

海陸同步搜索—彈脫型標識紀錄器尋回紀實

張景淳¹、林憲忠^{1、2}、江偉全¹、張綦璿^{1、2}

¹水產試驗所東部海洋生物研究中心、²國立臺灣海洋大學漁業環境科學研究所

前言

漁業管理為全球性的重要議題，為使漁業資源永續利用，可藉由捕獲量、季節性或區域性的漁業管制措施，讓資源量可以維持生生不息。生物紀錄科學 (Bio-logging Science) 可解析標識生物行為特徵與棲所環境資訊，提供漁業獨立資料，為策略擬定的重要科學依據。生物紀錄科學是利用紀錄器來標識或追蹤生物移動、攝食等行為的一門科學，所記錄到的數據為可信度高的漁業獨立資料。紀錄器的種類有許多種，其中彈脫型衛星標識紀錄器 (Pop-up Satellite Archival Tag, PSAT，以下簡稱標識器) 可記錄生物的棲息環境深度、溫度與光照度 (推算地理位置) 等資料。標識器會設定一段記錄時間，其尾端處有釋放裝置，當設定天數到達或符合提前彈脫情況時，釋放裝置的環狀針腳會產生熱能熔斷針腳，使標識器從魚體自動彈脫。近年來標識器日益發展，迷你型標識器已成為大型海洋生物 (如鮪、旗魚與鯊魚) 生物紀錄科學之利器，並已廣泛的運用於大洋性中型魚類 (如鰲、鰭與鬼頭刀) 或礁岩性魚類。標識器彈脫後，裡面所儲存的紀錄會透過 Argos 系統進行傳遞並回傳標識器的地理位置，依電池所餘的電力，每枚標識器傳遞資料時間可達 10—20 天，使用者可由電子信箱的定期設定，每日按時收到回傳訊

息，或登錄 Argos 網頁查詢與下載標識器最新位置與累積的回傳訊息。

衛星訊號接收器介紹與使用方法

標識器是目前最具功能性之標識放流研究利器，但由於不容易長時間配置於魚體，經常於設定日期前提早脫落或因傳送訊號受到氣候、海況、電波干擾和 (或) 電池壽命耗盡影響，造成資料無法完整回傳是研究人員經常會遭遇的問題。當標識器脫離魚體浮出水面時即開始發送訊號，衛星接收訊號後，會將資料及標識器的經緯度位置等訊息傳至 Argos 衛星系統，但受到訊號傳遞品質的影響經常會有數公里的誤差。

因此 Argos 也開發了衛星訊號接收器 (Argos Goniometer)，該裝置由一台訊號接收機器與衛星天線所組成，可接收標識器發送的特定頻度信號，並偵測訊號發報的方向與距離。當研究人員收到標識器位置訊息，便可利用衛星訊號接收器至該範圍尋找，標識器有可能被海流沖刷至海岸邊，也有可能仍在海上，必須驅車或是租用船隻前往該海域，進行同步搜索。衛星訊號隨著衛星通過的數量與高度，回傳訊息正確率會有不同的品質，且每隔約 30 分鐘至 2 小時會更新一次。若標識器掉落在海上，受到潮水與漁船位置變動的影響，搜索難度更形增加。通常

為了減少遮蔽物造成訊號反射的影響，首先會將天線舉至高處（圖 1），衛星天線的前端有一個指針，顯示接收訊號的方位，當天線接收到訊號時，會顯示發報位置及其與指針的距離，當接收器所偵測到訊號愈強、位置更新速度愈快，即代表與發報距離愈近。



圖 1 衛星訊號接收器使用時需選擇無遮蔽物處，並盡量高舉天線，增加搜尋範圍

翻車魷標識器尋回紀實

研究人員於本 (107) 年 3 月 28 日在花蓮七星潭附近海域利用鰲旗魚方式將標識器 (#45923) 標置於花紋翻車魷 (*Mola ramsayi*) (圖 2)。標識器於 4 月 14 日提前彈脫，傳送訊號位置，由 Argos 衛星訊號系統得知訊號發送地點為花蓮七星潭灣內 ($24^{\circ}06.463' N$, $121^{\circ}38.501' E$)，研究人員即於當日前往七星潭海灣附近利用接收器尋找確切發送地點。當研究人員抵達花蓮七星潭海濱公園時，衛星天線開始接收訊號，更新速度為 2—3 分鐘/次，越往北前進其更新速度越快，到花蓮新城曼波海灘時，訊號強度最高，更新速度達 20 秒/次，且角度方位指向海面，但因天候不佳，天色已暗，所以未能出海尋標。接下來的兩天 (4 月 15—16 日)，受鋒面影響，東北季風增強，所幸標識器並未順著黑潮往北流，仍然滯留於七星潭內。4 月 16 日研究

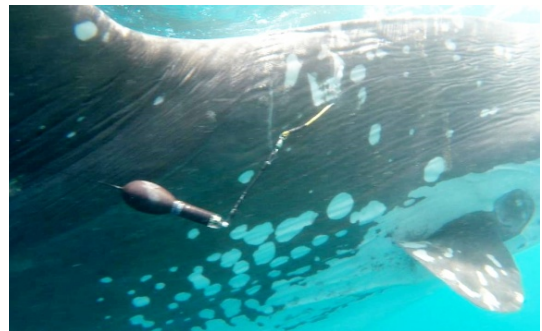


圖 2 利用彈脫型衛星標識紀錄器標放花紋翻車魷 (#45923)

人員再次出發前往花蓮尋找標識器，最終於花蓮七星潭垃圾掩埋場附近的海灘 ($24^{\circ}02.803' N$, $121^{\circ}37.001' E$) 尋回標識器 (圖 3)。該標識器每兩分鐘記錄一次，總共記錄了 8,720 筆資料，分析結果顯示翻車魷多在七星潭附近海域移動，垂直移動頻繁，白天棲息深度



圖 3 研究人員前往七星潭垃圾掩埋場附近海灘檢回標識器 (#45923)

較深，晚上棲息深度較淺。本次的翻車魷標識器尋回紀錄亦已登錄在 Argos 網站上 (<http://www.argos-system.org/sunfish-giant-mysterious/>)。

大目鮪標識器尋回紀實

研究人員於本 (107) 年 1 月 15 日在臺灣東南部海域 (23°07.155' N, 122°38.384' E) 以鮪延繩釣對漁獲之大目鮪 (*Thunnus obesus*) 進行標識器 (#45926) 配置，標識器於 3 月 13 日提前彈脫，總計配置於魚體 58 天，彈脫地點與標放地點距離 269 km。標識器彈脫後，沿著黑潮往北流，又回到了東部沿海，研究人員緊急於 3 月 16 日凌晨 2 點多從臺東縣新港漁港出發，往北尋找標識器，最後在當日早上 9 點 20 分於花蓮石梯坪外海尋獲標識器 (圖 4)。標識器每兩分鐘記錄一次，共儲存 33,000 筆資料。由回收資料顯示大目鮪垂直移動頻繁，且與月相周期有關，滿月時下潛深度較深，新月時較淺。



圖 4 大目鮪標識器 (#45926) 在花蓮石梯坪海域被研究人員所尋獲

紅甘鯨標識器尋回紀實

紅甘鯨 (*Seriola dumerili*) 被尋回的標識器共有 3 枚，第一枚標識器 (#164399) 於 106 年 11 月 2 日在臺東縣東河外海 (22°49.982' N, 121°25.505' E) 野放，於 11 月 12 日在蘇澳提早脫離魚體，而後順著潮流經過東北角往基隆移動，11 月 14 日研究人員由臺東前往基隆八斗子租用海釣船前往基隆外海搜索，但標識器被潮水快速往東帶離，加上海上通訊不佳，因此未尋獲。11 月 15 日晚上，強烈東北季風南下，標識器被風浪影響開始往南回流，11 月 18 日時標識器流到三貂角附近海域，研究人員隨即帶著衛星訊號接收器至三貂角燈塔搜尋訊號，標識器距離岸邊稍遠加上海況不佳，未收到訊號回傳。隔日 Argos 系統顯示該標識器移動到蘇澳附近海域，研究人員又隨即趕往蘇澳附近尋找，雖有掃到訊號，但因天候不佳且風浪大，無法出海撿標，只好先返回中心。11 月 20 日，顯示標識器位於宜蘭石城海域，且因東北季風增強，將其帶到更靠近沿岸處 (圖 5)，於是研究人員隨即再從臺東驅車北上至宜蘭石城，在岸邊利用接收器收到標識器訊號後，旋即搭船出海撿標，並把天線固定在船頭高處以利訊號接收，30 分鐘後終於尋回長滿藤壺等附著生物的標識器 (圖 6)。本次尋標過程前後歷經 8 天，鍥而不捨的海陸南北來回追尋，終於順利尋回了標識器。

第二枚標識器 (#168977) 於 106 年 11 月 17 日於臺東東河外海 (22°53.838' N, 121°25.098' E) 野放，於本 (107) 年 2 月 1 日彈脫，發報地點顯示為臺東縣綠島中寮港

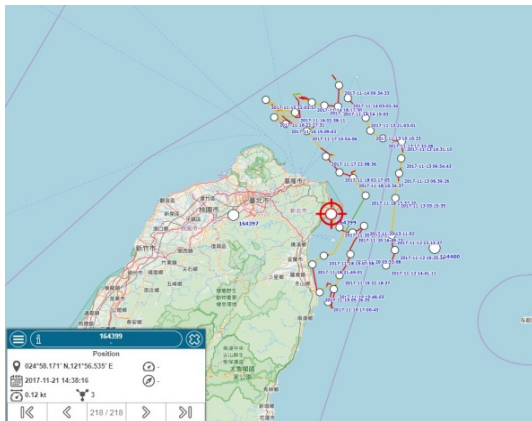


圖 5 標識器 (#164399) 受潮流與東北季風影響的移動情形



圖 6 研究人員在宜蘭石城沿海尋回標識器 (#164399)

岸邊。研究人員於隔日搭機前往，抵達訊號發設位置附近後，因建築物影響，造成訊號反射，衛星接收器所顯示的角度位置誤差大(圖 7)，研究人員甚至跑進船長住家詢問是否有撿到標識器，最後在中寮港海灘上尋獲標識器(圖 8)。

第三枚標識器 (#146752) 於 106 年 11 月 14 日於臺東東河外海 ($22^{\circ}53.764' N$, $121^{\circ}25.045' E$) 野放，本 (107) 年 5 月 14 日早上彈脫，發報地點為臺東成功三仙台外

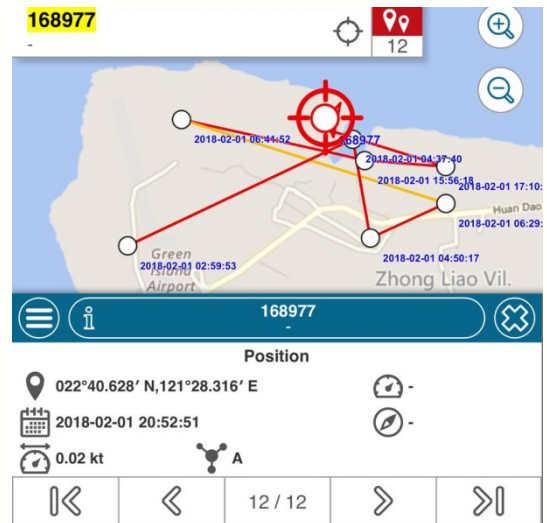


圖 7 標識器 (#168977) 傳送訊號因遮蔽物影響造成反射

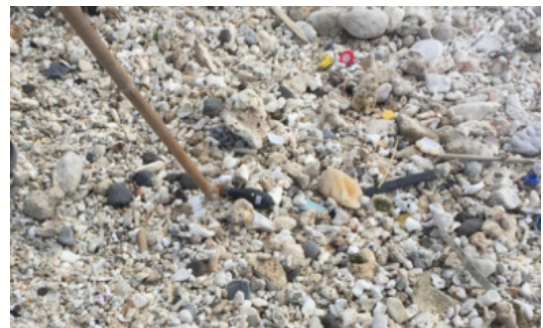


圖 8 研究人員 (右) 與協尋的綠島友人蘇志榮先生 (左) 在綠島中寮港海灘尋回標識器 (#168977)

海，研究人員於中午 12 點從成功新港漁港出海，下午 1 點多時衛星訊號接收器即接收到訊號 (圖 9)，但因山壁反射，造成接收器顯示角度誤差過大，產生誤判，隨後在附近海域來回尋找，終於在傍晚 5 點於花蓮石梯坪外海尋獲標識器 (圖 10)。

結語

所謂工欲善其事，必先利其器。標識器透過衛星傳回之資料 (transmitted data) 約為 40—70% 不等，而利用衛星訊號接收器所回收的標識器，可讀取標識器內所有的資料 (recovered data)，大大提升了生物紀錄科學研究效能。衛星訊號接收器的使用，在距離目標物約 10 km 時即可收到訊號，接收時間約 2—3 分鐘/次，剛開始時，搜尋角度方位會顯示很大，但在接近目標物後，大約距離 2 km 以內所收到的角度位置都相當準確，接收時間為 30—60 秒/次。衛星訊號接收器會受到建築物、山壁等遮蔽物的影響造成訊號反射，而容易產生誤判，故須格外注意。海上尋標的難度更甚於陸上，除了須仰賴船長的經驗推測流速與流向，也必須密切配合陸上通訊所得的最新標識器位置，才能順利完成海陸同步大搜索的尋標任務。此次利用衛星訊號接收器共回收 5 支標識器，將標識器送回原廠後可以讀取彈起前記錄的所有資料，得到的研究數據更為完整，且可以重新更換電池或以舊換新的方式更新標識器，所需費用只要重新購買標識器的一半，無論是在研究資料取得或是降低經費方面都有很大的效益。

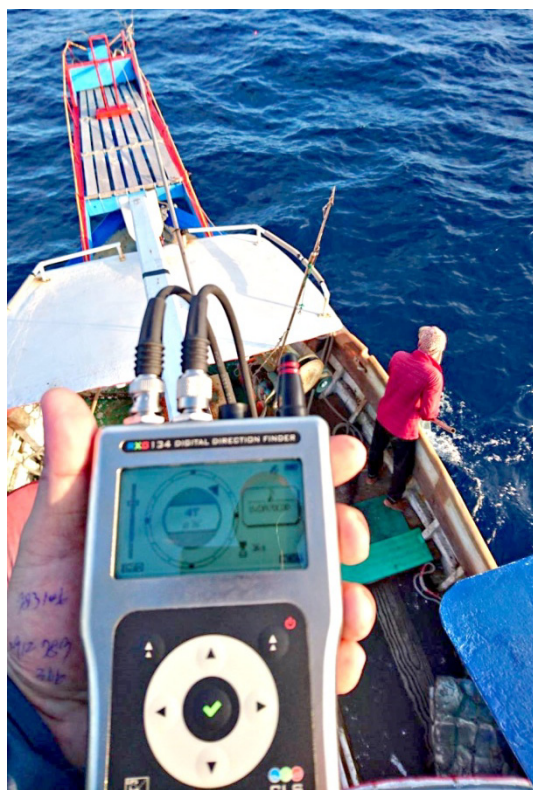


圖 9 訊號接收器接收到訊號，顯示標識器 (#146752) 在船身前方 47° 位置，且接收訊號強



圖 10 研究人員 (右) 與陳永德船長 (中)、船員 (左) 們於花蓮石梯坪外海尋回標識器 (#146752)