

國立台東大學生命科學研究所  
碩士論文

指導教授：李炎 博士

台東縣主要河川藍菌指標生物之研究  
**Cyanobacterial Bio-indicator Survey for Two Main  
Rivers in Taitung Taiwan**

研究生：李佳蓮 撰

中華民國九十七年一月

國立台東大學

學位論文考試委員審定書

系所別：生命科學研究所

本班 李佳蓮 君

所提之論文 Cyanobacterial Bio-indicator Survey for  
Two Main Rivers in Taitung Taiwan

業經本委員會通過合於  碩士學位論文 條件  
 博士學位論文

論文學位考試委員會：

黃德鈺

(學位考試委員會主席)

許振宏

李忠

(指導教授)

論文學位考試日期：97年 1月 24日

國立台東大學

附註：1. 本表一式二份經學位考試委員會簽後，送交系所辦公室及註冊組或進修部存查。

2. 本表為日夜學制通用，請依個人學制分送教務處或進修部辦理。

## 博碩士論文授權書

本授權書所授權之論文為本人在 國立台東大學 生命科學 所  
96 學年度第 1 學期取得 碩 士學位之論文。  
論文名稱：台東縣主要河川藍菌指標生物之研究

本人具有著作財產權之論文全文資料，授予下列單位：

同意	不同意	單位
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	國家圖書館
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	本人畢業學校圖書館

得不限地域、時間與次數以微縮、光碟或其他各種數位化方式重製後散布發行或上載網站，藉由網路傳輸，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

本論文為本人向經濟部智慧財產局申請專利(未申請者本條款請不予理會)的附件之一，申請文號為：\_\_\_\_\_，請將全文資料延後半年再公開。

### 公開時程

立即公開	一年後公開	二年後公開	三年後公開
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

上述授權內容均無須訂立讓與及授權契約書。依本授權之發行權為非專屬性發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。上述同意與不同意之欄位若未鉤選，本人同意視同授權。

指導教授姓名：李忠 (親筆簽名)

研究生簽名：李佳蓮 (親筆正楷)

學號：9300815 (務必填寫)

日期：中華民國 97 年 1 月 24 日

1. 本授權書 (得自 <http://www.lib.nttu.edu.tw/theses/> 下載) 請以黑筆撰寫並影印裝訂於書名頁之次頁。

2. 依據 91 學年度第一學期一次教務會議決議: 研究生畢業論文「至少需授權學校圖書館數位化，並至遲於三年後上載網路供各界使用及校內瀏覽。」

授權書版本: 2005/06/09

## 誌 謝

研究所的求學過程，讓我的人生旅程有了不一樣的色彩，雖然在相關研究資源不足的背景，使得研究過程較為艱辛，但在完成的這一刻，回想起與同學及學弟妹們的共同奮鬥，就格外的感動…，在這裡我要感謝很多一路陪伴我、扶持我的人：

感謝…不辭辛勞給我指導以及鼓勵而且永遠 23 歲的李炎老師

感謝…所花惠嵐大美女聲聲親切又溫馨的學務叮嚀

感謝…最佳實驗夥伴健彰、小辣椒陪伴我上山下海採集水樣

感謝…永遠的班代尚澄、旭昇、育峰總是幫忙繁雜的行政手續

感謝…鼓勵我向上的秋華以及所有同事這段時間的體諒與幫忙

感謝…淑貞學姐、秀珊因為有你們才造就我後來實驗的基礎

感謝…犧牲無數寶貴電玩時間幫忙統計與英文的帥燐(應當事人要求

求使用此名～)

# 台東縣主要河川藍菌指標生物之研究

李佳蓮

國立台東大學生命科學研究所

## 中文摘要

**研究背景：**河川藻類是水生生態系最普遍存在的基本生物，在歐美等先進國家，它們已經被廣泛運用在河川水質的評估工作上，然而在台灣，近來僅有 Wu(1986, 2002) 以北部新店溪及中南部之曾文溪為例，探討矽藻群落與河水污染之相關性；郭等(1990)以中部北港溪為例，進行藻類與水質污染之研究；Yu et al. (1995) 以南部二仁溪底棲矽藻與藍綠藻作為生物指標評估長期水質狀態；以及賴(1997)以本土性底棲藻類作為河川水質生物指標…等研究；至於台灣東部則只有李(1994)於台東縣知本溪所進行的指標生物調查研究。由於藍菌在台東縣河川的生態地位與分布，以及應用其作為生物指標來監測河川水質污染的適當性都還沒有被探討過，因此這是一個值得我們研究的課題。

**研究目的：**(1) 探討藍菌在台東縣主要河川—卑南溪與太平溪的生態分佈與族群結構。(2) 分析藍菌生物指標與河川污染程度之相關性，同時嘗試利用藍菌物種豐度及多樣性建立適於監測河川污染程度的生物指標。**方法：**(1) 研究樣本：以田野調查方式，於河川上、中、

下游採集試樣，經培養後以螢光顯微鏡觀察鑑定藍菌菌落至屬。(2) 統計分析：初級資料分析，以菌落數為分析單位進行相關性分析，並以迴歸模式探討藍菌生物指標對於河川水質理化指標的解釋力。

**研究結果：**(1) 色球藍菌目(Chroococcales)是卑南溪與太平溪分佈最普遍的藍菌目，而該目之下的微囊藍菌屬(*Microcystis* sp.)與史坦尼爾藍菌屬(*Stanieria* sp.)則分別為兩溪分佈最豐富的藍菌屬。(2) 藍菌物種豐度與物種多樣性在卑南、太平兩溪的變化與河川污染程度指標(RPI)、河川水質指數(WQI)等水質理化指標之間並無顯著統計相關。

(3) 微囊藍菌屬及史坦尼爾藍菌屬之絕對、相對豐度皆與WQI間呈顯著負相關；而梨果藍菌屬(*Dermocarpella* sp.)相對豐度與WQI間則呈顯著正相關，顯示這三種藍菌屬與河川水污染程度之間有密切的關係。(4) 迴歸分析結果顯示：微囊藍菌屬、梨果藍菌屬、史坦尼爾藍菌屬等三種藍菌相對豐度的結合是較適宜作為河川水質監測之生物指標。

**關鍵詞：**藍菌（藍綠藻）、河川水污染、生物指標、臺東縣

# Cyanobacterial Bio-indicator Survey for Two Main Rivers in Taitung Taiwan

Chia-Lien Lee

## Abstract

**Background:** The distribution and ecological status of cyanobacteria in Taitung county rivers haven't been studied since Yen Lee, 1994. Wu, Kowthe, 2002 reported the applicability of a generic index for diatom assemblages to monitor pollution in the tropical river in Tsanwum. Whether the appropriateness for using Cyanobacteria as the bio-indicator to monitor water pollution has not been tested thoroughly.

**Objectives:**

- (1) To investigate the distribution and community structure of Cyanobacteria in Beinan river, the major river of Taitung county.
- (2) To monitor water pollution by cyanobacterial bio-indicators based on genus abundance, diversity, and to find the correlation between level of water pollution and cyanobacterial bio-indicators.

**Design:** Cyanobacteria were identified using a standard light, epifluorescence microscopy by taxa. Regression analysis was applied to examine the association between water pollution and cyanobacteria indices.

**Results:** .

- (1) Chroococcales order was the most widely distributed cyanobacteria of Beinan and Taiping river in Taitung county. *Microcystis sp.* and

*Stanieria sp.* was then the richest genus belonged to Chroococcales order in the two rivers

- (2) There was no significant correlation existed between species richness and diversity with RPI (River Pollution Index) and WQI (Water Quality Index).
- (3) Positive correlation was found between WQI with relative abundance of *Microcystis sp.* and *Stanieria sp.* ; on the other hand, negative correlation was found between WQI and relative abundance of *Dermocarpella sp.*
- (4) Results of regression analysis showed : combination of relative abundance of *Microcystis sp.*, *Stanieria sp.* and *Dermocarpella sp.* may be an appropriate bio-indicator for river water quality monitoring.

Key Words: Cyanobacteria, Water Pollution, Bio-indicator, Taitung County.

# 目 錄

中文摘要	i
Abstract	iii
目 錄	v
圖目錄	ix
表目錄	xi
<b>第一章 前 言</b>	<b>1</b>
第一節 研究背景與目的	1
第二節 台東縣主要河川簡介	7
一、卑南溪	7
二、太平溪	8
第三節 論文架構	10
<b>第二章 材料與方法</b>	<b>11</b>
第一節 調查範圍	11
第二節 採樣點描述	12
一、初來橋	12
二、電光大橋	12
三、鹿鳴橋	12

四、台東大橋	13
五、太平橋	13
六、馬蘭橋	13
七、豐里橋	14
<b>第三節 水樣分析及實驗室培養</b>	<b>15</b>
一、水質之檢測	15
二、水質評估方法	15
三、各採樣點水樣之採樣	20
四、實驗室藍菌培養之試劑藥品	21
五、實驗室藍菌培養之方法	21
六、分析工具	23
<b>第三章 研究結果</b>	<b>25</b>
<b>第一節 水質理化資料分析</b>	<b>25</b>
一、水溫	25
二、pH值	25
三、溶氧量	26
四、生化需氧量	26
五、氨氮	27
六、懸浮固體	28

七、化學需氧量	28
八、大腸桿菌數	29
九、總磷	30
十、總氮	30
第二節 台東縣主要河川藍菌生態分布	31
一、卑南溪與太平溪之藍菌相	31
二、卑南溪與太平溪各採樣點全年藍菌菌落之變化	35
三、卑南溪與太平溪藍菌生物指標	43
第三節 台東縣主要河川水質理化指標與藍菌生物指標的關係	49
一、水質理化指標與藍菌物種多樣性、物種豐度之相關性	49
二、水質理化指標與藍菌目絕對豐度、相對豐度之相關性	50
三、水質理化指標與藍菌屬絕對豐度、相對豐度之相關性	51
四、河川優養化指標與藍菌絕對豐度、相對豐度之相關性	52
五、卑南溪、太平溪指標性藍菌對於河川水質污染程度的解釋力	54

<b>第四章</b>	<b>結論與討論</b>	<b>57</b>
<b>第一節</b>	<b>主要研究發現</b>	<b>57</b>
一、	台東縣主要河川—卑南溪與太平溪之藍菌族群結構與分佈	57
二、	台東縣主要河川藍菌生物指標與河川污染程度的關係	59
<b>第二節</b>	<b>研究限制</b>	<b>62</b>
一、	採樣分析單位的變異性	62
二、	水質理化資料的對應	62
<b>第三節</b>	<b>建議</b>	<b>64</b>
一、	藍菌種類鑑定技術	64
二、	建立系統性與持續性的水質生物指標官方統計調查資料	65
	<b>參考文獻</b>	<b>66</b>

# 圖 目 錄

圖 3-1	卑南溪流域全年水溫變化	77
圖 3-1	卑南溪流域全年水溫變化	78
圖 3-2	太平溪流域全年水溫變化	79
圖 3-3	卑南溪流域全年酸鹼值變化	80
圖 3-4	太平溪流域全年酸鹼值變化	81
圖 3-5	卑南溪流域全年溶氧量變化	82
圖 3-6	太平溪流域全年溶氧量變化	83
圖 3-7	卑南溪流域全年生化需氧量變化	84
圖 3-8	太平溪流域全年生化需氧量變化	85
圖 3-9	卑南溪流域全年氨氮變化	86
圖 3-10	太平溪流域全年氨氮變化	87
圖 3-11	卑南溪流域全年懸浮固體變化	88
圖 3-12	太平溪流域全年懸浮固體變化	89
圖 3-13	卑南溪流域全年化學需氧量變化	90
圖 3-14	太平溪流域全年化學需氧量變化	91
圖 3-15	卑南溪流域全年大腸桿菌數變化	92
圖 3-16	太平溪流域全年大腸桿菌數變化	93

圖 3-17	卑南溪各藍菌目全年相對比例	94
圖 3-18	太平溪各藍菌目全年相對比例	95
圖 3-19	卑南溪與太平溪各採樣點全年菌落數	96
圖 3-20	卑南溪藍菌菌落數每月變化情形	97
圖 3-21	卑南溪流域總磷含量變化	98
圖 3-22	卑南溪流域總氮含量變化	99
圖 3-23	太平溪藍菌菌落數每月變化情形	100
圖 3-24	太平溪流域總磷含量變化	101
圖 3-25	太平溪流域總氮含量變化	102
圖 3-26	初來橋(site B1)藍菌菌落數變化情形	103
圖 3-27	電光大橋(site B2)藍菌菌落數變化情形	104
圖 3-28	鹿鳴橋(site B3)藍菌菌落數變化情形	105
圖 3-29	台東大橋(site B4)藍菌菌落數變化情形	106
圖 3-30	太平橋(site T1)藍菌菌落數變化情形	107
圖 3-31	馬蘭橋(site T2)藍菌菌落數變化情形	108
圖 3-32	豐里橋(site T3)藍菌菌落數變化情形	109

## 表 目 錄

表2-1	河川污染指標(RPI)等級分類表	110
表2-2	河川污染指標(RPI)等級分類表	111
表2-3	WQI之水質點數計算式	112
表2-4	WQI水質分類等級表	113
表3-1	台東縣卑南溪於調查期間之水質理化因子	114
表3-2	台東縣太平溪於調查期間之水質理化因子	115
表3-3	各採樣點調查期間之河川污染程度指標(RPI)值	116
表3-4	各採樣點調查期間之河川水質指數	117
表3-5	卑南溪與太平溪採得之所有藍菌種類與顯微鏡下拍攝實際影像(一)	118
表3-6	卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像(二)	119
表3-7	卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像(三)	120
表3-8	卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像(四)	121

表3-9	卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像 (五).....	122
表 3-10	卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像 (六).....	123
表 3-11	卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像 (七) .....	124
表 3-12	卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像 (八) .....	125
表 3-13	卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像 (九) .....	126
表 3-14	卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像 (十) .....	127
表 3-15	卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像 (十一) .....	128
表 3-16	卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像 (十二) .....	129
表 3-17	卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像 (十三) .....	130
表 3-18	卑南溪與太平溪藍菌種類分佈情形.....	131

表 3-19	卑南溪與太平溪藍菌絕對豐度表	132
表 3-20	卑南溪與太平溪藍菌目相對比例	133
表 3-21	卑南溪與太平溪藍菌相對豐度	134
表 3-22	卑南溪與太平溪藍菌物種豐度	135
表 3-23	卑南溪與太平溪藍菌物種多樣性	136
表 3-24	卑南溪、太平溪藍菌生物指標與水質理化指標相關性	137
表 3-25	卑南溪、太平溪各藍菌目絕對豐度與水質理化指標相關性	138
表 3-26	卑南溪、太平溪色球藍菌目各藍菌屬絕對豐度與水質理化指標相關性	139
表 3-27	卑南溪、太平溪寬球藍菌目、顫藍菌目、念珠藍菌目、真枝藍菌目等各藍菌屬絕對豐度與水質理化指標相關性	140
表 3-28	卑南溪、太平溪各藍菌目相對豐度與水質理化指標相關性	141
表 3-29	卑南溪、太平溪色球藍菌目各藍菌屬相對豐度與水質理化指標相關性	142
表 3-30	卑南溪、太平溪寬球藍菌目、顫藍菌目、念珠藍菌目、真枝藍菌目等各藍菌屬相對豐度與水質理化指標相關性	143

表 3-31	卑南溪、太平溪藍菌生物指標與水質理化指標迴歸分析	
(一)	.....	144
表 3-32	卑南溪、太平溪藍菌生物指標與水質理化指標迴歸分析	
(二)	.....	145



# 第一章 前言

## 第一節 研究背景與目的

近年來，由於社會經濟進步，工商業迅速發展，人們的生活品質顯著提昇。然而，在邁向高度工業化的過程之中，因為有害物質的增加以及人口日趨密集與都市化的結果，也使得我們居住的自然環境遭受到許多人為的污染與破壞。

在歐美等先進國家，河川水質的監測與控制，自 1970 年代開始，便已受到政府相關單位及環保團體的重視。例如美國在 1972 年通過的『聯邦水污染控制法案』（Federal Water Pollution Control Act, FWPCA），以及歐洲國家在 1975 年通過的”Surface Water Directive”，一直到最近受到注目，在 2000 年甫產生的”Water Frame Directive”... 等。而在台灣，我國政府於 1974 即制定公佈『水污染防治法』，嗣後亦陸續公佈多項水質監控之相關子法與措施，在在都顯示著河川水質監控工作在政策面的重要性。

在河川水質的監控指標方面，目前我國在執行面上大部分仍舊是以物理、化學指標（如溫度、pH 值、溶氧量、懸浮固體、總磷、總

氮...等)為主,過去在歐美國家亦是如此。不過近年來一些生物學家的研究結果指出:雖然理化因子的分析是水質監測所必須的,但是它們無法評估污染物對於生態系的累積效應。因此在長期水質的變化狀況方面,若是以單一時點的瞬間理化採樣指標為評估根據,顯然是不足的(Watanabe 1986, 1988, 1990, 1992; Whitton, 1991; Asai, 1995; Parikh, 2006; 環保署研究報告, 1991)。也因此歐洲在"Water Frame Directive"通過以後,一些比較成熟的生物指標(如浮游植物、河川底棲生物、無脊椎動物、魚類...等),已經開始被運用在河川水質的監測工作上。而在上述諸多生物指標當中,河川藻類因為是水生生態系最普遍存在的基本生物,同時又具有族群龐大、生長快速、成本低廉、易於培養、保存,加上能夠反映環境中各種物理、化學、生物低劑量污染物變化所產生的影響...等優點(Parikh, 2006),因此在歐美國家已經被廣泛的使用在河川水質的評估工作上(Whitton and Kelly, 1995; Prygiel, 1999; Rott et al., 2003)。除此之外,更有研究者指出:以藻類種系之分類群或族群作為水質監測指標,不僅能夠觀察採樣期間水域的水質狀況,也能夠顯示包含無法以理化分析偵測,而潛在影響水質之所有因子的變動程度(Skulberg, 1995; 賴雪端, 1997)。由此可見藻類在河川水質監測上佔有非常重要的地位。

過去在國際間常被運用作為河川水質生物指標的藻類,主要以底

棲藻類 (benthic algae) 為主。而在適宜的情況下，浮游藻類 (phytoplankton) 也常被應用於一些大型河流的生態監測 (Ziglio et al., 2006)。在底棲藻類方面，矽藻 (diatoms) 可以說是目前最廣泛被應用，且其優點已經受到大幅肯定的藻類 (Stevenson and Pen, 2003; McCormick and Cairns, 1994; Reid et al., 1995)。其應用於水質監測的方式主要以種系鑑定為主，甚至有些較為成熟的常態性監測工作只需鑑定至屬，或是兩者可同時運用 (Wu, 1999; Kelly, 1998; Hurlimann and Niederhauser, 2002)。而以矽藻的多樣性 (diversity) 或物種勻度 (evenness) ... 等群落結構為基礎所建立的生物指標亦已有不少，例如 GDI (general diatom index)、DAI (diatom assemblage index for organic pollution)、GI (generic index of diatoms)、IBD (indice biologique diatomique)、TDI (trophic diatom index) ... 等。探討矽藻生物指標與水域化學物質之間的相關性藉以驗證水質監測效度的研究也非常多 (Dokulil et al., 1997; Eloranta and Soininen, 2002; Kwadrans et al., 1998; Montesanto et al., 1999)，矽藻指標具有對無機化學物質、有機毒物，及酸化反應敏感的優勢。顯示河川底棲矽藻 (benthic diatoms) 在水質監測的運用上已經是一個趨近成熟的生物指標。

至於在浮游藻類方面，它們是河流系統的重要組成分子與主要的食物網 (foodweb)，在生態上佔有重要的地位，與其他藻類一樣，它

們同樣對污染物質具有很高的敏感性。不過由於河川溪流是屬於激流系統 (lotic system)，故於水質監測之應用上，浮游藻類的定性與定量系統網絡非常稀少，且多半受限於大小達到國際規格的河川才有資料 (Friedrich et al., 1998; Ibelings et al., 1998)。上述問題大部分可歸因於相關研究文獻的缺乏，以及浮游藻類固有的高度時空變異性，使其在應用上需要採集大量樣本而增加水質監測的成本 (Kohler and Descy, 2003)。因此目前的研究多半侷限於採集樣本當中葉綠素 *a* (chlorophyll *a*) 含量或族群密度 (細胞數或菌落數) 的測定，而缺少不同種系藻類群落的鑑別 (Kelly and Whitton, 1998; Ziglio et al., 2006)。但另一方面，屬於靜水系統 (lentic system) 的湖泊或水庫，則常用浮游藻類作為生物指標來研究藻類之分佈、生態，及其與水質之相關性，也因此有較多的研究文獻 (Voros and Padisak, 1991; Lo and Tsai, 1992; Wu, 1993; Michael et al., 1994; Chang et al., 1995)。

矽藻、綠藻，以及藍菌，可以說是組成河川浮游藻類的三大重要族群，因此水質或養分的變化，將會決定上述三大藻類的生態分佈情形 (Kelly and Whitton, 1998)。目前在國際間，針對大型的河流系統，有關矽藻的研究如前所述已有相當多的研究結果發表，所開發出來的生物指標亦已有相當的數量。然而，在上述藻類當中，藍菌雖然是河川浮游植物的主要族群，但相對於矽藻來說，有關河川水質與藍菌生

態分佈的相關研究卻相當稀少(如 Gao, 2005; Mercado, 2003)。不過，這並不表示藍菌不適宜作為生物指標，因為事實上，對於溫度較高、流速較低的小型河流來說，藍菌的分佈通常會較其他藻類相對豐富(Kelly and Whitton, 1998)。另外，在某些(例如西班牙)沒有人為污染的流域系統也有學者發現如 IBD(indice biologique diatomique)...等以矽藻為基礎的生物指標所偵測到的水質會低於正常的期望值(Aboal et al., 2002)，也就是說，類似這樣的流域系統的藍菌在族群生態分佈上是佔主體優勢的(因為 cyanotoxic effect 的影響)。這個結果顯示矽藻生物指標的確有其不足之處，而矽藻與藍菌在監測族群上的整合或許能彌補這一部份的不足(Douterelo et al., 2004)。

台灣的河川相對於世界其他國家的河流系統，可以說多半屬於小型河川。而有關台灣水域浮游藻類的研究，過去多半以水庫浮游藻類作為水質污染的生物指標為主(莊進源等, 1986, 1986, 1987, 1988; 齊家等, 1988; 賴雪端, 1997)，及其他台灣浮游藻類之相關研究(張錦松等, 1995; 蕭榮超等, 1986; Wu, 1984, 1993)。因此有關以河川藻類作為水質監測生物指標之研究數量甚微，近年來僅有 Wu(1986, 2002)分別以北部之新店溪及中南部之曾文溪為例，探討矽藻群落與河水污染之相關性；郭鐘秀等(1990)以中部之北港溪為例，進行藻類與水質污染之研究；Yu et al.(1995)探討台灣污染最嚴重，位於南部的

二仁溪之底棲矽藻與藍菌作為生物指標以評估長期水質狀態；以及賴雪端（1997）以台灣本土性底棲藻類作為河川水質生物指標之研究；至於台灣東部則只有李炎（1994）於台東縣知本溪所進行的指標生物調查研究。

綜合上述，台灣的河川水質生物指標研究不但多半以底棲藻類（矽藻）為主，有關浮游藻類（藍菌）的研究甚少，而且研究範圍多半集中於西部與北部。因此，吾人一方面為了彌補藍菌應用於生物指標知識上的空缺；一方面為增加對台灣東部河川水質的生態監測與研究探討，故在此提出我們從事本研究之目的：

- （1）調查並探討藍菌在台東縣的兩個主要河川—卑南溪與太平溪之分佈與族群結構。
- （2）運用統計方法分析藍菌生物指標與河川污染程度之間的相關性，同時嘗試利用物種豐度及多樣性建立能夠監測河川污染程度的生物指標。

期望透過本研究的結果，能夠提供國內相關環保及學術單位作為未來監控、研究河川水質與生態之參考。

## 第二節 台東縣主要河川簡介

### 一、卑南溪

#### (一) 流域範圍

卑南溪又稱卑南大溪，水系主要由新武呂溪、大崙溪、武拉庫散溪、鹿遼溪、鹿野溪等五大溪流所組成，北鄰秀姑巒溪流域，東界海岸山脈分水嶺，南接太平、利嘉二溪，西至中央山脈與高屏溪流域分踞東西向。主流流至池上南方受海岸山脈阻擋，轉向沿海山脈南行，於瑞源、鹿野東南郊分別納鹿寮溪及鹿野溪兩大支流，後經山里、利吉河谷及卑南、岩灣，於台東市北郊注入太平洋，主流長度長達 84.35 公里，流域面積為 1603.21 平方公里，為台東縣境內最大的主要河川。

#### (二) 地質環境

卑南溪流域在地質上屬花東縱谷之一部分，屬大斷層谷，亦為中央山脈與海岸山脈之分界，地層為南北走向，海岸山脈側屬第三紀，主要由暗灰或黑色頁岩，黃褐色或青灰色砂岩或砂質岩薄層互層所構成，地質較鬆軟。中央山脈側則屬古第三紀之大南澳片岩，主要為黑色板岩、石英質砂岩、石墨片岩、綠泥片岩、片狀砂岩所構成，且有少量結晶石灰岩夾帶其中，地質較為堅硬。

### (三) 主要產業

卑南溪流域沿岸有池上、關山、鹿野及台東四大沖積平原，以農業為主要經濟來源，主要農作物包含稻米、玉米、甘蔗、鳳梨、釋迦、茶葉等。稻米施肥生長施肥期為每年 2-5 月及 7-9 月間，甘蔗施藥期約在 1-2 月，釋迦生長施肥期 7-11 月及 1-2 月，鳳梨則是 8-10 月及 3-5 月（卞六京等，台灣農家要覽，1980）。工業則以輕工業為主，多屬農產品加工類，集中於台東市附近。商業則分集於池上、關山、鹿野、台東等地，以台東為其中心，由於東台灣近年來開發迅速，觀光事業蓬勃發展，已直接帶動工商業之成長。

## 二、太平溪

### (一) 流域範圍

太平溪舊稱大巴六九溪，發源於中央山脈之馬里山東南麓，支流包含萬萬溪、大巴六九溪、泰安溪、太平坑、泰安坑，由西北向東南流，流經卑南鄉初鹿村、檳榔村與支流大巴六九溪匯合後通過馬蘭地區，於台東市區豐榮里注入太平洋。幹線長度 20.50 公里，流域面積 88.00 平方公里。流域中游因流經豐里工業區，工業廢水直接排入，下游流經台東市人口匯集地區，為台東縣文教、工商業之中心地帶及

交通要道起點與終點，家庭用水大多直接排入此溪，水污染甚為嚴重。

## （二）地質環境

太平河流域地質屬於畢祿山層，岩性為板岩、千枚岩與石英岩層砂岩，沖積岩層主要由礫質與砂土組成。

## （三）主要產業

太平流域附近主要農產品以水稻、鳳梨、釋迦為主。泰安坑集水區種植檳榔、柿子、釋迦、梅子等果樹，太平坑集水區坡地種植檳榔、梅子、柿子、龍眼，下游沖積區則大量種植釋迦，萬萬溪中下游零星開發種植檳榔、木瓜等經濟作物，稻米生長施肥期為每年 2-5 月及 7-9 月間，柿子 1-2 月及 6-7 月施肥，釋迦生長施肥期為 7-11 月及 1-2 月，鳳梨則是 8-10 月及 3-5 月（卞六京等，台灣農家要覽，1980）。工業與家庭排放廢水為太平溪下游污染之主因，家庭污水主要來自廚餘、清潔劑。腐敗的食物消耗水中的氧氣，引起細菌繁殖，造成水質汙濁，發出惡臭。清潔劑中主要成分為烷苯磺酸鹽、磷酸鹽，會造成藻類過度繁殖，消耗水中的氧氣，造成棲息之魚類生存的威脅，清潔劑所產之泡沫也會覆蓋水面，阻止氧氣溶入水中。肥料流入河川湖泊，會造成藻類過度繁殖，改變原來的生態。動植物的屍體、排泄物也會消耗水中的氧氣，引起細菌繁殖，污染水質。

### 第三節 論文架構

本文共分為四章，第一章首先以河川藻類與藍菌應用於水質監測生物指標的研究發展進行文獻探討，據以說明研究背景與目的，同時針對台東縣主要河川進行簡介。接著在第二章提出研究架構，介紹研究方法，以及定義測量變項及資料來源，同時說明分析方法。第三章呈現研究結果：前半段敘述台東縣主要河川於研究期間之水質監測理化指標以及藍菌生態分佈情形。後半段則針對上述二者的關係進行分析。最後一章為討論，除針對台東縣主要河川藍菌之生態分佈以及其生物指標與水質監測之結果與其他研究文獻進行相互驗證外，並討論研究上的限制，最後則提出結論與未來的研究建議。

## 第二章 材料與方法

### 第一節 調查範圍

本研究調查的河川為台東縣境內之卑南溪及太平溪。卑南溪全長 84.35 公里，流域面積為 1603.21 平方公里，是台東縣境內最大的主要河川，發源於中央山脈卑南主峰，流域經過之行政區域包括台東縣海端鄉、池上鄉、關山鎮、鹿野鄉、延平鄉、卑南鄉及台東市...等七個鄉鎮市。太平溪全長 20.50 公里，流域面積 88.00 平方公里，發源於中央山脈之馬里山東南麓，流經卑南鄉初鹿村、檳榔村與支流大巴六九溪匯合後通過馬蘭地區，於台東市區豐榮里注入太平洋。本研究於卑南溪設四個採樣點，於太平溪設三個採樣點，這七個採樣點分別位於卑南溪及太平溪的上、中及下游（圖 2-1）。各採樣點以附近的橋樑為其命名，卑南溪由樣區上游至下游分別為初來橋、電光大橋、鹿鳴橋及中華大橋；太平溪由樣區上游至下游分別為太平橋、馬蘭橋及豐里橋。

## 第二節 採樣點描述

### 一、初來橋

初來橋 (site B1) 位於海端鄉，省道台 20 甲線 0.5 公里，經度 267321(TM\_X)緯度 2558201(TM\_Y)處 (圖 2-1，表 2-1)，為卑南溪四個採樣點中最接近上游的採樣點，此採樣點水深多在兩公尺以內，溪水清澈可見底，夏季水流湍急，西岸有稻田，東岸則為堤防。

### 二、電光大橋

電光大橋 (site B2) 位於關山鎮，於省道台九線 333.5 公里，叉路向東行至河岸堤防，經度 267852(TM\_X)緯度 2548441(TM\_Y)處(圖 2-1，表 2-1)，上游至此採樣點經過池上鄉及關山鎮，採樣點週邊為稻米主要出產地，稻田分布極廣，因此農作物主要為稻米，東岸多為稻田，西岸已開闢為關山親水公園，此採樣點水深在一公尺以內，溪水清澈。

### 三、鹿鳴橋

鹿鳴橋 (site B3) 連接鹿野鄉與卑南鄉，位於省道台九線 357 公里，經度 259669(TM\_X)緯度 2532268(TM\_Y)處 (圖 2-1，表 2-1)，南岸部分天然河岸已被水泥建築取代，北岸有種植瓜類植物，此採樣

點水深兩公尺以內，河水夾雜大量泥沙且呈現混濁現象，上游有紅葉溫泉觀光區。

#### 四、台東大橋

台東大橋 (site B4) 位於台東市，台 11 乙線 5 公里，經度 264833(TM\_X)緯度 2521278(TM\_Y)處 (圖 2-1，表 2-1)，為卑南溪出海口，附近農作物有荖葉、釋迦、稻米，西邊沿岸堤防緊鄰公園，水深兩公尺以內，河水稍濁，河床底質以泥沙為主。

#### 五、太平橋

太平橋 (site T1) 位於卑南鄉，台 9 線 370 公里處，經度 259588(TM\_X)緯度 2522115(TM\_Y)處 (圖 2-1，表 2-1)，太平溪上游由於環境的變化，已經變為伏流，上游均為枯竭狀態，至太平橋處才偶有細流出現，而太平溪正進行整治計劃，因此太平橋此處附近為施工狀態，河床經常呈現乾枯狀態，遍地多為砂石，兩岸則有稀疏草本植物生長。

#### 六、馬蘭橋

馬蘭橋 (site T2) 位於台東市區與卑南鄉交界處，台 9 線 374.5 公里，經度 263615(TM\_X)緯度 2518382(TM\_Y)處 (圖 2-1，表 2-1)，

兩岸多為草本植物，溪水清澈，但已可見有其他污水排入溪中，附近有遊民長期居住於岸邊，水深在一公尺以內，水流緩慢。

## 七、豐里橋

豐里橋 (site T3) 位於台東市區太平溪出海口處，台 11 線 167.5 公里，經度 265079(TM\_X)緯度 2515644(TM\_Y)處 (圖 2-1，表 2-1)，鄰近人口密集的東海社區，有大量家庭污水排放，溪水污濁且有臭味，兩岸為草本植物，有牛隻於岸上放牧，水深兩公尺以內。



## 第三節 水樣分析及實驗室培養

### 一、水質之檢測

本研究採用行政院環境保護署全國環境水質監測網每月所公布之水質檢測數值，包括水溫、pH 值、溶氧量、生化/化學需氧量、懸浮固體、大腸桿菌數、氨氮、總磷、總氮…等理化指標的詳盡檢測。

### 二、水質評估方法

#### (一) 理化指標

##### 1. 河川污染程度指標 (RPI)

目前行政院環境保護署用於評估河川水質之綜合性指標為「河川污染程度指標，River Pollution Index」簡稱「RPI」。此指標乃早期引自日本的河川污染分類法。河川污染程度指標是以生化需氧量 ( $BOD_5$ )、水中溶氧量 (DO)、氨氮 ( $NH_3-N$ ) 及懸浮固體 (SS) 四項水質參數之濃度值，來計算所得之指標積分值，並根據其數值來評估河川水質污染程度。RPI 在 2 以下屬於未 (稍) 受污染；2.0~3.0 屬於輕度污染；3.1~6.0 屬於中度污染；6.0 以上屬於嚴重污染(表 2-2)。RPI 之特點為計算方法簡單易懂，四項參數權重相

等，RPI 值介於 1 至 10 之間，因此較易使一般大眾瞭解水質的變化。指標計算公式如下：

$$RPI = \left( \sum_{i=1}^n P_i \right) \div n$$

其中，

$P_i$  = 第  $i$  項水質參數污染點數，對照表 2-2 之點數轉換而來

$n$  = 參數的項數

## 2. 台灣河川水質指數 (WQI)

WQI 指標值係指河川水質指數 (Water Quality Index)，是最常用於評估河川水質的一種參數，其指數值之獲得乃根據至少五種理化參數，包括溶氧、氨氮、懸浮固體、導電度、生化需氧量等。有的更增加酸鹼度、濁度、總磷、總大腸菌數等 (歐陽嶠暉, 1990)，依各個國家的研究區域而有所不同。目前國內已有自行推衍適用於台灣地區之河川水質指標模式，本研究所採用的是成功大學環境工程學系溫清光教授於 1990 年所開發，並於 2006 年修訂之『台灣河川水質指數』，其水質參數包括：溶氧 (DO)、五日生化需氧量 (BOD<sub>5</sub>)、pH 值、氨氮 (NH<sub>3</sub>-N)、

總磷 (TP)、總大腸菌數 (TC) 及懸浮固體物 (SS) 等七項水質參數。該指數於 1990 年以 NSF 指標為基礎，採用「修正後之 DELPHI 意見調查技巧」，對國內 134 位不同專業背景之專家學者進行問卷調查，借重專家學者之專業知識，以決定所採用之水質參數及其權數，同時亦配合國內「地面水體分類及水質標準」為制定水質點數之依據。WQI 在訂定各項水質參數點數之對應點數時，主要是以國內之河川水體分類水質標準為判定依據，並參考其他國家之水質標準將缺項補足，再推出點數曲線來表示參數之水質點數，這些點數並可以表 2-3 中所列公式計算。水質參數權數之各水質參數的最終權數依溶氧、生化需量、pH 值、氮氮、大腸菌數、總磷的次序分別為 0.22、0.18、0.16、0.13、0.12、0.06。此外，考慮到水質資料可能會缺少某項水質參數，因此以下列公式修正指標權重：

$$W_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^7 W_j} \times W_i$$

上式中， $W_i$  為第  $i$  項水質參數修正後的權重，該水質參數之原有權重， $j=1,2,\dots,7$ ，即缺項水質參數不計算在內。

台灣河川水質指數 (WQI) 對於水質優劣之等級區分如表 2-4

所示。但在發生河川水質中重金屬或農藥等有毒物質之含量超過「地面水體分類及水質標準」的特殊狀況時，則該水質之指標值一律以零值代表。WQI 指數之計算公式如下：

$$WQI = \left( \sum_{i=1}^n W_i Q_i \right) \times 10^{-1.5}$$

其中， $W_i$  = 第  $i$  項水質參數之權數

$Q_i$  = 第  $i$  項水質參數之點數

(資料來源：行政院環境保護署訓練所，河川水質監測實物講習班講義，89 年 4 月)

成功大學環境工程學系同時已於其網站上建立完整之『台灣河川水質指數計算伺服器－WebWQI』【<http://140.116.44.13/>】方便各界人士運用。

## (二) 生物指標

### 1. 絕對豐度

絕對豐度 (absolute abundance) 所指的是某一物種在特定群落或地區中的總數量 (Roberts, K.J. et al., 1995)，對於河川藻類而言，研究者通常會採用每單位面積上的細胞數或菌落數 (例如：cells/cm<sup>2</sup>) 來表示其數值。

## 2. 相對豐度

相對豐度 (relative abundance) 是絕對豐度的一個估計值，它所指的是某一物種在某特定群落或地區中所佔的比例，通常以百分比 (%) 來表示，以使用於不同物種之間的比較 (Northeast Fisheries Centre, 1997)。

## 3. 物種多樣性

生態學家通常使用兩個因子來定義物種多樣性 (species diversity)，亦即：

(1) 物種豐度 (species richness) — 所指的是群落中的物種數。

(2) 物種勻度 (species evenness) — 也就是上面所介紹的相對豐度。

生態學家已經發展出許多表示物種多樣性的指標，其數值則因物種豐度與勻度高低有所不同。而在諸多指標中，目前最常被研究者採用的指標是 Shannon-Wiener index ( $H'$ )，其計算方式如下：

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_e p_i$$

$H'$  = Shannon-Wiener index 數值

$S$  = 群落之物種數

$P_i$  = 第  $i$  物種所占比例

$\log_e p_i$  =  $p_i$  的自然對數值，亦可寫成  $\ln p_i$

故欲計算  $H'$ ，必須先決定研究族群中各物種所佔的比例

( $P_i$ )，在決定每個  $P_i$  的自然對數值，而後在將第 1 種物種到第  $s$  種物種的  $P_i$  與  $\log_e p_i$  的乘績相加，而後再取負號。 $H'$  隨物種豐度及勻度的增加而遞增，其值越大，代表該地區物種的多樣性越豐富。 $H'$  的最小值為 0，也就是只有單一物種的群落 (Molles, 2005)。

### 三、各採樣點水樣之採樣

自 2004 年 3 月至 2005 年 4 月，共 12 個月份，使用無菌之 15ml tube 於各採樣點採取河水樣，已採好之水樣使用錫箔紙包覆予以避光，於四小時之內帶回實驗室。

#### 四、實驗室藍菌培養之試劑藥品

HEPES (N-2-hydroxyethyl-piperazine-N-2-ethanesulfonic acid)

$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

$\text{K}_2\text{HPO}_4$

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

$\text{KNO}_3$

Na-EDTA (Na-ethylenediaminetetracetic acid)

$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

$\text{H}_3\text{BO}_3$

$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

$\text{MoO}_3$

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

NaOH

Agar

#### 五、實驗室藍菌培養之方法

1. 先配製好 10X C-10 (未加微量元素) 溶液：

HEPES (N-2-hydroxyethyl-piperazine-N-2-ethanesulfonic acid)

1.2 g/l

$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.25 g/l
$\text{K}_2\text{HPO}_4$	0.05 g/l
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.025 g/l
$\text{KNO}_3$	1.0 g/l
Na-EDTA (Na-ethlenediaminete tracetie acid)	0.01 g/l
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.004 g/l

2. 再配製微量元素溶液

$\text{H}_3\text{BO}_3$	2.86g/l
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1.81g/l
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.222g/l
$\text{MoO}_3$	0.018g/l
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.079g/l
$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.01g/l

用 10% NaOH 調 pH 至 8.2，滅菌-20°C 保存。

3. 將微量元素溶液 10 ml/l 加入已配製好的 10X C-10（未加微量元素）溶液中，完成 10X C-10 的配製。

4. 製作 C-10 培養皿：

將 10X C-10 溶液稀釋為 1X C-10 溶液，再加 15 g/l agar 於 1X C-10 溶液中，滅菌 30 分鐘，倒入已滅菌之培養皿，待凝固後備用。

5. 依編號將已採得之河水水樣均勻塗於培養皿上，用 parafilm 將培養皿封好，置於光合作用培養箱中每週觀察，培養一個月。
6. 菌落生長後，將菌落挑出於顯微鏡下觀察，並依據 Bergey' s Manual of Systematic Bacteriology, 1984, vol.3 依照外觀、形狀、分裂方式、保護鞘、氣泡等特色來進行鑑定至屬級。

## 六、分析工具

使用 SPSS 12.0 for Windows 統計軟體進行統計分析，分析策略及項目包括：

### 1. 描述性統計

我們首先針對台東縣卑南溪與太平溪各採樣點在研究期間之水質理化指標（即前述之溶氧、生化需氧量、pH 值、氨氮、總磷、總大腸菌數及懸浮固體），以及河川污染程度指標（RPI）、台灣河川水質指數（WQI）…等統計資料之時間趨勢與平均值進行檢視。其次再針對在研究中觀察所得之藍菌生態分佈、物種豐度（species richness）、絕對豐度（absolute abundance）、相對豐度（relative abundance），以及物種多樣性指數（Shannon-Wiener index）…等生物指標在不同季節與理

化環境變化下之趨勢進行分析。

## 2. 雙變數相關分析

運用研究期間於卑南溪與太平溪所測得之藍菌物種豐度、物種多樣性，以及各個不同藍菌屬之絕對豐度、相對豐度…等生物指標，與①河川污染程度指標（RPI）；②台灣河川水質指數（WQI）；及③河川優養化程度（總磷含量）等理化指標進行雙變數相關分析，探討各種不同生物指標與河川水質理化指標之間的相關性，同時找出對於河川污染程度具有敏感度以及顯著相關性的藍菌種類。

## 3. 迴歸分析

我們根據雙變數相關分析的結果，嘗試以上述與河川污染程度有顯著相關性之藍菌屬其相對豐度為自變項，而以台灣河川水質指數（WQI）為依變項建立迴歸模型，探尋及驗證藍菌生物指標與河川水質的關係。同時透過迴歸分析的結果探討不同種類的藍菌應用為河水污染監測之生物指標的可行性與適當性。

## 第三章 研究結果

### 第一節 水質理化資料分析

#### 一、水溫

卑南溪的水溫變化範圍約在 16.0-30.0°C，太平溪水溫變化範圍約在 16.0-32.0°C，兩條溪由上游至下游水溫變化上沒有太大的差距，而在 94 年 12 月份則有明顯的下降情形，可由圖形中看出水溫隨著季節改變而略有變化（圖 3-1、3-2）。

#### 二、pH 值

卑南溪溪水的 pH 值變化範圍約在 7.90-8.50 之間，各採樣點的平均 pH 值約在 8.21-8.26 間，上游至下游沒有明顯差異，94 年 5 月各採樣點的 pH 值有同時偏低的現象（圖 3-3）。

太平溪溪水的 pH 值變化範圍約在 7.80-9.00 之間，各採樣點的平均 pH 值約在 8.19-8.60 間。上游至下游 pH 值有明顯降低的趨勢，上游馬蘭橋採樣點於 94 年 6-8 月及 95 年 2-3 月有 pH 值達到 9.00 的高

峰，而下游豐里橋採樣點於 94 年 9 月略為偏低，94 年 12 月及 95 年 1-3 月則有較偏高之趨勢（圖 3-4）。

### 三、溶氧量

卑南溪溪水溶氧量變化範圍約在 7.4-11.0mg/L 之間，各採樣點平均值 8.5-8.9mg/L 間，全年均為未/稍受污染狀態，上游至下游溶氧量沒有明顯差異（圖 3-5）。

太平溪溪水溶氧量變化範圍約在 1.80-10.3mg/L 之間，各採樣點平均值在 6.05-8.70mg/L 間，上游至下游溶氧量有明顯降低的現象，下游豐里橋採樣點大多為中度及輕度污染，於 94 年 9 月更達到嚴重污染標準，而上游馬蘭橋採樣點多屬於未/稍受污染，95 年 3 月溶氧量則突然劇降為嚴重污染狀態（圖 3-6）。

### 四、生化需氧量

卑南溪溪水生化需氧量變化範圍約在 0.5-2.1mg/L 之間，各採樣點平均值 0.5-0.9mg/L 間，各採樣點多屬於未受污染狀態，下游台東大橋採樣點於 94 年 3-8 月及 95 年 4 月處於未/稍受污染，中游鹿鳴橋

採樣點則在 94 年 3 月及 6 月達未/稍受污染標準，整體看來沒有太大的變化（圖 3-7）。

太平溪溪水生化需氧量變化範圍約在 1.0-10.9mg/L 之間，各採樣點平均值 1-7.87mg/L 間，上游至下游生化需氧量數值漸高，上游馬蘭橋採樣點多維持在未/稍受污染狀態，只有在 94 年 4 月及 95 年 4 月達到輕度污染狀態，而下游豐里橋採樣點多為輕度及中度污染，但於 94 年 9 月則有突然增高達至嚴重污染標準之現象（圖 3-8）。

## 五、氨氮

卑南溪溪水氨氮值變化範圍在 0.01-0.12mg/L 之間，各採樣點平均值在 0.02-0.07mg/L 間，上游至下游氨氮值漸高，上游初來橋採樣點多維持在未受污染，而中下游則多維持於未/稍受污染狀態（圖 3-9）。

太平溪溪水氨氮值範圍在 0.03-7.29mg/L 之間，各採樣點平均值在 0.15-1.50mg/L 間，上游馬蘭橋採樣點都處於未/稍受污染狀態，下游豐里橋採樣點大多處於輕度及中度污染，但 94 年 9 月氨氮值則有急劇增高達至嚴重污染之現象，狀態與生化需氧量呈現之現象頗為符合（圖 3-10）。

## 六、懸浮固體

卑南溪溪水懸浮固體變化範圍在 2.0-7220.0mg/L 之間，各採樣點平均值在 88.3-2083.7mg/L 間，隨著雨季來臨季節，溪水夾雜大量泥沙，導致水中懸浮固體隨之大量增加，於 94 年 6-11 月各採樣點懸浮固體量有明顯增高至嚴重污染之趨勢，其中中游鹿鳴橋採樣點之懸浮固體因為地質的關係，更明顯高於另兩個採樣點（圖 3-11）。

太平溪溪水懸浮固體變化範圍在 10.2-2960.0mg/L 之間，各採樣點平均值在 603.6-726.8mg/L 間，94 年 3-11 月皆處於嚴重污染，上游馬蘭橋採樣點於 94 年 4 月及 10 月有兩個高峰，下游豐里橋採樣點則於 94 年 4 月及 6 月有兩個高峰（圖 3-12）。

## 七、化學需氧量

卑南溪溪水化學需氧量變化範圍在 2.0-105mg/L 之間，各採樣點平均值在 2.0-10.54mg/L 間，上游至下游沒有明顯差異變化，但於 95 年 4 月化學需氧量都同時升高，並且由上游至下游有增高之現象（圖 3-13）。

太平溪溪水化學需氧量變化範圍在 4.0-48.9mg/L 之間，各採樣點

平均值在 4.26-33.27mg/L 間，上游至下游化學需氧量數值漸高，94 年 9 月豐里橋化學需氧量則有突然增高之現象（圖 3-14）。

## 八、大腸桿菌數

卑南溪溪水大腸桿菌數變化範圍在 50-5700CFU/100ml 之間，各採樣點平均值在 424-2863CFU/100ml 間，上游至下游的大腸桿菌數隨之升高，上游初來橋採樣點 94 年 8、10 月及 95 年 4 月相較於其他月份有稍微偏高情形，中游鹿鳴橋採樣點則是於 94 年 9 月及 95 年 4 月大腸桿菌數突然增高，而下游台東大橋則於 94 年 4 月及 12 月有高達 5000CFU/100ml 以上的數值（圖 3-15）。

太平溪溪水大腸桿菌數變化範圍在 10-19000000CFU/100ml 之間，各採樣點平均值在 293-2108417CFU/10ml 間，中下游的大腸桿菌數值都相當高，尤其是下游豐里橋採樣點大腸桿菌數 95 年 9 月更高達 19000000 CFU/100ml，此現象與生化需氧量、氨氮、化學需氧量有相似情形（圖 3-16）。

## 九、總磷

卑南溪中游鹿鳴橋採樣點相較於其他月份，於 94 年 3 月顯著偏高，總磷值達 2.30mg/L，而其他各月份上、中、下游各個採樣點的檢測值相對偏低，且差異不大，總磷含量都在 0.008 mg/L~0.053 mg/L 之間變動（圖 3-21）。而太平溪的總磷含量最高點則與卑南溪同樣出現於 94 年 3 月的中游馬蘭橋採樣點，總磷值為 1.49mg/L（圖 3-24）。與卑南溪不同的則是除了 94 年 3 月與 6 月外，其他各月份在太平溪下游豐里橋採樣點的總磷含量相對都較其中游為高。

## 十、總氮

卑南溪的總氮含量變化相較於其總磷含量的變化較為平均，而與總磷含量變化不同的是，其各月份總氮含量的最大值多半是出現在下游的臺東大橋採樣點（94 年 3 月：1.06mg/L），上游初來橋採樣點的含量則是相對偏低（0.09 mg/L~0.51 mg/L；圖 3-22）。至於太平溪的總氮含量則與卑南溪迥異，除了在 94 年 9 月在下流豐里橋有突然遽增至 16.50 mg/L 的現象外，其他各月的含量變動並不大，多在 0.53 mg/L~2.29 mg/L 之間（圖 3-25）。

## 第二節 台東縣主要河川藍菌生態分佈

### 一、卑南溪與太平溪之藍菌相

本研究自 2005 年 3 月起至 2006 年 4 月為止，經過為期十四個月的調查採樣，在這段時間當中我們利用不同地點的河水所培養出的藍菌共計有 5 目 13 科 20 屬（表 3-5 至表 3-17）。卑南溪藍菌各目全年菌落總數分別為：色球藍菌目（Chroococcales）329 個，寬球藍菌目（Pleurocapsales）5 個，顫藍菌目（Oscillatoriales）56 個，念珠藍菌（Nostocales）目 10 個，真枝藍菌目（Stigonematales）4 個；共計 404 個菌落，其中以色列藍菌目佔大多數，相對比例為 81.44%；其次是顫藍菌目，佔 13.86%；最少的則是真枝藍菌目，僅佔 0.99%（圖 3-17）。太平溪各目全年總菌落數較卑南溪為多，其中：色球藍菌目 702 個，寬球藍菌目 11 個，顫藍菌目 27 個，念珠藍菌目 10 個，真枝藍菌目 2 個；共計 752 個菌落。太平溪各藍菌目之分佈情形與卑南溪相似，不過色球藍菌目相較於卑南溪佔更大多數，相對比例高達 93.35%；其次才是顫藍菌目，佔 3.59%；最少的仍是真枝藍菌目，僅佔 0.27%（圖 3-18）。各採樣點水樣全年培養所得之菌落數為：初來橋（site B1）68 個；電光大橋（site B2）135 個；鹿鳴橋（site B3）31 個；台東大橋（site B4）170 個；太平橋（site T1）63 個；馬蘭橋（site T2）178

個；豐里橋 (site T3) 511 個 (圖 3-19)。各藍菌目的物種組成分別如下：

### 1. **Chroococcales** (色球藍菌目)

採樣結果顯示這一目共有 Chroococcaceae (色球藍菌科)、Cyanobacteriaceae (藍菌科)、Microcystaceae (微囊藍菌科)、Synechococcaceae (聚球藍菌科)、Prochloraceae (綠氧菌科)、Chamaesiphonaceae (管胞藍菌科)，以及 Dermocarpellaceae (梨果藍菌科) 等七科，各科之下分別有 *Cyanothece sp.* (藍菌屬)；*Cyanocomperia sp.* (跳小藍菌屬)；*Microcystis sp.* (微囊藍菌屬)、*Gloeocapsa sp.* (粘球藍菌屬)；*Synechococcus sp.* (聚球藍菌屬)、*Planktocyanoapsa sp.* (浮戒環球藍菌屬)、*Rhabdoderma sp.* (線形棒條藍菌屬)；*Prochlorococcus sp.* (原綠氧球藍菌屬)；*Chamaecalyx sp.* (扁萼藍菌屬)；以及 *Dermocarpella sp.* (梨果藍菌屬) 與 *Stanieria sp.* (史坦尼爾藍菌屬) 等共 11 個屬。為本研究中所採集到種類最豐富的藍菌目 (表 3-5、3-6、3-7、3-8、3-9、3-10、3-11)。色球藍菌目於卑南溪及太平溪各採樣點之分佈情形分別為初來橋 (B1) 4 科 6 屬，電光大橋 (B2) 4 科 6 屬，鹿鳴橋 (B3) 3 科 4 屬，台東大橋 (B4) 3 科 5 屬；太平橋 (T1) 5

科 5 屬，馬蘭橋 (T2) 5 科 6 屬，豐里橋 (T3) 4 科 6 屬。(表 3-18 藍色部份；其中跳小藍菌屬、浮戒環球藍菌屬、線形棒條藍菌屬及扁萼藍菌屬由台東大學李炎副教授譯名，其餘譯名亦出自李氏 2005 年所著之「藍菌研究」一書)

## 2. *Pleurocapsales* (寬球藍菌目)

僅有一科為 *Xenococcaceae* (異球藍菌科)。所培養出的藍菌有 *Chroococcidiopsis sp.* (團囊藍菌屬) 和 *Pleurocapsa sp.* (寬球藍菌屬) 2 個屬。寬球藍菌目於卑南溪及太平溪各採樣點當中僅有電光大橋 (B2)、鹿鳴橋 (B3)、太平橋 (T1) 可見團囊藍菌屬的分佈；而寬球藍菌屬更只有在馬蘭橋 (T2) 才出現。(表 3-18 黃色部份)

## 3. *Oscillatoriales* (顫藍菌目)

採樣結果有 *Oscillatoriaceae* (顫藍菌科) 與 *Pseudanabaenaceae* (偽魚腥藍菌科) 兩個科，各科之下分別培養出來的是 *Oscillatoria sp.* (顫藍菌屬)、*Lyngbya sp.* (鞘絲藍菌屬)，與 *Leptolyngbya sp.* (細纖藍菌屬) 等 3 個屬。顫藍菌目在卑南溪與太平溪各採樣點中皆可見其蹤跡。其分佈於初來橋 (B1) 有 1 科 2 屬，電光大橋 (B2) 1 科 1 屬，鹿鳴橋 (B3) 1 科 1 屬，台東大橋 (B4) 1 科

1 屬；太平橋 (T1) 1 科 1 屬，馬蘭橋 (T2) 1 科 2 屬，豐里橋 (T3) 1 科 1 屬。(表 3-18 紅色部份)

#### 4. **Nostocales** (念珠藍菌目)

採樣結果僅有 Nostocaceae (念珠藍菌科) 一科，其所培養出的藍菌種類較少，只有 *Nostoc sp.* (念珠藍菌屬) 與 *Anabaena sp.* (魚腥藍菌屬) 2 個屬。其中念珠藍菌屬只出現於電光大橋 (B2) 與豐里橋 (T3)；而魚腥藍菌屬只出現於初來橋 (B1) 與鹿鳴橋 (B3)。(表 3-18 綠色部份)

#### 5. **Stigonematales** (真枝藍菌目)

共有二科為 Loriellaceae (羅瑞拉藍菌科) 與 Fischerellaceae (飛氏藍菌科)。所培養出的藍菌各有一屬，分別是 *Geitleria sp.* (蓋特勒藍菌屬) 以及 *Fischerella sp.* (飛氏藍菌屬)。蓋特勒藍菌屬在電光大橋 (B2)、鹿鳴橋 (B3) 1 科 1 屬、馬蘭橋 (T2) 等處可以發現其分佈；而飛氏藍菌屬僅出現於馬蘭橋 (T2)。(表 3-18 紫色部份)

以上述藍菌種類的分佈情形來看，同樣可以發現 Chroococcales (色球藍菌目) 是卑南溪與太平溪分佈最普遍的藍菌目 (表 3-18)。其中 *Microcystis sp.* 與 *Stanieria sp.* 兩個屬在所有的採樣點中都可以發現他

們的蹤跡，所培養出的平均菌落數也最多（表 3-19）。

## 二、卑南溪與太平溪各採樣點全年藍菌菌落之變化

整體而言，在本研究進行期間，我們發現卑南溪各採樣點的藍菌菌落消長情形除了鹿鳴橋（site B3）有較為不同的高峰（8 月、12 月、2 月）以外，其他採樣點大致上有類似的變化趨勢，亦即菌落數顯著增加的時間多出現在 3-4 月間（3 月為最高峰）。在採樣的 14 個月份當中，以 3 月所培養出的藍菌菌落數最多（90 個），其次是 4 月（63 個）；而 10 月（9 個）以及 11 月（7 個）則是藍菌菌落數最少的兩個月份（圖 3-20）。因此，若以生長季節來看，我們可以發現春季是卑南溪藍菌的生長高峰。而值此同時，3-4 月同樣也是該溪沿岸之稻米、鳳梨等農作物的施肥灌溉期，此一期間溪水之總磷、總氮（圖 3-21、3-22）含量偏高。

其次，就太平溪而言，各採樣點藍菌菌落的消長情形在太平橋與馬蘭橋較為類似，這二處的生長高峰同樣出現於 5-6 月；而豐里橋的趨勢則與前二者不同，生長高峰分別出現在 3 月、4 月，及 8 月。整體而言，太平溪在採樣的 14 個月期間，以 3 月所培養出的藍菌菌落數最多（103 個），這一點與我們在卑南溪的觀察所得相同。至於第

二高峰則出現在 8 月 (100 個)。藍菌菌落數最少的月份在 11 月 (14 個) 與 1 月 (19 個) (圖 3-23)。再以施肥灌溉期來看，太平溪沿岸的稻米、鳳梨、釋迦同樣是在 2-5 月與 7-9 月，溪水之總磷、總氮含量變化的高點在 3 月、9 月 (圖 3-24、3-25)，雖與卑南溪略有不同，但其與太平溪本身的藍菌菌落生長高峰時間卻相當接近 (3 月、8 月)。據此，綜合在卑南與太平兩溪所觀察到的結果來看，雖然影響藍菌生長變化的因子甚多，加以上述 3 月與 9 月總磷及總氮含量的升高現象亦並未受到該期間雨量變化的影響 (根據中央氣象局全球資訊網公佈之資料，94 年 3 月與 9 月之平均雨量分別為 268.5ml 及 266.5ml，高於全年平均雨量 252.3ml，顯見該期間並非枯水期)，因此我們推測藍菌的生長高峰可能是與季節以及施肥灌溉時間 (即河川水質變化) 有關的。

為了更清楚的了解不同藍菌目在卑南溪與太平溪的分佈情形，以下我們將針對各個研究地點的採樣結果作進一步的探討：

#### 1. 初來橋 (site B1)

卑南溪位於此一採樣點的藍菌分佈以色球藍菌目為主，該目歷經 14 個月採樣培養所得之菌落數共有 42 個，佔本採樣點藍菌菌落總數的 61.76%。其次為顛藍菌目，共有 21 個，佔此處藍菌總菌落數的 30.88% (表 3-20)。初來橋的色球藍菌目生長高峰主

要出現在 4 月 (19 個菌落)，4 月以後的菌落數大幅下降，僅 10 月與隔年 2 月出現小波高峰，但菌落數都在 5 個以下(圖 3-26)。另外顫藍菌目雖然在 95 年 3 月的菌落數急遽增加 (20 個)，但是其他各月都未有菌落出現。至於其他各目之藍菌除念珠藍菌目在 3、6 月出現微幅生長外，寬球藍菌目與真枝藍菌目於採樣期間均未曾出現。由於初來橋是本研究於卑南溪各採樣點的最上游，其流域週邊所受的人為影響亦較少，此一地點之藍菌族群結構應可適度呈現卑南溪其餘各採樣點族群結構之原貌，因此未來吾人進行相關研究時，應可以此一地點作為參考點。

## 2. 電光大橋 (site B2)

電光大橋之藍菌分佈以色球藍菌目為主，該目於研究期間採樣培養所得之菌落數共有 96 個，佔此處藍菌菌落總數的 71.11%。其次是顫藍菌目，共有 29 個，佔此處藍菌總菌落數的 21.48%(表 3-20)。色球藍菌目於本採樣點的消長情形與其上游之初來橋大致相似，全年都可見到此目藍菌分佈的蹤跡，生長高峰同樣都是出現在 4 月與 2 月，而以 4 月之菌落數量最多 (36 個)，2 月為第二高峰，有 13 個菌落。顫藍菌目在 96 年 3 月曾出現一波生長高峰，這與我們在初來橋所觀察到的情形相同，不過此處

在 9 月有另一波數量更多的菌落 (20 個) 出現 (圖 3-27)。在其他種類藍菌目的分佈情形方面，電光大橋的表現比初來橋要更為豐富，寬球藍菌、念珠藍菌、真枝藍菌等目在此處都可發現其蹤跡，但是菌落數量不多，且生長時間多半集中在 6 月到 9 月。

### 3. 鹿鳴橋 (site B3)

位於卑南溪中下游位置的鹿鳴橋全年 14 個月採樣培養所得之藍菌菌落數僅有 31 個，相較於該溪其餘三個採樣點 (初來橋 68 個、電光大橋 135 個、台東大橋 170 個) 之觀察結果顯得相對稀少。此處之藍菌分佈比例情形與電光大橋相似，同樣是以色球藍菌目為相對多數，全年共有 22 個，佔藍菌菌落總數的 70.97%；其次為顫藍菌目 5 個，佔總菌落數的 16.13%；至於其他如念珠藍菌目、寬球藍菌目與真枝藍菌目…等種類之藍菌數量則更為稀少，全年僅 1-2 個，所佔比例只有 3%到 7% (表 3-20)。在藍菌菌落數隨時間變化的狀況方面，我們發現，身為主要群落的色球藍菌目其生長高峰分別出現在 8 月以及 12 月，這與其他二個採樣點：初來橋與電光大橋所觀察到的 4 月與 2 月有很大的不同。另外，顫藍菌目的生長高峰則是出現在 2 月

(圖 3-28)。根據上述研究結果可以看出，鹿鳴橋的藍菌分佈在卑南溪各採樣點中是一個比較特殊的地區，我們推測，這個現象可能與該採樣點位處於當地溫泉產業廢水排放的下游，因而使得這一段溪流的水質組成產生與上游不同的變化有關。

#### 4. 台東大橋 (site B4)

地理位置緊鄰卑南溪出海口的台東大橋，是我們在該溪最後一個，同時也是最下游的採樣點。此處經採樣培養所得之藍菌菌落數全年共有 170 個，是卑南溪的四個採樣點當中最多的。在這裡的藍菌菌落消長情形有點類似其上游 B1、B2、B3 三個採樣點的綜合體，亦即同樣是以色球藍菌目為藍菌群落之主體，生長高峰出現於上述三個採樣點都曾出現過的 3 月、4 月，以及 12 月；然而，台東大橋的獨特之處在於色球藍菌目全年共有 169 個菌落出現，相對比例高達所有藍菌菌落總數的 99.41%，以至於除了極少數 (0.59%) 的顫藍菌目曾短暫出現外，此處可以說一整年都是色球藍菌目的天下 (圖 3-29)。另外，如果我們結合此處與卑南溪上游其他三個採樣點各目的藍菌變化情形來看的話，將會發現該溪存在著一個顯著的趨勢，亦即：色球藍菌目的分佈比例由上游起，向下游逐漸增加 (61.76% → 99.41%)；

而顛藍菌目的分佈比例則恰好相反，由上游向下由逐漸減少（30.88% → 0.59%）。至於其他屬於相對少數的藍菌目，則多半只是短暫出現在電光大橋與鹿鳴橋這兩個採樣點，對於卑南溪藍菌族群整體結構的變化，影響不大（表 3-20）。

#### 5. 太平橋（site T1）

此處位居太平溪的上游，經過 14 個月採樣培養所得之藍菌菌落數總計有 63 個，而其中以色球藍菌目佔最大多數，全年共有 60 個菌落出現，佔此處總菌落數整體比例的 95.24%，可以說是太平橋流域的主要藍菌族群。其他種類的藍菌目在此處的分佈情形相較之下多半是短暫而稀少的，只有寬球藍菌目與顛藍菌目曾出現 1-2 個菌落，其餘各目於研究期間則未見蹤跡（表 3-20）。值得注意的是，相對於卑南溪上游區段藍菌物種豐富的初來橋與電光大橋來說，我們在此處所觀察到的藍菌分佈，其物種組成是較為單調的，推測這個現象可能與該溪上游已變為伏流，而河床經常乾枯有關。另外，再以藍菌生長季節的時間變化來看，可以發現，優勢族群色球藍菌目的生長高峰主要出現在 5-6 月期間，另外其他月份的菌落數量則呈現中度增長（圖 3-30），這也與我們在初來橋與電光大橋（生長高峰為 2、4 月）的觀察

結果不同。

## 6. 馬蘭橋 (site T2)

馬蘭橋是位於太平溪中游已經開始受到部份人為污染的流域區段，本採樣點於 14 個月研究期間培養所得之藍菌菌落數總共有 178 個。在藍菌物種的分佈上較太平橋豐富，族群結構組成仍是以色球藍菌目為主體，該目全年共計採得 146 個菌落，佔此處菌落總數的 82.02%；其次為顫藍菌目，共有 21 個菌落，佔 11.80%；寬球藍菌目有 9 個菌落，佔 5.06%，位居第三；真枝藍菌目菌落數最少，全年僅有 2 個，佔 1.12%；至於念珠藍菌目則未有菌落出現（表 3-20）。在各目藍菌的生長季節變化方面，色球藍菌目在此處全年皆可見其分佈的蹤跡，生長高峰主要出現在 3 月、5 月，以及 6 月，這與我們在該溪上游的太平橋所觀察到的結果大致相同；顫藍菌目菌落的增長時間雖不若色球藍菌目頻繁，但亦有數波高峰分佈在 3 月、4 月，及 11 月，且數量至少都在 5 個以上，這個特殊現象是在卑南溪與太平溪的其他各採樣點都看不到的。同樣的，寬球藍菌目與真枝藍菌目在其他採樣點幾乎都未見蹤跡，然而在此處卻可見到一小部份但頻率不高的零星分佈（圖 3-31）。綜合上述，如果我們將此地的觀

察結果與卑南溪互相比對的話，可以發現在太平溪與卑南溪的各個採樣點當中，藍菌物種表現較為豐富的地區都是出現在中游流域。而這也是本研究與過去的一些藍菌生態研究結果（Douterelo et al., 2004）比較不同的地方。

#### 7. 豐里橋（site T3）

太平溪是台東縣的河川當中唯一受到人為污染的一條，本採樣點位於水質污染嚴重的太平溪下游出海口，其歷經 14 個月採樣培養所得之藍菌菌落數量位居本研究所有採樣點之冠，共計有高達 511 個菌落，是其他採樣點的 3 倍（馬蘭橋）到 16.5 倍（鹿鳴橋）。此處的藍菌在分佈上相對較為單調，與卑南溪下游的台東大橋一樣，色球藍菌目是生態上的絕對優勢物種，全年共有 496 個菌落，佔所有藍菌菌落總數比例的 97.06%。同樣的，除了在 2005 年 5 月與 2006 年 3 月有少數的顫藍菌目（5 個，佔 0.98%）與念珠藍菌目（10 個，佔 1.96%）出現以外，其他月份可以說清一色是色球藍菌目的蹤跡（表 3-20）。而該目藍菌生長高峰的出現亦相當頻繁，分別在 3-4 月、8-9 月，以及 12 月，都有菌落數劇增的現象發生（圖 3-32）。因此，此處生長高峰隨時間的變化情形可以說是前六個採樣點色球藍菌目時間分佈的綜

合體。而我們繼續以這裡的觀察結果與卑南溪比對的話，也可以進一步發現這兩條溪流在藍菌生態分佈上的同質性，亦即：太平溪與卑南溪的最下游都是該溪各自的藍菌菌落數量出現最多的地點。

### 三、卑南溪與太平溪藍菌生物指標

在上一段的內容當中，我們已經針對五大藍菌目在這兩條主要河川的生長季節與數量變化進行剖析，因此在接下來這一部份，我們將以各目之下的各藍菌屬為分析單位，檢視不同藍菌屬的生物指標在上、中、下游各個採樣點的變化情形。本研究使用在生態學上為一般學者所廣泛使用的絕對豐度（absolute abundance，以下簡稱 AA）、相對豐度（relative abundance，以下簡稱 RA）、物種豐度（species richness，以下簡稱 SR），以及物種多樣性（species diversity；此處指 Shannon-Wiener index： $H'$ ）…等四項生物指標來作為探討卑南溪與太平溪藍菌生態分佈的主要依據。

#### 1. 絕對豐度（absolute abundance；表 3-19）

根據前述研究結果，我們已經知道卑南、太平兩溪的色球藍菌目不論在生長季節或數量上，都是具有主體生態優勢的藍

菌族群。在這裡，當我們更進一步以絕對豐度為指標檢視其族群結構時，可以發現：微囊藍菌屬 (*Microcystis sp.*) 是卑南溪、太平溪分佈最為普遍，而絕對豐度也最高的藍菌屬，且其值有自上游流域向下游逐漸增加的趨勢，兩溪絕對豐度的最大值都同樣出現在其最下游的採樣點：台東大橋 (AA=6.08)；豐里橋 (AA=22.69)。其次為史坦尼爾藍菌屬 (*Stanieria sp.*)，該屬與微囊藍菌屬同樣在每一個採樣點都有相當數量的分佈。不過史坦尼爾藍菌屬在各採樣點的絕對豐度顯然比微囊藍菌屬要小一些，且其絕對豐度值的變化只在太平溪有自上游向下游增加的趨勢，在卑南溪就比較沒有這樣的規律。該藍菌屬絕對豐度的最大值分別出現於：電光大橋 (AA=1.62)；豐里橋 (AA=7.85)。

在寬球藍菌目方面，團囊藍菌屬 (*Chroococidiopsis sp.*) 主要出現在電光大橋 (AA=0.31)、鹿鳴橋 (AA=0.08)，以及太平橋 (AA=0.15)。至於寬球藍菌屬 (*Pleurocapsa sp.*) 則只有在馬蘭橋 (AA=0.69) 才看得到。

顛藍菌目在卑南溪與太平溪當中最常見的是鞘絲藍菌屬 (*Lyngbya sp.*)，初來橋、電光大橋、台東大橋、太平橋、馬蘭橋都有分佈，而以電光大橋 (AA=2.23) 的絕對豐度值最高。另外顛藍菌屬 (*Oscillatoria sp.*) 則是分佈於初來橋 (AA=1.54)、

馬蘭橋 (AA=0.54)，與豐里橋 (AA=0.38)。至於細纖藍菌屬 (*Leptolyngbya sp.*) 僅出現於鹿鳴橋 (AA=0.38)。

念珠藍菌目當中的念珠藍菌屬 (*Nostoc sp.*) 與魚腥藍菌屬 (*Anabaena sp.*) 在兩河流域都屬零星分佈，絕對豐度值亦不高。念珠藍菌屬分佈於電光大橋 (AA=0.31) 與豐里橋 (AA=0.77)；而魚腥藍菌屬只有在卑南溪的初來橋 (AA=0.38) 與鹿鳴橋 (AA=0.08) 可見，在太平溪則未見其蹤跡。

真枝藍菌目各屬的絕對豐度與上述各目相比則顯得相對較小，分佈在電光大橋、鹿鳴橋，與馬蘭橋的蓋特勒藍菌屬 (*Geitleria sp.*)，其絕對豐度值最高只有 0.15。至於只有在馬蘭橋才出現的飛氏藍菌屬 (*Fischerella sp.*)，其絕對豐度值更僅有 0.08。

## 2. 相對豐度 (relative abundance；表 3-21)

我們運用相對豐度來作為評估卑南溪與太平溪各藍菌屬相對比例之生物指標，由於相對豐度值是由絕對豐度延伸而來的估計值，因此在整體趨勢的變化上與絕對豐度有部份相似，不過亦有部份不同。首先，以族群結構來看，色球藍菌目仍然是兩溪的主要群體，其下的微囊藍菌屬與史坦尼爾藍菌屬在分佈上也仍然是卑南與太平兩溪平均相對豐度最高的兩個藍菌屬。然而，微囊

藍菌屬在數量（絕對豐度）上雖然佔優勢，但是在組成比例（相對豐度）上，卻略遜於史坦尼爾藍菌屬。即使我們可以從表 3-21 看出卑南溪與太平溪相對豐度最高的採樣點都是以微囊藍菌屬為主，不過若是以這兩條溪的整體平均來看，史坦尼爾藍菌屬在卑南溪全溪的平均相對豐度（RA=14.96%）則是高於微囊藍菌屬（RA=14.87%）；而史坦尼爾藍菌屬在太平溪全溪的平均相對豐度（RA=28.22%）亦同樣大於微囊藍菌屬（RA=26.72%）。另外再從地理位置的變化來看，微囊藍菌屬的相對豐度與絕對豐度一樣，都有自上游向下游逐漸增加的趨勢；但是史坦尼爾藍菌屬卻大不相同，不僅在卑南溪沒有特定的變化方向，其在太平溪的相對豐度反而是自下游向上游逐漸增加，恰好與微囊藍菌屬相反，這也是值得注意的現象。

接下來我們再依各採樣點當中不同藍菌屬的相對豐度變化來檢視卑南、太平兩溪流域的族群結構，可以發現兩者之間的差異在於：卑南溪上游的初來橋以梨果藍菌屬（*Dermocarpella sp.*）為主要群體（RA=35.64%），而太平溪上游的太平橋則是以史坦尼爾藍菌屬為主（RA=30.51%）；到了中游區段，史坦尼爾藍菌屬的族群優勢持續擴大，在卑南溪電光大橋（RA=22.76%）、鹿鳴橋（RA=17.83%），以及太平溪的馬蘭橋（RA=27.49%）採樣

點都佔有最多的菌落比例。不過這個優勢到了位居兩溪下游出海口的採樣點則是明顯逆轉，原本居於劣勢的微囊藍菌屬菌落數劇增，其全年平均相對豐度在台東大橋達到 36.35%，而在豐里橋更高達 45.99%，分別成為卑南溪與太平溪特定藍菌屬菌落相對豐度的最高之處。

### 3. 物種豐度 (species richness ; 表 3-22)

以物種數目的分佈來說，在本研究進行期間，各採樣點每個月所能夠培養出的藍菌種類 (屬) 數其實不多。由表 3-22 我們可以看出，藍菌物種豐度的最大值為 3，而且只有出現在卑南溪的電光大橋 (2005 年 6 月)，與太平溪的馬蘭橋 (2005 年 4 月、2006 年 3 月)、豐里橋 (2005 年 5 月)。其餘採樣點各月份的物種豐度則大多在 1-2 之間變化，甚至也有一小部份的月份曾出現物種豐度為 0 的情形。

我們再以藍菌種類 (屬) 數在不同流域的變化來看，可以發現，藍菌物種豐度不像絕對豐度與相對豐度一樣，有沿著溪流上游向下游遞增或遞減的趨勢。以各採樣點全年 14 個月的平均值而言，卑南溪物種豐度最高的地點是中游  $SR=1.62$  的電光大橋，其次是上游  $SR=1.23$  的初來橋；而太平溪物種豐度的最高點同樣

也是出現在中游的馬蘭橋 (SR=1.62)，不過第二高點卻出現在下游的豐里橋 (SR=1.38)，可見該項指標的變化並無特定規律。

#### 4. 物種多樣性 (Shannon-Wiener index : $H'$ ; 表 3-23)

物種多樣性是結合上述相對豐度與物種豐度兩者為組成分子計算所得之值，在這裡我們運用此一指標來評估河川藍菌的生物歧異性。雖然物種多樣性同時具備了相對豐度與物種豐度的特性，不過在我們的研究結果當中，這個指標的變化趨勢則是與物種豐度較為接近。以物種多樣性在上、中、下游流域的 14 個月平均值來看，該指標在卑南溪的最大值是位於中游的電光大橋 ( $H'=0.35$ )，其次是上游的初來橋 ( $H'=0.24$ )；而太平溪最大值與物種豐度一樣出現在中游的馬蘭橋 ( $H'=0.31$ )，其次則是下游的豐里橋 ( $H'=0.20$ )。

再以各採樣點不同月份的觀察結果來看，卑南溪藍菌物種多樣性的最高點出現在中游的電光大橋 (2005 年 11 月 ;  $H'=1.10$ )；而太平溪的最高點則是出現在下游的豐里橋 (2005 年 8 月 ;  $H'=1.08$ )。因此，由上列資料我們可以知道，卑南溪流域應該是藍菌生物歧異性較太平溪為大的地區。

### 第三節 台東縣主要河川水質理化指標與藍菌生物 指標的關係

#### 一、水質理化指標與藍菌物種多樣性、物種豐度之相關性

我們首先運用前兩節所述之藍菌物種多樣性 (Shannon-Wiener index,  $H'$ ) 和物種豐度 (species richness) 兩個生物指標來與河川污染程度指標(以下簡稱 RPI)、河川水質指數(以下簡稱 WQI)、總磷(Total P)、總氮 (Total N) 四個水質理化指標進行相關性分析。根據表 3-24 的分析結果, 我們發現, 不論是藍菌的物種豐度或是物種多樣性, 其在卑南、太平兩溪的變化與上述四種水質理化指標之間都不具有顯著的統計相關性。不過若就藍菌生物指標與水質指標兩者的相對變化方向來看的話, 則可發現其存在有一致的趨勢, 亦即: 污染程度越高的河川流域, 其所出現之藍菌種類數越少 ( $r = -0.023$  與  $r = -0.202$ ), 而生物歧異性也越小 ( $r = -0.170$  與  $r = -0.110$ )。因此, 雖然上述指標間的相關強度不高, 且未達統計顯著水準, 但或許仍可以提供我們作為未來研究上的參考資料。

## 二、水質理化指標與藍菌目絕對豐度、相對豐度之相關性

根據上一段的分析結果，由於藍菌的物種多樣性和物種豐度與河川水質之間並未存在顯著的相關性，我們認為上述二個推估性指標對於水質變化的低敏感度或許並不適宜作為監測河川污染的生物指標。因此，接下來我們改變分析策略，以較接近原始資料的生物指標，亦即絕對豐度與相對豐度來檢視其與河川水質變化的關係。

首先，我們以本研究採樣培養所得不同藍菌目之絕對豐度與相對豐度為分類依據，與上述相同的四項河川水質指標進行相關性分析。根據表 3-25 以及表 3-28 的分析結果我們可以知道，在五種不同的藍菌目當中，色球藍菌目不論是絕對豐度或相對豐度都與 WQI 之間存在顯著的負相關性。也就是說，以絕對豐度而言，色球藍菌目菌落數越多的流域，其河川水質越差 ( $r = - 0.52$ )；其次以相對豐度而言，色球藍菌目族群所佔比例越高的流域，其河川水質也越差 ( $r = - 0.39$ )。而就相關強度來說，雖然兩者同樣達到統計顯著水準，但絕對豐度與 WQI 的相關性則是比相對豐度要來得高。除此之外，色球藍菌目的絕對豐度不僅與 WQI 之間具有顯著負相關性，它與 RPI 之間也同樣具有顯著的負相關性，亦即：河川污染程度越高的流域，其色球藍菌目菌落數也越多 ( $r = - 0.50$ )。至於其他四個藍菌目的菌落

豐度，則不論是對於河川水質指數抑或河川污染程度指標而言，其相關強度都很弱 ( $0.003 \leq |r| \leq 0.220$ )，且皆未達統計顯著水準。

### 三、水質理化指標與藍菌屬絕對豐度、相對豐度之相關性

在知道色球藍菌目是與卑南溪、太平溪河川水質關係最密切的藍菌目之後，我們接著更進一步以色球藍菌目之下各個藍菌屬的絕對豐度、相對豐度與 WQI 及 RPI 進行相關性分析，分析結果如表 3-26 與表 3-29 所示。由表 3-26 我們可以發現，微囊藍菌屬與史坦尼爾藍菌屬兩者的絕對豐度都與 WQI 之間具有顯著的負相關性 ( $r = -0.34$  與  $r = -0.44$ )。再由表 3-29 來看，同樣可以發現微囊藍菌屬與史坦尼爾藍菌屬的相對豐度也都與 WQI 之間具有顯著的負相關性 ( $r = -0.31$  與  $r = -0.37$ )。也就是說，越是水質不佳的流域，微囊藍菌屬與史坦尼爾藍菌屬的菌落數越多，而這兩個藍菌屬在藍菌族群中所佔的相對比例也越高。另外，史坦尼爾藍菌屬不論在絕對豐度或相對豐度上，其與 WQI 的相關強度都較其他藍菌屬要高，可見該屬是在本研究所涵括的河川流域中對於水質變化最敏感的藍菌屬。

除了微囊藍菌屬與史坦尼爾藍菌屬以外，在色球藍菌目之下與 WQI 有顯著相關性的第三個藍菌屬是梨果藍菌屬。該屬之相對豐度

與 WQI 之間同樣具有頗高的相關強度 ( $r = 0.35$ )，至於其絕對豐度與 WQI 的關係雖較弱 ( $r = 0.22$ ) 且未達統計顯著，但仍較其他各屬的相關性高。而值得注意的是，梨果藍菌屬之相對豐度與 WQI 的關係是正向的，換句話說，水質越佳的流域，梨果藍菌屬在藍菌族群中所佔的相對比例也越高。

其次，在其他非色球藍菌目的各藍菌屬之菌落豐度與河川水質的相關性方面，綜合表 3-27 與表 3-30 的分析結果，正與我們在前述第二點當中所提相呼應，也就是：色球藍菌目以外的其他四個藍菌目，其下的各藍菌屬與 WQI 及 RPI 的關係，不論是從絕對豐度或相對豐度來看，都不具有顯著的統計相關性，而且相關強度大多偏弱 ( $0.003 \leq |r| \leq 0.210$ )。

#### 四、河川優養化指標與藍菌絕對豐度、相對豐度之相關性

總磷 (Total P) 與總氮 (Total N) 兩者皆是在河川優養化監測工作上常被運用，而且比較容易取得資料的指標，因此在本研究中，我們也一併將這兩項數據納入分析，來檢視卑南、太平兩溪的藍菌絕對豐度、相對豐度與河川優養化的關係。首先我們由表 3-25 可以看到，色球藍菌目的絕對豐度是在各目藍菌中當中唯一與河川總氮含量有

顯著正相關的族群 ( $r=0.51$ )，該目藍菌之菌落數隨水中總氮含量的升高而增加。其次再以表 3-28 而言，各藍菌目之相對豐度則與河川總磷、總氮含量皆無相關。

進一步就各個不同藍菌屬與優養化指標的分析結果來看的話，在表 3-26、表 3-27、表 3-29、表 3-30 四個資料欄位當中，與河川總磷、總氮含量具有顯著統計相關的藍菌屬共有三個，分別為：①表 3-26 當中的微囊藍菌屬絕對豐度與總氮含量 ( $r=0.66$ )；②表 3-29 當中的微囊藍菌屬相對豐度與總氮含量 ( $r=0.56$ )；以及③表 3-29 當中的線形棒條藍菌屬相對豐度與總磷含量 ( $r=0.71$ )。透過上述結果我們可以發現幾個值得注意的特點：一、這三種藍菌屬的菌落豐度與河川優養化指標皆呈現正相關，也就是菌落數或菌落比例是隨著水中總磷或總氮含量的升高而增加的。二、微囊藍菌屬不論在菌落數或菌落比例上皆受到河水總氮含量的密切影響。三、線形棒條藍菌屬雖然在菌落數方面與總磷含量的相關性未達統計顯著 ( $r=0.20$ )，但其在菌落比例上與總磷含量的相關強度卻較微囊藍菌屬要高出許多，可見河川總磷含量對於線形棒條藍菌屬在藍菌族群中所佔比例的高低狀況有著重要的影響。

## 五、卑南溪、太平溪指標性藍菌對於河川水質污染程度的解釋力

根據這一節第一、二、三點當中針對卑南溪與太平溪水質理化指標與當地各種不同藍菌生物指標之相關性分析結果，我們可以歸納出兩個重點，亦即：①在本研究所採用的四項藍菌生物指標（物種豐度、物種多樣性、絕對豐度、相對豐度）中，只有絕對豐度與相對豐度才是與河川水質之間具有顯著相關性的生物指標；而②在本研究中採樣培養所得的各種藍菌當中，只有色球藍菌目以及該目之下的微囊藍菌、聚球藍菌、梨果藍菌、史坦尼爾藍菌等四個藍菌屬，其絕對或相對豐度是與水質理化指標之間具有顯著相關性的。因此，我們在接下來的這一部份將分別以 WQI 與 RPI 為依變項，而以色球藍菌目，及上述四個藍菌屬之絕對、相對豐度作為自變項進行迴歸分析，來進一步探討以藍菌作為監測河川水質長期變化之生物指標的可行性。

### 1. 以色球藍菌目作為河川水質生物指標的解釋力

我們首先以色球藍菌目之絕對豐度、相對豐度為單一自變項，分別與 WQI 與 RPI 兩個水質指標進行簡單迴歸分析，並建立四個迴歸模型，如表 3-31 所示。由這些模型的分析結果來看，我們可以發現：①色球藍菌目之絕對、相對豐度與 WQI 呈現反比關係，亦即該目之菌落數與比例越高，則河川水質越差（迴歸

係數 = -14.180 與 -0.453)；同樣的色球藍菌目之絕對豐度與 RPI 是呈現正比關係，亦即該目之菌落數越少，則河川水質越好(迴歸係數 = 0.800 與 0.044)。②色球藍菌目之絕對、相對豐度對於 WQI 的解釋力 ( $R^2 = 0.266$  與  $R^2 = 0.154$ ) 相較於其對 RPI 的解釋力 ( $R^2 = 0.250$  與  $R^2 = 0.048$ ) 明顯要高；而且③色球藍菌目絕對豐度對 WQI 與 RPI 的解釋力皆比相對豐度來得高。因此我們可以知道在上述四種指標模型當中，色球藍菌目絕對豐度是預測能力比較好的河川水質生物指標。

## 2. 以四種藍菌屬作為河川水質生物指標的解釋力

雖然以色球藍菌目之菌落數與比例作為迴歸模型之自變項時，我們可以看到該項生物指標對於河川水質的顯著解釋力，但事實上因為該目藍菌之下還包括了許多與水質變化不具顯著相關性的藍菌屬在干擾或是影響分析結果，因此接下來我們更進一步根據表 3-26 的雙變數相關分析結果，從中篩選出與 WQI 及 RPI 具有顯著統計相關的四個藍菌屬，亦即前述之微囊藍菌屬、聚球藍菌屬、梨果藍菌屬、史坦尼爾藍菌屬，以其絕對豐度與相對豐度加入迴歸模型當中進行分析，結果如表 3-32 所示。由於和 WQI 及 RPI 具有顯著相關藍菌屬各有不同，因此我們在迴

歸模型中所加入的自變項也各有不同。以變化方向來說，絕對、相對豐度與 WQI 呈現反比關係的是微囊藍菌屬（迴歸係數 = -0.414 與 -0.162）與史坦尼爾藍菌屬（迴歸係數 = -1.049 與 -0.181）；而與 RPI 呈現反比關係的則只有梨果藍菌屬相對豐度（迴歸係數 = -0.018），也就是說，微囊藍菌與史坦尼爾藍菌屬的菌落數或比例越高，河川水質越差，而梨果藍菌屬菌落數比例越高，河川水質越佳。其次，與 WQI 呈現正比關係的亦同樣只有梨果藍菌屬相對豐度（迴歸係數 = 0.179）；而與 RPI 成正比關係者則是微囊藍菌屬（迴歸係數 = 0.052）以及聚球藍菌屬的絕對豐度（迴歸係數 = 0.070）。最後，以各個迴歸模型的解釋力而言，我們可以發現：①以藍菌屬絕對、相對豐度作為水質監測的生物指標時，其對 WQI 的解釋力（ $R^2 = 0.339$  與  $R^2 = 0.360$ ）優於 RPI（ $R^2 = 0.286$  與  $R^2 = 0.060$ ）。②以微囊藍菌屬、梨果藍菌屬、史坦尼爾藍菌屬三者相對豐度為自變項所建立之迴歸模型（模型甲）對於河川水質有最高的解釋力（ $R^2 = 0.360$ ），是比較適宜作為河川水質監測之生物指標。

## 第四章 結論與討論

### 第一節 主要研究發現

#### 一、台東縣主要河川—卑南溪與太平溪之藍菌族群結構與分佈

※色球藍菌目是台東縣卑南溪與太平溪的主要藍菌族群，其分佈比例佔全體藍菌總數的八成以上，種類亦最為豐富

根據本研究第三章第二節的研究結果顯示，色球藍菌目是臺東縣主要河川分佈最普遍的藍菌族群，不論在菌落數量、相對比例（卑南溪：81.44%；太平溪：93.35%），抑或是種類數上，都佔有絕對性的優勢，且其族群優勢不僅在河川上游便已存在，同時亦具有自上游向下游逐漸增加之趨向（表 3-20），尤其在污染程度高的河川下游出海口處，色球藍菌目的相對比例更高達 97%以上（卑南溪：99.41%；太平溪：97.06%），可見該目藍菌在臺東縣主要河川環境水質變化的適應性優於其他藍菌物種甚多。這個結果與 Aboal（1989）、Fernandez-Pinas et al.（1991）、Rushforth & Brock（1991）、Yu et al.（1995）、Perona et al.（1998）、Douterelo et al.（2004）、Parikh et al.（2006）、...等其他國家有關河川藍菌族群結構的研究當中以顫藍菌

目為河川下游出海口（水質污染較嚴重地區）主要分佈族群，而以念珠藍菌目為河川上游（水質未受污染地區）主要分佈族群之結果不盡相同。如果我們依據水質資料與研究所採用的藍菌指標來對上述現象作初步推測的話，可能的原因包括：(1) 國際間的相關研究多半以水質污染嚴重的河川流域為主，而臺東縣主要河川除太平溪下游地區有中等～不良程度的污染以外，其他流域多半處於未受污染或輕微/暫時性污染的狀態；(2) 為了增加採樣的方便性與實驗室培育樣本的穩定性，目前國內外的相關研究大多以底棲性（benthic）藻類為主，有關河川浮游（phytoplankton）藍菌的研究甚少；另外，加以(3) 台灣的氣候、環境及物理、化學污染...等因素的不同，因而造就了臺東縣與其他國家河川不同的藍菌分佈。

至於在以藍菌屬為分析單位的研究結果中，我們發現，同屬色球藍菌目之下的微囊藍菌屬與史坦尼爾藍菌屬則是平均菌落數量與分佈比例（*Microcystis sp.*：卑南溪 14.87%、太平溪 26.72%；*Stanieria sp.*：卑南溪 14.96%、太平溪 28.22%）最多的藍菌屬。而兩者當中絕對豐度以微囊藍菌屬最高，但相對豐度則是以史坦尼爾藍菌屬最高。另外，就各藍菌屬在不同流域的地理位置分佈而言：臺東縣主要河川上游區段的藍菌物種是以梨果藍菌屬、史坦尼爾藍菌屬為主；中游區段盡為史坦尼爾藍菌屬的天下；至於下游區段則是以微囊藍菌屬為主體

優勢族群。

## 二、台東縣主要河川藍菌生物指標與河川污染程度的關係

### 1. 河川污染程度越高，微囊藍菌屬、史坦尼爾藍菌屬之相對豐度越高，而梨果藍菌屬相對豐度則越低

色球藍菌目不僅是在臺東縣主要河川當中分佈最普遍的藍菌，同時，由該類藍菌之絕對、相對豐度與河川水質指數（WQI）所呈現的顯著統計關係（表 3-25、表 3-28； $r = -0.52, p < 0.01$  及  $r = -0.39, p < 0.01$ ）來看，其分佈數量與比例顯然是在本研究採樣所得的五大藍菌目當中最能夠用來反應河川水質污染狀況的。然而，儘管色球藍菌目的分佈眾多，但根據我們在第三章的研究結果指出：在該目的 11 個屬之下與河川污染程度具有密切關係的藍菌屬實際上只有 3 個，亦即微囊藍菌屬（負相關）、史坦尼爾藍菌屬（負相關）、梨果藍菌屬（正相關）。而在以上述三個藍菌屬所衍生的生物指標（絕對、相對豐度）當中，又以相對豐度與河川水質的關係較為密切（表 3-26、3-27、3-29、3-30）。

## 2. 微囊藍菌屬、史坦尼爾藍菌屬、梨果藍菌屬三者相對豐度的結合，是較適於監測臺東縣主要河川水質的生物指標

根據上一個結論，我們知道相對豐度是與河川水質關係密切的生物指標，而透過迴歸模型對於河川水質優劣的解釋力分析比較，我們可以發現，雖然微囊藍菌屬、史坦尼爾藍菌屬、梨果藍菌屬三者的相對豐度在個別探討時，不論與河川水質指數（WQI）或河川污染指標（RPI）的相關性（ $|r| \leq 0.37$ ），都未能比色球藍菌目整體相對豐度與 WQI、RPI 之相關性（ $r = -0.39$ ）高，不過經由模型一（表 3-31）與模型甲（表 3-32）的比較可以歸納出一個結論：微囊藍菌屬、史坦尼爾藍菌屬、梨果藍菌屬相對豐度...等三個生物指標結合後，其對於河川污染程度的解釋力（ $R^2 = 0.360$ ），顯然高於以色球藍菌目相對豐度作為單一指標對於河川污染程度的解釋力（ $R^2 = 0.266$ ）。

另外，有別於國際間其他為數不多，但同樣是以藍菌族群進行河川水質監測如 Perona et al.（1998）與 Douterelo et al.（2004）等人的研究結果所指出：藍菌生物指標包括物種豐度（species richness）及物種多樣性（Margalef diversity index）與水質污染/優養化程度之間所具有的顯著相關性，在本研究當中並未被觀察到...亦即我們在實驗中所使用與上述研究相同或近似之物種豐度及物種多樣性

(Shannon-Wiener index) 指標並未與河川水質 (WQI) 之間有顯著統計相關 (表 3-24:  $r = -0.202$ ,  $p < 0.05$  for species richness ;  $r = -0.110$ ,  $p < 0.05$  for Shannon-Wiener index)。故由此可見藍菌屬相對豐度是比較其他指標適於作為臺東縣主要河川水質污染監測的生物指標。



## 第二節 研究限制

### 一、採樣分析單位的變異性

相較於河川底棲藻類能夠直接採集河床岩石表面的大量樣本並以細胞計數作為分析單位的方法，浮游藍菌的樣本採集在這方面就顯得較為困難，由於浮游在河水中的藍菌細胞數量並不如底棲藍菌豐富，往往在 1 毫升的水樣當中可能只有不到 10 個左右的藍菌，計數不易，因此我們必須經由將少數細胞培養成為菌落的方式以便於分析。不過這也使得我們的研究樣本在數量上有不小的變異，尤其是對於某些分佈比例原本就不多或是只出現於特定季節的藍菌族群來說，其菌落數量往往在零與個位數之間浮動，因而造成統計資料的不穩定性。

### 二、水質理化資料的對應

為提高本研究中所使用之水質理化資料的信、效度，我們選擇與環保單位相近的採樣時間、地點來採集藍菌樣本，再以之與環保署當月/當季所公佈的水質官方資料進行比對。不過由於：(1) 部份官方

資料如總磷、總氮…等指標為每季採樣，非逐月公告；以及（2）官方採樣之時間、地點與本研究藍菌採樣之時、地並非完全相同，仍有些許誤差。因而造成我們所採用的水質理化指標有部份短缺，而有部份則存在時空變異性，不見得能夠完全反映藍菌採樣當時的實際水質狀況，使得我們分析時必須放棄某些統計數據，相對也減少了實驗中可供參考的資訊。



## 第三節 建議

### 一、藍菌種類鑑定技術

由於藍菌有別於一般水生藻類，屬於原核生物，因此目前國際間對於藍菌物種的鑑定仍然是以光學顯微鏡下的目視型態判別為主要的鑑定方式。相對於現今快速準確的 DNA 序列鑑定技術，仍然停留在肉眼鑑定顯然是較為主觀且需要豐富經驗的技術。因此藍菌鑑定技術的改進，仍有賴於往後相關領域研究者的努力。

### 二、建立系統性與持續性的水質生物指標官方統計調查資料

由於環保意識的抬頭，加以人類日常生活與水源的關係密不可分，河川水質的監控工作日益重要。為了有效監測及控制人為污染對於水生生態系的影響，許多先進國家現今都已將一些發展成熟的生物指標運用在河川水質的監測工作上。有鑑於我國環保單位當前對於河川水質的監控主要仍以短期水質變化的理化指標檢測為主，而缺乏能夠反應河川生態系長期變化的生物指標，因此在找尋與開發適用於監測台灣河川水質的生物指標的工作上，未來應是我國政府以及學術單

位可以的努力方向。



## 參考文獻

卞六京等，1980，台灣農家要覽，財團法人豐年社附設出版部，台北，375~705。

李炎，1994，台東縣知本溪溪流指標生物調查研究，國立臺東師範學院環境教育中心，台東，1-15。

李炎，2005，藍菌研究，藝軒圖書文具有限公司，台北，42-46。

行政院環保署，1991，河川分類水質標準及河川污染指標之檢討，環保署研究報告，台北，EPA 79-003-10，021。

郭鐘秀，林佩君，洪正中，1990，北港溪藻類與水質污染之研究，藻類與環境研討會，台中，97-11。

莊進源，呂世宗，蔡惠澤，森若美代子，齊家，梁素月，陳秀妙，1986，日月潭指標生物及抽蓄發電對水質之影響調查報告，行政院衛生署環境保護局研究報告，台北，BEP 79-06-001。

莊進源，蔡惠澤，森若美代子，齊家，1987，翡翠水庫指標生物方法與水質調查報告，行政院衛生署環境保護局研究報告，台北，BEP 76-06-007。

莊進源，蔡惠澤，森若美代子，齊家，1987，曾文水庫與烏山頭水庫浮游生物與水質調查報告，行政院衛生署環境保護局研究報告，台北，BEP 76-06-006。

莊進源等，1987，以指標生物方法對台灣地區重要水庫優養化研究之初步評鑑報告，行政院衛生署環境保護局研究報告，台北，BEP 76-06-003。

莊進源，蔡惠澤，森若美代子，齊家，1987，以指標生物方法對大甲溪暨德基水庫水質調查報告，行政院衛生署環境保護局研究報告，台北，BEP 76-06-005。

莊進源，蔡惠澤，森若美代子，齊家，陳妙秀，1988，以生物方法對新店溪水質之判定研究報告，行政院衛生署環境保護局，台北，BEP 77-06-001。

張錦松，何先聰，余光昌，賴雪端，林健榮，孫嘉福，黃國林，1995，  
曾文水庫及烏山頭水庫水質優養化之研究，中國環境工程學刊，5(1)  
：95-105。

歐陽嶠暉，徐玉標，溫清光，徐崇仁，陳伯中，曾迪華，余志達，萬  
騰州，1990，河川分類水質指標及河川污染指標之檢討，行政院環保  
署。

齊家，森若美代子，1988，77年度全省優養化情形春季總調查結果  
報告，行政院環境環保署研究報告，台北。

賴雪端，1997，臺灣本土性底棲藻類作為河川水質生物指標之研究，  
2~55。

蕭榮超，江弘斌，賴雪端，1986，明德水庫水質與浮游生物之調查  
研究，自來水協會給水技術研討會，3：15-31。

Asai, K., 1995. Statistic classification of epilithic diatom species into three  
ecological groups relating to organic water pollution. (1) Method with  
coexistence index. *Diatom*, 10, 13-34. in Japan.

Aboal M , 1989. Epilithic algal communities from River Segura Basin, Southeastern Spain. *Arch. Hydrobiol.* 116: 113-124.

Aboal, M., Puig, M.A., Mateo, P., Perona, E., 2002. Implications of Cyanophyte toxicity on biological monitoring of calcareous streams In north-east Spain. *Journal of Applied Phycology.* 14. 49-56.

Chang, J. S. Yu, K. C. Lin, C. Z. Sun, J. F. Ho, S. T. and Lai, S. D. , 1995. A study of the eutrophic status on the Tseng-Wen reservoir and the Wu-Sun-Tu reservoir. *Journal of Environmental Engineering*, 5 (1), 95-105.

Dokulil, M. T., Schmidt, R. and Kofler, S., 1997. 'Benthic diatom assemblages as indicators of water quality in an urban floor-water impoundment, Neue Donau, Vienna, Austria'. *Nova Hedwig.*, 65, 273-283.

Douterelo, I., Perona, E. and Mateo, P., 2004. Use of cyanobacteria to assess water quality in running waters. *Environmental pollution.* 127 377-384.

Eloranta, P. and Soininen, J., 2002. 'Ecological status of some Finnish rivers evaluates using benthic diatom communities'. *Journal of Applied Phycology.* 14, 1-7.

Fernández-Piñas F, Leganés F, Mateo P, Bonilla I , 1991. Blue-green algae (cyanobacteria) as indicators of water quality in two Spanish rivers. In Whitton BA, Rott E Friedrich G (eds), Use of Algae for Monitoring Rivers. *Institut für Botanik, Innsbruck, Austria*: 151-156.

Friedrich, C., Gerhardt, V., Bodemer, U. and Pohmann, M., 1998. Phytoplankton Composition and Chlorophyll Concentration in Freshwaters: Comparison of Delayed Fluorescence Excitation Spectroscopy, Extractive Spectrophotometric Method, and UTERMOHL-Method. *Limnologia*, 28,323-328.

Gao, X.L., Song, J.M., 2005. Phytoplankton distributions and their relationship with the environment in the Changjiang Estuary, China. *Marine Pollution Bulletin* 50, 327-335.

Hurlimann, J. and Niederhauser, P., 2002. *Methodes d'Etude et d'Apperception de l'Etat de Sante des Cours d'Eau: Diatomees – Niveau R(Region)*. Office Federal de l'Enviroment, des Forets et du Paysage (OFEFP): Berne, Switzerland, 111.

Ibelings, B., Admiraal, W., Bijerk, R. Ietswaart, T. and Prins, H., 1998. Monitoring of algae in Dutch rivers: does it meet its goals?. *Journal of Applied Phycology*, 10, 171-181.

Kelly, M.G., Whitton, B.A., 1998. Biological monitoring of eutrophication in rivers. *Hydrobiologia*. 384, 55-67.

Kohler, J. and Descy, J. P., 2003. Main result of a workshop on phytoplankton in European rivers. *FBA News*, (22), 7.

Kwandrans, J., P. Eloranta, B. Kawecka & K. Wojtan, 1998. Use of benthic diatom communities to evaluate water quality in rivers of Southern Poland. *Journal of Applied Phycology*. 10: 193-200.

Lo, S. L. & Tsai, S. F. , 1992. Primary study of expert system for reservoir eutrophication- water quality assessment. *Journal of Environmental Engineering*. 2(1), 33-41.

McCormick PV, Cairns J, Jr, 1994. Algae as indicators of environmental change. *Journal of Applied Phycology*. 6 : 509-526.

Mercado, L.M., 2003. A comparative analysis of the phytoplankton from Six pampean lotic systems (Buenos Aires, Argentina). *Hydrobiologia* 495: 103-117.

Michael A. M. Paerl, H. W. , 1994. Planktonic trophic transfer in an estuary: seasonal, diel, and community structure effects. *Ecology*, 75(8), 2168-2184.

Montesanto, B., Ziller, S. and Coste, M., 1999. Diatomees epilithiques et qualite biologique des reissaux de mont Stratonikon. *Cryptogamie-Algologie*, 20, 235-251.

Molles. 2005. ECOLOGY: Concepts and Applications, 3rd ed. p.15-30.

Northeast Fisheries Centre, 1997.

[http://www.wh.who.edu/homepage/tech\\_terms.html](http://www.wh.who.edu/homepage/tech_terms.html). Date: 2006/05/20.

Parikh, A., Shah, V., Madamwar. 2006. Cyanobacterial flora from polluted industrial effluents. *Environmental Monitoring and Assessment*. 116; 91-102.

Perone E., I. Bonilla & P. Mateo, 1998. Epilithic cyanobacterial communities and water quality: an alternative total for monitoring eutrophication in Alberche River (Spain). *Journal of Applied Phycology*. 10 : 183-191.

Prygiel, J., Whitton, B.A., Bukowska, J. (Eds), 1999. Use of Algae for Monitoring Rivers III. Agence de l'Eau Artosi-Picardie, Douai, France.

Reid, M. A., Tibby, J. C., Penny, D. and Gell, P. A., 1995. The use of diatoms to assess past and present water quality. *Australian Journal of Ecology*, 20, 57-64.

Roberts, K.J. et al., 1995, Defining fisheries: a user's glossary. Louisiana State University, Louisiana, USA, 22. (Rev.)

Rott. E., Pipp, E. and Pfister, P., 2003. 'Diatom methods developed for river quality assessment in Austria and a cross-check against numerical trophic indication methods used in Europe'. *Arch., Hydrobiol. Suppl.*

*Algological Studies*, 110, 91-115.

Rushforth SR, Brock JT, 1991. Attached diatom communities from the lower Truckee River, summer and fall, 1986. *Hydrobiologia* 224: 49-64.

Skulberg, O. M. 1995. Use of algae for testing water quality. In Wiessner, W., Schnepf, E. & Starr, R. C. [Eds.] *Algae, Environment, and Human Affairs*. 25-30.

Stevenson, R. J. and Pen, Y., 2003. Assessing environmental and Earth Sciences, Smol, J. P. (Ed.). *Cambridge University Press, Cambridge, UK*, p.11-40.

Voros and Padisak, 1991. Phytoplankton biomass and chlorophyll-a in some shallow lakes in central Europe. *Hydrobiologia*. 215,111-119.

Watanabe, T. et al. , 1986. Numerical estimation to organic pollution of flowing water by using the epilithic diatom assemblage index (DAIpo). *Sci Total Environ.*, 55, 209-218.

Watanabe, T. et al. , 1986. Saprophylic and eury saprobic diatom taxa to organic water pollution and diatom assemblage index (DAIpo). *Diatom*, 2, 23-73.

Watanabe T, Asai K, Houki P, 1988. Numerical index of water quality using diatom assemblages. In: *Biological Monitoring of Environmental Pollution*(eds Yasumo M, Whitton BA) 179-192. Tokai University Press.

Watanabe, T. , 1990. Hazaraous waste containment & treatment in Encyclopedia environmental contral technology, volume 4. copyright by Gulf publishing Company, Houston, Texas, 5-10.

Watanabe, T. , 1990. Attached diatoms in Lake Mashuu and its value of the diatom assemblage index of organic water pollution (DAIpo). *Diatom*, 5, 21-33.

Watanabe, T. & Asai, K., 1992. Simulation of organic water pollution using highly prevailing diatom taxa (1). Diatom assemblage in which the learing taxon belongs to *Achnanthes*, *Anomeoneis*, *Aulacoseira* or *Melosira*. *Diatom*, 7, 13-19.

Watanabe, T. & Asai, K. , 1992. Simulation of organic water pollution using highly prevailing diatom taxa (3). Diatom assemblage in which the learing taxon belongs to *Navicula*. *Diatom*, 7, 29-35.

Watanabe, T. & Asai, K., 1992. Simulation of organic water pollution using highly prevailing diatom taxa (4). Diatom assemblage in which the learing taxon belongs to *Nitzschia*, *Pinnularia*, *Surirella* or *Synedra*.

*Diatom*, 7, 37-42.

Whitton, B.A. 1991. Aims of monitoring. In: Whitton, B.A., Rott, E., Friedrich, G. (Edd). Ues of Alage for Monitoring River. *Institut fur Botanik, Universitat Immsbruck. Austria*,. 15-18.

Whitton, B.A., kally, M.G., 1995. Use of algae and other plants for monitoring rivers. *Australian Journal of Ecology*. 20, 45-56.

Wu, J.T., 1984. Phytoplankton as bioindicator for water quality in Taipei. *Botany Bulletin of Academia Sincia* 25, 205-214.

Wu, J.T. 1986. Relation of change in river diatom assemblages to water pollrtion. *Bot. Bull. Academia Sinica*. 27, 237-245.

Wu, J.T., Sheu, M. K. & Yang, T.O., 1993. Periodic Changes of the phytoplankton assemblages in the estuary of Tansui River, Taiwan. *Bot.Bull. Acad. Sin.*, 34, 13-30.

Wu, J. T., 1999. A generic index of diatom assemblages as bioindicator of pollution in the Keeung River of Taiwan. *Hydrobiologia*, 397, 79-87.

Wu, J.T., Kow, Lai- Tsu,. 2002. Applicability of a generic index for diatom assemblages to monitor pollution in the tropical River Tsanwun, Taiwan. *Journal of Applied Phycology*. 14: 63-69.

Yu K C, Ho S T , Chang J K , Lai, S.D., 1995. Multivariate correlation of Water quality, sediment and benthic bio-community components in Ell-Ren river system, Taiwan. *Wat. Air Soil Pollut.* 84: 31-49.

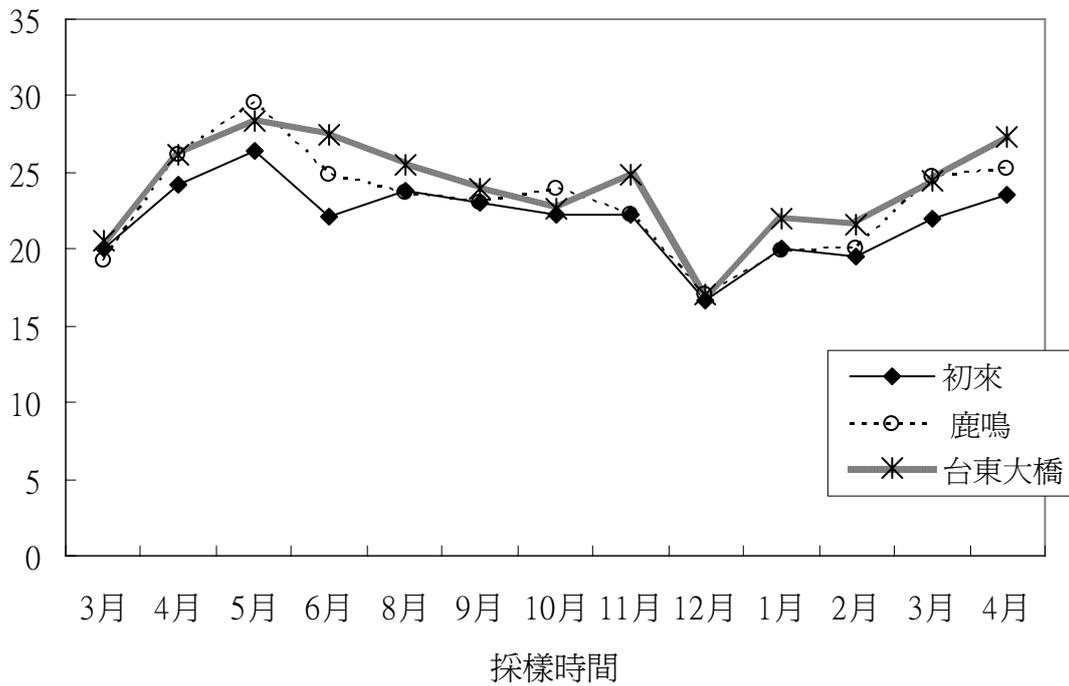
Ziglio G, Siligardi M., Giovanna, F., 2006. *Biological Monitoring of Rivers*(Applications and Perspectives), 36-57. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, England.





圖 2-1 卑南溪流域及太平溪流域全圖

(單位：度)

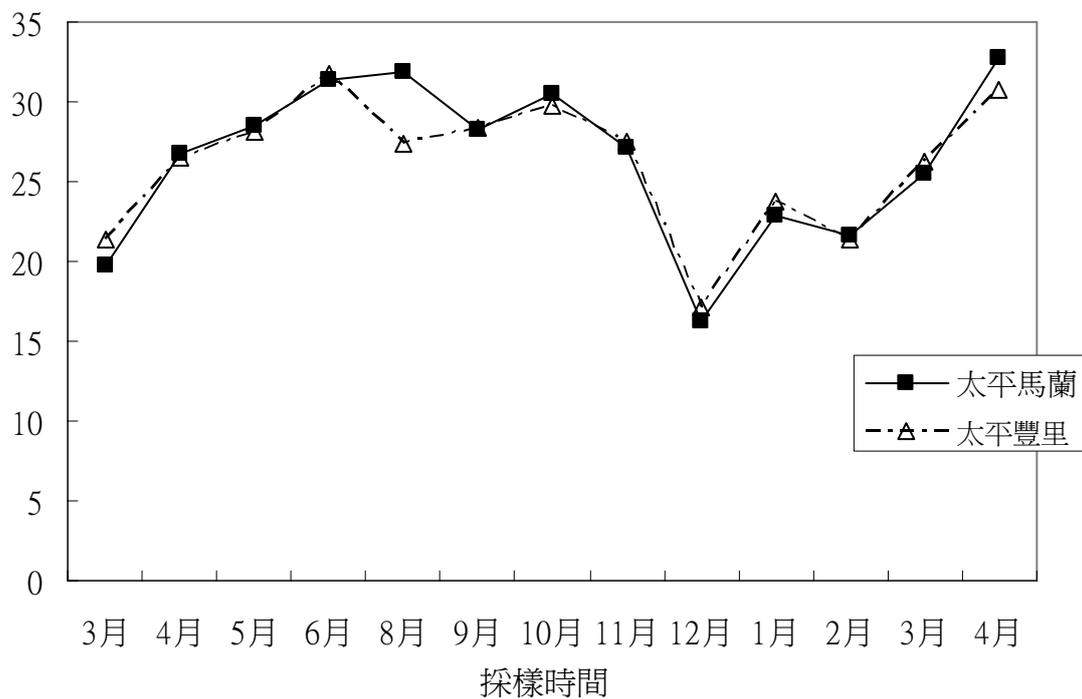


資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

註：由於 2005/7 颱風季節導致河水高度混濁，藍菌無法生長，因此刪除該月水質資料，以免造成統計誤差。

圖 3-1 卑南河流域全年水溫變化 (2005/3-2006/4)

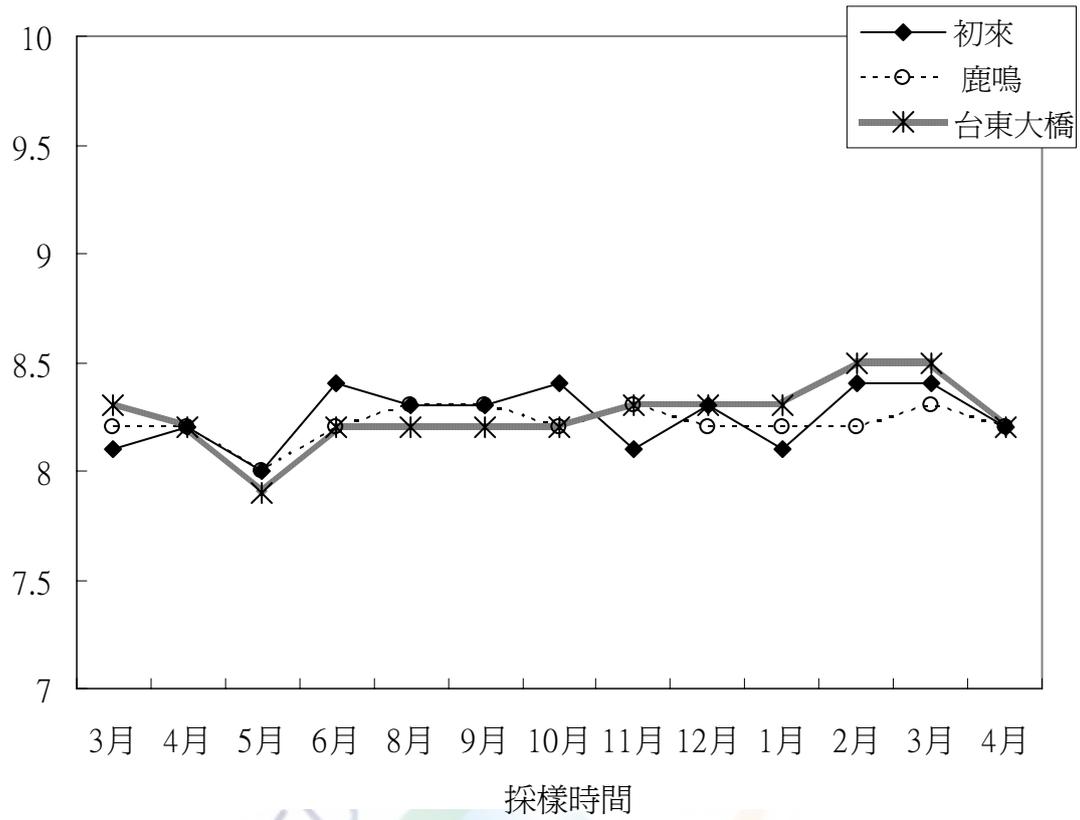
(單位：度)



資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

圖 3-2 太平河流域全年水溫變化 (2005/3-2006/4)

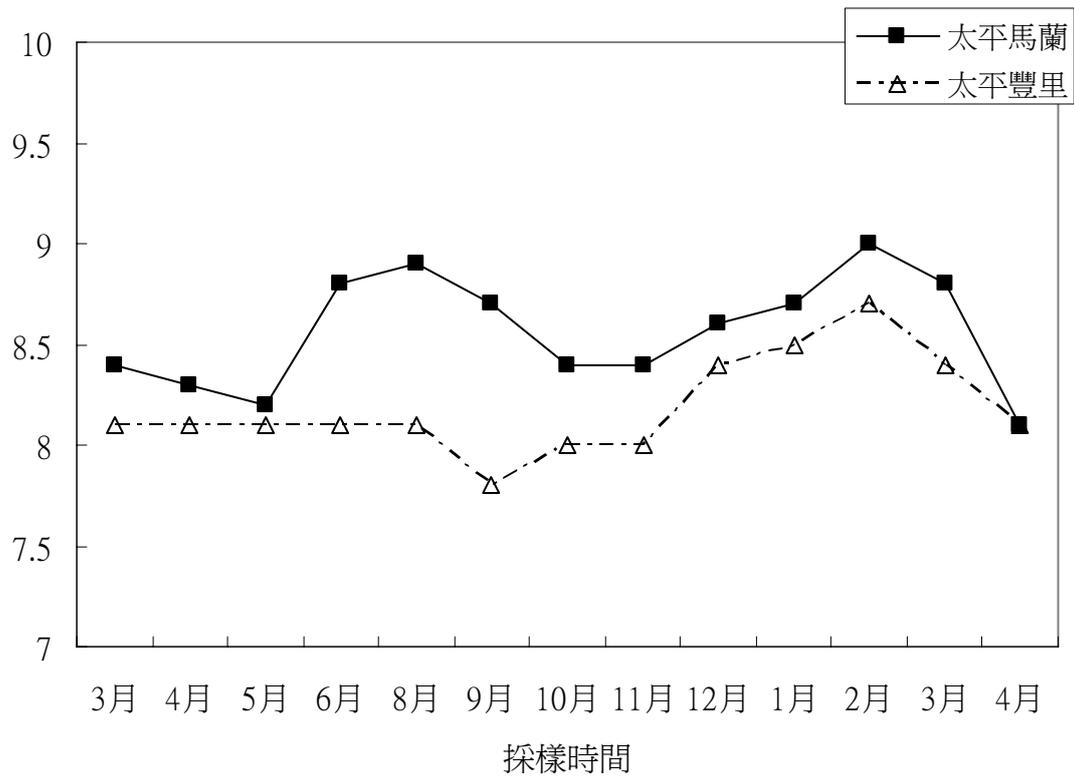
( 單位：個 )



資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

圖 3-3 卑南河流域全年酸鹼值變化 (2005/3-2006/4)

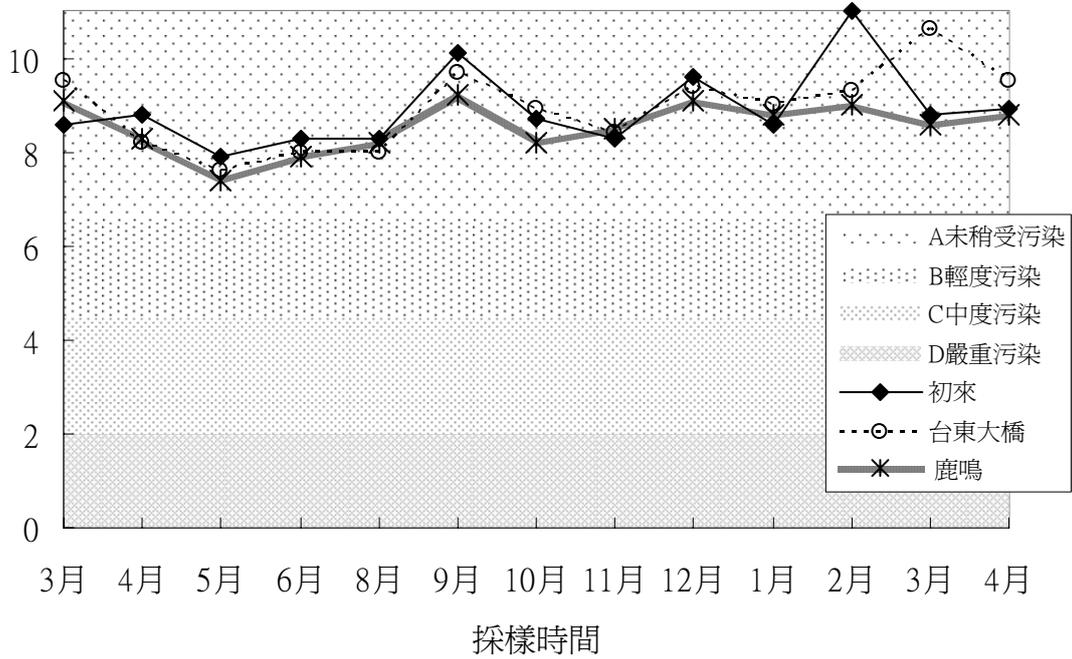
( 單位：個 )



資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

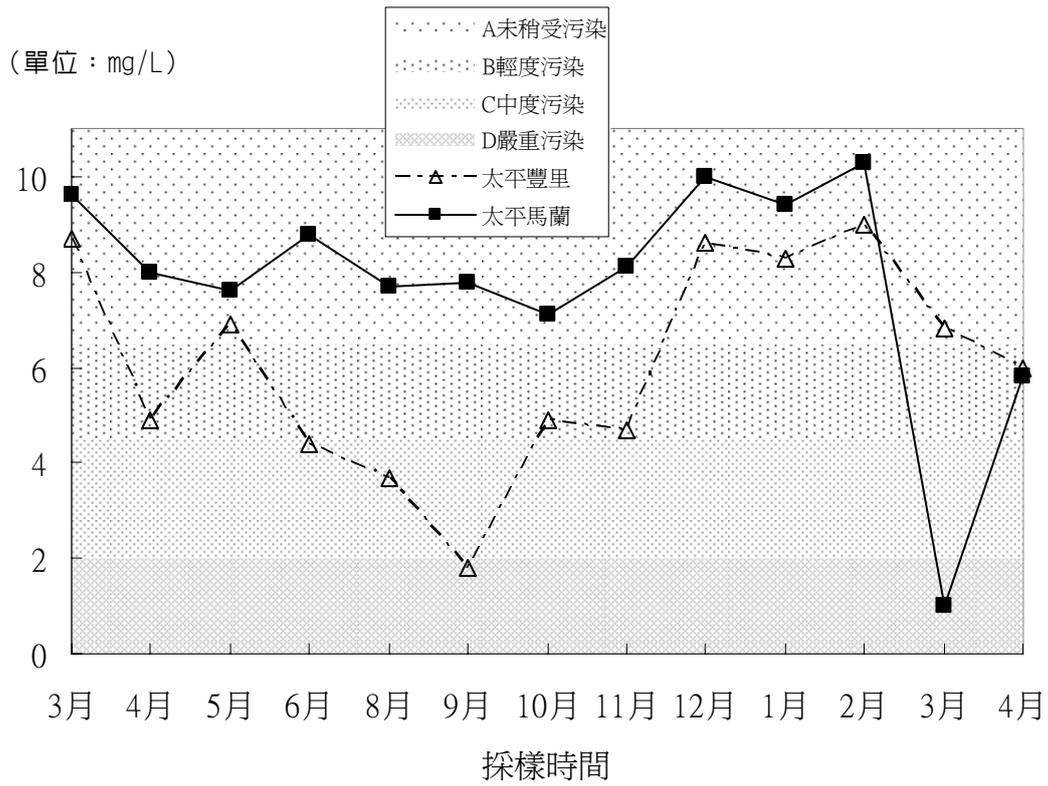
圖 3-4 太平河流域全年酸鹼值變化 (2005/3-2006/4)

(單位：mg/L)



資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

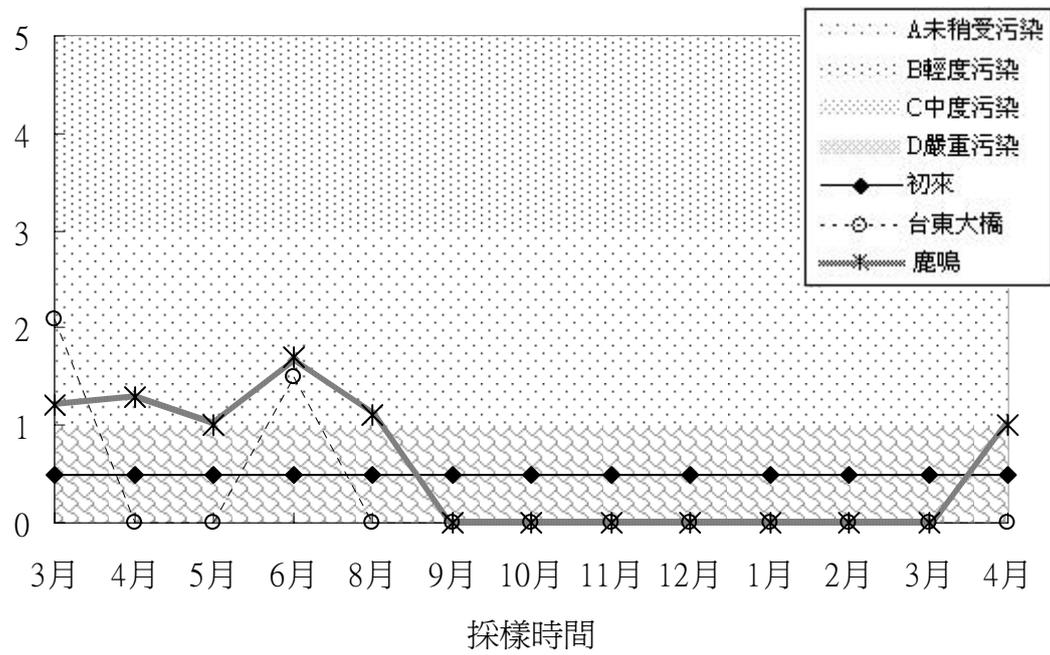
圖 3-5 卑南河流域全年溶氧量變化 (2005/3-2006/4)



資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

圖 3-6 太平河流域全年溶氧量變化 (2005/3-2006/4)

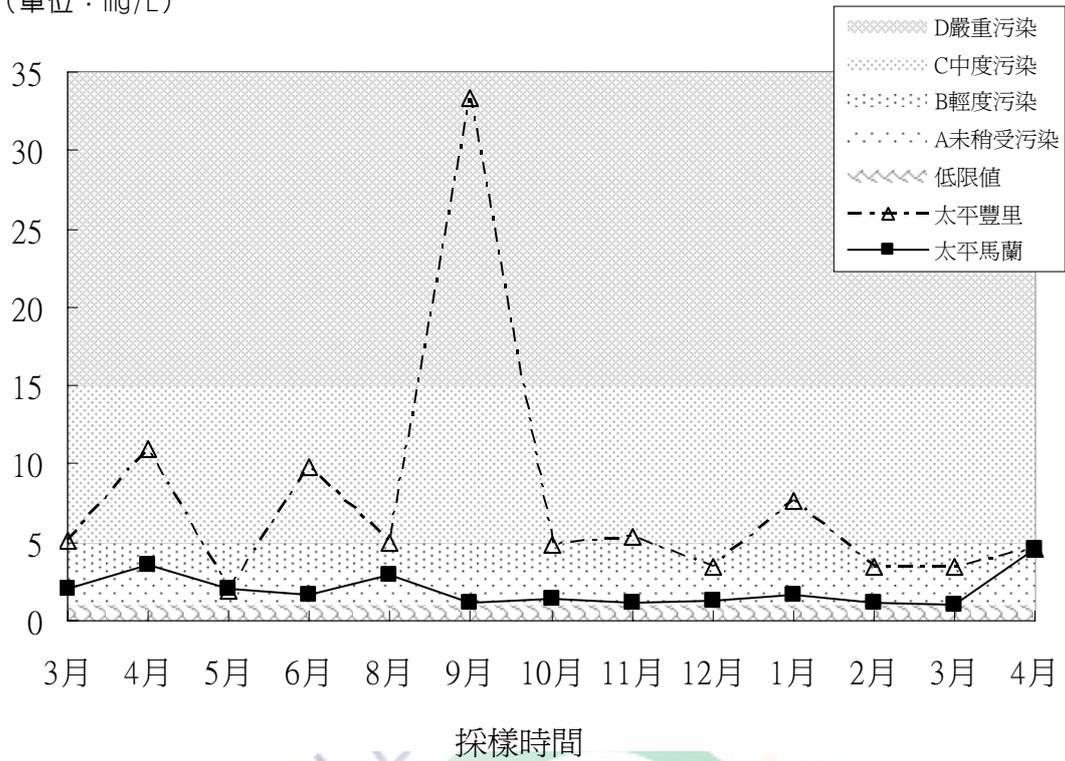
(單位：mg/L)



資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

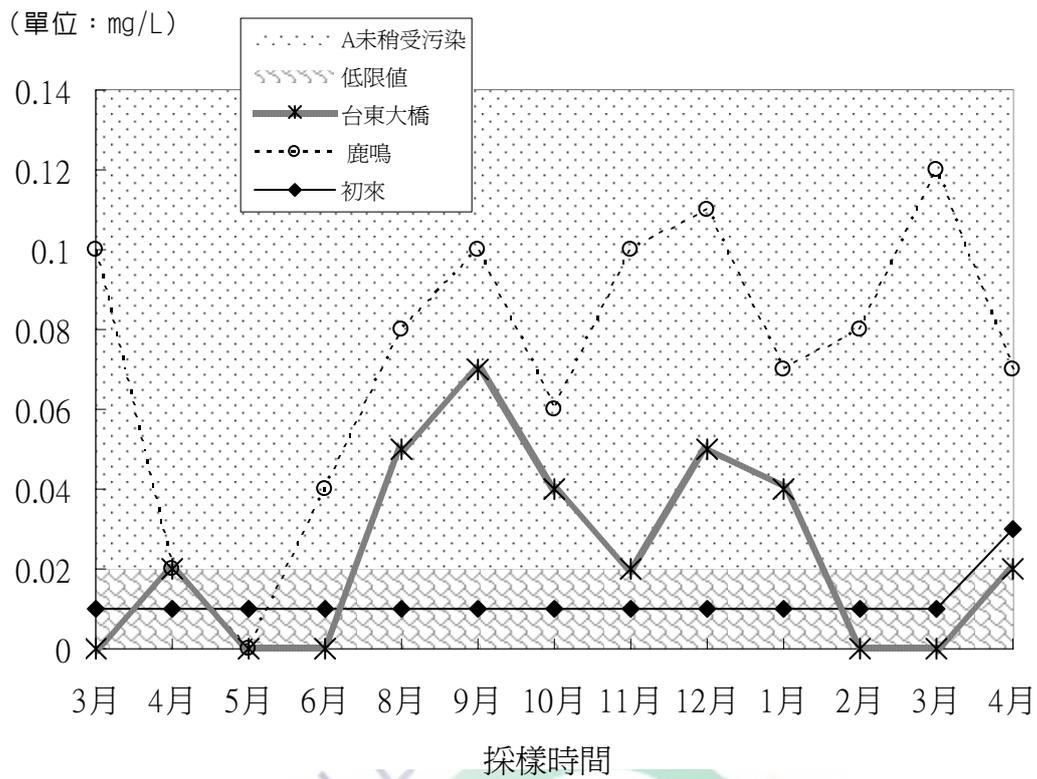
圖 3-7 卑南溪流域全年生化需氧量變化 (2005/3-2006/4)

(單位：mg/L)



資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

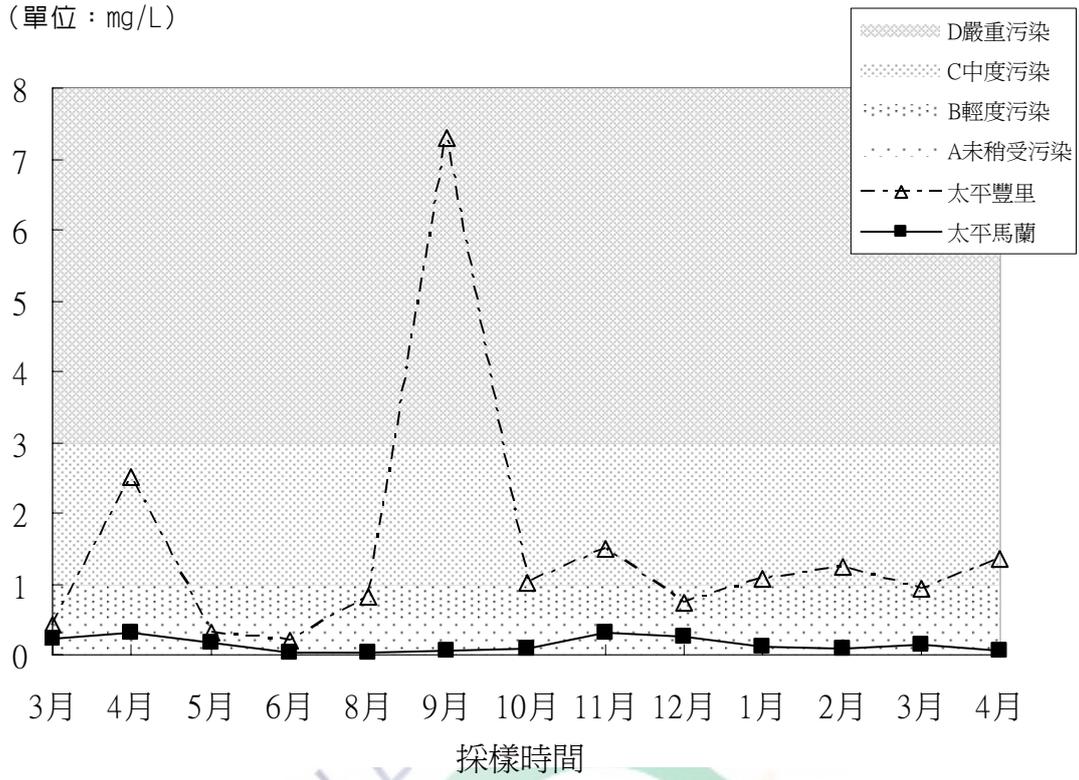
圖 3-8 太平河流域全年生化需氧量變化 (2005/3-2006/4)



資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

圖 3-9 卑南溪流域全年氨氮變化 (2005/3-2006/4)

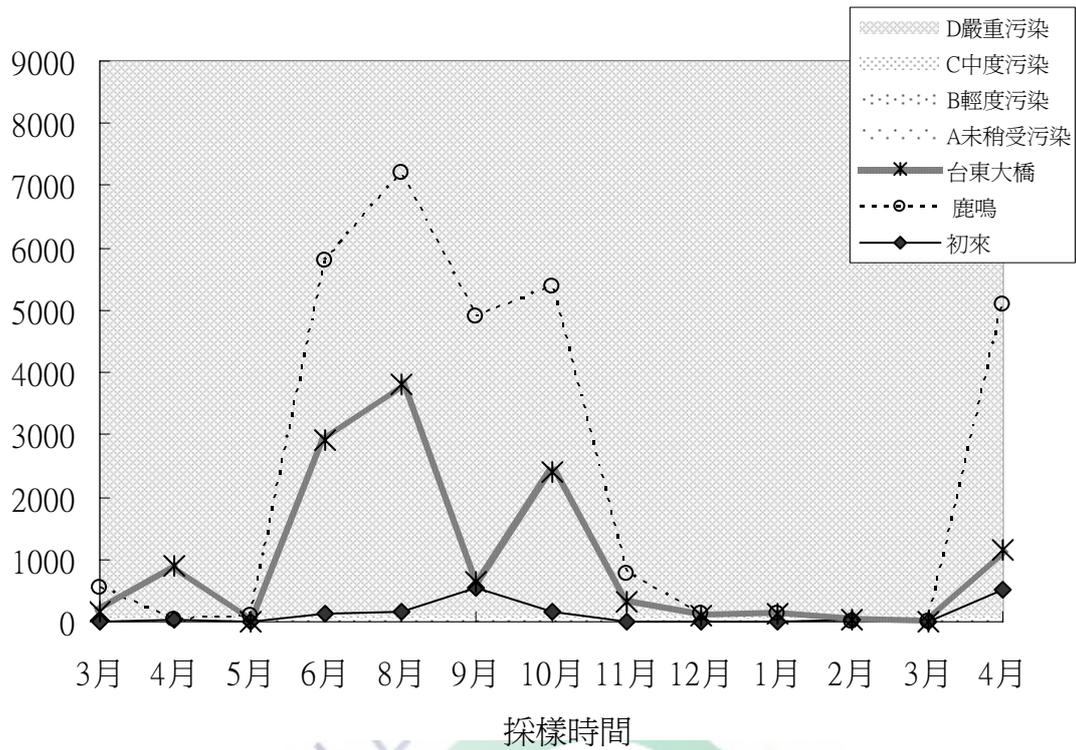
(單位：mg/L)



資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

圖 3-10 太平河流域全年氨氮變化 (2005/3-2006/4)

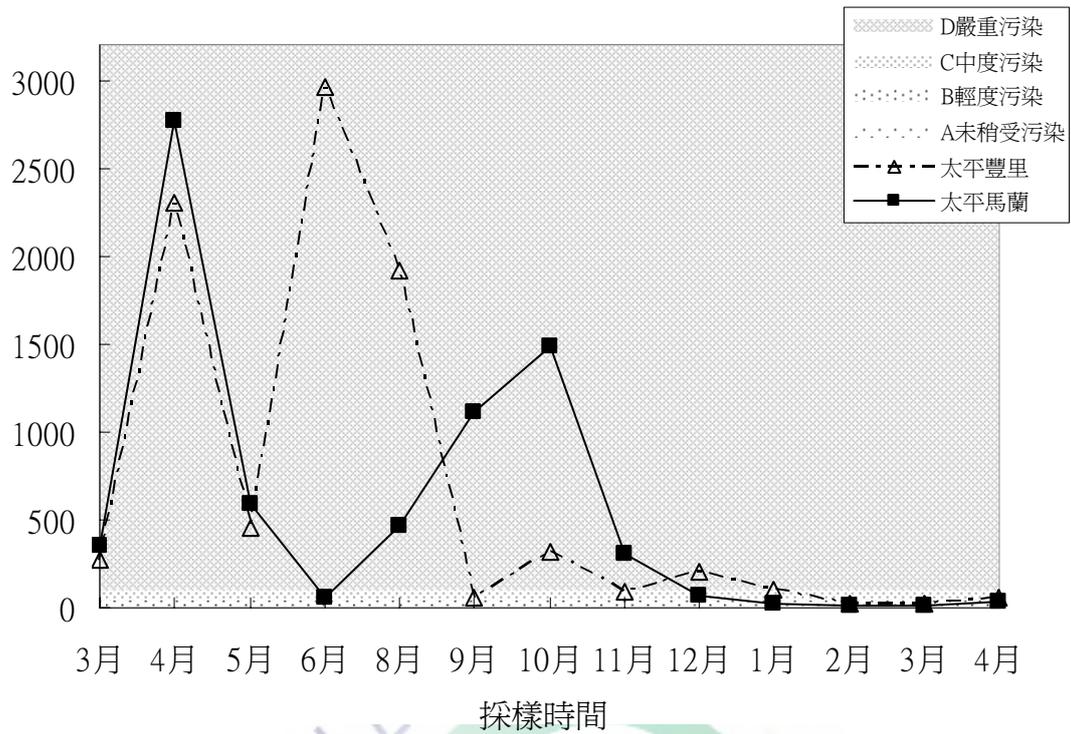
(單位：mg/L)



資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

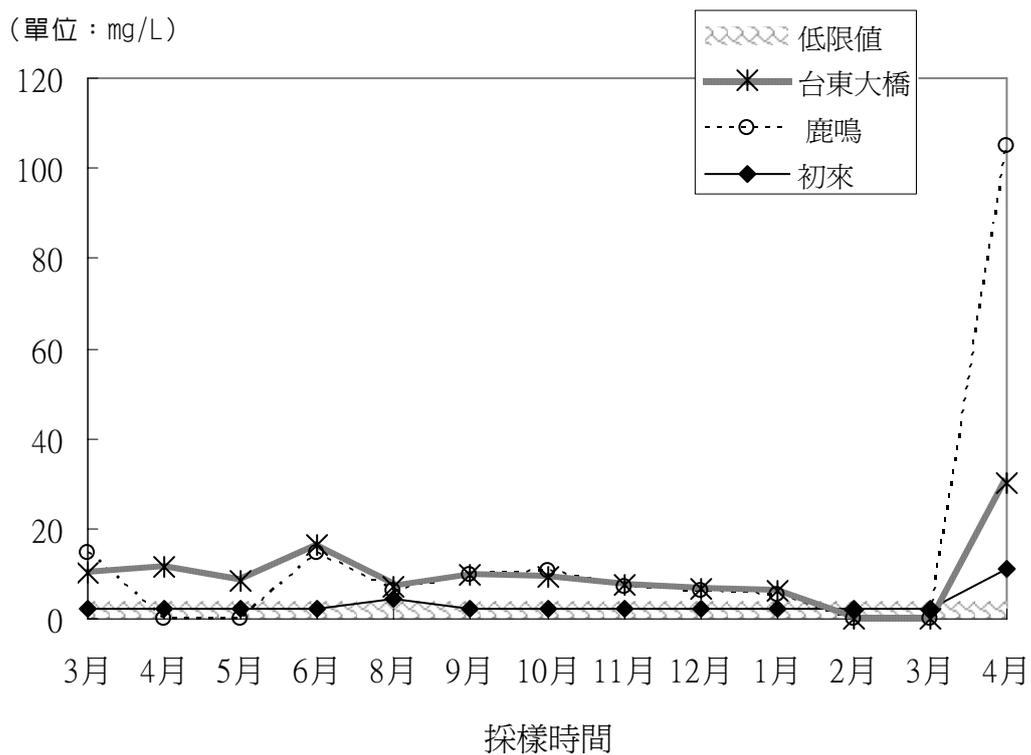
圖 3-11 卑南河流域全年懸浮固體變化 (2005/3-2006/4)

(單位：mg/L)



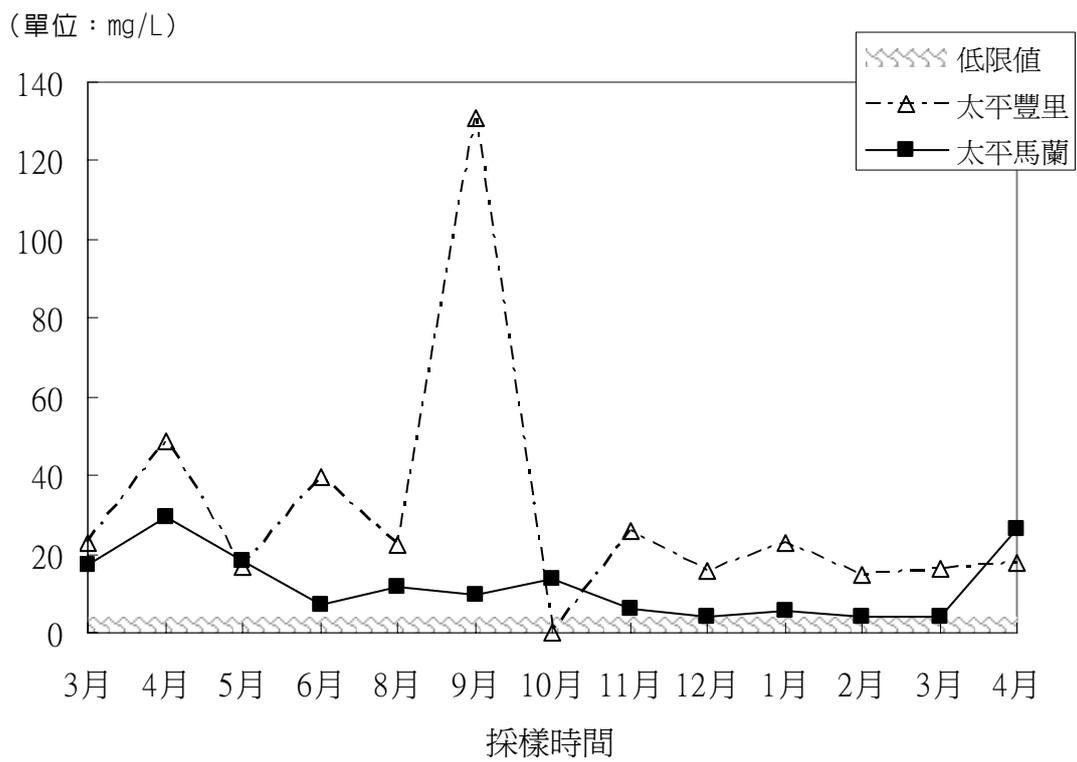
資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

圖 3-12 太平河流域全年懸浮固體變化 (2005/3-2006/4)



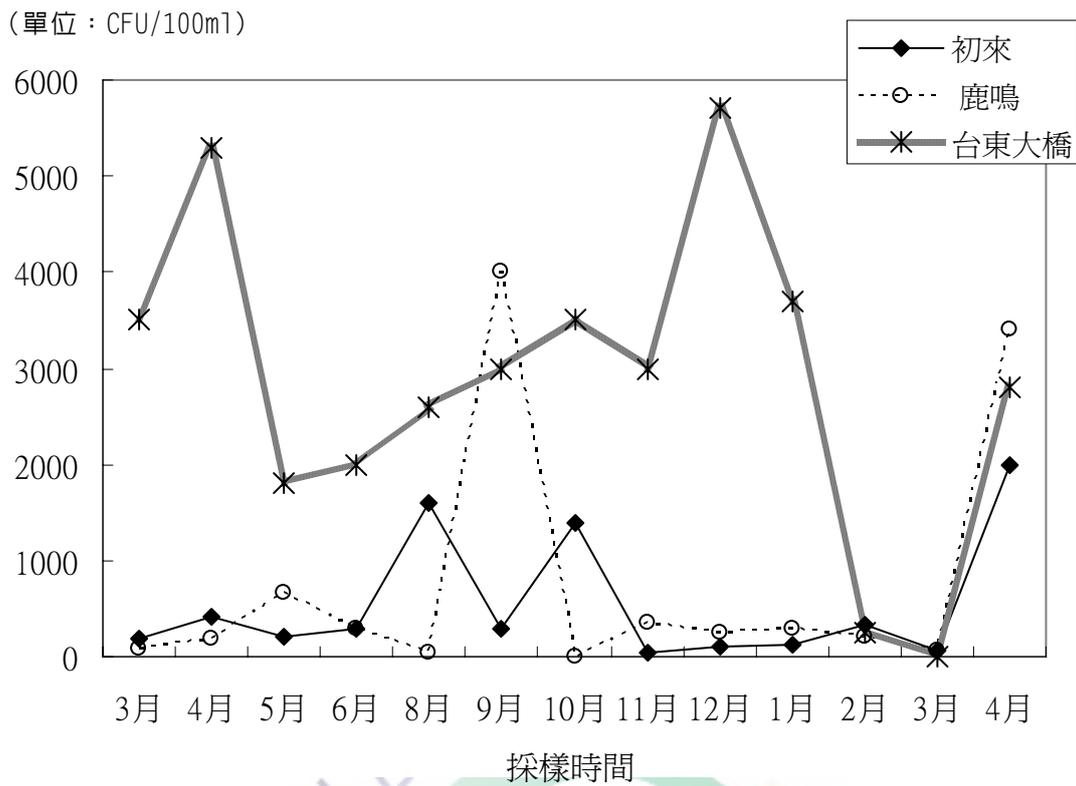
資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

圖 3-13 卑南河流域全年化學需氧量變化 (2005/3-2006/4)



資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

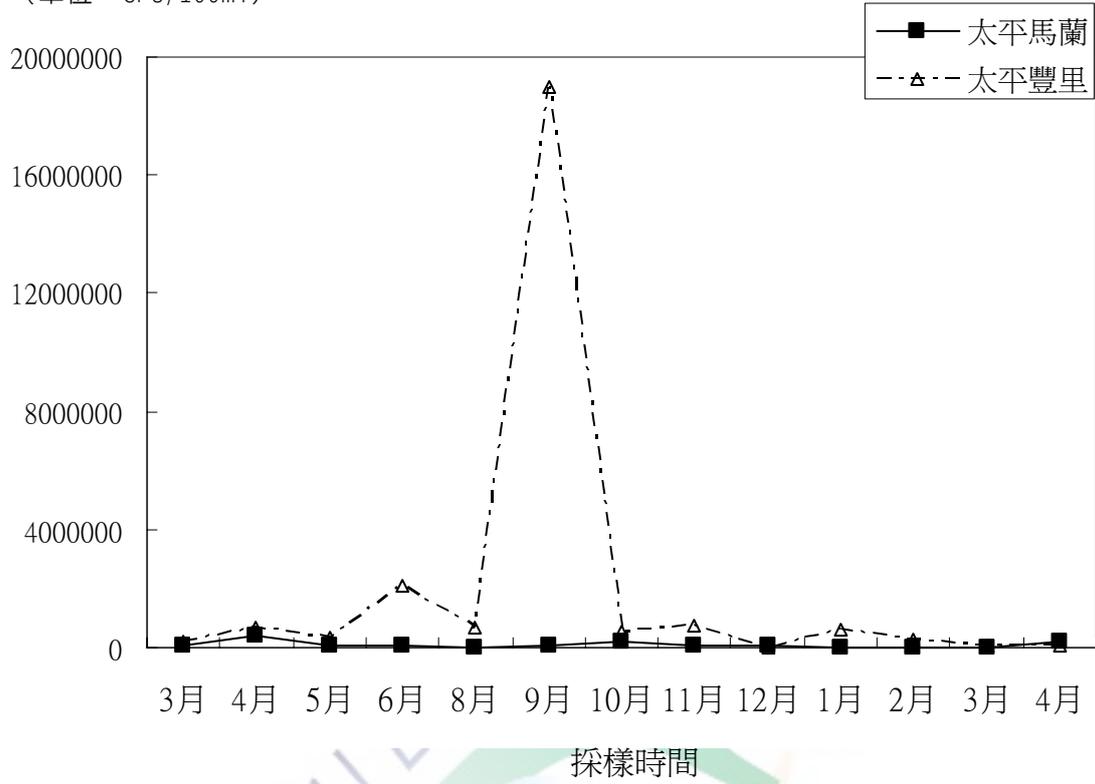
圖 3-14 太平河流域全年化學需氧量變化 (2005/3-2006/4)



資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

圖 3-15 卑南河流域全年大腸桿菌數變化 (2005/3-2006/4)

(單位：CFU/100ml)



資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

圖 3-16 太平河流域全年大腸桿菌數變化 (2005/3-2006/4)

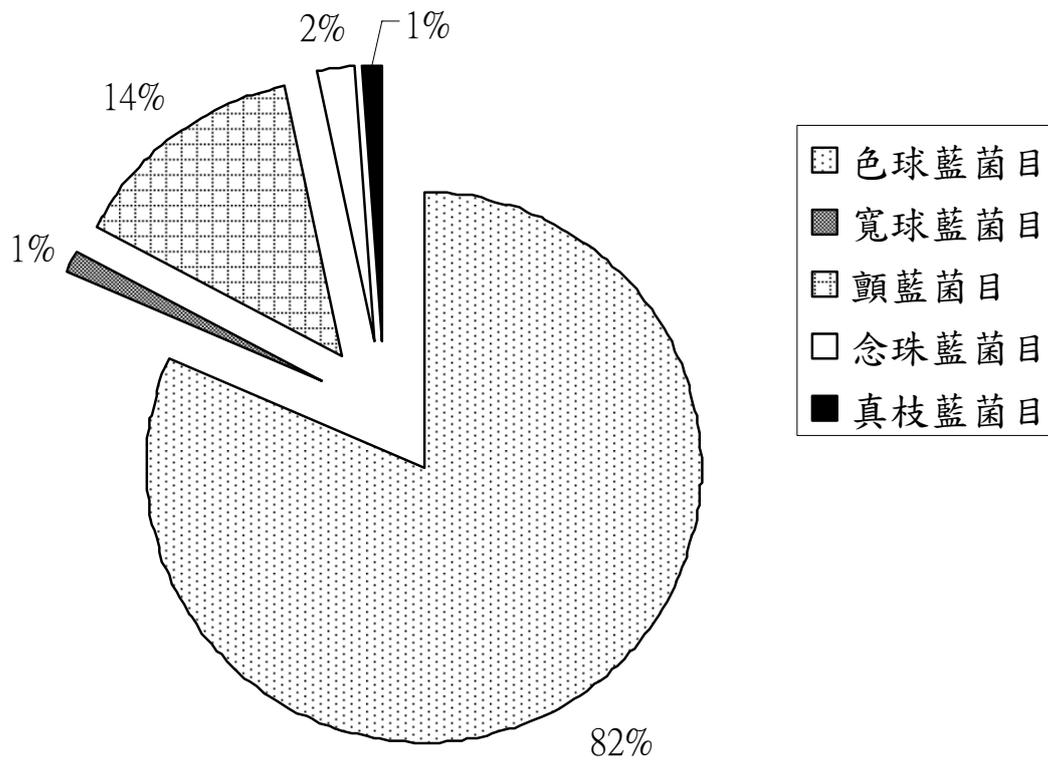


圖 3-17 卑南溪各藍菌目全年相對比例 (2005/3-2006/4)

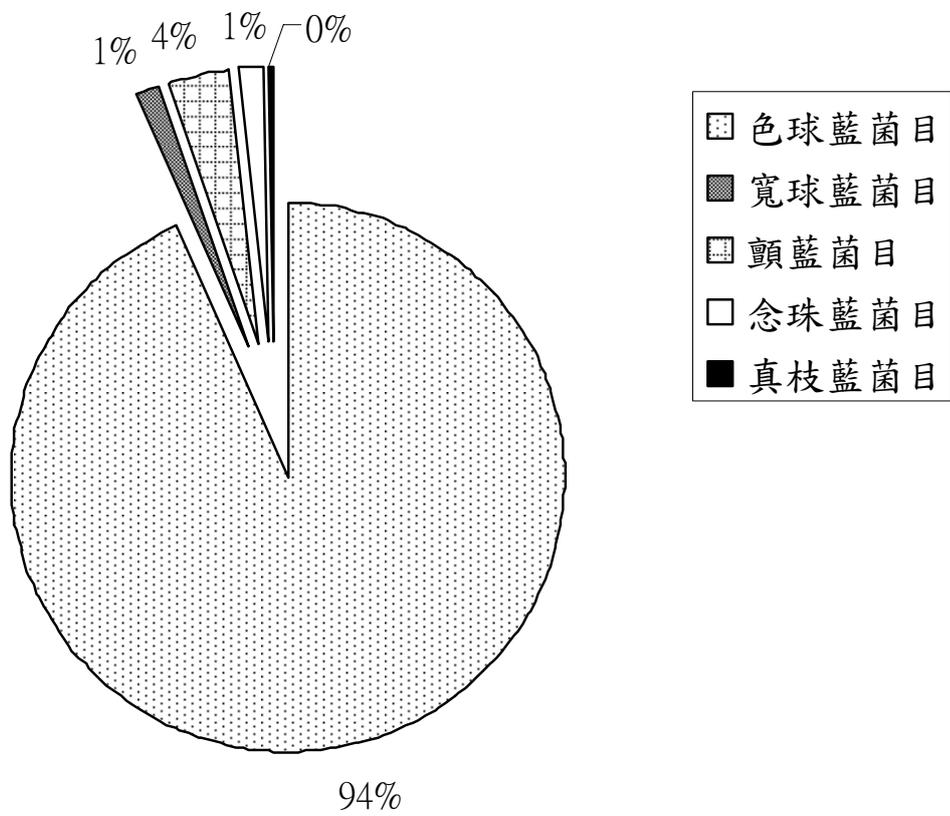
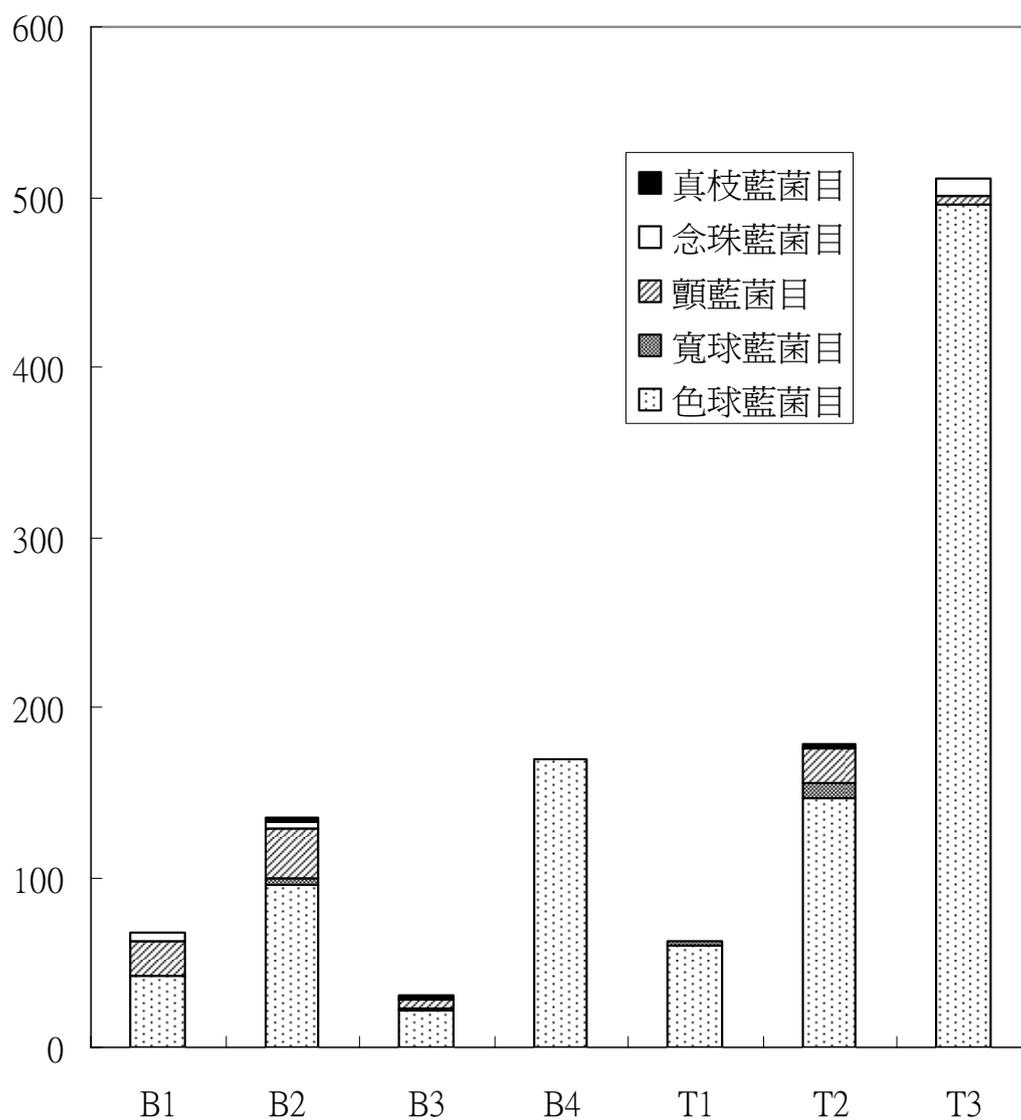


圖 3-18 太平溪各藍菌目全年相對比例 (2005/3-2006/4)

( 單位：個 )



註：B1 為初來橋、B2 為電光大橋、B3 為鹿鳴橋、B4 為台東大橋；T1 為太平橋、  
T2 為馬蘭橋、T3 為豐里橋。

圖 3-19 卑南溪與太平溪各採樣點全年菌落數 (2005/3-2006/4)

( 單位：個 )

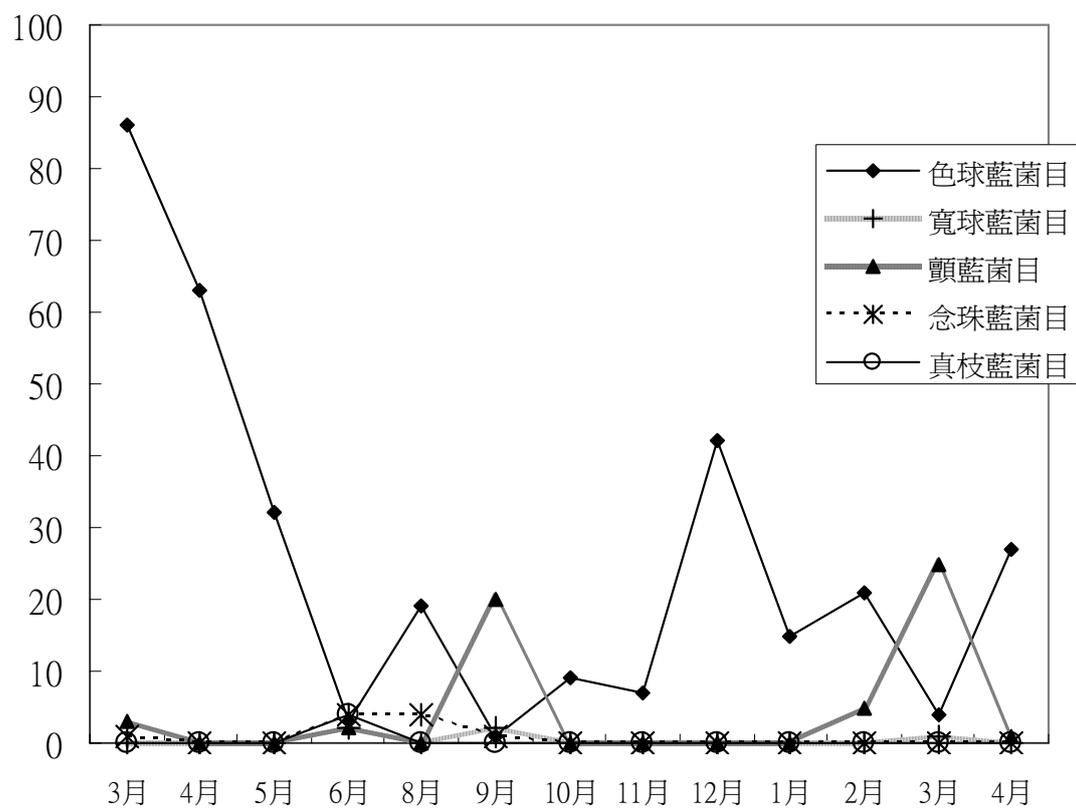
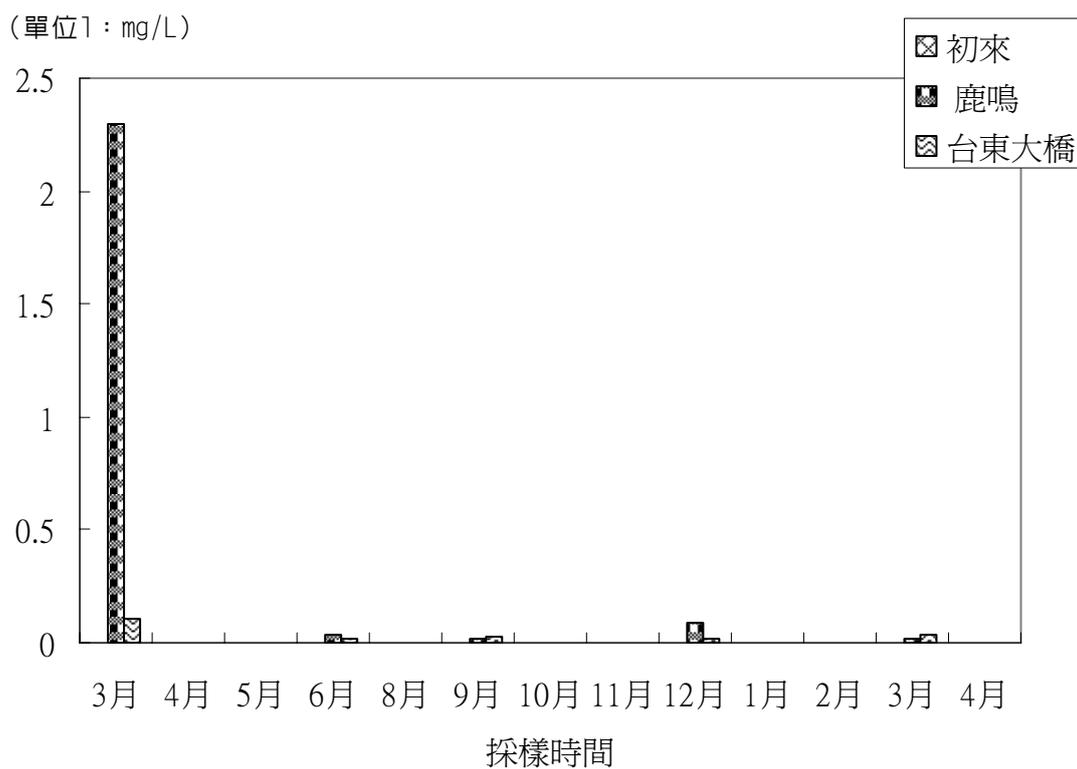


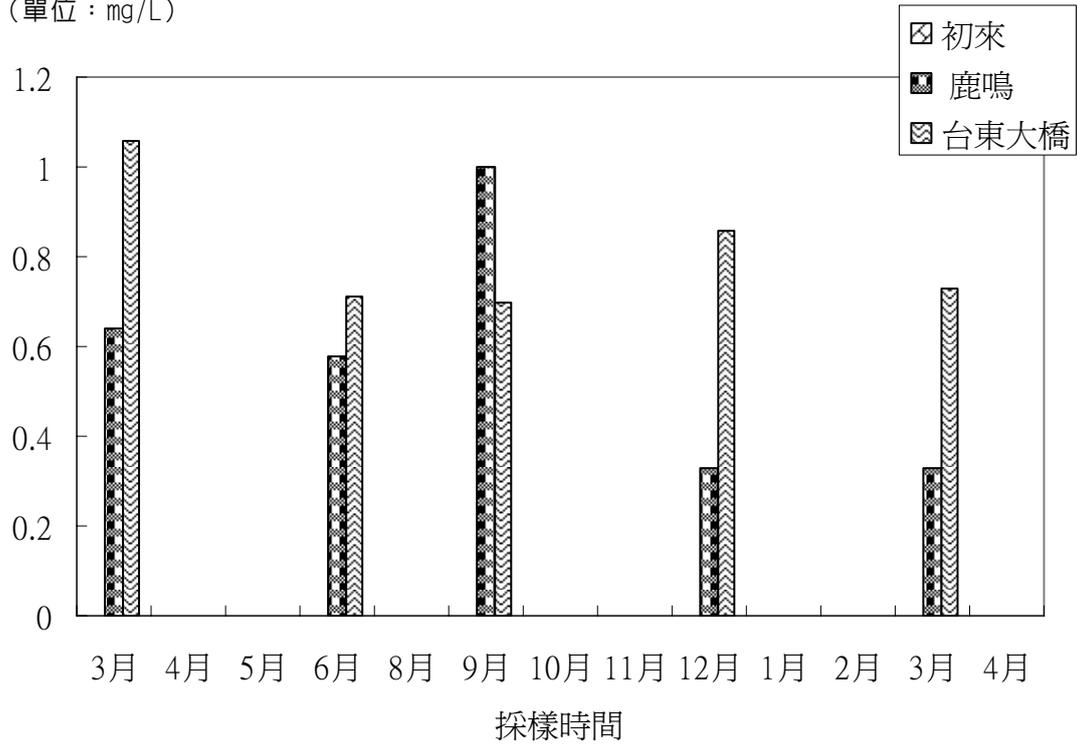
圖 3-20 卑南溪藍菌菌落數每月變化情形 (2005/3-2006/4)



資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

圖 3-21 卑南河流域總磷含量變化 (2005/3-2006/4)

(單位：mg/L)



資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

圖 3-22 卑南溪流域總氮含量變化 (2005/3-2006/4)

( 單位：個 )

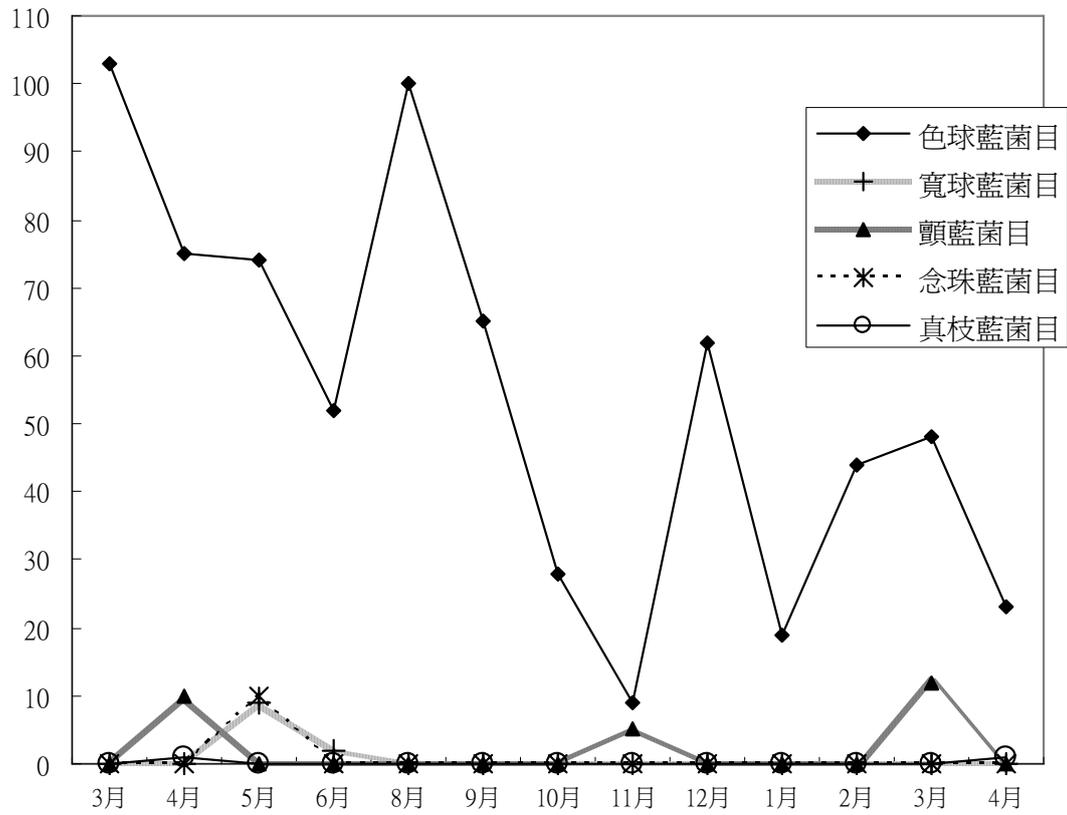
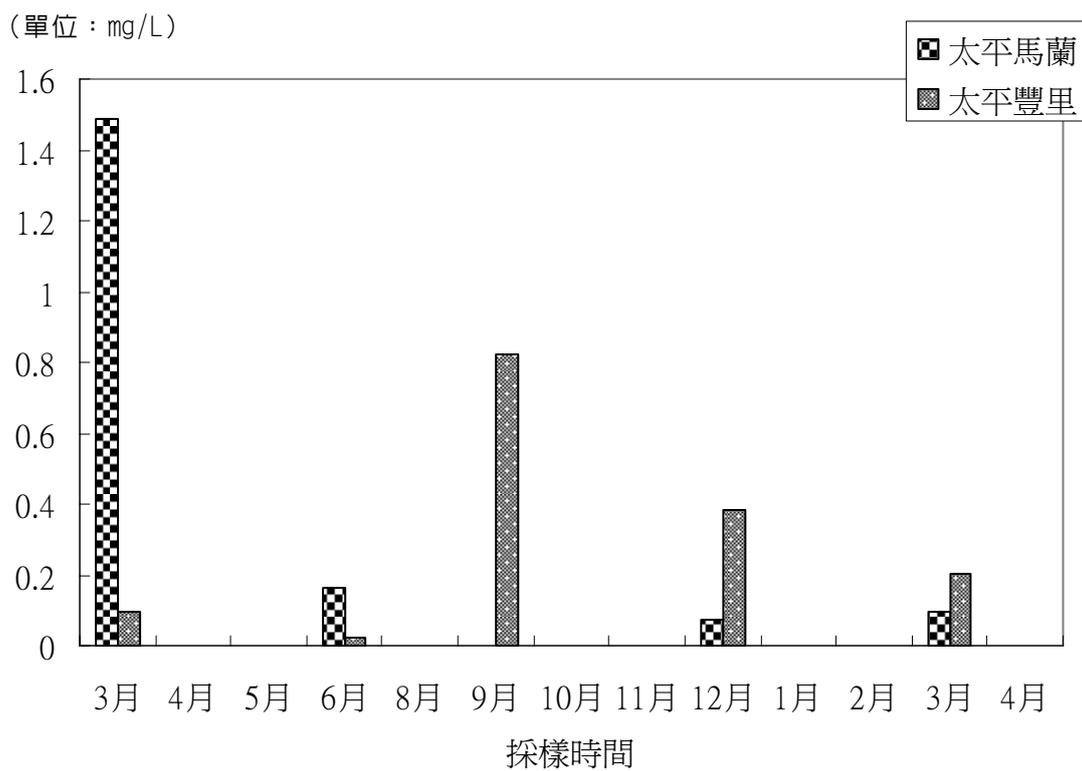


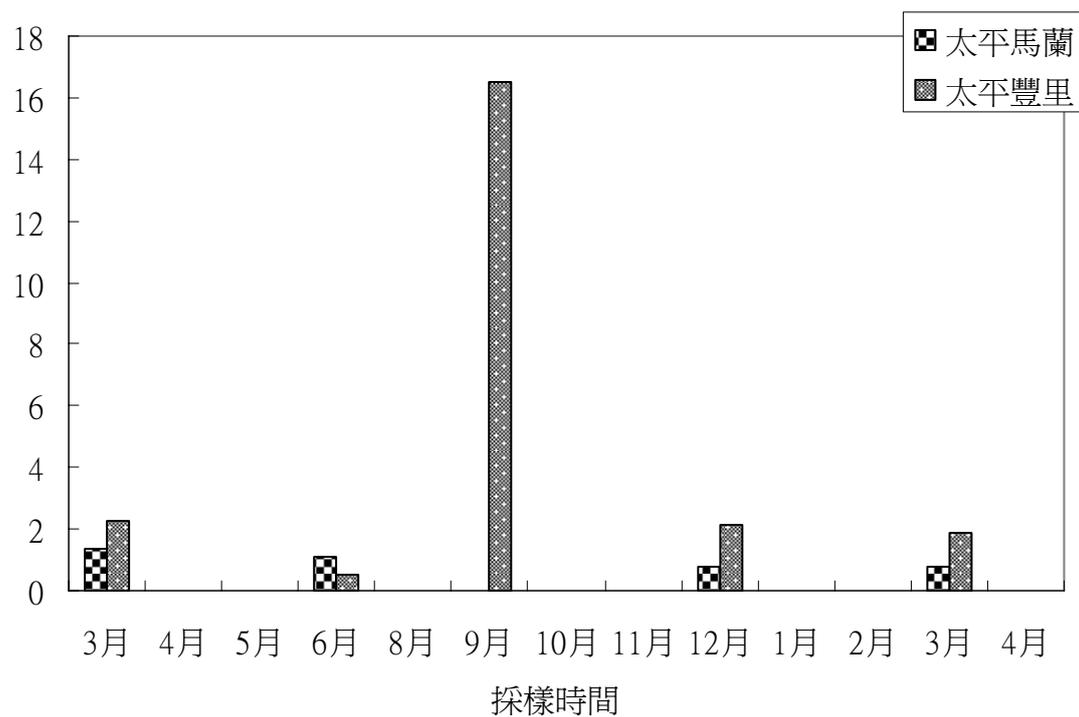
圖 3-23 太平溪藍菌菌落數每月變化情形 (2005/3-2006/4)



資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

圖 3-24 太平河流域總磷含量變化 (2005/3-2006/4)

(單位：mg/L)



資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

圖 3-25 太平河流域總氮含量變化 (2005/3-2006/4)

( 單位：個 )

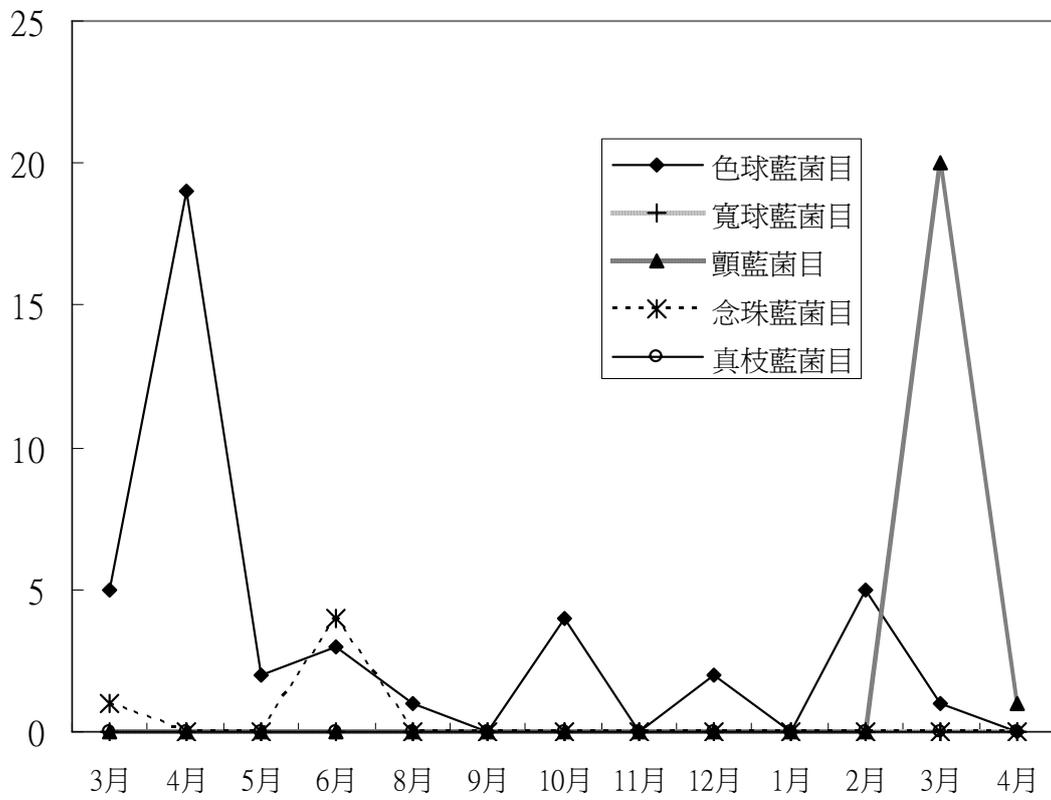


圖 3-26 初來橋(site B1)藍菌菌落數變化情形 (2005/3-2006/4)

( 單位：個 )

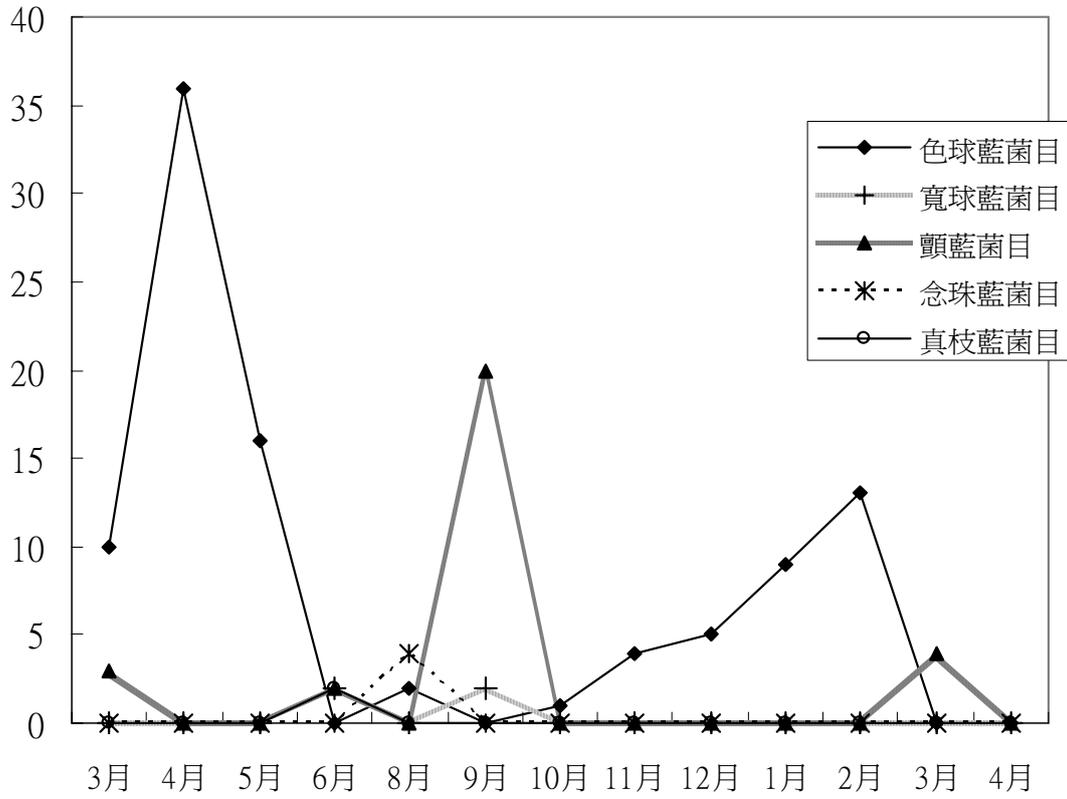


圖 3-27 電光大橋(site B2)藍菌菌落數變化情形 (2005/3-2006/4)

( 單位：個 )

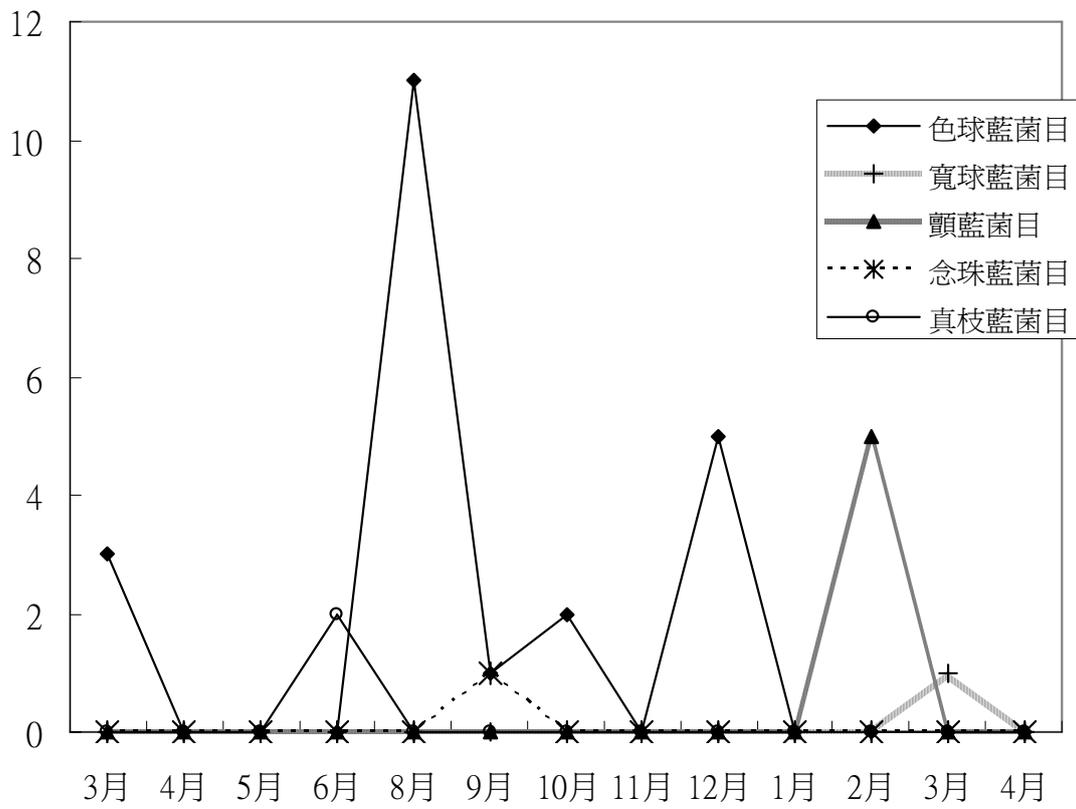


圖 3-28 鹿鳴橋(site B3)藍菌菌落數變化情形 (2005/3-2006/4)

( 單位：個 )

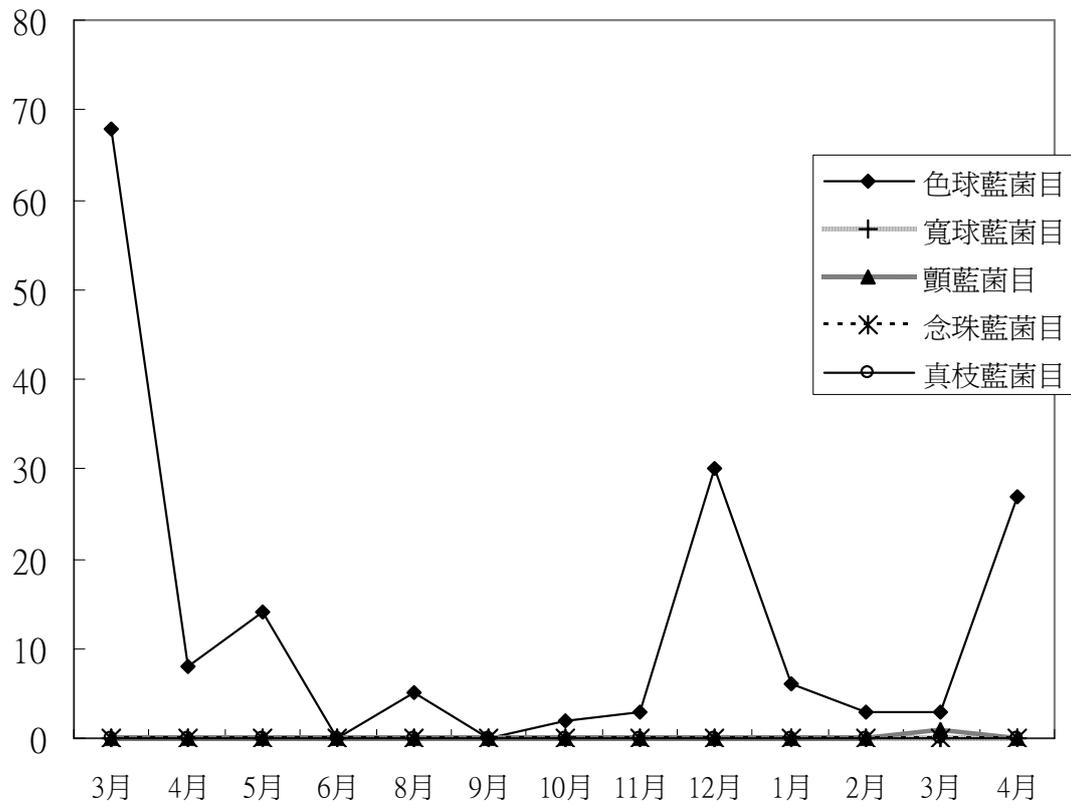


圖 3-29 台東大橋(site B4)藍菌菌落數變化情形 (2005/3-2006/4)

( 單位：個 )

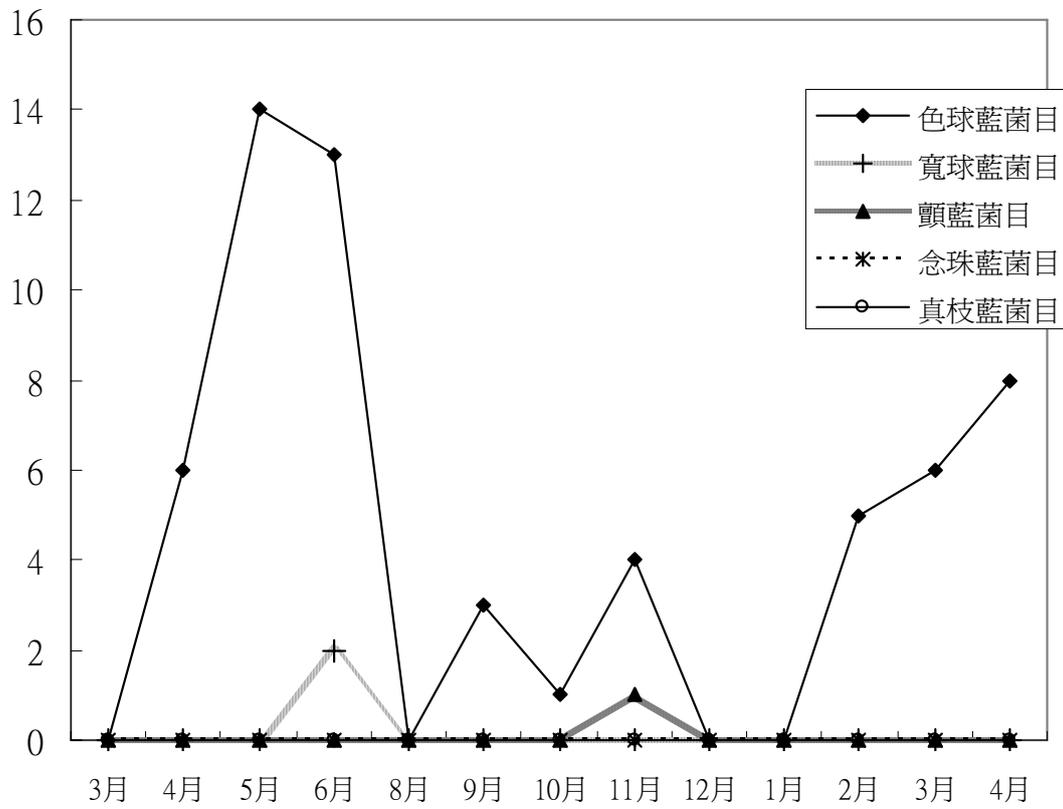


圖 3-30 太平橋(site T1)藍菌菌落數變化情形 (2005/3-2006/4)

( 單位：個 )

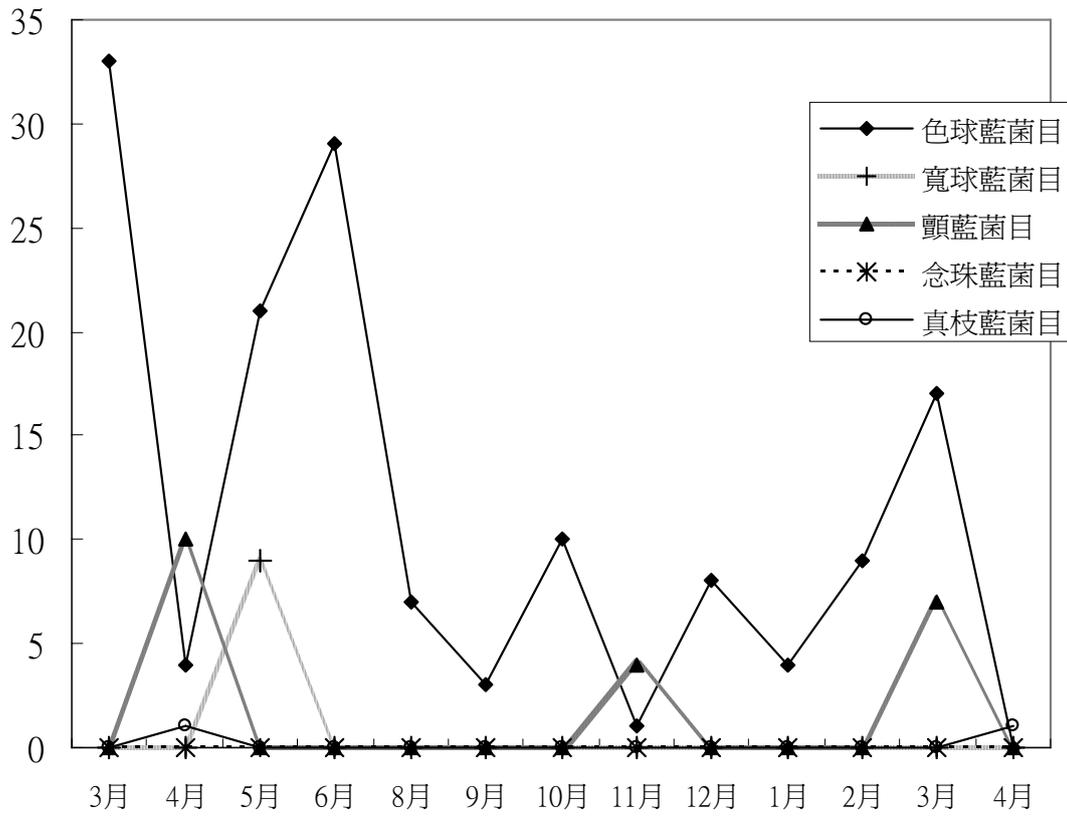


圖 3-31 馬蘭橋(site T2)藍菌菌落數變化情形 (2005/3-2006/4)

( 單位：個 )

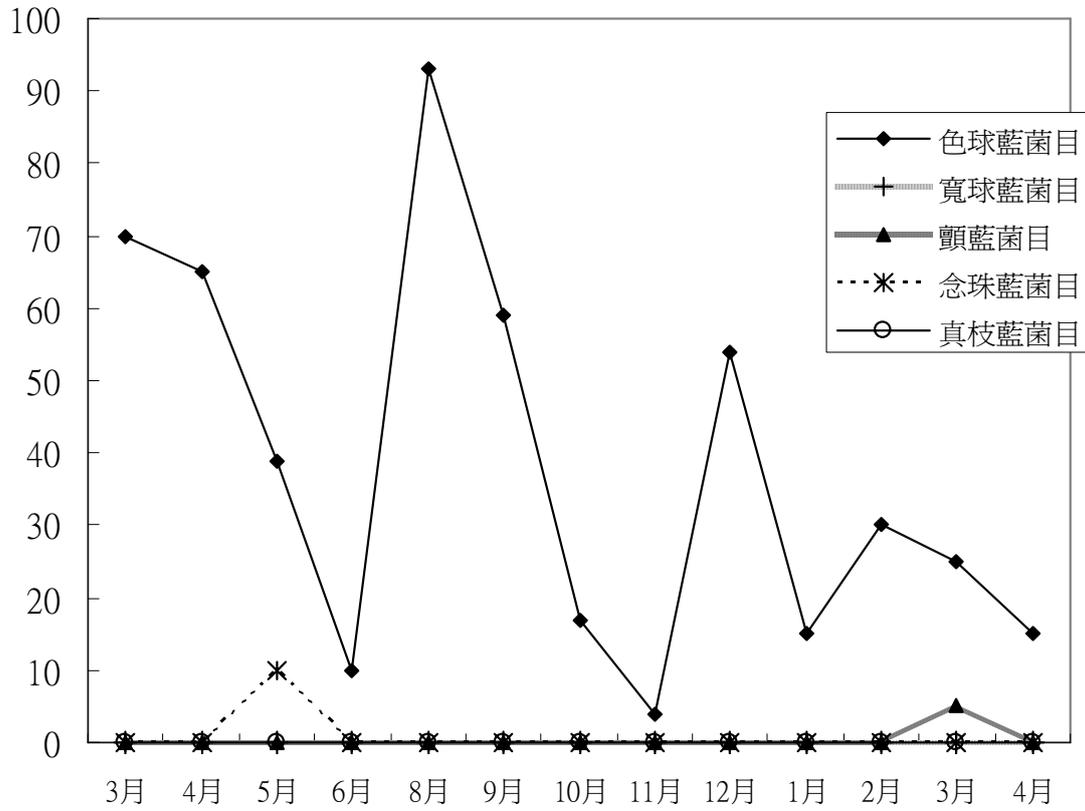


圖 3-32 豐里橋(site T3)藍菌菌落數變化情形 (2005/3-2006/4)

表 2-1 卑南溪、太平溪各採樣點地理位置分佈

採樣點	環保署理化指標採樣點		藍菌採樣點		採樣點間距 (km)
	經度	緯度	經度	緯度	
<u>卑南溪</u>					
初來橋(B1)	267321.68	2558205.55	26321	2558201	0
電光大橋(B2)	267852	2548441	267852	2548441	10.26
鹿鳴橋(B3)	259664.30	2532265.69	259669	2532218	15.20
台東大橋(B4)	264833.01	2521284.02	264833	2521278	11.23
<u>太平溪</u>					
太平橋(T1)	259588	2522115	259588	2522115	0
馬蘭橋(T2)	263615.91	2518376.02	263615	2518382	4.87
豐里橋(T3)	264617.37	2516214.21	265079	2515644	2.34

註 1：經緯度資料取自行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」。

註 2：採樣點間距為各採樣點與前一採樣點之相對距離。

表 2-2 河川污染指標(RPI)等級分類表

水質參數 (單位：mg/l)	污染等級			
	A(未/稍受污染)	B(輕度污染)	C(中度污染)	D(嚴重污染)
溶氧量(DO)	6.5 以上	4.6~6.5	2.0~4.5	2.0 以下
生化需氧量(BOD)	3.0 以下	3.0~4.9	5.0~15	15 以上
懸浮固體(SS)	20 以下	20~49	50~100	100 以上
氨氮(NH <sub>3</sub> -N)	0.5 以下	0.5~0.99	1.0~3.0	3.0 以上
點數	1	3	6	10
積分值	2.0 以下	2.0~3.0	3.1~6.0	6.0 以上

資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

表 2-3 WQI 之水質點數計算式

水質參數	單位	點數 (qi)
溶氧	mg/L	$0 < x < 0.7$ $-70.707x^3 + 195.96x^2 - 4.5707x$
		$0.7 \leq x < 1.4$ $-416.67x^4 + 2041.7x^3 - 3858.3x^2 + 3243.3x - 910$
生化需氧量	mg/L	$0 < \text{BOD} \leq 5$ $0.6078 \times B^3 - 3.5651 \times B^2 - 9.6099 \times B + 100.59$
		$5 < \text{BOD}$ $1123.6 / [1 + 99.9 \times \text{EXP}(0.2 \times B)]$
懸浮固體	mg/L	$2 < \text{pH} \leq 5$ $3.3333 \times \text{pH}^2 - 15 \times \text{pH} + 16.667$
		$5 < \text{pH} \leq 10$ $-12.562 \times \text{pH}^2 + 187.78 \times \text{pH} - 601.17$
		$\text{pH} > 10$ $6.6667 \times \text{pH}^2 - 156.67 \times \text{pH} + 920$
氨氮	mg/L	$0 < N \leq 2$ $-19.335 \times N^3 + 81.327 \times N^2 - 118.85 \times N + 99.749$
		$2 < N \leq 8$ $0.8271 \times N^2 - 14.106 \times N + 59.906$
大腸桿菌群	CFU/100ml	$1.13011 \times X^4 - 15.26941X^3 + 66.60307X^2 - 122.44465 \times X + 170.33508$
總磷	mg/L	$0 < P < 0.4$ $29.9 + 3.8147 / (P + 0.054)$
		$0.4 \leq P \leq 3$ $6.592 \times P^2 - 36.417 \times P + 49.906$

資料來源：行政院環境保護署訓練所，河川水質監測實物講習班講義，89年4月。

表 2-4 WQI 水質分類等級表

指數範圍	水體分類	水體用途說明
86-100	特優	水質優良，適合游泳一級公共用水及以下各類用途。
71-85	良好	水質良好，適二級公共用水、一級水產用水及以下各類用途。
51-70	中等	水質尚可，適三級公共用水、二級水產用水、一級工業用水及以下各類用途。
31-50	中下	水質屬中下等，適灌溉用水、二級工業用水及戊類用途。
16-30	不良	水質不良，為環境保育最低標準。
0-15	惡劣	水質惡劣，可能發生臭味。

資料來源：行政院環境保護署訓練所，河川水質監測實物講習班講義，89 年 4 月。

表 3-1 台東縣卑南溪於調查期間之水質理化因子 (2005/3-2006/4, n=14)

水質項目	採樣點								
	B1			B3			B4		
	最大值	最小值	Mean±SD	最大值	最小值	Mean±SD	最大值	最小值	Mean±SD
溫度(°C)	26.4	16.6	22.2±2.7	29.6	17.0	23.0±3.3	28.3	17.0	24.0±3.2
溶氧 (mg/L)	11.0	7.8	8.9±0.9	9.2	7.4	8.5±0.6	10.6	7.3	8.8±0.9
生化需氧量 (mg/L)	全年 小於 0.1	全年 小於 0.1	--	2.1	0.5	0.7±0.5	1.7	0.5	0.9±0.4
懸浮固體 (mg/L)	503.0	2.0	84.6±136.6	7220.0	0.5	2280.3 ±2719.7	3820.0	10.9	974.6 ±1220.3
氨氮 (mg/L)	全年 小於 0.02	全年 小於 0.02	--	0.12	0.01	0.07±0.03	0.07	0.01	0.03±0.02
酸鹼值	8.4	8.0	8.2±0.1	8.3	8.0	8.2±0.1	8.5	7.9	8.2±0.2
大腸桿菌群 (CFU/100ml)	4000	50	768±1090	4000	<10	497±1026	5700	<10	2512±1816
總磷 (mg/L)	0.05	0.01	0.02±0.02	2.30	0.02	0.49±1.01	0.11	0.02	0.04±0.03

資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

註：採樣點 B2 (電光大橋) 無水質資料

表 3-2 台東縣太平溪於調查期間之水質理化因子 (2005/3-2006/4, n=14)

水質項目	採樣點								
	T1			T2			T3		
	最大值	最小值	Mean±SD	最大值	最小值	Mean±SD	最大值	最小值	Mean±SD
溫度(°C)	25.4	19.9	22.9±2.0	31.9	16.3	25.9±4.8	31.8	17.1	26.2±4.2
溶氧 (mg/L)	9.8	6.9	8.1±0.9	10.3	5.8	8.5±1.3	9.0	1.8	5.9±2.3
生化需氧量 (mg/L)	全年 小於 0.1	全年 小於 0.1	--	4.6	1.0	1.8±0.8	33.4	1.9	7.7±7.8
懸浮固體 (mg/L)	5.8	0.5	2.4±1.9	2770.0	10.2	560.2 ±870.5	2960.0	17.6	678.4 ±971.0
氨氮 (mg/L)	0.02	0.01	0.01 ±0.003	0.31	0.03	0.14±0.10	7.29	0.21	1.43±1.78
酸鹼值	8.6	7.3	7.9±0.4	9.0	8.1	8.6±0.3	8.7	7.8	8.2±0.2
大腸桿菌群 (CFU/100ml)	2400	<5	334±667	3.8×10 <sup>5</sup>	8200	9.2×10 <sup>4</sup> ±1.1×10 <sup>5</sup>	1.9×10 <sup>7</sup>	1.9×10 <sup>3</sup>	1.8×10 <sup>6</sup> ±4.9×10 <sup>6</sup>
總磷 (mg/L)	0.06	0.01	0.03±0.02	1.49	0.08	0.46±0.69	0.82	0.02	0.30±0.32

資料來源：行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」

表 3-3 各採樣點調查期間之河川污染程度指標 (RPI) 值 (2005/3-2006/4, n=14)

採樣點	RPI			污染程度範圍	平均污染等級
	最大值	最小值	Mean±SD		
<u>卑南溪</u>					
<b>B1</b>	3	1	1.84±1.09	未/稍受污染 ∩ 輕度污染	未/稍受污染
<b>B2</b>	--	--	--	--	--
<b>B3</b>	3	1	2.73±0.91	未/稍受污染 ∩ 輕度污染	輕度污染
<b>B4</b>	3	1	2.70±0.96	未/稍受污染 ∩ 輕度污染	輕度污染
<u>太平溪</u>					
<b>T1</b>	1	1	1.00±0.00	未/稍受污染	未/稍受污染
<b>T2</b>	4	1	2.48±1.00	未/稍受污染 ∩ 中度污染	輕度污染
<b>T3</b>	9	2	5.05±1.81	中度污染 ∩ 嚴重污染	中度污染

註 1：依據行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」資料計算而得。

註 2：B2 採樣點無環保署資料。

註 3：未受污染 (RPI<2.0)；輕度污染 (2.0≤RPI≤3.0)；  
中度污染 (3.1≤RPI≤6.0)；嚴重污染 (RPI>6.0)。

表 3-4 各採樣點調查期間之河川水質指數 (2005/3-2006/4, n=14)

採樣點	WQI			水體分類範圍	平均水體等級
	最大值	最小值	Mean±SD		
<u>卑南溪</u>					
B1	91	71	83.00±6.77	良好~特優	良好
B2	--	--	--	--	--
B3	88	64	76.36±6.87	中等~良好	良好
B4	87	67	74.79±5.70	中等~良好	良好
<u>太平溪</u>					
T1	93	85	89.15±2.61	特優	特優
T2	73	49	60.38±6.84	中下~良好	中等
T3	54	14	40.64±11.80	不良~中等	中下

註 1：依據行政院環保署「全國環境水質監測資訊網」資料計算而得。

註 2：B2 採樣點無環保署資料。

註 3：特優 ( $86 \leq WQI \leq 100$ )；良好 ( $71 \leq WQI \leq 85$ )；中等 ( $51 \leq WQI \leq 70$ )；中下 ( $31 \leq WQI \leq 50$ )；不良 ( $16 \leq WQI \leq 30$ )；惡劣 ( $0 \leq WQI \leq 15$ )。

表 3-5 卑南溪與太平溪採得之所有藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像（一）

Genus of Cyanobacteria	Image under microscope
<i>Monear</i>	原核生物界
<i>Cyanophyta</i>	藍菌門
<i>Cyanophyceae</i>	藍菌綱
<i>Chroococcales</i>	色球藍菌目
<i>Chroococcaceae</i>	色球藍菌科

Cyanothece sp.  
藍菌屬

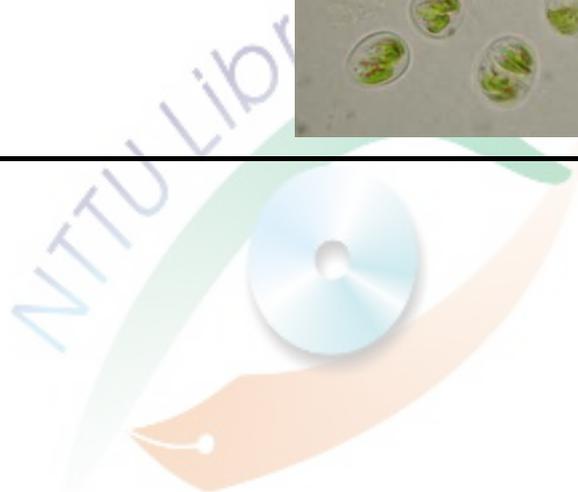
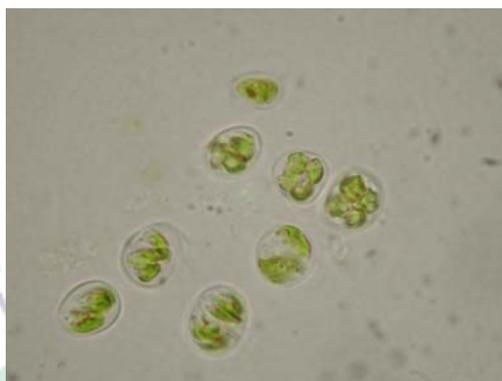


表 3-6 卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像（二）

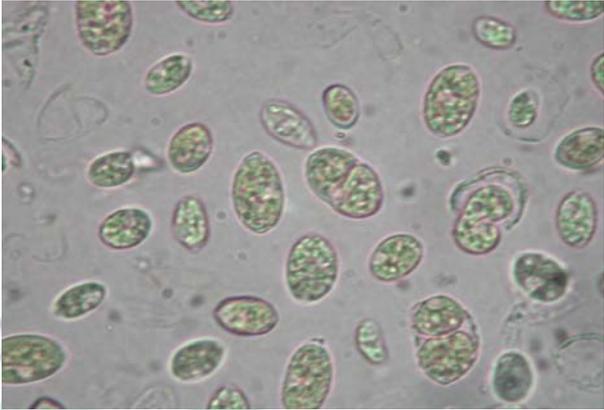
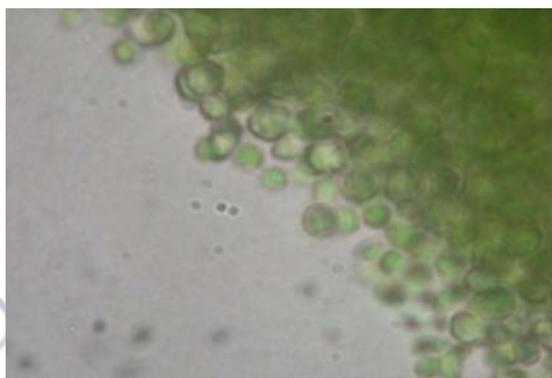
Genus of Cyanobacteria	Image under microscope
<i>Monear</i>	原核生物界
<i>Cyanophyta</i>	藍菌門
<i>Cyanophyceae</i>	藍菌綱
<i>Chroococcales</i>	色球藍菌目
<i>Cyanobacteriaceae</i>	藍菌科
Cyanocomperia sp. 跳小藍菌屬	

表 3-7 卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像（三）

Genus of Cyanobacteria	Image under microscope
<i>Monear</i>	原核生物界
<i>Cyanophyta</i>	藍菌門
<i>Cyanophyceae</i>	藍菌綱
<i>Chroococcales</i>	色球藍菌目
<i>Microcystaceae</i>	微囊藍菌科

*Microcystis* sp.  
微囊藍菌屬 5



*Gloeocapsa* sp.  
粘球藍菌屬

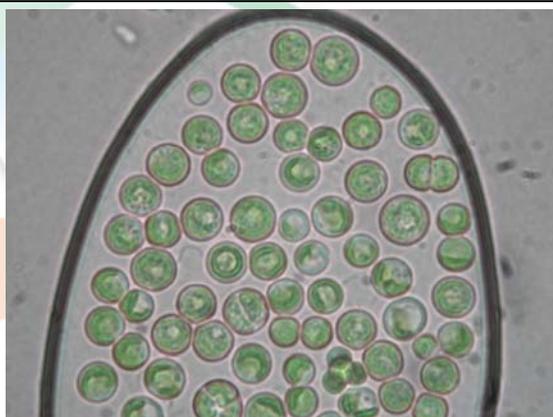


表 3-8 卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像（四）

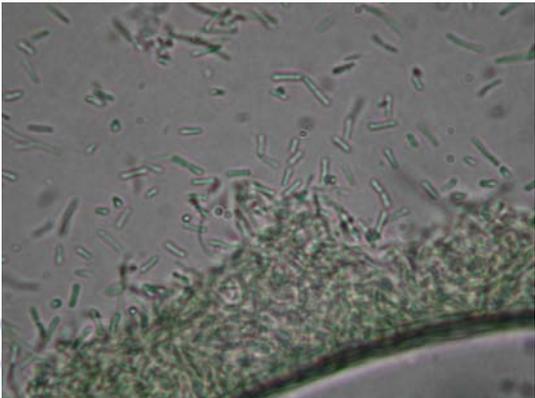
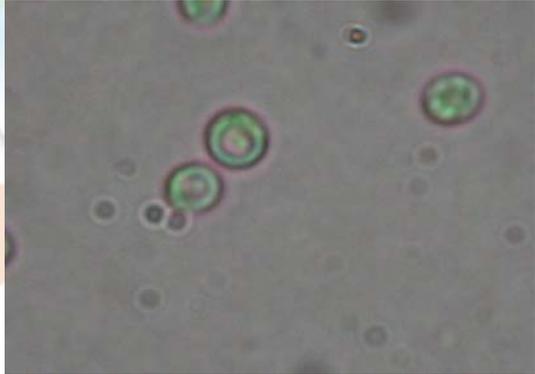
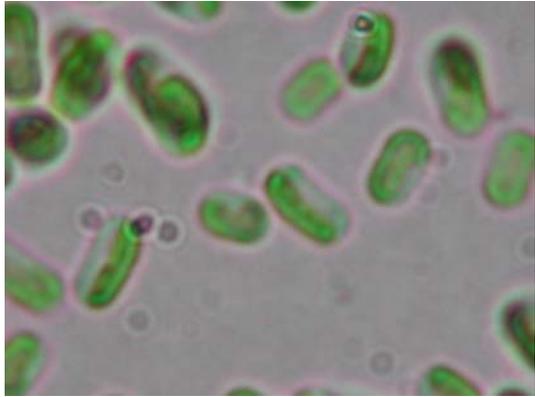
Genus of Cyanobacteria	Image under microscope
<i>Monear</i>	原核生物界
<i>Cyanophyta</i>	藍菌門
<i>Cyanophyceae</i>	藍菌綱
<i>Chroococcales</i>	色球藍菌目
<i>Synechococcaceae</i>	聚球藍菌科
<p><i>Synechococcus</i> sp. 聚球藍菌屬 3</p>	
<p><i>Planktocyanoapsa</i> sp. 浮戒環球藍菌 0.5-0.8*0.7-1.6</p>	
<p><i>Rhabdoderma</i> sp. 線形棒條藍菌</p>	

表 3-9 卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像（五）

Genus of Cyanobacteria	Image under microscope
<i>Monear</i>	原核生物界
<i>Cyanophyta</i>	藍菌門
<i>Cyanophyceae</i>	藍菌綱
<i>Chroococcales</i>	色球藍菌目
<i>Prochloraceae</i>	綠氧菌科

Prochlorococcus sp.  
原綠氧球菌屬

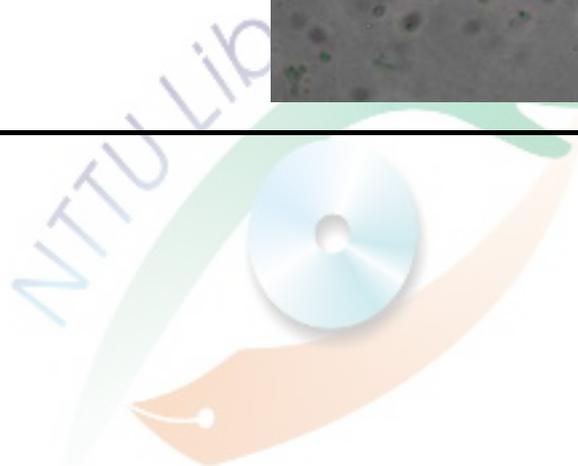
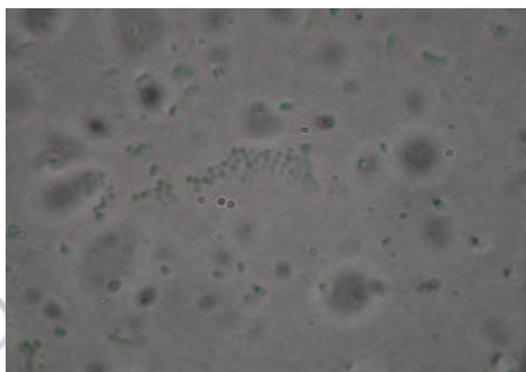


表 3-10 卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像（六）

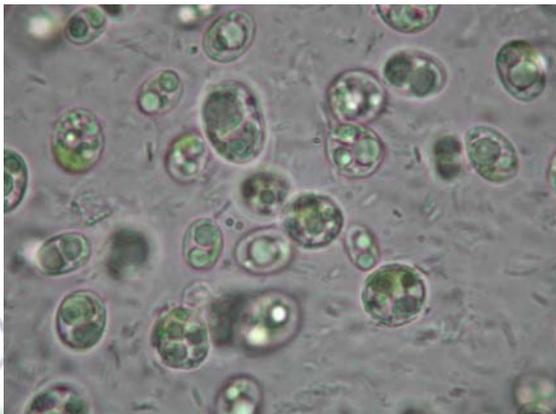
Genus of Cyanobacteria	Image under microscope
<i>Monear</i>	原核生物界
<i>Cyanophyta</i>	藍菌門
<i>Cyanophyceae</i>	藍菌綱
<i>Chroococcales</i>	色球藍菌目
<i>Chamaesiphonaceae</i>	管胞藍菌科
<p><i>Chamaecalyx</i> sp. 扁萼藍菌屬</p>	

表 3-11 卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像（七）

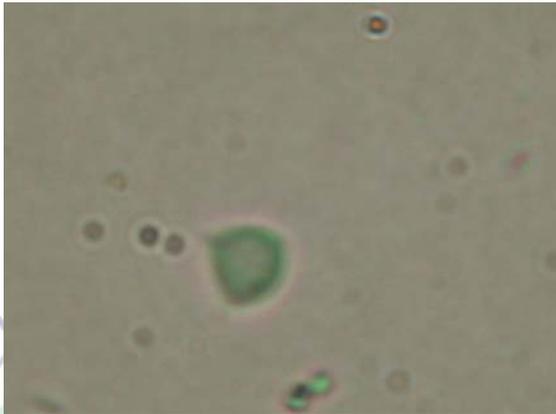
Genus of Cyanobacteria	Image under microscope
<i>Monear</i>	原核生物界
<i>Cyanophyta</i>	藍菌門
<i>Cyanophyceae</i>	藍菌綱
<i>Chroococcales</i>	色球藍菌目
<i>Dermocarpellaceae</i>	梨果藍菌科
<p><i>Dermocarpella</i> sp. 梨果藍菌屬</p>	
<p><i>Stanieria</i> 史坦尼爾藍菌屬</p>	

表 3-12 卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像（八）

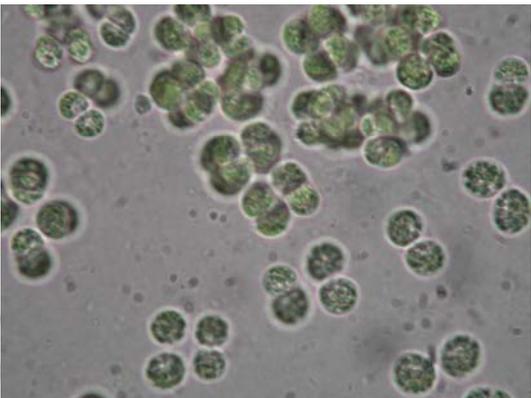
Genus of Cyanobacteria	Image under microscope
<i>Monear</i>	原核生物界
<i>Cyanophyta</i>	藍菌門
<i>Cyanophyceae</i>	藍菌綱
<i>Pleurocapsales</i>	寬球藍菌目
<i>Xenococcaceae</i>	異球藍菌科
<p><i>Chroococcidiopsis</i> sp. 團囊藍菌屬</p>	
<p><i>Pleurocapsa</i> sp. 寬球藍菌屬</p>	

表 3-13 卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像（九）

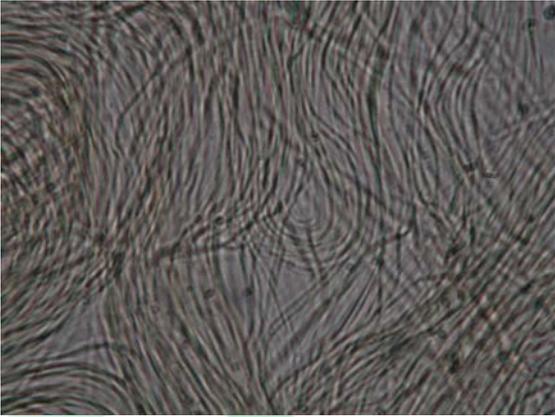
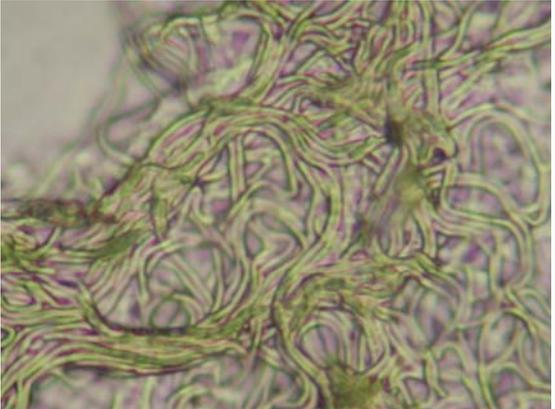
Genus of Cyanobacteria	Image under microscope
<i>Monear</i>	原核生物界
<i>Cyanophyta</i>	藍菌門
<i>Cyanophyceae</i>	藍菌綱
<i>Oscillatoriales</i>	顛藍菌目
<i>Oscillatoriaceae</i>	顛藍菌科
<p><i>Oscillatoria</i> sp. 顛藍菌屬</p>	
<p><i>Lyngbya</i> sp. 鞘絲藍菌屬</p>	

表 3-14 卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像（十）

Genus of Cyanobacteria	Image under microscope
<i>Monear</i>	原核生物界
<i>Cyanophyta</i>	藍菌門
<i>Cyanophyceae</i>	藍菌綱
<i>Oscillatoriales</i>	顫藍菌目
<i>Pseudanabaenaceae</i>	偽魚腥藍菌科

*Leptolyngbya* sp.  
細纖藍菌屬

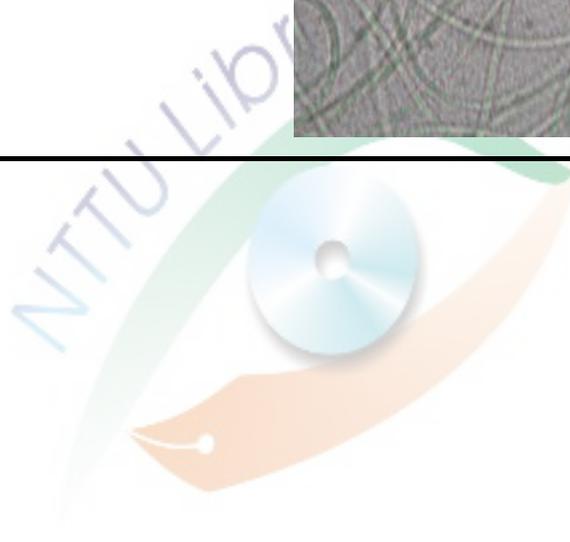
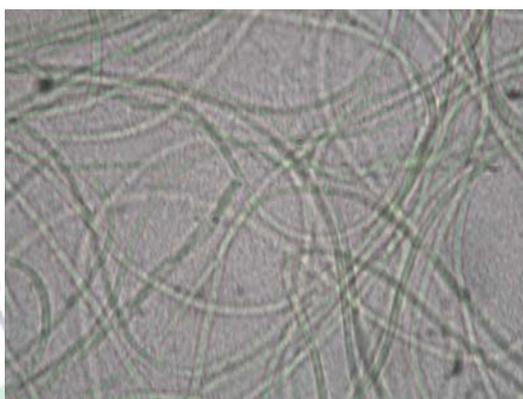


表 3-15 卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像（十一）

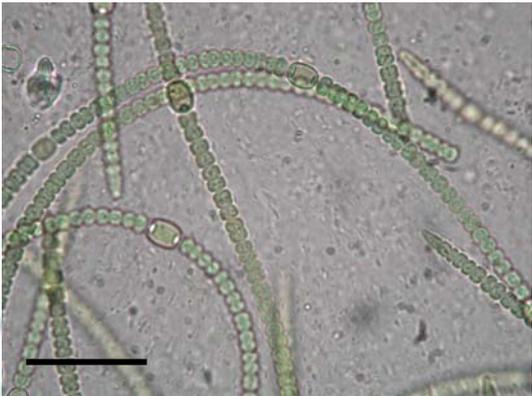
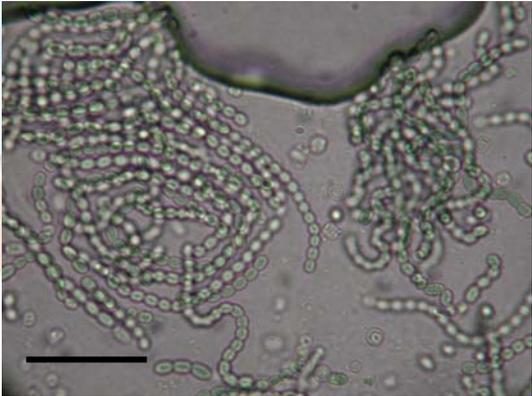
Genus of Cyanobacteria	Image under microscope
<i>Monear</i>	原核生物界
<i>Cyanophyta</i>	藍菌門
<i>Cyanophyceae</i>	藍菌綱
<i>Nostocales</i>	念珠藍菌目
<i>Nostocaceae</i>	念珠藍菌科
<p><i>Nostoc</i> sp. 念珠藍菌屬</p>	
<p><i>Anabaena</i> sp. 魚腥藍菌屬</p>	

表 3-16 卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像（十二）

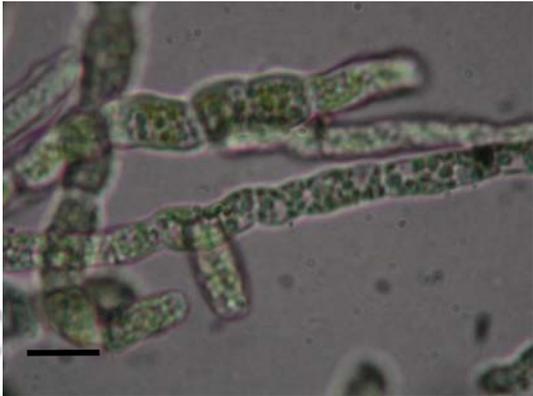
Genus of Cyanobacteria	Image under microscope
<i>Monear</i>	原核生物界
<i>Cyanophyta</i>	藍菌門
<i>Cyanophyceae</i>	藍菌綱
<i>Stigonematales</i>	真枝藍菌目
<i>Loriellaceae</i>	羅瑞拉藍菌科
Geitleria sp. 蓋特勒藍菌屬	

表 3-17 卑南溪與太平溪採得之藍菌種類與顯微鏡下拍攝之實際影像（十三）

Genus of Cyanobacteria	Image under microscope
<i>Monear</i>	原核生物界
<i>Cyanophyta</i>	藍菌門
<i>Cyanophyceae</i>	藍菌綱
<i>Stigonematales</i>	真枝藍菌目
<i>Fischerellaceae</i>	飛氏藍菌科

*Fischerella* sp.  
飛氏藍菌屬



表 3-18 卑南溪與太平溪藍菌種類分佈情形

Genus of Cyanobacteria	採樣點							
	卑南溪				太平溪			
	B1	B2	B3	B4	T1	T2	T3	
色球藍菌目	Cyanothece					○		
	Cyanocomperia					○	○	○
	Microcystis	○	○	○	○	○	○	○
	Gloeocapsa	○	○					
	Synechococcus	○		○	○	○	○	○
	Planktocyanoapsa		○		○			○
	Rhabdoderma		○	○	○		○	○
	Prochlorococcus	○				○		
	Chamaecalyx.		○					
	Dermocarpella	○						
	Stanieria	○	○	○	○	○	○	○
寬球藍菌目	Chroococciopsis		○	○		○		
	Pleurocapsa						○	
顫藍菌目	Oscillatoria	○					○	○
	Lyngbya	○	○		○	○	○	
	Leptolyngbya			○				
念珠藍菌目	Nostoc		○					○
	Anabaena	○		○				
真枝藍菌目	Geitleria		○	○			○	
	Fischerella						○	

註 1：『○』表示出現於採樣期間之藍菌種類。

註 2：表 3-19、表 3-21 之藍菌目顏色分類與本表相同。

表 3-19 卑南溪與太平溪藍菌絕對豐度 (2005/3-2006/4, n=13)

Genus of Cyanobacteria	平均菌落數 ± 標準差						
	卑南溪採樣點				太平溪採樣點		
	B1	B2	B3	B4	T1	T2	T3
Cyanothece	--	--	--	--	--	0.08±0.28	--
Cyanocomperia	--	--	--	--	0.62±2.21	3.85±9.53	0.77±2.77
Microcystis	0.15±0.38	2.38±4.19	0.15±0.56	6.08±10.68	0.38±1.39	2.62±3.82	22.69±31.45
Gloeocapsa	0.23±0.83	0.08±0.28	--	--	--	--	--
Synechococcus	0.23±0.83	--	0.08±0.28	0.62±1.56	1.00±3.61	0.08±0.28	4.62±16.64
Planktocyanoapsa	--	0.85±2.08	--	0.08±0.28	--	--	1.08±3.88
Rhabdoderma	--	2.38±8.60	0.31±0.86	5.54±17.70	--	2.23±8.04	1.15±2.73
Prochlorococcus	0.15±0.38	--	--	--	0.46±1.39	--	--
Chamaecalyx.	--	0.08±0.28	--	--	--	--	--
Dermocarpella	2.38±5.27	--	--	--	--	--	--
Stanieria	0.08±0.28	1.62±3.04	1.15±2.73	0.69±1.80	2.15±4.06	2.38±3.15	7.85±16.11
Chroococciopsis	--	0.31±0.75	0.08±0.28	--	0.15±0.56	--	--
Pleurocapsa	--	--	--	--	--	0.69±2.50	--
Oscillatoria	1.54±5.55	--	--	--	--	0.54±1.94	0.38±1.39
Lyngbya	0.08±0.28	2.23±5.51	--	0.08±0.28	0.08±0.28	1.08±2.90	--
Leptolyngbya	--	--	0.38±1.39	--	--	--	--
Nostoc	--	0.31±1.11	--	--	--	--	0.77±2.77
Anabaena	0.38±1.12	--	0.08±0.28	--	--	--	--
Geitleria	--	0.15±0.56	0.15±0.56	--	--	0.08±0.28	--
Fischerella	--	--	--	--	--	0.08±0.28	--

註 1：2005 年 7 月因有部份採樣點處於枯水期，無法採樣，故不列入計算。

註 2：菌落計數為於半徑 5cm 內之培養皿觀察所得；『--』表示無菌落出現。

表 3-20 卑南溪與太平溪藍菌目相對比例（2005/3-2006/4）

採樣點		色球藍菌目	寬球藍菌目	顛藍菌目	念珠藍菌目	真枝藍菌目	總菌落數
B1	菌落數	42	0	21	5	0	68
	百分比	61.76%	0.00%	30.88%	7.35%	0.00%	
B2	菌落數	96	4	29	4	2	135
	百分比	71.11%	2.96%	21.48%	2.96%	1.48%	
B3	菌落數	22	1	5	1	2	31
	百分比	70.97%	3.23%	16.13%	3.23%	6.45%	
B4	菌落數	169	0	1	0	0	170
	百分比	99.41%	0.00%	0.59%	0.00%	0.00%	
T1	菌落數	60	2	1	0	0	63
	百分比	95.24%	3.17%	1.59%	0.00%	0.00%	
T2	菌落數	146	9	21	0	2	178
	百分比	82.02%	5.06%	11.80%	0.00%	1.12%	
T3	菌落數	496	0	5	10	0	511
	百分比	97.06%	0.00%	0.98%	1.96%	0.00%	

表 3-21 卑南溪與太平溪藍菌相對豐度 (2005/3-2006/4, n=13)

Genus of Cyanobacteria	相對豐度(%) ± 標準差						
	卑南溪採樣點				太平溪採樣點		
	B1	B2	B3	B4	T1	T2	T3
Cyanothece	--	--	--	--	--	0.77±2.77	--
Cyanocomperia	--	--	--	--	7.69±27.74	13.08±32.50	7.69±27.74
Microcystis	4.21±13.82	17.50±32.43	1.40±5.04	36.35±47.70	7.69±27.74	26.47±41.30	45.99±47.95
Gloeocapsa	3.30±11.89	0.59±2.13	--	--	--	--	--
Synechococcus	5.77±20.80	--	3.85±13.87	13.46±33.25	6.67±24.04	1.54±5.55	7.10±25.60
Planktocyanoapsa	--	7.16±17.86	--	2.56±9.25	--	--	7.18±25.87
Rhabdoderma	--	6.62±23.88	11.54±29.96	14.93±36.47	--	6.76±24.37	2.52±5.47
Prochlorococcus	3.46±8.51	--	--	--	14.10±34.59	--	--
Chamaecalyx.	--	7.69±27.74	--	--	--	--	--
Dermocarpella	35.64±47.29	--	--	--	--	--	--
Stanieria	3.85±13.87	22.76±39.04	17.83±35.43	15.38±37.55	30.51±45.25	27.49±39.26	26.67±42.54
Chroococciopsis	--	3.26±9.38	7.69±27.74	--	1.03±3.70	--	--
Pleurocapsa	--	--	--	--	--	2.31±8.32	--
Oscillatoria	7.33±26.41	--	--	--	--	2.24±8.09	1.28±4.62
Lyngbya	7.69±27.74	19.02±35.59	--	1.92±6.93	1.54±5.55	11.65±28.49	--
Leptolyngbya	--	--	7.69±27.74	--	--	--	--
Nostoc	--	5.13±18.49	--	--	--	--	1.57±5.66
Anabaena	5.68±15.58	--	3.85±13.87	--	--	--	--
Geitleria	--	2.56±9.25	7.69±27.74	--	--	7.69±27.74	--
Fischerella						0.51±1.85	

註 1：2005 年 7 月因有部份採樣點處於枯水期，無法採樣，故不列入計算。

註 2：『--』表示相對豐度為零。

表 3-22 卑南溪與太平溪藍菌物種豐度 (2005/3-2006/4, n=13)

採樣時間	藍菌物種豐度 (種類數)						
	卑南溪				太平溪		
	B1	B2	B3	B4	T1	T2	T3
2005 年 3 月	2	2	1	2	0	2	1
2005 年 4 月	1	2	0	1	2	3	2
2005 年 5 月	1	2	0	1	1	2	3
2005 年 6 月	2	3	1	0	2	1	1
2005 年 8 月	1	2	2	1	0	1	1
2005 年 9 月	0	2	2	0	1	1	1
2005 年 10 月	2	1	2	1	1	2	1
2005 年 11 月	0	1	0	1	2	2	1
2005 年 12 月	2	1	1	1	0	2	1
2006 年 1 月	0	2	0	1	0	1	1
2006 年 2 月	2	2	1	2	1	1	1
2006 年 3 月	2	1	1	2	1	3	2
2006 年 4 月	1	0	0	1	1	1	2
平均值±標準差	1.23±0.83	1.62±0.77	0.85±0.80	1.08±0.64	0.92±0.76	1.62±0.65	1.38±0.65

註：2005 年 7 月因有部份採樣點處於枯水期，無法採樣，故不列入計算。

表 3-23 卑南溪與太平溪藍菌物種多樣性 (2005/3-2006/4, n=13)

採樣時間	藍菌物種多樣性指數 Shannon-Wiener index ( $H'$ )						
	卑南溪				太平溪		
	B1	B2	B3	B4	T1	T2	T3
2005 年 3 月	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19
2005 年 4 月	0.54	0.66	0.00	0.30	0.00	0.80	0.00
2005 年 5 月	0.00	0.00	0.00	0.69	0.00	0.00	0.00
2005 年 6 月	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56
2005 年 8 月	0.37	0.61	0.00	0.00	0.50	0.00	1.08
2005 年 9 月	0.00	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45
2005 年 10 月	0.00	0.68	0.00	0.56	0.69	0.50	0.00
2005 年 11 月	0.40	1.10	0.64	0.00	0.00	0.27	0.00
2005 年 12 月	0.00	0.00	0.47	0.69	0.00	0.00	0.00
2006 年 1 月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	0.00
2006 年 2 月	0.45	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2006 年 3 月	0.60	0.00	0.00	0.33	0.56	0.00	0.00
2006 年 4 月	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.24
平均值±標準差	0.24±0.29	0.35±0.36	0.14±0.28	0.12±0.23	0.10±0.20	0.31±0.35	0.20±0.31

註：2005 年 7 月因有部份採樣點處於枯水期，無法採樣，故不列入計算。

表 3-24 卑南溪、太平溪藍菌生物指標與水質理化指標相關性 (Pearson correlation, n=65)

	<b>Species Richness</b>	<b>Shannon-Weiner index</b>	<b>Total P</b>	<b>Total N</b>	<b>RPI</b>	<b>WQI</b>
<b>Species Richness</b>	1					
<b>Shannon-Weiner index</b>	0.831**	1				
<b>Total P</b>	0.028	-0.135	1			
<b>Total N</b>	-0.057	-0.163	0.257	1		
<b>RPI</b>	-0.023	-0.170	0.273	0.757**	1	
<b>WQI</b>	-0.202	-0.110	-0.195	-0.319	-0.482**	1

\*p<0.05 ; \*\*p<0.01 ; \*\*\*p<0.001

表 3-25 卑南溪、太平溪各藍菌目絕對豐度與水質理化指標相關性 (Pearson correlation, n=65)

	水質理化指標				相對豐度				
	RPI	WQI	Total P	Total N	色球 藍菌目	寬球 藍菌目	顛藍 菌目	念珠 藍菌目	真枝 藍菌目
RPI	1								
WQI	-0.48**	1							
Total P	0.27	-0.20	1						
Total N	0.76**	-0.32	0.26	1					
色球 藍菌目	0.50**	-0.52**	0.18	0.51**	1				
寬球 藍菌目	0.01	-0.10	-0.11	-0.08	-0.02	1			
顛藍 菌目	-0.19	0.08	-0.10	-0.07	-0.11	0.10	1		
念珠 藍菌目	0.02	-0.09	-0.10	-0.09	-0.10	-0.03	-0.05	1	
真枝 藍菌目	0.03	0.15	-0.07	-0.05	-0.12	0.10	0.09	-0.04	1

\* p<0.05 ; \*\* p<0.01 ; \*\*\* p<0.001

表 3-26 卑南溪、太平溪色球藍菌目各藍菌屬絕對豐度與水質理化指標相關性  
(Pearson correlation, n=65)

	RPI	WQI	總磷	總氮	藍菌屬	跳小 藍菌屬	微囊 藍菌屬	粘球 藍菌屬	聚球 藍菌屬	浮戒 環球 藍菌屬	線形 棒條 藍菌屬	原綠 氧球 藍菌屬	扁萼 藍菌屬	梨果 藍菌屬	史坦 尼爾 藍菌屬	
RPI	1															
WQI	-0.48**	1														
總磷	0.27	-0.20	1													
總氮	0.76**	-0.32	0.26	1												
藍菌屬	0.03	-0.07	--	--	1											
跳小 藍菌屬	0.03	-0.08	-0.05	-0.03	-0.02	1										
微囊 藍菌屬	0.45**	-0.34**	0.08	0.66**	0.03	-0.07	1									
粘球 藍菌屬	0.03	0.08	-0.07	-0.07	-0.01	-0.03	-0.02	1								
聚球 藍菌屬	0.26*	-0.12	-0.10	-0.06	-0.02	-0.03	-0.05	-0.02	1							
浮戒 環球 藍菌屬	0.11	-0.12	--	--	-0.02	-0.03	-0.05	-0.02	-0.03	1						
線形 棒條 藍菌屬	0.06	-0.05	0.20	-0.02	-0.02	-0.04	-0.01	-0.03	0.03	-0.02	1					
原綠 氧球 藍菌屬	-0.06	0.18	--	--	-0.02	-0.03	-0.06	-0.02	-0.01	-0.03	-0.03	1				
扁萼 藍菌屬	--	--	--	--	-0.01	-0.02	-0.04	-0.01	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	1			
梨果 藍菌屬	-0.22	0.22	-0.08	-0.08	-0.02	-0.03	-0.06	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	0.01	-0.02	1		
史坦 尼爾 藍菌屬	0.03	-0.44**	0.06	0.04	-0.04	-0.06	-0.08	-0.05	-0.05	0.001	-0.05	-0.04	-0.04	-0.06	1	

\* p<0.05 ; \*\* p<0.01 ; \*\*\* p<0.001

註 1：各藍菌屬英文學名請對照第三章 p。

註 2：因總磷與總氮為每季採檢一次之理化指標，因此本表欄位當中出現『--』者表示該藍菌屬相對豐度為零之月份恰為無總磷與總氮資料之月份，因此無法計算其相關性。

表 3-27 卑南溪、太平溪寬球藍菌目、顫藍菌目、念珠藍菌目、真枝藍菌目等各藍菌屬絕對豐度與水質理化指標相關性 (Pearson correlation, n=65)

	RPI	WQI	總磷	總氮	團囊 藍菌屬	寬球 藍菌屬	顫藍 菌屬	鞘絲 藍菌屬	細纖 藍菌屬	念珠 藍菌屬	魚腥 藍菌屬	蓋特勒 藍菌屬	飛氏 藍菌屬
RPI	1												
WQI	-0.48**	1											
總磷	0.27	-0.20	1										
總氮	0.76**	-0.32	0.26	1									
團囊 藍菌屬	-0.13	0.03	-0.11	-0.08	1								
寬球 藍菌屬	0.03	-0.10	--	--	-0.02	1							
顫藍 菌屬	-0.21	0.07	-0.10	-0.07	-0.03	-0.02	1						
鞘絲 藍菌屬	0.06	0.02	-0.07	-0.04	0.50**	-0.02	-0.03	1					
細纖 藍菌屬	-0.15	0.06	--	--	-0.02	-0.01	-0.02	-0.02	1				
念珠 藍菌屬	0.03	-0.15	--	--	-0.03	-0.01	-0.02	-0.03	-0.01	1			
魚腥 藍菌屬	-0.01	0.13	-0.10	-0.09	-0.03	-0.02	-0.02	-0.03	-0.02	-0.02	1		
蓋特勒 藍菌屬	0.01	0.15	-0.01	-0.05	0.35**	-0.02	-0.03	0.02	-0.02	-0.02	-0.03	1	
飛氏 藍菌屬	0.07	0.04	--	--	-0.02	-0.01	-0.02	0.42**	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	1

\*p<0.05 ; \*\*p<0.01 ; \*\*\*p<0.001

註 1：各藍菌屬英文學名請對照第三章 p。

註 2：因總磷與總氮為每季採檢一次之理化指標，因此本表欄位當中出現『--』者表示該藍菌屬相對豐度為零之月份恰為無總磷與總氮資料之月份，因此無法計算其相關性。

表 3-28 卑南溪、太平溪各藍菌目相對豐度與水質理化指標相關性 (Pearson correlation, n=65)

	水質理化指標				相對豐度				
	RPI	WQI	Total P	Total N	色球 藍菌目	寬球 藍菌目	顛藍 菌目	念珠 藍菌目	真枝 藍菌目
RPI	1								
WQI	-0.48	1							
Total P	0.27	-0.20	1						
Total N	0.76**	-0.32	0.26	1					
色球 藍菌目	0.22	-0.39**	0.32	0.23	1				
寬球 藍菌目	-0.12	-0.001	-0.90	-0.07	-0.21*	1			
顛藍 菌目	-0.15	0.10	-0.11	-0.08	-0.41*	0.01	1		
念珠 藍菌目	0.008	0.12	-0.12	-0.08	-0.98	-0.04	-0.08	1	
真枝 藍菌目	-0.003	0.14	-0.07	-0.05	-0.27**	0.04	-0.02	-0.04	1

\* p<0.05 ; \*\* p<0.01 ; \*\*\* p<0.001

表 3-29 卑南溪、太平溪色球藍菌目各藍菌屬相對豐度與水質理化指標相關性  
(Pearson correlation, n=65)

	RPI	WQI	總磷	總氮	藍菌屬	跳小 藍菌屬	微囊 藍菌屬	粘球 藍菌屬	聚球 藍菌屬	浮戒 環球 藍菌屬	線形 棒條 藍菌屬	原綠 氧球 藍菌屬	扁萼 藍菌屬	梨果 藍菌屬	史坦 尼爾 藍菌屬	
RPI	1															
WQI	-0.48**	1														
總磷	0.27	-0.20	1													
總氮	0.76**	-0.32	0.26	1												
藍菌屬	0.03	-0.07	--	--	1											
跳小 藍菌屬	0.12	-0.11	-0.07	-0.05	-0.22	1										
微囊 藍菌屬	0.20	-0.31*	0.02	0.56**	0.20	-0.12	1									
粘球 藍菌屬	0.03	0.07	-0.07	-0.07	-0.01	-0.03	-0.02	1								
聚球 藍菌屬	0.11	0.06	-0.11	-0.07	-0.03	-0.06	-0.15	-0.03	1							
浮戒 環球 藍菌屬	0.07	-0.08	--	--	-0.02	-0.04	0.01	-0.02	-0.05	1						
線形 棒條 藍菌屬	0.08	-0.01	0.71**	-0.05	-0.03	-0.06	-0.11	-0.03	-0.06	-0.03	1					
原綠 氧球 藍菌屬	-0.05	0.18	--	--	-0.02	-0.04	-0.10	-0.02	0.02	-0.04	-0.05	1				
扁萼 藍菌屬	--	--	--	--	-0.01	-0.02	-0.06	-0.01	-0.03	-0.02	-0.03	-0.02	1			
梨果 藍菌屬	-0.25*	0.35**	-0.08	-0.08	-0.03	-0.05	-0.13	-0.03	-0.07	-0.05	-0.07	0.02	-0.03	1		
史坦 尼爾 藍菌屬	0.02	-0.37**	-0.05	-0.06	-0.06	-0.12	-0.23*	-0.07	-0.12	-0.05	-0.14	-0.07	-0.07	-0.13	1	

\* p<0.05 ; \*\* p<0.01 ; \*\*\* p<0.001

註 1：各藍菌屬英文學名請對照第三章 p。

註 2：因總磷與總氮為每季採檢一次之理化指標，因此本表欄位當中出現『--』者表示該藍菌屬相對豐度為零之月份恰為無總磷與總氮資料之月份，因此無法計算其相關性。

表 3-30 卑南溪、太平溪寬球藍菌目、顫藍菌目、念珠藍菌目、真枝藍菌目等各藍菌屬相對豐度與水質理化指標相關性 (Pearson correlation, n=65)

	RPI	WQI	總磷	總氮	團囊 藍菌屬	寬球 藍菌屬	顫藍 菌屬	鞘絲 藍菌屬	細纖 藍菌屬	念珠 藍菌屬	魚腥 藍菌屬	蓋特勒 藍菌屬	飛氏 藍菌屬
<b>RPI</b>	1												
<b>WQI</b>	-0.48**	1											
<b>總磷</b>	0.27	-0.20	1										
<b>總氮</b>	0.76**	-0.32	0.26	1									
<b>團囊 藍菌屬</b>	-0.13	-0.03	-0.09	-0.07	1								
<b>寬球 藍菌屬</b>	0.03	-0.11	--	--	-0.02	1							
<b>顫藍 菌屬</b>	-0.20	0.09	-0.09	-0.07	-0.02	-0.02	1						
<b>鞘絲 藍菌屬</b>	0.04	0.03	-0.07	-0.04	0.05	-0.03	-0.04	1					
<b>細纖 藍菌屬</b>	-0.15	0.06	--	--	-0.02	-0.01	-0.02	-0.03	1				
<b>念珠 藍菌屬</b>	0.03	-0.15	--	--	-0.20	-0.01	-0.02	-0.04	-0.01	1			
<b>魚腥 藍菌屬</b>	0.003	0.16	-0.12	-0.08	-0.03	-0.02	-0.03	-0.05	-0.02	-0.02	1		
<b>蓋特勒 藍菌屬</b>	-0.006	0.14	-0.07	-0.05	0.05	-0.02	-0.03	-0.01	-0.02	-0.02	-0.03	1	
<b>飛氏 藍菌屬</b>	0.07	0.04	--	--	-0.02	-0.01	-0.02	0.33**	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	1

\*p<0.05 ; \*\*p<0.01 ; \*\*\*p<0.001

註 1：各藍菌屬英文學名請對照第三章 p。

註 2：因總磷與總氮為每季採檢一次之理化指標，因此本表欄位當中出現『--』者表示該藍菌屬相對豐度為零之月份恰為無總磷與總氮資料之月份，因此無法計算其相關性。

表 3-31 卑南溪、太平溪藍菌生物指標與水質理化指標迴歸分析（一），n=65

	依變項			
	WQI		RPI	
	模型一 【相對豐度】	模型二 【絕對豐度】	模型三 【相對豐度】	模型四 【絕對豐度】
<b>自變項</b>				
色球藍菌目	-14.180** (4.215)	-0.453*** (0.095)	0.800 (0.449)	0.044*** (0.010)
<b>模型適合度檢定</b>				
R <sup>2</sup>	0.154	0.266	0.048	0.250
調整後 R <sup>2</sup>	0.141	0.254	0.033	0.238
F 值	11.319	22.467	3.181	20.967
p 值	0.001	0.000	0.079	0.000

\*p<0.05；\*\*p<0.01；\*\*\*p<0.001

註：括弧內數值為標準誤

表 3-32 卑南溪、太平溪藍菌生物指標與水質理化指標迴歸分析（二），n=65

	依變項			
	WQI		RPI	
	模型甲 【相對豐度】	模型乙 【絕對豐度】	模型丙 【相對豐度】	模型丁 【絕對豐度】
<b>自變項</b>				
微囊藍菌屬	-0.162** (0.046)	-0.414** (0.114)		0.052*** (0.012)
聚球藍菌屬				0.070* (0.027)
梨果藍菌屬	0.179* (0.078)		-0.018* (0.009)	
史坦尼爾藍菌屬	-0.181*** (0.046)	-1.049*** (0.241)		
<b>模型適合度檢定</b>				
R <sup>2</sup>	0.360	0.339	0.060	0.286
調整後 R <sup>2</sup>	0.328	0.318	0.045	0.263
F 值	11.263	15.673	4.050	12.390
p 值	0.000	0.000	0.048	0.000

\*p<0.05；\*\*p<0.01；\*\*\*p<0.001

註：括弧內數值為標準誤