

以多體長頻度分析法 (MULTIFAN) 估計台灣東部海域 鬼頭刀之年齡、成長及死亡率

陳郁凱¹·陳文義^{1*}·江偉全¹·林富家¹·許紅虹¹·蘇偉成²

¹行政院農業委員會水產試驗所 東部海洋生物研究中心

²行政院農業委員會水產試驗所

摘 要

本研究使用之樣本，係於 2004 年 1 月至 2005 年 7 月間，每日於台東縣新港魚市場所採集，共蒐集雌性 17,261 尾、雄性 9,069 尾鬼頭刀尾叉長 (FL) 資料。以多體長頻度分析法 (Multi-length frequency analysis, MULTIFAN) 來估計鬼頭刀的成長參數與年齡組成，雌雄別最佳套適結果如下：雌魚 FL_1 (1 歲魚) = 66.77 cm, FL_2 (2 歲魚) = 97.56 cm, 成長係數 (K) = 0.605 yr^{-1} , 極限體長 (L_∞) = 134.6 cm FL; 雄魚 FL_1 = 77.95 cm, FL_2 = 110.96 cm, 成長係數 (K) = 0.707 yr^{-1} , 極限體長 (L_∞) = 143.1 cm FL。將體長頻度分布轉換成年齡組成分布，雄性樣本中，第一及第二年齡群分別佔其總樣本之 85.5 % 與 14.5 %; 雌性樣本中，第一及第二年齡群分別佔其總樣本之 85.1 % 與 14.9 %。漁獲物以 1 歲與 2 歲魚為主。雌性全死亡率估計值為 1.46 yr^{-1} , 雄性為 1.51 yr^{-1} 。雌性自然死亡率估值為 0.82 yr^{-1} , 漁獲死亡率為 0.64 yr^{-1} , 開發率為 43.9%; 雄性自然死亡率估值則為 0.89 yr^{-1} , 漁獲死亡率為 0.62 yr^{-1} , 開發率為 41.1%。

關鍵詞：鬼頭刀、成長、死亡率、多體長頻度分析法

前 言

鬼頭刀 (*Coryphaena hippurus*, common dolphinfish) 為表層洄游性魚類，廣泛分布於熱帶及亞熱帶海域 (Shcherbachev, 1973)。為台灣東部重要之浮魚資源之一，終年可漁獲。台東地區以 4~6 月與 9~10 月為盛漁期 (陳等, 1999)，作業區域涵蓋東部近海及沿岸海域 (Fig. 1)，主要漁法為動力船筏進行鬼頭刀延繩釣，流刺網作業亦有少量混獲。

鬼頭刀為一再生性相當高的珍貴水產資源，其成長相當快速 (Rivera and Appeldoorn, 2000)，國外有以鱗片 (Beardsly, 1967; Rose and Hassler, 1968)、耳石 (Oxenford and Hunte, 1983;

Uchiyama *et al.*, 1986; Bentivoglio, 1988; Rivera and Appeldoorn, 2000) 以及蓄養 (Hassler and Hogarth, 1977; Hagood *et al.*, 1981) 等方法，嘗試對鬼頭刀之年齡成長進行瞭解；然而國內在此方面的相關報告並不多見，早期有王 (1979) 對台灣東部鬼頭刀資源動態進行分析；宋 (1986) 以鱗片探討鬼頭刀之年齡與成長；陳等 (1999) 探討台灣東部鬼頭刀漁獲量變動趨勢並估計其成長參數；近年則有 Wu *et al.* (2001) 對東部海域鬼頭刀生殖生物學研究以及江等 (2005) 對台灣東部海域鬼頭刀雌雄異型及性比之研究。依據中華民國漁業統計年報資料顯示，近 10 年東部海域的鬼頭刀漁獲量，除宜蘭縣在 1998 年有較為劇烈的起伏外，其餘整體變動不大 (Fig. 2)。台東縣鬼頭刀的漁獲量則維持在一個平穩的狀態，近 10 年平均漁獲量均在 2000 公噸上下，平均每年產值約 9,500 萬元，在東部漁業中佔有相當重要的地位。為能永續利用此資源，因此必須對其資源動態進行深入的

*通訊作者 / 台東縣成功鎮五權路 22 號, TEL: (089) 850-090; FAX: (089) 850-092; E-mail: wycche@mail.tfrin.gov.tw

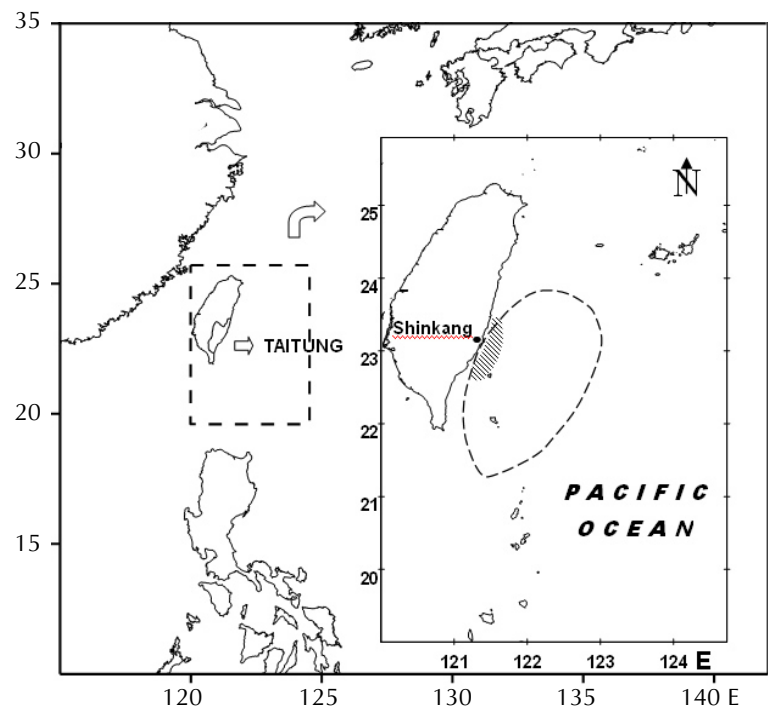


Fig. 1 Fishing grounds of gillnet (oblique lines) and longline (broken lines) fishing boats based on Shinkang fishing port.

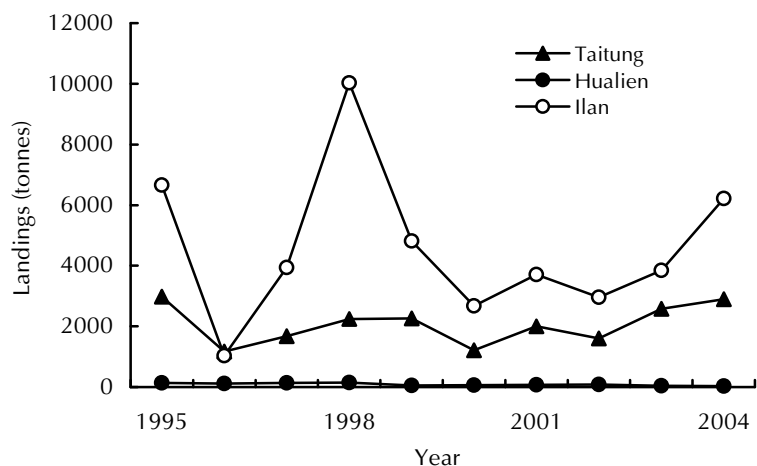


Fig. 2 Annual landings of the common dolphinfish from 1995 to 2004. (Data source: Fisheries Yearbooks, Taiwan, 1995-2004).

解。本研究之主要目的為利用多體長頻度分析法 (Multi-length frequency analysis, MULTIFAN) (Otter Research Ltd., 1991) 來估計台灣東部海域鬼頭刀的成長參數、年齡組成與死亡係數，由其結果可瞭解台灣東部鬼頭刀的漁業概況，並作為日後資源評估之參考。

材料與方法

本研究所使用之鬼頭刀體長 (FL) 資料係於 2004 年 1 月至 2005 年 7 月間，每日至台東縣成功

鎮新港魚市場量測所得，而由於新港魚市場漁民於卸魚處會先將漁獲物依大小分類，故測量方式為至各個不同漁獲物堆中隨機量測其中的鬼頭刀，所使用之鋼製測量尺之單位為 cm，有效量測至 0.1cm，性別則以外部形態判定並予以記錄。

將每日蒐集到的體長頻度樣本依月份合併，並以每月之月中來代表採樣日，而後利用分析多體長頻度資料之電腦套裝軟體 MULTIFAN 估計鬼頭刀的 von Bertalanffy 成長方程式的成長參數，其中，成長係數的初始設定參考前人的研究結果 (Beardsly, 1967; Rose and Hassler, 1968; Oxenford

and Hunte, 1983)，雌雄設定為 0.5、1、1.5、2、2.5、3 yr⁻¹，年齡群數目則設定為 2、3、4，並開始進行系統搜尋。

本研究共使用 12 個系統搜尋，搜尋步驟歸納為六種模式：

模式一：考量年齡別體長分布之標準差為變數。

模式二：考量年齡別體長分布之標準差為固定常數。

模式三：在模式一中加入第一年齡群體長分布之標準差對最後年齡群體長分布之標準差的比率參數 (λ_2)。

模式四：在模式二中加入第一年齡群體長分布之標準差對最後年齡群體長分布之標準差的比率參數 (λ_2)。

模式五：在模式三中加入季節性成長校正參數 (ψ_1)。

模式六：在模式四中加入季節性成長校正參數 (ψ_1)。

以上模式在不同的參數限制下，經由 MULTIFAN 系統搜尋後可得到多組套適 (Fits)，再經由 MULTIFAN 軟體內建之 SIGTEST 選項，以 χ^2 檢定為基礎求得最佳套適。經 MULTIFAN 估得之成長參數，利用多變量分析之 Hotelling's T² 檢定法 (Bernard, 1981) 來檢定雌雄別成長參數間是否有顯著差異存在。

藉由 MULTIFAN 套裝軟體分析所得最佳套適之結果與成長參數，可以得知雌雄別鬼頭刀在各月別體長頻度樣本中，各年齡群之平均體長、各年齡別漁獲尾數與各年齡別漁獲比例，將其由體長頻度分布轉換成年齡組成分布，以得知鬼頭刀年齡別漁獲組成。

本研究另使用由 FAO-ICLARM 所發展的電腦套裝軟體 FiSAT (FAO-ICLARM Stock Assessment Tools) (Gayanilo and Pauly, 1997)，利用其中的 ELEFAN 1 (Electronic Length Frequency Analysis) (Pauly, 1987) 來分析同一組雌雄別鬼頭刀尾叉長資料。

全死亡率的估計係利用體長轉換漁獲曲線法 (Length-converted catch curves) (Pauly, 1983)，以體長資料直接進行分析，其方程式如下：

$$\ln(n/dt) = a - Zt$$

其中 n：每一體長區間之漁獲尾數

dt：每一體長區間成長所需之平均時間

t：每一體長區間所對應之相對年齡

a：截距

自然死亡率的估計則採用 Pauly (1980) 所歸納出的魚類自然死亡率經驗式進行估計：

$$\log M = -0.0066 - 0.2799 \log (L_{\infty}) + 0.6543 \log (K) + 0.4634 \log (T)$$

其中 M 為自然死亡率、 L_{∞} 為極限體長、K 為成長係數及 T 為棲息水域之年平均表水溫度 (依據 Integrated Global Ocean Service System Products Bulletin (IGOSS) 海洋資料庫展示資料，2004 年 1 月至 2005 年 7 月，台灣東南海域年平均海水表面溫度約為 26 °C。

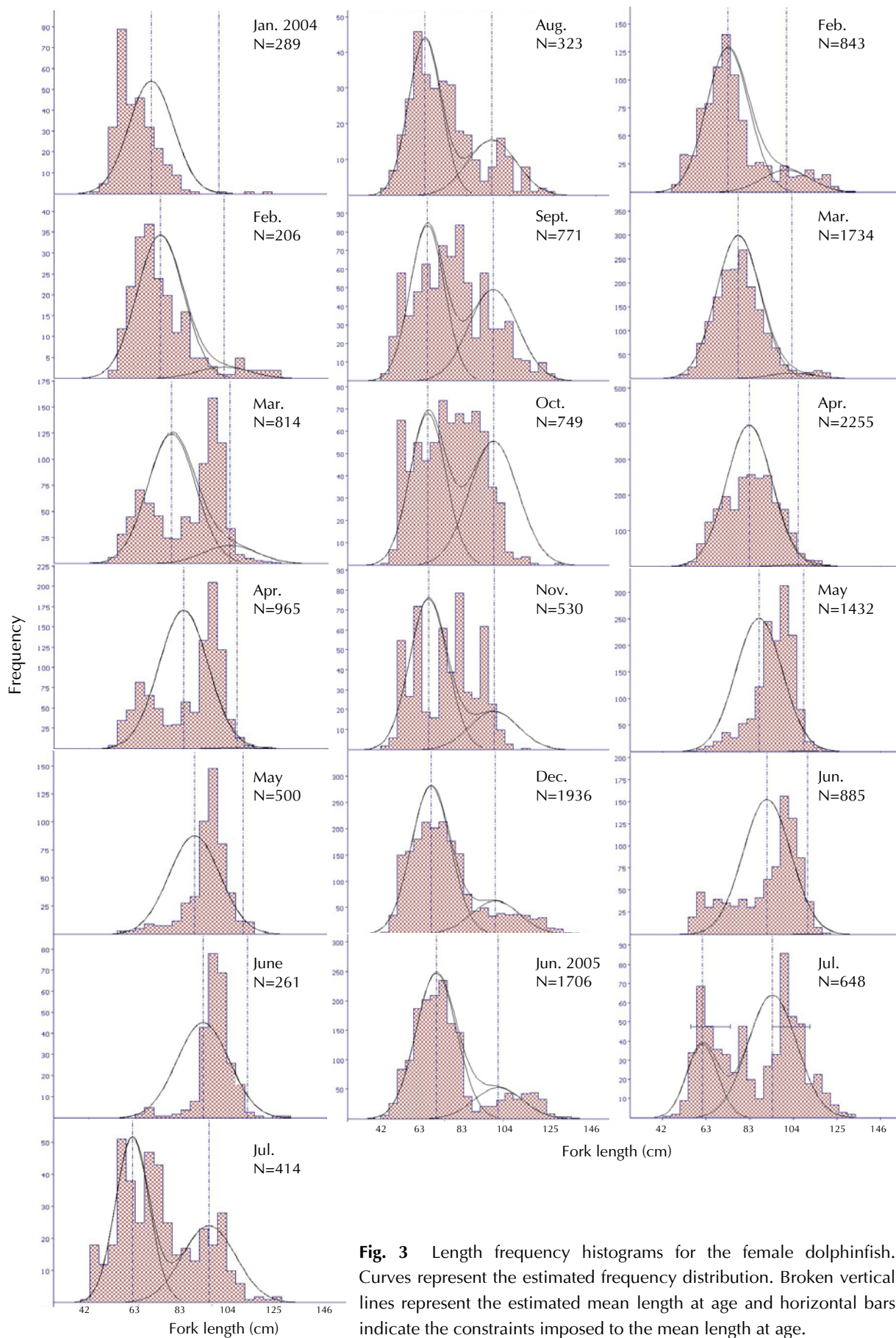
開發率 (E) 則以 $E = (F/Z) \times 100\%$ 表示。

結 果

本研究於 2004 年 1 月至 2005 年 7 月間，採得雌性 17,261 尾，雄性 9,069 尾，共 26,330 尾鬼頭刀尾叉長資料 (Figs. 3, 4)。雄性樣本中，量測到之最大尾叉長為 2005 年 4 月之 146.6 cm，最小者為 2004 年 7 月之 39.2 cm；雌性樣本中，量測到之最大尾叉長為 2005 年 1 月之 134.5 cm，最小者為 2004 年 7 月之 37.7 cm。觀察雌雄別體長頻度分布，選定 2005 年 7 月為最小年齡群加入月份 (Month 1)，並以 4 cm 為組距進行成長參數估計。雌雄之最佳套適皆落於假設模式六，亦即考量年齡別體長分布之標準差為固定常數，第一年齡群體長分布之標準差，對最後年齡群體長分布之標準差變動的比率參數 (λ_2) 以及考量季節性成長之模式。

雌性樣本中可分離出兩個年齡群，所得的理論頻度曲線與觀測到的體長頻度分布套適情形如 Fig. 3 所示。最小加入月份中，第一個年齡群之估計年齡為 0.84 歲，第一年齡群之平均體長為 60.65 cm，第二年齡群之平均體長為 94.23 cm。所得到之參數估計值為：成長係數 $K = 0.605 \text{ yr}^{-1}$ ，極限體長 $L_{\infty} = 134.6 \text{ cm}$ ， $C = 0.959$ ， $t_s = 0.832$ ，得到成長方程式如下：

$$L_t = 134.6 \left[1 - e^{(-0.605 t - (\frac{0.58}{2\pi}) \sin 2\pi(t - 0.832))} \right]$$



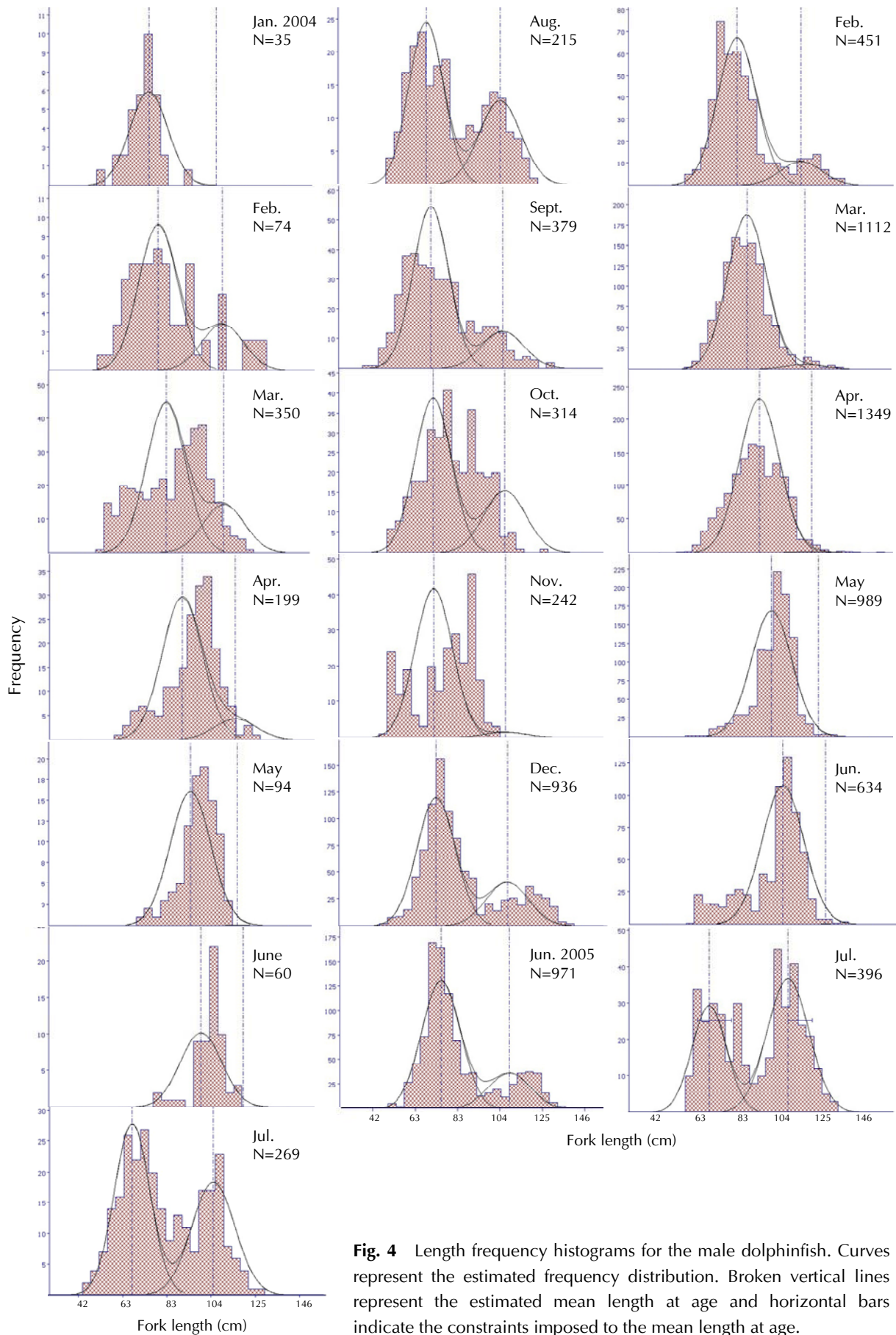


Fig. 4 Length frequency histograms for the male dolphinfish. Curves represent the estimated frequency distribution. Broken vertical lines represent the estimated mean length at age and horizontal bars indicate the constraints imposed to the mean length at age.

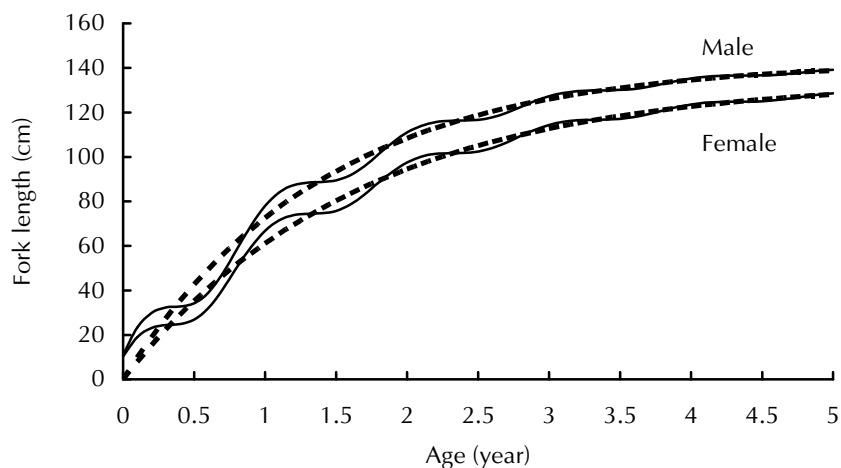


Fig. 5 The von Bertalanffy growth curves for the common dolphinfish. Broken lines indicate the von Bertalanffy growth curve without considering seasonality.

Table 1 Hotelling's T^2 analysis for the estimated von Bertalanffy growth parameters between the female and male dolphinfish

$S = \begin{pmatrix} 16.482 & -0.2262 \\ 0 & 0.0032 \end{pmatrix} \quad S^{-1} = \begin{pmatrix} 0.0607 & 4.3258 \\ 0 & 315.2427 \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} P_{\text{female}} - P_{\text{male}} \end{pmatrix}' = \begin{pmatrix} -8.5 & -0.102 \end{pmatrix}$		
$T^2 = 67861$	$T_0^2 = 13.83$	$F_{0.01; 2, 26332} = 4.61$
$H_0: E_{\text{female}} = E_{\text{male}}$	$T^2 = 67861 > T_0^2 = 13.83$	Reject H_0

Entries include the pooled, estimated, variance-covariance matrix (S) and its inverse (S^{-1}), the calculated T^2 statistic, the tabular F and T^2 statistics. P_{female} : Column vectors of parameter values estimated from female samples; P_{male} : Column vectors of parameter values estimated from male samples; E_{female} : Von Bertalanffy growth function of female samples; E_{male} : Von Bertalanffy growth function of male samples.

雄性樣本中，同樣可分離出兩個年齡群，所得的理論頻度曲線與觀測到的體長頻度分布套適情形如 Fig. 4 所示。最小加入月份中，第一個年齡群之估計年齡為 0.72 歲，平均體長為 65.95 cm，第二年齡群之平均體長為 105.08 cm。所得之參數估計值為：成長係數 $K = 0.707 \text{ yr}^{-1}$ ，極限體長 $L_{\infty} = 143.1 \text{ cm}$ ， $C = 0.956$ ， $t_s = 0.867$ ，得到成長方程式如下：

$$L_t = 143.1 \left[1 - e^{(-0.707 t - (\frac{0.676}{2\pi}) \sin 2\pi(t - 0.867))} \right]$$

由成長方程式可得知雌性一歲魚之平均體長

為 66.77 cm，二歲魚之平均體長為 97.56 cm；雄性一歲魚之平均體長為 77.95 cm，二歲魚之平均體長為 110.96 cm。雌雄別 von Bertalanffy 成長曲線如 Fig. 5。

多變量分析之 Hotelling's T^2 檢定法檢定雌雄別成長參數間之差異性，其結果顯示所推估之雌雄別成長參數具有顯著的差異 (Table 1)。以 ELEFAN I 所估得之成長參數值如下：雌性成長係數 $K = 0.57 \text{ yr}^{-1}$ ，極限體長 $L_{\infty} = 136 \text{ cm}$ ， $C = 0.9$ ， $WP = 0.3$ ；雄性成長係數 $K = 0.65 \text{ yr}^{-1}$ ，極限體長 $L_{\infty} = 145 \text{ cm}$ ， $C = 0.9$ ， $WP = 0.3$ 。

由 MULTIFAN 估計結果，可得知每個月的體長頻度樣本中，各年齡別之漁獲尾數與漁獲比例，可將體長頻度分布轉換成年齡組成分布。雌性樣本中，第一及第二年齡群，各有 14,693 尾與 2,568 尾，佔雌性總樣本之 85.1 % 與 14.9 % (Fig. 6a)。雄性樣本中，第一及第二年齡群各有 7,756 尾與 1,313 尾，佔雄性總樣本之 85.5 % 與 14.5 % (Fig. 6b)。

利用 Pauly (1983) 之體長轉換漁獲曲線法，可估得鬼頭刀之全死亡率，雌性 $Z = 1.46 \text{ yr}^{-1}$ ($r^2 = 0.91$)，雄性 $Z = 1.51 \text{ yr}^{-1}$ ($r^2 = 0.84$) (Fig. 7) (Table 2)。以 Pauly (1980) 提出的複迴歸關係式，所估計出的鬼頭刀自然死亡率雌性為 0.82 yr^{-1} ，雄性為 0.89 yr^{-1} 。再利用漁獲死亡率之關係式，可求得鬼頭刀的漁獲死亡率雌性為 0.64 yr^{-1} ，雄性為 0.62 yr^{-1} 。利用所估得之漁獲死亡率與全死亡率之關係，可得知東部海域鬼頭刀開發率雌性為 43.9%，雄性為 41.1%。

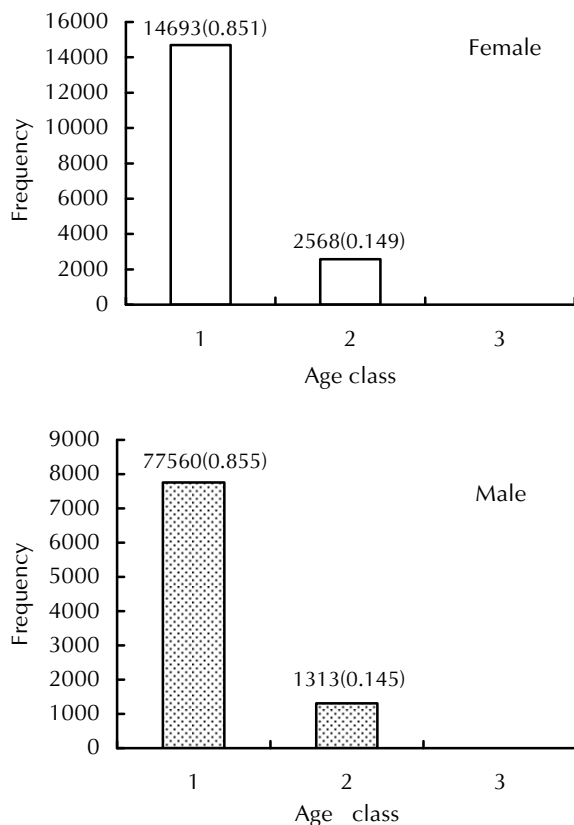


Fig. 6 Age composition distribution for the common dolphinfish.

討 論

Beardsley (1967) 研究中指出鬼頭刀最大年齡可能到達四歲 (152.5 cm)，本研究中所蒐集到之樣本雌性最大者為 134.5 cm，雄性為 146.6 cm，較大的樣本相當少，達到 Beardsley (1967) 研究中所指出的三歲 (142.5 cm)、四歲魚 (152.5 cm) 之個體相當的少，漁獲主要為一歲與兩歲魚，王 (1979) 研究中指出，在台灣週遭海域鬼頭刀族群應以一歲與兩歲魚為主，陳等 (1999) 研究結果亦顯示台灣東部海域鬼頭刀族群組成以一歲與兩歲魚為主，與本研究年齡組成分析結果一致，且雌雄一歲魚所佔比例皆相當高 (Fig. 6)，反映出鬼頭刀成長快速且死亡率高的生物特性。然本研究所蒐集之體長頻度樣本並無法利用 MULTIFAN 分離出第三個年齡群，可能因為較大體長區間之樣本較少，型量不明顯，年齡群較難以劃分，故 MULTIFAN 所得結果以分離出兩個年齡群之套適情形最佳，因此所分離出之第二年齡群可能包含少許未能分離出之第三年齡群的個體。而漁獲曲線分析中出現年齡接近 7 歲的個體 (Fig. 7)，主要原因為較大型個體之年齡為利用估計出之成長方程式回推所得，其體長已接近於本研究估計出之極限體長，因此估計年齡並非相當準確，故估計死亡率時並不考慮此體長區間之樣本。

台灣東部海域鬼頭刀產卵期很長，但可能存在兩個產卵盛期，一個在 4 月左右，一個在 9 月左右 (王, 1979)。觀察所蒐集到樣本體長頻度分布，可發現 2004 年 7 月與 2005 年 7 月之體長頻度圖中有較小魚群出現且兩個峰分離相當明顯，據王 (1979) 指出 7 月與 11 月此兩群較小的魚可能分別為 4 月與 9 月出生的魚，而其中 4 月份出生的魚群為優勢魚群，形成隔年 7 月的主要加入群，因為 9 月份出生的魚群出生不久即需要面臨寒冷的冬季，死亡率可能較高，且與將最小加入月份設定於其他月份所得到之套適情形比較，設定於 2005 年 7 月份所得到之套適亦最佳，且 2005 年 7 月之樣本數較 2004 年 7 月之樣本數高，故進行 MULTIFAN 分析時將最小加入月份設定在主要優勢魚群加入的月份 7 月應屬合理。而這兩群加入群屬於不同系群的可能性亦不高，據王 (1979) 依據漁獲量、CPUE 變動趨勢、漁場位置調查、漁獲物體長組成、產卵情形與仔稚魚分布調查結果推論，台灣東部海域鬼頭刀應為同

一系群，不同的加入群可能為產卵時間不同所致。然依據 Wu *et al.* (2001) 指出台灣東部海域鬼頭刀全年皆有產卵活動，且於 2 ~ 3 月達生殖高峰，但東部地區並非鬼頭刀之主要產卵場，推測

台灣東部海域鬼頭刀之加入群可能來自於菲律賓海域；因此有關東部海域鬼頭刀加入來源以及產卵後仔稚魚之去向的問題仍有待更深入的研究，以對東部海域鬼頭刀族群動態有進一步的瞭解。

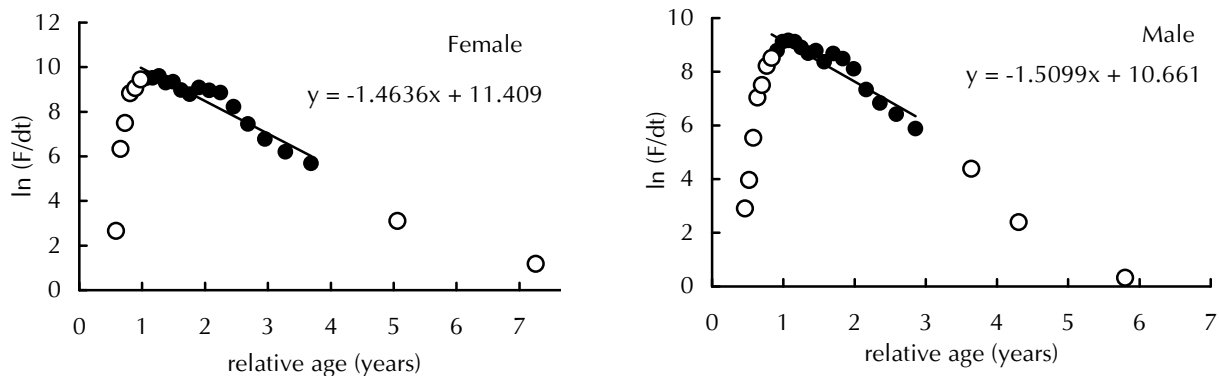


Fig. 7 Length-converted catch curve for the common dolphinfish. Solid dots represent data points included in the analysis.

Table 2 Construction of the length-converted catch curve using length-frequency data

(a) Female

L1-L2	mid L	F	Age(t) at L1	Age(t) change	Age(t) at mid L	ln(F/dt)
34-38	36	1	0.548	0.070	0.583	2.661
38-42	40	41	0.618	0.073	0.655	6.331
42-46	44	138	0.691	0.076	0.729	7.500
46-50	48	550	0.768	0.080	0.808	8.835
50-54	52	722	0.848	0.084	0.890	9.057
54-58	56	1123	0.932	0.089	0.976*	9.447
58-62	60	1259	1.020	0.094	1.067	9.506
62-66	64	1358	1.114	0.099	1.164	9.523
66-70	68	1556	1.213	0.106	1.266	9.597
70-74	72	1240	1.319	0.113	1.375	9.304
74-78	76	1378	1.432	0.121	1.492	9.339
78-82	80	1035	1.553	0.131	1.618	8.977
82-86	84	923	1.684	0.142	1.755	8.780
86-90	88	1370	1.826	0.155	1.903	9.085
90-94	92	1336	1.981	0.171	2.067	8.961
94-98	96	1342	2.152	0.191	2.248	8.856
98-102	100	808	2.344	0.216	2.452	8.225
102-106	104	430	2.560	0.249	2.685	7.454
106-110	108	256	2.809	0.293	2.956	6.772
110-114	112	175	3.103	0.357	3.281	6.195
114-118	116	135	3.459	0.456	3.687*	5.691
118-122	120	49	3.915	0.631	4.231	4.352
122-126	124	23	4.546	1.034	5.063	3.102
126-130	128	11	5.581	3.367	7.264	1.184
130-134	132	3	8.947			
134-138	136	1				

Table 2 continued

(B) Male

L1-L2	mid L	F	Age(t) at L1	Age(t) change	Age(t) at mid L	ln(F/dt)
38-42	40	1	0.437	0.055	0.464	2.903
42-46	44	3	0.491	0.057	0.520	3.962
46-50	48	15	0.549	0.060	0.578	5.530
50-54	52	71	0.608	0.062	0.639	7.041
54-58	56	118	0.670	0.065	0.703	7.505
58-62	60	251	0.735	0.068	0.769	8.212
62-66	64	357	0.803	0.072	0.839*	8.515
66-70	68	490	0.875	0.075	0.912	8.780
70-74	72	729	0.950	0.080	0.990	9.122
74-78	76	806	1.030	0.084	1.072	9.165
78-82	80	820	1.114	0.090	1.159	9.121
82-86	84	702	1.204	0.096	1.252	8.900
86-90	88	608	1.299	0.103	1.351	8.686
90-94	92	723	1.402	0.111	1.458	8.784
94-98	96	519	1.513	0.120	1.573	8.371
98-102	100	770	1.633	0.131	1.699	8.676
102-106	104	704	1.765	0.145	1.837	8.489
106-110	108	533	1.909	0.161	1.990	8.103
110-114	112	278	2.071	0.182	2.162	7.330
114-118	116	195	2.253	0.209	2.357	6.838
118-122	120	151	2.462	0.246	2.585	6.422
122-126	124	107	2.708	0.297	2.856*	5.886
126-130	128	64	3.005	0.377	3.193	5.135
130-134	132	41	3.382	0.515	3.639	4.377
134-138	136	9	3.897	0.819	4.307	2.397
138-142	140	3	4.716	2.170	5.801	0.324
142-146	144	0	6.886			
146-150	148	1				

*The first and last points used in the regression analysis.

以多變量分析之 Hotelling's T^2 檢定法，檢定雌雄別成長參數間之差異性，結果顯示，所推估之雌雄別成長參數具有顯著的差異 (Table 1)。鬼頭刀在達到 50% 性成熟體長 51 cm 後 (Wu *et al.*, 2001)，雄魚與雌魚間開始出現雌雄異型性，體長與體重關係式亦有顯著的差異 (Massuti *et al.*, 1999; 江等, 2005)。Oxenford (1985) 與 Uchiyama *et al.* (1986) 研究指出，雌雄成長在體長上有顯著

差異，而其他研究探討鬼頭刀成長時，則認為雌雄就體長而言有相同的成長率 (Oxenford and Hunte, 1983; Bentivoglio, 1988; Rivera and Appeldoorn, 2000)，特別是 Rose and Hassler (1968) 指出，雌雄鬼頭刀年齡別平均體長並無差異存在。本研究估計出之成長參數，經檢定顯示雌雄間有顯著差異存在，故推斷東部海域鬼頭刀雌雄間有不同的成長率。

Table 3 Comparisons of von Bertalanffy growth parameters of the common dolphinfish with previous studies

Location	L_{∞} (mm FL)	K	Φ'	Reference
North Carolina	1733	0.31	5.59	Rose and Hassler, 1968
Straits of Florida	1650	0.68	6.27	Beardsley, 1967
Gulf of Mexico	1427	3.13	6.80	Bentivoglio, 1988
Puerto Rico	1457	2.19	6.67	Rivera and Appeldoorn, 2000
Barbados	1436	2.87	6.77	Oxenford and Hunte, 1983
Eastern Taiwan (Female)	1660	0.99	6.44	Chen <i>et al.</i> , 1999
(Male)	1870	1.31	6.66	
Eastern Taiwan (Female)	1346	0.605	6.04	This study
(Male)	1431	0.707	6.16	

$$\Phi' = \log(K) + 2\log(L_{\infty})$$

與其他鬼頭刀研究所估計之成長指標 (Φ') 相比較 (Table 3)，可發現各研究所得結果略有差異，可能原因為估計方法的不同或樣本體長範圍不同所致，如利用耳石估計時樣本多為幼魚 (Oxenford and Hunte, 1983)，此時期成長較為快速。與陳等 (1999) 之估計結果比較， Φ' 值稍有差異，估計出之年齡別平均體長亦稍有不同，推測鬼頭刀成長可能因年間環境因子的不同，如水溫的不同而造成成長的年間差異；然此差異也可能是由於分析軟體的不同所造成，Terceiro *et al.* (1992) 指出 MULTIFAN 估計過程與結果皆較 ELEFAN 無母數方法為佳，ELEFAN 之估計結果應視為使用 MULTIFAN 時，初始輸入值設定之參考，基於上述學者看法，仍以 MULTIFAN 所估得之結果為準。利用所估得之漁獲死亡率與全死亡率之關係，可得知東部海域鬼頭刀開發率雌性為 43.9%，雄性為 41.1%，稍低於一般 50% 之開發率水準，但未來仍須進一步以單位加入量模式進行分析，以瞭解東部海域鬼頭刀資源是否處於適當的開發狀態。

參考文獻

- 王健雄 (1979) 台灣東部近海鬼頭刀資源動態分析. 台灣大學海洋學刊, 10: 223-241.
- 江偉全, 林富家, 許紅虹, 陳文義, 蘇偉成 (2005) 台灣東部海域鬼頭刀雌雄異型及性比. 水試專訊, 10: 11-15.
- 宋薰華 (1986) 台灣東部及西南部沿岸鬼頭刀之年齡與成長. 台灣省水產試驗所試驗報告, 42: 91-109.
- 陳文義, 江偉全, 許紅虹, 許儷玉, 蘇偉成 (1999) 台灣東部海域鬼頭刀漁獲量變動趨勢與成長參數之研究. 水產研究, 7(1&2): 1-8.
- Beardsley, G. L., Jr. (1967) Age, growth and reproduction of the dolphin, *Coryphaena hippurus*, in the Straits of Florida. Copeia 1967: 441-451.
- Bentivoglio, A. A. (1988) Investigations into the growth, maturity, mortality rates and occurrence of the dolphin (*Coryphaena hippurus*, Linnaeus) in the Gulf of Mexico. M.S. thesis, Univ. College of North Wales, Bangor, United Kingdom, 37 pp.
- Bernard, D. R. (1981) Multivariate analysis as a means of comparing growth in fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 38: 233-236.
- Wu, C. C., W. C. Su and T. Kawasaki (2001) Reproductive biology of the dolphin fish *Corphaena hippurus* on the east coast of Taiwan. Fish. Sci., 67: 784-793.
- Hagood, R. W., G. N. Rothwell, M. Swafford and M. Tosaki (1981) Preliminary report on the aquacultural development of the dolphinfish, *Coryphaena hippurus* (Linnaeus). J. World Maricul. Soc., 12(1): 135-139.
- Hassler, W. W. and W. T. Hogarth (1977) The growth and culture of dolphin (*Coryphaena hippurus*) in North Carolina. Aquaculture, 12: 115-122.

- Morales-Nin, B., M. Di Stefano, A. Potoschi, E. Massuti, P. Rizzo and S. Gancitano (1999) Differences between the sagitta, lapillus and vertebra in estimating age and growth in juvenile Mediterranean dolphinfish (*Coryphaena hippurus*). *Scientia Marina*, 63(3-4): 327-336.
- Otter Research Ltd. (1991) MULTIFAN 3 User's Guide and Reference Manual. Otter Research Ltd., Nanaimo, Canada.
- Oxenford, H. A. and W. Hunte (1983) Age and growth of dolphin, *Coryphaena hippurus*, as determined by growth rings in otoliths. *Fish. Bull.*, 81(4): 906-909.
- Oxenford, H. A. (1985) Biology of the dolphin *Coryphaena hippurus* and its implications for the Barbadian fisheries. Ph.D. Diss., Univ. West Indies, Cave Hill, Barbados, 366 pp.
- Pauly, D. (1980) On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. CIEM*, 39: 175-192.
- Pauly, D. (1983) Length-converted catch curves: A powerful tool for fisheries research in the tropics (Part 1). *ICLARM Fishbyte*, 1(2): 9-13.
- Rivera, G. A. and Richard S. A. (2000) Age and growth of dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, off Puerto Rico. *Fish. Bull.*, 98(2): 345-352.
- Rose, C. D. and W. W. Hassler (1968) Age and growth of the dolphin, *Coryphaena hippurus* (Linnaeus), in North Carolina waters. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 97: 271-276.
- Shcherbachev, Y. N. (1973) The biology and distribution of the dolphins (Pisces, Coryphaenidae). *J. Ichthyol.*, 13: 182-191.
- Terceiro, M., D. A. Fournier, and J. R. Sibert (1992) Comparative performance of MULTIFAN and Shepherd's Length Composition Analysis (SRLCA) on simulated length-frequency distributions. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 121: 667-677.
- Uchiyama, J. H., R. K. Burch, and S. A. Kraul (1986) Growth of dolphins, *Coryphaena hippurus* and *C. equiselis*, in Hawaiian waters as determined by daily increments in otoliths. *Fish. Bull.*, 84: 186-191.

Age, Growth and Mortality Analysis Estimated with MULTIFAN Based on Length Data of the Dolphinfin, *Coryphaena hippurus*, from the Eastern Waters of Taiwan

Yu-Kai Chen¹, Wen-Yie Chen^{1*}, Wei-Chuan Chiang¹, Fu-Chia Lin¹,
Hung-Hung Hsu¹ and Wei-Cheng Su²

¹ Eastern Marine Biology Research Center, Fisheries Research Institute

² Fisheries Research Institute

ABSTRACT

A total of 26,330 fork length measurements (FL) of *Coryphaena hippurus* collected daily from January 2004 to July 2005 at Shingkang fish market, Taitung were used to fit von Bertalanffy growth curves by using the MULTIFAN. The estimated von Bertalanffy growth parameters for female were: growth coefficient (K) = 0.605 yr^{-1} , asymptotic length (L_{∞}) = 134.6 mm, and estimated FL at ages 1 and 2 were $FL_1 = 66.77$ cm, and $FL_2 = 97.56$ cm respectively; and $K = 0.707$ yr^{-1} , $L_{\infty} = 143.1$ mm, $FL_1 = 77.95$ cm, $FL_2 = 110.96$ cm for males. Two age classes were distinguished and their age composition were: age class 1(85.5 %), age class 2(14.5 %) for females and age class 1(85.1 %), age class 2(14.9 %) for males. The landings were mainly composed of age class 1 and age class 2 fish. Mortality estimates were as follows: $Z = 1.46$ yr^{-1} , $M = 0.82$ yr^{-1} , and $F = 0.64$ yr^{-1} for females and $Z = 1.51$ yr^{-1} , $M = 0.89$ yr^{-1} , and $F = 0.62$ yr^{-1} for males. Exploitation rates were 43.9% and 41.1% for females and males, respectively.

Key words : dolphinfin, growth, mortality, MULTIFAN

*Correspondence: Eastern Marine Biology Research Center, Fisheries Research Institute, 22 Wu-Chuan Rd., Chengkung, Taitung 961, Taiwan. TEL: (089) 850-090; FAX: (089) 850-092; E-mail: wychen@mail.tfrin.gov.tw