

養殖池水體環境之基礎研究 (I) —

圓形養殖池遮蔭及保溫措施之溫度效應

The Study of Water-Body Environment of the Pond(I)—

Thermal Effect of the Circule Pond with Different Types.

國立臺灣大學農業工程學系助教

侯 文 祥*

Wen-Shyang Hou

Abstract

Depressing or increasing temperature facilities of aquatic pond in the day and night was studied in Dong-Gaang Aquacultural Research Institute. Temperature at 26 points properly distributed in a model type of circule pond were measured every hour during 19 days (Nov. 13-Dec. 2. '84) by Fluke 2280A Data Logger and T-type Thermalcouple.

The Conclusions are:

1. Aquatic Pond with cover something was better for stable water temperature.
2. At any the same time, water temperature belong to "epilimnion", and its difference attend with air temperature.
3. In high air temperature, strong daylight, covering black net be better; but in opposite type, covering poly loon be better.
4. In increase water temperature at night, cover vinyl cloth was good.
5. To cover polyloon 100% & 75% was the best in stable water temperature.
6. During long hot summer or cool winter, pond must be protected with cover something.

一、緒 言

由於養殖業之生產對象為具有生命的個體，故水體環境控制設計應為養殖池設計過程最重要之課題，鑑於本省目前養殖漁業發展型態正趨向於專業性與大規模經營，將使投資額與經營效率的要求相對提高，故養殖計畫在付諸實現前，各項基礎資料

更需完備。因此，經由科學方法對養殖環境有客觀的認識，才能夠達到投資經濟化、管理效率化、能源節約化等足以增加產量、降低成本、節省勞力的經營方式。

不同飼養魚種各有不同需求之溫度環境分佈，此特徵在孵化池、種魚池及越冬池等養殖池中尤其重要。而不同設施配置及設備提供在目前民間養殖

*農村建築及農村計畫研究室。

業甚且研究單位中，大多以經驗或參考沿用等決定其設計，並無客觀之科學資料以為設計依據。本研究即針對此方面需求，計畫以精密科學儀器測定在不同設施（包括形狀、材料）、不同設備（包括進排水方式，打氣方式）條件下，水體溫度環境之特性，以清楚瞭解池中各不同水深及位置之溫度差異性。依此方式，將得以選擇各地區養殖地適合生長之魚種以及較佳之結構設計方式。本文即為此系列研究之開端。

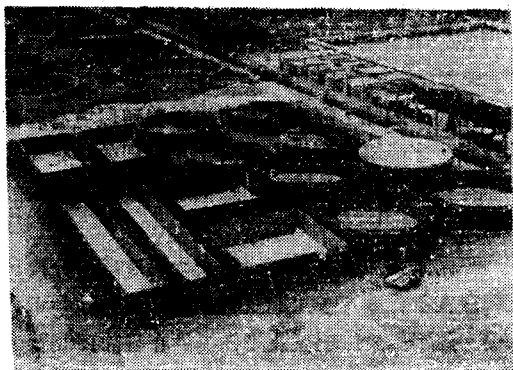
二、測定方法

1. 試驗設計基礎：

基於對魚池物理環境現象的瞭解，認為池中水溫分佈應為各位置不相同，但差異性大小如何？受設施不同（如池形）及設備不同（如進排水方式，打氣方式，保溫、遮蔭材料及措施）之影響大否？亦即養殖池設施與養殖溫熱環境間之相關性如何？由於作者正從事畜舍建築及園藝設施之微氣候環境研究，評估該類設施於本省氣候條件下之實用性，由此引發嘗試以流體熱力學與環境控制工程兩方面學理與技術，並借助精密科學儀器進行此項測定評估之工作。

2. 養殖池概要及附圖：

本次測定之養殖池乃為東港水產試驗分所為進行水體環境測定研究所建造的一系列養殖池，包括圓形、方形、六角形、矩形、長形等不同形狀、配備者之一（見照片一）。圓形池面積 20m^2 ，半徑 2.52m ，地上池結構，池壁材料為木板及保麗龍，內覆蓋藍色 PE 塑膠布，包括直線式進水及中央式進水兩種系統，池高 4 呎，注入水深 1m。配置有驗水及淡水給水管路，且每分水管上均有控制水閥

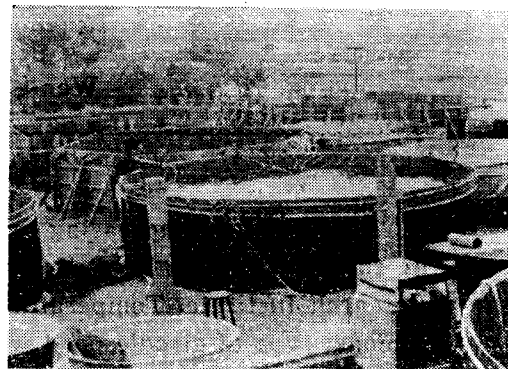


照片一、基地配置圖。

，共計進水口 8 個，排水口兩個。池內均勻佈置有 8 個氣泡石打氣設備。此次測定期間池中注淡水，有打氣，無飼養魚蝦，維持 1m 常態水深。

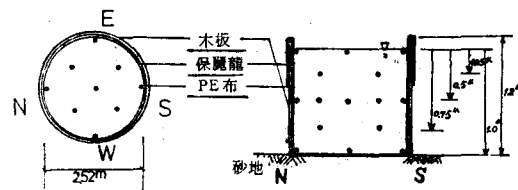
3. 測定裝置：

池內外溫度乃使用 FLUKE 2280 A DATA LOGGER（型號 2280A 資料蒐集系統）及 THERMALCOUPLE（T 型，熱偶補償線）銜接（見照片二），以同步蒐集多點溫度資料。



照片二、測定儀器及測點裝設狀況。

測點裝設位置之選定依據，由於無相關資料可供參考，故以涵蓋池水空間為原則，共選擇 5 個水層，每個水層依水平對稱關係各選定測定位置，計水面下 5 點，水深 0.25m 處 4 點，水深 0.5m 處 7 點，水深 0.75m 處 4 點，水底部 5 點等共 25 點，及池外部距地面 1.5m 處設置 1 點代表池外氣溫，共計 26 個測點。裝設位置圖見圖一。



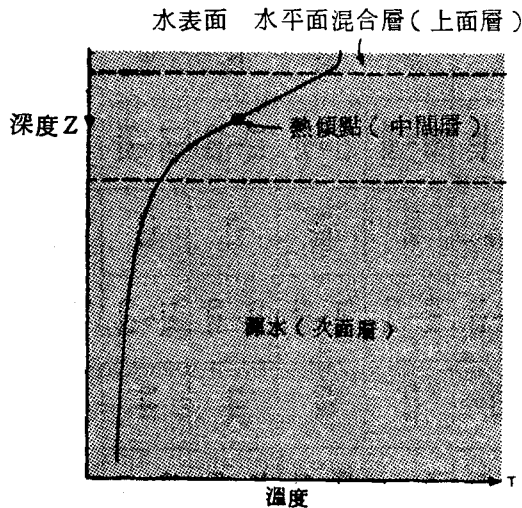
圖一、測點裝設位置示意圖

4. 測定方法：

測定日期於 73 年 11 月 13 日至 12 月 2 日，每 1 小時自動記錄一次，測定項目為池內外之溫度。分別記錄不同養殖池措施組合（包括全無覆蓋，覆蓋黑網、保麗龍及透明塑膠布等不同材料，不同覆蓋面積 25%、50%、75% 及 100% 等）之池內溫度分佈現象。並繪製等溫線以討論之。

三、水體環境溫熱理論

依據定性方法來考慮水體的能量平衡問題，可知水體內的溫度分佈，視其表面所吸收的太陽輻射能、巨觀對流流、表面蒸發的能量損失及水體表面的長波輻射的再放射等而定。一般言，其溫度分佈隨季節而變化。整個水體可區分成三個溫度區，即上面層 (epilimnion)、中間層 (metalimnion) 及次面層 (hypolimnion)，見圖二。各區厚度則與季節、材料、水體生物狀態等因素有關。而造成水體內的溫度梯度主要乃受熱流擴散轉移影響，其熱梯度與輸送現象極關重要，因為在各季節中，它們對營養物、沈澱物、污染物及生物的分佈極有影響。此方面將是日後綜合研究水體物理、化學、生物等環境的重要指標。



圖二、水體中的溫度區分類

至於水體熱能分佈之定量理論，根據 Dake 及 Harleman 推導，考慮厚 dz 的水平流體層，對此過渡加熱過程，其能量平衡式為：

「傳導進入的熱 (包括分子流與擾流) + 垂直巨觀流體所輸送的熱 + 所吸收的輻射熱」 = 「傳導出的熱 (包括分子流與亂流) + 巨觀流體移動所輸送的熱 + 在流體內，隨時間所積聚的熱量」。

以上觀念所涉及之計量理論，吾人將可藉數理模擬理論加以深入探討。

經由以上環境理論瞭解，可分別就不同使用目的，不同條件限制 (如儀器、資料短缺，測定之難

易)，充分發揮各種評估方式之機能，以瞭解水體環境之適宜情況。

四、測定結果與討論

在各種措施下測得之溫度環境分佈結果見表一，以下分別論述之：

(一) 池溫分佈與外氣溫關係 (圖三)：

1. 由資料顯示，池溫與外溫變化大致呈穩定狀態，在白天，水溫受日照影響而上升，較外氣溫上升變化約延遲 2~3 小時，如外溫約 13 時左右最高，而水溫則在 15~16 時間最高。夜間則隨外溫下降而有些微下降變化，如外溫約 6 時左右最低，池溫則在 6~7 時間最低。但池溫受外氣溫變化影響並不大，一般言，午後時間約較清晨時間高約 1-2°C，亦即池溫在白天較外溫為低，夜間則較外溫為高，至於高低程度則與不同措施佈置有關。

2. 資料顯示，池水溫度在白天或夜間的任一時間各位置溫度高低差異均在 1°C 範圍內，顯示此種類型結構物 (內覆 PE 布者) 在水深 1m 時，池水將近於等溫，並無成層變化現象，故均屬於上面層 (epilimnion)，此乃由於對流熱混合產生等溫水層。

(二) 不同覆蓋材料與池溫關係 (圖四)：

1. 覆蓋透明塑膠布，在白天並無使池水增溫現象，而在夜間很明顯的增溫效果良好，較全無覆蓋措施者約可再提高 3-4°C。

2. 在白天，池水受太陽照射後，池水中所儲熱量經由外氣及材料散逸之速率並不明顯，在試驗期間，每日外氣溫由高而漸低，日照亦由強而漸轉弱，發現每日最高池溫由 11 月 13 日之近 29°C 漸降至 11 月 25 日之 24°C，每日最低池溫由近 27°C 至近 23°C，此現象顯示在連續長時間之冬季寒流低溫時期，魚池保溫措施考慮的必要性。

3. 在高外溫，有強日照情況下，以遮黑網效果較佳於覆蓋保麗龍。若外溫較低，日照弱，甚者無日照情況下，則以覆蓋保麗龍效果較佳，可兼具保溫效果。

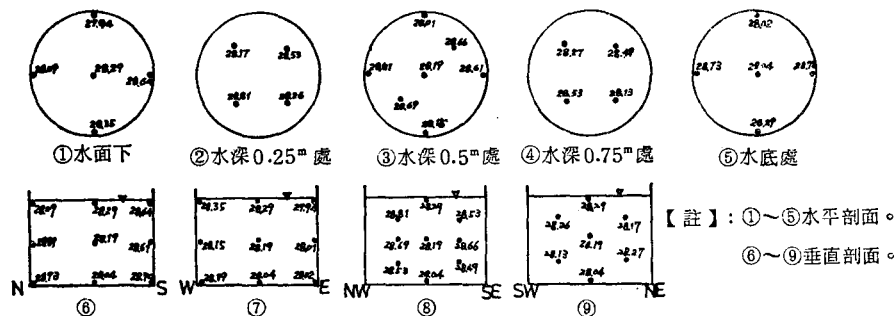
4. 資料顯示，日夜外氣溫差變化愈大者 ($\pm 7 \sim \pm 10^\circ\text{C}$)，池水日夜高低溫差變化亦愈大 ($\pm 0.82 \sim \pm 3.2^\circ\text{C}$)，其中以覆蓋保麗龍 100% 及 75% 兩者最能減低池水溫差變化。

(三) 不同覆蓋面積與池溫關係。(圖四)：

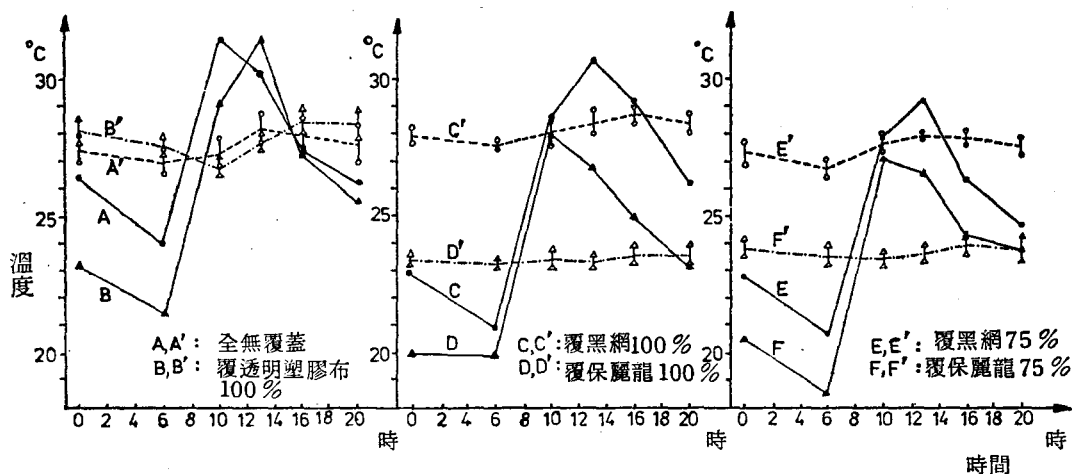
1. 在日夜高低溫差變化方面，覆蓋保麗龍材料

表1. 圓形養殖池溫度環境測定結果一覽表

池 狀 況	測定日期及 時 間	天 氣 狀 況	池 水 日 溫 分 佈 變 化 與 外 溫 關 係												日夜外氣 溫差變化 (最高與 最低)	日夜池水 溫差變化 (最高與 最低)
			0 時		6 時		10 時		13 時		16 時		20 時			
			外 溫	池 溫	外 溫	池 溫	外 溫	池 溫	外 溫	池 溫	外 溫	池 溫	外 溫	池 溫		
1.全無覆蓋	11/13~11/14	晴	26.4°C	27.1°C } 28.0	24.1°C	26.6°C } 27.5	31.6°C	26.8°C } 27.8	30.2°C	27.7°C } 28.7	27.3°C	27.3°C } 28.7	26.2°C	27.0°C } 28.3	6.1°C	2.1°C
2.覆蓋透明塑 膠布 100%	11/14~11/15	晴	23.1	27.8 } 28.6	21.6	27.4 } 27.9	29.1	26.5 } 27.2	31.4	27.4 } 28.0	27.2	28.0 } 29.0	25.6	27.9 } 28.9	9.8	2.5
3.覆蓋黑網 100%	11/15~11/16	晴午後 多雲	22.9	27.8 } 28.3	20.9	27.4 } 27.7	28.6	27.7 } 28.6	30.7	27.9 } 28.8	29.2	28.5 } 29.1	26.2	28.1 } 28.7	9.8	1.7
4.覆蓋黑網 75%	11/16~11/17	晴午後 多雲	22.8	26.9 } 27.7	20.6	26.4 } 27.0	27.9	27.3 } 28.0	29.1	27.8 } 28.1	26.4	27.6 } 28.1	24.8	27.2 } 27.8	8.5	1.7
5.覆蓋黑網 50%	11/17~11/18	晴午後 多雲	20.7	25.4 } 26.1	19.9	24.4 } 25.4	29.3	26.3 } 27.0	30.0	26.7 } 27.4	27.7	26.5 } 27.6	23.2	26.1 } 26.9	10.1	3.2
6.覆蓋黑網 25%	11/18~11/19	晴午後 多雲	22.3	24.4 } 25.4	22.9	24.3 } 25.0	27.7	24.3 } 25.4	30.4	25.4 } 25.9	28.5	25.6 } 26.2	24.0	24.9 } 25.8	7.5	1.9
7.覆蓋保麗龍 25%	11/21~11/22 12/ 1~12/ 2	晴 午後陰	21.4	23.5 } 24.1	18.5	22.7 } 23.2	27.8	22.3 } 23.2	27.0	23.7 } 24.5	25.7	24.0 } 24.6	24.1	23.7 } 24.4	8.5	2.3
8.覆蓋保麗龍 50%	11/22~11/23 11/30~12/ 1	晴 午後陰	19.5	23.1 } 23.8	18.3	22.7 } 23.0	27.6	22.8 } 23.5	27.5	23.5 } 24.2	26.6	23.9 } 24.9	21.3	23.5 } 23.9	9.2	2.2
9.覆蓋保麗龍 75%	11/23~11/24	晴 午後陰	20.5	23.5 } 24.1	18.6	23.1 } 23.9	27.1	23.1 } 23.6	26.5	23.3 } 24.0	24.3	23.3 } 24.3	23.9	23.4 } 24.2	7.9	1.2
10.覆蓋保麗龍 100%	11/24~11/25 11/28~11/30	晴 午後陰	19.9	23.2 } 23.6	19.9	23.1 } 23.4	30.0	23.1 } 23.8	26.8	23.2 } 23.6	25.0	23.3 } 23.9	23.1	23.2 } 23.9	6.9	0.8



圖三、養殖池池溫分佈與外氣溫關係。(措施：覆蓋黑網100%)
(11月15日13時，外氣溫30.71°C)



圖四、不同覆蓋措施下養殖池之平均溫度與外氣溫變化之關係

[註] 1. $\text{---}\triangle\text{---}$, $\text{---}\circ\text{---}$: 養殖池上下限溫度範圍及平均溫度曲線
2. $\text{---}\triangle\text{---}$, $\text{---}\circ\text{---}$: 外氣溫變化曲線

具有穩定水溫日夜變化效果，且覆蓋面積愈大，穩定效果愈高，其中覆蓋75%或100%間並無明顯差異 ($\pm 0.5^\circ\text{C}$ 以內)，此二者均較覆蓋50%及25%者效果為佳。以上均較覆蓋透明塑膠布所造成之日夜高低溫差變化 ($\pm 2.5^\circ\text{C}$) 更具穩定性效果，且前者之鋪蓋過程更為簡易。

2. 以黑網遮蔭降溫效果，在高外溫、強日照情況下效果優於保麗龍材料，雖然遮蔭面積愈大，效果愈高，但差異性並不明顯，主要仍受外日照條件所左右。本次測定，因欠缺日照量資料，故無法客觀討論此二種材料之優異性。

3. 養殖池施以遮蔭或保溫措施，明顯具有減少池水溫差日夜變化效果。

五、結論與建議

1. 戶外養殖池，於夏、冬季高熱或寒流期間，

施以遮蔭或保溫措施，明顯具有穩定池水溫度功能，此資料可提供業者改善現有魚池設備及改善越冬之措施。

2. 在日夜高低溫差變化方面，覆蓋保麗龍材料最具有穩定水溫變化效果，且覆蓋面積愈大，穩定效果愈高，此較覆蓋透明膠布更具效果，亦容易操作。

3. 在高外溫、強日照情況下，以遮黑網效果較佳；若外溫較低、日照弱，則以覆蓋保麗龍效果較佳，可兼具保溫效果。

4. 池溫高低變化，主要係受連續長時間外氣溫高、低狀態而影響，故在夏季高熱期及冬季寒流期，養殖池遮蔭或保溫措施有其必要性。

5. 在各種措施下，水體內各測點溫度差距均約保持在 1°C 範圍內，故日後進行此方面環境測定工作時，可減少測點數目至各池4~5點即可，如此

將可縮短測定時間，並使儀器系統得以同時發揮更大功能。

6. 對各種不同使用目的的魚池設施，如培養池、育苗池、種魚池、越冬池等設施之有效性，均可利用本研究之方法與模式，得到更客觀且具有利用價值的結果。

7. 養殖池水體環境受自然氣象條件（日照、氣溫、降雨），構造條件（型式、材料、設備、方位）及管理條件（飼養魚種、密度、餌料、打氣）等因素影響，故今後有關日射熱、構造材料特性、給排水系統、打氣方式等與環境間之關係均有必要一一研究。

8. 本研究僅考慮物理環境因素（設施、氣象），尚未包括化學環境因素（水質、pH、溶氧）與生物環境因素（藻類、魚類），故日後當逐漸合併其他影響因素作更進一步研究。

六、致 謝

感謝測定期間，東港水產試驗分所長廖一久博士及臺灣大學農工系農村建築及計畫研究室主持人王鼎盛副教授之指導與支持；又得屏東農專農業土

木科喻新講師之協助與提供寶貴意見，在此深致謝意。

七、參 考 資 料

1. Fredrick W. Wheaton: "Aquacultural Engineering", John Wiley & Sons, Inc. 1977.
2. Hutchinson, G.E.: "A Treatise on Limnology", Vol. 1. John Wiley & Sons, Inc. 1957.
3. Gerald A. Cole: "Textbook of Limnology." 2nd edition, London, 1979.
4. 王鼎盛、侯文祥：「溫室微氣候之基礎研究(I)－夏季玻璃溫室之溫度環境」，中國農工學會73年度學術研討會論文集，1984.
5. J. P. Hdman著、楊春欽譯：「熱傳遞學」，4版，科技，1982.
6. 侯文祥、喻新、王鼎盛：「農業工程與漁業發展」，中國農工學會73年度學術研討會論文集，1984.
7. 農林水產土木ハンドブック編集委員會：「農林水產土木ハンドブック」，1980.
8. 于若石、王鼎盛：「畜舍內溫度與濕度控制設計模式之研究」，農工學報，1978，8.

承攬土木、建築、水利等工程

敬 群 營 造 有 限 公 司

地址：臺南縣佳里鎮延平路 652 巷 17 號
電話：(067) 8 5 3 6 5 8

承製：無線電通訊傳輸系統、遙控系統、
警報系統、對講機水文無線電傳遙測系統

金 準 電 子 股 份 有 限 公 司

地址：新店市中正路 560 巷 3 號 5 F (遠東工業城)
電話：9 1 4 2 6 2 4 ~ 6