中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組　生活與應用科學科

第一名

最佳創意獎

080813

釣魚臺上假釣魚

學校名稱：臺北市萬華區私立光仁國民小學

作者：	指導老師：
小六 羅湘華	楊基宏
小六 袁久翔	陳佳宜
小六 鄧鎔萱	
小六 陳昱誠	
小六 張祺翎	
小五 陳旻琦	

關鍵詞：計步器、魚密度、新店溪碧潭

～釣魚臺上假釣魚～

摘要

同學們在自然教室的水槽裡建造了一個大型水族箱，再利用計步器，搭配浮力原理，製作一個「計數瓶」，可以掛飼料放在水族箱裡，每當魚兒咬飼料的時候，就會觸動計數器，以此了解魚覓食行爲的大致情況。接著擴大範圍，先後把計數瓶放在 30 條、60 條魚的魚池中 40 分鐘，偵測魚咬飼料的次數，藉以找出「魚數量」與「次數」的關係，再把計數瓶放在未知魚數量的魚池中相同時間，就可估算魚的大約數量。藉由這個裝置，同學們估算出中正紀念堂魚池裡的魚數量。另外，發展出「魚密度」(Fish Density, FD)，做爲大面積水域中魚數量的參考值。定期偵測 FD 值，可了解該水域生態正在改善中，或是在惡化中。

[註]本實驗的釣魚臺是指計數瓶裡的小元件，與領土爭議無關。

壹、 研究動機

假日與爸媽去碧潭玩時，看到有些人在潭邊釣魚。說來好笑，不只我們很懷疑裡面到底有沒有魚，就連釣客自己都很納悶，因爲我聽到他們互相一直在談論到底有沒有魚？這樣的想法一直放在心裡，直到去年，看到一則新聞(圖 1)，臺北縣政府邀請民眾到碧潭來一場「環保釣魚」，以魚種的多樣性來見證碧潭水質的改善。我們好像明白了：魚的種類數量多寡與生態環境的好壞其實是有關係的。

97年8月22日【自由時報】

環保局監測：淡水河水質改善了

淡水河水質出現30年來最乾淨的狀態！以往從高空鳥瞰，大臺北地區一長條猶如灰色公路的淡水河，將不再是「黑龍江」，臺北縣環保局昨天公布淡水河水質突破往年紀錄，全河段僅剩2.5%長度是嚴重污染，大漢溪浮洲橋32年來，首度由重度污染降到中度污染。

縣府從去年6月至今年2月強力整頓違法砂石業者，共拆除17家非法砂石場及4家合法卻違法排放廢水的業者，淡水河系各監測點數據呈現河水變乾淨的「亮麗」成果；淡水河全河段污染等級下降長度超過87.14公里，佔幹流長度一半以上，嚴重污染河段則從93年的全段12.9%，今年初已降到7.8%。

環保局科長朱益君說，新店溪從民國69年觀測，今年4月起污染程度已經降到未（稍）受污染的程度，大漢溪浮洲橋是自民國64年來首度由重度污染降到中度污染，河川污染指標（RPI）指數在短短5個月，從4.7持續降至3.25。

根據縣政府環保局的資料，過去主要影響水質的懸浮固體物，新店溪中正橋、秀朗橋、大漢溪浮洲橋、新海橋的懸浮固體含量，上個月都已降到20mg/L以下，相對於3年前最高超過2萬mg/L以上的嚴重污染而言，果然是「淡江奇蹟」。

朱益君說，取締淡水河流域沿線重大污染源，減少工廠排放污水後，觀音坑溪改善幅度達到70%以上、五股坑溪達到90%以上，大漢溪的浮洲橋與新海橋改善程度分別達到90%與85%以上。

水中魚種越多樣化代表水質變乾淨，縣政府預定9月27日舉辦「環保釣魚」，地點分別在新店溪流域的碧潭、秀朗橋、中正橋，透過民眾參與生態調查，從魚種的多寡數量、魚體大小，體驗淡水河系水質改善的程度。

圖1. 自由時報報導臺北縣政府的「環保釣魚」活動

然而，水域中到底有沒有魚？魚很多還是很少？一些風景名勝裡的水池中，有多少魚？是否有方法可以知道不同的魚餌(魚飼料)是不是只會吸引某些特定的魚？有沒有其他方式也能大約知道水域裡魚的數量呢？我們認爲魚的數量應該和生態環境好壞有關係。回學校與老師討論的結果，決定試試看，於是有了這次的研究。我們的基本想法如圖 2。

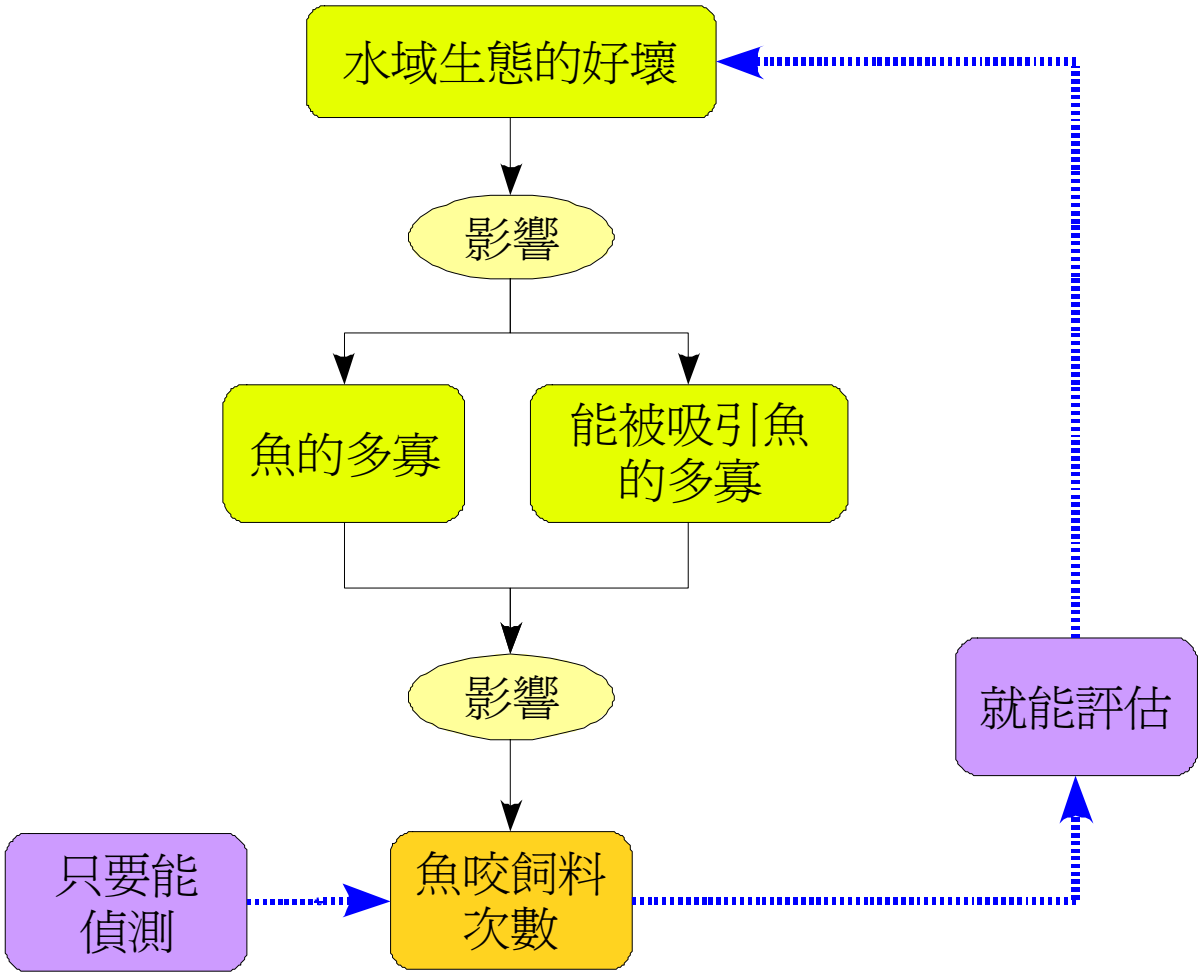

圖2.　基本想法

相關教學單元：水生動物(四上)、通電玩具(四上)、動物世界面面觀(五上)

貳、　研究目的

一、自行研發一個可以計算魚咬飼料次數的小工具—計數瓶。
二、了解多大的魚才能觸動計數瓶。
三、利用計數瓶了解特定的魚飼料是否只會吸引特定的魚。
四、利用計數瓶了解魚利用視覺還是嗅覺找到食物。
五、利用計數瓶，探討固定時間裡，魚的數量與咬飼料次數的關係，並找出關係式。
六、以(五)的關係式，估算保一總隊魚池、中正紀念堂魚池，魚的數量。
七、對碧潭裡的魚數量做量化表達。
八、探討去年與今年三月，碧潭的相同水域裡，魚數量增加或減少。

參、　研究設備及器材

製作計數瓶：

計步器 2 個(不能有「自動關機」功能)
空保特瓶(二公升裝)1 個
小保特瓶 4 個
電線、細鐵絲、熱熔膠、手鋸、線鋸、木板、粗吸管、魚線、迴紋針、洞洞網、魚飼料、長尾夾、竹籤

製作簡易魚池：

木條、大面積塑膠布、鐵釘

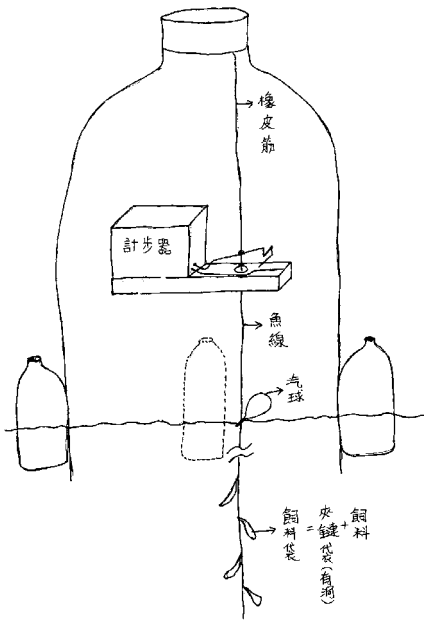

圖3.　計數瓶的設計草圖

現在看來，原始設計有多處不合理，例如：計步器不會憑空漂浮…這些都在實際製作時一一修正與克服。

肆、　研究過程及方法

研究流程如下：

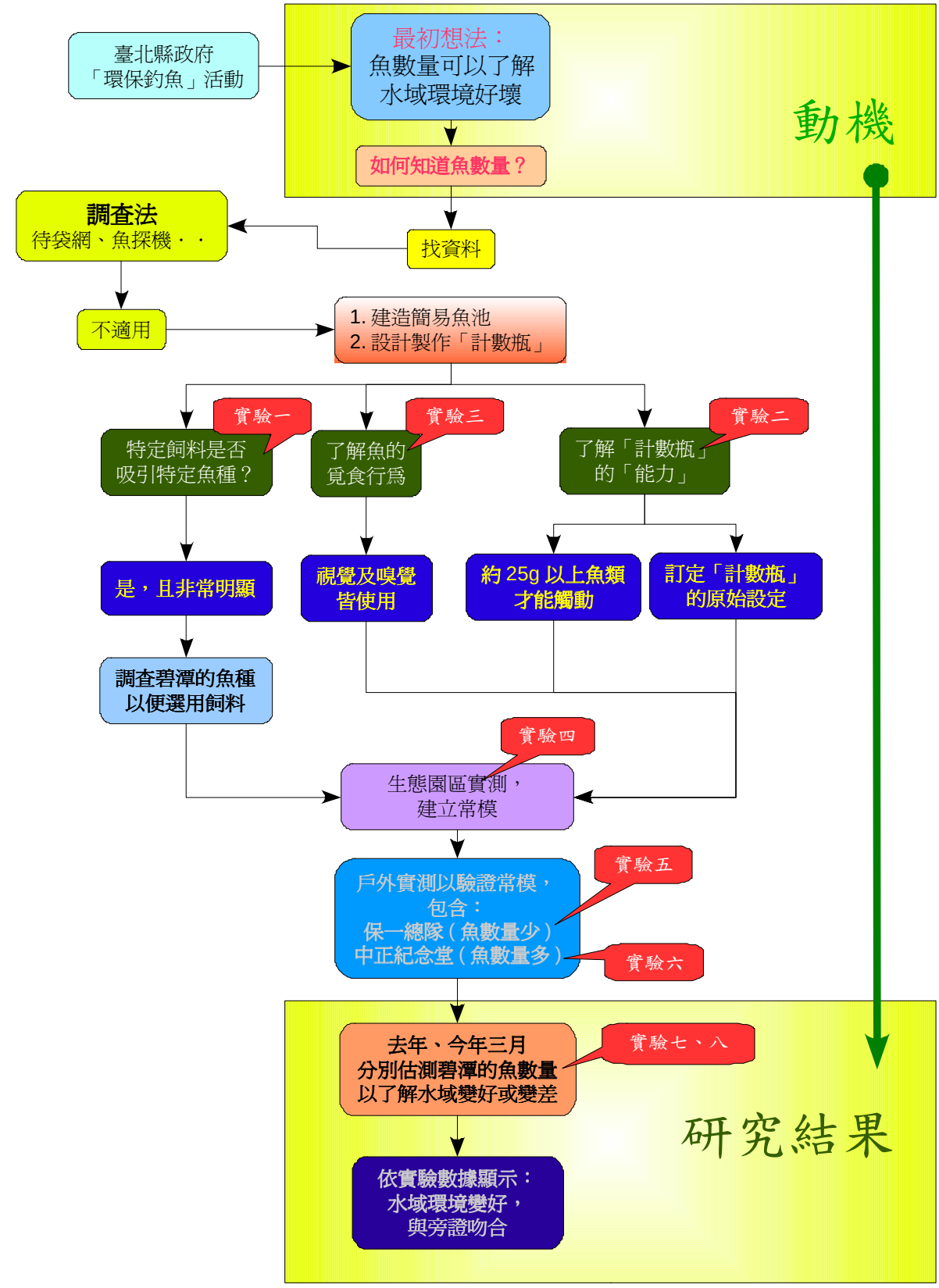

圖4.　研究架構

我們先找一些資料，看別人是如何知道魚數量的。結果發現大致有以下二種方法：

1. **調查法**。使用網捕法(手拋或拖網)、電漁法、定置網、待袋網(fyke net)、垂釣網…等工具，讓魚進入特定的區域中，再由經驗豐富的人員數算魚的種類、大小、長度…加以紀錄。其中又以待袋網最常被使用。
2. **魚探機**。它發出超音波，利用偵測音波的反彈來得知魚群的位置及數量。

對我們而言，實在不會製作「待袋網」那樣的工具，更別提要長時間泡在水裡去細數魚的種類、數量、身長…，我們只是想知道有沒有魚，多或少？。

至於魚探機，詢問使用過的人，他們表示大型的魚探機裝在漁船上，供漁夫尋找魚群，可信度較佳，而小型的魚探機雖然可以攜帶，但功率小，總是找不到魚。

因此這二種方法對我們而言都不適用。

於是我們開始構思如何製作一個工具來解答心中的疑惑。討論的結果，我們想出「假釣魚」的方法，也就是利用魚會咬魚餌的特性來計算次數，可是並不會真的把魚釣上鉤，我們認爲這是很溫和的方法。

後來漸漸發展出以一般跑步運動時會使用的「計步器」當做「計數器」來使用。

圖5.　待袋網

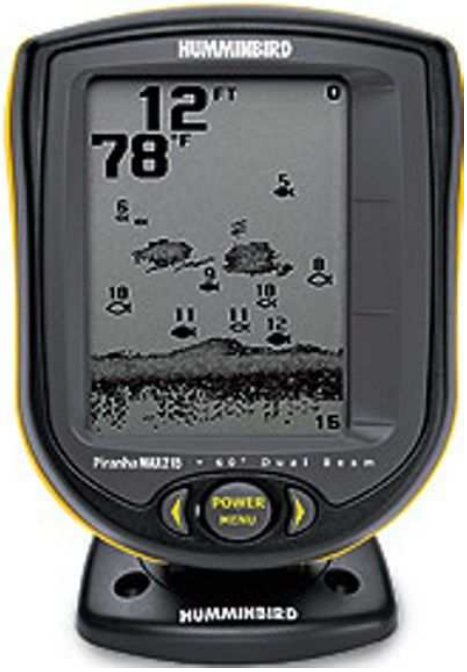

圖6.　魚探機的其中一種

使用時必須整個網子泡在水裡，要有專家在旁邊紀錄魚的大小、種類、雌雄…

計數瓶的各部位名稱如圖 7 所示，實際成品請見圖 8，做法及用途說明於後。

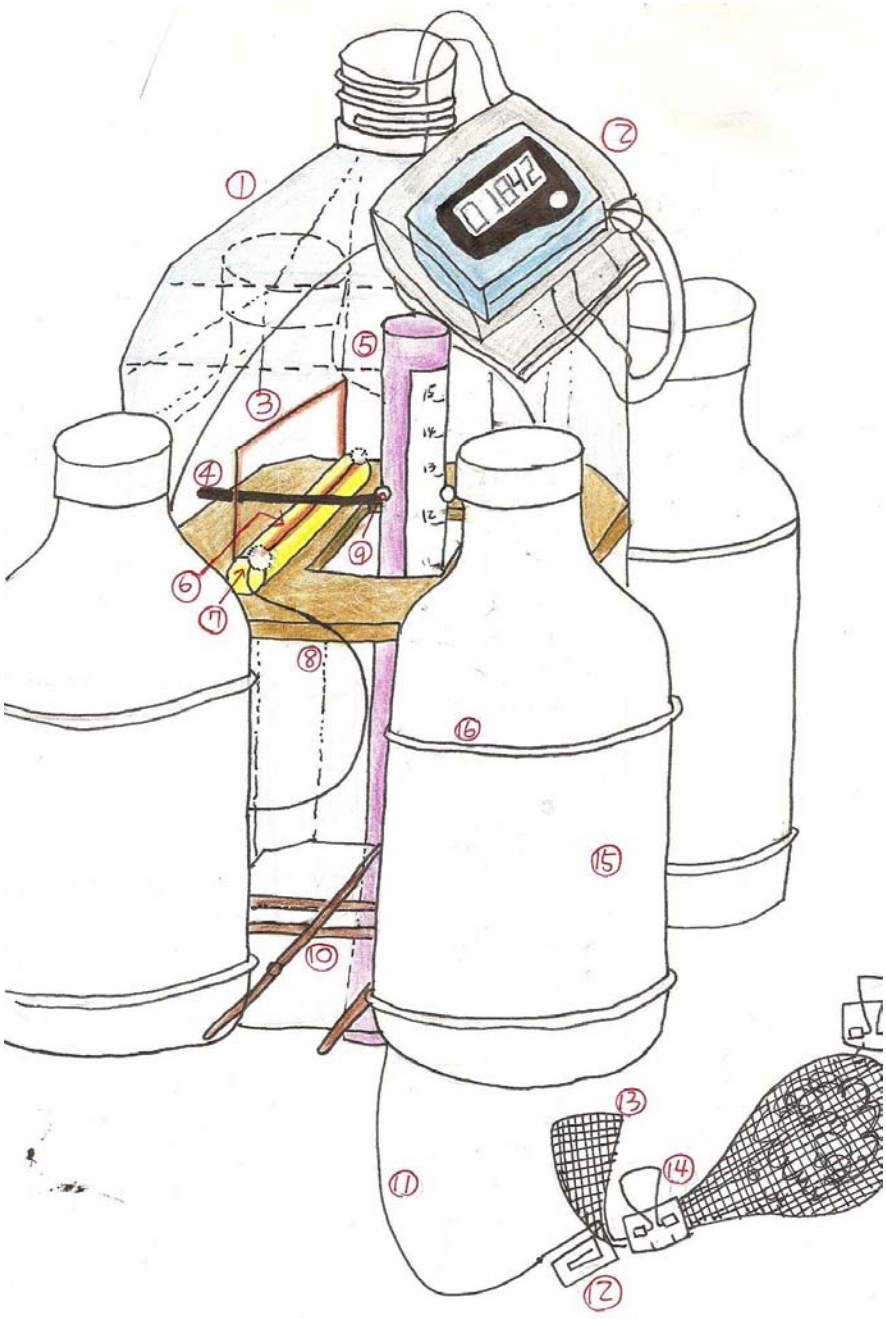

圖7.　計數瓶各部份說明

1. 主結構。以 2 公升大保特瓶的底部切開，做爲主架構。
2. 套上夾鏈袋的計數器。底部以熱熔膠封住，避免進水損壞。
3. ㄇ型參考框。用來確認導電指針不會太高或太低。
4. 導電指針。以迴紋針拉直，再和電線焊接，與 6 接觸可造成通電而計數。
5. 浮標。以粗吸管製作，兩端以熱熔膠封住，形成一支浮標，中間有導電指針穿過，粗吸管的浮沈會帶動導電指針，造成通電與斷電。
6. 感應底線。舖在 7 上，方便與導電指針接觸。
7. 感應底線座。用細吸管把感應底線墊高，方便與導電指針接觸。
8. 平台。以木板製作，使計數器的各部份固定在其上，然後卡在保特瓶內部，有支撐及固定的作用。我們戲稱「釣魚臺」。
9. 熱熔膠。使粗吸管的位置固定。
10. 井字柵。以四支竹籤穿過大保特瓶，形成井字，使浮標浮沈時保持直上直下。

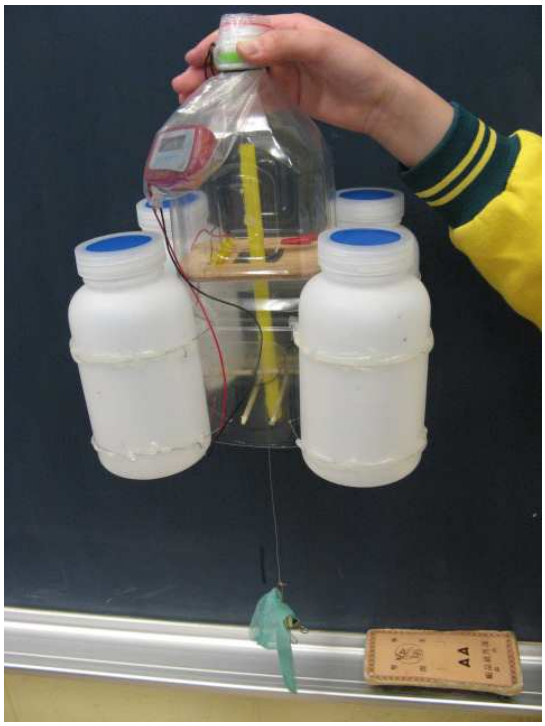

圖8.　計數瓶的外貌

11. 牽引線。以魚線製作，上端與粗吸管連結，下端 10 公分處綁迴紋針，用來掛飼料袋。
12. 迴紋針。掛飼料用，且避免傷到魚體。
13. 洞洞網。裝飼料用。
14. 長尾夾。可使飼料不要漏出，且增加重量使飼料可以沈在水中。
15. 小保特瓶 4 個。在瓶裡裝水，可使計數瓶稍微下沈，粗吸管就可浮起，加水多寡視導電指針在ㄇ型方框的位置而定。
16. 鐵絲。結合小保特瓶與大保特瓶。

如何計算次數？

我們把計步器拆開，發現它利用一條很細的鋼絲支撐一小片鐵片，走路時的晃動會使它下垂，與底下的另一個鐵片接觸再離開，計數器就計算一下，一直累計下去。

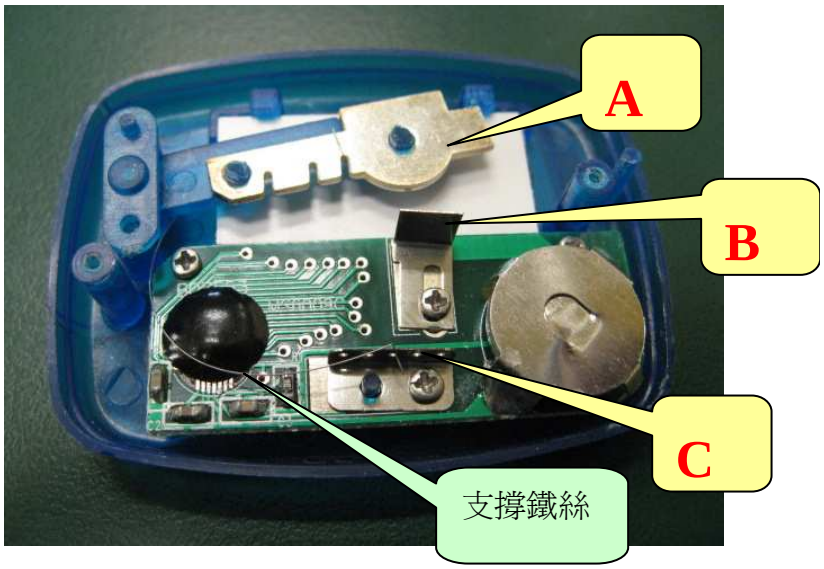

圖 9 是計步器的內部。藉由「支撐鐵絲」的支撐，使 A 保持與 B 分開，一但因走動使 A 掉落與 B 接觸，就會造成計數。我們從 B 及 C 拉出二條電線，只要這兩條線碰觸再分開，就能造成計數。

圖9.　市售計步器的內部構造

原來，它是利用通電與否來計算次數。我們試著外接兩條電線，使電線互相碰觸再分開，果真每碰觸一次，計數器就計算一次，我們實在太高興了！

後來我們更發現計步器如果進水，就壞了。爲了克服這個問題，我們把計步器放在夾鏈袋中，電線拉出來的地方用熱熔膠封死，夾鏈壓緊，這樣即使整個計數瓶倒了，也不至於使計步器進水而故障。

如何「接觸再分開」？

我們發現計步器要計算一次，必須使兩條電線「接觸再分開」，才算一次。但是，要如何造成這種現象呢？我們想到釣魚時會用到的浮標，每當魚咬魚餌時，浮標會下沈，然後再浮起來。我們利用喝珍珠奶茶的大口徑吸管，把兩端開口用熱熔膠封死，當做浮標，中間穿過一根迴紋針展開的直鐵絲，鐵絲再與電線焊在一起。這樣鐵絲就會跟著吸管浮標上上下下，造成「接觸再分開」的現象，也就能幫忙「計次」了。這根鐵絲我們稱爲「**導電指針**」。

如何使計數瓶能獨立在水面運作？

鋸一小塊木板，中間挖洞，形成一個平台，剛好卡在大保特瓶裡面，再讓保特瓶能浮在水面。做法是在大保特瓶的四週掛上四支小保特瓶，讓這整個裝置能浮在水面上，並且在小保特瓶中裝水，依水的多少可以調整大保特瓶的高度及平衡，使導電指針能離開感應底線。我們調整導電指針大約在ㄇ型參考框的 1/3 處。這樣，浮標能在魚咬飼料時下沈，放開時浮起，造成計數。中間的大保特瓶稱爲「**大瓶**」，旁邊的 4 個小保特瓶稱爲「**小瓶**」。

如何避免把波浪造成的次數也算進去？

有這個設計之後，很明顯的，風力、波浪，都會使計數增加，怎麼克服呢？老師提示我們：可不可以想辦法「扣掉」？我們想了很久，才想到另外做一個一樣的計數瓶，只是不掛飼料，同時放在池裡，空瓶的次數就是波浪、風造成的，把空瓶的次數減掉，就能更接近魚咬飼料的真實次數了。有掛飼料的計數瓶稱爲「**主瓶**」，沒有掛飼料的計數瓶稱爲「**副瓶**」。

準備動作

1. 在計數瓶的迴紋針掛上一包溼的飼料，並夾上 2 個長尾夾。
2. 準備一個高度至少 45cm 的大水桶，在裡面裝八分滿的水，並將計數瓶放在水面上。
3. 在 4 個小瓶裡分別裝水，每次 50 毫升，使計數瓶沉入水中一點點，直到導電指針大約在ㄇ型參考框的第二格。
4. 計數器歸零。

這樣就可以完成計數瓶的準備工作。每次要測量前，都必須把步驟 1-4 再做一次。

濡濕的飼料—因爲泡過水的飼料和沒有泡過水的飼料重量不同，所以我們準備一包已吸飽水的飼料包來模擬實際水中的情形。

洞洞網飼料包—利用洞洞網包覆固定重量的飼料，這樣使魚飼料不會散落到水裡，卻又能使飼料的味道進入水裡，吸引魚過來咬。我們曾經使用夾鏈袋剪好幾個洞再裝飼料，結果因爲空氣會跑進夾鏈袋裡，飼料包會一直浮在水面，效果不好。改用洞洞網之後，就避免了這種情形。

小長尾夾—爲了加重飼料包的重量。當計數瓶放在水面時，飼料包會漂浮在水中，連接在吸管上的牽引線，會顯得鬆弛，即使魚去咬飼料包，也無法造成計數。所以我們在飼料包上夾長尾夾，增加重量，讓牽引線稍微拉直，飼料也能沈在較深的地方。

大水桶裝水—是爲了逐次在小瓶中加水時，測試導電指針是否離開感應底線。如果沒有大水桶，每次都要趴到水裡去測量，非常危險。

建造魚池

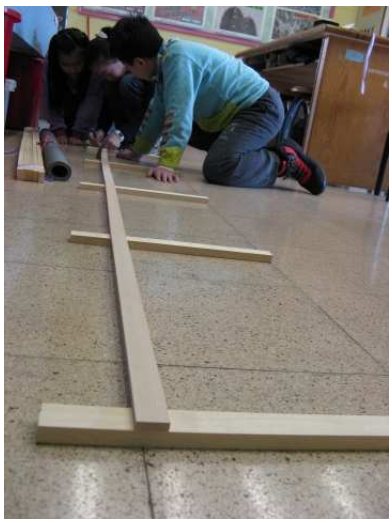

圖10. 釘製骨架

圖11. 大家分工合作

圖12. 自己動手

圖13. 依據現有水槽量身訂做

圖14. 完成了，開始注水

圖15. 魚池就利用教室裡的水槽搭建，分爲休息區(左側)、競技場(右側)，以木板隔開

水深維持在 22cm，每天換水一半

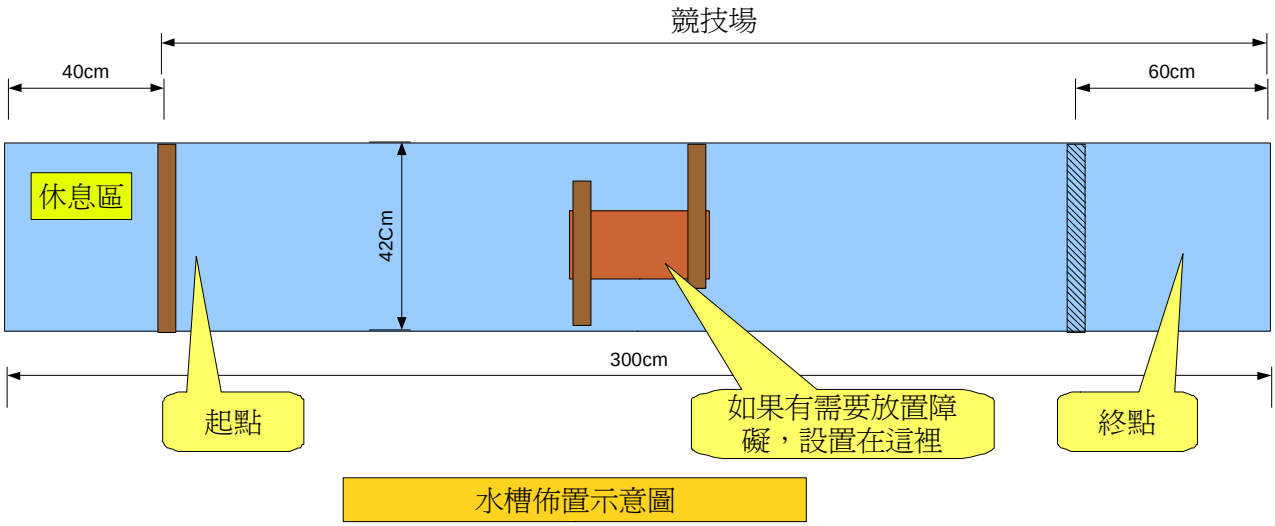

圖16.　水槽佈置示意圖(俯視圖)

圖17.　水槽外觀，近側是「休息區」

圖18.　池裡的「障礙」

圖19. 魚兒在「休息區」裡待命

實地測試

實驗一　特定的魚飼料是否只會吸引特定的魚？

我們詢問一些專家及在碧潭的釣客「潭裡有哪些魚？」所得到的結果大約是鯉魚(鮐仔)、吳郭魚…最多。因此，我們必須找出能吸引這二種魚類的飼料。

我們找了金魚、孔雀魚、鯽魚、錦鯉四種魚類，飼料三種，我們稱爲紅色、彩色、土色。

紅色及彩色是水族館老闆推薦的，且顆粒較小；土色購自飼養錦鯉的牛伯伯，這種飼料顆粒稍大。

實驗方法是在競技場的右端放計數瓶且掛上飼料，從休息區撈出一條魚，計時 40 分鐘，以計數瓶顯示數字判定這種魚是否喜歡這種飼料。我們的計數瓶其實是可以調整靈敏度的，一般而言，我們把指針調整到第二格做爲基準，但這時我們刻意把計數器調到最靈敏，亦就是導電指針幾乎靠在感應底線上，這即使是很微小的觸動都會計次。

實驗二　了解大約多大的魚才會觸動計數瓶

導電指針設定在第二格，把實驗一找出來的各種魚種最喜歡的飼料掛在計數瓶下，讓體重不同的魚去咬，紀錄 40 分鐘內被咬幾次，以此判別體型多大以上的魚才能觸動計數器。

實驗三　魚利用視覺還是嗅覺找到食物？

爲了解答這個問題，我們做一系列的實驗，且每一實驗都做十次，避免魚「學習」，也避免數據太少。

1. 沒食物，沒隔板不放飼料，讓魚從起點出發，紀錄魚抵達競技場右側的時間。我們認爲這是魚「閒逛」所需要的時間。
2. 有食物，沒隔板在計數瓶上掛飼料，讓魚從起點出發，紀錄魚抵達競技場右側的時間。我們認爲這是魚在沒有任何阻礙之下找到食物所需要的時間。
3. 架高食物，沒隔板把計數瓶架高(沒有飼料泡在水中)，讓魚從起點出發，紀錄抵達競技場右側的時間。我們認爲這是測試魚是否會「看見」食物的依據。
4. 沒食物，有隔板沒有放食物，但是中段放板子隔出的簡單迷宮，想要阻擋魚到右端。在這種情形下，魚看不到食物，我們想藉此知道魚遇到隔板會不會跑過去？以及要花多少時間？
5. 有食物，有隔板右側有食物，且在中段放置迷宮隔板，計算魚抵達右側的時間。我們想以此確認食物的氣味是否會吸引牠。

實驗四　探討固定時間內，魚的數量與咬飼料次數的關係

實驗四 A　在 30 條魚的魚池，測量 40 分鐘內咬飼料的次數

此實驗的目的在於累積數據，做爲推估的依據。我們總共進行了十次測量，並剔除不合理的數據。

實驗四 B　在 60 條魚的魚池，測量 40 分鐘內咬飼料的次數

此實驗的目的在於累積數據，做爲推估的依據。我們總共進行了十次測量，並剔除不合理的數據。

實驗四 C　在 17 條魚的魚池，測量 40 分鐘內咬飼料的次數

此實驗的目的在於累積數據，做爲推估的依據。因天氣不佳，我們只進行了三次測量。

以上述三個實驗的場地是向安坑的「牛伯伯生態園區」商借，目的在找出不同數量的魚在固定時間內咬飼料的關係。

實驗五　估算中正紀念堂魚池裡的魚數量

實地前往中正紀念堂的魚池，把計數瓶放入池中，以所得數據估算魚的數量。

實驗六　估算保一總隊魚池裡魚的數量

實地前往保一總隊，把計數瓶放入池中，以所得數據估算魚的數量。

實驗七　對碧潭裡魚的數量做量化表達

於碧潭實測，以所得數據估算魚的數量。

實驗八　探討去年與今年三月，碧潭的相同水域裡，魚數量增加或減少 ？

將兩年的同一月份測到的魚數量比較，可知水域環境變好或變差。

圖20． 準備動作

圖21． 在小瓶中加水

圖22． 主副瓶同時放在池中

圖23． 魚咬飼料袋的情形

圖24． 洞洞網裝飼料。

飼料不會散落，味道又能跑到水裡吸引魚來咬。

伍、 研究結果

實驗一 特定的魚飼料是否只會吸引特定的魚？

	紅色飼料	土黃色飼料	彩色飼料
小紅魚 2~3 g 共二尾	14	2	6
	28	5	1
	17	2	2
	18	8	5
	21	3	3
圓頭金魚 25~28 g 共二尾	**181**	110	2
	321	72	6
	171	64	5
	165	93	3
	277	61	9
孔雀魚 3 g 一尾	16	3	3
	18	7	5
	12	11	5
	19	10	8
	25	6	14
錦鯉(小)	14	**145**	31
	38	**211**	23
	31	**158**	24
	19	**208**	45
	15	**174**	13

整體來說，紅色飼料似乎比較受小型魚的歡迎，土黃色飼料比較受鯉魚的歡迎。我們聞聞這兩種飼料的氣味，土黃色飼料有頗濃的腥味，且投入水中會看到油脂擴散開來；紅色飼料雖然也有氣味，但沒那麼重。這是不是代表著魚兒是「重口味」的饕客呢？

在生態園區或在真實的河流裡，以吳郭魚、鯉魚爲多數，應該選用土黃色飼料爲佳。

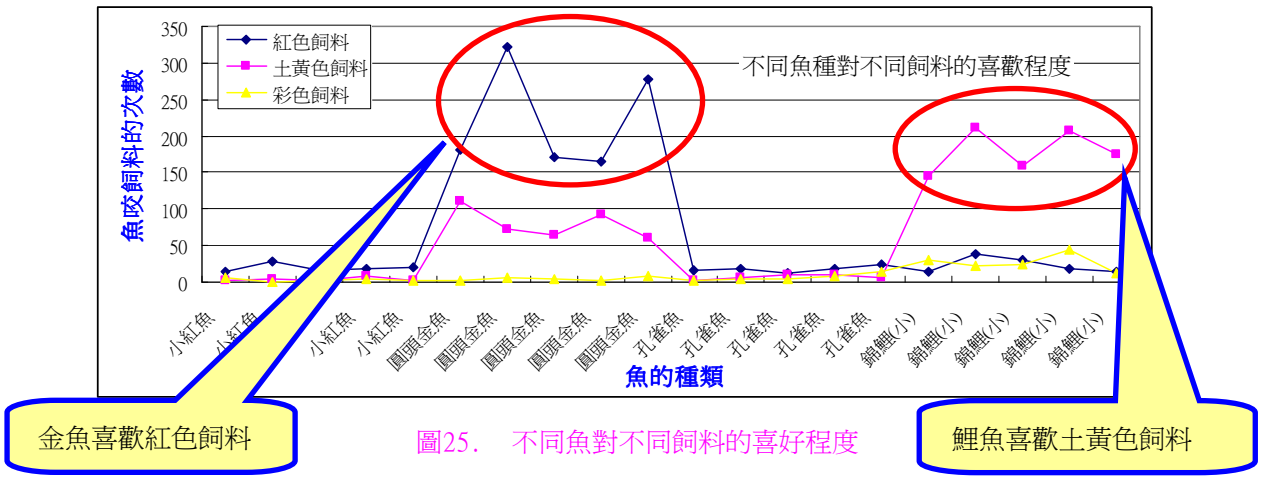

圖25. 不同魚對不同飼料的喜好程度

實驗二　多大的魚才會觸動計數瓶？

在此實驗中，我們無法找到相同種卻有不同體重的魚，因此使用相同重量的飼料(都是 1 g)，但依據不同體重的魚選用不同的飼料(只要牠們愛吃即可)，想要知道多大的魚才能觸動計數器。此時的導電指針在第二格，進行 40 分鐘結果如下：

次數 / 魚的種類 / 飼料	小紅魚 2~3 g	圓頭金魚 25~30 g	孔雀魚 約 3 g	錦鯉 27 g
各自喜歡的飼料	1	63	2	23
	0	52	2	16
	1	79	3	27
	3	89	1	45
	2	71	1	65

由數據看來，我們覺得太小的魚在第二格靈敏度的情形下，即使咬了飼料，也無法觸動計數瓶了。大約是大於 25 g 的魚，只要選對了食物，就能被計數瓶偵測到。

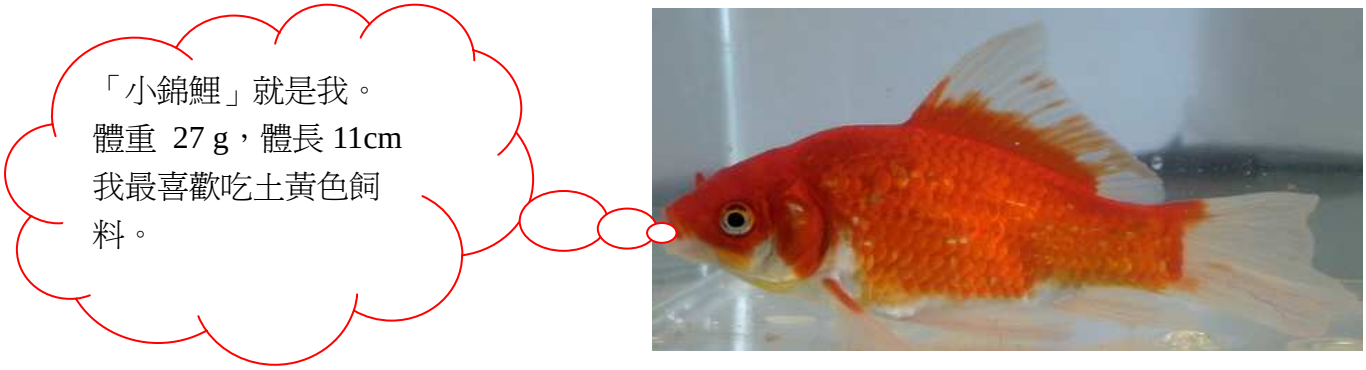

圖26.　小錦鯉照片

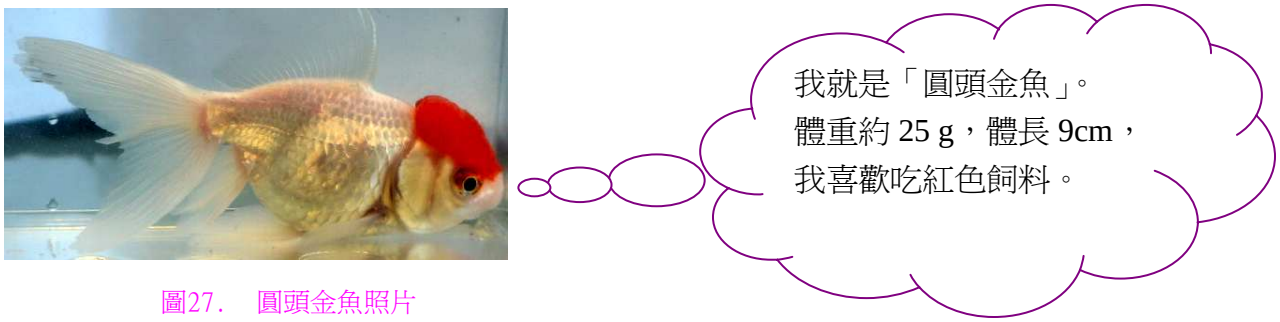

圖27.　圓頭金魚照片

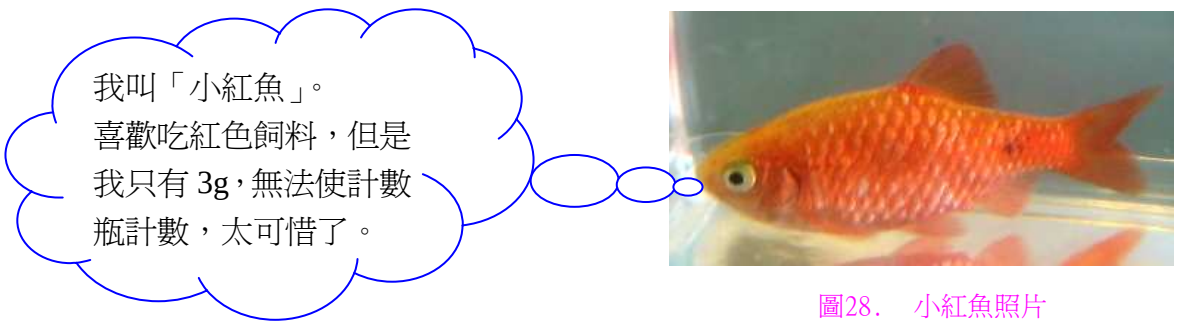

圖28.　小紅魚照片

實驗三　魚利用視覺還是嗅覺找到食物？

由於我們設定最後要到戶外實地測量，因此在此實驗中主要以金魚及錦鯉做爲實驗對象。

圓頭金魚，綽號：紅頭，體重：25 g，飼料：紅色										
秒數 / 次別 / 狀況	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
沒食物，沒隔板	>300	30	>300	>300	17	>300	>300	>300	>300	>300
有食物，沒隔板	35	41	42	225	20	29	158	120	>300	308
架高食物，沒隔板	58	118	>300	>300	>300	275	>300	>300	>300	>300
沒食物，有隔板	42	23	160	149	121	>300	>300	>300	>300	50
有食物，有隔板	67	337	131	561	561	>300	106	>300	78	54

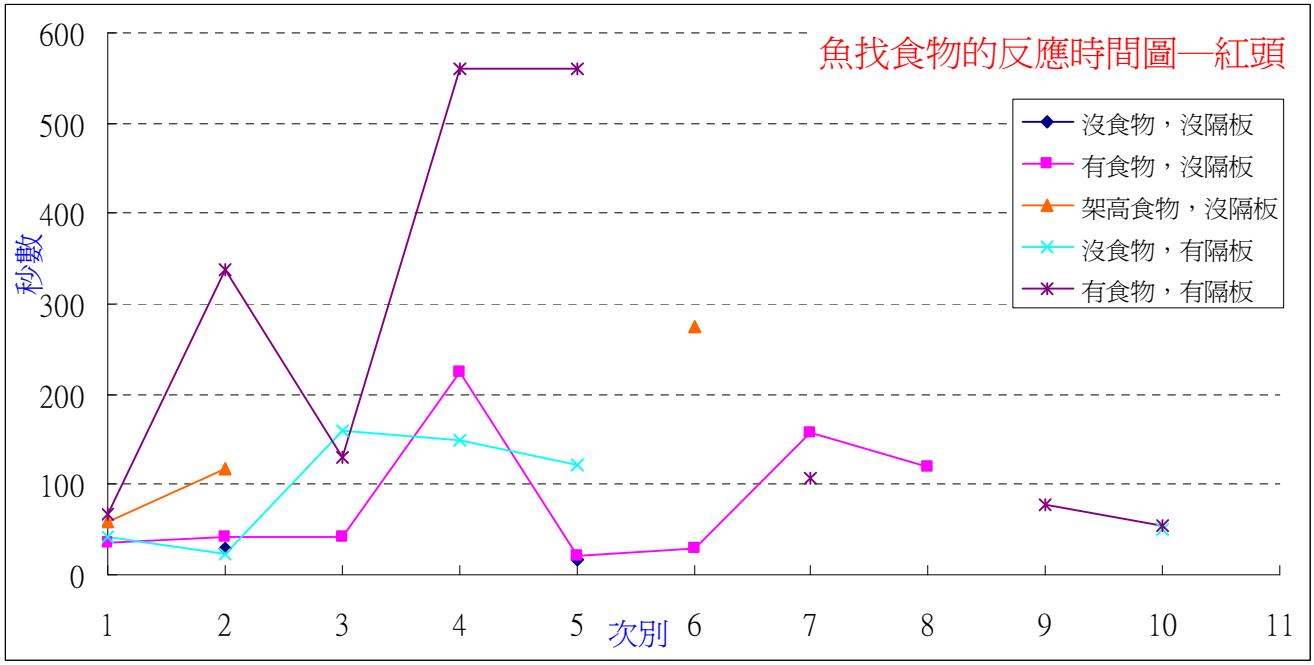

圖29.　魚找食物的反應時間圖—紅頭

以圖 29 而言，我們的發現：

1. 有食物，有隔板的情況下，魚找食物的時間長很多。我們認爲只要有食物的氣味，魚總是會找到食物。
2. 架高食物，沒隔板的情況下，魚似乎「看」得到食物，才會過去，但幾次之後牠好像知道那是騙牠的，即使沒有隔板，也不再跑過去了。

錦鯉，綽號：小錦鯉，體重：27 g，飼料：土黃色										
秒數 / 次別 / 狀況	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
沒食物，沒隔板	>300	17	60	28	22	34	57	27	40	46
有食物，沒隔板	12	11	100	20	80	137	274	106	91	33
架高食物，沒隔板	15	62	27	56	50	31	84	94	78	34
沒食物，有隔板	>300	18	208	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300
有食物，有隔板	>300	25	15	14	12	10	18	280	85	110

我們特別想知道小錦鯉對紅色飼料的反應如何？加做以下試驗。

錦鯉，綽號：小錦鯉，體重：27 g，飼料：紅色										
秒數 / 次別 / 狀況	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
有食物，沒隔板	62	134	74	37	50	78	131	23	178	22
有食物，有隔板	>300	>300	244	>300	>300	>300	>300	>300	>300	>300

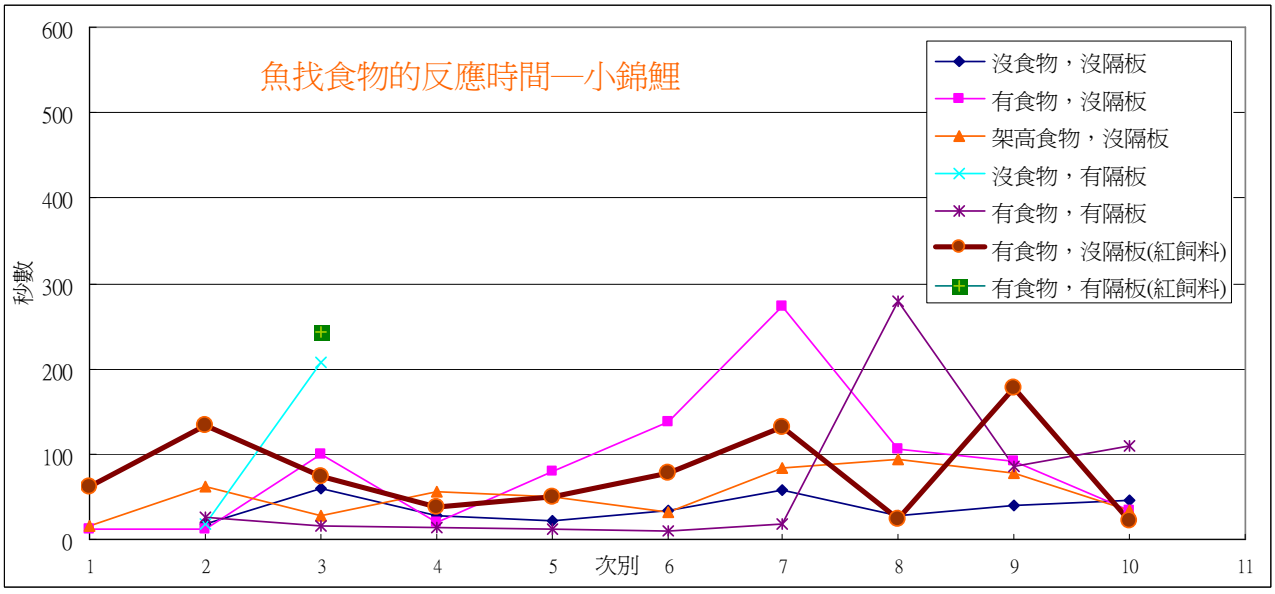

圖30． 魚找食物的反應時間—錦鯉

實驗發現

由圖 30 看來，錦鯉游過去的速度比金魚快很多，也許因爲這樣，游過 3 公尺的池子對牠來說根本不費力，所以牠幾乎每一次都游了過去，也因爲這樣，我們認爲牠在沒食物，有隔板的狀況下只「達陣」二次，感到不可思議，應該是水裡沒有食物的氣味，又有隔板阻礙，牠實在沒興趣吧。再者，再次印證錦鯉喜歡土黃色飼料勝於紅色飼料。

整體而言，我們覺得鯉魚同時使用了視覺和嗅覺來找食物，如果看不到話，有食物的氣味也行。

綜合以上的結果，我們知道要引誘鯉魚應該要使用土黃色飼料，它的氣味濃，而且最好讓魚能看見。這與水域的關係是：水如果有臭味，食物的氣味會被掩蓋掉；水如果混濁，魚將看不到食物。二者都影響食物吸引魚前來咬食的多寡。

實驗四　探討固定時間內，魚的數量與咬飼料次數的關係

實驗四～七包含數據處理的流程，說明如下圖：

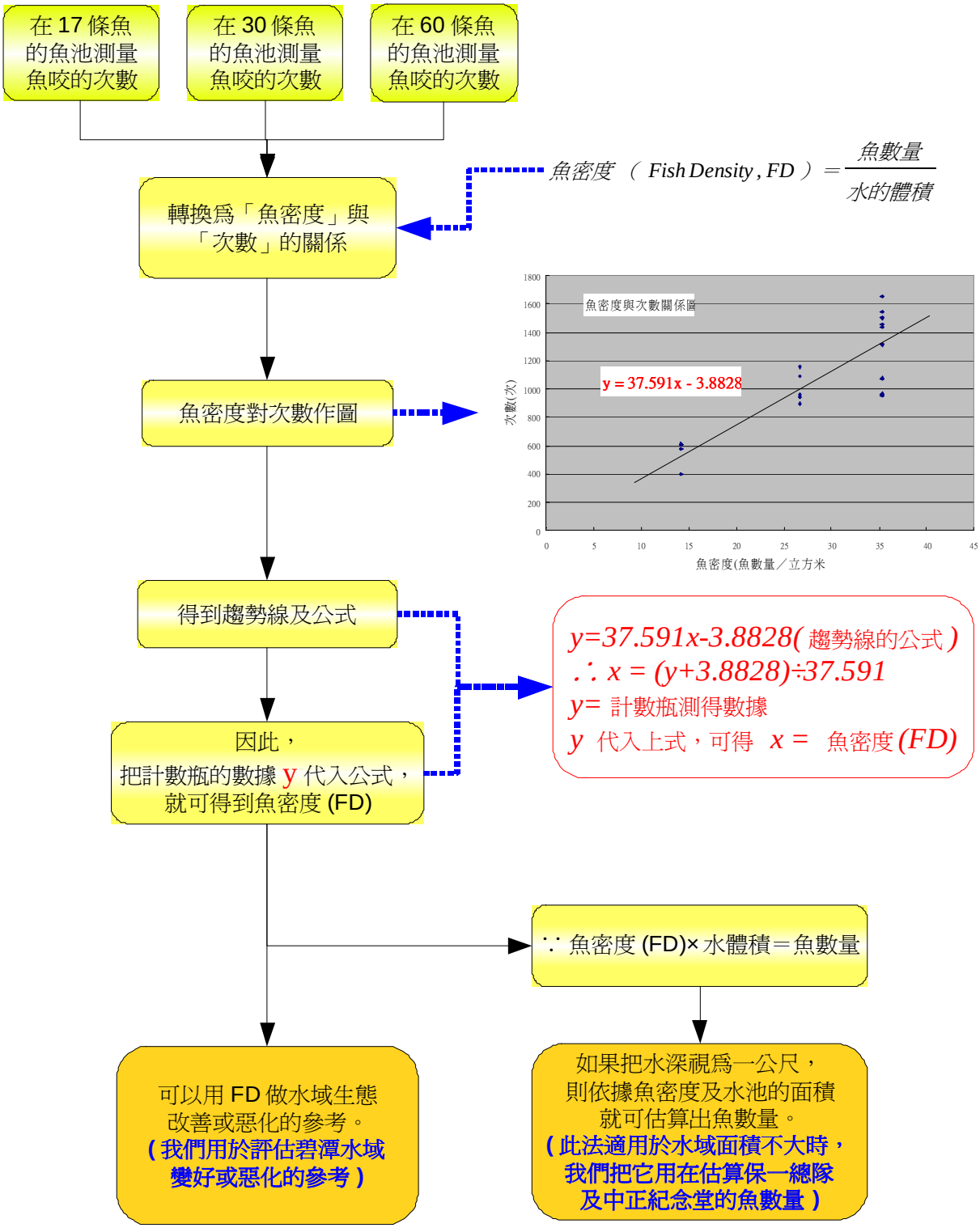

圖31.　「魚密度」數據處理流程

實驗四 A　在 17 條魚的魚池，測量 40 分鐘內咬飼料的次數
(原始數據請見「實驗日誌」)

實驗四 B　在 30 條魚的魚池，測量 40 分鐘內咬飼料的次數
(原始數據請見「實驗日誌」)

實驗四 C　在 60 條魚的魚池，測量 40 分鐘內咬飼料的次數
(原始數據請見「實驗日誌」)

綜合實驗四 A、實驗四 B、實驗四 C 的結果作圖如圖 32 所示：

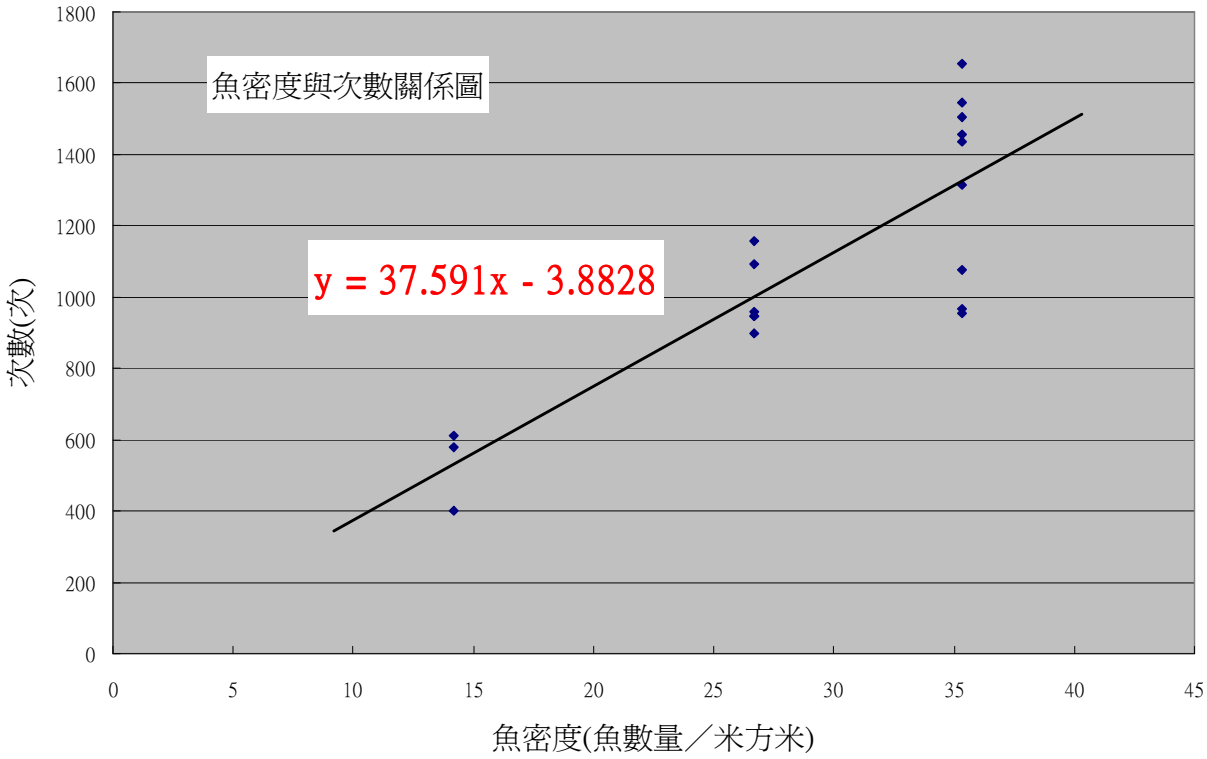

圖32.　魚密度與次數關係圖

我們以「魚密度」和「次數」作圖。魚密度的計算如下：

$$\text{魚密度}(Fish\quad Density, FD)=\frac{\text{魚數量}}{\text{魚池的長}(m)\times\text{寬}(m)\times\text{水深}(m)}$$

單位是：魚數量／立方米，我們自己稱之爲「魚密度」(Fish Density, FD)。舉例而言，FD=1，代表的意義是在 1 立方米的水中有 1 條魚。

經計算的結果，三個魚池的 FD 各爲 14.2, 26.7 及 35.7，老師教我們用 EXCEL 作圖(圖 32)。黑線是趨勢線。EXCEL 還告訴我們這條直線可以有一個代表公式 $y=37.591x-3.8828$ 。意思是說魚密度與咬飼料的次數之間存在這樣的線性關係。y 值就是計數瓶測量到的數據，x 值就是 FD 值(魚密度)。

$\therefore\ x(FD) = (y+3.8828)\div 37.591$ (實際計算時只取小數點下一位)

實驗 五　估算中正紀念堂魚池裡的魚數量

我們總共在中正紀念堂的魚池進行二次測量(因爲後來有駐衛警前來關切，表示需要事先公文申請才可以實驗，他們很怕魚集體暴斃，就沒有繼續實驗)，結果如下：

40 分鐘	日期	主瓶次數	副瓶次數	實際次數	FD
1	3 月 15 日	35	6	29	0.89
2	3 月 15 日	19	3	16	0.54

算式：(29+3.89)÷37.6≒0.89

算式：(16+3.89)÷37.6≒0.54

代入前面的公式，可得到中正紀念堂的魚密度(FD)是 0.89 及 0.54。我們測量該魚池深度大約是 60 公分，爲了方便計算，如果把深度視爲 1 公尺的話[請見次頁註解]，則只要估算面積的倍數，再乘以 FD，就能知道大約的魚數量。這可難倒我們了，如何知道中正紀念堂的魚池面積呢？後來想到利用 google earth 這個軟體，它有很詳細的空照圖，又有比例尺，應該可以推算出魚池的大約面積。如下圖，每一格是 10m × 10m (100 平方公尺)，魚池大約佔 47 格，面積＝47 × 100 平方公尺，所以是 4700 平方公尺， 4700 × 0.89 ＝ 4183 ，4700 × 0.54 ＝ 2538 ，因此我們認爲中正紀念堂裡的魚應該有 2538 ~ 4183 條魚。詢問該處的工作人員，他僅能約略告訴我們當初購買的魚苗是 2 千尾，經過幾年之後有什麼變化並無法確定。雖然如此，我們對自己的估算值感到滿意，因爲我們樂觀地認爲會有魚寶寶誕生。然而，我們也發現這樣的推算是基於二個前提，一、把魚池的深度視爲 100 公分；二、未知魚數量魚池的面積如果能知道得越精確，則所得到的結果應該會越準確。另外，因爲我們進行了二次實驗就有駐衛警前來關切，只能停止，其實我們本來打算在不同的地方多做幾次實驗，以取得更多數據，真的很可惜。

圖33.　利用 Google Earth 計算魚池面積

Google earth 軟體提供比例尺(在左下角)，可做為地面景物的參考長度。每一個方格是 10m × 10m。

中央有一小塊白色，就是左下圖的拱橋。

圖34.　計數瓶在中正紀念堂的魚池裡。

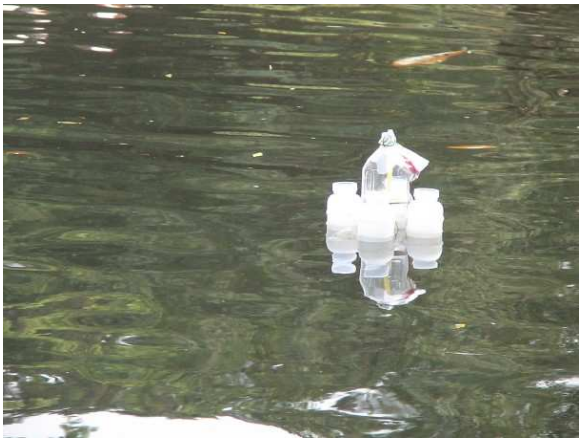

圖35.　計數瓶在中正紀念堂的魚池裡。

[註]在實際的魚池中，深度大約是 60~80cm，爲計算方便，把魚池深度視爲一公尺。

實驗六　估算保一總隊魚池裡魚的數量

保一總隊的魚池比較小，可以目視總共有幾條魚，我們進行一次測量，套用公式看實際數量與估算數量會不會差很多。結果如下：

40 分鐘	日期	主瓶次數	副瓶次數	實際次數	FD
1	3 月 16 日	27	5	22	0.69

算式：(22+3.89)÷37.6≒0.69

該魚池深約 1 公尺，面積大約是 30 平方公尺，代入公式 30 × 0.69 ≒ 21

該池的魚數量大約是 21 條。經過仔細數算，我們覺得推估數與實際的魚數量相當接近。我們對於估算結果感到滿意。

現在我們能夠有信心地說，如果水深大約是 1 公尺的話，

魚數量＝魚密度(FD)╳水池面積

這對小面積的水池而言行得通，像碧潭那麼大的面積，可行嗎？

圖36.　在保一總隊的實驗情形

實驗七　估算碧潭裡魚的數量

這個實驗是最困難的，因爲必須動用「天鵝船」(註：碧潭有租船遊潭服務，以船的天鵝造型稱它「天鵝船」)，而且潭面上的風比我們想像的還要大，波浪遠比我們預期的更洶湧，大部份的情形下，主副瓶雖各有數百次的計數，卻相差不多，這表示波浪相當大，或甚至副瓶(未掛飼料者)的次數比主瓶多，顯然不合理，好不容易才取得一組數據。

碧潭(大石邊)

40 分鐘	日期	主瓶次數	副瓶次數	實際次數	FD	
1	3 月 15 日	272	308	-36		剔除
2	3 月 15 日	116	110	6		剔除
3	3 月 15 日	90	97	-7		剔除
4	3 月 16 日	130	117	13	0.45	

真的有魚！

我們在天鵝船上以尼龍繩綁石頭測量潭的深度，大約都在 3 公尺左右，但是，碧潭到底多大呢？如果算不出面積，就無法估算魚數量呀！所幸，幾經推敲，回想起當初我們做這個研究的目的不外乎想知道有沒有魚？魚多或少？再與老師討論的結果，我們**不再拘泥在「幾條魚」，而是以「魚密度」的概念來思考**，因此我們認爲這個水域附近的魚密度(FD)是 0.45，換言之，在碧潭大石附近水域，每一立方米之中有 0.45 條魚，至少我們能確定「真的有魚」了。

比較不同水域的 FD 值

有了「魚密度」的觀念後，我們好像豁然開朗。這使我們更想了解靠近碧潭大橋那一端的水域到底跟這裡的 FD 相差多少？看到那裡有好多人在釣魚，會不會他們根本就選錯地方了呢？這驅使我們再去碧潭一趟，想爲心中的疑問找到解答。

由於在靠近碧潭大橋一端，天鵝船無法進入，我們只能以釣竿綁魚線再綁住主副瓶的方式測量，以免計數瓶被沖走。同樣的，過程並不順利，因爲計數瓶會被風吹往岸邊，再加上有些數據不合理，花了很多時間。後來因爲風向改變，把計數瓶帶到比較遠離岸邊的地方，才得到數據如下：

碧潭(碧潭大橋)

40 分鐘	日期	主瓶次數	副瓶次數	實際次數	FD	
1	3 月 22 日	171	167	4		剔除
2	3 月 22 日	10	17	-7		剔除
3	3 月 22 日	55	47	8	0.32	

由數據看來，碧潭大橋的魚密度(FD=0.32)比大石邊的低(FD=0.45)，釣魚的人可能真的選錯地方囉！釣客爲何都選在碧潭大橋附近釣魚？可能是大石邊邊有天鵝船在活動，釣客覺得魚兒會被干擾不易上勾吧！也或者大石邊根本就禁止釣魚，或許就因爲這些因素，大石邊的魚真的比較多吧。以後想釣魚的人是不是都該先用計數瓶測量看看哪裡的魚密度高才下竿？這可能是我們這個實驗意想不到的收穫哦！

圖37.　左下角就是天鵝船的頭

圖38.　在碧潭大石邊測量

圖39.　準備情形

圖40.　在碧潭大橋側測量

實驗八　探討去年與今年三月，碧潭的相同水域裡，魚數量增加或減少　？

今年我們再度前往碧潭測量魚的數量，但覺得主瓶副瓶很難調整到相同的靈敏度，所以我們改了一個做法。我們用同一個計數瓶，刻意把導電指針調在第三格以減少水波對計數的影響，然後不掛飼料放在溪流裡 10 分鐘，這時得到的次數(暫稱爲「空瓶次數」)是單純風浪所造成，再把計數瓶掛飼料進行真正的測量 40 分鐘，所得的數據必須減掉 (空瓶次數x4)。我們用這樣的方式扣除風浪造成的計次。

∴　實際次數＝計數瓶次數－(4x空瓶次數)

今年在大石邊的測量很不順利，天鵝船的遊客對計數瓶非常好奇，一直有人去旁邊觀看，還有人甚至直接就拿起來看個究竟，結果大石邊的測量無法完成，隔天我們去做碧潭大橋旁的測試，結果如下：

碧潭(碧潭大橋)	10 分鐘空瓶次數＝51			
日期	計數瓶次數	實際次數	FD	
3 月 22 日	351	351-(4x51)=147	4.02	
3 月 22 日	108	108-(4x51)=　-96		刪除
3 月 22 日	271	271-(4x51)=67	1.90	

以此數據來看，去年的魚密度是 0.32，今年是 1.90~4.02，其意義爲「一年之內，每立方公尺的水域裡，魚密由 0.32 上升到 1.90~4.02」，雖然兩年裡使用的測量技巧稍有不同，但 FD 增加的幅度真的很大，因此可認定爲「水域生態環境有改善」。但事實是否真的如此呢？我們也很納悶，但由於我們持續在注意碧潭的魚種及生態，有一天被我們找了以下的這則新聞。

中華日報 《友善列印版》

—地方綜合— 日期：2008年11月12日

碧潭出現和尚魚

記者吳宇軒／北縣報導

新店溪碧潭日前發現二十年來未發現的日本禿頭鯊（俗稱和尚魚），學者認爲和尚魚的出現代表河川整治成效良好（和尚魚亦爲乾淨水域指標魚種），環保局驚喜之餘迫不及待與民眾分享此份喜悅。

行政院環保署環境檢驗所委託新竹教育大學進行淡水河生態調查，十一月一日在新店溪碧潭捕獲日本禿頭鯊（和尚魚），長約成人的手掌大，模樣可愛。據指出，和尚魚需生存在水質乾淨之流域，其代表了河川非常健康和水質優良；過去幾年來和尚魚在台灣西部許多河川已逐漸絕跡，只剩下東部的一些溪流中還可以看到它們的影子。

由於和尚魚爲典型的河海迴游魚種，屬於溯河產卵迴游魚類，其出現在新店溪表示淡水河水質改善使其能從淡水外海沿著淡水河本流上溯，趁著潮水高漲時，幼魚成群溯河進入新店溪。

淡水河全流域由去年之前的嚴重污染，至今年十月水質檢測皆在中度污染以下，顯示淡水河系已脫離嚴重污染情形，顯現台北縣政府積極致力河川水質改善的努力，已有非常顯著的成果。

BACK->回上一頁

圖41． 2008 年 11 月 12 日中華日報——碧潭出現和尚魚

圖42． 和尚魚的外觀

根據報導和尚魚是一種「乾淨水域指標魚種」，牠的出現代表著水域優良，與我們的研究結果吻合。

陸、 討論

一、實驗過程中，我們覺得魚如果容易被驚嚇，結果也可能不同，因此我們在實驗時都盡量與魚池保持距離，讓魚能「自在地」咬飼料。

二、魚密度(FD)的測量只能告訴我們大於 25g 魚多不多，至於是何種魚？公魚母魚？… 等細節並無法得知。

三、風大造成計數瓶被吹回岸邊，非常困擾，因爲越接近岸邊，魚的驚覺性越高，越不易咬飼料。很早以前我們還曾經用遙控船把計數瓶帶離岸邊，但只要馬達一停止，馬上被吹回岸邊，很洩氣。以碧潭大橋附近的那次實驗來說，做了幾次都失敗，最後因爲風轉向，才能把計數瓶帶到比較遠離岸邊的地方，這也是爲什麼只能得到一次數據的原因。我們在想，靠近河面中央與靠近岸邊的 FD 值一定會有不同，有待以後再驗證了。

四、這些實驗都在水流速不是很大的地方進行，如果在水流湍急的地方，我們認爲並不適用。

五、一直有人問我們「**魚重覆咬，次數不是多算了嗎？**」我們認爲這種「效果」在任何水域裡都會發生，既然如此，就把它視爲可以「抵消」的因素吧。有位同學說：「這就像我們算的數學題，小明 10 歲，弟弟 5 歲，請問十年後小明與弟弟相差幾歲？」。

六、計數瓶底下掛的飼料離計數瓶大約是 10 公分，某些魚類或許一直生活在河川底部，也或許只有在夜晚才會到水面活動…這樣可能無法以計數瓶法數算得到。總之，我們一直覺得有好多好多變數無法被完全排除或考慮進去，這或許就是大自然可愛與神祕之處吧。

七、我們對利用簡單的物品，發揮一點創意，能得到數據了解水域生態的現況，感覺非常「酷」。

柒、 結論

一、特定的魚飼料只會吸引特定的魚，這種情形頗明顯。

二、魚的體重只要大於 25g，咬飼料時就能被計數瓶偵測到。

三、(鯉)魚利用嗅覺和視覺找食物，如果看不見，氣味會幫助牠找到食物。

四、藉由實驗四，我們得到一條計算魚密度的公式

$x(FD) = (y+3.8828) \div 37.591$，y 就是計數瓶測得的數據，代入公式即可得到「魚密度」(Fish Density, FD)。

五、以 FD 公式估算出中正紀念堂的魚大約在 2585 ~ 4183 條之譜。

六、以 FD 公式估算出保一總隊的魚大約在 21 條之譜。

七、大面積的水域，改以「魚密度」(Fish Density, FD)的表達方式。碧潭水域的 FD 約在 0.32~0.45 之譜，也就是每立方米的體積裡大約有 0.32~0.45 條魚。

八、今年測得的魚密度約在 1.90~4.02 雖然操作技巧稍有不同，但顯然高出去年許多，我們認爲該處的水域環境有在改善中。報紙報導「和尚魚回來了」(圖 41,42)，也代表著環境變好了，與我們的研究不謀而合，我們感到很高興。

捌、 參考資料及其他

林曜松、梁世雄編(1996)：**台灣野生動物資源調查：淡水魚資源調查手冊**。農委會，台北市。

海洋生物博物館(2008)：**溪流魚類群聚的調查方法及原理**。2007 年 11 月 15 日，取自 http://contest.ks.edu.tw/~river/know/know30.htm

露天拍賣網站(2008)：**掌上型魚探機**。2008 年 1 月 11 日，取自 http://goods.ruten.com.tw/item/show?11071105239987

genius945(2006)：**錦鯉小檔案**。2007 年 11 月 25 日，取自 http://blog.yam.com/genius945/article/4652329

殷名稱編(1998)：**魚類生態學**。北產出版社，基隆市。

吳宇軒(2008 年 11 月 12 日)：**碧潭出現和尚魚**。中華日報。

特別感謝安坑牛伯伯生態園區慷慨提供場地測試。

【評語】080813

能由生活中發覺魚飼料的研究價值，構思估計〝魚密度〞的研究裝置，雖然測量結果的變異性仍嫌略大，但是研究問題相當有創意。且在問題解決、研究工具設計、資料蒐集與處理能符合科學探究精神與原則。研究者除了能掌握研究方向，積極主動，能將研發成果應用至生活，親自至中正紀念堂、碧潭實際測量，科學態度亦值得肯定，故推薦本作品。