

【2021 國科學探究競賽-這樣教我就懂】

題目名稱：探究大鵬灣的藻華現象成因
一、摘要：
本研究旨在探討造成大鵬灣藻華現象的原因及藻華現象與水質檢測項目的相關性，並從環保署全國環境水質檢測網站收集 2005 到 2012 年的數據資料進行分析。當藻華現象發生時，溶氧飽和度和葉綠素 a 成高度正相關，經探究後發現大鵬灣的地理特性，包含海底地形、沙洲海岸、沿岸洋流及潟湖地形及附近東港溪、高屏溪的汙染為造成藻華現象的部分原因，此發現有益於環境保護及漁業養殖。關鍵字：藻華現象、葉綠素 a
二、探究題目與動機
在一次旅行時，我們從大鵬灣乘船前往小琉球，期間望見大鵬灣海域上有大面積的藻類，因好奇而深入了解後，發現大鵬灣長期有藻華現象存在，嚴重時甚至導致漁船無法出海，須清除大量藻類才能安全通行。在英國衛報中也曾提到，美國全國性的毒藻危機將成常態，這兩個事件也引起我們想探究造成藻華現象原因的興趣。
三、探究目的與假設
一、探究目的:
1. 探究水質檢測數值中哪些測量項目與藻華現象有顯著相關性。
2. 探究大鵬灣長期處在極易發生藻華現象的原因。
二、假設:
1. 在藻華現象發生時，水體中的溶氧飽和度及葉綠素 a 有顯著之相關性。

2. 地理特性 (自然因素) 是造成大鵬灣發生藻華現象的原因之一。

3. 河流汙染 (人為因素) 是造成大鵬灣發生藻華現象的原因之一。

四、探究方法與驗證步驟

一、探究方法

收集文獻及從行政院環保署全國環境水質監測資訊網[1]獲取 2005 到 2012 台灣海域共 3312 筆資料(含測站名稱、溶氧飽和度及葉綠素 a 等多項欄位)，經文獻資料整理後進行數據分析，重複驗證假說，並歸納整理獲得結論與遷移應用。大鵬灣地理位置和取樣點如圖一。



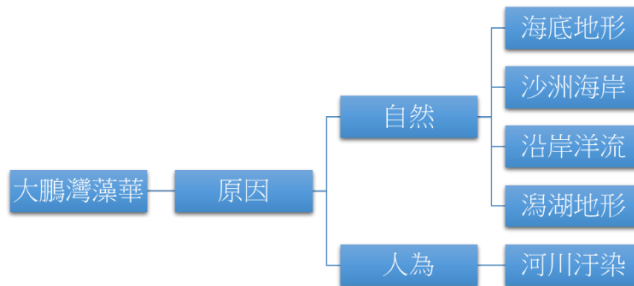
圖一：大鵬灣地理位置圖。大鵬灣經緯度 22°27'19.8"N 到 22°26'04.5"N，120°27'37.7"E 到 120°28'59.6"E。取樣點為圖中兩個藍色小點。

二、文獻資料分析

卡爾森 (Carlson)指數為單一參數判定優養化之標準：葉綠素 a ($\mu\text{g/L}$) 貧養 < 2.6；普養 2.6 ~ 7.2；優養 > 7.2[1]。葉綠素 a 為所有藻類所共同具有之色素，當藻體細胞數量增多時，不論增加的藻細胞種類為何，水體的葉綠素 a 濃度皆會隨之升高。因此本研究以葉綠素 a 濃度作為海域是否發生藻華現象之指標。

三、驗證步驟

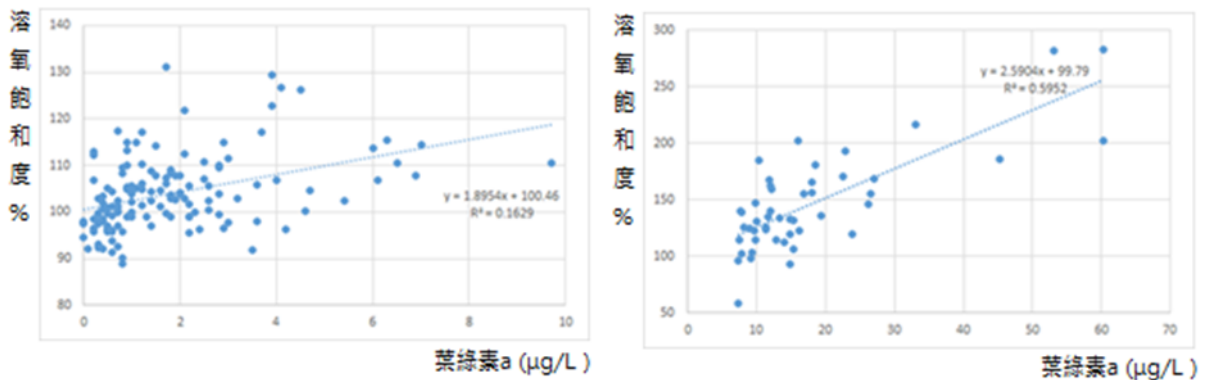
探究大鵬灣的藻華現象，其原因可分為自然因素及人為因素，而自然因素又分為海底地形、沙洲海岸、沿岸洋流及潟湖地形；人為因素則為河川汙染，如圖二。



圖二：探究藻華現象的架構圖

1. 在藻華現象發生時，水體中的溶氧飽和度及葉綠素 a 有顯著之相關性

數據分析結果得知，未發生藻華現象的地區(長年葉綠素 a < 7.2)其溶氧飽和度與葉綠素的 R 平方為 0.1629，為低正相關；有發生藻華現象的地區(長年葉綠素 a > 7.2)其溶氧飽和度與葉綠素的 R 平方為 0.5952，即 R=0.77，為高度正相關，數據分佈如圖三。



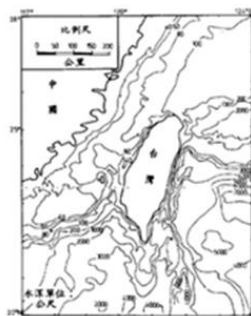
圖三：未發生藻華現象的地區(高雄沿岸)溶氧飽和度(%)，縱軸)與葉綠素 a (µg/L，橫軸)呈現相關性(左)，有發生藻華現象地區(大鵬灣)溶氧飽和度(%)與葉綠素 a (µg/L)呈現相關性(右)。

2. 地理特性 (自然因素) 是造成大鵬灣發生藻華現象的原因之一

本研究探討地理特性的四項因素，雖為單項分析，但是彼此會交互影響。

(1)海底地形

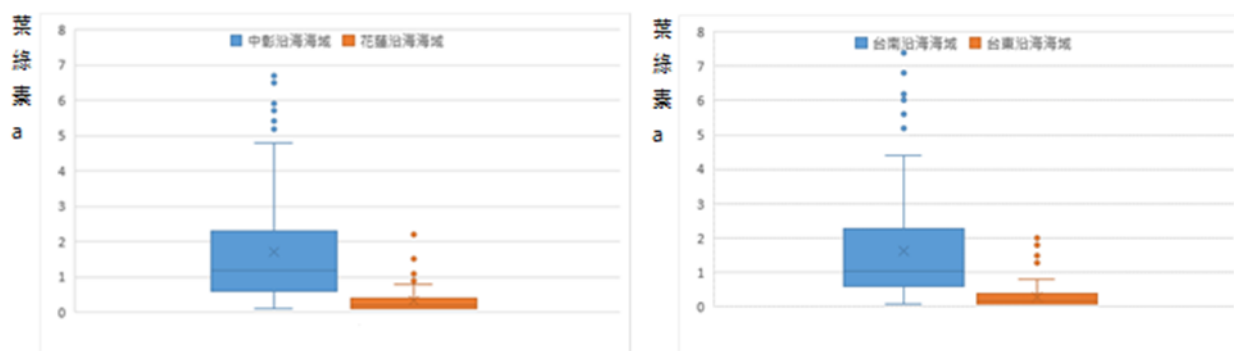
台灣西部的大陸棚（水深一般在 200 公尺以內）較東部大且廣(請參考圖四)，使陽光更容易照射到所有水體，較有利於藻類生長。



圖四：台灣附近海域海底地形圖 [2]

(2)沙洲海岸

利用統計學中的獨立樣本 t 檢定，比較兩組樣本的平均值是否有差異，若 p 值 <0.05 則代表兩組變異數有顯著性差異。圖五中兩組數據分別比較兩組東西部海域的 p 值，兩組皆 <0.01 ，顯示東西部海域的葉綠素 a 有顯著差異。透過重複驗證確立東部(岩岸)深海與西部(沙岸)淺海為影響葉綠素 a 濃度的因素之一。

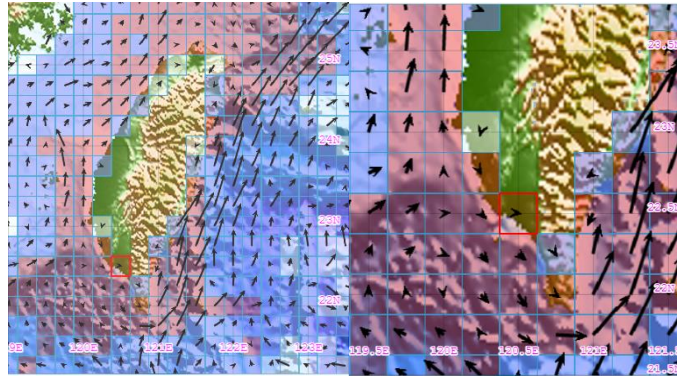


圖五：中彰及花蓮沿海海域的葉綠素 a 值($\mu\text{g/L}$)之盒鬚圖($n=256$ 筆， $p<0.01$)(左)。

台南及台東沿海海域的葉綠素 a 值($\mu\text{g/L}$)之盒鬚圖($n=160$ 筆， $p<0.01$)(右)

(3)沿岸洋流：圖中紅色方框為大鵬灣所在區域

從圖六可知，大鵬灣地區相較於台灣其他海域，流速較低(箭頭長度較短)。此現象可能造成大鵬灣地區水體不易流動，有助於藻類繁殖，最終容易形成藻華。



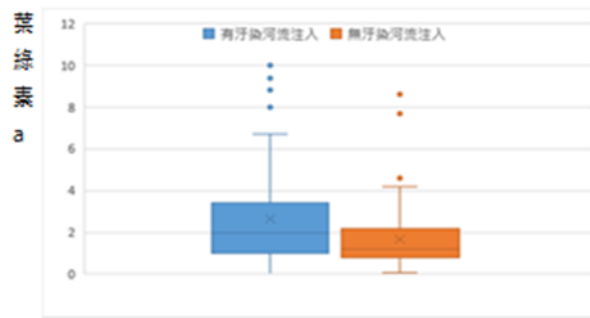
圖六：台灣附近洋流流向及大小圖(左)台灣西南附近洋流流向及大小圖(右)[3]

(4)瀉湖地形

水體流動及交換是形成藻華現象很重要的因素。大鵬灣只有一條供船隻進出的水道(見圖一)。因沙洲隔絕了海灣與海洋的水體流動，使得瀉湖的水體較河川封閉，有較長的水體交換時間(可高達 30 天)[2]，藻類、微生物和水體容易滯留，來自陸源的營養鹽逐漸堆積在瀉湖，這些因素都可能導致藻華現象發生。

3. 河流汙染 (人為因素) 是造成大鵬灣發生藻華現象的原因之一

由測站所的測值分析，可得知東港溪的氨氮(動物和植物排泄之含氮有機物，氨氮越多水體所受汙染之時間也越長)及懸浮固體的測值皆比鳳山溪的測值高約三倍[1]。使用受汙染的河川東港溪、高屏溪，以及兩溪之間的出海口為採樣點，計有 96 筆資料，以及中港溪、通霄溪、鳳山溪(無汙染河川之出海口)的 96 筆資料[1]，經由統計分析，兩組變異數 $p < 0.01$ ，顯示有無汙染河流注入之出海口的葉綠素 a 值有顯著差異。



圖七：有無污染河流注入海域的葉綠素 a 值($\mu\text{g/L}$)之比較盒鬚圖， $p < 0.01$ 。

五、結論與生活應用

1. 大鵬灣水體發生藻華時，除出現高濃度葉綠素 a ($> 7.2 \mu\text{g/L}$)外，並常伴隨相對高之溶氧飽和度，故持續量測監控溶氧飽和度可提供各水體藻華現象發生的預警重要資訊。
2. 大鵬灣沿海洋流強度長年低於全台沿海的平均值，西部淺海地勢及潟湖地形的特性，加上東港溪及高屏溪的中度汙染，造成附近海域有較多污染物質且容易滯留於大鵬灣內，且灣內的風平浪靜導致水體不易交換進出，形成大鵬灣長期處在極易發生藻華現象的因素。
3. 改善河川汙染問題及利用幫浦擾動深沉海水，都是未來可嘗試之方案，以改善大鵬灣藻華現象的問題。
4. 在養殖漁業的方面，業者可以透過一些方法來降低對大自然的破壞及減少魚群的死亡，如選擇適當的地理環境避免汙染河川及海水；設置室內魚塭池避免水體受高強光的照射導致水體產生藻類而影響魚群生長。

參考資料

- [1] 行政院環保署全國環境水質監測資訊網 <https://ewq.epa.gov.tw/>
- [2] 論文：海洋水體優養化指標之建立-以大鵬灣為例 <https://reurl.cc/0DRKMM>
- [3] 台灣附近海水流流向及大小 <https://reurl.cc/MZV3KX>