

新聞稿

即時發放

快速進化可促使魚類更易應對全球海洋持續酸化

2022年3月3日



圖 1. 此研究發現，某些野生珊瑚魚類如多刺棘光鰓鯛擁有一套易塑的分子表達機制，從而具備適應未來海洋的酸化環境的能力。

由香港大學生物科學學院及太古海洋科學研究所 Celia SCHUNTER 博士所率領的研究團隊，與其來自澳洲、法屬新喀里多尼亞和日本的研究夥伴發現了不同魚類在海洋酸化的環境下基因轉錄的共同特性與差異——其中的一種魚可憑藉其快速進化後的分子轉錄調控機制去應對未來海洋惡化的酸化環境。相關研究剛於學術期刊《全球變化生物學》(*Global Change Biology*)中發表。

隨着人類活動所產生的二氧化碳 (carbon dioxide, CO₂) 排放量逐年遞增，海洋所吸收的二氧化碳也隨之持續上升。科學家預期全球海洋表面的 pH 值將因此下降，此過程稱之為海洋酸化。逾十載的實驗研究告訴我們，海洋酸化或會影響某些魚類的生理、生長和存活，以及一些影響生存機率的關鍵行為。為了探究酸化環境對魚類的影響，以及魚類到底是否可以適應酸化環境，研究人員特地遠赴地球的另一端——巴布亞新畿內亞 (Papua New Guinea)，通過研究該地火山滲溢高二氧化碳分壓 ($p\text{CO}_2$, partial

pressure of carbon dioxide，溶解於水中的二氧化碳)下魚類的分子轉錄變化，來預測野生魚類是否可以應對不斷酸化的海洋環境。當今人類活動導致周圍環境經常產生變化，因此預測環境變化對海洋生物的影響及優化生物保護和管理非常關鍵。

研究結果顯示，一些進化速率較快的魚類可能更能靈活地應對海洋酸化，因而可更容易去維持種群數量和多樣性；而那些進化速率較慢的魚類的種群數量和多樣性，在酸化環境中則更加難以維持。

酸化研究的天然實驗室

作為酸化研究的天然實驗室，火山底部的二氧化碳滲溢處會不斷冒出二氧化碳從而酸化周圍的海水，這種酸化程度與預測中本世紀末的海洋酸化程度類似，甚至比其更加嚴重。研究團隊在巴布亞新畿內亞其中的一個二氧化碳滲溢處 (pH 7.77, $p\text{CO}_2$ 846 μatm) 和附近約 500 米的一個珊瑚礁（不受二氧化碳滲溢影響的正常環境：pH 8.01, $p\text{CO}_2$ 443 μatm ）中採集了六種珊瑚魚類樣本，其中包括五種雀鯛魚(damselfish)和一種天竺鯛魚(cardinalfish)。通過提取這些魚類的腦組織進行轉錄組測序，從而獲知海洋酸化環境下的魚類分子轉錄變化。這六種魚類都是常見的珊瑚魚，但這些魚也存在親代哺育和晝夜活動上的差異，因此此研究的發現也可以應用推廣至其他具有類似生活習性的魚類。

酸化環境下魚類變化的共同特性

研究結果顯示，高二氧化碳分壓可導致好幾種魚類在生理時鐘和免疫功能相關的基因產生轉錄變化，這表明生理時鐘和免疫功能在魚類應對酸化環境的過程中扮演了重要的角色。這些晝夜節律的核心基因可以決定大部分物種 24 小時的循環運作，當這些基因的表達發生變化，大腦中的其他基因的表達也會隨之改變，此改變可能會讓魚類更加靈活地應對酸化環境。多種魚類在酸化環境中都曾被發現過跟免疫相關的調節，因此免疫反應的調節可能也是應對酸化的重要手段。值得一提的是，在夜間活動的魚類表現出更大比例的免疫調節，而且其調節方向與日行性魚類相反。

進化分子機制早已潛藏魚類體內

多刺棘光鰓鯛(*Acanthochromis polyacanthus*)是一種小的雀鯛魚，這種魚在二氧化碳溢滲處的酸化環境下可以控制相關基因的表達去調節細胞內部的 pH。研究人員原本認為未來本在世紀末的高二氧化碳分壓對大部分魚類都不會有多大的影響，因為魚類知道如何取調控 pH。但是研究人員後來發現這些魚類的許多基因在酸化環境中都產生了變化，尤其是多刺棘光鰓鯛。對於這種大量基因發生表達變化的魚類，如何調控大腦細胞的變化顯得尤為重要。

功能正常的大腦需要鉀、鈉、氯和鈣離子的運輸來保持信號的傳播。研究人員發現這些離子轉運基因的表達在二氧化碳溢滲處的多刺棘光鰓鯛中也發生了大量的變化，這表明了魚類腦部的信號傳遞需要相應的改變以應對酸化環境。有趣的是，在酸化高二氧化碳分壓環境下，這種鯛魚發生的基因表達差異會在壓力降低時消失，基因從而恢復到正常的表達水平。研究人員在採樣過程中曾遇到一整天的暴雨，給採樣帶來極大的困難卻也帶來了令科研人員興奮的發現，暴雨下的風可以將二氧化碳滲溢的高二氧化碳分壓海水吹向旁邊低濃度的海域，滲溢處的高二氧化碳分壓因此會暫時降低 150-200 μatm 。通過對暴雨之後對此魚的基因表達分析，發現暴雨之後其基因表達與正常二氧化碳分壓下基因的表達水平幾乎一致，這表明多刺棘光鰓鯛可以靈活調節基因表達以應對快速變化的 pH。

團隊進一步的研究發現，相對於其他魚類，這種雀鯛魚在近 150 萬年來的進化速率明顯更快，這可能會讓此魚具有更大的潛能去適應環境改變。值得一提的是，某些與高二氧化碳分壓環境調節相關的基因，例如細胞內部 pH 調節基因、晝夜節律的核心基因和離子運輸相關基因，其進化速率也要比其他魚類明顯更快，這也導致了此鯛魚相對於其他魚類出現了更多基因表達上的差異。因此，研究人員推斷多刺棘光鰓鯛可能擁有已進化的分子機制去應對未來的海洋酸化環境。此研究發現某些野生珊瑚魚類擁有一套易塑的分子表達機制，從而具備適應未來海洋的酸化環境的能力。

為甚麼某些魚類在酸化環境會更加掙扎，某些魚類則不會？這次團隊在地球另一端對二氧化碳滲溢的探索讓科學界有機會了解高二氧化碳分壓環境下的魚類的生活狀況，同時釋除了一些疑惑，Schunter 博士解釋說：「我們可以看到一些進化速率較低的魚類，因不能夠靈活地應對高二氧化碳環境而表現得更為掙扎。」

「進化速率快的魚類具有更加靈活的方式去應對酸化，這會有助牠們維持種群數量和多樣性。但是酸化對於進化較慢的魚類則是一種嚴峻的考驗，特別是當 pH 降低到它們不能維持細胞內部的酸鹼平衡之時。之前我們不理解為甚麼有的魚類在酸化環境中表現掙扎，有的則不會。理解為甚麼有的魚是「成功者」，有的則是「失敗者」對保護魚類非常重要，亦可幫助保護那些進化速率較低的魚類，因為這些魚不能夠維持酸鹼平衡以應對酸化帶來的挑戰。」 Schunter 博士補充說。

這項研究發現了某些野生魚類通過快速進化，天生便具備了相應的分子機制來應對酸化環境。Schunter 博士團隊的下一個目標將會是研究其他的生態系統中是否也存在類似的現象。同時，此次研究表明如果環境繼續酸化，對於一些進化慢的魚仍然是一種威脅。因此，減緩全球海洋環境的 pH 對於維持魚類多樣性非常關鍵。

全文連結網址：<https://doi.org/10.1111/gcb.16119>

傳媒如有查詢，請聯絡港大理學院外務主任杜之樺（電話：3917-4948；電郵：caseyto@hku.hk）或助理傳訊總監陳詩迪（電話：3917-5286；電郵：cindycst@hku.hk）。

圖片下載：<https://www.scifac.hku.hk/press>



影片 1：有關此研究的影片介紹。

影片連結：<https://youtu.be/D9o78ZsaDuo>



影片 2. 在巴布亞新畿內亞的偏遠地區，仍存有健康的珊瑚礁。

影片提供：Jodie Rummer 博士

影片連結：<https://youtu.be/TJfUw4K0Dk8>



影片 3. 在巴布亞新幾內亞的 Upa-Upasina 礁石中滲溢高濃度二氧化碳，因此該處被視為進行酸化研究的自然實驗室。

影片提供：Jodie Rummer 博士

影片連結：<https://youtu.be/673ak838EUY>