

東方劍橋－早溪藻類分佈探討

壹、摘要：

早溪為烏溪重要支流之一，由豐原流經潭子、台中市東區，於烏日匯入烏溪。藻類面對水質變化的衝擊，不能適應者被淘汰，能適應者數量可能大量增加形成優勢種，因此我們可以就其種類，記錄流經該處河川溪流的水質狀況。本研究進行早溪偏上、中、下游等五個測站之矽藻採樣分析作業。以各採樣點之矽藻種類及數量，計算 GI 藻屬指標、種豐富度及歧異度來探討早溪各區段之水質概況。早溪中偏上、中、下游各不同區段水樣中，以偏上游樣點之矽藻總數為最高、其次為偏下游、紙漿工廠，最少的為偏中游。由 GI 藻屬指標發現，早溪除了偏上游樣點屬中度污染外，其餘均屬嚴重污染；由 TDI 藻屬指標發現，早溪除了偏下游樣點屬普養水質外，其餘均屬優養水質。而紙漿工廠及偏中游有較高的種豐富度及歧異度。早溪的整治工程，於施工期間濁度升高，對浮游藻類生長不利，但於整治過後(如下游的人工濕地)，對水質改善有幫助，進而反映在藻類的 GI 值及 TDI 值之改善上。

貳、研究動機：

每天一大早從豐原搭車前往潭子的上學途中，總會沿著一條溪流一直往下，直到我們學校，這條每天陪著我們上下學的溪流就是台中有名的早溪，對我們真有著莫名的親切感。由於六年多前曾發生過九二一大地震，使得原本的生態系產生極大的衝擊，又再次開啓新的消長，而在七二水災時，河水暴漲，將原本一大片農田及一間間工廠整個都淹沒了，只見汪洋一片黃濁潰堤的河水，令人怵目驚心。隨後縣府積極展開了一連串的早溪整治工程，而這次水災更燃起了我們對這條溪流的關懷與熱情。首先是溪水潺潺流過，水質常會變化，要由水質指標來評估早溪水質將需要龐大而持續的水質監測數據才行，如何才能以簡單的方法迅速去了解早溪的水質情況？依稀記得老師在上生物課時提到，藻類是了解河川水質的重要指標，所以如果可以藉著藻類分佈的觀察來了解早溪的水質優劣，將有助於我們對早溪長期水質情況之了解，因而引發我們進行本研究的構思。

參、研究目的：

- 一、調查及辨識早溪矽藻的種類與分佈。
- 二、觀察早溪各區段之矽藻種類數量有何差異。
- 三、用各類指標判斷早溪各區段之水質狀況。

肆、研究設備及器材：

一、器材：

- (一)離心機: KUBOTA5200(大)
LF-15C-RDM(小)
- (二)顯微鏡: New Olympus
Olympus
ZEISS Axioskop
- (三)微電腦溶氧測定器:OXI 320/SET
- (四)顯微照相機
- (五)垂直式無菌無塵操作台
- (六)電熱板
- (七)烘箱
- (八)鹽度計

二、藥品：

- (一)福馬林(24%)
- (二)過飽和過錳酸鉀 (KMnO_4) 溶液
- (三)鹽酸 (HCl)
- (四)CUMA 封片膠

伍、研究方法及過程：

一、採樣：

(一)採樣點選取

- 1.從地圖中選取適合之採樣地點五處，分別為上游的南坑(編號 1)、中上游間的紙漿工廠(編號 2)與旱溪整治工地(編號 3)、中游的本校附近(編號 4)、以及偏下游的東門里(編號 5)等。
- 2.現場踏勘，確定適合可用，隨即以 GPS 定位，標註座標與現場特徵描述。

(二)採樣步驟

- 1.肉眼觀察水質混濁度，及分辨有無特殊氣味。
- 2.觀察鄰近地區之自然環境。
- 3.測量氣溫、水溫及水中溶氧量。
- 4.於緩流處採取水樣 500ml，並立即加入 100ml 福馬林(24%)，目的在於以福馬林固定藻類並殺死細菌、原生動物等微生物。

二、濃縮水樣：

(一)將水樣搖晃均勻

(二)離心濃縮【將 500ml 水樣濃縮至 10ml】。

(三)取 500ml 水樣分成 2 瓶，以 3000rpm 離心 20min。

(三)虹吸上層液體至約剩 1/3 瓶(80ml)，然後搖晃均勻。

(四)每瓶再分成 2 小瓶(各 40ml)，以 3000rpm 離心 20min。

(五)每 2 小瓶各取底部 5ml 合入一離心管，以 3000rpm 離心 20min。

(六)兩離心管均虹吸掉上層澄清液至約餘 5ml 合入樣本瓶中，加入一滴福馬林(24%)保存。

三、酸洗：

(一)取混合均勻之濃縮水樣 5ml 至小燒杯中。

(二)加入約 40°C 飽和 KMnO_4 溶液 6ml，靜置 1 小時，待其與矽藻表面雜質等有機物反應以去除之，顏色由紫變褐，將燒杯蓋上錶玻璃，以防止水分蒸發影響濃度。

(三)加入 11ml HCl (與水樣 + KMnO_4 等量)，仍蓋上錶玻璃，於低於 100°C 熱源加熱板上加熱以加速反應，去除未反應之 KMnO_4 ，加熱至水樣呈透明無色或淡黃色。

(四)待冷卻後，分裝於兩離心管中(離心管體積為 250ml)，並加入去離子水(D.I.)至滿並搖晃均勻，以 3000rpm 離心 25min。

(五)虹吸掉上層液體至約剩 1/3(80ml)瓶，再分成 4 小瓶(離心管體積為 40ml)，加入 D.I.水至滿並搖晃均勻，以 3000rpm 離心 25min。

(六)虹吸掉上層澄清液至約餘 5ml，再加入 D.I.水至滿並搖晃均勻，以 3000rpm 離心 25min。

(七)虹吸掉上層液體至約餘 5ml，再合於兩小管中(離心管體積為 10ml)，加入 D.I.水至滿並搖晃均勻，以 3000rpm 離心 25min。

(八)虹吸掉上層澄清液至約餘 5ml，再加入 D.I.水至滿並搖晃均勻，以 3000rpm 離心 25min。

(九)兩離心管均虹吸掉上層澄清液至約餘 2.5ml 合入樣本瓶中，加入一滴福馬林(24%) 保存。

四、玻片製作:

(一)取 400 μ l 一次酸洗完之水樣置於蓋玻片上，放置於烘箱以約 100°C 烘乾。

(二)再以 CUMA 封片膠將蓋玻片固定於載玻片上

(三)繼續烘乾，每隔 5min 取出壓平蓋玻片，以去除氣泡，待膠完全烘乾後即完成玻片標本。

五、觀察藻類及計數:

(一)觀察各水樣之玻片中矽藻種類及數目並拍照紀錄。

(二)以紀錄 250 隻矽藻為基準，計其行數，並由此回推出原水樣中矽藻總數量及各種類矽藻出現之頻度(%)。

六、藻類指標與評估:

(一) GI 藻屬(Generic Index)指標：

GI 值以矽藻類中六個種屬出現頻度之比值作為水質之指標。定義如下：

$$GI = (Achnanthes + Cocconeis + Cymbella) / (Aulosera + Cyclotella + Nitzschia)$$

GI 值與水質之關係大致如下：

GI > 30 輕微污染水質

30 > GI > 11 微污染水質

11 > GI > 1.5 輕度污染水質

1.5 > GI > 0.5 中度污染水質

GI < 0.5 嚴重污染水質

(二) 種豐富度(Species Richness)指標：

有機性污染都會減少浮游藻類的種類數，而且不同污染程度的水域出現的浮游藻類種類也不相同。因此，種豐富度可作為水質污染程度之指標。

(三)歧異度指數(Shannon-Weaver Diversity Index)：

$$H = - \sum Pr \log_2 Pr$$

式中，Pr 為第 r 種類在群體中的相對頻度(%)，H 值受群聚結構之均衡性(evenness)及種類數之影響。一般而言，污染物不僅能減少水域藻類之種類數，而且常引起耐污染種類大量增生，降低群聚結構的均勻性，因此在污染水域中，H 值都較低，可作為污染評估指標。

(四) TDI 優養矽藻指數(Trophic Diatom Index)：

$$TDI = (WMS \times 25) - 25$$

$$WMS = \frac{\sum_{i=1}^n a_i s_i v_i}{\sum_{i=1}^n a_i v_i}$$

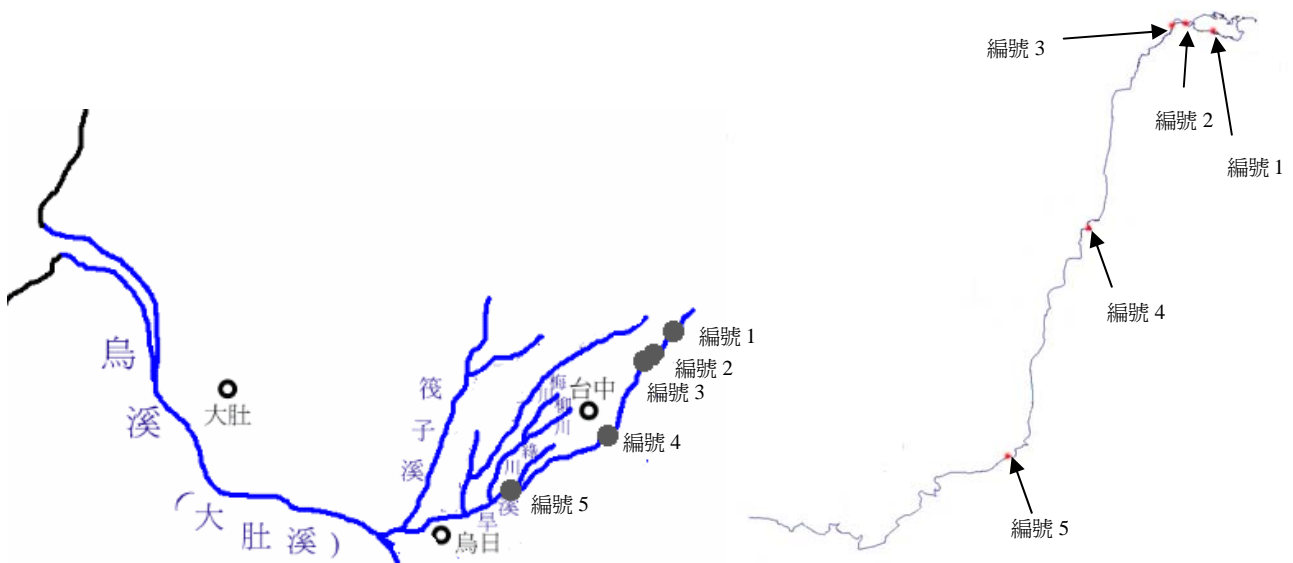
式中， a_i 為第 i 種類在群體中的相對頻度(%)， s_i 為第 i 種類的耐污值， v_i 為第 i 種類的權重，而 TDI 值與水質之關係大致如下：

TDI < 35	貧養水質
35 < TDI < 65	普養水質
TDI > 65	優養水質

陸、研究結果與討論：

一、我們於 2005 年 12 月、2006 年 3 月 24 日、2006 年 4 月 1 日及 2 日進行四次外採作業，分別說明如下：

- (一)第一次所採之水樣，預定以培養方式分析，然可能因條件控制不良而全數死亡。藻類為生產者，可行光合自營，大量繁殖後能不需離心即可觀察水樣中之各種藻類，惟每種藻類對營養鹽的需求度不同，可能得到與河川實際情況不同之優勢種。因此第一次水樣無法使用。
- (二)第二次所採之水樣，因未以福馬林固定，隔天水樣中之藻類幾乎全被為數甚多的原生動物所攝食。我們發現看似澄清的水中，在顯微鏡下仍有不少細菌及原生動物。第二次採樣除了得到採取水樣需立刻加入福馬林固定之寶貴經驗外，也提醒我們不論水體看起來如何清澈，均不能隨意飲用。
- (三)第三次所採之水樣，立即以福馬林固定，再以離心方式分析之，然五個採樣點中以編號 4 地點之水流湍急度遠大於其他點，恐產生誤差，因此於隔天再重新於相近的合適地點進行第四次採樣（採樣地點見圖一、二）。我們採水樣的位置均在旱溪各段流速稍緩之處，因流動溪水能使其中藻類混合較為均勻。



圖一 旱溪約略採樣位置圖

圖二 旱溪採樣地點

二、現場採樣分析結果（第三、四次採樣）：

(一)南坑(編號 1)－偏上游

時間	2006/4/1	16:57		地點	偏上游
標高	325 公尺	水溫	26.8°C	肉眼觀察	澄清
誤差	2.5	氣溫	28.9°C	氣味	無特殊氣味
東經	120°45'	鹽度	0	周圍景觀	河床兩岸為沈積岩露頭，有少許植被
北緯	24°14'	溶氧量	12.17 mg/l		

(二) 紙漿工廠(編號 2)－鄰近污染源(漂白水等藥劑)

時間	2006/4/1	18:05		地點	中上游紙漿工廠
高度	245m	水溫	23.8°C	肉眼觀察	澄清但附著藻類繁多，顏色呈現偏綠狀態
誤差	2	氣溫	27°C	氣味	臭
東經	120°44'	鹽度	0	周圍景觀	有些許垃圾散置，有少許植被
北緯	24°15'	溶氧量	7.8mg/l		

(三)旱溪整治工地(編號 3)－鄰近污染源(砂石)

時間	2006/4/1	18:34		地點	中上游整治工地
高度	180m	水溫	24.2°C	肉眼觀察	極度混濁
誤差	1.7	氣溫	29.6°C	氣味	極度惡臭
東經	120°43'	鹽度	0	周圍景觀	施工堆積砂石，無植被
北緯	24°12'	溶氧量	7.7mg/l		

(四)本校附近(編號 4)－偏中游

時間	2006/4/2	13:10		地點	本校附近
高度	129m	水溫	27.4°C	肉眼觀察	十分混濁，有許多泡沫
誤差	1.8	氣溫	31°C	氣味	惡臭
東經	120°42'	鹽度	0	周圍景觀	消波塊，稍上游處河床有農作物種植
北緯	24°10'	溶氧量	8.03mg/l		

(五) 東門里(編號 5)－偏下游

時間	2006/4/1	21:03		地點	東門橋
高度	70m	水溫	23.9°C	肉眼觀察	混濁
誤差	5	氣溫	24°C	氣味	微臭
東經	24°07'	鹽度	0	周圍景觀	人造溼地，河床有農作物種植
北緯	120°42'	溶氧量	6.0mg/l		

三、藻類分析結果：

(一)稀釋與計算結果

採樣點	觀察數量	觀察行數	使用水量(μ l)	玻片行數	稀釋倍數
南坑(編號 1)	255	2	400	144	50
紙漿工廠(編號 2)	277	4	400	144	50
旱溪整治工地(編號 3)	0	—	400	144	50
本校附近(編號 4)	239	10	400	104	50
東門里(編號 5)	304	2	400	83	50

註：採樣點（編號 3）玻片中觀察僅得大量泥沙，無任何完整矽藻

	使用儀器	總數量(個數/mL)	科學記號	
南坑(編號 1)	ZEISS	918000	0.918	$*10^6$
紙漿工廠(編號 2)	ZEISS	498600	0.4986	$*10^6$
旱溪整治工地(編號 3)	ZEISS	0	—	—
本校附近(編號 4)	Olympus(舊)	124280	0.12428	$*10^6$
東門里(編號 5)	Olympus(新)	630800	0.6308	$*10^6$

(二)旱溪矽藻種類數量與頻度(%)分析結果：

種類		南坑(編號 1)		紙漿廠(編號 2)		校附近(編號 4)		東門里(編號 5)	
屬	種	數量	頻度	數量	頻度	數量	頻度	數量	頻度
<i>Achnanthes</i>	<i>atomus</i>	2	0.78	10	3.61	21	8.79	78	25.66
	<i>exiqua</i>	1	0.39	1	0.36	1	0.42		
	<i>minutissima</i>	3	1.18	3	1.08			5	1.64
	<i>nollii</i>			1	0.36				
<i>Aulosera</i>	<i>granulata</i>							2	0.66
<i>Cocconeis</i>	<i>placentula</i>	1	0.39	7	2.53				
<i>Cyclotella</i>	<i>meneghiniana</i>	6	2.35	40	14.44			4	1.32
	<i>ocellata</i>	4	1.57	8	2.89	6	2.51		
	<i>stelligera</i>	1	0.39	5	1.81	26	10.88		
<i>Cymbella</i>	<i>affinis</i>	7	2.75	1	0.36	2	0.84	1	0.33
	<i>lacutris</i>	5	1.96	2	0.72			1	0.33
	<i>lata</i>	5	1.96			1	0.42		
	<i>muelleri</i>	1	0.39			1	0.42		
	<i>perpusilla</i>					1	0.42		
<i>Diatoma</i>	<i>vulgare</i>			2	0.72	4	1.67	3	0.99
<i>Gomphonema</i>	<i>angustum</i>	2	0.78						
	<i>augur</i>	1	0.39					1	0.33

	<i>olivaceum</i>					1	0.42		
	<i>parvulum</i>	1	0.39	10	3.61	2	0.84		
種類		南坑(編號 1)		紙漿廠(編號 2)		校附近(編號 4)		東門里(編號 5)	
屬	種	數量	頻度	數量	頻度	數量	頻度	數量	頻度
<i>Navicula</i>	<i>accomoda</i>					1	0.42		
	<i>arenaria</i>	120	47.06			4	1.67	3	0.99
	<i>arvensis</i>			7	2.53	1	0.42		
	<i>bulnheimii</i>			7	2.53				
	<i>cincta</i>			1	0.36				
	<i>confervacea</i>			1	0.36				
	<i>cryptocephala</i>	54	21.18	12	4.33	9	3.77		
	<i>cryptotenella</i>							10	3.29
	<i>cryptotenella</i> var. <i>veneta</i>					1	0.42		
	<i>cuspidata</i>							1	0.33
	<i>declivis</i>					1	0.42		
	<i>elginensis</i>							3	0.99
	<i>heufleri</i>			1	0.36	1	0.42		
	<i>mutica</i>							2	0.66
	<i>odiosa</i>					1	0.42		
	<i>pupula</i>			2	0.72	2	0.84		
	<i>pygmaea</i>	2	0.78			3	1.26		
	<i>rhyncocephala</i>							1	0.33
	<i>schroeterii</i>			1	0.36				
	<i>sp1</i>					1	0.42		
<i>stroemii</i>					1	0.42			
<i>stubminusula</i>	1	0.39	2	0.72					
<i>Nitzschia</i>	<i>amphibia</i>	3	1.18	54	19.49	1	0.42	3	0.99
	<i>clausii</i>	1	0.39	1	0.36	1	0.42		
	<i>disspata</i>	5	1.96	17	6.14	21	8.79	9	2.96
	<i>intermedia</i>			1	0.36	6	2.51		
	<i>palea</i>	19	7.45	68	24.55	111	46.44	156	51.32
	<i>sinuata</i> var. <i>tabellaria</i>	2	0.78			1	0.42		
<i>Pinnularia</i>	<i>braunii</i>					3	1.26		
	<i>braunii</i> var. <i>amphicephala</i>							11	3.62
<i>Synedra</i>	<i>acus</i>	8		10	3.61				
	<i>rumpens</i>			2	0.72			5	1.64

<i>socia</i>					2	0.84		
<i>ulna</i>					1	0.42	5	1.64

(三)分析結果探討：

1. 我們採集旱溪中偏上、中、下游區段，及推測可能受到污染的紙漿工廠、旱溪整治工地共五個採樣點，欲了解生活其中的藻類有何不同。藻類是水域中重要的生產者，且其對於水質非常敏感，所以被認為是最適宜評估河川水質標準。由於綠藻、藍綠藻類辨識較為困難，且在時間受限的情況下，我們選擇較易辨識的矽藻來觀察並分析。結果發現旱溪整治工地(編號 3)的水樣中完全沒有完整的矽藻，只有一個碎片；我們推測這可能是因此地點水中砂石含量過高，水質非常混濁，導致懸浮物太多，光線無法充分穿透水層，進而造成浮游藻類無法行光合作用而死亡。
2. 除工地(編號 3)外，各樣點之矽藻數量均不少，除了紙漿工廠(編號 2)無明顯優勢種外，其餘均有明顯優勢種，出現頻率將近或超過 50%。其中偏上游的編號 1 水樣中，*Navicula arenaria* 為優勢種，而偏中、下游的編號 4、5 水樣中，均以 *Nitzschia palea* 為優勢種。其中菱形藻屬 *Nitzschia* 為污染水質的指標藻屬，表示旱溪中、下游可能受到一定程度的污染。
3. 高一基礎生物課本中提到，於水質良好的湖泊，以矽藻為主，而在溪流生態系中，因水流快速，主要生產者並非為浮游藻類；但我們發現，其實無論水體有無流動，或流動是否湍急，其中應該都含有不少浮游藻類，且矽藻中雖有許多種類偏好乾淨水域生活，如曲殼藻屬 *Achnanthes*、卵形藻屬 *Cocconeis* 等，卻也有不少是屬於偏好污染水域而生活的，如 *Cyclotella meneghiniana* (曼尼小環藻)、*Diatoma vulgare* (普通等片藻) 均為優養水質之指標藻種。因此可以了解，課本上的敘述為大方向概念，但若要針對其中的細項討論，則需要收集更多的參考資料。

四、旱溪矽藻各屬的照片及特徵：

(一)各屬的特徵：

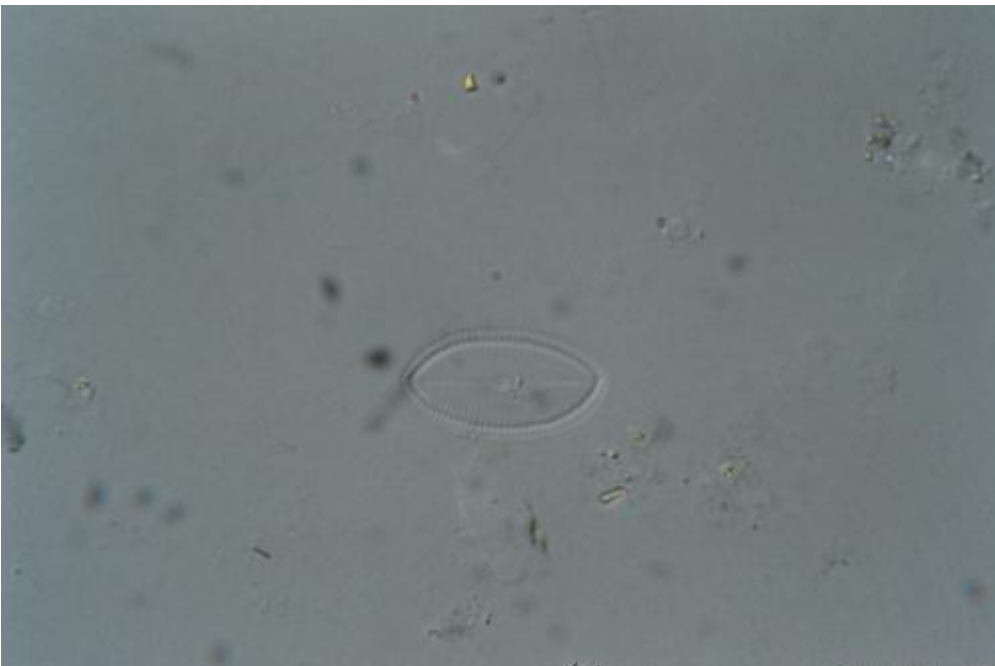
藻 屬	概 述
曲殼藻屬 <i>Achnanthes</i>	單細胞，或相連成鏈，殼面縱軸彎曲，殼環面屈膝型，生活於海水、半鹹水和淡水中，常出現於清潔水域，上下殼花紋不同（上殼有縱溝，下殼無）
直鏈藻屬 <i>Aulosira</i> (<i>Melosira</i>)	細胞圓柱形，常由殼面相連成念珠狀、鏈狀。殼面圓形、球型或扁平，是淡水中浮游矽藻，較少見。
卵形藻屬 <i>Cocconeis</i>	細胞扁平，橫軸直或略彎曲成弧形或屈膝型，點條紋橫列或放射狀，分布於海水或淡水，多營附著生活，常出現於清潔水域。
小環藻屬 <i>Cyclotella</i>	細胞圓盤形，殼面花紋分外圍和中央區，外圍有向中央伸入的肋紋。殼面平直或有波狀起伏，或中央部份向外鼓起，淡水種類可在魚池中大量繁殖，形成優勢種，有些為污染指標種。
橋彎藻屬 <i>Cymbella</i>	殼環面兩側平行，左右不對稱，呈半月型、偏舟形或近舟形，有明顯的中軸區和中心區，屬典型淡水種類。
等片藻屬 <i>Diatoma</i>	細胞常連接成帶狀或鋸齒狀群體，殼面披針形或線形、棒形至橢圓形，殼面和殼環面均有助紋，主要產於淡水。
異極藻屬 <i>Gomphonema</i>	殼面披針形或棒狀，上端比下端大，上下不對稱，兩側對稱，具有明顯中央節和極點，橫線紋略為放射狀排列
舟形藻屬 <i>Navicula</i>	細胞三軸都是對稱的，殼面具橫線紋或布紋，淡水種類很豐富，各種水體中都有，且多為沿岸性種類
菱形藻屬 <i>Nitzschia</i>	細胞梭形、舟形或線舟形，具橫線紋，龍骨點明顯，分布於海水、半鹹水和淡水中，屬於耐污染的藻屬。
羽紋藻屬 <i>Pinnularia</i>	單細胞或連成絲狀群體，殼面橢圓形至披針形，少數中部兩側膨大成波狀，多分布於淡水
針桿藻屬 <i>Synedra</i>	細胞長線形，單獨生活或呈放射狀群體；殼環面長方形，末端截形，具明顯的線紋，分布於淡水或海水。

(二)各屬的照片(其中曲殼藻屬 *Achnanthes*、羽紋藻屬 *Pinnularia* 無清楚照片故未放):

1. 直鏈藻屬 *Aulosera granulate*



2. 卵形藻屬 *Cocconeis placentula*



3. 小環藻屬 *Cyclotella meneghiniana* (曼尼小環藻)



4. 橋彎藻屬 *Cymbella affinis*



5. 等片藻屬 *Diatoma vulgare* (普通等片藻)



6. 異極藻屬 *Gomphonema parvulum*



7. 舟形藻屬 *Navicula arenaria*



8. 菱形藻屬 *Nitzschia amphibia*

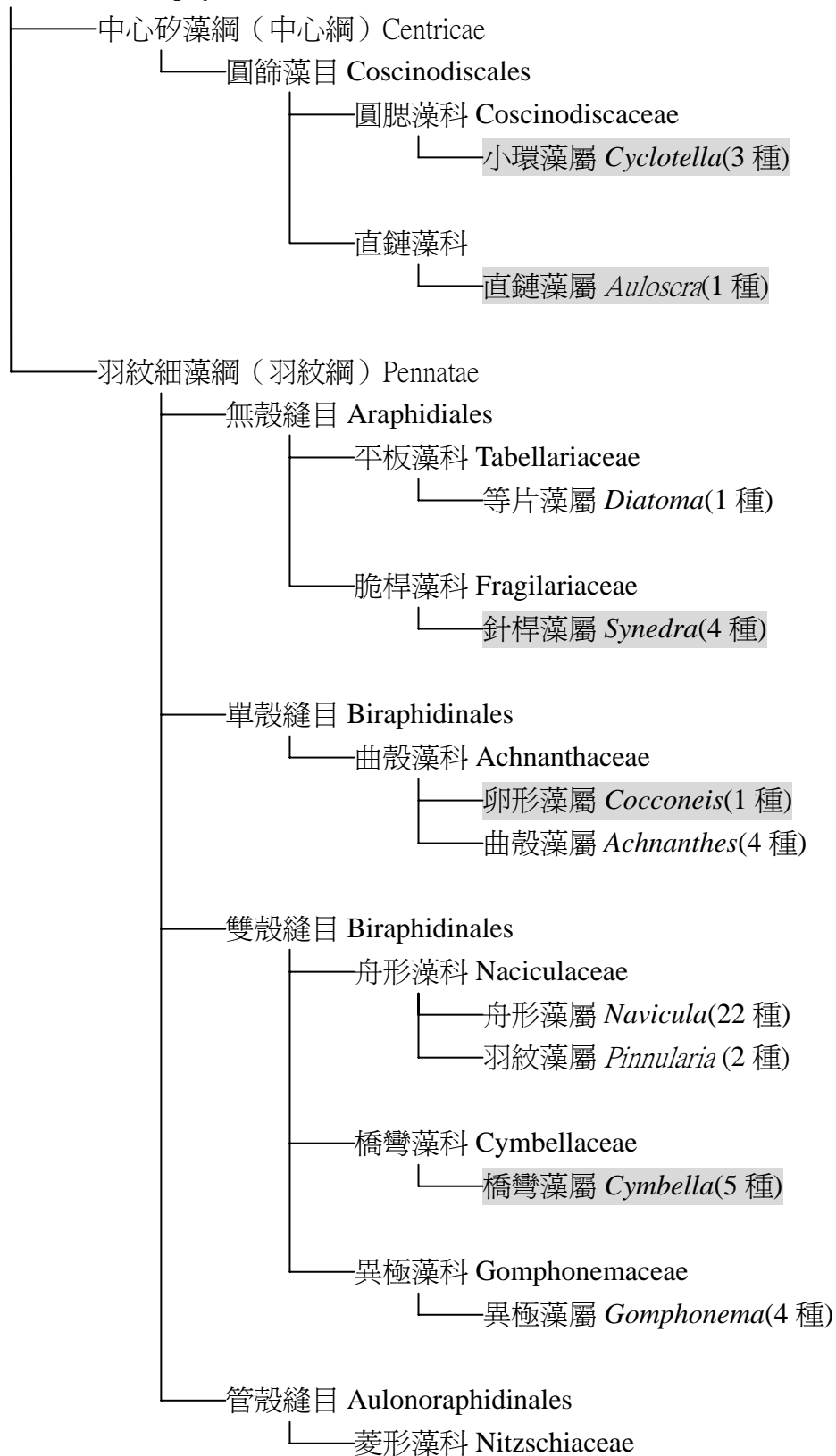


9. 針桿藻屬 *Synedra rumpens*



五、本次研究調查到的矽藻各屬之分類地位(標示底色的為 GI 值所分析的六個屬，後面括號內為我們觀察到此屬中的物種數)：

矽藻門 Bacillariophyta



└─ 菱形藻屬 *Nitzschia*(6 種)

六、藻類指標與評估：

(一) GI(Generic Index)藻屬指標：

藻屬分類	南坑(編號 1)	紙漿工廠(編號 2)	本校附近(編號 4)	東門里(編號 5)
1.曲殼藻屬 (<i>Achnanthes</i>)	2.35	5.41	9.21	27.3
2.直鏈藻屬 (<i>Aulosera</i>)	0	0	0	0.66
3.卵形藻屬 (<i>Cocconeis</i>)	0.39	2.53	0	0
4.橋彎藻屬 (<i>Cymbella</i>)	7.06	1.08	2.1	0.66
5.小環藻屬 (<i>Cyclotella</i>)	4.31	19.14	13.39	1.32
6.菱形藻屬 (<i>Nitzschia</i>)	11.76	50.9	59.09	55.27
GI 值	≒0.60	≒0.12	≒0.15	≒0.48
水質狀況	中度污染水質	嚴重污染水質	嚴重污染水質	嚴重污染水質

(二) 種豐富度(Species Richness)指標：

	南坑(編號 1)	紙漿工廠(編號 2)	本校附近(編號 4)	東門里(編號 5)
種豐富度	24	28	33	20

(三) 歧異度指數(Shannon-Weaver Diversity Index)：

	南坑(編號 1)	紙漿工廠(編號 2)	本校附近(編號 4)	東門里(編號 5)
歧異度	2.58	3.57	3.07	2.32

(四) TDI(Trophic Diatom Index)優養矽藻指數：

種類		耐污值	權重	南坑	紙漿廠	學校附近	東門里
屬	種	s_i	v_i	頻度 a_i	頻度 a_i	頻度 a_i	頻度 a_i
<i>Achnanthes</i>	<i>atomus</i>	3	1	0.78	3.61	8.79	25.66
	<i>exiqua</i>	3	1	0.39	0.36	0.42	
	<i>minutissima</i>	2	2	1.18	1.08		1.64
	<i>nollii</i>	3	1		0.36		
<i>Aulosera</i>	<i>granulata</i>	3	2				0.66
<i>Cocconeis</i>	<i>placentula</i>	0	0	0.39	2.53		
<i>Cyclotella</i>	<i>meneghiniana</i>	0	0	2.35	14.44		1.32
	<i>ocellata</i>	0	0	1.57	2.89	2.51	
	<i>stelligera</i>	1	3	0.39	1.81	10.88	
<i>Cymbella</i>	<i>affinis</i>	2	1	2.75	0.36	0.84	0.33
	<i>lacutris</i>	2	1	1.96	0.72		0.33
	<i>lata</i>	2	1	1.96		0.42	
	<i>muelleri</i>	2	1	0.39		0.42	
	<i>perpusilla</i>	5	3			0.42	
<i>Diatoma</i>	<i>vulgare</i>	3	1		0.72	1.67	0.99
<i>Gomphonema</i>	<i>angustum</i>	3	1	0.78			
	<i>augur</i>	5	2	0.39			0.33
	<i>olivaceum</i>	5	3			0.42	
	<i>parvulum</i>	0	0	0.39	3.61	0.84	
<i>Navicula</i>	<i>accomoda</i>	4	1			0.42	
	<i>arenaria</i>	4	1	47.06		1.67	0.99
	<i>arvensis</i>	4	1		2.53	0.42	
	<i>bulnheimii</i>	4	1		2.53		
	<i>cincta</i>	4	1		0.36		
	<i>confervacea</i>	4	1		0.36		
	<i>cryptocephala</i>	4	1	21.18	4.33	3.77	
	<i>cryptotenella</i>	4	1				3.29
	<i>cryptotenella</i> var. <i>veneta</i>	5	2			0.42	
	<i>cuspidata</i>	4	1				0.33
	<i>declivis</i>	4	1			0.42	
	<i>elginensis</i>	4	1				0.99

	<i>heufleri</i>	4	1		0.36	0.42	
	<i>mutica</i>	4	1				0.66
	<i>odiosa</i>	4	1			0.42	
	<i>pupula</i>	4	1		0.72	0.84	
種類		耐污值	權重	南坑	紙漿廠	學校附近	東門里
屬	種	s_i	v_i	頻度 a_i	頻度 a_i	頻度 a_i	頻度 a_i
Navicula	<i>pygmaea</i>	4	1	0.78		1.26	
	<i>rhyncocephala</i>	4	1				0.33
	<i>schroeterii</i>	4	1		0.36		
	<i>sp1</i>	4	1			0.42	
	<i>stroemii</i>	4	1			0.42	
	<i>stubminusula</i>	4	1	0.39	0.72		
Nitzschia	<i>amphibia</i>	5	3	1.18	19.49	0.42	0.99
	<i>clausii</i>	4	1	0.39	0.36	0.42	
	<i>disspata</i>	5	2	1.96	6.14	8.79	2.96
	<i>intermedia</i>	4	1		0.36	2.51	
	<i>palea</i>	4	1	7.45	24.55	46.44	51.32
	<i>sinuata</i> var. <i>tabellaria</i>	4	1	0.78		0.42	
Pinnularia	<i>braunii</i>	1	3			1.26	
	<i>braunii</i> var. <i>amphicephala</i>	1	3				3.62
Synedra	<i>acus</i>	4	1		3.61		
	<i>rumpens</i>	4	1		0.72		1.64
	<i>socia</i>	4	1			0.84	
	<i>ulna</i>	3	1			0.42	1.64
TDI				67.23	86.75	74.31	62.21
水質				優養	優養	優養	普養

(五)藻類指標及數量的分析：

採樣點	總數量(個數/mL)	GI	TDI	種豐富度	歧異度	溶氧量
南坑(編號 1)	918000	0.6	67.23	24	2.58	12.17 mg/l
紙漿工廠(編號 2)	498600	0.12	86.75	28	3.57	7.8mg/l
本校附近(編號 4)	124280	0.15	74.31	33	3.07	8.03mg/l
東門里(編號 5)	630800	0.48	62.21	20	2.32	6.0mg/l

1. 旱溪中偏上、中、下游各不同區段及紙漿工廠水樣中，以偏上游樣點之矽藻總數為最高、其次為偏下游、紙漿工廠，最少的為偏中游，據我們採樣之水質觀察，上游最乾淨、紙漿工廠雖偏上游，水質也還算清澈，但顏色看起來偏綠，由 TDI 值顯示此處的確優養化十分嚴重；而中游靠本校之上段流域，亦有施工，且旱溪開始流經住宅區，不斷有家庭廢水排入，因此水質混濁度不低，可聞到臭味，水面上也可看到少數垃圾、泡沫等可能表示此處污染可能嚴重；至於偏下游我們採樣處，之前應該經過整治，開發為可供農用的人工濕地，水雖混濁，亦有些許臭味，但無中游嚴重。由矽藻總數量可看出，偏上游處因水量夠多，水質污染較不嚴重，因此藻類數目最多，而水質最混濁的偏中游處仍可能因懸浮微粒太多而導致藻類數量最少。而各區段矽藻總數量約與水質污染程度(GI 值)相關，亦即水質愈乾淨處，矽藻總數量愈多。
2. 本校附近(編號 4)的採樣點之上游不遠處亦有整治工地，我們推測這可能造成採樣點附近的藻類因偏上游環境改變、泥沙變多而重新進行消長，而由此處藻類數量特別少、豐富度特別高，可推測我們採樣時間可能在於此新族群形成之初期。水中浮游性藻類的來源，推測可能大部分來自岸邊附著性藻類等生物構成之生物膜，因此當水中泥砂量變高、水質變差導致生物膜需重新消長時，就會連帶影響浮游性藻類的變化，也就是以附著性藻類或浮游性藻類計算各類指標結果基本上應成正相關。
3. 藻類面對水質變化的衝擊，不能適應者被淘汰，能適應者數量可能大量增加形成優勢種，因此我們可以就其種類記錄流經該處河川和溪流的水質狀況，主要出現於乾淨水質中的一些藻屬（曲殼藻屬 *Achnanthes*+卵形藻屬 *Cocconeis*+ 橋彎藻屬 *Cymbella*）的數量和主要出現於較污染的水域之中的藻屬（小環藻屬 *Cyclotella*+直鏈藻屬 *Aulosera*+菱形藻屬 *Nitzschia*）數量，可由這兩大類藻屬相除的比例來推斷水質狀況。而計算此 GI 值可使用附著性矽藻或浮游性矽藻均可，其代表性理論上無顯著差異，此法較簡易且較無使用限制，惟需要酸洗才能明顯看出矽藻的細胞壁紋路以資分類。實驗結果發現，我們觀察到的以主要出現於較污染的水域之中的藻屬為多，除了偏上游樣點屬中度污染外，其餘均屬嚴重污染。
4. 另外，由優養矽藻指數(TDI 值)亦可得到與 GI 值相近的水質結果，除了偏下游樣點接近普養水質的最低限度外，其餘均屬優養水質，此結果顯示旱溪整條溪基本上受污染嚴重。由數值顯示偏上游的污染最輕，但仍屬優養水質，可能代表其含有之有機物較少，但含無機鹽類氮、磷、鉀可能較多。而偏上游及偏下游的人工濕地樣點之 GI、TDI 值均較接近，顯示其受污染、優養化程度較不

嚴重，可能代表人工濕地有可能對於水質改善有所助益。

5. 根據高一基礎生物學過，物種歧異度即為物種多樣性，受到豐富度及均勻度的影響，先比較豐富度，豐富度高即代表歧異度高，若豐富度相同時，則視均勻度越高者越易維持高多樣性，因此歧異度較高。而由我們計算的歧異度指數及種豐富度中，可以發現雖然結果並非與上課所學完全相符，但大致上紙漿工廠(編號 2)及本校附近(編號 4)，也就是由 GI 值算出污染率最高的二個採樣點歧異度及種豐富度都較高。這可能是由於這二個採樣點中有較多屬於耐污性高的物種，有些藻屬中藻類的耐污性高低並非整個屬一致，而是隨著各藻類種類而不同。一般於極乾淨或極髒的水域中，生物的種類及總數均很少，而根據中度干擾理論，適度干擾情況下物種歧異度會較高。然而亦有可能歧異度並無法適用於水質之探討，詳細情況尚待後續深入探討。
6. 水質溶氧量受到各種不同生物及物化因子影響，根據高一基礎生物課本提到，上游水流湍急、水溫低，含氧量較高；中游流速漸減，pH 值漸減，含氧量較為減少；下游水流緩慢，人口聚集，污染變多，含氧量為最低。我們測出來的溶氧量於旱溪偏上、中、下游分布情形與上述理論趨勢相符。

柒、結論：

- 一、本研究順利完成旱溪偏上、中、下游五個測站之矽藻採樣分析作業，惟其中旱溪整治工地採樣點(編號 3)可能因砂石混濁度過高，於玻片中觀察僅得大量泥沙，而無任何完整矽藻。
- 二、旱溪中偏上、中、下游各不同區段水樣中，以偏上游樣點之矽藻總數為最高、其次為偏下游、紙漿工廠，最少的為偏中游。
- 三、由 GI 藻屬指標發現，旱溪除了偏上游樣點屬中度污染外，其餘均屬重度污染。
- 四、由 TDI 藻屬指標發現，旱溪除了偏下游樣點屬普養水質外，其餘均屬優養水質。
- 五、旱溪的整治工程，於施工期間濁度升高，對浮游藻類生長不利，但於整治過後(如下游人工濕地)，對水質改善有幫助，進而反應在藻類的 GI 值及 TDI 值之改善上。
- 六、建議未來應針對不同季節(旱季及雨季)、及整條旱溪全面(更上游及更下游)之樣點，以及水質變動較大處(整治工程之前、中、後比較)，紀錄其消長情形並作更深入的探討。另外，也希望可同時測量生化需氧量(BOD)、懸浮固體(SS)、無機鹽成分、浮游

藻類指數(Algae Index)等其他水質指標，以供綜合分析判斷。

捌、參考文獻：

註一、吳俊宗 王怡文，水質優養與藻類指標，行政院環保署，P.45~51。

註二、吳俊宗 周晉文，1998，淡水河系污染政治對生物相群聚動態影響，行政院環保署，P.4-1~13

註三、吳俊哲，2000，89 年度台灣地區主要水庫水質監測計畫，行政院環保署，P.2~6。

註四、胡鴻鈞 李麒英 魏印心 朱惠忠 陳嘉佑 施之新，中國淡水藻類，上海科學技術出版社，P.130~200。

註五、梁象秋 方紀祖 楊和荃，1998，水生生物學，水產出版社，基隆，P.74~112。

註六、J.M. HELLAWELL，1987，BIOLOGICAL INDICATORS OF FRESHWATER POLLUTION AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT，Huntingdon，ELAEVIER APPLIED SCIENCE LONDON and NEW YORK，P.427~429

註七、M. G. KELLY，1998，USE OF THE TROPHIC DIATOM INDEX TO MONITOR EUTROPHICATION IN RIVERS，Wat. Res.，Vol.32 NO.1，P.236~242

040703

-

1.

2.

3.