

## 肆、 討論

### (一) 各種水質指標與水族環境生物檢測法的比較

#### 1. 物理化學指標

在 RPI 指標方面，2003 年四、六及七月上游 Site 1 及 Site 2 均屬於未受污染，四月及六月的 RPI 結果顯示中下游 Site 3 至 Site 8 都是屬於中度污染，而七月時中下游 Site 3 至 Site 8 均屬於輕度污染（圖八）。若以 WQI 8 分類，Site 1 與 Site 2 屬於丙類水體，四月及六月的 WQI 結果顯示中下游 Site 3 至 Site 8 都是屬於戊類水體，七月時中下游 Site 3 屬於丁類水體而 Site 4 至 Site 8 均屬於丙類水體（圖九）。在比較 RPI 及 WQI 結果後發現，因 WQI 所考慮的參數較多，在水質的指標性上確實優於 RPI，但 WQI 及 RPI 均無法顯現出 Site 3 至 Site 8 之間水質因污染物加入或自淨作用所應有的變化。在 RPI 及 WQI 的指標中，Site 3 至 Site 8 七月的的水體檢測分析結果明顯比其他月份較好，主要是因為七月份流量較大（圖四），沖釋作用的影響使得 Site 3 至 Site 8 之間 RPI 及 WQI 結果的改變。

#### 2. 生物指標

在魚類指標方面，Site 6 及 Site 8 因分別有發現到粗首鱻及鯽魚，所以水質判定為普通污染及中度污染，Site 6 僅於二月份捕獲粗首鱻 3 隻（表十二），Site 8 僅於三月份捕獲鯽魚 1 隻（表十四），此兩種魚類出現之頻率及數量都偏低，無法充分指出水質狀況是否在 Site 6 及 Site 8 有變好的現象。在 Genus Index 方面，由計算出來的 GI 值進行水質分類，分類結果卻無法表現出上游 Site 1 及 Site 2 乾淨水質的結果，也看不出 Site 3 因污染物的加入所造成水質變差的現象（圖十）。在 Hilsenhoff 科級生物指標方面，Site 3 至 Site 8 之間所計算得到的 FBI 值在 6 左右，水質狀況皆判定為「Fairly Poor」，無法有效分辨出水質狀況是否有改善或因污染物的加入而變差（圖十一）。在貝類指標部分，中下游 Site 3 至 Site 8 之間依貝類指標判定的結果，Site 3、5、7 屬於  $\alpha$ -中腐水性，Site 4、6、8 是屬於強腐水性，亦是無法有效分辨出水質狀況是否有改善，或因污染物的加入而變

差。

### 3. 水族生物環境檢測法

水質指標主要分為物理化學指標和生物指標，本研究使用了物理化學指標中較常使用的 RPI 及 WQI，及生物指標中台灣魚類、貝類指標、Genus Index 及 FBI，以上各種方法用於評估柯子湖溪流流域的水質狀況，發現並無法充分展現出柯子湖溪流流域其自淨作用的現象，亦無法明確的反應水質因自淨作用或污染源的進入所造成水質改變的影響程度有多大，以水族環境生物檢驗法分析結果（表十七、表十八），魚類及蝦類的 AOD 值在 Site 3 除了 2 月、3 月及 7 月外有明顯下降的現象，在 Site 6 的 AOD 值已經恢復到 1800% 的水質狀況，在 Site 7 的 AOD 值與 Site 3 有相同的現象，而到了 Site 8 AOD 值有回升的現象（圖五、圖六及圖七），AOD 值下降的主要原因是柯子湖溪自上游經過 Site 2 後即進入商業及住宅的區域，Site 3 是柯子湖溪流經商業及住宅區後的第一個樣站，因生活污水的排入而造成 AOD 值的下降，Site 7 AOD 值的下降是因為水門二污水的排入所造成的，由此顯示商業及住宅區的污水對柯子湖溪流流域造成不小的負荷。由此可發現水族環境生物檢測法，不只可確實反映水體品質且兼有量化的特性，使得此方法可比一般的物理化學或生物指標更適合用於評估河川的自淨作用。

依照「台灣河川水質魚類指標之研究」（王，2002）中所提出的指標魚種檢測柯子湖溪的水質狀況，在 Site 3 以下水質受到生活廢水加入的影響，調查到的魚種有限，主要以吳郭魚為主，所以水質狀況判定為嚴重污染，在 Site 3 AOD 的結果與利用「台灣河川水質魚類指標之研究」（王，2002）所判定的水質狀況有相同的現象，但在上游 Site 1 及 Site 2 所調查到的魚種明顯較多，但依照「台灣河川水質魚類指標之研究」（王，2002）所判定的水質標準只是普通污染的狀況，主要是因為在「台灣河川水質魚類指標之研究」中，判定未受污染、輕度污染和普通污染的魚種共只有五種，多數只棲息在乾淨水域的魚種並未出現其中，且台灣各河川的特性及魚種分佈皆不盡相同，而在柯子湖溪 AOD 的結果中，我們可以發現在上游 Site 1 及 Site 2 河段都是屬於 AOD 值 1800% 的狀況，但是依

照「台灣河川水質魚類指標之研究」(王, 2002)的判定, 只屬於普通污染的水域, 並不能顯現其指標性, 在 Site 1 及 Site 2 測站都有調查到短吻紅斑吻蝦虎魚, 捕獲頻度及數量皆有一定比例(表七、表八), 且此種魚類主要出現在溪流的中上游或支流的乾淨水域中, 故我們建議將短吻紅斑吻蝦虎魚列入河川水質魚類指標中輕度污染的指標生物。

## (二) AOD 值、自淨效率與河川的自淨作用

柯子湖流域主要的污染源有兩個地方, 一個是 Site 2 及 Site 3 之間的商業及住宅區所排放的生活污水, 另外一個是 Site 6 及 Site 7 之間的二號水門所排放的污水, 此兩個污染源造成柯子湖溪在 Site 3 及 Site 7 兩測站的魚類和蝦類 AOD 值明顯下降的趨勢, 隨著自淨作用的關係, 魚類及蝦類的 AOD 值在 Site 6 及 Site 8 都有回升的現象, 由表十九、表二十我們發現 Site 3 至 Site 8 各樣站間的自淨效率皆不相同, 在魚類的自淨效率結果中, 除了十月及三月外自淨作用主要發生在 Site 5 至 Site 6 之間, 而十月及三月自淨效率主要出現在 Site 3 至 Site 4 之間, 是因為在十月及三月的流量較大(表二), 稀釋作用的影響使得 Site 3 AOD 值下降幅度並不大, 同時在 Site 4 時 AOD 值就已經恢復到 1800% 的狀況, 故造成自淨效率計算結果上的差異。在蝦類的自淨效率結果中, 發現主要自淨作用的河段在 Site 5 至 Site 6 之間, 而在 Site 3 至 Site 5 之間的河段並無明顯的自淨作用, 反而 AOD 值有下降的現象, 過去之研究報告指出甲殼類比魚類對殺蟲劑有較高的敏感性(狩谷及大內, 1988), 故推測此現象可能是因 Site 3 至 Site 5 周邊的農業活動所造成。

在自淨效率的計算結果中可明顯看出在 Site 5 至 Site 6 及 Site 7 至 Site 8 為主要自淨作用的兩個河段, 但魚類的平均自淨率在此兩河段分別為 0.273 及 0.157% / m<sup>2</sup>, 蝦類的平均自淨率在此兩河段分別為 0.337 及 0.152% / m<sup>2</sup>, 造成此兩河段自淨率有如此之差異, 由物理、化學及生物作用推測原因主要有三, 一是此兩河段中的高低落差所產生水中曝氣作用所造成, 二是緩流區面積差異所產生物理或化學作用的不同, 三是水中水生植物的覆蓋面積所造成生物作用的差異, 此三

種皆可能造成此兩河段在自淨效率上的差異。在比較此兩河段的AOD值及自淨效率後發現，此兩河段的自淨效率差異可能亦是因為自淨效率在短於 0.5km之內就已經達到檢測之上限。

### (三) AOD 值與流量之關係

試驗生物物種、健康狀況及測站之降雨量、流量、污染量及污染特性等皆會影響 AOD 值的高低。研究報告指出，春夏兩季因溫度較高，水生植物生長茂盛而使河川有較大的自淨能力，另外春夏兩季降雨量的增加亦會使水中毒性物質因稀釋作用而減少，所以季節性溫度差異及降雨量多寡皆可能會影響 AOD 值的高低（北村等，1979；Lee *et al.*, 2004）。

Site 3 主要匯集了關東橋地區的家庭污水，估計在 0.038~0.076 CMS之間，利用 STATISTICA 6 軟體將 Site 3 的魚類 AOD 值與流量進行相關性分析，發現有顯著的相關性 ( $p < 0.05$ ) (表二十一)，以 Site 3 的魚類 AOD 值與流量作圖進行線性回歸，得到線性方程式  $y = 0.0002x + 0.0233$  ( $R^2 = 0.5413$ ) (圖十二)，估計若流量大於 0.38 CMS 的時候，Site 3 的 AOD 值將會達 1800%，此時關東橋地區所排放的污水因沖釋作用的關係將不會對柯子湖溪造成影響。若上游寶山水庫可以固定水量的排水，這對柯子湖溪中下游污染問題的解決與其生態恢復將有很大的幫助。

### (四) 水質檢測及化學分析結果與 AOD 值的相關性分析

本研究在各樣站所做的水質參數檢測結果如表三，就導電度而言，柯子湖溪流域測值相當穩定，最大、最小值變化不大，在溶氧檢測部分，在 Site 3 溶氧突然下降，顯示該樣站因流經關東橋地區而有大量的污染物注入，在耗氧性微生物的作用下大量消耗水中溶氧所致，在 pH 值檢測部分，由於柯子湖溪多為一般生活廢水，較少出現大幅度的酸鹼值異常，化學需氧量與生化需氧量結果比較，顯示柯子湖溪流域 Site 3 及 Site 7 為該流域污染較嚴重的區域。

利用 STATISTICA 6 軟體將各樣站在不同月份的 AOD 值與其水質參數作相關性分析得到表二十一、二十二，由表發現 BOD、COD、氨氮及正磷酸鹽無論

在哪一個樣站都與 AOD 值呈現負相關，在 Site 3 及 Site 5 氨氮、COD 和正磷酸鹽都是顯著負相關，在 Site 4 氨氮及 COD 只與蝦類 AOD 值呈現顯著負相關，而正磷酸鹽則是與魚類及蝦類 AOD 值都有顯著負相關。

將各月份上游至下游的 AOD 值與其水質參數作相關性分析得到表二十三、二十四，魚類的部分，在十二月及四月比導電度與 AOD 值的變化呈現顯著的負相關，在三月濁度與 AOD 值的變化亦是呈現顯著的負相關，在四月及六月的 COD 及正磷酸鹽都與 AOD 值的變化有顯著的負相關，而溶氧的變化則與 AOD 值呈現顯著的正相關，七月份的 AOD 值都是呈現 1800%，在相關性分析上則為無相關性。蝦類的部分，與魚類不同者為十二月的比導電度及三月的濁度，其分別為無顯著性及無相關性，另外在六月的懸浮固體與蝦類 AOD 值的變化則有顯著的負相關。

