

肆、討論:

(一) 水族生物環境檢測法

以水族生物環境檢測法分析的結果(圖 3~圖 5)。魚類及蝦類的 AOD 值在儒林橋(Site 2)除了 2005 年 12 月至 2006 年 2 月有明顯的下降,降幅高達 1030~1050 %。推測是因為儒林橋(Site 2)上游的農業取水造成斷流,在儒林橋(Site 2)形成靜水域,進而造成污染物的累積,導致魚類及蝦類的 AOD 值大幅度的下降。但是在其他的七次採樣中,安溪寮橋(Site 1)和儒林橋(Site 2)間的平均 AOD 值變化僅約-19~6%。由此可以推估,即使安溪寮橋(Site 1)和儒林橋(Site 2)的流量不大,只有 0.07~0.26CMS,也不至於造成水質惡化。代表這個河段有污水排入,但是污水的量並不多,尚未超過河川的負荷,不至於造成水體品質的惡化。儒林橋之後則進入竹北市的核心都會區,儒林橋(Site 2)至竹北高中(Site 3)的平均魚類 AOD 值由 1445%變化至 1048%,平均蝦類 AOD 值由 1385%變化至 977%,兩個樣站間的平均流量變化為 0.38CMS。而植生比例不到 5%,植生面積僅約 2550 平方公尺。由於此河段位於核心都會區,污水量增加,造成流量增加。推測 AOD 值並沒有因為流量的增加而恢復,是因為此河段的植生過於稀少,無法對水中的污染物質進行各種吸附或轉化等物理化學作用所致。竹北高中(Site 3)和社崙橋下游(Site 4)也是位於核心都會區,兩樣站間的平均流量變化為 0.19CMS,但是污水的加入的背景和儒林橋(Site 2)至竹北高中(Site 3)之間是大致相同的。但是此河段的平均魚類及蝦類 AOD 值變化量介於 23~56%之間。此河段間的植生比例為 20%,植生面積約 6000 平方公尺,顯見流量並非 AOD 值恢復的主因。在此推測植生為主要因素。最下游的河段為社崙橋下游(Site 4)至水利大橋(Site 5),兩個樣站間的流量變化為 0.12CMS。污水的來源除了核心都會區的污水,還加入了農業回歸水。此河段的植生比例約 50~70%,植生面積約為 22500~31500 平方公尺。而平均魚類及蝦類 AOD 值變化量,卻能高達 241~376%之間。以 EXCEL 進行相關性分析可得知(表 8),AOD 值的變化和植生的關係大於流量所造成的影響,這

個部分之後會加以討論。

(二) AOD 值與水質參數之關係

水質參數的測量包括水溫、比導電度、溶氧量、溶氧百分比、pH 值及透視度等(圖 6~圖 8)。在水溫、pH 值及透視度方面，豆子埔溪的上游至下由五個樣站的實際測量值並沒有太大變化，也沒有一定的趨勢。利用 EXCEL 軟體，將 AOD 值與水溫、pH 值及透視度進行相關性分析也發現，相關性判斷係數並不高。可知 AOD 值與水溫、pH 值及透視度間沒有太大的相關性，代表無法單單從水溫、pH 值及透視度，得知水體品質的好壞。有研究報告顯示比導電度之大小與水中解離之離子含量的多寡有關。導電度大於 0.75(mS/cm)的水質，將可能造成土壤鹽化。在豆子埔溪各樣站的實際測量值中，並沒有大於 0.75(mS/cm)的測值出現，導電度高的水體，也較不適合生物生存。五個樣站中，比導電度最高的是竹北高中(Site 3)，比導電度介於 0.44~0.63(mS/cm)之間，此樣站的 AOD 值也是五個樣站中最低的。利用 EXCEL 進行 AOD 值與比導電度的相關性分析後，相關性判斷係數可以高達 0.8~0.98 之間。在溶氧量方面，水中的溶氧主要來自大氣的溶解、人為的曝氣以及水生植物的光合作用。依據行政院環境保護署公告的「河川污染等級表計算方法」中規定，水中溶氧大於 6.5mg/L，則水體為未受污染；若介於 4.6~6.5mg/L 之間，則水體為輕度污染。經調查得知，安溪寮橋(Site 1)和儒林橋(Site 2)判定為未受污染，歸類為甲類水，可供一級公共用水。其餘下游的三個樣站，竹北高中(Site 3)、社崙橋下游(Site 4)及水利大橋(Site 5)則判定為輕度污染，歸類為丙類水，僅適用三級公共用水，二級水產用水，一級工業用水和其他要求較低的用水。利用 EXCEL 進行 AOD 值與溶氧量的相關性分析後，相關性判斷係數可以高達 0.70~0.96 之間。AOD 值與溶氧百分比也有類似於溶氧量的相關性。由以上三個因子與 AOD 值的高相關性可知，AOD 值確實反映出水體品質的好壞，不過就單單測量導電度或溶氧則無法全面性的了解水體狀況，僅能作為水族生物環境檢測法的輔助工具。

(三) AOD 值與流量之關係

豆子埔溪的主要污染源為核心都會區的家庭、餐廳污水和下游社崙橋下游(Site 4)至水利大橋(Site 5)之間的農業回歸水。在污水量的評估方面，豆子埔溪主要流經新竹縣竹北市，依新竹縣政府戶政事務所的人口統計，竹北市的人口共 114,783 人，若污染源為家庭污水，通算一人一日相當污水量約 200~400 公升，故豆子埔流域排入的污水量估計為 0.27~0.54CMS 之間(林，2004)。但竹北市核心都會區多為營業餐廳，有許多外來消費人口，所以此污水量應該是低估。豆子埔溪由最上游的安溪寮橋(Site 1)至最下游的水利大橋(Site 5)的平均流量增加量約為 0.58CMS(圖 9)。由以上可推估增加的流量 0.58CMS，大部分為竹北市都會區所排放的污水。由此可知豆子埔溪的污水排入是非常均質的，也就是流量增加量即代表污水排入量。由 AOD 值與流量的相關性分析可知(表 8)，流量和 AOD 值之間的相關性判斷係數介於 0.15~0.67 之間(圖 10、圖 11)，相關性並不高，由此可知稀釋作用在豆子埔溪並不明顯。有明顯的稀釋作用僅發生在 2005 年 11 月、2006 年 3 月及 5 月，原因為流量由最上游的安溪寮橋(Site 1)至最下游的水利大橋(Site 5)的變化量超過竹北市地區所排放之污水量 0.27~0.54CMS。原因是這三個月份的降雨量較大，導致排入的家庭及餐廳污水被稀釋。由流量與 AOD 值的相關性分析可以得知，當竹北高中(Site 3)的流量高於 1.44CMS，則發生稀釋作用，AOD 值可以恢復至 1800%。

(四) 水質生物指標與魚類群聚

生物的歧異度、豐富度和均勻度可以反映出生物群聚的結構和族群的穩定度。當水生生物的棲地環境品質變好時，就會直接反應在物種的歧異度、豐富度和均勻度的變化。本研究，魚類之歧異度、豐富度和均勻度與 AOD 值的相關性分析顯示(表 11)，水質狀況與魚類的群聚結構有高度的正相關性，AOD 值越高則魚類的物種多樣性越高，均勻度也越高。根據魚類的歧異度、豐富度和均勻度可知(表 10、表 11)，安溪寮橋(Site 1)的水質狀況最佳，越往下游至竹北高中(Site 3)物種僅剩雜交種吳郭魚和琵琶鼠，此樣站水質也是最差的。在最下游的水利大橋(Site 5)水質狀況回復到 AOD 值 1400%左右，但是魚類的歧異度和均勻度僅只

有 0.12 和 0.22，並沒有隨著 AOD 值變化。推測是因為中游水質較差的河段中，優勢外來種吳郭魚及琵琶鼠族群的擴散，導致水利大橋(Site 5)的其他魚類族群的擴大受到壓制，致使此樣站的生物群聚狀況無法反應水質的確實狀況(圖 12)。

依照「台灣河川水質魚類指標之研究」(王，2002)中所提出的指標魚類檢測豆子埔溪的水質狀況，最上游的安溪寮橋(Site 1)出現台灣石，判定的水質狀況為輕度污染，儒林橋(Site 2)出現粗首鱻，判定的水質狀況為普通污染，竹北高中(Site 3)出現吳郭魚和琵琶鼠，判定的水質狀況為嚴重污染，社崙橋下游(Site 4)出現粗首鱻，判定的水質狀況為普通污染，最下游的水利大橋(Site 5)出現台灣石，判定的水質狀況為輕度污染。AOD 值為 1800%的安溪寮橋(Site 1)僅判定為輕度污染，而非未受污染，主要是因為在「台灣河川水質魚類指標之研究」中，未受污染的指標魚種為鯛魚，在低海拔的豆子埔溪並不會出現之故。和柯子湖溪的研究有相同低估水質的結果(鄭，2005)。「台灣河川水質魚類指標之研究」的缺點在於台灣各河川的海拔高度和特性並不同，若要使用魚類指標來評估水質狀況，必須增加更多的魚種，以彌補因河川特性的差異所造成的不足之處。不然很可能因為河川的差異，導致常常會出現低估的狀況。

(伍) 植生的淨化效率

由於植物的根部效應，造成周圍土壤形成好氧區，進行吸附、分解、同化作用及異化作用(蔡，2004)。產生的化學作用包括硝化及脫硝作用(D'Angelo *et al.*, 1994)，以及磷的化學沉澱和氨氮的去除(Zhu *et al.*, 1995)，甚至將水中的營養鹽物質去除。可見植生對於河川的水質淨化是非常重要的。

2005 年 12 月至 2006 年 2 月因為農業取水導致斷流，導致 AOD 值變低，以及造成河水呈現不連續，所以將這三個月的資料排除，不加以討論。根據魚類及蝦類 AOD 值變化量與植生的相關性分析結果可知(表 15)，植生佔總河道面積的比例重要於河道中植生的面積(圖 17~圖 20)，因為在 AOD 值變化量與植生比例的相關性分析中有較高的判斷係數，判斷係數越高代表關聯性和可信度越高。根據魚類及蝦類 AOD 值變化量與植生比例的關係圖中，可以得到趨勢線方程式分

別為 $y=214.24\ln(x)+352.15$ 和 $y=269.18\ln(x)+422.93$ (圖 17)，其中 y 代表 AOD 值變化量， x 代表河道中植生的比例。根據魚類及蝦類 AOD 值變化量與河道中流水覆蓋植生比例的關係圖中(圖 21~圖 24)，可以得到趨勢線方程式分別為 $y=185.93\ln(x)+368.19$ 和 $y=232.64\ln(x)+440.97$ (圖 21)，其中 y 代表 AOD 值變化量， x 代表河道中流水所覆蓋植生的比例。如果將自然對數方程式對 x 進行微分，再經過單位化整理後，則可以得到適用於豆子埔溪的植生比例對於水質淨化效率的動態方程式，分別為 $y'=2.14/x$ 和 $y'=2.69/x$ ，前者為魚類，後者為蝦類，其中 y' 代表每百分之一面積的植生對 AOD 值所產生的變化量；另外兩個分別為 $y'=1.85/x$ 和 $y'=2.32/x$ ，前者為魚類，後者為蝦類，其中 y' 代表每百分之一面積的植生對 AOD 值所產生的變化量。

2005 年 12 月至 2006 年 2 月因為農業取水導致斷流，導致 AOD 值變低，以及造成河水呈現不連續，所以將這三個月的資料排除，不加以討論。

以魚類 AOD 值變化量與河道中植生比例的關係式 $y'=2.14/x$ 為例，當本河段中的植生為 50% 時，則 $y'=4.28$ ，其中代表的意義為植生比例為 50% 時，則每 1% 面積的植生提高 AOD 值 4.28%；若以魚類 AOD 值變化量與河道中流水覆蓋植生比例的關係式 $y'=1.85/x$ 為例，當本河段中的流水覆蓋植生為 50% 時，則 $y'=3.72$ ，其中代表的意義為當流水覆蓋植生比例為 50% 時，則每 1% 面積的流水覆蓋植生提高 AOD 值 3.72%。

藉由此方程式可以得知植生的面積或比例皆與 AOD 值呈現正相關，呈自然對數曲線。也就是當植生在河道中的比例或面積越高時，淨化效果會越高，最後達到飽和。

在本研究中曾經在安溪寮橋(Site 1)捕獲粗糙沼蝦，但是在其他四樣站則沒有發現。假設無法往下游移動的原因為水質惡化，可知粗糙沼蝦需要 AOD 值 1800% 的水域才能生存。以儒林橋(Site 2)和竹北高中(Site 3)為例，竹北高中(Site 3)的平均 AOD 值為 1259%，必須將 AOD 值提升 541% 才有可能會有粗糙沼蝦出現。植生增加至 100% 僅可回復 269%，尚不能回復至 1800%，所以光靠增加植生比例

是不可行的。可以降低水流速度、增長流水距離或是增大流水面積以增加反應時間，才可能提升至 1800%。使粗糙沼蝦能夠克服因水質所造成的阻礙，繼續往下游移動，增加其棲地面積。

灌溉及排水用的渠道因為灌溉取水的需求，或是保持排水的順暢，必須將河道中的植生去除。藉由水質淨化效率方程式，我們可以計算當河道內有多少比例或面積的植生時，植生可以發揮多少的淨化效果。當實際應用在河道時，可以視該河段必須恢復多少的 AOD 值，決定應該保留多少比例或面積的植生。以達到水質淨化與水資源利用的平衡點。

