

參、 結果

(一) 流量資料與水質檢測分析

1. 流量資料

由柯子湖溪流域的流量統計資料（表二、圖四），可以看出柯子湖溪流域之流量隨著中下游兩岸農業的取水及排水而有起伏的變化，在 Site 3 至 Site 4 之間因農業取水灌溉而造成流量減小的狀況，但在 Site 5 時因農業回歸水的加入而使流量增加，在 Site 5 至 Site 6 之間農業取水又造成流量再度減小的現象，Site 7 至 Site 8 亦有相同的現象。關東橋地區及第二水門所排放的生活廢水亦對流量有影響，在 Site 3 及 Site 7 就可發現流量增加的現象。在污水量的評估方面，柯子湖溪 Site 2 至 Site 3 之間主要流經新竹市金山里、關東里和新竹縣的頭重里，依新竹縣市政府戶政事務所的人口統計共約有 16,433 人，根據林（2004）的文章指出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，故此區域排放的污水量估計在 0.038~0.076 CMS 之間。

2. 水質檢測分析

本研究在各樣站所做的水質參數檢測結果如表三，柯子湖溪流域導電度實際測量值在 0.35~0.61 mS/cm 之間，最大值於下游 Site 7 測得，最小值則在上游 Site 1 測得。在溶氧檢測部分，柯子湖溪流域的實際測量值介於 1.3~9.1 mg/L 之間，由於在採樣過程中，已盡量避免於容易造成飽和溶氧的地方進行檢測，但在上游樣區 Site 1 及 Site 2 仍趨近飽和溶氧的情況。在 pH 值檢測部分，各樣站測值均在 6~9 的範圍內，符合一般地面水體、放流水標準之規定。在生化需氧量與化學需氧量檢測結果方面，在柯子湖溪流域中生化需氧量檢測值均小於 10 mg/L，化學需氧量測值介於 9~57 mg/L 之間，最大值於下游 Site 7 測得，最小值於上游 Site 2 測得。在氨氮與正磷酸鹽分析結果方面，氨氮測值介於 0.01~6.6 mg/L 之間，最大值為 Site 7 的 6.6 mg/L，但未超出放流水標準的 10 mg/L，正磷酸鹽測值介於 0.1~2.2 mg/L，最大值在下游的 Site 7，最小值分別在

上游的 Site 1 與 Site 2。

3. 水質指標

以 RPI 及 WQI 8 作為水體分類依據（附錄 1 及 2），在 RPI 指標方面，上游 Site 1 及 Site 2 均屬於未受污染，而中下游 Site 3 至 Site 8 是屬於輕度污染至中度污染的程度。在 WQI 8 指標方面，由於濁度檢測方式不同，以及並無對大腸桿菌進行檢測，故將濁度及大腸桿菌兩參數予以刪除，並將 WQI 8 權重值略作修正，若以 WQI 8 分類，上游 Site 1 與 Site 2 屬於丙類水體，而 Site 3 是屬於丁類至戊類水體，Site 4 至 Site 8 均屬於丙類至戊類水體（表四）。

（二）生態資源分佈及水質生物指標

1. 魚類

自 2003 年 10 月至 2004 年 7 月共記錄到 14 種魚類（表四）。在上游 Site 1 調查到粗首鱮（*Zacco pachycephalus*）、台灣馬口魚（*Candidia barbata*）、鯽魚（*Carassius auratus*）、羅漢魚（*Pseudorasbora parva*）、鯉魚（*Cyprinus carpio*）、斑鱧（*Channa maculata*）、大肚魚（*Gambusia affinis*）、雜交種吳郭魚（*Oreochromis* sp.）、極樂吻蝦虎魚（*Rhinogobius giurinus*）及短吻紅斑吻蝦虎魚（*Rhinogobius rubromaculatus*）等 10 種魚類，捕捉到各魚種的族群數量分佈平均，並沒有特別的優勢物種。在 Site 2 調查到粗首鱮、台灣馬口魚、羅漢魚、鯉魚、白鰻（*Anguilla japonica*）、黃鱮（*Monopterus albus*）、大肚魚、雜交種吳郭魚、極樂吻蝦虎魚及短吻紅斑吻蝦虎魚等 10 種魚類，捕捉到的族群數量以短吻紅斑吻蝦虎魚為最多，粗首鱮居次。在 Site 3 調查到大肚魚、雜交種吳郭魚 2 種魚類，捕捉到的族群數量也是偏低，共計捕獲大肚魚 13 尾、雜交種吳郭魚 14 尾。在 Site 4 調查到大肚魚、雜交種吳郭魚及中華花鰍（*Cobitis sinensis*）等 3 種魚類，捕捉到的族群數量以雜交種吳郭魚為最多，中華花鰍族群數量及出現頻率都偏低。在 Site 5 調查到大肚魚、雜交種吳郭魚及中華花鰍等 3 種魚類，捕捉到的族群數量以雜交種吳郭魚為最多，中華花鰍族群數量及出現頻率都偏低。在 Site 6 調查到粗首鱮、線鱧、大肚魚、雜交種吳郭魚及中華花鰍等 5 種魚類，捕捉到的族群數量以雜交

種吳郭魚為最多，粗首鱲、線鱧 (*Channa striata*) 及中華花鰍等 3 種魚類族群數量及出現頻率都偏低。在 Site 7 調查到大肚魚、雜交種吳郭魚 2 種魚類，捕捉到的族群數量以雜交種吳郭魚為最多。在 Site 8 調查到鯽魚、中華花鰍、雜交種吳郭魚及大肚魚等 4 種魚類，捕捉到的族群數量以雜交種吳郭魚為主，粗首鱲及鯽魚族群數量及出現頻率都偏低 (表七～表十四)。

2. 蝦類

自 2003 年 10 月至 2004 年 7 月共記錄到 5 種淡水蝦類 (表六)，包括陸封型之日本沼蝦 (*Macrobrachium nipponense*)、粗糙沼蝦 (*Macrobrachium asperulum*)、擬多齒米蝦 (*Caridina pseudodenticulata*)、多齒新米蝦 (*Neocaridina denticulata*) 及美國螯蝦 (*Procambarus clarkii*)。其中日本沼蝦、粗糙沼蝦、擬多齒米蝦、多齒新米蝦主要分佈在上游的 site1 福秀橋及 site2 復興橋河段，而美國螯蝦於柯子湖溪流域的每個樣站皆有發現 (表七～表十四)。

3. 大型底棲無脊椎動物 (不含甲殼類)

綜合 2003 年 10 月至 2004 年 7 月定性採樣分析結果，共記錄到 45 種大型底棲無脊椎動物 (表十五)。這 45 種中包含 31 種水棲昆蟲，4 種環節動物與 10 種螺貝類。無論種類或數量上都以水棲昆蟲為主。在上游 site1 福秀橋記錄到 4 目 8 科 9 種，site2 復興橋 7 目 21 科 27 種，site3 關馨橋 2 目 2 科 2 種，site4 水門一上游及 site5 水門一下游皆為 1 目 1 科 1 種，site6 水門二上游 3 目 3 科 3 種，site7 水門二下游及 site8 新甲一號橋皆為 1 目 1 科 1 種。

4. 藻類

柯子湖溪之浮游藻及附著藻自 2003 年 10 月至 2004 年 7 月共記錄到 4 門 5 綱 11 目 18 科 39 屬 (表十六)。在上游 site1 福秀橋記錄到 4 門 8 目 11 科 15 屬，site2 復興橋 3 門 8 目 11 科 17 屬，site3 關馨橋 4 門 11 目 18 科 32 屬，site4 水門一上游 4 門 8 目 9 科 10 屬，site5 水門一下游 4 門 10 目 14 科 20 屬，site6 水門二上游 4 門 9 目 11 科 15 屬，site7 水門二下游 4 門 9 目 12 科 16 屬，site8 新甲一號橋為 4 門 10 目 13 科 17 屬。

5. 水質指標

(1) 魚類指標

以河川水質魚類指標分類 (王, 2002) (附錄 3)。柯子湖溪之 Site 1 屬普通污染之河段 (指標魚種: 粗首鱗); Site 2 屬普通污染 (指標魚種: 粗首鱗); Site 3 屬嚴重污染 (指標魚種: 雜交種吳郭魚); Site 4 屬嚴重污染 (指標魚種: 雜交種吳郭魚); Site 5 屬嚴重污染 (指標魚種: 雜交種吳郭魚); Site 6 屬普通污染 (指標魚種: 粗首鱗); Site 7 屬嚴重污染 (指標魚種: 雜交種吳郭魚); Site 8 屬中度污染 (指標魚種: 鯽魚) (表四)。

(2) 藻屬指數

利用 GI (Genus Index) 值 (吳及周, 1998) (附錄 4) 評估作為水質評等依據由本研究之分析結果發現, 柯子湖溪之 Site 1 GI 值為 0.9 屬中度污染之河段; Site 2 GI 值為 1.3 屬中度污染; Site 3 GI 值為 0.8 屬中度污染; Site 4 GI 值為 1.3 屬中度污染; Site 5 GI 值為 1.3 屬中度污染; Site 6 GI 值為 2.1 屬輕度污染; Site 7 GI 值為 0.3 屬嚴重污染; Site 8 GI 值為 1.5 介於中度污染與輕度污染之間 (表四)。

(3) 科級生物指標

以 Hilsenhoff 科級生物指標 (FBI) 分類 (附錄 5)。上游 Site 1 之水質評估等級屬「Excellent」之河段 (FBI 指標值為 3.7); Site 2 之水質評估等級屬「Good」之河段 (FBI 指標值為 4.86); Site 3 之水質評估等級屬「Fairly Poor」之河段 (FBI 指標值為 5.97); Site 4 之水質評估等級屬「Fairly Poor」之河段 (FBI 指標值為 6); Site 5 之水質評估等級屬「Fairly Poor」之河段 (FBI 指標值為 6); Site 6 之水質評估等級屬「Fairly Poor」之河段 (FBI 指標值為 5.95); Site 7 之水質評估等級屬「Fairly Poor」之河段 (FBI 指標值為 6); Site 8 之水質評估等級屬「Fairly Poor」之河段 (FBI 指標值為 6) (表四)。

(4) 貝類指標

以河川水質淡水棲貝類指標分類 (趙, 2000) (附錄 6), 柯子湖溪上游 Site 1

屬貧腐水性（未受污染或稍受污染）之河段（指標貝類：石田螺（*Sinotaia quadrata*）、塔蜷（*Thiara scabra*）、瘤蜷（*Thiara granifera*））；Site 2 屬貧腐水性（未受污染或稍受污染）之河段（指標貝類：石田螺、塔蜷、瘤蜷）；Site 3 屬 α -中腐水性（中度污染）之河段（指標貝類：囊螺（*Physa acuta*）、椎實螺（*Radix auricularia swinhoei*））；Site 4 屬強腐水性（嚴重污染）之河段（指標貝類：福壽螺（*Ampullarius canaliculatus*））；Site 5 屬 α -中腐水性（中度污染）之河段（指標貝類：囊螺）；Site 6 屬強腐水性（嚴重污染）之河段（指標貝類：福壽螺）；Site 7 屬 α -中腐水性（中度污染）之河段（指標貝類：囊螺、椎實螺）；Site 8 屬強腐水性（嚴重污染）之河段（指標貝類：福壽螺）（表四）。

（5）水族生物環境檢測法

綜合 2003 年 10 月至 2004 年 7 月採樣並以水族環境生物檢驗法分析結果（表十七、表十八），魚類 AOD 值在 Site 1、Site 2 及 Site 6 都是 1800% 的結果，Site 3 的 AOD 值在 195~1800% 之間，平均值在 844%，Site 4 的 AOD 值在 240~1800% 之間，平均值在 1060%，Site 5 的 AOD 值在 240~1800% 之間，平均值在 1064%，Site 7 的 AOD 值在 240~1800% 之間，平均值在 795%，Site 8 的 AOD 值在 1280~1800% 之間，平均值在 1735%，蝦類 AOD 值在 Site 1、Site 2 及 Site 8 都是 1800% 的結果，Site 3 的 AOD 值在 240~1800% 之間，平均值在 931%，Site 4 的 AOD 值在 240~1800% 之間，平均值在 864%，Site 5 的 AOD 值在 135~1800% 之間，平均值在 853%，Site 6 的 AOD 值在 1500~1800% 之間，平均值在 1763%，Site 7 的 AOD 值在 135~1800% 之間，平均值在 889%（圖五、圖六及圖七）。

（三）AOD 值的變化與河川的自淨作用

中下游由 Site 3 至 Site 8 河道底部及兩岸由椰纖護網構成生態護坡，提供了我們在計算該河段間自淨作用一個相同的基礎。另外，利用水族環境生物檢測法可以將水質概況數值化的優點，用來計算 Site 3 到 Site 8 之間 AOD 值變化的程度，藉此計算方式求得該河段單位面積的自淨效率，利用 Site 3 至 Site 8 之間的 AOD 結果，將上下游樣站的 AOD 值相減後除以樣站間的面積，得到單位面積下 AOD

值的增加量或削減量，將此一數值稱為自淨效率。利用魚類AOD值評估自淨效率（表十九），在Site 3至Site 4間自淨效率介於 $-0.039 \sim 0.3$ （ $\% / \text{m}^2$ ）之間平均值為 0.06 （ $\% / \text{m}^2$ ），在Site 4至Site 5間自淨效率介於 $0 \sim 0.05$ （ $\% / \text{m}^2$ ）之間平均值為 0.006 （ $\% / \text{m}^2$ ），在Site 5至Site 6間自淨效率介於 $0 \sim 0.578$ （ $\% / \text{m}^2$ ）之間平均值為 0.273 （ $\% / \text{m}^2$ ），由此可知自淨作用主要是發生在Site 5至Site 6間，在Site 6至Site 7間自淨效率介於 $-2.6 \sim 0$ （ $\% / \text{m}^2$ ）之間平均值為 -1.675 （ $\% / \text{m}^2$ ），由此可知水門二的放流水嚴重影響了柯子湖溪的水質狀況，在Site 7至Site 8間自淨效率介於 $0 \sim 0.26$ （ $\% / \text{m}^2$ ）之間平均值為 0.157 （ $\% / \text{m}^2$ ），由此可知因水門二的放流水而變差的水質在Site 7至Site 8之間自淨作用下又變好了。利用蝦類AOD值評估自淨效率（表二十），在Site 3至Site 4間自淨效率介於 $-0.167 \sim 0$ （ $\% / \text{m}^2$ ）之間平均值為 -0.025 （ $\% / \text{m}^2$ ），在Site 4至Site 5間自淨效率介於 $-0.039 \sim 0.007$ （ $\% / \text{m}^2$ ）之間平均值為 -0.004 （ $\% / \text{m}^2$ ），在Site 5至Site 6間自淨效率介於 $0 \sim 0.578$ （ $\% / \text{m}^2$ ）之間平均值為 0.337 （ $\% / \text{m}^2$ ），由此可知自淨作用主要是發生在Site 5至Site 6間，在Site 6至Site 7間自淨效率介於 $-2.55 \sim 0$ （ $\% / \text{m}^2$ ）之間平均值為 -1.456 （ $\% / \text{m}^2$ ），由此可知水門二的放流水嚴重影響了柯子湖溪的水質狀況，在Site 7至Site 8間自淨效率介於 $0 \sim 0.278$ （ $\% / \text{m}^2$ ）之間平均值為 0.152 （ $\% / \text{m}^2$ ），由此可知因水門二的放流水而變差的水質在Site 7至Site 8之間自淨作用下又變好了。