



南海綠洲： 東沙環礁的海洋生態

Oasis in the South China Sea: The Coral Reef Ecosystem of Dongsha Atoll

戴昌鳳 臺灣大學海洋研究所

Chang-Feng Dai Institute of Oceanography, National Taiwan University

一、前言

東沙環礁位於北緯20度35至47分，東經116度42至55分之間，為一直徑約25公里，面積約500平方公里，近似圓形的標準環礁，環礁中間為一潟湖，潟湖中有許多塊狀礁和淺灘分布，環礁外緣則有發達的珊瑚礁地形和豐富的生物群聚，構成一個完整的珊瑚礁生態系。東沙島位於環礁西側，是由珊瑚沙與貝殼沙堆積而成的沙丘小島、面積僅1.74平方公里，是整個環礁唯一經常露出海面的陸地。東沙環礁孤懸於南海北部，與鄰近陸地都有一段距離，她的北方距離廣東省汕頭市260公里，是最接近大陸的距離；西北方距離香港320公里，東北方距離高雄市450公里，南方距離南沙太平島1190公里。在一片廣闊無垠、茫茫無際的大海當中，東沙環礁是一處耀眼的綠洲，因此成為眾多海洋生物聚集的大都會。

不論在地圖或衛星影像上搜尋，東沙環礁都只是浩瀚南海中的一個小點；然而，這個小點在南海的海洋生態系中，甚至對於太平洋西部的海洋生態系，都扮演舉足輕重的角色。東沙是南海北部唯一的大型珊瑚環礁，她是南海熱帶海洋生物由南往北散布，以及東亞大陸淺海生物由北往南散布的中繼點。從更大的地理尺度來看，東沙環礁也是自印度洋與西太平洋海洋生物的交會點，在生物地理學研究上，具有關鍵地位。

從海洋生物族群延續的實際角度來看，東沙環礁海洋生態系受到南海水團和黑潮支流的影響，環礁提供的多樣棲地和豐富食物資源，對於西太平洋海洋生物的散布和族群延續都是非常重要；東沙珊瑚礁也是許

多海洋生物繁殖和育幼的場所，在海洋生態資源保育上佔有重要地位。

東沙環礁海域的漁產豐富，以往常有許多中國大陸、越南及臺灣的漁船在東沙海域作業，而且常使用炸藥或氰化鉀毒物捕捉魚類，對該海域的生態造成極大傷害，使得大多數具有經濟價值的物種都瀕臨滅絕的危機；1998年的海溫異常升高，造成東沙潟湖區的珊瑚大量白化和死亡。但是環礁外圍的珊瑚群聚由於受到週期性內波湧升的影響，並未受到明顯影響，仍保有很高的珊瑚覆蓋率，介於40~90%之間。

我國政府為了保護東沙環礁珍貴的珊瑚礁生態與海洋資源多樣性，在2007年核定成立「東沙環礁國家公園計畫」，並設立「海洋國家公園管理處」執行國家公園之經營管理。東沙環礁國家公園成立五年以來，各項海洋生態指標呈現逐漸復原或顯著好轉的現象，顯示國家公園已有具體成效；未來若能加強海域執法，落實珊瑚礁保育和復育措施，將可使東沙環礁恢復昔日海洋物種豐盛、生機盎然的面貌。

二、東沙環礁地形及棲地多樣性

從衛星影像看東沙環礁，最明顯的地形就是近乎圓形的環狀珊瑚礁、中央的大潟湖及散布其間的塊狀礁、西邊的東沙島、以及西北和西南方的水道，這些都是環礁形成過程中，自然力量長期雕琢的結果，主要的自然力量包括：風、雨、波浪和海流等。

東沙環礁的海底地形在環礁內和外之間有很大差異，環礁內的潟湖區屬於淺海沉積環境，邊緣較淺而中間較深，整個等深線呈漏斗狀逐漸下降，中央區域比較

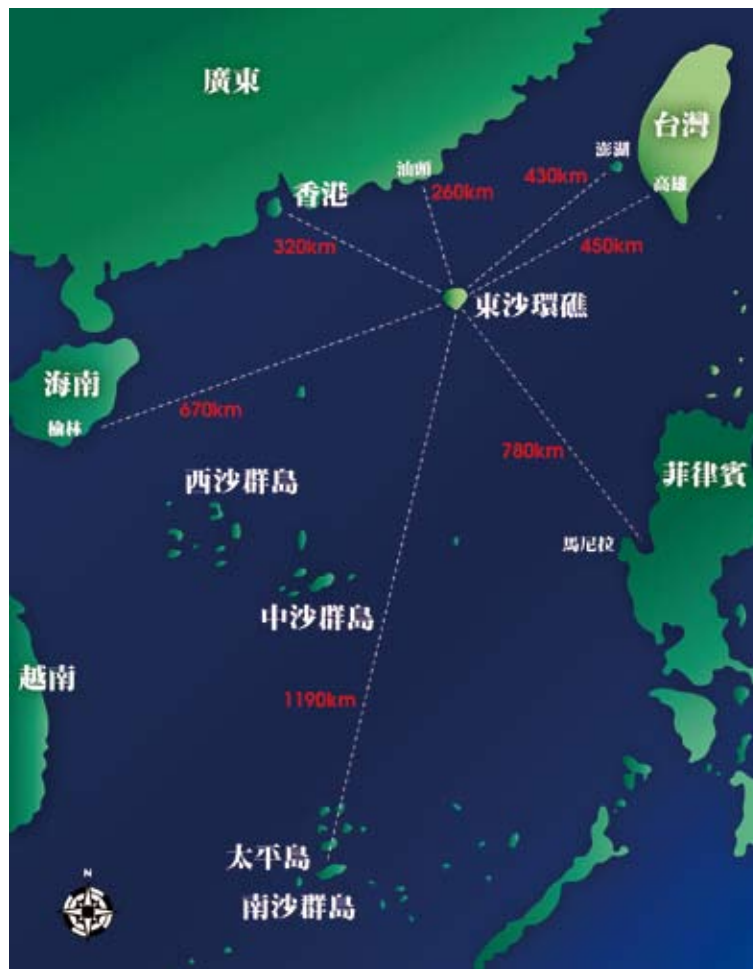


圖1 東沙環礁的地理位置

深，最深的地方有23公尺；整個環礁潟湖的平均水深約10至15公尺，最淺的區域位於東沙島周圍，平均水深只有2至5公尺，南北水道平均水深也只有5至8公尺。

潟湖區有許多突出的塊狀礁散佈，塊狀礁的大小和形態很不一致，直徑從數十公尺至數百公尺都有，形態則有環形、弧形、長條形至不規則形等；塊狀礁的頂端通常到達接近海平面附近，因此對於在環礁內航行的船隻來說，往往構成安全威脅。

南北水道位於環礁的西南及西北方，基本上是礁坪區的延伸，因此水深相當淺；其中，南水道寬約5公里，底質以砂質沉積和珊瑚礁塊為主，水深大多在2至5公尺之間，整個水道長度約有3公里，出水道後水深驟降至數十公尺，為東沙島對海外運的主要航道。北水道寬約3公里，水深在3至8公尺之間，底質有珊瑚礁塊散

佈，水道長度約有5公里，由於是潟湖區海水與外界交流的主要水道，漲退潮之際的水流較強，而且易受東北季風影響，因而較少利用當作航道。

環礁外圍的地形特徵顯示，淺水域珊瑚礁區的範圍相當狹窄，寬度通常只有數百至一千餘公尺而已。從礁坪區邊緣至水深約15公尺之間，有發達的槽溝和狹長的珊瑚礁塊，沿著環礁外圍呈放射狀分布；這種地形是由於淺海珊瑚礁終年受到波浪沖刷侵蝕的結果。當從外海來的波浪行進到珊瑚礁淺海區，當水深不到波長的一半時，波浪就會受到底質摩擦力的影響而破碎，碎浪上湧和離岸流向下的力量，來回沖刷著珊瑚礁區，比較脆弱的地方就被侵蝕成平行水流方向的槽溝，相鄰二槽溝之間則成為突起的礁脊；礁脊表面通常有各類珊瑚密集生長，形成繁茂的珊瑚群聚。

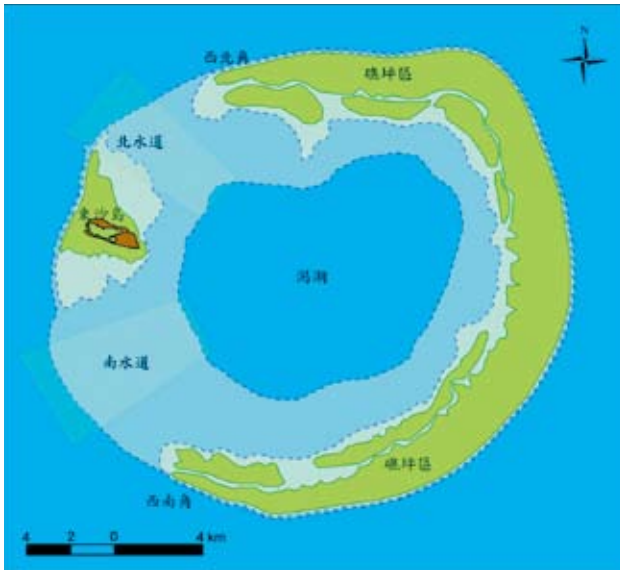


圖2 東沙環礁的地形圖顯示為典型的珊瑚環礁地形

由於珊瑚生長受到光度不足的限制，在水深15公尺以下，光線迅速降低，珊瑚生長速率也迅速降低，這些生長速率的差異使得珊瑚礁的坡度愈往深處愈陡；在水深約25至30公尺處，光度幾乎已到達適合造礁珊瑚生長的最低值，造礁活動很薄弱，因而形成陡降坡，有些地方幾乎垂直下降至珊瑚礁的基底。

東沙環礁的地形特徵與世界其他海域的環礁相似，代表著它們都是經由類似的造礁作用和自然力量所形

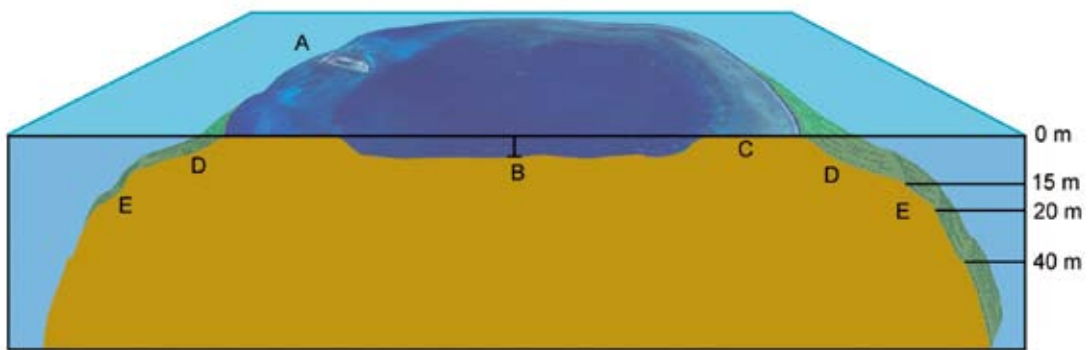
成，然而，世界上卻沒有二個環礁是完全相同的，意味著每個環礁都有她獨特的環境條件。

三、東沙環礁的海洋生物多樣性

東沙環礁是典型的珊瑚環礁，珊瑚礁常被稱為「海洋熱帶雨林」或「海洋綠洲」，在南海北部一片汪洋之中，東沙環礁是僅有的一處綠洲，吸引各式各樣、形形色色的生物聚集於此，熙熙攘攘的穿梭在珊瑚構成的立體城堡中，形成海洋生物非常密集的大都會。

東沙環礁海域的海洋生物資源調查，始於1975年，由臺灣大學海洋研究所團隊對於東沙島附近的珊瑚、魚類、海藻和地質進行初步調查；其後，在1990年代陸續進行過三次概況調查，但是調查範圍大多集中在東沙島周圍海域。直到2005年的東沙環礁國家公園籌備階段，以及2007年國家公園正式成立之後，才有比較廣泛而深入的調查，範圍擴及環礁的外圍。

歷年的調查共記錄珊瑚類303種，包含石珊瑚241種、八放珊瑚55種、水螅珊瑚類6種、黑角珊瑚1種。在魚類方面，已知東沙海域共有68科556種，其中有許多臺灣沿岸及鄰近離島海域未曾紀錄過的魚種，也有一些可能是新種；在大型海藻方面，目前已記錄的底棲海藻共有148種，並以紅藻83種佔大多數。除此之外，



東沙環礁剖面圖(A:東沙島、B:潟湖、C:礁坪區、D:緩降坡、E:陡降坡)

圖3 東沙環礁剖面示意圖

東沙淺海也有大量而廣泛的海草分布，已知有7種海草出現在東沙海域，大多分布在水深20公尺以內，構成臺灣地區物種最多、面積最大的海草床；在其他無脊椎動物方面，目前已知有軟體動物175種，棘皮動物28種，甲殼動物33種。

從有限的調查資料看來，東沙海域的海洋生物多樣性可說相當豐富，但是由於研究人力和物力的限制，仍有許多生物類別未被研究，例如：海綿、海鞘、環節動物和苔蘚蟲等，因國內缺乏專家，物種迄今仍未知；即使是研究較多的魚類和珊瑚，仍有許多地點，例如較深水域，尚未被調查；因此，目前我們對東沙海域生物多樣性的了解，仍然屬於低估的狀態。

從生物地理學的觀點來看，目前的研究結果指出，東沙海域大多數的生物種類屬於黑潮系統，並與臺灣南部墾丁、綠島海域的海洋生物有相當高的基因交流，主要是因黑潮有一支流會流入南海，並在南海北部形成一個渦漩，流經東沙環礁附近，再重新匯入黑潮主流。此外，東沙環礁也有一些獨特的海洋生物，這些生物並不出現於臺灣海域，卻與越南或馬來西亞海域的物種較接近，例如：越南菊珊瑚(*Favia vietnamesis*)即屬於南海獨特的物種，細繖軸孔珊瑚(*Acropora derawanensis*)為環礁潟湖特有的物種。

各式各樣的海洋生物在珊瑚礁區生活，完成牠們的一生，珊瑚礁區的所有生物之間，藉由複雜的食物網而串聯起來。珊瑚礁生態系內大大小小、林林總總的生物，無論身體構造是簡單或複雜，彼此之間都存在著密不可分的關係，任何一部份受到破壞或衝擊，都可能連帶影響到整個珊瑚礁生態系。因此，珊瑚礁生態系中的所有生物，都應該受到保護。因為若缺少其中一員，即可能影響整個珊瑚礁生態系統的平衡。

四、東沙環礁海洋生態系

珊瑚礁是海洋中生物多樣性最高、生產力最旺盛、生物量最豐富的生態系；而支持這個生態系蓬勃發展的最終能量來源，就是陽光，東沙海洋生態系當然也不例外。然而，充足的陽光只是基本條件而已，就像工廠有足夠的電力供應一樣，還需要配合適宜的環境、足夠的生產者和原料（營養鹽）供應，才能夠維持很高的生產力。

東沙環礁位於熱帶海域，全年皆有充足的光照，環礁潟湖區的水體大多屬於有光層範圍內，因此，影響東沙海域基礎生產力的主要因子與生產者數量（葉綠素濃度）、營養鹽濃度及水溫有關。根據海洋學者的測量結果，東沙環礁潟湖的基礎生產力大約為每天每立

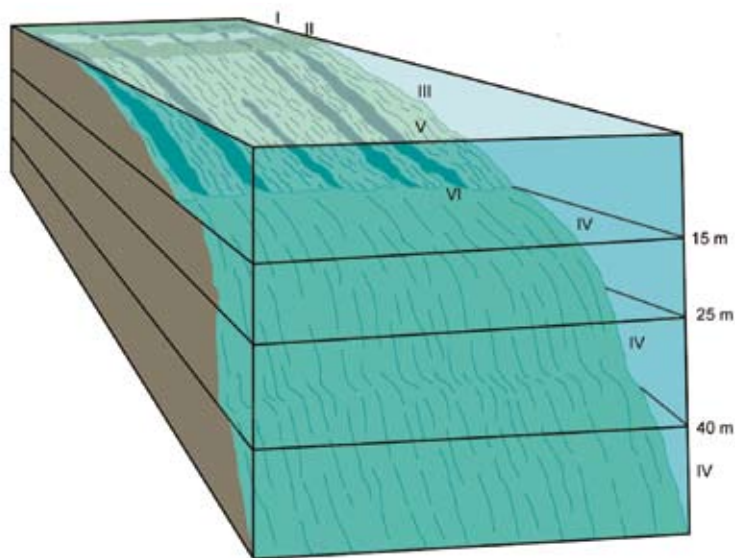


圖4 東沙環礁外圍的地形剖面示意圖。(I: 礁坪區; II: 礁緣區; III: 礁前區; IV: 槽溝; V: 礁脊; VI: 礁斜坡)。



方公尺水體可生產60至300毫克的有機碳，屬於典型的珊瑚礁海域生產力；而在基礎生產力的空間分布上，則以環礁潟湖中央或偏東側水域比較高，南水道附近比較低。

環礁外圍的基礎生產力有相當大的變動，高峰發生在內波擾動後的數天，由於有大量營養鹽注入，基礎生產力會大幅增加，尤其在環礁北側及西北側往往會出現浮游植物大量增殖的現象，甚至使得海水變為濃濃的綠色。

生態系中的各種生物靠著食物網而互相聯結在一起，食物網就代表著生態系中，能量傳遞和物質循環的複雜關係。構成食物網的基本成員包括生產者、各級消費者和分解者。三大類生物在東沙海洋生態系中，各自扮演重要的生態功能，建構成生機蓬勃的珊瑚礁生態系。

東沙海域生態系的生產者，包括大型海藻、海草、以及珊瑚體內的共生藻，當然還有肉眼無法看見的微細藻類和光合自營細菌，它們是支撐東沙海洋生態系的重要基礎。目前東沙海域至少紀錄38科148種大型海藻，冬末至春初是東沙海域大型藻生物量與種類較多的季節。東沙島附近已知的海草有2科6屬7種，是臺灣地區海草種類最多的海域。東沙島的海草從潮間帶，綿延生長至亞潮帶海域，主要分布在東沙島周圍的淺海、小潟湖及礁坪區，在淺海形成青青草原般的景觀。

草食性動物在珊瑚礁中扮演重要的生態角色，因為牠們可以抑制大型藻類的生長，維持珊瑚礁的生態平衡。海藻是許多草食性魚類喜歡的食物，包括許多刺尾鯛、隆頭魚、鸚哥魚、雀鯛、海膽和螺類，都以海藻為主食；這些動物的攝食作用可以抑制海藻大量生長，使珊瑚礁維持在健康狀態。

珊瑚礁的肉食性生物種類眾多，包括屬於軟體動物的海兔螺、海蛞蝓、章魚，屬於甲殼動物的蝦蟹類，以及棘皮動物的海星等；其中，海兔螺和玉兔螺都是特化的攝食者，只以軟珊瑚組織為食；棘冠海星和饅頭

海星也是特化的攝食者，專門以石珊瑚為食，尤其是棘冠海星的繁殖力很高，當牠的族群大量增加時，會對珊瑚礁生態系造成重大威脅。

肉食性魚類的種類很多，包括雀鯛、羊魚、鰕虎魚、鰻、蝴蝶魚、粗皮鯛、鱈、獅子魚、石斑魚、笛鯛、蓋刺魚、裸胸鯔、石狗公、蜥魚等，有的以浮游動物為食，有的攝食珊瑚組織，有的則以小魚為食；牠們的攝食方法各異其趣，有的在水層中積極追逐獵物，有的悠閒地在底質上穿梭搜尋，有的則以偽裝的體色，隱身於環境中，等待獵物上門；這些魚類的形態和行為都各異其趣，也是珊瑚礁魚類多樣性的表現方式之一。

濾食動物也是珊瑚礁生態系的重要成員，牠們以水中的懸浮有機顆粒為食，包括海綿、柳珊瑚、管蟲、海百合、海鞘、雙殼貝等；有的主動製造水流，有的則被動地等待海流漂送過來的食物顆粒，這些動物通常行定棲或固著生活，且都具有發達的濾食構造，例如大旋鰓蟲的觸手和海百合的羽枝。海中懸浮顆粒的來源有很多，包括生物釋放出的有機物質(如珊瑚黏液)，以及生物體被分解後產生的碎屑，如海草及海藻分解後產生的有機碎屑，都是食物來源。

當懸浮的有機物質沉降到底質表面之後，可被食底泥動物利用，例如海參、蝦蟹類及寄居蟹等。由於有機物質與沙泥底質混合之後，營養價值就大為降低，因此這些生物經常在攝食的時候，有篩選食物顆粒的行為，只吃有營養價值的成分，而把缺乏營養的無機成分排出來。大管蛇螺則會在洞口附近灑出黏液網，吸附沉降下來的食物顆粒，以增加攝食效率。

五、東沙環礁生態系的保育

近年來，全球的珊瑚礁在人為活動的劇烈衝擊下，已呈現衰退或破壞的現象，加上全球氣候變遷和海洋酸化的效應，珊瑚礁的存續更受到嚴重威脅。珊瑚礁的危機已引起國際間廣泛的重視，紛紛投入促進珊瑚礁保育和永續經營的研究。

珊瑚礁的破壞因子可分為天然災害和人為破壞等兩大類。天然災害主要是暴風侵襲、掠食者攻擊、大退潮和水溫升高等。其實，這些天然災害很可能是由人為污染間接或直接引起的，例如海水溫度升高或海洋酸化，都與人類排放大量二氧化碳於大氣中有關。

過度捕撈是東沙海域資源破壞的主因之一，也是東沙海洋永續的最大挑戰。海洋生物資源屬於可再生資源，這些資源在適度捕撈的情況下，族群可以持續繁衍，供人類永續利用；但是當捕撈過度時，就會危及生物族群的繁衍或再生能力，使得族群崩潰，甚至滅絕。東沙海域的許多珊瑚礁生物都受到過度捕撈的影響，例如龍蝦、砵磘蛤、鐘螺及各種大型魚類，都面臨這種危機。漁民甚且利用炸藥或毒物捕魚，對珊瑚礁生態系造成更嚴重的傷害。

珊瑚礁區的污染來源甚多，包括：沉積物、有機質、油和重金屬等。有機質污染主要來自民生廢水，這些廢水含有過量的營養鹽，若未經妥善處理就排入礁區，會造成藻類大量生長，覆

蓋珊瑚，甚至改變珊瑚礁生態系的平衡。油污染的影響則是多元的；重油覆蓋珊瑚組織，可能造成珊瑚窒息死亡，也可能影響珊瑚的生理，造成珊瑚白化及病變，或者導致珊瑚的生殖力或生長速率降低。重金屬污染對珊瑚的影響也很複雜，而且可能是長期的效應。東沙海域目前由於尚未對外開放，因此上述污染源很少出現。

氣候變遷對珊瑚礁的影響是多方面的；其中，最普遍的現象就是溫室效應導致海水表溫升高，引起珊瑚白化。海水表溫上升造成珊瑚大量白化的現象，在過去20年間已經引起廣泛注意。其中最嚴重的就是1998

年的全球海水表溫異常，這一事件造成許多海域的珊瑚白化，東沙環礁瀉湖區的珊瑚就在此事件遭受重大傷害。此外，大氣中的二氧化碳濃度升高，也會改變海水中碳酸鈣的飽和態，降低珊瑚的鈣化速率，減緩珊瑚礁的成長，對珊瑚礁生態系造成嚴重的威脅。氣候變遷的另一效應是導致珊瑚礁生物的疾病蔓延，自1980年以來，全球珊瑚礁生物的疾病頻頻發生，科學家發現許多怪異的疾病都與氣候變遷有關。聖嬰現象伴隨的降雨異常集中，使珊瑚礁區的海水鹽度產生劇烈改變，都可能引起珊瑚白化。

加強東沙海域的珊瑚礁調查和研究，增進對珊瑚礁資源現況的瞭解，是保育工作的基石。唯有對資源有完整的了解，才可能規劃出完善的資源管理與永續發

展的對策。珊瑚礁生態系的調查和研究工作，需要投入大量人力，因此，宣導正確觀念，讓更多人關心珊瑚礁問題，鼓勵學生及研究人員積極參與珊瑚礁資源調查與監測，是保育珊瑚礁生態的重要議題。

推廣海洋環境教育則

是使海洋生態保育觀念紮根，強化永續經營的最佳途徑。透過教育活動，可以讓社會大眾瞭解海洋生態保育的重要性，瞭解海洋環境在人類開發利用與全球變遷影響下的脆弱性。同時，可以提高民眾的參與感及警覺心，是未來改善臺灣海洋環境最根本的做法。

東沙環礁國家公園自成立以來，經由加強海域執法與環境管理，已經使得珊瑚礁生態系獲得保護，海域資源正在逐漸恢復中，未來若能持續加強執法，並且透過國際交涉，杜絕中國大陸及越南漁船來此捕魚，則東沙海域資源恢復昔日盛況的契機，將指日可待。

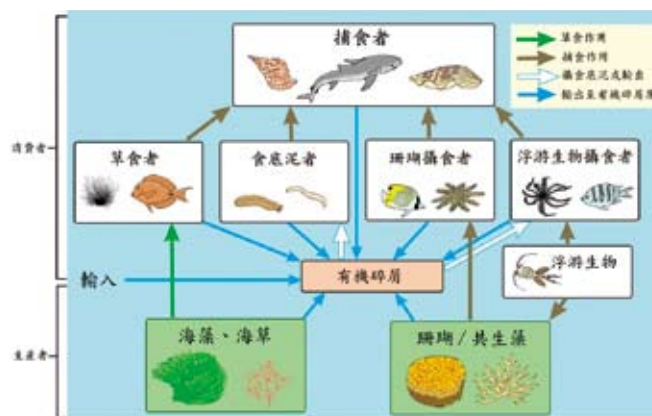


圖5 東沙環礁生態系食物網示意圖