

## 【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

題目名稱：減齡/磷水:海洋死區救命管

### 一、摘要：

本研究探討的主題是以不同的材料做出自製濾水器來過濾出氮、磷含量較少的減磷水。而其中材料的選擇包含了生物方面(例如:貝殼、蛋殼)及化學方面(例如:明礬、活性炭)來做為自製濾水器的內部材料。

本研究包含了三部分，第一部分為找出適合的廢水來源，以作為後續實驗的基底。第二部分則是找出對於除氮、磷有作用的可能濾材。第三部分則是實驗各種濾材的組合，以找出最好的濾水器組合。

### 二、探究題目與動機

死區主要分布在北美、歐洲、中日韓沿海等地區，且有快速增加的趨勢，而造成死區的原因中，含有高磷的家庭廢水成為主要元兇。死區會造成海洋缺氧，魚類大量死亡，因為氮、磷會造成死區，所以我們希望製造出除去氮、磷的過濾器，完成減磷水，進而減少死區的產生。



#### 現況

死區是水中溶氧低於2(mg/L)的區域,而人類造成的優養化可能加速死區的形成



#### 理念

如果自污染源減少氮、磷的排放,就能減少死區的形成



#### 行動

開發簡易除磷過濾器

圖一：研究動機

### 三、探究目的與假設

研究目的：

- 1.找出減少海洋死區生成或擴張的方法。
- 2.設計簡易過濾器並達到 30%的除磷效果。
- 3.簡易過濾器的成本低廉可用於一般家庭。
- 4.研究不同濾材的除磷效果。

假設：

- 1.碳酸鈣和明礬能去除水中的磷。
- 2.化學濾材的除磷效果會比生物濾材好。

#### 四、探究方法與驗證步驟

##### 1.資料收集與分析

###### (1)死區的定義和分布範圍

我們發現海洋死區是因為微生物大量分解水中有機物質，導致水中大量缺氧低於 2mg/L，而優養化可以說是死區的「前奏」。死區的分布範圍大多在已開發與開發中國家的沿海地區，如北美、歐洲、中日韓沿海、密西西比河下游、墨西哥灣和阿曼灣。

###### (2)優養化與死區的關聯

死區的定義是因為微生物耗氧分解而下降 至低於 2mg/L 的低溶氧狀態，就稱為死區。而優養化的形成原因是有機物質輸入水體，使水中微生物過耗氧、分解有機質，而溶氧下降至 2mg/L 或是營養物質造成藻類大量繁殖形成藻華，超過環境附載歷史藻類大量死亡，產生大量有機質，微生物分解後大量消耗水中氧氣。因為優養化會造成水中大量缺氧，所以優養化會造成死區，可以說優養化是死區的「前奏」。

###### (3)為何死區正在增加

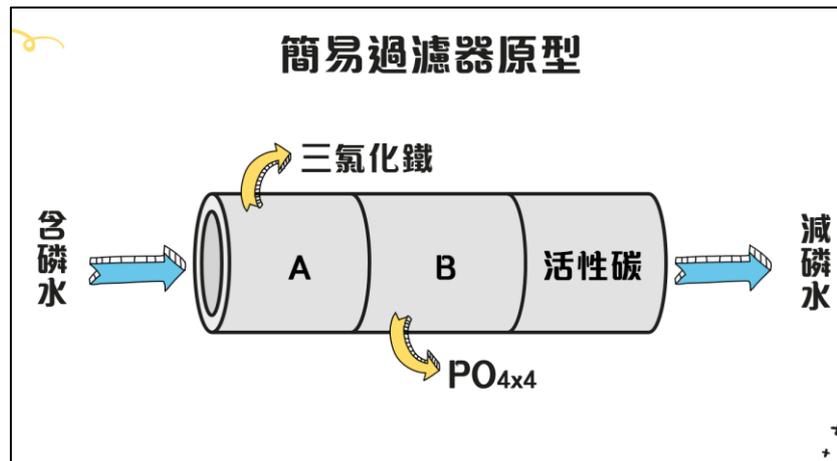
- a.含有高營養物質的農業廢水被排放至海裡
- b.都市、工業廢水含氮、磷、鉀等營養物被排放至海裡。
- c.氣候變遷造成溫度上升，降低水中溶氧。
- d.營養物集中在沿岸或因地形、潮流等影響，使海水「層化」而無法交換混和讓營養物質堆積。

###### (4)如何減少海洋死區

- a.乾旱時流入海中的河流流量減少，營養物質也減少。
- b.減少人工化肥(例如：蘇聯瓦解後，沒錢使用化肥的農民採自然耕作，世界最大的死區黑海就此消滅。)

## 2. 研究方向與計畫

從以上資料得知死區主要的產生原因是由於營養鹽的排放，為了能有效減少海洋死區得產生和擴張，我們打算從減少氮和磷的排放下手。在廢水中含有高氮、磷排放的家庭廢水成為主要元兇，而且在我國家庭廢水佔所有廢水的比例為 45%，已經超越工業廢水。所以我們設計了簡易過濾器(如圖三)，便研究那些濾材能兼具環保和效率，去除水中的磷。



圖三：簡易過濾器原型設計

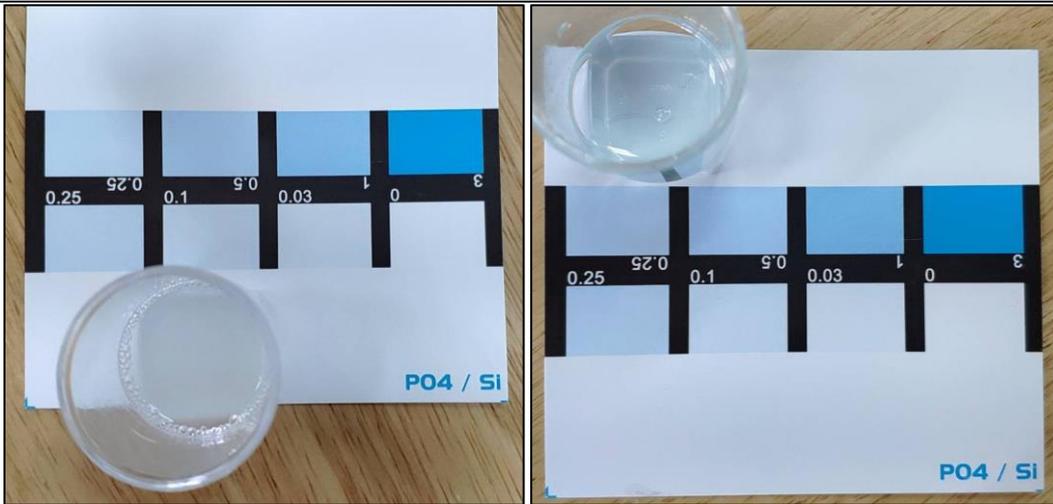
## 3. 實驗設計與方法

### (1) 實驗一：尋找合適的廢水來源

為了能測出水中氮、磷的含量，我們使用了荷蘭 Salifert 魚缸水質測試劑，這個試劑僅能依據顏色來判斷水中的氮、磷含量大約落在多少 ppm。我們一開始想選用學校廚房的洗碗廢水作為廢水來源，但使用試劑時僅有些許變色的跡象，就算直接採用稀釋洗碗精或是三聚磷酸鈉水溶液，卻測不出水中的磷含量，我們推測的原因有兩個：

- 水中的磷含量過少以至於變化不明顯
- 廢水與試劑反應不佳，無法測出真正磷含量

為了讓實驗得成果有更明顯的變化，最後我們選擇的廢水是的魚缸水，因為試劑原本就是測試魚缸水中的氮、磷含量，而且養殖魚類的水中具有較高的磷含量，又因為累積的時間夠久，磷含量介在 0.25~0.5ppm 中間，已經是非常高的磷含量。

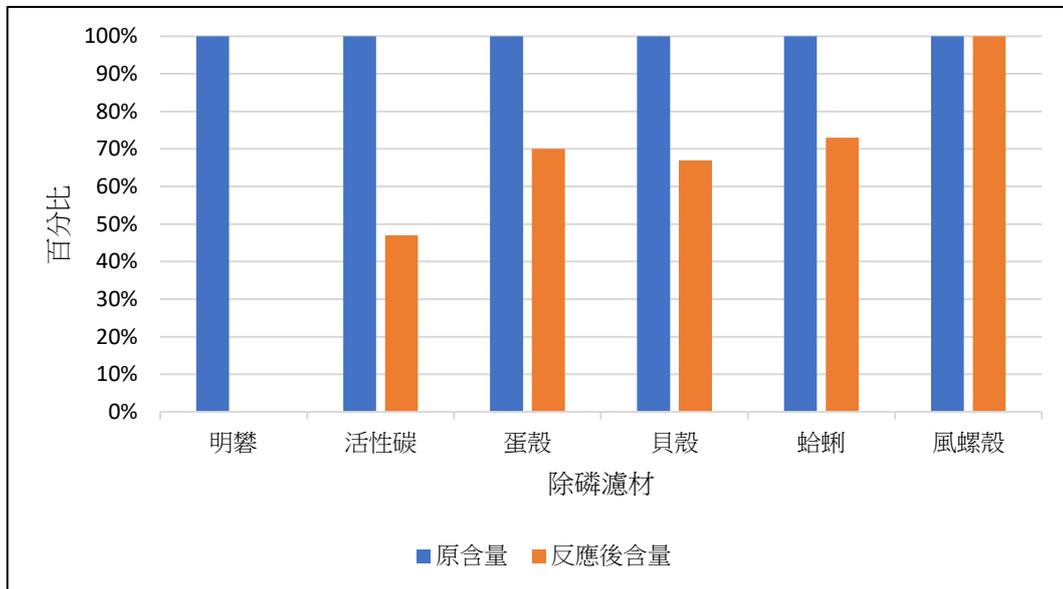


圖四：洗碗水的磷含量(左)和魚缸水的磷含量(右)

## (2)實驗二：尋找有效的除磷、氮手段

在找尋除磷的方式時我們一開始找到  $PO_4^{3-}$  可以吸附磷酸鹽，所以想利用三氯化鐵改變水中磷的型態，再由  $PO_4^{3-}$  吸附。但我們後來意識到鐵會造成重金屬汙染，與我們一開始環保的理念不符，所以放棄了這個手段。

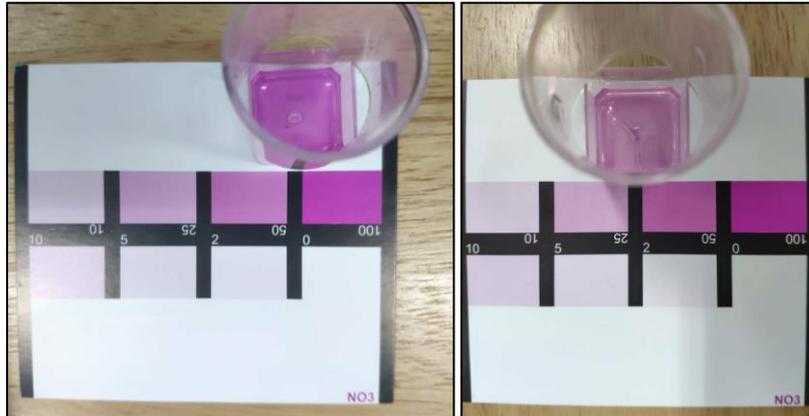
在不斷地查找資料後，我們後來找到其他去除磷的手段分別為化學法的明礬和生物法的蛋殼，所以我們找了其他含有碳酸鈣的物質，也測試活性碳除了去除水中雜質，是否也能去除磷。將各濾材反應 1min 中後取出，進行顏色對比和大略估算後，實驗結果為圖五。



圖五：不同材料的除磷效果前後對比長條圖

從圖五可知，化學法的明礬的除磷效果極佳，可以在短時間內去除大部分的磷，令人意外得是活性碳也具有除磷功能，而且效果位居第二。生物法方面，蛋殼、貝殼和蛤蜊其實不相上下，接位於同一個範圍中，依據顏色來判斷貝殼的除磷效果是最好的，最後的風螺殼則是不知道為什麼完全沒效果。

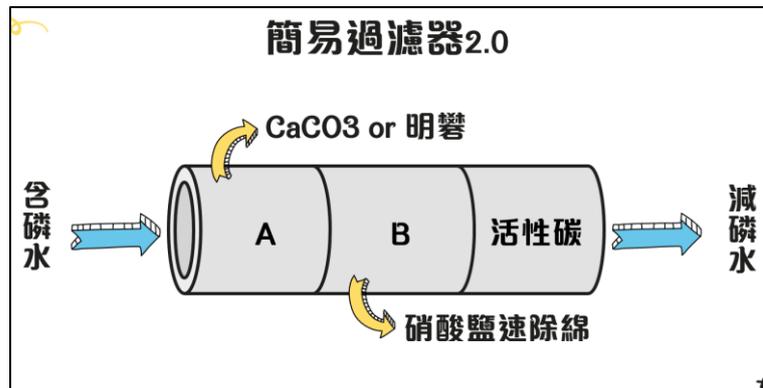
在氮的方面，因為沒有效的生物法除氮手段，我們所找到的除氮方式只有使用化學法的硝酸鹽速除棉來去除水中的氮，除氮的效果非常好(如圖六)，從原本的 7.5ppm 降到約 3.7ppm，除氮效果高達 50%。



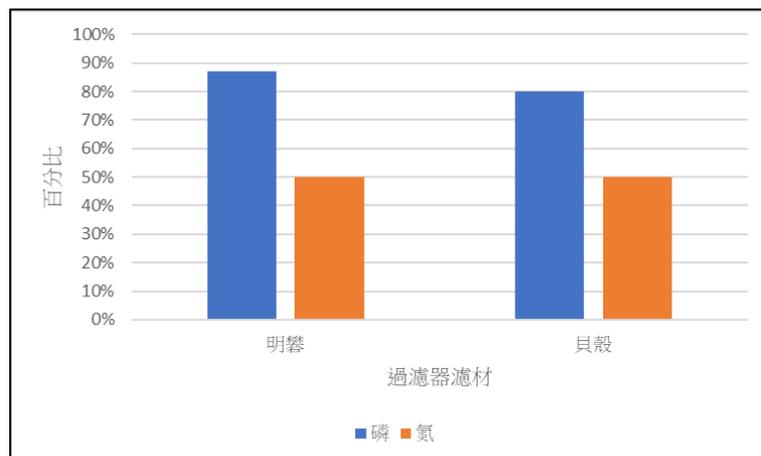
圖六：魚缸水的氮含量(左)、除氮後的氮含量(右)

### (3)實驗三：過濾器實際使用

總和上述實驗結果，我們設計出了過濾器 2.0(如圖六)，化學法使用明礬，生物法雖然三者不相上下，但因為海鮮會有異味加上貝殼的效果最好，所以選用貝殼。將材料放入咖啡濾袋組裝後進行實際測試，進行顏色對比和大略估算後，實驗結果如圖七。



圖六：簡易過濾器 2.0 設計



圖七：除磷過濾器對於魚缸水的除磷效果

從圖七可知，實際的成品因為水的流速、流量、管徑和長度等因素導致除磷效果並不如預期，反而縮小了明礬和貝殼的差距，推測是活性碳能在這些因素下保有大部分的除磷效果，才會導致兩者的差距只有大約 7%，而除氮的結果和原本差不多，並沒有明顯區別，所以總和各種因素，使用生物法的貝殼具有非常高的成效而且也比明礬環保，是過濾器的最佳選擇。

## 五、結論與生活應用

死區對生態及經濟的衝擊比我們所想的更加嚴重，目前已有些許國家受到危害，甚至還會增加全球暖化的速度，在惡性循環下，我們並不能期待海洋的自淨能力，而是得先有所作為，否則海洋死區化的範圍將會更廣、更嚴重。

目前國內關於海洋死區的研究與論文不多我們的實驗只是為了讓減少死區產生的可能性增加。經由我們所做的實驗可以證實，藉由組合一些常見的物品，就能相對減少水中的氮、磷，我們未來改進的目標是探討過濾器的材料及結構，使其充分的利用內部的濾材來達到最好的除氮、磷效果，並加以簡化，使其進入家庭，變成家用的簡易濾水器，讓每個人對於減少死區產生都做出一點貢獻。

## 參考資料

- 1.黃日輝(2008)TFT-LCD 業鋁蝕刻製程含磷廢水最佳可行控制技術評估。2020 年 4 月 13 號，取自 <https://ir.nctu.edu.tw/bitstream/11536/37896/1/650201.pdf>
- 2.翁煥廷(2019)廢水處理系統操作問題排除。2020 年 4 月 13 號，取自 <https://www.moeaidb.gov.tw/iphw/epc/service/training/P81.pdf>
- 3.源潤(2018)探討常見化學除磷劑在不同條件下的除磷效果。2020 年 4 月 13 號，取自 <https://www.wushuichulinji.com/m/newsdetails.asp?newsid=602>
- 4.源潤(2016)如何用貝殼制備汙水除磷劑。2020 年 4 月 13 號，取自 <https://www.wushuichulinji.com/m/newsdetails.asp?newsid=470>
- 5.源潤(2019)蛤蜊殼也能制作除磷劑？。2020 年 4 月 13 號，取自 <https://www.wushuichulinji.com/m/newsdetails.asp?newsid=603>
- 6.吳東男(2008)活性碳吸附水中磷之研究。2020 年 4 月 13 號，取自 <https://reurl.cc/rxq59r>
- 7.謝嘉 ( 2015 ) 缺氧而死，全球死區中的優養化與生態浩劫。2020 年 4 月 13 號，取自 <https://www.geog-daily.org/morethanhuman/deadzone>
- 8.Biological Freak ( 2018 ) 魚類的墳場—在海底綿延數百公里的海洋死區 ( Dead Zone ) 。2020 年 4 月 13 號，取自 <https://reurl.cc/yn4ANE>