

# 東沙環礁海草床變動調查

宋克義<sup>1,3</sup>、任玄<sup>2</sup>、高宏明<sup>2</sup>、黃湘倫<sup>1</sup>、張海璿<sup>1</sup>、許嘉軒<sup>1</sup>、傅科憲<sup>1</sup>

<sup>1</sup>國立中山大學海洋科學系；<sup>2</sup>國立中央大學太空及遙測研究中心；<sup>3</sup>通訊作者E-mail: keryea@g-mail.nsysu.edu.tw

東沙環礁海草床於2014年發生大量死亡，為了解其變化及趨勢，利用2014年到2021年東沙環礁衛星影像之顏色變化進行分析，同時監測環境中溶氧、溫度及海流方向等環境參數。本研究主要使用Sentinel衛星影像對東沙環礁礁台上海草床死亡時間和面積進行估計，並配合現地地面實況資料 (Ground truth) 分析，一同與海草床恢復區及未受影響區做比較。北、東北及東礁台目前 (2021) 皆在恢復過程中，相對的，南、北環的海草死亡正在擴大；海草床每日溶氧和溫度變化大，發生低氧、高溫的機率與季節以及地點都有關係。全球變遷帶來的高溫和高草食性動物少所造成的有機碎屑累積，是兩個解釋海草床大量死亡的重要假說；其中後者是管理單位可以設法改善，並且有希望見到成效的項目。

關鍵字：東沙環礁、海草床、大量死亡、衛星影像

## 一、研究緣起

任與高 (2014) 於東沙環礁的研究顯示，利用衛星影像估計，東沙環礁海草床面積約 80km<sup>2</sup>，而該年礁台周邊海草床估計減少了 25 km<sup>2</sup> 的面積 (圖一)；劉與林 (2018) 推測是因為颱風和全球暖化所致；Gajdzik and DeCarlo (2017) 也發現於2014-2015年間大量生物可能是因為缺氧而死亡的現象。

本團隊將針對2015~2021年之Sentinel衛星影像 (圖二)，以及地面實況調查、水下探針的佈放，來更了解海草床死亡之機制。

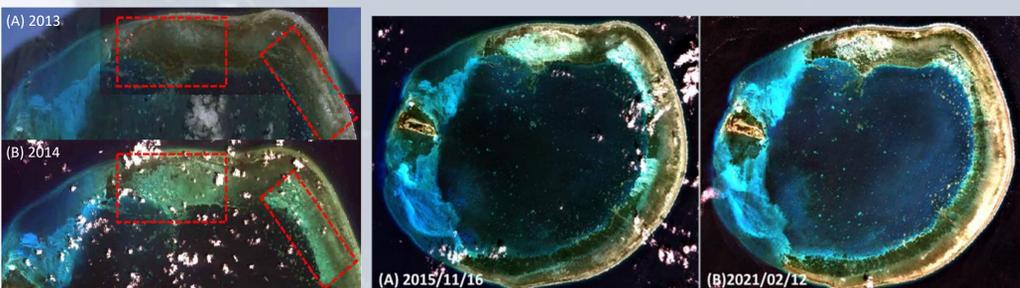


圖1、任與高(2014)觀察到(A)2013年與(B)2014北礁台及東北礁台，海草大量死亡現象。

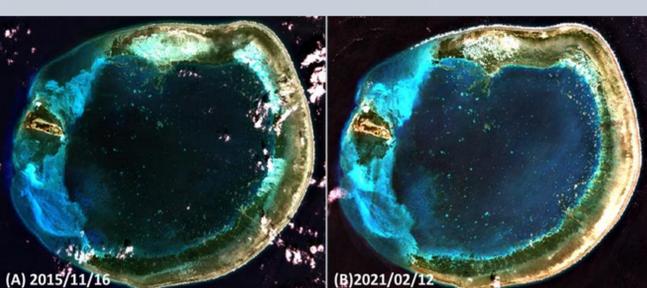


圖2、(A) 2015/11/16 及 (B) 2021/02/12 Sentinel衛星影像

## 二、材料方法

### 1. 衛星影像

使用Sentinel衛星影像對五大塊海草死亡區進行比較。將海草床分成三類型區域：

- (1) 海草死亡區：從2015至2021年衛星影像皆呈現白色之區域。
- (2) 正在恢復區：2016年時呈現白色，2021年時恢復成綠色。
- (3) 未受影響區：從2015至2021年皆呈現綠色之區域。

### 2. 實況地面調查

本研究於礁台北邊、東北及東邊之三類型樣區 (死亡區、恢復區及未受影響區)、東沙島的南邊及南、北環礁環狀死亡區，共28個樣點。(圖3)

- (1) 穿越線拍攝的影像分析
- (2) 採集當生物樣本分析組成

### 3. 監測環境因子

本研究於東沙環礁中的海草床測站將設置溶氧、水溫及海流儀探針，儀器所紀錄之資料量會受到電量、記憶體限制、出海期程、天氣影響等因素影響。

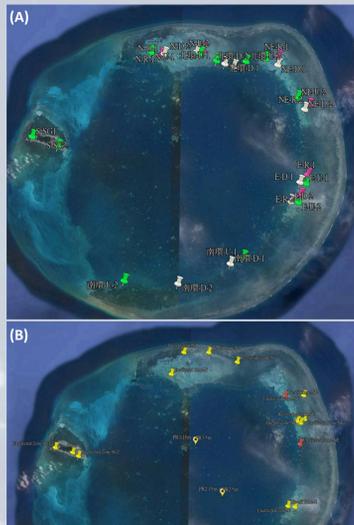


圖3、(A)地面實況點位、(B)溶氧、溫度、海流儀探針點位

## 三、研究結果

### 1. 衛星影像觀測結果

- ① 到目前為止北礁台、東北礁台、東礁台海草床死亡區歷年面積皆逐漸減少 (圖4)。
- ② 在南、北環礁海草床的環狀死亡區，海草死亡面積逐年增加 (圖5)。

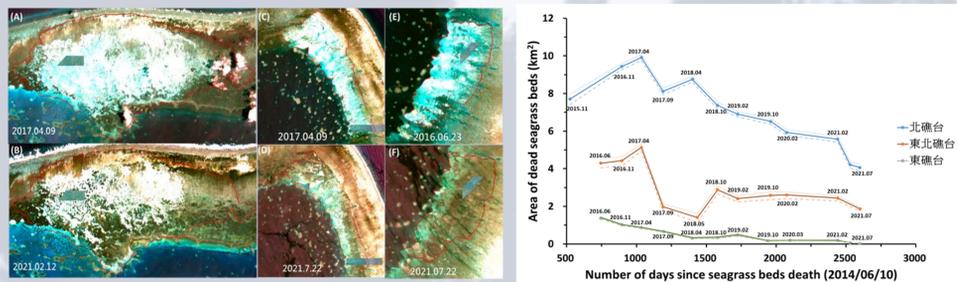


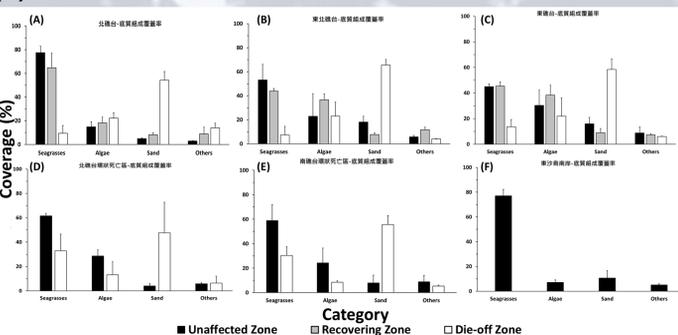
圖4、(左)從Sentinel衛星影像上三大礁台恢復情形。((A)(B)為北礁台、(C)(D)為東北礁台、(E)(F)為東礁台)。(右)三大礁台海草床死亡區歷年面積變化。



圖5、(左)從Sentinel衛星影像上南、北環海草死亡情形。((A)北礁台海草床環狀死亡區、(B)南礁台海草床環狀死亡區)。(右)南、北環台海草床環狀死亡區歷年面積變化。

### 2. 地面實況調查結果

#### (1) 底質組成覆蓋率



根據圖6結果顯示：

- ① 未受影響區、恢復區皆以海草為主要組成。
- ② 海草白化區則以沙底為組成。

圖6、各樣區底質組成覆蓋率之分析結果。(A)北礁台、(B)東北礁台、(C)東礁台、(D)北環、(E)南環、(F)東沙島南岸。

#### (2) 底質內生物重量

- ① 未受影響區、正在恢復區、海草死亡區：大多以有機碎屑為最重，除了東礁台趨勢較為不同
- ② 以One-way ANOVA檢定，結果未受影響區與海草死亡區的有機碎屑呈顯著差異 (p-value=0.009)。

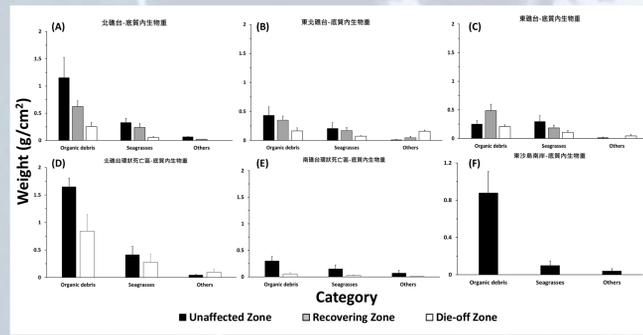


圖7、各樣區底質內生物重之分析結果。(A)北礁台、(B)東北礁台、(C)東礁台、(D)北環、(E)南環、(F)東沙島南岸。

#### (3) 海草長度

- ① 都以泰來草 (*Thalassia hemprichii*) 最長。
- ② 單脈二葉草 (*Halodule uninervis*) 及卵葉鹽草 (*Halophila ovalis*) 只出現在海草死亡區。
- ③ 分析皆有出現的鋸齒葉水絲草 (*Cymodocea serrulate*)，結果發現三種類型棲所之間的鋸齒葉水絲草長度並無顯著差異 (p-value=0.192)

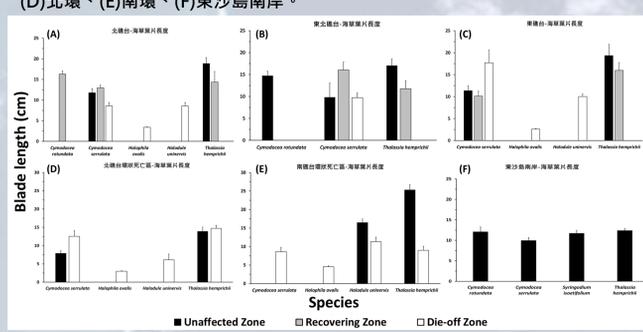


圖8、各樣區海草葉片長度。(A)北礁台、(B)東北礁台、(C)東礁台、(D)北環、(E)南環、(F)東沙島南岸。

#### 2. 溶氧、溫度探針結果

- ① 與海草床大量死亡相關的因素是海水高溫和低溶氧，以兩極端值當作指標 (圖9)。
- ② 比東北礁台作為代表，秋、冬時幾乎沒有“溫度高、溶氧低”的現象，此現象以2020年6~7月時比較為明顯 (圖9(A)~(C))。
- ③ 潟湖內塊礁PR2-15m在2020年5月時的有溶氧為零現象，其他時期則無 (圖9(D)~(E))
- ④ 東沙島南岸的SG1在2021年5月時有明顯的溫度高、溶氧低的現象 (圖6(F))。

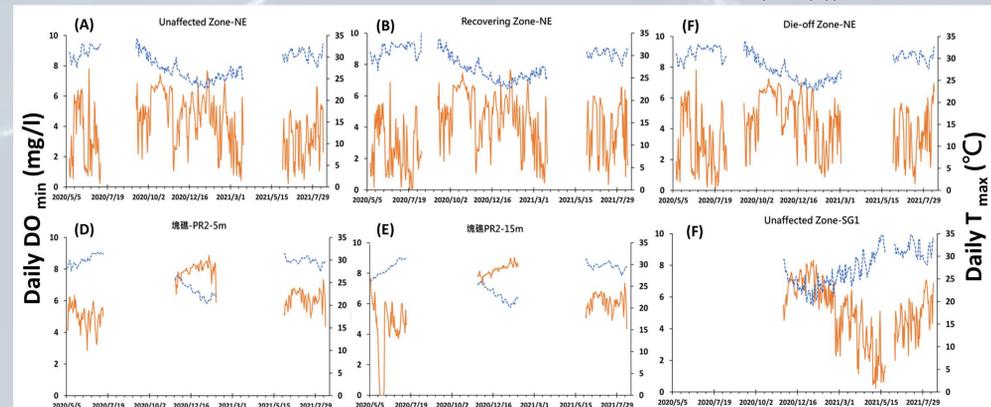


圖9、部分樣區的每日低溶氧及高溫數值。(A)~(C)為東北礁台、(D)~(E)為塊礁、(F)為東沙島南岸。

#### 3. 海流儀探針結果

根據海流觀測結果、海流玫瑰圖統計結果、調和分析後的潮流玫瑰圖：以北礁台來說，海流分量明顯受到潮流影響呈現每日漲、退潮與半月大小潮週期之趨勢變化 (圖10)。

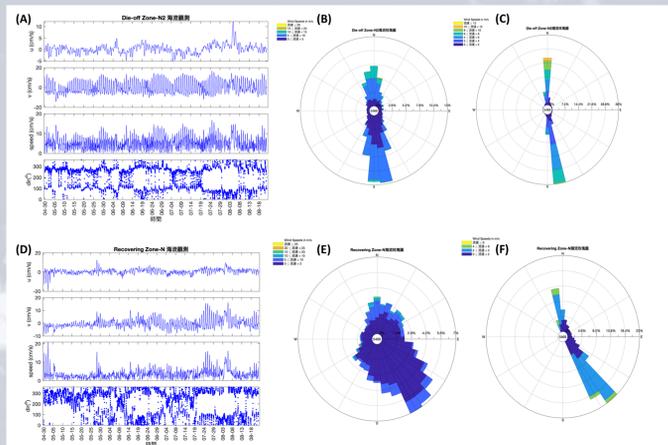


圖10、(A)N2、(D)N之定點海流儀觀測資料，由上到下分別為東西向流速、南北向流速、合成流速及流向。(B)N2、(D)N之定點海流儀觀測海流玫瑰圖。(C)N2、(F)N之經四個分潮(S2, M2, K1, O1)調和分析潮流玫瑰圖

## 四、討論

1. Sentinel衛星影像的解析力足夠用來監測海草床上的大規模變化。
2. 五個礁台海草床開始發生的月份未必相同，但基本上是在六到八月，一年中水溫高的季節。
3. 三大礁台海草床正在恢復中；南、北礁台海草床環狀死亡區仍在擴大。
4. 藉由衛星影像、地面實況的結果，可發現衛星影像顏色是符合預期地將區域進行分類，而顏色較淡的部分推測是該區海草密度較低。
5. 單純高溫的季節是無法造成海草大量死亡，需有其他條件同時造就溶氧不足。
6. 礁台上局部水深較淺區域在小潮時期可能呈現封閉水體水體流動較差，唯有在大潮時期才有水體流動的機會。
7. 設法恢復草食性動物的數量，可能可以有效消耗有機碎屑，缺氧就不容易發生。