

台灣中油股份有限公司

2019 年 1 月份大型藻類及殼狀珊瑚
藻調查報告

受託單位：多樣性生態顧問有限公司

2019 年 2 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，因生長時會緊貼著老化的鈣化藻體因而產生保護藻礁體效果，免受海浪侵蝕，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注目與廣泛的研究（Hughes et al., 2007; Hofmann et al., 2016）。

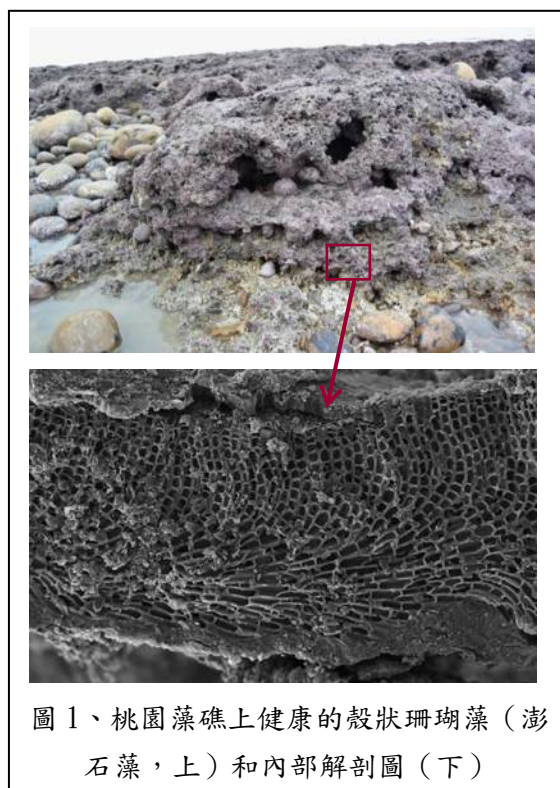


圖 1、桃園藻礁上健康的殼狀珊瑚藻（澎石藻，上）和內部解剖圖（下）

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、桃園市觀音至新竹縣新豐，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佔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。根據近年來國立台灣海洋大學海洋生物研究所林綉美教授團隊在觀新藻礁海域的現場調查資料顯示（林等人，2013；劉和林，2016），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、肉質性型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 厚度以上的泥沙，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）。

此外，林綉美教授研究團隊多年來在桃園藻礁海域進行的殼狀珊瑚藻多樣性及生態研究結果顯示，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。



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 (*Harveylithon 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的棲地競爭，水溫過高等）。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，在短期內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、藻礁區大型藻類及殼狀珊瑚藻覆蓋率及藻種組成監測

方法

桃園藻礁的造礁殼狀珊瑚藻藻種組成及覆蓋率季節性變化野外監測，2019年1月份調查結果詳述如下：

1. 桃園藻礁生態調查測站：桃園藻礁調查範圍與去年林務局的測站相同（圖4），可獲得比較的背景資料。因此桃園藻礁生態調查的測站，從南端至北端共設六個測站，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）。

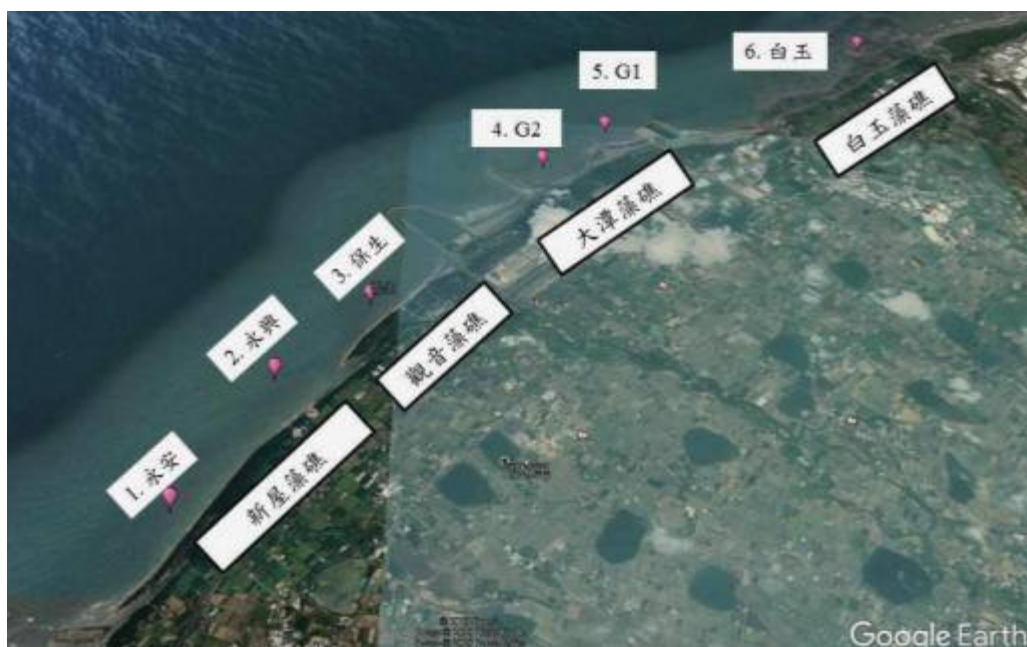


圖4、桃園藻礁生態調查六個測站

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+方框方式進行，調查方法敘述如下：

(1) 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，各穿越線之間間隔約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）時之潮間帶上半

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，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。

(2) **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。

(3) **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。

(4) **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。

(5) **種類鑑定**：主要參考 Lin et al. (2001)及 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、大型藻類及殼狀珊瑚藻覆蓋率及藻種組成監測結果

2019 年 1 月 24-26 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：

本月份因風浪過大且因白玉藻礁區和觀新有大量的殼狀珊瑚藻及大型藻類的區塊風浪過大，無法調查。其它五個測站除了觀新藻礁區的永興測站也因風浪過大，部分的低潮帶無法調查之外，皆有調查到高、中、低三個潮位的殼狀珊瑚藻及大型藻類的藻種組成及覆蓋率。調查結果共計發現非造礁 5 個藻種和 10 種以上的殼狀珊瑚藻藻種（圖 5~圖 9）。

整體而言，觀新藻礁區三個測站的高、中潮帶，皆有大量的絲狀及非造礁的大型海藻，且有些區塊的藻礁被大量泥沙覆蓋，殼狀珊瑚藻生長不良且覆蓋率很低，但低潮線附近的殼狀珊瑚藻生長狀況仍算良好。另一方面，大潭藻礁區二個測站（G1 & G2）低潮線附近的殼狀珊瑚藻生長狀況十分良好，有些區塊殼狀珊瑚藻覆蓋率可高達 80% 以上。

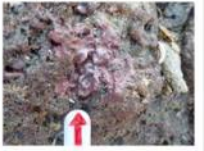
高潮帶 (2019/Jan./24)	主要藻種或基質近拍	藻種組成	覆蓋率 (%)
		- 無活的殼狀珊瑚藻 - 藻礁被大量泥沙覆蓋	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 0 %
		- 無活的殼狀珊瑚藻 - 藻礁被大量泥沙覆蓋	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 0 %
		- 無活的殼狀珊瑚藻 - 有大量絲狀紅藻 (縱胞藻, <i>Centroceras clavulatum</i>) - 藻礁被大量泥沙覆蓋	非造礁大型藻: 35 % 殼狀珊瑚藻: 0 %
中潮帶 (2019/Jan./24)	主要藻種或基質近拍	藻種組成	覆蓋率 (%)
		- 少許活的殼狀珊瑚藻 <i>Harveyolithon</i> sp. - 藻礁被大量泥沙覆蓋	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 3.5 %
		- 少許活的殼狀珊瑚藻 (<i>Phymatolithon</i> sp.) - 藻礁被大量泥沙覆蓋	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 1.5 %
		- 少許活的殼狀珊瑚藻 (<i>Crustaphytum pacificum</i>) - 藻礁被大量泥沙覆蓋	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 2.5 %
低潮帶 (2019/Jan./24)	主要藻種或基質近拍	藻種組成	覆蓋率 (%)
		主要殼狀珊瑚藻 <i>Crustaphytum pacificum</i> (部份藻礁被泥沙覆蓋)	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 40.5 %
		主要殼狀珊瑚藻 <i>Crustaphytum pacificum</i> (部份藻礁被泥沙覆蓋)	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 30.5 %
		主要殼狀珊瑚藻 <i>Crustaphytum pacificum</i> (部份藻礁被泥沙覆蓋)	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 32.5 %

圖 5、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/Jan./24)	主要藻種或基質近拍	藻種組成	覆蓋率 (%)
		① 藻礁被大量紅藻 <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> 覆蓋 ② 藻礁被少量泥沙覆蓋	非造礁大型藻: 35 % 殼狀珊瑚藻: 0 %
		① 藻礁被大量紅藻 <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> 覆蓋 ② 藻礁被少量泥沙覆蓋	非造礁大型藻: 80 % 殼狀珊瑚藻: 0 %
		① 主要殼狀珊瑚藻 <i>Phymatolithon</i> sp. 3 ② 藻礁被少量泥沙覆蓋	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 18.5 %
中潮帶 (2019/Jan./24)	主要藻種或基質近拍	藻種組成	覆蓋率 (%)
		① 主要活的殼狀珊瑚藻 <i>Harveyolithon</i> sp. 1 ② 藻礁被大量泥沙覆蓋	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 18.5 %
		① 主要活的殼狀珊瑚藻 <i>Phymatolithon margoundulatus</i>	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 88.5 %
		① 主要活的殼狀珊瑚藻 <i>Phymatolithon</i> sp. 1 ② 藻礁被大量泥沙覆蓋	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 31.5 %
低潮帶 (2019/Jan./24)	主要藻種或基質近拍	藻種組成	覆蓋率 (%)
		主要殼狀珊瑚藻 <i>Crustaphytum pacificum</i> (部份藻礁被泥沙覆蓋)	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 52.5 %
		主要殼狀珊瑚藻 <i>Phymatolithon</i> sp. 1 (部份藻礁被泥沙覆蓋)	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 30.5 %
		主要殼狀珊瑚藻 <i>Crustaphytum pacificum</i> (部份藻礁被泥沙覆蓋)	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 58.5 %

圖 6、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。





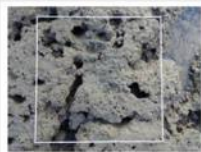



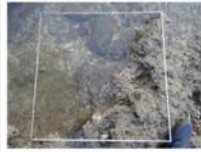









高潮帶 (2019/Jan./26)	主要藻種或基質近拍	藻種組成	覆蓋率 (%)
		<ul style="list-style-type: none"> - 無活的殼狀珊瑚藻 - 一些綠藻 <i>Ulva linza</i> - 藻礁被大量泥沙覆蓋 	非造礁大型藻: 15 % 殼狀珊瑚藻: 0 %
		<ul style="list-style-type: none"> - 無活的殼狀珊瑚藻 - 一些紅藻 - <i>Gelidiophycus hongkongensis</i> - 藻礁被大量泥沙覆蓋 	非造礁大型藻: 8 % 殼狀珊瑚藻: 0 %
		<ul style="list-style-type: none"> - 無活的殼狀珊瑚藻 - 一些綠藻 <i>Ulva linza</i> - 藻礁被大量泥沙覆蓋 	非造礁大型藻: 5 % 殼狀珊瑚藻: 0 %
中潮帶 (2019/Jan./26)	主要藻種或基質近拍	藻種組成	覆蓋率 (%)
		<ul style="list-style-type: none"> - 少許活的殼狀珊瑚藻 - <i>Harveyolithon</i> sp. - 藻礁被大量泥沙覆蓋 	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 2.5 %
		<ul style="list-style-type: none"> • 少許活的殼狀珊瑚藻 (<i>Phymatolithon</i> sp.) • 藻礁被大量泥沙覆蓋 	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 5.5 %
		<ul style="list-style-type: none"> • 無活的殼狀珊瑚藻 • 一些紅藻的縱胞藻 (<i>Centroceras</i>) 和少數小杉藻 (<i>Chondracanthus intermedius</i>) • 藻礁被大量泥沙覆蓋 	非造礁大型藻: 40 % 殼狀珊瑚藻: 0 %
低潮帶 (2019/Jan./26)	主要藻種或基質近拍	藻種組成	覆蓋率 (%)
		主要殼狀珊瑚藻 <i>Crustaphytum pacificum</i> (部份藻礁被泥沙覆蓋)	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 25.5 %
		主要殼狀珊瑚藻 <i>Phymatolithon margoundulatus</i> (部份藻礁被泥沙覆蓋)	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 75.5 %
		主要殼狀珊瑚藻 <i>Harveyolithon</i> sp. (部份藻礁被泥沙覆蓋)	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 55.5 %

圖 7、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。









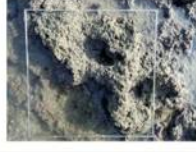





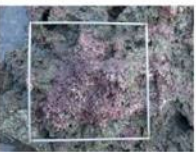



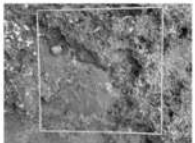



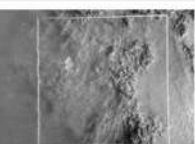



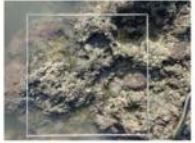



高潮帶 (2019/Jan./25)	主要藻種或基質近拍	藻種組成	覆蓋率 (%)
		- 無活的殼狀珊瑚藻 - 藻礁被大量泥沙覆蓋	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 0 %
		- 無活的殼狀珊瑚藻 - 藻礁被大量泥沙覆蓋	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 0 %
		- 少許活的殼狀珊瑚 (<i>Harveylithon</i> sp.) - 藻礁被大量泥沙覆蓋	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 10.5 %
中潮帶 (2019/Jan./25)	主要藻種或基質近拍	藻種組成	覆蓋率 (%)
		主要活的殼狀珊瑚藻 <i>Phymatolithon</i> sp. 1 (藻礁被大量泥沙覆蓋)	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 65.5 %
		主要活的殼狀珊瑚藻 <i>Harveylithon</i> sp. 1 (藻礁被大量泥沙覆蓋)	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 6.5 %
		主要活的殼狀珊瑚藻 <i>Harveylithon</i> sp.1 (藻礁被大量泥沙覆蓋)	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 10 %
低潮帶 (2019/Jan./25)	主要藻種或基質近拍	藻種組成	覆蓋率 (%)
		主要殼狀珊瑚藻 <i>Lithothamnion</i> sp. (部份藻礁被泥沙覆蓋)	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 68.5 %
		主要殼狀珊瑚藻 <i>Harveylithon</i> sp.2 (部份藻礁被泥沙覆蓋)	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 85.5 %
		主要殼狀珊瑚藻 <i>Sporolithon</i> sp. (部份藻礁被泥沙覆蓋)	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 18.5 %

圖 8、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/Jan./25)	主要藻種或基質近拍	藻種組成	覆蓋率 (%)
		主要殼狀珊瑚藻 <i>Phymalolithon</i> sp. 1	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 48.5 %
		主要殼狀珊瑚藻 <i>Phymalolithon</i> sp. 3	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 35.5 %
		主要殼狀珊瑚藻 <i>Phymalolithon</i> sp. 4	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 78.5 %

中潮帶 (2019/Jan./25)	主要藻種或基質近拍	藻種組成	覆蓋率 (%)
		<ul style="list-style-type: none"> 藻礁被大量肉質性紅藻 (<i>Chondracanthus intermedius</i>) 覆蓋 無活的殼狀珊瑚藻 	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 65.5 %
		主要活的殼狀珊瑚藻 <i>Sporolithon</i> sp. 4	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 15.5 %
		主要活的殼狀珊瑚藻 ① <i>Crustaphytum pacificum</i> ② <i>Lithophyllum</i> sp. 1	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 65.5 %







低潮帶 (2019/Jan./25)	主要藻種或基質近拍	藻種組成	覆蓋率 (%)
		主要殼狀珊瑚藻 <i>Lithophyllum</i> sp. 1 藻礁被少量泥沙覆蓋	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 55.5 %
		主要殼狀珊瑚藻 <i>Lithophyllum</i> sp. 1 藻礁被少量泥沙覆蓋	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 76.5 %
		主要殼狀珊瑚藻 <i>Sporolithon</i> sp. 3 藻礁被少量泥沙覆蓋	非造礁大型藻: 0 % 殼狀珊瑚藻: 81.5 %

圖 9、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。

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] 王士偉。2008。Reef 「礁」---概說。國立自然科學博物館，館訊第 251 期。
- [9] 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。
- [10] 林幸助、徐顯富、廖偉勝、李承錄、劉弼仁和林綉美。2013。桃園藻礁的生物多樣性。濕地學刊，第二期，第二卷：1-24。
- [11] 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。
- [12] 戴昌鳳、王士偉、張睿升和鄭安怡。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。