魚池因1996年7月賀伯颱風時遭洪水沖毀浸水或

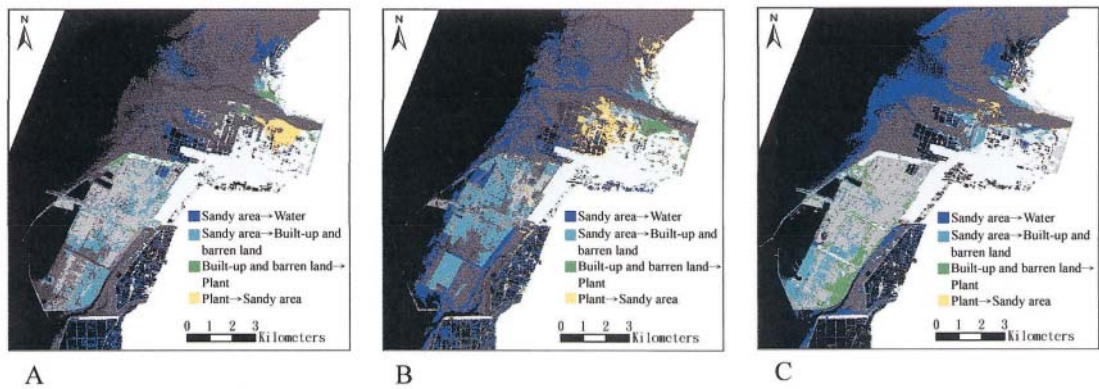


圖4. 濁水溪口地區分類後比較變遷影像。

Fig. 4. The post-classification comparison imagery of the coastal zone of the Choshui Estuary on 1993 & 1996 (A), 1996 & 1998 (B) and 1998 & 2001 (C).

表9. 濁水溪口1993-1996年地覆類別面積變化矩陣

Table 9. A change matrix of land-cover areas (ha) in the coastal zone of the Choshui Estuary from 1993 to 1996

Classified image in 1993	Classified image in 1996			
	1	2	3	4
Water	5,781.11	610.28	180.20	49.17
Sandy area	1,235.33	3,008.20	816.48	79.36
Built-up and barren land	9.06	157.27	147.84	127.78
Plant	119.48	338.97	93.89	1,268.78

表10. 濁水溪口1996-1998年地覆類別面積變化矩陣表

**Table 10.** A change matrix of land-cover areas (ha) in the coastal zone of the Choshui Estuary from 1996 to 1998

Classified image in 1996	Classified image in 1998			
	1	2	3	4
Water	5,614.80	1,253.78	207.89	68.52
Sandy area	544.70	2,752.75	540.72	276.55
Built-up and barren land	14.70	223.33	874.28	126.11
Plant	58.02	146.75	25.09	1,295.23

表11. 濁水溪口1998-2001年地覆類別面積變化矩陣表

**Table 11.** A change matrix of land-cover areas (ha) in the coastal zone of the Choshui Estuary from 1998 to 2001

Classified image in 1998	Classified image in 2001			
	1	2	3	4
Water	5,825.77	288.64	52.22	65.59
Sandy area	1,379.64	2,257.05	572.50	167.42
Built-up and barren land	31.73	39.16	1,245.33	331.77
Plant	159.03	92.34	188.59	1,326.44

沙埋。

## 二、1996至1998年之變化

原為第1類(水域)有1253.78 ha轉變為第2類(沙地)(表10)，主要是由於麥寮工業區基地圍堤促使河口淤沙。原為第2類(沙地)有540.72 ha轉變為第3類(建地與荒地)，主要是麥寮工業區基地持續填土整地。原為第2類(沙地)及第3類(荒地)分別有276.55 ha及126.11 ha轉變為第4類(植物)，主要是河床種植作物及麥寮工業區廠區造林。原為第4類(植物)有146.75 ha轉變為第2類(沙地)，主要是河床部分原有植被區域遭洪水沖毀沙埋。

## 三、1998至2001年之變化

原為第2類(沙地)有1379.64 ha轉變為第1類(水域)(表11)，主要是河口大片沙灘遭2001年7月桃芝颱風豪雨沖刷劇變，以及大城鄉海岸新闢魚池。原為第3類(荒地)有331.77 ha轉變為第4類(植物)，主要是麥寮工業區廠區造林。原為第4類(植物)分別有92.34 ha及188.59 ha轉變為第2類(沙地)及第3類(荒地)，主要是河床作物區遭洪水沖毀沙埋。

## 四、綜合1993至2001年之變化

於此8年期間濁水溪口地物面積變化最大者為沙灘，1993年沙灘面積為5139.38 ha(表12)，主要受颱風豪雨沖刷使河道改變及麥寮

表12. 濁水溪口1993-2001年地覆類別面積變化矩陣表

Table 12. A change matrix of land-cover areas (ha) in the coastal zone of the Choshui Estuary from 1993 to 2001

Land cover	1993	1996	1998	2001	1993-2001
Water	6,620.77	7,144.98	6,232.22	7,396.17	775.41
Sandy area	5,139.38	4,114.72	4,376.61	2,677.19	-2,462.19
Built-up and barren land	441.95	1,238.42	1,647.98	2,058.64	1,616.69
Plant	1,821.13	1,525.09	1,766.41	1,891.22	70.09

表13. 濁水溪口1993-2001年地覆類別相對面積變化矩陣表

Table 13. A change matrix of land-cover relative areas (%) in the coastal zone of the Choshui Estuary from 1993 to 2001

Land cover	1993	1996	1998	2001	1993-2001
Water	47.21	50.95	44.44	52.74	5.53
Sandy area	36.65	29.34	31.21	19.09	-17.56
Built-up and barren land	3.15	8.33	11.75	14.68	11.53
Plant	12.99	10.88	12.60	13.49	0.50

工業區基地抽沙填土整地，至1996年劇減1024.66 ha，之後再由於受颱風豪雨沖刷及被闢設為魚塭，至2001年面積僅餘2677.19 ha，大幅減少2462.19 ha，相對面積減少17.56% (表13)。相對地，建地與荒地之面積由1993年之441.95 ha，至1996年劇增796.47 ha，至2001年增為2058.64 ha，大幅增加1616.69 ha，相對面積增加11.53%。

1972至1991年間濁水溪口海岸地形變動以淤積為主(謝等 1994)，另依省水利局測量調查，1978年時，河口兩岸並無魚塭存在，然於1985年時，魚塭已充斥在河口段，面積約為609 ha；其中南岸548 ha，北岸61 ha，1992年衛星影像顯示，南岸魚塭面積已增加至1,050 ha，又於1972年至1992年間濁水溪口主要環境變遷為大片之河川地被開發為魚塭

及農業用地，而魚塭開發占用河道，使流道減少40% (蕭等 1993)。因濁水溪出海口之主深槽偏向北岸，南岸則淤積為大片砂灘，故魚塭主要分布於南岸，且大多是在1993年以前開闢的，由影像可明顯看出其開闢之時間先後、空間位置及利用狀況，乃由防風林北側河床先開闢，逐漸朝主河道逼近，再向外海擴展，先開闢之魚塭因距河海漸遠而廢棄，廢棄魚塭逐漸朝向草地、灌叢及樹林之序列演替。南岸濫墾魚塭(含已廢棄魚塭)在1995年達到高峰期，面積高達約2,800 ha，迫使河道僅剩約4 km，由於魚塭開闢於河床，占用原來之河道，之後才於1996年因賀伯颱風侵襲，魚塭遭洪水沖毀大半。濁水溪口北岸魚塭直至1998年才明顯增至約400 ha，2001年時圍墾面積已增至近1,000 ha。

## 結 論

由1993年至2001年濁水溪口衛星影像變遷分析結果，可明顯看出此期間麥寮工業區基地由抽砂填海造地至建廠、河口海埔地遭濫墾闢設為魚塭與遭受颱風沖毀之變化情形。雖影響之自然營力因素甚多，卻多屬長期性之緩慢變化，相對地人類活動才是造成河口變遷之最大因素。筆者歸納此8年短期期間造成該地區激烈變化之主因有三，其一為沿海工業區之開發，大量抽砂填海造地至建廠，地物變化由海域、海灘至荒地與建物之逐漸轉變；其二為濫墾闢設魚塭，開挖海灘引入海水進行養殖；其三為颱風挾帶豪雨沖刷造成地形劇變，溪口海域與海灘空間位置互變，以及溪床魚池、植被與農作地轉變為沙地。前二者為人類開發，直接對河口地形、景觀及生態造成重大改變；後者屬自然營力，雖在短期內即劇烈改變河口地形，卻有助於河口恢復原貌。

每幅衛星影像記錄了當時之地表資料，影像可累積易保管與取得、涵蓋範圍廣及可快速分析得知變遷資訊，提供管理者或決策者迅速又真實之情況，大幅縮減調查範圍，從而節省時間、人力與經費，故應用衛星影像於大面積與長時間監測地形、地物之變遷，是一項非常有效的技術。

## 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與勉勵，組內同仁蘇小姐美如協助圖籍取得與野外調查及陳小姐怡姣協助資料蒐集與繕打，謹申謝忱。

## 引用文獻

- 林宗儀。1998。雲林海岸的風砂活動現況。第二十屆海洋工程研討會論文集 443-447頁。
- 周天穎、杜昌柏、白金城。1992。地理資訊系統及遙測技術應用於空間分析之研究。遙感探測 17: 50-67。
- 周湘俊、許盈松、張哲豪、楊舒雲。2001。濁水溪河口風飛砂現象研究。第十二屆水利工程研討會論文集 35-42頁。
- 陳添水。2002。應用遙測於大肚溪口地區環境變遷分析。特有生物研究 4(1): 61-74。
- 黃朝慶、劉靜榆、侯安璟、賴國祥。1994。濁水溪口生物資源調查。台灣省特有生物研究保育中心八十三年度試驗研究計畫執行成果(棲地生態組)25-67頁。
- 馮德榮、蕭健雄、李耀輝、龔誠山、蔡文豪、鍾文祥。2001。麥寮人工湖工程可行性規劃研究。第二十三屆海洋工程研討會論文集 378-384頁。
- 蕭國鑫、李元炎、吳啓南、陳仁仲。1993。濁水溪口環境變遷分析。遙感探測 19: 1-24。
- 蕭國鑫、劉治中、李惠容。1994。遙測與GIS結合應用於德基水庫集水區土地利用／覆蓋監測。遙感探測 21: 21-54。
- 謝仁馨。1992。航照判讀與遙感探測。中華民國航空測量與遙感探測學會出版。
- 謝正倫、曾志民、黃煌輝。1994。濁水溪口附近海岸地形變動之現場調查及數值研究。台灣水利 42(2): 38-55。

Notes on the Mindoro Snake Eel *Lamnostoma mindorum*  
(Jordan and Richardson) (Ophichthidae: Pisces)  
in the Western Pacific

西太平洋稀有民多羅龍口蛇鰻

Shi-Tsang Chang and Chu-Fa Tsai

張世倉 蔡住發

Endemic Species Research Institute, Chichi, Nantou, Taiwan

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

Abstract

The Mindoro snake eel *Lamnostoma mindorum* (Jordan and Richardson) is one of the rare species in the family Ophichthidae. Only four specimens have been collected in the western Pacific from the Mindoro and Luzon islands of the Philippines, the Waigeu Island of New Guinea, and the Hsiukuluan River of the eastern Taiwan. This paper reports the fifth specimen from the Limpen River of the southwest Taiwan. *L. mindorum* is more likely a marine eel living in sand and soil substrates along the Kuroshio Current in the tropical western Pacific. The specimens that have been collected might be the accidental intruders to freshwater rivers, a reason of its rarity in collection. This paper also reviews the systematic (generic) position of *L. mindorum*, and considers that *Lamnostoma taylori* (Herre) from Iba of the Philippines a valid species rather than a synonym to *L. mindorum* as previously assumed.

摘要

民多羅龍口蛇鰻 (*Lamnostoma mindorum*) 為蛇鰻科稀有魚種之一。至今只發現4隻標本，採集於菲律賓呂宋島及民多羅島、新幾內亞衛古島和台灣花蓮縣秀姑巒溪。本報告發表在屏東林邊溪採集之第五隻標本，推測民多羅龍口蛇鰻乃棲息於西太平洋熱帶區域沿黑潮邊海底土砂裡，偶然進入河口或淡水域中被捕獲，乃為其稀有之原因。本文根據Herre(1923)的原始描述及本種比對結果，判定*Lamnostoma taylori* (Herre)為一有效種。

**Key words:** *Lamnostoma mindorum*, Ophichthidae, distribution

**關鍵詞：**民多羅龍口蛇鰻、蛇鰻科、分布

Received: December 10, 2002

Accepted: May 1, 2003

收件日期：91年12月10日

接受日期：92年5月1日

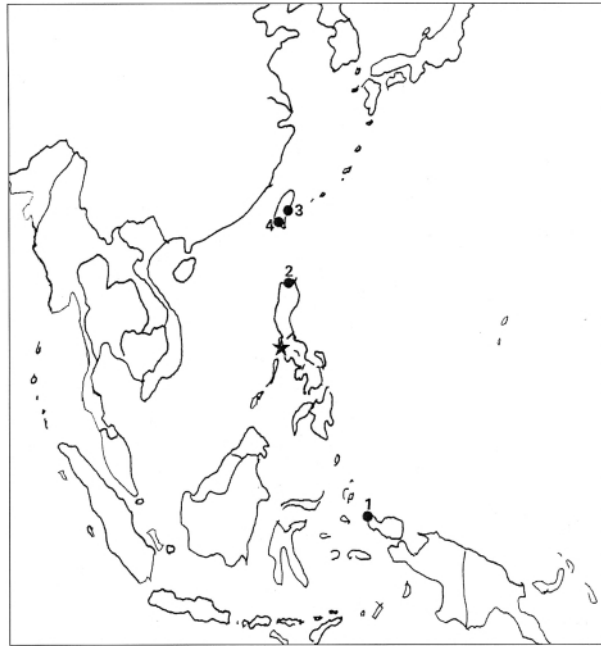
The Mindoro snake eel *Lamnostoma mindorum* (Jordan and Richardson, 1908) is one of the rare species in the family Ophichthidae in the western Pacific. It was first described *Caecula mindora* by Jordan and Richardson (1908) nearly a century ago, based on a single specimen (holotype) collected from the Baco River on the Mindoro Island, Philippines (Fig. 1). A few years later another specimen was collected at the Waiho River on the Waigeu Island, New Guinea, and described as *Sphagebranchus mindora* (Jordan and Richardson) by de Beaufort in 1913 (Weber and de Beaufort 1916). Herre (1923) reviewed the eels of the Philippine Archipelago, and kept the species name as *Caecula mindora* (Herre 1924, 1953). He collected the third specimen at the Abra River near Vigan, Ilokos Sur Province, Philippines in the 1929 Philippines Expedition (Herre 1953). The above three specimens were about 400 mm in length and collected from freshwater not far upstream from the river mouths.

The review paper of Herre (1923) states that the genus *Caecula* Vahl, 1794 has gill openings without a duplication of gill membranes anteriorly, but the genus *Lamnostoma* Kaup, 1856 does have the duplication of gill membranes. Smith (1964)

compared the holotype, No. 154, of *Caecula pterygera* Vahl, 1794 and the syntype, R.M.N.H. No. 3824, of *Lamnostoma pictum* Kaup, 1856, the type species of the two genera. He found that they are identical in all aspects, and furthermore, that these two type specimens are none other than the generally known species *Dalophis orientalis* McClelland, 1845 of the Indian Ocean and the western Pacific. He briefly redescribed *Caecula pterygera* Vahl, 1794 based on external characters, and assigned *L. pictum* and *D. orientalis* as synonyms of *C. pterygera*, and the genus *Lamnostoma* as a synonym of the genus *Caecula*

Smith (1964) also show the parts of the translation of the original description of *Caecula* Vahl, 1794 to point out that its gill openings are ventrally placed, and gill cover is not made of bone but formed by two skin-folds of which the exterior and larger fold covers most of the interior and smaller one. Apparently, Jordan and Richardson (1908) and Herre (1923, 1924, 1953) erroneously assumed that the genus *Caecula* has simple gill membranes (without duplication), and placed *mindora* under the genus.

Bohlke and McCosker (1975) compared the type specimens of *Caecula pterygera* Vahl, 1794 and *Sphagebranchus rostratus* Bloch, 1795 (type species of the genus *Sphagebranchus*). He found



**Fig. 1.** Distribution of *Lamnostoma mindorum* (Jordan and Richardson) in the western Pacific (solid star, type locality, Baco River, Mindoro, Philippines; solid circles, localities of other collections; 1, Waiho River, Waigeu Island, New Guinea; 2, Abra River, Luzon, Philippines; 3, Hsiukuluan River, Hualien, Taiwan; and 4, Limpen River, Pingtung, Taiwan).

them to be the same species, and thus, the genus *Sphagebranchus* is a synonym of the genus *Caecula*. This made the genus *Caecula* to have the genera *Lamnostoma*, *Sphagebranchus*, and *Dalophis* as its junior synonyms, while the species name *Caecula mindora* had been retained since Jordan and Richardson (1908).

McCosker (1977) used external and osteological characters to revise the genera of the family Ophichthidae. He used the specimens of *Caecula pterygera* (USNM 206375), *Lamnostoma orientalis* (CAS 13957, 13968) and *Lamnostoma kampeni* (SU 24593) for the study, and concluded that both genera *Caecula* Vahl, 1794 and *Lamnostoma* Kaup, 1856 are valid,

rather than that the latter is synonymous to the former as Smith (1964) proposed. We briefly describe herein the characters of the two genera based on the descriptions of McCosker (1977) and provide with the depositories of the type specimens of their type species (Smith 1964) as follows:

***Caecula* Vahl, 1794**

*Caecula* Vahl, 1794. The type species *Caecula pterygera* Vahl, 1794 (holotype No. 154, Universitetets Zool. Museum, Copenhagen, Denmark).

Lateral head profiles narrow evenly from epiotics to snout. Body elongated, its depth more

than 40 in length. Vertebrae 126-130 in number. Branchiostegal rays 25 in number with 12 free and 10 attached with epiphyal. Anterior nostril flush with snout anteriorly, produced as a tube posteriorly; posterior nostril associated with a barbel. Gill opening entirely ventral, longer than isthmus, with an antero-lateral duplication forming a deep pouch. Second temporal pore and third preopercular pore present, but fourth preopercular pore absent. Teeth conical, uniserial, largest at intermaxillary.

#### ***Lamnostoma* Kaup, 1856**

*Lamnostoma* Kaup, 1856. The type species *Lamnostoma pictum* Kaup, 1856 (syntype R.M.N.H. No. 3824, Leiden, Netherlands).

Lateral head profiles narrow sharply from epiotics to interorbital, and then, evenly to snout. Body stout, its depth less than 30 in length. Vertebrae 134-153 in number. Branchiostegal rays 29 in number with 26 free and 3 attached with epiphyal. Anterior nostril flush along snout; posterior nostril with a pendulous flap. Gill openings inferior. Second temporal pore and third preopercular pore absent. Teeth slender, pointed, and recurved, uniserial or biserial, vomerine and intermaxillary teeth enlarged.

Based on the above descriptions abstracted from McCosker (1977), head profile, body depth/body length ratio, teeth size and structure, nostril structure, vertebral number, branchiostegal ray arrangement, and presence or absence of the second temporal pore and the third preopercular pores are important characters for distinction between *Caecula* and *Lamnostoma*. Of these characters, lateral head profile, body depth/total length ratio, and

vomerine teeth structure are the key characters for the distinction. The location of gill openings and structure (duplication) of gill covers are no longer the primary diagnostic characters for the distinction of the two genera.

Smith's (1964) redescription of *Caecula pterygera* Vahl, 1794 states the characters to have an elongate and subcylindrical body, and its depth are about 40 in total length, as those mentioned by McCosker (1977). However, he does not mention the characters of *Lamnostoma pictum* Kaup, 1856 and *Dalophis orientalis* McClelland, 1845 other than duplicated gill covers in assuming the two species to be synonymous to *C. pterygera*, and the genus *Lamnostoma* to be synonymous to the genus *Caecula*. Apparently, Smith (1964) overlooked the external characters other than the structure of gill cover for the species and generic distinction, resulting in erroneous presumption on these species and genera to be synonymous (McCosker 1977).

According to the McCosker's (1977) classification system of the genera to the family Ophichthidae, the genus *Lamnostoma* consists of *Lamnostoma mindora* (Jordan and Richardson, 1908), *Lamnostoma taylori* (Herre, 1923), *Lamnostoma kampeni* (Weber and de Beaufort, 1916), and *Lamnostoma polyophthalmum* (Bleeker, 1853) (Smith 1964; McCosker 1977; Hatooka and Yoshino 1998) from the western Pacific. *Lamnostoma pictum* Kaup, 1856 is considered to be synonymous to *Lamnostoma orientalis* McClelland, 1845 by McCosker and Castle (1986), and both are regarded as the synonyms of *L. polyophthalmum* by Hatooka and Yoshino (1998). The genus *Caecula* has *Caecula pterygera* Vahl, 1794 from India as a

monotypic species. *Caecula rostratus* (Bloch, 1795) from the East Indies is presumed to be synonymous to *C. pterygera* (Bohlke and McCosker 1975; McCosker 1977), and *Dalophis polyphthalmus* Bleeker, 1853 once considered as one of the two species of *Caecula* (Bohlke and McCosker 1975) has been transferred to *Lamnostoma* (Hatooka and Yoshino 1998).

Kottelat *et al.* (1993) did not find *L. mindora* in the western Indonesia, but stated the species to be “expected in the area” in their book “Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi”. They cited this species from Jordan and Richardson (1908), but apparently, erroneously used the figure of *L. orientalis* (McClelland, 1845) to illustrate *L. mindora*, while the figure of the latter to illustrate the former.

Recently Hatooka and Yoshino (1998) corrected *Lamnostoma mindora* to *Lamnostoma mindorum*, because the generic name *Lamnostoma* is derived from the Greek “*Lamna*” (man-eating monster) and “*stoma*” (mouth), and the latter is neuter. They reported the fourth specimen from the Hsiuykuluan River, Hualien, in the eastern Taiwan. This specimen was the first record of the species in Taiwan, and the northernmost range of the species in the western Pacific (Fig. 1). Unlike the previous three specimens of 400 mm in total length and from freshwater streams of the Philippines (Herre 1923) and New Guinea (Weber and de Beaufort 1916), the specimen from Taiwan was 484 mm and from brackish water at the river mouth.

Also, Hatooka and Yoshino (1998) assigned *Caecula taylori* Herre, 1923 as a junior synonym of *Lamnostoma mindorum* (Jordan &

Richardson, 1908), based on a calculation on body height in total length from the drawing in Plate 6, Fig. 2 of Herre's (1923) original description of *C. taylori*. The body height in total length of the drawing is 25 similar to that of *L. mindorum*, and not 18 as mentioned in the original description of *C. taylori*. However, for assigning *C. taylori* as a synonym of *L. mindorum*, Hatooka and Yoshino (1998) did not include the original description of Herre (1923) in their consideration.

In this study we summarize and compare the characters of *C. mindorum* and *C. taylori* described by Herre (1923) in Table 1. They differ greatly in body size, body dimensions, dentitions, and coloration, and are briefly described as follows:

#### ***Lamnostoma mindorum* (Jordan and Richardson, 1908)**

*Caecula mindora* Jordan and Richardson, 1908 (type locality, Baco River, Mindoro, Philippines).

*Sphagebranchus mindora* de Beaufort, 1913; Weber and de Beaufort, 1916.

*Caecula mindora* Herre, 1923, 1924, 1953.

*Lamnostoma mindora* McCosker, 1977; Kottelat *et al.*, 1993; Chen and Fang, 2001.

*Lamnostoma mindorum* Hatooka and Yoshino, 1998.

Body slender, about 400 mm in total length. Body depth 25-30 and head length 7.4-7.7 in total length. Eyes small, embedded under skin, diameter 17-25 in head length. Vomerine teeth 6-10 in number; intermaxillary teeth stout, 3-5 in number of same sizes. Coloration uniformly dark brown on dorsum with a series of small whitish spots along the lateral line.

**Table 1.** A comparison of characters between *Lamnostoma mindorum* (Jordan and Richardson) and *Lamnostoma taylori* (Herre) based on the descriptions of Herre (1923)

Characters	<i>L. mindorum</i>	<i>L. taylori</i>
Locality	Mindoro Island, Philippines Waigeu Island, New Guinea	Iba, Zambales, Philippines
Habitat	Freshwater	-
Total length	Nearly 400 mm	164 mm
Body height in length	25-30	18.2
Head in length	7.4-7.7	8.86
Head in trunk	2.6-2.8	3
Eye	Small	Small, protuberant
Eye in head	17-25	14.8
Eye in snout	3.5	1.51
Snout	Slender, pointed	-
Snout in head	7	-
Mouth	Wide, extending far beyond eyes	-
Dorsal origin to gill opening	1/4 of head	9.25 in head
Vertical fins	Moderately developed	Very low
Jaw teeth	Small, sharp, recurved, in one row of same sizes	Small, sharp, recurved in one row; 2 frontal teeth stout on mandible
Vomerine teeth	Large, 6-10 in number	5 widely separated
Intermaxillary teeth	3-5 stout teeth of same size	3 small teeth
Gill opening	Lateral or vertical	Vertical
Coloration	Uniformly dark or grayish brown dorsum and yellow or pale ventrum; stellate whitish spots along lateral line; transverse white spots on vertex	Light yellow with olivaceous brown innumerable dots on dorsum, laterum and jaw

***Lamnostoma taylori* (Herre, 1923)**

*Caecula taylori* Herre, 1923, 1924, 1953. (type locality, Iba, Zambales, Philippines).

*Lamnostoma taylori* McCosker, 1977; Hatooka and Yoshino, 1998.

Body stout, 164 mm in total length. Body depth 18.2 and head length 8.86 in total length. Eyes small, protuberant, diameter 14.8 in head length, Vomerine teeth 5 in number, widely spaced; intermaxillary teeth small, 3 in number.

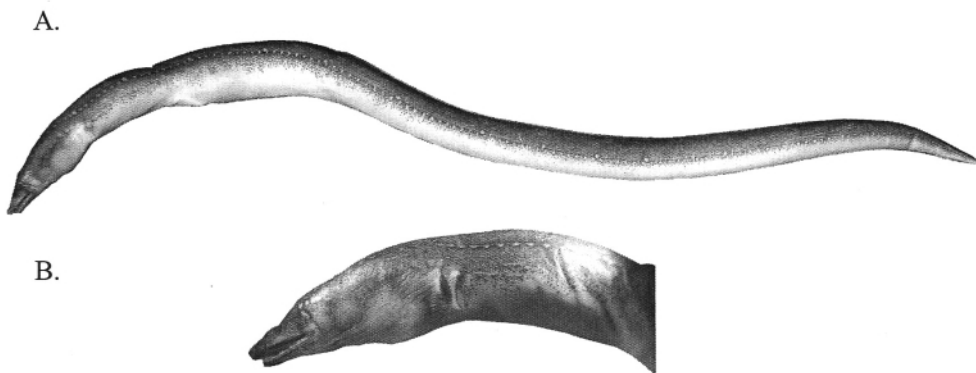
Coloration olivaceous brown dorsum made by the coalescence of innumerable dots, extending down to laterum below the lateral lines and lower jaws.

Accordingly, it is reasonable to assume that the original description of *L. taylori* made by Herre (1923) is based on his type specimen, not from the drawing in Plate 6, Fig. 2 of his original description. It was likely that Herre (1923) mistakenly took the drawing of *L. mindorum* to illustrate *L. taylori*. Accordingly, we consider that *Lamnostoma taylori* (Herre, 1923) is a valid species, distinguishable from *Lamnostoma mindorum* (Jordan and Richardson, 1908), and not a synonym of the latter as assumed by Hatooka and Yoshino (1998).

Chen and Fang (2001) report *L. mindorum* in “The inland water fishes of Taitung, Taiwan” but the name is erred as *Lamnostoma mindora* Herre. They also erroneously describe the species to have long pectoral fins, and stated that the species occurs in the freshwater of the eastern Taiwan without mentioning localities of

their collections.

For nearly a century since 1908 when Jordan and Richardson first described *C. mindora*, only four specimens have been reported from four localities: two in Philippines (Jordan and Richardson 1908; Herre 1953), one in New Guinea (Weber and de Beaufort 1916), and one in the eastern Taiwan (Hatooka and Yoshino 1998)(Fig. 1). In the recent inventory survey of freshwater fishes of Taiwan, we collected a specimen of *L. mindorum* (Fig. 2) by electric fishing from the freshwater portion of the Limpen River near the Shinpei Bridge, Pingtung County, about 5 km upstream from the mouth in the southwestern Taiwan (Fig. 1). This was the first specimen collected from the western part of Taiwan, the second specimen recorded for Taiwan, and the fifth specimen reported for this rare species in the western Pacific. It is 354 mm in total length, the smallest specimen collected so far for the species. It has the following characters: body height 24.3, head length 8.89, preanal length 2.33, trunk length



**Fig. 2.** Lateral view of *Lamnostoma mindorum* (Jordan and Richardson)(total length 354 mm) collected from the Limpen River of the southwestern Taiwan (A), and lateral view of its head portion (B).

3.20, and predorsal length 7.01 in total length; snout length 7.19, eye diameter 19.89, and maxillary length 2.28 in head length. Anterior nostril flushed along snout, and posterior nostril with a pendulous flap. Gill openings ventrolateral. Vomerine teeth pointed, recurved, in a longitudinal row, nine in number: first one single and the remaining eight paired, each with a small, depressible anterior tooth and a large sessile posterior tooth. Intermaxillary teeth three in number, similar in sizes. Uniformly dark brown dorsum, pale yellow ventrum, with a longitudinal series of small white spots along the lateral line. The characters described above are similar to those described by Herre (1923) and Hatooka and Yoshino (1998). The sensory pores have 4 supraorbital pores, 6 infraorbital pores, 4 mandibular pores and 3 supratemporal pores (the second temporal pore and third preopercular pore absent), similar to those described by Hatooka and Yoshino (1998), with an exception that instead of 127, the number of lateral line pores is 141.

Chen and Fang (2001) speculate that *L. mindorum* is a migratory eel; adults live in freshwater streams but reproduce in ocean, and juveniles migrate to river mouths and freshwater streams of low elevations for living. However, the specimens that have been collected were from brackish water (Hatooka and Yoshio 1998) or freshwater not far from river mouths (Jordan and Richardson 1908; Weber and de Beaufort 1916; Herre 1953). Their sizes ranged between 354 mm and 484 mm, and no small juvenile has been collected from freshwater. Their number that have been collected was extremely small, only five specimens so far. Accordingly, it is reasonable to hypothesize that *L. mindorum* is a

marine eel, living in sand or soil substrates of ocean bottom along the edge of Kuroshio Current in the tropical region of the western Pacific (Fig. 1). Large juveniles or sub-adults accidentally intrude to freshwater streams. All specimens that have been collected were the accidentally intruders to freshwater, a reason of their rarity in collection.

We are grateful to Messrs. R. C. Chang, C. Y. Chang, C. E. Shieh, and T. C. Yang who assisted in field collection. Professor Ming-Jenn Yu of the Department of Biology of the Tunghai University reviewed the manuscript.

### Literature Cited

- Bohlke, J. E., and J. E. McCosker. 1975. The status of the ophichthid eel general *Caecula* Vahl and *Sphagebranchus* Bloch, and the description of a new genus and species from fresh waters in Brazil. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 127 (1): 1-11.
- Chen, I. S., and L. S. Fang. 2001. The inland water fishes of Taitung, Taiwan. Taiwan Marine Museum. 200 pp. (in Chinese)
- Hatooka, K., and T. Yoshino. 1998. Two rare ophichthid species of the genus *Lamnostoma* (Pisces: Anguilliforms) from the western Pacific. Bulletin of the Osaka Museum of Natural History 52: 21-30.
- Herre, A.W. C. T. 1923. A review of the eels of the Philippine Archipelago. The Philippine Journal of Science 23(2): 123-236.
- Herre, A. W. C. T. 1924. Some rare Philippine eels. The Philippine Journal of Science 24(1): 107-111.
- Herre, A. W. C. T. 1953. Check list of Philippine

- fishes. U. S. Fish and Wildlife Service, Research Report 20. 977 pp.
- Jordan, D. S., and R. E. Richardson. 1908. Fishes from islands of the Philippine Archipelago. Bulletin of the Bureau of Fisheries 27: 233-287.
- Kottelat, M., A. J. Whitten, S. N. Kartikasari, and S. Wirjoatomodjo. 1993. Freshwater fishes of western Indonesia and Sulawesi. Periplus Editions (HK) Ltd. Indonesia.
- McCosker, J. E. 1977. The osteology, classification, and relationships of the eel family Ophichthidae. Proceedings of the California Academy of Sciences. Series 4, 41(1): 1-123.
- McCosker, J. E., and P. E. J. Castle. 1986. Family 42: Ophichthyidae. pp. 176-187. *In*: Smith, M. M., and P. C. Heemstra (eds.). Smith's sea fishes. Springer-Verlag, New York.
- Smith, J. L. B. 1964. The discovery in Mozambique of the little known eel *Ophichtys tenuis* Gunther, 1870, a redescription of the type of *Caecula pterygera* Vahl, 1794, notes on other species and on generic relationships. The Annals and Magazine of Natural History 13, 7 (84): 711-723.
- Weber, M., and L. F. de Beaufort. 1916. The fishes of the Indo-Australian Archipelago. Vol. 3. 455 pp.

A New species of the Earthworm Belonging to the Genus  
*Metaphire* Sims and Easton (Megascolecidae:  
Oligochaeta) from the Northeastern Taiwan

產於台灣東北部一新種腔環蚓之描述

Chu-Fa Tsai<sup>1</sup>, Jiun-Hong Chen<sup>2</sup>, Su-Chen Tsai<sup>1</sup> and Huei-Ping Shen<sup>1</sup>

蔡住發<sup>1</sup> 陳俊宏<sup>2</sup> 蔡素蟾<sup>1</sup> 沈慧萍<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Department of Zoology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup>台灣大學動物學系 台北市羅斯福路四段1號

### Abstract

This paper describes a new species of the earthworm *Metaphire trutina* sp. nov. (Megascolecidae: Oligochaeta) from Hsiaochoachi, Ilan of the northeastern Taiwan. It is a large, sexthecal and holandric earthworm, and has a pair of large, round genital papillae with slightly concave centers on narrow male disc in each of the shallow copulatory chambers in XVIII. It belongs to the *houletti* species-group of the genus *Metaphire* Sims and Easton and closely relates to *Metaphire tschiliensis* (Michaelsen, 1928), *Metaphire viridis* Feng and Ma, 1987, *Metaphire vulgaris* (Chen, 1930), and *Metaphire praepinguis* (Gates, 1935) of China, and *Metaphire aggera* (Kobayashi, 1934) of Korea and Manchuria.

### 摘要

本文描述產於台灣東北部宜蘭縣小礁溪一新種腔環蚓：*Metaphire trutina* sp. nov.。其為大型蚯蚓，第十八體節的交配腔淺裂，內有一對大而圓的生殖突起。*M. trutina*屬於*Metaphire*屬之*houletti*種群，與產於中國大陸的*Metaphire tschiliensis* (Michaelsen, 1928)、*Metaphire viridis* Feng and Ma, 1987、*Metaphire vulgaris* (Chen, 1930)、*Metaphire praepinguis* (Gates, 1935)以及韓國的*Metaphire aggera* (Kobayashi, 1934)密切相關。

**Key words:** earthworm, new species, *Metaphire*, Taiwan

**關鍵詞：** 蚯蚓、新種、腔環蚓屬、台灣

Received: March 27, 2003

Accepted: June 2, 2003

收件日期：92年3月27日

接受日期：92年6月2日

## Introduction

The genus *Metaphire* Sims and Easton is a large group of terrestrial earthworms next to the genus *Amyntas* Kinberg in the family Megascolecidae (Oligochaeta) in Taiwan. They consisted of five endemic species of *Metaphire bununa* Tsai, Tsai and Liaw, 2000, *Metaphire paiwanna* Tsai, Tsai and Liaw, 2000 (Tsai *et al.* 2000a), *Metaphire puyuma* Tsai, Shen and Tsai, 1999 (Tsai *et al.* 1999), *Metaphire yeni* Tsai, Shen and Tsai, 2000 (Tsai *et al.* 2000b), and *Metaphire taiwanensis* Tsai, Tsai and Shen, 2003 (Tsai *et al.* 2003), and four exotic species of *Metaphire californica* (Kinberg, 1867), *Metaphire hesperidum* (Beddard, 1892), *Metaphire posthuma* (Vaillant, 1869), and *Metaphire schmardae* (Horst, 1883) (Tsai *et al.* 2000c). This paper describes a new species *Metaphire trutina* sp. nov. from the northeastern Taiwan. This makes a total of 10 species in the genus *Metaphire* and 50 nominal species of the terrestrial earthworms in Taiwan. The specimens are preserved at Taiwan Endemic Species Research Institute, Chichi, Nantou, Taiwan.

### *Metaphire trutina* sp. nov.

#### Type material

**Holotype:** A mature (clitellate) specimen (dissected) collected 18, May 2002 in a ditch along a mountain road from Hsien Rd. 192 at an elevation of around 150m, Hsiaochochi, Ilan County, Taiwan by Y. H. Chen (cat. no. 14-03884).

**Paratype:** An immature (aclitellate) specimen (dissected), same collection of holotype (cat. no. 14-03882).

#### External characters

Length 236 mm for holotype and 305 mm for paratype. Clitellum length 7.89 mm and clitellum width 11.0 mm. Prostomium prolobous. Segment number 96 for holotype and 151 for paratype. Heavy annulets (secondary segmentation) 3 per segment in VI-IX and 5 in X-XIII, setal annulet slightly wider than the adjacent annulets. Setae numerous, 109-118 in VII, 108-128 in XX and 22-28 between male pores. First dorsal pore in 12/13. Clitellum XIV-XVI, dorsal pores absent, setae absent in XIV and XV, but 5 setae on medio-ventrum of XVI.

Spermathecal pores invisible externally due to heavy secondary segmentation, 3 pairs, ventro-lateral in 6/7-8/9, but detected from inside after dissection. No genital papillae in the spermathecal region. Female pore single, medio-ventral in XIV.

Male pores paired in XVIII, ventro-lateral,

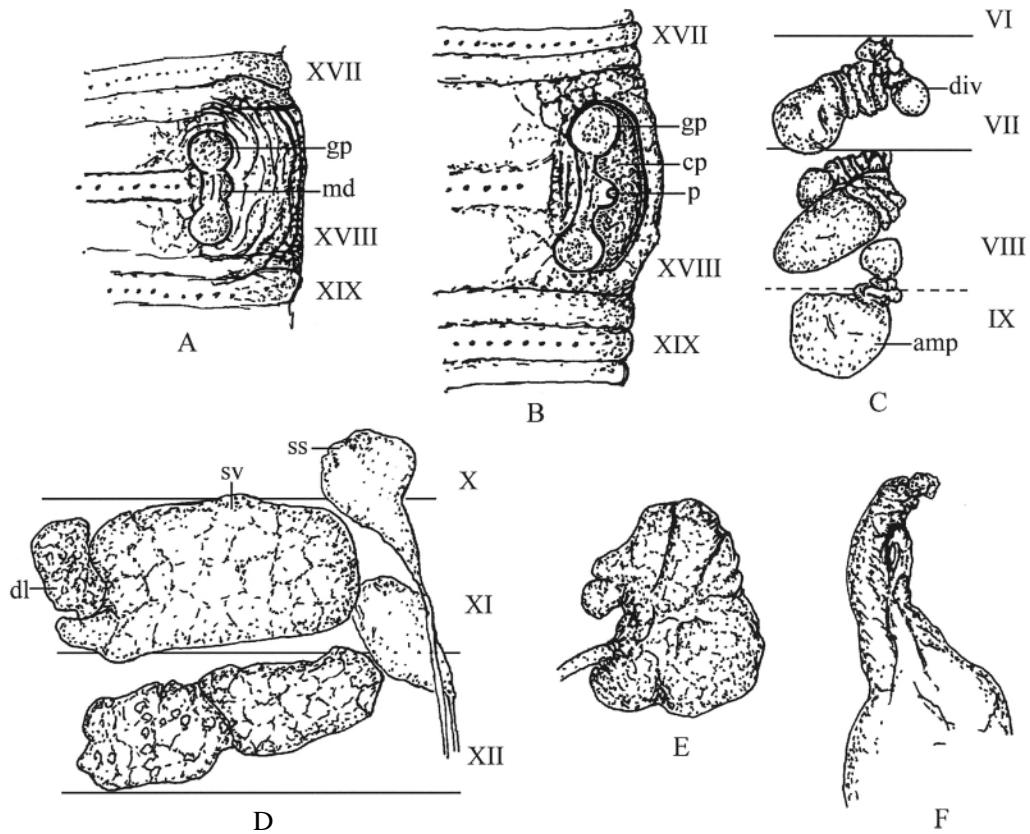
large, C-shape, 2.87 mm in longitudinal length, reaching 17/18 and 18/19 segmental furrows. Porophore, a small tubercle with a small male aperture at the latero-central end of male disc, a narrow longitudinal ridge extending from setal annulet of XVIII. No setae on the male disc. A pair of large, nearly equally sized round-shaped genital papillae located on anterior and posterior ends of the male disc (Fig. 1A, B). Each of the genital papillae 1.0 to 1.1 mm in diameter with a slightly concave center. Lateral wall of the

copulatory chamber smooth externally (laterally) but slightly folliculated internally (medially).

Preserved specimens purplish blue dorsum and around clitellum, and brownish gray ventrum. Setal annulet lighter in color as compared to adjacent annulets.

**Internal characters**

Septa 8/9/10 absent, 10/11-13/14 very thick. Gizzard large, round in IX and X. Intestine enlarged from XIV. Intestinal caeca paired in



**Fig. 1.** *Metaphire trutina* sp. nov. holotype: (A) ventral view of left male pore region with copulatory chamber closed (gp, genital papilla; md, male disc), (B) ventral view of left male pore region with copulatory chamber (cp) opened (p, porophore), (C) right spermathecae (amp, ampulla; div, diverticulum), (D) right sperm sacs (ss) and seminal vesicles (sv) (dl, dorsal lobe), (E) right prostate gland, and (F) right caecum.

XXVII extending anteriorly to XXII, each simple with a pointed end, surface wrinkled with vertical lines (Fig. 1F). Esophageal hearts enlarged in XI-XIII.

Spermathecae three pairs in VII-IX, each with an oval or round ampulla with heavily pressed wrinkles at proximal end, and a very short stout stalk. Diverticulum with silver colored and oval shaped seminal chamber and a heavily twisted stalk (Fig. 1C). Ovaries paired in XIII.

Sperm sacs two pairs, medio-ventral in X and XI, each round, white in color, with smooth surface, sperm ducts connected in XIII. Seminal vesicles, two pairs in XI and XII. Anterior pair large, pale in color, surface wrinkled, each with a round brownish, granulated dorsal lobe, filled whole segmental cavity. Posterior pair smaller in size as compared to the anterior ones, granulated surface, each with a large, brown colored, granulated dorsal lobe (Fig. 1D).

Prostate glands paired in XVIII, each lobed, surface folliculated, prostatic duct stout and straight (Fig. 1E). No accessory gland or visible structure associated with the genital papillae in copulatory chambers.

#### Locality and habitat

The type specimens were collected from the roadside ditch covered with about 10 cm thick sand without vegetation.

#### Etymology

The name *trutina* is given to this species with reference to an earthworm possessing a pair of large genital papillae, each with a slightly concave center and connected by narrow male disc with porophore at medio-lateral center, like a balance, in each shallow copulatory chamber.

#### Remarks

*Metaphire trutina* sp. nov. is sexthecal with spermathecal pores in 6/7/8/9, and has no genital papillae in 17/18 and 18/19. It belongs to the *houletti* species-group of the genus *Metaphire* (Sims and Easton 1972). It is a large earthworm with a pair of shallow copulatory chambers with C-shaped opening, the characters closely related to *Metaphire vulgaris* (Chen, 1930) of Nanking, China, *Metaphire viridis* Feng and Ma, 1987 from Gansu of the northwest China, *Metaphire praepinguis* (Gates, 1935) of Szichuan (Gates 1935, 1939), *Metaphire aggera* (Kobayashi, 1934) of Korea and Manchuria (Kobayashi 1934, 1940), and *Metaphire tschiliensis* (Michaelsen, 1928) of China. The last species consists of three subspecies: 1) *M. t. tschiliensis* (Michaelsen, 1928) of North and Central China (= *Pheretima kiangsuensis* Chen, 1930 (Chen 1930, 1931, 1933)), 2) *M. t. grahami* (Gates, 1935) from Szichuan (Gates 1935, 1939), and 3) *M. t. kokoana* (Chen and Fong, 1975) of Qinghai and Gansu (Chen *et al.* 1975).

*Metaphire trutina* is easily distinguished from the above related species and subspecies of China by possessing higher number of setae, absence of preclitellar genital papillae, absence of wrinkled, swollen lips or crescent ridges bordered anteriorly and posteriorly to each of the spermathecal pores, and the presence of two large genital papillae on both anterior and posterior ends of male disc in each shallow copulatory chamber (Table 1).

#### Literature Cited

- Chen, Y. 1930. On some new earthworms from Nanking, China. Science Reports, National Central University, College of Science,

**Table 1.** A comparison of characters among *Metaphire trutina* sp. nov., *M. tschiliensis*, *M. praepinguis*, *M. vulgaris*, *M. viridis*, and *M. aggera*

Character	<i>M. trutina</i> sp. nov.	<i>M. tschiliensis</i> (Michaelsen, 1928)	<i>M. praepinguis</i> (Gates, 1939)	<i>M. vulgaris</i> (Chen, 1930)	<i>M. viridis</i> Feng and Ma, 1987	<i>M. aggera</i> (Kobayashi, 1934)
Locality	Taiwan	Hopei, China	Szechwan, China	Kiangsu, China	Gansu, China	Korea
Body length (mm)	236-305	190-210	207	120-215	192-230	144-185
Segment number	106-137	200	-	90-124	124-128	152-161
First dorsal pore	12/13	11/12	12/13	11/12 or 12/13	12/13	12/13 or 13/14
Setal number						
V	-	50	-	44-58 (III)	49-54	46-60
VII	109-118	-	23?	60-75 (VIII)	64-67	52-56
XIII	-	72	-	-	-	68-70
XIV (clitellum)	0	sparse on ventrum	setal pits	setal pits	0	0
XV (clitellum)	0	sparse on ventrum	setal pits	setal pits	0	0
XVI (clitellum)	5	sparse on ventrum	setal pits	setal pits	0	0
XX	108-128	-	93	-	-	70-74
XXV	-	76	-	60-75	92-95	69-72
between male pores	22-28	-	9(+4?)	12-22	22-34	18-19
Spermathecal pores	6/7-8/9	6/7-8/9	6/7-8/9	6/7-8/9	6/7-8/9	6/7-8/9
crested ridges	Absent	Present	Present	Present (wrinkled, swollen lips)	Present	-
Genital papillae						
preclitellar	Absent	Present on VIII-IX <sup>a</sup>	Paired presetal on VII-IX	2 papillae in spermathecal chamber	Paired on VII-IX	Absent or paired on VII-IX
postclitellar	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent	Absent
Copulatory chamber	C-shape	C-shape	C-shape	C-shape	C-shape	C-shape
genital papillae	2, large	1-4	1, large	3, large	4	3-4
Spermathecae	VII, VIII, IX stalk short, stout	VII, VIII, IX stalk stout	VII, VIII, IX stalk stout	VII, VIII, IX stalk stout	VII, VIII, IX stalk stout	VII, VIII, IX stalk short, stout
Diverticulum	Round seminal chamber with tightly twisted stalk	Slender, coiled	Wide seminal chamber with smooth stalk	Slender, coiled	Slender, coiled	Coiled
Intestine enlarged	XIV	XIV	XV or XVI	XV	XV	XV
Prostate glands	XVI-XVIII	XVII-XIX	Small in XVIII	Large, XVII-XXI or XVI-XXII	XV-XX or XVII-XIX	1/2XVIII-1/2XIX
Accessory gland	Absent	-	Glandular mass with bundled stalks associated with spermathecal stalks and prostatic ducts	Sessile	Paired glandular mass in X	Absent or round, inconspicuous

<sup>a</sup>Based on the specimen (USNM No. 20142) examined.

- Nanking. Series B. 1(1): 11-37.
- Chen, Y. 1931. On the terrestrial oligochaeta from Szechuan. Contributions from the Biological Laboratory of the Science Society of China (Zoology) 7: 117-171.
- Chen, Y. 1933. A preliminary survey of the earthworms of the lower Yangtze valley. Contributions from the Biological Laboratory of the Science Society of China (Zoology) 9: 177-295.
- Chen, Y., C. F. Hsu, T. Yang, and H. Y. Fong. 1975. On some new earthworms from China. Acta Zoologica Sinica 21(1): 89-99.
- Feng, X. Y., and Z. G. Ma. 1987. Notes on a new species of the genus *Metaphire* from Gansu Province, China (Oligochaeta: Megascolecidae). Acta Zootaxonomica Sinica 12(3): 248-250.
- Gates, G. E. 1935. New earthworms from China, with notes on the synonymy of some Chinese species of *Drawida* and *Pheretima*. Smithsonian Miscellaneous Collections 93(3): 1-19.
- Gates, G. E. 1939. On some species of Chinese earthworms, with special reference to specimens collected in Szechwan by Dr. D. C. Graham. Proceedings of the United States National Museum 85: 405-507.
- Kobayashi, S. 1934. Three new Korean earthworms belonging to the genus *Pheretima*, together with the wider range of the distribution of *Pheretima hilgendorfi* (Michaelson). Journal of the Chosen Natural History Society 19: 1-11.
- Kobayashi, S. 1940. Terrestrial Oligochaeta from Manchoukuo. Science Report of the Tohoku University 15: 261-315.
- Michaelson, W. 1928. Miscellanea Oligochaetologica. Arkiv för Zoologi 20(2): 1-15.
- Sims, R. W., and E. G. Easton. 1972. A numerical revision of the earthworm genus *Pheretima* auct. (Megascolecidae: Oligochaeta) with the recognition of new genera and an appendix on the earthworm collected by the Royal Society North Borneo Expedition. Biological Journal of the Linnean Society 4: 169-268.
- Tsai, C. F., H. P. Shen, and S. C. Tsai. 1999. On some new species of the pheretimoid earthworms (Oligochaeta: Megascolecidae) from Taiwan. Journal of the National Taiwan Museum 52(2): 33-46.
- Tsai, C. F., S. C. Tsai, and G. J. Liaw. 2000a. Two new species of protandric pheretimoid earthworms belonging to the genus *Metaphire* (Megascolecidae: Oligochaeta) from Taiwan. Journal of Natural History 34: 1731-1741.
- Tsai, C. F., H. P. Shen, and S. C. Tsai. 2000b. A new pheretimoid earthworm with latero-dorsal genital papillae. Journal of the National Taiwan Museum 53(1): 7-14.
- Tsai, C. F., H. P. Shen, and S. C. Tsai. 2000c. Native and exotic species of terrestrial earthworms (Oligochaeta) in Taiwan with reference to Northeast Asia. Zoological Studies 39(4): 285-294.
- Tsai, C. F., S. C. Tsai, and H. P. Shen. 2003. A new gigantic earthworm of the genus *Metaphire* Sims and Easton (Megascolecidae: Oligochaeta) from Taiwan with reference to evolutionary trends in body sizes and segment numbers of the *Pheretima* genus-group. Journal of Natural History (in press).

# A New Record of the Bithecal Megascolecid Earthworm *Amyntas papilio* (Gates) (Oligochaeta) from Taiwan

## 台灣一對受精囊之新紀錄種蚯蚓 *Amyntas papilio* (Gates)

Jiun-Hong Chen and Shu-Chun Chuang

陳俊宏 莊淑君

Institute of Zoology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

台灣大學動物學研究所 台北市羅斯福路四段1號

### Abstract

This paper reports a new record of the megascolecid earthworm *Amyntas papilio* (Gates, 1930) from Taiwan. It was originally described from Burma, and also reported from the Riukiu Islands of Japan. In our recent earthworm survey in the northern Taiwan, *A. papilio* was collected in the grass fields with rich soil at the campus of National Taiwan University and Hsin-Chu Girl High School. As it occurs at human disturbed habitat associated with urbanization, we suspect it as an exotic species introduced recently from Southeast Asia.

### 摘要

本文描述一巨蚓科(family Megascolecidae) 台灣新紀錄種蚯蚓*Amyntas papilio* (Gates, 1930)。此種蚯蚓首次在緬甸被記載，同時在日本的琉球群島也有紀錄。在北台灣，我們首次在台灣大學及新竹女中的校園草地中發現，由於它出現在人類活動頻繁的都市棲地中，因此我們推斷該蚯蚓應是由南亞洲遷徙而來。

**Key words:** earthworm, *Amyntas papilio*, Megascolecidae, new record

**關鍵詞：**蚯蚓、蝴蝶遠環蚓、巨蚓科、新紀錄種

Received: April 4, 2003

Accepted: June 2, 2003

收件日期：92年4月4日

接受日期：92年6月2日

## Introduction

Taiwan is an island situated in the subtropical Asia. It has a complex topography, constituting with coastal plains, hills and mountains, of which the latter have elevations of nearly 4,000m. It provides habitats for terrestrial invertebrates in high diversity, such as for butterflies (Emmel and Heppner 1990) and earthworms. However, up to date the earthworm fauna of Taiwan has not been studied in detail; only 24 nominal species were reported prior to 1999 (Goto and Hatai 1898; Kobayashi 1938; Gates 1959; Tsai 1964; Shih *et al.* 1999), and 21 more species of megadrile earthworms since then (Tsai *et al.* 1999; Shen and Tsai 2002; Shen *et al.* 2002; Tsai *et al.* 2000a, 2000b, 2000c, 2002; Chuang and Chen 2003). There was a period of cessation of earthworm investigation in the 1960s to the 1990s (Chen and Shih 1996).

This paper describes a new record of *Amyntas papilio* (Gates, 1930) from Taiwan. This specie was originally described from Burma by Gates (1930), and also reported from the Iriomote Island of Riukiu, Japan by Ohfuchi (1956). In our recent earthworm survey in the northern Taiwan, the specimens of *A. papilio* were collected from the grass fields in the campus of National Taiwan University on 6 May 2000 and of the Hsin-Chu Girl High School on 3 august 2000. The following description is based on two mature specimens fixed with the 10% formalin-water solution and then preserved in the 70% ethyl-alcohol water solution.

### *Amyntas papilio* (Gates, 1930)

*Pheretima papilio* Gates, 1930. Burma. Rec. Ind. Mus. 32: 316; Ohfuchi, 1956. Iriomote

Island, Riukiu, Japan. J. Agr. Sci. Tokyo Nogyo Daikaku 3(2): 243-261; Gates, 1972. Burma. Trans. Amer. Philo. Soc. 62(7): 205-206.

*Amyntas papilio* Sims and Easton, 1972. Bio. J. Linn Soc. 4: 169-268.

### External characters

Total length 40 and 70 mm, clitellum width 2 mm, segment number 117 and 119. Protomium epilobous. Setae 37-41 in VII, 80 in XX, 6-8 between male pores and 11 in XVII. First dorsal pore in 12/13. Clitellum XIV-XVI, length 2 mm, smooth, setae and dorsal pore absent.

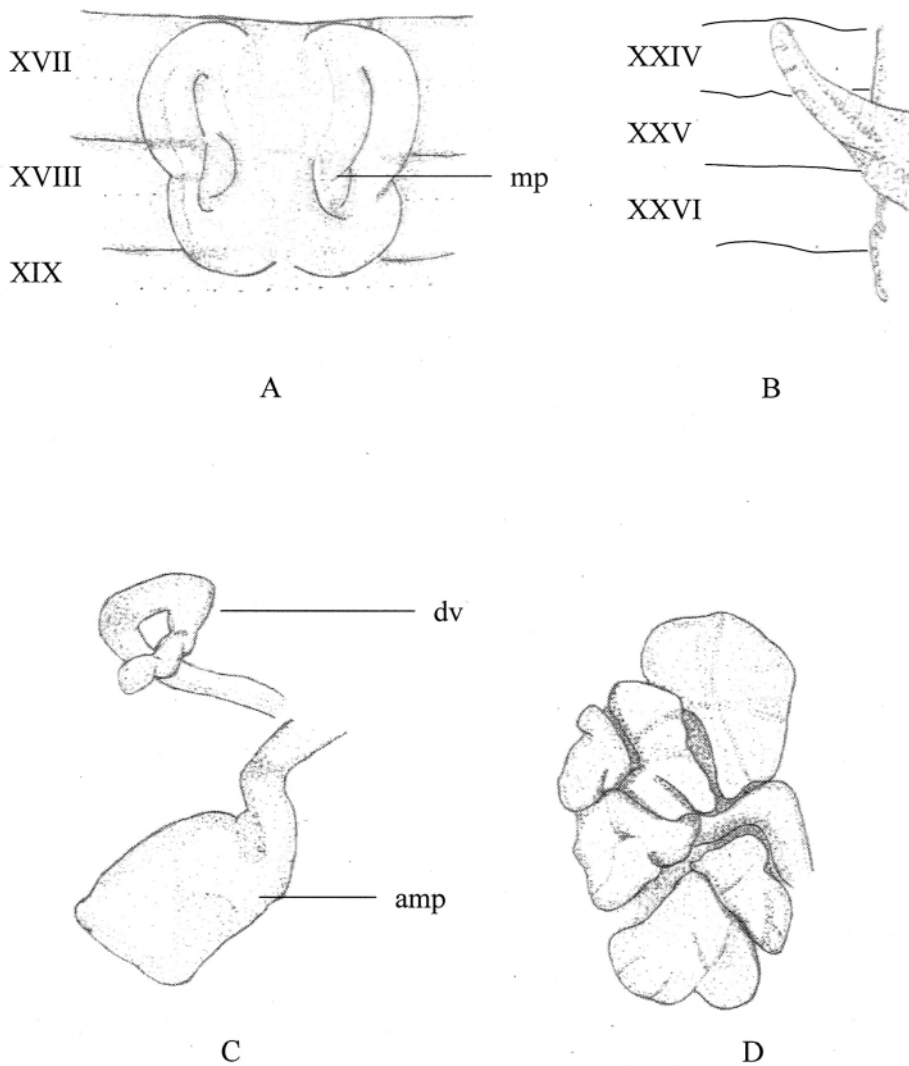
Spermathecal pores one pair in 5/6, ventral, not easily visible, distance between the pores 0.21 body circumference apart. Genital papillae one pair in V, postsetal, anterior to the spermathecal pores, each circular in shape with a slightly convex center. Female pore single, medio-ventral in XIV.

Male pores closely paired ventrally in XVIII, distance between the pores 0.18 body circumference apart. The pore regions with elliptical skin pads like butterfly wings extending from anterior border of XVII to the setal line of XIX. Porophores (papillae with male apertures) located at the posterior end of longitudinal slits of the pads (Fig. 1a).

Preserved specimens white in color with yellowish clitellum.

### Internal characters

Septa 5/6/7 thickened, 8/9/10 absent. Gizzard in IX-X, peach-shape, yellowish white in color. Intestine enlarged from XV. Caeca paired in XXVI, extending two segments anteriorly to XXIV, simple, yellowish, wrinkled on the surface (Fig. 1b).



**Fig. 1.** *Amynthas papilio*: A, male pore region (mp, male opening); B, right caeca; C, left spermathecae (dv, diverticulum; amp, ampulla); D, right prostate gland.

Spermathecae one pair in VI, ampulla oval-shaped, about 1.5 mm long, 0.7 mm wide, and stalk slender, 1.5 mm in length, equivalent to that of ampulla. Diverticulum with a long yellowy striped seminal chamber of 0.7 mm long

and a stalk of about 1.2 mm long (Fig. 1c).

Sperm sac one pair in X, ventral, small, not easily visible. Seminal vesicles two pairs in XI and XII, large, yellowish white, each with a primary ampulla with a cleft of dorsal lobe.

Prostate glands large, in XV-XXI, ducts 2 mm long, L-shaped (Fig. 1d).

### Remarks

*Amyntas papilio* has a single pair of spermathecae in VI and closely ventrally paired male pores with a large elliptical, butterfly-like, skin pads from XVII to XIX. Based on these unique characters, *A. papilio* is easily distinguishable from other megascolecid earthworms in Taiwan.

The characters of *Amyntas papilio*

collected from Taiwan are compared with those described by Gates (1930, 1972) from Burma and those reported by Ohfuchi (1956) from the Riukiu Islands in Table 1. They share similarity in most of the characters. In the original description Gates (1959) mentions that the first dorsal pore of *A. papilio* is in 5/6, but in the review paper of Gates (1972), he corrects it to be in 12/13, similar to the case found in the specimens from Taiwan. Also, *A. papilio* from Burma has a pair of spermathecal pores in 5/6 (Gates 1930, 1972), but that from the Riukiu

**Table 1.** Comparison of the characters of *Amyntas papilio* collected from Taiwan to those from Burma and Riukiu, Japan

Characters	<i>A. papilio</i>	<i>A. papilio</i> (Gates, 1930)	<i>A. papilio</i> (Gates, 1972)	<i>A. papilio</i> (Ohfuchi, 1956)
Location	Taiwan	Burma	Burma	Riukiu
Body length (mm)	40-70	90	60-138	45-51
Number of segments	117-119	87	87-114	95-123
First dorsal pore	12/13	5/6	12/13	-
Prostomium	Epilobous	Epilobous	Epilobous	-
Setae in VII	37-41	-	-	-
X	80	-	60-80	-
XVII	11	-	18-22	-
XVIII	6-8	-	3-14	7-9
Spermathecal pores	1 pairs (5/6)	1 pairs (5/6)	1 pairs (5/6)	1 pairs (6/7)
Number of spermathecae	1 pairs (VI)	1 pairs (VI)	1 pairs (VI)	1 pairs (VII)
Sperm sac	X, XI	XI, XII	X, XI	X, XI
Seminal vesicle	XI, XII	XI, XII	XI, XII	XI, XII
Prostate	XV-XXI, large	XVII-XXI, large	XVI-XXI, large	-
Intestine origin	XV	XV	XV	-
Genital papillae				
Preclitellar	V	-	-	VI
Postclitellar	-	-	-	-
Caeca paired	XXVI- XXIV	XXVI	XXVII-XXIII	XXVII-XXIV

Islands is in 6/7 (Ohfuchi 1956; Kaminhira 1973). Because of the above difference in location of spermathecal pores, Gates (1972) speculates that the specimens of Riukiu (Ohfuchi 1956) may be a different species from *A. papilio* of Burma (Gates 1930). The specimens from Taiwan have the spermathecal pores in 5/6, similar to that from Burma (Gates 1930). As the spermathecal pores are not easily visible externally, Ohfuchi (1956) might err on this character. A further verification on this character for the Riukiu specimens is required to clarify their taxonomic status, whether they are different species from *A. papilio* of Burma as Gates (1972) speculates, or even a new species as we may suspect.

Gates (1932, 1961, 1972) divides *A. papilio* into three subspecies: *A. papilio papilio*, *A. papilio insignis*, and *A. papilio hiulca*. According to the characters of male pores, prostate glands, caeca, and spermathecal pores, the specimens from Taiwan was found to belong to the subspecies *A. papilio papilio*, whose only known locality was Thaton, Burma (Gates 1930). As the Taiwan specimens were collected from the grass fields in the school campus, the human disturbed environments associated with urbanization, we speculate that *A. papilio* is an exotic species introduced recently to Taiwan perhaps with vegetations from the Southeastern Asia.

### Literature Cited

- Chen, J. H., and H. T. Shin. 1996. A preliminary study of earthworms in Fushan Botanical Garden. *Chinese Bioscience* 39: 52-59. (in Chinese)
- Chuang, S. C., and J. H. Chen. 2003. A new recorded earthworm *Amyntas masatacae* (Beddard) from Taiwan. *Acta Zoologica Taiwanica* 13(2): 73-79.
- Emmel, T. C., and J. B. Heppner. 1990. Lepidoptera collecting in Taiwan. *Tropical Lepidoptera* 1(2): 43-52.
- Gates, G. E. 1930. The earthworms of Burma. I. Records of the Indian Museum 32(3): 316.
- Gates, G. E. 1932. The earthworms of Burma. III. The Megascolecin. Records of the Indian Museum 34: 358-549.
- Gates, G. E. 1959. On some earthworms from Taiwan. *American Museum Novitates* 1941: 1-19.
- Gates, G. E. 1961. On some species of the oriental earthworm genus *Pheretima* Kinberg, 1867. *Zoologische mededeelingen /uitgegeven vanwege's Rijksmuseum van Natuurlijke Historie te Leiden* 37: 203-312.
- Gates, G. E. 1972. Burmese earthworms. An introduction to the systematics and biology of megadrile Oligochaetes with special reference to Southeast Asia. *Transactions of the American Philosophical Society* 62 (7): 205-206.
- Goto, S., and S. Hatai. 1898. New or imperfectly known species of earthworm. No. 1. *Annotationes Zoologicae Japonenses* 2: 65-78.
- Kaminhira, K. 1973. Key to the terrestrial earthworm species of the genus *Pheretima* from Japan. *Thesis Research Hakodate University* 7: 53-69.
- Kobayashi, S. 1938. Occurrence of *Perionyx excavatus* E. Perrier in north Formosa. *Science Report of Tohoku Imperial University* 13: 201-203.

- Ohfuchi, S. 1956. On a collection of the terrestrial oligochaeta obtained from the various localities in Riu-Kiu Islands, together with the consideration of their geographical distribution (part 1). The Journal of Agricultural Science Tokyo Nogyo Daigaku 2 (3): 1-212.
- Shen, H. P., and C. F. Tsai. 2002. Earthworm fauna of the Lanyu Island (Botel Tobago). Endemic Species Research 4(2): 1-8.
- Shen, H. P., C. F. Tsai, and S. C. Tsai. 2002. Description of a new earthworm belonging to the genus *Amyntas* (Oligochaeta: Megascolecidae) from Taiwan and its intraspecific variation in relation to elevation. The Raffles Bulletin of Zoology 50(1): 1-8.
- Shih, H. T., H. W. Chang, and J. H. Chen. 1999. A review of the earthworms (Annelida: Oligochaeta) from Taiwan. Zoological Studies 38: 435-442.
- Sims, R. W., and E. G. Easton. 1972. A numerical revision of the earthworm genus *Pheretima* Auct. (Megascolecidae: Oligochaeta) with the recognition of new genera and an appendix on the earthworms collected by the Royal Society North Borneo Expedition. Biological Journal of the Linnean Society 4: 169-268.
- Tsai, C. F. 1964. On some earthworms belonging to the genus *Pheretima* Kinberg collected from Taipei area in north Taiwan. Quarterly Journal of the Taiwan Museum 17: 1-35.
- Tsai, C. F., H. P. Shen, and S. C. Tsai. 1999. On some new species of the pheretimoid earthworms (Oligochaeta: Megascolecidae) from Taiwan. Journal of National Taiwan Museum 52(2): 33-46.
- Tsai, C. F., H. P. Shen, and S. C. Tsai. 2000a. Occurrence of the exotic earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Miller) (Glossoscolecidae: Oligochaeta) in Taiwan. Endemic Species Research 2: 68-73.
- Tsai, C. F., S. C. Tsai, and G. J. Liaw. 2000b. Two new species of protandric pheretimoid earthworms belonging to the genus *Metaphire* (Megascolecidae: Oligochaeta) from Taiwan. Journal of National History 34: 1731-1741.
- Tsai, C. F., H. P. Shen, and S. C. Tsai. 2000c. Native and exotic species of terrestrial earthworm (Oligochaeta) in Taiwan with reference to Northeast Asia. Zoological Studies 39(4): 285-294.
- Tsai, C. F., H. P. Shen, and S. C. Tsai. 2002. A new athecate earthworm of the genus *Amyntas* Kinberg (Megascolecidae: Oligochaeta) from Taiwan with discussion on phylogeny and biogeography of *A. illotus* species-group. Journal of National History 36: 757-765.