

## 翡翠水庫之初期優養調查研究

\* 史午康    \*\* 薛志宏    \*\* 楊炳坤    \*\*\* 黃蒨茵

### 一、研究緣起：

翡翠水庫興建之目的係為調節新店溪乾旱之需，提供大台北地區穩定之自來水源，預計可滿足計畫目標年民國 119 年各用水標之需水要求。目前佔本處取水量 93 % 以上之青潭取水口（供應長興及公館淨水場）及直潭取水口（供應直潭淨水場）皆位於水庫下游，取用南勢溪及水庫放流水（屬北勢溪，與前者匯流為新店溪）。其供水區域包括台北市及台北縣之三重、新店、永和、中和及淡水，將來更包括三芝等地區（圖 1）。因此該水源水質之良窳關係廣大民衆飲水安全甚巨。

水庫由於淹沒區植物分解、底泥中養分釋出，往往初期即發生藻類等水生物暴殖情形（優養現象）。若是集水區污染源未能妥善控制，優養現象更是難免。水庫優養不僅影響水庫本身之水質和景觀，更降低淨水處理之消毒、混凝、沈澱、過濾各處理單元之效果，除影響淨水操作和出水成本外，嚴重之濾床阻塞更影響出水容量。藻類使水中有機物質增加，除促使自來水餘氯量加速消耗和水中微生物再生外，更可能導致致癌性氯化有機物之增加，使自來水水質惡化。因此以水庫為水源之自來水，其處理方式和程度，決定於水庫之優養狀況。

水庫優養之控制，完全取決於營養源之控制，即集水區之治理。就經濟效益觀點言，為防止水庫優養，確保自來水水質，亦以集水區治理為首務。翡翠水庫集水區污染源之控制，在台北水源特定區管理委員會之努力下已具有相當成效。本（76）年 2 月，養豬戶已完成拆遷 97 %，下水道系統亦在積極規劃設計中，這些措施對水質改善之效果究竟如何，是衆所關切的。

水庫放水口之位置影響放流水之水質，尤其在優養之情況下。上層水含藻類較多，對淨水作業可能造成上述之不良影響。下層水在嚴重缺氧下，含大量還原性物質，易造成淨水之需氯量波動、水色和臭味等問題。因此水庫各深度（層面）水質之監測為選擇水庫放水口位置之重要參考。

翡翠水庫自 72 年 12 月起初期蓄水，76 年 3 月起正式蓄水，為一新生水庫，更是大台北地區最重要的水源，其蓄水各階段之水質狀況，及各支流之水質監測數據，不僅具學術價值，更可供評估水庫優養情況，瞭解集水區治理效果並作為水庫操作，自來水規劃操作和集水區治理之參考。

在整個大環境污染日趨嚴重下，人們對水源污染、水庫優養及自來水水質尤為關切。翡翠水庫對目前自來水處理和水質之影響究竟如何？本處將作何因應，皆是應向社會大眾作交待的課題。

---

\* 台北自來水事業處生產科正工程師

\*\* 台北自來水事業處生產科工程師

\*\*\* 台北自來水事業處生產科約聘工程師



基於上述各項事實之需要，本處乃自去(75)年3月起，開始作翡翠水庫及各支流之水質監測，希望藉各項數據之彙整分析，得到一整體之水質研判，以助各界瞭解翡翠水庫優養現況及趨勢，並提供有關單位作為相關規劃、管理、操作等之參考。由於優養之調查及控制為一長期性之工作，本處更希望藉此初期性報告，拋磚引玉，集思廣義，俾今後需繼續之調查研究愈趨完善，更具價值。

## 二、研究方法：

### 2.1. 選定採樣點

選擇大壩攔水浮柵中心點，及鸞鷲潭為水庫下游及上游之分層採樣點。另在水庫內選擇浮台、N<sub>2</sub>碼頭及火燒樟溪、後坑子溪匯入口附近，連同前述分層點，共6點作為表水採樣點(圖2)。另於75年7月、10月，76年元月相繼增加青潭堰、直潭壩及第2號橋下之表水採樣點。各支流採樣點皆設在EL. 171公尺處，包括火燒樟溪、後坑子溪、金瓜寮溪、鱸魚堀溪和北勢溪上游(坪林附近)，另在大壩下游燕子湖取一點。

### 2.2. 採樣裝備

深水採樣器及包括纜繩、絞盤、馬達、固定架等附屬設備之採樣裝備。藻類另以55 $\mu$ 網目之採集網。

### 2.3. 船隻安排

皆由翡翠水庫管理局(前建設委員會)派員派船配合。

### 2.4. 採 樣

每月定期於連續兩天內完成6表水及2分層點之採樣。分層採樣點之深度依表1所示。支流採樣由翡翠水庫管理局派員於連續兩天內完成各點採樣，並於採樣當日午後送達本處化驗室。

表1. 水庫分層採樣點之採樣深度與檢驗項目對照表<sup>1</sup>

檢驗項目	水 溫	溶 氧、導 電 度	其 他 項 目
深 度	1米以內	1米	上層(表面下0.5米)
	..... 0.1, 0.5, 1.0米	.....	
	1~10米	每隔2米	中層(1/2深度)
	.....每隔1米.....	.....	
	10~20米	每隔5米	
	.....每隔2米.....	.....	下層(湖底上1米)
20米以上	每隔10米		
.....每隔5米.....	.....		
	湖底上1米	湖底上1米	

### 2.5. 檢 驗

除當場測溶氧、水溫及透明度外，其餘項目皆攜回化驗室，儘量立即化驗。項目包括濁度、色、臭、總鹼度、pH、氯鹽、硫酸鹽、游離氨氮、亞硝酸氮、硝酸氮、生化需氧

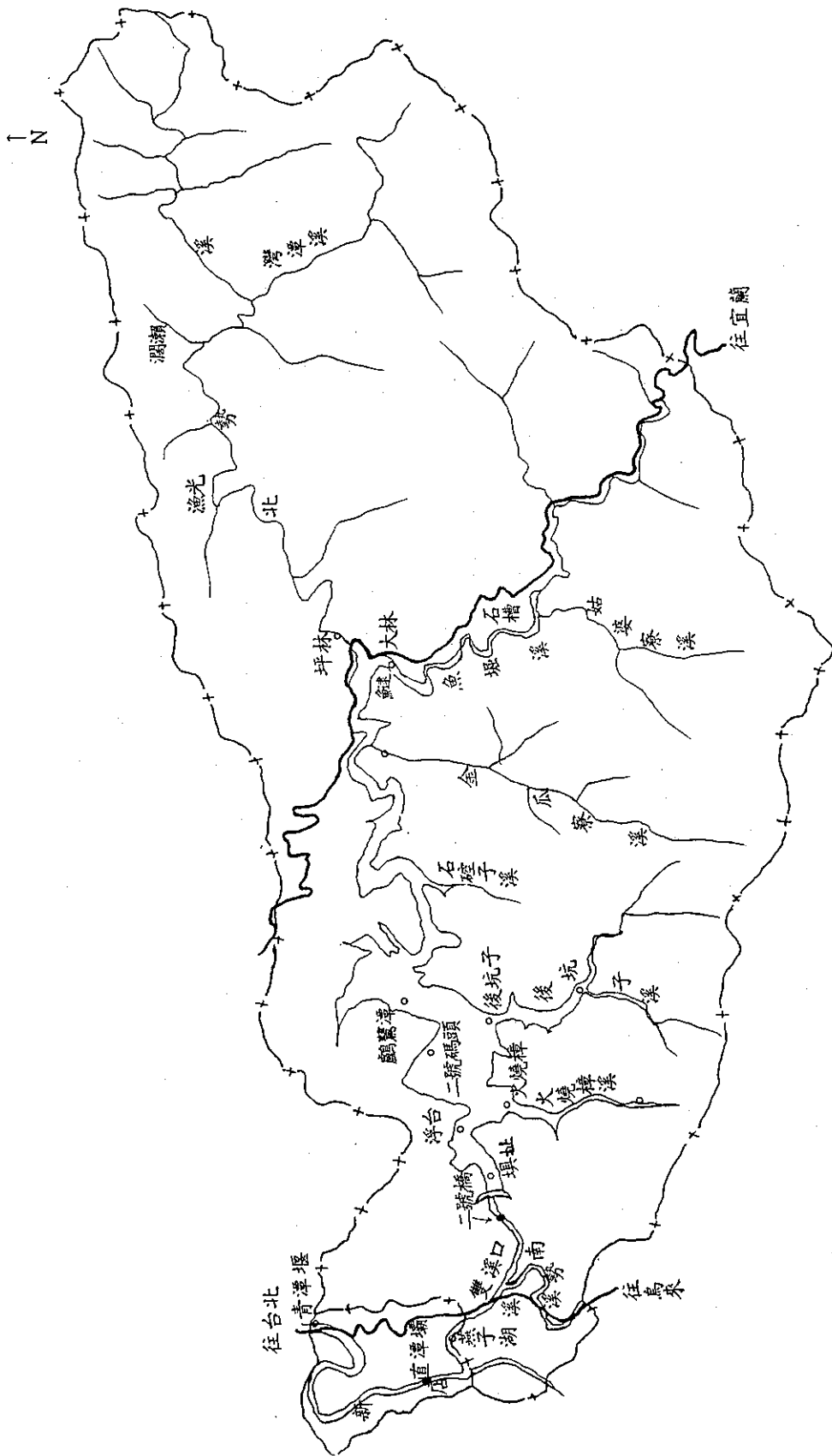


圖 2 翡翠水庫集水區採樣點位置圖

量、化學需氧量、溶解總固體量、導電度、硬度、鈣、鎂、鐵、錳、細菌殖數、大腸菌類數、糞便性大腸菌、葉綠素 a、總磷、反應磷 (ascorbic acid 法) 及藻類等項。

藻類係以採集網 (55  $\mu$ ) 及過濾膜 (1.2  $\mu$ ) 兩種方式作定性及定量分析。定性方面：以採集網取定量表水以固定液固定之，經脫水、染色 (fast green) 後，作成永久片，於顯微鏡下觀察。經鑑定、記錄及照相後，計數其相對量，約每千個個體中出現之頻度。定量方面：取定量水樣，經固定染色後，過濾至濾膜上，待其乾後以 immersion oil (cedar oil) 使其透明後，於顯微鏡下計數之。

葉綠素 a 之檢驗<sup>2</sup>：將原水以 0.45  $\mu$  濾膜過濾後，將濾膜置試管中，注入 10 ml 90% 丙酮，並以鋁箔紙包住試管，以超音波振盪 30 秒，置於冰箱暗處 20~24 小時，取出以 3000~5000 rpm 離心 5~10 分鐘，測吸光於波長 665nm, 645nm 及 630nm，並以  $Ca = 11.6 A_{665} - 1.31 A_{645} - 0.14 A_{630}$ ，經由  $chl\ a\ (mg/m^3) = \frac{Ca \times (\text{溶劑體積 ml})}{(\text{水樣體積, l})(\text{光路徑, cm})}$

計算得之。76年7月後將檢驗方法依 Jones & Lee<sup>3</sup> 之修正法作修正。

其餘項目皆依第十六版之標準水質檢驗法<sup>4</sup>。

## 2.6. 資料分析

資料分析包括下列各項：

- (1) 水體層化分析：水溫、溶氧、導電度、pH。
- (2) 一般水質分析 (垂直變化)。
- (3) 與水庫優養潛勢 (營養) 有關之水質分析：養分限制因子之確定、磷、氮。
- (4) 反應優養現象之水質特性分析：
  - ① 藻類：
    - a. 表水藻類數之季節性變化。
    - b. 藻類數垂直分佈之季節性變化。
    - c. 優劣種之季節性變化。
    - d. 歧異度指數之季節性變化。
  - ② 透明度
  - ③ 葉綠素 a
  - ④ 下層耗氧率
- (5) 翡翠水庫水質及放水口位置對淨水場操作及水質之影響。
- (6) 翡翠水庫之優養等級。
- (7) 水庫之水質預測。
  - ① OECD 優養模式
  - ② 翡翠水庫磷負荷量之估算
  - ③ OECD 優養模式對翡翠水庫之適用性

## 三、翡翠水庫地理及水利概述：

翡翠水庫位於新店溪上游，北勢溪的翡翠谷，集水區面積 303 km<sup>2</sup>，在水庫最高水位 EL. 170 m 時，總蓄水量四億零六百萬立方公尺，最大水深 113.5 m，平均水深約 33 m，大埧附近平均水深約 80 m 左右，亦有超過 100 m 者，上游鸞慈潭一帶約 40~50 m 左右。平均滯留期 95 天。集水區土地利用情形以林地覆蓋面積 25503.9 公頃為最多佔 84.04%，農地 2492.76

公頃（佔 8.21%），其他非農林地面積 2349.13 公頃（佔 7.74 %）。

#### 四、結果與討論：

##### 4.1. 水體層化分析：

###### 4.1.1. 水 溫

由圖 3A 所示，翡翠水庫蓄水穩定後，5 月起氣候趨緩和，即呈現水溫分層現象，並持續至 9 月。上層約 2~5 米，中層（變溫層）2-10 米~2-30 米。隨著氣候轉熱，上層變窄（5 米→2 米），變溫層範圍逐漸增大，與下層之界綫也愈趨不明顯。10 月氣候轉涼後，上下水溫差異逐漸變小，11 月起水溫已趨均勻，是為翻混期，並持續至 1 月，但底層約 10 米左右之水溫始終較均勻水溫為低，顯示翻混期雖存在，但未及於底層。由於 76 年蓄水已相當穩定，由 2 月到 5 月水溫層化逐漸形成之趨勢相當明顯。6 月起表水溫度升高約 10℃，又重複出現夏季停滯期。上層約 2 米，變溫層 2-30 米~2-50 米。圖 4 A 顯示上游之水溫層化與下游大致相同，秋（冬）季翻混期亦存在，但 75 年夏季之層化現象並不十分明顯。自 76 年 5 月起，因蓄水較深，才出現較明顯分層，但其變溫層與下層界綫不明顯。

###### 4.1.2. 溶 氧

5 月到 9 月間呈現大致相同之層化現象（圖 3 B）。上層風吹水面之翻攪作用及藻類光合作用，溶氧接近或超過飽和。在變溫層，溶氧驟降，下層溶氧又逐漸回升，在放水口高度附近達飽和氧百分率 70-80 %。自此深度以下又逐漸下降至底層之最低溶氧。11 月起出現翻混期，水面溶氧已經混合並向下擴散稀釋而呈均勻分佈，但均未及於底層，底層始終缺氧。2 月起此一溶氧均勻分佈情形逐漸瓦解，表層溶氧升高，變溫層溶氧驟降，且變溫層之範圍逐漸擴大，層化現象愈趨明顯。

溶氧在放水口高度附近升高，可能係放水引進其他高溶氧水流所致。

圖 4 B 顯示上游溶氧分佈之季節性變化大致相同，但下層在 76 年 6 月前溶氧量不似下游之低，之後水深增加，層化更明顯，下層溶氧乃降低。

###### 4.1.3. 導電度

由圖 3 C 及圖 4 C 可見導電度與溶氧大致呈相反趨勢對應。底層之導電度無論在夏季停滯期或秋冬翻混期均極高，應係底部有機物分解產物堆積及缺氧情況下無機物溶出所致。

###### 4.1.4. pH 值

其層化趨勢與水溫之層化趨勢相似，上層因藻類行光合作用 pH 增高，（圖 3 D 及 4 D），有時可達 8 以上，變溫層以下介於 6~7 之間。

##### 4.2. 一般水質分析（垂直變化）：

由表 2 可見色度、初嗅數、BOD 等皆為下層最高，顯示藻類等有機物質沈積於底部分解所致。氨氮、溶解總固體量、鐵、錳等皆屬下層最高，乃底層有機物分解堆積及缺氧狀況下無機物溶出所致。葉綠素 a 上層多，下層少，與藻類之分佈一致。SS 和濁度皆由上層往下層遞增，乃因水中雜質向下沈降。另，中層水與放水口之深度接近，易受新引進水濁度之影響。此外下層水受深水採樣器測水深時揚起底泥所影響。值得注意的是鐵、錳、氮、色、臭等底層釋出物質，除濃度並不高外，亦無往上擴散之趨勢，與

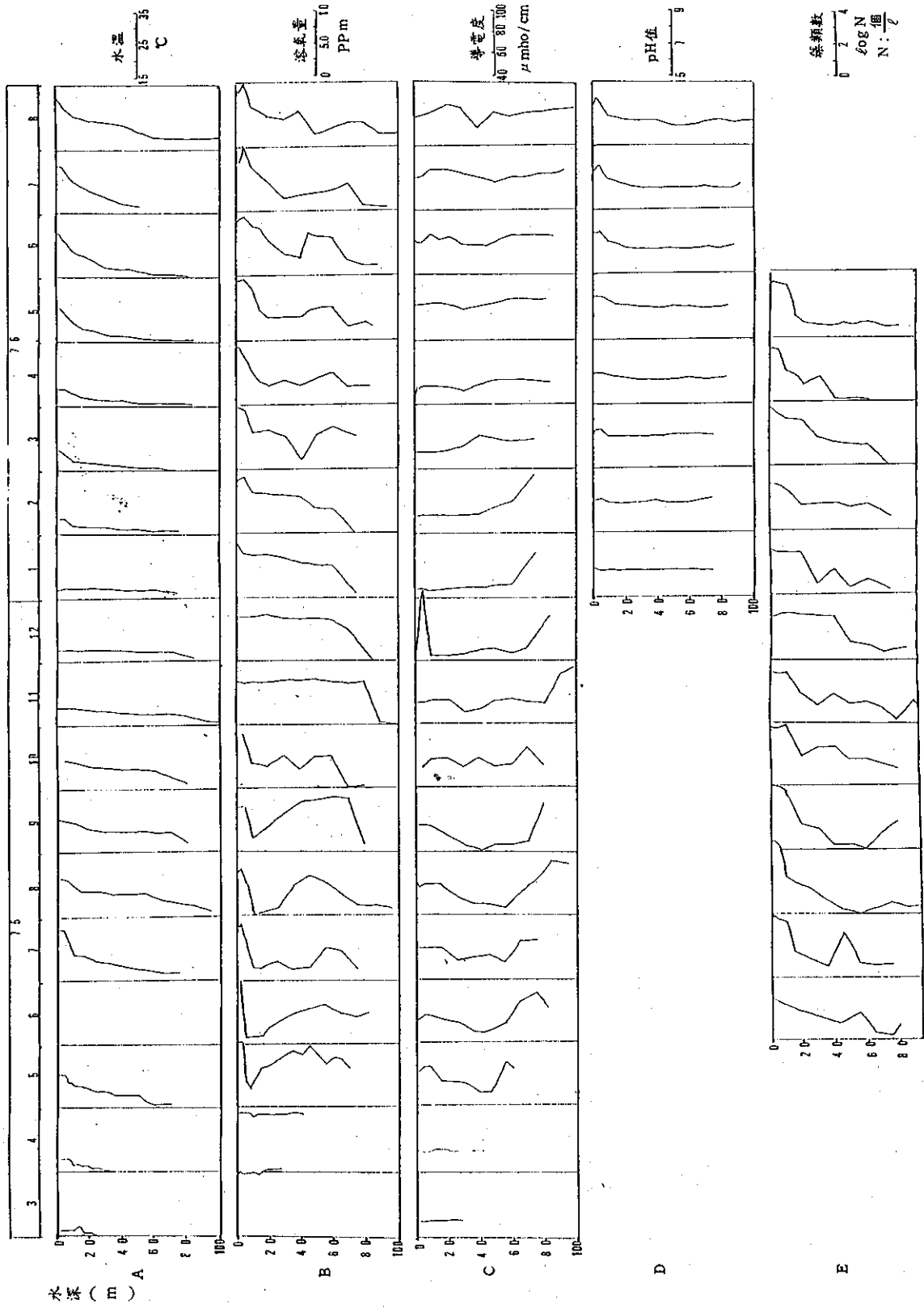


圖 3 翡翠水庫下游採樣點層化分析圖

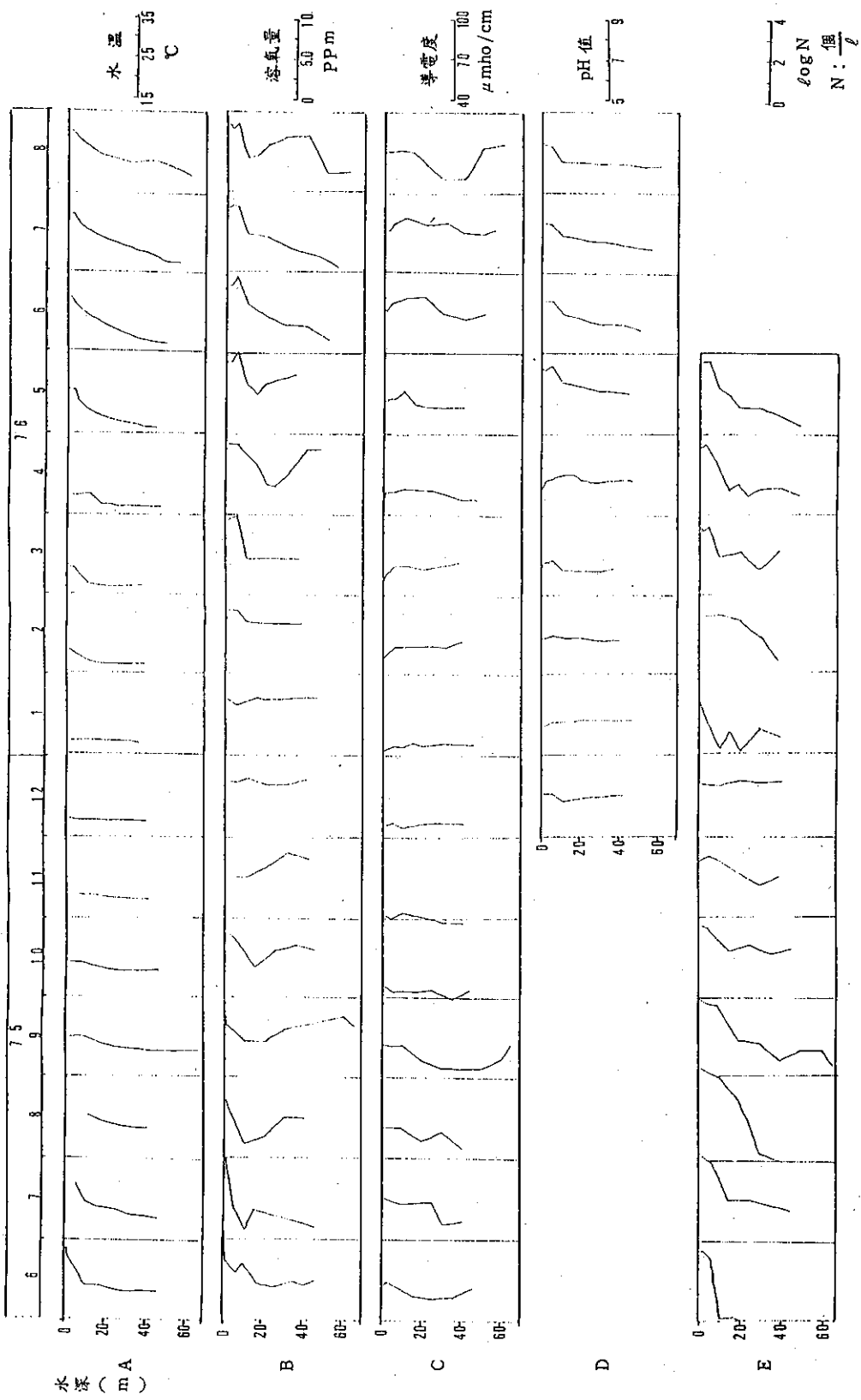


圖 4 翡翠水庫上游採樣點層化分析圖

表 2 翡翠水庫各支流及水庫上、中、下層平均水質

檢 驗 項 目 及 單 位	大 燒 榨 深		後 坑 子 溪		金 瓜 寮 溪		鯉 魚 堀 溪		北 勢 溪 上 游		上 層		中 層		下 層									
	平均 值	最大 值	平均 值	最大 值	平均 值	最大 值	平均 值	最大 值	平均 值	最大 值	平均 值	最大 值	平均 值	最大 值	平均 值	最大 值								
水 溫	24.7	31	24.7	31	22.5	21.2	27	15.5	22.6	29.5	18	22.5	29.2	17.7	2.1	4.3	0.6	5.2	56	0.6	7.2	32	1.2	
濁 度	1.2	3.0	0.2	3.0	0.2	1.8	7.5	0.3	2.1	9.0	0.3	2.4	11.5	0.2	2.1	4.3	0.6	6.2	56	0.6	7.2	32	1.2	
色 度	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	10	5	6	12	5	7	12	5	
臭 味	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3	2	1	1.6	3	1	2.4	6	1.4	
總 酸 度	21	36	16	32	16	29	36	18	24	36	14	17	24	10	19	24	16	16	22	6	22	34	14	
pH 值	7.2	8.0	6.6	8.1	6.6	7.4	7.6	6.8	7.3	8.1	6.2	7.2	7.8	6.7	7.2	7.6	6.8	6.8	7.0	6.4	6.8	7.0	6.4	
氯 離 子	6	8	4	6	7	5	6	7	4	7	9	5	7	9	6	7	10	5	6	8	4	7	9	3
硫酸 根	11	16	6	10	16	6	10	14	6	11	14	5	9	13	5	11	15	7	11	37	5	11	14	7
游 離 氯	0.02	0.04	0	0.02	0.05	0	0.02	0.04	0	0.05	0.14	0	0.02	0.08	0	0.02	0.04	0	0.03	0.08	0	0.11	0.28	0
亞 硝 酸 根	0.002	0.005	0	0.002	0.006	0	0.001	0.004	0	0.004	0.014	0	0.003	0.009	0	0.003	0.007	0	0.003	0.02	0	0.006	0.022	0
硝 酸 根	0.26	0.65	0.09	0.25	0.64	0.07	0.35	0.74	0.1	0.61	4.53	0.11	0.32	0.64	0.1	0.26	0.5	0	0.43	0.95	0.23	0.36	0.71	0
有 機 氮	0.07	0.16	0.01	0.12	0.27	0.01	0.12	0.23	0.06	0.1	0.14	0.06	0.1	0.18	0.04	0.4	1.6	0.13	0.2	0.5	0	0.16	0.46	0.06
溶 氧 量	8.3	10.1	5.2	8.1	10.6	5.3	9.3	10.8	8.2	9.5	10.8	7.7	9.6	11.1	8.2	8.2	10.4	6.8	5.9	10.0	1.6	4.3	10.6	0.1
生 化 需 氧 量	1.0	2.4	0.2	1.1	3.1	0.4	0.8	1.9	0.2	0.9	2.2	0.2	0.8	1.8	0.3	1.0	2.1	0.1	1.7	4.0	0.1	1.9	6.5	0.2
化 學 需 氧 量	4.7	19.4	0	4.8	19.8	0	4.9	10.4	0.7	4.1	9.1	0	3.9	10.8	0	6.0	11.1	2.0	3.9	5.8	0	3.8	13.3	0
溶 解 固 體 量	43	58	30	42	58	28	47	65	35	46	60	25	38	50	25	40	50	30	36	48	22	45	60	39
懸 浮 固 體 量	4.0	25.4	0.8	2.4	4.8	1.2	3.5	17.6	0.8	3	6.8	1.0	3.6	23.8	0.8	2.1	3.6	0.7	4.5	50	0.6	17.3	154	0.5
總 硬 度	27	42	16	26	36	16	28	36	18	28	42	14	22	32	16	25	36	20	21	28	12	26	36	20
鈣	6.3	8.8	4.0	6.3	9.6	4.0	6.8	9.6	4	6.9	8.8	4.0	5.3	8.0	4.0	6.1	9.6	4.8	5.1	7.2	3.2	6.4	8.8	4.8
鎂	2.7	4.5	1.0	2.6	4.0	1.0	2.8	4.5	1.5	2.8	5.0	1.0	2.2	3.5	1.5	2.2	4.5	0.6	1.8	3.0	0.5	2.3	3.5	0.6
總 硬 度	0.06	0.29	0	0.12	1.22	0	0.13	0.85	0	0.1	0.64	0	0.12	1.11	0	0.07	0.15	0	0.14	0.47	0	0.41	2.69	0.01
錳	0	0	0	0.04	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0.09	1.13	0	0.51	2.22	0
細 菌 總 數	6500	40000	0	6300	40000	200	5900	40000	60	15000	100000	120	18000	160000	130	11000	160000	2	2900	TNTC	230	3000	40000	200
大 腸 菌 總 數	160	500	0	160	900	0	1200	6200	0	7200	16000	20	4400	16000	20	85	520	0	250	2700	0	210	600	0
糞 便 性 大 腸 菌	24	100	0	39	220	0	250	800	0	5400	21000	0	2700	15000	10	46	290	0	59	TNTC	0	59	0	TNTC
糞 便 性 鏈 球 菌	43	200	0	4	20	0	530	1000	100	2900	15600	100	460	700	280	114	390	0	420	1400	30	70	240	1
總 有 機 碳	2.3	-	-	2.2	-	-	0.75	-	-	0.59	-	-	2.1	-	-	1.7	-	-	0.84	-	-	0.89	-	-
總 反 應 性	5.1	7.8	2.9	6.2	13.2	2.9	6.1	14.6	1.1	21.8	71.1	2.9	7.5	23	2.0	6.0	11.1	2.0	8.4	38.1	2.3	8.0	23.5	0.9
總 硬 度	18.8	30.1	4.1	19.7	29.5	5.2	18	29.5	1.7	39.9	81.4	12.7	19.3	52.6	4.1	24.7	53.1	9.4	24.5	55.5	6.5	25.3	50.2	3.5
葉 綠 素 a	21.5	141.5	0	10.5	56	0	3.7	21	0	7.5	21.5	0	2.4	10.5	0	6.4	15.9	0	1.6	8.0	0	1.1	6.2	0

水 76 年八月份數據 (翡翠水庫管理處委託經濟部水質會檢驗)。

水庫秋冬翻混期始終未及底層之事實一致。

#### 4.3. 與水庫優養潛勢（營養）有關之水質分析：

##### 4.3.1. 養分限制因子之確定

通常水體中各種養分充足，唯氮和磷往往是藻類生長之限制因子<sup>5,6,7</sup>。由藻類之細胞組成分析，可知氮/磷比以 ppm (mg/l) 計約為 7.5。即氮/磷比大於 7.5 時，磷為限制因子。反之則氮為限制因子。由於無機鹽態之氮磷方可為藻類直接利用，因此以上氮/磷係指無機氮/無機磷比。

由圖 5 可見翡翠水庫氮/磷比皆在 20 以上，因此其養分之限制因子為磷。

##### 4.3.2. 磷

由表 3 可見翡翠水庫總磷和無機磷之平均值分別為 19 ppb ( $\mu\text{g}/\ell$ ) 和 5.0 ppb。由圖 6 可見 76 年 2 月出現高峯接近 40 ppb，再由圖 7 可知同期坪林之總磷達 50 ppb 以上（原因不明），另水庫在持續約半年之穩定水位後突然於該月份降低水位約 10 米，是否具有相關性，仍待查。大體看來，76 年總磷較 75 年有降低趨勢。由圖 8 可見最明顯的是鱒魚堀溪的總磷負荷量，在養豬戶於 76 年 2 月底完成拆遷後有顯著下降趨勢。此外，該集水區 76 年迄今之雨量約為 75 年同期之  $\frac{1}{2}$  以下，暴雨沖刷帶來養分之影響乃較 75 年為小，由圖 8 各支流總磷負荷量之變化趨勢可明顯看出。

除各支流磷之污染負荷外，最值得關切的是底泥釋出 (sediment release) 磷的問題。由圖 9 可見除 76 年 4 月到 7 月間底層有總磷較高之趨勢外，其他時期並無該現象。由於濃度並不高，且底層缺氧帶範圍相當狹窄，秋冬季之翻混又始終未能及於底層，因此底泥釋出磷的問題，對翡翠水庫言，可能並不存在。

##### 4.3.3. 氮

翡翠水庫之總氮平均約 0.55 ppm。由圖 10 顯示，無機氮有逐漸下降之趨勢，可能與養豬戶之拆遷及沖刷量之減少有關。由圖 11 顯示，迄今一年半以來，氮之污染濃度仍以鱒魚堀溪為首。

#### 4.4. 反應優養現象之水質特性分析：

對水體中之養分所呈現之反應 (nutrient response) 即優養情況，通常以藻類數量、藻種、葉綠素 a、透明度 (Secchi depth) 及下層之耗氧率 (hypolimnion oxygen depletion rate) 來判斷。

##### 4.4.1. 藻類

###### a. 表水藻類數之季節性變化

由表 3 及圖 12 可見翡翠水庫表水中之藻類數在 75 年 7、8 月間，達最高值  $3.6 \times 10^4/\text{ml}$ ，秋冬翻混期時，表水中藻類達最低值  $3 \times 10^2/\text{ml}$ ，76 年 7 月較 75 年同期幾乎減少 10 倍 ( $3.2 \times 10^4 \rightarrow 1.8 \times 10^3/\text{ml}$ )。圖 12 中各月份數據係由 6 個表水採樣點平均所得，最大最小值間範圍狹窄，顯示翡翠水庫藻類在整個水域之平面分佈相當一致。通常以藻類數達  $0.5 \times 10^3/\text{ml}$  以上稱為藻華現象<sup>5,8</sup> (algal bloom)，則除冬季外，翡翠水庫藻數皆超過該值。事實上，水庫表水外觀並未顯藻華現象。

###### b. 藻類數垂直分佈之季節性變化

單位：毫克/公升  
Unit: mg/l

表3 翡翠水庫各月份表水平均水質

檢項及單位	月份												平均 值	最 大 值	最 小 值	備 註					
	75	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	76									
水溫	17	22.5	25.8	32.5	31	26.1	25.5	25.4	21	19.2	18.2	20.6	22.6	20.8	28.7	29.9	31.2	32.5	17	24.7±0.1	
濁度	3.6	4.2	3.9	2.6	1.1	1.1	1.4	1.1	0.8	0.5	0.6	1.2	1.2	1.1	1.4	1.1	1.4	4.2	0.5	1.7±0.1	
度	5	7						8	5	6	5	5		5	5	5	5	8	5	5.5±5	
度																					
初嗅數								1	2	1.1	1.4	1	1.2	1	1.2	1.2	1.4	2	1	1.3±1	
總酸度	17	18	18	17	17	22	21	20	17	16	17	17	18	18	18	20	19	21	22	16	18±2
pH值	6.9	7.3	7.4	7.5	7.2	7.2	7.0	7.0	6.8	6.9	6.8	6.9	7.1	7.0	7.4	7.5	7.4	7.8	6.8	7.2±0.1	
氯	6	10	8	7	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	6	10	5	6±0.9
硫酸鹽	12	11	10	9	9	8	9	9	6	9	11	10	12	14	14	10	13	12	14	6	10±2.2
總硬度	22	22	23	25	30	24	27	21	25	28	25	22	28	24	24	26	20	19	30	19	24±1.6
溶解固體量	45	44	41	37	40	34	32	31	32	33	36	36	37	41	42	45	42	41	45	31	38±1
鈣	5.6	6.4	5.8	5.6	6.3	6.0	6.8	5.4	5.5	7.1	5.9	5.6	6.8	5.5	6.3	6	5.6	5.5	7.1	5.4	6.0±1.2
鎂	2.0	1.5	2.1	1.4	3.6	1.9	2.6	2.0	2.4	2.5	2.5	2.1	2.7	2.5	2.0	2.8	1.5	1.4	3.6	1.4	2.2±1.0
鐵	0.08	0.05	0.11	0.07	0.03	0.06	0.08	0.08	0.12	0.08	0.07	0.16	0.03	0.01	0	0	0.02	0.11	0.16	0	0.06±0.006
錳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0.01	0	0±0.014
透明度	215	180	150	195	380	250	240	250	410	580	450	295	290	300	260	295	340	260	450	150	297±10
游離氯	0.04	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.04	0.01	0.002±0.01
亞硝酸氮	0.004	0.015	0.005	0	0.001	0.002	0	0.002	0	0	0.001	0.004	0.005	0.004	0.006	0.004	0.004	0.003	0.015	0	0.003±0.001
硝酸氮	0.47	0.42	0.58	0.40	0.37	0.37	0.34	0.30	0.23	0.23	0.26	0.21	0.17	0.19	0.15	0.19	0.13	0.04	0.58	0.04	0.28±0.08
有機	0.17	—	0.19	0.17	0.16	0.21	0.34	0.4	0.31	0.18	0.46	0.24	0.28						0.46	0.16	0.26±0.150%
細菌	35	780	11000	15000	3400	710	820	5200	2200	470	5900	27000	1200	1600	16000	9200	780	830	27000	35	5674±
大腸菌類	190	34	40	16	0	33	0	140	120	1	107	13	136	36	23	18	22	750	0	88±	
真性大腸菌	290	10	20	8	0	15	33	53	23	0	0	—	19	3	2	46	741	8	741	0	137±
真性性球菌	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	35	18	72	52	21	72	7	34±
溶	9.7	9.1	11.2	11.3	10.3	7.3	7.5	8.1	5.8	6.5	6.8	8.3	9.3	9.0	9.0	8.3	8.1	8.6	11.3	5.8	8.6±0.2
化需氧量	1.8	1.7	2.1	2.2	2.2	1.1	1.8	0.6	0.7	0.1	0.7	0.4	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	1.2	2.2	0.1	1.1±
化需氧量	7.7	5.8	3.4	7.6	5.1	3.3	4.4	4.2	3.9	2.6	2.5	2.5	1.5	2.3	3.5	3.7	4.6	7.8	7.8	1.5	4.2±3.5
總浮游體量	0.8	1.6	4.4	5.1	4.7	3.8	2.9	1.6	1.5	1.8	1.0	2.5	1.8	1.8	1.4	1.2	1.6	1.4	5.1	0.8	2.3±0.4
總	16.5	26.5	38.4	21.5	22.5	17.9	15.0	16.7	26.5	26.5	8.3	38.2	14.7	14.2	12.4	15.4	19.8	26.6	38.4	12.4	19.0±5
反應磷	7.3	—	8.9	9.3	7.5	10.9	3.3	5.4	6.1	4.3	1.2	11.8	3	3.8	2.7	5.1	4.7	9.3	11.8	1.2	6.2±2
葉綠素 a	3	15.1	20	4.1	2.5	0	0	7	4.8	3.4	2.6	2.7	2.7	4.7	7.7	8.6	5.3	4.7	20	0	5.0±0.1
藻類	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
總有機碳	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

※ 76年八月份數據(委託經濟部水質會檢驗)

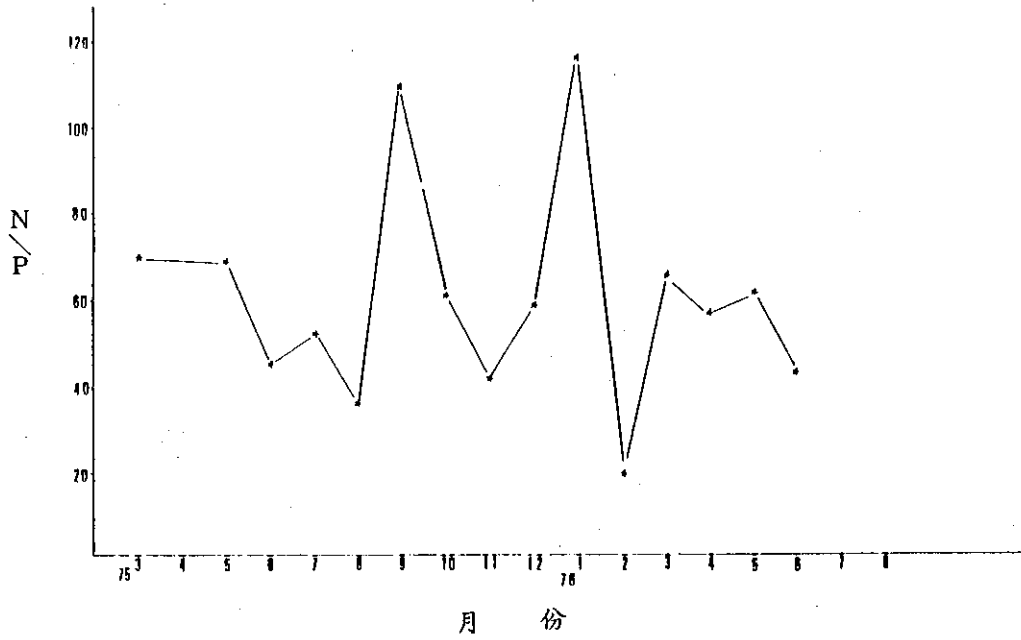


圖 5 翡翠水庫無機氮與無機磷比之季節性變化

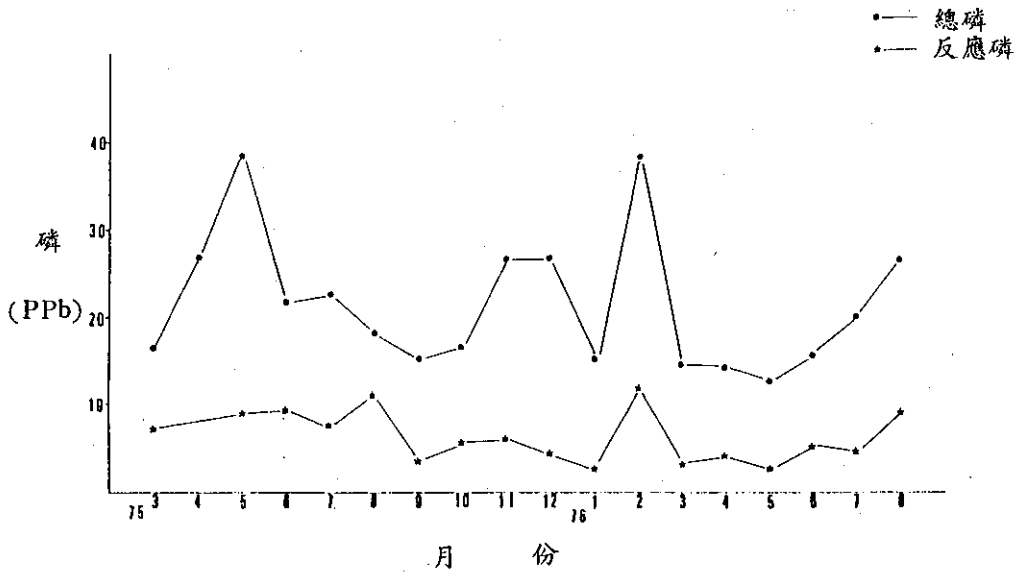


圖 6 翡翠水庫表水總磷及反應磷平均值之季節性變化

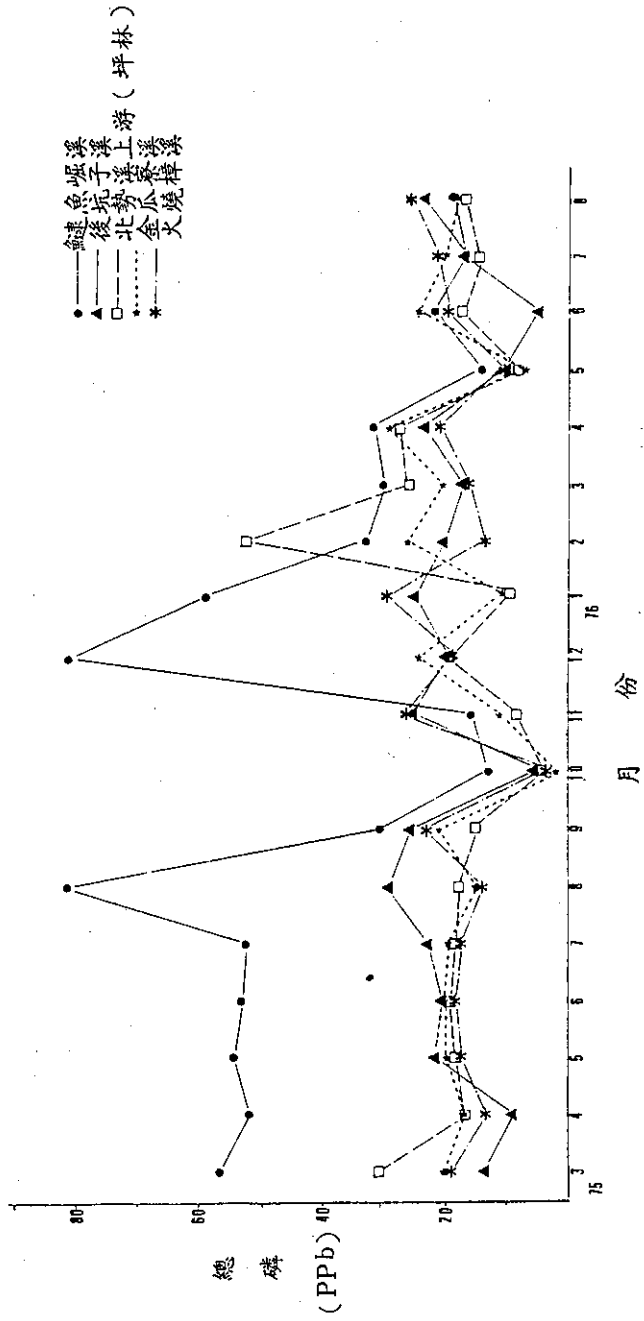


圖 7 北勢溪及翡翠水庫各支流採樣點總磷之季節性變化

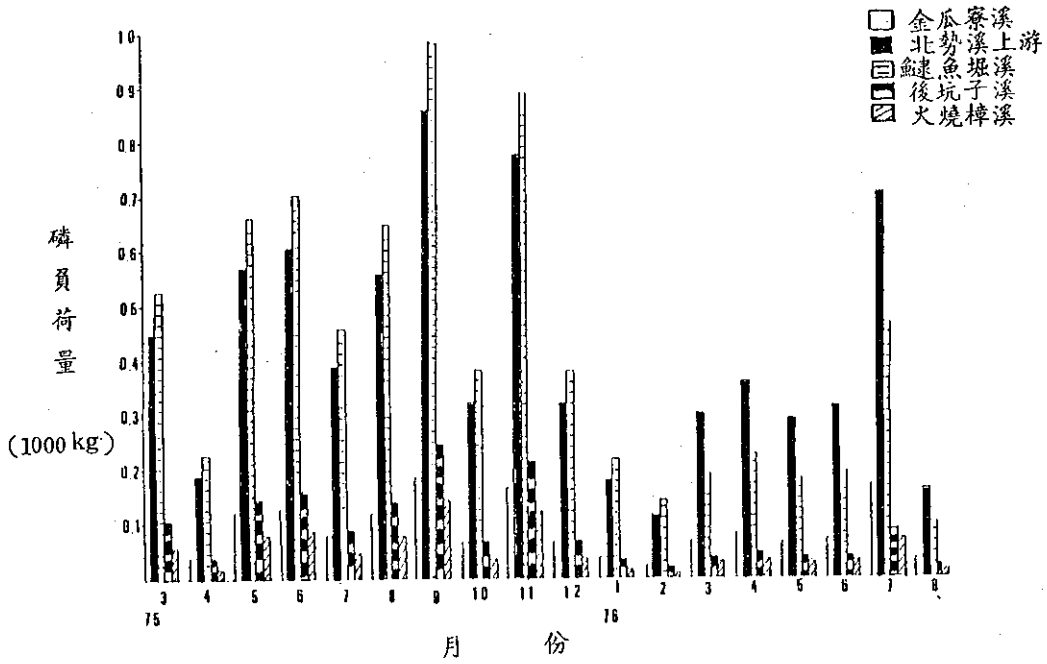


圖 8 翡翠水庫各支流磷負荷量之季節性變化

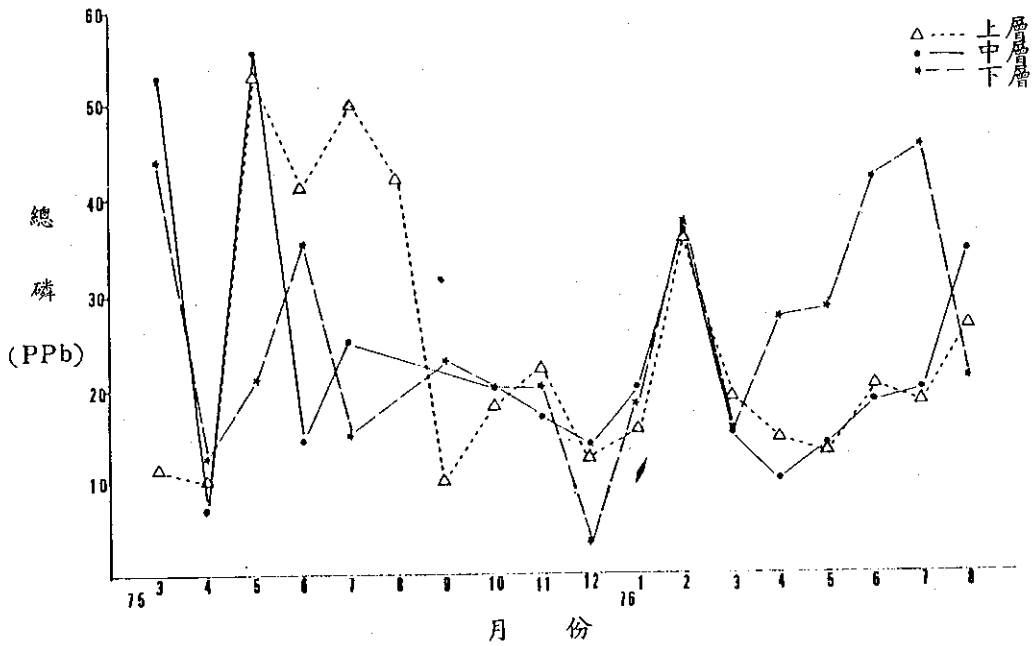


圖 9 水庫上、中、下三層總磷濃度之季節性變化

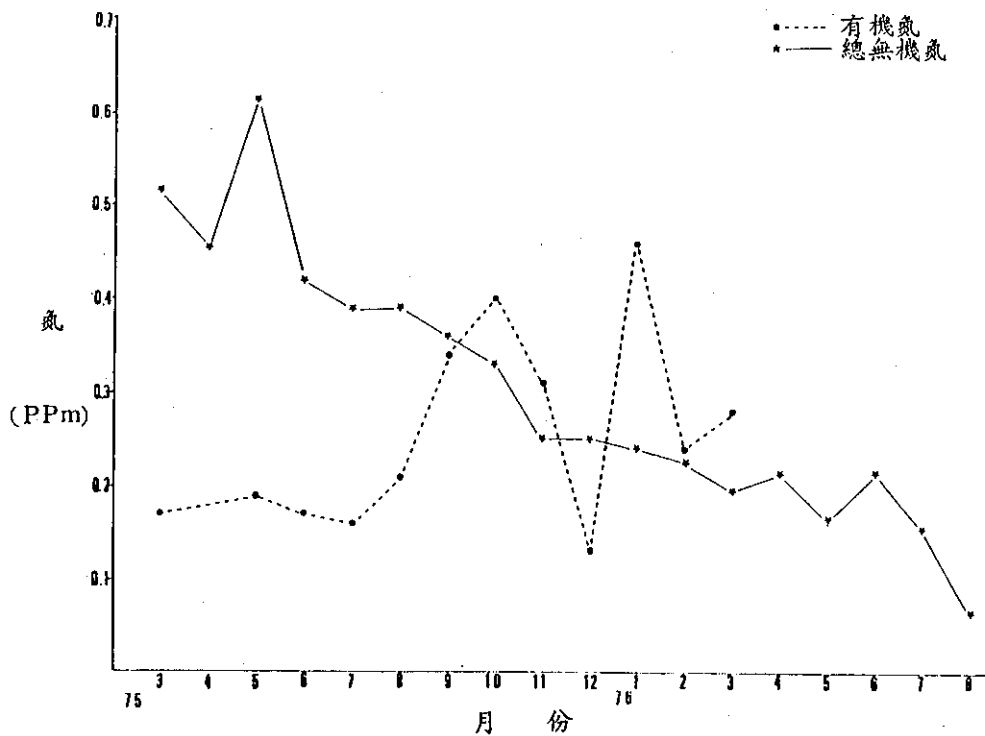


圖 10 翡翠水庫無機氮及有機氮之季節性變化

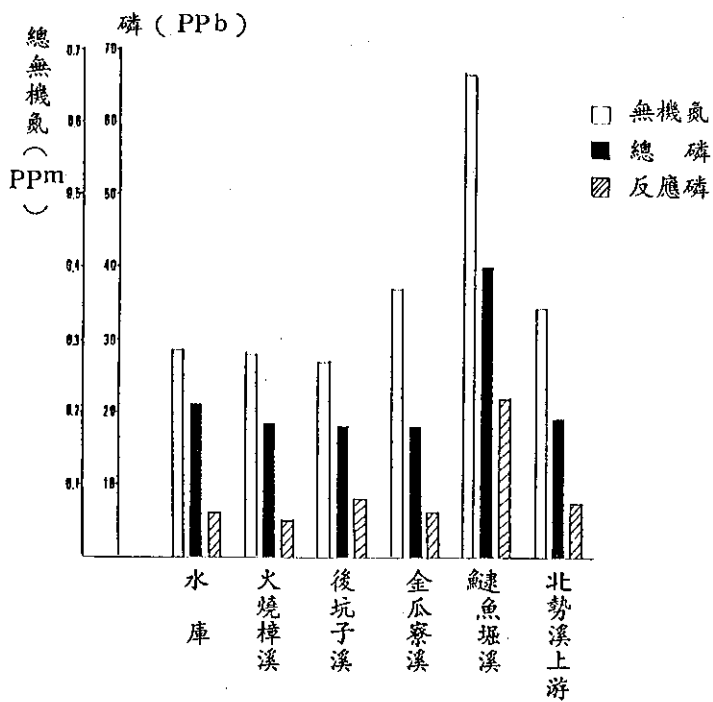


圖 11 翡翠水庫及各支流無機氮總磷及反應磷之平均值 (75.3~76.8)

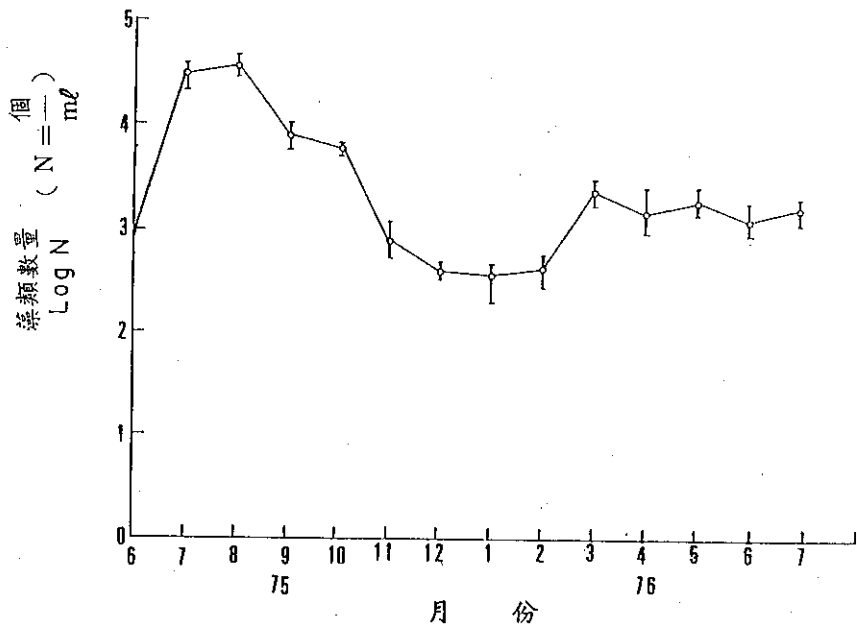


圖 12 翡翠水庫藻類數量之季節性變化

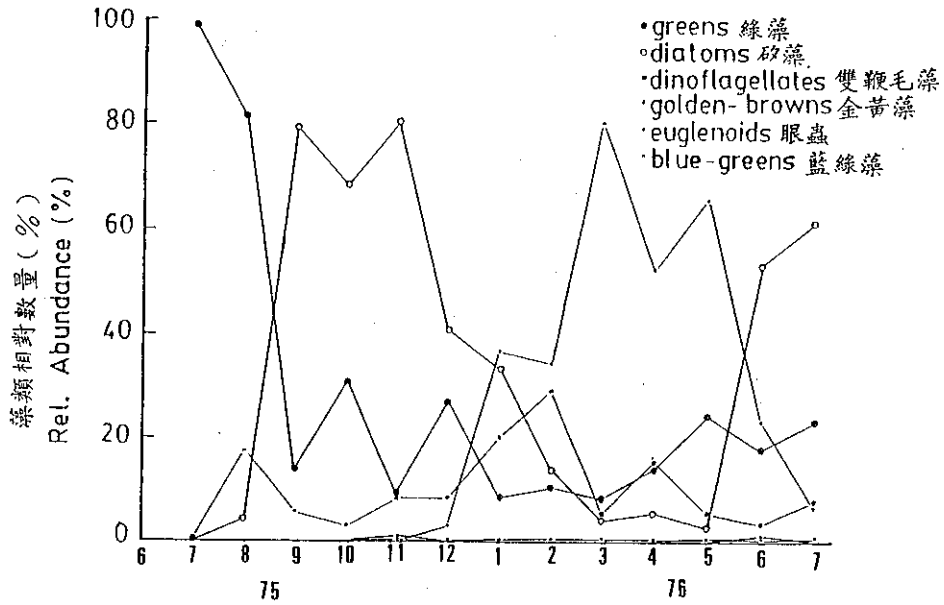


圖 13 微細藻各藻類頻度之季節性變化

由圖 3 E 可見藻類大都集中表層。層化期在變溫層驟降，由表層之  $10^{3-4}$ /ml 降至 20 米左右之  $10^{1-2}$ /ml，下層再逐漸降至 10/ml 以下，但於取水口附近引進水流帶來藻類，使數量明顯增加，有時達  $10^2-10^3$ /ml 間。秋冬翻混期間，氣溫下降，表層藻數已降至  $10^2-10^3$ /ml，但其均勻分佈之範圍逐漸擴大，在 12 月時曾達 40 米。藻類受限於生長條件，無法如溶氧在翻混期間均勻深度達 60 - 80 米。綜而言之，藻類之垂直分佈趨勢與溶氧及水溫之層化趨勢有對應性。

#### c. 優勢種之季節性變化

由圖 13 顯示微細藻之優勢藻種 75 年夏季為綠藻，秋冬為矽藻，76 年春季為金黃藻，另雙鞭毛藻在 76 年 1、2 月間出現高峯，矽藻在 76 年 6、7 月間再現高峯。但以浮游網所得結果略有出入，由圖 14 可見綠藻在 75 年 6 月、10、11 月及 76 年 5、6 月皆佔優勢。矽藻則除於冬季佔優勢外，另於 75 年 7 月及 76 年 6 月出現高峯。相當一致的結果是眼蟲和藍綠藻皆有出現，但數量皆微不足道。迄今之藻種數據顯示，大都屬貧腐性及  $\beta$  中腐性。

#### d. 歧異度指數之季節性變化

由藻類歧異度指數可判斷水質之良窳，對同一水體言，藻類歧異度指數之變化，更可作為水質變化之參考指標。由圖 15 及圖 16 可見微細藻類之歧異度指數平均 1.2 - 2.9 (0.8 - 3.7)，浮游網藻類歧異度指數平均 0.8 - 3.1 (0.2 - 3.4)。大體言，該二法所得結果趨勢一致。75 年夏季歧異度指數最低時為 1，冬季增加至 2 - 3，76 年 3 月會再降至 1，但該月份最大最小值範圍高達 3.5 個單位，相當反常，原因待查。大致上，76 年較 75 年之值為高，夏季仍在 2 - 3 之間，與藻類數所顯示的一致：即翡翠水庫之水質在這一年半間有轉佳趨勢。

#### 4.4.2. 透明度 (Secchi depth)

在無機濁度不高之情況下，透明度是藻類數量的參考指標。由圖 17 可見濁度與透明度有反相關趨勢。在夏季藻數增加時期，透明度降低達 2 米左右。75 年 5 月曾達 1.5 米，顯然係濁度高達 4.3 NTU 影響所致。冬季水質良好曾高達 5.6 米。由 75 年與 76 年同期 (3 ~ 8 月) 比較，75 年平均 2.3 米，76 年平均 2.9 米，顯示 76 年水質有改善趨勢。兩年之 7 月透明度皆呈現高峯，原因不明。

#### 4.4.3. 葉綠素 a

葉綠素 a 通常代表藻類之生物質量 (biomass)。由圖 18 可見除 75 年 7 月 - 9 月間葉綠 a 可能係檢驗失誤，不合理的偏低外，其他各月份與藻類數有對應趨勢。

#### 4.4.4. 下層耗氧率 (hypolimnion oxygen depletion rate)

由表層不斷降落之有機物分解，及底泥之需氧而導致下層溶氧之耗減。因此溶氧之耗減與自表層降落之有機物即藻類生長情形有關，可作為優養狀況之指標。溶氧之耗減率以下式計算<sup>7</sup>：

$$\frac{\text{平均溶氧量} \times \text{下層之體積}}{\text{溶氧耗盡所需天數}}$$

其中平均溶氧量係指翻混期間水體水溫上下均勻時期，最後一天之平均溶氧量。

由於翡翠水庫水位常有大幅變化；放水口位置在研究期間亦有更動；層化期間下

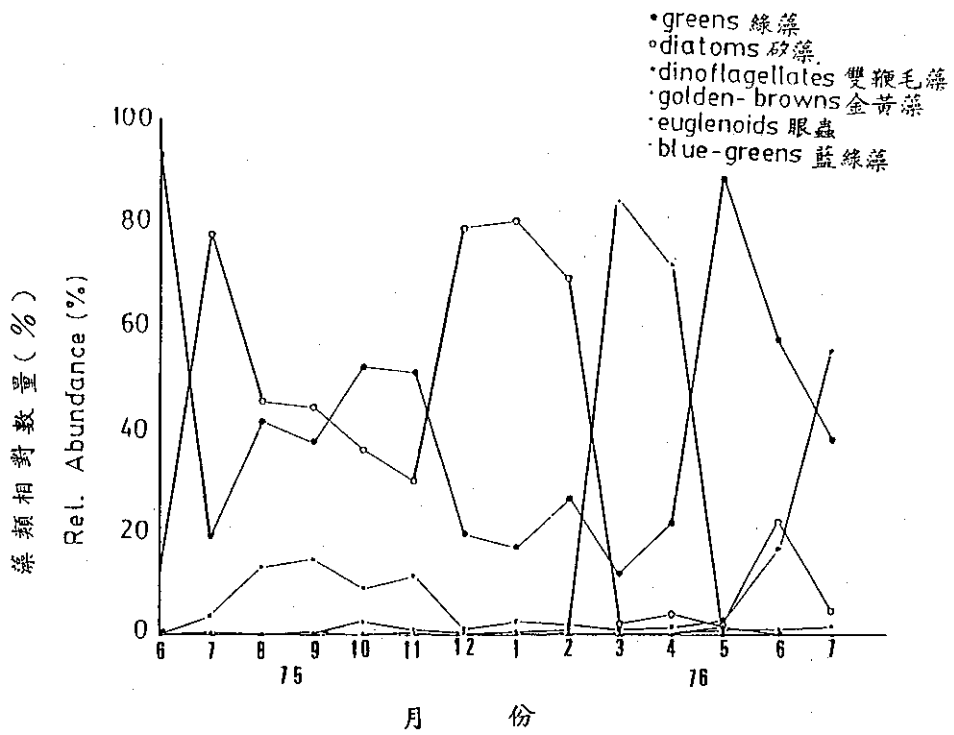


圖 14 浮游網各藻類頻度之季節性變化

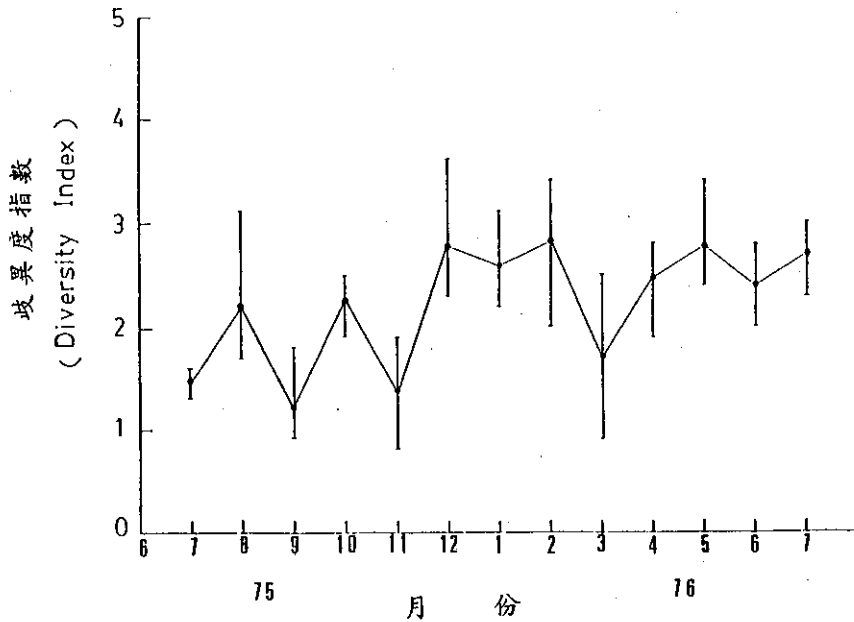


圖 15 微細藻藻類歧異度指數之季節性變化

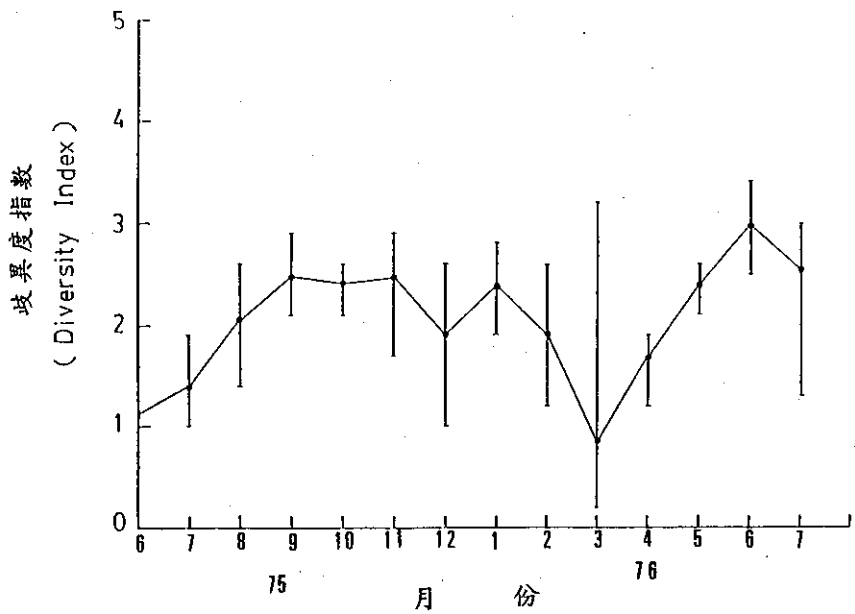


圖 16 浮游網藻類歧異度指數之季節性變化

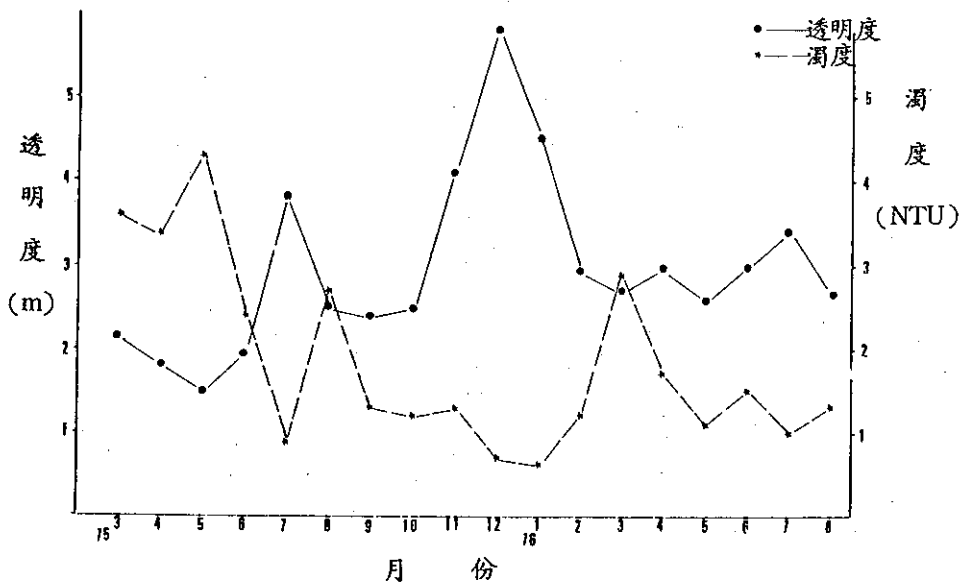


圖 17 翡翠水庫濁度與透明度之季節性變化

層水之溶氧從未耗盡；秋冬翻混期始終未能達底層，因此下層耗氧率難以估算。以積分方式估算75年5月到7月間溶氧之平均耗減率為  $1.45 \text{ g/m}^2/\text{day}$ ，而76年同期間為  $0.68 \text{ g/m}^2/\text{day}$ 。就此，亦可判斷76年水質情況較75年為佳。

#### 4.5. 翡翠水庫水質及放水口位置對淨水場操作及水質之影響

翡翠水庫之放水口分別為：永久性河道放水口（EL. 85米）、沖刷道（EL. 100米）及電廠進水口 EL. 108 米及 EL. 128 米。由圖 3 和圖 4 可知不同深度之水質，差異相當大。通常上層水藻類多，有機質多，pH 較高，易造成淨水場濾床阻塞等問題影響淨水效果，並增加三鹵甲烷之生成量<sup>9,10</sup>。底層水溶氧低，鐵、錳、氨氮等還原性物質，及色度、臭味等皆較高，易造成需氯量之波動，及自來水外觀之問題。一般以溶氧量及藻類數來決定取水口位置。自管理觀點看，取水愈深愈好，但要確定溶氧大於 2 ppm，以免發生上述問題<sup>11</sup>。

75年7月前水庫大都以 EL. 108 米之電廠進水口放水，8月後提高由 EL. 128 米進水口放水，由圖19可見濾程由6月之48小時，減為8月之36小時，經調整前加氯（由 1.1 ppm 增為 1.8 ppm）後，才得控制，9月後濾程又回復為43小時以上。在提高加氯量後，清水中三鹵甲烷量確有增加（表 4），但8月平均值 16.5 ppb（最大值 23 ppb），仍遠低於美國所訂 100 ppb 之限值，水質仍屬純淨良好。

表 4 水庫優養對自來水水質（三鹵甲烷含量）及過濾之影響

時 間	三鹵甲烷 (THM) (ppb)			平均濾程 (小時)	備 考
	平均值	最大值	最小值		
75.4.26~4.28.	4.2	6.5	2.0	47	正常加氯 (1.6 ppm)
75.7.28~8.20.	16.5	23.0	8.3	36	前加氯增加 0.7 ppm (1.1 → 1.8 ppm)
75.9.5~9.9.	13.7	17.4	10.1	43	"

75年12月後，再度降為由 EL. 108 米之電廠進水口放水，並持續由該處放水迄今。76年到目前為止尚未發生濾床阻塞情事，以新店溪（包括翡翠水庫）為水源之各淨水場，其三鹵甲烷含量均低（表 5）。固由於水庫水質較去年有改善（表水藻類數由75年夏季之  $10^4/\text{ml}$  降為 76 年夏之  $10^3/\text{ml}$ ），亦因為放水口下降 20 米，該層水質藻類數少（平均約  $10^1/\text{ml}$ ，大都  $< 10^2/\text{ml}$ ）。

表 5 本處各淨水場清水三鹵甲烷含量（76年8月）

淨 水 場 別	三 鹵 甲 烷 (ppb)	
	加 去 氯 劑	未 加 去 氯 劑
*長興淨水場（水平）	5.6	10
* " （水安）	3.6	—
*直潭淨水場	6.4	9.2
*公館淨水場	2.4	9.6
陽明淨水場	9.6	11.6
士林清水	1.2	27.2

備註：\*以新店溪（翡翠水庫）為水源之淨水場

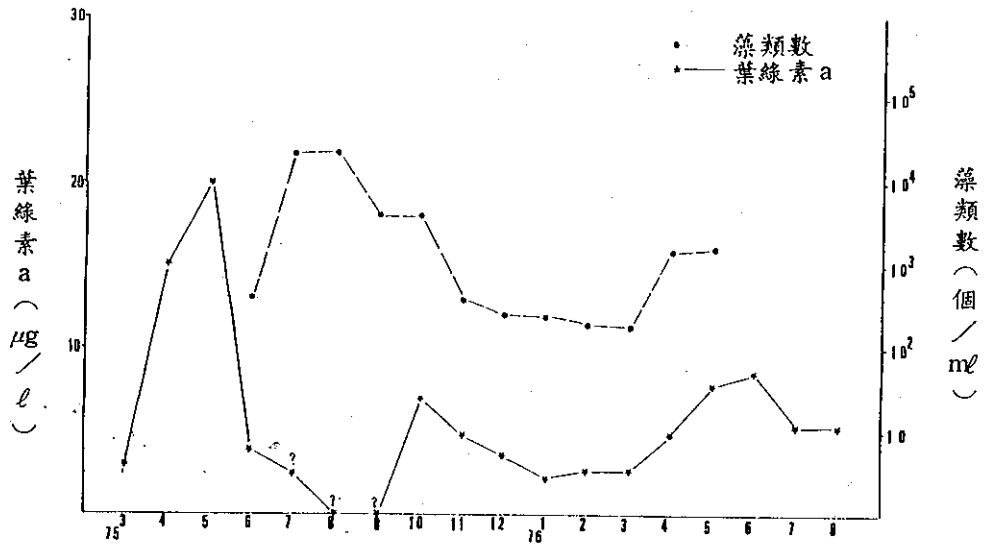


圖 18 翡翠水庫葉綠素 a 之季節性變化

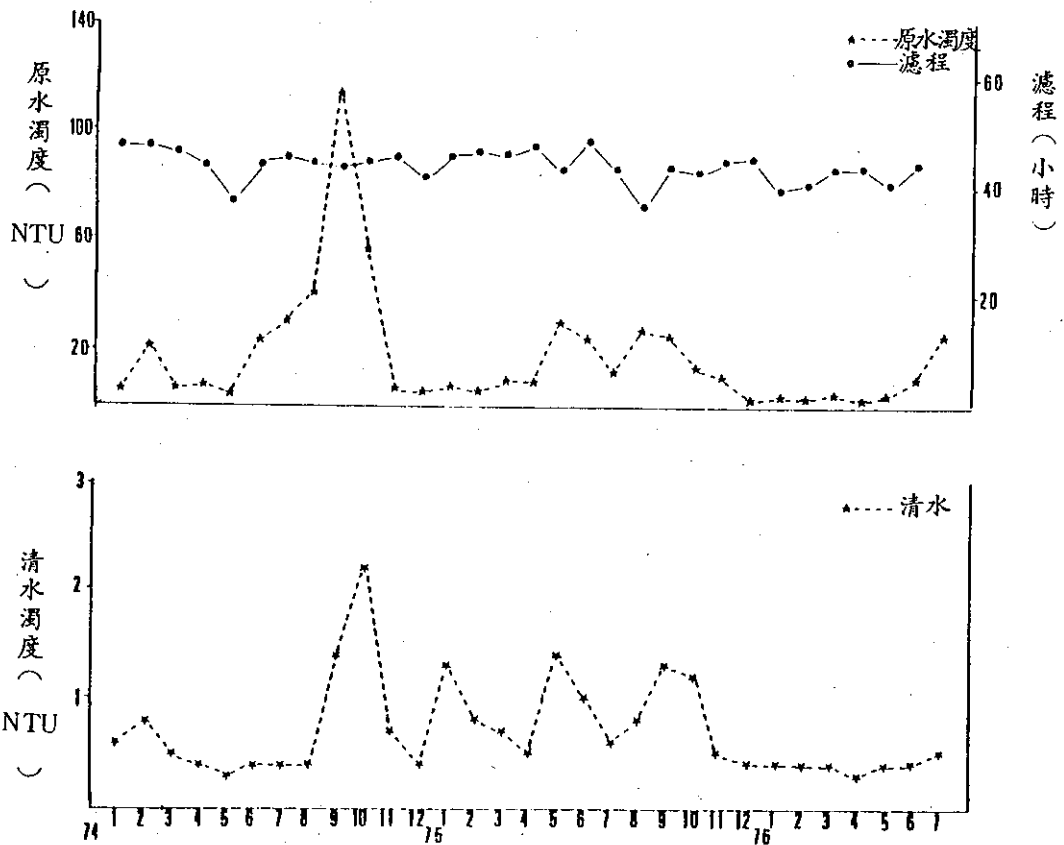


圖 19 長興淨水場原水、清水濁度及濾程之季節性變化

由圖20和21，可見放流水之藻類數和下游青潭取水口之藻類數相對應。而直潭尚滙入其他支流，且本身有蓄水作用（目前滯留期約3天），因此藻類數量較多，與水庫放流水水質相關性較不明顯（圖22）。

由表6可見翡翠水庫表水有機碳最高，平均2.0ppm，中層和下層水皆<1ppm，放流水0.67ppm，而青潭和直潭皆0.8ppm左右，再度證明水庫放水口位置對水質影響極大。可見為取得最佳水質之庫水，水質之嚴密監測實屬必要。

表6 翡翠水庫及青潭、直潭取水口之有機碳含量（76年8月）

水 別	翡 翠 水 庫				青 潭	直 潭
	表 水	中層水	下層水	放流水		
有機碳 (ppm)	2.0	0.89	0.88	0.67	0.87	0.82

表7 淨水處理對藻類之去除效果

水 藻 別 數 / ml	時 間						76年			
	75年 8.8.	8.11.	8.19.	9.8.	9.16.	9月 下旬	4月	5月	6月	7月
青潭原水	14000	14000	13600	15800	14200	16700	8.35	1.57	8.7	4.8
清水	4370	3460	240	330	360	250	5.9	0.54	5.2	1.4
藻類去除率	69%	76%	99%	98%	98%	99%	29%	66%	40%	71%

備註：75年藻類之計數未經染色處理，而直接以位相差顯微鏡觀察，所得數量包括藻殼、死藻等，可能較實際數量高出許多。76年係經染色後在顯微鏡下計數。

由表7可知，當原水中藻類數量相當多時，即使淨水效果達99%，清水中殘餘之藻類數量仍相當可觀（如，75.8.19達240個/ml）。當淨水作業對藻類之去除效果不甚佳時，則清水中殘餘藻類之數量更是驚人（76年8月8日曾高達4370個/ml）。76年原水水質較佳，各月份清水中殘餘藻類數皆低於10個/ml。

就清水水質觀點言，藻類及其有機代謝物會加速配水管網中餘氯之消耗，藻類所分泌之膠性有機物將細菌包覆而增加其對氯之抵抗力，該等有機養分更是細菌等生物在配水管網及用戶用水設備中再生長繁殖之營養來源<sup>12</sup>。就淨水作業言，水中藻類和有機物會影響混凝效果。當優養現象存在時，一般之杯瓶試驗已不足以決定最佳加藥量，而須輔以藻類計數（algal count）或介達電位計（zetameter）之應用，以建立新的加藥關係式<sup>13</sup>，如： $D = 30 + 2(alk - 15) \log(N \cdot 10^{-3})$ ，其中D為加藥量，alk為原水鹼度，N為藻類數/ml。混凝劑之加藥量須配合藻類數而調整。當藻類數量高達某個程度，連混凝劑之用量大幅提高，及高分子助凝劑之配合使用皆難以控制，甚至使三鹵甲烷之生成量過高時，則整個淨水流程皆須重新調整，可能包括：藻類之預先去、pH調整、混凝過濾等步驟之增加或改變、消毒方式之改變（代以臭氧或二氧化氯）及活性炭之使用等<sup>14</sup>。即，原水優養化之程度將決定水處理之方式和程度。因此，以水庫為原水

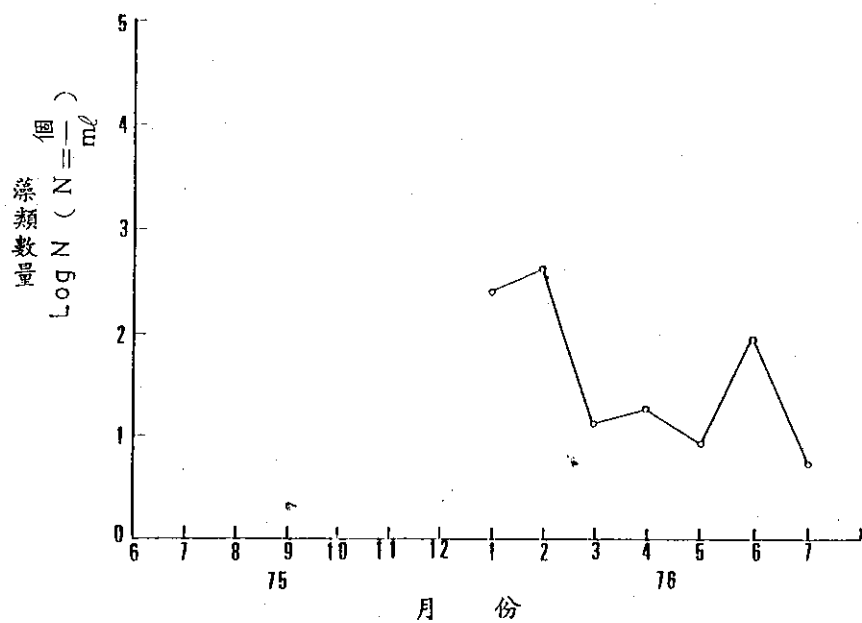


圖 20 水庫放流水藻類數量之季節性變化

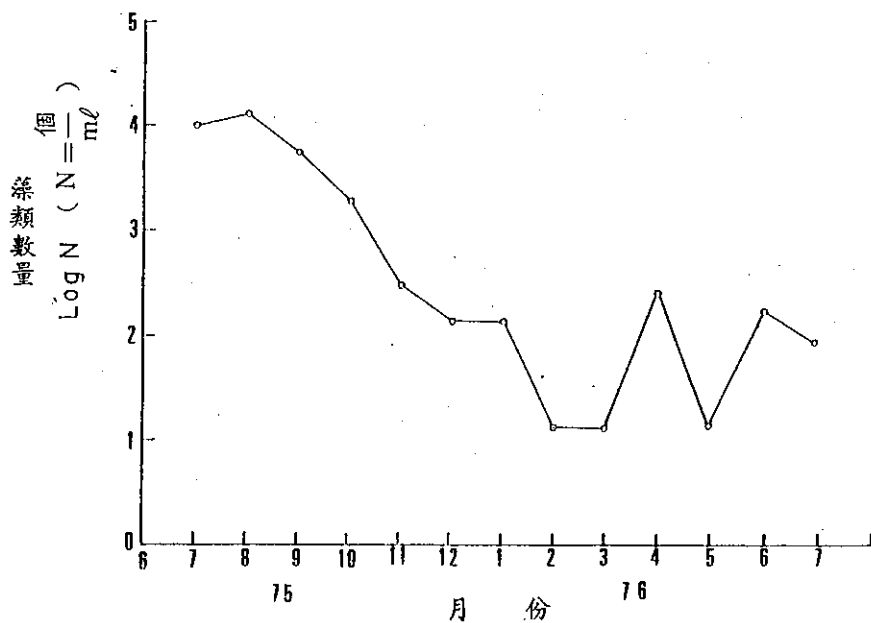


圖 21 青潭堰藻類數量之季節性變化

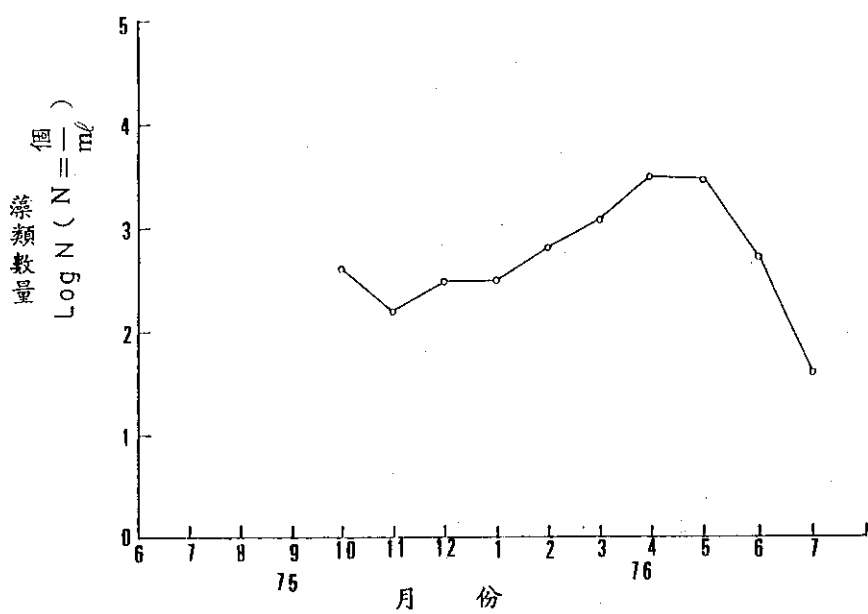


圖 22 直潭壩藻類數量之季節性變化

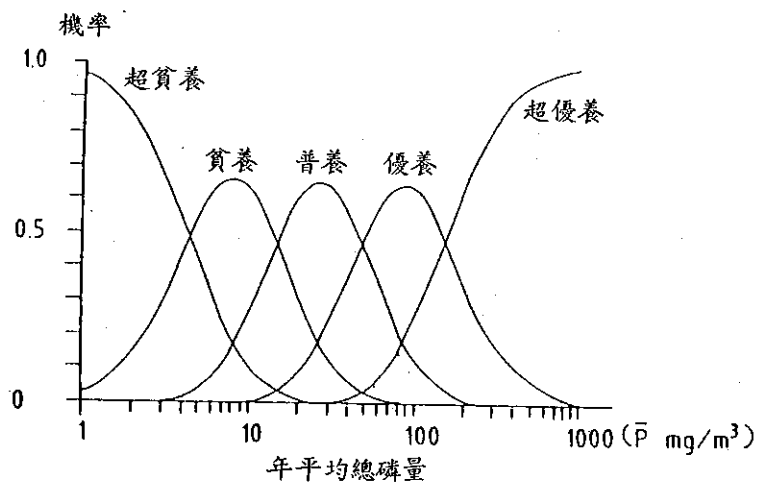


圖 23 優養等級之機率分佈 14

(尤其有藻類問題存在時)之自來水事業,其例行水質監測應包括藻類檢驗,且須加強配水管網之水質監測。此外,淨水操作和水質監控人員,應具備因應藻類問題之能力。

#### 4.6. 翡翠水庫之優養等級

由 Lee 根據 OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) 之優養調查資料,及其研究調查結果所作之湖泊水庫優養程度分級標準(表 8),翡翠水庫迄今之數據為葉綠素 a  $5.0 \mu\text{g}/\ell$ ,透明度  $3.0 \text{ m}$ ,總磷  $19 \mu\text{g}/\ell$ ,應屬普養級。

表 8 湖泊水庫優養程度分級標準<sup>15</sup>

等 級	葉綠素 a 平均值 ( $\mu\text{g}/\ell$ )	透明度平均值 (m)	整個水體之總磷平均值 ( $\mu\text{g}/\ell$ )
貧 養	< 2.0	> 4.6	< 7.9
貧養 - 普養	2.1 - 2.9	4.5 - 3.8	8 - 11
普 養	3.0 - 6.9	3.7 - 2.4	12 - 27
普養 - 優養	7.0 - 9.9	2.3 - 1.8	28 - 39
優 養	$\geq 10$	$\leq 1.7$	$\geq 40$

Vollenweider 更突破優養限值之觀念,也根據其參加 OECD 優養調查研究之結果,建立了水體中年平均總磷量與發生各級優養狀況之機率關係曲線<sup>4</sup>。對照圖 23 可知翡翠水庫總磷  $19 \mu\text{g}/\ell$  發生普養之可能性約 60%,貧養之可能性約 30%,優養之可能性小於 10%。由此圖並可推知,若要完全去除優養發生之可能性,則應對集水區及水庫本身採控制措施,使總磷之年平均值  $< 15 \mu\text{g}/\ell$ 。

#### 4.7. 水庫之水質預測

基於世界各地之研究顯示,控制水體優養化(藻類暴殖)之最有效方法為磷負荷量之控制<sup>16</sup>,而湖泊水庫之優養模式可用來預測湖泊水庫磷負荷量減少後,與優養有關之水質改善程度。為掌握翡翠水庫將來之水質趨勢,及集水區污染防治措施對水庫水質可能造成之影響,須先找出適用之水質模式。

##### 4.7.1. OECD 優養模式

世界經濟合作發展組織(OECD)曾做一國際性之湖泊水庫研究<sup>6,15</sup>,定出水體之營養負荷(nutrient load)和其水質之相關性。該研究共進行五年,包括分佈遍及西歐、北美、日本和澳洲之 200 個以上的湖泊水庫。OECD 之優養模式係源自 Vollenweider。對以磷為限制因子之水體,Vollenweider 導出磷負荷量和水體中藻類葉綠素量之相關性。主要關鍵是磷之負荷量須以水體之平均水深( $\bar{z}$ )和滯留期( $\tau_w$ )將其標準化(normalize)(圖 24, 25)。Rast 和 Lee 將 Vollenweider 之基本關係式再由葉綠素擴展到透明度(Secchi depth)和下層氧之耗減率(hypolimnion oxygen depletion rate)。圖 25 為 OECD 優養模式所得優養參數與標準化磷負荷間之最佳對應綫應用於美國 80 個以上之水體。

##### 4.7.2. 翡翠水庫磷負荷量之估算

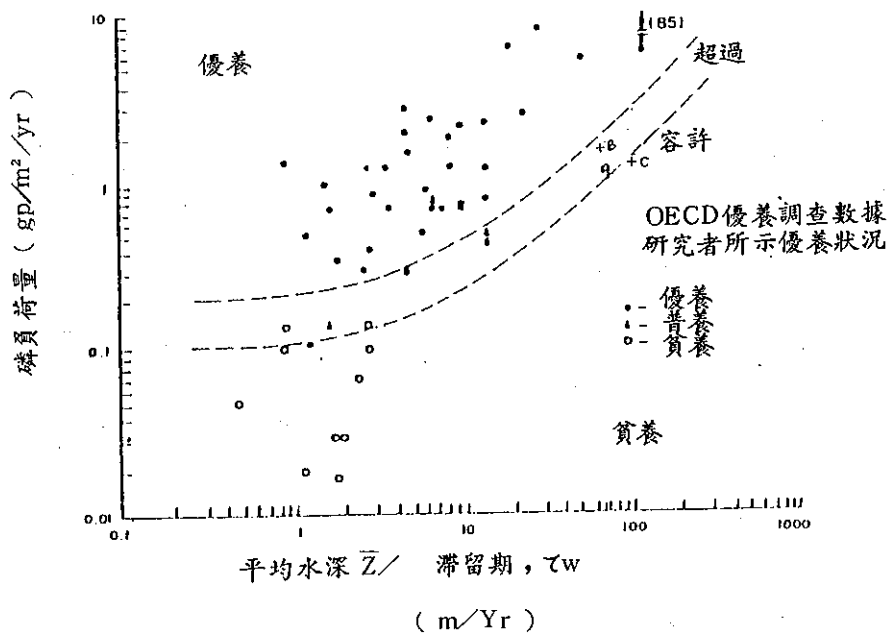
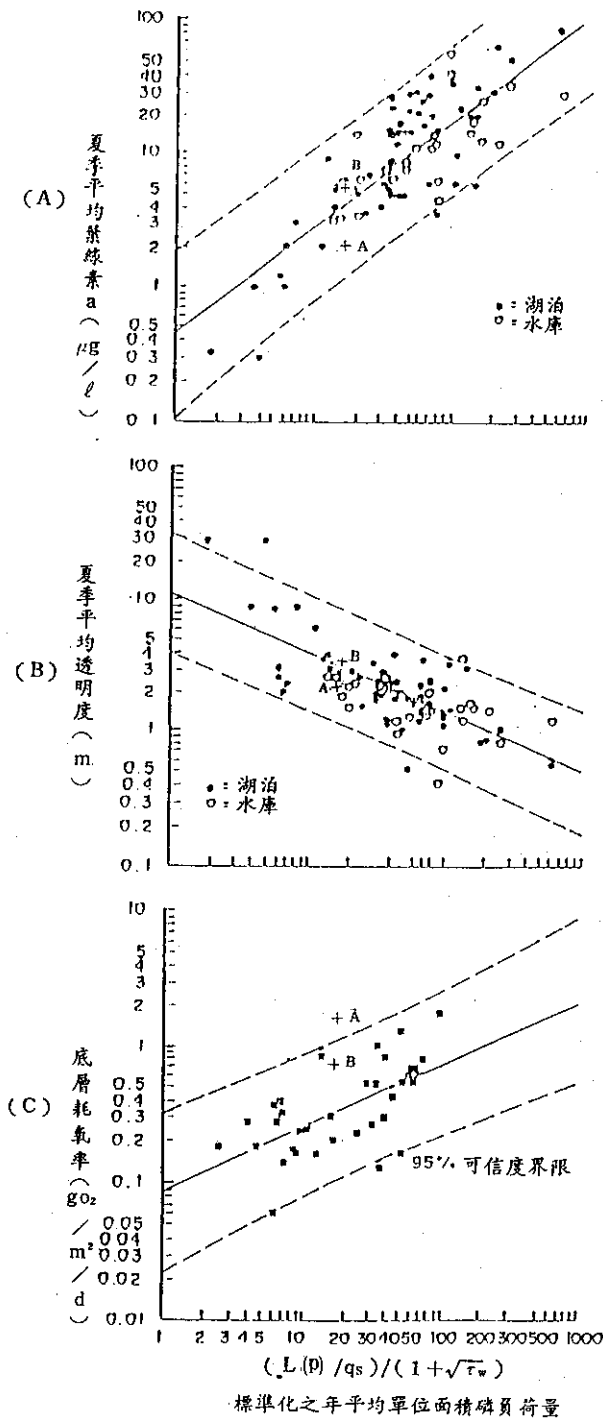


圖 24 Vollenweider 磷負荷量與平均水深/滯留期關係圖<sup>15</sup>

備註：B：翡翠水庫（76年）  
C：翡翠水庫（水位170m時）



備註：L(P)：年平均單位面積磷負荷量 (mgP/m<sup>2</sup>/yr)  
 $q_s$ ：平均深度 ÷ 滯留期 ( $\bar{z}/\tau_w$ ) (m/yr)  
 $\tau_w$ ：滯留期 (yr)  
 A：翡翠水庫 (75 年)  
 B：翡翠水庫 (76 年)

( OECD 營養調查研究中美國部份水體之數據 )

圖 25 磷負荷量與營養指標水質項目關係圖<sup>16</sup>

磷負荷量之估算方法有下列二種<sup>11</sup>：

(A)以集水區土地利用方式、面積及該集水區磷之輸出係數 (export coefficient) (如農地 0.05 g/平方公里/年, 林地 0.01 g/平方公里/年, 非農林地 0.1 g/平方公里/年, 大氣 0.02 g/平方公里/年) 分別求出來自土地利用之污染負荷, 再加上各點污染源 (如: 人口、豬、污水處理場廢水……等) 之負荷而得之。其輸出係數和點污染源之流達率皆佔有相當之不確定性。因此大都用於水質、水文等資料不全之情況下。民國73年日籍水質專家小島博士即以此法推估翡翠水庫磷負荷量<sup>17</sup>, 並利用 Voll enweider 之模式預測翡翠水庫之水質 (圖26), 該法相當具參考價值, 但往往與事實有差距。

(B)由河川總磷濃度和流量以下列(1)式估算

$$TP_i = a_i Q_i^{b_i} \quad (1)$$

$TP_i$  :  $i$  支流之總磷負荷

$Q_i$  :  $i$  支流之流量

$a_i, b_i$  分別為  $i$  支流之特定常數

由此法所得之翡翠水庫各支流磷負荷量之迴歸方程式如表 9, 求得各支流磷負荷量如圖 8。再由式(2), 即可求得磷負荷量  $L(P)$  ( $g/m^2/y$ ), 如表 10。

$$L(P) = \sum a_i Q_i^{b_i} / A + 0.1 * (g/m^2/y) \quad (2)$$

\* 大氣磷負荷係數

由養豬戶最多之鱸魚堀溪自76年2月完成養豬戶拆遷後  $a_i$  由 57.71 降為 26.21 可見迴歸方程式確能反應水質實況。若能長期監測水質, 不斷修正該迴歸方程式, 則可對污染量負荷作更佳掌握, 對各支流集水區之治理效果作更具體之評估。

表 9 翡翠水庫各支流磷負荷量之迴歸方程式

支流代號	支 流	時 期	迴 歸 方 程 式	R	可信度
TR1	金 瓜 寮 溪	75.3.~76.2.	$TP_1 = 16.21 Q_1^{0.753}$	0.820	67.3 %
		76.3.~76.6.	$TP_1 = 18.32 Q_1^{0.944}$	0.869	75.6 %
TR2	北 勢 溪 (坪 林 以 上)	75.3.~76.2.	$TP_2 = 27.80 Q_2^{0.718}$	0.869	75.5 %
		76.3.~76.6.	$TP_2 = 23.88 Q_2^{0.855}$	0.886	78.5 %
TR3	鱸 魚 堀 溪	75.3.~76.2.	$TP_3 = 57.51 Q_3^{0.691}$	0.893	79.8 %
		76.3.~76.6.	$TP_3 = 26.21 Q_3^{0.900}$	0.948	90.0 %
TR4	後 坑 子 溪	75.3.~76.2.	$TP_4 = 17.94 Q_4^{0.925}$	0.935	87.4 %
		76.3.~76.6.	$TP_4 = 12.38 Q_4^{0.830}$	0.762	58.0 %
TR5	火 燒 樟 溪	75.3.~76.2.	$TP_5 = 15.74 Q_5^{1.024}$	0.949	90.0 %
		76.3.~76.6.	$TP_5 = 15.39 Q_5^{0.924}$	0.931	86.7 %

備註：1.各支流目前尚無流量數據，而以水庫總流量×各支流集水區面積百分比(圖27)，推估各支流之流量 $Q_i$ 。  
2.迴歸方程式係由75年3月至76年6月之採樣當日流量及各支流總磷量(mg/l)迴歸分析而得之。

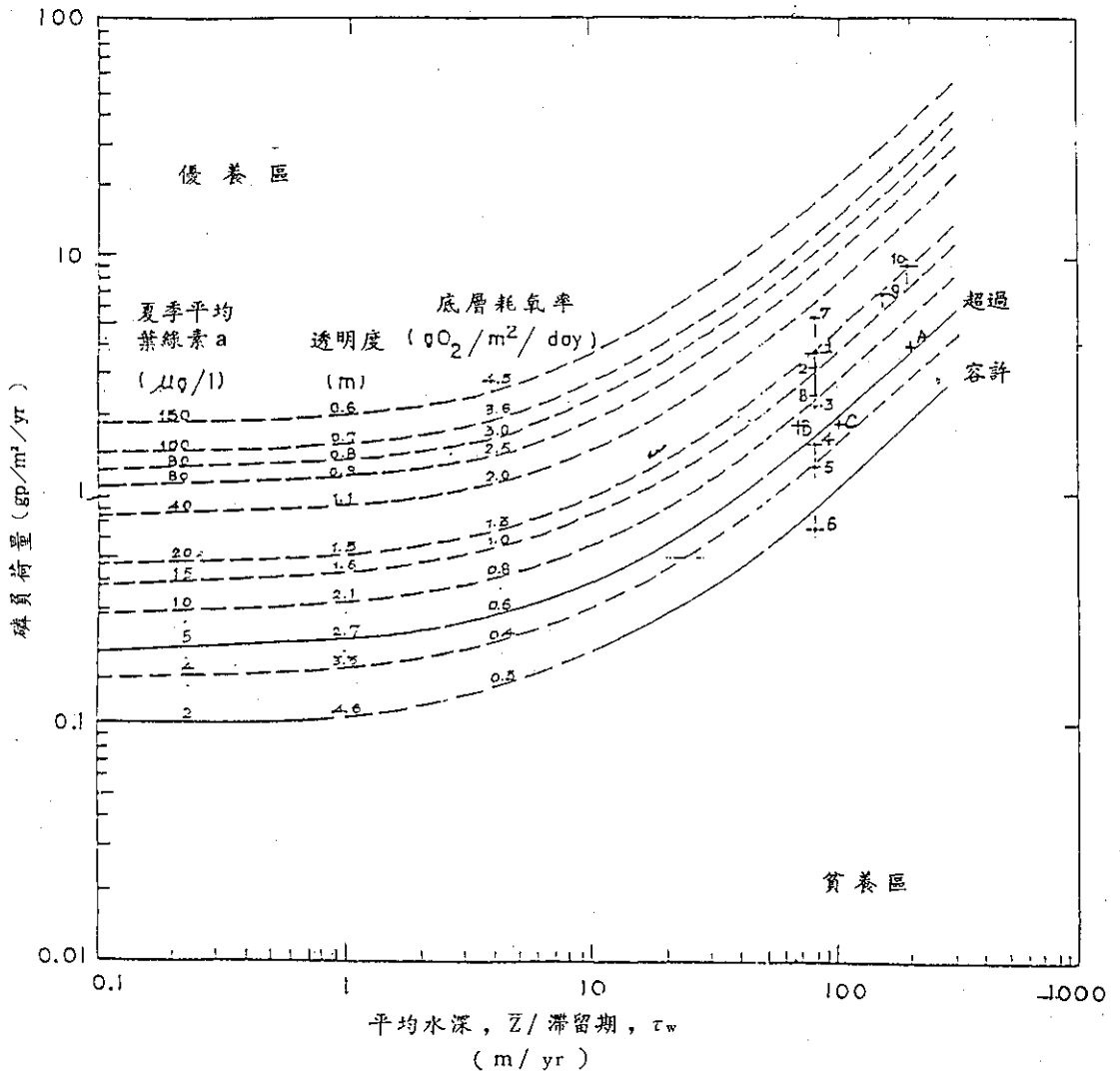


圖 26 翡翠水庫防範措施之水質預測<sup>17</sup>

備註：

- |                                 |                    |
|---------------------------------|--------------------|
| 1 現況負荷。                         | 8 同(7)，豬全減。        |
| 2 豬減少 50%。                      | 9 現況負荷，水位 148 公尺。  |
| 3 豬減少 80%。                      | 10 現況負荷，水位 136 公尺。 |
| 4 豬減少 100%。                     | A. 翡翠水庫(75年)       |
| 5 豬、居家、觀光人口全減。                  | B. 翡翠水庫(76年)       |
| 6 現況減免耕地及豬。                     | C. 翡翠水庫(滿水位時)      |
| 7 現況及居家人口 21,000 人，觀光 400 萬人/年。 |                    |

表10 翡翠水庫磷負荷量及水理特性

年	磷負荷量			年平均流量 Q (CMS)	水位 EL (m)	水面積 A (km <sup>2</sup> )	水庫容積 V (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	平均水深 z̄ (m)	放流量 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	滯留期 <sup>(5)</sup> τ <sub>w</sub> (y)	q <sub>s</sub> (= $\frac{\bar{z}}{\tau_w}$ )	$\frac{(L(P)/qs)}{1 + \sqrt{\tau_w}}$
	支流 <sup>(1)</sup> (kg)	大氣 <sup>(2)</sup> (kg)	總量 (kg)									
74.	—	83	—	46.82	90	0.83	14.4	14.1	4.76	0.016	883.8	—
75.	21014	525	21539	41.12	136.5	5.25	147	28.0	3.39	0.144	194.3	15.41
76.	10325	620	10945	18.37 <sup>(4)</sup>	143	6.20	192	31.0	1.35	0.469	66	15.92
將 來 <sup>(5)</sup>	17170 <sup>(6)</sup>	1025	18195	32.77 <sup>(7)</sup>	170	10.25	406	39.6	—	0.393 <sup>(8)</sup>	101	10.79

備註：(1)由表9之迴歸式及年平均流量估算。

(5)水庫滿水位時。

(2)由大氣磷負荷係數0.1 g/m<sup>2</sup>/y估算。

(6)以表9 76年3月迄76年6月所得迴歸式估算。

(7)以1953~1986年(共34年)以來之年平均流量平均得之。

(3)滯留期 =  $\frac{\text{總蓄水量}}{\text{放流量}}$

(8)假設放流量 = 年平均流量。

(4)迄76年8月之平均流量。

#### 4.7.3. OECD 優養模式對翡翠水庫之適用性

OECD 優養模式中磷負荷經標準化後之  $(L(P)/q_s)/(1+\sqrt{\tau_w})$ ，係指水體在穩定狀態 (steady - state) 下磷之平均濃度。由表10可知 75年 15.41 ppb與實際之水庫表水平均總磷量 19 ppb 有差距。而 76年之 15.92 ppb與實際值 18.7 ppb，差距較小。將來水庫水位達 170 公尺時，以表 9 (76年 3 月~ 6 月) 所得迴歸式推估 L(P)值 1.78 經標準化後為 10.79 ppb，有改善趨勢。將以上各值配合實際葉綠素 a、透明度及下層溶氧耗減率分別代入圖 24, 25, 26。圖中點 A, B, C 分別為 75年, 76年, 及水庫滿水位後之位置。由圖 25 知翡翠水庫 76 年之水質符合 OECD 優養模式之對應關係，且在 95% 可信度範圍內。75年亦大致符合，唯對應性較差。再由圖 26 可得估計值與實際值對照如表 11，76 年之實際情況皆較推估者佳。

表 11 由標準化之磷負荷推估之水質與實際值對照表

項 目 時 間	夏季葉綠素 a 平均值 ( $\mu\text{g}/\ell$ )		透 明 度 (m)	下層溶氧耗減率 ( $\text{gO}_2/\text{m}^2/\text{d}$ )
	推估值	( 實際值 )	推估值 ( 實際值 )	推估值 ( 實際值 )
75 年	5	( — )	2.7 ( 2.4 )	0.6 ( 1.45 )
76 年	8	( 6.2 )	2.4 ( 3.1 )	0.75 ( 0.68 )
將 來	4.5	( — )	3.0 ( — )	0.5 ( — )

翡翠水庫之水位在 75 年變化最大 (圖 28) 因此與 Vollenweider 或 OECD 之優養模式之對應性差是可以理解的。76 年蓄水穩定性較佳，已有相當好之對應性，顯示 OECD 優養模式或可適用於翡翠水庫，作為水質預測，和研擬防治措施之參考。

#### 五 結論與建議：

1. 翡翠水庫水質夏季有層化現象，但因放水口引進水流之影響，下層水之變化較不規則。秋冬季有翻混現象，但未及底層，因此一般湖庫底層釋出養分之問題對翡翠水庫言，可能並不存在。
2. 由磷、氮、透明度、下層耗氧率、藻類數及藻類歧異度指數等各項水質分析之結果，皆顯示 76 年之水質較 75 年略有改善，台北水源特定區之各項水源保護措施已漸顯成效。目前水庫水質屬普養級。
3. 水庫放流口位置，及水庫水質，對淨水場水質有直接影響。75 年因水庫較為優養化且取水口位置較高 (EL. 128 米)，已對淨水場造成濾床阻塞和三鹵甲烷略為升高等問題。76 年水庫水質較佳，且取水口下移 20 米 (EL. 108 米) 淨水場操作運轉正常，水質純淨良好。為取得最佳之庫水，水庫各水層之水質監測實屬必要。
4. 以水庫為水源之自來水事業單位，不只在淨水場設計須更具前瞻性，有關人員更須受良好之訓練，掌握並瞭解水庫中所發生之現象及其因應之道，並包括取水口高度之決定及加強配水管網之水質監測等。
5. 以各支流集水區流量及磷含量所得之迴歸方程式，對各集水區磷負荷量之估算，在集水區治理之規劃和評估上相當具參考價值。為提高其準確度和實用價值，應加強水文和地理之調

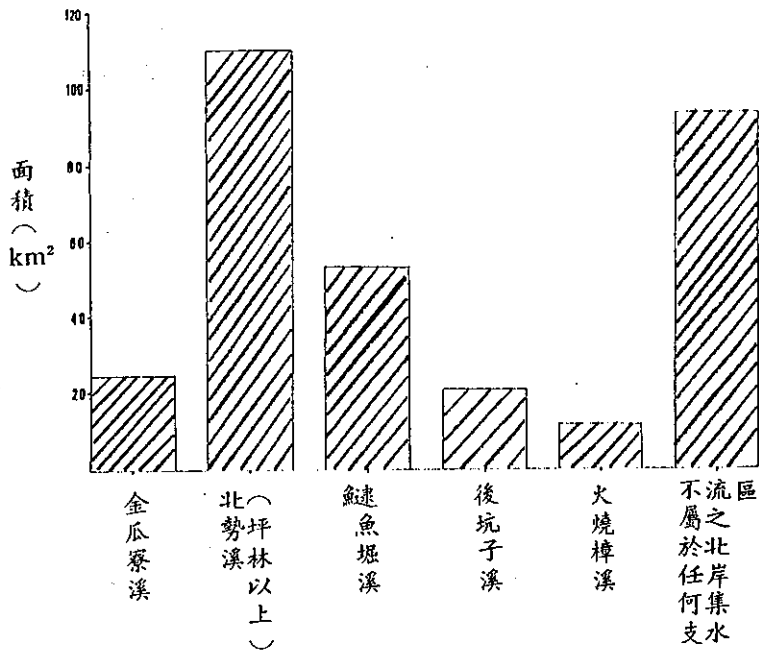


圖 27 翡翠水庫各支流面積

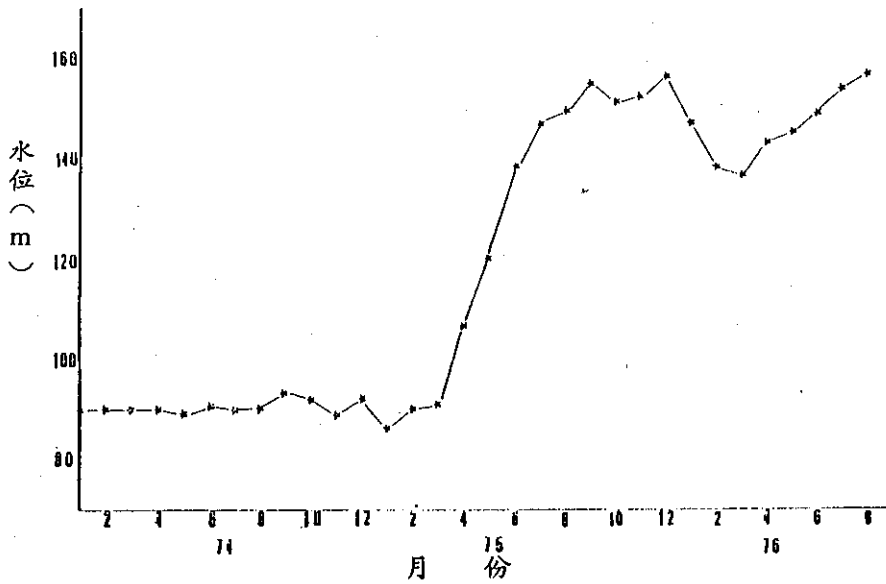


圖 28 翡翠水庫各月份水位變化

查。

6. OECD 優養模式對翡翠水庫尚屬適用，除需繼續印證外，以之預測將來水庫滿水位（EL. 170 公尺）時，水質將較目前為佳。
7. 為防止水庫優養影響自來水水質，根本之道，仍在於污染源之控制，因此污染源之去除和集水區之治理最為重要。
8. 水庫優養之研究為一集合各學門之複雜工作，本研究得以順利進行，除本處水質股全體人員參加外，尚有賴於：(1)經濟部水資會提供其德基水庫優養研究之寶貴經驗，並協助迴歸分析、下層耗氧率運算等之電腦作業，及受委託做有機碳檢驗。(2)翡翠水庫管理局之配合採樣、交通工具支援及水文資料之提供、及部分檢驗經費之資助。(3)水源特定區管理委員會提供有關資料，和(4)中央研究院植物所吳俊宗博士之共同參與（有關藻類部分之完整資料，吳博士將另以專文發表）並協助訓練藻類檢驗技術人員。
9. 本研究調查中，藻類檢驗屬相當重要之一環。因受限於本處水質股之編制，僅能以職務代理方式約僱臨時人員為之。對一個以水庫為水源之自來水事業單位言，除原水外，淨化過程及配水管網之水質皆須配合以藻類檢驗，嚴密監視水質情況，以確保供水安全。各有關單位尚須有此共識，才能解決人員問題，進而解決技術問題。

#### 參考文獻

1. "ダム貯水池水質調査要領"，建設省河川局開發課監修，PP. 99，昭和 55 年 6 月。
2. 駱尚廉、曾四恭、程樹森、張懿花，"台北地區蓄水庫優養潛勢"，國立台灣大學環境工程研究報告 No. 114，PP. 149，民國 75 年 2 月。
3. Jones, R.A. and G.F. Lee "Chlorophyll: a Raw Water Quality Parameter", J.AWWA.74:9: 490-494(1982).
4. APHA, AWWA and WPCF, "Standard Methods for the Examination of Water and Waste water" 16th ed., PP.1268, 1985.
5. Fruh, E.G., "The Overall Picture of Eutrophication", J.WPCF, 39:9: 1449-1463(1967).
6. Lee, G.F., W.Rast and R.A. Jones, "Eutrophication of Water Bodies: Insights for an Age-old Problem" Envir. Sci. & Technol., 12:8:900-908(1978).
7. Archibald, E.M. and G.F. Lee, "Application of the OECD Eutrophication Modeling Approach to Lake Ray Hubbard, Texas", J. AWWA., 73:11:590-599(1981).
8. Muchmore, C.B., "Algae Control in Water Supply Reservoirs", J. AWWA., 70:5:273-279 (1978).
9. Hoehn, R.C., D.B. Barnes, B.C. Thompson, C.W. Randall, T.J. Grizzard, and P.T.B. Shaffer. "Algae as Sources of Trihalomethane Precursors" J. AWWA. 72:6:344-350(1980).
10. Oliver, B.G. and D.B. Shindler, "Trihalomethanes from the Chlorination of Aquatic Algae", Envir. Sci. & Technol., 14:12:1502-1505 (1980).
11. Filip, A. and M. Cvjetkoviv, "Prediction of Water Quality in a Future Water Supply Reservoir", Wat. Sci. Tech., 19: 793-802(1987).
12. Sanchez de la Nieta, J.R. and M.S. Comendador, "Problems Caused by Biological Growth in Water Distribution Systems: Storage and Regulation Reservoirs, Treatment Processes and Distribution Networks", Water Supply, 2:(1-4): SS 4-1-4 (1984).

13. Mouchet, P. and M. Rizet, "Eutrophication in Hot Countries", Water Supply, 2: (1-4): SS 1-1-21 (1984).
14. Bernhardt, H., "Treatment Disturbances With Water Out of Eutrophic Reservoirs as Consequence of Extensive Algal Development", Water Supply, 2:(1-4): SS 4-7-15 (1984).
15. Jones, R.A. and G.F. Lee, "Recent Advances in Assessing Impact of Phosphorus Loads on Entrophication-Related Water Quality", Water Res. 16:503-515 (1982).
16. Jones, R.A. and G.F. Lee, "Application of US OECD Eutrophication Study Results to Deep Lakes" Prog. Wat. Tech. 12: 81-88 (1980).
17. 小島貞男, "翡翠水庫の汚染防治対策に関する報告書"(手稿影本), PP. 96 (1984)。
18. 楊萬發, "秋季翻混前期之湖水水質特性", 水利, 13期, 164-176 (1971)。
19. 林襟江、盧誠吉、洪銘堅、陳時仁, "德基水庫層化及優養化之研究", 經濟部水資源統一規劃委員會, 民國 74 年 6 月。
20. Bernhardt H. and J. Clasen, "Limnological Effects of the Elimination of Phosphorus from the Wahnbach Reservoir", Wat. Sci. Tech. 14: 397-406 (1982).
21. Sylvester, R.O. and R.W. Seabloom, "Influence of Site Characteristics on Quality of Impounded Water", J. AWWA. 57: 1528-1546 (1965).
22. Silvey, J.K.G. and A.W.Roach, "Studies on Microbiotic Cycles in Surface Waters", J. AWWA. 56: 60-72 (1964).
23. Ghilarov, A.M., "Report on Eutrophication Studies in the USSR", Water Res. 17:6: 607-611 (1983).
24. Walker, W.W.Jr., "Significance of Eutrophication in Water Supply Reservoirs", J. AWWA. 75:1: 38-42 (1983).
25. Borchardt, J.A., "Eutrophication: Causes and Effects", J.AWWA., 61:6: 272-275 (1969).
26. Haddrill, M.V., R. Keffer, G.C. Olivetti, G.B. Polleri and F. Giovanardi, "Eutrophication Problems in Emilia Romagna, Italy", Water Res. 17:5: 483-495 (1983).
27. 郭瑞華、陳曼莉、楊炳坤、廖于恆, "翡翠水庫集水區磷污染源之調查研究", 第二屆給水工程技術研討會論文集, 87-109, 74年12月。
28. 莊進源、森若美代子、郭崇義、林慧芳, "翡翠水庫初期蓄水有關浮游生物消長與水質變化研究報告", BEP 74-06-002, 74年。
29. 莊進源、蔡惠澤、森若美代子、齊家, "翡翠水庫指標生物與水質調查報告(74年)", BEP-76-06-004, 75年。
30. 莊進源、蔡惠澤、森若美代子、齊家, "翡翠水庫指標生物與水質調查報告(75年)", BEP-76-06-007, 76年。