

墾丁國家公園之龍鑾潭水質、底泥特性之 調查研究

國立中山大學海洋科學院

陳鎮東、王冰潔

墾丁國家公園管理處

徐慧倩

中文摘要

本研究針對龍鑾潭水質及底泥調查結果顯示，龍鑾潭高溫期長達半年之久，即使在高溫期，水層也不缺氧。對於龍鑾潭而言限制浮游植物生長因子為磷，而磷可能來自核三廠的民生廢水，應加以管制。水中亞硝酸鹽含量，顯示龍鑾潭有污染來源，但目前引起之問題並不算太嚴重。

Abstract

Our investigation is aimed at the water and sediment of the Lung-Luan lake. Results of the investigation show that phosphorus is the main growth-limiting nutrient and the source may be the domestic sewage coming out of the Third Nuclear Power Plant, this condition deserves attention.

一、前言

龍鑾潭地處恆春鎮郊南門外之龍水里，剛好介於恆春半島各山丘的最低點（中心點位於北緯21度58分，東經120度44分附近）四周被關山、里海山、馬鞍山、大山母山、赤牛嶺和三台山所圍繞。為台灣十二大重要溼地之一（陳肇霞，1987）。夏天龍鑾潭收集熱帶季風所帶來豐沛的雨量，集水面積可達170公頃。入秋後水域面積縮小，水潭四週出現淺水區、泥沼地，和附近水稻收割後的旱田區，充分提供水鳥所需的各種棲息環境，再加上潭中豐富的食物來源，使得龍鑾潭成為重要水鳥觀賞區。

龍鑾潭位於墾丁國家公園西南隅，鄰近有許多引人之觀光資源，如關山落日、白砂灣、貓鼻頭等，且有多條計劃道路連絡各景觀據點。民國71年公佈之國家公園計畫書中，將龍鑾潭規劃為特別景觀區，依其現有之條件，擬開發為一冬候鳥觀賞區。環保署於77年對全省水庫優養化情形春季總調查之評估報告中，由其矽藻污染指數顯示，龍鑾潭之水質應立刻加以防治（森若美代子，1988）。本處也於78年委託中山大學陳鎮東教授進行之墾丁國家公園內湖沼、溪流及沿岸水質調查研究中，七月調查之結果，龍鑾潭水質呈現優養化之現象（陳鎮

東、王冰潔，1990）。

本計劃主要是藉由水質現況調查及曾合沉積物有機質的含量研究，了解龍鑾潭優養化程度為何？及可行之解決之道，並維持資源之永續性。

二、材料與方法

2.1 水樣的採集

水樣的採集分別於七月、九月、十一月密集為之。七月份的水樣採集乃偏重整個湖泊的調查，採樣點共九處（1~9）（圖一）；九月及十一月則偏重在整個湖泊收支情形的調查：由現場觀察得知龍鑾潭潭水的來源，也就是所謂的「收」，可細分為下列幾種來源：(1)雨水(2)田地水(3)核三廠民生廢水(4)魚塢水；而由龍鑾潭流出的水，也就是所謂的「支」，分別有兩處：(1)位於西北角的溢水壩，水位一旦高於閘門，潭水便流出成為附近農地之灌溉用水；(2)位於東南方的抽水站，以抽水馬達不定時抽取潭水，供給灌溉用。九月份的採樣點共八處（田地，核三廠民生廢水，魚塢 I，魚塢 II，F點表水、1公尺、3.5公尺，及溢水壩外灌溉溝渠）。十一月的採水乃配合壅管處的要求，採樣點分別為編號2、E、6、I（潭西邊，順序由南往北而上），以便了解潭西邊（水鳥常棲處）之水質特性，復於湖心採F、H兩點，做為對照組之用。

採樣時，以壅管處之巡邏小艇為交通工具，到達定點後，採取水樣500ml兩瓶，裝入棕色塑膠瓶中，測量溫度、pH值、溶氧量及溶氧飽和程度並固定葉綠素a。

2.2 沉機物的採集

柱狀岩心(core)之套管乃取用直徑約5公分的灰色塑膠管，在管子下方裝有一不朽銹鋼的阻逆片(catch)，以防管子拔出時底泥滑出；在小艇上，將配備好的塑膠管放至湖底，以鐵錘敲打管子，使管子沈入泥中，直至無法再深入為止。拔起塑膠管，以塞子將底部塞緊，切除上方空心部份，再以塞子塞緊頂部，此即沈積物柱狀岩心之標本。柱狀岩心則於七月採得八支，其中最長一支約66公分（編號A），復於九月請潛水人員潛至水面下作業，亦得到類似長度的岩心（F、H，最長69公分）。

2.3 實驗方法（各分析方法之詳細步驟請參閱陳等，1991）

2.3.1 現場測量項目

現場直接測得的項目有溫度、溶氧量、pH值、餘氯。

2.3.2 營養鹽的測定

營養鹽的測定，乃以流動注入分析法(Flow Injection Analysis)，分析水體硝酸鹽、亞硝酸鹽、磷酸鹽、矽酸鹽等營養鹽。詳細的原理及操作步驟，請參照羅之碩士論文（羅，1990）。

2.3.3 葉綠素a的測定

取100ml水樣，利用0.45um玻璃纖維濾紙過濾水中的浮游生物，過濾後的濾紙放入離心管內，並以錫箔紙包裹防止光線照射，同時進行冷藏。回到實驗室後加10ml 90%的丙酮於離心管內，萃取葉綠素a，靜置24小時後，離心，取出上層澄清液放入螢光儀內(Turner Model 100-05R)測量，再根據螢光值與葉綠素a含量的關係式，換算成葉綠素含量。

2.3.4 沈積物有機質含量分析(Page, Miller and Keeney, 1982)取約1克已烘乾、磨細之土樣於已知重坩鍋中(A克)，稱重(B克)，蓋上蓋子後，以550℃烘燒3小時，拿至乾燥皿冷卻至室溫後，稱重(C克)。有機質的含量(%)為：

$$(B-C)/(B-A) \times 100$$

此方法得到的有機質含量，尚包括矽鋁礦物中的水、結構水及碳酸礦物的分解或其他無機物之揮發，因此得到的有機質含量，會比真的有機質來得高。

另以元素分析儀(Element Analysis, LECO CHN-932)可求得有機碳(以EA求得總碳，再將樣本以550℃烘燒掉有機質，復以EA求得無機碳，則總碳減掉無機碳即為有機碳)，再將有機碳乘上1.9~2.5可換算出有機質含量(Broadbent, 1953)。表2.2為高溫烘燒法及以元素分析儀求得有機碳換算出為有機質之比較。結果顯示二者相差近3~4%，因此將高溫烘燒法求得之有機質含量做修正(表六)。

2.3.5 湖泊之等深線

使用巡邏艇，沿著湖泊各對角線，以SUZUKI ES-288魚探機，測定湖水深度，並記錄其相關位置。將測得的深度，依其位置標在圖上，並畫出1公尺、2公尺、3公尺、3.5公尺之等深線(圖一)。

三、結果與討論

3.1 基本水文資料(79年7月以前資料取自徐慧倩，1991)

龍鑾潭之年溫度變化如圖二。六月水溫最高約31℃，最低在十二月，水溫約17℃。一般湖泊當夏天水溫較高時(四月~九月)水體易產生藻華及層化作用，造成水體或底層缺氧現象，那將不利於水質。但對龍鑾潭尚須考慮水體深度、溶氧量、營養鹽等多項資料，才能判斷。

十一月水體pH在7.99~8.18之間(平均8.05)，十二月水體pH介於7.14~8.49之間(平均8.15)，一月水體pH介於8.45~8.54之間(平均8.52)，五月水體pH介於8.23~8.42之間(平均8.35)，九月pH平均8.29(表一)。由以上資料顯示水體之pH值並無明顯之季節變化。

在研究期間所測得水體的溶氧量均無缺氧，或無氧的現象。即使在高溫期的五、六、七月，最深水層處(3.5公尺)的溶氧量亦有86.2%，而與表層溶氧量接近，顯示出龍鑾潭即使在夏季高溫期，而且又是藻類生長旺盛階段(七月葉綠素a含量較其他二個月高出一個數量級左右，見表一)，亦不致使水體缺氧。水體不缺氧的原因，最主要可能應拜龍鑾潭水淺、湖水流動快氧氣得以不斷補充下水層之賜。且依據Berger(1971)溫帶地區水體「成層之可能性」(possibility of meromixis)計算之，龍鑾潭之 $P_m \approx 0.1$ ，因此由 $P_m (< 1)$ 來判斷龍鑾潭是不太可能成層。因此龍鑾潭不必擔憂水層在缺氧狀況下，所陸續發生的還原作用、造成惡臭、有毒(王，1989)、磷釋放(Stumm, 1985)……等等傷害水質的問題。

3.2 潭水的營養鹽

營養鹽分析的項目包括硝酸鹽(NO_3^-)、亞硝酸鹽(NO_2^-)、磷酸鹽(PO_4^{3-})以及矽酸鹽(SiO_2)四類(表一)。大體而看，龍鑾潭的營養鹽含量隨著季節之變化並不大，總括來

看， NO_3^- 大致落在0.2~1.2mg/l之間， NO_2^- 則落在0.02~0.1mg/l之間， PO_4^{3-} 落在0.001~0.1mg/l之間， SiO_2 落在7.0~11.6mg/l之間。其中又以十二月份及一月份這二個月之營養鹽含量最低，顯示過境水鳥之排泄物並未對龍鑾潭造成影響。

浮游植物死亡後之有機體經由氧氣氧化，可釋出營養鹽N及P於水中，在海水中兩者並以16:1的關係存在(Redfield, 1963)。反過來說，水中之營養鹽若有16份的N及1份的P，便可提供浮游植物生長。N:P值高於16時，顯示水體N太多而P太少，因此P為浮游植物之生長限制因子，反之則N為生長限制因子。也有研究指出，此比值16在淡水中應擴大為一範圍10~17，N:P大於17，P為藻類生長限制因子，小於10，N為藻類生長限制因子。由各點N/P(未包含 NH_4^+)比值來看，大多數的樣本都落在17以上(圖三)，顯示P為龍鑾潭浮游植物之主要生長限制因子，一般來說，P較N不易由農耕地流出(Thomas, 1969)，唯現今人們大量使用清潔劑，家庭廢水中含有相當高量的P，P雖不由農地來，卻可由家庭廢水進入水體而造成污染。既然龍鑾潭對P敏感，因此對於P的污染途徑，須密切注意。

水中的 NO_2^- 來源大多是含氮有機質生物分解的中間產物，也可能在無氧狀態下， NO_3^- 還原成 NO_2^- 而成。一般來說，表水大多與空氣飽和平衡而呈氧化態，此有機質分解的中間產物 NO_2^- 會完全氧化成 NO_3^- ，因此表水通常是見不到 NO_2^- 。若 NO_2^- 出現，顯示水樣受到有機質污染，而有機質正一步步的分解產生 NO_2^- 。全年的水樣分析中，皆有 NO_2^- 存在，BOD值也在0.2~2.6mg/l之間，顯示水體受到有機質的污染。此污染可能是死亡有機物，水鳥排泄物、尿素……等等。 NO_2^- 含量大多落在0.007~0.036mg/l的範圍內。若以一般自來水很少超過0.1mg/l(Portable instrumentation, 1977)的標準來看，有機質的污染並不算太嚴重，尚在忍受範圍之內。

3.3 潭水之優養狀態指標

目前國內有些學者致力於湖水優養等級判定方法之研究，王(1990)利用北卡多變數指標法(Weiss, 1985)、卡爾森多變數指標法(Carlson, 1977)與藻類羣落變異指標法(Brillouin, 1960)三者發展出「王氏綜合評估法」。郭(1990)在其研究中也比較了Shannon指數法(1949)、Margalef指標法(1958)、Pielou指標法(1966)、McIntosh指標法(1967)、QI及TSI(Carlson, 1977)等六種方法，並應用在翡翠水庫、暖暖水庫、新山水庫及寶山水庫優養程度之判定。王(1990)指出「目前台灣在無更理想之評估方法前，王氏綜合評估指數不失為一種較佳之水質優養等級評估方法」。由於王氏綜合評估指數與卡爾森指數法相關性很好，因此本研究仍利用卡爾森指標法來判斷龍鑾潭優養程度。

由圖四發現七月、九月及十一月潭水的TSI介於40~60之間，依Carlson分類標準均屬於中、優養狀況的水質，但落入優養範圍(TSI 50)的點，大都介於中、優養邊緣。龍鑾潭的水位相當淺，最深不到4公尺，相對地，透明度的深度也不大，幾乎都只在0.5~0.8公尺而已。將此值帶入公式計算，即得到70的高值，葉綠素a及磷值的TSI平均約則大多在50以下(表二，第五欄)，顯然高TSI的計算結果，應是由穿透度這個因子所造成。因為單以葉綠素a及磷值求得之TSI，則顯示龍鑾潭水質屬於中度營養。但因本研究是以 PO_4^{3-} -P來計算TSI(3)，非以TP，將導致TIS(3)值較小。由於無TP資料，因此無法進一步討論。

3.4 流入水及流出水的營養鹽

流入龍鑾潭的水可分為雨水、田地水、核三廠民生廢水及魚塢水。以1989年恆春氣象站之降水量(表三)來看，龍鑾潭一年裡的雨水來源有 $241.8 \times 104 \text{m}^3$ ($124 \times 104 \times 1.95 \text{m}^3$)，而核三廠民生廢水來源的水量一年約 54750m^3 ($150 \text{m}^3/\text{每天}$)，至於由田地來源之水量及魚塢來源之水量則無法判斷，不過魚塢已於十一月時填平，魚塢水對龍鑾潭未來水質已無意義。因此雨水是龍鑾潭潭水之最大供給源，次之為核三廠民生廢水，兩者比例約44:1，再次之為田地水。

以質來看，表四為墾丁地區79年4月~6月雨水pH值、導電度及主要離子平均值及範圍。其中， NO_3^- 平均含量為1.09mg/l，分佈在0.93~1.29mg/l之間。此值與潭水 NO_3^- 濃度接近，而 NO_2^- 及 PO_4^{3-} 含量在雨水中通常都低於偵測下限。因此就營養鹽來說，雨水只提供 NO_3^- 給龍鑾潭，而 NO_2^- 、 PO_4^{3-} 則微乎其微(本文中未考慮 NH_4^+)。核三廠民生廢水含有之營養鹽濃度，七月份 NO_3^- 含量為1.231mg/l， NO_2^- 為0.258mg/l， PO_4^{3-} 為0.08mg/l。九月份 NO_3^- 含量為15.487mg/l， NO_2^- 含量為1.034mg/l， PO_4^{3-} 為0.042mg/l。十一月份 NO_3^- 含量為1.043mg/l， NO_2^- 含量為0.407mg/l， PO_4^{3-} 為0.137mg/l。此三種營養鹽均較潭水含量來得高。田地之營養鹽濃度，九月份 NO_3^- 含量為0.653mg/l， NO_2^- 為0.022mg/l， PO_4^{3-} 為0.023mg/l。十一月份 NO_3^- 含量為0.299mg/l， NO_2^- 為0.021mg/l， PO_4^{3-} 為0.046mg/l。而魚塢已於十一月時填平，因此不作進一步討論。

由於雨水及核三廠民生廢水為龍鑾潭兩大來源，因此此二類的水質也是控制龍鑾潭水質的主要因素。表五是以雨水、核三廠民生廢水之水量與水體營養鹽濃度，求得兩大水源每年提供龍鑾潭營養鹽總量之估計值。資料顯示由雨水提供的 NO_3^- 每年約有2.636噸， NO_2^- 有0.002噸， PO_4^{3-} 有0.002噸。而由核三廠民生廢水提供的 NO_3^- 每年有0.241噸， NO_2^- 有0.065噸， PO_4^{3-} 有0.011噸，顯然龍鑾潭的 NO_3^- 濃度較受控於雨水水質。而 NO_2^- 、 PO_4^{3-} 濃度則較受控於核三廠民生廢水水質。此結果配合龍鑾潭浮游植物之生長限制因子為P來看，顯然核三廠民生廢水提供的營養鹽P，對龍鑾潭未來水質之變化有決定性的影響。

除了核三廠民生廢水會提供龍鑾潭磷的來源外，水鳥的排泄物中也含有相當量的磷，對水質或多或少有些影響，然而此量目前卻無法估計。本區為水鳥保護區，水鳥會提供給潭水一些磷乃為既定事實，因此只能將水鳥排泄物的影響視為自然效應。

3.5 柱狀岩心之有機質

當沈積物中有機質分解時，勢必以水體中的氧氣作為氧化劑，因此有機質含量過高時，將耗盡水中氧氣，而使水體缺氧。水體缺氧、水質惡化，則影響生態甚鉅(王, 1989)。因此一般水體優養化研究中，需考慮有機質含量的高低，以了解有機質分解是否會耗盡水中氧氣。

柱狀岩心之有機質含量隨著深度之變化如圖五、表六。相同地，編號A的有機質含量最低，表層約0.77%，往下因深埋過程中漸將有機質分解而有遞減現象(Jahnke et al., 1986 Tasi and Chung, 1990)。其餘岩心(B~J)有機質含量約由表層的0.67~4.28%，往下亦呈遞減，但趨勢並不明顯。

通常一個未受污染水體的沈積物其有機質含量很少超過3%，若有機質含量超過5%，其水體大多有特定污染來源(林, 1988)。龍鑾潭沈積物有機質含量不高，大多在3%以下，

顯示並無特定污染來源。而編號B、H、J有幾個深度有機質含量雖然高於3%，但值都不算高。沉積物有機質含量低，則不會耗掉水體中太多的氧氣，則水質可免於優養的隱憂。

四、結 論

綜觀龍鑾潭一整年的變化，其水溫以四~九月較高，pH值及營養鹽隨季節的變化不大。而造成龍鑾潭優養化可能的主因為穿透度太差。這可能是因龍鑾潭本身水淺，當風力較大（尤其是落山風盛行之際），常將底泥翻起造成潭水混濁，穿透度低。所以為改善龍鑾潭優養化情況，應從水土保持著手，另外在龍鑾潭特別景觀區之整體規劃工程中，也可考慮於東岸堤防旁種植防風林，以減少因風力效應造成潭水混濁的現象。此外P是龍鑾潭浮游植物之生長限制因子，因此對其主要污染源——核三廠之民生廢水，應請其速建廢水處理廠，避免對潭水水質造成不良之影響，以維護資源之永續性利用。

致 謝

本研究承蒙墾丁國家公園管理處處長施孟雄、保育課前課長鄒燦陽、現任課長吳全安等諸位先生支持與協助，由衷表示謝意。此外，更感謝研究期間參與本計劃之全體工作人員一致深表謝忱。

參考文獻

中文部份：

- 王冰潔，1989，大鬼湖無氧層的成因及其生物地球化學作用，國立中山大學海洋地質研究所碩士論文，共81頁。
- 王漢泉，1990，德基水庫水質優養等級之研究，中國水產第454期，19~32頁。
- 林存德，1988，高雄港海域污染調查之研究，狀元出版社，共244頁。
- 徐慧倩，1991，龍鑾潭水質調查研究，墾丁國家公園管理處，共23頁（付梓中）。
- 陳鎮東、王冰潔，1990，墾丁國家公園內湖沼、溪流及沿岸水質調查（I），墾丁國家公園管理處研究報告69號，共38頁。
- 陳鎮東、許德惇與王冰潔，1991，墾丁國家公園內湖沼、溪流及沿岸水質調查（II），墾丁國家公園管理處研究報告74號，共76頁。
- 陳鎮東、郭景聖、王冰潔，1991，水質化學樣品採集及實驗室品保/品管標準操作手冊，漁業推廣專刊第5號，共127頁。
- 郭振泰，1990，白灣地區給水水源優養化評估法之建立及其優養程度調查(-)，行政院環保署(EPA-79-003-01-008)，共116頁。
- 鄭福田與杜悅元，1990，台灣地區酸性沉降物之調查研究，酸雨對環境之影響研討會，環保署，225~245頁。
- 羅立，1990，台灣東北角海域之描述性海洋化學初探，國立中山大學海洋地質研究所碩士論文，共87頁。

英文部份：

- Berger, F., 1971, Zur Morphometrie der Seebecken, Carinthia II, Spec. Issue, 31:29-39. Cited in Nurnberg, G. K., 1988, A simple model for predicting the date of fall turnover in thermally stratified lakes, *Limnol. Oceanogr.*, 33:1190-1195.

- Broad, F. E., 1953, The soil organic fraction, *Adv. Afron.*, 5, 153-183.
- Carlson, R. E., 1977, A trophic state index for lakes, *Limnol. Oceanogr.*, 22:361-369.
- Jahnke, R. A., Emerson, S. R., Choran, J. K. and Hirschberg, D. J., 1986, Fine scale distributions of porosity and particulate excess Pb-210, organic carbon and CaCO₃ in surface sediments of the deep equatorial Pacific, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 77, 59-69.
- Margalef, R. 1958, Information Theory in Ecology, *Gen Syst.*, 3:36-71.
- McIntosh, R. P., 1967, An index of diversity of the relation of certain concepts to diversity, *Ecology*, 48:392-404.
- Page, A. L., Miller, R. H. and Keeney, D. R. (ed), 1982, *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties Second Edition*, Madison, Wisconsin U. S. A., P. 574-579.
- Pielou, E. C., 1966, The measurement of diversity in different types of biological collections, *J. Theor. Biol.*, 13:131-144.
- Redfield, A. C., Ketchum, B. H. and Richards, F. A., 1963, The influence of organisms on the composition of sea-water, in the *Sea*, V. 2, M. H. Hill (ed), Interscience, New York, 26-77pp.
- Shannon, C. E., Weaver, W., 1949, *The Mathematical Theory of Communication*, Univ. Illinois Press, Urbana, Chicago, London.
- Stumm, W., 1985, *Chemical Processes in Lake*, John Wiley & Sons Inc., 435pp.
- Tasi, S. W. and Y. Chung, 1990, Pb-210 in the sediments of Taiwan Strait, *Acta Oceanographica Taiwanica* 22, 1-13.
- Thomas, E. A., 1969, The Process of Eutrophication in Central European Lakes, *Nat. Acad. of Science, Washington, D. C.*, 33.

表一 七十九年七月、九月、十一月龍鑾潭之基本水文及營養鹽含量表

月份	性質	採樣地點	溫度 ℃	pH	溶 氧		葉綠素 μg/l	phe [*] μg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	PO ₄ ⁻³ mg/l	SiO ₂ mg/l	
					溶氧量 mg/l	飽和度 %							
七 月 份	流入水	核三廠民生廢水 排放溝渠	35.5	-	5.43	79.87	-	-	1.231	0.258	0.087	14.057	
			29.1	-	7.89	104.9	16.93	6.29	0.847	0.125	0.026	7.960	
	潭 水	2	29.4	-	8.14	107.5	47.40	0.00	0.694	0.023	0.015	7.760	
		3	29.6	-	7.72	102.4	23.14	1.66	0.813	0.036	0.015	7.614	
		4	29.9	-	7.76	103.7	14.67	4.32	0.749	0.031	0.015	7.431	
		5	29.6	-	8.72	115.5	24.27	2.65	0.645	0.026	0.015	7.614	
		6	30.4	-	8.58	104.0	13.55	0.00	0.616	0.020	0.015	7.577	
		7	30.0	-	8.83	117.4	13.55	1.23	0.650	0.018	0.015	8.017	
		8	30.5	-	8.67	120.3	22.01	8.60	0.621	0.020	0.015	7.833	
		I-表水	27.9	-	6.66	86.2	-	-	-	-	-	-	-
I-1公尺	27.7	-	6.70	86.2	-	-	-	-	-	-	-		
九 月 份	流 入 水	日地 核三廠民生廢水 排放溝渠 魚塭 I 魚塭 II	28.3	7.87	6.07	77.3	3.00	2.50	0.653	0.022	0.023	10.157	
			27.5	7.72	6.63	82.7	7.10	0.33	15.487	1.034	0.042	19.663	
			29.2	7.93	7.09	93.5	2.03	0.71	0.171	0.027	0.023	6.367	
			29.0	8.02	7.14	93.0	0.30	1.83	0.268	0.024	0.001	5.565	
	潭 水	F-表層 F-1公尺 F-3.5公尺	28.1	8.44	7.26	92.5	2.71	0.67	1.031	0.032	0.023	8.473	
			28.7	8.29	7.27	94.6	3.39	0.31	1.210	0.029	0.023	9.706	
			27.9	8.20	7.18	92.1	5.40	2.55	1.244	0.029	0.001	11.571	
	流出水	道水壩外灌溉溝渠	28.8	8.34	7.98	101.4	-	-	1.103	0.056	0.062	10.609	
	十 一 月 份	流 入 水	日地 核三廠民生廢水 排放溝渠	27.1	8.09	7.20	92.0	12.45	-	0.299	0.021	0.046	6.362
				25.8	7.94	7.08	86.8	5.36	7.54	1.043	0.407	0.137	6.932
潭 水		2 E 6 I F H	25.0	8.49	8.17	101.1	1.81	1.12	0.840	0.012	0.038	7.190	
			25.4	8.47	8.73	109.4	2.71	0.77	0.733	0.013	0.033	6.957	
			24.8	8.49	8.26	100.3	0.19	0.12	0.884	0.012	0.090	7.251	
			25.0	8.47	8.43	102.5	0.93	2.02	0.828	0.014	0.104	7.058	
			24.4	8.47	8.49	100.0	3.47	0.05	0.928	0.007	0.055	7.201	
			24.3	8.49	8.24	97.4	2.76	0.66	0.922	0.012	0.044	7.158	
流出水		道水壩外灌溉溝渠	26.1	8.36	8.49	107.3	3.78	16.74	1.400	0.359	0.358	7.421	

*: phe, pheopigments 為葉綠素 a 之衍生物。

表二 以透明度、葉綠素a及總磷計算潭水營養指標(TSI)數值之比較。

月份	採樣點	TSI(SD) (1)	TSI(Chl a) (2)	TSI(TP) (3)	(1)+(2)+(3)	(2)+(3)
					3	2
七 月 份	1		58	35	54	47
	2		68	27	55	48
	3		61	27	53	44
	4	70	57	27	51	42
	5		62	27	53	44
	6		56	27	51	42
	7		56	27	51	42
	8		61	27	53	44
九 月 份	F-表層		40	33	48	37
	F-1公尺	70	43	33	49	38
	F-3.5公尺		47	0	39	24
十 一 月 份	2		36	40	49	38
	E		40	38	50	39
	6	70	14	53	46	34
	I		30	55	52	42
	F		43	46	53	44
	H		41	43	51	42

表三 恆春氣象站1989年各月份之降雨量及蒸發量。

月 份	降雨量 (mm)	蒸發量 (mm)
1	24.1	122.3
2	29.3	104.3
3	62.2	116.2
4	48.8	137.8
5	277.4	161.1
6	41.7	155.1
7	395.7	158.7
8	408.5	137.8
9	622.2	117.0
10	30.8	129.6
11	1.7	125.7
12	8.1	98.0
總 量	1950.5	1563.2

表四 墾丁地區79年4月~6月雨水之pH、導電度及主要離子含量*。

	平均值	範圍
pH	4.99	4.79~5.13
導電度	75.00	30.9~156.9
Cl ⁻	7.55	4.00~12.88
NO ₃ ⁻	1.09	0.93~1.29
SO ₄ ⁻²	3.40	0.72~6.84
NH ₄ ⁺	0.43	0.24~0.71
K ⁺	1.47	0.34~2.13
Na ⁺	8.46	0.75~21.70

* 資料取自鄭與杜 (1990)。

表五 雨水及核三廠民生廢水之營養鹽對於龍鑾潭貢獻量之估計。

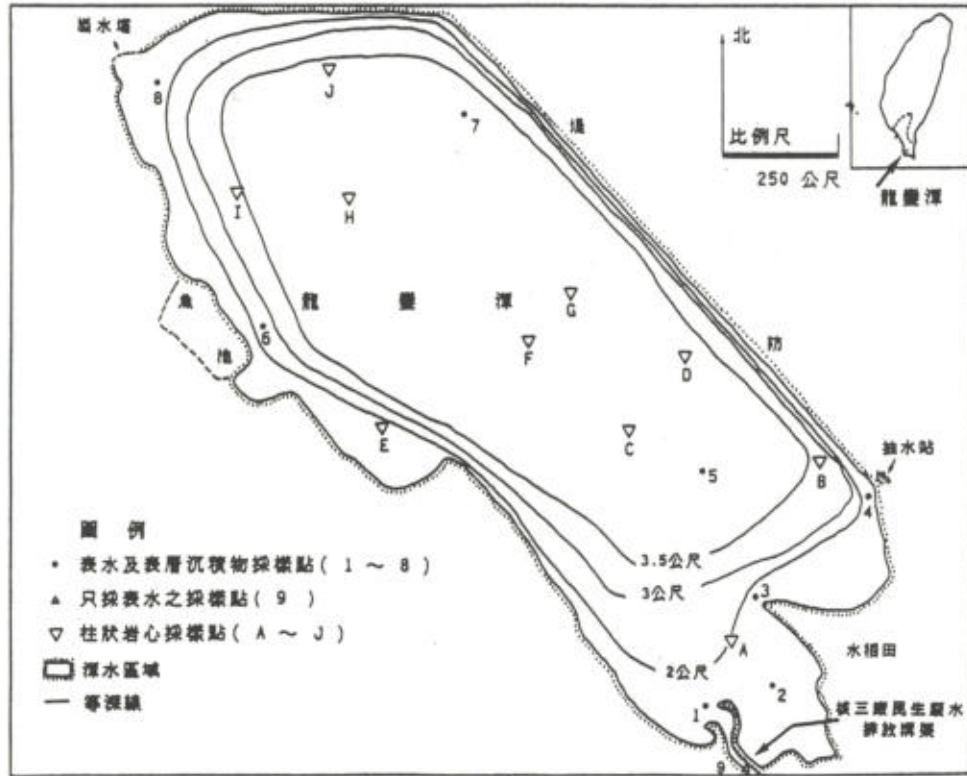
	水量 (m ³ /year)	營養鹽 (mg/l)	總量 (tons/year)
雨	2418000	NO ₃ ^{-#} 1.09	2.636
		NO ₂ ^{-#} n.d. (以0.001計算)	0.002
		PO ₄ ^{-3#} n.d. (以0.001計算)	0.002
核三廠民生廢水	54750	NO ₃ ^{-*} 4.40±5.61	0.241±0.307
		NO ₂ ^{-*} 1.18±1.26	0.065±0.069
		PO ₄ ^{-3*} 0.21±0.18	0.011±0.010

#：資料取自鄭與杜（1990）。

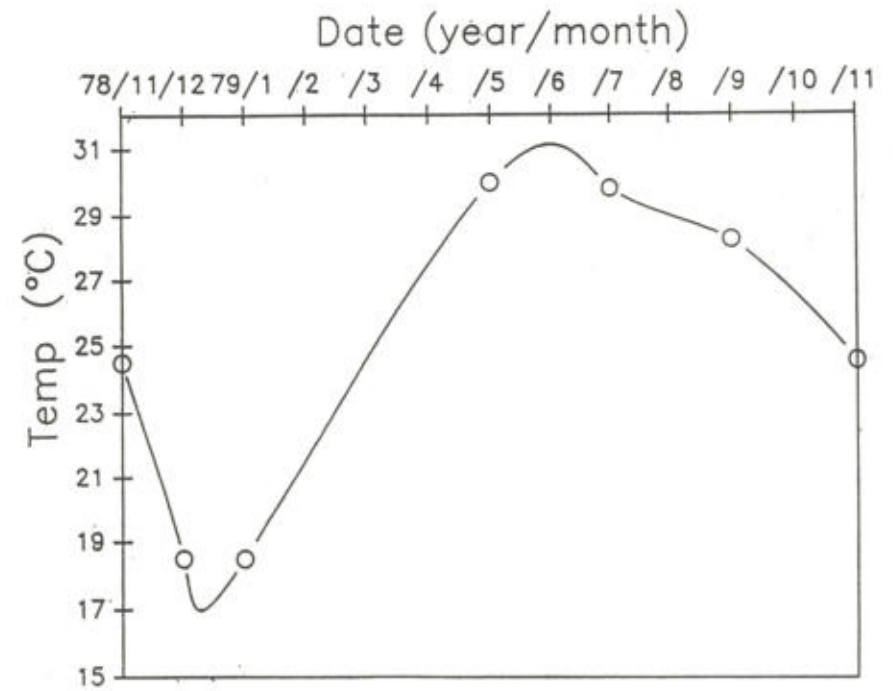
*：NO₃⁻、NO₂⁻、PO₄⁻³ 含量採用墾管處保育課研究員徐慧倩小姐於78年11月、12月及79年1月（1991）及本研究之七、九、十一月六次調查平均值。

表六 柱狀岩心之有機質含量。

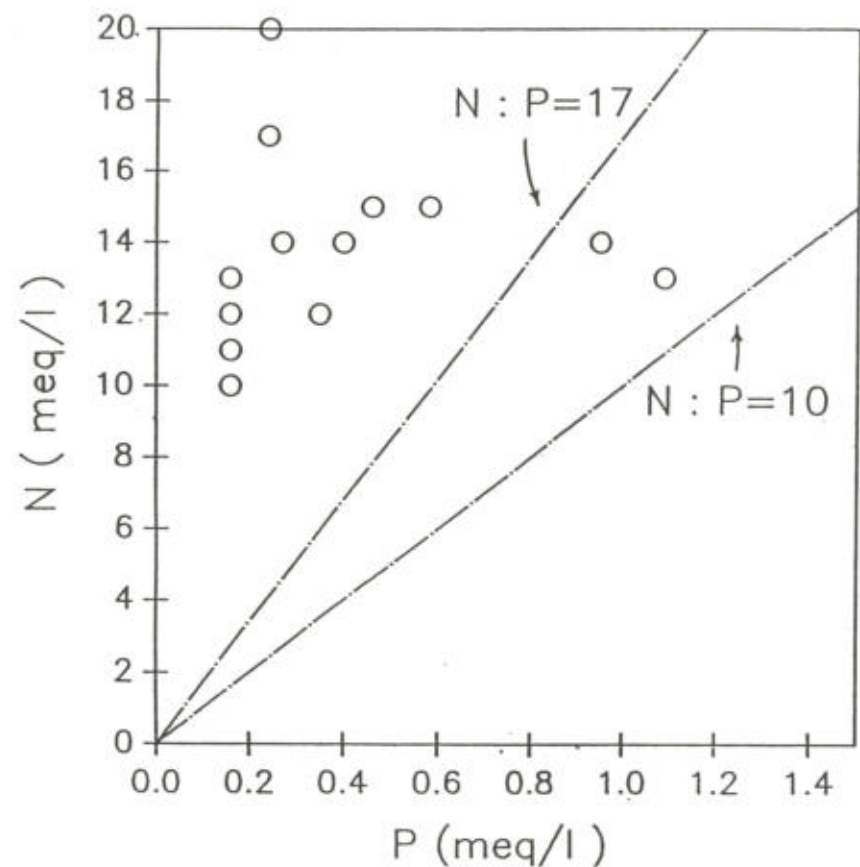
深度 (cm)	有機質百分比 (%)		深度 (cm)	有機質百分比 (%)	
編號 A			編號 B		
3	-	-	2.5	3.11	2.87
9	0.85	0.70	7.5	2.67	3.59
15	0.98	0.58	12.5	2.18	1.78
21	0.41	0.45	17.5	2.38	1.84
27	-	-	22.5	1.53	2.51
33	-	0.04	27.5	0.69	3.04
39	-	0.22	32.5	1.98	2.45
45	-	-	37.5	1.34	-
51	0.19	-			
57	0.38	-			
63	2.56	2.60			
編號 C			編號 D		
2.5	2.15	2.69	2.5	2.47	
7.5	2.71	2.31	7.5	2.17	
12.5	2.49	2.95	12.5	2.15	
17.5	2.04	2.55	17.5	2.32	
22.5	1.65	2.15			
編號 E			編號 G		
2.5	1.53		2.5	1.95	
7.5	1.30		7.5	0.67	
12.5	1.85				
編號 H			編號 I		
1.5	4.28		2.5	2.98	2.61
4.5	2.80		7.5	1.92	2.12
7.5	3.24		12.5	2.17	2.56
10.5	3.30		17.5	2.39	2.31
13.5	3.22				
16.5	3.04		編號 J		
19.5	3.27		2.5	3.10	
22.5	2.58		7.5	3.26	
25.5	3.14		12.5		
28.5	3.70				
34.5	3.32				
34.5	2.86				
35.5	3.57				
40.5	2.22				
43.5	3.01				
46.5	3.18				
49.5	3.57				
52.5	3.35				
55.5	3.47				
58.5	2.50				
61.5	3.26				
64.5	2.97				
67.5	2.94				



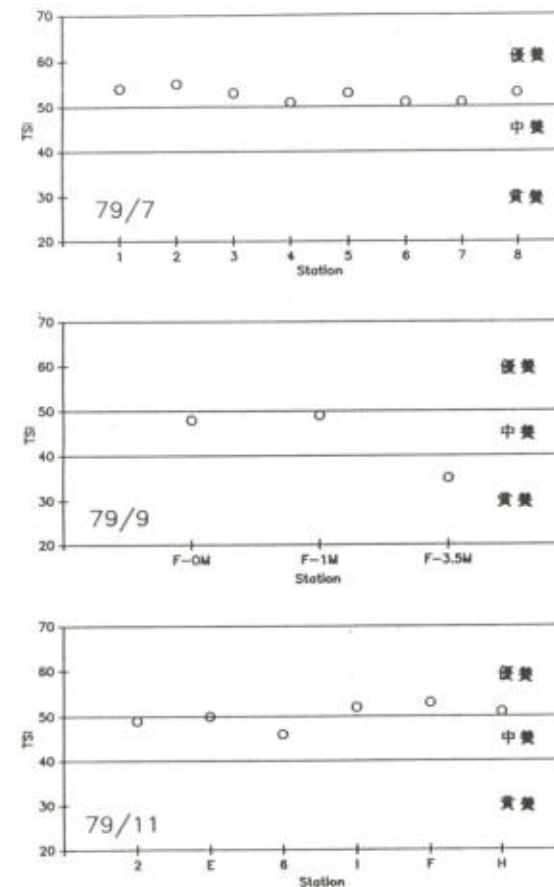
圖一 龍鑾潭採樣位置圖。



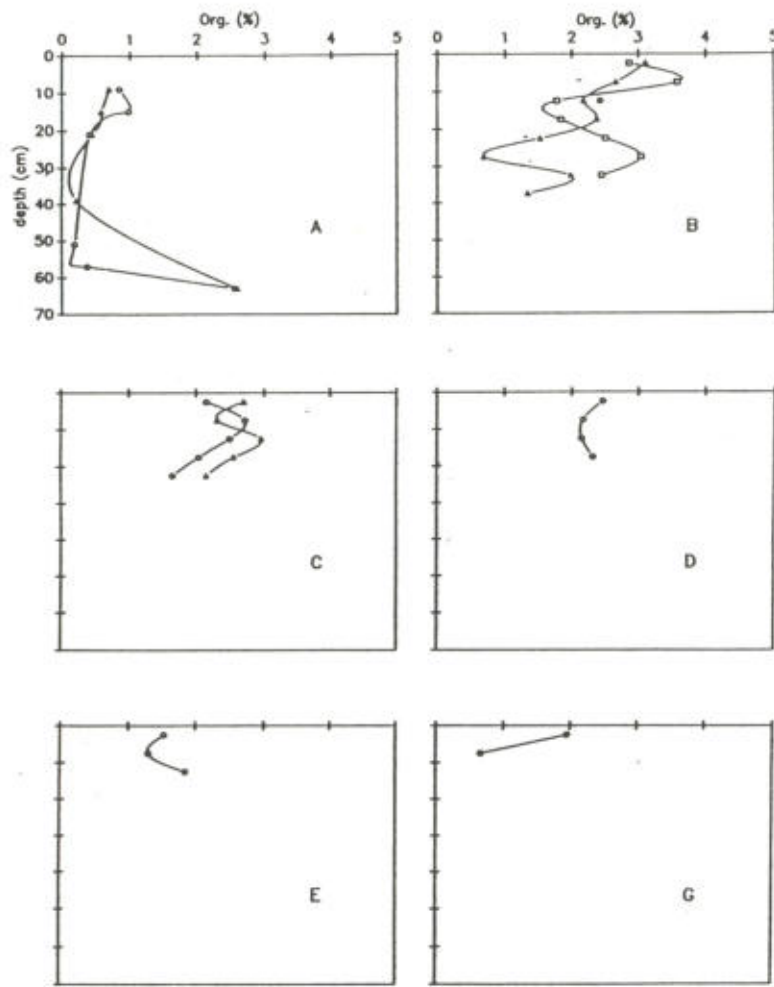
圖二 龍鑾潭水溫隨著月份之變化圖



圖三 龍鑾潭之N:P圖



圖四 七月、九月、十一月龍鑾潭各水樣之營養狀態指標圖。



圖五 柱狀岩心之有機質隨著深度之變化圖。

(承上頁)

