

明德水庫水質與浮游生物之調查研究

Assessment of Water Quality and Plankton in Ming-Te Reservoir

蕭榮超 * 江弘斌 ** 賴雪端 ***

摘 要

明德水庫係水淺而較小型之水庫，已有相當程度淤積。其水質受氣候，周圍環境影響明顯。枯水期間鹼度、硬度、鈣、鎂、濁度、懸浮固體量、溶解固體量、電導度、硫酸鹽等含量逐月濃縮升高，至豐水期間則顯著下降。又豐水期間初期，因冲刷較多量之無機性氮鹽及磷酸鹽入庫，繼而引致水庫中藻類含量增加。調查期間，水庫中浮游生物大多為矽藻，以 *Cyclotella* 及 *Achnanthes* 為主，藍綠藻數量很少。藻類生長限制因子為磷。以行政院衛生署發布之水體分類及水質標準評定，明德水庫提供明德淨水廠之原水應屬乙類。

緒 論

台灣省自來水公司之部份水源係採自水庫/湖泊者。基本上水庫/湖泊是個大型蓄水池，其功能為(1)可以穩定水庫/湖泊之水質，(2)應付乾旱期間用水之需要，(3)提供物理性，化學性和生物性之自淨作用^(1,2,3,4)。唯水庫/湖泊水質良窳和其營養化程度很有關係。近年來台灣隨著人口的增加，工業和家庭污水的污染，以及農業的發展（肥料和農藥的使用量增加），一些水庫/湖泊因營養源（主要是氮、磷）的持續注入導致整個系統營養源不斷的增加，已面臨營養化的威脅，營養化速度加快或已成為營養湖。根據調查顯示⁽⁵⁾，澄清湖已有優養化情形，並影響到本公司第七區管理處部份地區供水之品質。有鑑於此，本公司自1984年9月至1985年8月對明德水庫水質與浮游生物展開為期一年之調查，並追蹤可能之污染源，俾能對防止該水庫優養化，保護水庫水源水質提出建議供有關單位參考，以期長期提供良好之公共給水。

明德水庫概況^(6,7)

明德水庫位於苗栗縣後龍溪支流老田寮溪上游之頭屋鄉明德村，於1964年7月動工，1970年6月完成，係一多目標之水庫，除提供灌溉及工業用水外，並提供民生用水。水庫上游主要支流為獅潭溪，其為南北走向至百壽（紙湖）附近改東西走向而注入水庫。獅潭溪有四個村落，散布於百壽、永興、新店與和興村，水庫下游則為頭屋鄉明德村所在地。人口共計近萬人，其中以明德村為最多。轄內居民多以山坡地之耕作為主。上游獅潭鄉地區大部份均屬國

* 蕭榮超：台灣省自來水公司水質研究中心主任

** 江弘斌：台灣省自來水公司水質研究中心組長

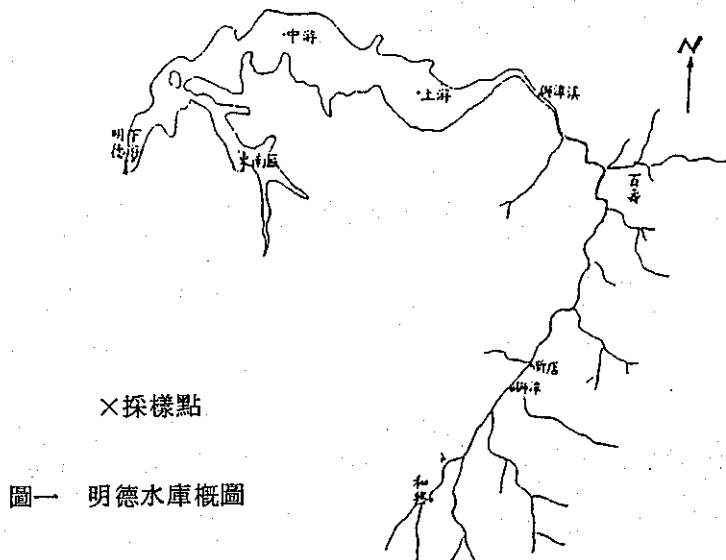
*** 賴雪端：前台灣省自來水公司水質研究中心工程師

有林區，以大湖林班為主，其間林木繁茂，水庫南岸之頭屋鄉一帶則農業活動較為明顯，至水壩附近碼頭一帶則為明德村聚集所在，住家頗多，且有部份商業活動。明德水庫在峻工蓄水初期，蓄水量 1,700 萬立方公尺，而年淤積量相當嚴重。經明德水庫集水區經營小組歷年整頓，年淤積量已大為降低，唯近年來因兩岸道路之開闢以及集水區內近臨公路兩旁之坡地零星開發使用，再加上已設之攔砂壩均告淤滿，故又有大量淤泥入庫。每遇豪雨，庫水即轉混濁，濁度大為升高。目前明德水庫在滿水位時，水庫蓄水量為 1,472 萬立方公尺。

採樣，檢驗設備及檢驗方法

採 樣

每月一次，於中旬派員至明德水庫上、中、下游及水庫南側梯田等較多處共四點採樣。每點分上下兩層以沈水式採樣器 (Kerner Water Sampler) 採樣。上層水樣取自水面下 1 公尺，下層水樣採自水面下 8 公尺。枯水期間因蓄水量減少，有些採樣點水深不足 8 公尺，此種情況下調整底層採樣於 4 - 7 公尺之間，以免接觸到底泥。此外並於獅潭溪 (明德水庫最主要水源) 下游入水庫處及明德淨水廠內採樣 (即源頭水、原水、清水)，採樣地點如圖一所示：



採取之水樣以低溫冰櫃保存，當日携回台中總管理處檢驗 (鹼度檢驗係在淨水廠內進行)。

檢驗設備，方法

一、物理因子檢驗：

氣溫、水溫、PH 係採樣後馬上測定，PH 係用西德 Schott-Geräte GmbH 公司之 CG818 PH Meter 測定。電導度計係用日本 TOA CM-15A conductivity Meter 測定。濁度以 Hach Turbidimeter 2100A 測定。懸浮固體量，溶解固體量，以濾膜法 (孔徑 0.45 μ m, 直徑 47mm) 過濾定量之。透明度係以直徑 30cm 之 Secchi Disc 測定。

三化學因子檢驗：

一般水質分析依照美國公共衛生協會等出版之用廢水標準法測定^(8,9)。鹼度用加酸滴定法，硬度、鈣、鎂用EDTA 滴定法。鐵用Phenanthroline Method，錳用Persulfate Method，硫酸塩用Turbidimetric Method，磷用Ascorbic Acid Method，硝酸塩氮用UV Spectrophotometric Screening Method，亞硝酸塩氮用Sulfanilamide & NED-dihydrochloride Method，氨氮用Nesslerization Method，有機氮則用Macro-Kjeldahl Method分別測定之，其使用之光譜儀為Shimadzu Double Beam Spectrophotometer 210A。溶氧，生化需氧量（5天，20℃）以Azide Modification Method，化學需氧量以Dichromate Reflux Method，重金屬則以Perkin-Elmer AA603 Spectrophotometer測定。

三生物因子檢驗^(8,9)：

總細菌殖數採用Standard Plate Count 法，大腸菌類數以Standard Total Coliform Membrane Filter Procedure，糞便鏈球菌以Membrane Filter Technic，糞便大腸菌以Fecal Coliform Membrane Filter Procedure 檢定之。浮游生物含量則以顯微鏡觀察計數（使用西德Leitz 公司Model-Dialux 20 產品配合瑞士Wild 公司Model-MPS 11 Semiphotomat 照像設備）。

結 果

(一)物理因子：

(1)水位：

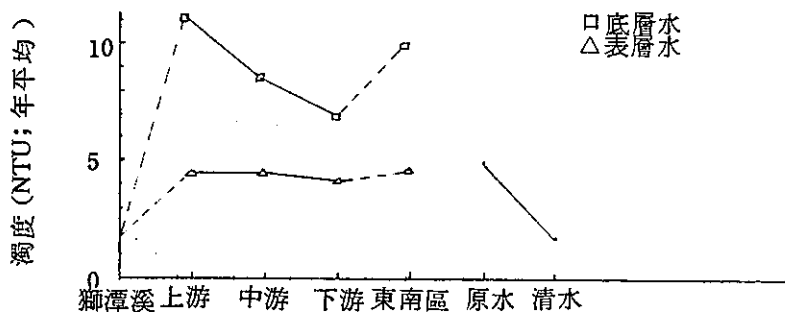
明德水庫前半年水位逐月降低，至下半年因雨豐水足，水庫均達滿水位6IM。

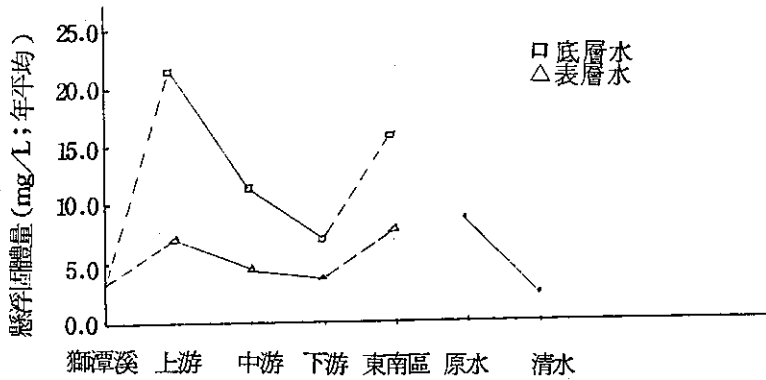
(2)氣溫、水溫：

氣溫在1—3月間最低（15—20℃），8月間最高（31.3℃）。相對的水溫在1—3月間最低（15—18℃），8月間最高（30—32.5℃）。庫水在冬春季成層現象不明顯，夏季則成層現象顯著，唯表底層水溫溫差並不大，多在5℃以內。

(3)濁度、懸浮固體量、透明度：

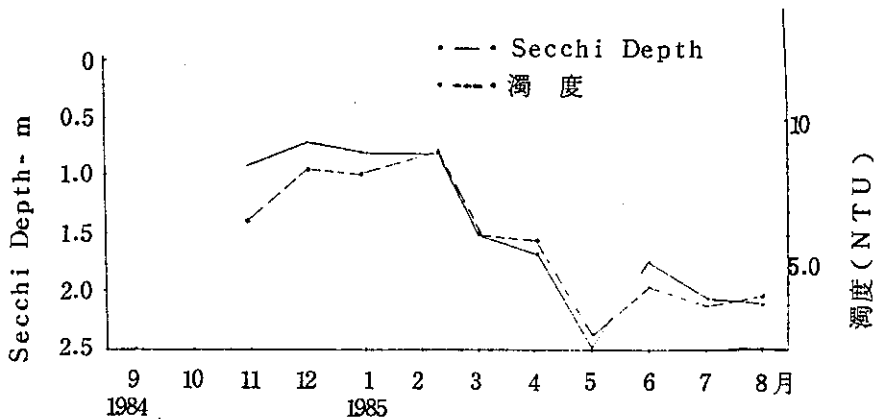
獅潭溪入庫水濁度低，全年皆在5NTU 以下。庫水濁度則皆在23NTU 以下。又表層水濁度低於底層水，濁度多在10NTU 以下（圖二）





圖二 明德水庫懸浮固體量和濁度關係

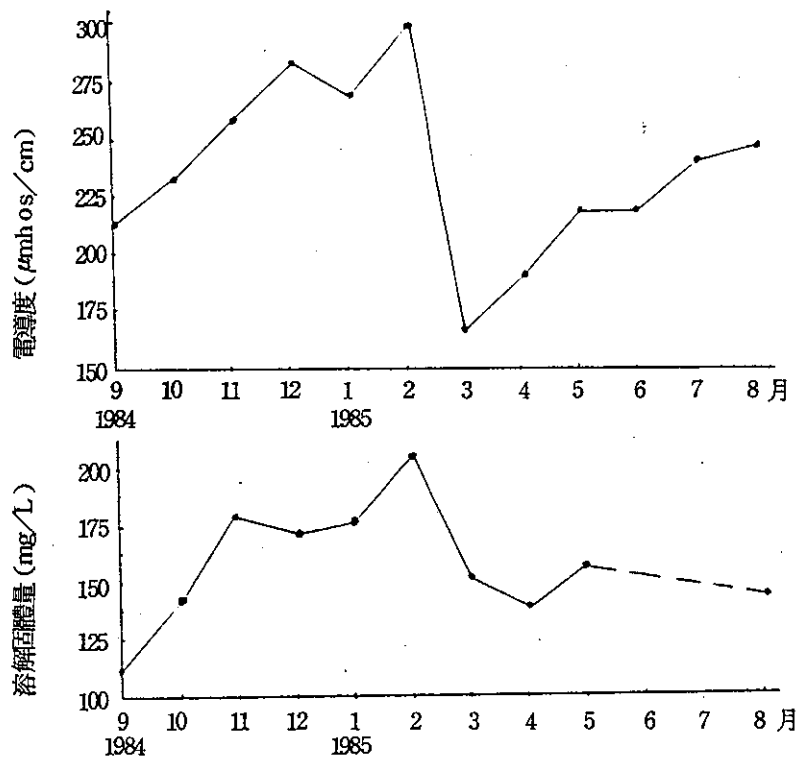
懸浮固體量則和濁度有明顯相關，懸浮固體量低者，濁度低，反之也然。獅潭溪入庫水懸浮固體量低，而上、中、下游採樣點中，表層懸浮固體量大多低於底層水（圖二）。各點水樣懸浮固體量在1—2月間達到高峯。三月份後，雨量充沛，懸浮固體量明顯降低。透明度係以 Secchi disc 測定，庫水全年透明度介於 0.5—2.7 M 之間。Secchi disc 和水之清澈度，也即和水中有機、無機性物質導致之濁度有關^(10,11)，圖三顯示 Secchi disc 和表層水濁度之關係。



圖三 明德水庫 Secchi Depth 和濁度關係

(4) 溶解固體量、電導度：

庫水溶解固體量見圖四，約介於 100—200mg/L 之間，而於 2 月份達到高峯 (208mg/L)。原水溶解固體量接近庫水。而清水之溶解固體量略高於原水，應和淨水廠加藥有關，獅潭溪入庫水可能受集水區水質影響，其溶解固體量變化與庫水之變化傾向不十分一致。電導度變化情形和溶解固體量變化情形類似，顯然的有明顯相關（圖四）。在 2—3 月間，水庫由低水位爬升至滿水位 61M，電導度受稀釋影響很大。獅潭溪進水電導度多高於庫水、原水及清水，尤以上半年較為明顯，此應和集水區水質有關。



圖四 明德水庫溶解固體量及電導度變化

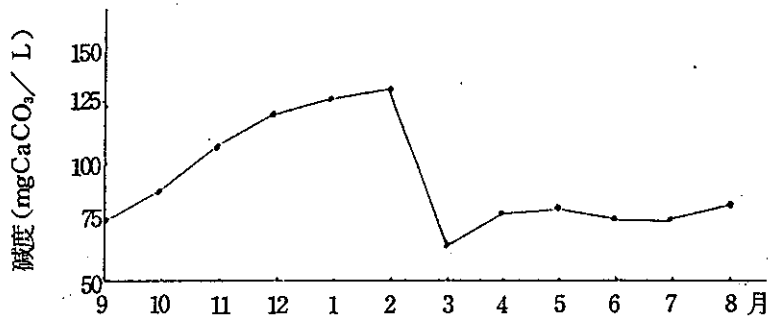
(二)化學因子：

(1)PH：

獅潭溪入庫水全年 PH 值介於 7.80—8.50 之間，庫水則起伏變化更大。在夏季成層明顯期間，表層 PH 較高（曾達至 PH8.96），底層 PH 則較低，其受浮游生物光合作用影響很大。至冬春季氣溫降低，庫水成層不明顯期間，庫水表底層 PH 值差減小，唯仍可看出光合作用影響（在此年調查期間，每次採樣約在上午 10:00 點至下午 13:00 點之間）。表層 CO₂ 被浮游生物耗用較多，以致 PH 升高。

(2) 碱度：

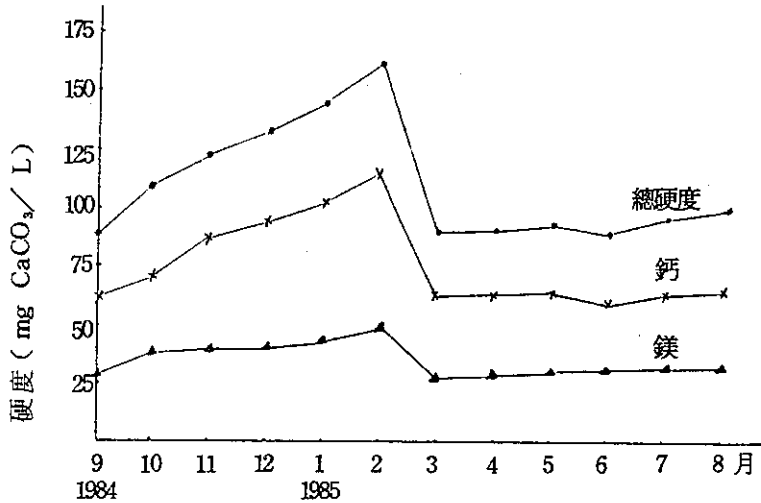
水樣中大多為 HCO₃⁻ 鹼度。枯水期間，碱度逐月增加，三月份後雨水充足，庫水碱度含量降低很多（圖五）。又獅潭溪入庫水各月份碱度普遍高於庫水。



圖五 明德水庫逐月碱度之變化

(3) 硬度、鈣、鎂：

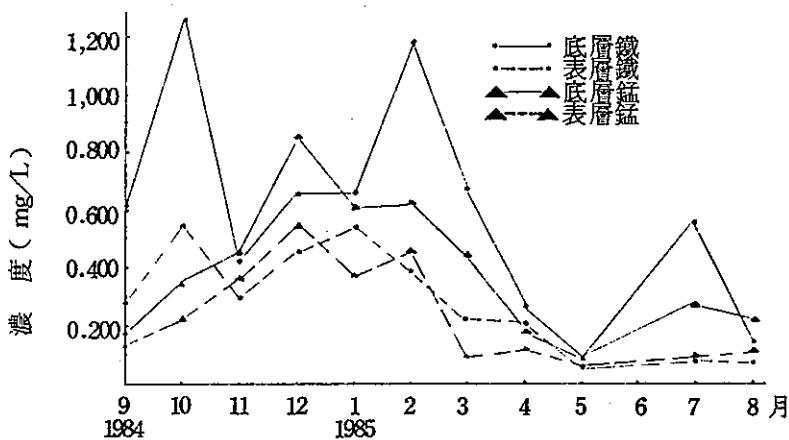
獅潭溪入庫水之硬度、鈣、鎂含量大多高於庫水。庫水在前半年枯水期間，受蒸發濃縮影響，硬度、鈣、鎂含量均逐月增加，3月份後雨量充足，含量又轉低（圖六）。獅潭溪入庫水、原水、清水也均有此種趨勢。



圖六 明德水庫硬度、鈣、鎂逐月之變化

(4) 鐵、錳：

庫水鐵錳含量表層低於底層，此應和表層水鐵錳被氧化而沈澱，成層期間底層缺氧，及底層懸浮固體量較多有關。圖七顯示明德水庫鐵、錳濃度逐月之變化，可明顯見到下半年庫水鐵、錳濃度低於上半年，顯受雨水稀釋影響。



圖七 明德水庫鐵、錳濃度逐月之變化

(5) 重金屬：

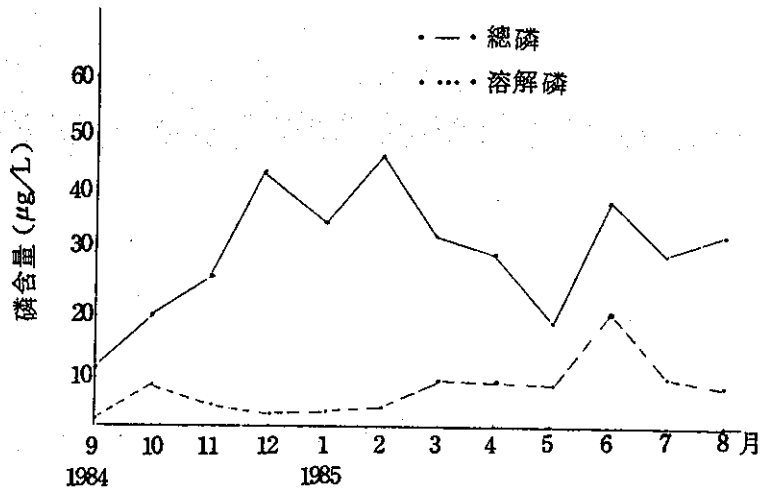
調查分析之重金屬包括鉛、鉻、汞、鎘、銅、鋅。各點水樣重金屬含量均很少，大多至微跡或不能檢出，並在台灣省自來水水質標準範圍內⁽¹²⁾。

(6) 氨塩、硫酸塩：

庫水，獅潭溪水，原水，清水全年氨塩含量皆在 10mg/L 以下，硫酸塩含量在 20mg/L 以下。清水氨塩、硫酸塩含量略高於原水，應和淨水廠原水加藥有關。

(7) 總磷與溶解磷：

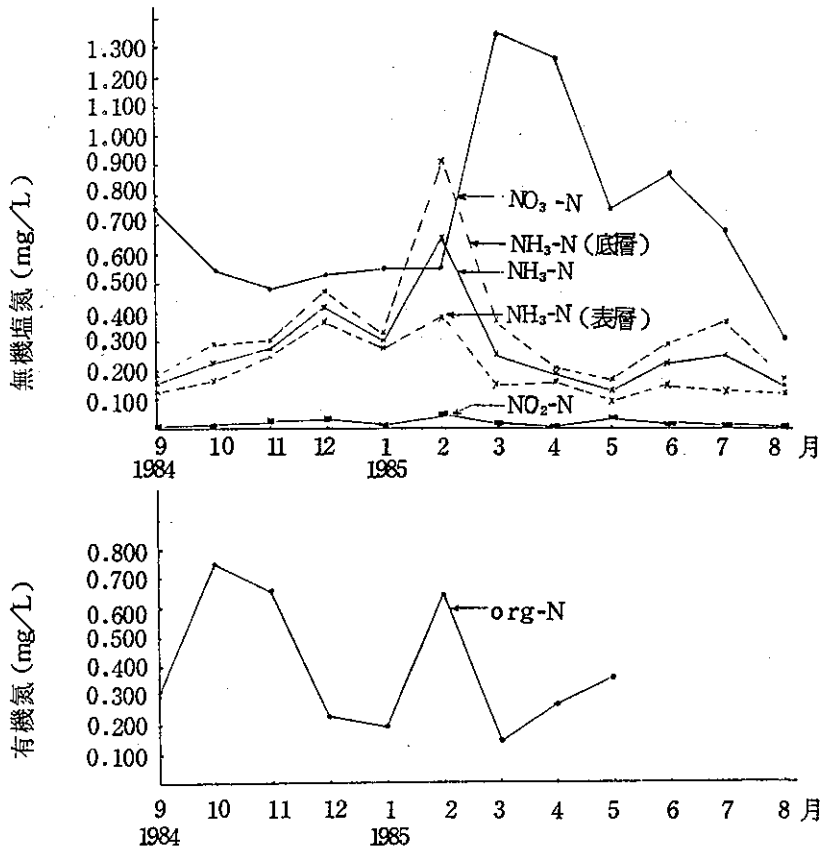
前半年水位逐月下降，漸進入枯水期間，庫水濃縮，總磷含量至 2 月份達到高峯（圖八）。3 月份後雨水充足，總磷含量稍降，係受雨水稀釋影響。溶解磷方面，除十月份外上半年含量均很少，也未隨季節進入枯水期而有逐月明顯變化。後半年因雨量充足，集水區之農業肥料等受冲刷量也隨之增加，因此獅潭溪進水及庫水溶解磷含量均有明顯增加。



圖八 明德水庫全年磷含量變化

(8) 各種氮塩：

圖九顯示明德水庫底層水游離氨氮比表層高。獅潭溪除 5 和 7 月外，其餘各月氨氮含量低於庫水。清水氨氮含量比原水少很多，唯仍存在（經逐月測定餘氯結果，清水均含有自由有效餘氯和少許結合有效餘氯），其可能為干擾氨氮測定之物質而非游離氨氮。又經調查結果，各水樣亞硝酸塩含量均低，而硝酸塩氮含量較多，並於 3—4 月間達到高峯，此係因該期間降雨量多，水庫由最低水位升到滿水位，地表被雨水冲刷結果，導致大量 $\text{NO}_3\text{-N}$ 進入庫中，使其含量大為升高。庫水全年有機氮含量介於 $0.079\text{--}1.867\text{mg/L}$ 間，其含量逐月變化不一。



圖九 明德水庫各種氮鹽逐月之變化

(9) 溶氧：

水庫上游因庫小水淺，淤積嚴重及獅潭溪入庫水注入關係，表底層溶氧在水庫成層期間相差不大。中游、下游及東南區採樣點表底層在水庫成層期間則溶氧含量有明顯差異，唯大部份底層水溶氧含量仍在 2mg/L 以上。

(10) 生化需氧量：

庫水 5 天生化需氧量除 2 月份表層水在 3.0 ~ 3.2 mg/L 之間外，其餘數據顯示多在 2mg/L 以下。清水 BOD₅ 含量除 11 月份外均小於 1mg/L，且小於原水之 BOD₅。

(11) 化學需氧量：

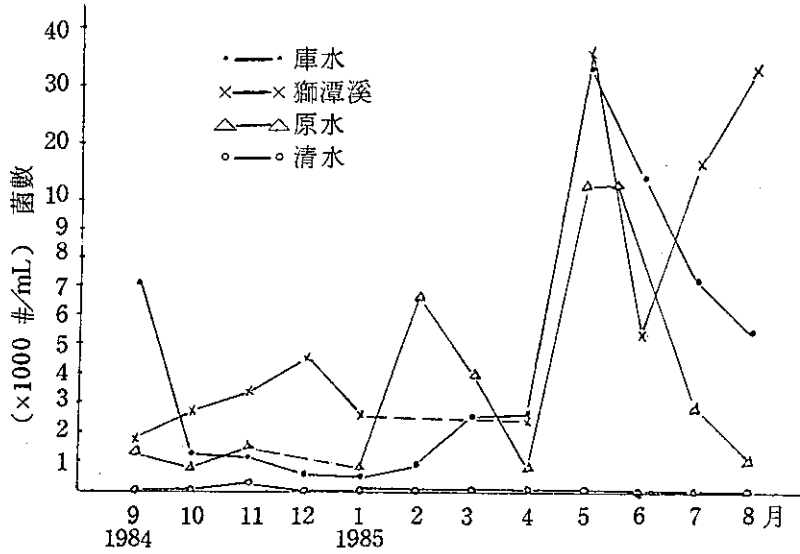
各採樣點化學需氧量全年在 2-23mg/L 之間。各點年平均則在 5-11mg/L 左右。

(三) 生物因子

(1) 總細菌殖數：

明德水庫之總細菌殖數以 5 月份數量最高，達 34000 CFU/mL，6 月份次之，為 14000 CFU/mL，而以 1 月份最低，僅 500 CFU/mL，顯示細菌殖數受水溫之影響很大。整體看，5-9 月間溫度偏高，細菌殖數平均含量約為 14000 CFU/mL，遠較 10-4 月之含量高（圖十）。獅潭溪與原水之細菌殖數亦和明德水庫之細菌殖數有相近之變化。而原水於 2 月間會出現稍微爬升之現象，該月可發現大腸菌之最大

可能數，糞便性大腸菌及糞便性鏈球菌皆有明顯增加，可能和該月取樣時給水廠抽用反沖洗水上澄液與原水混和有關。



圖十 總細菌殖數之季節性變化

(2)大腸菌、糞便性大腸菌及糞便性鏈球菌：

明德水庫中之大腸菌最大可能數含量並不高，變化也小（圖十一）。年平均含量為 240 CFU/100mL。獅潭溪之MPN 值也低，但普遍較庫水多，年平均含量為 880 CFU/100mL。原水之MPN 值較水庫水與獅潭溪水高些，年平均量在 1300 CFU/100mL，最高值在 2 月份為 7500CFU/100mL，應和其時明德淨水廠抽用反沖洗水上澄液有關。糞便性大腸菌與糞便性鏈球菌，在明德水庫以及獅潭溪入庫水，原水等中之含量，普遍較大腸菌之最大可能數為低。利用其二者之比值可判斷水質受那一類溫血動物之污染^(9,13)。唯在調查期間，有時因培養之菌數太低以致二者之比值不能合理解釋。基本上明德水庫中獅潭溪入庫水及庫水中並沒有受到明顯而持續性之溫血動物排泄物污染。

(3)浮游生物^(14,15,16,17)

明德水庫之浮游生物以藻類為主。其中以綠藻 (Chlorophyceae — Green Algae)，藍綠藻 (Cyanophyceae — Blue Green Algae) 矽藻 (Bacillariophyceae — Diatoms) 及鞭毛藻類包括甲藻 (Dinophyceae — Dinoflagellates)，金黃藻 (Chrysophyceae — Golden Algae) 游藻 (Euglenophyceae — Euglenoid)，綠藻和一些不易鑑定之小型鞭毛藻為主，主要浮游生物如表一所示：

表一 明德水庫主要藻類及其季節性變化

屬	年	1984				1985							
		月9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
綠	Ankistrodesmus			+		+							
	Chlorella	++	+					++	+				
	Coelastrum	++	++	+	+	+	+			++	++	+	
	Casmarium					+							
	Oocystis									+			
	Pediastrum	+	++	++	++	++	+		+	+		+	++
	Scenedesmus		+			++	++	++	+	+++	++	+++	+++
	Staurostrum				+								
藻	Tetraedron	+			++			++	++	++	++	++	++
	Merismopedia								+	+			
藍	Unknown							++					
	Oscillatoria			++	++	++	++	++			+	+	
綠	Chroococcus	+						++					
	Cyclotella	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
砂	Achnanthes	++	++	+++	+++	+++	+++	+	+	+++	+++	++	++
	Attheya					++					++	++	+
	Cocconeis	+									+		
	Cymbella	++	++	+	+		+	+		+			+
	Eunotia	+											
	Gomphonema		+				+			++			
	Gyrosigma		+	+	+					+	+		
	Melosira		+		+	+++	++	+	++	+			
	Navicula	++	+	++	++	++	++	++	+	++	++	+	+
	Pinnularia										+	+	
	Rizosolenia	+				+				+			
	Nitzschia	++	+	++	++	++	++	++	+	++	++		
	Surirella				+								
	Synedra	++	+++	+++	++	++	++	++	++	++	++		+
鞭	(甲藻) Ceratium	+	+		+	+	+			+			
	Peridinium	+	+	+	+	+	++			++	+		
毛	(綠藻) Chlamydomonas					+	+	+	+				
	(金黃藻) Dinobryon				++	+++	+++						
藻	Mallomonas	++	++	++	++	+++	+	++	++	++	++	+	+
	(游藻) Euglena	++	++	++									
	Phacus		+++										
	Trachelomonas	+	+	++	++	++	++	+	+	+			
	其它小型鞭毛藻	+++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	+	++
說	明	藻類數量											
		+-----1-10											
		++-----11-100											
		+++-----101-1000											
++++----->1000													

討 論

明德水庫滿水位 (61 m) 時，蓄水量 1472 萬公噸，表面積 160 公頃，平均深度約 9 m。至低水位 49m 時，蓄水量 294 萬公噸，表面積 74 公頃，平均深度約 4 m⁽¹⁹⁾。其水庫上游淤積相當嚴重，在枯水期間，水庫上游底泥幾全露出。此水庫可視為湖小水淺，水質易受氣候及環境影響之水庫。本次調查之前半年期間 (9 - 2 月)，雨量減少，逐月進入枯水期，水位逐月降低，庫水受蒸發影響明顯。鹼度、硬度、鈣、鎂、濁度、懸浮固體量、溶解固體量、電導度、硫酸鹽等有逐月升高的趨勢。至 3 月份豐水期後，上列各物質含量大為降低。夏季成層期間，湖面表層光合作用旺盛，PH 轉高，溶氧也較高，明顯高於底層，鐵、錳則全年底層高於表層，其和底層濁度高，懸浮固體量多有關。而成層期間，底層溶氧低可能導致部份鐵錳被還原而溶出於底層庫水中，因而使其鐵錳含量較高。不過部份採樣點 (尤其上、中游部份) 底層水在成層期間溶氧並不很低，可能因水庫小而水淺 (上、中游較淺)，採樣時水深不到 8 公尺，部份光線可透至較下層而進行光合作用⁽¹⁹⁾ 及獅潭溪入庫水進入水庫時不一定由表層入庫有關。又明德水庫雖淺小，全年濁度，懸浮固體量表層低於底層，且愈往下游，表底層水濁度均有下降趨勢 (圖二)，呈現水庫之沈澱自淨效果。

庫水之月平均氨氮量，亞硝酸鹽氮，和硝酸鹽氮含量如表二 所示：

表二 明德水庫氨氮、亞硝酸鹽氮、硝酸鹽氮、無機鹽氮 (NH₃-N+NO₂-N+NO₃-N) 逐月變化

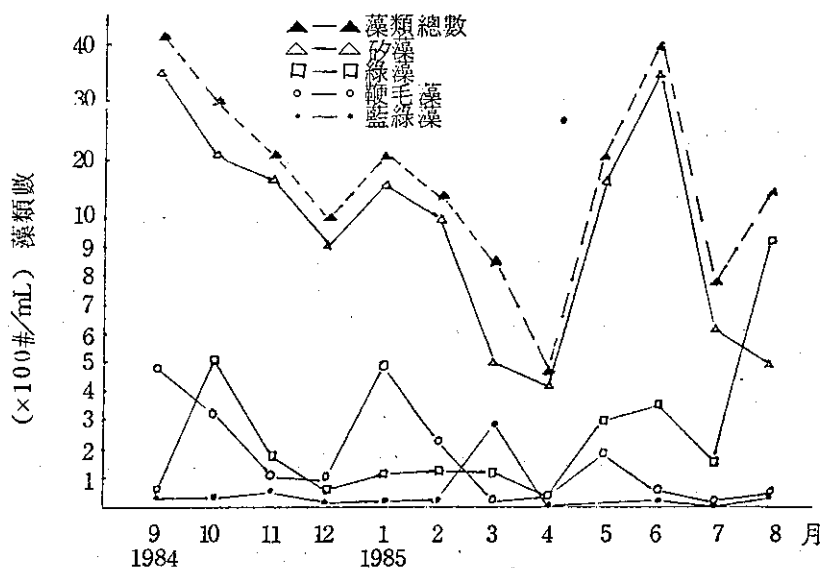
項目 \ 月份	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
NH ₃ -N mg/L	0.156	0.230	0.270	0.420	0.304	0.650	0.254	0.190	0.125	0.225	0.251	0.145
NO ₂ -N mg/L	0.008	0.009	0.013	0.017	0.009	0.024	0.011	0.008	0.021	0.010	0.009	0.003
NO ₃ -N mg/L	0.760	0.545	0.485	0.523	0.556	0.556	1.348	1.266	0.747	0.869	0.693	0.303
Inorg-N mg/L	0.924	0.788	0.768	0.960	0.869	1.230	1.613	1.464	0.893	1.104	0.953	0.451

氨氮，亞硝酸鹽氮含量在調查之前半年時，有逐月升高趨勢 (1 月份稍降)，至 2 月份達至最高峯，三月份後雨水充足，二者含量均明顯下降。3 - 8 月間水庫均達滿水位 61m，而二者不再明顯爬升。至於庫水之硝酸鹽氮，在前半年進入枯水期間濃度在 0.485-0.760mg/L 之間。3 月份以後硝酸鹽濃度急劇升高，尤以 3, 4 兩月上升最多。在同一期間，溶解磷也明顯增加，判斷是水庫上游及周圍農業肥料之冲刷入庫所致，因為 3, 4 月間獅潭溪入庫水及其他庫水水樣硝酸鹽氮和溶解磷含量均明顯增加。5 - 6 月份浮游生物數增加不少，而硝酸鹽氮可能因被浮游生物吸收利用而有顯著下降。

大多數藻類係利用水體中之溶解性無機性氮和無機磷。無機性氮 (NH₃-N+NO₂-N+NO₃-N) 濃度和正磷酸鹽濃度的測定可以瞭解其可被藻類利用量之多寡。平均言之，藻類利用水體中之無機性氮和磷之比例約為 15-16:1^(20,21,22)，若換算成重量比則約為 7:1。根據 Lee, G.F. et

al.⁽¹⁰⁾ 估算藻類平均用掉 1g 磷約同時消耗 7.5g 氮。由無機性氮/無機性磷之比例可判定究竟是氮或磷為限制藻類生長的指標。若是 N : P 大於 7.5 表示無機性磷為限制生長之因子，N : P 小於 7.5 表示無機性氮為限制生長之因子。唯其需要限制無機性氮小於 0.05mg/L，而無機性磷小於數 $\mu\text{g/L}$ 以下，若是二者濃度高於上述值，則二者均不具成為限制藻類生長之因子。在調查期間之前半年逐月進入枯水期間，無機性磷含量除 10 月份外，均為偏低，而且 N : P 比值遠大於 7.5。在此期間，磷應成為藻類生長之限制因子。下半年以後，庫水無機性氮，磷含量均大為增加，可能氮或磷均非為藻類生長之限制因子。雖然在這一調查期間，氣候明顯分為前半年枯水期及後半年豐水期，基本上明德水庫仍符合在大多數淡水湖中，磷成為藻類生長之限制因子的說法⁽²³⁾。

明德水庫之浮游生物具有明顯之季節性變化。由圖十二可見庫水之主要浮游生物為矽藻，矽藻總量之季節性變化，幾乎相當於庫水浮游生物之季節性變化。全年浮游生物數量以第一年 9 月與次年 6 月呈現兩度季節性的高峯期。9 月份之浮游生物主要為矽藻 *Cyclotella*，各採樣點平均含量為 3400 cells/mL。鞭毛藻 *Euglena* 次之；6 月份之浮游生物則以矽藻 *Cyclotella* 與 *Achnanthes* 兩屬含量最高。



圖十二 明德水庫綠藻、藍綠藻、矽藻及鞭毛藻類之季節性變化

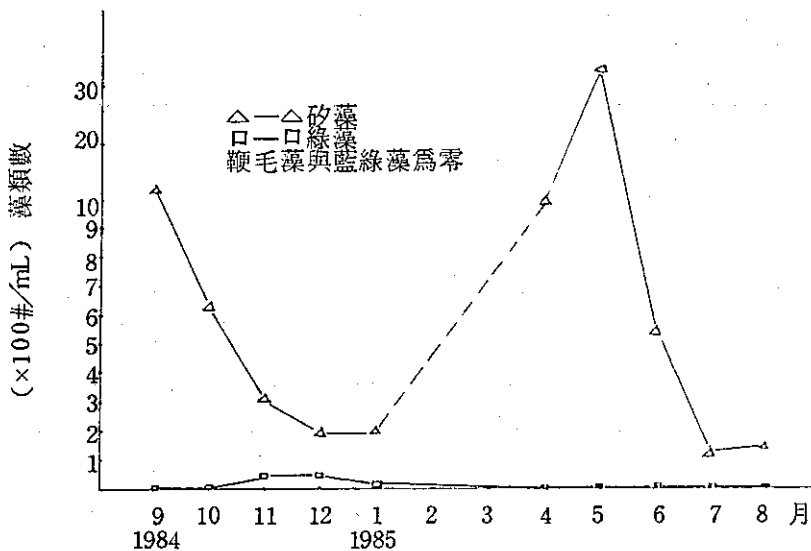
整體看，1984 年 9 月之庫水浮游生物量因 *Cyclotella* 與 *Euglena* 之大量生長而呈一高峯狀態，10, 11, 12 月各種浮游生物量下降，似和氣溫降低有關。次年 1 月，矽藻之數量因 *Achnanthes* 之增加而稍微提高，此時之鞭毛藻類亦因 *Dinobryon* 與 *Mallomonas* 之增加而出現鞭毛藻之高峯期，其中 *Dinobryon* 全年僅以 12, 1, 2 月氣溫在 16-24 °C 時有明顯生長現象，尤以 2 月份最多，且表層較底層多。至 3, 4 月份由於氣溫，水溫尚低，採樣前數天為陰雨天，浮游生物數量普遍下降。5 月份採樣時，日麗風和，庫水透明度高，呈清綠色，氣溫與水溫皆明顯回升，藻類利用 3, 4 月間雨水沖刷入庫的無機氮、磷、矽酸鹽和其他必要成份充分繁殖，因此在數量上有明顯的回升，尤其在矽藻數量方面。至 6 月份藻類數量進而爬升至

高峯期，其中以矽藻之 *Cyclotella* 和 *Achnanthes* 為最多。七月份採取之水樣可能受雨水稀釋之影響導致藻類數量明顯下降。至八月份其數量又有爬升之趨勢。此時因 *Scenedesmus* 之大量生長而出現綠藻之高峯期。此時之矽藻仍以 *Cyclotella* 和 *Achnanthes* 佔大部份，但數量上卻減少了許多。

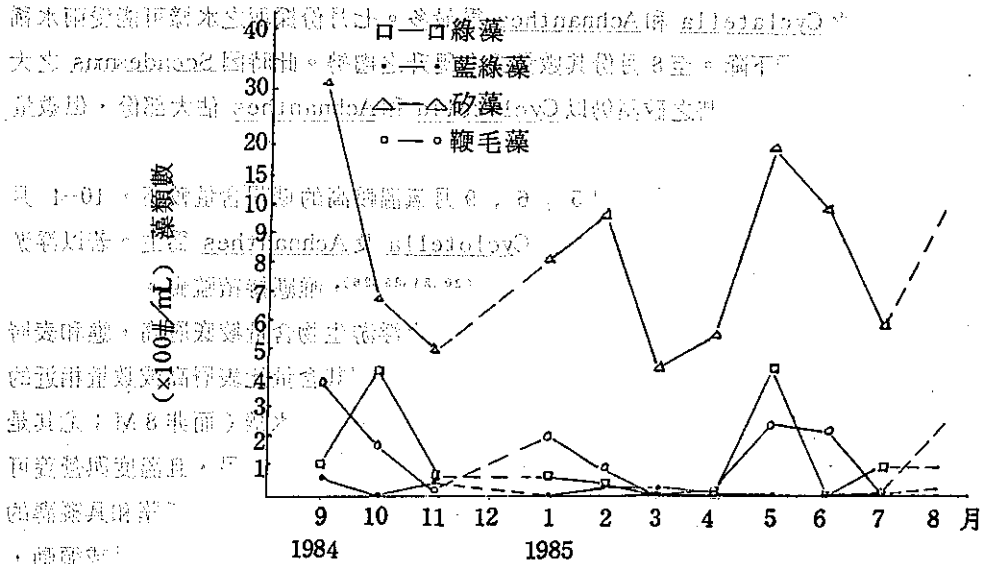
綜合全年變化分析之，明德水庫藻類以 5, 6, 9 月氣溫較高的期間含量較高，10-4 月間溫度較低之期間其含量較低。其以個體微小之 *Cyclotella* 及 *Achnanthes* 為主。若以浮游生物作為水質指標，明德水庫水質尚未受到嚴重污染^(20, 24, 25, 26)，唯應持續監視。

此外，明德水庫所選定之四個採樣點，一般皆以表層之浮游生物含量較底層高，應和表層之光度適合藻類行光合作用以利生長繁殖有關。但也有部份底層其含量比表層高或數量相近的情況。此可能因明德水庫庫小水淺，有時採樣時底層是採 4 M 左右的水樣（而非 8 M；尤其是水位較低的時候。在濁度不高的情況下，位於 4 M 下水域中之光度依然充足，且溫度與營養可能更適合浮游生物生長，所以有時會有此種現象。但亦可能因浮游生物中的鞭毛藻和具縱溝的矽藻如 *Achnanthes*, *Navicula* 等及藍綠藻中的 *Oscillatoria* 皆能在水中自由運動或顫動，因此使浮游生物之成層現象不顯著。

獅潭溪入庫水之浮游生物種類，主要為矽藻和極少數的綠藻，全年不見藍綠藻和鞭毛藻之生長（圖十三）。明德淨水廠原水之浮游生物季節性變化類近於明德水庫中者（圖十四），數量上仍以 *Cyclotella* 為最多。



圖十三 獅潭溪之綠藻、藍綠藻、矽藻及鞭毛藻之季節性變化



圖十四 原水之綠藻、藍綠藻、矽藻及鞭毛藻之季節性變化

表三顯示明德淨水廠原水之部份水質項目數據。若以行政院衛生署發布之水體分類及水質

表三 明德淨水廠部份原水水質 (月平均值)

項目	PH	溶氧量 (mg/L)	生化需氧量 (mg/L, 20°C, 5天)	大腸菌類數 (MPN/100mL)	懸浮固體量 (mg/L)	氨氮 (mg/L)	總磷 (mg/L)	重金屬
月平均	7.93	8.06	1.26	1320	7.5	0.221	0.030	*
範圍	7.54	6.00	0.20	0	0.5	0.091	0.010	*
	8.60	9.40	1.75	7500**	26.5	0.529	0.074	

* 不超過甲類河川、湖、潭、庫之水質標準上限。

** 原水+反沖洗水上澄液。

總值。

標準評定⁽²⁷⁾，明德水庫提供明德淨水廠之原水應屬乙類，也即需經一般通用之淨水方法處理方可適用之水。又水位最低之2月間，懸浮固體及氨氮含量超過乙類水體標準之上限，值得注意。另明德水庫水各採樣點之總磷年平均值為0.030mg/L，總氮年平均值為1.448mg/L，如以日本環境廳所訂關於湖沼氮磷之環境基準做參考⁽²⁸⁾，明德水庫總磷含量剛好在三級公共給水之上限，而總氮量則超過其上限值甚多。從湖泊/水庫優養方面來看，基本上明德水庫尚未有嚴重優養化現象⁽²⁹⁾，如水花、臭味、色度、濁度、懸浮固體量或浮游生物多等問題，其浮游生物以矽藻佔大部份，而以Cyclotella和Achnanthes為主。參考明德水庫總磷，總氮年平均含量，若以OECD (The Organization for Economic Corporation and Development) 分類標準來看⁽³⁰⁾，可初步列明德水庫為中營養化 (Mesotrophic) 程度者。

結論與建議

- (1)明德水庫湖小水淺，已有相當程度淤積。延長水庫壽命重點工作宜從清除底泥，加強水土保持，做好防止淤積方面著手。
- (2)明德水庫水質受氣候影響明顯。枯水期間，鹼度、硬度、鈣、鎂、濁度、懸浮固體量、溶解固體量、電導度、硫酸鹽等含量逐月升高，豐水期後明顯下降。
- (3)明德水庫水質易受周圍環境影響。水庫南岸農作較為發達，於豐水期間，沖刷較多量之無機性氮鹽及無機性磷鹽入庫，造成浮游生物量之增加。
- (4)明德水庫浮游生物多為矽藻，其中以 *Cyclotella* 及 *Achnanthes* 為主，藍綠藻數量很少。
- (5)明德水庫藻類生長限制因子為磷，枯水期間尤其明顯。
- (6)明德水庫透明度和濁度有顯著相關，而濁度和藻類數量、色度等無明顯相關，主要為無機性濁度引起。
- (7)明德水庫周圍及上游一帶，農業活動不宜再擴大，以避免水庫進一步受到氮、磷等營養源污染。下游明德村一帶，有部份家庭污水入庫，此種情形應予禁止。
- (8)明德水庫原水依衛生署公布之水體分類及水質標準評之，可列為乙類水體。

誌 謝

本計劃承蒙明德淨水場有關同仁，苗栗農田水利會明德水庫工作站，水質研究中心邱魏琴雲、吳美炷、吳美慧小姐，林康、徐敏慶先生惠以協助，始克順利完成，謹此誌謝。

參考文獻

1. Knoppert P.L. et al., An Overview of European Water Treatment Practice, Jour. AWWA, Vol. 72, No.11, 593 (1980).
2. Nagler B.E., Pretreatment Storage and Monitoring Water Quality to Reduce Pollution, Jour. AWWA, Vol. 59, No.8, 680 (1967).
3. Pascal O., A Storage Reservoir at Mery-Sur-Oise, In the Vicinity of Paris, Agua, 3 (1980).
4. 陳從和，自淨作用，台水月刊，第2卷，1期，22(民國74年)。
5. 陳是瑩，曾怡楨，澄清湖水質與藻類季節性變遷的研究，第一屆給水技術研討會論文集，84(民國73年)。
6. 明德水庫簡介，台灣省新苗農田水利會。
7. 謝森才，洪東嶽，明德水庫輔助水源之水文研究，民國73年。

8. APHA, AWWA, WPCF, Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, 14th Ed., American Public Health Association, Washington D. C., 1976.
9. APHA, AWWA, WPCF, Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, 15th Ed., American Public Health Association, Washington D. C., 1981.
10. Archibald E. M. and Lee G. F., Application of the OECD Eutrophication Modeling Approach to Lake Ray Hubbard, Texas, Jour. AWWA, Vol. 73, No.11, 590 (1981).
11. Clark J. W., Viessman W, and Hammer M. J., Water Supply and Pollution Control, 3rd Ed., Harper & Row Publishers, New York, 1977, P280.
12. 台灣省自來水水質標準, 台灣省政府公報74年夏字第10期第3頁。
13. APHA, AWWA, WPCF, Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, 16th Ed., American Public Health Association, Washington D. C., 1985.
14. Bold H. C., Alexopoulos C. J. and Delevoryas, T., Morphology of plants and Fungi, 4th Ed., Harper & Row Publishers; New York, 1980.
15. Round F. E., The Biology of the Algae, 2nd Ed., Edward Arnold Limited, London, 1973.
16. Trainor F. R. Introductory Phycology, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1978.
17. 水野壽彦, 日本淡水プランワハン圖鑑, 保育社, 1976。
18. 苗栗農田水利會提供之資料。
19. Campbell R., Microbial Ecology, Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, 1977, P96.
20. Sawyer C. N., Basic Concepts of Eutrophication, Jour WPCF, Vol. 38, No.5, 737 (1966).
21. Weiss C. M., Relation of Phosphates to Eutrophication, Jour. AWWA, Vol.61, No.8, 387 (1969).
22. Stumm W. and Morgan J. J., Aquatic Chemistry, 2nd Ed., Wiley-Interscience, New York, 1981.
23. Lee G. F., Rast W. and Jones R. A., Eutrophication of Water Bodies: Insights for an Age-Old Problem, Jour. Environ. Sci.& Tech., Vol. 12, No.8, 900(1978).
24. 津田松苗, 水質汚濁の生態學, 第2刷, 公害對策技術同友會, 東京, 昭和49年。

- 25.台灣河川污染指標生物，台灣省水污染防治所，民國72年。
26. Palmer C. M., "Algae in Water Supplies", US Publication Health Service Publication No.657, Dept. of Health, Education, and Welfare, Washington D. C., 1959.
- 27.水體分類及水質標準，台灣省政府公報74年冬字第22期第2頁。
- 28.橫尾和伸，水道協會雜誌，第52卷，第4號，55（昭和58年）。
29. Bernhardt H., General Impacts of Eutrophication on Potable Water Preparation. Restoration of Lakes and Inland Waters. Rept. EPA-440/5-81-010. USEPA, Washington D. C. (Dec. 1980).
30. Vollenweider R. A. and Kerekes J., The Loading Concept as Basis for Controlling Eutrophication Philosophy and Preliminary Results of the OECD Programme on Eutrophication, Prog. Wat. Tech., 12,5 (1980).