

水下保溫設施對魚塭增溫之研究

城振誠、王崧華、陳彥愷、林金榮、黃丁士

水產試驗所澎湖海洋生物研究中心

前言

澎湖全年的海面平均水溫為 23°C ，冬季亦有 18°C 左右，溫度適宜且水質優良，很適合進行高單價魚種的養殖。但近來受極端氣候的影響，冬季寒流伴隨強烈東北季風的吹襲，再加上魚塭深度較淺，水溫常會降至 11°C 以下，因而造成養殖魚類的死亡。部分養殖業者為了預防低溫對養殖生物的危害，遂設置了加溫設備，但在加溫過程中，水溫的提升較緩慢，需要提前加溫且消耗較多的能源。先前的試驗顯示，在4噸FRP桶($2 \times 2 \times 1\text{ m}$)中用200W的加熱棒加熱，若在加熱棒上方覆蓋 $58 \times 45\text{ cm}$ 的塑膠膜，則水溫上升速度會加快。因此，本研究嘗試在大面積的魚塭中設置局部保溫設施，以快速提升部分區域水溫，俾利養殖生物度過短暫的低溫，減少寒害的損失。

材料與方法

一、試驗場地

本研究利用既有的圓形HDPE養殖池2池，進行水下保溫設備對魚塭局部增溫試驗。水池直徑12m深2m，有效蓄水體積約 200 m^3 (圖1)。試驗池架設加溫及保溫設備，對照池則無。



圖1 200 m^3 圓形 HDPE 養殖池

二、加溫設備

裝設380V/3相/30A 4個輸出的溫控箱提供電源(圖2)，並以3KW鈦加熱棒4支做為加溫熱源，進行加溫時每小時約耗電12度。



圖2 溫度控制器 380 V/3 相/30A

三、保溫設備

保溫設備的長 × 寬 × 高為 $3 \times 3 \times 1.5$ m，以直徑 1 吋的 PVC 管作為設備結構，中央放置加溫棒，外層覆蓋 $3 \times 3 \times 1.2$ m 的透明塑膠布，塑膠布下緣離池底約 30 cm (圖 3)。保溫設備主要目的係希望加熱棒加熱時，能將熱對流維持在設備內，以快速提升保溫設備內的溫度。



圖 3 保溫設備

a：保溫設備骨架；b：加溫棒的固定架；c：保溫設備外層覆蓋的透明塑膠布

四、溫度記錄

在直徑 12 m 的試驗水池上設定 A、B、C、D、E 等 5 個測量位置，每個位置有 3 個測點，分別在水表 (在水面下 10 cm，以 t 標示)、池中 (在水面下 100 cm，以 m 標示) 及池底 (以 b 標示)，試驗池水下共 15 個測點，其中 2 個位置的 4 個測點 (At、Am、Bt、Bm) 位於保溫設備內，At、Bt 的測點在保溫設備內的頂部，Am、Bm 的測點在設備內的中間 (圖 4)。對照池中的測量位置以 F 表示，共設

置水表、池中及池底 3 個測點，另外還設置了 1 個氣溫測點 (以 Air 標示)。進行實驗時，利用光度溫度連續記錄器 (HOBO-002-64) 記錄每個測點之水溫變化 (每 1 小時記錄 1 筆資料)，並套用 SigmaPlot® 13 中的顏色區塊呈現加溫時保溫設備的效果。

結果

2016 年的下半年並無年初時的強烈寒流，所以利用澎湖冬季東北季風增強，溫度較低的時候進行試驗。試驗於 2016 年 12 月 9 日上午 9 時開始，持續進行 3 天，於 2016 年 12 月 12 日上午 8 時結束。試驗開始時的氣溫為 23.6°C ，試驗期間最低氣溫為 19.7°C (在 12 月 12 日上午 3 時)、最高為 25.6°C (在 12 月 11 日上午 11 時)。溫度通常在上午呈現上升趨勢，午後則開始下降。

試驗開始時，保溫設備內頂部的 2 個測點平均水溫約為 21.4°C ，加熱後水溫快速上升，1 小時後為 22.8°C ，6 小時後達 26.1°C 。然後因受溫度變化影響，水溫開始緩慢下降，翌日上午 7 時水溫降至 25.5°C ，俟太陽出來氣溫升高後，水溫又開始緩慢上升。這種溫度變化情況在 3 天皆然，試驗結束時的水溫為 26.4°C (圖 5)。

保溫設備內的 2 個中間測點試驗開始時的平均水溫亦為 21.4°C ，加熱後水溫同樣快速上升，1 小時後為 21.6°C ，6 小時後為 25.5°C 。然後水溫緩慢下降，翌日上午 7 時水溫為 24.0°C ，之後水溫才又緩慢上升。溫度波動的情況與保溫設備內頂部類似，試驗結束時的水溫為 24.9°C (圖 5)。

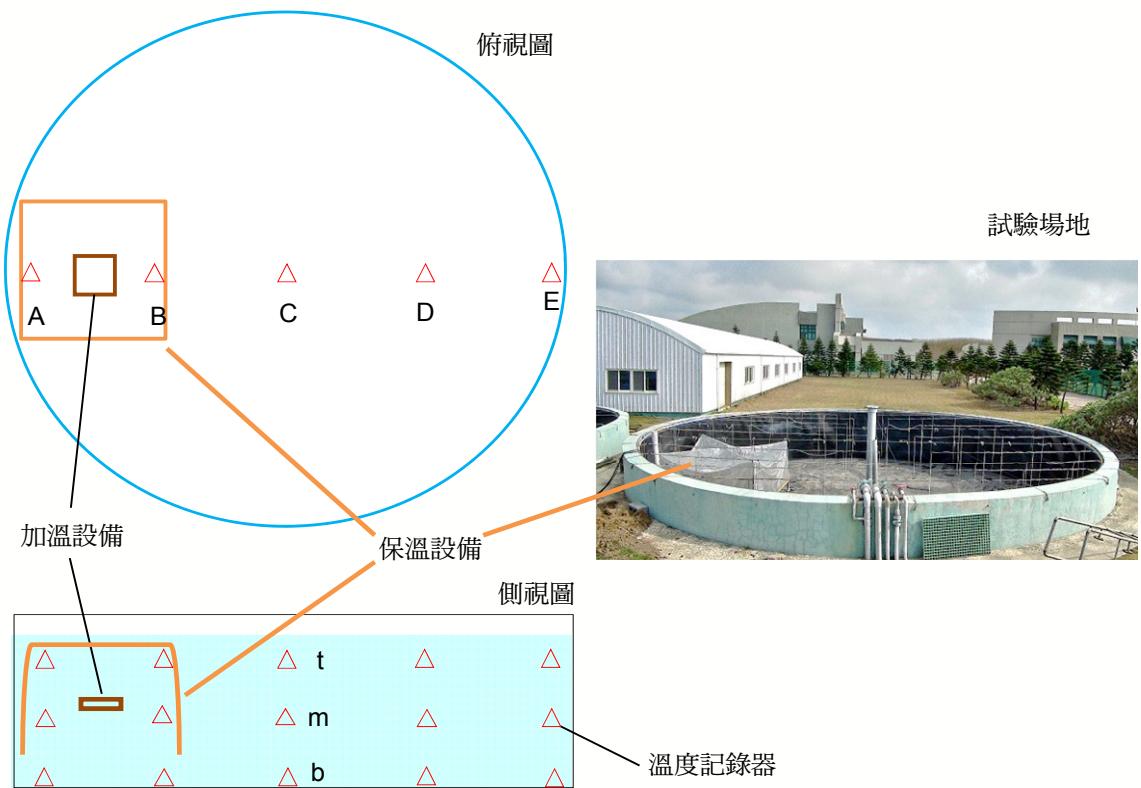


圖 4 保溫設備配置圖 (A、B、C、D、E 為測點位置，t、m、b 為測點深度)

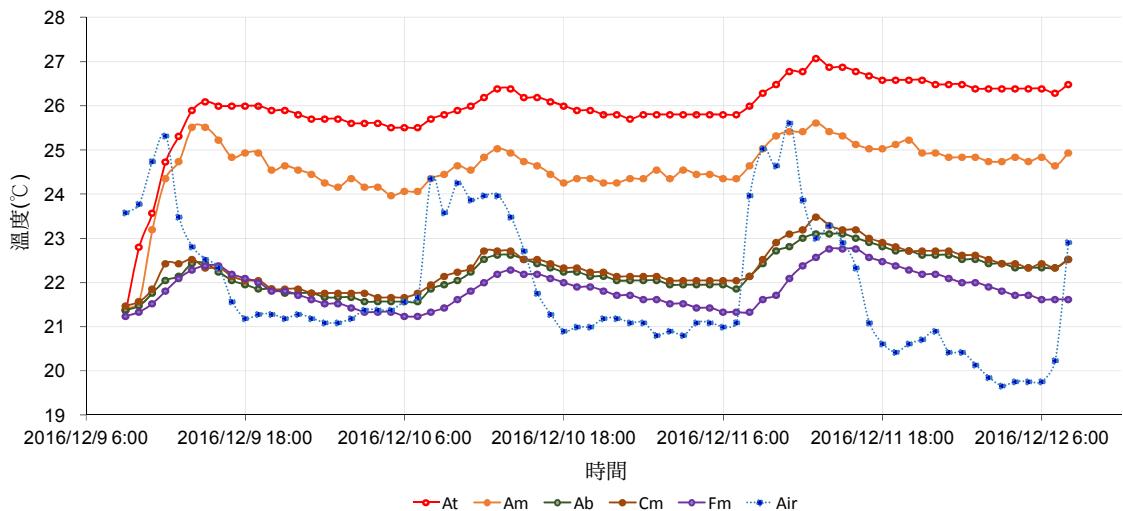


圖 5 保溫設備內頂部 (At)、中間測點 (Am)、試驗池其它測點 (Ab、Cm)、對照池 (Fm) 水溫及氣溫 (Air) 的變化

試驗池的其它 11 個測點，試驗開始時的水溫介於 $21.2 - 21.6^{\circ}\text{C}$ ，白天之水溫緩慢上

升，午後開始緩慢下降，翌日上午 7 時之水溫約 21.6°C ，然後水溫才又緩慢上升。溫度

呈現上午上升、午後下降之趨勢，3 天的變動情形均相同，試驗結束時的水溫為 22.5°C (圖 5)。

對照池的 3 個測點，試驗開始時的水溫介於 21.1–21.4°C，水溫的變化受氣溫影響，與試驗池其它測點的溫度波動情況類似，但因試驗池有加溫，因此溫度與對照池逐漸出現差距。試驗結束時的水溫約為 21.7°C (圖 5)。

討論

試驗開始後，保溫設備內頂部及中間測點的水溫，比試驗池的其它測點高，試驗後的 1–6 小時分別高出了 1.3、1.9、2.8、3.2、3.6、3.8 及 0.1、1.5、2.4、2.6、3.2、3.2°C。保溫設備內頂部的水溫從試驗開始後 6 小時

到試驗結束，都比試驗池的其它測點平均高出 3.8°C。保溫設備內中間測點的水溫從試驗開始後 6 小時到試驗結束，比其它測點高出 2.4°C。這樣的保溫效果，顯然優於以往溫等 (2011) 的防寒魚塭設備 (約高出 2°C)。在保溫設備的下方，則未有快速提升溫度的效果 (圖 6)。經過 3 天試驗後，實驗池的整體水溫比對照池高出 0.8°C，顯示在保溫設備內加熱，保溫設備外的水溫也會隨著加溫而緩慢上升。試驗結束時，保溫設備內頂部的水溫比設備外的水溫高 3.8°C，若與對照池比較，則保溫設備內的增溫效果最多比對照池高出 4.6°C。此結果顯示，保溫設備能快速提升設備內的水溫，且連帶使周圍水域的溫度緩慢上升。寒流侵襲時通常伴隨強大的季風，未來或可研擬運用風力發電提供加熱棒能量，達到利用天然資源對抗自然災害的目的。

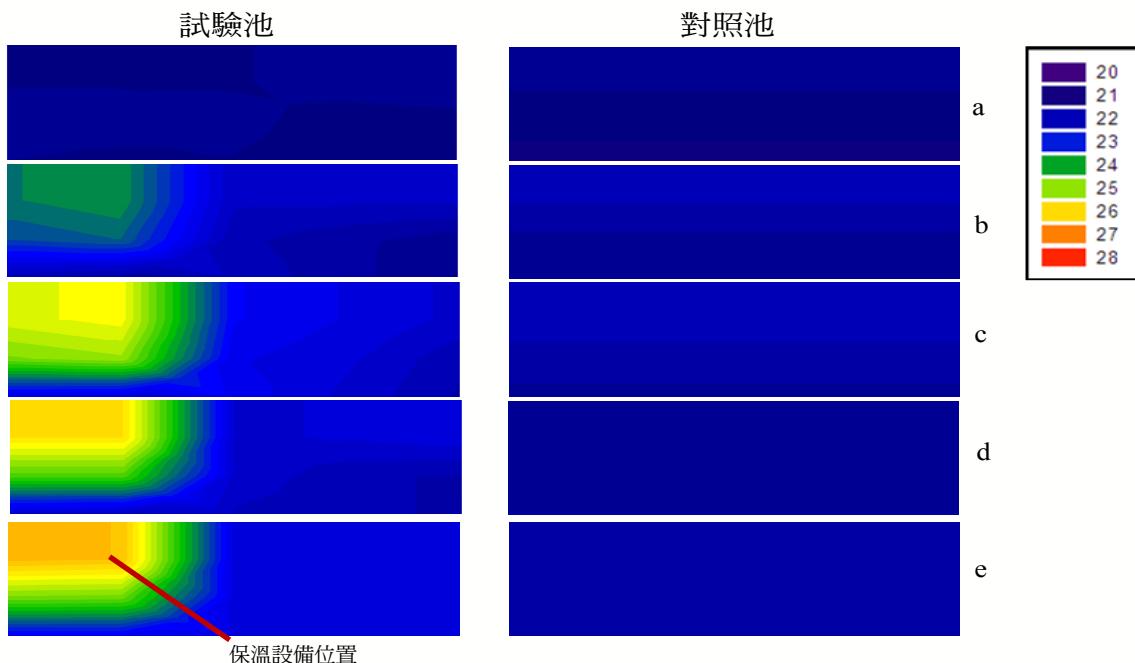


圖 6 加溫時保溫設備、試驗池與對照池的溫度變化差異 (a：試驗開始；b：加溫 2 小時；c：加溫 4 小時；d：加溫 6 小時；e：加溫 3 天)