

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 化學科

050210

池塘的秘密—水體的有氧運動—水中溶氧量與
奈米氣泡研究

學校名稱：桃園市立武陵高級中等學校

作者： 高一 薛晏閔 高一 車昱儒 高一 江宗穎	指導老師： 張明娟
---	------------------

關鍵詞：溶氧量、奈米氣泡

摘要

本研究旨在探討埤塘水質的含氧量，其是否超出定溫下的飽和溶氧量，觀察各個不同的水域溶氧量的差別，可大致看出該水域的生態形式。藉由模擬埤塘水，來避免一般水質的其他物質影響測定，我們推測埤塘裡的藻類是以奈米氣泡的形式來釋放過多的氧氣，使其達到過飽和，因此我們以超音波震盪產生奈米氣泡，改變不同的作用時間。發現當溶氧量到一定的程度以上，再繼續通入氧氣並震動所溶入的氧氣含量不會再顯著上升，而是在一定的區間內上下停滯，即奈米氣泡溶液達到該溫度下，最大的奈米氣泡含量，模擬結果顯示，若埤塘並沒有流動，是可以產生奈米氣泡來增加其氧氣含量，與後來進行的實地測試相符。而水中生產者越多，水體較為靜止，可測出較高含氧量。

壹、研究動機

在一次溶氧量試驗中，我們發現我們學校的生態池竟然超過了理論值含氧量，而又有一些水體，水中溶氧量十分不足，埤塘裡若有魚隻，則正常情況溶氧量需在 5ppm 以上，魚隻才能健康生存，若夏季水溫過高，則容易缺氧而死，也容易造成水質變差，導致水體敗壞。所以我們想要更進一步的了解氧氣為什麼會超過理論值，而過量溶解的氧又是以什麼樣的形式溶解於溶液的，而形成又或者保存的條件又有可能是什麼。因此我們設計了實驗，並檢驗更多不同的水體來驗證我們的想法。

貳、研究目的

- 一、 探討氧氣水溶液溶解度超過理論值的可能原因。
- 二、 探討超過溶解度的氧氣在溶液中的存在形式。
- 三、 探討奈米氧氣泡濃度與輸入時間不同的關聯。
- 四、 探討奈米氧氣泡在水溶液中的上限濃度。
- 五、 探討水體保留過量溶氧的可能條件。
- 六、 探討不同水域氧氣含量的高低並推測其可能原因。
- 七、 模擬奈米氣泡溶液應用在補充水體氧氣的作用持續時間。

參、研究器材與藥品

表一:藥品一覽表

藥品化學式	中文名稱	溶液量	溶質量	莫耳濃度
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	硫代硫酸鈉	1000ml	2.50g	0.01M
H_2SO_4	硫酸	過量	過量	*
KI	碘化鉀	100ml	15.00g	0.90M
NaN_3	疊氮化鈉	100ml	1.00g	0.13M
MnSO_4	硫酸亞錳	100ml	36.40g	2.15M
NaOH	氫氧化鈉	100ml	50.00g	42.50M
$(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	硫酸亞鐵銨	500ml	3.93g	0.02M
KMnO_4	過錳酸鉀	500ml	2.50g	0.01M

表二:器材一覽表

項目	用途
超音波震盪儀	震動溶液幫助產生奈米氣泡
氧氣筒	輸入氧氣作為奈米氧的來源
滴定管	滴定及標定目標溶液
容量瓶	配置溶液
微量滴管	裝入氧氣筒控制氧氣之流量
溶氧量檢測計	直接測量水體所含的溶氧量
BOD 瓶	裝入待測水體防止氣體進入

20ml 樣品瓶	裝入含有奈米氣泡水樣並加入部分試劑
碼錶	測量奈米氣泡輸入時間
電子秤	秤取溶質
鐵架	放置滴定管
錐形瓶	放入待滴定溶液
磁石攪拌器	攪拌幫助配置溶液
恆溫槽	固定環境溫度
筆型超音波震盪器	幫助產生奈米氣泡(配合恆溫槽使用)
日光模擬箱	模擬日光照射的環境



圖一:BOD 瓶



圖二:超音波震盪器



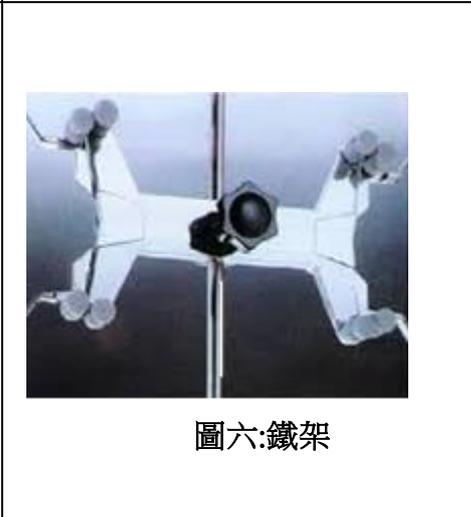
圖三:碼表



圖四:
溶氧量檢測計



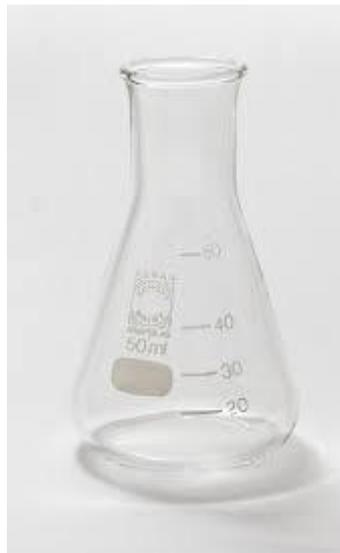
圖五:
容量瓶



圖六:鐵架



圖七:電子秤



圖八:錐形瓶



圖九:磁石攪拌器



圖十:恆溫槽



圖十一:筆型超音波震盪器



圖十二:日光模擬箱

肆、研究過程及方法

[實驗一:奈米氣泡處理之水體的氧氣濃度滴定]

一、配置溶液

1. 為確保反應幾乎完全進行， H_2SO_4 、 KI 、 NaN_3 、 NaOH 、 MnSO_4 均需過量，而 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 用於滴定，故濃度必須十分準確才能減少誤差。
2. KI 、 NaN_3 、 NaOH 配成同一瓶(鹼性碘化物溶液)。
3. 用 $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ 標定 KMnO_4 ，再用確定濃度的 KMnO_4 來標定 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ，如此才能確定 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$ 的準確濃度。
4. 本次實驗流程定溫於攝氏 21 度。

二、輸入奈米氣泡

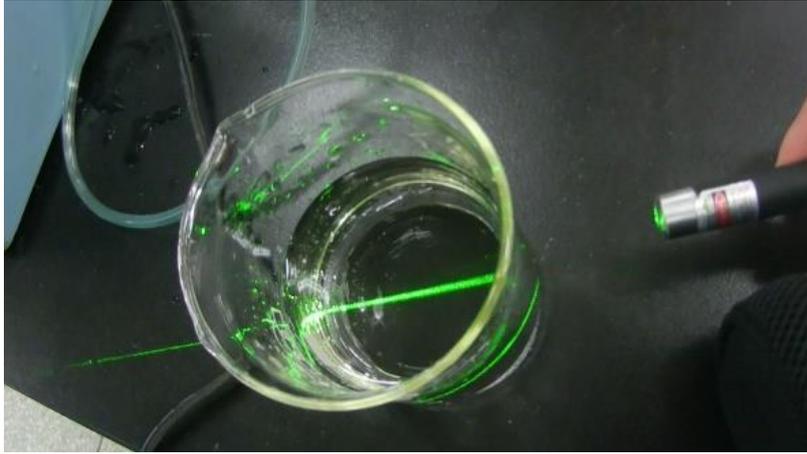
1. 將蒸餾水 200ml 倒入燒杯，將燒杯置入超音波震盪器，氧氣筒接頭接上微量滴管尖頭，旋開氧氣筒開關至固定流量。
2. 將微量滴管尖頭插入燒杯中，蓋上錶玻璃，同時開啟超音波震盪器，並按下碼錶等待五分鐘
3. 五分鐘後取樣品 15ml 三瓶並換水進行下一次實驗
4. 重複以上動作完成 10 分鐘、15 分鐘、20 分鐘、25 分鐘、30 分鐘的取樣過程。
5. 以雷射光照射奈米氣泡溶液檢測是否有廷得耳效應。



圖十三: 奈米氣泡輸入裝置



圖十四: 確認氧氣流量維持定值



圖十五:觀察廷得耳效應

三、檢測溶氧量

1. 取出 15ml 經奈米氣泡處理的水，先加入 $\text{MnSO}_4(\text{aq})$ 及鹼性碘化物溶液，盡量不觸及空氣下使其反應均勻，然後靜置使黃褐色沉澱物沉降置杯底。
2. 加入 $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 溶解沉澱物使該溶液變澄清黃褐色溶液。
3. 倒入錐形瓶並在滴定管中加入 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$ ，開始滴定使溶液自深黃褐色轉至淡黃色。
4. 加入一點點澱粉液，使其自淡黃色轉為藍黑色。
5. 繼續滴定直到藍黑色轉為無色。



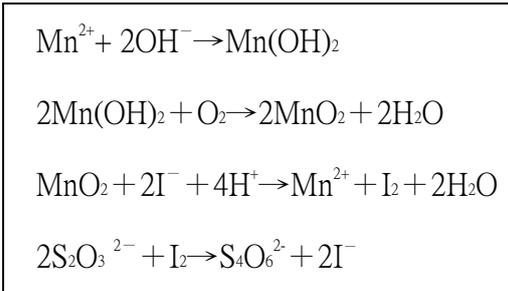
圖十六:滴入藥品待其沉澱



圖十七:滴定過程圖

四、實驗考量與反應式

1. 亞硝酸鹽會氧化溶氧測定過程中所加入的碘離子，生成碘與二氧化氮，而二氧化氮再與空氣中的氧作用生成亞硝酸鹽，此循環性干擾可在原有試劑中加入疊氮化鈉與亞硝酸鹽反應而去除。
2. 採用蒸餾水可避免水中其他雜質，造成水中含氧量測定的誤差。
3. 實驗反應式



(1)由上面可知：一莫耳氧分子消耗四莫耳硫代硫酸鈉，硫代硫酸鈉濃度為 0.01M。

若氧含量為 X ppm (且硫代硫酸鈉溶液濃度 0.01M)

則氧的分子數為 $(X \cdot V(\text{水體})) / 32000 : V(\text{滴定量}) \cdot 0.01(\text{M}) = 1:4$

$X = 80 \cdot V(\text{滴定}) / V(\text{水體})$

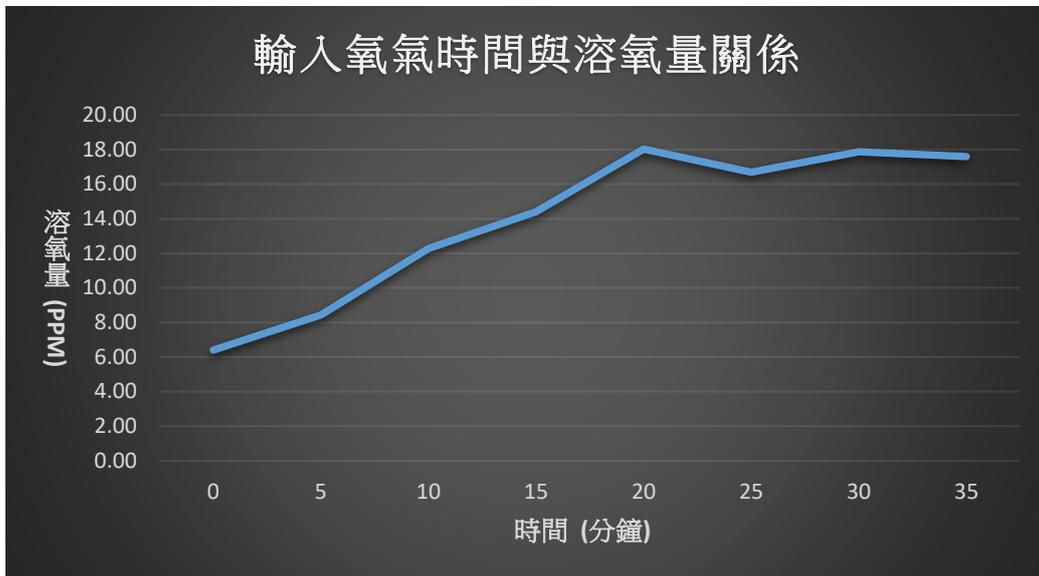
(2)實驗結果數據

表三:實驗數據整理

時間 數據	0 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	35 分鐘
Na ₂ S ₂ O ₃ 平均用量	1.20ml	1.58ml	2.30ml	2.70ml	3.38ml	3.13ml	3.35ml	3.30ml
V(滴定)/ V(水體)	0.080	0.105	0.153	0.180	0.225	0.209	0.223	0.220
O ₂ ppm	6.400	8.427	12.267	14.400	18.027	16.693	17.867	17.600

4. 走勢圖

本資料相關係數 : 0.918278



5. 特定溫度下的飽和溶氧量

表四；溫度對飽和溶氧量參照

溫度	19°C	20°C	21°C	22°C	23°C
溶解度 ppm	9.01	8.84	8.68	8.53	8.38

所以大約經過 5 分鐘就達飽和，而超過部分就以奈米氣泡形式釋放，當奈米氣泡達到某一程度就差不多不會再增加溶氧量。

6. 驗證溶氧量趨勢

之後改以溶氧量檢測計測試一般水體，避免水中化學物質影響滴定準確度，故先以模擬水體確認兩方式得出的數據增長是否為一致。

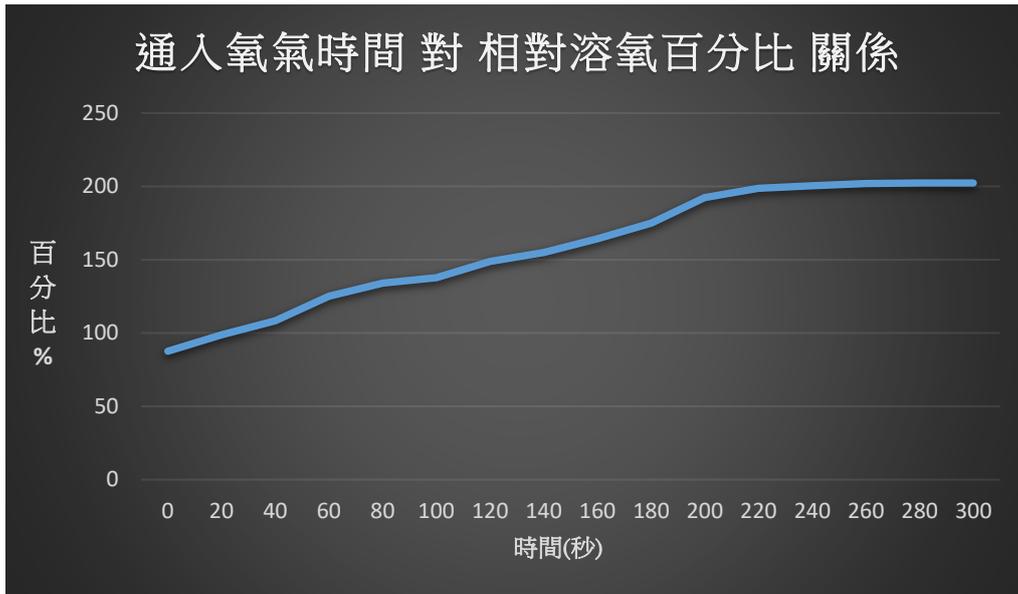


圖十八:每分鐘溶氧量測量圖

以溶氧檢測計檢驗，發現氧氣也會隨著供氧時間增加而增加，與滴定實驗的趨勢相同，因為檢測計最多只能測量至 18ppm，在大約 6 分鐘時，便到達極限值，與前次測試不同的是，採用不同流量輸出的氧氣筒，因此數值會有所不同。

在下面的統計圖中，我們希望修正超音波震盪造成溫度變化，所對溶氧量的影響，並能更直觀的看出在特定通氧時間下所測得溶氧量數據，其相對飽和溶氧量的關係，因此我們定義相對溶氧比率為：溶氧量(ppm)/在測定時溫度所對應的飽和溶氧量(ppm)。

本資料相關係數 : 0.987308



[實驗二:不同溫度下的奈米氣泡溶液 溶氧量隨靜置時間下降之關係]

一、實驗步驟

1.溶液配置

在恆溫槽中加入適量的水，設定至要進行實驗的環境溫度，並取一 1000mL 大燒杯加入 500mL 蒸餾水後置入恆溫槽水中，待內外溫度平衡後，進行 2 分鐘的奈米氣泡處理(配合恆溫槽使用筆型之超音波震盪器放入水樣中，並穩定通入氧氣)

2.測量溶氧量：

將奈米氣泡溶液取出再加入 500mL 蒸餾水(過飽和溶氧溶液加入自然水體)，靜置於恆溫槽中並開始計時，每 30 分鐘測量一次溶氧量並記錄。



圖二十六、二十七:恆溫槽及超音波震盪器配置

二、實驗結果

1.數據

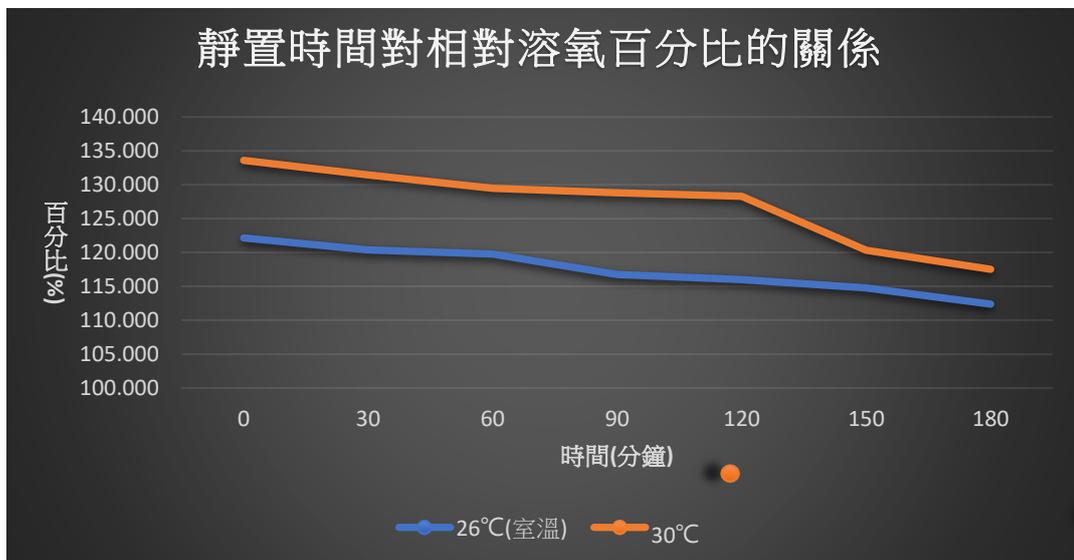
表五:定溫靜置溶氧量下降結果數據

溫度 \ 時間		未加入	0min	30min	60min	90min	120min	150min	180min
26°C (室溫)	溶氧量 (ppm)	11.58	9.76	9.62	9.57	9.33	9.27	9.17	8.98
	相對溶氧比率(%)	144.931	122.153	120.401	119.775	116.771	116.020	114.768	112.390
30°C	溶氧量 (ppm)	11.87	10.06	9.90	9.75	9.70	9.66	9.06	8.85
	相對溶氧比率(%)	157.636	133.599	131.474	129.482	128.818	128.287	120.319	117.530

2.資料分析

由於經過分別的 2 分鐘奈米氣泡處理，有造成初始溶氧量的落差，所以我們將數據依各自初始溶氧量為基準進行歸一化，用百分比呈現圖表、比較趨勢。

本資料相關係數：室溫 -0.990079073
30度 -0.937511303
本資料斜率：室溫-0.052744502
30度-0.085372795



3 由圖可知，高溫下奈米氣泡較容易散失，斜率的絕對值略較室溫大，但還是能維持長時間過飽和狀態。

[實驗三：模擬水域中水草光合作用供氧對水中溶氧量的影響]

一、模擬箱設置

為驗證植物光合作用可以造成水體的溶氧量超過飽和溶氧量，我們從生態池取等量的水至燒杯中，在其中一個燒杯放入池中取出的一株水草，一起放至塑膠盒以傳統燈泡照光以模擬日光，並在每照光 5 分鐘時紀錄溶氧量。



圖二十三～二十五：設備、測量示意圖

二、實驗結果

1.數據

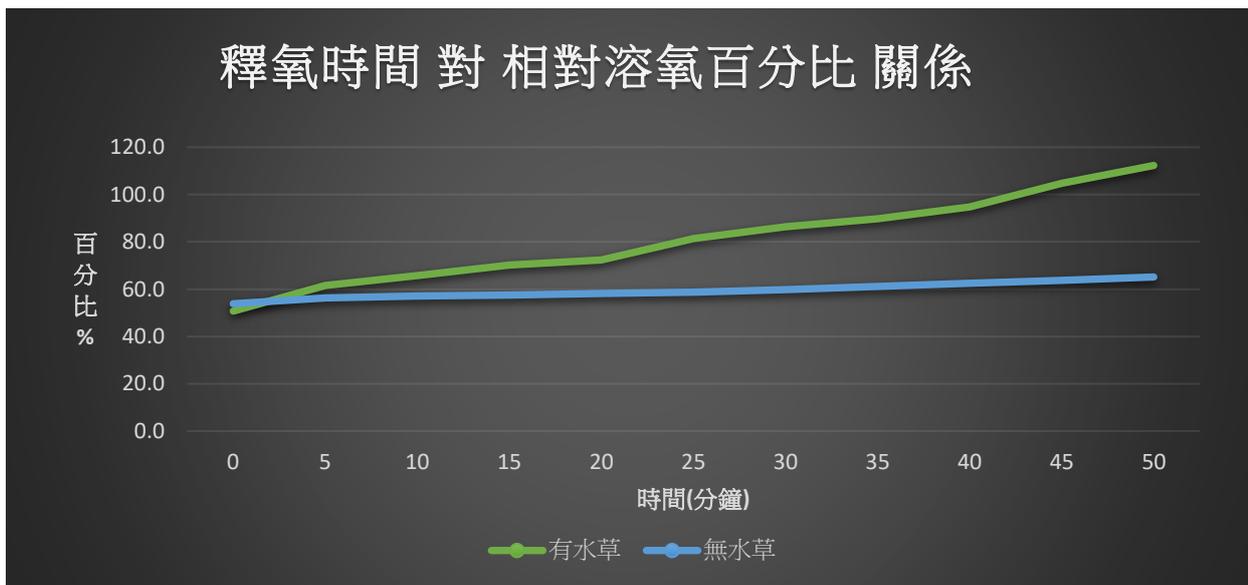
表六:燈泡模擬日光實驗結果數據

時間		0min	5min	10min	15min	20min	25min	30min	35min	40min	45min	50min
水草	溶氧量 (ppm)	4.23	5.09	5.36	5.68	5.84	6.54	6.88	7.17	7.56	8.31	8.84
	溫度 (°C)	23.3	23.9	24.7	25.2	25.3	25.6	25.8	26.0	26.1	26.4	26.9
	相對溶氧比率 (%)	50.7	61.6	65.8	70.2	72.3	81.4	86.4	89.7	94.8	104.7	112.3
無	溶氧量 (ppm)	4.54	4.64	4.67	4.68	4.70	4.72	4.77	4.85	4.94	5.01	5.12
	溫度 (°C)	23.4	24.0	24.5	24.8	25.3	25.6	26.1	26.4	26.7	27.0	27.0
	相對溶氧比率 (%)	53.8	56.2	57.1	57.5	58.2	58.7	59.8	61.1	62.5	63.7	65.1

2.資料分析

由於傳統燈泡的發熱會造成溫度變化(過程大致自 23 至 27°C)，我們再次採用相對溶氧比率進行作圖，以消除不同溫度下的影響。(實驗在早上進行，水草尚未大量進行光合作用，所以初始溶氧量偏低)

3.本資料相關係數：有水草:0.986811
無水草:0.991996



3.我們發現在光照充足的情況下，有水草(較多生產者)的水體之溶氧量增加幅度明顯較大，並且可以穩定的提供氧氣源，隨光照時間增加，持續增加溶氧直到超過飽和。

[實驗四: 埤塘水域含氧量檢測]

一、水體採樣

挑選水域:生態埤塘、稻田、流動生態池、靜止生態池

利用 BOD 瓶採取水樣，取適量至小燒杯中

二、檢測溶氧量

1.數據

表七:實地取樣水體與所測得結果

	生態埤塘	稻米水田	流動生態池	靜止生態池
編號	65	66	64	61
含氧量(ppm)	8.65	6.52	8.9	9.51
溫度(°C)	23.0	21.8	21.4	19.9
飽和溶氧量 (ppm)	8.38	8.56	8.62	8.86
相對溶氧百分比(%)	103.22	76.17	103.25	107.34

2.周遭環境比對



圖十九:61 靜止生態池



圖二十:64 流動生態池



圖二十二:66 稻田



圖二十一:65 生態埤塘

3.含氧量大小結果：靜止生態池 > 流動生態池 > 生態埤塘 > 稻米水田

伍、討論

1.在實驗一當中，水溶液超過飽和溶氧量又能觀測到廷得耳效應，可能是因為氧氣可以在過量溶解之後，形成奈米氧氣泡的膠體溶液。而此溶液濃度與氧氣供給時間呈正相關，但在20~30分鐘後達其上限。

2.由前面的實驗得知，過量溶解的氧氣是以奈米氣泡的形式存在於溶液中，而我們推測其不太穩定，所以水體較為平靜，無太大擾動，才比較有可能保留過量溶氧。將實驗二檢測結果中的靜止與流動生態池相比較，雖然環境大致相同，但可能因為前者水體較為靜止，不容易因流動而散失，使得過量氧氣可以奈米氣泡形式存在，因此會有較多溶氧，甚至超過理論飽和溶氧量。

3.對應靜止生態池，雖然稻米水田的水體也為靜止，但是因為該水域如水草、藻類等生產者較其他三者少出太多，而且水中的小生物可能也會耗氧，如我們在採集瓶中觀測到水蚤，推測其也為使溶氧降低的原因之一。生態池的含氧量較高，是因為該水域生產者較生態埤塘與稻米水田多出許多，行光合作用釋放出來的氧氣多寡，與水中生物的耗氧量等因素，推測將最直接影響到水體的溶氧量。

4.由實驗三，我們發現在原水體中加入水草，再給予適當光源，便可以在一段時間內相對於缺乏生產者的水體，有明顯較高的溶氧量增加率，甚至超過飽和溶氧量，因此我們認為植物進行光合作用，的確能在過飽和的時候，以奈米氣泡形式釋氧。

5.我們常見的埤塘或河川優養化，是因為養分過多且水體不流動導致表層藻類大量繁殖，遮蔽了陽光而導致底下藻類缺光而死，而分解藻類遺體的過程又造成水體缺氧，進而循環惡化水質，若能妥善利用奈米氣泡，根據我們在室溫衰減及模擬夏季三十度的衰減，養殖業者確實可以通入含奈米氣泡的水體，儘管高溫下奈米氣泡較不易保存，但還是能維持過飽和狀態，則可在避免干擾生態的情形下，幫助水體得到足夠的氧氣。

6.對魚塢而言，因為需要大規模養殖，因為單位面積的魚隻太多，且缺乏足夠的生產者，往往造成含氧量不足，現今多利用水車，不過由於水車會受深度或是溫度影響，且效率會隨濃度增高而降低，這項技術則能用來增加奈米氣泡在水中的含量，使水體保持在 5ppm 以上，因此若於魚塢利用奈米氣泡技術增加溶氧量，則可得到較高的成效。

陸、結論

由奈米氣泡水體模擬實驗結果顯示，利用奈米氣泡技術，能增加一定程度的溶氧量，而過飽和溶氧的膠體溶液狀態由於本身較不穩定，因此溶氧量會隨著時間而衰減，且水體在高溫下衰減速率較高。再加上光合作用模擬實驗與實際採樣的檢測結果，我們認為埤塘等自然水體所產生超過飽和溶氧量的現象，即是因為藻類在飽和溶氧水體中進行光合作用時，以奈米氧氣泡的形式釋出了過多的氧氣，而這項技術有助於解決許多水質缺氧問題。

柒、參考資料

- 行政院環境保護署(民 107)。水中溶氧檢測方法－碘定量法。檢自
<https://www.epa.gov.tw/DisplayFile.aspx?FileID=6A0B4A4B7A6C984E>
- 陳義雄、曾晴賢、邵廣昭(民 98)。台灣地區淡水域湖泊、野塘資源現況調查及保育研究規劃。行政院農業委員會林務局委託研究報告，未出版。檢自
https://www.google.com/url?client=internal-element-cse&cx=014513258606011991413:xna3owilyti&q=https://www.forest.gov.tw/File.aspx%3Ffno%3D18689&sa=U&ved=2ahUKEwiAs7b196XvAhWVLqYKHTp0DIwQFjADegQICBAB&usg=AOvVaw1GgMVAOS2hfjh1D8D_1MLE
- 行政院環境保護署(民 100)。水中生化需氧量檢測方法。檢自
<https://www.epa.gov.tw/nica/1DE7C315036837B8>
- 農業科技決策資訊平台，奈米氣泡技術改善農漁用水的水質(2021)。檢自
<https://agritech-foresight.atri.org.tw/article/contents/3415>
- 杜金蓮、王姿文、曾福生(2016)。養殖魚塭溶氧與氣候變動之關係。水試傳訊，第 56 期。檢自
<https://ws.tfrin.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9VcGxvYWQvT2xkRmlsZS9wdWJsaWMvZGF0YS82MTIyNzg0MzUwNzEucGRm&n=MTDlsIjogIowNTbpbprIrmrbprZrloa3murbmsKfoiIfmsKPlgJnoro rli5XkuYvpl5zkv4It5Lul5Y2X6YOo5ZCz6Yot6a2a6aSK5q6W5rGg54K65L6LLnBkZg%3D%3D>
- 楊承勸、王昱淇、許瀚元(民 107)。奈米氣泡水溶液導電度的測量與應用。檢自
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-2/2018/pdf/TISF2018-160030.pdf>

【評語】 050210

本科展作品以超音波震盪產生奈米氣泡，改變不同的作用時間。發現當溶氧量到一定的程度以上，再繼續通入氧氣並震動所溶入的氧氣含量不會再顯著上升，而是在一定的區間內上下停滯，即奈米氣泡溶液達到該溫度下，最大的奈米氣泡含量，模擬結果顯示，若埤塘並沒有流動，是可以產生奈米氣泡來增加其氧氣含量，與後來進行的實地測試相符。而水中生產者越多，水體較為靜止，可測出較高含氧量。優點是能解釋氧氣水溶液溶解度超過理論值，可能是因為以奈米氧氣泡存在，並探討奈米氧氣泡在水溶液中的上限濃度，及探討水體保留過量溶氧的可能條件。最後模擬奈米氣泡溶液應用在補充水體氧氣的作用持續時間。研究完整。

缺點

1. 過量溶解的氧氣是以奈米氣泡的形式存在於溶液中，如何得知其為奈米？
2. 在高溫下為何溶氧量比較高？這個圖應該有適當的分析看是否是看百分比的關係。
3. 和優氧化相反？優氧化指的是水體中氮磷營養物聚集，引起藻類及浮游生物繁殖，使水體溶解氧含量下降。但實驗結果發現靜止生態池含氧量比流動生態池高。為何？

4. 研究方法可以更精進(標準電極法輔助說明更佳)。
5. 取樣或模擬條件注意參數條件(如日光照度)。
6. 廷得耳效應是指當一束光線通過膠體，可以顯現光徑。好像和溶氧量無關。

作品簡報

池塘的祕密 水體的有氧運動

● 水中溶氧量與奈米氣泡研究 ●

大綱

01

研究動機與目的

02

研究步驟與方法

實驗1~4
過程文字敘述

03

研究結果

實驗1~4
數據圖表、裝置示意圖

04

討論

實驗1~4
資料分析、延伸說明

05

結論

06

參考資料

研究動機與目的



溶氧試劑測定學校生態池水有超過理論含氧量的現象。

過量溶解的氧氣可能是奈米氧氣泡形式保存在水中?!

設計模擬與實際之水體檢測的實驗進行驗證。

目的：

氧氣水溶液溶解度超過理論值的原因

超過溶解度的氧氣在溶液中的存在形式

奈米氧氣泡溶液濃度隨輸入時間的關係與其上限濃度

水體保留過量溶氧的可能條件(如環境因子等)

模擬奈米氣泡溶液應用在補充水體氧氣時的作用持續時間

研究步驟與方法



製作奈米氧氣溶液並
滴定、繪製輸入時間
及氧氣濃度關係圖



以雷射光照射經奈
米氣泡處理的水，
有廷得耳效應確認
為奈米溶液



以溶氧量檢測計再
繪製走勢圖並與
前圖比較趨勢

研究步驟與方法



放入日光模擬箱
觀察溶氧量並比較
其隨著時間的
含氧量變化



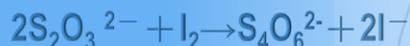
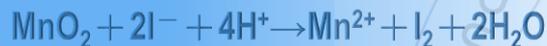
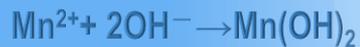
以恆溫槽定溫了解
米氣泡溶液與靜置
時的溶氧量走勢



實地到戶外水體
取樣並綜合以上
變因討論

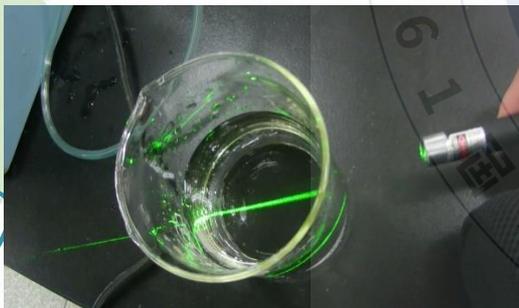


實驗一、奈米氧氣泡溶氧量測定結果



由反應式及所標定的硫代硫酸鈉
溶液濃度可得

$$\rightarrow X(\text{ppm}) = 80 * V(\text{滴定}) / V(\text{水體})$$



奈米氧氣泡溶液的
廷得耳效應

輸入氧氣時間與溶氧量關係



← 滴定法、碘定量

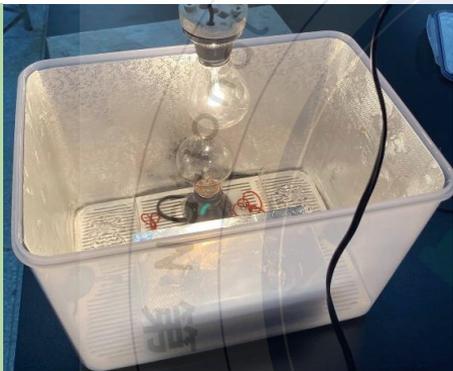
通入氧氣時間 對 相對溶氧百分比關係



← 溶氧檢測計法

實驗二、水草光合作用供氧 對水中溶氧量的變化 測定結果

→
模擬箱



←
測量示意圖

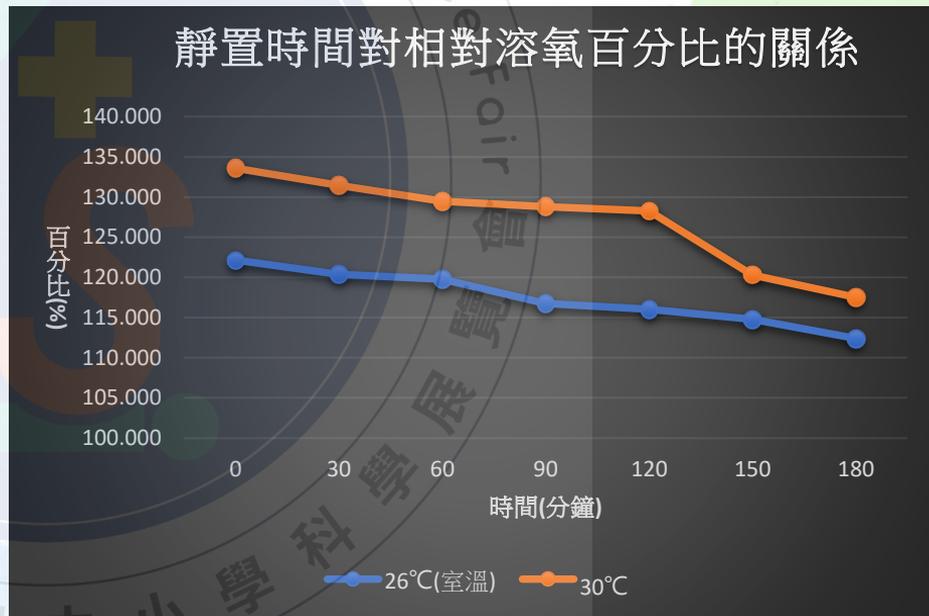
釋氧時間 對 相對溶氧百分比 關係



實驗三、不同溫度下 奈米氣泡溶液 溶氧量隨靜置時間下降 測定結果



恆溫奈米氧氣泡溶液製備
然後在槽內靜置計時



實驗四、水域實際檢測結果

定義相對溶氧比率：

溶氧量(ppm)/測定時溫度所對應的飽和溶氧量(ppm)
*100%

	生態埤塘	稻米水田	流動生態池	靜止生態池
編號	65	66	64	61
含氧量 (ppm)	8.65	6.52	8.9	9.51
溫度(°C)	23.0	21.8	21.4	19.9
飽和溶氧量 (ppm)	8.38	8.56	8.62	8.86
相對溶氧比 (%)	103.22	76.17	64	107.34



↑生態埤塘



↑流動生態池

↓靜止生態池



↓稻米水田



討論

- 在實驗1中，我們推論氧氣可以在過量溶解之後，形成奈米氧氣泡的膠體溶液。而且奈米氣泡技術能提供穩定充足的溶氧量，可能可以運用在優養化水域或魚塢的水質改善，根據實驗2的不同溫溶氧量衰減結果，較高溫的水域衰減較快，但仍能有效維持住足夠的溶氧量。
- 在實驗3中，我們發現在一段時間內含有較多生產者的水體，有明顯相對較高的溶氧量增加率，甚至能超過飽和溶氧量，因此我們認為當植物行光合作用作為供氧源時，的確能在過飽和的時候以奈米氣泡形式釋氧。
- 比較實驗1、3、4的結果，我們推測是因為靜止生態池的藻類等生產者較多，而且較無強烈流動的靜止環境可能幫助了奈米氣泡的保留，而造成相對其他水域環境有較高的溶氧。

結論

- 綜合以上實驗結果顯示，利用奈米氣泡技術，能增加一定程度的溶氧量，若生產者在水中行光合作用，氧氣可以在超過飽和的狀態以奈米氧氣泡形式保留在水中。
- 根據奈米氧氣泡處理的水體模擬實驗數據與實際採樣的檢測結果，我們大膽推測埤塘等自然水體所產生超過飽和溶氧量的現象，是因為藻類在飽和溶氧水體中進行光合作用時，會以奈米氧氣泡的形式釋出過多的氧氣。

參考資料

- 行政院環境保護署(民 107)。水中溶氧檢測方法－碘定量法。檢自 <https://www.epa.gov.tw/DisplayFile.aspx?FileID=6A0B4A4B7A6C984E>
- 陳義雄、曾晴賢、邵廣昭(民 98)。台灣地區淡水域湖泊、野塘資源現況調查及保育研究規劃。行政院農業委員會林務局委託研究報告，未出版。檢自 https://www.google.com/url?client=internal-elementcse&cx=014513258606011991413:xna3owilyti&q=https://www.forest.gov.tw/File.aspx%3Ffno%3D18689&sa=U&ved=2ahUKEwiAs7b196XvAhWVLqYKHTp0DIwQFjADegQICBAB&usg=A0vVaw1G_gMVaOS2hfjh1D8D_1MLE
- 行政院環境保護署(民 100)。水中生化需氧量檢測方法。檢自 <https://www.epa.gov.tw/niea/1DE7C315036837B8>
- 農業科技決策資訊平台，奈米氣泡技術改善農漁用水的水質(2021)。檢自 <https://agritech-foresight.atri.org.tw/article/contents/3415>
- 杜金蓮、王姿文、曾福生(2016)。養殖魚塢溶氧與氣候變動之關係。水試傳訊，第 56 期。檢自 <https://ws.tfrin.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9VcGxvYWQvT2xkRmlsZS9wdWJsaWMvZGF0YS82MTIyNzg0MzUwNzEucGRm&n=MTD1sIjoqIowNTbppIrmrpbprZrloa3murbmsKfoiIfmsKP1gJnoro rli5XkuYvpl5zkv4It5Lul5Y2X6Y0o5ZCz6Y0t6a2a6aSK5q6W5rGg54K65L6LLnBkZg%3D%3D>
- 楊承叡、王昱淇、許瀚元(民 107)。奈米氣泡水溶液導電度的測量與應用。檢自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-2/2018/pdf/TISF2018-160030.pdf>