

中光層珊瑚研究

神秘待解的海洋熱帶雨林

文 | 王立雪博士、陳泓愷博士 | 海生館企劃研究組主任、海生館企劃研究組博士後研究員

什麼是「中光層」珊瑚生態系

珊瑚礁是熱帶和亞熱帶海域非常重要且獨特的生態系，具有豐富的生物多樣性、旺盛的生產力與造礁活動、複雜的棲地結構等特性，經常被比喻為海洋中的熱帶雨林。珊瑚礁雖然占海洋表面積不到 1%，海洋生物種類中卻有 25% 以上是以珊瑚礁為棲所。珊瑚礁也扮演保護海岸以及孕育沿岸漁業資源的角色，珊瑚礁的漁產估計占全球漁獲量的 12%。由於工業的快速發展，加速全球氣候變遷，從 19 世紀到 21 世紀初（1906-2005），海水平均溫度上升了攝氏 0.74 度，但是近五十年溫度增加的趨勢是近百年前的兩倍。而除了均溫的上升，極端氣候的出現更是層出不窮。除了海水水溫的增加外，溫室氣體的排放加遽了海水的酸化，全世界的珊瑚礁面臨了前所未見的威脅，位於淺水區的珊瑚礁對此環境變化尤其敏感，大規模白化現象在加勒比

海生館購置的水下無人載具，配有攝影機、採樣用的機器手臂、與放置樣品用的樣品採集籃。(楊啟泰攝)

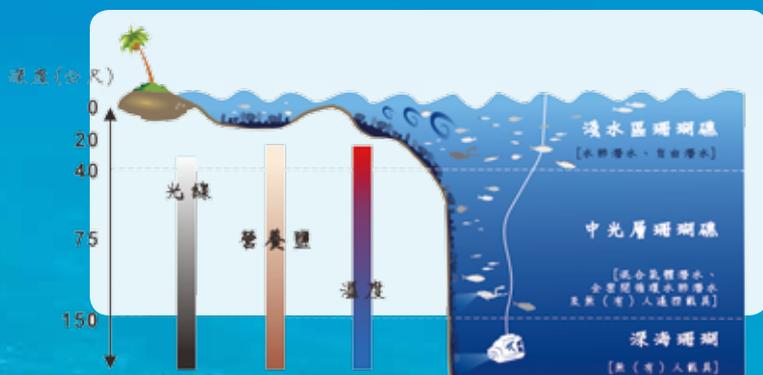
海、澳洲大堡礁等地區多次被觀察到。而臺灣地區也因為溫排水、人為活動密集、低溫等，造成墾丁、綠島、澎湖甚至東沙環礁等地區的珊瑚白化。

珊瑚礁生態系的類型可用陽光穿透及水深狀況簡單區分為「淺水區」珊瑚礁生態系、「中光層」珊瑚生態系（Mesophotic Coral Ecosystem, MCE）及「深海」珊瑚礁生態系。「淺水區」珊瑚礁主要是指30米以淺，此區陽光充足，向來是研究的重心，也是珊瑚覆蓋率最好的區域。而「中光層」珊瑚生態系，指的是水深30~40米以深至水深150~200米間，此區光線微弱，光線穿透比率僅為表水層的1%~10%左右。而「深海」珊瑚生態系則是指不透光海域的珊瑚，一般人熟知的寶石珊瑚就是分佈在此區域。除了光線與水深的特性外，一般來說，隨著水深的增加，水中的營養鹽濃度也會跟增加，同時水溫會下降，而這些變化會隨著不同的海域與季節而有所不同。

淺水區的珊瑚礁在研究調查上多利用水肺潛水進行採樣調查，而深海珊瑚則可以利用底拖、水下無人載具（Remotely Operated Vehicles, ROVs）或水下載人載具（Human Occupied Vehicles, HOVs）進行調查。中光層珊瑚在過去由於潛水技術上的限制而瞭解最少，但現在由於技術潛水的精進，包含密閉式循環水肺潛水（Closed Circuit Rebreathers, CCR）、混合氣體潛水（Trimix），及水下無人載具的發展，讓研究人員能進一步瞭解探索。

全球「中光層」珊瑚生態系之研究現況

由於淺水區的珊瑚礁容易受到人為活動、漁業捕撈影響，另外還受到海水表水溫度的劇烈變化影響，造成大規模的白化及死亡。而「中光層」珊瑚被認為是淺水區珊瑚的延伸，由於所在水層的深度較深，水溫變化不如表水層劇烈，也



「淺水區」珊瑚礁與「中光層」珊瑚礁生態系的特性比較
(圖片來源：王立雪實驗室提供)



技術潛水員於恆春半島合界附近中光層採樣情形。(何旻杰、蘇焉攝)

比較不會受到人為水上活動影響及熱帶氣旋、颱風等的影響，被認為可能成為淺水區珊瑚的「庇護所」，因此近20年來受到國際海洋研究者的重視。世界上研究中光層珊瑚生態系的熱點主要是在美洲加勒比海附近，包含牙買加北部、巴哈馬、墨西哥灣北部及波多黎各、歐洲地中海，印度太平洋地區則在紅海附近，而太平洋則主要在夏威夷群島、日本琉球與澳洲大堡礁。

針對中光層珊瑚礁生態系的研究，從細菌、魚類、海綿、珊瑚到整個生態系，從地區分佈的生物多樣性、到單一物種的垂直分佈，相關文獻發表與日遽增。在此生態系，光合有效輻射（Photosynthetically Active Radiation, PAR）僅剩下淺水體的 1~10%，而藉由體內共生藻光合作用取得能量的珊瑚在此特殊的環境下，也發展出一些特別的適應，例如能藉由提高共生藻的葉綠素含量或是改變珊瑚碳酸鈣骨骼的型態來增加光線的吸收效率，使其光合作用效率維持不變，仍能維持自營（autotrophic）的型

態。而部分的石珊瑚則改為混合營（mixotrophic），藉由捕食浮游生物或碎屑來提供足夠的營養。以圓菊珊瑚為例，研究證實此種珊瑚能利用與不同系群共生藻共生而能適應中光層海域，到水深65米處仍能靠共生藻提供營養而維持自營。

臺灣的「中光層」珊瑚研究

恆春半島附近海域具有高物種豐富度的淺水區珊瑚礁，海底地形上有向南延伸的恆春海脊向兩側延展，水深超過千米，其西面為高屏陸棚，水深約為100米左右，而向外延伸至高屏峽谷水深則為3000米。而南灣內有類似海底峽谷地形，水深約7、80米，此一驟升地形造成著名的湧升流，帶來冷水團，使得墾丁海域珊瑚礁能舒緩因海水溫度上升所造成的緊迫，並得以維持健康，也因此，恆春半島附近海域地形孕育多種類型的珊瑚，極具發展中光層珊瑚礁相關研究的潛力。恆春半島中光層水體的珊瑚，主要以軟珊瑚為主，例如鞭珊瑚、穗珊瑚、肉質軟珊瑚、海扇等，數量豐富，石珊瑚則較少，發



恆春半島核三廠出水口外水深約45米的中光層珊瑚生態照。(何旻杰、蘇焉攝)



恆春半島頂白紗外海中光層珊瑚生態照。(何旻杰、蘇焉攝)

現的物種有表孔珊瑚、蓮珊瑚及菊珊瑚。海生館目前利用技術潛水及水下無人載具，針對恆春半島進行初步探勘，在核三廠出水口外到合界、紅柴坑均發現適合進行中光層研究之地點。並利用組織學、生化、分子生物學等分析比較淺水區與中光層珊瑚間的差異性，希望能進一步瞭解在中光層珊瑚是否有特殊的適應機制。

臺灣除了恆春半島外，綠島附近也是極具潛力進行中光層珊瑚研究的地點。本區域主要是由中央研究院生物多樣性中心陳昭倫研究員的團隊在進行，以疣鹿角珊瑚為主要研究對象，發現從淺水區的7米到中光層的45米左右的疣鹿角珊瑚，骨骼微型質可以明顯分成三群：7~15米、23~30米、及38~45米，主要受水流與光照影響。而由於珊瑚的碳酸鈣骨骼會受到光合作用效率影響，在過去傳統利用骨骼型態快速鑑定珊瑚物種也受到極大的挑戰，因此該團隊利用分子標誌分析了在不同水深的101個類疣鹿角珊瑚後發現，有85個是疣鹿角珊瑚、15個是紋形鹿角珊瑚，另一個

則可能是新種的鹿角珊瑚。

中光層珊瑚是否真能扮演淺水區珊瑚的庇護所呢？

過去學者提出中光層珊瑚有可能會成為淺水區珊瑚的庇護所，也有研究證實不論是釋放幼生或是排放精卵的珊瑚，在嚴峻的條件下，仍有1~10%的中光層珊瑚能提供淺水區珊瑚的補充量。然而陸續有研究發現，中光層珊瑚也一樣受到白化的威脅。在紅海中光層（~57米）的研究指出萼柱珊瑚有白化現象。而在帛琉中光層的石珊瑚（~57米）同樣因為水溫升高，在2010年發現白化現象，另外也發生了因疾病造成的蓮珊瑚白化。另外，將中光層珊瑚直接移植到淺水區，珊瑚多半不能適應，在移植後半年內就會死亡。因此有越來越多的研究學者認為中光層珊瑚若要成為淺水珊瑚的庇護所，其成立的條件會因地區、種類而有所不同。此外，中光層珊瑚也一樣面臨許多挑戰及未知，需要更多資源的投入來深入瞭解。