台灣區域海洋學

p.43

2.3高屏大陸棚及大陸斜坡

位於澎湖水道南方及高屏溪流域溪南的海域，其海底地形特徵呈現狹窄而水淺的大陸棚及廣闊的大陸斜坡。高屏陸棚大致平行屏東平原的海岸線，西北－東南走向，長約120km，寬約10km，水深淺於100m (Yu and Chiang, 1997)。平坦的高屏陸棚向西南海域延伸約100km，海床水深達到3000m，行程相對廣闊的高屏大陸坡(Yu and Song, 2000)。高屏陸坡的海床崎嶇，高低起伏可超過數百公尺，最明顯的海底地形有兩種類型：北北西－南南東走向的海脊及東北－西南走向的海底峽谷(Liu et al., 1997)。前者是高屏陸坡的岩層受到向西逆衝斷層應力，形成對衝背斜，造成海床向上隆起，形成一系列相互平行的狹長海脊。後者是下坡運動的重力流(濁流)長期侵蝕海床，下切海底形成陡峭的海底峽谷；這些海底峽谷的流徑大致東北－西南走向，長短不一，由西到東，分別是壽山、高雄、高屏、枋寮及紅柴海底峽谷(Yu, 2003)。

高屏海底峽谷是台灣西南海域最大的海底峽谷，其頭部從高屏溪出海口，流經高屏陸棚，進入高屏大陸斜坡，最終匯入澎湖海底峽谷的下段，全長約260km。高屏峽谷的流徑有兩個顯著的轉折:(1)距頭部約90km，水深約1600m處，流徑突然由西南轉向東南；(2)峽谷伸展約65km，水深約2600m處，流徑突然轉向西南；這兩處轉折點主要是受到構造形成的海脊所阻擋，因而轉向(Liu et al., 1993)。高屏海底峽谷具有谷壁陡峭及典型V型海底峽谷等形貌特徵，充分反映了侵蝕作用及構造在峽谷發展過程的角色(Chiang and Yu, 2006)。高屏峽谷的另一個特色，是在源-匯大架構中扮演沉積物輸送的角色，它成為高屏溪流域沉積物輸送到馬尼拉海溝的主要管道(Yu et al., 2009)。

p.58

高屏海底峽谷與台灣島上的高屏溪相連接，高屏溪上游流徑約略與台灣造山帶平行，爾後轉向西南方出海與高屏海底峽谷相接。高屏海底峽谷長度約260km，有兩個急遽之轉折處，分別位於 (22N,120E)與(21.40N,120.20E)，根據此二轉折處，將高屏峽谷分為上、中、下三段。峽谷上段長約88km，沿峽谷路徑有V型、U型、不規則等形貌；峽谷中斷主要沿著一條逆衝斷層發育，長約65km，呈西北-東南走向；峽谷下段長約100km，呈東北-西南走向，流徑幾乎垂直等深線。

高屏峽谷承接來自高屏溪輸出的大部分沉積物，並將其往南輸送與堆積，唯典型的直接由鄰近造山帶橫向(transverse)傳送沉積物到前陸盆地中堆積的海底峽谷(Yu et al., 2009)。

Chiang CS, Yu HS. 2006. Morphotectonics and incision of the Kaoping submarine canyon, SW Taiwan orogenic wedge. Geomorphology 80: 199-213.

Liu CS, Lundberg N, Reed DL, Huang YL.1993. Morphological and seismic characteristics of the Kaoping Submarine Canyon. Marine Geology 111: 93-108.

Liu CS, Huang IL, Teng LS.1997. Structural features off southwestern Taiwan. Marine Geology 137:305-319.

Yu HS and Chiang CS. 1997. Kaoping Shelf: morphology and tectonic significance. Journal of Asian Earth Sciences 15:9-18.

Yu HS, Chiang CS, Shen SM. 2009. Tectonically active sediment dispersal system in SW Taiwan margin with emphasis on the Gaoping (Kaoping) Submarine Canyon. Journal of Marine Systems 76: 369-382.

Yu HS. 2003. Geological characteristics and distribution of submarine physiographic features in the Taiwan region. Marine Georesources and Geotechnology 21: 139-153.

p.358

3.2深海底棲動物的食物來源

早期觀念認為深海是單調的生態環境，由於食物來源貧瘠，造成底棲生物數量稀少，並且被視為是獨立的生態環境，很少受到表層海域季節和氣候改變的影響。然而近年的研究已大幅改變人們對深海生態系的認知，海底的地形複雜多變化，提供各式各樣的棲地，深海其實維持著高度的生物多樣性(Hessler and Sanders, 1967)。近年在台灣東部與南中國海的深海調查結果(林，2011a)發現底棲動物的多樣性，在1000m以深的區域大於1000m以淺的區域，前者的生物多樣性指標明顯高於後者約50%，深海的底棲動物多樣性以1000-2000m深度範圍最高，之後隨著深度增加，多樣性指數逐漸下降；在淺海的多樣性，透光區高於200m以深的微光區。

雖然生物的種類多樣性增加，但深海的生物量、生物密度及生物體形，相對於淺海都是較低的(Thiel, 1979)。有數種理論背提出來解釋深海生物多樣性高的生態機制，其中一個看法認為，深海食物供應不足，無法使任何物種大量繁殖後代，成為優勢種；為了求生存，各物種發產出多樣的攝食方式，並且利用各種可能獲取的食物，物種間甚少發生競爭排除現象，因此多數物種都可在此存活下來，使深海有較高的物種多樣性。

廣闊的深海，除了小部分有熱/冷泉湧出的區域，藉由化學自營微生物提供基礎生產力之外(Etter and Mullineaux, 2001)，大部分區域的食物來自大洋表層逐漸沉降下來的有機碎屑，以及部分由大陸斜坡經側向輸送到深海底部的有機物質。這些有機物質大多是大洋表層浮游植物及游泳動物排泄物、屍體碎片所組成，從海洋表層沉降下來的有機物質，大約只有1-10%會到達深海底部，但某些高生產力的區域，則能高達20-50%(Buesseler et al., 2007)。隨著深度增加，有機物質的量也逐漸減少，由於海洋表層的基礎生產力不同，造成有機物質的沉降量有區域性差異(Yool et al., 2007)。

一般而言，從海洋表層沉降的有機物質，大多以顆粒性有機物質傳送到海洋深處，而這些顆粒性有機物質在沉降過程中，有許多微生物附著於表面，以這些有機物質維生。因此有研究指出，顆粒性有機物質的碳氮比值(C/N ratio)會隨著深度增加而上升，係因附著於顆粒性有機物質上的微生物不斷地消耗其中的有機氮作為營養來源，導致隨著深度及沉降時間增加，此顆粒性有機物質中的氮逐漸減少，使得碳氮比值上升，而且穩定氮同位素比值(N15)也會提高(Smith et al., 1992; Mintenbeck et al., 2007)，最終使得這些棲息於深海的底棲動物可以利用的能量非常有限，其品質也不佳。這種現象主要是由於動物所需之氮含量比例偏低(Gage and Tyler,1991)，反映在懸浮濾食者的穩定性氮同位素值也會隨著棲息深度增加而提高；但是攝食沉積物的棘皮動物、甲殼類與魚類，其肌肉N15值便與棲息深度沒有明顯關聯。由於沉積物攝食者的食物來源繁多，包括體積較大的食物，從海洋表層沉降到海床的時間較短，受到微生物分化的程度較輕微，而顆粒性有機物質可能只佔其食物來源的一小部分，如此多樣化的食物來源，使其體內同位素組成有較大變化，而與深度無直接關係。

近年的研究顯示，深海的生物多樣性甚高，從深海底部採集的生物，可能有80%是新物種(Snelgrove and Smith, 2003)，因此深海被認為是生物多樣性的儲藏庫，而大洋表層的浮游植物，將空氣中的二氧化碳固定下來，隨著食物鏈傳遞或沉降到深海底部，使的深海成為巨大的碳源儲藏庫(Archer and Maier-Reimer, 1994)，因此研究深海的生物組成及食物階層的相互關係，以及整個系統的能量流動是一重要課題。

3.3深海底棲群聚結構

林(2011a)調查發現，巨型深海底棲動物，就個體數而言，以甲殼類占最多數，約60-70%；其次則為魚類，約佔20%；數量最少的是貝類與棘皮動物，約佔10%。若以食性來區分，捕食者/食腐者約佔總數的80-90%，由於深海的食物來源不穩定，高階消費者多為機會主義捕食者/腐食者；其次為沉積物攝食者，通常為棘皮動物中的陽隧足與海參，約占10%；接著是懸浮物攝食者，例如海葵與珊瑚，約佔2%；最少的是刮食者(grazer)，例如腹足綱的螺類Microgaza，數量不到0.1%。由於深海底棲動物的食性多樣，同樣的分類單元可能有不同的攝食方式，如棘皮動物陽隧足大多是沉積物攝食者，但有些種類則是懸浮物攝食者或食腐者，因此上述的分類比利只能算是概略情況。

Archer D, Maier-Reimer E. 1994. Effect of deep-sea sedimentary calcite preservation on atmospheric CO 2 concentration. Nature 367: 260-263.

Buesseler KO, Lamborg CH, PW. Boyd, Phoebe J. Lam1, Thomas W. Trull, Robert R. Bidigare, James K. B. Bishop, Karen L. Casciotti1, Frank Dehairs, Marc Elskens, Makio Honda, David M. Karl, David A. Siegel, Mary W. Silver, Deborah K. Steinberg, Jim Valdes, Benjamin Van Mooy, Stephanie Wilson. 2007. Revisiting carbon flux through the ocean's twilight zone. Science 316: 567-570.

Etter RJ and Mullineaux LS. 2001. Deep-sea communities. In: Bertness, M.D., Gaines, S.D., Hay, M.E.(Eds.). Marine community Ecology. Sinauer Associates, Inc. Sunderland

Gage JD, Tyler PA. 1991. Deep-sea biology: a natural history of organisms at the deep-sea floor. Cambridge University Press, New York.

Hessler RR, Sanders HL. 1967. Faunal diversity in the deep-sea. Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts 14: 65-78.

Smith DC, Simon M, Alldredge AL, Azam F. 1992. Intense hydrolytic enzyme activity on marine aggregates and implications for rapid particle dissolution. Nature 359: 139-142.

Mintenbeck K, Jacob U, Knust R, Arntz WE, Berry T.2007. Depth-dependence in stable isotope ratio δ15N of benthic POM consumers: the role of particle dynamics and organism trophic guild. Deep Sea Research Part I 54: 1015-1023.

Snelgrove PVR and Smith CR, 2003.A riot of species in an environmental calm: the paradox of the species-rich deep-sea floor. Oceanography and Marine Biology, An Annual Review, Volume 40: 311-342.

Thiel H. 1979. Structural aspects of the deep-sea benthos. Ambio Special Report 6: 25-31.

Yool A, Martin AP, Fernandez C, Clark DR. 2007. The significance of nitrification for oceanic new production. Nature 447: 999-1002.

林佩諭(2011a) 南中國海及台灣東北海域深海底棲性生物的多樣性及食物網分析Studies of the diversity and food web of the deep-sea demersal organisms from the South China Sea and the eastern coast off Taiwan。臺灣大學海洋研究所學位論文，共85頁。