

淡水藻類的觀察方法與應用

— 認識生活環境生物的小實驗

田志仁、李文璋、郭盈君、黃顯宗、汪碧涵

東吳大學 微生物學系

前言

顯微鏡下的生物世界就像是萬花筒，透著一絲神秘華麗的色彩，在肉眼不及的尺度下，蓄含著生命特有的吸引力，緊抓著觀察者的目光，久久不能離開。藻類，是微生物中外觀最豐富多變的一群，這種多樣性在生物教育中往往成爲帶領學子視野延伸的鎖鑰。

藻類因爲是生態系統中的初級生產者，其多樣性與歧異度不但能反應生態系統的健全與否，更能做爲判定水域污染程度的指標生物。藻類的種類繁多，在台灣的淡水環境中，根據已有的文獻資料，常見藻類主要爲矽藻、藍綠藻、綠藻與裸藻，學者們已經對台灣淡水藻類的種類與分佈做了廣泛詳盡的研究。自1987年開始，環保署環境檢驗所聘請日本生物指標專家森若美代子對全國的湖泊、水庫進行全面的調查工作（山岸，1992；森若，1992；森若與齊，1996），農委會與國立台灣博物館亦分別發表養殖池與淡水常見的藻類圖鑑（徐，1999；丁與李，1988，1991），國內學者也針對台灣南部溪流與池塘、新店溪、大甲溪、烏溪、筏子溪與二仁溪等河川之藻類群聚做調查，並建立生物指標的相關研究（黃，1981；陳與賴，1984，1985；郭與林，1991；吳與周，1998）。從以上研究可知，台灣不同淡水環境中擁有豐富的藻類相，適合成爲中學生體驗環境中生物多樣性的入門材料，加以又

有充足的參考文獻佐證，也無需昂貴的儀器藥品即可操作，因此非常適合做爲中學生在生物學或環境教育上的輔助學習教材。

東吳大學位於外雙溪畔，爲士林區重要的教學與研究單位，其中微生物學系更致力於生命科學與社區環境教育之推廣，大學的教授學有專精，深諳科學的研究方法，除了學校授課與學術上的研究外，科學的深耕、環境教育的推動與區域民衆的互動也是重要的課題與責任。有鑑於具有豐富自然資源的士林地區，需要有更多生命科學資訊與生態的相關基礎資料，以利學生與關心環境的地方人士做爲參考依據，所以針對士林的水域環境中的藻類進行介紹，利用中學實驗室中現有的設備，提供師生更多實際動手實驗觀察的題目與思考方向的資料，親自體驗書本之外的感動。

本文介紹淡水藻類基本的研究方法，設計四個星期總共八天，可在一般中學實驗室操作的簡易觀察實驗。目的在於提供中學學生與教師一個簡便的實驗架構與實用的資料庫，以作爲生物生態教學的輔助教材與科學展覽的參考，並提供關心社區生態環境人士一個地區性的背景資料。在接近遊戲的野外採集教學中，藉由對生活經驗與周遭現象的觀察，推論蘊涵在其中的原理與概念，並運用簡單的實驗，從而發現問題與解決問題，讓生物科教學的目的得以實現。

壹、實驗器材與藥品

清潔之牙刷、採樣瓶、橡膠手套、福馬林（甲醛）溶液、涉水裝、過錳酸鉀與鹽酸（或是濃硫酸與硝酸鉀）、加熱板、光學顯微鏡（100~1000×）。

貳、採樣調查地點

本實驗的採樣地點可以分為兩種不同的水域環境，分別是流動水域與靜止水域。流動水域部分選擇外雙溪聖人瀑布河段、至善國中河段與雨農橋河段三個採樣點之底棲藻類與水樣；靜止水域部分則為故宮附近至德園、至善園與雙溪公園中池塘中之水樣（圖一）。這兩種水環境在台灣郊區時常可見，採樣便利。

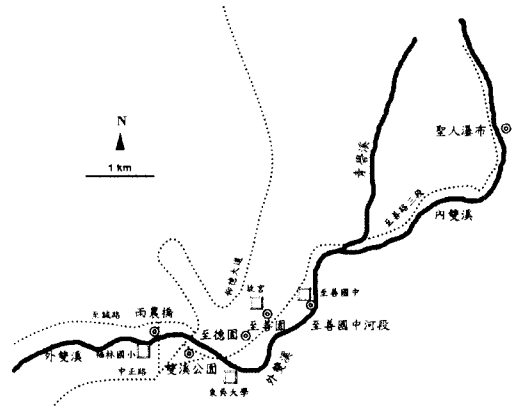
聖人瀑布位於外雙溪上游，可在士林捷運站搭公車 213、小 18、255，於大經橋站下車後循指標步行即可到達；或是開車由士林、大直至外雙溪故宮博物院，續行至外雙溪至善路二、三段前行約五公里，過溪山國小後可見指標。

至善國中地址為士林區至善路二段 360 號，可搭公車 255、小 18、小 19、304、213 或 620 抵達；或開車沿至善路過故宮博物院後約五百公尺處。採樣河段位於至善國中後方，學校左方有小徑可到達，唯道路與溪谷約有 1.5 公尺的落差，下河時須小心。

雨農橋位於雨農路上，可搭公車 206、267 至芝山公園站，或搭 206、220、260、304、255 至福林里站，或 216、203、603、310、220、280、267、285、279、606 至福林橋站；開車可經由至誠路或中正路轉入雨農路，附近停車方便，越過堤防後即到採樣河段。

至德園、至善園位於至善路故宮博物院兩側，可搭公車紅 30、213、255、304、小 18、

小 19 到達。雙溪公園位於中正路、至善路與仰德大道交會處，士林捷運站搭乘在往陽明山之公車可達。



圖一 士林區水域採樣點分佈圖

<想一想>：

- (1) 居家或學校附近，有沒有湖池溪流等自然環境？如果有，可以將其歸類為哪一種水域類型？
- (2) 所居住的城市附近，是否也有類似的安全地點適合採樣觀察？

參、採樣調查時程規劃

在實驗規劃上，考量中學假期與考試間隔，預計以四個星期的週六與週日，共八個工作天進行研究。第一週赴野外採集，觀察採樣點環境並記錄照相，採取附著性與浮游性藻類樣本兩套，分別以樣本直接裝瓶或以福馬林固定樣本攜回實驗室，立刻觀察紀錄新鮮樣本內之藻類，以福馬林固定之樣本則靜置一週，以觀察矽藻。第二週與第三週酸洗以福馬林固定的樣本，進行矽藻鑑定與照相紀錄。第四週彙整各項採樣點環境資料與記錄、藻類鑑定結果，引用生物指標方法評估環境品質，最後討論結果並撰寫報告。

<想一想>：

- (1) 如何利用週末或寒暑假規劃一個有意義的野外調查活動？

肆、底棲附著性矽藻樣本之採集

在水深約 20 ~ 50 公分處撈取石頭，以牙刷刮取向陽面面積約 50 平方公分的褐色濕滑的附著，褐色物刷下後放入 100 毫升 5% 的福馬林溶液固定後帶回實驗室。處理樣本之前，先以光學顯微鏡觀察矽藻和其他藻類的外型、原生質分佈狀況，並加以記錄。

<想一想>：

- (1) 在河川的哪一個河段，可以輕易採集到表面具有褐色濕滑狀物的石頭？
- (2) 為什麼要用福馬林固定樣本？

伍、浮游性藻類樣本之採集

於所有採樣點未受人為擾動處挑選 3 個地點，各取兩公升水，加以充分混合後取兩公升裝入水樣瓶中，加入福馬林固定，使最終濃度為 5%。水樣靜置一星期，待懸浮物沉降後，取水樣瓶底部的沉降物進行觀察與酸洗。除以福馬林固定水樣外，另行採集 200 毫升的新鮮水樣攜回實驗室觀察並加以記錄。

<想一想>：

- (1) 水樣採集時為什麼要避免人為的擾動？
- (2) 浮游性藻類可能的來源為何？

陸、矽藻樣本之酸洗處理

酸洗處理樣本的目的，在於去除矽藻表面與內部的有機質，以方便觀察矽質外殼表面紋路，酸洗方法有二，詳述如下，請確實按照步驟處理過錳酸鉀、鹽酸、硫酸與硝酸鉀等有危

險性的化學藥品，以免意外發生。

方法一：取步驟肆和步驟伍經過福馬林固定後的水樣 20 毫升，加入適量過錳酸鉀使成飽和溶液，靜置數天後再加入適量鹽酸，加熱沸騰至溶液顏色呈透明淡黃色。以每分鐘 3,000 轉之轉速離心沈澱矽藻，倒掉上層澄清液，再加水懸浮、離心，重複三次後，即得到白色的矽藻外殼沈澱物，直接裝瓶保存，再記錄採樣時間、地點與採樣者姓名 (Sournia, 1978)。此法較溫和且危險性較低，較適合中學生操作，建議採用。

方法二：將步驟肆和步驟伍經過福馬林固定後的水樣約 10 毫升，以每分鐘 3,000 轉的轉速離心 10 分鐘，去除上層澄清液後加入約 5 毫升的濃硫酸，加熱至有機物被分解而轉變為黑褐色後，加入適量的硝酸鉀粉末，此時會有褐色氣體產生，必須繼續加熱至褐色氣體消失為止。待冷卻後離心去除上清液，加水懸浮、離心，重複三次後將殘留的酸液清洗乾淨，最後留下的純白色粉末即為矽藻的矽質外殼 (賴，1997)。直接裝瓶保存，並記錄採樣時間、地點與採樣者姓名。

<想一想>：

- (1) 我們分別可以在酸洗前與酸洗後的樣本中觀察到什麼？
- (2) 操作酸性溶液 (如鹽酸) 時應該注意哪些安全措施？

柒、淡水藻類之觀察

1、新鮮水樣觀察

取新鮮水樣一滴置於載玻片上，蓋上蓋玻片，以透明指甲油封片防止蒸發，樣品在一天內鏡檢觀察。

<想一想>：

(1) 在新鮮水樣中可以觀察到哪些固定後看不到的生物？

2、酸洗後之矽藻外殼觀察

取適量經酸洗製備後含白色矽藻粉末的樣本液，稀釋至適當濃度後，取一滴滴於蓋玻片上，加熱烘乾，蓋上滴有適量乳酸 (lactic acid, Nacalai) 或是甘油 (glycerol, Nacalai) 的載玻片上，至於酒精燈火焰上稍稍加熱，使充分滲入矽藻矽質壁，再以透明指甲油封片，即為矽藻半永久玻片。

<想一想>：

- (1) 水樣在酸洗之後，剩下哪些物質或構造？
(2) 加入乳酸或甘油，有什麼好處？

捌、藻類分類與鑑定

藻類的分類依據是根據其外觀形態與表面紋路而完成的。在新鮮水樣中，常見的綠藻門如柵藻與盤星藻等，外形差異明顯，鑑定容易；但藍綠藻門與裸藻門等藻類，則需要完整的參考文獻與更細微的觀察，方能鑑定。而金褐藻門中的矽藻，經過酸洗去除有機質後，矽質外殼表面之紋路將會顯現，其中縱溝、橫紋、極結節與中結節等之形態與分佈，都是重要的分類依據。

台灣常見藻類之分類、特徵與生態等資料，詳敘於附錄中，主要鑑定的依據是參考徐

(1999)、王與陳(2000)、森若(1992、1996)、郭與林(1991)、陳與賴(1984、1985)、賴(1984)、張(1997)、丁與李(1988、1991)、Cox(1996)、Whitford & Schumacher(1969)等學者之文獻與圖鑑。經由比對這些參考文獻，學生們有能力鑑定綠藻至”科”的層級、矽藻則可至”屬”的層級，並可運用簡易的生物指數方法來評估水質。

<想一想>：

(1) 要如何找尋關於藻類鑑定的相關書籍或資料？上網試試。

玖、生物指標方法之應用

環境的變遷，往往造成生物組成的改變，影響生物的存活、生長與行為或是化學物質在生物體內的累積，這些現象都可以做為生物指標方法發展的依據。因此，生態學家發展出各種指標方法與數學模式，用以解釋或量化複雜的生物組成，應用於環境品質的評估和比較，可以彌補物理化學指標之不足。在淡水藻類的研究上，指標方法發展成熟，常用於生態調查上，其中藻屬指數 (Genus Index) (吳，1998) 是根據台灣淡水河的本土藻類資料歸納所得，係計算對污染敏感藻屬 (*Achnanthes*、*Cocconeis*、*Cymbella*) 與耐污染藻屬 (*Melosira*、*Cyclotella*、*Nitzschia*) 相對數量的比例以評估水質，特性為簡單易用，計算方法如下：

$$GI = \frac{(\text{Achnanthes 曲殼藻屬} + \text{Cocconeis 卵型藻屬} + \text{Cymbella 橋彎藻屬})}{(\text{Melosira 直鏈藻屬} + \text{Cyclotella 小環藻屬} + \text{Nitzschia 菱形藻屬})}$$

GI > 30	極輕微污染水質
11 < GI < 30	微污染水質
1.5 < GI < 11	輕度污染水質
0.5 < GI < 1.5	中度污染水質
GI < 0.5	嚴重污染水質

< 想一想 > :

- (1) 為什麼河川中，對污染敏感藻屬與耐污染藻屬的比例，可以指示污染程度？
- (2) 藻屬指數中的六個淡水藻屬，有什麼特別的分類特徵？
- (3) 由所採得的河川樣本中所發現的評估污染程度，結果如何？

拾、結果與討論

本研究在 2002 年 9 月至 10 月間於外雙溪附近地區進行採樣調查，所示範選取的採集點鄰近東吳大學，包括故宮兩側的至善園、至德園和雙溪公園，外雙溪的聖人瀑布河段、至善國中河段與雨農橋河段（圖一）。這些採樣地點在上林地區內車程十分鐘以內，在平時安全顧慮較低，向來為東吳大學基礎生物教學之採樣地點。採得水樣中共鑑定記錄藻類 82 種（圖二，附錄），其中包括金褐藻門 45 種，綠藻門 25 種，藍綠藻門 10 種與裸藻門 2 種。

在至善園、至德園與雙溪公園的池塘中藻類密度高，常見綠藻門的空星藻、盤星藻和柵藻與藍綠藻門的平裂藻和顫藻，這些藻類常出現在優養化的池沼中（徐，1999；丁與李，1988，1991），生物評估結果都顯示池塘水質都已呈優養化。觀察這三個園庭的池塘，至善園與雙溪公園池水為青綠色，無法見底；至德園荷花池底部淤泥，池水混濁，實勘結果與生物評估相符。

外雙溪從聖人瀑布的藻類群聚，在數量上以矽藻中之橋彎藻屬（*Cymbella*）為主，約佔

25%，同時可以發現少量曲殼藻屬（*Achnanthes*）與卵型藻屬（*Cocconeis*）。這三屬常在乾淨之水域大量出現，以矽藻為指標生物所提出的綜合藻屬指數（Genus Index, GI）中，吳（1998）就以這三屬作為清潔水域之指標屬矽藻。污染指標直鏈藻屬（*Melosira*）與菱形藻屬（*Nitzschia*）共佔 6%，顯示聖人瀑布水質潔淨少受污染。

至善國中河段附近矽藻，以舟形藻屬（*Navicula*）為主，約佔 59%，橋彎藻屬（*Cymbella*）佔 12%，直鏈藻屬（*Melosira*）與菱形藻屬（*Nitzschia*）共佔 7%。與聖人瀑布比較，雖然污染指標直鏈藻屬與菱形藻屬之比例沒有明顯增加，但是清潔指標橋彎藻屬比例降低，顯示至善國中河段沿途土雞城、釣蝦場和社區廢水之排放，已經對水質造成影響。

聖人瀑布位於外雙溪上游，鄰近陽明山國家公園，附近有兩個自來水取水口，植被豐富水質潔淨，少受人為干擾，河床由大片岩石構成，瀑布位於溪畔，約有 17 公尺高，在此河段溪水清澈見底少懸浮物，屬於未/稍受污染程度。至善國中河段位於外雙溪旁的中央社區，採樣點位於學校後方，已有少數住家與釣蝦場，有少量人為污染排入，河床附近可見垃圾，河水清澈見底少懸浮物，整體而言水質仍算良好。根據矽藻評估結果這兩個採樣點之水質，與實勘結果相符。

在雨農橋河段，以針桿藻屬佔優勢，約有 50%，清潔指標橋彎藻屬（*Cymbella*）仍可以見到，約佔 21%，但是直鏈藻屬（*Melosira*）與菱形藻屬（*Nitzschia*）之比例增加，約佔 18%，這兩屬常出現在污染水域，為污染之指標屬（吳，1998），顯示這一河段之污染程度，可能介於輕度污染與中度污染之間。

雨農橋鄰近福林國小，橋下有規劃良好的河濱公園，河岸附近原始植被已被清除，僅有人工造景植栽，河水中可以見到許多膠羽狀懸浮物。此河段密佈數個芝山岩與天母地區的民生污水排放口，河道北岸（天母方向）河水較髒，因為天母一帶屬於老社區，污水沒有接入污水處理系統而直接排放，排出的污水包含了家庭污水、工廠廢水及雨水，南岸為新開發地區，所有污水都會經過污水處理，排放水較乾淨，因此此河段受到間歇性污染之影響，水質接近輕度污染，生物評估亦有相同結果。

<想一想>：

- (1) 靜水池塘與流動河川中的藻類種類有何不同？
- (2) 未受污染河段與污染河段中的藻類種類有何不同？
- (3) 人為污染對河川中藻類可能造成那些方面的衝擊？
- (4) 河川藻類種類的多寡與環境品質有何關係？

根據本研究結果顯示，士林地區水域中藻類呈高度多樣性，是值得附近各級學校善加把握利用的珍貴生態教學資源。這個實驗的採樣觀察簡單，需時不長，是在四週內即可進行完成的鄉土生態調查研究，因此，極適合擁有簡易實驗室與顯微鏡設備的中學將其選用做為生物科教學的輔助教材，或是做為學生科展的小研究題目。因為大部分藻類都可以藉由台灣現有的參考文獻與圖鑑加以鑑定至“種”的層級，所以可以很容易的引起學生的學習興趣，並加深他們對自己生活環境的認識。

本研究提供了簡明有效的實驗方法，鼓勵學生在有限數週時間內，針對河川中豐富多樣

的藻類進行採樣、種類鑑定、生物指標與研究結果討論等研習活動，並獲得明確完整的生態演替概念，適合中學生與教師做為生物教學的輔助教材與參考依據。同時，經由淡水藻類之分類鑑定，引用簡單之生物指標方法，即可以評估學校或社區附近之生物多樣性與水域品質，藉由這個實驗設計，鼓勵學生經由關懷生活周遭之環境，進入瑰麗的生態世界，體驗自然之演替與流轉，希望學生們能夠更珍惜與愛護我們的生態環境。本調查的研究成果，將整理成資料庫與生態專題，置於東吳大學虛擬教育學院內，由本系所建構的國中生物學習網站－快樂營（<http://vschool.scu.edu.tw/HAPPY1/index.php>）中，提供更詳盡豐富的資料給大家分享。歡迎和我們討論河川生態觀察的疑問與心得，分享你的感動！（E-mail: phwang@mail.scu.edu.tw）

致謝

本研究由國家科學委員會計畫 NSC91-2520-S-031-005 經費支持。感謝王律凱小姐協助採樣等研究工作。

參考文獻

1. 丁雲源、李武忠，1988，台灣地區養殖池常見之浮游生物圖鑑，農委會漁業特刊第十四號，行政院農業委員會。
2. 丁雲源、李武忠，1991，海水蝦池常見之生物圖鑑，農委會漁業特刊第二十七號，行政院農業委員會。
3. 山岸高旺(Yamagishi, T)，1992，台灣產浮游性藻類(Plankton algae in Taiwan)，Uchida Rokakuho, Tokyo。
4. 吳俊宗、周晉文，1998，淡水河系污染整

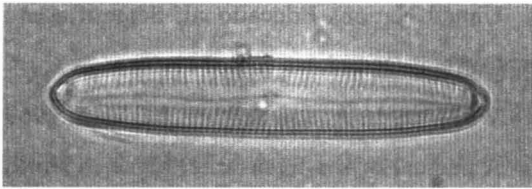
- 治對生物相群聚動態影響藻類部分，行政院環保署。
5. 施之新、王全喜、謝樹蓮、戴健壽，1999，中國淡水藻志 第六卷 裸藻門，科學出版社，北京市。
 6. 徐明光，1999，台灣的淡水浮游藻(1)-通論及綠藻(1)，國立台灣博物館，台北市。
 7. 張素卿，1997，台東縣常見淡水藻類調查報告，台灣省政府教育廳生物科鄉土教材教學資源彙編，台灣省政府教育廳。
 8. 郭鍾秀、林佩君，1991，筏子溪常見的浮游性綠藻與藍綠藻，逢甲學報 24：631-640。
 9. 黃民雄，1981，台灣南部的淡水矽藻分類學上之研究，國立台灣師範大學生物研究所碩士論文。
 10. 陳伯中、賴雪端，1984，烏溪流域之淡水矽藻，中興理工學報 21：31-54。
 11. 陳伯中、賴雪端，1985，大甲溪流域之淡水矽藻，中興理工學報 22：61-81。
 12. 森若美代子，1992，台灣產浮游性藻類，Uchida Rokakuho，Tokyo。
 13. 森若美代子、齊家作，1996，台灣地區水庫浮游藻類圖鑑，行政院環境保護屬環境檢驗所，台北縣新店市。
 14. 賴雪端，1984，大甲溪與烏溪流域之淡水矽藻，國立中興大學植物學研究所碩士論文。
 15. 賴雪端，1997，台灣本土性底棲藻類作為河川水質生物指標之研究，國立中興大學植物學研究所博士論文。
 16. Cox, E. J. 1996. Identification of freshwater diatoms from live material. Chapman & Hall, London.
 17. Sournia, A. 1978. Phytoplankton manual, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. pp141.
 18. Whitford, L. A. and Schumacher, G. J. 1969. A manual of the fresh-water algae in North Carolina. The North Carolina Agricultural Experiment Station, U.S.A.

附錄：本研究記錄鑑定的淡水藻類的分類特徵與生態

一、金褐藻門 (Chrysophyta) 矽藻綱 (Bacillariophyceae)

1、羽紋藻屬 (*Pinnularia*)

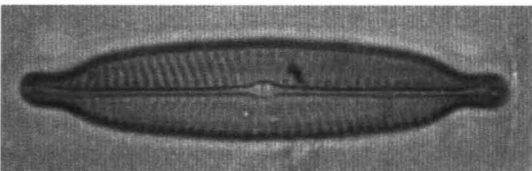
本屬之壁盒是成典型的線型或線狀披針形，可發現極大和極小的矽藻種類。無間帶和橫膈。肋紋狀橫紋為腔室所構成，開口於殼面之內側，這些開口的邊緣形成各種不同寬度的帶狀，與橫紋成十字交叉。一般在較大型的種類可發現明顯的帶狀，較小的種類則不明顯。縱溝線狀，有些種類有各種不同形式的螺旋線狀扭曲。軸區與中區明顯，但形態有多種變異 (陳與賴，1984，1985)。



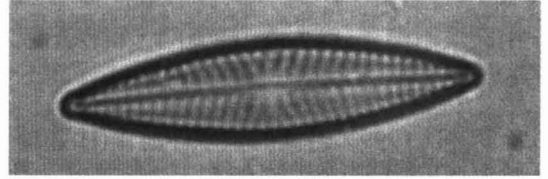
Pinnularia viridis 微綠羽紋藻

2、舟形藻屬 (*Navicula*)

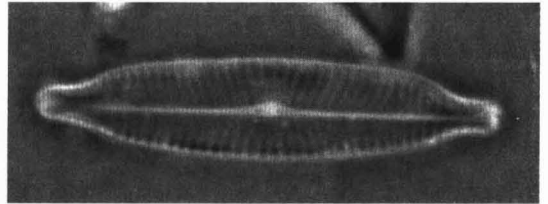
本屬之壁盒三軸皆左右對稱，殼面線型披針形至橢圓形，兩殼面皆有簡單的縱溝，並延伸於整個殼面之長軸上，橫紋由明顯或不明顯的點紋組成，殼環面一般無間帶 (陳與賴，1984，1985)，常見於輕度污染至中度污染水域 (賴，1997)。



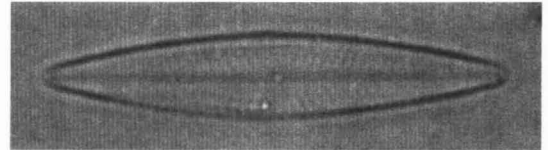
Navicula rhynchocephala 喙頭舟形藻



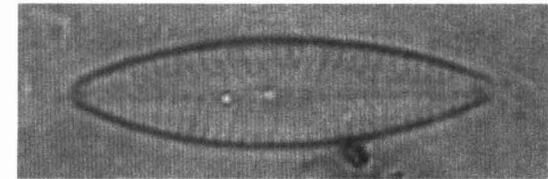
Navicula angusta 狹形舟形藻



Navicula viridula var. *capitata* 微綠舟形藻



Navicula cryptocephala 隱頭舟形藻



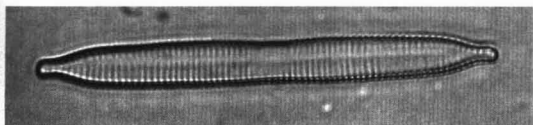
Navicula heufleri var. *leptcephala*

3、針桿藻屬 (*Synedra*)

本屬細胞不形成長的絲狀體，為單獨個體，或叢生之星狀群體，殼面細長線狀或披針形，兩殼面皆是擬縱溝，中區有或無。殼面尾端有一或二黏液孔，此可分泌膠質液，使細胞相接呈群體，但普通光學顯微鏡下不明顯，殼環面線形至長方形 (陳與賴，1984，1985)。



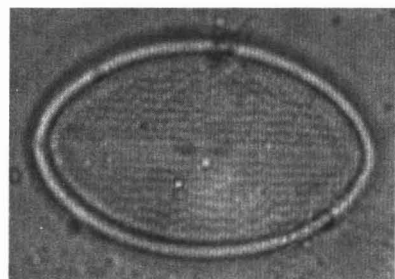
Synedra rumpens var. *familiari* 尾針桿藻
相近變種



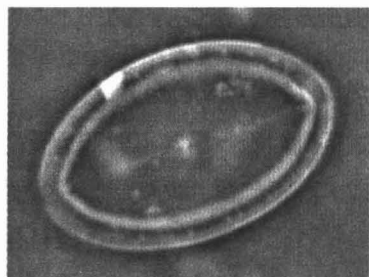
Synedra ulna 肘狀針桿藻

4、卵形藻屬 (*Cocconeis*)

本屬之殼面為標準的橢圓形，長寬比約為二比一或二點五比一，無伸長及明顯的兩端。一般而言兩殼面之橫紋形式與結構皆不相同。縱溝殼面之橫紋點紋狀，不管在光學顯微鏡或掃描式電子顯微鏡下皆不易清晰的觀察，擬縱溝殼面之橫紋由點紋或泡室構成清晰可見（陳與賴，1984，1985），為清潔水質之指標屬（吳，1998）。



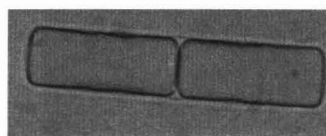
Cocconeis placentula Ehr. var. *euglypta* 扁圓卵形藻美刻變種



Cocconeis placentula Ehr. var. *lineate* 扁圓卵形藻線紋變種

5、直鏈藻屬 (*Melosira*)

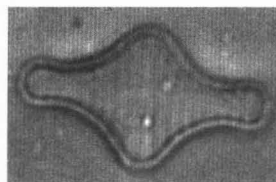
本屬的壁盒呈圓柱形，少數種類為鼓形，殼面一般為圓形，平坦或中凸，若殼面平坦，通常在邊緣具有一環細棘狀突起，以輔助細胞聯合成絲狀體，若殼面中凸，則殼面中區具有膠質墊。有些種類在環帶部位具一淺環狀的溝槽，稱為橫溝，具有橫溝的種類，在橫溝之上下皆有明顯的點紋排列成的紋路（陳與賴，1984，1985），為污染水質之指標屬（吳，1998）。



Melosira sp. 直鏈藻屬

6、脆桿藻屬 (*Fragilaria*)

本屬之壁盒呈絲狀體，殼面橫軸對稱且兩端漸窄，有些種類殼面是三極而非兩極，兩殼面皆是擬縱溝，形成寬或窄的披針形空間，中區形態多種變異，亦可能沒有，橫紋由點紋構成，通常不明顯。本屬與 *Synedra* 非常接近，其主要區別在於一般自然環境中 *Fragilaria* 會形成絲狀體，而 *Synedra* 不會（陳與賴，1984，1985）。

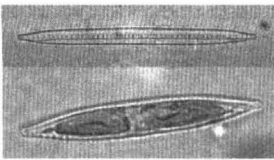


Fragilaria sp. 脆桿藻屬

7、菱形藻屬 (*Nitzschia*)

本屬之殼面直線形，橢圓形或 S 形，側緣至中間部位有或無收縮，兩端尖銳，微喙狀突起或變細，殼邊緣接著龍骨突，縱溝位於其

內。殼面具龍骨突的一側，相對應於另一殼面不具有龍骨突的一側，及兩殼面之龍骨突位於彼此的對角線上。縱溝上有小的中結節和極結節，具有一列圓孔，開口向細胞的內側，這些龍骨突十分的明顯，乃本屬鑑定的主要特徵之一，橫貫殼面的是橫紋或數列點紋狀橫紋，殼環面與殼面並不在彼此的直角，因此，橫切面為菱形而非長方形（陳與賴，1984，1985），為污染水質之指標屬（吳，1998）。



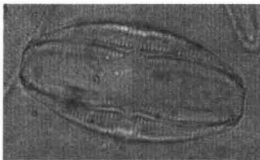
Nitzschia palea 谷皮菱形藻



Nitzschia amphibian 雙頭菱形藻

8、雙眉藻屬 (*Amphora*)

本屬的壁殼呈橢圓形或線狀橢圓形，末端寬圓，與橋彎藻屬 (*Cymbella*) 極相似，為此屬殼環面有間帶，且橋彎藻屬 (*Cymbella*) 之上下兩殼面為平行排列，本屬則彼此間有一角度，兩殼面相接處，一個的殼環面比另一個殼環面寬，（陳與賴，1984，1985）。



Amphora sp. 1
雙眉藻屬

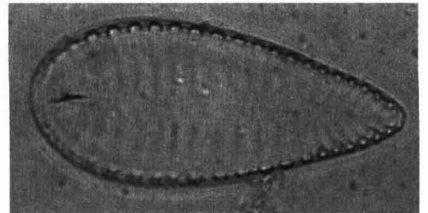


Amphora sp. 2
雙眉藻屬

9、雙菱藻屬 (*Surirella*)

本屬之殼面線形橢圓形或卵形，具寬圓至

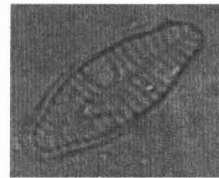
稍微尖銳的兩端，整個殼面位於一平面上或呈螺旋狀扭曲，沿殼面兩側具邊緣的翼狀龍骨突，由許多窄的翼溝與殼面相接，沿著翼溝裂隙的內側有一列開口於細胞內側之圓孔，為由邊緣向中心的空隙。肋紋皆是平行排列，除了肋紋，還有精細的橫紋橫過殼面，但在軸區被縱溝截斷。上下殼面之縱溝彼此平行，殼環面長方形且平滑（陳與賴，1984，1985）。



Surirella wotzoli 渦氏雙菱藻

10、曲殼藻屬 (*Achnanthes*)

本屬常見的，多為小型的個體，殼面披針形至線狀橢圓形，其縱溝或擬縱溝平直，位於正中或近於邊緣處。有些種類之擬縱溝殼面有一馬蹄形或 U 形區，為其辨認之特徵。橫紋由點紋或泡室所構成（陳與賴，1984，1985），為清潔水質之指標屬（吳，1998）。



Achnanthes lanceolata

11、異極藻屬 (*Gomphonema*)

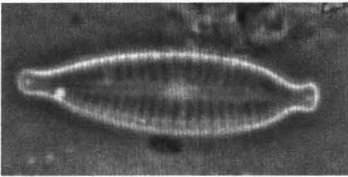
本屬殼面之縱軸對稱，橫軸不對稱，橫紋由點紋排列而成，許多分類群，有一個或多個相對於中結節之橫紋末端有獨立點紋，但有些分類群之獨立點紋位於中區，或無任何獨立點紋（陳與賴，1984，1985）。



Gophonema truncatum var. *capitatum*
平頂異極藻小頭變種



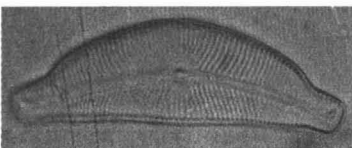
Gophonema abbreviatum 短紋異極藻



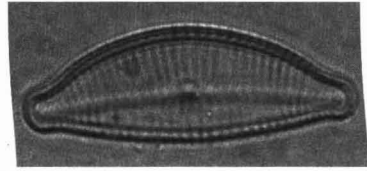
Gophonema parvulum 微小異極藻

12、橋彎藻屬 (*Cymbella*)

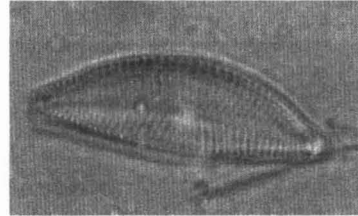
本屬之殼面呈現半月形，半圓形，或船形，多少皆有某種程度的背腹之分。殼環面呈現線形，殼面之中區，可能明顯，也可能與軸區毫無區別，橫紋點紋狀或線狀，有各種排列方式，中區常有一或多個獨立點紋。縱溝之基部末端與末梢末端在一般光學顯微鏡下往往不易清晰地觀察 (陳與賴，1984，1985)，為清潔水質之指標屬 (吳，1998)。



Cymbella tumida 膨脹橋彎藻



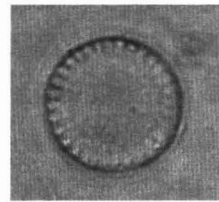
Cymbella turgidula 腫脹橋彎藻



Cymbella cistula 箱型橋彎藻

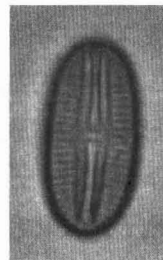
13、小環藻屬 (*Cyclotella*)

本屬是圓心矽藻目在淡水較常見的一屬，壁殼呈鼓狀平圓形，一般呈圓形，少數為橢圓形，殼面上的紋路包含兩同心圓區，內側平滑或具不規則而精緻的點紋，外側則為放射狀條紋或點紋。由殼環面見到的殼壁可能彼此平行或呈內凹外凸之波浪狀，腰帶平滑，無間帶。本屬大部分為單獨個體。(陳與賴，1984，1985)，為污染水質之指標屬 (吳，1998)。



Cyclotella meneghiniana 梅尼小環藻

14、雙壁藻屬 (*Diploneis*)



本屬殼面線狀橢圓形，橢圓形，或在兩殼面中間部位有些收縮。殼面之特徵是矽質壁於中結節部位加厚，有 H 型殼面之兩側各具有一不同寬度的縱管溝。在縱管溝之邊緣有橫的肋紋，幾乎平行排列或是呈現放射狀排列（陳與賴，1985）。

二、金褐藻門 (Chrysophyta) 黃藻綱 (Xanthophyceae)

1. 頂刺藻科 (Centritractaceae) 頂刺藻屬 (*Chodatella*)

單細胞，細胞卵形、球形或橢圓形，兩端與細胞周圍有多支長刺，尖刺短而直，或略為彎曲，型式及長度變化很大。具葉綠體與澱粉核，分佈在優養化之湖泊河川中（森若與齊，1996；徐，1999）。（見封底圖 A、圖 B）

三、綠藻門 (Chlorophyta)

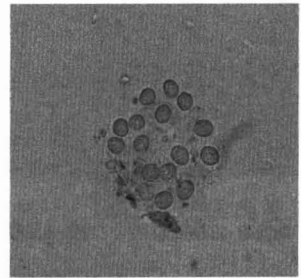
1. 水網藻科 (Hydrodictyaceae) 盤星藻屬 (*Pediastrum*)

藻類定數群體型，藻體通常由 4-8-16-32-64-128 或更多的細胞所組成；藻體成網目袋狀、扁平盤狀或立體狀；藻體為網目袋狀者，細胞成圓柱形或長橢形，細胞略呈六角形排列成網目狀，許多細胞再連結成袋狀群體；群體若為扁平盤狀或立體狀者，細胞通常呈多角形，並具有一到多支突起；細胞壁平滑狀具顆粒狀或網狀；葉綠體一個，薄板狀到網目狀，周生或充滿整個細胞；澱粉核一至數個。無性生殖時，定數群體中每個成熟細胞皆可進行分裂形成具有二條鞭毛的遊走孢子，遊走孢子在母細胞壁內形成後被釋放出來，但仍包裹在膠質囊內，並不斷遊走，一段時間後，開始聚集排列，遊走孢子失去鞭毛，並發育成子群

體；有性生殖以同型配子接合的方式進行。常分佈於優養化之水域中（徐，1999）。（見封底圖 C、圖 D）

2. 四集藻科 (Palmellaceae)

群體由 4-64 個細胞組成。細胞球形，不規則散佈於一個球形的透明膠質被中。葉綠體一個，杯狀，有一個蛋白核。細胞直徑 2-12 微米（森若與齊，1996）。



Sphaerocystis schroeteri var. *schroeteri* 球囊藻

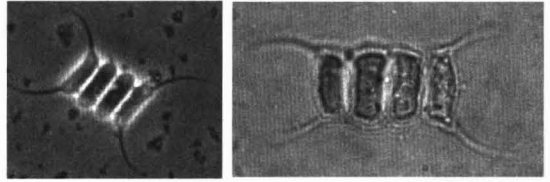
3. 空星藻科 (Coelastraceae)

藻類定數群體型，浮游性，由 4-8-16-32-64 個細胞構；藻體球型、卵型至圓錐形，包埋在退化的膠質外鞘內；各細胞藉由基部的突起與相鄰細胞相連；偶爾會於分裂後由舊的母細胞壁將子細胞聯成一個大的母體。常分佈於優養化之水域中（森若與齊，1996；徐，1999）。（見封底圖 E、圖 F、圖 G）

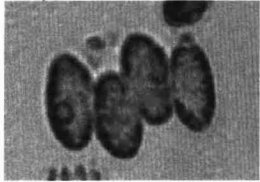
4. 柵藻科 (Scenedesmaceae) 柵藻屬 (*Scenedemus*)

藻類定數群體型，定數群體通常由 2、4、8、16 或 32 個細胞組成，細胞平面排列成方形或圓形群體，或立體排列成放射狀或中空之球狀群體；數個定數群體常會形成更多的細胞的複合群體；細胞球形、卵形、橢圓形、長橢形、

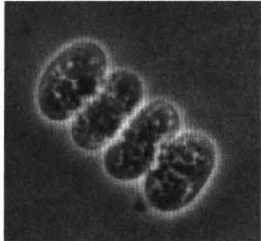
腎形、新月形、錐形到多角形；細胞壁平滑狀或具顆粒狀、針狀、刺狀、齒狀、毛狀、指狀或疣狀之突起；葉綠體一到數個，薄板狀或杯狀周生；澱粉核有或無，如有通常一個。無性生殖以形成似親孢子的方式進行，有性生殖不明確。常分佈於優養化之水域中（郭、林，1991；森若與齊，1996；徐，1999）。（見封底圖 H）



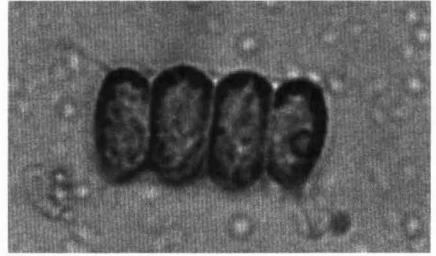
Scenedesmus perforatus var. *perforatus*
裂孔柵藻



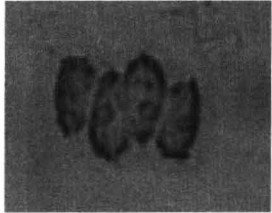
Scenedesmus obliquus



Scenedesmus bijuga



Scenedesmus bicaudatus var. *bicaudatus* 雙尾柵藻



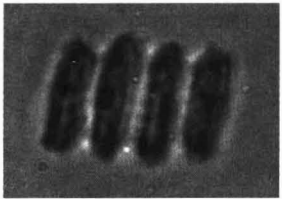
Scenedesmus acutiformis var. *acutiformis* 尖形柵藻



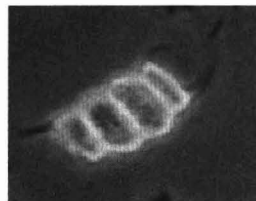
Scenedesmus acuminatus var. *acuminatus* 尖細柵藻

5. 柵藻科 (Scenedesmaceae) 集星藻屬 (*Actinastrum*)

群體由 4-8 個細胞構成，細胞為底圓尖端截平的圓柱形或紡錘形，部分種類細胞末端極尖，成星芒狀排列。葉綠體一個，片狀周生，具一個蛋白核。常分佈於優養化之水域中（森若與齊，1996；徐，1999）。（見封底圖 I）



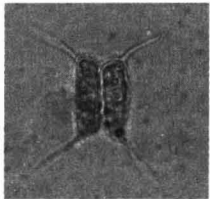
Scenedesmus balatonicus var. *balatonicus* 帶狀柵藻



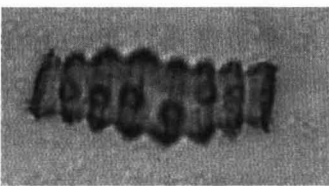
Scenedesmus armatus var. *bicaudatus* 被甲柵藻 雙尾變種

6. 綠球藻科 (Chlorococcaceae) 多芒藻屬 (*Golenkinia*)

藻體單細胞；細胞球形、廣橢圓形、四角形到四面體型；葉綠體一到多個，杯狀、板狀、網目狀或星狀等多樣性，周生；澱粉核有或無。無性生殖以產生似親孢子或遊走孢子的方式進行；有性生殖以同配接和或異配接合方式進行。常分佈於優養化之水域中（森若與齊，1996；徐，1999）。（見封底圖 J、圖 K）



Scenedesmus armatus var. *armatus* 被甲柵藻

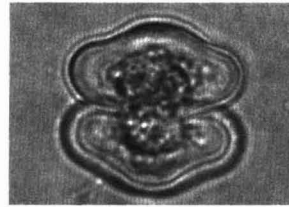


Scenedesmus serratus var. *serratus* 鋸齒柵藻

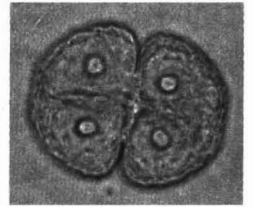
7. 卵囊藻科 (Oocystaceae) 單殼縫藻屬 (*Monoraphidium*)

藻類單細胞或聚集成群體；細胞球形、橢圓形、卵形、圓柱形、紡錘形、新月形或針狀；通常子細胞形成後，仍有一段時間存留在原母細胞壁內；細胞壁厚，平滑狀或著生有刺狀、針狀或顆粒狀之突起；葉綠體一到多個，杯狀、薄板狀、圓盤狀或塊狀周生；澱粉核有或無。無性生殖以形成似親孢子方式進行；有性生殖不明確。常分佈於優養化之水域中（森若與齊，1996；徐，1999）。（見封底圖 L）

形，卵形。細胞壁平滑，具點紋，圓孔或排列規則的顆粒，小瘤，乳突。葉綠體一個至多數，軸生或周生，少數為帶狀。澱粉核一個至多個（Whitford and Schumacher, 1969）。



Cosmarium trilobulatum



Cosmarium circulare

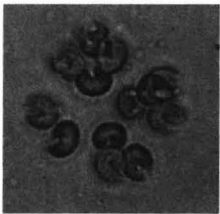
8. 卵囊藻科 (Oocystaceae) 蹄形藻屬 (*Kirchneriella*)

群體由 4-8-16 個細胞構成，包在透明的膠質被中。細胞呈半月形、圓柱狀捲曲或彎曲或是彎成環狀，具葉綠體，蛋白核有或無（森若與齊，1996；徐，1999）。

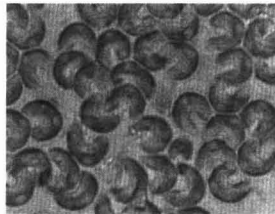
四、藍綠藻門 (Cyanophyta)

1. 顫藻屬 (*Oscillatoria*)

藻絲長，直或略彎，尖端尖細或鈍圓，有或無細胞束縮，常於水質不良時出現。為污染水域指標種（丁與李，1988，1991；郭與林，1991；森若與齊，1996；賴，1997）。



Kirchneriella obesa var. *obesa*
肥壯蹄形藻



Kirchneriella aperta var. *aperta* 敞口蹄形藻



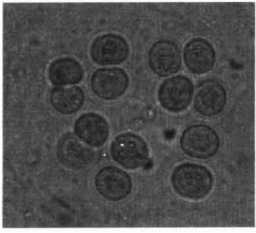
Oscillatoria limosa var. *limosa* 沼澤顫藻

9. 鼓藻科 (Desmidiaceae) 鼓藻屬 (*Cosmarium*)

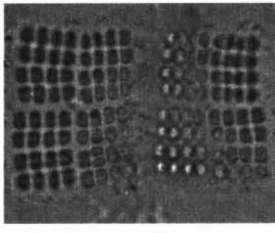
單細胞，細胞大小變化大，藻體呈扁壓狀，長略大於寬，縊縫常深凹。半細胞正面觀為近圓形、半圓形、橢圓形、卵形、方形、截頂角錐形、腎臟形。頂緣平直或圓形。半細胞側面觀呈圓形，橢圓形或菱形。頂面觀呈橢圓

2. 平裂藻屬 (*Merismopedia*)

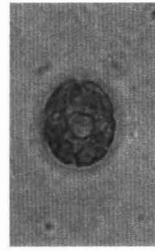
群體 4-64 個細胞組成。細胞球形至寬的卵形或半球形，整齊而緊密的排列成方陣。常出現於優養化水域（丁與李，1988，1991；郭與林，1991；森若與齊，1996）。



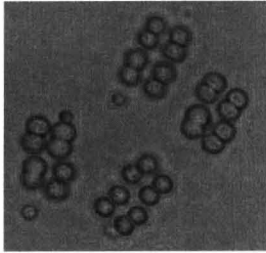
Merismopedia punctata 點形平裂藻



Merismopedia convoluta var. *convoluta* 卷繞平裂藻



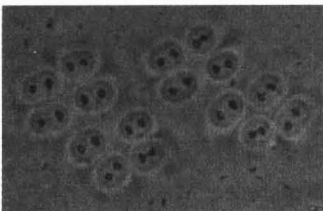
Synechocystis sp. 集胞藻屬



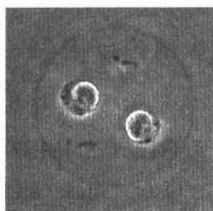
Merismopedia glauca var. *glauca* 銀灰平裂藻

3. 色球藻屬 (*Chroococcus*)

為單細胞或 2-4-32 個細胞組成的小群體，群體膠被十分明顯，無色透明不分層，在群體中段處縮縊。細胞球形或長圓形。常出現於優養化水域（丁與李，1988；1991）。



Chroococcus sp. 1 色球藻屬



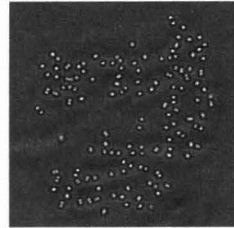
Chroococcus sp. 2 色球藻屬

4. 集胞藻屬 (*Synechocystis*)

細胞球形，單一或成雙，藍綠色。是綠色水系常見藻屬。常出現於優養化水域（丁與李，1991）。

5. 隱球藻屬 (*Aphanocapsa*)

群體球形橢圓形或不規則形態。細胞球形，直徑約 2~3.5 微米，鬆散或緊密排列於膠狀基質中。常出現於優養化水域（丁與李，1988，1991）。

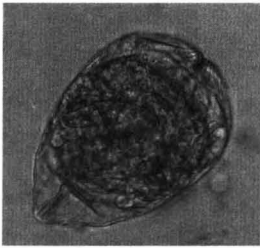


Aphanocapsa sp. 隱球藻屬

五、裸藻門 (Euglenophyta)

1. 裸藻科 (Euglenaceae)

細胞形狀多樣。表質有的柔軟而使形狀易變且具裸藻狀蠕動，有的硬化而形狀固定。鞭毛僅一條伸出體外，能整體活躍擺動，另一條已退化成殘根保留在溝泡內。色素體多數存在，少數缺乏。眼點和鞭毛隆體在綠色種類中存在，在無色種類中多數缺乏而少數存在。營養方式有光合自養或滲透性的腐生營養。此科是裸藻門中種類最多的一科，幾乎佔裸藻門全部種類的 80% 左右（施，1999；森若與齊，1996）。常出現於優養化水域（丁與李，1988，1991）。

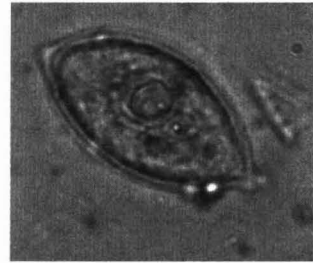


Strombomonas sp. 陀螺藻屬

2. 瓣胞藻科 (Petalomonadaceae)

瓣胞藻科細胞多數成卵形，少數其他形狀。表質硬化，細胞形狀固定。鞭毛有的具不等長、不等粗的兩條：游泳鞭毛伸向前方，拖曳鞭毛彎向後方；有的僅游泳鞭毛伸出體外。眼點和鞭毛隆體缺乏。色素體缺乏，主要營吞噬性營養，有的兼滲透性的腐生營養（施，1999），其中瓣胞藻屬 (*Petalomonas*) 細胞形狀固定，明顯扁平，常呈卵圓形或三角形，背面常隆起具龍骨突起，腹面常凹入具縱溝，有

時腹面也有龍骨狀的突起。胞口常在腹面凹入或呈縱裂狀。溝泡明顯偏向一側。表質常具有縱線紋。鞭毛一條，常與體長相等。副澱粉粒小顆粒狀，多數。核常偏於一側。動物性營養，兼有腐生營養，淡水產（施，1999；森若與齊，1996）。



Petalomonas sp. 瓣胞藻屬

淡水藻類之光學顯微鏡觀察，比例尺長度為 10 μm 。

(上承第 32 頁)

專輯(國中組數學科合訂本)，國立臺灣科學教育館編。

5. 鄭元博 (2003)，滿足 $\sum_{i=1}^n \overline{MP} = \vec{0}$ 之 M 點是否為重心之探索。2003 台灣國際科展作品說明書。國立台灣師大附中。

6. 褚德三主編 (2001)，物質科學物理篇 (上)。龍騰文化事業公司編印。

7. THE GEOMETER'S SKETCHPAD User Guide and Reference Manual Windows Version 3. Key Curriculum Press 1995