

揭開藻礁的神秘面紗

I. 桃園觀音藻礁海岸之危機與轉機

劉靜榆

農委會特有生物研究保育中心

摘要

桃園觀音海岸的藻礁是以無節珊瑚藻類(紅藻門)為主，經由鈣化作用沉積碳酸鈣所建造之礁體，是全台灣面積最大的藻礁地形，目前正遭受經濟開發的破壞危機。這裡的藻礁發育至少有數千年之久，不但在生態系上扮演相當重要的角色，其發育過程是台灣西部海岸變遷的證據之一，在演化史上亦有其意義，應予重視並加以保存。

緣起

我們對於台灣西海岸的認知就是沙質海岸，然而在桃園縣卻有一帶長約 20 km之海岸，間雜著面積不等的藻礁 (algal reef)，有些礁體厚度可達 3m，而有些藻礁卻被覆蓋在沙下，其原因很多，包括突堤效應所形成的淤沙。

桃園縣藻礁是特生中心在執行「沿海濕地棲地劣化之現況評估與保育策略探討」計畫中，於 2006 年 12 月發現有工程人員在測量，經進一步調閱環評資料，才注意到在小飯壠溪口至新屋溪口間將有工程進行，台灣中油公司計畫進行的是「台中至大潭天然氣管線新建工程」之上岸段管線工程，台灣電力公司、東鼎公司及經濟部工業局所提出之環評報告書中，皆繪及要在本段海岸建置 6 道突堤。

桃園觀音藻礁的北邊、南邊及東側都是沙質海岸，可說是西海岸的唯一，這片藻礁已鑑定的標本即有 2000 年以上。在台灣即使是相關領域的學者對藻礁生態仍不甚明瞭，一般人就更為陌生，對於藻礁生態系的功能與重要性，也就很容易被忽視。

藻礁之定義及成因

台北石門鄉老梅及基隆和平島可以看到整片礁岩長滿綠色藻類，這和桃園海岸之藻礁是否相同？

老梅石槽及和平島係因綠藻類於冬春季繁生而形成整片綠色藻類附著於礁岩的景象，因此亦有人稱之為「藻礁」。這種以綠藻類的石蓴為主的藻類並不造礁，因此不會增長。而桃園之藻礁完全不同，桃園海岸是由珊瑚藻類等造礁生物所形成的生物礁，這種生物礁每年都會

因這些造礁生物附著生長後所留下石灰質而增加礁體。所以說藻礁是生物礁的一種，但是藻礁和一般常見的珊瑚礁有什麼不同？

藻礁或珊瑚礁皆由生物體來建造礁體。造礁珊瑚是指一群能形成碳酸鈣質骨骼的腔腸動物，主要分布於熱帶地區。這些能造礁的腔腸動物經由一系列複雜的生理過程使碳酸鹽和鈣離子結合而沉澱堆積下來，形成固態的碳酸鈣骨骼，經由日積月累的堆積形成珊瑚礁。而紅藻門的珊瑚藻、綠藻門的仙掌藻等，同樣以類似的原理，將海水中游離的鈣固定，在生長過後留下石灰質來造礁，這些可留下石灰質的藻，泛稱石灰藻(calcareous algae)。換言之，珊瑚礁主要是由動物造礁，是骨骼所累積，速率較快；藻礁主要是植物造礁，每年一層一層慢慢長，累積速率很慢。

世界上會造礁的生物不僅有珊瑚，但經過長時間的演替之後，珊瑚已取得優勢成為現今海洋中最重要之礁體建造者(戴 1997)，因而生物礁的名稱就漸漸被「珊瑚礁」所取代。在台灣，石灰藻亦會出現在東北角或澎湖等地，但珊瑚造礁比例遠大於石灰藻，因而難以形成藻礁地形。

前人研究

桃園觀音海岸的藻礁是全台灣面積最大的區域，目前台灣除了桃園縣外，還有北海岸(如台北縣石門鄉的白沙灣、三芝鄉的淺水灣)及屏東縣恆春的風吹沙等地也有面積大小不一的藻礁分布，然而各地的基質及成因卻不盡相同，且規模大多遠小於桃園的藻礁。

台灣有關藻礁之學術報告僅有 1986 年鄭穎敏教授等人以德文發表一篇與藻礁相關的報告(Reineck & Cheng 1986)。但早於 1953 年陳培源教授的「台灣西部之重砂礦牀」調查報告中即提及石灰藻類及貝殼與小礫等混結而成之珊瑚層(coralline bed)。之後直至 1999 年東鼎公司的桃園縣觀塘工業區開發計畫環境影響評估報告書中認為，潮間帶的主要造礁生物為無節珊瑚藻，因此潮間帶所見的生物礁應屬於藻礁而非珊瑚礁。

台灣常見的石灰藻類

紅藻植物門 Rhodophyta 的有：

珊瑚藻科之珊瑚藻屬 (*Corallina*)、寬珊瑚藻屬 (*Mastophora*)、叉珊瑚藻屬 (*Jania*)、中葉藻屬 (*Mesophyllum*)、叉節藻屬 (*Amphiroa*)、唇孢藻屬 (*Cheilosporum*)、邊孢藻屬 (*Marginisporum*)

耳殼藻科之耳殼藻屬 (*Peyssonnelis*)

蠕枝藻科之果絲藻屬 (*Trichogloea*)、粉枝藻屬 (*Liagora*)

乳節藻科之乳節藻屬 (*Galaxaura*)、白果胞藻屬 (*Tricleocarpa*)

杜蠕藻科之赤盾藻屬 (*Rhodopeltis*)

綠藻植物門 Chlorophyta 的有：

松藻科之仙掌藻屬 (*Halimeda*)

鈣扇藻科之鈣扇藻屬 (*Udotea*)、綠毛藻屬 (*Chlorodesmis*)

褐藻植物門 Phaeophyta 的有：網地藻科之團扇藻屬 (*Padina*)

桃園藻礁的分布現況

造礁的條件首先要有穩定的底質，大多數石灰藻或珊瑚都無法在泥或沙的海床生長，桃園海岸的卵石及礫石提供了穩定的底質。但這裏為何不長珊瑚，而是藻類優勢呢？原因很多，其中最主要的原因之一在於水質，沉積物太多的海域，珊瑚幾乎無法生長，石灰藻卻還可生長，就會形成藻礁。也就是說，同樣有穩固基質的海岸，若環境適合珊瑚的話，珊瑚長得快，當然很快取得優勢，環境壓力大時，耐性較強的石灰藻得以大面積生長。此外，波浪強度也不能太大，否則無法沉積足夠的石灰來造礁。

因此自北海岸富貴角以西延伸至桃園，即多段海岸線有穩固的基質，然而因為沉積物偏高，珊瑚無法大量生長，所以在這段海岸斷斷續續可以發現藻礁。

桃園縣海岸的藻礁主要分布如下：

- 1.大園竹圍漁港大鼎海岸
- 2.埔心溪口北岸
- 3.新街溪口至老街溪口北岸
- 4.草漯海濱
- 5.富林溪口北岸
- 6.小飯壠溪口南岸至新屋溪口北岸
- 7.新屋溪口至後湖溪口北側

其中生長最佳，礁體最完整的區域是小飯壠溪口至新屋溪口間，藻礁分布之寬度可達 500m，有些礁體厚度可達 3m。退潮時可明顯露出海平面 1m 左右。

桃園藻礁的珍貴性與生態重要性

這裡的藻礁至少存活數千年之久，已鑑定的標本即有 2200 年，這種主要由珊瑚藻所建造的石灰岩礁體，累積速率比珊瑚礁慢很多，由於經過數千年的累積，藻礁不但在生態系上扮演相當重要的角色，其發育過程也是台灣西部海岸變遷的證據之一。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，也是有些層鬆散，有些層緊密。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，應予重視並加以保存。

特別是藻礁內部孔隙多，可棲藏多種生物，在藻礁四周的水域，也是海洋生物生息繁衍的重要棲地。底棲動物中，螺貝類常見的有金環寶螺(*Cypraea annulun*)、阿拉伯寶螺(*Cypraea arabica*)、黑齒牡蠣(*Saccostrea mordax*)、珠螺(*Lunella coronata*)、蚵岩螺(*Thais clavigera*)；甲殼動物常見的有司氏酋婦蟹 (*Eriphia smithi*)、底棲短槳蟹(*Thalamita prymna*)、鈍齒短槳蟹(*Thalamita crenata*)、少刺短槳蟹(*Thalamita danae*)、裸掌盾牌蟹(*Percnon planissimum*)、光手滑面蟹(*Etisus laevimanus*)、平背蜞(*Gaetice depressus*)、方形大額蟹(*Metopograpsus thukuhar*)、

白紋方蟹(*Grapsus albolineatus*)、細紋方蟹(*Grapsus tenuicratus*)及槍蝦等等。此外，藻礁的生態系與珊瑚礁的生態系仍不盡相同，可能有些依賴這種生物礁為生的生物，若這片藻礁消失，這些生物也會跟著消失。

桃園藻礁的危機

桃園縣海岸的藻礁相當平坦寬闊，由大園鄉新街溪口、老街溪口、觀音鄉至永安鄉的新屋溪一帶，分布面積不等，分布在低潮線以下的礁體仍在生長。但由於許多大型的開發包括港口的闢建、突堤效應、工業區廢排水或開挖工程造成沉積物實在太多，這些藻類因而死亡，如桃園大園鄉新街溪與老街溪間的海岸就有一片藻礁，但是那兒的藻礁已不再生長了，生物也沒了。目前許多段海岸由於早期大面積的開發下，甚至沒有殘存任何的蛛絲馬跡可供查證，這麼耐命的石灰藻還是敵不過人類的污染和開挖。所以觀音這一片藻礁可說是在許多開發案後所殘存下來的，目前是全台面積最大的。

桃園觀音鄉因為大潭發電廠、天然氣接收專用港、觀塘工業區，陸續開工之後，觀音塘尾的藻礁海岸已被嚴重破壞。目前天然氣接收專用港與填海造陸工程，雖已停工，但是環境已被破壞，實為開發與環保兩敗俱傷的例子之一。桃園藻礁的悲慘命運還不僅如此，台灣中油之台中至大潭天然氣海底管線上岸段路徑橫剖穿過，將寬深 4m×4m 的礁體完全開挖。更糟的是，台灣電力公司要在本段海岸建置突堤。

藻礁上面如以人工設置突堤，將直接把藻礁生態系徹底破壞，這種開發是不可逆的，且無法復育。事實上由石灰藻類所建造的礁體，就能保護海岸及陸地，若堤防蓋在藻礁上面不但會改變環境，也勢必影響在此生長的造礁生物，進而破壞整個生態系。

環評報告書與因應對策

台灣中油「台中至大潭天然氣海底管線新建計畫環境影響說明書」係 94 年 1 月 7 日第 126 次會議通過，但說明書未提及藻礁。針對此環評報告中的缺失，特生中心於 96 年 1 月 2 日行文環保署建請依環評法第 18 條規定「命開發單位提出因應對策」。環保署於 96 年 1 月 11 日行文至台灣中油公司，請該公司針對特生中心所提疑慮提出具體資料及說明。台灣中油公司於 96 年 2 月 15 日至特生中心說明施工緣由，特生中心於當場力促建議上岸段管線由原登陸地點往南移 150m。台灣中油公司於 96 年 3 月 19 日邀集學者專家(含環保署及特生中心)進行第一次會勘，會中再次建議「原登陸地點往南移 150m」。此外，特生中心於 96 年 3 月 27 日行文環保署，針對台電、東鼎等單位所提之 6 道突堤案，建議開發單位提出因應對策。台灣中油公司於 96 年 4 月 17 日派員至特生中心說明研究改線之困難在於人工魚礁，並強調尚未施工。然而，特生中心 96 年 4 月 19 日前往調查時，工作平台等工程業已施作。

環保署於 96 年 4 月 30 日召開「桃園縣沿海地區環境影響評估開發案恐將影響附近藻礁之完整性」現勘暨研商會議。現勘時，委員認為，工作平台等工程已經施作，為避免二次傷害，決議可以不改線南移，但要以最高標準監控施工品質，並請台灣中油公司於 96 年 5 月 31 日提出因應對策。同次會議中，台電說明已發包其中 3 道突堤，並預計今年 10 月施工。

會議中決議請台電及東鼎之突堤請施工單位於 96 年 9 月 31 日提出因應對策。

特生中心在後續的追蹤調查發現，台灣中油公司違反先前環保署召集的藻礁現勘及研商會議中達成的結論，甚至在提出因應對策送環保署審查前即開挖藻礁，而且台灣中油公司所承諾的「施工範圍 12 公尺改為 4 公尺」並未確實做到。96 年 5 月 14 日，特生中心實地調查發現，其實際施工寬度超過 22 公尺之多。尤其開挖之土方未妥善堆置，直接覆蓋在一旁的藻礁上，潮水沖刷土方，泥沙覆蓋附近大面積的藻礁，使得藻礁生態系面臨嚴重的危害。就這個案子，台灣中油的處理過程有兩點缺失：其一，在施工路線南側約 150m 處，有一個舊河道形成的缺口，倘若中油的管線由此上岸必能對藻礁的破壞減至最小，可惜中油沒有納入評估。其二，在無法更改管線路徑而勢必要挖光 4m 寬的長帶狀藻礁時，為何不在開挖前先取樣以提供學術研究或解說教育之用？卻讓這一長帶藻礁就平白的犧牲而沒有留下任何證據。

台灣中油於 96 年 5 月 31 日所提之因應對策，環保署於 96 年 7 月 31 日召開「大潭工地保護藻礁因應對策審查會議」，會中中油提出遷移管線不可行，並表示改線或停工不僅明年台灣供電可能出現短缺，倘若停工每 1 天將損失高達 700 多萬元。環保署卻表示此開發案暨已經通過環評，如果中油不願意履行承諾，環保署也沒有予以懲處的機制。

此次會議中，環評委員憤怒的表示，停工或改線的損失並未與環境破壞作量化的評估，只強調要如期完工，環保署若沒有懲處機制，這種會議則無實質意義。而與會學者及委員們皆認為中油提出的因應對策只有薄薄六頁，對策太過簡陋，而對於藻礁被破壞的範圍大小與如何復育藻礁，完全沒有提及，是所看過最草率的一份因應報告書。

此次會議決議中油必須暫時停工，並在一個月之內重提因應報告。由於中油所提出報告書中，完全未說明因應對策，而且連最基本的施工進度及藻礁破壞狀況都隻字未提，因此中油需補提有關施工完成後的拔樁與復育計畫、施工中的細部規範，以及提出具體承諾。

環保署於 96 年 9 月 13 日召開第 2 次「大潭工地保護藻礁因應對策審查會議」，然而因應對策中有關生物調查資料，並非針對藻礁部分，而是全線大面積的廣泛敘述，似乎並沒有針對此段海岸的生態進行調查。本項施工開挖 4m 寬、150m 長，但 150m 以外的開挖仍是開放式的開挖，破壞程度更大。再加上，海管佈設及上岸段轉彎處大型機具拉管施工時的擾動海床底質，造成目前此段海岸的沉積物，懸浮固體量較之前高很多倍，而這種擾動所造成的影響幾乎是人力無法改善的，只能靠海水自淨能力來恢復。而且本次因應對策中仍未對「回填」部分作出詳細的說明。此外，施工期間破壞的防風林，中油公司提出補植計畫是 6 年，但若 6 年後仍無法復原，該如何處理，施工單位應具體說明擬復原程度。

中油埋管工程已經施工完畢，都是既成事實，根本於事無補。目前由於施工，海沙擾動，整個海域變混濁，細沙覆蓋在藻礁上，使得珊瑚藻無法生長。回填破碎的礁體，如何固定不被浪沖走？被切開及挖除的範圍這麼大，國內尚難有專家學者可以提供藻礁的復育經驗，重點是，化石該如何“復育”呢？本中心一路走來，建議、溝通、協調、訴諸媒體...，仍看著這片藻礁被開腸剖肚，只能語重心長的提出將來該注意的：埋管完工後，鋼板拔除時，如何避免造成傷害？北側的長堤已造成這片海域侵蝕，鋼板拔除時，會不會從基部掏空？這裡原本

膠結為整片的礁體高度 1-3m 不等，下側是卵石，再下為黏土層，被切開後，海水有機會直接進入 4m 深處，如何確實監測被切開部分的海床是否有侵蝕或淘空的現象？周邊的藻礁會不會因此而鬆動？

結語

本案發展至今，對藻礁海岸而言，已是無法挽回的局面，即使花費數千年也無法復原。我們並非強調藻礁是最為珍貴的生態系，也不指責管線該開挖工程是罪大惡極的破壞，但若施工單位能就金錢上的損失與環境破壞成本做合理量化的評估，更為友善的對待我們的環境，或許結局不是如此。希望中油或其他開發單位能從此次的經驗，對環境的敏感度更高些。然而若非全民覺醒，下一個也是已通過環評的台電工程進來，我們能奈它何？

藻礁事件經新聞媒體報導後，引發之正面效應包括將來開發單位之環評報告中應更重視生態系的調查，施工過程也將受到全民監督。日後如進一步朝保護區的規劃推動時，更能因而得到更廣大的支持。關於藻礁生態還有許多未解之謎有待探索，根據藻礁的研究，可以幫助重建古環境變遷。後續首應確實監測被切開部分的海床侵蝕狀況，是否有淘空或藻礁鬆動的現象；其次廣邀不同領域的學者，包括生態、地質、地理等等，就造礁藻的種類成因，棲息於此的生物，到海岸變遷氣候變遷或就全球暖化的議題來探討；進而推展解說教育，讓社會大眾有機會瞭解或接觸這片特殊地景及生態系。

桃園縣的海岸線有藻礁、沙灘、卵礫石灘、砂丘、水筆仔林及雲林莞草等，就棲地多樣性而言，有其獨特性，但是桃園縣的海岸卻是沒有任何相關法規劃設保護的悲慘海岸，沿著海岸線，綿延不斷的工業區，不但廢污水直接排入海域，並常看到大量的垃圾及漂流木，一項項工程慢慢吞噬這片海岸。我們呼籲儘快設立藻礁保護區，保護這片面臨危機的「千年藻礁」。



老梅石槽係因綠藻類於冬春季繁生而形成整片綠色藻類附著於礁岩的景象，因此亦有人稱之為「藻礁」



老梅石槽以綠藻類的石蓴為主的藻類並不造礁，因此不會增長，礁岩上孔隙少



藻礁內部孔隙多，可棲藏多種生物，在藻礁四周的水域，也是海洋生物生息繁衍的重要棲地



紅藻門之無節珊瑚藻類



珊瑚礁是由動物造礁，是骨骼所累積，所以速率較快，夾雜之藻礁是植物造礁，一層一層慢慢長，累積速率很慢



純藻類膠結的藻礁有些層鬆散有些層緊密



卵石及礫石提供了穩定的底質，珊瑚藻將海水中游離的鈣固定，留下石灰質來造礁



原本厚度達 3m 礁體被怪手挖起，可看到下側卵石膠結的情形



司氏酋婦蟹 (*Eriphia smithi*) 是藻礁最搶眼的優勢蟹種



身手矯捷的白紋方蟹(*Grapsus albolineatus*) 常躲於藻礁孔隙中



左側為 10m 之工作平台，中間 4m 完全開挖，挖開之土方直接覆蓋右側之藻礁上



原本完整的藻礁



中油在桃園縣觀音海岸進行天然氣地下輸油管工程，直接在藻礁上開挖，挖出的土方又覆蓋在右側藻礁上



中油工作平台工程之鋼條樁腳直接插在藻礁上，礁體被嚴重破壞