

全國高級中等學校專業群科 105 年專題暨創意製作競賽
「專題組」作品說明書封面

群別：水產群

參賽作品名稱：尋鱈秘密—省水報你知!

關鍵詞：鱈龍魚、氨氮、水資源

壹、摘要

流水式養殖向來為高經濟價值的鱒龍魚養殖成功的必要條件，為尋求省水養殖的方式，乃針對水質改善設計本實驗。鱒龍魚依養殖用水處理方式分成三處理組進行，分別是換水組、不換水加沸石組、不換水去氮組，每組各三重複，經過 112 天養殖後，三組鱒龍魚增重百分率有極顯著差異($P < 0.01$)，經多重分析比較，其順序為：換水組鱒龍魚 = 不換水去氮組鱒龍魚 > 不換水沸石組鱒龍魚。倘以 100% 活存率為指標，則換水組鱒龍魚可維持 85 天以上，不換水去氮處理組可維持 60 天，而不換水沸石處理組鱒龍魚的活存率僅 10 天，其關鍵為水質能否穩定。故 60 天不換水而去除水中去氮的處理方式養殖鱒龍魚是可行的，且相較於流水式養殖減少之用水量可達 150 倍，可顯著降低養殖成本。

貳、研究動機

鱘龍魚(*Acipenser sturio linnaeus*) 被譽為「全身都是寶的魚類」¹，魚肉鮮嫩味美，頭部軟骨及脊軟骨所含的硫酸軟骨素，抗癌強化免疫效果更勝鯊魚軟骨粉，身體臟器有藥效功能，膠質更能養顏美容，過去一直是皇家的貢品²；在西方國家，品味鱘魚子醬是上流社會的專利，甚至是身份、地位的象徵。

鱘龍魚餐是目前新興流行的高檔海鮮，但近年來因為棲息環境的污染以及人類的濫捕，野生鱘魚日漸稀少²，因此，鱘龍魚的養殖備受矚目。鱘龍魚雖是一種大型魚類，但性情溫和，不善跳躍，生活在水體的中下層，鰭式為硬鱗³，大部分品種為亞冷水性環境生存，鱘魚能承受水溫為 0-30°C，pH 值必須界於 6.5~8.0 之間，氨(NH₃)濃度應小於 0.02 毫克/升，溶氧量不得低於 3 毫克/升，大於 6 毫克/升時生長較快⁴。

業者普遍認為鱘龍魚不易養殖，而水質是鱘龍魚養殖成敗的關鍵，目前大多數業者都以山泉水、流水方式養殖。因為對養殖條件要求非常嚴格，鱘龍魚被視為「全世界最尊貴的魚」；專家陳坤福表示，鱘龍魚適合生長在水質好，沒有污染，沁涼的山澗溪水，水溫不能超過 25°C，還要有源源不絕的活水⁵。

令我們感興趣的是：一般業者認為鱘龍魚應該以流水方式養殖，但具有如此優勢的天然環境甚少，如果以人為方式提供流水環境，成本甚高；有鑒於其為高經濟價值魚種，值得讓我們以有限的水產養殖基礎能力，設法為養殖業者解套，提供既能省水又能成功養殖鱘龍魚的可行方案，乃設計本實驗進行探討，希望能對台灣的水產養殖盡一份心力。

參、研究方法(過程)

一、設備與器材

(一)實驗用魚：

鱘龍魚，品種：西伯利亞鱘龍魚與歐洲鯉鱘龍魚雜交種*15 隻。

(二)養殖設備：

水族箱 9 組(主要器材:玻璃水族箱(60cm*30cm*35cm)*9 個、上部過濾器*9 個、抽水馬達*9 個、黑色 PP 板(加蓋用)*9 個)

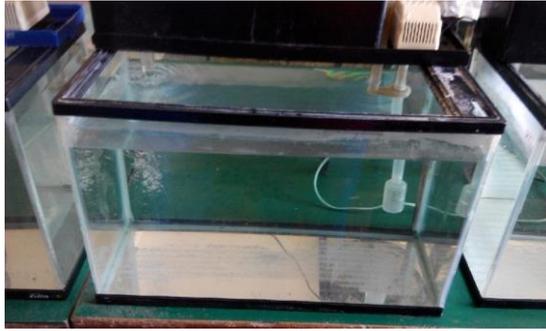


圖 1.玻璃水族箱與上部過濾器

(三)其他器材:

鱈龍魚飼料(泰山牌石斑魚2號沉性飼料)、沸石(板谷天然沸石系列)*200g、除氨氮水質穩定劑(廠牌:邁可斯)*1罐、虹吸管*2個、手抄網*2個、磅秤。



圖 2.本實驗採用之沸石(板谷天然沸石系列)

三、實驗設計

(一)採隨機(random)方式且由非本組同學抽籤先將鱈龍魚依體重分組(因鱈龍魚易互相殘食,所以應大小分開,以兩隻為一組),再分缸(共9缸)。

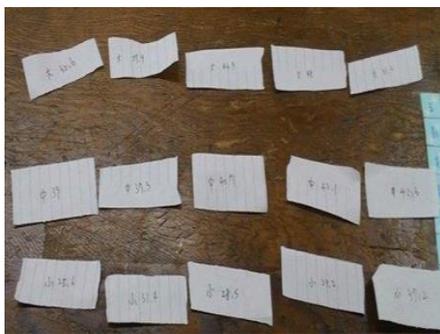


圖 3. 自製的紙籤



圖 4. 請第三人協助抽籤

(二) 將鱒龍魚分成三處理組，分別是換水組、沸石組、去氨氮組，每組各三重複，每重複 1~2 隻；也就是每處理組計 5 隻鱒龍魚，同時以隨機方式置於 3 處不同位置的水族箱養殖。

1. 換水組(對照組):

3 重複，每重複 1-2 隻鱒龍魚，即 A 組。

依體重(重到輕)分為 A1~A3 水族箱。

2. 沸石組:

3 重複，每重複 1-2 隻鱒龍魚，即 B 組。

依體重(重到輕)分為 B1~B3 水族箱。

3. 氨氮組:

3 重複，每重複 1-2 隻鱒龍魚，即 C 組。

依體重(重到輕)分為 C1~C3 水族箱。

(四) 各組水族箱排列方式: 採隨機抽籤方式 (random)，隨機排列，如圖 6。

(五) 以魚體成長指標(魚體增重百分率為主) 進行單因子變異數分析⁶ (ANOVA)，判斷各處理組之鱒龍魚有無差異。

B1	C1	操作檯面	
A2	C2	C3	貯備用水箱
B3	A1	A3	B2

表 1. 本專題實驗區各實驗水族箱分佈位置



圖 5. 本專題實驗區

二、研究方法(過程)

為探討鱒龍魚養殖較理想的水質處理方式，本實驗著重養殖用水之觀察與處理。養殖用水以“去除氨氮”與以“吸附等物理方式改善水質與維持 pH 穩定”，為比較之主軸。因此，以除氨氮水質穩定劑與沸石之添加為主要處理方式。隨時觀察並監測水質處理後的變化水質變化。

實驗進行之過程依序說明如下：

(一) 換水組：

1. 飼養方式：

每天使用虹吸管吸排泄物及殘餌、換 1/4 的水，按照體重比例計算投餌量，於每日 16:00 投餌，約進行 30 分鐘。

2. 每天測量其水質 (pH 值、氨氮、溶氧) 並觀察魚隻活動。

(二) 沸石組：

1. 飼養方式：

按照體重所測之投餌量於每日 16:00 投餌，按照體重比例計算投餌量，於每日 16:00 投餌，約進行 30 分鐘。

2. 每天測量其水質 (pH 值、氨氮、溶氧) 並觀察魚隻活動。

3. 當水質惡化時 (pH 降低或氨氮升高或溶氧降低) 加入 100g 沸石以觀察其對化水質改善的效果。

(三) 去氨氮組

1. 飼養方式：

按照體重所測之投餌量於每日 16:00 投餌，按照體重比例計算投餌量，於每日 16:00 投餌，約進行 30 分鐘。

2. 每天測量其水質 (pH 值、氨氮、溶氧) 並觀察魚隻活動。

3. 當水質惡化時 (pH 降低或氨氮升高或溶氧降低) 加入 7 毫克/升去氨氮藥劑 (依照邁可斯除氯胺水質穩定劑使用方法 8 公升水加入 1ml 可降低氨氮 1ppm 之比例添加) 觀察其對水質惡化改善的作用。

(四) 投餌量與投餌方式：

先秤魚體重，原訂每日以總體重 4% 為原則，估算每缸的投餌量，進行投餌。後因水溫、水質等環境因素與魚體個別差異大，修改為投餌至該水族箱魚隻不再進食為止。

(五) 養殖期間：自 104 年 10 月 15 日至 105 年 2 月 3 日，共 112 天。

實驗期間：10 月 15 日到 1 月 22，共 86 天。

(六) 水質測定：

每缸每日均進行氨氮、pH、溶氧量等水質條件測定並記錄。

(七)魚體重測定: 於 104/10/15、11/16、12/15、105/1/22、2/3 進行魚體個別秤重。

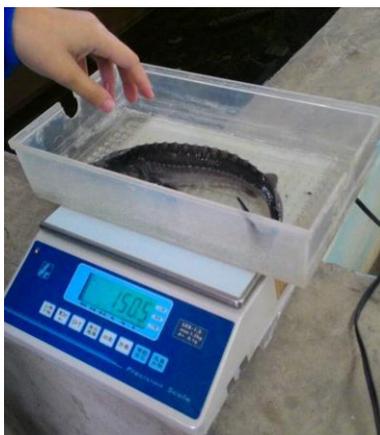


圖 6. 鱒龍魚定期量測體重

(八)魚體成長指標 1: 以魚體增重百分率 (增重百分率% = 魚體增重克數 / 魚體初重) 為主要指標。

(九)魚體成長指標 2: 以飼料轉換率(FCE)為輔助指標。

$$\text{FCE} = (\text{魚體增加克數} / \text{魚體攝食飼料克數}) * 100\%$$

(十)死亡率: 為明瞭水質環境對鱒龍魚之影響, 以死亡率作為輔助指標。

(十一)觀察: 隨時觀察魚隻活動、攝食等並記錄, 再行彙整。

肆、研究結果

一、各處理組水質環境 pH 值變化之比較

為了解各處理組對水質環境之 pH 值有否影響, 我們定時測量各處理組之 pH 值。從表 2. 我們可以發現在第 57 天以前, 沸石組 pH 平均維持在 8.27~7.8 呈穩定狀態; 但自第 58 天~86 天開始持續下降, 最低降到平均 pH7.03。

去氨氮組 pH 平均則是維持到 53 天開始下降, 最低降到平均 pH 6.6, 換水組(對照組)並無太大變化, 維持在 pH 7.53~pH 8.37 上下之穩定狀態。

表 2. 本實驗三種不同水質處理方式之 pH 值變化與比較

	日期	pH 平均	pH 標準偏差範圍
沸石組	第 1 天~第 57 天	8.27±0.06~ 7.8±0.52	0.06~0.52
	第 58 天~第 72 天	8.03±0.31~ 7.07±1.01	1.07~0.25
	第 73 天~第 86 天	7.30±1.04~ 7.03±1.00	1.18~0.89
去氮組	第 1 天~第 53 天	8.3±0.10~ 7.73±0.15	0~0.29
	第 54 天~第 65 天	7.73±0.25~ 7.43±0.32	0.06~0.52
	第 66 天~第 86 天	8.0±0.1~ 6.6±1.13	0.1~1.15
對照組	第 1 天~第 86 天均維持	8.37±0.06~ 7.53±0.12	0~0.61

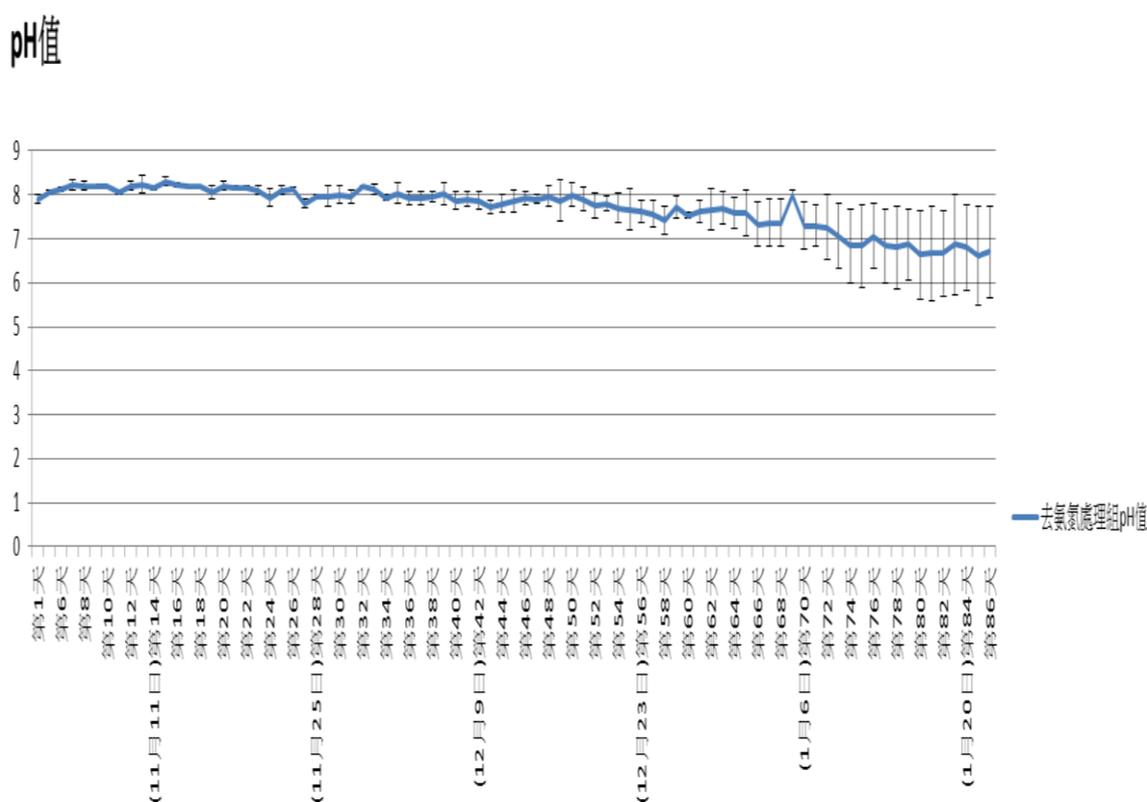


圖 7. 鱒龍魚養殖去氮處理組 pH 值平均及標準偏差逐漸變大之情形

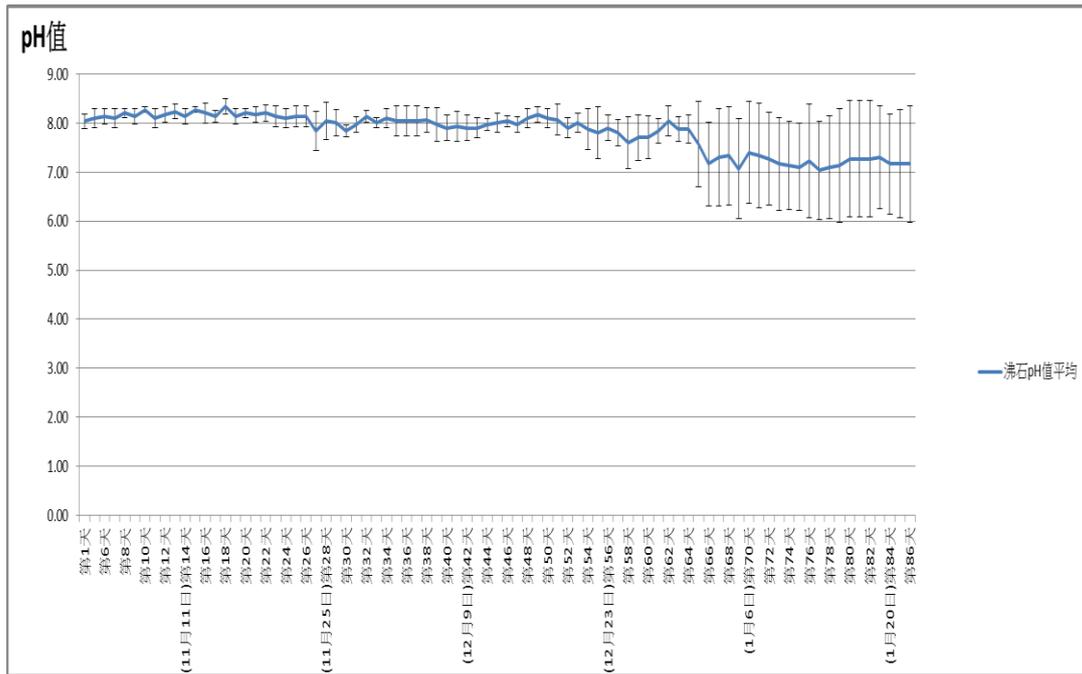


圖 8. 鱒龍魚養殖沸石處理組 pH 值平均及標準偏差逐漸變大之情形

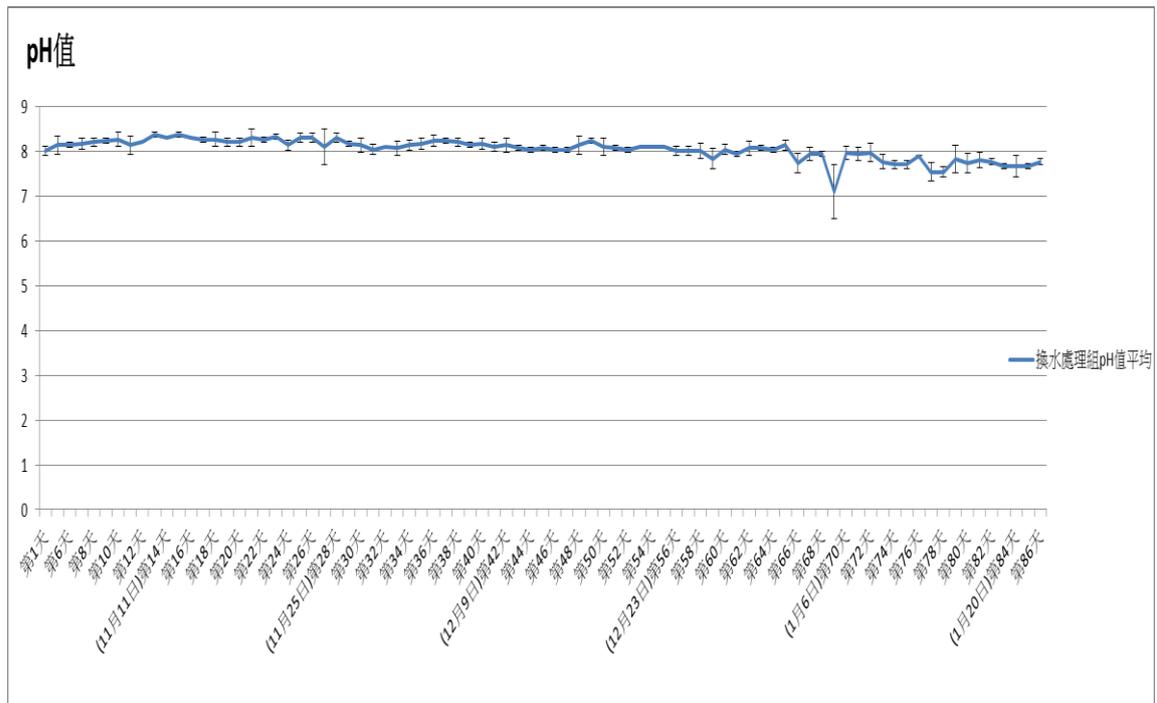


圖 9. 鱒龍魚養殖換水處理組 pH 值平均及標準偏差之變化圖

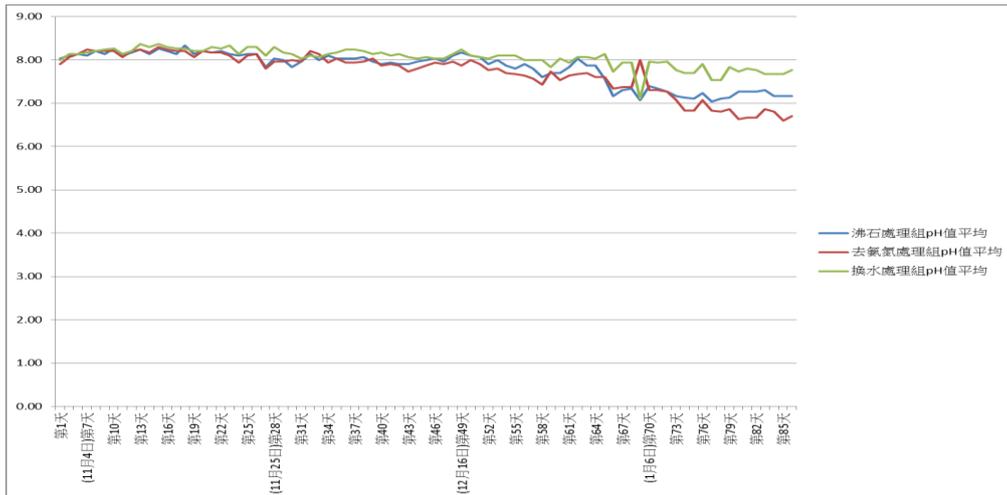


圖 10. 鱒龍魚養殖各處理組 pH 值平均之比較

二、各處理組水質環境溶氧平均變化之比較

為了解各處理組對水質環境之溶氧有否影響，我們定時測量各處理組之溶氧。從表 3. 可以看出沸石處理組及去氯氮處理組之溶氧平均 44 天後開始微下降 (5.17、4.33 毫克/升)，但去氯氮處理組在 72 天有稍微回升 (3.5、4 毫克/升)。

換水處理組除了第 72 天微下降 (2.83 毫克/升)，其他均維持在 3~5(毫克/升) 圖 11. 各處理組水質環境之溶氧平均比較變化圖，我們可以發現三者皆高於 3 毫克/升 (除 1/8 及 1/22 以外)，是適合鱒龍魚生長的溶氧量，由此可知，鱒龍魚養殖用水的三種處理方式對溶氧量影響不大。

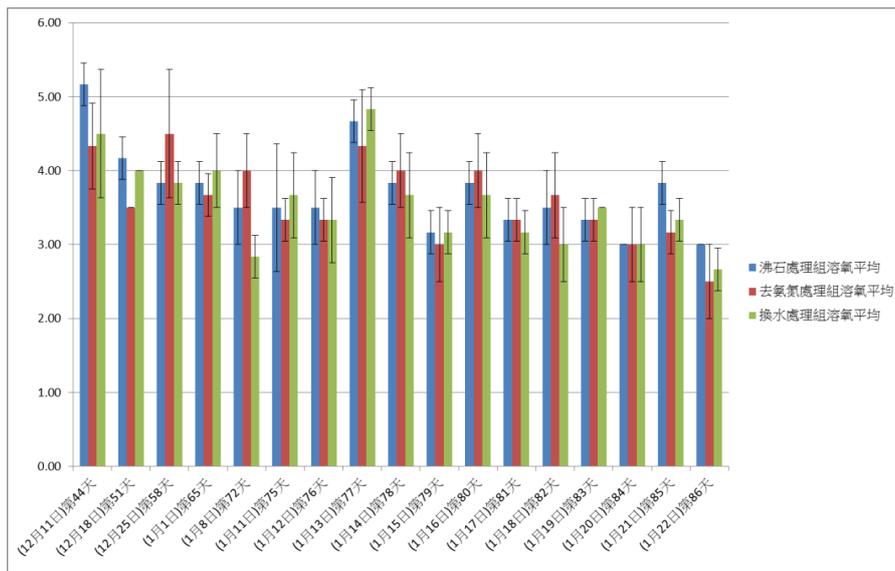


圖 11. 鱒龍魚養殖各處理組溶氧平均之比較

表 3. 本實驗三種不同水質處理方式於特定天數之溶氧變化

	養殖天數	溶氧平均
沸石組	第 44 天	5.2±0.3
	第 51 天	4.2±0.3
	第 58 天	3.9±0.3
	第 65 天	3.9±0.3
	第 72 天	3.5±0.5
	第 75 天~第 86 天	3±0~4.7±0.3
去氨氮組	第 44 天	4.3±0.6
	第 51 天	3.5±0
	第 58 天	4.5±0.9
	第 65 天	3.7±0.3
	第 72 天	4±0.5
	第 75 天~第 86 天	2.5±0.5~4.3±0.8
對照組	第 44 天	4.5±0.9
	第 51 天	4±0
	第 58 天	3.9±0.3
	第 65 天	4±0.5
	第 72 天	2.9±0.3
	第 75 天~第 86 天	2.7±0.3~4.8±0.3

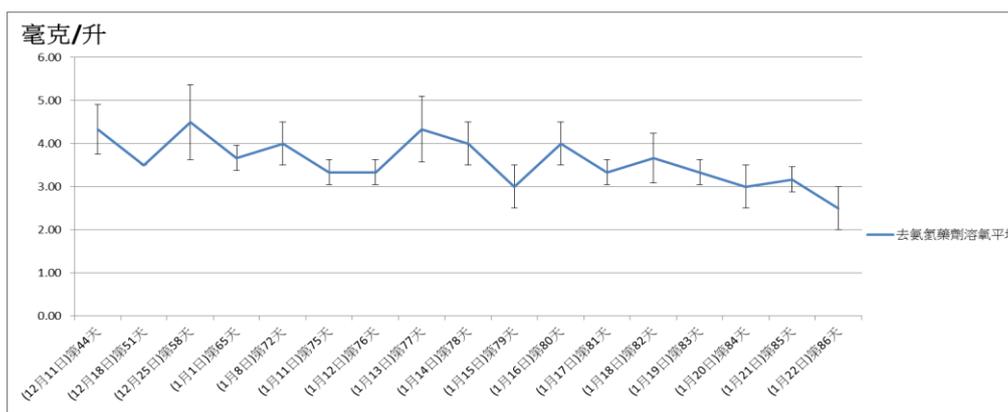


圖 12. 鱒龍魚養殖去氨氮處理組溶氧量之變化圖

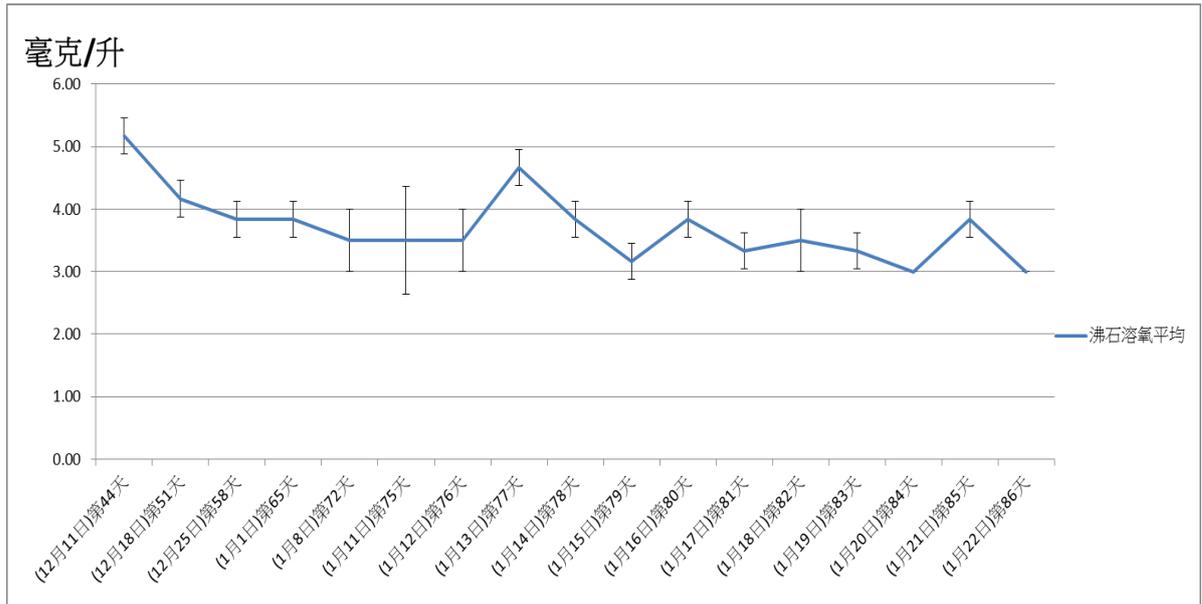


圖 13. 鱒龍魚養殖沸石處理組溶氧量變化圖

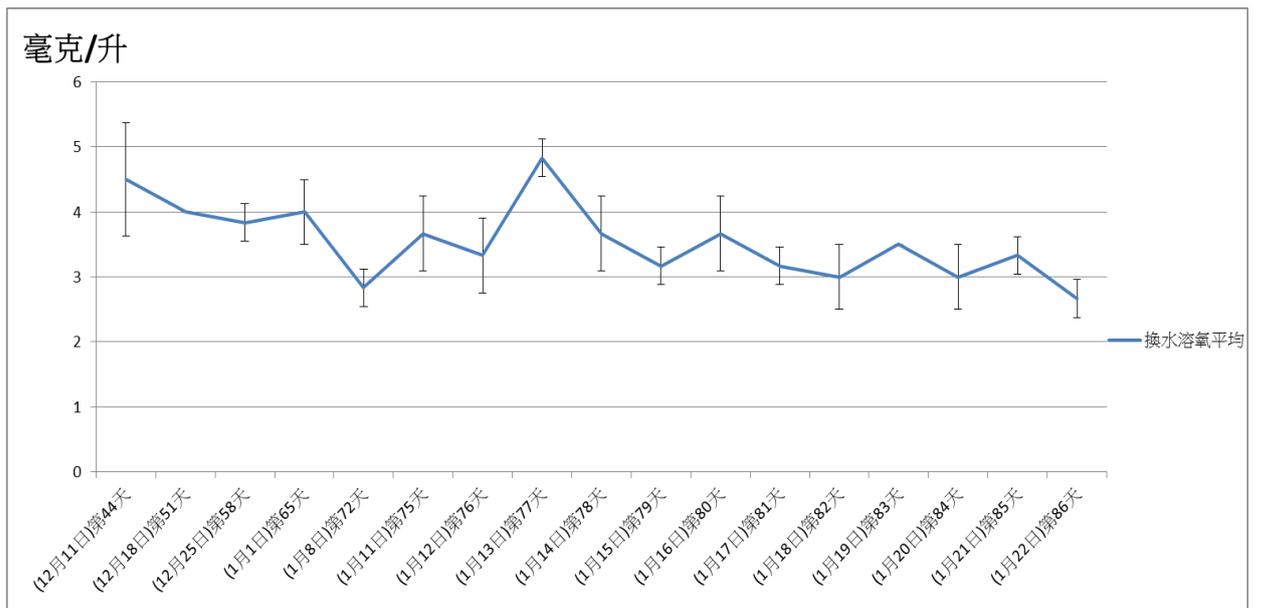


圖 14. 鱒龍魚養殖換水處理組溶氧量之變化圖

三、各處理組水質環境氨氮平均變化之比較

為了解各處理組對水質環境之氨氮有否影響，我們定時測量各處理組之氨氮含量。從圖 16. 我們可以發現第 64 天後沸石處理組有明顯變化，氨氮平均高達 1.08 毫克/升，甚而逐漸上升，已經不符合鱒龍魚養殖需求（低於 0.02 毫克/升），去氨氮處理組則維持至第 70 天才逐漸上升。

表 4.本實驗三種不同水質處理方式於不同階段之氨氮變化

	養殖天數	氨氮平均	氨氮標準差範圍
沸石組	第 1 天~第 64 天	0.13±0	0
	第 65 天~第 66 天	1.08±1.66~1.42±2.24	1.66~2.24
	第 67 天~第 86 天	1.75±2.81	2.81
去氨氮組	第 1 天~第 71 天	0.13±0	0
	第 72 天~第 75 天	0.38±0.43	0.43
	第 76 天~第 86 天	1.33±1.49~3.38±2.81	1.49~2.81
對照組	第 1 天~第 86 天	0.13±0	0

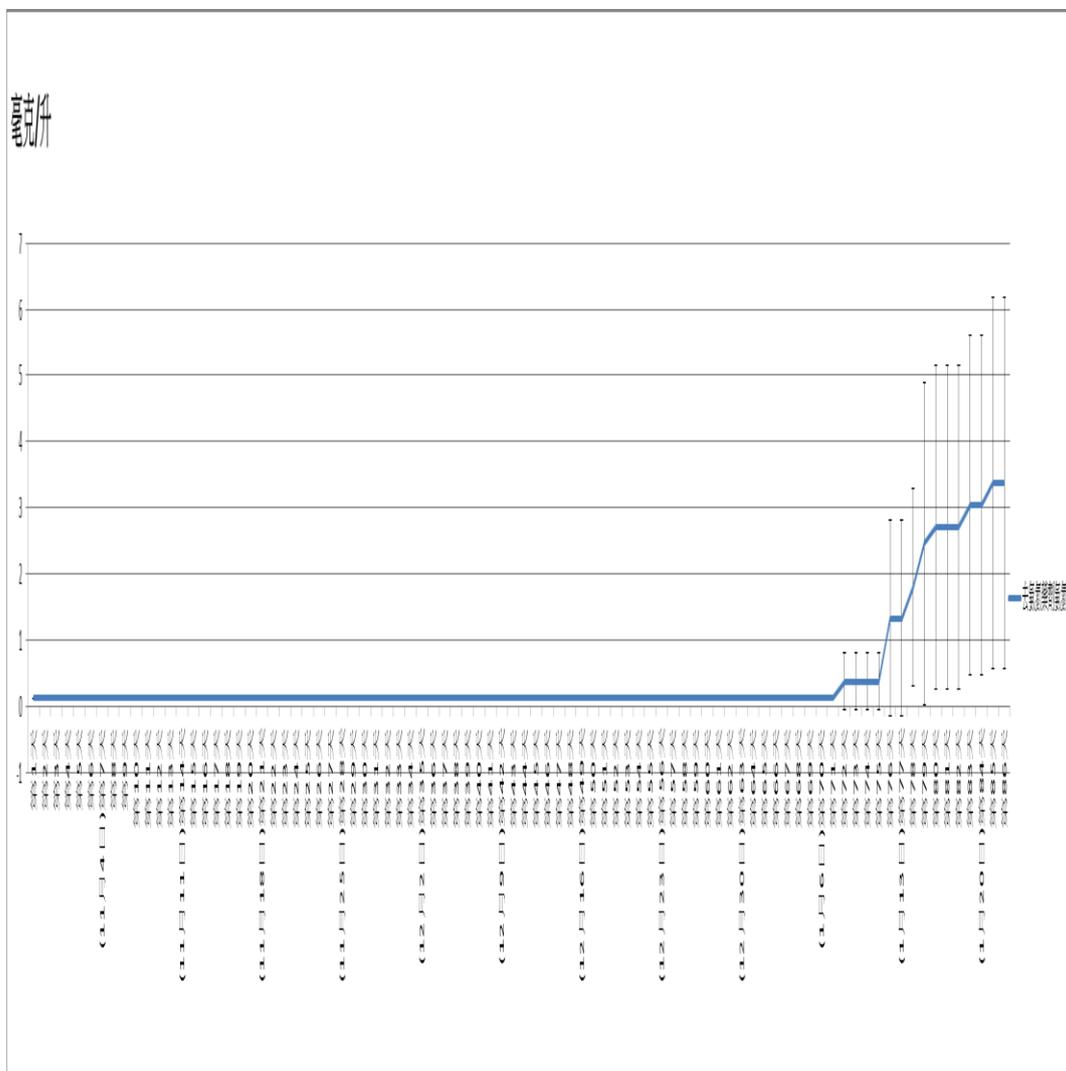


圖 15. 鱒龍魚養殖去氨氮處理組氨氮平均及標準偏差之變化圖

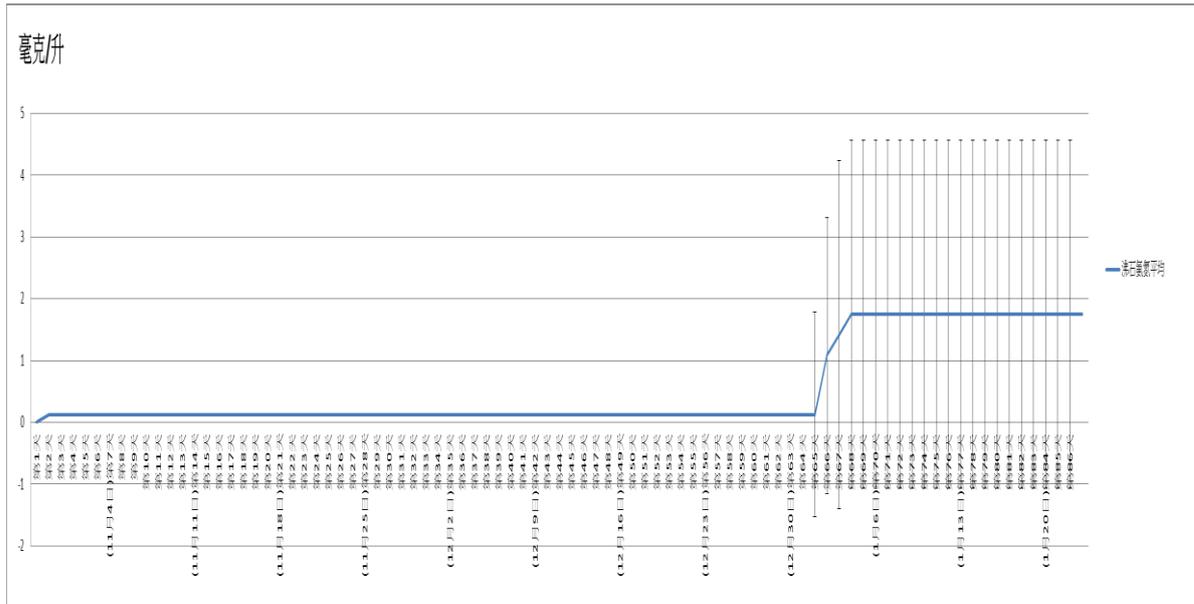


圖 16. 鱒龍魚養殖沸石處理組氨氮平均及標準偏差明顯變大之情形

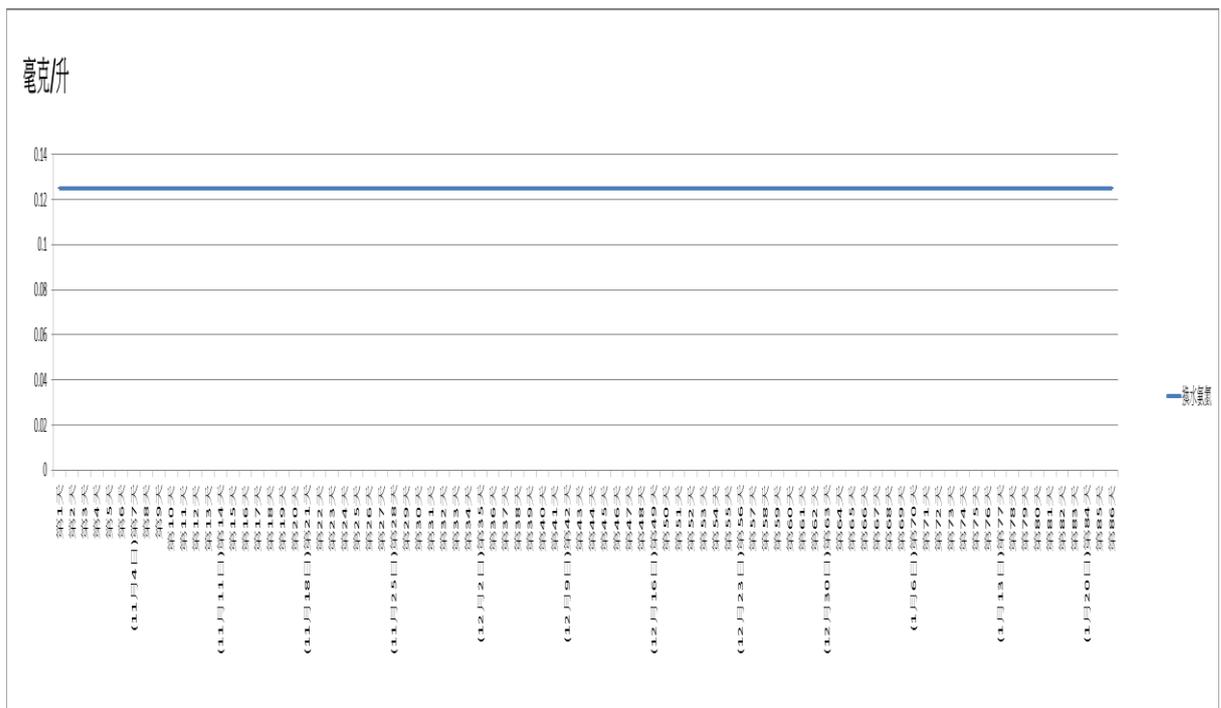


圖 17. 鱒龍魚養殖換水處理組氨氮含量之變化圖

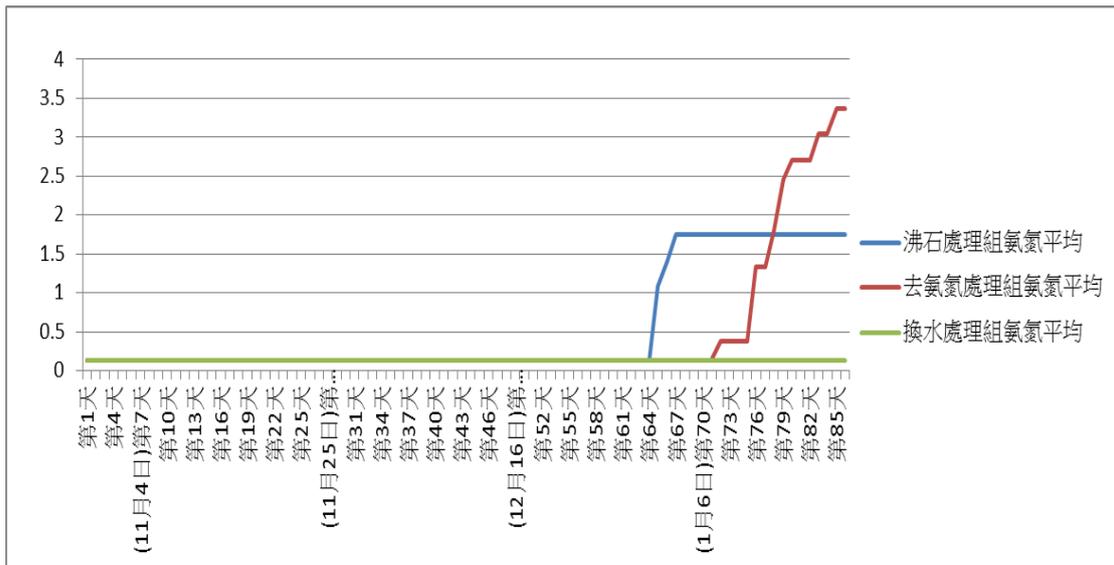


圖 18. 鱒龍魚養殖各處理組氨氮含量變化之比較

四、各處理組之飼料轉換率 (10/15~2/3)

在本實驗中，各處理組鱒龍魚之飼料轉換率均無顯著差異($p>0.05$)，其原因應與本實驗期間調整投餌方式至餵飼鱒龍魚不再攝食為止有關（表 5）。

表 5. 養殖用水以三種處理方式之鱒龍魚飼料轉換率單因子變異分析

摘要

組	個數	總和	平均	變異數
對照組	3	0.386663	0.128888	0.013735
去氮組	3	1.398568	0.466189	0.010938
沸石組	3	-0.69295	-0.23098	0.596004

ANOVA

變源	SS	自由度	MS	F	P-值	臨界值
組間	0.729332	2	0.364666	1.762589	0.249939	5.143253
組內	1.241353	6	0.206892			
總和	1.970685	8				

五、鱒龍魚於各處理組之各階段增重百分率平均比較

從鱒龍魚在各處理組之各時期增重百分率之長條圖(圖 19) 可以明顯看出換水處理組雖然前期並不是最佳,但保持上升趨勢。其次為去氮氮處理組在前三個階段之鱒龍魚維持良好狀態,但卻未能保持到最後,而沸石處理組之鱒龍魚處於三處理組中最差。

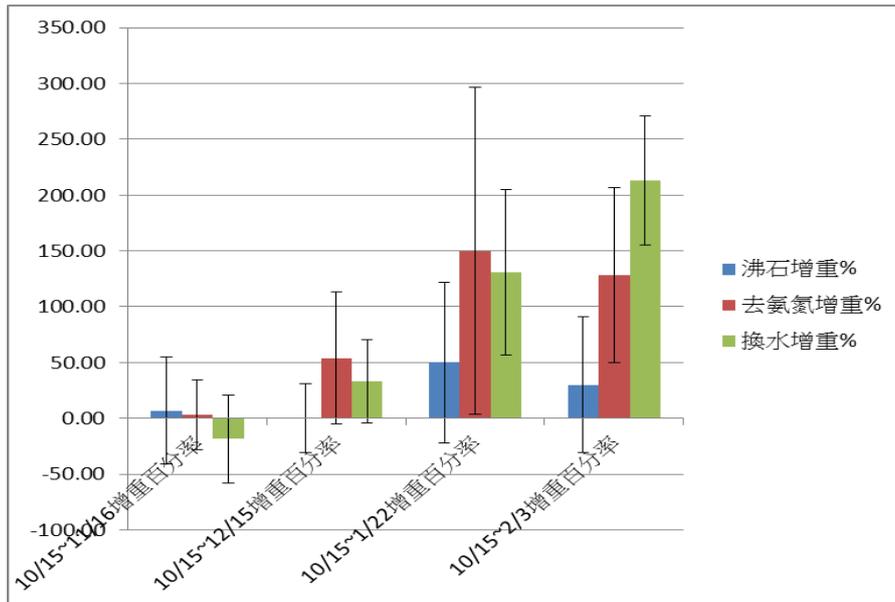


圖 19.鱒龍魚養殖各處理組於各階段增重百分率之長條圖比較

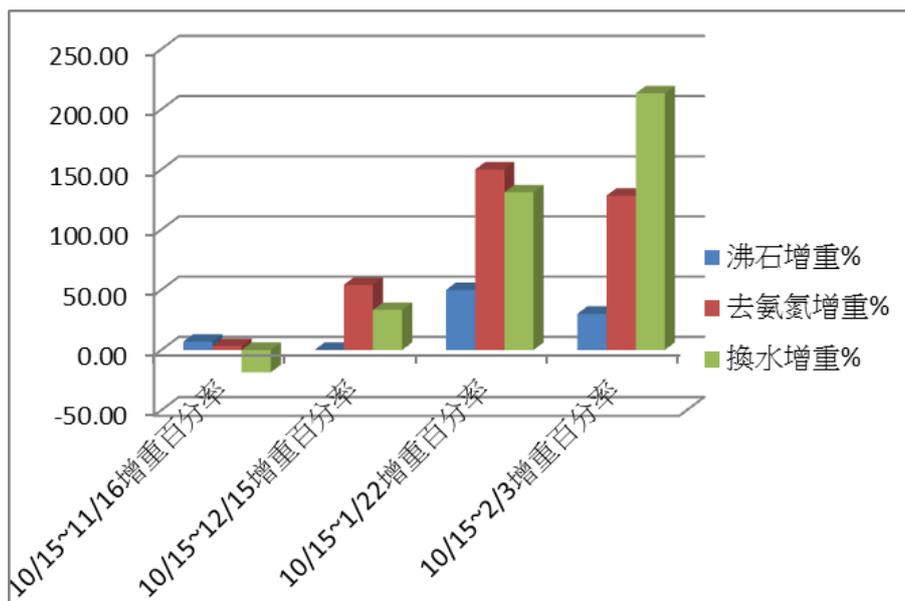


圖 20. 鱒龍魚養殖各處理組於各時期增重百分率平均之立體長條圖比較

從表 6. 鱒龍魚以個別討論其增重百分率，於三種不同水質處理方式下，經過 112 天養殖後增重百分率有極顯著差異($P < 0.01$)。

表 6. 養殖用水以三種處理方式鱒龍魚增重百分率之單因子變異分析

單因子變異數分析

摘要

組	個數	總和	平均	變異數
對照組	5	1065.972	213.1944	3369.413
去氮組	5	641.2122	128.2424	6115.525
沸石組	5	150.1191	30.02383	3682.699

ANOVA

變源	SS	自由度	MS	F	P-值	臨界值
組間	84025.35	2	42012.68	9.571803	0.003272	3.885294
組內	52670.55	12	4389.212			
總和	136695.9	14				

從表 7. 鱒龍魚增重百分率之多重分析比較表⁶可以清楚看出對照組與去氮處理組之鱒龍魚並無差異，而沸石處理組與對照組之鱒龍魚有差異。

表 7. 養殖用水以三種處理方式鱒龍魚增重百分率之多重分析比較表

兩兩比較	區間下限	區間上限	差異性
換水組-去氮組	-31.5104	201.4144	無差異
換水組-沸石組	66.7082	299.633	有差異
去氮組-沸石組	-18.2438	214.681	無差異

六、活存率

從圖 21.可知道對照組鱈龍魚的活存率遠遠比另兩組還要高且維持 100%，其次是去氮氮處理組鱈龍魚，而去氮氮處理組鱈龍魚的活存率 100%亦可維持兩個月，反觀，沸石處理組鱈龍魚的活存率卻每況愈下。

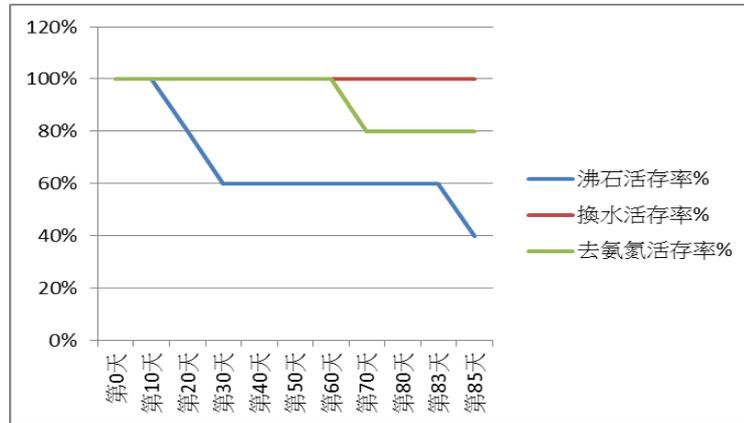


圖 21.鱈龍魚養殖各處理組於各階段活存率之比較

七、附帶實驗: 沸石對水質影響的實驗

為了確定沸石對水質的影響我們做了附帶實驗，發現沸石(板谷天然沸石系列)使水之 pH 質下降而呈酸性，且 pH 值隨沸石的量增加而更降低。(如圖 22)。

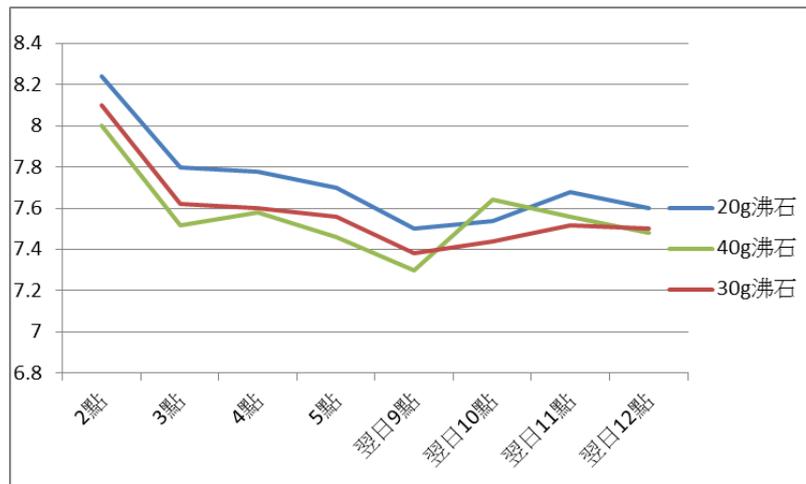


圖 22.實驗二沸石對水 pH 值平均之變化圖

伍、討論

將鱒龍魚養殖用水分別以沸石、去氮氮藥劑等兩種方式處理與每天換水之對照組比較，發現第 112 天後鱒龍魚的增重百分率有顯著差異($P<0.05$)(表 6)。

接著進行多重分析比較(Bonferroni method)得知對照組與去氮氮處理組的鱒龍魚的增重百分率並無差異，而換水組與沸石處理組的鱒龍魚的增重百分率有差異(表 7)。因此，以鱒龍魚增重百分率進行多重分析比較，其順序為：

換水組鱒龍魚=去氮氮組鱒龍魚>沸石組鱒龍魚

因此可確定，藉由沸石來改善水質其功效有限，對於鱒龍魚增重百分率並無助益。此外，我們也發現在沸石處理組的環境下，若鱒龍魚體重大於 40g，較無明顯的影響。但是如果鱒龍魚體重大於 40g，則較易受環境影響；例如：小於 40g 之鱒龍魚在惡劣水質下容易造成皮膚出現傷口、食慾不佳、活動力不佳且在靠近門口之魚缸易受驚嚇，此為應為水質不良所造成的緊迫(Stress)，造成原本性情溫和之鱒龍魚變得容易跳缸。

上述情形出現後，我們進行附帶實驗，發現沸石(板谷天然沸石系列)的添加，可能使水體之 pH 值下降而呈酸性，且 pH 值隨沸石的量增加而更降低。這情形與一般對沸石處理水質使 pH 與水質穩定的印象有很大的落差，是否與廠牌、來源有關值得探討。換言之，以沸石處理水質在鱒龍魚養殖上必須特別留意 pH 值之變化而造成損失。(圖 22)

鱒龍魚的活存率變化也反映出水質處理方式的影響程度，此由實驗結果：“沸石處理組鱒龍魚的活存率每況愈下而去氮氮處理組卻可維持與對照組的鱒龍魚一樣維持 100%活存率達兩個月”可以明確看出。(圖 21)

根據我們訪問鱒龍魚養殖業者，他們的池子是 100 噸的水，換水量 100 噸/次*4 次/日=400 噸，因此，1 天的換水量約為養殖池總水量之 4 倍(一天換 4 次水)其每日總用水量為養殖池總水量之 5 倍。如果以本實驗之結果換算，去氮氮處理組之作法，每缸水族箱 50.4L 的水，換水量 50.4L/次*1 次/60 日=0.84L/日，因此換水量為水族缸總水量之 1 倍，總用水量為每 60 天水族缸總水量之 2 倍(即養殖 60 天後全部換水，換算成一天的換水量約 1/30)可知省水量高達 150 倍之多。倘使以本實驗之換水比例推算水費，如果以 100 噸水量之養殖池計算，根據自來水公升計價(51 度以上每度約 12 元⁷)，每日水費可自 6000 元降為 40 元，每日可節省自來水水費高達 5960 元。

陸、結論

由本專題的實驗結果可以確定每日換水 1/4 是鱒龍魚養殖最好的方式，此與一般業者採用流水式養殖原理一致。最令我們感到欣慰的是，如果養殖用水以去氮氮處理，在 60 天之內也會有和換水一樣的效果。此外，去氮氮處理組總用水量僅為流水式養殖之 1/150(詳“討論”)，省水量相當可觀。

因此，我們建議，如果沒有經常性水源提供的養殖環境，可採用去氮氮作為養殖用水的處理方式，約每隔 60 天進行一次大量換水，能省去龐大的水資源成本，而且一樣能維持很好的鱒龍魚養殖成果，進而獲得豐厚的養殖效益，期盼以我們有限的力量所完成此專題製作的結論能夠對台灣鱒龍魚養殖產業有些許的貢獻。

柒、參考資料及其他

1. 知網，鱒龍魚。
2016年2月1日，摘自：<http://www.wikitw.club/article-662613-1.html>
2. 隨意窩 Xuite 日誌，體型最大壽命最長之淡水魚類。
2016年1月31日，摘自：<http://blog.xuite.net/ljj22/alfa2?st=c&p=1&w=990363>
3. 沈士新等 11 人 (2009)。水產脊椎動物-脊索動物門，p.194 水產生物概要。水產群教材編撰小組。
4. 百度百科，鱒龍魚。
2015年12月3日，摘自：<http://baike.baidu.com/view/465157.htm>
5. 大紀元，阿里山水質佳鱒龍魚養殖條件佳。
2016年2月28日，摘自：<http://www.epochtimes.com/b5/7/4/24/n1688604.htm>
6. 蕭文卿(2007)，Excel2007 在統計學上的應用，p10-16~10-17、10-29~10-31。台北市:文魁資訊。
7. 台灣自來水公司，水費及各項服務費收費標準。
2016年3月1日，摘自：http://www.water.gov.tw/04service/ser_c_main.asp