

## 貳、材料與方法

### （一）研究樣區環境概述

#### 1. 地理位置

柯子湖溪，發源於新竹縣山湖村的北緣（寶山水庫附近），往北流經竹東鎮柯湖里，新竹市金山里、關東里之後成為新竹縣市的界河，繼續往西北流入頭前溪，全長 12.8 公里，流域面積約 13.38 平方公里，為頭前溪南岸的最大支流，中游段流經新竹科學園區及三期安遷戶，為目前河川兩岸土地利用強度最高處，對溪流生態環境影響也最大（皓宇，2002）。

柯子湖溪流域，地形成東南向北傾斜，柯子湖溪由南向北流，於九甲埔堤防與麻園肚堤防間開口處流入頭前溪，流域平均坡降約 1/420。溪流由上游標高約 112 公尺至河道出口匯入頭前溪處標高約 35 公尺（柯子湖溪水岸規劃，2002）。

上游頭嵙山層之岩性主要由厚層砂岩和砂岩與泥岩之互層所組成，砂岩呈淡灰色或黃棕色，顆粒為細粒至中粒，膠結相當疏鬆，膠結物主要為黏土，本層具有板狀及槽狀交錯層、波痕、球狀或枕狀等原生沈積構造，少數的礫石薄層偶夾在砂岩和泥岩之中。中游卓蘭層主要由砂岩與泥岩之互層組成，砂岩平均厚度在一公尺左右，偶達三至五公尺厚，砂岩呈淡灰色至淡青灰色或黃棕色，主要為亞混濁砂岩及泥濁砂岩和少量的原石英砂岩，膠結疏鬆，部分含鐵質或鈣質膠結物者則膠結稍結，泥岩一般含砂質，呈淡灰色，亦有呈青灰色或深灰色者，常呈厚層狀而層不明顯。中下游兩岸鄰近區域屬於第四紀全新世之現代沖積層，其特性為未固結、組織較疏鬆之粉土、砂土及卵礫石，其土層約可分為兩層，表層為粉土質黏土夾細砂粒石層，屬於紅棕色之紅棕壤，其下為卵石粒夾中細砂層，呈紅棕色至黃灰色（皓宇，2003）。

#### 2. 土地利用及人口

柯子湖溪沿岸土地利用型態，主要分為三類，一為鄰近關東橋地區的密集住宅區，二是科學園區內的科技廠區，三是農田及雜木林區。目前沿岸土地利用型

態，除了農業區因為灌溉取水及排水需求與柯子湖溪的關係較緊密，其他沿岸住宅或廠房背溪而居，中游段是目前柯子湖溪沿岸土地使用強度最高處，主要是由於科學園區的發展，帶動高度發展所產生的家庭、生活廢水，無形中影響到柯子湖溪的自然淨化能力（皓宇，2003）。

柯子湖溪主要流經新竹市的金山里、關東里和新莊里，新竹縣的柯湖里、頭重里和員山里，根據新竹市 93 年度及新竹縣 91 年度人口數統計，金山里 6266 人、關東里 5138 人、新莊里 5686 人、柯湖里 890 人、頭重里 5029 人和員山里 2097 人（新竹市東區戶政事務所，2004；新竹縣竹東鎮戶政事務所，2004）。

### 3. 樣區位置的選定及周邊描述

樣區位置的選定準則主要依行政院農委會的「台灣野生動物資源調查手冊～淡水魚資源調查手冊」的建議為主（林及梁，1996），考慮想得知樣區內的哪些資訊、是否有天然變異及如何得到最多的資訊等問題。在考量柯子湖溪流域的土地利用狀況（水源保護區、農業區、市區、工業區等）、污染特性（農業排放水、生活污水、工業廢水）及污染源的動向後，選取八個樣點（圖一、圖二），包括：福秀橋（Site1）、復興橋（Site2）、關馨橋（Site3）、水門一上游（Site4）、水門一下游（Site5）、水門二上游（Site6）、水門二下游（Site7）、新甲一號橋（Site8）。福秀橋附近河川底質大部分為泥沙所構成，兩岸為雜木林區，右岸有一土坡，有民眾在此種植玉米。福秀橋屬於柯子湖溪上游開發度較低的地區，上游河道周邊多為原始的雜木林區。復興橋附近河川底質大部分由粒徑 15-20 公分的礫石所構成，右岸為竹林及民宅，左岸農田，復興橋下游水面約有 80% 為水生植物所覆蓋。關馨橋附近河川底部為自然河床，兩側是以椰纖護網構成生態護坡，河道兩側水面有水生植物，約佔河道水面 20%，左岸為水稻田，右岸為民宅。2001 年柯子湖溪進行水岸整建後，由關馨橋往下游開始兩岸及河床為椰纖護網構成生態護坡，河寬皆為 6m，由復興橋至關馨橋，柯子湖溪流經園區三期及關東橋地區，此為本河段主要的污染來源，故採樣地點選擇此地區之上游復興橋作為對照。水門一測站的河川底質和兩側護坡與關馨橋相同，兩岸皆為水稻田，右岸有一水閘

門，有少量的水流入，推測為農業灌溉回歸水。水門二測站的河川底質和兩側護坡亦與關馨橋相同，右岸為水稻田，左岸防汛道路旁有大量的廢棄物，左岸有一水閘門，流出的含有白色泡沫及異味的液體，此為本河段主要的污染來源，故採樣地點選擇距此水門上游及下游各 50 公尺處以作為對照。新甲一號橋的河川底質和兩側護坡亦與關馨橋相同，但椰纖護網中的空隙已被泥沙堆積填滿，左岸為民眾所種植的竹林，右岸為水稻田，柯子湖溪椰纖護網底質及生態護坡的水岸整建亦到新甲一號橋為止，柯子湖溪流經新甲一號橋後約 200 公尺即注入頭前溪（圖三）。

## （二）生物相資源調查

### 1. 魚類

2003 年 10 月至 12 月間以手投網及蝦籠進行魚類資源調查，2004 年 1 月至 7 月間以電氣法進行魚類資源調查，調查範圍為 50m，每次調查只進行一次採集。魚種鑑定到種。

### 2. 蝦蟹類

2003 年 10 月至 12 月間以蝦籠進行蝦蟹類資源調查，2004 年 1 月至 7 月間以電氣法進行蝦蟹類資源調查，調查範圍為 50m，每次調查只進行一次，採集方式和魚類相同。種類鑑定到種。

### 3. 大型底棲無脊椎動物（水棲昆蟲、螺貝類及環節動物）

2003 年 10 月至 2004 年 7 月間，以蘇伯式定面積網（Suber's net）（50cm x 50cm），在河中的不同流況下採 3 網。螺貝類若有目擊也可同時都採集統計，其數量以 1m<sup>2</sup>內可見者統計。環節動物（顫蚓類）的採樣以 1cm<sup>2</sup>為單位刮取記量之。

### 4. 浮游藻類及附著藻類

2003 年 10 月至 2004 年 7 月間，浮游藻類以保特瓶取 2 公升水樣，靜置沈澱數分鐘後，取上清液 1 公升（視情況決定）進行過濾、烘乾做成永久玻片，在顯微鏡下觀察並作鑑定與細胞數目或是個體數之計算。附著性藻類則取水深 10

公分處之石頭，以細銅刷或牙刷刮取（10cm x 10cm）之後打散、溶解、過濾，後續工作如前。

### （三）物理棲地因子測量與化學分析

#### 1. 流速、流量

2003 年 10 月至 2004 年 7 月間，利用流速計 CR-11 型（Kosumo 理研有限公司，Serial NO.404016）、標竿及捲尺每 0.5m 為單位測量樣站斷面的流速、水深及河寬，利用流速計轉換公式將轉速轉換成流速，再乘以水深及河寬就可計算出樣站斷面的流量。

#### 2. 溶氧、導電度、酸鹼值、水溫

2003 年 10 月至 2004 年 7 月間，利用 YSI Environmental Monitoring Systems 600R Multi-Parameter Water Quality Monitor 進行現場測量。

#### 3. 化學需氧量、生化需氧量、氨氮、正磷酸鹽、懸浮固體、濁度

根據 RPI 及 WQI 指標需求於 2004 年 4 月至 2004 年 7 月間進行以上化學分析的採樣，採樣以符合環保署水樣採集方法之原則進行採樣，主要是參考環境保護署環境檢驗所公告的水質檢測方法總則（NIEA W102.50A），於採樣後 48 小時內利用 HACH DR/2010 Spectrophotometer 進行分析。

### （四）水族生物環境檢測法

2003 年 10 月至 2004 年 7 月間，以 20 公升水桶進行現場採樣，採樣以符合環保署水樣採集方法之原則進行採樣，主要是參考環境保護署環境檢驗所公告的水質檢測方法總則（NIEA W102.50A），採樣後保存於 4°C 冰箱中，於一星期內完成水樣的濃縮。

水族生物環境檢測法是透過冷凍濃縮法，將水樣依不同比例濃縮後，再以標準試驗生物，在穩定且適合的條件下進行 48 小時生物試驗（Saraswati *et al.*, 2001），最後依試驗生物的致死率來計算半致死濃度（LC<sub>50</sub>）（Doudoroff *et al.*, 1951）。當然，在以水族生物環境檢測法檢測水體時，試驗生物的選擇也是相當重要的一個關鍵。該試驗生物除了要易於培養及取得外，廣佈性、敏感性及本土

性都是很重要的考量因素。易於培養及取得是為了方便實驗的進行；廣佈性是涉及此方法的適用範圍，至於本土性則是因應不同地區的環境特性（包括：物種分佈範圍的不同、特有生物種類的存在及地理環境因素的差異）；在敏感性方面，過去所做過的研究報告指出甲殼類相對於白雲山唐魚（*Tanichthys albonubes*）對殺蟲劑有較高的敏感性（狩谷及大內，1988），另外受限於濃縮水量上的限制（100ml），所以試驗生物的選擇以小型魚蝦類為主。綜合以上幾點，本研究選擇以白雲山唐魚（*Tanichthys albonubes*）及多齒新米蝦（*Deocaridina denticulata*），這兩種小型魚蝦類為標準的試驗生物（北村，1990）。

水族生物環境檢測法的基本設備：

1. 溫度計（-50~50℃）
2. 溶氧測定儀（YSI MODEL 58）
3. pH 計（JENCO ELECTRONICS）
4. 導電度計（YSI Incorporated）
5. 馴養魚缸（自製，0.5m X 0.7m X 0.5m）
6. 冷卻器（HOTECH，-20℃）
7. 培養箱（FORMA Scientific，25℃）
8. 採樣桶（20L）（視樣區數而定）
9. 錐形瓶數個（250ml）（視樣區數而定）

水族生物環境檢測法的步驟：

1. 水樣的採樣與保存：將採集所需之容器以水樣潤濕數次後，將採樣桶（10L 或 20L）裝滿並標示採樣地點、日期、時間、天氣狀況、採樣人、水溫、pH、溶氧（DO）、導電度等。將帶回之水樣置於 4℃ 冰箱中存放。
2. 冷凍濃縮水樣：
  - （1）將 6.5L 之酒精（95%）倒入保利龍製之容器中，並以低溫冷卻器冷卻至恆溫-17℃。



- (2) 將欲濃縮之水樣充分攪拌之後(若經 4°C 冷藏,需先回溫至室溫),依照不同濃度所需之水量(表一),將 2/3 水量倒入 2000ml 燒瓶中後(所有容器使用前皆須以蒸餾水充分潤濕),放入已預冷至-17°C 之酒精槽中冷凝。
- (3) 設定旋轉器之轉速設定於 60~70rpm 左右,數分鐘後(視水量而定),觀察水樣是否有結冰的狀況,發現有部分水樣結冰後將剩餘 1/3 水樣倒入燒瓶中繼續冷凝。
- (4) 冷凝過程中需注意水樣是否持續且穩定的冷凝濃縮(觀察結冰水樣是否呈透明無雜質)。
- (5) 濃縮後之水量需低於預定水量約 20ml 左右(預留水量主要用於沖洗內壁上殘留物質)(80 或 180ml),最後以蒸餾水(<20ml)沖洗燒瓶數次(注意水量不可超過預定水量 100 或 200ml)。
- (6) 將以冷凍濃縮完成之水樣倒入 250ml 之錐形瓶中,以封口膜密封置於 4°C 冰箱中保存待生物試驗用。

### 3. 生物試驗：

- (1) 將欲測試水樣取出置於室溫下,測量水樣之 pH、導電度並記錄之。
- (2) 在每一個裝有 100ml 濃縮水樣之 250ml 錐形瓶中,放入 7 隻標準試驗生物。
- (3) 另外準備兩個錐形瓶以二次去離子水當作對照組。
- (4) 將錐形瓶置於 25°C 恆溫下的培養箱中,進行 48 小時的生物試驗。
- (5) 依不同時間(0.5h、1h、2h、3h、6h、12h、24h、48h)記錄存活(+)及死亡(-)數量(若發現魚及蝦在同一時間死亡,需檢測導電度及 pH 是否有異常的變動)。

- (6) 完成 48 小時生物試驗後記錄導電度及pH值，依死亡率計算 AOD值 (%) (48 小時的半致死濃度 ( $LC_{50}$ ))。

