

水的呼吸—水中溶氧量的研究

高小組物理科第三名

台北縣丹鳳國民小學

作者：簡伯任、林聖哲、林俊祐、孫志發

指導教師：林俊成、簡樹文

一、研究動機

家裡魚缸裡所養的魚是很活潑的台灣溪魚，每當發生停電時，幫浦停止打氣，溪魚就會集體浮到水面，而且動作變得遲緩，張嘴咬水，好像很痛苦的樣子，若是趕快用電池式幫浦打氣，幾分鐘後，所有的魚兒又活潑的急速游動，像是吃了菠菜一樣，我對這種現象很好奇，於是去請教老師，得知是水中溶氧量不同的緣故，但是我更想知道魚兒要多少氧氣量才夠呢？而且哪些因素影響含氧量的變化呢？含氧量能增高、降低到多少呢？我找了要好的同學，在老師的指導下一起研究。

二、研究目的

- (一) 想知道生活中什麼樣的水中含氧較多。
- (二) 想探究出會影響含氧值上升、下降的各種因素。
- (三) 想找出能讓含氧值達到的最好方法。
- (四) 試著找出自然界中水裡含氧量的上下限。

三、研究問題

- (一) 生活中接觸到的各種水 中含氧量都相同嗎？
- (二) 水的流速會影響含氧量嗎？
- (三) 在不同深度的水中打氣會使含氧量怎樣變化？
- (四) 水溫的高低會影響含氧量嗎？
- (五) 「空氣和水」的接觸方法中，哪一種可得到較高的含氧值？
 - 1. 靜置方式。
 - 2. 風吹水面。
 - 3. 水噴向空氣中。
 - 4. 水草打水。

3. 攪拌方式。

7. 震動的強弱。

4. 打氣入水中

(六) 把不同的方式組合會讓含氧值再提高嗎？

四、研究設備與器材

①D0-5509含氧測定儀②打氣幫浦③自製水的流速控制器④液體溫度計⑤電力強弱調節器⑥細的透明水管⑦釣竿筒組合的盛水容器⑧風扇⑨塑膠軟墊⑩水車與攪拌器(11)震動器(12)透明容器(13)抽水馬達(14)水盆、水桶(15)熱溶膠(16)2V電源轉接器(17)多用途噴水頭。

五、實驗方法與結果

問題（一）生活中接觸到的各種水中含氧量都相同嗎？

實驗〈一〉：

結果：1. 不同水樣剛採時的含氧值記錄表：（表格一）。

（溪水）		（池塘水）	
水樣	含氧值	水樣	含氧值
中瀑布正下方	10.5	池水加綠藻	8.6~8.8
小瀑布正下方	10.3	少量綠藻池水	9.3
瀑布下急流處	10.6	靠近大片綠藻	12.5~19.1
瀑布下急流深處	9.5	優氧化的池水	3.9
大瀑布正下方	10.3~10.4	（其他水樣）	
瀑布下緩流區	10.1	山泉水	5.6~6.8
潭頭平流區	10.1	地下水	3.6
潭邊緩流區	9.6~9.9	雨水	3.1~3.2
上游緩流區	9.4~9.5	礦泉水	4.1
緩水處		自來水	3.9~4.3
中潭急流處	10.1	開（冷）水	3.3
中潭緩流區	9.6~9.9	蒸餾水	4.1
中潭止水區	5.6~5.8	過濾水	3.5
下游溪水	2.5~2.9	海水	2.9

2. 水樣靜置2天後的含氧值記錄表：（表格二）。

水樣	含氧值	水樣	含氧值
上游水（急流）	4.3	蒸餾水	3.5
中游水（急流）	3.2	過濾水	3.5
中下游（止水區）	2.4	海水	2.4
池水	3.9		
山泉水	4.8		
雨水	1.9~2.1		
地下水	3.5~3.6		
礦泉水	4.1		
自來水	3.9~4.3		
開（冷）水	3.3		

3. 測試池水時含氧探測棒貼近水藻時，含氧值迅速上升為19.1mg/l和空氣中的20.9mg/l接近，是野外測的含氧值中最高的。

實驗〈二〉：

結果：1.不同水樣打氣含氧值上升情形記錄表：（表格三）。

水樣 打氣 時間	溶解氧 值	水樣										
		溪水 上游	池水	雨水	地下水	山泉水	礦泉水	自來水	開水	蒸餾水	過濾水	海水
原含氧值	4.3	3.9	1.9	3.5	4.8	3.9	4.0	3.3	4.1	3.5	2.4	
1分	8.4	7.8	8.2	8.7	8.4	9.1	8.3	8.3	7.4	8.0	9.7	
2分	8.5	8.0	8.4	8.7	8.4	9.2	8.2	8.3	8.1	8.5	9.9	
3分	8.5	8.1	8.4	8.7	8.3	9.2	8.4	8.4	8.2	9.0	10.0	
4分	8.5	8.1	8.5	8.7	8.4	9.2	8.2	8.3	8.2	9.0	10.1	
5分	8.5	8.1	8.5	8.8	8.5	9.2	8.4	8.4	8.2	9.2	10.0	

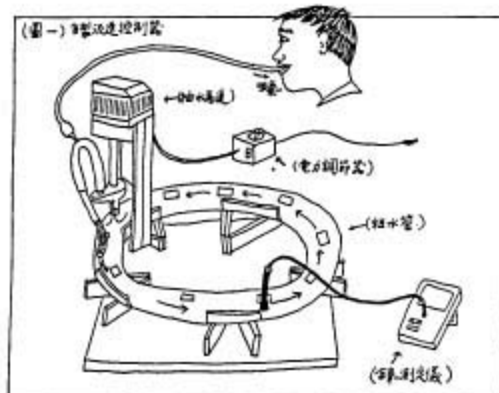
2.「淡水部份」的「礦泉水」在打氣中能有最高的含氧值9.2mg/l，第二高是「過濾水」，第三是「地下水」，第四是「上游溪水」。

3.「鹽水部份」我們發現靜置時含氧量很低，只有2.4mg/l，但是打氣時因為會產生許多綿密細小且有強烈附著性的氣泡，因此含氧值可上升到10.1mg/l。

問題（二）水的流速會影響含氧量嗎？

實驗〈三〉：

結果：1.9級的流速可產生10.4mg/l的含氧值最高，第二依次是8級的10.2mg /l，第三是7級的9.8mg/l，第四是6級的9.5mg/l，第五是5級的9.3mg/，0~4級因為無法驅動抽水馬達，所以含氧值在5.0mg/l以下。



問題（三）在不同深度的水中打氣會使含氧量怎樣變化？

實驗〈四〉：

結果：1.固定打氣位置，不同水深含氧測試記錄表：（表格五）。

含 水 時 間 氧 深 度	水深 5cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm	35cm	40cm	45cm	50cm	備 註
1分鐘	8.8	9.0	9.0	9.1	9.3	9.0	9.0	9.0	8.9	8.5	
2分鐘	8.8	9.0	9.0	9.1	9.3	9.0	9.0	9.0	9.0	8.4	
3分鐘	8.8	9.0	9.0	9.1	9.2	9.0	9.0	9.0	9.0	8.4	
4分鐘	8.9	9.0	9.0	9.1	9.2	9.0	9.0	9.0	9.0	8.4	
最高值	8.9	9.0	9.0	9.1	9.3	9.0	9.0	9.0	9.0	8.5	
最低值	8.8	9.0	9.0	9.1	9.2	9.0	9.0	9.0	8.9	8.4	

2. 完全不打氣水中含氧測試記錄表：（表格六）。

水深	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm	40 cm	45 cm	50 cm	備註
含氧值 (mg/l)	4.4	4.9	5.1	5.0	4.8 4.9	4.8 4.9	4.9 5.0	4.9 5.0	4.1	3.6	



3. 固定探測點，改變打氣位置含氧值測試記錄表：（表格七）。

打氣 深度 含氧值 時間	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm	40 cm	45 cm	50 cm	備註
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	
0 ↓ 1分鐘	4.0 ↓ 3.9 ↓ 3.8 ↓ 3.7 ↓ 3.6	4.0 ↓ 3.9 ↓ 3.8 ↓ 3.7 ↓ 3.6	4.0 ↓ 3.9 ↓ 3.8 ↓ 3.7 ↓ 3.6	4.0 ↓ 3.9 ↓ 3.8 ↓ 3.7 ↓ 3.6	4.0 ↓ 3.9 ↓ 3.8 ↓ 3.7 ↓ 3.6	4.0 ↓ 3.9 ↓ 3.8 ↓ 3.7 ↓ 3.6	4.0 ↓ 3.9 ↓ 3.8 ↓ 3.7 ↓ 3.6	4.0 ↓ 3.9 ↓ 3.8 ↓ 3.7 ↓ 3.6	4.0 ↓ 3.9 ↓ 3.8 ↓ 3.7 ↓ 3.6	4.0 ↓ 3.9 ↓ 3.8 ↓ 3.7 ↓ 3.6	
1分1秒 ↓ 2分	3.6 ↓ 3.5 ↓ 3.4	3.7 ↓ 3.6 ↓ 3.5	3.8 ↓ 3.7 ↓ 3.6	3.6 ↓ 3.5 ↓ 3.4	3.9 ↓ 3.8 ↓ 3.7 ↓ 3.6	3.6 ↓ 3.5 ↓ 3.4	3.6 ↓ 3.5 ↓ 3.4	6.0 ↓ 6.1 ↓ 6.2 ↓ 6.3	7.8 ↓ 8.0 ↓ 8.1 ↓ 8.2	10.2 ↓ 10.1 ↓ 10.2	

2分1秒 ↓ 3分	3.4 ↓ 3.3	3.5 ↓ 3.4 ↓ 3.3	3.7 ↓ 3.3 ↓ 3.2	3.4 ↓ 3.3 ↓ 3.2	3.6 ↓ 3.5 ↓ 3.2	3.4 ↓ 3.3 ↓ 3.2	3.4 ↓ 3.3 ↓ 3.2	6.5 ↓ 6.6	8.2 ↓ 8.1 ↓ 8.0 ↓ 7.9 ↓ 8.0 ↓ 7.9	10.2	
3分1秒 ↓ 4分	3.3 ↓ 3.2 ↓ 3.1	3.3 ↓ 3.2 ↓ 3.1	3.7 ↓ 3.6 ↓ 3.1	3.2 ↓ 3.1 ↓ 3.3	3.5 ↓ 3.4 ↓ 3.3	3.2 ↓ 3.1 ↓ 3.2	3.3 ↓ 3.2 ↓ 3.2	6.6 ↓ 6.7 ↓ 6.8 ↓ 6.7	7.9 ↓ 7.8 ↓ 7.9 ↓ 7.8 ↓ 7.7 ↓ 7.6	10.2	
4分1秒 ↓ 5分	3.1 ↓ 3.1	3.3 ↓ 3.3	3.6 ↓ 3.5	3.1 ↓ 3.2	3.3 ↓ 3.2	3.1 ↓ 3.0	3.2 ↓ 3.1 ↓ 3.2	6.7 ↓ 6.6 ↓ 6.5 ↓ 6.6 ↓ 6.7	7.6 ↓ 7.7 ↓ 7.8 ↓ 7.9 ↓ 7.8 ↓ 7.7	10.2	
打氣時水面高度	3-4 cm	4-5 cm	5-6 cm	6-7.5 cm	7-8 cm	8-9 cm	8-9.5 cm	8-9.5 cm	9-10 cm	10以上	

4. 從實驗中我們發現，當固定打氣位置在筒底時，水深20~25cm的水層含氧值最高；完全不打氣時，最高含氧水層會上升到15~20cm的位置。

5. 固定探測頭在筒底時，要將打氣頭靠近到10cm內才能使含氧值上升，10cm以外不但不上升反而下降。

問題（四）水溫的高低會影響含氧量嗎？

實驗〈五〉：

結果：1.測試之前我們依不同水溫先測水中的含氧值，我們發現如下的變化情形。

水溫	0℃	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃	40℃	備註
含氧值 (mg/l)	8.5	5.5	6.2	7.3	3.0	3.3	3.4	3.2	2.6	

2.測試後我們發現如下表的變化情形：

含氧值 時間	水溫	0℃	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃	40℃	備註
最高值		12.3	11.9	10.9	9.6	8.8	8.0	7.2	6.3	5.9	
測後水溫		0℃	4.5℃	9℃	15℃	19.9℃	24.7℃	27.5℃	33.8℃	38.7℃	

問題（五）「空氣和水」的接觸方式中哪一種可得到較高的含氧值？

實驗〈六〉：（靜置方式）。

結果：1.靜置方式水中的含氧值，一直保持在4.3mg/l~4.4mg/l無法上升。

2.水面和空氣接觸面積越大時含氧值越快上升，也上升得越高。

實驗〈七〉：（風吹水面）。

含氧值 時間 接觸面積	0~1分	1分 ~2分 1秒	2分 ~3分 1秒	3分 ~4分 1秒	4分 ~5分 1秒
開全部面積 	5.0→5.1→5.2 →5.3→ <u>5.4</u>	5.4→5.5→5.4 →5.3→5.2→ 5.3→5.4→5.5 →5.6→5.7→ 5.8→ <u>5.9</u>	5.9→5.8→5.7 → <u>5.6</u>	5.6→5.5→5.4 → <u>5.5</u>	5.5→5.6→5.7 →5.6→5.5→ 5.4→5.3→ <u>5.2</u>
開1/2 	5.0→4.9→ <u>4.8</u>	4.8→ <u>4.7</u>	4.7→4.8→4.9 →5.0→5.1→ 5.2→5.3→ <u>5.4</u>	5.4→5.3→5.2 →5.1→ <u>5.0</u>	5.0→4.9→5.0 → <u>5.1</u>
開1/3 	5.0→4.9→4.8 →4.6→4.5→ <u>4.4</u>	4.4→4.3→4.4 →4.5→4.6→ 4.7→4.8→4.9 →5.0→5.1→ <u>5.2</u>	5.2→5.1→5.0 →4.9→4.8→ 4.7→ <u>4.6</u>	4.6→4.5→ <u>4.6</u>	4.6→ <u>4.7</u>
開1/4 	5.0→4.9→4.8 →4.7→4.6→ <u>4.7</u>	4.7→4.6→4.5 →4.4→ <u>4.3</u>	4.3→ <u>4.2</u>	4.2→4.3→4.4 → <u>4.5</u>	4.5→ <u>4.6</u>
開1/6 	5.0→4.9→4.8 →4.7→4.6→ <u>4.5</u>	4.5→4.4→4.3 → <u>4.2</u>	4.2→4.1→ <u>4.0</u>	4.0→3.9→ <u>4.0</u>	4.0→4.1→4.2 →4.3→4.4→ <u>4.5</u>

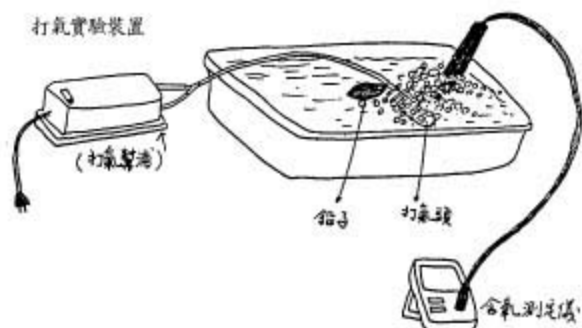
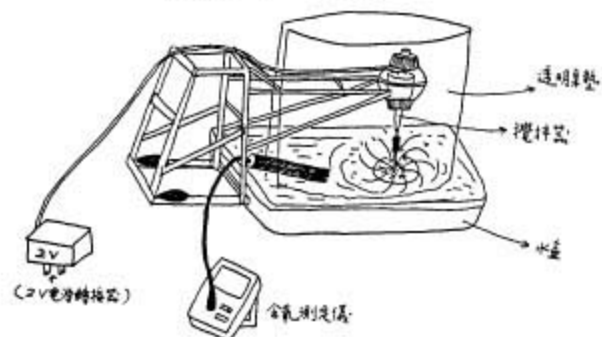
實驗〈八〉：（攪拌方式）。

結果：1.在實驗中我們發現，不同的攪拌頭會使水面產生不同形狀的水花，第1種 產生 像太陽一樣的水花；第2種 產生 向中間凹陷的旋轉水流

；第3種 產生像 蛋糕狀隆起的旋轉水流；第4種 產生 像亂放射狀的水花。

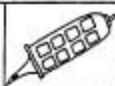
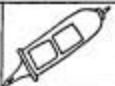
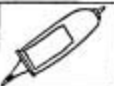
2.能產生最高含氧值的是第1種 ；第二高的是第3種 ；第三是第2種 ；最低的是第4種 攪拌頭 。

(攪拌方式)
實驗裝置如下： (圖五)



實驗<九>：(打氣入水中)。

結果：1.控制打氣孔面積測試。記錄表：(表格十二)。

含 氧 值 時間	排氣頭 造形				備 註
0 1分		5.0 ↓ 8.2	5.0 ↓ 8.1	5.0 ↓ 7.9	
1分1秒 2分		8.2	8.1	7.9	
2分1秒 3分		8.2	8.1	7.9	
3分1秒 4分		8.2	8.1	8.0	
4分1秒 5分		8.1	8.2	8.1	

2. 不限制排氣孔面積組合含氧值測試記錄：（表格十三）。

含 氧 值 時間	排氣頭 造形	① 30 孔	② 60 孔	③ 90 孔	④ 120 孔	⑤ 150 孔
0 ↓ 1 分		5.0 ↓ 8.2	5.0 ↓ 8.1 ↓ 8.4 ↓ 8.5	5.0 8.4 ↓ ↓ 8.1 8.5 ↓ ↓ 8.2 8.4 ↓ 8.3	5.0 8.3 8.5 ↓ ↓ ↓ 8.0 8.4 8.4 ↓ ↓ ↓ 8.1 8.5 8.5 ↓ ↓ ↓ 8.2 8.6 ↓ 8.3	5.0 8.4 ↓ ↓ 8.1 8.5 ↓ ↓ 8.2 8.4 ↓ 8.3
1 分 1 秒 ↓ 2 分		8.2 ↓ 8.1 ↓ 8.2	8.5 ↓ 8.4 ↓ 8.3	8.4 ↓ 8.5 ↓ 8.6 ↓ 8.5	8.5 8.5 ↓ ↓ 8.4 8.4 ↓ ↓ 8.3 8.4 ↓ 8.4	8.4 ↓ 8.5 ↓ 8.6 ↓ 8.5
2 分 1 秒 ↓ 3 分		8.2 ↓ 8.3	8.3 ↓ 8.2 ↓ 8.3 ↓ 8.2	8.5 8.5 ↓ ↓ 8.4 ↓ 8.5 ↓ 8.4	8.4 8.4 ↓ ↓ 8.3 8.3 ↓ ↓ 8.4 8.4 ↓ ↓ 8.3 8.3	8.5 ↓ 8.6 ↓ 8.7 ↓ 8.6
3 分 1 秒 ↓ 4 分		8.3 ↓ 8.2	8.2 ↓ 8.3	8.5 8.3 ↓ ↓ 8.4 8.4 ↓ ↓ 8.5 ↓ 8.4	8.3 8.4 ↓ ↓ 8.4 8.3 ↓ ↓ 8.5 8.4 ↓ ↓ 8.4 ↓ 8.3	8.6
4 分 1 秒 ↓ 5 分		8.2 ↓ 8.3	8.3 8.3 ↓ ↓ 8.2 8.2 ↓ ↓ 8.3 8.1 ↓ ↓ 8.4 8.2	8.4 ↓ 8.5 ↓ 8.4 ↓ 8.3	8.4 8.4 ↓ ↓ 8.5 8.5 ↓ ↓ 8.4 8.6 ↓ ↓ 8.5 8.5	8.6

3. 不管是控制面積或不控制面積，都是孔越多的可得到較高的含氧值。
實驗＜十＞：（水噴向空中）。

結果：1.不同噴水口噴水後含氧值測試記錄表：（表格十四）。

含 氧 值 水量	噴口 造形	①	②	③	④
1 公升		5.0→7.2→7.3 →7.4→7.9→ 8.0	5.0→5.1→5.3 →5.4→5.5→ 5.7→5.8→6.0 →7.0→7.9	5.0→7.1→7.3 →7.6→7.7→ 7.8→7.9	5.0→7.0→7.4 →8.0→8.1
2 公升		8.0→8.1→8.0 →7.9→8.0→ 7.9→7.8	7.9→8.0→8.1 →8.0	7.9→8.0→7.9	8.1→8.2→8.1 →8.0→7.9→ 8.0→8.1
3 公升		7.7→7.6→7.7 →7.6→7.7→ 7.8→7.9	8.0→8.0→8.1	7.9→8.0	8.1→8.0→7.9 →8.0→8.1→ 8.2→8.3→8.4 →8.5→8.4→ 8.3
4 公升		7.9→7.8→7.9 →8.0→7.9→ 8.0→7.9→8.0	8.0→8.1→8.0	8.0→7.9→7.8 →7.7	8.3→8.2→8.1 →8.0→7.9→ 7.8
5 公升		7.9→8.0→7.9 →8.0→7.9	8.1→8.0→8.1 →8.0→7.9→ 7.8	7.7→7.6→7.5	7.8→8.1→8.2 →8.3→8.4→ 8.6→8.7→8.6 →8.5

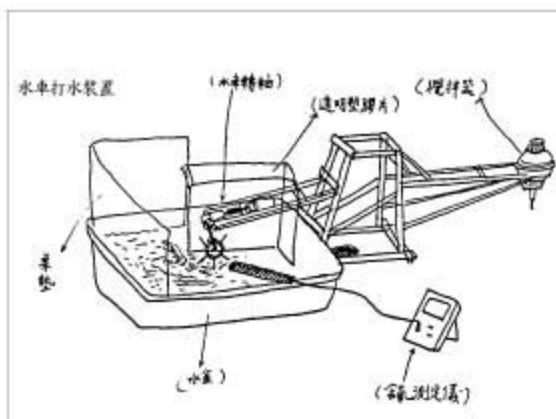
2.由（表十四）的含氧值排列在第三、第四種。細水柱可以達到最高的含氧值8.7mg/l，尤其是噴了一段時間後，收集水的桶中已有3-4公升的水，細水柱可以射入水中造成較多的空氣，進入水裡。

3.第二好的是水平式 — 噴口，可達到8mg/l的含氧值；第三是 雨點式，最差的是 粗水柱。

實驗<十一>：（水車打水）。

結果：1.從（表十五）裡可以發現2片輪葉的水車輪，可以達到最高值，9.1mg/l，而且水花四濺，水面晃動較大，第二高的是4片輪葉的水車輪，最高值是8.6 mg/l。

2.最差的是輪葉數目為1片的，第二差的是3片葉片的水車輪，5片葉片數目是奇數的比較差。



3.不同水車葉片打水的含氧測定記錄表：（表十五）。

含 氧 值 時間	水車 造形	①	②	③	④	⑤	備 註
0 ↓ 1分		5.0→8.0 →8.1→ 8.2→8.3 →8.4→ <u>8.3</u>	5.0→5.9 →6.6→ 6.9→7.9 →8.0→ 8.2→8.6 →8.7→ 8.6→ <u>8.5</u>	5.0→8.0 →8.1→ 8.0→8.1 → <u>8.2</u>	5.0→8.0 →8.4→ 8.3→8.4 → <u>8.5</u>	5.0→8.1 →8.2→ 8.1→8.2 →8.3→ <u>8.4</u>	
1分1秒 ↓ 2分		8.3→8.2 →8.3→ 8.2→8.1 →8.2→ <u>8.3</u>	8.5→8.4 →8.3→ 8.2→8.3 →8.5→ 8.6→8.7 →8.6→ 8.5→ <u>8.4</u>	8.2→8.1 →8.0→ 7.9→ <u>8.0</u>	8.5→8.4 →8.3→ 8.2→8.2 →8.4→ 8.5→8.4 →8.5→ <u>8.6</u>	8.4→8.3 →8.4→ 8.5→8.4 →8.3→ 8.2→ <u>8.3</u>	
2分1秒 ↓ 3分		8.3→8.2 →8.1→ 8.2→8.1 → <u>8.2</u>	8.4→8.6 →8.7→ 8.8→8.7 →8.6→ 8.7→8.8 →8.9→ 8.8→8.7 →8.6→ <u>8.5</u>	8.0→8.1 →8.2→ 8.1→8.0 →7.9→ 8.0→8.1 →8.2→ <u>8.3</u>	8.6→8.5 → <u>8.6</u>	8.3→8.4 →8.5→ 8.6→8.5 →8.4→ 8.3→ <u>8.4</u>	
3分1秒 ↓ 4分		8.2→8.1 →8.2→ 8.3→8.2 →8.1→ 8.0→ <u>7.9</u>	8.5→8.6 →8.7→ 8.8→8.9 →9.0→ 8.9→8.8 →8.7→ 8.6→8.7 →8.8→ 8.9→ <u>8.8</u>	8.3→8.2 →8.1→ 8.2→8.1 →8.2→ <u>8.3</u>	8.6→8.5 → <u>8.5</u>	8.4→8.3 →8.4→ 8.3→8.4 →8.3→ 8.4→8.3 →8.2→ <u>8.3</u>	
4分1秒 ↓ 5分		7.9→7.8 →7.7→ 7.8→7.7 →7.8→ 7.7→ <u>7.8</u>	8.8→8.9 →9.0→ 9.1→9.0 →8.9→ 8.8→8.7 →8.6→ <u>8.7</u>	8.3→8.2 →8.1→ 8.0→8.1 →8.0→ 8.1→8.2 →8.3→ 8.2→8.1 → <u>8.0</u>	8.5→8.6 → <u>8.5</u>	8.3→8.4 →8.3→ 8.4→8.3 →8.2→ 8.3→8.2 → <u>8.3</u>	

實驗裝置如圖



實驗<十二>：（震動的強弱）。

結果：1.不同震動強度水中含氧值測試記錄表：（表十六）。

含 氧 值 時間	震動 強度 級	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 分		4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
		↓	↓	↓		↓		↓	↓	↓	↓
		4.0	4.0	3.8		4.3		4.3	4.3	4.3	4.3
2		↓								↓	↓
		3.9	4.0	3.8	4.1	4.3	4.1	4.3	4.3	5.4	6.0
		4.0	3.9	3.6				4.2	5.2	5.6	6.1
3									↓		
		4.0	3.9	3.6	4.1	4.3	4.1	4.2	5.1	5.6	6.1
		↓		↓			↓	↓	↓	↓	
4		4.1		3.4			4.0	4.3	4.8	5.3	
		↓									
		4.2									
5		4.2	3.9	3.4	4.1	4.3	4.0	4.3	4.8	5.3	6.1
		↓			↓	↓		↓	↓		↓
		4.3			4.0	4.2		4.0	4.7		6.0
5		↓									
		4.4									
		↓									
振動後含氧值		4.5	3.9	3.4	4.0	4.2	4.0	4.0	4.7	5.3	6.0
		↓		↓		↓		↓	↓	↓	
		4.5		3.5		4.1		3.9	4.6	5.2	

2.分析（表十六）的實驗記錄，我們發現，震動的確可以使水中的含氧值上升。

3.令人覺得奇怪的是0級的輕微震動，可使含氧值由4.1mg/l上升到4.5mg/l，而1級、2級、3級、5級都呈現一直下降的情形，其中以2級降得最低達3.5mg/l，從這裡來看震動又好像會使含氧值降低。

4.4級、6級、7級、8級、9級都是先上升，後來再下降，以9級的6.1mg/l達到最高值。

問題（六）把不同方式組合會讓含氧值再提高嗎？

實驗<十三>：

結果：1.不同裝置互相組合含氧測試記錄表：（表十七）。

組合型式	最高含氧值	備 註
A. 流動+打氣（第一種）	10.3	
B. 流動+打氣（第二種）	10.5	
C. 流動+打氣（第三種）	10.2	
D. 震動+打氣	9.4	
E. 震動+攪拌	9.8	
F. 流動+攪拌	10.3~10.4	
G. 打氣+攪拌	10.2	若是加上冰水可再上升為 11.0+ 10.1+ 10.0+ 9.6+
H. 打氣+震動+攪拌	9.7	
I. 打氣+流動+攪拌	10.3	用 T 型的攪拌頭，若加上 5℃冰水可升為 11.9

2. 從（表十七）中可發現若是將不同的方式結合都可以達到很高的含氧值，尤其是流動+打氣的第二種方式，可達到10.5mg/l的高含氧值，和大瀑布正下方的含氧值相同。

3. 同樣是流動+打氣型式，但是因為組裝方法稍改就有不同的含氧值，其中第一種打入水中最多的水泡，含氧值為10.3mg/l，而第二種會使水的流速加快，可得10.5mg/l，第三種也稍加快流速，又打水泡入水，卻得到反效果10.2mg/l。

4. 我們發現太多樣混合使用時，不見得會提升含氧量到更高，有時候反而會變差。

六、討論

（一）從實驗<一>中我們發覺到，因為採水樣的地點不同，當時的水處在不同的情況下，如流速不同、靜止及所含雜質多少等因素的影響下，所以含氧值不相同。其中以靠近大片綠藻的池水含最高的含氧值19.1mg/l，其次才是瀑布下急流淺層的10.6mg/l；我們還發現到海水竟然只有2.9mg/l的含氧值，要讓那麼多的海中生物生存，夠嗎？我們想一定因為海太遼闊，海水經常起伏不定，拍打岸邊，一定可以彌補低含氧的缺點。

（二）靜置2天後，雨水的含氧值最低只有1.9-2.1mg/l，海水和中游止水區的水的2.4mg/l是第二低的，上游溪水和山泉水、礦泉水，還是含有較高的含氧值4.0以上。我們認為一定是這三種水中所含的雜質較少，比較乾淨的原故。

（三）從實驗<二>裡，我們發現不同的水質中，含氧值的上限也會有差別，實驗中打氣五分鐘後，淡水部份的礦泉水可達到9.2mg/l是最高值、過濾水可達9.0-9.2mg/l排第二、地下水可到達8.7-8.8mg/l排第三、上游溪水可到達8.5mg/l排第四名。然而海水卻一改原2.9mg/l的低含氧值在1分鐘上升到9.7mg/l，

更在4分鐘內上升到10.1mg/l的高含氧值，而且我們還發現，同樣的氣泡石打氣，海水裡會較綿密，而淡水中會又大又透明，海水在打完氣泡後會有大量氣泡附著在管壁上，而淡水卻不會，這可能是海水能產生高溶氧的原因。

（四）在實驗＜三＞中，我們用相同的自來水，只改變流動的速度，從0-4級因為電力較弱無法轉動抽水機，所以含氧值都在5.0mg/l以下；但是從5-9級就可以很明顯的看出含氧隨著流速的加快而上升。其中更令我們感到奇怪的是8級的含氧值比9級的高0.1mg/l，難道流太快也不好嗎？因此，我們讓9級的多轉了幾分鐘，發現也會上升到10.4mg/l的含氧值。

（五）從（流速與含氧值的關係圖）中，可明白看見9級流速在第一分鐘裡上升的速度最快，雖然在5分鐘時輸給8級流速，但是在8-9分鐘時又以10.4mg/l的含氧值再次勝過8級的10.3mg/l，因此，我們認為流速大小和含氧值是成正比的。

（六）從實驗＜四＞對水深與含氧值關係的研究裡，我們分成兩部份探討：

第一組是固定打氣的位置於筒底，改變探測的水深，這部份我們是從家裡的魚缸聯想而來的，因為打氣的氣泡石一直固定在底下，而魚總是喜歡在一定的深度處停留，可能是在哪兒可以得到最高的氧氣量，經過我們實驗的結果，確實證實在水深20cm-25cm處可有最高的含氧值9.1-9.3mg/l，比水面和筒底都要高出許多。

第二組是1.固定探測的位置，改變打氣的水深，這部份是我們去採水樣時發覺到的，因為溪水上層波濤洶湧，而下層似乎很平靜，而且溪水上下層含氧值有很大的差別。

2.在實驗後我們整理出下面的關係：（表十八）。

打氣深度	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm	35cm	40cm	45cm	50cm
與探測頭之距離	45cm	40cm	35cm	30cm	25cm	20cm	15cm	10cm	5cm	0cm
原含氧值 mg/l	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
5分鐘時的含氧值	3.1	3.3	3.5	3.1	3.2	3.0	3.2	6.7	7.7	10.2
上升或下降	下降	下降	下降	下降	下降	下降	下降	上升	上升	上升

3.我們從關係表中可發現水面在波濤洶湧時，深處的水中含氧量卻在下降，實驗中，打氣點和探深點相差45cm-15cm時都呈現下降的情形，在相差10-0cm時就呈現上升的情形。

（七）在實驗＜五＞水溫對含氧值的影響的實驗中，我們分析了記錄表和關係圖，我們認為水溫影響含氧值很大，在實驗裡我們採取相同的打氣法，想知道不同溫度的水溶氧的上限，40℃的水和0℃的冰水的含氧值相差12.3-5.9=6.4（

mg/l)。影響非常明顯。

(八)在問題(五)裡我們依水和空氣的不同接觸法做了七個實驗，我們發現：

①實驗<六>中的靜置方式無法讓含氧量上升。

②實驗<七>中可證明，風吹拂到的面積越大時，可使含氧值上升較大。

③實驗<八>中每一種攪拌頭都可以增加含氧量，其含氧高低的排名為：

1.  2.  3.  4. 。但是在實驗<十三>裡面，把打氣+攪拌後，排名就不同了，4.  3.  1.  2. ，我們仔細觀察後發現，原來第一的1.  會把氣泡快速打到水面，而原來最差的4.  卻可以將氣泡石中跑出來的水泡切碎再打在水中，因此反敗為勝。

④實驗<九>中我們發現相同面積的排氣孔，八個會比單一個好；又氣孔的數目是越多越好，150孔>120孔>90孔>60孔>30孔。

⑤實驗<十>中我們明白了，將水噴向空氣中和水中打氣孔較多，較好似乎不相同。同樣的出水量，孔太多了，力道就會減弱，如 ；將水集中成一大孔也不好，如  粗水柱，還是  細水柱式較能把空氣帶入水中產生最高的含氧值。

⑥實驗<十一>裡的水車真好玩，葉片多的會使含氧值上升較高，但是葉片多，阻力也大，重量也比較重，使馬達運轉不快，因此二片輪葉的水車輪轉又快又順，而產生最高的含氧值9.1mg/l，第二高的是4片的水車輪。一定是偶數輪葉比較能達到平衡的原因吧！

⑦在實驗<十二>中我們發現，0級極輕微的震動會使含氧值持續上升，而1、2、3、5級會使含氧值一直下降，6級是先上升後下降，7、8、9級的震動就能產生較高的含氧值，而且也是持續上升。

(九)在問題(五)裡的七種水和空氣的接觸方式，以攪拌和水車打水能達到最高的含氧值，9.1mg/l，第二高的是攪拌方式，第三高是打氣入水方式，若打氣孔數能再增加也是一種很好的提升含氧值的方法。

(十)在問題(六)之前我們一共做了十二個實驗，其中以打氣法在深度的實驗中曾出現過10.2mg/l的高含氧值，以及流速的8、9級流速測試中也曾出現10.2mg/l的含氧值，因此，我們將這兩種方法和問題(五)中的攪拌和震動配合，結果我們發現：

①流動+打氣的第二種，可達到10.5mg/l最高。

②流動+攪拌可達到10.3-10.4mg/l第二。

- | | | |
|------------|---|----------------|
| ③流動+打氣的第一種 |] | 可達到10.3mg/l第三。 |
| 流動+打氣+攪拌 | | |
| ④流動+打氣的第三種 |] | 可達到10.2mg/l第四。 |
| 打氣+攪拌 | | |

以上6種組合方式可達到比前面更好的含氧量。

(十一) 此外我們也察覺到只要和震動結合的方式都無法達到10.0mg/l，似乎震動會干擾含氧值的再上升，只要將震動器關掉含氧值就會再上升。

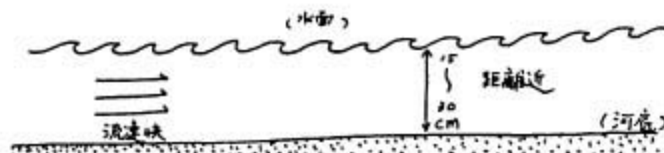
七、結論

1. 我們確定可以利用探測含氧值上限的方法，來分辨淡水水質的乾淨度，水中雜質越少的，就可溶入越高的氧氣量。

2. 書上都說海水的含氧值較低，可能是用靜置後所測得的值，我們用打氣入水的方式證明發現，海水雖然沒有淡水純淨，但是因為會產生較綿密而且具有強烈附著性氣泡，所以能達到的含氧上限也不輸給淡水。

3. 我們也因為這次的實驗，了解了生活周遭所接觸到的各種水裡面真的含氧值都不同，要達到能讓魚活會的最低含氧值5mg/l，大部份的水都需要借助外力不停的作動，才能持續保持水中的氧氣量足夠給魚使用，野外的水塘，沒有人打氣入水中，也沒有水的流動，卻也能讓魚兒活躍，原來是一陣一陣的風吹過水面，就能使含氧值上升，況且，水塘面積比我們的實驗水盆大多了，風勢也更強，一定能產生更高的含氧值。

4. 從實驗<三>、實驗<四>、實驗<五>中，可證明為什麼夏日水溫上升，在含氧量降低之後，魚大部份會游到急流的淺層處停留，因為在那裡，流速快、水花激盪處和河底較接近，因此可使水中含氧值持續保持高濃度。我們還發現當水面激烈翻騰時，深處水中的含氧量不上升，反而因為水的震動而使含氧值下降的現象。



5. 瀑布下沖的水流將大量的氣泡打入水中，就像我們實驗中的打氣入水加上將水噴向空氣中，因為水勢豐沛使大地震撼，就像震動器，大小急流就像流速器，漩渦就像攪拌，又加上風的吹拂，因此，大自然就像我們實驗<十三>的做法

一樣，將各種方法作用在水裡，使含氧量達到高濃度，可以養育大量的水中生物。

6. 我們的想法也可運用在養殖業，利用各種提高氧氣量的方法，互相搭配使用，可在小空間養殖高密度、高價值的水產。

八、參考資料

1. 走向大自然—河流（一）P.45~P.49。
河流（二）P.121~P.123。
2. 牛頓雜誌1986年37期—草蝦養殖P.102~P.115。
3. 最新船釣指南（上輯）—P.33~P.34。
5. 魚水之歡樂悠游—美藝學苑社P.34~P.38。
6. 草魚鱔魚飼養法—栗倉輝彥、中村一雄合著。

評語

本作品從水的流速，水溫，震動，空氣與水的接觸方式（空氣進水時的面積形狀）攪拌方式等各種因素探討其含氧量的大小。取材活潑。影響含氧量的因素考慮周詳。數據之處理也合乎科學方法。結果也具有實用性（養殖）。但其結果之處理除含氧量之量測外各種溶氧機制較欠量化的處理，這些因素均有可以探討與發展之空間。

