

【2020 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

題目名稱：「渦」！原來這麼「漩」！

一、摘要：

渦漩主要受到地形、洋流和科氏力，能量差異的兩水流相互圍繞而產生，因溫度與旋轉方向的差異，故能將其分為兩種：氣旋式渦漩與反氣旋式渦漩。渦漩與熱帶氣旋相遇時，熱帶氣旋的強度會因渦漩性質，產生增強或減弱的趨勢，若臺灣附近的颱風恰巧通過氣旋式渦漩上方，颱風強度便會因此減弱。

洋流對渦漩如同一把雙面刃，適當的洋流通過能協助渦漩形成；反之，威力強勁的洋流通過時，會使該區域的消散個數增加，例如：台灣東側海域因黑潮流經，相較北太平洋其他區域有更高的數值。渦漩使營養鹽在海中位置產生變動，讓營養鹽在海水的密度有所不同，人們可借助此現象，觀察魚類群聚的位置，節省更多勞力和資源消耗，邁向永續發展。

二、探究題目與動機

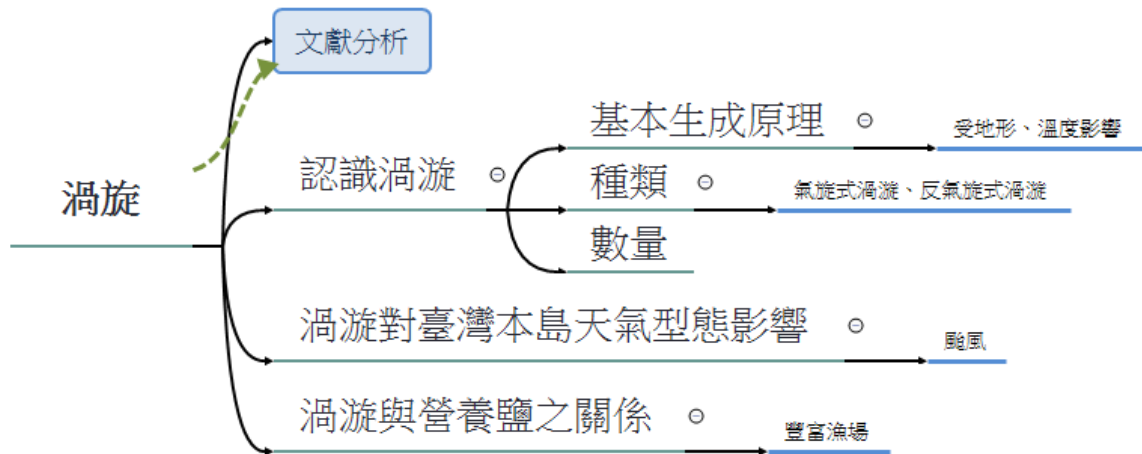
藉由觀察日常生活中渦旋現象，如水槽排水時見到的迴旋水流、沖馬桶時所產生的渦旋等，不免讓人聯想到電影特效中出現巨大渦旋。究竟這些現象，又存在著哪些原理，海洋中的渦旋會不會對生物生存有所威脅？又或者能對人類帶來哪些效益呢？種種原因激發我們的好奇心，想要進一步探討並研究其中此現象的奧秘。

三、探究目的與假設

1. 探討渦旋生成要素、種類以及數量。
2. 渦旋是否會對台灣附近的熱帶氣旋造成影響。
3. 假設渦旋可影響營養鹽的密度並吸引浮游生物，連帶影響魚群，則渦旋可對人類帶來正面效益。

四、探究方法與驗證步驟

(一) 研究架構



圖片來源：研究者自行繪製

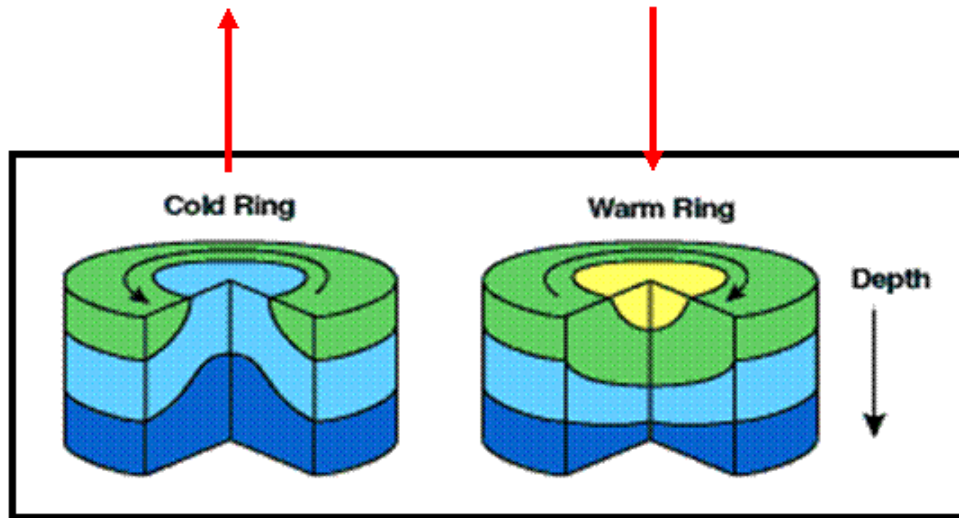
一、渦旋生成原理

海上渦旋不同於水槽放水時所引起的小型漩渦是由「初始旋動」，也就是注水方向所引起。海上渦旋主要是因地形、洋流、潮汐而生成兩股以上且有著溫度、方向、流速等能量差異的水流受科氏力影響，互相纏繞並受到循環水路包圍所形成。

海面上的渦旋，比一般我們肉眼可見還來的更大，直徑小則 100 公里，大則可達 300 公里，壽命長達 2~10 個月，稱為中尺度渦旋，主要可分為兩種：氣旋式渦旋(又稱冷渦旋)、反氣旋式渦旋(在北半球的旋轉方向為順時針，又稱暖渦旋)。前者主要出現於北半球，混和層厚度較薄，海水逆時針運動輻散，將下方低溫海水帶到上方，產生湧升流，使中心水溫比周圍低；後者主要出現於南半球，混和層厚度較厚，海水順時針運動，輻合的過程中，上方的溫暖的海水進入到下層冷水中，抑制湧升流，呈現中心水溫比周遭溫度更高的現象(圖一)。

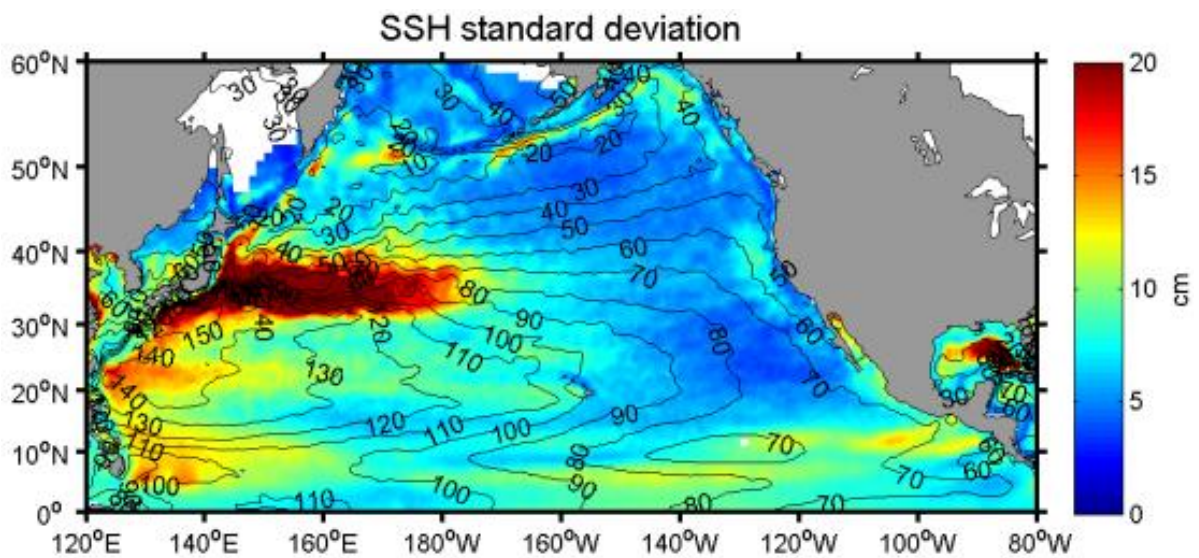
因為渦旋屬於一種水團的運動，若要從高空觀察渦旋在海面出現的跡象，我們可以藉由衛星的高空遙測海平面上的高度便能獲得其變動的資訊。觀察北太平洋海面的變異量(圖二)，變異差最多位於日本東邊海域，其次則位於台灣東邊海域，約略在西北太平洋西方邊界的部份。

Upwelling Downwelling



圖一、冷暖渦運動差異

(取自颱風與海洋的交互作用-熱力篇, newlifesean, 20130827)

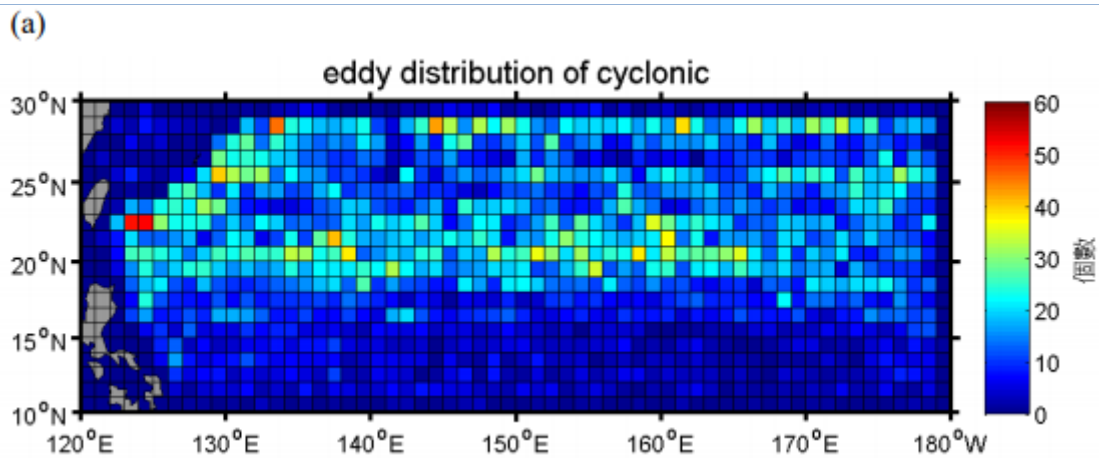


圖二、北太平洋海平面標準差示意圖

(取自 李博硯 民國 103 年 7 月 西北太平洋渦旋偵測與統計分析)

二、渦旋數量

將渦旋總時間出現的次數加總，即可獲得我們所研究範圍的渦旋數量。觀察渦旋數量的分布概況(圖三)，我們發現到多數的渦旋集中在北緯 16 度以北的區域，位於台灣東側與黑潮洋流部分，出現的數量值也呈現相當高，甚至可達 120~130 個。

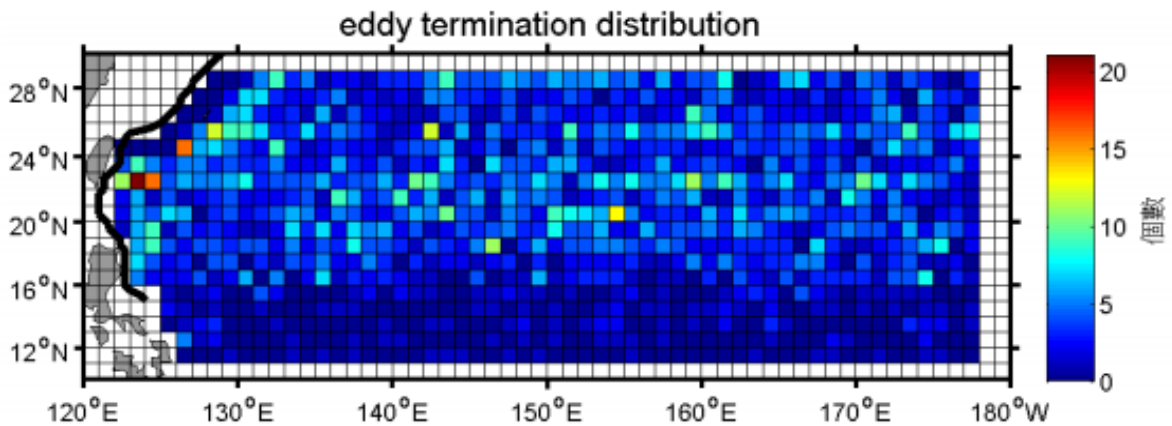


圖三、北太平洋地區渦旋數量空間分布圖

(取自 李博硯 民國 103 年 7 月 西北太平洋渦旋偵測與統計分析)

三、渦旋的生成與消散

渦旋是否會隨洋流大小的不同，造成渦旋生成及消失，洋流雖能夠幫助渦旋形成，卻也能成為摧毀渦旋的兇手。變換位置的過程可能會受到海流的擾動，導致其壽命減短，例如：台灣附近有著黑潮洋流，屬於一個強勁的洋流，渦旋在移動的途中會遭遇黑潮衝撞，使原本的結構被破壞而消失。圖四為太平洋地區的渦旋消散個數圖，可在其中觀察到，位於臺灣東側的海平面，因為受到黑潮的影響，而有相較其他地區更多的消散數量。



圖四、北太平洋地區渦旋消散個數圖

(取自 李博硯 民國 103 年 7 月 西北太平洋渦旋偵測與統計分析)

四、影響的天氣型態

海洋渦旋不只影響海洋也連帶影響天氣，近年來有發現熱帶氣旋從海上渦旋上方經過厚會受其性質影響自身的強度，並藉分析觀測資料和模擬數值實驗加以探討海上渦旋和熱帶氣旋間的關係。

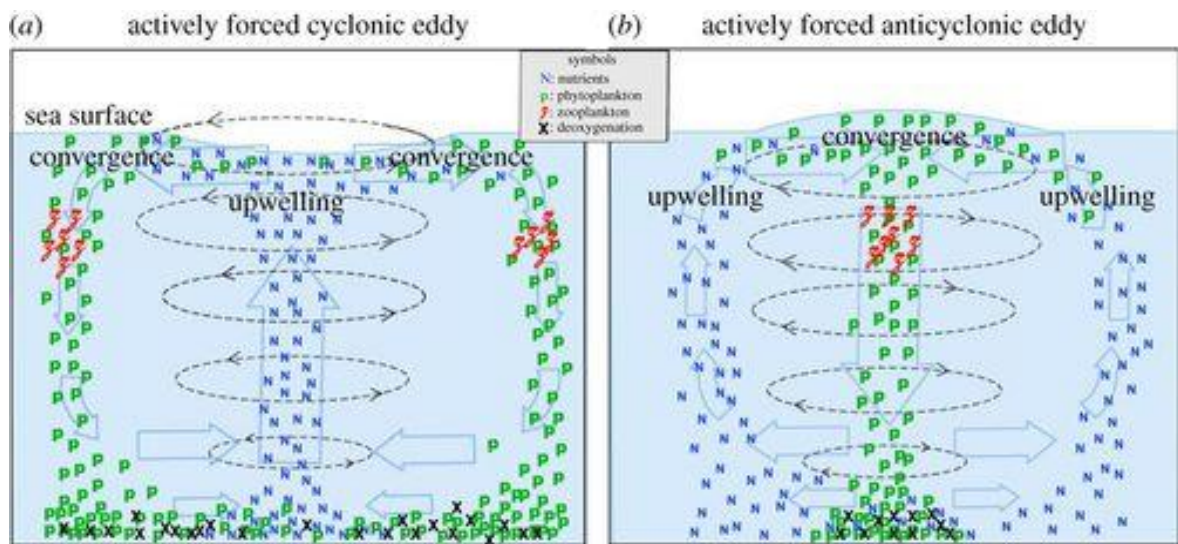
因為暖渦具有較厚的混和層，26 度等溫線較深表層水溫較高，而有較高的 TCHP(颱風潛熱)，熱帶氣旋經過後強度會大幅增強；反之，暖冷渦具有較薄的混和層，26 度等溫線較

淺表層水溫較低，而有較低的 TCHP，熱帶氣旋經過後強度會大幅增弱。

五、渦漩與營養鹽之關係

我們在探究冷暖渦漩之差異時，我們得知冷渦將深層海水上抬以及暖渦將表層海水帶至深層的特性，這使我們聯想到不久之前在地科課學習到的「聖嬰現象」。其中東太平洋在正常年時因為湧升流旺盛，並帶來營養鹽，故得以形成漁場一事就促使我們想了解海洋渦漩是否也有異曲同工之妙。我們一開始先搜尋相關文獻，發現國內外皆有許多學者做過相關研究，而資料也算是相當近期的，換句話說變動的範圍仍然是未知數。

圖五為兩著關係圖，左半邊為氣旋式渦漩會引發湧升流，而右半邊則是反氣旋式渦漩引發的是沉降流。透過圖片剖析我們可以很清楚地發現營養鹽（圖中代號為藍色 N）會因為冷渦的獨特的性質，被從深海往上帶動，如此的交互作用更能使表面的浮游生物（綠色 P）因此受益，也間接吸引魚群群聚與此。



圖五、氣旋式渦漩及反氣旋式渦漩與營養鹽交互作用示意圖

(取自 Climate change and ocean deoxygenation within intensified surface-driven upwelling circulations · Andrew Bakun · 20180807)

五、結論與生活應用

這些水體運動並不容易被我們用肉眼所觀察，尺度往往從數公里上看到幾百公里，因此需要透過高空中拍攝，才能看到一個完整的渦漩。持續時間也在數天到數月之間，最久可維持十個月。

渦漩主要受到地形、潮流、溫度等因素影響。當中可因溫度與旋轉方向而分成氣旋式渦漩與反氣旋式渦漩。其中又會因有洋流流經帶動水團擾動而可能帶動該區的渦漩活動，渦漩數量會隨洋流大小而產生變化，雖然洋流能協助渦漩生成，但威力大於渦漩本身所能承受時，則會導致渦漩結構被破壞而消散。例如：台灣東側有黑潮流經，從圖四中便能發現有較多的渦漩消散數量。東部海域因此相較北太平洋其他區域有較高的數量值。

這些渦流經常與熱帶氣旋相遇，也因其較外圍的環境熱力性質，而對颱風的發展有一定程度的影響，例如：對熱帶氣旋的強度造成減弱或增強的現象。渦流使海水起伏不定，營養鹽在海中分散程度有所不同。由於渦流運動方向能影響上下層溫度的變化，氣旋式渦流逆時針運動輻散，將下方低溫的海水帶到海水表層，造成中心水溫出現低溫的情形，例如：冷渦能將湧升流上帶到海水表層，營養鹽便能向上層海水聚集，浮游生物覓食地點便會隨之受到影響，進而吸引魚群覓食形成魚場。人們便能借助此項要素，節省更多資源消耗和勞力，達成永續發展的目標。

看似微不足道的自然現象，卻對自然界和人們造成不同的效果。藉由對海洋渦流知識做簡單統整，未來希望能更具體地呈現渦流運動，藉由實驗操作觀察某些現象的成因，並針對觀察結果提出可能假設，藉此更加清楚其交互作用。

海洋中仍有許多謎團，如果能對這個大規模的混和運動能有更多的掌握與了解，或許能從中獲得對海洋研究具突破性的助益。

參考資料

- 1.西北太平洋渦流偵測與統計分析 - 國立臺灣師範大學
<http://rportal.lib.ntnu.edu.tw/bitstream/20.500.12235/101909/1/n069949002201.pdf>
- 2.台灣颱風論壇 <https://twtybbs.com>
- 3.Wiley InterScience (英文文獻期刊)
<https://onlinelibrary.wiley.com/action/doSearch?AllField=eddies>
- 4.Royal Society Publishing
<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.2016.0327>
- 5.中尺度渦流(百度)
<https://translate.google.com/translate?hl=zh-TW&sl=zh-CN&u=https://baike.baidu.com/item/%25E6%259A%2596%25E6%25B6%25A1&prev=search&pto>
- 6.2017 年第 48 卷第 12 期 - 總號第 576 期
<https://smcase.ntu.edu.tw/SMCASE/?p=5876>
- 7.颱風與海洋的交互作用 https://twtybbs.com/thread-5254-1-1.html?fbclid=IwAR3oYJ0_wnyU0dXXoL86BM9NGns4a346zG9RIVLf3_gvpAY0WASO0kklaJw