

2020 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 180001

參展科別 地球與環境科學

作品名稱 颱風在短期與長期內影響海洋表層葉綠素
a 濃度改變之探討

得獎獎項 美國氣象學會獎

就讀學校 臺北市立麗山高級中學

指導教師 萬義昞、周家祥

作者姓名 黃子耘

關鍵詞 颱風、葉綠素 a、營養鹽

作者簡介



我從小就喜歡自然科學，其中地球科學是我最喜歡的科目，在高中的專題課程裡我開心的選擇了地科做研究，儘管一路上困難重重，常常沒有時間睡覺，但是我非常享受整個研究的過程，為了尋求解決方法，我也拓展了許多能力。

非常感謝過程中給我建議的老師和同學，我希望未來上大學之後，能繼續把這個研究做的更完整，對我喜歡的地球科學提供貢獻！

摘 要

本研究主要探討颱風強度對於海洋表層葉綠素 a 的濃度影響的程度。

颱風資料由 Joint Typhoon Warning Center 資料庫中選取 2008~2012 年之西北太平洋颱風，共 104 個颱風。每天中相隔 12 小時取兩組資料，包含颱風經緯度、近中心最大風速與氣壓；葉綠素 a 濃度資料則取自 NASA Ocean Color 資料庫，對應颱風路徑中每天兩個取樣時間，找出以颱風為中心，長寬各 150km 範圍內的葉綠素 a 濃度，並利用 Matlab 程式輔助處理大量數據。

為清楚了解颱風對海表面葉綠素 a 濃度的影響，研究中將影響時間分為短期及長期兩組分別進行分析。所謂「短期」是指颱風經過前、後一天內，而「長期」則是颱風經過的前一周到後兩周內的時間。

分析結果顯示颱風過後一天海表面葉綠素 a 濃度平均增加近 50%，且颱風近中心最大風速與中心氣壓在短期對於葉綠素 a 濃度分別呈現正相關與負相關；而長期來看，無論颱風近中心最大風速或是中心氣壓和葉綠素 a 濃度的關係較不明顯，但是颱風過後 10 天內，海表面葉綠素 a 濃度明顯高於颱風來臨前。

Abstract

This study focused on the concentration changing of chlorophyll-a in the ocean surface due to different intensity of typhoons.

A total of 104 Pacific Northwest typhoons from 2008 to 2012 were selected from the Joint Typhoon Warning Center database. The daily chlorophyll-a concentration data were found in the NASA Ocean Color database. Sampling every 12 hours when typhoon passed. The concentration of chlorophyll-a is average from the region of 150 km in length and width of the typhoon. The large quantities of these data were processed with Matlab programs.

There were divided into two parts: the short-term (the previous day and the next day) and the long-term (the previous week and the next two weeks), to analyze the concentration changing of chlorophyll-a impacted by typhoons.

There are several important findings : (1) In the short-term, the chlorophyll-a concentration increased 50% on average after typhoons passing. The chlorophyll-a concentration is positively related to the near center maximum wind speed, but negatively to the pressure fo the typhoon center. (2) In the long-term, there wasn't significantly related neither the maximum wind speed nor the pressure. (3) The chlorophyll-a concentration is increased within ten days after typhoons.

壹、前言

一、研究動機

每年約有 26~27 個颱風在西北太平洋生成，其中接近或登陸台灣的颱風可能造成嚴重經濟財產的損失。例如 2009 年的莫拉克颱風，造成了像八八水災如此重大的災情，許多人的家園被破壞，無家可歸甚至是家破人亡，即使是輕微的颱風都很有可能造成第一級產業龐大的損失。颱風在許多人的眼中成為「災害」的代名詞。

雖然目前看來颱風是弊大於利，但颱風同時也為陸地帶來豐富的水資源，許多地區如果缺少颱風的雨量，可能水庫的進水量將不足以支援農業，甚至民生用水。除了上述颱風的優缺點外，颱風是否還有其他的優點，而人們卻忽略了它呢？這樣的好奇心促使我往颱風和海洋營養鹽方面進行研究。

二、研究目的

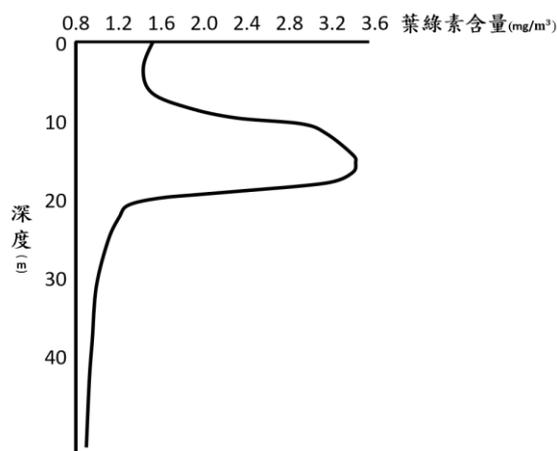
海水中營養鹽是藻類所需的養分，如果營養鹽濃度增加，可能滋養更多藻類，即提高海洋的基礎生產力，如此將吸引更多魚群，使漁業更加的繁榮。葉綠素 a 是浮游藻類製造的色素之一，因此可以利用葉綠素 a 濃度作為來做為海中營養鹽的指標。

本研究將分析 2008~2012 年西北太平洋區域颱風對於海洋表層葉綠素 a 濃度成長量的影響，冀望藉由下面幾個問題來釐清研究目的：

- (一) 統計颱風經過短期內葉綠素 a 濃度之改變
- (二) 分析短期內颱風近中心最大風速、中心氣壓與葉綠素 a 濃度變化之相關性。
- (三) 統計颱風經過長期內葉綠素 a 濃度之改變
- (四) 分析長期內颱風近中心最大風速、中心氣壓與葉綠素 a 濃度變化率最高值之相關性。

三、文獻探討

由於藻類需行光合作用，葉綠素 a 在海水垂直方向的分布應以上層居多，但根據研究最表層海水的含量略少於次表層，如圖一。這是由於最表層海水中藻類容易被生物利用，故濃度略少於次表層，而較深層的海水則沒有陽光透入，所以葉綠素 a 濃度最少。



圖一 葉綠素隨著海洋垂直分布圖

(取自黑潮水文化學與基礎生產力。龔國慶。)

當熱帶性低氣壓近中心最大風速超過 17.2m/s 時被定義為颱風，颱風風速愈強，造成的風浪愈大，如表一。由表一可知颱風風速達到 8 級時颱風造成的浪高可以達到 7.5 米，巨大海浪上下震盪時，可能有效地將表層與次表層海水中的成分混和，使表層海水中之葉綠素 a 濃度增加。

颱風是否真的能夠有效地將次表層中的葉綠素帶至海表層呢？過去曾有學者利用同年不同強度的 11 個颱風，分析颱風是否對於葉綠素 a 有吸引力。研究後顯示僅有兩個颱風葉綠素 a 濃度差值達到 0.3~0.4 mg/m³ 標準，表示颱風強度和葉綠素 a 濃度無一定的正相關性 (Lin, 2012)。另有學者研究指出颱風過境當下並不會將海中的葉綠素帶上海面表層，而是在颱風過後的兩週至三週，海面的葉綠素才有明顯的變化 (Zhao, 2015)。

SeungHyun Son (2010) 等人則是研究 2004 年的梅姬 (Megi) 颱風對於日

本海周圍葉綠素 a 的影響，梅姬颱風強度僅是中颱，但數據顯示颱風過後葉綠素 a 的濃度大量增加。

依前人研究的方法與結果來看，研究大多數都指出颱風會對葉綠素 a 造成一定的影響，因此利用前人的研究方法並加以改變，探討颱風不同因素對海表面葉綠素 a 濃度影響的程度。

表一 風速對於浪高影響（取自 JTWC 資料庫）

風級	浪級	風速		浪高	
		哩 / 時	公尺 / 秒	一般	最高
0	-	1 以下	0-0.2	公尺	公尺
1	微波	1-3	0.3-1.5	0.1	0.1
2	微波	4-6	1.6-3.3	0.2	0.3
3	小波	7-10	3.4-5.4	0.6	1
4	小浪	11-16	5.5-7.9	1	1.5
5	中浪	17-21	8.0-10.7	2	2.5
6	大浪	22-27	10.8-13.8	3	4
7	大浪	28-33	13.9-17.1	4	5.5
8	巨浪	34-40	17.2-20.7	6	7.5
9	猛浪	41-47	20.8-24.4	7	10
10	猛浪	48-55	24.5-28.4	9	12.5
11	狂濤	56-63	28.5-32.6	11.5	16
12	狂濤	64-71	32.7-36.9	14	16 以上
13	狂濤	72-80	37.0-41.4	14 以上	16 以上
14	狂濤	81-89	41.5-46.1	14 以上	16 以上
15	狂濤	90-99	46.2-50.9	14 以上	16 以上
16	狂濤	100-108	51.0-56.0	14 以上	16 以上
17	狂濤	109-118	56.1-61.2	14 以上	16 以上

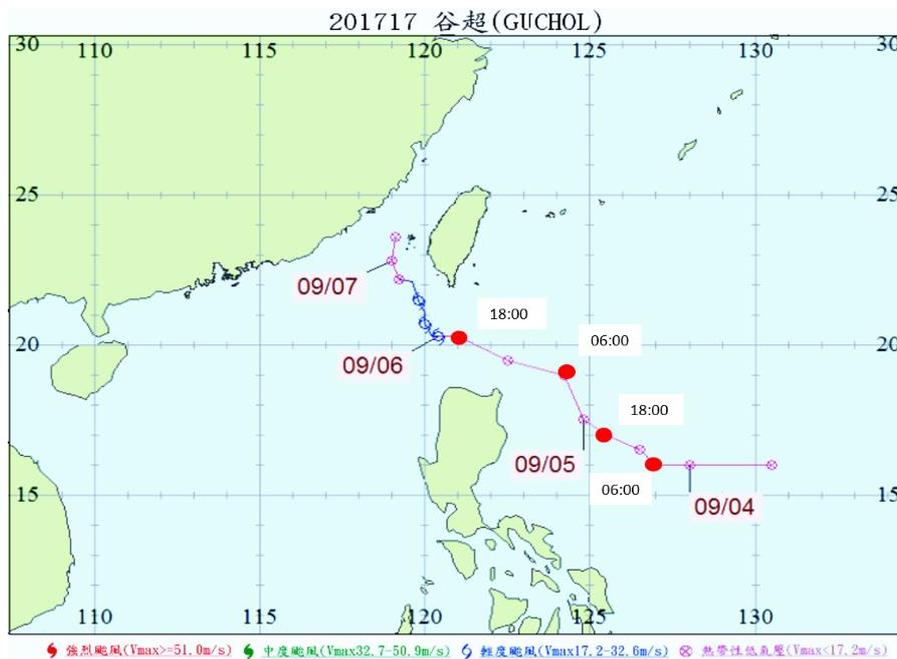
貳、 研究方法與過程

一、 颱風取樣與資料整理

本研究颱風資料取自於 Joint Typhoon Warning Center (JTWC)。選取 2008~2012 年發生在西北太平洋所有的颱風，共 104 個颱風。

(一) 由於葉綠素 a 資料取自衛星影像，一天一筆，而颱風資料則是每六小時一筆。為了避免颱風移動速度過慢而產生區域重疊，研究中颱風資料的選取是相隔 12 小時，每天取兩筆。如圖二，圖中的紅點為葉綠素 a 及颱風資料取樣之經緯度。

(二) 整理颱風眼位置經緯度、中心氣壓、近中心最大風速等資料，例如 2012 年的古超颱風，共有 21 個颱風位置，如表二。



圖二 颱風路徑範例：2012/6/11 谷超颱風

表二 颱風資料範例：2012 年谷超颱風

編號	序日	時間 (UT)	緯度	經度	近中心最大 風速 (m/s)	中心氣壓 (hPa)
1	162	0	6.1	150.4	15	1010
2	162	12	7.7	149.1	90	956
3	163	0	9.3	147.9	20	1007
4	163	12	9.6	145.3	100	948
5	164	0	9.6	143.5	25	1004
6	164	12	9.6	141.9	125	929
7	165	0	9.9	140.2	25	1004
8	165	12	10.8	137.8	130	926
9	166	0	10.9	135.1	35	996
10	166	12	10.6	132.8	125	929
11	167	0	10.2	131.5	35	996
12	167	12	11.3	130.9	115	937
13	168	0	12.9	130.2	40	993
14	168	12	15	128.8	95	952
15	169	0	17.3	127.7	45	989
16	169	12	19.7	127.1	65	974
17	170	0	22.3	127.4	60	978
18	170	12	25.4	128.8	35	996
19	171	0	29.6	131.9	70	970
20	171	12	35	137.4	35	996
21	172	0	38.5	143.6	85	959

二、選取葉綠素 a 資料

為了蒐集前述颱風位置海域的葉綠素 a 濃度資料，我們從 NASA Ocean Color 資料庫下載葉綠素 a 濃度的.nc 檔案，如圖三。此種格式無法直接利用，所以需再利用 MATLAB 編輯程式批次打開研究所需葉綠素 a 資料，如圖四。選取過程如下：

(一) 資料下載

1. 由於所有颱風的暴風直徑皆大於 150 公里，研究中為了將取樣

的範圍標準化，因此將所有颱風的取樣範圍都定為長寬各 150 公里的正方形。

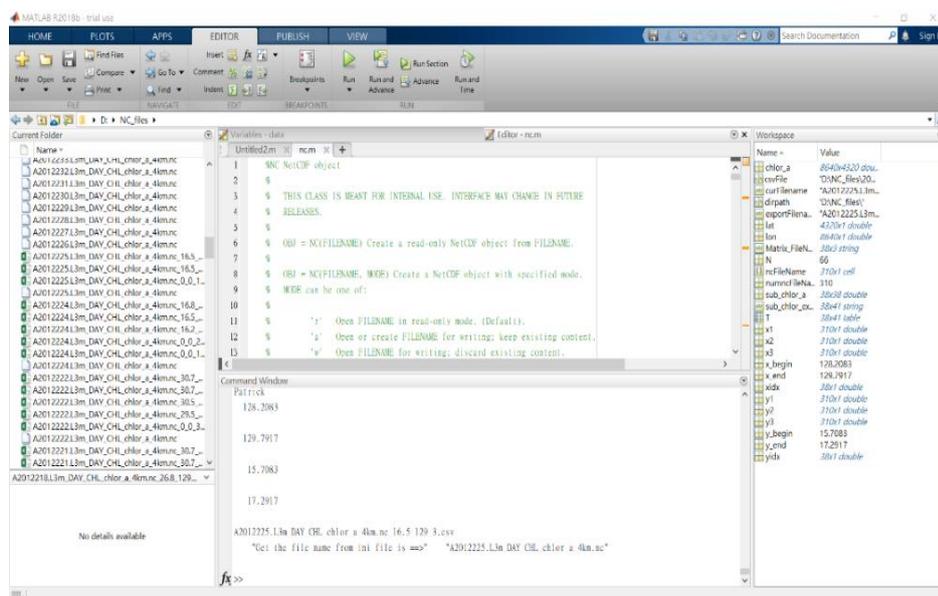
2. 編輯 MATLAB 程式，使程式能批次將.nc 檔紀錄的日期以颱風眼的經緯度為中心，取範圍長寬各 150 公里的正方形。
3. 利用 MATLAB 執行程式，批次開啟.nc 檔。



OceanData Home • MODIS-Aqua • Mapped • Daily • 4km • chlor_a • 2012

Filename	Last Modified	Size
A2012001.L3m_DAY_CHL_chlor_a_4km.nc	2017-12-31 07:13:37	9618566
A2012002.L3m_DAY_CHL_chlor_a_4km.nc	2017-12-31 07:30:38	9307699
A2012003.L3m_DAY_CHL_chlor_a_4km.nc	2017-12-31 06:44:14	9397756
A2012004.L3m_DAY_CHL_chlor_a_4km.nc	2017-12-31 07:13:05	9897653
A2012005.L3m_DAY_CHL_chlor_a_4km.nc	2017-12-31 06:34:44	10371441
A2012006.L3m_DAY_CHL_chlor_a_4km.nc	2017-12-31 07:06:16	10058037
A2012007.L3m_DAY_CHL_chlor_a_4km.nc	2017-12-31 06:31:50	9828299
A2012008.L3m_DAY_CHL_chlor_a_4km.nc	2017-12-31 06:35:05	9736718
A2012009.L3m_DAY_CHL_chlor_a_4km.nc	2017-12-31 06:19:21	9511883
A2012010.L3m_DAY_CHL_chlor_a_4km.nc	2017-12-31 07:18:58	9759139
A2012011.L3m_DAY_CHL_chlor_a_4km.nc	2017-12-31 06:16:25	9872693
A2012012.L3m_DAY_CHL_chlor_a_4km.nc	2017-12-31 06:38:24	9610367
A2012013.L3m_DAY_CHL_chlor_a_4km.nc	2017-12-31 06:45:30	10365779
A2012014.L3m_DAY_CHL_chlor_a_4km.nc	2017-12-31 06:47:04	10683064
A2012015.L3m_DAY_CHL_chlor_a_4km.nc	2017-12-31 06:48:34	10055837
A2012016.L3m_DAY_CHL_chlor_a_4km.nc	2017-12-31 06:34:00	9829755
A2012017.L3m_DAY_CHL_chlor_a_4km.nc	2017-12-31 06:30:01	10229984
A2012018.L3m_DAY_CHL_chlor_a_4km.nc	2017-12-31 06:44:02	10465009

圖三 海洋葉綠素 a 資料庫 (Ocean Color Data)



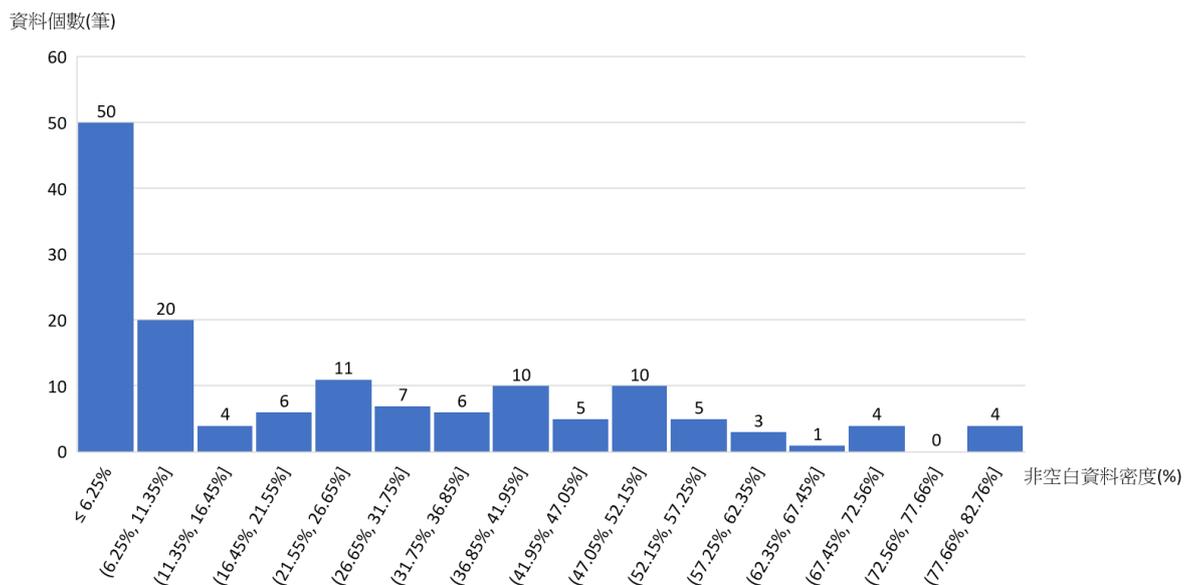
圖四 用 MATLAB 開啟.nc 檔

(二) 葉綠素 a 資料取樣範圍

衛星影像中葉綠素 a 濃度資料解析度為 $4*4\text{km}^2$ 。研究中以颱風眼的經緯度為中心，長寬各 150 公里的正方形為取樣範圍，其中共有 1,444 格座標資料。

(三) 篩選葉綠素 a 資料

在選取範圍中，若座標資料筆數過少，研究中將不使用此樣本。由於資料來自繞極衛星拍攝海面取得葉綠素 a 含量的數值，因此資料常常不完整，所以必須定訂一個葉綠素 a 資料取樣的門檻。為此隨機抽樣了 6 個颱風，統計這 6 個颱風在每天與前後一天的取樣範圍內的資料密度，如圖五。統計發現有高達 66.29% 的取樣範圍中完全沒有任何資料，而剩下的 33.26% 當中有大約 2/3 的取樣範圍資料密度超過 1/16，因此以資料密度超過 1/16 當作篩選的門檻。由於還要考慮到資料必須是連續的，在颱風經過前後一天都需要有葉綠素 a 的資料，如果將資料密度門檻調高到 1/8 以上，可以分析的樣本將比 1/16 的門檻少了四倍，因此選用 1/16 作為的取樣門檻。



圖五 葉綠素 a 密度統計

- (四) 由於颱風雲系會遮住正下方海面，衛星無法取得當地葉綠素 a 資料，研究中選取颱風位置前後一天、前一週與後兩週的葉綠素 a 資料進行比對分析。
- (五) 經過篩選，比較前後一天同時有足夠葉綠素 a 濃度資料的樣本，由 2008~2012 年 104 個颱風中選出 20 個樣本。
- (六) 由 2008 及 2012 年中共 46 個颱風中篩選出 245 個樣本，比較其前一週與後兩週葉綠素 a 的樣本，再挑選出符合前一週至少有兩天、後兩週中至少有五天葉綠素 a 濃度資料，共得到 108 個樣本。

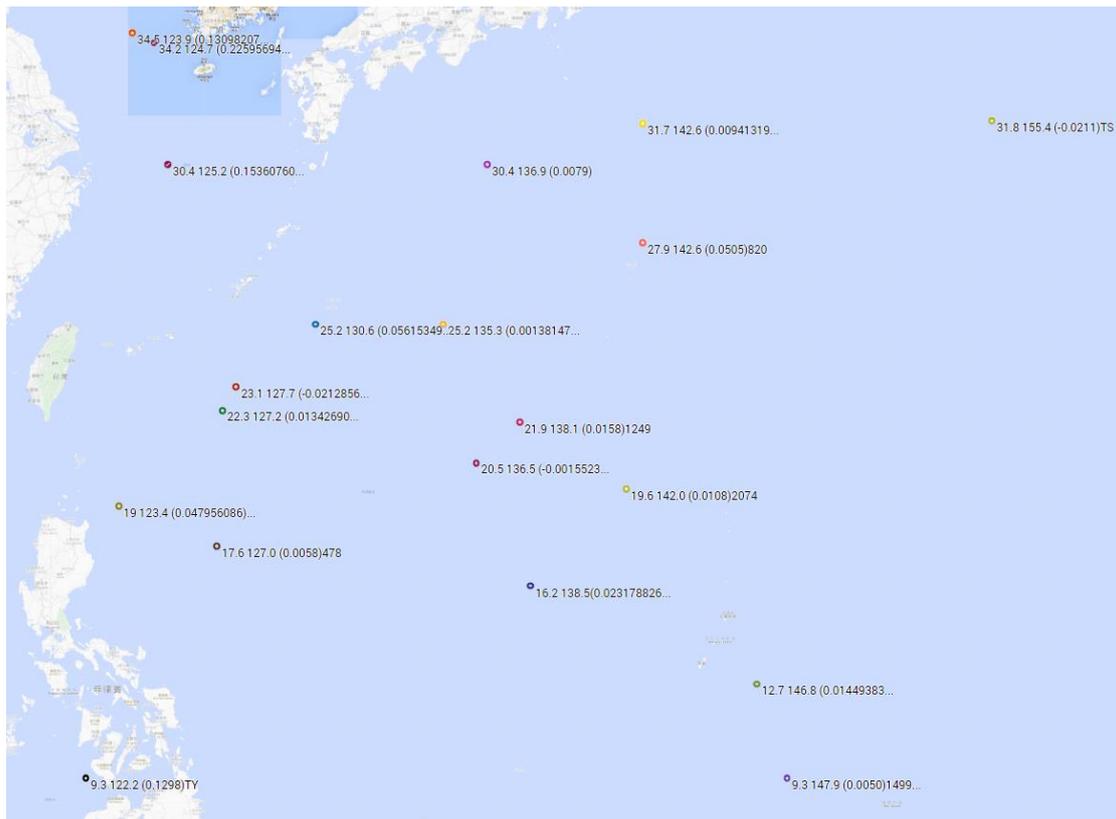
三、數據分析步驟

- (一) 颱風資料：每個颱風位置的中心氣壓與中心風速均取當天 00:00、12:00UT 兩個時間的平均值。
- (二) 葉綠素 a 濃度：以颱風眼的經緯度為中心，長寬各 150 公里的正方形範圍內，共有 1,444 格座標資料（每格 $4*4\text{km}^2$ ），篩選資料筆數多於全部的 1/16 樣本，並將所有葉綠素 a 濃度平均。
- (三) 統計颱風經過前、後一天葉綠素 a 濃度之變化率：
計算每個樣本葉綠素 a 濃度變化量、變化率、平均變化率。
- (四) 短期影響分析：統計分析颱風經過前、後一天的颱風近中心最大風速與中心氣壓與葉綠素 a 濃度變化率之相關性。
- (五) 影響分析：統計颱風經過前一周與後兩周內每天葉綠素 a 濃度之變化率，分別統計每個樣本中，篩選出前一周內資料數大於兩天，且後兩周內資料數大於五天的颱風位置，分析颱風近中心最大風速與中心氣壓與葉綠素 a 濃度變化率最高值之相關性。

參、 研究結果與討論

一、統計 2008~2012 年颱風經過前、後一天葉綠素 a 濃度之變化率

統計 2008~2012 年颱風經過前、後一天葉綠素 a 濃度之變化率。在直徑 150 公里的葉綠素資料中，有 1,444 格座標資料。考慮到衛星資料的不足性，及平均後的誤差，以天為單位，計算出平均值。另，考慮本身河川出海口會影響到葉綠素濃度的變化，因此將海岸邊出海口的颱風資料捨去，不納入分析。篩選過後五年總共有 20 個颱風樣本，如表三。整理颱風個點的經緯度，並繪在地圖上，觀察其經緯離岸遠近，或者其海域位置在地圖上的分布，如圖六。



圖六 颱風樣本位置

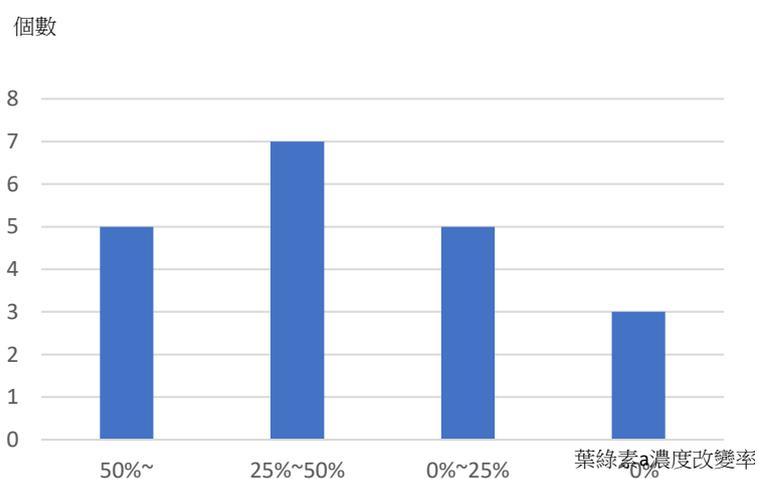
表三 2008~2012 颱風資料與前後一天葉綠素 a 濃度

年份	颱風	日期	時間 (UT)	緯度	經度	中心平均 氣壓 (hPa)	近中心 最大 風速 (m/s)	前一天 葉綠素 a 濃度 (mg/m ³)	後一天 葉綠素 a 濃度 (mg/m ³)	葉綠素 a 濃度差值 (mg/m ³)	葉綠素 a 濃度 改變率
2008	哈格比	09 / 22	00:00	19	123.4	953.5	92.5	0.066943084	0.11489917	0.04796	71.64%
	多爾芬	12 / 11	00:00	12.7	149.3	146.8	30	0.054631646	0.079199312	0.01449	41.41%
2009	昌鴻	05 / 11	12:00	22.3	127.2	1005.5	22.5	0.050692487	0.064119395	0.013426908	26.49%
	米勒	10 / 06	12:00	25.2	130.1	938.5	112.5	0.092061577	0.08895903	0.056153493	138.03%
	米瑞內	10 / 28	00:00	16.2	138.5	961.5	82.5	0.08895903	0.136528643	0.023178826	47.17%
2010	康伯斯	08 / 29	00:00	20.5	136.5	991	42.5	0.10073275	0.03710067	-0.0015523	-4.18%
	康伯斯	09 / 01	00:00	30.4	124.7	948	100	0.03710067	0.03554837	0.153607607	19.57%
	康伯斯	09 / 01	12:00	34.2	124.7	948	100	0.03554837	0.784756548	0.225956943	36.75%
	凡那比	09 / 17	12:00	23.1	127.7	963	80	0.784756548	0.938364155	-0.021285641	-21.79%
2011	梅花	08 / 07	12:00	34.5	124.3	980	57.5	0.561651309	0.561651309	0.130982073	29.93%
	洛克	09 / 14	12:00	25.2	123.9	1000	30	0.437610591	0.437610591	0.001381475	2.33%
	桑卡	09 / 18	12:00	31.7	123.9	963	80	0.568592664	0.568592664	0.00941319	16.73%
2012	谷超	06 / 11	00:00	9.3	147.9	1001.875	26.875	0.039611763	0.04459319	0.004981427	12.63%
	杜蘇芮	06 / 27	12:00	17.6	127	1000.6	29	0.053844125	0.059648391	0.005804266	10.78%
	艾維尼	09 / 25	00:00	21.9	138.1	994.25	37.5	0.029025143	0.044786642	0.015761499	54.48%
	馬力斯	10 / 03	12:00	27.9	142.6	989.5	44.375	0.053793416	0.104311614	0.050518198	93.87%
	瑪莉亞	10 / 15	00:00	19.6	142	990.5	43.125	0.042108837	0.052938444	0.010829607	12.63%
	巴比倫	10 / 18	00:00	30.4	136.9	990.75	42.5	0.079091433	0.104623835	0.00791983	9.99%
	瑪莉亞	10 / 18	12:00	31.8	155.4	994	38.125	0.087011263	0.083506384	-0.021117451	-24.25%
	寶發	12 / 04	12:00	9.3	122.2	946.125	102.5	0.187610146	0.317402145	0.129791999	69.19%

* 表中颱風中心氣壓、中心風速均為當天 00:00、06:00、12:00、18:00UT 的平均值

二、前後一天葉綠素 a 濃度改變率與其個數關係

經篩選後適用於分析颱風經過前後一天葉綠素 a 濃度之改變率之樣本，共 20 筆資料。其結果顯示大多數資料都集中在增加 0%~50% 之間，約占全部的 60%，其中葉綠素 a 濃度改變率大於 50% 的有 5 筆；介於增加 25%~50% 之間的有 7 筆；介於增加 0%~25% 之間的有 5 筆，如圖七。而改變率為負值的，即颱風過後濃度下降的有 3 筆資料，改變率為正值的，即濃度增加的佔全部資料的 85%，葉綠素 a 濃度增加率的平均值為 39.40%，標準差為 33.67。

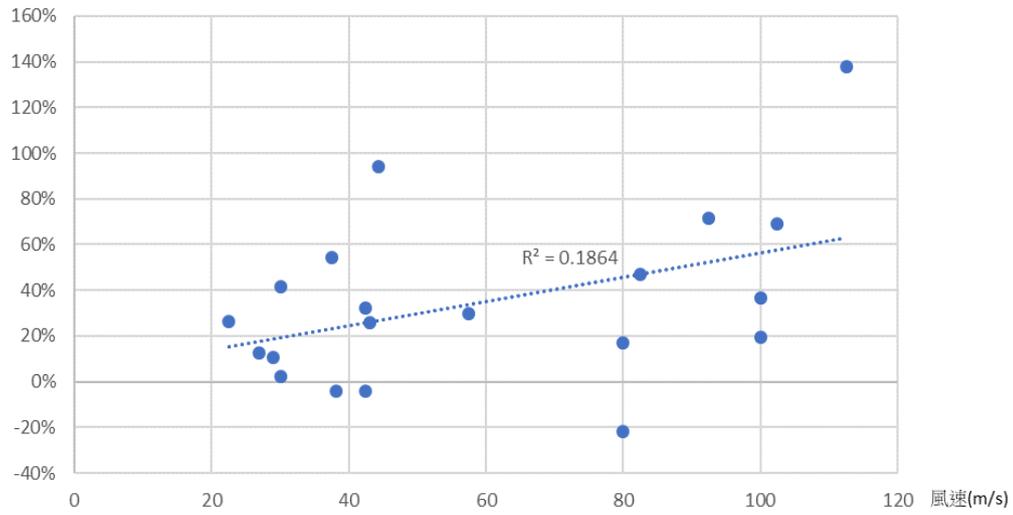


圖七 葉綠素 a 濃度改變率與其個數比較

三、分析各年颱風經過前、後一天的颱風強度和中心氣壓與葉綠素 a 濃度之相關性。

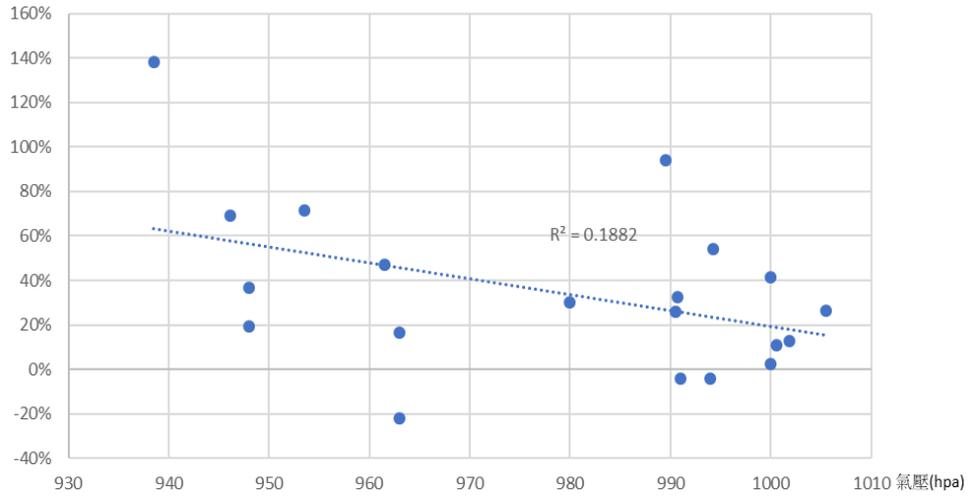
原先預期颱風過後葉綠素 a 濃度會增加，因此將後一天的葉綠素平均減掉前一天的葉綠素平均，再除以前一天的葉綠素 a 濃度，算出其中的改變率，與颱風平均風速與氣壓比較，如圖八、圖九。其中風速與葉綠素 a 濃度改變率的關係趨勢為正相關，相關係數為 0.1864；中心平均氣壓與葉綠素 a 濃度改變率的關係趨勢為負相關，相關係數為 0.1882。

葉綠素a濃度改變率(%)



圖八 2008~2012 年颱風風速與葉綠素 a 濃度比較

葉綠素a濃度改變率(%)



圖九 2008~2012 年颱風中心氣壓與葉綠素 a 濃度比較

四、颱風過境前一周與後兩周葉綠素 a 濃度趨勢比較

由於考慮到海藻生長可能需要足夠的時間，因此，研究中同時也分析颱風在較為長期的時間上對葉綠素 a 濃度的影響，即颱風經過前七天到後十四天的葉綠素 a 濃度變化。颱風取樣範圍定在 2008 與 2012 兩年中，有符合前後一天差值比較標準的颱風，將颱風整個路徑經過的地點作葉綠素 a 資料抽樣中心。時間分成三部分取樣：前一周、當天、後兩周。並將其作統整與比較，如表四、表五。

表四 2008 相同位置颱風前一周與後兩周內葉綠素 a 資料

序號	名稱	緯度	經度	前 7 天 葉綠素 a 濃度 平均值	後 14 天中 葉綠素 a 濃度 最大值	改變率 (%)	日均風速 (m/s)	日均氣壓 (hPa)
1	浣熊	12	115.2	0.1097	0.1356	23.52%	45	989
2		13.9	112.5	0.5084	0.9779	92.33%	75	967
3		15.3	112.1	0.3492	0.1565	-55.19%	85	959
4		16.5	111.9	0.1031	0.2000	94.03%	90	956
5		17.8	111.4	0.1071	0.1814	69.38%	95	952
6	哈隆	14.8	117.9	0.0859	0.2298	167.46%	50	985
7		16.3	120.1	0.0911	0.6256	586.87%	75	967
8	娜克莉	17.3	133.5	0.0461	0.0565	22.55%	105	944
9		18.4	133	0.0538	0.0652	21.22%	95	952
10		19.7	132.8	0.0519	0.1025	97.41%	85	959
11		22.6	133.3	0.0562	0.0537	-4.41%	75	967
12		20.7	132.9	0.0481	0.0786	63.43%	70	970

13		25.2	134.4	0.0617	0.0565	-8.48%	90	956
14	海鷗	20.1	127.3	0.0571	0.0654	14.50%	15	1010
15	鳳凰	21.5	127.8	0.0613	0.1200	95.69%	55	982
16		21.4	133.2	0.0442	0.0399	-9.61%	15	1004
17	黃蜂	25.1	133.2	0.0420	0.0517	23.13%	20	1004
18		27.2	133.8	0.0503	0.0553	10.00%	25	1004
19		29.2	134.6	0.0675	0.0769	13.95%	50	985
20		34.7	145.7	0.0832	0.1059	27.36%	50	985
21	鸚鵡	17.1	126.8	0.0607	0.0795	30.85%	75	967
22		20.1	118	0.0786	0.1805	129.67%	75	967
23		20.7	116.6	0.1321	0.4217	219.35%	65	974
24		19.6	120.4	0.0960	0.1956	103.79%	90	956
25		16.5	129.8	0.0432	0.0560	29.59%	65	974
26		21.5	115.2	0.6361	1.7286	171.74%	55	982
27		16.1	136.7	0.0427	0.0493	15.45%	35	996
28		18.7	122	0.1319	0.8165	518.90%	100	948
29		14.8	140.2	0.0459	0.0539	17.43%	25	1004
30	辛樂克	32.4	134.2	0.0758	0.2217	192.53%	65	974
31		27.2	124.4	0.2138	0.1835	-14.17%	40	993
32		31	131.6	0.1384	0.6164	345.26%	50	985
33		26.4	121.3	0.8313	1.5932	91.64%	60	978
34	黑格比	19.5	120.9	0.0949	0.2090	120.22%	100	948
35		19	123.4	0.0689	0.1149	66.75%	85	959
36		16.7	140.6	0.0414	0.0412	-0.53%	20	1006
37	薔薇	21.3	124.4	0.1027	0.1551	51.08%	140	918

38		22.8	123.2	0.0915	0.1658	81.25%	130	926
39		19.6	126.5	0.0580	0.0734	26.38%	135	922
40		30.2	130.5	0.1194	0.1652	38.36%	35	996
41	巴威	23.7	149.7	0.0380	0.0491	29.31%	30	1000
42		28.6	149.3	0.0599	0.0792	32.14%	45	989
43		25.8	148.2	0.0351	0.0463	31.82%	40	993
44		21.3	151.7	0.0281	0.0422	50.05%	15	1010
45	海神	23.6	146.7	0.0428	0.0517	20.64%	20	1007
46		24.8	148.5	0.0406	0.0594	46.28%	30	1000
47		29.8	157.5	0.0574	0.1069	86.23%	30	1000
48		28.2	154.5	0.0437	0.0544	24.60%	40	993
49	白海豚	12.7	146.8	0.0357	0.0416	16.66%	30	1000
50		13.5	162.2	0.0439	0.0458	4.12%	20	1007
51		14.6	166.1	0.0415	0.0568	36.84%	20	1007
52		12.2	150.5	0.0363	0.0422	16.27%	25	1002
53		12.7	158	0.0343	0.0565	64.98%	20	1007
54		13	143.2	0.0387	0.0537	39.00%	30	1000
55		13.8	139.2	0.0429	0.0566	32.04%	45	989
56		13.3	141	0.0394	0.0476	20.71%	40	993
57		13.2	132.8	0.0386	0.0522	35.32%	55	982
58		22.1	137.3	0.0787	0.1134	44.00%	45	989

* 前 7 天平均值、後 14 天中最大值均為葉綠素 a 濃度的平均值，單位為 mg/m^3 。

* 表中第 7、28、32 筆資料是極端值，為路徑相當接近陸地的颱風，在下面的統計圖中將此極端值排除分析。

表五 2012 相同位置颱風前一周與後兩周內葉綠素 a 資料

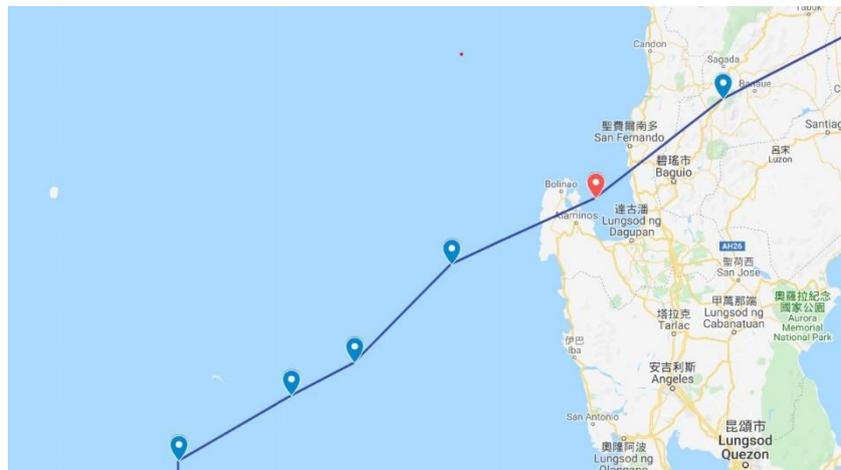
序號	名稱	緯度	經度	前 7 天 葉綠素 a 濃度 平均值	後 14 天中 葉綠素 a 濃度 最大值	改變率 (%)	日均風速 (m/s)	日均氣壓 (hPa)
1	谷超	9.7	141.1	0.0415	0.0444	7.06%	35	996
2		11.9	130.5	0.0483	0.1006	108.30%	90	955.6
3		14	129.6	0.0439	0.0773	76.22 %	118.75	934
4		16.2	128.3	0.0435	0.0636	46.37%	118.75	934
5		18.4	127.3	0.0461	0.0754	63.62%	126.25	928.5
6		21	127.2	0.0477	0.0695	45.73%	126.25	928.5
7		23.9	127.9	0.0578	0.0786	36.14%	98.75	949
8		27.3	130.3	0.0663	0.0655	-1.30%	98.75	949
9		32.5	134.7	0.0739	0.0899	21.73%	51.25	984.25
10	蘇芮	16.2	127.8	0.0596	0.0661	10.99%	31.67	998.67
11		18	125.6	0.0667	0.0642	-3.70%	31.67	998.67
12		19.5	123	0.0953	0.0792	-16.89%	32	998.4
13		20.2	119.4	0.0941	0.0996	5.81%	32	998.4
14		20.9	116.2	0.1272	0.1832	43.98%	38.75	993.75
15	艾維尼	24.9	140.5	0.0389	0.0523	34.58%	45	989
16		26.1	142.3	0.0514	0.0818	59.27%	45	989
17		29.2	142.5	0.0463	0.1023	120.89%	50	985
18	馬力斯	21	142.6	0.0397	0.0428	7.92%	43.75	990
19		22.9	141.5	0.0450	0.0499	10.82%	43.75	990
20		25.9	141.9	0.0530	0.0755	42.53%	45	989
21	瑪麗亞	17.5	146.7	0.0436	0.0432	-0.83%	20	1007
22		17.9	145.5	0.0442	0.0509	15.20%	20	1007
23		21.1	141.7	0.0380	0.0489	28.92%	45	989
24		24.2	140.9	0.0444	0.0555	25.15%	45	989
25		28.5	142.4	0.0742	0.0975	31.44%	53.75	982.75
26		31.2	148.3	0.0644	0.1393	116.50%	48.75	986.25
27		32	152.9	0.0759	0.1407	85.31%	38.75	993.5
28	巴比倫	17.9	136.1	0.0444	0.0667	50.30%	25	1003.5
29		23	131.4	0.0466	0.3551	661.96%*	70	970
30		31.2	139.5	0.0731	0.1318	80.32%	40	992.5
31		32.5	146	0.0721	0.0920	27.54%	40	992.5
32	寶發	4.1	156.3	0.0498	0.0587	17.90%	22.5	1005.5
33		4.1	149.8	0.0476	0.0820	72.26%	52.5	983.5
34		4.1	144.2	0.0534	0.0863	61.41%	71.25	969.75
35		4.7	142	0.0526	0.0808	53.69%	118.75	934
36		5.4	140	0.0473	0.0915	93.41%	118.75	934

37	6.1	137.6	0.0527	0.0683	29.59%	131.25	924.75
38	6.5	134.6	0.0537	0.0912	69.98%	131.25	924.75
39	6.6	131.8	0.0669	0.1022	52.69%	132.5	923.75
40	7.4	128.9	0.0624	0.1674	168.24%	132.5	923.75
41	7.8	125.9	0.4148	0.4068	-1.95%	95	951.75
42	9.3	122.2	0.1832	0.2933	60.07%	95	951.75
43	10.2	119.6	0.1335	0.1690	26.56%	72.5	968.5
44	11.2	118.3	0.1248	0.1660	33.02%	72.5	968.5
45	12	117.1	0.1233	0.1588	28.77%	62.5	976
46	15.4	116.1	0.1132	0.1945	71.79%	93.75	952.75
47	16.9	117.1	0.1386	0.4060	192.85%	86.25	958.25
48	17.8	118.6	0.1306	0.3454	164.44%	86.25	958.25
49	18.3	119.3	0.1238	0.2712	119.06%	22.5	1005.5

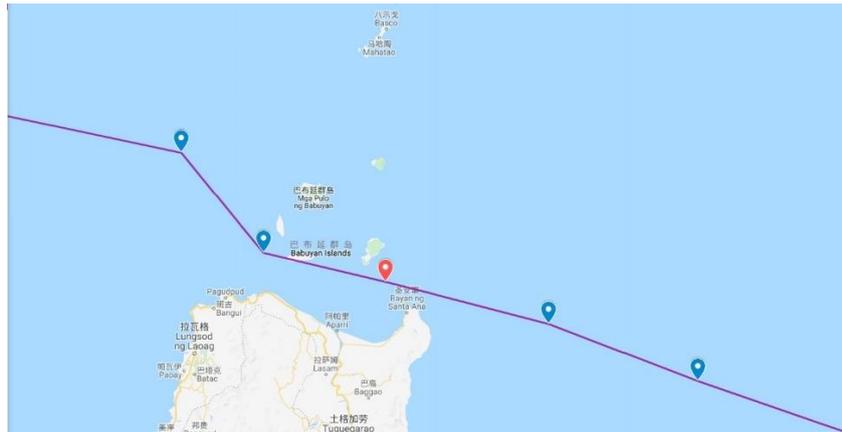
* 前 7 天平均值、後 14 天中最大值均為葉綠素 a 濃度的平均值，單位為 mg/m^3 。

* 表中第 29 筆資料是極端值，為巴比侖颱風路徑的轉折點，颱風在此區附近停留時間較長，對當地海域影響的時間超過一天以上，如圖十三，在下面的統計圖中將此極端值排除分析。

其中，2008 年的哈隆、鸚鵡和辛樂克颱風均發現颱風過後葉綠素 a 濃度有異常高的改變率，分析該點即可能是因過於接近陸地，因此可能受到沿岸流及河川影響，導致葉綠素 a 濃度改變率遽增，如圖十~十二。若扣除此三個異常值，2008 年中 55 個颱風位置葉綠素 a 濃度的平均增加率為 50.19%。



圖十 哈隆部分路徑圖

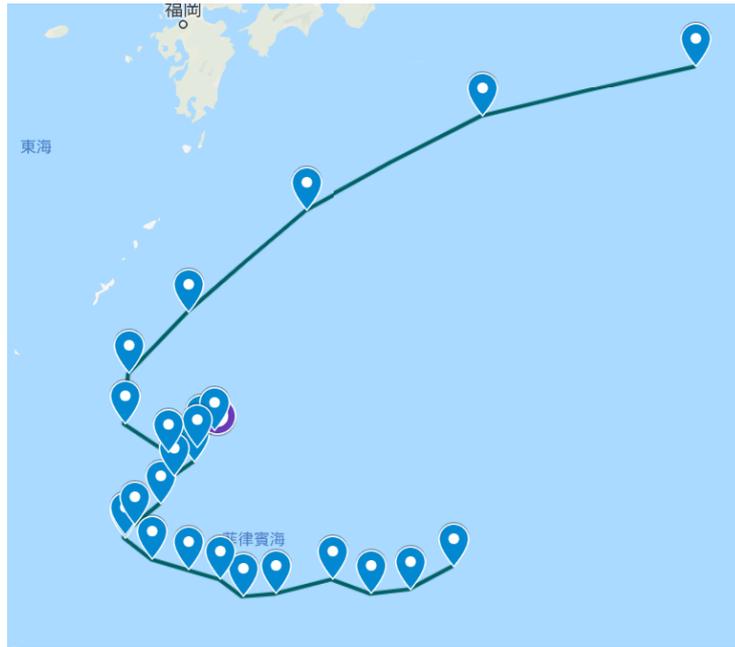


圖十一 颶風部分路徑圖



圖十二 辛樂克部分路徑圖

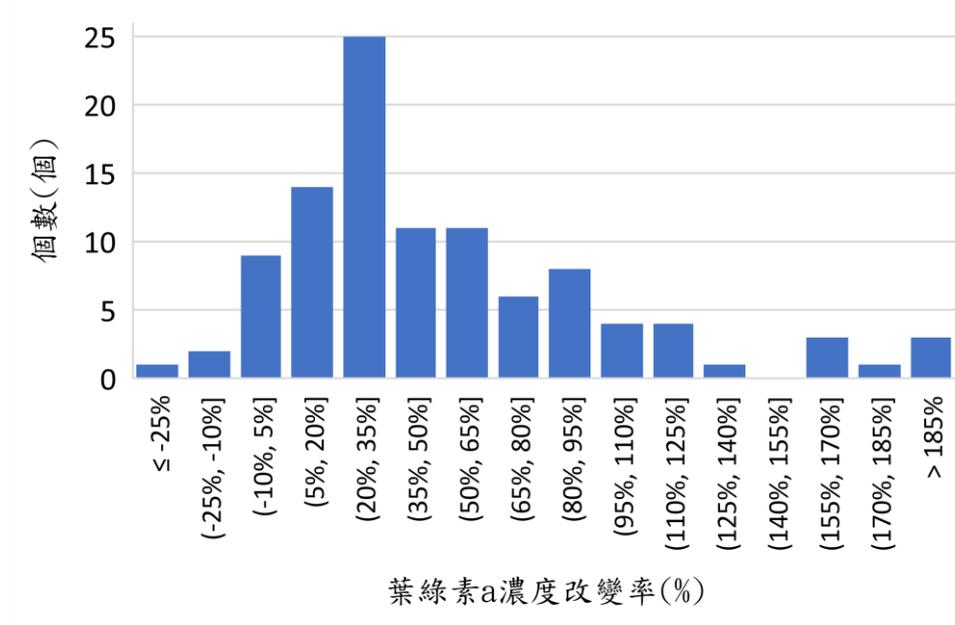
2012 年中巴比倫颱風中有高達約 662% 的改變率，因此我們將巴比倫颱風的路徑座標輸入 Google 地圖中(圖十三)，並發現在路徑圖中，颱風在當地有滯留現象，可能導致葉綠素濃度比平均值高很多。若扣除此一異常值，2012 年中 49 個颱風位置葉綠素 a 濃度的平均增加率為 51.95%。



圖十三 巴比倫颱風路徑圖

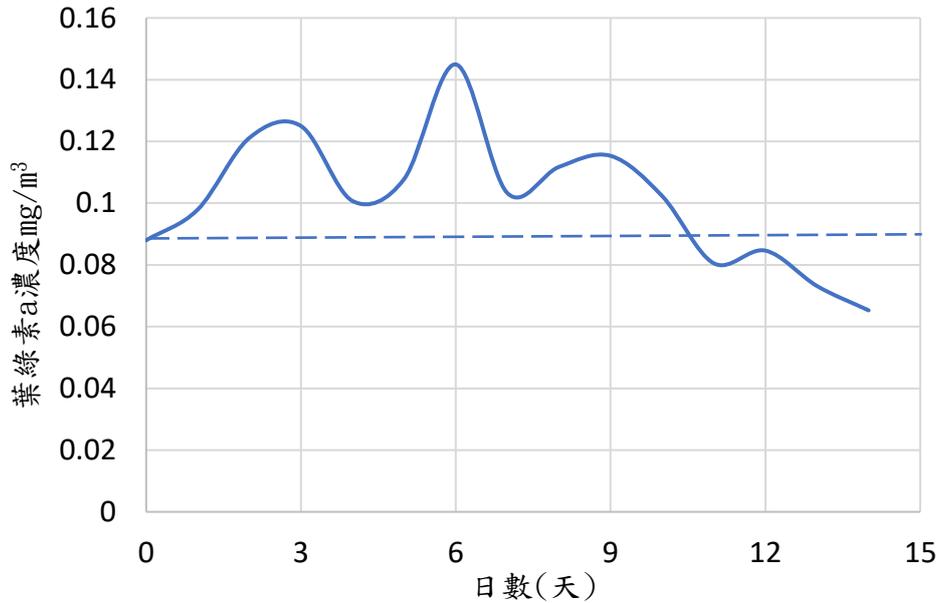
五、長期葉綠素 a 濃度改變率與其個數關係

將表四與表五中颱風前七天葉綠素 a 濃度的平均值作為不受颱風影響的指標，分析每個樣本在颱風過後兩周內葉綠素 a 濃度的變化，發現 108 個資料點中有 41 個，即 37% 的颱風葉綠素 a 濃度增加率超過 50%；有 36 個資料點，即 33% 的颱風葉綠素 a 增加率為 20~50% 之間，如圖十四。



圖十四 葉綠素 a 濃度改變率之個數分布

同樣地，如果將颱風過後二週內每一天的葉綠素 a 濃度平均繪圖，將發現相較於前七天葉綠素 a 濃度的平均值而言，葉綠素 a 濃度會在颱風過後 3~9 天有波動上升，並在 10~11 天之後降至颱風前的水準，甚至更低 (圖十五)。

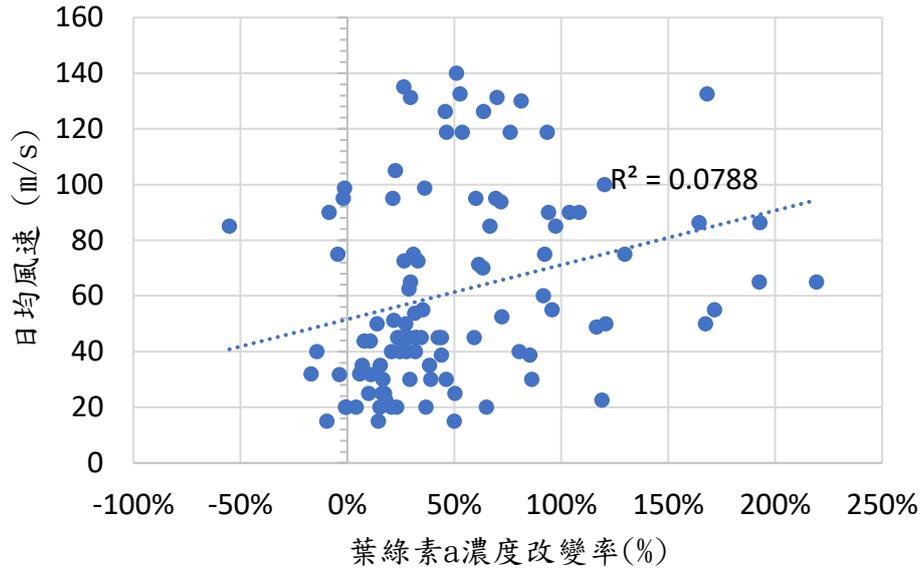


*藍虛線為颱風前七天葉綠素 a 的平均值，約為 0.091mg/m³

圖十五 颱風前一周與後兩周葉綠素 a 濃度平均值

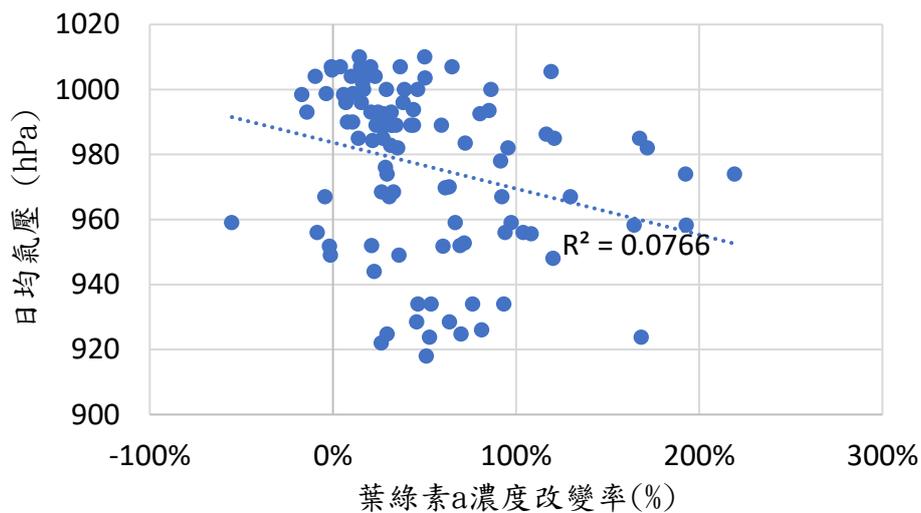
六、分析長期內颱風近中心最大風速、中心氣壓與葉綠素 a 濃度改變率最高值之相關性。

將表四、表五中 108 個颱風樣本的 0:00 及 12:00 (UT) 風速的平均值與颱風路徑中各點葉綠素 a 濃度改變率的最高值做比較，如圖十六，相關係數為 0.0788，發現風速和葉綠素 a 濃度變化率的最高值並不相關。



圖十六 前一周與後兩周葉綠素 a 濃度改變率的最高值
與風速之相關性

將表四、表五中 108 個颱風樣本的 0:00 及 12:00 (UT) 中心氣壓的平均值與颱風路徑中各點葉綠素 a 濃度改變率的最高值做比較，如圖十七，相關係數為 0.0766，也同樣發現颱風中心氣壓和葉綠素 a 濃度變化率的最大值並不相關。



圖十七 前一周與後兩周葉綠素 a 濃度改變率的最高值
與氣壓平均值之比較

肆、 結論與應用

颱風過後，無論短期或長期均會使海表面葉綠素 a 濃度增加。

短期而言，颱風風速越大，葉綠素 a 濃度改變率就越高；颱風中心氣壓越低，葉綠素 a 濃度改變率亦越高。而葉綠素 a 濃度增加的比率多集中在 25%~50%之間，且颱風過後，葉綠素 a 濃度增加的資料占全部的 85%。

長期來看，颱風風速與氣壓和葉綠素 a 濃度最大值的改變率並無相關。但颱風過後海面葉綠素 a 濃度有 91%有增加，約 43%的葉綠素濃度的最大值集中在 5%~65%之間。

依上述分析可知，颱風的確會使海洋在垂直方向的物質產生改變，將較下層的營養鹽帶至表層，有利表層生物利用。

。

伍、 參考文獻

1. 辛在勤 (民 56)。颱風百問(第二版)。臺北市: 中央氣象局。
2. 龔國慶 (民 90)。是誰貢獻了東海旺盛的基礎生產力。科學發展月刊，29:2，76-80。
3. 古谷 研 (2015) 海洋における植物プランクトンの生理生態と 物質循環における役割に関する研究，海の研究 (Oceanography in Japan)，2 (4 2)，63—76。
from: <http://kaiyo-gakkai.jp/jos/uminokenkyu/vol24/24-2/24-2-furuya.pdf>
4. Digital Typhoon : Typhoon Imagine and Information
from:<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/index.html.en>
5. I-I Lin (2012)。”Typhoon-induced phytoplankton blooms and primary productivity increase in the western North Pacific subtropical ocean”。Journal of

Geophysical Research : Oceans ◦ Vol. 117 , March , 2012 ◦

from:<https://doi.org/10.1029/2011JC007626>

6. Jeng Chang , Chih-Ching Chung , Gwo-Ching Gong (1996) ◦ ” Influences of cyclones on chlorophyll a concentration and Synechococcus abundance in a subtropical western Pacific coastal ecosystem ” ◦ Marine Ecology Progress Series ◦ Vol. 140 : 119–205 , 1996 , September 12 , 1996 ◦
from: <https://www.int-res.com/articles/meps/140/m140p199.pdf>
7. JTWC Tropical Warnings : Joint Typhoon Warning Center (JTWC)
from: <http://www.metoc.navy.mil/jtwc/jtwc.html>
8. Liang Sun , Yuan-Jian Yang , Xian Tao , Zhu-min Lu , Yunfei Fu (2010.4) ◦
” Strong enhancement of chlorophyll a concentration by a weak typhoon ” ◦
Atmospheric and Oceanic Physics ◦ April 2010 ◦
from:https://www.researchgate.net/publication/45911849_Strong_enhancement_of_chlorophyll_a_concentration_by_a_weak_typhoon
9. NASA Ocean Color
from:<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>
10. Working with Scientific Data Sets in MATLAB : An Exploration of Ocean Color and Sea Surface Temperature ◦ Teaching Computation in the Sciences Using MATLAB ◦ October 12 , 2015 ◦
from:https://serc.carleton.edu/NAGTWorkshops/data_models/matlab15/activities/114737.html

【評語】 180001

颱風在短期與長期內影響海洋表層葉綠素濃度改變之探討很有吸引力此議題也很重要，唯變數間之相關分析，相關性不夠顯著，較不具說服力，建議可以持續研究，改進分析方法突顯研究成果，並對其中之物理過程進一步探究，應會有很大之進步空間。