

貳、研究材料與方法

(一) 研究區域環境概況

1. 流域概況

豆子埔溪屬頭前溪北岸支流之一，流經新竹縣芎林鄉、竹北市兩地區，流域面積約為 23 平方公里。其中竹北市河段約為 18.5 平方公里，約佔總流域面積的 80%，其餘為芎林鄉轄區。主流長 20 餘公里，平均坡降介於 1/250~1/300 之間，其坡降大於柯子湖溪(1/420)及頭前溪下游新竹平原河段(1/350)。流短坡陡，河道蜿蜒彎曲。發源於芎林鄉淺山地區，流經鳳山丘陵地帶，流向隨地勢由東向西傾斜，於新竹市舊港里附近匯入頭前溪出海。流域成一長條帶狀，由於水源缺乏，因此藉由舊港圳引頭前溪水灌溉，以彌補本流域水源之不足，因此豆子埔溪為一灌溉及排水兼用的水路 (泰翔，2006)。

2. 地質與地形

豆子埔溪為頭前溪支流，集水區大部分位於新竹縣竹北市的區域，而竹北市是新竹縣轄中地形最為平坦，可利用平地最多的市鎮。(泰翔，2006)。

3. 水文與水質

(1)地表水

豆子埔溪集水區屬於地表水源敏感地，與頭前溪流域的水源水質水量保護相鄰，為了配合水源水質水量保護區的規定，本集水區將成為鄰近計畫區污水排放的河川(泰翔，2006)。

(2)地下水

豆子埔溪集水區為新苗地下水水區，區內多為河川沖積而成之沖積平原，均屬第四紀現代沖積層或階地堆積層，為主要良好之地下含水層地區。其中新竹沖積平原表層多為礫石層，厚度不一，其下為砂層、黏土及礫石之互層，地下水流向大致與河流流向一致，由東向西流(泰翔，2006)。

(二) 樣區選定的原因及週邊用地描述

豆子埔溪為一條貫穿竹北市，灌溉及排水兩用的水路。每 1.5km 取一個樣站，共取五個樣站(圖 1、圖 2)。由上游安溪寮橋(Site 1)至下游水利大橋(Site 5)，大致可以分為三種不同的周邊環境(圖 1)。第一個區塊為安溪寮橋(Site 1)至儒林橋(Site 2)，全長約 1550m。週邊區域屬於未開發或較少人為開發，少有污水注入，約有 20%的植生。第二個區塊為儒林橋(Site 2)至社崙橋下游(Site 4)，此河段全長約 3150m，貫穿竹北市的核心都會區。此河段有大量的家庭和餐廳污水排入。如以植生狀況可將本河段再區分為兩個部分，故增加竹北高中(Site 3)作為區隔，竹北高中(Site 3)上游河段，幾乎沒有植生。竹北高中(Site 3)下游河段，約有 5%~20%的植生(圖 2)。第三個區塊為社崙橋下游(Site 4)至水利大橋(Site 5)，全長約 1500m。周圍大多為水稻耕作區，本河段植生約佔 50%~70%。且污染源較為單純，多為農業回歸水。

(三) 水族生物環境檢測法

實驗期間為 2005 年 7 月至 2006 年 5 月，採樣頻度為每個月一次，總共進行十次的採樣工作。五個樣站，每個樣站間的距離約 1.5km，包括安溪寮橋(Site1)、儒林橋(Site 2)、竹北高中(Site 3)、社崙橋下游(Site 4)及水利大橋(Site 5) (圖 2)。以 20 公升水桶進行現場採樣，採樣的方法是參考環境保護署環境檢驗所公告之河川、湖泊及水庫水質採樣通則(NIEA W104.51C)。採樣後將水樣冰存於 4°C 冰箱中，於二星期內將水樣濃縮並完成 48 小時生物試驗(Bioassay)。最後依試驗生物的致死率來計算半致死濃度 (LC_{50}) (Doudoroff *et al.*, 1951)，進而推算 AOD 值(%)。

水族生物環境檢測法，其原理是透過冷凍濃縮法將水樣依不同比例濃縮後，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，最後依試驗生物的致死率來計算半致死濃度 (LC_{50}) (Doudoroff *et al.*, 1951)，進而推估水質的好壞。水樣 AOD 值越高即代表此水體對於生物的毒性越低，越低即代表此水體對於生物的毒性越高。當然，生物試驗時所選擇的試驗生物也是一個非常重要的關鍵。所選用的試驗生物除了易於培養及取得外，還必須考量其廣佈性、敏感

性和本土性，易於培育及取得。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的差異）；在敏感性方面，過去所做過之研究報告指出甲殼類相對於魚類對殺蟲劑有較高的敏感性（Kariya *et al.*, 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(*Neocaridina denticulata*)，這兩種小型魚蝦類作為標準試驗生物。

水族生物環境檢測法的實驗設備：

1. 冷卻器 (HOTECH, -20°C)(表1、表2)
2. 冷卻瓶 (2L) (2~4個)
3. 溶氧測定儀 (YSI MODEL 58)
4. 導電度計 (YSI Incorporated)
5. pH meter (JENCO ELECTRONICS)
6. 馴養缸 (自製，0.5m X 0.7m X 0.5m) (魚、蝦各一個)
7. 培養箱 (FORMA Scientific, 25°C)
8. 錐形瓶數個 (250ml) (視樣站數而定)
9. 採樣桶 (20L) (視樣站數而定)
10. 量桶 (250 ml、500 ml、1000ml)
11. 溫度計 (-50°C~50°C)

水族生物環境檢測法的實驗步驟：

1. 水樣的採集與保存：將採集所需之容器以水樣潤濕數次後，將採樣桶（20L）裝滿並標示採樣地點、日期、時間、天氣、採樣人、水溫、pH、溶氧（DO）、導電度等。將帶回之水樣置於 4°C 冰箱中存放。
2. 冷凍濃縮水樣：

- (1) 將5.5L之酒精（95%）倒入保力龍製之容器中，並以低溫冷卻器冷卻至恆溫-15°C~-20°C。
- (2) 將欲濃縮之水樣充分混搖後（若經4°C冷藏，需先回溫至室溫），依照不同濃度所需之水量，將2/3水量倒入2000ml燒瓶中後（所有容器使用前皆須以DD H₂O充分潤濕），放入已預冷之酒精槽中進行冷凝。
- (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），觀察部分表面水樣是否已快速結冰，呈現透明無雜質狀態，於結冰後將剩餘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凍濃縮（觀察結冰部分是否呈透明無雜質）。
- (5) 濃縮後之水量需低於預定水量約20ml左右（80或180ml），最後以DD H₂O兩次去離子水沖洗燒瓶內部數次（注意倒出之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時使用。

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DD H₂O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（48小時

的半致死濃度 (LC₅₀)) 計算 AOD 值(%)。

(四) 物理棲地因子測量

1. 河川底質

河川內的生物受到河川底質的影響甚巨，曾有研究認為底質是影響魚類分佈的重要因子(Moyle, 1988; Yu, 1997)。本研究所使用的方法為表面目視法 (Surface-visual-method)，利用穿越線紀錄採樣斷面河川的底質。兩人分別站立於河床兩岸，以捲尺拉出一條穿越線，第三人則沿著穿越線，每隔五公尺的區間紀錄穿越線投射下方所涵蓋的底質粒徑大小。底質粒徑的分類是根據汪(1990)所建議採用之底質系統來加以分類，其中底質粒徑範圍如附錄 1。利用辛普森歧異度指標(Simpson's diversity index)將五個樣站中的底質組成加以分析，以了解樣站中底質組成的差異性。更進一步了解底質和魚類族群分佈的關係，以及河川底質和水質的關係。

2. 流速、流量、水深

2005 年 7 月至 2006 年 5 月間，每個月測量一次，利用 CR-11 型流速計、標竿及捲尺，每 1m 距離測量斷面的流速、水深。回實驗室後再將轉速(rpm)以線性關係轉換成流速(cm/s)，其公式為 $y=0.016x+5.6$ ，其中 y 為流速(cm/s)，x 為轉速(rpm)，進一步利用流速和水深計算出流量。

3. 植生面積及百分比

2005 年 7 月至 2006 年 5 月間，每個月測量一次。因植生在河道中非常的不規則狀且形狀破碎，故本研究採用照相和現場手繪記錄，進而利用繪圖軟體將整個河段的植生狀況繪出，將圖片套入方格圖中，計算植生的面積和比例。以 EXCEL 軟體進行植生與 AOD 值的相關性分析，計算其判斷係數和趨勢線方程式。

(五) 水質參數測量

1. 溶氧、導電度、pH 值及水溫

2005 年 7 月至 2006 年 5 月間，利用 YSI Environmental Monitoring Systems

600R Multi-Parameter Water Quality Monitor 進行每個月一次的現場量測。

2. 透視度

2005 年 7 月至 2006 年 5 月間，參考環境保護署環境檢驗所公告之水之透視度檢測方法－透視度計法 (NIEA W221.50A)，以透視度計進行量測(附錄 2)。

(六) 魚類資源採集與調查

2005 年 8 月至 2006 年 5 月間，採用 12V 背負式電魚器以電氣法進行魚類資源調查。在固定的五個樣站，每個月調查一次，調查範圍為 50m。電氣法需事先向漁業署申請，並向各樣站主管警察機關報備。

(七) 相關性分析

線性回歸分析方式乃是藉由二個變數，藉此瞭解應變數與自變數兩者之間的存在關係(association)。本研究使用 EXCEL 軟體進行分析，計算趨勢線之方程式，進而以最小平方法可以求出判斷係數 R^2 。判斷係數則可以衡量迴歸模型中自變數與應變數間的相關程度。其公式如下。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx}S_{yy}}}$$