

暗殺珊瑚的兇手

■ 郭傑民 · 段文宏 · 劉仲康

近年來科學家觀察到全球珊瑚族群有逐漸減少的趨勢，據估計近30年來已減少了30%左右，因此有科學家悲觀地預估，至2050年全球的珊瑚會完全消失。



珊瑚是雙胚層動物，是由許多珊瑚蟲聚集生長的一種群體生物。在分類上，珊瑚屬於刺胞動物門珊瑚綱，主要生長在南北緯30度間，水質清澈及光線充足的海域。

珊瑚礁生態系是以珊瑚為主體所形成的海洋生態系，厚度可達數百英尺，長度則有數英里，是活體生物所能形成的最大結構。由於它具有高生產力與豐富的生物多樣性，因此稱為「海中熱帶雨林」，是地球上寶貴的自然資源之一。另外，珊瑚礁也有觀光休憩、漁業、海岸保護等用途，經濟價值估計全球每年高達3,750億美金。

近年來科學家逐漸注意到珊瑚的重要性，並觀察到全球珊瑚族群有逐漸減少的趨勢，據估計近30年來已減少了30%左右。因此有科學家悲觀地預估，至2050年全球的珊瑚會完全消失。

珊瑚的減少應該與全球暖化、臭氧層破洞、過度漁撈、汙染、水土保持不良、人類在近岸的活動等因素有

珊瑚礁生態系是以珊瑚為主體所形成的海洋生態系，由於它具有高生產力與豐富的生物多樣性，因此稱為「海中熱帶雨林」，是地球上寶貴的自然資源之一。

■ 珊瑚的減少應該與全球暖化、臭氧層破洞、過度漁撈、汙染、水土保持不良、人類在近岸的活動等因素有關，而珊瑚疾病也可能是重要元兇之一。

關。但許多相關的文獻認為珊瑚疾病也是珊瑚減少的重要元兇之一，並受到前述因素的加成效應所影響，有逐年嚴重的現象。

珊瑚疾病

人類對於珊瑚疾病的研究起步相當遲，最早的描述始於1973年，安東尼（Antonius）發表了在加勒比海一種可以感染石珊瑚的疾病—黑帶病。這種疾病會在感染的部位形成黑色的帶狀病斑，並與旁邊死亡組織露出的白色碳酸鈣骨骼形成明顯的對比，因而得名。

接著在1977年格列費勒特（Gladfelter）等人與達斯登（Dustan），也分別描述了感染加勒比海一種石珊瑚的白帶病與感染塊狀及平板珊瑚的白疫病。白帶病與白疫病症狀相似，都會在健康

珊瑚組織與死亡露出的珊瑚骨骼之間形成明顯邊界，但白帶病只會感染石珊瑚。上述3種珊瑚疾病都以每天幾公釐的速度侵蝕著珊瑚組織。

直到1980年代，科學家終於確定黑帶病是由好幾株不同種類的微生物所引起的，包括藍綠菌（*Phormidium corallyticum*）、海洋真菌、硫氧化菌（sulfide-oxidizing bacteria）、硫還原菌（sulfate reducing bacteria）等，而硫還原菌產生的有毒化合物硫化氫，就是導致珊瑚因黑帶病死亡的元兇。此外，黑帶病也會感染軟珊瑚，除加勒比海外，印度洋、太平洋、紅海與西大西洋海域也發現珊瑚黑帶病肆虐的蹤跡。

1990年代以後，珊瑚疾病的研究廣受注意，陸續發現各種新的病症，如紅帶病、黃斑病、白疹病、暗點病、黑麴菌病、細菌性白化等。另

科霍假說與珊瑚疾病致病微生物的確認

科霍在1870年提出對疑似致病菌的4個實驗確認步驟，如果疑似致病菌滿足下列步驟的要求，就可確認是這種疾病的致病菌。

1. 致病微生物必須能在罹患這種疾病的宿主身上找到。
2. 致病微生物須能自感染這種疾病的宿主分離出來，並能在實驗室中進行純化培養。
3. 由實驗室純化培養出來的致病微生物，如果重新接種到健康的宿主上，一定能夠引起相同的疾病。
4. 步驟3的新感染宿主身上一定能找到這種致病的微生物。

然而，使用科霍假說確認致病的微生物時，有實際上的困難。例如在實驗室裡珊瑚是養殖在水缸中的，因此很難與海洋中的環境相同，特別是養殖水缸裡的微生物組成，也會影響珊瑚表面的微生物組成，導致珊瑚的感染途徑不明。此外，實驗室純化培養出來的致病微生物，若重新加入到養殖水缸中後，可能會吸附在珊瑚的表面上，因此很難判定新感染宿主身上所找到的致病微生物確實是由感染造成的。基於上述原因，造成珊瑚疾病致病微生物的確認相當困難。

通常看到珊瑚的繽紛豔麗，其實都是共生藻的顏色。所謂的「珊瑚白化」，指的就是珊瑚因失去共生的伙伴共生藻，而呈現了白色的骨骼。

外，也發現白帶病與白疫病有不同的型，如白帶病I型、白帶病II型與白疫病I型、白疫病II型等，更確定了黑麴菌病是由*Aspergillus sydowii*所致，白疫病II型是由*Aurantimonas coralicida*所引起的。兩種不同的細菌性白化，則分別由海洋細菌*Vibrio coralliilyticus*與白化弧菌（*Vibrio shiloi*）所造成。

到目前為止，總計發現了二十多種珊瑚疾病，但只有少數幾種的病原菌可以符合科霍的假說而被確定。迄今珊瑚疾病的研究，科學家仍只能依照珊瑚生病後病灶的顏色及形狀做為診斷及命名的準則。

珊瑚白化

布蘭特（Brandt）於1883年在珊瑚的細胞內發現了共生藻，也為後人了解珊瑚的高生產力打開了一扇門。珊瑚的共生藻可以提供宿主（珊瑚）光合作用後的產物，宿主則提供保護與代謝產物給共生藻。因此，珊瑚與共生藻的共生形式是互蒙其利的。也由於共生藻可以行光合作用，因此珊瑚在水質清澈，光線充足的海域可以有高生產力。

通常看到珊瑚的繽紛豔麗，其實都是共生藻的顏色。所謂的「珊瑚白化」，指的就是珊瑚因失去共生的伙伴共生藻，而呈現了白色的骨骼（珊瑚組織是透明的）。由於珊

瑚很大部分的營養來自共生藻，因此失去了共生藻的白化珊瑚，如果不能很快地恢復與共生藻的共生狀態，就會死去。有些生物學家並不認為珊瑚白化是一種疾病，但是白化珊瑚確實滿足傳統上對疾病的定義，即生物體組織受到傷害導致其功能改變，並引起形態或生理變化的現象。

自1980年代開始，珊瑚白化的事件在全世界發生的頻率增高，分布地區與範圍也越來越大。事實上珊瑚白化是已知對全球珊瑚最嚴重且威脅最大的一種疾病，許多白化事件都發現與海水溫度的升高，也就是全球暖化有關。然而許多環境因子也會引起珊瑚白化，如低溫、高紫外光、過高及過低日照、低鹽度、高沉降物、油汙染、有毒化學物質等。此外，白化也可視為珊瑚生病的一種症狀，因此可以做為珊



一株珊瑚感染黑帶病時，致病病原體會形成一黑色帶狀的感染區，然後就像蝗蟲過境，把健康的珊瑚組織啃蝕殆盡。因此在罹病珊瑚健康的部分與死亡而露出骨骼的部分間，會有一明顯的黑帶區隔。

許多珊瑚白化事件都發現與海水溫度的升高，
也就是全球暖化有關，然而許多環境因子也會引起珊瑚白化。



珊瑚因共生藻離開珊瑚蟲後呈現白色的碳酸鈣骨骼

珊瑚健康與否的指標，甚至做為環境污染的指標。

珊瑚致病菌的感染機制

在所有可引起珊瑚疾病的致病菌中，發生於地中海引起目珊瑚（*Oculina patagonica*）白化的白化弧菌，由於感染後的白化症狀與珊瑚因環境改變所引起的相同，因此其感染機制被研究得最透澈。白化弧菌會在夏天水溫升高至攝氏29～31度時，使珊瑚大量白化，但在冬天水溫降低時，珊瑚又會恢復正常，其引起白化與否似乎與海水溫度的高低有關。

白化弧菌感染的途徑是：首先白化弧菌會選

擇性地吸附在宿主珊瑚的表面上，接著穿透珊瑚表皮細胞到珊瑚組織內，變成一種以人工方式培養不出來的狀態，並產生毒素抑制共生藻的光合作用，最後引起珊瑚白化。上述每一個步驟都會受到溫度的影響，如低溫時白化弧菌就無法吸附於珊瑚表面，又穿透珊瑚表皮細胞到珊瑚組織內的白化弧菌在低溫時也無法存活，低溫時白化弧菌毒素的產生也會減少。

台灣常見的珊瑚疾病

四周環海的台灣，地理位置與氣候都很適合珊瑚的生長。台灣的珊瑚礁大多分布在南部的恆



當珊瑚黑病發生時，珊瑚會被海綿覆蓋，導致死亡。

春半島、東北角及東部海岸的三仙台，此外，離島的綠島、蘭嶼、小琉球及澎湖群島也可見到珊瑚的蹤跡。這些生長於海底的珊瑚礁都是固著性的底棲動物，對於生活環境有嚴格的要求，只要海水溫度、光照強度、底質、海流、水質等環境因子有些微差錯，這些原本長壽的動物就會生病甚至死亡，造成珊瑚礁衰退和珊瑚礁生態系的瓦解。

目前台灣常見的珊瑚疾病有黑帶病、黑病、粉紅斑病等。當珊瑚感染黑帶病時，致病

病原體會形成一黑色帶狀的感染區，然後像蝗蟲過境般把健康的珊瑚組織啃蝕殆淨。因此在罹病珊瑚的健康區與死亡而露出骨骼的白化區的交會處，會有一明顯的黑帶區隔，這種疾病通常導致整株珊瑚死亡，甚至蔓延至鄰近的珊瑚區。

另一最近在台灣嚴重爆發的珊瑚疾病是發生在綠島的珊瑚黑病，當這種疾病發生時，珊瑚會被一種黑色海綿覆蓋，導致死亡。以上兩種疾病都是快速蔓延的致死性疾病。另一種常

造礁珊瑚是海洋中珍貴的寶藏，在整個海洋生態系中占有舉足輕重的地位。大部分的造礁珊瑚都有共生藻共生的現象，而共生現象的和諧與否，直接影響珊瑚本身的健康。



當微孔珊瑚的粉紅斑病發病時，珊瑚蟲會有粉紅色腫脹受傷的症狀。

在微孔珊瑚上發現的是粉紅斑病，發病時珊瑚蟲會有粉紅色腫脹受傷的情形，但似乎較不容易形成嚴重的症狀。

與珊瑚伴生的微生物

在研究珊瑚疾病的病原菌時，科學家發現有大量且多樣的微生物伴生於珊瑚的組織、黏液與骨骼上，不同種類珊瑚伴生的微生物數量與種類也相異，而且這些伴生微生物會隨著環境變異而改變。顯然除了共生藻外，與珊瑚伴生的微生物也可能參與了珊瑚的代謝途徑及扮演提供養分的角色。因此有人提出了珊瑚微生物學（coral microbiology）的理論，認為這些伴生微生物、共生藻與珊瑚共同演化以適應環境的變遷，只有針對這三種共生體進行研究，才能對珊瑚疾病提出有效的解決辦法。

以雷薛（Reshef）等人在2003年的研究為例，原本會引起*Oculina*目珊瑚的白化弧菌，自2003年以後卻再也無感染能力了。雷薛等人觀察

到這是因為白化弧菌吸附於珊瑚表面後會被分解，由於珊瑚只有很簡單的免疫系統，因此推測分解珊瑚致病菌的能力來自珊瑚伴生微生物菌相的快速改變。他們因而提出了珊瑚益生菌假說（coral probiotic hypothesis），認為珊瑚伴生微生物就像人體腸道內的乳酸菌一樣，對宿主有益。

包括台灣在內，地球上各海域的珊瑚或多或少都遭受著各種疾病的侵害。就我們所知，大部分的珊瑚疾病都與海水溫度不正常的升高有關。由於全球暖化日益嚴重，預期珊瑚疾病也會愈形惡化，面對這樣的危機，增加對珊瑚疾病的了解並提出解決之道，是不得不面對的重要課題。

郭傑民 段文宏

國立海洋生物博物館企劃研究組／東華大學海洋生物科技研究所

劉仲康

中山大學生物科學系
