

台灣中油股份有限公司

2019 年 5 月份大型藻類及殼狀珊瑚
藻調查報告

受託單位：國立臺灣海洋大學

2019 年 6 月

第一章、前言

殼狀珊瑚藻或稱造礁珊瑚紅藻在珊瑚礁生態系中扮演非常關鍵的角色，為重要的造礁生物（圖 1）。殼狀珊瑚藻的鈣化藻體可在死亡後成為珊瑚礁體結構的一部份，藻礁本體可以提供許多非鈣化大型海藻固著生長，能提供食物給許多生物，也可為許多海洋軟體動物著苗繁殖的棲息地，也是台灣沿海藻礁地區主要的生產者（Liu et al. 2018）。健康的殼狀珊瑚藻，因生長時會緊貼，侵蝕，在海洋生態上，具有保護棲地的重要功能。殼狀珊瑚藻的生長與維持海洋物種多樣性的重要生態功能習習相關，因此在海洋酸化的議題下受到著目與廣因生長時會緊貼著老化的鈣化藻體，可以保護已形成的藻礁體，免受海浪泛的研究（Hugh et al. 2007; Hofmann et al. 2016）。

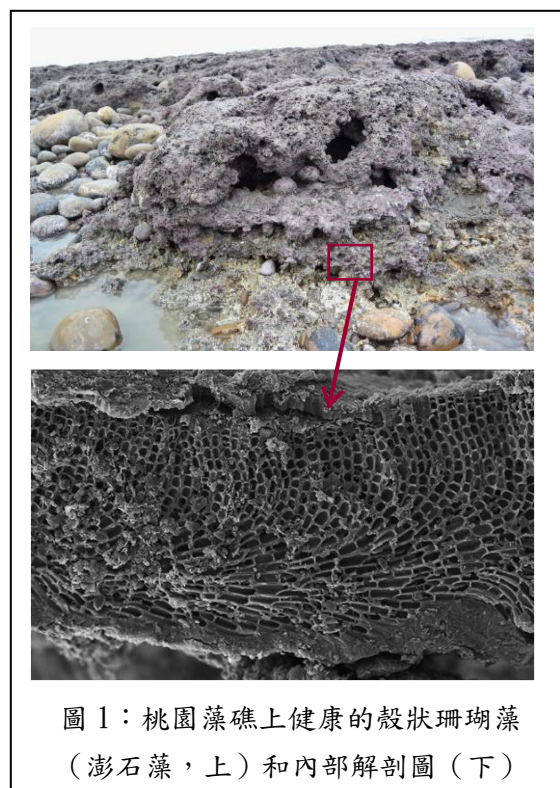


圖 1：桃園藻礁上健康的殼狀珊瑚藻（澎石藻，上）和內部解剖圖（下）

殼狀珊瑚藻在分類上歸屬於海洋性紅藻珊瑚藻目，為一群古老的海洋紅藻，廣泛分佈於世界各海洋的珊瑚礁海域和岩岸地形。因具行光合作用能力，在生長時亦需要適當的水溫、光照及營養鹽。過去研究紀錄顯示臺灣北部沿海以殼狀珊瑚藻為主體的藻礁分佈，從新北市石門洞、富貴角、麟山鼻、三芝與淡水、桃園縣觀音直至新竹縣新豐，皆有大面積的藻礁，其中以桃園觀音藻礁（＝礁灰岩）面積為最大（戴等人 2009；王 2008、2010）。近年來，臺灣沿海生態受到工業污染的嚴重破壞，其中臺灣現存藻礁所占面積最大的桃園觀音-新屋間的藻礁海域最為嚴重，受到社會大眾十分關注。根據近年來我們研究團隊在觀新藻礁海域的現場調查資料顯示，澎石藻屬與殼葉藻屬為觀新藻礁上的主要造礁珊瑚藻（＝殼狀珊瑚藻），然而當殼狀珊瑚藻被其它附著性肉質性行（非鈣化大型藻）或泥沙覆蓋（見圖 2）時，則活力下降並且生長不良。目前在觀音海域大部分礁體皆覆蓋有 1 mm 厚度以上的泥砂，可能是造成仍具有行光合作用的造礁珊瑚藻種的覆蓋率愈來愈低的主要原因。



圖 2：被大量絲狀海藻附著或泥砂覆蓋（觀音海域，左&中）生長不良的膨石藻 vs. 生長良好的膨石藻，藻體表面無任何附生藻（新屋海域，右）。

根據海洋大學海洋生物研究所林綉美教授研究團隊多年來在桃園藻礁海域所進行的殼狀珊瑚藻多樣性及生態研究，觀新藻礁的殼狀珊瑚藻多樣性為台灣之冠，至少有 15 種以上，包括膨石藻、殼葉藻、哈氏石葉藻、石枝藻與孢石藻等且多數為世界新種 (Liu et al. 2018) (圖 3)，值得特別保護。海大林綉美教授研究團隊最近一年在大潭藻礁亦發現有十幾種疑似為世界新種的殼狀珊瑚藻。



圖 3：林綉美教授研究團隊發表來自桃園藻礁海域的殼狀珊瑚藻新屬及新種：太平洋殼葉藻 (*Crustophytum pacificum*)、波緣膨石藻 (*Phymatolithon margoundulatus*) 和玫瑰哈維藻 (*Harveyolithon rosea*)

然而，桃園藻礁海域的殼狀珊瑚藻因生長速度十分緩慢（每年增加藻體厚度大約只有 1-2 mm 或更低），容易受到環境變動影響（如泥沙覆蓋或其它生長快速大型海藻棲地競爭，水溫過高等等）。有關桃園藻礁生態系中主角的造礁珊瑚藻（＝殼狀/無節珊瑚藻）的調查可以近期及長期保育研究來規劃。由於目前桃園藻礁生態系中的造礁藻種的認識有限，建議在短期內可先從藻礁的造礁藻種組成、分佈和季節性覆蓋率變化監測開始，並建立一套適合桃園藻礁生態系的長期野外監測方法。

第二章、 監測方法

- (1) 桃園藻礁生態調查測站：桃園藻礁生態調查的測站，從南端至北端設六個測站（圖 4），依序為測站 1 (觀新永安海域)、測站 2 (觀新永興海域)、測站 3 (觀新保生海域)、測站 4 (大潭藻礁 G2 海域)、測站 5 (大潭藻礁 G1 海域)和測站 6 (白玉藻礁海域)。

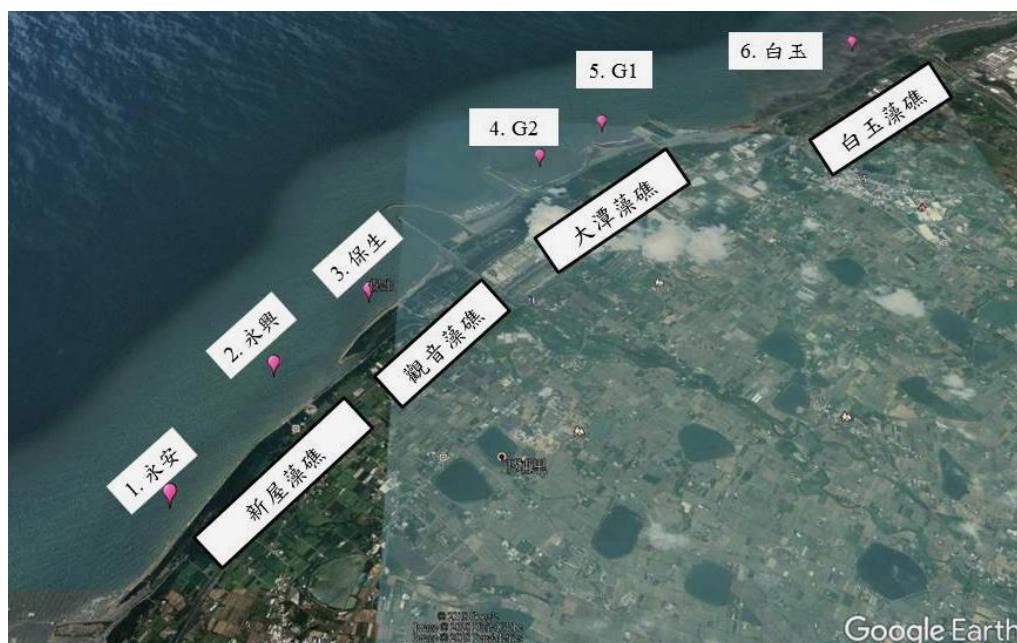


圖 4：桃園藻礁生態調查六個測站

- (2) 桃園藻礁生態調查監測方法：調查方法係以固定樣區方式進行調查，採樣時間配合退潮於白天進行。調查時觀察造礁珊瑚藻族群著生狀況，記錄泥沙覆蓋情況及位置，同時以相機拍攝造礁珊瑚藻生態照，並以徒手方式採集樣本攜回實驗室鑑別藻種。每一測站之造礁珊瑚紅藻種類及其覆蓋面積調查係以垂直穿越線十方框方式進行，調查方法敘述如下：
- (i) 採樣線：每一測站將在藻礁區平行海岸線設置 3 條與海岸垂直之穿越線 (line intercept transect, 參考 English et al. 1997)，每條穿越線約為 150-200 公尺長，穿越線之間間隔約 50-100 公尺 (視現場地形而定)。每條穿越線沿線分藻礁體在大退潮 (至少-150 公分以上) 潮間帶上半部，中潮帶及下半部，每區塊每隔 20-30 公尺 (視現場地形而定) 設一定點以 50x50 公分 (內有 25 個 10x10 公分方格) 方框拍照來以計算殼狀珊瑚藻的覆蓋率，拍照之後並取樣框內每一藻種的部份藻體，來正確鑑定框內所有殼狀珊瑚藻之種類。
- (ii) 覆蓋率計算：覆蓋度的估算主要依照 Saito and Atobe (1970)、Lin et al.

(2018) 的方法，以覆蓋百分比 (%)表示，以全盤調查測站之殼狀珊瑚藻種類及其生長附著基質現況。

- (iii) **樣品取樣**：選取每一條穿越線所拍框照內的每一殼狀珊瑚藻，刮下部份藻體，分別放入有編號的封口袋內，以利回實驗室進行藻種鑑定和判斷生活史時期。
- (iv) **藻種保存方式**：攜回實驗室的採集樣本/標本保存方式則參考 Lin et al. (2001)，每一不同藻體均分別以 5% 福馬林－海水溶液以做為生活史時期判斷，以及 95% 酒精保存做為分子 (DNA) 定序和藻種鑑定之用。
- (v) **種類鑑定**：主要參考 Lin et al. (2001) & Liu et al. (2018) 所發展的 DNA 萃取及定序方法，將定序葉綠體中第二光系統 D1 蛋白基因 (photosystem II reaction center protein D1, *psbA*) 進行殼狀珊瑚藻種間與屬間的分子親源關係分析，並將從美國醫學中心所發展建立的 GenBank 資料庫中找出相關物種基因序列來比較，以利藻種鑑定。

第三章、 監測結果

2019 年 5 月 17~19 日在白天大退潮時進行了桃園藻礁的造礁殼狀珊瑚藻藻種組成及覆蓋率野外監測，調查結果詳述如下：

本月份在觀新藻礁（永安測站、永興測站及保生測站）、大潭藻礁（G1 測站、G2 測站）和白玉藻礁（白玉測站）海域共六個測站皆有調查到高中低三個潮位大型藻類（包括殼狀珊瑚藻）的藻種組成及覆蓋率。調查結果共計發現非造礁大型藻類 7 個藻種（詳見表 1）：包括 5 種紅藻（香港石花菜—*Gelidiophycus hongkongensis*；扇形叉枝藻—*Ahnfeltiopsis flabelliformis*；耳殼藻未確定種—*Peyssonnelia* sp.；刺腔藻—*Caulacanthus okamurae*；小杉藻—*Chondracanthus intermedius*）和 2 種綠藻（大野石蓴—*Ulva ohnoi*；網形藻—*Phyllocladion anastomosans*）。另一方面，造礁大型藻類則有 15 種的殼狀珊瑚藻（詳見表 2）：包括哈維藻屬 4 種—*Harveylithon rosea*、*Harveylithon* sp. 1、*Harveylithon* sp. 2、*Harveylithon* sp. 4；張伯倫氏藻屬 1 種—*Chamberlainium* sp. 2；道森氏藻屬 1 種—*Dawsoniolithon* sp. 1；石葉藻屬 1 種—*Lithophyllum margaritae*；殼葉藻屬 1 種—*Crustaphytum pacificum*；石枝藻屬 1 種—*Lithothamnion* sp. 1；澎石藻屬 5 種—*Phymatolithon margoundulatus*、*Phymatolithon* sp. 1、*Phymatolithon* sp. 2、*Phymatolithon* sp. 3、*Phymatolithon* sp. 4；孢石藻屬一種未確定種—*Sporolithon* sp. 1。

在覆蓋率方面（詳見圖 5~10），觀新藻礁區三個測站的高中潮帶的皆有一些的絲狀或較小型的非造礁的大型海藻，覆蓋率介於 1~91% 之間，非造礁的大型海藻覆蓋率以絲狀紅藻—刺腔藻（*Caulacanthus okamurae*）為最高，在高潮帶可達 91% 以上，次之為另一種非造礁殼狀紅藻—耳殼藻未確定種（*Peyssonnelia* sp.），在中高潮帶可達 18% 以上。另一方面，殼狀珊瑚藻在高潮帶生長不良且覆蓋率不高（3~15%）。然而，在中潮帶至低潮線附近的殼狀珊瑚藻，除了有積沙較嚴重的區塊殼狀珊瑚藻的覆蓋率不高之外（<18%），中低潮大部分區域的殼狀珊瑚藻的覆蓋率仍算良好，殼狀珊瑚藻覆蓋率介於 30~95% 之間。

大潭藻礁區二個測站（G1 & G2）二個測站的高中潮帶的非造礁的大型海藻皆為絲狀或較小型的藻種，覆蓋率介於 1~27% 之間，非造礁的大型海藻覆蓋率以絲狀紅藻—刺腔藻（*Caulacanthus okamurae*）為最高，在中高潮帶可達 27%，次之為小杉藻（*Chondracanthus intermedius*），在高潮帶可達 12%。另一方面，

在 G2 海域，殼狀珊瑚藻在高潮帶生長不良且覆蓋率不高，然而在中潮帶至低潮線附近的殼狀珊瑚藻，除了有積沙較嚴重的區塊殼狀珊瑚藻的覆蓋率不高之外 (<10%)，中低潮大部分區域的殼狀珊瑚藻的覆蓋率仍算良好，殼狀珊瑚藻覆蓋率介於 43~75% 之間。在 G1 海域，殼狀珊瑚藻在各潮帶的殼狀珊瑚藻，在中高潮帶有一些積沙較嚴重的區塊殼狀珊瑚藻的覆蓋率不高之外，中低潮大部分區域的殼狀珊瑚藻的覆蓋率仍算良好，殼狀珊瑚藻覆蓋率介於 62~82% 之間。

白玉藻礁區測站在各潮帶皆有一些的絲狀的大型海藻，覆蓋率介於 3~50% 之間，非造礁的大型海藻覆蓋率以絲狀紅藻—縱胞藻 (*Centroceras clavulatum*) 為最高，在中高潮帶可達 65%。另一方面，殼狀珊瑚藻除了在中高潮帶有積沙較嚴重的區塊殼狀珊瑚藻的覆蓋率不高之外 (<15%)，中低潮大部分區域的殼狀珊瑚藻的覆蓋率仍算良好，殼狀珊瑚藻覆蓋率介於 35~76% 之間。

表 1、 2019 年 5 月份非造礁的大型海藻在六個潮間帶測站分佈列表
 (“✓” = 有出現；“-” = 無出現；H=高潮帶；M=中潮帶；L=低潮帶)

拉丁學名	中文名	永安	永興	保生	G2	G1	白玉
RHODOPHYTA	紅藻門						
FLORIDEOPHYCEAE	真紅藻綱						
GELIDIACEAE	石花菜科						
<i>Gelidiophycus hongkongensis</i>	香港石花菜	✓ H,M,L	✓ H,M,L	✓ H,M,L	✓ H,M	-	-
PHYLLOPHORACEAE	育葉藻科						
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	扇形叉枝藻	✓ H	-	-	-	-	-
PEYSSONNELIACEAE	耳殼藻科						
<i>Peyssonnelia</i> sp.	耳殼藻未確定種	✓ H,M,L	✓ M,L	-	✓ L	-	-
CAULACANTHACEAE	刺腔藻科						
<i>Caulacanthus okamurae</i>	刺腔藻	-	✓ H,M	✓ M	✓ H,M	-	✓ H,M,L
GIGARTINACEAE	杉藻科						
<i>Chondracanthus intermedius</i>	小杉藻	-	-	-	✓ L	-	-

拉丁學名	中文名	永安	永興	保生	G2	G1	白玉
CHLOROPHYTA	綠藻門						
ULVAPHYCEAE	石蓴科						
<i>Ulva ohnoi</i>	大野石蓴	✓ H	-	✓ H	✓ H	-	-
BOODLEACEAE	布氏藻科						
<i>Phyllocladon anastomosans</i>	網形藻	-	-	✓ H,M	✓ L	-	-
各測站藻種數		4	3	4	6	0	1

表 2、2019 年 5 月份造礁的殼狀珊瑚藻 (=CCA) 在六個潮間帶測站分佈列表
 (“✓” = 有出現；“-” = 無出現；H=高潮帶；M=中潮帶；L=低潮帶)

拉丁學名	中文名	永安	永興	保生	G2	G1	白玉
Order CORALLINALES	珊瑚藻目						
Genus <i>Harveyolithon</i>	哈維石屬						
<i>Harveyolithon rosea</i>	玫瑰哈維石藻	✓ L	-	-	-	-	-
<i>Harveylinthon</i> sp.1	維石藻未確定種 sp. 1	✓ L	-	✓ M	✓ H	✓ M	✓ H
<i>Harveyolithon</i> sp. 2	維石藻未確定種 sp. 2	-	-	-	-	✓ M	-
<i>Harveyolithon</i> sp.4	維石藻未確定種 sp. 4	-	-	-	-	-	✓ M
Genus <i>Chamberlainium</i>	張伯倫氏藻屬						
<i>Chamberlainium</i> sp. 2	張伯倫氏藻 sp. 2	✓ M	-	-	✓ L	-	-
Genus <i>Dawsoniolithon</i>	道森氏藻屬						
<i>Dawsoniolithon</i> sp. 1	道森氏藻未確定種 sp. 1	-	✓ M	-	-	-	-
Genus <i>Lithophyllum</i>	石葉藻屬						
<i>Lithophyllum margaritae</i>	瑪格麗特石葉藻	-	-	-	-	✓ L	-
Order HAPALIDIALES	混石藻目						
Genus <i>Crustaphytum</i>	殼葉藻屬						
<i>Crustaphytum pacificum</i>	太平洋殼葉藻	-	✓ L	✓ L	-	-	✓ L

拉丁學名	中文名	永安	永興	保生	G2	G1	白玉
Genus <i>Lithothamnion</i>	石枝藻屬						
<i>Lithothamnion</i> sp.1	石枝藻未確定種 sp.1	-	-	-	✓ M	-	-
Genus <i>Phymatolithon</i>	澎石藻屬						
<i>Phymatolithon margoundulatus</i>	波緣澎石藻	✓ M	✓ M,L	-	✓ H	✓ H	✓ H,M,L
<i>Phymatolithon</i> sp.1	澎石藻未確定種 sp.1	✓ H,M	✓ M	-	-	✓ H	-
<i>Phymatolithon</i> sp. 2	澎石藻未確定種 sp.2	✓ H,L	-	✓ H	✓ M	-	-
<i>Phymatolithon</i> sp.3	澎石藻未確定種 sp.3	-	-	✓ M	✓ M,L	✓ H	✓ H,L
<i>Phymatolithon</i> sp.4	澎石藻未確定種 sp.4	-	-	✓ L	-	✓ L	✓ M
Order SPOROLITHALES	孢石藻目						
Genus <i>Sporolithon</i>	孢石藻屬						
<i>Sporolithon</i> sp.1	孢石藻未確定種 sp.1	-	✓ L	✓ L	✓ L	✓ M,L	-
各測站藻種數		6	5	6	7	8	6










高潮帶 (2019/May/17)	藻種組成+覆蓋率 (%)	中潮帶 (2019/May/17)	藻種組成+覆蓋率 (%)	低潮帶 (2019/May/17)	藻種組成+覆蓋率 (%)
	① 非造礁大型海藻: 15% <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> ② 殼狀珊瑚藻: 3% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon</i> sp.2		① 非造礁大型海藻: 23% <i>Peyssonnelia</i> sp., <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> ② 殼狀珊瑚藻: 25% <i>Phymatolithon</i> sp.1		① 非造礁大型海藻: 15% <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> , <i>Peyssonnelia</i> sp. ② 殼狀珊瑚藻: 13% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon</i> sp.2
	① 非造礁大型海藻: 19% <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> , <i>Ulva ohnoi</i> ② 殼狀珊瑚藻: 5% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon</i> sp. 1		① 非造礁大型海藻: 5% <i>Peyssonnelia</i> sp. ② 殼狀珊瑚藻: 18% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Chamberlainium</i> sp. 2		① 非造礁大型海藻: 12% <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> , <i>Peyssonnelia</i> sp. ② 殼狀珊瑚藻: 33% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Harveyolithon</i> sp.1
	① 非造礁大型海藻: 19% <i>Ahnfeltiopsis</i> sp.; <i>Peyssonnelia</i> sp. ② 殼狀珊瑚藻: 3% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon</i> sp. 2		① 非造礁大型海藻: 18% <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> ② 殼狀珊瑚藻: 13% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon margoundulatus</i>		① 非造礁大型海藻: 15% <i>Peyssonnelia</i> sp., <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> ② 殼狀珊瑚藻: 35% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Harveyolithon rosea</i>

圖 5、2019 年 5 月份觀新藻礁區測站 1 (永安) 的殼狀珊瑚藻及大型藻類的藻種組成及覆蓋率

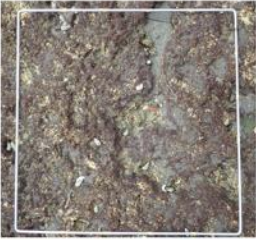
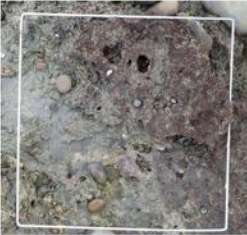

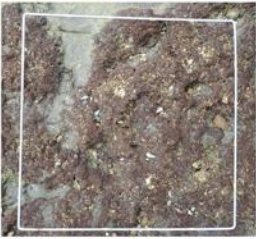


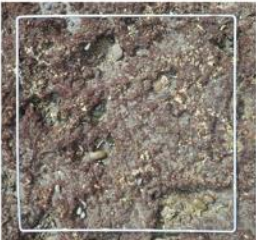


高潮帶 (2019/May/17)	藻種組成+覆蓋率 (%)	中潮帶 (2019/May/17)	藻種組成+覆蓋率 (%)	低潮帶 (2019/May/17)	藻種組成+覆蓋率 (%)
	① 非造礁大型海藻: 91% <i>Caulacanthus okamurae</i> , <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> ② 殼狀珊瑚藻: 0%		① 非造礁大型海藻: 45% <i>Caulacanthus okamurae</i> , <i>Gelidiophycus kongkongensis</i> ② 殼狀珊瑚藻: 30% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon margoundulatus</i>		① 非造礁大型海藻: 3% <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> ② 殼狀珊瑚藻: 55% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Sporolithon sp.</i>
	① 非造礁大型海藻: 85% <i>Caulacanthus okamurae</i> , <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> ② 殼狀珊瑚藻: 0%		① 非造礁大型海藻: 5% <i>Peyssonnelia sp.</i> ② 殼狀珊瑚藻: 55% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon sp.1</i>		① 非造礁大型海藻: 4% <i>Peyssonnelia sp.</i> ② 殼狀珊瑚藻: 67% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon margoundulatus</i>
	① 非造礁大型海藻: 75% <i>Caulacanthus okamurae</i> , <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> ② 殼狀珊瑚藻: 0%		① 非造礁大型海藻: 7% <i>Peyssonnelia sp.</i> ② 殼狀珊瑚藻: 38% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Dawsoniolithon sp. 1</i>		① 非造礁大型海藻: 1% <i>Peyssonnelia sp.</i> ① 殼狀珊瑚藻: 95% ② 主要殼狀珊瑚藻: <i>Crustophytum pacificum</i>

圖 6、2019 年 5 月份觀新藻礁區測站 2 (永興) 的殼狀珊瑚藻及大型藻類的藻種組成及覆蓋率


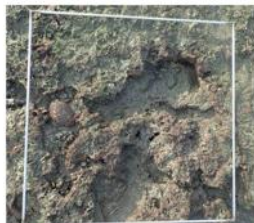


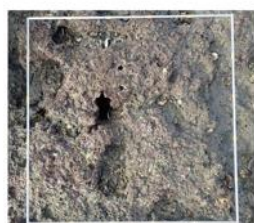
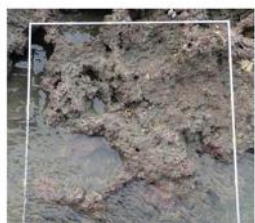



高潮帶 (2019/May/17)	藻種組成+覆蓋率 (%)	中潮帶 (2019/May/17)	藻種組成+覆蓋率 (%)	低潮帶 (2019/May/17)	藻種組成+覆蓋率 (%)
	① 非造礁大型海藻: 67% <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> , <i>Ulva ohnoi</i> ② 殼狀珊瑚藻: 0%		① 非造礁大型海藻: 45% <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> , <i>Phyllocladon anastomosans</i> ② 殼狀珊瑚藻: 0%		① 非造礁大型海藻: 8% <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> ② 殼狀珊瑚藻: 45% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Sporolithon</i> sp. 1
	① 非造礁大型海藻: 45% <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> , <i>Phyllocladon anastomosans</i> ② 殼狀珊瑚藻: 0%		① 非造礁大型海藻: 2% <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> ② 殼狀珊瑚藻: 75% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon</i> sp. 3		① 非造礁大型海藻: 3% <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> ② 殼狀珊瑚藻: 73% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Crustaphytum pacificum</i>
	① 非造礁大型海藻: 10% <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> ① 主要殼狀珊瑚藻: 15% <i>Phymatolithon</i> sp. 2		① 非造礁大型海藻: 35% <i>Caulacanthus okamurae</i> , <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> ② 殼狀珊瑚藻: 7% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Harveyolithon</i> sp. 1		① 非造礁大型海藻: 5% <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> ② 殼狀珊瑚藻: 80% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon</i> sp. 4

圖 7、2019 年 5 月份觀新藻礁區測站 3 (保生) 的殼狀珊瑚藻及大型藻類的藻種組成及覆蓋率





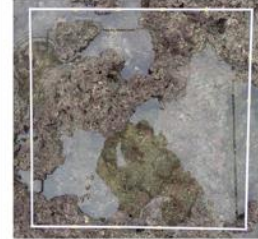


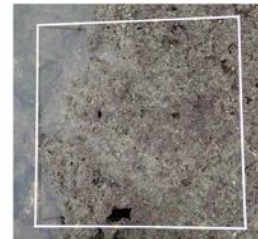

高潮帶 (2019/May/18)	藻種組成+覆蓋率 (%)	中潮帶 (2019/May/18)	藻種組成+覆蓋率 (%)	低潮帶 (2019/May/18)	藻種組成+覆蓋率 (%)
	① 非造礁大型海藻: 27% <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> , <i>Caulacanthus okamurae</i> , <i>Ulva ohnoi</i> ② 殼狀珊瑚藻: 0%		① 非造礁大型海藻: 27% <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> , <i>Caulacanthus okamurae</i> ② 殼狀珊瑚藻: 5% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Lithothamnion</i> sp. 1		① 非造礁大型海藻: 1% <i>Peyssonnelia</i> sp. ② 殼狀珊瑚藻: 43% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Sporolithon</i> sp. 1
	① 非造礁大型海藻: 25% <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> , <i>Caulacanthus okamurae</i> ② 殼狀珊瑚藻: 12% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Harveylithon</i> sp. 1		① 非造礁大型海藻: 18% <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> , <i>Caulacanthus okamurae</i> ② 殼狀珊瑚藻: 9% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon</i> sp. 2		① 非造礁大型海藻: 12% <i>Chondracanthus intermedius</i> , <i>Phyllocladon anastomosans</i> ② 殼狀珊瑚藻: 65% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon</i> sp. 3
	① 非造礁大型海藻: 12% <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> , <i>Caulacanthus okamurae</i> ② 殼狀珊瑚藻: 0% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon margoundulatus</i>		① 非造礁大型海藻: 19% <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> , <i>Caulacanthus okamurae</i> ② 殼狀珊瑚藻: 7% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon</i> sp. 3		① 非造礁大型海藻: 2% <i>Peyssonnelia</i> sp. ② 殼狀珊瑚藻: 75% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Chamberlainium</i> sp. 2

圖 8、2019 年 5 月份大潭藻礁區測站 4 (G2) 的殼狀珊瑚藻及大型藻類的藻種組成及覆蓋率


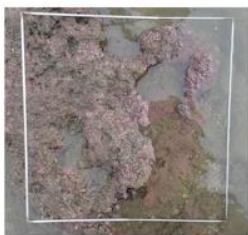


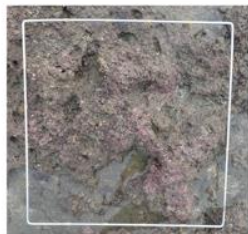




高潮帶 (2019/Apr/20)	藻種組成+覆蓋率 (%)	中潮帶 (2019/May/18)	藻種組成+覆蓋率 (%)	低潮帶 (2019/May/18)	藻種組成+覆蓋率 (%)
	① 非造礁大型海藻, 0% ② 殼狀珊瑚藻: 55% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon</i> sp. 3		① 非造礁大型海藻, 0% ② 殼狀珊瑚藻: 77% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Harveylithon</i> sp. 2		① 非造礁大型海藻, 0% ② 殼狀珊瑚藻: 82% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Sporolithon</i> sp.1
	① 非造礁大型海藻: 0% ② 殼狀珊瑚藻: 40% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon margoundulatus</i>		① 非造礁大型海藻: 0% ② 殼狀珊瑚藻: 62% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Sporolithon</i> sp.1		① 非造礁大型海藻: 0% ② 殼狀珊瑚藻: 79% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon</i> sp.4
	① 非造礁大型海藻: 0% ② 殼狀珊瑚藻: 67% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon</i> sp. 1		① 非造礁大型海藻: 0% ② 殼狀珊瑚藻: 70% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Harveylithon</i> sp. 1		① 非造礁大型海藻: 0% ② 殼狀珊瑚藻: 67% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Lithophyllum margaritae</i>

圖 9、2019 年 5 月份大潭藻礁區測站 5 (G1) 的殼狀珊瑚藻及大型藻類的藻種組成及覆蓋率

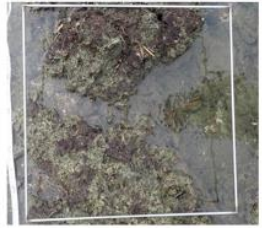
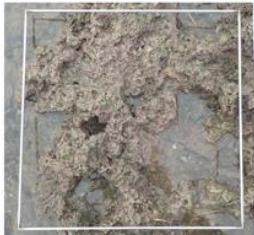

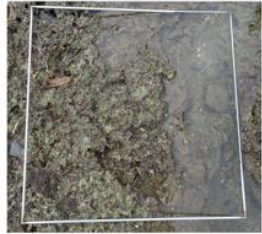


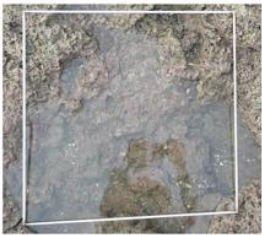


高潮帶 (2019/May/18)	藻種組成+覆蓋率 (%)	中潮帶 (2019/May/18)	藻種組成+覆蓋率 (%)	低潮帶 (2019/May/18)	藻種組成+覆蓋率 (%)
	① 非造礁大型海藻: 25% <i>Caulacanthus okamurae</i> ② 殼狀珊瑚藻: 5% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon</i> sp. 3		① 非造礁大型海藻: 2% <i>Caulacanthus okamurae</i> ② 殼狀珊瑚藻: 45% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon margoundulatus</i>		① 非造礁大型海藻: 0% ② 殼狀珊瑚藻: 76% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Crustaphytum pacificum</i>
	① 非造礁大型海藻: 25% <i>Caulacanthus okamurae</i> ② 殼狀珊瑚藻: 15% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Harveylithon</i> sp. 1		① 非造礁大型海藻: 25% <i>Caulacanthus okamurae</i> ② 殼狀珊瑚藻: 35% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Harveylithon</i> sp. 4		① 非造礁大型海藻: 16% <i>Caulacanthus okamurae</i> ② 殼狀珊瑚藻: 45% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon margoundulatus</i>
	① 非造礁大型海藻: 0% ② 殼狀珊瑚藻: 35% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon margoundulatus</i>		① 非造礁大型海藻: 65% <i>Caulacanthus okamurae</i> ② 殼狀珊瑚藻: 5% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon</i> sp. 4		① 非造礁大型海藻: 12% <i>Caulacanthus okamurae</i> ② 殼狀珊瑚藻: 55% ③ 主要殼狀珊瑚藻: <i>Phymatolithon</i> sp. 3

圖 10、2019 年 5 月份白玉藻礁區測站 6 (白玉) 的殼狀珊瑚藻及大型藻類的藻種組成及覆蓋率

第四章、 參考文獻

- [1] English, S., Wilkinson C. & Baker V. (1997) Survey manual for tropical marine resources. 2nd Edition. Australian Institute of Marine Science, Townsville, 390 pp.
- [2] Hofmann, L.C., Koch M. & de Beer D. (2016) Biotic Control of Surface pH and Evidence of Light-Induced H⁺ Pumping and Ca²⁺ -H⁺ Exchange in a Tropical Crustose Coralline Alga. Plos ONE 11(7): e0159057.
- [3] Hughes, T.P., M.J.Rodrigues, D.R. Bellwood, D. Ceccarelli, ... (2007) Phase Shifts, Herbivory, and the Resilience of Coral Reefs to Climate Change. Current Biology 17: 360 - 365.
- [4] Lin S.-M., Fredericq S. & Hommersand H.M. (2001) Systematics of the Delesseriaceae (Ceramiales, Rhodophyta) based on LSU and rbcL sequences, including the Phycodryoideae subfam. nov. Journal of Phycology 37: 881-899.
- [5] Lin S.M., Tseng L.-C., Put A.Jr., Bolton J., Liu L.-C. 2018. Long-term spatial and temporal variabilities in marine macroalgal biota along the coast of Northern Taiwan, southern East China Sea. Marine Biology 165 (5):83.
- [6] Liu L.-C., Lin S.-M., Caragnano A. & Payri C. (2018) Species diversity and molecular phylogeny of non-geniculate coralline algae (Corallinophycidae, Rhodophyta) from Taoyuan algal reefs in northern Taiwan, including Crustaphytum gen. nov. and three new species. Journal of Applied Phycology 30(6): 3455-3469.
- [7] Saito, Y. & Atobe S. (1970) Phytosociological study of intertidal marine algae. I. Usujiri Benten-Jima, Hokkaido. Bulletin of the Faculty of Fisheries, Hakkaido University, 21:37-69.
- [8] Steneck, R.S. (1982) A limpet-coralline alga association: adaptations and defenses between a selective herbivore and its prey. Ecology 63: 507-522.

- [9] 王士偉。2008。Reef 「礁」---概說。國立自然科學博物館，館訊第 251 期。
- [10] 王士偉。2010。找礁、藻礁、找藻礁。國立自然科學博物館，館訊第 275 期。
- [11] 林幸助、徐顯富、廖偉勝、李承錄、劉弼仁和林綉美。桃園藻礁的生物多樣性。濕地學刊，第二期，第二卷：1-24。
- [12] 劉麗嘉和林綉美。2016。臺灣產紅藻門珊瑚藻目海洋殼狀珊瑚藻多樣性、地理分佈與分子親源關係探討。台灣珊瑚礁學會 106 年度會員大會學術論文壁報發表。中央研究院，台北。
- [13] 戴昌鳳，王士偉和張睿昇，等。2009。桃園觀音藻礁生態解說手冊。臺灣中油股份有限公司液化天然氣工程處。98 頁。

