

## 海生百科



### 冰魚不是冰棒魚的抗寒奧秘

國立海洋生物博物館科學教育組 陳勇輝 榮譽研究員

#### 冰凍之海的生存博弈



在地球最南端的南極海域，海水終年低於攝氏零度，最低可達零下1.9度。對多數脊椎動物而言，這樣的環境意味著致命威脅：低溫會抑制代謝，更可能使體液結冰，形成冰晶刺破細胞與血管。為了避免這樣的命運，企鵝與海豹演化出厚實脂肪層，而多數魚類則仰賴降低代謝與抗凍蛋白生存。

生活在南極大陸棚的冰魚 (Icefish, 鱈冰魚科 Channichthyidae)，卻是生物學上的例外。牠們既沒有厚重的保溫構造，體內甚至完全缺乏血紅素，卻能長期生活在冰冷海水中。這群彷彿「透明幽靈」的魚類，究竟如何在冰海中存活？

#### 冰魚不是冰棒魚



冰魚中最具代表性的物種，是南極頭帶冰魚 (*Chaenocephalus aceratus*)。成魚體長約45至65公分，體長可達72公分，體型細長、頭部寬大，外觀淡色半透明，與冰冷海水幾乎融為一體，具有天然的隱蔽效果。分布於南極半島北部海域，棲息深度5至770公尺，為底棲性魚類，屬肉食性，以磷蝦、魚類等為食，可做為食用魚。

由於缺乏魚鰾，冰魚無法利用氣體調節浮力。在能量珍貴的極地環境中，牠們演化出替代策略：降低骨骼礦化程度，使骨骼變輕，同時在體內累積大量脂質。脂質密度低於海水，如同天然浮筒，不僅協助維持浮力，也減少在水中維持姿態的能量消耗，使冰魚能長時間伏於海底等待獵物。

#### 嚴寒中慢活的生活史



冰魚的生存策略，不僅止於成魚階段。義大利科學家瑪蒂娜·里吉內拉 (Martina Riginella) 等人於2016年的生活史研究指出，冰魚展現典型的極地動物的「緩慢生活史」特徵：成長速度慢、性成熟晚，但壽命長。相較於熱帶魚類快速成長、頻繁產卵的策略，冰魚在營養有限、代謝低緩的環境中，選擇將能量集中於少量但品質高的後代。

牠們產下的卵體積大，並包覆著厚實的卵殼，在長達數月的胚胎發育期間，提供穩定且安全的保護。這樣的繁殖方式，大幅度提高了幼魚在極端寒冷環境中的存活機率。

#### 看不見的體內抗寒系統



冰魚不會在零下海水中結冰成「冰棒魚」，關鍵在於抗凍醣蛋白 (Antifreeze Glycoproteins, AFGPs)。2019年，由湯瑪斯·德斯維涅斯 (Thomas Desvignes) 為研究團隊的領隊，透過多重基因組分析發現：冰魚能持續產生這類抗凍蛋白質。抗凍醣蛋白會附著在微小冰晶表面，阻止水分子繼續堆疊累積，從而抑制冰晶成長，使體液維持液體狀態。

進一步研究分析更顯示：冰魚至少擁有11個功能性抗凍蛋白基因，且這些基因源自與消化相關的祖先基因，歷經長時間的難以計數的複製與改造過程後，最終轉變為防凍利器。這種「原始功能創新再利用」的演化路徑，是生命適應極端環境壓力下，發展出高度創新的經典例證。

## 海洋藝廊



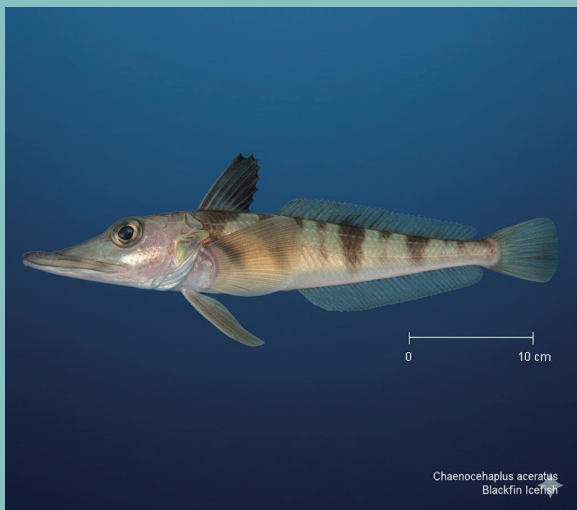
## 看不見的生化祕密：沒有血紅素的循環系統

冰魚最震撼的特徵，是牠們是地球上唯一完全缺乏血紅素的成年脊椎動物。血液因此呈現乳白色，而非鮮紅。基因研究證實，冰魚的血紅素基因已完全喪失。為了彌補血液攜氧能力不足的侷限，冰魚進行了全身性的生理重塑：牠們的心臟相對體型巨大，血管粗大，以增強系統的動能，使血液能以高流量循環全身。

南極冷水中溶氧量極高，氧氣可直接溶解於血漿中；同時，肌肉細胞內具有高密度粒線體，縮短氧氣擴散距離，提升能量利用效率。這套系統在溫暖海域難以運作，卻在低溫、水中高溶氧的南極海洋中形成關鍵的生理機制。

## 存在必有其道理

冰魚的生存之道，不在於以外表特徵對抗寒冷，而是從生理與演化層面重新定義「如何活著」。從抗凍蛋白、循環系統重塑，到慢活的生活史策略，冰魚在冰海中開闢了獨一無二生命出路。此提醒我們，在極端環境中，生命總能找到屬於自己的解方，而這些生命演化的創新，也為人類理解生物適應能力提供另一個可能的想像。



▲ AI創作的黑鰭冰魚的圖像

## 第三屆海洋詩徵選比賽得獎作品

## 優等

## 《我與家鄉的海》

洪子煊

澎湖縣立馬公國民中學

八年級



天空  
從地平線溢出  
飛白於岩石的斧鑿間

滴答  
筆端的雲  
墮入  
我鬱藍的無盡沉思中

啪  
魚兒用漣漪  
和雨點在蕩漾的青上  
作畫

嘩  
雨幕奏起樂章  
朦朧中  
如梭的船  
繡起浪尖白色蕾絲

我將筆桿橫作遠方島嶼  
卻擋不住沉落夕陽  
只好懸著夜遊的漁火  
用交織天地的雨絲  
釣起水中月光