

生物 即時LINE

No.3

Biology News Follow me

Biology News
Follow me!



找礁!

藻礁!

找一藻，礁在哪?

- 02 藻礁是什麼?
- 04 哪裡可以看到藻礁?
- 06 臺灣的藻礁何時開始形成?
- 07 藻礁的重要性
- 09 藻礁面臨什麼危機?
- 12 必要之開發可以用「生態補償」及「棲地復育」方式進行挽救嗎?
- 13 大潭藻礁海岸與天然氣接受站，誰不可取代?
- 14 學習單



96342003-27

找礁!

藻礁!

找一藻，礁在哪？

特有生物研究保育中心副研究員 劉靜榆博士

珊瑚藻廣泛分布在海洋中，是會鈣化的藻類與礁體建構者，但在全世界海域，以珊瑚藻建造而成的大型生物礁並不常見，在臺灣的桃園卻有 27 公里是藻礁海岸。令人好奇的是，臺灣本島 1139 公里的海岸線，再加上離島，總長超過 1600 公里，為什麼藻礁只分布在桃園呢？什麼特殊的環境條件讓藻礁形成？藻礁何時開始形成？藻礁之重要性如何？藻礁面臨什麼危機？

一、藻礁是什麼？

• 區分礁岩上長藻類和藻類變岩礁的不同

臺灣的海岸線通常概分為西岸的沙泥灘與東岸的礁岩，為什麼常會把礁岩兩字放在一起呢？礁和岩有什麼差別呢？

所謂的「礁」是生物將海裡面的鈣吸收後逐漸累積形成的，而這些生物必須附著在岩石上面，所以有岩石當基座才會有礁形成，岩石不會增長，但是礁會因為生物每年的累積而變大、變厚。

長在海裡面的大型藻類有紅藻、綠藻和褐藻，這些海藻可以分成兩大群，一群是僅含膠質或纖維質，生長過後不會留下鈣的「不造礁藻」，另外一群是可以將海裡面的鈣吸收，於生長過程中累積成礁的「造礁藻」。

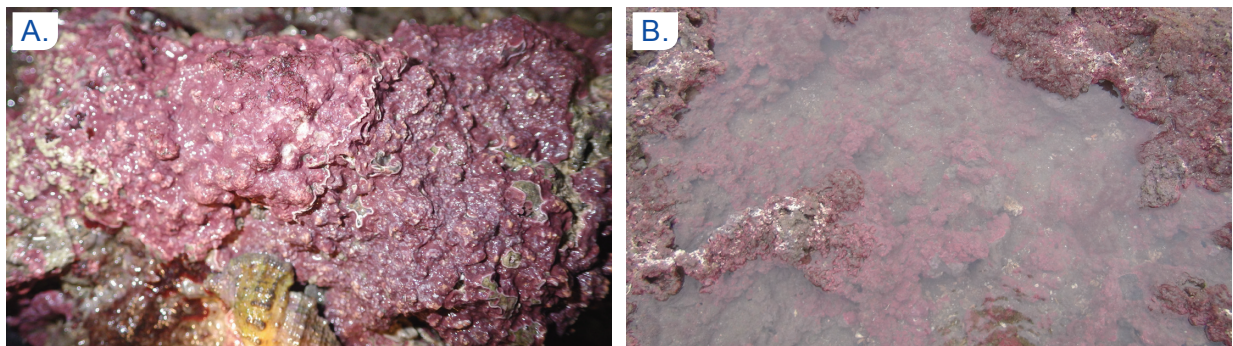
因此，不造礁的藻類長在岩石上，不會使礁體增長，就不是藻礁。例如北海岸的老梅石槽，因綠藻類的石蓴於冬、春季繁生，而形成整片綠色藻類附著於岩石上的景象，但石蓴並不會讓礁體增長，每年生長季過後就可以看到下面岩層裸露出來，所以正確的說法應是「礁岩上長藻類」（圖一）。

由可以吸收海裡面鈣質的藻類建造，且可每年增長的礁，才叫作「藻礁」。這些可以累積鈣質的藻類中，以紅藻門（Rhodophyta）珊瑚藻科（Corallinaceae）的種類為造礁主要物種。觀察珊瑚藻外觀，有的種類會有分節現象，有的種類則無，前者稱為有節珊瑚藻（articulated corallines），其鈣化組織有時會因為海浪衝擊而斷裂，只能留下石灰質，膠結能

力弱。外觀無分節構造者，稱為無節珊瑚藻（non-articulated corallines），其外型是薄薄一片，可以長在岩石上面，形成一個殼狀，也稱為殼狀珊瑚藻（crustose coralline algae）（圖二），這些生長於礁石表面的藻類不僅耐風浪，還可以堆積碳酸鈣，彼此產生膠結，是海洋中主要的造礁生物之一，所建造的礁體與岩層相比孔隙較多。



▲ 圖一、A. 新北市老梅石槽附著綠藻類的石蓴，但石蓴並不造礁，因此礁體不會增長。B. 每年生長季過後藻類死亡，可以看到岩層露出。



▲ 圖二、A. 紅藻門的殼狀珊瑚藻將海洋裡面的鈣累積在體內，形成固態的碳酸鈣。B. 殼狀珊瑚藻還可以膠結礫石或石灰碎屑，累積成大型生物礁。

● 區分藻礁和珊瑚礁的不同

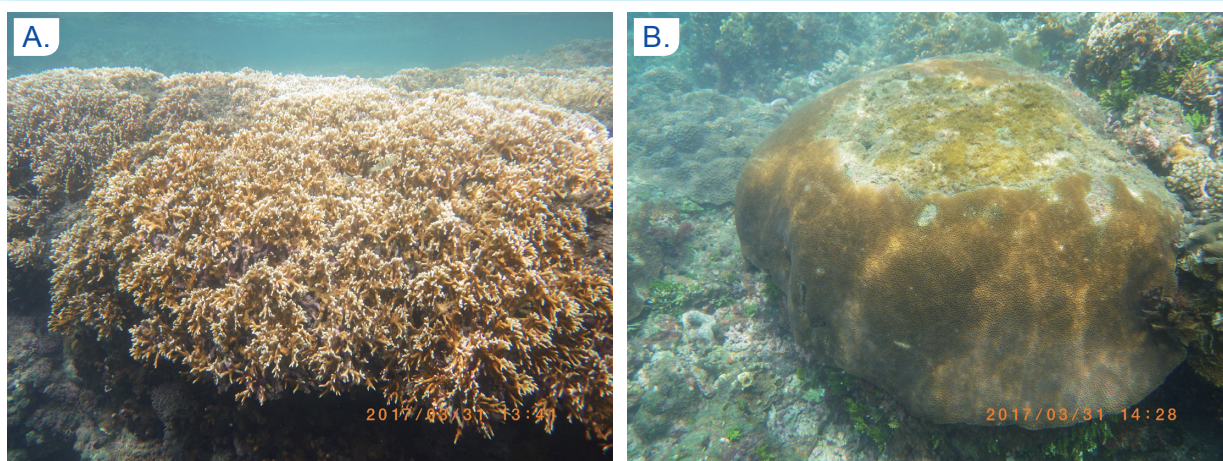
會吸收並累積海裡鈣質的生物很多，由珊瑚累積的礁就叫珊瑚礁；由牡蠣累積的礁就叫牡蠣礁；有些管蟲會吸收鈣質作為棲息管，累積很多時就成為管蟲礁；由鈣化珊瑚藻逐漸堆積所形成的礁，就叫藻礁。各種生物所造的礁都稱為「生物礁」，目前全世界分布面積最廣的就是珊瑚礁。

珊瑚也可以分成兩大群，一群是生長過後不會留下鈣的「不造礁珊瑚」，另外一群是可以於生長過程中將海裡面的鈣累積成礁的「造礁珊瑚」。造礁珊瑚與體內共生的微小單細胞藻類經由一系列複雜的生理過程，使碳酸鹽和鈣離子結合，形成固態的碳酸鈣骨骼，經由日積月累的堆積形成珊瑚礁。珊瑚的生長速率十分緩慢，視種類而異，多數種類每年大約僅增

4 找礁！藻礁！找一藻，礁在哪？

長 1 公分左右。而造礁藻同樣以類似的原理，將海水中游離的鈣固定在細胞壁中，生長過程留下石灰質，有些扁平狀生長的造礁藻類不僅可以沉積碳酸鈣，還可不斷的膠結，進而建造大型的礁體。

造礁珊瑚與造礁藻都需生長在通氣良好的有氧海域，陽光足以穿透，才有足夠的光可進行光合作用。而造礁珊瑚是由珊瑚蟲和共生藻合作，把海裡的鈣吸收形成骨骼，然而大多數共生藻對於生長的海域很挑剔，海水不夠清澈，溫度、鹽度變化太過劇烈，就會離開珊瑚，造成珊瑚白化，若時間太久，環境沒有恢復，共生藻不回來，珊瑚就會死亡。一般造礁珊瑚只能生長在溫暖的熱帶海域，最低溫不低於 18°C，平均溫度介於 23°C 與 25°C 之間。在鹽度會因淡水排入而降低的區域、豪雨會將海水鹽度降低之近海面處、過於強烈海流與湧浪之大浪帶，皆有可能使造礁珊瑚死亡。相對之下造礁藻的耐受度較高，只要可以行光合作用，海水中沙子太多、溫度忽高忽低、海水鹽度時濃時淡，都能忍，所以當珊瑚活不了，就會變成殼狀珊瑚藻優勢。



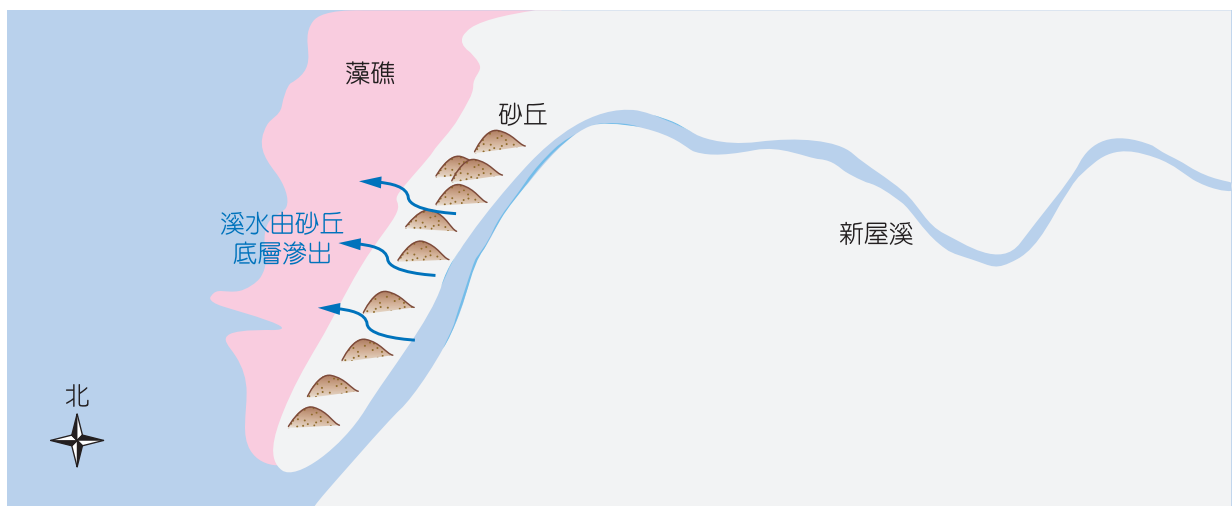
▲ 圖三、A.造礁珊瑚生長在鹽度穩定且陽光可照射的溫暖海面下，以碳酸鈣骨骼形成礁體。B.造礁珊瑚是由珊瑚蟲和共生藻合作，把海裡的鈣吸收形成骨骼，質地較藻礁密實。

二、哪裡可以看到藻礁？

● 形成藻礁的環境條件

殼狀珊瑚藻並非罕見的海藻，在人工海水養殖的水族缸裡經常可見，也可以在大部分的礁岩海岸發現，然而要達到形成礁體厚度的標準卻不容易。藻礁形成的首要條件為——堅硬的岩石底盤，另外海中的含沙量是個關鍵因素。在沒有大河川的海岸，含沙量低且海水清澈，如果有岩石讓生物附著，珊瑚就可以迅速增長，進而變成珊瑚礁海岸；若含沙量太高，細小的沙泥會被水流帶動，藻類就沒有辦法附著生長，例如新竹的新豐以南都是典型的沙灘，沒有辦法形成藻礁地形，因此可造藻礁的海岸，條件須搭配的非常完美。

想像一個天然海岸，海浪帶著沙來到了潮水的盡頭，沙會累積在高潮線，形成一座座天然的沙丘。附近地區要排入海中的溪水，因為沙丘的阻隔，必須要轉個彎才能出海，許多溪水不想流這麼遠，就迫不及待的從沙丘下滲流出海，溪水經過沙丘的過濾，到達藻礁海岸時，已經是清澈無泥。當然溪流規模不能太大，否則水流過強，就無法慢慢滲流；浪也不能太大，不然薄薄的珊瑚藻無法有效累積（圖四）。



▲ 圖四、桃園觀音區許多溪流在入海前碰到大大小小的沙丘，只能轉折 90 度往南出海，由沙丘下滲流而出的水較為清澈，剛好非常適合藻礁生長。

● 藻礁分布之位置及範圍為什麼只在桃園呢？

如此多因素配合才能造藻礁，要有硬底質，含沙量又要不多不少，才適合珊瑚藻生長，攤開地圖看看臺灣符合這些條件的地方有哪些？就是桃園而已！北海岸的西側勉強符合這個條件，但那裏的珊瑚較優勢，比例大約占 7 成，北海岸的東側往東北角一路下到臺灣的東海岸，珊瑚的比例更是高達 9 成。

桃園位在臺灣的西海岸，有著發達的沙丘地形，導致海中的含沙量偏高，原本是不可能累積成任何種類的生物礁，但桃園其實原本有一條大型河川，叫作古石門溪，在 3 萬年前，溪水突然改道往北走，匯入了淡水河，造成桃園海岸只剩下小的溪流，當時古石門溪還將上游許多大石頭帶到海岸，形成硬的底質，因此提供殼狀珊瑚藻生長的基本要件。

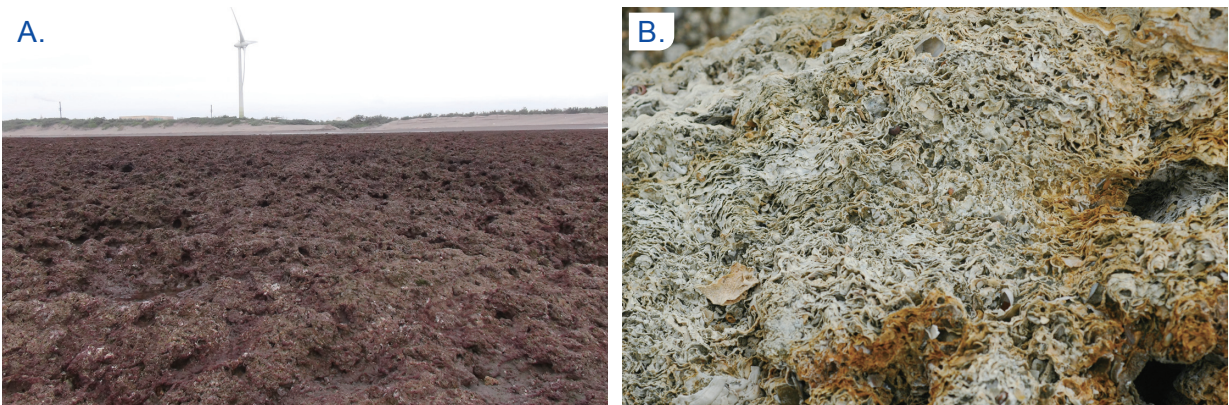
桃園海岸的藻礁以高純度紅藻門的殼狀珊瑚藻為主體，從一些施工過程所挖掘出來的礁塊以及鑽探結果，確認這種大規模藻礁累計長度約有 27 公里，礁體厚度 4~6 公尺，其造礁方式及規模形成世界上絕無僅有的藻礁生態系。而桃園潮間帶的藻礁向內陸延伸至沙丘下方，臺灣大學的研究更指出礁體最遠由岸邊往外海延伸可達 5 公里。

三、臺灣的藻礁何時開始形成？

●藻礁之形成年代

在一層一層的藻礁中，偶可看到夾雜著珊瑚，即使純藻類膠結的部分，也是有些鬆散，有些緊密，若由剖面來研究海岸變遷或是氣候變遷，都是極為寶貴的證據，在演化史上亦有其意義。而且藻礁在桃園 觀音、新屋海岸的發育過程，更是探討海水面相對變動的最佳地質紀錄，所以這裡的藻礁發育到底有多久？也一直是我們很好奇的事。地質學者透過測量動植物組織中碳十四同位素存在的量，利用碳十四會因衰變而減少的原理，配合已知年代的資料進行定年，來推測桃園海岸生物礁的生長時間。

約 20 年前，臺北市立教育大學的許民陽教授在觀音海水浴場西南側約 500 公尺的沙灘外緣採得管孔珊瑚（*Goniopora* spp.）化石的樣本，將其送往國立臺灣大學地質系之碳十四定年實驗室分析，所得年代為距今 5370 年。之後，自然科學博物館王士偉博士也曾分析北海岸生物礁的形成時間，顯示為距今約 4400~5200 年；2008 年初王博士於桃園海岸特別挑選珊瑚礁與藻礁交會處進行岩心鑽探，選出 15 件樣本分析，定年結果得知最久距今 7540 年。翌年，許教授又在觀音海水浴場附近及新屋溪口北側海岸採得 12 個樣本分析，結果顯示新屋溪口的藻礁剖面底部最早年代為距今 6240 ± 50 年，與在觀音海岸內陸沙丘層下方的珊瑚礁層年代相近（距今 $6180 \sim 5160 \pm 40$ 年），新屋溪口礁層頂部的藻礁形成年代為 2350 ± 50 年，中段的珊瑚及藻礁年代大約在距今 4471 ± 40 年。綜合上述，大約 8000 年前冰河融化，海面上升，剛開始長了不少珊瑚，但後來淡水河流到海裡面的沙愈來愈多，這些沙也漂到桃園地區，直到 4500 年前，珊瑚生長的狀況愈來愈差，就變成殼狀珊瑚藻的天下（圖五）。



▲ 圖五、A. 歷經 7500 年堆積的大潭海岸是臺灣還擁有造礁藻類生長、生態最旺盛的精華區。B. 位於藻礁最上層新形成的部分，可看出殼狀珊瑚藻年年生長的鬆散結構。

●藻礁的造礁速率

藻礁的造礁速率到底有多快？這是很多人都想要知道的，然而速率的計算非常困難，若礁體有被侵蝕的狀況，就更沒有辦法準確估計，所以只能依據現有的資料粗估。國外文獻提

到地中海的礁體發育速率為每年 0.67 毫米 (0.67 mm/yr)，而王士偉博士則將桃園採得礁體之最頂部設為基準年代 0 BP (Before Present)，基準年代相當於 1950 年，假設桃園海岸生物礁的向上增積速率穩定，利用礁體厚度與定年資料，計算礁體的向上增長速率為 0.24~1.21 mm/yr，這樣的造礁速率顯然比珊瑚礁慢很多。

野外觀察現生珊瑚藻，在生長末期可以看到藻體周圍逐漸鈣化成白色，每層殼狀珊瑚藻鈣化的厚度為 0.1 公分以下，若水質狀況不佳，殼狀珊瑚藻覆蓋率低，或鈣化後被波浪及其他生物作用所消耗，就僅剩一半或更少。雖然珊瑚藻在強浪下仍可生存，但造礁速率因此變得很慢，所以富貴角向東延伸至東北角還有少許藻類造礁，但波浪強度太大的海岸，例如老梅石槽，要累積足夠的殼狀珊瑚藻來建造大面積藻礁，機會不大。

四、藻礁的重要性

● 海洋生物的公寓 + 固定 CO₂ 的好幫手

藻礁在桃園海岸累積了約有 4 公尺的厚度，一層一層薄片堆疊的礁體，有些並沒有完全緊密貼緊，而是留下了很多大小不一的孔洞，這些洞就提供了各式各樣生物棲息的空間，比較大的動物住不下小洞，直接在鬆脆的藻礁上面挖大洞，大大小小的空間使整個藻礁就像一棟公寓，而這個公寓是蓋在沙灘上，原本沙灘的生物種類會比礁岩海岸的生物種類少很多，但在桃園因為有這樣的礁沙混合的生態系，所以生物的多樣性比其他的西海岸高了好幾倍。多數在沙岸生活的魚類，在幼生階段需要有躲藏的地方，以免被吃掉，還有一些原本生活在藻礁區的魚類，也會在春、夏季大量孵化繁生，這時在大大小小的潮池中，就會擠滿各種 1~2 公分的小魚。對抱卵母蟹而言，這些垂手可得的食物就像天上掉下來的禮物。

看看這些短漿蟹，左蟹一夾就是一隻，右蟹再夾又是一隻，還有小魚游過來，趕快把魚頭咬下來，先暫時塞在肚子下面，空出一隻蟹再夾一隻。在這裡我們不用帶面鏡、咬呼吸管潛水，就可以看到大隻的錢鰻游到高潮線來吃螃蟹，也可以看到章魚穿梭在藻礁的縫隙中，尋找貝殼或是小螃蟹。行動緩慢的海星，靠著保護色貼在礁石上。還有擁有一對紅色眼睛的兇猛酋婦蟹，是藻礁區的特色物種，牠孔武有力，所經之處只要有想吃的，都葷素不拘（圖六）。還有海綿，只是不像卡通裡面的海綿寶寶可以活蹦亂跳，它們靜靜地生長在礁石的角落。

整個食物鏈看似殘忍，卻是生生不息，一直繁衍，而在藻礁周邊的水域，也是海洋生物生息繁衍的重要棲地。所以說藻礁不但是一個生物多樣性很高的地方，也是一個永續的食物庫，可以提供源源不絕的食物，因為大魚吃小魚，小魚吃小蝦，小蝦吃浮游，只要這棟公寓沒有被破壞，這裡的生態系正常運作，就可以源源不絕提供人類所需要的魚蝦蟹貝、藻類等食物。近年來漁獲急遽減少的原因除過度捕撈外，也和近岸潮間帶生物礁被破壞有關。



▲圖六、藻礁區的四大代表物種。A.擁有一對紅色眼睛的兇猛酋婦蟹。B.穿梭在藻礁中的章魚。C. 疏斑裸胸鯙為食物鏈頂端大型掠食者。D.貼在藻礁上行動緩慢的海星。

2017年7月10日由中央研究院生物多樣性研究中心陳昭倫博士與本人合作，以「北臺灣史無前例的藻礁值得最優先的保育」(Unprecedented calcareous algal reefs in northern Taiwan merit a high conservation priority)一文，投稿至國際生物礁研究權威雜誌珊瑚礁(Coral Reefs)，於8月28日正式接受發表，桃園大潭藻礁為世界級自然遺產的科學事實已無庸置疑。單從人類福祉思考，桃園藻礁是一個永續食物庫，放眼生物多樣性的觀點，在那裡有著無數的生命，許多還未被命名的造礁藻類、章魚，還有瀕臨絕種的保育類動物——柴山多杯孔珊瑚(*Polycyanthus chiashanensis*)。

又因為藻礁是大量的藻類生長所累積出來的礁體，在這些藻類生長的過程中，可以吸收許多二氧化碳，並固定在礁體中，因此藻礁在降低大氣中二氧化碳濃度上也扮演著非常重要的角色。

●海岸防護——消減波浪能量

多孔隙的礁體不但有利於生態，對於消減波浪能量也有極大的貢獻。沒有防波堤或消波塊的自然海岸，海浪夾雜著沙粒，來到最高潮線，因為能量已經消滅，沙粒就會留在高潮線，再經由風的堆積，形成自然沙丘。

反觀布滿防波堤或大大小小消波塊的海岸，消波塊會因海浪撞擊堅硬物體的反射作用而向下淘蝕，而使底層沙層流失，海水中夾雜的沙粒無法留在高灘地，就沒有辦法形成沙丘，海岸的重要防線就如此破壞了。甚至一段時日之後，看似龐大的消波塊會下陷，或是被大浪吞噬捲走，每年得花大錢重新拋消波塊，即使是長條狀的防波堤也會因為堤腳淘空而崩毀。更慘的是，淘起的沙粒順著退潮鋪在藻礁上，使現生的珊瑚藻無法行光合作用，新生的珊瑚藻無法附著，藻礁無法順利增長，就需要投放更多的消波塊來保護這片海岸。

桃園藻礁海岸分布的寬度約 2~5 公里，正常海浪經過如此長距離的消能，到岸邊時已不具破壞力，比起水泥消波塊的平滑構面，消能效果更佳。而且藻礁是一體成型，大面積膠結，因此不會像消波塊一顆顆，隨著浪滾到外海或沉入沙中，所以藻礁可是暴潮消能的最佳利器，每年可以為國家省下許多的海岸防護工程經費。

● 國防安全——避免敵方軍艦長驅直入

藻礁在國防上更是扮演著奇特的角色，礁體最遠可往外海延伸五公里的距離（如：白玉藻礁南邊至大潭藻礁區塊）。桃園藻礁延伸出去到外海，就是暗礁，是敵方大型軍艦無法直接靠岸的最佳屏障。

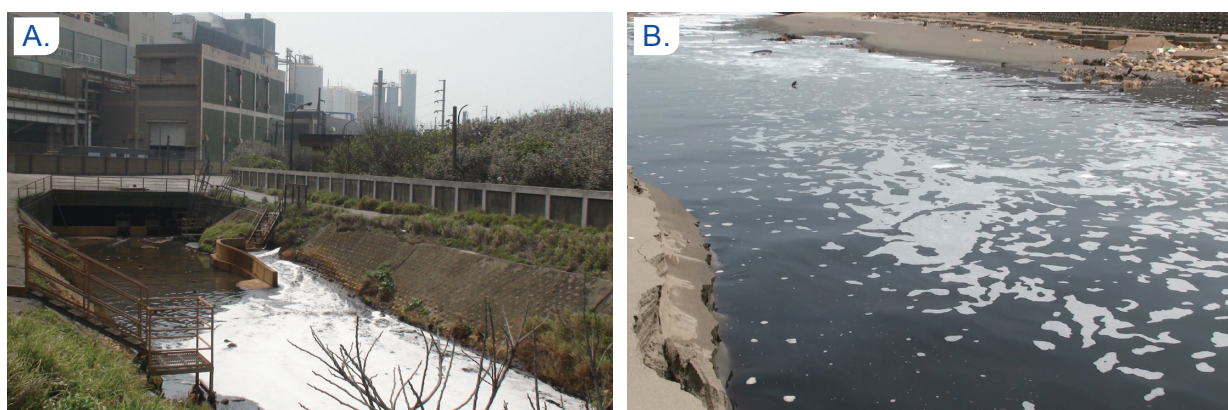
五、藻礁面臨什麼危機？

● 化學性破壞——工業汙染

觀音海岸居民大多屬客家族群，新屋海岸原是平埔族及泉州人先後開墾，後因客家移民日增，也成為客家鄉鎮，永安漁港成為臺灣唯一以客家籍為主體的漁港。50 多年前由於石門水庫的興建，政府將原居住在桃園 大溪鎮 阿姆坪的居民分批遷村，自 1956 年起於觀音海岸的草漯、樹林子、大潭及大園海岸的圳股頭至茄冬坑一帶陸續設置幾個移民新村。他們從山上來到陌生的海邊建立家園，歷經數年胼手胝足的開墾，終於在荒地種出作物，也逐漸適應海岸生活，農閒時到藻礁區採海菜、撿珠螺，這裡的海岸曾經有「魚米之鄉」美譽。

但是我們並沒有珍惜這一個上天賜給我們的食物庫，自 1973 年化工廠在海邊紛紛設立後，因製程的塑膠安定劑中含有鎘、鉛等重金屬，卻長期排放廢水至海中，直到 1978 年才被臺灣省水汙染防治所檢驗出含有重金屬，但大潭居民已陸續發病（痛痛病），也確認為地下水含有劇毒—鎘所致。觀音 大潭一夕之間從天堂變成地獄，所有農漁獲乏人問津，1982 年正式休耕。由於這些化工廠的鎘汙染，無法生產的土地就像被判了死刑，魚米之鄉從此踏上工業汙染的不歸路。因此就順勢在桃園海岸又設立了大園工業區、觀音工業區等。觀音工業區由於汙水處理廠距藻礁海岸僅約 800 公尺，現存的礁體上，甚難找到生長中的珊瑚藻（圖七）。而新街溪、老街溪兩溪流經大園工業區，溪水夾帶著汙染物排入海中。桃園藻礁海岸目前尚存觀音 大堀溪口以南至新屋 永安漁港間的藻礁仍在發育中，其中又以大潭藻礁發育最好。

總之，在桃園海岸設立大園工業區、觀音工業區大約 40 年來，因為工廠將有毒的廢水排到海裡面，讓海洋的生物大量死亡。工業汙染在這一段時間把桃園海岸 75% 的藻礁生態都摧毀，現在只剩下桃園大潭週邊不到 10 公里的海岸還有存活的藻礁生態系。



▲ 圖七、A. 觀音工業區汙水處理廠綜合 500 家的廢水距藻礁海岸僅 800 公尺。B. 處理完的排放水像墨汁一樣黑，空氣飄散著令人噁心想吐的氣味。

● 物理性破壞——挖填之痛

南桃園從白玉、大潭到新屋一帶的藻礁因為離大園、觀音工業區較遠，而相對較為健康，卻面臨大潭開發案帶來的生存威脅。

根據之前資料推估，位於觀音塘尾的藻礁海岸，應該是臺灣面積最大的藻礁。臺灣電力公司為提高天然氣發電比例，規劃興建燃氣電廠，而東鼎液化瓦斯公司看中這龐大市場，向經濟部申請觀塘工業區開發案，並開闢觀塘港，2000 年有條件通過東鼎觀塘工業區開發案，自此藻礁海岸就在挖填之間被破壞殆盡。

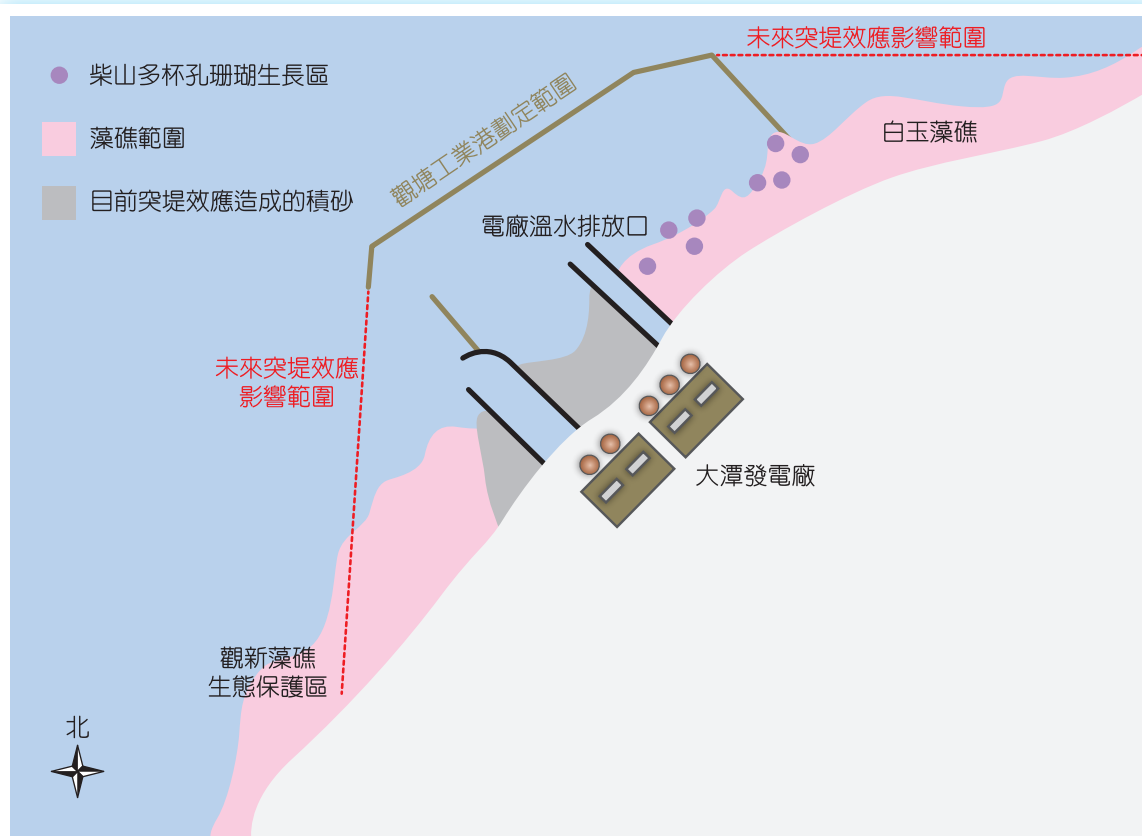
2000~2003 年間，臺電公司為了冷卻進水及溫排水需要，在大潭海岸設置 4 道垂直的突堤，每道都垂直海岸線向外達 1 公里，原本自由移動的沿岸輸沙被阻攔，就會堆在突堤的兩側。冬季東北季風強勁，沿岸流夾帶的大量漂沙被留在突堤北側，南側沙源補充不足，就開始侵蝕，林務局花許多年才種成功的防風林，土壤被淘空，樹就倒了，南側海岸防風林完全被吞噬。而北側卻因明顯淤積，藻礁被沙掩埋。

2006 年中油公司為了供應大潭電廠天然氣，申請從臺中埋設天然氣管線至大潭，在小飯壠溪口至新屋溪口間進行上岸段管線工程，施工處就是當時藻礁生態最完整的區域。當時為挽救僅存的藻礁，與中油公司經幾次現勘及會議研商後，原已達成挽救方案的共識，卻無奈這項埋管工程偷跑，而鋸開了千年藻礁，2007 年 5 月輸氣管線工程直接穿過完整的藻礁，施工寬度範圍共達 22 公尺之多（圖八）。



▲ 圖八、A. 2007 年 5 月輸氣管線工程直接穿過藻礁區，將寬深 4m×4m 的礁體完全開挖。B. 挖出的礁體就放置於旁邊的活藻礁上，導致周圍的藻礁也一併死亡。

近期將要在大潭地區進行施工的觀塘工業區及觀塘工業港，不但要填海造陸，還要做一個 900 公頃的天然氣接收站，為了讓船隻駛入港內，港區航道及迴船區需挖深，浚挖後的方土回填區也是藻礁及多杯孔珊瑚棲地。觀塘工業港垂直海岸線突出 3 公里，所影響到的範圍往南北兩側也都至少各 3 公里，突堤效應可能造成的積沙，將大面積埋掉北側的白玉藻礁，以及南側的觀新藻礁生態保護區。這個開發案如果施工之後，將會讓桃園地區僅存的藻礁生態系完全毀滅（圖九）。



▲ 圖九、觀塘工業港、溫排放口、突堤的興建，將本來健康生長的藻礁，硬生生切開，突堤效應未來更會導致大面積的藻礁和柴山多杯孔珊瑚被積砂掩埋。

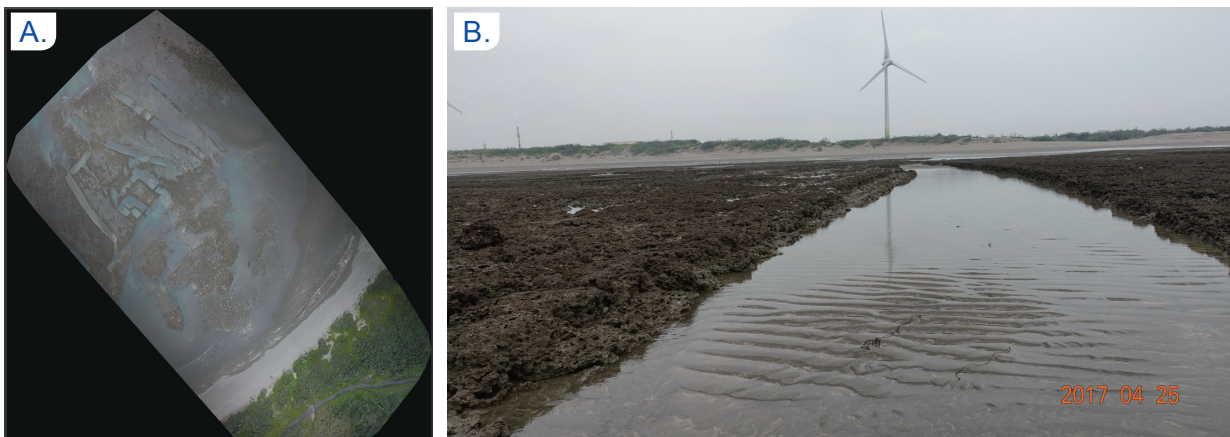
六、必要之開發可以用「生態補償」及「棲地復育」方式進行挽救嗎？

大潭藻礁的形成歷經 7500 年堆積，若通過這個天然氣接收站的開發案，整個港區外廓設施內存活數千年的藻礁將被挖除，該如何營造類似的呢？那些因突堤效應造成的積沙而被掩埋的藻礁，是否可以透過疏濬清淤的方式來維持棲地原來的生態呢？

• 藻礁復育之可行性

雖然用人工養殖的殼狀珊瑚藻讓其存活生長並不難，但是造礁需要同時符合非常特殊的條件，還要長時間的累積才能形成足夠厚度的礁。層層疊疊生長的殼狀珊瑚藻，每層鈣化厚度多為 0.1 公分以下，鬆脆而多孔隙，可以想見，一挖就碎的藻礁，如何移動到其他地方去復育？如果棲地類型原本就無法造礁，即使將現有的藻礁小心翼翼地搬到那一個無法造礁的海岸，礁體同樣無法附著在海床上。

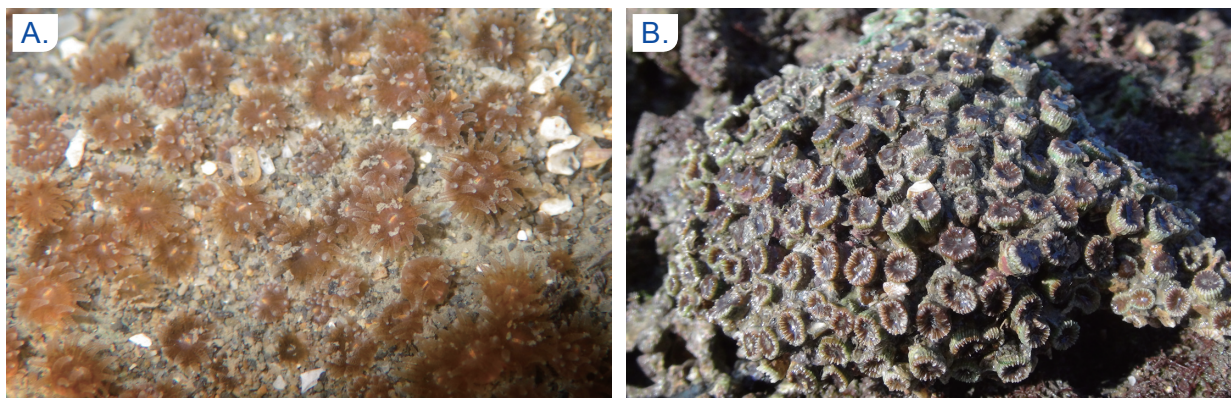
看看曾經被挖開來的藻礁，在大堀溪口北側及新屋溪口北側，這兩個開挖點剛好位在大潭藻礁區的南北兩側，2014 年亞東石化在大堀溪北岸開挖，可以看到所有的礁塊是粉碎的，2007 年中油在觀音保生的施工開挖也可以看到礁塊是粉碎的，此外，只要被開挖處就會填滿沙，未來都不可能再形成藻礁地形。這可以從目前已經有開挖事件的幾個地區觀察到，包括大潭藻礁區有多處的開挖痕跡，目前也都呈積沙狀態（圖十）。



▲ 圖十、A.大潭藻礁曾經因為人為開挖了幾道不規則的長帶狀，歷經了許多年也無法再回復藻礁地形。B.藻礁被開挖處就會填滿沙，未來都不可能形成藻礁地形，這裡是大潭藻礁區早期被開挖處。

若針對柴山多杯孔珊瑚之復育也不可行，已知柴山多杯孔珊瑚的模式地點為高雄市柴山區沿岸，由崩落更新世化石珊瑚岩所形成的潮池。因為該種珊瑚是唯一以臺灣地名命名的珊瑚物種，相當珍貴，因此，2017 年 5 月為行政院農委會依野生動物保護法正式公告為一級（瀕危）保育類動物。柴山多杯孔珊瑚為一小型的群體珊瑚（圖十一A.），其圓柱狀的珊瑚單體緊密生長於共骨上（圖十一B.），生長緩慢，不像軸孔珊瑚生長快速又有珊瑚分枝可進

行無性生殖，因此若經過人為採集、移動，勢必死亡。柴山多杯孔珊瑚主要的棲地特徵為沙與礁石的混合區，屬於擾動較大區域，無法放置附著材料等待柴山多杯孔珊瑚的幼苗附著。柴山多杯孔珊瑚生長於潮間帶，相對於其他種廣泛分布的造礁珊瑚而言，對於棲地的選擇性專一且特別，需要在淺水碎浪的環境，且臺灣西海岸從新竹到高雄蚵仔寮沙泥岸皆無此種珊瑚的棲地。因此棲地復育及物種復育論點並不可行，在無法進行復育的狀況下，施工單位應該要迴避此特殊的生態系。



▲ 圖十一、A.柴山多杯孔珊瑚主要的棲地特徵為沙與礁石的混合區，是少數可以忍受多沙環境的珊瑚。B.柴山多杯孔珊瑚圓柱狀的珊瑚單體緊密生長於共骨上。

● 突堤效應造成的積沙，以清淤的方式來維持生態之可行性

只要有沙覆蓋在現有的礁體上面，就會讓殼狀珊瑚藻無法附著，而必須要靠人類的經營才可以維持的生態系，亦不是正常的生態系，每次疏濬的過程因為大幅的擾動，也會造成懸浮物質偏高，即使清掉藻礁表面的淤沙，也無法真正將藻礁內部孔隙的積沙清乾淨。重點是疏濬後抽出來的沙將會含著大量的生物，如動物幼生或是藻類孢子，這些被抽出來的生物將會因疏濬後，淤沙被堆置於陸地上而全數面臨死亡。還有疏濬後可以維持多久上面沒有漂沙覆蓋？之後的疏濬費用是由誰來買單？

七、大潭藻礁海岸與天然氣接受站，誰不可取代？

這個生態系有多特別呢？現在已經被證實是全世界絕無僅有，在亞熱帶地區的沙灘上，能有這樣大面積且主要由殼狀珊瑚藻造礁，而臺灣就只有在桃園，桃園又只有以大潭為中心的生態系是正常運作的。也就是說這個開發案將會讓這個獨特的藻礁生態系在世界上消失，您、還有您的子子孫孫，就沒有機會再看到這個特別的生態系。

想想看，現在我們能為藻礁做什麼？如果您想進一步認識藻礁，可以掃描 QRcode 進入藻礁的介紹網頁，讓我們一起關心腳下的土地，為環境盡一份心力！





學習單

1. 上網查查看，世界上有其他國家有藻礁生態系嗎？如有的話，與臺灣桃園的藻礁有何異同？
2. 如果你接手了一個生態監測計畫，需調查工業區廢水是否對藻礁生態有影響，你會如何選擇調查樣點？（打開 google map 觀察看看，將樣點標示在地圖上）
3. 承上題，你選擇這些樣點的理由是什麼？你覺得需要做哪些事前調查來佐證你的樣點是適當的？
4. 經濟開發與生態保育常常面臨衝突，看完這篇文章與你收集的資料，你認為藻礁生態系是否值得被保護？理由是什麼？





延伸閱讀

• 學術期刊

- Liou CY, Yang SY, Chen CA. 2017. Unprecedented calcareous algal reefs in northern Taiwan merit high conservation priority. *Coral Reefs*. DOI 10.1007/s00338-017-1619-0
- 劉靜榆。2017。臺灣西北部藻礁海岸重金屬汙染分析。臺灣生物多樣性研究 19 (1) : 49-95。
- 劉靜榆。2014。臺灣西北部觀音藻礁海岸重金屬含量分析。臺灣生物多樣性研究期刊 16 (1) : 1-19。
- 劉靜榆。2014。臺灣西北部桃園觀新藻礁與北海岸藻礁重金屬分析。臺灣生物多樣性研究期刊 16 (4) : 355-378。

• 研討會及碩博士論文

- 劉靜榆。2018。從臺灣早招潮族群雪崩式下降，談桃園大潭棲地不可取代性。2018 動物行為暨生態研討會，論文集第 147-150 頁。
- 劉靜榆。2017。大潭藻礁生態與生物多樣性價值。815 斷電後的藻礁保育新願景——天然氣接收站及藻礁的雙贏策略"論壇。中央研究院生物多樣性研究中心、桃園在地聯盟、環境法律人協會、臺灣蠻野心足生態協會、臺灣環保聯盟、台北律師公會環境法委員會主辦。
- 劉靜榆。2008。桃園藻礁海岸之危機與轉機。全球暖化永續生態研討會。行政院農業委員會特有生物研究保育中心、臺北縣政府農業局主辦。
- 劉靜榆、陳添水、林宗政。2007。桃園觀音藻礁海岸之危機與轉機。世界海鳥保育會議暨臺灣生態環境保育研討會，論文集第 21-26 頁。國立彰化師範大學、彰化縣政府及臺灣國際觀鳥協會主辦。

• 推廣期刊

- 劉靜榆。2018。藻類變變變礁岩——藻礁的祕密。幼獅少年，497: 18-21。
- 劉靜榆。2018。從臺灣早招潮族群雪崩式下降，談桃園大潭棲地不可取代性。大自然季刊，138:54-62。
- 劉靜榆。2017。全球稀有的大面積藻礁地形——桃園藻礁生態特性與保育。科學月刊，48 : 680-687。

- 劉靜榆。2017。造礁千年危在旦夕。大自然季刊，136:18-24。
- 劉靜榆。2017。大潭藻礁海岸與第三天然氣接受站，誰不可取代。特有生物研究保育中心簡訊 42 期。
- 劉靜榆。2013。桃園藻礁危急存亡之秋。大自然，118:100-105。
- 劉靜榆。2011。揭開藻礁的神秘面紗（上）。綠野，29:4-13。
- 劉靜榆。2011。揭開藻礁的神秘面紗（下）。綠野，30:4-11。
- 劉靜榆。2010。走訪臺灣西海岸（I）——北桃竹苗段沿海生態介紹。自然保育季刊，70: 67-78。
- 湯曉虞、劉靜榆。2008。錯失良機。大自然，98:24-31。
- 劉靜榆。2008。臺灣藻礁之特性與分布。自然保育季刊，62:52-55。

· 書籍及影片光碟

- 劉靜榆。2014。觀音鄉志—第三節。觀音藻礁。ISBN:9789860425796
- 劉靜榆。2013。珍愛臺灣藻礁。生態書籍。232 頁。ISBN:9789860398359。
- 劉靜榆。2012。「搶救臺灣藻礁——消失中的生命聚寶盆」。52 頁。
ISBN:9789860324235。
- 劉靜榆。2012。「共話特生保育情」20 週年紀念專冊-關心藻礁—搶救觀新藻礁大作戰。
ISBN13:9789860346084。
- 劉靜榆。2008 製作「揭開藻礁的神秘面紗」影片。視群傳播。