

# Reef「礁」——概說

文·圖／王士偉

“Reef”「礁」，語源自北歐古代（早於西元第14世紀）北日爾曼語（Old Norse）中的航海用語“rif”，意指接近海面會造成船隻航行危險的水下隆脊狀地貌；不過，直到今日「礁」與「化石」（fossil）這個地質名詞一樣，仍然很難有一個令大家都滿意的定義，因為「凡有通則，必有例外」。

在地質學領域中，「礁」（reef）一般是指「生物礁」（biotic reefs），也就是由生物原地生長作用所建造的地形構造；其實，早在西元第3世紀的三國時期，中國便有關於礁的文字紀錄了；東吳將領康泰曾奉孫權之命，出訪現今東南亞各國，於其「扶南傳」中：「漲海中倒（到）珊瑚洲，洲底有磐石，珊瑚生其上也...」經學者考證，此書中的「珊瑚洲」係泛指南海諸島，這也是世界史中最早涉及南海諸島珊瑚礁地貌與成因的文字記載。

在漫長地質史的生物造礁紀錄中，可造礁的生物類別包括藍綠（藻）菌、表覆型有孔蟲、鈣質與矽質海綿、古杯類（archaeocyaths）、珊瑚、牡蠣、蛇螺（vermetids）、多毛類中的龍介蟲（serpulids）、苔蘚蟲（bryozoans）、藤壺（barnacles），以及殼狀珊瑚藻（crustose coralline algae）等等；至於生物礁的名稱，通常以主要造礁生物的類別為名，例如：珊瑚礁、海綿礁、藻礁等；另一方面，也由於這些造礁生物礦化骨骼的主要組成大多為碳酸鈣，因此地層中的生物礁便經常被稱之為「礁灰岩」（reefal limestone）。其中，在大約34.6億年前由藍綠菌所形成的疊層石（stromatolites），是目前已知地球上最古老的礁，而這也是地球上最早生物活動證據；做為前寒武紀時期唯一的生物礁類型，各地質時代疊層石（圖1）的發育情況雖然不同，但有形成類似今日所見的緣礁（fringing reefs）、堡礁（barrier reefs）、點礁（斑塊礁；pinnacle reefs），以及環礁（atoll）等地形構造的地質紀錄。至於最早由後生動物（metazoans）生長構築而成的礁體，則是在寒武紀早期（距今約530百萬年前）（註1）由古杯類所建造的生物礁；古杯類的鈣質「個體」雖然不大（一般高度介於2~10cm，罕有超過20cm），但與鈣質藍綠菌所共同建造的礁體，在西伯利亞地台（Siberian Platform）上，曾有寬度超過300km、長度綿延超過800km規模的地質紀錄；並且在北美西部距今大約510百萬年前地層中的古杯類礁灰岩中，就曾經有學者觀察到



圖1. 疊層石，位於本館自然學友之家落地窗外的庭園。

可類比於今日所見礁體發育過程中群聚演替的現象；此後，隨著地質時代更迭，主要的造礁生物類別、群聚組成與礁的發育情況也有所不同而多樣化。

礁主要是由生物所組成，所以同樣也受大滅絕事件的影響，目前已知在大滅絕事件發生的至少1百萬年以前，礁體的發育便明顯減少；在滅絕事件發生之後，即使有造礁生物的倖存，但是此後礁體的發育卻往往要延遲1~8百萬年。對於這些觀察結果，不同學者的解釋不同；有由冰河期氣候變冷的觀點來解釋古生代生物礁發育的興衰，有從大氣CO<sub>2</sub>含量的變化來解釋氣候變化與礁興衰之間的關聯，也有由生物競爭的觀點來看礁的發育與分布（例如：白堊紀時期的生物礁...等等）。然而，經由較為全面性的探討結果顯示，對於長時間尺度礁的豐度與組成改變來說，最主要的影響因素應是地質史中的大滅絕事件以及這些事件的相隔時間長短，其次為海洋中含氧量、營養鹽供應，以及CO<sub>2</sub>含量等化學組成的改變；至於全球性氣候變遷、全球海水面變動、全球與區域性地體構造等因素對礁體發育之影響，則令人驚訝地沒有較一致的比對結果（指長時間尺度的探討）。

從地質角度來看，生物礁主要為生物構築而成的地形結構岩體，因此礁體的發育必須能夠抵抗當地風浪或者水流的破壞作用；從另一方面來看，「健康」的礁可以說是最好的海岸防波堤，這個「功能」只要經由網際網路（GoogleEarth）查看恆春半島的海岸就能明瞭。其次，也由於生物礁主要是由生物原地生長所形成，在內部結構上往往呈現交互緊密膠結的現象（圖2）；同時礁體也提供許多生物做為棲所與覓食地，並且由於生物礁複雜的立體結構，使得礁往往成為海洋中生物歧異度相當高的生態系。此外，礁體的「成長」其實也就是碳酸鈣的

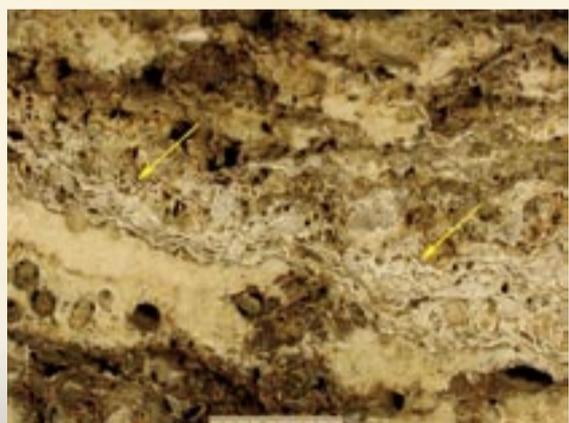


圖2. 珊瑚礁岩塊縱切面觀，白色細條帶狀為殼狀珊瑚藻（箭頭所指），其他均為石珊瑚。

累積，經由海浪、風暴等物理破壞與生物啃食、鑽洞等生物侵蝕作用，礁體發育過程中同時也產生許多碳酸鈣碎屑，這些碎屑除了充填於礁的孔隙之外，也可逐漸改變生物礁週遭的底質狀況；以新生代的珊瑚礁為例，其中所含沈積物總量的60~80%，甚至90%以上均來自礁體的生物骨骼，亦即礁體系（reef system）本身即為沉積物的主要供應源；因此，生物礁本身就是一個高效率的碳酸鹽製造工廠，也是環境中重要的碳酸鈣供應來源；甚且，相較於其他生態系，化石生物礁往往保存相當豐富的生物交互作用現象。基於這些特性，礁灰岩實有別於一般的碎屑沉積岩。

台灣地處歐亞大陸板塊、菲律賓海板塊與南中國海板塊的交界，島的「發育」（包括此一地區古沉積環境的改變），一直是與板塊構造運動息息相關；有學者認為自白堊紀以來，台灣地區總計歷經了中新世中期（距今約15百萬年前）與上新世早期（距今約5百萬年前），總計2次主要的板塊碰撞隱沒事件。正由於一直是處於活動板塊界線，此地區沉積物的供應量大，古環境變遷也相當快速，這些因素都不利於大規模生物礁的發育。也因此，在台灣的地質發展史中，生物礁的發育雖然侷限，但卻反映著當時特殊地質狀況與構造事件。

經由許多地質學者努力的野外工作與長時間的資料累積結果，現在已經了解，原來恆春半島的珊瑚礁其實是發育於出露變淺的恆春海脊之上，這個海脊就位於馬尼拉海溝東緣增生楔，向北延伸與中央山脈相銜接的部分；台灣西南部的化石珊瑚礁，其實是發育於造山帶前緣，前陸盆地中由逆衝斷層所形成的古高區之上，後來海底侵蝕出露的冷泉碳酸鹽岩，就成為在泥底質環境中礁體最初發育的硬質基底（註2）；新竹赤柯山石灰岩（中新世早期），雖然較少受到的注意，但礁體的發育歷程可能與火山作用有關，目前已可確定這個石灰岩體主要為珊瑚礁，但局部可見殼狀珊瑚藻發育良好，可能在造礁上也相當重要；至於海岸山脈的化石珊瑚礁，則是指示島弧火山淺化且火山活動停歇的地質事件（註3）；桃園海岸潮間帶所見的礁體（圖3），其實地理連續分布可達27km，根據最近地質鑽探的結果，礁體的最大厚度超過6m，並且大部分的礁體在發育早期是以石珊瑚為主所形成的珊瑚礁，後期則轉變為以殼狀珊瑚藻為主的珊瑚藻礁灰岩...然而，還有更多的問題等待回答。台灣地層中的生物礁發育雖然相當有限，卻不失其獨特性，有如大時代中的小故事，故事雖小卻多采多姿。

註1. 地質年代通常是以「百萬年」為單位，百萬年縮寫為“My”（=million years），「百萬年前」的縮寫則為“Ma”（=million years ago）。

註2. 請參見本館館訊第182期第六版「永恆黑暗世界裡的生命綠洲」（民國92年元月刊行）

註3. 請參見本館館訊第227期第六版「港口石灰岩—從野外到庭園」（民國95年10月刊行）



圖3. 桃園縣海岸退潮期間出露的礁灰岩（箭頭所指）