

坐在家裡也會對環境有影響力嗎？

國中組生物第三名

作者：林文英、莊雨林

臺北市北投國中

指導老師：蕭薇



一、動機：

「人類在地球上已經創造了許多美好有用的東西，生活水準因此日益提高。但是……空氣、湖泊、河流和海洋的污染，使先知先覺的人，感覺到人類面臨著在地球上繼續生存的危機」，而以我們一個中學生，究竟有多大力量來避免這些？於是我們觀察家裏附近的水溝，有的阻塞著，混濁污穢不用說了；就是下水道的流水，情況也不見得很好，甚至還會激起許多泡沫，這些水如果流入了河流，那些水生生物豈不都要遭殃了。倘若人的數量少，所製造出來的污水或許可被大量的河水沖稀，但是如果站在丹鳳山上看見北投一大片住家，再想想台北市擁擠的情況，真難想像這些家庭流出來的廢水，聽貫穿在台北市的基隆河、淡水河如何消化？我們曾沿著下八仙基隆河堤觀察基隆河，看見它沒有生氣的樣子，猜想家庭污水對它可能有很大的影響。因此我們想就家庭中可能造成水污染的原因加以探討。

二、實驗目的：

家庭是我們生活的地方，排出的廢水包括含有人體排泄物的化糞池水，廚房洗滌及炊煮清水的水，浴室淋洗及洗滌排水等。這些污水排入河流後，很容易繁殖細菌（此時水中大量的氧氣就被消耗，而氧氣又是一切生物行呼吸作用所必須。）或對生物造成毒害，因而水中生態的平衡遭到了破壞。本實驗的目的：

(一)家庭廢水中污染物的分類。

(二)家庭廢水中主要成分對生物（大肚魚）的影響，以百分之五十致死濃度代表。

(三)家庭廢水對生物（大肚魚）的影響。

(四)家庭廢水中各主要成分經過“時間”及簡單處理“打氣”後對生物（大肚魚）的影響。

三、器材：

玻璃缸（直徑 20 公分）	自來水
加溫器	PH測量器（Digital portable PH meter）
軟性洗寶	人工魚食
海波（硫代硫酸鈉）	採水勺
燒杯（500 cc 及 1000 cc）	打氣幫浦（及其改良成的循環器）
散氣石	肥皂（南僑水晶）
沙拉脫	冰箱
溶氧測量器 （YSI oxygen meter）	塑膠管（打氣，循環器的配件）
量筒（各種體積）	廣口瓶（2 l）
溫度計	天平

四、方法與步驟：

(一)實驗生物的採集與餵養：

大肚魚（*Gambusia patruelis*）採自下八仙基隆河堤邊的池

塘(1)。因其個體小、量多、經濟，所以用它做代表性生物以審定環境中污染物的毒性。大肚魚喜生活於靜水之中，平時吃孑孓為生，對溶氧的忍受性強，對污染的忍耐力亦高，因此在使其死亡的污染環度之下，對其他生物將有更大的影響。

採回的大肚魚經過一星期的適應，頭兩天不餵食，之後以人工粒狀食物餵它。適應水和稀釋水相同，均用自來水（每五加侖水加四顆海波，貯一夜以上）。養魚的溫度控制在16～20℃，每天餵食一次，魚缸以馬達充氣（散氣石控制氣泡）。實驗用魚大約3～4公分健康且活潑的魚。

(二) 污染物的分類：

根據台灣省水污染防治所印之都市污水處理講義，就耗氧物質，可沉降物質、漂浮物、影響外觀物質、懸浮固體、油脂、生物難分解物質、植物養分、產生臭味的物質、有毒物質、酸鹼、溶解性物質、微生物、熱、放射性物質等項目，儘可能的做觀察與測定。

(三) 家庭廢水中主要成分對大肚魚的影響：（觀察時間96小時）

1. 含排泄物之化糞池水：

用採水勺固定於家庭化糞池出水口(6)，任其流12小時，配成 $\frac{1}{3}$ 、 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{5}$ 、 $\frac{1}{6}$ 及稀釋水計五組，每12小時換新廢水

。實驗中不餵食。

2. 清潔劑：

3. 家庭廢水：

取於北投民族街地下水溝(2)，以四天為期，一日中每兩小時採水一次，每次採水收集於廣口瓶中並貯於冰箱（保持0～4℃），集三次水樣（稀釋成1、 $\frac{3}{4}$ 、 $\frac{2}{3}$ 、 $\frac{1}{2}$ 以及稀釋水計五組）給實驗魚換水一次，各次採水遍布於上午6:30至下午23:30中每半小時。實驗中不餵食，並仿下水道流水狀況，採用「水循環器(3)」使水不在靜止狀態。另外，再取一小型集水區(4)（含幾戶人家的各種家庭廢水，地點同a)

的廢水，每 12 小時給實驗魚換水。

五、結果與討論：

1 家庭廢水中污染物的分類：

污 染 物	含 量	說 明
耗氧物質	+++	• 排泄物 • 食物殘渣 • 清潔劑
可沉降的物質	+	• 泥沙（下雨天） • 未分解的食物殘渣（集水區）
影響外觀物質	+	• 泥沙（黃色） • 排泄物（黃色） • 清潔劑（起泡）
油 脂	+	• 廚房排水（集水區中）
生物難分解物質	+	• 清潔劑
植物養分	?	?
產生臭味物質	++	• 排泄物
微 生 物	+++	• 排泄物 • 食物殘渣 • 清潔劑等所滋生的

註：+表示含有，+個數愈多表含量愈多。

2 家庭廢水中至要成分對大肚魚的影響：

(1) 清潔劑（沙拉脫）各濃度對大肚魚的影響：

死亡 率 時 間 濃 度 (%)	$\frac{1}{10000}$		$\frac{1}{30000}$		$\frac{1}{40000}$		$\frac{1}{50000}$	
	餵食	不 餵食	餵食	不 餵食	餵食	不 餵食	餵食	不 餵食
24 小時	100	100	100	100	37.5	37.5	0	0
48 小時	100	100	100	100	75	87.5	12.5	12.5
72 小時	100	100	100	100	87.5	100	25	25
96 小時	100	100	100	100	87.5	100	37.5	50

死亡 率 時 間 濃 度 (%)	$\frac{1}{60000}$		$\frac{1}{100000}$		對 照	
	餵食	不 餵食	餵食	不 餵食	餵食	不 餵食
24 小時	12.5	12.5	0	0	12.5	12.5
48 小時	12.5	12.5	0	0	12.5	12.5
72 小時	12.5	12.5	0	0	12.5	12.5
96 小時	12.5	12.5	0	0	12.5	12.5

本實驗每 12 小時換水一次並觀察，使 DO 保持在 4.0 (是大肚魚可以忍受的範圍) 以上，溫度控制在 16 ~ 20 °C，PH 值在 7.0 ~ 8.0，沙拉脫液的透明度也極好，沒有臭味，沒有混濁，所以使魚致死的因素幾乎可完全歸於沙拉脫本身的毒性。由實驗結果得知，大約 $\frac{1}{50000}$ (即百萬分之 25) 濃度的沙拉脫使大肚魚死亡百分之五十。換句話說，這個濃度下，對大肚魚來說是足以為害到其族群中一半以上的個體，是一個該亮起紅燈的濃度了。

再觀察其垂危或死亡者的外表狀況，最明顯的現象是在 $\frac{1}{40000}$ 以上的濃度下，大肚魚的尾鰭和背鰭緊緊縮起 (5)，此外也有許多條有弓背的現象。

餵食與不餵食兩組，由實驗結果得知，其死亡率相差不大，所以以後的實驗均採用不餵食組，以減低其新陳代謝速率。

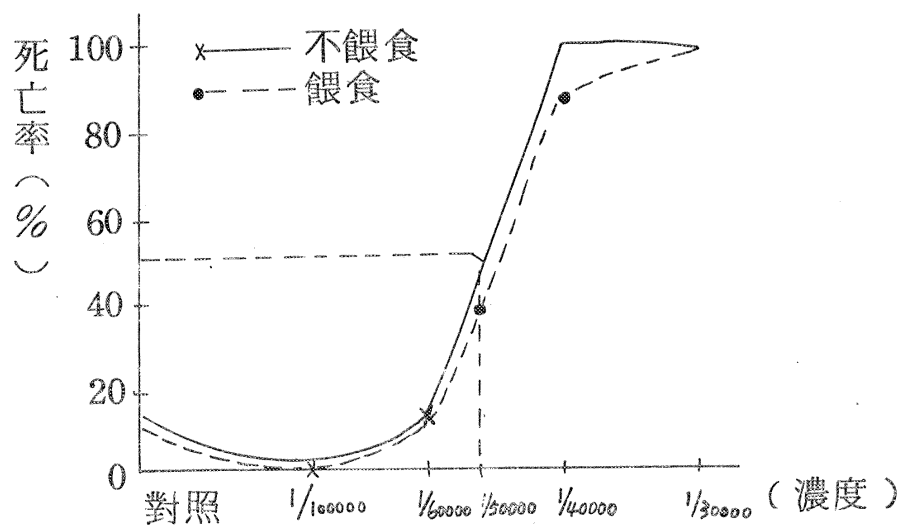


圖 1：沙拉脫各濃度對大肚魚的影響

(2)清潔劑（軟性洗寶）各濃度下對大肚魚的影響：

死亡時間 \ 濃度	$\frac{1}{9000}$	$\frac{1}{10000}$	$\frac{1}{15000}$	$\frac{1}{20000}$	$\frac{1}{25000}$	$\frac{1}{27000}$	對照
24 小時	100	100	33.3	0	0	0	0
48 小時	100	100	100	33.3	0	0	0
72 小時	100	100	100	66.6	0	0	0
96 小時	100	100	100	66.6	66.6	16.6	0

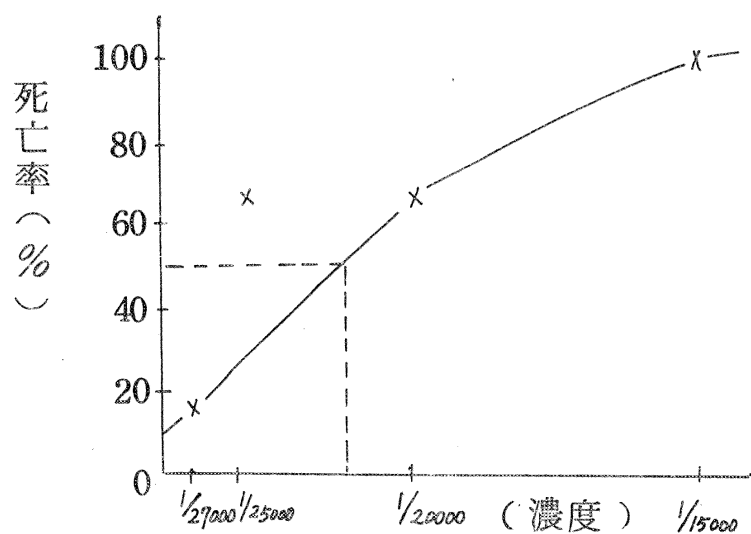


圖 2：軟性洗寶各濃度對大肚魚的影響。

實驗結果百分之五十致死濃度約落在 $1/22000$ (即百萬分之四十五) 左右的洗寶液。因洗寶毒性而致死的魚，常有身體彎曲的現象。尾鰭緊縮的現象也不減於沙拉脫影響下的魚。又由於 72 小時、96 小時後常有很高的死亡率，可知洗寶的毒性可能較沙拉脫更強。

(3)清潔劑（肥皂）各濃度下對大肚魚的影響：

死亡 時間	濃 度 率 (%)	濃度					對照	
		$\frac{1}{4000}$	$\frac{1}{5000}$	$\frac{1}{10000}$	$\frac{1}{15000}$	$\frac{1}{20000}$		
24 小時		100	33.3	33.3	33.3	16.6	0	
48 小時		100	83.3	83.3	50	33.3	0	
72 小時		100	83.3	83.3	66.6	33.3	0	
96 小時		100	83.3	83.3	83.3	33.3	0	

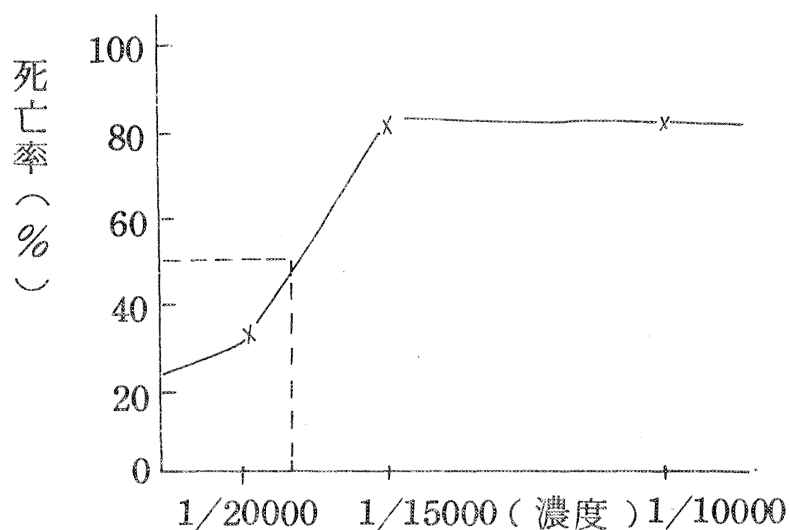


圖 3：肥皂各濃度對大肚魚的影響

實驗結果百分之五十致死濃度約為 $1/17000$ （即百分之五十八）左右的肥皂液。肥皂是幾種清潔劑中鹼性最強的（PH 值為 8.3 - 8.4），不易起泡且透明度差（8）。換水時魚呈「上浮」現象（缺氧時常有的現象），但測其溶氧卻不見得低，故浮起的現象應歸於透明度。肥皂的毒性引起的結果和前兩種清潔劑類似一體彎曲、尾鰭縮起。

(4) 化糞池水各濃度下對大肚魚的影響：

時間 死亡 率 (%) 濃 度	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	對 照
24 小時	100	0	0	0	0
48 小時	100	50	50	0	0
72 小時	100	100	100	50	0
96 小時	100	100	100	50	0

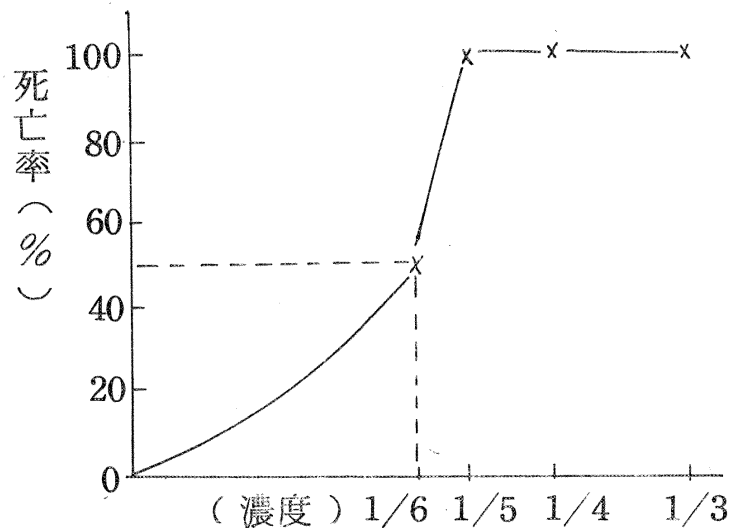


圖 4：水肥各濃度對大肚魚的影響

實驗結果，一般化糞池排出的水，稀釋成 $\frac{1}{6}$ 左右時是百分之五十致死濃度，致魚於死的原因是溶氧（常只剩 0.2，0.4 PPM 等極低的溶氧）及混濁度（魚在其中跳躍不安快速繞圈，可見嚴重影響其呼吸）。因溶氧低干擾了對其毒性的測定，只有再藉打氣處理來證明部分（因打氣時有部分揮發性毒物可能仍無法測出）。

3. 家庭廢水對大肚魚的影響：

下水道之家庭廢水普遍呈淡黃色，清澈沒有明顯的臭味，只有在下雨天或附近有人施工建築時流入大量泥沙才會使混濁度增加許多。

所有的實驗魚在此實驗之實驗期內均不死亡。乃因廢水毒性不足使之死亡，其溶氧也不致於太低（5 ppm 左右）。此點至少可以證明如果規劃好的下水道（集水區則不然）中家庭廢水對大肚魚的生長沒有妨害。但是不是對其他魚（特別是有經濟價值的魚）有影響呢？這有待更進一步的實驗。或許對其他魚也無害；或許養肥了大肚魚，卻使其他的魚類因競爭的關係而數量減少了。

集水區的家庭廢水，因為常有食物殘渣堆積造成腐敗，且流速慢溶氧低（3.5 ppm 左右），所以對大肚魚的影響較大，由此也可見規劃良好的下水道，使廢水在其中經過第一道的「消化」，能減輕家庭廢水對環境的影響。以下比較下水道、集水區中的水對生物的影響：

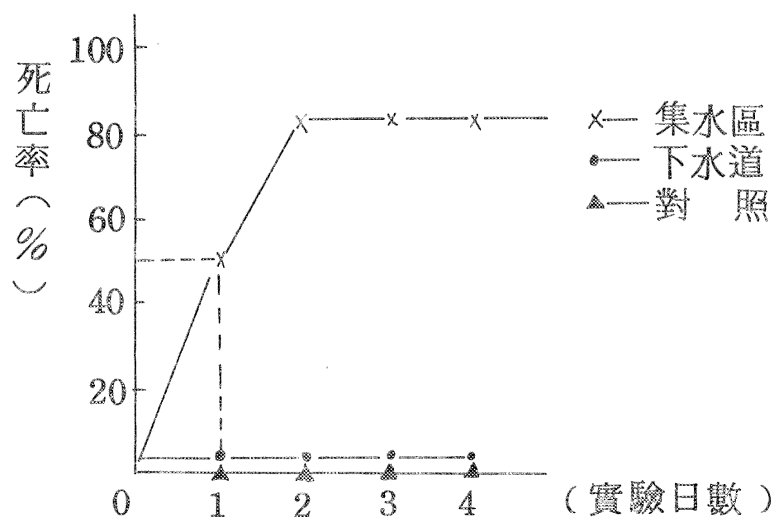


圖 5：家庭廢水對大肚魚的影響比較

廢水種類 \ 死亡時間 (%)	24 小時	48 小時	72 小時	96 小時
下水道	0	0	0	0
集水區	50	83.3	83.3	83.3
對照	0	0	0	0

以下圖 6、圖 7、圖 8 顯示家庭中使用的清潔劑濃度高時（實線——）引起急性中毒，當稀釋後仍為慢性中毒或累積性中毒（虛線……）需要較長時間才會死亡，或造成不致死部分的損傷，如使魚尾鰭縮起、背弓起（超過實驗期仍活著的魚有此現象）、身體彎曲（對照組死時沒有的現象）、眼睛突起，甚至有一隻眼睛變紅，並且在眼睛上生有膜狀物雖然我們不知道魚的病理，不過卻可斷言，此乃清潔劑對魚造成的後遺症。

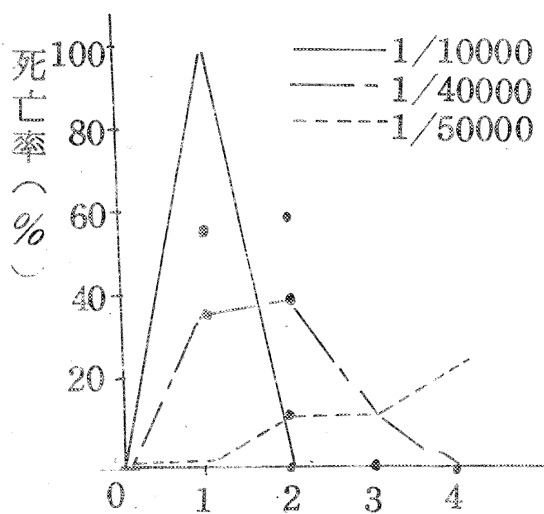


圖 6：沙拉脫各日死亡率之比較

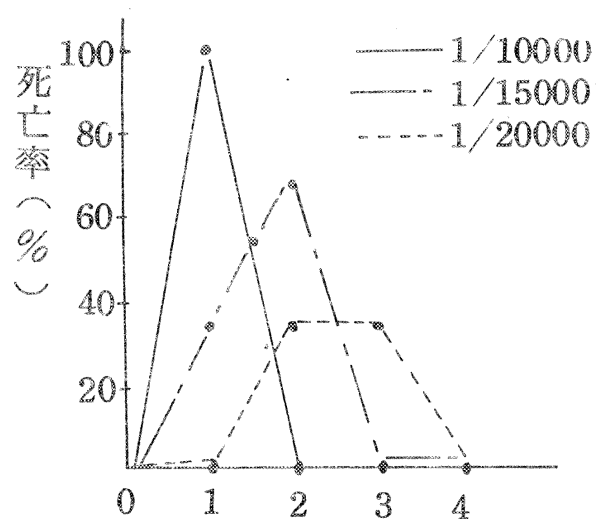


圖 7：洗寶各日死亡率的比較

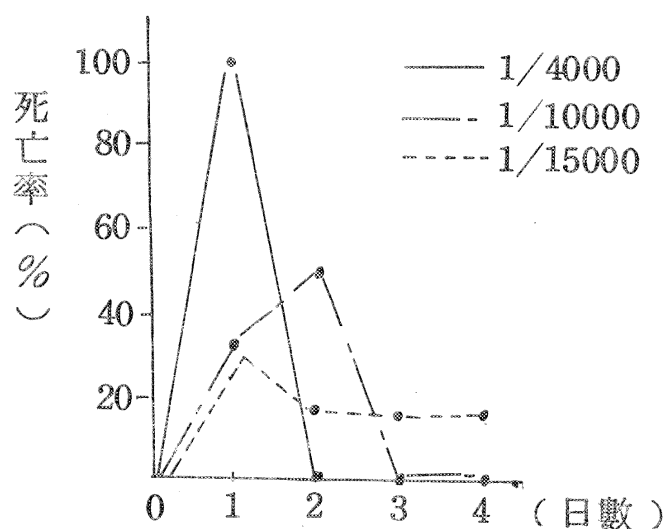


圖 8：肥皂各日死亡率之比較

4. 家庭廢水中各主要成分經時間及打氣處理後對大肚魚的影響
 (選擇較百分之五十致死濃度高一倍以上的濃度效果較好)
 (1) 1/30000 沙拉脫、(1/10000 沙拉脫) 經打氣處理後，
 大肚魚死亡率之比較：

死亡時間 組別 (%)	組別			
	打氣 0 小時	打氣 24 小時	打氣 48 小時	打氣 72 小時
24 小時	25 (100)	0 (0)	0 (62.5)	0 (0)
48 小時	37.5(100)	0(50)	12.5(75)	0 (12.5)
72 小時	62.5(100)	0(63)	12.5(87.5)	0 (87.5)
96 小時	87.5(100)	0(100)	50 (87.5)	0 (100)

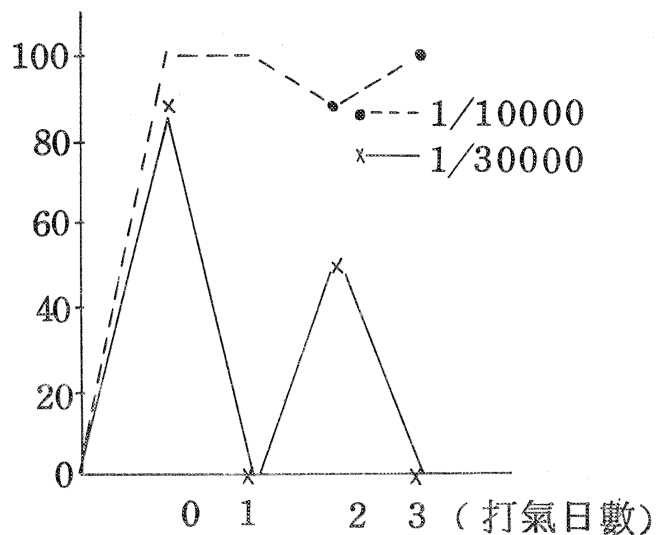


圖 9：沙拉脫經打氣處理後，死亡率之比較

(2) 1/15000 洗寶經打氣處理後，大肚魚死亡率之比較：

死亡時間 間	組別 別 (%)	打氣 0 小時	打氣 24 小時	打氣 48 小時	打氣 72 小時
		24 小時	100	0	0
48 小時	100	100	12.5	12.5	0
72 小時	100	100	12.5	62.5	50
96 小時	100	100	25	62.5	50

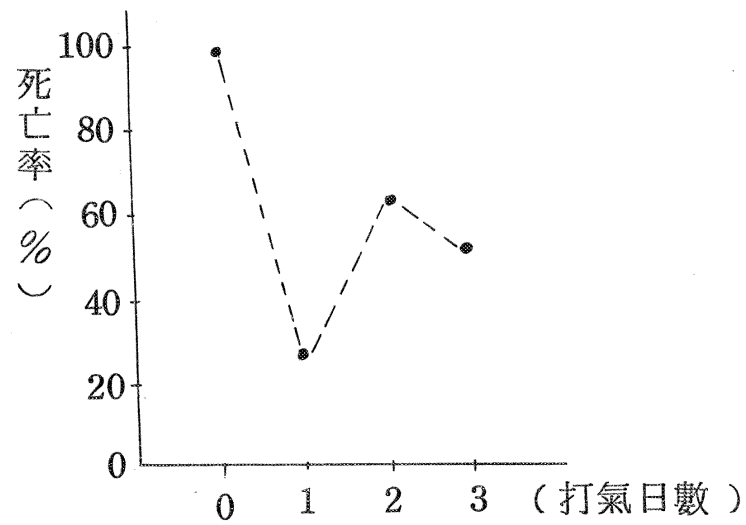


圖 10: 洗寶經打氣處理後，死亡率之比較

(3) 1/2000 肥皂經打氣處理後，大肚魚死亡率之比較：

時間	死亡率 (%)	組別			
		打氣 0 小時	打氣 24 小時	打氣 48 小時	打氣 72 小時
24 小時		100	100	100	100
48 小時		100	100	100	100
72 小時		100	100	100	100
96 小時		100	100	100	100

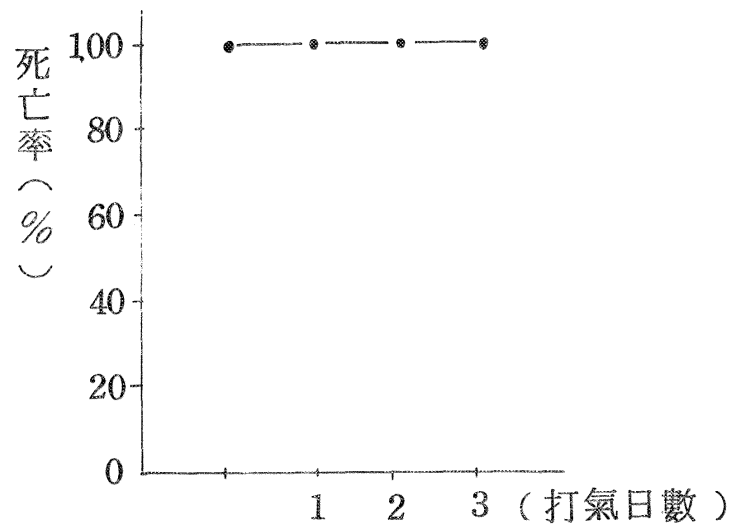


圖 11: 肥皂經過打氣處理後，死亡率之比較

(4) 1/2 化糞池水經打氣處理後，大肚魚死亡率之比較：

時間	死亡率 (%)	組別			
		打氣 0 小時	打氣 24 小時	打氣 48 小時	打氣 72 小時
24 小時		100	100	100	100
48 小時		100	100	100	100
72 小時		100	100	100	100
96 小時		100	100	100	100

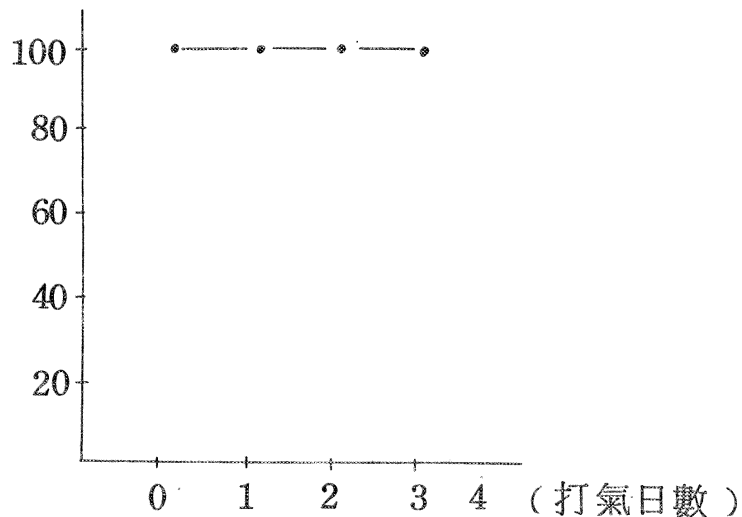


圖 12: 水肥經打氣處理後，死亡率之比較

由上列圖 9、圖 10 可知：沙拉脫和洗寶都可被簡單的處理方法消弱其毒性，但是須在一個濃度範圍以下才可以。也許不僅僅是巧合，它們兩者打氣 48 小時組死亡率再升高，顯示毒性有再升高的現象，有待再繼續研究。

圖 11， $1/2000$ 的肥皂無論打氣 0 ~ 3 天後，仍然使大肚魚急性中毒死亡，原因可能是其性質中：PH 高（8.3 ~ 8.4）、透明度低（8）、肥皂中含有不易溶解的物質，都不是打氣處理可以改善的，所以死亡率仍然無法降低。

$1/2$ 的水肥即使經過 72、96 小時（上表未列，但有實驗證明）的打氣處理，似乎仍然使魚急性中毒，不外其中懸浮物質、毒性物質均無法被好氧細菌分解、或者打氣時間仍然不夠長，更說明目前家庭化糞池消化後的水肥毒性仍十分大，對大肚魚如此，對其他水生的生物影響就更不容忽視了（因大肚魚對污染的忍受性高），如果把它排出河流，可以想像是相當不利的。

六、結論：

現代的都市生活中，文明的產物帶給我們許多方便，家家有抽水馬桶、將排泄物處理的乾乾淨淨，家家有洗衣機及使用方便的清潔劑，都使得家中一塵不染，但是排泄物、清潔劑等物質一旦進入下水道，就等於是進入另一個起點又將還原於我們人類。1/50000 的沙拉脫、1/22000 的洗寶、1/17000 的肥皂水、1/6 的水肥在控制溫度、溶氧、酸鹼度下都將引起大肚魚半數個體的死亡。我們都應視為一個警界線，今後在日常生活中不可將不必要的清潔劑倒入排水溝、下水道。更重要的，這些物質在相當濃度以上（沙拉脫 1/10000、洗寶 1/15000、肥皂 1/2000、水肥 1/2）雖然經過 72 小時（體積（8 升）的打氣處理，仍然無法將毒性消除，至少可以證明好氧細菌在四天以內無法將那些有毒物質完全消化，是不是要靠其他方法？或是這些物質本身根本無法完全分解，將永遠積存在生物圈中危害生物？都是等待我們將來去探討的。

目前都市中處理家庭廢水是極待我們努力的，包括下水道的設置及污水處理廠的建立，就台北市而言，目前有士林、民生東路社區、及廸化街三個污水處理廠，被處理污水的人數佔全市人口 2.9%。我們已經了解了家庭污水對生物有毒害，就更應積極配合政府的污水處理建設才是。

七、參考資料：

- (一)水、污水、與廢水之標準檢驗法（台灣省環境衛生協會六十四年十二月印行）。
- (二)都市污水處理講義（台灣省水污染防治所六十七年十一月編印）。
- (三)淺談水污染（台灣省水污染防治所、中國農村復興聯合委員會編印）。
- (四)黃恕、環境污染、公共衛生第四卷第二期第 109 頁。

(五)大肚魚的生活史簡述（豐年社提供）。

(六)漫談「水」處理（省環境衛生實驗所梁家芳譯）。

(七)韓丕烈譯，水污染，公共衛生第四卷第一期第 71 頁。

評語：

一、題目未能表達問題，而且易滋生說辭。

二、無參考文獻。

三、題目宜改爲「家庭廢水對大肚魚毒害之研究」。

四、希望擴大研究，把結果讓國民了解，儘量減低廢水之流出，以改善我們的生活環境。

五、由實驗證明廢水對環境之污染情形，頗具見地。

六、解說者，說明清晰，對所做之試驗問題等對答如流爲其優點