

# 太平洋黑鮪魚

Thunnus orientalis

The good seaman is known in bad weather

21122 吳典軒

選修：海洋台灣

指導教師：林胤佐

前言

## 研究動機

第一次吃生魚片的時候，其實是先接觸鮭魚，不過最讓我印象深刻的卻是鮪魚，富有光澤而鮮紅的肉馬上捕捉住我的眼睛。當我嘗試第一口，我淪陷了，很清楚的感受到甜甜汁在我嘴裡迸發，老闆說那是油花。接著我便和老闆聊上了，老闆說鮪魚和水果一樣是要依順季節的，只記得他說這些魚是從日本游過來的。那次出遊完之後我便對鮪魚多了不生物有極大興趣的我，想知道鮪魚如何生活，他們身上又有什麼特徵。又是什麼創造出如此美麗的生物

## 研究目的

1. 鮪魚是如何長大的？
2. 鮪魚擁有的逆流作用是甚麼？
3. 鮪魚身上的肉為甚麼是紅色的？
4. 鮪魚為何遷徙，遷徙路徑是甚麼？

## 研究方法

• 文獻參考

統整幼魚檔案精簡資料  
查詢相關文獻介紹

• 逆流作用機制

逆流作用運作原理  
逆流作用的影響  
有無逆流作用之比較

• 生長、生理、遷徙  
覓食習慣的分析

生活環境  
覓食形式  
遷徙路徑

交互作用

## 1. 生長 從3毫米長到400公斤

- 孵化溫度至少高於20度，台灣東部為繁殖地，產卵季為4月中至7月。
- 親代將卵產於資源豐富之地躲避掠食者，但導致幼苗間自相殘食，幸運存活者，接下兩周完成基本發育，後以浮游生物為食。在幼體階段，金槍魚停留在溫暖的表層水域。1年後，個體為不成熟的成體，不能繁殖，他們開始吃各種各樣的魚和其他藻類。
- 孵化率極低，三千萬個受精卵只有兩個能成年。大約四到六年個體會成熟然後回到出生地繼續孕育下一代。

## 2. 逆流作用

如果血液以與流過的水相同的方向流過薄片，則只能利用50% (最大) 的可用氧氣。氧氣會從溫度較高的水向下擴散到溫度較低的血液。水和血液繼續通過氣體交換表面，將達到平衡，氣體交換表面兩側的氧氣濃度相等。此時氧氣不會移動。

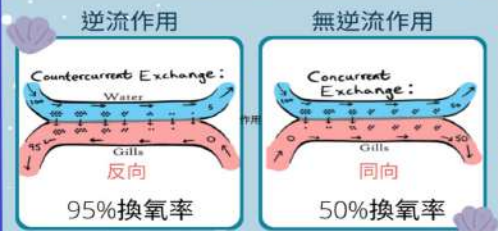
流過薄片的血液與流過的水流向相反的方向。進入鰓部的缺氧血液暴露於即將離開鰓部的缺氧水中。因為離開鰓部的缺氧水仍然含有比進入鰓部的缺氧血液略多的氧氣。當血液流過鰓時，它會繼續吸收氧氣。隨著血氧濃度的增加，血液也繼續遇到含氧濃度更高的水，因此濃度梯度得以維持。即將離開鰓 (去呼吸細胞) 的富氧血液遇到最富氧的水 (剛進入鰓的水)。

## 逆流作用: 體溫調節

- 黑鮪可以將體溫保持在環境溫度以上3°C，比環境水溫高10°C
- 溫度調節使黑鮪能夠長時間保持高遊速，並在長時間運動後迅速恢復。升高的體溫讓紅肌收縮更快，接近白肌的收縮率，有助於白肌收縮引起的高速游泳更快地將氧氣從血液轉移到肌肉細胞，並通過增強乳糜的分解，恢復更快。
- 體溫調節系統不能無限保存熱量，當魚長時間在深冷水中覓食，它的體溫會降低。牠可以到更溫暖的水中脫離體溫調節系統，允許組織快速變暖。
- 黑鮪熱熱時間範圍如此之長，它們的腹圍溫度可能是通過短暫的潛水來維持。潛水的周期性可能導致腹圍溫度波動較小，表明潛水是一種行為體溫調節。

## 生長

- 黑鮪魚是**吸熱的**，與**遷徙**有關。它們代謝率高，成長迅速，壽命平均為15歲最高到26歲，然而人類往往在黑鮪魚還無法繁殖後便將其捕撈。
- 研究顯示成年體自然死亡率在0.2到0.6之間
- 年輕的太平洋黑鮪魚主要在**混合層**中活動，靠近海面，白天比較上在更深的水中游泳。並表現出一種深度變化模式，對應日出和日落，顯然是為了避開特定的低光照水平。檔案標記記錄了內臟的溫度變化，似乎是由進食引起的，這些變化表明幼年的太平洋黑鮪魚通常在**黎明和白天進食**，但很少在黃昏或夜間進食。它們的水平分佈在大多數情況下僅限於14-20°C 溫度範圍內。



## 逆流作用 覓食

- 對受各種水溫並表現出高心輸出量。他們可以快速游泳，在狩獵時短距離衝刺時的速度高達48公里/小時
- 金槍魚可以在**溫暖層**覓食，而不會遭受核心溫度的急劇下降也能進行垂直深度潛水，捕獲層層並避開捕食者。
- 由於不斷游泳以維持流體動力平衡和為血液充氧，利用肌肉新陳代謝不斷產生的熱量在冷水中覓食。
- 溫暖的身體使金槍魚的肌肉和組織保持在高溫，擁有更好的視力也能快速適應環境。
- 觀察到黑鮪的游泳深度顯示晝夜週期性。是對溫度層變化的直接反應。表明黑鮪通過溫度調節避免溫度過度快速變化。3月到5月，黑鮪反覆潛水，因為水面**食物不足**，到了6月，當水面更容易獲得食物時，他們停止重複潛水。

## 逆流作用 奇蹟網

在推骨血管內有個中央網狀結構**奇蹟網**，動脈血液流經紅色鰓動肌肉的靜脈血加熱，保持體溫高於環境水溫，奇蹟網保留了紅肌纖維產生的10%到20%的熱量，在紅肌和環境之間提供了一道屏障，當劇烈運動產生過高的溫度時，金槍魚能夠關閉奇蹟網的一些血管來控制熱交換器的效率，從而使熱量消散到較冷的環境水中。

## 逆流作用 覓食

- 冬季，個體夜間在比白天淺的表層混合層，一些個體傾向更遠的溫暖海域 (西南方向) 遷移。夏季則在白天頻繁潛入深層，這種運動的目的被認為是**覓食**。
- 缺點
  - 黑鮪採用ram 呼吸，它們在水中游動時張嘴，使水流過它們的鰓，是一種以低能量成本讓大量水流過鰓的方法，但金槍魚不能停止游動，否則它們會窒息，須以至少0.65 m/s 的速度游泳。
  - 黑鮪也必須從獵物的表面捕食，應該是因為以高速與獵物相向而游容易讓黑鮪**失焦**

## 3. 鮮紅色肌肉

- 紅肉與白肉的差別在於「肌紅蛋白」，肌紅蛋白越多，肉質越紅，肌紅蛋白能將肌肉儲存更多氧氣，讓紅肉比白肉有更强的運動耐受度。肌紅蛋白少，白肌主要以瞬間高強度的運動為主。
- 白色肌肉在短時間的活動中發揮作用，而質量較大的紅色肌肉允許黑鮪以高速且長時間游動而不會疲勞
- 紅色肌肉的比例沒有隨著金槍魚的大小而改變，可能是因為肌肉效率更高及紅色和白色肌肉之間的勞動分配，吸熱和體溫調節都能對此做出貢獻
- 黑鮪因自身**換氧率高**，需要更多能換氧的紅血球，也就是紅肌，肉多呈現紅色也

• 遷徙距離平均每天可達145公里

• 有魚在日本海不想離開的個體，會在日本長大成熟後到繁殖季回到台灣

• 太平洋黑鮪遷徙10,790公里 (從日本東南部到下加利福尼亞州外海)

bluefin tuna migration map



- 產卵洄游: 成魚為了下一代有較好的生存環境，會找合適的產卵場，讓幼魚孵化後有較優良的生存環境，所以通常會選擇在穩定的出近海一帶產卵產卵。
- 索餌洄游: 鮪魚的活動量大，游泳速度快，所以要消耗的能量也大，必須不斷的覓食來獲取能量，而索餌洄游就是為了覓食，所以通常會選擇在食物豐富的地方。
- 適溫洄游: 因逆流作用，鮪魚適應水溫及棲息水深的變化幅度大，但浮力性並不強，因此會隨著深度及水溫變化，不斷尋找適合的溫度環境。

## 4. 遷徙

- 太平洋黑鮪的肌肉內含有大量肌紅蛋白，且換氧系統有「對流機制」可使體內的血液溫度高於環境的溫度，故可在較冷的水域，也可作長距離的游泳
- 黑鮪出生的黑鮪仔魚會藉由**黑潮**輸送到日本海，在那裡覓食成長，直到離開日本海進入到太平洋中這些仔魚在日本海和北太平洋長大到1-2歲幼魚後，部分會開始橫跨整個大洋到太平洋東岸，在那裡**過冬**，在**美國、墨西哥之南**北游，游到大約4歲成為成魚之後，部分開始往太平洋西岸的**臺灣、日本**游，有些也會留到7歲才離開。

## 研究結果

鮪魚生長的速度很快是由於他們代謝率高，導致這個結果是因為他們需要維持自身的體溫，進而不斷耗能且不斷覓食。黑鮪生活的環境可以溫躍層 (一個深度越深溫度越低的層)，因為逆流作用增強了黑鮪的換氧率，所以有更多的氧氣供給，讓細胞產生更高的能量進而產生熱能。並且因為奇蹟網系統，熱能不易被浪費，這使黑鮪可以保持高溫，細胞高速運轉活化也讓黑鮪成為頂級掠食者。

因為逆流作用給予極高的換氧能力，因此黑鮪的肉色基本是可以攜帶很多紅血球的鮮紅色，而紅肌就是讓黑鮪可長時間距離維持遷徙的重要武器，逆流作用帶來熱量的保存，提供鮪魚遷徙的條件，黑鮪可以游到比較冷的地方。逆流作用提升黑鮪對環境的適應力，所以他們更能追逐獵物，為後代尋找優良的繁殖地。所以為繁殖覓食，他們從台灣到日本海在前往太平洋。