

利用糞類固醇激素監測圈養台灣黑熊 的繁殖狀態

Monitoring Reproductive Status of Captive Formosan Black Bears *Ursus thibetanus formosanus* using Fecal Steroid Hormones

楊吉宗¹ 毛嘉洪² 張耿瑞² 何東輯¹ 詹芳澤¹

Chieh-Chung Yang¹, Frank Chiahung Mao², Geng-Ruei Chang²,
Tung-Chi Ho¹ and Feng-Tse Chan¹

¹行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

²國立中興大學獸醫學系 台中市國光路250號

¹ Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

² Department of Veterinary Medicine, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan

摘 要

本研究之目的是監測圈養台灣黑熊(*Ursus thibetanus formosanus*)雌熊糞便中性類固醇代謝物雌二醇(estradiol)及孕酮(progesterone)的變化情形,藉以瞭解其繁殖狀態。經2002-2004年以3隻雌熊連續3年每週採取3次糞便,分批以酵素免疫分析法檢測結果,由雌二醇呈現最高峰期為主且輔以孕酮升高情形,推測認為台灣黑熊繁殖期(不含產期)的範圍是在2-8月,此期間概稱為繁殖季,其間可能只有1次發(動)情期(estrus)而接受交配,初步認為台灣黑熊屬季節性持續發情(seasonally constant estrus),且為單次發情(monoestrus)。另由孕酮檢測的結果,若於發情交配後其濃度仍呈現高峰起伏不定的情況,且未能在交配後約5個月或產前約2個月明顯迅速上昇,或產後未急劇下降,則懷孕及生產可能是異常的。

Abstract

The reproductive status of three female Formosan black bears (*Ursus thibetanus formosanus*) in captivity was monitored three times a week from 2002 to 2004, using fecal steroid metabolites, estradiol and progesterone. The breeding season (not include parturition) was found to be from February to August when estradiol was at peak, and the progesterone concentration was increasing. Apparently, there was a single estrus, the time for receptive mating, presuming that the Formosan black bear is an animal of

seasonally constant estrus and monoestrus. Abnormal pregnancy and birth delivery resulted, when the progesterone concentration fluctuated and did not rapidly increase about five months after mating or two months before parturition, or the concentration did not sharply dropped after the parturition.

關鍵詞：台灣黑熊、糞類固醇激素、單次發情

Key words: *Ursus thibetanus formosanus*, fecal steroid hormones, monoestrus

收件日期：94年5月30日

接受日期：94年11月10日

Received: May 30, 2005

Accepted: November 10, 2005

緒 言

生存於自然棲地的動物，因受食物供應、環境溫度及光照等影響，除熱帶地區外，繁殖形態多為季節性繁殖，其調節的機制主要是受下視丘激性腺素釋放素(hypothalamic releasing hormone; GnRH)及腦垂體激性腺素(pituitary gonadotropin)所影響，這些激素作用於卵巢而分泌性類固醇激素，以控制生殖機能的季節性變化(McDonald 1980)。性類固醇激素的代謝物部分會由糞便排出，糞中與血液中所呈現之濃度具一致性且正相關(Desaulniers *et al.* 1989; Hirata and Mori 1995; Shideler *et al.* 1993)，因糞便容易收集及分析技術可靠，故檢測糞便性類固醇代謝物作為瞭解野生動物繁殖生理狀況被認為是可行的方法(Desaulniers 1989; Wasser *et al.* 1996; Wu *et al.* 1996)。熊亞科黑熊屬之美洲黑熊(*Ursus americanus* Pallas)發情交配多在5-7月(Domico and Newman 1988; Flowerdew 1987; Ford 1981; Foresman and Daniel 1983; Seager and Demorest 1986)、亞洲黑熊(*Ursus thibetanus* Cuvier)在3-8月(孔令祿等 1998; Ford 1981; Seager and Demorest 1986; Wang 1998)或3-12月(Domico and Newman 1988)，

圈養台灣黑熊之發情交配是在3-5月(Yang *et al.* 2005)。發情期間，除了熱帶地區的馬來熊(*Helarctos malayanus*)有報告其繁殖無季節性且一年中有多次發情(polyestrus)(Schwarzenberger *et al.* 2004)及灰熊(*Ursus arctos horribilis*)在同一交配季有2個動情周期(estrus cycle)(Craighead *et al.* 1969)之外，鮮少有相關其他熊隻在繁殖季有多少個發情期的報告。本研究全年以非侵入法收集圈養台灣黑熊的糞便，並檢測雌熊之動情素(estradiol)及孕酮(progesterone)，藉以監測及瞭解發情狀況，並探討其生殖狀況。

材料與方法

本試驗之熊隻共3隻雌熊及2隻雄熊，其編號、年齡及配對時間如表1。於繁殖季將雌熊A號與雄熊A號配對，其間每年均有發生交配，於交配後無後續互動行為時再予隔離；雌熊B號與雄熊B號配對，3年間均未見有明顯的交配駕乘行為，同樣於無互動行為後予以隔離；雌熊C號未配對。糞便之收集以非侵入法每週採取3次為原則，採集時選擇較新鮮之糞堆，並避開硬塊狀殘留物，收集約20-25g暫存於-20°C，再參考陳(1994)的模式以醇

表1. 試驗熊隻資料

Table 1. Data of the experimental bears

Assigned code	Ages (years)	Duration of paired time		
		2002	2003	2004
Female A	11	3/6-5/10	2/7-5/12	2/10-4/28
Male A	15			
Female B	9	4/24-9/11	4/8-10/8	2/10-6/4
Male B	unknown			
Female C	unknown	un-paired		

素免疫分析法分析之。處理時將糞材解凍後稍加捏搓混合，再取其中1g，加入3 ml分析緩衝液，震盪混合 10 min，100°C 加熱 10 min，再震盪混合20 min，以3,500 rpm離心 30 min後抽取上清液，再以黏附液稀釋抗體，並以每孔100 μ l 加入96孔免疫微滴盤中，於4°C下隔夜處理；使用前以清洗液清洗4次後甩乾微滴盤，每孔以200 μ l 分析液保存；使用前以清洗液清洗4次，每孔先加入50 μ l 分析液使抗體保持黏附方向；加入50 μ l 標準液或經稀釋的待測樣品於4°C、30 min，再加入酵素免疫結合體 50 μ l，於室溫下競爭2 hr；沖洗8次，並甩乾微滴盤；加入100 μ l的新鮮TMB受質，室溫下呈色反應10-15 min；以50 μ l硫酸中止呈色；用酵素免疫判讀機450 nm與600 nm兩波長判讀。使用之抗體及酵素免疫結合體取自中興大學獸醫學系生理實驗室，標準液為購得 (Sigma，編號P9776)。3隻雌熊所測得結果以每3個樣本資料繪其移動平均趨勢，其中雌熊A號因懷孕生產未進食之故，在2002年10月19日至11月11日、2003年9月7日至12日及2004年11月21日至12月1日因無排遺可資收集分析，故圖有顯示中斷者。

結果與討論

雌熊糞便中雌二醇在2002-2004年檢測結果的移動平均趨勢線如圖1，月平均濃度如表2。雌熊A號2002、2003及2004年的最高峰分別出現在5月(17.00 ng/g)、2月(18.96 ng/g)及3月(6.02 ng/g)，分布在2-5月間；雌熊B號依序3年的最高峰期在6月(31.70 ng/g)、5月(28.32 ng/g)及2月(4.99 ng/g)，分布在2-6月間；雌熊C號各年的最高峰期在7月(17.66 ng/g)、4月(10.24 ng/g)及4月(7.76 ng/g)，分布在4-7月。由表2顯示同一月份不同樣本間有的變異很大，其原因認為是激素分泌的調節受許多尚未清楚的機制所影響，體液中的代謝物和其他激素的濃度，以及垂體前葉分泌激濾泡素(FSH)和黃體生成素(LH)的比例所引起之回饋機制等都有影響(McDonald 1980)。本試驗檢測糞便即檢測其體液，體液成分的濃度可能是直接影響其變異的主因。且本研究並未檢測FSH和LH，其不同比例可能引起的影響也未明。3隻雌熊的雌二醇濃度不一，有可能與個體間的差異有關。除前述原因之外，神經傳導(末梢神經及下視丘至腦垂體)及遺傳也都有可能影響(McDonald 1980)。

雌熊A號2002、2003及2004年分別在5月、4月及3月均發生交配並受孕，其中2002及2004年發生交配時適逢在雌二醇的最高峰期(如圖1及表2)。雌二醇的含量通常是代表動情素(estrogen)的活性，它可作用於中樞神經而誘導雌性動物的發情(Callard and Pasmanik 1987)，其濃度的高峰期可能就是發(動)情期(或接受交配期)。但其中2003年發生交配並非在雌二醇最高峰期，而是在4月(如表2及圖1A)，其原因Yang *et al.* (2005)已另就交配前後約2個月內縮小尺度探究其行為與性內分泌素的關係，推測可能只要在雌二醇升高持續時間之內，若有孕酮適當濃度的配合，雌熊即可接受交配。Schwarzenberger *et al.* (2004)研究馬來熊的糞中雌二醇前驅物雄性素(androgen)也發現發情期並不一定與雄性素的上升一致。至於所謂雌二醇升高持續時間，該雌熊A號2003年2月的最高峰之後逐漸下降，4月尚在下降階段(如表2)，尚未到相對的低濃度，故認為可能持續發情的期間。另外，雌熊B號可能因右後腳截肢而不利於被駕乘，致所錄之影像身軀蹲下而未能清楚分辨是否交配，該熊隻在試驗的3年間均未受孕。

但由其雌二醇之最高峰期分布是在4-6月，故而認為4-6月間均可能有發情。雌熊C號未與雄熊配對，其雌二醇在4-7月之間就各該年度來講有相對的提高。綜合2002-2004年3隻雌熊之雌二醇之最高峰期分布範圍為2-7月，其間未如Schwarzenberger *et al.* (2004)報告中有關馬來熊的情形，其動情素先驅物雄性素一年之中有多次明顯高峰，且由其圖顯示高峰之間有明顯間隔，間隔時間並沒有等距，發情期有2-4次不等，故認為馬來熊是多次發情，且發生的時間並沒有季節性，故報告稱之為非季節性繁殖者(nonseasonal breeder)，他等亦同時指稱這些發現與北半球的其他熊種(美洲及亞洲黑熊、棕熊、北極熊、懶熊及大貓熊)不一樣。本研究所顯示台灣黑熊雌二醇的最高峰期在2-7月，若就前述雌熊A號於2003年之交配是在雌二醇最高峰之後的次一月，也就是最高峰的次一月因雌二醇雖持續下跌中未達低點而仍可能發生交配時，則可能交配的繁殖期的範圍似可延伸為2-8月。此時期，似也可稱為台灣黑熊的繁殖交配期(不含產期)，在這期間的任一時段，均可能發情。除外之其他月份(9月至翌年1月)因未有相

表2. 台灣黑熊2002-2004年雌熊A號、B號及C號糞中雌二醇每月平均濃度(平均值±標準差 ng/g)表
Table 2. Average monthly concentrations (mean ± SD ng/g) of fecal estradiol of the three female Formosan black bears (A, B and C) for 2002 to 2004

Month	A			B			C		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
January	11.35±9.65	8.21±6.18	1.79±1.43	21.07±7.30	12.25±8.71	4.35±5.05	14.30±8.32	4.25±6.05	1.12±1.68
February	12.08±6.85	18.96±13.48	1.61±1.09	20.15±10.74	14.20±4.60	4.99±3.92	10.26±3.37	6.83±4.29	0.48±0.77
March	6.39±3.63	12.56±7.53	6.02±9.73	18.74±5.81	13.48±12.08	1.47±1.30	8.18±2.95	0.43±0.51	2.39±2.93
April	8.88±4.47	4.63±5.41	1.18±2.23	28.21±15.13	9.24±7.02	2.74±3.64	7.23±5.03	10.34±6.13	7.76±5.23
May	17.00±7.57	2.10±2.01	2.50±1.29	17.81±8.46	28.32±32.51	3.91±2.80	8.80±3.34	7.22±4.58	0.87±0.94
June	7.83±4.60	4.98±3.01	1.75±1.23	31.70±31.86	9.75±3.04	3.29±2.80	7.18±5.89	7.78±7.52	1.07±0.64
July	7.40±4.58	1.06±2.58	0.91±1.14	23.40±11.05	4.75±5.36	4.37±4.99	17.66±14.90	1.20±2.01	2.79±8.10
August	1.46±1.40	0.04±0.65	0.03±0.04	7.75±5.59	2.64±5.46	1.93±2.93	9.24±4.26	2.06±5.57	4.08±8.64
September	7.47±11.09	0.80±1.53	0.03±0.05	7.40±4.61	4.21±5.40	0.01±0.01	6.93±5.40	1.88±1.92	0.02±0.03
October	12.31±6.48	0.56±0.56	0.01±0.01	6.25±3.42	3.62±5.09	0.11±0.00	5.23±3.84	0.86±1.07	0.01±0.00
November	3.43±3.49	1.83±2.30	2.49±6.02	2.48±1.62	0.78±1.66	1.68±3.64	1.39±1.30	1.01±0.00	1.23±2.74
December	1.34±1.78	1.10±1.79	1.65±4.33	1.90±1.91	2.49±4.18	2.67±1.08	5.95±3.07	2.00±3.71	0.01±0.00

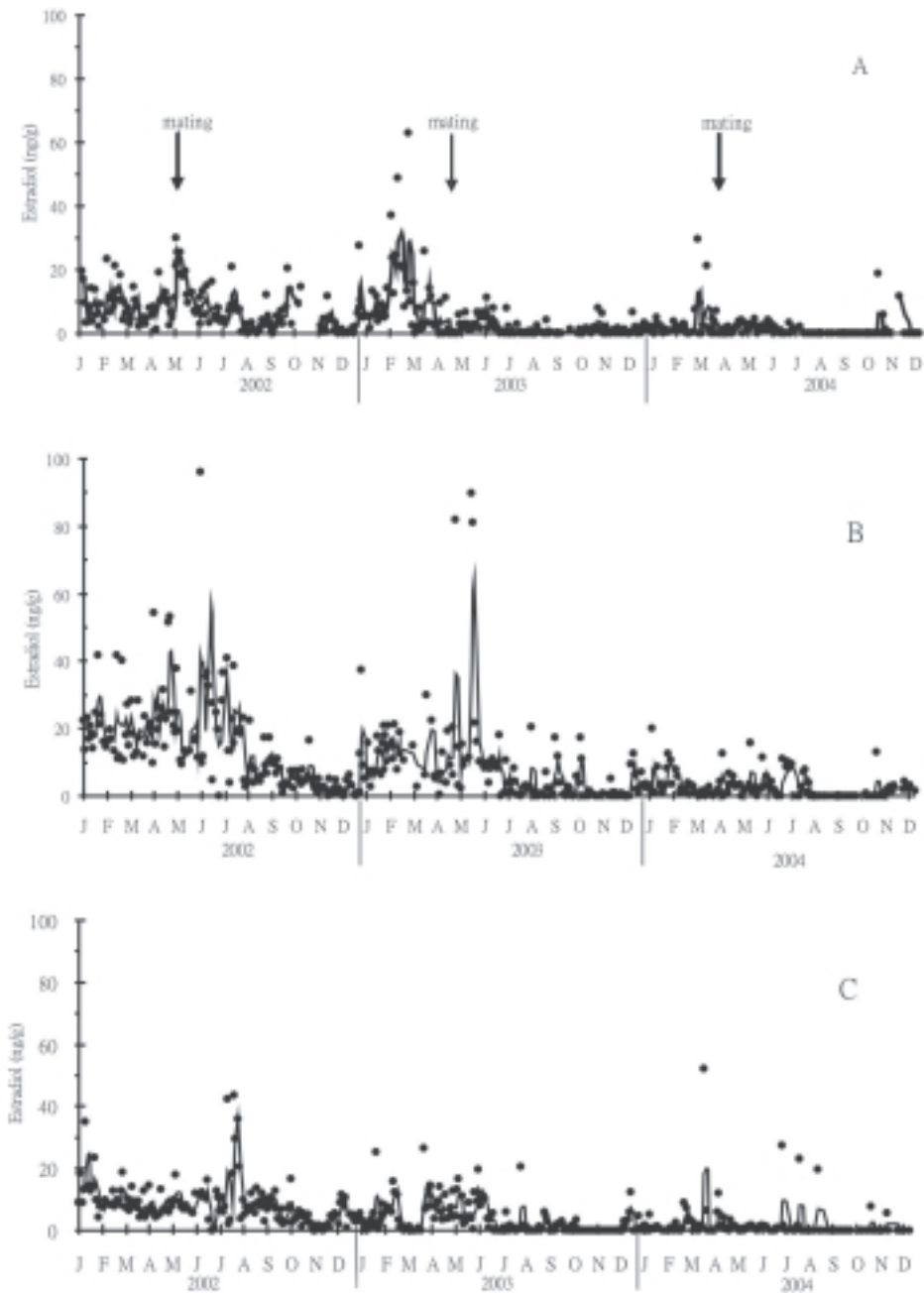


圖1. 台灣黑熊2002-2004年雌熊A號、雌熊B號及雌熊C號的糞雌二醇濃度及以3個樣本之移動平均的變化情形。

Fig. 1. The measured concentrations (solid circles) and the 3-measurement moving averages (solid lines) of fecal estradiol concentrations of three female Formosan black bears (A, B and C), January 2002 to 2004.

對的明顯高峰出現，故發情的可能性也相對降低，甚或可稱這段時間為乏情期(anestrus)。另由圖1的移動趨勢線觀之，雌二醇的上升都在2-8月之內，且在上升的時段中有一段顯得比較高的峰期，而此比較高的峰期未有多次出現，故推測牠的繁殖期是持續性的。在持續的時段中顯得比較高的峰期只有一個，此可能就是發情期，因而推測可能為單次發情。雌犬一年中通常有1-3個繁殖季，每個繁殖季僅有1個發情期，稱之為季節性地單次發情(seasonally monoestrus)，但為利於在春天哺育幼犬，多數在冬末生產(McDonald 1980)。另Smith and McDonald (1974)亦把動情前期(proestrus)與發情期通稱之為「發情」，並稱犬在繁殖季的期間只有1個動情周期。另Erickson *et al.* (1964)則報告指稱美洲黑熊呈季節性持續發情(seasonally constant estrus)。因台灣黑熊原棲地是在海拔1,000m以上，為了適應環境及仔熊的哺育，懷疑是否如同犬一樣演化成在繁殖季只有1次發情？因而，若把圖1之3隻雌熊各年2-8月雌二醇上升的期間視同Ericson *et al.* (1964)所稱美洲黑熊的持續發情，則本研究在2-8月的範圍內，雖其持續的時間長短各有不同，但在持續時間內大都僅有一個比較高的峰期，其間並沒有間隔性地降至低點後再回到約相等的高峰，故綜合歸納初步認為台灣黑熊為季節性持續發情且為單次發情。孔令祿等(1998)曾報告亞洲黑熊在一個動情周期分為發情前期、發情期、發情後期及休情期，其發情期持續3-5天之間最多可出現3次高潮期(接受交配)，其所稱的高潮期並非本文所指的發情期，對有多少個發情期並未加以敘述，故與本文所稱的單次發情並未發現有相互矛盾之處。

糞孕酮部分，在2002-2004年檢測結果的平均移動趨勢如圖2，月平均濃度如表3。就個別熊隻而言，雌熊A號在2002-2004各年依序在5、4、3月分別有交配行為，並在同年9-

12月間陸續有分娩。其交配時即為發情期，孕酮的濃度在當時均有較升高的現象(如表3)，但2002年5月及2003年4月發生交配並非在當年的最高峰期。此時孕酮的上升，是卵巢功能的生理現象，其與雌二醇的協同作用可促使雌熊接受性的行為(McDonald 1980; Yang *et al.* 2005)，結果顯示孕酮並非一定要在最高峰才能協同雌二醇促使雌熊接受性行為。至於孕酮與懷孕的關係，孕酮比雌二醇較能提供正確的懷孕診斷(Monfort *et al.* 1993)。通常熊隻在交配後胚胎延遲著床約5-6個月之久(Wimsatt 1963; Tsubota *et al.* 1991; Yang *et al.* 2003)，其間黃體是靜止的(Renfree and Calaby 1981)，因此在交配後5-6個月間孕酮是維持在低量的狀態，俟胚胎著床時，孕酮激增(Palme *et al.* 1988; Sato *et al.* 2000; Tsubota *et al.* 1987)，並於產後激降(Hellgren *et al.* 1991; Tsubota *et al.* 1987)。雌熊A號2002年於5月交配，孕酮依前述情形應在10月上升，但其卻在9月即上升，並於11月4日生產，產後孕酮沒有激降而持續維持在高濃度的狀態(如表3及圖2)；2003年於4月交配，孕酮在9月正常上升，10月3日生產之後逐漸下降，同年5、6月仍呈現在高濃度狀態(同表3及圖2)。2002及2003年分別於交配後184天及172天生產，其懷孕期與台灣黑熊懷孕225天(Yang *et al.* 2003)比較，似呈早產現象，該兩次胎兒出生時(或不久)即死亡。一般發生早產的原因很多，包括有緊迫、不當增重、懷孕次數多(龔建華 1992; Gravett 1984)以及於懷孕初期高增重或懷孕後期低增重(Schieve *et al.* 1999; Schieve *et al.* 2000)等均有可能提高早產的風險。野外熊隻多在入洞休眠前暨懷孕後期才獲取更富營養的食物並增重(Hiss 1997; Schooley *et al.* 1994)，而本研究在這兩年於懷孕初期即給予營養濃度較高的食物(蛋白質含11%改為含17%)，並依食慾給予較多的食物量(每週約增10-20%)，可能因此造成懷孕初期增重有關(作

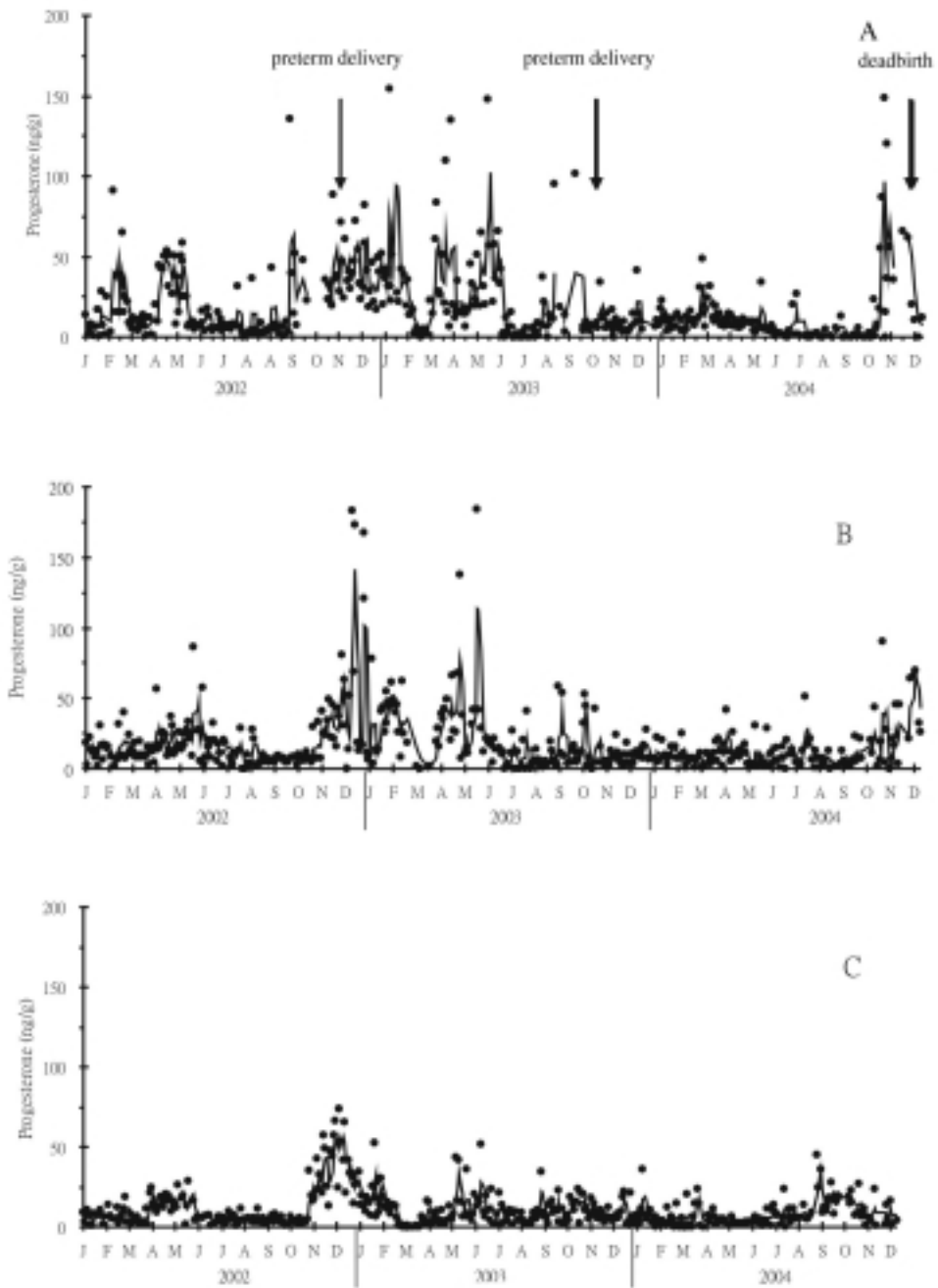


圖2. 台灣黑熊2002-2004年雌熊A號、雌熊B號及雌熊C號的糞孕酮濃度及以3個樣本之移動平均的變化情形。

Fig. 2. The measured concentrations (solid circles) and the 3-measurement moving averages (solid lines) of fecal progesterone concentrations of three female Formosan black bears (A, B and C), January 2002 to 2004.

表3. 台灣黑熊2002-2004年雌熊A號、B號及C號糞孕酮每月平均濃度(平均值±標準差 ng/g)表

Table 3. Average monthly concentrations (mean±SD ng/g) of fecal progesterone of the three female Formosan black bears (A, B and C) for 2002 to 2004

Month	A			B			C		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
January	9.45±9.03	39.58±17.38	11.58±6.23	13.92±7.82	42.25±47.00	11.25±7.46	6.22±3.53	21.37±12.10	8.43±9.54
February	30.05±27.68	56.59±58.09	8.40±3.51	14.51±11.46	39.99±16.10	9.64±7.04	8.46±4.96	15.87±8.09	4.18±3.75
March	8.00±4.56	7.64±7.30	19.59±12.38	11.87±4.94	1.28±0.80	6.02±3.66	4.43±2.99	0.43±0.51	4.09±6.46
April	36.10±16.20	45.13±40.97	11.90±3.96	21.38±14.04	34.43±15.54	14.44±10.96	15.93±6.79	6.61±5.14	8.67±6.94
May	23.50±18.45	23.69±12.63	8.13±2.45	27.60±19.72	73.92±54.37	10.27±8.54	16.50±7.09	14.83±14.34	3.06±1.54
June	9.16±5.10	52.80±35.48	6.18±8.69	16.08±15.14	17.45±6.69	7.30±7.56	4.83±2.31	15.10±12.73	3.29±1.52
July	7.68±7.61	3.51±4.85	5.60±9.62	9.98±9.10	7.90±8.43	13.55±13.69	4.57±2.66	8.82±7.14	7.37±7.21
August	6.06±7.13	8.33±10.80	1.38±1.45	8.10±7.29	7.04±10.68	9.67±6.54	5.43±6.28	4.51±3.08	6.84±4.01
September	22.23±18.42	25.73±14.33	2.52±4.34	6.72±1.44	16.02±19.46	4.13±3.66	4.61±2.00	11.17±8.06	18.14±13.25
October	29.03±20.05	17.56±11.66	3.61±6.54	9.31±6.30	17.68±17.92	46.35±12.60	3.44±1.59	10.92±7.81	18.29±5.57
November	36.05±20.83	10.42±8.21	57.35±47.90	30.73±12.52	8.51±6.50	19.07±25.13	30.85±14.33	11.58±5.56	10.16±8.14
December	43.77±16.04	9.97±10.26	28.55±28.20	56.46±59.49	8.10±5.14	46.46±20.32	43.89±18.49	8.63±5.81	6.12±6.21

者，未發表)。雌熊A號的孕酮在2002及2003年早產之前的1、2個月略有上升，但不甚明顯，產前及產後的變化起伏不定而與正常的情況不同，推測此異常的變化可能與早產有某種關係存在。另2004年是在3月交配，隔了8個月的11月孕酮才上升(如表3及圖2)，其產前的變化與正常的情況相類似，沒有發生早產，但卻於懷孕252天後的12月1日死產，原因不明。以上雌熊A號3年孕酮的變化與一般的狀況有異，其懷孕及生產也發生異常，故由孕酮的變化似可利用來偵測或預估可能的繁殖狀態。

雌熊B號的孕酮由各年的相對值來看(如表3)，2002年在4-6月的濃度較高，與雌熊A號的情況類似，可能是卵巢於發情期配合雌二醇產生協同作用的一種現象。之後，於11、12月間激增約近2-3倍，其間與發情相隔約5個月，與正常懷孕產生變化的時間相似。前已述雌熊B號與雄熊未知是否有交配，但不管是否有生殖器的直接接觸，其孕酮於發情後約5個月有升高現象，但最後該熊並未生

產，推測可能發生假懷孕，且其並無其他外表徵狀，僅發現內分泌有發生變化，故屬於隱性假懷孕(covert pseudopregnancy)(McDonald 1980)。若該假懷孕的推測成立，則因前述已知其未見駕乘的交配行為，故其有自發排卵(spontaneous ovulation)的可能性存在。2003年1、2月延續前一年(2002年)的高峰而逐漸下降，4、5月時又再上升，之後則未見如前一年(2002年)之假懷孕而呈現上升的現象；2004年則在10-12月有上升，其他月份並無上升。雌熊C號與雌熊B號孕酮的消長情形很類似(如圖2及表3)，只是高峰顯現的程度不同，月份亦有點差別，可能是個體的差異所致。綜合2002-2004年3隻雌熊孕酮的變化情形，其高峰期的分布概可分為兩個範圍，一為2-7月間，屬發情交配階段，一個是9月至翌年1月，屬於胚胎著床、真假懷孕及分娩階段。2-7月發情交配期孕酮的上升與雌二醇有同步的趨勢，可視為發情季節與促進性器官發育及接受駕乘有關。9月至翌年1月孕酮高低則與懷孕狀況有密切的關係。

謝 誌

感謝特有生物研究保育中心低海拔試驗站黃朝卿、程忠智、胡景瀚及林壯威等同仁鼎力支持及協助，特別是詹文輝的盡心盡力，才使位於偏遠地區的熊隻飼養管理及樣品的採集得以順利進行，有了您們，本文方能完成。

引用文獻

- 孔令祿、蘭岷劍、楊世奎、楊智勇、鄭穎紅、湯純香、周小平。1998。家養黑熊的繁殖行爲。獸類學報 18(2) : 150-151。
- 陳婷婷。1994。性類固醇激素免疫分析方法的建立與應用。國立中興大學獸醫學研究所碩士論文。
- 龔建華。1992。早產有關因素的研究。中華婦產科雜誌 27(1) : 22-24。
- Callard, G. V. and M. Pasmanik. 1987. The role of estrone as a parahormone in brain and pituitary. *Steroids* 50 (4-6): 475-490.
- Craighead, J. J., M. G. Homocker and J. C. Craighead Jr. 1969. Reproductive biology of young female grizzly bears. *Journal of Reproduction and Fertility* 6: 447-475.
- Desaulniers, D. M. 1989. Measurements of reproductive hormones in body fluids. *AgBiotech News and Information* 1: 505-510.
- Desaulniers, D. M., A. K. Goff, K. J. Betteridge, J. Rowell and P. F. Flood. 1989. Reproduction hormone concentrations in faeces during the oestrous cycle and pregnancy in cattle (*Bos taurus*) and muskoxen (*Ovivos moschatus*). *Canadian Journal of Zoology* 67: 1148-1154.
- Domico, T. and M. Newman. 1988. Bears of the world. Facts on file.
- Erickson, A. W., J. E. Nellor and G. A. Petrides. 1964. The black bear in Michigan, Part 1. *Research Bulletin- Michigan State University Agricultural Experiment Station* 4: 1-45.
- Flowerdew, J. R. 1987. *Mammals: Their reproductive biology and population ecology*. Edward Arnold, Great Britain.
- Ford, B. 1981. *Black bear- the spirit of the wilderness*. Houghton Mifflin Company, Boston.
- Foresman, K. and J. C. Daniel Jr. 1983. Plasma progesterone concentration in pregnant and non-pregnant black bears (*Ursus americanus*). *Journal of Reproduction and Fertility* 68: 235-239.
- Gravett, M. G. 1984. Causes of preterm delivery. *Seminars in perinatology* 8(4): 246-257.
- Hellgren, E. C., M. R. Vaughan, F. C. Gwazdauskas, B. Williams, P. F. Scanlon and R. L. Kirkpatrick. 1991. Endocrine and electrophoretic profiles during pregnancy and nonpregnancy in captive female black bears. *Canadian Journal of Zoology* 69: 892-898.
- Hissa, R. 1997. Physiology of the European brown (*Ursus atctos atctos*). *Annales Zoologici Fennici* 34: 267-287.
- Hirata, S. and Y. Mori. 1995. Monitoring reproductive status by fecal progesterone analysis in ruminants. *The Journal of Veterinary Medical Science* 57: 845-850.
- Hunt, J. P. and V. León. 1995. *Bears*. Silver Burdett Press. USA.
- McDonald, L. E. 1980. *Veterinary endocrinology and reproduction*. Lea and Febiger,

- Philadelphia.
- Monfort, S. L., C. C. Schwartz and S. K. Charles. 1993. Monitoring reproduction in captive moose using urinary and fecal steroid metabolites. *Journal of Wildlife Management*. Bethesda: Apr. 57(2): 400.
- Palmer, S. S., R. A. Nelson, M. A. Ramsay, I. Stirling and J. M. Bahr. 1988. Annual changes in serum sex steroids in male and female black (*Ursus americanus*) and polar (*Ursus maritimus*) bears. *Biology of Reproduction* 38: 1044-1050.
- Renfree, M. A. and J. H. Calaby. 1981. Background to delayed implantation and embryonic diapause. *Journal of reproduction & Fertility*. Supplement 29: 1-9.
- Sato, M., T. Tsubota, K. Yamamoto, Y. Hashimoto, A. Katayama, T. Hazumi, I. Kita and T. Kudo. 2000. Serum progesterone and estradiol-17 beta concentrations in captive and free ranging adult female Japanese black bears (*Ursus thibetanus japonicus*). *The Journal of Veterinary Medical Science* 62 (4): 415-420.
- Schieve, L. A., M. F. Cogawell and F. S. Scanlon. 1999. Maternal weight gain and preterm delivery effects by body mass index. *Epidemiology* 10: 141-147.
- Schieve, L. A., M. E. Cogswell, K. S. Scanlon, G. Perry and C. Ferre. 2000. Prepregnancy body mass index and pregnancy weight gain: Associations with preterm delivery. *Obstetrics & Gynecology* 96(2): 194-200.
- Schooley, R. L., C. R. McLaughlin, G. J. Matula Jr. and W. B. Krohn. 1994. Denning chronology of female black bears: Effects of food, weather, and reproduction. *Journal of Mammalogy* 75(2): 466-477.
- Schwarzenberger, F., G. Fredriksson, K. Schaller and L. Kolter. 2004. Fecal steroid analysis for monitoring reproduction in the sun bear (*Helarctos malayanus*). *Theriogenology* 62: 1677-1692.
- Seager, S. W. J. and C. N. Demorest. 1986. Reproduction in captive wild carnivores. pp. 852-869. *In*: Fowler, I. and E. Murray (eds.). *Zoo & Wild Animal Medicine*. W. B. Saunders Company. Philadelphia.
- Shideler, S. E., A. M. Ortuno, F. M. Moran, E. A. Moorman and E. L. Lasley. 1993. Simple extraction and enzyme immunoassays for estrogen and progesterone metabolites in the feces of *Macaca fascicularis* during non-conceptive and conceptive ovarian cycles. *Biology of Reproduction* 48: 1290-1298.
- Smith, M. S. and L. E. McDonald. 1974. Serum levels of luteinizing hormone and progesterone during the estrous cycle, pseudopregnancy, and pregnancy in the dog. *Endocrinology* 94: 404-412.
- Tsubota, T., Y. Takahashi and H. Kanagawa. 1987. Changes in serum progesterone levels and growth of fetuses in Hokkaido brown bears. pp. 335-358. *In*: P. Zager (ed.). *Bears- their biology and management*. International Conference on Bear Research and Management, Williamsburg, Virginia.
- Tsubota, T., Y. Takahashi, H. Kanagawa and K. Gohda. 1991. Embryo recovery during delayed implantation in the Hokkaido brown bear, *Ursus arctos yesoensis*. *The Journal of Veterinary Medical Science* 53(1): 141-142.

- Wang, S. 1998. China red data book of endangered animals. Science Press. Beijing.
- Wasser, S. K., S. Papageroge, C. Foley and J. L. Brown. 1996. Excretory fate of estradiol and progesterone in the African elephant (*Loxodonta africana*) and patterns of fecal steroid concentrations throughout the estrous cycle. *General and Comparative Endocrinology* 102 (2): 255-262.
- Wimsatt, W. A. 1963. Delayed implantation in the Ursidae, with particular reference to the black bear (*Ursus americanus Pallas*). pp. 49-76. *In*: A. C. Enders (ed.). *Delayed Implantation*. University of Chicago. Chicago, IL.
- Wu, L. S., C. J. Yang and J. H. Lin. 1996. Animal reproduction and fecal sex steroids. *Journal Biomedical Laboratory Science* 8: 103-110.
- Yang, C. C., F. C. Mao, F. T. Chan and T. C. Ho. 2003. Reproduction Behavior and characters of the Formosan black bear in captivity. *Endemic Species Research* 5(1): 1-13.
- Yang, C. C., W. H. Chan and F. H. Hsu. 2005. Breeding behavior of the Formosan black bear (*Ursus thibetanus*) in captivity. *Endemic Species Research* 7(1): 1-11.

大坑蝴蝶生態教育區蝶相調查研究

The Butterfly Fauna of the Dakeng Butterfly Education Area

李大維

Dah-Wei Li

中台科技大學通識教育中心 台中市北屯區廂子巷11號

Center of General Education, Central Taiwan University of Science and Technology, Taichung, Taiwan

摘要

本研究調查台中市大坑蝴蝶生態教育區之蝶相，提供日後蝶類研究、經營管理及賞蝶活動之參考。在2004年1月至12月間，每月1次於晴天9時至11時間以穿越線調查法記錄蝴蝶之種類及數量。研究期間完成12次有效調查，共記錄5科、106種、1,091隻次蝴蝶，其中台灣鳳蝶*Papilio taiwanus* Rothschild及埔里三線蝶*Neptis taiwana* Fruhstorfer為台灣特有種。各科之種類數以蛺蝶科的46種最多；記錄隻次亦以蛺蝶科的330隻次最多。各月份以6、7、8月所記錄之種類數最多，分別為55、51、52種，而以2月份的13種最少；記錄隻次以6月份的145隻次最多，1月份的37隻次最少；Shannon-Wiener多樣性指數以6月份的3.8最高，2月份的2.1最低。蜜源植物含人為栽植及自生者共記錄12科24種，其中以馬鞭草科有6種最多。大坑蝴蝶生態教育區位於植被豐富的頭寮山區，未來宜妥善規劃並進行棲地經營，使其在遊憩、教育之外亦能發揮蝴蝶資源保育之功能。

Abstract

Butterflies were identified and counted monthly along 12 transects at the Dakeng Butterfly Education Area, Taichung, Taiwan, January to December 2004. A total of five families, 106 species, and 1,091 individuals were recorded. Of them there were two endemic species, *Papilio taiwanus* Rothschild and *Neptis taiwana* Fruhstorfer. Nymphalidae was the most dominant family with 46 species and 330 individuals recorded. The summer months of June to August had the highest number in species, respectively, with 55, 51, 52 species observed, while the winter month of February had the lowest number of 13 species. The peak abundance was in the month of June with 145 individual butterflies recorded, while the month of January was at the ebb of only 37 individuals. Species diversity measured

with the Shannon-Wiener index was the highest at 3.8 in June and the lowest at 2.1 in February. There were 24 species in 12 families of nectar plants, for which Verbenaceae was most dominant with six species. The Dakeng Butterfly Education Area was located in Toukoshan in the City of Taichung, and covered with natural vegetations. If a proper habitat management of the area would be implemented, it would be useful not only for the educational purpose, but also for butterfly conservation.

關鍵詞：蝶相、大坑、教育、蜜源植物

Key words : butterfly fauna , Dakeng , education , nectar plants

收件日期：94年5月2日

接受日期：94年10月20日

Received: May 2, 2005

Accepted: October 20, 2005

緒 言

台灣由於複雜的地形、氣候及地史而造成高度生物多樣性，以蝴蝶而言約有400種，且其中約1/10為特有種(徐 2001)。過去國人對蝴蝶的認識多來自書籍、影片或博物館中陳列的標本，近年來環境教育、生態旅遊日益風行，具有觀賞及教育價值的蝴蝶亦成為新興生態產業中之一員。台灣各地的公、私立單位陸續成立了各種以展示蝴蝶活體為主的蝴蝶園(Butterfly Garden)、蝴蝶牧場(Butterfly Farm)等，其型態基本上可分為「封閉式」及「開放式」二類。封閉式係將飼育而羽化之蝴蝶圈養於溫室或網室中以供觀賞，由於氣候上的差異，溫室型蝴蝶園多見於溫帶國度，而網室型則較適用於熱帶、亞熱帶地區，台灣各地常見的封閉式蝴蝶園多屬網室型(李及王 1999；吳 2003)，如南投集集特有生物研究保育中心蝴蝶園、埔里木生昆蟲館蝴蝶園等。

開放式蝴蝶園係於開放的空間中營造適合蝴蝶生存的棲地，展示本地蝴蝶。其特性

為蝴蝶在無障礙阻隔下選擇其偏好的環境棲息，並自行維持族群延續(Morton 1991；陳等 1995)，如台北市立動物園的蝴蝶公園及陽明山國家公園的蝴蝶花廊均屬此類。就積極面而言，蝴蝶園或蝴蝶牧場的設置可以妥善的經營現有的棲地，或復育已遭破壞的棲地而增加蝴蝶的生存機會；此外亦可在法令允許下以人工繁殖技術來復育稀有或保育類蝶種，因而能實質發揮蝴蝶資源保育之功能(The Xerces Society 1990；吳 2003)。

本研究以台中市政府於2002年成立之大坑蝴蝶生態教育區為研究區，調查蝴蝶之種類、數量及季節變化。研究結果除可瞭解大坑地區之蝴蝶資源現況，亦據以建立研究區之蝴蝶資料庫，做為日後環境教育、經營管理及保育監測之參考。

材料與方法

一、研究區描述

大坑風景區位於台中市北屯區的東北隅，屬於台中盆地中段東側的山地丘陵系

統，海拔最高處為台中市與台中縣新社鄉交界的頭嵙山(859m)(台中市政府 2003)。頭嵙山系之地質屬於頭嵙山層，地形陡峭、易崩塌而不利於人為開發，因而大部分天然植群仍未遭破壞，是台中市境內自然度最高的地域(廖等 1987；陳 2001)。大坑蝴蝶生態教育區即位於頭嵙山西側山麓之中正露營區旁，海拔約460m。園區採開放式規劃，栽植多種低海拔山區之蝶類寄主植物及蜜源植物以吸引蝴蝶前來棲息，並設有解說牌、參觀步道及涼亭；毗鄰之中正露營區則有停車場、浴廁等公共設施。

大坑蝴蝶生態教育區之植被原屬亞熱帶闊葉林之楠櫨林型，以樟科(Lauraceae)及殼斗科(Fagaceae)為主(彭等 1995)。歷經早年的農林開墾及露營區之闢建，原始完整林型已消失，目前在園區的前段因較靠近露營區，所見者多為造林樹種及觀賞花木，如樟樹 *Cinnamomum camphora* (L.) Ness & Eberm.、相思樹 *Acacia confusa* Merr.、艷紫荊 *Bauhinia x blakeana* Dunn、台灣欒樹 *Koelreuteria henryi* Dummer、欖仁 *Terminalis catappa* L.等。園區後段有小面積闊葉林，以樟樹、香楠 *Machilus zuihoensis* Hay.及白匏子 *Mallotus paniculatus* (Lam.) Muell.-Arg.、血桐 *Macaranga tanarius* (L.) Muell.-Arg.、山黃麻 *Trema orientalis* (L.) Bl.等演替初期樹種為主，並殘留早年栽植之

廣東油桐 *Aleurites montana* E. H. Wilson、龍眼 *Euphoria longana* Lam.、柚 *Citrus grandis* Osbeck、芒果 *Mangifera indica* L.等。

附近的農墾地栽植的作物有龍眼、荔枝 *Litchi chinensis* Sonner.、柑橘類 *Citrus* spp.、香蕉 *Musa sapientum* L.，在民宅旁則有小規模菜圃。環繞在園區週圍的為頭嵙山系的原始及次生闊葉林，並與新社鄉、太平市的頭櫃山(1,127m)、暗影山(997m)、大橫屏山(1,206m)等山系相連，屬於雪山山脈西南緣山地的一部分。

在氣候方面，由於研究區內並無氣象站，因此引述鄰近且海拔相仿之農委會種苗改良繁殖場所屬氣象站(120°49'E, 24°12'N；海拔470m)之紀錄資料做為參考，其統計資料如表1。2004年之年平均氣溫為20.5°C，以5月份平均氣溫25.9°C最高，1月份平均氣溫14.2°C最低。年平均相對濕度為73.7%，以7月份之平均相對濕度80.2%最高，12月份之55.6%最低。年降雨量為3,072.7 mm，但季節變化頗大，主要降雨期為春夏季，以7月份之降雨量1,376.6 mm最高；秋冬季則雨量稀少。

二、蝶相調查

自2004年1月至12月間，每月中旬1次於晴天上午9時至11時間，於大坑蝴蝶生態教育

表1. 農委會種苗改良繁殖場所屬氣象站(K2F75)2004年部分氣象統計資料

Table 1. Weather statistics (monthly means) collected at the Taiwan Seed Improvement and Propagation Station, 2004

Item	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean or total
Temperature (°C)	14.2	15.8	17.8	21.9	25.9	24.8	24.2	24.4	23.4	19.7	18.9	15.3	20.5
Precipitation (mm)	27.0	96.0	120.0	178.0	149.5	136.5	1376.6	710.5	202.5	21.5	0.0	54.6	3072.7
Relative humidity (%)	73.7	75.4	79.5	77.9	78.3	79.0	80.2	79.1	77.4	63.0	64.8	55.6	73.7

區沿選定之穿越線前進(圖1)，記錄所見蝴蝶之種類、數量，不易辨識之種類以捕蟲網捕捉後鑑定；蝶種之鑑定及分類系統參考李及王(2002)、徐(2002)、趙及方(2002)等。調查所發現之蝶種亦適量採集、製作標本以供研究引證，標本存放於中台科技大學保健大樓之生物資源室。進行調查時亦同時記錄穿越線兩側所發現之蜜源植物及其開花期。所有調查結果經整理後建檔進行統計分析。

三、資料分析

以香農－威那指數(Shannon-Wiener index)計算物種之多樣性指數，其公式為：

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

H' = 香農－威那多樣性指數值

P_i = 第*i*物種在群落中所占的比例

S = 群落的物種數

結果與討論

一、大坑蝴蝶生態教育區之蝶相組成

在2004年1月至12月的研究期間完成12次有效的穿越線調查，共記錄5科106種蝴蝶，約占台灣產400種蝴蝶的26.5%，其中台灣鳳蝶 *Papilio taiwanus* Rothschild 及埔里三線蝶 *Neptis taiwana* Fruhstorfer 為台灣特有種。蝶相之組成包括鳳蝶科(Papilionidae)16種、粉蝶科(Pieridae)12種、蛺蝶科(Nymphalidae)46種、小灰蝶科(Lycaenidae)18種及弄蝶科(Hesperiidae)14種，各科之種類及觀察隻次如表2，大坑蝴蝶生態教育區蝴蝶名錄如表3。

在表2所列的1,091隻次蝴蝶活動頻率中，以蛺蝶科的330隻次最多，占總觀察隻次的30.3%。觀察隻次居第二位者為小灰蝶科的275隻次，占總觀察隻次的25.2%，再其次為粉蝶科的242隻次，占總觀察隻次的22.2%。

關於大坑地區過去的蝴蝶資源調查，鄭

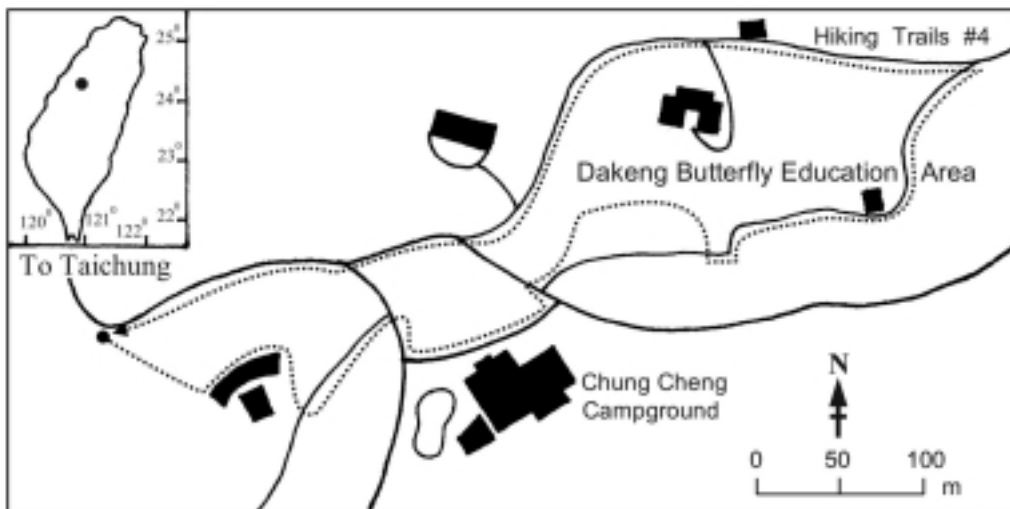


圖1. 大坑蝴蝶生態教育區位置圖 (●.....▶: 穿越線調查路線)。

Fig. 1. A map showing the location of the Dakeng Butterfly Education Area and the transects (●.....▶) used for the butterfly survey.

表2. 大坑蝴蝶生態教育區各科蝴蝶之種類數及隻次(2004年)

Table 2. Numbers of species and individuals of butterflies counted by families at the Dakeng Butterfly Education Area in 2004

Family	Species		Individuals	
	Number	%	Number	%
Papilionidae	16	15.09	137	12.56
Pieridae	12	11.32	242	22.18
Nymphalidae	46	43.40	330	30.25
Lycaenidae	18	16.98	275	25.21
Hesperiidae	14	13.21	107	9.81
Total	106	100.00	1091	100.00

等(1997)於台中縣、市的蝶相調查中曾在「大坑」(190-300m)及「頭崙山」(500-850m)兩處樣區分別記錄了49種及24種蝴蝶，將兩處合計並扣除重覆者後有60種。若與該研究相較，在其60種蝴蝶中有51種和本研究所記錄者相同，另有9種為本研究未曾記錄者，分別為曙鳳蝶 *Atrophaneura horishana* (Matsumura)、大紅紋鳳蝶 *Byasa polyeuctes termessus* (Fruhstorfer)、斑粉蝶 *Prioneris thestylis formosana* Fruhstorfer、大波紋蛇目蝶 *Ypthima formosana* Fruhstorfer、深山白條蔭蝶 *Lethe insana formosana* Fruhstorfer、泰雅三線蝶 *Neptis soma tayalina* Murayama & Shimonoya、雙尾蝶 *Polyura eudamippus formosana* (Rothschild)、黑波紋小灰蝶 *Nacaduba pactolus hainani* Bethune-Baker及白裙弄蝶 *Tagiades cohaerens* Mabille。基於地緣關係，上述9種蝴蝶亦為可能出現在大坑蝴蝶生態教育區之潛在性蝶種，其中曙鳳蝶及大波紋蛇目蝶均屬台灣特有種。

在鄰近地區的蝶相方面，近年來在台中都會區週邊進行的調查，如楊等(2002)在大肚山的台中都會公園記錄有63種蝴蝶；趙及陳

(1997)則在大坑南側的太平市山區記錄有94種蝴蝶。以此觀之，位居台中市近郊之大坑蝴蝶生態教育區蝴蝶資源應屬頗為豐富。

蝴蝶需覓食以補充養分，有些飛翔快速或較敏感的蝶類僅在此時較易接近觀察，因此覓食行為是欣賞蝴蝶生態與解說教育之重點。106種蝴蝶中曾觀察到吸蜜行為的有85種，出現在園區的5科蝴蝶均有吸蜜之紀錄；曾觀察到腐食行為的則有15種，以蛺蝶科為主。此外，亦觀察到兼具吸食花蜜及腐食性者有紫蛇目蝶 *Elymnias hypermnestra hainana* Moore及石牆蝶 *Cyrestis thyodamas formosana* Fruhstorfer。

蜜源植物含人為栽植及自生者共記錄12科24種，如表4。其中以馬鞭草科(Verbenaceae)及菊科(Asteraceae)各有6種及5種最多，其他各科皆僅有1-2種。進一步分析可以發現這24種蜜源植物中有14種(58.3%)為外來種之園藝植物或歸化植物，而目前在園區內則以馬纓丹 *Lantana camara* L.、長穗木 *Stachytarpheta jamaicensis* (L.) Vahl.、繁星花 *Pentas lanceolata* Deflerss等3種的栽植最為普遍。

表3. 大坑蝴蝶生態教育區蝴蝶名錄(2004年)

Table 3. A list of butterflies recorded at the Dakeng Butterfly Education Area in 2004

Chinese name	Scientific name	Month												Total counts	
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
鳳蝶科	Papilionidae														
碧香鳳蝶	<i>Byasa alcinous mansonensis</i> (Fruhstorfer) *									1					1
紅紋鳳蝶	<i>Pachliopta aristolochiae interpositus</i> (Fruhstorfer) *							2	3	3	4	3	2		17
綠斑鳳蝶	<i>Graphium agamemnon</i> (Linnaeus) *								3	2	1				6
青斑鳳蝶	<i>Graphium doson postianus</i> (Fruhstorfer) *										2	1			3
青帶鳳蝶	<i>Graphium sarpedon connectens</i> (Fruhstorfer) *			2	1	2	3	4	4	4	4	4	3		27
烏鸚鳳蝶	<i>Papilio bianor thrasymedes</i> Fruhstorfer *							2	2	3	1				8
無尾白紋鳳蝶	<i>Papilio castor formosanus</i> Rothschild *					2		3		2	2				9
白紋鳳蝶	<i>Papilio helenus fortunius</i> Fruhstorfer *							1	1						2
台灣白紋鳳蝶	<i>Papilio nepheleus chaonulus</i> Fruhstorfer *				1				2						3
大鳳蝶	<i>Papilio memnon heronus</i> Fruhstorfer *	1		2	3	5	5	4			3	1			24
琉璃紋鳳蝶	<i>Papilio hermosanus</i> Rebel *					1	2	2				1			6
玉帶鳳蝶	<i>Papilio polytes pasikrates</i> Fruhstorfer *						1		4	4					9
黑鳳蝶	<i>Papilio protenor</i> Cramer *			1	1			4	3	4	2				15
台灣鳳蝶	<i>Papilio taiwanus</i> Rothschild *☆									1					1
柑蝶鳳蝶	<i>Papilio xuthus</i> Linnaeus *							2	2						4
無尾鳳蝶	<i>Papilio demoleus libanius</i> Fruhstorfer *				1				1						2
粉蝶科	Pieridae														
台灣粉蝶	<i>Appias lyncida formosana</i> (Wallace) *	1			4	5	3	5	3			3	3		27
淡黃蝶	<i>Catopsilia Pomona</i> (Fabricius) *	2	6	2	3	7	7	9	12	9	7	4	2		70
淡紫粉蝶	<i>Cepora nandina eunama</i> (Fruhstorfer) *					1	3	1							5
紅肩粉蝶	<i>Delias pasithoe curasena</i> Fruhstorfer *			3										3	6
紅紋粉蝶	<i>Delias hyparete luzonensis</i> C. & R. Felder *					1								1	2
台灣黃蝶	<i>Eurema blanda arsakia</i> (Fruhstorfer) *	3	2								1	3	3		12
荷氏黃蝶	<i>Eurema hecabe</i> (Linnaeus) *							2			1	3			6
端紅蝶	<i>Hebomoia glaucippe formosana</i> Fruhstorfer *	2	2	1	6	3	1	2	2	1	2	2	2		26
雌白黃蝶	<i>Ixias pyrene insignis</i> Butler *				3	3	2	3		1				4	16
黑點粉蝶	<i>Leptostia nina niobe</i> (Wallace) *							2						1	3
台灣紋白蝶	<i>Pteris canidia</i> (Sparrman) *	1	2	3	3	7								2	18
紋白蝶	<i>Pteris rapae crucivora</i> Boisduval *	3	12	17	14	2								3	51
蛱蝶科	Nymphalidae														
樟斑蝶	<i>Danaus chrysippus</i> (Linnaeus) *				7	9	7	4	7	8	5	2	2		51
黑脈樟斑蝶	<i>Danaus genutia</i> (Cramer) *							1	3	3	2		2		11
圓翅紫斑蝶	<i>Euploea eunice hobsoni</i> (Butler) *								1	1					2
端紫斑蝶	<i>Euploea mulciber barsine</i> Fruhstorfer *								3	3	2	4			12
斯氏紫斑蝶	<i>Euploea sylvester swinhoei</i> Wallace & Moore *				4	2		6	3		1				16
小紫斑蝶	<i>Euploea tulliohus koxinga</i> Fruhstorfer *				1	3	3	9	9	10	3				38
琉球青斑蝶	<i>Ideopsis similis</i> (Linnaeus) *								1	1	2				4
姬小紋青斑蝶	<i>Parantica aglea maghaba</i> (Fruhstorfer) *								2	1					3
小青斑蝶	<i>Parantica swinhoei</i> (Moore) *										2	1			3
淡小紋青斑蝶	<i>Tirumala limniace</i> (Cramer) *							3	6	5	9	6			29
小紋青斑蝶	<i>Tirumala septentrionis</i> (Butler) *							2	4	3	2				11
紫蛇目蝶	<i>Elymnias hypermestra hainana</i> Moore *#			1	1		3		1					1	7
雌褐蔭蝶	<i>Lethe chandica ratnacri</i> Fruhstorfer #									1					1
白條蔭蝶	<i>Lethe europa pavida</i> Fruhstorfer #						1	2			2				5
樹蔭蝶	<i>Melanitis leda</i> (Linnaeus) #							1							1
黑樹蔭蝶	<i>Melanitis phedima polishana</i> Fruhstorfer #						1	2			1				4
姬蛇目蝶	<i>Mycalasis gotama nanda</i> Fruhstorfer										1				1
切翅單環蝶	<i>Mycalasis zonata</i> Matsamura #				1	1	2		1			1			6

表3. 大坑蝴蝶生態教育區蝴蝶名錄(2004年)(續)

Table 3. A list of butterflies recorded at the Dakeng Butterfly Education Area in 2004 (cont.)

Chinese name	Scientific name	Month												Total counts
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
永澤黃斑蔭蝶	<i>Neope mairheadi nagasawae</i> Matsumura #						2	2						4
白條斑蔭蝶	<i>Penthema formosana</i> (Rothschild) #		3	2			5	2	1					13
小波紋蛇目蝶	<i>Ypthima baldus zodina</i> Fruhstorfer					1	2					1		4
台灣波紋蛇目蝶	<i>Ypthima multistriata</i> Butler *					1							1	2
粗蛱蝶	<i>Acraea issoria formosana</i> (Fruhstorfer)				1							2		3
樟蛱蝶	<i>Ariadne ariadne pallidior</i> Fruhstorfer *						1		1	2	1	3	2	10
石膽蝶	<i>Cyrestis thyodamas formosana</i> Fruhstorfer *#				1		1		1					3
台灣黃斑蛱蝶	<i>Cupha erymanthis</i> (Drury) *								1			1		2
台灣小紫蛱蝶	<i>Chitorea chrysolora</i> (Fruhstorfer) #				3	4	6	2	2					17
琉球紫蛱蝶	<i>Hypolimnas bolina kezia</i> (Butler) *								1	2				3
雌紅紫蛱蝶	<i>Hypolimnas misippus</i> (Linnaeus) *								1				1	2
孔雀蛱蝶	<i>Junonia almana</i> (Linnaeus) *			1								1		2
黑擬蛱蝶	<i>Junonia iphita</i> (Cramer)											1		1
眼紋擬蛱蝶	<i>Junonia lemonias aenaria</i> Tsukada & Kaneko *								1	1				2
枯葉蝶	<i>Kallima inachis formosana</i> Fruhstorfer #						1		1					2
琉璃蛱蝶	<i>Kaniska canace drilon</i> (Fruhstorfer) #					1		1						2
琉球三線蝶	<i>Neptis hylas lalculenta</i> Fruhstorfer *		1	1		2			1	2		2	2	11
台灣三線蝶	<i>Neptis nata lutatia</i> Fruhstorfer *						1	1	2					4
小三線蝶	<i>Neptis sappho formosana</i> Fruhstorfer *		1	1						1				3
埔里三線蝶	<i>Neptis taiwana</i> Fruhstorfer ☆										1		1	2
白三線蝶	<i>Athyma perius</i> (Matsumura) *											1	2	3
台灣單帶蛱蝶	<i>Athyma cama zoroastres</i> (Butler) #							2			1	1		4
黃蛱蝶	<i>Polygonia c-aureum humulata</i> Esaki & Nakahara *	1	1	1			2	3	2					10
姬雙尾蝶	<i>Polyura narcaea meghaduta</i> (Fruhstorfer) #				1	2	1							4
黃三線蝶	<i>Symbrenthia lilaea formosana</i> Fruhstorfer *				1		2							3
豹紋蝶	<i>Timelaea albescens formosana</i> Fruhstorfer #			1	1	3			1					6
姬紅蛱蝶	<i>Vanessa carhi</i> (Linnaeus) *												1	1
長鬚蝶	<i>Libythea celtis formosana</i> Fruhstorfer *					1								1
小灰蝶科	Lycenidae													
銀斑小灰蝶	<i>Curetis acuta formosana</i> Fruhstorfer *							1	1					2
台灣琉璃小灰蝶	<i>Acytoteles paspua myla</i> (Fruhstorfer) *						2	2						4
埔里琉璃小灰蝶	<i>Celastrina lavendularis himilcon</i> (Fruhstorfer) *					2								2
恆春小灰蝶	<i>Dendrorix epijarbas menesicles</i> Fruhstorfer *						1		4	3	1			9
紅邊黃小灰蝶	<i>Heliophorus ila matsumurae</i> (Fruhstorfer) *						1			2		2		5
三尾小灰蝶	<i>Horaga onyx moltrechti</i> Matsumura							1						1
白波紋小灰蝶	<i>Jamides alecto dromicus</i> Fruhstorfer *								1	1				2
琉璃波紋小灰蝶	<i>Jamides bochus formosanus</i> Fruhstorfer *	3	4				2					4	9	22
波紋小灰蝶	<i>Lampides boeticus</i> (Linnaeus) *		3	1	2	6	2					5	5	24
姬波紋小灰蝶	<i>Prosotas nora formosana</i> (Fruhstorfer) *						3	7	3	4	4	5	4	34
埔里波紋小灰蝶	<i>Nacaduba kurava thersia</i> Fruhstorfer *						3	2						5
台灣黑星小灰蝶	<i>Megisba malaya sikkima</i> Moore *	3				3		1	2		2		1	12
姬黑星小灰蝶	<i>Neopithecops zalmora</i> (Butler)								1		1			2
墾丁小灰蝶	<i>Rapala varuna formosana</i> Fruhstorfer *					1	1	2						4
三尾雙尾燕蝶	<i>Spindaris syama</i> (Matsumura) *					1			2		2	1		6
角紋小灰蝶	<i>Syntarucus plinius</i> (Fabricius) *					1				1				2
沖繩小灰蝶	<i>Zizeeria maha okinawana</i> (Matsumura) *	12	11	19	20	12	9	4	6	4	9	17	13	136
迷你小灰蝶	<i>Zizula hylax</i> (Fabricius) *												1	2
弄蝶科	Hesperiidae													
狹翅黃星弄蝶	<i>Ampittia virgata myakei</i> Matsumura *							1	1					2
淡綠弄蝶	<i>Badamia exclamationis</i> (Fabricius) *								5	6	4		1	16

表3. 大坑蝴蝶生態教育區蝴蝶名錄(2004年)(續)

Table 3. A list of butterflies recorded at the Dakeng Butterfly Education Area in 2004 (cont.)

Chinese name	Scientific name	Month												Total counts
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
台灣單帶弄蝶	<i>Borbo cinnara</i> (Wallace) *						2	2		2		2		8
黑紋弄蝶	<i>Caltonis cahira austeni</i> (Moore) *							1						1
台灣絨毛弄蝶	<i>Hasora taminatus vaijacana</i> Fruhstorfer *				1		1	1						3
狹翅弄蝶	<i>Isoteinon lamprospilus formosanus</i> Fruhstorfer *					1			2					3
黑弄蝶	<i>Notocrypta curvifascia</i> (C. & R. Felder) *		1										1	2
單帶弄蝶	<i>Parnara guttata</i> (Bremer & Grey) *			1					1					2
姬單帶弄蝶	<i>Parnara bada</i> (Moore) *		1	2	2							2		7
尖翅褐弄蝶	<i>Pelopidas agma</i> (Moore) *						2	2		4	4	3		15
台灣黃斑弄蝶	<i>Potanthus confucius angustatus</i> (Matsumura) *						2	2	2	2				8
黑星弄蝶	<i>Swastus gremius</i> (Fabricius) *					1		2			2	1	2	8
埔里紅弄蝶	<i>Telicota bambusae horisha</i> Evans *		1	2			5	2	3	3	1			17
竹紅弄蝶	<i>Telicota ohara formosana</i> Fruhstorfer *					2	4	2	2	3		2		15
Number of species		14	13	18	30	42	55	51	52	39	30	25	24	106
Counts per transect		37	48	60	95	112	145	130	129	119	75	72	69	1091
Index of diversity		2.3	2.1	2.2	2.8	3.5	3.8	3.7	3.7	3.4	3.0	2.8	2.9	

* : Nectar feeding was recorded.

: Saprophagy was recorded.

☆ : Endemic species.

二、各月份蝶相的季節消長

大坑蝴蝶生態教育區在2004年各月份蝶相的季節變化如表3，以6、7、8月觀察到的蝴蝶種類數最多，分別為55、51、52種，其他如4月、5月及10月也都有30種以上。蝴蝶種類數最少的是2月，僅觀察到13種，次少的為1月的14種。觀察隻次以6月的145隻次最多，其次為7月的130隻次，而以1月的37隻次最少，次少的為2月的48隻次。依Shannon-Wiener公式計算多樣性指數的結果，最高的為6月的3.8，其次為7月及8月均為3.7。由於Shannon-Wiener 多樣性指數之指數值隨著物種的豐度及勻度之增加而遞增，在夏季的6、7、8月所記錄的種類數及隻次雖有差異，但其多樣性指數值則相當接近並達到全年之最高點。由此可知，園區在夏季最適宜賞蝶，且可觀察到之蝶種亦較具多樣性。

在氣候因素與蝴蝶發生之間的關係方面，由表1的氣象資料和表3的蝴蝶發生逐月

變化來比較可以看出，大坑蝴蝶生態教育區蝴蝶發生的種類、數量及多樣性指數與平均相對濕度、降雨量無明顯相關性，但與平均氣溫呈正相關。以種類數而言，在1至3月間均不及20種；4月以後隨著氣溫上升，蝴蝶明顯增加，6至8月間每次穿越線調查均可發現50種以上。9月份進入秋季，蝴蝶減少至39種，之後的10至12月持續遞減，園區蝶相的季節消長與台灣中北部低海拔山區蝴蝶發生狀況大致相符(陳及朱 1999)。

就個別蝶種之發生期而言，園區內全年可見的蝶種有淡黃蝶 *Catopsilia Pomona* (Fabricius)、端紅蝶 *Hebomoia glaucippe formosana* Fruhstorfer及沖繩小灰蝶 *Zizeeria maha okinawana* (Matsumura)等3種；發生期在9個月以上的有青帶鳳蝶 *Graphium sarpedon connectens* (Fruhstorfer)及樺斑蝶 *Danaus chrysippus* (Linnaeus)；發生期介於4-8個月之間的有紅紋鳳蝶 *Pachliopta aristolochiae inter-*

表4. 大坑蝴蝶生態教育區蜜源植物名錄

Table 4. A list of nectar plants at the Dakeng Butterfly Education Area

Chinese name	Scientific name	Blooming stage											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
夾竹桃科	Apocynaceae												
馬利筋	<i>Asclepias curassavica</i> L. ⊙	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
菊科	Asteraceae												
紫花藜香菊	<i>Ageratum houstonianum</i> Mill. ⊙	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
大花咸豐草	<i>Bidens pilosa</i> L. var <i>radiata</i> Sch. Bip. ⊙	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
光葉水菊	<i>Gymnocoronis spilanthoides</i> (Hooker & Amott) De Candolle ⊙								*	*	*		
兔兒菜	<i>Lycris chinensis</i> (Thunb.) Nakai	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
南美蟛蜞菊	<i>Wedelia trilobata</i> (L.) Hitchc. ⊙	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
忍冬科	Caprifoliaceae												
有骨消	<i>Sambucus chinensis</i> Lindl.						*	*	*	*	*		
使君子科	Combretaceae												
欖仁	<i>Terminalis catappa</i> L.							*	*				
豆科	Fabaceae												
豔紫荊	<i>Bauhinia x blakeana</i> Dunn ⊙	*										*	*
錦葵科	Malvaceae												
朱槿	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L. ⊙	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
金午時花	<i>Sida rhombifolia</i> L.								*	*	*		
酢醬草科	Oxalidaceae												
酢醬草	<i>Oxalis corniculata</i> L.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
紫花酢醬草	<i>Oxalis corymbosa</i> Dc. ⊙	*	*	*	*	*					*	*	*
茜草科	Rubiaceae												
繁星花	<i>Pentas lanceolata</i> Deflerss ⊙	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
芸香科	Rutaceae												
月橘	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack.						*	*	*				
無患子科	Sapindaceae												
龍眼	<i>Euphoria longana</i> Lam. ⊙				*	*							
台灣欒樹	<i>Koelreuteria henryi</i> Dummer ☆								*	*			
馬鞭草科	Verbenaceae												
大青	<i>Clerodendrum cyrtophyllum</i> Turcz.								*	*	*		
龍船花	<i>Clerodendrum kaempferi</i> (Jacq.) Sieb. ex Steud				*	*	*	*	*	*	*	*	*
金露花	<i>Duranta repens</i> L. ⊙				*	*	*	*	*	*	*	*	*
馬纓丹	<i>Lantana camara</i> L. ⊙	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
小葉馬纓丹	<i>Lantana montevidensis</i> Briq ⊙	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
長穗木	<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> (L.) Vahl ⊙	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
葡萄科	Vitaceae												
虎葛	<i>Cayratia japonica</i> (Thunb.) Gagnep				*	*	*						

⊙: Exotic species.

☆: Endemic species.

positus (Fruhstorfer)等39種；而發生期在3個月以下的則有麝香鳳蝶 *Byasa alcinous mansonensis* (Fruhstorfer)等62種。

1月份的蝶類以粉蝶科為代表，在本月份所記錄到的14種蝴蝶中粉蝶即占7種。2、3月份在園區內最常見的蝴蝶為紋白蝶 *Pieris rapae crucivora* Boisduval 及沖繩小灰蝶；4月份仍以上述 2 種為優勢種，其他較常見蝶種有台灣粉蝶 *Appias lycnida formosana* (Wallace)、端紅蝶、樺斑蝶等。5月份記錄到的蝴蝶已達42種，以大鳳蝶 *Papilio memnon heronus* Fruhstorfer、淡黃蝶、台灣粉蝶、樺斑蝶等較為常見；在本月份紋白蝶的數量已明顯減少。

6至8月為蝴蝶發生盛期，在蜜源植物區可以觀賞到許多訪花蝶種，惟春季之優勢種紋白蝶及同屬的台灣紋白蝶 *Pieris canidia* (Sparman)自6月份起即無觀察紀錄。9月份的常見蝶種有淡黃蝶、樺斑蝶、小紫斑蝶 *Euploea tulliolus koxinga* Fruhstorfer 及淡小紋青斑蝶 *Tirumala limniace* (Cramer)等；10月份仍以淡黃蝶、樺斑蝶及淡小紋青斑蝶數量較多。11月份之優勢種為沖繩小灰蝶，而以豆科 (Fabaceae) 植物為寄主的波紋小灰蝶 *Lampides boeticus* (Linnaeus) 及琉璃波紋小灰蝶 *Jamides bochus formosanus* Fruhstorfer 亦進入發生盛期。12月份以粉蝶科較常見，其中紅紋粉蝶 *Delias hyparete luzonesis* C. & R. Felder 及紅肩粉蝶 *D. pasithoe curasena* Fruhstorfer 最具代表性。此外，自6月份起即無觀察紀錄的紋白蝶及台灣紋白蝶於本月份再度出現在園區。

三、優勢蝶種之各論

在本研究所記錄的106種蝴蝶中，觀察隻次列屬前十名的蝶種依序為沖繩小灰蝶、淡黃蝶、樺斑蝶、紋白蝶、小紫斑蝶、姬波紋小灰蝶 *Prosotas nora formosana* (Fruhstorfer)、

淡小紋青斑蝶、青帶鳳蝶、台灣粉蝶及端紅蝶。

沖繩小灰蝶在全年各月份均有發生紀錄，但以低溫期數量較多。本種為典型的草原性蝶種，其寄主植物酢醬草 *Oxalis corniculata* L. 之分布極為普遍，在園區及鄰近的中正露營區均有廣闊的草坪可供其棲息、繁殖，因此沖繩小灰蝶成為園區最常見的蝴蝶。

淡黃蝶亦為全年可見的蝶種，其寄主植物鐵刀木 *Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby、阿勃勒 *S. fistula* L.、黃槐 *S. sulferea* (Collad.) Irwin & Barneby 為常見的觀賞花木，因此淡黃蝶在都市、城鎮以迄低海拔山區十分普遍常見。園區內雖然未栽植上述寄主植物，但本種飛翔力強，由鄰近的繁殖區飛入園區訪花吸蜜而有可觀的觀察紀錄。

樺斑蝶之發生期為4至12月，其豐盛原因為園區大量栽植其寄主植物馬利筋 *Asclepias curassavica* L.。本種色彩鮮明，飛翔緩慢而喜訪花，為最具觀賞價值的蝶種之一。此外，由於寄主植物屬於有毒植物，因而樺斑蝶之成蟲、幼蟲及蛹均具有警戒色 (warning coloration)；而園區中亦可見的雌紅紫蛺蝶 *Hypolimnas misippus* (Linnaeus) 之雌蝶則有擬態本種的現象，為良好的觀察及教育題材。

紋白蝶之發生期為12月至翌年5月，並以2、3、4月為發生盛期，在此期間本種與沖繩小灰蝶並列為園區內最優勢蝶種。紋白蝶之豐盛主因為冬季時附近民宅及農墾區的菜圃栽植其十字花科 (Brassicaceae) 寄主植物，如結球白菜 *Brassica pekinensis* (Lour.) Rupr.、甘藍 *B. oleracea* L. 等。

小紫斑蝶之發生期為4至10月，其寄主植物盤龍木 *Malaisia scandens* (Lour.) Planch 分布於全島低海拔森林 (楊等 1999)，在頭崙山及鄰近的太平山區均有分布紀錄 (黃 1997；陳 2001)。紫斑蝶屬 (*Euploea* spp.) 在園區內共記

錄4種，除本種外另有圓翅紫斑蝶 *E. eunice hobsoni* (Butler)、端紫斑蝶 *E. mulciber barsine* Fruhstorfer及斯氏紫斑蝶 *E. sylvester swinhoi* Wallace & Moore。這4種紫斑蝶均發生於春季至秋季間，以數量而言在研究期間則以小紫斑蝶之觀察隻次遠高於其他3種。

姬波紋小灰蝶之發生期為5至12月，本種為低、中海拔山區常見蝶種，其寄主植物之一的鴨跖藤 *Entada phaseoloides* (L.) Merr. 分布於北部山區，在台中縣山區亦有分布 (Huang and Ohashi 1993；彭等 1995)。由本種在園區之豐盛情況視之，在鄰近山區應有其寄主植物之分布。

淡小紋青斑蝶之發生期為6至10月間，其豐盛主因為園區大量栽植其寄主植物：華他卡藤 *Dregea volubilis* (L.f.) Benth.及布朗藤 *Heterostemma brownie* Hayata，尤以前者為多。本種在發生期間於園區內頗為普遍常見，除訪花吸蜜外，其雌蝶之產卵行為及幼生期均易於發現。由於寄主植物亦屬有毒植物，因此淡小紋青斑蝶也是觀察警戒色及相關蝶種間擬態現象的良好題材。

青帶鳳蝶之發生期為2至10月間，本種亦為平地至低海拔山區常見的蝴蝶，寄主植物為多種樟科植物，其中之一的樟樹為中正露營區主要造林樹種，研究期間經常觀察到青帶鳳蝶在樟樹上產卵。其他寄主植物如香楠、紅楠 *Machilus thunbergii* Sieb. & Zucc. 在頭嵙山及太平山區均有分布 (黃 1997；陳 2001)，因此青帶鳳蝶為園區內最容易發現的蝶種之一。

台灣粉蝶之發生期為4至8月及11至1月，惟以春、夏季數量較多；端紅蝶則為全年可見蝶種。這兩種蝴蝶的寄主植物之一：魚木 *Crateva adansonii* Dc. ssp. *formosensis* Jacobs 分布於全島低海拔地區 (楊等 1999)，頭嵙山區亦有分布 (陳 2001)。此外，園區在經營管理時亦栽植了約60株魚木，研究期間即曾觀

察到台灣粉蝶利用魚木產卵、繁殖。

綜觀以上10種於2004年在大坑蝴蝶生態教育區所記錄的優勢蝶種，其中多數種類之豐盛原因與園區內及附近地區的人為栽植有關，顯示在現階段人為干預為影響園區內優勢蝶種組成之重要因素。

結 論

大坑蝴蝶生態教育區位於台中市東北隅之大坑風景區，經2004年1月至12月為期1年之調查共記錄5科106種蝴蝶。整體而言，由於海拔460m的園區約略位於頭嵙山西側開墾區與天然林之交界處，因此其蝶相綜合了低海拔森林生態系與大坑農業生態系的特質。此外，人為經營管理亦顯著提高了某些蝴蝶的生存機會，甚而成為園區內之優勢種，如樺斑蝶、淡小紋青斑蝶等。

所記錄的106種蝴蝶中，鳳蝶、粉蝶、斑蝶、蛺蝶等中大型、色彩鮮明而具觀賞價值的蝶類約占六成，這些多屬嗜食花蜜的陽性蝶種，常出現在園區內日照充足的草坪、花圃訪花吸蜜，可列為賞蝶之重點並加強解說設施。本研究亦觀察到十餘種蝴蝶之腐食行為，這些食性特殊的蝶類具有教育價值，可在易於產生樹液、落果之植物如台灣欒樹、青剛櫟 *Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst.、蒲桃 *Syzygium jambos* (L.) Alston、構樹 *Broussonetia papyrifera* (L.) L' Herit. ex Vent 等樹種旁設立解說牌，說明腐食性蝶類 (及其它昆蟲)之生態行為與觀察要點。此外，在經營管理能力許可下，可在園區中、後段的闊葉林緣設立腐果餵食區(台)，定期置放腐熟水果吸引蝴蝶前來吸食，增加賞蝶機會。

園區目前栽植的蜜源植物以外來種居多，此現象亦普遍存在於各地的蝴蝶園 (林 2003；陳 2003)。由於大坑蝴蝶生態教育區為開放式棲地且位於生態敏感度較高的山區，

應將外來種園藝植物侷限於花圃(盆)中，並且不再擴張栽植面積。未來對於蜜源植物之選用宜以原生種為重點，例如園區內現有栽植及自生的有骨消 *Sambucus chinensis* Lindl. 為優良蜜源植物，可增加栽植比例。此外，園區週邊山林中分布的大青 *Clerodendrum cyrtophyllum* Turcz.、賊仔樹 *Tetradium glabrifolium* (Champ. ex Benth.) T. Hartley、裏白楸木 *Aralia bipinnata* Blanco 及羅氏鹽膚木 *Rhus semialata* Murr. var. *roxburghiana* Dc. 等均為符合大坑、頭料山區生態，並可展現本地生物特性的原生種蜜源植物。

除了人為栽植之蜜源植物，調查顯示園區內之野生草本植物如有骨消、大花咸豐草 *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch. Bip.、紫花藿香薷 *Ageratum houstonianum* Mill. 等均為蝶類之蜜源植物，然而在經營管理時卻常被視為雜草而遭致刈除。這些野生植物屬於本地生態系統的一部分，不僅為蝶類的蜜源，亦供應其他生物的生活資源。因此，日後對於園區內之雜草，尤其是可做為蜜源植物者，除了在其繁盛、擴張至有礙景觀或安全時應予以整理，其餘者宜適度保留以維護生物之棲息空間。

各月份出現的蝴蝶種類、數量亦與賞蝶活動有密切關連。調查顯示園區內蝶相的季節消長變化相當明顯。以種類數而言，高溫期發生的蝴蝶種類較多，在6至8月間各月可見蝶種均在50種以上。就數量而言則以6月的觀察隻次最多，達145隻次；多樣性指數亦以6月的3.8最高。綜而言之，大坑蝴蝶生態教育區在春至秋季間均適合賞蝶，尤以夏季7月前後蝶況最佳；冬季的蝶況則較不理想。

人類的開發所引起的棲地惡化、破壞是蝴蝶面臨最大的生存危機(Fetwell 1986；陳2003)；而在地狹人稠的台灣，最適宜蝴蝶棲息的低海拔地區因都市化及農墾已造成蝶類棲地破壞(陳2003)。本研究的研究區一大坑

蝴蝶生態教育區位於台中市郊植被豐富的頭料山區，且與雪山山脈西南緣山地相連，為理想的蝶類棲息環境。本研究及前人的調查結果提供了本區蝶相及植物相的資料庫(彭等1995；鄭等1997；楊1999；陳2001)，未來應持續調查並監測蝶類之群聚動態，做為瞭解本區植被與環境變遷的指標之一。此外，亦可探討園區內具有觀賞、教育價值之蝶種及稀有蝶種之生態，做為解說教育及棲地經營之參考。在保育措施方面，除了應確保現有天然林不再遭受破壞，並可對園區附近已遭干擾之棲地進行復育，朝向恢復本地原有生態環境的目標來規劃經營。如此，則未來大坑蝴蝶生態教育區不僅能提供遊憩、教育，亦能成為中部地區蝴蝶資源保育之據點。

謝 誌

本研究在研究期間承蒙台中市政府交通局風景區管理課廖吟梅小姐、農委會種苗改良繁殖場品種改良課薛佑光先生熱心提供資料，以及中正露營區管理站劉世裕主任對野外調查工作之協助，謹此致謝。

引用文獻

- 台中市政府。2003。台中市大坑風景區森林公園開發建設第一期計畫。
- 李俊延、王效岳。1999。蝴蝶花園Starting a Butterfly Aden。宜蘭縣自然史博物館。
- 李俊延、王效岳。2002。台灣蝴蝶圖鑑。貓頭鷹出版社。
- 林穎萱。2003。蝴蝶生態教育園規劃設計準則之探討。國立台灣大學園藝學研究所碩士論文。
- 吳怡欣。2003。蝴蝶園之設置及經營管理。吳怡欣、李春霖、何健鎔、林斯正、陳

- 建志、彭國棟、楊平世撰。921重建區昆蟲資源開發與生態產業66-79頁。行政院九二一震災災後重建推動委員會。
- 徐培峰。2001。台灣蝶類多樣性與保育。謝豐國、林政行、顧世紅編。跨世紀台灣昆蟲研究之進展研討會論文集259-262頁。國立自然科學博物館。
- 徐培峰。2002。台灣蝶圖鑑第二卷。國立鳳凰谷鳥園。
- 陳玉峰。2001。大坑頭崙山系植被生態調查報告。人文生態學報3(1) : 111-163。
- 陳建志、周英勇、黃乾珍、何嘉浩。1995。台北市立動物園蝴蝶公園之蝶相調查。動物園學報7 : 25-36。
- 陳建志、朱耀沂。1999。台北市立動物園蝴蝶公園蝶相之時空分布。動物園學報11 : 27-48。
- 陳建志。2003。台灣的蝴蝶保育與相關生態產業。吳怡欣、李春霖、何健銘、林斯正、陳建志、彭國棟、楊平世撰。921重建區昆蟲資源開發與生態產業44-65頁。行政院九二一震災災後重建推動委員會。
- 彭仁傑、黃士元、曾彥學、許再文、黃朝慶、孫于卿。1995。台灣中部地區維管束植物之調查研究(3/5)III、台中地區維管束植物資源之調查研究。台灣省特有生物研究保育中心八十四年度試驗研究計畫執行成果(植物組)。
- 黃嘉隆。1997。太平之美-太平市植物資源專輯。台中縣太平市公所。
- 楊平世、李信德、林衍德、葉耕帆、李惠永。2002。台中都會公園生物調查與環境監測期末報告(第三期)。內政部營建署台中都會公園。
- 楊遠波、劉和義、呂勝由。1999。台灣維管束植物簡誌第二卷。行政院農業委員會。
- 楊耀隆。1999。台灣中部地區蝴蝶資源。特有生物研究1(1) : 28-48。
- 趙仁方、陳錦生。1997。太平之美-太平市昆蟲資源專輯。台中縣太平市公所。
- 趙仁方、方懷聖。2002。台東縣蝴蝶。台東縣政府。
- 廖秋成、呂福原、歐辰雄。1987。頭崙山區植群生態與植物區系之研究。國立中興大學農學院實驗林研究報告第八號43-65頁。
- 鄭錫奇、陳立楨、林華慶、林麗紅、蔡昕浩、楊耀隆。1997。台灣中部地區野生動物之調查(4/5)。台灣省特有生物研究保育中心八十五年度試驗研究計畫執行成果(動物組)。
- Fetwell, J. 1986. The natural history of butterflies. Croom Helm, London.
- Huang, T. C. and H. Ohashi. 1993. Leguminosae. *In*: Editorial Committee of the Flora of Taiwan, 2nd. ed. (eds.), Flora of Taiwan, Vol. 3. Epoch. Publ. Co., Taipei.
- Morton, A. C. 1991. Captive breeding of butterflies and moths: I. Advances in equipment and techniques. *International Zoo Yearbook* 30: 80-89.
- The Xerces Society. 1990. Butterfly gardening-creating summer magic in your garden. Sierra Club Books, San Francisco.

蘭嶼地區港口馬兜鈴環境需求及重要種植 區域初探

Habitat Conditions for the Food-plant Vine *Aristolochia zollingeriana* of the Pear-light Birdwing Butterfly on the Lanyu Island

楊耀隆* 方懷聖

Yaw-Long Yang* and Huai-Sheng Fang

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

*通訊作者

*Corresponding author

摘要

本文利用地理資訊系統分析蘭嶼島上野生港口馬兜鈴的生長環境，結果顯示港口馬兜鈴合適的生長環境為海拔高度200m以下，坡度40°以下，平坦地或北向、南向的地區。根據上述的條件，本研究對蘭嶼島上港口馬兜鈴栽植區域提出建議，以供日後港口馬兜鈴復育的參考。

Abstract

Using the geographical information system, suitable habitat conditions were analyzed for the food-plant vine *Aristolochia zollingeriana* of the pear-light birdwing butterfly on the Lanyu Island. Its habitat was found to be more or less a flat mountain area at elevations of less than 200m with slopes less than 40 degrees in the northern or southern aspect. According to the above habitat requirements, reserved areas for *A. zollingeriana* were proposed for the Lanyu Island.

關鍵詞：港口馬兜鈴、地理資訊系統、蘭嶼

Key words: *Aristolochia zollingeriana*, geographical information system, Lanyu Island

收件日期：94年9月12日

接受日期：95年1月2日

Received: September 12, 2005

Accepted: January 2, 2006

緒言

珠光鳳蝶 *Troides magellanus* (Felder, 1862) 是台灣地區的珍貴蝶種，目前依野生動物保育法訂為保育類野生動物(行政院農業委員會 1990)，在台灣地區僅分布於蘭嶼島上(D'Abbrera 1975；Tsukada and Nishiyama 1982)。自1986年起陸續有針對珠光鳳蝶進行的保育相關研究(陳 1986, 1987, 1988；方等 1998；方等 2001)。世界自然保育聯盟(IUCN)的蝴蝶保育行動計畫(New and Collins 1991)中指出，蝴蝶的保育有兩個面向：物種面向(species approach)及蝶相面向(butterfly community approach)。物種面向指出須了解蝶種消失的主因，才能對症下藥。

在許多的研究皆指出，珠光鳳蝶消失的主因是因為蘭嶼島上其幼蟲寄主植物—港口馬兜鈴(*Aristolochia zollingeriana*)大量消失(陳 1986, 1988；楊 1993；方等 1998, 2001)。是故，為能保育蘭嶼島上的珠光鳳蝶族群，當務之急應為復植或復育港口馬兜鈴。本研究之目的為了解港口馬兜鈴的生長環境因子，並提出在蘭嶼島上適合港口馬兜鈴種植的位置，供日後珠光鳳蝶保育之參考。

材料與方法

於1995-2004年間每月進行1次調查，將發現的港口馬兜鈴以全球衛星定位系統

(global positioning system, GPS)定位。坡度、坡向及高度資料係購自農林航空測量所出版之第一版台灣地區1/5,000照片基本圖(圖號 97173024, 97173025, 97173026, 97173027, 97173035, 97173036, 97173037, 97173045, 97173046, 97173047, 97173048, 97173057, 97173058)。以ArcView® 3.0a地理資訊系統(geographical information system, GIS)數化等高線(5m等高線)後，以ArcView 空間分析(spatial analyst)模組計算坡度及坡向(ESRI 1996)。

由於是以數化等高線後再計算產生出坡度與坡向，故坡向分為平坦、北向、東北向、東向、東南向、南向、西南向、西向及西北向等9個方位。而坡度則以10°為分級單位，即分為0-10°、11-20°、21-30°、31-40°、41-50°、51-60°、61-70°、71-80°及81-90°等9級。

結果與討論

調查期間，排除已知人為種植的港口馬兜鈴，共計(發現)55株野生港口馬兜鈴，主要發現地點在公路兩旁100m之內30株(54.5%)。另在北方的朗島溪及東邊的東清溪旁也發現12株(21.8%)(圖1)。

有51株(92.7%)的野生港口馬兜鈴生長海拔高度在210m之下，分析高度分布頻度圖，在170-200m有一高峰(圖2)。

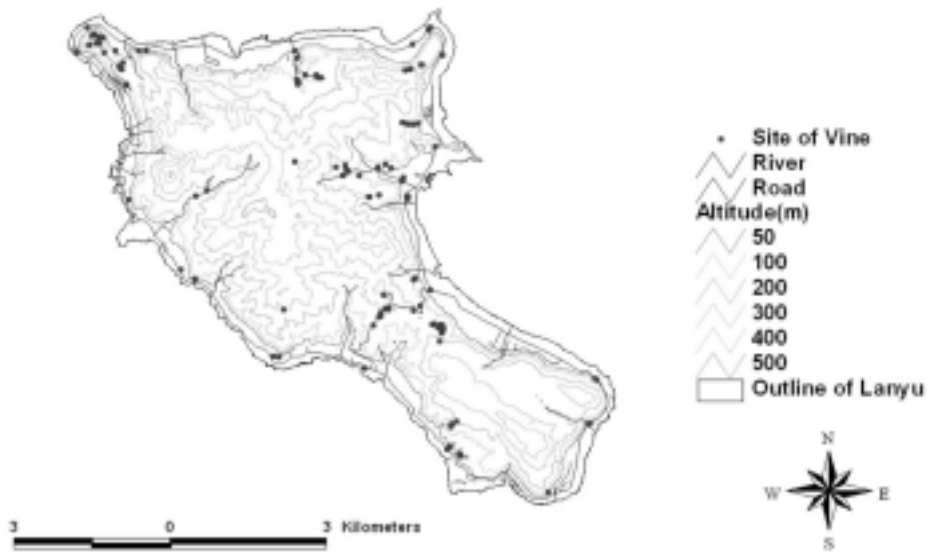


圖1. 蘭嶼地形圖及野生株港口馬兜鈴分布圖。

Fig. 1. Distribution of *A. zollingeriana* in relation to topography of the Lanyu Island.

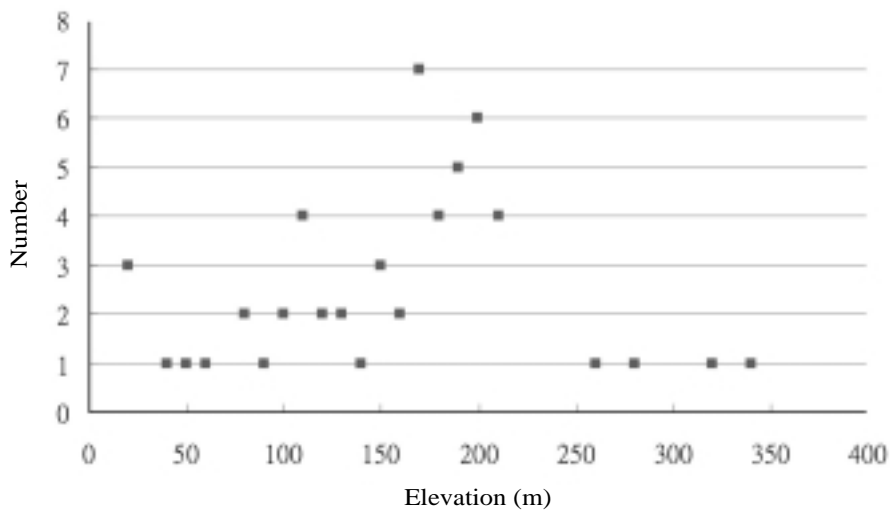


圖2. 蘭嶼地區野生株港口馬兜鈴海拔高度分布圖。

Fig. 2. Numbers of *A. zollingeriana* observed in relation to elevations on the Lanyu Island.

在坡度分析，0-10°有21株(38%)；11-20°有17株(31%)；21-40°有14株(26%)，也就是說在0-40°的分布就占有95%(圖3)。

在坡向方面，以平坦地最多，有18株(33%)；其次為南向及北向，各有8株(15%)；再其次為東向有6株(11%)及西南向有5株

(9%)；而後分別為東北向4株(7%)；西向3株(5%)；西北向2株(4%)及東南向1株(2%)，顯示野生港口馬兜鈴的主要生長坡向為平坦、南向或北向(圖4)。

綜合上述野生港口馬兜鈴生長的环境，發現港口馬兜鈴對水分需求很高，因為在環島公路兩旁可以接受海面的水分；溪流邊的水分亦較為充足；坡度在40°之內也表示坡度不能過陡，以減緩水分的流失。坡向朝南或北與蘭嶼地區的季節風向有關。蘭嶼為島

嶼，夏季吹南風，冬季吹北風(中央氣象局1993)，故南北向濕氣會較高。

根據所得的資料，本研究提出蘭嶼地區港口馬兜鈴種植(或復育)的條件：海拔高度在200m之內，坡度40°以下，平坦地或南向、北向的地區為優先考量區域。根據上述條件，本研究應用地理資訊系統畫出可能區域(圖5)，可供日後移植或種植港口馬兜鈴之參考。

復育港口馬兜鈴是保育蘭嶼珠光鳳蝶的

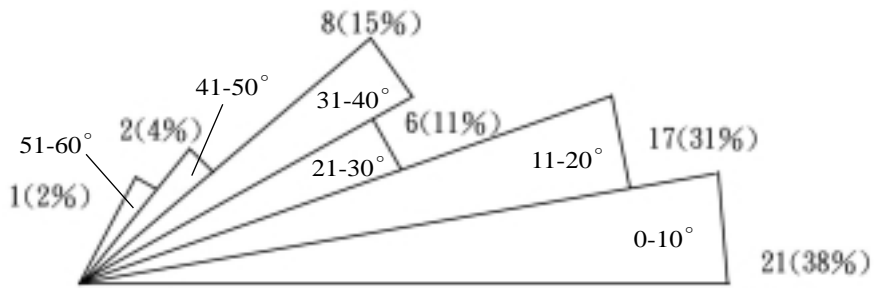


圖3. 蘭嶼地區野生株港口馬兜鈴於不同坡度之株數。

Fig. 3. Numbers of *A. zollingeriana* observed in relation to slopes of mountains on the Lanyu Island.

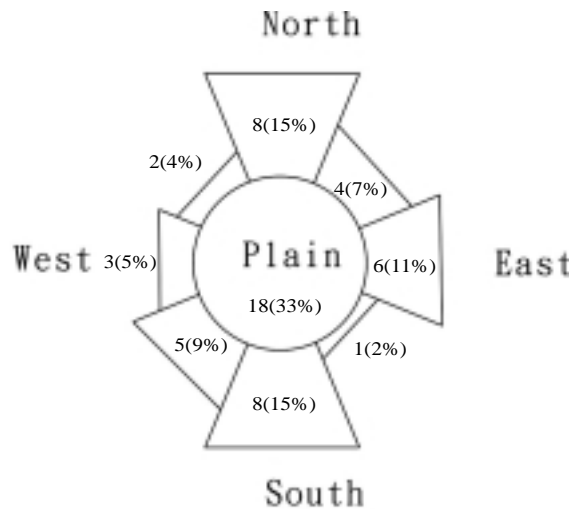


圖4. 蘭嶼地區野生株港口馬兜鈴於不同坡向之株數。

Fig. 4. Numbers of *A. zollingeriana* observed on the Lanyu Island in relation to compass aspects.



圖5. 蘭嶼地區港口馬兜鈴復育區(種植區)建議範圍(黑色部分)。

Fig. 5. Reserved areas suggested for *A. zollingeriana* on the Lanyu Island (Black color).

第一優先工作(農委會特有生物研究保育中心2000),除上述的建議區域外,也建議可在蘭嶼的國中、小學校園內鼓勵種植港口馬兜鈴。

謝 誌

本研究感謝本中心前後多位同仁協助參與港口馬兜鈴的移植與調查: 林斯正、黃子典、楊憲鵬、邱玉娟、劉嘉顯、許善理、黃國峰、盧致華、蔡銘源、曾耀德、蕭一民、白迺誠、沈明晃、張仁川、陳宏柏、李芬芳、張傳宜等。另本中心植物組許再文先生協助港口馬兜鈴的調查及科博館楊宗愈先生提供野生港口馬兜鈴的調查資料,在此一併致謝。本計畫經費承蒙農委會補助。

引用文獻

- 方懷聖、楊耀隆、姚正得。1998。蘭嶼珠光鳳蝶之生態及復育研究。台灣省特有生物研究保育中心87年度計畫執行成果(動物組)。100-115頁。
- 方懷聖、楊耀隆、賴肅如。2001。蘭嶼珠光鳳蝶族群之評估及棲地改善之研究。農委會特有生物研究保育中心88下半年及89年度試驗研究計畫執行成果(動物組)。122-131頁。
- 中央氣象局。1993。中華民國八十二年氣候資料年報第一部份—地面資料。交通部中央氣象局編印。156頁。
- 農委會特有生物研究保育中心。2000。珠光鳳蝶復育計畫。農委會特有生物研究保

- 育中心。25頁。
- 陳維壽。1986。蘭嶼蝶類之研究。農委會75年生態研究第005號。72頁。
- 陳維壽。1987。珠光鳳蝶之研究(I)。農委會76年生態研究第005號。80頁。
- 陳維壽。1988。珠光鳳蝶之研究(II)。農委會77年生態研究第005號。48頁。
- 楊平世。1993。台灣省珍稀及瀕臨絕種昆蟲之保育及研究趨勢。國際瀕臨絕種動物保育研討會論文集16-1 -30頁。
- 行政院農業委員會。2004。野生動物保育法(修正版)。行政院農業委員會。
- D'Abbrera, B. 1975. Birdwing butterflies of the world. Lansdowne Press, Melbourne. 260 pp.
- ESRI. 1996. ArcView Spatial Analyst. ESRI Press. 148 pp.
- New, T. R. and N. M. Collins. 1991. Swallowtail butterflies. An action plan for their conservation. IUCN, Gland, Switzerland. 36 pp.
- Tsukada, E. and Y. Nishiyama. 1982. Butterflies of the South East Asian Islands. Vol. 1. Papilionidae. Plapac Co. Ltd., Tokyo. 457 pp. (in Japanese)

附錄：蘭嶼地區野生株港口馬兜鈴地理環境資料**Appendix :** Habitat conditions of *A. zollingeri* on the Lanyu Island

編號 (Number)	高度 (Elevation) (m)	坡度 (Slope) (°)	坡向 (Aspect)
1	200	0-10	平坦 (flat)
2	180	11-20	南 (southern)
3	170	0-10	北 (northern)
4	170	0-10	平坦 (flat)
5	170	11-20	平坦 (flat)
6	170	0-10	北 (northern)
7	150	0-10	平坦 (flat)
8	110	51-60	南 (southern)
9	200	11-20	東 (eastern)
10	190	21-30	平坦 (flat)
11	170	31-40	西南 (southwestern)
12	40	0-10	南 (southern)
13	160	21-30	西南 (southwestern)
14	150	0-10	平坦 (flat)
15	130	21-30	北 (northern)
16	200	11-20	東南 (southeastern)
17	260	41-50	南 (southern)
18	320	21-30	西南 (southwestern)
19	180	11-20	西 (western)
20	170	31-40	東北 (northeastern)
21	180	31-40	東北 (northeastern)
22	20	11-20	平坦 (flat)
23	50	0-10	東 (eastern)
24	20	0-10	平坦 (flat)
25	130	0-10	平坦 (flat)
26	150	0-10	平坦 (flat)
27	60	11-20	東 (eastern)
28	80	31-40	東北 (northeastern)

附錄：蘭嶼地區野生株港口馬兜鈴地理環境資料 (續)

Appendix : Habitat conditions of *A. zollingeriana* on the Lanyu Island (cont.)

編號 (Number)	高度 (Elevation) (m)	坡度 (Slope) (°)	坡向 (Aspect)
29	110	11-20	南 (southern)
30	110	31-40	北 (northern)
31	100	11-20	南 (southern)
32	20	0-10	東 (eastern)
33	110	0-10	平坦 (flat)
34	120	11-20	北 (northern)
35	120	11-20	平坦 (flat)
36	90	11-20	北 (northern)
37	160	41-50	東 (eastern)
38	100	0-10	東北 (northeastern)
39	140	0-10	平坦 (flat)
40	340	0-10	平坦 (flat)
41	80	21-30	北 (northern)
42	170	31-40	南 (southern)
43	190	11-20	西南 (southwestern)
44	190	11-20	西 (western)
45	190	11-20	西北 (northwestern)
46	200	21-30	西 (western)
47	210	0-10	平坦 (flat)
48	210	0-10	平坦 (flat)
49	280	0-10	西北 (northwestern)
50	210	0-10	平坦 (flat)
51	210	11-20	北 (northern)
52	200	0-10	平坦 (flat)
53	200	31-40	西南 (southwestern)
54	190	11-20	南 (southern)
55	180	31-40	東 (eastern)

溪流複合式指標評估模式之建構

An Approach to Stream Integrity Assessment Model

朱達仁

Ta-Jen Chu

中華大學休閒遊憩規劃與管理學系 新竹市五福路二段707號

Department of Leisure and Recreational Management, Chung Hua University, Hsinchu, Taiwan

摘 要

溪流整治是水利工程重要一環，但施作時往往對環境產生某程度的破壞或影響，由於過去整治計畫推動上或實際施工時仍缺乏一套完整的生態評估或溪流健康狀態評估或環境影響評估，其可適用於各種評估機制層面的綜合模式，包含考慮到生物、水質及棲地環境面向的評估指數或模式。因此，本研究試圖整合國內外常用的相關棲地環境、生態、生物指數與模式，研訂一套簡要的整合型矩陣模式準則，藉此建立複合式指標評估模組，俾以應用於整治工程對溪流環境生態之影響或整治後整體的生態評估或健康狀態評估。本研究並以台北縣雙溪鄉后番子坑溪應用生態工法整治進行影響評估及石門水庫上游集水區生態健康狀態評估為例，進一步探討其評估應用情形。

Abstract

This study was intended to build a stream integrity assessment model (SIAM) by integrating some of the commonly known ecological indices for assessing the ecological status before and after the stream restoration and engineering projects. The three commonly used ecological indices were biological integrity index (IBI), river pollution index (RPI) and quality habitat evaluation index (QHEI). The SIAM was expressed in the form of linear weighting equation as $SIAM = W1 \times IBI + W2 \times RPI + W3 \times QHEI$. Two case studies were conducted to evaluate the feasibility of the model for assessing the stream restoration engineering project at the Hofanchuken Creek, Taipei County and the health status of the tributaries to the Shihmen Reservoir.

關鍵詞：溪流整治、生態工法、溪河健康、溪流複合式評估模式

Key words: stream restoration, ecological engineering, river health, stream integrity assessment model

收件日期：94年5月27日

接受日期：94年12月15日

Received: May 27, 2005

Accepted: December 15, 2005

緒 言

近年來生態工法的研究與推廣教育已經逐漸受政府及各界的重視，隨著各界致力於生態工法的研究、應用以及推廣，生態工法亦不斷被賦予不同的內涵意義與分析結果的呈現，並進一步瞭解生態工法的內容。郭(2004)指出生態工法理念約在1998年引進國內，在國內由行政院工程會監督下，各級政府對此工作之推動非常積極。同時相關研發工作也如火如荼的展開，主要以環境生態體系觀點出發，將現有各工程領域與生態保育相結合，包含建立資料庫、本土工法之研發、規劃與實施、環境影響評估，以期達到永續發展之目標。

汪(2004b)指出工程會更在2002年成立「工程會生態工法諮詢小組」，推動台灣山河復育計畫，此間藉由工程手段以恢復溪流的動態生命力，並考量工程施作時對生態所造成的衝擊降至最低。而其中「大甲溪魚類棲地改善及生態評估計畫」，可以說是台灣溪河生態工法及生態評估最早的案例(汪 1992, 2004b)。隨後政府單位逐漸重視河川情勢調查、生態基流量維護、生態設計準則、案例等工作(陳 2004；陳 2004；林 2004；林 2001, 2004a, 2004b；郭 2004)。在這些國內治理案例中都有不錯的設計，其中例如標榜呈現之零水泥自然生態工法(莊等 2004)。

由於溪流的整治工程是水利治理相當重要的一部分，從過去無論是生態工法或傳統工法之整治，整治過程中是需要一套完善且可適用於各種評估機制應用層面的模式，包含工程期間的環境影響評估，及工程後整體的生態健康狀態評估，進而評鑑工程之施作是否達成所計劃之生態效益等。而這最後部分牽涉到生態工法宣稱「生態」兩字的精神與意涵，若標以生態工法施作，但工程後生物都消失或生物多樣性降低，如何能掛上生態工法之名？因此工程後的評估驗證是有其必要的。汪(2004b)提出「河川生態工法之生態評估原理」，提供了一套完整層面的組織架構，並分別劃定施工前中後之工作流程，從評估範疇界定到各工作內涵，指引出明確的方針。Wang及Stevenson (2002)亦提出集水區管理時生態評估所需之架構。

另外汪(2004a)亦於「台灣溪流生態保育」一書提及，溪流生態環境內涵、溪流生態系統特性、生態特色，概念中所指的包含環境的物理、化學、地形、底質、棲地及生物等的綜合狀態。生態狀態與環境影響評估的進行可以透過模式、理論考慮、個案研究等方式，將計畫前後在自然環境、生物生態，甚至在文化與景觀、經濟等方面所造成之品質差異及影響程度予以估計表示(汪 2004b)。

Larry (1998)指出環境影響評估的方法有：經驗法、明細表法及矩陣法、網路法、

模擬法、迅速評估技術、預測法、環境風險評估及專家系統等。由於各項方法的分析目的及特性各有不同，因此評估時會依據不一樣的需求與特性，而使用不同之方法(鄭 1992)。由於了解及評估環境的綜合生態狀況，不是一件單純容易的技術，其涉及之層面相當的廣，所以評估時常無法面面俱到。如果每一項目都先進行調查研究，所耗費之人力成本也相對提高，致使實際應用時常受到經費、時間及技術上的限制。一般而言，資料與因子的獲得愈詳細，影響評估及詮釋就愈精準與清晰。

目前國內溪流整治影響及環境生態評估方面仍在起步的階段。在美國對於溪流健康狀態(*river health*)有相當的發展，如俄亥俄州環保署(Ohio EPA 1987)曾訂出一些指標用來作為生態狀況評估之用。其中如考量魚類為指標生物的生物整合指標法(*index of biotic integrity*, IBI) (Karr 1981, 1991)，以水生昆蟲污染耐受程度所發展之科級生物指標(*family-level biotic index*, FBI) (Hilsenhoff 1988)、以大型無脊椎生物所發展之快速生物評估法III (*rapid bioassessment protocol III*, RBP III) (Plafkin *et al.* 1989; Barbour *et al.* 1999) 及考量到溪流棲地狀態的定性棲地評價指數 (*qualitative habitat evaluation index*, QHEI) (Rankin 1989)等。國內有常應用於河川污染評估之河川污染指標(*river pollution index*, RPI)。以上這些指標分屬於環境、水質及生物個別型的評估模式或技術，但仍缺乏涵蓋以上3大類數理性的整合評估模式。1999年澳洲自然資源與環境部所發展之溪流狀態指數 (*index of stream condition*, ISC) (Ladson *et al.* 1999)，藉由5個次指數，包含水文、物理狀態、濱河狀態、水質狀態及水生物等，以加總法來評估溪流健康狀態，有了較完整層面的考量，而且台灣已有試行之案例(周及黃 2003; 胡等 2005)。

由於以上相關的評估指標，除ISC模式外，多適用於該模式的單一層面，無法就多層面來綜合評估。而ISC模式雖有較廣的層面考量，評估時亦受到固定的技術及項目限制。同時生物的次指數目前僅以魚類為主，無法納入其它各類生物，同時無法廣泛地融入別的指數來互相搭配使用，成為本模式之限制及缺點(朱 2005)。

另外無論任何國家，綜合評估之進行亦受監測調查之費用、技術限制及時間等因素，致使無法尋求一般性適合之模式，故常以單項或熟悉的技術進行相關之作業。因此本研究為能融合其他指數或模式，參酌 Schnute (1985)提出漁業資源研析模式的一般化整合，以組合型的概念解釋了各種模式的型態。所以本研究以此理論，試圖研訂一套簡要的整合性準則，來整合國內外常用之模式，藉由已建立各指數的基礎，以使用型選擇性組合的便利與優點，建構溪流複合式評估模式，俾以應用於一般性的溪流狀態評估，或應用於評估溪流整治工程對環境生態之影響，或其整治後整體之生態健康狀態。

模式矩陣建構

本研究建構之溪流複合式指標評估模式 (*stream integrity assessment model*, SIAM)，主要以納併各類環境或生態之評估指標及模式。本模式包含下列3類別之模組：一、生物評估模組；二、水質水文評估模組；三、環境棲地評估模組。最後以線性加總平均之概念進行生態評價演算，探討模組的整合應用。各模組常用之指標或模式如表1所示。除表1外之指數亦可加入整併。

一、生物評估模組

各模組指數或模式之併入，主要以原指數評估等級作為輸入變數，一般而言溪流生

表1. 溪流複合式指標評估模式各模組及常用指數

Table 1. Categories, items, model patterns, and variables used in formulating the SIAM

Categories	Items	Models or indices	Model patterns	Variables
Aquatic life indicator	Fishes	IBI	Metric	A1
	Fishes	ISC	Index	A2
	Aquatic insects	FBI	Index	A3
	Aquatic insects	RBPIII	Metric	A4
	Macro-invertebrates	RBPIII	Metric	A5
	Benthic organisms	B-IBI	Metric	A6
	Attached algae	SI	index	A7
	Attached algae	GI	Index	A8
	Algae	RDI	Metric	A9
Hydrology and water quality indicator	River pollution index	RPI	Index	B1
	River water quality index	WQI	index	B2
	Water quality index	ISC	Index	B3
	Hydrology sub-index	ISC	Index	B4
Habitat indicator	Qualitative habitat evaluation index	QHEI	Metric	C1
	Streamside zone sub-index	ISC	Metric	C2

態系中，生物評估模組重要的生物包含魚類、水棲昆蟲、底棲無脊椎動物、附著性藻類、微生物及水生植物等。郭(2001)指出生物族群其結構上的消長，若能反映當時的時空情境的特性，這類的生物便可作為這個環境或生態系的指標生物。國內外常用的評估模式，如以魚類為指標生物所建構之生物整合指標法，及利用水生昆蟲作為生物指標所發展之指標法有Hilsenhoff生物指標(Hilsenhoff's Biotic Index, BI) (Hilsenhoff 1982, 1987)、群聚失落指標 (community loss index) (Courtemanch and Davies 1987)、科級生物指標(FBI)、豐度指標評估法(taxa richness)

(Plafkin *et al.* 1989)、快速生物評估法II及III (rapid bioassessment protocol II & III, RBP II & III) (Plafkin *et al.* 1989)、EPT豐度指標(EPT index) (Plafkin *et al.* 1989)及百分比模式相似性(percent model affinity, PMA) (Novak and Bode 1992)等。

生物模組中另外包括溪流底棲無脊椎動物，如蝦蟹類之節肢動物、螺貝類之軟體動物和環節動物等。以底棲無脊椎動物為生物指標，常應用之指標法以快速生物評估法III及底棲生物整合性指標法(benthic index of biotic integrity, B-IBI) (Llanos *et al.* 2002)為主。

Allan (1995)指出附著藻為溪流主要且優勢之種類，故常作為溪河的環境指標。利用附著藻作為生物指標常用之指標法有許多種(Pan *et al.* 1996)，其中以藻屬指數(generic index, GI)及腐水度指數(saprobity index, SI)最普遍。另亦有建構發展在矽藻上之指標法，如RDI (river diatom index) (Fore and Grafe 2002)。

二、水質水文評估模組

溪流的水質水文環境包含流量、流速，以及溫度、溶氧等條件，這些因子均會影響生物的種類群聚。為判斷溪流生態等級，常應用河川污染指標，其利用溶氧量(DO)、生化需氧量(BOD₅)、懸浮固體(SS)及氨氮(NH₃-N)等4項水質參數標準來計分，根據其總值及評分等級來評估河川污染程度。其它評估法包含：一般河川水質指標如NSF、House、NCKUWQI8、WQI5等，及河川污染程度指標如以Parti、Ross、RPI、NCURPI等，判別河川是否遭受污染及污染程度，並作為評估水質狀況(楊 2001)。另ISC評估法(Ladson *et al.* 1999；周及黃 2003)中之水質次指數(water quality indicator)考慮了總磷、濁度、電導度及pH值。

在水文水理部分，ISC評估法中之水文次指數(hydrology indicator)，由水文次指標指數比率、每日流量變化指標及設施改變流量變化指標來計算(Ladson *et al.* 1999；周及黃 2003)。

三、棲地環境評估模組

棲地環境評估模組係依據美國俄亥俄州環保署所發展之定性棲地評價指數(QHEI)，QHEI是從1972年開始，為了因應美國聯邦水污染控制計畫(Federal Water Pollution Control Act)，由俄亥俄州環保署所發展，能針對河川物理環境特性做評估的方法。透過QHEI 6

大類屬性值的評估，便可看出一個河段是否符合水棲生物的需求，得分愈高代表棲地環境品質愈良好。QHEI棲地評估項目包含「基質(底質類型)」、「魚類遮蔽度」、「河川形狀和人為影響」、「河川林地及溼地和沖蝕」、「水深及流速」、「淺灘、急流/底質」等6大項目。

四、SIAM生態評價演算

(一)模式特性

本模式之特性包含1.綜合性：以多矩陣指數(multimetric index)型態來進行模式之建構與應用。複合指標係以上述3個模組中之指標或評估法，加以組合搭配所構成一整合矩陣模式(combined model)。綜合從生物的角度、水質水文之變化及棲地環境特性變化來評估環境狀態。各模組及常用指數如表1。2.便利性：由於綜合矩陣之評估涉及多項專業評估技術、時間及經費，因此可由評估者選擇所需之組合項目。3.簡易性：演算方式以各指標為輸入變數，以等級值或評估數值經向序處理後進行加權平均，再由得分加以評判環境等級。4.廣用性：可做為一般自然環境評估，亦可綜合評估溪流整治時對環境與生物所產生之影響來評估工程影響性。

(二)模式假設及限制

本模組將各指數評估等級，透過線性加權平均，並進行綜合生態評價。模式中之假設及限制如下：

- 1.假設各種評估指數或技術，皆可作為溪流狀態評估的項目變數之一。
- 2.假設各種評估指數或技術之評估等級結果，其等級視為線性等距。同時進行綜合評估時，其合併組合時具加權累加性。
- 3.模式應用時為避免各變數產生共相關，各因子儘可能不重複使用，如IBI與ISC生物指數，如需使用，可將兩因子權重除半，兩項以上類推。

4.將環境影響或生態效益等級評價設為5等級。

(三)模式計算方式

$$SIAM = \sum (Y_i \times W_i \times X_i)$$

其中

$Y_i = 0$ 或 1 ； 0 表示該 X_i 變數(矩陣或指數)

不使用， 1 表示使用。

W_i ：為各項評估模式或指數之權重值，其值為 $0 \leq W_i \leq 1$ ，且 $\sum W_i = 1$ ； W_i 為綜合評估時各指數之間相對重要性估測－權數。一般初始權重常以 $W_i = 1/N$ 表示， N 表示 Y_i 選 1 之項目數，此表示各變數均等重要。權重的估計亦可使用項目權重法(item weighting)或因素分析法(factor analysis)進行估計。

X_i ：為各項評估模式或指數的評估數值(或等級)，即使用在本模式之變數，如表1(A_i 、 B_i 及 C_i)。由於各指數的評估等級及順序方向不同，因此當應用於本模式時，須將數值(或等級)做下列之調整：

1.等級型：

如個別模式之評估結果等級有 n 級：其等級排序，由 1 至 n ，表示等級 1 環境最佳、等級 n 環境最差；等級評分為 n ， $n-1$ ，至 1 。若該模式評估等級為等級 1 環境最差、等級 n 環境最佳，則該模式等級評分為 1 至 n 。由於本模式評估設為 5 級等

級，因此依照原矩陣或指數等級實際評估模式得分為 S ，換算本模式之等級得分為 $X_i = 5 \times S/n$ 。

2.數值型：

個別模式評估分數 S ，該評估模式最高分數為 H ，由於本模式評估設為 5 級等級，因此換算本組合模式之得分為 $X_i = 5 \times S/H$ 。

(四)環境影響或生態效益等級評價

經由上式之計算所得到之 $SIAM$ 值，評估其綜合環境品質狀態或生態效益狀態之等級評價及得分範圍，標準如表2。

后番仔坑溪案例應用探討

本研究以台北縣雙溪鄉后番仔坑溪之整治為案例，本集水區內全屬山坡地，沿路風景優美堪稱世外桃源，有相當豐富之生物相，但每遇颱風豪雨，常沖毀護岸、淤積河床、溪水漫流，且經常改道，造成交通受阻、農地流失受損，生命財產頻遭遭受威脅，同時豐富之水域生物生態也遭受無情的破壞，尤其前幾年納莉颱風過境，整個集水區遭受的破壞與影響相當大。因此政府相關單位從2003年6月開始於后番仔坑溪集水區進行生態工法整治(陳等 2003；汪 2003；朱等 2004a, 2004b)。

表2. SIAM評估等級及得分範圍

Table 2. The ranks classified by the summed up score ranges of SIAM

Categories	Score ranges	Ranks
Grade 1	4.1-5.0	Excellent
Grade 2	3.1-4.0	Very good
Grade 3	2.1-3.0	Good
Grade 4	1.1-2.0	Poor
Grade 5	0-1.0	Very poor

一、調查地點及調查期距

台北縣雙溪鄉后番仔坑溪集水區(如圖1)，面積約為395 ha。后番仔坑溪屬於雙溪上游平林溪的上游支流，發源於台北縣的瑞芳、雙溪、平溪三鄉鎮的交界。后番仔坑溪集水區上游部分河川坡度平均在10%以上，下游部分則在10%以下，集水區呈現由西北向東南走向，由和平橋附近注入平林溪，河流總長度約為6.25 km。

本研究各施工點(如圖1)之工程類型，如圖2所示，其中測站B為進行了箱籠護岸及混

凝土砌石護岸之工程，並在監測期前已施工大部分，測站C為三明治式護岸外側木排樁之工程，測站D為砌石護岸之工程，而測站A為對照之測站，藉以比較施工點與非施工點之差異。施工期間為2003年6月至2003年11月，本研究自2002年12月至2004年5月按月進行調查。

二、生物評估模組分析之結果

本研生物評估模組以魚類為指標生物，採樣所得之魚類計達16種，分屬5目7

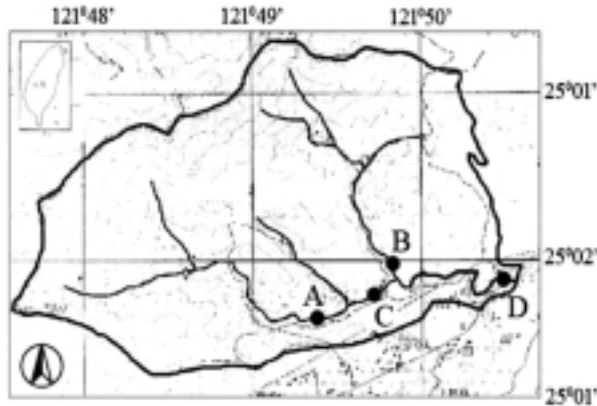


圖1. 台北縣雙溪鄉后番仔坑溪集水區及各施工測點分布圖。
 Fig. 1. The study stations at Hofanchuken Creek, Taipei County.



圖2. 施工測點B, C及D 之工程類型及照片。

Fig. 2. Different stream restoration engineering methods at the Hofanchuken Creek: Station B, ecological enhancement by concrete masonry revetment on left bank; Station C, sandwich enhancement of wooden pile revetment on both right and left banks; Station D, ecological enhancement of concrete revetment on right bank and masonry revetment on left bank.

科。進一步以生物整合指標法(IBM)進行評估, 評估時參考生物特性表(朱 2004; 朱等 2004), 以9項指標矩陣調查的現況來綜合給分, 其評分標準如表3所示。給分完成後, 將9項積分累加, 評估目前環境品質等級。等級劃分如表4。

生物整合指標IBM數值愈高表示生物環境狀態愈佳。各測站IBM值月別變化情形及等級劃分結果如圖3所示, 由圖顯示, 施工前各測站IBM值均在18.0以上, 評估為等級I(non-impaired)至等級II (slightly impaired), 但6月施工後各測站IBM值均明顯下降, 部分測站等

級落至第III級(moderately impaired), 顯示環境變得不佳, 明顯受施工影響。直至11月施工結束, IBM值逐漸回升, 顯示仍在恢復之中, 但仍未達等級I。

三、水質水文模組分析之結果

本研究水質水文模組以水質為指標, 應用河川污染指標法(RPI)進行評估, 其分析如後。RPI指標計算方式如下公式。其評判標準及等級如環保署公告標準所示。

$$RPI = (1/n) \sum_{i=1}^n Ni$$

表3. 生物整合指標法(IBM)中各項指標矩陣之評分標準

Table 3. Candidate metrics, scoring criteria and class boundaries of the biotic integrity indices for Hofanchuken Creek

Metrics	Scoring criteria		
	5	3	1
1. Total number of fish species	≥ 10	4-9	0-3
2. Number of rheophilic species	≥ 3	1-2	0
3. Number of water column species	≥ 2	1	0
4. Number of benthic species	≥ 2	1	0
5. Number of intolerant species	≥ 3	1-2	0
6. % of individuals as omnivores	<60%	60-80%	>80%
7. % of individuals as insectivorous	>45%	20-45%	<20%
8. Number of individuals in sample	≥ 101	51-100	0-50
9. Shannon diversity, H'	>1.52	1.17~1.52	<1.17

表4. 生物整合指標法(IBM)分數值範圍與所相對之水質等級

Table 4. The biological conditions and score ranges of biotic integrity indices at Hofanchuken Creek

Categories	Biological condition	Score ranges
Grade 1	Non-impaired	29-45
Grade 2	Slightly impaired	20-28
Grade 3	Moderately impaired	11-19
Grade 4	Severely impaired	0-10

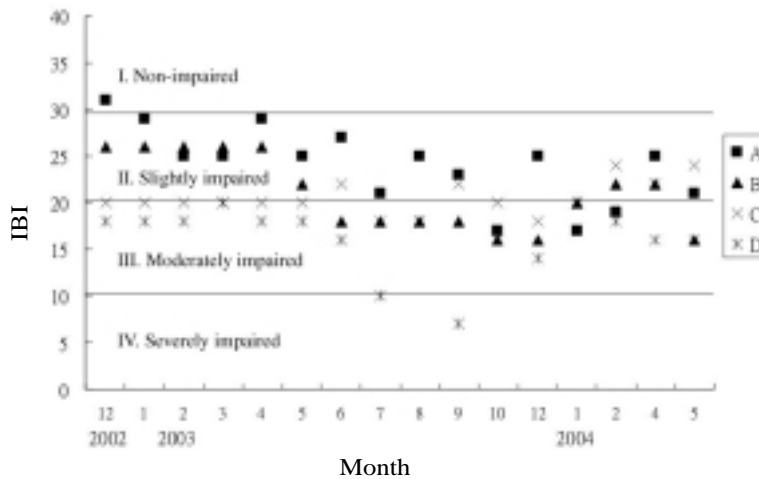


圖3. 后番仔坑溪各測站IBI指數月別變化圖。I級，未受(稍受)影響；II級，輕度影響；III級，中度影響；IV級，嚴重影響。

Fig. 3. A comparison of monthly IBI values among the four study stations at Hofanchuken Creek.

其中 N_i 為指標污染物點數值， n 為指標污染物數目。RPI：2以下是未受污染，2-3是輕度污染，3.1-6是中度污染，6以上為嚴重污染。

在本案例中，進一步估算河川污染分類指標值(RPI)如圖4，並評估各測站的水質狀況。由RPI得到之結果顯示，在施工前A、B及C測點其水體是屬於未受至稍受污染程度。在和平橋(測點D)因有村莊群落，數值比其餘測點略高，仍屬於未受至稍受污染程度。故后番仔坑溪集水區水域整體而言仍屬於未受至稍受污染程度。6月後開始施工水質變不好，RPI值升高，10月後施工結束，水質又恢復先前狀態，RPI值下降至原來數值。

四、棲地環境評估模組分析之結果

本研究棲地環境評估模組應用定性棲地評價指數(QHEI)進行評估，其分析如後。QHEI棲地評估項目如表5。評估之測站大小

以測點100m範圍內，由所觀察各項目之特徵依據各項目判斷標準及是否有特徵項目之存在予以給分。

6大項評估後，最後將6項評估分數加總，得到評價總分。再依棲地評價指標積點等級劃分5個等級如表6，評估各測站目前棲地狀態。棲地評估指標QHEI得分愈高代表棲地環境品質愈良好。

各測站QHEI值月別變化情形及等級劃分結果如圖5所示，由圖顯示，在施工前QHEI值平均在70至86之間，落於第二等級(excellent)及第三等級(medium)。在工程開始施工後，部分測站的QHEI值開始明顯下降，測點C的QHEI值更下降至第五等級(very poor)，顯示棲地環境品質明顯的受工程施工的影響。但隨著部分工程的施作完成其QHEI值逐漸的回升，在工程施工施作完成後，QHEI值平均在70至88之間，顯示已逐漸回升至未施工前之水準。

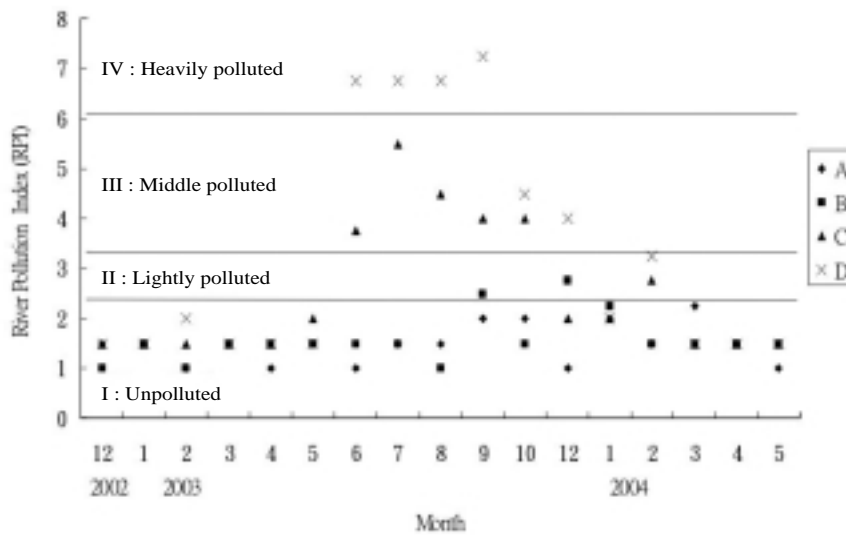


圖4. 后番仔坑溪各測站月別RPI變化情形。

Fig. 4. A comparison of monthly RPI values among the four study stations at Hofanchuken Creek.

表5. QHEI採用的屬性類別及評分

Table 5. Items, characters and score ranges evaluated for qualitative habitat evaluation indices at Hofanchuken Creek

Items	Characters	Score ranges (top marks: 114)
Bottom substrate	Bottom stone size, silt up, shelter	24
Shelter for fish	Vegetation, coverage, curvature, phytoplankton	20
Stream way and artificial facility	Curvature, natural, artificiality	20
Land usage beside stream and stream erosion	Stream width, land usage beside the stream, stability or erosion, shade of tree	20
Velocity and depth	Speed of stream, depth of stream	15
Stream type	Pool, run, shallow, sand bank, jet stream	15

表6. 棲地評價指標積點等級表

Table 6. The ranks and score ranges of the qualitative habitat evaluation indices estimated for Hofanchuken Creek

Categories	Score ranges	Ranks
Grade 1	> 100	Extra
Grade 2	81-100	Excellent
Grade 3	61-80	Medium
Grade 4	41-60	Poor
Grade 5	0-40	Very poor

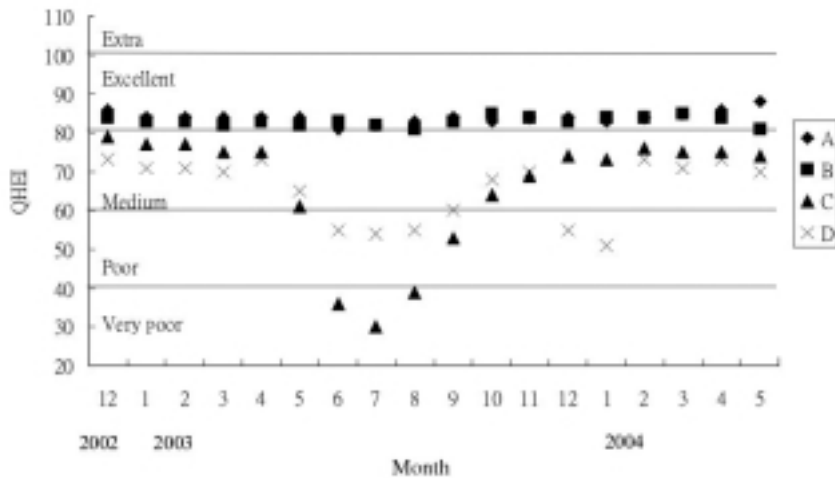


圖5. 后仔坑溪各測站QHEI指數月別變化圖。

Fig. 5. A comparison of monthly qualitative habitat evaluation indices among the four study stations at Hofanchuken Creek.

五、生態綜合評估

本研究應用之組合模式為魚類IBI+水質RPI+棲地QHEI 共3項。所選擇之3指數 $Y_i = 1$ ，其餘為0。 $W_i = 1/3$ ，計算如下式，其應用綜合評估之結果如圖6所示。

$$SIAM \text{ Value} = \sum (Y_i \times W_i \times X_i) = (1/3 \times A1 + 1/3 \times B1 + 1/3 \times C1)$$

六、指數間權重分析

為瞭解在不同權重值之下，SIAM模式對於整體綜合評估的差異性，因此以 $W_i = 1/3$ 作為初始權重，接著以項目加權法(item weighting)進行各指標設定。在 $\sum W_i = 1$ 條件下，進行下列6種模擬處理：1.當 W_{IBI} 固定時， W_{RPI} 依0.01變量遞增， W_{QHEI} 依0.01遞

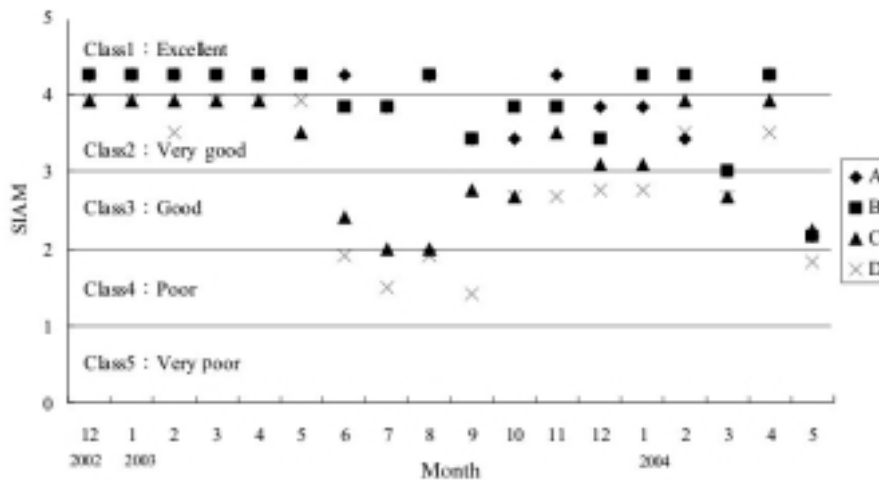


圖6. 后仔坑溪各測站SIAM 數值月別變化圖。

Fig. 6. A comparison of monthly SIAM values among the four study stations at Hofanchuken Creek, January 2003 to May 2004.

減；2.當 W_{IBI} 固定時， W_{RPI} 依0.01變量遞減， W_{QHEI} 依0.01遞增；3.當 W_{RPI} 固定時， W_{IBI} 依0.01遞增， W_{QHEI} 依0.01遞減；4.當 W_{RPI} 固定時， W_{IBI} 依0.01遞減， W_{QHEI} 依0.01遞增；5.當 W_{QHEI} 固定時， W_{IBI} 依0.01遞增， W_{RPI} 依0.01遞減；6.當 W_{QHEI} 固定時， W_{IBI} 依0.01遞減， W_{RPI} 依0.01遞增。藉以了解變化趨勢。

其結果如下：當 W_{IBI} 固定時， W_{RPI} 依0.01變量遞增，SIAM值由低而高； W_{QHEI} 依序遞增時，SIAM值由高而低。當 W_{RPI} 固定時， W_{IBI} 依序遞增時，SIAM值由高而低； W_{QHEI} 依序遞增時，SIAM值由低而高。當 W_{QHEI} 固定時， W_{IBI} 依序遞增時，SIAM值由高而低； W_{RPI} 依序遞增時，SIAM值由低而高。

石門水庫集水區案例應用探討

本研究從2003年冬季至2004年秋季進行8季的調查，以石門水庫上游集水區8個採樣站為研究區域(浦仔溝、三民、羅浮、雪霧閣、

下蘇樂、新興、馬里光、秀巒)，調查水質、魚類群聚結構、水生昆蟲群聚及棲地評價等。除從河川污染指標法(RPI)、生物整合指標法(IBM)、水生昆蟲科級生物指標(FBI)及定性棲地評價指標(QHEI)等作為單項評估因子變數，並應用溪流複合式評估模式(SIAM)進行指標整合，藉以評估石門水庫上游集水區水質品質。

一、生物評估模組分析之結果

1.生物整合指標法評估結果

各測站IBM值季別變化情形及等級劃分結果如圖7所示。由圖顯示，2003年冬季至秋季有下降的情形，但整體而言各測站之IBM評估等級堪稱良好，數值多落在第一級至第二級間。其中夏季與春季同，僅有微幅改變，數值均在21.0以上；冬季與秋季相似，皆有少數測站遭降級為第三級至第四級，IBM值全距在20.0以上，顯示測站間生物環境狀態有較大之差異性存在。

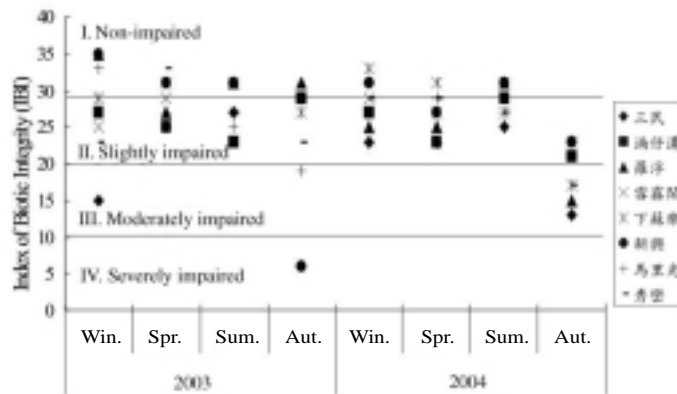


圖7. 石門水庫上游集水區各測站IBI指數季別變化圖。

Fig. 7. A comparison of seasonal IBI values among the eight study stations at the tributaries to Shihmen Reservoir.

2004年冬季數值有上升的情形，最高值出現在下蘇樂測站，等級落在第一級範圍內。春夏兩季數值較冬季略降，但各測站仍維持在等級一至等級二間。秋季更受颱風影響有較明顯下降情形，評估為等級二至等級三。另外在2003年冬季至2004年秋季各測站間之比較，呈現下游測站數值較低之情形，上游測站則有較高的數值，亦代表上游污染較輕。

2.科級生物指標法評估結果

本研究應用Hilsenhoff之科級生物指標(FBI)評估水質之有機污染，其計算式如下。由下述公式求得之FBI值，將水質與指標值劃分為7個水質等級，等級如表7。

$$FBI = \frac{\sum (a_i \times n_i)}{N}$$

其中 a_i ：第*i*科水棲昆蟲之污染忍受值，參考Lenat(1993)、楊(1992)。

n_i ：第*i*科水棲昆蟲之個體數。

N：各採樣站水棲昆蟲之總個體數。

各測站之FBI值與相對水質等級如圖8所示，FBI值愈低表示生物環境狀態愈佳。本研

究自2003年冬季至2004年秋季間，計算出各測站FBI數值介於1.96-6.25間。

由圖8顯示，上游段秀巒測站8季所估算出FBI值介於1.98-3.33間，評估等級皆呈現第一級(excellent)，評估為無污染。馬里光測站所估算出FBI值介於2.46-5.00間，兩年8季除2003年夏、秋兩季為第二級(very good)，2004年秋季為第三級(good)，其餘季節評估等級皆為第一級。2004年秋季的等級下降主要為艾莉颱風所造成，生物反應比水質更明顯，兩者之差異主要為採樣的時間差。

中游段新興測站除秋季無採樣外，所估算的FBI數值介於1.96-3.29間，兩年皆呈現第一級，評估為無污染。下蘇樂測站所估算的FBI數值介於2.53-4.58間，同其他測站2004年秋季，呈現較高數值為第三等級。其他季節皆呈現第一級，評估為無污染，但2003年秋季之中RPI列為C級，Hilsenhoff科級生物指標評估結果仍為第一級，主要為系統評估的差異與時間反應的差異。

下游段羅浮測站所估算的FBI數值介於2.36-6.25間，兩年中2003年皆呈現第一級，

表7. 科級生物指標法積點等級表

Table 7. The ranks and score ranges of family-level biotic indices estimated at the tributaries to Shihmen Reservoir

Water quality categories	FBI score ranges
Excellent	0.00-3.75
Very good	3.76-4.25
Good	4.26-5.00
Fair	5.01-5.75
Fairly poor	5.76-6.50
Poor	6.51-7.25
Very poor	7.26-10.00

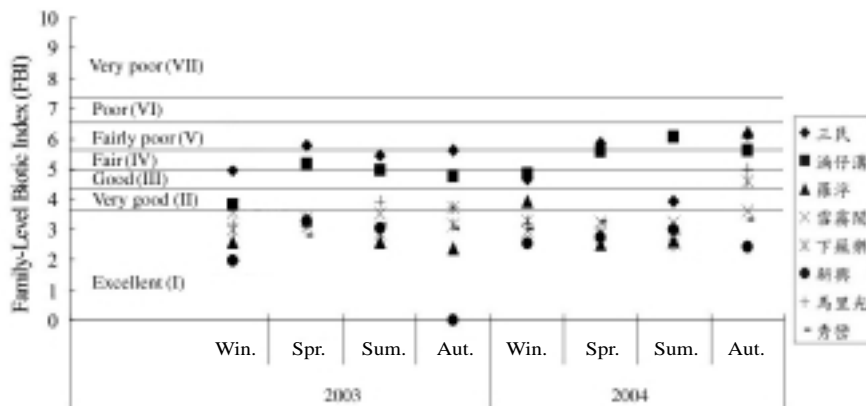


圖8. 石門水庫上游集水區各測站FBI指數季別變化圖。

Fig. 8. A comparison of seasonal FBI values among the eight study stations at the tributaries to Shihmen Reservoir.

但春季之中RPI列為B級，FBI仍為第一級。2004年冬季為第二級，秋季受艾莉颱風影響為第五級。大漢河流域重要支流雪霧閣溪測站，所估算的FBI數值介於2.97-3.73間，皆呈現第一級，評估為無污染。

接近水庫區旁之湳仔溝測站所估算的FBI數值介於3.80-6.08間，呈現第二級至第五

級，評估為輕度污染至中度污染。三民測站所估算的FBI數值介於3.95-6.14間，呈現第二級至第五級，評估為輕度污染至中度污染。此兩測站水質環境明顯受到家庭污水及垃圾之污染。

另外，由圖8得知三民站與湳仔溝站數值較高，而其他測站除2004年秋季受艾莉颱風

影響等級下降，均在第一級與第二級間。

二、水質水文模組分析之結果

由RPI得到之結果顯示如圖9，2003年除夏季各測站評估等級為A級，屬於未受(稍受)污染程度外，其餘3季河川污染指標評估等級介於A級至C級間，水體狀態屬於未受(稍受)污染程度至中度污染程度間。

2004年冬季各測站評估等級皆為A級，屬於未受(稍受)污染程度，並無較差的水質狀況。春、夏兩季除三民測站落在C級，屬於中度污染程度之水質狀況外，其餘測站亦為A級之良好水體狀態。然而秋季時部分測站(三民、羅浮及下蘇樂)受艾莉颱風影響，評估等級為C級，屬於中度污染程度。初步探討造成其RPI評估等級下降之原因，可能為颱風來臨時所挾帶之大量泥砂，使RPI評估項中之懸浮固體(SS)濃度大幅提昇，造成RPI評估積分增加所致。

三、棲地環境評估模組分析之結果

各測站QHEI值季別變化情形及等級劃分結果如圖10所示。由圖顯示，兩年8季的調查中，除三民測站及滄仔溝測站部分季別落在第三級至第五級之外，其他測站棲地評估後的結果皆為第一級至第二級，棲地環境品質良好。初步探討三民測站評估過程中遭降級的原因，發現此站魚類遮蔽度低、河道少彎曲、測點有嚴重人為改變、水深淺及流速低，因此在8季的評估結果中，計算出的QHEI數值介於32.0-46.7之間，等級皆落在第四級(poor)至第五級(very poor)之間，棲地環境品質較差。

四、生態綜合評估

本研究應用之組合模式為魚類IBI+水生昆蟲FBI+水質RPI+棲地QHEI共4項。所選擇之4指數 $Y_i = 1$ ，其餘為0。 $W_i = 1/4$ ，計算如下式，其應用綜合評估之結果如圖11所示。

$$SIAM \text{ Value} = \sum (Y_i \times W_i \times X_i) = (1/4 \times A1 + 1/4 \times A3 + 1/4 \times B1 + 1/4 \times C1)$$

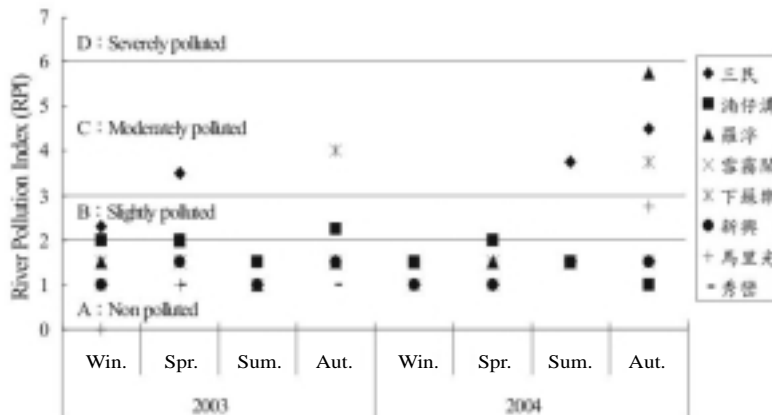


圖9. 石門水庫上游集水區各測站RPI指數季別變化圖。

Fig. 9. A comparison of seasonal RPI values among the eight study stations at the tributaries to Shihmen Reservoir.

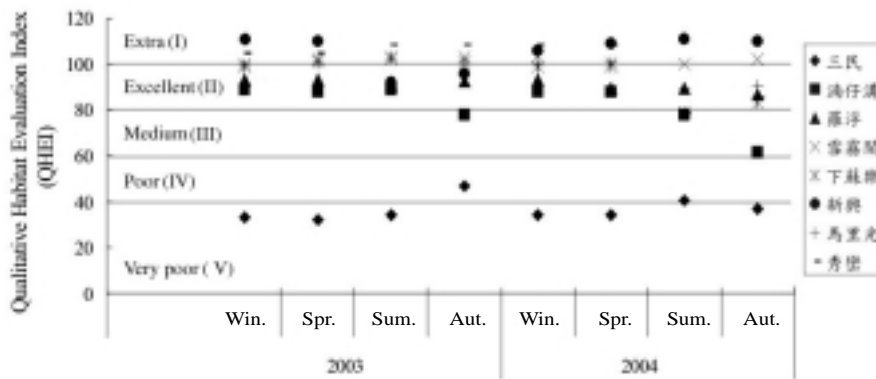


圖10. 石門水庫上游集水區各測站QHEI指數季別變化圖。

Fig. 10. A comparison of seasonal qualitative habitat evaluation indices among the eight study stations for the tributaries to Shihmen Reservoir.

研究結果顯示8個採樣站8個季節的水質環境與生物指標評估，顯示出季節變化。IBI、FBI、QHEI、RPI的評估結果與SIAM評估有良好一致性。同時SIAM能適度整合各類之指標，達到整體評估的效益。採樣測站中三民測點及滴仔溝測點部分季節的水質呈現不好的等級，其餘採樣站的水質評級皆相當良好。測點水質所呈現不好的等級其反應在

水質變化、魚類及水昆族群結構、水質評級指數及生物指數。

討論

生態健康評估是整治工程相當重要之一環，更是一般溪流生態狀態必需了解的一環。有許多學者如Wang及Stevenson (2002)曾

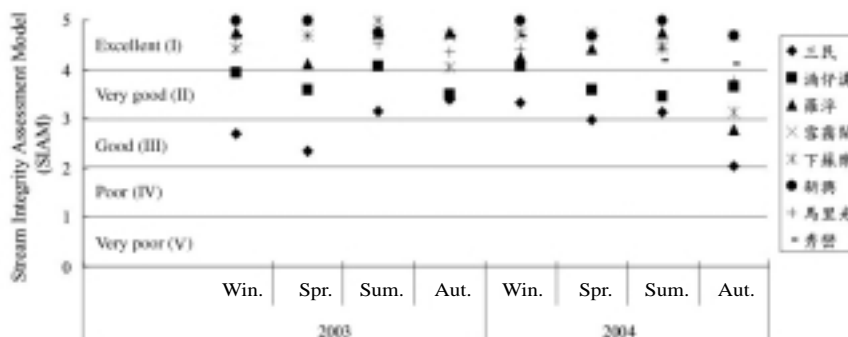


圖11. 石門水庫上游集水區各測站SIAM 數值季別變化圖。

Fig. 11. A comparison of seasonal SIAM values among the eight study stations at the tributaries to Shihmen Reservoir.

發表集水區管理所需考慮的一些因子項目及組織架構(framework)，汪(2004)更提出完整的陳述並架構了溪流整治前中後應考慮的因子及工作。由於上述之學理提供了生態工法評估很好的理論架構依據，但是實際之評估有賴各項技術與數量化評估指標。無論任何國家、任何監測案，其進行環境評估時，常受限於監測調查之費用、技術及時間等因素，致使無法尋求統一監測規格，故常以單項或熟悉的技術進行相關之作業。

因此如前模式說明，本模式之特性包含

1.綜合性：以複合指標加以組合3個模組中之指標或評估法，搭配構成一整合矩陣模式(combined model)。綜合從生物的角度、水質水文之變化及棲地環境特性變化來評估環境狀態。不會只單向地看到水質之結果或各類生物角度之結果。

雖然各指數的確有其不同使用特性，例如Karr (1981)所發展之IBI，是一種綜合性指標，原始的分析法中建立於6大類生物特性，結合了魚類生物個體、種類豐度及群聚組成、生物移動性、生物多樣性、營養攝食特性及健康等之分析矩陣上，依此來反應檢測環境品質之狀態。由於IBI評估法基於魚類群聚特性運用多項矩陣方式(multimetric indices)，一直被認為是高效能的溪流狀態評估技術(Yoder 1989)。

此指標具有魚類生物意義而且敏感，適合作為環境及水質監測之用，目前受到廣泛的應用(Yoder 1989；Liang and Bruce 1997；Angermeier and Davideanu 2004)，在國內已有一些實例，如朱(2004, 2005)、朱等(2004a, 2004b, 2004c, 2005)、林等(2002)及李等(2004)之實例。由目前國內外生物評估案例看來，魚類幾乎是必備的，所適用水體也是最廣的，再加上魚類的經濟與遊憩價值，較容易使當地居民關心，魚類指標的建立與評估也較容易獲得民衆與政府的重視。所以選擇以

魚類為指標生物所發展之生物整合指標法來評估環境的影響相當的適合。

另外利用底棲水生昆蟲作為生物指標所發展之指標法有Hilsenhoff生物指標、群聚失落指標、科級生物指標、豐度指標評估法、快速生物評估法II及III、EPT豐度指標及百分比模式相似性等。

由於水生昆蟲鑑定的困難，Hilsenhoff (1987)又提出科級指標生物法 (FBI)，將水質等級細分為7級，鑑定層級以科級取代過去所慣用的屬、種級；簡化後的評估方法可達到快速評估水質的目的。而FBI指標之優點乃因為不同的水棲昆蟲種類棲息於不同環境與不同水質，並因數量多、種類多等優點，因此適合作為指標生物。國內目前也有一些案例，如楊等(1990a, 1990b)、謝及楊(1999)、Shieh and Yang (2000)、朱等 (2004d, 2004e)、汪等(2004)及郭等(2004)。

另外附著藻不同於一般浮游動物及游泳動物的地方，由於其沒有遷移能力，故可反應特定水域綜合的、累積的特性，又由於附著藻對環境惡化的忍耐界限，隨種類之不同而有相當大的差異，因此附著藻群聚分布被認為是環境改變評估的最佳指標(Fore and Grafe 2002)。國外利用附著藻作為水污染指標已被發展及應用，而國內也已有一些利用藻類作為河川水質監測的例子(張等 2004)。

2.便利性：依需求者可掌握之專業評估技術、時間及經費，選擇其所需之組合項目。在本兩案例中后番仔坑溪選擇使用魚類IBI+水質RPI+棲地QHEI等3項。而石門水庫集水區之案例選擇魚類IBI+水生昆蟲FBI+水質RPI+棲地QHEI等4項。而ISC必須要有5項次指數，產生了限制。而且目前生物的次指數僅以魚類為主，無法融入別的指數來互相搭配使用。本法更可以考量不同指數間之重要性，給予不同權重來評估，更有其彈性與操作便利。

3.簡易性：演算方式以各指標為輸入變數，以等級值或評估數值經向序處理後進行線性加總加權平均，再由得分加以評判環境等級。ISC藉由5個次指數來評估溪流健康狀態雖有了較完整層面的考量，但ISC模式各次指數係以線性累加將次指數總合，產生各指數分數間累加的疑慮，及切分等級之依據等問題。

再則，由於本模式以各指數之評估等級為資料，以加權平均處理，可迴避各指數分數間累加問題、單位問題、定義問題。僅以環境或生態評估等級之加權平均值來進行綜合研判。

4.廣用性：可做為一般自然環境評估，亦可綜合評估溪流整治時對環境與生物所產生之影響來評估工程影響性。如本文中兩案例后番仔坑溪可進行工程影響評估，而石門水庫集水區之案例為一般之生態健康狀態評估，或稱生態品質評估。

5.評估誤差之減小：如Larry(1998)所述資料與因子的獲得愈詳細，影響評估及詮釋就愈精準與清晰。由於以上的各評估指標，多適用於該模式的單一層面，無法就多層面來綜合評估，而本模式具有綜合性，此即綜合評估之目的與精神。如水質指標RPI可呈現出長期的污染狀態，如石門之案例，亦可即時反應工程之影響，如后番仔坑溪之案例。

但在后番仔坑溪之案例，由於在風災後環境的水質及生物都已呈現出恢復之跡象，如2002年12月至2003年4月前。RPI在4個測站評估的等級皆為I級；IBI之評估的等級介於I-II級之間、QHEI之評估的等級介於第二等級至第三等級之間。此時SIAM的評估與3個指數的評估狀態相差無幾。

由於部分溪段及附近之面貌的確有必要進行疏濬及整理，水保局一工所遂於2003年5月開始動工整治，由於進行整治施工，受到整土挖濬，懸浮固體SS隨即升高。由工程中

環境生態的調查評估顯示，RPI指標馬上就呈現反應，在C、D測站評估的等級下降的非常多，介於III-IV級間，因工程引起之懸浮固體及濁度，造成很大的影響；由IBI之評估的等級也降為II-III級之間；QHEI之評估的等級在施工處等級下降明顯；SIAM的評估與3項的環境及生物生態指標生態狀態相差無幾，亦同時呈現出來。

工程於2004年11月結束，施工後水質變好，RPI指標變佳，會讓人認為生態已經恢復沒有問題，但是實際上生物並未立即恢復，此時IBI的評估生態等級仍不好，直至數月後才逐漸恢復。因此，SIAM透過3項指標加權平均，可適度避免單一評估的偏差。

朱(2005)過去亦曾應用上述多項的評估技術，包含生物、水質及環境指標來評估溪流整治施工前、中、後的生態狀況，文中提及生物指標會反映出施工及自然因素的季節影響，並且於施工後其恢復時間出現延遲情形。若單純探討施工影響，必須比對析出自然因素，此觀念同於Barbour等人(1999)論點。該文提及RPI除了懸浮固體項的反應外，其他3項溶氧、BOD5及氨氮均不能清晰地顯示出工程的影響。定性棲地評價指標QHEI的評估結果，在本研究案例所呈現之測點間之差異，相當穩定地反映出工程的改變項影響。

因此綜合上述之評估，各指數均能依本身指數之特性反映出工程影響，或自然環境狀態。但其中生物指數會滲雜自然因素的影響，RPI也會滲雜非工程的環境因素影響，QHEI的評估能直接反應工程的施作及自然環境狀態。

最後，為了避免評估的不完整或偏差，本研究藉由整合多項的評估技術，包含生物指標、水質指標及環境指標，藉此來評估后番仔坑溪整治施工前、中及後的生態狀況，及石門水庫集水區生態狀況，均顯示出上述

的各項優點，相信從各個層面有較完整的分析。

謝 誌

本研究承蒙國科會NSC94-2211-E-216-008及中華大學重點教學及研究計畫CHU-93-TR-008提供研究經費，使得研究順利完成，謹此致謝。

引用文獻

- 楊平世、黃國靖、謝森和。1990a。北勢溪之水棲昆蟲資源及生態研究I.水棲昆蟲相及其相關生態。中華昆蟲10：209-224。
- 楊平世、謝森和、黃國靖。1990b。北勢溪之水棲昆蟲資源及生態研究II.水文因子及水棲昆蟲之群聚結構。中華昆蟲10：249-269。
- 謝森和、楊平世。1999。水棲昆蟲在人工底質之拓殖型式。中華昆蟲19(1)：27-50。
- 鄭先祐。1992。生態環境影響評估學。徐氏基金會。528頁。
- 汪靜明。1992。河川生態保育。國立自然科學博物館。189頁。
- 汪靜明。2003。后番子坑溪集水區自然生態工法博覽會規劃及設計期末報告。行政院農業委員會水土保持局第一工程所。181頁。
- 汪靜明。2004a。台灣溪流生態保育。行政院農業委員會林務局。125頁。
- 汪靜明。2004b。河川生態工法之生態評估原理。水資源管理會刊6(2)：14-24。
- 郭一羽。2001。水域生態工程。中華大學水域生態環境研究中心。314頁。
- 郭一羽。2004。生態工程學術研究發展工程規劃。第一屆生態工程學術研討會論文集1-17頁。
- 楊雅梅。2001。台灣水庫集水區水質指標與管理系統建立之研究。國立台灣大學環境工程學研究所碩士論文。
- 王漢泉。2002。台灣河川水質魚類指標之研究。環境檢驗所環境調查研究年報9：207-236。
- 周正明、黃世孟。2003。生態工法評估程序建立—溪流狀況指數為例。中華水土保持學報34(1)：25-39。
- 陳有祺、汪靜明、朱達仁、周文杰。2003。台北縣雙溪鄉上林村后番子坑溪水域生態環境監測研究報告。行政院農業委員會水土保持局第一工程所。125頁。
- 陳仲賢。2004。生態工法在水利工程之應用與推動。經濟部水利署永續發展簡訊(8)：2-10。
- 陳秋楊。2004。河川生態工法及其應用。經濟部水利署。338頁。
- 郭清江。2004。生態工法與永續發展。生態工法案例編選集8-21頁。行政院公共工程委員會。
- 林信輝、李明儒、孫明德、黃俊仁。2004。生物整合指標(IBM)之應用探討。中華水土保持學報35(1)：81-96。
- 林信輝。2004。日本野溪整治生態工法及案例。生態工法案例編選集242-250頁。行政院公共工程委員會。
- 李明儒、林信輝、于錫亮。2002。應用生物整合指標(IBM)評估溪流生態工法實施效益之可行性。第一屆自然生態工法理論與實務研討會論文集103-115頁。
- 林鎮洋。2004a。美國河川生態工法案例。生態工法案例編選集252-282頁。行政院公共工程委員會。
- 林鎮洋。2004b。德國河川生態工法案例。生態工法案例編選集284-231頁。行政院公共工程委員會。

- 林鎮洋。2001。生態工法技術參考手冊。國立台北科技大學水環境研究中心。166頁。
- 莊志宏、王幸隆、洪繼懋。2004。零水泥自然生態工法－台北縣雙溪鄉后番仔坑溪。2004水土保持創新研發成果研討會論文集99-104頁。
- 朱達仁。2004。台北縣雙溪鄉后番仔坑溪應用生態工法整治影響及生態監測評估之研究。第十四屆水利工程研討會論文集D91-D98頁。
- 朱達仁。2005。台北縣后番仔坑溪應用生態工法整治之生態評估。台灣水利53(3)：90-101。
- 朱達仁、呂宗儒、施君翰、郭一羽。2004a。應用生物整合指標法評估台北縣雙溪鄉后番仔坑溪整治影響之研究。水資源管理2003研討會論文集4-87-4-97頁。
- 朱達仁、施君翰、謝宜衡。2004b。台北縣雙溪鄉后番仔坑溪應用生態工法整治後魚類群聚時空變化之探討。九十三年農業工程研討會論文集1248-1257頁。
- 朱達仁、施君翰、李宗儒。2004c。應用生物整合指標法探討石門水庫上游涌仔溝溪流整治影響之研究。九十三年農業工程研討會論文集1270-1279頁。
- 朱達仁、施君翰、徐笑情、張睿昇、陳有祺。2004d。以水生昆蟲生物指標法評估石門水庫上游集水區水質之研究。水資源管理2003研討會論文集4-75-4-86頁。
- 朱達仁、賴旻佑、施君翰、汪淑慧。2004e。以水生昆蟲指標法評估基隆河汐止段支流生態環境之研究。第二屆營建產業永續發展研討會論文集D-37頁。
- 朱達仁、郭一羽、陳有祺、李宗儒、莊志宏。2005。台北縣雙溪鄉牡丹溪整治影響之研究。營建管理季刊62：53-59。
- 汪淑慧、朱達仁、施君翰、賴旻佑。2004。石門水庫上游涌仔溝溪流整治對水生昆蟲生態影響之研究。九十三年農業工程研討會論文集1258-1269頁。
- 郭美華、邱明智、謝易霖。2004。以水生昆蟲監測雪霸國家公園武陵地區溪流水質。台灣昆蟲24(4)：339-352。
- 張睿昇、朱達仁、施君翰、陳有祺。2004。石門水庫上游集水區附著藻類之季節性變動與水質相關性研究。第十四屆水利工程研討會論文集B19-B26頁。
- 胡通哲、王筱雯、李鴻源、施上栗、蔡慧萍。2005。南勢溪河川廊道棲地改善復育之研究。國際生態工法及水利技術研討會論文集(1)：121-134。
- Allan J. D. 1995. Stream ecology. Chapman & Hall, London. 338 pp.
- Angermeier P. L. and G. Davideanu. 2004. Using fish communities to assess streams in Romania: Initial development of an index of biotic integrity. *Hydrobiologia* 511: 65-78.
- Barbour, M. T., J. Gerritsen, B. D. Snyder and J. B. Stribling. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macro-invertebrates and fish. 2nd. ed. EPA 841-B-99-002. US. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington.
- Courtemanch, D. L. and S. P. Davies. 1987. A coefficient of community loss to assess detrimental change in aquatic communities. *Water Research* 21: 217-222.
- Fore, L. S. and C. Grafe. 2002. Using diatoms to assess the biological condition of large rivers in Idaho USA. *Freshwater Biology* 47: 2015-2037.
- Hilsenhoff, W. L. 1982. Using a biotic index to evaluate water quality in streams. Technical

- Bulletin No. 132. Department of Natural Resources, Madison, Wisconsin. 23 pp.
- Hilsenhoff, W. L. 1987. An improved biotic index of organic stream pollution. *The Great Lakes Entomology* 20: 31-39.
- Hilsenhoff, W. L. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *Journal of North American Benthological Society* 7: 68-68.
- Karr, J. R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6 (6): 21-27.
- Karr, J. R. 1991. A long-neglected aspect of water resource management. *Ecological Application* 1: 661-84.
- Ladson, A. R., L. J. White, J. A. Doolan, B. L. Finlayson, B. T. Hart, P. S. Lake and J. W. Tilleard. 1999. Development and testing of an Index of Stream Condition for waterway management in Australia. *Freshwater Biology* 41 (2): 453-468.
- Larry, W. C. 1998. Environmental impact assessment. 2nd. ed. McGraw-Hill.
- Liang, S. H. and W. M. Bruce 1997. A new method to establish scoring criteria of the index of biotic integrity. *Zoological Studies* 36 (3): 240-250.
- Llanos R. J., L. C. Scott, J. L. Hyland, D. M. Dauer, D. E. Russell and F. W. Kutz. 2002. An estuarine benthic index of biotic integrity for the Mid-Atlantic region of the United States. II. Index Development. *Estuaries* 25 (6A): 1231-1242.
- Novak, M. A. and R. W. Bode. 1992. Percent model affinity: A new measure of macroinvertebrate community composition. *Journal of the North American Benthological Society* 11 (1): 80-85.
- Ohio EPA. 1987. Biological criteria for the protection of aquatic life: Volume I. The role of biological data in water quality assessment. Division of Water Quality Monitoring and Assessment, Surface Water Section, Columbus, Ohio.
- Pan Y., R. J. Stevenson, B. H. Hill, A. T. Herlihy and G. B. Collins. 1996. Using diatoms as indicators of ecological conditions in lotic systems : A regional assessment. *Journal of the North American Benthological Society*. 15 (4): 481-495.
- Plafkin, J. L., M. T. Barbour, K. D. Porter, S. K. Gross and R. M. Hughes 1989. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers : Benthic macroinvertebrates and fish. EPA/444/4-89-001. US. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Rankin, E. T. 1989. The qualitative habitat evaluation index (QHEI): Rationale, methods, and application. Ohio Environmental Protection Agency. Division of Water Quality Planning and Assessment, Ecological Assessment Section, Columbus, Ohio.
- Schnute, J. 1985. A general theory for analysis of catch and effort data. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Science* 42: 414-429.
- Shieh, S. H. and P. S. Yang. 2000. Community structure and functional organization of aquatic insects in an agricultural mountain stream of Taiwan: 1985-1986 and 1995-1996. *Zoological Studies* 39: 191-202.
- Wang, Y. K. and R. J. Stevenson. 2002. Ecological assessment framework for watershed management. *Journal of the Chinese Institute of Environmental*

Engineering 12 (3): 209-215.

Yoder, C. O. 1989. The development and use of biological criteria for Ohio surface waters. US. EPA, Criteria and Standards, Division of Water Quality Standards. 21st Century, 139-146.

桃芝與敏督利颱風對濁水溪植被面積變遷之影響—以濁水溪下游西濱至中沙大橋河段及清水溪南雲至龍門大橋河段為例

Impacts of Typhoons Toraji and Mindulle on Vegetations of the Lower Jhuoshuei River and Its Tributary Cingshuei Creek

陳添水

Tien-Shui Chen

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

摘要

本研究以桃芝與敏督利颱風前後之SPOT衛星影像資料進行影像變遷分析，探討颱風對濁水溪下游與其支流清水溪下游河段植被面積變遷之影響。分析結果顯示濁水溪下游西濱大橋至中沙大橋河段受2001年桃芝與納莉颱風挾帶豪雨沖刷，造成主河道之寬度明顯增加(最大增加約530m)、彎曲度減小、改道或分支等變化，河床植被有多處遭洪水沖毀或土砂覆蓋，植被相對面積由36.09%降為32.27%，翌年明顯增加為46.49%。2004年遇敏督利颱風侵襲，主河道位置再次顯著改變與呈現分支，部分植被亦遭洪水沖毀或土砂覆蓋，植被相對面積降為36.10%。清水溪下游南雲大橋至龍門大橋河段由於2001年桃芝與納莉颱風侵襲，主河道明顯往東位移，河床植被多遭洪水沖毀或土石覆蓋，植被相對面積由50.47%降為23.61%，2003年增為59.85%，至2004年又遇敏督利颱風侵襲，使主河道移位與分支，河床植被再度遭洪水沖毀或土石覆蓋，植被相對面積降為38.03%。

Abstract

This study compared the SPOT satellite imageries taken at the lower Jhuoshuei River and its tributary Cingshuei Creek before and after each typhoon of Toraji in 2001 and Mindulle in 2004. The results showed that for the lower Jhuoshuei River, Typhoon Toraji in 2001 increased the river width,

decreased the river curvature, shifted and branched the river course, and buried its vegetations with deposited sand and soils; the vegetation area reduced from 36.09% of total riverbed area to 32.27%. In the following year, the vegetation area increased to 46.49%. After Typhoon Mindulle in 2004, the river course shifted and branched again, and its vegetation area decreased to 36.10%. The fairly similar effects of Toraji and Mindulle to the lower Jhuoshuei River were observed for the Cingshuei Creek. Its vegetation area decreased from 50.47% to 23.61% in 2001 due to Toraji, increased to 59.85% in 2003, but decreased again to 38.03% in 2004 due to Mindulle.

關鍵詞：颱風、河岸棲地、植被、濁水溪、清水溪

Key words: Typhoons, riverine habitat, vegetation, Jhuoshuei River, Cingshuei Creek

收件日期：94年5月30日

接受日期：94年10月5日

Received: May 30, 2005

Accepted: October 5, 2005

緒言

台灣由於天然地形陡峻、河川坡度大與河道短促，加上上游集水區遭濫墾、濫伐與超限利用，以及都市化將往日河川洪泛區大量開墾利用等人為開發，每年梅雨及颱風暴雨易形成洪水，挾帶大量泥砂快速流向中下游，往往釀成洪災。1999年九二一地震造成中部山區多處崩塌，大量土石崩落堆積於河谷河床。2001年7月底之桃芝颱風與9月中之納莉颱風侵襲，皆挾帶豐沛雨量致使濁水溪沿岸山坡地已鬆動之土石大量滑落，溪水暴漲並引發歷年未有之大規模不尋常土石流，再次造成濁水溪流域沿線慘重災情，上游大量土石及木材沖刷到中下游及出海口，中下游多數河段河床淤積嚴重，造成河床之地形、地物重大改變，影響河道之水理特性。2004年7月初又遇敏督利颱風引進旺盛西南氣流帶來豐沛雨量，中部地區豪雨成災，濁水溪流域沿岸部分山坡土石遭豪雨沖刷滑落河道，再度造成河床土石淤積。

遙測資料之應用領域相當廣泛，而於河川之應用多以流域或水庫整個集水區為研究範圍(蕭等 1994；李 1996；陳等 1996；李及黃 2001)。有關桃芝颱風對濁水溪水系影響之相關研究有賴等(2001)曾針對濁水溪中下游水系進行桃芝颱風災害原因調查與分析，並提出因應對策；陳等(2001)曾針對颱風之路徑與土石流災害紀錄進行比對，同時採用現地勘查及相關資料，檢討桃芝颱風所造成土石流災害之特性及災因，分析結果顯示颱風之路徑與災害息息相關，土石流災害點主要位於桃芝颱風越過中央山脈前後之迎風面，且降雨強度對於引發土石流災害之影響應較累積降雨量之因素重要。陳(2001)曾以桃芝颱風期間在東埔蚋溪及出水溪下游所形成土石流災害之地質特性進行探討，結果發現崩積層的組成、發達的不連續面以及破碎的岩層等地質環境，是其土石流發生機制上的主要地質特性。林(2001)曾針對溪頭地區桃芝颱風所造成水土災害特徵進行探討，結果顯示造成溪頭地區災害的主要現象是河道堆積物的沖刷

與堆積。楊等(2001)曾以現地測量、飛機航測、衛星遙測等方法針對草嶺堰塞湖及崩塌區進行監測分析，了解桃芝颱風對草嶺堰塞湖於桃芝風災前後之變化情況，其結果顯示堰塞湖蓄水量大幅縮減，但崩塌區大量土石之潛在危機卻仍然存在。相關研究多僅針對所造成之災害特性與原因進行調查分析與探討，且研究區多集中於溪流中上游土石流源頭區域，對於下游河床沖刷與土石淤積河段較少著墨，本研究目的主要以桃芝與敏督利颱風前後之衛星影像為材料，配合航照正射影像及地面勘查資料進行影像變遷分析，探討桃芝與敏督利等颱風對濁水溪下游與其支流清水溪下游河段植被面積變遷之影響，獲致該溪流河段棲地空間與面積之變化，尋求嚴重變遷區域，俾提供相關單位於溪流治理、規劃、防災及決策之參考。

材料與方法

一、研究區環境概況

濁水溪主流發源於合歡山主峰與東峰間，流經嘉義縣、南投縣、彰化縣及雲林縣等合計21個鄉鎮，由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 km²，豐水期為5至9

月。清水溪為濁水溪之支流，發源於阿里山西麓，流經嘉義、雲林、南投等縣，於南投縣竹山鎮及雲林縣林內鄉交界之南雲大橋下游匯入濁水溪本流，全長47.5 km，流域面積為421.39 km²。

本研究區域有2條河段，一為濁水溪下游西濱大橋往上游至中沙大橋間之河段(圖1)，其範圍涵括彰化縣之大城鄉、竹塘鄉、溪州鄉及雲林縣之麥寮鄉、崙背鄉、二崙鄉、西螺鎮等7個鄉鎮之河岸地區。本區域總面積4,398.96 ha，主要地物包括水域、沙灘、野生植被、旱作物、水稻等。西濱大橋至自強大橋間近河道之河床尚存多處以前開採砂石遺留大坑洞形成之水池，高灘地上植物以甜根子草為主，近堤防之河床多已遭開墾種植水稻、西瓜與蔬菜等，其間夾雜野生草生地、灌叢與少量樹木，而高壓電塔穿梭其間。本河段北岸種植之農作物主要為水稻與西瓜，另於竹塘鄉鄰近溪州鄉區域有幾處養鴨池；南岸於自強大橋至中沙大橋之間農民架設許多藍色網室種植有機蔬菜。

另一研究河段為濁水溪之支流清水溪下游南雲大橋往上游至龍門大橋河段(圖2)，其範圍涵括南投縣竹山鎮及雲林縣林內鄉此2鄉鎮之河岸地區。本區域總面積571.72 ha，主要地物包括水域、砂石、野生植被、旱作

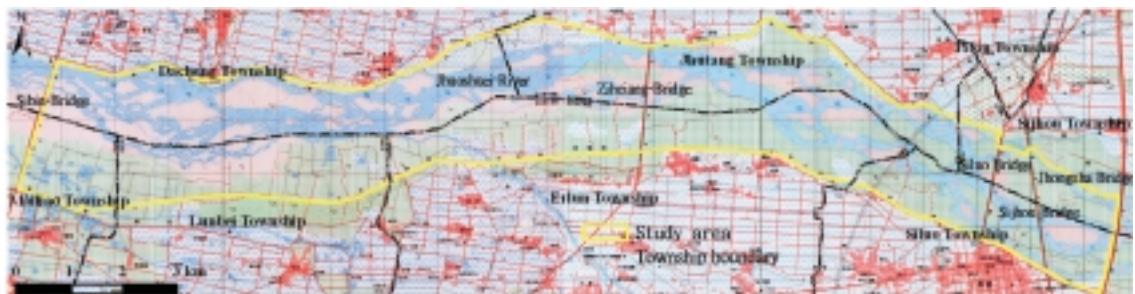


圖1. 濁水溪下游研究範圍圖。

Fig. 1. The study area at the lower Jhuoshuei River.



圖2. 清水溪下游研究範圍圖。

Fig. 2. The study area at the lower Cingshuei Creek.

物、水稻等。南雲大橋至鯉魚大橋河段近主河道兩側高灘地之植被以甜根子草為主，往外則以象草為主，近堤防之河床則分布野生草本(如大花咸豐草、龍爪茅、孟仁草等菊科與禾本科植物)與灌木植被(如篔簹麻、銀合歡、

田菁、馬纓丹等)，其間夾雜些許樹木(如山黃麻、構樹、血桐等)與竹類，於較開闊平緩之河床則被開墾種植果樹(如柑橘類、香蕉、木瓜等)、地瓜、水稻等，而高壓電塔穿梭其間，西岸南雲大橋旁則有1處大型砂石場。另

敏督利颱風後水利單位先於東岸南雲大橋旁近河道之河床構築蛇籠堤，再於其與近內陸原堤防間進行整地綠化，栽種草皮、杜鵑花、樹木與建築涼亭等。鯉魚大橋至龍門大橋河段近主河道兩側高灘地之植被亦以甜根子草為主，近堤防之河床主要為象草、竹類、山黃麻、構樹、血桐、銀合歡、馬纓丹、檳榔等，惟河床較少被開墾種植果樹與水稻，而東岸有1處鴨池位於河床上及幾處砂石場。另敏督利颱風時洪水重創西岸部分水泥堤防，之後水利單位改以構築蛇籠堤。

濁水溪下游河段研究區之氣象概況引述自中央氣象局西螺氣象觀測站(C1K230)1994年至2003年降雨紀錄資料，其統計資料見表1。降雨量主要集中於5月至9月，10月至翌年1月降雨量稀少，年平均降雨量為1296.6 mm。月平均降雨日數主要集中於5月至8月，年平均降雨日數為82.5日。2001年至2004年研究期間根據該觀測站之逐日雨量資料，達到「豪雨」標準以上即24小時累積雨量達130 mm以上計有8日(表2)，其中2001年桃芝颱風1日降雨為211 mm，納莉颱風期間2日降雨合計561.5 mm，2004年敏督利颱風期間3日降雨合計463.0 mm。

清水溪下游河段研究區之氣象則引述竹

山桶頭氣象觀測站(C1H130)1994年至2003年降雨紀錄資料。降雨量主要集中於5月至9月(表1)，11月至翌年1月降雨量稀少，年平均降雨量為2,702.2 mm。月平均降雨日數亦集中於5月至9月，年平均降雨日數為137.0日。本研究期間降雨量達到「豪雨」標準以上計有9日(表2)，其中桃芝颱風1日降雨為382.5 mm，納莉颱風期間2日降雨合計757.0 mm，敏督利颱風期間3日降雨合計668.5 mm。

二、材料與設備

(一)衛星影像資料

本研究所使用之法國SPOT衛星影像資料是向中央大學太空及遙測研究中心價購，影像皆為等級3(即之前Level 10)處理之多波段影像，影像之解像力為20m，已作系統改正，且使用地面控制點及林務局農航所40m網格數值地形模型資料完成精密幾何糾正，並以最鄰近法(nearest neighborhood, NN)之重新取樣方式投影套合在台灣二度橫麥卡脫地圖投影座標系統上。因溪流有豐水與乾旱變化，植被有季節生長交替，而農作有耕休時期，並配合接收影像之品質，本研究2河段各挑選5期影像，除1期為1月拍攝外，餘影像皆為每年10月所拍攝(表3)，10期影像(圖3及圖4)同

表1. 中央氣象局西螺(C1K230)及竹山桶頭(C1H130)氣象觀測站1994年至2003年降雨統計資料

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

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Yearly
Siluo													
Precipitation	29.1	61.5	53.3	76.7	184.4	279.9	219.8	240.8	146.1	18.4	3.2	24.4	1296.6
Number of precipitation	4.6	6.5	8.6	7.7	9.7	11.0	10.7	12.4	5.9	2.3	1.6	3.5	82.5
Tongtou													
Precipitation	44.2	87.8	76.6	125.5	308.9	660.8	538.5	595.7	348.3	67.9	15.4	29.7	2702.2
Number of precipitation	5.9	7.1	7.2	9.8	16.9	19.7	20.0	22.9	15.5	5.6	2.1	4.3	137.0

表2. 中央氣象局西螺(C1K230)及竹山桶頭(C1H130)氣象觀測站2001年至2004年豪雨統計表

Table 2. Precipitations (mm/day) of torrential rains at the Siluo and Tongtou Observatory of Taiwan Central Weather Bureau for 2001 to 2004

Typhoon name	Date	Siluo	Tongtou
Toraji	30 Jul. 2001	211.0	382.5
-	1 Sep. 2001	232.5	20.5
Nari	17 Sep. 2001	306.0	481.0
Nari	18 Sep. 2001	255.5	276.0
-	31 May. 2002	136.0	162.0
-	26 May. 2004	-	140.0
Mindulle	2 Jul. 2004	246.5	273.0
Mindulle	3 Jul. 2004	172.5	294.5
Mindulle	4 Jul. 2004	44.0	101.0
Aere	24 Aug. 2004	70.0	156.0
Aere	25 Aug. 2004	135.0	208.0

表3. 濁水溪下游及清水溪下游SPOT XS影像之屬性表

Table 3. Sources of SPOT XS imageries for the lower Jhuoshuei River and Cingshuei Creek

Date	Time (a.m.)	Image code	Satellite number	Incidence	Azimuth	Elevation
Jhuoshuei River						
1 Jan. 2001	10:53:48	I0004932	SPOT1	16.1°	160.6°	40.7°
23 Oct. 2001	10:48:29	I0004824	SPOT2	8.0°	159.0°	53.0°
10 Oct. 2002	10:51:21	I0007329	SPOT4	16.1°	154.9°	56.8°
19 Oct. 2003	11:00:39	I0007328	SPOT4	29.6°	161.7°	54.6°
17 Oct. 2004	11:01:29	I0007325	SPOT4	29.6°	161.8°	55.0°
Cingshuei River						
8 Oct. 2000	10:29:35	I0006933	SPOT4	-24.1°	146.6°	54.9°
22 Oct. 2001	10:40:16	I0005787	SPOT4	-1.6°	155.9°	51.7°
5 Oct. 2002	10:47:26	I0006936	SPOT4	13.1°	152.1°	58.2°
10 Oct. 2003	10:33:34	I0006937	SPOT4	-17.9°	148.4°	55.0°
9 Oct. 2004	10:38:26	I0007327	SPOT2	-2.6°	150.4°	55.6°

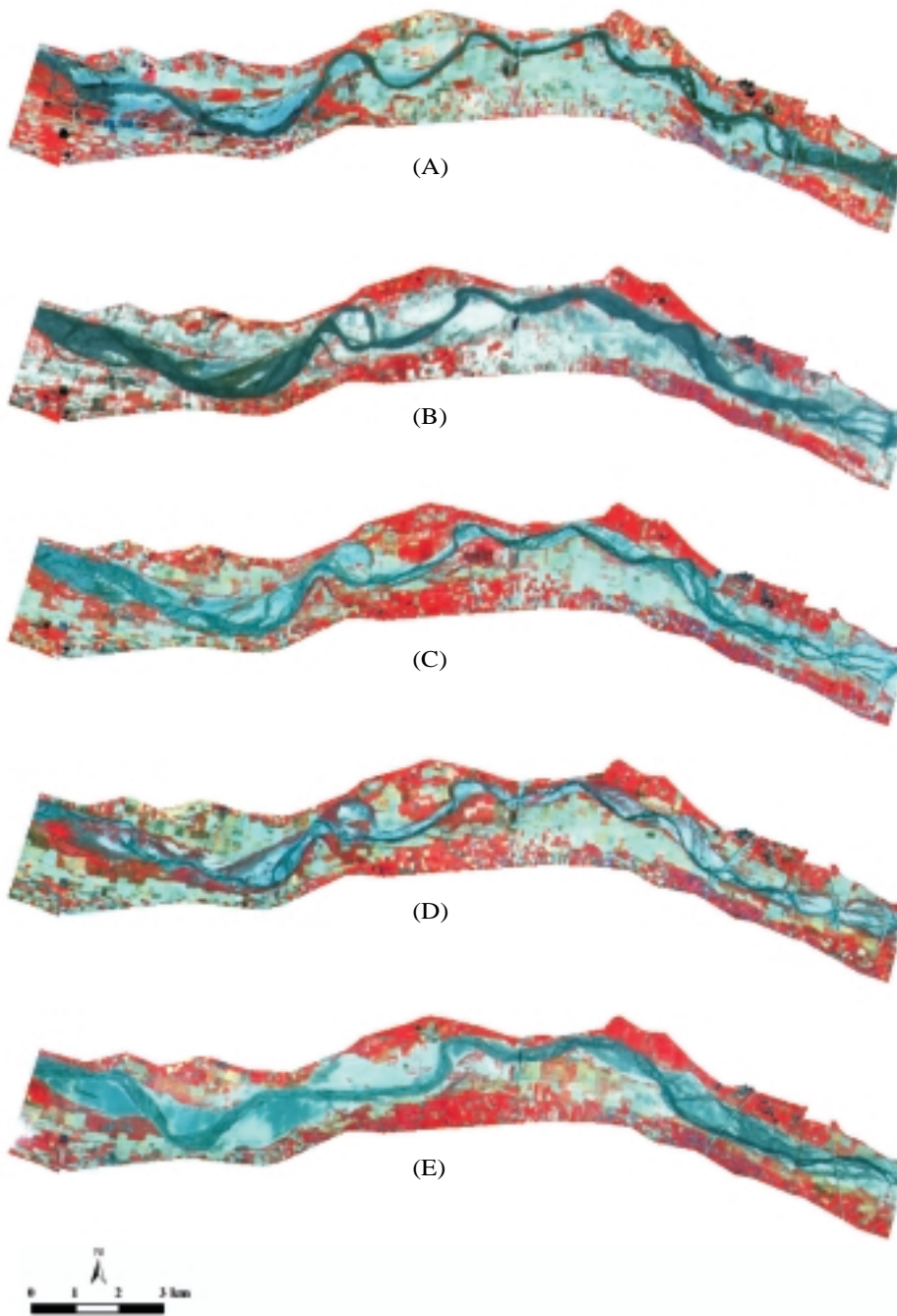


圖3. 濁水溪下游西濱-中沙大橋河段2001-2004年SPOT衛星3/2/1波段組合影像。

Fig. 3. The imageries of the lower Jhuoshuei River by SPOT 3/2/1 on 1 Jan. 2001 (A), 23 Oct. 2001 (B), 10 Oct. 2002 (C), 19 Oct. 2003 (D) and 17 Oct. 2004 (E) (red hues, the areas covered with vegetations; dark blue hues, the areas covered with water).

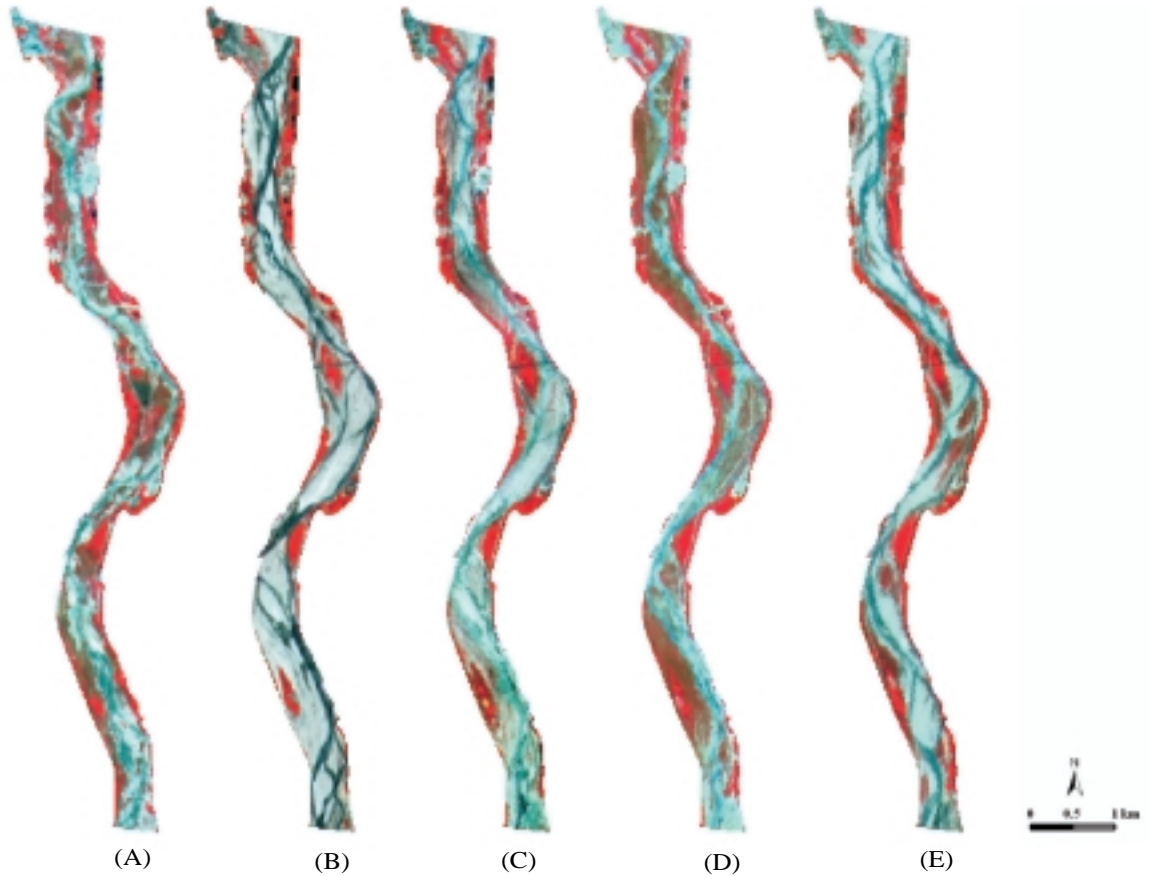


圖4. 清水溪下游南雲-龍門大橋河段2000-2004年SPOT衛星3/2/1波段組合影像。

Fig. 4. The imageries of the lower Cingshuei Creek by SPOT 3/2/1 on 8 Oct. 2000 (A), 22 Oct. 2001 (B), 5 Oct. 2002 (C), 10 Oct. 2003 (D) and 9 Oct. 2004 (E) (red hues, the areas covered with vegetations; dark blue hues, the areas covered with water).

為溪流乾早期與非植被生長期，如此溪水量與植被生長狀況較相近，可消除前述因子之影響，且其太陽方位角與仰角相近，亦可減低因地形產生之陰影效應。

(二)彩色正射航照影像

本研究所用彩色正射航照影像是向群立科技公司價購，影像解像力為50 cm。濁水溪下游河段研究區有16幅，清水溪河段有10幅，為2002年或2003年所拍攝，以作為衛星影像分類時輔助判釋地覆類別及研究區影像切取用。

(三)其它圖籍資料

其它圖檔資料包括行政院主計處所提供之村里行政界線資料庫、康訊科技掃描之內政部1/25,000地形圖影像。

(四)主要研究工具

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

三、研究方法

(一) 文獻及圖檔資料蒐集與處理

蒐集整理相關調查報告與參考文獻，並取得研究區之相關數值影像資料等，取得之衛星影像資料以ERDAS IMAGINE軟體先作資料轉檔才可運用及分析，而取得之彩色正射航照影像檔案很大，則以MrSID軟體作影像壓縮。

(二) 現場勘查

攜帶GPS & PDA (安裝有SuperPad軟體與儲存壓縮過之彩色正射航照影像)至現場勘查定位與記錄，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

1. 研究區影像切取

使用ArcView軟體以彩色正射航照影像為底圖沿堤防、道路或橋樑描繪出研究範圍區域，此為(.shp)向量式圖層，之後以Spatial

Analyst模組將其轉換為(.img)網格檔作為切取衛星影像之基準。

2. 影像變遷分析

考量植被因類型與生長狀況不一，所呈現色調較多，故先以非監督分類分成10個組類之影像，然後參考原始影像、航照影像及組類記號檔比較其各波段光譜值分析判別各組類為何種地物，再予以合併成水體、植被及其它地覆等3個組類(表4)，之後以監督分類之平行六面體法進行分類，然後各期分類影像以隨機方式每類挑選50個檢核點，配合航照影像與原始影像逐點核對檢核點地物類別，最後進行分類準確度評估，並作成誤差矩陣表加以分析比較。

3. 圖層製作與資料分析

以ArcView軟體套疊相關圖層與地圖物件後轉檔輸出，另將所蒐集降雨、影像與圖層屬性資料等以Excel軟體處理分析。

表4. 濁水溪下游及清水溪下游SPOT XS影像分類體系

Table 4. The classification system of SPOT imageries of the lower Jhuoshuei River and Cingshuei Creek

Class	Code	Main land cover
Jhuoshuei River		
Water	1	Main current, deep pools and ponds
Vegetation	2	Wild vegetation, paddy, fruits and vegetables
Other land cover	3	Gravel sand, barren lands, built-up lands, dikes, roads and bridges
Cingshuei River		
Water	1	Main current, deep pools and ponds
Vegetation	2	Grassland, secondary forest, scrub, bamboo, fruit trees and paddy
Other land cover	3	Gravel sand, barren lands, built-up lands, dikes, roads and bridges

結果與討論

一、影像分類

濁水溪下游河段2001年至2004年5期分類影像見圖5，其整體分類準確度皆超過88%

(表5)，Kappa係數皆大於0.82，而5期分類影像第3類之漏授(omission error)介於13.7%至22.4%間，表示第3類(其它地覆)被歸類為第1、2類機率較高，主要是因潮濕沙地與水域波譜反射值相近，又休耕地有時被歸類為植

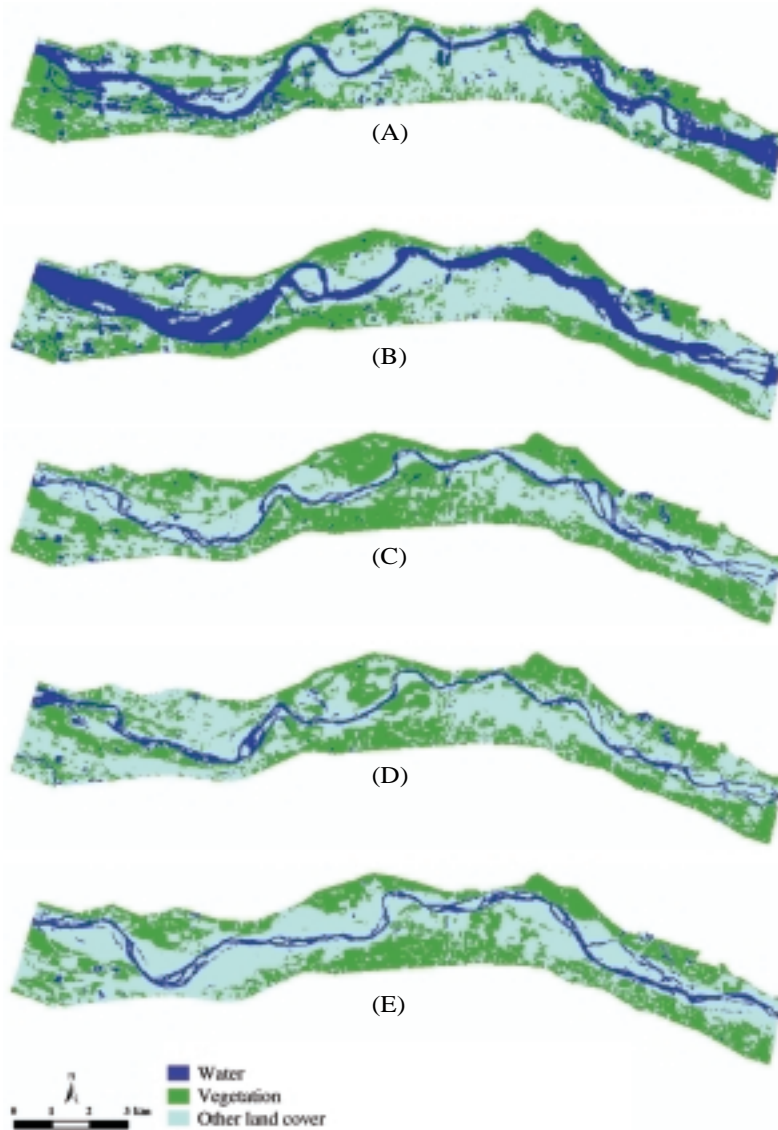


圖5. 濁水溪下游西濱-中沙大橋河段2001-2004年分類影像。

Fig. 5. The classified imageries of the lower Jhuoshuei River by SPOT 3/2/1 on 1 Jan. 2001 (A), 23 Oct. 2001 (B), 10 Oct. 2002 (C), 19 Oct. 2003 (D) and 17 Oct. 2004 (E).

表5. 濁水溪下游西濱-中沙大橋河段2001-2004年影像分類準確度評估之誤差矩陣表

Table 5. An error matrix for classification accuracy of the 2001 to 2004 imageries of the lower Jhuoshuei River

Classification data code	Reference data code			Row total	Producer's accuracy	User's accuracy	Omission error	Commission error
	1	2	3					
1 Jan. 2001								
1	44	0	6	50	97.8%	88.0%	2.2%	12.0%
2	0	45	5	50	95.7%	90.0%	4.3%	10.0%
3	1	2	47	50	81.0%	94.0%	19.0%	6.0%
Column total	45	47	58	150	Overall Accuracy=90.7%, Kappa=0.86			
23 Oct. 2001								
1	46	0	4	50	97.9%	92.0%	2.1%	8.0%
2	0	45	5	50	93.8%	90.0%	6.3%	10.0%
3	1	3	46	50	83.6%	92.0%	16.4%	8.0%
Column total	47	48	55	150	Overall Accuracy=91.3%, Kappa=0.87			
10 Oct. 2002								
1	45	0	5	50	93.8%	90.0%	6.3%	10.0%
2	0	45	5	50	97.8%	90.0%	2.2%	10.0%
3	3	1	46	50	82.1%	92.0%	17.9%	8.0%
Column total	48	46	56	150	Overall Accuracy=90.7%, Kappa=0.86			
19 Oct. 2003								
1	43	0	7	50	95.6%	86.0%	4.4%	14.0%
2	0	44	6	50	93.6%	88.0%	6.4%	12.0%
3	2	3	45	50	77.6%	90.0%	22.4%	10.0%
Column total	45	47	58	150	Overall Accuracy=88.0%, Kappa=0.82			
17 Oct. 2004								
1	46	1	3	50	93.9%	92.0%	6.1%	8.0%
2	0	46	4	50	92.0%	92.0%	8.0%	8.0%
3	3	3	44	50	86.3%	88.0%	13.7%	12.0%
Column total	49	50	51	150	Overall Accuracy=90.7%, Kappa=0.86			

被，3個類別間部分仍有混淆，造成錯誤分類。

清水溪下游河段2000年至2004年5期分類影像見圖6，其整體分類準確度皆超過86.0%(表6)，Kappa係數皆大於0.79，而5期分類影像第3類之漏授介於14.3%至18.5%間，表示類別間亦有混淆，尤其生長在近河道高灘地之甜根子草冬季處於乾枯期，低密度植被區域易被歸為第3類，降低分類之準確度。

二、主河道之變遷

濁水溪下游河段研究區由2001年1月(桃

芝颱風前)影像顯示西濱大橋至自強大橋間主河道(深藍色粗線條)有3條明顯支流(深藍色細長線條)(圖5A)，以及約6處以前開採砂石遺留坑洞形成之深潭(深藍色大區塊)，而北岸溪州大橋下溯2 km則有2處鴨池。當年桃芝與納莉颱風後主河道由於洪水之沖刷致使寬度增加與彎曲度減小(圖5B)，尤以西濱大橋上溯7 km間河段主河道之寬度劇增，寬度最大增加約530m，顯示其受洪水沖刷較嚴重；自強大橋下溯4-5 km區域河段之主河道於南側明顯增加1條支流；西螺大橋下溯2 km間河段主河道原有分支而改道移向南岸；溪州大橋至中

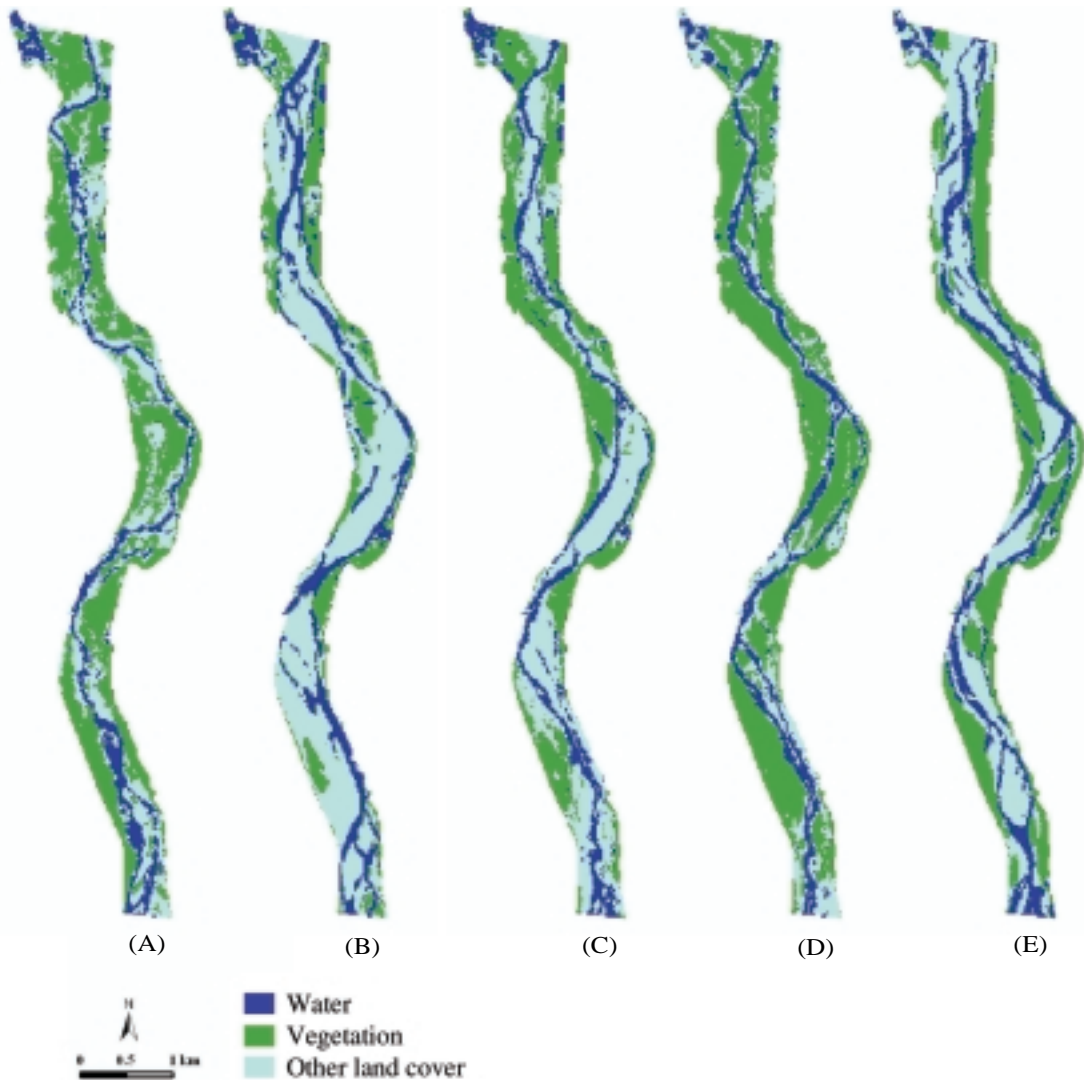


圖6. 清水溪下游南雲-龍門大橋河段2000-2004年分類影像。

Fig. 6. The classified imageries of the lower Cingshuei Creek by SPOT 3/2/1 on 8 Oct. 2000 (A), 22 Oct. 2001 (B), 5 Oct. 2002 (C), 10 Oct. 2003 (D) and 9 Oct. 2004 (E).

沙大橋間河段主河道則呈現分支現象。然自2002年3月1日集集攔河堰正式通水後，其下游河川僅維持生態基本流量，因此之後取得影像顯示主河道之寬度大幅縮減一半，2002年影像顯示西濱大橋上溯5 km間及西螺大橋下溯6 km間河段主河道分支較明顯(圖5C)；

2003年影像顯示主河道位置無明顯變化(圖5D)，惟前述河段主河道分支消滅；2004年6月底因敏督利颱風侵襲，亦挾帶豐沛雨量，影像顯示主河道位置顯著改變與呈現分支(圖5E)，尤以西濱大橋上溯7 km間及自強大橋上溯4 km間河段主河道明顯往左位移。

表6. 清水溪下游南雲-龍門大橋河段2000-2004年影像分類準確度評估之誤差矩陣表

Table 6. An error matrix for classification accuracy of the 2000 to 2004 imageries of the lower Cingshuei Creek

Classification data code	Reference data code			Row total	Producer's accuracy	User's accuracy	Omission error	Commission error
	1	2	3					
8 Oct. 2000								
1	43	1	6	50	95.6%	86.0%	4.4%	14.0%
2	0	46	4	50	90.2%	92.0%	9.8%	8.0%
3	2	4	44	50	81.5%	88.0%	18.5%	12.0%
Column total	45	51	54	150	Overall Accuracy=88.7%, Kappa=0.83			
22 Oct. 2001								
1	43	4	3	50	87.8%	86.0%	12.2%	14.0%
2	2	42	6	50	87.5%	84.0%	12.5%	16.0%
3	4	2	44	50	83.0%	88.0%	17.0%	12.0%
Column total	49	48	53	150	Overall Accuracy=86.0%, Kappa=0.79			
5 Oct. 2002								
1	43	3	4	50	91.5%	86.0%	8.5%	14.0%
2	2	45	3	50	83.3%	90.0%	16.7%	10.0%
3	2	6	42	50	85.7%	84.0%	14.3%	16.0%
Total	47	54	49	150	Overall Accuracy=86.7%, Kappa=0.80			
10 Oct. 2003								
1	43	2	5	50	93.5%	86.0%	6.5%	14.0%
2	0	47	3	50	88.7%	94.0%	11.3%	6.0%
3	3	4	43	50	84.3%	86.0%	15.7%	14.0%
Column total	46	53	51	150	Overall Accuracy=88.7%, Kappa=0.83			
9 Oct. 2004								
1	45	1	4	50	90.0%	90.0%	10.0%	10.0%
2	0	46	4	50	95.8%	92.0%	4.2%	8.0%
3	5	1	44	50	84.6%	88.0%	15.4%	12.0%
Column total	50	48	52	150	Overall Accuracy=90.0%, Kappa=0.85			

清水溪下游南雲大橋至龍門大橋河段主要由於2001年桃芝與納莉颱風之侵襲，降下豐沛雨量形成洪水，使主河道明顯往東位移(圖6A-B)，尤其以鯉魚大橋下溯3 km間與龍門大橋下溯3 km間河段最為明顯，最大移位約300m；而2001、2002與2003年等3期影像顯示主河道之位置與變化不大(圖6B-D)，僅於龍門大橋下溯2 km間河段主河道位置最大移位約200m；直至2004年6月底遇敏督利颱風侵襲，同樣帶來豐沛雨量，使主河道明顯移位與分支(圖6E)，仍以鯉魚大橋下溯3 km間與龍門大橋下溯3 km間河段最為明顯。賴

等(2001)述及野溪所發生土石流匯入主流河道，減少主流路通水斷面使主流流路偏移，而清水溪之2條較大支流過溪與加走寮溪分別由鯉魚大橋下游處及龍門大橋上游處匯入清水溪，尤其加走寮溪於桃芝颱風時發生嚴重土石流災害。

三、植被之變遷

濁水溪下游河段原本生長或種植於河床之野生植被或墾植地，有多處遭2001年桃芝與納莉颱風洪水沖毀或土砂覆蓋，尤以西濱大橋上溯7 km間之河床植被受創最嚴重，植

被面積由1,587.56 ha (36.09%)降為1,419.64 ha (32.27%)(表6)，面積減少3.82%；至2002年河床植被面積明顯增加為2045.08 ha (46.49%)；2003年植被面積降低為38.99%；至2004年遇敏督利颱風侵襲，部分植被遭洪水沖毀或土砂覆蓋，尤以西濱大橋至自強大橋間河段近主河道兩側之植被受損較嚴重，植被面積降為1,587.96 ha (36.10%)。雖然本河段所取衛星影像除1幅為1月桃芝颱風前拍攝影像外，其餘4幅影像皆為10月拍攝，日期很接近，惟近堤防之河床多已被開墾種植水稻、西瓜與蔬菜等旱作物，其耕種採收與否會影響植被總面積之計算，但仍可清楚顯示近主河道兩側之植被遭洪水沖毀或土砂覆蓋之位置。

清水溪下游河段於桃芝颱風前植被覆蓋相當繁茂(圖6A)，面積為288.52 ha (表7)，占50.47%，歷經桃芝與納莉颱風侵襲，河床植被多遭洪水沖毀或土砂覆蓋，僅於河道兩岸及高灘地地勢較高處之植被殘存(圖6B)，植被之面積降為134.96 ha (23.61%) (表7)，面積減少26.86%；2002年植被逐漸回復覆蓋，面積為220.04 ha (38.49%)，增加14.88%；至2003年由於2年期間無大豪雨發生，植被之面積增為342.2 ha (59.85%)，已較桃芝颱風前之覆蓋面積增加9.38%；惟2004年又遇敏督利颱風侵襲，河床植被再度遭洪水沖毀或土砂覆蓋(圖6E)，植被面積降為217.4 ha(38.03%)，

較前1年減少21.82%，敏督利颱風帶來之累積雨量雖較高，然所減少之相對面積較2001年小，此殆因桃芝颱風期間該區域之暴雨集中且降雨強度大之故。

自然河道的水理變化常隨河道型態、沖淤與流量變化呈漸進式的改變，然而有洪水、暴雨或地震發生時，常會使自然河道之各種現存情況產生劇烈改變(詹及陳 2002)。濁水溪為一典型之擺盪分歧蜿蜒型之沖積性河川，流量多發生在5月至10月間，尤以8、9月颱風季節流量最高，故河川流量主要由颱風暴雨在集水區內所產生的地表逕流匯集而成(賴等 2002)。桃芝颱風帶來之高降雨量與降雨強度及九二一地震造成嚴重的坡地崩塌破壞，兩者是造成崩塌與土石流災害之主要原因(陳等 2001)。顯示颱風暴雨為影響溪流地形與地物劇變之主要天然因子，而九二一地震所造成土層鬆軟與大量崩落之土砂成為河道泥砂主要來源，則是另一天然因子。

河床植物的功能包含降低河川水體水溫、降低河川營養源負載、降低河岸侵蝕、減少流入河川的土壤沖蝕量、提供陸域及兩生生物棲地、保護魚類棲地、保持河川生態食物鏈的完整性等，可見河濱植生對於河川生態的重要性。河川洪水週期性氾濫，不僅造成河道及洪水平原水砂供給平衡上的衝擊，亦造成洪水平原型態上的變化，同時也

表7. 濁水溪下游西濱-中沙大橋河段2001-2004年地覆類別面積變化

Table 7. Changes in land-cover areas (ha) (% in parentheses) of the lower Jhuoshuei River, 2001 to 2004

Land cover	1 Jan. 2001	23 Oct. 2001	10 Oct. 2002	19 Oct. 2003	17 Oct. 2004
Water	875.32 (19.90)	1132.04 (25.73)	342.24 (7.78)	343.76 (7.81)	355.88 (8.09)
Vegetation	1587.56 (36.09)	1419.64 (32.27)	2,045.08 (46.49)	1,715.04 (38.99)	1,587.96 (36.10)
Other land cover	1936.08 (44.01)	1847.28 (41.99)	2,011.64 (45.73)	2,340.16 (53.20)	2,455.12 (55.81)

表8. 清水溪下游南雲-龍門大橋河段2000-2004年地覆類別面積變化

Table 8. Changes in land-cover areas (ha) (% in parentheses) of the lower Cingshuei Creek, 2000 to 2004

Land cover	8 Oct. 2000	22 Oct. 2001	5 Oct. 2002	10 Oct. 2003	9 Oct. 2004
Water	90.48 (15.83)	124.4 (21.76)	103.32 (18.07)	91.6 (16.02)	127.88 (22.37)
Vegetation	288.52 (50.47)	134.96 (23.61)	220.04 (38.49)	342.2 (59.85)	217.4 (38.03)
Other land cover	192.72 (33.71)	312.36 (54.64)	248.36 (43.44)	137.92 (24.12)	226.44 (39.61)

影響河濱植生群落的結構與組成(顧等 2004)。然而，於乾旱之河川適量的洪水對重建生態完整性是很重要的，經常性的淹沒促使Colorado River (1992-1999)之植物覆蓋度增加 (Zamora-Arroyo *et al.* 2001)。洪水發生時，生長離主河道愈遠、地勢愈高的植物存活率就愈高(Stromberg 1993)，本研究結果與其研究發現相符，河床植被於歷經颱風侵襲多遭洪水沖毀或土石覆蓋，僅於河道兩岸及高灘地地勢較高處之植被殘存。

結 論

由SPOT衛星影像變遷分析結果，濁水溪下游西濱大橋至中沙大橋河段受2001年桃芝與納莉颱風挾帶豪雨沖刷，造成主河道之寬度明顯增加、彎曲度減小、改道或分支等變化，尤以西濱大橋上溯7 km間之河床受創最嚴重，寬度最大增加約530m；而自2002年集集攔河堰正式通水後，主河道之寬度大為縮減一半；2004年遇敏督利颱風侵襲，亦挾帶豐沛雨量，主河道位置再次顯著改變與呈現分支，尤以西濱大橋上溯7 km間及自強大橋上溯4 km間河段主河道明顯位移。植被方面原本生長或種植於河床之野生植被或墾植地，有多處遭桃芝與納莉颱風洪水沖毀或土石覆蓋，尤以西濱大橋上溯7 km間之河床受創最嚴重，植被相對面積由36.09%降為

32.27%；2002年明顯增加為46.49%，至2004年遇敏督利颱風侵襲，部分植被遭洪水沖毀或土石覆蓋，尤以西濱大橋至自強大橋間河段近主河道兩側之植被受損較嚴重，植被相對面積降為36.10%，惟植被面積會受水稻與旱作物耕種採收與否影響。

清水溪下游南雲大橋至龍門大橋河段由於2001年桃芝與納莉颱風侵襲，降下豐沛雨量，使主河道明顯往東位移，2002與2003年變化不大，至2004年遇敏督利颱風侵襲，亦挾帶豐沛雨量，使主河道移位與分支。植被方面於桃芝颱風前該河段除主河道外，植被覆蓋繁茂，相對面積占50.47%，歷經桃芝與納莉颱風侵襲，河床植被多遭洪水沖毀或土石覆蓋，僅於河道兩岸及高灘地地勢較高處有植被殘存，植被相對面積降為23.61%；至2003年植被相對面積增為59.85%，植被覆蓋狀況已較桃芝颱風前增加9.38%；惟2004年又遇敏督利颱風侵襲，河床植被再度遭洪水沖毀或土石覆蓋，植被相對面積降為38.03%，敏督利颱風帶來之累積雨量雖較高，然所減少之相對面積較2001年小，此殆因桃芝颱風期間該區域之暴雨集中且降雨強度大之故。

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，行政院主計處、群立

科技公司及康訊科技公司等單位提供相關圖檔資料，組內同仁李小姐芬芳與陳小姐怡姣協助野外勘查，且陳小姐並協助資料之蒐集與繕打，以及兩位審查委員提供改進意見使本文更加充實，謹申謝忱。

引用文獻

- 李培芬。1996。七家灣溪集水區之遙測監測。內政部營建署雪霸國家公園管理處。台中。103頁。
- 李國忠、黃德銘。2001。陳有蘭河流域土地利用變遷與社經發展之實證分析。台大實驗林研究報告15(3): 157-176。
- 林俊全。2001。溪頭地區桃芝颱風水土災害特徵之探討。中華水土保持學報32(4): 261-270。
- 陳天建、王國隆、洪鳳儀、劉東京、蔡修毓、林美聆。2001。桃芝颱風土石流災害特性與災因檢討。中華水土保持學報32(4): 279-288。
- 陳宏宇。2001。東埔蚋溪及出水溪之土石流的地質特性。中華水土保持學報32(4): 289-296。
- 陳朝圳、吳守從、鍾家正。1996。地理資訊系統應用於南化水庫集水區土地利用變遷之研究。中興大學實驗林研究彙刊18(2): 98-112。
- 楊明德、王瑞德、王慶豐、楊擘芬。2001。桃芝颱風對草嶺堰塞湖影響之調查分析。中華水土保持學報32(4): 303-313。
- 詹錢登、陳宗顯。2002。濁水溪河道斷面及流量曲線之變化。第十三屆水利工程研討會 P44-49。
- 賴建信、游繁結、顏宏哲。2001。桃芝颱風濁水溪中下游地區災害原因分析及因應對策。中華水土保持學報32(4): 327-338。
- 賴建信、陳文正、張玄宜、王信仁、陳峻淵。2002。濁水溪下游段近期河道變遷與河床變化初步探討。第十三屆水利工程研討會 B259-268。
- 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。
- 顧玉蓉、趙偉成、謝正倫。2004。河川水文特性對河濱植生影響之研究。台灣水利52(3): 48-59。
- Stromberg, J. C. 1993. Fremont cottonwood-Goodding willow riparian forests: A review of their ecology, threats, and recovery potential. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 26: 97-110.
- Zamora-Arroyo, F., P. L. Nagler, M. Briggs, D. Radtke, H. Rodriguez, J. Garcia, C. Valdez, A. Huete and E. P. Glenn. 2001. Regeneration of native trees in response to flood releases from the United States into the delta of the Colorado River, Mexico. *Journal of Arid Environments* 49(1): 49-64.

風花菜－台灣一種稀少的十字花科植物

Rorippa globosa (Turcz.) Hayek, a Rare Species of the Mustards in Taiwan

謝宗欣

Tsung-Hsin Hsieh

台南大學生物科技學系 台南市樹林街二段33號

Department of Biological Science and Technology, National University of Tainan, Tainan, Taiwan

摘要

風花菜(*Rorippa globosa* (Turcz.) Hayek)為十字花科葶藶屬植物，廣泛分布於俄羅斯和中國。本種早有文獻記載分布於台灣，可能由於本種植物十分少見，近年來常被忽略遺漏，但亦有文獻明確指出本種分布於台灣中部和南部地區。本文描述其分類特徵、花粉形態、染色體數目和相關特性。

Abstract

Rorippa globosa (Turcz.) Hayek, belonging to the mustard family Brassicaceae, is widely distributed in the temperate region of Russia and mainland China. It was reported from Taiwan as early as in 1896, but because of its extremely rarity, it has been ignored recently from the flora of Taiwan by many authors, even Shen (1996) verified it to be in the central and southern Taiwan. This paper describes *R. globosa* with color photographs, SEM micrographs of pollen grains, chromosome number, taxonomic notes and distribution in Taiwan.

關鍵詞：風花菜、十字花科、分類學、台灣

Key words: *Rorippa globosa*, Brassicaceae, Taxonomy, Taiwan

收件日期：94年7月26日

接受日期：94年10月25日

Received: July 26, 2005

Accepted: October 25, 2005

緒言

葶藶屬(*Rorippa* Scop.)(十字花科)約有75種,廣泛分布於北半球溫帶地區(Cheo *et al.* 2001)。風花菜(*R. globosa* (Turcz.) Hayek)為葶藶屬植物,廣泛分布於俄羅斯和中國(Guo 1987)。本種植物在台灣地區最早被英人亨利氏記載採於South Cape(即今日恆春半島鵝鑾鼻地區)(Henry 1896)。其後日籍植物學者Matsumura and Hayata (1906)、Hayata (1913)和Sasaki (1928)皆有記載此一植物。可能由於本種植物十分少見,台灣植物誌第一版(Liu and Ying 1976)和第二版(Ying 1996)的十字花科中皆未曾記載。中國植物志也未記錄本種分布於台灣地區(Guo 1987)。Shen (1996)明確指出本種分布於台灣中部和南部地區,並附有引證標本。Cheo *et al.* (2001)在Flora of China中已將台灣列入本種的分布範圍,可是未加以說明。但是Yang *et al.* (1997)於台灣維管束植物簡誌中又未記載本種。本文根據文獻、標本和野外實地調查說明本種分布於台灣地區及其相關特性。以下描述根據台灣的標本。

性狀描述

風花菜

Rorippa globosa (Turcz.) Hayek in Beih. Bot. Centralbl. 27: 195. 1911; T. Y. Cheo, Fl. Reip. Popul. Sin. 33: 306. 1987; Shen, J. Expt. For. NCHU 18(1): 30; Cheo, Fl. China 8: 134. 2001.

Nasturtium globosum Turcz. in Fisch. Et Mey. Ind. Sem. Hort. Pétróp. 1: 35. 1835; Henry, List Pl. Formosa 17. 1896; Matsum. et Hayata, J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo 22: 22. 1906; Hayata, Icon. Pl. Formos. 3: 17. 1913; Sasaki, List Pl. Formos. 75-78. 1928.

一年生或二年生直立草本,高40-70 cm。莖下部葉具葉柄,上部葉無柄,葉長橢圓形至倒卵狀披針形,葉緣羽狀缺刻、深齒或淺齒,莖下端葉長10-15 cm,寬3-5 cm,大頭羽裂,莖上端愈近莖頂葉愈小,3-8 cm長,0.5-2 cm寬,披針形或倒卵狀長橢圓形,常不分裂。繖房花序腋生或頂生,果期花軸伸長,花小,黃色,具細柄,4-6 mm長,萼片4,長卵形,約1.5 mm長;花瓣4,倒卵形,基部漸狹具柄,約1.5 mm長;雄蕊6,4強或近於等長;子房圓形,雌蕊花柱約0.4 mm長。短角果近球形,直徑約2-3 mm,花柱宿存,約0.8 mm長。種子多數,淡褐色,扁圓形,直徑約0.5 mm,表面具方格網狀條紋突起。

花期:5-8月。

果期:5-9月。

分布:台灣中部及南部地區,海拔500m以下至海邊地區,生於開闊地上陽光充足處。

觀察標本:南投縣:埔里, W. P. Leu *et al.* 409 (HAST, 中央研究院植物所標本館); 高雄市:澄清湖, C. I Peng 60 (HAST); 屏東縣:社頂, Y. Chang *et al.* 22112, 22113 (PPI, 屏東科技大學森林系標本館); 滿洲, T. H. Hsieh 2585 (NUTN, 台南大學生物科技系標本室)。

註:本種為一或二年生直立草本,最高可達40-70 cm,為台灣產本屬植物最高大者。其短角果近於球形(圖1A, B),與台灣產本屬植物明顯不同,台灣產本屬其他種類為長橢圓形或線形之果實。

本種花粉長球形,具3溝,溝細長,大小為24 (20-27.5) × 20 (14-22) μm,表面具網狀雕紋,網眼為不規則多角形或近圓形(圖1C, D)。在染色體數目方面,本文首次報導根尖細胞染色體數目為 $2n=16$,為2倍體(圖1F)。

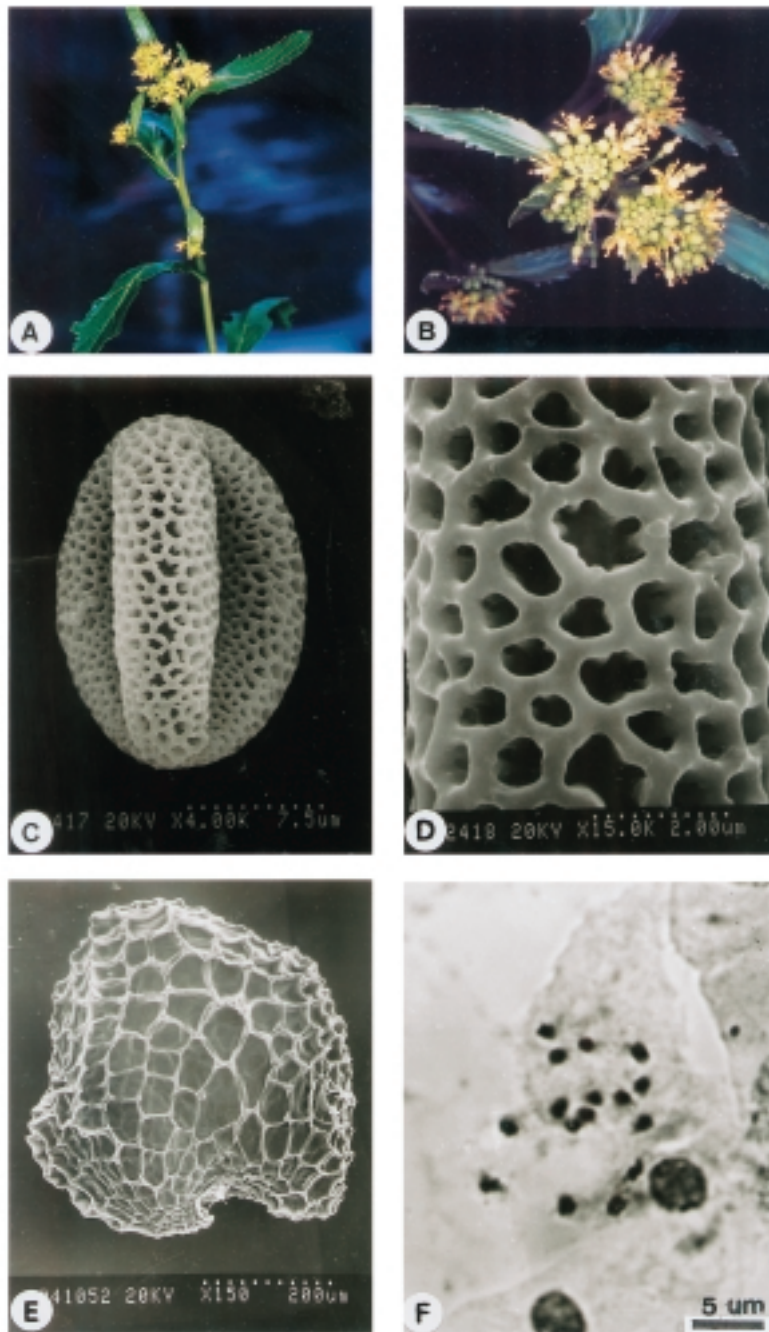


圖1. 風花菜。A和B,植株形態和花序；C和D,三溝花粉粒和網狀的外壁紋飾；E,種子表面具方格網狀突起條紋；F,根尖細胞染色體數目為 $2n=16$ 。

Fig. 1. *Rorippa globosa* (Turcz.) Hayek in Taiwan. A and B, habit and inflorescence ; C and D, 3-colpate pollen grains with reticulate tectum ; E, seed with reticulate surface ; F, somatic cell of root tips showing chromosome number $2n=16$.

種子扁圓形，表面具方格網狀突起條紋(圖1E)。

風花菜廣泛分布於中國境內，生於河岸、溼地、路旁、溝邊或草叢中，也生於乾旱處，海拔30-2,500m均有分布(Guo 1987)。台灣分布於中部和南部地區，海拔500m以下至海邊地區，生於開闊地上陽光充足處。

謝 誌

感謝中央研究院植物所標本館(HAST)、屏東科技大學森林系標本館(PPI)在查閱標本上的協助。感謝台灣大學理學院貴重儀器中心林錦燕小姐在掃描式電子顯微鏡使用上的協助。二位審查委員費心審閱文章並提供寶貴意見，謹此致謝。

引用文獻

- Cheo, T. Y., L. Lu, G. Yang, I. Al-Shenbaz and V. Dorofeev. 2001. Brassicaceae. *In*: Wu, Z. Y. and P. H. Raven (eds.), *Flora of China* 8: 1-193. Science Press, Beijing, and Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, USA.
- Guo, R. L. 1987. *Rorippa*. *In*: Cheo, T. Y. (eds.). *Flora Reipublicae Popularis Sinicae* 33: 300-311. Science Press. Beijing.
- Hayata, B. 1913. *Icones Plantarum Formosanarum* 3: 17-21. Bureau of Productive Industry, Government of Formosa, Taihoku (Taipei), Taiwan.
- Henry, A. 1896. A list of the plants from Formosa with some preliminary remarks on the geography, nature of the flora and economic botany of the island. *Transcriptions of the Asiatic Society of Japan*. 24. Suppl. 1-118.
- Liu, T. S. and S. S. Ying. 1976. Cruciferae. *In*: H. L. Li *et al.* (eds.). *Flora of Taiwan* 2: 675-700. Epoch Publishing Co., Ltd., Taipei, Taiwan.
- Matsumura, J. and B. Hayata. 1906. *Enumeratio Plantarum Formosanarum*. *Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo*. pp. 22-25.
- Sasaki, S. 1928. *List of Plants of Formosa*. *Natural History of Society of Formosa*. Taihoku (Taipei). pp. 75-78.
- Shen, R. C. 1996. Taxonomic studies of the Brassicaceae in Taiwan. *Journal Experiment Forest of NCHU* 18(1): 1-44.
- Yang, Y. P., H. Y. Liu and S. Y. Lu. 1997. *Manual of Taiwan Vascular Plants* 2: 210-216. Council of Agriculture, The Executive Yuan of Taiwan, ROC.
- Ying, S. S. 1996. Cruciferae. *In*: Huang, T. C. *et al.* (eds.). *Flora of Taiwan*, 2nd. ed. 2: 745-769. Editorial Committee, Department of Botany, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

Croton bonplandianus Baillon (Euphorbiaceae), a Plant Newly Naturalized to Taiwan

台灣大戟科的新歸化植物—波氏巴豆

Tsai-Wen Hsu^{1,2}, Tzen-Yuh Chiang² and Ching-I Peng^{3,*}

許再文^{1,2} 蔣鎮宇² 彭鏡毅^{3,*}

¹Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

²Department of Life Sciences, Cheng-Kung University, Tainan, Taiwan

³Research Center for Biodiversity, Academia Sinica, Taipei, Taiwan

¹行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

²國立成功大學生物學系 台南市大學路1號

³中央研究院生物多樣性研究中心 台北市研究院路二段128號

*Corresponding author

*通訊作者

Abstract

Croton bonplandianus Baillon, a plant belonging to the family Euphorbiaceae and native to South America, was recently found to be invasive in the southern Taiwan. This paper describes this newly naturalized species with line drawings and photographs to aid identification.

摘要

本文報導最近在台灣南部發現原產於南美洲之新紀錄種—波氏巴豆 (*Croton bonplandianus* Baillon)。波氏巴豆有可能成爲入侵植物，宜早防除。本文提供該植物的描述、手繪圖及彩色照片以資辨識。

Key words: *Croton bonplandianus*, Euphorbiaceae, naturalized plant, Taiwan, taxonomy

關鍵詞：波氏巴豆、大戟科、歸化植物、台灣、分類

Received: June 13, 2005

Accepted: October 4, 2005

收件日期：94年6月13日

接受日期：94年10月4日

Introduction

The family Euphorbiaceae is comprised of about 315 genera (Webster 1994) and 7,000 species (Webster 1967). They are common plants abundant in the tropic region of the New World and the Old World, and gradually diminish toward the temperate region (Keng 1955). Twenty-seven genera, 77 species and 4 varieties are recorded in the second edition of "Flora of Taiwan" (Hsieh *et al.* 1993). Recently, Chen and Wu (1997, 2004) revised herbaceous *Phyllanthus* and recorded *Chamaesyce hypericifolia* (L.) Millsp as a species newly naturalized to Taiwan, and Lu and Hsu (2003) described *Glochidion ovalifolium* as a new species to the island.

Croton is a large, diverse genus of the family Euphorbiaceae, comprising at least 800 species in the tropic and subtropic regions (Webster 1993). The majority of the species are found in America, particularly South America and the West Indies (Woodson *et al.* 1967). For Taiwan there were two species of *Croton* (*Croton cascarilloides* Raeusch. and *C. tiglium* L.) that had been reported (Hsieh *et al.* 1993). In our recent inventory survey of plants on the island, a weedy species, *Croton bonplandianus* Baillon, was found in the southern Taiwan. This

paper describes this newly naturalized species with line drawings and photographs to aid its identification.

Croton bonplandianus Baillon 波氏巴豆 Figs. 1 and 2.

Croton bonplandianus Baillon, *Adansonia* 4: 339. 1864; Chakrabarty and Balakrishnam, *Bull. Bot. Surv. India* 34 (1-4): 31. 1992.

Erect herbs or subshrubs to 50 cm tall; young shoots densely whitish tomentose, stellate, flat; branches sparsely whitish stellate-scaly or nearly glabrous. Stipules small, filiform. Leaves alternate, clustered at ends of branchlets, simple; petioles 4-7 mm long, scatteredly pubescent, glabrescent; blades narrow to ovate-elliptic or triangular-ovate, lanceolate, 3.4-5 cm long, 0.7-1.6 cm wide, membranous, base obtuse, with 2 glands, margin shallowly serrate, apex acute, pinnately veined but somewhat 3-veined basally. Inflorescence a terminal raceme, 5-14 cm long, with 2-8 pistillate flowers, sparsely tomentose and stellate. Staminate flowers subglabrous to glabrous outside; pedicels 1-1.5 mm long; sepals green, ca. 1 mm long; petals white, ca. 1.5 mm long; stamens 13-16, filaments 1.5 mm long, glabrous, anthers 2-loculate. Pistillate flowers sparsely stellate,

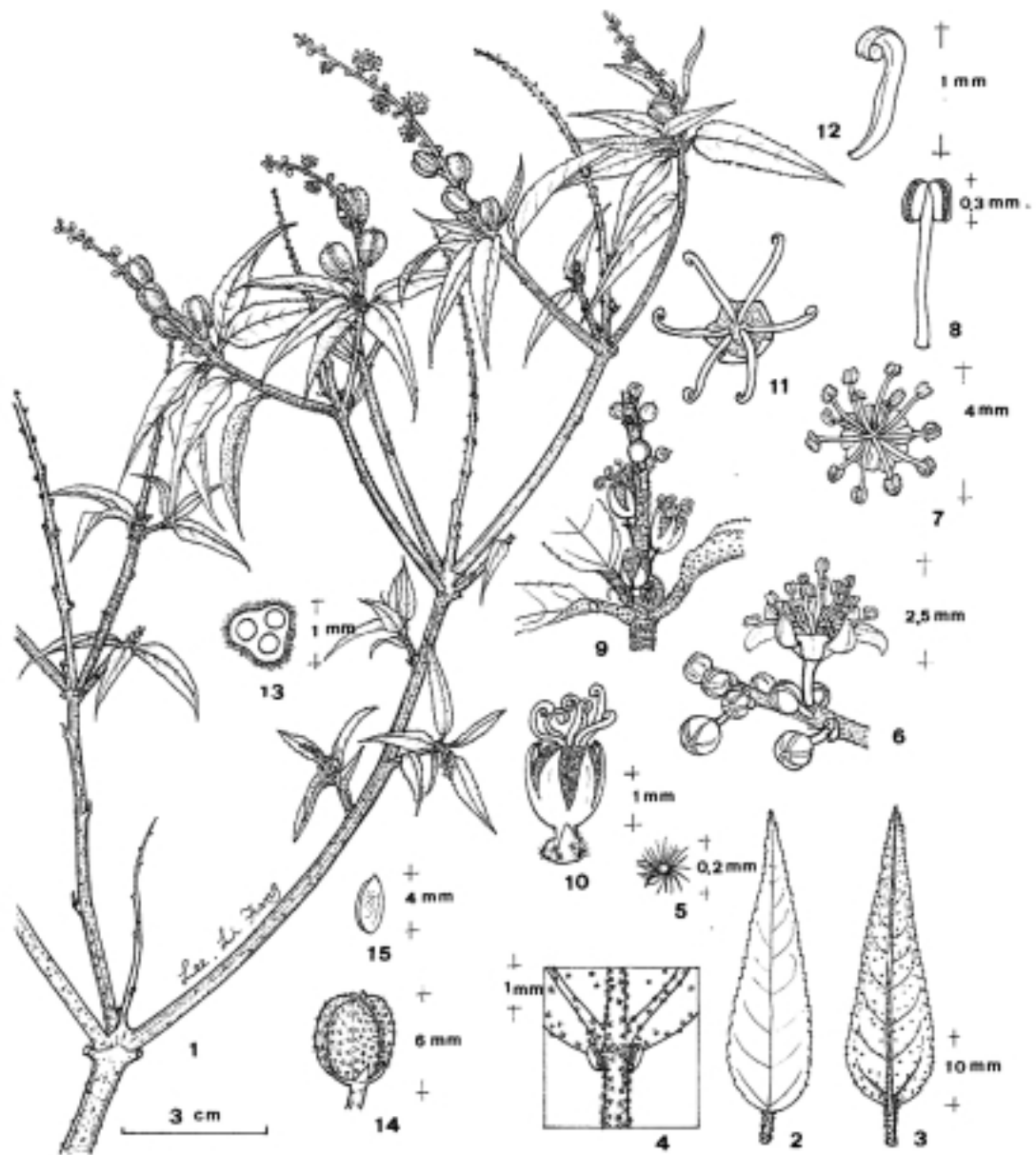


Fig. 1. *Croton bonplandianus* Baillon: 1, habit; 2, leaf, adaxial surface; 3, leaf, abaxial surface; 4, leaf base, showing a pair of glands; 5, stellate-scales; 6, staminate part of inflorescence; 7, staminate flower; 8, stamen; 9, pistillate part of inflorescence; 10 and 11, pistillate flower, different views; 12, style; 13, ovary, cross-section; 14, capsule; 15, seed.



Fig. 2. *Croton bonplandianus* Baillon: A, habitat; B, seedling; C, habit, close-up view; D, staminate flower; E, pistillate flower.

pedicels very short or nearly absent; sepals 5, ca. 1 mm long, subglabrous; petals absent; ovary 3-locular, ca. 1.5 mm long, densely or sparsely pubescent; stigmas free, 1.5-2 mm long, deeply bifid. Capsules green, 6-11 mm long, 4-5 mm in diameter, sulcate, densely or sparsely pubescent; seeds 2-3, 4-5 mm long, about 3 mm in diameter, blackish-brown.

Specimen examined: The specimens were collected at a wasteland near the Chia Nan University of Pharmacy and Science (嘉南藥理科技大學) in the Rhshin village (二行村), Rende District (仁德鄉), Tainan County, Taiwan, Jun. 8, 2004, *T. W. Hsu 11570* (HAST, TESRI [Endemic Species Research Institute]) and Aug. 16, 2004, *T. W. Hsu 11598* (TESRI).

Remarks: *Croton bonplandianus* Baillon is native to the southern Bolivia, Paraguay, southwestern Brazil, and northern Argentina of South America (Chakrabarty and Balakrishnan 1992). It has been naturalized to Bhutan (Long 1987), Sri Lanka, India, Pakistan, Nepal, Bangladesh, Myanmar, Malay Peninsula, and Africa (Chakrabarty and Balakrishnan 1992), where it has become an invasive alien weed (Pallewatta *et al.* 2003).

In the southern Taiwan *C. bonplandianus* is found as a weed commonly in wastelands, roadsides, and orchards. It is locally abundant in the areas of sandy or sandy clay soils. It blooms and fruits all the year round. This accidentally introduced weed has a potential to become an agricultural pest in Taiwan.

Acknowledgments

We would like to express our gratitude to Drs. Peter H. Raven, Hans-Joachim Esser and

Paul E. Berry for their assistance in identification of plant specimens. We are also thankful to Messrs. J. J. Peng and S. H. Lin for their assistance in field works. This study was supported in part by the research grant of the Council of Agriculture, Taiwan.

Literature Cited

- Chakrabarty, T. and N. P. Balakrishnan. 1992. A revision of *Croton* L. (Euphorbiaceae) for Indian subcontinent. *Bulletin of the Botanical Survey of India* 34(1-4): 1-88.
- Chen, S. H. and M. J. Wu. 1997. A revision of the herbaceous *Phyllanthus* L. (Euphorbiaceae) in Taiwan. *Taiwania* 42(3): 239-261.
- Chen S. H. and M. J. Wu. 2004. *Chamaesyce hypericifolia* (L.) Millsp. (Euphorbiaceae), a newly naturalized spurge species in Taiwan. *Taiwania* 49(2): 102-108.
- Hsieh, C. F., S. M. Chaw and J. C. Wang. 1993. Euphorbiaceae. *In*: Editorial Committee. *The Flora of Taiwan*, 2nd. ed. 3: 414-504. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Taipei.
- Keng, H. 1955. The Euphorbiaceae of Taiwan. *Taiwania* 6: 27-66.
- Long, D. G. 1987. Euphorbiaceae. *In*: Grierson, A. J. C. and D. G. Long, *Flora of Bhutan*. Vol. 1(3): 754-813. Royal Botanic Garden, Edinburgh.
- Lu, F. Y. and Y. S. Hsu. 2003. A new species of *Glochidion ovalifolium* (Euphorbiaceae) from Taiwan. *Quarterly Journal of Forest Research* 25(4): 83-85.
- Pallewatta, N., J. K. Reaser and A. T. Gutierrez. (eds.). 2003. *Invasive Alien Species in*

South-Southeast Asia: National Reports and Directory of Resources. Global Invasive Species Programme, Cape Town, South Africa.

Webster, G. L. 1967. The genera of Euphorbiaceae in the southeastern United States. *Journal of the Arnold Arboretum* 48: 303-430.

Webster, G. L. 1993. A provisional synopsis of the sections of the genus *Croton* (Euphorbiaceae). *Taxon* 42(4): 793-823.

Webster, G. L. 1994. Synopsis of the suprageneric taxa of Euphorbiaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 81: 33-144.

Woodson, R. E. Jr., R. W. Schery, G. L. Webster and D. Burch. 1967. Flora of Panama Part VI. Family 97. Euphorbiaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 54(3): 211-350.

Setaria sphacelata (Schumach.) Moss *ex* Stapf & Hubb., a
Grass Newly Naturalized to Taiwan

台灣新歸化禾草—南非鴿草

Chih-Hui Chen^{1,*} and Chang-Sheng Kuoh²

陳志輝^{1,*} 郭長生²

¹Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

²Department of Life Sciences, National Cheng-Kung University, Tainan, Taiwan

¹行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

²國立成功大學生命科學系 台南市大學路1號

*Corresponding author

*通訊作者

Abstract

This paper describes *Setaria sphacelata* (Schumach.) Moss *ex* Stapf & Hubb. as a newly naturalized grass to Taiwan with its line drawing. Also, a key to the species of the genus *Setaria* in Taiwan is provided for identification.

摘要

本文報導新近發現於台灣的新歸化禾本科植物—南非鴿草(*Setaria sphacelata* (Schumach.) Moss *ex* Stapf & Hubb.)，文中並提供該物種之描述、手繪圖及台灣產狗尾草屬植物之檢索表。

Key words: *Setaria sphacelata*, Poaceae, naturalized grass, Taiwan

關鍵詞： 南非鵪草、禾本科、歸化種、台灣

Received: September 20, 2005

Accepted: November 24, 2005

收件日期：94年9月20日

接受日期：94年11月24日

Introduction

The genus *Setaria* P. Beauv., belonging to the tribe Paniceae of the family Poaceae, is comprised of about 100-140 species throughout the tropical and warm temperate regions of the world (Clayton and Renvoize 1986; Watson and Dallwitz 1992; Liu 2000). Nine species and one variety have been reported from Taiwan (Hsu 1975, 1978). Of them *Setaria viridis* (L.) P. Beauv. var. *pachystachys* (Franch. & Sav.)

Makino & Nemoto, was recently treated as a synonym of the species by Liu (2000).

Recently, we found *Setaria sphacelata* (Schumach.) Moss *ex* Stapf & Hubb., as a newly naturalized species to Taiwan. It is an important fodder species (Koyama 1987; Watson and Dallwitz 1992) and a significant weed (Watson and Dallwitz 1992). This paper provides a description of the species with its line drawing and a key to the species of the genus *Setaria* in Taiwan for identification.

Taxonomic Treatment

Key to species of *Setaria* in Taiwan

1. Panicle loosely opened; blades folded; fan-fashion between longitudinal veins.
 2. Blade 3-7 cm wide; upper floret ovate, obscurely rugose.....*S. palmifolia*
 2. Blade 1-3 cm wide; upper floret narrowly ovate, transversely rugose.....*S. plicata*
1. Panicle contracted, cylindrical; blades not plicate.
 3. Lower palea distinctly shorter than lower lemma or reduced; sheath margins hairy.
 4. Main axis of panicle serrulate; bristles retrorsely barbed.....*S. verticillata*
 4. Main axis of panicle hairy; bristles antorsely barbed.
 5. Upper glume 2/3-3/4 as long as spikelet.....*S. faberii*
 5. Upper glume subequal to spikelet.
 6. Glumes and lower lemma persistent; cultivated species.....*S. italica*
 6. Glumes and lower lemma falling off together with upper floret; wild species.....*S. viridis*
 3. Lower palea as long as lower lemma; sheath margins glabrous.
 7. Spikelets 3-4 mm long; lower floret usually staminate.....*S. glauca*
 7. Spikelets 2-2.5 mm long; lower floret usually sterile.
 8. Plants rhizomatous, perennials; lower palea obviously narrower than upper floret.
 9. Inflorescence 2-7 cm long.....*S. geniculata*
 9. Inflorescence 10-50 cm long.....*S. sphacelata*
 8. Plants not rhizomatous, annuals or biennials; lower palea as broad as upper floret...*S. pallide-fusca*

Setaria sphacelata (Schumach.) Moss *ex* Stapf & Hubb., Flora of Tropical Africa 9(5): 795-798. 1930; Hitchcock, Manual of the Grasses of the United States (ed. 2, revised by A. Chase) 720. 1951; Clayton and Renvoize, Gramineae (Part 3), Flora of Tropical East Africa 527. 1982; Webster, The Australian Paniceae (Poaceae) 213. 1987; Clayton, Davidse, Gould, Lazarides and Soderstrom, A Revised Handbook to the Flora of Ceylon 8: 412. 1994; Veldkamp, Blumea 39: 382. 1994. Fig. 1

Panicum sphacelatum Schumach. *Beskrivelse af Guineiske planter* 58-59. 1827.

Pennisetum sphacelatum (Schumach.) Durand & Schinz, *Conspectus Florae Africae* 5: 784. 1894.

Perennials; rhizomatous. Culms erect or decumbent at base, usually branched from the lower and middle nodes, 20-200 cm tall. Leaf sheaths keeled, glabrous, the margin hyaline. Ligule membranous, fringed with hairs, 1-2 mm long, membrane 0.8-1.5 mm long, cilia 0.2-1.5 mm long. Leaf blades herbaceous, flat or convolute, linear, 10-50 cm long, 2-17 mm wide, acuminate at apex, glabrous to slightly hairy on both surfaces, margin entire. Inflorescence a dense, cylindrical and terminal panicle, 10-50 cm long. Spikelets sessile, elliptic, acute at apex, 2-2.8 mm long, moderately dorsally compressed, falling entirely when mature, 1-4 in a cluster, surrounded by 6-15 persistent bristles; the bristles 1.5-12 mm long, antrorsely scaberulous, with 2 florets, the lower one sterile (sometimes staminate) and the upper one fertile. Lower glume membranous, ovate, glabrous, obtuse to acute at apex, 1/4-1/2 of spikelet length, 3- (5)-nerved. Upper glume membranous, ovate, glabrous, acute at apex, 1/3-3/4 of spikelet length, 5-nerved, margins eciliate; membranous, ovate, 3/10-3/5 of spikelet length. Lower florets sterile or staminate; lower lemma membranous,

ovate, 5-veined, as long as spikelet; lower palea fully developed, elliptic, hyaline. Upper florets bisexual and fertile, 1.8-2.6 mm long, elliptic to ovate-elliptic, acute at apex; upper lemma ovate, acute at apex, surface rugose; upper palea embraced by upper lemma, acute at apex, 2-keeled.

Native to tropical and South Africa; widely introduced to tropical areas worldwide (Webster 1987; Clayton *et al.* 1994). Cultivated in Taiwan for pasture and erosion control; escaped and naturalized in the central and northern part of the island.

Specimen examined: HSINCHU: Kuanhsi, Yang & Wang 8288 (TNM). NANTOU: Hsitou, Chen 5622; Chungliiao, Chen 5677 (herbarium of Endemic Species Research Institute); Yuchih, Kuoh *s. n.* Mar. 30, 2002 (NCKU).

Acknowledgements

The authors are grateful to the curators of HAST, TAI and TNM for providing us to the specimens of their institutions for examination.

Literature Cited

- Clayton, W. D. and S. A. Renvoize. 1986. Genera Graminum. Her Majesty's Stationary Office, London.
- Clayton, W. D., G. Davidse, F. Gould, M. Lazarides and T. R. Soderstrom. 1994. A Revised handbook to the flora of Ceylon Vol: 8 Poaceae. Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi.
- Hsu, C. C. 1975. Taiwan grasses. Taiwan Provincial Education Association, Taipei. (in Chinese).
- Hsu, C. C. 1978. Gramineae. *In*: Li, H. L., T. S. Liu, T. C. Huang, T. Koyama and C. E.



Fig. 1. *Setaria sphacelata*: 1, habit; 2, ventral view of spikelet with bristles; 3, lower glume; 4, upper glume; 5, lower lemma; 6, lower palea; 7, dorsal view of upper fertile floret; 8, joint of leaf sheath and leaf blade.

- DeVol (eds.). Flora of Taiwan, 1st ed. 5: 598-610. Epoch Publishing Co., Taipei.
- Koyama, T. 1987. Grasses of Japan and its neighboring regions. Kodasha Ltd., Tokyo.
- Liu, H. Y. 2000. Paniceae. In: Huang T. C. *et al.* (eds.). Flora of Taiwan, 2nd ed. 5: 509-515. Editorial Committee, Dept. Bot., NTU,

Taipei.

- Watson, L. and M. J. Dallwitz. 1992. The Grass genera of the world. Cab International, Wallingford.
- Webster, R. 1987. The Australian Paniceae (Poaceae). J. Cramer, Berlin.

「特有生物研究」稿約

壹、一般說明

- 一、「特有生物研究」為行政院農業委員會特有生物研究保育中心出版之學術期刊，歡迎國內外學者發表有關自然保育之學術論文，但以未曾在其他刊物發表者為限。
- 二、本刊為半年刊，每年元月及七月出版，隨時接受投稿。
- 三、刊登稿件分四類：
 - (一) 研究報告(Research article)：學理或事實探討之原始研究報告，需分章節。
 - (二) 研究短報(Research note)：試驗技術發展與改進之摘要報告，或正在進行而有初步結果者，不需分章節。
 - (三) 學術論述(Review)：針對某一專題就已發表之研究成果加以綜合性評論。
 - (四) 專論(Monograph)：針對專門議題之論著或分析探討。
- 四、撰稿中、英文均可，來稿請寄送完整文稿一式三份。原圖、表及電腦磁片俟審查通過後再通知寄送。
- 五、經本刊接受刊登之稿件，作者即自動放棄著作權，版權歸行政院農業委員會特有生物研究保育中心所有。
- 六、稿件無稿酬，但經刊登之文稿贈送抽印本50冊，作者如需額外的抽印本，可於校稿時登記份數，並負擔其費用。
- 七、來稿由本刊送請相關學者專家審查、簽註意見或修改，如需修改者再送請作者自行補充修正，作者應於收稿二週內完成修正，如於收稿二個月後仍未將修正稿件寄回者，視同放棄投稿。稿件付印前作者應負責校對。
- 八、來稿請寄：南投縣集集鎮(郵遞區號552)民生東路1號 特有生物研究保育中心「特有生物研究」期刊編輯委員會 收。

貳、文稿章節順序

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

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

參、文稿結構

- 一、題目以30字為限。
- 二、作者中英文姓名之右上角以縮小數字標示服務單位註記。作者的英文姓名需列全名，名在前姓在後；複姓複名者，二字間用“-”相連；作者若為兩名，姓名間以“and”連接；若為三名或以上，除最後一名與其前一名間以“and”連接外，其餘之間以半形逗號連接。
- 三、中英文摘要以500字為限，摘要內容應以結果及結論為主，目的及方法可簡潔敘述或省略。避免使用條列式的摘要。
- 四、中英文關鍵詞以5個為限。

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

肆、文稿書寫應注意事項

一、文稿須以Microsoft Word 可讀取之軟體編輯，以A4 (30cm×21cm) 白紙單面雙空行(double spaces) 列印，文稿之天、地、左、右須留白3公分，於每頁正下方註記頁碼。

二、本文敘述，應用數字編號時，其層次：

中文用：一、(一)、1、(1)、①....

英文用：I、(I)、1、(1)、A、a、(a)....

三、中英文單位請用公制之符號，例如：kg、mg、ml、ppm、pH、cm等，數值請以阿拉伯數字表示之，年代一律用西元。

四、插圖請用白紙(或繪圖紙)以黑墨水精繪，亦可採電腦製圖，惟須以雷射印表機列印；照片限原始攝影採光面相紙沖印者，幻燈片限用原片；未按規定之插圖致圖片模糊無法製版者不予受理。

五、圖片之標題在下方，表格標題在上方，標題需中英文並列，圖的說明應中英文對照另頁繕打，不可附在繪圖及相片上面。本文中圖表順序以圖1，圖2，表1，表2 ...，Fig. 1, Fig. 2, Table 1, Table 2, ...等表示。

六、圖表內容請用英文，表格不加縱線。圖、表均以A4大小列印，定稿後圖、表請送原稿。

七、引用文獻以確經引用者為限，文中提到之文獻，請列出姓氏、年代。

八、引用文獻書寫方式：先列中、日、韓文，次列西文，其書寫方法按作者、年份、題目、發刊物名稱(全名，不採用縮寫)、卷期及頁號順序。

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

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

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

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

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

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

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

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