



首次利用高頻度彈脫型衛星標識器記錄 臺灣東部鬼頭刀游泳行為特徵

林憲忠^{1、2}、何國龍^{1、2}、蔡富元¹、刀禰和樹³、許紅虹¹、江偉全¹、王勝平²、何源興¹

¹ 水產試驗所東部海洋生物研究中心

² 國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系

³ 日本長崎大學環東海環境資源研究中心

前言

鬼頭刀 (*Coryphaena hippurus*) 又稱為鰹魚，英名 dolphinfish，在夏威夷稱為 mahimahi，因體色以黃色為主，因此西班牙語則以黃金 dorado 稱之，在臺灣，則因其喜愛捕食飛魚亦稱之為飛烏虎。鬼頭刀為高度洄游魚種，廣泛分布於世界三大洋之溫帶、熱帶及亞熱帶海域，為商業及休閒漁業之重要魚種。根據漁業年報統計，1999—2014 年臺灣地區沿近海漁業捕獲鬼頭刀之平均產量為 6,798 公噸，平均產值約 3.67 億元。由月別漁獲量顯示，臺灣東部海域鬼頭刀終年皆有產量，且具有 4—6 月及 10—12 月兩個盛漁期，其中以 5 月產量最高。東部海域之鬼頭刀產量約佔全國總漁獲量的 70%，是東部最重要的經濟性漁獲之一。

魚類垂直分布的改變將使漁撈行為和資源評估使用之單位努力漁獲量 (catch per unit effort, CPUE) 受到影響 (Sharp, 1978; Brill and Lutcavage, 2001)，因此許多標識放流研究探討魚類游泳行為特徵。Furukawa et al. (2011) 應用加速度記錄器記錄東海鬼頭刀 3.5 小時至 2 天的垂直移動習性，顯示鬼

頭刀有 47.3% 的時間棲息於表水層 0—5 m 水域，而當混合層 (mixed layer) 分布越深，鬼頭刀下潛深度也跟著越深。Furukawa et al. (2015) 利用記錄型標識器 (archival tag) 植入臺灣東部鬼頭刀腹腔裡，分別記錄 4 和 10 天鬼頭刀腹腔溫度、環境溫度及垂直移動行為特徵，結果顯示鬼頭刀腹腔溫度隨著環境溫度而變化，為典型之變溫動物；其最深下潛最深度分別可達 62.7 m 和 54.1 m，但有 79.8% 及 83.3% 的時間棲息於表層 0—5 m，亦即鬼頭刀主要棲息於表層水域。

以上研究探討鬼頭刀在短時間內的垂直移動特徵，但關於鬼頭刀族群移動特徵則尚未究明。因此本研究首次使用高頻度彈脫型衛星紀錄器 (Pop-up satellite archival tag, PSAT) 記錄臺灣東部鬼頭刀的垂直移動及棲地喜好等行為特徵與生態習性，作為未來建立鬼頭刀資源評估模式之重要基礎參數。

材料與方法

本研究使用 Microwave Telemetry (Columbia, MD, USA) 所製造的高頻度彈脫型衛星標識記錄器，型號為 High Rate

X-tag。標體長度 12 cm，最大直徑 3.2 cm，天線長度 18.5 cm，重量僅 40 g，使用低阻碳纖外殼密封，外型為紡錘型（低流體阻力設計），可承受深度達 2,500 m，內建 64 Mbit 非揮發性 (non-volatile) 儲存記憶體，感應器元件運作溫度範圍-4—40℃（誤差為 ± 0.04 °C），深度範圍 0—1,296 m（誤差為 ± 1.27 m）（圖 1）。PSAT 是透過 Argos 衛星系統傳送資料，無法尋回標識器。PSAT 尾端處設有釋放裝置（電解分離連接環；electrolytic breakaway bin），到達標放後 30 天、48 小時內判斷深度變化小於 3 m 或深度超過 1,250 m 長達 15 分鐘等彈脫條件時，釋放裝置的環狀針腳 (bin) 便會發出熱能，溶斷狀針腳解放連接 PSAT 之間的繫繩，使標識器從魚體脫落上浮至水面。

High Rate X-tag 每 4 分鐘記錄一筆溫深資料。當標識器彈脫上浮至海面後會自動彙整資料，再傳送至法國 Argos 衛星系統。Argos 衛星系統數據處理中心會自動傳送衛星訊號至使用者電子郵件信箱，使用者也可以從 Argos 網站下載資料。彙整後之衛星訊號連同標放日期與標放位置等相關訊息回傳給衛星標公司，經程式人員解譯後，再回傳衛星記錄之原始資料。

試驗用鬼頭刀係由延繩釣漁獲，選擇尾

叉長大於 100 cm，健康狀況良好者進行標識。將鬼頭刀以魚網撈至甲板上，在眼睛處覆蓋濕毛巾，使其保持平靜，並以軟水管插入嘴裡將新鮮海水注入，提供高溶氧。測量記錄魚體長度後，將衛星標識記錄器（鋼製鏢桿，鏢頭連結 PSAT 之傘狀鏢頭），植入魚體背鰭基部的背鰭下棘 (interneural bones) 和脊椎上棘 (neural spine) 之間位置，植入深度約 6 cm。標識前先以酒精棉片消毒鏢頭與鏢桿，並塗抹外用抗生素 (bacitracin-neomycin ointment)，以預防標識位置肌肉組織潰爛。標識完成後，將魚體由船舷野放回海裡，並同時投放溫鹽深儀 (CTD)，記錄該海域之環境水文資料。

結果與討論

2016 年 5 月 19 日研究人員搭乘臺東新港籍鬼頭刀延繩釣漁船於臺東成功外海順利標識尾叉長 102 cm 之雌性鬼頭刀（圖 2），PSAT 經歷 30 天於 6 月 19 日在宜蘭蘇澳外海彈脫上浮至海面。解析 PSAT 記錄之深度資料，發現標識器於標放後第 8 天（5 月 27 日）（圖 3）脫離魚體，並一直留滯在水深 173 m 處。

解析野放後 8 天所記錄的移動行為資



圖 1 高頻度彈脫型衛星標識器的各項裝置：(1)天線；(2)浮力與壓力感應器；(3)熱敏電阻感應器；(4)電解分離連接環；(5)磁鐵，移除後即進入開機狀態；(6)光照度感應器；(7)單培林轉環；(8)碳纖線；(9)傘型鏢頭



圖 2 PSAT 配置於鬼頭刀之魚體背部

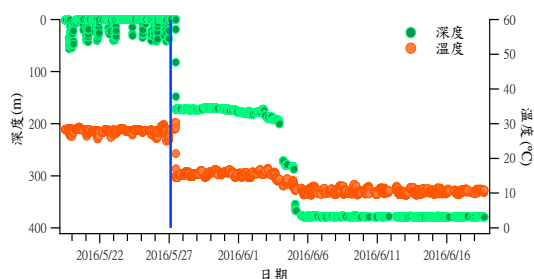


圖 3 5 月 19 日至 6 月 19 日，為期 30 天 PSAT 所記錄的深度及溫度分布（藍色線左邊為記錄鬼頭刀為期 8 天的行為資料，藍線右邊為可能被掠食性物種捕食或標識器留滯於此深度所呈現之深度與溫度分布；綠色點為深度分布；褐色點為溫度分布）

料，根據棲息深度與溫度顯示，鬼頭刀白天與夜間期間分別有 94.4% 和 52.9% 的時間棲息於表層 10 m 以淺，平均溫度分別為 $28.20 \pm 0.36^\circ\text{C}$ 及 $27.90 \pm 0.24^\circ\text{C}$ （圖 4）。依據中央氣象局東部花蓮地區 5 月 20 日的曙暮光時刻，將時間序列分割為黎明 (Dawn, 04:01–05:00)、白天 (Day, 05:01–18:30)、黃昏 (Dusk, 18:31–20:00) 及夜間 (Night, 20:01–04:00)，分析其棲息深度之變化，顯示白天主要棲息在表層，夜間棲息於較深水域，而在黎明與黃昏期間開始有頻繁的下潛行為，表示黎明及黃昏為鬼頭刀垂直洄游之轉換期間（圖 5），可能是攝食的高峰期。

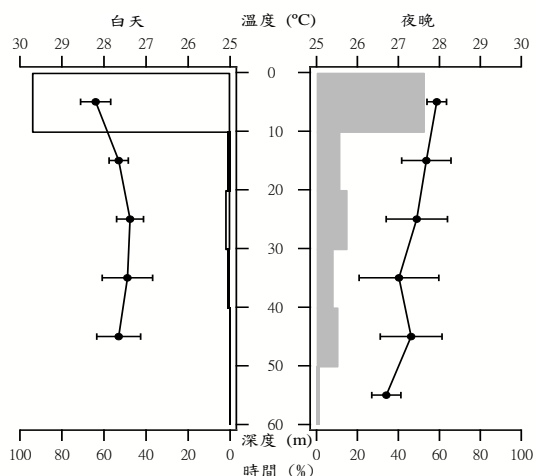


圖 4 鬼頭刀白天與夜間棲息深度（橫條圖）與平均溫度（實線）及標準差（誤差線）

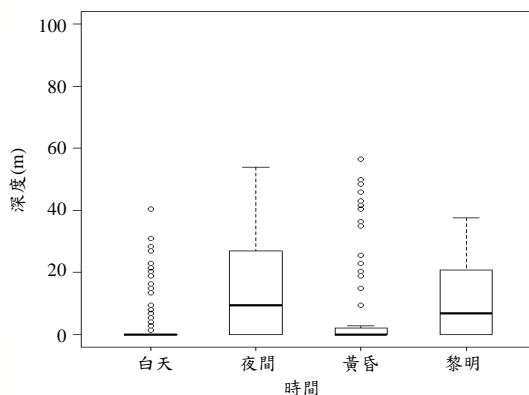


圖 5 白天、夜間、黃昏及黎明鬼頭刀棲息深度之盒狀圖（長盒框為四分位數，長盒框裡實線為中位數，虛線為上下界線，黑圈為離群值。依四分位數顯示各期間 50% 棲息深度範圍分別為 0 m、0–26.9 m、0–2.4 m 及 0–21.5 m）

由棲息深度資料顯示，鬼頭刀棲息深度從表面至水深 56.5 m，棲息溫度為 $24.9 - 29.7^\circ\text{C}$ （圖 6）。根據中央氣象局記錄東部花蓮地區 5 月 20 日日出與日落時間，分析其夜別棲息深度分布，顯示白天主要棲息於表層（0–40.3 m，平均 1.7 ± 5.9 m），僅有少數的深潛行為；夜間棲息深度較為廣泛（0–56.5 m，平均 14.4 ± 16.6 m），有經常性的深潛行為（圖 7）。

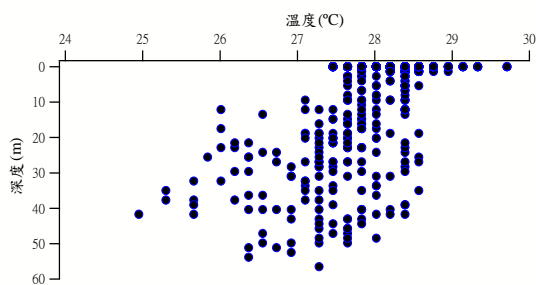


圖 6 鬼頭刀配置 PSAT 記錄期間棲息海域水溫與深度

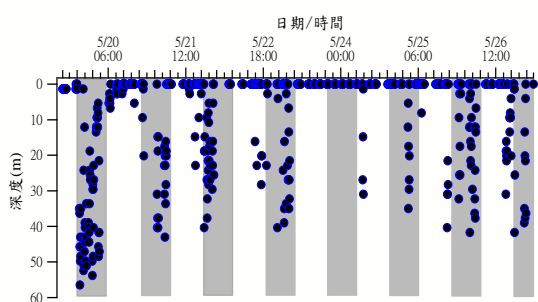


圖 7 晝夜間棲息深度之分布 (灰色區塊為夜間)

鬼頭刀每日下潛深度介於 30.9—56.5 m 之間，此時的表水溫度記錄介於 29.7—28.2°C，棲息最低水溫介於 27.1—24.9°C，由表水溫與下潛最低水溫分析顯示，鬼頭刀每次下潛最深深度之溫度與表層水溫之差異介於 1.5—4.8°C (圖 8)。根據每日晝夜別之每次下潛棲息水溫與每日最大水溫之溫差 (Δ SST) 顯示，白天限制於 3°C，夜間限制於 4°C (如表)。相較於其他大洋性鮪旗魚類下潛行為與表水溫的差距限制於 8°C (Brill, 1994; Bernal et al., 2009; Chiang et al., 2013;

晝夜間每次下潛棲息水溫與每日最大水溫之溫差 (Δ SST)之累積百分比

	Δ SST				
	0	-1	-2	-3	-4
白天	20.0	89.4	98.4	100	100
夜間	20.5	82.7	92.9	99.0	100

Chiang et al., 2015)，鬼頭刀移動行為與海洋環境變化密切相關。

本研究於鬼頭刀標識放流海域投放溫鹽深儀探測該海域之垂直溫鹽之資料，顯示垂直深度由表面是水深 35.1 m，溫度介於 26.4—28.2°C，鹽度介於 34.5—34.7 psu。由溫鹽深儀測得之垂直溫度，顯示該海域混合層深度在 50 m 以淺，記錄器資料亦顯示鬼頭刀主要棲息於 50 m 以淺，與 Furukawa et al. (2011) 研究結果相近，顯示臺灣東部鬼頭刀主要棲息深度與該海域混合層深度有關，而海洋環境變動亦會影響鬼頭刀季節性族群分布。

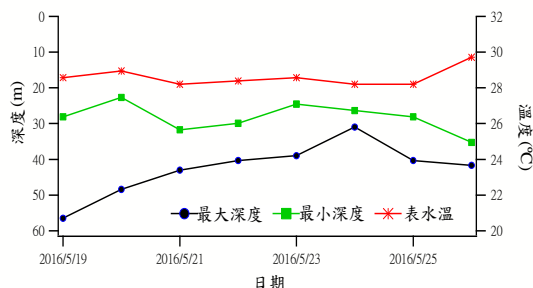


圖 8 鬼頭刀每日下潛最深深度、最低水溫及表水面溫度 (SST)

結語

鬼頭刀白天主要棲息表層，夜間棲息較深水域，且黎明及黃昏為垂直洄游之轉折時間點，與環境餌料生物的晝夜垂直洄游習性及鬼頭刀索餌攝食行為有密切關聯。鬼頭刀為變溫性魚種，由本研究分析顯示，其棲息水溫與表水溫之差異限制於 4°C 間，族群移動容易受海洋環境的變動影響。針對鬼頭刀漁場分布及大尺度的季節性移動特徵及族群結構仍有待未來進一步長期的標識放流試驗結果與分子生物研究進行驗證。