

再刊編號：17
Reprint No. 17

抽印自 臺灣水產學會刊
第8卷 第1期
Reprinted from
Journal of the
Fisheries Society of Taiwan
Vol. 8(1), pp. 7-11, 1981

17

曾文水庫溶氧量與微生物數量之垂直分佈

陳 建 初

Study on the Vertical Distributions of Dissolved Oxygen
and Heterotroph in the Tsengwen Reservoir

Jiann-Chu Chen

農委會補助計畫編號：
70 農建-5.1-產-32(6)

曾文水庫溶氧量與微生物數量之垂直分佈

陳 建 初

Study on the Vertical Distributions of Dissolved Oxygen and Heterotroph
in the Tsengwen Reservoir

Jiann Chu CHEN

(Received July, 1981)

In this paper, author dealt with the studies on dissolved oxygen (DO) and heterotroph in the Tsengwen Reservoir.

In October, DO was abundant but the heterotroph was less in the epilimnion. Below 5 m where the thermocline began to appear, DO gradually decreased and was 1.0 ppm at the lower strata of the thermocline from 10 m to 15 m in depth, but the heterotroph had the higher level from 10 m to 30 m and with the highest level of 220×10^3 counts/ml at 15 m. The thermocline showed to have higher conductivity than the epilimnion and hypolimnion.

In April, the strata below 14 m belonged to hypolimnion. DO at epilimnion and thermocline was higher than that at hypolimnion. Generally the number of heterotroph had larger than that appeared in October and was found having more abundant at 13 m or 15 m.

Concerning the vertical distribution in number of heterotroph, there was no apparent difference between down and toward evening. Usually conductivity at epilimnion and thermocline was little higher than that at hypolimnion. A lot of organic substances such as broken plankton or organic debris precipitated and suspended on the upper layer of hypolimnion where the water had higher specific gravity and lower temperature. These organic substances were decomposed by heterotroph in this area into inorganic compound which might be dissolved and dissociated in water and at the same time a larger amount of DO was consumed. This might be the reason why heterotroph appeared in larger quantity at upper layer of thermocline and lower layer of hypolimnion and DO and conductivity varied so much in the Tsengwen Reservoir.

前 言

近年來政府全力地推動湖沼及水庫之人工魚苗放流及箱網養殖以期增加養殖魚的生產量。曾文水庫為本省最大的水庫，由過去之調查結果⁽¹⁾發現於4月至10月間有明顯的變溫層存在，同時溶氧量於此層會有急遽減少的現象，到了變溫層的最下緣溶氧量往往僅有1.0 ppm左右而已。變溫層以下，溶氧量則又逐漸增加。這種顯著的耗氧層 (Deoxygenal layer) 出現以及溶氧量減少以後再增加之情形，可能與水庫微生物數量以及動植物性浮游生物有關，因此先就其溶氧量與微生物數量之垂直分佈做初步研究。

國立臺灣海洋學院養殖學系

Department of Aquaculture, National Taiwan College of Marine Science and Technology, Keelung, Taiwan, 200, Republic of China.

材料與方法

Fig. 1 為曾文水庫的輪廓圖，St. 1 為採樣點，統一公司與曾文水庫管理局在此設置箱網，養殖吳郭魚。1980年10月15日和1981年4月8日及9日，於現場用北原式採水器採取各不同水深層次的水後測定水溫，溶氧量，pH及導電度，同時另外取試水後放入於事先殺菌過的試管內，然後置於冰櫃內，即刻帶回實驗室做微生物之定量實驗，各項之測定方法如下：

- (1) 水溫：用北原式採水器採水上來後，立即用 50°C 刻度之酒精溫度計放入採水器內測定水溫。
- (2) pH 值：用美國 Photovolt 公司 126A 型 pH 儀器測定。
- (3) 溶氧量：用美國 Delta 公司 2110 型溶氧量儀器測定。
- (4) 導電度：用美國 Delta 公司 1014 型導電度計測定。

(5) 標準平板計數法 (Standard plate count)：依照 Standard methods 方法⁽²⁾，即將帶回來之各組試水各取 1 ml，以滅菌過的緩衝溶液做三階段的十倍稀釋，然後取 10^2 及 10^3 倍稀釋液各 1 ml，以平板計數培養基 (Plate count agar) 做倒皿平板培養，放置於 $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 的恆溫箱中，經過 48 ± 3 小時之培養後，計數培養基上之菌落數，換算求出每 1 ml 試水中之菌落數，記為 standard plate count。

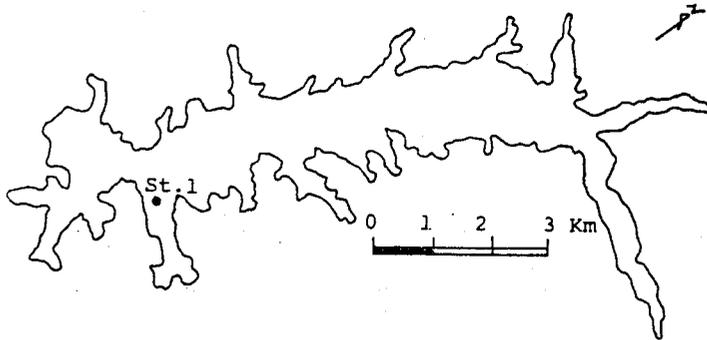


Fig. 1. Representative sampling station of the Tsengwen Reservoir.

結果與討論

Fig. 2 為曾文水庫 1980 年 10 月 15 日當日水溫，pH，導電度、溶氧量及微生物數量的垂直變化情形，由水溫的變化可知由 0 公尺到 5 公尺為表水層，5 公尺到 30 公尺為變溫層，30 公尺以下為底水層。表水層之溶氧量約在 7.0 ppm 以上，5 公尺以下隨著水深溶氧量逐漸減少，到了變溫層之 10 公尺到 15 公尺之間約只有 1.0 ppm 而已，15 公尺以下又隨著深度增加溶氧量又再逐漸升高，到了水深 40 公尺以下溶氧量又再下降，此與過去所做的結果一樣⁽¹⁾。微生物數量在表水層較少約有 50×10^3 counts/ml，10 公尺到 30 公尺之間則較多，最多達 220×10^3 counts/ml，30 公尺以下微生物數量減少，40 公尺處只有 25×10^3 counts/ml，40 公尺以下又再繼續增加至最底層之 56 公尺處微生物數量有 100×10^3 counts/ml。導電度在表水層較少約有 $260 \mu\text{mhos/cm}$ 。由變溫層之 5 公尺起逐漸增大，尤其以變溫層之 5 公尺到 15 公尺之間最大，約有 $290 \mu\text{mhos/cm}$ 。至於底水層則更少約只有 $200 \mu\text{mhos/cm}$ 。pH 皆在 7.0~8.0 之間，表水層稍高，底水層稍低，但跟溶氧量、水溫以及導電度之變化情形一樣也是於 5 公尺到 15 公尺之間變化最大。

由標準平板計數法所培養的為好氣性和通性嫌氣性異營性細菌 (Aerobic and facultative anaerobic heterotrophic bacteria)⁽²⁾。一般當水中此種微生物數密度高時，則會消耗大量的氧氣，導致水中溶氧量減少⁽³⁾。曾文水庫於水深 10 公尺到 30 公尺之間有較多的菌落數，一般水在攝氏 4 度時比重最大，4°C 以上時隨著溫度增加比重變小，由 Figs. 2-4 可知曾文水庫之水溫由表水層至底水層

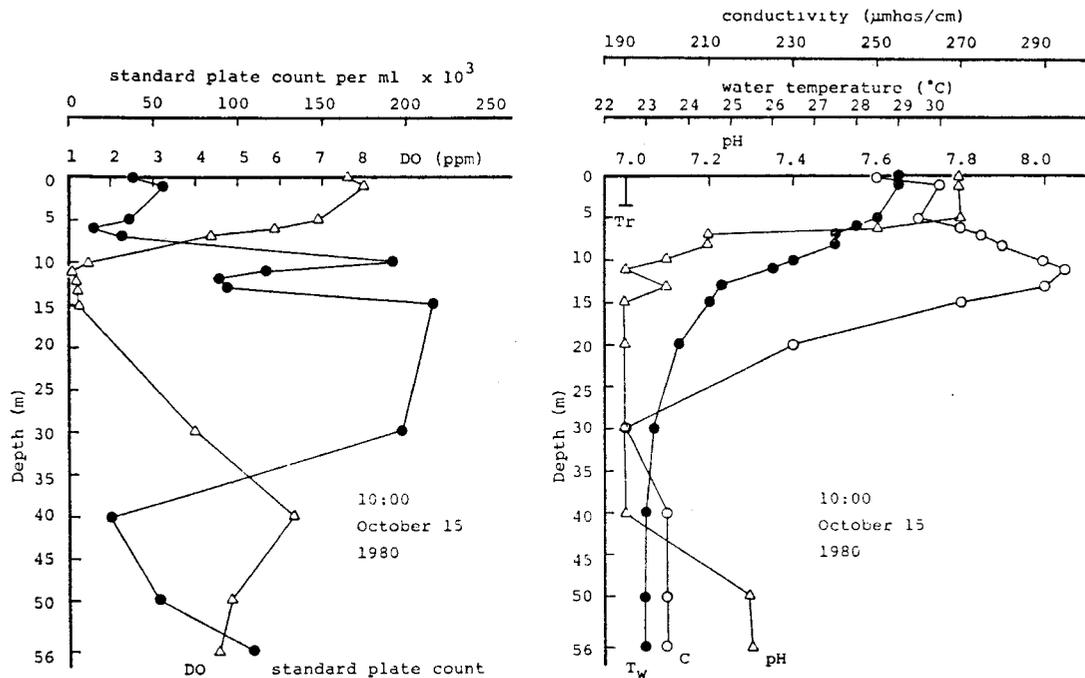


Fig. 2. Transparency (T_r) and vertical variations of water temperature (T_w), pH, conductivity (C), dissolved oxygen (DO) and number of heterotroph in the Tsengwen Reservoir.

一直在下降，比重小高溫的水在上；比重大低溫的水在下成一明顯之上溫層 (Anothermy) 或正列成層 (Direct stratification) 存在，由表水面至 30 公尺水深處，水溫一直下降，比重也慢慢增大，由 30 公尺到最底層之 56 公尺水溫更低而且維持在 23°C，比重也最大。由於水中一旦有機物質存在時會受到微生物分解形成無機鹽類，無機鹽類在水中解離成爲離子具有導電的性質，知 Fig. 2 悉導電度於 5 公尺到 15 公尺較大，因此筆者認爲可能由於水中動植物性浮游生物之屍體及有機碎片沉澱下來，由於表水層及變溫層比重較小，懸浮於水溫較低比重較大之底水層之上緣，受到微生物的分解，使得溶氧量降低。又因微生物數量增加，有機質受到分解成爲無機鹽類溶解於水中之速度也加快，使得導電度增加。

Fig. 3 及 Fig. 4 分別爲 1981 年 4 月 8 日傍晚 6 點以及 4 月 9 日早上 6 點所調查之結果，其間相隔 12 個小時，由 5 公尺到大約 14 公尺之間隨著水深之增加水溫一直在下降，爲變溫層。由 14 公尺以下至最底層之 30 公尺水溫均爲一定在 19.5°C，係爲底水層。導電度也是由表水層之 360 μ mhos/cm 開始隨著水深之增加逐漸減小，到了約 14 公尺水深以下至最底層大約保持一定爲 300 μ mhos/cm。而且傍晚與清晨兩次測得之結果大致相同。溶氧量傍晚時由表水面之 8 ppm 左右漸降至水深 8 公尺處爲 5.3 ppm，8 公尺以下稍有增加但變化很小，而清晨時由表水面之 9 ppm 漸降至 8 公尺之 7.1 ppm，8 公尺以下至 15 公尺稍有增加但變化不大，18 公尺處溶氧量突降爲 4.0 ppm，20 公尺以下則又保持 6 ppm 左右。由 Figs. 3-4 可知最低的水溫第 1 天之下午 6 點爲由 1.4 公尺起，但第 2 天早上 6 點爲由 18 公尺起，最低導電度也由下午 6 點之 16 公尺起變成第 2 天早上 6 點之 14 公尺起，溶氧量也是以第 2 天之早上 6 點較前 1 天晚上 6 點者稍爲高，表示在此短暫時間內水有由表水層往下流動之情形，這種現象可能是由於晚上因爲氣溫下降及表水層水蒸發造成比重增加，表水層往下流，詳細有待進一步之研究。至於微生物數量一般各水層皆較 10 月時爲多，傍晚與清晨微生物數量之垂直分佈，稍爲有點變化，雖然一在 15 公尺最多，一在 13 公尺最多，但不明顯可能沒有很大的差異，

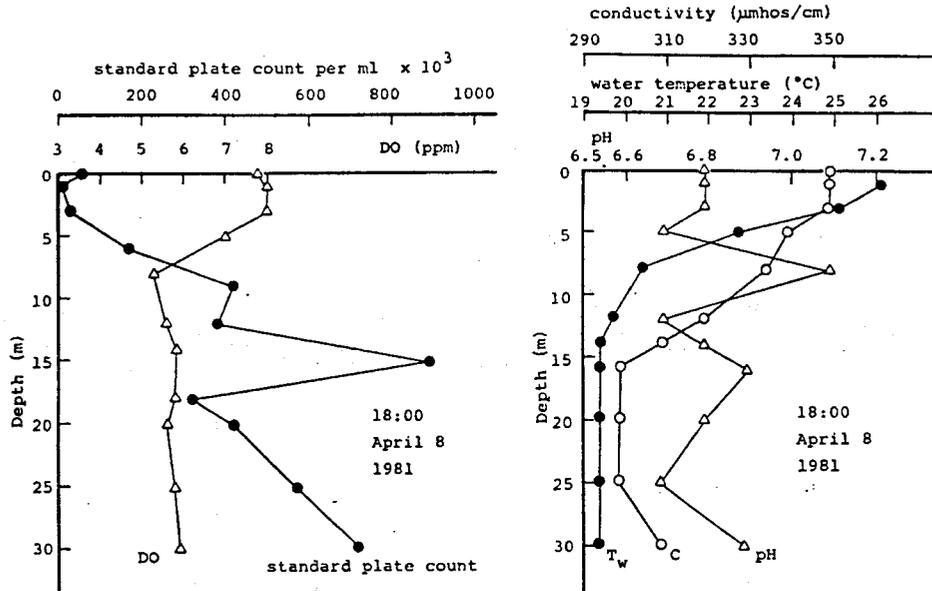


Fig. 3. Vertical variations of water temperature (T_w), pH, conductivity (C), dissolved oxygen (DO) and number of heterotroph in the Tsengwen Reservoir.

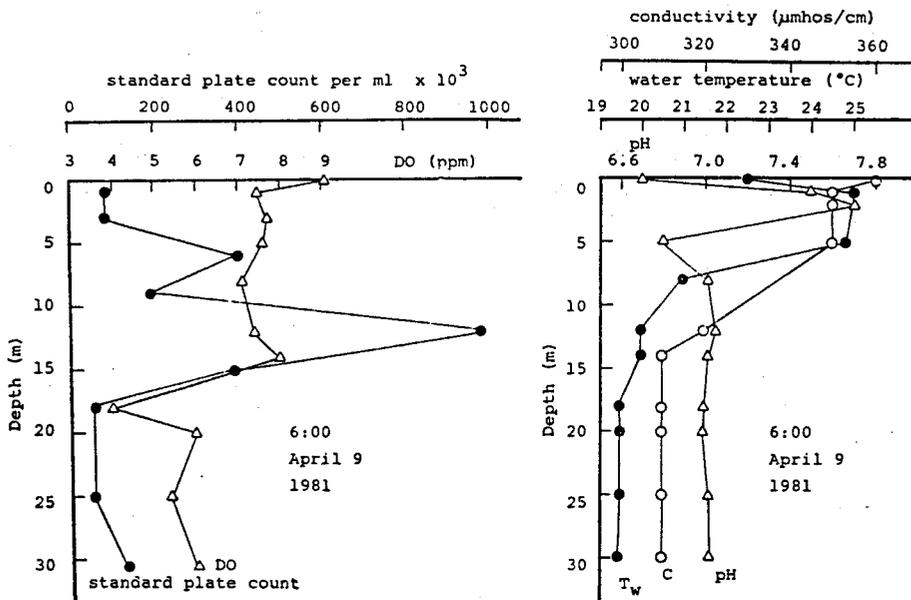


Fig. 4. Vertical variations of water temperature (T_w), pH, conductivity (C), dissolved oxygen (DO) and number of heterotroph in the Tsengwen Reservoir.

但均在底水層之上緣部分微生物量最少。因此由於動植物性浮游生物之屍體及有機碎片沉澱下來，懸浮水溫較低且比重較大之底水層上緣，受到微生物之分解以致微生物量增加，再次得到證實。但是溶氧量確不一定在微生物量最多之那一水深處最少，從 Figs. 3-4 之變溫層看來皆以 8 公尺處較少，另外由 Fig. 2 也可知悉溶氧量最少之水深處大概為在與微生物量較多水層之相同水層或較上之水層，關於溶氧量與微生物量之研究於蘇俄之 Glubokoye⁽⁴⁾ 湖也曾經有此現象，而且其溶氧量最少之水深處也在微生物最多之水深處之上層，此乃一相當有趣之問題，至於溶氧量與微生物一年中之變化，連同營養鹽如 COD 等之垂直變化，以及微生物相之垂直變化情形目前正在繼續進行研究中。

結 論

1. 曾文水庫中溶氧量之垂直分佈與微生物數量及導電度有關。
2. 曾文水庫有明顯之變溫層出現，在此一水層除了水溫外，溶氧量，pH、以及導電度均急劇變化。
3. 曾文水庫水中比重小水溫高之水層在上，比重大水溫低之層在下，成一正列成層。
4. 變溫層以下至最底層之水溫維持一定成一較安定之底水層。
5. 水庫中動植物浮游生物之屍體及有機碎片沉澱下來，懸浮於比重大水溫低之底水層之上緣受到微生物之分解，使得微生物量於變溫層之下緣及底水層之上緣增加。
6. 有機物質在此一水層也因受到分解，成爲無機鹽類溶解於水中解離，故導電度增加。
7. 溶氧量最少之水深處大概爲在相當於微生物量最多時之水深處或稍爲上方之水層。

摘 要

本篇乃就曾文水庫溶氧量與微生物數量之垂直分佈做初步調查之結果。10月間於表水層 (Epi-limnion) 溶氧量高，微生物數量少，由水深 5 公尺起開始之變溫層 (Thermocline) 溶氧量逐漸降低，至變溫層之下緣約只有 1.0 ppm 左右，而微生物數量則以 10 公尺到 30 公尺較多，最多爲 15 公尺水深處達 220×10^3 counts/ml，且導電度於變溫層爲 270~290 μ mhos/cm 較大，於底水層 (Hypolimnion) 較小爲 210~230 μ mhos/cm。4月時，水深約 14 公尺以下屬於底水層，溶氧量於表水層及變溫層較高，底水層較低，一般說來微生物量較 10 月時爲多，其垂直分佈則以 13 公尺或 15 公尺處較多，傍晚與清晨微生物數量的垂直分佈雖然稍有差異但不很明顯。導電度由表水層到變溫層較大，由約爲 360 μ mhos/cm 到 310 μ mhos/cm，底水層較小爲 310 μ mhos/cm。由於動植物性浮游生物之屍體及有機碎片等沉澱下來，懸浮於比重較大之底水層的上緣附近，受到微生物的分解，消耗大量的氧，使得微生物數量於變溫層之下緣及底水層之上緣較多，溶氧較少。

謝 辭

本論文爲農發會補助計劃之一部分，計劃編號爲 70 農建 -5. 1-32(6)；謹向農發會表示最大謝意，並感謝農發會袁柏偉組長及李健全博士之建言。另外實驗期間得養殖系陳嫩珍同學，助教鄧建華以及水族環境研究室助理劉秉忠之協助在此一併致謝。

參 考 文 獻

1. 陳建初、劉秉忠 (1980)：珊瑚潭與曾文水庫湖沼學之基礎調查研究。臺灣水產學會刊，7：14-20。
2. RAND, M. C., A. E. GREENBERG and M. J. TORAS (1976). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, Washington, D. C.
3. RAO, S. S. and A. A. JURKOVIC (1979). Relationships between Bacterial Populations and Oxygen Levels in the Central Basin of Lake Erie, J. Great Lakes Res. 5(2), 225-228.
4. HUTCHINSON, G. E. (1975). A Treatise on Limnology, Vol. 1, Pt. 2, Chemistry of Lakes, p. 615, John Wiley & Sons, Inc., New York.