

關於淺海熱泉的研究

海洋雪

這些像雪花一樣飄散在海中的物質其實是大洋表層所沈降的生物屍體、碎屑或動物排泄物經細菌的分泌物黏結而成的。

海底火山與煙囪

海底火山形成的原因是海水被地底的岩漿加熱後，再從海底的裂縫處噴發出來，熱泉中含有硫磺及許多礦物，在熱泉噴口附近就漸漸堆積成煙囪狀的岩塊。這裡的煙囪年齡介於 200-500 年間。

嗜高溫菌

常溫菌活躍溫度在攝氏十五到三十五度，但研究團隊在龜山島採集到的嗜高溫菌，其中一株「厭氧嗜高溫醣類分解菌」，經培養觀察，最適生長溫度為攝氏七十度，而DNA解序發現有兩千七百零三個基因，經表現純化和活性測定，都顯示具高耐熱活性。新發現的嗜高溫菌可大量製造，未來包括稻稈、蔗渣、木屑等農業廢棄物，都可利用這株菌分解，大量生產生質酒精。

台灣怪方蟹

台灣東北方的龜山島海域附近有一種螃蟹，可以在極具毒性的海底環境中生存，而牠們有一種特殊的覓食方式，在目前海底熱泉生物的研究中前所未見，這種螃蟹就是怪方蟹（*Xenograpsus testudinatus*）。

龜山島是一座火山島嶼，地理環境十分特殊。島嶼旁圍繞著的一圈圈白色浪花，都帶有漂浮顆粒，這是海面下火山熱泉噴口持續噴發出的硫磺泉與海水沖激所形成的硫磺顆粒。龜山島龜首附近海底，則有許多熱泉噴口，不斷以 65~116°C 的出口溫度噴出硫磺煙柱及氣泡，氣泡所含的氣體主要為二氧化碳、氮氣、氧氣、二氧化硫以及硫化氫。這些排放物質極酸，pH 值約 1.75~4.60，而且富含硫礦物質。

由於熱泉噴口的排放物含有純度高達 99.5% 的元素硫，以及有毒的火山氣體，附近的海床幾乎佈滿了黃色的硫磺礦，如此惡劣的生存環境，使得這片棲地的物種十分貧乏。但是中央研究院生物多樣性研究中心副研究員鄭明修發現，怪方蟹族群卻可以在這樣的環境下生存，而且數量龐大，牠們以每平方公尺 364 隻的密度，分佈在寬 200 公尺、長 500 公尺的區域內。該區域約有九個高度約 2~6 公尺的大型噴煙口，鄭明修的調查深度則為海面下 3~30 公尺。這些怪方蟹何以維生？

近 20 多年來，生物學家一直認為深海熱泉噴口的生態系，是由硫化菌用化學合成的方式，將高濃度的硫化氫氧化取得能量以合成有機物，這些硫化菌便成為初級消費者（例如貽貝、管蟲等）的食物，蝦蟹再以牠們為食，因而構成物種豐富的食物網。但是這種「化學合成自營性食物網」（chemolithotrophic food-web）並未在龜山島出現。根據觀察，在水域平靜時，怪方蟹會從硫磺礦的縫隙中蜂擁而出，並且瘋狂地用鉗腳從海床撿起細微顆粒往口器塞，牠們到底在吃些什麼？

解剖怪方蟹標本後發現，牠們的內臟充滿了浮游動物，而研究其口器與胃糜更可以確認牠們的確是食腐動物。但是這些食物從何而來？鄭明修經過長時間觀察並分析水體樣本後，得出了結論：在水流轉弱、海流靜滯時，熱泉噴口的煙柱直接向上噴發，會殺死經過的有機體，這些浮游生物會像「飄雪」般落到海床，此時怪方蟹便會成群衝出來覓食；當海流一增強，噴口冒出的致命煙霧會跟著海流轉向，浮游生物也隨著消散，怪方蟹於是又躲回到硫磺礦的縫隙中。怪方蟹特殊的覓食方式打破了我們以往對熱泉噴口生態系的認識，而且構成的食物鏈，比起深海熱泉的生態系可說非常單純。

怪方蟹的成蟹殼寬 3 公分，幼蟹成長到殼寬 0.8 公分時即可抱卵，牠們的鉗腳已經扁平化，不會互相攻擊，所以不像一般螃蟹有領域行為，而且對環境毒性的耐受度極高，平時會相互堆疊躲在硫磺礦的縫隙中，水流靜滯時則成群結隊出來覓食。怪方蟹這種機會主義的覓食行為，可以解釋牠們為何得以在如此高毒性的淺海溫泉噴口水域生存；而對於深度 200 公尺以內的淺海熱泉噴口生態系研究，這項發現也是全世界首次的發表。



龜山島海域的熱泉噴口，不時以 65~116°C 的出口溫度，噴出硫磺煙柱及氣泡。