

# 中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

## 高中-生物科

科 別：生 物 科

組 別：高 中 組

作品名稱：溫度與鹽度變化對室內外養殖白蝦生長之影響

關 鍵 詞：白 蝦、溫 度、鹽 度

編 號：040720

---

**學校名稱：**

臺北市立麗山高級中學

**作者姓名：**

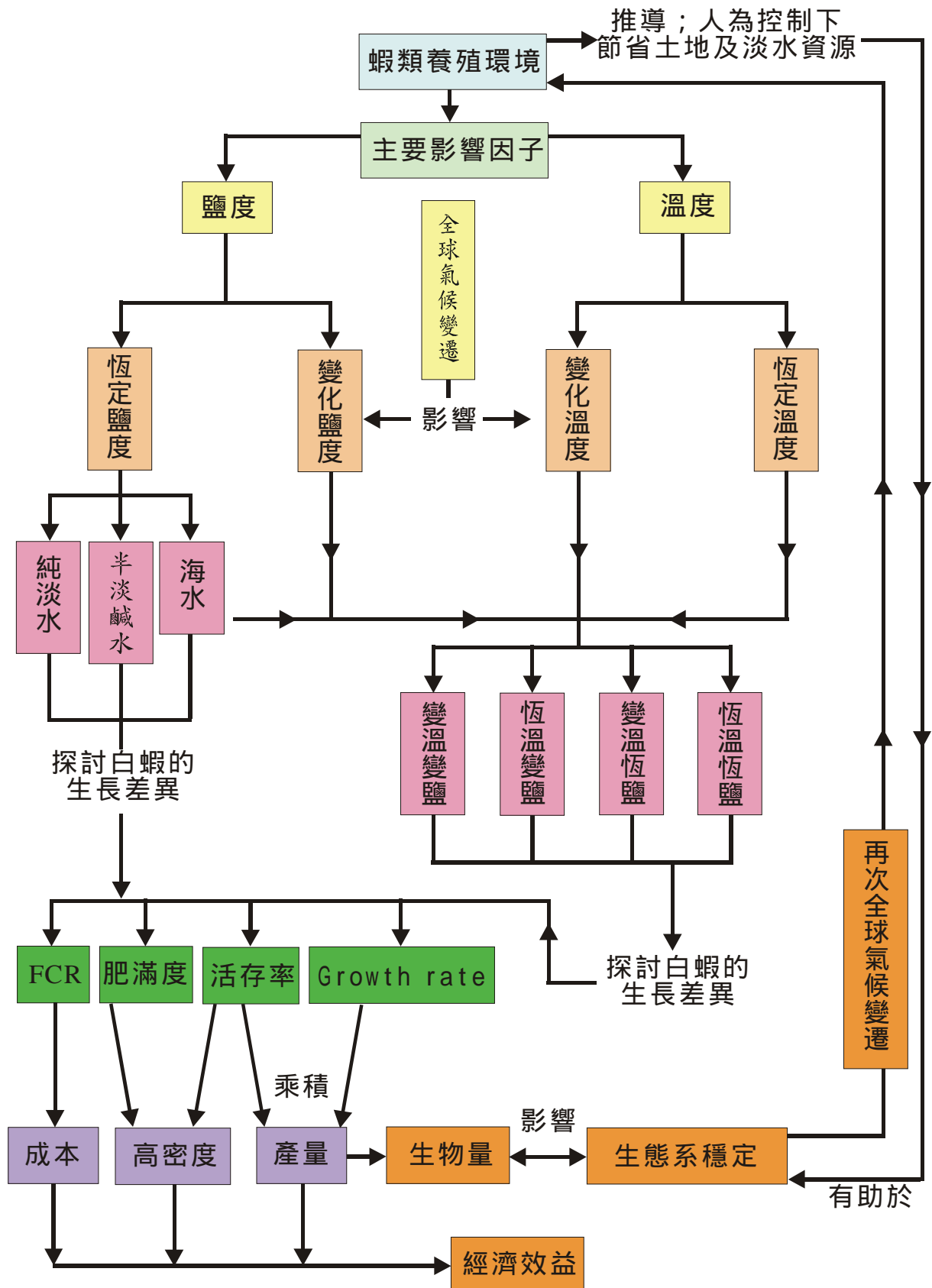
趙健翔、陳韻葶、蔡政翰、楊中樑

**指導老師：**

秦嗣德



# 實驗設計思考邏輯流程圖



## 壹、摘要

本研究目的在探討溫度與鹽度變化對室內外養殖白蝦生長之影響。實驗共分為兩階段。

第一階段將白蝦分別以四種海水鹽度 30ppt、20ppt、10ppt、0ppt 飼養三個月，各鹽度均有三缸重複組，並加以比較各海水鹽度環境下其成長率 (Growth rate)、換肉率 (FCR)、肥滿度、活存率 (Survival rate) 以及活存率和成長率的乘積值之差異。

成長率 (Growth rate) 方面，以海水鹽度 10ppt 成長率最高：三缸平均 1697.73%，其次為 30ppt 的 1665.31%、0ppt 的 1408.71%、以及 20ppt 的 1404.29%。

換肉率 (FCR) 方面，以海水鹽度 30ppt 最低 (最佳)；換肉率為 1.81，其次為 10ppt 的 1.86、20ppt 的 2.01、以及 0ppt 的 2.30。

肥滿度方面，以海水鹽度 30ppt 最高；肥滿度為  $0.0002485 \text{ (g/mm)}^3$ ，其次為 20ppt 的  $0.0002373 \text{ (g/mm)}^3$ 、10ppt 的  $0.0001964 \text{ (g/mm)}^3$ 、以及 0ppt 的  $0.0001605 \text{ (g/mm)}^3$ 。

活存率 (Survival rate) 方面，以 30ppt 最高；活存率為 94%，其次為 20ppt 的 90%、以及 10ppt 與 0ppt 的 88%。

活存率和成長率的乘積值方面，以 30ppt 最高；乘積值為 15.73，其次為 10ppt 的 14.90，接著是 20ppt 的 12.64 和 0ppt 的 12.37。

第二階段分四組，一組為模擬室外養殖 (變溫變鹽)，一組為室內養殖 (恆溫恆鹽)，另兩組為對照比較鹽度和溫度對白蝦生長差異 (恆溫變鹽、變溫恆鹽)，各組均有三缸重複，並加以比較各模擬環境下其成長率 (Growth rate)、換肉率 (FCR)、肥滿度、活存率 (Survival rate) 以及活存率和成長率的乘積值之差異。

成長率 (Growth rate) 方面，以恆溫變鹽組成長最高；三缸平均 2060.42%，其次為變溫變鹽組的 2020.73%、變溫恆鹽組的 1844.88%、以及恆溫恆鹽組的 1748.66%。

換肉率 (FCR) 方面，以恆溫變鹽組最低 (最佳)；換肉率為 3.21，其次為變溫變鹽組的 3.26、變溫恆鹽組的 3.37、以及恆溫恆鹽組的 3.41。

肥滿度方面，以恆溫變鹽組最高；肥滿度為  $0.0004800 \text{ (g/mm)}^3$ ，其次為變溫變鹽組的  $0.0004150 \text{ (g/mm)}^3$ 、變溫恆鹽組的  $0.0003582 \text{ (g/mm)}^3$ 、以及恆溫恆鹽組的  $0.0003330 \text{ (g/mm)}^3$ 。

活存率 (Survival rate) 方面，以恆溫恆鹽組最佳；活存率為 89%、其次為變溫恆鹽組的 83%、恆溫變鹽組的 82%、變溫變鹽組的 77%。

活存率和成長率的乘積值方面，以恆溫變鹽組最佳；乘積值為 16.95，其次為恆溫恆鹽組的 15.59、變溫變鹽組的 15.41、以及變溫恆鹽組的 15.25。

由第一階段結果得知，各種不同海水鹽度對於白蝦生長好壞有一定的影響。海水鹽度 30ppt 者除了在成長率方面與 10ppt 並列第一（因彼此不具顯著性差異）外，其他各方面皆為最好，其中活存率和成長率的乘積值最高，代表在本實驗中以海水鹽度 30ppt 者有最高的收成產量，加上其 FCR（飼料相對成本）最低，能達到最大之淨收入（經濟效益）。

分析第二階段結果得知：第一，活存率方面，不管在恆鹽組或變鹽組的環境之下，恆溫兩組的活存率皆明顯高於變溫兩組（皆具有顯著性差異），因此我們推論溫度的變化會對蝦體造成緊迫（stress）而造成其活存率降低；第二，成長率方面，無論在恆溫組或變溫組的環境之下，變鹽兩組的成長率皆較恆鹽兩組為佳，足見我們模擬換算民國九十年七月（納莉颱風前）室外降蒸量的鹽度變化（+ 0.3ppt - 3.6ppt）有刺激其成長的現象；但實驗也發現，變溫變鹽組之活存率為四組最低，尤其是在模擬納莉暴雨的鹽度變化後，其活存率大幅下降了 7%，和變溫恆鹽組做比較，這段時間組活存率完全沒有下降，可見鹽度的變化也會造成蝦體的緊迫，造成活存率降低，印證了陳秀男等人（2000）的研究結果。

綜合第一、二階段的結果可知，以穩定海水鹽度 30ppt 養殖的經濟效益較佳，故不需額外耗費淡水進行全淡水及半淡鹹水養殖；然而即使養殖戶在室外養殖池使用了全海水養殖，由本實驗模擬室外養殖受到全球氣候變遷的影響，造成其海水溫度、鹽度變化的結果（變溫變鹽）看來，雖然其成長率尚佳，為四組中第二，但是其活存率實在太低，使得其最後的收成產量低於室內養殖的兩處理組（恆溫恆鹽、恆溫變鹽）；而在兩種環境變因組合的四種環境中，若就收成產量而論，是以室內養殖恆溫變鹽較佳，所以如果養殖戶較注重養殖經濟效益，且淡水資源又允許的情況下，是可以進行室內養殖恆定溫度，再施予些許鹽度變化刺激其成

長的，因其耗費淡水的量遠遠不及全淡水和半淡鹹水養殖的量，但其鹽度變化是模擬嘉義地區民國九十年七 九月的降蒸量演算出來的，不一定為最適切之鹽度變化量，確切的鹽度變化量還有待未來各進一步研究；另一方面，若從資源保護來看，台灣地區淡水日漸枯竭，如養殖重鎮之一的嘉義，今年由於久旱不雨，水庫剩餘水量僅達可蓄水量的百分之十到二十，已經開始實施線水措施（2002.4.19，台視新聞）；

而在地狹人稠的西部平原，土地資源也早已不足，禁不起養殖戶四處遷移室外養殖池的浪費行為；故為了更有效節約資源，所以養殖戶如能使用全海水室內養殖，恆定其溫度與鹽度，本實驗的高活存率及超集約放養密度（約 125 隻 / m<sup>2</sup>，為一般室外超集約養殖的兩倍多）能比室外養殖帶來更高的收成產量，也最能節省寶貴的淡水及土地資源。

模擬室外（變溫變鹽）組的活存率和成長率的乘積值尤低，表示對白蝦的生物量有相當負面的影響；又由本實驗結果可知，在一般天候的狀況下，溫度對其活存率影響較劇，而全球氣候變遷造成聖嬰及反聖嬰現象發生頻率漸趨頻繁，造成東太平洋赤道附近海域海水異常增溫與降溫，可能會對東太平洋赤道附近海域中的水生物種造成相似之負面影響；聖嬰及反聖嬰現象亦會暴雨和乾旱發生的頻率增高，造成海水鹽度超出一般情形的劇烈變化，會對沿岸及近海生態系中的水生物種造成相似的負面影響，進而使得水域及陸地的食物網平衡遭到直接或間接的破壞，對全球生態更是無可挽回的衝擊，為此，我們必須更加注重環境保育的課題，穩定日益嚴重之全球氣候變遷，以達到人類與環境共存共榮的永續經營目標。

## 貳、研究動機

### 全球水資源

國三地球科學課本（吳清吉，1999）及高中基礎生物課本（施河，1999）中均有提到，地球上的水 97.96% 是海水及海冰，剩下其中有 1.64% 是長年凍結的冰川，地下水佔 0.365%，河川及湖泊的總和佔 0.036%，真正可供使用的淡水總和只約佔全球總水量的 0.4%。

自西元 1949 至 1986 年的氣象調查顯示，台灣地區平均年降雨量達兩千五百公厘以上，是世界平均的 2.6 倍，但在自然及人為的因素下，使得每人每年所得雨水量卻不及世界平均的六分之一，被國際評估為名列全球第十八個缺水區。（南一基礎生物教師手冊，施河，1999）

### 蝦存活環境

基礎生物課本曾指出，蝦類屬於廣鹽性的生物，適合生長於 5ppt 40ppt 的海水鹽度中（施河，1999），依生命科學課本（施河，2000）所學內容，推論蝦類能生存在如此廣的鹽度範圍，其對於體液滲透壓調節應有較佳能力。

### 問題一

既然蝦類在多種鹽度下均適合生長，為何雲林、嘉義及屏東沿海地區仍超抽地下水進行半淡鹹水或全淡水養殖草蝦、白蝦等經濟蝦種，難道是課本所提「蝦類」範圍太大？或是使用半淡鹹水或全淡水養殖真的有較佳的立即「個人」漁獲，利益大於「全球可使用水資源缺乏」所帶來的「立即」影響？

### 全球氣候變遷

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告中說明了氣候變遷是大氣圈、水圈、冰雪圈、岩石圈、以及生物圈等五大氣候子系統交互作用下的產物。人類的介入使情形變得更複雜（周昌宏，2000）。人為了求生存以及求更好的生存環境，不斷向大自然爭取生存空間，成為環境變遷的變動因素之一。當人口稀少、科技不發達，人類對大自然環境、氣候的影響是

區域性而且緩慢的；但隨著人口快速增加、科技不斷突飛猛進，人類的影響不斷加速而且擴張成全球性的，即稱為「全球氣候變遷」。工業革命以來，人類大量地製造二氧化碳、一氧化氮、甲烷、氟氯碳化物等溫室氣體，大幅提高了全球暖化的嚴重性；連同近年來聖嬰現象及反聖嬰現象的出現，造成西太平洋地區異常的暴雨與乾旱，去年納莉襲台帶來的暴雨及今年冬季的乾旱即是十分明顯的例子。

## 問題二

我們採訪了幾位蝦類養殖戶，漁戶異口同聲地說養蝦要注意水溫及鹽度。聽到這個資訊，我們心中便產生一個疑惑，在「全球氣候變遷」日益加速的情況下，溫室效應、全球過度暖化提早到來、聖嬰現象造成世界各地時有反於以往的激烈天候出現等等，台灣必定無法置身於外，況且梅雨及颱風季節的豪雨、南部乾季的雨水缺乏和夏季高溫蒸發強烈，能不造成沿海露天魚塭養殖池內的鹽度劇烈變化？以及面對西部平原入夜輻射冷卻，而室外氣溫從白晝高溫驟降的溫度變化？

## 土地資源

台灣面積僅約 36,000 平方公里，卻居住著兩千兩百四十二餘萬的人口（內政部戶政司統計，至 2002 / 2 為止），人口密度高達 623 人 / 平方公里，位居全世界第二名；加上台灣山地、丘陵面積高達三分之二以上，大部分人口聚集於西部平原，平均都市人口密度已超過每平方公里一千兩百人，土地資源益形相對匱乏（南一基礎生物教師手冊，施河，1999）。

## 問題三

這麼大的魚塭養殖池，從租地或買地到設置、開挖、注水到魚蝦適應，期間必花費十分龐大的金錢與精神體力；但我們擔心的是，來年養殖戶大多僅經簡單清理、整土，便再行養殖。如此年年養殖的結果，代謝廢物長期堆積，而改變底質和池水酸鹼值及其他理化因子，而使得同一魚塭產值年年低降，多年後氨氮廢物累積超過環境自淨力已無法進行養殖時，魚塭即遭廢棄，這對土地資源已形匱乏的台灣不是一種嚴重浪費嗎？更何況養殖戶為了進行淡水養殖而超抽地下水，地下水面嚴重下降，導致海水入侵地下水層，使地下水與土壤鹹化，完全不堪使用；更有甚者造成地層下陷海水倒灌，沿海生物棲息地遭受破壞，加上溫室效應



全球暖化導致冰川、冰山融化，海平面上升更益形嚴重淹沒沿海地區，對沿海生態系不是無可抹滅的傷害嗎？

### **動機問題組合**

因此我們所設計的實驗即為調控不同海水鹽度的室內養殖法。第一階段先行探討在不同鹽度狀況下養殖白蝦的生理成長狀況，以瞭解全淡水及半淡鹹水養殖的必要程度。

視第一階段結果，再配合全球氣候變遷狀況，查出台灣特定地區降雨量、氣溫、蒸發量，以模擬室外養殖之海水鹽度及溫度的變化量，再比較探討溫度與鹽度變化對室內外養殖白蝦成長之影響，以了解全球氣候變遷下，溫度及鹽度變化對室外塭池的衝擊，並評估推論全球氣候環境變遷對水生生物及環境生態平衡所造成的可能影響。

## 參、研究目的

本研究目的在於探討溫度與鹽度變化對室內外養殖白蝦生長之影響。實驗研究共分為兩階段，分述如下：

### 【第一階段】

探討室內養殖白蝦在不同海水鹽度環境下的成長率（Growth rate）、換肉率（FCR）以及活存率之差異。以瞭解台灣沿海地區大量超抽地下水，進行全淡水及半淡鹹水養殖是否有其必要性？

### 【第二階段】

本階段以第一階段實驗結果，進行此階段實驗設計之依據。

- （一） 探討台灣特定地區降雨量及氣溫變化造成室內養殖海水鹽度、溫度改變（模擬室外）等兩項變因對白蝦生理成長的影響。
- （二） 評估全球氣候環境變遷對白蝦生理成長及養殖環境所造成的影響。
- （三） 評估推論全球氣候環境變遷對水生生物及環境生態平衡所造成的可能影響。

## 肆、文獻探討

台灣地區素有養蝦王國的美稱，蝦產值更於民國七十六年達到高峰，年產量達八萬零二百七十九萬公噸，產值占台灣養殖業的 32%，但是台灣養蝦池經多年養殖後大都已老化，雖然底質的氧化層（有氧層）與還原層（厭氧層）可先促進氮、氮化合物轉化為硝酸鹽，再幫助硝酸鹽還原為  $N_2$ 、 $N_2O$ ，促進氮的循環，也可促進其他物質循環，達到淨化水的目的。但是底質的吸附力有一定的飽和值，若養殖塢池中殘餌、排泄物及水源帶來有機質的堆積物已超越底質本身自淨作用的最大負荷量，此時會因生物或化學因子分解有機物而消耗大量氧氣，致使池底由有氮狀態趨向部分有氮，最後變成缺氧狀態。（陳秋錦，1990）而這些有機物質在還原作用下產生了毒性物質如氮、亞硝酸鹽、硫化氫等，不僅對蝦抵抗力造成不良影響，更是病原菌的溫床，使得同一塊土地上產量年年低降，每逢病害侵襲更是損失慘重（陳秀男等人，1995-1996）。在桿狀病毒及白斑桿狀病毒先後爆發的衝擊下，至民國八十五年，年產量降至只剩一萬多公噸左右（黃友義，1996）。

水產養殖業受到經濟衝擊的三個主要因素為：氣候多變化、人工成本高和水源及陸地資源日漸萎縮加上態度不大友善的行政官僚（陳世欽，1996）。第三點政治因素暫且不討論，氣候變化的劇烈與否，以及水資源及土地資源充足與否便成為影響水產養殖經濟的最大因素。

養殖池受環境溫度與鹽度影響較大（丁雲源，1987），陳弘成（1981）的研究亦指出蝦苗死亡可能與氣象變化有些微之關係，水溫的高低能影響蝦苗代謝作用的速率。颱風或大雨來臨的時候，常導致蝦池環境遽變，如鹽度、溶氧的降低、底質還原等，引起蝦池大量死亡的問題，一般傳統養殖尚無有效解決方法（梁榮元等人，1998），只能對天怨嘆。對於草蝦養殖，丁雲源（1987）的研究結果顯示，草蝦在低海水鹽度環境之下，脫殼速率會增加。草蝦成長必須脫殼，脫殼代表「可能」成長，因此推測在低鹽度環境之下，蝦類的成長速率有增加的可能性。此觀念在養殖戶心中根深蒂固，導致養殖戶對地下水的依賴性過高（台灣養殖漁業概況與展望，1996），卻也造成台灣地層下陷、地下水鹽化等無法彌補的嚴重後果。可是，在鄭學淵等人（1991）的研究中卻有不同的看法。他們報告中指出草蝦室外養殖於海水鹽度 30ppt 中整體效益（以成長率與活存率的乘積值為指標）最好；我們也在陳弘成（1999）的研究報告中發現室外養殖白蝦海水鹽度最適於 10-25ppt 的半淡鹹水中。為何各方說法不一？我們推論可能因為物種或其他室外環境理化因子的差異性而造成實驗結果的差異性。

目前台灣沿海地區養殖蝦類均屬室外開放養殖，因著當地水文地理環境及境養殖戶代代相傳的舊有經驗與習慣等，有些地方因其地下水遭工業污染嚴重，故大多是全海水養殖，如台南、高雄地區；有些地區如雲林、嘉義、彰化則是半淡鹹水養殖和海水養殖皆具；而在屏東的里港、潮州皆為超抽地下水影響生態環境十分嚴重的全淡水養殖區。出現了如此「多樣性」的養殖法，而各家大致皆還有收穫利益，可見其他理化、生物因子如菌相、藻相決定蝦類成長的影響力是可能存在的。也因此，室外養殖塭池對蝦類成長過程充滿著無數的變因，如果全球氣候環境變遷，導致將來降雨量、蒸發量、早晚氣溫有較大幅度的改變，而直接或間接會改變塭池內理化、生物因子，若此改變超過塭池自淨緩衝能力之上限，則此小小塭池生態系將受到改變動搖，不知對蝦的生理成長是好還是壞？

綜觀上述文獻整理及本組的推論假設，在比較不影響環境生態系的狀況下，先探討不同海水鹽度對室內養殖白蝦生理成長的影響，以瞭解台灣沿海地區大量超抽地下水，進行全淡水及半淡鹹水養殖的必要程度，再探討台灣特定地區降雨量、蒸發量、早晚氣溫變化，模擬室外養殖海水鹽度、溫度改變對白蝦生理成長的影響。進而了解全球氣候變遷對水產養殖業及生態平衡的影響程度。

## 伍、研究設備器材

魚缸 ( 120cm * 40cm * 60cm )	6 缸
白蝦 ( 仔蝦 )	720 隻
打氣機	12 台
Air - lifting	24 套
加熱棒	18 支
溫度計	12 支
手撈網	5 支
珊瑚砂	供實驗所需
飼料	供實驗所需
電子秤	1 台
曲折計	1 支
游標尺	1 支
數位相機	1 台
抽水馬達 ( 1 / 2 碼 )	1 台
PVC 水管	供實驗所需
軟管	供實驗所需
防逆中間凡爾	3 個
水桶	8 個
黑色水桶 ( 一噸 )	1 個
海水	供實驗所需
已曝氣之自來水	供實驗所需

## 陸、研究過程與方法

### 實驗物種

白蝦，為十足目（*Decapoda*）長臂蝦科（*Palaemonidae*）白蝦屬（*Exopalaemon*）太平洋白蝦種（*Litopenaeus vannamei*），因甲殼較薄、色素細胞少，平時身體透明，死後肌肉呈白色，故名；生活於墨西哥到祕魯之間的太平洋沿岸海域，最大的特徵是母蝦成熟後產卵在海水中，只要在適當的溫度跟鹽度下就能夠孵化成幼期，其成長分為五個階段，本實驗是從後期幼蟲（Postlarva；PL）開始飼養。喜生活在熱帶或亞熱帶的高溫海水裡，但溫度略低仍能適應良好；且其為廣鹽性（Euryhaline）生物，經馴化過即使全淡水亦能生存。

在本實驗中活體選用白蝦的原因是，白蝦之生長速率和草蝦相近，但白蝦可以四季放養，對鹽度、溫度等適應力皆較草蝦為佳，人工繁殖又容易，且白蝦較草蝦不易殘食。再加上白蝦在低鹽度環境下，受到病菌感染率亦會降低，已普遍為各蝦類養殖國所接受，目前為世界公認三大經濟蝦種之一（邱建樺，2001）。

### 實驗地點

本實驗將白蝦飼養於學校頂樓室內，佔地 16 平方公尺，室內配置四組共十二個實驗缸。

#### 【第一階段】

##### （一） 實驗準備

###### 1.實驗缸配置

見附圖一

###### 2.實驗缸準備

本實驗之實驗缸為四尺魚缸（長 120 公分、寬 40 公分、高 60 公分）共六個，每缸皆用玻璃分隔為左右兩相同魚缸，作為 12 個處理組的實驗缸。

### 3. Air - lifting

因為我們有十二個實驗缸，若使用一般水族過濾系統，需要十二套，再加上十二台抽水馬達，其花費將相當可觀，於是我們自製與台灣蝦苗場相似的 Air - lifting 過濾裝置，只需用簡單的塑膠管和打氣機即可，使我們省下了不少實驗開銷。

#### (1) 製作與原理

Air - lifting 是用 PVC 塑膠水管做成之 L 型過濾裝置(見附圖三)，其構造為在底管兩側下方連續鑽孔，由頂管開口處伸入打氣管至底管打氣。缸底鋪設浪板，浪板上鋪設珊瑚砂（或底泥）固定，浪板下放置 L 型管，頂管管口略高於水面。當開始打氣時，管內空氣壓力增加，因此管內的水受壓沿 L 型管上升流出，如此一來管內壓力變小，水再由兩側洞口流入底管。當水在下滲經過珊瑚砂時會被過濾一些雜質，並可在珊瑚砂中形成良好之菌相，幫助分解蝦類所排放出的氨 氮廢物以及殘餌，故可兼具循環、打氣、過濾等三大功能。

#### (2) 珊瑚砂的擺設

配合 Air - lifting，為了有效控制水質，底質的擺設是一項關鍵，因為在水族環境中底質具有淨化水質、促進物質循環的多重功能。底質顆粒能吸附氨、磷酸鹽維持水質的穩定，並在水質與底質介面有微生物繁生，微生物利用酵素將有機物分解，不僅促進物質循環，更能達到淨化水質的目的（陳秋錦，1990）。我們試過全使用粗珊瑚砂，小蝦容易鑽入粗珊瑚砂間隙動彈不得；而全使用細珊瑚砂，又因底質空間過小，很快便達飽和，故本實驗各實驗缸的珊瑚砂粗細兼用，粗的放在下層（約七公分），細的放在上層（約三公分），而粗細珊瑚砂之間用紗網隔開，避免細珊瑚砂掉入粗珊瑚砂間隙中。如此擺設既可防止蝦子鑽入珊瑚砂，亦提供硝化細菌較大空間分解吸附在珊瑚砂中的糞便與殘餌。

### 4. 海水鹽度調配

本階段實驗除全淡水(自來水曝氣 48 小時,約 0ppt)和訂購之原海水(30ppt)毋需調配外,10ppt 和 20ppt 皆採比例調配:如 10ppt 以淡水:海水比例為 2:1 來調配;20ppt 以淡水:海水 1:2 來調配。另外,各鹽度預留定量海水,作為換水之需,再以曲折計校正所配海水之鹽度誤差,並於校正完成之後在各缸和預留海水的容器上標記水位,以便日後增補蒸發散失的淡水以維持鹽度不變。

## 5. 蝦子馴化

本實驗白蝦分別養殖在 0ppt、10ppt、20ppt、30ppt 四種不同海水鹽度中。因此必須分批將白蝦馴化至實驗所需之鹽度。蝦可以直接適應 15ppt 以上的海水鹽度,因此 15ppt 以上可以不用馴化,而為了避免對蝦體產生太大的緊迫(陳秀男,2000),所以 10ppt 組以每天降低 1~3ppt 為原則,0ppt 組在降至 10ppt 以下後則以每兩天降低 3ppt 為基準,直到降至約 0ppt 左右。

## 6. 飼料

### (1) 投餵量

白蝦平均體重		投餵係數	
1~5g	x	5%	= 每隻蝦每日投餵量
5~10g		7%	
>10g		7%	

### (2) 投餵時間

白蝦一天之攝食高峰有三個階段:上午七時至八時、下午五時至六時及晚上八時至十時,但為配合我們上下學時間,且最後一個攝食高峰時段亦較晚,



故我們將一天飼料分兩次於上午七時及下午五時半投餵。

## (二) 實驗過程與方法

- 1.自仔蝦期 ( PL20 25 ) 開始飼養。平均體重  $0.35\pm0.1\text{g}$  , 平均體長  $38\pm1\text{ mm}$ 。
- 2.將白蝦分別以四種不同海水鹽度 30ppt、20ppt、10ppt、0ppt 飼養三個月，各鹽度均有三缸重複組，每一實驗缸中飼養 30 隻白蝦，觀察記錄白蝦在這四種鹽度下的成長情形，並算出白蝦在各鹽度之下的成長率 ( Growth rate )、換肉率 ( Feed conversion ratio ; FCR )、肥滿度以及活存率 ( Survival rate ) 之數據，再計算各組間是否具有顯著性差異，最後比較找出在哪種海水鹽度環境中白蝦成長較佳，以此海水鹽度為第二階段恆定鹽度的依據。
- 3.蝦子量測方法

### (1) 蝦重：

撈起後由於蝦體會吸附水分，為減少誤差，量測前必須將整缸蝦子移至手撈網中用抹布吸水五秒鐘，再置入內含適量海水且電子天秤已歸零之塑膠燒杯中測量。

### (2) 蝦長：

用準度達 mm 後一位之電子游標尺，測量由額角至尾扇的長度，即為蝦之蝦長。( 僅測量實驗開始與結束之蝦長 )

## 4.公式解釋

### (1) 成長率 ( Growth rate )

$$\frac{W_{\text{末}} - W_{\text{初}}}{W_{\text{初}}} \times 100\%$$

(2) 換肉率 ( Feed conversion ratio ; FCR )

總飼料投餵量

$$W_{\text{末}} - W_{\text{初}}$$

(3) 肥滿度

$$\left( \frac{W}{L} \right)^3$$

P.S.  $W_{\text{初}}$  : 實驗開始時測量的蝦重       $W_{\text{末}}$  : 實驗結束時測量的蝦重

$W$  : 蝦的重量

$L$  : 蝦的體長

## 【第二階段】

由第一階段結果得知室內養殖以海水鹽度 30ppt 在各方面表現較佳，我們體認養殖戶可能接受我們的建議而在室外塢池以全海水養殖，但全球氣候變遷可能會對室外養殖的鹽度與溫度產生較大幅的波動，對白蝦生長可能會有所影響，因此我們設計了第二階段的實驗：以室內養殖的方式模擬台灣嘉義地區民國九十年七 九月的日夜溫差與降蒸量造成的海水溫度與鹽度變化對室外養殖白蝦成長的影響，並與室內恆定環境養殖的情形比較其成長差異。

### （一）實驗準備

#### 1.實驗缸配置

見附圖二

#### 2.Air - lifting

同第一階段之設備

#### 3.海水鹽度調配

由於第二階段鹽度經常變化，故我們必須推導出一個正確的換水公式（參考附錄一），在經演算推導和驗證後，我們推導出升鹽度和降鹽度三項換水量公式：

$$\Delta S \left( \frac{0}{00} \right) = \frac{-X(mm)}{H(mm) + X(mm)} \times S \left( \frac{0}{00} \right)$$

$$\Delta h_{\text{降}} (mm) = \frac{\Delta S \left( \frac{0}{00} \right)}{S \left( \frac{0}{00} \right)} \times h (mm)$$

$$\Delta h_{\text{升}} (\text{mm}) = \frac{\Delta S \left( \frac{0}{00} \right)}{34 \left( \frac{0}{00} \right) - S \left( \frac{0}{00} \right)} \times h (\text{mm})$$

S 代表鹽度變化量，H 表實際養殖池池深，h 表實驗缸水深，34 代表我們升鹽所用之標準海水鹽度。

鹽度變化量 ( S ) 是決定於我們所模擬的七 九月三個月嘉義的降雨量與蒸發量，降雨量是取自中央氣象局網站上公佈之嘉義氣象站民國九十年之降雨量資料，因雨量皿放置於室外，所以其雨量資料係為已減去其當日蒸發量的資料；如果當日沒有降雨，我們則以向氣象局購買之嘉義氣象站民國九十年逐日蒸發量的資料當作負降雨，計算當天之鹽度變化量。我們目的算出當這些降蒸 ( 降雨及蒸發 ) 發生於室外養蝦池所造成的鹽度變化量。當這些降蒸發生時，室外蝦塢之水深亦會發生改變，且因底面積不變，可以約去，所以 S 等於降蒸量 ( ±x mm ) 先除以降蒸量 ( ±x mm ) 和室外蝦池原本之池深 ( H mm，1500 1800mm 之間，我們訂為 1600 mm ) 之和，再乘以實驗缸中原鹽度即是我們所求之鹽度變化量。( 例：某日扣去蒸發量後總計降了 400mm 之雨水，實驗缸原鹽度為 20ppt，那蝦塢水深將會上升至 1600 + 400 = 2000 mm，因海水中鹽含量是不變的，只是溶劑水的量在改變，所以鹽度的最大變化量即是原鹽度 20ppt，則先算出降蒸量與降蒸發生後池深的比值 400 : 2000 = 1 / 5，再乘以最大鹽度變化量原鹽度 S 1 / 5 \* 20 = 4ppt 即為我們我們所求之蝦塢鹽度變化量 S )

升鹽時 ( h = S / (34 - S) \* h )，水位變化量 ( h ) 等於鹽度變化量 ( S ) 除以升鹽標準海水鹽度 ( 34ppt ) 和原實驗缸中海水鹽度之差，再乘以實驗缸水深 ( h )。因為如果將實驗缸中全部海水皆換成標準海水，實驗缸中海水鹽度將會上升 (34 - S)ppt，然而我們需要的是上升 S ppt，所以先算出 S 和上升最大鹽度的比值 ( S / (34 - S) )，再乘上實驗缸水深 h 即是我們所需之精確水

位變化量。(例：假設實驗缸中原鹽度為 24ppt，如果將實驗缸中所有海水換成標準海水 34ppt，實驗缸中鹽度將會從 24ppt 上升至 34ppt，上升  $34 - 24 = 10\text{ppt}$ ，然而我們是想上升 5ppt，就要將 5ppt 除以 10ppt 的鹽度上升上限，也就是  $5 / 10 = 1 / 2$ ，意即我們需要換去實驗缸中  $1 / 2$  的海水方能上升一半的鹽度，因底面積不變，可將其約去，再將  $1 / 2$  的比值直接乘以高就是我們所求之實驗缸水位變化量)

降鹽時 ( $\Delta h = S / S_{\text{max}} \cdot h$ )，水位變化量 ( $\Delta h$ ) 等於鹽度變化量 ( $S$ ) 除以實驗缸原鹽度再乘以實驗缸水深 ( $h$ )。因為如果將實驗缸中的海水全部換成淡水，那鹽度將會下降至 0ppt，也就是下降了實驗缸原鹽度  $S$ ，然而我們需要的是下降  $S_{\text{target}}$  ppt，所以先算出  $S$  和下降最大鹽度的比值 ( $S / S_{\text{max}}$ )，再乘上實驗缸水深  $h$  即是我們所需之精確水位變化量。(例：假設實驗缸中原鹽度為 20ppt，如果將實驗缸中所有海水換成淡水，實驗缸中鹽度將會從 20ppt 下降至 0ppt，下降 20ppt，然而我們是想下降 5ppt，就要將 5ppt 除以 20ppt 的鹽度下降上限，也就是  $5 / 20 = 1 / 4$ ，意即我們需要換去實驗缸中  $1 / 4$  的海水方能下降  $1 / 4$  的鹽度，因底面積不變，可將其約去，再將  $1 / 4$  的比值直接乘以高就是我們所求之實驗缸水位變化量)

#### 4. 換水系統的製作

由於在本階段實驗過程中，必須大量且時常抽換實驗缸中的海水，所以我們設計了一套換水系統，以節省人力與時間。

這一套換水系統的重點是它的迴路設計，原因是一個抽水馬達僅能由單方向抽出或吸入，而我們的目的除了將水由實驗缸抽出外，還必須將乾淨的淡水或海水抽進實驗缸中。在思考的過程中，物理電機中的「橋式整流器」提供了這部分的靈感：只需利用二三個止水閥便可達到目的。先將入水口與出水口連接成為迴路，接著分出三支分支：廢棄口、實驗缸分支、淡水桶與海水桶。

廢棄口連接到室外排水孔，與迴路連接處有一個止水閥，每當實驗缸中的水要丟棄時便直接從此口抽出。

實驗缸分支與迴路連接處有兩止水閥，於抽水與吸水時切換。它連接十二個分支到各實驗缸和一個減壓分支，各分支皆有一個止水閥，可分別抽換單獨實驗缸，且各分支末端都裝置兩層過濾網以防止抽水時不慎吸入白蝦。減壓分支作用於單獨或少數實驗缸入水時防止水壓過大，而將抽進室內的水壓分至水桶中；亦可視情況將海水或淡水抽進室內內運用。

海水桶與淡水桶置於室外，海水存放於容積為一噸的黑桶中，鹽度為34ppt；淡水為自來水，存放於橘色垃圾桶中，經適當曝氣後備用。各分支皆有止水閥可單獨運作，在其末端皆裝置防止逆流的「中間凡爾」(見附圖四)。

此外，在靠近抽水馬達的入水口裝有一空氣閥，於馬達運作時若將其稍微開啟，吸水時由於氣壓小於水壓，空氣會進入抽水馬達中，便使抽水量減小。在到達實驗缸前，空氣與水還會充分混和，甚至微量空氣將壓進水中，產生綿密且細微的氣泡水，附帶增加溶氧量。

## 5. 飼料

### (1) 投餵量

經第一階段實驗修正第二階段之投餵係數，並視攝食情況統一調整各實驗缸之投餵係數，以避免實驗缸水質快速惡化。

白蝦平均體重		投餵係數	
1-5g	x	10%	= 每隻蝦每日投餵量
5-10g		7%	
>10g		7%	

## (2) 投餵時間

與第一階段相同，將一天飼料分兩次於上午七時及下午五時半投餵，同時調整變溫組的溫度以模擬室外養殖日夜溫差變化：上午七時飼料投下後，將加溫棒調整為攝氏三十度；下午五時半飼料投下後，調整為攝氏二十四度。

## (二) 實驗過程與方法

- 1.自仔蝦期 ( PL20 - 25 ) 開始飼養。平均體重  $0.35\pm0.02\text{g}$ ，平均體長  $38\pm1\text{ mm}$ 。
- 2.將白蝦分別飼養在兩種變因，四種不同的操縱環境之下，分別為變溫變鹽組、變溫恆鹽組、恆溫變鹽組、恆溫恆鹽組。鹽度與溫度的變換是模擬嘉義地區室外塢池養殖場民國九十年七月 九月的海水鹽度與白天 30 夜晚 24 的水溫交互變化作為實驗處理組，此為變溫變鹽組；並以室內養殖的方法，也就是將溫度控制在 28 ，海水鹽度固定為第一階段成長結果最佳之 30ppt，此為恆溫恆鹽組；以此兩組比較室內外養殖的優劣；同時並設計僅變溫與僅變鹽兩組對照，各組均有三缸重複組，每一實驗缸中飼養 30 隻白蝦，分析溫度或海水鹽度哪一個環境因子對於成長較具影響。

### 3.蝦子量測方法

同第一階段之測量方法。

### 4.公式解釋

同第一階段之公式。

## 柒、研究結果

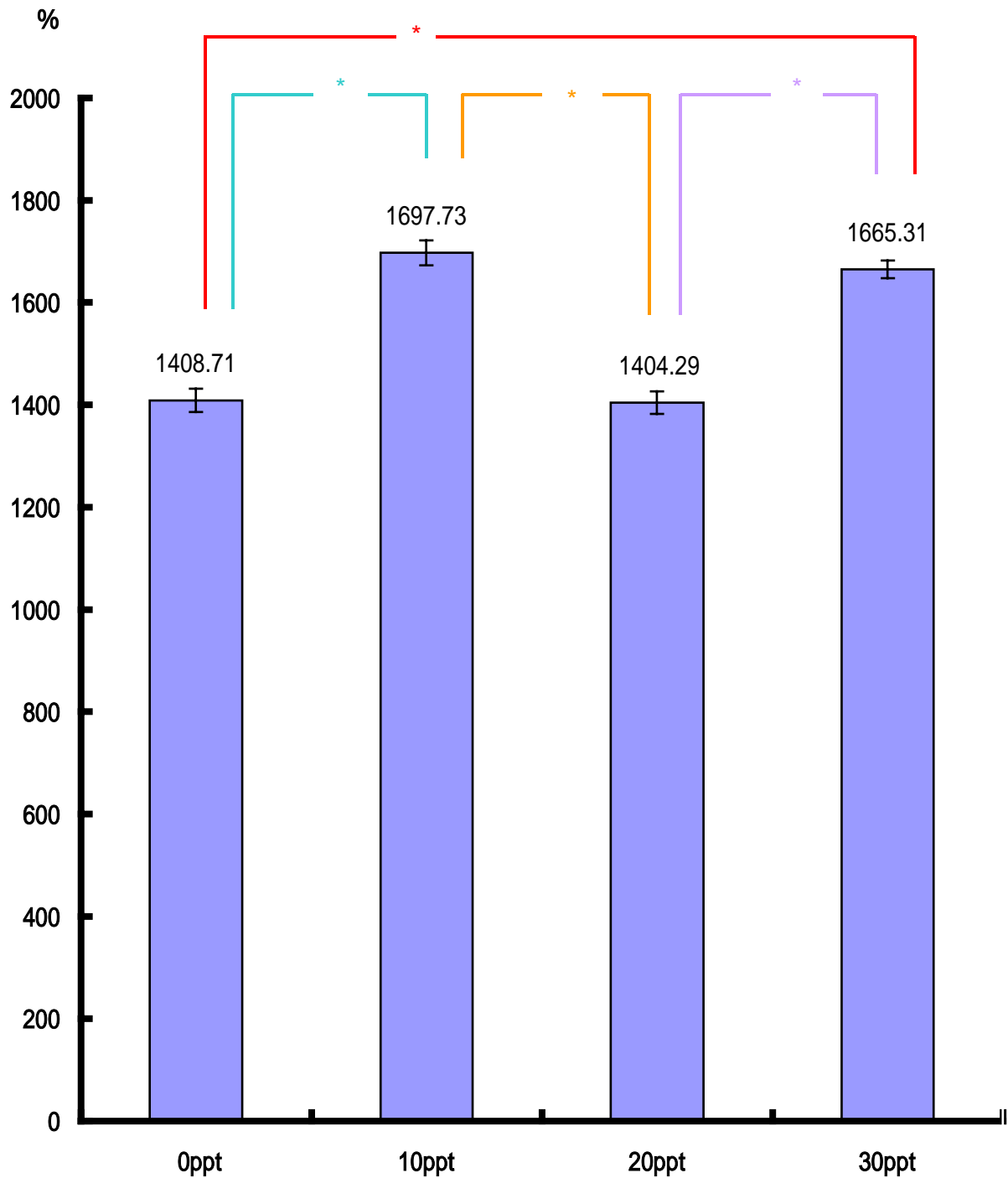
### 【第一階段】

表一：為第一階段各缸處理組之成長率( Growth rate ) 換肉率( FCR ) 活存率( Survival rate ) 肥滿度與活成率和成長率乘積值的比較。

比較項目 \ 處理組	處理組			
	0ppt	10ppt	20ppt	30ppt
成長率 ( % )	1408.71 ( 35.75 )	1697.73 ( 37.25 )	1404.29 ( 19.83 )	1665.31 ( 15.91 )
換肉率	2.30 ( 0.06 )	1.86 ( 0.02 )	2.01 ( 0.03 )	1.81 ( 0.01 )
肥滿度 (g / mm) <sup>3</sup>	0.0001605 ( 0.0000043 )	0.0001964 ( 0.0000027 )	0.0002373 ( 0.0000050 )	0.0002485 ( 0.0000030 )
活存率 ( % )	88 ( 2.02 )	88 ( 0.31 )	90 ( 1.41 )	94 ( 0.62 )
活存率 x成長率	12.37 ( 0.36 )	14.90 ( 0.38 )	12.64 ( 0.22 )	15.73 ( 0.21 )

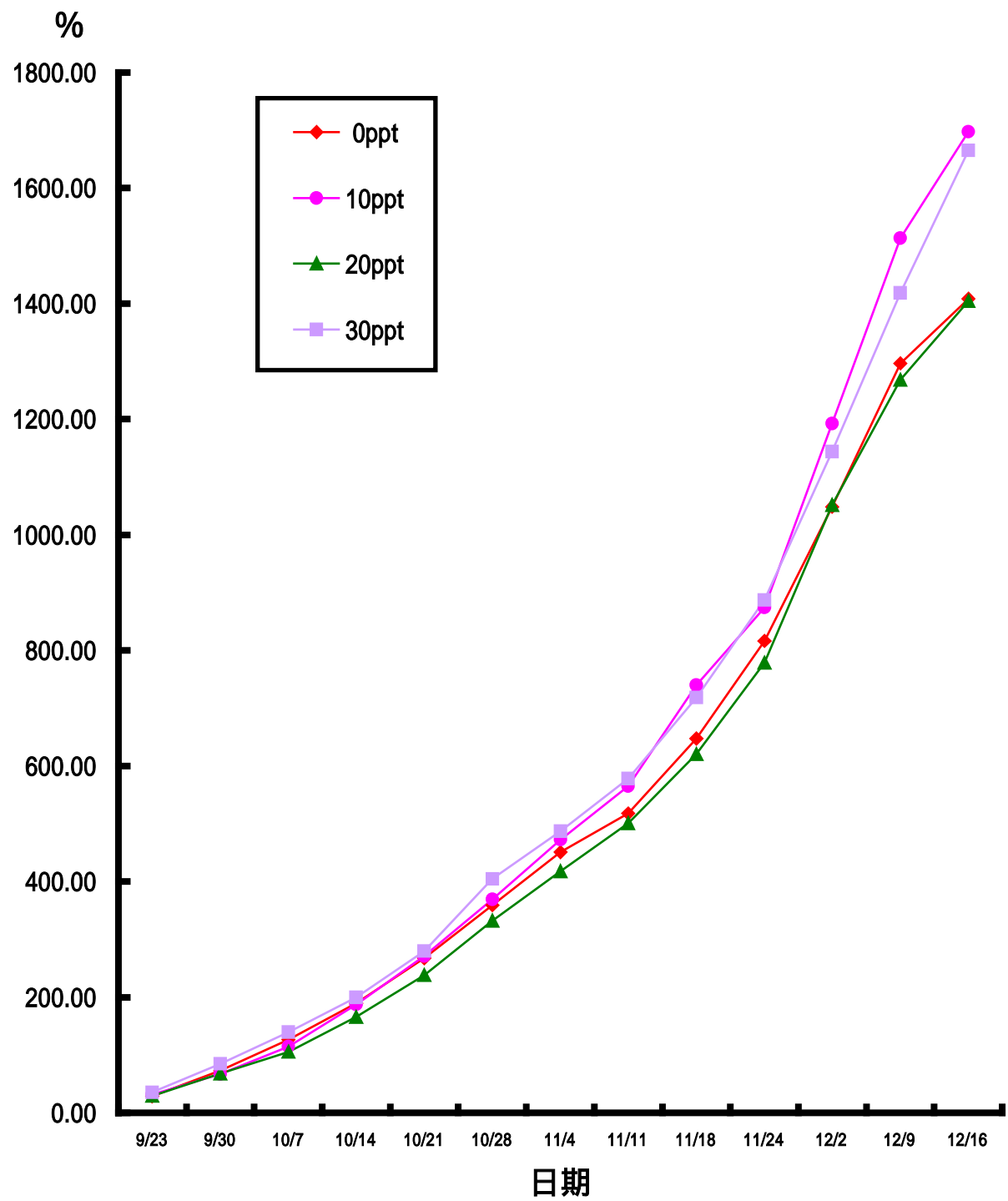


### 第一階段成長率 (Growth rate) 方面

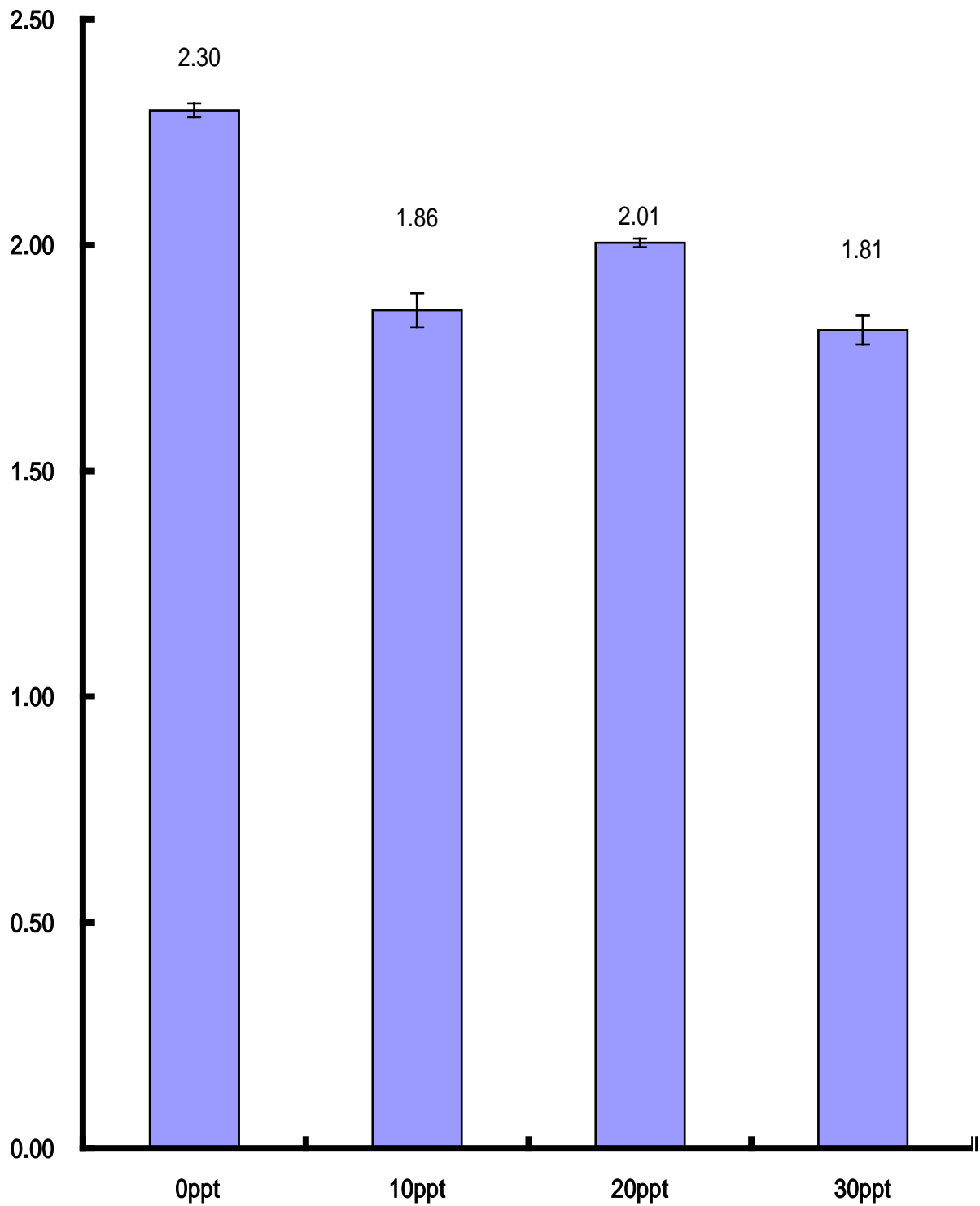


以海水鹽度 10ppt 成長率最高：三缸平均 1697.73%，其次為 30ppt 的 1665.31%、0ppt 的 1408.71%、以及 20ppt 的 1404.29%。（\*表  $p < 0.05$ ）

第一階段各週成長率比較

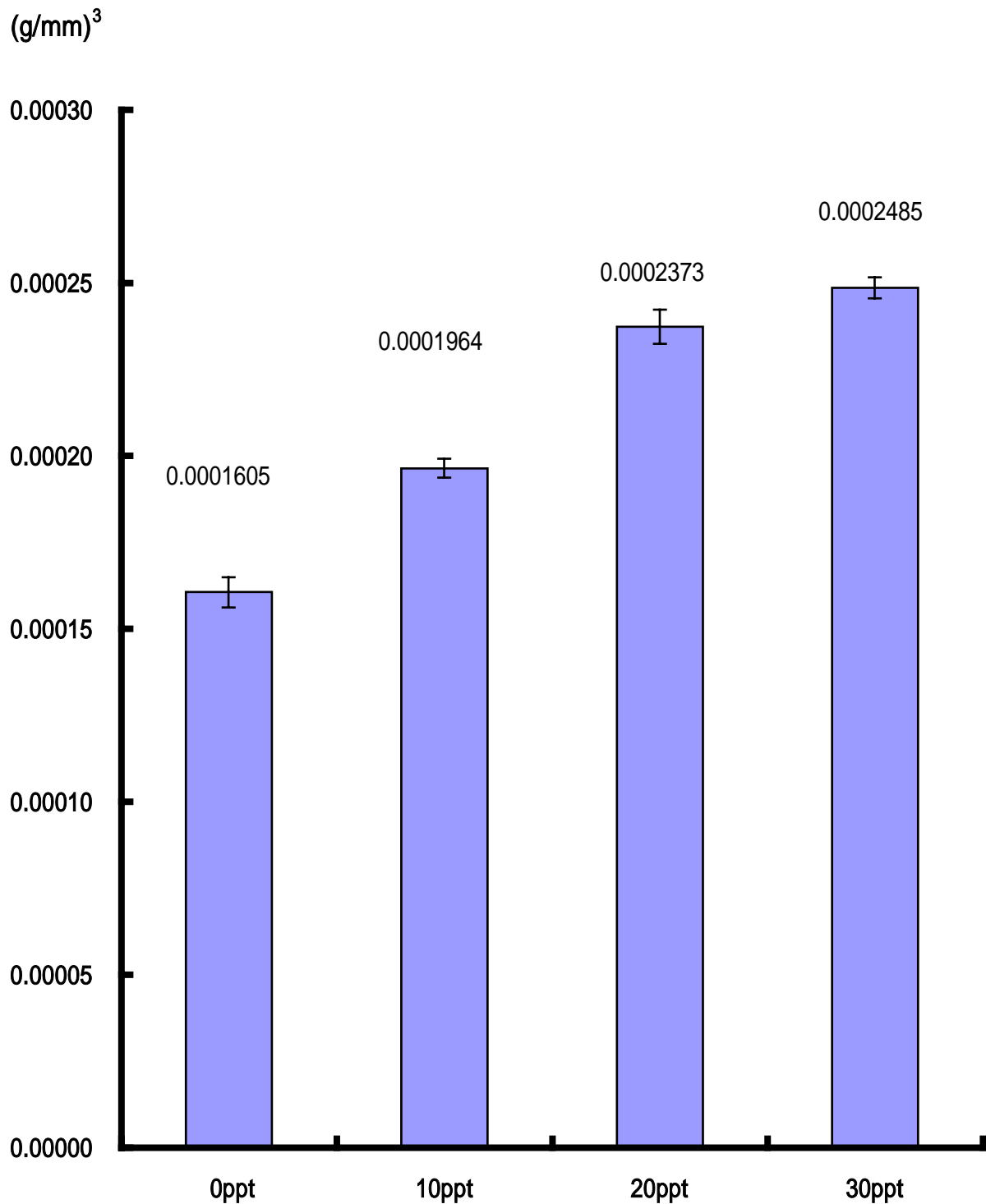


### 第一階段換肉率（FCR）方面



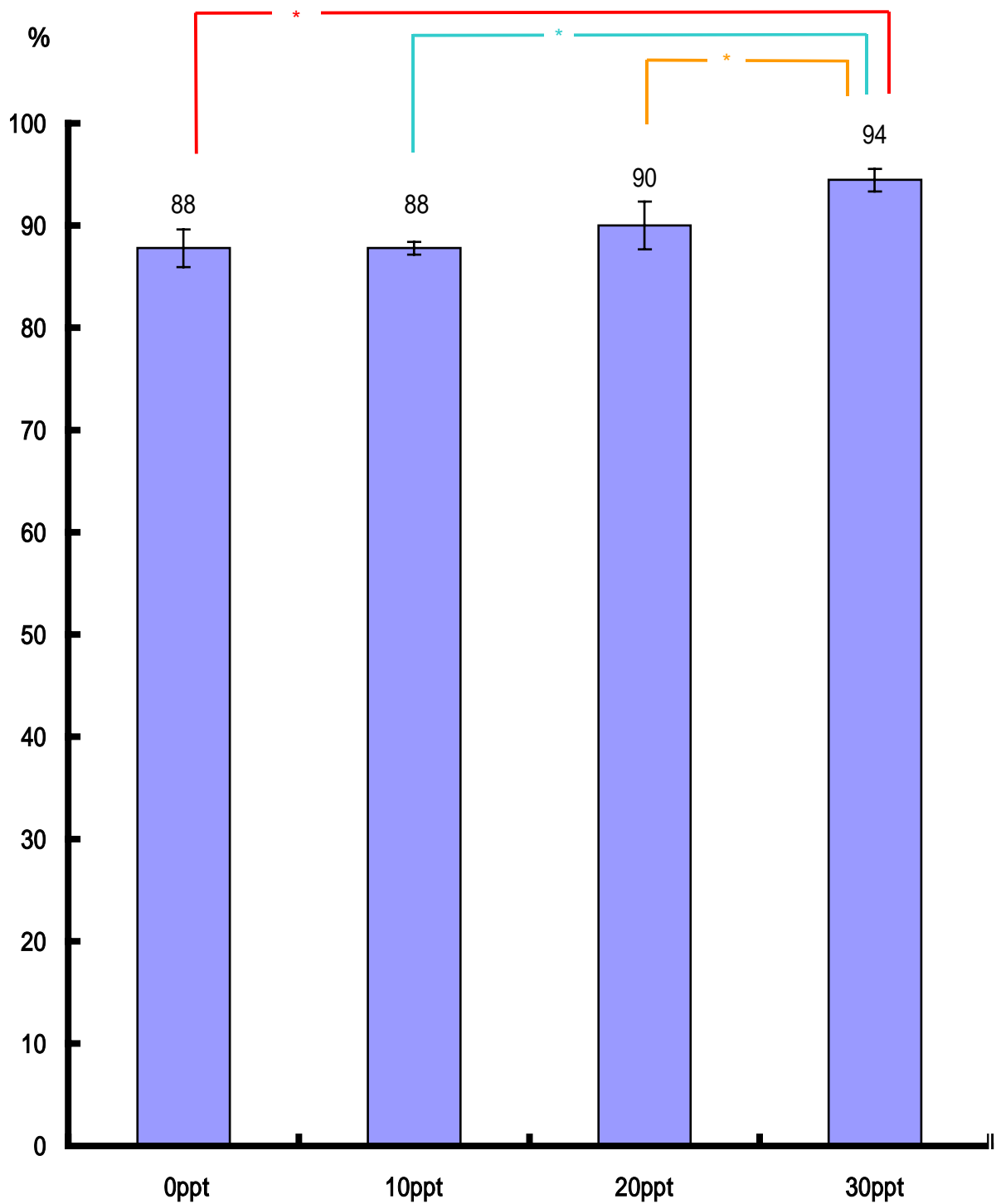
海水鹽度 30ppt 最低；換肉率為 1.81，其次為 10ppt 的 1.86、20ppt 的 2.01、以及 0ppt 的 2.30。僅 30ppt 與 10ppt 間不具有顯著性差異 ( $p>0.05$ )。

### 第一階段肥滿度方面



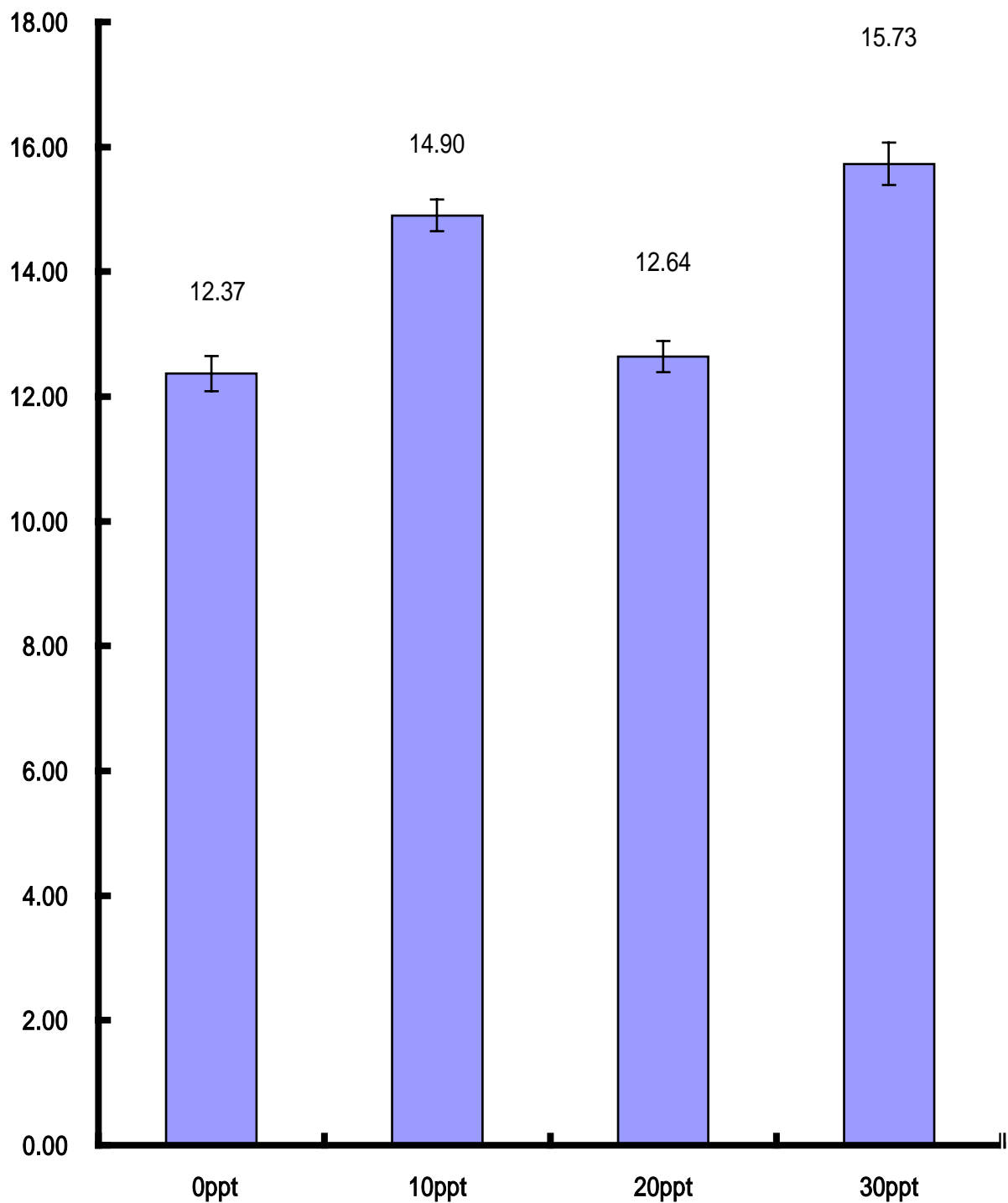
以海水鹽度 30ppt 最高；肥滿度為  $0.0002485 (g/mm)^3$ ，其次為 20ppt 的  $0.0002373 (g/mm)^3$ 、10ppt 的  $0.0001964 (g/mm)^3$ 、以及 0ppt 的  $0.0001605 (g/mm)^3$ 。各組間皆具有顯著性差異 ( $p < 0.05$ )。

### 第一階段活存率 ( Survival rate ) 方面



以 30ppt 最高；活存率為 94%，其次為 20ppt 的 90%、以及 10ppt 與 0ppt 的 88%。( \* 表 $p<0.05$  )

### 第一階段活存率和成長率的乘積值方面



活存率和成長率的乘積值方面，以 30ppt 最高；乘積值為 15.73，10ppt 的 14.90 次之，接著是 20ppt 的 12.64 和 0ppt 的 12.37。僅 20ppt 與 0ppt 間不具顯著性差異 ( $p>0.05$ )。

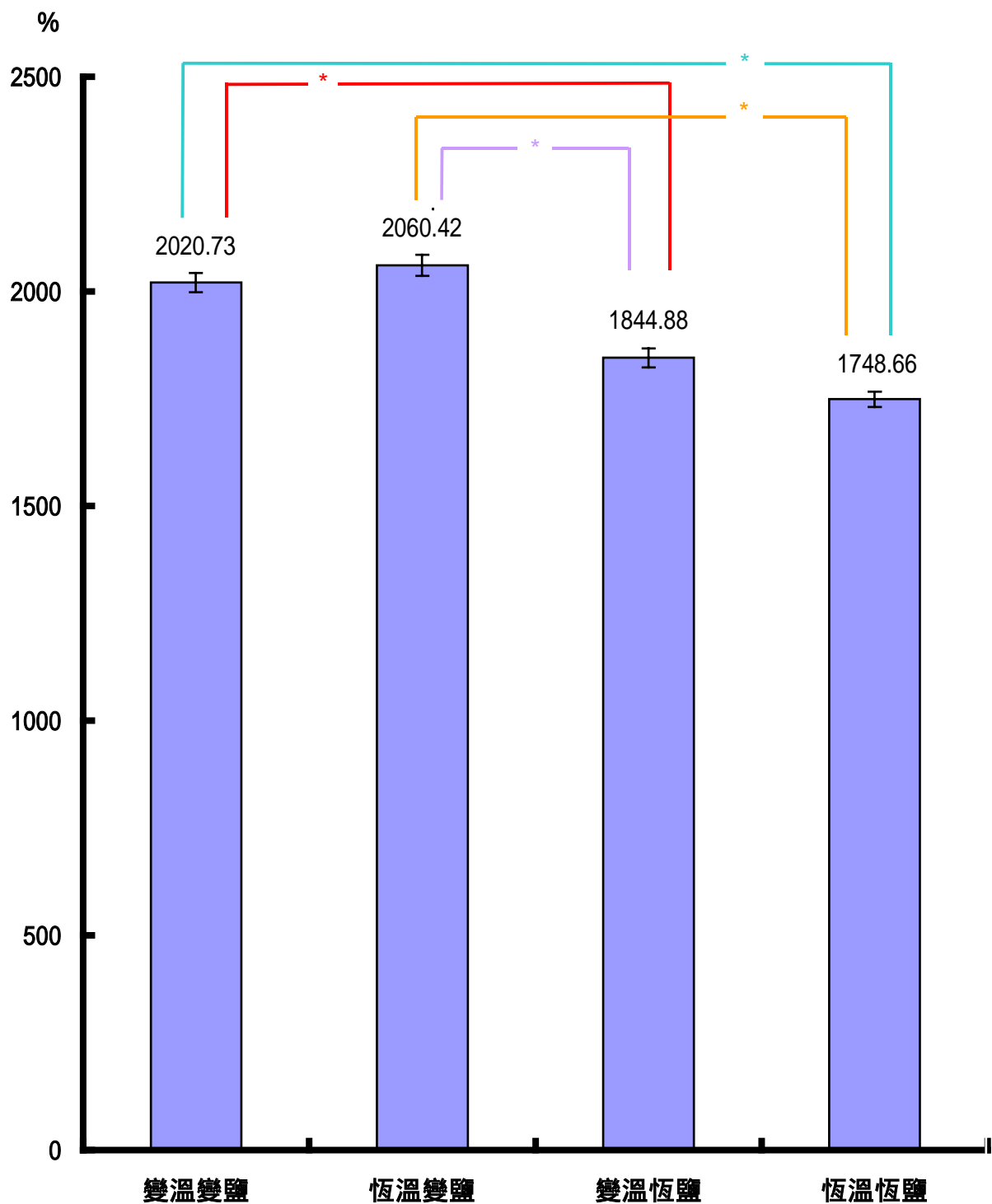
## 【第二階段】

表二：為第二階段各缸處理組之成長率( Growth rate ) 換肉率( FCR ) 活存率( Survival rate ) 肥滿度與活成率和成長率乘積值的比較。

比較項目	處理組			
	變溫變鹽	恆溫變鹽	變溫恆鹽	恆溫恆鹽
成長率 ( % )	2020.73 ( 22.79 )	2060.42 ( 24.43 )	1844.88 ( 21.86 )	1748.66 ( 17.68 )
換肉率	3.26 ( 0.02 )	3.21 ( 0.04 )	3.37 ( 0.01 )	3.41 ( 0.03 )
肥滿度 (g / mm) <sup>3</sup>	0.0004150 ( 0.0000069 )	0.0004800 ( 0.0000122 )	0.0003582 ( 0.0000098 )	0.0003330 ( 0.0000105 )
活存率 ( % )	77 ( 1.85 )	82 ( 0.62 )	83 ( 2.33 )	89 ( 1.11 )
活存率 ×成長率	15.41 ( 0.28 )	16.95 ( 0.25 )	15.25 ( 0.25 )	15.59 ( 0.34 )

\*變溫變鹽：「變溫」依照日夜溫差調整；「變鹽」依照民國九十年嘉義地區七 九月的降雨量和蒸發量做鹽度調整。

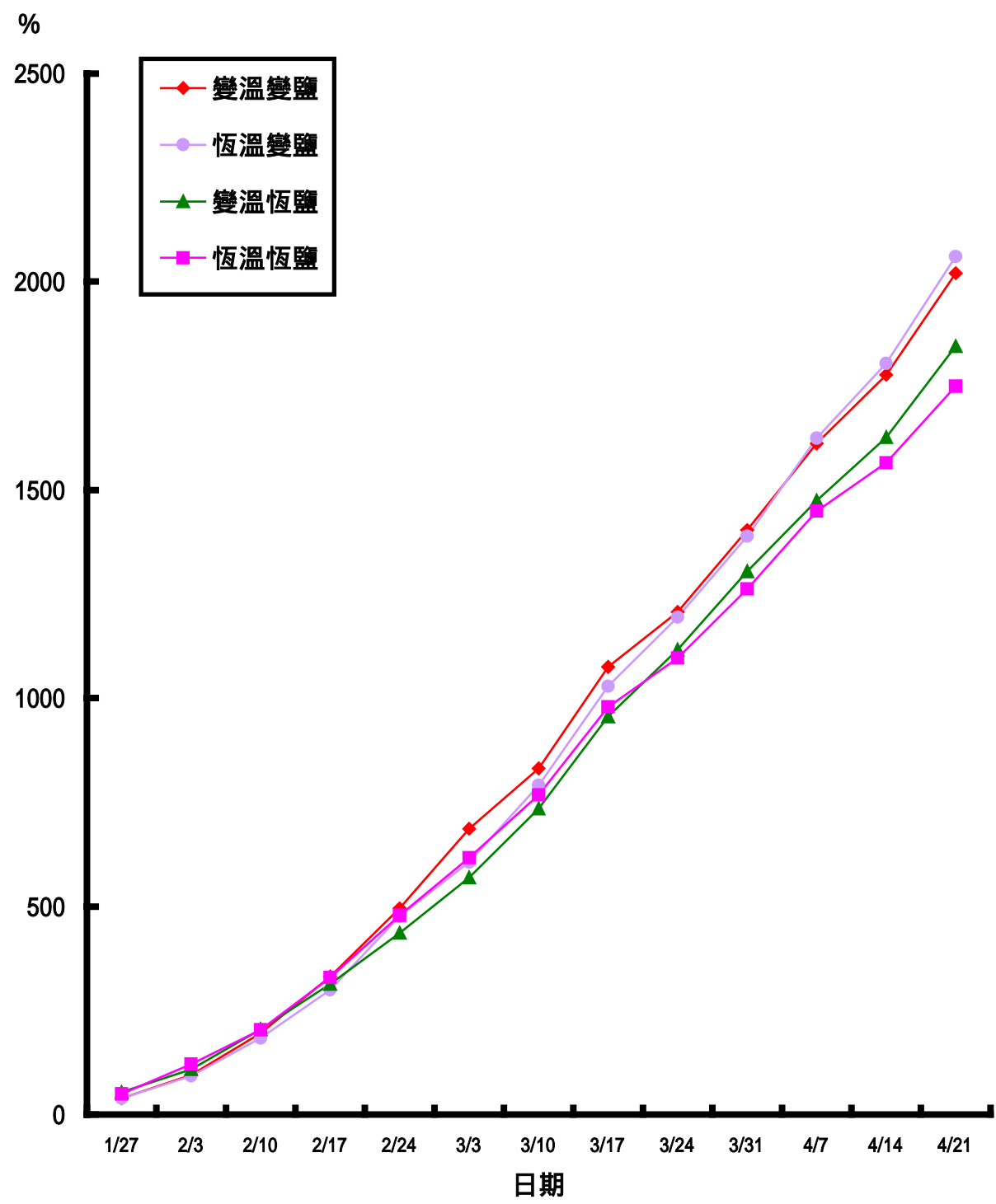
## 第二階段成長率 (Growth rate) 方面



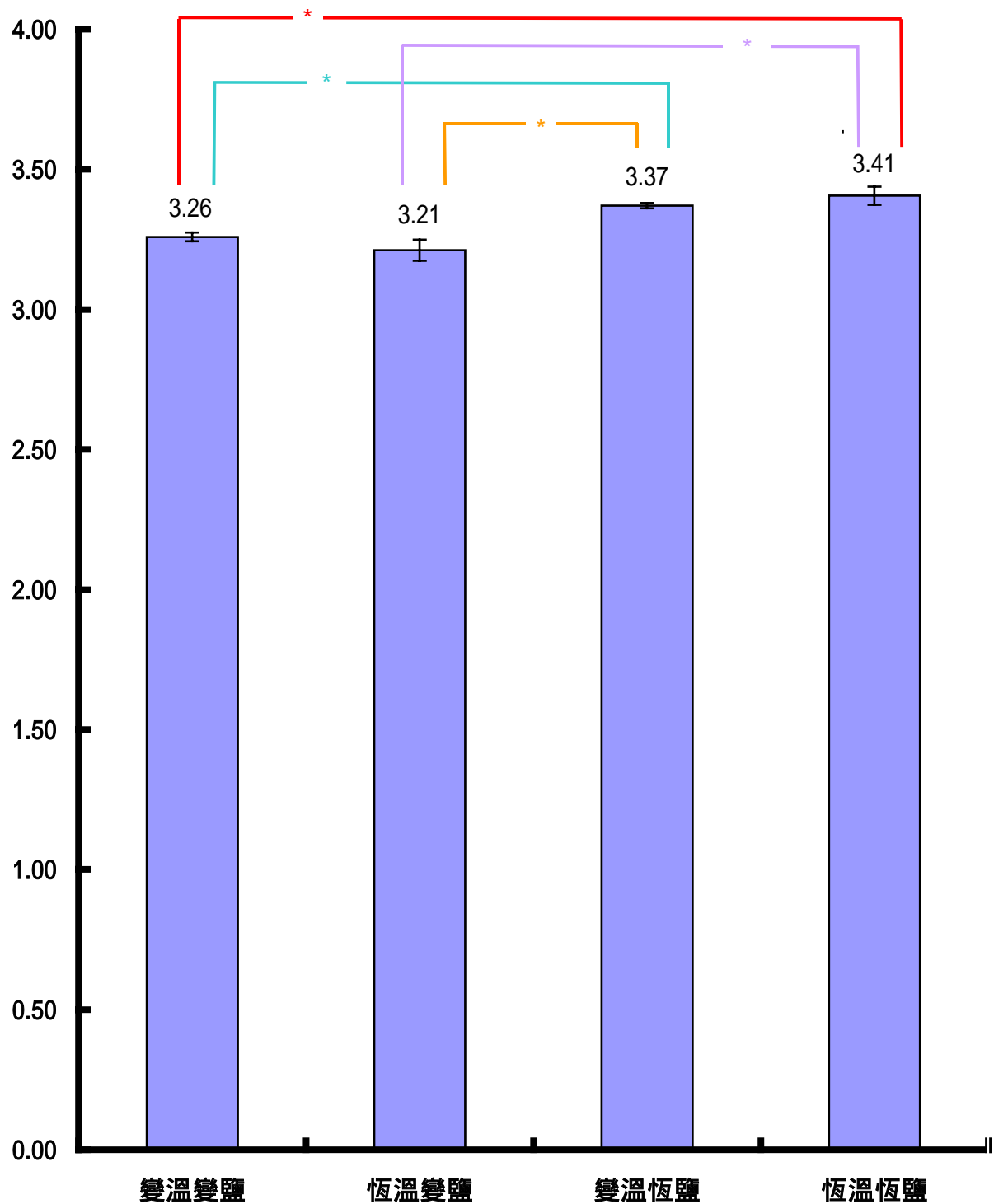
成長率 (Growth rate) 方面，以恆溫變鹽成長最高；三缸平均2060.42%，其次為變溫變鹽的2020.73%、變溫恆鹽的1844.88%、以及恆溫恆鹽的1748.66%。（\*表 $p < 0.05$ ）



第二階段各週成長率比較

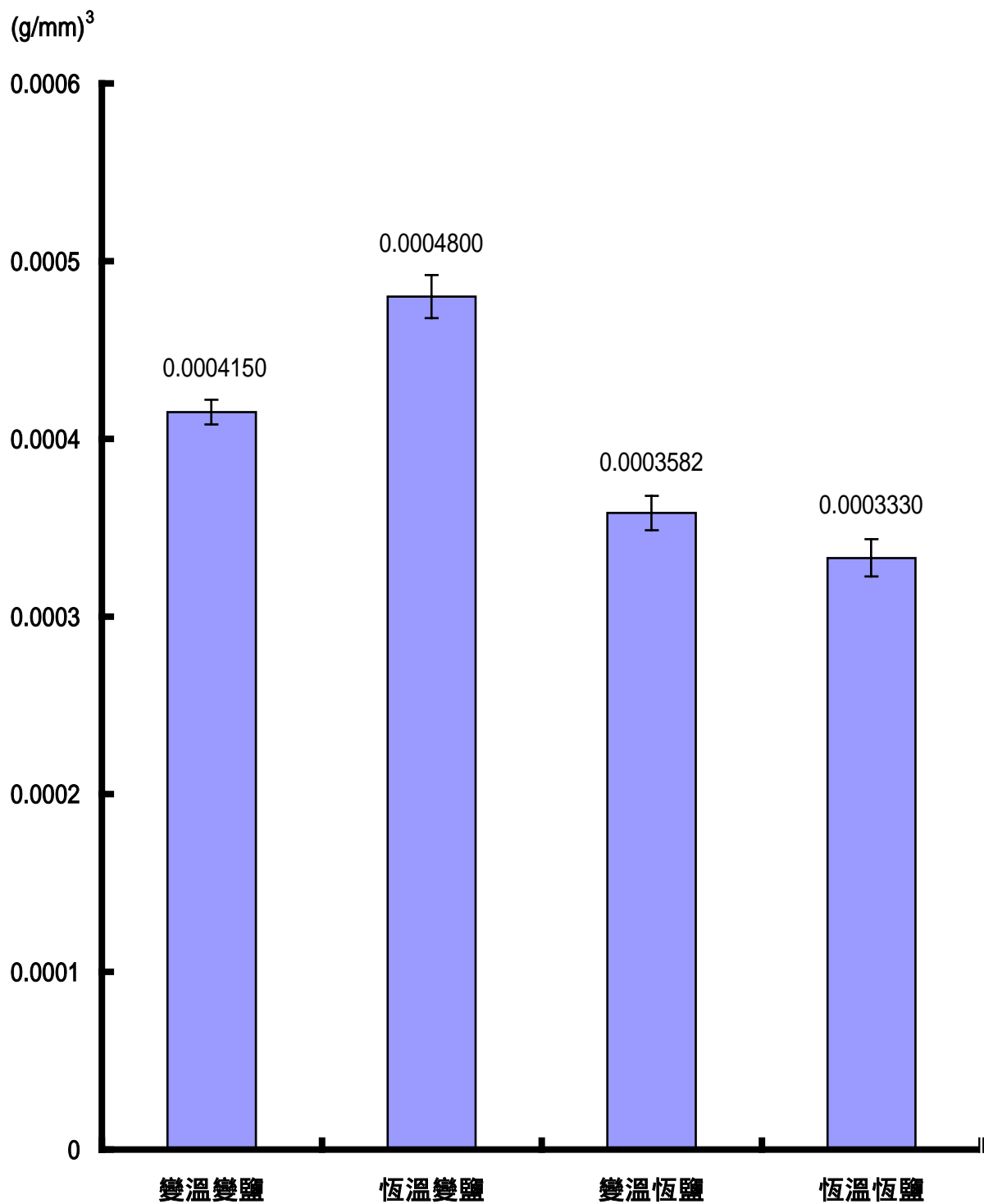


## 第二階段換肉率（FCR）方面



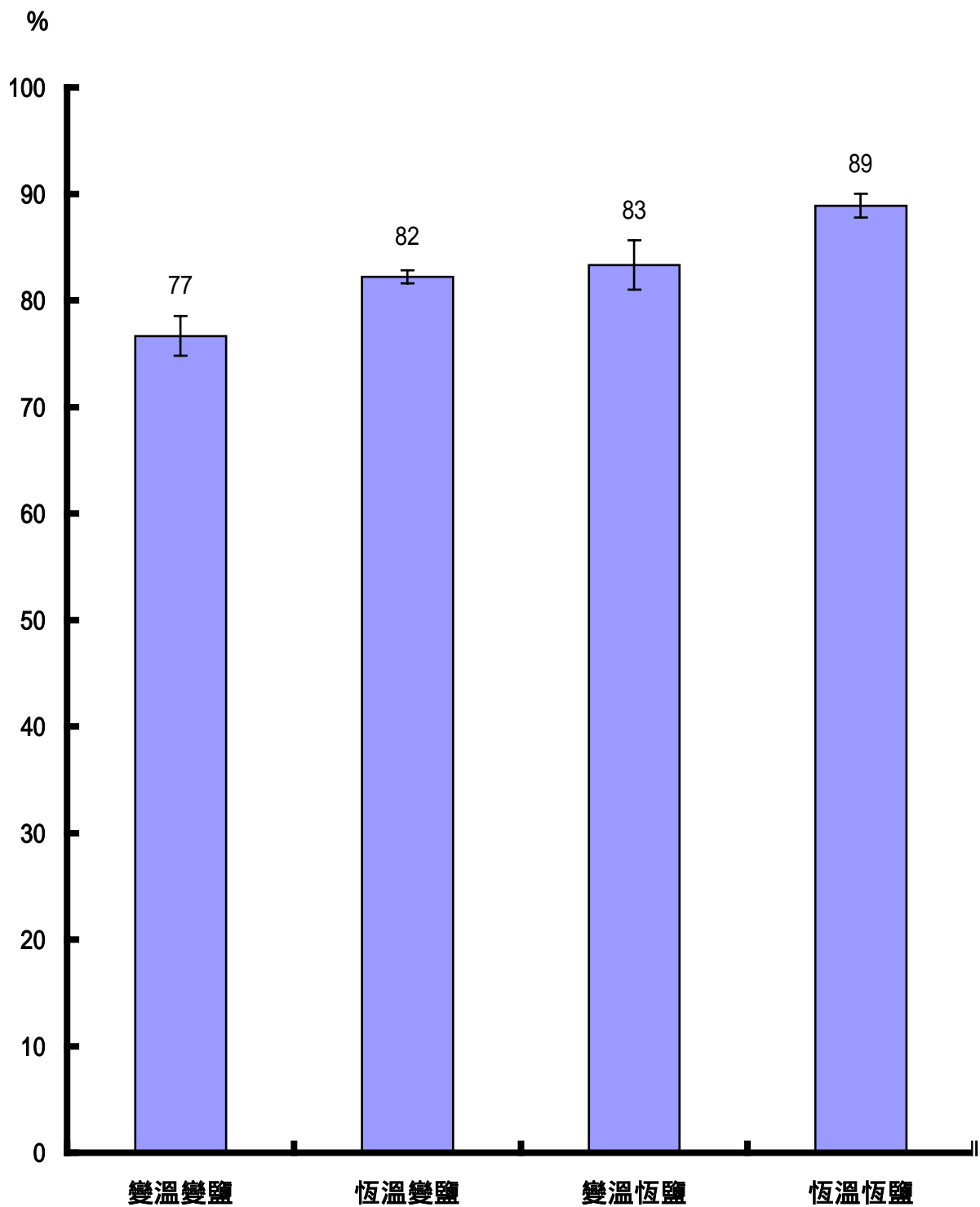
以恆溫變鹽組最佳；換肉率為 3.21，其次為變溫變鹽的 3.26、變溫恆鹽的 3.37、以及恆溫恆鹽的 3.41。（\*表 $p < 0.05$ ）

## 第二階段肥滿度方面



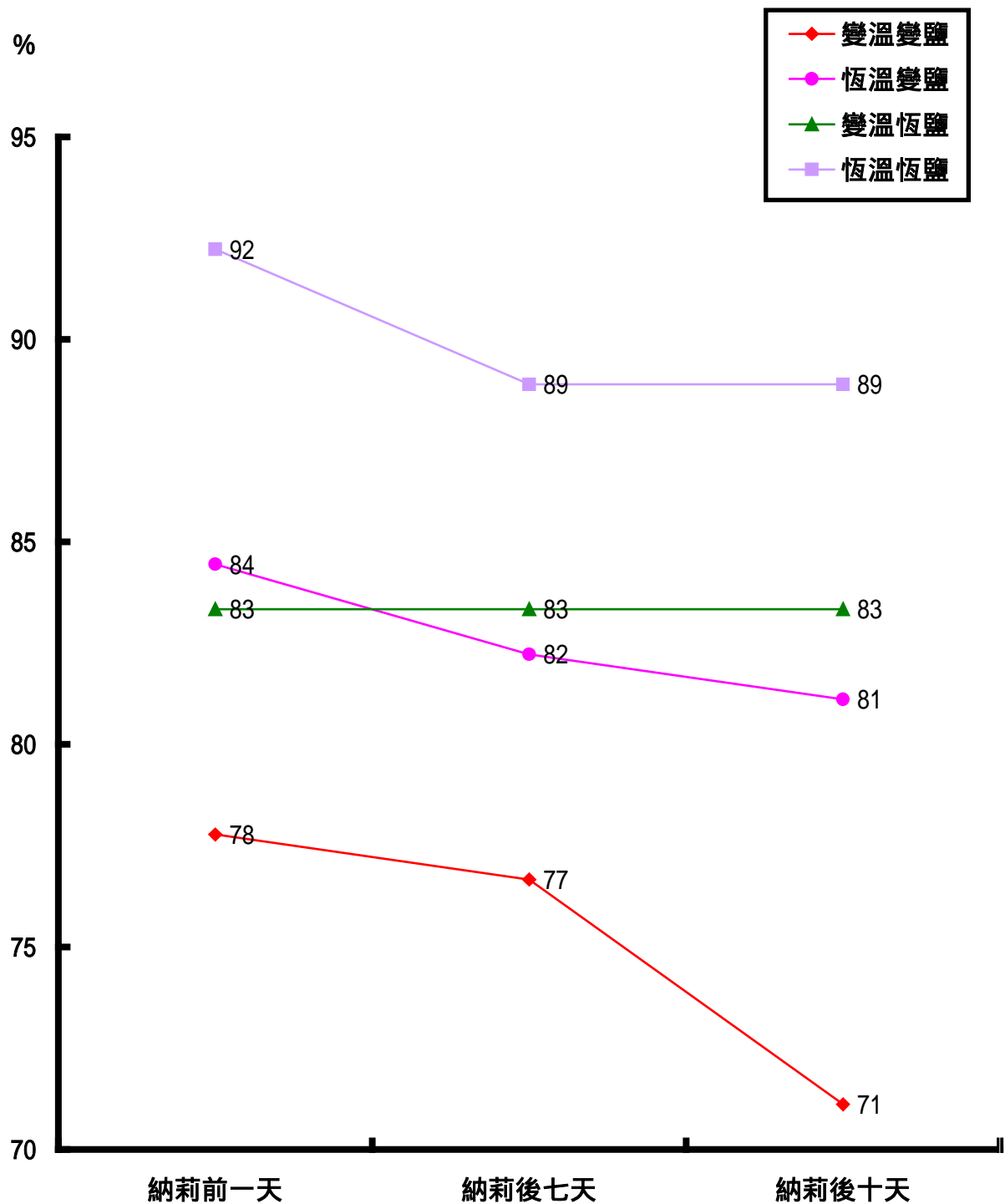
肥滿度方面,以恆溫變鹽最高;肥滿度為  $0.0004800 (g/mm)^3$ ,其次為變溫變鹽的  $0.0004150 (g/mm)^3$ 、變溫恆鹽的  $0.0003582 (g/mm)^3$ 、以及恆溫恆鹽的  $0.0003330 (g/mm)^3$ 。各組間皆具有顯著性差異 ( $p < 0.05$ )。

## 第二階段活存率 (Survival rate) 方面



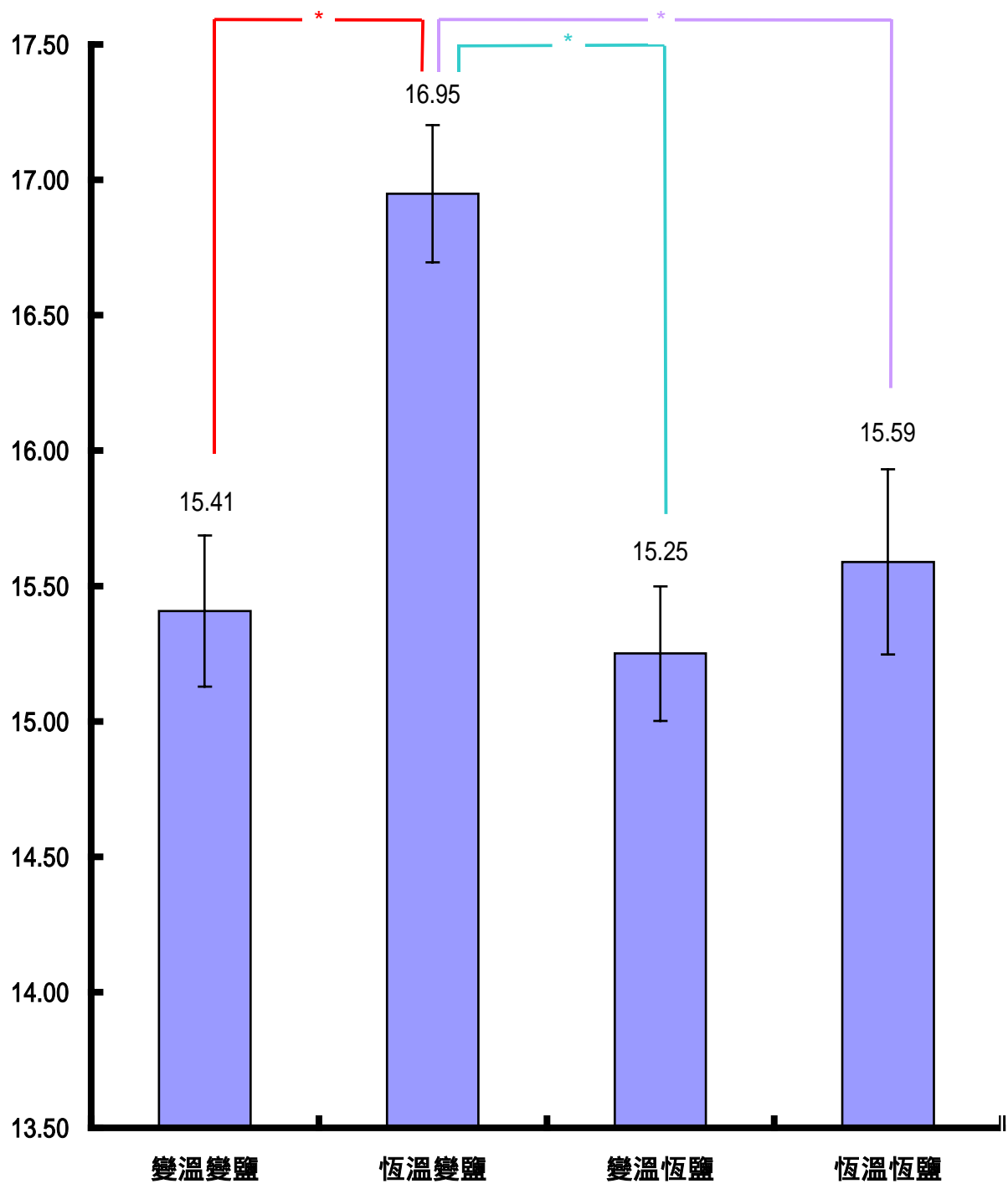
為模擬納莉颱風後七天之活存率。以恆溫恆鹽組最佳；活存率為 89%、其次為變溫恆鹽的 83%、恆溫變鹽的 82%、以及變溫變鹽的 77%。僅恆溫變鹽與變溫恆鹽間不具有顯著性差異 ( $p>0.05$ )。

## 第二階段模擬納莉颱風過境前後之活存率比較



納莉颱風前與納莉颱風後七天的活存率並沒有顯著的差別，但是到了納莉後十天變鹽兩組的活存率則有明顯下降的趨勢。

## 第二階段活存率和成長率的乘積值方面



以恆溫變鹽最佳；乘積值為16.95，其次為恆溫恆鹽的 15.59、變溫變鹽的 15.41、以及變溫恆鹽的 15.25。（\*表 $p < 0.05$ ）

## 捌、討 論

### 第一階段結果討論：

- (一) 成長率 (Growth rate) 方面，海水鹽度 30ppt 與 10ppt 兩組並列最高，其次分別為 0ppt，20ppt。因此之前我們所推測「在低鹽度環境之下，蝦類的成長速率有增加的可能性」這點在本實驗條件下並不完全成立，因為本實驗結果顯示在全淡水之下，其生長率反而低於高海水鹽度 30ppt。根據鄭學淵等人 (1991) 的研究顯示，草蝦最適生長海水鹽度為 30ppt，因此我們推論或許白蝦與草蝦相同皆較適合生長於不須淡化的海水鹽度環境中。
- (二) 活存率 (Survival rate) 方面，以 30ppt (94%) 最佳，其次為 20ppt (90%) 以及 10ppt 與 0ppt (88%)。以低海水鹽度養殖，活存率較低，能得到的養殖漁獲收入相對受到了限制。
- (三) 肥滿度方面，以 30ppt 最佳，其次分別為 20ppt、10ppt 及 0ppt。肥滿度的代表意義為  $(W/L)^3$ ，也就是蝦肉重量除以單位體積的三次方，這代表所謂肥滿度高，是指單位體積固定，其所含蝦肉較多；相對而言，如果是同重的蝦肉，其所佔體積較小，表示在單位底面積中可以有實施超集約養殖的較高可能性，配合高活存率與高成長率，便可提高養殖收入與利潤。
- (四) 換肉率 (FCR) 方面，以海水鹽度 30ppt 最佳，其次依序為 10ppt、20ppt、0ppt。因為 FCR 是指轉換成一公斤蝦肉所需之飼料公斤數，故數值較低者較佳。我們實驗結果是 30ppt 最低 (最佳) (1.81)，故蝦子成長所需飼料量是以海水鹽度 30ppt 為最少。FCR 為養蝦在成本上的經濟性指標，其數值越低則代表所需飼料成本相對較低，表示會有相對較高的收入。由本實驗結果得知以海水鹽度 30ppt 飼養下 FCR 最低 (最佳)，因此更加證實了刻意降低海水鹽度並不會有效提高利潤。
- (五) 活存率和成長率的乘積值代表直接之收成產量。在四種海水鹽度中，以 30ppt 最佳，10ppt 次之，最後是 20ppt 和 0ppt。此點可指出 10ppt 成長率雖不低，但活存率並不理想，整體之收成產量亦隨之下降，故抽取地下水刻意降低海水鹽度並非明智之

舉。本實驗海水鹽度 30ppt 之處理組不論在活存率與成長率的乘積值或是 FCR 方面皆最佳，足以證明用海水養殖不僅可以提高總產值增加收成，更可以因為 FCR 較低，使得成本降低，相對得到較高的利潤，而且配合高活存率及較佳的肥滿度，較易達到超集約養殖，更可節省土地資源及水資源。

(六) 本實驗結果顯示，在全淡水（約 0ppt）和 20ppt 半淡鹹水中養殖，無論在活存率、成長率方面，都不甚理想；10ppt 的半淡鹹水雖成長較佳但活存率低，三組之整體收成產量在本實驗中皆不如在 30ppt 的海水中養殖。那為什麼養殖戶仍要超抽地下水來養殖蝦類呢？我們推論或許養殖戶們也只是憑藉多年的經驗或是以訛傳訛的結果認為淡水養殖成長較快，可是卻沒有實際的實驗數據證明淡水養殖之成長率較佳，所以根據我們的實驗結果，我們認為並沒有浪費淡水資源進行全淡水及半淡鹹水養殖的必要性。

(七) 為什麼在淡水養殖之下，白蝦的死亡率較高？根據丁雲源（1987）的報告指出，低鹽度環境之下可以促進脫殼速率，或許因此增加了被殘食的機會，造成較高的死亡率。另外，在陳秀男等人所著的蝦類養殖實用技術大全（2000）中也提到，低鹽度環境之下蝦類為了抵抗體內外滲透壓的平衡，會有游離胺基酸釋出至淋巴間，不僅過程中耗費能量，且最後還會形成廢物排出體外，造成環境水質的惡化使得白蝦死亡率上升。所以除了水質的不穩定與殘食可能導致其活存率較差之外，因調節滲透壓耗費額外的能量而導致活存率和成長率較差也可能是因素之一。

## 第二階段結果討論：

在全球氣候變遷的影響之下，由於氣候的不穩定，將造成室外養殖塢池溫度與鹽度產生變化，所以第二階段是以室內養殖的方式模擬台灣嘉義地區民國九十年七月九日日夜溫差與降蒸量造成的海水鹽度與溫度變化對室外養殖白蝦成長的影響，比較不同環境下的成長差異如下：

(一) 成長率（Growth rate）方面，以恆溫變鹽組的成長率為最高，其次為變溫變鹽組、變溫恆鹽組、恆溫恆鹽組。變鹽二組在成長率方面顯然均高於恆鹽二組（皆具有顯著性差異），這可能是鹽度變化刺激脫殼頻率增加，因而有促進其成長的效果。而變溫恆



鹽和恆溫恆鹽之間的成長率卻沒有顯著性差異，可知在恆鹽的條件之下，一定溫度範圍的變化時，並不會影響蝦體的成長率。

- (二) 活存率 (Survival rate) 方面，在實驗結束時，以恆溫恆鹽組 (89%) 最佳、其次為變溫恆鹽 (83%)、恆溫變鹽 (82%)、變溫變鹽 (77%)。從結果得知在室內養殖恆溫恆鹽的情況之下，除了室外其他不穩定的環境理化因子皆以人為控制其恆定，也恆定了溫度與鹽度兩大變因，故使得白蝦能夠在沒有環境壓迫 (stress) 的情況之下得到最高的活存率，結果與林俊年 (1991) 對中國對蝦的實驗結果相同。
- (三) 從第二階段實驗結束時，也就是在模擬納莉颱風造成鹽度的變化七天後，模擬室外養殖變溫變鹽組之白蝦活存率並沒有立即明顯下降；但在三天後，也就是在模擬納莉颱風造成鹽度的變化十天後卻意外發現，其活存率卻明顯低降 (模擬納莉環境之前活存率：78%，模擬環境七天後：77%，模擬環境十天後：71%)。根據此點我們推論出三項可能的原因：其一，推測在幼蝦時較不能適應變鹽環境者已遭淘汰，以至於存活下來的白蝦對環境變化有較佳之適應能力，在激烈環境變化衝擊後尚能調節維持蝦體的恆定性；其二，可能有些白蝦遇到如此激烈環境變化時，短時間內仍能活存，但蝦體已相形脆弱，時間一長可能漸趨虛弱至死；其三，也有可能這些遭環境激烈變化打擊的白蝦雖變脆弱，但由於堅硬完好的甲殼保護而不至遭其他蝦子的攻擊，但日子一久需要脫殼時，就容易被殘食致死。
- (四) 換肉率 (FCR) 方面，以恆溫變鹽組最佳，其次依序為變溫變鹽、變溫恆鹽、恆溫恆鹽。從結果我們可發現恆溫變鹽組因 FCR 最低 (最佳) (3.21)，因此成本較低，的表示會有相對較高的利潤。
- (五) 活存率和成長率的乘積值方面，在四種環境下，以恆溫變鹽組最佳，其次為恆溫恆鹽、變溫變鹽、變溫恆鹽。此點可指出雖然變溫變鹽之成長率最佳，但其活存率過低，以致於最後的總收成量並不理想，故這四組的收成產量以室內養殖恆溫變鹽的環境下較佳。
- (六) 由第二階段結果得知，恆溫變鹽者無論在活存率與成長率的乘積值及 FCR 方面皆較佳，但是，真的要只顧利益以室內養殖控制溫度的恆定，再以一定範圍內的鹽度變化

刺激其成長嗎？由本實驗結果得知，答案並不是一定的，因為以室內養殖的方式恆定溫度再施以一定範圍內之鹽度變化固然可以有較高的收成產量以及相對較低的飼料成本，但是若以環保的角度切入，變化鹽度所需的淡水將會是另一項淡水資源的浪費，而如果以室內養殖的方式用純海水養殖，並恆定溫度與鹽度，對節省淡水資源將有實質的幫助；但若就經濟效益的觀點來看，兩種環境變因下的四組實驗組是以室內養殖恆溫變鹽較佳，且其耗費淡水的量遠遠不及全淡水和半淡鹹水養殖的量；所以室內養殖無論在經濟或是環保層面其成效皆佳於室外養殖，其中恆溫變鹽組具有較高的經濟效益，而恆溫恆鹽組則最能節省土地及淡水資源；況且我們實驗室內超集約養殖密度高達 125 隻 / 平方公尺，是室外集約養殖 60 隻 / 平方公尺兩倍以上，能更有效地提高收成產量。

(七) 本實驗的飼料投餵係數方面，第一階段在蝦重為 1-5 g 時為總體重的 5%，隨蝦重增加提高其投餵係數，然而到了第二階段在蝦重為 1-5 g 時則變為 10%，隨蝦重增加降低投餵係數。因為我們原本認為在幼蝦期所需的飼料量較小，因此所乘上的係數應較大蝦來的低，然而陳秀男等人 (2000) 的報告指出，甲殼類不同發育階段之飼料需求量亦不同，幼苗期的營養需求量較成蝦高，因為仔蝦正值成長快速期，其所需營養比例相對較高，在其個體成長後，其體態亦漸趨成熟，所需營養比例也就相對較低，大部分食物作為平常活動消耗的能量來源。經討論之後發現，其實蝦重逐漸增加後，即使降低其投餵係數，飼料總量仍因為蝦重增加而增加，只是相對比例較少，因此仔蝦的投餵係數應較成蝦高。我們由第一、二階段的前半段成長情形亦可印證其結論：若在幼蝦期使用較高的投餵係數確實能有較快的成長，故在成蝦時投餵較幼蝦期為低的投餵係數是正確的理論。

(八) 若是養殖戶良心發現，採用我們的意見，真的使用了純海水養殖，不再超抽地下水，但是仍然以室外養殖為主，那他們真的能夠得到最大之利潤嗎？由本實驗第二階段結果可知，答案是否定的。從變溫變鹽組看來，即使一開始使用純海水養殖，仍然會因為日夜溫差與降雨量和蒸發量造成溫度與鹽度的改變，導致其活存率低下；再加上全球氣候變遷日趨劇烈，可能會造成更多溫度與鹽度不可預期的波動，進而對活存率造成更大的衝擊；而本實驗結果中顯示出室內養殖不僅具有較高活存率，且放養密度高達每平方公尺 125 尾，比傳統室外集約養殖每平方公尺僅 60 尾高出了一倍多，不

僅可以得到較高的利潤，也能避免全球氣候變遷對室外養殖的影響，因此我們建議養殖戶採取室內養殖，比室外養殖有較高且穩定的收入；且更重要的是，室內養殖能比室外養殖節省許多寶貴的土地及淡水資源。

- (九) 最後，在台灣環境變遷與全球氣候變遷衝擊之評析（周昌宏，2000）一文中曾提及，隨著科技的發展，人口的激增，人類對環境的影響愈來愈顯著，所帶來的環境變遷範圍將擴張成全球性且更加快速；若是照著此情勢繼續發展，諸如納莉的暴雨將使海洋中生物量最為豐富的沿岸及近海生態系鹽度大幅降低至 20ppt 左右，我們實驗結果已證實其對白蝦生物量會有相當負面的影響，那對其他水生物種之生物量是否會有相似的負面影響？若真是如此，遠洋漁業之漁獲量是否也會跟著降低？還有聖嬰及反聖嬰現象發生頻率更加頻繁，影響所及涵蓋廣大的東太平洋赤道海域，其不正常的大幅增溫與降溫對熱帶豐富的水生物種生物量是否也將有所影響？且無論對各水生物種生存有正面或負面的影響，都可能破壞太平洋地區現有的食物網平衡，進而牽動到全球的生態平衡，這點是我們未來所必須重視的嚴重問題。

## 玖、結 論

- (一) 本實驗第一階段結果得知，以海水鹽度 30ppt 養殖白蝦活存率與成長率的乘積值最佳，代表可以有較高的總產值，得到較多的收入，且 FCR 也較低（較佳），表示飼料成本亦相對較低，整體經濟效益為四組中最高；一般漁戶認為會成長較快的全淡水（0ppt）或半淡鹹水（10ppt、20ppt）的處理組，其實整體的經濟效益方面表現較差。在淡水資源已嚴重不足的台灣，珍貴的地下水資源更是千萬年累積而來的，已沒有多餘的淡水供給養殖戶不斷地淡化海水；而且養殖戶不需根據錯誤又不確實的經驗或口傳，繼續大量超抽地下水淡化海水，不僅沒有辦法提高利潤、降低成本達到預期結果，反而導致地層下陷、土壤鹽化及海水倒灌等無法挽回的後果。若使用接近 30ppt 的全海水養殖，除了有取之不盡用之不竭的海水資源外，還可以因高成長率及高活存率提高產量，FCR 低（最佳）而降低成本，獲得更高的利潤。且我們在實驗中發現，鹽度越低，蝦體為平衡體內外滲透壓平衡，而分解體內蛋白質成游離胺基酸，最終又變為氨 - 氮廢物排出，不僅污染水質，且蝦體為平衡體內外滲透壓又會消耗更多的 ATP；同時，水中含氮物質增加，亦提供了水中藻類及細菌營養而促進其大量繁殖消耗水中氧氣，進而減短養蝦池的壽命，而無法達到養殖池永續經營節約土地資源的長久性。
- (二) 由於第二階段鹽度經常變化，為確保我們實驗鹽度變化之準確性與變換鹽度之便利性，我們利用簡單的數學比例及化學濃度關係自行推導出三項鹽度變化量與換水量公式：

$$\Delta S\left(\frac{0}{00}\right) = \frac{-X(mm)}{H(mm) + X(mm)} \times S\left(\frac{0}{00}\right)$$

$$\Delta h_{\text{降}}(mm) = \frac{\Delta S\left(\frac{0}{00}\right)}{S\left(\frac{0}{00}\right)} \times h(mm)$$

$$\Delta h_{\text{升}}(mm) = \frac{\Delta S\left(\frac{0}{00}\right)}{34\left(\frac{0}{00}\right) - S\left(\frac{0}{00}\right)} \times h(mm)$$

- (三) 第二階段的蒸發量與降雨量經過此換算公式計算後，皆可以換算為實際升降公分數，且在實驗過程中多次檢驗與實地操作後，證明此三條公式皆準確無誤，可做為今後換算鹽度變化所需水量之參考公式。
- (四) 同時，為了配合上述鹽度變換公式，我們應用物理電機電路「橋式整流」的概念，設計出一套換水系統迴路以節省人力與時間。換水系統經過迴路設計後，使用單一抽水馬達便可進行換水與注水，以節省成本。利用我們所導出的鹽度變換公式加上自行設計的迴路式換水系統，即使再大的換水量也能在極短時間內完成。
- (五) 由第二階段實驗結果得知，室內外養殖主要變因 海水鹽度、溫度對白蝦成長的差異性：變溫兩組之活存率較恆溫兩組差，而其中又以模擬室外養殖之變溫變鹽組活存率最差；但在模擬嘉義地區室外降蒸量造成的鹽度變化刺激下（ $+0.3 - 8.2\text{ppt}$ ），變鹽二組成長率（Growth rate）皆較恆鹽二組為佳；在飼料成本 FCR 係數上，變鹽組也較恆鹽組為佳；綜觀上述結果可知鹽度變化在此範圍可刺激白蝦成長，也能降低飼養白蝦的飼料相對成本，而在白天 30℃ 與夜晚 24℃ 的日夜溫度交互變化影響下，其成長率和恆溫組比較起來並沒有顯著影響，然而對於活存率卻有負面的影響，而同時變化溫度與鹽度對活存率會有更加負面之影響，故即使模擬室外養殖具有高成長率，但在活存率與成長率的乘積值方面卻不盡理想，且若遇到如民國九十年納莉颱風帶來的暴雨造成海水鹽度大幅度下降，模擬室外養殖其活存率更是從 78 % 驟降至 71 %，故綜合上述結果，我們建議養殖戶應在室內養殖維持其高活存率確保產量的穩定，亦可節省室外養殖遷地所浪費的土地資源。
- (六) 面積狹小的台灣，土地資源已經嚴重匱乏，而全球暖化使得南北極冰川融化，造成海平面上升，根據估計，台灣海平面若上升半公尺，將喪失一百多平方公里的土地（陶在樸，2002），而台灣屬於海平面上升快速地區，如高雄港預估 75 年內海平面將上升 167.25cm，高達東南亞的海平面上升平均值的三倍之多，土地資源已經受到如此嚴重的威脅，更經不起養殖戶超抽地下水導致地層下陷的雙重負面影響；如泰國曼谷地層下陷最嚴重的地區每年下陷逾十二公分、大陸地區浙江省會寧波更是有可能在西元 2030 年遭到淹沒（新浪新聞，2002），都是抽超地下水所導致的嚴重後

果，若養殖戶繼續超抽千百年累積下來的地下水，不僅將承受地層下限的苦果，更是珍貴資源的一大浪費；另外，台灣地區的降雨時間及空間不均，再加上河流短急，蓄水不易，即使擁有豐沛的降雨量，卻無法做最有效的利用，而今年五月之前全台皆因氣候反常而陷入嚴重的乾旱，更是暴露了台灣水資源嚴重不足的問題，因此，今日無論缺水與否，全台各地都需珍惜可使用的寶貴淡水資源；故實應以海水室內養殖的方式節省寶貴的淡水資源，並有效利用台灣有限的土地資源，以達到永續經營的長遠目標。

- (七) 在第二階段實驗後段，變鹽兩組模擬納莉颱風影響室外養殖環境鹽度變化( - 8.2ppt )十天後，兩組活存率皆明顯低降( 模擬納莉環境之前活存率，變溫變鹽組：78%，恆溫變鹽組：84%；模擬環境十天後活存率，變溫變鹽組：71%，恆溫變鹽組：81% )，足見像納莉等激烈天候對白蝦等海生物種的衝擊。在未來全球氣候變遷日益加速的現在，諸如納莉颱風等激烈天候發生頻率將更加頻繁，強度也將變得更大，其對未來室外養殖及沿岸近海生態系帶來更嚴重之打擊是可預見的。
- (八) 以今年為例，五月以前全台的乾旱，原本已經嚴重不足的淡水資源更形匱乏，而除了資源方面的衝擊外，我們亦十分擔心原本南部地區連日的乾旱將使得室外養殖池蒸發旺盛，導致海水鹽度升高，後來連續的豪雨雖使得旱象得以舒緩，但是卻也使得室外養殖池的鹽度短期內大幅下降，再加上室外原本已屬於變溫環境，由本實驗第二階段可得知變溫變鹽組整體表現極差，如此乾旱接著豪雨帶來的激烈鹽度變化將可能對室外養殖產量造成相當的衝擊。
- (九) 就經濟效益方面，由第一階段結果得知，以全海水養殖的處理組其成長率及 FCR 皆較其他組佳，活存率更可高達 94%，比前人所做過室外養殖的 65% ( 鄭學淵等人，1991 ) 高出許多，也因此可獲得較高之利潤。在第二階段中更進一步發現，若恆定溫度，以模擬換算嘉義室外降蒸量的鹽度變化( + 0.3ppt - 8.2ppt )飼養，其活存率與成長率的乘積值為四組中最佳，且 FCR 飼料成本亦和變溫變鹽組同為四組中最低( 兩組間  $p>0.05$ ，不具顯著性差異 )，故若以室內養殖控制溫度的恆定，再施予一定範圍內的鹽度變化刺激其生長，整體經濟效益較其他三組為佳。
- (十) 室內養殖 30ppt 較高的肥滿度，代表著同重的蝦子佔去體積較小；在控制各種環境

理化及生物因子恆定下，室內養殖亦具有較高的活存率，意味著在室內養殖可以比室外養殖更加提高其放養密度。本次實驗室內放養密度高達 125 隻 / m<sup>2</sup>，為一般室外超集約養殖的兩倍多，密度高顯示能有較大量的總產值，故採取室內養殖確實能增加養殖戶收入提高其收成利潤。

- (十一) 室外魚蝦養殖常會受到緯度的限制。像在台灣，草蝦只能於南部養殖，但於室內養殖即可克服此限制。因室內養殖可控制其溫度穩定，即使在高緯度地區亦可養殖，節省從低緯度原產國輸入相關蝦產品的運輸費用。
- (十二) 以模擬室外養殖所飼養出的白蝦，其活存率明顯較低；而實際室外養殖不只會因天氣的變化而使得溫度與鹽度有所變動，並同時會有菌相、藻相等的差異，成為無法控制的環境理化及生物因子，對於白蝦的成長也會有一定的影響；若以室內養殖則可以自由控制溫度與鹽度的變化，且相對於室外養殖環境，室內養殖是在許多變動因子都已經受到控制之下飼養，由本實驗可以明顯看出室內養殖的高活存率，且其高放養密度能比室外養殖帶來更高的收成產量，如此一來可維持高而穩定的產值。
- (十三) 就資源保護層面來看，我們以室內養殖的方式模擬全球氣候變遷對室外養殖的溫度與鹽度變化對白蝦生長的影響，結果發現，若以全海水進行室內養殖，不但活存率高、成長率佳、飼料相對成本低以及肥滿度高所帶來超集約養殖的可能性；但若以全海水進行室外塢池養殖，由於全球氣候變遷所帶來溫度與鹽度的變化，使白蝦活存率下降、飼料相對成本提高，成長率雖佳但受制於活存率低，總收成量並不理想，還因此浪費土地資源；而本實驗第二階段經濟效益結果以恆溫變鹽較佳，且其所須之淡水資源遠不及全淡水及半淡鹹水養殖的量，在淡水資源允許的情況之下，是可以進行室內養殖恆定溫度，再施予些許鹽度變化刺激其成長的；但如以環境保護為出發，在現今水資源日漸匱乏的臺灣，以今年為例，養殖重鎮之一的嘉義，久旱未雨使得縣內水庫蓄水量僅達有效蓄水量的百分之十到二十，而實施第一階段限水措施（2002.4.19,台視新聞），而抽取地下水，又會帶來地層下陷等嚴重後果；所以養殖戶如能使用全海水室內養殖，恆定其溫度與鹽度，最能節省寶貴的淡水及土地資源。

- (十四) 在龍騰版基礎生物課本( 楊冠政 , A8( 初 )) 中指出, 像中國大陸的青海和羅布泊等內陸鹹水湖, 因其特殊的惡劣環境, 僅有鹽蝦和一些藍綠菌可以生存; 而這種環境和室外養殖溫池的環境是十分相近的, 皆為封閉的鹹水環境, 且生存的物種比起其他水生生態系皆單純許多, 當這個環境如室外養殖池般, 如同遭受全球氣候變遷的衝擊時, 也可能會對其水生生物量產生相似的負面影響, 甚至可能改變整個鹹水湖生態系之平衡, 且又因其組成生物種類及數量皆較少, 當其平衡遭受破壞後, 日後回復其平衡必更加困難。
- (十五) 在南一版基礎生物課本中( 施河 , 1999 ) 提到, 珊瑚礁是地球生產力和生物多樣性最發達的生態系之一, 珊瑚礁魚類幾乎佔了世界魚類的五分之三, 且珊瑚礁也具有調節氣候的功能, 生活在熱帶淺海的珊瑚不斷自大氣中吸收二氧化碳合成碳酸鈣骨骼, 有助於降低地球的溫室效應; 龍騰版基礎生物課本( 楊冠政 , A8( 初 )) 中則提到珊瑚為狹適應性的動物, 極易因環境的變動而受影響; 結合上述兩點, 根據我們的實驗結果, 縱使是白蝦這種能適應廣範圍溫度、鹽度的生物, 全球氣候變遷對其室外養殖之生物量也有相當的負面影響, 那全球氣候變遷對珊瑚這種狹適應性的生物, 所帶來的傷害不就可能更大? 若珊瑚因此而大量白化、死亡, 那依附其環境生存的豐富生態不也跟著滅絕? 其降低地球溫室效應的功能亦被破壞, 如此惡性循環, 將使得溫室效應的問題更加嚴重, 這些問題, 都是我們未來必須正視的重要課題。
- (十六) 從本實驗第二階段的結果可知溫度與鹽度不穩定的變化會對白蝦活存率有負面的影響, 可推論在生態環境理化因子的變動下, 或許其餘水生物種也可能會有相同的情況。然而隨著人口的激增, 人類對地球環境的影響越來越劇烈, 也益加快速, 造成了許多環境的變遷: 臭氧層破洞、溫室效應、聖嬰反聖嬰造成的暴雨和乾旱等等。其中聖嬰及反聖嬰現象發生頻率漸趨頻繁, 造成東太平洋赤道附近海域海水異常增溫與降溫, 影響所及, 涵蓋整個東太平洋赤道海域中的眾多水生物種; 同時聖嬰及反聖嬰現象亦會使西太平洋地區發生不正常的暴雨或乾旱, 暴雨過後沿岸及近海海域海水鹽度甚至可能大幅低降至 20ppt ; 從我們模擬納莉颱風過境所造成鹽度變化的結果, 可看出其對室外養殖( 變溫變鹽 ) 組活存率的衝擊相當大, 那麼對海洋生態系生物量最為豐富的沿岸生態系及近海生態系不也可能



產生類似的衝擊，使太平洋地區水域及環太平洋陸地的食物網的平衡遭到直接或間接的破壞，對全球生態更是無可挽回的衝擊。人類破壞環境，導致全球氣候的失衡，進而導致生態的破壞，最終亦影響到人類本身；為此，我們必須更加注重環境保育的課題，穩定日益嚴重之全球氣候變遷，以達到人類與環境共存共榮的永續經營目標。

## 拾、未來展望

- (一) 本實驗結果顯示，以海水鹽度 30ppt 總產量最大，然而，總產量最大並不代表其口感最佳，即使口感最佳也不代表營養最佳，因時間與器材上的限制，由本實驗中無法找出使白蝦總產量最大、口感最佳甚至是營養最良好的海水鹽度；抑或是是以積極面的角度設計出能飼養出味美、彈性佳且總產值高的白蝦的實驗，若將來時間與器材允許，可以進一步設計實驗尋找出答案。
- (二) 本實驗發現由恆定溫度與小幅度變化鹽度可以刺激白蝦的成長，以模擬換算納莉前室外降蒸量的鹽度變化結果得知，此鹽度的變化範圍在 + 0.3ppt - 8.2ppt，然而，我們無法確定其鹽度變化的上限及下限，更不知在怎樣的變化幅度之下最能刺激快速，此點非常值得將來進一步做實驗以尋求確切範圍及答案。
- (三) 本實驗鹽度變化僅以嘉義地區民國九十年七 九月之降雨與蒸發量為依據做室內外養殖比較，如能擴大時間或地區範圍，比較現今與十年前的降雨量與蒸發量影響海水鹽度後對蝦類生長的差異，所能蒐集比較的數據必更加完整，且或許可以看出台灣各地區十年來水產養殖包括蝦類及其他經濟水產物物種的產量趨勢，做出較完整的分析與比較。

## 拾壹、參考資料

丁雲源 1987，草蝦養殖。養蝦總覽，養魚世界雜誌社。

台灣養殖漁業概況與展望（ ）1996，中國水產 822：7 - 9。

全球氣候升溫使大陸沿海海平面加速擴大上升 2002，新浪兩岸連線—社會新聞。

沈必正 劉擎華 陳瑤湖 1995，礦物質與水產養殖。中國水產 515：5。

李武忠 宋延齡 節譯。中國水產月刊 491：52，1993.11。

吳清吉 地球科學。國立編譯館 4：55 - 65，1999。

周昌宏 2000，台灣環境變遷與全球氣候變遷衝擊之評析 - - 氣候。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。

林明男 丁雲源 1988，以精英移植方法做出草蝦、紅尾蝦雜交子代。中國水產 - 水產文摘 428：34。

林俊年 1991，中國對蝦於外界鹽度急劇變化下之反應及在不同鹽度、溫度下之馴化與成長。國立台灣海洋大學水產養殖研究所碩士學位論文。

邱建樺 2001，白蝦在不同鹽度環境的成長與生理反應之研究。國立台灣大學動物學研究所論文。

卓雯慧 1999，影響草蝦膽鹼需求因子之探討。國立台灣海洋大學水產食品科學研究系碩士學位論文。

施 河 生命科學上冊。南一書局 1：21，2000。

施 河 基礎生物。南一書局 5：82；6：117 - 118，1999。

施 河 基礎生物教師手冊。南一書局 2：31；6：135，1999。

海產蝦類人工養殖學 第二章：21；第四章：120 - 121，128 - 129。

- 陳世欽 1996，養殖自動化控制系統的回顧與設計標準。中國水產 526：13 - 26。
- 陳弘成 1981，繁殖場草蝦苗大量死亡之研究。348：15 - 21。
- 陳弘成 1999，白蝦養殖與管理方式。養魚世界 3：66 - 68。
- 張正芳 鄭枝修 1980，紅蝦（*Penaeus indicus*）人工繁殖及生態試驗報告。中國水產 333：7。
- 陳宏遠 1994，草蝦必需胺基酸之營養與代謝：鹽度對精胺酸需求與代謝之影響。行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告。
- 陳秀男 沈士新 冉繁華 林清龍 王俊順 黎錦超教授 蝦類養殖技術實用大全。觀賞魚雜誌社出版。2000。
- 陳秀男 張朴性 郭光雄 1995 1996，台灣地區養殖草蝦之疾病問題及對策。514：3 - 4。
- 陳建初 水質分析。1994。
- 陳建銘 1996，草蝦暴露於不同銨濃度下對其氮排泄與組織中精胺酸及麩胺酸去氫比活性之影響，國立台灣海洋大學。
- 陳秋錦 1990，草蝦放養密度對養成系統之影響。
- 專家警告：2030 年整個寧波市區可能受淹—中國新聞網 2002，新浪兩岸連線—政治新聞。
- 許晃雄 2001，淺談氣候變遷的科學。<http://hsu.as.ntu.edu.tw/>
- 梁榮元 陳 獻 賴國興 林明男 張明輝 1998，室內自動養蝦系統之研發。中國水產 543：21。
- 陳 穎 1998，幼草蝦對維生素 A 最適需求量之探討。國立台灣海洋大學水產食品科學系碩士學位論文。
- 陳錫秋 邱思魁 林碩生 1980，蝦類鮮度與 pH 揮發性鹽基態氮、氨基態氮、保水性和生菌數字之關係。中國水產 331：7 - 9。
- 曾文陽 鄭和榮 1980，明蝦之人工繁殖與養殖。中國水產 336：23。
- 黃友義 1996，貿易自由化對台灣草蝦產業之影響。國立台灣海洋大學漁業經濟研究所論文。

陶在樸 2002，暖化--台灣島正在沉淪。聯合報。

黃漢津 黃景中 安可倫 1988，印尼的蝦類養殖。中國水產 422：26。

楊冠政 基礎生物。龍騰文化 4：108，A8（初）。

葉茂盛 1999，草蝦（*Penaeus monodon*）血淋巴（hemolymph）中凝固蛋白（clottable protein）之生化及分子生物研究。台灣大學生化科學研究所博士論文。

趙榮台 1995，昆蟲生物量與生態系研究。林務試驗所。

劉行琨 1998，脫殼類固醇對草蝦 Y 器官之迴饋控制。國立中山大學海洋生物研究所。

鄭學淵 陳建初 1991，草蝦在不同鹽度下馴育與飼養。中國水產 458：11 - 19。

魏紋祈 草蝦池中未經培養細菌動態之研究。www.nsysu.edu.tw / MR / depart / rese004.htm

羅品善 1998，草蝦稚蝦和吳郭魚稚魚對膽鹼最適需求量之探討。國立台灣海洋大學水產食品科學系碩士學位論文。

嚴宏洋 1981，菲律賓的草蝦。中國水產 343：10。

蘇菁瑋 1999，飼料添加物對草蝦幼蝦成長與白點症病毒抗病力之影響。台灣大學漁業科學研究所碩士論文。

## 拾貳、附錄圖表照片

附表一、第二階段海水鹽度調配量表

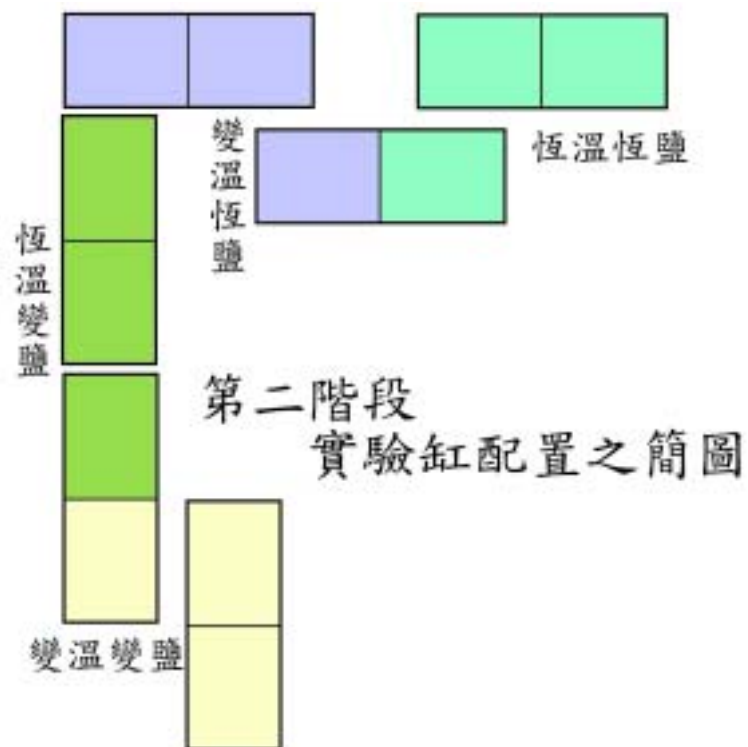
	S%	S%	h	S%	S%	h	S%	S%	h
月份	七月			八月			九月		
日期	30.0			22.0			21.1		
1	30.1	0.1		21.9	-0.1		20.3	-0.8	<b>-19.5</b>
2	30.2	0.1		21.8	-0.1	<b>-10.2</b>	20.3	0.0	
3	30.3	0.1	<b>32.3</b>	21.8	0.1		20.3	0.0	
4	30.4	0.1		21.9	0.1		19.5	-0.8	<b>-16.2</b>
5	30.4	0.0		22.0	0.1	<b>7.6</b>	19.4	-0.1	
6	30.5	0.1	<b>22.4</b>	22.1	0.0		18.7	-0.7	
7	30.6	0.1		22.1	0.0		18.7	0.0	<b>-16.1</b>
8	30.6	0.0		22.2	0.1	<b>5.4</b>	18.8	0.1	
9	30.3	-0.3	<b>-3.6</b>	22.2	0.1		18.8	0.0	
10	30.2	-0.1		22.2	0.0		18.9	0.0	<b>3.7</b>
11	29.0	-1.2		21.9	-0.3	<b>-8.0</b>	18.9	0.0	
12	28.1	-0.9	<b>-29.7</b>	22.0	0.1		19.0	0.1	
13	28.2	0.1		22.0	0.1		19.0	0.1	<b>4.1</b>
14	28.1	-0.1		21.8	-0.3	<b>-4.2</b>	19.1	0.0	
15	28.2	0.1	<b>3.8</b>	21.8	0.0		19.1	0.1	
16	28.3	0.1		21.8	0.0		19.1	0.0	<b>1.7</b>
17	27.2	-1.0		21.8	0.1	<b>1.3</b>	16.2	-2.9	
18	27.2	-0.1	<b>-57.5</b>	21.8	0.0		10.9	-5.3	
19	26.5	-0.7		21.9	0.1		10.9	0.0	<b>-171.0</b>
20	26.6	0.1		21.9	0.1	<b>4.1</b>	11.0	0.0	
21	26.4	-0.2	<b>-12.3</b>	22.0	0.1		11.0	0.0	
22	26.4	0.1		22.1	0.1		11.0	0.0	<b>1.5</b>
23	26.5	0.0		22.1	0.1	<b>6.3</b>	11.0	0.0	
24	26.4	-0.1	<b>2.5</b>	22.2	0.1		11.1	0.0	
25	26.3	-0.1		22.2	0.0		11.0	0.0	<b>0.1</b>
26	26.1	-0.2		22.2	0.0	<b>1.4</b>	11.0	0.0	
27	26.1	0.0	<b>-14.0</b>	22.1	-0.1		11.0	-0.1	
28	26.1	0.0		21.6	-0.5		10.9	0.0	<b>-3.4</b>
29	26.1	0.0		21.4	-0.2	<b>-15.0</b>	10.7	-0.3	
30	22.1	-4.0	<b>-61.3</b>	21.3	-0.1		10.7	0.0	
31	22.0	-0.1		21.1	-0.1				<b>-9.5</b>

S：鹽度變化量，H：表實際養殖池池深，h：表實驗缸水深

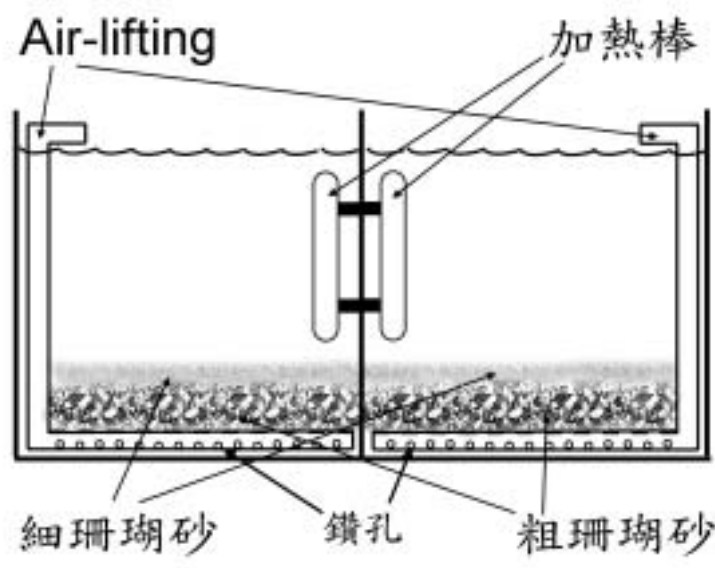
附圖一



附圖二

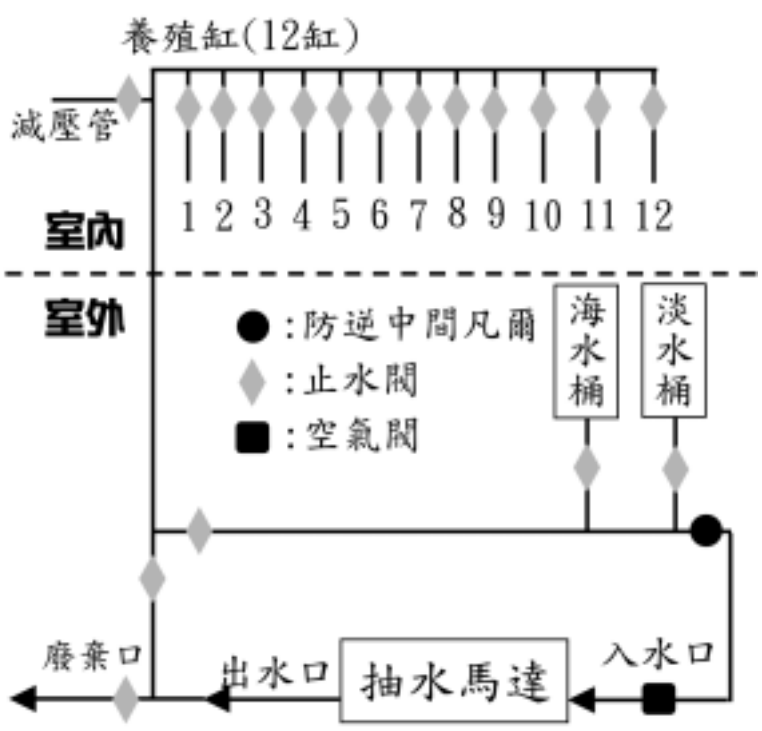


附圖三



實驗缸配置圖

附圖四







附圖五：第一階段室內實驗缸配置



附圖六：黑桶中為乾淨海水（容積一噸），橘桶中為曝過氣之淡水



附圖七：實驗開始時，將蝦苗分配至各實驗缸



附圖八：白蝦特寫



附圖九：白蝦喜下鑽，容易卡在粗珊瑚砂之間，  
故我們於上層鋪設細珊瑚砂以利預防。



附圖十：白蝦脫下的空殼



附圖十一：本實驗使用之白蝦專用飼料



附圖十二：自製的一週飼料放置籃

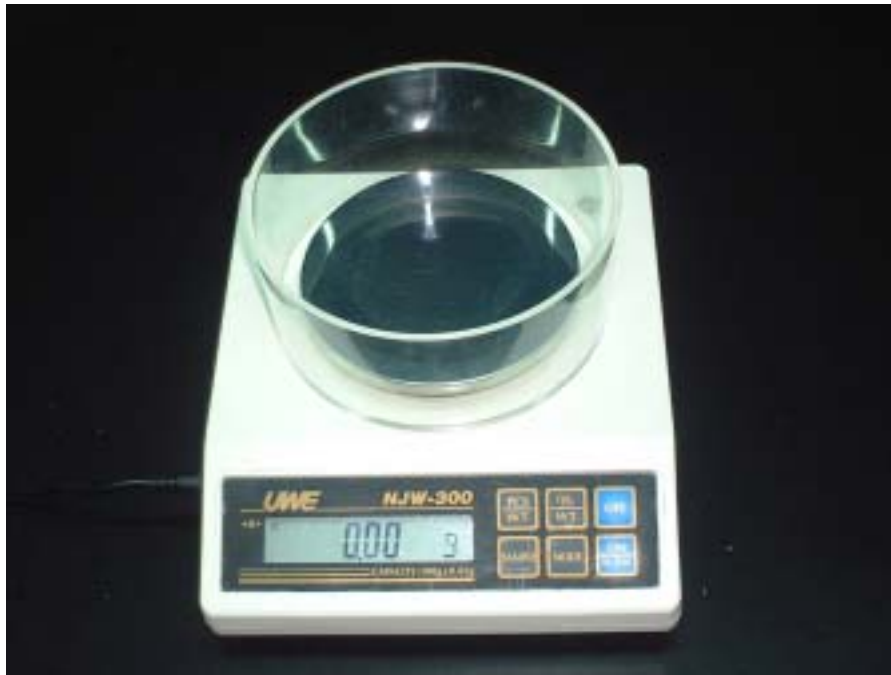




附圖十三：本實驗室內超集約養殖，每平方公尺 125 隻白蝦



附圖十四：將白蝦撈出以便測量



附圖十五：電子天秤（準度達公克下一位）



附圖十六：白蝦集中於塑膠量杯中測量體重



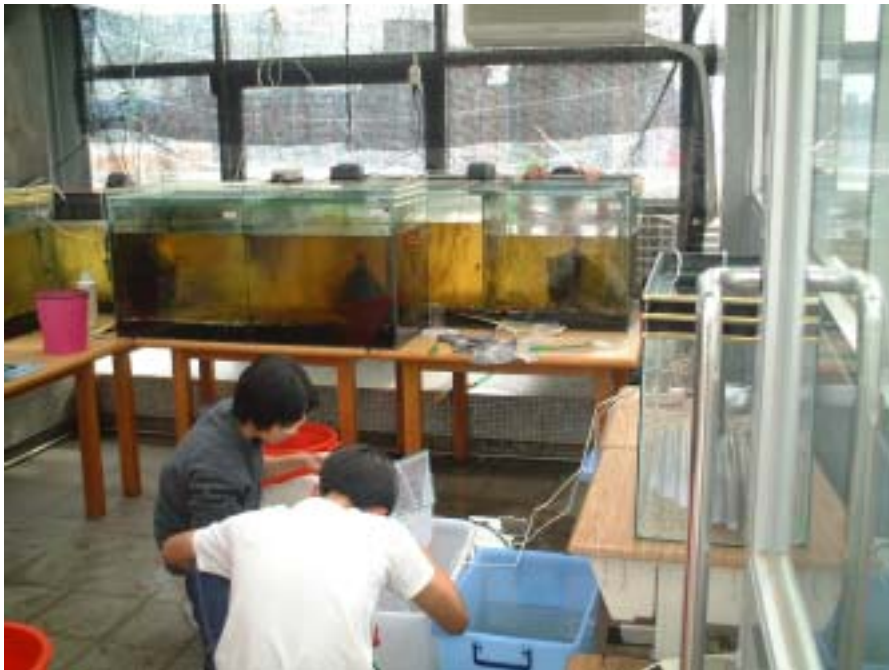
附圖十七：第一階段白蝦於實驗結束後兩個月之近照



附圖十八：電子游標尺（準度公釐下一位）



附圖十九：測量蝦長



附圖二十：第一階段結束





附圖二十一：實驗結束珊瑚砂中被吸附之糞便與殘餌



附圖二十二：將實驗後的珊瑚砂取出以便清洗



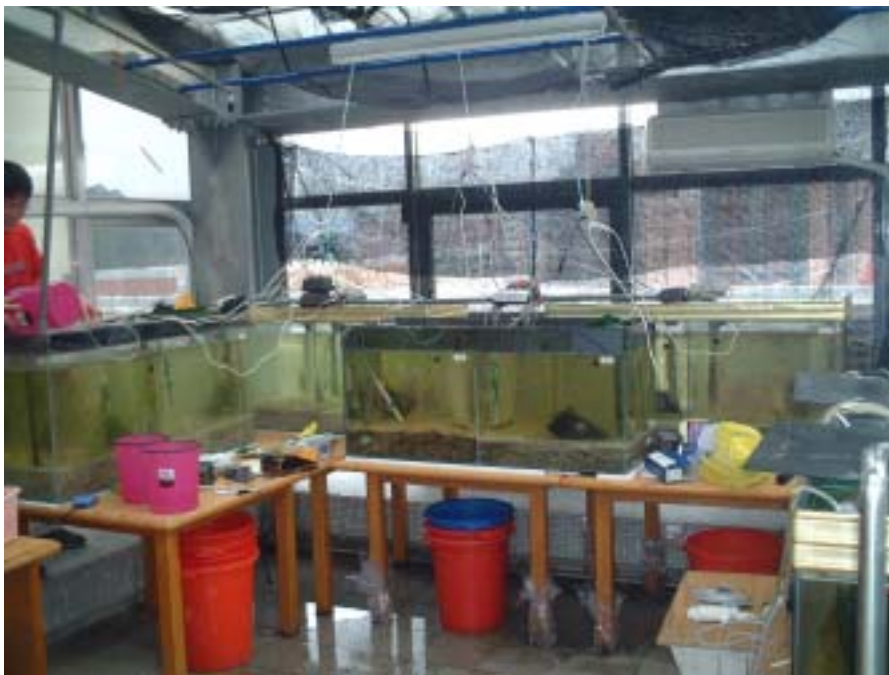
附圖二十三：清洗魚缸中的珊瑚砂



附圖二十四：將清洗後的珊瑚砂鋪平曬乾



附圖二十五：底部珊瑚砂於實驗結束時曝曬殺菌一週



附圖二十六：第二階段室內實驗缸配置





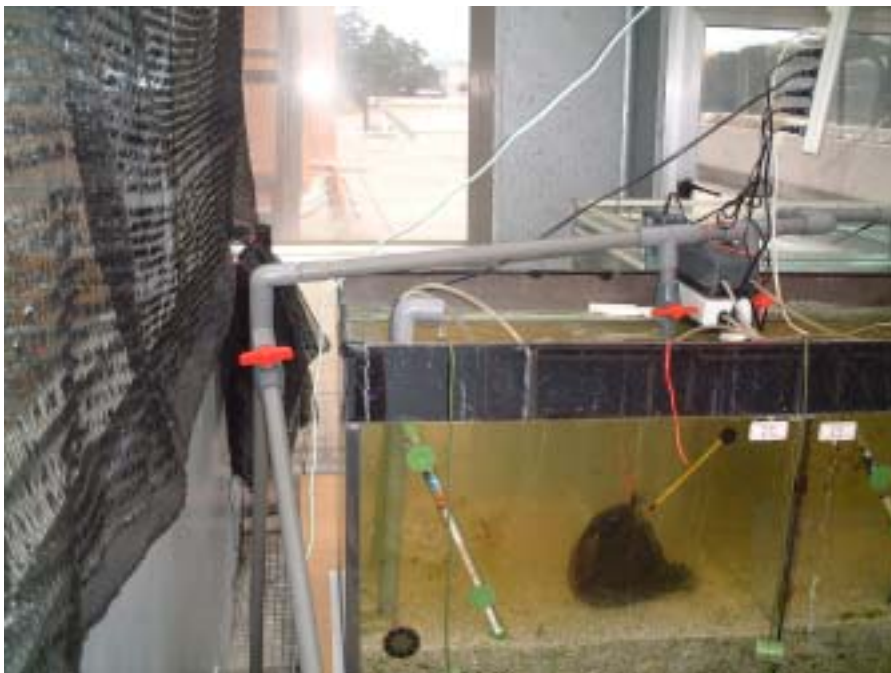
附圖二十七：換水系統



附圖二十八：換水系統（俯視）



附圖二十九：空氣閥，為換水系統調節水量大小之關鍵



附圖三十：水管由溫室外接入，左側長管為減壓管，  
右側水管連接 12 組實驗缸