

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生物科

030306

宜蘭縣立礁溪國民中學

指導老師姓名

陳柏羽

李勇達

作者姓名

何承儒

歐宇倫

尤翊涵

林宜德

# 目錄

1、	摘要.....	2
2、	研究動機 .....	2
3、	研究目的 .....	2
4、	研究設備及器材 .....	3
5、	研究過程或方法 .....	3
6、	研究結果與討論.....	5
	一、研究掌中缸養水與水質管理方法.....	5
	二、研究水草對於水質穩定的淨化與影響.....	8
	三、研究光線對於水草生長的影響.....	9
	四、研究換水對於水質穩定度與水草的生長的影響.....	10
	五、研究魚隻對掌中缸的生活情形.....	11
	六、研究抑制藻類蔓延的方法.....	14
	七、研究水族生態球的可行性.....	16
7、	結論 .....	16
8、	未來展望.....	16
9、	參考資料及其他 .....	18
	附件一：實驗活動相片說明.....	19

## 1、 摘要

本研究主要目的在於建立一個長久穩定的小型水族生態系（掌中缸），由於掌中缸內並沒有過濾與加溫系統，比一般水族箱生態系更為脆弱，所以我們特別針對水質、水草、光線、換水、缸中生物、藻類等問題進行研究。實驗過程有以下幾點重要心得與發現：日曬法為最省錢與最快速去除自來水中氯氣的方法；新建立魚缸內的必須要 40 天以上才能建立起一個完整的生物分解系統，而且消除亞硝酸所耗的時間遠高於消除氨所耗的時間，但系統內的硝化細菌仍然無法有效去除水中的硝酸鹽類，所以必須仰賴換水稀釋與種植水草吸收；含有電氣石成分的奈米陶瓷粒比生化陶瓷與水草砂更能附著硝化細菌；水蘊草、金魚草此類成長快速的優勢水草，光合作用最為激烈，能有效降低  $\text{NO}_2$ 、 $\text{NO}_3$  濃度與增加 DO 值，更能抑制藻類蔓延，且種植面積越大，效果越好，但其缺點是吸收過多水中的  $\text{CO}_2$ ，造成 PH 值上升，KH 大幅下降，形成生物脫鈣作用（Biogenic decalcification）；照射太陽光雖然對水草生長有極大幫助，但易造成藻類蔓延與黑殼蝦死亡，因此每日斜射 4 小時最佳；最佳的換水方式為每週換水 1/3；本實驗也針對數種水中生物進行耗氧量、對氨與溫差變化耐受力測試，找出最適合生存在掌中缸的生物；生物除藻為掌中缸最佳的除藻方式。在累積許多實驗心得與結果後，本實驗也針對密閉的生態球與加入自製二氧化碳系統進行探討與研究。

## 2、 研究動機

許多人都喜歡在家裡放置一個小型的水族箱，而我們學生也喜歡放個水族箱來紓解壓力，裡面有綠油油的水草、色彩鮮豔的魚蝦，讓人為之欽羨，而所需要的設備與花費也非常昂貴。但是我們並不願花太多金錢與時間在水族缸上，只想要以簡單、美觀、環保又省錢的形式做出一個可以讓魚蝦們在裡面優遊自在的生態環境，最好能在這小小魚缸中自給自足，成一個小小平衡生態系。更甚者，我們想要把整個水族缸完全密封起來，讓它形成一個小型的生態球，完全可以靠裡面的水草、魚類與微生物自給自足，這就是我們最想要共同建立的目標。

## 3、 研究目的

- 1、研究掌中缸養水與水質管理方法
  - (1) 測量不同處理方式對水中含氯量（mg/l）的影響
  - (2) 測量水族箱中硝化菌培養的速度
  - (3) 測量不同的硝化菌培養方式對於掌中缸內淨化水質的影響
- 2、研究水草對於水質穩定的淨化與影響
  - (1) 研究不同水草對水質淨化的能力的影響
  - (2) 研究水草種植面積對水質淨化能力的影響
  - (3) 研究魚缸底部添加底肥高度對於水蘊草與水質的影響
- 3、研究光線對於水草生長的影響
  - (1) 研究不同光源（植物燈、室內光線、太陽光）對於水草生長之影響
  - (2) 研究不同光照時間對於水蘊草生長之影響
- 4、研究換水對於水質穩定度與水草的生長的影響

- (1) 不同水源對於缸中生物與水草生長的影響
- (2) 不同換水頻率對於缸中生物與水草生長的影響
- (3) 不同換水量對於缸中生物與水草生長的影響
- 5、研究魚隻對掌中缸的生活情形
  - (1) 測量不同生物的耗氧量
  - (2) 測量不同生物對氨的耐受程度
  - (3) 研究不同生物對溫差變化耐受程度
- 6、研究抑制藻類蔓延的方法
  - (1) 研究藻類對缸中生態造成的影響
  - (2) 研究不同除藻方式的成效與對缸中生態的影響
  - (3) 研究不同除藻生物食藻的特性
- 7、研究水族生態球的可行性
  - (1) 研究生態球中水草面積的影響
  - (2) 研究生態球中放入生物種類的影響
  - (3) 研究生態球中生態平衡天數

#### 4、 研究設備及器材

透明塑膠杯、外購水質穩定劑、活性炭、打氣馬達、水桶、硝化菌、水草砂、生化陶瓷環、電氣石、奈米陶瓷粒、日光燈魚飼養容器、加溫器、過濾系統、日光燈、飼料、魚網、筆、紀錄紙、溫度計、硝化菌、NO<sub>3</sub>測試劑、Cl<sup>-</sup>測試劑、銨/氨測試劑、PH meter、電子秤

#### 5、 研究過程或方法

- 1、 研究掌中缸養水與水質管理方法
  - (一) 水中含氮量 (mg/l) 的影響
    - 1.準備 5 個水桶的自來水分別以五種的方式處理水質
  - (二) 培養硝化菌培養的速度
    - 1.每 4 日以試劑測試水質推算出水中氨 (NH<sub>3</sub>)
  - (三) 硝化菌培養方式對於掌中缸內水質穩定度的影響
    - 1.5 個塑膠杯分別放入不同處理方式水質。
    - 2.加入高濃度氨 (NH<sub>3</sub>) 的水後，觀察水質並以試劑測試。
- 二、研究水草對於水質穩定的淨化與影響
  - (一) 不同水草品種淨化水質的能力
    - 1.相同面積的水草
    - 2.放入含有高濃度亞硝酸的水，並且每日照太陽光 4 小時
    - 3.種植兩週後測量水質，並觀察水草生長與水中藻類蔓延情形
  - (二) 缸中水草的種植面積對於水質的影響
    - 1.在 4 個相同的塑膠罐內種植不同面積的水蘊草
    - 2.放入含有高濃度亞硝酸的水，並且每日照太陽光 4 小時
    - 3.種植兩週後測量水質，並觀察水草生長與水中藻類蔓延情形
  - (三) 魚缸底部添加底肥對於水蘊草與水質的影響

- 1.比較底肥的添加與否對水蘊草生長情形
- 2.鋪設不同高度的底肥
- 3.種植兩週後測量水質，並觀察水草生長與水中藻類蔓延情形

### 三、研究光線對於水草生長的影響

- (一) 不同光源與不同光照時間對於水草生長與水質之影響
  - 1.利用不同光源照射不同的掌中缸
  - 2.放入含有高濃度亞硝酸的水
  - 3.種植兩週後測量水質，並觀察水草生長與水中藻類蔓延情形

### 四、研究換水對於水質穩定度與水草的生長的影響

- (一) 不同水源對於缸中生物與水草生長的影響
  - 1.每週抽掉不同掌中缸中 1/3 水量，分別加入不同處理方式的水
  - 2.一個月後測量水草生長高度與黑殼蝦、藻類生長情形，並以試劑測試水質
- (二) 不同換水頻率對於缸中生物與水草生長的影響
  - 1.不同掌中缸分別以每 1、3、7、14 天換水一次的方式
  - 2.換水後加入以軟水劑軟化後且在水族箱內養過的水
  - 3.一個月後測量水草生長高度與黑殼蝦、藻類生長情形，並測試水質
- (三) 不同換水量對於缸中生物與水草生長的影響
  - 1.不同掌中缸每週分別以更換 1/5、1/3、1/2 水量的方式
  - 2.換水後加入以軟水劑軟化後且在水族箱內養過的水
  - 3.一個月後測量水草生長高度與黑殼蝦、藻類生長情形，並測試水質

### 五、研究魚隻對掌中缸的生活情形

- (一) 不同生物的耗氧量
  - 1.將廣口瓶密封，當魚隻出現呼吸困難、運動緩慢時，停止實驗
- (二) 不同生物對氨的耐受程度
  - 1.將生物置入塑膠杯中，逐漸加入高濃度氨的混濁水測量生物耐受程度
- (三) 不同生物對溫差變化耐受程度
  - 1.將不同生物置於不同溫度環境下觀察

### 六、研究抑制藻類蔓延的方法

- (一) 藻類對缸中生態造成的影響
  - 1.觀察不同藻類蔓延程度下的水蘊草行光合作用與生長情形，以及缸中生物生活情形
- (二) 不同除藻方式的成效與對缸中生態的影響
  - 1.將長滿藻類的水蘊草分別放入滴入除藻劑、有黑殼蝦的容器中觀察
- (三) 不同除藻生物食藻的特性
  - 1.將長滿藻類的水蘊草分別放入有笠螺、蘋果螺、黑殼蝦、大河沼蝦的容器中

### 七、研究水族生態球的可行性

- (一) 生態球中放入生物種類的影響
  - 1.培育健康黑殼蝦，分別在生態球中放入 10、15 隻看其生長情形
  - 2.培育健康大肚魚、蘋果螺分別放入生態球中的影響
- (二) 生態球中生態平衡的天數
  - 1.由黑殼蝦與水草生長情形看其生態球維持天數

## 6、 研究結果

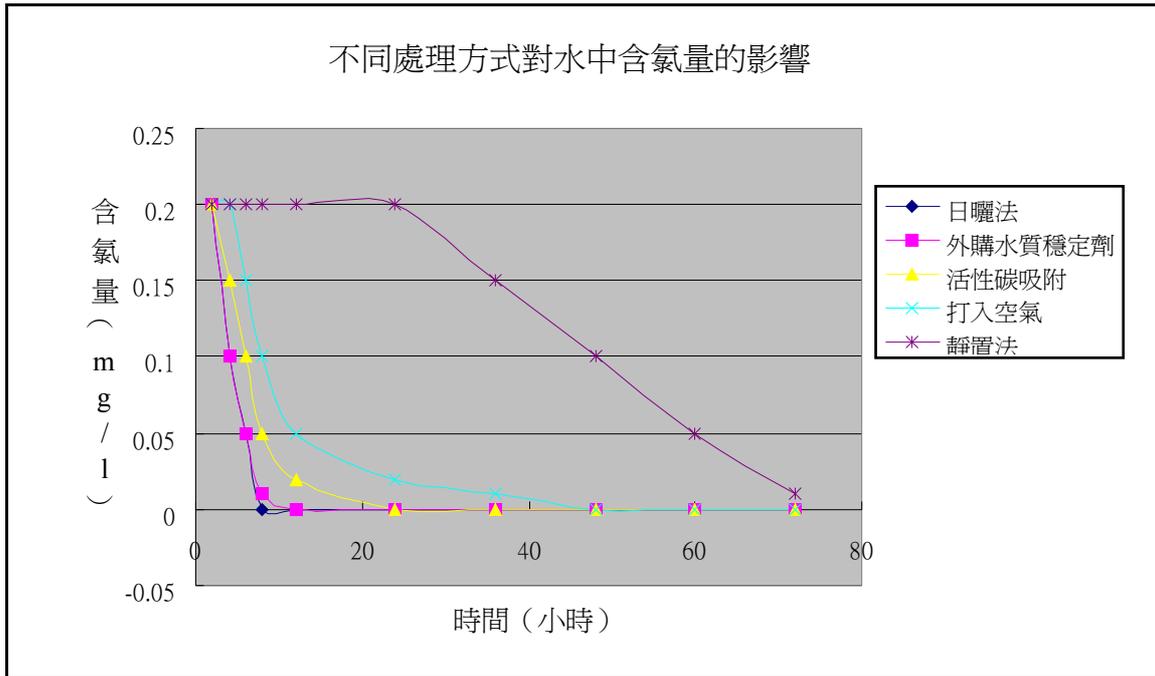
### 1、 研究掌中缸養水與水質管理方法

#### (一) 測量不同處理方式在水中含氮量的影響

處理前含氮量=0.20 mg/l

	日曬法	外購水質穩定劑	活性碳吸附	打氣馬達	靜置法
2 小時後	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
4 小時後	0.10	0.10	0.15	0.20	0.20
6 小時後	0.05	0.05	0.10	0.15	0.20
8 小時後	0	0.01	0.05	0.10	0.20
12 小時後	0	0	0.02	0.05	0.20
24 小時後	0	0	0	0.02	0.20
36 小時後	0	0	0	0.01	0.15
48 小時後	0	0	0	0	0.10
60 小時後	0	0	0	0	0.05
72 小時後	0	0	0	0	0.01

【結果分析】

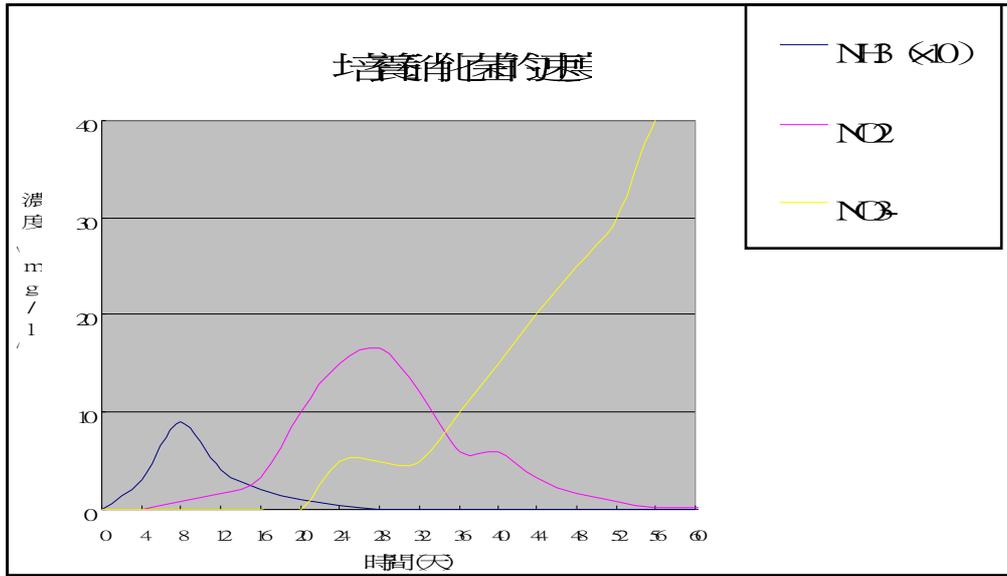


(2) 測量水族箱中培養硝化菌的速度

	NH <sub>4</sub> 濃度 (mg/l)	NH <sub>3</sub> 濃度 (mg/l)	NO <sub>2</sub> 濃度 (mg/l)	NO <sub>3</sub> 濃度 (mg/l)	PH 值	水族箱內情形
開始實驗	0.0	0.000	0.0	0	6.8	放入 10 隻健康日光燈魚
4 天後	2.0	0.030	0.0	0	7.2	5 隻魚活動力減弱
8 天後	6.0	0.090	0.9	0	7.5	※1 隻魚有水黴病，3 隻魚開始立鱗 ※2 隻魚於第 9 天死亡， ※1 隻魚於第 10 天死亡
12 天後	4.0	0.040	1.6	0	7.3	6 隻魚於第 13 天開始恢復活力
16 天後	2.5	0.020	3.3	0	7.2	1 隻魚 (得水黴病) 於第 18 天死亡，其餘適應良好

20 天後	1.0	0.010	10.0	0	7.0	日光燈魚適應良好
24 天後	0.5	0.005	15.0	5	6.8	2 隻魚於第 27 天死亡
28 天後	0.1	0.001	16.5	5	6.5	1 隻魚於第 29 天死亡
32 天後	0.1	0.001	12.0	5	6.2	3 隻魚適應良好
36 天後	0.1	0.001	6.0	10	6.0	同上
40 天後	0.1	0.001	6.0	15	5.8	同上
44 天後	0.1	0.001	3.3	20	5.8	同上
48 天後	0.1	0.001	1.6	25	5.6	同上
52 天後	0.1	0.001	0.9	30	5.5	同上
56 天後	0.1	0.001	0.3	40	5.5	同上
60 天後	0.1	0.001	0.3	45	5.4	同上
75 天後	0.1	0.001	0.3	70	5.3	同上
90 天後	0.1	0.001	0.3	95	5.2	1 隻魚於第 93 天死亡
105 天後	0.1	0.001	0.3	110	5.2	2 隻魚適應良好
120 天後	0.1	0.001	0.3	135	5.2	同上

【結果分析】



(3) 測量不同的硝化菌培養方式對於掌中缸內水質穩定度的影響

測試項目	剛流出的自來水				自來水內加入硝化菌				水族箱內的水				水族箱內的水加入濾材									
	NH <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PH 值	NH <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PH 值	NH <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PH 值	生化陶瓷				奈米陶瓷粒				水草砂	
第0天	0.70	40.0	30.0	7.52	0.70	40.0	30.0	7.50	0.7	40.0	30.0	7.50	0.70	40.0	30.0	7.50	0.70	40.0	30.0	7.5	0.70	40.0
第4天	0.70	40.0	30.0	7.53	0.70	40.0	30.0	7.50	0.6	60.0	30.0	7.20	0.60	60.0	30.0	7.23	0.60	60.0	50.0	7.5	0.65	60.0
第8天	0.70	40.0	30.0	7.52	0.60	60.0	30.0	7.20	0.6	65.4	30.0	7.12	0.50	76.5	50.0	7.05	0.50	93.5	62.5	7.5	0.6	76.5
第12天	0.70	40.0	30.0	7.51	0.60	65.4	30.0	7.15	0.5	76.5	30.0	7.05	0.40	93.5	62.5	6.80	0.40	120.	73.8	7.4	0.40	93.5
第16天	0.70	40.0	30.0	7.52	0.50	76.5	30.0	6.83	0.4	93.5	30.0	6.82	0.30	120.	73.8	6.52	0.30	93.5	85.3	7.3	0.30	120.7

第 20 天	0.70	40.0	30.0	7.53	0.50	87.2	30.0	6.72	0.30	120.7	62.5	6.35	0.20	93.5	85.3	6.27	0.20	76.5	90.6	7.23	0.20	93.5
第 24 天	0.70	40.0	30.0	7.51	0.40	93.5	30.0	6.45	0.30	103.5	73.8	6.21	0.20	76.5	90.6	6.12	0.15	68.4	100.5	7.12	0.20	76.5
第 28 天	0.50	50.0	30.0	7.23	0.40	100.5	50.0	6.30	0.20	93.5	85.3	6.05	0.15	68.4	100.5	6.07	0.10	60.0	110.9	7.02	0.15	68.4
第 32 天	0.50	50.0	30.0	7.25	0.30	120.7	62.5	6.21	0.20	76.5	90.6	5.94	0.10	60.0	110.9	5.87	0.08	52.3	117.3	7.05	0.10	60.0
第 36 天	0.50	50.0	30.0	7.23	0.30	103.5	73.8	6.02	0.10	65.4	100.5	5.84	0.08	52.3	117.3	5.67	0.06	40.0	180.9	6.98	0.08	52.3
第 40 天	0.50	50.0	30.0	7.21	0.20	93.5	85.3	5.91	0.10	60.0	110.9	5.67	0.06	40.0	180.9	5.52	0.05	36.5	210.8	7.01	0.06	40.0

## 二、研究水草對於水質穩定的淨化與影響

### (一) 研究不同水草品種對水質的影響

	大棵 水蘊草	小棵 水蘊草	墨絲	鐵皇冠	小榕	綠菊花	金魚草
NO <sub>2</sub> (mg/l)	10.2	7.8	12.6	15.3	15.3	11.5	8.2
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	20	10	30	30	30	30	20
PH 值	7.5	7.8	7.1	6.8	6.9	7.0	7.6
KH 值	4	3	5	6	6	6	4
DO 值	5	6.5	5	3	3	3	5
水草生長高度 (cm)	4.2	6.5	2.1	2.2	1.4	1.3	5.5

新生側芽數目 (株)	3	6		3	3	0	7
水中藻類 繁殖情形	幾乎 沒有	沒有	些微	些微	些微	些微	幾乎 沒有

(二) 研究缸中水草的種植多寡對於水質的影響

種植面積	10%	30%	50%	70%	90%
NO <sub>2</sub> (mg/l)	15.3	11.5	7.8	6.5	3.3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	25	20	10	5	5
PH 值	7.0	7.5	7.8	8.0	8.5
KH 值	6	5	3	3	2
DO 值	4.8	5.2	6.5	6.7	7.2
水草生長高度 (cm)	3.2	4.1	6.0	6.5	7.5
水中藻類 繁殖情形	些微	些微	幾乎 沒有	幾乎 沒有	沒有

(三) 研究魚缸底部添加底肥對於水蘊草與水質的影響

底肥鋪設高度 (cm)	0	0.1	0.3	0.5	0.7
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	10	20	40	65	80
KH 值	6.5	3	5	6	8
PH 值	7.2	7.8	6.9	6.5	5.8
水草生長高度 (cm)	2.9	4.5	3	0	0
新生側芽數目 (株)	1	2	1	0	0
水中藻類繁殖情形	幾乎沒有	些微	些微	中等	嚴重

三、研究光線對於水草生長的影響

(一) 植物燈不同照射時間對水草生長與水質之影響

	2 小時	4 小時	8 小時
NO <sub>2</sub> (mg/l)	15.3	11.5	10.7
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	30	25	20
PH 值	6.8	7.1	7.3
KH 值	6.0	5.5	5.0
DO 值	3.8	4.0	4.2
水草生長高度	3.6	5.3	7.2
新生側芽數目	1	2	4
產生氣泡情形	無	無	無

水中藻類繁殖情形	幾乎沒有	些微	4 中等
----------	------	----	------

(二) 室內光線不同照射時間對水草生長與水質之影響

	2 小時	4 小時	8 小時
NO <sub>2</sub> (mg/l)	16.5	15.3	11.5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	35	30	25
PH 值	6.8	6.9	7.1
KH 值	6.5	6.0	5.5
DO 值	3.2	3.5	4.2
水草生長高度	3.6	5.3	7.2
新生側芽數目	1	1	3
產生氣泡情形	無	無	無
水中藻類繁殖情形	幾乎沒有	幾乎沒有	些微

(三) 太陽光不同照射時間對水草生長與水質之影響

	2 小時	4 小時	8 小時
NO <sub>2</sub> (mg/l)	15.3	11.5	10.7
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	30	25	20
PH 值	6.8	7.1	7.3
KH 值	6.0	5.5	5.0

DO 值	3.8	4.0	4.2
水草生長高度	3.6	5.3	7.2
新生側芽數目	1	2	4
產生氣泡情形	無	無	無
水中藻類繁殖情形	些微	些微	中等

#### 四、研究換水對於水質穩定度與水草的生長的影響

##### (一) 不同水源對於缸中生物與水草生長的影響

	溫泉水	地下水	自來水	水族箱內水	冷氣機水	軟水劑水
NH <sub>3</sub> 、NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0.09	0.11	0.17	0.02	0.09	0.03
NO <sub>2</sub> (mg/l)	16.5	16.5	21.6	3.3	8.2	6.5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	25	30	30	20	30	25
PH 值	7.6	8.2	7.8	7.5	7.3	7.2
KH 值	7	6	5	4	3	3
DO 值	4.5	3.7	3.7	5.2	2.8	3.7
水草生長高度 (cm)	11.2	7.2	6.2	10.2	3.6	7.5
新生側芽數目	6	3	2	6	0	4
水中藻類繁殖 情形	些微	些微	幾乎沒有	中等	沒有	些微
黑殼蝦生長 情形	5 隻死亡	4 隻死亡	6 隻死亡	1 隻死亡	5 隻死亡	1 隻死亡

(二) 不同換水頻率對於缸中生物與水草生長的影響

	每天 1 次	每 3 天 1 次	每週 1 次	每 2 週 1 次
NH <sub>3</sub> (mg/l)	0.03	0.03	0.09	0.13
NO <sub>2</sub> (mg/l)	3.3	3.3	16.5	16.5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	5	10	20	30
PH 值	7.2	7.6	7.8	8.2
KH 值	7	6	5	4
水草生長高度 (cm)	5.8	7.2	10.2	7.5
新生側芽數目	6	3	2	6
水中藻類繁殖情形	沒有	幾乎沒有	些微	中等
黑殼蝦生長情形	4 隻死亡	2 隻死亡	0 隻死亡	2 隻死亡

(三) 不同換水量對於缸中生物與水草生長的影響

	每次 1/5 水量	每次 1/3 水量	每次 1/2 水量
NH <sub>3</sub> (mg/l)	0.09	0.03	0.03
NO <sub>2</sub> (mg/l)	16.5	3.3	3.3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	20	10	10
PH 值	7.8	7.6	7.8

KH 值	5	6	5
水草生長高度 (cm)	10.2	10.5	10.7
新生側芽數目	2	3	2
水中藻類繁殖情形	些微	些微	幾乎沒有
黑殼蝦生長情形	0 隻死亡	0 隻死亡	2 隻死亡

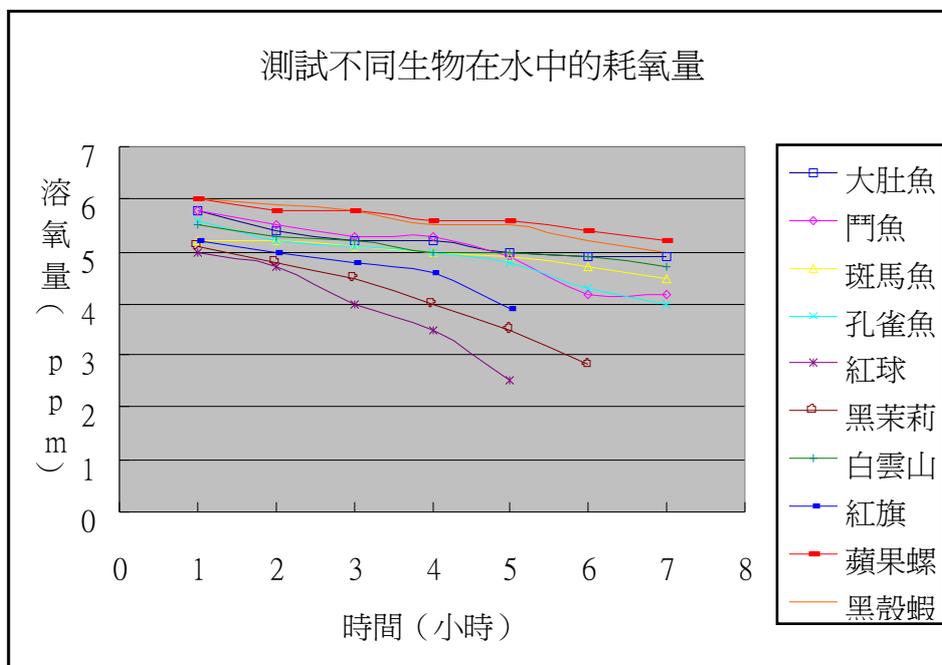
## 五、研究魚隻對掌中缸的生活情形

### (一) 研究不同生物的耗氧量

	大肚魚	鬥魚	斑馬魚	孔雀魚	紅球	黑茉莉	白雲山	紅旗	蘋果螺	黑殼蝦
1 小時後 溶氧量	5.8	5.8	5.2	5.6	5.0	5.1	5.5	5.2	6.0	6.0
2 小時後 溶氧量	5.4	5.5	5.2	5.2	4.7	4.8	5.3	5.0	5.8	5.9
3 小時後 溶氧量	5.2	5.3	5.1	5.1	4.0	4.5	5.2	4.8	5.8	5.8
4 小時後 溶氧量	5.2	5.3	5.0	5.0	3.5	4.0	5.0	4.6	5.6	5.5
5 小時後 溶氧量	5.0	4.9	4.9	4.8	2.5	3.5	5.0	3.9	5.6	5.5
6 小時後 溶氧量	4.9	4.2	4.7	4.3	×	2.8	4.9	×	5.4	5.2
7 小時後 溶氧量	4.9	4.2	4.5	4.0	×	×	4.7	×	5.2	5.0

生物狀態 描述					5小時8 分翻肚	6小時 17分 翻肚		5小時 32分 翻肚	
------------	--	--	--	--	-------------	------------------	--	------------------	--

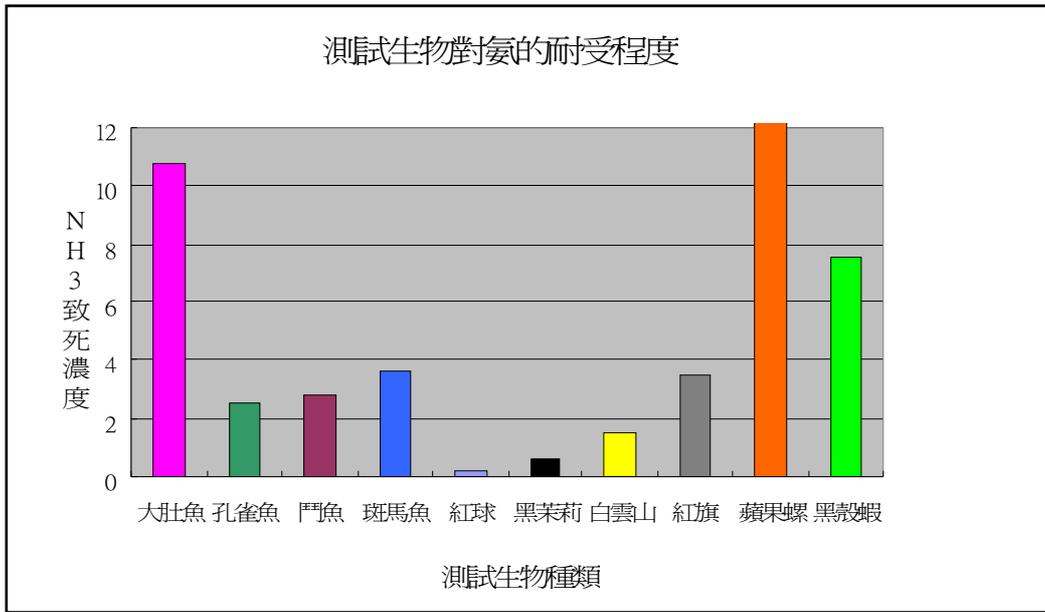
【結果分析】



(二) 研究不同生物對氨的耐受程度

	大肚魚	孔雀魚	鬥魚	斑馬魚	紅球	黑茉莉	白雲山	紅旗	蘋果螺	黑殼蝦
NH <sub>3</sub> 致死濃度 (ppm)	10.8	2.5	2.8	3.6	0.2	0.6	1.5	3.5	×	7.6

【結果分析】

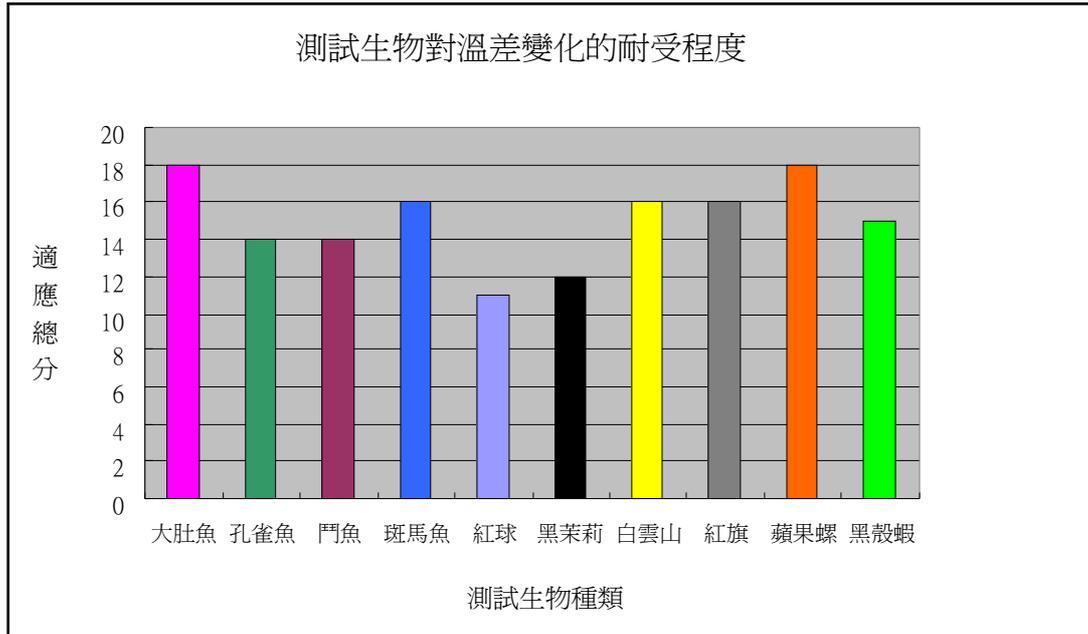


(三) 研究不同生物對溫差變化耐受程度

	大肚魚	孔雀魚	鬥魚	斑馬魚	紅球	黑茉莉	白雲山	紅旗	蘋果螺	黑殼蝦
12°C	○	×	×	△	×	×	△	△	○	○
18°C	○	△	△	△	×	×	△	△	○	○
20°C	○	△	△	○	×	×	○	○	○	○
23°C	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○
25°C	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△
28°C	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×
總分	18	14	14	16	11	12	16	16	18	15

(○：適應良好3分，△：適應尚可2分，×：適應不良1分)

【結果分析】



六、研究抑制藻類蔓延的方法

(一) 研究不同藻類蔓延程度對缸中生態造成的影響

	10%	30%	50%	80%
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0.9	1.6	3.3	21.8
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	10	10	20	30
PH 值	8.2	7.8	7.4	7.2
KH 值	4	5	5	6
DO 值	5.8	5.2	4.3	3.8
水草生長高度	10.3	7.5	4.3	3.8
新生側芽數目	8	5	3	2
魚類生長情形	良好	良好	良好	孔雀魚 1 隻死亡
黑殼蝦生長情形	良好	良好	良好	良好

(二) 研究不同除藻方式的成效與對缸中生態的影響

	除藻劑除藻	每天換水	黑殼蝦除藻
藻類蔓延程度	停止蔓延 藻類消除	停止蔓延	停止蔓延 藻類消除
水草生長高度 (公分)	0.5	2.6	4.3
黑殼蝦生長 情形	死亡 5 隻	死亡 2 隻	無死亡
魚類生長 情形	沒影響	容易得白點病	沒影響

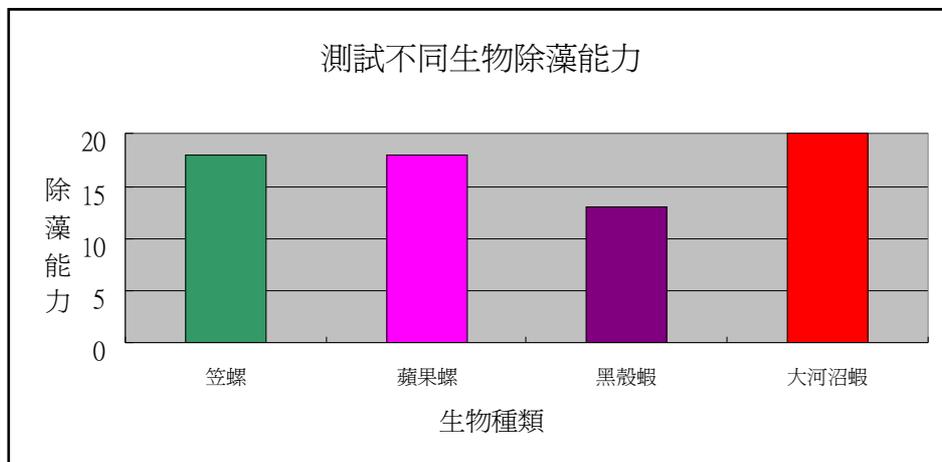
(三) 研究不同除藻生物食藻的特性

		笠螺	蘋果螺	黑殼蝦	大河沼蝦
除藻 程度	清除缸壁藻類	5	3	0	0
	清除水草葉面藻類	2	3	4	5
對水草破壞程度		0	-5	0	-2
除藻能力綜合分數		7	1	4	3
分解殘餌與屍體能力		2	3	4	5
生命週期		3	4	2	5
對水質適應能力		2	5	2	4
對溫差的適應		4	5	1	3
環境適應能力綜合分數		9	14	5	12

總綜合分數	18	18	13	20
-------	----	----	----	----

(特優：5分、良好：4分、普通：3分、不好：2分、很差：1分、無此能力：0分)

【結果分析】



七、研究水族生態球的可行性

(一)研究生態球中水草面積、生物種類的影響與平衡天數(4/5 設缸)

日期	觀察情形	A	B	C	D
4/11	水中藻類繁殖情形	些微	些微	無	無
	水草生長情形	些微	些微	些微	些微
	水中生物生長情形	黑殼蝦死亡一隻	黑殼蝦死亡三隻	良好	黑殼蝦死亡一隻
4/19	水中藻類繁殖情形	些微	多	無	無
	水草生長情形	些微	些微	些微	些微
	水中生物生長情形	黑殼蝦死亡二隻	大肚魚死亡二隻 黑殼蝦死亡一隻	良好	良好
4/23	水中藻類繁殖情形	多	很多	無	無
	水草生長情形	些微多	差	些微多	些微多
	水中生物生長情形	差	無	良好	良好

4/27	水中藻類繁殖情形	多		無	無
	水草生長情形	些微差		些微多	些微多
	水中生物生長情形	大肚魚死亡		良好	良好
5/1	水中藻類繁殖情形	多		無	無
	水草生長情形	差		些微多	些微多
	水中生物生長情形	全部死亡		良好	良好

## 7、 結論

### 1、研究掌中缸養水與水質管理方法

- (1) 日曬法與添加適量水質穩定劑的方式可以在 6 小時內使自來水中殘留氯含量降至安全濃度 (0.01mg/l)。其中又以日曬法為最省錢與最有效率的方法
- (2) 硝化菌在水族箱內成長可分為 4 階段分解飼料殘餌與魚隻排泄物
  1. 第一階段 ( 銨化作用 0 ~ 8 天 ) : 水族箱中將飼料有機氮逐漸被分解為  $\text{NH}_4^+$  與魚隻由鰓分泌出  $\text{NH}_3$  , 此時 PH 值逐漸上升, 在高 PH 值的情形下, 又有許多的  $\text{NH}_4^+$  ( 毒性較小 ) 被分解為  $\text{NH}_3$  ( 毒性較大 ) , 此時  $\text{NH}_3$  的濃度不斷增加, 使第一批日光燈魚死亡
  2. 第二階段 8 ~ 20 天 : 實驗第 8 天後, 亞硝酸菌 ( Nitrosomonas ) 已增殖至足夠數目, 逐漸將氨分解為亞硝酸鹽, 此時  $\text{NH}_3$  濃度開始下降, 使 6 隻日光燈魚於第 13 天開始恢復活力, 到第 20 天  $\text{NH}_3$  濃度降至最低, 因此  $\text{NO}_2$  濃度持續上升。
  3. 第三階段 20 ~ 40 天 : 實驗第 28 天後, 硝化菌 ( Nitrobater ) 已增殖至足夠數目, 逐漸將亞硝酸鹽分解為硝酸鹽, 因此  $\text{NO}_2$  濃度開始下降, 到第 40 天  $\text{NO}_2$  濃度降至最低, 此時硝酸鹽濃度持續上升。
  4. 第四階段 40 ~ 120 天 : 硝酸鹽濃度持續上升, 並沒有下降趨勢, 1 隻日光燈魚於第 93 天死亡, 證明水中硝化菌 ( Nitrobater ) 無法將硝酸鹽分解, 必須透過換水方式降低硝酸鹽濃度。從實驗可以看出消除亞硝酸所耗的時間遠大於消除氨所用的時間, 這是因為硝化菌 ( Nitrobater ) 對亞硝酸的氧化能力比不上亞硝酸菌 ( Nitrosomonas ) 對氨的氧化能力
- (3) 亞硝酸細菌的活動最適宜 PH 值 7 ~ 9, 硝酸菌 PH 值 5 ~ 8, PH = 6.5 時硝化作用開始減弱, 而奈米陶瓷粒有穩定水中 PH 值的功能, 使水中 PH 不至於起伏太大, 並且將 PH 值穩定在硝化作用最佳狀態
- (4) 亞硝酸菌 ( Nitrosomonas ) 有固著固體外表的傾向, 特別是多孔隙的材質 ( 總表面積大 ) , 可能吸附更多數目的亞硝酸菌, 其中含有電氣石成分奈米陶瓷粒比生化陶瓷與水草砂有更好的硝化作用, 是因為它具有兩項優點 ( 多孔隙與穩定水中 PH 值 )
- (5) 本實驗的意外發現, 在氨濃度越高的情形下, 亞硝酸菌 ( Nitrosomonas ) 活化的時

間越短，因此可使用含高濃度氨的水族箱水與奈米陶瓷粒來培養高密度硝化細菌

## 2、研究水草對於水質穩定的淨化與影響

- (1) 水蘊草、金魚草卻能不斷吸收水中的碳酸氫根離子 ( $\text{HCO}_3^-$ ) 作為進行光合作用之用，使 PH 值上升，KH 大幅下降。
- (2) 光合作用過於激烈，造成水中  $\text{CO}_2$  皆被水蘊草吸收殆盡， $\text{CaHCO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  造成碳酸鈣沈積在水草的葉片上，形成生物脫鈣作用 (**Biogenic decalcification**)，證明掌中缸必須飼養生物才能在水中不斷提供  $\text{CO}_2$ ，避免脫鈣作用產生。
- (3) 水蘊草與金魚草皆具有明顯降低亞硝酸鹽濃度 ( $\text{NO}_2^-$ )、硝酸鹽濃度 ( $\text{NO}_3^-$ ) 的功能，吸收硝化細菌所不能分解的硝酸鹽，並且成長快速，能與藻類同時競爭缸中豐富養分，使缸中藻類能被抑制生長，對於穩定水質有很大的幫助。
- (4) 水蘊草種植面積越廣，越能抑制藻類繁殖

## 3、研究光線對於水草生長的影響

- (1) 在太陽光照射下，PH、KH、DO 值皆大幅上升使生態系環境變化過大， $\text{NH}_3$  與  $\text{NO}_2^-$  沒有太大變化， $\text{NO}_3^-$  則有明顯下降趨勢，照射越久，有顯著的光合作用，也能促進新芽萌發使生長情形越快，但藻類蔓延情形與環境變化 (PH 與 KH 值) 也越嚴重，對掌中缸的負面影響也最大。
- (2) 本實驗中最佳日照時間為每日 4 小時且不能讓陽光直射。

## 4、研究換水對於水質穩定度與水草的生長的影響

- (1) 軟水(鈣鎂含量少)由於 KH 值與 PH 值皆較低，使水中  $\text{CO}_2$  含量提高，使水草成長情形良好。
- (2) 換水次數越頻繁，PH 值與 KH 值越穩定， $\text{NO}_3^-$  越低，藻類越不易蔓延，是因為  $\text{NO}_3^-$  維持在低濃度的條件下，藻類缺乏養分不易蔓延，對水草生長情形也不佳。
- (3) 換水次數越多，黑殼蝦脫殼情形越頻繁，黑殼蝦易遭受同類攻擊，造成死亡
- (4) 實驗可以發現掌中缸最好的換水方式是每週更換 1/3 水量

## 5、研究魚隻對掌中缸的生活情形

- (1) 測試生物在水中耗氧程度順序為：蘋果螺 < 黑殼蝦 < 大肚魚 < 白雲山 < 斑馬魚 < 鬥魚 < 孔雀魚 < 黑茉莉 < 紅旗 < 紅球
- (2) 測試生物對氨的耐受程度 (從優到劣)：蘋果螺 > 大肚魚 > 黑殼蝦 > 斑馬魚 > 紅旗 > 孔雀魚 > 白雲山 > 鬥魚 > 黑茉莉 > 紅球
- (3) 測試生物對溫差變化耐受程度 (從優到劣)：蘋果螺 = 大肚魚 > 斑馬魚 = 白雲山 = 紅旗 > 黑殼蝦 > 鬥魚 = 孔雀魚 > 黑茉莉 > 紅球
- (4) 研究結果發現掌中缸內最適宜飼養的生物為蘋果螺、大肚魚、斑馬魚、白雲山、黑殼蝦

## 6、研究抑制藻類蔓延的方法

- (1) 藻類蔓延程度越嚴重，光合作用越不明顯 (DO、PH 值較低且 KH 值高)，水草生長高度小與新生側芽數目少，使水中亞硝酸、硝酸鹽濃度也越高。
- (2) 使用化學除藻劑除藻對掌中缸生態影響最大，因為含有銅離子很容易傷及水草，而且藻類恢復比水草要快，並且會造成黑殼蝦死亡
- (3) 黑殼蝦除藻為最佳除藻方式，沒有任何後遺症
- (4) 掌中缸中的適應能力：蘋果螺 > 大河沼蝦 > 笠螺 > 黑殼蝦

## 7、研究水族生態球的可行性

- (1) 生態球只能在傍晚或清晨將接受少量陽光，否則將滋生過多藻類，蝦子怕熱也會死亡，或脫殼頻繁常遭受同類攻擊而死亡
- (2) 大肚魚會攻擊黑殼蝦當作食物來源，藻類會趁此機會大量繁殖，嚴重影響水草生長，破壞生態平衡
- (3) 由於生態球為密閉系統，生活環境比掌中缸更差，所以本實驗小組放入的生物皆為自行繁殖且在掌中缸中適應良好的個體，如此才能延續生態球的運作

## 8、 未來展望

我們所探討的無動力掌中缸，因無一般過濾系統，所以必須有一個完整平衡的小型生態系，經由六個主題探討與成功結果，使我們往密閉生態球的實驗方向邁進。若掌中缸比喻為一個開放小小生態系，那生態球就像似一個密閉小小生物圈。它密閉的小空間勢必要有完善的生態系外，更需要有CO<sub>2</sub>的循環、氮循環與氨循環來維持，以下是我們對於掌中缸與生態球的研究展望。

- 一、未來想在掌中缸中飼養更高難度的觀賞魚類，而另一方面，也可挑戰更高難度的蝦類(蜜蜂蝦、玫瑰蝦或水晶蝦)，使得掌中缸生態更多元豐富
- 二、將掌中缸加入自製的二氧化碳系統(利用發酵原理)，以挑戰種植更高難度的水草。而如何調製二氧化碳量才會到達最佳水草生長狀況與掌中缸的生態平衡也是我們想有更進一步研究的地方。
- 三、生態球就像似一個密閉小小生態系，在氨的循環中最後一步驟是脫氮細菌的脫氮作用，實驗室中能培養的菌種並未如大自然豐富，所以掌中缸的維持天數並未能大幅增加(目前約60天)，為了能有完善的生態系與長久的生態球(一、二年)，所以栽培菌種與脫氮細菌也是我們下一步想進行研究的目標。
- 四、生態球中難以飼養魚類，而發現大肚魚會吃水蚤，所以將來可以先研究自行繁殖水蚤，以克服生態球中飼養魚類的可行性
- 五、未來將研究與設計如何測得生態球中的數值(PH值、KH值...等等)
- 六、未來可研究迷你掌中生態球，利用約500 C.C.小型密封瓶子，利用自行繁殖小型燈魚與蝦類，使得生態球不佔空間、大小，人手一缸。

## 9、 參考資料及其他

### 1、參考資料

- (1) 林志修。熱帶魚百科。王家出版社有限公司。1989年9月。
- (2) 櫻井淳史。世界熱帶魚。藝術圖書公司。1989年1月23日。
- (3) Dr. CHRIS ANDREWS, ADRIAN EXELL & Dr. NEVILLE CARRINGTON。觀賞魚疾病診斷與防制。觀賞魚雜誌社。1996年5月15日。

## 評語

030306 國中組生物科

生物圈 101 號—無動力掌中缸之研究

1. 略有應用潛值。
2. 生物學部份需加強。