

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物及地球科學科

031709

水族缸中的隱形精靈--硝化菌與水族缸之氮
氮循環研究

新竹縣立博愛國民中學

作者姓名：

國二 王雅慈 國二 林吟庭 國二 陳世庭
國二 曾鈺伶

指導老師：

黃偉婷 陳燕鈴

水族缸中的隱形精靈~硝化菌與水族缸之氨氮循環研究

摘要

翠綠的水草、優游其間的魚兒，好像一幅畫的水族生態缸是一個平衡的生態系。在這個生態系中，生產者、消費者與分解者扮演著物質循環的關鍵角色。水族缸中的氨氮循環是很重要的，本實驗探討氨氮物質對於水族生態系所造成的傷害，以魚體作為生物指標進行氨氮物質處理，發現氨的確對魚體造成莫大的傷害甚至死亡。此外氨的分解者~硝化菌扮演著此循環極重要的角色，本實驗觀測平衡的水族生態缸以及著手建立新的水族生態缸，探討硝化菌與氨氮物質(氨/銨、亞硝酸、硝酸)循環與平衡的關係，發現完整的水族生態系中有豐富的硝化菌，且氨氮物質含量較低。並著手培養硝化菌，觀察其型態與棲息方式，發現硝化菌喜好在可以依附固著的地方生長，並有多樣化的型態。以高氨氮物質檢測硝化菌的分解能力，評估硝化菌在生活上的可應用性，發現硝化菌對於高氨氮的污水的確有分解的效用。

壹、研究動機

哇!水族館裡的生態缸真的好美麗喔!翠綠的水草、優游其間的魚兒好像一幅畫。老闆說，生態缸裡的水草、魚、蝦和各式各樣的小生物形成了一個完美的生態系，只要花幾個禮拜建立起水族缸生態系的平衡，你就可以輕鬆的享受視覺饗宴，每天可以在家裡看到綠油油的水草生態缸了!

但是覺得很奇怪，水為什麼會這麼乾淨呢？魚兒的排泄物和多餘的飼料都到哪裡去，每個水族缸的生態都保持這麼平衡，是不是有什麼神秘的小精靈在幫忙呢？課本上也提到過，魚的廢物氨是非常毒的東西，但是為什麼魚都好好的呢？於是我們對水族生態系展開研究。

貳、研究目的

- 一、認識水族生態系及了解水族生態缸的成員與物質成分。
- 二、了解氨氮物質對魚體的影響。
- 三、了解在水族缸生態平衡的建立上，硝化菌所扮演的腳色。
- 四、了解硝化菌的型態與相關特性。
- 五、探究硝化菌相關在環境議題上的應用。

參、研究器材與設備

- 一、器材與設備：水族箱、底砂、過濾器、打氣幫浦、溫度計、pH 儀、恆溫棒、電鍋、無菌操作台、燒杯、錐形瓶、計時器、培養皿、鋁箔紙、天平、電子秤、顯微鏡、滴管、拋棄式培養皿、拋棄式養菌管、L 型玻棒、血清瓶、 $0.22 \mu M$

過濾膜、針筒、噴霧器

二、實驗生物：水草、魚(朱文錦、燈魚、鼠魚)、蝦

三、化學試劑與藥品：LB 粉末、洋菜膠、酒精、JBL 氨、亞硝酸、硝酸、磷酸 檢驗試劑套組、魚柏士GH/KH總硬度與檢驗試劑套組、鎂藍液(Methylene blue)、 NH_4Cl 、 $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 KHPO_4 、EDTA、酚紅、 Na_2CO_3

肆、研究過程及方法

一、水族生態缸的成員與物質成分的了解

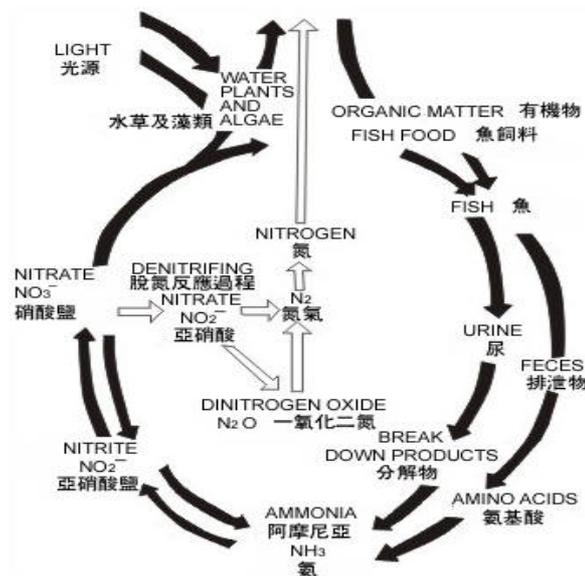
(一)、認識水族生態系

在水族缸的生態系中，水草可以行光合作用是製造養分的生產者，優游在其間的魚、蝦是消費者，還有一些不易觀察到的微生物像是細菌、黴菌能夠分解多餘的飼料、魚蝦的排泄物和生物遺體是為分解者。

在水族生態缸中有許多不同物質循環，其中最重要的包含有碳的循環、氮的循環與磷的循環。

碳的循環，碳元素在大氣中主要以二氧化碳的形式存在，部份溶於水中的二氧化碳經過水草、藻類行光合作用產生葡萄糖，經過魚、蝦攝食進入動物體內，水中的生產者、消費者、分解者行呼吸作用放出二氧化碳釋放，形成循環。

水中生物的排泄物多是為氨，氨對生物的毒性是很強的，因此氨氮的循環在水族缸中是十分重要的。以下的圖示為氮在水族缸中的循環與分解者(硝化菌)的關係：魚吃飼料，產生氨(NH_3)形式的廢物，氨導致亞硝酸菌開始生長，亞硝酸菌把氨轉換成亞硝酸鹽(NO_2^-)，亞硝酸鹽導致硝酸菌的生長，硝酸菌把亞硝酸鹽轉換成硝酸鹽(NO_3^-)，硝酸鹽能夠作為植物、細菌、藻類等的食物，形成循環，且定期的換水則能夠帶走過多的硝酸鹽。



磷的循環則跟水草的生長與水中生物的成長有關，植物生長吸收磷酸鹽類，藉由食物鍊的循環進入動物體內，魚類與水草的屍體，藉由分解者的作用，分解腐化成有用的磷酸鹽，以達成循環。

(二)、水族生態缸的成員

1.在水族館中挑選三缸淡水水族生態缸，紀錄其內的成員組成、生活習性與消費型態。其中生產者與消費者以肉眼觀察計數。分解者多數為細菌與黴菌，以培養基培養進行計數觀察。

2.微生物培養方法

(1)滅菌法：A.高壓溼熱滅菌法：將所要滅菌的器皿與培養基，以電鍋(於蓋上加上重物)加熱 25 分鐘，進行高壓溼熱滅菌。B.酒精滅菌法：噴霧器盛裝 70% 酒精進行噴灑滅菌，一般用於無菌操作台的使用。C. 酒精燃燒滅菌法：用於菌落塗佈，將 L 型玻棒置於裝乘有 70%酒精燒杯中，塗佈前於酒精燈上燃燒滅菌，待冷卻後進行塗佈。

(2)無菌操作台：以市售之組合式收納櫃進行組裝，並以塑膠袋密封留下一面可活動之開口，以利操作。以噴霧器盛裝 70%酒精進行噴灑滅菌，即為簡易之無菌操作台。操作者在進入無菌台操作時，必須將手錶及手飾摘除，以肥皂徹底清潔後，以 70%酒精噴灑於手上才能進入操作台中操作，此外要進入操作台之器皿也須經過 70%酒精噴灑滅菌。

(3)培養基製備：將 Promega 公司所出產之 LB 粉末 20 克加上洋菜膠粉末 7.5 克溶於 500 毫升之逆滲透水中混合均勻，放置電鍋中進行高壓溼熱滅菌 25 分鐘，待溫度降至約 50°C 時，倒至 10mmX100mm 之拋棄式培養皿中，平均高度約為 0.7 公分厚，待凝固後，以塑膠袋密閉封裝，倒置放於 4°C 冰箱中保存，使用時，取至室溫回溫。

(4)菌落培養與計數：取少量水族缸之水，以嚴格稀釋法將水族缸的水分別以高壓溼熱滅菌過之無菌水稀釋為原來之 1/10、1/100、1/1000 倍以及原液，各取 1 毫升倒於製備好的培養基中，以冷卻酒精燃燒滅菌之 L 型玻璃棒進行塗佈。待 48 小時室溫培養後，選取稀釋成長菌落數目約在 100~500 顆之培養皿進行計數與回推缸內菌量濃度。

(5)污染性廢棄物處理：委托鄰近實驗室以感染性廢棄物處理。



以電鍋滅菌



無菌操作台



LB 培養基的製備



LB 培養基的製備



室溫下進行菌落培養



菌量統計

3. 硝化菌的培養

(1). 硝化菌培養液的製備：以 500 毫升蒸餾水配製含有 0.635g NH_4Cl 、0.02g $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、0.375g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、0.043 KH_2PO_4 、0.00135g EDTA、酚紅 0.005g，以 Na_2CO_3 溶液調整 pH 值至 7.5-7.8。以針筒、0.22 μm 過濾膜過濾至滅好菌的血清瓶中。

(2). 硝化菌含量比例之計算：隨機挑選 A、B、C 水族生態缸塗佈菌落培養基之菌落各 10 株，以硝化菌培養液 3c.c. 培養 3 天，觀察紅色硝化菌培養液是否有由紅色變為黃色，如果由紅色變為黃色表示此菌可以代謝硝化菌培養液中的氨氮物質並產生酸性亞硝酸、硝酸使培養液中的酚紅由紅色轉黃色，是為硝化菌，計算硝化菌/細菌比例。



硝化菌培養液之製備與分裝



由紅色變為黃色表示此菌可以代謝氨氮物質

(三)、水族生態缸水中物質與水質偵測



利用 JBL 氨、亞硝酸、硝酸、磷酸檢驗試劑套組及魚柏士 GH/KH 總硬度與檢驗試劑套組，依說明書指示於採樣水中添加呈色反應藥粉與溶液，待呈色後，以說明書上所附比色紙盤，進行比對，推測濃度。以 pH 儀測定 pH 值，並紀錄溫度。

二、氨氮物質對魚體的影響

(一)、銨、亞硝酸、硝酸溶液對魚體的影響

1. 配置銨溶液：取 0.38 克氯化銨(NH_4Cl)，溶解於 100 毫升逆滲透水溶液中，此銨-氮溶液濃度為 1000 毫克/升。
2. 配置亞硝酸溶液：取 0.49 克亞硝酸鈉 (NaNO_2)，溶解於 100 毫升逆滲透水溶液中，此銨-氮溶液濃度為 1000 毫克/升。
3. 配置硝酸溶液：取 0.6 克硝酸鈉 (NaNO_3)，溶解於 100 毫升逆滲透水溶液中，此銨-氮溶液濃度為 1000 毫克/升。
4. 將銨、亞硝酸、硝酸溶液以逆滲透水分別稀釋為 0、0.5、1、5、10、20 毫克/升做為試驗溶液，並分別以 JBL 氨、亞硝酸、硝酸檢驗試劑套組，抽檢氨氮濃度。
5. 將 5 隻相等當大小的魚體分別置於 0、0.5、1、5、10、20 毫克/升之銨、亞硝酸、硝酸溶液中，於 0、1、2、4、8、12、24 小時觀察魚體的死亡情形、鰓動頻率、刺激擾動…等生理反應。

(二)、魚體排泄氨-氮物質對魚體的影響

1. 將 60 隻魚體分別放置於裝有 1 公升逆滲透水的燒杯中，密度為 20 隻/升，並以打氣泵打氣排除魚體缺氧所造成的影響，以無放置魚的水體作為對照組。
2. 分別於 0、1、2、4、8、12、24 小時以 JBL 氨、亞硝酸、硝酸檢驗試劑套組，檢測氨氮濃度，並將打氣幫浦移開，靜置 5 分鐘觀察魚體的死亡情形、鰓動頻率、刺激擾動…等生理反應

三、水族生態系的建立與氨氮循環

(一)、建立水族生態系

以虎耳、金錢草、扭蘭、矮珍珠等水草作為生產者、日光燈 15 隻、黑殼蝦四兩、小精靈及雄貓鼠各一隻作為消費者、其中一缸不添加硝化菌、另一缸每星期添加 5 毫升硝化菌建立水族生態系、如有魚蝦死亡則每星期進行添加，以免誤差。



(二)、偵測水中含氮物質

每兩天以 JBL 氨、亞硝酸、硝酸、磷酸檢驗試劑套組，依說明書指示於採樣水中添加呈色反應藥粉與溶液，待呈色後，以說明書上所附比色紙盤，進行比對檢驗，推測濃度。以 pH 儀測定 pH 值，並紀錄溫度。

(三)、菌量統計與硝化菌含量比例之計算

在前兩週每兩天以塗佈法檢驗一次菌量，之後與硝化菌含量比例之計算每週抽檢一次。

四、硝化菌及其棲性相關研究

(一)、硝化菌的棲性

- 1.以三個生態缸之(1)水體(2)沙質底部(3)過濾器部為進行水體採樣，其中沙質底部及過濾器採樣時，抽取少許沙及過濾海綿於水體中擾動攪拌。
- 2.取採水原液及以滅菌逆滲透水稀釋為 1/10、1/100、1/1000 倍之水體各 1 毫升，塗佈於 LB 培養基上，於室溫進行 48 小時培養。
- 3.觀察菌落型態，紀錄顏色、大小及長相，並選取適宜計數的培養皿(菌落每盤約為 300~500 個)進行菌量統計。
- 4.分別將(1)水體(2)沙質底部(3)過濾器部之培養菌落挑選各 10 顆，進行硝化菌含量比例之計算。

(二)、硝化菌的型態與種類

- 1.以肉眼觀察菌落型態與菌量。
- 2.細菌抹片：在載玻片上滴一小滴水，以滅菌之牙籤，刮取少許菌至小水滴上，平均抹於玻片上，待風乾，在火燄上來回通過 3~4 次，固定抹片。
- 3.以鎂藍液(Methylene blue)、乙醇、蒸餾水配成之染液，染色一分鐘，以水沖洗，置於顯微鏡上觀察，並至研究單位借設有照相設備之顯微鏡拍照。



五、小兵立大功~水族缸硝化菌的應用

- 1.以實驗二中『魚體排泄氨-氮物質對魚體的影響』死魚的水進行氨氮含量、pH、溫度檢測(參照上述實驗方法)。
- 2.將水體以 50 毫升分裝置於三角錐瓶中，分別添加 3 毫升培養 2 週之硝化菌 1、2、3 經活化培養之廠商市售的超級硝化菌以及富含硝化菌的過濾綿水，並以滅菌水做為控制組，進行三重複的培養。
- 3.於 12、24、36、48 小進行檢測氨氮(氨/銨、亞硝酸、硝酸)含量，以及記錄 pH 值和溫度。

伍、研究結果

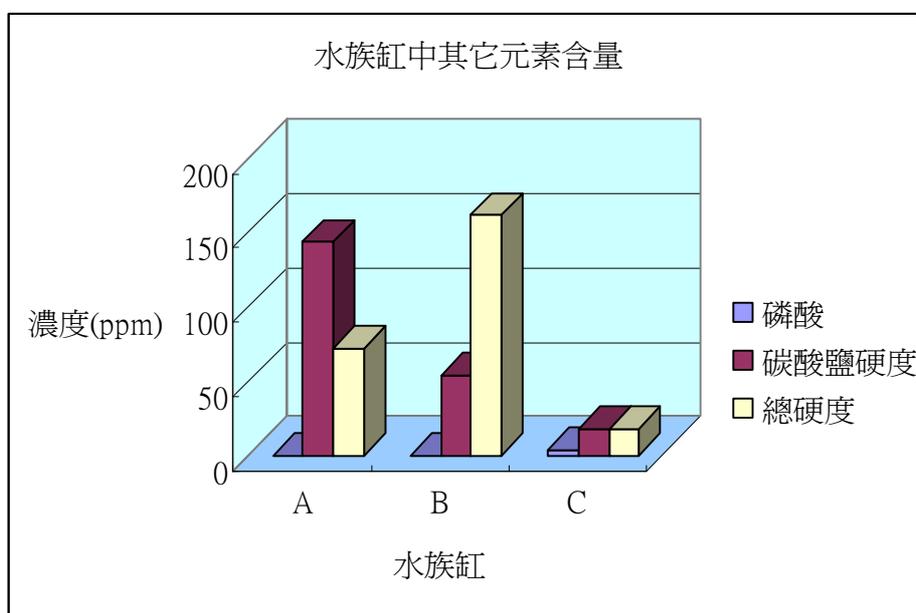
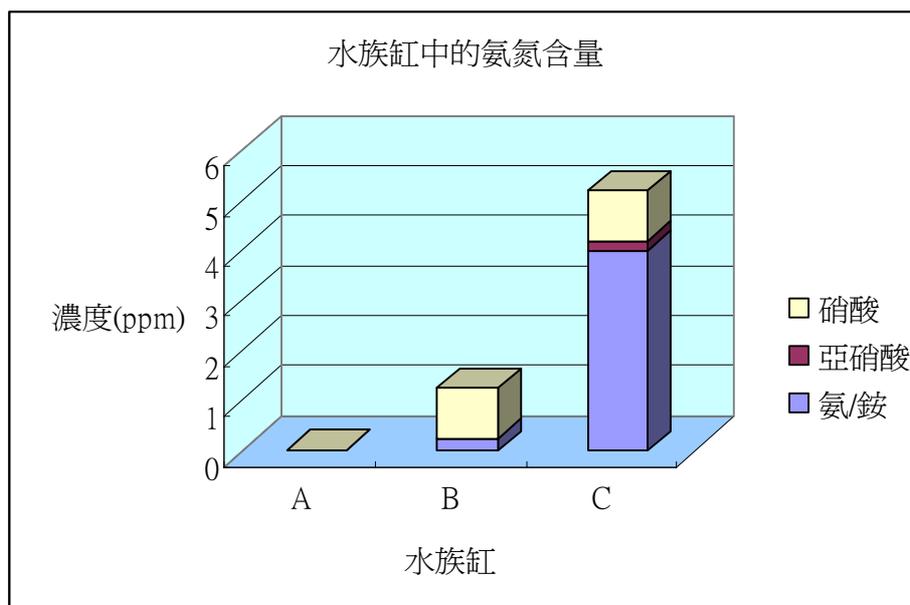
一、水族生態缸的成員與物質成分的了解

水族缸的成員可以分爲在水族缸的生態系中，水草可以行光合作用是製造養分的生產者，優游在其間的魚、蝦是消費者，還有一些不易觀察到的微生物像是細菌、黴菌能夠分解多餘的飼料、魚蝦的排泄物和生物遺體是爲分解者。任意挑選三缸水族館內的缸子觀察到的生態系與物質組成如表(一)。

水族缸	水族缸 A	水族缸 B	水族缸 C	
圖片				
概述	佈置超過三個月的缸子，裡面有魚蝦，充滿了水草，有 3/4 的水，1/4 的小石子。	新佈置好的約 5 週的缸子，裡面有 1 隻魚(氣球)，1/4 的小石子，少許的水草，3/4 的水。	充滿了朱文錦的缸子，只有用打氣幫浦不斷的打著氣，裡邊還有一些已經死掉的魚。	
生態系的組成	生產者	皇冠草/金錢草/墨絲/太陽草	青葉/虎耳/紅蝴蝶草/波麗草/矮珍珠	無
	消費者	黑殼蝦/紅鼻剪刀	氣球	魚(朱文錦)
	分解者	 5.6x10 ³ /cc  硝化菌比例爲 7/10	 4.2 x10 ³ /cc  硝化菌比例爲 6/10	 7.8x10 ⁶ /cc  硝化菌比例爲 1/10
生態系的物質	氨/銨	0 mg / l (ppm)	0.25 mg / l (ppm)	4.0 mg / l (ppm)
	亞硝酸	0.025 mg / l (ppm)	0 mg / l (ppm)	0.2 mg / l (ppm)
	硝酸	0 mg / l (ppm)	1.0 mg / l (ppm)	1.0 mg / l (ppm)
	磷酸	0 mg / l (ppm)	0 mg / l (ppm)	4.0 mg / l (ppm)
	碳酸鹽硬度	143.2 ppm	53.7 ppm	17.9 ppm
	總硬度	71.6 ppm	161.1 ppm	17.9 ppm

表(一) 水族生態缸的成員與物質成分

實驗發現在水族缸 A 與 B 中有較完整的生態系組成(生產者、消費者與分解者)與生態平衡，C 缸則只有消費者，不是完整的生態系。我們在實驗的數據中觀察到，平衡的生態(水族缸 A、B)其氨氮濃度(氨/銨、亞硝酸、硝酸)含量總和很低，而在有死魚的 C 缸中氨氮含量總和很高，且氨/銨含量比例最高。在總硬度與碳酸鹽硬度方面(碳營養源)，以平衡的生態系中較高，磷酸鹽則普遍偏低。且在生態系平衡的缸子中，充斥較高比例的好化菌。



圖(一) 水族生態缸的物質成分分析

二、氨氮物質對魚體的影響

(一) 銨、亞硝酸、硝酸溶液對魚體的影響

分別以銨、亞硝酸、硝酸溶液進行對魚體影響的實驗，實驗結果如表(二)，發現在將魚體剛放入氨氮溶液中時，魚體面臨極大的緊迫，在三種試驗溶液中，第一小時時，鰓動頻率皆逐漸增快，有些沉在底部有些在水面上浮頭，濃度越高者越明顯，刺激擾動反應正常，至第二小時後，情況變的更嚴重，有些游泳不平衡，大部分都將頭仰在水面上，這時候的鰓動頻率，有些仍是很快，但有些卻較為緩慢，呼吸慢者呼吸動作較大，在銨溶液中的反應最大，亞硝酸與硝酸次之，在第四小時後，魚體逐漸恢復活力，以銨溶液恢復最快、亞硝酸次之、硝酸最慢，在此次實驗中，並未觀察到魚體死亡。

(二)、魚體排泄氨-氮物質對魚體的影響

在低濃度劑量的銨、亞硝酸、硝酸溶液對魚體的影響只有在前四小時，因此我們著手再進行了魚體排泄氨-氮物質對魚體的影響，以高密度之魚群放在 1 升的容器中，並以打氣幫浦排除缺氧緊迫反應，觀察自然產生之代謝物質，對魚體之影響如表(三)、圖(二)，實驗中發現，氨/銨濃度隨時間擺放越久，濃度越高，以稀釋後檢測，發現濃度可達 30ppm，而硝酸與亞硝酸之含量都偏低，pH 有上升的趨勢，而魚體長時間處於高氨/銨溶液中，可以發現在 4 小時後陸續死亡，至 12 小時後大量死亡，24 小時平均死亡數目達 8.7 隻，參照表(四)、圖(二)。

代號 1=鰓動頻率 2=游泳型態 3=刺激擾動

A=鰓動頻率(快)67 次以上/分 B=鰓動頻率(正常)47-67 次/分 C=鰓動頻率(慢)47-42 次/分

D=游泳型態(有活力的游來游去) E=游泳型態(行動慢 時浮時沉) F=游泳型態(沉在底部行動很慢)

G=刺激擾動(快速游開) H=刺激擾動(游走) I=刺激擾動(慢慢游走了)

氨/銨溶液							亞硝酸溶液							硝酸溶液						
T/濃度	0mg/l	0.5mg/l	1mg/l	5mg/l	10mg/l	20mg/l	T/濃度	0mg/l	0.5mg/l	1mg/l	5mg/l	10mg/l	20mg/l	T/濃度	0mg/l	0.5mg/l	1mg/l	5mg/l	10mg/l	20mg/l
0hr	1 B	1 B	1 B	1 B	1 B	1 C	0hr	1 B	1 B	1 B	1 B	1 B	1 B	0hr	1 B	1 C	1 B	1 B	1 B	1 B
	2 D	2 E	2 F	2 F	2 E	2 F		2 D	2 D	2 D	2 E	2 D	2 D		2 D	2 D	2 D	2 D	2 D	2 D
	3 G	3 H	3 I	3 H	3 H	3 H		3 G	3 G	3 G	3 G	3 G	3 H		3 G	3 G	3 G	3 G	3 G	3 G
1hr	1 B	1 B	1 B	1 B	1 B	1 A	1hr	1 B	1 B	1 B	1 B	1 B	1 A	1hr	1 B	1 B	1 B	1 B	1 B	1 A
	2 D	2 F	2 E	2 F	2 E	2 F		2 D	2 D	2 E	2 E	2 F	2 F		2 D	2 D	2 D	2 D	2 E	2 E
	3 G	3 I	3 G	3 G	3 H	3 I		3 G	3 G	3 G	3 H	3 H	3 I		3 G	3 G	3 G	3 H	3 I	3 I
2hr	1 B	1 C	1 B	1 B	1 A	1 A	2hr	1 B	1 B	1 B	1 A	1 A	1 A	2hr	1 B	1 B	1 B	1 B	1 A	1 A
	2 D	2 E	2 E	2 E	2 E	2 F		2 D	2 E	2 E	2 E	2 F	2 F		2 D	2 E	2 E	2 E	2 F	2 F
	3 G	3 G	3 G	3 H	3 I	3 H		3 G	3 G	3 H	3 I	3 I	3 I		3 G	3 G	3 H	3 I	3 I	3 I
4hr	1 B	1 B	1 A	1 B	1 A	1 A	4hr	1 B	1 A	1 A	1 A	1 A	1 A	4hr	1 B	1 B	1 A	1 A	1 A	1 A
	2 E	2 D	2 D	2 D	2 D	2 E		2 D	2 E	2 E	2 E	2 E	2 E		2 D	2 E	2 E	2 E	2 E	2 F
	3 H	3 G	3 G	3 G	3 G	3 H		3 G	3 H	3 H	3 I	3 I	3 I		3 G	3 I	3 I	3 I	3 I	3 I
8hr	1 B	1 B	1 B	1 A	1 A	1 A	8hr	1 B	1 A	1 A	1 A	1 A	1 A	8hr	1 B	1 B	1 A	1 A	1 A	1 A
	2 D	2 D	2 D	2 D	2 D	2 D		2 D	2 E	2 E	2 E	2 F	2 F		2 D	2 E	2 E	2 E	2 E	2 F
	3 G	3 G	3 G	3 G	3 G	3 H		3 G	3 H	3 I	3 I	3 I	3 I		3 G	3 I	3 I	3 I	3 I	3 I
12hr	1 B	1 B	1 B	1 B	1 C	1 B	12hr	1 C	1 B	1 B	1 B	1 B	1 B	12hr	1 C	1 B	1 B	1 B	1 B	1 B
	2 D	2 D	2 D	2 D	2 D	2 D		2 D	2 D	2 E	2 D	2 E	2 E		2 D	2 D	2 E	2 E	2 D	2 E
	3 G	3 G	3 G	3 G	3 G	3 G		3 G	3 H	3 H	3 H	3 I	3 H		3 G	3 G	3 G	3 H	3 G	3 H
24hr	1 B	1 B	1 B	1 B	1 B	1 B	24hr	1 B	1 C	1 C	1 B	1 B	1 B	24hr	1 B	1 B	1 B	1 C	1 B	1 B
	2 D	2 D	2 D	2 D	2 D	2 D		2 D	2 D	2 D	2 D	2 D	2 D		2 D	2 D	2 D	2 D	2 D	2 D
	3 G	3 G	3 G	3 G	3 G	3 H		3 G	3 G	3 G	3 G	3 G	3 G		3 G	3 G	3 G	3 G	3 G	3 G

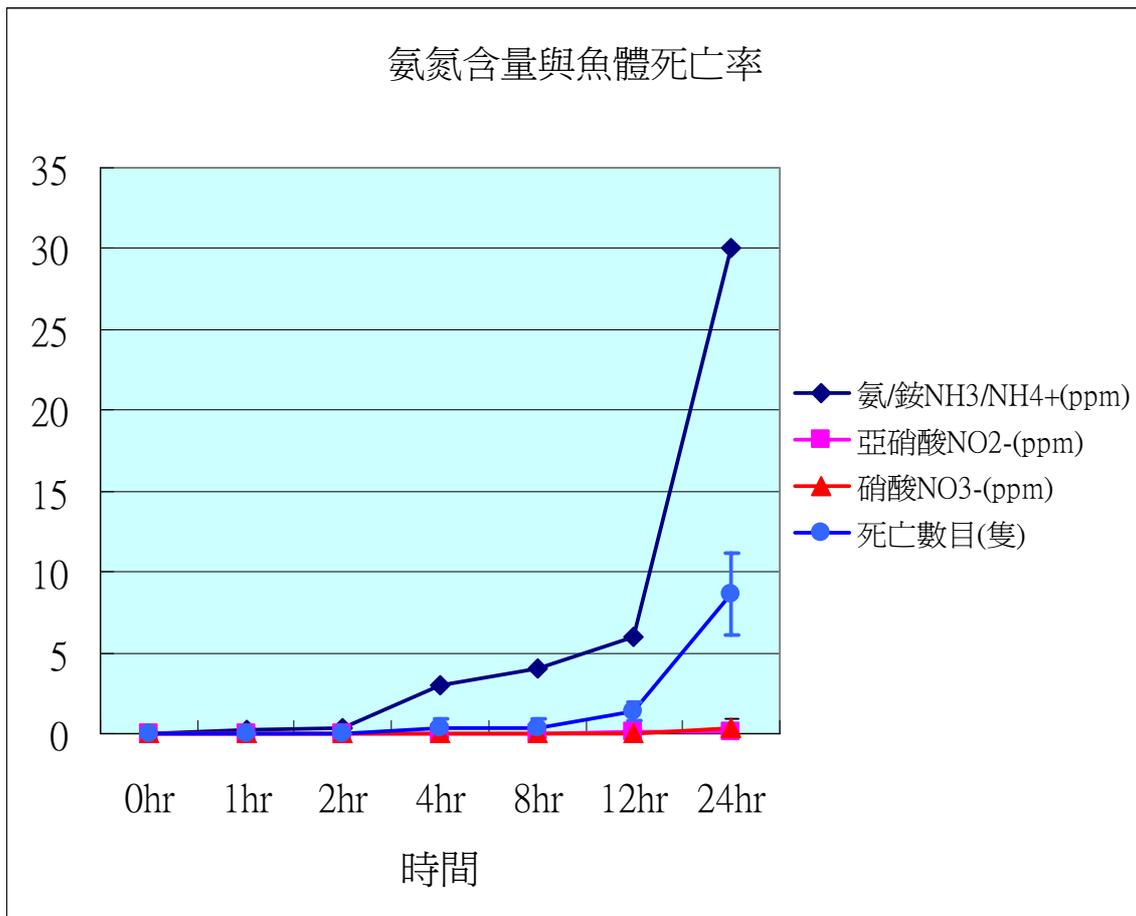
表(二) 氨/銨、亞硝酸、硝酸溶液對魚體的影響

缸	濃度/時間		0hr	1hr	2hr	4hr	8hr	12hr	24hr
A	水質檢測	氨/銨NH ₃ /NH ₄ ⁺	0	0.25	0.5	3	4	6	30
		亞硝酸NO ₂ ⁻	0	0	0	0	0	0.25	0.1
		硝酸NO ₃ ⁻	0	0	0	0	0	0	1
		pH 值	7.0	7.6	7.8	7.9	7.9	7.8	8.5
		溫度(°C)	25	25	26.5	24	24.5	24	24
	魚體觀察	活潑的上下游動	沉在底部，鰓動頻率加快	不間斷的浮頭，少數一兩隻沉底，鰓動變的很大，且較1hr慢	1隻死亡，不斷的浮頭，受驚嚇沉底，但馬上有回到水面上	1隻死亡，不斷的浮頭，受驚嚇沉底，但馬上有回到水面上	2隻死亡，不斷的浮頭，嘴部不斷閉合在水面發出吱吱的聲音	水體白濁，發出惡臭，11隻魚體死亡，其餘浮頭，活動力不佳，游泳姿態歪斜	
B	水質檢測	氨/銨NH ₃ /NH ₄ ⁺	0	0.25	0.25	3	4	6	30
		亞硝酸NO ₂ ⁻	0	0	0	0	0	0.25	0.1
		硝酸NO ₃ ⁻	0	0	0	0	0	0	0
		pH 值	6.8	7.2	7.5	7.9	8.0	7.8	8.5
		溫度(°C)	25	25	25	24	24	24	24
	魚體觀察	活潑的上下游動	沉在底部，鰓動頻率加快	不間斷的浮頭，少數一兩隻沉底，鰓動變的很大，且較1hr慢	不斷的浮頭，受驚嚇沉底，但馬上有回到水面上	不斷的浮頭，受驚嚇沉底，但馬上有回到水面上	1隻死亡，不斷的浮頭，嘴部不斷閉合在水面發出吱吱的聲音	水體白濁，發出惡臭，6隻魚體死亡，其餘浮頭，活動力不佳，游泳姿態歪斜	
C	水質檢測	氨/銨NH ₃ /NH ₄ ⁺	0	0.25	0.25	3	4	6	30
		亞硝酸NO ₂ ⁻	0	0	0	0	0	0	0.25
		硝酸NO ₃ ⁻	0	0	0	0	0	0	0
		pH 值	6.9	7.4	7.5	7.9	7.8	7.8	8.6
		溫度(°C)	25	25	25	24	24.5	24	24
	魚體觀察	活潑的上下游動	沉在底部，鰓動頻率加快	不間斷的浮頭，少數一兩隻沉底，鰓動變的很大，且較1hr慢	不斷的浮頭，受驚嚇沉底，但馬上有回到水面上	不斷的浮頭，受驚嚇沉底，但馬上有回到水面上	1隻死亡，不斷的浮頭，嘴部不斷閉合在水面發出吱吱的聲音	水體白濁，發出惡臭，9隻魚體死亡，其餘浮頭，活動力不佳，游泳姿態歪斜	
控制組	水質檢測	氨/銨NH ₃ /NH ₄ ⁺	0	0	0	0	0	0	0
		亞硝酸NO ₂ ⁻	0	0	0	0	0	0	0
		硝酸NO ₃ ⁻	0	0	0	0	0	0	0
		pH 值	6.9	6.9	6.9	6.9	7.0	7.0	6.9
		溫度(°C)	25	24	24.5	25	24	24	24
	魚體觀察(控制組不放魚)								

表(三) 魚體排泄氨-氮物質對魚體的影響 註：氨/銨、亞硝酸、硝酸單位為 ppm，溫度單位為°C

濃度/時間	0hr	1hr	2hr	4hr	8hr	12hr	24hr
氨/銨NH ₃ /NH ₄ ⁺	0	0.25	0.33	3	4	6	30
亞硝酸NO ₂	0	0	0	0	0	0.17	0.15
硝酸NO ₃	0	0	0	0	0	0	0.33
死亡數目	0	0	0	0.33	0.33	1.33	8.67
pH 值	6.9	7.4	7.6	7.9	7.85	7.8	8.53
溫度(°C)	25	25	25.5	24	24.33	24	24

表(四) 氨-氮溶液對魚體影響平均表 (註：氨/銨、亞硝酸、硝酸單位為 ppm ，溫度單位為°C)



圖(二)魚體排泄氨氮含量與魚體死亡影響

三、水族生態系的建立與氨氮循環

(一)、建立水族生態系與水族缸中氨氮物質與硝化菌含量之的監測

以虎耳、金錢草、扭蘭、矮珍珠等水草作為生產者、日光燈 15 隻、黑殼蝦四兩、小精靈及雄貓鼠各一隻作為消費者，其中一缸，不添加硝化菌、另一缸每星期添加 5 毫升硝化菌建立水族生態系，水族缸中水族測定質與細菌含量如表(五)、表(六)、硝化菌比例與含量如表(七)、圖(三)。

1.無添加硝化菌的水族缸氨氮物質與硝化菌含量之監測

日期	紀錄	pH	氨/NH ₃ /NH ₄ ⁺	亞硝酸NO ₂	硝酸NO ₃	溫度(°C)	菌量/c c
1/24	佈置新缸	7.2	0	0	0	20	5x10 ²
1/26		7.4	0	0.025	0	20	7x10 ²
1/28	放魚(日光燈 15 隻、黑殼蝦四兩、小精靈及雄貓鼠各一隻)	7.8	0.2	0	0	19	8x10 ²
1/30	死魚 x2 蝦 x4	8.0	6.0	0.2	1	18	7.2x10 ³
2/1	開始餵魚(半匙/天)	7.8	6.0	0.4	5	18	7.8x10 ³
2/3	死魚 x1	7.8	6.0	0.8	10	20	8.2x10 ⁴
2/5	死蝦 x2(加恆溫設備)	7.6	6.0	1	40	25	7.1 x10 ⁴
2/7		7.6	6.0	2	40	25	9 x10 ⁴
2/9	補充燈魚 3 隻	7.6	4.0	1	40	25	
2/11		7.8	3.0	1	80	25	
2/13	死蝦 x1	7.8	6.0	1	160	25	
2/15		7.7	4.0	1	240	25	7.8x10 ⁴
2/17		7.8	2.0	1	240	25	
2/19		7.8	1.0	0.5	240	25	
2/21		7.9	1.0	0.5	240	25	6.9 x10 ³
2/23		7.8	0.6	0.2	160	25	
2/25		8.0	0.4	0.2	80	25	7.2x10 ³
2/27	死蝦 x2	7.8	4	1	160	25	
3/1		7.9	2	1	240	25	
3/3		8.0	0.4	1	160	25	7 x10 ⁴
3/5		8.0	0.2	1	160	25	
3/7		8.0	0.2	0.4	80	25	
3/9		8.0	0.2	0.2	80	25	
3/11		8.0	0.2	0.2	80	25	5.2x10 ³
3/13		8.0	0.2	0.2	40	25	
3/15		8.0	0.2	0.2	40	25	
3/17	死蝦 x1	8.0	1.0	0.4	160	25	
3/19		7.9	0.4	0.4	160	25	6.0 x10 ⁴
3/21		8.0	0.2	0.2	80	25	

表(五).無添加硝化菌的水族缸氨氮物質與硝化菌含量之監測

註：氨/銨、亞硝酸、硝酸單位為 ppm ，溫度單位為°C

2.有添加硝化菌的水族缸氨氮物質與硝化菌含量之監測

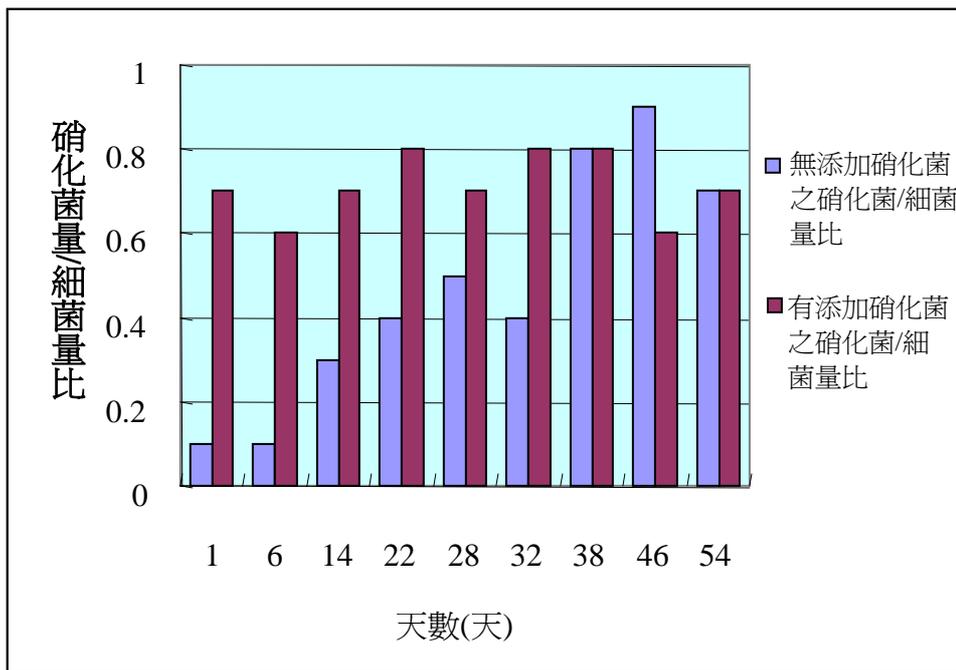
日期	紀錄	pH	氨/NH ₃ /NH ₄ ⁺	亞硝酸NO ₂	硝酸NO ₃	溫度(°C)	菌量/c c
1/24	佈置新缸	7.2	0	0	0	20	1.3x10 ³
1/26		7.4	0	0.025	0	20	1.2 x10 ³
1/28	放魚(日光燈 15 隻、黑殼蝦四兩、小精靈及雄貓鼠各一隻)	7.8	0.25	0.2	0	19	1.8 x10 ³
1/30	死魚 x1 蝦 x3	8.0	6.0	0.4	1	18	7 x10 ⁴
2/1	開始餵魚(半匙/天)	7.8	6.0	0.6	40	18	6.0x10 ⁴
2/3		7.2	2.0	1.0	120	20	5.6 x10 ⁴
2/5	加恆溫設備	7.2	1.0	1.0	160	25	7.8 x10 ⁴
2/7		7.3	1.0	0.4	60	25	8.0 x10 ⁴
2/9	死蝦 x2 補充燈魚 1 隻	7.3	0.5	0.4	60	25	
2/11		7.4	0.2	0.2	40	25	
2/13		7.4	0.2	0.2	20	25	
2/15		7.5	0.2	0.2	20	25	1.2x10 ⁴
2/17		7.6	0.1	0.2	10	25	
2/19		7.7	0.2	0.2	20	25	
2/21		8.0	0.2	0.2	40	25	8 x10 ⁴
2/23	死魚 1 隻	7.8	2.0	0.6	160	25	
2/25		7.8	1.0	0.4	160	25	7.8 x10 ³
2/27		7.7	0.5	0.4	240	25	
3/1		87.8	0.2	0.3	160	25	
3/3		7.8	0.2	0.3	80	25	8.2x10 ³
3/5		7.8	0.3	0.3	80	25	
3/7		8.0	0.3	0.3	40	25	
3/9		8.0	0.3	0.4	40	25	
3/11	死蝦 1 隻	8.0	1.0	1.0	120	25	9.8x10 ⁴
3/13		8.0	1.0	0.8	140	25	
3/15		8.0	0.3	0.6	160	25	
3/17		8.0	0.2	0.4	160	25	
3/19		8.0	0.2	0.2	40	25	6.9x10 ³
3/21		8.0	0.2	0.2	20	25	

表(六) 有添加硝化菌的水族缸氨氮物質與硝化菌含量之監測

註：氨/銨、亞硝酸、硝酸單位為 ppm ，溫度單位為°C

抽樣天數 (第~天)	1	6	14	22	28	32	38	46	54
無添加硝化 菌之硝化菌/ 細菌量比	0.1	0.1	0.3	0.4	0.5	0.4	0.8	0.9	0.7
有添加硝化 菌之硝化菌/ 細菌量比	0.7	0.6	0.7	0.8	0.7	0.8	0.8	0.6	0.7

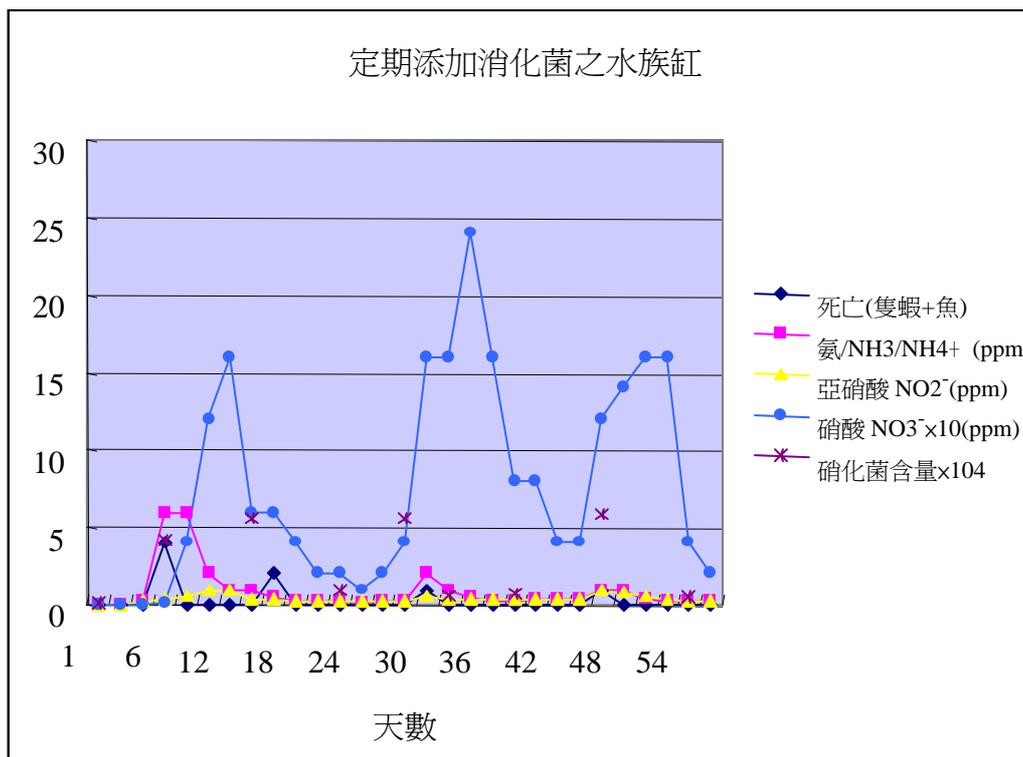
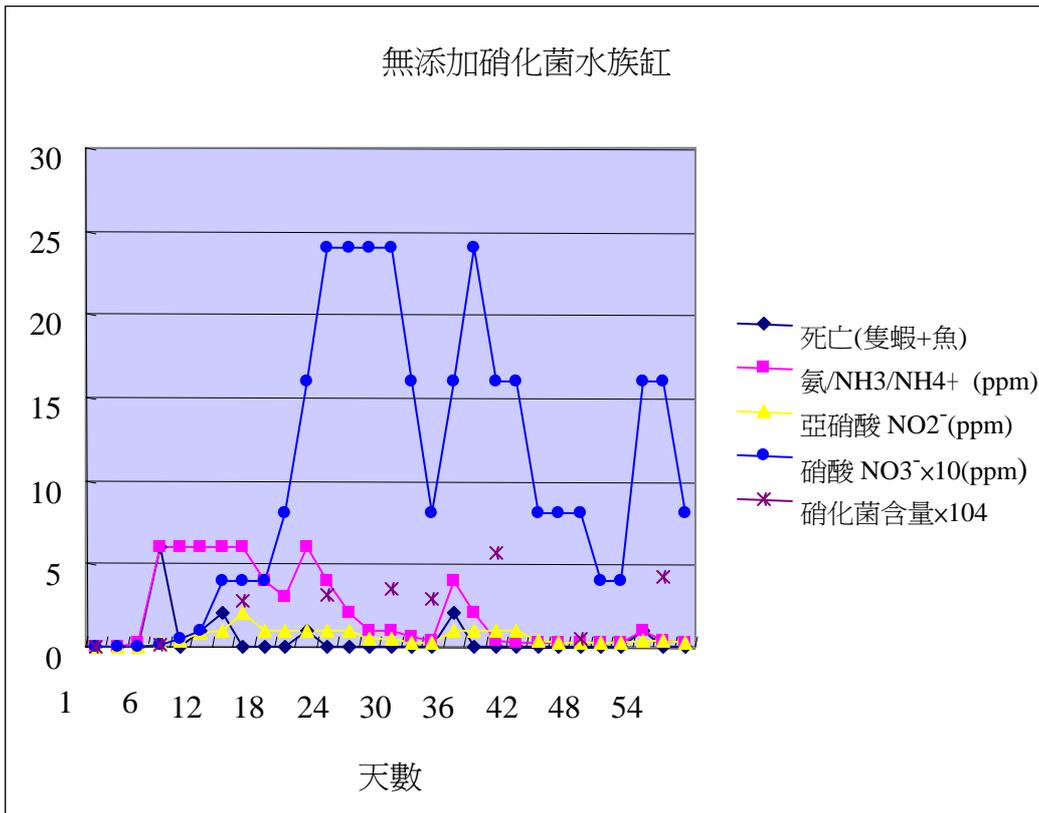
表(七) 硝化菌之硝化菌/細菌量比



圖(三) 硝化菌之硝化菌/細菌量比

由表(五)、表(六)可以發現不管有無添加硝化菌的缸子在前一、兩週，剛放進魚的時候魚體容易死亡，死亡後氨/銨的含量大為增加，pH 值上升，且不易轉化為亞硝酸與硝酸，但有添加硝化菌的缸子在第二週以後，氨/銨下降，亞硝酸與硝酸鹽濃度上升，水質變的酸一點點，且在 4~5 天水質恢復，反觀沒有添加硝化菌的缸子一直到第 20 天以後氨/銨濃度下降，且亞硝酸、硝酸鹽濃度上升至數天後才下降，但在第四周後可以發現在沒有定期添加硝化菌的缸子，就與有添加硝化菌之缸子相同，如果有生物死亡，氨/銨的含量增加些許，但亞硝酸與硝酸值偏高，且在 2-4 天濃度下降至低值。參照圖(四)。

菌量方面，在有添加硝化菌地缸子較為穩定，維持在 $10^4 \sim 10^5$ /毫升間，且硝化菌抽驗比例 6/10~8/10 間，而在無添加硝化菌的缸子內，剛開始菌量較少，隨魚蝦死亡，菌量增加，至第三週後菌量穩定，硝化菌比率至 38 天抽樣時達到穩定在 8/10 左右。此外亦可以發現在後期缸內菌量在沒有魚體死亡時菌量有下降的趨勢。

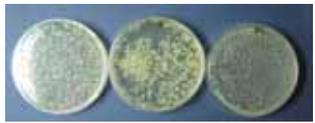


圖(四) 水中氨氮物質、生物死亡率、硝化菌含量與水族缸生態平衡

四、硝化菌及其棲性相關研究

(一)、硝化菌的棲性研究

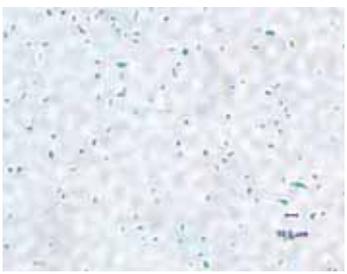
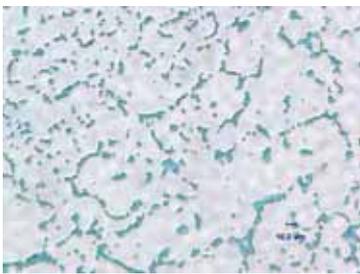
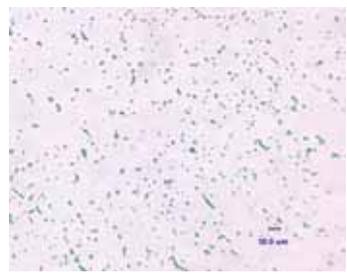
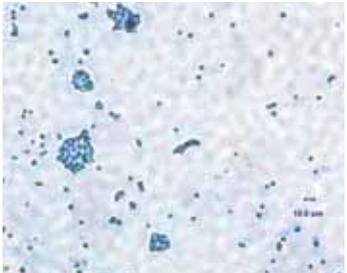
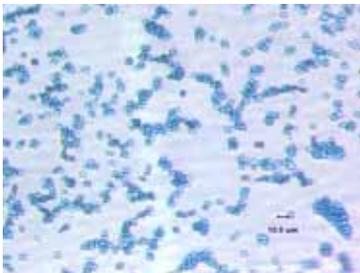
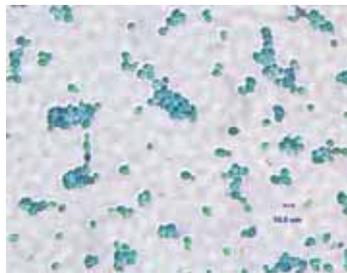
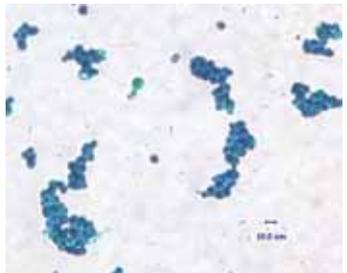
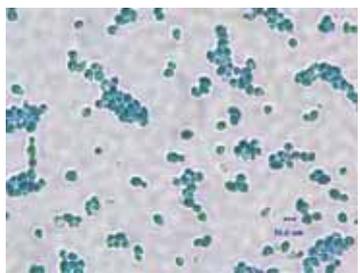
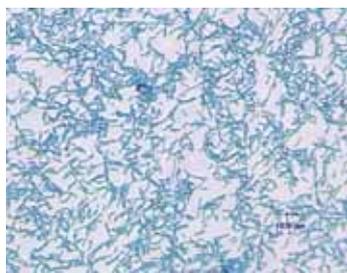
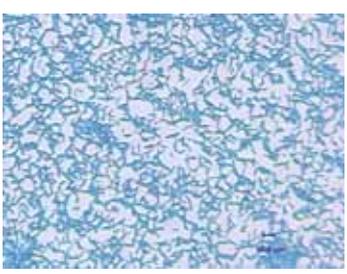
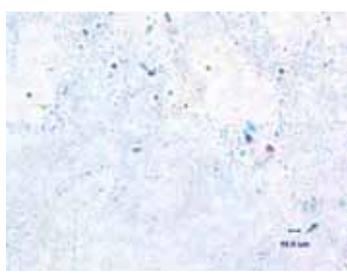
分別以水族缸三處的水進行採樣，檢測硝化細菌喜好的棲性。可以發現以原液塗佈，以海綿上的菌量居多、底砂次之、水體中含量最少(目測法可明顯判斷，故無計數)。而比例方面，海綿消化菌比例平均為 9/10、底砂 7/10、水體中 6/10，以海綿中所蘊藏的菌量最多，且硝化菌比例最高，底砂次之，水體最少。

採樣點	缸水	底砂	海綿
圖片			
菌數統計	 以原液直接塗佈，為三採樣地點中菌數最少者。	 以原液直接塗佈，為三採樣地點中菌數居中者。	 以原液直接塗佈，為三採樣地點中菌數最多者。
硝化菌比例計算	 5/10  7/10  6/10 平均比例為 6/10	 8/10  6/10  7/10 平均比例為 7/10	 9/10  8/10  10/10 平均比例為 9/10

表(八) 硝化菌的棲性

(二)、硝化菌的型態

培養基上培養的菌落有各種形式，依顏色區分，分別在顯微鏡下觀察如表(九)。

編號	1	2	3
外觀	菌落外觀呈米白色	菌落外觀呈米白色	菌落外觀呈米白色
顯微鏡下的硝化菌			
特徵	球狀、菌體顆粒小	球狀、有聚集的感覺	球狀、菌體顆粒小
編號	4	5	6
外觀	菌落外觀呈淡粉紅色	菌落外觀呈淡粉紅色	菌落外觀呈紅色
顯微鏡下的硝化菌			
	球狀、有聚集的感覺	球狀、有聚集的感覺	球狀、有聚集的感覺
編號	7	8	9
外觀	菌落外觀呈紅色	菌落外觀呈紅色	菌落外觀呈黃色
顯微鏡下的硝化菌			
特徵	球狀、有聚集的感覺	球狀、有聚集的感覺	桿狀、有聚集的感覺
編號	10	11	12
外觀	菌落外觀呈黃色	菌落外觀呈黃色凝膠狀	菌落外觀呈黃色凝膠狀
顯微鏡下的硝化菌			
特徵	桿狀、有聚集的感覺	球狀、菌體顆粒小、有聚集的感覺	球狀、菌體顆粒小、有聚集的感覺

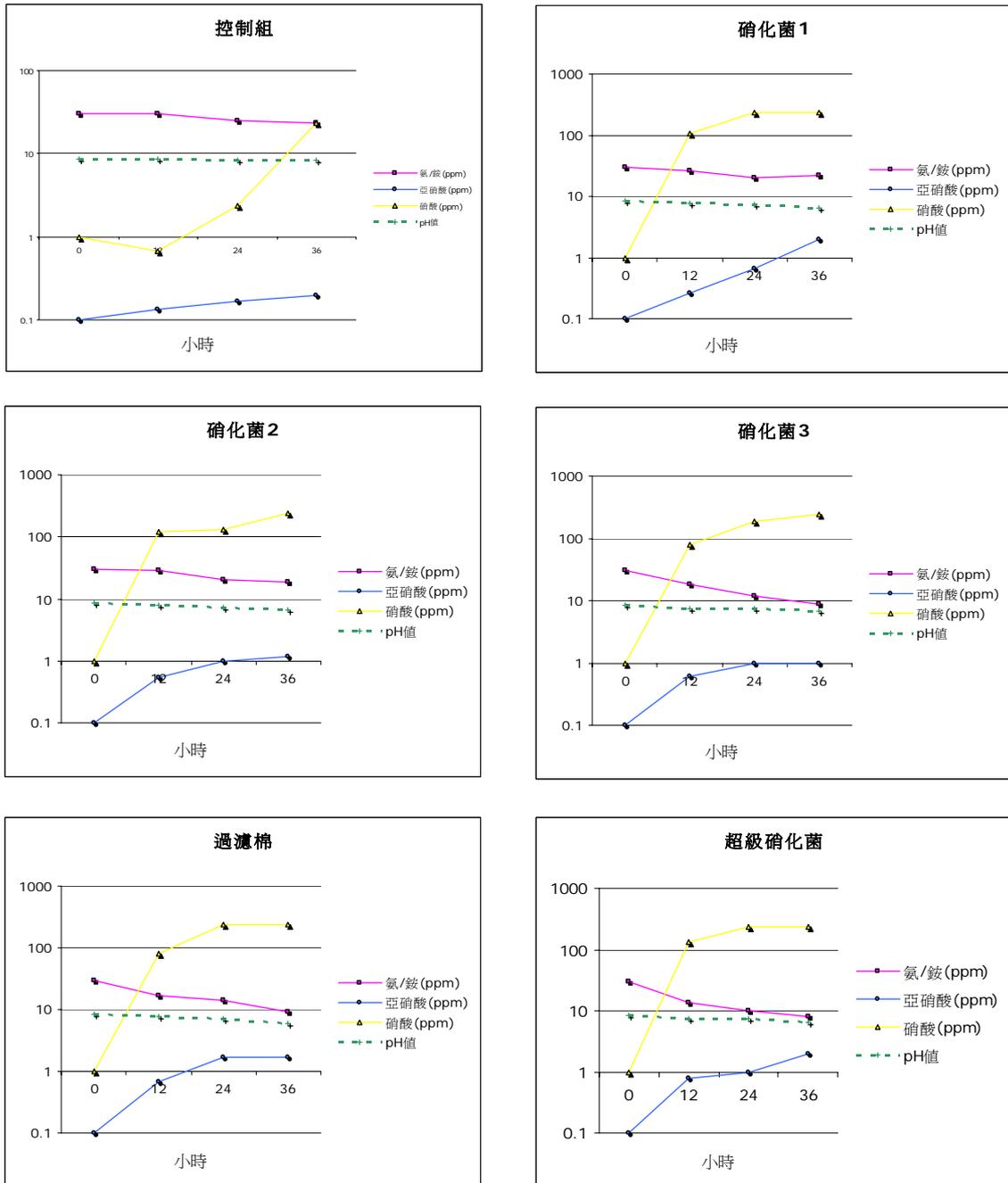
表(九)硝化菌的型態

五、小兵立大功~水族缸硝化菌的應用

	控制組	硝化菌 1			硝化菌 2			硝化菌 3			過濾棉			超級硝化菌					
圖片																			
說明	不加硝化菌	經測試為消化菌者									濾棉水			廠商生產之菌種					
0hr	氨/銨 30 ppm			亞硝酸 0.1 ppm			硝酸 1ppm			pH 值 8.5			溫度 24°C						
12hr	氨/銨	30	30	30	25	30	25	30	30	25	20	20	15	15	15	20	10	15	15
	亞硝酸	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.8	0.6	0.6	0.6	0.8	0.6	0.6	1	0.8	0.6
	硝酸	0	1	1	80	120	120	180	120	60	80	80	80	80	80	80	160	120	120
	pH 值	8.6	8.5	8.6	8.0	7.9	7.5	7.8	8.0	7.6	7.5	7.3	7.6	7.4	7.8	7.7	7.2	7.4	7.6
	溫度	25	24	25	25	25	25	24	25	25	24	25	24	25	25	25	24	25	24
24hr	氨/銨	25	25	25	20	20	20	20	20	20	12	12	12	12	15	15	10	10	10
	亞硝酸	0.1	0.2	0.2	0.6	0.8	0.6	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1
	硝酸	1	5	1	240	240	240	160	160	80	160	240	160	240	240	240	240	240	240
	pH 值	8.3	8.4	8.5	7.8	7.2	6.9	7.2	7.4	6.9	7.2	7.4	7.6	7.8	7.0	6.8	7.2	7.3	7.2
	溫度	23	23	24	24.5	24.5	23	24.5	24	24	24	23.5	24	23	24	24	24	24	24
36hr	氨/銨	25	20	25	25	20	20	15	20	20	10	8	8	8	10	10	8	8	8
	亞硝酸	0.2	0.2	0.2	2	2	2	2	0.8	0.8	1	1	1	1	2	2	2	2	2
	硝酸	10	20	40	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
	pH 值	8.5	8.3	8.2	6.5	6.5	6.7	6.8	6.7	6.8	6.7	6.6	6.8	5.9	5.8	6.0	6.2	6.8	6.5
	溫度	24	24	24	24	24	24	24	24	24	25	24	24	25	24	24	24	24	24
48hr	氨/銨	20	25	20	15	12	12	15	10	20	20	20	10	10	12	12	12	6	12
	亞硝酸	0.2	0.2	0.4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	硝酸	60	60	60	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
	pH 值	8.3	8.2	8.0	6.8	6.7	6.8	6.7	6.8	6.6	6.8	6.7	5.4	5.5	6.4	5.2	5.8	6.2	6.0
	溫度	24	23.5	23	24	23	24	23.5	24	24	24	24.5	24	24	23	23	24	23.5	24

表(十)硝化菌對高氨氮溶液的分解能力 註：氨/銨、亞硝酸、硝酸單位為 ppm ，溫度單位為°C

以實驗二中死魚的水進行硝化菌功能與應用的檢測，可以發現氨/銨含量很高的水體在沒有硝化菌的控制組中，其氨/銨含量維持在 20~30 ppm 左右，亞硝酸與硝酸含量至 48 小時為 0.2 ppm 及 60 ppm。而在自己培養之硝化菌中可以發現至 12 小時，降至 20ppm 左右，第三株的數值下降較快，可達 15 ppm，富含硝化菌的過濾棉水的與廠商培養之超級硝化菌降低氨/銨含量效果也很好，氨/銨轉化亞硝酸，亞硝酸轉化至硝酸的效果也有不一，自己培育的硝化菌 3 與富含硝化菌的過濾棉水的與廠商培養之超級硝化菌較快降低亞硝酸含量，參照表(十)、圖（五）



圖(五)不同硝化菌與硝化能力的檢驗與應用

陸、討論

一、水族生態缸的成員與物質成分的了解

在此實驗發現在水族缸 A 與 B 中有較完整的生態系組成(生產者、消費者與分解者) 與生態平衡, C 缸則只有消費者, 不是完整的生態系。在實驗的數據中觀察到, 平衡的生態(水族缸 A、B)其氨氮濃度(氨/銨、亞硝酸、硝酸)含量總和很低, 而在有死魚的 C 缸中氨氮含量總和很高, 且氨/銨含量比例最高。總硬度與碳酸鹽硬度方面(碳營養源), 以平衡的生態系中較高, 磷酸鹽則普遍偏低。且在生態系平衡的缸子中, 充斥較高比例的硝化菌。由此可見物質的循環確實可以在這個小小的水族缸生態系中完成, 無論生產者、消費者、分解者都扮演著極重要的腳色。而分解者尤其是循環關鍵性的決定者。

二、氨氮物質對魚體的影響

- (一)、在低劑量氨氮物質 ($\leq 20\text{mg/l}$, ppm) 對魚體在24小時之內的影响的實驗中, 我們觀察到氨/銨、亞硝酸及硝酸對魚體有不同程度的影响。以氯化銨溶液處理的組別中, 明顯看到魚體活動力在最初的第一個小時就開始下降且出現浮頭的現象, 劑量越高越是明顯。第二個小時時最高劑量(20mg/l)處理的魚體明顯缺乏活動力, 鰓蓋活動緩慢且沉底。幾乎所有處理過的魚體鰓蓋活動力都下降, 這其實是因為一開始活動頻率太高導致精疲力竭造成的。有趣的是, 經過四小時以後, 大多數的魚都慢慢的回復正常活動, 我們推測, 銨對於魚體是一種相當毒的物質, 因此引發魚體很大的“緊迫反應”(stress response) 而分泌大量的荷爾蒙如皮質素, 使得魚體能快速的適應環境, 這現象在一些文獻中已有探討。此實驗也說明劑量的高低會造成不同程度的影响, 劑量越高影响越大。
- (二)、亞硝酸及硝酸處理的魚有很類似的刺激反應。第一個小時可以觀察到部份(特別是在較高劑量的組裡)的魚體出現浮頭、鰓蓋震動頻率加快。隨著時間增加, 越來越多的魚體受到影响, 只是較低劑量的組別影响較不明顯, 只有最高劑量在四小時活動力受到明顯的影响。不過在24小時, 幾乎所有的魚都回復到正常的狀態。說明亞硝酸及硝酸對於的毒性相較於銨/氨並不強。
- (三)、我們進一步探討在自然的情形下, 三缸不同實驗組水中的氨氮物質和酸鹼值的變化以及其對魚體的影响。根據我們觀察, 三缸實驗組有類似的現象。在第一個小時的時候, 已經可以看到大部分的魚鰓動頻率有增加的趨勢且活動力下降, 以稀釋後檢測, 發現濃度可達30ppm, 而硝酸與亞硝酸之含量都偏低, pH有上升的趨勢, 氨/銨濃度隨時間擺放越久, 濃度越高, 而魚體長時間處於高氨/銨溶液中, 可以發現在4小時後陸續死亡, 至12小時後大量死亡, 24小時平均死亡數目達8.7隻。在兩個小時後, 鰓蓋變動大但較慢, 已有浮頭的現象。四小時, A缸一隻魚死亡, 八小時每缸都有魚體死亡。我們可以看出氨/銨濃度明顯增加, 同時造成pH值上升, 進

一步證實在自然的水族缸中，氨/銨濃度的增加正是造成水質不穩定和毒害魚體的重要原因。

- (四)、藉由此實驗中可以觀察到氨/銨濃度偏高，硝酸與亞硝酸之含量都偏低，與第一個實驗中C缸硝化菌含量實驗印證可知，在單純只有魚體的缸子中，硝化菌含量低，因此沒有辦法很快的分解為對魚體傷害較小的硝酸與亞硝酸鹽類。

三、水族生態系的建立與氨氮循環

- (一)、接下來的實驗中，我們著手進行硝化菌對於水族缸中氨氮物質變化的關係。在我們加入硝化菌於水族缸中，第一週的時候，硝化菌並沒有發揮作用，當魚體死亡時氨/銨，並沒有轉換為毒性較低的硝酸鹽與亞硝酸鹽，推測其需要一段活化的時間，當活化之後較高的氨物質的濃度就開始下降，轉換為毒性較低的硝酸鹽與亞硝酸鹽，並且硝酸鹽濃度隨後下降，推測為水草所吸收。
- (二)、在沒有定期添加硝化菌的缸子，一直到第20天以後氨/銨濃度下降，且亞硝酸、硝酸鹽濃度上升至數天後才下降，但在第四周後可以發現，就與有添加硝化菌之缸子相同，如果有生物死亡，氨/銨的含量增加些許，但亞硝酸與硝酸值偏高，且在2-4天濃度下降至低值，且其硝化菌含量比例也逐漸增高。由此可知，在沒有添加硝化菌的缸子中，由魚體攜帶或自然產生之硝化菌的含量漸漸增加，在最後達成一個平衡，可以得到一個穩定的水質。
- (二)硝化菌對於水族缸的水質穩定，尤其是氨氮物質這類的“毒物”濃度的調節扮演了相當重要的角色。因此，如何養出好的硝化菌落，也就是一般常說的生物過濾器會是成功養殖的重要關鍵。

四、硝化菌及其棲性相關研究

- (一)、硝化菌的種類有很多種，根據文獻記載，只要能夠將氨分解成硝酸或亞硝酸鹽的泛稱硝化菌，因此有可能是完全藉由氮源提供養分的自營者，也有可能是在生理功能機轉伴隨有分解氨氮能力的異營者，本實驗利用只存有氨鹽成分的培養液培養三天至一週，只有能夠活分解氨鹽成分的細菌才能將其轉化為亞硝酸、硝酸，使培養液變酸，進而使酚紅變色。而硝化菌的種類也很多樣，實驗觀察到型態十分不同，有的呈米白色、有的是粉紅色、有的為黃色甚至有凝膠狀的菌落。顯微鏡底下觀察到的再球菌、桿菌，大小也十分不同，另外還有些會集結，與文獻記載硝化菌會分泌膠質聚集的特性相同。
- (二)、要養好硝化菌，我們必須知道硝化菌生長的習性及棲性。經由不同樣本（水體，沙質底部，過濾器部）所採集到的細菌經過培養觀察，我們發現在過濾器上有大量硝化菌生長的情形，其次是沙質底部，水體只有少量的硝化菌被觀察到。這說明了硝化菌有依附生長的特性，所以綿密的過濾網中最適合硝化菌的生長，底沙雖然也提供一些環境給硝化菌生長，效果並

不如過濾棉好。換言之，過濾器中的過濾網（或是過濾棉）除了過濾一些藻類或是排泄物等較大的物質外，最重要的就是提供良好的環境讓硝化菌生長，進而達到水質平衡的目的。所以愛養魚的朋友，當你發現過濾棉有點髒髒的，千萬不要急著換它，這些肉眼看不見的硝化菌正在那默默的進行清掃的工作呢！

五、小兵立大功~水族缸硝化菌的應用

硝化菌對於高氨氮的水質的確有分解的功效，由海綿水的效果可以知複合性的硝化菌分解功效很好，單一類型的硝化菌可能在分解氨鹽或亞硝酸鹽的單一功能較好，期許能夠將硝化菌分解的功能應用在環境的生活上，譬如說廚餘、含有高氨氮的廢水等等。

柒、結論

- 一、水族缸中氨氮循環是一個重要的循環，氨氮物質對於水族生態系造成的傷害，以魚體作為生物指標進行氨氮物質的處理，發現氨的確對魚體造成莫大的傷害甚至死亡。
- 二、氨的分解者~硝化菌扮演著水族生態氨氮循環平衡極重要的腳色，本實驗觀測平衡的水族生態系以及著手建立新的水族生態系，探討硝化菌與氨氮物質(氨/銨、亞硝酸、硝酸)循環與平衡的關係，發現平衡水族生態系中有豐富的硝化菌，且氨氮物質含量低。
- 三、培養硝化菌，觀察其型態與棲息方式，發現硝化菌喜好在可以依附固著的地方生長，並有多樣化的型態。
- 四、以高氨氮物質檢測硝化菌在生活上的可應用性，發現硝化菌對於高氨氮的污水有分解的效用，期許更進一步探討有關硝化細菌的特性，以期可以在環境污水等議題上加以應用。

捌、參考文獻

- 1.柯清水(民 82)。硝化菌與水族缸。高雄市: 翠湖水草研究所。
- 2.何美青(民 90)。斑節蝦受到外界環境緊迫與亞硝酸環境影響下之緊迫反應。國立台灣海洋大學水產養殖系碩士學位論文。基隆市。
- 3.蕭伊珊(民 91)。水溫、氨氮及亞硝酸-氮對台灣鮑魚免疫反應之影響。國立台灣屏東科技大學熱帶農業研究所碩士學位論文。屏東。
- 4.彭明琛(民 91)。養殖環境中之氨氧化菌之研究。國立中山大學海洋資源研究所碩士學位論文。高雄。
- 5.丁明哲、周啓馥(民 89)。微生物學實驗指導。台北市：藝軒圖書文具有限公司。
- 6.康軒出版社(民 94)。自然與生活科技(國中一下)。台北縣。

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國中組 生物及地球科學科

031709

水族缸中的隱形精靈--硝化菌與水族缸之氮
氮循環研究

新竹縣立博愛國民中學

評語：

觀察水族缸生態平衡之要素，並了解硝化菌的相關應用，極有實際應用價值，研究方法宜再詳述，生態系的研究困難度本來就很高，實驗變因不易控制，可考慮偏向生活與應用科學組，探討如何建立優良之飼養環境。