

# 雨傘旗魚體溫調節機制初探

林憲忠<sup>1,2</sup>、刀禡和樹<sup>3</sup>、何國龍<sup>1,2</sup>、蔡富元<sup>1</sup>、江偉全<sup>1</sup>  
中村乙水<sup>3</sup>、河邊玲<sup>3</sup>、王勝平<sup>2</sup>、何源興<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 水產試驗所東部海洋生物研究中心

<sup>2</sup> 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系

<sup>3</sup> 日本長崎大學環東海環境資源研究中心

## 前言

魚類的行為常常受到環境水溫及生理耐熱性所影響，相關研究結果也說明大洋性掠食性魚種對棲地的選擇性與水溫具有密切關係 (Block et al., 2011)。Holland 等 (1990) 指出，大目鮪在白天期間主要棲息於溫躍層 (thermocline) 下之水域，偶而短暫時間上游至混合層 (mixed layer)，這說明大目鮪的熱交換系統能快速的加溫，使其往返深層與表層水域時，能維持體內的熱量 (Holland et al., 1992；Brill et al., 1994)。Furukawa 等 (2011, 2014) 亦指出，溫躍層的深度影響鬼頭刀 (*Coryphaena hippurus*) 和太平洋黑鮪 (*Thunnus orientalis*) 的垂直棲息水域，且鬼頭刀的垂直移動主要受限於溫躍層以淺之混合層深度。

雨傘旗魚 (*Istiophorus platypterus*) 分布於全球熱帶及亞熱帶海域，屬於大洋洄游性魚種，但與其他旗魚類相較，雨傘旗魚較常在大陸棚、沿岸島嶼和暗礁附近水域活動 (Nakamura, 1985)。Chiang 等 (2011) 針對臺灣東部雨傘旗魚配置彈脫型衛星記錄器 (Pop-up satellite archival tag, PSAT)，探討雨傘旗魚垂直與水平移動之行為，研究成果顯

示，雨傘旗魚較多時間棲息於混合層 50 m 以淺水層，雖然其棲息深度範圍介於表面至 210 m 深，棲息溫度 30–17.8°C，然深潛行為主要侷限於與表水溫差異在 8°C 以內的水深範圍，且棲息深度隨環境水溫變化而異。但該研究僅探討雨傘旗魚棲息深度與環境溫度之關係，未進一步分析其體內溫度與環境水溫之關連性。因此本研究將生物記錄儀 (含加速度記錄器與溫度記錄器) 配置於雨傘旗魚身上，解析其游泳深度、加速度變化、棲息環境水溫及體內溫度，探討雨傘旗魚在海洋中的游泳行為特徵及體溫調節機制。

## 材料與方法

### 一、生物記錄儀 (Bio-logging data logger)

本研究配置之生物記錄儀如圖 1 所示，其組裝元件包括：

- (一) 共聚物泡沫浮體 (Copolymer foam) (Nichiyu Giken Kogyo Co., Saitama, Japan)：製作成記錄儀之浮標載體，再將所有的記錄器結附在該載體上。
- (二) 加速度數據記錄器 (Acceleration data-loggers)：記錄游泳速度、3 軸加速

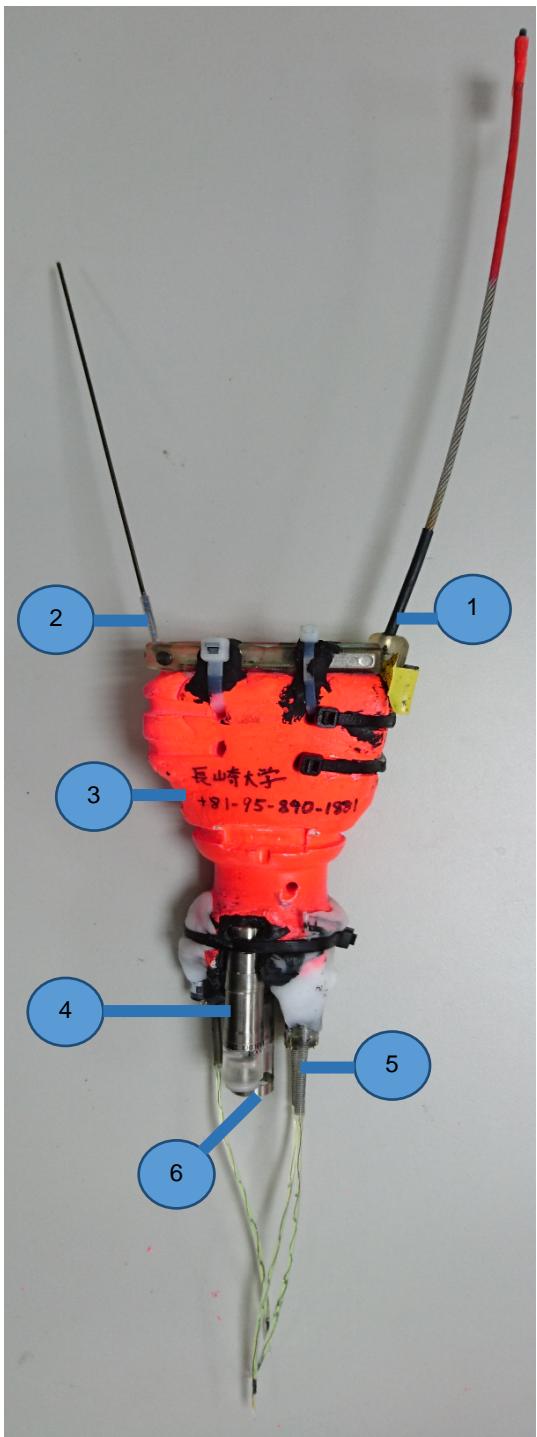


圖 1 本研究所使用之生物記錄儀裝置：(1)VHF發送器與天線；(2)Argos衛星傳送裝置與天線；(3)共聚物泡沫浮體；(4)自動脫落系統；(5)記錄型標識器；(6)加速度數據記錄器

度、深度及環境溫度資料，本研究設定以每秒記錄一筆資料。

(三) 記錄型標識器：有兩個感應系統（體內與體外），用以測量環境及魚體溫度。本研究將兩組體外感應線分別植入雨傘旗魚背部肌肉內 2 及 4 cm，每秒記錄一筆體內體溫(BT1 及 BT2)。

(四) 自動脫落系統：該脫落系統結附於標識器與魚體之間，若達彈脫條件（到達設定時間、下潛深度超過可負荷的深度壓力或魚體死亡）時，即會自動溶解連接繩，使標識器脫離魚體浮至海面。

(五) Argos 衛星發送器：使用法國衛星系統 (Argos) 傳遞地理位置經緯度訊息。

(六) 高頻度無線電發送器 (VHF Transmitter)：可發送高頻度訊號，可由無線電接收機從天線中接收訊號，判斷遠近或位置。

## 二、標識方法及記錄儀尋回

本研究將生物記錄儀配置於雨傘旗魚體側（圖 2），設定脫落時間為 24 小時，野放時一併投放溫鹽深儀 (CTD；型號：OCEAN SEVEN 304 CTD LOGGER)，記錄該海域之海洋環境水文特徵。

到達設定之脫落時間，生物記錄儀會脫離魚體浮至海面，此時記錄器上的 Argos 發送器會先將生物記錄儀漂浮位置經緯度傳送至 Argos 衛星系統，研究人員登入 Argos 網站查看後，再租用海釣船至該海域附近搜尋。出海之後，需隨時更新 Argos 陸續傳送的即時資訊，等到船隻開至接近記錄器之位置時，再以 VHF 高頻度接收天線搜尋生物記錄儀之方向及距離，當記錄訊號由弱變到最

強時，研究人員再以肉眼搜查鄰近海域，尋回生物記錄儀。

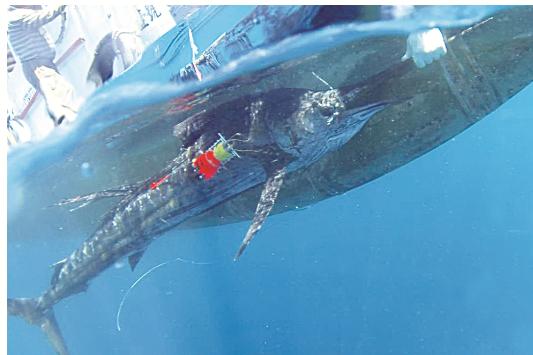


圖 2 生物記錄儀配置於雨傘旗魚體側

## 結果與討論

本(2016)年7月4日(#20160704航次)及7月21日(#20160721航次)研究人員分別搭乘臺東新港籍延繩釣漁船出海，在雨傘旗魚(眼後眶至尾叉長分別為121 cm及173 cm)身上配置生物記錄儀後，於臺東縣三仙台外海野放。翌日，生物記錄儀於花蓮外海脫落(圖 3)，且皆於宜蘭蘇澳外海尋回生物記錄儀。

兩尾標識後野放之雨傘旗魚(SAL1及SAL2)的移動紀錄如表 1 所示。標識野放位置與生物記錄儀脫離魚體的直線距離分別為91.5 及 83.8 km，水平移動平均速度分別為

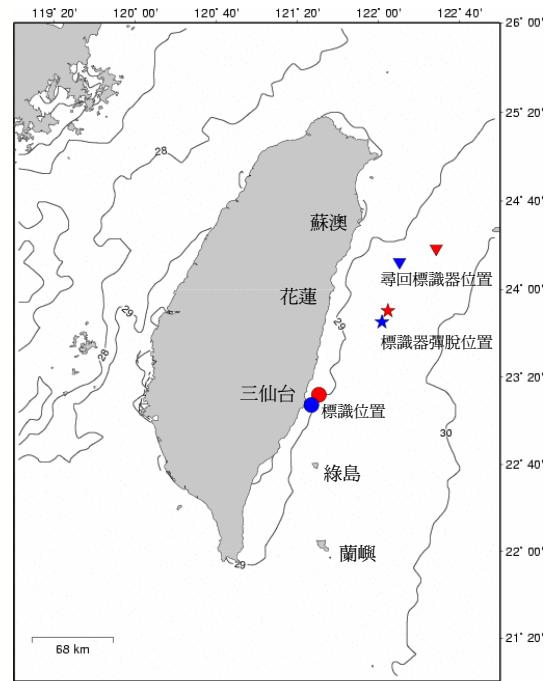


圖 3 本研究雨傘旗魚標識野放位置及生物記錄儀彈脫位置(●SAL1 標識位置；★標識器彈脫位置；▼尋回標識器位置；●SAL2 標識位置；★標識器彈脫位置；▼尋回標識器位置)(紅色為#20160704 航次；藍色為#20160721 航次)

5.7 km/h 及 4.4 km/h。由記錄儀資料分析，SAL1 及 SAL2 主要棲息於表面水域，並分別有 74% 及 60% 的時間棲息於 20 m 以淺，平均水溫  $29.6 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$  之水域(圖 4, 5)，棲息深度分別為從表面至水深 212.3 m 及 121.8 m 範圍，游泳速度則分別介於 0–0.96 及 0–1.30 (m/s)，相較其他大洋性魚類如鬼

表 1 雨傘旗魚標識放流之相關紀錄

編 號	尾叉長 (cm)	開始記錄時間	標示位置	結束記錄時間	彈脫位置	總記錄時間 (小時)
SAL1	121	2016/07/04 11:00 AM	23°12'00 121°30'40	2016/07/05 03:00 AM	23°50'18 122°04'41	16
SAL2	173	2016/07/21 10:00 AM	23°07'19 121°26'56	2016/07/22 05:00 AM	23°45'11 122°01'49	19

頭刀之游泳速度為 0.78–1.78 (m/s) (Furukawa et al., 2011)，翻車魚 (*Mola mola*) 0.20–0.70 (m/s) (Nakamura and Sato, 2014) (表 2)，此次並未記錄到雨傘旗魚快速游泳的行為特徵。

棲息環境水溫 (WT) 介於 14.6–30.9°C 及 21.6–32.1°C，魚體內 2 cm 之表層肌肉溫度 (BT1) 分別介於 18.7–30.6°C 及 23.6–30.1°C；4 cm 之深層肌肉溫度 (BT2) 則分別

介於 26.3–30.4°C 及 26.2–30.1°C (圖 6、7)，顯示雨傘旗魚 BT1 隨環境水溫而變動，然 BT2 溫度變化則較為緩慢，此結果與太平洋黑鮪相似，即體溫比環境溫度來得高 (Kitagawa et al., 2006)，主要係因為該魚種會下潛至較冷水域進行活動或覓食，因此必須保持其體內的溫度。但雨傘旗魚體溫仍然會隨著環境溫度而緩慢的改變，體溫調節方式

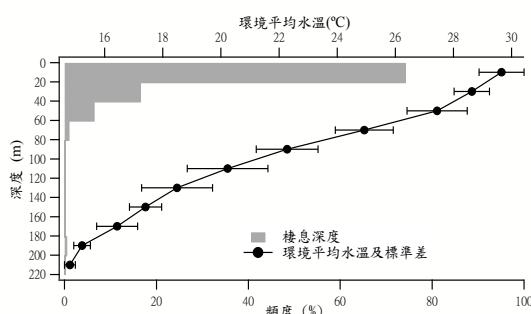


圖 4 SAL1 棲息深度頻度百分比 (橫條) 及環境平均水溫 (實線) 和標準差 (誤差線)

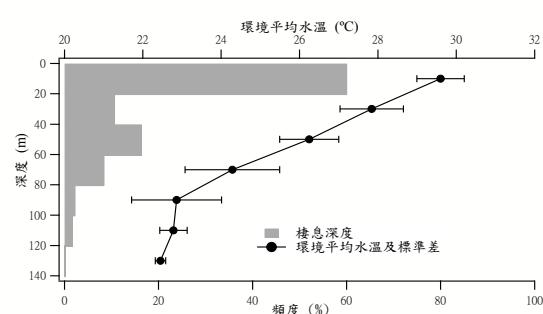


圖 5 SAL2 棲息深度頻度 (橫條) 及環境平均水溫 (實線) 和標準差 (誤差線)

表 2 雨傘旗魚與其他大洋性魚種之游泳速度比較

種類	樣本數	速度 (m/s)	參考文獻
雨傘旗魚 ( <i>Istiophorus platypterus</i> )	2	0.96-1.30	This study
鬼頭刀 ( <i>Coryphaena hippurus</i> )	6	0.78-1.78	Furukawa et al., 2011
翻車魚 ( <i>Mola mola</i> )	5	0.20-0.70	Nakamura and Sato, 2014

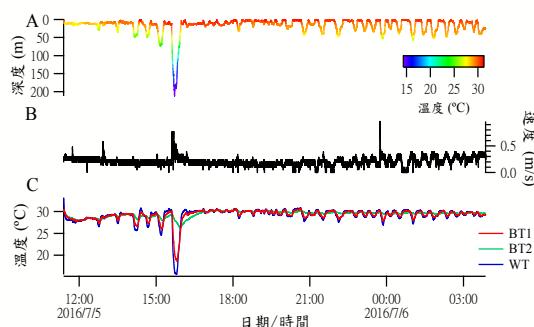


圖 6 SAL1 游泳深度及環境溫度 (A)、游泳速度 (B)、體內溫度與環境水溫 (C)

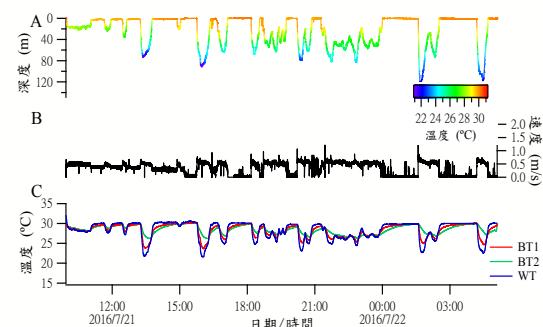


圖 7 SAL2 游泳深度及環境溫度 (A)、游泳速度 (B)、體內溫度與環境水溫 (C)

與鬼頭刀 (Furukawa et al., 2015) 及翻車魚 (Nakamura et al., 2015) 相似，即魚體溫度會隨著環境溫度而變化 (表 3)。

本研究於雨傘旗魚標識野放後，投放溫鹽深儀 (CTD) 探測該海域之垂直溫度、鹽度與深度資料，#20160704 航次之野放點由表面至水深 78 m，水溫介於 21.0–30.9°C，鹽度介於 33.7–34.7 psu。#20160721 航次野放點測得水深 72 m，其水溫與鹽度介於 22.0–32.1°C 和 31.5–34.7 psu (圖 8、9)。由溫鹽深儀所測之水文資料皆在溫躍層以內，推測雨傘旗魚在臺灣東部海域主要棲息於溫躍層以淺水層。

## 結語

雨傘旗魚由臺東縣成功外海標識放流

後，皆往北移動，生物記錄儀也皆在花蓮外海脫落，顯示臺灣東部海域的雨傘旗魚季節性洄游行為與黑潮有密切關聯，且棲息水深可達 200 m。表層 (BT1) 體內溫度隨著環境溫度而改變，較深層肌肉 (BT2) 的溫度雖然也會隨著環境溫度而改變，但變化速度較為緩慢。雨傘旗魚下潛至較深較冷水域時，雖會維持體內的溫度，但是無法如同太平洋黑鮪魚一樣，長時間保持肌肉熱量。本研究結果顯示，雨傘旗魚體內溫度會隨著環境溫度而改變，與大洋性魚類如鬼頭刀與翻車魚等相近，屬於變溫動物之一種。本研究為全球首次記錄旗魚類體溫及探討旗魚體溫變化與海洋環境之關係，未來將繼續分析雨傘旗魚的熱轉換係數與季節性大尺度洄游特徵，以作為日後針對該魚種進行族群動態解析之重要科學依據。

表 3 雨傘旗魚與其他大洋性魚種之體內溫度變化 (雨傘旗魚：魚體內 4 cm 之肌肉溫度；太平洋黑鮪：腹腔溫度；鬼頭刀：平均腹腔溫度；翻車魚：魚體內 5 cm 之肌肉溫度)

種類	環境水溫 (°C)	體內溫度 (°C)	參考文獻
雨傘旗魚 ( <i>Istiophorus platypterus</i> )	15.6-33.2	26.2-30.4	This study
太平洋黑鮪 ( <i>Thunnus orientalis</i> )	14.9-20.7	19.3-27.3	Kitagawa et al., 2006
鬼頭刀 ( <i>Coryphaena hippurus</i> )	24.4-26.6	24.4-26.7	Furukawa et al., 2015
翻車魚 ( <i>Mola mola</i> )	16.0-22.0	16.0-20.0	Nakamura et al., 2015

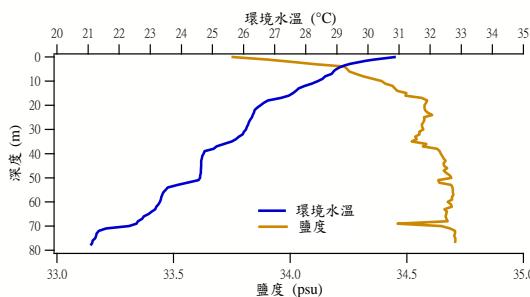


圖 8 #20160704 航次標識放流海域之垂直溫鹽度分佈圖

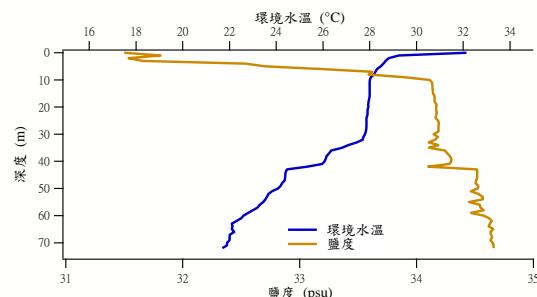


圖 9 #20160721 航次標識放流海域之垂直溫鹽度分佈圖