

鱷類的熱調節機制

文・圖／單希瑛

一般人常說鱷類是冷血動物。其實，正確的說法應該是鱷類是變溫動物(poikilothermic animal)，或鱷類是外溫動物(ectotherms)，也就是牠們的體溫會受到周圍環境的影響：冷天時，體溫較低，天熱時，體溫較高。太陽輻射及水的熱傳導是調節鱷類體溫的兩個重要因子。在陽光下，鱷類可快速提升體溫；而當沒有陽光又氣溫低時，水可以做為熱的來源，但當動物體溫太高時，水又可以當作散熱媒介。大型鱷類受氣溫的影響相對較小，體積越小的鱷，其體溫受環境影響越大。

鱷類會以選擇環境來調節（升高或降低）體溫，稱之為熱行為，這是一個複雜的行為過程，會因不同鱷類而異，尤其是溫帶與熱帶種類差異極大。此外，不同個體間也有變異。大小、性別、社會地位、健康或進食活動，都會影響其熱行為。生理代謝對小型鱷類的體溫影響不大，但對大型鱷類可能很重要。鱷類能依不同環境需要而改變血液循環流向，而不同的器官有不同的發熱率，所以改變血液循環，便能改變不同部位的加熱或散熱率。有些鱷類的骨板含許多血管，也能影響熱的獲得或流失；張嘴行為也會影響頭部相對於身體的熱交換率，因暴露口腔潮濕的內膜會提高蒸散作用而加速冷卻。

現今生活於溫帶的鱷類只有中國的揚子鱷與北美的美洲短吻鱷兩個種，都屬於短吻鱷類(*Alligator*)。牠們通常在早上時會跑到陸上曬太陽取暖；下午下水，但仍將背部露出水面。在白天時，牠們的體溫較一致；夜間牠們會沒入水中，此時，水中的溫度降得比陸上慢，牠們的體溫便隨水溫緩慢下降，直到清晨再上岸曬太陽取暖。冬季時，牠們會在天晴時待在陸地曬太陽；陰天輻射減少，牠們便多待在水裡。

熱帶鱷類避熱行為重於尋熱。灣鱷(*Crocodylus porosus*)會於清晨短暫的浮出水面，接下來大半的白天則沉入水裡。夜裡為了降溫，牠們

會上陸。冬天時，灣鱷及普通凱門鱷(*Caiman crocodiles*)會花比較多時間曬太陽。普通凱門鱷及美洲鱷(*Crocodylus acutus*)在冬季時會長時待在陸地，即使氣溫低於水溫亦然。這些行為差異，使得熱帶地區鱷類的體溫較溫帶鱷類低，且變異更大。

鱷類不靠冬眠過冬，這點與一般人的印象抵觸，多數鱷類在冬季較暖期間仍持續活動。現存的鱷類只有短吻鱷會碰到冰點的天氣。冰雪中的短吻鱷？聽來難以想像，但不論北美洲或中國的短吻鱷的分布都擴及溫帶氣候範圍，當地可能每年都經歷好幾次冰點以下的天氣，伴隨的是水面結冰甚至下雪。當討論到史前氣候變遷中的氣溫下降，可能是一些大型初龍類滅絕的原因之一時，探究短吻鱷如何適應間歇的嚴寒氣候便特別有意思。

在實驗室對短吻鱷生理的季節變化研究顯示，冬季時，這些動物的血糖降低，胃口變差，在這段期間裏，當氣溫升高到一定程度時，牠們會再度活躍。季節變換並不全然影響其新陳代謝率，也就是說，短吻鱷並不真的冬眠，牠們和其他變溫爬行動物一樣，當體溫降到維持正常活動的水準之下，牠們會進入蟄伏狀態。

根據無線電遙測對放養的短吻鱷處在寒冷天候（可達攝氏零下3.1度）時的研究，令人驚訝的發現牠們不像原先推測會潛入水中或躲到地下洞穴。當冷天來臨時，這些短吻鱷會找尋靜止的淺水棲身，調好外鼻孔位置，讓它上方的冰層留一個能呼吸的圓形小孔。通常較大成鱷會將身體後段及尾巴伸向較深而溫暖的水中，但不論如何，似乎都必須保持吻端在冰層（有時厚達1.5公分）中的呼吸孔下。短吻鱷不像烏龜、青蛙及其他兩棲類能將代謝率降至缺氧呼吸也能維持的狀態，因此，保持與開放的呼吸孔的接觸便十分必要。的確，在一個例子中，此一呼吸孔最後被冰封住，而那隻短吻鱷不久後便死了。有些野生或圈養的短吻鱷吻部甚至被凍結在冰裡，以致牠們無法將鼻吻拉出，不過只要牠們的鼻孔維持外露在外，冰融之後，這些短吻鱷仍能無礙的活下

去。在無線追蹤的短吻鱷體內植入感溫探針，得知在冰天雪地中，牠們的體溫可低至攝氏5度，但之後又完全恢復。

雖然小鱷需要母鱷的巢穴庇護以躲避寒冷（至少在牠們的第一個冬天），成鱷則顯然能承受短暫的嚴寒。牠們利用較大身軀對熱的惰性、小環境的選擇及特定有效的熱調節行為來度過寒冷。

外在及內在因子均影響鱷的熱調節機制。體溫變化與氣候狀況、生理節奏、營養狀況、年齡、健康、社會位階及個體孵化溫度都有關係。鱷類隨日夜循環及季節溫差來回在水陸間移動。較大的鱷會以其社會優勢，將較小的鱷排除到較受喜愛的溫度區外。與生殖有關的求偶及築巢行為則可能比熱行為優先。



佔體型優勢的鱷壓在其他鱷的身上，獲得最有利的曬太陽位置。

據測試，所有鱷類在進食後都偏好找溫暖的地方，但熱帶鱷類如鱷屬或凱門鱷屬的此一行為不像溫帶的短吻鱷那麼頻繁。進食後升高體溫可以加快消化及蛋白質分解吸收的速率。不論如何，其他爬行類（也許鱷類也是）的消化效率（食物轉成能量的比例）不因溫度差異而改變。鱷類提升體溫主要能減少消化所需的時間。如此便能多吃點（若食物充足的話），或有更多時間避開敵人或從事社交行為。沒進食時，選擇較低的溫度能減少基本代謝所需的能量，而使獲得的能量最大化。

研究自然環境中的鱷類發現成鱷及幼鱷的體溫並無差異，雖然體型大小會造成身體與環境的熱交換及體內的熱輸送的差異。由此顯示熱選擇行為對體溫調節的重要性。剛出生的幼鱷有尋熱的特性，如此能幫助牠消化殘餘的蛋黃，促進生長，增加存活機會。

鳥或哺乳類感染病原時，常會因內部新陳代謝生熱而發燒。近年的研究顯示變溫動物遭感染時，也會發展「行為熱」，這種發熱有助於存活。北達科達大學的蘭傑夫實驗證實美洲短吻鱷遭感染時，會發展行為熱。能在水陸間自由進行熱調節的短吻鱷，較能對抗感染。類似的反應，可能也出現在其他鱷類身上。

爬行動物的孵化溫度會影響胚胎的生長和發育，對有些類別（特別是鱷及龜）甚至會影響個體性別。此外，發育時的溫度銘記會影響小鱷的生理及行為。孵化溫度較高的短吻鱷顯然會選擇較高的體溫。至於為何如此？是否僅短吻鱷如此？則仍不清楚。

能因應生理機制與外在條件，選擇在水陸間轉換環境，以獲得較適當的體溫，無疑是鱷類很重要的適應優勢之一。



養鱷場中曬太陽的揚子鱷群