

# 臺灣水庫夏季優養化水層之水質特徵

## Study of the Eutrophication of Water in the Summer in Taiwan Reservoirs

侯文祥

WEN-SHANG HOU

國立台灣大學生物環境系統工程學系  
副教授

陳以容\*

YI-RON CHEN

國立台灣大學生物產業機電工程學系  
博士班研究生

葉曉娟

HSIAO-CHUAN YEH

國立台灣大學生物環境系統工程學  
研究所碩士

游政勳

CHEN-HSUN YU

國立台灣大學生物環境系統工程學  
研究所碩士

林志軒

CHIH-HSUAN LIN

國立台灣大學生物環境系統工程學  
研究所碩士

### 摘 要

環保署自1993年起每年針對台灣主要水庫水質進行四季監測，每季一次進行表層水及底層水的採樣，計算卡爾森(Carlson)優養指數(CTSI)，以表示水庫水質優養化程度。在2006年以鳳山水庫、太湖水庫優養化嚴重，其餘是鏡面水庫、澄清湖水庫、寶山水庫、明德水庫、鯉魚潭水庫等。至於優養化水層發生於何處水深，則因水庫所在區域與集水區狀況不同而異，並無法由環保署的監測資料明確得知。

本研究調查苗栗縣鯉魚潭水庫上游新開村、金門縣太湖水庫、臺北翡翠水庫上游灣潭等耕作與聚落密集的水區，瞭解北、中部及離島三個水庫的水質垂直分層的特徵差異。針對各水區在春夏秋季有水溫、溶氧、葉綠素a等水質分層特徵以及底水層低溶氧特徵，每隔1m水深分別計測資料。調查期間自2005延續至2007年的春末至秋末期間。

金門太湖水庫水深約4 m至5 m，因濁度高，優養嚴重，分層水深主要發生在2 m至4 m間。鯉魚潭水庫新開村水區水深在枯豐水期約15 m至25 m，水質分層水深主要發生在6 m至15 m間。翡翠水庫灣潭水區水深在枯豐水期約15 m至20 m，因透明度較高，分層水深主要發生在12 m至20 m間。以上水域的底水層在分層季節，均有明顯的溶氧偏低現象。以上調查結果可提供水庫管理單位擬定水質優先改善的重要水區與水層計畫之參考資料。

**關鍵詞：**水庫，優養化，水質分層。

### ABSTRACT

The Taiwan Environmental Protection Administration has investigated the reservoir water quality on the every season since 1993. The carlson trophic state index (CTSI) can be get from the monitored data with total phosphorus, chlorophyll-a and transparency, and evidence of eutrophication. However, in 2005, the Fengshan reservoir and Tai-Hu reservoirs suffer the eutrophication problems based on the calculated CTSI. Thus, the water of

\*通訊作者，國立台灣大學生物產業機電工程學博士班研究生，10617台北市大安區羅斯福路4段1號，r89622042@ntu.edu.tw

reservoirs are seriously polluted, due to the eutrophication. Others reservoirs including the Chingmien reservoir, Cheng-ching-hu reservoir, Paoshan reservoir, Mintei reservoir and Li-Yu-Tan reservoir were also polluted. Although, the polluted reservoirs can be found, but the eutrophication water zoning can't still be taken from the monitored data. In this study, the Li-Yu-Tan reservoir in Miaoli, Tai-Hu reservoir in Kinmen, Fei-Tsui reservoir in Taipei are investigated. In order to study the water quality for different water level zone, the investigation was carried out from 2005 summer to 2007 autumn.

The stratification water layering was occurred about 6m to 15m in depth in Li-Yu-Tan reservoir. The chlorophyll-a was reduced from about 15 m in depth, the dissolved oxygen and water temperature was reduced from about 6 m in depth. But the stratification water layering was occurred about 12 m to 20 m in depth in Fei-Tsui reservoir, and about 2 m to 4 m in Tai-Hu reservoir. In addition, a low dissolved oxygen happened at the bottom layer of reservoirs.

**Keywords:** Reservoir, Eutrophication, Water layering stratification.

## 一、前言

環保署自1993年起每年針對台灣主要水庫水質進行四季監測，監測結果以總磷、葉綠素a及透明度測值，計算卡爾森(Carlson)優養指數(CTSI)，用以表示水庫水質優養化程度。其中鳳山水庫、太湖水庫優養化嚴重，其餘是鏡面水庫、澄清湖水庫、寶山水庫、明德水庫、鯉魚潭水庫等。環保署於各水庫上中下游各建立一個水質測站，每季一次進行表層水及底層水的採樣，監測17個水質項目。然而，由上述環保署文獻資料仍無法明確得知，各優養化水庫的水質分層現象發生在哪一水層與水深處，因此，本研究主要工作之一為計測不同季節的水質與水深變化關係。研究水區為農作與人口聚集、公路設施等密集開發的水域，實測枯水期至豐水期的水深變化與水質分層變化，每隔0.5至1 m水深計測水質資料。

近幾年來，每年的颱風挾帶豪雨襲台，石門水庫的原水濁度都飆高至水公司的取水容許上限5、6000度以上。但在2009年8月起，水公司使用分層取水奏效，改在分層取水點、水位236公尺處取水後，解決原水濁度問題，持續維持濁度在300度以下，確保桃園縣供水無虞。水公司提及，分層取水設施完工後，未來可以改由水庫的上、中、下層取水，選擇濁度最低的原水來運用，過去凡遇大雨就影響供水的惡夢，應該可以完全改善。由此，顯示建立水質分層變化資料將有利於水質的管理。

## 二、文獻探討

水體優養化狀態可以下列兩種指標判別：

1. 營養狀態指數：為國內研究水庫優養化狀態最常被採用的指標。如卡爾森營養狀態指數(CTSI)乃將水體總磷濃度、葉綠素a濃度及透明度三項水質，分別帶入公式求CTSI值。CTSI < 40為貧養狀態，40 < CTSI < 50為中養狀態，CTSI > 50為優養化狀態。
2. 下水層溶氧指標：通常以下水層溶氧大於80%飽和溶氧以上者為貧養狀態，小於10%者為優養狀態，介於10~80%者為中養狀態。

國外水庫曾發生毒藻優養化現象，產生毒素散佈水中，嚴重影響水質；國內部分水庫優養化現象也漸明顯。環保署每年對全台水庫進行季節性檢測，於2005年2月發現二十七座水庫中，有十四座出現微囊藻(*Microcystis*)，其中，離島地區包括金門、馬祖等七座小型水庫全都出現微囊藻蹤跡，雖然環保署表示水質安全無虞，但仍引起地方民眾關切(環保署，2005)。成功大學在2004年檢測金門的榮湖、陽明湖，即檢測出帶有微量微囊藻(郭等，2005)。因此，優養化問題已漸成國內水庫的隱憂。

每年春夏秋季節，水庫中藻類異常增生的四個環境條件為充足的陽光、營養鹽足夠、較少流動的水體、最適合的水溫等，缺一不可。如能把握各水域分層現象，可利用製造下水層較低水溫混合上層水打破水溫分層，造成水體進行上下翻滾混合的湧升機制，破壞藻類滋生的特定溫暖

水層，從而減低優養化的產生。由於國內相關的文獻及研究很少，以下主要整理國外文獻。

1. 美國加州Palmdale湖泊利用可調整深度之太陽能驅動曝氣機進行整治，此曝氣方法是曝氣機底部接導水管，隨管子長短可因應不同深度的水體。
2. 位於英國水庫，利用風力混合式曝氣機使整個水體循環將水庫的分層打破，同時曝氣提高水庫底部溶氧。
3. 至於日本數家株式會社合作研發密度流擴散裝置產品，係混合密度較低水溫較高的表層水，和密度較高水溫較低的底層水，製造中間密度的水。具有中間密度的水，從密度流擴散裝置排放，在表層水與底層水之間，依重力的力量擴散至廣泛範圍，不致於形成短回路，可擴散至廣大範圍(產品目錄，2006)。此裝置於1998年至2004年間在日本三重縣閉鎖型內灣漁場箱網養殖區、茨城縣內霞之浦湖、岡山縣平川壩水庫內等地進行六年間試驗，此設備需使用極大型動力機組與耗用極大電能，一組設備費高達約600萬元，且需裝設在靠近電力供應的水域。在岡山縣平川壩水庫內於2002年至2003年間，自五月上旬啟動設備操作至十月中旬，得知水面下與水深5 m處的溫差由8°C減為4°C，主要成果為降低表層水溫，破壞水溫躍層現象；溶氧分層、葉綠素a分層及透明度改善等也有正面效果。
4. A. Palacio, A. Rodríguez, L. Martínez等(2005)針對墨西哥Zimapan水庫的水質改善研究指出，該水庫平均水深約80 m，底部有厭氧層，熱分層在水深17至20 m間。因此配置高4.6 m、管徑1.2 m的湧升柱體於水深20 m處，以空壓機連接0.7 mm管徑連續供氣至柱體內。出氣口處以6支各0.5 m管徑、3 m長的硬質管水平等角度佈置組成；曝氣量61.6 l/s、各管出氣口處的溶氧可達13 ppm。若忽略水面風速效應，推論可水平擴散至水流方向下游500 m長、4 m寬的距離。
5. 郭等(2005)指出，目前在國內已有多個水庫使用曝氣工法改善水質，如澄清湖及鳳山水庫之曝氣裝置即使用連續揚水裝置，屬於連續式全層循環型式，鳳山水庫尚在表層水裝有散氣設

備，以加強曝氣量。郭等也指出，由國外湖泊水庫整治經驗顯示，要控制湖泊水庫之水質需長期的努力。同時根據營養鹽去除案例結果得知：(1)打破分層及曝氣法在某些水庫內確實可以發揮降低優養化的功能。(2)控制分層方法之實施，需要對水庫水文及水質有相當之了解與即時監控之能力。(3)以風力與太陽能做為動力來源，可以在較廣闊的水庫內設置機具，且節省能源，是可以選擇的方案。

綜合以上文獻得知，曝氣設備均被設計為以單一或少數機組處理極大流量之大型設備高耗能方式。而國外湖泊水庫整治經驗，利用打破分層及增氧曝氣法可有效降低水庫優養化現象。因此，未來即使要使用湧升設備，進行上下水層溶氧及水溫混合，減少水溫分層現象，建立水質分層變化基礎資料將是必須完成的第一步工作。而環保署至今所建立的資料仍不足以提供工程設計所需。因此，本研究調查苗栗縣鯉魚潭水庫上游新開村、金門縣太湖水庫及臺北翡翠水庫上游灣潭等耕作與聚落密集的水區，瞭解水庫的水質垂直分層的特徵差異。

### 三、研究方法

#### 3.1 計測水區狀況與試驗方法

##### 3.1.1 金門太湖水庫

對水庫而言，天候變化會影響水溫，同時改變水中藻類的繁殖速度、光合作用進行及底質的分解速率等，為水中溶氧量變化的重要變因。金門太湖水庫自2005年7月至2006年6月歷經四季的現場研究，針對上下水層溶氧變化與日夜間及季節性差異進行實測。試驗水域的平均水深自夏季約5 m降至春末約3 m全計測面積約14,000 m<sup>2</sup>。研究期間在秋季(2005年11月27-29日)和夏季(2006年5月7-9日)的試驗水域分別發生藻華現象，當時水庫內水深僅約3 m，因此，自清晨6點起每四小時，計測每0.5 m垂直水層溶氧，並作底層水採樣。以下探討藻華發生期間的水質分層特徵。針對太湖在藻華期間所形成的水體狀態，進行包括(1)水區內清晨之表底層溶氧分布直讀計測(使用

直讀式儀器計測1小時)，以及(2)代表測點位置在日夜間之表底層溶氧自計監測(使用自計式儀器計測24小時)等兩項試驗，實測位置如圖1、2所示。此結果可以客觀的比較不同天候狀態造成溶氧與其他水質變化特徵。

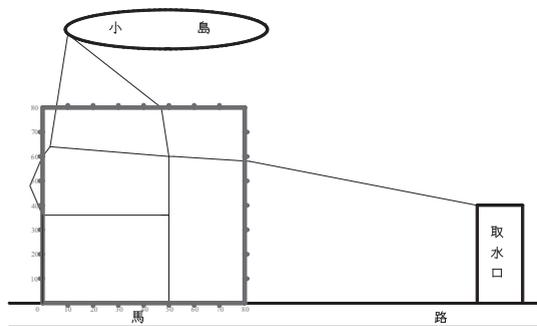


圖1 太湖水庫清晨試驗位置

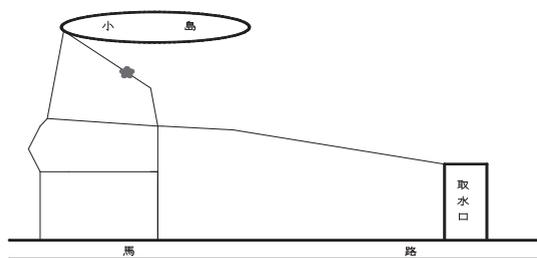


圖2 太湖水庫夜間定點監測

### 3.1.2 鯉魚潭水庫

鯉魚潭水庫的新開村水區的枯豐水期水深變化約達10 m。經由水庫管理中心協助，支援作業船隻與船長及各項現場操作協助，測量日間及清晨時水質分層現象，測點位置如圖3所示；計測氣溫、水溫、溶氧等資料。自2006年9月至2007年7月止共計測八次，整理成四個不同季節的垂直水層水質資料。在冬季上下水層水溫與溶氧均已呈混合均勻狀態，全水層溶氧已達4 ppm以上(圖4)。因此，以下主要探討夏季水質分層的特徵。

### 3.1.3 翡翠水庫

環保署針對翡翠水庫內五個地點，每季一次，調查表水層與底水層的水質資料。臺北翡翠水庫管理局則在水庫內八個水區地點，每月一



圖3 鯉魚潭水庫垂直水層水溫與溶氧計測位置(△表測點位置)

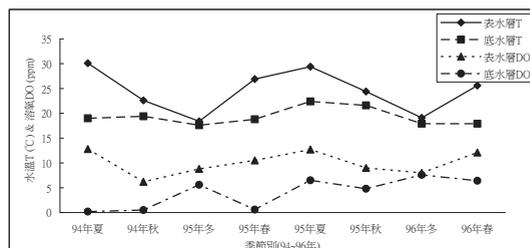


圖4 鯉魚潭水庫表底水層水溫與溶氧變化圖(2005至2007年，整理自環保署資料)



圖5 翡翠水庫水質採樣位置圖

次，調查表水層的水質資料(圖5)。本研究彙整近十年來臺北翡翠水庫管理局在大壩水區與灣潭水區建立之總磷(TP)、葉綠素a (Chl-a)及透明度(SD)等水質資料，並計算卡爾森指數(CTSI)。比較兩個水域的水質特徵相近狀況。且主要整合文獻與實測大壩水區與上游灣潭水域，在不同水深的水質分層特徵。可作為後續探討灣潭水區水質管理策略用之基礎資料。

### 3.2 水質計測用儀器

(1)YSI 6600 EDS多功能水質計測儀進行直讀監測，量測包含溫度、溶氧、深度等數值，儀

器測量深度限制為30 m。其他儀器包括德製 OXYGUARD與自製溶氧感測頭及三用電表、數位溶氧儀、台製HOB0多點式電壓資料自動記錄器。

- (2) 葉綠素a：視水中浮游藻類密度採取近表水層約100至4000 ml，並記錄採樣體積、採樣時間及地點等。依環保署環境檢驗所水中葉綠素a檢驗方法-丙酮萃取法及NIEA E507.01T方法分析。
- (3) 計測儀器：12點自計溶氧感測裝置(DO)、酸鹼度儀PH、氧化還原電位儀ORP、溫度計測用熱電偶線(0.01℃)及Elite電子式溫度計(0.1℃)、電表(0.1 mA讀數)等。
- (4) 記錄儀器：美製CR10記錄器兩台及手提電腦一台。紀錄器可同時紀錄12個資料，並可經由電腦連線自動讀取。
- (5) 採樣設備：橡皮艇二艘。

#### 四、結果與討論

##### 4.1 金門太湖水庫季節別水質垂直分層現象

由於金門的湖庫規模小，蓄水不易流動，極易受農田、家庭廢水或雨後地表逕流污染，造成藻類繁殖，產生湖庫優養化現象，影響飲用水水源之水質。太湖水庫夏季水深約5 m，得知藻類多浮游於約2 m以內上水層，尤其在表水1 m內的密度最高。在光合作用減緩後，水深2 m以下的下水層溶氧即迅速降低。底水層明顯缺氧，清晨時降至2 ppm以下，甚達近厭氧狀態。確定太湖水庫的底水層應考慮進行長期有效的增氧改善。在2005年11月及2006年5月兩季的試驗期間，太湖水庫發生藻華，透明度過低易阻礙水生植物行光合作用，在下午四點開始的底水層即出現溶氧偏低現象。以Carlson優養化指數及下水層溶氧指標分別整理太湖水庫藻華期間之水質特性，結果示於表1。

在2006年5月發生藻華時，不同時間、不同水深的垂直水層溶氧變化，整理於圖6，可探討溶氧分層與藻華聚集水層及與時間變化的關係。得知，太湖的水體表層與底層之溶氧飽和度於藻華時相差甚劇，清晨時表水層與底水層的溶氧急

表1 太湖水庫之水質特性

水庫區域		太湖		
藻華現象	2005年11月28日		發生藻華	
	2006年5月7日		發生藻華	
營養化狀態 Carlson 優養指數 (CTSI)	2006年 5月7日 清晨	水溫(°C)	21.2	
		透明度(m)	0.35	
		總磷(μg/l)	170	
		葉綠素a(μg/l)	121	
		CTSI	77	
		優養化狀態	優養水質	
下水層溶 氧指標 (ppm)	2005年 11月28日	AM6	表層	11.0
			底層	2.0
	2006年 5月8日	PM2	表層	12.3
			底層	4.0
		AM6	表層	9.4
			底層	1.9
PM2	表層	13.7		
	底層	4.8		

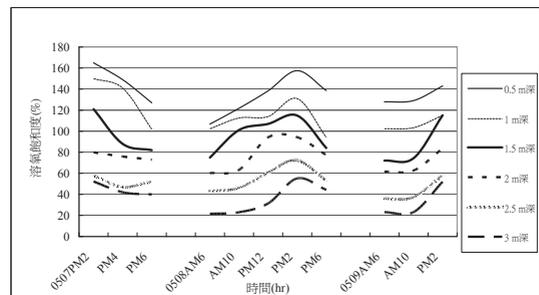


圖6 太湖水庫在發生藻華三日間的垂直水層溶氧變化(2006年5月7日~9日，日間最高水溫24℃，飽和溶氧8.25 ppm)

遽變化臨界點約發生在水深1.5~2 m處，隨著太陽升起，藻類行光合作用產生氧氣，水體藉由擴散作用將氧氣均勻散佈，使得日間溶氧急遽變化臨界點之水深增加至2.5~3 m處。在清晨6點的溶氧飽和度最低，下午2點飽和度達最高，傍晚後逐漸下降，夜間由於大量藻類、微生物行呼吸作用，及水中有機物質進行耗氧分解，造成溶氧迅速降至最低。此圖為連續三天在太湖水庫內同一定點，在不同時間、不同水深之溶氧飽和度，可得知不論晨昏晝夜，在水深2.3 m以下底水層的溶氧飽和度幾乎都低於50%。

圖7至圖8為無增氧設備的測區內代表測點在發生藻華時的日夜間溶氧飽和度變化圖。圖7

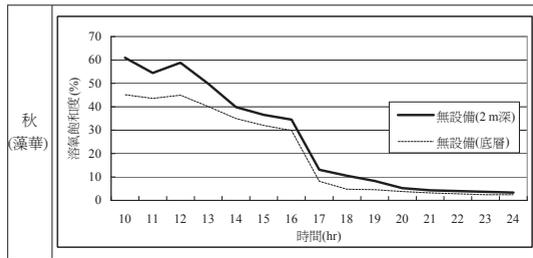


圖7 太湖水庫秋季溶氧飽和度之日夜變化圖(2005年11月28日Am 10~Pm 24, 晴)(日間最高水溫20℃, 飽和溶氧8.84 ppm)

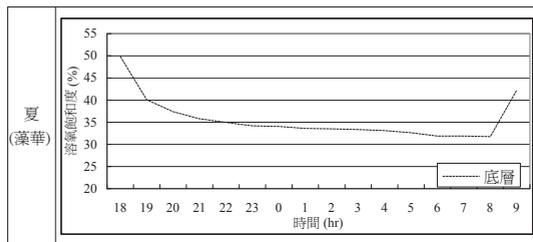


圖8 太湖水庫夏季底層溶氧飽和度之日夜變化圖(2006年5月7日Pm 18~8日Am 9, 晴)(日間最高水溫24℃, 飽和溶氧8.25 ppm)

顯示2005年11月28日的下午, 由於氣溫突然降低, 太湖發生倒藻現象, 藻類大量死亡, 自黃昏起一小時內, 水中底層溶氧飽和度自30%驟降至10%以下, 顯示上水層與底層底質含大量有機物質持續進行耗氧反應。圖8顯示在夏初2006年5月7日太湖發生藻華, 5月8日仍在藻華茂盛期, 雖然夜間底層有機物質進行耗氧反應, 底層溶氧飽和度在清晨雖僅降低至24~30%, 但低於平均溶氧飽和度27.3%的面積高達72.3%。以上結果顯示太湖水庫於夏、秋二季受到藻華影響, 日夜間溶氧飽和度差異大。因此, 可確定太湖水庫的底水層應考慮進行長期有效的增氧改善。

#### 4.2 鯉魚潭水庫季節別水質垂直分層現象

苗栗縣三義鄉鯉魚潭水庫現場, 集水區中游為一高密度開發農業區, 大多為非點源污染(環保署, 2005)。圖9為鯉魚潭水庫四個不同季節的水溫和溶氧分層變化。新開村水域水深變化為夏季枯水期15 m至冬季豐水期25 m。得知冬季期間不論清晨或中午, 上下水體呈混合均勻狀況, 水深25 m內的水溫、溶氧、葉綠素a等水質

均為相近值。高氣溫的夏季期間則可明顯看出水體的分層, 在水深約6 m處, 水溫、溶氧產生很大變化, 葉綠素a則在水深15 m處突然下降。春末及秋初期間的水體分層現象雖不像夏季明顯, 但仍有分層現象, 水溫與溶氧在水深10 m內均呈緩慢下降, 可看出水體已經開始產生翻攪。因此, 若要進行上下水體混合, 可將水體混合裝置的出水口位置配置於水深6 m至12 m間, 水體混合裝置的入水口位置則配置於近底水層處, 以探討打破此水層水體的能力。

#### 4.3 翡翠水庫季節別水質垂直分層現象

研究得知翡翠水庫水質近十年變化, 在1997至2004年間, 大壩水區的TP有逐年上升的趨勢, 自2005年才逐漸下降; 而SD在2002年之後逐年提高, 一直維持在貧養及普養之間; Chl-a則維持在普養區。至於翡翠水庫上游的灣潭測站, 為上游支流匯入後與水庫交接位置, 從該測站資料可瞭解上游水源的水質狀況。整理於圖10。該測站的TP在1997年至2002年的變化也呈現上升的趨勢, 而在2002年後則有TP下降、SD上升、Chl-a穩定的趨勢, 與翡翠水庫整體水質的趨勢大致相同, 顯示灣潭水區的水質變化可視為翡翠水庫水質變化的參考點。因此本研究主要整合文獻與實測大壩水區與上游灣潭水域, 在不同水深的水質分層特徵, 整理於圖11與圖12。可作為後續探討灣潭水區水質管理策略用之基礎資料。

由圖11得知, 2006年夏季日間的大壩水區之水溫分層發生於0~20 m水深間, 溫差約5℃; 至於大壩水區的溶氧分層發生於8~12 m水深間, 在日間的表水層至水深30 m均為過飽和, 若考慮調整此水層內的溶氧, 可利用抽取40 m水深以下水體進行混合, 但在進行水體混合之前, 需確認不會造成水體優養化發生。以上物理操作方法, 以調整表水層水溫較為經濟, 可以使用低動力湧升裝置進行上下層水體交換。

由圖12得知, 2008年11月日間的上游灣潭水區之水溫分層與溶氧分層均發生於14 m水深以下, 溫差約3℃, 溶氧差約3~4 ppm, 在日間的表水層至水深5 m均為溶氧過飽和。

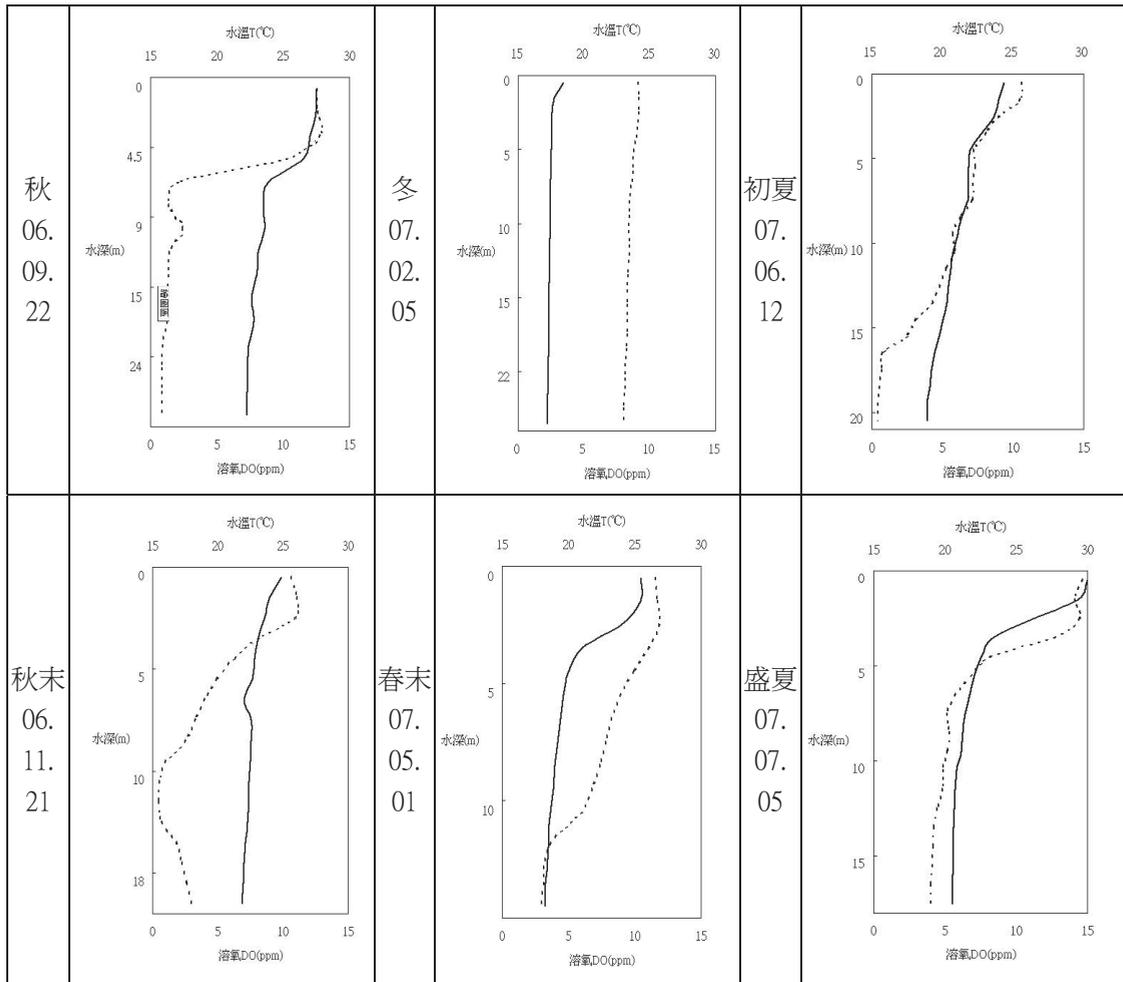


圖9 水庫新開村水域的季節別水質分層特徵(本研究資料)(—：水溫T；...：溶氧DO)

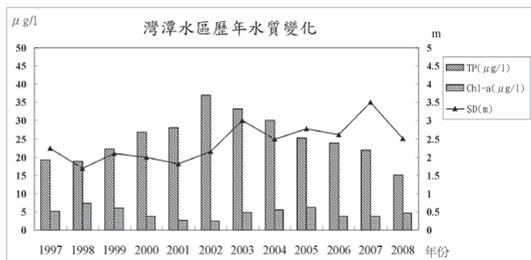


圖10 近十年翡翠水庫灣潭測站表水層年平均水質變化(本研究彙整自翡翠局資料)

## 五、結論與建議

### 5.1 結論

1. 太湖水庫在全年測試過程未出現溫度分層現

象，上下水層溫差僅約 $0.3^{\circ}\text{C}$ 以內，然而溶氧分層現象明顯。因此，得知不需處理溫度分層問題，主要以改善上下水層溶氧差異為後續研究重點。

2. 太湖水庫在研究期間內的秋季2005年11月與夏季2006年5月發生兩次藻華現象，由日間溶氧的垂直分布特徵得知，藻類多浮游於約2 m以上之表水域，尤其在表水1 m以內的密度最高。因此在光合作用減緩的下午四點後，水深2 m以下的底水層溶氧即迅速降低。底層水域有明顯缺氧的情況，清晨時降至 $0\sim 2\text{ ppm}$ 。
3. 在夏季藻華期間，太湖的表底水層溶氧飽和度相差甚劇，清晨表底水層的溶氧急遽變化臨界點約發生在水深1.5~2 m處，隨著藻類行光合

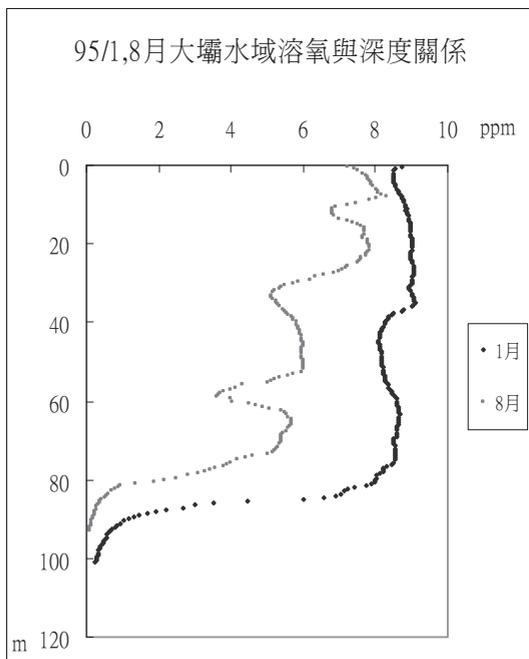
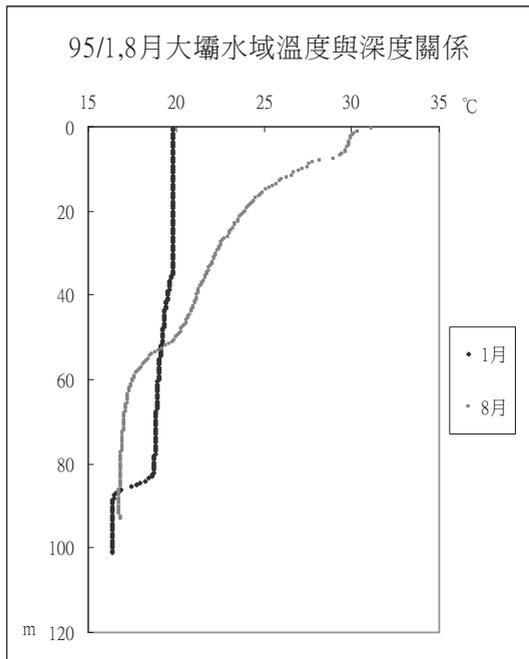


圖11 翡翠水庫下游大壩水域的水溫、溶氧之垂直分層變化(資料來源：臺北翡翠水庫管理局，2006年冬夏季日間資料)

作用產生氧氣，水體藉由擴散作用將氧氣均勻散佈，使得溶氧急遽變化臨界點之水深增加至2.5~3 m處。此結果可作為日後配置增氧設備

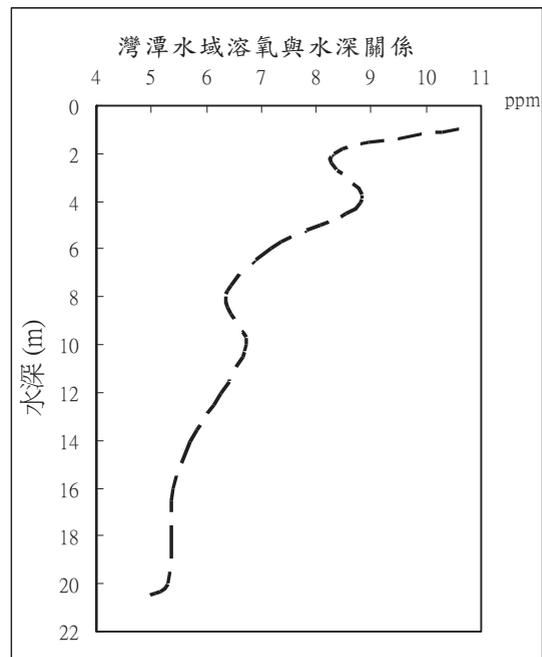
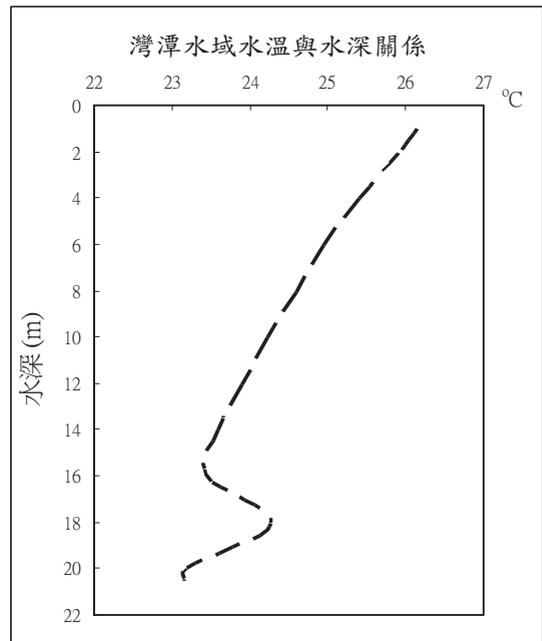


圖12 翡翠水庫上游灣潭水域的水溫、溶氧之垂直分層變化(2008年11月03日上午11時實測)

位置的依據。

4. 本研究建立鯉魚潭水庫新開村水域在不同季節的垂直水深之水質變化。冬季期間，水深30 m內的水溫與溶氧，全日均呈相近值。高氣溫的夏季則可明顯看出水體的分層，在水深約6 m

處，水溫與溶氧產生很大的變化，葉綠素a則是在水深15 m處突然下降。春末及秋初期間的水體分層現象雖然不像夏季明顯，但仍有分層現象，水溫與溶氧在水深10 m以內均呈緩慢下降，可看出水體似乎已經開始產生翻攪。

5. 鯉魚潭水庫顯示在水質分層季節期間，極適合以水體混合裝置進行上下水層交換對流，以提高底層水溶氧與破壞適合藻類繁殖的水溫分層現象。在鯉魚潭水庫內約自每年4月中旬至10月上旬期間為水質分層季節。
6. 由2006年至2008年翡翠水庫水質季節變化與水域別分析得知，透明度與葉綠素a濃度顯示，下游大壩水質最佳，漸往上游卡爾森指數有略為上升的趨勢；而總磷濃度高低則與季節別、水域別無明顯的相關性。從水庫歷年水質分析結果顯示，水庫水質卡爾森指數皆處於普養狀態，顯示水庫水質狀況良好，尚不需要為了穩定水質而規劃水質改善之急迫性。

## 5.2 建議

1. 臺灣的水庫自春末至秋末期間，由於水體明顯分層現象，有必要配合水庫的取水口水深位置、或容易產生藻華現象的水層，改善重要水層的水質。
2. 由於國內各水庫水質的垂直水深分層特徵不同，鯉魚潭水庫分層水深主要發生在6 m至15 m間，而翡翠水庫因透明度較高，分層水深主要發生在12 m至20 m間。因此，為明確把握流出水庫的自來水源品質，建議鯉魚潭水庫管理局利用現有裝置於近大壩表水層的水質自計監測儀器，設計為可以使用自動升降式水質自計儀，自表水層至水深15 m間緩速移動，長期自動監測近大壩處的水質分層變化資料。由於可自動升降式水質自計儀的消耗動力極小，可使用太陽能動力組成水質自動監測系統。

## 參 考 文 獻

- (1) 行政院環保署九十四年水庫年報 <http://www.epa.gov.tw>。
- (2) 行政院環保署，2005，「環境水質監測年報—水庫水質篇」，貳-34。
- (3) 郭振泰、吳俊宗等，2005，「以生態工法淨化水庫水質控制優養化研究(一)」，環保署委辦計畫成果報告。
- (4) 日本產品，2006，「密度流擴散裝置」目錄資料。
- (5) APHA., 1980, "Standard Methods for the examination of water and wastewater," American Public Health Association, p360-361.
- (6) Arturo Palacio, Alejandro Rodríguez, Laura Martínez, 2005, "Assessment of the performance of an hypolimnetic aerator employing a water quality model".
- (7) Cooke G. D., E. B. Welch, S. A. Peterson and P. R. Newroth, 1993, "Restoration and Management of Lakes and Reservoir," Lewis Publishers.
- (8) Peterson S. A., W. L. Smith and K. W. Malueg, 1994, "Full-scale harvest of aquatic plants: nutrient removal from a eutrophication lake," Journal of Water Pollution Control Federation, Vol.46, 679-707.
- (9) 美國田納西流域管理局網站，2006，<http://www.tva.gov/index.htm>。
- (10) 侯文祥，2006，「金門縣水體水質改善—低造價增氧研究」，金門縣自來水廠委託技術服務計畫成果報告。
- (11) 行政院環境保護署環境檢驗所，1994，「水中葉綠素a檢驗方法-丙酮萃取法」。NIEA E507.01T。
- (12) 譚義績、侯文祥，2005，「桃園農田水利會灌區蓄水池水質監測及改善示範計劃」，桃園農田水利會委辦計畫成果報告，國際灌溉排水協會中華民國國家委員會，p9-13。

收稿日期：民國 98 年 10 月 02 日

修正日期：民國 99 年 04 月 26 日

接受日期：民國 99 年 06 月 18 日